

Evropský polytechnický institut, s.r.o.

BAKALÁRSKA PRÁCA

2013

RUDOLF JELENEK

Evropský polytechnický institut, s.r.o. v Kunovicích

Studijní obor: Elektronické počítače

ĎIAL'KOVÉ MERANIE NA DIÓDACH

(Bakalárska práca)

Autor: Rudolf JELENEK

Vedoucí práce: Ing. Miroslav ZÁLEŠÁK

Kunovice, 2013



I. soukromá vysoká škola na Moravě
Evropský polytechnický institut, s.r.o.
Akademický rok 2012/2013

ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Meno a priezvisko: **Rudolf Jelenek**
Študijný odbor: **Elektronické počítače**

Téma práce:

Diaľkové meranie na diódach

Cieľ bakalárskej práce:

Cieľom bakalárskej práce je meranie elektrických parametrov vybraných typov diód pomocou jednočipového mikropočítača cez internetové rozhranie. V teoretickej časti bakalárskej práce zhrňte teoretickú základňu použitých súčiastok. Urobte analýzu merania vybraných parametrov diód a aplikácie jednočipového mikropočítača na toto meranie, vytvorte programové aplikácie. V praktickej časti riešenia bakalárskej práce vytvorte úlohu do protokolu (bude v prílohe), ktorú je treba realizovať, aby si študent overil základné znalosti, schopnosti a kompetencie z oblasti merania polovodičových súčiastok, ako z oblasti programovania, tak aj elektroniky. Vytvorte k tomu videonahrávku, ktorá bude obsahovať praktický návod na meranie a použitie. Celý systém začleňte do IS EPI tak, aby mal tento systém k dispozícii študent v špecializovaných laboratóriách na kampusoch EPI s.r.o., ale aby bolo možné prevádzkovať ho ako vzdialené meracie pracovisko. Systém uveďte do rutinného systému úloh Meranie s diaľkovým prístupom. Popíšte začlenenie a prínos práce do výskumnej úlohy B8/2011/01. O celom riešení vypracujte príspevok na medzinárodnú študentskú konferenciu v požadovanom rozsahu a na tejto konferencii ho obhájte. Príspevok bude súčasťou záveru bakalárskej práce. Na záver bakalárskej práce navrhnete ďalšie pokračovanie v tejto práci (ciele, osnova, literatúra). Výsledky Vašej práce musí schváliť vyučujúci predmetu programovacej techniky a elektroniky. Nasledovne bude práca obhájená pred Ústavom aplikovanej informatiky. Bakalársku prácu podrobte na test plagiátorstva a výsledok predložte skúšobnej komisii pre štátnu záverečnú skúšku.

Osnova:

Úvod

1. Teoretické východiská
2. Profil zadanej témy (kompetencie, vedomosti, zručnosti)
3. Analýza požiadavkou na meranie
4. Návrh spôsobov merania
5. Realizácia meracieho prípravku
6. Pilotná prevádzka merania
7. Odstránenie pripomienok a uvedenie do rutinnej prevádzky
8. Realizácia projektu merania v rámci IS EPI

Záver

Podľa zákona č. 111/1998 Sb., § 47b, odst. 3 platí, že odovzdaním práce autor súhlasí so zverejnením svojej práce podľa tohto zákona, bez ohľadu na výsledok obhajoby.



Vedúci práce: Ing. Miroslav Zálešák
Oponent práce: Mgr. Ivo Lazar

Miesto a dátum zadania bakalárskej práce: Kunovice, 24.8.2012

022

Ladislav Obdržálek
Ing., PhD.
prorektor pre pedagogickú činnosť



Oldřich Kratochvíl
Ing., h. prof., Dr.h.c., Ph.D., CSc., MBA
rektor

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracoval samostatne, pod vedením Ing. Miroslava ZÁLEŠÁKA a uviedol som v zozname literatúry všetky použité literárne a odborné zdroje.

Kunovice, 2013

Ďakujem pánovi Ing. Miroslavovi ZÁLEŠÁKOVÍ za veľmi užitočnú metodickú pomoc,
ktorú mi poskytol pri spracovaní mojej bakalárskej práce.

Kunovice, 2013

Rudolf JELENEK

Obsah:

ÚVOD.....	8
1 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ.....	10
1.1 POLOVODIČE.....	10
1.1.1 Vlastný polovodič	10
1.1.2 Prímesový polovodič	11
1.1.3 Priechod PN	11
1.2 POLOVODIČOVÉ DIÓDY	13
1.2.1 Rozdelenie polovodičových diód.....	13
1.2.2 Kapacitná dióda	14
1.2.3 Spínacia dióda.....	15
1.2.4 Schottkyho dióda	15
1.2.5 Zenerova dióda	15
1.2.6 LED dióda.....	16
1.2.7 Germániova dióda.....	18
1.2.8 Špeciálne diódy.....	18
1.3 POLOVODIČOVÁ DIÓDA V ELEKTRICKOM OBVODE	18
1.4 VPLYV FAKTOROV NA TVAR V-A CHARAKTERISTIKY USMERŇOVACEJ POLOVODIČOVEJ DIÓDY	19
2 PROFIL ZADANEJ TÉMY (KOMPETENCIE, VEDOMOSTI, ZRUČNOSTI)...	21
3 ANALÝZA POŽIADAVKOU NA MERANIE	23
3.1 METÓDY MERANIA.....	23
3.1.1 Priame metódy merania	23
3.1.2 Nepriame metódy merania.....	23
3.2 MERANIE NAPÄTIA.....	24
3.2.1 Predradník	24
3.3 MERANIE PRÚDU.....	25
3.3.1 Meranie prúdu nepriamou metódou.....	25
3.4 VÝKON	26
3.5 POPIS ĎALŠÍCH OBVODOVÝCH SÚČIASTOK	26
3.5.1 Rezistor	26
3.5.2 Kondenzátor.....	27
3.5.3 Tranzistor	28
3.6 ARDUINO UNO.....	29
3.6.1 Napájanie	30
3.6.2 Pamäť	31
3.6.3 Vstupy a výstupy	31
3.6.4 Software pre programovanie Arduina.....	32
3.6.5 Pulzno-šírková modulácia.....	33
3.6.6 A/D prevodník	34
3.7 USB PORT	35
3.7.1 Komunikačná rýchlosť.....	35
3.8 ARDUINO ETHERNET SHIELD	37
3.9 SIEŤOVÁ KOMUNIKÁCIA.....	40
3.9.1 Transmission Control Protocol (TCP)	40
3.9.2 Internet Protocol (IP)	40
3.9.3 Vrstvy TCP/IP.....	41
3.9.4 Protokol UDP.....	41

4	NÁVRH SPÔSOBOV MERANIA	42
4.1	POPIS POUŽITÝCH DIÓD	42
4.2	MERANIE DANÉHO JAVU	43
4.2.1	Meranie napätia a prúdu Arduino	43
5	REALIZÁCIA MERACIEHO PRÍPRAVKU	45
5.1	REGULÁCIA NAPÄTIA	47
5.2	SOFTWARE NA REALIZÁCIU DIAĽKOVÉHO PRÍSTUPU	49
5.2.1	Popis programu v Arduino	49
5.2.2	Serverová aplikácia	53
5.2.3	Java Applet	53
5.2.4	Grafy nameraných hodnôt	55
5.2.5	Web kamera	58
6	PILOTNÁ PREVÁDZKA MERANIA	59
7	ODSTRÁNENIE PRIPOMIENOK A UVEDENIE DO RUTINNEJ PREVÁDZKY	60
8	REALIZÁCIA PROJEKTU MERANIA V RÁMCI IS EPI	61
8.1	PREPOJENIE TÉMY BAKALÁRSKEJ PRÁCE S INTERNÝM GRANTOVÝM SYSTÉMOM EPI, S.R.O.	61
8.2	ÚLOHA PRE ŠTUDENTOV	62
8.3	POPIS TECHNICKEJ A PREVÁDZKOVEJ DOKUMENTÁCIE, EKONOMICKÉ NÁKLADY ..	62
8.4	VIDEONAHRAVKA	63
	ZÁVER	64
	HODNOTENIE PODNIKU	67
	ABSTRAKT	68
	ABSTRACT.....	69
	LITERATÚRA.....	70
	ZOZNAM SKRATIEK	74
	ZOZNAM OBRÁZKOV SCHÉM, GRAFOV A TABULIEK	76
	ZOZNAM PRÍLOH.....	78

ÚVOD

V súčasnej dobe dochádza k rozsiahlemu vývoju na poli moderných technológií. Pozadu nezostáva ani oblasť počítačových a priemyselných sietí, ktoré sa neustále zdokonaľujú a pripájajú sa na internet, ktorý je v dnešnej dobe fenoménom. So stále vzrastajúcou počítačovou gramotnosťou obyvateľov rastie aj počet domácností, ktoré majú svoj počítač pripojený k internetu. Ľudia hľadajú na internete rôzne informácie, používajú ho k vybavovaniu elektronickej korešpondencie, k prezentovaniu seba samých či svojich výrobkov. Internet slúži ako komunikačný prostriedok na veľké vzdialenosti, príkladom môže byť elektronické bankovníctvo, pomocou ktorého je možné spravovať svoj bankový účet z tepla domova.

Pokiaľ vlastníte inteligentný dom, je možné vďaka internetu zistiť aká je v dome teplota a prípadne ju zmeniť tak aby bola vyhovujúca. Internet možno zapojiť do meracieho reťazca, ktorý umožňuje získať potrebné informácie v krátkom čase a je jedno z akej diaľky.

Pre pripojenie miesta merania s miestom, ktoré vyhodnocuje meracie údaje, nie sú potrebné žiadne náklady. Postačujúce sú už zabudované siete. Internet pracuje s protokolom TCP/IP. Jednou z hlavných výhod tohto protokolu je, že užívateľ sa nemusí starať o výpadky prenosových trás. Medzi ďalšie výhody protokolu TCP/IP patrí zabezpečenie prenášajúcich dát. V prípade, ak sú nejaké dáta poškodené ba dokonca stratené, je vyslaná požiadavka na opätovné zaslanie chybných či stratených dát.

Cieľom bakalárskej práce je meranie elektrických parametrov vybraných typov diód pomocou jednočipového mikropočítača cez internetové rozhranie. Dôvodom potreby riešenia tejto problematiky je zložitosť merania napätia a prúdu na diódach na diaľku.

Táto práca má ukázať, ako sa pomocou vhodného programového vybavenia dá realizovať diaľkový model merania, ktorý bude ako prenosové médium využívať internet a jeho protokol TCP/IP. Vďaka vizualizačnému softwaru je možné tento model ovládať a vyhodnocovať namerané hodnoty v počítači.

Bakalárska práca sa skladá z teoretickej a praktickej časti. V teoretickej časti bakalárskej práce je zahrnutý popis použitých súčiastok, analýza merania vybraných parametrov diód a metódy ich merania. Súčasne sa zaoberá aplikáciou jednočipového mikropočítača na toto meranie. Ako mikropočítač bola zvolená vývojová platforma Arduino rozšírená o Ethernet Shield.

Praktická časť bakalárskej práce obsahuje popis programovej aplikácie, ktorá sprostredkováva meranie elektrických parametrov diód a zabezpečuje komunikáciu s užívateľom. Praktická časť obsahuje úlohu vytvorenú pre študentov, ktorí si pomocou nej môžu overiť svoje základné znalosti, schopnosti a kompetencie z oblasti merania diód, ale aj z oblasti programovania a elektroniky. Súčasťou druhej časti bakalárskej práce je aj praktický návod na meranie a použitie vo forme videonahrávky.

Štúdiom nadobúdame dôležité vedomosti potrebné k riešeniu danej problematiky. Aj keď máme vynikajúce teoretické znalosti, je ťažké ich uplatniť v praxi, kde sa často vyskytujú rôzne problémy. Až keď chceme naše vedomosti uplatniť spoznáme, či sme danú problematiku pochopili správne.

Problémom je, že si študenti väčšinou nemajú možnosť nadobudnuté poznatky prakticky vyskúšať. Z tohto dôvodu vzniklo na Európskom polytechnickom inštitúte laboratórium diaľkového merania. V tomto laboratóriu je umiestnená rada meracích prípravkov, na ktorých si môžu študenti z pohodlia domova prakticky overiť svoje znalosti.

Celá bakalárska práca je začlenená do IS EPI tak, aby ju mal študent k dispozícii v špecializovanom laboratóriu. Toto meracie pracovisko je realizované v učebni KL3 na kampuse v Hodoníne. V učebni je umiestnený počítač, ktorý slúži ako server pre diaľkové meranie a sprostredkováva komunikáciu medzi meracím prípravkom a užívateľom, pripojeným naňho cez internet. Systém je uvedený do rutinného systému úloh Meranie s diaľkovým prístupom, ktorý má označenie B8/2011/01.

O bakalárskej práci bol vypracovaný príspevok na medzinárodnú študentskú konferenciu, na ktorej bol aj obhájený.

1 Teoretické východiská

Volt-ampérová charakteristika poskytuje základnú informáciu o vlastnostiach diódy. Graficky znázorňuje závislosť prúdu tečúceho diódou na privedenom napätí. Vo väčšine prípadov sa mení napätie a meriame prúd, ktorý diódou preteká. Výsledky zapisujeme do tabuľky a zobrazujeme ich v grafe, kde na vodorovnú os vynášame napätie a na zvislú prúd. V tejto kapitole budú vysvetlené pojmy: čo je polovodičová dióda, druhy polovodičových diód atď.

1.1 Polovodiče

Polovodiče sú chemicky veľmi čisté látky, ktoré sú svojimi elektrickými vlastnosťami prechodom medzi vodičmi a izolantmi. Od vodičov sa líšia nižšou koncentráciou voľných nosičov elektrického náboja, ktorých prítomnosť je spôsobená poruchami kryštalických mriežok polovodičov. Klasickými polovodičmi sú prvky – germánium, kremík a zlúčeniny prvkov tretej a piatej skupiny periodickej sústavy. [8, s. 22]

Elektrické vlastnosti polovodičov sú priamo dané ich kryštalickou štruktúrou – usporiadaním atómov vnútri tuhej látky. Medzi základné parametre, ktoré definujú povahu látky patrí počet valenčných elektrónov, hmotnosť jadier a rozmery základných buniek kryštalickej mriežky. Ďalej sú to: druh a počet defektov mriežky a za určitých podmienok i geometrické rozmery polovodičových vzoriek. [10, s. 54]

1.1.1 Vlastný polovodič

Vlastný (intrinzický) polovodič je dokonale čistý polovodič, v ktorom je koncentrácia voľných nosičov náboja určená samotným materiálom. Voľné elektróny vo vodivostnom pásme vlastného polovodiča pochádzajú z valenčného pásma, odkiaľ sa dostali do vodivostného pásma cez zakázané pásmo pôsobením tepelnej, optickej alebo inej formy energie. Vo vlastnom polovodiči je rovnaký počet voľných elektrónov a dier. Keď elektrón opustí svoj valenčný orbitál ostáva po ňom diera. Takto vlastne vzniká elektrónovo-

dierový pár. Ak je kryštál polovodiča pripojený ku zdroju napätia, elektróny sú priťahované ku kladnej elektróde zdroja. Elektrón sa pohybuje smerom k diere, zanechávajúc za sebou diery – elektrón a diera si vlastne vymenia miesto. Takže v skutočnosti sa diery nepohybujú smerom ku zápornej elektróde zdroja, ale sú takto zapĺňané elektrónmi. Transport elektrických nosičov pohybom dier sa nazýva dierová vodivosť. [9, s. 37]

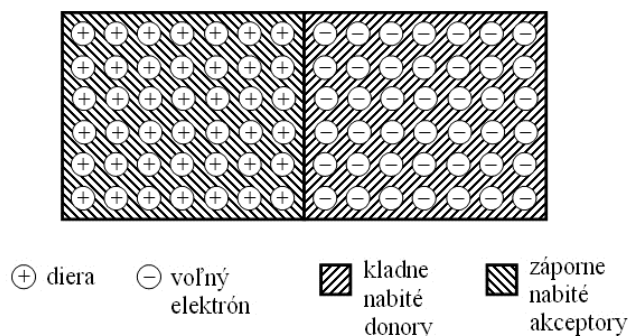
1.1.2 Prímesový polovodič

Prímesový polovodič je typ polovodiča, ktorého elektrické vlastnosti závisia od prítomnosti prímеси (nečistôt) v základnom polovodičovom kryštáli. Prímеси sú pridávané procesom známym ako dotácia. Atóm prímеси obsadzuje regulárne miesto v mriežke, uvoľnené od atómu hostiteľa, a nahrádza tento atóm pri vytváraní valenčných väzieb. Do polovodičového kryštálu môžu byť zavedené prímеси, ktoré ľahko uvoľňujú elektróny (donory) alebo ktoré zachytávajú elektróny a vytvárajú tak diery vo valenčnom pásme (akceptory). Prvky Mendelejevovej tabuľky skupiny Va (P, As, Sb) majú 5 valenčných elektrónov. Ich valenčné elektróny budú kombinované s valenčnými elektrónmi Si tak, že vytvoria kovalentné elektrónové páry. Keď atómy skupiny Va dodajú elektróny, nazývame ich donormi. Je tu prebytok elektrónov, ktoré môžu viesť prúd. Tieto elektróny sa nazývajú majorantné nosiče náboja. Elektróny sú záporne nabité, takže dotovaný kryštál je polovodič typu N. [8, s. 61]

1.1.3 Priechod PN

Priechod PN je podľa normy definovaný ako oblasť, (miesto) v polovodiči, v ktorej sa mení vodivosť P polovodičového materiálu na vodivosť N. Priechod PN môže vzniknúť v monokryštáli polovodiča, v styčnej ploche jeho dvoch vodivostných oblastí typu P a typu N. Treba zdôrazniť, že fungujúci priechod PN nemôže vzniknúť iba spojením dvoch polovodičov s opačným typom vodivosti. Zložité pomery v styčnej ploche (na rozhraní) by znemožnili vytvorenie kvalitného, vlastného kontaktu polovodič – polovodič. [8, s. 66]

Reálne priechody PN sa vytvárajú rôznymi technologickými operáciami, ktoré zabezpečia kvalitné rozhranie v jednom monokryštáli. Najčastejšie technologické operácie sú: difúzia, implantácia, epitaxia, prípadne zlievanie. Priechodom PN netečie žiadny prúd. Tento stav sa však pôsobením vonkajšieho napätia na priechode PN dá zmeniť a tým sa dá ovládať prúd tečúci cez priechod PN. Význam priechodu PN je daný mnohostrannosťou funkcií, ktoré môže priechod PN plniť. [8, s. 66]



Obrázok č. 1: PN priechod v kremíkovom kryštály
Zdroj: [2, s. 34]

Kryštálová mriežka oboch častí diódy na seba celkom plynule nadväzuje, v okolí priechodu PN vzniká vplyvom elektrostatického pola pevne viazaných iónov akceptora a donora vyprázdnená oblasť, ktorá sa správa ako izolačná vrstva oddeľujúca navzájom časť P od časti N. Z toho hľadiska pripomína dióda rovinový kondenzátor, ktorého elektródy sú od seba vzdialené o hrúbku vyprázdnenej vrstvy. Zodpovedajúca kapacita je dosť veľká. Veľkosť tejto kapacity je podľa veľkosti plochy priechodu niekoľko faradov až niekoľko desiatok faradov. [1, s. 109]

V praxi sa používajú tieto vlastnosti priechodu PN:

- schopnosť usmerňovať elektrický prúd pri konštrukcii polovodičových diód,
- injekčné vlastnosti sa využívajú pri bipolárnych tranzistoroch, tyristoroch, dvojbazových diódach, ap.,
- kapacita priechodu PN a jej napäťová závislosť sa využívajú na realizáciu nelineárnych, napätím ovládaných kapacitných diód (varikapy, varaktory),
- schopnosť priechodu PN meniť svetelnú energiu na energiu elektrickú je predpokladom pre konštrukciu fotoelektrických prvkov (fotodiódy, fototranzistory, slnečné články),
- emisia svetelného žiarenia pri prechode prúdu priechodom PN sa využíva pri luminiscenčných (emisných) diódach, laserových diódach a pod.,

- rýchly prechod z vodivého do nevodivého stavu využívajú na svoju činnosť špeciálne rýchle spínacie diódy,
- na schopnosti priechodu PN vytvárať oblasť priestorového náboja, vyprázdnenú od pohyblivých nosičov náboja a pomocou vonkajšieho napätia meniť šírku priestorového náboja,
- nelineárne priebeh V-A charakteristiky priechodu PN sa využíva pri zmiešavacích, násobičových a modulačných diódach,
- vlastnosti priechodu kov – polovodič sa využívajú na konštrukciu Schottkyho diód. (V tomto prípade nejde o štandardný priechod PN, ale priechod kov – polovodič). [8, s. 67]

1.2 Polovodičové diódy

Polovodičová dióda je jeden z najjednoduchších elektronických prvkov, ale veľmi dôležitý v elektronických obvodoch a systémoch. Polovodičová dióda v najjednoduchšej aplikácii simuluje vlastnosti jednoduchého spínača, usmerňuje elektrický signál. [8, s. 72]

1.2.1 Rozdelenie polovodičových diód

Podľa použitia rozlišujeme rôzne typy diód. V tabuľke č. 1 môžeme vidieť základné typy diód a ich využívané vlastnosti.

Typ diódy	Využívané vlastnosti
Usmerňujúce	Asymetrická volt-ampérová charakteristika
Stabilizačné	Napäťový prieraz v závernom smere
Kapacitné	Bariérová kapacita PN priechodu
Fotodetekčné	Optická generácia voľných elektrónov a dier
Svetlo emitujúce	Žiarivá rekombinácia voľných elektrónov a dier
Mikrovlnné	Mikrovlnné vlastnosti
Spínacie	Asymetrická volt-ampérová charakteristika
Tunelové	Záporný dynamický odpor

Tabuľka č. 1: Rozdelenie diód podľa použitia

Zdroj: [8, s. 80]

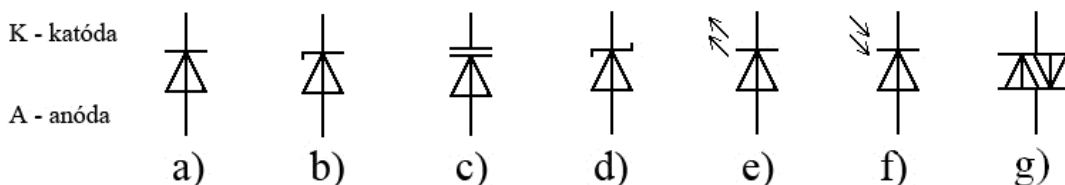
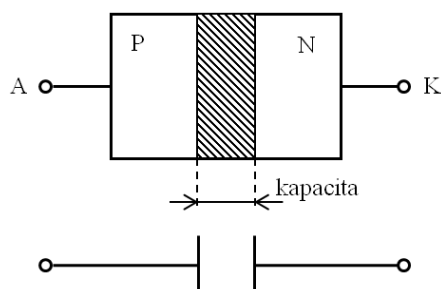


Schéma č. 1: Schematické značky diód, a) usmerňovacia dióda, b) stabilizačná dióda (Zenerova dióda), c) kapacitná dióda (Varikap), d) Schottkyho dióda, e) LED dióda (Svetlo emitujúca dióda), f) fotodióda, g) diak. Zdroj: vlastný

1.2.2 Kapacitná dióda

V elektrotechnickej praxi sa využívajú dva typy kapacitných diód. Pre jednosmerné aplikácie sa využívajú varikapy a vo vysoko frekvenčných striedavých aplikáciách varaktory, ktoré sú dimenzované na väčšie výkony. Ich spoločný názov je kapacitné diódy. Kapacitné diódy využívajú kapacitu priečodu PN polarizovaného v závernom smere, kedy sa uplatňuje závislosť bariérovo priechodovej kapacity. Kapacita priepustne polarizovaného priečodu PN však tiež pôsobí pri činnosti diód, hlavne pri spínaní signálu (rýchle diódy). Kapacita záverne polarizovaného priečodu PN vo funkcii kondenzátora sa vyznačuje malým stratovým činiteľom (závisí hlavne od sériového odporu diódy), malou teplotnou závislosťou, nízkym šumom a je frekvenčne nezávislá až do oblasti mm vln. Z toho dôvodu je využitie polovodičovej diódy vo funkcii premenného kondenzátora veľmi výhodné. [8, s. 75]



Obrázok č. 2: Kapacita priečodu PN
Zdroj: [1, s. 109]

Hrúbka vyprázdnenej oblasti sa môže meniť zmenou anódového napätia diódy, mení sa v závislosti od anódového napätia aj kapacita priečodu. Súčasne sa mení aj odpor vyprázdnenej oblasti. [1, s. 109]

1.2.3 Spínacia dióda

Priepustne polarizovaný priebeh PN vykazuje difúziu kapacitu, ktorá súvisí s injekciou a prerozdeľovaním nosičov náboja pri okrajoch OPN. Táto kapacita zohráva dôležitú úlohu pri spínacej činnosti polovodičovej diódy, pretože dosiahnutie termodynamickej rovnováhy na priedoch PN po skončení injekcie minoritných nosičov náboja môže trvať aj minúty a dióda po prepólovaní z priepustného do záverného smeru hneď neobnoví blokovaciu schopnosť. [9, s. 43]

1.2.4 Schottkyho dióda

Schottkyho dióda, ktorá pre svoju činnosť využíva priedoch kov – polovodič, spĺňa predpoklady rýchlej diódy. Na prúde diódy sa zúčastňujú len majoritné nosiče náboja (tzv. horúce elektróny). Schottkyho diódy sa vyznačujú malým úbytkom napätia v priepustnom smere ($U_t = 0,2 \text{ V}$), menším prierným napätím v závernom smere a väčším záverným prúdom v porovnaní so štandardnou usmerňovacou diódou s priedochom PN. Schottkyho diódy majú veľmi dobré dynamické a statické vlastnosti. Používajú sa tiež ako detektory, spínacie diódy, či na usmerňovanie. [8, s. 75]

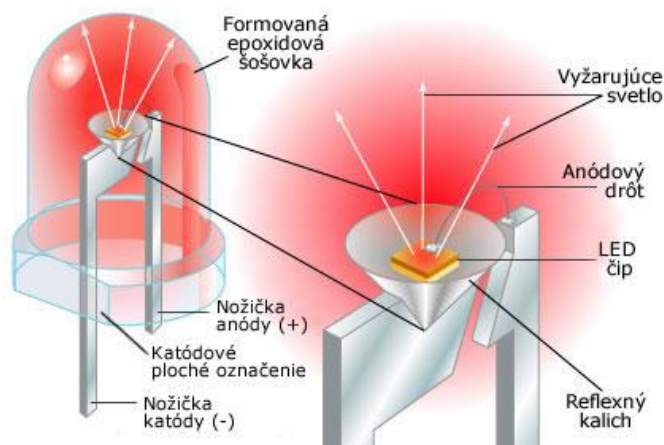
1.2.5 Zenerova dióda

V praxi sa zaužíval pre stabilizačné diódy spoločný názov Zenerova dióda. Pracovná oblasť stabilizačných diód je oblasť za prierným napätím závernej časti V-A charakteristiky. Tým sa stabilizačná dióda zásadne odlišuje od usmerňovacej diódy (priern priedochu PN pri usmerňovacej dióde znamená jej poškodenie). [10, s. 68]

Záverna časť V-A charakteristiky stabilizačných diód sa vyznačuje ostrým zlomom pri priernom napätí U_z . Vhodnou technológiou výroby sa dosiahne, že napätie na dióde je v tejto oblasti v širokom rozsahu prúdu takmer konštantné a prúd je obmedzený len vonkajším odporom v obvode diódy. V priepustnom smere sa V-A charakteristika stabilizačnej diódy nelíši od charakteristiky bežnej usmerňovacej diódy. [10, s. 68]

1.2.6 LED dióda

Luminiscenčná dióda alebo svetelná dióda (angl. light-emitting diode) na rozdiel od klasických diód, vyžaruje úzko spektrálne svetlo keď ňou prechádza elektrický prúd v priepustnom smere. Svetiaci efekt je následkom žiarivej rekombinácie elektrón-dierového páru a je formou elektroluminiscencie. Farba vyžarovaného svetla závisí od chemického zloženia použitého polovodičového materiálu. LED sa tradične používajú najmä ako indikátory, a ako zobrazovacie prvky v segmentových zobrazovačoch a bodových maticových zobrazovačoch (známe ako „bežiace nápisy“). Životnosť LED diód presahuje viac ako 50 000 hodín, zatiaľ čo spotreba je rádovo v jednotkách wattov, v závislosti na počte použitých LED diód. [26]



Obrázok č. 3: Stavba LED diódy
Zdroj: [26]

Pri pripojovaní LED diódy sa musí dodržiavať polarita. Vývod záporného pólu (katóda) je vyznačený sploštením puzdra, prípadne kratšou nožičkou. Kladný pól (anóda) má naopak dlhšiu nožičku. Pri zmene polarity dióda nesvieti a hrozí aj poškodenie diódy.

Prevádzkové napätia LED diód:

- infračervená – 1,6 V,
- červená 1,8 V až 2,1 V,
- oranžová 2,2 V,
- žltá 2,4 V,
- zelená 2,6 V,
- modrá 3,0 V až 3,5 V,
- biela 3,0 V až 3,5 V. [5, s. 107]

Toto napätie sa musí dodržiavať, inak hrozí poškodenie LED diódy. Medzi LED a zdrojom napätia 5 V teda musí byť zapojený predradný odpor.

Predradný odpor

Predradný odpor sa zapojuje do série s LED diódou. Môže sa použiť aj na reguláciu jasu. Pre reguláciu jasu sa však dá použiť aj tranzistor, potenciometer alebo pulzno-šírková modulácia. [5, s. 22]

Na výpočet predradného odporu môžeme použiť vzorec vychádzajúci z Ohmovo zákona, ktorý hovorí, že elektrický prúd pretekajúci v uzavretom elektrickom obvode je priamo úmerný napätiu zdroja a nepriamo úmerný elektrickému odporu obvodu. [5, s. 22]

Ohmov zákon:

$$I = \frac{U}{R} \quad [5, s. 22]$$

Kde I je prúd, U je napätie a R je odpor.

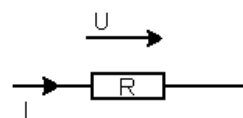


Schéma č. 2: Tri veličiny Ohmovo zákona
Zdroj: [5, s. 22]

Upravený vzorec pre výpočet predradného odporu:

$$R = \frac{U_Z - U_D}{I_D}$$

Napríklad prevádzkové napätie červenej LED diódy je 1,8 V a zdroj napätia je 5 V. Vychádzame z toho, že dióda LED je prevádzkovaná prúdom 15 mA. (Prúd pre LED môžeme zvoliť sami, ale nemal by však byť väčší ako 30 mA).

$$R = \frac{5 \text{ V} - 1,8 \text{ V}}{15 \text{ mA}} = \frac{3,2 \text{ V}}{0,015 \text{ A}} = 213 \Omega$$

Zvolíme najbližšiu vyššiu normovanú hodnotu teda 220 Ω .

1.2.7 Germániova dióda

Germániove diódy fungujú v podstate ako diódy kremíkové. Ich prahové napätie je približne 0,2 – 0,3 V. V súčasnosti sa používajú už len zriedka. [5, s. 49]

1.2.8 Špeciálne diódy

V súčasnej dobe sa vyrába veľké množstvo špeciálnych diód. Niekoľko tu bude heslovito uvedených.

Diak

Dve diódy zapojené antiparalelne, vedú prúd v oboch smeroch. Na základe ich prahového napätia sa uzatvárajú iba v rozmedzí -0,7 V až +0,7 V. Na rozdiel od Zenerových diód však napätie diaku v okamžiku otvorenia poklesne z 30 V na 20 V. Diódy diak nachádzajú uplatnenie v technike striedavého prúdu. [5, s. 50]

Fotodióda

Sú tak isto ako Zenerove diódy prevádzkované v závernom smere. Za úplnej tmy sa zatvárajú ako obyčajné diódy. S pribúdajúcim svetlom však preteká zvyšujúci sa zvodový prúd. Pretože tento prúd je proporcionálny intenzite osvetlenia, je fotodióda vhodná pre meracie účely. [5, s. 50]

Diódy pre vysoké výkony

Sú určené pre obzvlášť vysoké prúdy alebo napätia. Používajú sa v energetike (napr. pre riadenie elektrických lokomotív). Musia byť chladené. [5, s. 51]

1.3 Polovodičová dióda v elektrickom obvode

Ak k PN priechodu pripojíme zdroj elektrického napätia tak, že kladný pól zdroja je na oblasti s vodivosťou P a záporný pól zdroja na oblasti s vodivosťou N, ide o zapojenie v priepustom smere. V opačnom prípade hovoríme o zapojení v smere závernom (nepriepustnom). V tejto práci sú diódy merané len v priepustnom smere nakoľko

v závernom smere je prúd zanedbateľný. Súvisí to s experimentálnou skutočnosťou, že v priepustnom smere je odpor takto usporiadaného polovodiča malý, kým v závernom smere je o niekoľko rádov väčší. [24]

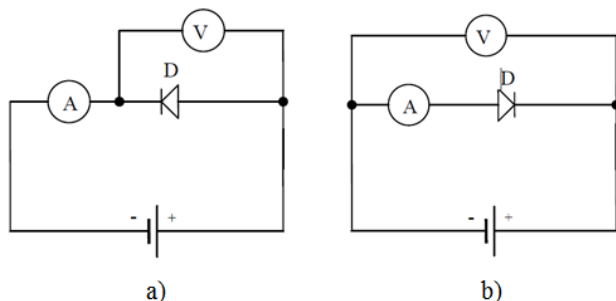
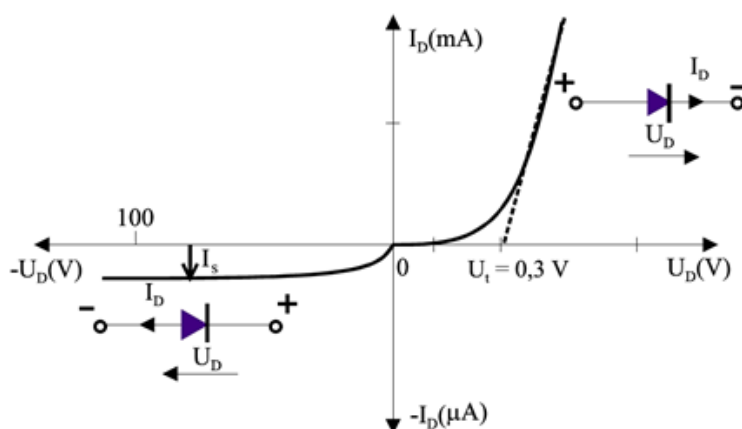


Schéma č. 3: Meranie na dióde a) v priepustnom smere b) v závernom smere
Zdroj: [23]

1.4 Vplyv faktorov na tvar V-A charakteristiky usmerňovacej polovodičovej diódy

Vzrast prúdu, tzv. „otvorenosť diódy“ je charakterizovaný prahovým napätím polovodičových diód U_t . Tento parameter sa udáva aj v niektorých katalógoch. Pre kremíkovú diódu je $U_t = 0,7$ V, pre germániovú diódu je $U_t = 0,3$ V, pre LED diódu $U_t = 1,6$ V. Prahové napätie sa definuje rôznym spôsobom, najčastejšie je definované priesečníkom dotýčnice v lineárnej oblasti V-A charakteristiky diódy s jej napäťovou osou. [8, s. 80]



Graf č. 1: V-A charakteristika polovodičovej diódy (idealizovaný prípad)
Zdroj: [8, s. 82]

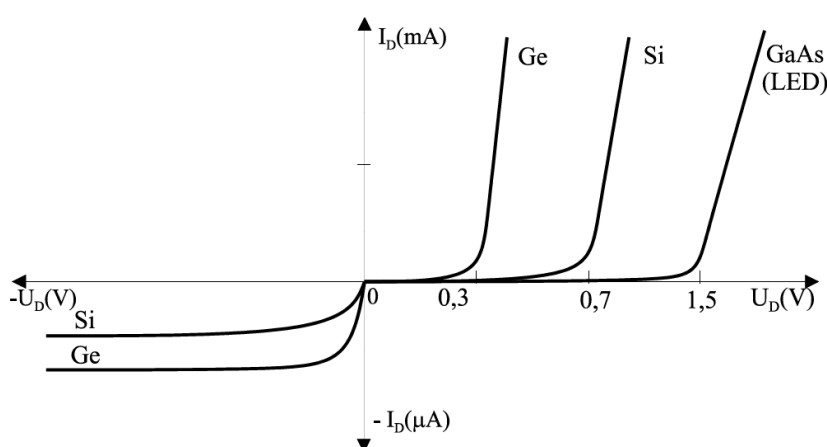
I_D a U_D – prúd a napätie na priechoch PN

I_S – saturačný (záverný) prúd minoritných nosičov náboja

V závernom smere teplota ovplyvňuje predovšetkým veľkosť saturačného (záverného) prúdu. Vplyv teploty v závernom smere sa však prejavuje aj na zmene prierného napätia diódy. So zvyšovaním teploty sa prierné napätie zvyšuje. Kladný teplotný koeficient prierného napätia je spôsobený nárazovou ionizáciou v oblasti priechodu PN pri vyšších napätiach. [8, s. 82]

Na priebeh V-A charakteristiky diódy vplýva aj polovodičový materiál (napr. merný odpor polovodičového materiálu), z ktorého je dióda vyrobená. [9, s. 47]

Na grafe č. 2 sú znázornené priebehy V-A charakteristík Si, Ge a GaAs diód.



Graf č. 2: V-A charakteristiky Si, Ge a GaAs diódy
Zdroj: [10, s. 24]

Saturačný prúd I_S pre Si diódu je približne o tri rády menší v porovnaní s Ge diódou pri tej istej teplote (Si dióda ma značne vyšší merný odpor polovodičového materiálu).

2 Profil zadanej témy (kompetencie, vedomosti, zručnosti)

Zo zadania bakalárskej práce vyplýva, že téma diaľkového merania na diódach spája oblasti elektrotechniky, programovania a počítačových sietí. Preto bolo potrebné si pre jej realizáciu obnoviť znalosti získané počas štúdia na vysokej škole. Avšak tieto znalosti tvorili len základ. Pre lepšie pochopenie témy bolo nutné nadobudnuté vedomosti prehĺbiť štúdiom domácej a zahraničnej literatúry.

Získané znalosti z oblasti elektrotechniky:

- rozšírenie vedomostí v slaboprúdovej elektronike,
- metódy merania napätia a prúdu,
- vytváranie projektov s jednočipovým mikropočítačom.
- práca s jednočipovými mikropočítačmi.

Pre realizáciu bakalárskej práce bola ako jednočipový mikropočítač zvolená vývojová platforma Arudino Uno. Dôvodom pre výber tohto mikropočítača bola predovšetkým jednoduchosť jeho programovania. Programovanie prebieha v jazyku Wiring, ktorý je sám o sebe veľmi jednoduchý a obsahuje „céčkovskú“ syntax. Pripojenie Arduina k počítaču je realizované pomocou USB konektora typu A-B, ktorý je možné zakúpiť v akomkoľvek elektre. Pre Arduino existuje veľa návodov, ktoré sú priamo dostupné na webe výrobcu. Popríklad je k dispozícii mnoho ukážkových príkladov nachádzajúcich sa priamo vo vývojovom prostredí.

Pre uskutočnenie diaľkového merania bolo nutné použiť Ethernet Shield, ktorý umožňuje Arduino pripojiť k počítačovej sieti.

Získané znalosti z oblasti počítačových sietí:

- Protokol TCP/IP,
- Protokol UDP.

Protokol UDP je oproti protokolu TCP rýchlejší, avšak nevýhodou je, že nesekvencuje pakety, v ktorých prichádzajú dáta. Z tohto dôvodu je vhodnejší pre malé správy, ktoré môžu byť prenášané v jednom pakete.

Z uvedených protokolov bolo najvhodnejšie v tejto práci použiť protokol TCP/IP. Protokol TCP zaistí bezpečné dodanie všetkých odosielaných informácií, a to v správnom poradí. Charakteristickým pre tento protokol je, že pred komunikáciou je nutné naviazať spojenie a až potom je možné odosielať dáta. Spojenie sa nakoniec musí uzavrieť. Protokol IP je štandardným protokolom zo sady, ktorý definuje logické adresovanie a smerovanie v modeli TCP/IP. Je založený na princípe hostiteľov a sietí.

Získané znalosti z oblasti programovania:

- programovanie v jazyku Java,
- programovanie v jazyku Wiring,
- programovanie v jazyku Processing.

Pre programovanie serverovej aplikácie a appletu som zvolil programovací jazyk Java. Ide o objektovo orientovaný jazyk vychádzajúci z jazyka C++. Java je rozšírený jazyk, ktorý je multiplatformný a vhodný pre realizáciu tohto projektu. Jeho veľkou výhodou je hardwarová nezávislosť. Programátor môže napísať „javovský“ program na počítači, kde je nainštalovaný OS Windows a spustiť ho na počítači s Linuxom, kde je k dispozícii Java runtime.

Zdrojový kód Arudina bol naprogramovaný v jazyku Wiring. Tento jazyk je veľmi podobný jazyku C++. Wiring vychádza z open-source¹ projektu, ktorým je Processing.

Po dôkladnom naštudovaní literatúry a osvojení si uvedených znalostí a zručností bolo možné realizovať bakalársku prácu na tému diaľkové meranie na diódach.

¹ open-source = software s otvoreným zdrojovým kódom

3 Analýza požiadavkou na meranie

Ako bolo spomenuté v prvej kapitole, priebeh volt-ampérovej charakteristiky sa bude skladať z merania napätia na dióde a merania prúdu, ktorý diódou preteká. Táto kapitola sa zaoberá metódami merania, meraním napätia a prúdu a popisom platformy Arduino UNO a modulu ktorý sa nazýva Ethernet Shield atď.

3.1 Metódy merania

Pri meraní pomocou určitej metódy je potrebné vedieť vlastnosti meraného objektu, podmienky, pri ktorých sa bude meranie vykonávať a vyžadovanú presnosť merania. Jednou zo základných vlastností, ktoré určia vhodnú metódu patrí aj závislosť/nezávislosť pretekajúceho prúdu meraným objektom a veľkosť odporu meraného objektu.

3.1.1 Priame metódy merania

Priame merania sú také, pri ktorých je výsledkom merania priamo hodnota meranej veličiny, napr. meranie prúdu ampérmetrom. Za priame metódy možno pokladať aj metódy využívajúce automatizované meracie zariadenia. Tieto zariadenia umožňujú s nainštalovaným programom meranie hodnôt rôznych veličín. Priame metódy charakterizuje najmä to, že nevyžadujú ďalšie výpočty s výnimkou tých, ktoré slúžia na určenie korekcie merania. [4, s. 10]

3.1.2 Nepriame metódy merania

Pri nepriamej metóde sa hodnota určitej veličiny určuje na základe výsledku priameho merania pomocných veličín, ktoré sú s vlastnou meranou veličinou (nepriamo) viazané známym vzťahom. Príkladom je meranie prúdu, pri ktorom sa meria iná veličina než tá, ktorú chceme zistiť. [4, s. 11]

Prúd môžeme teda vypočítať pomocou Ohmovo zákona ak poznáme napätie na rezistore a jeho odpor. Táto metóda je použitá pri meraní prúdu polovodičových diód v tomto projekte.

3.2 Meranie napätia

Meranie napätia patrí k najčastejším meraniam aktívnych elektrických veličín. Prístroje, ktoré slúžia na meranie elektrického napätia sa nazývajú voltmetre.

Pripojujeme ich vždy paralelne k prvku obvodu, na ktorom chceme zistiť veľkosť napätia. Elektrické napätie sa označuje „U“ a jeho jednotkou sú volty „V“. Voltmeter zapojený do meracieho obvodu má mať čo najmenší vplyv na veľkosť prúdu ktorý obvodom preteká, musí mať teda čo najväčší vnútorný odpor. [3, s. 83]



Schéma č. 4: Schematická značka voltmetra
Zdroj: vlastný

3.2.1 Predradník

Zmena rozsahu voltmetra pomocou predradníka je najčastejšia metóda, ako zvýšiť merací rozsah merania. Najčastejšie sa používajú predradné odpore, alebo deliče napätia. Pri meraní napätia v jednosmernom obvode je to jediný možný spôsob, ako rozsah voltmetra zväčšiť. Zmerané napätie sa potom prepočíta na skutočné napätie pomocou Ohmovo zákona. [3, s. 85]

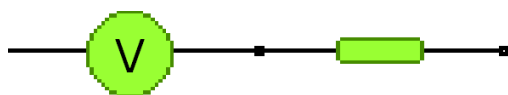


Schéma č. 5: Voltmeter s predradným odporom
Zdroj: vlastný

3.3 Meranie prúdu

Prístroje, ktoré slúžia na meranie elektrického prúdu sa nazývajú ampérmetre. Elektrický prúd vyjadruje množstvo elektrického náboja, ktorý prejde vodičom za určitý čas. Elektrický prúd sa označuje „I“ a jeho jednotkou je ampér „A“. Ampérmeter sa zapája do meraného obvodu do série. Ampérmeter by nemal mať na obvod žiadny vplyv. Úbytok napätia, ktorý na ňom pri prechode prúdu vzniká by mal byť malý. Preto musí mať ampérmeter čo najmenší vnútorný odpor. Z toho dôvodu sa ampérmeter nikdy nesmie zapojiť do obvodu paralelne. [3, s. 95]



Schéma č. 6: Schematická značka ampérmetra
Zdroj: vlastný

3.3.1 Meranie prúdu nepriamou metódou

Ako bolo spomenuté v kapitole 3.1.2 prúd možno vypočítať pomocou Ohmovo zákona.

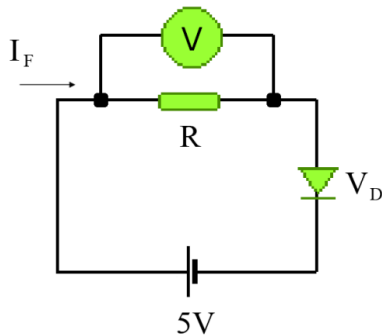


Schéma č. 7: Nepriame meranie prúdu, pomocou voltmetra a bočníka
Zdroj: vlastný

Na schéme č. 7 je dióda, ktorá je napájaná 5 V. Do obvodu je zapojený rezistor R, ten je bočníkom k voltmetru. Voltmeter meria napätie na rezistore. Podľa Ohmovo zákona možno vypočítať prúd prechádzajúci rezistorom.

$$I = \frac{U}{R} = I = \frac{5V - V_D}{R}$$

3.4 Výkon

Pretože napätie $U(V)$ udáva prácu na náboj a prúd $I(A)$ udáva náboj za čas, výsledkom súčinu napätia a prúdu je výkon. Ide o elektrický výkon, ktorý sa môže meniť na teplo, mechanickú energiu, elektromagnetickú energiu a podobne. Elektrický výkon sa označuje „ P “ a jeho jednotkou je watt „ W “. [18, s. 29]

$$P = U \cdot I \quad [18, s. 29]$$

3.5 Popis ďalších obvodových súčiastok

Pre uskutočnenie merania boli potrebné ďalšie obvodové súčiastky, ktorých bližší popis je uvedený v tejto kapitole.

3.5.1 Rezistor

Rezistor je pasívny elektronický prvok, ktorého prevažujúcou vlastnosťou je elektrický odpor. Elektrický odpor označujeme „ R “ a jeho jednotkou je ohm označovaný „ Ω “. Odpor rezistorov môžu byť od desiatín ohmu po megaohmy. Rezistor v obvode kladie odpor voči prechádzajúcemu prúdu. Strata prúdu na súčiastke sa premení na teplo. Z tohto dôvodu je vhodné najprv zvoliť aký druh rezistoru a na aký výkon bude rezistor pripojený v elektrickom obvode. [17, s. 41]

Pri výrobe sa dodržiava určitý rad hodnôt, ktoré sa delia na E3, E6, E12, E24 až E192. Číslo udáva počet základných hodnôt a sú vytvorené ich desiatkové násobky. Rezistory sa líšia jednak materiálom, ktorý vytvára požadovaný odpor a jednak tvarom a konštrukciou vývodov. Sú to klasické dvoj vývodové, alebo SMD pre povrchovú montáž., príp. sa líšia aj tým, že na niektorých možno požadovaný odpor nastaviť. Hovorí sa im potenciometre a trimre. [17, s. 41]

Potenciometre sú prispôsobené k zmene odporu, čo je ich hlavnou funkciou. Trimre sa od potenciometrov odlišujú tým, že nie sú vyhotovené na viacnásobné presúvanie polohy

bežca. Odporovú dráhu tvorí vrstva odporového materiálu, rovnakého zloženia ako pri vrstvových potenciometroch. [17, s. 41]

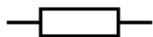


Schéma č. 8: Schematická značka rezistorov
Zdroj: vlastný

Odpory rezistorov sa označujú podľa veľkosti a tvaru rezistorov. Výrobcovia používajú spravidla jeden z troch druhov značenia:

- číselné značenie s príponou,
- farebný kód,
- číselný kód. [18, s. 51]

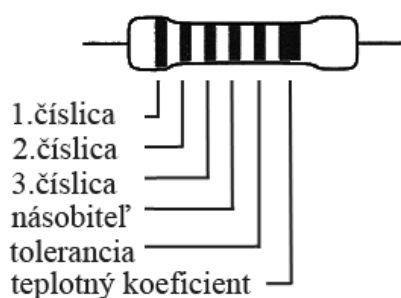


Schéma č. 9: farebné označovanie rezistorov
Zdroj: [18, s. 52]

Označovanie rezistorov farebným kódom sa využíva predovšetkým u miniatúrnych rezistorov, kde rozmery súčiastky neumožňujú vyjadriť hodnotu a toleranciu písmenovým kódom. [18, s. 52]

3.5.2 Kondenzátor

Kondenzátor, je pasívna elektronická súčiastka, ktorá má schopnosť pojať a udržať elektrický náboj. V najjednoduchšom prípade ho tvoria dve vodivé dosky, v iných prípadoch rada dvojíc. Tieto vodivé plochy sú v tesnej blízkosti, ale nedotýkajú sa. Od seba ich oddeľuje izolačná vrstva, ktorá nedovolí, aby elektrický prúd prechádzal z jednej plochy na druhú. Izolačnej vrstve sa hovorí dielektrikum a vodivé plochy nazývame elektródami. [14, s. 45]

Typy kondenzátorov:

- elektrolytické,
- tantalové,
- keramické,
- fóliové,
- premenlivé. [19, s. 8]

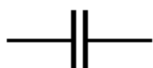


Schéma č. 10: Schematická značka kondenzátorov
Zdroj: vlastný

Kapacita kondenzátorov

Kapacita je najdôležitejšia vlastnosť kondenzátorov a jej základnou jednotkou je 1 F (farad). Pretože predstavuje príliš veľkú kapacitu, nepoužíva sa. Odvozené jednotky sú omnoho menšie a podobne ako u ostatných veličín sa tvoria predponami. Teda pF (pikofarad), nF (nanofarad), μ F (mikrofarad), mF (milifarad). [14, s. 48]

3.5.3 Tranzistor

Tranzistor je polovodičová súčiastka s tromi elektródami, používaná ako zosilňovač, spínač, stabilizátor a modulátor elektrického napätia a prúdu. Podľa konštrukcie sa tranzistory delia na unipolárne, bipolárne a kombinované.

Štruktúra bipolárnych tranzistorov

Bipolárne tranzistory sú väčšinou vyrábané na báze kremíka. Skladajú sa z troch na sebe ležiacich polovodičových vrstiev typu P a typu N. Stredná vrstva sa nazýva báza, vonkajšie sú emitor² a kolektor³. Emitor vysiela nosiče nábojov a kolektor ich prijíma. Podľa poradia týchto troch vrstiev rozlišujeme typ PNP a NPN. Všetky tri polovodičové vrstvy majú vyvedené príводы. V bipolárnom tranzistore je kolektorový prúd riadený prúdom báze. K riadeniu je potrebný len malý výkon. [15, s. 172]

² emitovať = vysielať

³ kolektor = zhromažďovať

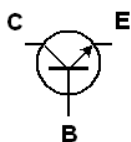


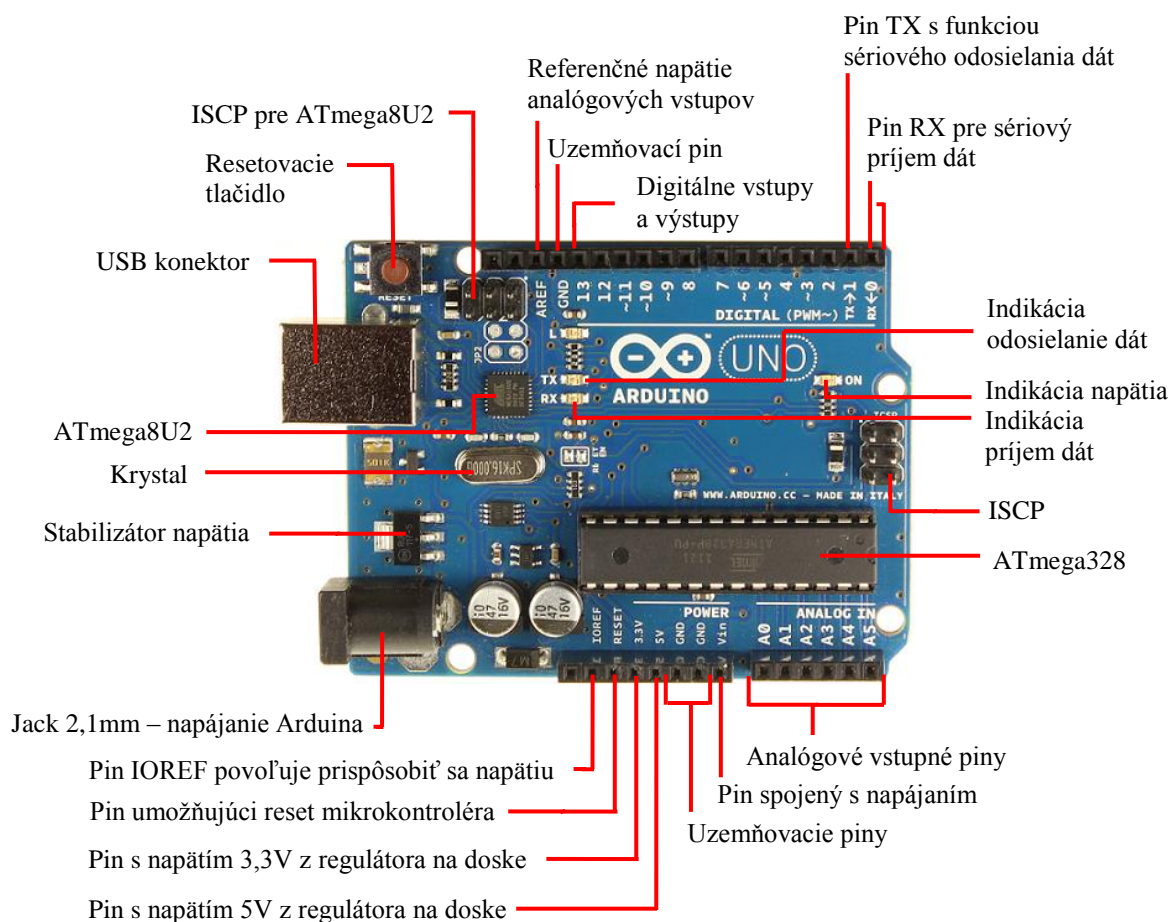
Schéma č. 11: Schematická značka NPN tranzistorov

Zdroj: vlastný

3.6 Arduino UNO

Arduino je vývojová doska určená pre prácu s mikroprocesormi. Slúži skôr pre naučenie sa práce s nimi a pochopenie ich princípu. Z tohto dôvodu je vhodná pre začiatočníkov, ktorí sa chcú o mikropočítačoch niečo dozvedieť a vyskúšať si ich. Avšak je vyhovujúca aj pre pokročilých užívateľov, ktorí ho môžu využiť pre realizáciu svojich nápadov.

K Arduino možno zakúpiť ďalšie rozširujúce dosky, tzv. shiedly, ktoré mu dokážu pridať novú funkcionlitu (napr. pripojenie k Ethernetu, ovládanie motorov, a iné).



Obrázok č. 4: Popis dosky Arduina UNO

Zdroj: vlastný

Arduino je založené na mikrokontroléry ATmega328. K použitiu ponúka 14 digitálnych vstupno-výstupných pinov, z nich 6 poskytuje funkciu PWM a ďalej 6 analógových vstupov. Mikrokontrolér je časovaný 16 MHz kryštálom a programovateľný cez USB konektor. Mikroprocesor na doske Arduina sa programuje pomocou špeciálneho programovacieho jazyka (založený na jazyku Wiring – podobný jazyku C). USB konektor môže v niektorých prípadoch poskytnúť nedostatočné napájanie. Pre pripojenie optimálneho 12 voltového napájania slúži konektor jack. Na doske sa ďalej nachádza resetovacie tlačidlo a stabilizátor napätia. Na rozdiel od svojich predchodcov na doske Arduino UNO nenájdeme FTDI „USB-to-serial“ čip, jeho funkciu zastáva software mikrokontroléra ATmega8U2. [27]

Mikrokontrolér	ATmega328
Prevádzkové napätie	5 V
Vstupné napätie (doporučené)	7-12 V
Vstupné napätie (limity)	6-20 V
Digitálne vstupné/výstupné piny	14 (z toho 6 s podporou PWM)
Piny analógového vstupu	6
SS prúd/pin	40 mA
SS prúd na 3,3V pine	50 mA
Pamäť flash	32 KB (ATmega328) z toho 0.5 KB zaberá bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Taktovacia rýchlosť	16 MHz

Tabuľka č. 2: Základné informácie mikrokontroléra
Zdroj: [27]

3.6.1 Napájanie

Podľa domovskej stránky Arduina doska môže pracovať s napájacím napätím 5 až 20 voltov. Doporučené napätie je pritom 7 až 12 voltov. Pokiaľ napájanie klesne pod 7 V, zapojenie môže byť nestabilné, naopak keď napájanie prekročí napätie 12 V, môže prísť k poškodeniu zariadenia.

Z tohto dôvodu sa odporúča okrem napájania z USB portu, ktoré má napätie 5 V a obmedzený prúd, pripojiť externe napájací zdroj. K tomu je na doske určený 2,1 mm. Zdroj napájania si Arduino prepína automaticky.

Na doske samotnej sú nasledujúce napájacie piny:

- VIN – naň je priamo pripojené napájacie napätie,
- 5 V – tu je regulované alebo stabilizované napätie 5 V, ktoré je použité pre napájanie mikrokontroléra a súčiastok na doske Arduina,
- 3,3 V – napätie z regulátora napätie na doske. Maximálny výstupný prúd tu je 50 mA,
- GND – uzemňovací pin. [27]

3.6.2 Pamäť

Celková pamäť ATmega328 je 32 KB, z čoho bootloader využíva 0,5 KB. Ďalej má 2 KB SRAM pamäti a 1 KB EEPROM pamäti. Priamy prístup do pamäti zabezpečujú knižnice, ktoré umožňujú aj prácu s pamäťou. [27]

3.6.3 Vstupy a výstupy

Vstupno-výstupné piny Arduina pracujú s napätím 5 V. Maximálny prúd, ktorý môžu prijať alebo poskytnúť je 40 mA. Na doske sa nachádza 14 digitálnych vstupno-výstupných pinov, z ktorých 6 poskytuje funkciu PWM a 6 analógových vstupov. Niektoré piny poskytujú ďalšie funkcie:

- 0 (RX) a 1 (TX) – Piny slúžiace k sériovej komunikácii. Sú pripojené na komunikačné piny mikrokontroléra ATmega8U2. Používajú sa pre komunikáciu s počítačom, iným Arduino alebo mikrokontrolérom.
- 2 a 3 – Podporujú funkciu externého prerušenia mikrokontroléra. Je možné s nimi pracovať s funkciou `attachInterrupt()`.
- 3,5,6,9,10 a 11 – Piny s funkciou PWM – pulzná šírková modulácia. Možno použiť funkciu `analogWrite()`.
- 10,11, 12 a 13 – Podporujú SPI komunikáciu s využitím SPI knižnice.
- 13 – Na tento pin je pripojená LED dióda na doske Arduina, ktorá indikuje logický stav na tomto pine.
- A4 a A5 – Podporujú TWI komunikáciu s použitím Wire knižnice.

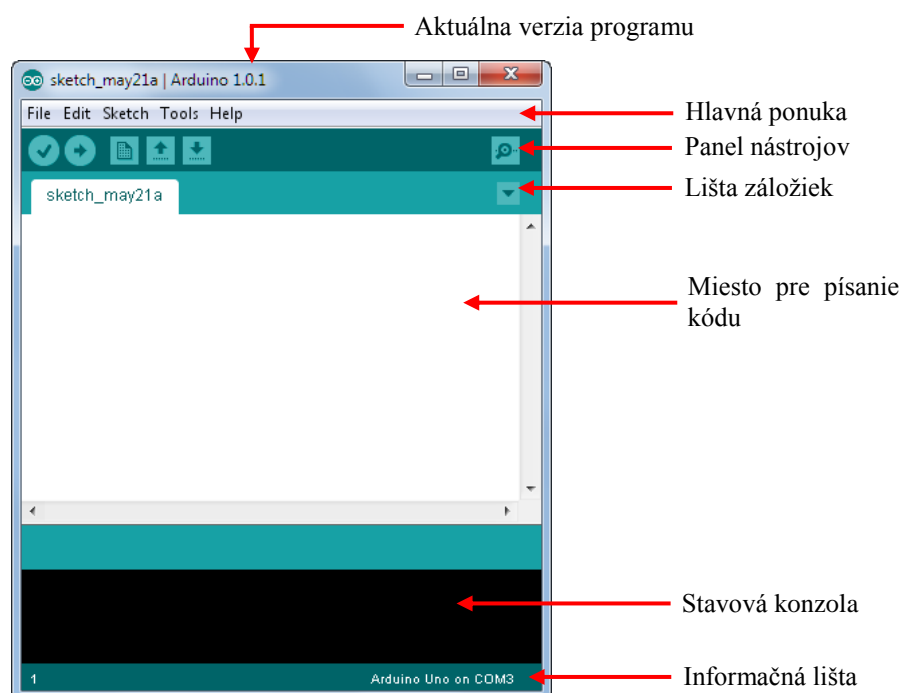
- AREF – Slúži k nastaveniu referenčného napätia analógových vstupov. K tomu sa používa funkcia `analogReference()`.
- Reset – Keď pripojíme na tento pin logickú nulu, vyvolá sa reštart mikrokontroléra, rovnako ako po stisnutí tlačidla reset na doske Arduino. Často je využívané napríklad pri pripojení shieldov, ktoré znemožňujú prístup k tomuto tlačidlu. [27]

3.6.4 Software pre programovanie Arduino

Arduino sa programuje veľmi jednoducho, a to v jazyku Wiring ktorý je podobný jazyku Processing. K naprogramovaniu Arduino nie je potrebný žiadny hardwarový programátor, programuje sa jednoducho cez USB kábel.

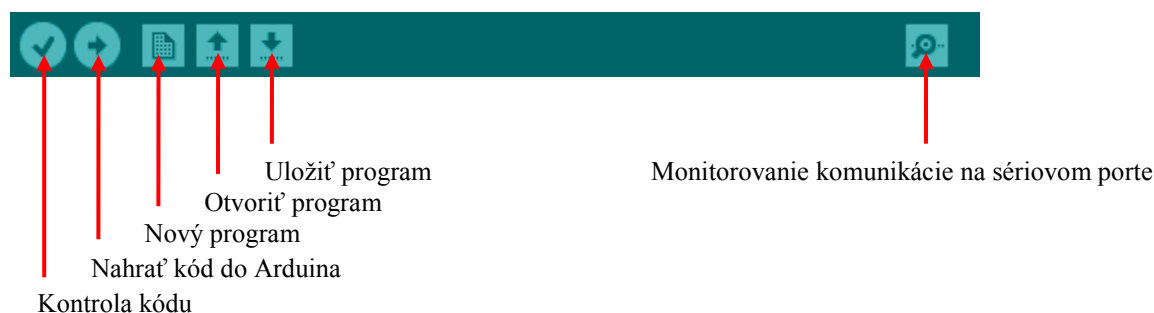
Na stránkach výrobcu je voľne k stiahnutiu open-source aplikácia, ktorej vývojové prostredie pre Arduino umožňuje programovať akýkoľvek typ Arduino a sledovať komunikáciu medzi počítačom a Arduino.

Po pripojení Arduino k PC a nainštalovaní ovládačov sa v počítači vytvorí virtuálny sériový port, cez ktorý bude počítač komunikovať s Arduino. [27]



Obrázok č. 5: Vývojové prostredie pre Arduino
Zdroj: vlastný

Vývojové prostredie pre Arduino je špeciálny program pre písanie zdrojových kódov. Zdrojový kód pre Arduino sa nazýva sketch. Prostredie je jednoduché, prehľadné a napísané v jazyku Java, vďaka čomu je multiplatformné. Arduino sa dá programovať zo systémov ako sú Linux, Mac OS a MS Windows. [7, s. 9]



Obrázok č. 6: Nástrojová lišta
Zdroj: vlastný

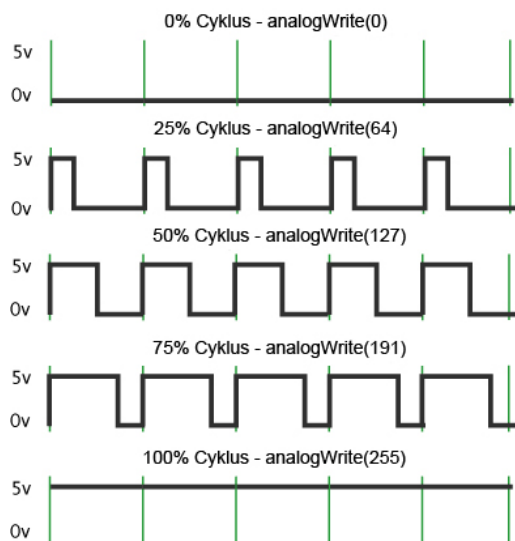
Obrázok č. 6 znázorňuje panel nástrojov umožňujúci rýchly prístup k základným funkciám:

- Za pomoci tlačidla „Kontrola kódu“ sa skontroluje program, ktorý je napísaný v editore. Pokiaľ sa v programe nájde chyba, zobrazí sa v „Stavovej konzole“.
- Tlačidlom „Nahrať kód do Arduina“ sa program skompiluje a pošle do Arduina.
- Ak chceme vytvoriť nový program (sketch) použije sa tlačidlo „Nový program“.
- „Otvoriť program“ umožňuje otvoriť už popredu existujúci program.
- Rozpísaný kód sa uloží tlačidlom „Uložiť program“.
- Pokiaľ program v Arduine obsahuje príkazy pre sériový port, tlačidlom „Monitorovanie komunikácie na sériovom porte“ môžeme tieto informácie zachytiť. [22, s. 34]

3.6.5 Pulzno-šírková modulácia

PWM (Pulse Width Modulation) alebo teda pulzno-šírková modulácia je technika pre získavanie analógových výsledkov s digitálnymi prostriedkami. Pomocou PWM môžeme ovládať napríklad jas diódy tak, že signál, ktorý budeme modulovať, bude mať obdĺžnikový tvar a tzv. on-off funkciu. Táto on-off funkcia umožňuje nastavovať napätie 0 V na určitý časový úsek a potom nastaví 5 V tiež na určitý časový úsek. Ak sa tieto

procesy opakujú vo veľmi krátkych časových intervaloch (rádovo v milisekundách) pôsobia dojem, že sú plynulé. [28]



Graf č. 3: Pulzno-šírková modulácia

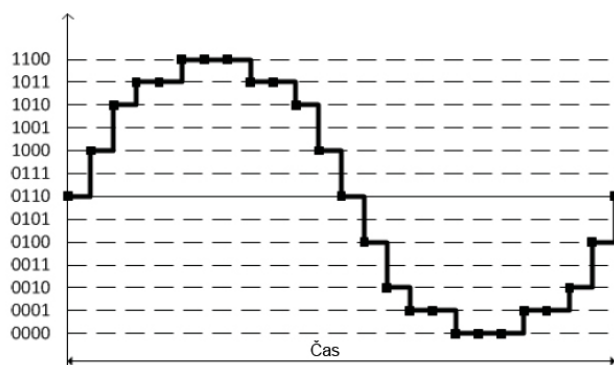
Zdroj: [28]

Obrázok popisuje pravidelné časové obdobie, ktoré sa nastavuje pomocou funkcie `analogWrite()`, ktorá je funkciou programovacieho jazyka pre Arduino. Je možné ju nastaviť od 0 až do 255. V prípade ak je nastavená 0, čiže 0 %, znamená to, že nebude nič prebiehať. Je nastavená stála hodnota 0 V. Pokiaľ sa však nastaví hodnota napríklad `analogWrite(127)`, ktorá znamená 50 %, tak sa nastavuje každá hodnota na rovnaký časový úsek. Tento časový úsek je vymedzený zelenými čiarami a je inverzný k PWM, tzn. keď je frekvencia 500 Hz každá zelená čiara predstavuje časové rozmedzie 2 milisekundy.

3.6.6 A/D prevodník

Analógovo digitálny prevodník (A/D) je zariadenie určené pre prevod spojitého (analógového) signálu na signál digitálny a umožňuje naďalej s ním pracovať. Proces pri prevode analógového signálu na digitálny sa skladá z troch krokov:

- vzorkovanie signálu – odoberanie vzorku v určitých časových intervaloch,
- kvantovanie – zaokrúhľovanie vstupných hodnôt analógového signálu na konečný počet výstupných hodnôt,
- kódovanie – dochádza k priradeniu logických hodnôt k jednotlivým kvantom. [29]



Graf č. 4: Kódovanie
Zdroj: [30]

Graf zobrazuje kódovanie signálu. Čip ATmega328 obsahuje 6 A/D prevodníkov a používa 10 bitové kótoovanie. Počet logických hodnôt u 10 bitového prevodníka je zhodný s počtom kvantovacích úrovní, ktorých je 2^{10} . Takže ATmega328 vracia celé čísla od 0 do 1024. A/D prevodník v tomto projekte slúži pre snímanie hodnoty napätia a ďalej umožňuje pracovať s nameranou hodnotou. [30]

3.7 USB Port

Univerzálna sériová zbernica (angl. Universal Serial Bus – USB) je štandard sériovej zbernice určenej najmä pre pripojenie periférií k PC. USB je sérová zbernica, ktorá prenáša bit po bite a súčasne dodáva aj napájacie napätie pre menšie zariadenia. Možné je bez problémov odoberať od 100 do 500 mA. Často býva spojovaná s pojmom „Plug-And-Play“. Zariadenie USB je možné v princípe odpojovať za prevádzky. [11, s. 11]



Schéma č. 12: Označenie USB
Zdroj: [11, s. 12]

3.7.1 Komunikačná rýchlosť

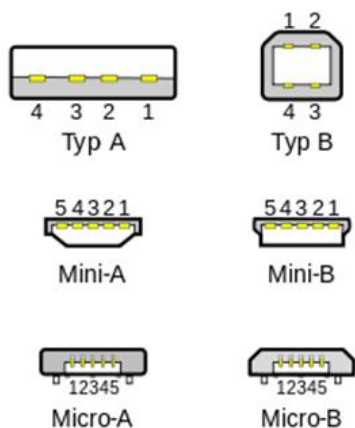
USB je zbernica len s jedným zariadením typu master, tzn. všetky aktivity vychádzajú z PC. Dáta sa vysielajú a prijímajú buď v krátkych paketoch, ktoré majú dĺžku 8 bajtov alebo dlhších paketoch ktoré majú dĺžku 256 bajtov. Všetok prenos dát sa uskutočňuje v rámcoch o dĺžke 1 milisekúnd. Vo vnútri jedného rámca môžu byť postupne spracované

pakety pre niekoľko zariadení. Ak je potrebné pripojiť k PC viac zariadení, ich rozdelenie zaisťuje rozdeľovač zbernice (hub) ktorý umožňuje pripojiť až 127 zariadení. Zabráňuje tiež, aby signály s plnou rýchlosťou boli vedené na pomalé zariadenia. [11, s. 13]

USB podporuje 4 dátové rýchlosti:

- **low Speed (USB 1.0):** rýchlosť 1,5 Mbit/s,
- **full Speed (USB 1.1):** rýchlosť 12 Mbit/s (1,5 MB/s),
- **high Speed (USB 2.0):** rýchlosť 480 Mbit/s (60 MB/s),
- **super Speed (USB 3.0):** rýchlosť 5 Gbit/s (625 MB/s). [12, s. 13]

Pomalé zariadenia pracujú s prenosovou rýchlosťou 1,5 Mbit/s, tzn. jeden bit je dlhý presne 666,7 ns. Rýchle prenosy pracujú s rýchlosťou 12 Mbit/s, poprípade 83,33 ns. Rýchlosť je predovšetkým predpisovaná výhradne masterom. Zariadenie typu slave sa musí zosynchronizovať na dátový tok. Pretože sa neprenáša žiadny oddelený hodinový signál, musia sa hodiny získať z dátového signálu. Používa sa k tomu metóda NRZI (Non-Return-To Zero). Nuly v dátach vedú k zmene úrovne, jednotky nechávajú úroveň bez zmeny. Kódovanie a dekódovanie signálu je čisto hardwarovou záležitosťou. Prijímač musí byť schopný získať hodinový signál, prijať a dekódovať dáta. Špeciálne prostriedky zaisťujú, aby nedochádzalo ku strate synchronizácie. [11, s. 13]



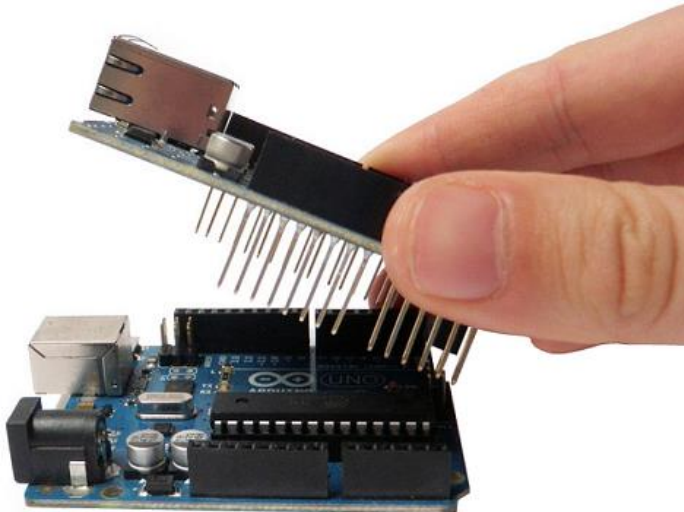
Obrázok č. 7: Štandardné rozmiestnenie vývodov USB
Zdroj: [12, s. 13]

Číslo vývodu	Význam
1	+ 5 V
2	Data - (negované dáta)
3	Data + (primá dáta)
4	GND (zem)

Tabuľka č. 3: Popis vývodov USB (typ A, typ B)
Zdroj: [12, s. 13]

3.8 Arduino Ethernet Shield

K projektu diaľkového merania sa doslova ponúka použitie Ethernet Shieldu. Pri použití Ethernet Shieldu môže Arduino fungovať ako server v počítačovej sieti. Aby Ethernet Shield korektne fungoval musí sa do programu nahráť Ethernet a SPI knižnica, (`#include <SPI.h>` a `#include <Ethernet.h>`) inak Ethernet Shield nebude fungovať.



Obrázok č. 8: Aplikovanie Ethernet Shieldu na Arduino
Zdroj: vlastný

Jeho inštalácia je veľmi jednoduchá. Ethernet Shield sa nasunie na Arduino pomocou kolíkovej lišty.

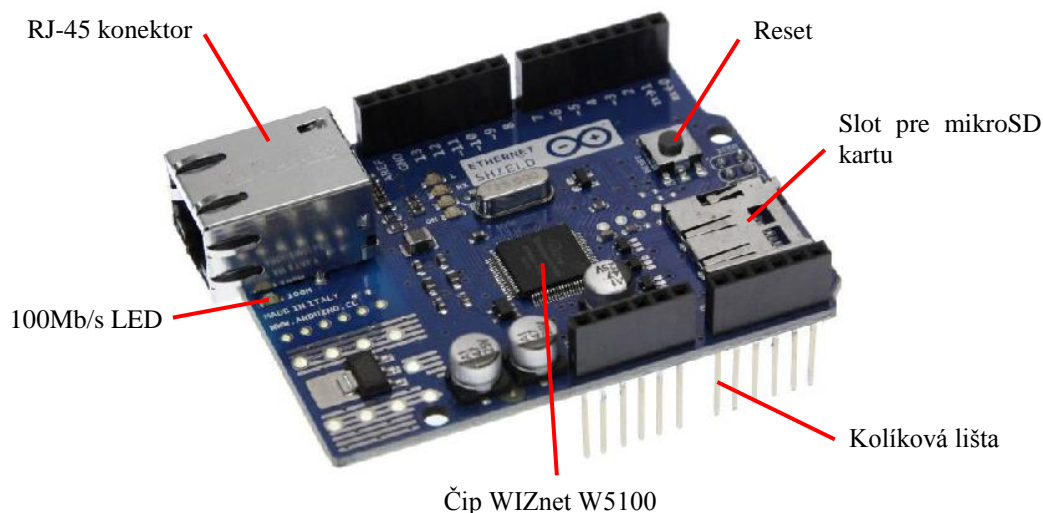
Prehľad

Stačí pripojiť modul k samotnému Arduino, ďalej pripojiť sieťový kábel typu RJ-45 a dodržiavať niekoľko jednoduchých inštrukcií. Každé zariadenie, ktoré chceme pripojiť k sieti, musí mať svoju vlastnú MAC adresu – musí ju mať sieťová karta v počítači, router a v tomto prípade aj Ethernet Shield. MAC adresa musí byť v sieti unikátna. Tak ako Arduino, tak aj všetko ostatné okolo neho (software a hardware) je open-source, a teda sú voľne šíriteľné. [31]

Požiadavky na pripojenie:

- kompatibilný typ Arduina,
- prevádzkové napätie 5 V (napájanie je na doske Arduina),
- ethernetový kontrolór: W5100 s vnútorným bufferom 16K,

- rýchlosť pripojenia: 10/100Mb,
- pripojenie k Arduino cez SPI port. [31]



Obrázok č. 9: Popis dosky Ethernet Shield
Zdroj: vlastný

Popis

Ethernet Shield umožňuje pripojiť Arduino k internetu. Shield je založený na báze ethernetového čipu s označením WIZnet W5100. Čip poskytuje sieťový zásobník (IP) ktorý podporuje TCP, tak aj UDP komunikáciu. Podporuje až štyri soketové pripojenia naraz. Ethernet Shield ponúka nové možnosti použitia. Pomocou knižnice a programovacieho jazyka je možné vytvoriť jednoduchú HTML štruktúru. Ethernet Shield sa pripojí k doske Arduino pomocou kolíkovej lišty ktorá ide cez Ethernet Shield. To udržiava usporiadanie pinov neporušené a umožňuje pripojenie ďalších shieldov ba dokonca rozširuje Arduino o micro-SD kartu.

Ethernet Shield má štandardné pripojenie cez konektor RJ-45 s integrovaným sieťovým transformátorom, tzn. „Power over Ethernet“ (prenos napájacieho napätia po LAN kábli).

Na doske Ethernet Shieldu sa nachádza slot pre micro-SD kartu, ktorý môže byť použitý pre uloženie súborov pre server cez sieť. Takisto je kompatibilný s modelom Uno a Mega (pomocou knižnice Ethernet). Integrovaná čítačka micro-SD kariet je prístupná cez knižnicu SD. Pri práci s touto knižnicou je napájanie SD karty vyvedené na pin 4, Ethernet Shieldu. Originálna revízia Ethernet Shieldu obsahuje klasický slot pre micro-SD kartu.

Ethernet Shield tiež obsahuje resetovacie tlačidlo, ktoré resetuje pripojené Arduino. Predošlé revízie Ethernet Shieldu nie sú kompatibilné s modelom Mega a musí byť manuálne resetovaný po zapnutí.

Aktuálny Ethernet Shield má „Power over Ethernet“ modul, v skratke PoE, navrhnutý tak, aby umožnil využiť privedené napätie po ethernetovom kábli. Tým pádom sa nemusí použiť externé napájanie. PoE modul nie je súčasťou Ethernet Shieldu a musí sa samostatne dokúpiť.

Arduino komunikuje s čipom W5100 a SD kartou pomocou zbernice SPI (prostredníctvom ISCP konektora). Ten je na digitálnych výstupných pinoch 11, 12 a 13 na modeli Duemilanove a na pinoch 50, 51 a 52 na modeli Mega. Na oboch doskách je pin 10 použitý pre selekciu Ethernet Shieldu a pin 4 pre SD kartu. Tieto piny nemožno ďalej použiť pri použití Ethernet Shieldu. Na modeli, hardwareový SS pin (53) nie je použitý ani pre Ethernet Shield a ani pre SD kartu, ale musí byť ponechaný ako výstup, pretože inak nebude rozhranie SPI fungovať.

Pri použití Ethernet Shieldu treba myslieť na to, že samotný čip W5100 a SD karta využívajú spoločné rozhranie SPI, ale v jednom čase môže byť aktívna len jedna vec. Pokiaľ sa používajú obe periférie v programe, malo by byť postarané o korešpondovanie knižníc. Ak sa však používa len jedna periféria, druhá sa musí explicitne odznačiť. S SD kartou sa to urobí tak, že sa nastaví pin 4 ako výstup a nechá sa na ňom permanentne log. 1. Pre čip W5100 sa nastaví pin 10 ako vysoký výkon. [31]

Ethernet Shield obsahuje množstvo informačných LED diód:

- PWR - signalizuje, že doska a Ethernet Shield sú v prevádzke,
- LINK - signalizuje pripojenie k sieti LAN a bliká ak shield vysiela, alebo prijíma dáta,
- FULL - signalizuje, že sieťové pripojenie je plnom duplexe,
- 100M - signalizuje prítomnosť 100Mb/s sieťového pripojenia (na rozdiel od 10Mb/s pripojenia),
- RX - bliká, keď Ethernet Shield prijíma dáta,
- TX - bliká, keď Ethernet Shield odosiela dáta,
- COLL - bliká pri detekcii sieťovej kolízie. [31]

Spájkovaný kontakt označený ako „INT“ možno pripojiť s doskou Arduina k príjmu notifikácie prerušenia riadenia z udalostí Ethernet Shieldu, ale táto funkcia nie je podporovaná knižnicou ethernet. Kontakt INT spája čip W5100 a pin 2 digitálneho výstupu na Arduine. [31]

3.9 Siet'ová komunikácia

Rodina, alebo „sada“ protokolov TCP/IP sa skladá z mnohých jednotlivých protokolov. Skratka TCP/IP obsahuje v sebe skratky dvoch najdôležitejších protokolov IP a TCP. V súčasnej dobe na tomto protokole funguje celosvetová sieť internet. [6, s. 60]

Tento protokol bol použitý pre komunikáciu medzi serverom, na ktorom bude Arduino pripojené, klientom a aplikáciou ktorá beží na počítači užívateľa pripojujúceho sa k meraniu.

3.9.1 Transmission Control Protocol (TCP)

Protokol riadenia prenosu (angl. Transmission Control Protocol – TCP). Najdôležitejšou vlastnosťou protokolu TCP je oprava chýb. Pre opravu chýb sú veľmi dôležité hlavičky TCP, ktoré sa zapisujú pred vlastné užívateľské dáta. Protokol TCP potrebuje kvôli oprave chýb číslovať pakety a do hlavičky preto zapisuje poradové číslo paketu. Ďalšou súčasťou je číslo potvrdeného segmentu, ktorým príjemca oznamuje odosielateľovi, v akom pakete našiel chyby. [6, s. 60]

3.9.2 Internet Protocol (IP)

Internetový protokol (angl. Internet Protocol – IP) je ďalším štandardným protokolom zo sady, ktorý definuje logické adresovanie a smerovanie v modeli TCP/IP. Je založený na princípe hostiteľov a sietí. Hostiteľom je akékoľvek zariadenie v sieti, ktoré je schopné odosielať a prijímať pakety IP. Hostitelia v tej istej sieti môžu komunikovať priamo medzi

sebou. Pokiaľ sú však v rôznych sieťach, je nutné využiť smerovač pre smerovanie medzi dvomi sieťami. [6, s. 61]

3.9.3 Vrstvy TCP/IP

Existuje veľké množstvo rôznych protokolov, ktoré sú určené pre odlišné úlohy. Protokol TCP/IP funguje v transportnej (TCP) a sieťovej (IP) vrstve.

Architektúra TCP/IP je členená do štyroch vrstiev:

- aplikačná vrstva – HTTP, FTP, TELNET, SSL, DNS a iné,
- transportná vrstva – TCP, UDP, Port,
- sieťová vrstva – IP,
- fyzická vrstva – drôty, optické vlákna, rádiové spojenie. [25]

3.9.4 Protokol UDP

Protokol UDP je bezspojový, čiže nevyžaduje pred odoslaním dát vytvoriť spojenie a ani ho následne ukončiť. Nesekvencuje pakety, v ktorých prichádzajú dáta, tzn. že je vhodnejší pre malé správy, ktoré môžu byť prenášané v jednom pakete. UDP tiež neeviduje, čo poslal alebo garantoval. Poskytuje však kontrolný súčet, aby zaobstaral nedotknuteľnosť dát pri príchode. Rovnako ako TCP poskytuje čísla portov, aby bolo možné rozlišovať medzi žiadosťami vyslanými alebo dodanými rôznym aplikáciám. Pretože sa nemusí zaoberať sekvencovaním a kontrolou chýb je UDP rýchly. Jeho hlavička je menej komplexnejšia než hlavička TCP. [13, s. 276]

Z uvedených protokolov je najvhodnejší v tejto práci použiť protokol TCP/IP. Protokol TCP zaistí bezpečné dodanie všetkých odosielaných informácií, a to v správnom poradí.

4 Návrh spôsobov merania

Hlavným cieľom pri navrhovaní modelu diaľkového merania bolo vymyslieť jednoduchú úlohu, na ktorej by študenti poznali výhody a nevýhody merania na väčšie vzdialenosti. Meracie pracovisko bude realizované v učebni KL3 na kampuse v Hodoníne. Po dohovore bude v tejto učebni umiestnený počítač, ktorý bude slúžiť ako server pre diaľkové merania a bude sprostredkovať komunikáciu medzi meracími prípravkami a užívateľmi, pripojenými na nich cez internet.

4.1 Popis použitých diód

Z dôvodu, že Arduino dáva maximálne napätie 5 V, boli vybrané len tri diódy. Každá dióda má vlastný priebeh charakteristík. Bakalárska práca sa zameriava na V-A charakteristiku, ktorú je možné vidieť v programe napísanom v jazyku Java. LED dióda je jediná použitá dióda, ktorá vyžaruje úzko spektrálne svetlo, keď ňou prechádza elektrický prúd v priepustnom smere. V nasledujúcich tabuľkách sú popísané parametre použitých diód podľa katalógu.

Parameter	Hodnota	Jednotka
U _{rrm}	45	[V]
I _f	35	[mA]
U _f	1,1	[V]
Puzdro	DO7	[-]

Tabuľka č. 4: Popis germániovej diódy 1N60

Zdroj: [33]

Parameter	Hodnota	Jednotka
U _{rrm}	1000	[V]
I _f	1	[A]
U _f	1,1	[V]
Puzdro	DO41	[-]

Tabuľka č. 5: Popis kremíkovej diódy 1N4007

Zdroj: [34]

Parameter	Hodnota	Jednotka
Priemer	5	[mm]
Farba svetla	oranžová	[-]
Vyžarovací uhol	20	[°]
Prieľadnosť puzdra	prieľadná	[-]
Farba puzdra	prieľadná	[-]
U _f	2,1	[V]
I _f	20	[mA]
Puzdro	T-1 3/4	[-]
I _v (svietivosti)	4000	[mcd]
Vlnová dĺžka dominantná	605	[nm]
Svetelný tok	50,28	[lm]

Tabuľka č. 6: Popis LED diódy LED 5 MM ORANGE 4000/20°
Zdroj: [35]

4.2 Meranie daného javu

K zisteniu V-A charakteristiky je potrebné merať závislosť prúdu na napätí. Zariadenie teda musí byť schopné merať napätie a prúd na diódach a následne toto napätie regulovať. Tieto namerané hodnoty musia byť odosielané k užívateľovi.

4.2.1 Meranie napätia a prúdu Arduinom

Arduino obsahuje šesť analógových vstupov, ktoré dokážu merať napätie od 0 do 5 V. Problémom je, že Arduino nedokáže merať prúd. Meranie prúdu je realizované nepriamym meraním, popísaným v kapitole 3.3.1. Z tohto dôvodu sa najskôr odmeria napätie a z neho sa následne vypočíta prúd. Pre nepriamy výpočet prúdu bol použitý nameraný úbytok napätia na rezistoroch R1, R2, R3 pre každú diódu zvlášť, rezistory sú zapojené v sérii pred každou diódou. Hodnoty prúdu sú dané veľkosťou rezistorov.

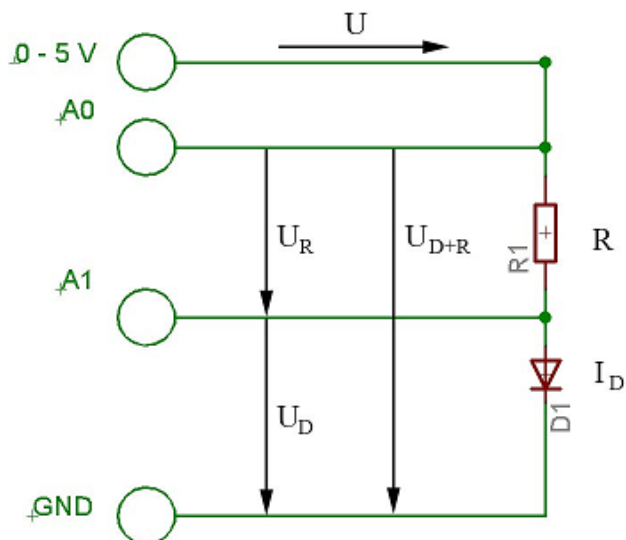


Schéma č. 13: Schéma merania Arduinoom
Zdroj: vlastný

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_{D+R} - U_D}{R}$$

Výsledný prúd sa vypočíta z Ohmovho zákona ako podiel napätia a odporu, pričom napätie tvorí rozdiel vstupného napätia na pine A0 a úbytkového napätia na pine A1.

Zapojenie meracej časti sa uskutočnilo podľa schémy č. 14.

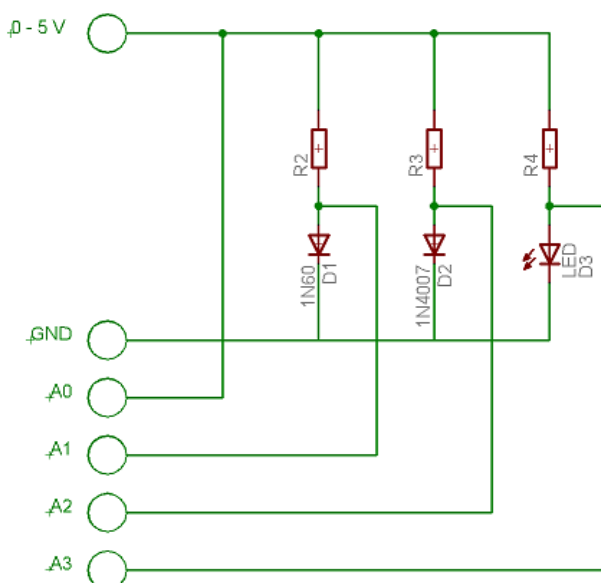
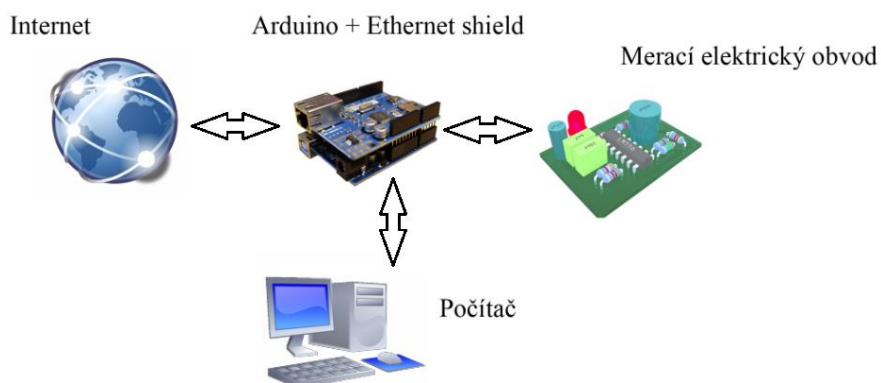


Schéma č. 14: Schéma meracej časti
Zdroj: vlastný

5 Realizácia meracieho prípravku

K realizácii týchto požiadaviek bola použitá vývojová platforma Arduino ktorá už bola popísaná v kapitole 3.6 a Ethernet Shield popísaný v kapitole 3.8. Arduino je pre svoje široké možnosti využitia, cenovú dostupnosťou a ľahkú programovateľnosť veľmi vhodné pre realizáciu tohto meracieho obvodu. Toto zariadenie poskytuje celý rad užitočných funkcií, ktoré budú k úžitku pri realizácii merania na diódach. Pri použití Arduina je najviac potrebné USB rozhranie na počítači.

Ďalej je na Arduine umiestnený Ethernet Shield, ktorý sa pripojuje k sieti cez klasický RJ-45 konektor. Pripojenie sa realizuje za pomoci knižnice SPI.h a Ethernet.h. Nastavenie k sieti sa realizuje priamo v zdrojovom kóde programovacieho jazyka Wiring, v ktorom sa Arduino programuje.



Obrázok č. 10: Prepojenie použitých komponentov
Zdroj: vlastný

Doska plošného spoja bola navrhnutá v programe Eagle tak, aby bolo možné na ňu umiestniť Arduino a všetky súčiastky a zakomponovať ich do kovového stavebnicového modulu, ktorý navrhla škola. Rozmer zariadenia je vo formáte A5. Eagle je program pre návrh a editáciu elektronických schém a plošných spojov od nemeckej firmy CadSoft.

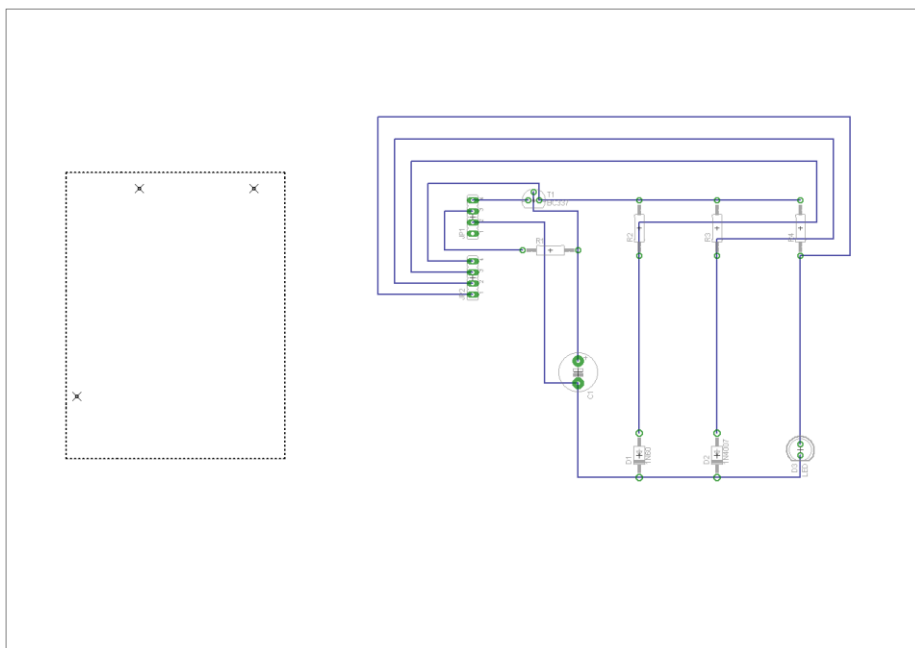


Schéma č. 15: Doska plošného spoja

Zdroj: vlastný vytvorené v programe Eagle

Pre prepojenie pracoviska s diaľkovým meraním bolo nutné vymyslieť akým spôsobom sa meranie bude dať realizovať. Bolo vytvorených niekoľko variant ale vždy sa našiel nejaký problém alebo chyba.

Jednou z variant bolo, vytvorenie jednoduchej HTML stránky, ktorá by bola nahraná v Arduino. Táto stránka mala prvky pre ovládanie napätia na diódach, výpočet prúdu na diódach a zobrazovanie nameraných hodnôt. Ďalším dôležitým prvkom na stránke bol graf V-A charakteristiky.

Google ponúka veľké množstvo možností ako rozšíriť webovú stránku o nové funkcie a obsah. Jednou z funkcií je Google Chart API. Z ponuky Google Chart API sa dá vybrať niekoľko grafov. Pre vykreslenie V-A charakteristiky bol najvhodnejší čiarový graf. Príklad tohto grafu aj so zdrojovým kódom sa dá stiahnuť zdarma. Tento príklad sa musel prerobiť tak, aby zobrazoval správne hodnoty.

Chyba nastala vtedy, keď sa graf nezobrazoval realtime (v reálnom čase) ale až po obnovení webovej stránky. Pretože jazyk HTML nie je sám o sebe dynamický, bolo nutné prerobiť program do Javy a vytvoriť Java applet ktorý rozšíri HTML o túto funkciu.

5.1 Regulácia napätia

Na reguláciu napätia bol zostrojený jednoduchý obvod s bipolárnym tranzistorom NPN BC337-25. Na jeho bázu je napojený pin Arduina označený ako PWM. Za pomoci tohto pinu sa dá jednoduchým spôsobom softwarovo meniť jeho napätie v intervale od 0 až 5 V. Pred bázu tranzistora je umiestnený rezistor, ktorý slúži k obmedzeniu prúdu. Podľa Ohmovo zákona sa pri zvyšovaní prúdu báze, zvyšuje aj napätie na diódach. Toto napätie sa dá následne regulovať.

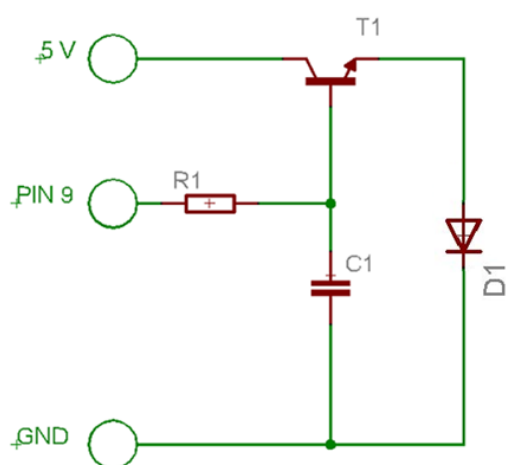


Schéma č. 16: Schéma zapojenia regulácie
Zdroj: vlastný

Schéma regulačného obvodu je zobrazená na schéme č. 16. Na ľavej strane sú piny z Arduina:

- 5 V pin,
- PWM pin, ktorý dokáže regulovať napätie podľa požiadaviek užívateľa,
- a posledný GND (uzemňovací pin).

Keďže je Arduino pripojené k PC len za pomoci USB, dokáže poskytnúť prúd maximálne 500 mA. Z toho Arduino spotrebuje na svoju prevádzku len 50 mA zvyšných 450 mA je k dispozícii pre napájanie diód výstupným napätím 5 V. Elektrolytický kondenzátor 100 μ F a rezistor tvoria integračný článok, ktorý vyhladzuje priebeh napätia v obvode, pretože PWM pin je digitálny signál o vysokej frekvencii (500 Hz), pri tejto frekvencii sa signál navonok javí ako spojitý. Napätie na kondenzátore je úmerné striede PWM ktorá sa pohybuje od 0 do 100 %. Čomu zodpovedá napätie na kondenzátore 0-5 V.

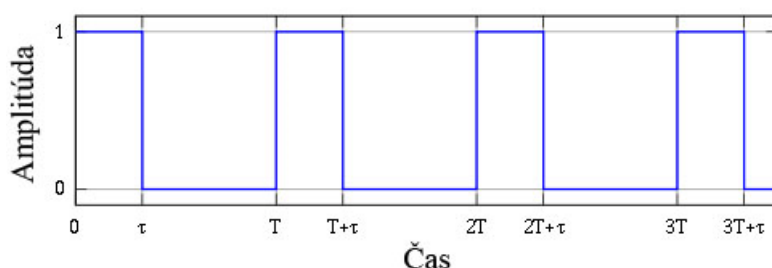
Strieda (alebo tiež činiteľ plnenia) periodicky sa opakujúceho dvoj-stavového signálu je definovaná ako pomer doby trvania aktívneho stavu („zapnutý“, log.1 prúd tečie, zariadenie pracuje, hodnota je nenulová) voči perióde (dobe opakovania sa). [21, s. 32]

Striedu (D) je možné vypočítať zo vzorca:

$$D = \frac{\tau}{T} \quad [21, s. 33]$$

kde:

- τ - doba trvania impulzu,
- T - perióde signálu.



Graf č. 5: Strieda
Zdroj: [21, s. 34]

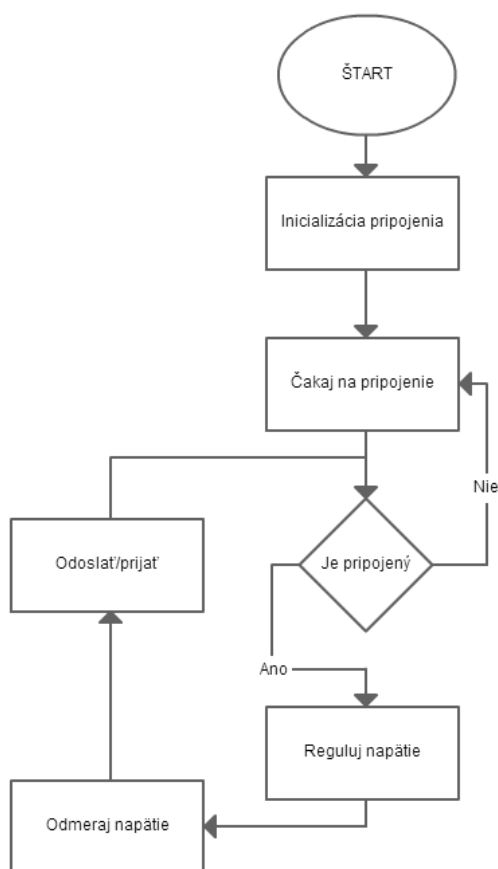
Tranzistor je zapojený ako emitorový sledovač. Toto zapojenie je vhodné na stabilizáciu napätia. Úlohou stabilizátora napätia je udržiavať konštantné napätie na výstupe pri zmene zaťažovacieho prúdu (pri zmene R_Z) alebo pri zmene (kolísania) vstupného napätia. Výstupné napätie je udržiavané na hodnote aká je na kondenzátore pri konkrétnej hodnote PWM zmenšenom o hodnotu U_{BE} tranzistora.

Diódy sú zapojené v priepustnom smere do vetvy emitora. Na kolektor je pripojených 5 V, ktorých je použitých na napájanie súčiastok na doske.

Navrhnutie súčiastok a ich následná simulácia prebiehala v programe Crocodile Technology, kde bola následne otestovaná funkčnosť obvodu. Ďalším krokom bola kúpa súčiastok. Ich zapojenie sa v testovacích podmienkach uskutočnilo na nepájivom kontaktnom poli.

5.2 Software na realizáciu diaľkového prístupu

K realizácii tohto diaľkového merania boli napísané tri programy. Prvý z nich je kód napísaný v Arduine, ktorý zabezpečuje komunikáciu so serverom. Na servery beží druhá aplikácia, serverový program, ktorý sprostredkováva komunikáciu medzi Arduino, pripojeným k sériovému portu a RJ-45 konektorom do siete, tento program je napísaný v jazyku Java. Poslednou softwarovou časťou je java applet, ktorý beží vo webovom prehliadači.



Obrázok č. 11: Vývojový diagram programu Arduina
Zdroj: vlastný

5.2.1 Popis programu v Arduine

Program napísaný v Arduine má za úlohu odosielať namerané hodnoty serveru. Celý zdrojový kód je veľmi dlhý, preto je v prílohe č.6, kde sú tiež pridané komentáre k jednotlivým činnostiam celého programu a jednotlivých častí. Komentár neovplyvňuje

chod kódu, ale je užitočný pre diagnostiku a prehľadnosť. V tejto kapitole je popísaný princíp základných funkcií programu.

Najskôr sa čaká na nového užívateľa za pomoci `EthernetClient client = server.available()`. Potom nasleduje podmienka, ktorá zaisťuje, aby nebol k serveru pripojený viac ako jeden užívateľ. Pokiaľ je pripojený len jeden užívateľ, vykoná sa cyklus `for`.

```
for(int i = 0; i < 3; i++){
    char thisChar = client.read();
    if(thisChar > 47 && thisChar < 58)
        ret = ret + thisChar;
    }
    client.flush();
    server.print(request+"!");
```

Cyklus `for` má za úlohu načítať od užívateľa len tri znaky, pokiaľ je znakov viac, ty prebytočné odstráni pomocou funkcie `client.flush()`. Podmienka `if(thisChar > 47 && thisChar < 58)` vypisuje iba hodnoty 47 a 58. Tieto hodnoty patria podľa ASCII tabuľky číslam 0 až 9. Celý cyklus slúži k ošetrovaniu proti chybám. Pri tejto aplikácii užívateľ určuje veľkosť napätia na diódach. Ako bolo spomenuté, PWM pin sa reguluje za pomoci číslíc 0-255, preto je potreba ošetrovania. Ďalšou dôležitou súčasťou je riadok `server.print(request+"!")`, ktorý odosiela užívateľovi pridaný parameter funkcie a oddeľuje ich „!“ . V tomto prípade sa jedná o odosielanie hodnoty napätia.

Pre správnu funkčnosť Ethernet Shieldu je nutné do programu nahráť potrebné knižnice:

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
```

Potom je dôležité nastaviť a definovať zariadenie v sieti:

```
byte mac[] = {
    0xDE, 0xAD, 0xBA, 0xEF, 0xFE, 0xED };
IPAddress ip(192,168,1, 55);
IPAddress gateway(192,168,1, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 0, 0);
EthernetServer server(23);
```

Každé zariadenie v sieti musí mať svoju unikátnu MAC a IP adresu. Okrem toho je nevyhnutné nastaviť bránu, podsieť a port, cez ktorý užívateľ komunikuje.

Ďalej nasleduje deklarácia premennej:

```
int pwm = 9;
```

Premenné sa deklarujú uvedením dátového typu, ktorý je nasledovaný identifikátorom. V tomto prípade sa použije dátový typ „int“. Dátový typ `int` je celé číslo. Arduino UNO, uloží `int` ako 16 bitovú (2 byte) hodnotu. To prináša rad čísiel od -32 768 do 32 767. [32] Keďže sa pracuje s hodnotami od 0 do 1024 tak je dátový typ `int` plne dostačujúci.

Ďalšie nastavenie, je nutné vykonať v časti `setup()`. Musí prebehnúť inicializácia ethernetového zariadenia za pomoci `Ethernet.begin` a spustí sa načúvanie pre prichádzajúcich klientov, ktoré zaobstaráva `server.begin()`. Nakoniec sa nastaví `Serial.begin(9600)` ktorý zahájí prenos po sériovej linke:

```
Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet);  
server.begin();  
Serial.begin(9600);
```

Potom nasleduje nastavenie vstupných a výstupných pinov či majú vykazovať po zapnutí log. 1 (5 V), alebo log 0 (0 V). Ako bolo spomenuté PWM pin je výstupným pinom:

```
pinMode(pwm, OUTPUT);
```

Po vykonaní všetkých týchto krokov sa Arduino správa ako server a je možné sa naňho pripojiť ak poznáme jeho IP adresu.

Funkcia `void loop()` je funkciou, ktorá sa stále opakuje za behu Arduina, je to tzv. „slučka“. V nej nasleduje deklarácia vstupných premenných ktoré čítajú hodnotu napätia v dielkach.

```
int Analog0 = analogRead(A0);  
int Analog1 = analogRead(A1);  
int Analog2 = analogRead(A2);  
int Analog3 = analogRead(A3);
```

Funkcia `analogRead()` vracia hodnoty od 0 do 1024 ktoré sa namerajú na pinoch A0, A1, A2 a A3. Namerané napätie na pine A0 je vstupné napätie ktorým sú napájané diódy, a A1, A2, A3 sú namerané úbytky napájacieho napätia na diódach.

Ďalšia funkcia prevedie namerané hodnoty na textový reťazec:

```
String sA0 = String (Analog0, DEC);  
String sA1 = String (Analog1, DEC);  
String sA2 = String (Analog2, DEC);  
String sA3 = String (Analog3, DEC);
```

Pre odosielanie nameraných dát užívateľovi, sa z nameraných hodnôt vytvorí nasledujúci reťazec:

`namerana_hodnota_A0;namerana_hodnota_A1;namerana_hodnota_A2;namerana_hodnota_A3`, kde prvé číslo symbolizuje nameranú hodnotu na vstupe označenom ako A0:

```
String mereni = sA0+" "+sA1+" "+sA2+" "+sA3;
```

Vytvorený textový reťazec sa odošle užívateľovi a odpoveď od užívateľa uloží do premennej `value`. Premenná `value` je textový reťazec:

```
String value = sendToClient(mereni);
```

Najprv sa prevedie odpoveď od užívateľa na číslo `toInt(String value)`, kde `value` je odpoveď od užívateľa. Potom prevedený textový reťazec na číselný údaj pridá funkciu

```
nastavNapeti():  
nastavNapeti(toInt(value));
```

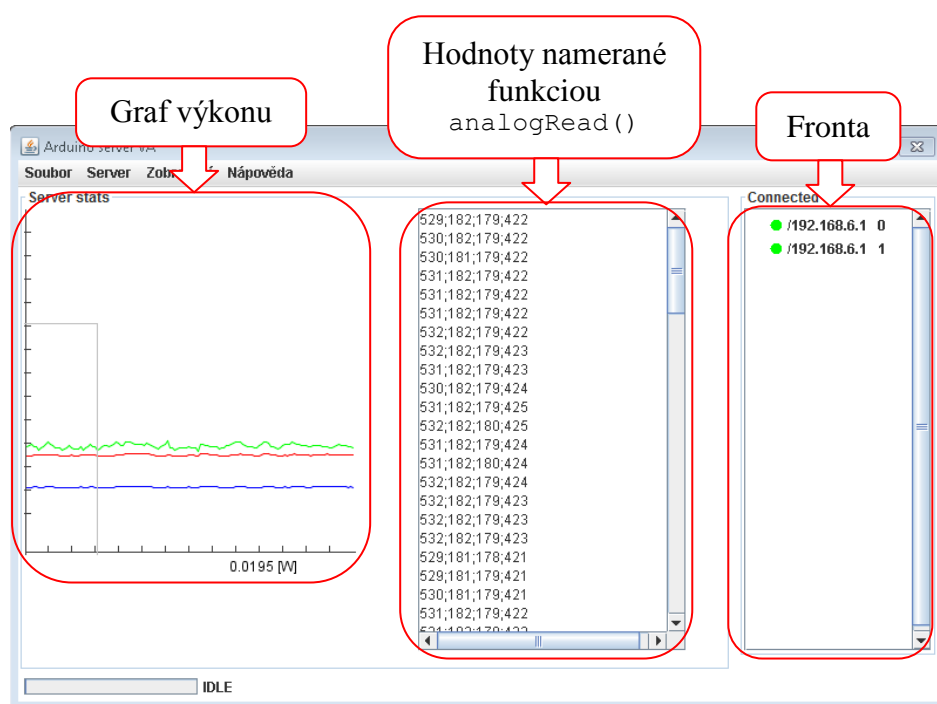
Nastavenie napätia na základe prevzatej číselnej hodnoty `nastavNapeti(int napeti)`, kde `napeti` je číselná hodnota od 0 do 255:

```
void nastavNapeti(int napeti){  
    if(napeti <= 255)  
        analogWrite(pwm, napeti);  
}
```

Pokiaľ je premenná `napeti` menšia alebo rovná 255, nastaví sa napätie na výstup. Pokiaľ nie je premenná `napeti` menšia alebo rovná 255, nestane sa nič.

5.2.2 Serverová aplikácia

Serverová aplikácia pobeží na počítači, ktorý je umiestnený v laboratóriu diaľkového merania. Toto laboratórium sa nachádza v učebni KL3 na kampuse v Hodoníne. Úlohou tejto aplikácie je sprostredkovať komunikáciu medzi Ardiunom, ktoré je pripojené na sériový port počítača a RJ-45 konektorom do siete. Server je napísaný v jazyku java. V pravej časti aplikácie sa nachádza zoznam pripojených užívateľov, pričom vždy môže merať len jeden užívateľ. Z toho dôvodu bola vytvorená fronta. Užívateľ, ktorý sa pripojí ako druhý v poradí, musí čakať, až kým prvý dokončí meranie.



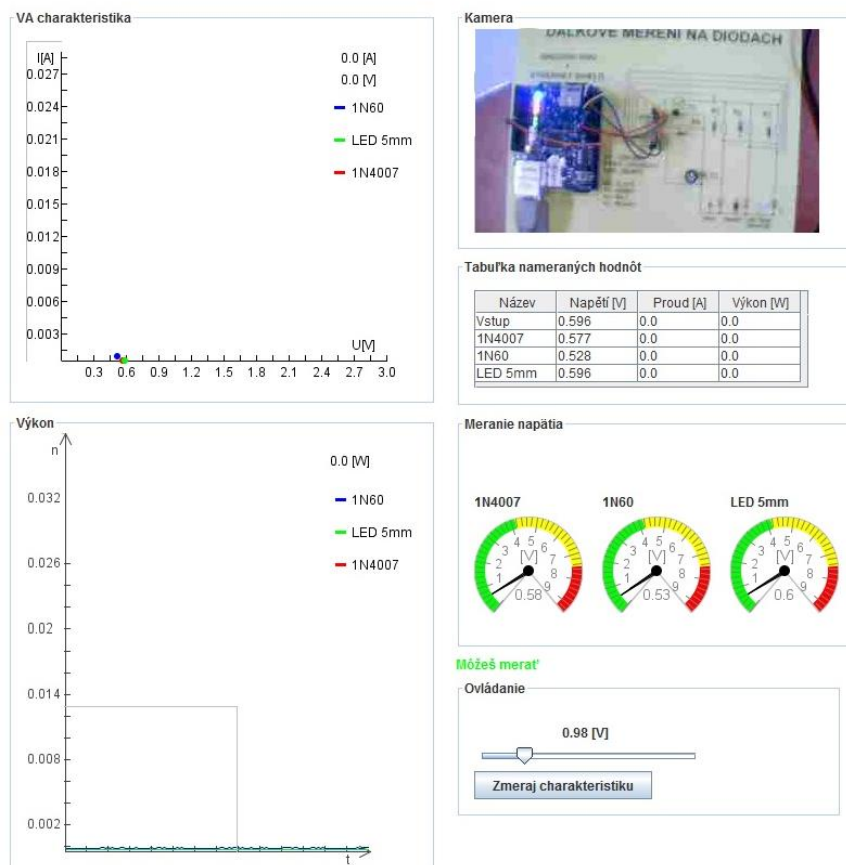
Obrázok č. 12: Serverová aplikácia
Zdroj: vlastný

5.2.3 Java Applet

Applet je aplikácia napísaná v jazyku Java, ktorá rozširuje schopnosti webovej stránky a dokáže robiť veci, ktoré stránka sama o sebe robiť nedokáže. Webové stránky sú napísané v jazyku HTML. HTML je statický jazyk a sám nedokáže povedať prehliadaču aby niečo spočítal. Applety sú jednou z mnohých súčastí programovacieho jazyka Java. Java Virtual Machine dohliada nato, aby sa daný applet stiahol do prehliadača správe a zároveň aj na jeho interpretáciu. Je súčasťou Netscape Communicatora. [16, s. 243]

Na server, na ktorý je pripojené Arduino, sa tento applet pripojuje pomocou protokolu TCP/IP a spolupracuje s ním. Takže dáta namerané Arduino sa zobrazujú v Java applete ktorý následne umožňuje ovládať napätie na diódach.

Diaľkové meranie na diódach



Obrázok č. 13: Okno užívateľskej aplikácie
Zdroj: vlastný

Ovládanie aplikácie je veľmi jednoduché. Aplikácia obsahuje pohľad na snímky z web kamery, ovládanie napätia, tabuľku s nameranými hodnotami. V ľavom hornom rohu sa nachádza graf V-A charakteristiky, ktorý sa vykreslí po stisnutí tlačidla „Zmeraj charakteristiku“ a pod ním graf výkonu na diódach.

Vkladanie java appletu na webovú stránku

Jazyk HTML je značkovací jazyk a teda príkazy v ňom písané sú tvorené značkami. Applet má svoju vlastnú značku, na ktorú ak prehliadač narazí vie, že sa na stránke nachádza. Sú to značky `<applet>` a `</applet>`. Ako každá značka v jazyku HTML, aj táto má voliteľné atribúty. [20, s. 243]

Vkladanie appletu sa vykoná vložením tohto kódu do tela webovej stránky:

```
<APPLET  
name="applet"  
codebase="classes"  
code="arduino/Applet.class"  
width=1024  
height=1000  
>  
</APPLET>
```

Týmto sme vložili applet do webovej stránky. Objekt appletu sa volá „applet“, meno je možné ľubovoľne meniť. Codebase je nastavená relatívne k umiestneniu HTML stránky, ktorá obsahuje tento kód a zobrazuje applet, do složky „classes“. Spúšťacia trieda aplikácie je nastavená na súbor „Applet.class“, ktorý je umiestnený v složke /classes/Arduino/. Ďalšie nastavenie je veľkosť appletu, v tomto prípade to je šírka (width) 1024 a výška (height) 1000.

5.2.4 Grafy nameraných hodnôt

Najdôležitejšou časťou V-A charakteristiky je graf. V ňom sa zobrazujú hodnoty napätia a prúdu namerané Arduinom. Po stlačení tlačidla „Zmeraj charakteristiku“ sa zakáže ovládanie napätia na diódach a aplikácia sa prepne do automatického režimu. Tento režim postupne pridáva napätie na diódach od 0 do 255, kde 0 = 0 V a 255 = 5 V. Po postupnom pridávaní napätia po 5 dielkoch sa vykreslí V-A charakteristika. Namerané hodnoty sa ukladajú do troch zásobníkov, v ktorých sú uložené hodnoty x, y kde x = namerané napätie a y = nameraný prúd. Behom plnenia zásobníka sa graf vykresľuje. Ako náhle sa nastavení posledná hodnota (255 dielikov), tak aplikácia povolí užívateľovi ovládať ju ručne. Pri ručnom ovládaní sa tento graf ďalej nemení ale aktuálna pozícia prúdu a napätia sa do grafu vykresľuje za pomoci guľôčky. Princíp vykreslenia guľôčky je taký, že pri každom meraní sa guľôčka prekreslí podľa nameraných hodnôt v sústave grafu.

V-A graf vykresľuje trieda v Jave s názvom `TimeGraphXY`, ktorá sa stará len o vykreslenie. Dáta k vykresleniu sú predávané ako objekt triedy `RealtimeGraph`.

Nastavenie hodnôt na grafe zaobstaráva metóda `public void setValue(int x, int y, int line)`.

- `int x` – počet pixelov na ose X,
- `int y` – počet pixelov na ose Y,
- `int line` – číslo čiary (každá čiara má svoje číslo).

`TimeGraphXY` je rozšírený o rozhranie `GraphListener`, ktorý zaisťuje dátové spojenie medzi `ReltimeGraph` a touto triedou. To znamená, že namerané dáta medzi triedami sú okamžite synchronizované.

Vykreslenie grafu zaisťuje nasledujúca metóda triedy `TimeGraphXY`:

```
public void reDraw(){
    if(gl!=null)
        graph = gl.onGraph();
        repaint ();
}
```

Kde `gl.onGraph()`; zaisťuje synchronizáciu dát pred vykreslením. Ďalej metóda `repaint` zaisťí kompletne prekreslenie grafu na základe hodnôt získaných pomocou rozhrania `GraphListener`.

Aktuálne hodnoty na grafe zobrazené guľôčkou sú pozicované pomocou nasledujúcej metódy:

```
public void setDot(int X, int Y, int line){
    lines[line][0] = X;
    lines[line][1] = Y;
}
```

Kde `lines` je dvojrozmerné číselné pole ktoré obsahuje hodnoty dátového typu `integer`. Prvý_rozmer teda `lines[prvý_rozmer][druhý_rozmer]` = čiara pre ktorú je daná guľôčka zobrazovaná, jedná sa predovšetkým o farebné rozlíšenie.

Druhý graf znázorňuje výkon na diódach v reálnom čase. O vykreslenie grafu sa stará trieda `TimeGrafY`, ktorá je potomkom triedy `JPanel` na ktorú je graf vykreslený. Pred použitím grafu je nutné určiť niektoré parametre, ktoré daný graf definujú:

- `setDilek(double mericiPomer, String jednotka, int mrizkaX, int mrizkaY),`
 - `mericiPomer`, číselne definuje jednotku, teda hodnoty grafu vkladane do grafu a sú násobené touto hodnotou,
 - `jednotka`, textový reťazec určujúci jednotku, ktorá bude zobrazená,
 - `mrizkaX` určuje veľkosť jedného dielika na osi X,
 - `mrizkaY` veľkosť jedného dielika na osi Y.
- `setStep(int step)`, určuje, po akých krokoch sa bude graf posúvať po osi X, jedná sa teda o konštantu,
- `setLabel1 (String label)`, nastaví popis k čiary grafu, to isté sa vzťahuje aj k `setLabel2` a `setLabel3`,
- `setColor1 (Color c)`, nastaví farbu čiary grafu, to isté sa vzťahuje aj k `setColor2` a `setColor3`,
- `addValueLine1(double y)`, pridá ďalšiu hodnotu grafu, táto hodnota je vykreslená, hodnota x je konštantná, kde tato konštanta bola nastavená metódou `setStep(int)`,
- `drawGraph()`, vykreslí graf.

Graf sa vykresľuje na základe pripravených hodnôt do zásobníka za pomoci metódy `setValueLine1-3(int)`. Tento zásobník je typu LIFO, teda posledný vložený prvok opustí zásobník ako prvý. Do prázdneho zásobníka sa pridávajú jednotlivé hodnoty, dokým sa zásobník nenaplní. S každou pridanou hodnotou do naplneného zásobníka sa graf posunie, avšak ak nepríde k prekresleniu `drawGraph()`, nebude tento jav graficky viditeľný. Preto sa s každou nameranou pridanou hodnotou graf vykreslí spomínanou metódou.

Veľkosť zásobníka (n) je možné vypočítať zo vzorca:

$$n = \frac{\text{šírkaGrafu}}{\text{step}}$$

kde:

- *šírkaGrafu* - šírka grafu v pixloch,

- *step* - konštanta nastavená metódou `setStep(int)`, pokiaľ nie je nastavená tak sa rovná 2.

Nastavenie parametrov výkonového grafu:

```
timeGrafY1.setColor1(Nastaveni.DIODA1_BARVA);
timeGrafY1.setColor2(Nastaveni.DIODA2_BARVA);
timeGrafY1.setColor3(Nastaveni.DIODA3_BARVA);
timeGrafY1.setDilek(10000, "[W]", 20, 20);
timeGrafY1.setLabel1(Nastaveni.DIODA1_NAZEV);
timeGrafY1.setLabel2(Nastaveni.DIODA2_NAZEV);
timeGrafY1.setLabel3(Nastaveni.DIODA3_NAZEV);
```

V predchádzajúcom kóde bol nastavený výkonový graf, pre definíciu jednotlivých diód boli použité konštanty ktoré definujú jednotlivé diódy.

5.2.5 Web kamera

Web kamera umožňuje pohľad na meracie zariadenie. Po zapnutí aplikácie Kamera, ktorá beží na serveri, sníma obrázky z kamery a ukladá ich na disk. Applet tieto obrázky obnovuje v pravidelných intervaloch.

6 Pilotná prevádzka merania

Pilotná prevádzka je súbor procesov slúžiacich na kontrolu kvality zariadenia. Cieľom pilotnej prevádzky je zistiť, či daný produkt dosiahol požadovanej kvality z hľadiska funkčnosti a použiteľnosti. Merací prípravok bol pripojený za pomoci USB kábla typu A-B, a pomocou klasického ethernetového kábla typu RJ-45 k osobnému počítaču s nainštalovaným OS Windows 7 Home Edition. Na tento počítač sa užívatelia mohli pripojiť z akéhokoľvek miesta v akomkoľvek čase. Boli im poskytnuté teoretické poznatky o tom čo bolo merané a akým spôsobom. Tiež boli poučení o tom ako program ovládať. Pripojenie bolo možné pomocou aplikácie LogMeIn alebo programu TeamViewer ktoré umožňujú pripojenie k hocijakému počítaču cez internet. Nevýhodou TeamVieweru je, že musí byť nainštalovaný v PC, LogMeIn pracuje v prehliadači. Pilotná prevádzka sa uskutočnila od 17.2. 2013 – 24.2 2013, zúčastnilo sa jej 45 ľudí.

Pre systém diaľkového merania na diódach bola vytvorená jednoduchá webová stránka. Návštevníci stránky boli poučení o meraní napätia a prúdu na diódach v priepustnom smere pomocou jednočipového počítača, metódy merania a schémy zapojenia. Ďalej mohli prejsť k samotnému meraniu.

Na konci stránky sa nachádzal odkaz na dotazník, ktorý bol dobrovoľný. Dotazník bol vytvorený za pomoci portálu oursurvey.biz [36], ktorý dovoľuje zadarmo vytvárať dotazníky. Dotazníku sa zúčastnilo 33 ľudí. Medzi nimi boli aj odborníci na elektrotechniku z firmy A-Z Elektro Skalica, s.r.o., ktorá sa zaoberá predajom elektroinštaláčného materiálu a svietidiel, výrobou rozvádzačov nízkeho napätia a zámočníctvom.

Vyhodnotenie dotazníku a odpovede respondentov na jednotlivé otázky sú v prílohe č. 7.

7 Odstránenie pripomienok a uvedenie do rutinnej prevádzky

Uvedeniu do rutinnej prevádzky predchádzala pilotná prevádzka zariadenia. Ako už bolo spomenuté v kapitole 6 testovacia prevádzka trvala týždeň a to od 17.2.2013 do 24.2. 2013. V rámci nej bolo zariadenie dôkladne otestované mnou aj verejnosťou. Test prebiehal v domácom prostredí na nepájivom kontaktnom poli.

Pilotná prevádzka odhalila niekoľko nedostatkov, ktoré bolo nutné pre správne fungovanie odstrániť. Týmito nedostatkami bolo:

- rozloženie tlačidiel v Java applete,
- zasekávanie appletu,
- pomalé reagovanie Arduina.

Rozloženie tlačidiel v Java applete bolo upravené pre pohodlné používanie užívateľom. Pre estetický vzhľad boli ovládacie tlačidlá zoskupené bližšie k sebe. Zasekávanie appletu spôsobovala chyba v zdrojovom kóde, ktorá bola nájdená a následne odstránená. Pre rýchlejšie reagovanie Arduina bol prepísaný kód v Arduine.

Keďže zariadenie bolo testované na nepájivom kontaktnom poli, bol viditeľný vplyv indukovaných porúch. Tieto poruchy spôsoboval pohyb prepojovacích drôtov, ktoré sa používajú pri práci s nepájivým kontaktným poľom. V dôsledku toho sa graf V-A charakteristiky nevykresľoval správne. Táto porucha bola odstránená použitím plošného spoja, kde sú cesty pre vedenie elektrického signálu vyleptané a nie je nutné použiť spojovacie drôty. Pri použití plošného spoja nie je elektrický signál žiadnym spôsobom rušený a graf sa vykresľuje správne. Fotografia hotového meracieho prípravku je v prílohe č. 2.

Po odstránení pripomienok bolo meracie zariadenie uvedené do rutinnej prevádzky, kde k nemu môžu užívatelia pristupovať pomocou školského webového portálu laboratória diaľkového merania.

8 Realizácia projektu merania v rámci IS EPI

Meracie zariadenie je v konečnej podobe umiestnené v laboratóriu diaľkového merania na kampuse v Hodoníne, kde je možné s ním pracovať. Zariadenie je situované na stavebnicovom, kovovom module formátu A5. USB konektor poskytuje pre Arduino dostačujúce napájanie a preto nie je potrebný externý zdroj napájania.

8.1 Prepojenie témy bakalárskej práce s interným grantovým systémom EPI, s.r.o.

Téma bakalárskej práce je prepojená s projektom 30 B8/2011/01 Analýza, SW a zapojenie do rutiny systému úloh „Meranie s diaľkovým prístupom“. Začiatok projektu bol 1.10.2011 a skončí 30.8.2014.

Cieľom projektu je vybudovať laboratórium dostupné cez internet. V tomto laboratóriu budú umiestnené popredu pripravené meracie prípravky, na ktorých si študenti z pohodlia svojho domova budú môcť prakticky overiť ich teoretické a praktické znalosti. Pokiaľ sa napríklad študent v učebnicových textoch dočíta, že diódy vedú prúd len jedným smerom, bude si môcť túto skutočnosť overiť.

Laboratórium pripravujú študenti, ktorí majú ako tému bakalárskej práce diaľkové meranie, ale tiež webový portál, ktorý bude jednotlivé merania v laboratóriu sprístupňovať. Laboratórium je dostupné nie len študentom na EPI, ale aj verejnosti.

V tomto laboratóriu je celý rád meracích prípravkov, ktoré sú zamerané napríklad na tieto témy:

- Meranie na diódach,
- Meranie na čítačoch,
- Meranie elektromagnetickej indukcie,
- Meranie na A/D prevodníkoch,
- Meranie optočlenov,

- Meranie elektrických parametrov fotorezistora,
- Vizualizácia javov a účinku elektromagnetického poľa,
- Meranie na motorku s permanentným magnetom,
- Meranie prietoku kvapaliny,
- a ďalšie.

Jednotlivé merania bude môcť študent ovládať v reálnom čase cez webové rozhranie, budú mu poskytnuté namerané dáta a tiež bude môcť sledovať meracie zariadenie cez webovú kameru.

8.2 Úloha pre študentov

Úloha do protokolu je v prílohe č.5, túto úlohu budú študenti realizovať, aby si overili základné znalosti, schopnosti a kompetencie z oblasti merania polovodičových súčiastok, programovania a elektroniky.

Obsahom úlohy je:

- úloha, zadanie,
- teória,
- schéma zapojenia,
- použité prístroje,
- postup,
- tabuľky nameraných hodnôt s grafom,
- kontrolné otázky,
- záver,
- prílohy.

8.3 Popis technickej a prevádzkovej dokumentácie, ekonomické náklady

Technická dokumentácia je prílohou bakalárskej práce. Je to schéma zariadenia a doska plošného spoja (príloha č. 4). K prevádzkovej dokumentácii patrí videonávod a protokol

s úlohou. Komponenty použité k realizácii meracieho zariadenia a ich ceny sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke.

Položka	Kusov	Cena za kus s DPH
Arduino UNO	1	26,40 Eur
Ethernet Shield W5100 For Arduino	1	6,96 Eur
Nepajivé kontaktné pole	1	10,63 Eur
USB kábel A-B 2 m	1	1,99 Eur
Sieťový kábel 2 m	1	0,92 Eur
Prepojovacie káblíky	1	1,98 Eur
Rezistor 820 Ω	1	0,0150 Eur
Rezistor 180 Ω	1	0,0150 Eur
Rezistor 120 Ω	1	0,0150 Eur
Rezistor 270 Ω	1	0,0150 Eur
Kondenzátor 100 μ F 50 V	1	0,0346 Eur
Tranzistor BC337-25	1	0,0533 Eur
Dióda 1N4007	1	0,0294 Eur
Dióda 1N60	1	0,1500 Eur
Dióda LED 5mm point	1	0,0397 Eur
Výroba plošného spoja	1	6,28 Eur

Tabuľka č. 7: Tabuľka použitých komponentov a ich cena
Zdroj: vlastný

Celková cena použitých položiek tvorí 55,53 Eur.

8.4 Videonahrávka

Pre túto prácu bolo nahrané video, ktoré zoznámi užívateľa s meracím zariadením. Videonahrávka bola nahraná softwarom Free Screen Recorder, ktorý dokáže zachytávať obraz na ploche počítača. Video bolo zostrihané a upravené v programe Windows Movie Maker.

ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo meranie elektrických parametrov vybraných typov diód pomocou jednočipového mikropočítača cez internetové rozhranie. V práci sú ukázané spôsoby ako možno vykonávať meranie s využitím počítača nie len lokálne, čo je v praxi bežné, ale tiež diaľkovo. Bakalárska práca poukazuje nato, ako sa pomocou vhodného programového vybavenia dá realizovať diaľkový model merania, ktorý bude ako prenosové médium využívať internet a jeho protokol TCP/IP.

Internet je „expert na skracovanie vzdialeností“. Vďaka nemu môže byť meraný objekt od miesta vyhodnocovania kilometre ďaleko a prenos merania môže byť pre naše účely plne dostačujúci.

K realizácii systému diaľkového merania na diódach bola použitá vývojová platforma Arduino UNO a Ethernet Shield, software vyvinutý v programovacom jazyku Wiring a bolo vytvorené ovládacie rozhranie v jazyku Java. Celý systém je dostupný z webového portálu laboratória diaľkového merania, a to nielen pre študentov ale aj pre verejnosť.

Študent pripojený k diaľkovému meraniu má možnosť sledovať činnosť zariadenia cez webovú kameru a môže ho ovládať. Namerané výsledky mu sú poskytnuté v reálnom čase v prehľadnej podobe.

Študentom sú k dispozícii študijné texty v elektronickej podobe, z ktorých si môžu naštudovať potrebnú teóriu. Teoretická časť bakalárskej práce zahŕňa popis použitých súčiastok, analýzu merania vybraných parametrov diód a metódy ich merania. Študenti sa dozvedia ako tieto parametre merať a aký je ich význam. Táto časť práce sa tiež zaoberá aplikáciou jednočipového mikropočítača Arduino UNO, ktorému je venovaná samostatná kapitola. V nej je uvedený jeho popis, výhody, obmedzenia a tiež k čomu ho možno použiť a ako sa s ním pracuje.

Študijné texty obsahujú okrem teoretickej aj praktickú časť riešenia problému. V tejto časti sa nachádza schéma meracieho elektrického obvodu, popis jeho funkcie a obrázky zariadenia. Študenti sa tu zoznámia so softwarom vytvoreným k tomuto projektu

a zdrojovým kódom v Arduine, ktorý obsahuje aj jeho popis. Nechýba ani popis Java appletu, cez ktorý študenti prístupujú k meraniu.

Bolo tiež natočené krátke video, ktoré dokumentuje meracie zariadenie. Vďaka nemu môžu študenti názorne vidieť prácu s týmito aplikáciami a prácu meracieho obvodu.

Zásľuhou študijných textov a videonahrávok majú študenti možnosť sa pred samotným meraním zoznámiť s programom a jeho ovládaním.

Prostredníctvom meracieho protokolu, (príloha č. 5) si môžu študenti overiť svoje teoretické znalosti v praxi. Okrem toho boli vytvorené aj kontrolné otázky (príloha č. 8), ktoré je možné začleniť do samodiagnostických testov. Takto si študenti overia svoje vedomosti z danej problematiky on-line.

Pred uvedením systému diaľkového merania na diódach do rutínnej prevádzky bolo potrebné zistiť správnosť jeho fungovania, čo zabezpečila pilotná prevádzka. V nej bolo zariadenie otestované verejnosťou a boli zistené nedostatky. Pre tento účel bola vytvorená webová stránka, ktorá návštevníkom objasnila spôsob merania a fungovanie programu. V rámci pilotnej prevádzky bol vytvorený anonymný dotazník (príloha č. 7), ktorý vyplnilo 33 užívateľov. Po ukončení pilotnej prevádzky boli nedostatky odstránené a systém diaľkového merania vyladený.

Pokračovanie v tejto práci by bolo vhodnou témou bakalárskej práce pre študentov nižších ročníkov odboru Elektronické počítače. Bolo by vhodné systém rozšíriť o ďalšie typy diód tak, aby študenti mohli porovnať ich správanie a ich charakteristiky. Zmeny by sa prejavili nielen v zdrojovom kóde Arduina ale aj v klientskej aplikácii. Okrem merania Volt-ampérovej charakteristiky je možné na diódach merať aj iné veličiny, napr. meranie teploty. Bakalárska práca je zameraná na meranie napätia a prúdu v priepustnom smere, takže ďalšou témou by mohlo byť meranie týchto veličín v smere závernom. Inou obmenou by mohla byť zmena programovacieho jazyka klientskej a serverovej aplikácie a ich rozšírenie o ďalšie funkcie.

Celá bakalárska práca je začlenená do informačného systému Európskeho polytechnického inštitútu tak, aby ju mali študenti k dispozícii v špecializovanom laboratóriu. Toto meracie pracovisko je realizované v učebni KL3 na kampuse v Hodoníne. V učebni je umiestnený počítač, ktorý slúži ako server pre diaľkové meranie a sprostredkováva komunikáciu medzi meracím prípravkom a užívateľom. K pracovisku je možné sa pripojiť cez školský portál alebo pomocou vzdialenej plochy prostredníctvom programu LogMeIn alebo TeamViewer. Systém je uvedený do rutinného systému úloh Meranie s diaľkovým prístupom.

Celý projekt bolo potrebné umiestniť na školských, stavebnicových, kovových moduloch formátu A4, A5, A6. Pre túto úlohu bol zvolený modul formátu A5, ktorý je rozmerovo a prehľadne postačujúci a pokrýva potreby Arduina. Výhodou tiež je, že sa modul stane odolnejší pri praktických aplikáciách voči užívateľom.

Elektronické pracovisko s diaľkovým prístupom je takmer samostatné. Jediné čo potrebuje pre svoj beh je napájanie z USB portu. Nad pracoviskom je umiestnená kamera, ktorá sníma akúkoľvek reakciu a zmenu na Arduine a samotnom zariadení.

Cieľ bakalárskej práce bol splnený v celom rozsahu. Bola vytvorená praktická úloha pre študentov, jednoduchý návod v podobe videonahrávky a práca bola obhájená na Medzinárodnej virtuálnej študentskej konferencii. Práca bude k úžitku mnohým študentom elektroniky a to nielen na Európskom polytechnickom inštitúte.

Hodnotenie podniku



Evropský polytechnický institut, s.r.o.
Osvobození 699, 686 04 Kunovice
<http://www.edukomplex.cz>, epi@edukomplex.cz

Hodnocení bakalářské práce ústavem Aplikované informatiky

Název bakalářské práce:

Dial'kové meranie na diódach

Jméno a příjmení autora práce: **Rudolf Jelenek**

Studijní obor: Elektronické počítače

	Kritéria hodnocení	A	B	C	D	E	F
1.	Náročnost práce	×					
2.	Splnění cílů práce	×					
3.	Teoretická část práce		×				
4.	Praktická část práce		×				
5.	Formální úprava práce			×			

Hodnocení v jednotlivých kritériích označte ×


Abecední hodnotící stupnice				
Číselné hodnocení	Abecední hodnocení	Slovní hodnocení	Anglický ekvivalent hodnocení	Procentuální rozpětí
1	A	excelentní	upper - excellent	90 – 100 %
2	B	výborný	lower - excellent	80 – 89 %
2	C	velmi dobrý	very good	70 – 79 %
3	D	dobrý	good	60 – 69 %
3	E	dostatečný	sufficient	50 – 59 %
4	F	nevyhovující	fail	pod 50 %

Práci doporučuji – ~~nedoporučuji~~* k obhajobě. (*nehodící se škrtně)

Bakalářskou práci navrhuji klasifikovat stupněm: B – výborný

Hodnocení vypracoval: Mgr. Ivo Lazar

V Kunovicích dne: 25. května 2013


.....
podpis hodnotitele bakalářské práce

ABSTRAKT

Rudolf JELENEK *Diaľkové meranie na diódach*. Kunovice, 2013. Bakalárska práca. Evropský polytechnický institut, s.r.o.

Vedúci práce: Ing. Miroslav ZÁLEŠÁK

Kľúčové slová: polovodičová dióda, PN priechod, volt-ampérová charakteristika, Arduino UNO, Ethernet Shield, Java, applet.

Cieľom bakalárskej práce bolo vytvoriť zariadenie pre diaľkové meranie na diódach. V prvej časti práce sú popísané základné pojmy a princípy z teórie merania, polovodiče, druhy polovodičových diód, metódy merania, meranie napätia, meranie prúdu.

V druhej časti práce je uvedený popis použitých súčiastok - Arduino UNO a Ethernet Shieldu, ktorý má za úlohu posielat' namerané dáta k užívateľovi. Tieto súčiastky sú hardwarovými prostriedkami pre diaľkové meranie. Pretože diaľkové meranie je tvorené aj softwarovými prostriedkami, ďalšia časť práce je venovaná práve tejto problematike, ktorá sa zameriava na vytvorenie aplikácie pre ovládanie merania a prácu s nameranými hodnotami.

Najlepším spôsobom ako sa učiť je pre študentov to, keď sa môžu s daným problémom priamo stretnúť. Študenti však nemajú možnosť si všetko sami vyskúšať, napr. nemajú doma meracie zariadenie a veci potrebné k realizácii rôznych experimentov. Pre tento zámer vzniklo na EPI laboratórium diaľkového merania. V tomto laboratóriu je umiestnená aj bakalárska práca na tému diaľkové meranie na diódach.

ABSTRACT

Rudolf JELENEK *The Remote Diode Measurement*. Kunovice, 2013. The Bachelor Thesis. European polytechnic institute, Ltd.

Supervisor: Ing. Miroslav ZÁLEŠÁK

Key words: semiconductor diode, PN transit, volt-ampere characteristics, Arduino UNO, Ethernet Shield, Java, applet.

The aim of the bachelor thesis was to create an installation for remote diode measurement. The first part of the thesis defines the basic terms and principles from the theory of measurement, semiconductors, types of the semiconductors diodes, the methods of measurement, the measurement of the voltage and current.

The second part of the thesis describes the tools used – Arduino UNO and Ethernet Shield. Their function is to send the data measured to the user. These tools are hardware facilities used for the remote measurement. The next part of the thesis is dealing with the software facilities that are also very important in this field. The software facilities create the applications to control the measurement and to monitor the work with the measured values. The best way how to teach students and inform them about this problematic is to allow them to meet with the problem. The students do not have always the opportunity to try everything, e. g. they do not have the measuring tools at home or any other tools needed for the experiment realisation. For this reason there is the laboratory of the remote measurement in the EPI. The bachelor thesis focused on the remote diode measurement is the situated, too.

Literatúra

Knihy, monografie:

- [1] MAŤÁTKO, J. *Elektronika pre 2. a 3. ročník SPŠ elektrotechnických*. 2. vyd. Bratislava: Alfa, 1993, 320 s. ISBN 80-05-01182-2.
- [2] KOLEKTIV AUTORU. *Dioda, tranzistor a tyristor názorně: programový kurs*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1983, 304 s. DT 621.385.2/.3.
- [3] BEN. *Elektrotechnická měření*. 1. vyd. Praha: BEN, 2002, 320 s. ISBN 80-7300-022-9.
- [4] BAKSHI, K.A.; BAKSHI, A.V.; BAKSHI, U.A. *Electrical Measurements & Measuring Instruments*. 1. vyd. India: Technical Publications Pune, 2007, 506 s. ISBN 81-8431-255-5.
- [5] SCHOMMERS, A. *Elektronika tajemství zbavena: Pokusy se stejnosměrným proudem*. 1. vyd. Ostrava: HEL, 1998, 110 s. ISBN 80-902059-9-2.
- [6] ODOM, W. *Počítačové sítě bez předchozích znalostí*. 1. vyd. Brno: CP Books, 2005, 377 s. ISBN 80-251-0538-5.
- [7] MARGOLIS, M. *Arduino Cookbook*. O'Reilly Media, Inc., 2011, 662 s. ISBN 970-0-596-80247-9.
- [8] ŽIŠKA, M.; STUHLÍKOVÁ, Ľ. *Elektronické prvky: Návod na cvičenia a prípravu*. 1. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1999, 230 s. ISBN 80-227-1241-8.
- [9] BURGER, I.; HUDEC, L. *Elektronické prvky*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1989, 496 s. ISBN 80-050-0120-7.
- [10] KREMPASKÝ, J. *Otázky a odpovede z polovodičov*. 2. vyd. Bratislava: ALFA, 1977, 260 s. 1-0709.520-77.

- [11] KAINKA, B. *USB měření: Řízení a regulace pomocí sběrnice USB*. 1. vyd. Praha: BEN, 2003, 243 s. ISBN 80-7300-073-3.
- [12] MATOUŠEK, D. *USB Prakticky s obvody FTDI*. 1. vyd. Praha: BEN, 2003, 272 s. ISBN 80-7300-103-9.
- [13] SHINDER LITTLEJOHN, D. *Počítačové sítě*. 1. vyd. Praha: SoftPress, 2003, 741 s. ISBN 80-86497-55-0.
- [14] MALINA, V. *Poznáváme elektroniku I*. 1. vyd. České Budějovice: KOPP, 1998, 224 s. ISBN 80-7232-039-4.
- [15] TKOTZ, K. *Příručka pro elektrotechniku*. 1. vyd. Praha: Europa Sobotáles, 2006, 568 s. ISBN 80-86706-00-1.
- [16] KEOGH, J. *Java bez předchodcích znalostí*. 1. vyd. Brno: CP Books, a.s., 2005, 274 s. ISBN 80-251-0839-2.
- [17] VOŽENÍLEK, L.; ŘEŠÁTKO, M. *Základy Elektrotechniky I*. 3. vyd. Praha: SNTL, 1990, 301 s. ISBN 80-0300-435-7.
- [18] VOBECKÝ, J.; ZÁHLAVA, V. *Elektronika součástky a obvody, principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, spol. s.r.o., 2000, 180 s. ISBN 80-247-9062-9.
- [19] KESL, J. *Elektronika Učebnice*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998, 86 s. ISBN 80-7200-261-9.
- [20] VIRIUS, V. *Java pro zelenáče*. 2. vyd. Havlíčkův Brod: Neokortex, 2005, 268 s. ISBN 80-86330-17-6.
- [21] WARREN, J. D.; ADAMS, J.; MOLLE, H. *Arduino Robotics*. 1. vyd. New York: Springer Science+Business Media, 2011, 628 s. ISBN 978-1-4302-3184-4.
- [22] SCHMIDT, M. *Arduino: a quick-start guide*. 1. vyd. Sebastopol: Pragmatic Bookshelf, 2011, 272 s. ISBN 978-1-934356-66-1.

Internetové zdroje:

- [23] *Voltampérová charakteristika polovodičové diody a žárovky* [online]. 2012 [cit. 2012-09-08]. Dostupné z WWW: <<http://fyzika.ft.utb.cz/ucebni/fyzika2/lab/01dioda.pdf>>
- [24] *Meranie volt-ampérových charakteristík polovodičových diód* [online]. 2012 [cit. 2012-09-08]. Dostupné z WWW: <http://hockicko.utc.sk/Vyuka/Labaky/va_char_diod.pdf>
- [25] *Vrstvy TCP/IP* [online]. 2011-2012 [cit. 2012-12-22]. Dostupné z WWW: <<http://padi.webz.cz/skola/tcpip/files/vrstvy-tcp-ip.html#4>>
- [26] *Čo je to LED?* [online]. 2012-2013 [cit. 2012-12-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.uspornaziarovka.sk/pages/%C4%8Co-je-to-LED%3F.html>>
- [27] *Arduino UNO* [online]. 2005-2013 [cit. 2012-10-16]. Dostupné z WWW: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>
- [28] *Arduino PWM* [online]. 2005-2013 [cit. 2012-10-18]. Dostupné z WWW: <<http://arduino.cc/en/Tutorial/PWM>>
- [29] *Arduino A/D* [online]. 2005-2013 [cit. 2012-12-14]. Dostupné z WWW: <<http://arduino.cc/en/Tutorial/AnalogInputPins>>
- [30] *A/D a D/A převod* [online]. 2002-2010 [cit. 2012-12-14]. Dostupné z WWW: <<http://pandora.idnes.cz/part/2008/5/14079/3/ADPrevod.pdf>>
- [31] *Arduino Ethernet Shield* [online]. 2005-2013 [cit. 2012-10-22]. Dostupné z WWW: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>>
- [32] *Arduino int* [online]. 2005-2013 [cit. 2012-12-24]. Dostupné z WWW: <<http://arduino.cc/en/References/Int>>

- [33] *IN60* [online]. 1990-2013 [cit. 2013-1-8]. Dostupné z WWW:
<<http://www.gme.sk/sk/1n60-p220-029/>>
- [34] *IN4007* [online]. 1990-2013 [cit. 2013-1-8]. Dostupné z WWW:
<<http://www.gme.sk/univerzalni-a-rychle-diody-do-1-a/1n4007-p220-002/>>
- [35] *LED 5MM ORANGE* [online]. 1990-2013 [cit. 2013-1-8]. Dostupné z WWW:
<<http://www.gme.sk/led-kulate-pouzdro/led-5mm-orange-4000-20-p511-608/>>
- [36] *Our survey* [online]. 2013 [cit. 2013-2-02]. Dostupné z WWW:
<<http://oursurvey.biz>>

Zoznam skratiek

A	Ampér
A/D	Analog/digital – analógovo digitálny
API	Application programming interface – Rozhranie pre programovanie aplikácií
As	Arzén
atď.	A tak ďalej
C	Kondenzátor
COM	Komunikačný port
č.	Číslo
D	Dióda
DNS	Domain name system – server doménových mien
EEPROM	Electrically erasable programmable read-only memory – Elektricky mazateľná a zapisovateľná pamäť pre čítanie
EPI	Evropský Polytechnický Institut
F	Farad
FTDI	Future technology devices international
FTP	File transfer protocol – protokol riadenia prenosu
Ge	Germánium
GND	Ground – uzemnenie
HTML	HyperText Markup Language – Hypertextový značkový jazyk
HW	Hardware
I	Prúd
I/O	Input/Output – vstup/výstup
Ing.	Universal serial bus – univerzálna sériová linka
IP	Internet protocol – Internetový protokol
IS	Informačný systém
KB	Kilo byte
LAN	Local area network – miestna sieť
LED	Light emitting diode – Svetlo emitujúca dióda
LIFO	Last in first out – posledný do , prvý von
MAC	Media access control
MHz	Megahertz

MS	Microsoft
NRZI	Non-return-to zero – Bez návratu k nule
OS	Operating system – Operačný systém
P	Fosfor
PC	Personal Computer – Osobný počítač
PoE	Power over ethernet – Napájanie po dátovom kábli
PWM	Pulse width modulation – Pulzno šírková modulácia
R	Rezistor
RJ-45	Konektor ethernetového kábla
s.r.o.	Spoločnosť s ručením obmedzeným
Sb	Antimón
SD	Source ditigal – pamäťová karta
Si	Kremík
SMD	Surface mounted device – súčiastky pre povrchovú montáž
SRAM	Static random acess memory – statická pamäť
SSL	Secure sockets layer – vrstva bezpečných socketov
SW	Software
T	Tranzistor
TCP	Transmission control protocol – protokol riadenia prenosu
tzn.	To znamená
tzv.	Takzvaný
U	Napätie
UDP	Uset datagram protocol – užívateľský datagramový protokol
USB	Universal serial bus – univerzálna sériová linka
V	Volt
V-A	Volt-ampér
W	Watt

Zoznam obrázkov schém, grafov a tabuliek

Obrázok č. 1: PN priechod v kremíkovom kryštály.....	12
Obrázok č. 2: Kapacita priechodu PN.....	14
Obrázok č. 3: Stavba LED diódy.....	16
Obrázok č. 4: Popis dosky Arduina UNO.....	29
Obrázok č. 5: Vývojové prostredie pre Arduino.....	32
Obrázok č. 6: Nástrojová lišta.....	33
Obrázok č. 7: Štandardné rozmiestnenie vývodov USB.....	36
Obrázok č. 8: Aplikovanie Ethernet Shieldu na Arduino.....	37
Obrázok č. 9: Popis dosky Ethernet Shield.....	38
Obrázok č. 10: Prepojenie použitých komponentov.....	45
Obrázok č. 11: Vývojový diagram programu Arduina.....	49
Obrázok č. 12: Serverová aplikácia.....	53
Obrázok č. 13: Okno užívateľskej aplikácie.....	54
Schéma č. 1: Schematické značky diód.....	14
Schéma č. 2: Tri veličiny Ohmovo zákona.....	17
Schéma č. 3: Meranie na dióde a) v priepustnom smere b) v závernom smere.....	19
Schéma č. 4: Schematická značka voltmetra.....	24
Schéma č. 5: Voltmeter s predradným odporom.....	24
Schéma č. 6: Schematická značka ampérmetra.....	25
Schéma č. 7: Nepriame meranie prúdu, pomocou voltmetra a bočníka.....	25
Schéma č. 8: Schematická značka rezistorov.....	27
Schéma č. 9: farebné označovanie rezistorv.....	27
Schéma č. 10: Schematická značka kondenzátorov.....	28
Schéma č. 11: Schematická značka NPN tranzistorov.....	29
Schéma č. 12: Označenie USB.....	35
Schéma č. 13: Schéma merania Arduinom.....	44
Schéma č. 14: Schéma meracej časti.....	44
Schéma č. 15: Doska plošného spoja.....	46
Schéma č. 16: Schéma zapojenia regulácie.....	47

Graf č. 1: V-A charakteristika polovodičovej diódy (idealizovaný prípad).....	19
Graf č. 2: V-A charakteristiky Si, Ge a GeAs diódy.....	20
Graf č. 3: Pulzno-šírková modulácia.....	34
Graf č. 4: Kódovanie.....	35
Graf č. 5: Strieda.....	48
Tabuľka č. 1: Rozdelenie diód podľa použitia.....	13
Tabuľka č. 2: Základné informácie mikrokontroléra.....	30
Tabuľka č. 3: Popis vývodov USB (typ A, typ B).....	36
Tabuľka č. 4: Popis germániovej diódy 1N60.....	42
Tabuľka č. 5: Popis kremíkovej diódy 1N4007.....	42
Tabuľka č. 6: Popis LED diódy LED 5MM ORANGE 4000/20°	43
Tabuľka č. 7: Tabuľka použitých komponentov a ich cena.....	63

Zoznam príloh

Príloha č. 1: Fotografia prototypu meracieho prípravku

Príloha č. 2: Fotografia hotového meracieho prípravku

Príloha č. 3: Návrh zadania bakalárskej práce, ktorá nadväzuje na tuto prácu.

Príloha č. 4: Nálepka na plošný spoj, schéma obvodu a hodnoty súčiastok

Príloha č. 5: Protokol diaľkového merania na diódach

Príloha č. 6: Zdrojový kód SW Arduina

Príloha č. 7: Vyhodnotenie dotazníku na systém diaľkového merania na diódach

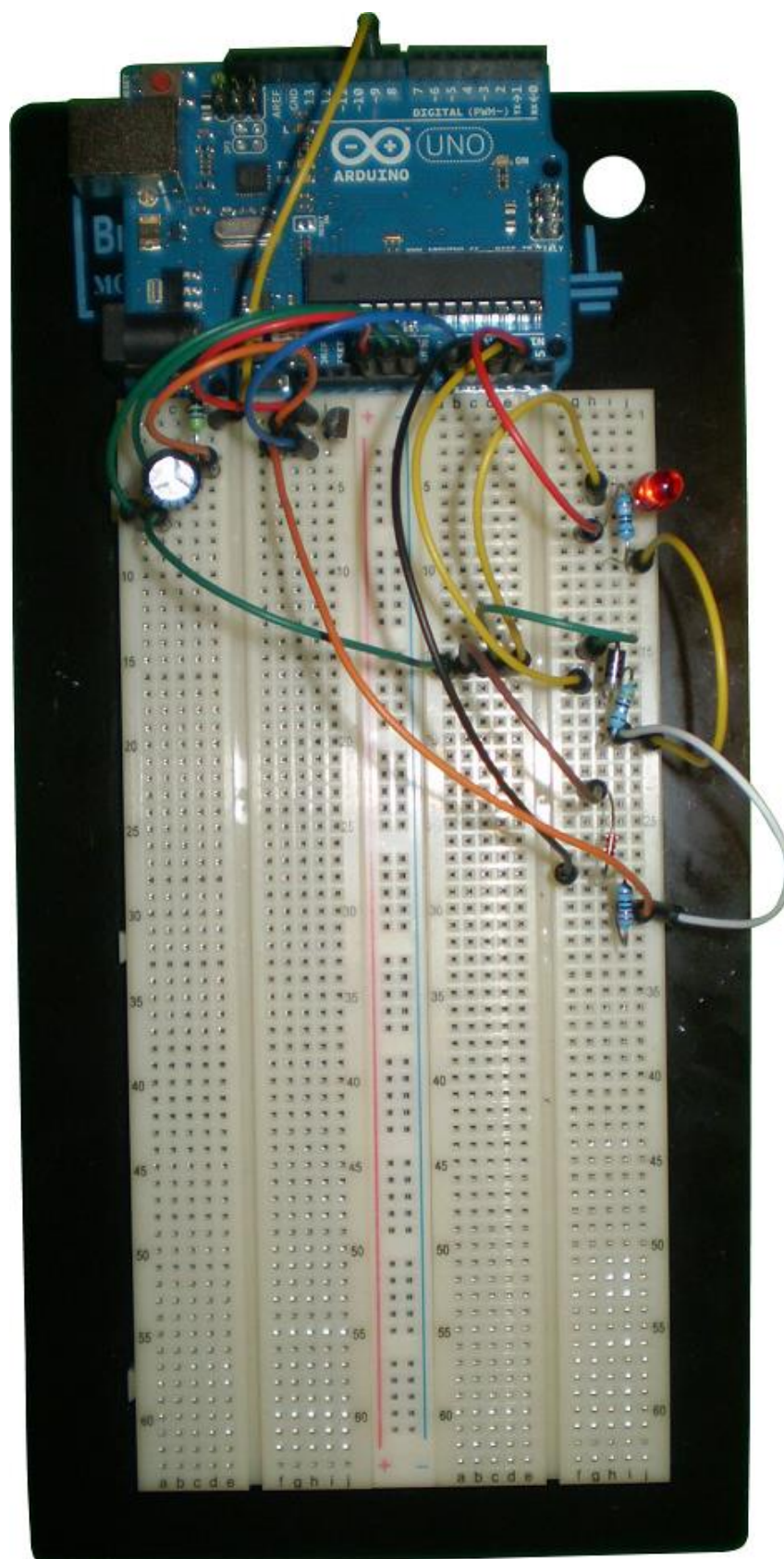
Príloha č. 8: Otázky do samodiagnostického systému

Príloha č. 9: Príspevok na medzinárodnú študentskú konferenciu

Príloha č. 10: Hodnotenie užívateľa bakalárskej práce – Programovacie techniky

Príloha č. 11: Hodnotenie užívateľa bakalárskej práce – Elektronika

Príloha č. 1: Fotografia prototypu meracieho prípravku



Obrázok č. 14: Prototyp meracieho prípravku
Zdroj: vlastný

Príloha č. 2: Fotografia hotového meracieho prípravku



Obrázok č. 15: Hotový merací prípravok
Zdroj: vlastný

Príloha č. 3: Návrh zadania bakalárskej práce, ktorá nadväzuje na túto prácu

Téma práce:

Rozšírenie projektu diaľkové meranie na diódach

Cieľ práce:

Cieľom bakalárskej práce je meranie elektrických parametrov vybraných typov diód pomocou jednočipového mikropočítača cez internetové rozhranie. V teoretickej časti bakalárskej práce zhrňte teoretickú základňu použitých súčiastok, analyzujte súčasný stav projektu. Urobte analýzu merania vybraných parametrov diód a aplikácie jednočipového mikropočítača na toto meranie, vytvorte programové aplikácie. Začleňte do projektu nové diódy k meraniu. Opravte, alebo vylepšite aktuálny stav systému.

V praktickej časti riešenia bakalárskej práce vytvorte úlohu do protokolu (bude v prílohe), ktorú je treba realizovať, aby si študent overil základné znalosti, schopnosti a kompetencie z oblasti merania polovodičových súčiastok, ako z oblasti programovania, tak aj elektroniky. Na záver bakalárskej práce navrhnete ďalšie pokračovanie v tejto práci (ciele, osnova, literatúra). Výsledky Vašej práce musí schváliť vyučujúci predmetu programovacej techniky a elektroniky. Nasledovne bude práca obhájená pred Ústavom aplikovanej informatiky. Bakalársku prácu podrobte na test plagiátorstva a výsledok predložte skúšobnej komisii pre štátnu záverečnú skúšku.

Osnova:

Úvod

1. Teoretické východiská
2. Profil zadanej témy (kompetencie, vedomosti, zručnosti)
3. Analýza požiadavkou na meranie
4. Návrh spôsobov merania
5. Realizácia meracieho prípravku
6. Pilotná prevádzka merania
7. Odstránenie pripomienok a uvedenie do rutínnej prevádzky
8. Realizácia projektu merania v rámci IS EPI

Záver

Elektrotechnika

- [1] KAINKA, B. *USB měření: Řízení a regulace pomocí sběrnice USB*. 1. vyd. Praha: BEN, 2003, 243 s. ISBN 80-7300-073-3.
- [2] MATOUŠEK, D. *USB Prakticky s obvody FTDI*. 1. vyd. Praha: BEN, 2003, 272 s. ISBN 80-7300-103-9.
- [3] MALINA, V. *Poznáváme elektroniku I*. 1. vyd. České Budějovice: KOPP, 1998, 224 s. ISBN 80-7232-039-4.
- [4] TKOTZ, K. *Příručka pro elektrotechnika*. 1. vyd. Praha: Europa Sobotáles, 2006, 568 s. ISBN 80-86706-00-1.

Počítačové sítě

- [5] SHINDER LITTLEJOHN, D. *Počítačové sítě*. 1. vyd. Praha: SoftPress, 2003, 741 s. ISBN 80-86497-55-0.

Java

- [6] KEOGH, J. *Java bez předchodcích znalostí*. 1. vyd. Brno: CP Books, a.s., 2005, 274 s. ISBN 80-251-0839-2.

Arduino

- [7] *Arduino UNO* [online]. 2012 [cit. 2012-10-16]. Dostupné z WWW: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>

ARDUINO UNO
+
ETHERNET SHIELD



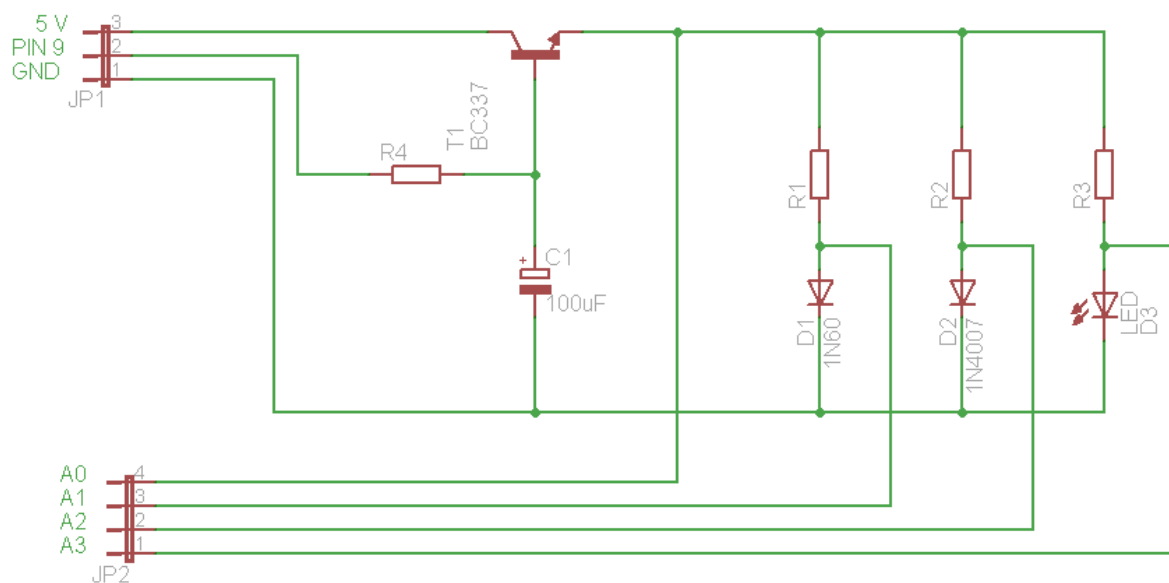


Schéma č. 17: Schéma obvodu
Zdroj: vlastný

Označenie	Súčiastka
R1	Rezistor 270 Ω
R2	Rezistor 180 Ω
R3	Rezistor 120 Ω
R4	Rezistor 820 Ω
D1	Dioda 1N60
D2	Dioda 1N4007
D3	Dioda LED
T1	Tranzistor BC337
C1	Kondenzátor 100 μF

Tabuľka č. 8: Použité súčiastky
Zdroj: vlastný

Príloha č. 5: Protokol diaľkového merania na diódach

Soukromá střední odborná škola, s.r.o.
Osvobození 699, 686 04 Kunovice



ELEKTRONICKÉ MĚŘENÍ

Merací protokol

DIAĽKOVÉ MERANIE NA DIÓDACH

	Meno a priezvisko	Trieda	Dátum merania	Dátum odovzdania	Podpis
1.					
2.					
3.					

1. ÚLOHA, ZADÁNIE

Zadane: Z nameraných hodnôt zostrojte graf V-A charakteristiky v priepustnom smere použitých polovodičových diód. Odmerajte úbytok napätia v priepustnom smere a porovnajte ho s ostatnými diódami.

Príprava: Pre realizáciu diaľkové merania na diódach je potrebné si naštudovať danú literatúru, a to princíp činnosti uvedených typov diód, definície ich parametrov a spôsob ich merania. Ďalej je nutné si naštudovať informácie o vývojovej platforme Arduino UNO a Ethernet shield, ktoré sú nevyhnutnou súčasťou meracieho prípravku. Aby sa diaľkové meranie dalo vykonať je potrebné mať počítač s prístupom na internet, na ktorom musí byť nainštalovaný webový prehliadač s podporou javy.

Typ diódy	U_{rrm} [V]	I_f [A]	U_f [V]	trr [ns]	puzdro [-]
1N60	45	0,035	1,1	-	DO7
1N4007	1000	1	1,1	-	DO41
LED 5MM ORANGE 4000/20°		0,02	2,1	-	T-1 3/4

Tabuľka č. 1: Popis použitých diód podľa katalógu

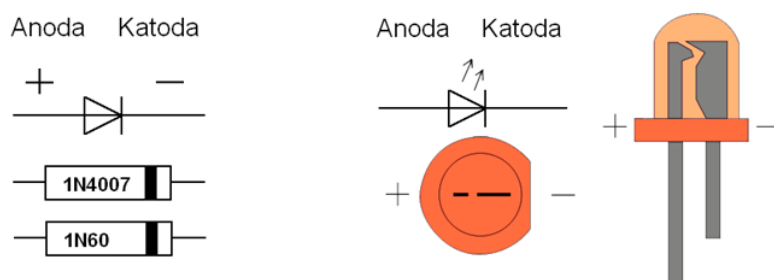
Zdroj: vlastný

Úloha merania:

1. Na sieti nájdite technické parameter (DataSheet) k meraným diódam, do bodu 3. uložte celý odkaz, uveďte počet strán a Vami uprednostneného a vybraného výrobcu (napr. Motorola). Zoznámte sa so základnými medznými parametrami diód a ich označovaním. Uvedomte si ich význam z hľadiska funkcie diódy a ich použitia.
2. Preved'te meranie na diódach. Sledujte závislosť napätia a prúdu. Zistené hodnoty zakreslite do grafu, alebo si ich skopírujte z aplikácie pre diaľkové meranie. Odmerajte úbytky napätia v priepustnom smere použitých typov polovodičových diód na prípravku pre jednotlivé napätia. Hodnoty prúdu sú dané veľkosťou odporov R1, R2, R3. Výsledky zapíšte do tabuľky a zakreslite do spoločného grafu. Ďalej po skončení merania vypočítajte pomocou Ohmovo zákona hodnotu rezistorov pre každú meranú časť. Potom nakreslite graf, kde na osi X budú hodnoty napätia na diódach a na osi Y budú hodnoty prúdu prechádzajúcim diódami.
3. Vypočítajte elektrický výkon pre jednotlivé merania

2. TEÓRIA

Polovodičová dióda je jeden z najjednoduchších elektronických prvkov, ale veľmi dôležitý v elektronických obvodoch a systémoch. Polovodičová dióda v najjednoduchšej aplikácii simuluje vlastnosti jednoduchého spínača, usmerňuje elektrický signál. Ak aplikujeme napätie na diódu tak, že kladný pól zdroja je pripojený na anódu, a záporný pól zdroja na katódu hovoríme o zapojení v priepustnom smere.



Obrázok č. 1: Schématické značky použitých diód
Zdroj: vlastný

LED dióda

Luminiscenčná dióda alebo svetelná dióda (angl. light-emitting diode) na rozdiel od klasických diód, vyžaruje úzko spektrálne svetlo keď ňou prechádza elektrický prúd v priepustnom smere.

Kremíková dióda

Základom kremíkovej diódy je kremíková doštička, ktorá je obohatená z jednej strany o prvok s piatimi valenčnými elektrónmi (fosfor, arzén), z druhej strany o prvok s tromi valenčnými elektrónmi (bór, hliník, gálium, indium).

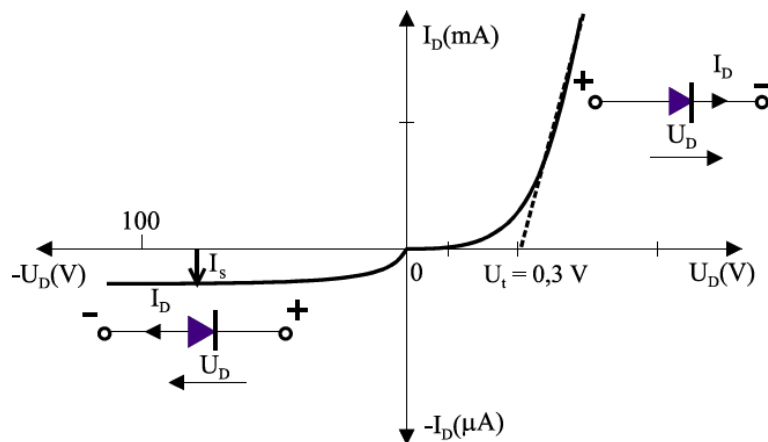
Germániova dióda

Germániove diódy fungujú v podstate ako diódy kremíkové. Ich prahové napätie je približne 0,2 – 0,3 V. V súčasnosti sa používajú už len zriedka.

Volt-ampérová charakteristika

Volt-ampérová charakteristika poskytuje základnú informáciu o vlastnostiach diódy. Graficky znázorňuje závislosť prúdu tečúceho diódou na privedenom napätí. Vo väčšine prípadov sa mení napätie a meriame prúd, ktorý diódou preteká. Výsledky zapisujeme do

tabuľky a zobrazujeme ich v grafe, kde na vodorovnú os vynášame napätie a na zvislú prúd.



Graf č. 1: VA charakteristika polovodičovej diódy
Zdroj: vlastný

Vzrast prúdu, tzv. „otvorenosť diódy“ je charakterizovaný prahovým napätím polovodičových diód U_t . Tento parameter sa udáva aj v niektorých katalógoch. Pre kremíkovú diódu je $U_t = 0,7 \text{ V}$, pre germániovú diódu je $U_t = 0,3 \text{ V}$, pre LED diódu $U_t = 1,6 \text{ V}$. Prahové napätie sa definuje rôznym spôsobom, najčastejšie je definované priesečníkom dotyčnice v lineárnej oblasti V-A charakteristiky diódy s jej napäťovou osou.

3. ROZBOR ÚLOHY

Cieľom je zmerať V-A charakteristiky diód. Používa sa k tomu mikropočítač Arduino ktoré obsahuje šesť analógových vstupov, ktoré dokážu merať napätie od 0 do 5 V. Problémom je, že Arduino nedokáže merať prúd. Meranie prúdu je realizované nepriamym meraním. Z tohto dôvodu sa najskôr odmeria napätie a z neho sa následne vypočíta prúd. Pre nepriamy výpočet prúdu bol použitý nameraný úbytok napätia na rezistoroch R1, R2, R3 pre každú diódu zvlášť, rezistory sú zapojené v sérii pred každou diódou. Hodnoty prúdu sú dané veľkosťou rezistorov.

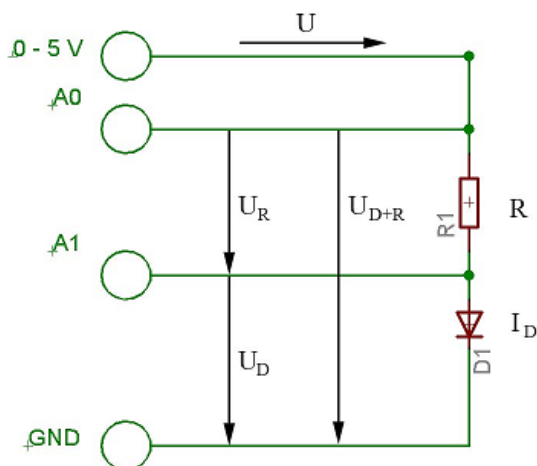


Schéma č. 2: Schéma merania Arduino
Zdroj: vlastný

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_{D+R} - U_D}{R}$$

Výsledný prúd sa vypočíta z Ohmovho zákona ako podiel napätia a odporu, pričom napätie tvorí rozdiel vstupného napätia na pine A0 a úbytkového napätia na pine A1.

4. SCHÉMA ZAPOJENIA

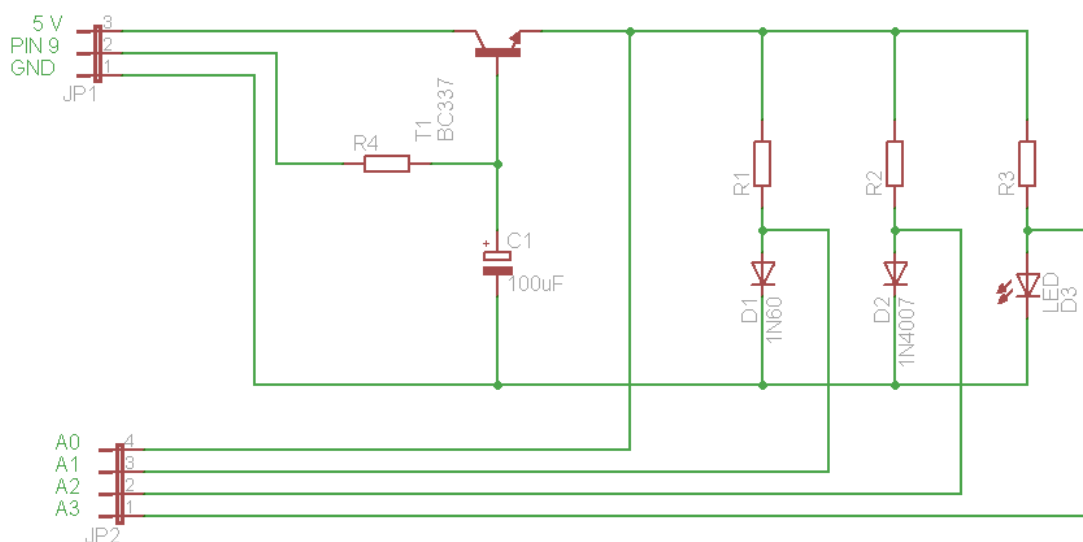


Schéma č. 2: Schéma zapojenia
Zdroj: vlastný

Označenie	Popis
R1	Rezistor 270Ω
R2	Rezistor 180Ω
R3	Rezistor 120Ω
R4	Rezistor 820Ω
D1	Dióda 1N60
D2	Dióda 1N4007
D3	Dióda LED 5 MM Orange
T1	Tranzistor BC337
C1	Kondenzátor 100uF
JP1-1	GND
JP1-2	PIN 9
JP1-3	5 V
JP2-1-4	A0; A1; A2; A3

Tabuľka č. 2: Použité súčiastky a vývody
Zdroj: vlastný

Na ľavej strane sú piny z Arduina:

- 5 V ktorý slúži na napájanie súčiastok,
- PWM pin 9, ktorý dokáže regulovať napätie podľa požiadaviek užívateľa,
- GND pin (uzemňovací pin),
- a posledné sú analógové piny A0,A1,A2 a A3, ktoré merajú napätie od 0 – 5 V.

Keďže je Arduino pripojené k PC len za pomoci USB, dokáže poskytnúť prúd maximálne 500mA. Z toho Arduino spotrebuje na svoju prevádzku len 50 mA zvyšných 450mA je k dispozícii pre napájanie diód výstupným napätím 5 V. Elektrolytický kondenzátor 100 uF a odpor tvoria integračný článok, ktorý vyhladzuje priebeh napätia v obvode, pretože PWM pin je digitálny signál o vysokej frekvencii (500 Hz), pri tejto frekvencii sa signál navonok javí ako spojitý. Napätie na kondenzátore je úmerné striede PWM ktorá sa pohybuje od 0 do 100%. Čomu zodpovedá napätie na kondenzátore 0-5 V.

5. POUŽITÉ PŘÍSTROJE

- MERACÍ MODUL
- KALKULAČKA
- PÍSACIE POTREBY
- PRAVÍTKO

6. POSTUP

1. Naštudujte si teóriu o polovodičových diódach.
2. Nainštalujte si webový prehliadač ktorý podporuje javu.
3. Nainštaluje si behové prostredie pre javu: <http://java.com/en/download/index.jsp>
4. Otvorte si webový portál laboratória diaľkového merania:
<http://192.168.6.190>
5. a zvolte si úlohu „Diaľkové meranie na diódach“.
6. Pokiaľ bude pred Vami pripojený iný študent, počkajte vo fronte, než na Vás príde rad.
7. Pozorne si prezrite schéma obvodu aby ste pochopili toto zapojenie.
8. Použite všetky dostupné funkcie k otestovaniu obvodu, odmerajte V-A charakteristiku stisnutím tlačidla „Zmeraj charakteristiku“, posuvníkom manuálne nastavte napätie.
9. Jednotlivé namerané napätia a prúdy zapisujte do tabuľky a zostrojte graf pre V-A charakteristiku.

7. TABUĽKY NAMERANÝCH HODNÔT

Priepustný smer:

Dióda	U_f [V]	I_f [A]
1N4007		
1N60		
LED Orange 5 mm		

Tabuľka č. 3: Napätie 0,3 V

Zdroj: vlastný

Dióda	U_f [V]	I_f [A]
1N4007		
1N60		
LED Orange 5 mm		

Tabuľka č. 4: Napätie 0,6 V

Zdroj: vlastný

Dióda	U_f [V]	I_f [A]
1N4007		
1N60		
LED Orange 5 mm		

Tabuľka č. 5: Napätie 0,9 V

Zdroj: vlastný

Dióda	U_f [V]	I_f [A]
1N4007		
1N60		
LED Orange 5 mm		

Tabuľka č. 6: Napätie 1,5 V

Zdroj: vlastný

Dióda	U_f [V]	I_f [A]
1N4007		
1N60		
LED Orange 5 mm		

Tabuľka č. 7: Napätie 1,8 V

Zdroj: vlastný

Dióda	U_f [V]	I_f [A]
1N4007		
1N60		
LED Orange 5 mm		

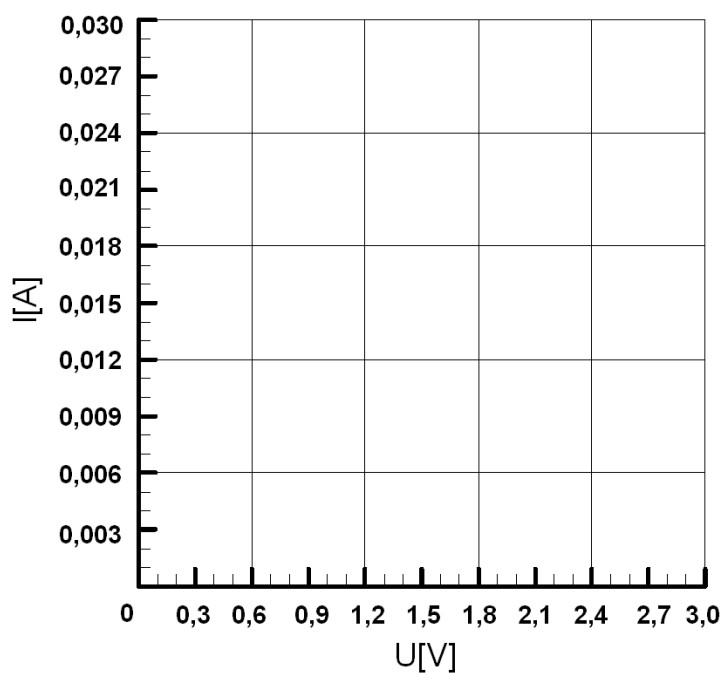
Tabuľka č. 8: Napätie 2,1 V

Zdroj: vlastný

Dióda	U_f [V]	I_f [A]
1N4007		
1N60		
LED Orange 5 mm		

Tabuľka č. 9: Napätie 2,4 V

Zdroj: vlastný



Graf č. 2: VA graf diód v priepustnom smere

Zdroj: vlastný

8.KONTROLNÉ OTÁZKY

1. K čomu slúži volt-ampérová charakteristika?
2. Aký je princíp merania VA charakteristiky?
3. Čo je to Arduino?
4. Ktoré piny na Arduine merajú napätie?
5. Čo je polovodičová dióda?
6. Pri akom napätí na diódach nastáva zlom v grafe?
7. Aké vývody má LED dióda?
8. Čo znamená PWM?
9. V ktorom smere prepúšťajú diódy prúd?
10. Aký je vzorec pre Ohmov zákon?
11. Vymenujte diódy ktoré pracujú v priepustnom smere VA charakteristik
12. Vymenujte diódy ktoré pracujú v závernom smere VA charakteristik
13. Vysvetlite prečo u LED diód sú rôzne napätia v priepustnom smere
14. Ktorá dióda má najnižšie napätie v priepustnom smere a prečo

9.ZÁVER

Vyhodnoťte spracovanie protokolu. Čo Vám robilo najväčšie problémy, v čom ste si uvedomili význam teoretických vedomostí, čo Vám dalo meranie?

10.PRÍLOHY

LED datasheet

<http://www.vo.gme.cz/dokumentace/511/511-608/dsh.511-608.1.pdf>

GER datasheet

<http://www.gme.cz/dokumentace/220/220-029/dsh.220-029.1.pdf>

KY datasheet

<http://www.gme.sk/dokumentace/220/220-002/dsh.220-002.1.pdf>

Príloha č. 6: Zdrojový kód SW Arduina

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

//Definícia IP
byte mac[] = {
  0xDE, 0xAD, 0xBA, 0xEF, 0xFE, 0xED };
IPAddress ip(192,168,6, 55);
IPAddress gateway(192,168,6, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 0, 0);

EthernetServer server(51);
boolean alreadyConnected = false;

int pwm = 9; //Deklarácia premennej PWM

void setup(){

  //Inicializácia
  Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet); //Načúvanie klientov

  server.begin(); //Zahájenie prenosu po sériovej linke

  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ;
  }

  Serial.println("DIALKOVE MERANIE NA DIODACH"); // Vypíše pre informáciu a
  prípadnú kontrolu, aby bolo jasné že server je pripojený na správne
  arduino

  pinMode(pwm, OUTPUT); //Nastavenie vstupno-výstupných pinov PWM =
  výstupný

}

void loop(){
  //Čítanie veľkosti napätia v dielkach.
```

```

int Analog0 = analogRead(A0);
int Analog1 = analogRead(A1);
int Analog2 = analogRead(A2);
int Analog3 = analogRead(A3);

//Prevedenie nameraných hodnot na textovy retazec
String sA0 = String (Analog0, DEC);
String sA1 = String (Analog1, DEC);
String sA2 = String (Analog2, DEC);
String sA3 = String (Analog3, DEC);

/*
 * Pre odoslanie dat klientovi sa z nameranych hodnot vytvori
nasledujuci retazec
 * 152;144;123;125, kde prvé číslo symbolizuje nameranu hodnotu na
vstupe oznacenom ako A0
 */

String mereni = sA0+";"+sA1+";"+sA2+";"+sA3;

/* Vytvoreny textovy retazec odosle klientovi a odpoved od klienta
ulozi do premennej value
 * premenna value je textovy retazec
 */
String value = sendToClient(mereni);
int v = toInt(value);
if(v != 0){
    nastavNapeti(toInt(value));
    Serial.println(value);
}
/*
 * Najprv prevedie odpoved od klienta na cislo toInt(String value), kde
value je odpoved od klienta
 * Potom prevedeny textovy retazec na ciselny udaj prida funkciu
nastavNapeti()
 */

}

//Nastaví napätie na zaklade prevzatej ciselnej hodnoty nastavNapeti(int
napeti), kde napeti je ciselna hodnota od 0 do 255

```



```

//255 je najvyššie možné napätie
void nastavNapeti(int napeti){
//Pokial je promenna napätie mensi alebo rovna 255, nastavi napätie na
vystup
// Pokial nieje promenna napätie mensi alebo rovna 255 nestane sa nic
    if(napeti <= 255)
        analogWrite(pwm, napeti); // 0.0 - 255.0
}

long timeout = 99999999;
int disconnectAfter = 10000;
// 19.4 2013

String sendToClient(String request){
    // Čaka na pripojenie nových klientov
    EthernetClient client = server.available();
    String ret = "";

    if (client) {
        if (!alreadyConnected) {
            // clear out the input buffer:
            Serial.println("Prave ste sa pripojili k meraniu");
            alreadyConnected = true;
        }

        if( client.available() > 0) {

            for(int i = 0; i < 3; i++){ // SEPARUJE CISLA
                char thisChar = client.read();
                if(thisChar > 47 && thisChar < 58) // cisla od 0 do 9 podla ASCII
tabulky
                    ret = ret + thisChar;
                // vysledkom je znak ktory ma podobu trojciferného čísla
            }
            client.flush();
            // zahod všetky data ktoré neboli precítané
            server.print(request+"!"); // server odosiela data ku klientovi
            timeout = millis();
        }
        else
            nastavNapeti(0);
    }
}

```

```

    }
    else {
        if(millis() - timeout > disconnectAfter){
            nastavNapeti(0);

            }
        }

    return ret;
}

int toInt(String s){
    s = getNumbers(s);
    s = s+" ";
    int m = s.length();
    int n = m-1;
    int vysledek = 0;
    int desitka = 10;

    char pole[m] ;
    s.toCharArray(pole, m);
    //Serial.println(m);
    if(m <= 4){
        for(int i=0; i < m-1; i++){
            if(n == 3)
                desitka *= 10;
            else if(n == 2)
                desitka = 10;
            else
                desitka = 1;
            n--;

            vysledek = vysledek + (pole[i]-'0') * desitka;
        }
        // Serial.println(vysledek);
        return vysledek;
    }
    else return 0;
}

String getNumbers(String c){

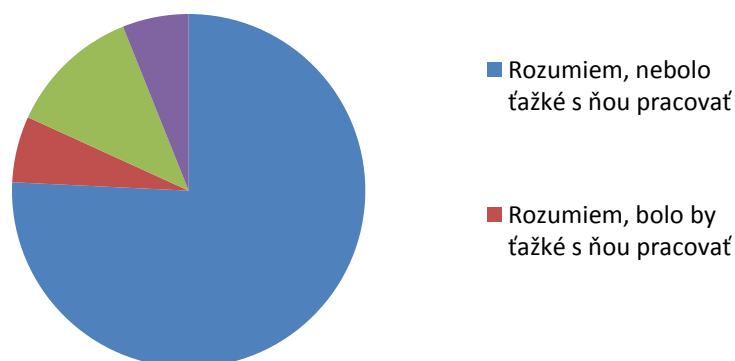
```

```
c = c+ " ";
    int pocet = c.length();
    char pole[pocet];
    c.toCharArray(pole, pocet);
    int start = 2;

    String s;
    for(int i=0; i <= pocet; i++){
        if(pole[i] >= '0' && pole[i]<= '9'){
            s = s + pole[i];
        }
    }
    return s;
}
```

Príloha č. 7: Vyhodnotenie dotazníku na systém diaľkového merania na diódach

Rozumiete aplikácii? Je ťažké s ňou pracovať?

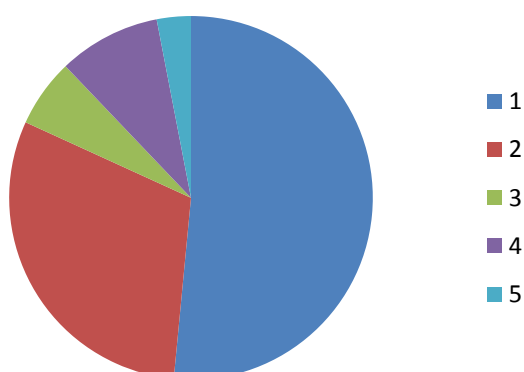


Graf č. 6: Odpovede na otázku č. 1
Zdroj: vlastný

Z výsledku dotazníka vyplýva, že z opýtaných respondentov väčšina aplikácii rozumela a nebolo ťažké s ňou pracovať:

Rozumiem, nebolo ťažké s ňou pracovať.....	76%
Rozumiem, bolo by ťažké s ňou pracovať.....	6%
Rozumiem s malými nejasnosťami, nebolo by ťažké s ňou pracovať.....	12%
Nerozumiem, bolo ťažké s ňou pracovať.....	6%

Ohodnot'te aplikáciu po estetickkej stránke (Hodnotenie ako v škole)



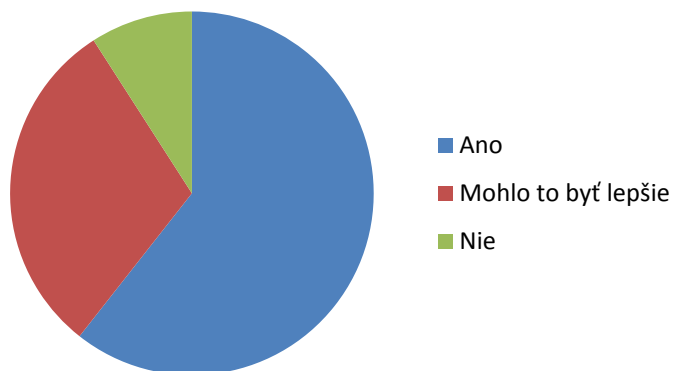
Graf č. 7: Odpovede na otázku č. 2
Zdroj: vlastný

Respondenti ohodnotili vzhľad aplikácie:

1 – výborný.....	52%
2 – chvalitebný.....	30%

3 – dobrý.....	6%
4 – dostatočný.....	9%
5 – nedostatočný.....	3%

Vyhovovuje Vám rozloženie tlačidiel v aplikácii? (Hodnotenie ako v škole)

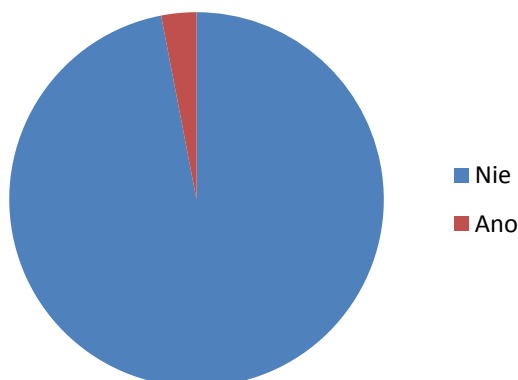


Graf č. 8: Odpovede na otázku č. 3
Zdroj: vlastný

Z daného grafu je zjavné, že najviac z opýtaných respondentov vyhovovalo rozloženie tlačidiel v aplikácii:

Áno.....	61%
Mohlo to byť lepšie.....	30%
Nie.....	9%

Chýba Vám v aplikácii nejaká funkcia? Popr. aká?



Graf č. 9: Odpovede na otázku č. 4
Zdroj: vlastný

Respondenti uviedli, že v aplikácii žiadna funkcia nechýba:

Ano.....3%
Nie.....97%

Jeden z nich uviedol že v aplikácii chýba:

Aplikácia je zrozumiteľná, prehľadná ale chýba mi meranie na diódach v závernom smere.

Rozumiete elektrotechnike?



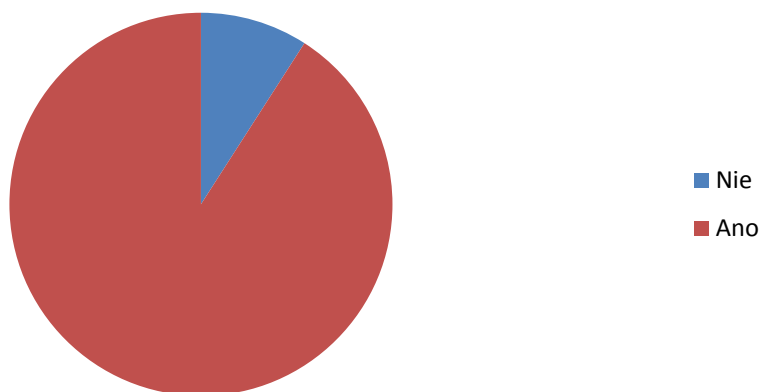
Graf č. 10: Odpovede na otázku č. 5

Zdroj: vlastný

Z opýtaných respondentov rozumelo elektrotechnike:

Nie, nerozumiem.....9%
Základné znalosti.....42%
Áno , veľmi dobre.....49%

Čo si myslíte o diaľkovom meraní? Pomôže študentom priblížiť sa k praxi? Alebo to je hlúposť? Napíšte prosím svoj názor.



Graf č. 11: Odpovede na otázku č. 6

Zdroj: vlastný

Respondenti odpovedali na otázku, či diaľkové meranie pomôže študentom priblížiť sa k praxi:

Nie.....9%
Áno.....91%

Svoj vlastný názor na diaľkové meranie napísalo 15 z 33 opýtaných respondentov:

1. Diaľkové meranie je myslím dobré ale neviem či je aj veľmi presné. Možno to pomôže sa priblížiť k praxi ale určite je najlepšia prax kde sa s meraním fyzicky študent stretne aby sa viac a lepšie naučili s el. meraním pracovať.
2. Diaľkové meranie je v modernej dobe veľmi prospešné a študentom pomôže sa priblížiť k praxi
3. Dialkové meranie pomôže študentom priblížiť sa k praxi. Je to dobrý spôsob ako si to vyskúšať a otestovať bez úhony.
4. jednoznačne priblíží studentovi praktické využití
5. každá praktická skúsenosť vždy pomôže študentom
6. lepsie ako nič
7. myslím si že diaľkové meranie akurát demonštruje možnosť merať aj iným spôsobom ako klasickým - na nejakých špecializovaných pracoviskách je to zrejme výhoda, no istejšie je určite klasické meranie ak je to možné.
8. Myslím si, že im to pomôže aspoň si to skúsiť
9. myslím že môže študentom pomôcť k priblíženiu sa v praxi
10. no určite pomôže, študenti vždy odpisovali aktuálne údaje a vyplňali políčka protokolu. Moderné meracie zariadenia umožňujú nielen automaticky načítavať namerané hodnoty, ale zároveň aj dokážu ovládať pripojené zariadenia.
11. podľa mňa je to nevyužiteľné, pretože s jednou diodou môže pracovať len jeden študent v tom istom čase, plus môže nastať nejaký problém pri meraní, ktorý sa na dialku nedá opraviť.
12. Považujem to za výbornú didaktickú pomôcku pre študentov.
13. spoločne priblíži realnu prácu
14. Určite im to pomôže, hlavne z hľadiska nových údajov, meraní.
15. Určite pomôže študentom ale aj učiteľom pri vysvetľovaní a prednáškach. Má to niečo do seba.

Príloha č. 8: Otázky do samodiagnostického systému

Je vlastný polovodič materiálom s vodivosťou typu P alebo N:

- a) typu P
- b) typu N
- c) závisí od charakteru prímiesí
- d) ani P ani N**

Koľko valenčných elektrónov má atóm kremíku, resp. Germánia?

- a) tri
- b) štyri**
- c) päť
- d) šesť

Závisí záverný prúd diódy na teplote?

- a) ano, značne sa znižuje s vzrastajúcou teplotou
- b) nie, nezávisí
- c) ano, zväčšuje sa s rastúcou teplotou**
- d) nie, znižuje sa s rastúcou teplotou

Čo to je volt-ampérová charakteristika?

- a) grafické znázornenie závislosti prúdu na napätí**
- b) grafické znázornenie závislosti odporu na prúde
- c) grafické znázornenie závislosti teploty na čase
- d) grafické znázornenie závislosti prúdu na teplote

Arduino je:

- a) typ auta
- b) vývojová doska**
- c) hracia konzola
- d) grafická karta

Doporučené napájanie pre Arduino je:

- a) 3-5V
- b) 3-7V
- c) 7-12V**
- d) 220V

Aké vývody ma LED dióda?

- a) anóda a katóda**
- b) patóda a katóda
- c) anóda a statóda
- d) nemajú

Diódy prúd:

- a) prepúšťajú v jednom smere**
- b) neprepúšťajú vôbec
- c) prepúšťajú v oboch smeroch
- d) prepúšťajú v jednom smere len veľmi veľké prúdy

Jazyk v ktorom sa programuje Arduino je zjednodušený jazyk:

- a) C**
- b) Java
- c) Pascal
- d) PHP

Čo znamená PWM?

- a) Pulse Width Modulation
- b) Pulse With Modulation**
- c) Phase With Modulation
- d) ani jedna odpoveď nie je správna

Odpor diódy v priepustnom smere možno definovať pomerom úbytku na dióde v priepustnom smere k priepustnému prúdu. Mení sa tento pomer tj. odpor diódy, pri vzrastajúcom priepustnom prúde?

- a) Ano, zvyšuje sa.
- b) Nie.
- c) Ano, znižuje sa.**
- d) Nie, znižuje sa.

Ako sa líši priepustná charakteristika germániovej a kremíkovej diódy?

- a) Kremíková dióda má vyššie prahové napätie.**
- b) Kremíková dióda má väčší diferenciálny odpor.
- c) Nelíši sa, obe charakteristiky sú také isté.
- d) Germániova dióda má väčší diferenciálny odpor.

Aké zosilnenie vykazuje tranzistor v spojení so spoločným emitorom?

- a) Iba prúdové.
- b) Iba napät'ové.
- c) Ako prúdové, tak aj napät'ové (a teda aj výkonové)**
- d) žiadne

Príloha č. 9: Príspevok na medzinárodnú študentskú konferenciu

DIAĽKOVÉ MERANIE NA DIÓDACH

Rudolf Jelenek

Evropský polytechnický institut, s.r.o., Hodonín

Abstrakt: Cieľom bakalárskej práce bolo vytvoriť systém diaľkového merania na diódach. Tento systém bol vytvorený pomocou vývojovej platformy Arduino a Ethernet shieldu, ktorý posiela namerané hodnoty k užívateľovi. Meranou hodnotou bolo napätie a na základe nepriamej metódy bol vypočítaný prúd na diódach. Pomocou týchto veličín je možné zobraziť volt-ampérovú charakteristiku. Hodnoty týchto veličín boli odosielané do Java appletu, kde bolo možné s nimi následne pracovať. Celý systém diaľkového merania na diódach bol umiestnený v učebni KL3 na kampuse v Hodoníne.

Kľúčové slová: Arduino, Ethernet shield, polovodičové diódy, Java

Abstract: The aim of the bachelor thesis is to create the system of the telemetry by diodes. The system was created by the developmental platforms called Arduino and Ethernet shieldu. These platforms send the measured figures to the user. The measured value was the voltage. The voltage on the diodes was calculated by the indirect method. These values help us to describe the volt-ampere parameters and characteristics. The values are sent to the Java applet, where we can use and work with them. The whole telemetric system performed on the diodes was placed in the schoolroom KL3 at the campus in Hodonín.

Key words: Arduino, Ethernet shield, semiconductor diodes, Java

Úvod

Na Európskom polytechnickom inštitúte bolo vytvorené laboratórium diaľkového merania. Cieľom tohto projektu bolo vybudovať laboratórium dostupné cez internet, v ktorom je umiestnených veľa meracích prípravkov. Na týchto prípravkoch si môžu študenti overiť svoje teoretické znalosti v praxi z pohodlia domova.

Meracie pracovisko bude realizované v učebni KL3 na kampuse v Hodoníne. V tejto učebni bude umiestnený počítač, ktorý bude slúžiť ako server pre diaľkové meranie a bude sprostredkovať komunikáciu medzi meracími prípravkom a užívateľom, pripojeným naňho cez internet.

Cieľom bakalárskej práce bolo vytvoriť systém pre meranie charakteristík vybraných polovodičových diód. Realizácia je riešená pomocou jednočipového mikrokontroléra, nazývaného Arduino s čipom od firmy Atmel a Ethernet shieldom, ktorý rozširuje Arduino o možnosť pripojenia k internetovej sieti cez klasický

RJ-45 konektor. Hlavnou úlohou Ethernet shieldu je, že odosiela namerané hodnoty k užívateľovi prostredníctvom Java appletu. Tento je napísaný v programovacom jazyku Java a spúšťa sa vo webovom prehliadači. Okrem toho ponúka Ethernet shield aj nové možnosti použitia. Pomocou knižnice a programovacieho jazyka je možné vytvoriť jednoduchú HTML štruktúru.



Obrázok č. 1: Arduino UNO + Ethernet shield
Zdroj: vlastný

Realizácia

Systém diaľkového merania sa skladá:

- z troch druhov diód – germániovej, kremíkovej a LED diódy,
- vývojovej platformy Arduino
- a Ethernet shieldu.

Z dôvodu že Arduino dáva maximálne napätie 5 V, boli vybrané len tri diódy. Každá dióda má vlastný priebeh charakteristík. Bakalárska práca sa zameriava na V-A charakteristiku, ktorú je možné vidieť v programe napísanom v jazyku Java. LED dióda je jediná použitá dióda, ktorá vyžaruje úzkospektrálne svetlo keď ňou prechádza elektrický prúd v priepustnom smere.

Arduino UNO je vývojová platforma založená na mikrokontroléry ATmega328, ktorý možno naprogramovať cez počítač. Arduino je vybavené niekoľkými digitálnymi vstupno-výstupnými pinmi a niekoľkými analógovými pinmi pre meranie napätia. Mikroprocesor na doske Arduina sa programuje pomocou špeciálneho programovacieho jazyka Wiring, ktorý je podobný jazyku C. Je tiež schopné komunikovať s počítačom pomocou sériového portu.

Pri diaľkovom meraní je potrebné v prvom rade merať napätie a prúd. Následne je nutné napätie na diódach regulovať. K tomuto účelu bol zostrojený jednoduchý obvod s bipolárnym tranzistorom NPN. Na báze tohto tranzistora je napojený pin Arduina označený ako PWM. Za pomoci tohto pinu sa dá jednoduchým spôsobom softwarovo meniť napätie tohto pinu v intervale 0 až 5 V. Pred bázu tranzistora je umiestnený rezistor,

k obmedzeniu prielechodu prúdu. Keďže Arduino nedokáže merať prúd bolo potrebné merať prúd nepriamou metódou. Podľa Ohmovo zákona sa pri zvýšení napätia zvyšuje aj prúd. Aplikácia teda vykonáva výpočet prúdu z nameraného napätia, a odporu v obvode každej diódy.

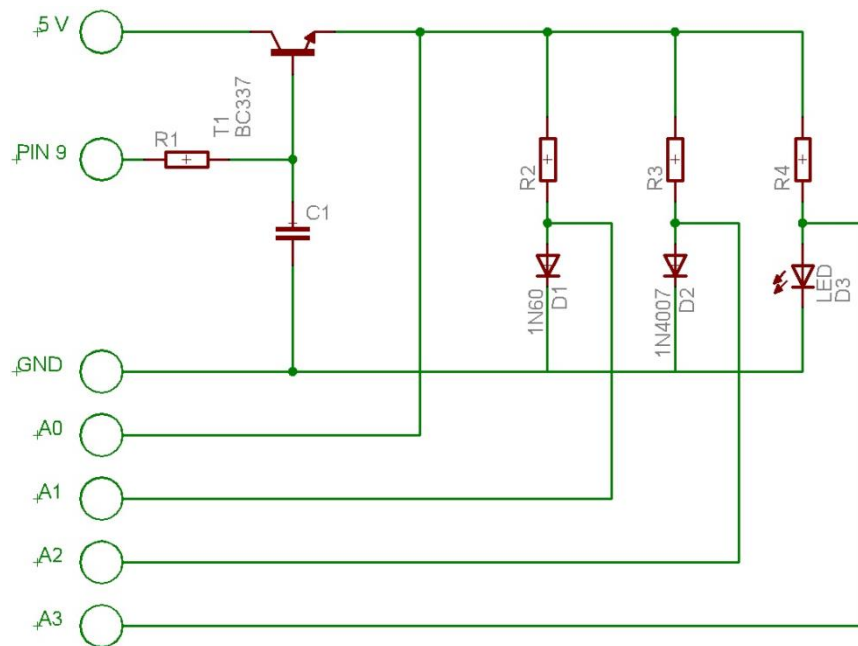
Ohmov zákon:

$$I = \frac{U}{R} \quad [1, \text{s. } 22]$$

Ak poznáme napätie a prúd bolo jednoduché vypočítať výkon:

$$P = U \cdot I \quad [1, \text{s. } 40]$$

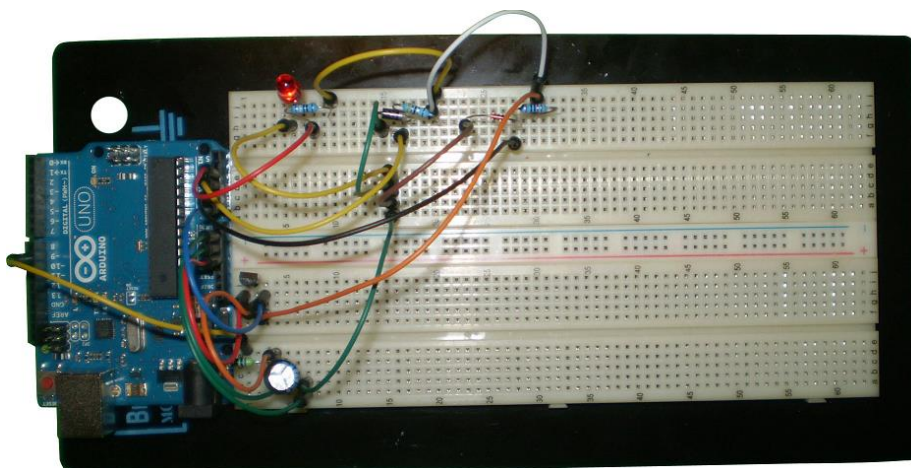
Pred uskutočnením zapojenia všetkých častí systému diaľkového merania bolo potrebné vytvoriť schému zapojenia. Táto bola vytvorená pomocou programu Eagle, ktorý bol vytvorený pre jednoduché kreslenie a navrhovanie elektronických schém.



Obrázok č. 2: Schéma zapojenia
Zdroj: vlastný

Na reguláciu napätia bol zostrojený jednoduchý obvod s bipolárnym tranzistorom NPN BC337-25. Na jeho bázu je napojený pin Arduino označený ako PWM. Za pomoci tohto pinu sa dá jednoduchým spôsobom softwarovo meniť jeho napätie v intervale od 0 až 5 V. Pred bázu tranzistora je umiestnený rezistor, ktorý slúži k obmedzeniu prielechodu prúdu. Podľa Ohmovo zákona sa pri zvyšovaní prúdu báze, zvyšuje aj napätie na diódach. Toto napätie sa dá následne regulovať.

Zapojenie súčiastok sa v testovacích podmienkach uskutočnilo na nepájivom kontaktnom poli.



Obrázok č. 3: Testovacie zapojenie
Zdroj: vlastný

Poslednou časťou bakalárskej práce bolo navrhnutie úlohy do protokolu, ktorú je treba realizovať, aby si študenti overili základné znalosti a schopnosti z oblasti merania polovodičových diód, ako z oblasti programovania, tak aj elektroniky. Pre tento účel bola vytvorená videonahrávka s praktickým návodom na meranie a použitie. Pri tomto diaľkovom meraní môžu študenti za pomoci web kamery sledovať aj samotný dej, ktorý sa pri meraní v laboratóriu odohráva.

Zoznam použitej literatúry:

- [1] SCHOMMERS, A. *Elektronika tajemství zbavena: Pokusy se stejnosměrným proudem*. 1. vyd. Ostrava: HEL, 1998, 110 s. ISBN 80-902059-9-2.

Rudolf Jelenek, rud.jelenek@gmail.com

Príloha č. 10: Hodnotenie užívateľa bakalárskej práce – Programovacie techniky



Evropský polytechnický institut, s.r.o.
Osvobození 699, 686 04 Kunovice
<http://www.edukomplex.cz>, epi@edukomplex.cz

Hodnocení uživatele bakalářské práce

Název bakalářské práce: Diaľkové meranie na diódach

Jméno a příjmení autora práce: Rudolf Jelenek

Studijní obor: Elektronické počítače

Studijní předmět: Programovací techniky

	A	B	C	D	E	F
I. Hodnocení zpracování tématu studentem						
Splnění cílů práce		x				
Přínos pro uživatele - z pohledu teorie			x			
Přínos pro uživatele - z pohledu praxe			x			
Podpora získání znalostí, dovedností, kompetencí			x			
Hloubka provedené analýzy		x				
II. Hodnocení struktury a obsahu práce						
Dodržení struktury práce		x				
Přiměřenost a srozumitelnost práce			x			
III. Hodnocení formy a stylu práce						
Formální úprava práce (text, tabulky, grafy)			x			
Stylistická úroveň práce			x			

Abecední hodnotící stupnice				
Číselné hodnocení	Abecední hodnocení	Slovní hodnocení	Anglický ekvivalent hodnocení	Procentuální rozpětí
1	A	excelentní	upper - excellent	90 – 100 %
2	B	výborný	lower - excellent	80 – 89 %
2	C	velmi dobrý	very good	70 – 79 %
3	D	dobry	good	60 – 69 %
3	E	dostatečný	sufficient	50 – 59 %
4	F	nevyhovující	fail	pod 50 %

Práci doporučuji – nedoporučuji* k obhajobě. (*nehodící se škrtně)

Bakalářskou práci navrhuji klasifikovat stupněm: **C velmi dobrý**

Případné další hodnocení:

Hodnocení vypracoval: Mgr. Ivo Lazar

V Kunovicích dne: 2. června 2013

Rudolf Jelenek

podpis uživatele bakalářské práce

Pozn. Hodnocení v jednotlivých kritériích označte x

Príloha č. 11: Hodnotenie užívateľa bakalárskej práce – Elektronika



Evropský polytechnický institut, s.r.o.
Osvobození 699, 686 04 Kunovice
<http://www.edukomplex.cz>, epi@edukomplex.cz

Hodnocení uživatele bakalářské práce

Název bakalářské práce: Dálkové měření – dálkové měření na diodách
Jméno a příjmení autora práce: Rudolf Jelenek
Studijní obor: Elektronické počítače
Studijní předmět: Elektronika

	A	B	C	D	E	F
I. Hodnocení zpracování tématu studentem						
Splnění cílů práce			x			
Přínos pro uživatele - z pohledu teorie			x			
Přínos pro uživatele - z pohledu praxe			x			
Podpora získání znalostí, dovedností, kompetenci		x				
Hloubka provedené analýzy			x			
II. Hodnocení struktury a obsahu práce						
Dodržení struktury práce			x			
Přiměřenost a srozumitelnost práce			x			
III. Hodnocení formy a stylu práce						
Formální úprava práce (text, tabulky, grafy)			x			
Stylistická úroveň práce			x			

Abecední hodnotící stupnice

Číselné hodnocení	Abecední hodnocení	Slovní hodnocení	Anglický ekvivalent hodnocení	Procentuální rozpětí
1	A	excelentní	upper - excellent	90 – 100 %
2	B	výborný	lower - excellent	80 – 89 %
2	C	velmi dobrý	very good	70 – 79 %
3	D	dobrý	good	60 – 69 %
3	E	dostatečný	sufficient	50 – 59 %
4	F	nevyhovující	fail	pod 50 %

Práci doporučuji – ~~nedoporučuji~~* k obhajobě. (*nehodící se škrtně)

Bakalářskou práci navrhuji klasifikovat stupněm: velmi dobrý

Případné další hodnocení:

přínosná práce z pohledu tzv. dálkového měření vybraných fyzikálních veličin

Hodnocení vypracoval: ing. Zálešák Miroslav

V Kunovicích dne: 3.června 2013

podpis uživatele bakalářské práce

Pozn. Hodnocení v jednotlivých kritériích označte X