

Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE



Michal Hnyk

Elektronické stavebnice ve výuce fyziky

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Peter Žilavý, Ph.D.

Studijní program: Učitelství

Studijní obor: Učitelství fyziky-matematiky pro SŠ

Praha 2015

Na tomto místě bych rád poděkoval osobám, bez nichž by tato práce pravděpodobně nemohla vzniknout.

Jmenovitě děkuji vedoucímu práce, RNDr. Peteru Žilavému, Ph.D., který byl ochoten být mi nápomocen v těžkých časech a svou velikou důvěrou mi umožnil velmi samostatně pracovat na tomto díle. Jeho respekt k mým časovým možnostem a erudice v oboru mé práce byly nutnou podmínkou jejího vzniku.

Dále bych rád poděkoval své partnerce, Barboře Chalupové, která se po dobu práce na tomto díle musela spokojit s málem mého času, ale přesto stála při mně, ba dokonce pomohla s výrobou většiny propojovacích kabelů a testováním některých obvodů.

Mé díky patří také vedení školy a žákům, díky nimž jsem směl a mohl v průběhu práce na prototypu stovebnici testovat a provést pilotáž.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne 4. 5. 2015

Název práce: Elektronické stavebnice ve výuce fyziky

Autor: Michal Hnyk

Katedra / Ústav: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Peter Žilavý, Ph.D., Katedra didaktiky fyziky

Abstrakt: Diplomová práce Elektronické stavebnice ve výuce fyziky obsahuje pět hlavních částí. V první části se zabývá použitím elektronických stavebnic ve výuce fyziky a odkazuje se na řešerši odborných textů, kde je tato problematika diskutována. Ve druhé části práce nabízí stručný přehled typů elektronických stavebnic používaných ve výuce na školách v České republice. Třetí stěžejní část práce potom popisuje návrh prototypu stavebnice vhodné k výuce a dokumentuje postup její konstrukce včetně zkušeností, které během něj autor získal, a použitých technologických postupů. Čtvrtá část práce krátce dokumentuje provedenou pilotáž stavebnice. V poslední části práce je představena Stavitelova příručka, která je součástí stavebnice a slouží jako zdroj vědomostí a námětů pro uživatele stavebnice.

Klíčová slova: elektronika, stavebnice, vzdělávání

Title: Electronic kits in physics education

Author: Michal Hnyk

Department: Department of physics education

Supervisor: RNDr. Peter Žilavý, Ph.D., Department of physics education

Abstract: This diploma thesis named Electronic kits in physics education contains five main parts. It deals with the use of electronic kits in the physics education and references a research of literature discussing this problem in the first part. Thesis offers a brief overview of types of electronic kits, which are being used in education in schools of the Czech republic in the second part. The third fundamental part then describes the design of the prototype of kit suitable for education and documents the construction including the experience, which author acquired during the work, and technological processes. Fourth part of the work documents the piloting of the kit. The Builder's guide, which is a part of the kit and serves as a source of knowledge and suggestions for the user, is presented in the last part.

Keywords: electronics, kit, education

Obsah

Úvod	1
1. Elektronické stavebnice ve výuce	3
1.1. Koncepce vzdělávání v České republice	3
1.1.1. RVP a požadované výstupy	4
1.2. Učebnice	6
1.3. Podmínky naplnění vzdělávacích cílů	7
1.4. Didaktické zásady	8
1.5. Typy žáků	8
1.6. Role experimentu ve výuce fyziky	9
1.7. Shrnutí – přínos elektronických stavebnic	10
2. Orientační přehled typů elektronických stavebnic	12
2.1. Hlediska kategorizace elektronických stavebnic	12
2.1.1. Způsob využití	12
2.1.2. Náročnost na úroveň uživatele	12
2.1.3. Sektor vzdělávání	13
2.1.4. Oblast aplikace	13
2.1.5. Typ výrobce	13
2.1.6. Umístění součástek	13
2.1.7. Typ spojů	14
2.1.8. Rozšiřitelnost	14
2.1.9. Zaměření	14
2.1.10. Podstata stavebnice	14
2.2. Evaluace elektronických stavebnic	15
2.2.1. Technické aspekty stavebnice	15
2.2.2. Didaktické a psychologické aspekty	15
2.2.3. Průvodní materiály	15
2.2.4. Finanční náročnost	15
2.2.5. Užité hodnota	16
3. Návrh a konstrukce prototypu elektronické stavebnice	17
3.1. Návrh elektronické stavebnice vhodné pro výuku	17
3.1.1. Prvotní požadavky na stavebnici	18
3.1.2. Tvorba návrhu	20
3.2. Technologické postupy	25
3.2.1. Výroba plošných spojů metodou přenosu toneru	25
3.2.2. Potisk desky	34
3.2.3. Ochrana potisku	35
3.2.4. Dělení cuprextitu	36
3.3. Výroba stavebnice	37
3.3.1. Návrh názvu a loga	37
3.3.2. Návrh obrazců spojů a grafiky potisku	38
3.3.3. Návrh propojovacích vodičů	39
3.3.4. Výroba stavebnice	40
4. Pilotáž	53
4.1. Laboratorní práce č. 10	53
4.2. Laboratorní práce č. 11	54
4.3. Laboratorní práce č. 12	55

4.4.	Závěry z pilotáže	57
4.4.1.	Změny ve stavebnici	57
4.4.2.	Změny v obvodech	57
4.4.3.	Dopady na studenty	57
5.	Průvodní materiály	59
5.1.	Cenová kalkulace	59
5.2.	Požadavky na průvodní materiály	61
5.3.	Návrh průvodních materiálů	61
6.	Závěr	63
	Seznam použité literatury	65
	Seznam tabulek	69
	Seznam použitých zkratk	70
	Přílohy	71
	Příloha 1 – Předlohy obrazců spojů a grafiky potisku	71
	Příloha 2 – Fotodokumentace průběhu výroby stavebnice	76
	Příloha 3 – Fotografie z pilotáže	81
	Příloha 4 – Ukázky protokolů z laboratorních prací	87
	Příloha 5 – Stavitelova příručka	112

Úvod

Pohnutkou ke vzniku této práce byly autorovy zkušenosti s výukou elektroniky na středních školách, a to jak z pohledu žáka, tak z pohledu pedagoga. Podnes autor potkal jen tři typy škol – ty, které nebyly vybaveny žádnou elektronickou stavebnicí, a tak se jejich výklad této partie fyziky omezoval pouze na teorii; ty, které v inventáři fyzikální sbírky elektronickou stavebnicí obsahovaly, ale učitelé ji z důvodů nízké hodinové dotace, náročnosti na použití či zastaralosti nebo poškození a chybějícím dílům nevyužívali; a konečně školy odborné, které třeba nějaký typ elektronické stavebnice vlastnily, ale tento nevyhovoval požadavkům všeobecných studijních oborů na těchto školách. Cílem této práce tak bylo následující:

- Konzultovat odborné prameny zabývající se problematikou užití elektronických stavebnic ve výuce a jejich samotnou konstrukcí.
- Provést průzkum dostupných typů elektronických stavebnic.
- Navrhnout na základě zjištěných informací a vlastních zkušeností a požadavků vhodnou elektronickou stavebnicí, která by vyhovovala požadavkům pro použití ve výuce od základních škol, přes střední školy, až po gymnázia.
- Zhotovit prototyp navržené stavebnice s případnými úpravami, jejichž vhodnost vyplýne z průběžného testování.
- Provést pilotáž zhotoveného prototypu v reálném prostředí se skutečnými žáky.
- Doplnit prototyp o průvodní materiály, které by uživateli stavebnice umožnily samostatnou práci a pedagogovi poskytly náměty k využití stavebnice ve výuce.

V první kapitole jsou diskutovány důvody pro využití elektronických stavebnic ve výuce. Autor své závěry podkládá rešerší odborné literatury a vlastními zkušenostmi a názory. Zabývá se například těmito otázkami:

- Proč jsou stavebnice obecně důležité pro rozvoj lidské mysli?
- Proč je vhodné používat reálné pomůcky při výuce?
- Proč klást důraz na výuku elektroniky?
- Jakým způsobem elektronické stavebnice napomáhají naplnění cílů vzdělávání?

Ve druhé kapitole je uveden krátký přehled typů elektronických stavebnic, které byly nebo jsou využívány ve výuce na školách v České republice. Tento výčet si neklade za cíl být vyčerpávající, jeho účelem je poskytnout čtenáři rozhled a autorovi přinést inspiraci při vlastní práci.

Třetí kapitola je těžištěm celého díla a čtenář v ní nalezne například následující:

- Návrh jednotlivých částí elektronické stavebnice.
- Dokumentaci celého průběhu vývoje a stavby prototypu.
- Popis metod použitých k výrobě stavebnice a technické poznámky plynoucí ze získaných zkušeností.
- Fotodokumentaci hotového prototypu.

Čtvrtá kapitola popisuje pilotáž zhotoveného prototypu provedenou v hodinách fyziky se žáky technického lycea na Střední průmyslové škole elektrotechnické V Úžlabině 320, Praha 10. Naleznete zde:

- Zadání žákovské práce.
- Výsledné protokoly žáků.
- Popis autorova pozorování výstupů.
- Fotodokumentaci pilotáže.

Poslední, pátá, kapitola představuje Stavitelovu příručku, která je též součástí prototypu stavebnice, ale kvůli svému rozsahu a koncepci si zasloužila vlastní kapitolu.

Tato diplomová práce a její výstupy tedy mohou sloužit jako:

- Inspirace k uvažování nad nákupem či využitím již nakoupené elektronické stavebnice ve výuce.
- Podklady k výrobě elektronické stavebnice vhodné pro výuku od základních škol, přes střední školy, až po gymnázia.
- Průvodce čtenáře základy elektroniky, zdroj potřebných vědomostí a námětů na experimentování.
- Zdroj možných zapojení využitelných v praktické výuce pro pedagogy.

1. Elektronické stavebnice ve výuce

S přerodem českého školství, ke kterému došlo nástupem rámcových vzdělávacích programů (dále jen RVP), stoupla důležitost různých praktických metod výuky. Tento stav je přirozeným důsledkem orientace vzdělávání na kompetence místo pouhých vědomostí. Zároveň se díky RVP pedagogům otevřely velmi široké možnosti přizpůsobení výuky jejich představám, jelikož předkládají výčet nutných výstupů, ale neomezují pedagoga v přidané hodnotě. Je tedy volbou každého vyučujícího, čím svou výuku, potažmo žáky, obohatí. V úvodu této práce bude proto účelné zmínit se o současné koncepci vzdělávání v České republice.

1.1. Koncepce vzdělávání v České republice

Veškeré závazné dokumenty, dle nichž se v současné době řídí vzdělávání v naší zemi, jsou podřízené tzv. Bílé knize, dokumentu s oficiálním názvem Národní program rozvoje vzdělávání v České republice [1]. Tomuto obecnému dokumentu jsou podřízeny Rámcové vzdělávací programy, kterých existuje celá řada podle úrovně školy a jejího zaměření. K tomuto školnímu roku existují tyto rámcové vzdělávací programy:

- RVP pro předškolní vzdělávání
- RVP pro základní vzdělávání
- RVP pro obor vzdělání základní škola speciální
- RVP pro gymnázia
- RVP pro gymnázia se sportovní přípravou
- RVP pro odborné vzdělávání
 - V současném školním roce 2014/2015 existuje dle webových stránek Národního ústavu odborného vzdělávání zhruba 275 oborů, z nichž pro každý vznikl samostatný RVP.

Z RVP potom vycházejí Školní vzdělávací programy (dále jen ŠVP), které si školy tvoří samy, a mohou je tak přizpůsobit svým potřebám a koncepcím. Jediným pravidlem je, že ŠVP se musejí držet RVP, nesmějí je tedy ochudit o nějakou část obsahu či požadovaných výstupů, ale mohou je obohatit.

Nejnižší post v hierarchicky uspořádaném systému potom mají tematické plány, kde je již velmi podrobně rozpracováno učivo, které bude v daném ročníku,

vyučovacím předmětu a daném časovém údobí probíráno, a to včetně mezipředmětových vazeb.

Ani tematické plány však nejsou definitivní osnovou probírané látky – opět určují minimum, ale každý pedagog může v přípravách na své hodiny a v samotné výuce přidat to, co uzná za vhodné.

Pro účely této práce jsou nejpodstatnější právě RVP, protože obsahují závazné výstupy, kterých musí absolvent daného typu školy a předmětu dosáhnout, a to v rámci státu celoplošně. Hierarchicky níže postavené dokumenty se již svým obsahem různí dle zájmů škol. V další části tedy pojďme blíže prozkoumat RVP pro základní vzdělávání [2] a RVP pro gymnázia [3]. Z odborných RVP nahlédneme pouze do RVP pro obor Technické lyceum [4], protože právě žáci tohoto studijního oboru se podíleli na pilotáži stavebnice.

1.1.1. RVP a požadované výstupy

Rámcové vzdělávací programy uvádějí hned ve svém úvodu, že cíli vzdělávání by měly být kromě vybavení žáků vzdělanostním základem také jejich příprava k celoživotnímu učení a profesnímu, občanskému i osobnímu uplatnění a vybavení žáků klíčovými kompetencemi. Tyto potom specifikuje jako:

- kompetenci k učení
- kompetenci k řešení problémů
- kompetenci komunikativní
- kompetenci sociální a personální
- kompetenci občanskou
- kompetenci k podnikavosti

Jednotlivé kompetence jsou v RVP dále specifikovány a za použití aktivních sloves je popsán jejich význam.

Z výše uvedeného vyplývá, že v současnosti je kladen velký důraz na propojení školního světa s realitou, která nežadá od žáků pouze encyklopedické znalosti, ale i dovednosti je aplikovat. Dalším neméně podstatným výstupem vzdělávání pak mají být hodnoty osobnostní a občanské, které umožňují žákům vést kvalitní život v souladu s ostatními. Proto by výuka každého předmětu měla být doplněna takzvanými průřezovými tématy, která RVP vyjmenovává jako:

- Osobnostní a sociální výchova
- Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech

- Multikulturní výchova
- Environmentální výchova
- Mediální výchova

Tato průřezová témata nejsou samostatnými předměty, naopak by měla být dle možností začleňována do běžné výuky ostatních předmětů, a to vhodnými metodami a prostředky.

Poslední podstatnou částí RVP, o níž je třeba se v této práci zmínit, je samotný obsah učiva, ke kterému se bude vztahovat užití výsledné stavebnice. V RVP pro základní vzdělávání jsou uvedeny u předmětu Fyzika v části ELEKTROMAGNETICKÉ A SVĚTELNÉ DĚJE mezi jinými tyto očekávané výstupy:

- *sestaví správně podle schématu elektrický obvod a analyzuje správně schéma reálného obvodu*
- *změří elektrický proud a napětí*
- *rozliší vodič, izolant a polovodič na základě analýzy jejich vlastností*
- *využívá Ohmův zákon pro část obvodu při řešení praktických problémů*
- *zapojí správně polovodičovou diodu*

Dále pak v části zabývající se obsahem oboru vzdělávání Člověk a svět práce je pod hlavičkou DESIGN A KONSTRUOVÁNÍ uvedeno následující:

- *navrhne a sestaví jednoduché konstrukční prvky a ověří a porovná jejich funkčnost, nosnost, stabilitu aj.*
- *dodržuje zásady bezpečnosti a hygieny práce a bezpečnostní předpisy; poskytne první pomoc při úrazu*

RVP pro gymnázia potom uvádí u předmětu Fyzika v části ELEKTROMAGNETICKÉ JEVY, SVĚTLO mezi jinými tyto očekávané výstupy:

- *využívá Ohmův zákon při řešení praktických problémů*
- *aplikuje poznatky o mechanismech vedení elektrického proudu v kovech, polovodičích, kapalinách a plynech při analýze chování těles z těchto látek v elektrických obvodech*

RVP pro obor Technické lyceum uvádí v části FYZIKÁLNÍ VZDĚLÁVÁNÍ u tématu Elektřina a magnetismus mezi jinými tyto očekávané výstupy:

- *vysvětlí princip a funkci kondenzátoru*

- *popíše vznik elektrického proudu v látkách*
- *řeší úlohy s elektrickými obvody s použitím Ohmova zákona*
- *sestaví podle schématu elektrický obvod a změří elektrické napětí a proud*
- *vysvětlí elektrickou vodivost polovodičů*
- *popíše princip a použití polovodičových součástek s přechodem PN*
- *vysvětlí princip usměrňovače střídavého proudu*
- *popíše princip a praktické použití polovodičových součástek*

Z obsahu RVP, který byl ilustrován několika uvedenými příklady, je zjevné, že na výuku fyziky a technických oborů jsou v současnosti kladeny velké nároky v důsledku komplexní povahy vzdělávání v této sféře. Tato skutečnost je logickým důsledkem stálého zvyšování množství techniky v lidských životech. Jedině poučený uživatel totiž může užívat techniku ke svému prospěchu. Uživatel nemající potřebné vzdělání nejenže nepožívá usnadnění práce, které mu technika nabízí, ale naopak je svou nevědomostí omezen v rovině osobní i pracovní, protože tím klesá jeho kvalifikovanost a z pohledu zaměstnavatele je žádoucí přijmout přednostně pracovníka, jemuž nebude muset zajišťovat doplnění vzdělání.

1.2. Učebnice

Pomůcky by také měly být ve vzájemné symbióze s učebnicemi – měly by umožňovat demonstrovat požadované jevy a provést experimenty v rozsahu učebnicí vyžadovaném. Zároveň je užitečné, když pomůcka umožňuje užití nad tento rámec, aby učebnice doplňovala i rozšiřovala. V případě elektronických stavebnic můžeme nahlédnout do učebnic zaměřených na elektřinu a magnetismus.

Na úrovni základních škol by to mohly být například [5], [6], [7], [8], [9].

Na úrovni středních škol by to mohla být např. [10].

Na úrovni gymnázií pak [11] či celkový přehled [12]. Největší objem elektronických schémat, a tedy nejvyšší náročnost na materiální zajištění, nalezneme v učebnici pro gymnázia. V této knize nalezneme řadu experimentů, které doplňují výklad, a mezi nimi i množství experimentů s elektronickými součástkami. Specifikem učebnic je, že obvykle potřebují do čistě elektronických obvodů přidávat další součásti – tělesa z vodivých a nevodivých látek, jejichž vodivost se ověřuje, elektrolytické vodiče, vakuové trubice, atd. Soustředíme se však na obvody čistě elektronické. Učebnice uvádí vedle jednodušších zapojení typu spojování rezistorů

a kondenzátorů, základní zapojení polovodičové diody, atd. například obvody pro měření voltampérových charakteristik, tranzistorové zesilovače a v závěru se okrajově dostává až k integrovaným obvodům.

1.3. Podmínky naplnění vzdělávacích cílů

Naplnění požadavků na výstupy vzdělávání je podmíněno mnoha aspekty. Mezi nejdůležitějšími zmiňme tyto:

- **Kvalifikovaní pedagogové**
 - Tuto podmínku napomáhá splnit řada dílčích, např. úroveň požadavků na vzdělání pedagogických pracovníků, úroveň pedagogických studijních oborů na vysokých školách, finanční motivace pedagogů, podmínky pro další vzdělávání pedagogů, pracovní podmínky, atd.
- **Hodinová dotace**
 - Extenzivní požadavky na vzdělávání vyžadují čas, který je přidělován v hodinové dotaci předmětu. Přirozeně panuje rivalita mezi učiteli jednotlivých oborů, protože objem učiva je velký a čas je nezbytnou podmínkou pro jeho výuku. Oborů je však mnoho a maximální množství vyučovacích hodin omezené. Stále však platí, že vyšší hodinová dotace může nejen napomoci, ale i podmínit naplnění požadavků na výstupy vzdělávání.
- **Zázemí školy**
 - Školní prostředí má velký vliv na výsledky vzdělávání. Patří sem aspekty jako třeba estetika školní budovy, dostupnost studoven, udržování optimální teploty, vybavení učeben, atd.
- **Materiální zajištění**
 - Každý obor vzdělávání vyžaduje jistý druh materiálu – výuka jazyků se například neobejde bez kvalitních učebnic, výuka výtvarné výchovy bez spotřebního materiálu jako čtvrtek a barev, výuka tělocviku bez sportovního náčiní, a konečně, výuka technických oborů a přírodních věd může těžit z množství pomůcek.

Podmínek je více, nám však tento výčet několika příkladů postačí. Nejpodstatnější z hlediska této práce je poslední uvedená podmínka – materiální zajištění. To totiž umožňuje kvalifikovanému pedagogovi rozšířit repertoár výukových metod a v souladu s didaktickými zásadami zkvalitnit výuku.

1.4. Didaktické zásady

Velký učitel učitelů, Jan Ámos Komenský, nám ve svém dodnes aktuálním díle Analytická didaktika [13] zanechal řadu didaktických zásad, jejichž dodržování pomáhá vést vzdělávací proces efektivně, nebo jej vzhledem k mentálním schopnostem žáků a jejich psychologii přímo podmiňuje. Uvedme některé z didaktických zásad:

- **Vědeckost** (vyučovaná látka musí být v souladu se soudobými vědeckými poznatky)
- **Cílevědomost** (výuka nemá být náhodná, musí splňovat nějaký předem určený a formulovaný cíl)
- **Postupnost** (výuka má postupovat od snadného k obtížnému, od konkrétního k abstraktnímu, od obecného ke speciálnímu, atd.)
- **Přiměřenost** (metody i obsah výuky musí být přizpůsobeny úrovni žáků)
- **Názornost** (žáci si musí vytvářet vlastní představy o probírané problematice, aby jejich poznání mohlo být hlubší a trvalejší, čemuž napomáhá názornost všude tam, kde je možná)
- **Teorie s praxí** (teorie musí vždy být spojena s praxí, aby žák vnímal propojení obou světů, je tedy vhodné prakticky ověřovat teoretické závěry a zároveň chápat praxi jako zdroj poznání)

Jak je vidět z několika málo příkladů didaktických zásad, některé vyžadují pouze rozmysl a práci pedagoga, jiné pak i materiál. A právě ty ze zásad, které materiál vyžadují, vedou pedagoga k působení na více smyslů žáka, než pouhý sluch při výkladu a zrak při zápisu.

1.5. Typy žáků

Pohovořme ještě o typech žáků z hlediska smyslového vnímání a skrze něj získávaného poznání. Zdravý člověk přijímá informace všemi smysly, tedy zrakem, sluchem, hmatem, čichem i chutí. Každý jedinec však má poměr množství poznání

získaného jednotlivými smysly různě nastavený. Mezi žáky tak autor potkává především tyto preference:

- **zrakový typ** – žák nejefektivněji informace přijímá zrakem, aby se tedy něco naučil, potřebuje to vidět; pro tohoto žáka jsou nejprínosnější studijní texty, vizuální pomůcky a doplňky jako prezentace, plakáty, modely, atd.
- **sluchový typ** – žák nejefektivněji informace přijímá sluchem, vyžaduje tedy ke svému učení akustickou produkci; pro tohoto žáka je nedocenitelný mluvený výklad učitele, komentované dokumenty, čtení nahlas, atd.
- **zkušnostní typ** – žák nejefektivněji přijímá poznatky, které si může vlastníma rukama osahat a vyzkoušet; pro tohoto žáka jsou neodmyslitelnou součástí výuky pomůcky, nářadí, stavebnice, atd.

Z prostého faktu, že různí lidé mají různé mechanismy učení, vyplývá závěr, že je třeba střídat vyučovací metody, aby každý typ žáka byl co možná nejefektivněji vzděláván.

1.6. Role experimentu ve výuce fyziky

V neposlední řadě musíme přihlédnout k tomu, že práce se stavebnicí je svou podstatou prací experimentální – žák na základě svých hypotéz a úvah sestaví obvod a experiment se stane jeho soudcem a prokáže jeho pravdu či omyl. Učitel pak může pomocí stavebnice vhodně demonstrovat probírané jevy. Je tedy zřejmé, že stavebnice je velmi vhodnou pomůckou pro experimentování.

Význam experimentu pro výuku je obecně diskutován například v [14] a ve studiích [15], [16], [17]. Autor sám považuje experiment ve výuce fyziky za nenahraditelný. Fyzika má totiž oproti ostatním předmětům velikou výhodu – je to předmět, který popisuje, jak svět kolem nás funguje. A jako takový má výsadu možnosti ověřovat své teorie pomocí přírody samotné – a to právě pomocí vhodně navrženého experimentu. Mají-li žáci někde pochopit, že škola a reálný svět nejsou dvě oddělené jednotky, pak je fyzika tím pravým místem. A experiment je k tomu tím nejvhodnějším prostředkem, protože dává experimentátorovi možnost přímo předvést platnost svých závěrů, nebo se přesvědčit o jejich nepravdivosti.

1.7. Shrnutí – přínos elektronických stavebnic

V předchozích podkapitolách uvedený nástin situace jasně ukazuje důležitost a nezastupitelnost úlohy elektronické stavebnice ve výuce. Pedagog, který má elektronickou stavebnici v inventáři, má vždy v záloze další možnost, jak obohatit svoji výuku o další prvek. Práce se stavebnicí žáky závažnou měrou aktivizuje a pro mnohé z nich je i velkou motivací, proč chtít porozumět zákonitostem a principům elektřiny. U pokročilejších žáků rozvíjí také tvůrčí dovednosti a fantazii, které uplatní při modifikacích existujících obvodů a při návrhu obvodů vlastních. Stavebnice je také neocenitelným pomocníkem těm žákům, kteří vyžadují pro kvalitní učení vlastní praktickou zkušenost. Plní také řadu didaktických funkcí – velkou měrou napomáhá názornosti výkladu o elektrickém proudu a elektrických obvodech, přímo propojuje teoreticky nabyté znalosti s praxí, jelikož teoretický poznatek umožňuje experimentem ověřit, a ze sestaveného obvodu a jeho funkce lze získat další vědomosti a zkušenosti. Vhodně navržená stavebnice také poskytuje množství jednoduchých obvodů pro začátečníky, ale zároveň nabízí dostatek prostoru pro rozvoj i pokročilejším uživatelům, čímž umožňuje uplatnění dalších didaktických zásad.

Z autorovy osobní zkušenosti s výkladem elektřiny a magnetismu na střední průmyslové škole žákům oboru Technické lyceum vyplývá, že někdy elektronická stavebnice může nejen dramaticky obohacovat výuku, ale i podmiňovat její výsledky. Je-li výklad o elektřině veden v čistě teoretické rovině, je látka velmi abstraktní a žákům málo přístupná. Sami studenti si na toto přišli nejednou stěžovat se slovy „Kdybychom si to mohli vyzkoušet, tak to půjde pochopit, ale takhle si to pamatujeme jenom jako básničku.“ a dožadovali se praktické činnosti související s elektronickými obvody.

Shrňme tedy možné přínosy elektronické stavebnice pro výuku:

- Poskytuje pedagogovi možnost využít další metody výuky
- Je pohotovou pomůckou umožňující provedení široké řady experimentů z oboru elektroniky
- Aktivizuje žáky
- Motivuje žáky
- Umožňuje žákům získat i hmatovou zkušenost, což ocení především žáci zaměření na tento způsob učení

- Přináší žákům vlastní prožitek, který upevňuje poznání
- Výuka může být s použitím stavebnice velmi názorná
- Stavebnici lze použít velmi univerzálně - jak k demonstraci, tak k laboratorním pracím i krátkým kvízům o hodinách a při kroužcích s elektronickou tematikou atd.
- Elektronická stavebnice je účelný nástroj vedoucí k usnadnění splnění vzdělávacích cílů RVP

V závěru první kapitoly můžeme tedy svědomitě prohlásit, že elektronická stavebnice je velmi důležitou součástí vybavení fyzikální sbírky, potažmo školy. Její použití je velmi univerzální a její potenciální přínosy pro žáky jsou rozsáhlé. Tyto závěry se opírají o závazné kurikulární dokumenty, rámcové vzdělávací programy, jejichž cíle stavebnice pomáhá naplnit.

Důsledkem tohoto závěru bylo rozhodnutí navrhnout v rámci této práce vhodný prototyp elektronické stavebnice, který by přinášel, kromě jiných, výše uvedené výhody, a který by odstranil některé nedostatky současně dostupných modelů stavebnic. V souvislosti s tímto požadavkem byl sestaven přehled typů existujících elektronických stavebnic uvedený v další kapitole.

Další práce, které se zabývají využitím elektronických stavebnic ve výuce, jsou např. [18], [19], [20], [21]. Práci k konkrétní pokročilou stavebnicí se zabývá [22] Jinou realizací, mimo pomoci stavebnice, praktické činnosti při výuce elektroniky se zabývají např. tyto práce: [23], [24]. Obecnou diskuzi didaktických technologií může ilustrovat např. [25].

2. Orientační přehled typů elektronických stavebnic

V současné době je na trhu velké množství modelů elektronických a elektrotechnických stavebnic a vedle toho se na školách drží stavebnice historicky osvědčené, ale již nedostupné. Nemělo by proto smysl sestavovat extenzivní přehled dostupných výrobků, ani by to díky vývoji trhu nebylo dobře možné. Zaměřme se tedy spíše na princip věci a pojďme pohovořit o tom, z hlediska jakých kritérií elektronické stavebnice kategorizujeme. Výběr elektronické stavebnice se totiž bude řídit požadavky budoucího uživatele – ať už jím je pedagog či soukromá osoba.

2.1. Hlediska kategorizace elektronických stavebnic

Kategorizací elektronických stavebnic se zabývají např. práce [18], [26] a prameny, z nichž vycházejí. Uvedme tedy některá možná hlediska.

2.1.1. Způsob využití

Dle způsobu využití můžeme stavebnice rozdělit na **demonstrační**, s nimiž nejčastěji pracuje vyučující a předvádí žákům experimenty. Stavebnice demonstračního typu by měly splňovat především požadavky na přehlednost, názornost a dobrou viditelnost.

Protipólem demonstračních stavebnic jsou stavebnice **žákovské**, které jsou primárně určeny do rukou samotných žáků. Využívají je k různým úkolům od konstrukce obvodů dle zadaných schémat, řešení problémových úloh za pomoci experimentů, přes analýzu hotových obvodů, až po ověřování funkčnosti svých návrhů obvodů. Žákovské stavebnice vyžadují především velkou odolnost proti nešetrnému zacházení a chybám v zapojení, kterých se žáci budou neodmyslitelně dopouštět.

2.1.2. Náročnost na úroveň uživatele

Existují stavebnice obsahující naprosto základní elektronické prvky, jejichž užíváním získávají žáci prvotní poznatky o fungování elektronických součástek a obvodů. Takové stavebnice jsou určené **pro začátečníky**.

Jiné sady obsahují pokročilejší prvky – složitější součástky i celé moduly s různými funkcemi, jejichž použití vyžaduje od žáka jisté vstupní znalosti. Takové stavebnice jsou určeny **pro pokročilé**.

A konečně, stavebnice sestávající z modulů složité funkce, integrovaných obvodů atd. je schopen užívat jedině žák v elektronice již zběhlý, takže jsou určeny **pro velmi pokročilé.**

2.1.3. Sektor vzdělávání

V každém stupni vzdělávání se žáci seznamují s elektronikou do různé hloubky, proto lze elektronické stavebnice kategorizovat podle primárního určení na stavebnice **pro základní vzdělávání, pro středoškolské vzdělávání a pro vysokoškolské vzdělávání.**

2.1.4. Oblast aplikace

Diferenciace vzdělávání v různých oborech vyžaduje i diferenciaci pomůcek. Rozeznáváme tak stavebnice **pro obecné vzdělávání, pro odborné vzdělávání a pro volný čas.**

2.1.5. Typ výrobce

Valná většina stavebnic je vyráběna a distribuována firmami. Takové stavebnice označíme za stavebnice **profesionální výroby.**

Vzhledem k náročnosti na financování či nesplnění požadavků konkrétní školy se však vyskytují i stavebnice vyráběné nadšenými autory samostatně. Tyto pak nazveme stavebnicemi **amatérské výroby**, čímž ovšem výrobky ani autory nijak nesnižujeme, pouze podáváme informaci o tom, jaký je původ produktu.

2.1.6. Umístění součástek

Z tohoto hlediska můžeme výrobky rozdělit na stavebnice **se součástkami pevně umístěnými na základní desce, se součástkami na nosných destičkách a s volnými součástkami.**

První typ se vyznačuje obvykle jedinou velkou deskou, k níž jsou pevně přimontovány všechny součástky, kterými tedy není možno pohybovat.

Druhý typ má součástky umístěné na nějakém druhu nosné desky. Takovéto moduly je pak možno vůči sobě libovolně posouvat.

Mezi poslední typ stavebnic bychom mohli zařadit stavebnice s nepájivým propojovacím polem a stavebnice s deskami plošných spojů.

2.1.7. Typ spojů

Základní úroveň dělení vytváří skupinu stavebnic **s nerozebíratelnými spoji** a skupinu stavebnic **s rozebíratelnými spoji**. Možnost spoj rozebrat je pak podmíněna proveditelností rozebrání bez nutnosti použití nástrojů.

V první skupině bychom tedy našli například stavebnice pájené, ať už s univerzálními deskami plošných spojů, nebo stavebnice s vyvrtanými otvory připravené ke konstrukci desek plošných spojů obvyklým způsobem.

Ve druhé skupině bychom našli stavebnice s kontakty **zásuvkovými, šroubovými, magnetickými, pružinovými, patentovými**, atd.

2.1.8. Rozšiřitelnost

Některé typy stavebnic je možné rozšířit o další součástky či moduly, takovou stavebnici pak nazveme stavebnicí **s otevřeným systémem**.

Jiné stavebnice toto rozšíření neumožňují a jejich obsah je tedy limitován sadou dodávaných součástek a modulů. Takovým stavebnicím dáváme přívlastek **s uzavřeným systémem**.

2.1.9. Zaměření

Elektronika je v současnosti všudypřítomná, proto nelze vytvořit jedinou stavebnici, která by mohla pokrýt potřeby všech sfér – základy elektroniky, logické obvody, digitální technika, rozvody elektrické energie, měřicí technika, sdělovací technika, silnoproud, atd. Proto můžeme rozlišovat stavebnice dle jejich konkrétního zaměření.

2.1.10. Podstata stavebnice

Dnešní moderní technologie umožňují i softwarové simulace elektronických obvodů, které s trochou volnosti v definici můžeme také označit za elektronické stavebnice. Nazveme je potom **stavebnice simulované počítačem**.

Velká většina stavebnic je však stále fyzických, tyto označujeme za stavebnice **využívající reálné prvky**.

Existují jistě i další hlediska, podle nichž bychom mohli elektronické stavebnice kategorizovat, avšak desatero zmíněných pro naše další úvahy postačí. Je zřejmé, že možných kombinací je obrovské množství, z toho také plyne, že typů elektronických stavebnic je opravdu mnoho. Pro zdařilý přehled doplněný

fotografiemi výrobků může čtenář zalistovat práci [26]. Dalším cílem této práce však je navrhnout elektronickou stavebnici vhodnou pro výuku především, ale nejen, na gymnáziích. Za tímto účelem je nezbytné poučit se z existujících výrobků, není však předmětem této práce přinášet vyčerpávající přehled konkrétních výrobků. Aby návrh stavebnice mohl být kvalitní, je třeba znát kritéria evaluace elektronických stavebnic. V další části práce se s nimi tedy seznámíme.

2.2. Evaluace elektronických stavebnic

Učební pomůcky obecně musejí splňovat celou řadu kritérií a požadavků na ně kladených. Evaluaci provádíme například proto, abychom dokázali rozhodnout o vhodnosti dané pomůcky pro naše účely ještě před její koupí. V konkrétním případě elektronických stavebnic existuje několik skupin kritérií, dle kterých stavebnice hodnotíme. O této problematice se zmiňuje např. [18]. Následuje krátký přehled hodnotících kritérií.

2.2.1. Technické aspekty stavebnice

- Bezpečnost.
- Odolnost vůči nesprávné manipulaci a chybám v zapojení.
- Rozšiřitelnost.
- Univerzálnost – možnost realizovat obvody z více oborů elektrotechniky.
- Možnost propojení s počítačem.

2.2.2. Didaktické a psychologické aspekty

- Časová náročnost práce.
- Schopnost motivace žáka.
- Schopnost rozvíjet kreativitu.
- Přiměřenost věku a mentální úrovni žáka.

2.2.3. Průvodní materiály

- Přítomnost a úroveň materiálu pro žáky.
- Přítomnost a úroveň materiálu pro učitele.

2.2.4. Finanční náročnost

- Pořizovací cena vztažená k užitné hodnotě stavebnice.

2.2.5. *Užitná hodnota*

- Šíře oblasti využití stavebnice.
- Množství typů úloh, které je možné se stavebnicí řešit.
- Velikost dopadu na vnímání žáků – vizuální vnímání, senzomotorické vnímání, sluchové vnímání.

Po stručném seznámení se světem elektronických stavebnic, které nás provedlo systémem vzdělávání v České republice, nabídlo nám informace o smyslu využívání elektronických stavebnic ve výuce, poskytlo přehled dostupných typů stavebnic a přineslo vhled do jejich hodnocení, můžeme přejít ke hlavní části práce, která se zabývá návrhem a zhotovením prototypu elektronické stavebnice definovaných vlastností.

3. Návrh a konstrukce prototypu elektronické stavebnice

Vzhledem ke komplexnosti úkolu bude účelné rozdělit tuto část práce do několika dílčích – nejprve uvedeme východiska pro samotný návrh stavebnice a budeme dokumentovat postupné testování jednotlivých částí, popíšeme zkušenosti z něj získané, a nakonec bude předložen návrh finálního výrobku.

Ve druhé části této sekce se budeme zabývat technologickými postupy, které byly použity při výrobě prototypu. Autor zpracoval tuto část práce, protože z dále uvedených důvodů bylo rozhodnuto o výrobě prototypu v domácích podmínkách. V souvislosti s tímto rozhodnutím autor zkoumal některé výrobní postupy, které mohou konstruktérům v domácích podmínkách značně zrychlit, usnadnit a zlevnit práci.

Poslední část této kapitoly dokumentuje postup konstrukce stavebnice a předkládá fotografie všech jejích částí.

3.1. *Návrh elektronické stavebnice vhodné pro výuku*

Při zpracovávání návrhu stavebnice byly zohledňovány nejprve autorovy požadavky a představy, a tyto byly později korigovány do souladu s různými kritérii uvedenými v předchozích částech práce postřehy plynoucími ze studia jiných pokusů o tvorbu vlastní elektronické stavebnice popsaných např. v [27], [28], [29].

Prvotních impulzů pro volbu tématu této práce bylo hned několik. Prvním byl autorův zájem o elektroniku, který vznikl v ranných dobách jeho studií na osmiletém všeobecném gymnáziu. Tam autor potkal výtečného učitele fyziky, který podnítil jeho zájem o fyziku jako celek, ale předně o elektroniku. První autorovy kroky na poli elektroniky provázela výborná série knih *Poznáváme elektroniku* od Václava Maliny ([30], [31], [32], [33]). Dalším impulzem bylo autorovo setkání s elektronickou stavebnicí určenou pro výuku na stejném ústavu.

Každý pedagog má jinou oblíbenou partii svých vyučovacích předmětů, což mu umožňuje právě v dané oblasti poskytnout žákům své zkušenosti a obohatit je tak ještě o něco více, než by to bylo možné v oborech, s nimiž tak rozsáhlé zkušenosti nemá. Autorovou oblastí je právě elektronika. Hodinové dotace ve výuce všeobecně zaměřených oborů však obvykle neumožňují provést žáky celým procesem teoretického výkladu a technologických postupů, aby mohli své vědomosti bezpečně ověřovat pájením součástek na univerzální desky plošných spojů, nebo dokonce

vyrábět plošné spoje vlastní, jak tomu je na odborných školách. Proto autor cítil silnou potřebu mít k dispozici elektronickou stavebnici. Pojďme uvést některé prvotní požadavky, které byly pro stavebnici formulovány.

3.1.1. Prvotní požadavky na stavebnici

- **Součástky v nezávislých modulech**

- Dle autorova názoru nezávislé pohyblivé moduly se součástkami podporují správnou představu žáků o procesu konstrukce elektronických zařízení, kdy je třeba uvažovat nejen o logické funkci obvodu, ale také o pouzdech součástek, jejich rozměrech a rozmístění vývodů.

- **Součástky při zapojování přímo viditelné**

- Autor několikrát na různých úrovních škol vyzkoušel tzv. poznávačku součástek, kdy předložil studentům množství různých součástek a nechal je třídit součástky do určitého počtu skupin dle kritérií, která měli za úkol vymyslet. Obvykle studenti, byť měli za sebou teorii v oboru elektroniky, určili součástku správně jen v malé části případů. Proto je velmi účelné, když žáci součástky při práci s nimi přímo vidí.

- **Schematické značky a názvy uvedené u součástek**

- Vznik správné asociace fyzické podoby součástky, její schematické značky a názvu autor považuje za velmi důležitý. Přítomnost grafického symbolu a popisku u součástky by tomuto měla velkou měrou napomoci.

- **Snadná servisovatelnost**

- Stavebnice, jejichž moduly či desky je nutné kvůli servisu rozebírat, a poté součástky ještě odpájet a připájet náhrady, nebo které dokonce neumožňují servis vůbec, jsou předurčeny pro temná zákoutí kabinetů, kam se postupně přesunou, protože učitelé mají obtíže nalézt čas, aby servis provedli. Dokonce i samotné pájení součástky na otevřeném modulu bývá někdy obtíží. Proto by navrhovaná stavebnice měla poskytovat ještě jednodušší servis.

- **Rozšiřitelnost**
 - Nemá-li se stavebnice stát mezi pomůckami jen krátkou epizodou, měla by být rozšiřitelná o nové součástky v souladu s novými trendy a potřebami.
- **Bezpečnost**
 - Stejně jako každá jiná pomůcka, která je určena žákům do rukou, i elektronická stavebnice by měla splňovat bezpečnostní kritéria, aby nemohla způsobit uživateli úraz.
- **Odolnost**
 - Je přirozené, že má-li se žák něčemu naučit, bude během procesu činit množství chyb, práci s elektronickou stavebnicí z tohoto pravidla nevyjímaje. Vhodná stavebnice by tedy měla být odolná proti nejčastějším chybám žáků.
- **Blízkost praxi**
 - Dalším požadavkem na pomůcky je, aby v žákově mysli sbližovaly školní svět s tím reálným. Čím blíže tedy stavebnice bude skutečným materiálům a postupům, tím lépe pro ni.
- **Kompaktnost**
 - Výukové elektronické stavebnice by měly být snadno přenositelné, aby pedagog nemusel pokaždé zjednávat zástup žáků, aby nesli pomůcky, a zároveň by několik málo sad připravených k laboratorním pracím několikrát ročně nemělo zabírat ve fyzikálním kabinetu celou skříň.
- **Finanční nenáročnost**
 - Má-li škola vybavit fyzikální sekci dostatečným počtem sad pro práci kupříkladu deseti skupin žáků v jeden okamžik, jsou pořizovací náklady na stavebnice modulového typu skutečně nezanedbatelné - v řádech stovek tisíc. Například základní sady série Elektřina a Elektronika od firmy NTL Didaktik se pohybují v cenovém okolí deseti tisíc (rozšiřující sady dvaceti tisíc) za jednu sadu. Navrhovaná stavebnice by tedy měla respektovat požadavek na finanční nenáročnost.

- **Průvodní materiály**

- Dobrá elektronická stavebnice by měla být samostatně funkční jednotkou, proto je třeba uživateli nabídnout náměty a provést jej nějakým způsobem procesem stavění obvodů. Pedagog také ocení návrhy obvodů, jejichž funkčnost je předem vyzkoušena.

3.1.2. *Tvorba návrhu*

Typ stavebnice

V první části bylo rozhodnuto o samotném typu stavebnice. V souladu s výše zmíněnými požadavky byl zvolen typ se součástkami na nezávislých nosných destičkách. Toto uspořádání splňuje nejen požadavek na tvorbu představy o reálné konstrukci elektronických zařízení, ale i požadavek na rozšiřitelnost stavebnice prostým přidáním dalších modulů.

Materiál

V souladu s požadavkem na blízkost praxi byl za základní materiál zvolen cuprexit, který je tvořen pevnou laminátovou deskou s vrstvou mědi. Konkrétní zvolený druh má tloušťku měděné vrstvy 35 μm .

Propojení desek

Mezi mnoha možnostmi propojování desek byly zvoleny konektory typu FASTON. Volba na ně padla více či méně vylučovací metodou – banánkové zdířky by jednak zatěžovaly stavebnici svou cenou (běžná cena banánku se pohybuje v okolí dvaceti korun za kus), a jednak by jejich rozměry hrály v neprospěch požadavku na kompaktnost stavebnice.

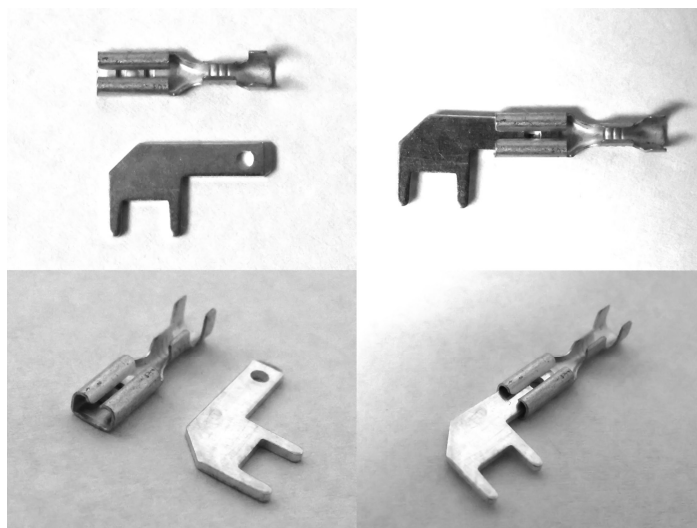
Spojení pružinová byla zamítnuta ze dvou důvodů. Jednak by bylo nutné použít pružiny s příslušnou povrchovou úpravou, aby bylo možné je připájet do desky plošného spoje běžnou cínolovnatou pájkou, což by s sebou ovšem přinášelo i nevýhodu mechanického namáhání spoje při každém vkládání vodiče mezi závit pružiny. Druhým důvodem proti pružinovým spojům je nepraktičnost při manipulaci s uzlem, tedy pružinou, do níž vchází více než jeden vodič – již zapojené vodiče mohou při vkládání nových snadno vypadávat.

Spojení magnetická nebyla brána v potaz, protože časem degradují (magnety ztrácí svoji magnetizaci); protože magnety jsou obecně choulostivé na otřesy; a konečně, cena takových propojení by byla neúměrně vysoká, jelikož pro kvalitní spojení by bylo třeba maličkých neodymových magnetů, jejichž cena není nízká.

Patentová spojení záměru nevyhovovala proto, že do značné míry omezují možnosti umístění jednotlivých modulů a kabely s patentovým zakončením nejsou běžným zbožím, takže by musely být vyráběny speciálně jen pro stavebnici, což by ztěžovalo její výrobu.

Šroubové spoje byly uznány za nevyhovující z důvodu časové náročnosti na realizaci. Jejich nevýhodou může být také nutnost rozebrat stávající spoj, chceme-li jej zdvojit či znásobit vícekrát.

Výběr padl na konektory typu FASTON, protože s nimi autor měl dobré předchozí zkušenosti a vyhovovaly požadavkům na rychlé a snadné provedení i zrušení spoje, spolehlivé propojení (jak elektricky, tak mechanicky), na dostupnost pro výrobu (kabely s FASTON konektory se běžně krimpují ve velkých sériích) a také na cenu (díky velkým výrobním sériím a nenáročnost na materiál jsou FASTON konektory jednou z nejlevnějších voleb vůbec. Větší rozměry FASTON konektorů lze snadno zapojit, ale díky svému profilu do sebe zapadnou velmi pevně, pro zrušení takového spojení je pak nutná velká síla. Proto se také konektory tohoto typu používají na radě míst v elektrickém zapojení dopravních prostředků (automobily, motocykly, atd.) či v domácích spotřebičích (sporáky, trouby, atd.). U FASTON konektorů malých rozměrů je však síla potřebná ke zrušení spojení mnohem menší, což činí tento typ konektoru vhodným. Na Obr. 1 můžete vidět neizolovanou zásuvku FASTON 2,8 mm × 0,8 mm a úhlovou vidlici FASTON 2,8 mm × 0,8 mm do DPS (desky plošného spoje) ve stavu rozpojeném a zapojeném.

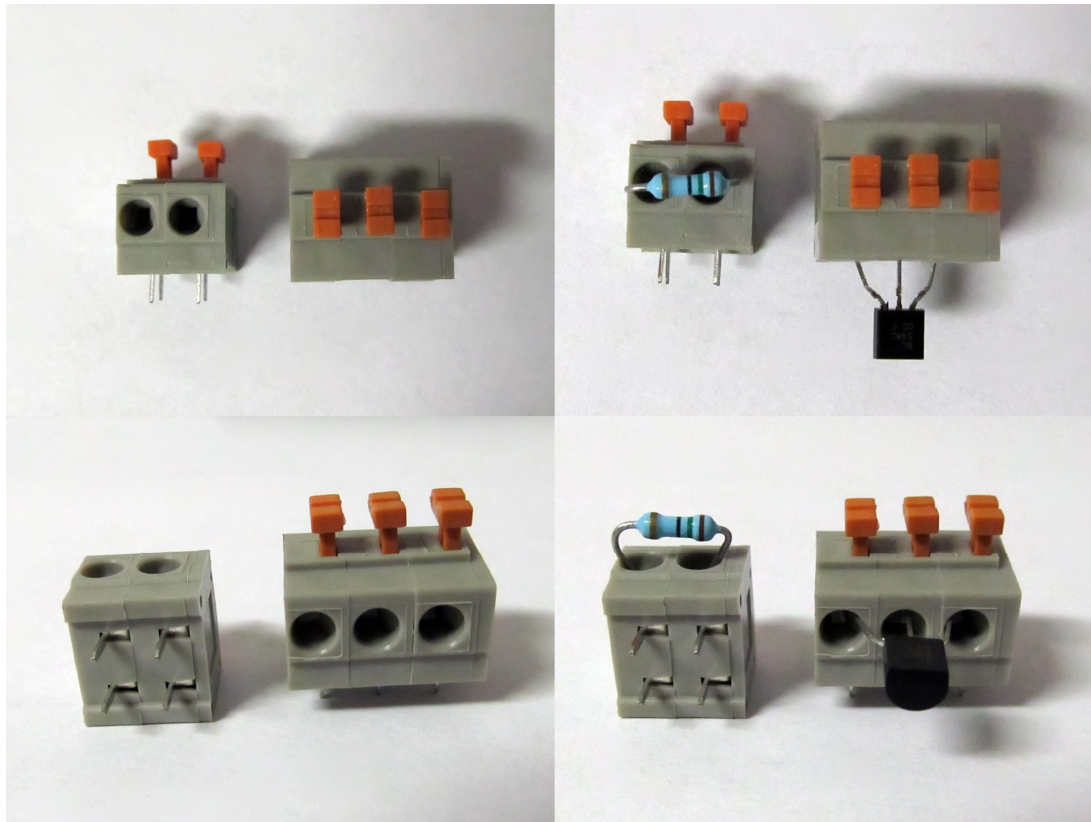


Obr. 1 – FASTON konektory

Uložení součástek

Při volbě uložení součástek musel být naplněn požadavek na extrémně snadnou servisovatelnost. Z autorových zkušeností vyplývá, že v současném školství je učitel nadměrně zatěžován činnostmi, které nesouvisejí s jeho přímou pedagogickou povinností (administrativa, organizace školních akcí dle oboru, propagace školy, dozory, atd.), takže i malé poškození pomůcky, budiž jí elektronická stavebnice se součástkami uzavřenými v kvádrových modulech, jakým je v našem případě třeba zničený tranzistor, je někdy velkou obtíží, protože pedagog si musí udělat čas na to, aby vyhledal páječku a pájku, rozebral modul, odpájel součástku, připájel novou a modul opět složil. Situace tak snadno může skončit odložením celé stavebnice v důsledku jednoho problému. Byl tedy jasně určen cíl: součástky musí být možno vyměnit bez použití přístrojů a pokud možno i nářadí.

Cíl pomohly splnit svorkovnice. Bylo vyzkoušeno několik typů, ale jako nejlépe vyhovující se ukázaly svorkovnice ARK124A/2 a ARK124A/3, které vidíte na obrázku Obr. 2 níže. Tyto svorkovnice jsou sice určeny pro vodiče větších průměrů, ale díky tuhosti vnitřních pružin drží spolehlivě i vývody součástek. Výměna poškozené součástky se díky otevírání tlakem seshora stává otázkou sekund.



Obr. 2 – Svorkovnice ARK124A/2 a ARK124A/3

Výjimky z tohoto pravidla uložení ve svorkovnicích tvoří součástky mechoelektrické (tlačítka, přepínače), u nichž se nepředpokládá vysoké riziko poškození, potenciometry, u nichž je jednak obtížné upevnit je bez pájení mechanicky dostatečně odolným způsobem, a jednak se díky integrovanému ochrannému rezistoru též nepředpokládá velká míra poškození, a konečně piezoelektrický měnič, u nějž se poškození též nepředpokládá, protože jeho napěťové rozpětí je velké. Obvod NE555 je pak uložen v patici.

Design stavebnice

Požadavek na asociaci schematické značky, reálné podoby součástky a jejího názvu vyústil v rozhodnutí provést potisk vrchní strany desky plošných spojů. Tento potisk měl obsahovat schematickou značku součástky naznačující propojení s kontakty, název součástky a grafický prvek jasně označující příslušnost ke konkrétní stavebnici (logo apod.).

Bezpečnost žáků

Vzhledem k tomu, že stavebnice je cílena na nekvalifikované uživatele, musel být kladen velký důraz na bezpečnostní opatření. Proto také volba napájecího napětí stavebnice padla na bezpečných 5 V stejnosměrných. Při úvahách o tom, z jakého zdroje toto napětí získat, byla zvážena možnost, že napájení stavebnice bude ponecháno na uvážení uživatele (žák a pedagog by tedy museli pozorně zkontrolovat výstupní parametry školních laboratorních zdrojů či rozvodů elektrické energie do žákovských stanic). Tato myšlenka však byla zamítnuta, protože při omylu nebo selhání vstupního zařízení by žáci mohli přijít do ohrožení zdraví. Byly tedy vytvořeny zdrojové moduly s řadou ochran.

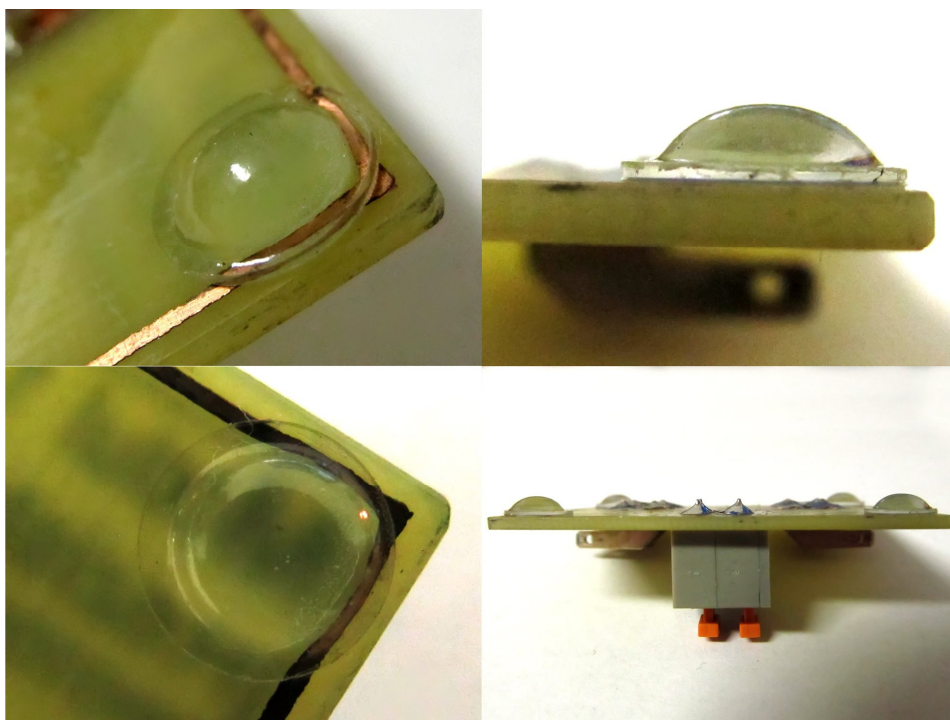
Mechanická rizika pro uživatele byla snížena pečlivým zabroušením hran a rohů nosných desek.

Bezpečnost stavebnice

Riziko nesprávné volby parametrů napájení je nasnadě – příliš vysoké napětí by mohlo snadno zničit součástky stavebnice. Nejbezpečnější cestou se tak zdála tvorba zdrojových modulů, které jsou schopny v jistém rozsahu vstupů upravit napájecí napětí do potřebných parametrů. Tyto moduly mají integrované ochrany proti zkratu, nadproudu, přepětí a prepólování. Tím chrání součástky proti poškození vinou nesprávného zapojení.

Jelikož desky plošných spojů jsou při použití orientovány stranou mědi dolů, je třeba zajistit, aby nedošlo nedopatřením ke zkratu vývodů při položení modulu na

vodivou podložku. Jednou metodou obrany je nepájivý maskovací lak, kterým by spoje stavebnice měly být překryty. Stále však přetrvával fakt, že desky by takto stály na zapájených vývodech součástek. Proto vznikl záměr opatřit moduly gumovými nožičkami. Ty elektricky izolují desku od podložky, tlumí nárazy při pokládání desek a chrání podložku před poškrábáním vývody součástek. Malé transparentní samolepicí přístrojové nožičky vidíte na Obr. 3.



Obr. 3 – Přístrojové nožičky na desce

Nultá deska

Některé výše zmíněné návrhy byly nejprve rychle otestovány na předvýrobku, který ukazuje Obr. 4.



Obr. 4 – Předvýrobek pro testování některých principů

Výrobek měl pomoci ověřit několik základních předpokladů:

- Vhodnost rozměru desky 5 cm × 5 cm
- Vhodnost uchycení součástek ve svorkovnicích
- Vhodnost použití FASTON konektorů
- Mechanickou pevnost FASTON vidlic ve spoji
- Odolnost FASTON zásuvek na kabelu
- Vhodnost použití malých přístrojových nožiček typu GF5A

Rozměr desky plně vyhovoval potřebám pohodlné manipulace, možnosti umístit schematickou značku a požadavku, aby osazené součástky nepřesahovaly hranici desky.

Zpočátku panovala obava o pevnost uchycení součástek ve svorkovnicích, které jsou primárně určeny pro vodiče větších průměrů, než jaké mají vývody součástek. Díky velké tuhosti pružin se však uložení součástek ukázalo jako spolehlivé, a to při zachování snadnosti výměny součástek.

Konektory typu FASTON se ukázaly jako vhodné, protože síla potřebná k jejich zapojení a odpojení není ani příliš velká, aby jej nebylo pohodlné provádět holýma rukama, ani příliš malá, aby spojení nebylo spolehlivé. Stran mechanické odolnosti byl proveden test spočívající v tisíci zapojeních a odpojeních konektoru různými způsoby – jak za samotný konektor, tak vytržením za kabel. Na konektorech nebyly po tomto testu patrné známky poškození a kvalita jejich spojení nijak neutrpěla.

Nožičky typu GF5A se ukázaly být velmi vhodné, protože svou výškou sotva přesahují vývody zapájených součástek, takže zbytečně nezvyšují desku, ale chrání ji před zkratem a stůl před poškrábáním. Díky svému povrchu také zamezují klouzání.

S touto ideou byla zahájena výroba prototypu stavebnice. Než začneme dokumentovat výrobu stavebnice, uveďme některé důležité technologické postupy, které byly používány a zdokonalovány.

3.2. Technologické postupy

3.2.1. Výroba plošných spojů metodou přenosu toneru

Běžným postupem při výrobě plošných spojů v domácích podmínkách je výroba fotocestou. Nezmiňujeme se o výrobě metodou přímého škrábání segmentovým nožem, které jednak má velmi malou přesnost, a jednak není vhodné

pro práci ve větším množství. Jinou metodou by mohlo být také kreslení příslušným fixem (lihovým, lakovým) na měď a následné leptání. Tato metoda však také nedosahuje příliš velké přesnosti ani rychlosti. Tím výčet metod víceméně končí. Autor však již nějakou dobu toužil vyzkoušet metodu novou, která odstraňovala výrazné nedostatky metod ostatních – metodu přenosu toneru.

Tato metoda využívá laserové tiskárny, pomocí které vytiskneme předlohu obrazce plošných spojů na vhodně zvolené médium (voskovaný papír, lepicí papír s lepidlem vodou rozpustným, speciální přenosový papír). Takto vytištěnou předlohu potom přiložíme k pečlivě očištěné desce cuprexitu a přežehlíme předlohu z papíru na desku. To je možné díky tomu, že toner má relativně nízkou teplotu tání a je schopen velké adheze k podkladovému materiálu. Poté musíme odstranit přenosové médium – buď sloupnutím, nebo odmočením. Na desce cuprexitu potom zůstanou stopy toneru. Poté se deska položí do leptací lázně, která odleptá holou měď, ale ponechá netknuté plochy pokryté tonerem. Takto v zásadě funguje metoda výroby plošných spojů přenosem toneru. Přináší s sebou několik neoddiskutovatelných výhod oproti druhé možnosti – výrobě fotocestou. Předně, časová náročnost této metody je relativně nízká. Od vzniku předlohy po hotovou desku nemusí uplynout více než půl hodiny. Zažehlení trvá řádově tři minuty, chlazení desky dvě, odmaččení deset minut (v případě sloupnutí nosného materiálu tento bod odpadá) a leptání různou dobu v závislosti na čerstvosti použité lázně, teplotě, plošném obsahu odleptávané mědi, aj., ale obvykle patnáct až dvacet minut. Metoda přenosu toneru se tedy skvěle hodí pro operativní a svižné experimenty. Další její výhodou je nenáročnost na vybavení – zatímco pro výrobu fotocestou potřebujeme zdroj ultrafialového záření na vytvrzení fotorezistu, zde nám stačí běžná černobílá laserová tiskárna a vhodné médium. A konečně, cenově metoda přenosu toneru vyjde na polovinu nákladů na výrobu fotocestou. Cuprexit s fotocitlivou vrstvou či cuprexit a sprej s fotoemulzí jsou prodávány za zhruba dvojnásobnou cenu než cuprexit holý (v době tvorby práce byla v GME – GM ELECTRONIC, internetový obchod – 300 mm × 200mm deska cuprexitu prodávána za 134 Kč, deska stejných rozměrů s fotocitlivou vrstvou za 261 Kč).

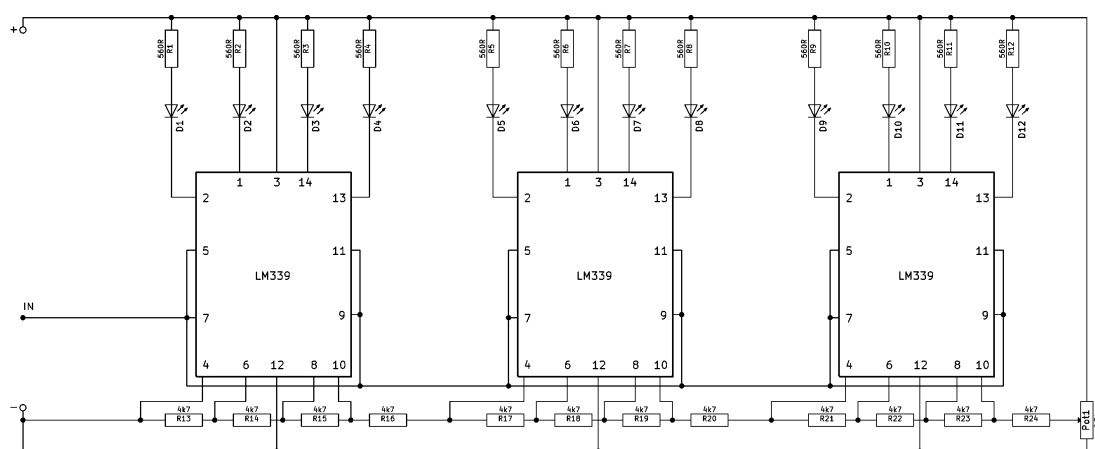
Naproti tomu pojďme zmínit některé nevýhody této metody. Mezi hlavní nevýhody je třeba zařadit fakt, že užití této metody neposkytuje stejně konzistentní výsledky jako výroba fotocestou. Kvalita výsledné desky záleží na mnoha faktorech – na zkušenosti výrobce, na typu tiskárny (přesněji tedy na konkrétním typu toneru

a možnosti nastavení jeho množství), na kvalitě očištění mědi, atd. Je tedy třeba být při výrobě precizní. Faktem také je, že toner neodolává leptací lázni tak dobře, jako fotorezist, takže musíme desku sledovat a nenechávat ji v lázni příliš dlouho.

Pojďme se nyní podívat, jak dopadla výroba testovací desky, která předcházela výrobě stavebnice.

Testovací deska

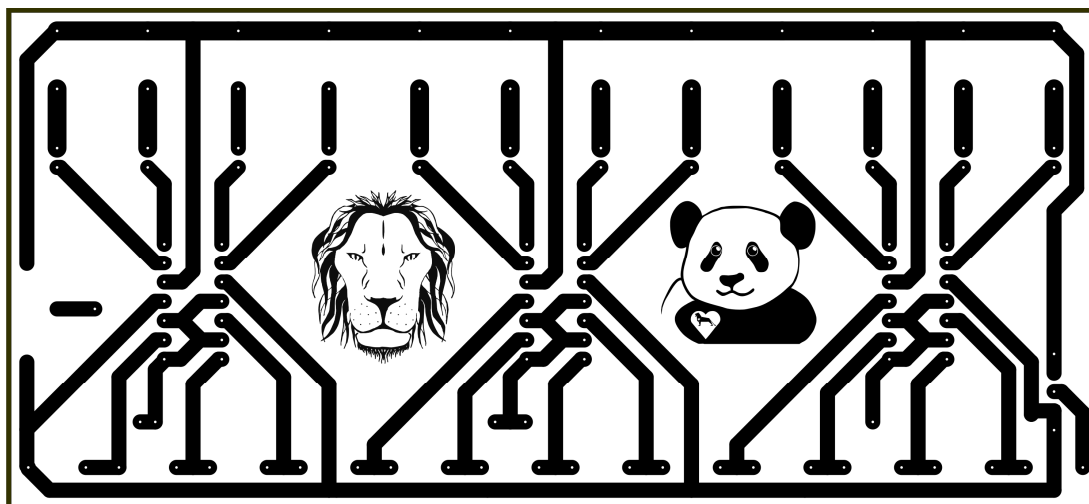
K otestování technologického postupu výroby desek plošných spojů byl zhotoven jednoduchý bargraf se dvanácti LED (Light Emitting Diode – svítivá dioda) sestávající z trojice integrovaných obvodů LM339. Schéma zapojení naleznete na Obr. 4.



Obr. 4 – Schéma zapojení LED bargrafu

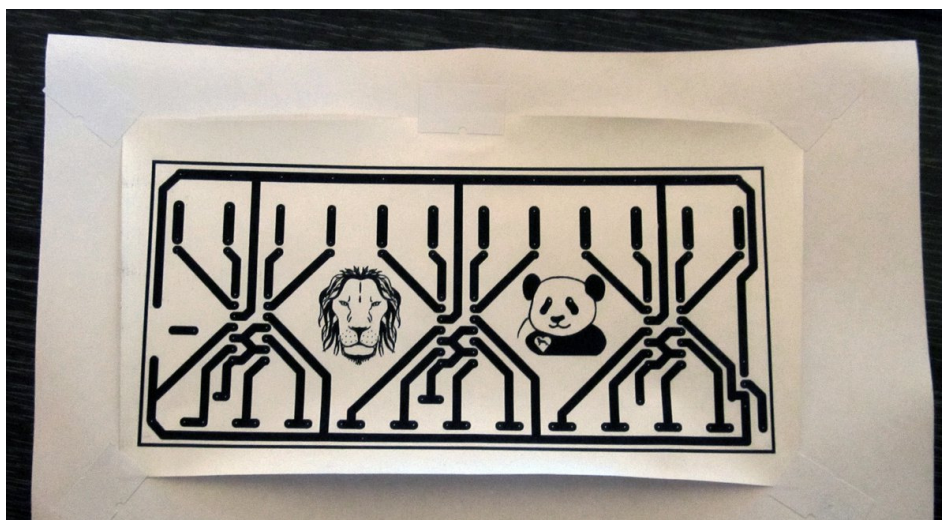
Integrovaný obvod LM339 v sobě sdružuje čtveřici komparátorů. Jejich výstupy jsou přivedeny na LED D1–D12, které jsou přes rezistory R1–R12 připojeny ke kladnému pólu zdroje. Neinvertující vstupy všech komparátorů jsou spojeny a je na ně přivedeno vstupní napětí přes přípojně místo označené ve schématu jako IN. Invertující vstupy jsou postupně připojeny ke kaskádě rezistorů R13–R24, která lineárně dělí napětí na dvanáct dílů. Aby bylo možno regulovat úroveň spínání, je kaskáda rezistorů připojena k děliči napětí v podobě Pot1. Protože obvod je napájen jednoduchým zdrojem, může se na výstupu komparátorů objevovat pouze nulové napětí (vůči zápornému pólu zdroje) – proto jsou LED připojeny ke kladnému pólu zdroje. Budeme tedy uvažovat o napětí proti zápornému pólu zdroje. V tom případě jsou invertující vstupy komparátorů připojeny postupně od záporného pólu zdroje na 0 V , $1/12 U_m$ (U_m je maximální napětí kaskády nastavené pomocí Pot1), $2/12 U_m$, $3/12 U_m$, $4/12 U_m$, $5/12 U_m$, atd. Poslední invertující vstup je připojen na napětí $11/12 U_m$. Na neinvertujících vstupech zatím nemáme přivedeno vstupní napětí.

Komparátory se v této situaci chovají, jako by na jejich neinvertujících vstupech bylo kladné napětí, takže výstup komparátorů je na vysoké úrovni, ovšem téměř bez proudu. Žádná LED nesvítí. Jakmile ovšem začneme snižovat na vstupu IN napětí, situace se mění – jakmile napětí na neinvertujícím vstupu prvního komparátoru poklesne pod $11/12 U_m$, převládne invertující vstup prvního komparátoru, takže výstup se překlápí do stavu s nulovým napětím, čímž rozsvítí D1. S každou další ubývající dvanáctinou U_m se potom rozsvěcí další LED.



Obr. 5 – Obrazec plošných spojů testovací desky

Aby bylo možné otestovat maximální rozlišení při přenosu obrazců metodou přezhelení toneru, byla do obrazce plošných spojů přidána také grafika s jemnými konturami, jak ukazuje Obr. 5. Tato předloha šíře 148 mm byla vytištěna na barevný lepicí papír ze strany pokryté vodou rozpustným lepidlem. Podstatná vlastnost tohoto papíru je, že jeho lepidlo je tepelně odolné a nemá tendenci znečišťovat válce tiskárny. Na obrázku Obr. 6 můžete vidět výtisk předlohy.



Obr. 6 – Předloha vytištěná na barevném lepicím papíru

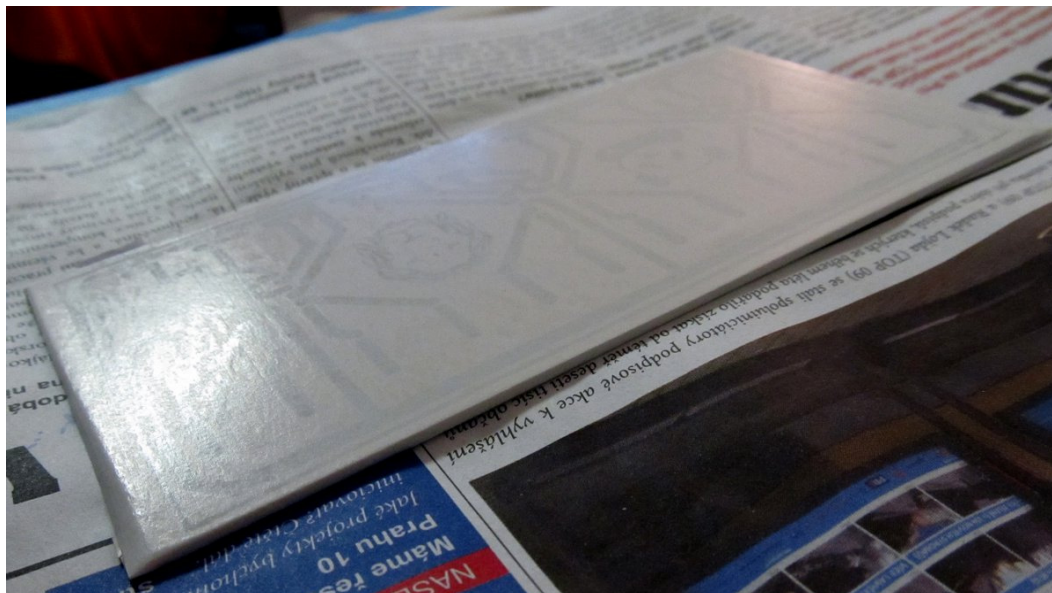
Lepicí papír (vyzkoušena byla značka STEPA s. r. o. Lanškroun) je připevněn na nosném listu z běžného kancelářského papíru o gramáži 80 gcm^{-2} . K upevnění byly použity běžné papírové cenovky, které jsou dostatečně teplotně odolné – při použití plastové pásky by hrozilo nebezpečí jejího tání a poškození zapékacích válců tiskárny. Takto připravená předloha je stále velmi tenká a je-li papír pečlivě rozprostřen, nehrozí tiskárně o nic větší nebezpečí, než když podavač nedopatřením nabere více listů běžného papíru najednou. První hranu lepicího papíru (z hlediska vstupu do tiskárny) je vhodné zajistit ještě jednou cenovkou uprostřed pro zvýšení bezpečnosti.

Vrstva toneru je velmi tenká a záměrem je vytvořit kvalitní souvislý povrch, který by odolal leptací lázni. Z tohoto důvodu je třeba tiskárnu vždy nastavit na nejvyšší možnou hustotu toneru a umožňuje-li to nastavení, měly by souvislé plochy předlohy být tištěny skutečně souvisle, bez rastru malých bodů. (Např. použitý model tiskárny Canon i-SENSYS LBP6020B toto nastavení umožňuje.). U některých modelů tiskáren však vrstva toneru dle zkušeností uživatelů dostatečná není ani při těchto nastaveních, proto někteří z nich doporučují přetisk výtisku (tedy vložit výtisk znovu do podavače a nechat předlohu vytisknout znovu). Tato metoda se však autorovi neosvědčila, jelikož je velmi problematické zachovat požadovanou přesnost (odchylka při vkládání papíru do podavače, byť v řádu zlomků milimetru, způsobí i odchylku v překryvu prvního a druhého tisku), což je problematické zvláště u tenkých izolačních mezer mezi spoji a malých vrtacích značek, které se tak snadno slévají. Kromě této obtíže s sebou přetisk nese i riziko pro tiskárnu – silná vrstva toneru má tendenci se částečně odlupovat a zanášet vnitřek tiskárny. Zanechané nečistoty se však u konkrétního modelu tiskárny podařilo dalším průjezdem čistého listu papíru odstranit.

Měď je nutno před samotným zažehlováním pečlivě očistit! Znečištění mědi (oxidace, mastnota, prach, atd.) může způsobit nepřilnavost toneru, potažmo poškození přenášeného obrazce. Čištění mědi bylo prováděno ve třech krocích:

- Omytí acetonem kvůli odstranění mastnoty
- Obroušení povrchu drsnou stranou houbičky na nádobí kvůli odstranění oxidů a dalšího znečištění
- Oplach vodou a osušení ubrousky kvůli odstranění zbytků prachu po broušení

Houbičky na nádobí byly zvoleny jako brusný materiál díky své jemnosti, ale přesto výtečné účinnosti. Měď cuprexitu by měla být jednotně zářivá, bez skvrn a otisků prstů. Platí také, že čím méně materiálu broušením odebereme, tím lépe pro naše spoje.



Obr. 7 – Zažehlená předloha

Na očištěnou desku je třeba upevnit předlohu. K tomuto účelu byly použity opět cenovky kvůli své teplotní odolnosti. Papír s předlohou ostříháme zhruba na rozměry desky, ale na dvou protilehlých stranách jej necháme přečnívat tak, abychom mohli předlohu pomocí cenovky upevnit ke straně laminátu. Desku s předlohou potom položíme na mírně změkčenou podložku kvůli vyrovnání přítlaku a teploty při zažehlování. Na žehličce nastavíme teplotu zhruba v polovině stupnice a ponecháme ji, aby se její žehlicí plocha rozežhřála. Když termostat vypne, můžeme přistoupit k žehlení. Desku položíme laminátem dolů, papírem nahoru. Přitiskneme relativně velkou silou žehlicí plochu k předloze. V závislosti na poměru velikosti žehlicí plochy a vyráběné desky bud' ponecháme žehličku v klidu (v případě, že pokryje celou předlohu), nebo jí vždy odlehčíme a přesuneme se na další pozici, abychom zahřívali desku co nejvíce rovnoměrně. Vždy je naší snahou pohybovat žehlicí plochou po předloze co nejméně! I ty nejjemnější pohyby předlohy vůči desce mohou utrhnout toner od mědi a tím znehodnotit výrobek. To také předurčuje metodu zažehlování jako vhodnou spíše pro desky menších rozměrů.

Po zažehlení je třeba nechat desku vychladnout. Optimální je s ní vůbec nehýbat do chvíle, než toner opět ztuhne. Když deska zchladne, opatrně ji ponoříme do vodní lázně – zde se uplatní rozpustnost lepidla na papíru ve vodě. Během zhruba

deseti až patnácti minut se papír odmočí. Obvykle zkrabatí a jeho spojení s tonerem je zcela zrušeno – stačí tedy opatrně odtrhnout cenovky, jimiž byl papír zajištěn, a sejmut jej z desky. Abychom odstranili rezidua lepidla, opláchneme desku s přeneseným obrazcem pod proudem vody. Volíme však relativně malou rychlost proudu, abychom zbytečně nepoškodili obrazce. Desku při oplachu můžete vidět na Obr. 8.



Obr. 8 – Testovací deska při oplachu

V tuto chvíli je deska připravena k leptání. Necháme ji ještě oschnout (případně ji můžeme lehce osušit ubrouskem, ale musíme dbát velké opatrnosti, abychom nepoškodili obrazec). Protože vrstva toneru je opravdu tenká, není doporučeno používat k leptání příliš agresivní roztoky – například vodný roztok kyseliny chlorovodíkové s peroxidem vodíku. Existuje i jiný důvod, proč tento roztok nepoužívat, a sice bezpečnostní riziko. Kyselina chlorovodíková ve vysoké koncentraci uvolňuje velké množství chlorovodíku, který má velmi nepříjemnou vlastnost – jakmile se vzduch prosycený chlorovodíkem dostane do styku s vodou, opět se v ní rozpouští a vznikají žíravé roztoky. Tento mechanismus je velmi nebezpečný, když se chlorovodík dostane na sliznice či do plic, ale dokáže stejně dobře rozleptat i kovové části v okolí lázně. Použijeme tedy roztok chloridu

železitého, který je prodáván jako leptací roztok pro výrobu plošných spojů. Tato látka je mnohem méně agresivní a vrstva toneru jí snáze odolá. Je však stále třeba dodržovat zásady osobní bezpečnosti – používejte ochranné brýle a rukavice, pokud možno pracujte venku nebo alespoň v dobře větraném prostoru! Desku opatrně položíme na hladinu leptací lázně mědi dolů – tak mohou odleptané kousky mědi klesat ke dnu a k desce se samovolně dostává čerstvý roztok (odpadá tak nutnost ometat desku během leptání štětečkem). Kvůli manipulaci s deskou je vhodné opatřit ji držadlem – jak ukazuje Obr. 9, dobře poslouží oboustranná lepicí páska a krabička od bonbónů.



Obr. 9 – Testovací deska během leptání

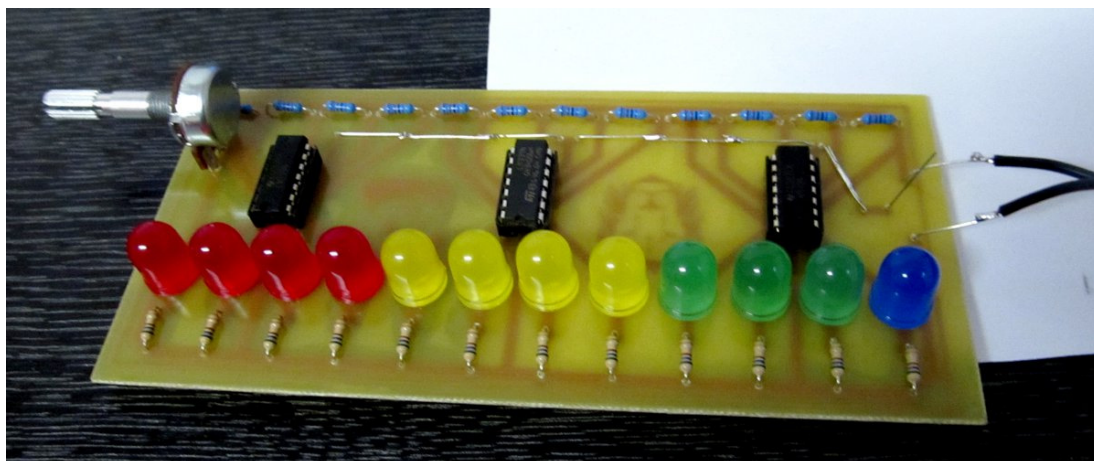
Díky průsvitnosti materiálu snadno poznáme, když je deska vyleptaná (na Obr. 9 v horní části se začínají objevovat odleptané oblasti, ve spodní části je deska vyleptaná). Nenecháváme ji v lázni déle, než je nezbytně nutné, abychom omezili možnost podleptání toneru. Desku po vyjmutí z lázně řádně opláchneme vodou (použijeme jí velké množství, abychom co nejvíce zředili leptací roztok) a běžnou drátěnkou odstraníme co nejvíce toneru. Spoje dočistíme ubrouskem s acetonem. Poté můžeme desku nalakovat kalafunovým lakem, aby neoxidovala, a započít další zpracování. Zastavme se ještě u výsledku testu rozlišení – metodou přenosu toneru se podařilo dosáhnout výsledku, který ukazuje Obr. 10.



Obr. 10 – Grafika testovací desky vyleptaná v mědi

Výsledná kvalita je s přihlédnutím k finančním i časovým nákladům na tuto metodu výroby plošných spojů velmi uspokojivá. Tečky v okolí lvího nosu mají rozměry v řádech zlomků milimetru (zhruba 0,2 mm–0,25 mm), a přesto byly zachovány s výbornou přesností.

Následně byla deska navrtána v předlohou naznačených místech a osazena součástkami. Tyto kroky postupu výroby však byly provedeny již klasickými metodami, které nejsou předmětem této části práce. Vzhled výsledku ukazuje Obr. 11. Další využití tohoto výrobku bude spočívat ve hlídání hladiny hluku ve třídě – bude k němu doplněn mikrofón se zesilovačem a místo poslední LED (D12) bude umístěn výstup na sirénu, která pedagogovi ohlásí, že žáci mají zájem psát písemnou práci a projevují jej příliš hlasitým hovorem.



Obr. 11 – Osazená testovací deska

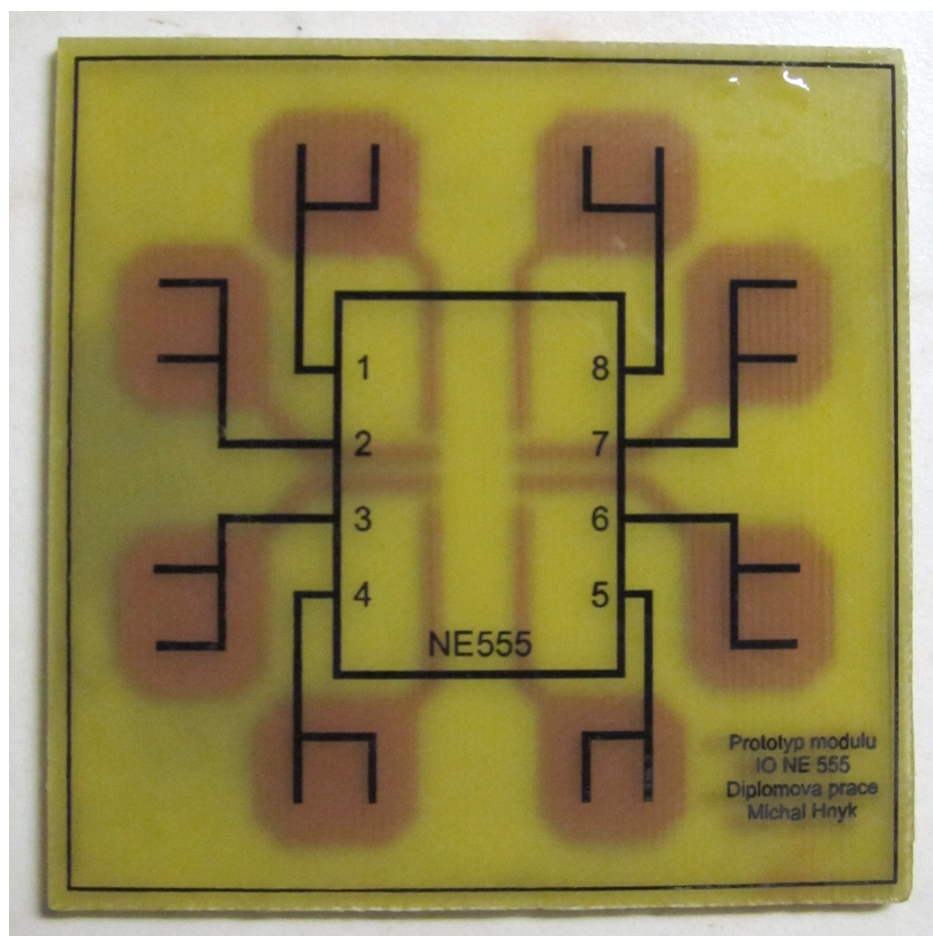
3.2.2. Potisk desky

Existoval ještě jeden důvod, proč byla pro výrobu plošných spojů stavebnice zvolena metoda přenosu toneru – stejnou metodu totiž bylo v úmyslu využít pro potisky desek textem a grafickými symboly (logem a schematickými značkami). Postup byl jednoduchý:

- Očistit povrch laminátu acetonem a vodou (nikoli abrazivními metodami!)
- Připevnit vytištěnou předlohu stejným způsobem jako u výroby spojů
- Zažehlit předlohu
- Odmočit a odstranit lepicí papír
- Opláchnout a osušit desku
- Ochránit potisk vhodným lakem

Pro tento postup byla zvolena jiná testovací deska – prvotní návrh modulu s integrovaným obvodem NE555. Plošné spoje byly vyrobeny metodou popsanou v předchozí části. První části postupu výroby potisku není třeba obrazově

dokumentovat, protože se plně shodují s postupem výroby plošných spojů. Výsledný potisk po vyjmutí z lázně ukazuje Obr. 12.



Obr. 12 – Testovací potisk

3.2.3. Ochrana potisku

Samotný toner na povrchu laminátu je velmi choulostivý, proto bylo třeba desku přelakovat vhodným lakem. Aby potisk nebyl při lakování ohrožen kontaktem se štětcem, byl zvolen čirý akrylový lak ve spreji. Tento lak ovšem reagoval s tonerem a byť jeho povrch byl tvrdý a přilnavost dobrá, objevovaly se v oblastech toneru na laku praskliny. Také lesk laku byl velký a jeho struktura se měnila při ohřevu desky pájením. Musel proto být zvolen alkydový lak. Rozdíl ukazuje Obr. 13.



Obr. 13 – Rozdíl v povrchu akrylového a alkydového laku

Čirý alkydový lak řady ColorWorks od firmy MOTIP DUPLI B.V. poskytl hladký matný povrch, který zlepšuje viditelnost potisku tím, že omezuje odlesky. Také nedocházelo k reakcím s tonerem, takže povrch je v oblasti laminátu i potisku stejný. Poslední výhodou tohoto laku byla teplotní odolnost – při pájení nebyly zaznamenány žádné vizuální změny v povrchu.

3.2.4. Dělení cuprexitu

Z mnoha možných metod dělení cuprexitu (řezání na speciální cirkulární pilce, řezání pilkou na železo, stříhání průmyslovým pákovým řezačem plechů, stříhání nůžkami na plech, ...) byla vybrána metoda nejméně náročná na vybavení a zároveň šetrná k materiálu – řezání segmentovým nožem a odlamování. Tato metoda pracuje podobně jako průmyslové frézování, kdy jsou frézou naznačeny dělicí čáry a zákazník si jednotlivé desky oddělí sám lámáním. Stačí přiložit na cuprexit druhou tenkou desku s pevným okrajem a podél ní několikrát materiál naříznout z obou stran. Začínáme vždy na straně mědi, protože díky prosvítání laminátu můžeme snadno zarovnat druhý řez s prvním. Laminát je velmi tvrdý, takže je třeba čepel nože častěji odlamovat. Délka jednoho segmentu čepele však postačí i na čtyři odlomení.



Obr. 14 – Dělení cuprexitu pomocí segmentového nože

3.3. Výroba stavebnice

3.3.1. Návrh názvu a loga

Jelikož všechny moduly stavebnice měly být opatřeny logem, bylo třeba zahájit celou práci právě návrhem loga, které mohlo a nemuselo souviset s názvem stavebnice. Byly zvažovány různé návrhy, které v sobě měly obsahovat informace o tom, že stavebnice je elektronická a vzdělávací. Po rozsáhlých úvahách a prvotních nápadech na názvy jako „Educatronic“, „Edutronikit“ apod. byl zvolen název „SEEK!“ – anglický imperativ slova „hledat“. Tím autor chce uživateli naznačit, že má hledat poznání. Zároveň je „SEEK!“ zkratkou plného názvu stavebnice: „Simple Educational Electronic Kit“, tedy v češtině „Jednoduchá Vzdělávací Elektronická Stavebnice“.

Za logo byla zvolena trojice překrývajících se symbolů základních elektrických fyzikálních veličin – V , A a Ω v tomto pořadí. Takto je žáci obvykle chronologicky poznávají – nejprve Volt, coby jednotku elektrického napětí, které je rozdílem potenciálů. Poté Ampér, coby jednotku elektrického proudu, který je množstvím náboje, které projde za jednotku času průřezem vodiče. Nakonec pak Ohm, coby jednotku elektrického odporu, který je podílem napětí a proudu. Provedení bylo voleno jednoduché a striktně černo-bílé s ostrými hranami, aby logo bylo možné přenést pomocí toneru na všechny moduly stavebnice. Výsledný návrh ukazuje Obr. 15.



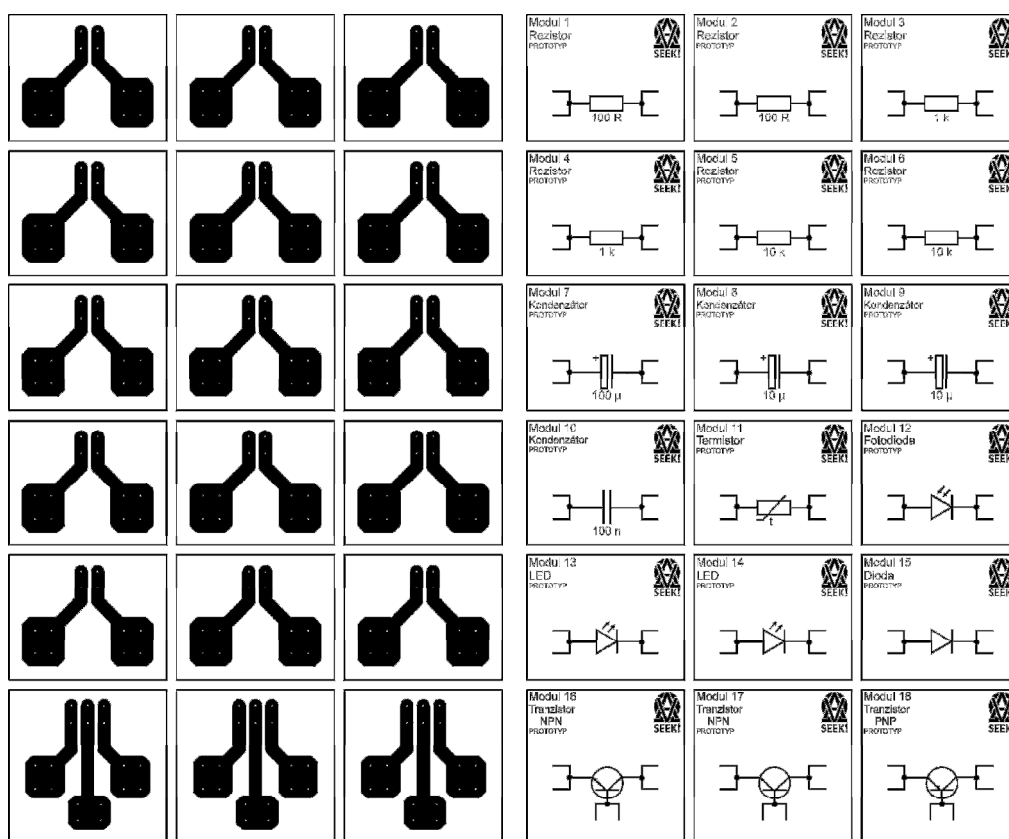
Obr. 15 – Logo stavebnice

3.3.2. Návrh obrazců spojů a grafiky potisku

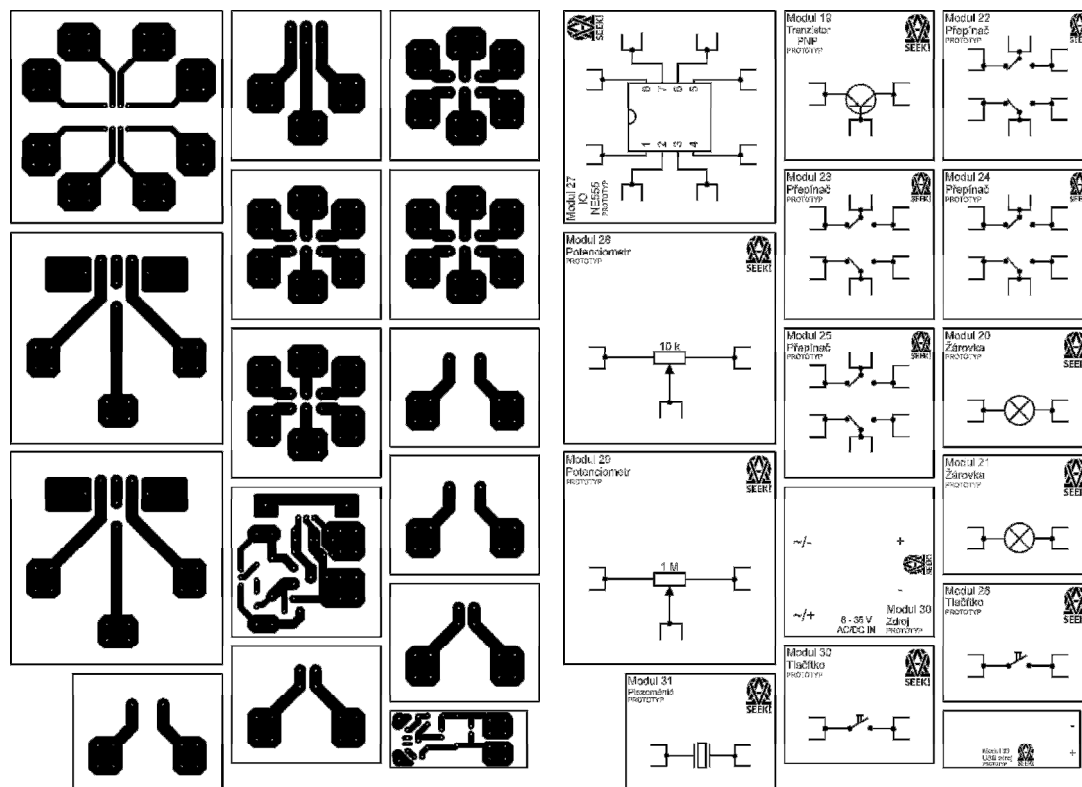
Vzhledem k dobrým zkušenostem s testovacími deskami bylo rozhodnuto o třech základních rozměrech modulu – 40 mm × 50 mm, 50 mm × 50 mm a 70 mm × 70 mm. Později byl přidán ještě jeden, a sice 20 mm × 45 mm pro poslední modul stavebnice diskutovaný dále. K návrhu obrazců spojů byl použit volně šiřitelný program KiCAD.

Výsledný počet modulů se podařilo sestavit do celkové předlohy o rozsahu dvou desek cuprexitu formátu 300 mm × 200 mm. Hraniční linky modulů byly přidány kvůli orientaci při dělení desek i kvůli designu. Linky také byly posunuty o jeden milimetr dovnitř z každé strany, aby byly vytvořeny tolerance pro řezy.

Zmenšené náhledy 150 mm širokých předloh ukazují Obr. 16 a Obr. 17. Předlohy ve skutečné velikosti naleznete na konci práce jako Přílohu 1. Náhledy níže jsou přímé, aby bylo možné je pohodlně číst – předlohy v příloze zachovávají orientaci nutnou k tisku. Obrazce spojů není třeba zrcadlit – k zrcadlení dojde při přezhlování na cuprexit, k dalšímu potom tím, že na desku s plošnými spoji se díváme ze strany součástek – obrazce tedy odpovídají pohledu ze strany součástek. Obrazce potisku ale zrcadlit musíme, protože k zrcadlení dojde také při přezhlování.



Obr. 16 – Náhledy obrazců spojů a grafiky potisku (deska 1)



Obr. 17 – Náhledy obrazců spojů a grafiky potisku (deska 2)

Kompilace součástek byla zvolena tak, aby umožňovala provést řadu základních experimentů. V době tvorby předloh existovaly hrubé návrhy zapojení, která by mělo být možné se stavebnicí realizovat. Finální množina obvodů však byla v průběhu tvorby rozšířena.

3.3.3. Návrh propojovacích vodičů

Během rozmýšlení nad obvody, jejichž zapojení by stavebnice měla umožňovat, byly spočteny i propojovací vodiče nutné k jejich realizaci. Konečný počet byl určen na 20 ks vodičů o délce 15 cm a 10 ks vodičů o délce 30 cm. Tato sada měla být doplněna ještě šesti vodiči s kombinací banánek-FASTON pro měření a připojení ke zdírkám externího zdroje a dvěma vodiči s kombinací krokosvorka-FASTON pro připojení k ploché baterii atd. Tyto vodiče byly navrženy na délku 50 cm.

Konektory FASTON měly na vodiče být krimpovány pomocí převodových kleští s příslušnými čelistmi. Zvolen byl typ EWZ230C prodáváný v GME.

Za vodič byl vybrán typ CYH 2X0,35, černorudá dvoulinka. Během dalších experimentů se však ukázalo, že ač tento vodič vyhovuje, byl by vhodnější vodič nepatrně většího průřezu, a především většího průměru izolace – tak by krimpované FASTON konektory držely na vodiči pevněji.

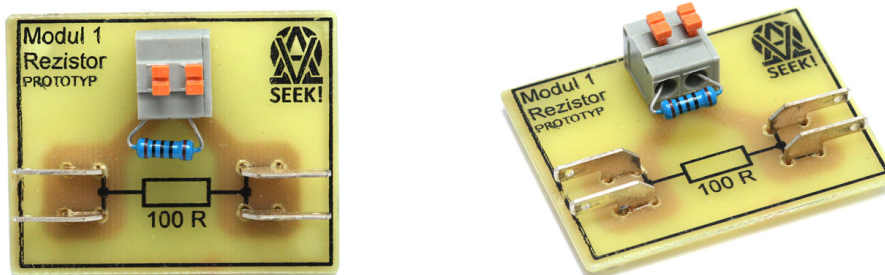
3.3.4. Výroba stavebnice

Pro účely pilotáže bylo rozhodnuto o tom, že minimální počet sad stavebnice je tři. Tento počet byl kompromisem mezi velikostí skupinky, která bude pracovat s jednou sadou, a časovými možnostmi při výrobě. Celkem tedy mělo být vyrobeno 99 modulů, a to za využití šesti desek cuprexitu formátu 300 mm × 200 mm.

Díky výsledkům testování metody zažehlování toneru byla každá použitá deska rozdělena do tří segmentů (kvůli zmenšení plochy, a tím pádem minimalizaci chybovosti přenosu obrazců). Fotodokumentaci výroby modulů stavebnice naleznete na konci práce jako Přílohu 2.

Na tomto místě pojďme prozkoumat jednotlivé druhy modulů blíže.

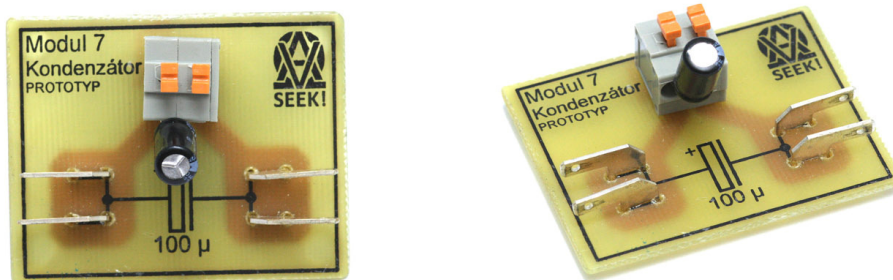
Rezistory



Obr. 18 – Hotový modul (rezistor)

Modulů rezistoru obsahuje stavebnice celkem 6 – dva kusy od tří hodnot (100 Ω , 1 k Ω a 10 k Ω). Rezistory byly zvoleny s proužkovým označením, aby se uživatel mohl prostřednictvím stavebnice seznámit s barevnými kódy.

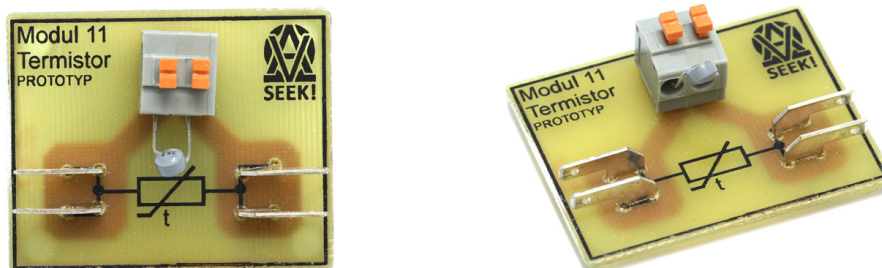
Kondenzátory



Obr. 19 – Hotový modul (kondenzátor)

Moduly kondenzátoru nalezneme ve stavebnici celkem čtyři, a to s hodnotami 100 nF, dvakrát 10 μ F a 100 μ F. Elektrolytické kondenzátory byly voleny na maximální dovolené napětí o velikosti 16 V kvůli své ceně.

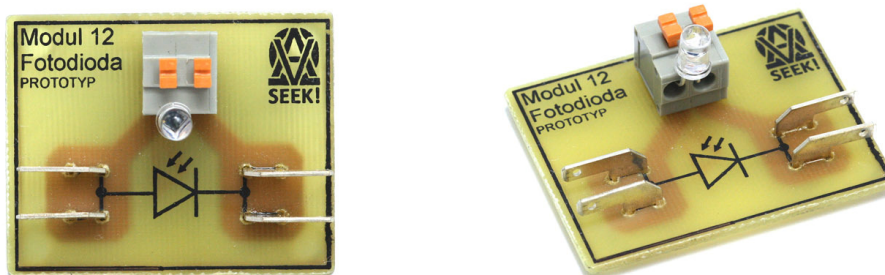
Termistor



Obr. 20 – Hotový modul (termistor)

Jako termistor byl zvolen typ NTC s odporem při pokojové teplotě o velikosti 2,2 k Ω a rozsahem pracovních teplot -55 °C–125 °C. Strmost změny jeho odporu bez problémů postačuje k indikaci zahřátí pouhým dotykem ruky.

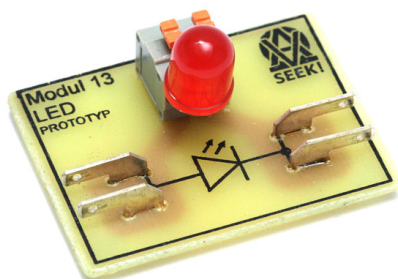
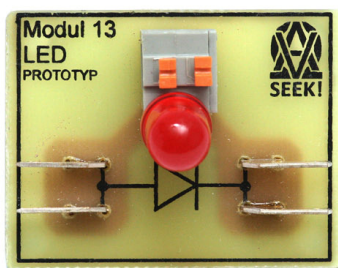
Fotodioda



Obr. 21 – Hotový modul (fotodioda)

Výběr fotodiody byl značně ztížen omezením na pouzdra s dlouhými vývody, které by umožnily uchycení součástky do svorkovnice. Zároveň byl však kladen požadavek na šíři spektra fotodiody – nabídka obsahovala fotodiody širokospektrální, ovšem ve speciálních pouzdrech, a fotodiody v klasických kulatých pětimilimetrových pouzdrech; ovšem tyto dvě skupiny byly disjunktní. Jediná fotodioda typu SFH2030 kritériím vyhovovala, a byla tedy zvolena. Její výsledky se poté ukázaly jako velmi uspokojivé.

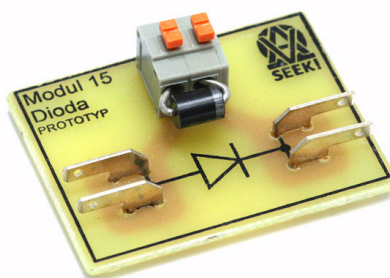
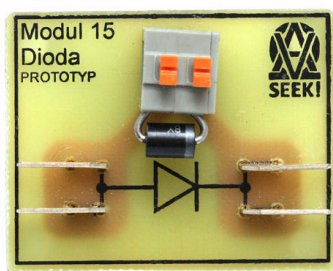
Svítivé diody



Obr. 22 – Hotový modul (LED)

Za vhodné byly vybrány červené LED s difúzním kulatým pouzdem o průměru 10 mm, a to pro jejich široký pozorovací úhel, nízké prahové napětí a velkou svítivost (dle výrobce 400 mcd).

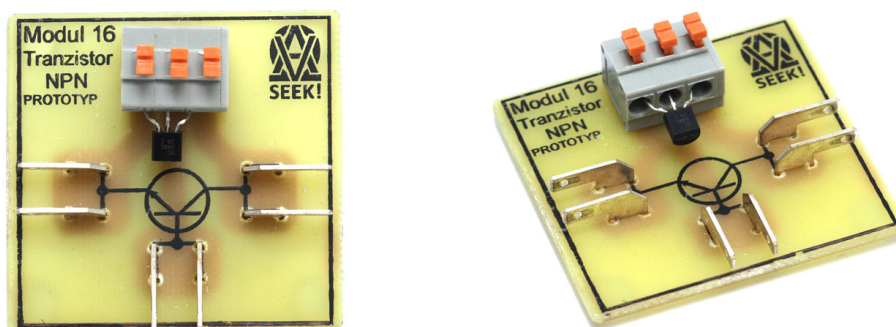
Dioda



Obr. 23 – Hotový modul (dioda)

Na diodu ve stavebnici neměly být kladeny nijak vysoké nároky. Byl však zvolen typ pro maximální napětí 1000 V a proud 5 A, aby bylo takřka vyloučeno poškození součástky během používání.

Tranzistory



Obr. 24 – Hotový modul (tranzistor)

Stavebnice obsahuje celkem dva moduly tranzistoru typu NPN a další dva moduly tranzistoru typu PNP. Zvoleny byly levné typy s dovoleným kolektorovým proudem do 100 mA. Jde o typy BC549c (NPN) a BC557b (PNP).

Žárovky



Obr. 25 – Hotový modul (žárovka)

Moduly žárovky obsahuje stavebnice dva, v obou je našroubována v objímce pro závit E10 žárovka s parametry 6 V/50 mA. Tato žárovka byla zvolena jednak kvůli svému napětí, které lehce přesahuje napětí, s nímž stavebnice pracuje, a jednak kvůli malému proudu, který dovoluje použití žárovky i na výstupu citlivějších obvodů.

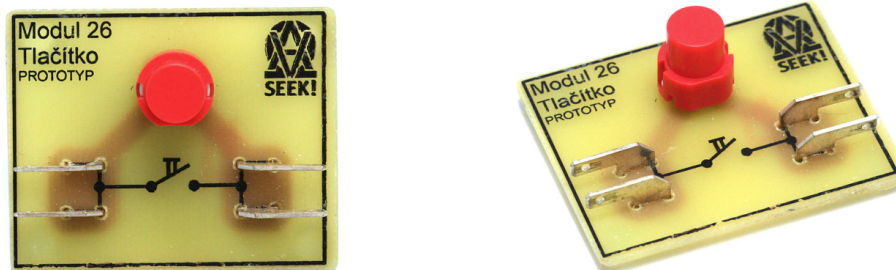
Přepínač



Obr. 26 – Hotový modul (přepínač)

Z důvodu zamýšleného zapojování křížového přepínače byly zvoleny dvoupólové přepínače. Tyto se ve stavebnici nacházejí čtyři. Vzhledem k malé šanci na poškození přepínače a velkému mechanickému namáhání při manipulaci s ním byl i přepínač zapájen napevno do desky plošných spojů.

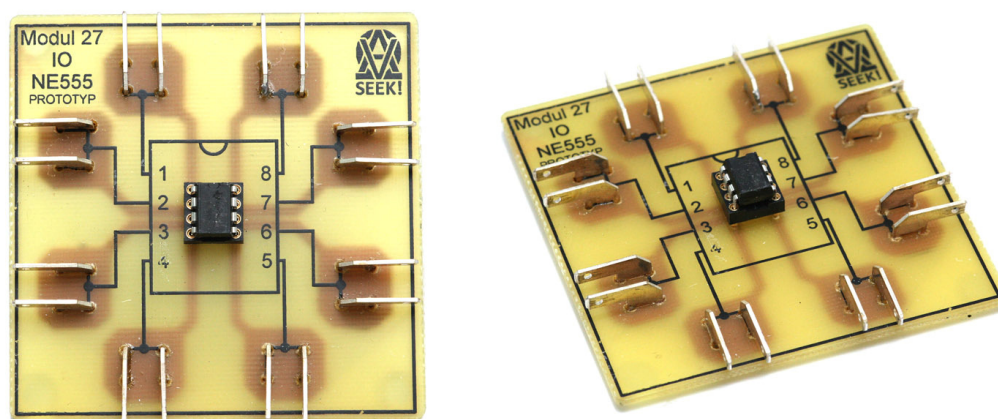
Tlačítkové spínače



Obr. 27 – Hotový modul (tlačítko)

S úmyslem zajistit možnost realizovat bistabilní klopný obvod byly do stavebnice přidány dva moduly tlačítka. Pro snazší odlišení jsou jejich hmatníky barevně rozlišeny červenou a zelenou barvou. Kvůli mechanickému namáhání a provedení vývodů byl i u tlačítkového spínače zvolen způsob přímého zapájení do desky plošných spojů.

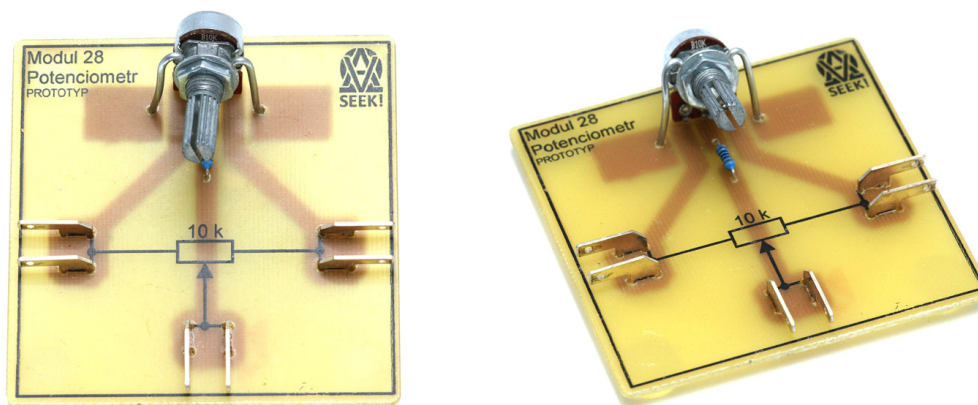
Integrovaný obvod NE555



Obr. 28 – Hotový modul (integrovaný obvod NE555)

Jako malá ukázka ze světa integrovaných obvodů byl zvolen jeden z nejuniverzálnějších obvodů vůbec – NE555. Tento modul je osazen precizní patičí DIL8, do níž se zasouvá obvod NE555 v pouzdru DIP8.

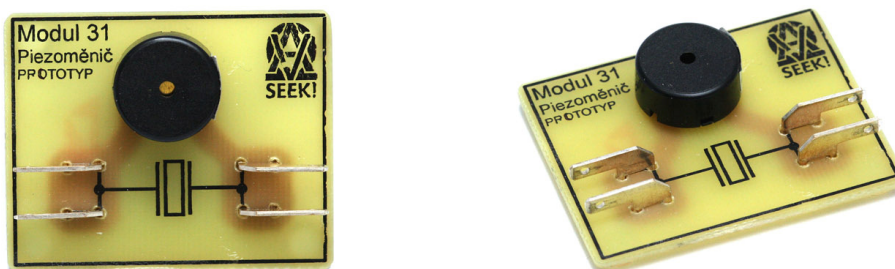
Potenciometry



Obr. 29 – Hotový modul (potenciometr)

Moduly potenciometrů jsou ve stavebnici dva – jeden obsahuje potenciometr o odporu 10 k Ω , druhý pak potenciometr o odporu 1 M Ω . Vzhledem k mechanickému namáhání potenciometru při nastavování polohy běžce bylo zvoleno připájení součástky napevno k desce. Mechanické namáhání je převáděno na silnější drát, který je připájen na ploškách mědi pod deskou a potenciometr je k němu stažen maticí na svém závitu. Kvůli velkému riziku poškození potenciometru neuváženým přiblížením běžce krajní poloze v nevhodném zapojení byl mezi běžec a konektory středního vývodu vložen ochranný rezistor o odporu 100 Ω .

Piezokeramický elektroakustický měnič



Obr. 30 – Hotový modul (piezoměnič)

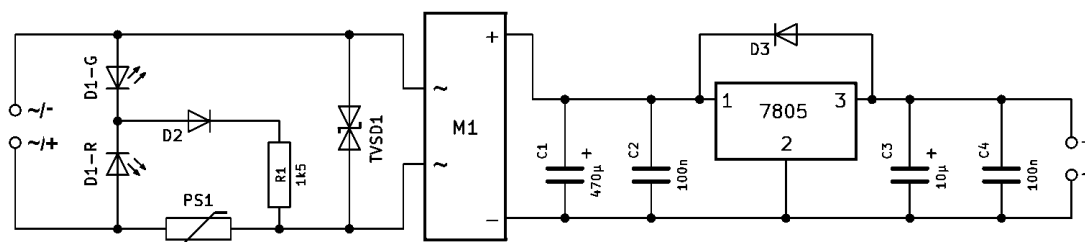
Piezoměnič je další součástkou, jejíž poškození není pravděpodobné, protože rozsah jeho napájecích napětí končí až u 30 V. Také uspořádání vývodů je vhodnější pro přímé zapájení do desky, nikoli pro zapojování do patic, svorkovnic apod.

Zdrojový modul



Obr. 31 – Hotový modul (zdroj)

Zdrojový modul byl navržen tak, aby jej bylo možné napájet množstvím různých zdrojů, které poskytují napětí v rozmezí 8–35 V, a to optimálně střídavých, ale zároveň měla být zajištěna možnost napájet zdrojový modul stejnosměrným napětím. K základní ochraně součástek stavebnice před zničením kvůli chybám v zapojení, kterých se žáci často dopouštějí, byla integrována ochrana proti zkratu a také ochrana proti nadproudu. Z hlediska bezpečnosti uživatele bylo třeba integrovat ochranu proti přepětí na vstupu, aby se nebezpečné napětí nemohlo dostat na výstup. Zároveň byl naplněn požadavek na snadné zotavení zdrojového modulu – původní řešení s tavnou pojistkou bylo zamítnuto kvůli potenciální nutnosti její časté výměny. Schéma zapojení zdrojového modulu ukazuje Obr. 32.



Obr. 32 – Schéma zapojení zdrojového modulu

Jak je vidět ze schématu zapojení, v obvodu je použita jako kontrolka pro indikaci funkce zdrojového modulu dvoubarevná LED D1 se společnou katodou. K ní je přidána D2, která chrání D1 před zničením napětím opačné polarity. R1 potom omezuje proud procházející skrze D1. Jeho hodnota byla zvolena na 1,5 kΩ, aby při maximálním dovoleném napájecím napětí procházel skrze LED proud o málo větší než konstrukčních 20 mA. Dále je v obvodu vratná pojistka PS1 (označení je zkratkou názvu „polyswitch“), která při výrobcem nastavené hodnotě proudu přerušuje obvod (ve skutečnosti pouze hodně zvýší svůj odpor a omezí proud na přídržnou hodnotu, která postačuje k udržování teploty pojistky). Dalším z bezpečnostních prvků je transil TVSD1 (označení je zkratkou názvu „Transient Voltage-Suppression Diode“), který slouží jako ochrana proti přepětí. Vstupní napětí je dále vedeno na můstkový usměrňovač M1, jehož maximální dovolený proud byl zvolen 5 A. Toto předimenzování slouží prostému účelu – zdrojový modul měl být malý, proto v něm nebylo počítáno s chladičem pro můstek. Na výstupu M1 je připojen vyhlazovací kondenzátor C1. Dále tu máme integrovaný stabilizátor napětí 7805, který stabilizuje v kladné větvi napětí o velikosti 5 V, a je umístěn na černý hliníkový chladič. Dle doporučení výrobce byl doplněn blokovacími kondenzátory C2–C4 a ochrannou diodou D3, která chrání stabilizátor v případě, že ke zdrojovému modulu je nedopatřením připojeno napětí zvenčí ze strany výstupu. Maximální dovolené napětí C1 a C2 bylo voleno s ohledem na nejvyšší možné napájecí napětí zdrojového modulu – u C1 50 V a u C2 63 V. Maximální dovolené napětí C3 a C4 již není kritické, protože stabilizátor zajišťuje výstupní napětí 5 V.

Nejprve vyložme činnost obvodu při napájení střídavým napětím. Při běžné činnosti je odpor vratné pojistky PS1 velmi nízký, úbytek napětí na ní je tedy malý. V každé půlvlně s polaritou opačnou, než jaká je ve schématu naznačena pro napájení stejnosměrným napětím, prochází proud skrze LED D1-G (zelená část dvoubarevné LED se společnou katodou), přes D2, R1 a vrací se přes PS1 do zdroje. Tím pádem svítí D1 zeleně, čímž signalizuje správnou funkci zdrojového modulu.

Jakmile ovšem na výstupu obvodu nastane zkrat, začne skrze PS1 procházet velký proud. Ten součástku zahřeje a způsobí její vypnutí – polyswitch prudce zvýší svůj odpor a srazí proud na přídržnou hodnotu kolem 80 mA. Tím na něm vzniká velký úbytek napětí. Protože k PS1 je paralelně připojena smyčka D1-R, D2 a R1, svítí v této situaci červená část D1, a to ve chvíli průchodu půlvlny, která polaritou odpovídá ve schématu naznačené polaritě pro připojení stejnosměrného napájení.

Prvotní snížení proudu výstupním obvodem zajišťuje integrovaný obvod 7805, v němž je zabudováno omezení výstupního proudu na 1,5 A.

Je-li na vstup připojeno příliš vysoké napětí (více než 36 V), sepne transil TVSD1. Reakce obvodu je ekvivalentní zkratu na výstupu – PS1 vypne, rozsvítí se červená kontrolka.

V případě, že se na vstup nedopatřením dostane více než 60 V, nelze již ručit za funkci vratné pojistky PS1, která je určena pro toto maximální napětí. Obvod by však přesto měl ochránit transil TVSD1, jehož úkolem je v tomto případě zkratovat zdroj a tím srazit jeho výstupní napětí.

Jestliže uživatelův obvod odebírá příliš velký proud, který však ještě není ekvivalentní zkratu, aktivuje se ochrana proti nadproudu. Maximální trvalý proud vratnou pojistkou PS1 je 250 mA. Při vyšším odběru PS1 vypíná – vypínací čas však závisí na velikosti procházejícího proudu. V praxi to znamená, že zdrojový modul na chvíli poskytne proud až 500 mA, ale je určen pro provoz do 250 mA.

V případě napájení zdrojového modulu stejnosměrným napětím nedojde k chybě, když uživatel nedodrží naznačenou polaritu vstupu – obvod bude fungovat v obou případech. Při naznačené polaritě není správná činnost zdrojového modulu kontrolkou signalizována – důkazem o správné funkci je samotná práce připojeného obvodu. Vyskytne-li se však problém, popsáným mechanismem se rozsvítí červená kontrolka, která uživatele varuje.

Jestliže uživatel polaritu stejnosměrného napájení obrátí, bude správná funkce zdrojového modulu signalizována zeleným světlem kontrolky. Jestliže však dojde k rozepnutí PS1, kontrolka pouze zhasne. I toto je pro poučeného uživatele informace o problému, avšak zhasnutí LED není tak výraznou signalizací jako rozsvícení červené LED, proto je doporučeno dodržovat naznačenou polaritu napájení.

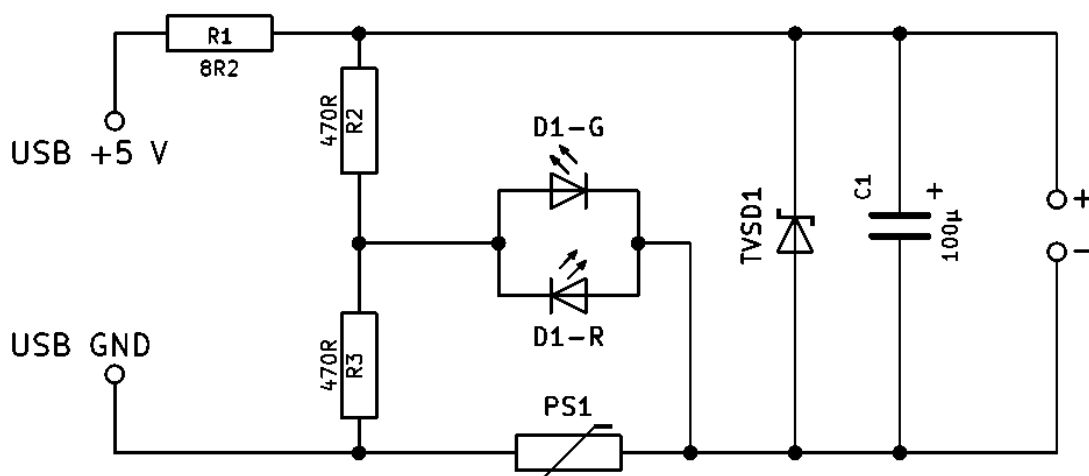
Zapojení obou zdrojových modulů bylo inspirováno stránkami [34].

USB zdrojový modul



Obr. 33 – Hotový modul (USB zdroj)

V závěru tvorby stavebnice se zrodila myšlenka USB zdrojového modulu. Stavebnice měla být napájena 5 V stejnosměrného napětí a měla se v nouzi spokojit i s napětím ploché baterie. Přišel však nápad, že stejnosměrných 5 V má uživatel k dispozici velmi často – toto napětí totiž používají USB porty počítačů a nabíječek. Nedlouho po zrodu nápadu byl tedy proveden návrh zapojení, který ukazuje Obr. 34.



Obr. 34 – Schéma zapojení USB zdrojového modulu

Kvůli zachování jednoduchosti celé stavebnice bylo z portu USB použito pouze napájení, nikoli datové linky. Modul byl navržen tak, aby v žádném případě nemohl ohrozit port, k němuž je připojen, ani obvod, který napájí.

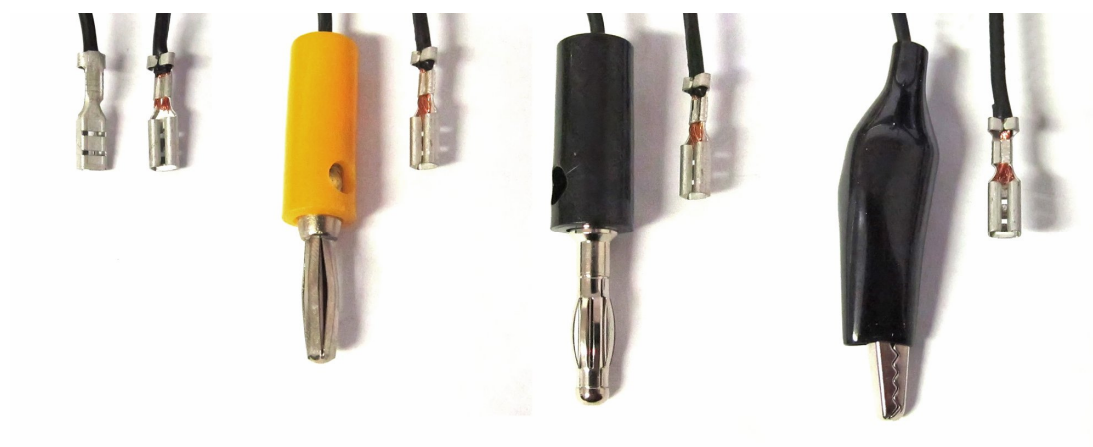
Za obvyklých okolností prochází proud z kladného pinu přes R1, R2, D1-G a PS1 zpět do pinu GND. Svítí tedy zelená část D1, která je dvoubarevnou LED se dvěma vývody a antiparalelním vnitřním zapojením. Situace se však změní, když na výstupu dojde ke zkratu. V tom případě se uplatní dva druhy ochrany – nejprve je díky R1 omezen zkratový proud. Cílem bylo nepřesáhnout 500 mA, což je proud, který

standardně USB externím zařízením po enumeraci poskytuje. S touto myšlenkou byla vypočtena hodnota $R1$ na $8,2 \Omega$, protože minimální odpor vratné pojistky PS1 se pohybuje zhruba kolem 3Ω . Prakticky zkratový proud dosahuje nejvýše 350 mA , což je hodnota pro port bezpečná. V okamžiku zkratu zhasne zelená kontrolka, protože na $R1$ vznikne velký úbytek napětí. Po chvíli vypne vratná pojistka PS1, jejíž maximální trvalý proud je 100 mA . Omezí tedy proud procházející obvodem na hodnotu zhruba 60 mA a díky úbytku napětí, který na ní vznikne, se rozsvítí červená část D1-R.

Nepředpokládá se, že by se na vstup USB zdrojového modulu dostalo vyšší napětí, protože USB porty mají obvykle řadu ochran integrovanou, ale přesto je přítomen unipolární transil TVSD1 se spínacím napětím $6,8 \text{ V}$. Tento chrání obvod před situací, kdy se přece jen selháním přístroje napájecího zdrojový modul dostane na vstup vyšší napětí. Také jde o další ochranu USB portu, která zkratuje případné napěťové špičky produkované obvodem, ale především zkratuje zdroj připojený nedopatřením zvenčí.

Protože je napětí USB zdrojového modulu díky ochranám relativně měkké, je na jeho výstupu připojen ještě vyhlazovací kondenzátor C1.

Propojovací kabely



Obr. 35 – Propojovací kabely

Propojování modulů stavebnice zajišťují kabely se zásuvkami FASTON $2,8 \text{ mm} \times 0,8 \text{ mm}$ na obou koncích. Během experimentování se stavebnicí byl určen jejich potřebný počet na 20 ks délky 15 cm a 10 ks délky 30 cm .

Pro připojení měřicích přístrojů a zdrojů pro zdrojový modul byly vyrobeny kabely s kombinací FASTON-banánek. Tyto kabely jsou ve stavebnici přítomny tři s žlutým banánkem, tři s černým (dvojice pro zdroj a dvě dvojice pro multimetry).

Pro připojení stavebnice k ploché baterii byly nejprve vytvořeny kabely s kombinací konektorů FASTON 2,8 mm × 0,8 mm-FASTON 6,3 mm × 0,8 mm. Tyto ale byly nahrazeny kabely s kombinací FASTON 2,8 mm × 0,8 mm-krokosvorka kvůli větší univerzálnosti a lepší manipulaci.

Všechny typy kabelů můžete vidět na Obr. 35.

Doplňky

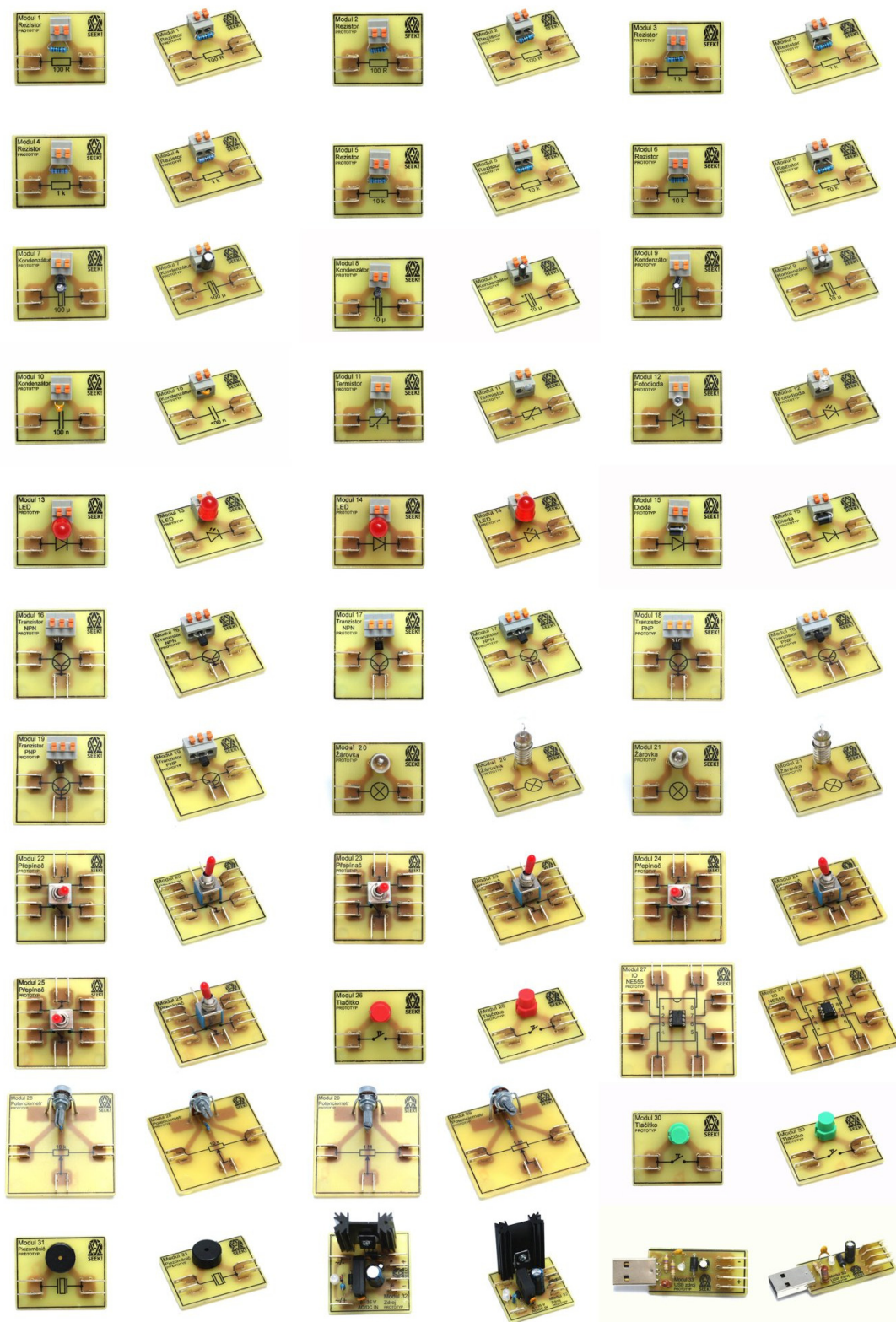
Ke stavebnici byla přiložena ještě USB nabíječka, zakoupená naprostou náhodou za 29 Kč v kamenném obchodu. Ve skutečnosti však byla tato myšlenka uznána za výbornou, protože maličká a levná USB nabíječka se může snadno stát primárním zdrojem pro stavebnici. Kdyby nebyla přiložena, musel by uživatel disponovat externím zdrojem, kterým by mohl napájet zdrojový modul, nebo by se musel omezit na napájení plochou baterií. Zařízení ukazuje Obr. 36.



Obr. 36 – USB nabíječka

Výstupní napětí této nabíječky je 5 V a maximální proud je dle štítku 1 A, což potřebám stavebnice plně postačuje.

V závěru si můžete na Obr. 37 prohlédnout všechny moduly jedné sady stavebnice SEEK!, každý je na fotografii z nadhledu a pod úhlem. Celkem byly vyrobeny tři sady.



Obr. 37 – Kompilace celé sady SEEK!

4. Pilotáž

Základní testování stavebnice bylo provedeno ještě při výrobě, a následně při zkoušení obvodů uvedených v průvodních materiálech. Hlavní část však spočívala v pilotáži mezi žáky třídy L3.D, tedy 3. ročníku, na Střední průmyslové škole elektrotechnické V Úžlabině 320, Praha 10. Studijním oborem těchto žáků bylo právě technické lyceum. Načasování pilotáže bylo takové, že autor před první laboratorní prací právě stihl dokončit výklad k polovodičům a logickým obvodům. Pilotáž byla rozdělena do tří laboratorních prací o rozsahu 2, 2 a 6 vyučovacích hodin. Zadání laboratorních prací bylo vždy napsáno na tabuli a studenti jej plnili ve třech skupinkách, z nichž každá pracovala s jednou sadou stavebnice. V daném období ještě nebyly vyrobeny zdrojové moduly, proto žáci používali k napájení obvodů plochou baterii. Několik fotografií z průběhu pilotáže naleznete na konci práce coby Přílohu 3. Ukázkové protokoly najdete v Příloze 4. Byly přiloženy vždy dva ukázkové protokoly z každé laboratorní práce, aby byl zachován rozumný rozsah této práce. Výstupy z pilotáže jsou popsány v závěru této kapitoly.

Následující laboratorní práce jsou číslovány pořadovým číslem, pod nímž je vypracovávali studenti. Ti měli v prvním ročníku studia tři laboratorní práce, ve druhém ročníku šest laboratorních prací, a ve třetím ročníku měli před první laboratorní prací se stavebnicí ještě jednu, při níž měřili velmi jednoduchými pomůckami velikost náboje slámky na pití třené ubrouskem – celkem tedy devět.

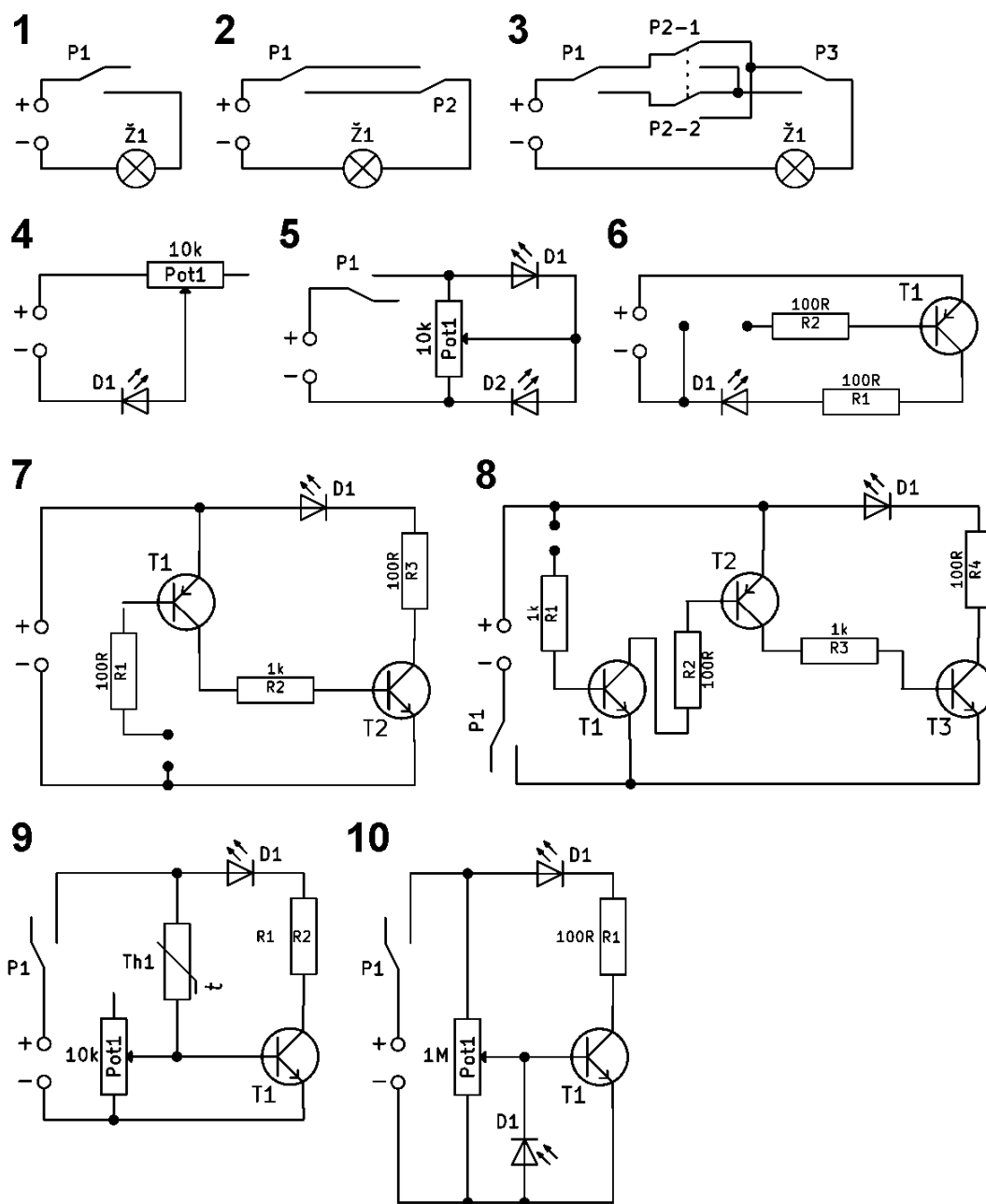
4.1. Laboratorní práce č. 10

Název: Zapojování obvodů podle schémat

Úkol: - Zapojte obvod podle zadaného schématu

- Zkontrolujte zapojení
- Připojte obvod ke zdroji
- Ověřte funkci obvodu
- Zdokumentujte obvod
- Popište činnost obvodu

Dále následovalo desatero schémat, která měli žáci za úkol realizovat. Každá skupinka mohla postupovat svým tempem, nebylo tedy striktně vyžadováno zapojení všech deseti obvodů. Schémata můžete vidět na Obr. 38.



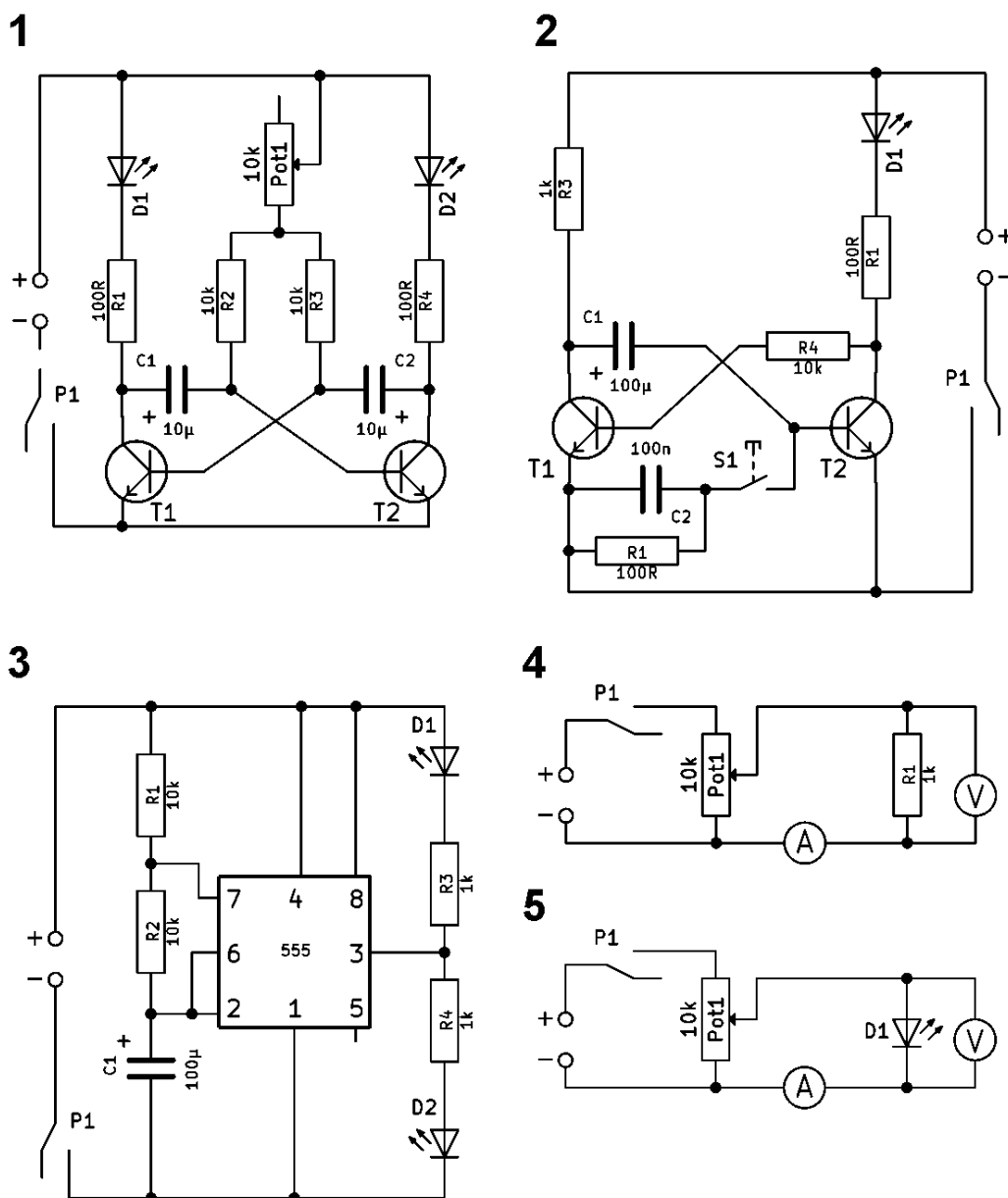
Obr. 38 – Schémata zapojení obvodů z laboratorní práce č. 10

4.2. Laboratorní práce č. 11

Název: Zapojování obvodů podle schémat a měření V-A charakteristiky

Úkol: Zapojte obvody dle schémat ze zadání, výsledky zdokumentujte a popište chování obvodu. Ve druhé části práce sestavte obvod pro měření V-A charakteristiky rezistoru a poté LED. Obě charakteristiky proměřte se vhodným krokem napětí (u rezistoru např. 0,3 V, u LED např. 0,2 V s tím, že v oblasti zlomu byste měli měřit pečlivěji). Naměřené hodnoty zanepte také do grafů.

Dále byla opět uvedena schémata zapojení. Můžete je vidět na Obr. 39.



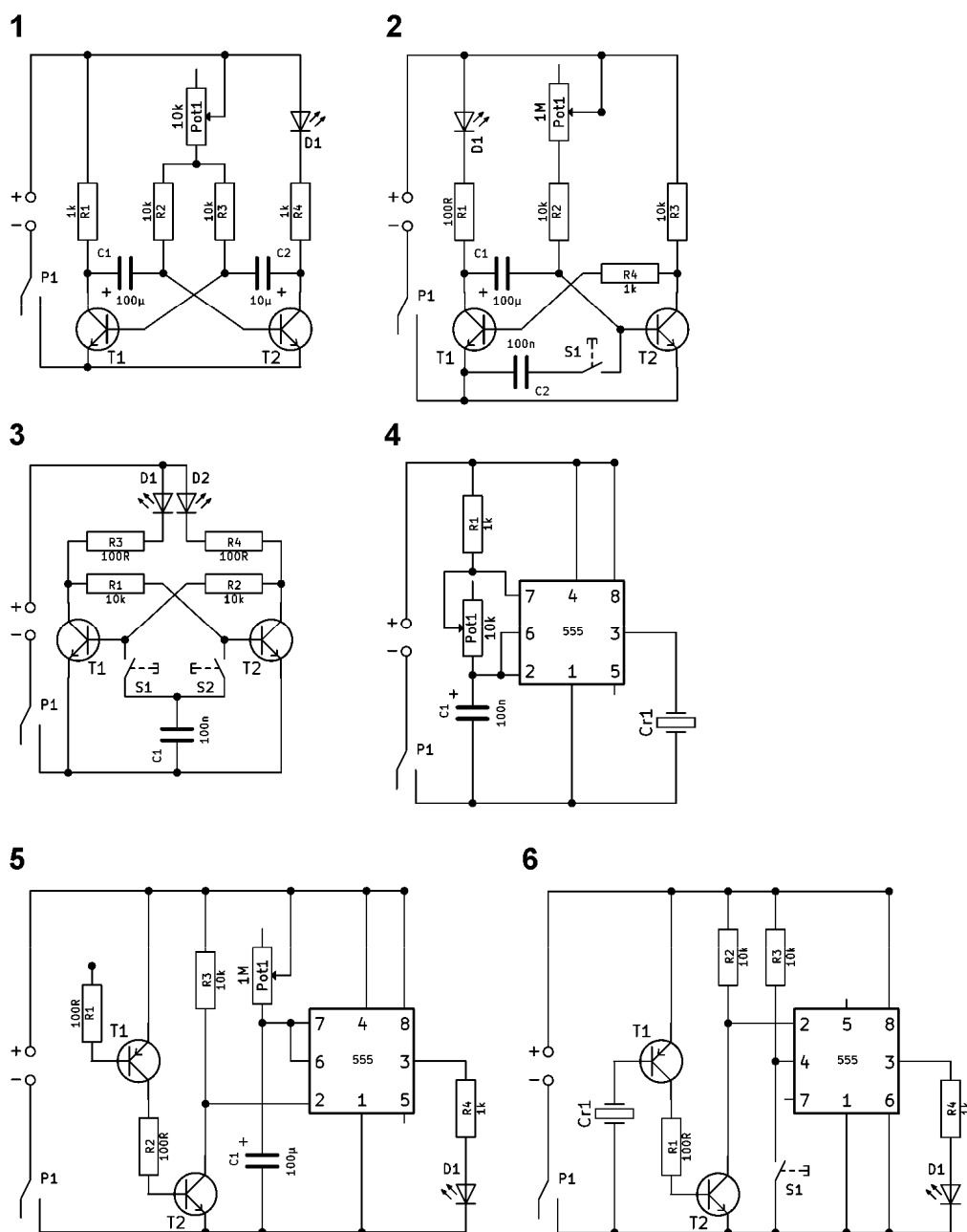
Obr. 39 – Schémata zapojení obvodů z laboratorní práce č. 11

4.3. Laboratorní práce č. 12

Název: Kreslení schémat podle skutečných obvodů

Úkol: Prozkoumejte činnost předložených obvodů, popište ji a pokuste se určit, o jaký obvod se jedná. Poté nakreslete schéma zapojení obvodu a optimalizujte jej pro vyšší přehlednost. Nakonec zkuste ověřit, jestli je vaše schéma správné, opětovným zapojením rozebraného obvodu a vyzkoušením jeho funkce.

Na Obr. 40 můžete vidět schémata obvodů, které byly pro žáky zapojeny. Tato laboratorní práce byla kvůli své náročnosti naplánována na tři dvouhodinové bloky.



Obr. 40 – Schémata zapojení obvodů z laboratorní práce č. 12

Navržené obvody plnily jednoduché funkce popsané níže:

1. Přerušovač – obvod simulující práci přerušovače v automobilech
2. Časový spínač – obvod, který po stisknutí tlačítka udrží zařízení v chodu po definovanou dobu, a poté jej opět vypne (např. atrakce na poutích)

3. Tlačítko zapni, tlačítko vypni – obvod, který zařízení jedním tlačítkem zapne, druhým pak vypne (např. dílenské přístroje jako stojanová vrtačka)
4. Písač – obvod, který kmitá v pásmu akustických frekvencí a piezoměnič v důsledku toho píská (např. signalizace vodivého spojení v multimetru)
5. Dotykové tlačítko – obvod funkcí podobný časovému spínači, avšak místo mačkání tlačítka se stačí dotknout vstupu (např. otevírání dveří v MHD)
6. Detektor vibrací – obvod, který otřes piezoměniče indikuje svitem LED, a to až do chvíle, kdy uživatel zmáčkne tlačítko (např. autoalarm)

4.4. Závěry z pilotáže

Díky pilotáži bylo nejen provedeno několik změn na samotné stavebnici i na návrzích obvodů, ale byly učiněny i postřehy o dopadu používání stavebnice ve výuce na studenty. Pojdme uvést některé závěry pro samotnou stavebnici.

4.4.1. Změny ve stavebnici

Původně byl ve stavebnici plánován pouze jeden modul s tlačítkem. Při návrhu experimentů pro laboratorní práce se však ukázalo, že by bylo vhodné zařadit moduly dva, aby bylo možno realizovat bistabilní klopný obvod.

Dále byl do stavebnice přidán modul piezoměniče, který rozšířil možnosti indikace výstupu o akustickou cestu.

V důsledku zkušeností s připojováním FASTON konektorů k vývodům ploché baterie, které bylo třeba ohýbat do velkých úhlů, aby nebyly skrze konektory zkratovány, byla změněna příslušná dvojice kabelů na kombinaci FASTON 2,8 mm × 0,8 mm-krokosvorka.

4.4.2. Změny v obvodech

Na základě zkušeností s obvodem, které žáci při laboratorních pracích sestavili, byly pro průvodní materiály upraveny některé hodnoty součástek a samotná zapojení.

4.4.3. Dopady na studenty

V průběhu laboratorních prací byl pozorován signifikantní postup v dovednostech studentů. Při první laboratorní práci byl pouze jediný student schopen správně zapojit schodišťový přepínač (obvod č. 2 z laboratorní práce č. 10). Všem ostatním skupinám musel pomoci pedagog. S křížovým přepínačem byla

situace ještě horší – ten se nepodařilo zapojit žádnému ze studentů. Ostatní obvody studenti s drobnou korekcí chyb pedagogem již postavili samostatně.

Již na druhé laboratorní práci však žáci byli schopni téměř bez zásahů sestavit funkční astabilní klopný obvod a změřit voltampérovou charakteristiku LED. Na třetí laboratorní práci pak byli schopni se zorientovat v ještě složitějších obvodech, nakreslit schéma jejich zapojení, a poté je úspěšně znovu sestavit dle svých schémat.

Sami studenti nejprve vyjadřovali svoje znepokojení z nepochopení principů po teoretickém výkladu o elektronice a volali po praktických zkušenostech. Práci se stavebnicí studenti ocenili a sami ji hodnotili jako přínosnou pro jejich vědomosti a dovednosti.

5. Průvodní materiály

V průběhu tvorby stavebnice pojal autor ideu, že díky své orientační ceně nemusí stavebnice cílit pouze na školní trh, ale může se uplatnit i v soukromém sektoru. V důsledku toho bylo rozhodnuto o zpracování průvodních materiálů ve formě příručky pro uživatele stavebnice, která je provede základy elektroniky a poskytne náměty na některé zajímavé obvody. Pojdme tedy nejprve provést odhad ceny stavebnice.

5.1. Cenová kalkulace

Do cenové kalkulace byly zahrnuty pouze fyzické artikly, z nichž stavebnice sestává. Cena spotřebních materiálů jako laků, pájky, leptacího roztoku atd. nebyla zahrnuta, protože při další výrobě stavebnice bude velmi pravděpodobně zvolen jiný technologický postup, takže by kalkulace neměla vypovídající hodnotu. Tabulka Tab. 1 uvádí rozpis jednotlivých položek i s jejich počty na jednu sadu, cenami v době nákupu a mezisoučty.

Artikl	Počet na jednu sadu [ks]	Cena za kus [Kč]	Cena za artikl [Kč]
FASTON vidlice do DPS	190	0,94	178,60
Svorkovnice ARK124A/2	15	3,15	47,25
Svorkovnice ARK124A/3	4	4,46	17,84
Rezistor 100R	2	1,34	2,68
Rezistor 1k	2	1,46	2,92
Rezistor 10k	2	1,68	3,36
Kondenzátor 100μ	2	0,24	0,48
Kondenzátor 10μ	3	1,12	3,36
Kondenzátor 100n	3	1,01	3,03
Termistor R21=2,2 k	1	9,03	9,03
Fotodiody SFH2030	1	24,75	24,75
LED červená 10 mm, 400 mcd, difúzní	2	2,30	4,60
Dioda 1000 V/5 A	2	3,00	6,00
NPN tranzistor BC549c	2	0,89	1,78
PNP tranzistor BC557b	2	1,38	2,76
Objímka pro žárovku E10	2	8,80	17,60
Žárovka 6 V/50 mA, závit E10	2	9,00	18,00
Dvoupólový přepínač	4	13,50	54,00
Tlačítko	2	13,44	26,88
NE555	1	6,00	6,00
Precizní patice DIL8	1	6,83	6,83
Potenciometr 1M	1	15,79	15,79
Potenciometr 10k	1	15,79	15,79
Chladič	1	18,03	18,03
IO 7805	1	8,00	8,00

Kondenzátor 470μ	1	3,92	3,92
LED dvoubarevná, RG 2 vývody	1	4,40	4,40
LED dvoubarevná, RG 3 vývody	1	4,40	4,40
Rezistor 1k5	1	1,68	1,68
Polyswitch 250 mA, 60 V	1	8,00	8,00
Transil 36 V, 1 kW	1	5,00	5,00
Polyswitch 100 mA, 60 V	1	4,50	4,50
Transil 6,8 V, 1 kW	1	6,80	6,80
Dioda 1N4148	1	1,00	1,00
Můstkový usměrňovač 600 V/6 A	1	12,77	12,77
Šroub M2,5x10 mm	1	1,16	1,16
Matice M2,5 mm	1	0,91	0,91
Podložka	2	0,22	0,44
FASTON zásuvky na kabel 2,8 mm × 0,8 mm	68	0,79	53,72
Vodič CYH 2x0,35 mm černorudý	5	5,78	28,90
Přístrojová nožička GF5A	120	2,12	254,40
Přístrojová nožička GF7	8	5,29	42,32
Piezoměnič LD-BZPN-1705	1	9,00	9,00
Konektor USB1X90A PCB	1	6,40	6,40
Chladicí pasta	1	31,36	31,36
Cuprexit 300 mm × 200 mm	2	122,00	244,00
Krokosvorky	2	5,00	10,00
Banánky šroubovací žluté	3	10,00	30,00
Banánky šroubovací černé	3	18,00	54,00
Multimetry DT-830B	2	69,00	138,00
USB nabíječka	1	29,00	29,00
Celková suma: 1481,44 Kč			

Tab. 1 – Rozpis položek pro cenovou kalkulaci

Předpokládejme, že by se cena materiálu i při malé výrobní sérii snížila řádově o desítky procent. Autorovým odhadem je, že po přičtení nákladů na práci, energie a spotřební materiál by se cena jedné sady stavebnice SEEK! mohla pohybovat v okolí 3000 Kč. Tato cena by byla přiměřeným parametrem i pro soukromé použití, uvážíme-li, že za tuto cenu v současné době rodiče běžně koupí dětem jediný RC model, velkou plyšovou hračku či tablet. Pro školní prostředí by pak tato cena byla zlomkem obvyklé ceny za modulové stavebnice. Vybavení laboratoře pro práci patnácti skupin žáků současně by pak bylo finanční zátěží obdobnou jako pořízení jedné demonstrační a jedné žakovské sady modulové stavebnice stávajících výrobců.

Tato kalkulace autora utvrdila v záměru vytvořit průvodní materiály, díky nimž by použití stavebnice nevyžadovalo pedagogické vedení či rozsáhlé předchozí vědomosti stavitele. Pojdme se tedy podívat na několik hlavních požadavků na průvodní materiály.

5.2. Požadavky na průvodní materiály

Vzhledem k tomu, že určení stavebnice se v průběhu vývoje upřesňovalo, byly požadavky na průvodní materiály formulovány až ve chvíli, kdy byla stavebnice vyrobena. Mezi hlavní požadavky patřily tyto:

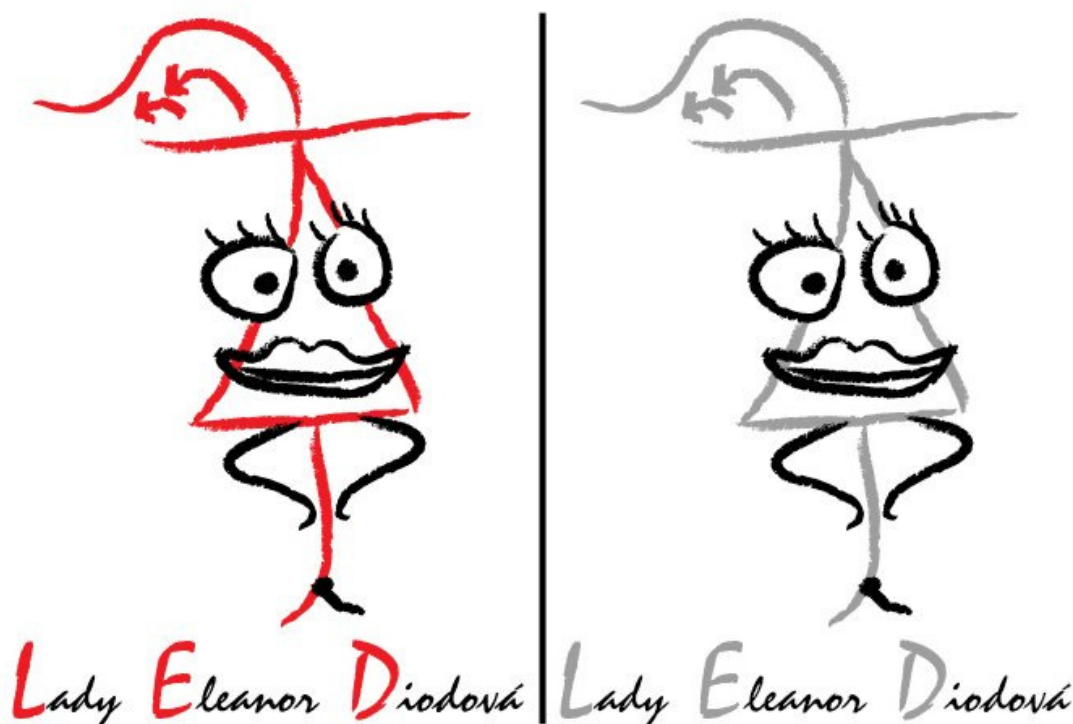
- **Jednoduchost** – průvodní materiály měly vyžadovat jen malé vstupní znalosti čtenáře a měly posloužit jako průvodce světem elektroniky pro začátečníky
- **Univerzálnost** – průvodní materiály měly být stejně dobře zdrojem vědomostí pro zvědavého stavitele, jakož i inspirace pro pedagoga, který chce stavebnici využít ve výuce (např. měly být zdrojem ověřených zapojení, aby pedagog nemusel obvody ověřovat před použitím sám)
- **Blízkost mladému čtenáři** – slohová i grafická stránka měla být blízká mladému průzkumníkovi, který má číst materiály rád a snadno
- **Přiměřenost úrovně a postupnost** – průvodní materiály měly čtenáře od počátku seznámit s nejprostšími principy elektrických obvodů na úrovni základní školy, ale nakonec se měly dostat o něco dále než běžné učebnice pro gymnázia, aby práce s materiály a stavebnicí obecně přinášela přidanou hodnotu

S těmito představami o průvodních materiálech byla započata jejich tvorba. Pojďme se nyní podívat na některé další kroky v jejich návrhu.

5.3. Návrh průvodních materiálů

Nejprve bylo rozhodnuto o názvu celého materiálu. Protože měl být poutavý i pro samostatného uživatele, byl nazván „Stavitelova příručka“. Kvůli udržení co možná nejnížší ceny stavebnice byla volena jednoduchá ostrá grafika ve stupních šedi, čemuž odpovídalo i zpracování loga.

Forma Příručky měla být do jisté míry dialogická, protože jde o ověřený a efektivní způsob vzdělávání. Jelikož dialog vyžaduje pro čtenáře protistranu, uvažoval autor o nějakém druhu postavičky, která by měla souvislost s elektronikou a provázela stavitele Příručkou. Úvahy vedly k autorově nejoblíbenější elektronické součástce – svítivé diodě. Tak se tedy zrodila Lady Eleanor Diodová, kterou vidíte na Obr. 41 v její původně navrhované barevné formě i v později použité formě ve stupních šedi.



Obr. 41 – Čtenářův průvodce, maskot stavebnice – Lady Eleanor Diodová

Jak i podoba Lady Eleanor Diodové napovídá, grafika celé Příručky byla vytvořena ve stylu čmáranic do sešitu, které žáci dobře znají. Veškeré kresby byly provedeny na grafickém tabletu a jsou původním autorovým dílem. Jediný obrázek k vyložení vztahu mezi odporem, napětím a proudem byl inspirován obrázkem již dlouho dostupným na internetu, kresba je ovšem také vlastní.

Členění příručky mělo být do několika základních částí:

- Úvodní kapitoly - bezpečnost práce, popis práce se stavebnicí, měření, atd.
- Představení principů funkce jednotlivých součástek
- Představení principů funkce základních obvodů
- Náměty na složitější obvody vhodné k modifikování
- Výzva k dalšímu bádání ve světě elektroniky

Příručka zároveň byla komponována tak, aby do budoucna bylo jednoduché ji rozšířit o další obvody a výkladové části. Celý text Příručky naleznete v Příloze 5. Při její tvorbě se autor inspiroval mimo vlastní invence a zkušeností také zdroji [35], [36], [37], [38], [39], kde nalézal náměty na obvody i možná vysvětlení fyzikálních principů.

Schematické značky v Příručce byly vytvořeny na základě mezinárodní databáze normovaných značek IEC 60617DB. Vzhledem k ceně přístupu do této databáze byla za výchozí dokument zvolena kompilace [40].

6. Závěr

V rámci této diplomové práce byla prostudována odborná literatura zabývající se použitím elektronických stavebnic ve výuce fyziky a jejich samotnou konstrukcí. Do úvahy byly přidány také učebnice obsahující učivo elektroniky na stupni základních a středních škol a gymnázií; závazné dokumenty o vzdělávání v České republice a obecně didaktická literatura. Výstupy z této rešerše byla ilustrována důležitost a nezastupitelnost elektronické stavebnice pro výuku.

Následně byl proveden průzkum současně dostupných typů elektronických stavebnic. V rámci tohoto průzkumu byla stručně nastíněna kategorizace stavebnic a metody jejich evaluace. Výstupy z tohoto průzkumu sloužily jako inspirace pro návrh stavebnice nové.

Na základě prvních dvou kapitol byl sestaven návrh elektronické stavebnice vhodné pro výuku a splňující požadavky formulované v úvodní části této kapitoly. Její název je „SEEK!“ – „Simple Educational Electronic Kit“.

Před samotnou dokumentací stavby prototypu byly zpracovány technologické postupy používané při jeho výrobě. Hlavním postupem byla výroba plošných spojů metodou přenosu toneru, která se ukázala jako levná a rychlá. Byly prozkoumány také její limity a na základě experimentů definována oblast jejího použití. Bylo také popsáno použití stejné metody pro potisk desek plošných spojů ze strany laminátu.

Dále práce obsahuje dokumentaci výrobního postupu. Ve výsledku byly vyrobeny tři sady elektronické stavebnice, z toho každá o 33 modulech.

Vyrobené prototypy byly podrobeny pilotáži mezi žáky třetího ročníku střední školy, na níž autor v době tvorby práce vyučoval. Pilotáž sestávala ze tří laboratorních prací o celkovém rozsahu 10 vyučovacích hodin. Bylo popsáno zadání prací a přiloženy výsledné protokoly. Na konci kapitoly o pilotáži byly vyjmenovány některé změny, k nimž na stavebnici díky zkušenostem z pilotáže došlo.

V závěru práce byla provedena cenová kalkulace a na jejím základě potvrzeno rozhodnutí o zaměření stavebnice na školní i soukromý trh. V souladu s tímto rozhodnutím byl zpracován návrh průvodního materiálu, který byl nazván „Stavitelova příručka“. Jeho plný text je v práci přiložen.

Oproti původní představě byla pozměněna celá koncepce stavebnice, proto bylo rozhodnuto o tom, že elektronická a interaktivní podpora již nebude součástí této práce.

Na úplný závěr formulujme některé náměty na další vylepšení celého projektu:

- Změny některých grafických symbolů součástek na modulech (např. zvětšení šipky u tranzistoru, sladění značek s normou, atd.)
- Doplnění dalších obvodů a výkladových částí do Příručky (např. spojování rezistorů a kondenzátorů, Kirchhoffovy zákony, atd.)
- Doplnění dalších námětů na složitější obvody (včetně obvodů vyžadujících k realizaci více než jednu sadu SEEK!)
- Použití různobarevných propojovacích vodičů (to by pomohlo snazší orientaci v obvodu)
- Doplnění modulů s dalšími součástkami (kvůli rozšíření možností stavebnice, třeba i na střídavé proudy, kde by bylo třeba vytvořit zcela nové zdrojové moduly)
- Doplnění interaktivních podpůrných materiálů (webové stránky s generátory testů, atd.)

Jistě existuje mnoho dalších námětů na vylepšení, ale uvedené byly prvními, které autorovi přišly na mysl.

Shrnuto – zadání diplomové práce bylo splněno a její zpracování přineslo prospěch nejen v podobě nových zkušeností pro autora, ale i pro studenty, kteří si díky stavebnici mohli ověřit a rozšířit své znalosti v oboru elektroniky. Vznikla také řada podkladů a materiálů potenciálně využitelných ve vzdělávání v oboru elektroniky obecně.

Seznam použité literatury

- [1] *Národní program rozvoje vzdělávání v České republice: bílá kniha* [online]. 1. vyd. Praha: Ústav pro informace ve vzdělávání, 2001, 98 s. [cit. 2015-05-03]. ISBN 80-211-0372-8.
- [2] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2013. 143 s. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://www.nuv.cz/file/318_1_1/
- [3] *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 104 s. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://www.nuv.cz/file/159_1_1/
- [4] *Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání technické lyceum*. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 104 s. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://zpd.nuov.cz/RVP/ML/RVP%207842M01%20Technicke%20lyceum.pdf>
- [5] RAUNER, Karel. *Fyzika 6: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2004, 120 s. ISBN 80-723-8210-1.
- [6] KOLÁŘOVÁ, Růžena a Jiří BOHUNĚK. *Fyzika pro 8. ročník základní školy*. 1. vyd. Praha: Prometheus, c1999, 223 s. Učebnice pro základní školy (Prometheus). ISBN 80-719-6149-3.
- [7] RAUNER, Karel. *Fyzika 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2006, 128 s. ISBN 80-723-8525-9.
- [8] KOLÁŘOVÁ, Růžena. *Fyzika pro 9. ročník základní školy*. 1. vyd. Praha: Prometheus, c2000, 232 s. ISBN 978-807-1961-932.
- [9] RAUNER, Karel. *Fyzika 9: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2007, 136 s. ISBN 978-807-2386-178.
- [10] LEPIL, Oldřich, Milan BEDNAŘÍK a Radmila HÝBLOVÁ. *Fyzika pro střední školy*. 3., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2001, 311 s. Učebnice pro střední školy (Prometheus). ISBN 80-7196-185-X.
- [11] LEPIL, Oldřich a Přemysl ŠEDIVÝ. *Fyzika pro gymnázia: Elektřina a magnetismus*. 6. vyd., dotisk. Praha: Prometheus, 2011, dotisk, 342 s. ISBN 978-807-1963-851.
- [12] SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. 3. vyd. Praha: Prometheus, 1998, 496 s. ISBN 80-719-6116-7.
- [13] COMENIUS, Johann Amos. *Analytická didaktika*. [1. vyd.]. V Praze: Státní nakladatelství, 1947, 110 s.

- [14] HNYK, Michal. *Elektrostatické generátory* [online]. Praha, 2012 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/130070469/?lang=cs>. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze.
- [15] VICENTINI, Matilde and Elena SASSI. Aims and Strategies of Laboratory Work. In: VICENTINI, Matilde and Elena SASSI. *Connecting research in physics education with teacher education. Vol. 2. Ed.* New Delhi: ICPE. 2010. ISBN 0-9507510-5-0. S.241-255.
- [16] WATSON, Rod. The role of Practical Work. In: MONK, Martin and Jonathan OSBORNE. *Good practice in science teaching: what research has to say.* Philadelphia: Open University Press, 2000, ix, 246 p. ISBN 03-352-0391-4.
- [17] DVOŘÁK, Leoš. *Lze učit fyziku zajímavěji a lépe?: příručka pro učitele.* 1. vyd. Praha: Matfyzpress, 2008, 161 s. ISBN 978-80-7378-057-9.
- [18] GRITZ, Robert. *Problematika využití elektrotechnických stavebnic v odborném výcviku na SŠ* [online]. Brno, 2008 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/71377/pedf_b/Bakalarka_Gritz.doc. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [19] DVOŘÁKOVÁ, Marcela. *Jednoduché žákovské experimenty z elektřiny* [online]. Brno, 2011 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/209748/pedf_m/Diplomova_prace.pdf. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [20] KLUSÁK, Antonín. *Pokusy z elektřiny se svépomocí vyrobenými pomůckami v přírodovědném praktiku na 1. stupni ZŠ* [online]. Brno, 2010 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/41496/pedf_m/Diplomova_prace_-_A.Klusak.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
- [21] SLABÁ, Dana. *Elektromontážní souprava pro výuku na druhém stupni základní školy* [online]. Brno, 2013 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/237191/pedf_b/bakalarka.pdf. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [22] GRITZ, Robert. *Využití elektrotechnické stavebnice MIKROLAB ve výuce* [online]. Brno, 2010 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/71377/pedf_m/Diplomova_prace_Robert_Gritz.pdf. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [23] KOPŘIVOVÁ, Lucie. *Jednoduché elektrotechnické pokusy a jejich využití na ZŠ* [online]. Brno, 2013 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/322131/pedf_b/Jednoduche_elektrotechnicke_pokusy_a_jejich_v_yuziti_na_ZS_Koprivova_Lucie.pdf. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [24] RADA, Zdeněk. *Vytvoření učebních pomůcek pro výuku elektroniky na základní škole* [online]. Brno, 2013 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/265172/pedf_b/Rada_bc_prace.pdf. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.

- [25] HLINĚNSKÝ, Jindřich. *Využití didaktických technologií a pomůcek na ZŠ a SŠ při výuce elektro oborů* [online]. Brno, 2010 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/136150/pedf_m/Diplomova_prace_Hlinensky.pdf. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [26] PROCHÁZKOVÁ, Lucie. *Elektrotechnické stavebnice a školní vzdělávání* [online]. Praha, 2010 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/120025533/?lang=cs>. Diplomová práce. UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE.
- [27] DVOŘÁKOVÁ, Marcela. *Elektronické obvody v základním vzdělávání* [online]. Brno, 2009 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/209748/pedf_b/Bakalarska_prace.pdf. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [28] ADAMEC, František. *Návrh elektronické stavebnice s moderními integrovanými obvody* [online]. Brno, 2007 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/135913/pedf_b/BP_Frantisek_Adamec.pdf. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA V BRNĚ.
- [29] REMEŠ, Jan. *Realizace učební pomůcky pro výuku elektrotechniky* [online]. Brno, 2011 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/135635/pedf_m/jan_remes_dp.docx. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [30] MALINA, Václav. *Poznáváme elektroniku I*. 3. vyd. České Budějovice: KOPP, 2003, 222 s. ISBN 80-723-2039-4.
- [31] MALINA, Václav. *Poznáváme elektroniku II*. Dotisk 1. vyd. [i.e. 2. vyd.]. České Budějovice: Kopp, 2002, 193 s. ISBN 80-723-2172-2.
- [32] MALINA, Václav. *Poznáváme elektroniku III*. dotisk 1. vyd. České Budějovice: Kopp, 2003, 240 s. ISBN 80-858-2887-1.
- [33] MALINA, Václav. *Poznáváme elektroniku IV*. 1. vyd. České Budějovice: KOPP, c1998, 220 s. ISBN 80-7232-173-0.
- [34] PARTYK, Bohuslav. *Chráním, chráníš, chráníme, aneb Na co často zapomínáme. Honzíkovy vláčky* [online]. 2012 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.honzikovylvacky.cz/2012/01/12/chranim-chranis-chranime-aneb-na-co-casto-zapominame-2/>
- [35] SVOBODA, Ivan a Radka SVOBODOVÁ. *Průvodce stavebnicí VOLTÍK I*. Ostrava - Petřkovice: SVOBODA, 1996, 79 s.
- [36] SVOBODA, Ivan a Radka SVOBODOVÁ. *Průvodce stavebnicí VOLTÍK II*. Ostrava - Petřkovice: SVOBODA, 1997, 87 s.

[37] SVOBODA, Ivan a Radka SVOBODOVÁ. *Průvodce stavebnicí VOLTÍK III*. Ostrava - Petřkovice: SVOBODA, 2000, 123 s.

[38] TICHÝ, Milan. *Elektronika* [online]. 2002 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/elektronika/>

[39] DVOŘÁK, Leoš. *Polovodiče a jejich aplikace*. 2012, 44 s. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/projekty/oppa/polovodice.pdf>

[40] Grafické značky používané na schématech a výkresech v elektrotechnice podle databáze IEC 60617DB: Výběr grafických značek z databáze IEC 60617DB. In: RÝMUS, Josef. *ÚNMZ – ÚNMZ* [online]. 2011 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/files/normalizace/Informace%20o%20vybran%C3%BDch%20norm%C3%A1ch/Grafick%C3%A9%20zna%C4%8Dky%20na%20schematech.pdf>

Seznam tabulek

Tab. 1 – Rozpis položek pro cenovou kalkulaci

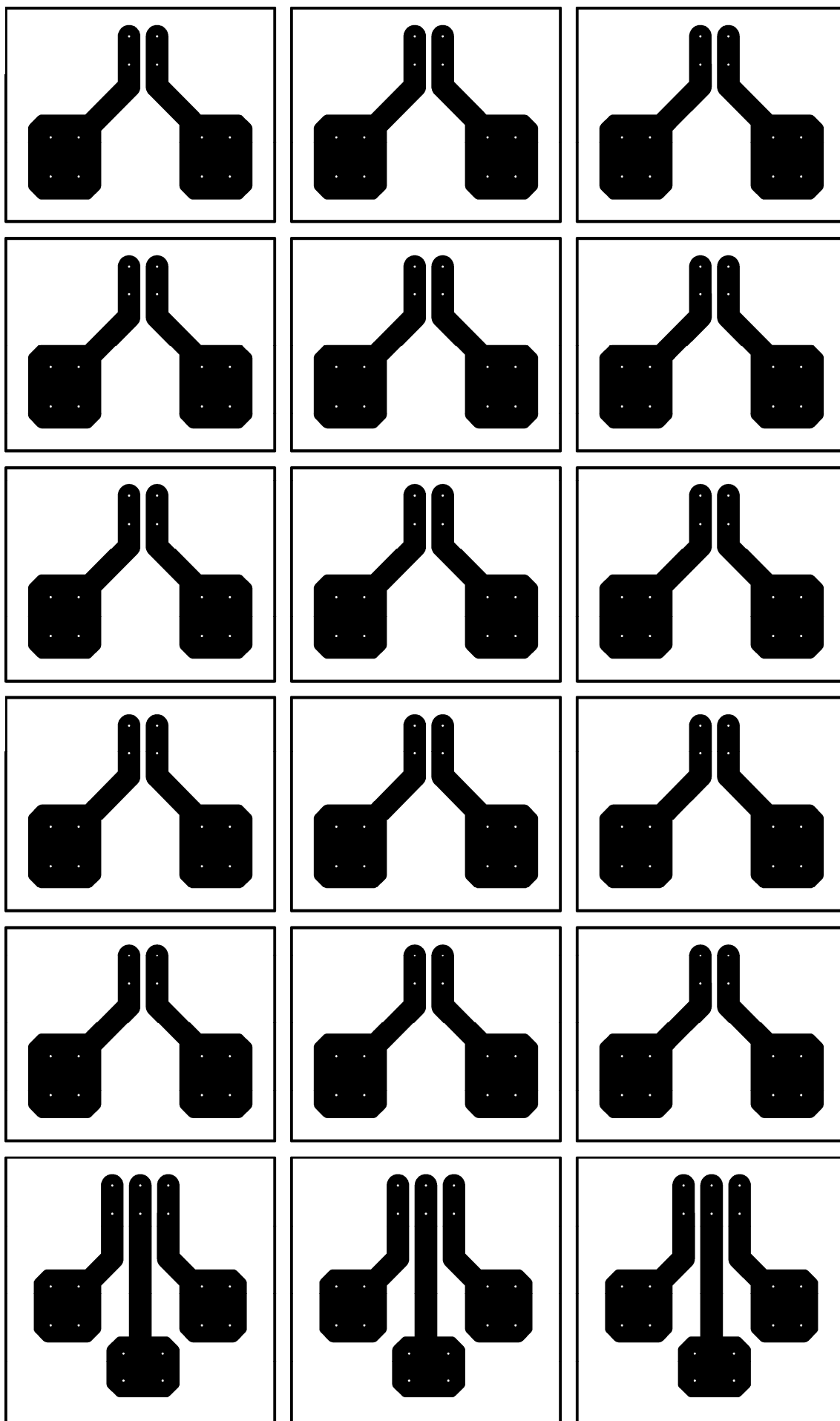
Seznam použitých zkratek

- RVP - Rámcový vzdělávací program
- ŠVP - Školní vzdělávací program
- LED - Light Emitting Diode (svítivá dioda)
- GME - GM ELECTRONIC, oficiální název internetového obchodu s elektronikou,
web: <http://www.gme.cz/>

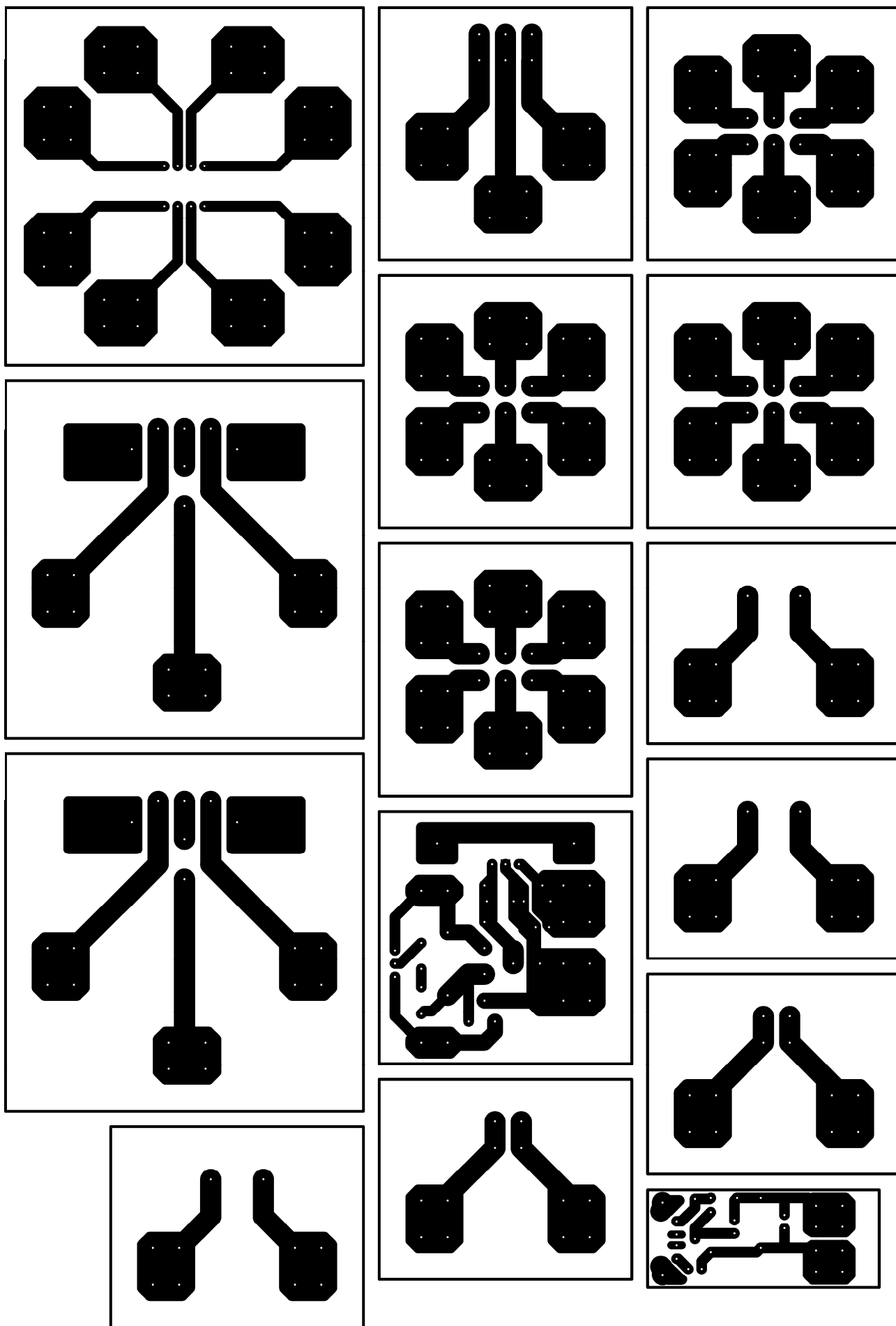
Přílohy

Příloha 1 – Předlohy obrazců spojů a grafiky potisku

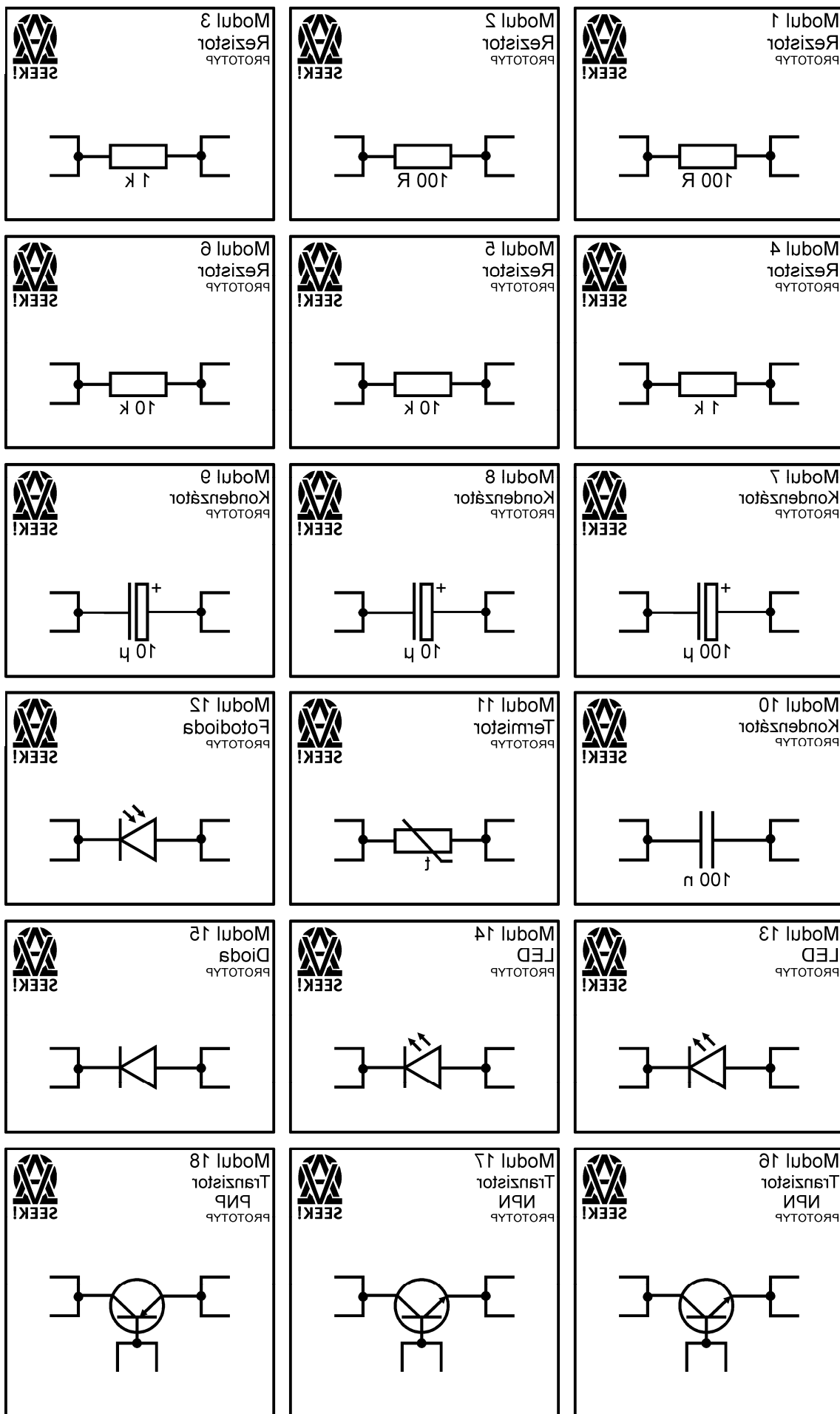
Na následujících čtyřech stranách naleznete předlohy desek plošných spojů a zrcadlené předlohy grafiky potisku. Tyto předlohy jsou připraveny k tisku a výrobě.



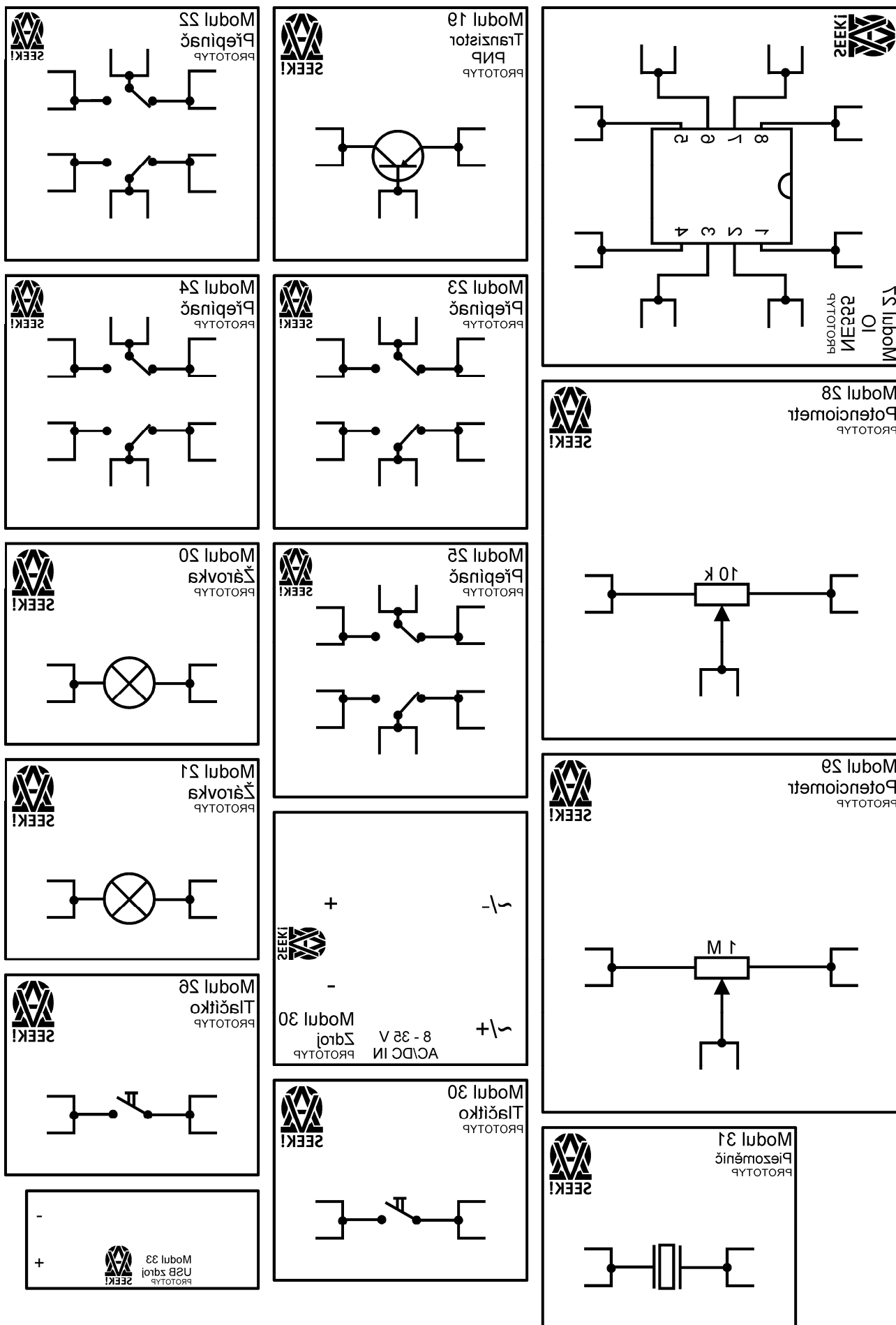
Předloha obrazce plošných spojů první desky (šíře 150 mm)



Předloha obrazce plošných spojů druhé desky (šíře 170 mm)



Předloha grafiky první desky (šíře 150 mm)



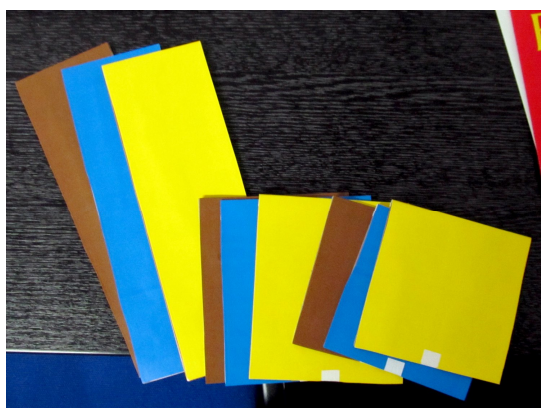
Předloha grafiky druhé desky (šíře 170 mm)

Příloha 2 – Fotodokumentace průběhu výroby stavebnice

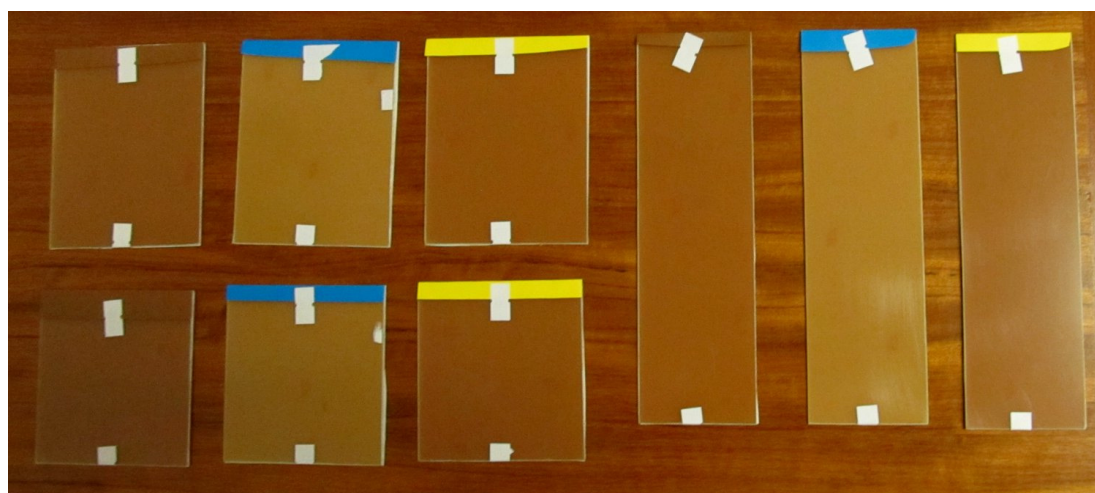
V této příloze naleznete několik fotografií dokumentujících proces výroby stavebnice.



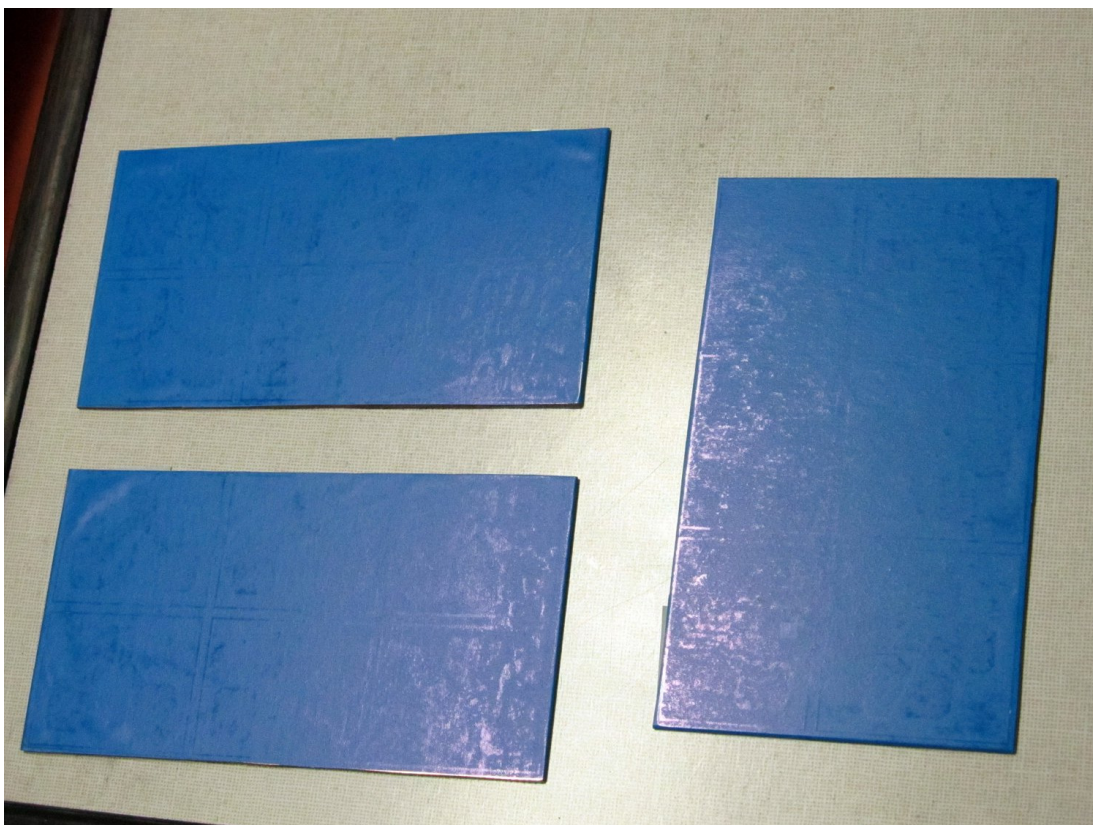
Vytisknutá předloha rozstříhaná na menší segmenty kvůli zažehlování



Desky během připevňování předloh cenovkami



Desky s připevněnými předlohami připravené k zažehlování



Tři odpovídající segmenty první desky po zažehlení



Segmenty z předchozí fotografie při leptání



Segmenty první desky s provedeným potiskem



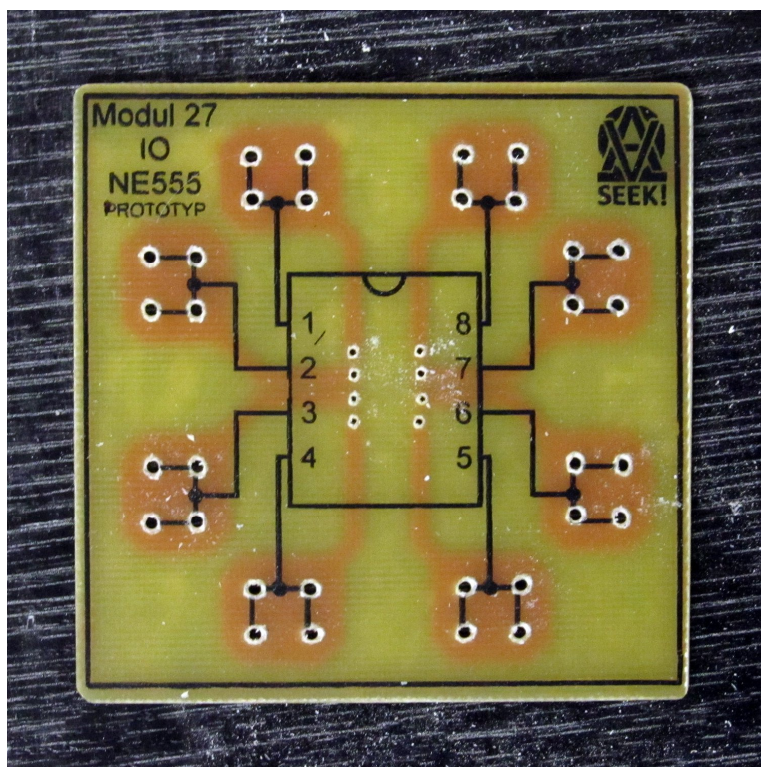
Segmenty všech tří sad po zaschnutí laku



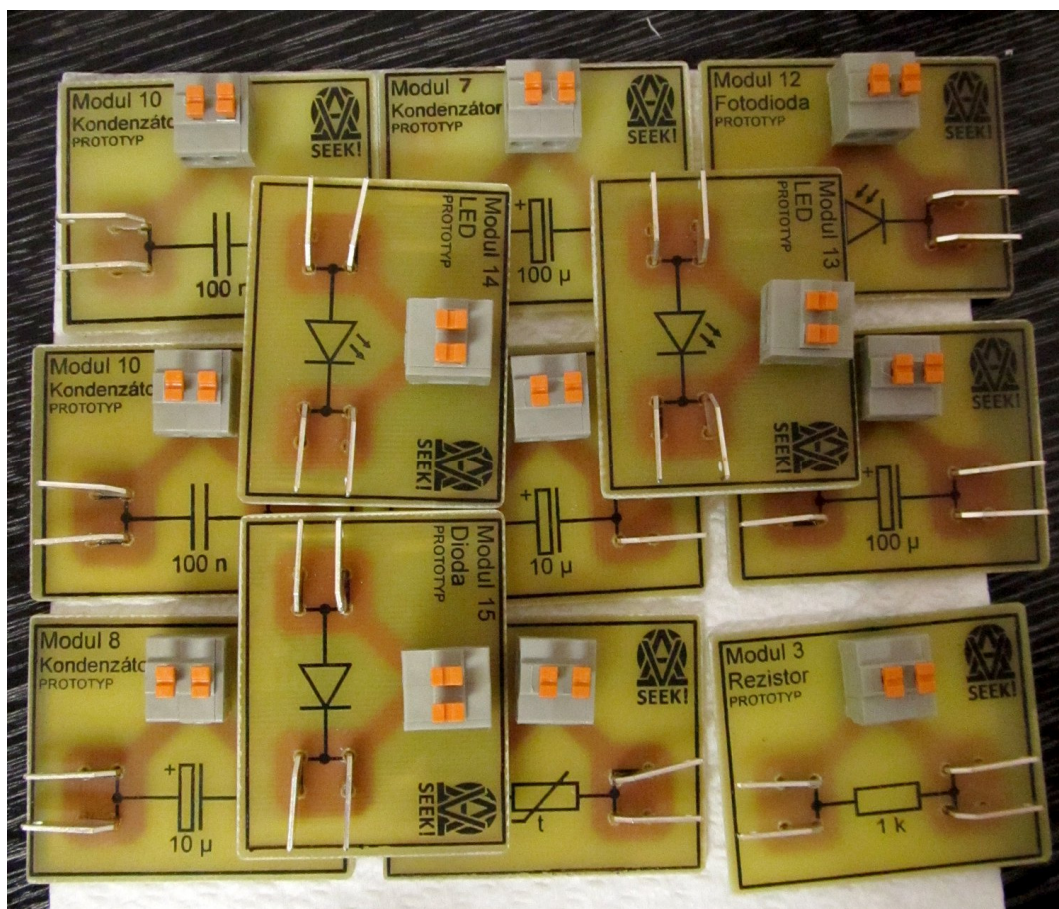
Rozdělené moduly všech tří sad srovnané dle rozměru desky



Modul tlačítka při ručním broušení hran a rohů



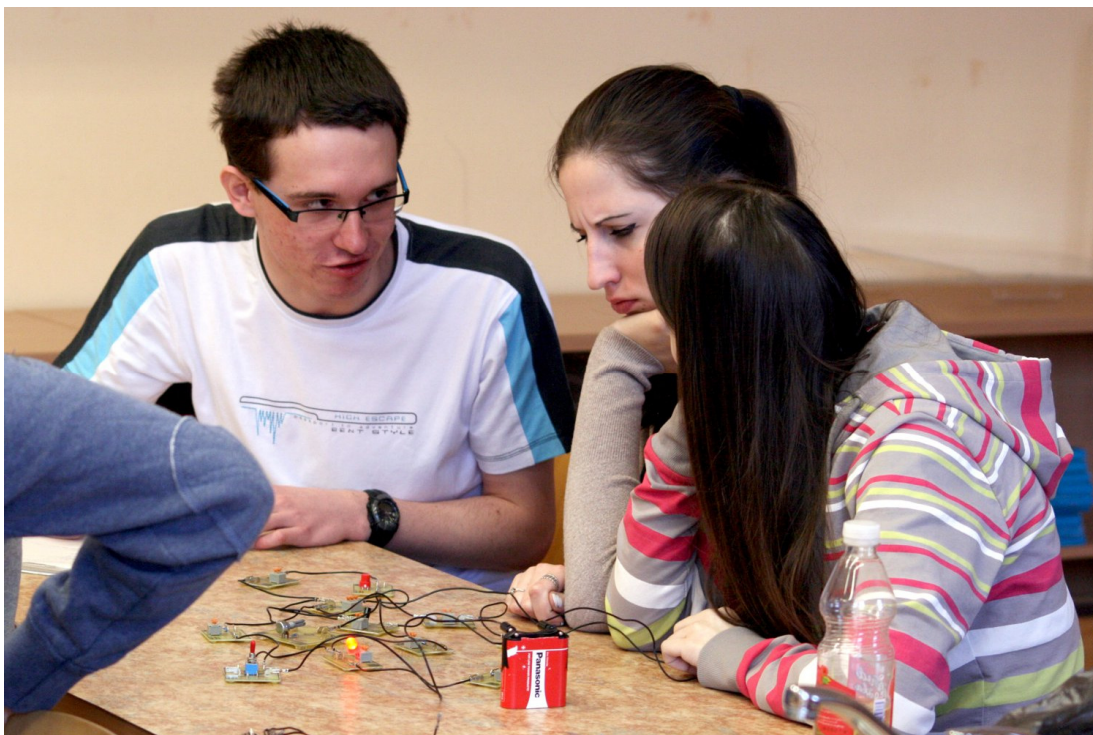
Deska IO NE555 během procesu vrtání



Moduly stavebnice během procesu osazování a pájení

Příloha 3 – Fotografie z pilotáže

V této příloze naleznete výběr několika fotografií z průběhu pilotáže ve třídě L3.D Střední průmyslové školy elektrotechnické, V Úžlabině 320, Praha 10.



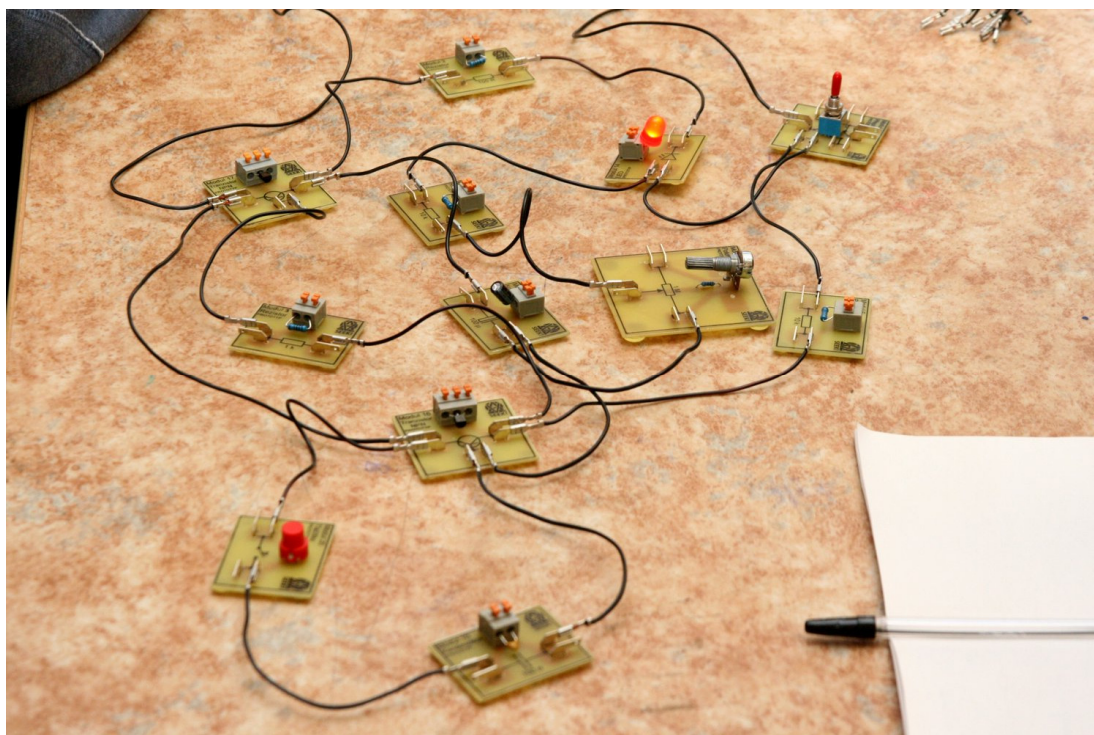
Diskuze nad monostabilním klopným obvodem



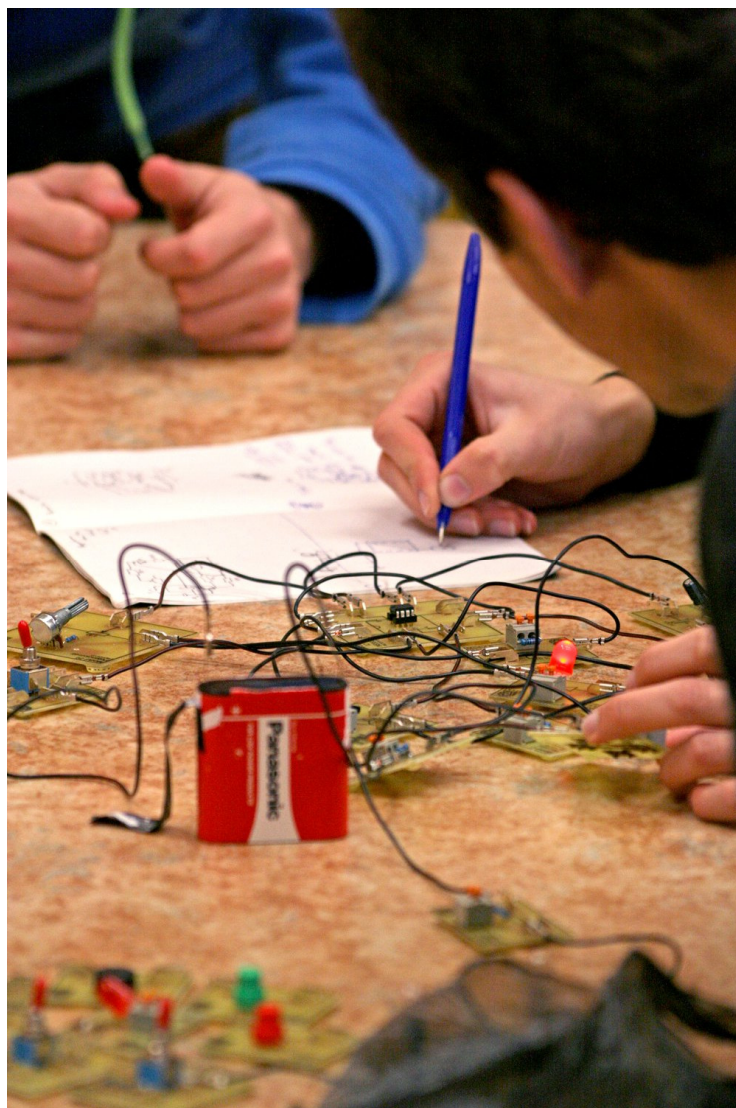
Průběh zapojování blikáče s IO NE555



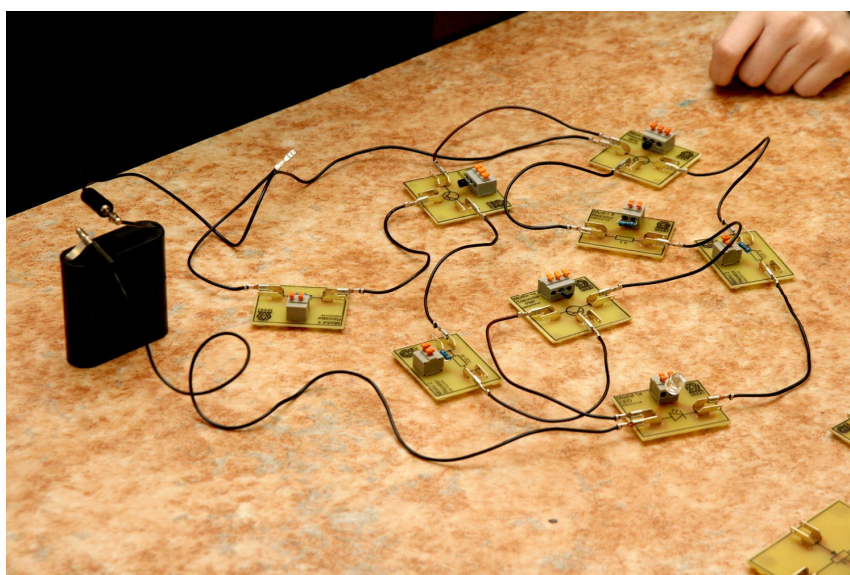
Studenti prověřující činnost bistabilního klopného obvodu



Sestavený monostabilní klopný obvod



Překreslování schématu hotového obvodu dotykového tlačítka



Sestavený obvod třítranzistorového zesilovače



Zápolení se schodišťovým zapojením s křížovým přepínačem



Překreslování schématu bistabilního klopného obvodu



Zamyšlení v průběhu stavby astabilního klopného obvodu



Studenti potěšení svou dobře odvedenou prací



Skupina studentů shromážděná kolem pískajícího obvodu



Extra pilotáž se zájemci z 1. ročníku

Příloha 4 – Ukázky protokolů z laboratorních prací

Na následujících stranách naleznete ukázky protokolů, které vypracovali studenti po laboratorních pracích. Byly vybrány náhodné protokoly různých autorů a vždy dva z každé laboratorní práce. Množství protokolů bylo omezeno z důvodu zachování rozumného rozsahu práce.

Laboratorní práce č. 10

Téma: Zapojování obvodů podle schémat a zjišťování jejich vlastností

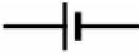
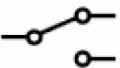
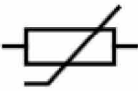
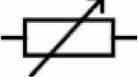
Úkol: Zapojte obvody dle schémat ze zadání, výsledky zdokumentujte a popište chování obvodu.

Pomůcky: Součástky elektrických obvodů: přepínače, žárovky, LED, potenciometry, fotodiody, rezistory, tranzistory typu NPN a PNP, termistor, 4,5V elektrický článek, vodiče ke spojení součástek.

Teorie: Sestrojení obvodů a jejich funkce

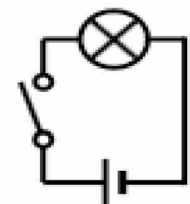
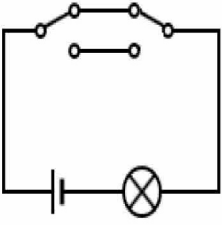
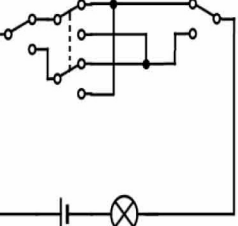
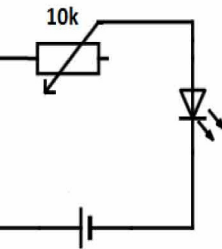
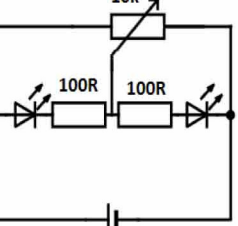
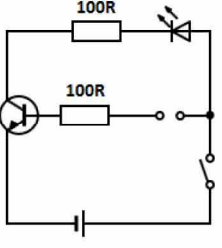
Elektrický obvod je vodivé spojení elektrických součástek. Součástky jsou mezi sebou propojovány vodiči. Je zde využit zdroj elektrického napětí 4,5V chemický článek. V elektrických obvodech platí Kirchhoffovy zákony a Ohmův zákon.

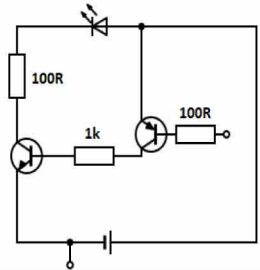
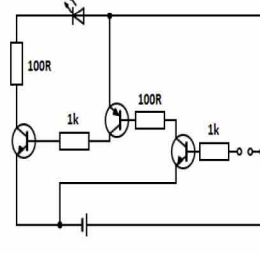
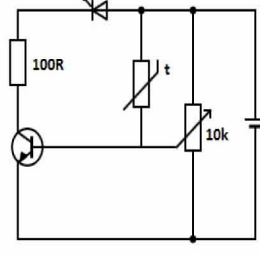
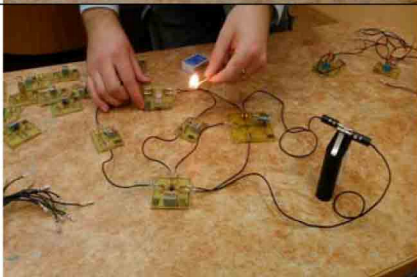
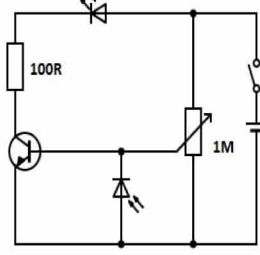
Následující schematické značky nám pomohou k sestrojení obvodů:

	Elektrický článek		LED
	Spínač		Fotodioda
	Přepínač		Termistor
	Žárovka		PNP tranzistor
	Vodič		NPN tranzistor
	Spojení vodičů		Rezistor
	Potenciometr		

Postup: Podle schematicky zadaných obvodů propojíme dané součástky vodivým spojením a ověříme funkci daného obvodu.

Výsledky:

1			Při přepnutí přepínače se rozsvítí/zhasne žárovka.
2			Při přepnutí obou přepínačů do stejné polohy se rozsvítí žárovka.
3			Při přepnutí jakéhokoliv ze tří přepínačů se změní stav žárovky rozsvíceno/zhasnuto.
4			Otáčením běžce potenciometru měníme intenzitu svitu LED.
5			Otáčením běžce potenciometru měníme intenzitu svitu mezi LED. Čím více se rozsvítí jedna, tím méně se rozsvítí druhá.
6			Při sepnutém spínači se přivedením napětí na volné konce spojení rozsvítí LED. Tranzistor zde slouží jako zesilovač.

7			Přivedením napětí na volné konce spojení se rozsvítí LED jako v případě 6. Tranzistory zde slouží jako dvoustupňový zesilovač, k rozsvícení žárovky tudíž stačí i malé statické napětí.
8			Přivedením napětí na volné konce spojení se rozsvítí LED jako v případě 6. Tranzistory zde slouží jako trojstupňový zesilovač, k rozsvícení žárovky tudíž stačí i velmi malé statické napětí.
9			V závislosti na poloze běžce potenciometru a teplotě snímané termistorem LED úměrně svítí. Svit je přímo úměrný teplotě.
10			Při sepnutém spínači se v závislosti na poloze běžce potenciometru a osvětlení dopadajícího na fotodiodu LED úměrně rozsvítí. Svit je nepřímě úměrný osvětlení.

Závěr:

V této laboratorní práci jsme zkoušeli jednotlivé zapojení obvodů. Jak fungují LED, potenciometry, přepínače, žárovky, fotodiody, termistory, 4,5V baterie, rezistory, tranzistory (NPN a PNP) a k čemu vše slouží. Dozvěděli jsme se, kdy se žárovka rozsvítí a kdy zhasne. Také jsme zjistili, že při dopadajícím osvětlení fotodiody, svítí LED víc.

Diskuze:

Myslím si, že by byly dobré k této laboratorní práci, použít delší kabely s různými barvami, pro lepší orientaci zapojených obvodů.

Laboratorní práce č. 10

Téma: Zapojování obvodů podle schémat a zjišťování jejich vlastností

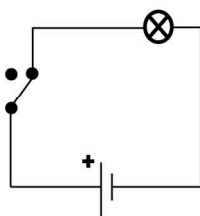
Úkol: Zapojte obvody dle schémat ze zadání, výsledky zdokumentujte a popište chování obvodu.

Pomůcky: Baterie, spojovací kabely, žárovka, LED (2 kusy), potenciometr, přepínač (4 kusy), rezistor 1 k, 10 k, 100 R (po 2 kusech), tranzistor PNP a NPN (po 2 kusech),

Teorie:

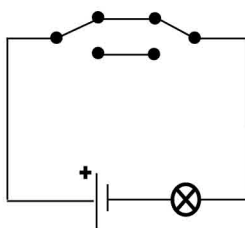
Postupně jsme měli sestavit z přidělených pomůcek a nakreslených schémat funkční obvody. U těchto obvodů jsme následovně měli prozkoumat, jak fungují a zjištěné informace popsat do protokolu.

1. obvod:



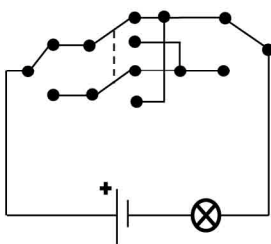
Jednoduchý obvod s jedním přepínačem a jednou žárovkou.

2. obvod:



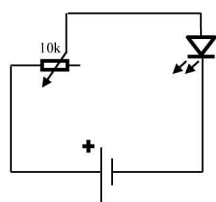
Obvod se dvěma přepínači a jednou žárovkou.

3. obvod:



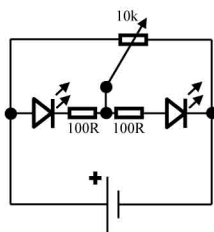
Obvod se dvěma jednoduchými a jedním dvojitým přepínačem, zakončený jednou žárovkou.

4. obvod:



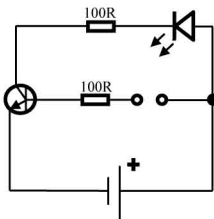
Jednoduchý obvod s potenciometrem a LED.

5. obvod:



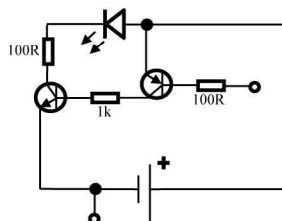
Obvod skládající se z jednoho potenciometru a dvou na něj napojených LED, které jsou doplněny o rezistory.

6. obvod:



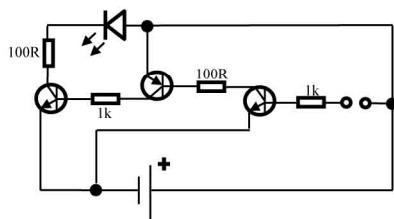
Obvod s LED a rezistorem, které jsou se zdrojem propojeny přes tranzistor, na jehož bázi je připojen rezistor s neuzavřeným spojem.

7. obvod:



Obvod s LED, třemi rezistory a dvěma propojenými tranzistory, z nichž jeden nemá uzavřený spoj na bázi.

8. obvod:



Rozšíření předchozího obvodu o jeden tranzistor s rezistorem.

Výsledky:

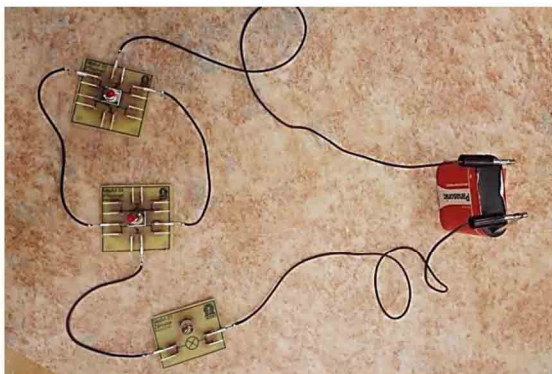
1. obvod:



Vypínač

Žárovka svítí v závislosti na poloze přepínače. Při jeho přepínání se žárovka rozsvěcí a zhasíná.

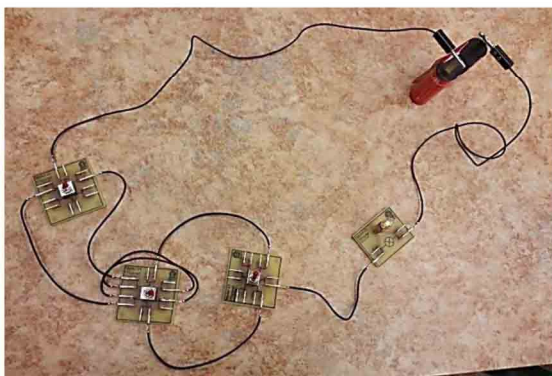
2. obvod:



Schodišťový vypínač

Žárovka je závislá na obou přepínačích. Svítí-li, lze ji jakýmkoliv přepínačem zhasnout, je-li zhasnutá, lze ji jakýmkoliv přepínačem rozsvítit.

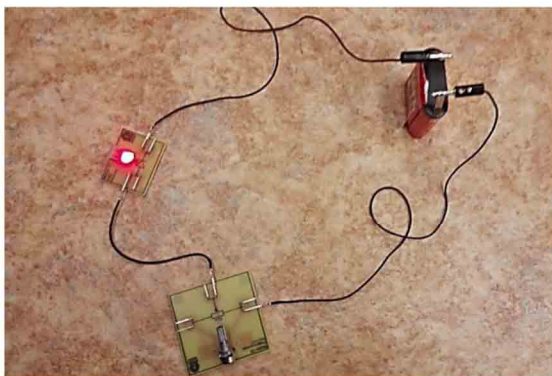
3. obvod:



Trojité schodišťový vypínač

Žárovka je závislá na všech třech přepínačích. Svítí-li, lze ji jakýmkoliv přepínačem zhasnout, je-li zhasnutá, lze ji jakýmkoliv přepínačem rozsvítit.

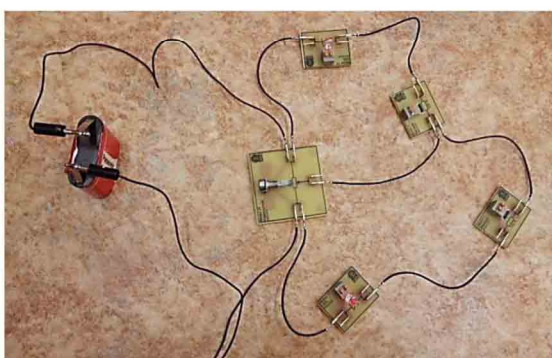
4. obvod:



Regulátor jasu

Úroveň jasu LED je závislá na poloze běžce potenciometru.

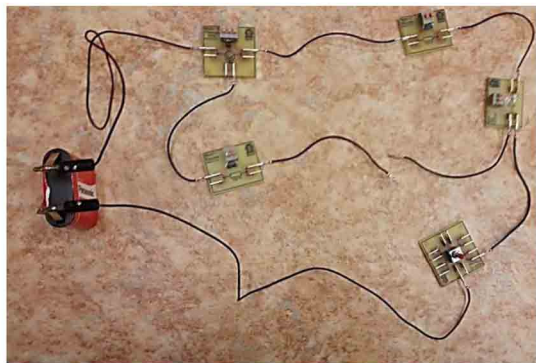
5. obvod:



Dělič jasu

Úroveň jasu obou LED je závislá na jednom potenciometru. Při otáčení běžce potenciometru se na jedné LED jas přidává, zatímco na druhé se ubírá.

6. obvod:



Tranzistorový zesilovač

LED svítí při přímém i nepřímém propojení volných kabelů (po přivedení napětí na bázi tranzistoru).

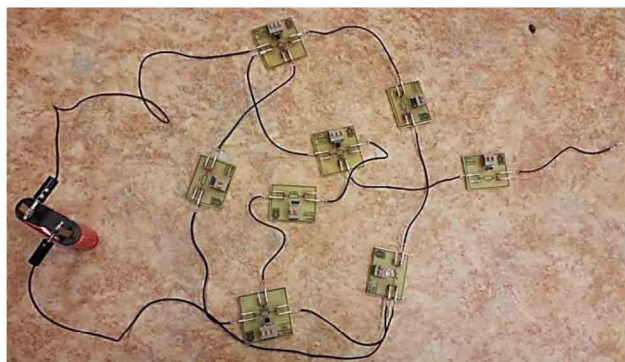
7. obvod:



Dvoustupňový tranzistorový zesilovač

LED svítí jen při přivedení nízkého náboje na bázi druhého tranzistoru.

8. obvod:



Třístupňový tranzistorový zesilovač

LED svítí jen při přivedení velmi nízkého náboje (například statické elektřiny) na bázi třetího tranzistoru.

Závěr:

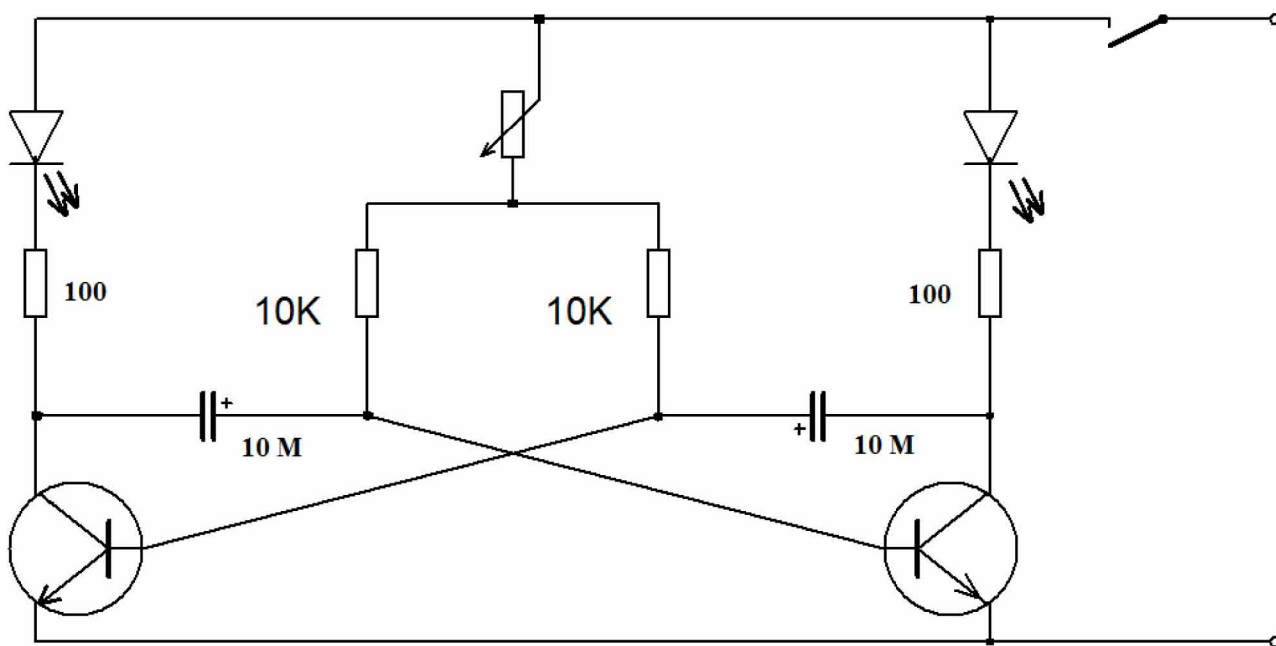
Vyzkoušeli jsme si zapojení a funkce základních elektronických obvodů, čímž jsme o nich získali praktickou představu.

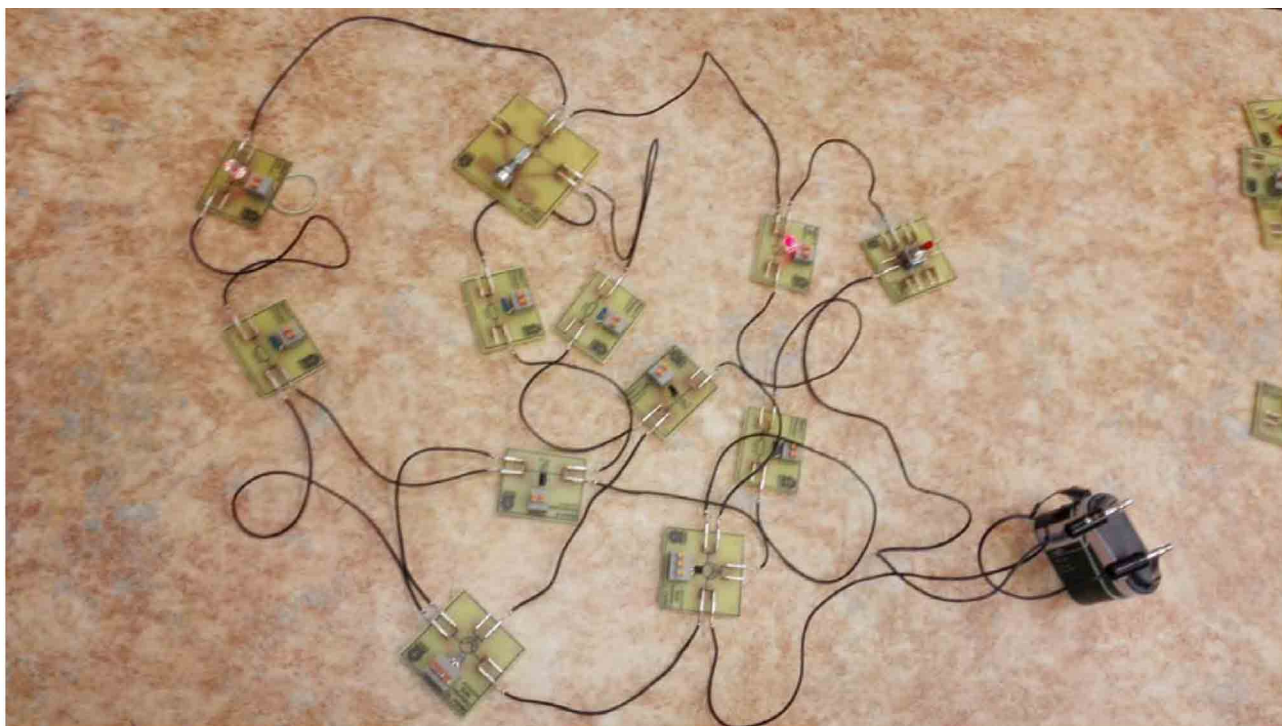
Laboratorní práce č. 11**Téma: Zapořádání obvodů podle schémat a měření V-A charakteristiky**

Úkol: Zapojte obvody dle schémat ze zadání, výsledky zdokumentujte a popište chování obvodu. Ve druhé části práce sestavte obvod pro měření V-A charakteristiky rezistoru a poté LED. Obě charakteristiky proměřte se vhodným krokem napětí (u rezistoru např. 0,3 V, u LED např. 0,2 V s tím, že v oblasti zlomu byste měli měřit pečlivěji). Naměřené hodnoty zanepte také do grafů.

Pomůcky: konstrukční prvky (rezistor, tranzistor, integrovaný obvod 555, dioda, LED dioda, potenciometr, žárovka, vypínač, přepínač), měřicí přístroje (voltmetr, ampérmetr), propojovací vodiče, baterie (Zdroj energie)

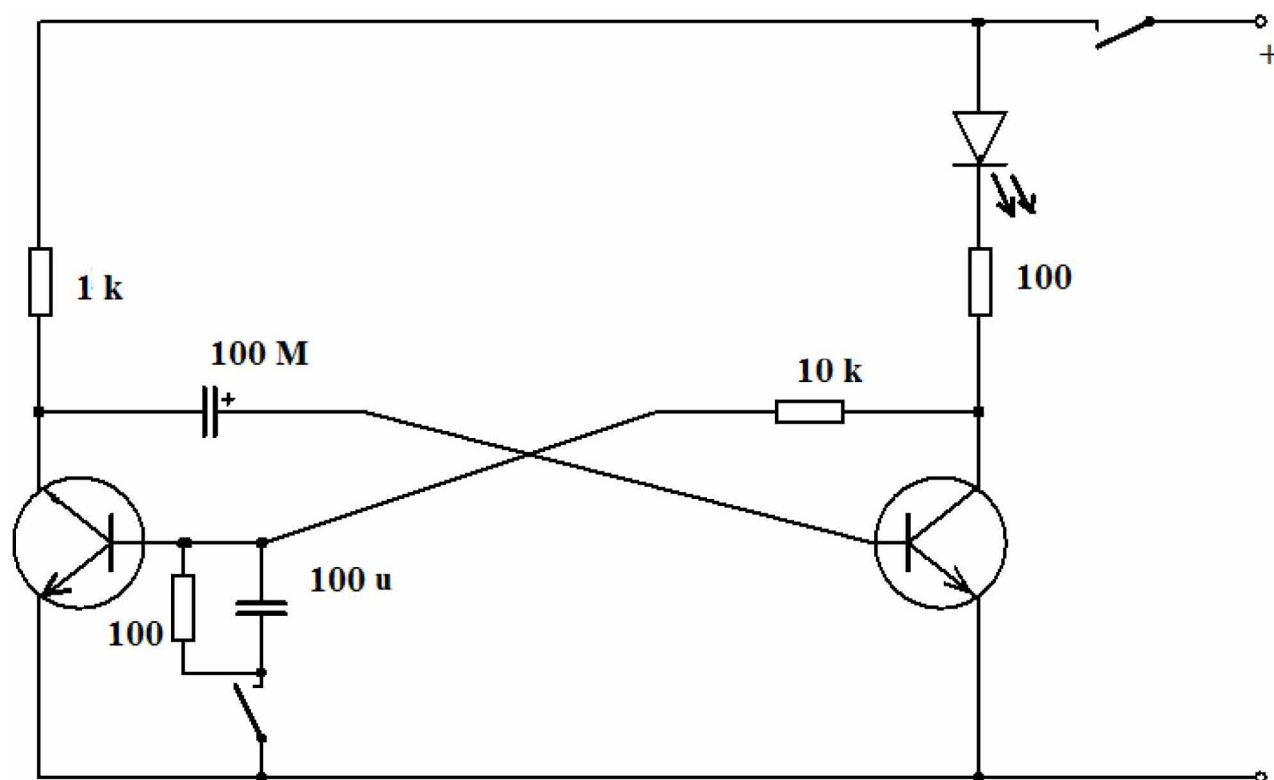
Teorie: Astabilní klopné obvody, nemají stabilní stav a po připojení ke zdroji energie se nepřetržitě „překlápí“ z jedné poloviny obvodu na druhou. Těto vlastnosti lze využít pro stavbu oscilátorů, blikáčů a frekvenčních generátorů.

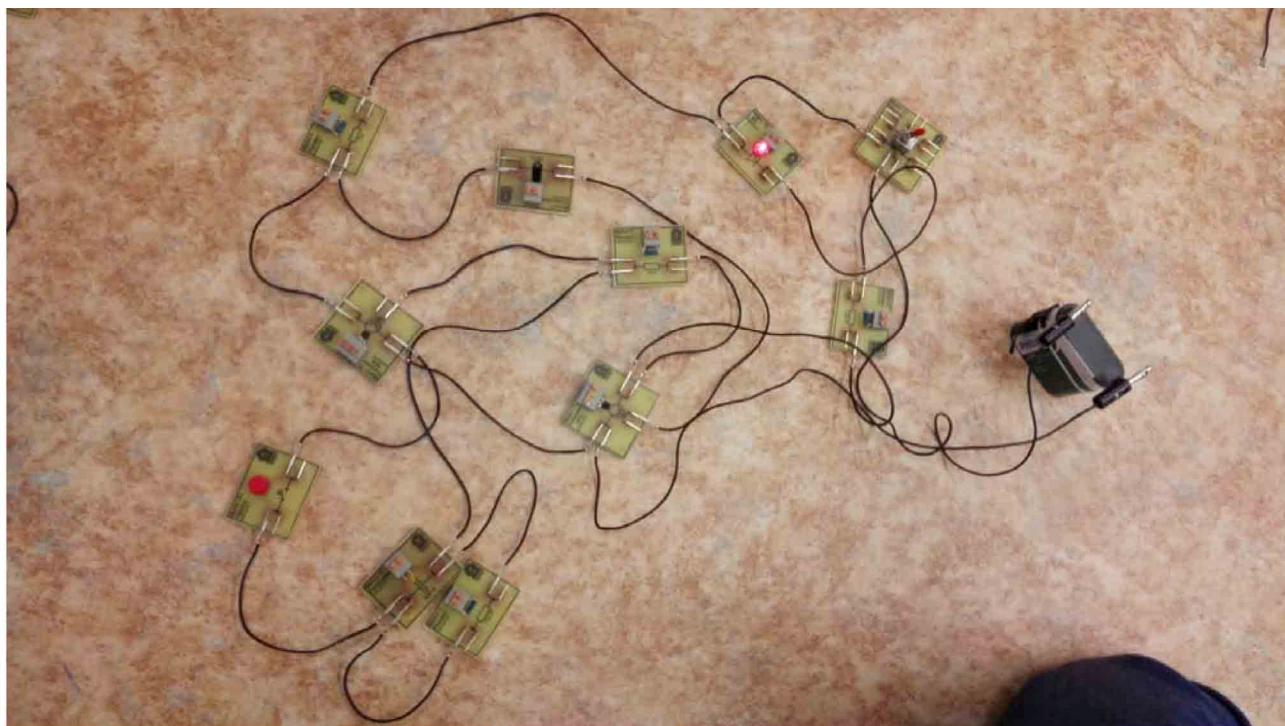
Postup:**Obvod 11 – astabilní klopný obvod**



Tento obvod je astabilní klopný obvod s regulátorem frekvence překlápění. Překlápění obvodu je viditelné na střídavém blikání LED diod. Otáčením potenciometru měníme frekvenci blikání diod. Pokud snižujeme odpor potenciometru, frekvence blikání se zvětšuje, protože se zvětšuje proud potenciometrem. Ten rychleji nabíjí kondenzátory a otevírání/zavírání tranzistorů se urychlí.

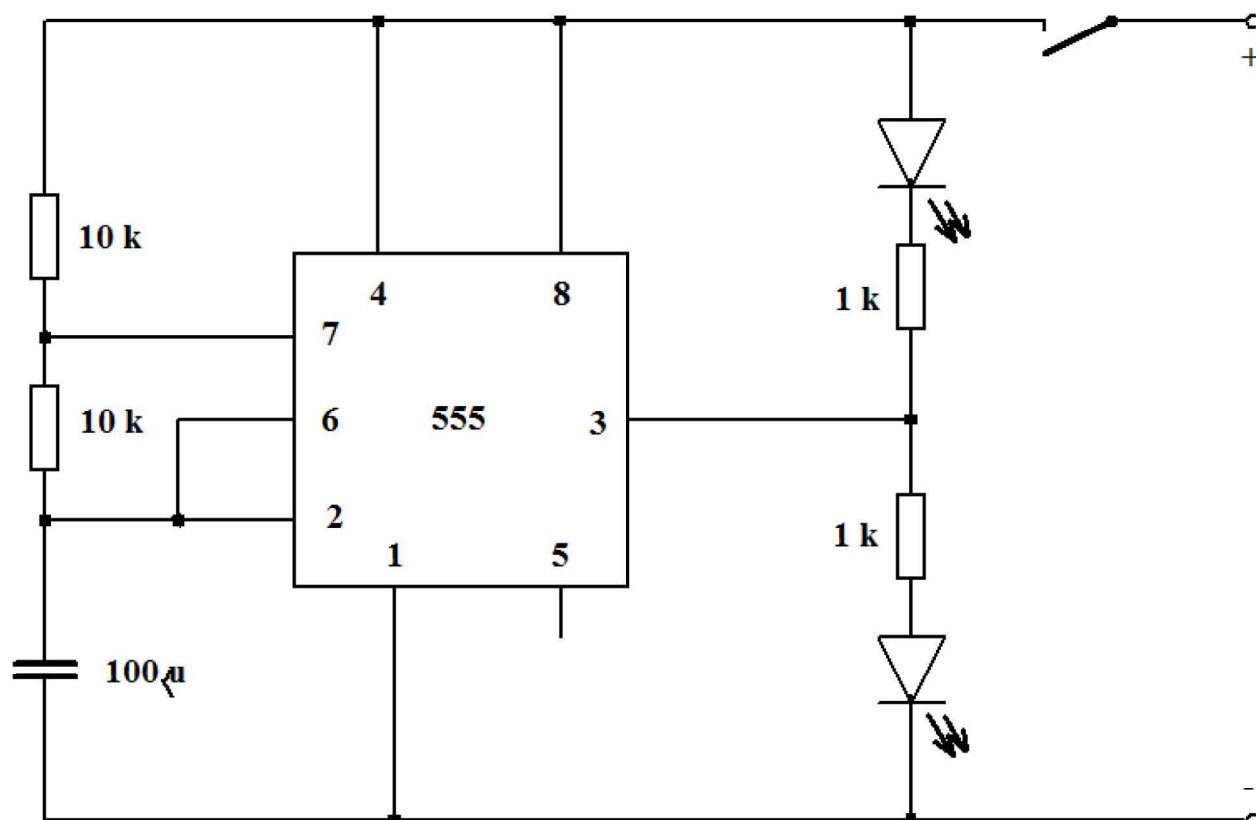
Obvod 12 – monostabilní klopný obvod

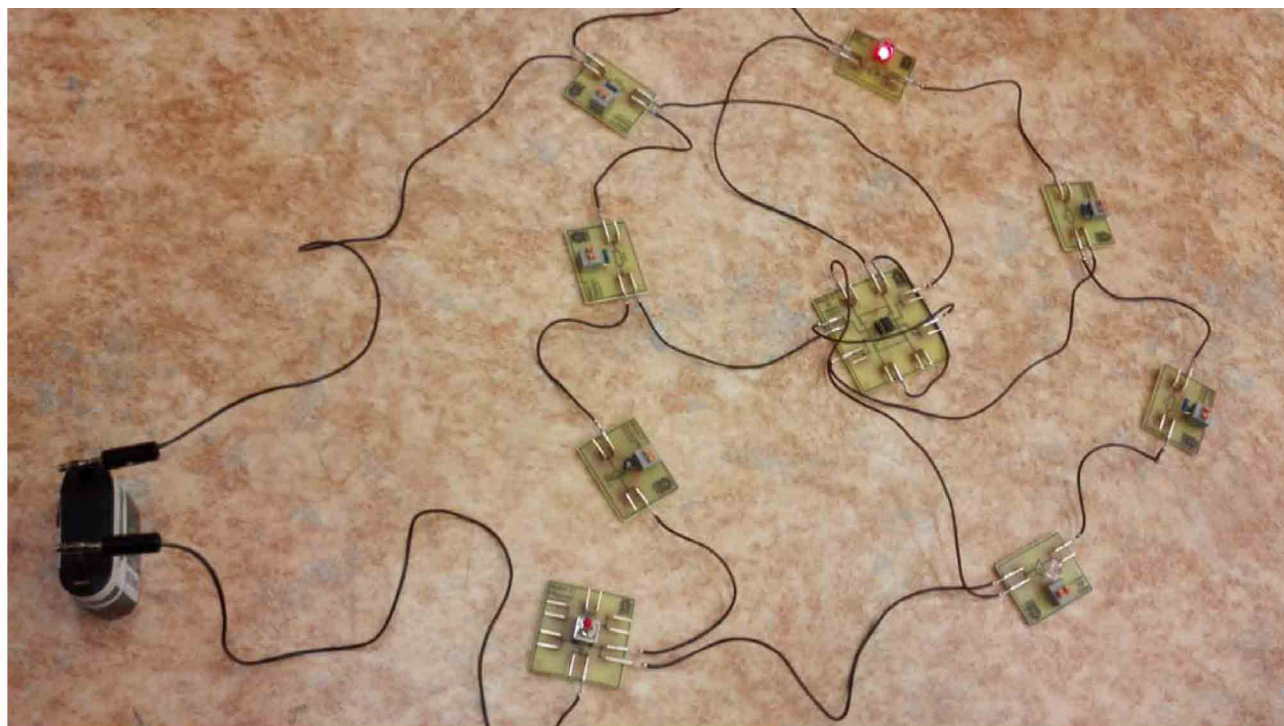




Jedná se opět o astabilní klopný obvod, tentokrát s jednou LED diodou. Po připojení ke zdroji energie se LED rozblíká podle frekvence překlápění obvodu. Pokud stiskneme tlačítko, začne se nabíjet 100 nF kondenzátor. Po tuto dobu svítí LED dioda trvale. Potom se opět rozblíká podle frekvence astabilního obvodu.

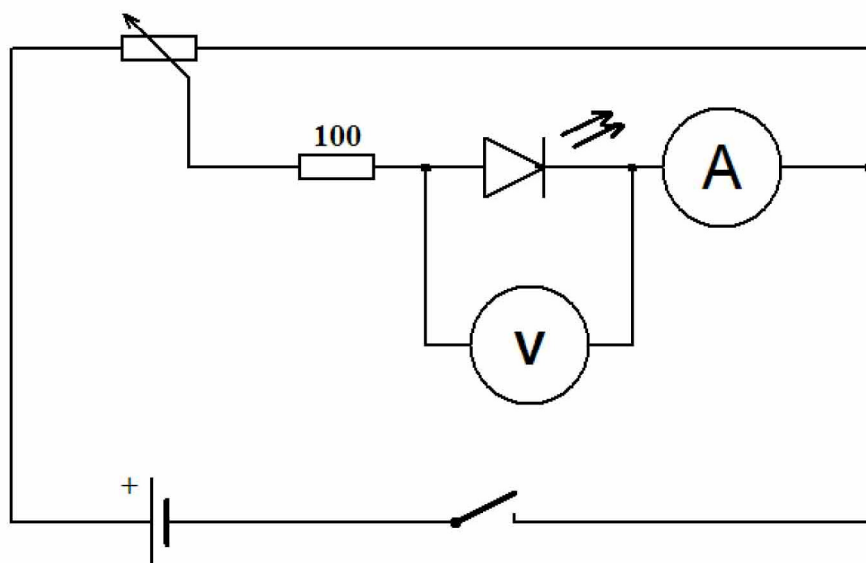
Obvod 13 – integrovaný obvod - astabilní klopný obvod

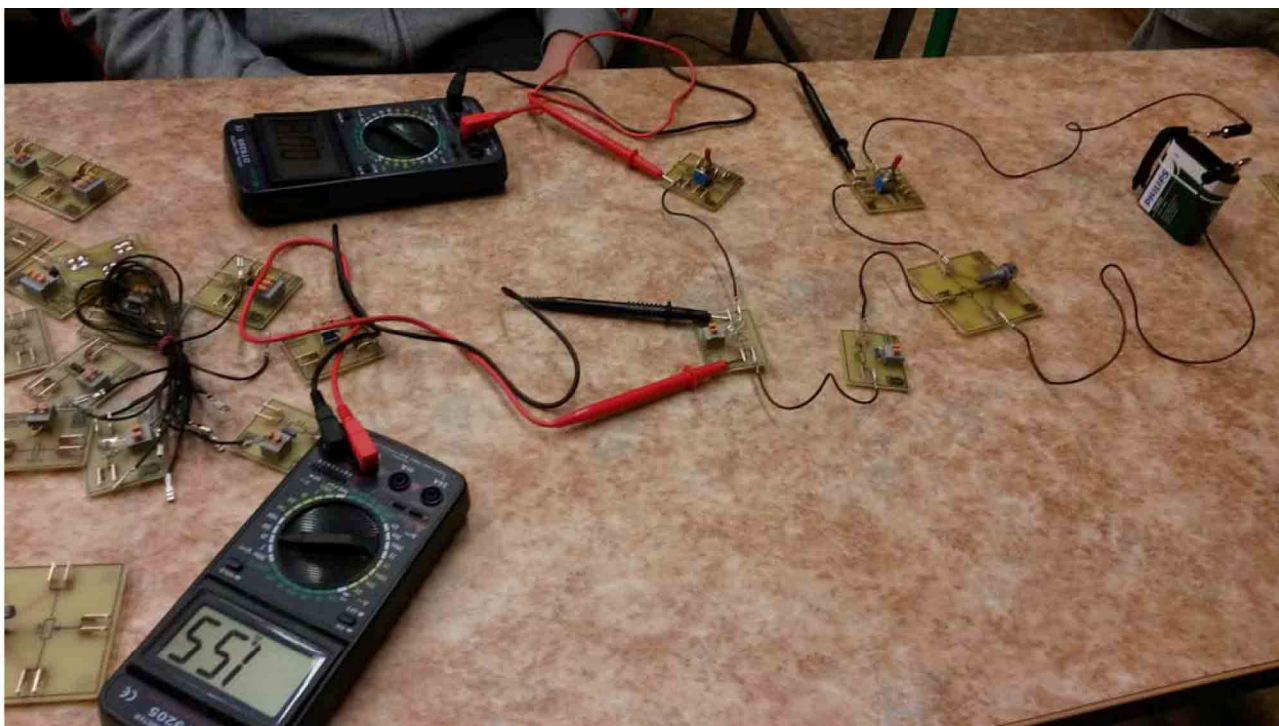




V tomto zapojení jsme vytvořili astabilní KO pomocí integrovaného obvodu NE 555. Na výstup 3 jsou připojeny LED diody. NE 555 se skládá z klopného obvodu a dvou komparátorů napětí. Změnou velikosti odporů a kondenzátoru na vstupech komparátorů 2,6 a vybíjení 7, lze ovlivňovat šířku impulsu na výstupu 3 a tím i rychlost blikání LED diod.

Obvod 14 – měření VA charakteristiky diody

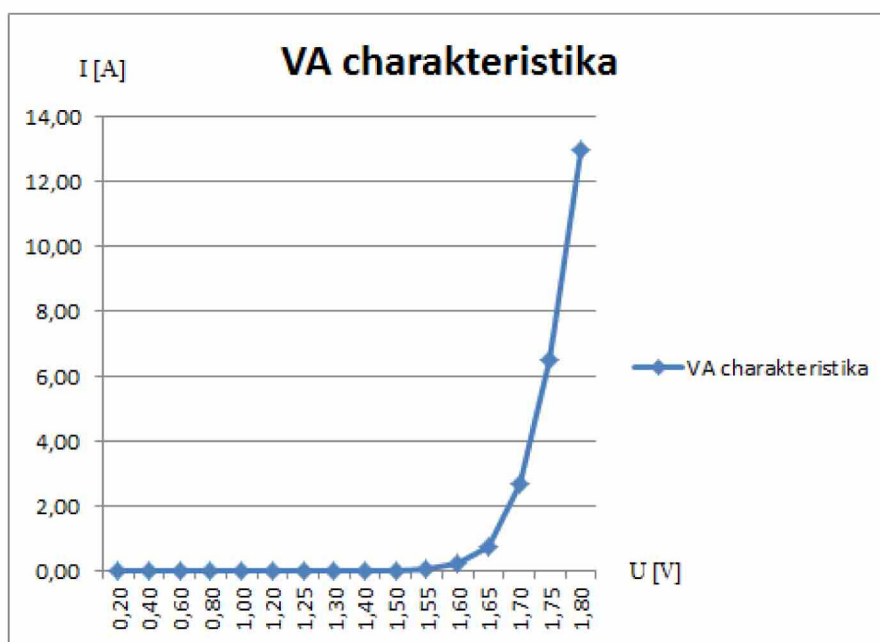




Změnou odporu potenciometru měníme napětí na diodě v kroku po 0,2 V. Pro každou hodnotu napětí odečteme na ampérmetru proud, který prochází diodou. Získáme tak VA charakteristiku diody.

Výsledky:

napětí [V]	proud [A]
0,20	0,00
0,40	0,00
0,60	0,00
0,80	0,00
1,00	0,00
1,20	0,00
1,25	0,00
1,30	0,00
1,40	0,00
1,50	0,03
1,55	0,08
1,60	0,26
1,65	0,77
1,70	2,69
1,75	6,48
1,80	12,97



Z grafu VA charakteristiky diody vyplývá, že dioda se začíná otvírat, pokud je napětí na diodě větší než 1,5 V.

Naměřené výsledky VA charakteristiky odpovídají teoretickým předpokladům, které jsme předpokládali. Dioda do dosažení prahového napětí nepropouští proud. Začne se otevírat až při jeho překročení. V našem případě bylo prahové napětí 1,5 V.

Závěr:

V této laboratorní práci jsme si prakticky ověřili chování několika různých klopných obvodů. Jednotlivé obvody se chovaly podle předpokladů. Součástky se během měření nezahřívaly. Při zapojování obvodů bylo nutné dávat zvýšenou pozornost na polaritu připojení a velikost jmenovitého napětí zdroje energie, abychom nevhodným zapojením součástky v obvodu neponičili. Zvláštní opatrnost byla nutná u zapojování integrovaného obvodu.

Měření VA charakteristiky diody bylo prováděno pouze v propustném směru. Neprováděli jsme měření v závěrném směru diody, protože bychom diodu mohli prorazit a zničit. Nejednalo se totiž o Zenerovu diodu, která se po průrazu v závěrném směru dokáže po snížení napětí opět obnovit do původního stavu.

Třída: L3.D
Vypracoval: Jan Jukl
Spolupracoval: Šafránek, Rogiznyi, Baštová

Datum konání: 9. 2. 2015
Datum odevzdání: 18. 2. 2015

Laboratorní práce č. 11

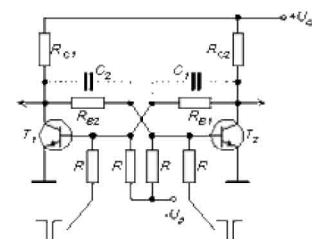
Téma: Zapořádání obvodů podle schémat a měření V-A charakteristiky

Úkol: Zapořte obvody dle schémat ze zadání, výsledky zdokumentujte a popiřte chování obvodu. Ve druhé části práce sestavte obvod pro měření V-A charakteristiky rezistoru a poté LED. Obě charakteristiky proměřte se vhodným krokem napětí (u rezistoru např. 0,3 V, u LED např. 0,2 V s tím, že v oblasti zlomu byste měli měřit pečlivěji). Naměřené hodnoty zaneřte také do grafů.

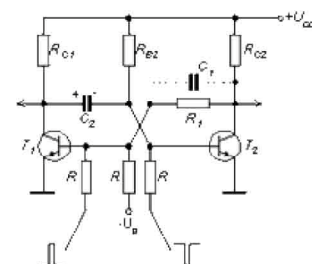
Pomůcky: elektrická stavebnice – vodiče, voltmetr, ampérmetr, rezistory, spínače, baterie 4,5 V, tranzistory, potenciometr, 2x LED, kondenzátory, IO 555,

Teorie:

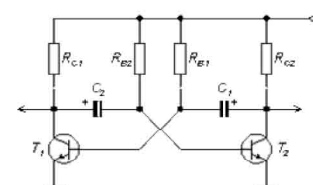
Bistabilní klopný obvod je takový elektronický obvod, který má dvě klidové polohy, v každé z nich může setrvat libovolně dlouhou dobu, vnějším impulsem lze klopný obvod překlomit z jedné do druhé stabilní polohy.



Monostabilní klopý obvod má jeden stabilní stav, v němž může setrvat libovolně dlouho, spouřtčím impulsem ho lze vychýlit do kvazistabilního stavu, v němž setrvá po určité dobu (doba kyvu) a poté se vrátí zpět do stabilního stavu.



Astabilní klopý obvod nemá žádnou klidovou polohu, neustále kmitá. Je to generátor obdélníkových průběhů.



Dále existuje i Schmittův klopý obvod, který slouží k úpravě tvarů impulzů.

Postup:

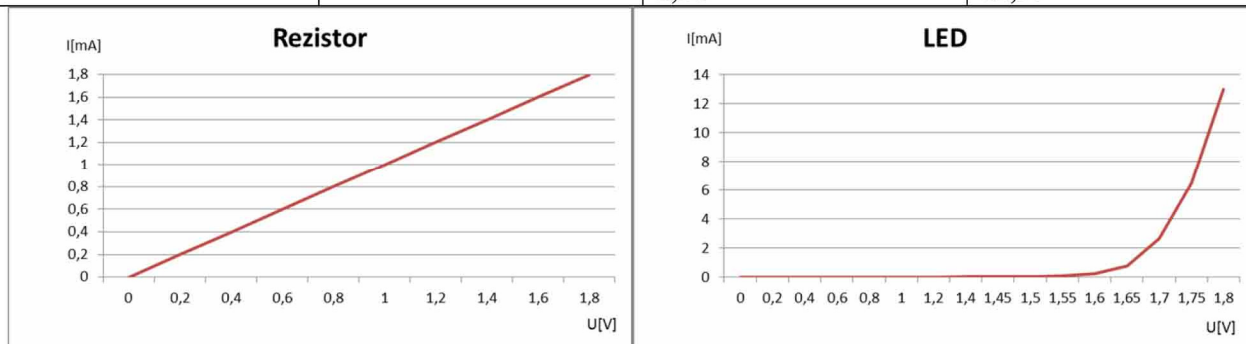
Nejprve jsme z elektrické stavebnice postupně sestavili klopné obvody podle schémat. Následně jsme sestavili obvod pro měření voltampérové charakteristiky rezistoru a LED. Před každým zapojením jsme si nechali obvody zkontrolovat od přítomného učitele. Poté po připojení ke zdroji jsme ověřili jejich funkci.

11			Astabilní klopý obvod Po sepnutí spínače začnou luminiscenční diody střídavě blikat. Frekvence jejich blikání závisí na kapacitě
-----------	--	--	--

			kondenzátorů a odporu rezistorů.
12			Monostabilní klopný obvod Po sepnutí spínače a zmáčknutí tlačítka se rozsvítí LED. Ta svítí do doby, dokud se nabitý kondenzátor vybije na prahové napětí. Poté se LED vypne a čeká na další impuls.
13			Astabilní klopný obvod Po sepnutí spínače budou střídavě svítit 1. a 2. LED. V tomto zapojení je využitý integrovaný obvod 555.

Výsledky:

Rezistor		LED	
U[V]	I[mA]	U[V]	I[mA]
0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0,20	0,20	0,00
0,40	0,40	0,40	0,00
0,60	0,60	0,60	0,00
0,80	0,80	0,80	0,00
1,00	1,00	1,00	0,00
1,20	1,20	1,20	0,00
1,40	1,40	1,40	0,01
1,60	1,60	1,45	0,01
1,80	1,80	1,50	0,03
		1,55	0,08
		1,60	0,26
		1,65	0,77
		1,70	22,69
		1,75	6,48
		1,80	12,97

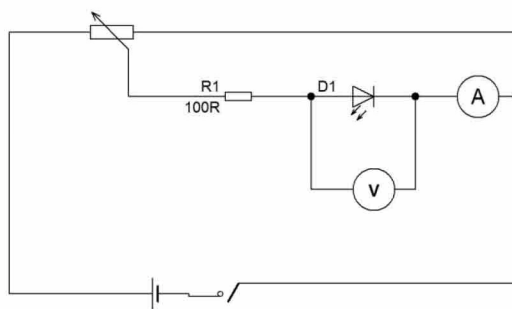
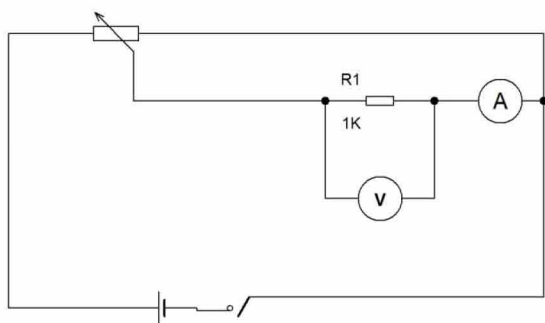


Závěr:

Sestavili jsme klopné obvody, jak pomocí diskretních součástek, tak i pomocí časovače 555. Zjistili jsme, že zatímco závislost napětí na proudu u rezistoru je lineární, tak u LED musí nejprve napětí dosáhnout prahového napětí, které u červené LED odpovídá zhruba 1,6 V. Před překročením prahového napětí je proud téměř nulový a poté začíná téměř exponenciálně stoupat.

Diskuze:

Myslím si, že by bylo přínosné, kdybychom mohli vyzkoušet voltampérovou charakteristiku i na jiných barvách LED, ale to bychom již potřebovali silnější zdroj napětí. Dále bych také uvítal pevněji vypadající vodiče, které by se lépe daly připojovat k jednotlivým součástkám. Práci by jistě usnadnili i vodiče, které je možné připojit přímo do měřících přístrojů.



Třída: L3D

Vypracoval: Karel Holakovský

Spolupracoval: T.Reml, P.Louč, J.Korityák

Datum konání:

Datum odevzdání:

Laboratorní práce č. 12

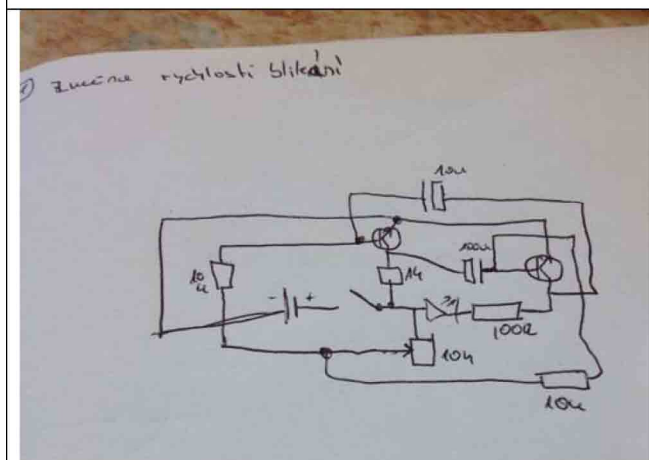
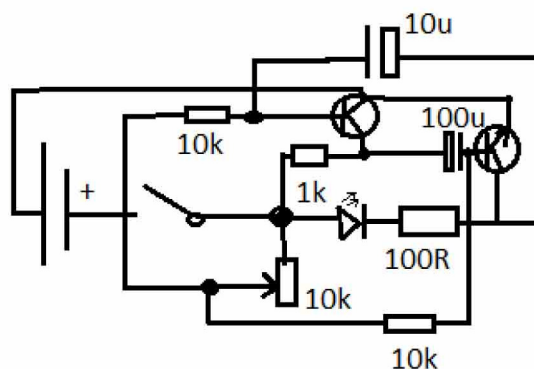
Téma: Kreslení schémat podle skutečných obvodů

Úkol: Prozkoumejte činnost předložených obvodů, popište ji a pokuste se určit, o jaký obvod se jedná. Poté nakreslete schéma zapojení obvodu a optimalizujte jej pro vyšší přehlednost. Nakonec zkuste ověřit, jestli je vaše schéma správné, opětovným zapojením rozebraného obvodu a vyzkoušením jeho funkce.

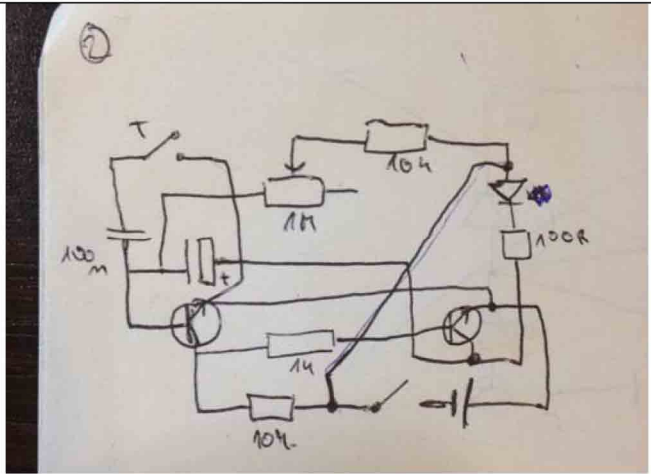
Pomůcky: Stavebnice pro zapojování elektrických obvodů obsahující různé díly např.: žárovky, LED diody, spínače, tlačítka, tranzistory, kondenzátory....

Teorie: Pokusíme se nakreslit přehledné schémata obvodů, které jsou již předem zapojeny. O jaké obvody se jedná viz. níže.

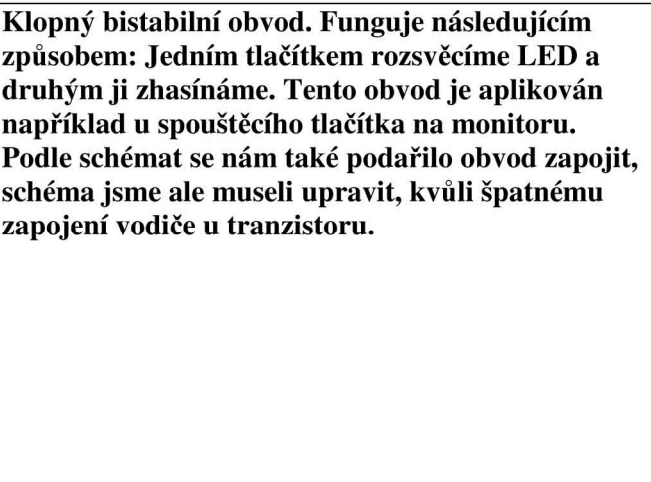
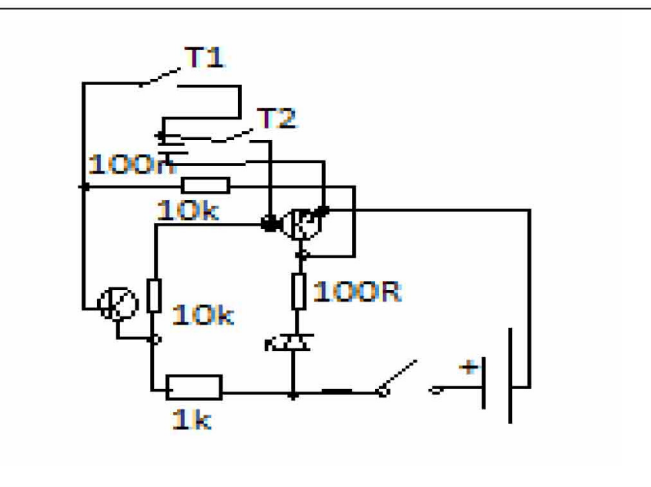
Výsledky: Obrázek funkčního schématu nalezneme vždy v pravém horním rohu tabulky. Vlevo dole pak nalezneme původní náčrtek schématu.



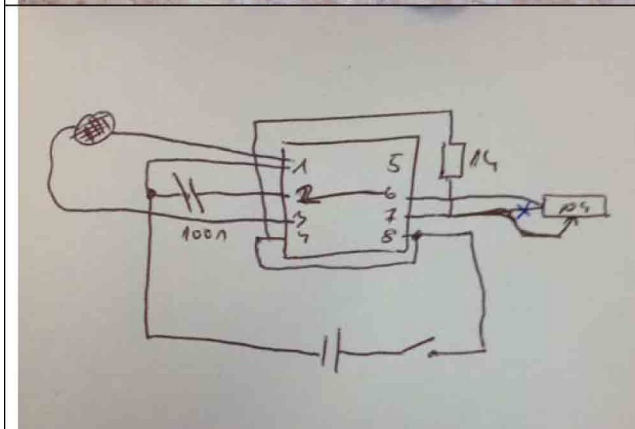
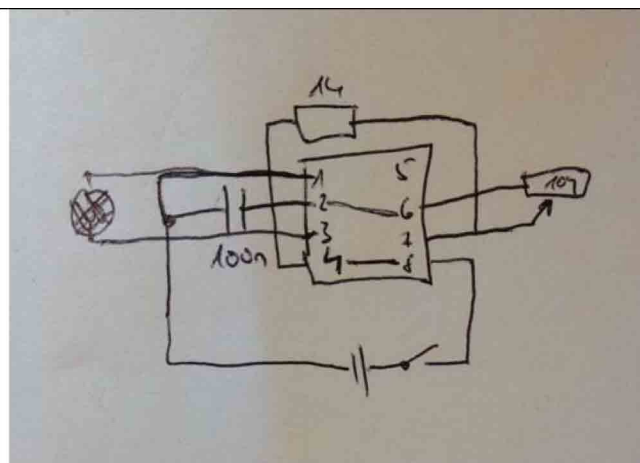
Na obrázku můžeme vidět obvod, který zajišťuje změnu rychlosti blikání LED. Tuto změnu provádíme pomocí potenciometru. Obvod lze využít například pro změnu rychlosti blikání reflektorů. Obvod se podařilo opětovně funkčně zapojit.



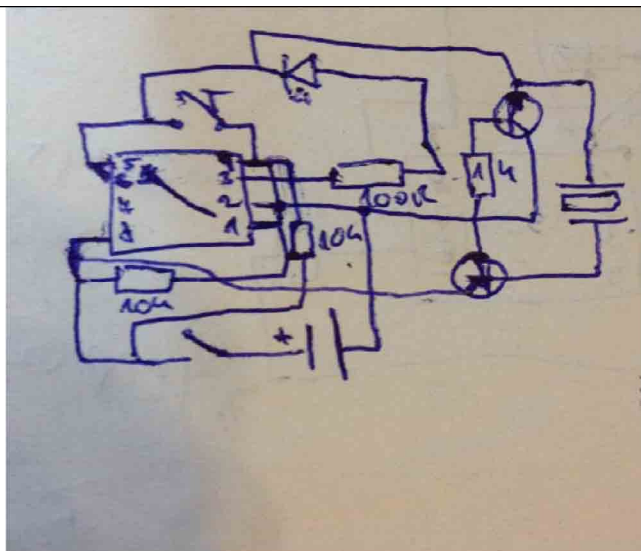
Obvod, regulující délku svícení LED. Jde o monostabilní klopný obvod. Dobu svícení regulujeme potenciometrem. Vhodné například na automatické osvětlení. I tento obvod fungoval po opětovném zapojení dle schématu.



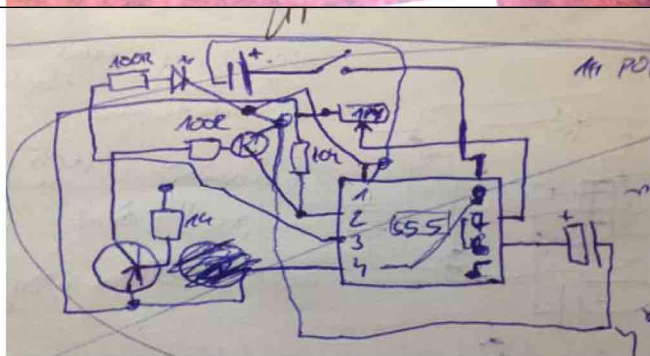
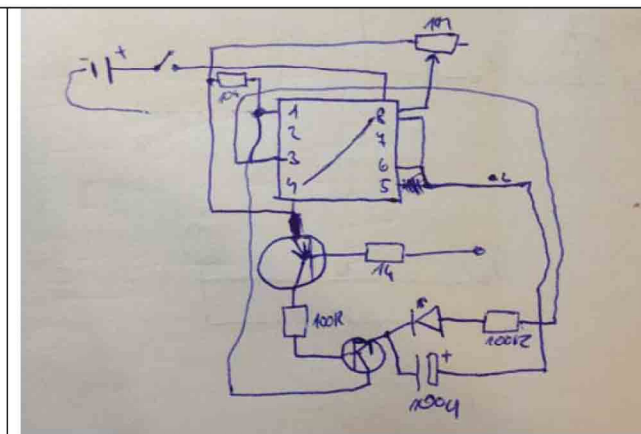
Klopný bistabilní obvod. Funguje následujícím způsobem: Jedním tlačítkem rozsvěčíme LED a druhým ji zhasínáme. Tento obvod je aplikován například u spouštěcího tlačítka na monitoru. Podle schémat se nám také podařilo obvod zapojit, schéma jsme ale museli upravit, kvůli špatnému zapojení vodiče u tranzistoru.



Obvod, kde hlavní roli přebírá malé zařízení vydávající zvuk, Piezoměnič. Pomocí potenciometru regulujeme frekvenci, až do nepříjemných výšek. Tento obvod může najít své využití v lékařství. Zapojení obvodu proběhlo úspěšně po odhalení chyby ve schématu.



Obvod, kde se LED rozsvítí po nárazu piezoměnič. Tlačítkem poté LED zhasneme. K rozsvícení je třeba prudký ale nikoliv silný náraz. Vhodným využitím může být například spouštěč alarmu, či airbagu. Tento obvod kupodivu po zapojení fungoval i přes na první pohled složitý náčrt schématu.



Tento obvod byl nejspíše nejsložitějším ze všech. Jeho opětovné zapojení bylo složitým úkolem, který bychom bez pomoci nejspíše nesplnili. Rovněž těžkým úkolem byla optimalizace schématu, jehož poslední verzi vidíte výše. Stačí dotek nabitým tělesem (klidně vlastní ruky) volného kontaktu od rezistoru 1k a LED se rozsvítí, po chvíli sama zhasne. Dobu její svícení regulujeme potenciometrem.

Závěr: Tato laboratorní práce nám ukázala funkci složitějších klopných obvodů. Možnost znovuzapojení obvodů, podle našich schémat nám ukázalo, že není jednoduché sestavit dokonalé schéma obvodu. Poslední obvod byl na optimalizaci schématu nejsložitější, a i přes dlouhý čas strávený snahou o jeho zpřehlednění, rozhodně není nakreslený dokonale. Příjemným překvapením ale bylo, že většina obvodů po opětovném zapojení fungovala bez větších problémů.

Laboratorní práce č. 12

Téma: **Kreslení schémat podle skutečných obvodů**

Úkol:

Prozkoumejte činnost předložených obvodů, popište ji a pokuste se určit, o jaký obvod se jedná. Poté nakreslete schéma zapojení obvodu a optimalizujte jej pro vyšší přehlednost. Nakonec zkuste ověřit, jestli je vaše schéma správné, opětovným zapojením rozebraného obvodu a vyzkoušením jeho funkce.

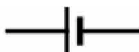
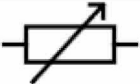
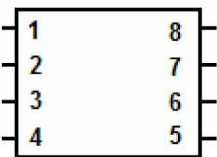
Pomůcky:

Součástky elektrických obvodů: přepínače, LED, potenciometry, rezistory, tranzistory typu NPN a PNP, piezokeramický elektroakustický měnič, kondenzátory, integrovaný obvod, 4,5V elektrický článek a vodiče ke spojení součástek.

Teorie:

Elektrický obvod je vodivé spojení elektrických součástek, tj. proud teče, když je obvod uzavřen. Jednotlivé součástky jsou mezi sebou propojovány vodiči. Jako zdroj elektrického napětí je zde využit 4,5V chemický článek.

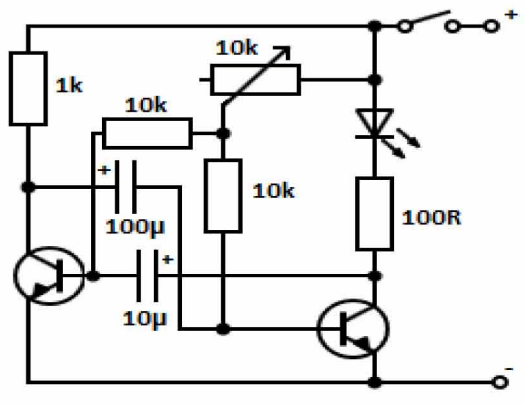
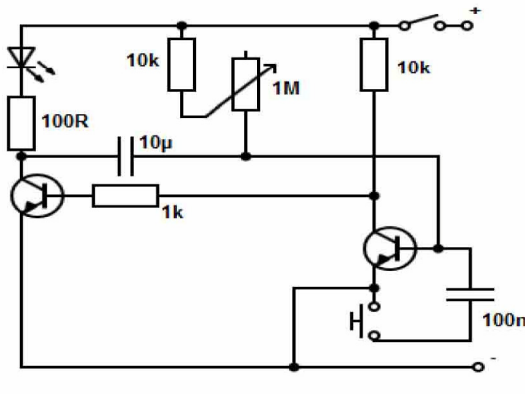
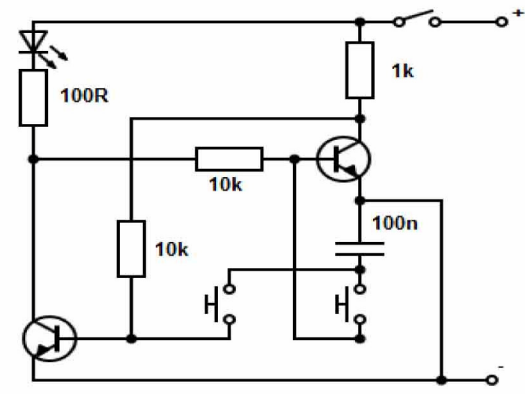
Části elektrického obvodu jsou zakresleny pomocí následujících schematických značek:

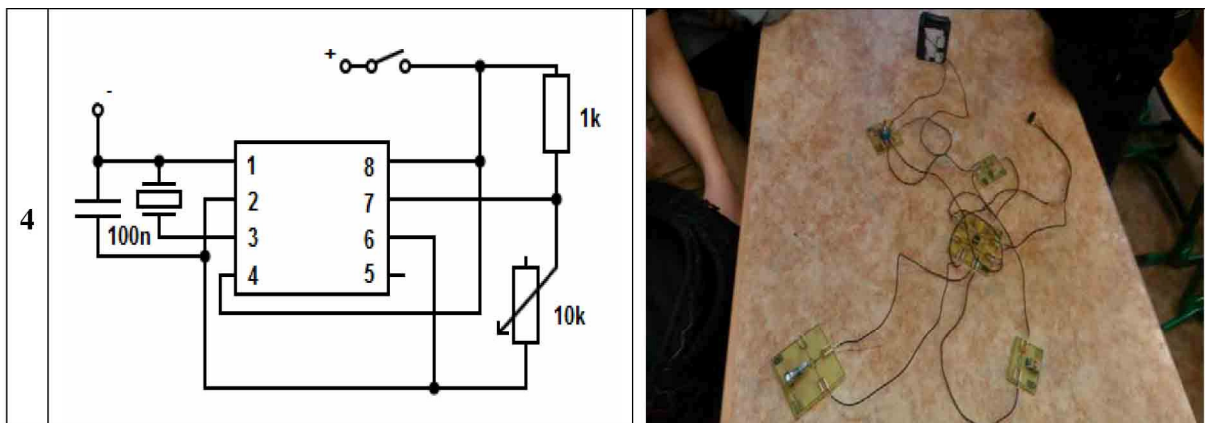
	Elektrický článek		LED
	Vodič		Kondenzátor
	Spojení vodičů		Piezokeramický elektroakustický měnič
	Spínač		PNP tranzistor
	Rezistor		NPN tranzistor
	Potenciometr		Integrovaný obvod

Postup:

Podle zapojených obvodů jsme vytvořili schémata, prozkoumali funkce a navrhli možné využití. Po rozebrání jsme obvody sestavili podle našich schémat a přezkoušeli funkčnost.

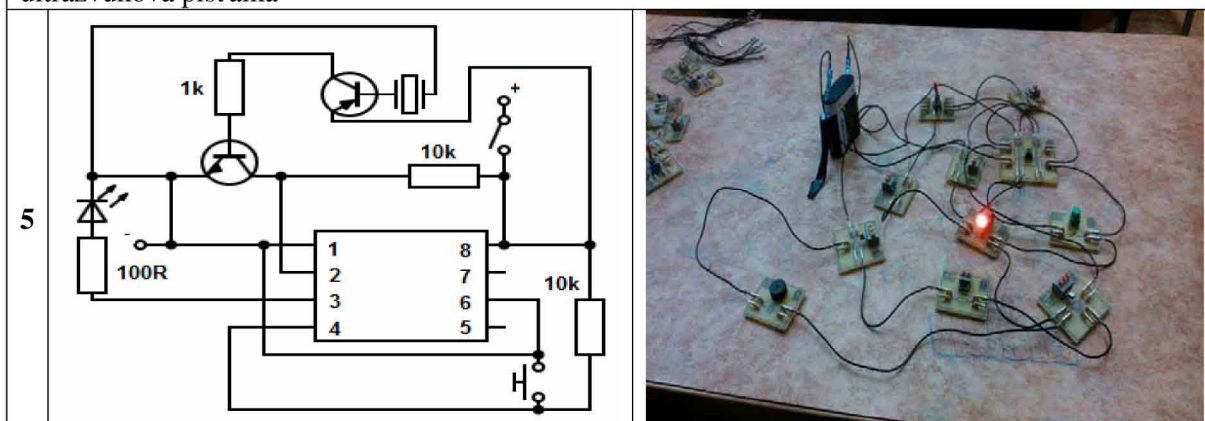
Výsledky:

1		
	Astable klopný obvod Činnost: rozsvícení a zhasínání LED, rychlost změny ovlivněna polohou běžce potenciometru Využití: semafor, maják, blinkr	
2		
	Monostabilní klopný obvod Činnost: stisknutím tlačítka se rozsvítí LED a po uplynutí doby nabíjení kondenzátoru zhasne, doba je ovlivněna polohou běžce potenciometru Využití: časovač (potenciometr jako kolečko se stupnicí) s indikací, venkovní osvětlení, blesk fotoaparátu	
3		
	Bistabilní klopný obvod Činnost: první tlačítko (na pravé straně) slouží pro rozsvícení LED a druhé (na levé straně) slouží k zhasnutí Využití: standartní ovládání světla, světelná forma morseovky, světla v autě	



Činnost: piezokeramický elektroakustický měnič vydává zvuk, frekvence ovlivněna polohou běžce potenciometru

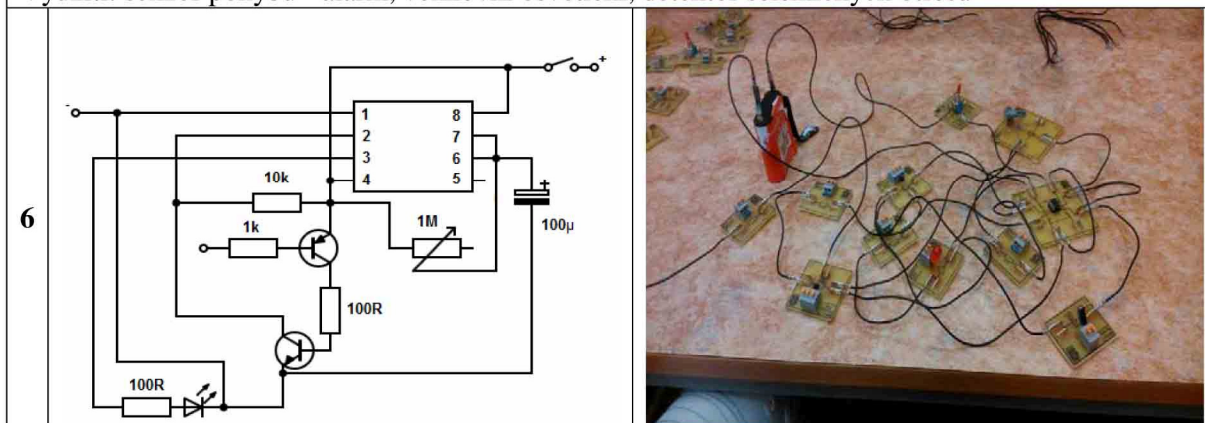
Využití: výstražný tón – siréna, alarm (možné připojení k obvodu č. 5 místo LED), více frekvenční ultrazvuková píšťalka



Detektor vibrací / Bistabilní klopný obvod realizovaný IO

Činnost: Pokud dojde k silnější vibraci (třnutí) na piezu, tak se rozsvítí LED, tlačítko slouží k zhasnutí

Využití: senzor pohybu - alarm, venkovní osvětlení, detektor seismických otřesů



Monostabilní klopný obvod realizovaný pomocí IO / 2 stupňový operační zesilovač

Činnost: Při přivedení napětí (např. dotykem) na volný konec se rozsvítí LED a po uplynutí doby nabíjení kondenzátoru zhasne, doba je ovlivněna polohou běžce potenciometru

Využití: dotykový snímač – vypínač, znamení v dopravních prostředcích, zkoušečka el. proudu

Závěr:

V této laboratorní práci jsme vyzkoušeli funkci jednotlivých obvodů, navrhli jejich využití a schematicky je zakreslili. Schémata jsme ověřili zpětným sestavením obvodů a vzhledem k tomu, že se nám toto zpětné sestavení podařilo u všech obvodů, lze říci, že jsme tak naše znalosti převedli do praxe.

Diskuze:

Bez dalších návrhů, poznámek.

Příloha 5 – Stavitelova příručka

Poslední příloha obsahuje plný text průvodního materiálu ke stavebnici – Stavitelovy příručky. Původně je Příručka plánována k vazbě po levé krátké straně, vzhledem k formátu a orientaci této práce však byla vevázána po delší straně.



SEEK!

Stavitelova příručka

Obsah

1.	Úvodní slovo	1
2.	Bezpečnost práce.....	3
2.1.	Bezpečnost elektřiny obecně.....	3
2.1.1.	Běžná domácí nebezpečí	3
2.1.2.	Elektrické vedení a velké stroje	5
2.1.3.	Chování v bouři	6
2.2.	Bezpečnost SEEK!	7
3.	Jak pracovat se stavebnicí?	8
3.1.	Mechanická část	8
3.2.	Napájení	9
3.2.1.	Zdrojový modul.....	9
3.2.2.	USB zdrojový modul	10
3.2.3.	Jiné možnosti napájení	11
3.3.	Samotné obvody.....	11
3.4.	Měření	12
3.4.1.	Měření obecně.....	12
3.4.2.	Měříme elektrické napětí	13
3.4.3.	Měříme elektrický proud.....	14
3.4.4.	Ostatní možnosti multimetru.....	15
4.	Obsah stavebnice.....	16
5.	První krůčky – představují se součástky	19
5.1.	Rozsvítíme svou první žárovku!	22
5.2.	Přerušujeme obvod.....	22
5.3.	Více cest pro proud	23
5.4.	Proud si vybírá cestu	23
5.5.	Potenciometr	24
5.6.	Fronta na napětí.....	25
5.7.	Fronta na proud	26



5.8.	Schodišťové zapojení	27
5.9.	Prodlužujeme schodiště	28
5.10.	Libovolně dlouhé schodiště	29
5.11.	Seznamte se – dioda	30
5.12.	VA charakteristika diody	34
5.13.	Seznamte se – LED	35
5.14.	VA charakteristika LED	36
5.15.	Měníme polaritu	37
5.16.	Zásobárna elektřiny	38
5.17.	Elektřina schovaná na horší časy	40
5.18.	Detekujeme světlo	41
5.19.	Zesilujeme!	42
5.20.	Snímáme teplotu	45
6.	Představují se obvody	47
6.1.	Tranzistorové zesilovače	47
6.1.1.	Dvoustupňový zesilovač	48
6.1.2.	Třístupňový zesilovač	49
6.1.3.	Čtyřstupňový zesilovač	50
6.1.4.	Darlingtonovo zapojení	51
6.2.	Logické obvody	52
6.2.1.	Hradlo NOT (invertor)	54
6.2.2.	Hradlo NAND	55
6.2.3.	Hradlo NOR	56
6.2.4.	Hradlo AND	57
6.2.5.	Hradlo OR	58
6.3.	Klopné obvody	59
6.3.1.	Bistabilní klopný obvod	60
6.3.2.	Monostabilní klopný obvod	61
6.3.3.	Astabilní klopný obvod	62
6.4.	Integrované obvody	63
6.4.1.	Bistabilní klopný obvod s IO 555	65

6.4.2.	Monostabilní klopný obvod s IO 555	66
6.4.3.	Astabilní klopný obvod s IO 555	67
6.4.4.	Astabilní klopný obvod s IO 555 v akustickém pásmu (představuje se piezoměnič).....	68
6.4.5.	Time-delay obvod s IO 555	69
6.4.6.	Schmittův klopný obvod	70
7.	Náměty na hraní	71
7.1.	Dotykové tlačítko	72
7.2.	Přerušovač	73
7.3.	Detektor deště/hlídač výšky hladiny	74
7.4.	Detektor otřesů	75
7.5.	Zvuková signalizace couvání	76
7.6.	Detektor osvětlení	77
7.7.	Telegraf	78
7.8.	Ovládání jedním tlačítkem	79
7.9.	Metronom s akustickým i světelným výstupem.....	80
7.10.	Losovací zařízení	81
7.11.	Alarm	82
7.12.	Generátor pilovitých kmitů – „dýchající LED“	83
8.	Dobrodružství začíná!	84

1. Úvodní slovo

Milý čtenáři, milá čtenářko, ať už vaše cesta k této publikaci byla jakákoli – lhostejno, zda-li třímáte v ruce její papírovou podobu na příkaz učitele, díváte se do monitoru na její elektronickou verzi, nebo listujete darovaným svazkem - vězte, že na jejích stránkách vás oproti učebnicím fyziky či elektroniky čeká místo zákonů, vzorců, diagramů, grafů, pouček, odvození a početních příkladů jeden dlouhý (a v závislosti na vaší tvořivosti možná dokonce nekonečný) návod na to, jak si hrát!

Co je to „SEEK!“? Pozorného čtenáře možná napadne anglické slovo „seek“ v imperativu – tedy česky „hledej!“ – a bude mít pravdu. Slovo „seek“ vyzývá ke hledání poznání, kterému odjakživa hra sloužila. Vždyť mlád'ata většiny živočichů začínají své životy hrou. Náznakem se rvou – ale neublíží si. Běhají tryskem jedno za druhým, neobratně se plíží travinami a tisknou se k zemi v předstíraném nebezpečí. To všechno jedinečně proto, aby se naučila každou z oněch činností provádět dokonale. Tak, jak bude později, až je opustí bdělý dohled dospělých, třeba k přežití. Lidé mají jednu nespornou výhodu – hrají si předně proto, že ve hře nalézají zábavu a potěšení. A skutečnost, že se při tom naučí něčemu novému, je pro ně pouze příjemným bonusem. Vyzývám vás tedy – „SEEK!“ – hledejte poznání a prožijte při tom desítky a stovky hodin zábavy!

„SEEK!“ je ovšem také zkratka názvu stavebnice, k níž tato příručka náleží. Celý název zní „Simple Educational Electronic Kit“ – tedy v češtině „Jednoduchá Vzdělávací Elektronická Stavebnice“. Za podstatnou část názvu považuji tu poslední – SEEK! totiž je stavebnice. Stavebnice ze staré školy, a dovoluji mi nostalgicky poznamenat – stejně jako její autor. Za jeho mládí totiž stavebnice sestávaly z velkého množství téměř stejných dílků, kterým podobu vdechovala až tvůrčí snaha stavitele. Z krabice uniformních dílků postupně během jednoho odpoledne mohl povstat středověký hrad, ohrada kolem pastvin, vesmírná loď i sportovní automobil – a to všechno ze „stejného těsta“. Potom ale výrobce a/nebo prodejce nejspíše napadlo, že prodají více kusů stavebnic, když je budou diferencovat, různit – a čím méně toho půjde z jedné takové sady postavit, tím lépe. A tak autor pozoroval, jak se svět stavebnic mění. Kdysi prosté světoznámé LEGO už nebylo stavebnicí několika základních kvádrových bloků, ale rozrostlo se o stovky dílů, které v různých sestavách reprezentovaly vše od hlavy piráta, přes světelný meč, okno, strom a kalich, až po celé kostlivce a jiné věci či postavy. Autor je však toho názoru, že největší síla stavebnice tkví v mysli stavitele. To její tvořivost, cílevědomost, odhodlání a zkušenosti dovolují vytvořit z hromádky dílků umělecké dílo. Naproti tomu předpřipravené dílky jediného účelu připomínají pouta. Komu se kdy podařilo podepřít stropní klenbu kostkou tvaru krokodýla? Vedou stavitele k tomu, že nejen při hře, ale i po celý život bude mít jasně označenou cestu, kterou se má ubírat. Tak to ovšem není. Život si žádá velkou míru pohotovosti, duchapřítomnosti a improvizace s tím, co zrovna máte u sebe. A s takovou myšlenkou vznikla i stavebnice SEEK! – tato příručka poskytuje nástroj, který



čtenáři umožní proniknout do tajů elektroniky. Vykládá základní principy a zákonitosti, jimiž pomůže objasnit funkci jednotlivých bloků stavebnice. Dává mnoho námětů na obvody, s nimiž si lze užít spousty legrace. Není to však učebnice – pro plné pochopení všech zákonitostí a vztahů bude třeba otevřít jiné prameny, třeba vynikající sérii *Poznáváme elektroniku* od Václava Maliny. To právě objevitelské dobrodružství však na čtenáře čeká ve vodách neprobádaných a začíná ve chvíli, kdy si je natolik jist svými schopnostmi, že začne navrhovat a stavět obvody vlastní. A zde začíná nekonečný příběh, protože možných obvodů je nezměrné množství.

Hlavní část publikace je rozdělena do tří kapitol. Napříč jimi bude čtenáře provázet Lady Eleanor Diodová, jejíž podobiznu vidíte na obrázku vpravo. V první kapitole se autor věnuje výkladu základních zákonitostí světa elektřiny, a především – doplňuje své povídání množstvím experimentů, v nichž se čtenář sám bude moci přesvědčit o platnosti uvedených závěrů. Věnuje se také fyzikálnímu vysvětlení funkce jednotlivých součástek, které v *SEEK!* naleznete – díky tomu by stavitel měl porozumět podstatě bloků stavebnice, které bude dále užívat ke své práci.

Druhá z hlavních kapitol je sborníkem množství zajímavých obvodů, které mohou staviteli sloužit jako zábava na dlouhé zimní večery, ale především jako inspirace k tvorbě obvodů vlastních. I v této části publikace nám pomůže Lady Eleanor Diodová, která se objeví pokaždé, když bude třeba vysvětlit, jak ten který obvod pracuje. Protože principy činnosti jednotlivých částí obvodů budou vyloženy v první kapitole, je *doporučeno*, aby čtenář nejprve pozorně přečetl a popořadě vyzkoušel experimenty z kapitoly první. Přejde-li do druhé kapitoly, seznámí se s většími funkčními celky – se základními typy obvodů užívaných v praxi. Obvody byly vybírány tak, aby čtenář mohl proniknout do základních uspořádání součástek užívaných k rozličným účelům ve složitějších zapojeních. Naleznete zde zesilovače, klopné obvody, časovače a mnoho jiného.

Třetí a poslední z hlavních kapitol je souborem (oproti předchozím kapitolám) složitějších zapojení rozličných zajímavých obvodů, která bychom si v některých případech mohli dokonce troufnout nazvat samostatnými zařízeními. Specifikem této kapitoly je, že klade důraz na reálné využití obvodů. V předchozích kapitolách bylo podstatné pochopení funkce, praktické využití bylo až výsledkem našeho povídání. V této kapitole naopak u praktického problému začínáme. Ani tato kapitola, ani příručka jako celek, si v žádném případě neklade za cíl pokrýt možnosti zapojení vyčerpávajícím způsobem. Autorovým přáním je, aby vám poskytla potřebné základní vědomosti a dovednosti v oboru elektroniky, které se mohou stát základem vašeho dalšího bádání a nekonečné zábavy, jakož i užitek plynoucích ze skutečnosti, že víte, jak věci pracují, a co víc – jak je vytvořit sami.



Lady Eleanor Diodová

2. Bezpečnost práce

2.1. Bezpečnost elektřiny obecně

Není žádným tajemstvím, že elektřina umí zabíjet a že hřbitovy bývají plné těch, kteří říkali „Pust'te mě k tomu, na tom není co zkazit!“ Při tom je neoddiskutovatelným faktem, že s elektřinou vstáváme, bdíme i spíme, takže bychom si měli vědět rady, když něco nejde úplně podle plánu – měli bychom vědět, jak se zachovat v situacích, kdy se elektřina stává z dobrého sluhy zlým pánem. Existují v zásadě tři situace, ve kterých se běžný člověk setká s nebezpečím plynoucím ze zásahu elektrickým proudem – u rozvodu síťového napětí o velikosti 230 V či 400 V (zásuvky doma, vadné spotřebiče atd.), u průmyslových zařízení nebo dálkového vedení elektrické energie (elektrické prostředky MHD, dráty spadlé na zem atd.) a konečně při bouři. Proberme si tedy tyto jednotlivé situace, abychom, když se stane nějaké neštěstí, nepanikařili a věděli, co je třeba učinit.

2.1.1. Běžná domácí nebezpečí

Doma nejběžněji používáme k napájení spotřebičů jednofázové zásuvky s napětím o velikosti 230 V, nebo třífázové zásuvky se sdruženým napětím o velikosti 400 V, obojí střídavé. Nepříjemnou vlastností tohoto rozvodu je, že na fázovém vodiči je napětí **proti zemi**! Stačí se tedy dotknout jediného vodiče, stát při tom na zemi, a je zle. Když proud vyvolaný tímto napětím prochází skrze lidské tělo, mozek ztrácí kontrolu nad svalovými kontrakcemi a tělo se dostává do neovladatelné křeče. Co hůř, lidské srdce je také sval a také je ovlivňováno průchodem elektrického proudu. A jak známo, bez fungujícího srdce nemůže člověk přežít. V situaci, kdy se člověk dotkne fázového vodiče a je spojen se zemí, je jen na náhodě, jestli se mu podaří vytrhnout – mnohdy upadne, vytrhne přívodní kabel nevědomky ze zásuvky, mnohdy prostě reflexivně či v důsledku křeče ucukne a zabrání tak dalšímu působení elektrického proudu. Jsou ale bohužel i situace, kdy se mu to nepodaří. V těchto chvílích bychom měli dodržovat následující postup:

- **Dbát na vlastní bezpečnost!** Zraněný nebo mrtvý zachránce je zasaženému pramálo platný! Než cokoli uděláte, buďte si jisti, že neohrozíte sami sebe.
- **Přerušit působení elektrického proudu na zasaženého.** Volíme ovšem metodu v souladu s prvním pravidlem – musíme chránit sebe, takže k manipulaci se zařízením či vodičem způsobujícím problém užíváme pouze suché nevodivé předměty!
- **Vypnout přívod elektrického proudu.** Základním pravidlem by mělo být alespoň vytáhnout přívodní šňůru zařízení ze zásuvky (je-li to v souladu s prvním pravidlem!), nebo, víme-li, kde se nachází jističe a nepředstavuje-li cesta k nim příliš velké zdržení, vypnout i jističe.

- **Zjistit stav zasaženého a zahájit první pomoc.** Je-li zasažený při vědomí, rozhodně mu nedovolíme vstávat a odcházet z místa s tím, že „se nic nestalo“! Pro úrazy elektrickým proudem je typický následný šok, který se může dostavit až po nějaké, různě dlouhé, době po úrazu. Tento šok je velmi nebezpečný, protože může vážně ohrozit srdeční činnost zasaženého. Může se tak stát, že když zasažený opustí místo úrazu, sedne na kolo a jede domů, zkolabuje cestou a může si přivodit ještě horší úraz nebo smrt. V každém případě tedy voláme rychlou lékařskou pomoc na čísle **155** nebo na mezinárodním čísle tísňového volání **112**. Toto učiníme i je-li zasažený v bezvědomí a snažíme se jednat co možná nejrychleji! Řídíme se pokyny dispečera, ale pokud z nějakého důvodu nemáme tuto možnost postupujeme dále takto: Musíme zkontrolovat životní funkce zasaženého. Přiložením vztyčeného ukazováčku a prostředníčku na krk, do oblasti stranou od štítné chrupavky (poblíž náběhu na bradu), kudy prochází hlavní zásobovací tepny hlavy – krkavice – zjistíme, má-li zasažený pulz, tedy jestli jeho srdce pracuje. Když si olíznutím lehce navlhčíme rty a přiblížíme se k nosu a ústům zasaženého, poznáme, zda-li dýchá. I velmi jemný proud vzduchu je rozpoznán citlivými nervovými zakončeními na rtech. Někdy tento krok není nutný, protože vidíme zdvihy hrudníku v rytmu dechu, nebo jsme je schopni nahmatat, ale metoda rtů bývá nejcitlivější. Pokud zasažený dýchá a srdce mu bije, pro jistotu jej obrátíme do *stabilizované polohy* – to je poloha na boku, vždy jedna ruka a jedna noha natažená, jedna pokrčená – aby mu nezapadl jazyk a neznemožnil tak dýchání. Pokoušíme se zasaženého probrat – nejprve akustickými podněty (mluvením, tleskáním), a teprve když zasažený nereaguje, přejdeme k bolestivým podnětům. Neměli bychom zasaženého zranit, takže se omezíme na štípání do ušního lalůčku – tento podnět je velmi bolestivý, ale nikoli nebezpečný. Když zasažený nabude vědomí, pokračujeme stejně jako v předchozím případě, naším cílem je vždy zajistit lékařskou pomoc a nenechat zasaženého opustit místo, a už vůbec ne samotného. Pakliže jsme ovšem nezjistili životní funkce (nehmatný tep a/nebo dýchání natolik povrchní, že není zjištělné), měli bychom přikročit k resuscitaci, kterou bychom měli provádět až do příjezdu lékařské pomoci. Vždy platí, že čím dříve pomoc dorazí, tím lépe – proto je naší prioritou vždy pomoc přivolat, až poté zahájit samotný pokus o ožívání. Zasaženého tedy položíme na rovnou tvrdou podložku na záda, zakloníme mu hlavu (vložíme mu jednu ruku pod týl, druhou na čelo a mírně zatlačíme, abychom hlavu zaklonili) a zahájíme srdeční masáž. Úkolem srdce je pravidelně se stahovat, aby pumpovalo plícemi okysličenou krev do těla – tento úkol můžeme do jisté míry plnit tím, že srdce stlačujeme zvenčí, tlakem na hrudní koš. Při tomto úkonu je třeba mít **propnuté** ruce otevřenými dlaněmi přes sebe a tlačít velkou silou – tak, aby se hrudník propadl při každém stlačení o několik centimetrů. Říkává se, že je pořád snazší léčit zlomenou hrudní kost, než léčit smrt. Obvyklý tep zdravého člověka se opakuje zhruba každou sekundu i rychleji – proto bychom i při resuscitaci měli stlačovat hrudník zhruba šedesátkrát za minutu. Co se týče dýchání, je už situace složitější – pokud jde o člověka známého, u něhož známe zdravotní stav, můžeme zahájit dýchání z plic do plic, které střídáme s masáží srdce. Při tomto úkonu musíme stále sledovat polohu jazyka zasaženého, aby neblokoval průchod vzduchu do plic. Prsty jedné ruky mu stiskneme nos, abychom jej ucpali, druhou rukou přidržíme spodní čelist, přitiskneme své rty ke rtům zasaženého a vydechujeme do jeho plic. Není třeba provádět příliš hluboké vdechy, abychom nepoškodili plíce zasaženého. Různé prameny uvádějí různé poměry počtu stlačení a vdechů, avšak ve skutečnosti jde o fyzicky tak namáhavou činnost, že se čísla těžko dodržují. Vycházejme vždy z obvyklých průměrů – srdce nám v klidu tluč zhruba jednou za

sekundu a vdechneme zhruba šestkrát za minutu. Snažme se tedy napodobit tyto parametry. Jde-li však o člověka neznámého, naší zákonnou povinností je pouze přivolat rychlou lékařskou pomoc, ostatní kroky jsou již na našem uvážení. A protože se můžeme od zachraňovaného nakazit nemocemi, je pouze naší volbou, jestli k dýchání z plic do plic přistoupíme.

- **Vyčkáme příjezdu rychlé lékařské pomoci.** Lékařům kromě zasaženého předáme veškeré relevantní informace (jak se úraz stal, kdy přesně se stal, jak se zasažený projevoval, co jste s ním udělali, atd.) a je-li třeba, asistujeme jim na jejich žádost při dalších činnostech. Optimální je nechat lékařům nebo zasaženému třeba v kapse kontakt na sebe, abyste se mohli dozvědět případné důležité informace.

2.1.2. Elektrické vedení a velké stroje

Když budete mít dostatečně velkou smůlu, můžete se nachomýtnout k situaci, v níž došlo k úrazu elektrickým proudem tam, kde se vyskytuje mnohem vyšší napětí než doma v zásuvkách – ať už to jsou stovky voltů (metro, tramvaje, trolejbusy), nebo kilovoltů (velké stroje), či desítky kilovoltů (trafostanice a rozvody elektrické energie, troleje vlaků), nebo dokonce stovky kilovoltů (dálkové elektrické vedení) – v tom případě je třeba dodržovat některá zvláštní opatření. Čím vyšší je napětí, tím vyšší je nebezpečí, že to, co vás ohrožuje, není jen přímý dotyk vodivých částí – s napětím roste i vzdálenost, kterou elektrický výboj dokáže překonat vzduchem. Vyskytne-li se tedy úraz elektrickým proudem u silnoprůdového zařízení nebo rozvodného vedení, platí vždy pravidlo: **Nejprve přerušit dodávku elektrického proudu, teprve potom se pokoušet o další kroky pro záchranu zasaženého!** Obvykle to znamená informovat obsluhu stroje (či dispečink rozvodných závodů) a vyčkat potvrzení, že dodávka proudu byla přerušena. I tak je ovšem třeba extrémní opatrnosti! Další postup je již stejný jako v předchozím úseku. Dodejme ještě, že existuje-li podezření na zranění páteře, neměli byste se zasaženým manipulovat vůbec, není-li to nezbytně nutné (pokud tedy např. neleží v kolejišti apod.); u popálenin neprovádíme žádné ošetření, pouze se snažíme je sterilně překrýt.

Další rada k této situaci – jsou-li kolem vás lidé, právem v nich spatřujete potenciální pomocníky. Obvykle ale jsou lhotejší, vystrašení nebo jednoduše pohodlní a nechtějí si působit potíže. Když tedy někoho o něco žádáte, nikdy neužívejte formulací jako „Někdo zavolejte záchranku!“, „Pojďte mi s ním někdo pomoci!“, „Vypněte to někdo!“ apod. – ty totiž nefungují. Neadresné žádosti obvykle zůstávají bez odezvy, protože nikdo z přítomných se necítí být oním „někým“. Musíte tedy přímo ukázat na konkrétní osobu a požádat dotyčného naprosto adresně o naprosto konkrétní věc.

Pakliže spatříme na zem spadlý vodič z rozvodného vedení, je třeba extrémní opatrnosti! Kolem místa dotyku takového vodiče se zemí vzniká tzv. *krokové napětí*, které je důsledkem úbytku potenciálu se vzdáleností od místa dotyku. Když se v takovém případě rozhodnete vykračovat si směrem k vodiči (nebo od něj, když se mu chcete vzdálit), může vás elektrický proud zabít, protože jedna noha bude na jiném potenciálu než druhá, takže jimi poteče elektrický proud. V takovém případě musíte dělat jen maličké krůčky, nebo se vzdalovat v husté spirále – jednoduše se nesmíte dotýkat země ve dvou příliš se různících vzdálenostech od vodiče!

2.1.3. Chování v bouřce

V našem výkladu jsme postupně zvyšovali napětí, a tím i nebezpečnost situace. To nejvyšší napětí však vytváří sama příroda – při bouřce. Napětí, které vzniká mezi oblaky a zemí, se může pohybovat až ve stamilionech voltů. Blesk si vás tedy umí najít leckde, obvykle přeskakuje na vzdálenost stovek metrů, dokonce i na kilometry. Vaše chování při bouřce by se mělo řídit především tím, kde se nacházíte.

Otevřený prostor

Jste-li při bouřce venku, je nesmírně důležité nevyčnívat. Elektrický výboj si totiž vždy vybírá cestu nejmenšího odporu – a čím blíže to blesk má od oblaku k elektrodě na zemi, tím snáze přeskočí. Proto také blesky bijí nejvíce do výškových budov, osamocených stromů, vršků hor atd. – je to pro ně nejjednodušší cesta k zemi. Vyvarujte se situací, kdy v bouři jste takovými body vy sami. Například zastihne-li vás bouřka při procházce po rozlehlém rovinatém poli, jste v extrémním nebezpečí, protože jste široko daleko nejvyšším bodem. V takové situaci se rozhodně nesnažte nikam utíkat. Přimkněte se co nejblíže k zemi a vyčkejte odchodu bouře. Vždy existuje dilema – lehnout si a být opravdu nízko, ale vystavovat se riziku krokového napětí (lidské tělo je dlouhé!), nebo si dřepnout co nejnižší, omezit riziko krokového napětí (protože nohy máme u sebe), ale vyčnívat o něco více. Volte moudře. Vždy se ale snažte vyhnout podobné situaci, a když hrozí riziko bouře, na planiny vůbec nevcházejte.

Pokud jste v terénu zvlněném, zalesněném apod., platí stejný princip – nevyčnívejte a v žádném případě nehledejte úkryt u vysokých osamělých útvarů (stromy, stožáry, skály, ...), tam si vás blesk totiž také najde snadno. Úkryt hledejte v nižších polohách, kde je nižší pravděpodobnost úderu blesku (tedy daleko od vodních ploch, mezi množstvím stromů, v dolíku, ...) – ideálně v budově. A tím se dostáváme ke druhé situaci.

Uvnitř budovy

Nacházíme-li se při bouřce uvnitř budovy, vyvarujeme se pobytu u oken, tím spíše otevřených. To jsou špatně stíněná místa, kudy by blesk mohl proniknout dovnitř. Také pokud se možno příliš nedotýkejte uzemněných předmětů (vodovodní soustava, topení, elektrospotřebiče) a ideálně zůstávejte v jádru budovy. Je také vhodné odpojit elektrospotřebiče ze sítě – mohly by totiž být poškozeny nebo zničeny úderem blesku do blízkého elektrického vedení. Nestací je však vypnout vypínačem, mezeru mezi jeho kontakty jiskra snadno překoná! Je třeba vytáhnout přívodní kabel ze zásuvky. To platí i pro stavebnici!

Život vás může postavit před rozličné nebezpečné situace. Není v žádném případě možné je pokrýt v literatuře všechny. Užívejte tedy při jejich řešení svůj zdravý rozum a chraňte sebe, svůj majetek i ostatní!

2.2. Bezpečnost SEEK!

I když je SEEK! navržena tak, aby staviteli hrozilo jen minimální nebo žádné nebezpečí, je třeba věnovat pozornost několika záležitostem:

- **Elektrina** – Samotná stavebnice pracuje s napětím 5 V, které je pro člověka bezpečné i v prostředí, kde jinak není radno s elektřinou zacházet. Problém může nastat ve chvíli, kdy se rozhodnete pro stavebnici používat jiný než přiložený zdroj, především pak síťové zdroje. Zdrojový modul stavebnice umožňuje napájení stejnosměrným nebo střídavým napětím v rozsahu 8–35 V. V případě pokusu o napájení zdrojového modulu napětím vyšším zasáhne automatická ochrana, která odpojí napájený obvod od zdroje. Přesto se ale může stát, že stavitel nedopatřením přijde do kontaktu s částí obvodu před zdrojovým modulem – a tato část zůstává „živá“ i tehdy, když je v činnosti ochrana obvodu. **Dbejte proto na to, abyste pro napájení stavebnice používali jen bezpečné zdroje!** Nejlépe pak zdroj dodávaný se stavebnicí.
- **Teplo** – Bude-li se stavitel pečlivě držet schémat zapojení uvedených v této publikaci, nemělo by hrozit nebezpečí úrazu teplem. Může se však stát, že stavitel opomine nějaké spojení, které do obvodu nepatří, a zničí některou součástku přílišným proudem (to se může týkat tranzistorů, fotodiody, aj.). V takovém případě se součástka může prudce zahřát a způsobit staviteli popáleninu. Tomuto brání proudová ochrana zdrojového modulu, pro níž je však rozžhavení ochranného prvku při zkratu na výstupu nebo přepětí na vstupu běžné. **Žádná metoda ochrany však nenahradí stavitelovu pozornost!**
- **Mechanická rizika** – Moduly stavebnice mají zabroušené hrany a jejich kontakty mají zkosené rohy, hrozí tedy jen malé riziko mechanického poranění. Je však třeba **dbát opatrnosti při zapojování a odpojování kabelů!** V takovém případě se může nedopatřením stát, že nějaká část stavebnice bude vymrštěna do oka, které mohou poranit i velmi lehká tělíska!
- **Záření** – Ve stavebnici naleznete také moduly svítivých diod, které vyzařují červené světlo. Pouzdra svítivek jsou difúzní (rozptylují světlo) z důvodů praktických – je na ně příjemnější pohled z širšího pozorovacího úhlu – i bezpečnostních. Raději však **nehleďte do svítivek příliš blízko a příliš dlouho!**
- **Zvuk** – Jedním z modulů stavebnice je také piezokeramický elektroakustický měnič, který je v některých obvodech použit jako zdroj zvuku. Hlasitost jeho výstupu by měla být bezpečná, budete-li se držet nabízených zapojení – přesto je však staviteli doporučeno **nepřikládat měnič příliš blízko a na příliš dlouhý okamžik k uším!**

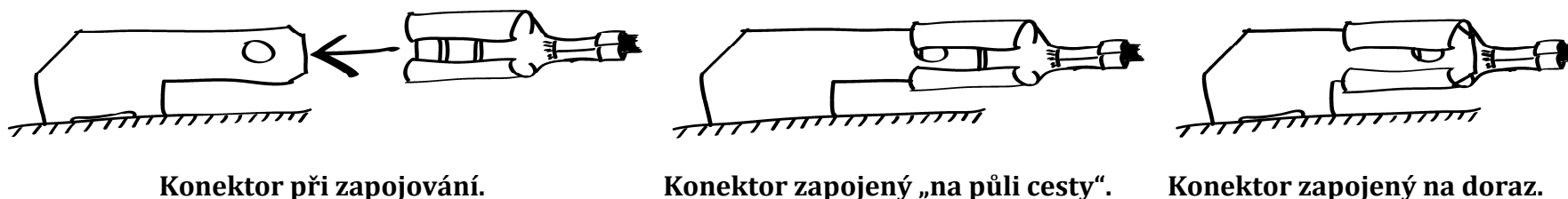
3. Jak pracovat se stavebnicí?

3.1. Mechanická část

V minulé kapitole čtenář získal informace o tom, jak ochránit sebe sama. V této by se měl naučit, kterak při své práci ochrání stavebnici. Bylo by jistě nepříjemné, kdyby některé součástky přišly k úhoně hned během prvních pokusů o konstrukci některého obvodu. Aby stavebnice dlouho dobře sloužila, je třeba dodržovat některé zásady:

- **Ke zdroji připojíme obvod vždy až nakonec!**
- Před připojením obvodu ke zdroji pečlivě **zkontrolujeme zapojení** kvůli možným zkratům, přepólování součástek, atd.
- **Nikdy neměníme zapojení obvodu pod napětím!**
- **Jestliže zdrojový modul signalizuje nebezpečí** (červené světlo), **okamžitě jej odpojíme od zdroje!**
- **Zjistíme-li, že se některá součástka v obvodu zahřívá, nebo je-li vidět nějaké její poškození okem, odpojíme obvod od zdroje** a zkontrolujeme zapojení, optimálně prověříme funkčnost inkriminované součástky!

Ke spojování jednotlivých součástek jsou v SEEK! použity kabely s Faston konektory o rozměrech 2,8 mm × 0,8 mm. K propojení s vnějšími zařízeními slouží kabely, které mají na jedné straně zmíněné Faston konektory, a na straně druhé banánek či krokosvorku. Kabely se zapojují do vidlic odpovídajícího rozměru v plošných spojích součástek. Při zapojování konektorů přidržte desku součástky jednou rukou a druhou rukou opatrně nasuňte na vidlici konektor kabelu. Snažte se držet osy obou protikusů souběžně, aby nedošlo ke zlomení konektoru působením různoběžné síly. Není třeba nasouvat konektory na doraz – drží spolehlivě i na půli cesty, jak ukazuje Obr. 1 níže, a k zapojení i rozpojení je potom třeba menší síly.



Obr. 1 - Zapojování konektorů

Při rozpojování je nejšetrnější metodou uchopit samotný konektor a opatrně jej rovnoběžně s osou vytáhnout. Je možno spojení zrušit i tahem za kabel, v tom případě ovšem vždy dbáme na rovnoběžnost tahu s osou konektoru a snažíme se tento způsob používat jen v krajních případech, protože klade velké nároky na upevnění kabelu v konektoru.

Pokládání modulů se součástkami na podložku si žádá zvláštní opatrnosti v případě, že její povrch je vodivý, nebo že se na ní nacházejí vodivé předměty. Všechny moduly jsou sice opatřeny transparentními gumovými nožičkami (jak vidíte na Obr. 2), které chrání moduly před kontaktem s podložkou – jak kvůli ochraně podložky, kterou by mohly poškrábat vývody součástek, tak kvůli ochraně modulů před zkratem – avšak jsou-li na podložce nějaké nerovnosti nebo vodivé předměty, mohly by spojit vývody součástek!



Obr. 2 – Pohled na spodní stranu destičky se zapájenými vývody a gumovými nožičkami

3.2. Napájení

3.2.1. Zdrojový modul

K napájení stavebnice využívejte výhradně zdrojových modulů. Dále se sice dočtete, že stavebnice pracuje s napětím 5 V, a vy si časem jistě budete umět představit mnoho zdrojů, které by vám poskytly napětí stejné nebo alespoň velmi podobné, ale důvodů, proč je doporučeno používat jedině zdrojový modul, je více – tak například bezpečnost. Zdrojový modul obsahuje ochrany proti přepětí, zkratu, nadproudu a svým způsobem i přepólování. Dalším důvodem je zpětná vazba – kritické situace zdrojový modul signalizuje výstražným červeným světlem, díky němuž může stavitel včas reagovat a problém vyřešit. V neposlední řadě je napětí poskytované zdrojovým modulem také stabilizované a filtrované, takže zvyšuje bezpečí při používání choulostivých součástek.

Zdrojový modul vám dává volbu ze širokého spektra možností napájení – spokojí se s 8–35 V střídavého nebo stejnosměrného napětí a se zhruba 500 mA proudem (většina obvodů svým odběrem nepřekročí zhruba 200 mA, ale ochrana proti zkratu je nastavena úroveň 500 mA). Výstupem zdrojového modulu je stejnosměrných 5 V s maximálním trvalým proudem 250 mA. Krátkodobě poskytne zdrojový modul i větší proud, ale při překročení 500 mA je již v okamžiku aktivována ochrana proti zkratu. V krátkém okamžiku před aktivováním této ochrany obvod ze zdroje odebere proud nejvýše 1,5 A. Mezi 250 mA a 500 mA bude aktivována ochrana proti

nadproudu; v závislosti na velikosti odebíraného proudu to však může trvat sekundy až desítky sekund. Pakliže nedopatřením připojíte ke zdrojovému modulu napětí větší než 36 V, aktivuje se ochrana proti přepětí. Pokud napětí bude jen o málo vyšší, obejde se tato aktivace bez poškození zdrojového modulu. Připojíte-li však na vstup více než 60 V, dojde ke zničení některých součástek a zdrojový modul bude třeba vyměnit. Také signalizace této situace bude nejspíše jen krátkým bliknutím červeného světla a následně viditelnou/slyšitelnou destrukcí součástek. I přesto by však zdrojový modul měl ochránit připojený výstupní obvod. Činnost jmenovaných ochran (nadproud, zkrat, přepětí – mimo destruktivního, tedy nad 60 V) signalizuje zdroj červeným výstražným světlem – a to ať už je připojen ke střídavému nebo stejnosměrnému napětí. Naproti tomu běžnou činnost signalizuje zeleným světlem (v případě napájení střídavým napětím) nebo nijak (v případě napájení stejnosměrným napětím – tehdy je důkazem správné funkce fakt, že připojený obvod pracuje).

Rozsvítí-li se tedy červená kontrolka, neprodleně odpojte zdrojový modul od zdroje! Poté zkontrolujte své zapojení kvůli případným chybám. Neobjevíte-li v zapojení chybu, můžete zkusit obvod odpojit od zdrojového modulu a ten připojit ke zdroji. Pokud vstupní střídavé napětí vyhovuje jeho požadavkům, svítí zelená kontrolka. Je-li napětí nižší než požadovaných 8 V, svítí kontrolka slabě nebo vůbec. Je-li naopak vyšší než 35 V, svítí červená kontrolka. V tomto případě je nutné zvolit jiný zdroj. Je-li vstupní stejnosměrné napětí vyšší než 35 V, bude svítit červená kontrolka. Naopak při napětí nižším než požadovaných 8 V můžete zkusit krátce přepólovat vstupní vodiče („-“ zdroje na „+“ zdrojového modulu a naopak). V tomto případě bude zelená kontrolka svítit slabě nebo vůbec. V obou případech bude třeba vybrat jiný zdroj. Pozn.: Je v zásadě lhostejno, jak budeme pólovat vstupní vodiče stejnosměrného napětí – zdrojový modul bude fungovat v obou případech. Při dodržení naznačeného pólování nebude správná funkce nijak signalizována, naopak poruchu ohlásí výstražné červené světlo. Při opačném pólování bude správná funkce signalizována zelenou kontrolkou, která při poruše pohasne – nezhasne úplně, protože obvodem stále prochází přídržný proud, který udržuje ochranu proti zkratu/nadproudu v činnosti, ale pohasne na zlomek svého původního jasu. Protože lidské oko si ale spíše všimne varovného červeného světla než pohasnutí zelené LED, je při napájení stejnosměrným napětím důrazně doporučeno dodržovat naznačené pólování.

3.2.2. USB zdrojový modul

Podobný komfort jako hlavní zdrojový modul poskytuje i USB zdrojový modul, který stačí připojit do zdířky kteréhokoli počítače nebo zařízení určeného k nabíjení či napájení externích přístrojů skrze USB. Při napájení touto cestou se o řadu ochran stará sám počítač či nabíječka – omezení proudu či přepětí, filtrace, ... I zde je signalizace správné funkce i kritické situace pomocí LED zelené, resp. červené, barvy. Při používání tohoto modulu dbejte zvýšené opatrnosti v jeho okolí – při neopatrné manipulaci nebo nechtěném zavadění o zapojený modul by mohlo dojít k poškození portu počítače/nabíječky nebo k odlomení konektoru od desky. Také zapojujte kabely k modulu dříve, než jej zasunete do USB portu, abyste při jejich zapojování poté nepůsobili příliš velkou silou na port/konektor.

USB zdrojový modul poskytne 100 mA trvalého proudu, mezi 100 mA a 200 mA se aktivuje ochrana proti nadproudu (stejně jako u hlavního zdrojového modulu záleží čas aktivace na velikosti proudu – vyšší proud = dřívější aktivace ochrany). Při odběru nad 200 mA, který již modul považuje za zkrat, dojde k omezení výstupního proudu zhruba na 400 mA a současně zhasne zelená kontrolka. Po chvíli se rozsvítí červená kontrolka signalizující spuštění ochrany proti zkratu a pokles odebíraného proudu pod 100 mA. V tomto stavu zůstane obvod, dokud stavitel neodstraní závadu. Touto cestou je USB port chráněn před přetížením. **Při napájení z počítače přesto dbejte veliké opatrnosti!** Při napájení z dedikovaných zařízení – nejčastěji různých nabíječek s výstupem na USB – je nebezpečí většinou menší, protože bývají schopna dodávat velký proud a přece jen je jejich pořizovací cena nižší než u základní desky počítače. Proto je také nejsnazší cestou použít přiložené síťové adaptéry na USB výstup, které běžným používáním USB zdrojového modulu nepoškodíte. A poznámka nakonec – někdy se může stát, že se kontrolka modulu rozblíká. To proto, že některé nabíječky nabíjejí pulzně – v tom případě buď použijte jiný zdroj, nebo, pokud připojený obvod nevyžaduje stálou napětí, pokračujte v práci a nelekejte se. Výstupní kondenzátor je schopen krátkodobou spotřebu obvodu pokrýt.

3.2.3. *Jiné možnosti napájení*

V případě, že se nacházíte na místě, kde nemůžete nebo nesmíte použít síťový zdroj ani nemáte k dispozici USB zdířku, je možné nouzově zdrojové moduly nahradit plochou baterií, k níž obvod přímo připojíte krokosvorkami – v tomto případě však **pozor na přepólování**, buďte si jisti, že jste správně přečetli popisky vývodů! **Jiné zdroje je zakázáno používat a autor nenese žádnou odpovědnost za případně způsobené škody!**

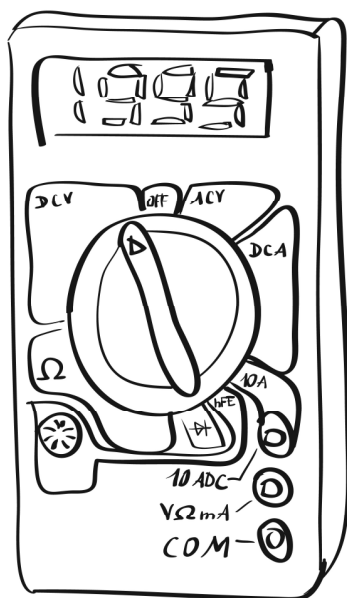
3.3. Samotné obvody

Obvody, jejichž schémata jsou v této příručce uvedena, byly bez výjimky odzkoušeny na reálné stavebnici, takže dokud se budete držet předložených zapojení, nemusíte mít o součástky strach (což ovšem platí pouze tehdy, když neuděláte při zapojování chybu!), jiná situace však nastává ve chvíli, kdy se rozhodnete zapojení modifikovat, nebo dokonce začnete konstruovat obvody vlastní – což se vám dost možná stane, jakmile nabudete dostatečného sebevědomí a jistoty. V tom případě budete potřebovat vědět mnohé o možnostech a mezích použitých součástek. Toto poznání bude účelné rozdělit na dvě části – některé důležité technické údaje o jednotlivých součástkách naleznete v další kapitole nazvané *Obsah stavebnice*. Nejsou to však jen čísla, která je třeba znát – mnohé součástky mají v obvodu elektrického proudu velmi specifické chování. Jako příklad uveďme svítivou diodu, která se místo toho, aby svítila ještě intenzivněji, snadno zničí, když na ni přivedeme byť jen o čtvrt voltu vyšší napětí, než jaké vyžaduje. Zapojíme-li ji však opačně, tzv. do závěrného směru, nesmíme se nechat mýlit vědomostí, že je to přece dioda – tudíž jednoduše nepovede proud. Ale povede! Stačí k tomu jen několik málo voltů, které ji mohou zničit. A právě k pochopení těchto základních zákonitostí slouží kapitola *První krůčky*, v níž si vše vyzkoušíte vlastníma rukama, a následně využijete v kapitolách dalších.

3.4. Měření

V průběhu experimentování se může každý stavitel dostat do situace, kdy potřebuje změřit nějakou elektrickou veličinu – ať už proto, že něco nefunguje, proto, že chce zjistit či vypočíst hodnotu nějaké součástky, nebo ještě z jiného důvodu. K tomuto účelu jsou v SEEK! přiloženy dva *multimetry* – univerzální měřicí přístroje, které dokážou měřit řadu elektrických veličin, ale předně napětí, proud a odpor. Stavitel však musí být při měření opatrný – mít správně nastavený rozsah, kabely zapojené ve správných zdířkách a připojovat měřidlo k obvodu správným způsobem. Když zmíněné nedodrží, může zničit jak měřený obvod, tak měřicí zařízení. Proto se pojdme podívat na to, jak správně měřit elektrické veličiny. Ještě je třeba poznamenat, že se budeme zabývat pouze stejnosměrným proudem, který stavebnice používá – v obvodech střídavého proudu je situace trochu složitější.

3.4.1. Měření obecně

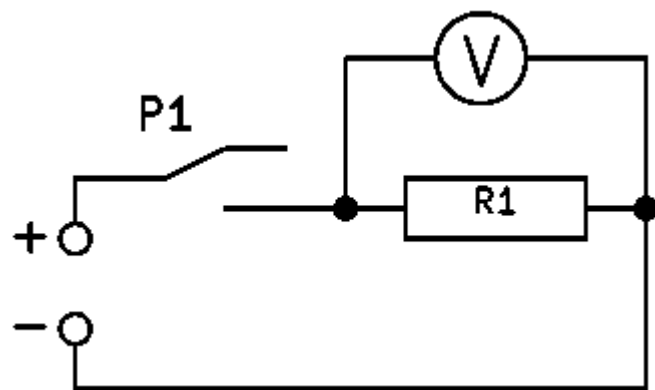


Při měření jsou v zásadě dvě velmi rozdílné situace – v té první přesně víme, jaké hodnoty měřených parametrů můžeme očekávat, v té druhé provádíme měření na neznámé půdě. Podstatný rozdíl spočívá ve volbě rozsahu měřicího přístroje. Vždy musíme mít alespoň základní informace o situaci – například musíme mít odhad nejvyššího možného napětí, které se v obvodu vyskytne, a pokud očekáváme, že přesáhne měřicí rozsah přístroje, raději zvolíme jiný přístroj. Řekněme však, že máme předpoklad, že měřicí rozsah postačí. Před připojením multimetru k obvodu **přístroj vždy zapneme a nastavíme nejvyšší dostupný rozsah měřené veličiny**. Například tedy: měříme elektrické napětí na rezistoru, kterým protéká stejnosměrný proud. Multimetr nastavíme na nejvyšší možný rozsah z oblasti „DCV“, tedy v případě přiloženého multimetru rozsah 1000 V. Nyní záleží na tom, jaký údaj se objeví – bude-li číslo velké (řádově stovky), je měření u konce. Bude-li malé, můžeme přístroj odpojit, přepnout na nižší rozsah a měření opakovat. Snažíme se vždy o to, aby naměřený údaj byl co možná nejblíže horní hranici měřicího rozsahu zespod – tím totiž omezujeme systematickou chybu měření na nejmenší možnou hodnotu. Představme si například, že jsme změřili napětí o velikosti 12 V na rozsahu 1000 V s chybou přístroje 3 % z max. rozsahu –dopustili jsme se obrovské chyby, protože 3 % z 1000 V je 30 V a výsledek našeho měření tedy ve skutečnosti je (12 ± 30) V. Je zjevné, že takové měření nelze použít. Při rozsahu 20 V a chybě 3 % je však chyba pouze 0,6 V, takže výsledek měření je $(12,0 \pm 0,6)$ V, což je mnohem přesnější měření než v prvním případě. Shrňme: Existují dva

důvody pro popsání postup měření – jednak chráníme přístroj, a jednak dosahujeme rozumné přesnosti měření.

A jak postupovat v situaci, kdy víme, jakou hodnotu očekávat? Prostě zvolíme rozsah doporučený (v SEEK! jsou uváděny).

3.4.2. Měříme elektrické napětí



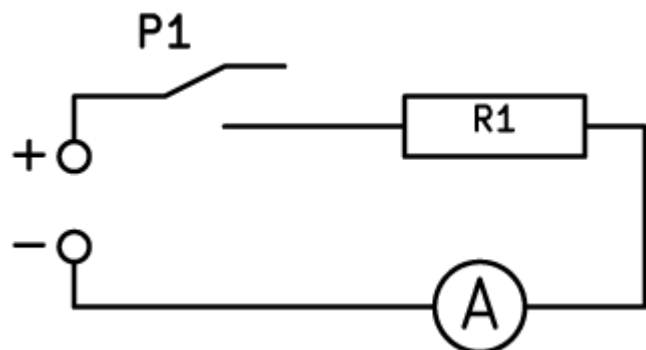
Při měření napětí musíme vybrat otočným voličem některý z rozsahů označených zkratkou „DCV“ (DC z anglického direct current – stejnosměrný proud; poslední písmeno zkratky pak značí měřenou veličinu volt – V), protože v SEEK! Měříme pouze stejnosměrné napětí. Měřicí kabely musejí být připojeny ve zdírkách „COM“ (černý) a „VΩmA“ (červený). K měřenému obvodu se takový *voltmetr* (v našem případě multimetr nastavený jako voltmetr) připojuje **paralelně** – měříme-li tedy třeba napětí na rezistoru, připojíme k jednomu jeho vývodu černý kabel, ke druhému vývodu červený.

Na obrázku vidíte správný způsob připojení voltmetru k součástce. Kdyby se vám podařilo nedopatřením připojit voltmetr sériově, mnoho by se nestalo – jen by vám nejspíše přestal pracovat obvod. Voltmetr se totiž chová jako rezistor velikého odporu – řádově megaohmy, dnes obvykle i 10 MΩ (u přiloženého je to 1 MΩ). Co se týče pólování kabelů, voltmetr očekává na zdířce COM napětí záporné, na zdířce VΩmA napětí kladné. Když ale měřicí kabely přepólujeme, nic se neděje – dnes jsou multimetry schopny měřit v obou polaritách a pokud je napětí mezi kabely opačné, číslicovka jednoduše zobrazí před naměřenou hodnotou znaménko „-“. Vyvarujme se však stavu, kdy multimetr zobrazí symbol „1 “ – ten dává uživateli na vědomí, že vstup je zahlcen, tedy že vstupní veličina má hodnotu nad zvolený rozsah. V takovém případě multimetr odpojíme a zvolíme vyšší rozsah či jiný přístroj!

Poznámka: Ve skutečnosti voltmetr měří proud procházející jeho ústrojím (ať už jde o ručičkové měřidlo, kde proud prochází velmi dobře vyváženou cívku, nebo o měřidlo digitální, kde se proudem nabíjí měřicí kondenzátor, a ten se později definovaným způsobem vybíjí a je ve skutečnosti měřen čas jeho vybíjení, který poté elektronika převede na napětí – tomuto zapojení se říká integrátor). Je tedy pravda, že voltmetrem musí při měření procházet nějaký proud – ale v drtivé většině případů je ve srovnání s proudem procházejícím samotnou součástkou naprosto zanedbatelný; velikost napětí na součástce tedy ovlivní jen málo. Problém by mohl nastat, pokud bychom chtěli změřit napětí třeba na rezistoru o odporu 1 MΩ voltmetrem o vnitřním odporu 1 MΩ – potom by bylo potřeba trochu počítat. Proud daným místem obvodu by se ve chvíli připojení měřicího přístroje změnil, a tím pádem i napětí mezi měřicími kabely. Změna napětí záleží na vlastnostech okolního obvodu. Dokáže-li okolní obvod propustit dostatečně velký proud, může napětí na součástce zůstat stejné, jednoduše vzroste proud daným místem obvodu o proud voltmetrem. Může se ale také stát, že napětí poklesne, protože nárůst proudu způsobí vyšší úbytek napětí na okolních součástkách. Pro účely měření v SEEK! jsou však voleny takové hodnoty, aby měření bylo rozumně přesné.



3.4.3. Měříme elektrický proud



Měření proudu, a pro potřeby stavebnice se opět omezíme na stejnosměrný, vyžaduje přepnutí otočného voliče do některé z poloh označených zkratkou „DCA“. Kable znovu musí být ve zdírkách „COM“ (černý) a dle rozsahu „V Ω mA“ nebo „10 ADC“ (červený).

Ampérmetr (v našem případě multimetr přepnutý do módu ampérmetru) připojujeme do měřeného obvodu sériově. Abychom tedy mohli změřit proud procházející obvodem, je třeba obvod v některém místě přerušit. **Při zapojování ampérmetru je třeba být velmi ostražití!** Projevuje se jako rezistor velmi nízkého odporu (řádově desetiny ohmu, na nízkých rozsazích jednotky ohmů), což prakticky odpovídá přímému spojení přípojných míst vodičem. Pakliže bychom udělali chybu

v zapojení ampérmetru, může jím velmi snadno protéci veliký proud, což znamená jediné – velmi snadno zničíte nějakou součástku či celý obvod, nebo dokonce zařízení.

Poznámka: Ani použití ampérmetru se neobejde bez ovlivnění obvodu – přece jen jde o rezistor, byť malého odporu, který vřazujeme do obvodu. V praxi obvykle můžeme bez starostí zanedbat snížení proudu, k němuž dojde připojením ampérmetru. Potíž může tentokrát nastat, když se pokoušíme měřit velké proudy v obvodech malých odporů. Má-li obvod celkový odpor řádově jen desetiny ohmu a stavitel vřadí sériově s tímto obvodem ampérmetr o vnitřním odporu 0,1 Ω , změní se proud nezanedbatelně. Při práci se stavebnicí však obvody takto nízkých odporů nepoužíváme, takže nebude třeba přepočítávat proudy podle odporu ampérmetru.



Měření proudu je stejně jako měření napětí, přirozeně, měřením proudu. Ve skutečnosti ale měřicí systém neměří veliké proudy v řádu ampérů, nebo dokonce desítek ampér. Drtivá většina tohoto velkého proudu teče takzvaným *bočníkem* – rezistorem o velmi malém odporu, který je připojen paralelně k samotnému měřicímu systému. Samotný měřicí systém se při plné výchylce spokojí s velmi malým proudem – řádově pouze zlomky miliampéru. Volit rozsahy proudové stupnice tedy znamená volit bočníky. Sám měřicí systém zůstává nastaven stejně. (A jak je možné, že při přepnutí rozsahu vidíme jiné údaje na displeji – například přesunutí desetinné tečky? To už je záležitost převodníku a ostatní digitální elektroniky.)

3.4.4. *Ostatní možnosti multimetru*

Zatím jsme popsali pouze rozsahy DCV a DCA spolu s 10 A. Přiložené multimetry ovšem umějí změřit ještě více – pojďme pohovořit o jednotlivých rozsazích, o nichž ještě nepadlo slovo.

Elektrický odpor (Ω)

Na rozsazích pro měření elektrického odporu se multimetr sám stává zdrojem – mezi jeho měřicími kabely se objeví napětí, které připojujeme k měřené součástce. Ve skutečnosti přístroj měří opět napětí, ale tentokrát to, které se objeví na měřené součástce při definované hodnotě proudu, který jí prochází. Měli bychom proto mít tuto skutečnost na paměti, měříme-li odpor nějaké velmi citlivé součástky. Proudů používané při těchto měřeních jsou relativně malé, tak či tak bychom měli být opatrní.

Pozor také při měření malých odporů – zde se může neblaze projevit i sám odpor měřících kabelů. Před měřením je tedy zkratujte a přečtěte hodnotu. Tuto hodnotu byste potom měli odečíst od naměřené hodnoty odporu dané součástky. Naopak při měření velkých odporů (desítky k Ω a výš) musíme dát pozor na to, jakým způsobem při měření držíme součástku. Lidské tělo je totiž také vodič a jeho odpor kolísá v závislosti na moha faktorech, nejvíce však na vlhkosti rukou, mezi zhruba 10 k Ω a několika stovkami k Ω . Bylo by proto velkou chybou držet oba vývody rezistoru o odporu 1 M Ω rukama a očekávat, že naměříme správnou hodnotu odporu!

Měření diod

V tomto módu měření multimetr určuje úbytek napětí na diodě v propustném směru – je tedy opět sám zdrojem, který použít do diody proud. Když připojíme diodu v závěrném směru (anodou na COM), bude multimetr zobrazovat zahlcení vstupu, tedy symbol „1“. Tímto měřením můžeme určit, je-li dioda v pořádku. Má-li úbytek v řádu stovek milivoltů, je obvykle funkční. Je-li úbytek takřka nula nebo zobrazuje-li měřidlo přesažení rozsahu při obou polaritách zapojení, je dioda nejspíše zničena. V tomto módu můžeme multimetr použít také pro indikaci vodivého spojení – to se projeví nulovým (nebo skoro nulovým) údajem na displeji.

hFe

Tento rozsah využívá kruhovou zdičku pro měření zesilovacího činitele tranzistorů. Opět dejte pozor na označení vývodů.

ACV

Použití posledního rozsahu ACV (Alternating Current Voltage) – pro měření střídavého napětí – je čtenáři nejspíše již zjevné. Platí stejná pravidla a postup práce jako u stejnosměrného rozsahu, jen navíc se svobodou volby polarity měřících kabelů.

4. Obsah stavebnice

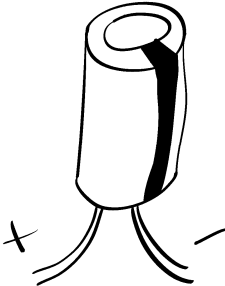
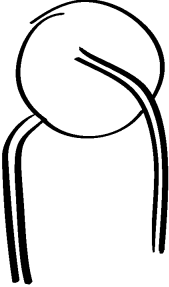
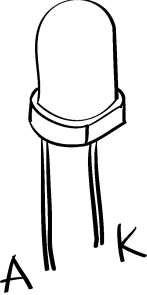
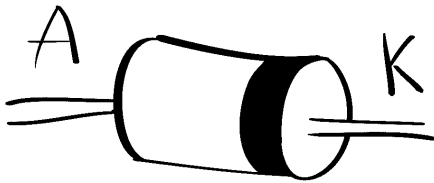
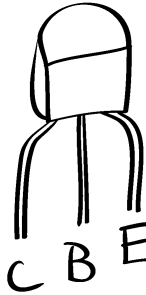
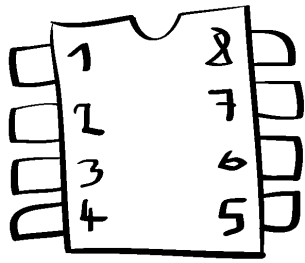
SEEK! sestává z celkem třiatřiceti modulů, z nichž dva jsou zdrojové, a slouží tedy k napájení vašich obvodů. Ostatní moduly jsou jednotlivými dílky skládačky. Můžete z nich stavět obvody stejně jako ze samostatných součástek. Rozdíl ovšem je v tom, že dílky stavebnice do sebe zapadají – a to velmi rychle a bez použití páječky. Každý vývod je zdvojený, takže byste neměli přijít do nesnázi se spojováním vodičů do uzlů. Ve stavebnici naleznete:

- **Rezistory**
 - 2 x 100 Ω , 0,5 W
 - 2 x 1 k Ω , 0,5 W
 - 2 x 10 k Ω , 0,5 W
- **Potenciometry**
 - 1 x 10 k Ω , 0,125 W, lineární, na desce s ochranným rezistorem o odporu 100 Ω na běžci
 - 1 x 1 M Ω , 0,125 W, lineární, na desce s ochranným rezistorem o odporu 100 Ω na běžci
- **Kondenzátory**
 - 1 x 100 nF
 - 2 x 10 μ F, elektrolytický
 - 1 x 100 μ F, elektrolytický
- **Žárovky**
 - 2 x 6 V/50 mA
- **Přepínače**
 - 4 x dvoupólový dvoupolohový přepínač on/on
- **Tlačítka**
 - 1 x červené jednopólové tlačítko
 - 1 x zelené jednopólové tlačítko

- **Dioda** 1000 V/5 A
- **Fotodioda** SFH2030
- **LED**
 - 2 x červená difúzní, 20 mA
- **Termistor** NTC, $R(25\text{ °C}) = 2,2\text{ k}\Omega$, -55–125 °C
- **Tranzistory**
 - 2 x NPN BC549C, $I_c=0,1\text{ A}$
 - 2 x PNP BC557B, $I_c=0,1\text{ A}$
- **Piezokeramický měnič** LD-BZPN-1705, $I=1\text{ mA}$, $f_R=4\text{ kHz}$
- **Integrovaný obvod** NE555
- **Zdrojový modul pro externí napájení 8–35 V AC/DC**
- **USB zdrojový modul**
- **USB zdroj** 5 V, max. 1 A
- **Propojovací kabely**
 - 20 x délky 15 cm Faston-Faston
 - 10 x délky 30 cm Faston-Faston
 - 6 x délky 50 cm banánek-Faston (pro měření)
 - 2 x délky 50 cm krokosvorku-Faston (pro externí napájení)

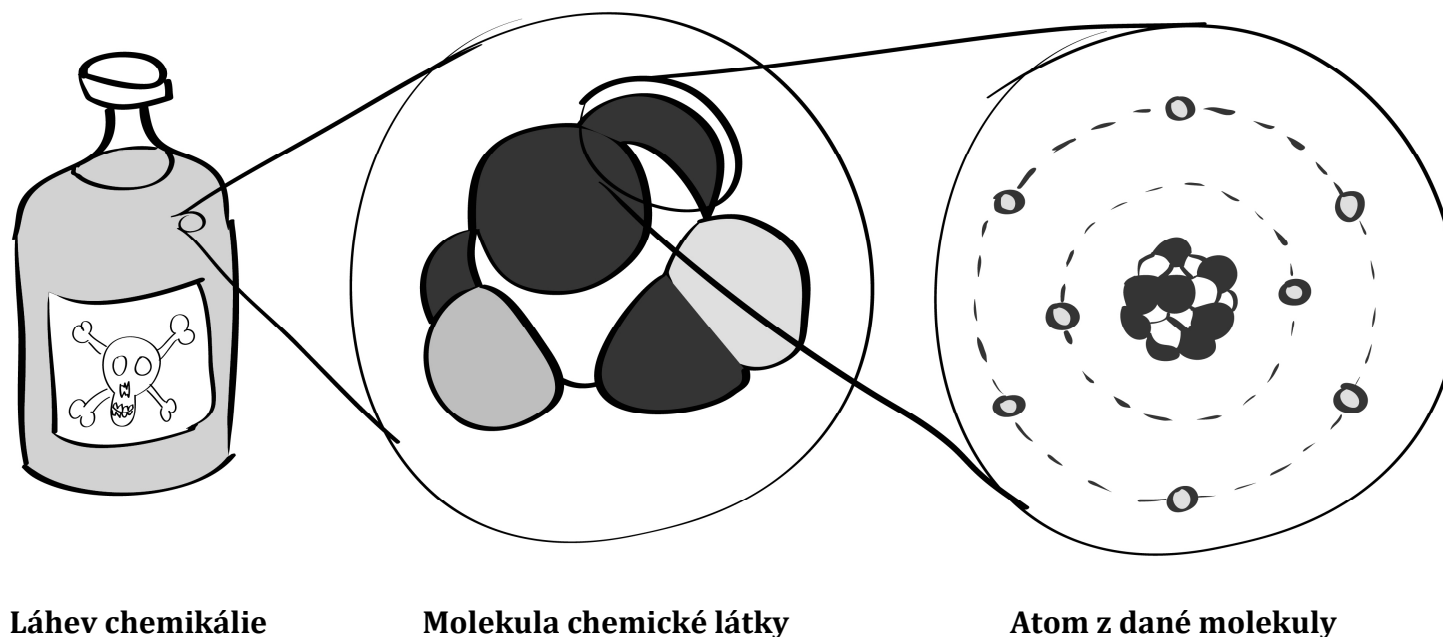
Na tomto místě ještě poznamenejme, že když se vám i přes veškerou opatrnost a bezpečnostní opatření podaří nějakou součástku poškodit či zničit, nemusíte zoufat – většina součástek je v modulu upevněna pomocí svorkovnice, kterou můžete tlakem na její otevírací prvky svrchu otevřít. Tak součástku uvolníte a můžete ji opatrně vyjmout a vyměnit za jinou – pokud možno stejných parametrů. V případě výměny **dejte pozor na orientaci vývodů** – musí se shodovat se schematickou značkou v potisku modulu. V opačném případě byste mohli ničit součástky jednu za druhou! Pro informace o rozložení vývodů můžete nahlédnout do

tzv. *datasheetu*, který je základním zdrojem informací o součástce, který k ní poskytuje výrobce. Pro základní orientaci v rozložení vývodů si ukažme pouzdra vyměnitelných součástek, které ve stavebnici naleznete.

 U rezistoru nezáleží na orientaci vývodů, protože se v obou polaritách chová stejně. Rozhodující je hodnota jeho odporu, kterou udává proužkový kód.	 Elektrolytické kondenzátory mívají záporný vývod značený proužkem. Kapacita a napětí jsou na nich obvykle napsány.	 U nepolarizovaných kondenzátorů je orientace vývodů lhostejná. Kapacita bývá značena číselným kódem – dvě platnými číslicemi a násobitelem.
 Vývody termistorů jsou si ekvivalentní, nezáleží tedy na jejich orientaci. Rozhodující jsou parametry, různící se podle typu součástky.	 Pouzdra LED a fotodiody mívají dvě poznávací znamení – vývod katody bývá kratší a na jeho straně bývá pouzdro diody seříznuté.	 Katoda (záporná elektroda) diody bývá označena proužkem.
 Tranzistory mívají různé rozložení vývodů – sází uprostřed i na kraji, emitorem vlevo i vpravo a v jiných pouzdrech. V SEEK! však jsou vývody rozloženy dle obrázku.	 Při výměně žárovky není co zkazit – do objímky jde zašroubovat jen jedním způsobem. Rozhodující jsou však parametry – napětí a proud. Ve stavebnici konkrétně: 6 V/50 mA.	 Pouzdra DIP mají zobáček. Dle něj obvod orientujeme, pak jsou vývody rozloženy dle obrázku.

5. První krůčky – představují se součástky

Naše putování světem elektřiny musí nutně začít poznáním, co to vlastně ta elektřina je. Abychom porozuměli podstatě tohoto přírodního jevu, musíme se seznámit se základními kameny, z nichž se skládá svět kolem nás. Ve škole se učíme, že látky se skládají z částic – molekul. Ty se ovšem ještě dále skládají z atomů. Ani atomy ovšem nejsou nedělitelné – skládají se z tzv. subatomárních částic, tedy protonů, neutronů a elektronů. Toto složení ilustruje obrázek Obr. 3.



Obr. 3 – Částicové složení látek

Subatomární částice se vyznačují elektrickým nábojem – proton má náboj kladný (zn. p^+), neutron je neutrální (zn. n^0) a elektron má náboj záporný (zn. e^-). Částice s opačnými náboji se přitahují, částice se souhlasnými náboji („+“ a „+“ nebo „-“ a „-“) se odpuzují. Síle, kterou se jejich vzájemné působení projevuje, říkáme *elektrická síla*.

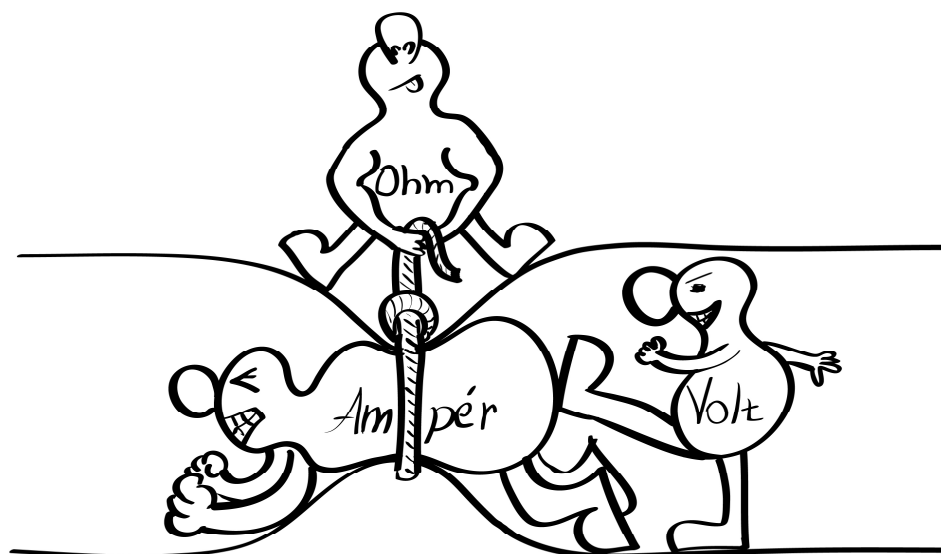
Protony a neutrony se vyskytují v *jádru* atomu, které je ve skutečnosti nepatrné velikosti v porovnání s *elektronovým obalem*, který je prostorem, v němž se vyskytují elektrony. Ty jsou také asi dvoutisíckrát lehčí než protony či neutrony. Většina látek kolem nás se navenek jeví jako elektricky neutrální – to znamená, že mají přibližně stejný počet protonů a elektronů (a také neutrony, které na náboj nemají vliv). Může se však stát, že jedno těleso získá více elektronů, jiné naopak nějaké ztratí – to se děje třeba při česání suchých vlasů plastovým hřebenem, při svlékání svetru přes hlavu, při tření slámky na pití papírovým ubrouskem, ... a v mnoha jiných případech. Je to možné díky tomu, že elektrony jsou relativně daleko od jádra a jsou velmi lehké – proto je možné je několika způsoby oddělit od jádra a vyslat na volnou pouť prostorem. Je-li však těleso v elektrické nerovnováze, bude se snažit svůj náboj opět vyrovnat. K tomu může dojít jediným způsobem – přesunem elektricky nabitých částic. A takovému uspořádanému pohybu elektricky nabitých částic říkáme *elektrický proud*. Ten je tím větší, čím více nabitých částic projde místem vodiče za jednotku času.

Ke každému přesunu nabitých částic však nedochází stejně ochotně – sami možná máte zkušenost s tím, že někdy se vytvoří velmi dlouhá jiskra, která dokáže být i bolestivá, když máte tu smůlu, že se octnete na jednom jejím konci, jindy zase jiskřičku sotva postřehnete. Velikost síly, která pudí náboje k pohybu z jednoho místa na druhé, popisujeme jako *elektrické napětí*.

A konečně, máme i způsob, jak vyjádřit velikost překážky, kterou klade průchodu nabitých částic do cesty samo látkové prostředí. Představme si ji jako hustotu lesa, kterým mají proběhnout závodníci. Čím hustější bude v lese porost, tím hůře se jim, závodníkům – nabitým částicím, poběží skrz. Také čím delší a užší je les, tím větší překážkou se stává. Tomuto jevu říkáme *elektrický odpor*. Shrňme si tedy, co jsme se dozvěděli, a dodejme fyzikálně podstatné informace:

- **Elektrické napětí (značíme U)** – fyzikální veličina, jejíž jednotkou je volt (značíme V). Můžeme si představovat, že elektrické napětí odpovídá síle, která tlačí nabitě částice obvodem.
- **Elektrický proud (značíme I)** – fyzikální veličina, jejíž jednotkou je ampér (značíme A). O elektrickém proudu můžeme přemýšlet jako o množství náboje (tedy počtu a typu nabitých částic), které projdou průřezem vodiče za jednu sekundu.
- **Elektrický odpor (značíme R)** – fyzikální veličina, jejíž jednotkou je ohm (značíme Ω – řecké velké písmenko „omega“). Elektrický odpor odpovídá množství překážek, které se staví do cesty elektrickému proudu.

Vztah mezi uvedenými veličinami ilustruje obrázek Obr. 4. Všimněte si, že činnost vyobrazených postaviček souhlasí s naší představou o elektrických veličinách – Volt, jednotka elektrického napětí, coby hnací síla žene Ampér, jednotku elektrického proudu, vodičem, zatímco Ohm, jednotka elektrického odporu, se snaží elektrickému proudu ztížit cestu skrz.



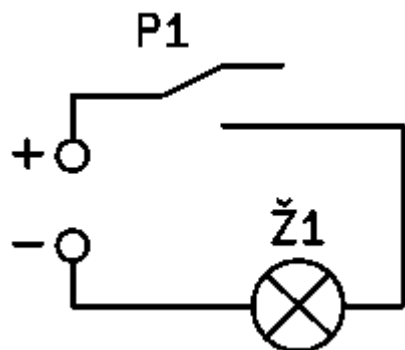
Obr. 4 – Souvislost mezi elektrickými veličinami

Vzájemný vztah mezi jmenovanými veličinami však budeme potřebovat vyjádřit i početně. Níže uvedený vzorec je Ohmův zákon, který nám říká, že elektrický proud je přímo úměrný elektrickému napětí a nepřímo úměrný elektrickému odporu – tedy čím vyšší napětí, tím vyšší proud, ale čím vyšší odpor, tím nižší proud.

$$I = \frac{U}{R}$$

Je třeba poznamenat, že aby elektrický proud mohl téci, musí být elektrický obvod uzavřený – to znamená, že soustava vodičů a součástek musí tvořit uzavřený útvar; proud nepoteče, pokud je někde obvod přerušen. O tomto jednoduchém faktu se můžete přesvědčit díky prvnímu obvodu, který si postavíme.

5.1. Rozsvítíme svou první žárovku!



Tento obvod sestává z pouhých dvou součástek (vyjímaje zdrojový modul), které jsou zapojeny „za sebou“, tzv. *sériově*. Žárovka Ž1 zde svým svitem indikuje průchod elektrického proudu – procházeli žárovkou proud, žárovka svítí. Ve vyobrazené poloze je obvod přerušen v přepínači P1 – jeho kontakty se nedotýkají, takže proud nemůže procházet.

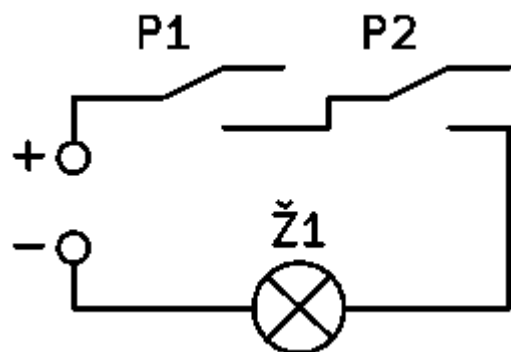
Situace se však změní, když přepínač přepneme. Ve chvíli, kdy se jeho kontakty spojí, se obvod uzavře a může jím začít protékat proud. To také ihned poznáme, protože žárovka se rozsvítí.

Poznámka: Zvědavého čtenáře možná napadla otázka: Proč vlastně žárovka svítí? Odpověď tkví v tom, jak je konstrukčně uspořádána – ve skleněné baňce s inertním plynem nalezneme dva přírodní drátky, které mezi sebou drží velmi tenké wolframové vlákno. Jako

většina ostatních druhů energie, i elektřina se umí snadno přeměňovat na teplo (naopak to je mnohem složitější) a když prochází tenkým vláknem, silně jej zahřívá, protože má velký odpor. Jak víme, horké předměty vyzařují světlo – vzpomeňme na plamen svíčky (horký plyn), uhlíky v ohni (žhavé zbytky paliva), svár těsně po dokončení svařování (žhavý kov), ... Wolfram bývá volen jako materiál vlákna proto, že jeho teplota tání je velmi vysoká (3422 °C) – a látky lépe září při vyšší teplotě.



5.2. Přerušujeme obvod



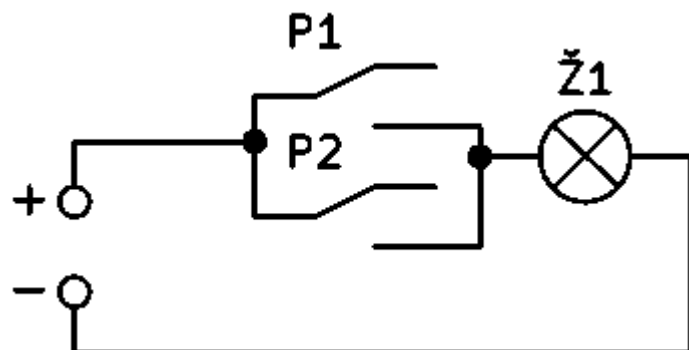
Tentokrát za sebe zapojíme hned dva přepínače P1 a P2 spolu s jednou žárovkou Ž1. Nejspíše nebude obtížné představit si, jak se obvod bude chovat – žárovka svítí pouze tehdy, jsou-li oba přepínače v dolní poloze, tedy je-li obvod uzavřen. Jeho uzavřenost můžeme porušit kterýmkoli z přepínačů a žárovku tak zhasnout.

Poznámka: Na tomto místě si můžete trochu zasoutěžit, máte-li poblíž několik ochotných přátel. Nyní již chápete, co musí splňovat elektrický obvod, aby jím tekla proud. Zkuste tedy vzít pouze zdrojový modul a žárovku a dát každému (nebo každé skupince – optimální jsou dvou až tříčlenné skupinky) za úkol rozsvítit ji skrze co nejvíce vodivých věcí, které mají právě u sebe. Vyhrává ten, kdo použije nejvíce předmětů! Ve školních třídách bývají nejlepší výsledky v řádu

desítek použitých předmětů! Touto drobnou soutěží si můžete skvěle vyzkoušet, která tělesa vedou elektrický proud, a která nikoli.



5.3. Více cest pro proud



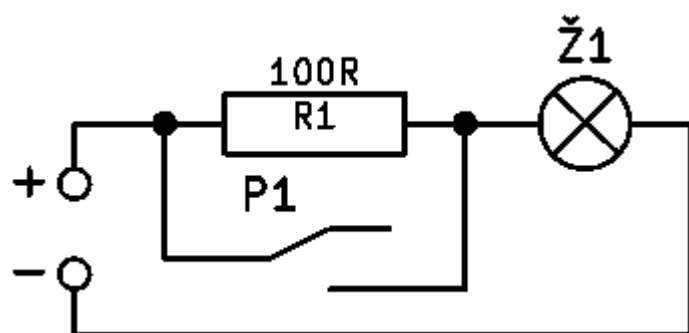
V následujícím zapojení si vyzkoušíme, že když existuje více cest, jimiž proud může procházet, je mu lhostejno, kterou zvolí. Zapojme proto „vedle sebe“, tzv. *paralelně*, dva přepínače P1 a P2. Sériově k nim pak žárovku Ž1. V tomto případě pro rozsvícení žárovky postačí přepnout do příslušné polohy kterýkoli (nebo oba) ze dvou přepínačů.

Poznámka: Tímto experimentem můžeme ukázat, že proud nezáleží na tom, kudy půjde – rozhodující je pouze to, že mezi nějakými dvěma místy obvodu je přítomno napětí. Tato skutečnost se může velmi snadno vymstít, jak se přesvědčíme v dalším experimentu – představme si, že nám nedopatřením zapadl



šroubovák do skříně radiopřijímače, který jsme zkoumali. Proud ochotně projde kovovým šroubovákem i tam, kde ho vidíme neradi a kde může poničit zařízení.

5.4. Proud si vybírá cestu



V tomto obvodu se seznámíme s další součástí – s *rezistorem*. Ten použijeme tam, kde chceme vložit proud do cesty překážku – existují totiž obvody, kde by příliš velký proud byl na škodu, mohl by zničit některou součástku. Zapojíme sériově rezistor R1 se žárovkou Ž1. K rezistoru ovšem ještě paralelně přidáme přepínač P1. Po připojení ke zdroji pozorujeme, že se vlákno žárovky jen slabě nažhává, nebo (v závislosti na konkrétním kusu) dokonce vůbec nesvítí. To je důsledkem skutečnosti, že rezistor dovolí průchod jen malého proudu – nejvyšší možný proud rezistorem si můžete snadno spočítat z Ohmova zákona. Napětí zdroje 5 V a odpor rezistoru 100 Ω dává maximální proud 50 mA. Ten ovšem ještě sníží odpor vlákna žárovky. Jakmile však přepneme přepínač,

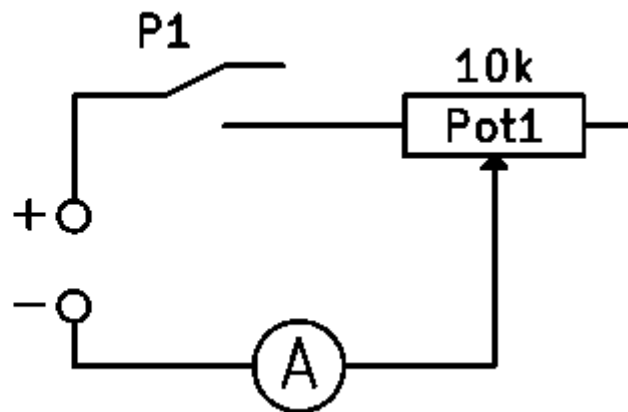
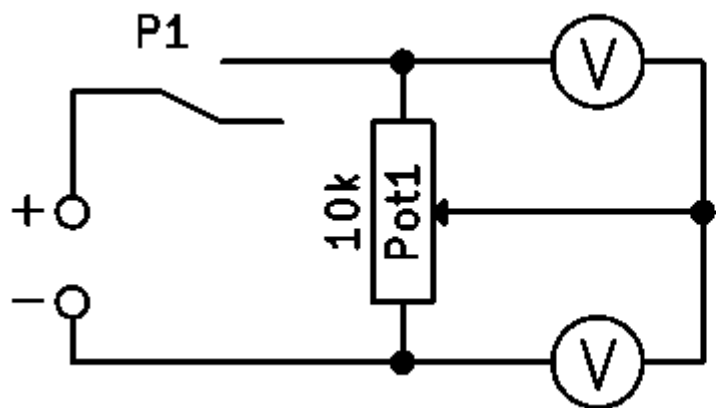
žárovka se rozsvítí jasněji. Co se vlastně změnilo? Přepínač klade průchodu proudu mnohem nižší odpor než zapojený rezistor, takže obvodem po jeho sepnutí může téci větší proud. Na základě tohoto výsledku můžeme říci, že *proud si vybírá cestu menšího odporu*.

Hodnotu odporu rezistorů můžete zjistit z barevných proužků na jejich tělech dle tabulky barevných kódů rezistorů.

Poznámka: V případě našeho obvodu jsme měli „štěstí“ – k přímému spojení vývodů některé součástky došlo v situaci, kdy byla v sérii s místem *zkratu* zapojena žárovka, která plné napětí zdroje bez problémů vydrží. Takových případů ale není mnoho – velmi často je důsledkem zkratu destrukce některé součástky, nebo dokonce celého zařízení. Věnujte proto zapojování obvodů maximální pozornost!



5.5. Potenciometr



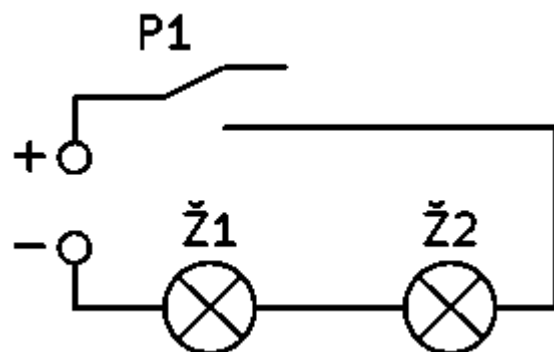
Další součástkou, kterou budeme často používat, je *potenciometr*. Je to rezistor s proměnnou hodnotou odporu. Máme dva základní způsoby, jak jej zapojit – vlevo vidíte zapojení jako *dělič napětí*, vpravo pak jako *reostat*. Jak název napovídá, úkolem děliče napětí je rozdělit napětí připojené

k jeho krajním vývodům na dvě části v poměru, který lze ovládat otáčením jeho běžce. Naproti tomu úkolem *reostatu* je volitelně omezovat procházející proud. Obě tato zapojení nám ukazují schémata výše. Snadno si ověříte, že v případě děliče napětí bude součet dílčích napětí vždy dávat celkové napětí připojené mezi krajní vývody (tedy 5 V, napájíte-li SEEK! zdrojovým modulem). V případě reostatu poroste proud, jak se budete běžcem blížit k připojenému vývodu. Naopak klesat bude, když budete otáčet směrem k nezapojenému vývodu. Doporučené rozsahy voltmetrů pro toto měření jsou 20 V a rozsah ampérmetru je 200 mA.

Poznámka: Zvědavého čtenáře možná napadne, jak jsou potenciometry konstrukčně řešeny. Odpověď je prostá – podobně jako rezistory. Ty jsou totiž tvořeny nějakým vodivým materiálem, jehož vodivost můžeme ovlivnit např. tloušťkou, průřezem, volbou látky, tvaru apod. Nejběžnější jsou uhlíkové rezistory, rezistory z odporového drátu či rezistory metalizované. Potenciometry se od nich pak liší jen tím, že mají ještě pohyblivý střední vývod, kterým můžeme měnit délku odporového materiálu mezi krajním a středním vývodem. Tomuto vývodu se říká *běžec* či v případě drátěných potenciometrů *jezdec*, protože tam obvykle připomíná jezdce sedícího na koni – páteři tahového mechanismu. Potenciometry se vyrábějí v široké škále tvarů a velikostí – od maličkých *trimrů* pro plošné spoje, po velké školní drátové.



5.6. Fronta na napětí



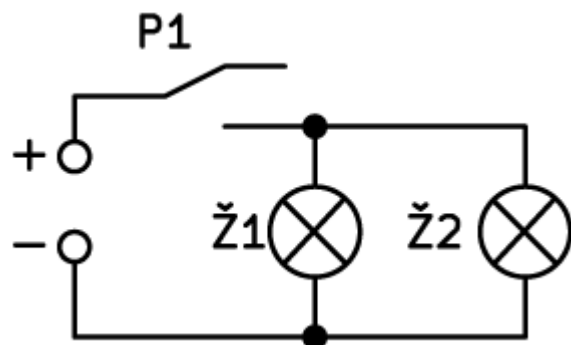
Již víme, že kde existuje napětí, tam stačí poskytnout vodivou cestu a poteče proud. Nyní ale prozkoumáme, jak se elektrický proud chová, když mu do cesty postavíme více překážek. Do tohoto obvodu zapojíme sériově dvě žárovky Ž1 a Ž2 spolu s přepínačem P1. Povšimněte si údajů na žárovkách – píše se tam „6 V/50 mA“. To znamená, že žárovka je konstrukčně určena pro napětí 6 V. SEEK! Však pracuje s napětím 5 V. Jak už jsme se přesvědčili v předchozích obvodech, žárovka přesto svítí – ne tolik jasně, jako by svítila při svém konstrukčním napětí, ale svítí. Jak to ale dopadne, když zařadíme dvě žárovky za sebe?

Po přepnutí přepínače pozorujeme, že vlákna žárovek jen velmi slabě žhnou, nebo nesvítí vůbec (v závislosti na konkrétním kusu). Proč tomu tak je? To proto, že jsme vložili proudu do cesty dvě překážky najednou – a stejně jako běžci, kteří musejí proběhnout skrze dva husté lesy, budou pomalejší než běžci, kteří proběhnou po stejné dlouhé trase jen jedním lesem, poteče tímto obvodem jen zhruba poloviční proud oproti obvodu s jedinou žárovkou. Z toho (a vzpomeňme na Ohmův zákon) také plyne, že napětí zdroje se rozdělí mezi obě žárovky přibližně rovným dílem.

Poznámka: V textu k tomuto zapojení jsme se dopustili jistého zjednodušení – proud procházející dvěma žárovkami totiž rozhodně nemusí být přesně poloviční než proud procházející jedinou žárovkou ve stejném zapojení. To souvisí se skutečností, že elektrický odpor je obecně závislý na teplotě látky či tělesa. U kovových vodičů, uhlíkových rezistorů a řady dalších konstrukčně různých elektronických prvků dochází ke zvyšování odporu při zvyšování teploty. Studené vlákno žárovky tedy má mnohem nižší odpor než vlákno rozžhavené. A zde je kámen úrazu – vlákno jediné žárovky žhne mnohem více než vlákna dvou žárovek sériově zapojených. Proto obvodem ve skutečnosti teče více než poloviční proud, srovnáme-li jej s proudem tekoucím jedinou žárovkou.



5.7. Fronta na proud



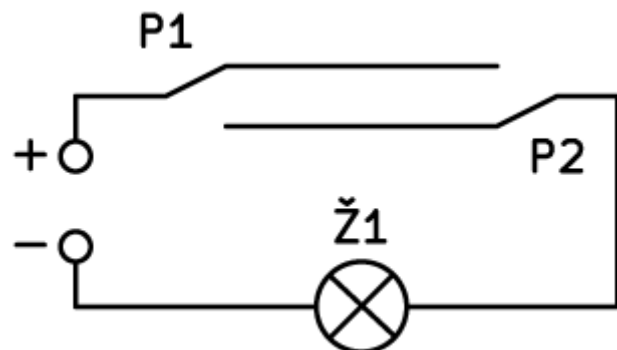
Oproti předchozímu zapojení tentokrát zapojíme žárovky Ž1 a Ž2 paralelně. S touto dvojicí, již tradičně, zapojíme sériově přepínač P1. Když přepínač přepneme do příslušné polohy, obě žárovky se rozsvítí zhruba stejně intenzivně, jako se rozsvítila žárovka samotná. Jak tento jev vysvětlíme?

V tomto obvodu jsou obě žárovky zapojeny přímo ke zdrojovému napětí, proto každou z nich bude protékat stejný proud, jako kdyby byla připojena ke zdroji sama – a tím pádem se rozsvítí i stejně intenzivně. Proud odebíraný ze zdroje je tedy přibližně dvojnásobný.

Poznámka: Znovu se musíme pozastavit nad výrokem, že proud dvěma žárovkami zapojenými paralelně by měl být dvojnásobný vůči proudu žárovkou jedinou. Ani toto není tak docela pravda – reálné zdroje totiž nejsou ideální, tj. jejich výstupní napětí není stálé. Obvykle jsou zdroje dimenzovány tak, aby jejich napětí při předpokládaných provozních podmínkách zůstalo takřka stejné, avšak neoddiskutovatelnou skutečností je, že jakýkoli reálný zdroj má tzv. *vnitřní odpor*. Jeho přítomnost se navenek projevuje snižováním výstupního napětí zdroje se zvyšujícím se proudovým odběrem (opět vzpomeňme na Ohmův zákon). Závislosti výstupního napětí na odebíraném proudu se říká *zatěžovací charakteristika* zdroje. Je tedy zřejmé, že dvěma paralelně zapojenými žárovkami by měl protékat proud o malinko menší než dvojnásobek proudu, který by protékal jedinou žárovkou, v důsledku maličkého poklesu napětí zdroje. Ale pozor – proti tomuto efektu jde zase snížení odporu žárovky kvůli snížení teploty vlákna – výsledek tedy není tak zjevný a záleží na konkrétním uspořádání a konkrétních kusech použitých součástek.



5.8. Schodišťové zapojení



Tentokrát odskočme od bádání nad elektrickým proudem k trochu praktičtější záležitosti – jak je možné, že když v noci šmátráte po stěně v naději, že najdete vypínač, uspějete, a na druhém konci chodby můžete zase zhasnout? A když se vracíte, rozsvítíte si na druhém konci, dojdete na první a zhasnete? A jak je možné, že když jste právě na druhém konci, může probudivši se obyvatel domu rozsvítit ze svého konce? A vy podruhé zhasnout ze druhého?

Toto chování umožňuje takzvané schodišťové zapojení. Krajní kontakty dvou přepínačů P1 a P2 spojíme tak, abychom vytvořili dvě vodivé cesty – řekněme jim „vrchní“ a „spodní“. Střední kontakty obou přepínačů potom použijeme k připojení dalších částí obvodu. Sériově za tuto dvojici přepínačů připojíme žárovku Ž1. Nyní kterýkoli přepínač změnou polohy změní i stav žárovky – předpokládejme situaci ze schématu. Proud by chtěl vyrazit z kladné svorky zdroje, přes přepínač P1 a dál – jenže dál nemůže, zde je obvod přerušen. Jakmile však přepneme P1 do spodní polohy, proud teče „spodní“ cestou přes P2 a Ž1 zpět do zdroje. Žárovka svítí. Logicky ji nyní můžeme zhasnout přepnutím kteréhokoli přepínače. Z vypnutého stavu (na schématu) ji můžeme přepnutím kteréhokoli přepínače zapnout.

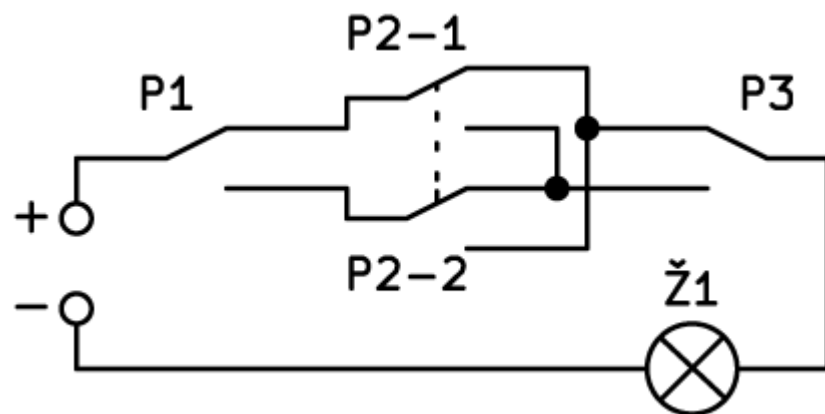
Poznámka: Ve stavebnici naleznete moduly tzv. *dvoupólových* přepínačů – ve skutečnosti tedy jde o dva nezávislé přepínače, jejichž vývody nejsou nijak vodivě propojeny. Dohromady jich tedy je šest. Jediné, co je pojí dohromady, je přepínací mechanismus – není tedy možné přepnout jeden, aniž byste zároveň přepnuli druhý.

Uvnitř posuvného přepínače bývají tři holé kovové plošky uspořádané v přímce. Prostřední s jednou z krajních vždy spojuje dohromady kontakt na posuvném prvku (sepnutá tedy je ta strana, k níž je posuvník blíže). V přepínačích kolébkových a páčkových je obvykle střední kontakt připojen na pohyblivou část. Uvnitř bývají pružinky a nějaký druh oblého kontaktu (kovové kuličky atd.), které pomocí páky posouváme tělesem přepínače tak, aby se dotýkaly jednoho nebo druhého krajního kontaktu (sepnutá je tedy ta strana, k níž „ukazuje“ spodní část páčky či kolébky). Pro tyto druhy přepínačů je typické lupnutí kolem střední polohy – je nejen slyšet, jak pružinka přeskočí, ale obvykle cítíme náhlou změnu odporu páčky/kolébky.

Jak si všimnete, nebo jste si již všimli, přepínače lze bez obtíží užít jako vypínače – jednoduše nezapojíme jeden z jeho vývodů. Mnohdy se setkáte s označením „ON-ON“ pro přepínač se dvěma polohami „zapnuto“-„zapnuto“ (pokaždé na jiném vývodu) a „ON-OFF“ pro spínač s polohami „zapnuto“-„vypnuto“ (tedy pouze se dvěma vývody).



5.9. Prodlužujeme schodiště



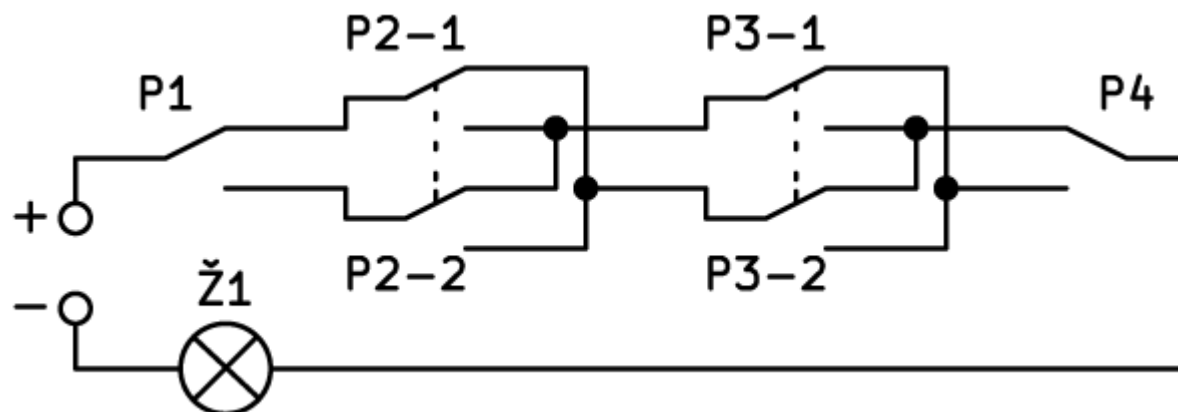
Představme si hotelovou chodbu a hoteliéra, který chce šetřit planetu i peníze tím, že nebude nechávat světla celou noc svítit. Proto ale potřebuje zachovat možnost rozsvítit chodbové osvětlení nejen ze dvou konců chodby, nýbrž i zprostředka, aby hosté ubytovaní poblíž středu chodby nemuseli bloudit její polovinou potmě. V předchozím experimentu jsme si vyložili, jak pracuje schodišťové zapojení. Další obvod je velmi podobný – jen přibyla ještě jedna součástka, kterou nazýváme *křížový přepínač*, protože umí křížem zaměnit výstupní vývody.

Popišme si nejprve činnost obvodu ze schématu. Střední vývody dvoupólového přepínače P2 jsou použity jako vstupní. Jeho krajní vývody jsou potom propojeny křížem – vrchní první části na spodní druhé a naopak. A jaká je tedy cesta proudu? V situaci ze schématu začínáme na kladném pólu zdroje, pokračujeme přes P1 vrchní cestou, kde narazíme na P2-1, který nás pošle opět vrchní cestou, kde se obvod uzavře přes P3 a Ž1 – žárovka svítí. Když přepínač P2 přepneme, P1 a P3 ponecháme, je cesta následující: z kladného pólu zdroje přes P1 vrchní cestou, kde narazíme na P2-1 přepnutý tentokrát na spodní cestu. A zde naše cesta končí, protože P3 přerušuje obvod. Bystrý čtenář jistě snadno nahlédne, že v této situaci přepnutí P3 (nebo kteréhokoli jiného přepínače) způsobí rozsvícení žárovky.

Poznámka: Již od schodišťového zapojení hovoříme, aniž bychom to zdůrazňovali, často o domovním rozvodu střídavého proudu – žárovky (nejen) na chodbách totiž obvykle pracují s napětím 230 V střídavých. Nejspíše jste již slyšeli, že toto napětí je životu nebezpečné. Přesto se v praxi používá stejné zapojení, které jsme my použili ve stavebnici. Rozdíl je ovšem v konstrukci přepínačů. Jsou větší, protože potřebují odolat vyššímu napětí a přenášet větší proudy. Již také víme, že odpor kovových vodičů se s teplotou zvyšuje, takže musí být zajištěno, aby se kontaktní místa při provozu nezahřívala procházejícím proudem. Při tomto napětí také musejí být zvětšeny izolační mezery mezi rozepnutými kontakty, aby uvnitř přepínače nepřeskočila jiskra. A v neposlední řadě je také nutné zajistit, aby rozpínání kontaktů bylo prudké, protože při něm mezi kontaktními plochami vzniká elektrický oblouk, který má velmi vysokou teplotu, takže kontakty vypaluje a tím zkracuje jejich životnost.



5.10. Libovolně dlouhé schodiště

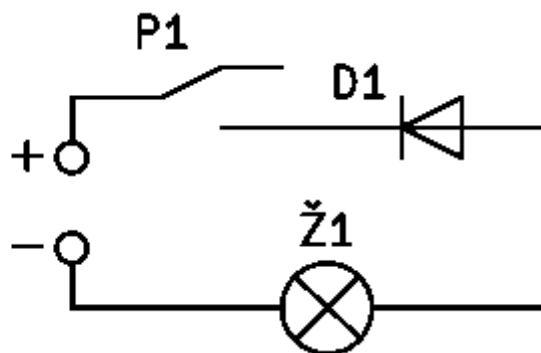
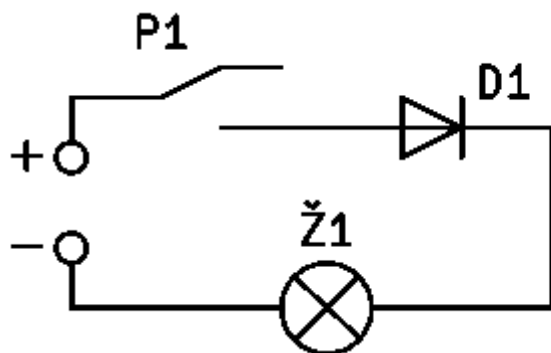


Oproti předchozímu obvodu se tento liší pouze vřazením dalšího křížového přepínače do cesty proudu. Toto zapojení demonstruje jednu velmi příjemnou vlastnost křížového přepínače – je možno jich při zachování stejné funkce zapojit za sebe mnoho. Není tedy o mnoho složitější osadit přepínači celou dlouhou chodbu než učinit tak na krátkém schodišti s přepínači jen nahoře a dole. Na krajích jsou obyčejné přepínače, mezi nimi pak přepínače křížové.

Poznámka: Slovo „libovolně“ v názvu experimentu bychom raději měli psát v uvozovkách – i zde totiž existují hranice. Při styku dvou, byť kovových, ploch vzniká tzv. *přechodový odpor*. Ten se zvětšuje s chemickou degradací povrchu kontaktů – oxidy kovů totiž zpravidla vedou proud hůře než čisté kovy. Proto se kontakty nejen uvnitř přepínačů, ale i vně součástek velmi často pokrývají ušlechtilými kovy, které nepodléhají korozi tak snadno. Tato povrchová úprava se pak promítne v ceně – součástky se zlacenými kontakty jsou trvanlivější a spolehlivější, ale připlatíme si za ně.



5.11. Seznamte se – dioda



Tímto obvodem se seznámíme s další součástkou – diodou. Pojdme nejprve prozkoumat její chování v obvodu.

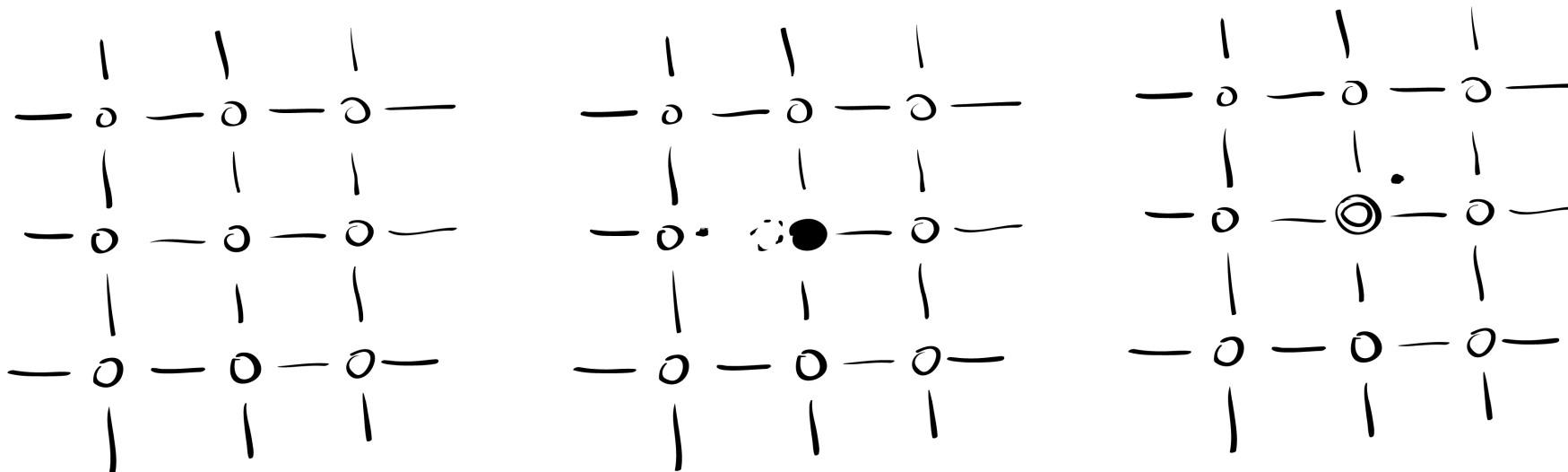
Diodu D1 zapojíme sériově s přepínačem P1 a žárovkou Ž1. Povšimněte si, že k tomuto obvodu máme dvě schémata s maličkou změnou – dioda je zapojena ve druhém obvodu opačně než v prvním. Vyzkoušejte postupně obě

varianty – zjistíte, že žárovka svítí jen při zapojení dle schématu vlevo. Při zapojení dle schématu vpravo žárovka nesvítí – víme ale, že žárovka by za běžných okolností svítit měla, takže na vině je dioda. To je poprvé, co se setkáváme se součástkou, která se chová různě podle toho, kterým směrem je zapojena. Jde o takzvanou polovodičovou součástku, která propouští proud pouze jedním směrem.

Poznámka: Název „polovodiče“ nám neříká, že by daný materiál vedl jen „z poloviny“ – ve skutečnosti naznačuje, že vede elektrický proud jen někdy, tedy za určitých podmínek, a těchto podmínek je celá řada v závislosti na typu součástky. Když materiál označíme za *vodič*, říkáme tím, že proud vede dobře, tj. jeho měrný odpor je malý (*měrný odpor* či *rezistivita* je fyzikální veličina, která udává, jak dobře nebo špatně látka vede elektrický proud; odpor ale závisí ještě na geometrických vlastnostech vodiče – na délce a obsahu plochy průřezu). Označíme-li nějaký materiál za *izolant*, říkáme tím, že proud vede velmi špatně (nikoli vůbec!), tj. jeho měrný odpor je velmi vysoký. A potom je tu něco mezi – *polovodič*. Velikost jeho měrného odporu závisí na okolnostech – někdy je dobrým izolantem, jindy dobrým vodičem. Jak je to možné?



Základním substrátem polovodičů je totiž například křemík (značka Si – Silicium), čtyřvazný prvek. To znamená, že v křemíkové krystalické mřížce je každý atom vázán se čtyřmi okolními atomy. Takový krystal se však chová jako izolant, protože žádná nabitá částice se jím nemůže volně pohybovat – všechny jsou vázané v krystalické mříži, takže nemůže téci proud. Situace se však změní, když do mříže přidáme „nečistotu“ – atom prvku se třemi nebo pěti valenčními elektrony, tedy ze III. nebo V. skupiny v periodické soustavě prvků. V tom případě je do vazeb kolem *příměsí* buď nedostatek, nebo přebytek elektronů (jedna vazba nemůže vzniknout, protože prvek se třemi valenčními elektrony nemá k dispozici čtvrtý; nebo vzniknou čtyři vazby a jeden elektron ještě přebývá – stává se tedy *volným*). Tuto situaci znázorňuje obrázek Obr. 5 níže.



Čistá krystalická mříž křemíku

Krystalická mříž typu P
(s příměsí ze III. skupiny)

Krystalická mříž typu N
(s příměsí z V. skupiny)

Obr. 5 – Krystalické mříže polovodičů s příměsemi

Na Obr. 5 v části s příměsí ze III. skupiny je znázorněna *díra* po elektronu, jehož přítomnost by byla třeba, aby mříž byla neporušená. Tento název se skutečně používá a s dírou se v úvahách počítá jako s kladnou částicí, která může cestovat krystalem (ve skutečnosti je díra zaplněna elektronem odjinud, čímž sice zanikne díra v původním místě, ale dojde k vytvoření nové po elektronu, který původní díru zaplnil). Směr pohybu děr je tedy opačný než směr pohybu elektronů, které je zaplňují. Tento typ příměsového polovodiče se značí písmenem P – pozitivní.

Naopak v případě příměsí z V. skupiny je znázorněn přebytečný elektron, který se stává volným, vodivostním. Přiložíme-li napětí k takovému krystalu, elektrony jím putují směrem ke kladnému pólu zdroje. Ze záporného pólu zdroje naopak přitékají nové elektrony, které nahrazují ty původní – přebytečné. Tento typ příměsového polovodiče značíme písmenem N – negativní.

Existují ještě jiné způsoby, jak učinit čistý polovodičový krystal vodivým – ale ty si předvedeme až později, u součástek, které jich ke své činnosti využívají. Nyní vás nejspíše napadne, že jsme ještě nepředložili vysvětlení, proč dioda vede pouze jedním směrem.

Aby tento jev nastal, nestačí nám samotný krystal s příměsí. Musíme ještě něco přidat – druhý krystal s příměsí opačného typu (příměsím ze III. skupiny říkáme *akceptory*, protože přijímají elektron; příměsím z V. skupiny pak říkáme *donory*, protože elektron poskytují). Když takové dva krystaly přitiskneme k sobě, vznikne takzvaný *PN přechod*. Na rozhraní mezi krystaly jednotlivých typů dochází k tomu, že volné elektrony z donorů zaplňují díry u akceptorů – dochází k takzvané *rekombinaci*. Kolem rozhraní se tak vytváří takzvaná *hradlová vrstva* – pás polovodiče, kde se nevyskytují volné nosiče náboje. Hradlová vrstva je tedy izolantem, který odděluje dvě vodivé části polovodiče. V dalším povídání nebudeme již do materiálu zakreslovat krystalovou mříž – budeme kreslit jen volné elektrony a díry, které se v mříži vyskytují a jsou pro nás podstatné, protože právě ony vedou elektrický proud.



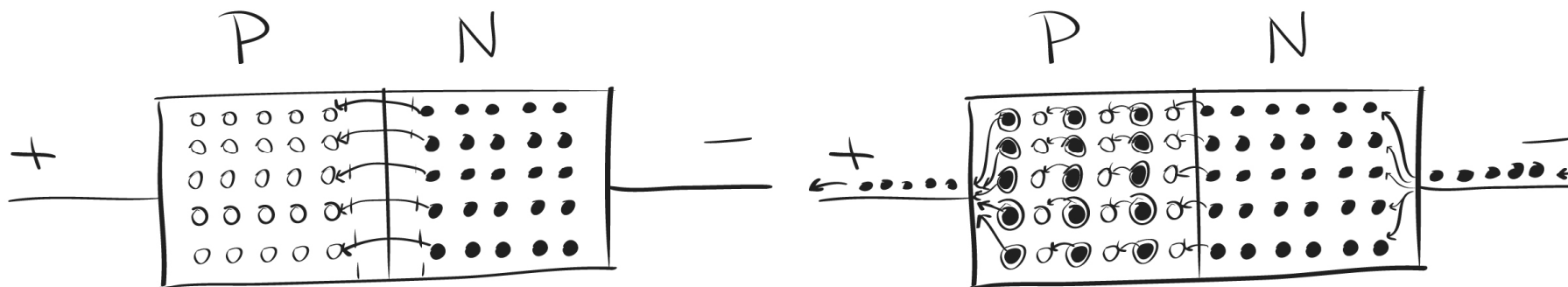
Rekombinace děr a elektronů poblíž rozhraní

Hradlová vrstva bez volných nosičů náboje

Obr. 6 – PN přechod bez připojeného napětí

Pakliže k diodě nepřipojíme žádné napětí, dochází pouze poblíž přechodu k rekombinaci, jak ukazuje levá část Obr. 6. Výsledkem je vznik hradlové vrstvy, jak ukazuje pravá část Obr. 6. Taková součástka se projevuje jako izolant, protože elektrony nemohou proudit nevodivým pásem kolem přechodu.

Jak už jsme se přesvědčili, u diody záleží na tom, jakým směrem ji připojíme do obvodu. Předpokládejme nyní, že jsme ji připojili vrstvou typu P ke kladné svorce zdroje a vrstvou typu N k záporné. Když připojené napětí překoná jistou hodnotu – takzvané *prahové napětí* – toto napětí způsobí, že intenzita elektrického pole v krystalu je tak vysoká, že elektrony z vrstvy typu N mohou překonat bariéru, kterou jim je hradlová vrstva, a projít do části typu P. Tuto situaci znázorníme obrázkem Obr. 7.



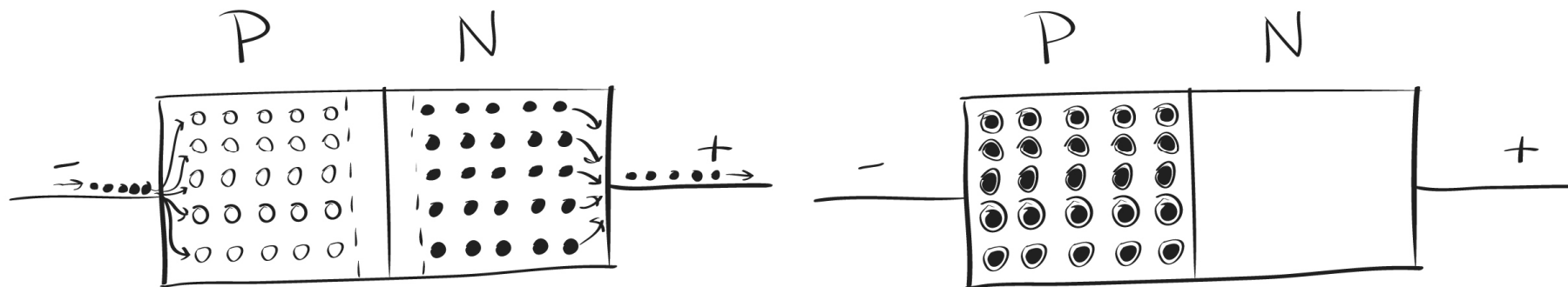
Obr. 7 – PN přechod v propustném směru

Pojďme společně projít s elektrony jejich cestu od záporné svorky zdroje. Nejprve nikam nemůžeme, protože hradlová vrstva nám brání. Když je ale síla působící na elektrony poblíž hradlové vrstvy dostatečně velká, překonají ji (Obr. 7 vlevo) a ona v mžiku zaniká, protože přiložené napětí a průchod proudu skrze ni obnoví stav polovodiče – v levé části díry, v pravé volné přebytečné elektrony. Napětí, při němž se toto stane, se nazývá *prahové napětí*.

Situaci po zániku hradlové vrstvy znázorňuje Obr. 7 v pravé části. Ze záporné svorky zdroje proudí elektrony do vrstvy N, kde nahrazují elektrony, které odchází přechodem do vrstvy P. Tam rekombinují s děrami, k nimž se dostatečně přiblíží. Síla elektrického pole však na druhé straně elektrony z děr vytrhává a tyto pak odcházejí zpět do zdroje kladnou svorkou – díry se tedy obnovují. Můžeme tedy říci, že PN přechodem prochází elektrický proud – elektrony se pohybují doleva, díry se potom pohybují doprava. Říkáme, že v tomto případě jsme připojili diodu v *propustném směru*.

Ještě dodejme, že elektrody diody se označují termíny *katoda* a *anoda*. Názvy jim byly dány podle druhu částice, která se k nim pohybuje – k záporné elektrodě se pohybuje kladně nabitá částice (*kation*) a ke kladné elektrodě se pohybuje záporně nabitá částice (elektron, *anion*). Odtud tedy název *katoda* pro zápornou elektrodu a název *anoda* pro kladnou elektrodu. Připojíme-li tedy diodu katodou k zápornému pólu zdroje a anodou ke kladnému pólu zdroje, povede elektrický proud.

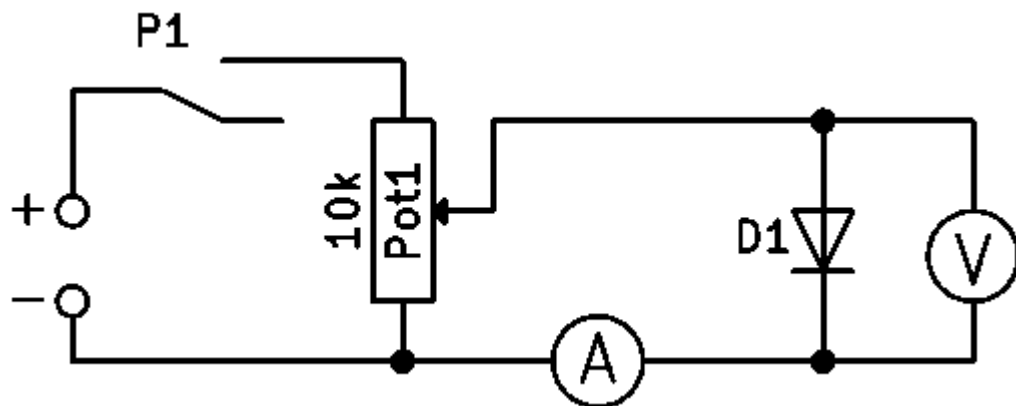
Elektrody diody bývají rozlišeny, aby bylo na první pohled jasné, jak součástku připojit. Katoda bývá označena proužkem obepínajícím pouzdro součástky. Toto pravidlo platí i pro jiné součástky, které mají katodu a anodu (a nezřídka další vývody). Co se však v PN přechodu diody děje, když ji připojíme ke zdroji obráceně?



Obr. 8 – PN přechod v závěrném směru

Připojíme-li vrstvu typu P k zápornému pólu zdroje a vrstvu typu N ke kladnému, začnou elektrony ze záporného pólu zdroje proudit do vrstvy P, kde rekombinují s děrami. Na druhé straně kladné napětí zdroje přitahuje elektrony z vrstvy N – a ty opravdu odchází do zdroje. Tento počáteční stav ukazuje Obr. 8 v levé části. Tímto obě části PN přechodu zbavíme vodivostních částic – hovoříme tedy o tom, že jsme výrazně rozšířili hradlovou vrstvu. Extrémní situaci, kdy je napětí tak vysoké, že rozšířilo hradlovou vrstvu přes celý blok materiálu, ukazuje Obr. 8 v pravé části, kde vrstva P má všechny díry zaplněné elektrony a vrstva N o ně přišla.

5.12. VA charakteristika diody



V předchozích řádcích jsme si prozradili, že dioda nevede elektrický proud hned po připojení velmi nízkého napětí. Zato od prahového napětí výše začíná vést proud velmi dobře. Vztah mezi napětím a proudem u polovodičové diody můžeme snadno změřit sami.

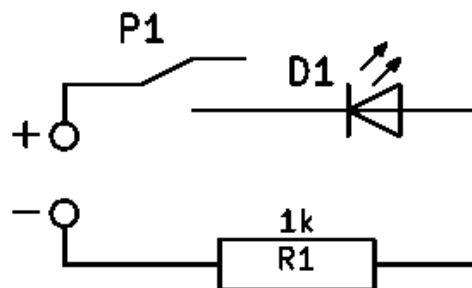
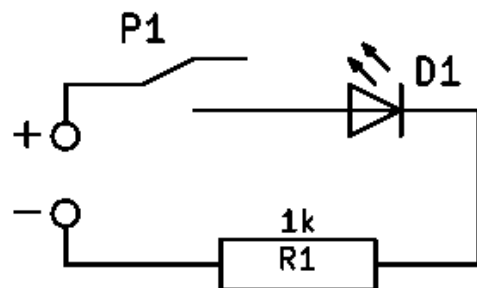
Zapojíme potenciometr Pot1 pomocí krajních vývodů sériově s prepínačem P1 ke zdroji. Toto zapojení nám umožní měnit napětí na diodě. Mezi záporný pól zdroje a běžec potenciometru pak sériově zapojíme ampérmetr a diodu (pozor na orientaci!). Paralelně k diodě ještě přidáme voltmetr. Tím je zapojení hotovo,

nyní můžeme měřit současně proud procházející diodou a napětí mezi jejími vývody. Při měření si pevně zvolte nějaký krok napětí (třeba 0,05 V – budete tedy nastavovat hodnoty 0,00 V; 0,05 V; 0,10 V; atd.) a zapisujte si naměřené hodnoty napětí a odpovídající hodnoty proudu do tabulky. Voltmetr by měl být nastaven na rozsah 2 V a ampérmetr na rozsah 200 mA. Když výsledné hodnoty vynesete do grafu $I(U)$ – závislosti proudu na napětí – vyjde vám takzvaná *voltampérová charakteristika* diody.

Poznámka: Voltampérová charakteristika je důležitá vlastnost mnoha součástek, kterou měříme proto, abychom předem věděli, jak se součástka bude v obvodu chovat při změnách napětí. Pokud jste měřili správně, bude mít výsledný graf tvar jakéhosi kolene, v němž do určité hodnoty napětí nepoteče takřka žádný proud, pak nastane ostrý zlom a za ním již bude mít charakteristika zhruba lineární průběh – proud tedy poroste přímo úměrně napětí, jak jsme z Ohmova zákona zvyklí. Voltampérové charakteristiky lze měřit i do záporné strany (levá strana grafu) – v našem zapojení bychom museli obrátit diodu. Právě u diody tam ale dlouho neměříme žádný proud a v jednom okamžiku nastane nárůst proudu ještě mnohem prudší než na pravé straně – nastane destrukce součástky.



5.13. Seznamte se – LED



Povšimněte si ve schématech maličkého rozdílu ve schematické značce oproti diodě – zde jsou navíc dvě ze součástky ven směřující šipky. Ty značí emisi záření, v tomto případě světla. Součástka, s níž se nyní seznámíme, se nazývá svítivá dioda, anglicky „light emitting diode“ (světlo emitující dioda), odtud také světoznámá zkratka LED, kterou i my budeme nadále používat.

Postupně vyzkoušejte obě možnosti zapojení ze schémat výše – zjistíte, že LED v prvním případě svítí, ve druhém nikoli. Chová se tedy jako dioda, ale nadto ještě vyzařuje světlo! **Pozor – LED nikdy nesmíme připojit přímo ke zdroji (bez rezistoru)!**

Poznámka: Možná se ptáte, jak je možné, že dioda, jejíž funkci jsme již popsali, může ještě navíc vyzařovat světlo. Na vině je fotoelektrický jev naruby – při rekombinaci elektronů a děr dochází k poklesu energie elektronu (ten má jako vodivostní elektron vyšší energii než je-li „chycený“ v díře). Jenže zákon zachování energie vyžaduje, aby přebytečná energie někam odešla – ztratit se totiž nemůže. A zde je odpověď – tato energie je vyzařena ve formě světla.

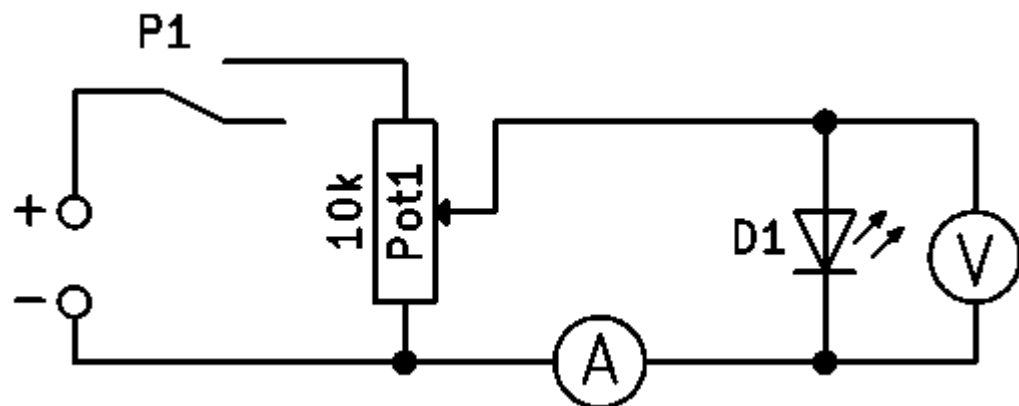


V dnešní době je k dostání nepřeberné množství druhů LED. Pohovořme alespoň o jejich konstrukci – materiál klasické polovodičové LED, obvykle křemík s příměsemi Al, In, Ga, P, N, ..., má často velký index lomu, což znamená, že kdybychom nechali krystal ležet volně na vzduchu a nechali jím procházet proud, bude svítit jen málo, protože velká část emitovaného světla se totálním odrazem na rozhraní krystal-vzduch odrazí zpět dovnitř. Proto se krystaly zalévají do průhledných pryskyřic, jejichž index lomu je mnohem větší než index lomu vzduchu – tím se mezní úhel zvětší, takže krystal může opustit větší část světla.

LED se vyrábějí v široké škále pouzder – některá jsou čirá, jiná difúzní (čirá se používají pro svícení, difúzní jsou díky svému rozptýlenému světlu vhodné pro signalizaci, protože jsou vidět z většího rozsahu úhlů); některá jsou velká kvůli viditelnosti, jiná nepatrná pro montáž do omezeného prostoru (ta nejmenší jsou tzv. SMD – surface mounted device – pro povrchovou montáž, a mají nejdelší hranu dlouhou jen jednotky milimetrů).

V dnešní době již existují nejen klasické křemíkové LED, ale i takzvané OLED – organic LED, které využívají ve své konstrukci organických sloučenin. Tyto LED umožňují vyrábět průhledná svítidla, skrze něž za vypnutého stavu prochází velká část světla, takže je lze použít jako skleněnou výplň, a po zapnutí emitují s velkou účinností světlo.

5.14. VA charakteristika LED



Zajímavým rozdílem mezi LED a klasickou diodou je velikost jejího prahového napětí. Víme, že to je, zhruba řečeno, napětí, při němž diodou začíná procházet nezanedbatelný proud – tedy bod zlomu onoho „kolena“ ve voltampérové charakteristice. Pokud jste si tuto charakteristiku v experimentu 5.12 změřili, vyšel vám nejspíše zlom kolem 0,7 V. Proveďte tedy stejné měření pro LED.

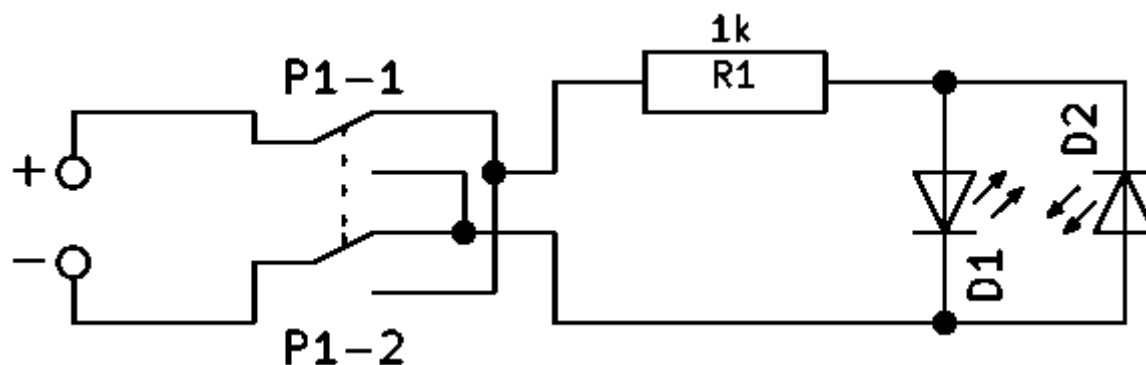
Zapojíme nejprve potenciometr P1 jako dělič napětí ke zdroji. Mezi jeho běžcem a záporným pólem zdroje potom zapojíme sériově svítivku D1 s ampérmetrem. K LED potom ještě paralelně připojíme voltmetr. Rozsah voltmetru volíme 20 V a rozsah ampérmetru 200 mA. Poté postupujeme stejně jako při měření VA charakteristiky diody – zvolíme nyní krok napětí 0,1 V a zapisujeme hodnoty napětí a odpovídajícího proudu do tabulky. Nakonec do grafu vyneseme závislost $I(U)$. Budeme-li chtít být pečlivější, můžeme (až zjistíme hrubým měřením, kde se nachází) proměřit oblast zlomu jemněji – třeba s krokem 0,02 V – získáme tak přesnější průběh křivky.

Poznámka: V SEEK! Jsou dva moduly s červenými LED, jejichž prahové napětí naleznete kolem 1,5 V. Chcete-li si vyzkoušet i jiné barvy LED, můžete na chvíli snadno vyměnit ty původní ve svorkovnicích – jen dejte pozor na polaritu! Zjistíte, že pro různé barvy LED vám prahové napětí vyjde jiné – začínat bude zhruba na 1,5 V u červené, půjde přes asi 2 V u žluté, 2,2 V u zelené, 3,5 V u modré, až po asi 3,6 V u fialové.



Pokud proměříte třeba bílou LED, zjistíte prahové napětí zhruba odpovídající modré až fialové – možná se podíváte nad tím, jak je vůbec možné bílé světlo emitovat, když bílá není barva ve spektru. Klíč je v tom, že bílá vzniká skládáním barev ze spektra – potřebujeme tedy zdroj, který bude zářit na několika vlnových délkách. Každý polovodičový čip LED ale vyzařuje jen velmi úzké spektrum světla. Jedna možnost by tedy byla použít v jediném pouzdře více čipů s různými emisními spektry – třeba RGB, tedy červená, zelená a modrá. Tímto způsobem se skutečně bílé LED původně vyráběly. Dnes však používáme jiné metody – čip je zaléván luminoforem, látkou, která umí při osvětlení světlem úzkého spektra (třeba ultrafialovým) vyzařovat zpět světlo na více vlnových délkách, které dohromady dávají bílou. Luminoforů se již dlouho využívá třeba v zářivkách, kde výboj v plynu září také ultrafialově, ale luminofor nanesený zevnitř v trubici mění toto světlo na bílé. U LED je častý luminofor zářící žlutě a čip zářící modře – dohromady dávají opět bílou.

5.15. Měníme polaritu



Vzpomínáte na křížový přepínač, s nímž jsme se seznámili v experimentu 5.9. a dalších? Bylo o něm napsáno, že vlastně křížem prohazuje vstupy a výstupy. Nebylo by toho možno použít ke změně polarity napětí?

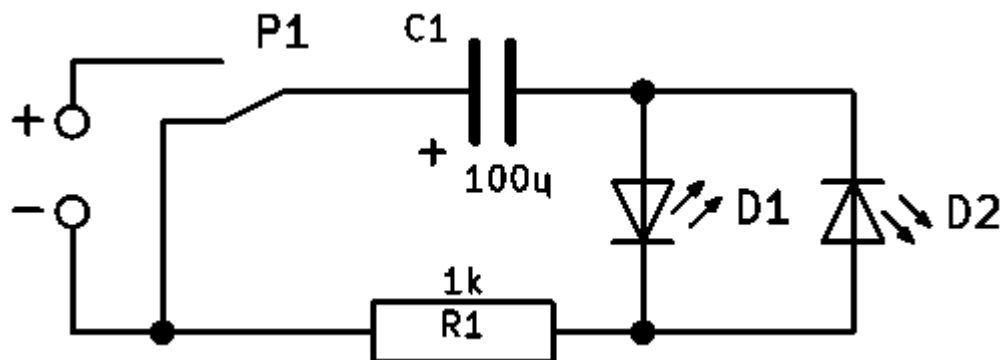
Zapojíme dvoupólový přepínač P1 křížem – tedy vrchní svorku první části na spodní svorku druhé části a naopak. Za vstupy zvolíme střední vývody, za výstupy některé krajní vývody (libovolné, ale přirozeně nesmí být propojené). K výstupu potom připojíme sériově rezistor R1 a LED D1. Nakonec připojíme k D1 *antiparalelně* LED D2. Antiparalelní spojení znamená, že připojíme součástky paralelně, ale orientujeme je vzájemně opačně.

Ve stavu ze schématu je přes přepínač P1 připojen vrchní vodič ke kladnému pólu zdroje. Před rezistor R1 se dostává kladné napětí na anodu D1 a katodu D2. Protože D2 je pólována v závěrném směru, nesvítí. Naopak D1, která je pólována v propustném směru, svítí. Když přepneme P1, bude vrchní vodič připojen k zápornému pólu zdroje, takže se situace obrátí – svítí D2, D1 pohasne.

Poznámka: Tomuto zapojení dvoupólového přepínače se říká také *komutátor* – podle toho, že komutuje, tedy mění při přepnutí polaritu výstupu. Spíše než pro ruční přepínání se používá komutátoru jinde – ve stejnosměrných elektromotorcích. Tam je třeba, aby se při otáčení rotoru v magnetickém poli statoru měnila polarita napájecího napětí, protože v opačném případě by rotor byl v první části pohybu urychlován, ve druhé části pak zpomalován, takže by se nemohl otáčet. Tam je ovšem komutátor konstrukčně řešený jako kovový válec se sudým počtem oddělených plošek, z nichž vždy dvě protilehlé napájí rotor. Dotýkají se jich drátěné nebo uhlíkové kartáčky, které jsou připojené k napájení.



5.16. Zásobárna elektřiny



Představíme si další druh součástky – *kondenzátor*. Ten slouží jako zásobárnička elektrické energie. Nejprve opět prozkoumejme jeho chování v obvodu. Zapojte přepínač P1 krajními vývody k oběma pólům zdroje. Ke střednímu vývodu připojte kladnou svorku kondenzátoru C1 označenou symbolem „+“. Za zápornou svorku (na těle součástky značenou pruhem) připojte antiparalelní dvojici LED D1 a D2. Od katody D1 a anody D2 ved'te rezistor R1 k zápornému pólu zdroje. Tím je zapojení hotovo.

Jak tento obvod pracuje? V počátečním stavu (dle schématu) se neděje nic – žádná LED nesvítí. Jakmile však přepneme přepínač P1, začne proud protékat z kladného pólu zdroje přes P1, C1, D1 a R1 zpátky do záporného pólu zdroje. D2 je pólována v závěrném směru, takže nesvítí. Pozorujeme však, že D1 svítí jen okamžik a poté pomalu pohasne. Po několika sekundách v tomto stavu přestane svítit takřka úplně. Na základě tohoto experimentu zjišťujeme, že kondenzátor nevede stejnosměrný proud – alespoň po odeznění onoho přechodného období, které nazýváme nabíjením – v této chvíli totiž kondenzátorem teče proud, který jej nabíjí, a v kondenzátoru se uskládá energie. Postupem času klesá proud, který prochází obvodem, protože na kondenzátoru roste napětí. Když na něm ale napětí stoupne natolik, že pro LED nezůstane větší než její prahové napětí, LED zhasíná. Tento stav je již trvalý – dokud nepřepneme přepínač.

Jakmile přepneme přepínač P1 zpět do stavu ze schématu, odpojíme obvod od zdroje. Tentokrát však byl kondenzátor nabitý, na jeho kladném vývodu je kladné napětí. Pojdme tedy cestou s proudem – od kladného vývodu C1 přes P1 dolů, zde přes R1 a D2 zpět na záporný vývod kondenzátoru. D1 je pólována v závěrném směru, takže nesvítí. D2 však ano, čímž indikuje, že skrze ni

prochází proud. Povšimněme si, že nyní proud prochází opačným směrem než při nabíjení. Zároveň můžeme soudit, že není-li obvod připojen ke zdroji a LED přesto svítí, musela být v kondenzátoru uložena nějaká energie. Tato energie se však velmi rychle vyžáří ve formě světla LED D2. V okamžiku D2 zhasne a tento stav je opět trvalý – dokud znovu nepřepneme P1.

Poznámka: K našemu zapojení jsme použili kondenzátor s označením „100 μF “ – toto číslo udává takzvanou *kapacitu* kondenzátoru. To je fyzikální veličina, kterou obvykle značíme C (z anglického „capacity“) a jejíž jednotkou je Farad (značíme F). Tato veličina nám říká, kolik Coulombů náboje se do kondenzátoru vejde při napětí $U = 1\text{ V}$. Můžeme tedy psát:

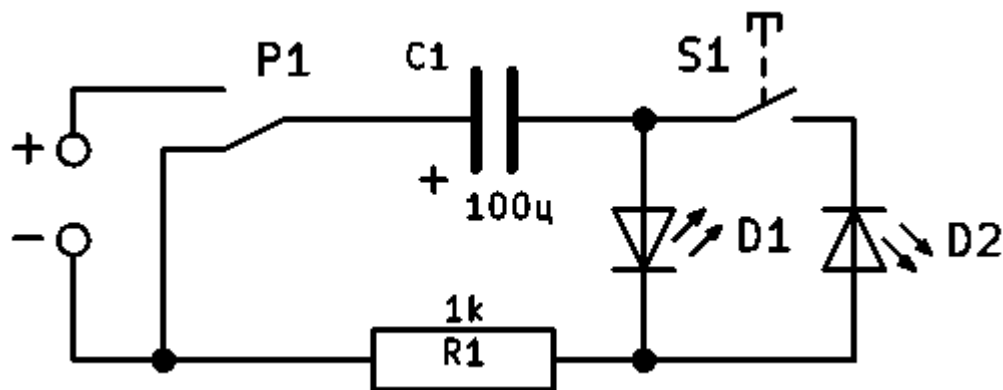


$$C = \frac{Q}{U}$$

Do kondenzátoru o kapacitě 100 μF se tedy při napětí 1 V vejde náboj o velikosti 100 μC . V našem zapojení je maximální napětí na kondenzátoru zhruba 3,5 V (napětí zdroje mínus úbytek napětí na LED). Náboj tedy odpovídá 350 μC . Když přepneme přepínač, poklesne napětí asi na 1,5 V (jakmile se LED zavře, teče jí již jen nepatrný proud, proto na kondenzátoru zůstane napětí velikosti zhruba rovné prahovému napětí připojené LED), což odpovídá náboji 150 μC . Při „bliknutí“ LED jí tedy proteče náboj o velikosti zhruba 200 μC . Kdybychom použili jiný kondenzátor ze SEEK! (o kapacitě 10 μF nebo 100 nF), bylo by bliknutí LED mnohem méně intenzivní a kratší.

Kondenzátory jsou konstrukčně řešeny více způsoby – pozorný stavitel si možná na modulech povšiml rozdílů mezi schematickými značkami kondenzátorů o kapacitě 100 nF a zbylých. U 100nF kondenzátoru chybí označení kladného vývodu. Stejně jako u mnoha jiných součástek (zmiňme třeba diodu, kde šipka nejen značí propustný směr proudu, ale znázorňuje i historicky první konstrukci diody, kdy se kovový hrot dotýkal polovodičového krystalu; potenciometr, kde šipka naznačuje změnu polohy běžce a tím i velikosti odporu; přepínač, kde vidíme možnost přepínání mezi dvěma vývody; atd.), i u kondenzátoru schematická značka evokuje reálnou konstrukci součástky – takzvaný *deskový kondenzátor* není nic jiného než dvojice vodivých desek, které se nedotýkají. Když k takovému kondenzátoru přivedeme napětí, nabije se a my budeme moci jeho energii později využít. Mezi desky můžeme však vložit i jiný izolant než vakuum nebo vzduch. Keramické kondenzátory jsou vlastně dvěma napařenými kovovými deskami na izolačním koláči – povrch je samozřejmě zakápnutý ochrannou izolační vrstvou. Svitkové kondenzátory jsou zase dva vodivé obdélníčky oddělené dvěma vrstvami izolace a zavínuté do tvaru svitku, z něhož jdou ven vývody. Máme ale i jiné typy kondenzátorů, které využívají toho, že kapacita kondenzátoru roste s plochou desek a se zmenšující se vzdáleností mezi nimi – pokryje-li se kovová elektroda vrstvičkou oxidu, získáme velmi tenkou vrstvičku. Tohoto využívá *elektrolytický kondenzátor*, který je vyplněn elektrolytem a je polarizován – proto u něj **musíme dbát na polaritu, abychom jej nezničili!**

5.17. Elektřina schovaná na horší časy



Zapojení z minulého experimentu ještě nepatrně obohatíme, abychom si jednak představili další součástku, a jednak prokázali jinou vlastnost kondenzátoru – a sice tu, že si náboj drží po nějaký čas, který může být dlouhý, ne však nekonečný.

Zapojíme opět přepínač P1 krajními vývody každým k jednomu pólu zdroje, jeho střední vývod pak vedeme na kladný vývod kondenzátoru C1. Záporný vývod C1 pak připojíme na anodu LED D1 a jeden z vývodů tlačítkového spínače S1. Jeho druhý vývod propojíme s katodou LED D2. Katodu D1 a anodu D2 pak vedeme

přes rezistor R1 k zápornému pólu zdroje. Tím je zapojení dokončeno. Nyní pojďme zjistit, jak se obvod chová.

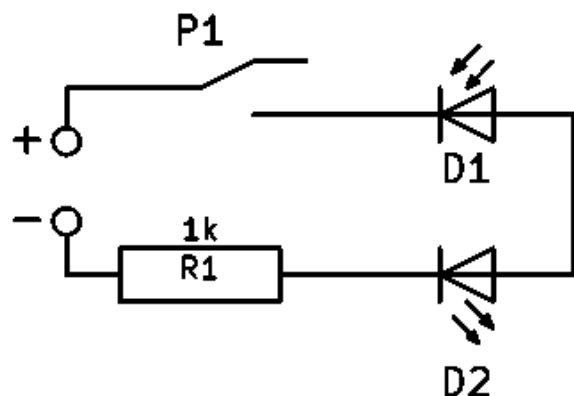
Po zapojení do zdroje pozorujeme, že se nic neděje – žádná z LED nesvítí. Jakmile přepneme přepínač P1, na okamžik zasvítí D1, kterou teče nabíjecí proud kondenzátoru C1. Jakmile napětí na C1 stoupne na hodnotu, kdy pro LED zbude méně než její prahové napětí, LED zhasíná a proud obvodem se sníží na minimum. Přepneme-li v tomto okamžiku přepínač zpět do polohy ze schématu, nic se nestane (v minulém obvodu krátce zazářila D2). V tomto stavu můžeme stisknout tlačítko S1. Zpozorujeme krátký záblesk D2. Když obvod necháte s nabitým kondenzátorem v klidu delší dobu (až několik minut) a tlačítko stisknete později, intenzita i délka svitu budou klesat. Kondenzátor totiž podléhá samovybíjení, takže jeho napětí, a tím pádem i energie, postupně klesají, byť k němu není připojen žádný vnější uzavřený obvod. Tak či tak je tímto pokusem prokázáno, že v kondenzátoru zůstává uskladněna energie.

Poznámka: Tlačítkový spínač se od spínače běžného liší tím, že postrádá aretaci sepnuté polohy – řečeno lidsky, po uvolnění tlaku se oproti spínači či přepínači vrací do rozepnuté polohy. Mechanicky jde o dva elektrické kontakty, z nichž jeden je na pružince, která vrací tlačítko do původní polohy. Tlačítko tedy slouží k tomu, aby bylo sepnuté jen po dobu, kdy uživatel drží prst na hmatníku.

I tlačítek je mnoho druhů – od maličkých, které tvoří jen kulovitě prohnuté kousky plechu na desce plošných spojů (takové naleznete v ovládacích panelech běžných elektrospotřebičů – např. tiskárny, dálkové ovladače, staré klávesnicové telefony, atd.), až po velká „anti-vandal“ tlačítka, která otevírají například dveře hromadných dopravních prostředků. Krom toho existují tlačítka rozpínací, spínací s předstihem, se zpožděním, ... a mnoho jiných dle účelu.



5.18. Detekujeme světlo



Přejdeme k další zajímavé součástce, která nám pomůže konečně detekovat nějakou neelektrickou veličinu – její název je *fotodioda*. Tato součástka je velmi podobná běžné diodě, ale povšimněme si několika rozdílů. Předně, schematická značka má šipky směřující k součástce. To je také jediný rozdíl oproti značce LED, jejíž šipky směřují od součástky. I pouzdro obou součástek je k nerozeznání podobné. **Buďte tedy velmi pozorní, abyste nezaměnili fotodiodu s LED!**

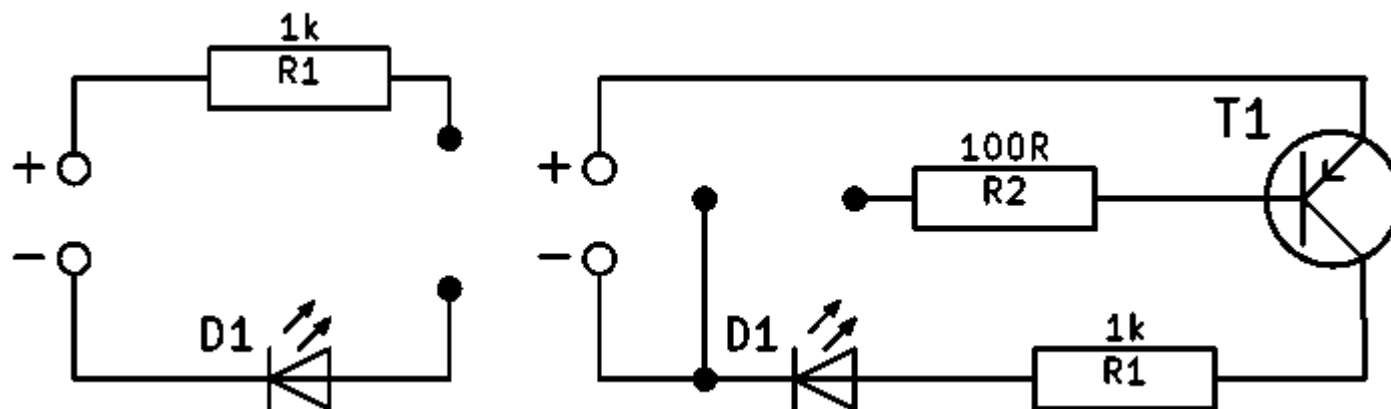
Zapojíme přepínač P1 sériově s fotodiodou D1, LED D2 a rezistorem R1. Pozor na neobvyklou orientaci fotodiody – zapojíme ji v závěrném směru! LED naproti tomu zapojíme v propustném směru.

Fotodioda slouží k převodu intenzity dopadajícího světla na velikost elektrického odporu. Touto cestou při konstantním napětí můžeme ovlivnit velikost procházejícího proudu osvitom fotodiody, a tím pádem i intenzitu svitu LED. Za běžných podmínek LED nesvítí. Co se však stane, když fotodiodu osvětlíme svítilnou nebo jiným silným zdrojem světla? LED se rozsvítí! A její jas poroste s jasnem osvětlení fotodiody. Tato je citlivá i na infračervené záření, takže na ni můžete namířit třeba infračervený dálkový ovladač a uvidíte jeho blikání díky D2, která bude blikat ve stejném rytmu. Zapojení bude fungovat i tehdy, když fotodiodu osvětlíme z malé vzdálenosti plamenem svíčky – v tom případě se bude svít LED komíhat podobně jako plamínek. Dejte ale pozor, abyste součástku nepoškodili teplem – udržujte od plamene vzdálenost alespoň několik centimetrů a přibližujte fotodiodu z boku, nikoli seshora!

Poznámka: Jak je možné, že vodivost fotodiody je ovlivňována úrovní osvětlení? Již jsme si vyložili, že čistý polovodič je v základním stavu izolantem a chceme-li, aby vedl proud, musíme nějak zařídit, aby v něm byly volné nosiče náboje. Již jsme si ukázali, jak to lze zařídit pomocí příměsí. Nyní zjistíme, že druhou možností je světlo – pamatujete na fotoefekt „naruby“, díky němuž svítí LED? Stejný princip se uplatňuje i u fotodiody, ale naopak. Fotodioda zapojená v závěrném směru proud nevede – jak víme, její hradlová vrstva se rozšířila. Co když ale na hradlovou vrstvu dopadne světlo? Přilétávající foton se srazí s elektronem polovodiče, který pohltí jeho energii. Tím se ovšem musí dostat do vyššího energetického stavu – někdy dokonce tak vysokého, že se uvolní od „svého“ atomu a stane se vodivostním elektronem. Tento potom putuje díky elektrickému poli vytvořenému v materiálu fotodiody zdrojem ke kladnému pólu zdroje. Elektrony se do materiálu doplňují ze záporného pólu zdroje. Obvodem tedy protéká proud – a jeho velikost závisí na intenzitě osvětlení čipu. Krom toho je také závislá na spektru záření, ale tato problematika již přesahuje rámec této příručky. Prozatím vezte, že fotodioda je na každou barvu světla jinak citlivá.



5.19. Zesilujeme!



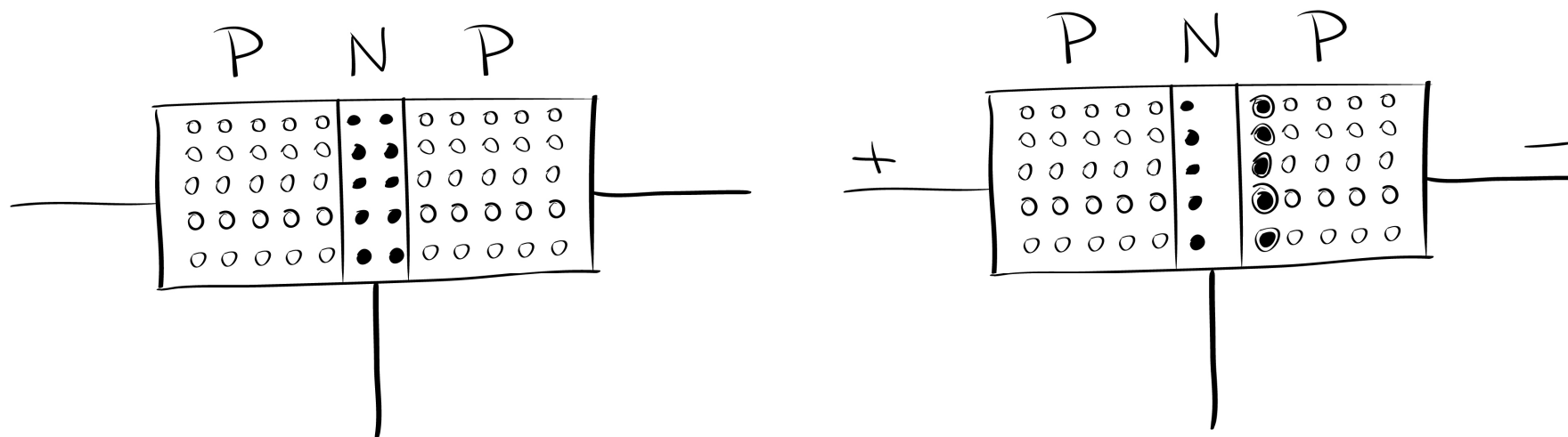
Až dosud jsme proudy pouze stavěli překážky do cesty – ať si vzpomenete na kteroukoli součástku, kterou jsme doted' použili, zjistíte, že pouze kladla odpor průchodu proudy. Nyní se však seznámíme s první takovou součástkou, která umí elektrický proud zesilovat.

Nejprve si vyzkoušíme, že lidské tělo není příliš dobrý vodič. Zapojíme ke kladnému pólu zdroje rezistor R1 a k zápornému pólu diodu D1 katodou. Ze zbývajících vývodů obou součástek vyvedeme vodiče, ale nikam je nezapojíme (znázorněná *přípojná místa*). Ověříme, že vše je správně propojeno, pomocí spojení obou vodičů – LED by se měla rozsvítit. Co se však stane, když uchopíte každou rukou jeden z vodičů? Nejspíše nic. LED zůstane zhasnutá, protože odpor vašeho těla je příliš veliký, než aby tímto obvodem mohl protékat proud dost velký na to, aby LED rozsvítil. Proto si pomůžeme změnou zapojení – přidáme aktivní součástku zvanou *tranzistor*.

Zapojíme tranzistor T1 typu PNP *emitorem* (vývod ve schématu označený šipkou) ke kladnému pólu zdroje, z jeho *báze* (vývod ve schématu spojený se základním krystalem) vyvedeme vodič na rezistor R2 a z jeho druhého vývodu necháme opět vystupovat nezapojený vodič. Ke *kolektoru* T1 (ve schématu šikmý vývod bez šipky) připojíme rezistor R1 a sériově s ním LED D1, kterou katodou připojíme na záporný pól zdroje. Ze záporného pólu zdroje také vyvedeme další vodič, který nikam nezapojíme.

Co se stane nyní, když spojíte oba přípojný vodiče? LED se rozsvítí – na tom by však nebylo nic divného. Stejného výsledku však dosáhnete, když pevně uchopíte každou rukou jeden přípojný vodič. Obvykle bude zapojení fungovat tak, že svit LED bude intenzivnější se vzrůstající silou úchopu. Také můžete vyzkoušet, že mokré ruce vedou elektrický proud mnohem snáz než ruce suché – nemáte se čeho obávat, protože tento důkaz vodivosti lidského těla je bezpečný. **V žádném případě ovšem nezkoušejte experiment napodobovat jakýmkoli jiným způsobem, a už vůbec ne tam, kde by mohlo dojít ke styku se síťovým napětím!**

Poznámka: Čtenáře jistě napadne zcela zásadní otázka – jak je možné, že tranzistor zesiluje? Prozradíme na úvod, že tranzistor je třívrstvá polovodičová součástka, která se skládá z vrstev PNP či NPN (podle tohoto uspořádání se i rozlišují dva typy *bipolárních tranzistorů*, tj. PNP a NPN). To znamená, že každý tranzistor obsahuje dva PN přechody, z nichž je při přiložení napětí ke krajním vývodům vždy jeden pólován v závěrném směru, takže se součástka chová jako nevodič. A jak to uvnitř tranzistoru vypadá? Podívejme se na obrázek níže, ten ukazuje uspořádání tranzistoru PNP. Další vysvětlení se bude týkat pouze typu PNP, ale u typu NPN by bylo zcela analogické, jen by došlo k záměně nosičů náboje.



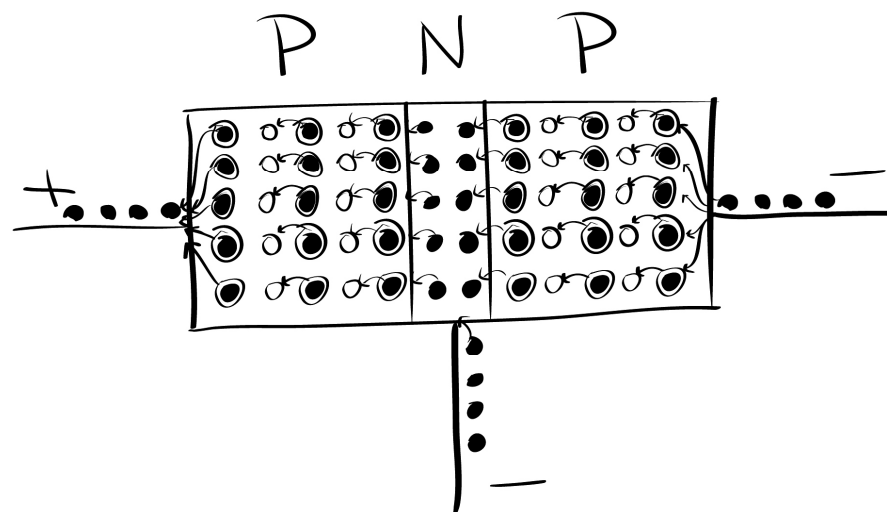
Vnitřní uspořádání PNP tranzistoru (prvotní představa)

Vnitřní uspořádání PNP tranzistoru – hradlová vrstva

Obr. 9 – Diagram vnitřního uspořádání PNP tranzistoru

Prvotní představu o uspořádání PNP tranzistoru ukazuje Obr. 9 vlevo – jenže my již víme, že tak jednoduchá situace není. Na rozhraních mezi vrstvami P a N dochází k rekombinaci elektronů a děr, takže se i ve stavu bez připojeného vnějšího napětí vytvářejí tenké hradlové vrstvy (ty ovšem nejsou zakresleny, protože jsou velmi tenké). Zajímavější je situace, kdy připojíme ke krajním vývodům tranzistoru napětí dle Obr. 9 vpravo. Nezapomejme se nyní tím, co se stane v blízkosti elektrod – již víme, že dojde k rekombinaci elektronů ze záporného pólu zdroje s děrami v P-vrstvě. Podstatná je oblast *báze*, střední vrstvy tranzistoru, která je konstrukčně řešená jako velmi tenký pruh materiálu. Přechod vlevo je pólován v propustném směru, takže kolem něj je jen velmi tenká vyčerpaná vrstva. Přechod vpravo je však

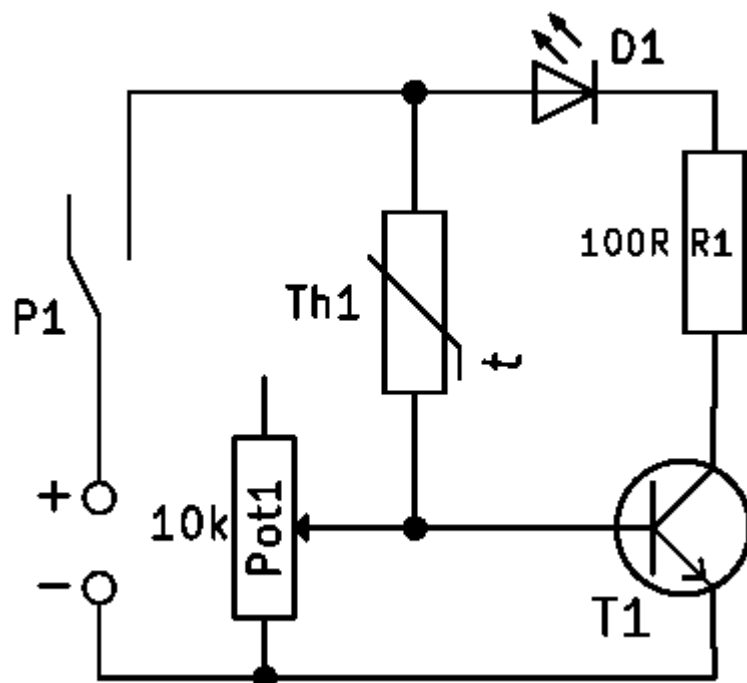
pólován v závěrném směru, takže hradlová vrstva kolem něj se rozšiřuje – elektrony v bázi jsou přitahovány elektrickým polem ke kladnému pólu zdroje, a tím se vyprázdní část báze blíže k zápornému pólu zdroje. Elektrony, které přijdou do pravé vrstvy P ze zdroje rekombinují s děrami a cestují na stranu báze (můžeme také říci, že díry cestují k záporné straně). Výsledná vyprázdněná vrstva je tedy tvořena částí vyčerpané báze a částí pravé P-vrstvy, kde došlo k rekombinaci elektronů a děr – obě části jsou nyní nevodivé. Elektrický proud tedy neteče. A jak se situace změní, když přivedeme na bázi záporné napětí?



Obr. 10 – PNP tranzistor ve vodivém stavu

Přivedeme-li malé záporné napětí na bázi, dojde k tomu, že elektrony proudící otevřeným přechodem báze-*emitor* (to je elektroda vlevo, jíž prochází veškerý proud tranzistoru) zúží hradlovou vrstvu natolik, že elektrony v elektrickém poli mezi emitorem a *kolektorem* (to je „výstupní“ elektroda tranzistoru, kterou teče ovládaný proud) dokážou tuto bariéru překonat a projít skrze zavřený PN přechod. Situaci si můžeme představit tak, že elektrony procházející bází s sebou „strhnou“ mnohem větší množství elektronů procházejících z kolektoru do emitoru. Podstata je v tom, že průchodem proudu obvodem báze-emitor dojde ke snížení potenciálového valu, který stojí v cestě elektronům z kolektoru. Dosud síla působící na elektrony v důsledku elektrického pole mezi emitorem a kolektorem nestačila na to, aby jim umožnila překonat tento val. Jakmile ale prošel obvodem báze-emitor proud, potenciálový val se snížil a umožnil konstantní síle protlačit elektrony na druhou stranu. To má obrovské důsledky – maličkým ovládacím proudem do báze můžeme ovládat mnohem větší proud kolektorem. Tato vlastnost předurčuje tranzistor k zesilování či spínání velkých proudů malými.

5.20. Snímáme teplotu



Dostáváme se k součástce, která dokáže měnit svůj elektrický odpor v závislosti na své teplotě – nazýváme ji *termistor*, tedy teplotně závislý rezistor. To by nebylo nic moc zvláštního – již v předchozích experimentech jsme si prozradili, že velikost odporu látek je závislá na teplotě – ale obvykle se mění jen málo. Termistor je součástka navržená proto, aby velikost změny jejího odporu s teplotou byla definovatelná a obvykle mnohem strmější než u ostatních součástek, kde se naopak snažíme zachovat co možná největší teplotní stálost jejich vlastností.

Využijme hned poznatků o tranzistoru a zapojme jej do obvodu. K zápornému pólu zdroje připojíme emitor tranzistoru T1 typu NPN. Jeho kolektor spojíme s rezistorem R1, jehož zbývající vývod přijde na katodu LED D1. Anodu LED připojíme k přepínači P1, který středním vývodem spojíme s kladným pólem zdroje. V bázi tranzistoru realizujeme dělič napětí sestávající z potenciometru P1 a termistoru Th1, při čemž běžec potenciometru a libovolný vývod termistoru připojíme na bázi, jeden z krajních vývodů potenciometru připojíme na záporný pól zdroje a zbývající vývod termistoru na kladný pól zdroje.

Při přepnutí přepínače P1 se stane jedna ze dvou věcí – buď se rozsvítí LED, nebo se nic nestane – v závislosti na poloze běžce potenciometru. Otáčejte jím tedy tak dlouho, až naleznete bod, kdy se LED právě rozsvěcí. Nastavte potenciometr s co možná největší přesností do tohoto bodu (nechte LED sotva postřehnutelně zářit). Potom zkuste termistor stisknout mezi prsty. Tím jej zahřejete a jak jsme si prozradili – změníte jeho odpor. Tím také změníte dělicí poměr děliče napětí složeného z Pot1 a Th1. A protože jste nastavili napětí právě na hodnotu, kdy se tranzistor otevírá, bude změna jasu LED velmi výrazná i při zahřátí pouhou rukou.

Poznámka: Zbývá nám vysvětlit, na jakém principu termistor mění svůj odpor při změně teploty. Situace je obdobná jako na počátku výkladu o polovodičích – čistý polovodič je sám izolantem, protože neobsahuje nabitě částice, které by se mohly volně pohybovat. Musíme mu „nějak“ pomoci – dodat volné nosiče náboje. To lze pomocí příměsí (viz. příměsové polovodiče), osvětlením (viz. fotodioda), nebo také zvýšením teploty (a to je případ termistoru).



Atomy v krystalové mřížce při vyšší teplotě kmitají divočeji, takže se snáze stane, že elektron, který je obvykle vázaný v chemické vazbě, se dostane do takového stavu, že se elektrickému poli přiloženému ke krystalu podaří vytrhnout jej z jeho původní pozice. Jakmile se elektron uvolní ze sevření vazby, stává se vodivostním elektronem a putuje objemem krystalu ke kladnému pólu zdroje. Na jeho místo se potom může dostat elektron vytržený odjinud z krystalu (můžeme tedy hovořit o tom, že díry cestují k zápornému pólu zdroje). Ze záporného pólu zdroje jsou pak elektrony doplňovány do krystalu.

Ve skutečnosti již zbývá jen jediný způsob, jak vytvořit v polovodiči volné nosiče elektrického náboje, a tím zvýšit jeho vodivost – ozářit krystal ionizujícím zářením. Tímto způsobem se však ve stavebnici zabývat nebudeme.

Na závěr k termistoru: dnes existují termistory dvou základních typů – NTC (Negative Thermal Coefficient) a PTC (Positive Thermal Coefficient). Toto označení rozlišuje, jestli odpor součástky se vzrůstající teplotou také roste (PTC), nebo klesá (NTC). Z předchozího výkladu vyplývá, že odpor by měl s rostoucí teplotou klesat. To je také pravda – tímto způsobem jsou vyrobeny NTC termistory. PTC termistory jsou obvykle v základu keramickými hmotami s oxidy kovů a mají teplotní závislost odporu velmi strmou v oblasti nějaké definované teploty, a to zcela záměrně, aby jich bylo možné použít jako teplotních spínačů.

6. Představují se obvody

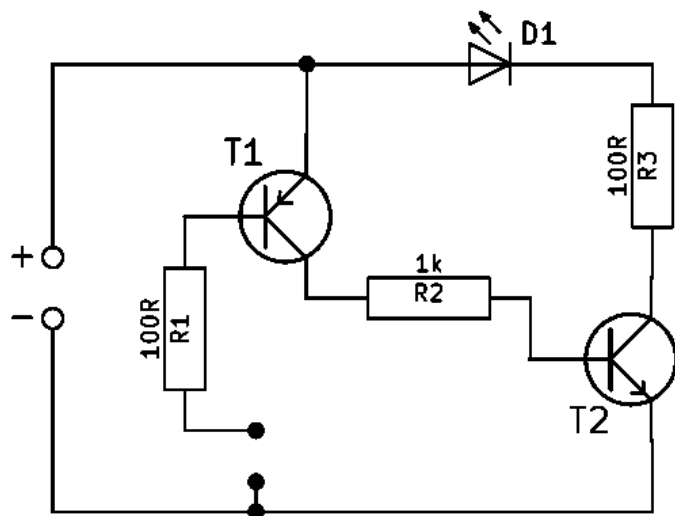
V předchozí kapitole jsme si představili jednotlivé součástky, které v SEEK! naleznete, pomocí reálných zapojení, v nichž se projevovaly jejich vlastnosti. Pokusili jsme se také o jednoduchá vysvětlení principu činnosti součástek, s nimiž jsme přišli do styku – v tom nám hodně pomohla Lady Eleonor Diodová svými glosami. Přece jen však zůstaly součástky, které jsme si ještě nepředstavili. Nikoli opomenutím, ale záměrně. Abychom totiž mohli pohovořit o piezokeramickém elektroakustickém měniči nebo o integrovaném obvodu NE555, musíme nejprve získat poznání principů práce některých obvodů, nikoli pouze samotných součástek. A to je také cílem této kapitoly – opět pomocí praktických příkladů zapojení nabídnout čtenáři některé základní druhy obvodů, s nimiž se v praxi setkáváme. Pokud jste prošli předchozí kapitolou a rozumíte základním principům, máte v ruce jednotlivé kostky – nyní se pojd'me naučit, jak z nich skládat větší celky. Až porozumíte tomuto umění, budete se moci pustit do další kapitoly, která vám již nabízí náměty na složitější obvody, které bychom mohli s trochou drзости nazvat samostatnými zařízeními.

6.1. Tranzistorové zesilovače

Vynález tranzistoru byl obrovským průlomem v oblasti elektroniky. Před jeho objevem se používaly takzvané *elektronky* – skleněné baňky, z nichž byl vyčerpán vzduch. Do vakua uvnitř byly umístěny elektrody různého tvaru a počtu podle zamýšlené funkce součástky. Nejjednodušší elektronkou je dioda, která má dvě elektrody, z nichž jedna je žhavena (samostatný zdroj napětí je připojen ke žhavicímu odporovému vláknu, které zahřívá elektrodu na vysokou teplotu). Z této žhavené elektrody jsou emitovány elektrony (tzv. termoemisi). Když k této elektrodě připojíme záporné napětí a ke druhé elektrodě kladné, jsou emitované elektrony přitahovány ke druhé elektrodě, zatímco jsou ze zdroje doplňovány do žhavené elektrody – tedy teče elektrický proud. Připojíme-li napětí obráceně, jsou emitované elektrony druhou elektrodou odpuzovány, naopak žhavenou elektrodou přitahovány, takže se některé vracejí do materiálu, některé odcházejí do zdroje – proud diodou tedy neteče. Dochází k usměrňovacímu efektu. Dioda-elektronka je tedy funkční obdobou polovodičové diody. Obdobou tranzistoru je *trioda* – elektronka se třemi elektrodami (žhavenou katodou, anodou a mřížkou mezi nimi). Střední elektroda – mřížka – může řídit množství elektronů, které projdou ke druhé elektrodě – čím vyšší záporné napětí na ni aplikujeme, tím větší překážku mřížka klade průchodu proudu. Tím dochází k zesílení efektu – malým napětím na mřížce můžeme řídit mnohem větší napětí mezi krajními elektrodami.

Elektronky však mají řadu nevýhod – mezi ty největší patří velký rozměr a mechanická choulostivost (jsou to baňky z tenkého skla s jemnými elektrodami), nutnost žhavení (musí být přítomen zdroj pro žhavení, roste spotřeba), relativně malé proudy, ... Tranzistory tyto nedostatky eliminují – jsou malé, výkonné, mají nízkou spotřebu a ještě mnohem více. Pojd'me je prozkoumat!

6.1.1. Dvoustupňový zesilovač



Když si vzpomeneme na naše zkoumání tranzistorového jevu z experimentu 5.19., uvidíme zde velmi podobné schéma zapojení. Rozdíl je v tom, že oproti předchozímu zapojení jsou použity tranzistory dva – T1 typu PNP a T2 typu NPN. Výstupní signál opět indikuje LED D1, která svítí pouze tehdy, když je na bázi T2 přítomno kladné napětí. To se sem může dostat přes R2 z kolektoru T1, ale jen tehdy, když na bázi T1 přivedeme napětí záporné. To se tam dostává přes R1 a cokoli, co připojíte mezi naznačené přípojný body – například skrze vaše tělo. Rozdíl v chování oproti jednotranzistorovému zesilovači spočívá v citlivosti obvodu. Vzpomeňte si na to, že v předchozím zapojení jste museli vodiče z přípojných bodů tisknout pevně, aby LED svítila naplno. Ve dvoutranzistorovém zesilovači je signál zesilován dvakrát, takže pro plné rozsvícení LED stačí mnohem letmější dotek vodičů.

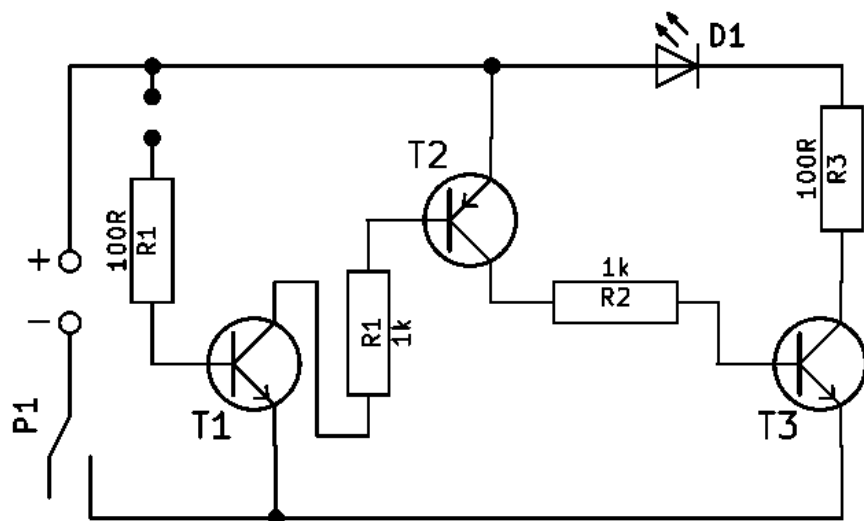
Poznámka: Vícestupňové zesilovače fungují tak, že výstup jednoho stupně je navázán přes nějakou vazbu (odporovou, kapacitní,

induktivní) na vstup druhého stupně. Takto na sebe lze vršit tranzistory za účelem zvýšení zesílení. Kupříkladu zesilovací činitel jediného tranzistoru může být řádově stovky. U dvou tranzistorů to mohou být tisíce a desetitisíce. A vršíte-li tranzistory dále, dostáváte až absurdně vysoká zesílení, kterými nejprve úspěšně vyloučíte jakýkoli jiný stav než zapnuto/vypnuto, a poté docílíte toho, že i nepatrné příčné proudy vstupními součástkami způsobí plné otevření stupně výstupního.

Této vlastnosti (obrovské zesílení, tedy výstup nabývající prakticky jen dvou hodnot) se využívá v takzvaných *operačních zesilovačích*. To jsou obvody, které byly původně vymyšleny za účelem realizace matematických operací, odtud také jejich název. Dnes se však tyto velmi univerzální obvody používají v řadě zapojení a díky důmyslné konstrukci umíme jejich zesílení v řádu statisíců pohodlně řídit tzv. *zpětnou vazbou*. Užívají se tedy jako nízkofrekvenční zesilovače (první stupně zvukových zesilovačů s velikou citlivostí), jako komparátory (obvody, jejichž výstupní úroveň – jedna ze dvou – se řídí porovnáním velikosti dvou napětí přivedených na vstupy), jako diferenční zesilovače (zesilují rozdíl napětí mezi dvěma vstupy), integrátory (integrují elektrický proud v čase – jsou hlavní součástí měřicích přístrojů atd.), ... Aplikací operačních zesilovačů je mnoho. V dnešních dobách se však již nepoužívají OZ (to je obecně používaná česká značka, v angličtině se setkáte se zkratkou „Op-Amp“ – operational amplifier) ze samostatných součástek. Obvody jsou integrovány do jediného pouzdra a jejich vlastnosti předčí zesilovače ze samostatných součástek.



6.1.2. Třístupňový zesilovač



Již známým způsobem přidáme ke stávajícímu dvoustupňovému zesilovači ještě jeden vstupní stupeň. Opět připojíme T1 kolektorem na bázi T2 a emitor T1 přijde na záporný pól zdroje. Povšimněme si, že v tomto zapojení se typ tranzistorů musí střídát. Existuje i zapojení, kde jsou použity pouze tranzistory jediného typu. Změna spočívá v tom, že připojujeme „sudé“ tranzistory (místo tranzistorů opačného typu) trochu jiným způsobem – toto zapojení si také později ukážeme.

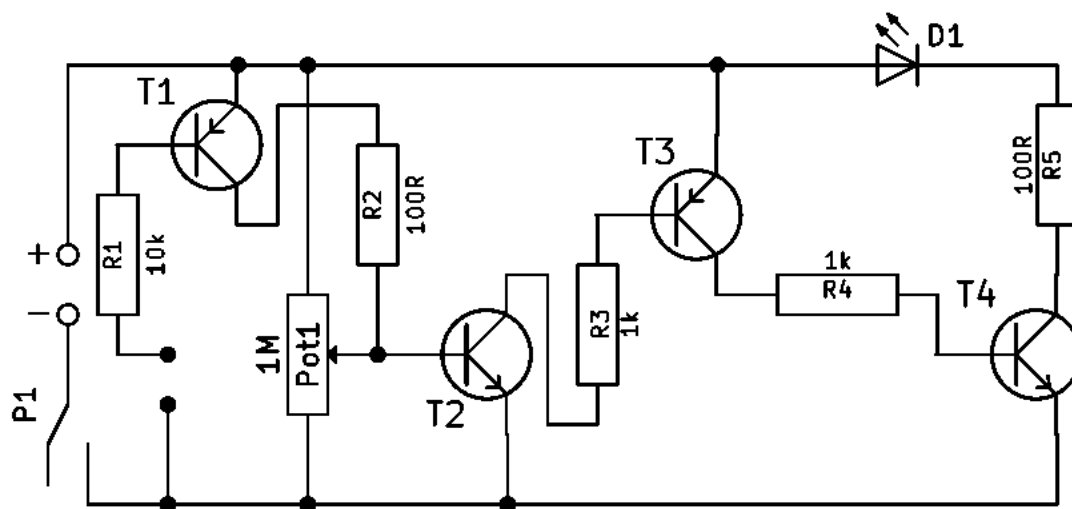
Tento obvod vykazuje zajímavé vlastnosti – nejenže bude velmi spolehlivě signalizovat plným svitem LED již velmi lehký dotyk obou přípojných vodičů, ale dokonce bude nejspíše indikovat i pouhý dotyk vodiče vedoucího z báze T1 přes rezistor R1 (aniž byste se dotýkali druhého). Vyzkoušejte také chování obvodu, když budete držet vodič spojený s rezistorem R1 a budete třeba šoupat

nohama v nějaké obuvi po podlaze, nebo třít plastové pravítko či sáček o svůj oděv. Velmi pravděpodobně budete moci pozorovat, jak LED bliká v rytmu vašich pohybů – na základě tohoto výsledku můžeme soudit, že třístupňový zesilovač spolehlivě vnímá i elektrostatický náboj.

Poznámka: Tento experiment nám ukazuje, že nezáleží na tom, odkud se vezme náboj v bázi tranzistoru – dosud jsme byli zvyklí, že volné nosiče elektrického náboje proudily do báze ze zdroje přes nějakou součástku či předmět. Zde ukazujeme, že elektronické obvody jsou ovlivňovány nejen vlastním zapojením a parametry součástek, ale také vnějšími vlivy. Proto musíme leckdy věnovat velkou pozornost nejen logice obvodu, ale i jeho fyzické podobě. V případě slabých signálů a velmi citlivých vstupních obvodů je třeba zařízení opatřit *stíněním* (obvykle kovové pouzdro a drátěné oplety přívodních vodičů). Jindy je třeba mít na paměti i takřka exotické vlastnosti elektrického proudu, který při vyšších frekvencích prochází spíše povrchem těles, než jejich objemem (proto třeba součástky pro vysokofrekvenční techniku musí mít velmi kvalitní povrchovou vrstvu), a co hůř, na dlouhých spojovacích cestách v plošných spojích nebo z dlouhých vývodů součástek dochází k vyzařování elektromagnetických vln. Proto jsou například tvary a délky spojů ve vysokofrekvenční technice kritické pro funkci obvodu a je třeba je mít na zřeteli.



6.1.3. Čtyřstupňový zesilovač



Poslední zapojení z naší „honby za zesílením“ – opět můžeme ponechat zapojení třístupňového zesilovače a přidáme ještě jeden vstupní stupeň s tranzistorem T1 a rezistorem R1. Povšimněme si však jedné podstatné změny – mezi prvním a druhým stupněm je v bázi T2 zapojen dělič napětí Pot1. Můžete jej zkusit odpojit – výsledkem ale bude trvalý svit LED, protože zesílení této soustavy je již tak velké, že i různé parazitní proudy vstupními součástkami, kterým v reálné součástce oproti její idealizaci ve schématu a úvahách nemůžeme zcela zabránit, způsobí plné otevření koncového stupně zesilovače. Proto musíme tento jev kompenzovat – kdybychom však zapojili Pot1 již před první stupeň zesilovače, snížili bychom citlivost celého zařízení,

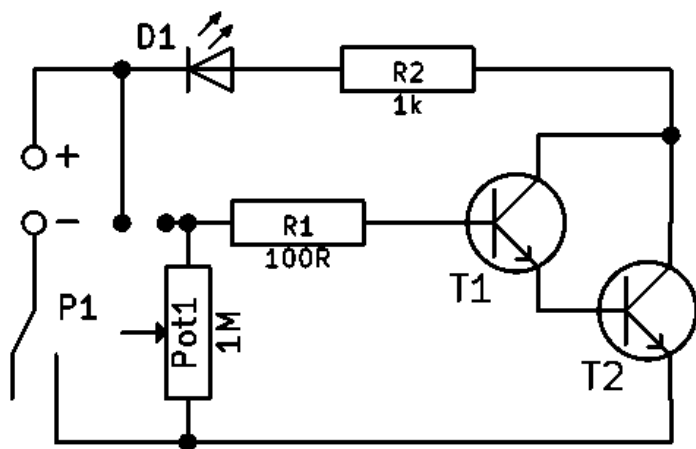
protože příčný proud děličem napětí by byl v porovnání s proudy potenciálně zaznamenanými tímto obvodem velký.

Po zapnutí obvodu nastane jeden ze dvou případů – buď nepozorujeme žádnou změnu (LED nesvítí), nebo se LED rozsvítí naplno. Ať tak či tak, snažte se nedotýkat žádné části obvodu a příliš se nepohybovat, opatrně nastavte potenciometrem Pot1 co možná nejpřesnější bod, kde se LED začíná rozsvěcet. Nejspíše budete pozorovat, že svit LED v různém rytmu lehce kolísá – tomu nezabráníme, jelikož kolem nás je množství elektrických (přesněji elektromagnetických) rušení. S tímto obvodem si potenciálně užijete mnoho zábavy, když jej dobře nastavíte – jeho chování je těžko předpověditelné, ale leckdy reaguje na váš pohyb (díky tření a následnému vzniku elektrostatického náboje), na pohyb plastových předmětů, s nimiž manipulujete (pravítko, které se otře o vaše tělo a jímž hbitě zamáváte v nějaké vzdálenosti od přípojných vodičů, atd.), bude reagovat také na elektrické výboje (piezoelektrické zapalovače, paralyzéry, vypínání/zapínání elektrospotřebičů, atd.).

Poznámka: Do vstupu tohoto zesilovače můžete zapojit leccos – jen to musí mít obrovský odpor, řádově megaohmy i desítky megaohmů. Když to zkusíte třeba s LED zapojenou v závěrném směru (a opět pomocí Pot1 nastavíte bod zlomu), zjistíte, že i pomocí LED můžete detekovat světlo – zkuste ji po nastavení bodu zlomu osvětlit, D1 se rozsvítí!



6.1.4. Darlingtonovo zapojení



na zdroj a z emitoru odebíráme výstupní signál. Povšimněme si ještě Pot1 v bázi T1 – ten spolu s naším tělem, které připojíme k přípojným bodům, tvoří dělič napětí. Nebýt jej, LED svítí i při nepřipojené bázi.

Toto zapojení má některé význačné vlastnosti, pro které se dokonce vyrábí dvojice tranzistorů v jediném pouzdře se třemi vývody – kolektor je vyveden ze spojení obou kolektorů T1 i T2, emitor je vyveden z emitoru T2 a báze je vyvedena z báze T1. Taková Darlingtonova dvojice má veliké proudové zesílení, ale potřebuje větší otevírací napětí, hodí se proto k aplikaci v koncových stupních zesilovačů.

Poznámka: Na závěr povídání o tranzistorových zesilovačích je třeba ještě říci, že naše obvody jsou skutečně pouze pro zábavu – mohou fungovat i v zařízeních, a skutečně také fungují. Na profesionální úrovni je však pro optimální výsledky zesilovačů (velikost zesílení, omezení zkreslení, stabilita zesilovače, ochranná kritéria, ...) třeba lámat si s návrhem zapojení hlavu více. Každému tranzistoru se nastavuje tzv. *pracovní bod* pomocí rezistorů zapojených ve všech jeho vývodech proti pólům zdroje, berou se v úvahu jevy, které se v tranzistorech projevují, a které jsou již nad rámec této příručky (mezní přenosová frekvence, teplotní drift, parazitní kapacity a indukčnosti, ...).



6.2. Logické obvody

Ve dnešním světě jsme obklopeni množstvím elektroniky. Tak tomu ovšem je již několik desetiletí. Nelze si ale nepovšimnout trendu, který je stále silnější – tam, kde kdysi byla hrstka samostatných součástek, je dnes řada logických obvodů, které zastávají podobnou funkci, ale mají oproti předchozím konstrukcím různé výhody (ale i nevýhody). Dnes již i v těch nejobyčejnějších zařízeních nalezneme digitální elektroniku – podívejte se do přenosného radiopřijímače, MP3 přehrávače, lednice s displejem na regulaci teploty, indukčního vařiče, ... Všude tam se již dnes nachází logické obvody. Proto věnujeme následující část příručky výkladu základních principů logických obvodů.

Pojďme si nejprve povědět něco o logice jako takové. V řeči logikou obvykle míníme sled implikací (*implikace* je vztah „vyplývání“ – např. výrok „Ten tranzistor je horký, z toho vyplývá, že jím prochází veliký proud!“ můžeme říci jinak: „Vysoká teplota toho tranzistoru implikuje, že jím prochází veliký proud!“). Například když muž urazí ženu, dostane facku – o takové reakci pozorovatel řekne, že byla logická. Tím vyjadřuje, že chápe implikaci „urážka => trest“. Naopak, když se muž ničím neprovinil, a přesto je po návratu ze zaměstnání přivítán fackou, prohlásí, že ženina reakce byla nelogická. Z hlediska vědy je však logika oborem výroků a jejich *pravdivostní hodnoty*. Třeba výrok „Pozadí této stránky je modré.“ má pravdivostní hodnotu „nepravda“ (obvykle značíme „0“), naproti tomu výrok „Písmo této stránky je černé.“ má pravdivostní hodnotu „pravda“ (obvykle značíme „1“). S výroky můžeme i operovat *logickými operátory* – například „negace“, „a“, „nebo“ a dalšími. Takový složený výrok má také svou pravdivostní hodnotu. Třeba výrok „Pozadí této stránky je bílé a písmo této stránky je modré.“ není pravdivý, má tedy pravdivostní hodnotu 0. Třebaže první část výroku je pravdivá, spojka „a“ vyžaduje, aby pravdivé byly obě části, jinak nemůže být pravdivý složený výrok.

Ve výrokové logice nám velmi pomohou tabulky, do nichž zapisujeme pravdivostní hodnoty (nikoli samotné výroky). Označme vstupní proměnné A, B. Poté označme *logickou funkci* Y. Pro jednoduchost začneme příkladem $Y = \text{NOT } A$. Tím říkáme, že hodnota logické funkce Y je negace proměnné A. Kupříkladu: Máme-li výrok „Slečna se usmívá.“ a slečna se neusmívá, je jeho pravdivostní hodnota $A = 0$. Pak $Y = \text{NOT } A = 1$. Je-li výrok třeba „Na Slunci není led.“, pak $A = 1$ a $Y = \text{NOT } A = 0$. Kdybychom chtěli pro logickou funkci $Y = \text{NOT } A$ sestavit tabulku pravdivostních hodnot, vypadala by takto:

A	NOT A
0	1
1	0

Tabulky pravdivostních hodnot můžeme sestavovat pro libovolné logické funkce – třeba s patnácti vstupními proměnnými – ale jejich rozměry jsou potom obří, protože mají 2^n řádků, kde n je počet vstupních proměnných.

A	B	A AND B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

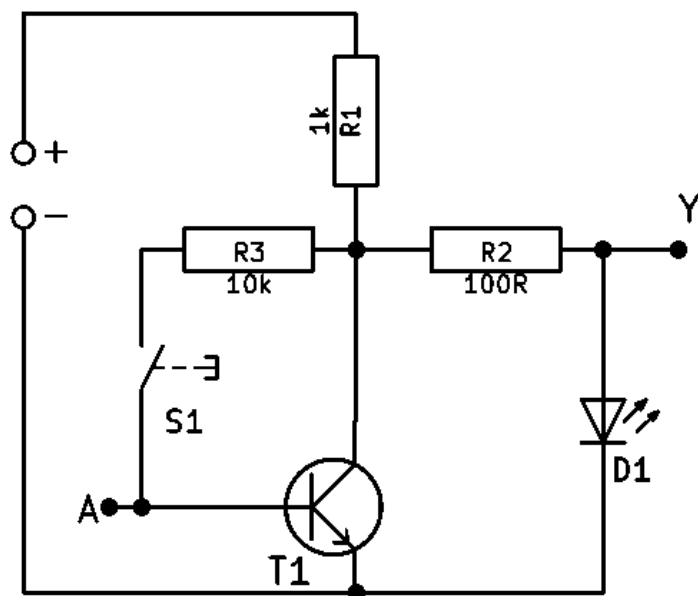
V tabulce výše se můžete podívat, jak vypadají pravdivostní hodnoty logické funkce $Y = A \text{ AND } B$. Mezi další logické operátory patří například OR, NOR, XOR, NAND a další – v této sekci příručky si je postupně představíme, a co víc – realizujeme je pomocí stavebnice. Než se do toho ale pustíme, musíme si prozradit, jakou souvislost má logika a elektronické obvody.

V logice operujeme se dvěma (pravdivostními) hodnotami – „pravda“ a „nepravda“ – stejně tak v elektronice můžeme operovat se dvěma stavy – „je napětí“ a „není napětí“. Přesněji tedy „je nízké napětí“ a „je vysoké napětí“ – jak jsme již zjistili, díky úbytkům napětí na součástkách a prahovým napětím je na nějaké součástce málokdy úplná nula. Díky této myšlence vznikla TTL (Transistor-Transistor Logic) – tranzistorově-tranzistorová logika. To je specifikace vzájemné komunikace obvodů, které se výrobci po dlouhou dobu drželi a dodnes v mnoha obvodech drží (přibývá ale těch, které se jí nedrží, protože požadavky na snižování příkonu a miniaturizaci součástek jsou stále přísnější). Ve specifikaci TTL je za „nízkou“ úroveň (anglické označení „low“) považováno napětí 0–0,8 V na vstupu a 0–0,3 V na výstupu. Za „vysokou“ úroveň (anglické označení „high“) je považováno napětí 2–5 V na vstupu a 2,7–5 V na výstupu. Obvod, který splňuje tyto podmínky, může tedy být prohlášen za obvod TTL.

Obvodům, které realizují základní logické funkce (NOT, AND, NAND, OR, NOR aj.) říkáme *hradla*. Ve dnešních dobách jsou hradla obvykle v jediném pouzdře, dokonce po více kusech, ale historicky byla realizována ze samostatných součástek. A protože SEEK! obsahuje potřebné součástky, i my si některá základní hradla postavíme. Budeme si jen muset úvodem říci, co budeme považovat za „0“, co za „1“ a jak to budeme signalizovat.

V našich logických obvodech budeme měřit napětí vždy proti zápornému pólu zdroje. Když tedy budeme hovořit o tom, že na výstupu obvodu je nízký stav (nebo také 0), bude to znamenat, že napětí mezi výstupem a záporným pólem zdroje je někde mezi 0 V a 0,3 V. Naopak, budeme-li hovořit o vysokém stavu (nebo také 1), bude mezi výstupem a záporným pólem zdroje napětí mezi 2,7 V a 5 V. Vstupní napětí budeme přivádět na místa k tomu určená přímo tlačítky se sériovým rezistorem. Vždy ovšem bude platit, že tlačítko s rezistorem si můžeme z obvodu odmyslet a uvažovat otevřený vstup, na který přivedeme signál z jiného TTL zařízení. Výstupní úroveň místo měření napětí budeme indikovat pomocí LED – při nízké úrovni výstupu bude LED zhasnutá, při vysoké úrovni bude LED svítit. Nyní pojďme experimentovat!

6.2.1. Hradlo NOT (invertor)



Na první a nejjednodušší hradlo – hradlo NOT zvané také *invertor*, protože obrací (invertuje) vstup na opačnou pravdivostní hodnotu – postačí jediný tranzistor typu NPN. Obvykle by na přípojně místo označené A přicházel vstupní signál. V našem zapojení je na toto místo připojeno ještě tlačítko S1 s rezistorem R3, které slouží jako testovací. Není-li tlačítko stlačené, je na vstupu stav 0. Zmáčkne-li tlačítko, dostane se přes R1, R3 a S1 na vstup A kladné napětí, realizujeme tedy vstupní stav 1. Výstupní napětí pak odebíráme obvykle z přípojněho místa Y. V našem případě indikuje výstupní stav LED D1, která svítí při stavu 1 a je zhasnutá při stavu 0.

Tabulka pravdivostních hodnot pro funkci NOT vypadá následovně:

A	NOT A
0	1
1	0

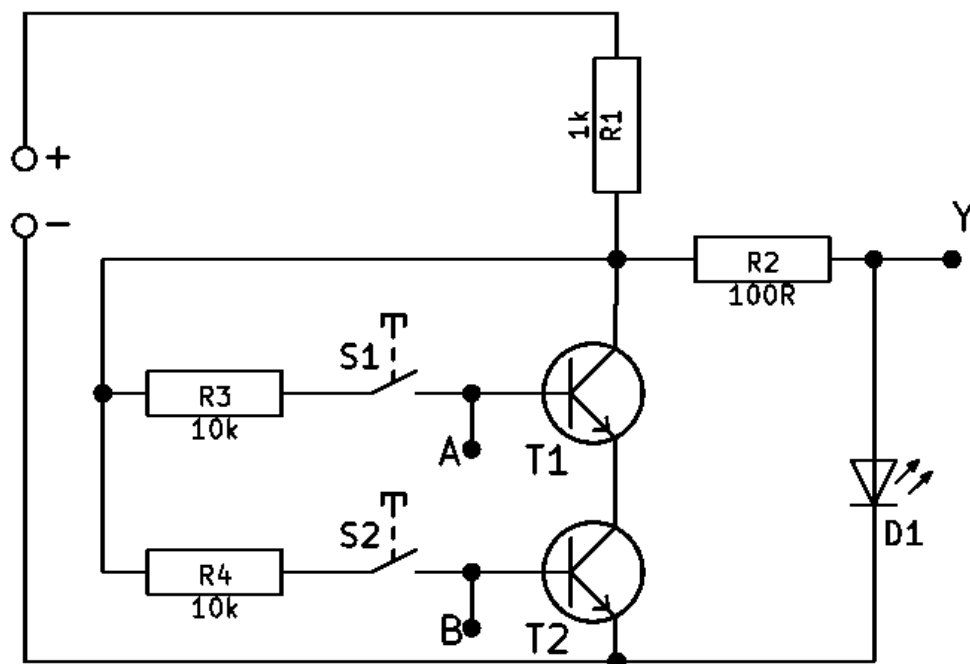
Poznámka: Obvod na obrázku ve skutečnosti nebude splňovat specifikace TTL, protože k jeho výstupu je připojena LED. Jakmile se výstup dostane na úroveň 1, LED se rozsvítí díky R1 a R2 (T1 je v tuto chvíli zavřený). Jenže tím na ní také vznikne úbytek napětí kolem 1,6 V, což je jen o málo více než její prahové napětí. Protože je ale připojena paralelně k výstupu, bude toto napětí také výstupním napětím obvodu – ale specifikace TTL by vyžadovala při logické 1 výstupní napětí 2,7 V–5 V.

Z tohoto pozorování plyne jedno důležité uvědomění – ve většině obvodů máme snahu o co možná nejvyšší vstupní odpor (abychom co možná nejméně zatěžovali vstupní obvod), ale co možná nejmenší výstupní odpor (aby náš obvod udržel požadované napětí i při vyšším proudovém zatížení). Tyto jednoduché logické obvody nemají z tohoto hlediska příliš dobré vlastnosti – jsou skutečně pouze modely hradel. Skutečná hradla jsou složitější, aby mohla dosáhnout zmíněných vlastností.

A kde že je zbytek napětí zdroje, když na D1 je kolem 1,6 V? Průchodem proudu rezistory R1 a R2 na každém z nich vzniká nějaký úbytek napětí – je-li na LED 1,6 V, zbývá na rezistory 5 V (napětí zdroje) - 1,6 V (úbytek na LED) = 3,4 V.



6.2.2. Hradlo NAND



Dalším jednoduchým logickým hradlem je hradlo NAND (tedy NOT AND). Toto hradlo již má dva vstupy, A a B. Výstup je ovšem stále jediný, vždy jej budeme značit Y. I pro toto hradlo platí, že pro obvyklé použití chybí S1, S2, R3, R4 a LED D1, my je však do zapojení přidáme kvůli testování vstupů a indikaci výstupní úrovně.

Tabulka pravdivostních hodnot pro hradlo NAND vypadá takto:

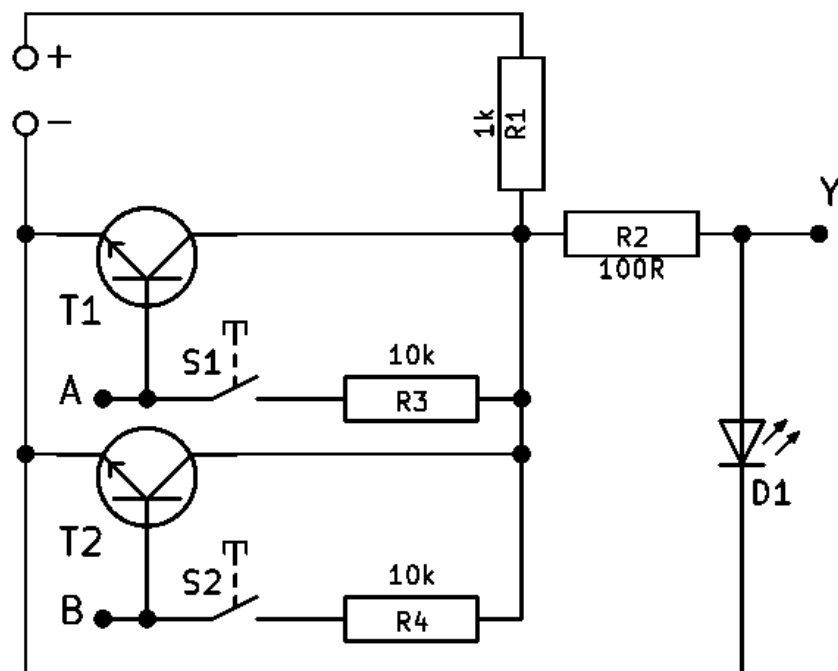
A	B	A NAND B
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

AND? To proto, že z hlediska součástek je realizace hradla NAND jednodušší, a to je také důvod, proč jsou hradla NAND i rozšířenější než AND.

Poznámka: Pro klid čtenářovy duše pojďme jednoduše vysvětlit, jak hradlo NAND pracuje. Musíme probrat všechny možné stavy vstupu. Není-li na vstupy přivedeno žádné napětí ($A = 0$, $B = 0$), jsou oba tranzistory zavřené. Na výstup se tedy dostává kladné napětí přes R1 a R2, takže LED svítí ($Y = 1$). Přivedeme-li napětí pouze na jeden ze vstupů ($A = 1$ a $B = 0$ či $A = 0$ a $B = 1$), je vždy jeden tranzistor otevřen a jeden uzavřen – protože jsou ale tranzistory zapojeny „sériově“ (jejich obvody emitor-kolektor tvoří sérii, báze jsou nezávislé), tato dvojice tranzistorů jako celek stále proud nevede a výstup je tedy ve stavu $Y = 1$. Poslední případ, kdy na vstupy obou tranzistorů přivedeme kladné napětí ($A = 1$, $B = 1$) se však liší. Oba tranzistory se otevrou, takže stáhnou napětí výstupu téměř k nule (ve skutečnosti na nich je nějaký malý úbytek napětí, ale velká většina úbytku náleží rezistoru R1) – a toto napětí nestačí k rozsvícení LED, takže stav výstupu je $Y = 0$.



6.2.3. Hradlo NOR



Nyní si představíme poslední z nejjednodušších základních hradel – hradlo NOR (NOT OR). Proč je poslední? To proto, že k vytvoření tzv. úplného systému logických funkcí potřebujeme funkce NOT, AND a OR. To znamená, že z těchto základních kamenů již poskládáme jakoukoli jinou logickou funkci (třeba i takové, které mají na vstupu velký počet proměnných a určení výstupu je značně netriviální). Jak je možné, že nám stačí NOT, NAND a NOR, když jsme prohlásili, že úplný systém tvoří NOT, AND a OR? Odpověď je nasnadě – hradla totiž lze kombinovat, takže z NOT a AND snadno vyrobíme NAND, ale také z NAND a NOT snadno vyrobíme AND.

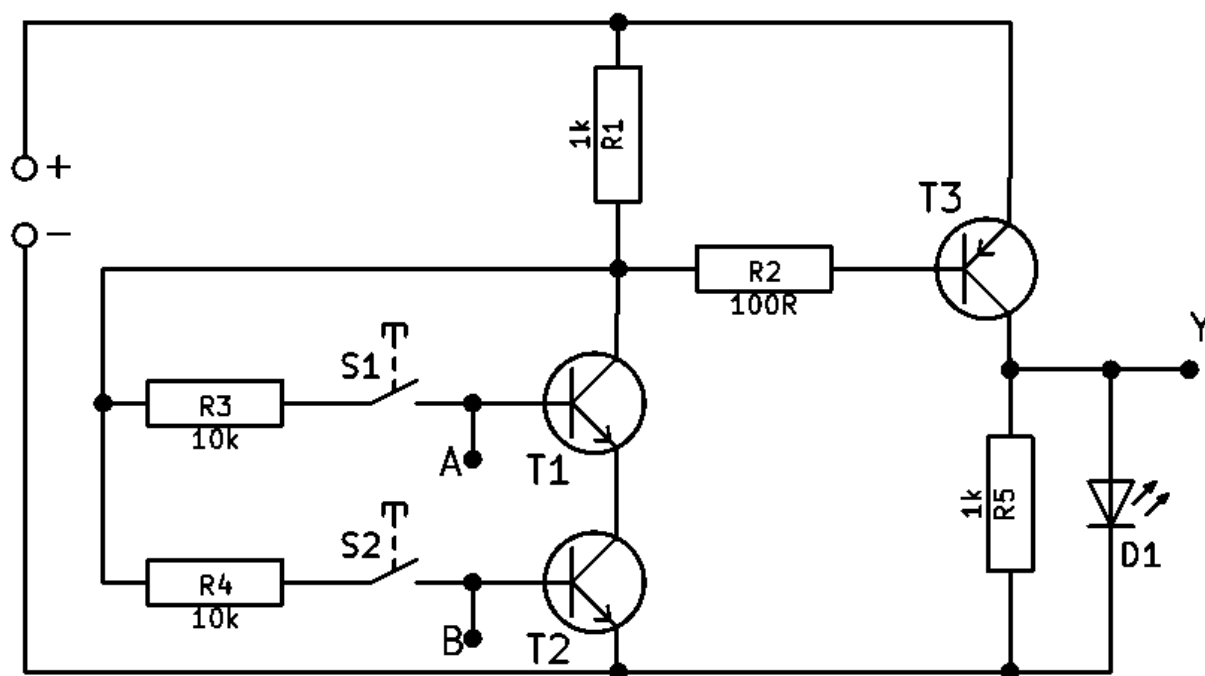
Tabulka pravdivostních hodnot pro hradlo NOR bude vypadat takto:

A	B	A NOR B
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Poznámka: Bystrý čtenář již s předchozími zkušenostmi snadno nahlédne, jak pracuje hradlo NOR. Pojdme si však pro úplnost projít jednotlivé stavy vstupu. Je-li na A i B úroveň 0, jsou oba tranzistory zavřené. Na výstup Y se tak dostává kladné napětí přes R1 a R2 (tedy $Y = 1$). V tomto stavu tedy LED svítí. Přivedeme-li napětí na kterýkoli vstup (tedy $A = 1, B = 0$ či $A = 0, B = 1$), otevře se jeden z tranzistorů, čímž stáhne napětí na výstupu téměř k nule, takže $Y = 0$. A konečně, pokud přivedeme napětí na oba vstupy ($A = 1, B = 1$), jsou oba tranzistory otevřené, takže situace na výstupu je ekvivalentní – napětí poklesne téměř k nule, tentokrát skrze oba tranzistory, takže na výstupu je opět stav $Y = 0$ a LED je zhasnutá.



6.2.4. Hradlo AND



Dostáváme se k prvnímu hradlu kombinovanému. Existuje více způsobů, jak realizovat pomocí samostatných součástek hradlo AND, ale pro stavebnici jsme vybrali ten, který obsahuje jako základ hradlo NAND, jehož výstup je potom přiveden na vstup hradla NOT.

Jak to vypadá s pravdivostními hodnotami?

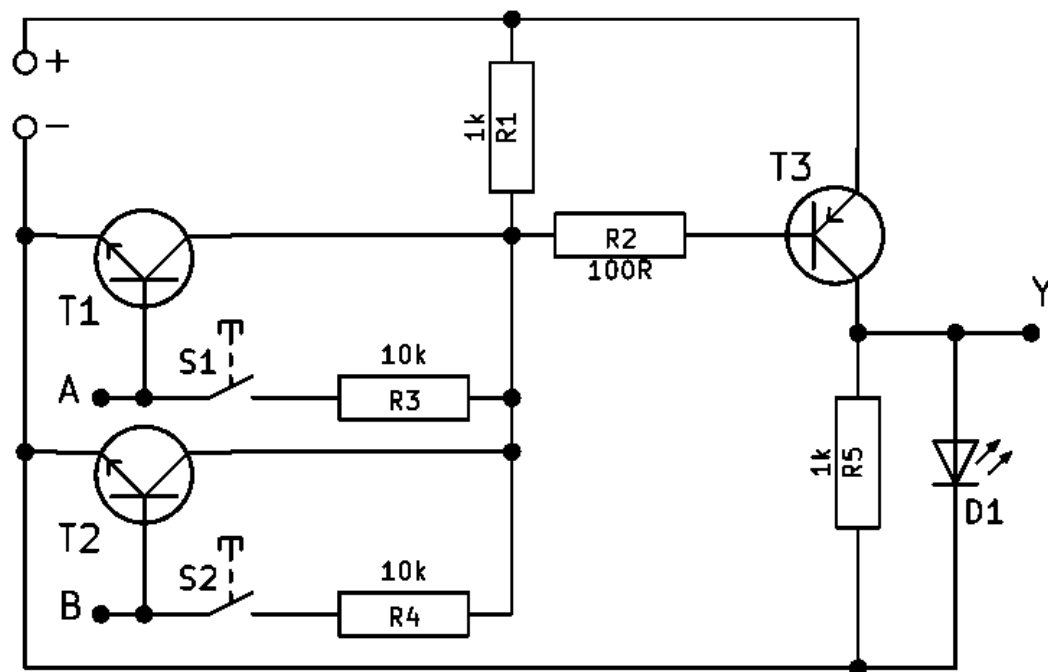
A	B	A AND B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Poznámka: Pozorný čtenář si jistě povšimne tranzistoru T3 typu PNP použitého ve funkci invertoru. V praxi by i zde byl spíše tranzistor NPN, takže výsledné schéma by bylo skutečně kombinací schémat pro hradla NOT a NAND. Toto zapojení si můžete bez obav vyzkoušet, pokud máte k dispozici dvě sady SEEK! – jednoduše použijete ze druhé sady třetí tranzistor typu NPN. Chcete-li však hradlo AND realizovat s jedinou sadou SEEK!, držte se schématu na obrázku výše.

Princip funkce hradla AND je prostý. Jsou-li oba vstupy ve stavu 0 ($A = 0$, $B = 0$), jsou oba tranzistory T1 a T2 zavřené. Tím pádem se na bázi T3 dostává kladné napětí přes R1 a R2. Díky tomu je i T3 zavřený (je typu PNP, potřebuje tedy k otevření záporné napětí na bázi!) a na výstupu tedy je záporné napětí díky R5. D1 tedy nesvítí, výstup je ve stavu $Y = 0$. Tento stav zůstává i přivedeme-li napětí na jediný vstup ($A = 1$, $B = 0$ či $A = 0$, $B = 1$), protože stejně jako v hradlu NAND jsou obvody emitor-kolektor tranzistorů T1 a T2 v sérii, na bázi T3 tedy zůstává kladné napětí. Situace se změní teprve tehdy, když přivedeme napětí na oba vstupy ($A = 1$, $B = 1$). Pak se T1 a T2 otevřou a stáhnou bázi T3 k nulovému napětí – T3 se tedy otevírá a stav výstupu je $Y = 1$.



6.2.5. Hradlo OR



Představme si nyní hradlo OR, které opět je obvykle realizováno pomocí dvojice hradel NOR a NOT. Abychom dokázali hradlo OR sestavit s jedinou sadou SEEK!, opět použijeme na místě invertoru tranzistor typu PNP. Část schématu náležící hradlu NOR pak zůstává zachována.

Tabulka pravdivostních hodnot tentokrát bude vypadat takto:

A	B	A OR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Poznámka: Funkci tohoto hradla vyložíme opět pomocí rozboru všech možných kombinací hodnot vstupních proměnných. Pokud na žádném ze vstupů není napětí ($A = 0$, $B = 0$), jsou tranzistory T1 i T2 zavřené. Na bázi T3 se tedy dostává přes R1 a R2 kladné napětí, díky čemuž je i T3 zavřený. LED tedy nesvítí, výstupní úroveň je $Y = 0$. Pakliže na kterýkoli ze vstupů přivedeme napětí ($A = 1$, $B = 0$ či $A = 0$, $B = 1$), otevře se příslušný tranzistor T1 nebo T2. Tím stáhne bázi T3 k takřka nulovému napětí, v důsledku čehož se T3 (který je typu PNP!) otevře. Tím se na výstupu objeví kladné napětí, a tedy $Y = 1$. Pokud přivedeme napětí na oba vstupy ($A = 1$, $B = 1$), otevřou se oba tranzistory T1 a T2. To způsobí stejný efekt – báze T3 se dostává na téměř nulové napětí, což otevírá T3, a tím pádem je výstup $Y = 1$.



6.3. Klopné obvody

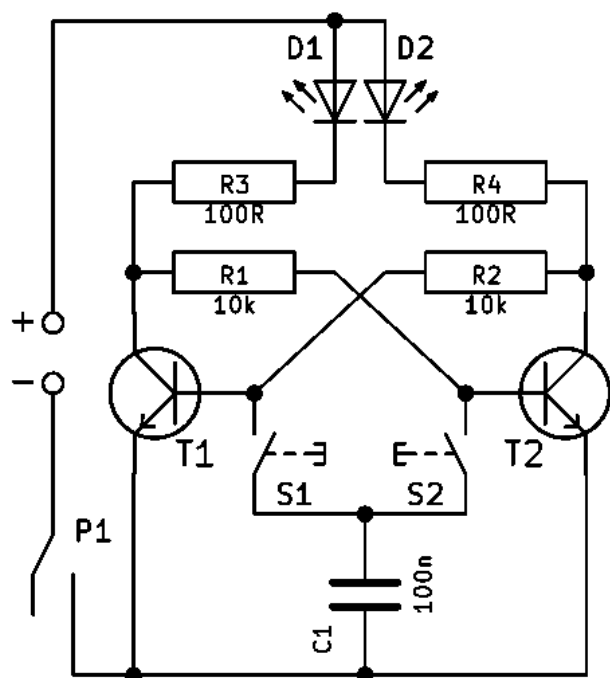
Klopný obvod, v angličtině *flip-flop*, jinak také *multivibrátor*, je takové zapojení, jehož výstup nabývá pouze dvou hodnot, a ty se mění skokově (to znamená, že ve výstupu se neobjevuje stav mezi oněmi dvěma, tedy až na přechodové jevy, které trvají po velmi krátkou dobu). Pokud vám tato definice připomíná logické obvody, nemýlíte se – i výstupy klopných obvodů se označují za nízký (low, 0) a vysoký (high, 1). Rozdíl je však v tom, že logický obvod má výstup definovaný vstupem – a trvá právě tak dlouho, jak dlouho trvá daná kombinace vstupů. Například chci-li mít na výstupu hradla NOT stav 0, musím přivést na vstup kladné napětí (stav 1) – a držet jej tam tak dlouho, dokud si přeji mít na výstupu stav 0. Jakmile napětí ze vstupu odpojím, vrátí se výstup do stavu 1. Klopné obvody výstupní stav drží do jisté míry časově nezávisle na vstupu – některé jej drží libovolně dlouho po příchodu řídicího impulzu, jiné jej drží po nějaký definovaný čas po příchodu impulzu, a ještě jiné výstupní stav střídají v definovaném intervalu samy od sebe, bez vstupu. Pojdme si prozradit několik základních informací o klopných obvodech – prozatím se omezíme na klopné obvody sestávající ze samostatných součástek, v další části kapitoly potom pohovoříme i o klopných obvodech integrovaných do jediného pouzdra.

Hlediskem pro dělení klopných obvodů může být počet jejich *stabilních stavů* – tedy stavů, které vydrží libovolně dlouho, až do příchodu řídicího signálu.

- **Bistabilní klopný obvod** – má dva stabilní stavy, ke změně výstupu je tedy třeba přivést na příslušné místo vstupní signál, a to v obou případech a na různá místa (na jedno místo ke změně 0 -> 1, na jiné místo ke změně 1-> 0). Často se nazývá *RS klopný obvod* (z anglického Reset-Set).
- **Monostabilní klopný obvod** – má jeden stabilní stav, v němž obvod setrvá do příchodu řídicího impulzu, a jeden nestabilní stav, v němž obvod setrvá po nějakou dobu po příchodu impulzu, a poté se sám překlápí zpět do stabilního stavu.
- **Astabilní klopný obvod** – nemá žádný stabilní stav. Výstup se střídá po definovaných časových intervalech (je možné určovat dobu vysokého i nízkého stavu nezávisle na sobě) samočinně.

Kromě zmíněných typů existují ještě další klopné obvody, které se využívají ve funkci časovačů, generátorů impulzů (signálů obdélníkového průběhu, s úpravami obecně generátorů funkcí), pamětí, atd. Pojdme se tedy podívat na některé klopné obvody v praxi.

6.3.1. Bistabilní klopný obvod



Po jednoduchých tranzistorových zesilovačích a logických obvodech se pojďme zabývat dalším druhem obvodů – *klopnými obvody*. Těchto obvodů je více druhů, ale všechny se vyznačují jednou společnou vlastností – jejich výstup střídá pouze dvě hodnoty, *vysokou* a *nízkou* (je míněno napětí proti obvykle uzemněnému zápornému pólu zdroje). Možná se ptáte, odkud že zamýšlíme odebrat „výstupní signál“ – v tom případě vězte, že třeba z kolektoru T2 proti zápornému pólu zdroje. Když je T2 zavřený, dostává se na výstup přes D2 a R4 kladné napětí, výstup se tedy nachází ve vysokém stavu. Jakmile se T2 otevře, prudce zvýší svoji vodivost, takže se jeho kolektor takřka spojí se záporným pólem zdroje – proto je výstup v nízkém stavu. Ve správně fungujícím klopném obvodu neexistují jiné než tyto dva stavy. Někdy jsou označovány jako „0“ a „1“, to především v logických obvodech, s nimiž se v této kapitole také seznámíme.

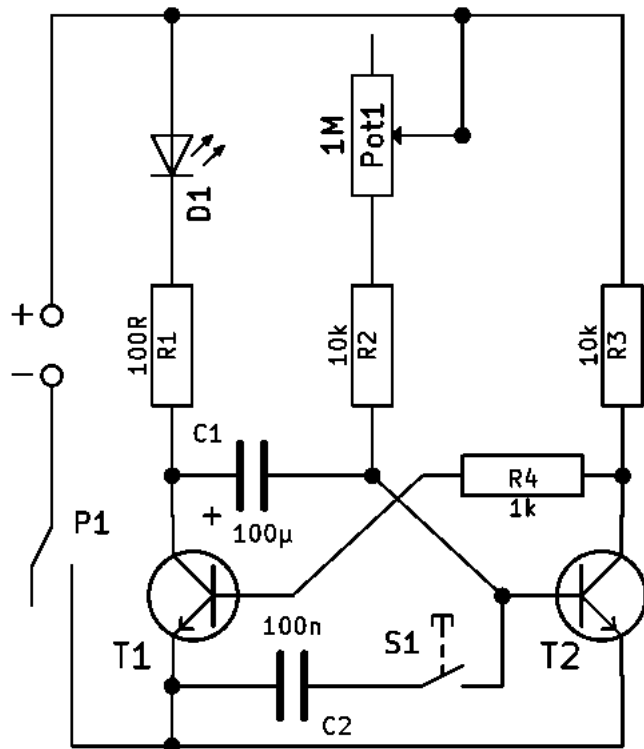
Tento obvod se někdy nazývá klopný obvod RS (z anglického „Reset-Set“). To proto, že vstupním impulzem na jeden vstup se obvod přepne do vysokého stavu (Set), a poté se může impulzem do druhého vstupu přepnout zpět do nízkého stavu (Reset). K indikaci výstupního stavu obvodu užíváme dvojici LED D1 a D2. Ty se rozsvítí, když je odpovídající tranzistor otevřený. Uvažujme tedy výstup z kolektoru T2 – svítí-li D2, musí být T2 otevřený, tj. na jeho kolektoru je nízká úroveň. Nesvítí-li D2, je na výstupu

vysoká úroveň. Analogicky to platí pro D1 a T1, kde je stav ovšem vždy inverzní než na D2 a T2.

Poznámka: Jak obvod pracuje? Musíme si zvolit výchozí stav – předpokládejme, že svítí D1. To znamená, že T1 je otevřený, tedy na jeho kolektoru je téměř nulové napětí (proti zápornému pólu zdroje). Toto napětí se ovšem dostává skrze R1 na bázi T2, který je tedy přidržován v uzavřeném stavu. Na jeho kolektoru je tedy kladné napětí, které se tam dostává skrze D2 a R4 – a toto napětí udržuje zase T1 otevřený. Když nyní stlačíme S2, nic se nestane – jen posílíme tento stav. Ale co se stane, když stlačíme S1? Nabíjecí proud C1 způsobí proudový impuls na bázi T1, kterou na okamžik srazí na nulový potenciál. Tím se uzavře T1 a na jeho kolektoru se objeví kladné napětí přes D1 a R3. Toto napětí se dostává přes R1 na bázi T2, který se jím otevírá. V důsledku toho zhasíná D1 a rozsvítí se D2. Téměř nulové napětí na kolektoru T2 se dostává přes R2 na bázi T1, kde opět trvale udržuje jeho uzavřený stav. Opětovné stlačení S1 nemá účinek, ovšem stlačení S2 nás dostává opět na začátek – stáhne bázi T2 k nule, čímž jej uzavře a na výstupu je opět vysoký stav. S2 je tedy „Set“ tlačítko, S1 pak „Reset“.



6.3.2. Monostabilní klopný obvod



V minulém zapojení jsme se seznámili s *bistabilním* klopným obvodem – tedy s klopným obvodem, jehož obě polohy jsou stabilní, tedy trvají až do vnějšího vstupu. Obvod ze schématu vedle je *monostabilní* klopný obvod, který, jak již název napovídá, má jedinou stabilní polohu. Z této stabilní polohy může obvod vyvést vnější vstup (v našem případě zmáčknutí tlačítka, které přivede na vstup obvodu proudový impuls). Po překlopení do nestabilní polohy obvod setrvá v překlopeném stavu po nějaký čas (definovaný parametry některých součástek), po němž se opět vrátí do stabilního stavu, kde vyčkává dalšího vstupu.

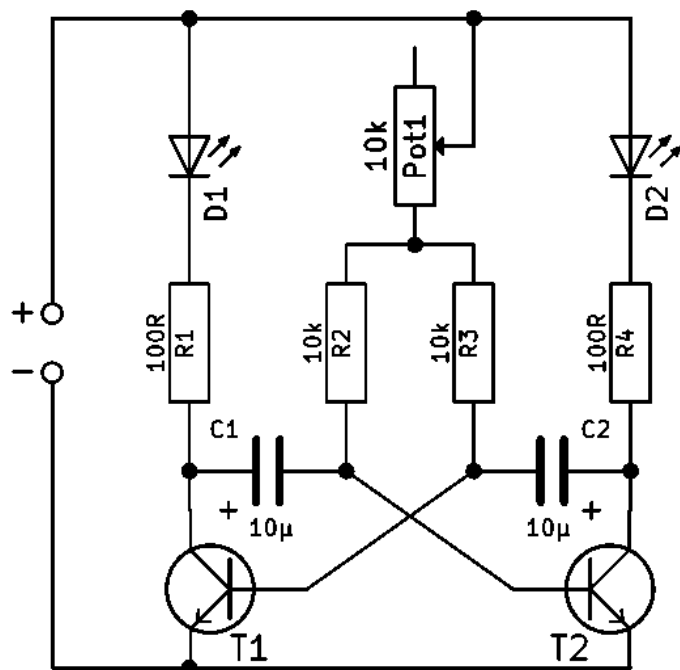
Poznámka: Přepokládejme, že po zapnutí přepínačem P1 je obvod ve stavu, kdy LED D1 nesvítí. To znamená, že T1 je uzavřen, na jeho bázi je tedy nulové napětí (opět proti zápornému pólu zdroje). To se tam muselo dostat skrze R4 z kolektoru T2, který tím pádem musí být otevřený – což také je díky R2 a Pot1. Kondenzátorem C1 zpočátku teče proud od kladného pólu zdroje skrze D1, R1 a uzavírá se přes T2 na záporný pól zdroje. Jakmile se kondenzátor nabije, proud jím přestává téci, proto stav udržují již jen R2 a Pot1.



Když však zmáčkneme tlačítko S1, báze T2 dostane proudový impuls, který na ní na okamžik srazí napětí k nule (oproti zápornému pólu zdroje). Tím se T2 uzavře, na jeho kolektoru se tedy objeví díky R3 kladné napětí, které se přes R4 dostává na bázi T1. T1 se tedy otevírá a D1 díky tomu svítí. Současně se kladný vývod C1 dostává na nulový potenciál (přes T1 je připojen k zápornému pólu zdroje), což vede nejprve k jeho vybití, a jeho záporný vývod je připojen přes R2 a Pot1 ke kladnému pólu zdroje – dochází na něm tedy k růstu napětí, teče jím nabíjecí proud opačným směrem než poprvé. Nabíjecí proud s časem klesá, zdánlivý odpor kondenzátoru tedy stoupá a jeho záporný vývod se dostává na kladný potenciál. Co se však stane, když napětí na C1, konkrétně na jeho záporném vývodu, dosáhne velikosti dostatečné k otevření T2? To je již prosté – T2 se otevře, čímž jednak připojí záporný vývod C1 k zápornému pólu zdroje (tím tedy C1 vybijí), a jednak se na jeho kolektoru objeví záporné napětí, kterým uzavře díky R4 tranzistor T2. Nyní se kondenzátor C1 nabíjí proudem z kladného pólu zdroje přes D1, R1 a otevřený T2 zpět na záporný pól zdroje – tedy na polaritu označenou ve schématu. Jakmile jeho napětí dosáhne hodnoty rozdílu zdrojového napětí a prahového napětí LED, přestává se nabíjet (LED přestává vést proud). R2 a Pot1 udržují stav obvodu – do chvíle,

kdy někdo opět zmáčkne tlačítko. Dobu překlopení tedy řídí hodnoty celkového odporu $R2 + Pot1$ a kapacity $C1$. V tomto konkrétním obvodu můžeme otáčením potenciometru řídit dobu svitu LED zhruba od 1 s po 1 min (v závislosti na kapacitě kondenzátoru, která se dle výrobce může lišit až o 20 % oproti uváděné hodnotě).

6.3.3. Astabilní klopný obvod



Dostáváme se k poslednímu typu klopného obvodu, který si v tomto úseku představíme – je to *astabilní* klopný obvod. Tento obvod nemá žádnou stabilní polohu, to znamená, že každý stav se po nějaké definované době změní na druhý a zase zpět. Výsledkem bude střídavé blikání dvou LED.

Poznámka: Pokud obvod zapojíme správně, rozblikají se střídavě LED D1 a D2 – když svítí jedna, druhá nesvítí. Frekvenci jejich blikání můžeme částečně řídit otáčením potenciometru Pot1. Jde o obvod takzvaně symetrický, takže doba svitu a zhasnutí jednotlivých LED by měla být přibližně v rovnováze. Můžete zkoušet, jaký vliv bude mít záměna některého z kondenzátorů za kondenzátor o kapacitě 100 µF a při experimentování si všimněte, u které LED se změnila která doba (rozsvícení či zhasnutí). Tímto experimentováním můžete přijít na kloub tomu, jak obvod pracuje – princip je velmi podobný obvodu monostabilnímu.

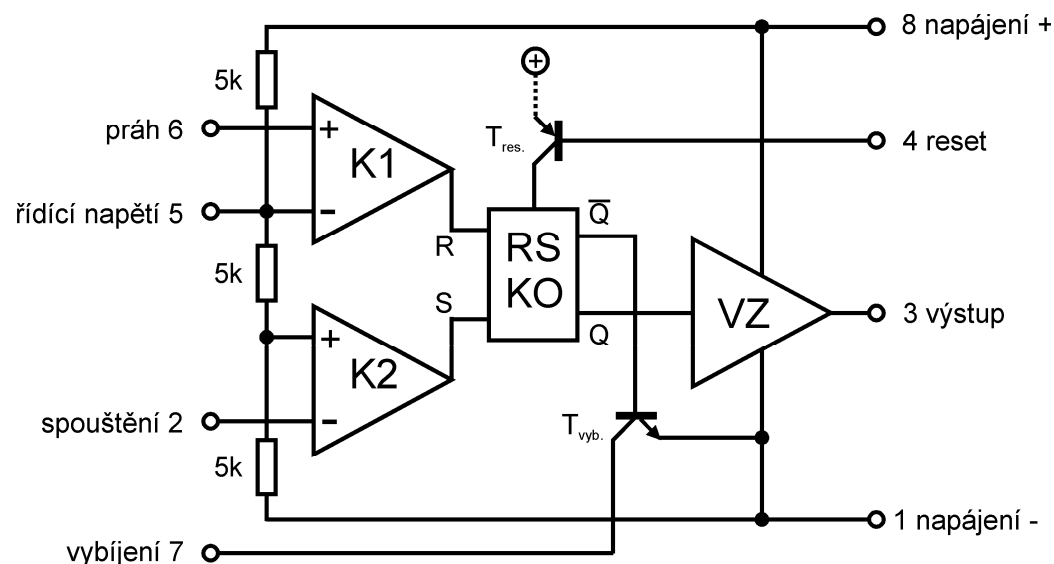


Použijeme stejný trik jako u monostabilního obvodu – zvolíme si výchozí stav, kdy svítí D1. To znamená, že T1 je otevřený, a tedy kladný vývod $C1$ je na nulovém napětí, jeho záporný vývod je přes $R2$ a Pot1 připojen ke kladnému pólu zdroje – $C1$ se tedy pomalu nabíjí. Prozatím je však zavřený T2, jelikož napětí na záporném vývodu $C1$ ještě nestouplo nad otevírací napětí tranzistoru. V důsledku toho D2 nesvítí. Na $C2$ je nyní napětí s polaritou dle jeho vývodů (nabíjel se přes D2, $R4$ a T1, čímž jej udržoval spolu s $R3$ a Pot1 otevřený). Jakmile napětí na záporném vývodu $C1$ dosáhne hodnoty nutné k otevření tranzistoru, T2 se otevře. Tím připojí kladný vývod $C2$ k zápornému pólu zdroje, a tedy jej vybijí. Tato změna se projeví i na záporném vývodu kondenzátoru, kde klesne napětí, a v důsledku toho se T1 uzavře. Také se díky otevřenému T2 rozsvítí D2. $C1$ se nyní přes $R1$, D1 a T2 nabíjí na polaritu dle schématu. Na $C2$ stoupá napětí díky $R3$, Pot1 a otevřenému T2. Jakmile dosáhne otevíracího napětí tranzistoru, opět se otevře T1 a cyklus se opakuje.

6.4. Integrované obvody

Současná elektronika již dávno není záležitostí velikých hal s malou soukromou elektrárnou. Co kdysi zabíralo několik velkých sálů, skrývá se dnes v čipu, proti němuž je kulička hrášku pohořím. Množství součástek, celé rozlehlé obvody, se dnes skrývají na maličké křemíkové destičce hermeticky uzavřené v pouzdře, nebo dokonce jen zakápnuté ochrannou barvou. Takovým pouzdrům obsahujícím ve svém vnitřku celé obvody říkáme *integrované obvody* (samostatným součástkám, které mají každá své vlastní pouzdro, říkáme *diskrétní součástky*). Moderní technologie umožňují vytvářet v křemíkovém substrátu součástky o velikosti pouhých desítek nanometrů! Díky tomu se do dnešních procesorů počítače vměstná i více než miliarda tranzistorů!

Práce s integrovanými obvody se poněkud liší od práce s diskrétními součástkami. V mnohých případech je vnitřní zapojení natolik složité, že nemá smysl snažit se pochopit princip jeho funkce. Proto se spoléháme na výrobce, kteří s IO (zkratka pro integrovaný obvod, v angličtině IC – „Integrated Circuit“) dodávají tzv. *datasheety* – dokumenty, které popisují funkci obvodu, jednotlivých jeho pinů (vývodů) a navrhuji některá základní použití a zapojení. My se seznámíme s jedním z takových obvodů, jejichž funkci budeme umět pochopit, aniž bychom museli přesně vědět, jaké je jejich vnitřní zapojení. Tímto obvodem je legendární univerzální časovač NE555.



Obr. 11 – Blokové schéma vnitřního zapojení integrovaného časovače NE555

Jak je vidět z Obr. 11, IO NE555 má celkem osm vývodů. Funkci vývodu č. 1 a vývodu č. 8 okomentujeme nejsnáze – ty slouží k připojení napájecího napětí. Vývod č. 3 má také těžko zaměnitelnou funkci, jelikož je výstupem celého obvodu (a jak vidíte v blokovém schématu, je připojen k výstupnímu zesilovači VZ. Tato skutečnost nám umožňuje z maličkého pouzdra DIP8 odebírat proud až zhruba 200 mA.

Vstup zesilovače je připojen k výstupu RS klopného obvodu. Jak již z předchozích experimentů a výkladu víme, na jeho výstupu jsou jen dvě úrovně – vysoká nebo nízká. To, která úroveň se na něm právě vyskytuje, je otázka vstupu. Je-li právě přiváděn kladný signál do vstupu S (Set), je na výstupu klopného obvodu vysoká úroveň (téměř napájecí napětí proti zápornému pólu zdroje). To tam také zůstane i po zániku vstupního signálu, protože RS klopný obvod, jak víme, má oba stavy stabilní. Pakliže přijde signál na vstup R (Reset), vrací se RS klopný obvod do stavu s nízkou výstupní úrovní (napětí proti zápornému pólu zdroje tedy bude téměř nula).

Z klopného obvodu je vyveden ještě invertovaný výstup (označen proužkem). Na něm je vždy opačná úroveň než na výstupu hlavním. Říkáte si, k čemu je to dobré? Tento výstup totiž ovládá vybíjecí tranzistor $T_{vyb.}$, který se při úrovni 1 na invertovaném výstupu (tedy při úrovni 0 na výstupu) otevírá. Vybíjecí se mu říká proto, že obvykle je jeho úkolem vybíjet připojený kondenzátor.

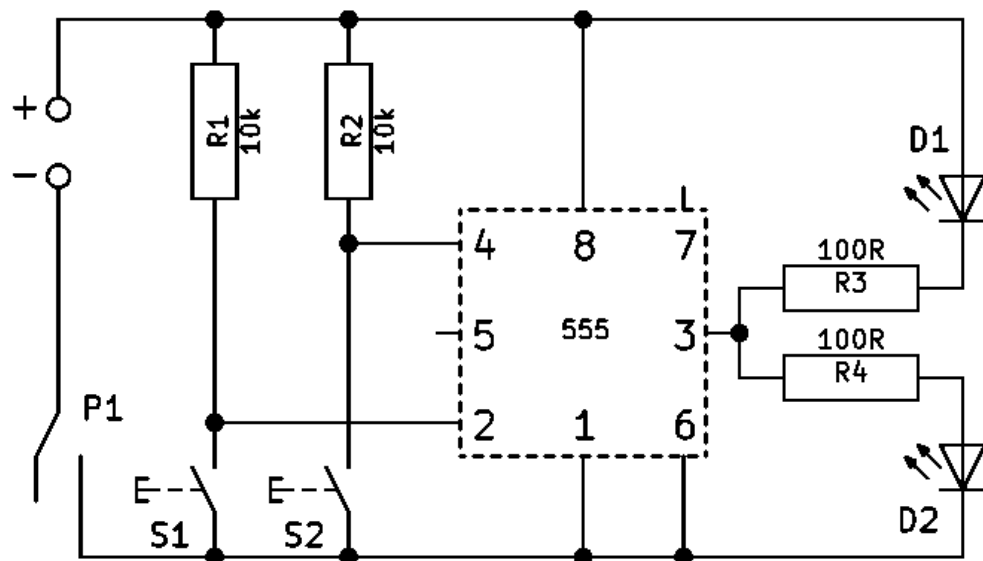
Pak je tu ještě tranzistor $T_{res.}$, kterým můžeme resetovat výstup klopného obvodu a uvést tedy výstupní zesilovač do klidového stavu. Zvláštní vlastností tohoto resetu je priorita proti vstupům – takže resetovat můžeme kdykoli, nezávisle na stavu klopného obvodu. Nemá-li se tranzistor uplatnit, připojujeme vývod č. 4 ke kladnému pólu zdroje, aby bylo zajištěno jeho uzavření.

Konečně se dostáváme ke vstupní části. Tam vidíme dělič napětí složený ze tří stejných rezistorů – dělicí poměr je tedy 1:1:1, na každém rezistoru je proti zápornému pólu zdroje jedna třetina napájecího napětí. Tento poměr můžeme změnit s použitím vývodu č. 5, kam přivedeme požadované napětí. Obvykle je však původní dělicí poměr vhodný, takže vývod č. 5 nepoužijeme.

K děliči napětí jsou připojeny dva obvody, které v blokovém schématu naleznete jako K1 a K2. To jsou takzvané *komparátory* – obvody, jejichž výstup (1 nebo 0) se řídí porovnáváním (komparací) velikostí dvou vstupních napětí. Ve skutečnosti jsou to operační zesilovače a výklad o nich je již nad rámec této příručky, prozradíme si tedy jen to nejnnutnější – a sice jak se obvody chovají. Již jsme prozradili, že porovnávají velikost napětí na svých vstupech, kterým se říká *invertující* a *neinvertující* (zn. „-“ a „+“). Neinvertující vstup K2 je připojen k jedné třetině napájecího napětí (mezi první a druhý rezistor děliče). Jeho výstupní stav je při nulovém napětí na invertujícím vstupu (pin č. 2) vysoký. Když na invertující vstup přivedeme napětí větší než třetina napájecího, jeho výstup se překlopí na nízký. Invertující vstup K1 je připojen ke dvěma třetinám napájecího napětí, je-li tedy na neinvertujícím vstupu (pin č. 6) nulové napětí, je výstupní stav nízký. Přivedeme-li na neinvertující vstup napětí větší než dvě třetiny napájecího, překlopí se výstup do vysokého stavu. Obvykle držíme komparátory v nízkém stavu, protože ve vysokém posílají signál (Set/Reset) klopnému obvodu.

Takto hovoří teorie – pojďme se nyní podívat na několik experimentů, kterými si naše závěry ověříme.

6.4.1. Bistabilní klopný obvod s IO 555



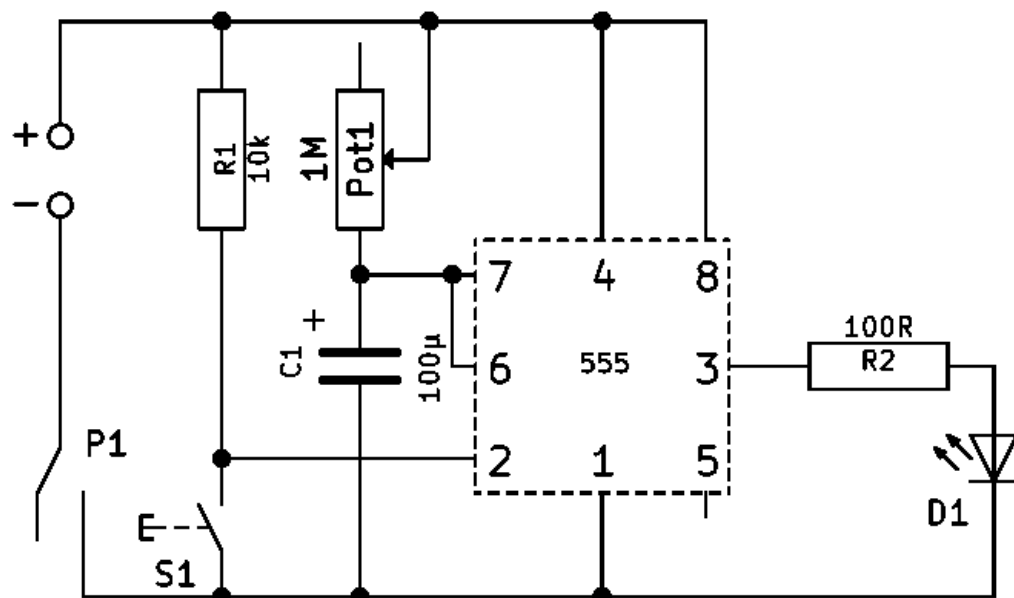
Obvod 555 (prodáváný pod různými označeními v závislosti na výrobci) je již dlouho označován za jeden z nejuniverzálnějších integrovaných obvodů vůbec, a to nikoli neprávem. Jeho relativně jednoduché vnitřní uspořádání a znamenité vlastnosti mu propůjčují nesmírně široké spektrum použití, které neustále narůstá – konstruktéři stále přicházejí s novými a novými zapojeními, v nichž časovač 555 uplatňují. Pojďme si nyní představit základní módy, v nichž 555 může pracovat. Budeme se odkazovat na úvodní text této kapitoly, proto neváhejte zalistovat, až budete chtít pochopit, jak obvod pracuje. První zapojení realizuje funkci bistabilního klopného obvodu. My již víme, že tento obvod má dvě tlačítka, set (S1) a reset (S2), kterými se překlápí stav obvodu. Jedním tlačítkem tedy rozsvítíme jednu LED, druhým tlačítkem druhou (S1 rozsvěcí D2, S2 rozsvěcí D1).

Poznámka: Abychom porozuměli tomu, jak tento obvod pracuje, musíme si pečlivě projít stav dílčích obvodů na počátku, tj. v okamžiku, kdy ani jedno z tlačítek není stlačeno. V tomto případě je vývod č. 4 připojen na kladné napájecí napětí přes R2, resetovací tranzistor je tedy uzavřen. Vývod č. 6 je připojen k zápornému pólu zdroje, neinvertující vstup K1 je tedy na nulovém napětí, jeho invertující vstup je na dvou třetinách napájecího napětí – tím pádem je výstup K1 v nízkém stavu a zde také zůstane – K1 se neuplatní. Druhý komparátor K2 má neinvertující vstup připojen na třetinu napájecího napětí, invertující pak díky vývodu č. 2 přes R1 na kladné napájecí napětí – výstup K2 je tedy také v nízkém stavu. Klopný obvod nedostává žádný signál, a proto je v nízkém stavu (svítí D1 připojená ke kladnému pólu zdroje). Když nyní stlačíme S1 (funguje jako Set), stáhneme napětí na vývodu č. 2, a tedy na invertujícím vstupu K2, k nule. Nyní je tedy vyšší napětí na neinvertujícím vstupu, výstup se tedy po dobu stlačení tlačítka překlápí do stavu 1. Tím posílá signál set klopnému obvodu a ten se překlápí na vysokou úroveň výstupu – svítí tedy D2 připojená k zápornému pólu zdroje.

Když nyní stlačíme S2 (funguje jako reset), přivedeme záporné napětí na vývod č. 4 – tedy na bázi resetovacího tranzistoru, který resetuje klopný obvod zpět do stavu 0 a na výstupu se v důsledku toho rozsvítí opět D1.



6.4.2. Monostabilní klopný obvod s IO 555



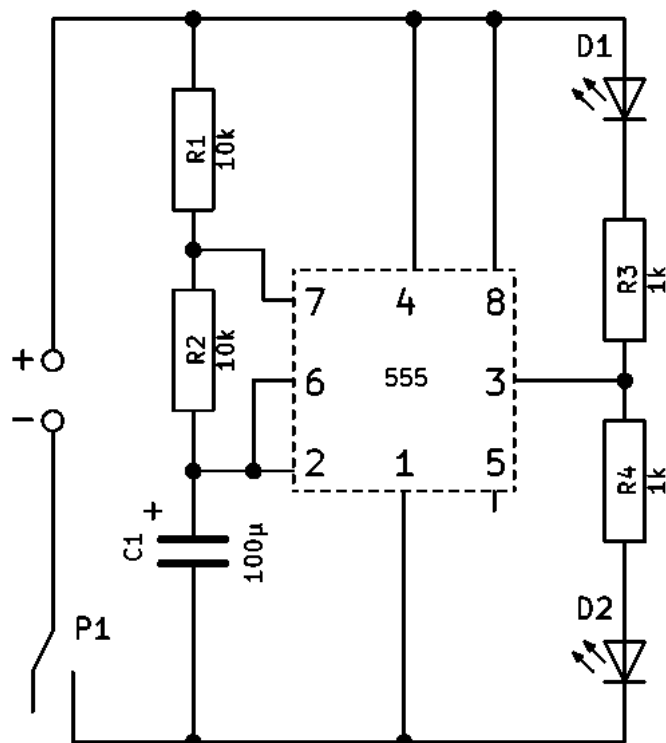
Dalším zapojením je monostabilní klopný obvod, se kterým již také máme zkušenosti. Víme, že funkci tohoto obvodu je po příchodu vnějšího impulsu překlopit stav a udržet jej po nějaký definovaný časový úsek, po jehož skončení by se měl obvod překlopit do původního stavu. Obvod ze schématu vedle tedy po zapnutí přepínačem P1 nebude vykazovat činnost. Když ovšem stlačíme S1, výstup se překlopí a D1 se rozsvítí. V tomto stavu zůstane do chvíle, než se nabije C1. Poté opět zhasne a bude libovolně dlouho vyčkávat na další spouštěcí impuls. Dobu, po níž zůstane LED rozsvícená, lze nastavovat potenciometrem Pot1. Vliv na ní má také kapacita kondenzátoru C1 – můžete jej zkusit vyměnit za kondenzátor o kapacitě 10 μF a pozorovat změny v délce svitu LED.

Poznámka: Jak si integrovaný obvod

počíná v tomto zapojení? V původním stavu naznačeném na schématu je výstup klopného obvodu v nízkém stavu. Komparátor K2 má invertující vstup přes vývod č. 2 připojený ke kladnému napájecímu napětí (a to je vyšší než třetina napájecího napětí na neinvertujícím vstupu), jeho výstup je tedy nízký. Vybíjecí tranzistor je otevřen, protože invertovaný výstup klopného obvodu je ve stavu 1, vývod č. 7 je tedy spojený se záporným pólem zdroje. Tím je C1 udržován vybitý. I vývod č. 6, neinvertující vstup K1, je připojen k zápornému pólu zdroje, je na něm tedy nižší napětí než dvě třetiny napájecího na invertujícím – výstup K1 je tedy také nízký. Jakmile ovšem stiskneme tlačítko S1, srazíme napětí na invertujícím vstupu K2 přes pin č. 2 téměř k nule – převládne tedy napětí na neinvertujícím vstupu z vnitřního děliče a K2 vyše signál Set klopnému obvodu. Jeho výstup je nyní 1, invertovaný výstup 0. To způsobí dvě události – jednak se rozsvítí LED, a jednak se uzavře vybíjecí tranzistor, takže vývod č. 7 přestává být spojený se záporným pólem zdroje. Nyní se začíná nabíjet C1 přes Pot1. Na jeho kladném vývodu roste napětí, které se dostává na pin č. 6 – neinvertující vstup K1. Jakmile přesáhne dvě třetiny napájecího napětí (tam je připojen invertující vstup K1), výstup komparátoru se překlopí do stavu 1, vyše tedy signál Reset klopnému obvodu. LED zhasne a opět se otevře vybíjecí tranzistor, který přes pin č. 7 vybijí kondenzátor – a jsme opět na začátku, ve stabilním stavu.



6.4.3. Astabilní klopný obvod s IO 555



Přichází poslední z klopných obvodů, které jsme si realizovali pomocí diskretních součástek – astabilní klopný obvod. Je nám známo, že tento obvod nemá žádnou stabilní polohu, takže na jeho výstupu se v definovaném časovém intervalu střídají stavy nízký a vysoký.

V tomto obvodu napětí na kondenzátoru C1 osciluje mezi jednou třetinou a dvěma třetinami napájecího napětí – pokaždé, když dosáhne dané hodnoty, obvod mění svůj stav. V důsledku změn výstupního napětí budou střídavě blikat LED D1 a D2. Při nízkém stavu výstupu je na vývodu č. 3 napětí téměř nulové, svítí tedy D1 připojená ke kladnému pólu zdroje a přes R3 k výstupu. Když je výstupní stav vysoký, je na vývodu č. 3 napětí téměř rovné napájecímu. V tuto chvíli svítí D2, která je připojena k zápornému pólu zdroje přes R4.

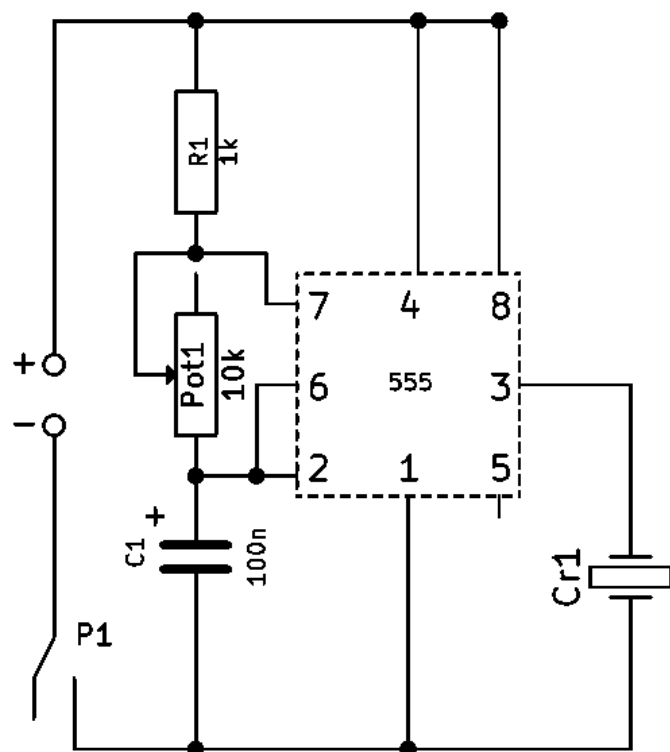
Poznámka: Předpokládejme, že C1 je ve chvíli, kdy začneme sledovat činnost obvodu, nabitý na napětí někde mezi třetinou a dvěma třetinami napájecího napětí. Předpokládejme také, že výstup klopného obvodu je ve vysokém stavu (svítí tedy D2), takže vybíjecí tranzistor je zavřený. C1 se nabíjí přes R1 a R2. Vývody 2 a 6 jsou spojeny, takže jsou spojeny i invertující vstup K2 a neinvertující vstup K1. Zpočátku je na obou napětí mezi jednou a dvěma třetinami napájecího napětí. Neinvertující vstup K2 je však připojen ke třetině napájecího napětí, výstup K2 je tedy v nízkém stavu. Napětí na C1 je však nižší než dvě třetiny

napájecího napětí, takže K1 je také v nízkém stavu.

Jakmile ovšem napětí na kladném vývodu C1 dosáhne dvou třetin napájecího napětí, výstup K1 se překlápí do stavu 1, pošle tedy signál Reset klopnému obvodu. Jeho výstup se změní na 0 (svítí tedy D1) a jeho invertovaný výstup je 1, což otevře vybíjecí tranzistor. Nyní je tedy pin č. 7 spojen se záporným pólem zdroje. To způsobí, že C1 se začne vybíjet přes R2 a pin č. 7. Napětí na něm klesá. Když klesne pod třetinu napájecího napětí, je na invertujícím vstupu K2 nižší napětí než na neinvertujícím – vysílá tedy signál Set klopnému obvodu, jehož výstup se překlápí do stavu 1. Opět se rozsvítí D2 a na invertovaném výstupu se objevuje stav 0, takže vybíjecí tranzistor se uzavírá. Tím opět začíná nabíjení C1 a děj se opakuje od počátku.



6.4.4. Astabilní klopný obvod s IO 555 v akustickém pásmu (představuje se piezoměnič)



Tímto obvodem, který je zapojením velmi podobný předchozímu astabilnímu multivibrátoru, si zároveň představíme poslední součástku, která až doteď zůstávala tajemstvím – *piezokeramický elektroakustický měnič*, zkráceně *piezoměnič* nebo jen *piezo*. Začněme ovšem s obvodem samotným.

Zapojení IO 555 je stejné jako v předchozím experimentu, liší se však hodnoty okolních součástek. Při indikaci výstupního stavu blikáním LED jsme potřebovali frekvence změn viditelné okem, a dokonce bylo účelné volit je velmi nízké, abychom se mohli přesvědčit o principech obvodu. Tentokrát naopak požadujeme frekvence vyšší, slyšitelné po reprodukci lidským uchem. Za tímto účelem bylo třeba snížit kapacitu kondenzátoru C1 a odpor rezistoru R1 – tím se razantně sníží doba nabíjení i vybíjení kondenzátoru. Na místo rezistoru mezi vývody č. 6 a č. 7 byl zařazen potenciometr, kterým je možné regulovat výšku tónu. Z výstupu (vývod č. 3) je potom veden piezoměnič k zápornému pólu zdroje.

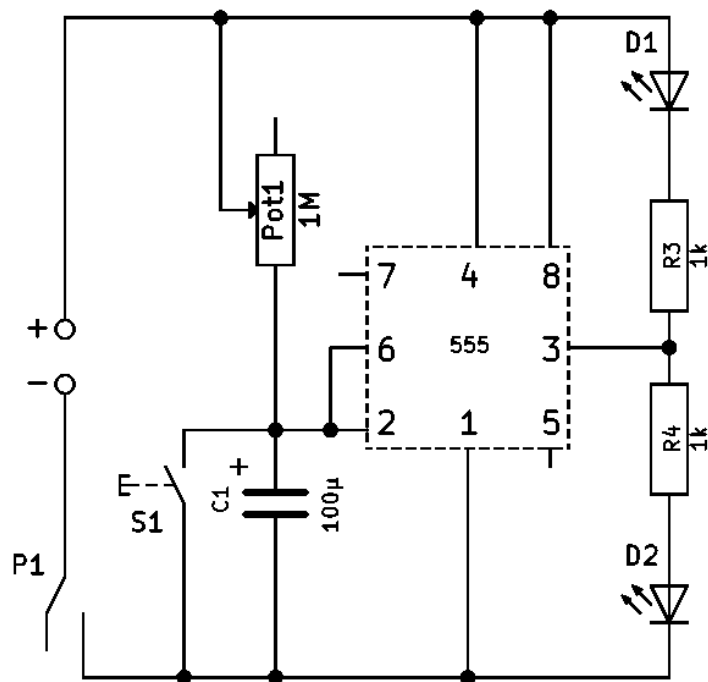
Poznámka: Čtenář by nyní mohl zahořet nedočkavostí, protože funkce piezoměniče stále nebyla objasněna – a to jsme na konci další kapitoly, kde součástky dávno měly být představeny. Důvod, proč jsme o piezoměniči zatím nehovořili, je prostý – jeho činnost spočívá v deformaci sebe sama při přiložení napětí. Když je deformací vhodný počet za jednotku času, vzniká zvuk. A vyluzování zvuků je také primární účel piezoměniče. Proto jsme potřebovali nějaký obvod, který umí



vytvořit elektrický proud s vhodnou frekvencí změn. Pojdme si však vysvětlit, jak piezoměnič funguje.

Piezoelektrický jev nastává v iontově krystalických látkách, které se navenek sice jeví neutrálně, ale jejichž vnitřní rozložení náboje je nerovnoměrné v důsledku toho, že nemají střed symetrie. Když na takový krystal působíme silou a vyvoláme jeho deformaci, díky nerovnoměrnosti rozmístění nábojů a deformaci elektronových obalů vznikne mezi povrchy krystalu elektrické napětí. Když piezokrystal vhodně rozřízneme a obrousíme podél ploch se souhlasně nabitými částicemi a pokryjeme tyto plochy elektrodami, získáme zdroj napětí, který dodává proud při probíhající deformaci. Polarita závisí na směru deformace (tah/tlak). Jev probíhá i opačně – přiložíme-li napětí ke krystalu, dojde k jeho deformaci. A to je náš případ – napětí akustické frekvence rozeznává krystal.

6.4.5. Time-delay obvod s IO 555

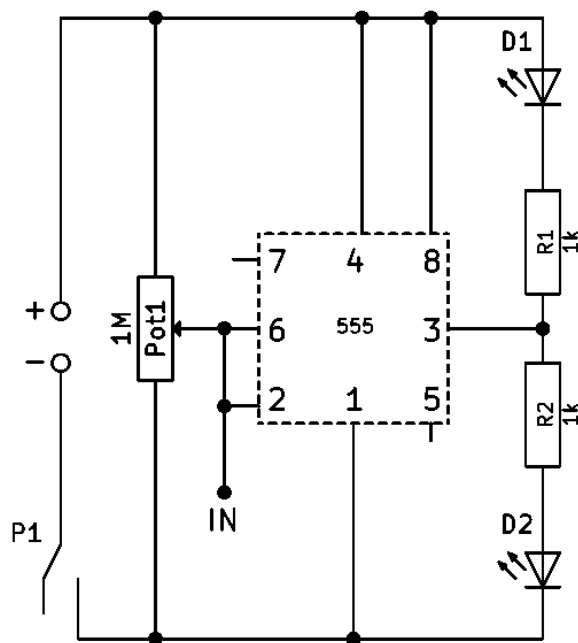


Time-delay (v češtině „časové zpoždění“, ale tento název se příliš nepoužívá) obvod způsobí, že po přijetí řídicího impulsu se obvod přepne a zůstane v daném stavu po definovaný časový úsek. Čtenář se možná nyní chytá za hlavu s tím, že tohle přece již známe – tak pracuje monostabilní klopný obvod! Jeden rozdíl tu však přece jen je – jakmile přijde impuls na vstup monostabilního klopného obvodu, běží nastavená doba trvání přepnutí. Když během ní pošleme nový impuls, obvod na něj nereaguje, interval běží pořád dál. I kdybychom vyslali nový impuls 9 s po prvním, pokud byl nastavený interval 10 s, obvod se přepne zpět za jedinou sekundu. U time-delay obvodu je chování trochu jiné – obvod setrvá v přepnutém stavu po definovanou dobu **od posledního vstupního impulsu**. V našem příkladu by tedy při vyslání impulsu 9 s po prvním impulsu s nastaveným intervalem 10 s obvod setrval v přepnutém stavu plných 19 s. A přesně tak bude také fungovat obvod ze schématu vedle – v základním stavu svítí LED D1. Při zmáknutí S1 se obvod přepne (to poznáme podle toho, že se rozsvítí D2). V tomto stavu setrvá po nějaký čas (nastavitelný pomocí Pot1), a poté se opět vrátí do původního stavu. Pokud během intervalu přepnutí zmákneme tlačítko znovu, prodloužíme dobu přepnutí. Takto můžeme postup opakovat libovolně dlouho a udržovat tak obvod v přepnutém stavu.

Poznámka: Pokud si pozorný čtenář povšimne nápadné podobnosti zapojení s astabilním klopným obvodem, nebude se mýlit. Vzpomeňme, že principem jeho funkce byla oscilace napětí na kondenzátoru mezi jednou třetinou a dvěma třetinami napájecího napětí. Když napětí na kondenzátoru dosáhlo jedné z těchto úrovní, došlo k přepnutí obvodu a změnil se stav vybíjecího tranzistoru (při dosažení dolní úrovně se uzavřel, aby se kondenzátor mohl nabíjet, při dosažení horní úrovně se otevřel, aby se kondenzátor mohl začít vybíjet). V tomto zapojení jsme zachovali chování obvodu v horní úrovni – v tom případě komparátor č. 1 připojený k vývodu č. 6 přepne obvod do stabilního stavu. Když poté vybijeme kondenzátor C1 stlačením tlačítka S1, poklesne na něm napětí pod spodní úroveň a komparátor č. 2 přepne obvod do nestabilního stavu. V tuto chvíli se kondenzátor začíná nabíjet přes Pot1 a roste na něm napětí – pokud ovšem znovu tlačítkem nesrazíme jeho napětí k nule. Od posledního uvolnění tlačítka tedy běží časový interval přepnutí obvodu do nestabilního stavu.



6.4.6. Schmittův klopný obvod



Představme si ještě jeden druh klopného obvodu, který nebyl doposud zmíněn a vyznačuje se zvláštní vlastností – *hysterezí*. Hystereze je vlastnost (nejen) obvodu, kdy jeho výstupní stav závisí nejen na kombinaci vstupních proměnných, ale i na předchozím stavu obvodu. Vzpomeňme na logické obvody – jejich konkrétní výstupní stav trval vždy do té doby, dokud trvala kombinace vstupních proměnných. Jakmile se vstupní stav změnil, změnil se ihned i stav výstupní. Schmittův klopný obvod (v angličtině Schmitt trigger – tento název i o trochu lépe vyhovuje k popisu funkce obvodu, protože jej lze přeložit jako „Schmittova spoušť“) se však chová maličko jinak – ke změně jeho výstupní úrovně je třeba aby vstupní napětí dosáhlo jedné ze dvou nastavených úrovní. Obvyklé použití je pro úpravu zvlněného vstupního signálu, který přivedeme na přípojné místo označené IN. V našem případě mění se vstupní signál simulujeme otáčením běžce potenciometru Pot1.



Otáčejte potenciometrem pozvolna – jakmile se stav obvodu změní, zkuste pohnout běžcem v opačném směru. Máme již zkušenost, že komparátor se překloupí při velmi malém rozdílu napětí na vstupu (ve skutečnosti to jsou jen milivoly) – očekáváme tedy, že by se obvod měl překloupit zpátky, jakmile přesáhneme při pohybu zpět úroveň zlomu. Jenže to se nestane. Běžec potenciometru se otáčí ještě notný kus dráhy dál, než se obvod přepne. I zde, jakmile dosáhneme bodu zlomu, zkusme pohybovat běžcem v původním směru – v okolí bodu zlomu se opět nic nestane. Až o kousek dál se obvod překloupí – po dosažení druhé spouštěcí úrovně. Tím je realizována hystereze obvodu.

Poznámka: Čtenář, který již má jisté zkušenosti s obvodem 555, by si mohl povšimnout, že před sebou máme další modifikaci obvodu, který jsme poznali jako astabilní multivibrátor. Jeho funkce je stejná – v astabilním klopném obvodu oscilovalo napětí na kondenzátoru mezi jednou a dvěma třetinami napájecího napětí (a právě to jsou ony spouštěcí úrovně – jedna třetina a dvě třetiny napájecího napětí). To samé zajišťujeme nyní pomocí potenciometru, který je zapojen jako dělič napětí. Připomeňme jen krátce: Je-li na vývodech č. 6 a č. 2 napětí nižší než třetina napájecího, na invertujícím vstupu K1 je vyšší napětí, takže výstup je 0. Na invertujícím vstupu K2 je nižší napětí než na neinvertujícím, takže výstup je 1, klopný obvod tedy dostává signál Set. Když napětí přesáhne třetinu napájecího, jsou výstupy obou komparátorů 0, takže se neuplatní. Teprve až napětí přesáhne dvě třetiny napájecího, vyšle K1 signál Reset klopnému obvodu. Při snižování napětí je situace analogická.



7. Náměty na hraní

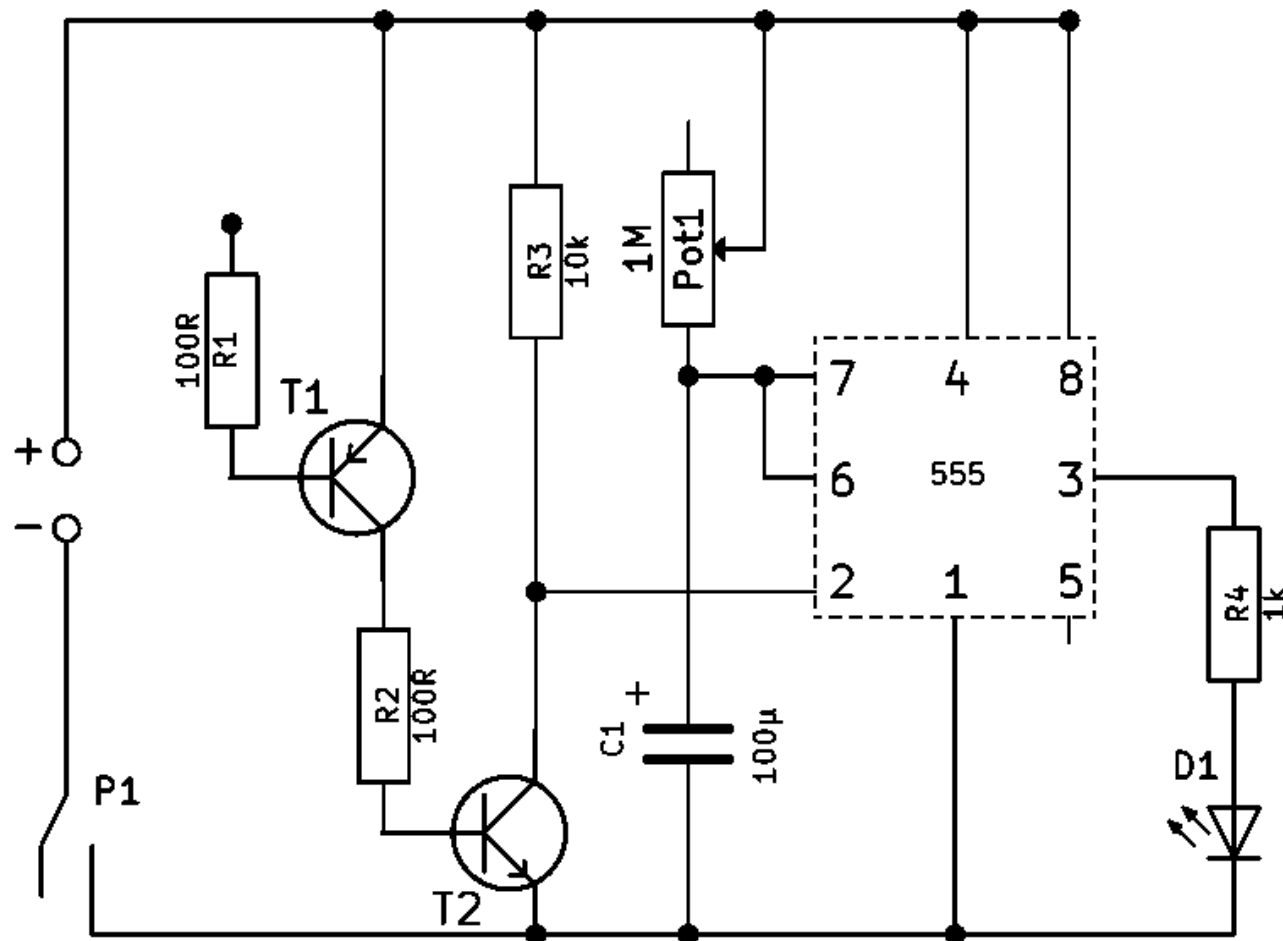
Pokud jste se, milá čtenářko či milý čtenáři, prokousali příručkou až sem, měli byste již mít dostatek vědomostí, zkušeností a představivosti, abyste již nemuseli tolik přemýšlet o tom, co, jak a kam zapojit, jak ta která součástka nebo obvod budou fungovat, a můžete naopak svobodně využít svoji mysl při přemýšlení nad tím, jak zařízení vhodně využít v životě, jak jej přizpůsobit svým potřebám, vylepšit jej modifikací hodnoty nějaké součástky, inverzí výstupních úrovní, přidáním zesilovacího stupně a tak pořád dál. Sedmá kapitola vám přináší množství návrhů na obvody, které lze ze SEEK! postavit. Protože množství možností a kombinací je obrovské, neklade si rozhodně za cíl vyčerpát všechny možnosti. Dokonce uvažuje i možnost využití více sad SEEK! v jediném obvodu, a tím počet možných zapojení dále prudce roste. Vnímejte obvody, které zde naleznete, jako inspiraci pro vlastní tvorbu, která zaručeně funguje – všechny obvody z této příručky totiž byly prakticky vyzkoušeny, takže se jich můžete přidržet, až si nebudete jistí, jestli vámi navržené zapojení bude fungovat.

Vysvětlení principů funkce obvodů již bude ponecháno na čtenáři. Jednak by zabralo neúměrné množství prostoru, a jednak se uvedené obvody budou skládat ze součástek a funkčních bloků, s nimiž jsme se seznámili v páté a šesté kapitole, takže není již třeba se opakovat. Lady Eleanor Diodová nás však provázet nepřestane – její glosy se tentokrát budou týkat možností využití obvodů v praxi a různých zajímavostí, které s obvody souvisí.

Staviteli je doporučeno, aby dbal zvýšené opatrnosti při úpravách navrhovaných zapojení. SEEK! je sice navržena tak, aby minimalizovala riziko pro jednotlivé součástky (například ochrany zdrojových modulů by měly ochránit i tranzistor připojený v propustném směru obvodem emitor-báze přímo ke zdroji), ale nikdy nelze vyloučit, že k poškození může dojít. Dodržujte tedy raději zásady, které jsme si vyjmenovali v úvodních kapitolách a především – **používejte rozum!** Vyhněte se zbrklosti při zapojování a vždy raději popřemýšlejte, jestli vaší úpravou v obvodu nemůže vzniknout nějaká nebezpečná situace. Zároveň je však experimentování s úpravami obvodů vřele doporučeno – můžete pozorovat změny, k nimž v chování obvodu dojde, když změníte nějakou jeho část. Tím přidáte ke svým nynějším vědomostem zkušenosti, které jsou zásadní při vlastní tvorbě obvodů.

Nyní již přijměte pozvání – pojďme si hrát! Obvody nejsou v této kapitole nijak speciálně řazeny, jsou uvedeny tak, jak autorovi přišly na mysl. Je jen na vás, jestli si vyberete poutavý název, budete je zapojovat popořadě nebo si hodíte kostkou.

7.1. Dotykové tlačítko



Povídání k obvodu:

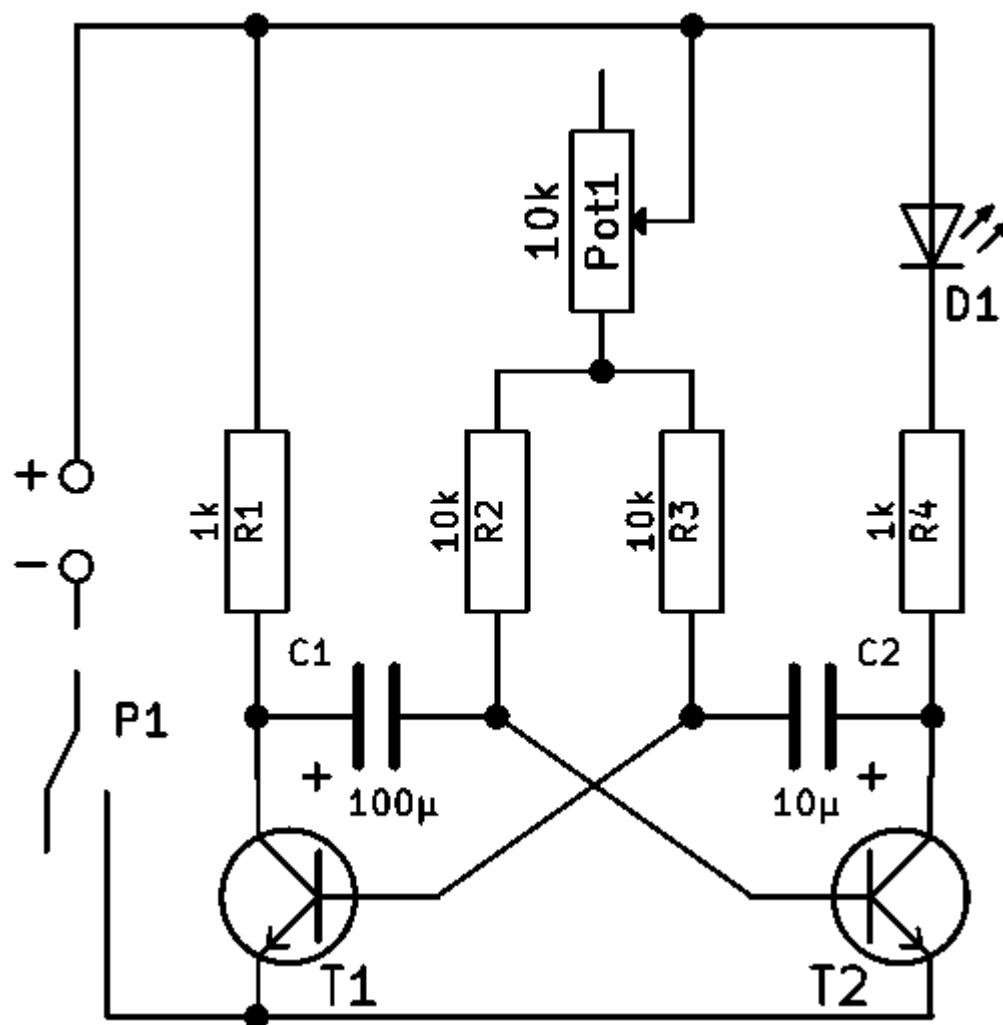
Tento obvod byste mohli využít na místech, kde chcete zapínat nějaké zařízení pouhým dotykem prstu. Zařízení zůstane v chodu po určitou dobu, a poté se samočinně vypne. Skutečná zařízení sloužící dotykovému ovládání využívají trochu jiného principu – kapacity lidského těla – obvod z našeho schématu detekuje elektrický náboj na lidském těle. Když se tedy nedaří obvod na první dotknutí spustit, stačí zašoupat nohama v obuvi po plastové podlaze (což se obvykle děje, když chodíte, nikoli již pokud nehnutě sedíte).



Potenciometrem Pot1 lze nastavovat dobu sepnutí obvodu v dost širokém intervalu. Vliv na ni má také kapacita kondenzátoru C1. Obvodu se dotýkejte v přípojném místě na volném vývodu R1, který chrání vstup před zkratem. Obvod je citlivý na statickou elektřinu, proto, nedaří-li se LED zhasnout, zajistěte, že okolí obvodu, i

vy sami, je prosté příliš velkých nábojů (sami sebe můžete uzemnit dotykem topení či vodovodní baterie). **Neuzemňujte se ale dotykem kolíčku v zásuvce!**

7.2. Přerušovač



Povídání k obvodu:

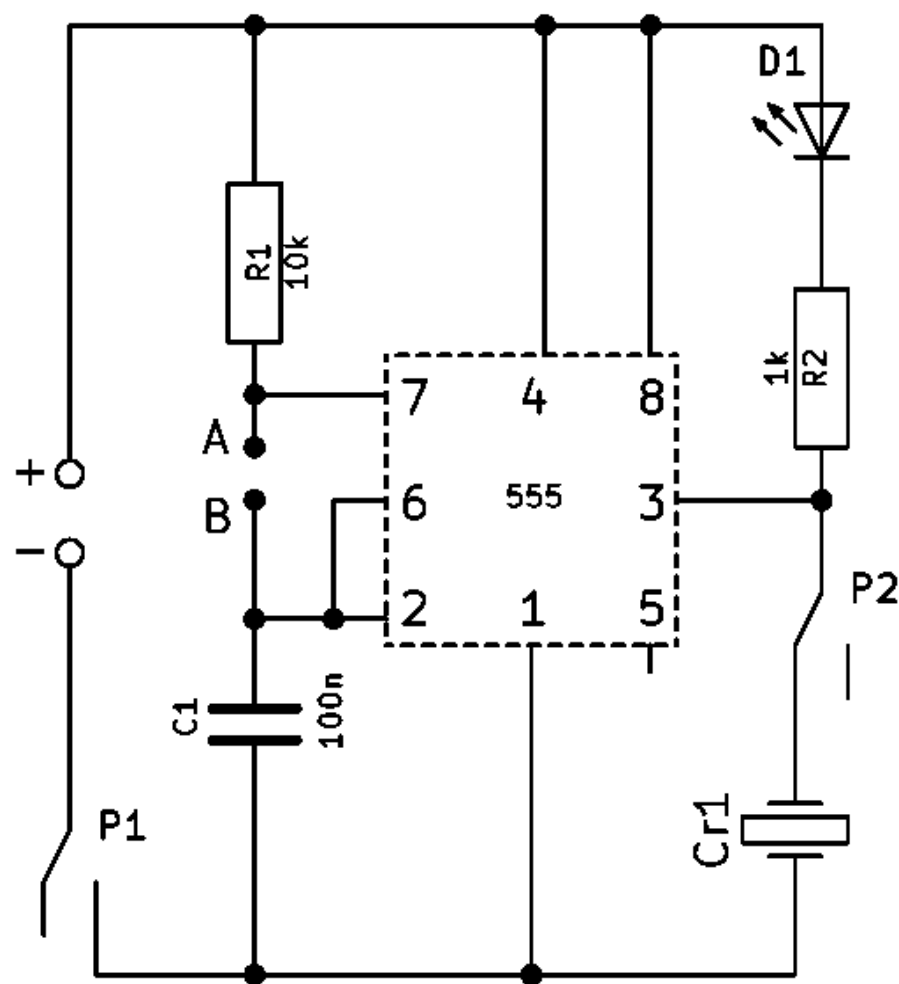
Nejspíše mezi čtenáři budeme těžko hledat někoho, kdo by dnes a denně nevidal dopravní prostředky dávat znamení změny směru jízdy – „blinkr“. Zdroje světla ve směrových znameních svítí přerušovaně – blikají. V praxi za tento jev byly odpovědné bimetalové pásky (bimetal, jinak také dvojkov, je dvojice chemicky různých kovů, pevně navzájem spojených; když bimetalové těleso zahříváme, dochází vlivem rozdílné teplotní roztažnosti materiálů k jeho deformaci). Proud k žárovkám procházel bimetalovým páskem, který se ve chladném stavu dotýkal pevného kontaktu. Jakmile procházející proud ale bimetalový pásek zahřál, tento se ohnul směrem od statického kontaktu a přerušil obvod. Jakmile jím však přestal procházet proud, pásek začal opět chladnout a přibližovat se ke statickému kontaktu. Tento jev měl velmi krátkou periodu (sami víte, že směrová znamení blikají obvykle vícekrát za sekundu).

Naše zařízení zajišťuje podobnou funkci, ale má oproti bimetalovému přerušovači několik výhod – například frekvenci blikání volitelnou v širokém rozsahu, mnohem nižší nároky na proud, také se během provozu nepoškozuje kvůli obloukovým výbojům kovové kontakty atd.

Frekvenci můžeme ovlivnit nastavením Pot1 a volbou kapacity C1 a C2 (doba svícení a doba zhasnutí).



7.3. Detektor deště/hlídač výšky hladiny



Povídání k obvodu:

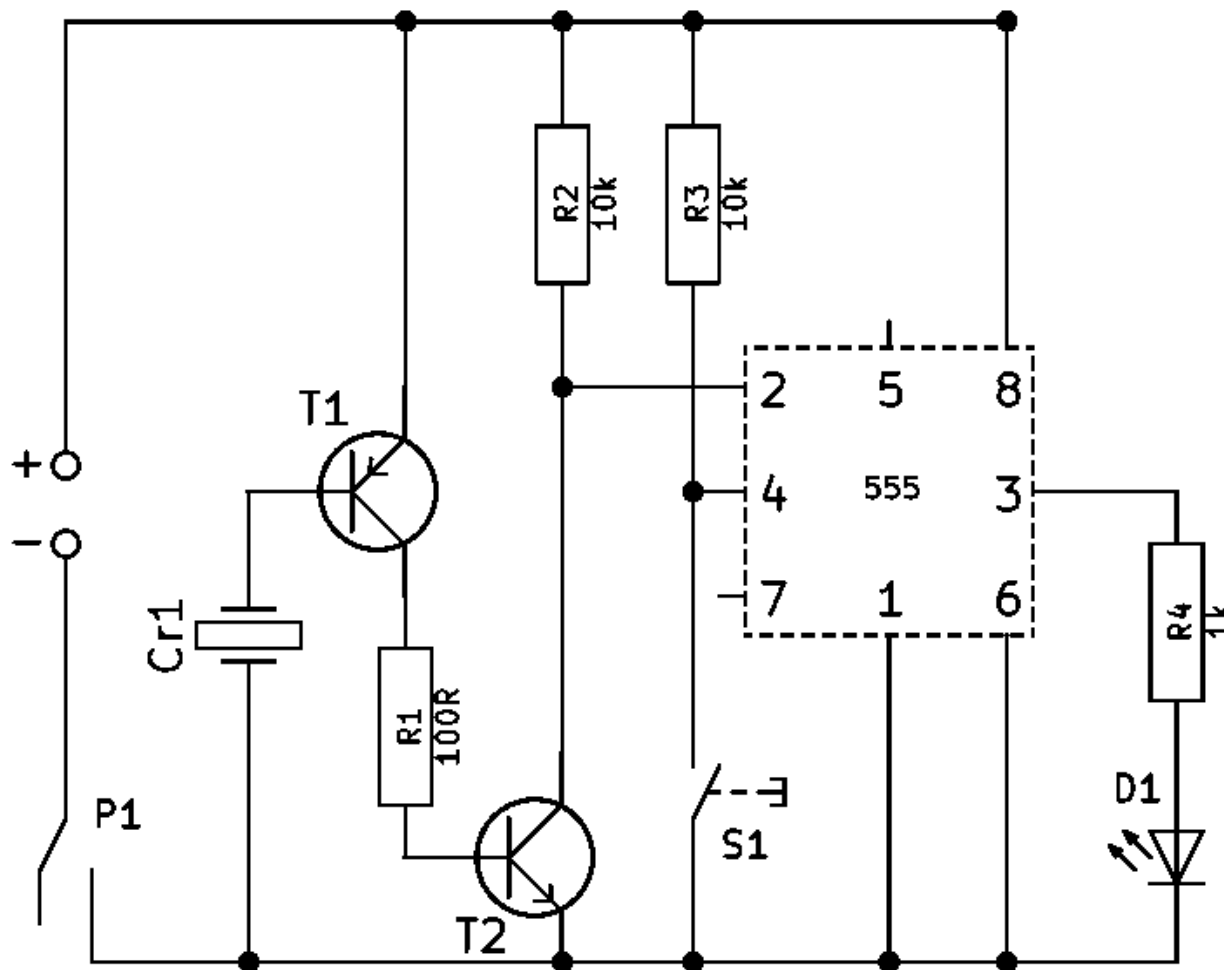
Srdíčko mnoha elektronických nadšenců někdy zatouží po senzorech počasí. Co když se vaše elektronická laboratoř nalézá ve sklepe, z něhož vede jen malé zatemněné okénko, a vy zrovna hlídáte déšť – když totiž začne pršet, máte za úkol okamžitě vyběhnout ven a sebrat prádlo ze sušáku – a nechce se vám každých pět minut vyběhnout patro nahoru a podívat se z okna? Můžete si sestavit jednoduchý detektor deště ze schématu vedle. K přípojným místům A a B je třeba připojit elektrody. Abychom efektivně detekovali déšť, je třeba, aby měly jistou plochu – lze je vyrobit z hliníkové fólie (alobalu), kterou nalepíte na nějakou nosnou desku a vyřezáte elektrody do tvaru dvou proti sobě postavených hřebínků tvaru písmene E s mnoha proužky. Mezery mezi elektrodami je třeba vyrobit co možná nejmenší, aby detektor zachytil i malé kapky. A samozřejmě platí, že čím větší plocha (tedy spíše délka izolační křivky, kde na jedné straně je elektroda A, na druhé elektroda B) elektrod, tím větší šance zachytit první kapky.



Jiné použití tohoto přístroje je hlídač hladiny. Když na místa A a B připojíte vodiče, které upevníte poblíž sebe na trubku zaraženou vedle potůčku na vaší zahradě, máte bezpečnostní protipovodňový systém – jakmile hladina vody stoupne k elektrodám, které spojí, rozsvítí se varovná LED. A pokud uživatel vedle světelné signalizace (třeba pro použití v noci, během spánku) touží také po zvukové, stačí přepnout P2. Přes

den, když nechce být rušen a je si jist, že si včas povšimne kontrolky, může snadno zvukový výstup vypnout.

7.4. Detektor otřesů



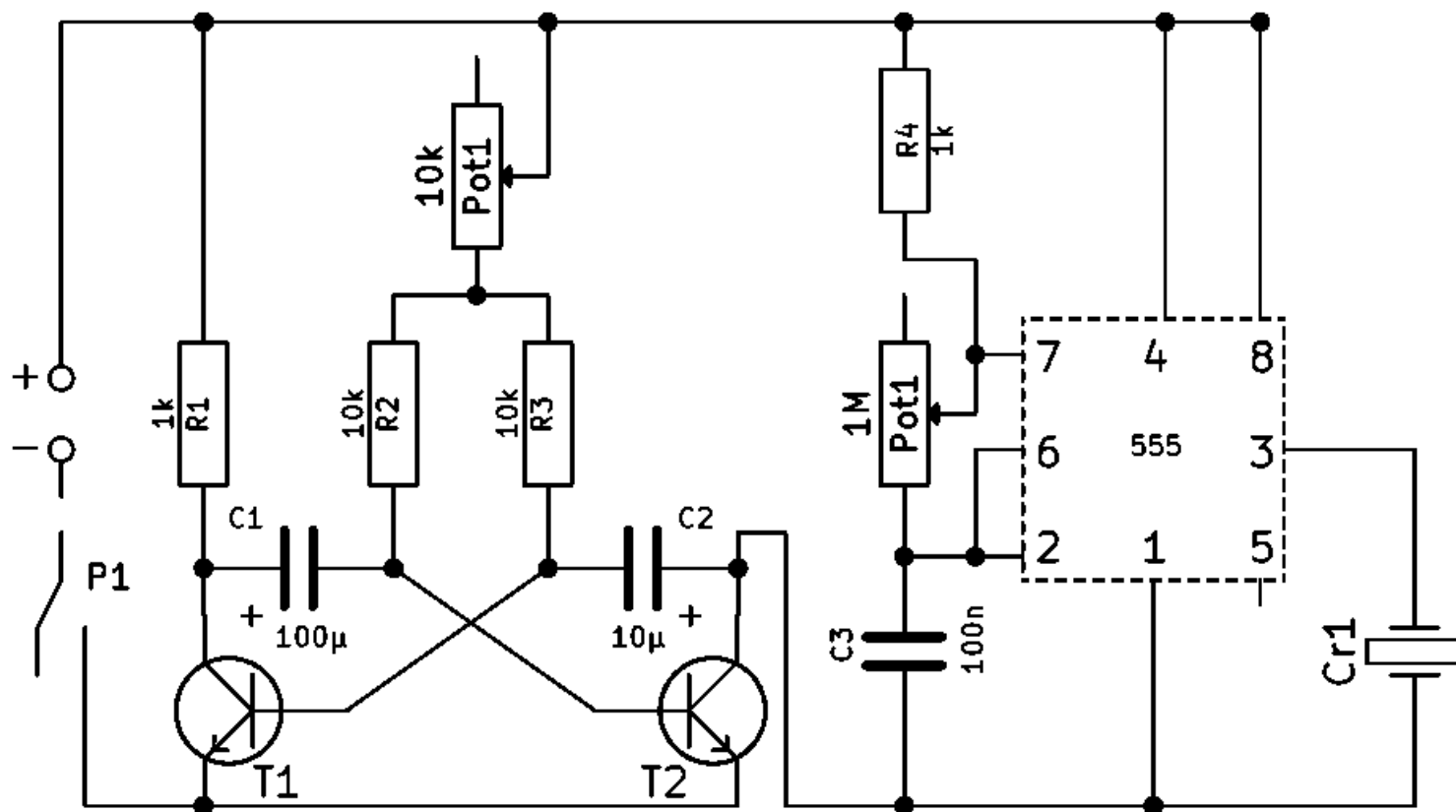
Povídání k obvodu:

Jedním z důležitých rysů experimentátora či stavitele je pozornost k nestandardnímu chování součástek a obvodů, které může mít velké využití. Pokud jste si vyzkoušeli experiment s LED z poznámky u obvodu čtyřtranzistorového zesilovače, 6.1.3., zjistili jste, že i LED lze použít jako světelné čidlo! A při tom o ní obvykle uvažujeme jen jako o zdroji světla. Tento obvod podobným způsobem využívá vlastnost piezoelektrického materiálu – piezoměnič jsme zatím používali pouze jako zdroj zvuku. Funguje to ale i naopak – když piezoměnič deformujeme, vzniká napětí. Můžeme z něj tedy udělat senzor otřesů, vibrací, nebo dokonce zvuku (při veliké citlivosti).

LED v obvodu ze schématu vedle spustí otřes piezoměniče Cr1. LED potom zůstane svítit, až dokud uživatel nezmáčkne tlačítko S1. Takto může obvod plnit funkci „anti-zloděj“ senzoru – když zloděj praští do okna automobilu,

do domovních dveří atd., senzor otřes zaregistruje a spustí připojené zařízení – v našem případě jen světelnou signalizaci, ale na výstupu obvodu klidně může být třeba siréna.

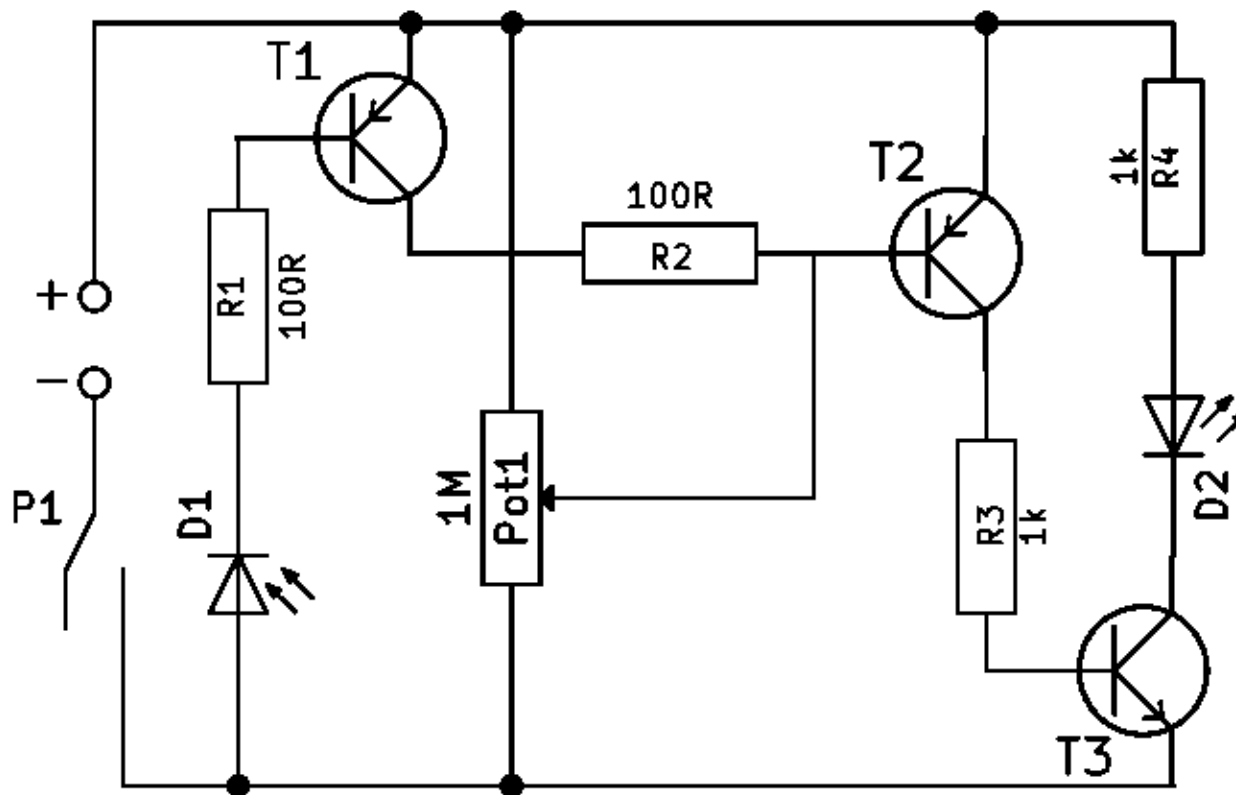
7.5. Zvuková signalizace couvání



Povídání k obvodu: Byli jste někdy přítomni při couvání nákladního nebo jiného velkého vozidla? Pokud ano, dost možná jste při tom slyšeli varovné pípání. Tímto akustickým signálem vozidla bývají vybavena, aby varovala osoby za sebou v nebezpečných případech, kdy by je řidič mohl přehlédnout. Stejný výsledek poskytne obvod ze schématu výše. V „alarmu“ nedovolujícím řidiči opustit vůz s vypnutým motorem a rozsvícenými světly se obvod uplatní také.



7.6. Detektor osvětlení



Povídání k obvodu:

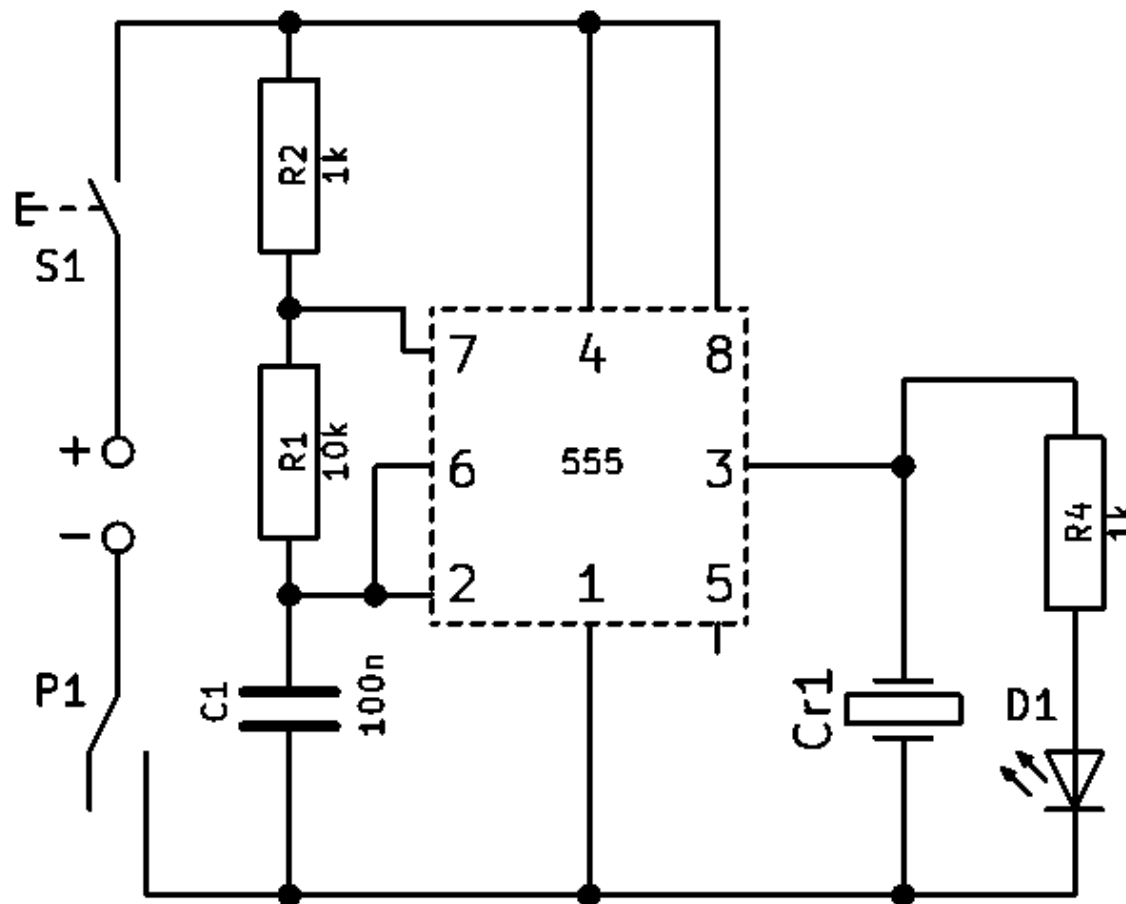
Bojí se malý bráška tmy, a proto musí mít v noci vždy rozsvícenou alespoň tu malinkou lampičku? Nebo chcete, aby se vám rozsvítilo zvonkové tlačítko, jakmile se setmí, a vaši hosté po něm nemuseli pátrat se zapalovačem v ruce? A jste zapomětliví, leniví, nebo uvažujete velmi efektivně, takže nechcete zapínání řešit den co den ručně? Pak vám pomůže obvod ze schématu na této stránce.



Potenciometrem Pot1 pečlivě nastavíme požadovaný práh okolního osvětlení pro spouštění obvodu. Obvykle je obtížné odhadnout hladinu osvětlení, proto je nejlepším způsobem jednoduše si počkat na dané podmínky a nastavit práh přímo na místě a v čase, kdy požadujete spouštění.

Obvod se také projevuje vlastností pomalého startu – zapínání není skokové, takže by neměl zbytečně dráždit oči. Pokud se bojíte, že na snímač vleze nějaký hmyz a zastíní jej, nezoufejte – můžete fotodiodu zdvojit. Spojte paralelně dvě a umístěte je na různá místa. Tímto způsobem, i když hmyz zakryje jedno čidlo, druhé přidrží stav obvodu. Místo D2 s R4 můžete zapojit různá zařízení – relé ovládající elektronické zatahování závěsů, spouštěč bezpečnostního systému, orientační osvětlení od brány ke vchodu, ... představivosti se meze nekladou!

7.7. Telegraf



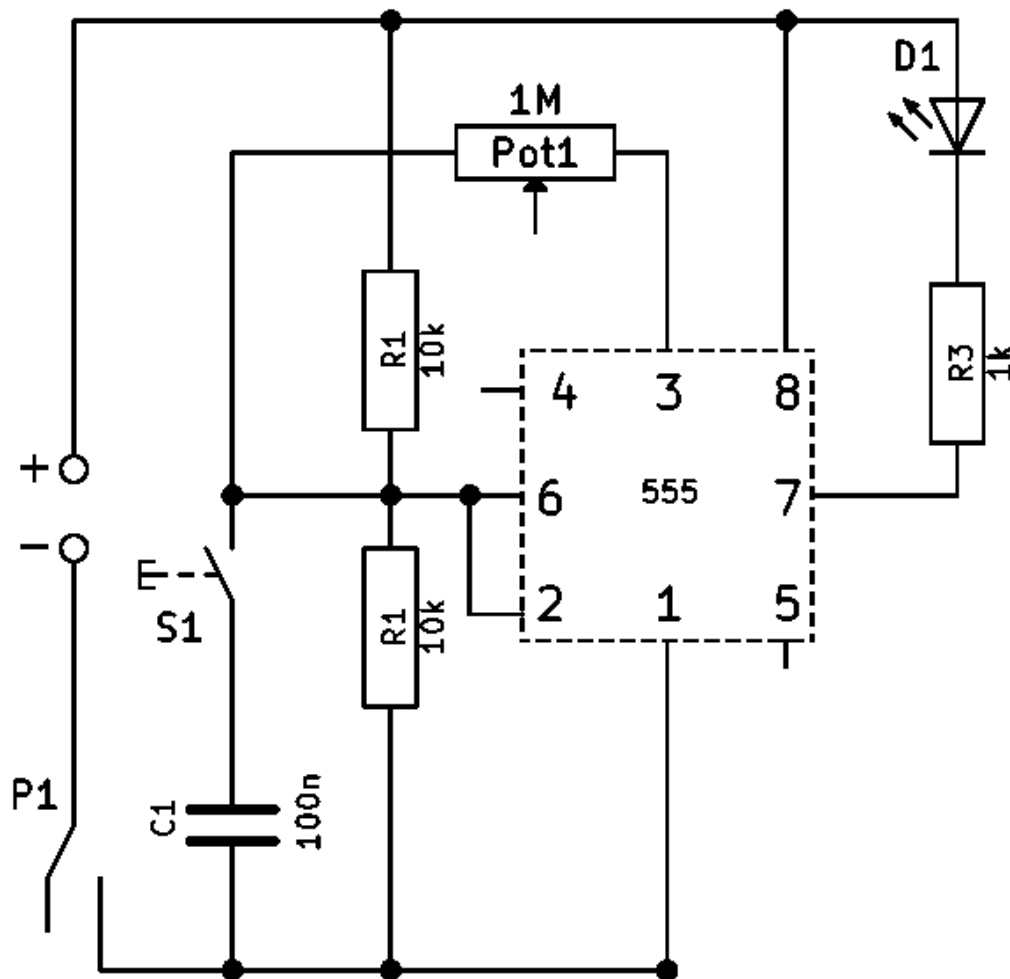
Povídání k obvodu:

Dávno před dnešními dobami, kdy můžeme s pramalým úsilím vést se známým na druhé straně oceánu díky rychlému připojení internetové videohovory, se lidé dorozumívali po internetu pouze hlasovými hovory, protože připojení bylo pomalé a kamery drahé. Před těmi dobami lidé byli nadšení z možnosti dopisovat si v reálném čase s přáteli skrze programy typu ICQ. Ještě dálnější záležitostí bylo poslat na druhou stranu světa textovou zprávu – e-mail. Když internet ještě byl běžné populaci vzdálen, lidé si psali krátké zprávy – SMS – po telefonu. Před tím spolu po telefonu hovořili. Ještě před tím kvůli tomu museli na Poštu nebo úřady, protože jinde telefony nebyly. A takto by se dalo pokračovat – všechny uvedené cesty ale mají něco společného. Všechny jsou svým způsobem využitím elektřiny ke komunikaci na velké vzdálenosti. A historicky prvním takovým využitím elektřiny byl přístroj zvaný telegraf.



byla tlačítka pro vysílání a elektromagnetické cívky s kladívky pro příjem. Náš telegraf místo klepání píská. Když se naučíte Morseovu abecedu, můžete snadno vysílat zprávy a naopak je dekodovat na příjmu. A se dvěma tlačítky a piezoměniči (obojí v paralelním zapojení, každá sada u jednoho z vás) můžete i komunikovat s kamarádem – oscilátor stačí jediný. Přenosová vzdálenost však nebude příliš velká, protože i vodiče mají svůj odpor, a to tím větší, čím jsou delší.

7.8. Ovládání jedním tlačítkem



Povídání k obvodu:

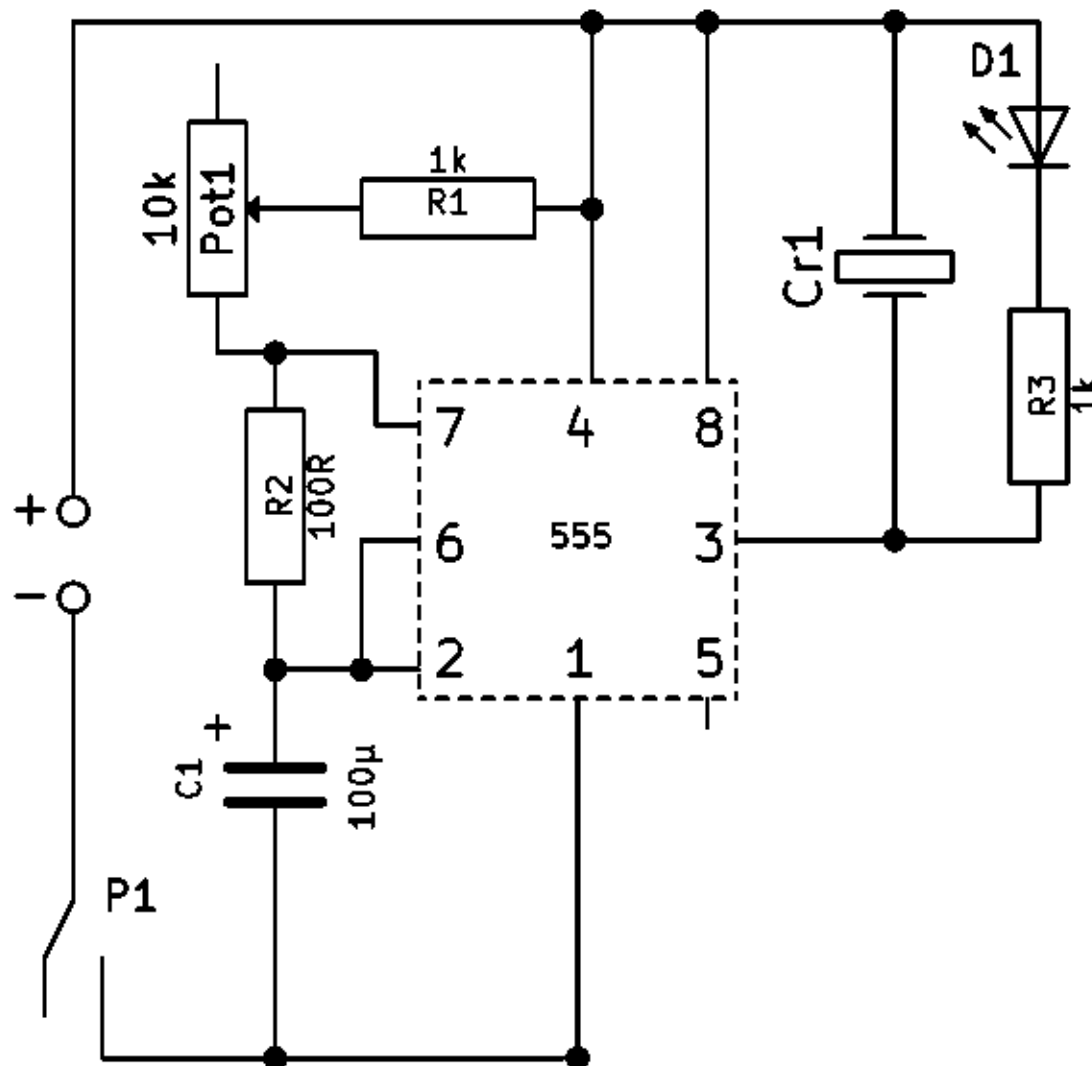
Dnes a denně obvykle používáme zařízení, která místo vypínače mají tlačítko – jediné tlačítko – a přesto se málokdo z nás pozastaví nad tím, jak je možné, že jím přístroj lze zapínat a vypínat! Typickým příkladem jsou počítačové monitory, LCD a plazmové televize, tiskárny, ... Jak tohoto chování ale přístroje dosahují? Tlačítkový spínač přece spojí své vývody jen na okamžik, kdy na něj uživatel vyvíjí tlak. Zařízení by tedy nemělo zůstat zapnuté déle než do chvíle, kdy uživatel sundá prst z hmatníku.



Na první otázku ovšem odpověď již známe – bistabilní klopný obvod! Ten přece po příchodu řídicího impulsu překlápí stav obvodu. Jenže to nám nedává odpověď na druhou část otázky, protože v bistabilním klopném obvodu jsme potřebovali přivést druhý, vypínací, impuls na jiné místo a museli jsme tedy použít druhé tlačítko. Tuto otázku tedy zodpoví obvod z vedlejšího schématu.

Povšimněte si, že Pot1 je zapojen jako pouhý rezistor o velké hodnotě odporu (vyhoví rezistor s odporem od cca. 50 kΩ po více než 1 MΩ, na funkci nemá velký vliv). Skrze něj je zavedena tzv. *zpětná vazba* z výstupu (pin č. 3) na vstup (piny č. 2 a č. 6). Zpětná vazba je (nejen v elektronice) nesmírně důležitý princip.

7.9. Metronom s akustickým i světelným výstupem



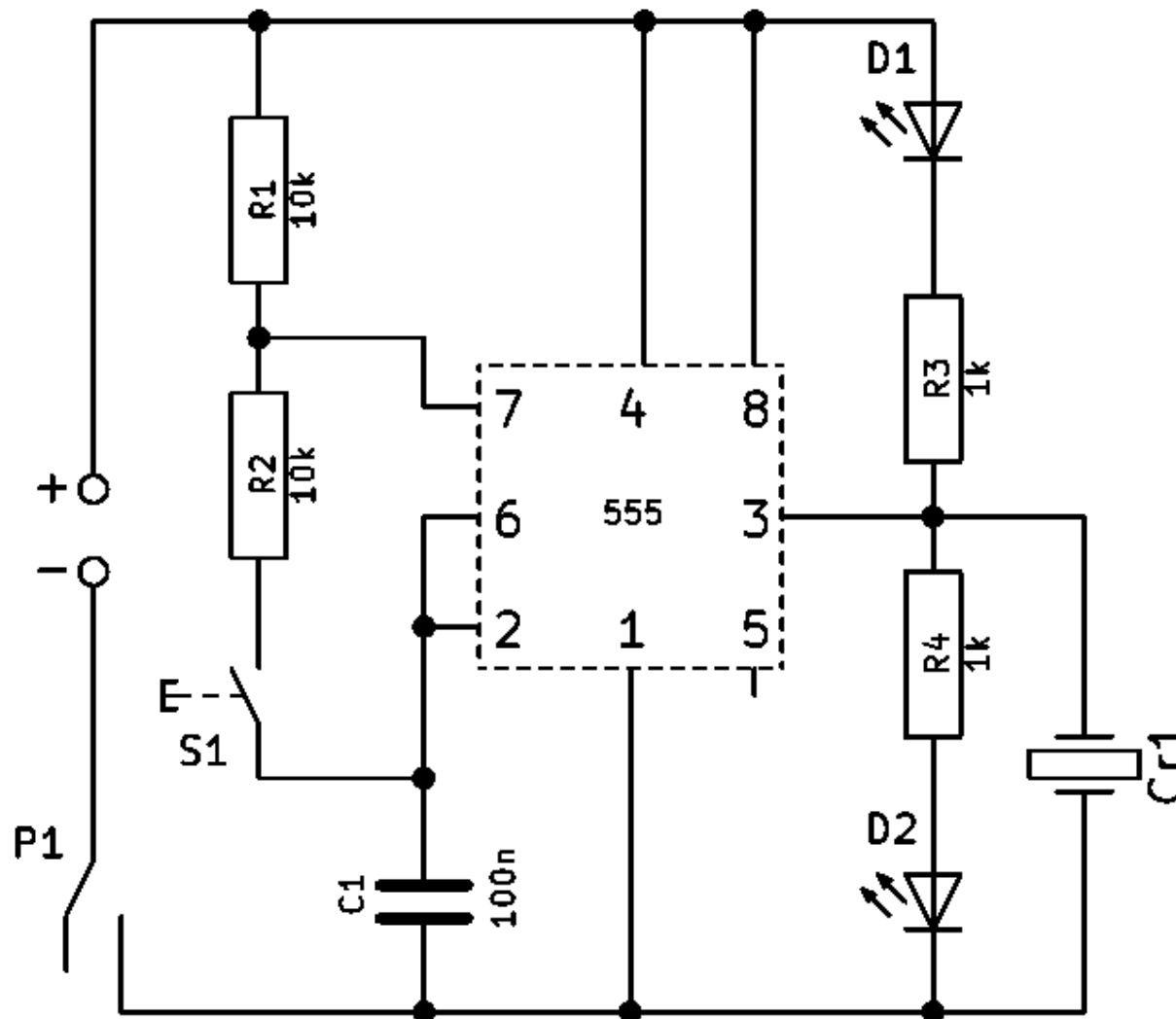
Povídání k obvodu:

Nejen hudebníci občas potřebují udržet rytmus. Někdo jej má zakódovaný v mysli od narození, jiný se mu musí pilně učit. Existuje šikovné zařízení, které nám v tomto ohledu pomáhá – říká se mu metronom či taktometr. Ve své podstatě je to oscilátor, jehož kmity mají frekvenci shodnou se skladbou (nebo jiným vzorem činnosti), kterou potřebujeme přehrát (či provést). Každý kmit ohlásí metronom uživateli obvykle krátkým klepnutím. Existují metronomy čistě mechanické, kombinované elektromechanické či plně elektronické. My se přidržíme poslední skupiny. Typické klepání metronomu nám nahradí skokové deformace piezoměniče v důsledku obdélníkového signálu, které budou znít velmi podobně, a nadto přidáme jednu šikovnou maličkost – optický výstup pomocí LED. Takto může uživatel sledovat takt i očima, takže není na závalu, když je metronom přehlušen.



Nastavení frekvence kmitání můžeme provádět pomocí Pot1. Hodnoty součástek jsou voleny tak, aby minimální frekvence byla zhruba 1 Hz. Kdybyste potřebovali prodloužit periodu kmitů, neváhejte experimentovat s hodnotami součástek.

7.10. Losovací zařízení



Povídání k obvodu:

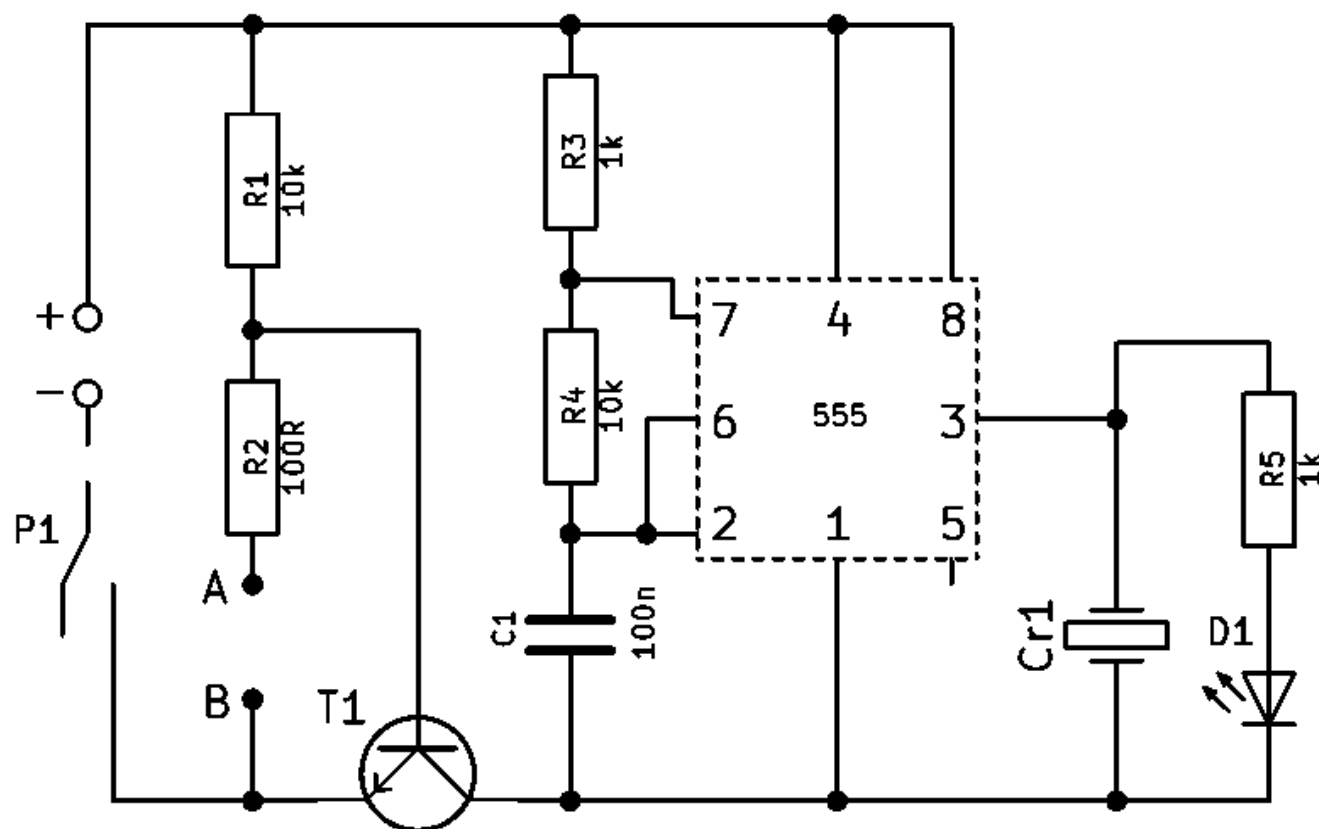
Už jste se někdy ocitli v situaci, kdy jste stáli před těžkým rozhodnutím, ale racionálních argumentů bylo na obou miskách vah přibližně stejně? Akdyž to nebylo dilemma, mohla to být prostá volba, kdo z vás půjde zaklepat na dveře sborovny a kdo bude mluvit. Nebo dohady o tom, či bude poslední bonbón. V těchto situacích obvykle pomáhá mince, tedy přesněji hod mincí. Co ale dělat, když u sebe žádnou minci nemáte..?



Obvod z této stránky poskytne stejný výsledek – když podržíte tlačítko, obvod se s vysokou frekvencí rozkmitá. Tuto skutečnost signalizuje svým pískáním piezoměnič Cr1. Jakmile uživatel tlačítko uvolní, obvod přestává kmitat a zůstává v poslední sepnuté poloze. Před losováním tedy stačí určit, která LED ukazuje na kterou možnost rozhodnutí, a stisknout tlačítko.

Chcete mít možnost losování ovlivnit? Přidejte k C1 další kondenzátor, třeba o kapacitě 10 μF , a přepínač. Tím budete moci volit frekvenci kmitů!

7.11. Alarm



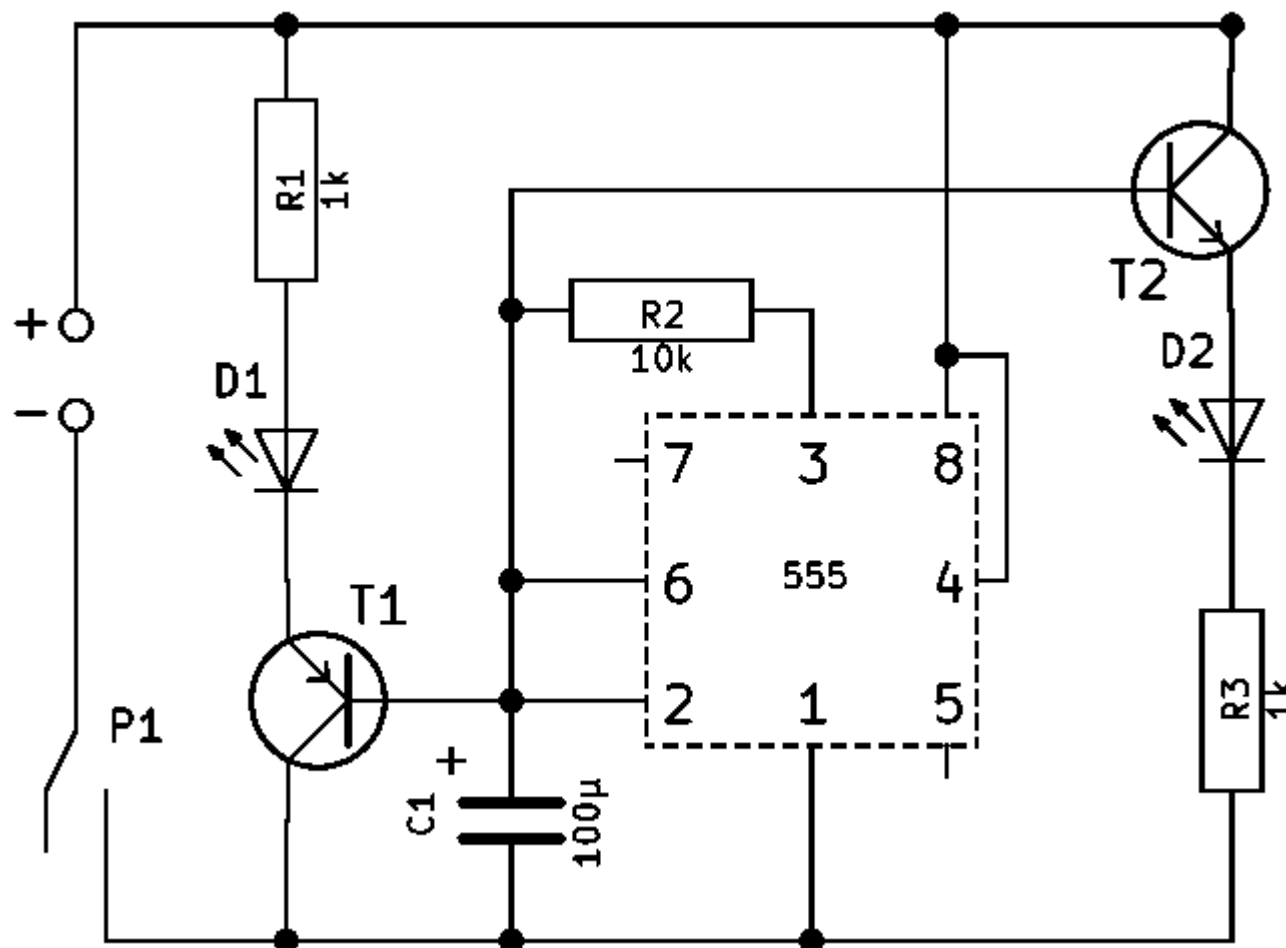
Povídání k obvodu:

Možná jste potkali v různých výprodejích nebo na tržnicích či na internetu malé a levné okenní alarmy – bílé kostičky, které se vejdou do dlaně, a jsou určeny k přilepení na okenní rám. Na okně potom je protikus – magnet – který udržuje obvod ve vypnutém stavu, je-li poblíž boční stěny zařízení. Jakmile se ale magnet vzdálí – a to se stane třeba když nezvaný host otevře okno, aby pronikl do budovy – rozezní se silná siréna, která má upozornit obyvatele na vetřelce, kterého zároveň má odradit od dalšího postupu. Podobnou funkci nabízí i zařízení na této stránce.



Mezi přípojnými body označenými A a B je za klidového režimu tenký vodič, který je spojuje. Jen několik desetin milimetru silného vodiče si málokterý nezvaný host všimne – můžete jej napnout napříč chodbou (a jedním vodičem můžete obsloužit více průchodů), čímž zabezpečíte daný prostor. Jakmile totiž vetřelec přeruší vodič (a k tomu potřebuje jen malou sílu), rozezní se siréna a rozsvítí se varovná LED. A pokud je vaše elektronická laboratoř vybavená, vezte, že v oněch bílých okenních alarmech funkci tenkého vodiče zajišťuje tzv. *jazyčkové relé* – dva kovové plátky, které se v přítomnosti magnetu dotýkají v důsledku působení magnetické síly. Jakmile ale magnet vzdálíte, rozpojí se a tím přeruší obvod.

7.12. Generátor pilovitých kmitů – „dýchající LED“



Povídání k obvodu:

Aniž bychom se o tom zmiňovali, doteď jsme vytvářeli pouze generátory takzvaného *obdélníkového průběhu*. To je označení pro výstupní napětí, které se skokově mění mezi dvěma hodnotami (vysokou a nízkou). Graf takového průběhu v čase potom má tvar obdélníku – a odtud také název. Elektronické obvody však dokáží generovat různé průběhy – mezi nejběžnějšími a nejdůležitějšími třeba sinusový nebo tzv. *pilovitý průběh*, kdy výsledný časový graf má tvar zubů pily (tedy přibližně lineárně roste, pak se zalomí a opět klesá – buď skokově, nebo pod obecným úhlem).



Takový generátor pilovitých kmitů vidíte na schématu vedle. Pokud jste někdy viděli moderní dotykové telefony oznamovat příchozí událost (nebo klidový stav)

tzv. „dýcháním“ oznamovací kontrolky, víte, o jak vizuálně atraktivní chování se jedná. Náš obvod zajišťuje stejnou věc – jas jednotlivých LED pozvolna roste, až dosáhne maxima. Poté opět pozvolna klesá, až LED zhasne – a to platí pro každou zvlášť. Výsledek připomíná dýchání a je velmi efektní a uklidňující.

8. Dobrodružství začíná!

Připadá ti, milá čtenářko či milý čtenáři, že je absurdní prohlašovat, že dobrodružství začíná, když naše společná cesta stránkami této příručky končí? Ale kdepak! Od začátku jsme se na tuto chvíli připravovali – stavebnice má obrovskou výhodu oproti knize, filmu, táboru, koncertu či divadelnímu představení: Nemá konec! Kolikrát každý z nás zažil ty rozporuplné chvíle těsně před koncem, kdy se cítí radostně, protože má za sebou skvělý zážitek, ale zároveň smutně, protože právě dojedl svoji porci zábavy. Je to moment sice přirozený a nutný, vždyť bez něj by nebylo těšení na příště, ale skrývá se v něm jisté podvědomé zklamání. Této chvíle ale se SEEK! budete ušetření!

Prošli jsme spolu kus cesty lemované skutečnými zkušenostmi na vlastní nohy. Začali jsme u naprostých základů a společně jsme poznali, co to vlastně je ten elektrický proud. Seznámili jsme se s mnoha součástkami a vyložili jejich principy, které jsme si ověřili na skutečných zapojeních. V dalším úseku cesty jsme se proplétali mezi základními druhy obvodů a často si udělali malou zacházku, abychom porozuměli tomu, jak spolu jednotlivé součástky spolupracují na výsledném efektu. Dorazili jsme až do rozvětvených klubiček cest, cestiček, stezek, pěšinek, chodníčků, silnic a dálnic, kde jsme poznávali další obvody, které snadno využijete v běžném životě, a které ilustrují univerzalitu světa elektroniky. Je to ale konec putování světem elektroniky? Kdepak!

Čtenář, který četl příručku pozorně, s pochopením, a nebyl při zapojování pouhým opisovatelem nakresleného; čtenář, který experimentoval s hodnotami součástek a modifikoval obvody; čtenář, který má hlavu otevřenou; by měl být připraven učinit další krok – nyní již nejspíše víte dost na to, abyste mohli navrhovat obvody vlastní. Vyzývám vás tedy – **tvořte!** Sama stavebnice SEEK! poskytuje bezpočet dalších možných kombinací součástek a obvodů, které z ní můžete sestavit. Na internetu, v knihách, časopisech a mnoha jiných místech jistě naleznete spousty námětů na další obvody. A sám život je tím nejlepším autorem výzev, problémů, požadavků a zdrojem inspirace. A co teprve když budete mít díky kamarádovi nebo školnímu kabinetu fyziky k dispozici dvě a více sad stavebnice? Vaše možnosti porostou závratným tempem!

Ale ani zde pout' nemusí skončit. Vybaveni všemi zkušenostmi získanými v SEEK!, můžete se vydat blíže k profesionálnímu způsobu realizace elektronických zařízení – můžete začít navrhovat a vyrábět své vlastní plošné spoje, do kterých páječkou připevníte součástky na takřka věčné časy. K tomu vám může skvěle pomoci série knih *Poznáváme elektroniku* od autora Václava Maliny, s nimiž v dávných dobách začínal i autor SEEK! a dodnes si je nemůže vynachválit!

Závěrem zbývá říci jen: **Bylo mi ctí a potěšením přinést vám, čtenářko či čtenáři, možnost pobavit se a cestou se něco naučit!**

Váš Autor

