

# **Model infračerveného diaľkového ovládača**

Martin Dolinský

---

Bakalárska práca  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Dolinský**

Osobní číslo: **A12007**

Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Model infračerveného dálkového ovladače**

Téma anglicky: **A Model Infrared Remote Control**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte a popište protokoly používané pro dálkové ovládání spotřební elektroniky, především TV.
2. Navrhněte zapojení modulu dálkového ovladače řízeného zvoleným mikropočítačem.
3. Realizujte prototyp ovladače podle svého návrhu.
4. Vytvořte programové vybavení pro použitý mikropočítač.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. FROHN, M. Elektronika: polovodičové součástky a základní zapojení. 1. české vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2006, 479 s. ISBN 80-730-0123-3.
2. HRBÁČEK, Jiří. Moderní učebnice programování jednočipových mikrokontrolérů PIC. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2007, 141 s. ISBN 978-80-7300-137-7.
3. HRBÁČEK, Jiří. Mikrořadiče PIC16CXX vývojový kit PICSTART. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 1996, 142 s. ISBN 80-901-9840-6.
4. MAŤÁTKO, Jan. Elektronika. 5. vyd., V [nakl.] Idea servis 3., rozš. vyd. Praha: Idea Servis, 2002. ISBN 80-859-7042-2.
5. PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. Praha: BEN – technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0110-1.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Dolinay, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

6. března 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

22. května 2015

Ve Zlíně dne 6. března 2015



L.S.

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
děkan

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
ředitel ústavu




**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s přípoště-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

  
.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Cieľom bakalárskej práce bolo navrhnuť a realizovať model diaľkového ovládania, ktorý by bol schopný vyslať základné povely vo zvolenom kódovaní RC-5. V rámci práce bola vyrobená doska plošného spoja, ktorá bola základom k realizácii modelu. Práca tiež popisuje programové riešenie pre samotnú funkčnosť zariadenia. Výsledkom bakalárskej práce je zariadenie, ktoré spĺňa podmienky pre predpokladané použitie.

Kľúčové slová: Diaľkový ovládač, RC-5, DPS, PIC16F676, LED-dióda

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis was to design and implement remote control model, which would be able to send basic commands in chosen RC-5 encoding. As part of thesis the printed circuit board was made, which is the basis for building the model. The thesis also describes a software solution for the actual functionality of the device. The result of this thesis is a device that meets the requirements for intended use.

Keywords: Remote controller, RC-5, DPS, PIC16F676, LED-diode

Rád by som touto cestou poďakoval vedúcemu mojej bakalárskej práce Ing. Jánovi Dolinayovi, Ph.D. za jeho pomoc, trpezlivosť a veľmi rýchle odozvy na problémy. Ďalej by som rád poďakoval mojej rodine za podporu počas celého štúdia.

Motto:

Nick Vujicic

„V tejto chvíli možno nevidíte cestu, ale to neznamená, že neexistuje.“

Prehlasujem, že odovzdaná verzia bakalárskej práce a verzia elektronická nahraná do IS/STAGE sú totožné.

## OBSAH

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ÚVOD .....</b>                                | <b>9</b>  |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>                   | <b>10</b> |
| <b>1 POČÍTAČ .....</b>                           | <b>11</b> |
| 1.1 MIKROKONTROLÉR .....                         | 12        |
| 1.2 MIKROKONTROLÉR PIC.....                      | 13        |
| 1.2.1 Základná špecifikácia .....                | 13        |
| 1.2.2 Prerušenie.....                            | 15        |
| 1.2.3 Vývojové prostriedky .....                 | 15        |
| MPLAB IDE.....                                   | 15        |
| 1.3 PIC16F676 .....                              | 16        |
| <b>2 PRINCÍP ĎIALKOVÉHO OVLÁDAČA.....</b>        | <b>19</b> |
| 2.1 ZDROJE RUŠENIA .....                         | 19        |
| 2.1.1 Optické zdroje rušenia .....               | 19        |
| 2.1.2 Ostatné zdroje rušenia.....                | 20        |
| 2.1.3 Dosah prenosových systémov .....           | 20        |
| 2.2 INFRAČERVENÉ ŽIARENIE.....                   | 21        |
| 2.3 LED DIÓDA.....                               | 21        |
| 2.3.1 IR LED dióda .....                         | 21        |
| 2.4 MODULÁCIA IR ŽIARENIA.....                   | 22        |
| 2.4.1 Pulzná modulácia.....                      | 22        |
| 2.4.2 Pulzne šírková modulácia .....             | 22        |
| 2.4.3 Bi – phase modulácia.....                  | 23        |
| 2.4.4 FSK modulácia .....                        | 23        |
| 2.5 PRENOSOVÉ PROTOKOLY .....                    | 24        |
| 2.5.1 RC-5 protokol.....                         | 25        |
| 2.5.2 Japan protokol .....                       | 27        |
| 2.5.3 NEC protokol .....                         | 28        |
| 2.5.4 Samsung protokol.....                      | 29        |
| 2.5.5 Sony SIRC.....                             | 29        |
| 2.5.6 Denon protokol.....                        | 30        |
| 2.5.7 RC5X protokol .....                        | 31        |
| 2.5.8 Motorola protokol.....                     | 31        |
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>                   | <b>32</b> |
| <b>3 VÝBER PROTOKOLU .....</b>                   | <b>33</b> |
| 3.1 NÁVRH DPS.....                               | 33        |
| 3.1.1 Realizácia DPS - fotocestou.....           | 34        |
| <b>4 PROGRAMOVÉ RIEŠENIE PRÁCE .....</b>         | <b>38</b> |
| <b>ZÁVER .....</b>                               | <b>44</b> |
| <b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>          | <b>45</b> |
| <b>ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....</b> | <b>46</b> |
| <b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>                     | <b>47</b> |
| <b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>                     | <b>48</b> |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>ZOZNAM PRÍLOH .....</b> | <b>49</b> |
|----------------------------|-----------|



## ÚVOD

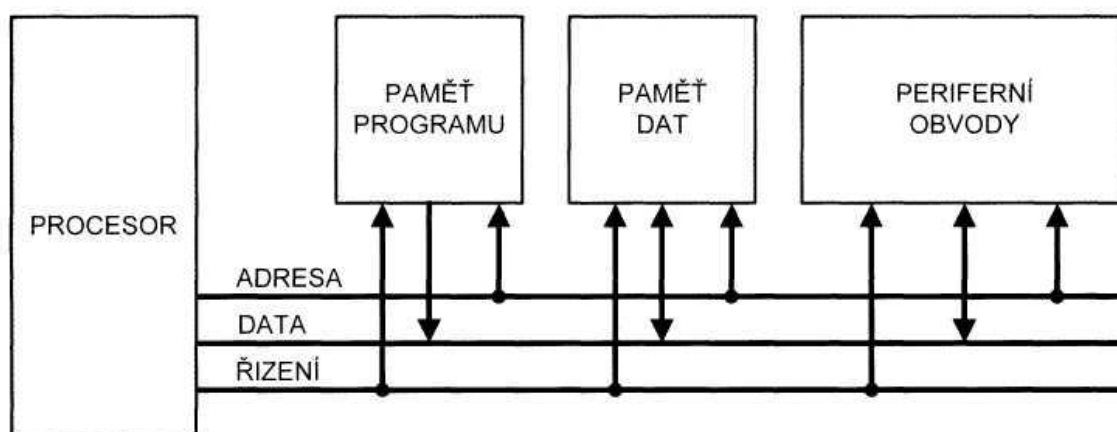
Cieľom tejto Bakalárskej práce je oboznámenie sa s možnosťami a technickým riešením diaľkového ovládania elektronických domácich spotrebičov pomocou IR diaľkového ovládania. Následne na základe nadobudnutých informácií z obdobných zdrojov ale i komerčných bulletinov zrealizovanie návrhu diaľkového ovládania. Zámerom bolo aby hotové zariadenie mohlo vysielat' základne povely vo zvolenom RC-5 kódovaní. Základným prvkom je mikrokontrolér, ktorého úlohou je ovládat' dané povely uložené v pamäti. Mojim hlavným zámerom bolo zhotovit' zariadenie použiteľné v praxi i keď na trhu sú už výrobky podobného využitia ale skôr z komerčného hľadiska. Keďže na trhu je veľké množstvo ovládačov za prijateľnú cenu, rozhodol som sa pre pomôcku použiteľnú v oblasti výučby študentov pri programovaní mikrokontrolérov. A aj preto náklady na jej zhotovenie nie sú minimalizované na úkor jej kvality. Taktiež aj dizajn samotného výrobku nie je zhotovený pre komerčného používateľa v domácnosti, ale naopak má slúžiť na pochopenie študentov princípu činnosti daného výrobku.

Celá práca je rozdelená do jednotlivých častí podľa obsahu. V prvej kapitole „Počítač“ je priblížené základné ponímanie počítača ako takého a ďalej teória postupne prechádza do detailnejšieho popisu mikrokontrolérov, keďže je súčasťou aj samotného výrobku. Spomenutý je samozrejme aj konkrétne použitý mikrokontrolér pre zhotovenie zariadenia. Zvýšenú pozornosť by som kládol na kapitolu „Princíp diaľkového ovládača“ kde sú vysvetlené základné problémy pri rušení IR prenosu a ďalej na samotné prenosové protokoly obzvlášť RC-5 a s ním úzko spätú konkrétnu moduláciu IR žiarenia. Praktická časť sa zaoberá návrhom zapojenia a následnou výrobou DPS, ktorá je detailne popísaná. Ako posledné v tejto časti je uvedené programové riešenie práce a je tu aj uvedený vývojový diagram programu s jeho postupným detailnejším popisom.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 POČÍTAČ

Počítač sa skladá z niekoľkých základných častí ktoré sú navzájom prepojené. K základným častiam patrí procesor, pamäť programu, pamäť dát a periférne obvody. Periférne obvody sú závislé na aplikácii počítača avšak vždy sú prítomné aspoň vstupné a výstupné obvody ktoré zabezpečujú prepojenie počítača s okolím. Vzájomné prepojenie jednotlivých komponentov počítača zabezpečuje sústava zberníc ktorú vidíme aj na obrázku č. 1.



Obrázok 1 Zjednodušená schéma počítača [1]

Činnosť zbernice je riadená len jednou riadiacou jednotkou (väčšinou je to procesor) ale niekedy môže riadenie dočasne prebrať aj iná jednotka.

Zbernice delíme na:

- Dátová zbernica – slúži k predávaniu dát a jej šírka (počet vodičov) je celým násobkom ôsmich.
- Adresová zbernica – je potrebná pre adresovanie pamäte a pre rozlišovanie medzi jednotkami. Šírka ktorá nám určuje maximálny počet adries sa pohybuje u osembitových počítačov najčastejšie 16 bitov a šestnásťbitových počítačov minimálne 20 bitov.
- Riadiaca zbernica – riadi čítanie, zápis a ďalšie aktivity jednotiek. Väčšina týchto signálov je generovaná procesorom.

Procesor je „srdcom“ celého počítača pretože riadi jeho činnosť ako celku. Zaisťuje správne prevedenie inštrukcií uložených v pamäti počítača, spracováva dáta, riadi tok dát zo vstupov a následne ich spracovanie ako aj vyvedenie dát von z počítača cez výstupné obvody. [1]

Pamäť programu obsahuje inštrukcie, rôzne konštanty a nemenné tabuľky využívané v programe. Niekedy je program nemenný čiže je uložený v pamäti ROM a inokedy je potrebné jeho časté prepisovanie (znovu nahrávanie).

Pamäť dát slúži predovšetkým k dočasnému uloženiu dát alebo uloženiu medzivýsledkov výpočtov apod. Táto pamäť je zásadne typu RAM a ak je aj programová tiež typu RAM môžu byť realizované na jednej spoločnej pamäti.

Vstupné a výstupné obvody umožňujú počítaču komunikovať s vonkajším prostredím. Obsahujú porty t.j. pripojovacie miesta ktoré môžu byť paralelné alebo sériové. Rozdiel medzi nimi je hlavne v rýchlosti prenášania dát a počtu signálových vodičov. Pri sériovej komunikácii sa dáta prenášajú postupne bit po bite čo spôsobuje menšiu rýchlosť ale na druhej strane obsahuje menej signálových vodičov. [1]

## 1.1 Mikrokontrolér

Predchádzajúca popísaná štruktúra platí obecnne pre všetky druhy počítačov. Vďaka pokroku v technológií integrovaných obvodov sa podarilo zmenšiť rozmery a hlavne koncentrovať mnoho funkcií do jedného integrovaného obvodu a vznikli tak pojmy ako mikropočítač a mikroprocesor. S ďalšou a ďalšou integráciou bolo možné združiť všetky obvody mikropočítača do jediného integrovaného obvodu. Vznikli tak mikrokontroléry (jedno čipové mikropočítače).

Mikrokontrolér obsahuje:

- Procesorové jadro
- Pamäť RAM
- Pamäť s programom – ROM, EPROM, FLASH
- Časovače
- I/O zariadenia
  - kontrolér sériovej komunikácie
  - A/D a D/A prevodníky
  - I/O porty (piny)

Pre svoju činnosť potrebujú len napájanie a zdroj hodinového signálu, obvykle vnútorný oscilátor s vonkajším kryštálom. [2]

## 1.2 Mikrokontrolér PIC

Sú vyrábané firmou Microchip Technology ktorá sídli v USA. Základ tvorí harvardská architektúra, t.j. pamäť pre dáta a program sú navzájom oddelené a programová a dátová pamäť nemajú rovnako dlhé dátové slovo. Uplatnenie týchto mikrokontrolérov je pre najrôznejšie kontrolné a riadiace úlohy v priemyslových oboroch. [11], [12]

### 1.2.1 Základná špecifikácia

- Vykonanie väčšiny inštrukcií v jednom cykle (4hodinové takty)
- Jediný kľúčový register W, cez ktorá sú realizované všetky aritmetické a logické operácie
- Pamäťovo mapované periférie a konfiguračné registre
- Malé množstvo strojových inštrukcií pevnej dĺžky RISC
- Rozsiahla banka dátových registrov
- Voľne prístupný programový čítač mapovaný do dátovej pamäte

Zaujímavosťou u mikrokontrolérov PIC je že nie je rozdiel medzi pamäťou a vnútornými registrami, pretože ako RAM slúžia oba druhy tejto pamäte. Väčšinou sa na RAM odkazuje ako na registre.

Mikrokontroléry PIC sú vyrábané v 3 základných prevedeniach:

- Jednorázovo programovateľné OTP súčiastky – písmeno C je v názve typu
- Viacnásobne programovateľné s EPROM pamäťou
- Viacnásobne programovateľné s FLASH pamäťou – písmeno F v názve typu

### Základné rady PIC:

8bitové:

- PIC10
- PIC12
- PIC14
- PIC16
- PIC17
- PIC18

16bitové:

- PIC24

16bitové digitálne:

- dsPIC30
- dsPIC33F

32bitové:

- PIC32

### **Variety periférií ktoré môžu jednotlivé PIC rady implementovať:**

- Vnútoraná EEPROM pamäť pre ukladanie dát
- Binárne vstupy a výstupy, konfigurovateľné podľa potreby
- 8 až 16bitové časovače
- Vnútorne zabudované oscilátory
- Synchronne a asynchronne sériové rozhranie
- A/D prevodníky až do 50kHz
- USB, Ethernet a rozhranie CAN
- Integrované rozhranie pre rádiové prenosy
- Rozhranie pre pripojenie externých pamätí
- KEELOQ pre šifrovanie a dešifrovanie kódu

Inštrukčný súbor je typu RISC. Tento súbor obsahuje 35 strojových inštrukcií pri základnom modeli a približne 70 pri vyšších radách PIC. Tieto inštrukcie sa jednotlivo delia podľa prístupu k pamäti na:

- Bajtovo orientované
- Bitovo orientované
- Riadiace inštrukcie
- Pre prácu s konštantami

Množinu registrov ktorú používajú mikrokontroléry PIC slúžia ako dočasná pamäť pre dáta. Tým pádom majú charakter pamäte RAM. Adresa pamäte je daná rodinou teda typom mikrokontroléra ale v zásade sa implementuje systém bank, ktorý umožňuje rozšíriť adresovateľný priestor. Staršie verzie umožňujú prístup ku všetkým registrom len cez akumulátor ale novšie verzie sú schopné adresovať celý priestor registrov naraz a dokonca nezávis-

le na zvolenej banke. Pre nepriame adresovanie sa používajú registre FSR a INDF. Nepriame adresovanie funguje tak, že pre zápis alebo čítanie do registra INDF používame register FSR ktorý obsahuje adresu na register INDF. Ďalej kvôli nízkemu počtu signálových vývodov až na niektoré výnimky nie sú priamo adresovateľné vonkajšie pamäte Flash, EEPROM... [11], [12]

### 1.2.2 Prerušenie

Prerušenie všeobecne sa popisuje ako okamžitý vstup do bežiaceho programu a vyvolanie obslužného programu. Samozrejme pri vyvolaní prerušenia a následnom dokončení sa program vracia do rovnakého miesta kde nastalo prerušenie. Unikátna vlastnosť PIC je že ich odozva na prerušenie je konštantná a to konkrétne tri inštrukčné cykly. Jej konštantnú dĺžku neovplyvňujú ani inštrukcie s rôznym počtom inštrukčných cyklov. V prípade krátkych inštrukcií sa automaticky vkladá prázdny inštrukčný cyklus ktorý zabezpečuje konštantnú odozvu. Pri externých prerušeniach sa musí synchronizovať s inštrukciami ktoré trvajú štyri inštrukčné cykly inak môže dôjsť k posunu. [11], [12]

### 1.2.3 Vývojové prostriedky

Pre mikrokontroléry PIC je k dispozícii široké spektrum hardwarových a softwarových prostredí:

- Integrovaný vývojové prostredie MPLAB IDE
- Asemblery, kompilátory a spojovacie programy: MPASM Assembler, kompilátory MPLAB C17 a MPLAB C18 C, objektový spojovací program MPLINK a objektová knižnica MPLIB
- Simulátory MPLAB SIM
- Emulátory MPLAB ICE 2000 a ICEPIC
- Ladiace programy MPLAB ICD

#### ***MPLAB IDE***

Tento program má na trhu s 8bitovými mikropočítačmi veľmi jednoduché ovládanie ktoré je na platforme Windows a obsahuje:

- Rozhranie pre ladiace nástroje: simulátory, programátory, emulátory, obvodový ladiaci program
- Plno funkčný editor



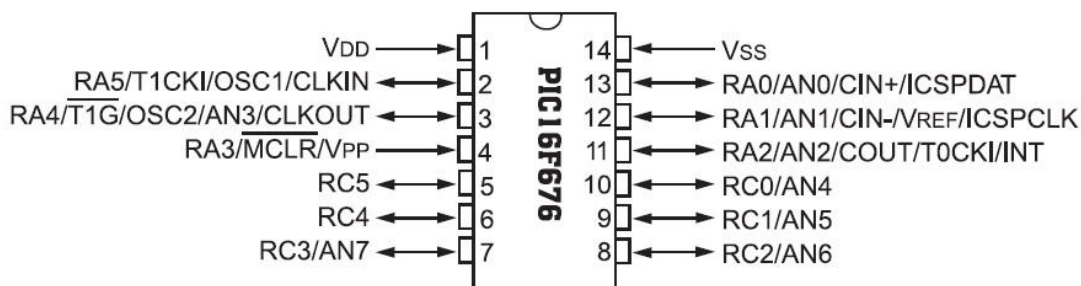
- Správca projektov
- Stavovú lištu
- Aktívne nápovede
- Užívateľský pružné nástrojové lišty a priradenie kláves

Program MPLAB IDE umožňuje:

- Upravovať zdrojové súbory napísané v programovacom jazyku C alebo Assembler
- Ladit' program pomocou zdrojového súboru, absolútneho zoznamu alebo strojového kódu
- Jednou klávesov skladať a sťahovať emulačné a simulačné nástroje [5]

### 1.3 PIC16F676

Obrázok 2 zobrazuje mikrokontrolér PIC16F676 ktorý bol vybraný pre túto prácu a v ďalších odstavcoch bude detailnejšie popísaný.



Obrázok 2 Popis vývodov mikropočítača [5]

Jedná sa o 8-bitový jedno čipový mikropočítač so 14 vývodmi a pamäťou Flash. Obsahuje len 35 jednoduchých inštrukcií. Vlastnosti PIC16F676:

- Pracovné napätie: 2,0 – 5,5 V
- 128B EEPROM (vydrží zhruba 1.000.000 zápisov)
- Pamäť dát SRAM (RWM) 64B
- 12 vstupov/výstupov
- 1 analógový komparátor
- Taktovacia frekvencia 0 – 20MHz

- Vnútorný oscilátor 4MHz
- Vonkajší oscilátor pre použitie s kryštálom alebo rezonátorom
- Úsporný režim Sleep
- Pull-up odpory
- A/D prevodník s rozlíšením 10 bitov
- 8 bitový čítač/časovač TMR0 s preddeličkou
- 16 bitový čítač/časovač TMR1 s preddeličkou [5]

Dôvodom prečo som si vybral práve hore uvedený mikropočítač je že je jednoduchý, lacný a postačujúci pre môj prípad. Ďalej pre profesionálne vývojové prostredie ktoré je veľmi podobné NetBeans-u ktoré sme používali vo výuke. Simulátor, editor a prekladač MPLAB od firmy Microchip dostupný celkom zadarmo na adrese [www.microchip.com](http://www.microchip.com). Nasledujúca tabuľka zobrazuje detailnejší popis vývodov mikrokontroléra.

| Název vývodu                  | Funkce  | Druh vstupu | Druh výstupu | Popis  |
|-------------------------------|---------|-------------|--------------|--|
| RA0/AN0/CIN+/<br>ICSPDAT      | RA0     | TTL         | CMOS         | Obousměrný vstupně/výstupní vývod s připojitelným Pull-up. Je možné vyvolat přerušení změnou úrovně na tomto vývodu. |
|                               | AN0     | AN          | —            | Vstup AD převodníku č.0  |
|                               | CIN+    | AN          | —            | Vstup komparátoru  |
|                               | ICSPDAT | TTL         | CMOS         | Data pro programování v aplikaci ICSP  |
| RA1/AN1/CIN-/<br>VREF/ICSPCLK | RA1     | TTL         | CMOS         | Obousměrný vstupně/výstupní vývod s připojitelným Pull-up. Je možné vyvolat přerušení změnou úrovně na tomto vývodu. |
|                               | AN1     | AN          | —            | Vstup AD převodníku č.1  |
|                               | CIN-    | AN          | —            | Vstup komparátoru  |
|                               | VREF    | AN          | —            | Vnější napěťová reference  |
|                               | ICSPCLK | ST          | —            | Hodiny pro programování v aplikaci ICSP  |
| RA2/AN2/COUT/<br>T0CKI/INT    | RA2     | ST          | CMOS         | Obousměrný vstupně/výstupní vývod s připojitelným Pull-up. Je možné vyvolat přerušení změnou úrovně na tomto vývodu. |
|                               | AN2     | AN          | —            | Vstup AD převodníku č.2  |
|                               | COUT    | —           | CMOS         | Výstup komparátoru   |
|                               | T0CKI   | ST          | —            | Vstup pro čítač Timer0   |
|                               | INT     | ST          | —            | Vstup pro vnější přerušení   |
| RA3/MCLR/VPP                  | RA3     | TTL         | —            | Vstupní port. Je možné vyvolat přerušení změnou úrovně na tomto vývodu.  |
|                               | MCLR    | ST          | —            | Reset mikropočítače  |
|                               | VPP     | HV          | —            | Programovací napětí  |
| RA4/T1G/AN3/<br>OSC2/CLKOUT   | RA4     | TTL         | CMOS         | Obousměrný vstupně/výstupní vývod s připojitelným Pull-up. Je možné vyvolat přerušení změnou úrovně na tomto vývodu. |
|                               | T1G     | ST          | —            | Vstup pro ovládání časovače Timer1   |
|                               | AN3     | AN3         | —            | Vstup AD převodníku č.3  |
|                               | OSC2    | —           | XTAL         | Výstup oscilátoru s krystalem nebo rezonátorem   |
|                               | CLKOUT  | —           | CMOS         | Výstup taktovací frekvence dělené 4  |
| RA5/T1CKI/<br>OSC1/CLKIN      | RA5     | TTL         | CMOS         | Obousměrný vstupně/výstupní vývod s připojitelným Pull-up. Je možné vyvolat přerušení změnou úrovně na tomto vývodu. |
|                               | T1CKI   | ST          | —            | Hodiny pro čítač Timer1  |
|                               | OSC1    | XTAL        | —            | Vstup oscilátoru s krystalem nebo rezonátorem  |
|                               | CLKIN   | ST          | —            | Vstup RC taktovacího oscilátoru nebo vstup pro externí taktování   |
| RC0/AN4                       | RC0     | TTL         | CMOS         | Obousměrný vstupně/výstupní obvod  |
|                               | AN4     | AN4         | —            | Vstup AD převodníku č.4  |
| RC1/AN5                       | RC1     | TTL         | CMOS         | Obousměrný vstupně/výstupní obvod  |
|                               | AN5     | AN5         | —            | Vstup AD převodníku č.5  |
| RC2/AN6                       | RC2     | TTL         | CMOS         | Obousměrný vstupně/výstupní obvod  |
|                               | AN6     | AN6         | —            | Vstup AD převodníku č.6  |
| RC3/AN7                       | RC3     | TTL         | CMOS         | Obousměrný vstupně/výstupní obvod  |
|                               | AN7     | AN7         | —            | Vstup AD převodníku č.7  |
| RC4                           | RC4     | TTL         | CMOS         | Obousměrný vstupně/výstupní obvod  |
| RC5                           | RC5     | TTL         | CMOS         | Obousměrný vstupně/výstupní obvod  |
| VSS                           | VSS     | Napájecí    | —            | Napájecí a signálová zem   |
| VDD                           | VDD     | Napájecí    | —            | Kladné napájecí napětí   |

Obrázek 3 Detailný popis vývodů PIC16F676 [5]

## 2 PRINCÍP ĎIALKOVÉHO OVLÁDAČA

Obvykle je celé diaľkové ovládanie tvorené jedným plošným spojom ktorý obsahuje LED diódu ktorá je základom pre ovládanie. Tá je vysielateľom svetelných signálov, ktorý vysielajú prerušované modulované infračervené svetlo približne 940nm vlnovej dĺžky. Modulačná frekvencia je obyčajne 36 – 40KHz. Naopak v televíznom prijímači je zariadenie ktoré toto žiarenie detekuje a spracováva. [4]

Celý proces vyslania povelu môžeme popísať nasledovne:

- Stlačením tlačidla sa rozbehne program v mikrokontroléri ktorý podľa konkrétneho kódu tlačidla vyšle na výstup kód v danom štandarde.
- Dióda začne vysielateľ prerušované svetelné signály podľa pokynov.
- TV prijímač spracuje infračervené svetlo vysielajúce diódou a prevedie na binárny kód. Podľa daného kódu sa vykoná napr. prepnutie kanálu televízora.

Kódový rámec obvykle pozostáva z povelu a typu zariadenia (alebo čísla výrobcu). Rozlíšenie konkrétneho typu zariadenia nám umožňuje mať vedľa seba viacero zariadení a ovládať len jedno.

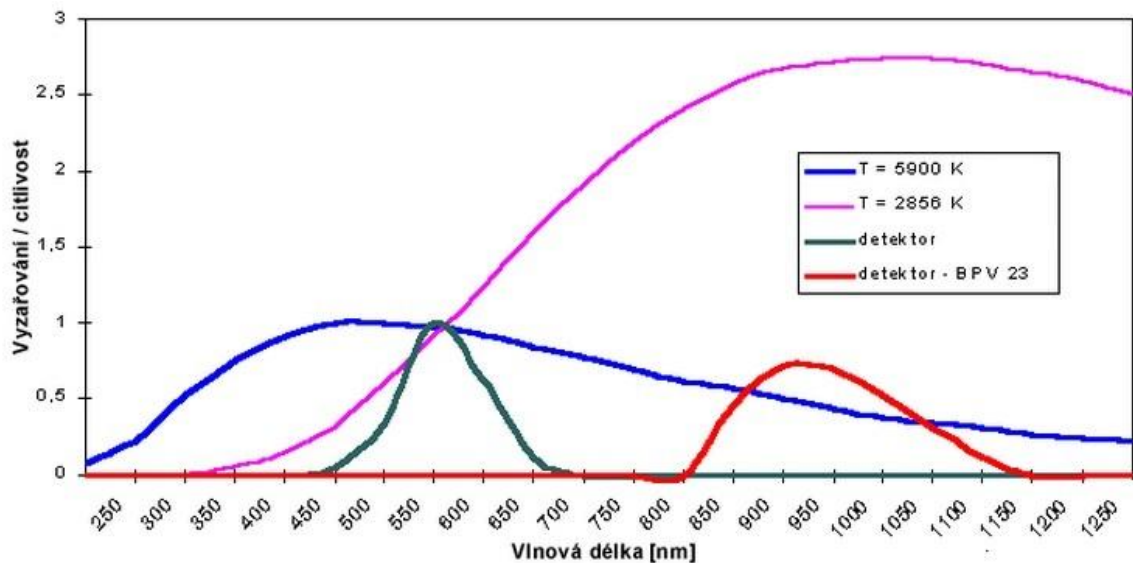
### 2.1 Zdroje rušenia

Pri prenose dát musíme dbať aj na možné zdroje rušenia a teda zabezpečiť čo najlepšie prijímač proti rušeniu. Prijímač môže byť rušený viacerými zdrojmi dokonca aj svojim vlastným elektronickým zariadením. Teda vlastne všetky optické zdroje ktorých vlnová dĺžka je 830 – 1100nm môžeme považovať za zdroje rušenia. Tieto zdroje rušenia môžeme rozdeliť na elektromagnetického a optického charakteru. [10]

#### 2.1.1 Optické zdroje rušenia

Prijímacie diódy registrujú svetlo o vlnovej dĺžke približne 700 – 1600nm a tu nastáva problém pretože toto pásmo zahŕňa aj kúsok viditeľného spektra a práve preto sú infračervené prijímače vybavené špeciálnym filtrom. Tento filter slúži práve k odfiltrovaní viditeľného spektra svetla. Ak by nebolo ošetrené toto odfiltrovanie mohlo by veľmi ľahko dôjsť k rušeniu z okolitého osvetlenia. [10]

### 2.1.2 Ostatné zdroje rušenia



Obrázok 4 Spektrum vyžarovania rôznych zdrojov a spektrálnej citlivosti [10]

V grafe môžeme vidieť spektrá tepelných zdrojov s teplotou  $T = 5900\text{K}$  (slnečné žiarenie) a  $T = 2856\text{K}$  (žiarenie bežnej žiarovky). A tiež sú v grafe zobrazené prijímače a ich spektrálna citlivosť. Prvý prijímač je kremíková PIN dióda BPV 23 a druhý reprezentuje ľudské oko. Z grafu vidíme, že zdroj slnečného žiarenia obsahuje omnoho menej žiarenia na ktoré je prijímač citlivý ako žiarenie bežnej žiarovky. [10]

### 2.1.3 Dosah prenosových systémov

Dosah každého zariadenia je odlišný a je ovplyvnený aj rušením. Pre približný výpočet môžeme použiť nasledujúci vzorec:

$$E_e = \frac{I_e}{d^2} \quad (1)$$

- $E_e$  je vyžiarený výkon
- $I_e$  je intenzita žiarenia
- $d$  je prenosová vzdialenosť

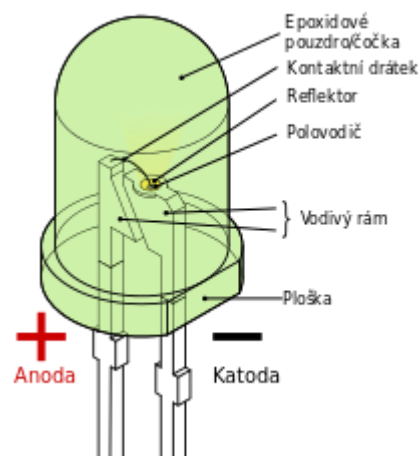
Výpočet je preto približný pretože nezahrňuje rušenie a v reálnom svete dochádza aj k odrazom od rôznych telies ako sú steny miestnosti a jej vybavenie. [10]

## 2.2 Infračervené žiarenie

Zdrojom infračerveného žiarenia je každý predmet. Je to vlastne elektromagnetické žiarenie s vlnovou dĺžkou nachádzajúcou sa medzi viditeľným svetlom a mikrovlnným žiarením. Zaberá vlnovú dĺžku medzi 760nm a 1mm. [3]

## 2.3 LED dióda

Polovodičová elektronická súčiastka, vyžarujúca úzko spektrálne svetlo pri prechode elektrického prúdu v priepustnom smere. Farba závisí od chemického zloženia použitého materiálu. [3]



Obrázok 5 LED dióda

### 2.3.1 IR LED dióda

IR LED majú výkonovú špičku nad 680nm. Bežne sú dostupné s vlnovou dĺžkou 680-750nm alebo 870-950nm. Pre človeka je táto vlnová dĺžka „neviditeľná“ čiže voľným okom nebadateľná ale dá sa pozrieť napr. cez digitálny fotoaparát. [3]

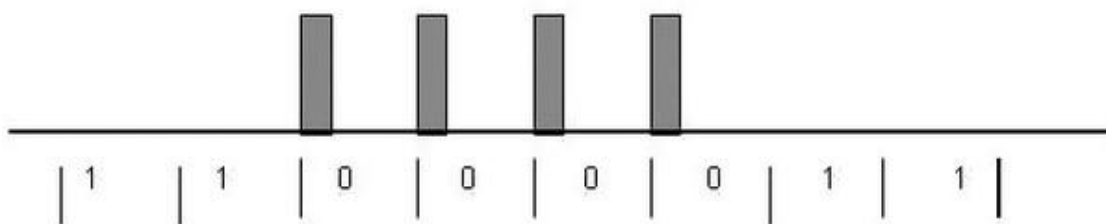
## 2.4 Modulácia IR žiarenia

Dáta môžu byť posielane rôznymi spôsobmi ale vždy ide o modulovanie nosného signálu modulačným signálom. Tento druh modulácie je závislý na spôsobe prenosu a na veľkosti a typu prenášanej správy. Známe sú štyri druhy modulácie IR žiarenia, ktoré sú používané najčastejšie a to:

- Pulzná modulácia
- Pulzne šírková modulácia
- Bi – phase modulácia
- FSK modulácia

### 2.4.1 Pulzná modulácia

Patrí asi k najjednoduchším spôsobom kódovania dát prenášaných infračerveným žiarením. Princíp pulznej modulácie je založený na rozdelení signálu na rovnako veľké časové okná. V časovom okne sa buď vyskytuje (reprezentuje logickú nulu) alebo nevyskytuje (reprezentuje logickú jednotku) impulz konštantnej dĺžky. Pri prenosu viacerých logických jednotiek po sebe kedy vlastne nie sú vyslané žiadne impulzy by mohla nastať chyba na strane prijímača a preto sa tu používa tzv. bit-stuffing kedy je po určitom počte jednotkových bitov vyslaný na viac jeden nulový. Tento bit treba samozrejme na strane prijímača odstrániť. [6]

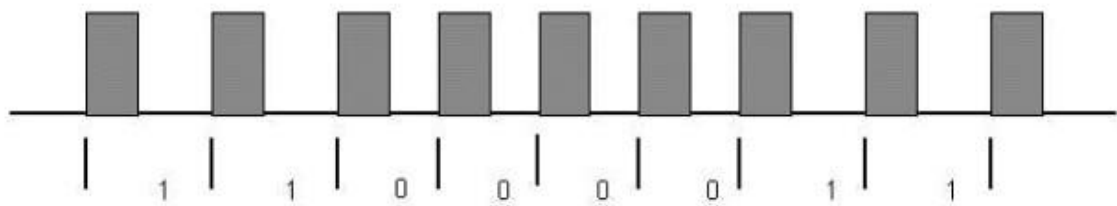


Obrázok 6 Princíp pulznej modulácie [6]

### 2.4.2 Pulzne šírková modulácia

Princípom tejto modulácie je znova rozdelenie signálu do tzv. časových okien ale nie rovnako dlhých (viz. Obr. 5). Dlhšiemu oknu odpovedá hodnota logickej jednotky a naopak kratšiemu hodnota logickej nuly. [6]

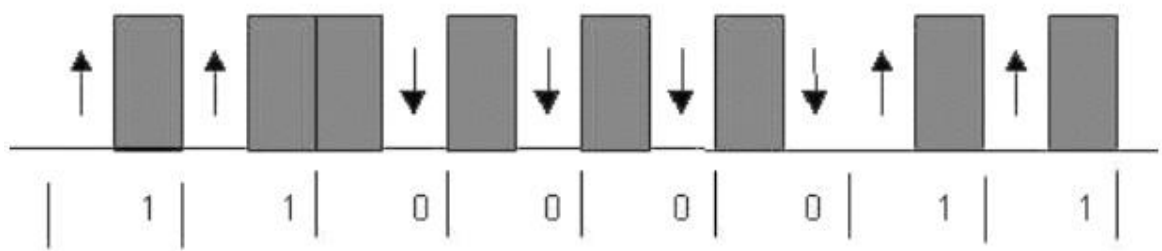




Obrázok 7 Princíp pulzne šírkovvej modulácie [6]

### 2.4.3 Bi – phase modulácia

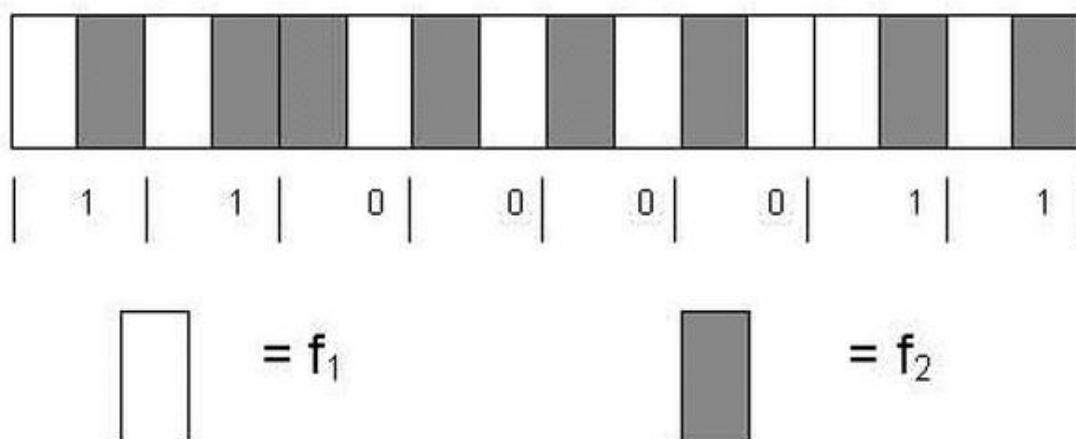
Táto modulácia je využívaná veľmi často napr. v RC5 protokole. Signál sa ako v predošlých prípadoch rozdelí na tzv. časové okná. Tieto okná majú rovnakú veľkosť a pre rozpoznanie daného bitu sa berie zmena úrovne signálu. Ak došlo k zmene z logickej nuly na logickú jednotku odpovedá to úrovni logickej jednotky v opačnom prípade logickej nuly. [6]



Obrázok 8 Princíp Bi-phase modulácie [6]

### 2.4.4 FSK modulácia

FSK modulácia sa vyznačuje vysokou bezpečnosťou prenosu ale naopak vyššou cenou, energetickou náročnosťou a pomalším dátovým prenosom ako vyššie spomenuté modulácie. Princíp je založený v modulovaní bitov pomocou dvoch frekvencií ako je zobrazené na Obrázku 8. [6]



Obrázok 9 Princíp FSK modulácie [6]

## 2.5 Prenosové protokoly

V ďalších kapitolách budú detailnejšie popísané najčastejšie používané kódy ktoré vidíme v Tabuľke 1.

Tabuľka 1 Najčastejšie používané kódy [7]

| PROTOKOL | VÝROBCA                         |
|----------|---------------------------------|
| REC S 80 | Thomson, Nordmende              |
| NEC      | Harman/Kardon, Yamaha, Canon    |
| DENON    | Denon                           |
| SIRC     | Sony                            |
| RC5      | Loewe, Philips, Grundig, Maratz |
| MOTOROLA | Grundig, Kathrein               |
| JAPAN    | Panasonic, Loewe                |
| SAMSUNG  | Samsung                         |
| DAEWOO   | Daewoo                          |

### 2.5.1 RC-5 protokol

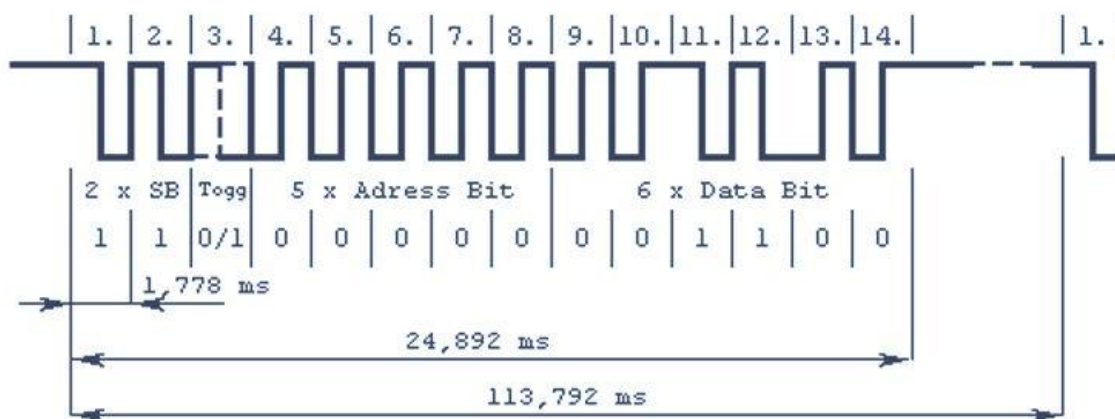
Tento protokol patrí asi k najznámejšiemu protokolu vôbec. Bol vyvinutý pôvodne firmou Philips. RC5 používa bi-fázový protokol v ktorom je každý bit zakódovaný pomocou zmeny fázy. Jednotlivé bity sa kódujú fázou a to logická jednotka spádovou hranou v polke bitu a logická nula nábežnou hranou tiež v polke bitu. Pre dešifrovanie tohto priebehu sa odstráni nosná frekvencia 36kHz a ďalej sa môže postupovať dvoma spôsobmi:

- Sledovaním fázy
- Zisťovaním logickej hodnoty v  $\frac{1}{4}$  alebo  $\frac{3}{4}$  dĺžky bitu.

Dátový rámec protokolu sa skladá zo 14-tich bitov:

- 2 x Start Bit – Slúžia pre synchronizáciu
- Toggle Bit – Hodnota tohto bitu sa mení pri každom stlačení tlačidla. Potrebne je to pri rozpoznaní či držíme rovnaké tlačidlo dlhšie (vtedy je Toggle Bit rovnaký) a po znovu stlačení sa tento bit neguje.
- 5 x Adress Bit – Adresa zariadenia napr. Tesla TV majú adresu 00h.
- 6 x Data Bit – Hodnota stlačenej klávesy. [6]

Obi dva Start bity sú vždy logické jednotky, ktoré majú za úlohu indikovať začiatok dátového rámca a podľa prichádzajúceho infračerveného signálu doladujú citlivosť prijímača.



Obrázok 10 Formát správy RC5 protokolu [6]

Tabuľka 2 Adresy jednotlivých prístrojov [6]

| Adresa | Prístroj                        |
|--------|---------------------------------|
| 0      | TV 1                            |
| 1      | TV 2                            |
| 2      | Videotext                       |
| 3      | BTX, Video VD                   |
| 4      | Video Laservision               |
| 5      | Video 1                         |
| 6      | Video 2                         |
| 7      | Test                            |
| 8      | Sat-Receiver                    |
| 12     | CDV / LD, Video-CD              |
| 16     | Surround Decoder / Zosilňovač 1 |
| 17     | Tuner                           |
| 18     | Tape                            |
| 19     | Zosilňovač 2                    |
| 20     | CD                              |
| 21     | Gramofón                        |
| 23     | DAT-Tape, MD-Recorder           |

Tabuľka 3 Dáta jednotlivých kláves [6]

| Dáta   | Funkcia                     | Dáta | Funkcia                |
|--------|-----------------------------|------|------------------------|
| 0 až 9 | Číslice 0 až 9              | 35   | I/II / Display         |
| 10     | Select Track / Time         | 36   | Skip - / Stereo / Mono |
| 11     | Recall                      | 37   | Surround Mode          |
| 12     | Zapnuté / Vypnuté / Standby | 38   | Timer off              |
| 13     | Mute                        | 39   | Zadná Balancia         |
| 14     | Ideal / PP, Prednastavenie  | 40   | Predná Balancia        |
| 15     | Display                     | 42   | Hodiny                 |
| 16     | Hlasitosť +                 | 44   | Search -               |
| 17     | Hlasitosť -                 | 45   | Open / Close           |
| 18     | Jas +                       | 46   | Search +               |
| 19     | Jas -                       | 48   | Pause                  |
| 20     | Farba +                     | 49   | Cancel / Erase         |
| 21     | Farba -                     | 50   | Rewind                 |
| 22     | Hĺbkky +                    | 51   | Go to                  |
| 23     | Hĺbkky -                    | 52   | FF                     |
| 24     | Výšky +                     | 53   | Play                   |
| 25     | Výšky -                     | 54   | Stop                   |

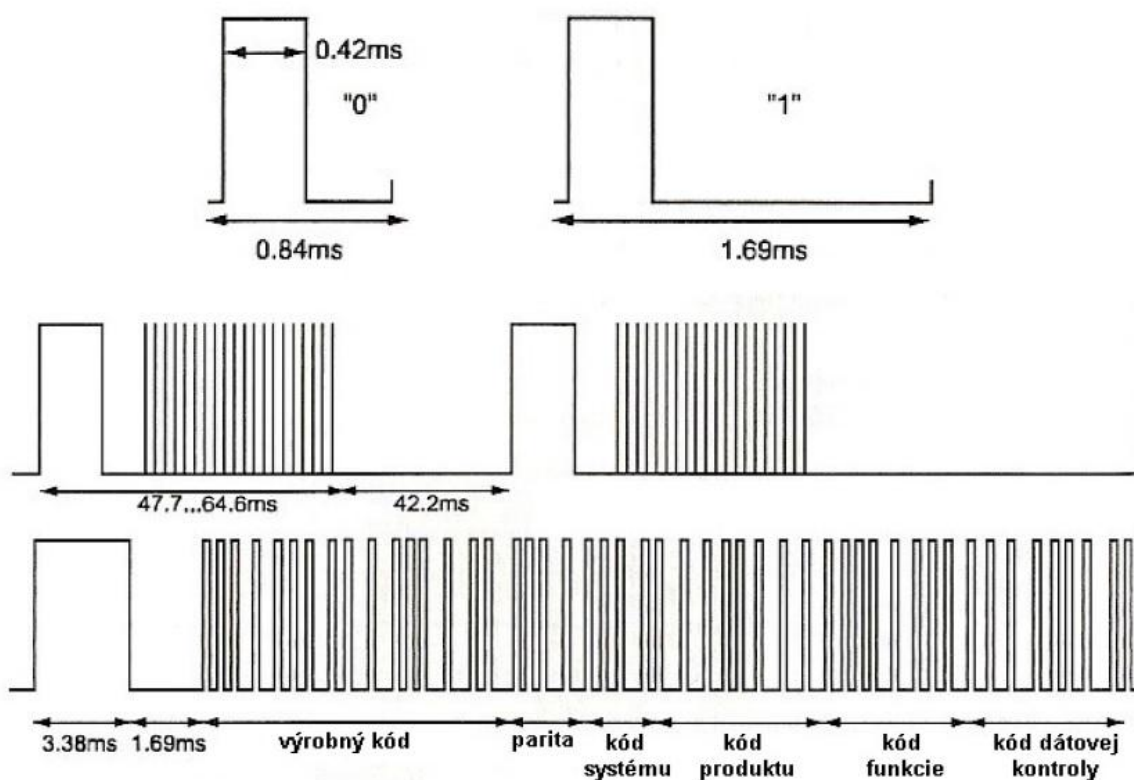
|    |                   |    |   |
|----|-------------------|----|---|
| 26 | Balancia vpravo   | 55 | Recording                                   |
| 27 | Balancia vľavo    | 56 | Connect / AV                                |
| 28 | Random            | 57 | Disconnect                                  |
| 29 | Opakovanie        | 59 | A-B / jas                                   |
| 30 | Skok + / Hľadanie | 60 | Videotext (prepínanie)                      |
| 31 | Program           | 61 | Systém Standby                              |
| 32 | Kanál +           | 62 | System Select / Digital / Analog Soundtrack |
| 33 | Kanál - / Enter   |    |   |
| 34 | Quickview         | 63 | z Videotext na TV (prepínanie)              |

### 2.5.2 Japan protokol

Obsahuje správu dĺžky 48 bitov rozdelených na tieto polia:

- Výrobný kód dĺžky 16 bitov obsahujúci unikátny kód pre každého výrobcu.
- Paritný kód dĺžky 4 bity zisťuje chybové dáta v správe.
- Systémový kód dĺžky 4 bity je programovaný počas výroby.
- Kód produkt dĺžky 8 bitov ktorý je vyrobený z dvoch maskových programových bitov a 6 používateľských drôtových bitov. Týchto 6 pevne zapojených bitov určuje adresné vybavenie.
- Funkčný kód dĺžky 8 bitov.
- Dátový kontrolný kód dĺžky 8 bitov využívaný na detekciu chybných dát.

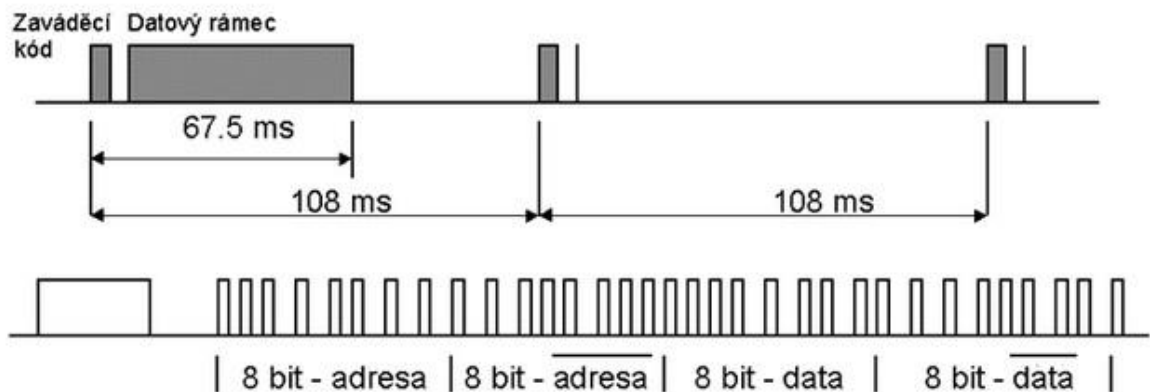
Digitálna nula je reprezentovaná jednotkou dĺžky 0,42ms a následnou nulou dĺžky 1,27ms. Digitálna jednotka je reprezentovaná jednotkou dĺžky taktiež 0,42ms a následnou nulou dĺžky 0,42ms. [7]



Obrázok 11 Formát správy Japan protokolu [7]

### 2.5.3 NEC protokol

Pre prenos je použitá modulácia signálu s nosnou frekvenciou 36KHz, dáta sú však kódované pulzne-šírkovou moduláciou. Zvláštnosťou tohto protokolu je konštantná dĺžka dátového rámca spojením s pulzne-šírkovou moduláciou. Je to dané tým že dáta sú vysielané dvakrát, prvý krát normálne a druhý krát v invertovanej podobe. Slúži to predovšetkým k zabezpečeniu proti chybám. NEC protokol začína tzv. zavádzajúcim kódom dĺžky 9ms nasledovaný 4,5ms pauzou. Zavádzajúci kód nastavuje citlivosť prijímača. Ďalej nasledujú 4B, predstavujúcu adresu zariadenia a konkrétny príkaz. [6]



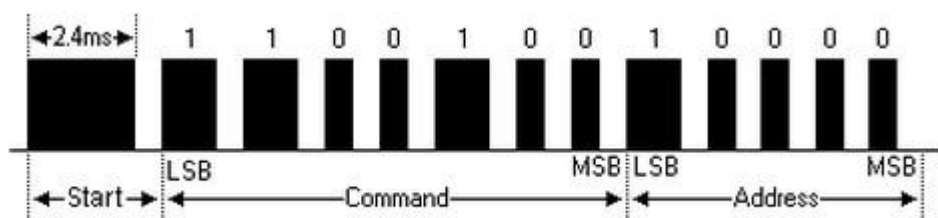
Obrázok 12 NEC protokol s príkladom dátového rámca [6]

### 2.5.4 Samsung protokol

Obsahuje štartovací bit po ktorom nasleduje 12 bitový výrobný kód a potom 8 bitov dát. Správa sa posiela minimálne dvakrát. Digitálna jednotka je reprezentovaná jednotkou o dĺžke 0,56ms a následnou nulou o dĺžke 1,69ms. Digitálna nula je reprezentovaná jednotkou o dĺžke taktiež 0,56ms a následnou nulou o dĺžke 0,56ms. Pri opakovanom stlačení tlačidla sa správa opakuje každých 60ms. [7]

### 2.5.5 Sony SIRC

Prenášané dáta sú kódované pulzne-šírkovou moduláciou a následne vysielané na nosnej frekvencii 40kHz. Hodnota bitov sa pri tejto modulácii rozlišuje dĺžkou trvania značky. Značka o dĺžke 1,2ms predstavuje logickú jednotku a logická nula trvá len 600us. Tieto značky sú od seba oddelované pomocou medzery s konštantnou dobou 600us.



Obrázok 13 12 bitový rámec protokolu SIRC [6]

Začiatok rámca tvorí 2,4ms trvajúca značka po ktorej nasleduje 600us medzera a potom vlastné dáta, pričom jednotlivé časti sú vysielané od najmenej významného bitu. Poznáme 3 varianty tohto protokolu, ktoré sa líšia len počtom bitov:



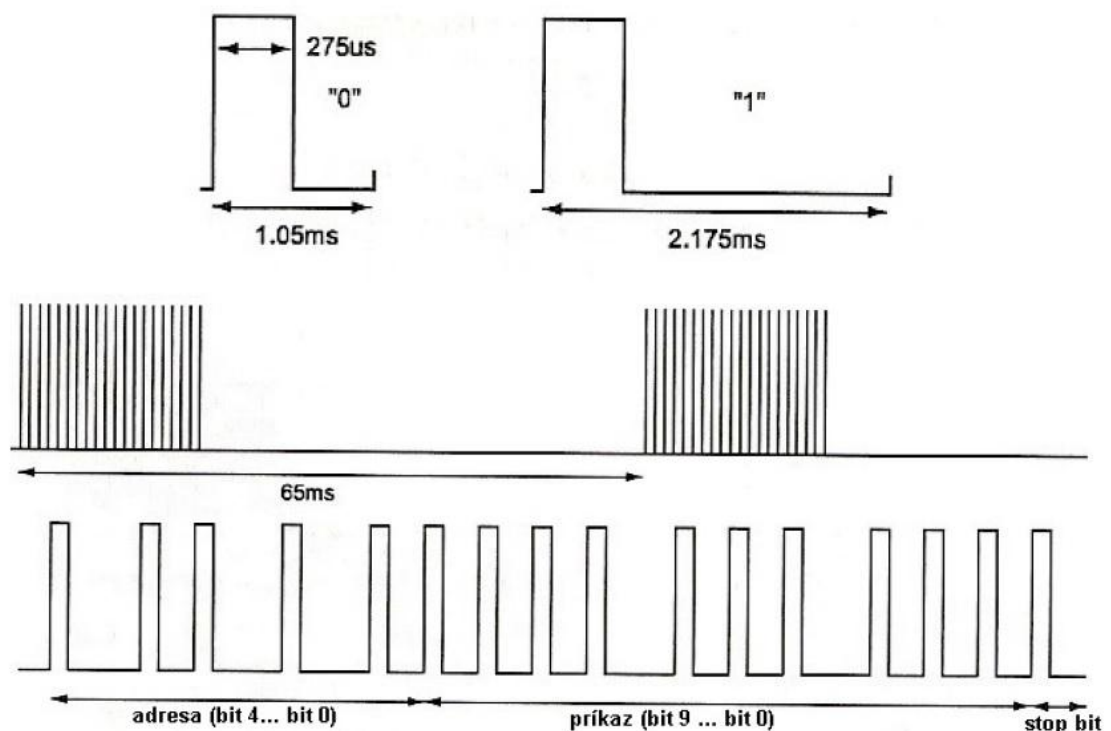
- 12 bitová verzia odosiela 7 bitový príkaz a potom 5 bitovú adresu zariadenia.
- 15 bitová verzia iba rozširuje adresu na 8 bitov.
- 20 bitová verzia vychádza z 12 bitovej v ktorej za adresovou časťou pripojujeme osembitové rozširujúce dáta. [6]

### 2.5.6 Denon protokol

Tento protokol obsahuje 15 informačných bitov. Z toho prvých 5 sú adresné a ďalších 10 obsahuje príkazy. Modulačná frekvencia je 32kHz a kódovanie bitov je nasledovné:

- Pre jednotku: 275 $\mu$ s značka, 1900 $\mu$ s medzera
- Pre nulu: 275 $\mu$ s značka, 775 $\mu$ s medzera

Kvôli rušeniu je kódové slovo posielané dvakrát a rozdiel medzi vyslaním prvého a druhého je 65ms. Počas druhého vyslania sú adresné bity obrátené. [7]



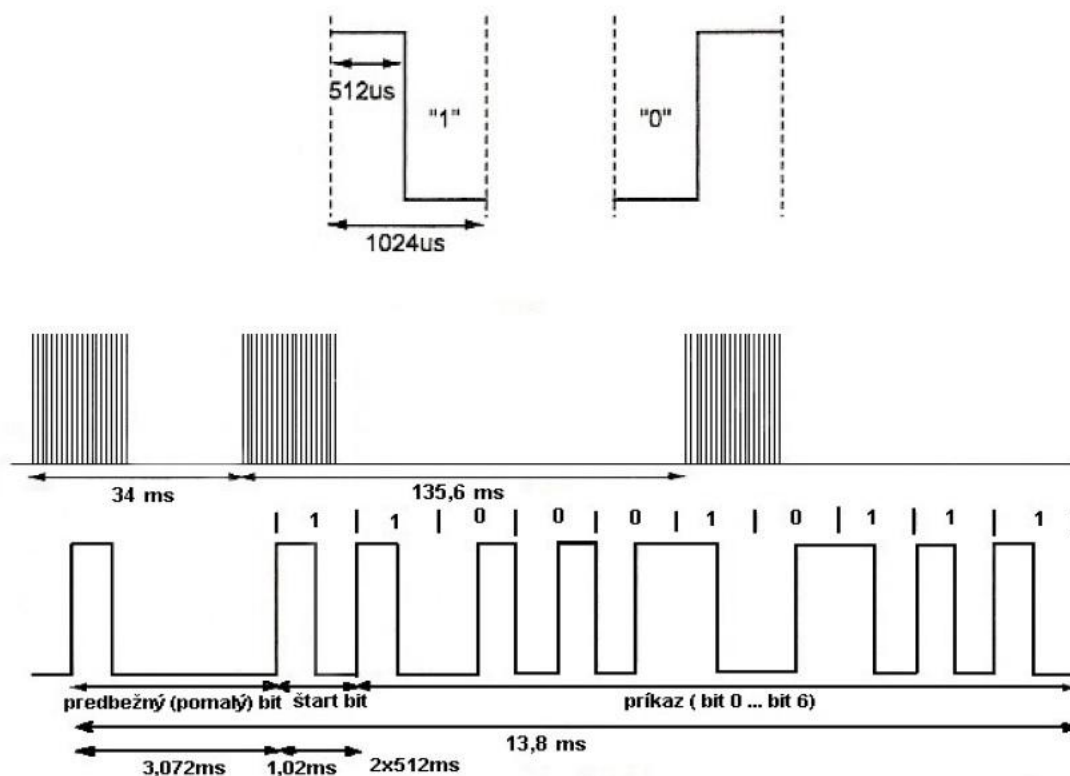
Obrázok 14 Formát správy Denon protokolu [7]

### 2.5.7 RC5X protokol

Bol vyvinutý kvôli nedostačujúcej dĺžke 6-tich bitov príkazu v protokole RC5, čo viedlo k pridaniu ďalšieho bitu. Pridaný bit spôsobil zvýšenie možných príkazov na 128. Pridaný siedmi bit nahrádza druhý Start bit a jeho hodnota je aj invertovaná. Inverzia zaručuje kompatibilitu aj s pôvodným protokolom RC5. [9]

### 2.5.8 Motorola protokol

Tento protokol obsahuje 9 bitovú dátovú správu. Je to vlastne úplný opak v reprezentácii dát ako pri RC5 kóde. Využívaná bi-phase modulácia kde je nula reprezentovaná  $512\mu\text{s}$  pauzou nasledujúcou po  $512\mu\text{s}$  dlhej pauze. Jednotka je naopak reprezentovaná  $512\mu\text{s}$  výškou nasledujúcou po  $512\mu\text{s}$  dlhej pauze. [7]



Obrázok 15 Formát správy Motorola protokolu [7]

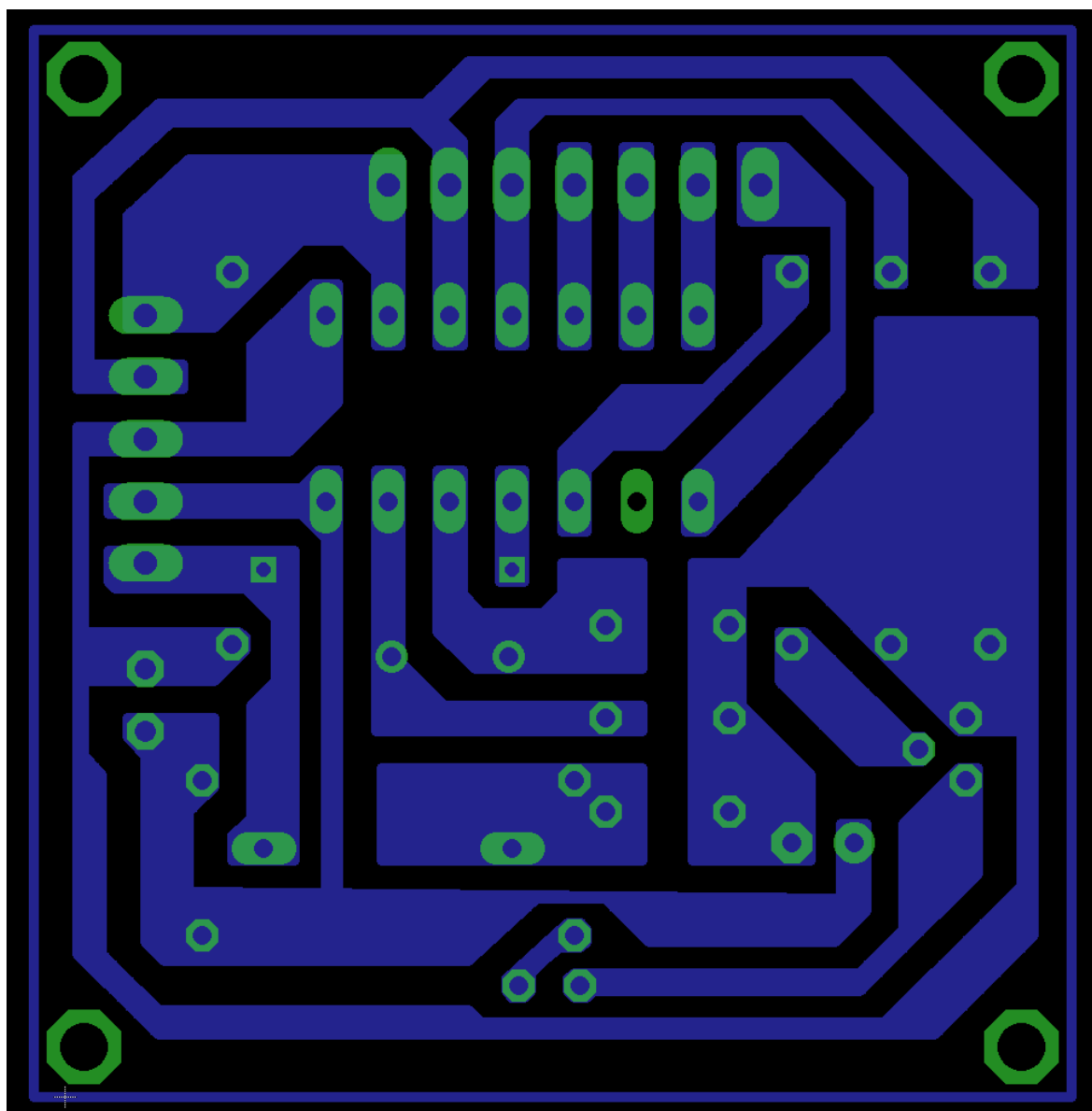
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



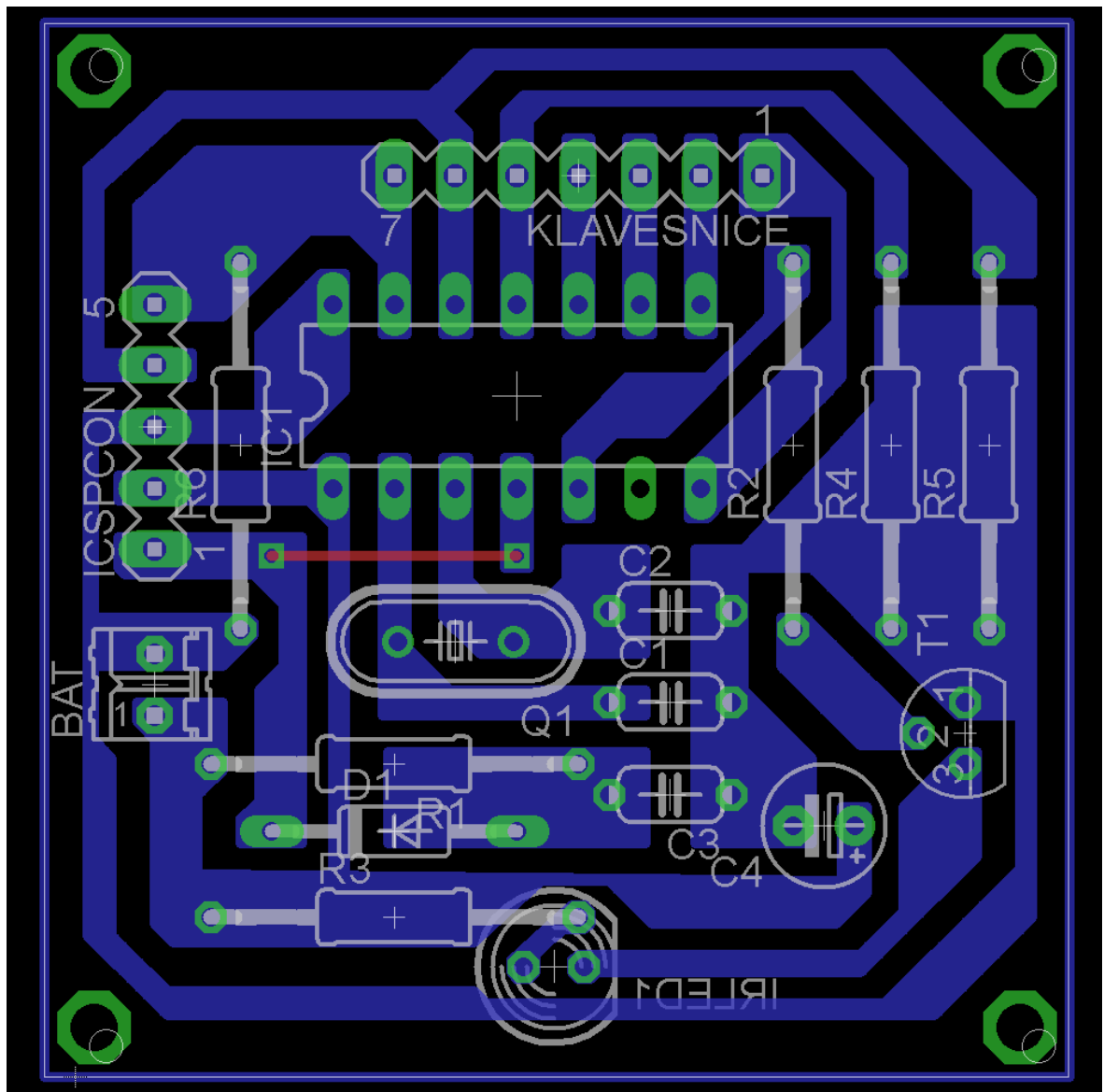
prichádzajúcim impulzom. A ako posledné máme rezistor R3 ktorý slúži na obmedzenie prúdu vtekajúceho do diódy aby sa nezničila. Odporúčaný prúd je 20mA a 1,2V.

### 3.1.1 Realizácia DPS - fotocestou

V prvom rade bolo potrebné dosku pripraviť na požadované rozmery výrobku. Použité boli pákové nožnice pre ich pekné a rovné strihy. Ďalším bodom bolo potrebné navrhnutú schému vytlačiť laserovou tlačiarňou na priehľadnú fóliu. Po vytlačení je potrebné cca pätnásť minút dlhé vysušenie fólie. Po vysušení fólie sa umiestnila na predkom odstrihnutý kus DPS a preložila kúskom obyčajného skla. Na osvetlenie bolo použité UV žiarenie ktoré osvecovalo DPS. Po dokončení osvecovania sa DPS vložila do nádoby s roztokom vývojky. Po dostatočnom odplavení všetkých osvetlených miest sa doska dôkladne umyla pod tečúcou vodou. Následné leptanie sa prevádza v zmesi kyseliny chlorovodíkovej do ktorej sa znova umiestilo DPS a počkalo sa na kompletne vyleptanie. Následne sa odstráni fotorezist pomocou riedidla, ktorý kryl samotný motív schémy. Ako posledné pred samotným vŕtaním ciest je vhodné dosku pretrieť napájacím lakom.

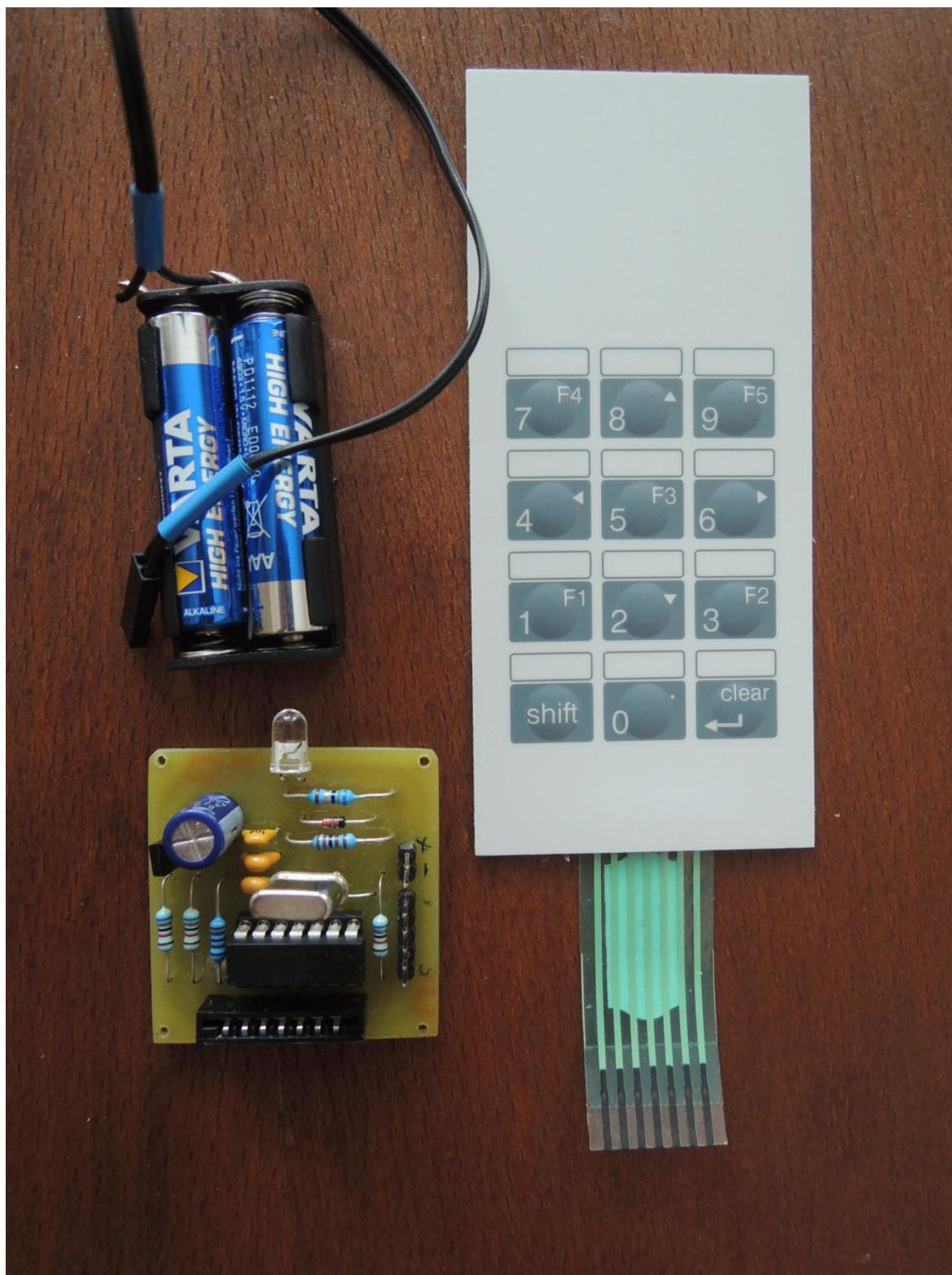


Obrázok 17 DPS v Eagli bez označenia súčiastok



Obrázok 18 DPS v Eagli s označeniami súčiastok

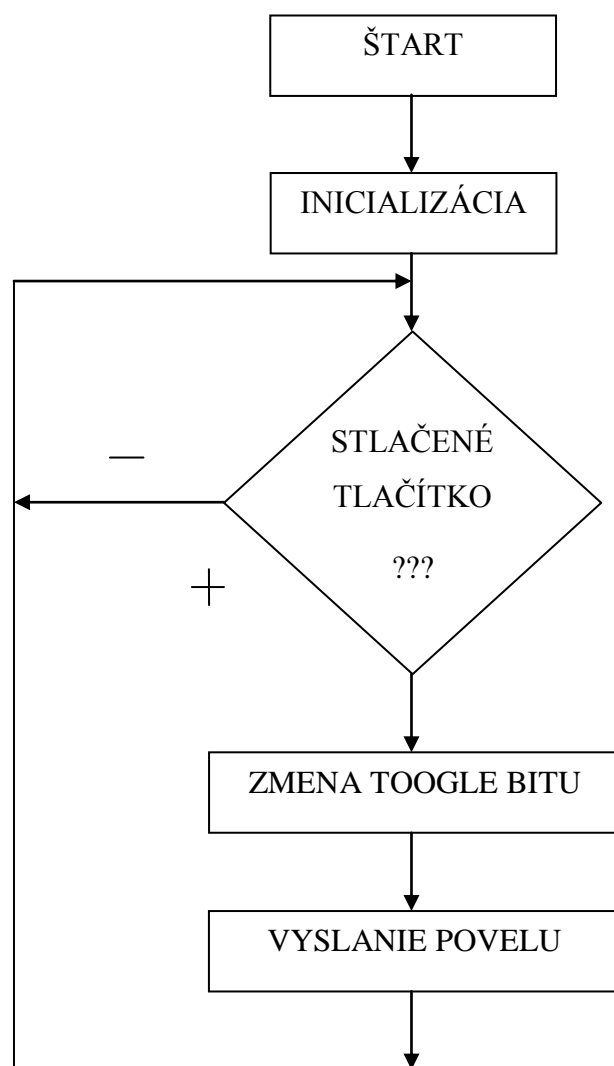




Obrázok 19 Hotové zariadenie aj s príslušenstvom

## 4 PROGRAMOVÉ RIEŠENIE PRÁCE

Program pre riadenie mikroprocesora PIC16F676 bol vytvorený v programe MPLAB X IDE v2.35. V programe je možné kódovanie priamo v strojovom kóde alebo umožňuje kódovanie v jazyku C. K programovaniu procesora bolo využité aj zapožičané zariadenie tzv. programátor. Pred začatím samotného kódovania bolo potrebné bližšie zoznámenie s vývojovým prostredím a jeho možnosťami. Prvý program vytvorený pre otestovanie či už správnej výroby DPS alebo samotných skúsenosti s vývojovým prostredím sa stalo jednoduché blikanie LED diódy. Po overení správnosti vyrobenia DPS a nastavenia I/O vstupov otestovaných na jednoduchom blikaní LED diódy začalo vytvorenie vývojového diagramu finálneho programu ktorý popisuje obr. č. 16. Podľa diagramu by mal program zvládnuť vyslanie pár základných príkazov vo zvolenom RC-5 kódovaní.



Ako vidíme na vývojovom diagrame po štarte programu nasleduje inicializácia zariadenia teda samotná príprava pre použitie. Nasledujúci kód je ukážkou nastavenia zariadenia teda aj vstupov a výstupov.

**// komparátor vypnutý**

CMCONbits.CM0 = 1;

CMCONbits.CM1 = 1;

CMCONbits.CM2 = 1;

**// nastavenie digitálnych I/O na porte A a C**

ANSEL = 0;

**// nastavenia portu A**

TRISAbits.TRISA0 = 1;

TRISAbits.TRISA1 = 1;

TRISAbits.TRISA2 = 1;

**// nastavenie portu C - port a je cely výstupný**

TRISCbits.TRISC0 = 0;

TRISCbits.TRISC1 = 0;

TRISCbits.TRISC2 = 0;

TRISCbits.TRISC3 = 0;

TRISCbits.TRISC4 = 0;

TRISCbits.TRISC5 = 0;

PORTC = 0;

**// zakázanie prerušenia**

INTCONbits.GIE = 0;

**// Konfigurácia oscilátora**

**// pull-up vypnuté**

OPTION\_REGbits.nRAPU = 1;

**// čítač sa zvyšuje podľa vlastného oscilátora**

OPTION\_REGbits.INTEDG = 0;

OPTION\_REGbits.T0CS = 0;

OPTION\_REGbits.T0SE = 0;

**// nastavenie preddeličky oscilátoru 1 : 128**

OPTION\_REGbits.PSA = 0;

OPTION\_REGbits.PS2 = 1;

OPTION\_REGbits.PS1 = 1;

OPTION\_REGbits.PS0 = 1;

Ďalší blok skrýva vo vnútri zistenie či je stlačené nejaké tlačidlo na ovládači. Ukážka nasledujúceho kódu nám testuje či je stlačené nejaké tlačidlo v rade čísel 1, 2 a 3.

**Ukážka testovania stlačenia pre radu čísel 1,2,3**

PORTC = 0;

PORTCbits.RC1 = 1;

if (PORTAbits.RA0 == 1)

code = code3;

if (PORTAbits.RA1 == 1)

code = code2;

if (PORTAbits.RA2 == 1)

code = code1;

PORTC = 0;

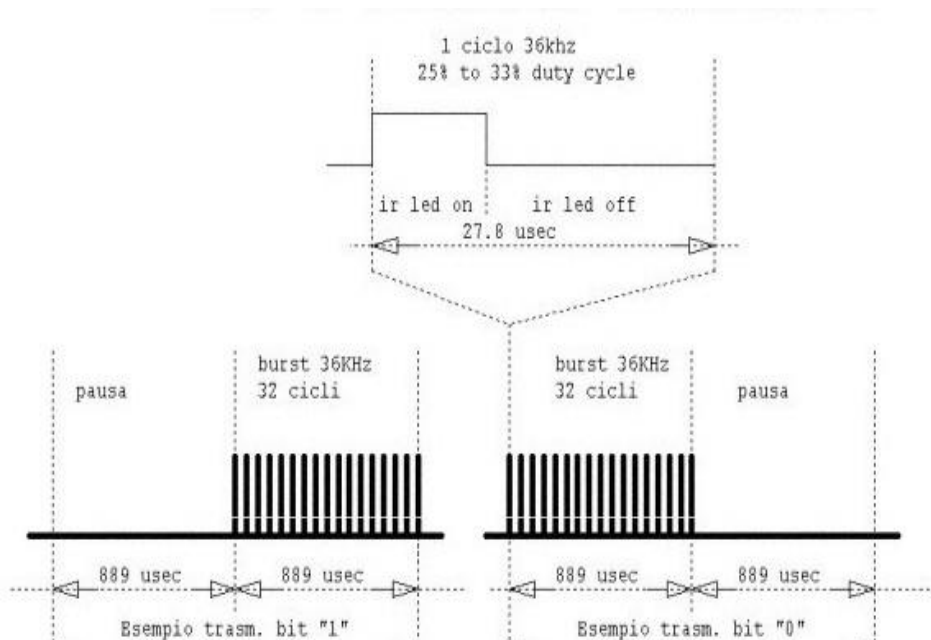
V prvom rade sa vynuluje port c aby sa mohol testovať len konkrétny rad čísel. Nastaví sa RC1 na jednotku to spôsobí vyslanie napätia a môže sa kontrolovať či je konkrétne tlačidlo v rade stlačené ak áno nastaví sa do pomocnej premennej „code“ konkrétne číslo. Po otestovaní sa RC1 vypne (vypnutím celého portu c) teda nastaví na nulu aby sa mohla testovať ďalšia rada. Ak sa zaznamená stlačenie nejakého tlačidla tak program pokračuje ďa-

lej vo vývojovom diagrame a to na zmenu toggle bitu. Dôvod zmeny toggle bitu bol vysvetlený v kapitole 4.1.1 RC-5 protokol. Posledným krokom je samotné vyslanie kódu RC-5 pre konkrétne stlačené tlačidlo na klávesnici. Pre jednoduchosť si uvedieme napr. stlačenie tlačidla nula čiže prepnutie na kanál nula. Kód obsahuje 14 bitov ako pre každé tlačidlo. Prvé dva sú vždy jednotky ktoré slúžia pre tzv. naštartovanie komunikácie ďalej jeden toggle bit potom 5 adresových (5-krát nula pre TV prijímač) a nakoniec 6 dátových (6-krát nula pre prepnutie na kanál nula).

#### Príklad 14 bitov pre prepnutie na kanál nula:

**11 0/1 00000 000000**

Takto zostavených 14 bitov je potrebné správne vyslať vo forme blikania LED-diódy. Najdôležitejšie sú časové oneskorenia vo vysielaní samotných bitov. Čiže sa rozlišuje vyslanie logickej nuly a jednotky. Rozdiel je, že log. nula začína nábežnou hranou teda LED-dióda hneď bliká ale naopak log. jednotka spádovou teda pred blikaním je  $889\mu\text{s}$  oneskorenie. Detailnejšia ukážka je na Obrázku 20.

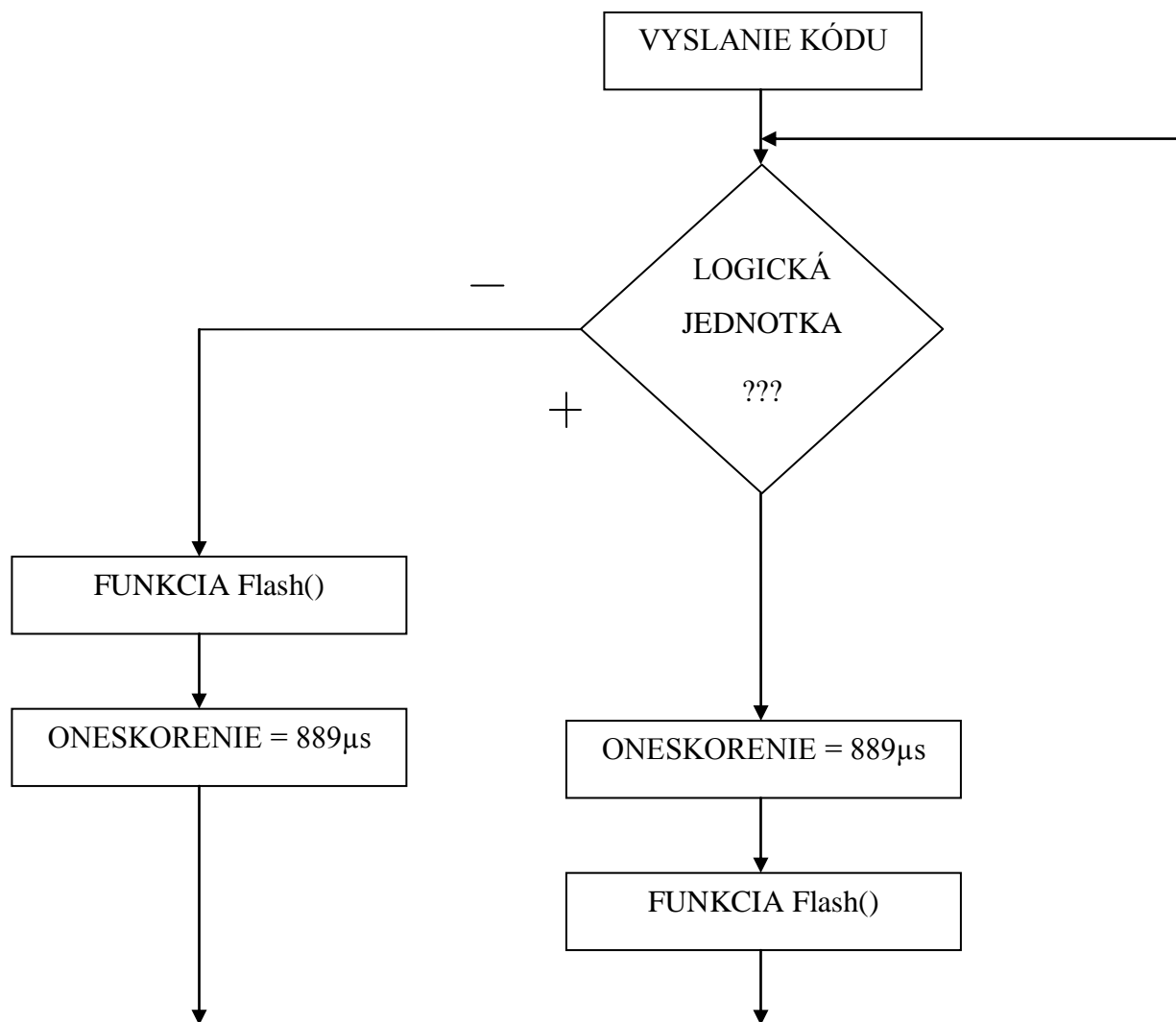


Obrázok 20 Ukážka rozdielu medzi log. 0 a log. 1 pre RC-5 kódovanie [6]

Po tomto rozlíšení sa volá funkcia Flash() (uvedená je len časť funkcie):

```
void Flash()
{
    __delay_us(28);
    IRLED = 1;
    __delay_us(28);
    IRLED = 0;
    :
    :
    :
```

Uvedená funkcia obsahuje celkom 16 rozsvietení LED-diódy a 16 zhasnutí medzi ktorými je vždy oneskorenie  $28\mu\text{s}$ . Dokopy je to 32 príkazov a medzi každým je delay  $28\mu\text{s}$  pretože samotné vyslanie musí taktiež trvať  $889\mu\text{s}$  a 32 cyklov. Použitím jednoduchšej matematiky a miernemu zaokrúhľeniu sa dostaneme ľahko k číslu 28. Číže takto popísaná funkcia Flash() je volaná vždy 14-krát a pred jej každým zavolaním sa určí či ide o logickú jednotku alebo nulu. Toto tvorí vyslanie celého kódu pre jeden povel. Pre lepšie pochopenie a predstavenie je uvedený vývojový diagram:



Po takto vyslanom povel sa program znova dostáva na zisťovanie stlačeného tlačidla a toto sa opakuje pokým je zariadenie spustené.

## ZÁVER

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo po naštudovaní a zvážení možností vytvoriť model diaľkového ovládača. Kódovanie bolo zvolené RC-5 kvôli rozsiahlemu používaniu tohto typu kódovania v spotrebnej elektronike.

Práca je rozdelená na teoretickú a praktickú časť. Teoretická časť oboznamuje čitateľa s mikrokontrolermi všeobecne a samozrejme aj s konkrétne použitým typom. Ďalej popisuje základný princíp a fungovanie IR diaľkových ovládačov a s nimi úzko späté základné problémy v podobe rušenia vysielania. Najrozsiahlejšou kapitolou sú samotné prenosové protokoly v ktorých je pre túto prácu najdôležitejší popis zvoleného RC-5 protokolu, ktorý využíva bi-phasovú moduláciu. Praktická časť popisuje postup zhotovenia celého zariadenia. Pre návrh obvodu bol použitý editor plošných spojov Eagle 5.6.0. Na vyrobenú dosku boli osadené súčiastky, ktoré sú uvedené v prílohách a to konkrétne v tabuľke 4. Pri samotnom písaní kódu bolo použité vývojové prostredie MPLAB X IDE v2.35, ktoré umožňuje kódovanie v jazyku C. Pri realizácii kódu som postupoval podľa dostupných a naštudovaných odborných zdrojov. Celý program aj s vývojovým diagramom je popísaný v poslednej kapitole práce. Pri praktickej realizácii nastali komplikácie len pri samotnom kódovaní a to najmä odlaďovanie programu kvôli presným časovým oneskoreniam, ktoré sú potrebné pri danom typu výrobku. Ale nakoniec sa ovládanie podarilo úspešne oživiť. Ovládanie bolo testované na televízii Philips. Program, ktorý je nahraný na mikrokontrolér umožňuje prepínanie staníc od 0 po 9 a pridávanie hlasitosti. Ak by bolo žiaduce vyskúšanie iných príkazov, jednoducho sa v programe zmenia masky reprezentujúce jednotlivé tlačidlá. Konštrukčné riešenie ovládača poskytuje študentom možnosť odobratia mikrokontroléra z päťice a teda aj voľby zmeny nahraného programu v ňom. Teda zaujímavá je aj varianta použitia iného typu kontroléra využívajúceho sa momentálne vo výuke. Ďalej sa tu poskytujú možnosti na samostatné testovanie vstupného zariadenia – klávesnice a výstupného zariadenia – LED-diódy.



## ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

- [1] PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0110-1.
- [2] Matoušek David: Práce s mikrokontroléry ATMEL AT89C2051 - 1. díl - edice uP a praxe, BEN - technická literatura, 2002, ISBN 80-7300-094-6.
- [3] FROHN, M. Elektronika: polovodičové součástky a základní zapojení. 1. české vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 479 s. ISBN 80-730-0123-3.
- [4] [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: [http://nepokon.wz.cz/n\\_ir.php](http://nepokon.wz.cz/n_ir.php)
- [5] Microchip Technology Inc.: Data Sheet, 2010, ISBN 978-1-60932-173-4
- [6] [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/normy-pro-ir-datovy-prenos.html>
- [7] Elektor Electronics, By A.N. Other , 3/2001 General Interest
- [8] [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://solarskit.wz.cz/rc5.html>
- [9] [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: [http://merlin.fit.vutbr.cz/FITkit/docs/navody/ext\\_ir.html](http://merlin.fit.vutbr.cz/FITkit/docs/navody/ext_ir.html)
- [10] [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/teorie-datoveho-ir-prenosu.html>
- [11] Hrbáček Jiří: Moderní učebnice programování mikrokontrolérů PIC - 1. díl, BEN - technická literatura, 2004, ISBN 80-7300-136-5
- [12] Bumba Jiří: Programování mikroprocesorů - učebnice; Computer Press,a.s. Brno, 2011, ISBN 978-80-251-2838-1

**ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK**

|        |   |
|--------|---|
| ROM    | Read only memory                                    |
| RAM    | Random Access Memory                                |
| EPROM  | Erasable Programmable Read-Only Memory              |
| FLASH  | Zrýchlená EEPROM                                    |
| I/O    | Vstupy/Výstupy                                      |
| A/D    | Analógovo/digitálny prevodník                       |
| D/A    | Digitálno/Analógový prevodník                       |
| PIC    | Peripheral Interface Controller                     |
| RISC   | Reduced instruction set computer                    |
| OTP    | One Time Programmable                               |
| EEPROM | Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory |
| USB    | Universal Serial Bus – univerzálna sériová zbernica |
| CAN    | Controller area network                             |
| KEELOQ | Bloková šifra                                       |
| FSR    | File select register                                |
| INDF   | indirect register                                   |
| SRAM   | Static Random Access Memory                         |
| RWM    | Read-Write Memory                                   |
| LED    | Light-emitting diode                                |
| TV     | Television  |
| IR     | Infračervené  |
| DPS    | Doska plošného spoja                                |
| UV     | Ultrafialové žiarenie                               |

## ZOZNAM OBRÁZKOV

|   |    |
|---|----|
| Obrázok 1 Zjednodušená schéma počítača [1] .....                                  | 11 |
| Obrázok 2 Popis vývodov mikropočítača [5] .....                                   | 16 |
| Obrázok 3 Detailný popis vývodov PIC16F676 [5].....                               | 18 |
| Obrázok 4 Spektrum vyžarovania rôznych zdrojov a spektrálnej citlivosti [10]..... | 20 |
| Obrázok 5 LED dióda.....  | 21 |
| Obrázok 6 Princíp pulznej modulácie [6].....                                      | 22 |
| Obrázok 7 Princíp pulzne šírkovej modulácie [6].....                              | 23 |
| Obrázok 8 Princíp Bi-phase modulácie [6] .....                                    | 23 |
| Obrázok 9 Princíp FSK modulácie [6] .....   | 24 |
| Obrázok 10 Formát správy RC5 protokolu [6] .....                                  | 25 |
| Obrázok 11 Formát správy Japan protokolu [7] .....                                | 28 |
| Obrázok 12 NEC protokol s príkladom dátového rámca [6] .....                      | 29 |
| Obrázok 13 12 bitový rámec protokolu SIRC [6] .....                               | 29 |
| Obrázok 14 Formát správy Denon protokolu [7].....                                 | 30 |
| Obrázok 15 Formát správy Motorola protokolu [7].....                              | 31 |
| Obrázok 16 Schéma DPS v Eagli.....  | 33 |
| Obrázok 17 DPS v Eagli bez označenia súčiastok.....                               | 35 |
| Obrázok 18 DPS v Eagli s označeniami súčiastok.....                               | 36 |
| Obrázok 19 Hotové zariadenie aj s príslušenstvom .....                            | 37 |
| Obrázok 20 Ukážka rozdielu medzi log. 0 a log. 1 pre RC-5 kódovanie [6] .....     | 41 |

**ZOZNAM TABULIEK**

|  |    |
|--|----|
| Tabuľka 1 Najčastejšie používané kódy [7] .....    | 24 |
| Tabuľka 2 Adresy jednotlivých prístrojov [6] ..... | 26 |
| Tabuľka 3 Dáta jednotlivých kláves [6] .....       | 26 |
| Tabuľka 4 Použité súčiastky .....                  | 49 |

**ZOZNAM PRÍLOH**

Tabuľka 4 Použité súčiastky

| Označenie v schéme |            | Stručný popis                  |
|--------------------|------------|--------------------------------|
| 1                  | BAT        | Dve tužkové batérie + úložisko |
| 2                  | R1         | Rezistor, 1k $\Omega$          |
| 3                  | R2         | Rezistor, 2k $\Omega$          |
| 4                  | R3         | Rezistor, 68 $\Omega$          |
| 5                  | R4,R5,R6   | Rezistor, 10k $\Omega$         |
| 6                  | IDLED1     | LED-dióda                      |
| 7                  | T1         | Tranzistor BC337               |
| 8                  | C1,C2      | Kondenzátor, 33pF              |
| 9                  | C3         | Kondenzátor, 100nF             |
| 10                 | C4         | Kondenzátor, 470 $\mu$ F       |
| 11                 | D1         | Dióda                          |
| 12                 | Q1         | Kryštál, 3.2768MHz             |
| 13                 | KLAVESNICE | Klávesnica, STD 34 - 07        |
| 14                 | ICSPCON    | Konektor, 5pinový              |
| 15                 | IC1        | Mikropočítač PIC16F676         |

