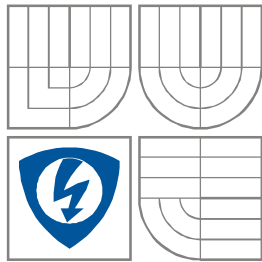


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

LUXMETR

LUXMETER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

MICHAL HRBÁČEK

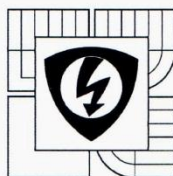
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. JIŘÍ ROZMAN, CSc.

SUPERVISOR

BRNO, 2012



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav biomedicínského inženýrství

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Biomedicínská technika a bioinformatika

Student: Michal Hrbáček
Ročník: 3

ID: 127202
Akademický rok: 2011/12

NÁZEV TÉMATU:

Luxmetr

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1) Seznamte se se základy světelné techniky a prostudujte metody měření intenzity osvětlení vybraných ploch v pracovním prostředí. 2) Seznamte se také s metodikou měření a hygienickými limity v oblasti osvětlení. 3) Proveďte literární rešerši v dané oblasti. 4) Vypracujte systémový návrh luxmetru s bateriovým napájením a číslíkovým displejem pro rozsah osvětlení 20 - 1000 luxů. 5) Na základě systémového návrhu vypracujte obvodové řešení luxmetru. Práce musí obsahovat celkové schéma zapojení, výkres plošného spoje a soupisku součástek. 6) Proveďte diskusi návrhu a zhodnoťte jeho výhody a nevýhody.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] ROZMAN, J., SADOVSKÝ, P., ČERMÁK, D. Diagnostika životního prostředí. VUT FEI, Brno, 2000, ISBN 80-214-1771-4
[2] PLCH, J. Světelná technika. IN-EL, Praha, 1999, ISBN 80-86230-09-0

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 25.5.2012

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Rozman, CSc.

Konzultanti bakalářské práce:



prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Abstrakt

V této práci se seznámíme se základy světelné techniky a metodami měření intenzit osvětlení. Je zde také uvedená metoda měření pracovních osvětlení a hygienické limity v této oblasti. V další části bude systémový návrh luxmetru s minimálním rozsahem měření 20 – 1000 lx. Práce bude obsahovat celkové schéma zapojení, výkres plošného spoje a soupis součástek.

Abstract

In this work, we introduce the basics of lighting techniques and methods of measuring working. There is also method of measuring those working intensities and hygiene limits in this working area. Next part of this work will be system luxmeters with a measuring range from 20 to 1000 lux. Work will include the overall wiring diagram, drawing, process control block and parts list.

Klíčová slova

Luxmetr, osvětlení, detektor, fotodioda

Keywords

Luxmeter, lighting, detector, photodiode

Bibliografická citace

HRBÁČEK, M. *Luxmetr*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 41 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Rozman, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Luxmetr jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 23. května 2012

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářského projektu doc. Ing. Jiří Rozman, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mého semestrálního projektu.

V Brně dne 23. května 2012

.....
podpis autora

Obsah

Seznam obrázků	6
Seznam tabulek	7
1. Úvod do problematiky	8
2. Teoretické poznatky	9
2.1. Základní veličiny světelné techniky	9
2.2. Typy osvětlení	13
2.3. Snímače	16
3. Měření osvětlení pracovních ploch	19
3.1. Měření intenzit osvětlení	20
3.2. Měření jasu	23
3.3. Měření umělého osvětlení	24
4. Systémový návrh luxmetru	26
4.1. Blokové schéma	26
4.2. Technické parametry funkčních bloků	27
5. Obvodové řešení luxmetru	32
5.1. Vypočet obvodových prvků	32
5.2. Celkové schéma zapojení	34
5.3. Simulace v programu PSPICE	35
5.4. Výkres plošného spoje	36
5.5. Soupis součástek	38

6. Zhodnocení.....	39
Literatura:.....	40
Seznam zkratk:.....	41
Seznam příloh:	41

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Moderní luxmetr KIMO LX 200, [16].</i>	8
<i>Obrázek 2: Doplnující obrázek k pojmu svítivost, [5].</i>	10
<i>Obrázek 3: Prostorový úhel, [5].</i>	10
<i>Obrázek 4: Pomocný obrázek k vysvětlení pojmu světlení, [5].</i>	11
<i>Obrázek 5: Trojúhelník barev MKO, [6].</i>	13
<i>Obrázek 6: Struktura fototranzistoru [1].</i>	17
<i>Obrázek 7: Zjednodušené znázornění struktury fotorezistoru, [9].</i>	18
<i>Obrázek 8: V-A charakteristika fotorezistoru, [9].</i>	18
<i>Obrázek 9: Srovnání citlivosti fotočlánků [6]</i>	19
<i>Obrázek 10: Řez selenového fotočlánku, [6].</i>	20
<i>Obrázek 11: Základní typy kosinových nástavců, [5].</i>	21
<i>Obrázek 12: Průběh chyby měření, [5].</i>	21
<i>Obrázek 13: Princip optického systému jasoměru, [5].</i>	23
<i>Obrázek 14: Blokové schéma luxmetru.</i>	27
<i>Obrázek 15: Spektrální závislost fotodiod, závislost výstupního napětí a proudu na intenzitě osvětlení, fotodiody BWP 34, [15].</i>	28
<i>Obrázek 16: Operační zesilovač TLC272, [14].</i>	29

<i>Obrázek 17: Panelové měřidlo HD – 3438, [12].</i>	30
<i>Obrázek 18: Popis zapojení voltmetru, [12].</i>	31
<i>Obrázek 19: Baterie energizer, [13].</i>	31
<i>Obrázek 20: Schémata zapojení vytvořené v programu EAGLE, [11].</i>	34
<i>Obrázek 21: Vytvořené schéma v programu PSpice</i>	35
<i>Obrázek 22: Hodnoty po spuštění simulace</i>	36
<i>Obrázek 23: Výkres plošného spoje vytvořený v programu EAGLE</i>	37
<i>Obrázek 24: Rezistor 10KΩ, [13].</i>	38

Seznam tabulek

Tabulka 1: Doporučené hodnoty intenzit osvětlení, [5].	14
Tabulka 2: Doporučené hodnoty intenzit osvětlení pracovních obytných místností, [5].	15
Tabulka 3: Přípustné chyby luxmetru pro jednotlivé typy měření, [5].	22
Tabulka 4: Popis panelového digitálního voltmetru HD – 3438, [12].	30
Tabulka 5: Vlastnosti panelového digitálního voltmetru HD – 3438, [12].	30
Tabulka 6: Soupis součástí, [13].	38

1. Úvod do problematiky

Mezi nejdůležitější a nejcitlivější smyslové orgány patří zrak. Zrakem lze získávat z okolního prostředí téměř 4/5 všech informací. Stav, při kterém se člověk cítí, že dobře vidí a zrak plní svojí optimální funkci, se označuje jako zraková pohoda. Jelikož má osvětlení vliv na psychofyziologický stav člověka a také bylo zjištěno, že špatné osvětlení urychluje a zvyšuje únavu organismu, zavedly se normy pro osvětlení pracovních míst a také bylo potřeba vytvořit přístroj pro měření intenzit osvětlení, [6].

Tento přístroj je pojmenovaný luxmetr a byl vynalezen maďarským vynálezcem Riszdorfem Ödönem. Od té doby se luxmetry vyvíjí s postupným vyvíjením technologií. Moderní luxmetry jsou velmi jednoduché jak z ovládacího hlediska, tak z hlediska jejich možností. Tyto přístroje dokážou měřit v rozsahu od 0,1 až 200 000 luxů s napájením, které vydrží až 3 dny při nepřetržitém měření a nechybí i funkce automatického ukládání naměřených hodnot do paměti přístroje. Cenová relace těchto přístrojů je obrovská, pohybuje se v rozmezí 3 000 až 20 000 korun.



Obrázek 1: Moderní luxmetr KIMO LX 200, [16].

2. Teoretické poznatky

Světlo je viditelná část elektromagnetického záření a je vyhodnocováno zrakovým orgánem. Nejen že má světlo důležitý vliv na fyziologické funkce celého organismu, působí také na biochemické a psychické funkce, [6]. Vyhlášený fyzik James Clerk Maxwell definoval ve své elektromagnetické teorii, že světlo má charakter elektromagnetického vlnění, které se může lišit vlnovými délkami. Světlo patří do oblasti optického záření, které zahrnuje záření infračervené, záření viditelné a na straně druhé záření ultrafialové. Infračervené záření je v rozmezí 780 -10 000nm, viditelné 380-780nm a ultrafialové 100-380nm, [5].

2.1. Základní veličiny světelné techniky

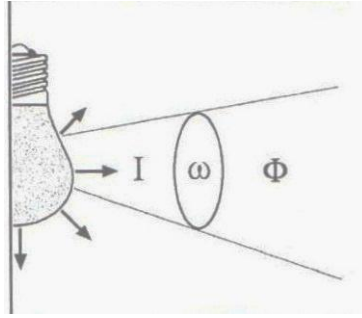
Stejně jako v jiných vědeckých oblastech, jsou i ve světelné technice definovány pojmy, které udávají vlastnosti svítidel, světelných zdrojů a jejich účinky. Tyto veličiny jsou standardizovány odpovídající jednotkou. Mezinárodní komise pro osvětlování CIE zavádí spektrální citlivost oka normalizovaného pozorovatele, pro zavedení jednotnosti měrového systému. Tímto je definována shoda mezi fyzikálním základem a vlastnostmi uživatele. Dle soustavy jednotek SI patří mezi základní jednotky této oblasti svítivost (1 cd). Tato jednotka byla vybrána proto, že má praktickou realizační podobu. Definice svítivosti realizovaná normálem je: 1cd je 1/16 svítivosti normálu při teplotě 2 046,5 K a atmosférickém tlaku 760 mmHg, [5].

Světelný tok Φ

Jednotka je lumen [lm]. Světelný tok udává, množství světla vyzářeného zdrojem do všech směrů. Jedná se o světelný výkon, který je posuzován z hlediska lidského oka, [6].

Svítivost I

Je prostorová hustota světelného toku vyzařovaného bodovým zdrojem. Jednotkou je kandela [cd], [6]. Veličina udává množství světelného toku vyzářeného světelným zdrojem do prostorového úhlu v daném směru, [5].



Obrázek 2: Doplňující obrázek k pojmu svítivost, [5].

Kde:

I - svítivost

Ω - prostorový úhel

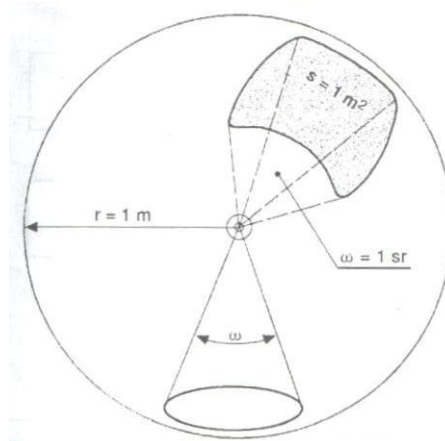
Φ - světelný tok

Prostorový úhel ω

Jednotkou je steradián [**sr**]. Prostorový úhel je úhel vrcholu kužele, jeho velikost je definována jako poměr kulové plochy A , kterou vyřezává úhel ω v kulové ploše o poloměru r a druhé mocniny tohoto poloměru. Prostorový úhel dosáhne hodnoty 1 steradián, když vyřízne z kulové plochy koule o poloměru **1m** plochu **1m²**, [5].

$$\omega = A/r^2$$

(1)



Obrázek 3: Prostorový úhel, [5].

Intenzita osvětlení E

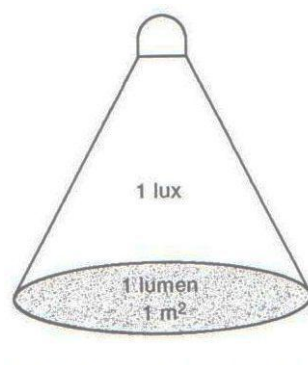
Jednotkou je lux, [Lx]. Intenzita osvětlení je plošná hustota světelného toku. Intenzitu osvětlení definuje čtvercový zákon: intenzita osvětlení bodovým světelným zdrojem ubývá se čtvercem vzdálenosti od zdroje, [6]:

$$E = \frac{\Phi}{l^2} \quad (2)$$

kde E -intenzita osvětlení, l -vzdálenost, Φ – světelný tok

Světlení H

Jednotkou je lumen na metr čtvereční [lm/m^2]. Světlení udává velikost světelného toku vycházejícího z plochy, [5].



Obrázek 4: Pomocný obrázek k vysvětlení pojmu světlení, [5].

Jas L

Jednotkou je candela na metr čtvereční [cd/m^2]. Měřítka pro vnímání světlosti svítícího nebo osvětlovaného tělesa je jas, [5].

Kontrast

Existují dva porovnávané jasy L_1 a L_2 , které definujeme rovnicí číslo 3.

$$K = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \quad (3)$$

V případě $L_1 < L_2$ hovoříme o pozitivním kontrastu, negativní kontrast musí splňovat podmínku $L_1 > L_2$. Hodnota minimálního rozlišitelného kontrastu je asi 0,018, [6].

Měrný světelný výkon m_{zd}

Jednotkou je lumen na watt [lm/W]. Veličina udává vztah přeměny elektrické energie ve světlo, tj. kolik lm světelného toku se získá z $1 W$ elektrického příkonu, [5].

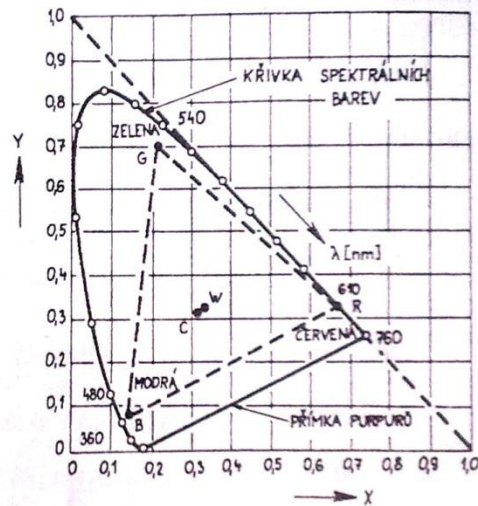
Barva světla

Barva světla je závislá na spektrálním složení světla. Pod pojmem chromatičnost světla si představujeme barevnou jakost světla. Barevná jakost povrchů předmětů je tzv. kolorita. Barva denního světla není konstantní, nýbrž se neustále mění. Teplota barvy denního světla závisí na poloze v rámci zeměkoule, mění se s denní i roční dobou a také podléhá atmosférickým vlivům. U barev rozlišujeme sytost, světlost a tón, [6].

Kolorimetrie

Kolorimetrie vychází z fyziologických vlastností zraku a spektrálních vlastností světla. Zrakový orgán je schopen rozeznat tři druhy změn: změny jasu, sytosti a dominantní vlnové délky. Tyto tři změny popisuje Grassamanův zákon.

Kolorimetrické určení barvy, jak předmětů nebo světla, se provádí v trichromatické kolorimetrické soustavě. V kolorimetrii byla Mezinárodní komisí pro osvětlování přijata soustava XYZ využívající základní, avšak fyzikálně neexistující světla – soustava MKO, která je znázorněna na obrázku 5. Souřadnice x , y charakterizují barvu světla bez ohledu na jeho jasovou hodnotu. Existující barvy jsou v obrázku vymezeny křivkou spektrálních barev. Přímka purpurů vyznačuje nespektrální barvy. Uprostřed diagramu je oblast nepestrých barev. Dvě barvy ležící proti sobě přes barvu bílou se nazývají doplňkové. Na obrázku 5 je naznačen také trojúhelník barev červené (R), zelené (G), modré (B) reprodukováných barevnou televizí. Tato oblast odpovídá nejčastěji se vyskytujícím barev v přírodě.



Obrázek 5: Trojúhelník barev MKO, [6].

Teplota chromatičnosti T_c

Jednotkou je kelvin [K]. Teplota chromatičnosti barvy určuje barvu světla se spojitým spektrem. Teplota uvažovaného světelného zdroje udává absolutní teplotu černého zářiče (ideální těleso, které pohlcuje veškeré záření všech vlnových délek). Záření černého tělesa má stejnou chromatičnost jako uvažované světlo, přičemž křivky spektrálního složení mohou být odlišné. Náhradní teplota chromatičnosti se užívá v případě, jedná-li se o zdroj světla, jehož spektrum není spojité. Spektrum žárovek a halogenových žárovek je velmi blízké černému zářiči, takže je zřejmá souvislost mezi spektrem a teplotou chromatičnosti, [5], [6].

2.2. Typy osvětlení

Denní (přirozené) osvětlení

Využívá světlo oblohy neboli přímé sluneční světlo rozptýlené atmosférou. Při umělém světle má zrak zhruba o 4,3% nižší výkon, než při osvětlení denním. Průměrný jas oblohy je asi 4000 cd/m^2 . Závisí na znečištění atmosféry, druzích mraků apod. Nároky na tento druh osvětlení jsou uvedeny v ČSN 36 0035, [5].

Umělé osvětlení vnitřních prostorů

Vychází z požadavků zrakové náročnosti vykonávání práce nebo z hledisek psychologických a estetických. Kromě vytvoření optimálních pracovních podmínek má zajistit bezpečnost práce a přispět ke zrakové pohodě člověka. Volba potřebné hladiny

intenzity osvětlení je podle druhu vykonávání práce normou ČSN 36 0046 doporučená v 6. třídách. Tabulka 1, [5].

Tabulka 1: Doporučené hodnoty intenzit osvětlení, [5].

Třída	Požadavky na osvětlení	Velikost kritického detailu $d = [mm]$ pozorovaného ze vzdálenosti D		$\frac{D}{d}$	E ($p = 0,35$)
		D = 0,35 m	D = 1 m		
1	Mimořádné	0,1	0,3	3 500	5 000
2	Velmi vysoké	0,1 – 0,2	0,3 – 0,6	3 500 – 1 750	2 000 – 5 000
3	Vysoké	0,2 – 0,4	0,6 – 1,2	1 750 – 875	600 – 2 000
4	Průměrné	0,4 – 0,8	1,2 – 2,3	875 – 440	250 – 600
5	Malé	0,8 – 1,5	2,3 – 4,4	440 – 230	100 – 250
6	Velmi malé	1,5 – 3,0	4,4 – 8,8	230 – 110	25 – 100

Pro prostory, ve kterých manuální pracovníci setrvávají více, jak polovinu pracovní doby, je předepsána minimální hladina intenzity osvětlení 160lx – hygienické minimum. Doporučené hodnoty intenzity osvětlení vybraných pracovních a obytných prostorů jsou uvedeny v Tabulce 2.[5]

Tabulka 2: Doporučené hodnoty intenzit osvětlení pracovních obytných místností, [5].

Prostor	E	Prostor	E
	lx		lx
rtg ambulance,	1	sklep, půda, schodiště,	30
promítání dia, filmů,	10	předsíň, prádelna, toaleta	60
komunikační místnost,	60	ložnice, koupelna,	120
toalety, kina,		dětský obývací pokoj	150
hlediště divadel, auly,	120	kuchyň, jídelna	250
šatny,		místo pro zřakově náročné práce	500
umývárny, nemoc. pokoje,	200	pítevní stoly	3 000
tělocvičny,		operační stoly	5 000
dětské lůžkové pokoje,	250	operační pole	25 000
konferenční místnosti,			
hovorny, knihovny,	500		
posluchárny, studovny,			
účetárny, písárny,	1 000		
rýsovny, výuk. Laboratoře,			

Účelem umělého osvětlení venkovních prostorů má umožnit všem uživatelům pohodlný a bezpečný pohyb bez námahy zrakových orgánů. Veřejné osvětlení přispívá nejen k bezpečnosti, ale ovlivňuje i kulturní úroveň veřejných prostranství. V současné době se považuje za ekonomicky přijatelnou střední hodnota jasů dopravního pásu suché vozovky

2 cd/m^2 . Přitom je třeba si uvědomit, že u vozovek s tmavým povrchem a s průměrným činitelem odrazu $0,05 \div 0,30$ stačí k docílení stejného jasů asi poloviční intenzity osvětlení.[5]

2.3. Snímače

Jako přijímače světelného záření považujeme fotodetektory, které jsou využívány v optoelektronických sensorových systémech. Musí splňovat určité podmínky z hlediska jejich parametrů. Do těchto parametrů zahrnujeme rychlost odezvy, citlivost, šířku detekovaného spektra a malý přídavný šum. Tyto parametry by neměly být ovlivnitelné změnami prostředí, jako je například vlhkost, teplota a podobně. Těmto požadavkům nejlépe vyhovují polovodičové detektory, jako fotodiody a fototranzistory.

Při výběru fotodetektoru je nutné také zohledňovat i spektrální složení světelného záření emitovaného zdrojem. Fotodetektory nejsou rovnoměrně citlivé pro celou šířku spektra, [7].

Fotoefekt

Při vzájemném působení látky a elektromagnetického záření dochází k uvolňování elektronů a pohlcování fotonů. Tento proces byl nazván fotoefekt.

Fotoefekt může být trojího druhu,[1]:

- Elektronů vystupují z látky při vnějším fotoefektu.
- Elektronů přecházejí na vyšší energetickou hladinu při vnitřním fotoelektrickém jevu.

V polovodičích vznikají volné elektrické náboje.

- Při hradlovém fotoelektrickém jevu vznikají elektromotorické síly v okolí polovodičového přechodu.

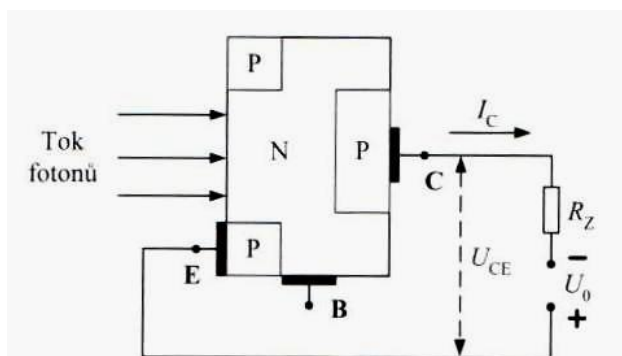
Fotodiody

Činnost fotodiody využívá vnitřní fotoelektrický jev v polovodiči. Při dopadu fotonů do oblasti P – N přechodu vznikají páry elektron – díra. Tento jev způsobí zvýšením proudu v obvodu. Materiál, ze kterého jsou fotodiody vyrobeny, je nejčastěji Si a Ge. Křemíkové fotodiody vyhovují pro vlnové délky světla do $1 \mu\text{m}$, pro větší vlnové délky se používá germánium.

V současné době se v optoelektronických systémech používají fotodiody PIN a lavinové fotodiody, pro svou citlivost a rychlost odezvy, [7].

Fototranzistory.

Nejčastěji používanými fototranzistory jsou tranzistory typu NPN s volnou bází. Tyto tranzistory jsou vyrobeny tak, aby světelné záření dopadlo do oblasti kolektorového přechodu P-N. Nosiče vznikající v této oblasti (přechod P- N) mezi bází a kolektorem způsobují, že fototranzistorem protéká proud. Tento děj vyvolá na přechodu emitor – báze malý potenciálový rozdíl a tímto dochází k injekci volných elektronů z emitoru do báze. Většina injektovaných elektronů přechází do kolektoru. Zvětšení proudu v kolektorovém obvodu je způsobenou injekcí nosičů z emitoru do báze, takže fototranzistor je na světlo citlivější než fotodioda. Nevýhoda fototranzistoru je jeho menší rychlost odezvy než jakou má fotodioda a také je jeho frekvenční charakteristika shora omezená frekvencí 50 až 100 kHz, [7].



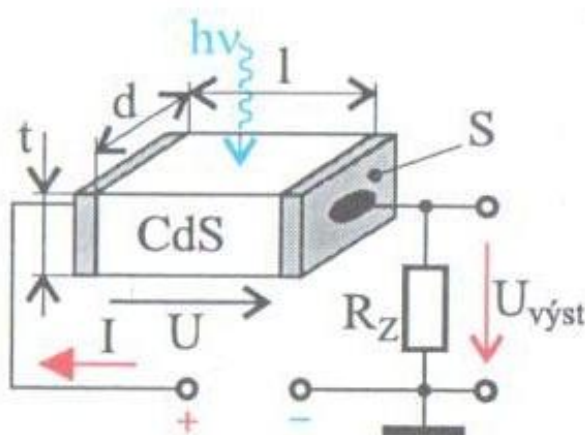
Obrázek 6: Struktura fototranzistoru [1]

Diodový fototyristor

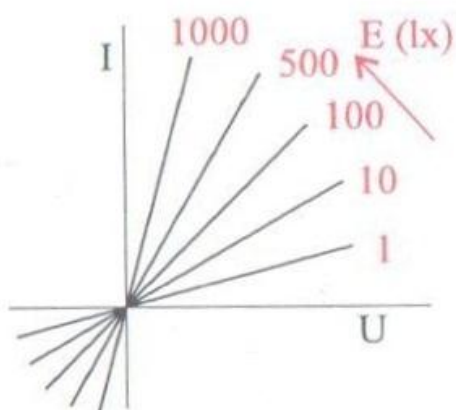
Diodový fototyristor je tyristor, který se dopadajícím zářením přepne z blokovacího do propustného stavu. Přepnutí umožňuje tyristorový jev vyvolaný zářením, které na polovodičovou destičku dopadá na straně katody, [1].

Fotorezistor

Velmi citlivý detektor, založený na fotovodivostním principu, je fotorezistor. Lze si ho si představit jako homogenně dotovaný polovodič CdS typu N opatřený kontakty a zapojený v obvodu na obrázku 7. Při dopadu světla dochází ke generaci párů elektron – díry. Odpor fotorezistoru klesá, díky čemuž se mění dělicí poměr napětí v obvodu s $R_Z = \text{konst.}$, který registruje jako změnu napětí $U_{\text{výst.}}$. Volt – ampérová charakteristika je uvedena na obrázku 8, [9].



Obrázek 7: Zjednodušené znázornění struktury fotorezistoru, [9].



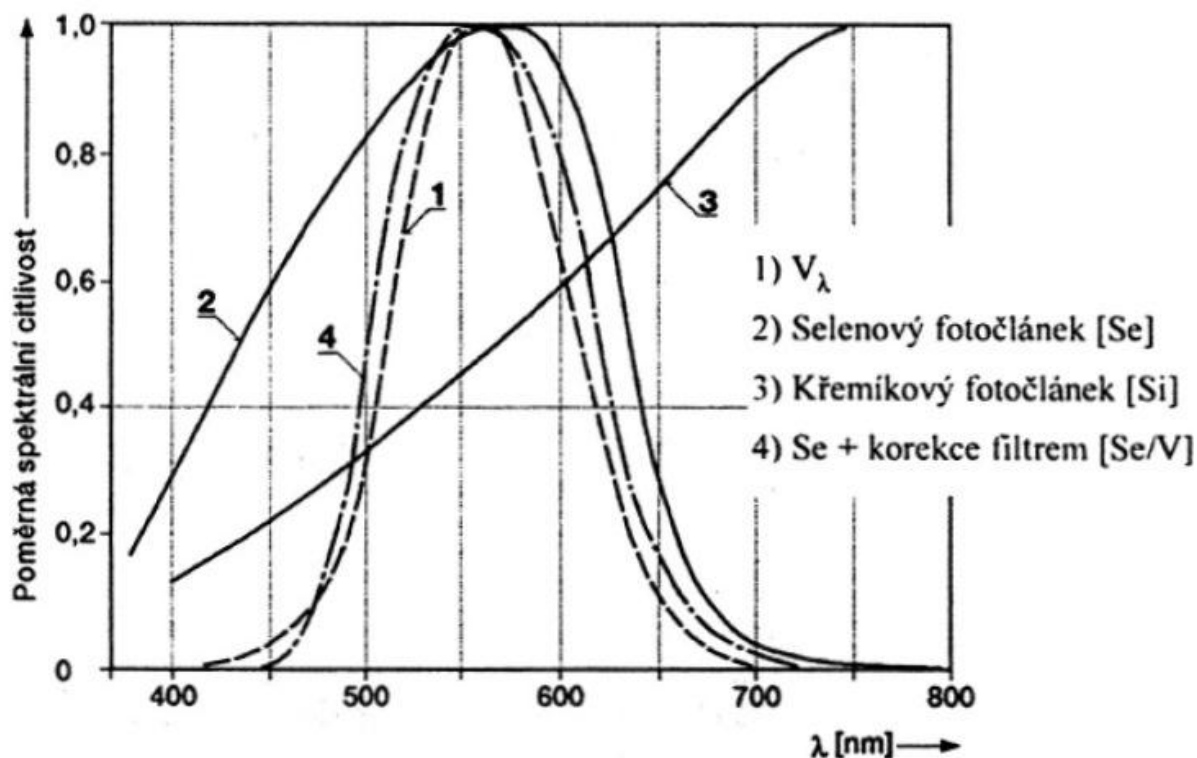
Obrázek 8: V-A charakteristika fotorezistoru, [9].

3. Měření osvětlení pracovních ploch

S vývojem znalostí funkce zrakového orgánu a jeho vlastností se měnily i požadavky na kvalitu osvětlení. Kvalitní osvětlení je takové, které zajistí nejen vhodné prostorové a časové rozložení, ale také dostatečné množství světelné energie, [6].

Obor fotometrie se zabývá měřením světelné energie s ohledem na vlastnosti zraku v oblasti viditelné spektrální citlivosti lidského oka, [6]. Metody měření světelných veličin dělíme na subjektivní a objektivní. Fyzikální metody pracují s fotometrickými přístroji, kdežto subjektivní, také jinak řečeno vizuální, metody využívají zraku samotného.

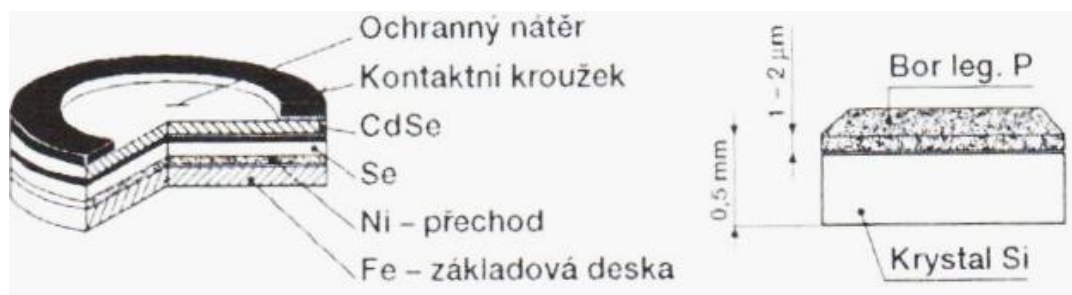
Ve fotometrii se používá mnoho druhů fotoelektrických snímačů. Tyto snímače využívají jak vnitřní, tak vnější fotoelektrický efekt. Používají se emisní fotonky (vnější fotoelektrický jev), fototranzistory (s přechodem p - n) a fotodiody (vnitřní fotoelektrický jev). Fotoelektrické snímače mají možnost pracovat buď v režimu spojitým, nebo impulzním. Závislost výstupní veličiny na vstupní je lineární, nebo logaritmická. V současné době se však k měření povětšinou používají detektory a to selenové nebo křemíkové fotočlánky. Na obrázku 9 je srovnání spektrální citlivosti základních fotočlánků. Spektrální rozložení citlivosti fotoelektrických snímačů je poněkud odlišné od lidského oka.



Obrázek 9: Srovnání citlivosti fotočlánků [6]

3.1. Měření intenzit osvětlení

Intenzita osvětlení se měří luxmetrem. Snímačem je zpravidla již zmíněný selenový nebo křemíkový fotočlánek. Řez typickým selenovým fotočlánekem je uveden na obrázku 10. Spektrální vlastnosti lidského zraku jsou zaručeny zavedením odpovídajících korekčních filtry. Možná chyba při měření intenzit osvětlení se žárovkami dosahuje 5%, soustav s výbojkami až 50%. Dnešní luxmetry jsou řešeny s oddělením detektoru a vyhodnocovacích obvodů. Lze měřit i malé hodnoty osvětlení, vestavěním různých druhů zesilovačů, [6].

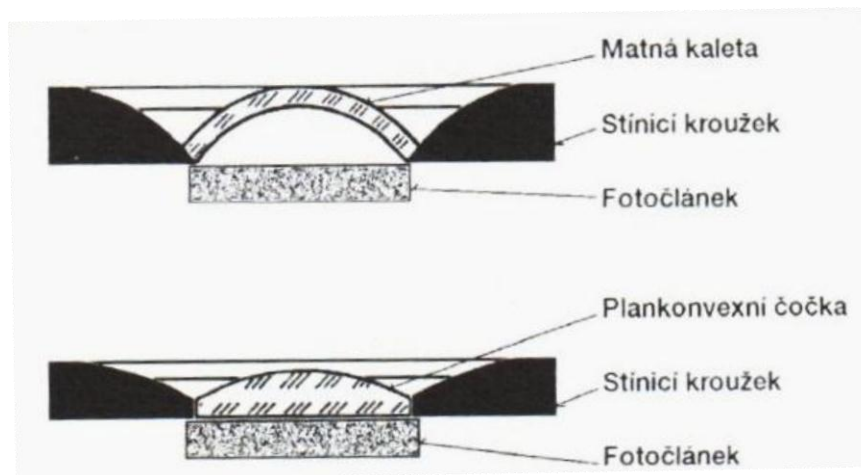


Obrázek 10: Řez selenového fotočláneku, [6].

Měření umělého osvětlení se provádí v různých místech kontrolní roviny, volba měřících míst je závislá na počtu svítidel a jejich rozmístění v měřeném prostoru. Metodiku měření a vyhodnocení střední hodnoty intenzity osvětlení udává ČSN 360011, [5], [6].

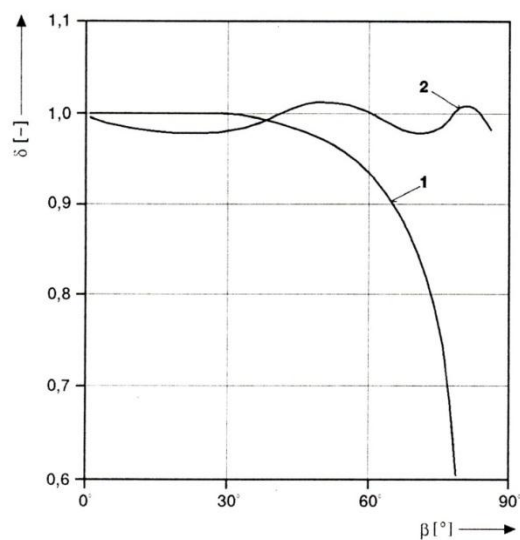
Kosinuv nástavec

Na obrázku číslo 11 jsou zobrazeny kosinové nástavce podle Harting – Helwiega a Reeb – Tosberga. Tyto nástavce korigují šikmé dopady světla na povrch fotočláneku. V případě používání fotočláneku bez tohoto kosinového nástavce, dochází k chybě měření. Tato chyba se zvětšuje s úhlem dopadu. Například při úhlu 30° je chyba měření 6 %, při úhlu 45° je větší než 15 %, [5].



Obrázek 11: Základní typy kosinových nástavců, [5].

Na obrázku číslo 12 jsou uvedeny průběhy chyb měření. Křivka číslo 1 znázorňuje chyby měření bez kosinového nástavce a křivka číslo 2 pro chyby měření s kosinovým nástavcem, [5].



Obrázek 12: Průběh chyby měření, [5].

Přípustné chyby luxmetrů

Jelikož bylo nutné definovat parametry, jaké mají mít jednotlivé luxmetry, byly vytvořeny mezinárodní předpisy, které luxmetry třídí do tří základních skupin. V první skupině jsou luxmetry pro laboratorní a přesná měření. V další skupině jsou luxmetry pro běžná používání, které měří při revizních činnostech. Poslední skupinou jsou luxmetry pro takzvanou hrubou

orientaci a ty jsou zároveň nejméně přesné. V tabulce jsou uvedené přípustné chyby luxmetru pro jednotlivé typy měření, [5].

Tabulka 3: Přípustné chyby luxmetru pro jednotlivé typy měření, [5].

Přesnost	Typ měření	Celková přípustná chyba v %	Třída
L	Laboratorní	±3	1
A	Přesné	±5	2
B	Provozní	±10	3
C	Orientační	±20	4

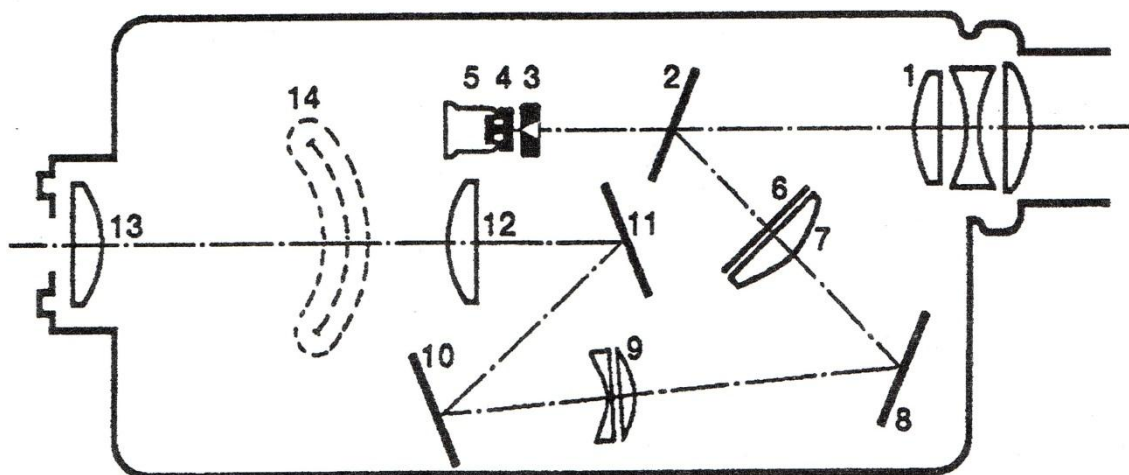
Koncepce měření osvětlení

Osvětlení lze rozdělit do tří tříd podle užitých zdrojů na denní, umělé a sdružené. Podle účelu na osvětlení vnitřních a venkovních prostorů, podle funkce na hlavní, bezpečnostní, pomocné, nebo nouzové. Základním cílem fotometrie je měřit viditelné záření a světelnou energii tak, aby se výsledky co nejvíce blížily zrakovému vnímání člověka. Toho lze dosáhnout pouze při zahrnutí jak fyzikálních vlastností světelných podmětů, tak základních charakteristik a funkcí zraku. Ve fotometrické praxi je většina měření prováděna fyzikálními přijímači záření (selenové, nebo křemíkové fotočlánky). Fotometrie se zabývá všemi případy světelně - technických měření. Z hlediska probírané problematiky jsou však nejdůležitější měření osvětlení a měření jasu. Ověřování vlastností umělého osvětlení vnitřních prostorů je důležitou součástí revizních a jiných činností, [5].

3.2. Měření jasů

Jas je fotometrická veličina, která vychází z analytického výrazu podílu svítivosti a průmětu odpovídající plochy. Speciálními přístroji pro měření jasů s předepsanou přesností jsou jasoměry. Princip měření spočívá ve stanovení velikosti světelného toku procházejícího clonou. V rovině clony se zobrazí vyhrazená plocha zorného pole, ve které se přidělí střední hodnota jasů měřené plochy. Důležité je znát vzdálenost jasoměru od měřené plochy. Jasoměry dělíme podle velikosti úhlu měření na bodové (úhel $< 0,6^\circ$) a integrační (úhel $> 2^\circ$), [6].

Jasoměry bývají součástí univerzálních přístrojů, nazývaných fotometry. Fotometry umožňují měření nejen jasů ale také i intenzity osvětlení a jsou navrženy pro jakékoliv využití, například pro venkovní prostory, interiéry nebo laboratorní účely.



Obrázek 13: Princip optického systému jasoměru. [5].

Optický systém jasoměru je tvořen třemi čočkami označenými na obrázku 13 čísly 7, 12, 13. Polopropustné zrcadlo, označeno číslem 2, je mezi objektivem 1 a fotodetektorem 5. Toto zrcadlo dodává světlo pro zobrazovací jednotku. Clona 3 vymezuje úhlový rozsah svazku 1° . Spektrální citlivost fotodetektoru je nastavená filtrem 4. Terčík 6 zobrazuje úhlové stupnice, kdežto terčík 14 zobrazuje stupnice pro odečítání hodnot. Svazek je veden odraznými zrcadly 8, 10, 11 přes rektifikační optiku 9, [5].

3.3. Měření umělého osvětlení

Metodika vychází ze dvou základních norem: ČSN 36 0011 – 1 Měření osvětlení. Část 1: Základní ustanovení a ČSN 36 0011 – 3 Část 3: Měření umělého osvětlení.

Metodika v podstatě obsahuje několik základních částí, které je nutné zpracovat jako podklad pro vypracování protokolu z měření, [5]:

- Úvod do měření
 - Důvod měření
 - Definice jednotlivých částí osvětlovací soustavy
 - Výchozí předpisy a normy
- Všeobecné údaje:
 - Místo a měřený prostor
 - Jméno organizace, která měření provedla
 - Datum provedení měření
 - Čas provedení měření
 - Teplota měřeného prostoru
 - Vlhkostní poměry
- Měřicí přístroje
 - Typ a výrobce měřicího přístroje
 - Údaje o korekci fotočlánku
 - Údaje o kosinovém nastavci
 - Datum posledního cejchování akreditovanou laboratoří
 - Ostatní měřicí přístroje a jejich specifikace
- Charakteristika měřeného prostoru
 - Zatřídění prostoru dle ČSN 36 0450
 - Druh a způsob práce
 - Předepsané hladiny osvětlení
 - Přípustná rovnoměrnost osvětlení
 - Základní parametry měřeného prostoru
- Elektrotechnické údaje
 - Proudová soustava
 - Napětí osvětlovacích soustav
 - Proudová sazba odběratele

- Členění obvodů
- Ovládání obvodů, regulace
- Charakteristika prostoru
 - Barva stěn, stropu a podlahy
 - Činitel odraznosti, stav povrchu, typ konstrukce stěn, stropu a podlahy
- Světelné zdroje
 - Typ světelných zdrojů
 - Teplota chromatičnosti zdrojů
 - Počet a příkon světelných zdrojů ve svítidlech
 - Jmenovité napětí světelných zdrojů
- Svítidla
 - Výrobce svítidel
 - Typ svítidla
 - Katalogové čidlo
 - Fotometrická charakteristika
 - Počet svítidel
 - Rozmístění svítidel
 - Výška svítidel nad podlahou
 - Stav svítidel
- Popis osvětlovací soustavy
 - Celkový popis osvětlovací soustavy s uvedením jejich základních částí, popis funkcí
 - Pro doplnění rozměrové náčrtky
 - Měření osvětlení, popis rovin, rozmístění jednotlivých měřících bodů a jejich zdůvodnění, měření ve zvláštních bodech.

Měří se hlavní osvětlení. Fakticky to znamená, že se měří celkové osvětlení na srovnávací rovině (ve výšce 0,85 m nad podlahou) a osvětlení pracovních míst. Celkové osvětlení v prostoru nebo jeho funkčně vymezené části se měří v síti pravidelně rozložených bodů.

Nejmenší počet těchto bodů je možno vypočítat ze vztahu:

$$n = \frac{1}{k} = \frac{a \cdot b}{5h(a + b)} \quad (3)$$

Kde:

a, b - rozměry měřené místnosti [m]

h - výška svítidel nad srovnávací rovinou [m]

k - činitel místnosti

Síť měřících bodů by měla být čtvercová a měla by začínat 1 m od stěny. V závislosti na rozsáhlosti prostorů se volí vzdálenost měřících bodů od 1 m až 6 m. Fotočlánek luxmetru nesmí být ovlivněn clonou měřiče, jeho poloha se pro zajištění přesného měření kontroluje libelou, výška fotočlásku nad srovnávací rovinou musí být fixovaná např. stativem. V případě výskytu předmětu, který převyšuje výšku srovnávací roviny, se měřící bod vynechá nebo se posune. Rozmístění svítidel má vliv na volbu měřících bodů, aby se mohla vystihnout místa s největší i nejmenší intenzitou. Při měření osvětlení pracovních částí (ploch) se měřící body rozmístí v pravidelné síti ve vzdálenosti minimálně 0,2 m. Měření je přesnější při menší vzdálenosti od měřené plochy,[5].

4. Systémový návrh luxmetru

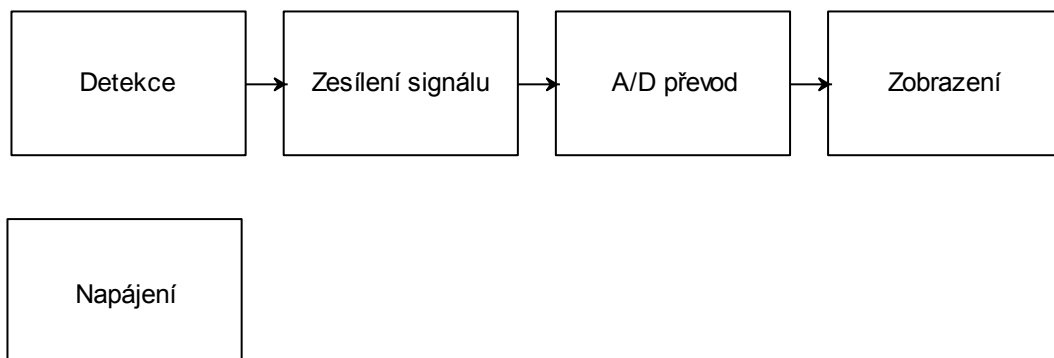
Kapitola systémový návrh luxmetru obsahuje blokové schéma s popisem jednotlivých funkčních bloků, jejich konkrétní součástky s technickými parametry.

4.1. Blokové schéma

V této části je uvedeno blokové schéma luxmetru. Blokové schéma bylo vytvořeno v programu Diagram designer, který je velmi přístupný uživateli a také lze tento software zdarma stáhnout.

Blokové schéma se skládá z 5 bloků. První blok je nazván detekce a slouží k detekci záření. Další blok pojmenovaný zesílení signálu zesiluje výstupní hodnoty z detektoru. Blok A/D převod převádí analogovou veličinu na digitální. Zobrazení slouží k informování

uživatelé číselnými hodnotami. Poslední blok napájení má jediný účel a to napájet celý tento systém.



Obrázek 14: Blokové schéma luxmetru

4.2. Technické parametry funkčních bloků

Zde jsou uvedeny jednotlivé funkční bloky blokového schéma a ke každému bloku je uvedena konkrétní součástka, která bude dále používána. Součástky byly vybrány z katalogu GM electronic a jsou přístupné běžnému uživateli.

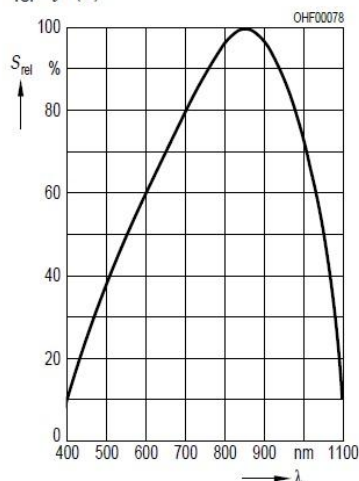
Detektor

Detektor je elektronická součástka, které detekuje specifický druh energie a převádí ji na elektrickou veličinu. Existují různé druhy detektorů, jako například detektor vlhkosti, pohybu, plynu, nebo světla. Detektor bude v tomto případě klíčovou součástí a jedná se o převod světelné energie na napětí.

Pro detekci světelného záření byla vybrána fotodioda BPW34 vyrobena firmou OSRAM. Tato fotodioda měří v rozsahu 400nm – 1100nm. Rozsah fotodiody obsahuje také viditelnou část spektra. Existuje fotodioda typu BPW21, která je přesnější než zvolená fotodioda BPW34. Měří v rozsahu 350nm – 820nm, [15].

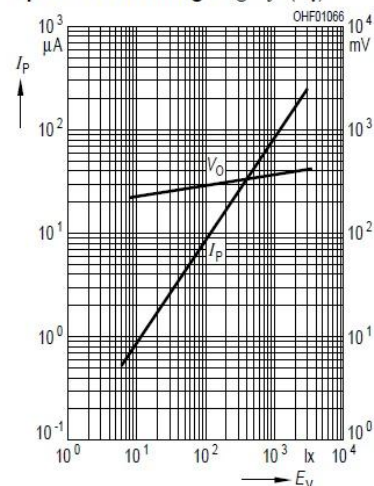
Relative spectral sensitivity

$$S_{\text{rel}} = f(\lambda)$$



Photocurrent $I_P = f(E_V), V_R = 5 \text{ V}$

$$\text{Open-circuit voltage } V_O = f(E_V)$$



Obrázek 15: Spektrální závislost fotodiod, závislost výstupního napětí a proudu na intenzitě osvětlení, fotodioda BWP

34, [15].

Zesílení signálu

Blok pojmenovaný zesílení signálu, se bude realizovat pomocí operačního zesilovače. Operační zesilovače jsou obvody pro zpracování malých proudů nebo napětí spojitě v čase, [9]. Potřebný signál se zesiluje na úkor energie dodávané ze zdroje. Pro dosažení většího zesílení se řadí více aktivních prvků za sebou, [10].

Operační zesilovače můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin a to ideální operační zesilovače a reálné zesilovače.

Ideální operační zesilovač.

Ideální operační zesilovač si lze představit jako napětím řízený zdroj napětí s nekonečně velkým zesílením s otevřenou smyčkou zpětné vazby. Další parametry ideálního operačního zesilovače jsou nekonečně velký vstupní odpor, nulový výstupní odpor, nekonečně velká šířka frekvenčního pásma, [9].

Reálný operační zesilovač

S reálným operačním zesilovačem se setkáváme v praxi. Svými parametry se více či méně blíží ideálnímu operačnímu zesilovači. Čím jsou parametry blíže ideálnímu operačnímu zesilovači, tím se zvyšuje jejich cena, proto se vybírají konkrétní operační zesilovače vždy jen podle parametrů, na kterých zásadně závisí funkce a kvalita vytvářené aplikace, [9].

Jako napěťový zesilovač byl zvolen operační zesilovač TLC272 pro svou vysokou vstupní impedanci, která je $10^{12}\Omega$. Další výhodou je nízké vstupní napětí, které je 5V. Tento operační zesilovač je ideální pro použití při bateriovém napájení, [14].



Obrázek 16: Operační zesilovač TLC272, [14].

A/D převod

Převodník analogového signálu v číslicový je založen na principu transformace napětí na jinou fyzikální veličinu, která se snadněji digitalizuje, [8]. Důvodem je přeměna analogového signálu na signál digitální, který je možno zpracovávat na počítačích.

V této práci je A/D převod integrovaný v panelovém digitálním voltmetru. Jedná se o 8 bitový A/D převodník s dvojitou integrací.

Zobrazení

Změřena hodnota se zobrazí na displeji. Zobrazovače se skládají ze dvou skleněných destiček, mezi kterými je prostor s náplní kapalných krystalů. Na vnitřní straně skleněných destiček je napařena průhledná kovová vrstva, tvořící na jedné destičce reliéf požadovaných segmentů, na druhé společnou elektrodu. Vývody jednotlivých segmentů a společné elektrody jsou provedeny, jako kontaktní plošky technikou tlusté kovové vrstvy na skle nebo jako páskové s odstupem 2,54 mm. Z obou stran zobrazovače jsou nalepeny polarizační fólie. Bez těchto fólií není zobrazení patrné. Protože kapalně krystaly nevyžadují světelnou energii, potřebují zobrazovače ke své funkci osvětlení denním, nebo umělým světlem. K zobrazení segmentů se využívá elektrooptických vlastností nematických kapalných krystalů poleman řízeného typu, proto postačí pro dokonalé vybudování velmi malý proud (řádově $0,1\mu A$ na segment), [3].

V této práci bylo použito 3 a ½ místné LCD panelové měřidlo HD – 3438. Toto panelové měřidlo má maximální rozsah hodnot od 0 – 1999, což obsahuje požadovaný rozsah hodnot. Napájecí napětí displeje (6 – 9 VDC) umožňuje bateriové napájení. Způsob zobrazení hodnot je pomocí LCD displeje. Časté použití tohoto panelového měřidla je voltmetr, ampérmetr, luxmetr atd. Toto panelové měřidlo obsahuje také integrovaný Dual scope A/D převodník, [12].

Tabulka 4: Popis panelového digitálního voltmetru HD – 3438, [12].

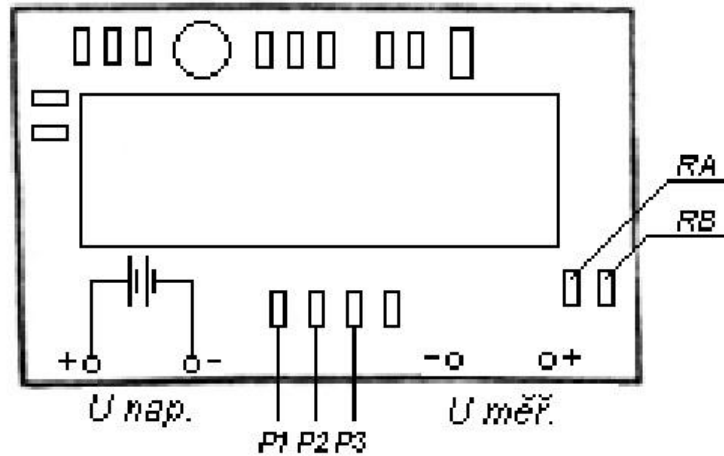
Popis:	
Základní rozsah:	199,9mV
Maximální zobrazovací hodnota:	1999(+/-)
Způsob zobrazení:	LED display
Měřicí metoda:	integrační A/D převodník
Indikace přesažení rozsahu:	zobrazení symbolu 1
Vzorkovací frekvence:	2 - 3 Hz (2 - 3 měření/s)
Vstupní odpor:	>100MΩ
Přesnost:	±0,5%
Napájecí napětí:	6 - 9 VDC
Proudový odběr:	60mA
Rozměry:	68 x 44mm

Tabulka 5: Vlastnosti panelového digitálního voltmetru HD – 3438, [12].

Vlastnosti:	
Vstupní citlivost:	200mV
Napájení:	9 VDC
Vstupní odpor:	>100MΩ
Velikost LCD	14mm
Desetinná tečka:	volba propojkou



Obrázek 17: Panelové měřidlo HD – 3438, [12].



Obrázek 18: Popis zapojení voltmetru, [12].

Popis zapojení panelového měřidla je uvedeno na obrázku 18. Na odpory RA a RB musí být metalizovaný rezistor $0,5\Omega$ s tolerancí 0,5%. U nap. slouží k napájení panelového měřidla. Výstup U měř. se připojuje k části měřeného úseku v obvodu, v tomto případě k svorce K1, [12].

Napájení

Napájení celého obvodu bude zajištěno 9V alkalickou baterií

Pro tento systém byla vybrána alkalická baterie firmy Energizer, která má kapacitu 625 mAh a váží 45,6 g, [13].



Obrázek 19: Baterie energizer, [13].

5. Obvodové řešení luxmetru

Tato kapitola obsahuje celkové schéma zapojení luxmetru, simulaci tohoto schématu, tištěný spoj a soupis součástek.

5.1. Výpočet obvodových prvků

Výpočet odporového dělicího napětí pro první zesílení

$$u_i = \frac{u_a R_4}{(R_5 + R_4 + P_1)} = \frac{900}{(1 \cdot 10^6 + 100 + 10 \cdot 10^3)} \quad (4)$$

$$u_i = 8,9 \cdot 10^{-4} V \quad (5)$$

Kde:

u_i = napětí pracovního bodu zesilovače

u_a = vstupní napětí

$$u_{0.1} = \left(1 + \frac{R_1}{R_4}\right) \cdot u_i = \left(1 + \frac{1000000}{100}\right) \cdot 8,9 \cdot 10^{-4} \quad (6)$$

$$u_{0.1} = 8,9 V \quad (7)$$

$$u_{0.2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_4}\right) \cdot u_i = \left(1 + \frac{100000}{100}\right) \cdot 8,9 \cdot 10^{-4} \quad (8)$$

$$u_{0.2} = 0,89 V \quad (9)$$

Kde:

$u_{0.1}$ = výstupní napětí pro 1 M Ω

$u_{0.2}$ = výstupní napětí pro 100K Ω

Výpočet prvního zesílení

$$A_{1.1} = \frac{u_{0.1}}{u_i} = \frac{8,9}{8,9 \cdot 10^{-4}} \quad (10)$$

$$A_{1.1} = 10001 \text{krát} \quad (11)$$

$$A_{1.2} = \frac{u_{0.2}}{u_i} = \frac{0,89}{8,9 \cdot 10^{-4}} \quad (12)$$

$$A_{1.2} = 1000 \text{krát} \quad (13)$$

Kde:

$A_{1.1}$ = zesílení pro $1M\Omega$

$A_{1.2}$ = zesílení pro $100K\Omega$

Výpočet druhého zesílení

$$A_2 = \frac{P_2 + R_6}{R_3}, \quad (14)$$

$$A_2 = 1,47 \text{krát} \quad (15)$$

Kde:

A_2 = zesílení druhé části zesilovače

Výpočet filtru dolní propusti

$$f_m = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_7 \cdot C_3} \quad (16)$$

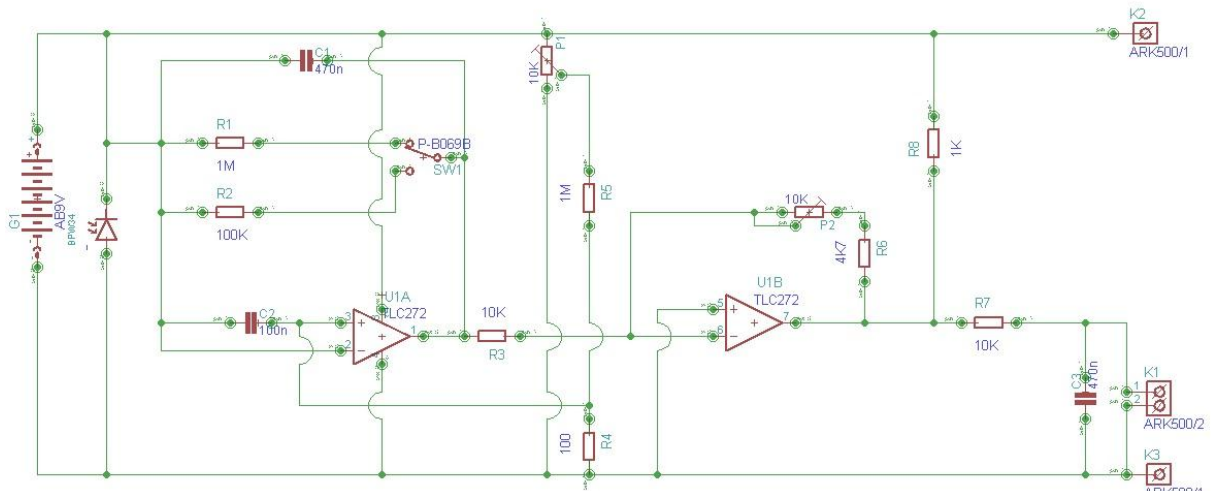
$$f_m = 33,86 \text{ Hz} \quad (17)$$

Kde:

f_m = maximální propustná frekvence

5.2. Celkové schéma zapojení

Pro tvorbu schématu byl použit program eagle 6.1.0. Tento program patří mezi profesionální software pro tvorbu elektrických schémat a návrhů desek plošných spojů. Eagle je produkt firmy CadSoft. V programu je také možnost zkontrolovat schéma zapojení funkcí electrical rule check. Kontrola zapojení proběhla úspěšně a bez chyb.



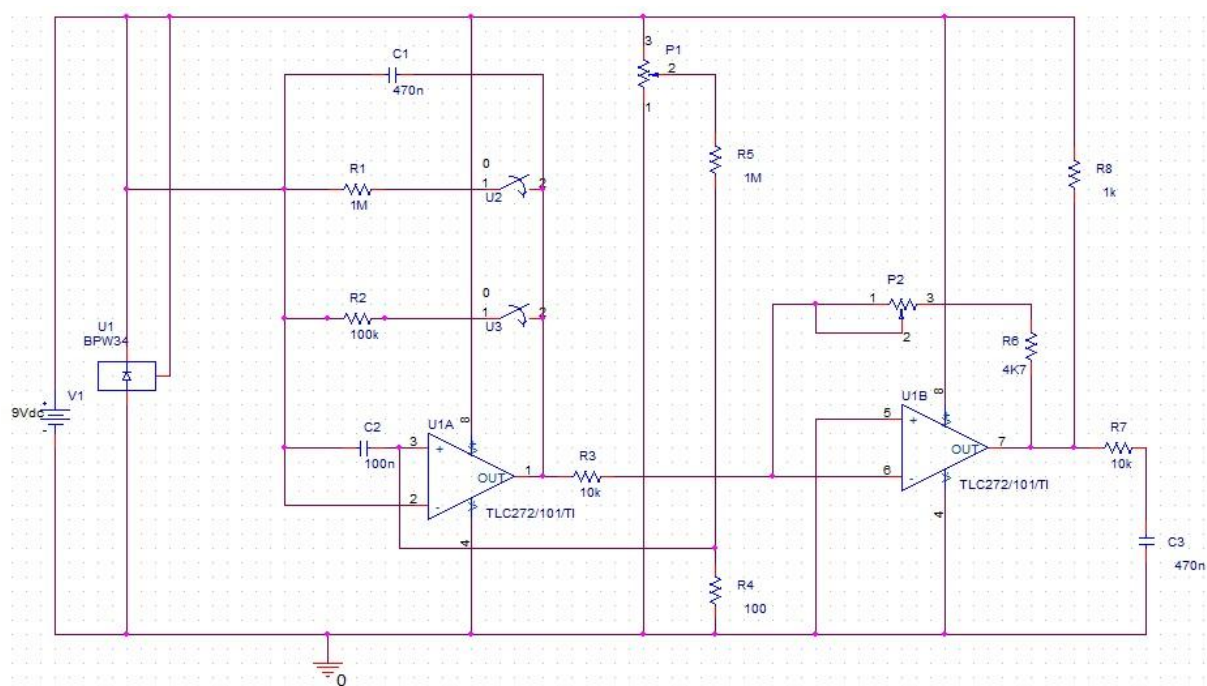
Obrázek 20: Schémata zapojení vytvořené v programu EAGLE, [11].

Obvod bude bateriově napájen 9V alkalickou baterií. Baterie slouží k napájení celého obvodu. Za fotodiodou BPW34 následuje 1. stupeň zesílení U1A. Kondenzátor C1 je stabilizační kondenzátor pro zpětnou vazbu zesilovače. Odporů R1 a R2 nastavují zesílení ve zpětné vazbě, což způsobí změnu rozsahu měřené veličiny a přepínání je realizováno přepínačem SW1. Vazební kondenzátor C2 zachycuje vlastní zákmit, také odstraňuje průchod vysokých frekvencí, které by mohla fotodioda zachytit. Potenciometr P1

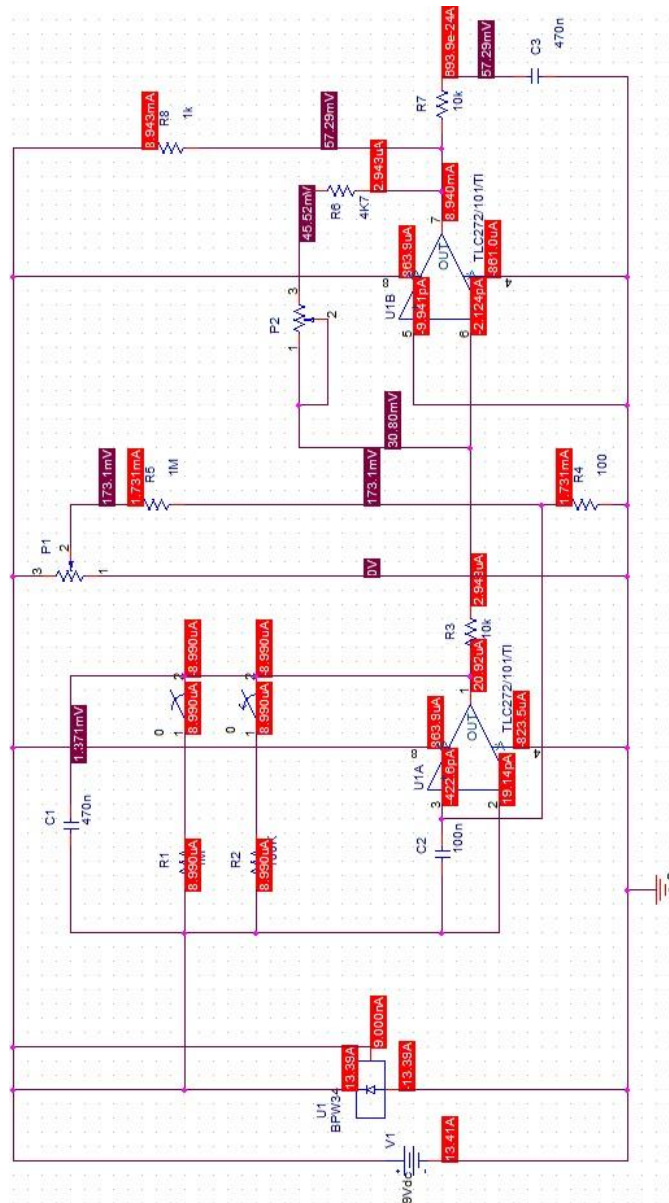
nastavujeme dělicí poměr. Odpor R4 reprezentuje referenční hodnotu. Obvod U1B je zapojen jako invertující zesilovač s nastavitelným zesílením, který má ve zpětné vazbě zapojený potenciometr P2, díky kterému se nastavuje zesílení. Na výstupu luxmetru je přidán filtr typu dolní propust, který odstraňuje nestabilitu údaje na displeji v případě výskytu rychlého výkyvu. Konektor K1 je výstupem celého obvodu a slouží k připojení voltmetru, který zobrazí výslednou hodnotu. Svorky K2 a K3 slouží k napájení voltmetru. [11].

5.3. Simulace v programu PSPICE

Pro kontrolu byl obvod vytvořen v simulačním programu PSpice, který umožňuje modelovat a simulovat elektrická schémata. Schéma vytvořené v PSpice prostředí se liší od schématu vytvořeného v eagle ve přepínači, který neměl v tomto programu knihovnu, proto byly zvoleny dva spínače. Princip ale zůstává stejný.



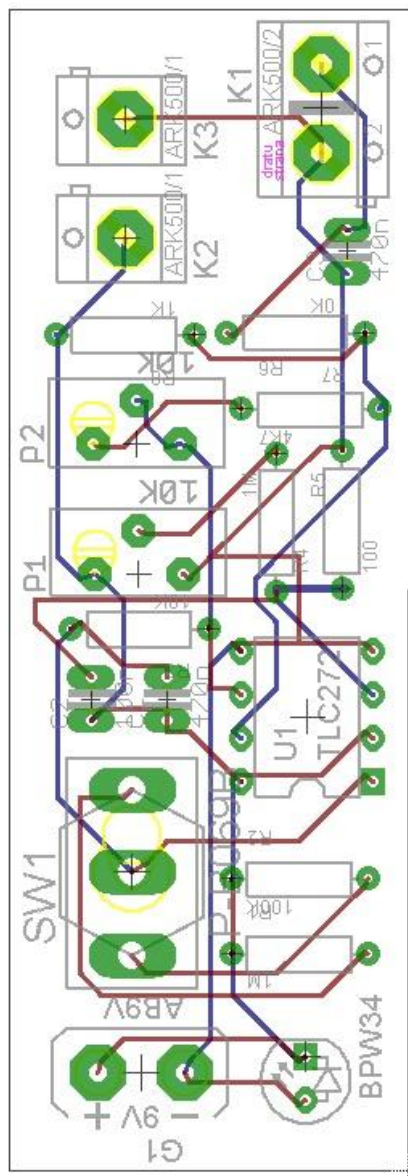
Obrázek 21: Vytvořené schéma v programu PSpice



Obrázek 22: Hodnoty po spuštění simulace

5.4. Výkres plošného spoje

Výkres plošného spoje byl navržen v programu eagle 6.1.0. Jako podklad bylo použité celkové schéma zapojení vytvořené v tomtéž programu. Deska je 66 mm dlouhá a 23 mm široká. Jedná se o dvojvrstvý plošný spoj. V editoru plošných spojů je možnost zkontrolovat vytvořený plošný spoj funkcí design rule check. Kontrola proběhla bez chyb.



Obrázek 23: Výkres plošného spoje vytvořený v programu EAGLE

Ke svorkám K2 a K3 je připojeno pomocí drátových propojek napájení panelového měřidla a ke svorkám K1 je připojeno výstupní část obvodu také pomocí drátových propojek.

5.5. Soupis součástek

Součástky byly vybrány na serveru firmy GM electronic. V následující tabulce jsou uvedeny všechny součástky použité jak ve schématu zapojení, tak v simulaci a tištěném spoji.

Tabulka 6: Soupis součástek, [13].

Součástka	hodnota	popis
C1	470nF	Fóliový kondenzátor rad. Stand.
C2	100nF	Fóliový kondenzátor rad. Stand.
C3	470nF	Fóliový kondenzátor rad. Stand.
R1	1M Ω	RM 0207/metalizovaný
R2	100K Ω	RM 0207/metalizovaný
R3	10K Ω	RM 0207/metalizovaný
R4	100 Ω	RM 0207/metalizovaný
R5	1M Ω	RM 0207/metalizovaný
R6	4K7 Ω	RM 0207/metalizovaný
R7	10K Ω	RM 0207/metalizovaný
R8	1K Ω	RM 0207/metalizovaný
BPW34	400-1100nm	DIL plastic package
G1	9VDC	Alkalická
U1	TLC272	Dvoj. op. zes. CMOS DIP8
SW1		Páčkový přepínač
P1	10K Ω	Trimr, více otáčkový, lineární
P2	10K Ω	Trimr, více otáčkový, lineární
K1		Šroubovací svorkovnice
K2		Šroubovací svorkovnice
K3		Šroubovací svorkovnice



Obrázek 24: Rezistor 10K Ω , [13].

6. Zhodnocení

Prvním úkolem této bakalářské práce bylo seznámit se se základy světelné techniky. Jsou zde uvedeny vlastnosti světla a jednotlivé světelné veličiny, jejich označení včetně jednotek. Práce obsahuje také hygienické limity v oblasti osvětlení a je zde podrobně uvedena metodika měření intenzit osvětlení vybraných pracovních ploch. Nechybí také zmínění měření jasu a druhy optoelektrických součástek neboli detektorů.

Další částí bakalářské práce bylo navrhnout blokové řešení luxmetru, výkres plošného spoje a soupis použitých součástek. Blokové řešení luxmetru je uvedeno v kapitole číslo 4 a obsahuje nejen teoretický rozbor jednotlivých částí blokového schématu, ale také technické parametry funkčních bloků. Celkové schéma zapojení bylo vytvořené v programu eagle 6.1.0 a také v tomto prostředí byl vytvořen výkres plošného spoje, který je vygenerován z celkového schématu zapojení. Součástky byly vybrány z katalogu firmy GM electronic.

Praktická realizace nebyla zadána, avšak práce obsahuje již zmíněný výkres plošného spoje a také simulaci celkového schéma zapojení v programu PSpice. V této práci byl navržen pouze jednoduchý návrh luxmetru, který nezahrnuje různé, v praxi používané, bezpečnostní části. Při praktické tvorbě luxmetru by byl určitě nutný vypínač pro napájení. Také by bylo vhodné použít ukazatel napájení, který by zajišťoval zda je možno začít měřit a jestli je baterie ještě dostatečně nabitá, protože při napětí nižší jak 7V by měření nemělo probíhat korektně. Jak už bylo řečeno při volbě fotodiody, existuje přesnější fotodioda, která by zajišťovala přesnější hodnoty měřených veličin. Zadání byla splněna.

Literatura:

- [1] FUKÁTKO, Tomáš. *Detekce a měření různých druhů záření*. 1. vyd. Praha: BEN, 2007, 189 s. ISBN 978-80-7300-193-3.
- [2] MAŤÁTKO, Jan. *Elektronika*. 6. vyd., V Idea servis 5., dopl. a upr. vyd. Praha: Idea servis, 2008, 362 s. ISBN 978-80-85970-64-7.
- [3] *Optoelektronické součástky: Konstrukční katalog polovodičových součástek*. Rožnov pod Radhoštěm: k. p. Tesla Rožnov, 1990.
- [4] PAVLÍČEK, T. Luxmetr [online]. 2009, [cit. 2011 – 10 - 12]. Dostupné z: http://eleschemata.wz.cz/index_1.htm.
- [5] PLCH, Jiří. *Světelná technika v praxi*. 1. vyd. Praha: IN-EL, 1999, 210 s. ISBN 80-862-3009-0.
- [6] ROZMAN, Jiří. *Diagnostika životního prostředí*. 1. vyd. Brno: VUT, 2000, 136 s. ISBN 80-214-1771-4.
- [7] SKOK, Peter. *Senzorové systémy: (Optoelektronické senzorové systémy)*. 1.vyd. Košice: Technická univerzita, 1991, 81 s. ISBN 80-709-9071-6.
- [8] ŠÍCHA, Miloš a Milan TICHÝ. *Elektronické zpracování signálu: základy analogové, digitální techniky*. Praha: státní pedagogické nakladatelství, 1987.
- [9] VOBECKÝ, Jan a Vít ZÁHLAVA. *Elektronika: součástky a obvody, principy a příklady*. 3., rozš. vyd. Praha: Grada Publishing, 2005, 220 s. ISBN 80-247-1241-5.
- [10] SCHIEBLOVÁ, Jiřina a Jan ŠKYŘÍK. VYSOKÁ ŠKOLA ZEMĚDĚLSKÁ V BRNĚ. PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA. *Elektrotechnika a mikroelektronika I: základy elektrotechniky, elektroniky a mikroelektroniky*. Praha: Československá redakce VN MON, 1989.
- [11] MECA, Pavel. Lux-Metr. [online]. [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.elektronikacz.borec.cz/Data/Lux-metr.htm>
- [12] GM electronic. [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/722/722-197/czn.722-197.1.pdf>
- [13] GM electronic. [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.gme.cz>
- [14] GM electronic. [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/722/722-197/czn.722-197.1.pdf>

[15] GM electronic. [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z:
<http://www.gme.cz/dokumentace/520/520-021/dsh.520-021.1.pdf>

[16] E-shop měřící a regulační techniky. [online]. [cit. 2012-04-19]. Dostupné z:
<http://www.jspshop.cz/luxmetry--merice-uv/kimo-lx200>

Seznam zkratek:

LCD.....	Liquid Crystal Display
CdS.....	Sulfid kademnatý
EAGLE.....	Easily Applicable Graphical Layout Editor

Seznam příloh:

A	Celkové schéma zapojení v programu eagle	34
B	Simulace v programu PSpice.....	36
C	Výkres plošného spoje v programu eagle.....	37