



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNologiÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

## DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ TELEVIZNÍHO PŘIJÍMAČE

TV REMOTE CONTROLLER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. BALÁZS BORDÁCS

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ HERMANY

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Elektronika a sdělovací technika**

**Student:** Bc. Balázs Bordács  
**Ročník:** 2

**ID:** 83907  
**Akademický rok:** 2009/2010

## NÁZEV TÉMATU:

**Dálkové ovládání televizního přijímače**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte standardy dálkového ovládání televizních přijímačů pomocí infračerveného záření (IR).  
Popište používané modulace a charakter signálů.

Navrhněte strukturu přípravku pro měření parametrů dálkového ovládání - měření úrovní a časových průběhů signálů v modulu přijímače, směrových charakteristik vysílače a přijímače IR záření.

Přípravek realizujte. K přípravku vytvořte laboratorní úlohu včetně zadání, protokolu a vzorového měření.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] VÍT, V. Televizní technika: Přenosové barevné soustavy. Praha: BEN - technická literatura, 1997.
- [2] VÍT, V. Televizní technika: Rozkladové a číslicové obvody. Praha: BEN - technická literatura, 1994.

**Termín zadání:** 8.2.2010

**Termín odevzdání:** 21.5.2010

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Hermany

**prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida**  
*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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.

# LICENČNÍ SMLOUVA

## POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

### 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Balázs Bordács  
Bytem: Vnútorná Okružná 65/1., Komárno, 945 01, Slovensko  
Naroden/a (datum a miesto): 16. ledna 1986, Komárno

(dále jen „autor“)

a

### 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií  
se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00  
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:  
prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida, předseda rady oboru Elektronika a sdělovací  
technika

(dále jen „nabyvatel“)

## Čl. 1

### Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
  - diplomová práce
  - bakalářská práce
  - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako .....
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Dálkové ovládání televizního přijímače

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Jiří Hermany

Ústav: Ústav radioelektroniky

Datum obhajoby VŠKP: \_\_\_\_\_

VŠKP odevzdal autor nabyvateli\*:

v tištěné formě – počet exemplářů: 2

v elektronické formě – počet exemplářů: 2

---

\* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

## Článek 2

### Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
  - ihned po uzavření této smlouvy
  - 1 rok po uzavření této smlouvy
  - 3 roky po uzavření této smlouvy
  - 5 let po uzavření této smlouvy
  - 10 let po uzavření této smlouvy  
(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

## Článek 3

### Závěrečná ustanovení

5. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
6. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
7. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
8. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: .....

.....

Nabyvatel

.....

Autor

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá problematikou dálkového ovládání televizního přijímače. Cílem této práce je prostudovat standardy dálkového ovládání televizních přijímačů pomocí infračerveného záření IR. Pro úspěšné řešení práce je nutné se seznámit s principem činnosti IrDA.

V druhé části dokumentu je navržen měřicí jednotka pro měření parametrů dálkového ovládání. Pro příjem IR signálu navržena jednotka obsahuje integrovaný infračervený přijímač a fotodiodu. Dále následuje popis jednotlivých bloků měřicí jednotky a principy měření parametrů.

Poslední část je věnována zpracování výsledků měření úrovní a časových průbehů signálů v modulu přijímače, směrových charakteristik vysílače a přijímače IR záření. K měřicí přípravku je vytvořena laboratorní úloha včetně zadání, protokolu a vzorového měření.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Dálkové ovládání, infračervené záření, vysílač, přijímač, modulace, princip IrDA

## **ABSTRACT**

This master's thesis deals with parameters of the TV Remote Controller. Aim of this work is studying standards of remote controlling of TV receiver by the way of infra-red light. For successful solving of this project is important to learn about the theory of IrDA.

In the second part of this thesis is designed measurement unit for measuring the parameters of the remote control. The measurement unit includes an integrated IR receiver and photodiode for receive IR signals from remote control. The description of measurement unit blocks and principles of measuring parameters are also placed there.

The final part is devoted to processing the measurement results of measuring levels and time waveforms of signal in the receiver module, directional characteristics of remote control and receiver. For measurement unit is created laboratory task including the role specification and protocol.

## **KEYWORDS**

Remote controller, infra-red, transmitter, receiver, modulation, IrDA principle,

## **Bibliografická citace práce**

**BORDÁCS, B.** *Dálkové ovládání televizního přijímače.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2010.59 s. Vedoucí práce: Ing. Jiří Hermány.

# Prohlášení

Prohlašuji, že svůj diplomovou práci na téma *Dálkové ovládání televizního přijímače* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce 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 .....

.....  
podpis autora

# Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Hermanymu, za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mého semestrálního projektu.

V Brně dne .....

.....  
podpis autora

# OBSAH

|  |           |
|--|-----------|
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>ÚVOD.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>1 TELEVIZNÍ PŘENOSOVÉ SOUSTAVY .....</b>                        | <b>13</b> |
| 1.1 <b>Blokové schéma televizní přenosové soustavy.....</b>        | <b>13</b> |
| <b>2 PRINCIP PROTOKOLU IRDA.....</b>                               | <b>14</b> |
| 2.1 <b>Princip činnosti IrDA .....</b>                             | <b>14</b> |
| 2.1.1 <b>Dosah IR přenosu.....</b>                                 | <b>14</b> |
| 2.2 <b>Druhy modulace IR záření.....</b>                           | <b>15</b> |
| 2.2.1 <b>Pulzní modulace ( Pulse Keying).....</b>                  | <b>15</b> |
| 2.2.2 <b>FSK modulace ( Frequency Shift Keying) .....</b>          | <b>16</b> |
| 2.2.3 <b>Pulzně-šířková modulace ( Pulse-Width Keying) .....</b>   | <b>16</b> |
| 2.2.4 <b>Klíčování reverzací ( Binary Phase Shift Keying).....</b> | <b>16</b> |
| 2.3 <b>Přenosové protokoly .....</b>                               | <b>17</b> |
| 2.3.1 <b>Protokol RC – 5 .....</b>                                 | <b>17</b> |
| 2.3.2 <b>NEC protokol.....</b>                                     | <b>18</b> |
| 2.4 <b>Protokolová architektura IrDA.....</b>                      | <b>19</b> |
| 2.4.1 <b>Fyzická vrstva IrPHY .....</b>                            | <b>19</b> |
| 2.4.1.1 <b>IrDA 1.0.....</b>                                       | <b>19</b> |
| 2.4.1.2 <b>IrDA 1.1 .....</b>                                      | <b>20</b> |
| 2.4.2 <b>Protokol IrLAP a IrLMP .....</b>                          | <b>21</b> |
| 2.4.3 <b>Vyšší vrstvy .....</b>                                    | <b>22</b> |
| 2.5 <b>Přenosové soustavy s infračerveným zářením.....</b>         | <b>22</b> |
| 2.5.1 <b>Vysílač infračerveného záření .....</b>                   | <b>22</b> |
| 2.5.2 <b>Přijímač infračerveného záření .....</b>                  | <b>23</b> |
| 2.5.3 <b>Interference a optické zdroje rušení.....</b>             | <b>24</b> |
| 2.5.3.1 <b>Optické zdroje rušení .....</b>                         | <b>24</b> |
| 2.6 <b>Dálkové ovládání.....</b>                                   | <b>24</b> |
| 2.6.1 <b>Zapojení přijímače IR dálkového ovládání.....</b>         | <b>25</b> |
| <b>3 NÁVRH.....</b>  | <b>27</b> |



|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>3.1</b> | <b>Obvodová koncepce měřicí jednotky .....</b>                 | <b>27</b> |
| 3.1.1      | Integrovaný infračervený přijímač – SFH506 .....               | 27        |
| 3.1.2      | Dekodér MC145028 .....   | 28        |
| 3.1.3      | Časovač 555 .....  | 29        |
| <b>3.2</b> | <b>Měřicí jednotka .....</b>                                   | <b>29</b> |
| <b>4</b>   | <b>MĚŘENÍ PARAMETRŮ DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ.....</b>                | <b>32</b> |
| 4.1        | Měření směrových charakteristik .....                          | 32        |
| 4.2        | Kódování s proměnnou délkou mezery mezi skupinami impulsů..... | 33        |
| 4.3        | Výsledky měření.....   | 34        |
|            | <b>ZÁVĚR .....</b>   | <b>40</b> |
|            | <b>LITERATURA .....</b>  | <b>41</b> |
|            | <b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>                                     | <b>42</b> |

# SEZNAM OBRÁZKŮ

|  |    |
|--|----|
| Obr. 1.1: Obecné blokové schéma televizní přenosové soustavy.....  | 13 |
| Obr. 2.1: Pulzní modulace (převzato z [6]) .....   | 15 |
| Obr. 2.2: FSK modulace (převzato z [6]) .....  | 16 |
| Obr. 2.3: Pulzně-šířková modulace (převzato z [6]).....  | 16 |
| Obr. 2.4: Klíčování reverzací (převzato z [6]).....  | 17 |
| Obr. 2.5: RC-5 protokol s příkladem datového rámce (převzato z [9]).....   | 17 |
| Obr. 2.6: Nec protokol s příkladem datového rámce (převzato z [9]).....  | 18 |
| Obr. 2.7: Protokolová architektura IrDa .....  | 19 |
| Obr. 2.8: Doba trvání IR impulzu, (převzato z [6]) .....   | 20 |
| Obr. 2.9: Vysílač infračerveného záření, (převzato z [7]) .....  | 23 |
| Obr. 2.10: Obvodová koncepce pro ovládání Tv přijímače.....  | 25 |
| Obr. 2.11: Schéma zapojení přijímače iR dálkového ovládání, (převzato z [2]).....                                | 26 |
| Obr. 3.1: Obvodová koncepce měřicí jednotky .....  | 27 |
| Obr. 3.2: Blokové schéma vnitřního zapojení obvodu SFH506.....   | 28 |
| Obr. 3.3: Označení vývodu pouzdra (MC145028) .....   | 28 |
| Obr. 3.4: Celkové schéma měřicí jednotky.....  | 30 |
| Obr. 4.1: Princip měření směrových charakteristik přijímače .....  | 32 |
| Obr. 4.2: Otočný držák s IR přijímačem.....  | 33 |
| Obr. 4.3: Princip měření směrových charakteristik vysílače .....   | 33 |
| Obr. 4.4: Kódování s proměnnou délkou mezery (převzato z [2]).....   | 34 |
| Obr. 4.5: Směrové charakteristiky přijímací fotodiody pro různé vzdálenosti $d$ ,<br>ve vertikální rovině .....  | 37 |
| Obr. 4.6: Směrové charakteristiky přijímací fotodiody pro různé vzdálenosti $d$ ,<br>v horizontální rovině ..... | 37 |
| Obr. 4.7: Směrové charakteristiky vysílače pro různé vzdálenosti $d$ , ve vertikální<br>rovině .....             | 37 |
| Obr. 4.8: Směrové charakteristiky vysílače pro různé vzdálenosti $d$ , v horizontální<br>rovině .....            | 38 |
| Obr. 4.9: Graf závislosti úrovně přijímaného signálu na vzdálenost mezi přijímačem<br>a vysílačem.....           | 39 |

## SEZNAM TABULEK

|   |    |
|---|----|
| Tab.2.1: Kódování 4PPM .....  | 21 |
| Tab.4.1: Doby trvání signálových prvků .....                                      | 35 |
| Tab.4.2: Porovnání naměřených a teoretických hodnot doby trvání signálových prvků | 35 |
| Tab.4.3: Dekódování povelů dálkového ovladače BQS 265 .....                       | 36 |

# ÚVOD

Televize je přenosový systém umožňující bezdrátový nebo drátový přenos pohyblivých obrazů, barevná televize je pak systém umožňující přenos pohyblivých obrazů v přirozených barvách při zachování slučitelnosti s vysíláním černobílých obrazů.

Pro domácí bezdrátovou komunikaci se nemusí používat pouze rádiové spojení, ale lze využít komunikace pomocí infračervených paprsků. Nejčastější využití infračervené komunikace je pro dálkové ovládání TV přijímačů. Uvedená technologie se používá především pro ovládání na krátkou vzdálenost s dosahem několik metrů při přímé viditelnosti. Nutnost přímé viditelnosti je i jeho největší nevýhodou. Mezi výhody patří jednoduchost konstrukce, malý proudový odběr a především cena.

Diplomová práce se zabývá problematikou dálkového ovládání televizního přijímače. Práce je zaměřená na standardy dálkového ovládání televizních přijímačů pomocí infračerveného záření. Jsou zde popsány jednotlivé protokoly IrDA, používané modulace a charakter signálů. Dále byla navrhována měřicí jednotka pro měření parametrů dálkového ovládání. Získané výsledky jsou zpracovávány formou protokolů.

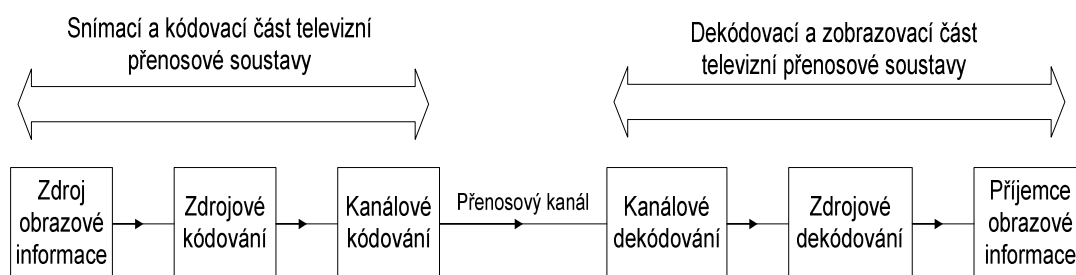
# 1 Televizní přenosové soustavy

Od jiných druhů přenosových soustav se televizní přenosová soustava odlišuje především vysokým obsahem informací a tomu odpovídající velkou požadovanou šířkou přenášeného kmitočtového pásma. Ideální televizní přenos by měl umožnit divákovi stejný zrakový vjem na obrazovce televizního přijímače jako při přímém pozorování snímané scény.

## 1.1 Blokové schéma televizní přenosové soustavy

Princip televize spočívá v přeměně optického obrazu v elektrický obrazový signál, v přenosu elektrického signálu a zpětné přeměně opět na optický obraz. Využívá vlastnost lidského oka, které vnímá dílčí podněty jako celek, probíhají-li dostatečně rychle za sebou.

Zjednodušené blokové schéma televizní přenosové soustavy je na obr. 1.1. Zdrojem obrazového zvukového signálu může být televizní kamera nebo jiné záznamové zařízení. Dále následuje snímací a kódovací část přenosové soustavy. Blok zdrojového kódování zahrnuje potřebné korekce, zpracování obrazového signálu a v případě digitální televize i A/D převodníky. Dalším blokem snímací a kódovací části je blok kanálového kódování. Hlavním úkolem je zvětšit odolnost vůči chybám vznikajícím vlivem komunikačního kanálu. Na výstupu tohoto bloku je úplný televizní signál, který představuje vstupní signál přenosového kanálu. Přenosový kanál je schopen přenášet jen signály o frekvenci z určitého omezeného intervalu. Obecně platí, čím větší je šířka pásma kanálu, tím větší je přenosová rychlost, kterou na něm lze dosáhnout.



Obr. 1.1: Obecné blokové schéma televizní přenosové soustavy

Dále následuje dekodovací a zobrazovací část televizní přenosové soustavy. Zde je signál zpracováván v podstatě inverzním způsobem, kanálovým a následně zdrojovým dekódováním. Posledním blokem televizní přenosové soustavy je blok příjemce obrazové informace.

## 2 Princip protokolu IrDA

IrDA je standard vytvořený IrDA konsorciem (Infrared Data Association), který definuje bezdrátový přenos dat pomocí infračerveného záření. Infračervené záření se používá již poměrně dlouhou dobu jako přenosové medium pro dálkové ovladače, počítače a tiskárny. Má mnohem větší šířku pásma než rádiová komunikace a není limitováno dostupným spektrem.

### 2.1 Princip činnosti IrDA

Zařízení využívá vlastností infračerveného světla o vlnové délce 875 nm. Jako vysílače se zpravidla používají LED diody popř. infračervené laserové diody. Jako přijímač se uplatňují fotodiody. Tyto fotodiody pracují v tzv. generačním režimu. Při dopadu světla na přijímač světlo uvolní elektrony, které proudí k filtru, ten propustí jen ty frekvence, které jsou povoleny pro daný typ IrDa modulace.

#### 2.1.1 Dosah IR přenosu

Dosah závisí zejména na parametrech vysílací a přijímací diody. Jako vysílací diody se používají LED emitující infračervené záření s vlnovou délkou v rozmezí 840 nm - 960 nm. Vedle špičkové vlnové délky  $\lambda_p$  je rozhodujícím parametrem jejich zářivost ( $I_E$ ), která udává výkon vyzařovaný v optické ose. Citlivost přijímací diody (většinou PIN fotodiody) pro danou špičkovou vlnovou délku je vyjádřena minimální hodnotou intenzity ozáření ( $EI_{min}$ ), kterou je schopna detekovat. Mezi intenzitou ozáření a zářivostí platí vztah:

$$EI = \frac{I_E}{r^2} \quad [\text{W} / \text{m}^2] \quad (2.1)$$

kde  $r$ , je vzdálenost od zdroje.

Teoretickou maximální přenosovou vzdálenost můžeme vypočítat podle vztahu:

$$r_t = \sqrt{\frac{I_E}{EI_{min}}} \quad [\text{m}] \quad (2.2)$$

Maximální přenosová vzdálenost se zvětší, zvětší-li se zářivost vysílací LED nebo jestliže použijeme přijímací fotodiodu s nižší hodnotou detekovatelného ozáření, které závisí na velikosti efektivní plochy polovodičového přechodu. Zářivost je omezena maximálním proudem LED v propustném směru [6].

## 2.2 Druhy modulace IR záření

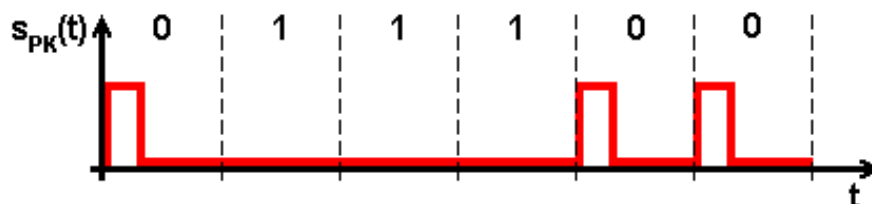
Infra červený přenos se využívá pro dálkové ovládání spotřební elektroniky.

K zajištění spolehlivosti bylo navrženo několik druhů modulace IR záření. Zajištění bezpečnosti přenosu je základním požadavkem přenášených dat. Data se vysílají kódováním nosného optického záření. Pro vysílání se využívá výhradně digitální přenos, délka přenášených rámců se liší v závislosti na použité aplikaci. V současné době se využívají čtyři nejčastější způsoby modulace - pulzní, frekvenční, fázová a pulzně - šířková.

Všechny druhy modulací mohou pracovat ve dvou režimech s výjimkou FSK modulace. První možností je modulace kódovaného signálu na nosnou frekvenci, druhou pak pulzní přenos.

### 2.2.1 Pulzní modulace ( Pulse Keying)

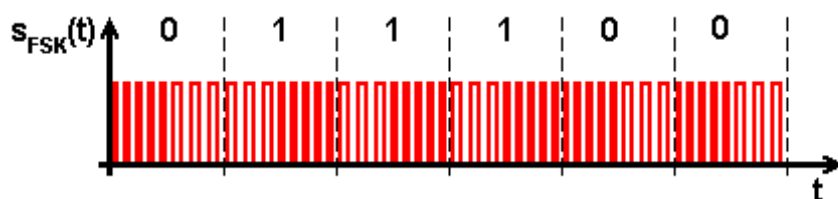
Pulzní modulace je jedním z nejjednodušších způsobů kódování dat přenášených infračerveným zářením. Principem této modulace je rozdělení signálu na stejně velká tzv. časová okna. V tomto okně se buď vyskytne, nebo nevyskytne impuls konstantní délky, zpravidla podstatně menší, než je délka časového okna. Výskyt tohoto impulsu v okně je považován za logickou nulu, jeho absence pak za logickou jedničku. Hodinové impulsy na přijímací straně se synchronizují s hranou přijímaného signálu. Při přenosu většího bloku jedničkových bitů, kdy nejsou vysílány žádné impulsy, by mohl přijímač vypadnout ze synchronismu. Proto se po určitém počtu po sobě jdoucích jedničkových bitů vysílá navíc jeden nulový [6].



Obr. 2.1: Pulzní modulace (převzato z [6])

## 2.2.2 FSK modulace ( Frequency Shift Keying)

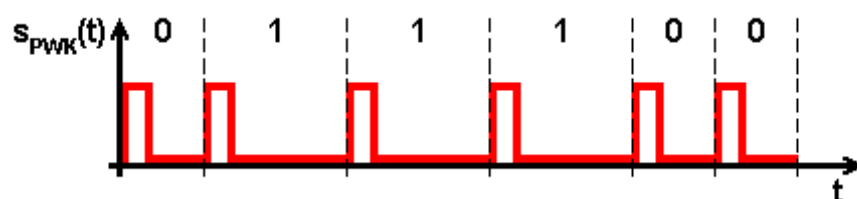
Používá se jako velice bezpečná metoda přenosu. Modulace je založena na řízení nosného kmitočtu binárním signálem. Střední nosná frekvence je o malý kmitočtový rozdíl zvýšena pro jeden logický stav a pro druhý logický stav snížena. Tento způsob přenosu je velice spolehlivý, ale je více energeticky náročný [6].



Obr. 2.2: FSK modulace (převzato z [6])

## 2.2.3 Pulzně-šířková modulace ( Pulse-Width Keying)

Principem pulzně-šířkové modulace je opět rozdělení signálu do stejně dlouhých časových oken. Délkou časové prodlevy mezi dvěma optickými pulzy se vyjadřují jednotlivé bity. Delší doba znamená log.1 a kratší době odpovídá log.0 [6].

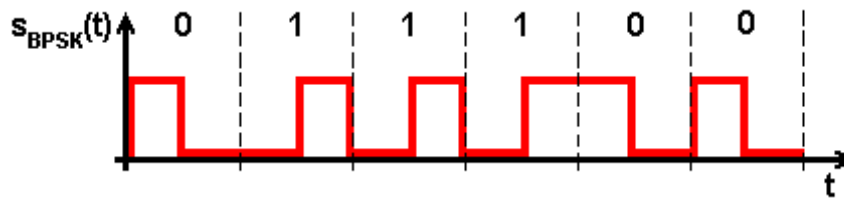


Obr. 2.3: Pulzně-šířková modulace (převzato z [6])

## 2.2.4 Klíčování reverzací ( Binary Phase Shift Keying)

Binární signál svými logickými stavy zavádí do nosné vlny skokové fázové posuny. Pokud je změna kladná (z log.0 na log.1), je bit vyhodnocen jako 1, v opačném případě jako 0. Tento typ modulace se používá poměrně často [6].





Obr. 2.4: Klíčování reverzací (převzato z [6])

## 2.3 Přenosové protokoly

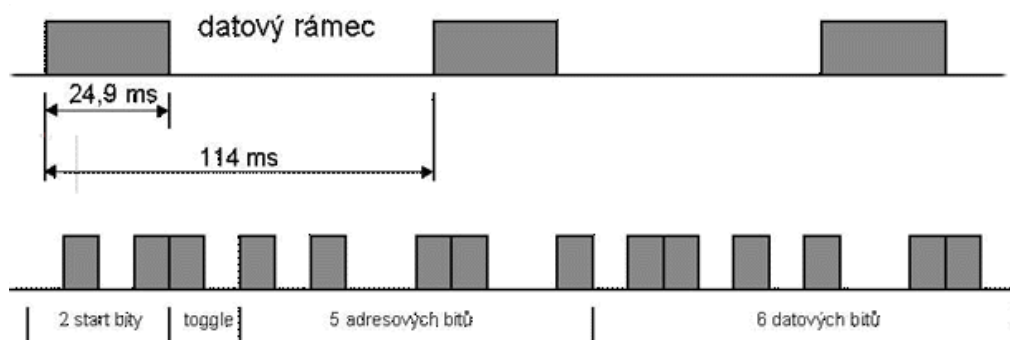
Mezi nejčastěji používané protokoly patří standard RC – 5 a NEC.

### 2.3.1 Protokol RC – 5

Protokol RC-5 byl navrhnout pro dálkové ovládaní přístrojů spotřební elektroniky. Samotný přenos je realizovaný infračerveným světlem vysílaným dálkovým ovladačem, jako signál s nosnou frekvencí 36 kHz. Informace je dodaná klíčováním tohoto signálu. Každý bit má 32 impulsů a stejnou frekvenci jako nosná. Rámec se skládá ze dvou start bitů, za nimiž následuje toggle bit (tento bit mění svoji hodnotu vždy po uvolnění tlačítka ovladače).

S každým rámcem se mění hodnota toggle bitu, tak dochází k identifikaci nedoručení předchozího rámce. Informační část obsahuje pětibitovou adresu určující konkrétní ovládané zařízení a netypická šestibitová data, představující vlastní příkaz. Rámce se opakují po celou dobu stisku tlačítka [9].

Struktura RC-5 protokolu s příkladem datového rámce je uvedena na obrázku 2.5:



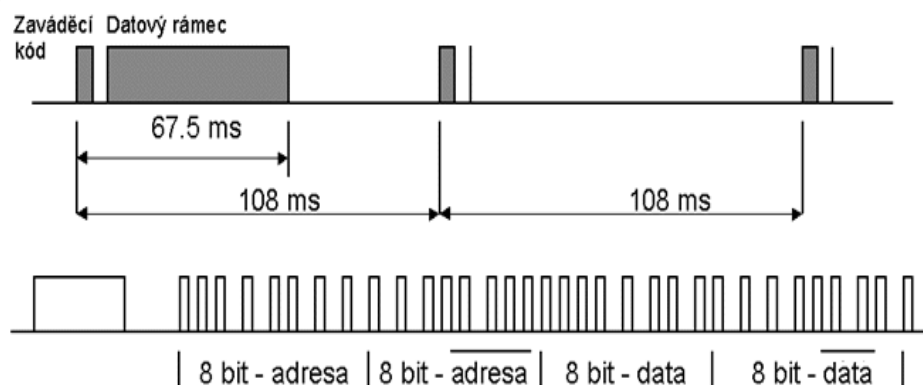
Obr. 2.5: RC-5 protokol s příkladem datového rámce (převzato z [9])

Význam jednotlivých bitů protokolu RC-5:

- 1 – 2 start bity = mají hodnotu vždy 1.
- 3 bit = toggle bit : je invertován pokaždé, když se uvolní tlačítko na dálkovém ovladači. Když je tlačítko stlačené delší dobu, všechny vysílané povely mají toggle bit stejný. Po uvolnění a dalším stlačením stejného tlačítka je hodnota toggle bitu opačná. Používá se pro detekování drženého tlačítka ovladače.
- 4 – 8 bit = 5 adresových bitů: přítomnost adresy dovoluje ovládat až 32 různých přístrojů současně zapnutých v jedné místnosti bez vzájemného ovlivňování se. Bity jsou vysílány od nejvýznamnějšího bitu (MSB).
- 9 – 14 bit = 6 bitů kódu příkazu: každé tlačítko má přiděleno svůj kód. Vždy ale nemusí platit, že tlačítka se stejnou funkcí na rozdílných ovladačích mají tentýž kód. Dordženy bývají zpravidla pouze ty nejzákladnější a to číslice 0 – 9 a tlačítko vypnutí do standby režimu [9].

### 2.3.2 NEC protokol

Protokol NEC je stejně jako předchozí určen pro dálkové ovládače. Využívá taktéž dodatečnou modulaci na nosnou frekvenci 36 kHz, data jsou však kódována pulzně - šířkovou modulací. Přenášením dat v přímé a invertované podobě je dosaženo konstantní délky rámce, toho využíváme k zabezpečení přenosu proti chybám. Rámec protokolu začíná zaváděcím kódem délky 9 ms a pauzou 4,5ms. Zaváděcím kódem se nastavuje citlivost přijímacího modulu. Dále následuje osmibitová adresa a osmibitový příslušný příkaz. Jestliže je tlačítko ovladače stisknuto delší dobu, pak se za prvním kompletním rámcem vysílají pouze jen zaváděcí impulsy a jen jeden bit [9].



Obr. 2.6: Nec protokol s příkladem datového rámce (převzato z [9])

## 2.4 Protokolová architektura IrDA

Protokoly se v rámci specifikace IrDA dělí na povinné a volitelné. Povinné protokoly jsou:

- IrPHY ( Infrared Physical layer specification) – Fyzická vrstva(protokol)
- IrLAP ( Infrared Link Access Protocol) a IrLMP ( Infrared Link Management Protocol) – Linková vrstva
- IrLAN, IrOBEX, IrCOMM, TINY-TP – Vyšší vrstvy

|                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
| IrLAN, IrOBEX,<br>IrCOMM, Tiny-TP | Vyšší vrstvy   |
| IrLMP                             | Linková vrstva |
| IrLAP                             |                |
| IrPHY                             | Fyzická vrstva |

Obr. 2.7: Protokolová architektura IrDa

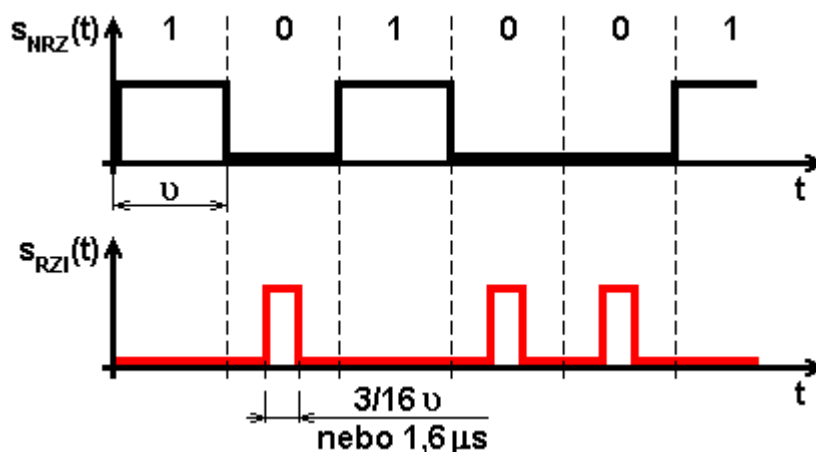
### 2.4.1 Fyzická vrstva IrPHY

IrDa zařízení pracují podle norem IrDA 1.0 a 1.1 do maximální vzdálenosti 1 m při bitové chybovosti BER  $10^{-9}$ , což je definováno jako poměr chybně přenesených bitů ku správně přeneseným bitům a při maximální úrovni osvětlení 10 lux, což odpovídá dennímu svitu slunce. Tyto hodnoty jsou jasně definovány pro nesouosost vysílače a přijímače 15 stupňů.

#### 2.4.1.1 IrDA 1.0

U IrDA 1.0 jsou používané přenosové rychlosti od 2,4 do 115,2 kbit/s. Prvotní komunikace probíhá vždy rychlostí 9600 bit/s a proto je podpora této rychlosti oproti ostatním povinná. Používá se pulzní modulace, doba vyzářování světelné energie

odpovídá  $3/16$  délky původní doby trvání bitu a pulsy odpovídají bitům s nulovou hodnotou. Tato metoda se také nazývá SIR (Serial InfraRed) [8].



Obr. 2.8: Doba trvání IR impulzu, (převzato z [6])

### 2.4.1.2 IrDA 1.1

IrDA 1.1 jsou vhodná pro rychlou bezdrátovou komunikaci v malém dosahu a v přímé viditelnosti mezi PC, digitálními kamerami, příručními elektronickými datovými zařízeními. Definuje rychlosti 0,576 Mbit/s a 1,152 Mbit/s s pulsní modulací  $1/4$  délky doby trvání původního bitu. Metoda se označuje jako MIR (Medium Infrared). Při těchto rychlostech je paket již vysílán synchronně a je uvozen startovací sekvencí (2\*8 bitů). Následuje cílová adresa (8 bitů), data ukončená 16 bity ochranného kódu CRC a koncová sekvence (8 bitů), která se spolu s uvozoovací sekvencí nemůže vyskytnout jinde v toku dat.

Při maximální rychlosti 4 Mbit/s se používá impulsová polohová modulace PPM (Pulse Position Modulation), v níž se 2 bity informace zakódují do pulsu v jedné ze čtyř možných časových pozic - nositelem informace je zde tedy pozice pulsu v čase namísto existence pulsu jako u předchozích modulací. Tato metoda se nazývá FIR (Fast InfraRed) [8].

Tab.2.1: Kódování 4PPM

| Dvojice bitů | PPM  |
|--------------|------|
| 00           | 1000 |
| 10           | 0010 |
| 01           | 0100 |
| 11           | 0001 |

## 2.4.2 Protokol IrLAP a IrLMP

Protokol *IrLAP* zajišťuje ovládání přístupu k přenosovému médiu a obsahuje procedury pro navázání různých spojení či nastavení parametrů přenosu. Ve struktuře protokolů je IrLAP umístěn nad fyzickou vrstvou a využívá tedy její služby, zároveň poskytuje služby výše umístěným vrstvám. Ty nejdůležitější zahrnují:

- zjištění zařízení – zjišťuje se, zda-li se v dosahu nenacházejí nějaká zařízení a jsou-li připravená k propojení
- vytvoření spojení
- datové služby – užívané vyššími vrstevnými protokoly k přenosu příslušných dat
- rozpad spojení – ukončuje spojení a vrací zařízení do stavu, kdy je připraveno pro nové spojení.

Zařízení účastníci se IrLAP spojení, jsou ve vztahu master - slave a podle IrDA se nazývají primární a sekundární stanice.

**Primární stanice** posílá příkazy, inicializuje spojení a přenosy, odpovídá za organizování a řízení datového toku. **Sekundární stanice** posílá příslušné odpovědi. Mnohá zařízení mohou být v jednom spojení primární stanicí a v dalším naopak sekundární. Každá ze stanic může nepřetržitě vysílat maximálně po dobu 500 ms a poté musí nechat vysílat druhou stanicí.

*Protokol IrLMP* umožňuje softwarovým aplikacím pracovat nezávisle a souběžně prostřednictvím sdílení jednoho spojení mezi primární a sekundární stanicí, které poskytuje IrLAP. Skládá se ze dvou částí:

- LM-IAS – první část se stará o údržbu informační báze, ze které mohou ostatní stanice zjistit, jaká služba je nabízena.
- LM-MUX – druhá část umožňuje vícenásobné spojení nad jednoduchým spojením, zprostředkovaným vrstvou IrLAP [9].

### 2.4.3 Vyšší vrstvy

*IrLAN* - umožňuje infračervený bezdrátový přístup k LAN.

*IrOBEX (Infrared Object Exchange Protocol)* - snadný přenos souborů a jiných datových objektů.

*IrCOMM* - provádí emulaci sériového a paralelního portu.

*IrTran-P (Infrared Transfer Picture)* - protokol pro přenos obrazu.

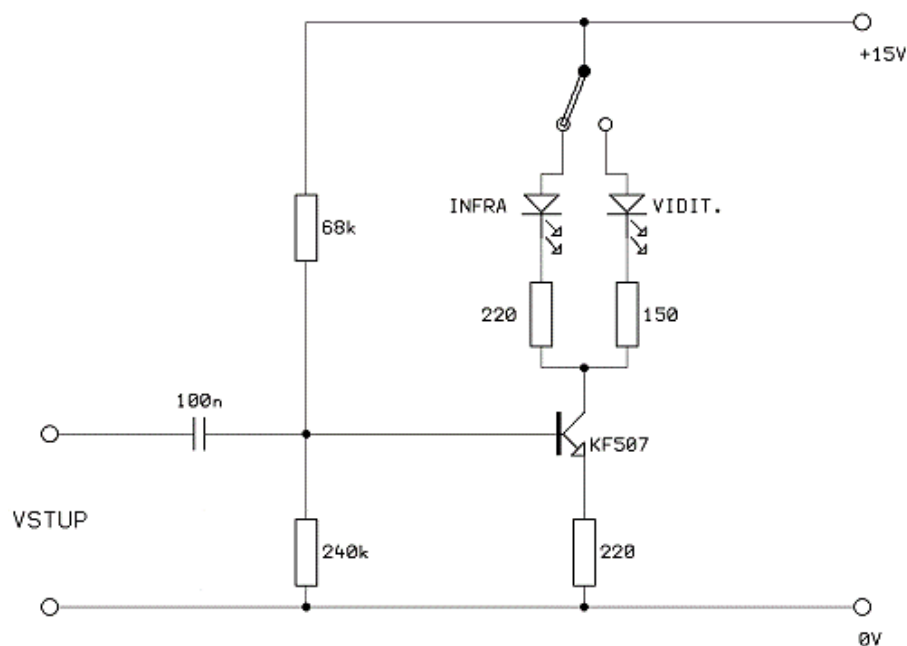
*Tiny-TP (Tiny Transport Protocol)* - zajišťuje řízení datových toků jednotlivých kanálů vícenásobného datového spojení [6].

## 2.5 Přenosové soustavy s infračerveným zářením

K přenosu informace infračerveným přenosovým kanálem potřebujeme vysílač a přijímač infračerveného záření, který převádí elektrický signál na optické záření a naopak. Dosud se používala oblast blízkého infračerveného záření s vlnovou délkou v rozmezí 840 - 960nm. V současné době se však již objevuje nový standart pro infračervený přenos, pokrývající pásmo 700 - 1600nm.

### 2.5.1 Vysílač infračerveného záření

Základním prvkem vysílače je infračervená dioda LED. Schéma vysílače obsahuje kromě ní také červenou diodu, která umožňuje experiment předem připravit s viditelným světlem a rovněž předvést analogické experimenty s viditelným i infračerveným zářením. Na vstup vysílače se připojí zdroj elektrického signálu a výstupem vysílače je optický signál (viditelný, nebo infračervený).



Obr. 2.9: Vysílač infračerveného záření, (převzato z [7])

Kritickými místy přenosového systému jsou vysílací a přijímací části. Záření je vysíláno v určitém úhlu a vyzářený výkon na jednotku plochy se vzdáleností poměrně rychle klesá.

Proto jsou kladeny nejvyšší nároky na vysílací a přijímací diodu. Pro zajištění bezpečného přenosu na větší vzdálenost by vysílací dioda měla mít co největší výkon, tj. intenzita záření by měla být co největší. Tento požadavek však naráží jednak na omezení maximálního proudu protékajícího infra-diodou, a jednak na skutečnost, že velká část IR vysílačů jsou mobilní jednotky napájené z baterií, či akumulátorů s poměrně malou kapacitou [7].

## 2.5.2 Přijímač infračerveného záření

Na přijímací straně je třeba, aby přijímací dioda měla co největší citlivost na záření v přijímaném pásmu. Toho je možné dosáhnout dvěma způsoby. Prvním je zvětšení aktivní plochy přijímací IR diody, druhým selekce přijímaného pásma před vstupem na přijímací diodu, čímž je omezen vliv ostatních zdrojů mimo přijímané pásmo. V praxi se používá kombinace obou způsobů [7].

## 2.5.3 Interference a optické zdroje rušení

Vysoké nároky na odolnost přístroje vůči rušení jsou požadovány zejména při přenosu dat ve volném prostoru. Příjímač, který čeká na přijímaný signál, bývá obklopen nejrůznějšími rušeními optického a elektromagnetického charakteru, které se vyskytují v daném prostředí, nebo jsou vytvářeny vlastním elektronickým zařízením. Možným zdrojem elektromagnetického rušení jsou všechny modulované výkonové signály v okolí pracovní frekvence přijímače. Toto rušení se vyskytuje především v blízkosti vysílačů, frekvenčních generátorů, zářivkových svítidel a podobně.

### 2.5.3.1 Optické zdroje rušení

Některé přijímací IR diody pracují i v části viditelného spektra, proto bývají diody v infračervené technice vybaveny speciálními optickými filtry na určité vlnové délce. V oblasti viditelného spektra nejsou tolik citlivé. Přijímací diodou může být detekováno pouze záření s vlnovou délkou větší, než odpovídá danému filtru.

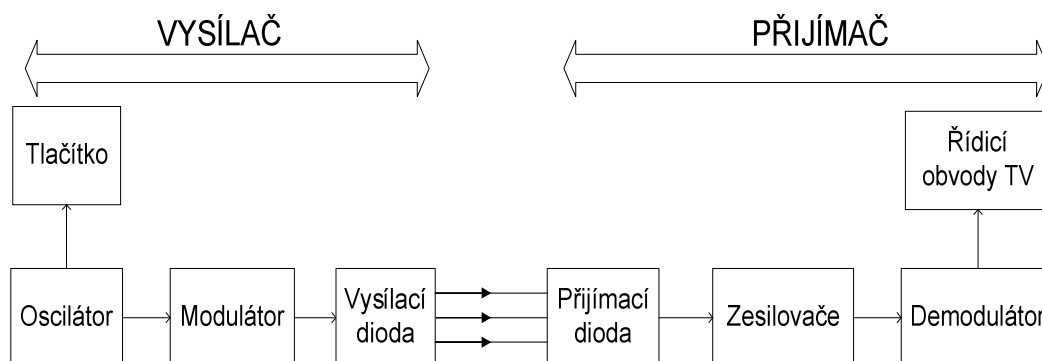
Pro posouzení záření ve viditelném spektru se většinou používá veličina množství osvětlení (jednotkou je Lux = Lumen/m<sup>2</sup>) namísto veličiny množství záření (jednotkou je Watt/m<sup>2</sup>) [9].

## 2.6 Dálkové ovládání

Infračervené dálkové ovládání funguje na principu přenosu signálu na vzdálenost několika metrů pomocí modulovaného infračerveného záření. Infračervené záření emituje každý předmět, jehož teplota je vyšší než absolutní nula. Abychom mohli infračerveného záření využít k přenosu informace musíme mít zdroj tohoto záření, který je mnohem intenzivnější než jsou okolní předměty.

Základní obvodové koncepce pro ovládání televizního přijímače je označen na obr. 2.10.:





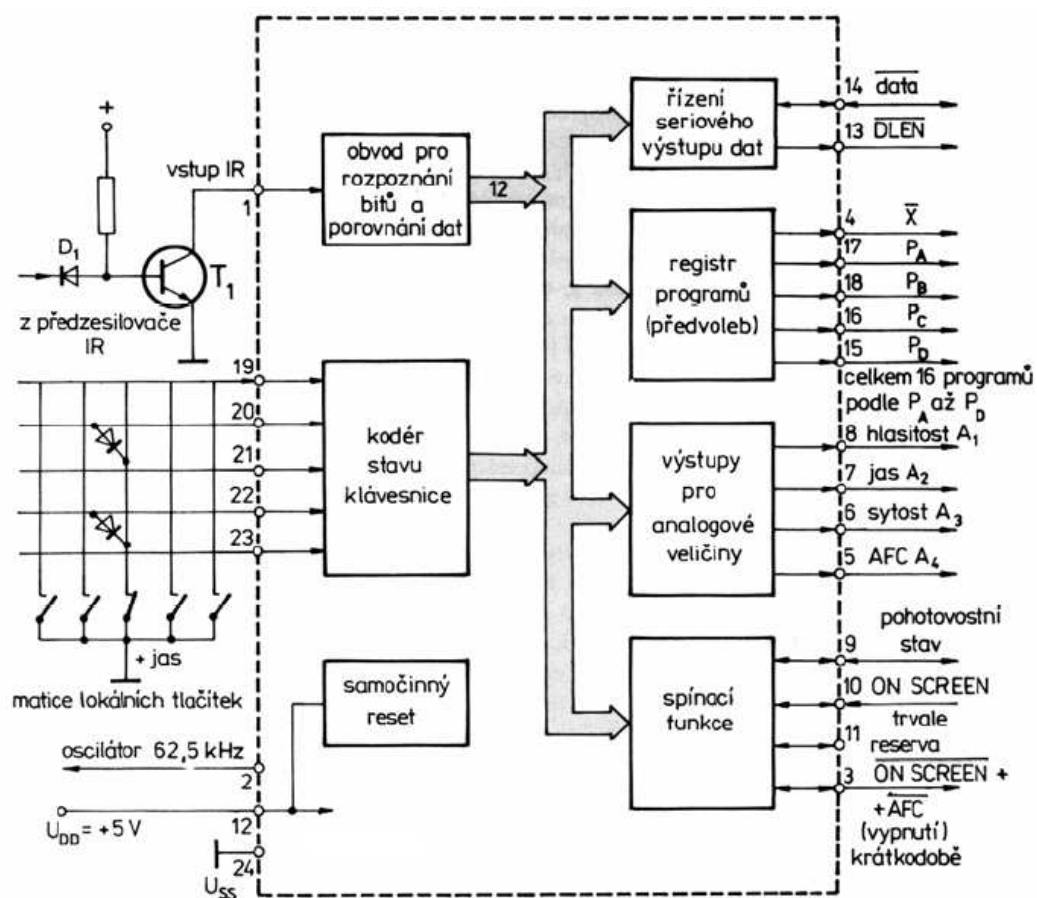
Obr. 2.10: Obvodová koncepce pro ovládání Tv přijímače

Při stisknutí tlačítka začne ovladač vysílat infračervené záření, respektive začne pracovat jeho vysílací dioda. Vysílačem dálkového ovládání je oscilátor, který produkuje nosnou frekvenci 38 kHz, a na tuto frekvenci amplitudovou modulací namoduluje digitální informaci odpovídající stisknutému tlačítku. Na výstupu modulátoru je výkonový zesilovací stupeň osazený LED diodou v pásmu IR. Informace je zakódována jako sled impulzů s určitou délkou odpovídající úrovni log. 1 a log. 0.

Přijímač dálkového ovládání potom má na vstupu přijímací diodu pro příjem signálu. Dále následuje předzesilovač a selektivní zesilovač, který vybere z přijímaného spektra pouze požadovaný kmitočet. Následuje demodulátor, který vyrobí z amplitudově modulovaného signálu opět sled impulzů odpovídající stisknutému tlačítku. Jedná se o nízkofrekvenční signál, který lze dále zpracovat pomocí dekodéru a získat tak signál odpovídající stisknutému tlačítku.

### 2.6.1 Zapojení přijímače IR dálkového ovládání

Příklad zapojení přijímače IR dálkového ovládání je nakreslen na dalším obrázku 2.11. ze kterého přímo vyplývá i způsob zpracování signálu.



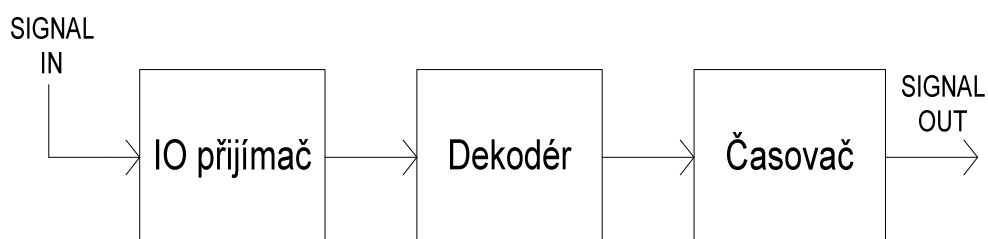
Obr. 2.11: Schéma zapojení přijímače iR dálkového ovládání, (převzato z [2])

Přijímač umožňuje zpracování nejen signálu IR dálkového ovládání, ale i signálů z tlačítek umístěných v televizním přijímači [2].

## 3 NÁVRH

### 3.1 Obvodová koncepce měřicí jednotky

Obvodová koncepce měřicí jednotky je znázorněna na obrázku 3.1. Skládá se z následujících funkčních bloků: integrovaný infračervený přijímač, dekodér MC145028, časovač 555 (monostabilní multivibrátor).

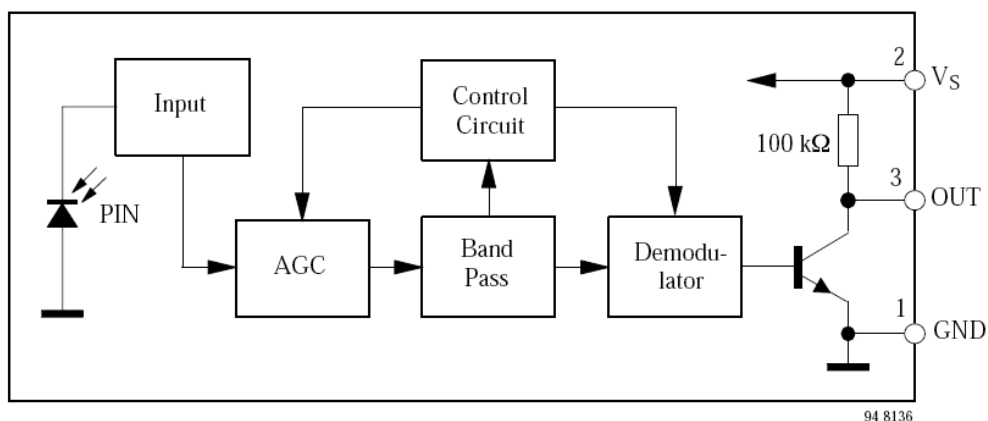


Obr. 3.1: Obvodová koncepce měřicí jednotky

#### 3.1.1 Integrovaný infračervený přijímač – SFH506

Tento obvod představuje kompletní prvek pro příjem infračerveného signálu. Kromě samotného příjmu zajišťuje i zesílení s automatickým řízením zisku a demodulaci signálu. Obvod obsahuje účinný filtr proti dennímu světlu, tím je dosaženo vysoké odolnosti proti rušení okolním osvětlením při zachování velké citlivosti. Podporuje všechny dnes běžné formáty přenosových kódů, má nízkou spotřebu energie, je kompatibilní s TTL a CMOS a umožňuje spojitý přenos dat až 2400bps.

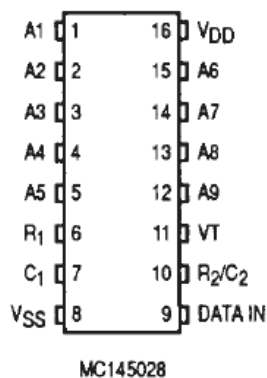
Vnitřní zapojení obvodu je zobrazeno na obr. 3.2.



Obr. 3.2: Blokové schéma vnitřního zapojení obvodu SFH506, (převzato z [12])

### 3.1.2 Dekodér MC145028

Na vstup dekodéru je přiveden demodulovaný signál. Dekodér vyhodnotí přijatá data, a pokud odpovídají hodnotě nastavené na vstupech A1 až A9, a jsou dvakrát za sebou přijata správně, objeví se na výstupu (VT – Valid Transmission) dekodéru krátký impuls. Tento impuls je pak převeden dál na vstup obvodu NE 555.



Obr. 3.3: Označení vývodu pouzdra (MC145028) , (převzato z [13])

### 3.1.3 Časovač 555

Jedním z nejzajímavějších integrovaných obvodů bipolárního období je mimo operačního zesilovače jistě časovač, kombinace analogových a číslicových obvodů na jediném čipu. Integrovaný obvod NE555 je monolitický časovač, který se používá jako zpožďovací člen (monostabilní multivibrátor) nebo jako oscilátor (stabilní multivibrátor).

Monostabilní multivibrátor vytváří po spuštění spouštěcím impulzem výstupní impuls s definovanou šířkou. Spouštěcí impuls na vstupu je vždy kratší než výstupní impuls. Monostabilní multivibrátor je proto používán pro prodloužení nebo pro obnovení impulsů. Tento obvod mění po určité době (za určitý přednastavený čas) stav svého výstupu. Proto je také nazýván časovač (timer). Vzhledem k preciznímu dodržení nastaveného času se využívá v zapojeních jako přesný časový spínač pro vytváření definovaných časových úseků. Časový spínač je monostabilní multivibrátor, který po startu (spouštěcí impuls) zapne připojený spotřebič a po určité době (délka výstupního impulsu) ho opět vypne [11].

Vlastnosti časovače:

- Spínací doba menší než 2,2ms
- Maximální pracovní frekvence větší než 500kHz
- Délka jednoho impulsu od ms po hodiny
- Velký výstupní proud
- Kompatibilita s TTL

## 3.2 Měřicí jednotka

Celkové zapojení měřicí jednotky je znázorněno na obrázku 3.4., je nakresleno v návrhovém programu EAGLE.



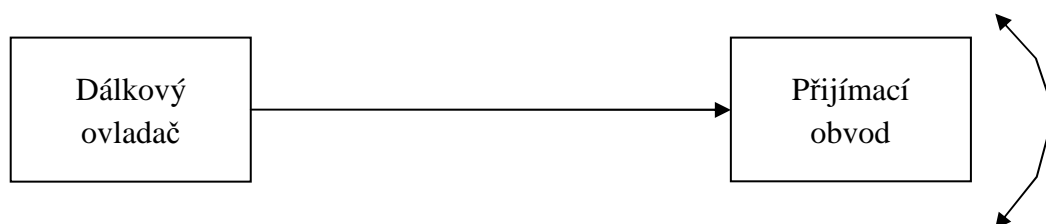
Vstupní část obvodu je tvořena integrovaným obvodem SFH-506 a diodou D2, která slouží pro měření úrovně přijímaného signálu při měření směrových charakteristik. Obvod SFH-506 představuje integrovaný infračervený přijímač. Funkce tohoto obvodu jsou popsány podrobněji v kapitole 3.1.1. Na jeho výstupu jsou pouze impulzy konstantní výšky (úrovně) s proměnnou délkou mezery. Z výstupu obvodu SFH 506 je přes tranzistor přiveden již demodulovaný signál na vstup dekodéru MC145028. Pokud dekodované slovo odpovídá hodnotě nastavené na vstupech A1 až A9, a pokud je dvakrát za sebou přijato správně, objeví se na výstupu VT krátký impuls, který překlopí monostabilní multivibrátor, generující impuls s časem závislým na hodnotě součástek C10 a R7. Výstupní impuls klopného obvodu je přiveden přes tranzistor na relé. Po stisknutí tlačítka pilotu se relé překlopí na dobu asi 1s. Paralelně s cívkou relé je zapojena červená dioda LED, která tak svým svitem indikuje provozní stav zařízení.

# 4 MĚŘENÍ PARAMETRŮ DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ

## 4.1 Měření směrových charakteristik

Podstata směrových charakteristik je určení hodnoty intenzity elektrického pole na kouli o dostatečně velkém poloměru. Vzhledem ke svému charakteru by se měla určovat nejenom amplituda, ale také fáze a polarizace v daném místě. Pro řadu aplikací postačí měření amplitudových vlastností, a to pouze v hlavních řezech.

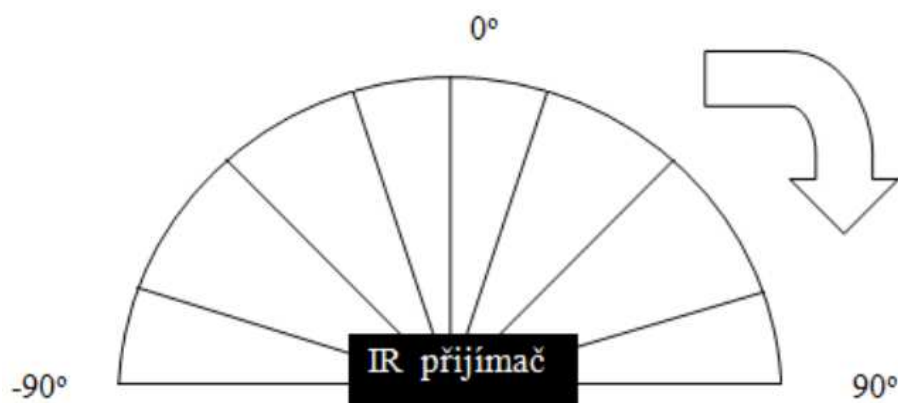
Obvodová koncepce měření směrových charakteristik přijímače je znázorněna na obr. 4.1.:



Obr. 4.1: Princip měření směrových charakteristik přijímače

V dálkovém ovladači je použita IR dioda k vysílání modulovaného signálu. Pro příjem signálu v přijímači se používá integrovaný IR přijímač. Při měření směrových charakteristik přijímače je třeba upevnit IR přijímač na otočný držák přípravku, a postupně pohybovat držákem v půlkružnici a zapisovat měřené amplitudy pro různé úhly. Polohu dálkového ovladače neměníme. Na dalším obrázku 4.2. je podrobnější zobrazení otočného držáku s IR přijímačem.





Obr. 4.2: Otočný držák s IR přijímačem

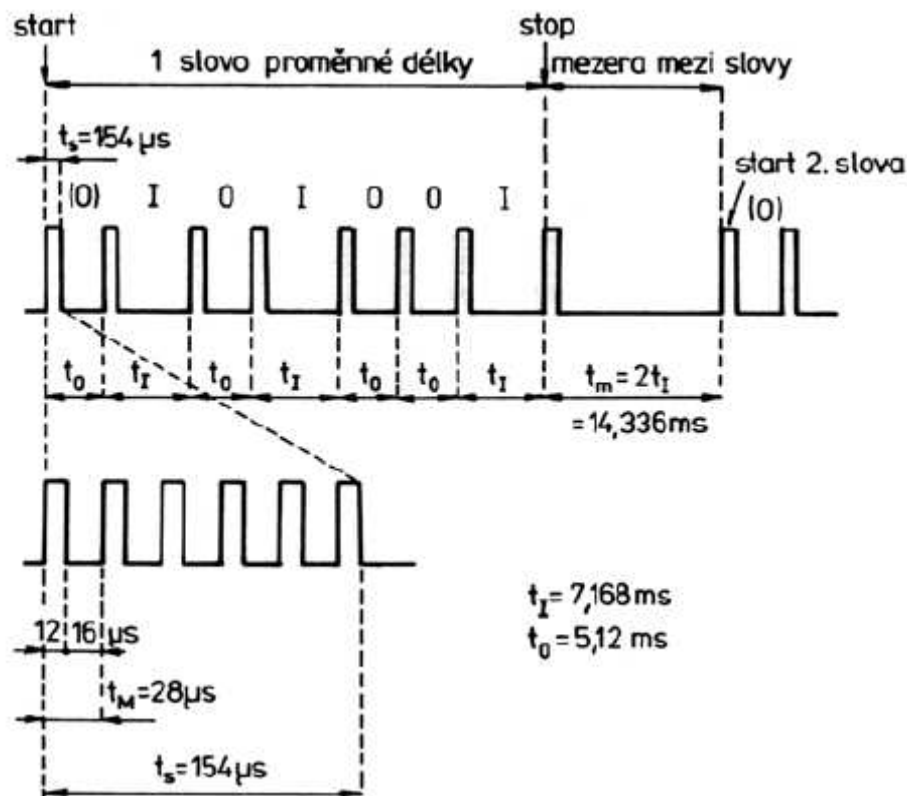
Měření směrových charakteristik vysílače je skoro stejné jako u přijímače, pohybovat však budeme s vysílačem, pozici přijímače neměníme. Obvodová koncepce měření směrových charakteristik vysílače je znázorněna na obrázku 4.3:



Obr. 4.3: Princip měření směrových charakteristik vysílače

## 4.2 Kódování s proměnnou délkou mezery mezi skupinami impulsů

Podle způsobu kódování binárního slova, existuje několik soustav IR dálkového ovládání, nejjednodušší z nich je soustava která využívá *kódování s proměnnou délkou mezery* mezi skupinami impulsů. Na obrázku 4.4 je zobrazená struktura signálu této soustavy:



Obr. 4.4: Kódování s proměnnou délkou mezery (převzato z [2])

Jednotlivé bity slova, jsou rozlišeny délkou mezery mezi impulsy. Pro log. 0 je délka mezery  $t_0 = 5,12$  ms, a pro log. 1 je délka mezery  $t_1 = 7,168$  ms. Na začátku každého binárního slova se vysílá log. 0 a mezera mezi slovy je dvojnásobkem mezery pro log. 1, tj.  $t_m = 2 \cdot t_1 = 14,336$  ms. Délky jednotlivé impulsy  $t_s = 154$  μs jsou tvořeny impulsním signálem s opakovací periodou  $t_M = 28$  μs.

U popsané soustavy je každý povel reprezentován šestibitovým slovem. Soustava umožňuje přenos pouze 64 povelů [2].

### 4.3 Výsledky měření

Nejdůležitější úkoly měření byly:

1. Ověření doby trvání signálových prvků zobrazovaného signálu,
2. Dekódování povelu dálkového ovladače,
3. Měření směrových charakteristik přijímací fotodiody a dálkového ovladače.

Pomocí integrovaného infračerveného přijímače (SFH506) jsem ověřil doby trvání signálových prvků. Na výstupu tohoto obvodu jsou pouze impulzy konstantní úrovně s proměnnou délkou mezery. Teoretické hodnoty jednotlivých bitů jsou popsány v kapitole 4.2.

Přijímaný signál jsem zobrazil na osciloskopu, a pomocí kurzorů jsem proměřil 5 krát časové hodnoty jednotlivých bitů. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 4.1.

Tab.4.1: Doby trvání signálových prvků

| Číslo měření | Délka bitu log.1 [ms] | Délka bitu log.0[ms] | Délka impulzu jednoho bitu [ $\mu$ s] | Mezera mezi slovy [ms] |
|--------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 1            | 7,0                   | 5,2                  | 153                                   | 14,30                  |
| 2            | 7,1                   | 5,1                  | 153                                   | 14,31                  |
| 3            | 7,2                   | 5,1                  | 154                                   | 14,33                  |
| 4            | 7,2                   | 5,0                  | 153                                   | 14,35                  |
| 5            | 7,1                   | 5,1                  | 154                                   | 14,32                  |

Vypočítal jsem průměr naměřených hodnot délky jednotlivých bitů. Srovnání výsledků měření společně s teoretickými hodnotami jsou uvedeny v Tab. 4.2.

Tab.4.2: Porovnání naměřených a teoretických hodnot doby trvání signálových prvků

|                                   | Délka bitu log.1 [ms] | Délka bitu log.0[ms] | Délka impulzu jednoho bitu [ $\mu$ s] | Mezera mezi slovy [ms] |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Průměr naměřených hodnot $\Sigma$ | 7,12                  | 5,10                 | 153,4                                 | 14,32                  |
| Teoretické hodnoty                | 7,168                 | 5,12                 | 154                                   | 14,336                 |

V Tab. 4.3. jsou uvedeny dekodované povely dálkového ovladače BQS 265. Signál z výstupu infračerveného přijímače (SFH506) jsem připojil na osciloskop. Pro všechny tlačítka (1-16) jsem určil binární hodnotu z časových průběhů.

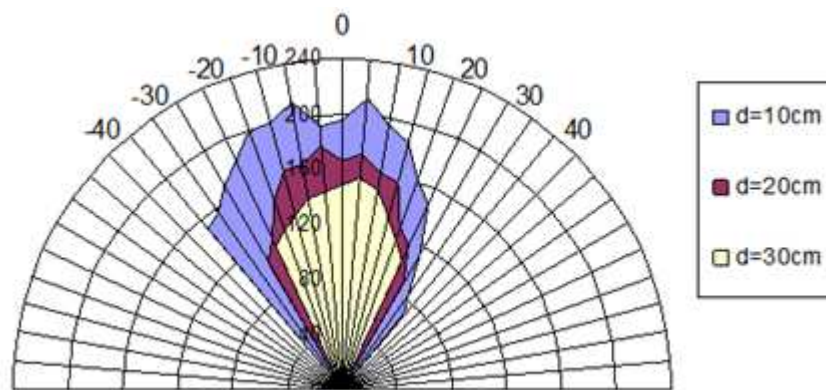
Tab.4.3: Dekódování povelů dálkového ovladače BQS 265

| Tlačítko | Binární hodnota | Dekadická hodnota |
|----------|-----------------|-------------------|
| 1        | 1 0 0 0 1 0     | 34                |
| 2        | 0 1 0 0 1 0     | 18                |
| 3        | 1 1 0 0 1 0     | 50                |
| 4        | 0 0 1 0 1 0     | 10                |
| 5        | 1 0 1 0 1 0     | 42                |
| 6        | 0 1 1 0 1 0     | 26                |
| 7        | 1 1 1 0 1 0     | 58                |
| 8        | 0 0 0 1 1 0     | 6                 |
| 9        | 1 0 0 1 1 0     | 38                |
| 10       | 0 1 0 1 1 0     | 22                |
| 11       | 1 1 0 1 1 0     | 54                |
| 12       | 0 0 1 1 1 0     | 14                |
| 13       | 1 0 1 1 1 0     | 46                |
| 14       | 0 1 1 1 1 0     | 30                |
| 15       | 1 1 1 1 1 0     | 62                |
| 16       | 0 0 0 0 1 0     | 2                 |

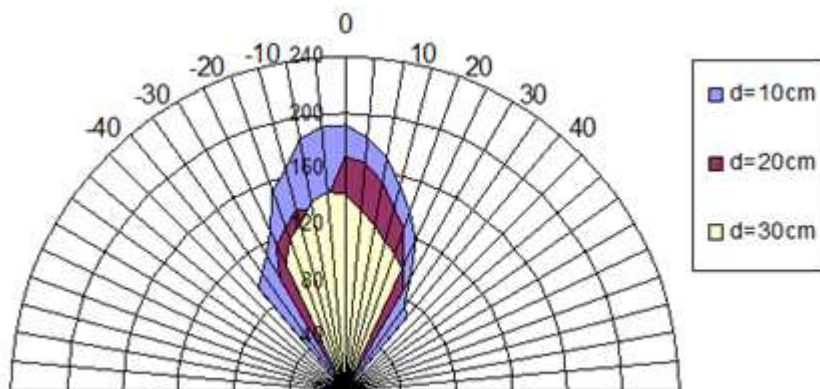
Princip měření směrových charakteristik přijímacího obvodu a vysílače (DO) je popsán v kapitole 4.1.

Pomocí otočného držáku a přijímacího obvodu jsem měřil směrové charakteristiky pro 3 různé vzdálenosti ( $d=10\text{cm}$ ,  $20\text{cm}$ ,  $30\text{cm}$ ) mezi přijímačem a vysílačem, všechno ve vertikální a v horizontální rovině. Výsledky měření jsem zpracovával do polárního diagramu.

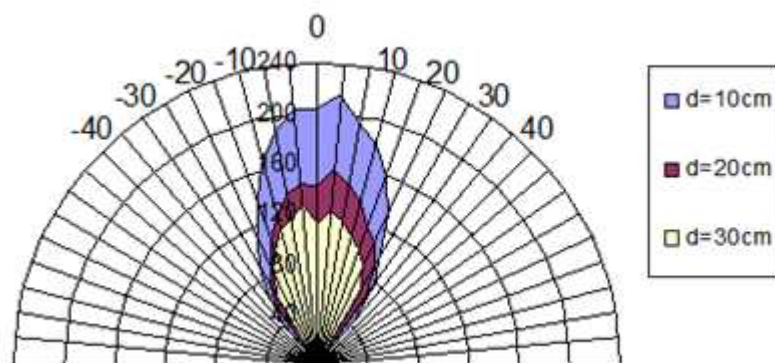
Na následujících obrázcích (od obr.4.5 do obr.4.8) jsou zakresleny měřené směrové charakteristiky přijímací fotodiody a vysílače (DO).



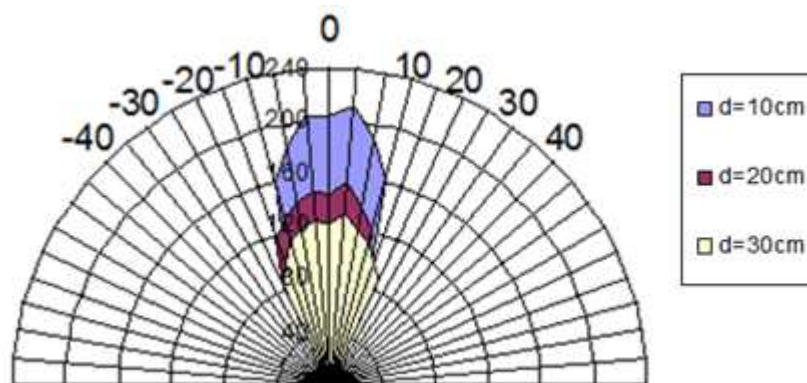
Obr. 4.5: Směrové charakteristiky přijímací fotodiody pro různé vzdálenosti  $d$ , ve vertikální rovině



Obr. 4.6: Směrové charakteristiky přijímací fotodiody pro různé vzdálenosti  $d$ , v horizontální rovině



Obr. 4.7: Směrové charakteristiky vysílače pro různé vzdálenosti  $d$ , ve vertikální rovině

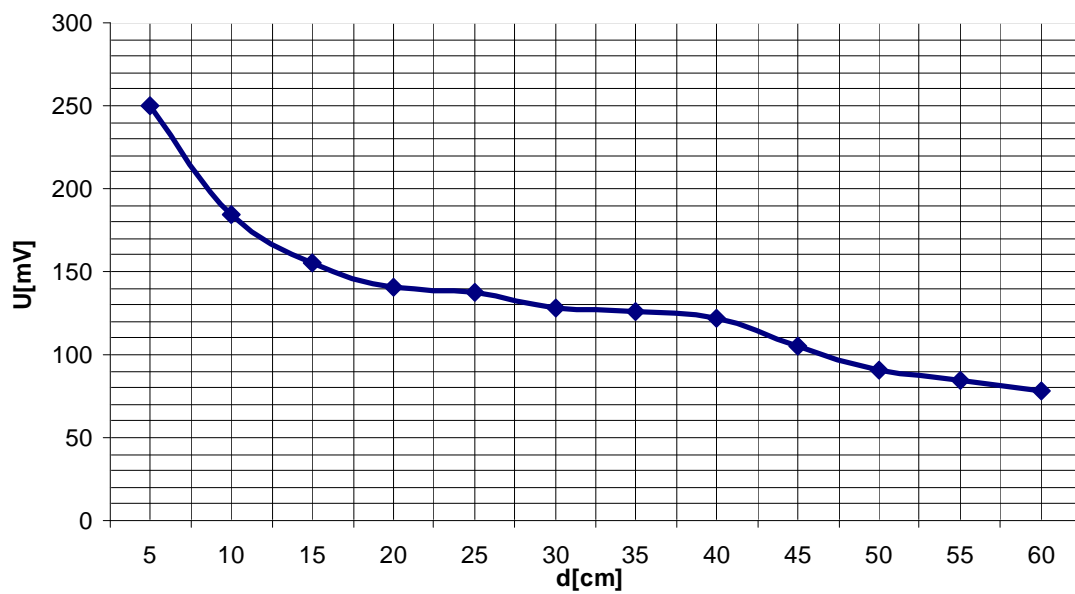


Obr. 4.8: Směrové charakteristiky vysílače pro různé vzdálenosti  $d$ , v horizontální rovině

Z výsledků můžeme odvodit:

- Čím větší je vzdálenost mezi přijímačem a vysílačem tím užší je směrová charakteristika přijímací fotodiody a dálkového ovladače.
- Podobné výsledky naměříme bez ohledu na to či měříme ve vertikální nebo v horizontální rovině.
- Přijímací fotodioda pracuje optickým úhlem  $\pm 40^\circ$  při vzdálenosti 10 cm, když zvětšíme vzdálenost úhel začíná klesat.
- Max. úroveň přijímaného signálu: 212,5mV pro  $d=10\text{cm}$ , úhel  $5^\circ$ .
- Min. úroveň přijímaného signálu: 71,25mV pro  $d=10\text{cm}$ , úhel  $40^\circ$ .

Jak už bylo naznačené, kritickými místy přenosového systému jsou vysílací a přijímací části. Velký rozdíl je mezi fotodiodou a integrovaným infračerveným přijímačem (SFH506). Fotodioda je velmi citlivý pro rušivé signály, a závislost úrovně přijímaného signálu při zvětšení vzdálenosti vhodně klesá. To je potvrzeno aj na dalším obr. 4.9. Obvod SFH 506 je víckrát odolnější proti dennímu světlu, protože obsahuje účinný filtr. Důležitým rozdílem je ještě, že na výstupu integrovaného infračerveného přijímače získáme už demodulovaný signál, zatímco na výstupu fotodiody jen modulovaný.



Obr. 4.9: Graf závislosti úrovně přijímaného signálu na vzdálenost mezi přijímačem a vysílačem

# ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo seznámení s funkcí a principy dálkových ovladačů, prostudovat standardy dálkového ovládání televizních přijímačů pomocí infračerveného záření.

Prvá kapitola se zabývá principem televizní přenosové soustavy.

V druhé kapitole byl podrobněji rozebrán princip protokolu IrDa. Především popisují infračervené protokoly, jednotlivé modulace a používané kódování. Pozornost je věnována principu dálkového ovládání televizního přijímače pomocí modulovaného infračerveného záření. Kritickými místy přenosového systému jsou vysílací a přijímací části. Záření je vysíláno v určitém úhlu a vyzářený výkon na jednotku plochy se vzdáleností poměrně rychle klesá.

Návrhem měřicí jednotky se zabývá třetí kapitola. Nejdůležitějším prvkem celého obvodu je integrovaný infračervený přijímač. Tento obvod představuje kompletní prvek pro příjem infračerveného signálu, a kromě příjmu zajišťuje i zesílení s automatickým řízením zisku a demodulaci signálu. Návrh měřicí jednotky bylo provedeno v programu EAGLE.

Po realizaci měřicí jednotky byly provedeny jednotlivé měření parametrů dálkového ovládání. Byly porovnané vlastnosti přijímací fotodiody s integrovaným infračerveným přijímačem. Integrovaný infračervený přijímač je ovela odolnější na rušivé signály, má větší přenosový dosah, a na jeho výstupu jsou už demodulované signály. Velmi jednoduše se dá zjistit jednotlivé povely dálkového ovladače.

Směrové charakteristiky byly změřené pomocí fotodiody. Z výsledků vyplývá, že čím větší je vzdálenost mezi přijímačem a vysílačem, tím užší je směrová charakteristika přijímací fotodiody. Podobné výsledky byly naměřené bez ohledu na ,to či se měří ve vertikální nebo v horizontální rovině.

Po měření bylo vytvořené k přípravku laboratorní úloha, včetně zadání, protokolu a vzorového měření.



# LITERATURA

- [1] VÍT, V. Televizní technika: Přenosové barevné soustavy. Praha BEN - technická literatura 1997, 719 s. ISBN 80-86056-04-X.
- [2] VÍT, V. Televizní technika: Rozkladové a číslicové obvody. Praha BEN - technická literatura 1994, 519 s. ISBN 80-901554-6-4.
- [3] ŘÍČNÝ, V. Televizní technika a Videotechnika. Skriptum FEI VUT v Brně, Vysoké učení technické v Brně, Brno, 1998.
- [4] WAGNER L. Infrared Remote Control. 2003, [Online]. Dostupný z www: <<http://www.ustr.net/infrared/index.shtml>>.
- [5] DH Servis: Infra red program – součástky pro konstruktéry. [Online]. Dostupný z www: <[http://www.dhservis.cz/dalsi\\_1/ir.htm](http://www.dhservis.cz/dalsi_1/ir.htm)>.
- [6] ČÍŽ, R. Parametry infračerveného přenosu. 2002, [Online]. Dostupný z www: <<http://www.elektrorevue.cz/clanky/02070/str3.htm>>.
- [7] GOLDOVÁ, K. Pokusy s infračerveným zářením. [Online]. Dostupný z www: <[http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh\\_06/06\\_07\\_Goldova.html](http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_06/06_07_Goldova.html)>.
- [8] RICHTR, T. Technologie pro mobilní komunikaci: Bezdrátové technologie-IrDA. Dostupný z www: <<http://tomas.richtr.cz/mobil/bezdrat.htm>>.
- [9] ŠÁRA, Z. Normy pro IR datový přenos. 1999, Dostupný z www: <[http://www.hw.cz/docs/ir\\_prenos/ir\\_protokoly.html](http://www.hw.cz/docs/ir_prenos/ir_protokoly.html)>.
- [10] HRABOVSKÝ, M. Eagle pro začátečníky. Praha BEN – technická literatura 2007, 192 s. ISBN 80-7300-213-2.
- [11] HÁJEK, J. Časovač 555 praktická zapojení. Praha BEN – technická literatura 2002, 128 s. ISBN 80-901984-1-4.
- [12] SFH506 – IR-Receiver/Demodulator Device. Data sheet [Online]. Dostupný z www: <<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/infineon/1-sfh506.pdf>>
- [13] MC145028 – Encoder and Decoder Pairs. Motorola Semiconductor technical data sheet [Online]. Dostupný z www: <<http://pdf1.alldatasheet.net/datasheet-pdf/view/158308/MOTOROLA/MC145028.html>>

# Seznam příloh

## **A**            **Návrh měřicí jednotky**

A1     Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)

A2     Osazení součástek na desce plošných spojů

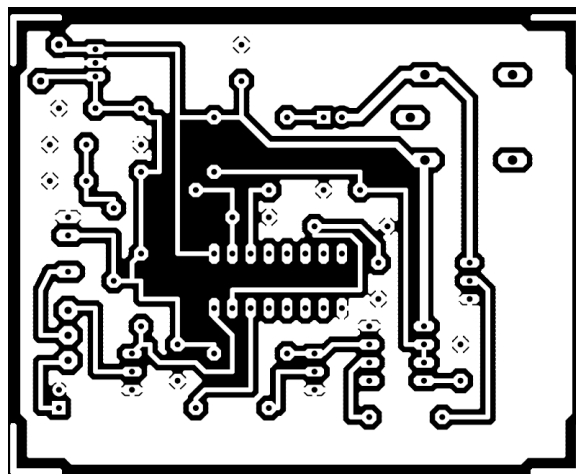
## **B**            **Seznam součástek**

## **C**            **Zadání : MĚŘENÍ PARAMETRŮ DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ TELEVIZNÍHO PŘIJÍMAČE**

## **D**            **Protokol**

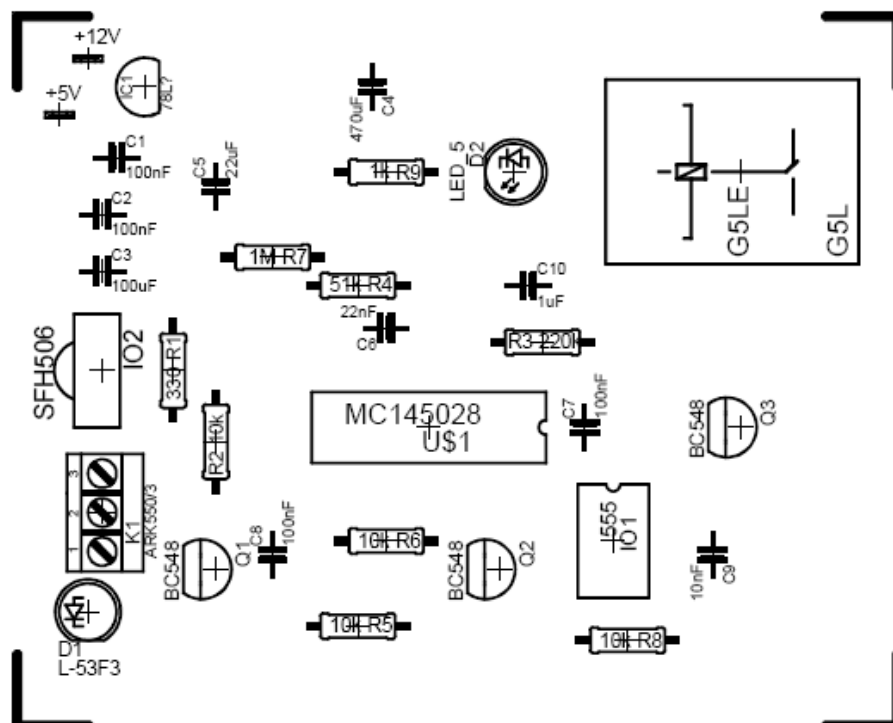
# A NÁVRH MĚŘICÍ JEDNOTKY

## A.1 Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)



Rozměry desky 76,2 x 60,8 [mm], měřítko M1:1

## A.2 Osazení součástek na desce plošných spojů



Rozměry desky 76,2 x 60,8 [mm], měřítko M2:1

## B SEZNAM SOUČÁSTEK

| Označení       | Název               | Typ          | Hodnota |
|----------------|---------------------|--------------|---------|
| C1,C2,C3,C7,C8 | Kondenzátor         | Keramický    | 100nF   |
| C4             | Kondenzátor         | Elektrolický | 470uF   |
| C5,C6          | Kondenzátor         | Elektrolický | 22nF    |
| C9             | Kondenzátor         | Keramický    | 10nF    |
| C10            | Kondenzátor         | Keramický    | 1uF     |
| D1             | Fotodioda           | L-53F        |         |
| D2             | Led                 | LED_5        |         |
| IC1            | Stabilizátor napětí | 78LO5Z       |         |
| IO1            | Integrovaný obvod   | NE555        |         |
| IO2            | Integrovaný obvod   | SFH506       |         |
| K1             | Svorka              | ARK550/3     |         |
| R1             | Rezistor            | Uhlíkový     | 330     |
| R2             | Rezistor            | Uhlíkový     | 10k     |
| R3             | Rezistor            | Uhlíkový     | 220k    |
| R4             | Rezistor            | Uhlíkový     | 51k     |
| R5             | Rezistor            | Uhlíkový     | 10k     |
| R6             | Rezistor            | Uhlíkový     | 10k     |
| R7             | Rezistor            | Uhlíkový     | 1M      |
| R8             | Rezistor            | Uhlíkový     | 10k     |
| R9             | Rezistor            | Uhlíkový     | 1k      |
| REL1           | Relé                | G5LE         |         |
| T1, T2, T3     | Tranzistor          | BC547        |         |
| US1            | Integrovaný obvod   | MC145028     |         |

## C ZADÁNÍ: MĚŘENÍ PARAMETRŮ DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ TELEVIZNÍHO PŘIJÍMAČE

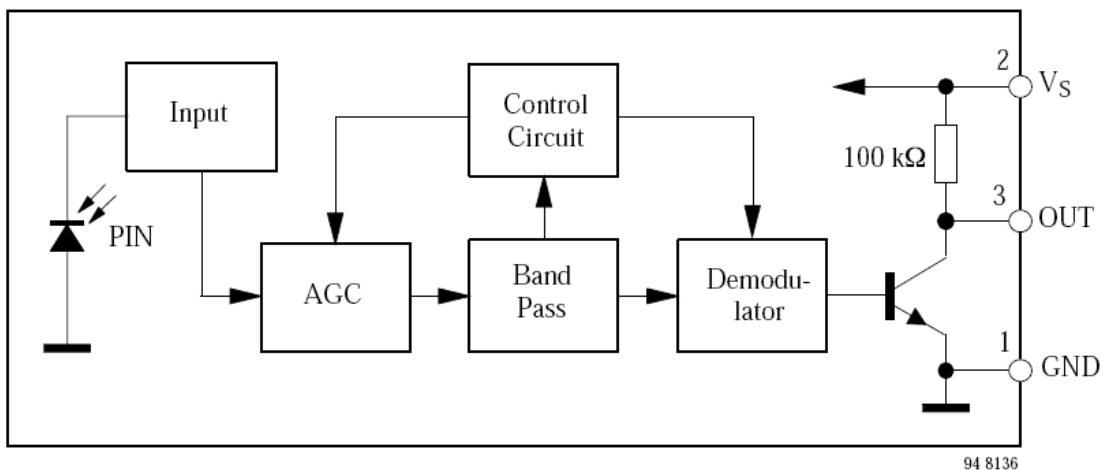
### Zadání laboratorní úlohy

1. Na osciloskopu zobrazte současně signál z výstupu infračerveného přijímače (SFH 506) a z fotodiody. Jaký je rozdíl mezi signály? Dále ověřte doby trvání signálových prvků zobrazovaného signálu z výstupu infračerveného přijímače.
2. Dekódujte čtyři různé povely dálkového ovladače pomocí infračerveného přijímače (SFH 506).
3. Změřte směrovou charakteristiku přijímače v rovinách H (horizontál) a V (vertikál) při vzdálenostech přijímače od vysílače např.  $d=10\text{cm}$ ,  $d=20\text{cm}$ ,  $d=30\text{cm}$ . Zakreslete změřené charakteristiky do polárního diagramu a srovnejte jejich průběhy.
4. Změřte směrovou charakteristiku vysílače v rovinách H (horizontál) a V (vertikál) při vzdálenostech vysílače od přijímače např.  $d=10\text{cm}$ ,  $d=20\text{cm}$ ,  $d=30\text{cm}$ . Zakreslete změřené charakteristiky do polárního diagramu a srovnejte jejich průběhy.
5. Zjistěte, jak se změní úroveň přijímaného signálů při různých vzdálenostech mezi přijímačem a vysílačem.

### Teoretický úvod

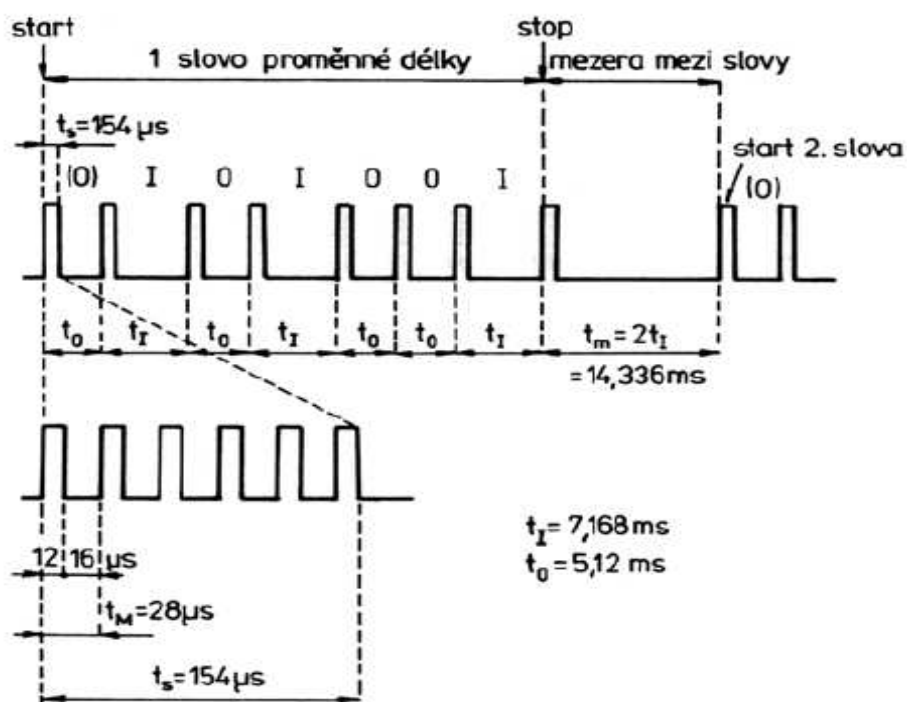
Infračervené **dálkové ovládání** funguje na principu přenosu signálu na vzdálenost několika metrů pomocí modulovaného infračerveného záření. Pro přenos povelů se používá impulzní signál, kterým je amplitudově modulován nosný obdélníkový signál.

V dálkovém ovladači je použita IR dioda k vysílání modulovaného signálu. Pro příjem signálu v přijímači se používá integrovaný infračervený přijímač. Tento obvod kromě samotného příjmu zajišťuje i zesílení s automatickým řízením zisku a demodulaci signálu. Na výstupu tohoto obvodu jsou pouze impulzy konstantní úrovně s proměnnou délkou mezery. Na obr.1 je znázorněno vnitřní zapojení obvodu SFH506, který je použito v přijímači.



Obr. 1: Blokové schéma vnitřního zapojení obvodu SFH506 [1]

Binární signál je kódován do impulzů s proměnnou délkou mezery. Struktura signálu této soustavy je naznačena obr. 2.



Obr. 2: Kódování s proměnnou délkou mezery [2]

Jednotlivé bity slova, jsou rozlišeny délkou mezery mezi impulsy. Pro log. 0 je délka mezery  $t_0 = 5,12$  ms, a pro log.1 je délka mezery  $t_1 = 7,168$  ms. Na začátku každého binárního slova se vysílá log. 0 a mezera mezi slovy je dvojnásobkem mezery pro log. 1, tj.  $t_m = 2 \cdot t_1 = 14,336$  ms. Délky jednotlivé impulsy  $t_s = 154$   $\mu$ s jsou tvořeny impulsním signálem s opakovací periodou  $t_M = 28$   $\mu$ s. [2]

## Postup měření

### Bod zadání 1)

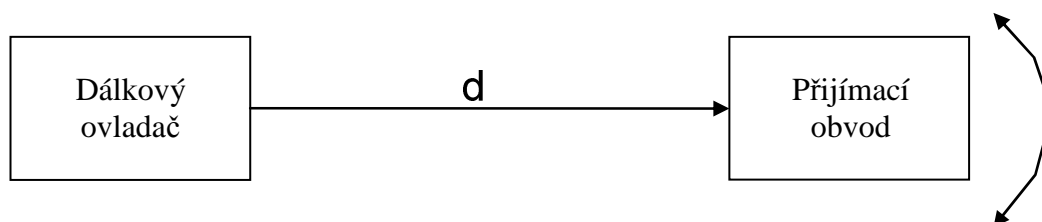
Vysílaný signál z dálkového ovladače je přijímán pomocí fotodiody nebo integrovaného infračerveného přijímače (SFH506). Signál z výstupu fotodiody připojte na 1.kanál osciloskopu, na 2.kanál signál z výstupu infračerveného přijímače. Přijímaný signály zobrazte současně na osciloskopu. Pomocí kurzorů proměřte časové relace v signálu. Získané časové hodnoty srovnajte s časy uvedenými v teoretickém úvodu.

### Bod zadání 2)

V dalším bodě budete dekódovat různé povely dálkového ovladače pomocí infračerveného přijímače (SFH506). Signál z výstupu infračerveného přijímače připojte na 2.kanál osciloskopu. Pro libovolná čtyři tlačítka dálkového ovladače určete z průběhu na osciloskopu binární hodnotu a převedte je na dekadické. V teoretickém úvodu je popsáno jak jsou jednotlivé povely kódovány.

### Bod zadání 3)

Obvodová koncepce měření směrových charakteristik přijímače je znázorněna na obrázku:



Obr. 3: Obvodová koncepce měření směrových charakteristik přijímače

Pro příjem signálu v přijímači se používejte fotodiodu. Signál z výstupu fotodiody připojte na 1.kanál osciloskopu. Při měření směrových charakteristik přijímače je třeba upevnit přijímací obvod na otočný držák přípravku. Na začátku měření je nutné nastavit polohu držáku do počátečního stavu. Pomocí manuálního ovládání otáčejte držákem v půlkružnici a zapište amplitudy přijímaného signálu pro různé úhly ( v rozsahu  $0^\circ \pm 40^\circ$ ). Polohu dálkového ovladače neměňte.

Směrové charakteristiky změřte ve vertikální a v horizontální rovině, a pro různé vzdálenosti mezi vysílačem(DO) a přijímačem. ( $d=10\text{cm}$ ,  $d=20\text{cm}$ ,  $d=30\text{cm}$ ).

#### **Bod zadání 4)**

Měření směrových charakteristik vysílače (DO) je skoro stejné jako u přijímače, pohybovat však budete s vysílačem, pozici přijímače neměňte.

#### **Bod zadání 5)**

Signál z výstupu fotodiody připojte na 1.kanál osciloskopu, a změřte úroveň přijímaného signálů při různých vzdálenostech mezi přijímačem a vysílačem (v rozsahu  $0\text{cm} \rightarrow 60\text{cm}$ ).

Získané hodnoty vynesete do grafu.

### **Použité přístroje**

|            |                         |
|------------|-------------------------|
| <b>PO</b>  | Přijímací obvod         |
| <b>OSC</b> | HP 54603B OSCILLOSCOPE  |
| <b>DO</b>  | Dálkový ovladač BQS 265 |
| <b>OTD</b> | Otočný držák            |
| <b>ZN</b>  | Napájecí zdroj MW9115GS |





Obr. 4: Přístroje laboratorního pracoviště

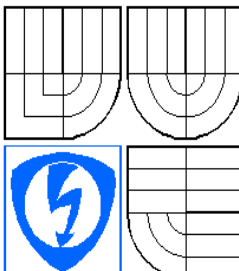
## Závěr

Do závěru každý student uvede své individuální hodnocení měření. Je třeba komentovat každý bod měření, všechny výsledky a každou měřenou charakteristiku. Individuální závěr by měl také uvádět důležité technické a odborné poznatky z měření.

## Použitá literatura

- [1] SFH506 – IR-Receiver/Demodulator Device. Data sheet [Online]. <<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/infineon/1-sfh506.pdf>>
- [2] VÍT, V. Televizní technika: Rozkladové a číslicové obvody. Praha BEN - technická literatura 1994, 519 s. ISBN 80-901554-6-4.

## D PROTOKOL

|   |   |                |         |
|---|---|----------------|---------|
|  | VYSOKÉ<br>UČENÍ<br>TECHNICKÉ<br>V BRNĚ                    | Jméno:         | Balázs  |
|   |   | Příjmení:      | Bordács |
|   |   | Měřeno<br>dne: |         |
| Název úlohy:  | Měření parametrů dálkového ovládání televizního přijímače |                |         |

### Zadání laboratorní úlohy

1. Na osciloskopu zobrazte současně signál z výstupu infračerveného přijímače (SFH 506) a z fotodiody. Jaký je rozdíl mezi signály? Dále ověřte doby trvání signálových prvků zobrazovaného signálu z výstupu infračerveného přijímače.
2. Dekódujte čtyři různé povely dálkového ovladače pomocí infračerveného přijímače (SFH 506).
3. Změřte směrovou charakteristiku přijímače v rovinách H (horizontál) a V (vertikál) při vzdálenostech přijímače od vysílače např.  $d=10\text{cm}$ ,  $d=20\text{cm}$ ,  $d=30\text{cm}$ . Zakreslete změřené charakteristiky do polárního diagramu a srovnejte jejich průběhy.
4. Změřte směrovou charakteristiku vysílače v rovinách H (horizontál) a V (vertikál) při vzdálenostech vysílače od přijímače např.  $d=10\text{cm}$ ,  $d=20\text{cm}$ ,  $d=30\text{cm}$ . Zakreslete změřené charakteristiky do polárního diagramu a srovnejte jejich průběhy.
5. Zjistěte, jak se změní úroveň přijímaného signálů při různých vzdálenostech mezi přijímačem a vysílačem.

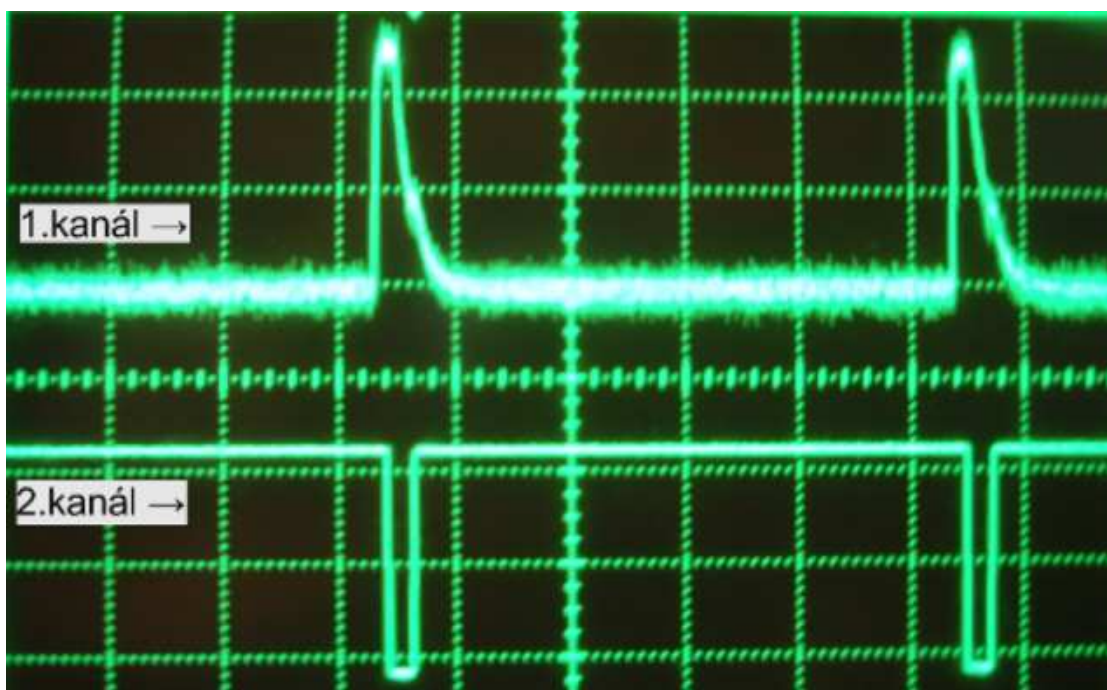
## VYPRACOVÁNÍ:

### Ad 1) Ověření doby trvání signálových prvků

Tab.1: Doby trvání signálových prvků.

|                       | Délka bitu<br>log.1<br>[ms] | Délka bitu<br>log.0<br>[ms] | Délka impulsu<br>jednoho bitu<br>[μs] | Mezera mezi<br>slovy [ms] |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Teoretické<br>hodnoty | 7,168                       | 5,12                        | 154                                   | 14,336                    |
| Naměřené<br>hodnoty   | 7,1                         | 5,1                         | 153                                   | 14,31                     |

Na obr. 1. jsou zobrazené přijímané signály. Na 1. kanál je připojeno výstup z fotodiody, na 2. kanál je připojeno výstup z infračerveného přijímače SFH506. Rozdíl mezi signály je, že signál z výstupu infračerveného přijímače SFH506 je už demodulovaný.

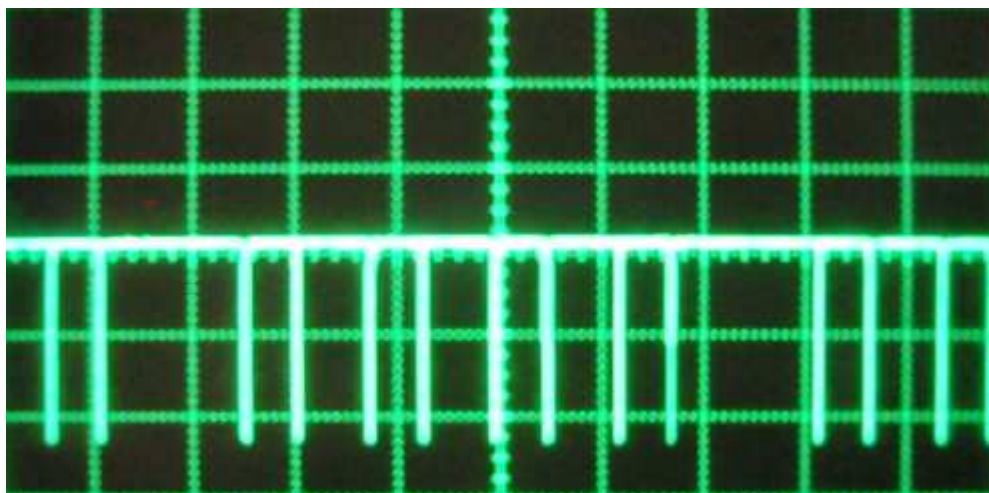


Obr.1: Zobrazené přijímané průběhy z výstupu fotodiody a infračerveného přijímače

## Ad 2) Dekódování povelu dálkového ovladače

Tab.2: Dekódování povelů dálkového ovladače

| Tlačítko | Binární hodnota | Dekadická hodnota |
|----------|-----------------|-------------------|
| 1        | 1 0 0 0 1 0     | 34                |
| 2        | 0 1 0 0 1 0     | 18                |
| 5        | 1 0 1 0 1 0     | 42                |
| 7        | 1 1 1 0 1 0     | 58                |



Obr. 2: Zobrazený průběh tlačítka 5

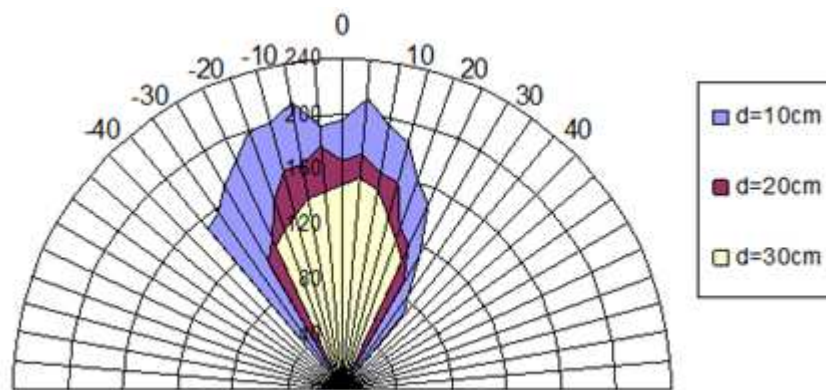
### Ad 3) Měření směrových charakteristik přijímače

Tab.3: Měřené hodnoty ve vertikální rovině:

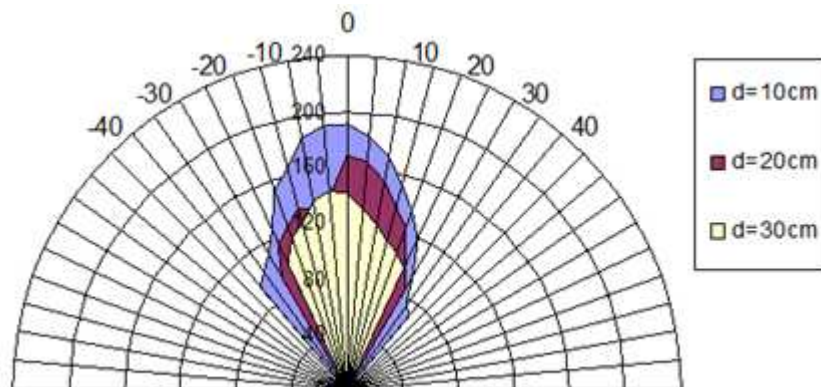
| Úhel [°] | d = 10cm            | d = 20cm            | d = 30cm            |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|
|          | U <sub>1</sub> [mV] | U <sub>2</sub> [mV] | U <sub>3</sub> [mV] |
| 0        | 195,3               | 165,5               | 148,0               |
| 5        | 212,5               | 170,5               | 153,1               |
| 10       | 194,2               | 160,2               | 146,9               |
| 15       | 184,3               | 155,4               | 130,1               |
| 20       | 160,9               | 125,8               | 115,5               |
| 25       | 147,0               | 114,7               | 103,1               |
| 30       | 111,5               | 90,6                | -                   |
| 35       | 82,8                | -                   | -                   |
| 40       | 71,8                | -                   | -                   |
| -40      | 153,0               | -                   | -                   |
| -35      | 157,2               | -                   | -                   |
| -30      | 170                 | 106,7               | -                   |
| -25      | 183,3               | 121,4               | 113,3               |
| -20      | 197,6               | 145,3               | 121,8               |
| -15      | 201,4               | 164,2               | 131,2               |
| -10      | 210,9               | 165,3               | 139,3               |
| -5       | 190,6               | 175,3               | 142,1               |

Tab.4: Měřené hodnoty v horizontální rovině:

| Úhel [°] | d = 10cm            | d = 20cm            | d = 30cm            |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|
|          | U <sub>1</sub> [mV] | U <sub>2</sub> [mV] | U <sub>3</sub> [mV] |
| 0        | 190,6               | 167,5               | 141,3               |
| 5        | 182,0               | 164,0               | 130,3               |
| 10       | 170,3               | 152,3               | 120,7               |
| 15       | 153,1               | 136,2               | 110,9               |
| 20       | 137,5               | 122,2               | 104,7               |
| 25       | 118,6               | 101,0               | 95,5                |
| 30       | 92,25               | 85,4                | -                   |
| 35       | 75,3                | -                   | -                   |
| 40       | 71,25               | -                   | -                   |
| -40      | 96,6                | -                   | -                   |
| -35      | 104,1               | -                   | -                   |
| -30      | 112,2               | 93,75               | -                   |
| -25      | 128,8               | 115,6               | 100,3               |
| -20      | 150,6               | 123,6               | 115,9               |
| -15      | 165,8               | 134,4               | 122,6               |
| -10      | 183,8               | 151,2               | 136,8               |
| -5       | 190,3               | 168,8               | 142,9               |



Obr. 3: Směrové charakteristiky přijímací fotodiody pro různé vzdálenosti  $d$ , ve vertikální rovině



Obr. 4: Směrové charakteristiky přijímací fotodiody pro různé vzdálenosti  $d$ , v horizontální rovině

#### Ad 4) Měření směrových charakteristik vysílače

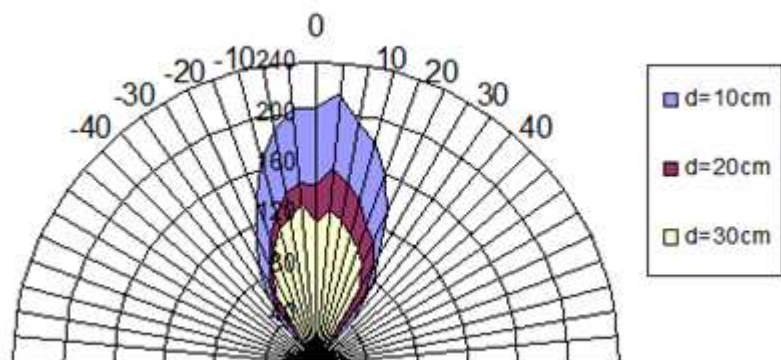
Tab.5: Měřené hodnoty ve vertikální rovině:

| Úhel [°] | d = 10cm            | d = 20cm            | d = 30cm            |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|
|          | U <sub>1</sub> [mV] | U <sub>2</sub> [mV] | U <sub>3</sub> [mV] |
| 0        | 203,1               | 142,2               | 112,5               |
| 5        | 214,1               | 154,7               | 121,9               |
| 10       | 193,8               | 145,3               | 115,6               |
| 15       | 179,7               | 132,8               | 1104,7              |
| 20       | 160,9               | 117,2               | 98,4                |
| 25       | 132,8               | 109,4               | 87,5                |
| 30       | 96,88               | 89,0                | 68,1                |
| 35       | 78,75               | 65,2                | -                   |
| 40       | 45,2                | -                   | -                   |
| -40      | 39,4                | -                   | -                   |
| -35      | 66,8                | 58,9                | -                   |
| -30      | 90,4                | 72,4                | 62,4                |
| -25      | 112,8               | 87,5                | 82,5                |
| -20      | 1375                | 107,8               | 98,7                |
| -15      | 165,6               | 121,9               | 110,4               |
| -10      | 189,1               | 138,7               | 118,8               |
| -5       | 203,1               | 143,8               | 126,6               |

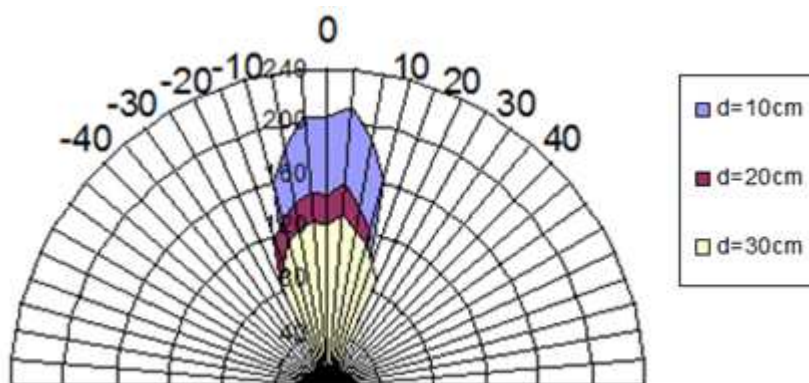


Tab.6: Měřené hodnoty v horizontální rovině:

| Úhel [°] | d = 10cm            | d = 20cm            | d = 30cm            |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|
|          | U <sub>1</sub> [mV] | U <sub>2</sub> [mV] | U <sub>3</sub> [mV] |
| 0        | 190,6               | 167,5               | 141,3               |
| 5        | 182,0               | 164,0               | 130,3               |
| 10       | 170,3               | 152,3               | 120,7               |
| 15       | 153,1               | 136,2               | 110,9               |
| 20       | 137,5               | 122,2               | 104,7               |
| 25       | 118,6               | 101,0               | 95,5                |
| 30       | 92,25               | 85,4                | -                   |
| 35       | 75,3                | -                   | -                   |
| 40       | 71,25               | -                   | -                   |
| -40      | 96,6                | -                   | -                   |
| -35      | 104,1               | -                   | -                   |
| -30      | 112,2               | 93,75               | -                   |
| -25      | 128,8               | 115,6               | 100,3               |
| -20      | 150,6               | 123,6               | 115,9               |
| -15      | 165,8               | 134,4               | 122,6               |
| -10      | 183,8               | 151,2               | 136,8               |
| -5       | 190,3               | 168,8               | 142,9               |



Obr. 5: Směrové charakteristiky vysílače pro různé vzdálenosti  $d$ , ve vertikální rovině

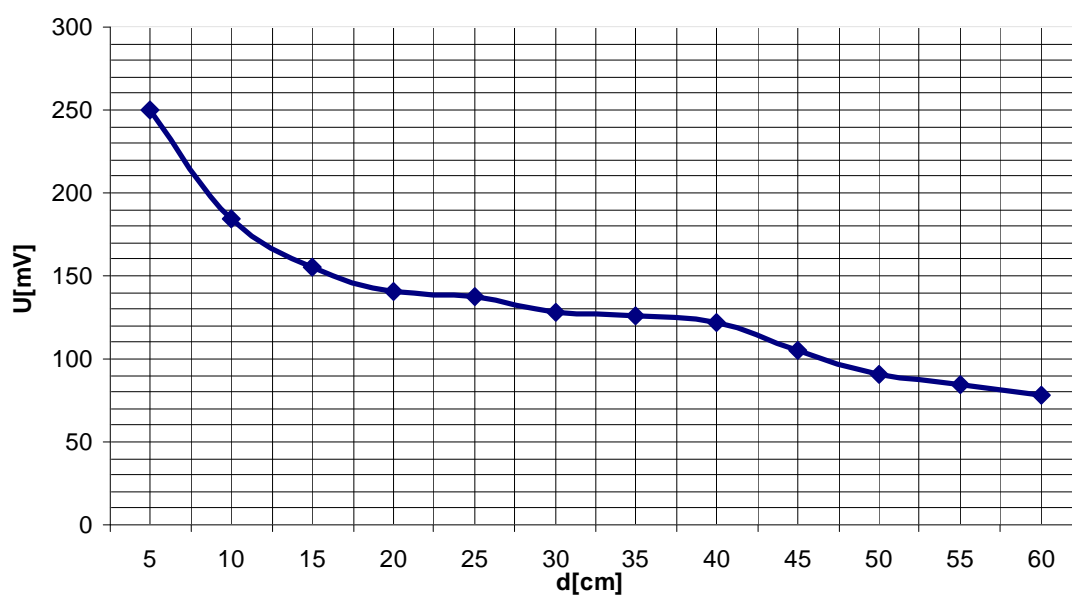


Obr. 6: Směrové charakteristiky vysílače pro různé vzdálenosti  $d$ , ve vertikální rovině

**Ad 5) Závislost úrovně přijímaného signálu na vzdálenost mezi přijímačem a vysílačem**

**Tab.**

|               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| <b>d [cm]</b> | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50 | 55 | 60 |
| <b>U [mV]</b> | 250 | 184 | 154 | 140 | 137 | 128 | 125 | 121 | 105 | 90 | 84 | 78 |



Obr. 7: Graf závislosti úrovně přijímaného signálu na vzdálenost mezi přijímačem a vysílačem