

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Pedagogická fakulta
Katedra fyziky

Studijní program: B6212 Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: Měřicí a výpočetní technika



VÝVOJ POHYBLIVÉHO FOTODETEKTORU PRO SNÍMÁNÍ INTERFERENČNÍCH OBRAZCŮ

Vedoucí bakalářské práce:
doc. PaedDr. Petr Adámek, Ph.D.

Autor:
Jiří Kopecký

2008

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá vývojem a konstrukcí pohyblivého detektoru pro snímání interferenčních obrazců. V první části se jedná o teoretický úvod do této problematiky. Dále jsou popsány různé druhy optických snímačů. V další části je popsán postup výroby detektoru a jeho jednotlivé části. Poslední část této práce obsahuje program pro pohyb detektoru a je zde uveden příklad měření detektorem.

Abstract

The first-degree thesis deals with development and construction of moving detector designated to imaging of interference diagrams. There is theoretical introduction to the problems in the first part of the work. Furthermore, various kinds of optical sensors are described. The method of detector and individual parts construction is described in separate paragraph. The detector driving software and one measuring example is presented in the last part of the work.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě,elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne

Jiří Kopecký.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí bakalářské práce doc. PaedDr. Petru Adámkovi, Ph.D. za odborné vedení a všestrannou pomoc. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří v nemalém rozsahu přispěli k úspěšnému vypracování této bakalářské práce.

OBSAH

1. ÚVOD A CÍLE PRÁCE.....	1
2. ZÁKLADNÍ KONPONENTY POUŽITÉ PŘI REALIZACI SNÍMAČE	1
2.1. Krokový motor.....	1
2.1.1. Základní pojmy v problematice krokových motorů.....	2
2.1.2. Momentová charakteristika krokového motoru.....	4
2.1.3. Základní skupiny krokových motorů.....	5
2.2. Základní rozdělení detektorů.....	5
2.2.1. Fotoodpory.....	6
2.2.1.1. Konstrukce fotoodporů.....	8
2.2.1.1. Parametry a charakteristiky fotoodporů.....	9
2.2.2. Fotodiody.....	10
2.2.2.1. Lavinová fotodioda.....	11
2.2.2.2. Fotodioda PIN.....	12
2.2.2.3. Schottkyho fotodioda.....	13
2.2.2.4. Parametry diod.....	13
2.2.3. Fototranzistor.....	14
2.2.4. Fototyristor.....	15
2.2.4.1. Princip funkce fototyristoru.....	16
2.2.5. Emisní snímače.....	17
2.2.5.1. Fotonka.....	17
2.2.6. Snímače CCD.....	19
2.2.6.1. Princip CCD snímaču.....	20
3. NÁVRH ŘEŠENÍ SNÍMAČE A ZESILOVAČE OPTICKÉHO SIGNÁLU.....	21
3.1. Fotodioda použitá v snímači.....	21
3.2. Zesilovač optického signálu.....	21
4. MECHANICKÉ ŘEŠENÍ POSUVU FOTODETEKTORU.....	23
4.1. Popis Tiskárny.....	23
4.2. Postup při odstrojení nepotřebných částí.....	23
4.3. Krokový motor pro posuv fotodetektoru.....	24
4.4. Řízení krokového motoru.....	25
4.5. Napájecí kabel.....	26
4.6. Napájecí zdroj.....	26

4.7. Řídící obvody.....	26
4.8. Parametry použitých součástek.....	28
4.9. Přenos dat z PC.....	33
5.1 Obecné použití optických detektorů.....	33
5.1.1 Použití fotodetektoru.....	34
5.1.1.1 Princip optické komory.....	35
6. PROGRAM PRO OVLÁDÁNÍ KROKOVÉHO MOTORU	36
6.1. Postup při výrobě programu.....	36
6.2. Program pohybující motorem přes paralelní port.....	37
6.3. Program ovládající motor přes rozhraní CIF56506®	38
7. VÝSLEDKY A GRAFY.....	40
8.ZÁVĚR.....	41
9. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY.....	42

1. ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Tato bakalářská práce se zabývá vývojem pohyblivého snímače interferenčních obrazců. Práce by měla přispět ke zlepšení podmínek při laboratorních měřeních. Zejména při snímání interferenčních obrazců a jejich spekter. Problematika snímání interferenčních obrazců je řešena při fyzikálních praktikách z optiky.

Hlavním cílem bakalářské práce je vývoj a realizace snímače optického signálu. V teoretické části je uvedeno několik druhů detektorů a možnosti jejich použití. V praktické části je popsán vývoj a postup výroby konkrétního detektoru, jež bude využíván pro školní účely.

2. ZÁKLADNÍ KONPONENTY POUŽITÉ PŘI REALIZACI SNÍMAČE

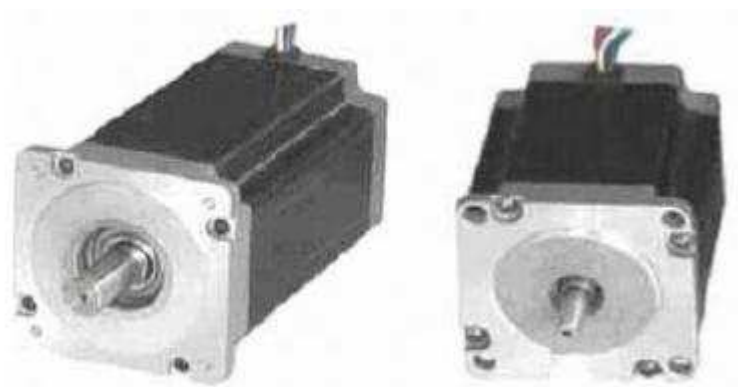
2.1. Krokový motor

Krokový motor je impulsně napájený motor, jehož funkční pohyb je nespojitý a děje se po jednotlivých úsecích (krocích). K řízení krokového motoru slouží ovladač krokového motoru. Krokové motory jsou zvláštní formou synchronních motorů. Jsou řazeny mezi servomotory.

Ovladač krokového motoru řídí funkční pohyb a režimy chodu krokového motoru. Řídí jej tak, že budí fáze vinutí krokového motoru v jisté časové posloupnosti. Ovladač musí splnit dva požadavky. Jednak musí zajistit výkonové buzení fází motoru a dále vytvořit předepsanou časovou posloupnost buzení fází motoru. Ovladač se skládá z výkonové části a komutátoru. Výkonová část je obvykle tvořena výkonovými spínacími prvky, jejichž počet odpovídá počtu fází krokového motoru. Komutátor je elektronické zařízení, které na základě vstupních informací řídí spínání výkonových spínacích prvků tak, aby každému řídicímu impulsu odpovídalo natočení krokového motoru o jeden krok. Na obrázku 1 a 2 je uvedeno několik nejpoužívanějších krokových motorů. [9]



Obr. 1 Motory J69C05LT[®] a Sanio Denki[®] CO 103-770-4243 [7]



Obr. 2 Motory MICROCON[®] SX34-6212 a SX23-2125 [7]

2.1.1. Základní pojmy v problematice krokových motorů

Krok je mechanická odezva rotoru krokového motoru na jeden řídicí impuls, při němž rotor vykoná pohyb z výchozí magnetické klidové polohy do nejbližší magnetické klidové polohy.

Velikost kroku α je úhel, daný konstrukcí a způsobem ovládní motoru, který odpovídá změně polohy rotoru po zpracování jednoho řídicího impulsu.

Magnetická klidová poloha je poloha, kterou zaujme rotor nabuzeného krokového motoru, jestliže je statický úhel zátěže roven nule.

Statický úhel zátěže β je úhel, o který se vychýlí rotor nabuzeného krokového motoru z magnetické klidové polohy při dané zátěži na hřídeli krokového motoru.

Statický moment M_s je moment, který je v rovnováze s kroutícím momentem působícím na hřídel stojícího nabuzeného krokového motoru a vychylujícím rotorem z magnetické klidové polohy o statický úhel zátěže. Maximální statický moment je při vychýlení rotoru právě o velikost kroku α .

Statická charakteristika krokového motoru je závislost statického momentu M_s na statickém úhlu zátěže β . Statická charakteristika je uvedena na obr. 3.

Otáčky rotoru jsou určeny kmitočtem kroků f_k , tj. počtem kroků za sekundu, které vykoná rotor krokového motoru. Kmitočet kroků f_k je stejný jako řídicí kmitočet řídicího signálu f_s v případě, když se rotor otáčí bez ztráty kroku.

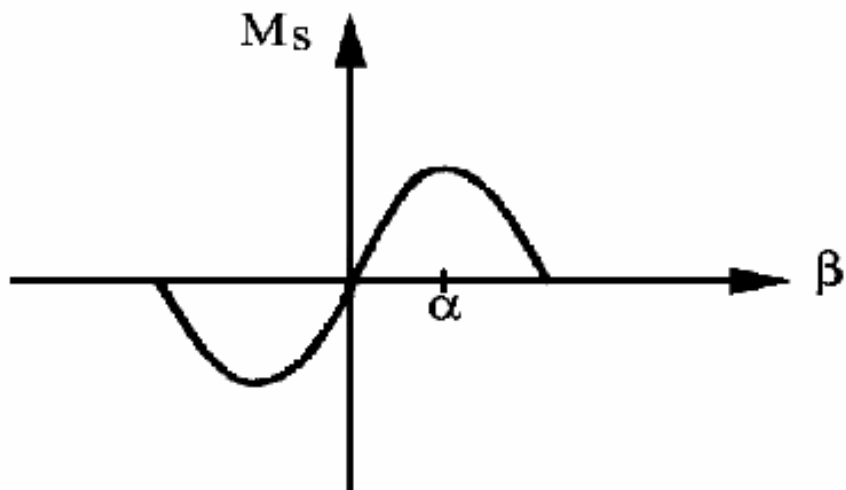
Otáčky určíme pomocí následujícího vztahu:

$$n = \frac{60 \cdot f_k \cdot \alpha}{360} \quad (1)$$

kde: n je počet otáček za minutu

f_k je kmitočet kroků v Hz

α je velikost kroku ve stupních



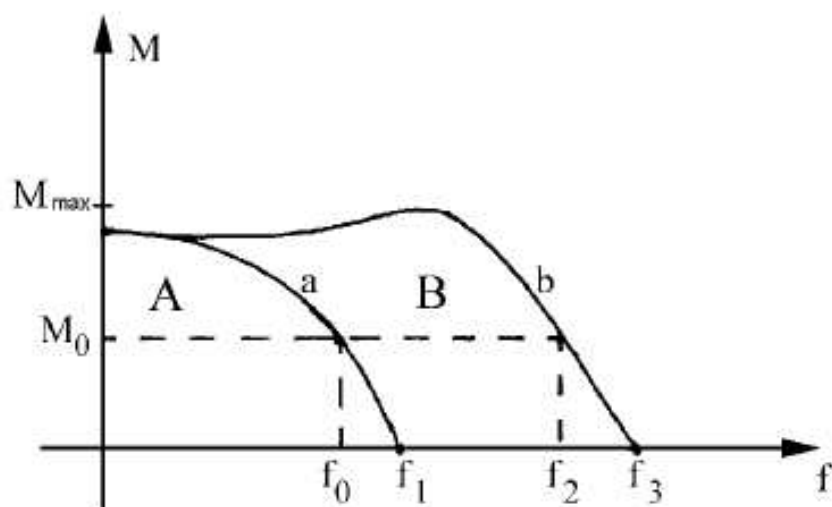
Obr. 3 Statická charakteristika krokového motoru

2.1.2. Momentová charakteristika krokového motoru

Momentová charakteristika krokového motoru je zobrazena na obr. 4. Jedná se o závislost momentu M na kmitočtu kroků f nabuzeného krokového motoru, který se otáčí a je zatěžován. Křivka b je tzv. provozní charakteristika krokového motoru. Křivka a je tzv. rozběhová charakteristika motoru pro moment setrvačnosti zátěže J_z .

Pro momentové charakteristiky krokového motoru je charakteristické rozdělení na dvě oblasti. Oblast I označovaná start/stop nebo rozběhová zahrnuje stavy, do kterých se může krokový motor dostat z klidu bez ztráty jediného kroku. Například při zatěžovacím momentu M_0 můžeme skokem přivést řídicí kmitočet f_0 . Řídicí kmitočet f_1 můžeme přivést pouze tehdy, když krokový motor pracuje naprázdno.

Oblast II je oblast řízeného zrychlování krokového motoru, někdy označovaná jako oblast omezené říditelnosti. V této oblasti je nutno plynule (nikoli skokově) zvyšovat řídicí kmitočet, aby nedocházelo ke ztrátě kroku. Pouze tímto složitějším způsobem řízení lze krokový motor optimálně využívat. Například při zatěžovacím momentu M_0 lze při plynulém zvyšování řídicího kmitočtu z hodnoty f_0 dosáhnout až hodnoty f_2 . Kmitočet f_3 je nejvyšší provozní, řídicí kmitočet, při kterém krokový motor bez zátěže je schopen se otáčet v jednom smyslu. Motor se na tento kmitočet může rozběhnout nebo z něj zastavit bez ztráty kroku. M_{max} je nejvyšší provozní moment, kterým může být krokový motor zatížen. [10]



Obr. 4 Momentová charakteristika krokového motoru

2.1.3. Základní skupiny krokových motorů

Krokové motory podle konstrukčního uspořádání dělíme na dvě základní skupiny:

1. Krokové motory s pasivním rotorem, který je z feromagnetického materiálu. Tyto motory jsou někdy označovány jako reluktanční.
2. Krokové motory s aktivním rotorem, obsahuje-li rotor permanentní magnet.
3. Krokové motory využívající různých prvků uvedených v 1. a 2., to jsou motory hybridní.

Dále můžeme motory rozdělit - rotační,

- lineární,
- turbulární,
- planární.

[9]

2.2.1. Základní rozdělení detektorů

Pro získání přehledu o vlastnostech detektorů a možnosti jejich srovnání či využití je vhodné uvažovat o dvou základních skupinách snímačů:

1. aktivní(generátorové) - při působení neelektrické veličiny se chová detektor jako zdroj elektrické energie.
2. pasivní - působením neelektrické veličiny na detektor se mění některý z jeho parametrů.

Převod neelektrické veličiny u detektorů může být:

1. jednoduchý - měřená neelektrická veličina se mění přímo na veličinu elektrickou
2. několikanásobný - měřená neelektrická veličina se mění na jinou neelektrickou veličinu a tato se pak mění na elektrickou veličinu. Převod může být někdy i složitější. Tento typ je velmi častý.

Podle vstupních neelektrických veličin rozeznáváme :

- detektor mechanických veličin,
- detektor tepelných veličin,
- detektor chemických veličin,

- detektor záření,
a další.

Jednotlivé skupiny lze rozčlenit, což je zajímavé pro uživatele (projektanty). Pro konstruktéra měřících zařízení je vhodnější označení z hlediska využitého principu působení:

Detektory aktivní:

- termoelektrické,
- piezoelektrické,
- indukční,
- další.

Detektory pasivní:

- odporové,
- indukční,
- kapacitní,
- další.

Dále je možné detektory rozdělit na speciální dělení:

- detektory dotykové,
- detektory bezdotykové.

[6]

2.2.1. Fotoodpory



Obr. 6 Fotoresistor FW150 · R10*(kOhm): 28,0 · R01* (kOhm): 1,40 · R05*(kOhm): 4,20 ·
Vmax(V): 150 · Pmax (mW): 250 · tan t(ms): 35 · tab(ms): 28FW 150 R10 [11]

Činnost fotoodporů je založena na fotoodporovém jevu – změně elektrického odporu polovodiče vlivem elektromagnetického záření. Rozeznáváme kladný fotoodporový jev, který se projevuje zmenšením odporu vlivem elektromagnetického záření a záporný fotoodporový

jev vyznačující se zvětšením odporu. Pro polovodičové materiály, které se v současné době pro fotoodpory používají, je charakteristický kladný fotoodporový jev.

Krystalické polovodivé materiály v čistém stavu (bez příměsí) nemají volné elektrony ve vodivostním pásmu. Působením různých vlivů (a tedy i elektromagnetického záření) může část elektronů získat energii potřebnou pro jejich přechod z valenčního pásma do pásma vodivostního. Takové elektrony se stávají volnými a mohou způsobit vznik elektrické vodivosti. Místo, které se uvolní vznikem volného elektronu ve valenčním pásmu, je rovnocenné kladně nabitě částici a označuje se jako díra. Tyto kladně nabitě částice (díry) se mohou také podílet na elektrické vodivosti. Počet volných párů elektron – díra, bude tedy vzrůstat při osvětlení (dopadu elektromagnetického záření) polovodivého materiálu, bude-li energie fotonů dostatečná pro přechod elektronů do pásma vodivosti. Velikost energie odevzdaná elektronu se projevuje frekvencí elektromagnetického záření a nezávisí na jeho intenzitě, tzn. zvětšením intenzity záření roste počet elektronů pohlcujících záření, ale nikoliv jejich energie. Pro energii fotonu platí

$$E = \kappa \cdot \nu, \quad (2)$$

kde κ je Planckova konstanta

Energie fotonů pro žluté světlo je více jak dva eV. Pro mnohé polovodiče je tato energie plně postačující převedení elektronů do volného pásma, tj. zvětšení elektrické vodivosti materiálu. Je-li tedy energie nezbytná k přechodu elektronů do volného stavu rovna E , je nejnižší frekvence záření dána vztahem $\kappa \cdot \nu > E$. Tímto způsobem určíme nejmenší frekvenci záření, při které vzniká fotoodporový jev. Tento jev byl nejdříve objeven u selenu. Část citlivá na světlo byla u prvních fotoodporů tvořena tenkou vrstvou selenu (20 - 30 mikrometrů) nanesenou na skleněnou podložku. U selenových fotoodporů byla dosažena integrální citlivost 4000 mikroampér na 1 lm. Fotoodpory tohoto typu měly lineární voltampérovou charakteristiku a nelineární luxampérovou charakteristiku. Selenové fotoodpory nedosáhly širšího použití pro časovou nestálost svých parametrů. Citlivost těchto fotoodporů klesá jak při použití, tak při skladování a také při trvalém intenzivním osvětlení. Jejich citlivost ultrafialové části spektra byla mimořádně velká.

Sledování vlastností různých polovodičů vedlo k vytvoření fotoodporů ze směsi obsahující thalium, síru a kyslík. Tyto fotoodpory bývají označovány jako thallofidy (sirník thalnatý). Mají mimořádně vysokou citlivost při malých osvětlení (až 2,5 A/1 lm). Jejich citlivost se značně snižuje při osvětlení vyšším než 8-10 lx. Spektrální citlivost thallofidů je

v infračervené oblasti spektra 0,4 až 1,4 mikrometrů. Do roku 1941 byly prakticky jedinými sériově vyráběnými fotoodpory. Jejich parametry jsou silně závislé na teplotě a je pro ně též charakteristická nevratná ztráta citlivosti při osvětlení krátkovlnným světlem. Proto byly umístěny do ochranných baněk s červeným filtrem. Životnost těchto fotoodporů je poměrně nízká (kolem 300 hodin).

Další vývoj polovodičových prvků tohoto typu je spojen s objevem síro-vismutových fotoodporů. Tyto se liší od předchozích typů větší citlivostí a stabilitou elektrických parametrů. Integrální citlivost odporů BiS je 80 mA/lm. Při osvětlení 100 lx a napětí 100 V. Zmenšení osvětlení vede ke vzrůstu citlivosti, tak při osvětlení 1 lx je citlivost těchto fotoodporů 0,4 A/lm.

Rozvoj fotoodporů je dále spjat s použitím sirníku a selenidu kadmia. Svými základními parametry převyšují fotoodpory BiS, což způsobilo jejich značné rozšíření. Byl vytvořen velký počet polovodičových materiálů, u kterých pro přechod elektronů do vodivostního pásma stačí několik desetin eV. Tyto fotoodpory jsou citlivé v infračervené oblasti spektra.

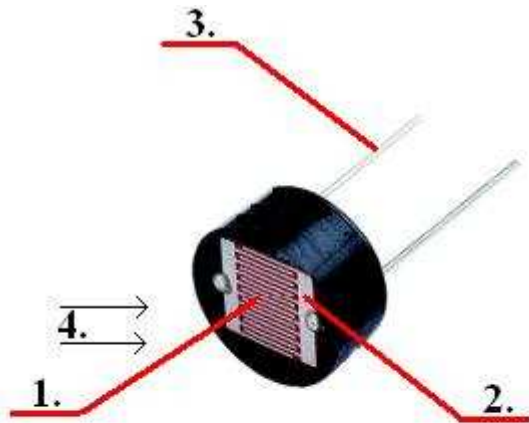
Pro infračervenou oblast spektra (do 2,5 mikrometrů.) byly vyvinuty fotoodpory ze sirníku olovnatého (PbS). Vyznačují se vysokou citlivostí a stabilitou charakteristik.

Polovodičové fotoodpory mají vysokou citlivost v širokém spektrálním rozsahu, jsou stabilní, jednoduché konstrukce a malých rozměrů. [4]

2. 2. 1.1. Konstrukce fotoodporů

Část fotoodporu citlivá na světlo je vytvořena napařením na izolační podložku, opatřena vývody a chráněna před parazitním vlivem prostředí. Na obr. 6, je naznačen princip, kde:

1. je polovodičová vrstva citlivá na světlo,
2. izolační podložka,
3. kovové vývody,
4. světelný tok .

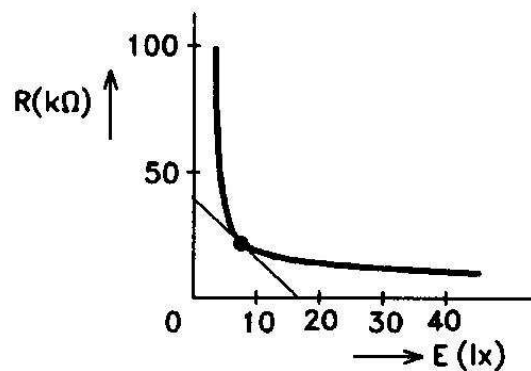


Obr. 6 Princip složení fotorezistoru

[5]

2. 2. 1.1. Parametry a charakteristiky fotoodporů

- odpor za tmy je udáván pro nulovou hodnotu osvětlení,
- měrná citlivost je poměr fotoelektrického proudu k součinu světelného toku a napětí přiloženého k fotoodporu,
- integrální citlivost fotoodporu je součin měrné citlivosti a mezního pracovního napětí,
- voltampérová charakteristika – ukazuje závislost proudu na přiloženém napětí,
- luxampérová charakteristika – ukazuje závislost fotoelektrického odporu na dopadajícím světelném toku. Luxampérová charakteristika je znázorněna na obr 7.

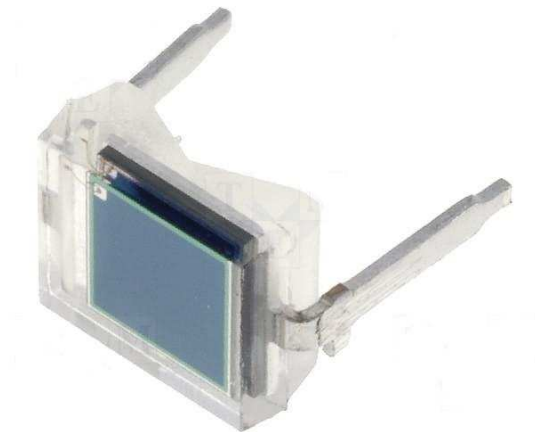


Obr. 7 Luxamperová charakteristika

[12]

- spektrální charakteristika – udává citlivost fotoodporu při působení vlnové délky, která je určena zářením dopadajícím na fotoodpor,
- frekvenční charakteristika – frekvenční charakteristiky se liší u různých druhů fotoodporů,
- zatížení fotoodporu – rozptýlený výkon fotoodporu je omezen dovolenou teplotou,
- teplotní charakteristika – ukazuje vliv teploty na proud protékající fotoodporem. [4]

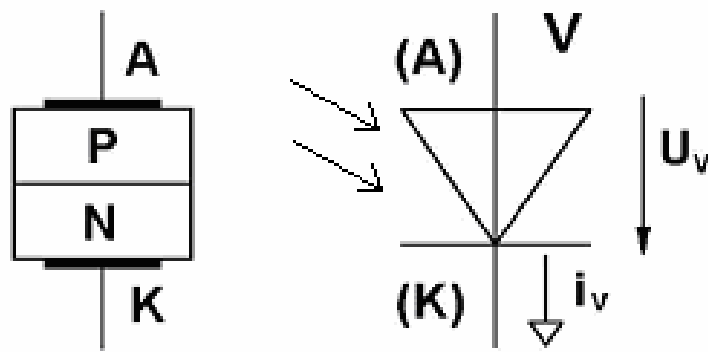
2.2.2. Fotodiody



Obr. 8 Fotodioda PIN BPW 34

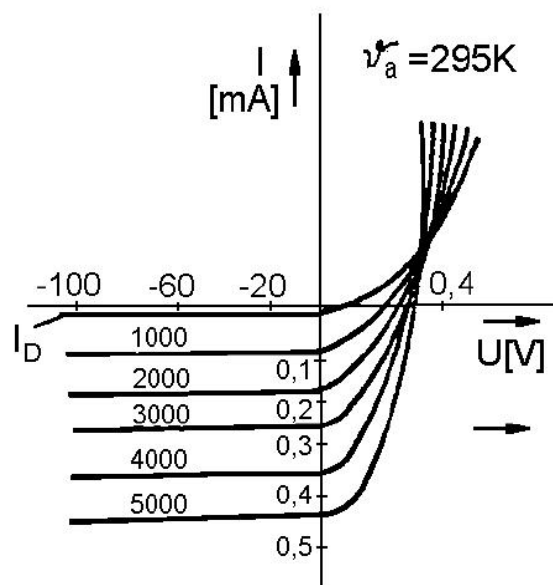
[11]

Pro funkci fotodiody je využito vnitřního fotoelektrického jevu v polovodiči na přechodu p-n. Pro optimální funkci je důležité záření dopadající do bezprostřední blízkosti přechodu. Ve vzdálenosti 1-2 mm má už poloviční účinek. Z toho vyplývají velmi malé rozměry fotodiody. V porovnání s emisní fotonkou má fotodioda větší citlivost, mechanickou odolnost, dlouhou dobu života, malý šum a nízké provozní napětí. Nevýhodou je velký proud za tmy, vzrůst proudu za tmy i citlivosti s teplotou, relativně malá časová stálost. Kmitočtový pracovní rozsah je nižší než u fotonky. [2]



obr. 9 Sch. značka fotodiody

[12]



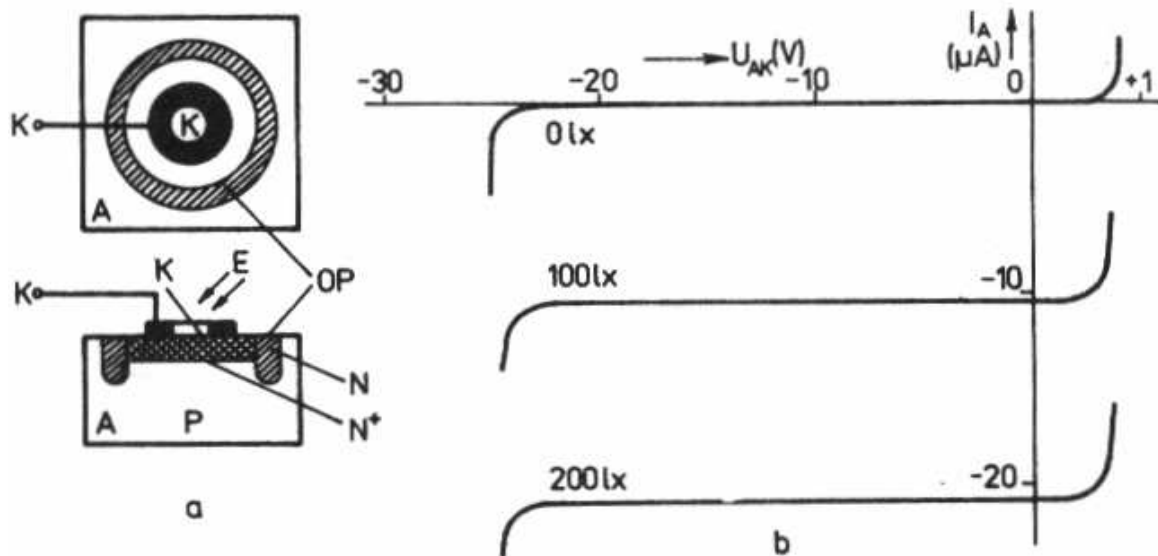
obr. 10 V/A charakteristika fotodiody

[12]

2.2.2.1. Lavinová fotodioda

Struktura této fotodiody je na obr. a. Ochranný prstenec OP zvětšuje odolnost diody proti povrchovému napěťovému průrazu. Katoda je tvořena vrstvou N s velmi nerovnoměrnou koncentrací příměsí, která se od povrchu do hloubky (asi 0,5 mm) prudce zmenšuje (z N^+ až na velmi čistý intrinzní polovodič). V důsledku toho dochází při působení napětí ve zpětném směru k nerovnoměrnému rozložení intenzity pole uvnitř diody. Páry elektron - díra, uvolněné při osvětlení, jsou elektrickým polem velmi urychleny a způsobují nárazovou ionizaci krystalové mřížky. To se projevuje prudkým vzrůstem anodového proudu při určité velikosti záporného anodového napětí (obr.11, b).

Lavinové fotodiody pracují v impulsovém režimu jako citlivé a rychlé optické přijímače. Mezní frekvence světelných impulsů, na které dioda reaguje, je až několik desítek gigahertzů. [2]



Obr. 11 Lavinová fotodioda

[12]

2.2.2.2. Fotodioda PIN

Užívá se v oblasti centimetrových vln jako řízený odpor nebo spínač. Skládá se ze dvou silně legovaných oblastí P+ a N+ a oblasti vlastního (intrinzičního) polovodiče I. Pro funkci diody je rozhodující vlastnost vrstvy I.

Přiloží-li se na PIN diodu napětí v přímém směru, dojde k injekci nosičů do obou konců oblasti I a její odpor se zmenšuje v závislosti na procházejícím proudu. Vzhledem ke značné časové konstantě rekombinace (asi 1 μ s) a velké době potřebné k extrakci těchto nosičů z vrstvy I, nestačí se při vyšších kmitočtech oblast I vyprázdnit v průběhu záporné půlperiody. Proto se při harmonickém průběhu vysokofrekvenčního napětí ustálí střední hodnota nosičů v oblasti I a dioda z vysokofrekvenčního hlediska představuje nízkou impedanci, ve velkém rozsahu nezávislou na přenášeném výkonu. Při závěrně polarizované PIN diodě dojde k odčerpání náboje z objemu vrstvy I a vytvoří se oblast prostorového náboje (tloušťka závisí na přiloženém napětí). Dioda se chová jako kondenzátor, jehož hodnota klesá. Přivedeme-li vysokofrekvenční napětí, nestačí se vrstva I v průběhu kladné půlperiody zaplnit nosiči a dioda vykazuje vysokou impedanci s malou závislostí na přivedeném výkonu.

PIN diody se obvykle vyrábějí z křemíku. Základ tvoří vrstva I, do níž se difundují nebo implantují vrstvy N+ a P+. [2]

2.2.2.3. Schottkyho fotodioda

Tyto diody dosahují náběhu řádově 10-12 až 10-13 s. Pro výrobu Schottkyho diod se nejčastěji používá křemík nebo GaAs. Základ struktury tvoří destička silně dotovaného polovodiče N+. Na ní se epitaxiálně nanese vrstva typu N. Kontakt kov - polovodič se vytváří napařováním. Epitaxiálně slabě dotovaná vrstva zajišťuje diodě dobré závěrné vlastnosti, silně dotovaná vrstva pak dobrý ohmický kontakt a malý sériový odpor.

Definice mezních parametrů Schottkyho diod jsou shodné s diodami s P-N přechodem, a to zejména dynamické parametry, jsou u Schottkyho diod bezkonkurenční.

[12]

2.2.2.4. Parametry diod

a) mezní parametry

Obecně lze shrnout, že na V/A charakteristikách diod dochází v propustném i závěrném směru při určité hodnotě napětí k strmému nárůstu proudu. Napětí v propustném směru, při kterém dochází k průtoku významné hodnoty proudu, se označuje jako prahové napětí. Hodnota prahového napětí vyplývá z šířky zakázaného pásu, a proto se u diod různých materiálů liší. Hodnota proudu za kolenem může strmě narůstat a v součinu s prahovým napětím způsobuje výkonovou ztrátu, která se mění na Jouleovo teplo a diodu ohřívá. Aby nedošlo k jejímu tepelnému přetížení, je pro každou diodu výrobcem stanovená maximální povolená střední hodnota proudu. Schopnost odvádět teplo z libovolné součástky je obecně určena pouzdrem.

Pro případ, kdyby se dostaly závěrné charakteristiky za koleno a došlo by vlivem výkonového přepětí k jejich průrazu, uvádí výrobce tzv. maximální opakovatelné závěrné napětí, které nesmíme překročit.

b) charakteristické parametry

Tyto parametry udávají, do jaké míry jsou zaručeny určité užitné vlastnosti. U diod je důležitý dynamický parametr zvaný doba závěrného zotavení t_{rr} . Tento parametr udává, jak rychle dokáže dioda přepnout z propustného do závěrného směru a blokovat průchod proudu.

Vedle doby závěrného zotavení t_{rr} charakterizující dobu „vypnutí“ diody, může být důležitým parametrem také doba „sepnutí“ reprezentovaná dobou propustného zotavení t_{fr} .

Tyto parametry charakterizují rychlost diody v případě aplikace velkého signálu, kde dochází ke změnám napětí a proudu až o několik řádů. Pro případ malého signálu, většinou harmonického průběhu, charakterizujeme diodu pomocí její impedance. V prvním přiblížení se impedance může skládat z paralelní kombinace diferenciálního odporu a kapacity diody. Při stanovení hodnoty kapacity je nutné rozlišovat mezi propustným a závěrným směrem. [2]

2.2.3. Fototranzistor

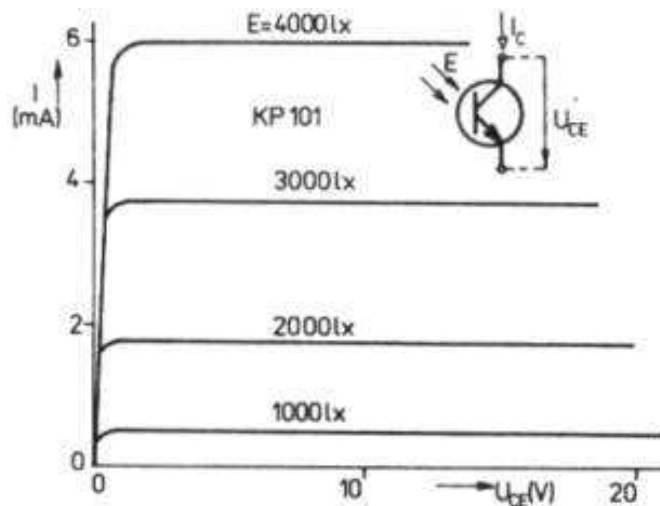


Obr.12 Fototranzistor BPY62-1

[11]

Fototranzistor je bipolární křemíkový tranzistor, jehož emitorový přechod je přístupný světlu. Zapojuje se společným emitorem, vnější zdroj se připojuje mezi kolektor a emitor tak, aby kolektorový přechod byl polarizován závěrně. Báze zpravidla nebývá vyvedena. Princip spočívá v tom, že emitorový přechod je otevírán osvětlením, počet uvolněných nosičů se zvětšuje úměrně s osvětlením a je zesilován jako proud báze v bipolárním tranzistoru. Vlivem tohoto zesilovacího účinku mají fototranzistory větší citlivost na osvětlení než fotodiody. Neozářeným fototranzistorem prochází kolektorový proud, zvaný proud za temna I_0 , který je určen zbytkovým proudem tranzistoru I_{CE0} . Voltampérové charakteristiky mají tvar výstupních charakteristik bipolárního tranzistoru, parametrem je zde namísto proudu báze osvětlení E .

Příklad světelné a voltampérové charakteristiky křemíkového fototranzistoru je na obr. 13. Konstrukčně jsou jak fotodiody, tak fototranzistory upraveny tak, že ve stěně pouzdra je vstupní okénko pro světelný tok ve tvaru čočky. [2]



Obr. 13 Charakteristika křemíkového fototranzistoru

[12]

2.2.4. Fototiristor



Obr. 14 Fototyristor

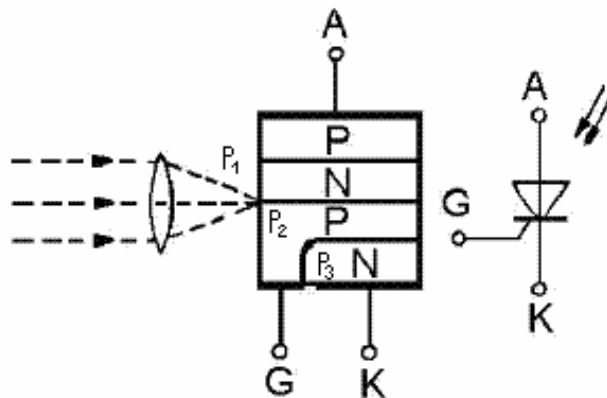
Jsou to prvky pracující s velkými proudy na výstupu. Na obrázku 14 je naznačeno uspořádání fototiristoru. V pouzdra o průměru kolem 8 mm a výšce asi 6 mm je umístěna na světlo citlivá křemíková destička. Přívody ke katodě a k zapalovací elektrodě jsou vedeny izolačními průchodkami, protože fototiristor zpracovává napětí až do 200 V. Anoda je kvůli chlazení spojena se základní deskou a pouzdra. Pro spínání vyšších výkonů je pouzdro opatřeno chladícími žebry. Na čelní stěně pouzdra je zataveno průchozí okénko. Prochází-li

světlo tímto okénkem na světlocitlivý systém, vznikne spínací impuls, který tyristor „zapálí“. Podobný jev byl sice už dříve popsán u fotodiod a fototranzistorů, ale zde ještě přistupuje lavinový vzrůst proudu, který je typický pro tyristory. [12]

2.2.4.1. Princip funkce fototyristoru

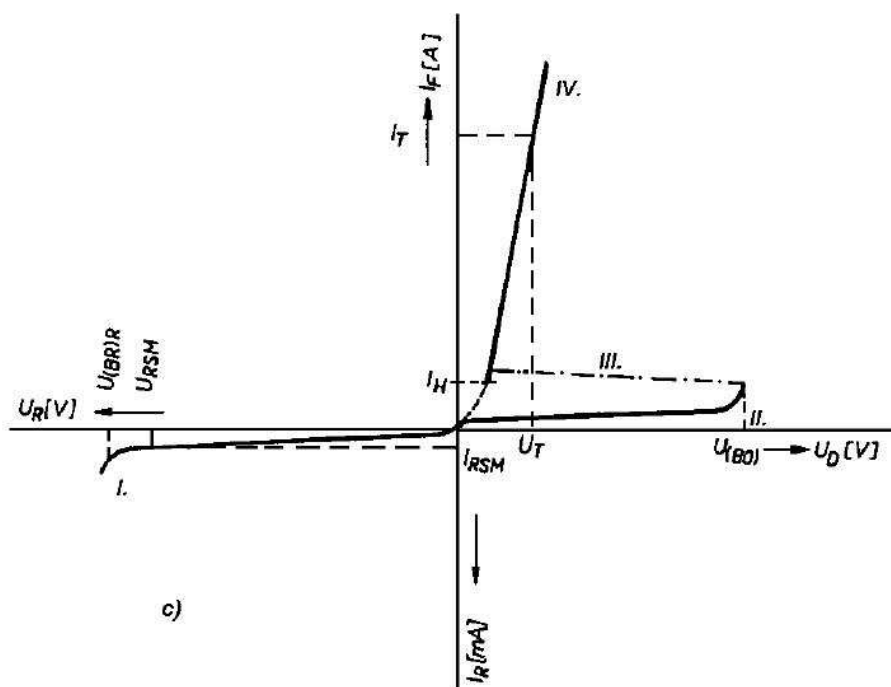
Uspořádání fototyristoru je na obr. 15. Přechody P_1 a P_2 jsou v propustném směru. Přechod P_2 je uzavřen. Dopadne-li světlo na křemíkovou destičku, uvolní se v zóně P nosiče nábojů, které se pohybují v zóně P_1 , případně P_3 . Tím vzniká malý proud ve směru anoda – katoda. Dalším působením světla roste tento proud a s ním i proudové zesílení npn a pnp tranzistorových systémů, které tento čtyřvrstvý systém tvoří. Proto proud lavinovitě narůstá, pokud není omezen vnějším pracovním odporem. Mezi zapalovací elektrodou a katodu je nutno zapojit svodový odpor, který snižuje zesílení npn oblasti. Fototyristor se zhasí pomocí snížení anodového napětí jako normální tyristor.

Spektrální charakteristika fototyristoru má maximum v infračervené oblasti a je dána použitým materiálem. [12]



obr. 15 schématická značka a vnitřní uspořádání fototyristoru

[12]



obr. 16 VA charakteristika fototyristoru

[12]

2.2.5. Emisní snímače

Je to nejstarší druh snímače. Využívá různých druhů emisí elektronů nebo fotonů. Jde především o využití fotoelektrické a tepelné emise.

[5]

2.2.5.1 Fotonka

První zmínky jsou kolem roku 1888. Ve skleněné vyčerpané baňce jsou umístěny dvě elektrody. Katoda (např. z alkalického kovu) a anoda.



Obr. 17 Fotonka

[11]

Jestliže přiložíme na snímač polarizační napětí tak, že katoda je záporná, pak při jejím osvětlení se z ní uvolňují elektrony, které jsou přitahovány anodou. Vzniká fotoelektrická emise. Látky, které mají schopnost měnit zářivý tok na fotoelektrický proud, musí vyhovovat určitým podmínkám. Především optická absorpce musí být v žádaném spektrálním oboru záření. Dále je nutné, aby předání v případě vnějšího fotoelektrického jevu mohl elektron z místa vybuzení dosáhnout povrchu. Dále je nezbytné, aby výstupní práce použitého materiálu byla menší než energie absorbovaného fotonu. Emitované elektrony musí být nahrazeny jinými z vnějšího zdroje. Kovy se neuplatňují, protože se vyznačují poměrně značnou optickou odrazivostí a kromě toho vybuzený elektron ztrácí svou energii srážkami s volnými elektrony vodivostního pásu. U izolantů znemožňuje malá vodivost náhradu emitovaných elektronů elektrony z vnějšího zdroje.

Základním prvkem fotoelektrického snímače je fotokatoda. Její vlastnosti určují parametry snímače a jeho použití. Závislost citlivosti fotokatody na vlnové délce dopadajícího záření se nazývá spektrální charakteristika. Typickou vlastností spektrální charakteristiky fotoemisního polovodiče je selektivnost, která se projevuje existencí maxima spektrální citlivosti.

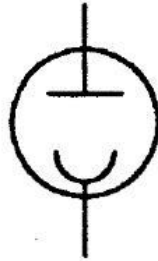
Podle Stoletovova zákona je fotoelektrický proud přímo úměrný osvětlení fotokatody za předpokladu, že se v blízkosti fotokatody netvoří prostorový náboj a že se spektrální složení dopadajícího záření nemění. Voltampérová charakteristika vyjadřuje závislost fotoelektrického proudu fotokatody na napětí kolektoru při konstantní hodnotě dopadajícího zářivého toku.

Možnost použití snímače v dynamickém provozu udává tzv. kmitočtová charakteristika. Je to závislost nasyceného fotoelektrického proudu fotokatody na kmitočtu změn dopadajícího zářivého toku.

Se zvýšením teploty se zvětšuje počet nejrychlejších elektronů, jejichž energie je větší než výstupní práce z povrchu daného materiálu. Tento stav má za následek zvětšení proudu změnu spektrální charakteristiky snímače. I při pokojové teplotě lze u fotokatod naměřit určitý termoelektrický emisní proud.

V určitém čase se v určité elementární části prostoru nevyskytuje vždy přesně stejný počet elektronů. Emitovaný proud není proto absolutně konstantní, ale má povahu statické fluktuace, která je vyjádřena střední kvadratickou hodnotou celkového proudu všech elektronů emitovaných v uvažovaném časovém intervalu.

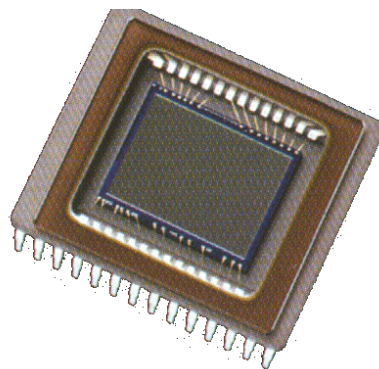
Důležité jsou optické vlastnosti fotokatody. Světlo prochází fotokatodou a v závislosti na její tloušťce se částečně láme, odráží a pohlcuje. Vlastnosti katody se mění v závislosti na době a velikosti osvětlování. Tento jev se nazývá únava fotokatody. Tato únava má vratný i nevratný charakter. Termoelektrická emise určuje meze použití fotokatod při velmi nízkých úrovních osvětlení. [5]



obr. 18 Schématická značka fotonky

[12]

2.2.6. Snímače CCD

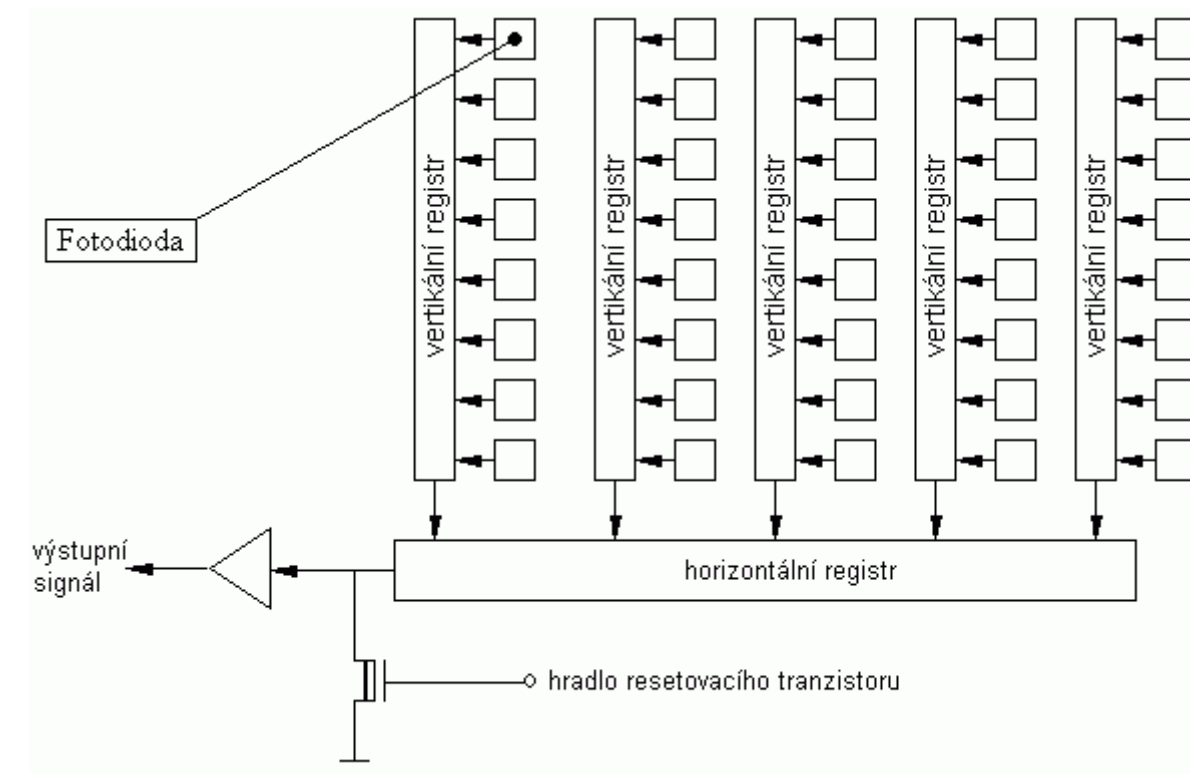


Obr. 19 Snímač CCD

[11]

První obvody CCD (charge coupled devices - obvody, vázané nábojem) vznikaly koncem 60-tých let jako posuvné a paměťové registry pro výpočetní techniku, teprve později bylo využito k formování náboje na jednotlivých elementech obvodu fotodiod a vznikl snímací obvod CCD. Název prvních typů BBD (bucket brigade devices) ukazuje princip přenosu dat v registru. "Bucket brigade" je řada hasičů, předávajících si nádoby s vodou od zdroje k místu požáru. To vystihuje princip přenosu nábojů i uvnitř obvodů CCD. Snímací obvody CCD se liší od ryze posuvných soustav tím, že náboj je generován do každého prvku soustavy vloženou fotodiodou.

2.2.6.1. Princip CCD snímaču



Obr. 20 Princip CCD chipu

Ve fotodiodě se uvolňuje dopadem fotonu v okolí zpětně předpjatého přechodu p-n elektron, který je přitahován ke kladné elektrodě, kde se akumuluje jako náboj, úměrný dopadlé světelné energii. Náboj z fotodiody se převede do elementu vertikálního posuvného registru a poté do horizontálního registru, kde přiložené napětí vytváří potenciálovou jámu, do které se elektrony ukládají. Posuv nábojů při jejich vyvádění z obvodu se zajišťuje trojitou soustavou elektrod, na které se přivádí vhodně tvarované napětí. Tím vznikají postupně posunuté potenciálové jámy, do kterých se náboje přelévají a tak postupují od jednoho elementu snímacího obvodu k druhému. Nesmí při tom docházet ke ztrátám, neboť náboj je analogovým modelem obrazu, který je úrovnově digitalizován až na výstupu v analogově-digitálním převodníku.

K hlavním výhodám CCD snímačů patří zejména:


- malé rozměry,
 - vysoká geometrická přesnost uspořádání světlocitlivého pole,
 - velká citlivost a široký spektrální rozsah zasahující až do infračervené oblasti,
 - velký dynamický rozsah,
 - dobrá linearita akumulace náboje a tedy i převodní charakteristiky,
 - značná odolnost vůči vlivům vnějších magnetických a elektromagnetických polí,
 - nepatrný příkon.
- [13]

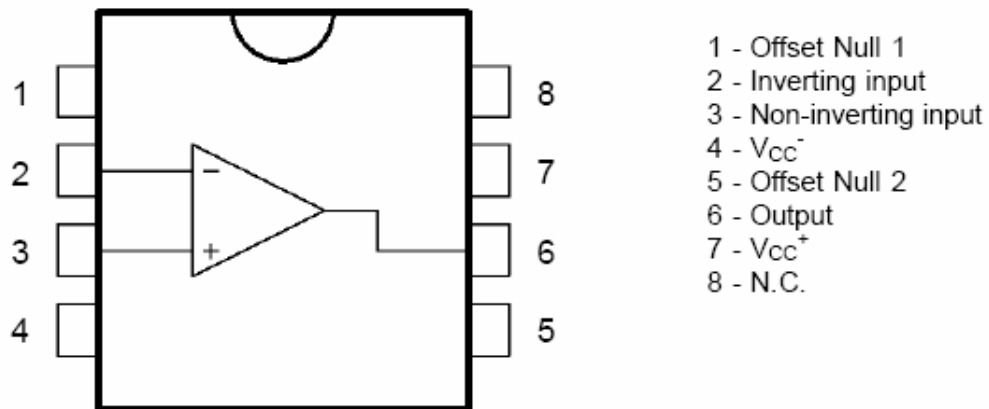
3. NÁVRH ŘEŠENÍ SNÍMAČE A ZESILOVAČE OPTICKÉHO SIGNÁLU

3.1. Fotodioda použitá v snímači

Jedná se o fotodetektor, který využívá ke snímání optického signálu fotodiodu PIN. Tato fotodioda má typové označení BPW 34. Dioda má vlnovou délku 400 - 1100 nm a vyzařovací úhel $\pm 60^\circ$. Dioda je uložena v čířém pouzdře.

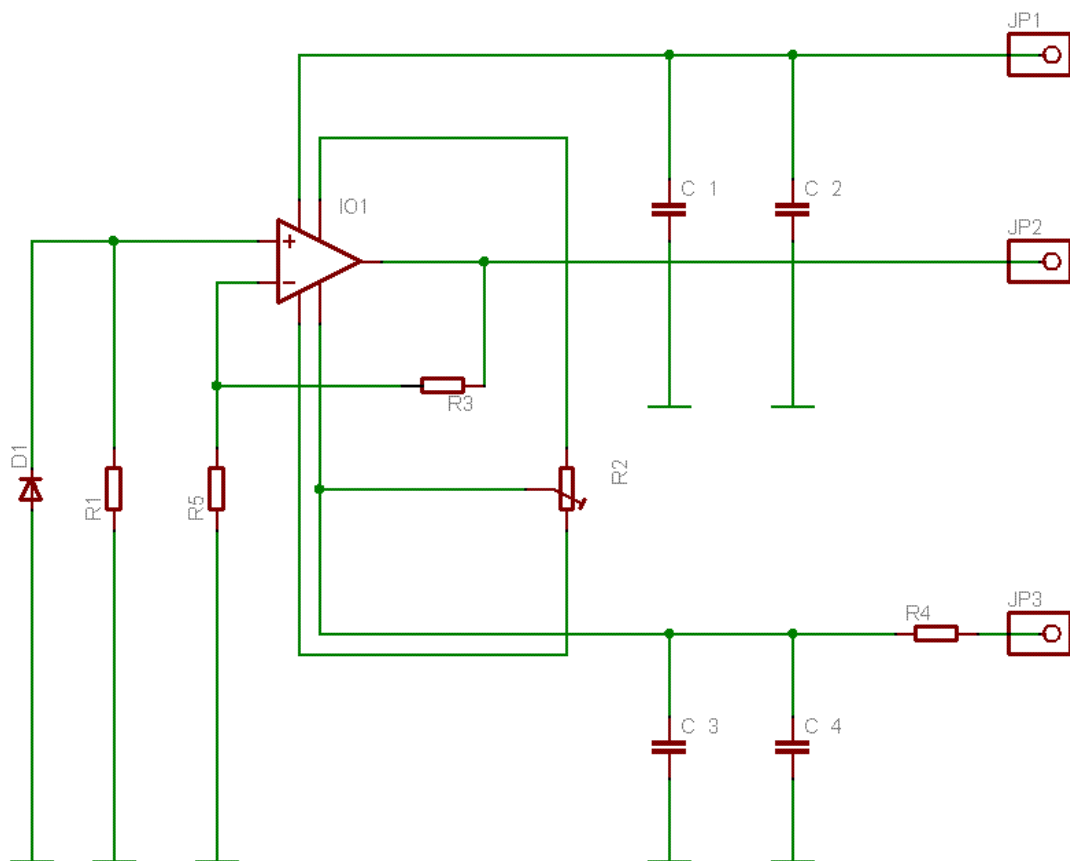
3.2. Zesilovač optického signálu

Signál z fotodiody je dále zesílen pomocí operačního zesilovače v integrovaném obvodu TL071CN . Tento integrovaný obvod v sobě zahrnuje 1x OZ, realizovaný pomocí JFET technologie. Napájecí napětí se pohybuje v rozmezí mezi $\pm 18V$. Integrovaný obvod se vyrábí v pouzdře DIP8. Vývody operačního zesilovače jsou do patice zapojeny podle obrázku 21. Schéma zapojení zesilovače je na obr. 22.



Obr. 21 Zapojení pinů operačního zesilovače

[14]



Obr. 21 Schéma zapojení operačního zesilovače

Použité součástky na operačním zesilovači:

D - dioda

R₁ - 10K

R₂ - Trimr

R₃ -10K

R₄ -10K

R₅ - 1K

C_{1,2,3,4} - 47 μF/25V

Napájecí napětí je +/-12V

JP_{1,2,3} - svorky přívodních kabelů

4. Mechanické řešení posuvu fotodetektoru

4.1. Popis Tiskárny

Pro posuv fotodetektoru jsem použil součástky z jehličkové tiskárny Epson typu LX-300plus[®]. Další využití v práci našly díly z počítače, například zdroj, nebo univerzální zdroj, který měl možnost přepínání výstupního napětí v rozmezí 1,5 – 12V. Tato tiskárna má formát A4 s rozlišením tisku (240x216) dpi. Tiskárna má 80 znaků na řádek, při hustotě 10 cpi. To znamená, že se snímač může po vodící tyči pohybovat v rozmezí 203,2 mm. Z toho můžeme určit přesnost pohybu detektoru.

4.2. Postup při odstrojení nepotřebných částí

Z tiskárny byl jako první sejmuto plastový kryt, spodní část držáku plošných spojů byla přeříznuta v polovině a vyjmuta kompletní elektronika a odstrojena část, které tiskárna používala pro posuv papíru. Spodní část byla nahrazena pevnou deskou, pro výsledný produkt je potřebná část tiskárny, kde je na ocelové vodící tyči umístěna tisková hlava, která je posouvána speciální gumou ovládanou krokovým motorem přes převodové ústrojí z ozubených kol. Tato guma je též napnuta na ozubených kolech. Síla, kterou je guma

napínána se dá regulovat pomocí péra spojeného s krokovým motorem a držákem vodící tyče.

Z tiskové hlavy se odmontovala vrchní část, na které jsou umístěny jehly pro tisk. Na tomto místě vznikla volná plocha o rozměrech 30 x 60 mm, na níž se pomocí tří šroubů připevnil fotodetektor. Fotodetektor je k hlavě připevněn dvojicí šroubů. Přívodní kabely k detektoru jsou volně v mezeře mezi pojezdem a řídicí elektronikou. Přívodní kabely mají dostatečnou volnost, aby se nenapínaly při pohybu detektoru z jedné koncové polohy do druhé.

4.3. Krokový motor pro posuv fotodetektoru

Jedná se o krokový motor z tiskárny Epson LX-300plus[®]. Typové označení motoru je EM-2105519. Napájecí napětí motoru je až 34 V. Motor má velice velký kroučící moment. Vzhledem k tomu, že motor nyní nebude hýbat s celou tiskařskou hlavou, nyní může být napájecí napětí sníženo až na 5 V při dostatečně tvrdém zdroji. Motor se skládá ze statoru, který je tvořen sadou cívek. Pólové nástavce statoru jsou vroubkovány se stejnou roztečí, jako je rozteč magnetů rotoru. Toto je jedna z částí motoru zvyšující přesnost při stejném počtu cívek. Rotor je tvořen hřídelí, usazenou v kovovém pouzdře a prstencem z permanentního magnetu. Na hřídeli je upevněno ozubené kolo, které přenáší točivý moment na další ozubená kola, pohybující se speciální gumou, ovládající pohyb fotodetektoru. Krokový motor je propojen s řídicí částí šesti, barevně odlišenými, přívodními dráty:

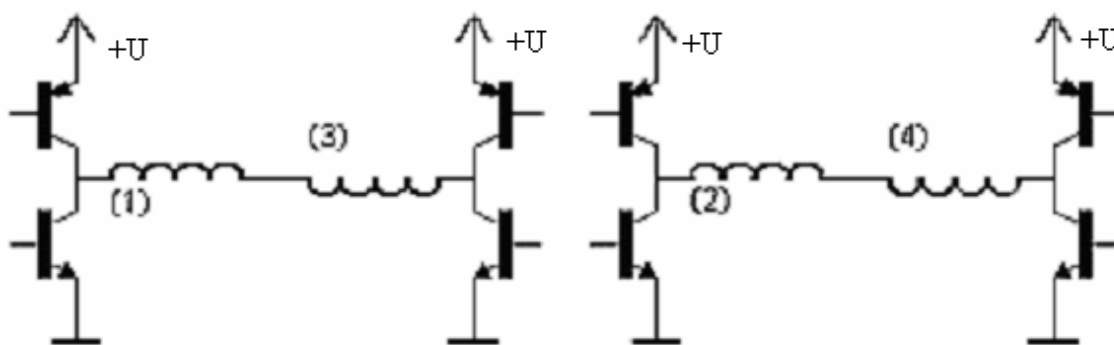
1. červený (zemnicí kabel),
2. modrý (zemnicí kabel),
3. hnědý (napájení cívek 5 - 34 V),
4. hnědý (napájení cívek 5 - 34 V),
5. bílý (zemnicí kabel),
6. oranžový (zemnicí kabel).

Pro pohyb krokového motoru je využíván jednoduchý princip. Je to zákon elektromagnetické indukce. Proud procházející cívkou statoru vytvoří magnetické pole, které přitáhne opačný pól magnetu rotoru. Vhodným zapojováním cívek dosáhneme vytvoření rotujícího magnetického pole, které otáčí rotorem. U této tiskárny nebyla k dispozici technická dokumentace, nebylo tedy známo, který přívodní drát motoru je napájení a kterým

se bude jednotlivé cívky uzemňovat. Postup byl následující. Prvním krokem bylo odstranit z přívodních drátů ochranný povlak a ohmmetrem proměřit vývody krokového motoru. Bylo zjištěno, že motor se skládá z dvojce cívek s dvojitým vyvedeným středem vinutím. Obě cívky měly odpor cca 35Ω a při měření na vyvedeném středu se odpor zmenšil zhruba na polovinu. Tento motor by se tedy mohl řídit s polovičním krokem. Dalším krokem bylo zjistit v jakém pořadí uzemňovat jednotlivé cívky, aby se dosáhlo rotačního pohybu motoru. I nyní byl zvolen postup pokus - omyl. Střední cívky se připojily na napětí 12V a postupně přikládaly vývody k zemi.

4.4. Řízení krokového motoru

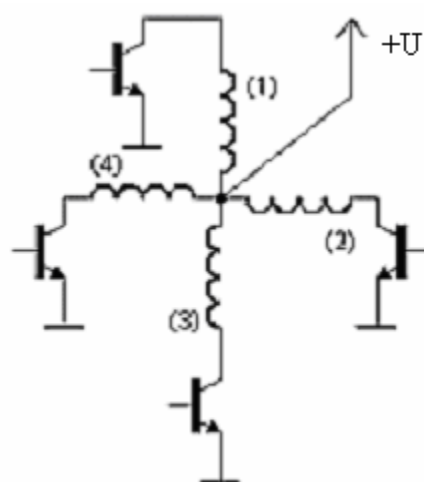
Pro řízení krokového motoru typového označení EM-2105519[®] je možné použít dvoufázové bipolární řízení. Při bipolárním řízení prochází v jednom okamžiku proud dvěma protilehlými cívkami (1,3, nebo 2,4). Ty jsou zapojeny tak, že mají navzájem opačně orientované magnetické pole. Motor s tímto buzením má větší odběr, ale také poskytuje větší kroutící moment a větší výkon. Bipolární řízení je nejpoužívanější u průmyslových aplikací.



Obr. 21 schéma bipolárního řízení

[15]

V mém případě jsem volil řízení unipolární. Při unipolárním řízení prochází v jednom okamžiku proud právě jednou ze čtyřech cívek. Motor s tímto buzením má nejmenší odběr, ale také poskytuje nejmenší kroutící moment. Výhodou tohoto řešení je jednoduché zapojení řídicí elektroniky - v podstatě stačí jeden tranzistor na každou cívku. Pro menší motory lze výhodou použít integrovaný obvod ULN2803[®]. V jednom pouzdře je dostatek budičů pro řízení dvou motorů. Schéma unipolárního řízení je na obr. 22.



Obr. 22 Schéma unipolárního řízení

[15]

4.5. Napájecí kabel

Napájecí kabel u tiskárny byl umístěn na spodní straně. Konektor byl připevněn gumovým úchytem a po stranách přišroubován dvěma vruty. Ty byly odstraněny a do předem připravené vyřezané díry umístěn samotný konektor. I v tomto případě byly na uchycení použity vruty. Nyní se napájecí konektor nachází na přední straně.

4.6. Napájecí zdroj

Jako napájecí zdroj je použit spínaný zdroj z počítače, jelikož má 5V pro napájení logických obvodů a 12V pro napájení krokových motorů. Přebytečné vyvedené kabely ze zdroje jsem uvnitř zdroje uřízl a zaizoloval. Napájecí napětí pro tento zdroj je 198 až 264 V. Kmitočet je 49,5 až 50,5 Hz. Příkon tohoto zdroje je přibližně 300 W. U tohoto zdroje není zapotřebí jištění. V případě zkratu se spínaný zdroj odstaví sám. Pro zmenšení rozměrů detektoru jsem odstranil původní úchyt plošného spoje zdroje a připevnil jej přímo na podstavec.

4.7. Řídící obvody

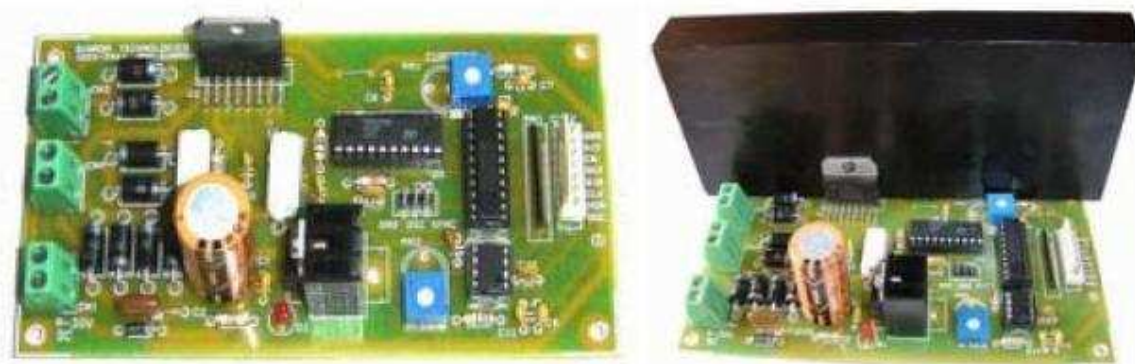
K ovládání krokového motoru je možné využít několik způsobů. Můžeme použít mikroprocesor, který je ale zapotřebí naprogramovat dle našich požadavků na chování

krokového motoru. Pro stavitele, kteří jsou v programování sběhlí, je to výhoda postupného odlaďování a nastavování. Dále se může využít speciálních obvodů, určených přímo k řízení krokových obvodů (např. Toshiba TA 8435H[®]). Na obrázcích 23 a 24 jsou uvedeny dva konkrétní řídicí obvody.



Obr. 23 Deska řízení motorů s procesorem

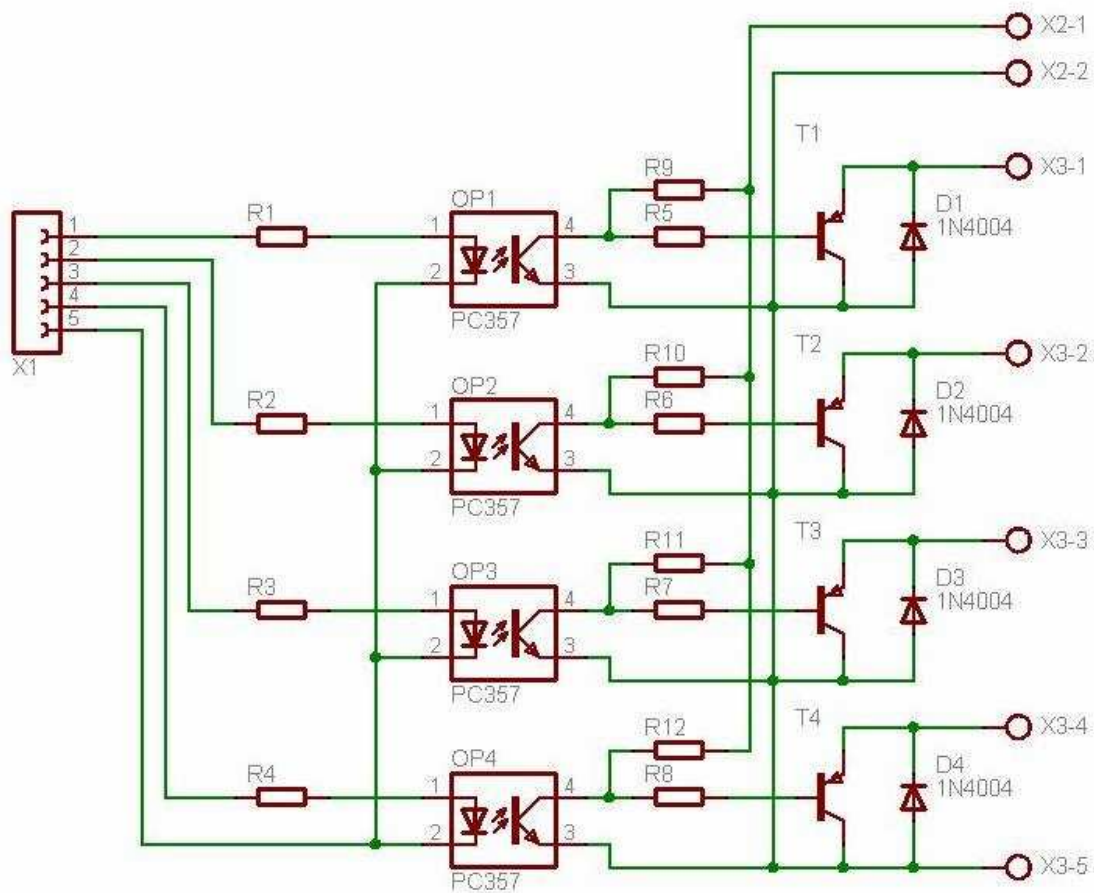
[7]



Obr. 24 Deska řídicích obvodů s obvodem L297[®] a L 298[®]

[7]

Řídicí obvod EPSON EQ 1A09BB[®] byl nahrazen zapojením které je na obr. 25.



Obr. 25 Řídící obvod

Obvod se skládá z koncových tranzistorů BD 651, které mají pouzdro TO 220, které jsou od paralelního portu PC odděleny optočleny PC 817 C-SHARP®. Na každé cívce krokového motoru je dioda 1A 4007 v antiparalelním zapojení, která se stará o eliminaci napěťových špiček na indukční zátěži. Rezistory R1, R2, R3, R4 vytvářejí proud pro světlo emitující diodu, která spíná fototranzistor v optočlenu. Rezistory R5 až R12 vytvářejí proud pro tranzistory T1 až T4, které spínají samotné krokové motory. Původní řídicí obvod byl nevyhovující, jelikož ovládal i jiné periferie, nežli krokový motor. Například pohyb papíru nebo samotný tisk. To nepodstatné. Pro tento případ je důležité jen postupné oživování čtyř přívodních drátů, které spínají cívky k pohybu krokového motoru. Na obrázku 33 je deska plošného spoje pro řídicí obvod.

4.8. Parametry použitých součástek

Na desce jsou použity křemíkové rezistory 1K, 680R, 100R, které mají výkon 0,6W. Všechny tranzistory jsou metalizované.



Obr. 26 Metalizovaný rezistor

[11]

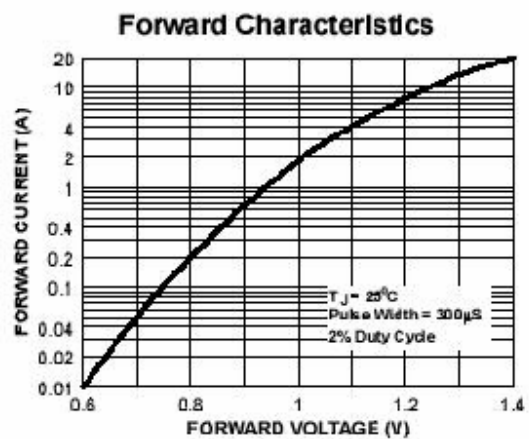
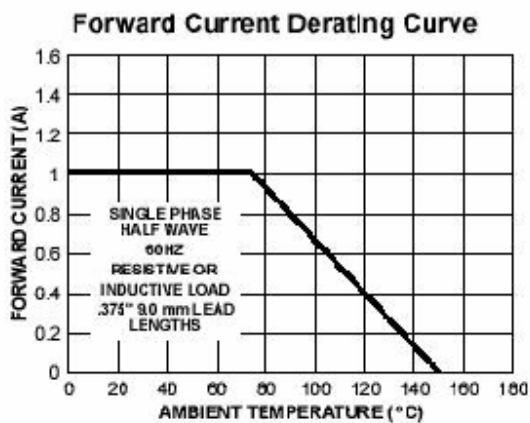
Polovodičové diody mají největší přípustný proud v propustném směru 1A a snášejí napětí až 1000V. Maximální hodnota proudu v závěrném směru je 5 μ A. Tyto diody pracují při teplotě -55 až 170 stupňů celsia.

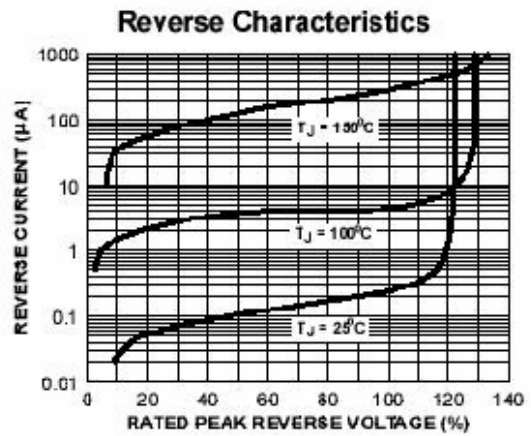
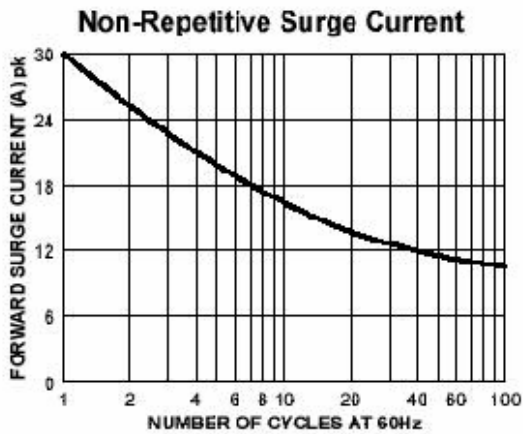


Obr. 27 Polovodičová dioda

[16]

Parametry použitých diod jsou přiloženy na obrázku číslo 28.

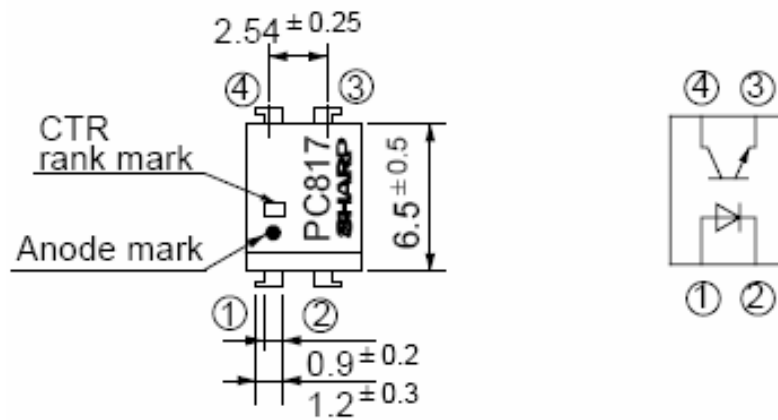




Obr. 28-29 Parametry polovodičových diod

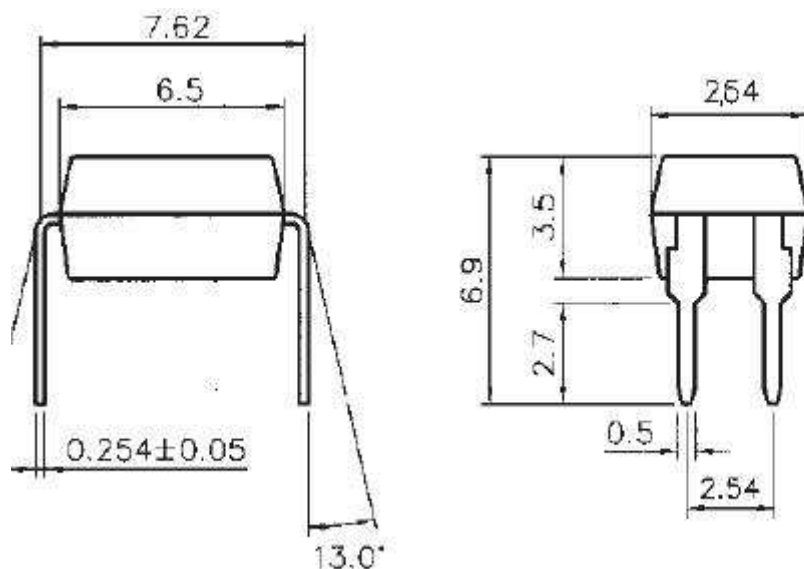
[14]

Optočleny PC 817 C-SHARP[®] mají U_{ISO} 5kV, CTR 50..600 %. Proud do fotodiody se pohybuje kolem 5 mA. Výstupní kolektorové napětí je až 35 V a proud je 50 mA. Tento optočlen se ukládá do pouzdra DIP 4.



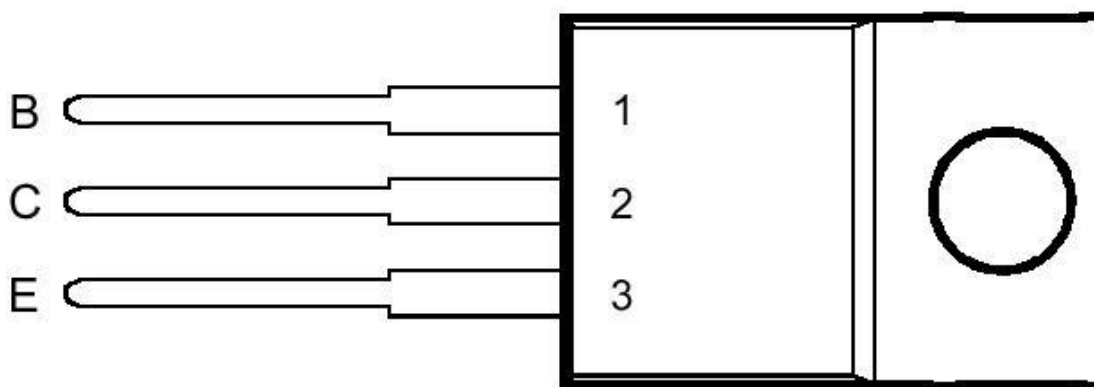
Obr. 29 Vnitřní zapojení optočlenu PC 817 C-SHARP[®]

[16]



Obr. 30 Rozměry optočlenu PC 817 C-SHARP® [16]

Tranzistory, které spínají cívky krokového motoru, jsou typu BD 651. Mají v sobě Darlingtonovo zapojení. Proto mají vysoké hodnoty zesílení a proudů. Pracují s napětím 120 V a zvládnou proud až 8 A. Tranzistor má výkon 62,5 W.



Obr. 31 Rozmístění vývodů na tranzistoru [16]

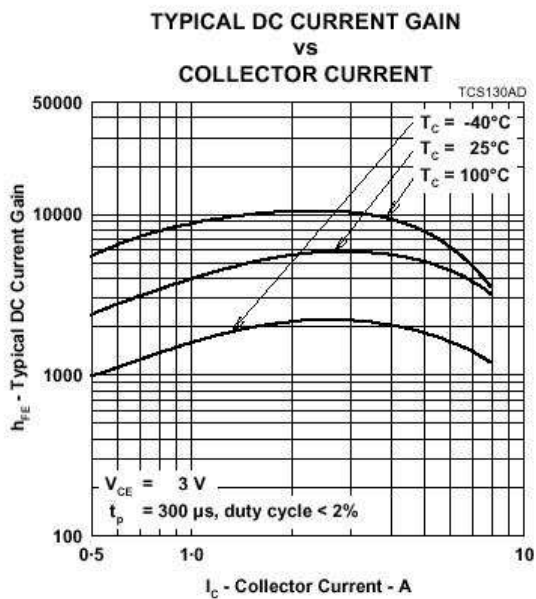


Figure 1.

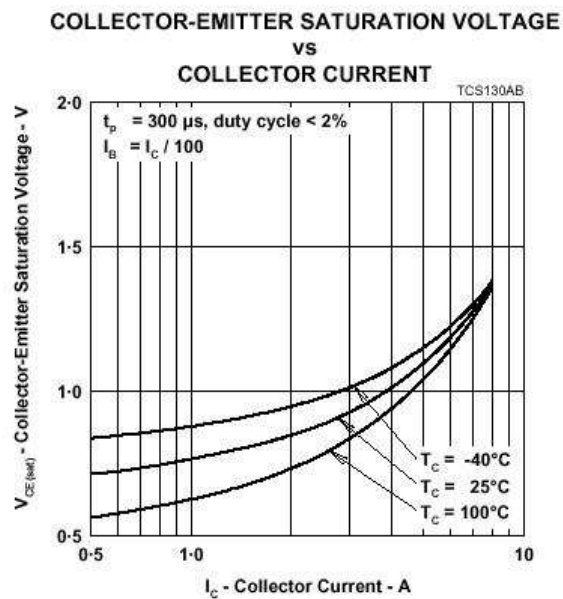


Figure 2.

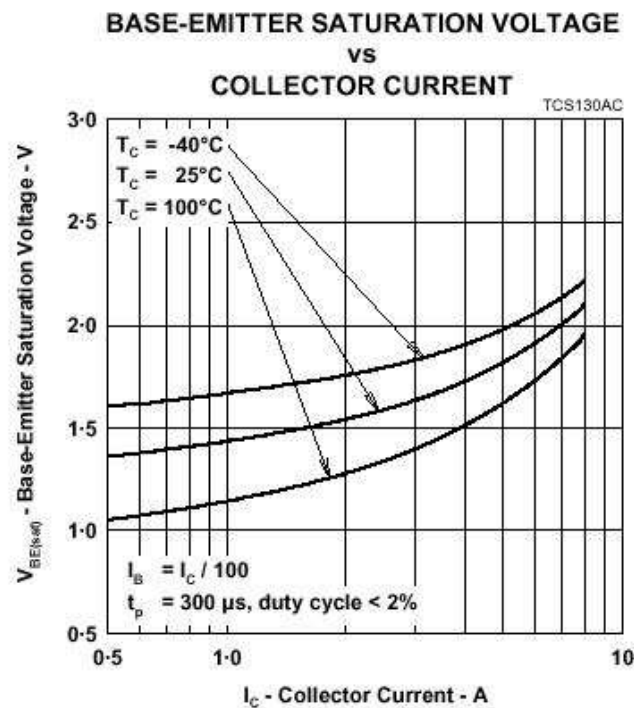


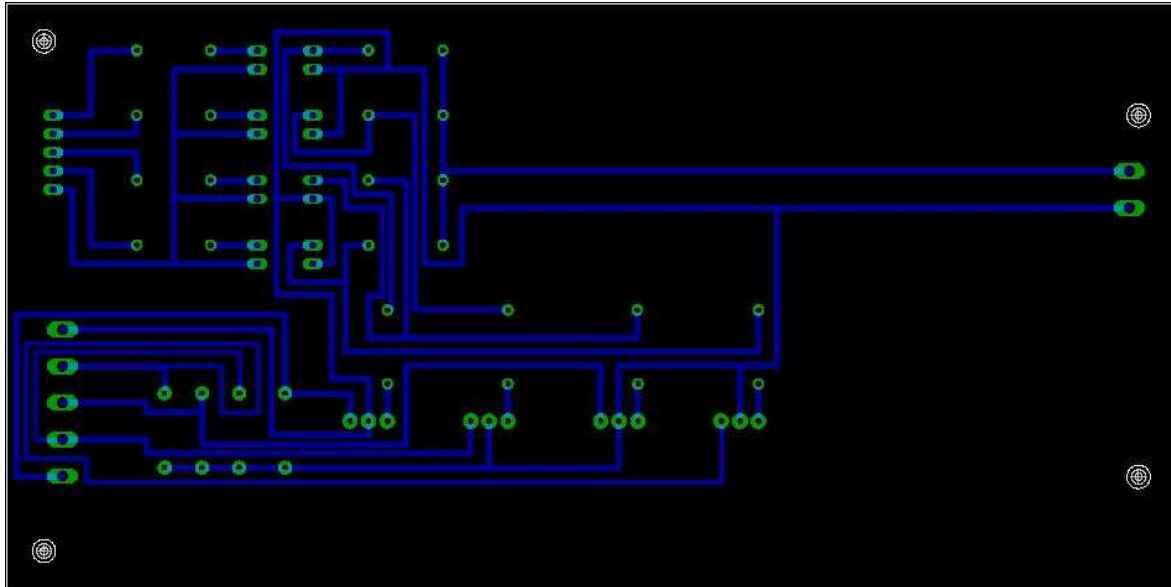
Figure 3.

Obr. 32 Parametry použitých tranzistorů

[16]

Pro optočleny jsem použil standardní patice RM typu DIL 6 a jeden pár pinů odlomil. Patice má rozměry 7,62 mm.

Z důvodu jednoduššího propojení desky řídicí elektroniky s okolními periferiemi jsem na plošný spoj umístil modré svorky RM 5. Velikost přívodních pinů je 0,8 mm. Tato svorka má maximální proudové zatížení 24A a je použitelná do napětí 250V.



Obr. 33 Deska plošného spoje pro řídicí elektroniku

Deska má rozměry 160mm x 80mm. Při výrobě plošného spoje bylo počítáno s velikost vodivých cest cca 0,6083 mm vzhledem k tomu, že na výstupu z tranzistorů již teče poměrně velký proud. Mohlo by dojít k jejich poškození a následnému zničení celého obvodu. Spodní část spojů se pro lepší vodivost pocínovala. Velikost děr pro umístění součástek je 0,8 mm. Tloušťka desky je 1.2 mm. Všechny součástky byly na plošný spoj připájeny přímo, pouze pro optočleny se použily patice. Byl brán ohled na tepelné poškození součástky při pájení přímo na desku. Je to výhodnější i z hlediska výměny součástky za novou, kdyby došlo k jejímu poškození. Na každé straně desky plošného spoje jsou umístěny otvory pro přichycení na základní desku snímače.

4.9. Přenos dat z PC

K přenosu dat z PC do řídicího obvodu se používá paralelní i seriový port. V tomto případě se volilo využití paralelního portu. U vyšších operačních systémů se však vyskytuje problém s jeho rychlostí. Ten byl vyřešen použitím staršího operačního systému. Přesně se jedná o Windows 3.11. Další nevýhoda paralelního portu je jeho náchylnost na napěťové špičky a zkraty. Proti tomuto problému bylo při výrobě použito na vstupu řídicí elektroniky optické oddělení. Výhodou paralelního portu je v tom, že na každý příkaz je zabrán jeden jeho pin. Znamená to ale možnost ovládat jen čtyři motory najednou. V tomto případě nepodstatný problém. Při posílání dat přes seriový port je nutnost posílání dat ve formě „paketů“, které musí řídicí elektronika umět rozkódovat. Nebo vyřešit problém přidavným obvodem, například posuvným registrem, do kterého by se jednotlivé pulsy načetly a poté byly dále zpracovávány řídicí elektronikou.

5. POUŽITÍ FOTODETEKTORU

5.1. Obecné použití optických detektorů

- Pro snímání a detekci polohy téměř libovolných materiálů.
- Snímání pohybujících se předmětů i různých teplot.
- Strojní průmysl - dopravníky, detekce posunu, kontrola kvality, automatické zhasínání.
- Montážní linky - nastavení pozice, počítání dílů.
- Textilní stroje - zjišťování množství materiálu na odvíjené roli.
- Potravinářský průmysl - např. zjišťování přítomnosti pečiva na výrobní lince, kontrola obsahu krabic, kontrola velikosti cukrářských výrobků.
- Sledování a detekce otvorů ve výrobcích.
- Kontrola velikosti předmětů.
- Kontrola naplnění různých zásobníků.
- Zjišťování chybných etiket.

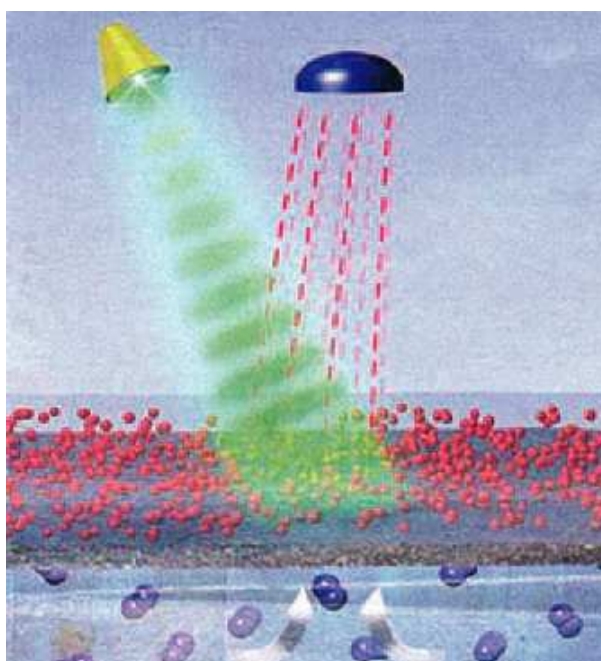
5.1. Použití fotodetektoru

Fotodetektor může být používán v různých situacích. Hlavní využití bude při fyzikálních měřeních a pokusech na Pedagogické fakultě Jihočeské univerzity, především katedře fyziky.

Tento detektor je schopný měřit také sedimentaci různých látek. Například krve. Další možné využití by bylo v chemickém průmyslu jako snímač rozpuštěného kyslíku ve vodě. Tento snímač musí být ale lehce upraven. Musí být vybaven opticky transparentním nosičem, v němž je vlastní optická analýza oddělena od tekutiny. Na straně tekutiny je nosič opatřen propustnou vrstvou obsahující světélkující molekuly, které emitují červené světlo, jestliže jsou povzbuzeny krátkovlnným světelným pulzem. Intenzita a trvání tohoto světla závisí na parciálním tlaku kyslíku, který je přítomen v tekutině. Právě časové závislosti se využívá pro měření.

Výhodou optického senzoru proti elektrochemickým je to, že při rychlých změnách koncentrace solí nezaznamenává příliš velké chyby měření. Ty jsou způsobeny tím, že se vytvářejí bublinky kyslíku, které obklopují katodu snímače a způsobí neúměrný vzrůst proudu. Optický senzor nemá žádné problémy s různými koncentracemi a měření probíhá hladce.

[18]



Obr. 34 Princip optického měření koncentrace kyslíku v kapalině

[18]

Fotodetektor může být použit i jako hlásič požáru. K detekci kouře se využívá princip rozptylu infračerveného světla na pevných částicích v optické komoře.

5.1.1. Princip optické komory

Při průchodu hmotným prostředím vyvolává světlo v částech prostředí polarizaci. Takto vzniklé dipóly vyzařují světlo téže vlnové délky. Ve stejnorodém prostředí se účinkem interference sekundárních vln podle Huygensova principu šíří světlo pouze ve směru primární (dopadající) světelné vlny. V nestejnorodém prostředí obsahujícím částice nebo jiné nehomogenní složky s polarizovatelností odlišnou od polarizovatelnosti prostředí, indukuje procházející světelné vlnění v těchto částicích dipólové momenty jiné velikosti než v částicích disperzního prostředí. Záření těchto dipólů už není kompenzováno ve smyslu Huygensova principu a jeví se jako rozptýlené světlo. Tím detektor odhalí přítomnost kouře. Detektor velmi dobře reaguje na paprsky rozptýlené částicemi kouře, které vznikají doutnáním např. dřeva.

6. PROGRAM PRO OVLÁDÁNÍ KROKOVÉHO MOTORU

6.1. Postup při výrobě programu

Pro výrobu programu na ovládání krokového motoru použitého v optickém snímači byl zvolen programovací jazyk C++[®]. Pro tuto práci byly napsány dva druhy programů.

V prvním se nepočítalo s ovládáním motoru přes rozhraní CIF56506[®]. Jedná se o přímé řízení krokového motoru přes paralelní port. Program se skládá ze dvou částí, které se pravidelně opakují. Tj. určitý počet kroků na jednu a druhou stranu, které má motor vykonat.

V druhém případě je program tvořen též dvěma částmi, ale je poněkud složitější a bylo v něm počítáno s pohybem motoru při měření optického signálu jen na jednu stranu. Tento program již komunikuje i s dalšími elektronickými prvky. Např. koncový spínač.

6.2. Program pohybující motorem přes paralelní port

```
#include <stdio.h>
#include <dos.h>

int step_r (int i);
int step_l (int i);

char rotace = 1;
unsigned int base_add = 0x378;

int main ()
{
    int j;
    clrscr();
    outport(base_add, rotace);
    while (1)
    {
        printf("Zadej pocet kroku motorku doleva: ");
        scanf("%i", &j);
        step_r (j);
        printf("Zadej pocet kroku motorku doprava: ");
        scanf("%i", &j);
        step_l (j);
    }
    return 0;
}
```

```
}
```

```
int step_r (int i)
{
while (i != 0)
{
rotace = rotace * 2;
if (rotace > 8)
rotace = 1;
outport(base_add,rotace);
delay(30);
i--;
}
return 0;
}
```

```
int step_l (int i)
{
while (i != 0)
{
rotace = rotace / 2;
if (rotace < 1)
rotace = 8;
outport(base_add,rotace);
delay(30);
i--;
}
return 0;
}
```

6.3. Program ovládající motor přes rozhraní CIF56506[®]

V první části programu se jedná o nastavení detektoru do základní polohy, odkud bude motor pohybovat detektorem po jednotlivých krocích dle počtu zadaných měření. Nastavení

motoru do základní polohy je řešeno koncovým spínačem. Motor vždy pohybuje detektorem na pravou stranu a po doteku s koncovým spínačem se zastaví. Zde je referenční bod. Signál z koncového spínače je do PC přiváděn seriovým portem.

Další část programu je nastavení multiplexeru. Zde se nastavuje hodnota na výstupu paralelního portu na rozhraní CIF56506[®], dále se nastavuje analogový vstup, ze kterého budeme měřit.

Po nastavení multiplexeru se spouští samotné měření. To se střídá s pohybem detektoru, vždy jedno měření a jeden krok. Průběh tohoto měření je vypisován na obrazovku počítače. Kompletní zápis hodnot, naměřených detektorem, je ukládán do souboru. Vzhledem k rozsahu zdrojového kódu programu je uveden v příloze 1 bakalářské práce.

7. VÝSLEDKY A GRAFY

Při konstrukci tohoto detektoru nenastal žádný větší problém. Po sestavení všech dílů dohromady jsem mohl okamžitě spustit program a provést měření. Detektor se pohyboval přesně podle zadaných parametrů a na obrazovce byl vypisován průběh měření. Po ukončení části programu, ve které detektor snímá signál z optické sondy se vše uložilo do souboru a celý program se ukončil. Na obr. 35 je zobrazen průběh měření při spuštěném programu a na obr. 36 je zobrazen soubor do kterého se ukládají výsledky měření.

A screenshot of a terminal window with a black background and white text. It displays a list of 15 rows of measurement data. Each row contains three values: a channel number (1686), a numerical value with a comma as a decimal separator, and a time value with a comma as a decimal separator. The values are: 1686 1,636474 12,34; 1686 1,646321 12,35; 1686 1,645242 12,37; 1686 1,643183 12,33; 1686 1,632934 12,34; 1686 1,621542 12,33; 1686 1,636451 12,33; 1686 1,636474 12,34; 1686 1,636474 12,34; 1686 1,636474 12,34; 1686 1,636474 12,34; 1686 1,636474 12,34; 1686 1,636474 12,34; 1686 1,636474 12,34; 1686 1,636474 12,34.

1686	1,636474	12,34
1686	1,646321	12,35
1686	1,645242	12,37
1686	1,643183	12,33
1686	1,632934	12,34
1686	1,621542	12,33
1686	1,636451	12,33
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34

Obr. 35 Průběh měření vypisovaný na obrazovku

1686	1,636474	12,34
1686	1,646321	12,35
1686	1,645242	12,37
1686	1,643183	12,33
1686	1,632934	12,34
1686	1,621542	12,33
1686	1,636451	12,33
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34
1686	1,636474	12,34

Obr. 36 Data zapsaná v souboru po ukončení měření


8.ZÁVĚR

V dnešní době je používání různých druhů detektorů velice rozšířené. Ať se jedná o detektory, které při svém chodu shromažďují data, nebo jen o detektory, které mají pouze několik výstupních stavů. Jde buď o detektory, které např. snímají venkovní teplotu a zapisují ji do paměti, anebo v druhém případě detektor, který spíná pouliční lampy při určité hladině osvětlení.

Detektory usnadňují práci ve výrobě v mnoha odvětvích průmyslu. Snižují náročnost na obsluhu různých průmyslových strojů a také tím snižují cenu a čas za který se zhotoví konečný produkt.

Detektor, který je popsán v této bakalářské práci bude využíván při laboratorních měření z optiky na katedře fyziky Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity.

9. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] HAJDA, J. *Technická optika*. Praha: Práce-vydavatelstvo ROH, 1951. 211 s.
- [2] STRÁNSKÝ, J. a kol. *Polovodičová technika I*. Praha: Alfa, 1982. 400 s.
- [3] STRÁNSKÝ, J. a kol. *Polovodičová technika II*. Praha: Alfa, 1982. 384 s.
- [4] ZEHNULA, K. *Měření neelektrických veličin – snímače I*. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1974. 137 s.
- [5] ZEHNULA, K. *Měření neelektrických veličin – snímače II*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n.p., 1976. 166 s.
- [6] ZEHNULA, K. *Snímače neelektrických veličin* - Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1977. 398 s.
- [7] ALAN MACZÁK, *CNC stroje a jejich konstrukce* [12.2.2008]. Dostupný z WWW: <http://www.maczaka.webz.cz/index.htm>
- [8] CONRAD, T. *Technický manuál* [22.2.2008]. Dostupný z WWW: http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/950000-974999/967785-an-01-sk-Ridici_karta.pdf
- [9] SMUTNÝ, P. *Informační portál věnovaný automatizaci* [29.3.2008]. Dostupný z WWW: <http://www.e-automatizace.cz>
- [10] RYDLO, P. , Studijní texty. [29.3.2008]. Dostupný z WWW: <http://www.mti.tul.cz/files/ats/krok2.pdf>
- [11] PŘIBYL, E. *Elektronické součástky* [17.1.2008]. Dostupný z WWW: www.elektoraj.cz
- [12] MORAVEC, S. *Elektronika a číslicová technika* [5.4.2008]. Dostupný z WWW: <http://www.sweb.cz/moryst/elt2/stranky1/elt007.htm>
- [13] Ing. HORÁK, K. Ing. KALOVÁ, I. *Řízení expoziční doby CCD kamery* [9.2.2008]. Dostupný z WWW: www.elektrorevue.cz/clanky/06019/index.html
- [14]  , Thomson Datasheet®
- [15] ŘEZÁČ, K. *Anatomie krokových motorů* [28.10.2007]. Dostupný z WWW: <http://robotika.cz/articles/steppers/cs>
- [16]  , FAIRCHILDsemiconductor Datasheet®
- [17]  , PowerINNOVATIONS Datasheet®

[18] KÖHLER, S., LINDMÜLLER, P. *Optické měření kyslíku rozpuštěného ve vodě*
[28.10.2007]. Dostupný z WWW: <http://www.automatizace.cz>

10.PŘÍLOHY

Příloha 1- Zdrojový kód programu k rozhraní CIF56506[®]

Příloha 1 – zdrojový kód k rozhraní CIF56506[®]

```
#include <stdio.h>
#include <dos.h>

int go_ref (void);
int step_L (void);
int set_multip (void);
int ad_conv (void);

unsigned int base_lpt = 0x378;
unsigned int base_rs232 = 0x3F8;
int rotace = 1;
float vysledek;

int go_ref (void)
{
    int pocet_end = 0;
    char stav_modemu;

    outport (base_rs232 + 4, 0x01);
    /*
    while(1)
    {
        stav_modemu = inport(base_rs232 + 6);
        printf("%02x \n", stav_modemu);
    }
    */

    while ((stav_modemu = inport(base_rs232 + 6)) != 0x10)
    {
        rotace = rotace * 2;
        if (rotace > 8)
            rotace = 1;
    }
}
```

```

    outport(base_lpt,rotace);
    outport(base_lpt + 2, 2);
    outport(base_lpt + 2, 0);
    outport(base_lpt, 7);
    outport(base_lpt + 2, 3);
    outport(base_lpt, 0);
    outport(base_lpt + 2, 0);
    delay(15);
    pocet_end ++;
    if (pocet_end > 550)
        return 0;
}
return 1;
}

int set_multip (void)
{
int vstup_an;

printf("Zadej cislo kanalu (0 - 7): ");
scanf("%i", &vstup_an);

if ((vstup_an < 0) || (vstup_an > 7))
    vstup_an = 0;

outport(base_lpt, vstup_an);
outport(base_lpt + 2, 2);
outport(base_lpt + 2, 0);
outport(base_lpt, 6);
outport(base_lpt + 2, 3);
outport(base_lpt, 0);
outport(base_lpt + 2, 0);

printf ("Vybran kanal: %i \n", vstup_an);

```

```
delay(1000);  
clrscr();  
return 0;  
}
```

```
int ad_conv (void)
```

```
{  
    unsigned int low_low_byte = 0, low_high_byte = 0, high_low_byte = 0;  
    unsigned int d, s, h;
```

```
    outport(base_lpt, 5);  
    outport(base_lpt + 2, 3); // start prevodu a jeho zapis do registru  
    outport(base_lpt, 0);  
    outport(base_lpt + 2, 3);  
    outport(base_lpt + 2, 0);  
    delay (1);
```

```
    outport(base_lpt, 2);  
    outport(base_lpt + 2, 3); // adresa doniho byte a jeji zapis
```

```
    outport(base_lpt + 2, 0); // adresa dolniho pulbytu z dolniho bytu "0"  
    low_low_byte = inport (base_lpt + 1); // cteni dolniho pulbyte  
    outport(base_lpt + 2, 1); // adresa horniho pulbytu z dolniho bytu "1"  
    low_high_byte = inport (base_lpt + 1); // cteni horniho pulbytu z spodniho bytu
```

```
    outport(base_lpt, 1);  
    outport(base_lpt + 2, 3); // adresa horniho byte a jeji zapis
```

```
    outport(base_lpt + 2, 0); // adresa dolniho pulbytu z horniho bytu "0"  
    high_low_byte = inport (base_lpt + 1); // cteni dolniho pulbyte z horniho bytu
```

```
    d = (low_low_byte - 15) / 16; // odseparovani spodnich 4 bitu, rotace o 4 bity doprava  
    s = (low_high_byte - 15);  
    h = (high_low_byte - 15) * 16;
```

```
vysledek = (d + s + h - 2048) * 0.0024425;
```

```
printf("Precteno: %f\n", vysledek);
```

```
return 0;
```

```
}
```

```
int step_L (void)
```

```
{
```

```
    rotace = rotace / 2;
```

```
    if (rotace < 1)
```

```
        rotace = 8;
```

```
    outport(base_lpt,rotace);
```

```
    outport(base_lpt + 2, 2);
```

```
    outport(base_lpt + 2, 0);
```

```
    outport(base_lpt, 7);
```

```
    outport(base_lpt + 2, 3);
```

```
    outport(base_lpt, 0);
```

```
    outport(base_lpt + 2, 0);
```

```
    delay(25);
```

```
return 0;
```

```
}
```

```
int main ()
```

```
{
```

```
int i, krok;
```

```
FILE *soubor;
```

```
char jmeno[] = "vysledek.txt";
```

```
soubor = fopen (jmeno, "w+t");
```

```
clrscr();
```

```
printf ("Posuv na referencni bod...\n");
```

```
if (go_ref() == 0)
```

```
{  
    printf ("Chyba posuvu zarizeni, ukonceno! \n");  
    getchar();  
    return 0;  
}  
printf ("Dokonceno..\n");  
delay (1000);  
clrscr();  
set_multip();  
  
for (krok = 0; krok != 455; krok ++)  
{  
    ad_conv();  
    step_L();  
    fprintf (soubor, "%f \n", vysledek);  
}  
fclose (soubor);  
return 0;  
}
```