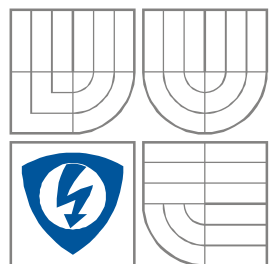


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND  
COMMUNICATION

DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

# BEZDRÁTOVÝ KONTROLÉR PRO DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ PTZ KAMER

WIRELESS REMOTE CONTROLLER FOR PTZ CAMERAS

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. Richard Chýlek

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Jeřábek, Ph.D.

BRNO, 2013

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá dálkovým ovládáním otočných kamer pomocí bezdrátových kontrolérů. Je zde zpracován návrh kontroléru včetně konstrukčních podkladů, provedena vlastní realizace kontroléru i návrh a odladění firmwaru pro komunikaci mezi mikrokontrolérem a RF modulem. Kontrolér je složen z těchto hlavních součástí, převodníku úrovně, mikrokontroléru a RF modulu. Přicházející data do kontroléru přicházejí po sběrnici RS485 a kontrolér je schopen komunikovat pomocí protokolů Ernitec a Pelco-D. Navržený kontrolér by měl podle údajů od výrobce mít dosah až 500m.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

RF modul RC1040, bezdrátové ovládání PTZ kamer, mikrokontrolér ATtiny-2313, převodník úrovně SN75176, protokol Ernitec, protokol Pelco.

## **ABSTRACT**

This master thesis is concerned with remote control PTZ camera using the wireless controller, and the controller design including design documents, a custom implementation of the controller and firmware design and debugging communication between the microcontroller and the RF module. The controller will be composed of the signal converter, microcontroller and RF module. Control data to the controller will come via link RS485 and controller will be able to communicate using the following protocols-Ernitec and Pelco. The proposed controller, according to data from the manufacturer to have a range of up to 500m.

## **KEYWORDS**

RC1040 RF module, wireless PTZ remote control, microcontroller ATtiny-2313, SN75176 level converter, protocol Ernitec, Pelco.

Bc. CHÝLEK, R. *Bezdrátový kontrolér pro dálkové ovládání PTZ kamer*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2012. 10 s., 4 s. příloh. Diplomová práce. Vedoucí práce: doc. ing. Jiří Čížek, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma šBezdrátový kontrolér pro ovládání PTZ kamerů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální 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/nebo majetkových a jsem si plně v domě následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změnách v něm (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne 23.5.2013

.....

(podpis autora)

## **PODKOVÁNÍ**

Dekuji vedoucímu diplomové práce doc. ing. Jiřímu Těbestovi, Ph.D. za úžinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 23.5.2013

.....

(podpis autora)

# OBSAH

<b>Seznam obrázk</b>	<b>vii</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>viii</b>
<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Základní informace O PTZ kamerách</b>	<b>2</b>
1.1 Typy otočných kamer.....	2
1.1.1 Digitální kamery.....	2
1.1.2 Analogové kamery .....	2
1.2 Možnosti ovládání PTZ kamer.....	3
1.2.1 Softwarové klávesnice.....	3
1.2.2 Klasické (hardwarové) klávesnice .....	4
1.3 Používané protokoly.....	5
1.3.1 Protokol Ernitec .....	5
1.3.2 Protokol Pelco .....	6
1.4 Přenosové cesty.....	6
1.4.1 Možnosti řízení signálu.....	6
1.4.2 Standart EIA 6485.....	7
1.4.3 ISM pásmo .....	8
<b>2 Návrh bezdrátového kontroléru</b>	<b>9</b>
2.1 Blokové schéma kontroléru .....	9
2.2 Převodník úrovní.....	10
2.3 Výběr mikrokontroléru.....	11
2.4 Výběr RF modulu.....	11
2.5 Přítušnost výškové zdroj a anténa.....	13
2.6 Deska plošných spoj .....	13
<b>3 SOFTWAREVÉ VYBAVENÍ KONTROLÉRU</b>	<b>14</b>
3.1 Komunikace s RF modulem .....	15
3.2 Struktura datového paketu.....	17
3.3 Cyklická redundantní součet.....	17

3.3.1	Princip výpočtu CRC.....	17
3.3.2	Základní vlastnosti CRC.....	18
3.3.3	Příklad výpočtu CRC.....	19
3.4	SW mikrokontroléru a hlavní funkce.....	20
<b>4</b>	<b>Závěr</b>	<b>26</b>
	<b>Literatura</b>	<b>27</b>
	<b>Seznam symbolů, veličin a zkratk</b>	<b>28</b>
	<b>Seznam příloh</b>	<b>30</b>

# SEZNAM OBRÁZK

Obr.1.: Ovládání PTZ kamery pomocí SW klávesnice .....	3
Obr.2.: Ovládací klávesnice pro PTZ kamery (Ernitec), p evzato z [13].....	4
Obr.3.: Blokové schéma p ipojení ovládací klávesnice k DVR a PTZ kame e.....	4
Obr. 4: Obecné blokové schéma p enosové soustavy pro ovládání oto ných kamer. ....	6
Obr. 5: Ukázka p enosu znaku 211 pomocí dvou vodi ové varianty standartu EIA-485, p evzato z [3]. .....	7
Obr. 6: Blokové schéma navrženého bezdrátového kontroléru .....	9
Obr. 7: Rozmíst ní vývod pouzdra PDIP mikrokontroléru ATtiny2313, p evzato z[11] .....	11
Obr. 8: Typické zapojení RC1040, p evzato z [12]. .....	12
Obr. 9: Vyroběný kontrolér bez krytu a antény .....	13
Obr. 10.: Struktura vysílaného paketu.....	17
Obr.11.: Vývojový diagram hlavní smy ky programu mikrokontroleru .....	21
Obr.13.: Vývojový diagram p eru-ení vyvolané sériovým kanálem .....	23
Obr.14.: Vývojový diagram funkce RF_RX_Func .....	24
Obr.15.: Vývojový diagram funkce RF_TX_Func .....	25

## SEZNAM TABULEK

Tab.1: Formát rámce protokolu ERNA, převzato z [4].	5
Tab.2: Formát rámce protokolu Pelco D, převzato z [6].	6
Tab.3: Pásmo ISM dle ITU-R, převzato z [7].	8
Tab.4: Funkční tabulky pro vysílání a příjem, převzato z [10].	10
Tab.5: Tabulka parametrů RF modulu RC10XX, převzato z [12].	12
Tab.6: Souhrn nastavení pinů v synchronním transparentním módu.	15
Tab.7: Výběr příkazů pro konfiguraci paměti RF modulu	16
Tab. 8.: Příklad výpočtu CRC	20



# ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá bezdrátovým přenosem telemetrických dat pro otočné (PTZ) kamery. Bezdrátový kontrolér jako takový, prodlužuje komunikační vzdálenost mezi ovládací klávesnicí kamerového systému a polohovací hlavicí, případně přímo PTZ kamerou. Pro komunikaci mezi kamerou a klávesnicí se na větší vzdálenosti používá sériová komunikace ve verzi RS485. Komunikace probíhá pomocí protokolů, které jsou implementovány do kamery i klávesnice přímo od výrobce. V této práci jsou použity protokoly společností Ernitec (ERNA) a Pelco (Pelco-D). Navržený kontrolér bude sloužit jako servisní prvek při poruše stávajícího bezdrátového spojení, takže je schopen pracovat na různých frekvencích, s oběma protokoly i napájecími prvky systému, který je k dispozici, to je napájecí napětí +12V.

Pro přenos dat na větší vzdálenosti se používají tři způsoby přenosu signálu. První možnost je přenos signálu pomocí metalických vedení, druhá možnost je pomocí optických vedení a třetí možností je přenos signálu bezdrátově. Každá možnost přenosu signálu má svoje uplatnění, výhody i nevýhody. Tato práce se zabývá bezdrátovým přenosem signálu, což jsou telemetrická data pro ovládání kamer na vzdálenost maximálně 300 m, ve venkovním městském prostředí. Pro tuto komunikaci mezi ovládací klávesnicí kamerového systému a otáčnou kamerou je použito bezdrátového přenosu v ISM pásmu, bezlicenčním pásmu okolo střední frekvence 433,92MHz (433,05MHz-434,79MHz). Navržený bezdrátový kontrolér se skládá ze čtyř hlavních komponent, RF modulu, mikroprocesoru a převodníku napájecích úrovní.

Cílem této práce je se seznámit s možnostmi ovládání otočných kamer a připravit úplné konstrukční podklady a z nich vyrobit bezdrátového kontroléru a odladit jeho firmware a potvrdit jeho funkčnost.

# 1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O PTZ KAMERÁCH

Z obecného hlediska se mohou otočné (PTZ) kamery rozdělit do dvou druhů. Jedná se o kamery plně digitální, které pracují na plně datovém formátu a kamery tzv. analogové, které mají oddělená rozhraní pro videesignál a pro ovládání kamery. Dále je v této části zmínka o používaných protokolech pro ovládání PTZ kamer, možných přenosových cestách videesignálu i ovládacího signálu a o ovládacích prvcích kamer - klávesnicích.

## 1.1 Typy otočných kamer

Otočné kamery se v současnosti objevují ve dvou variantách. Je to varianta otočné kamery plně digitální a varianta kamery tzv. šanalogové.

### 1.1.1 Digitální kamery

Plně digitální kamery jsou takové, které mají rozhraní mezi kamerou a ovládacím prvkem na plně datové úrovni, videesignál i telemetrie pro ovládání je přenášená v jednom datovém toku. Jeden typ těchto kamer pracuje na základě IP protokolu a mohou se považovat za běžný datový tok, který prochází datovou sítí. Tyto kamery mají vlastní IP adresu a podléhá pravidlům pro datové sítě. Data videesignálu jsou komprimována kvůli změně datového toku známými metodami M-JPEG, MPEG-4 a H.264.

Druhý typ plně digitálních kamer je označován jako HD-SDI kamery. Tyto kamery nepoužívají komprimaci dat video signálu, připojují se do záznamových zařízení pro tento formát určených, ovládání těchto kamer se provádí přes tyto záznamové zařízení. Tyto kamery se používají v případech, kdy je nutné využít stávajících kabelových koaxiálních rozvodů, ale je požadována vysoké rozlišení (až Full HD - 1080p) digitálních kamer.

### 1.1.2 Analogové kamery

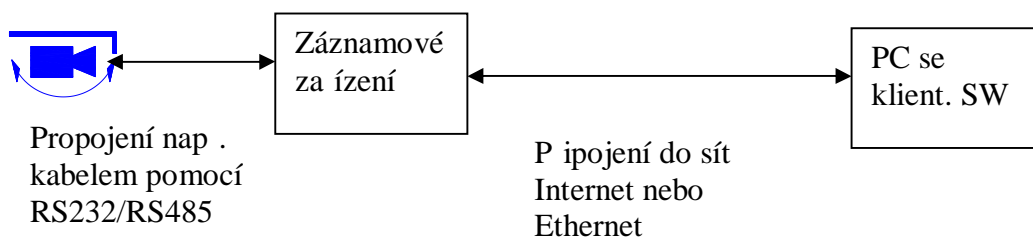
Dále se tato práce bude zabývat pouze druhou šanalogovou variantou otočných kamer. Analogové kamery mají oddělenou část pro videesignál, který používá standardní televizní formát PAL (případně SECAM) a část pro telemetrii neboli ovládání kamery. Tato část se především zaměřuje na část pro ovládání kamer. Ve většině kamer se vzhledem k potřebování velké délky sbírnice, používá sériová komunikace sbírnice ve formátu EIA-485 (převodně RS-485). Po této sbírnici pak komunikuje ovládací klávesnice s kamerou pomocí komunikačního protokolu. Tento protokol si každý výrobce určuje sám a máme tedy na trhu nepřebernou množství komunikačních protokolů.

## 1.2 Možnosti ovládání PTZ kamer

Otáčivé kamery se ovládají pomocí ovládacích klávesnic. Tato klávesnice může být softwarová nebo klasická (hardwarová).

### 1.2.1 Softwarové klávesnice

Softwarovými klávesnicemi se dají označit klientské SW, kterými se otáčivé kamery dají ovládat. Situace poté může vypadat jak je vykresleno na obr.1. Otáčivé kamery je připojena do záznamového zařízení, které plní funkci vysílání a telemetrických signálů. Toto záznamové zařízení je poté připojeno do sítě Internet nebo do místní datové sítě a pomocí vzdáleného klienta se připojuje k tomuto záznamovému zařízení a ovládá se kamera pomocí virtuální klávesnice.



Obr.1.: Ovládání PTZ kamery pomocí SW klávesnice

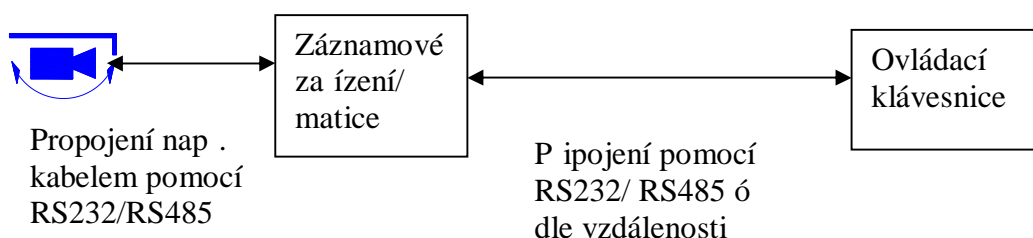
## 1.2.2 Klasické (hardwarové) klávesnice

Klasické klávesnice jsou zařízení, která se připojují k digitálním záznamovým zařízením nebo programovatelným maticím pro ovládání rotujících kamer. Tyto klávesnice i záznamová zařízení musí pracovat se stejným protokolem jako rotující kamera. Příklad jak může vypadat taková ovládací klávesnice je na obr.2.



Obr.2.: Ovládací klávesnice pro PTZ kamery (Ernitec), převzato z [13].

Na obr. 3 je blokové znázornění možného propojení rotující kamery, digitálního záznamového zařízení a ovládací klávesnice. Rotující kamera je připojena do záznamového zařízení pomocí sbírnice RS-485 pro její ovládání a koaxiálního kabelu pro přenos obrazu. Klávesnice je do záznamového zařízení připojena pomocí sbírnice RS-232, pokud je klávesnice ve větší vzdálenosti neumožňuje sbírnice RS-232 je nutné použít převodník na sbírnici RS-485. Ovládací klávesnice tedy, předává řídicí signály pro kameru záznamovému zařízení a to předposílá tyto signály přímo do kamery. V některých případech je možné připojit ovládací klávesnici přímo na jednu sbírnici s rotující kamerou a ovládat kameru přímo.



Obr.3.: Blokové schéma připojení ovládací klávesnice k DVR a PTZ kamere

## 1.3 Používané protokoly

Bezdrátový kontrolér, který navrhují v této práci, komunikuje pomocí protokolů Ernitec a Pelco. Je to z toho důvodu, že předpokládám nasazení bezdrátového kontroléru v systému, kde jsou nasazeny ovládací prvky těchto dvou výrobců. Ale také proto, že komunikační protokol Pelco je velice rozšířen a dalo by se říct, že je považován za standardní protokol pro ovládání kamer a většina výrobců ho implementuje do svých zařízení.

### 1.3.1 Protokol Ernitec

Protokol Ernitec neboli ERNA protokol je jednoduchý asynchronní sériový jednosměrný protokol, který je určen pro ovládání těchto kamer. Protokol je používán jako rozhraní mezi soustavou ovládací klávesnice s vysíláním telemetrie a přijímáním telemetrie, případně s kompaktní otočnou kamerou (SpeedDome kamerou) kompatibilní s ERNA protokolem. Jak výrobce udává, je velice důležité, aby protokol ERNA splňoval následující požadavky.

#### Formát dat:

- Přenosová rychlost 2400 baud
- Počet datových bitů 8 bit
- Parita - žádná
- Počet stop bitů - 1

#### Formát rámce:

Tab.1: Formát rámce protokolu ERNA, převzato z [4].

Hlavička	Adresa	Příkaz	Data 1	Data 2	Kontrolní součet
STX	0-255	0-17	0-255	0-255	Kontrolní součet předešlých bytů

Hlavička - vždy v hexadecimální ASCII podobě (STX označuje začátek textové reprezentace)

Adresa - adresa kamery nebo přijímače telemetrie 0-254, adresa 255 je pro broadcast adresu

Příkaz - příkaz pro kameru nebo přijímač, tabulku příkazů najdete v [4].

Data - souvisí s použitým příkazem, může to být 1 nebo 2 byty.

Kontrolní součet - kontrolní součet všech bytů včetně hlavičky.

Jak je vidět z Tab.1 délka rámce se může měnit v závislosti na použitém příkazu od 5 do 6 bytů, podrobnější informace o protokolu ERNA můžete nalézt v [4] a [5].

### 1.3.2 Protokol Pelco

Pelco pro svůj protokol používá dvě varianty, ty se označují Pelco P a Pelco D, v této práci se dále zabývám pouze variantou protokolu Pelco D, protože je více rozšířená.

Protokoly Pelco mají obdobnou strukturu rámce jako protokol ERNA, jak můžeme vidět na tab.2. Pelco protokol stejně jako ERNA nepoužívají paritu, mají jeden startovací bit, osm datových bitů a jeden stop bit. Pelcová rychlost se může měnit, ale doporučená pelcová rychlost je 4800 baudů. Protokol Pelco D má oproti protokolu Pelco P zlepšenou spolehlivost pelcovsu.

Struktury rámce vypadá takto:

Tab.2: Formát rámce protokolu Pelco D, převzato z [6].

Byte .	1	2	3	4	5	6	7
Funkce	Synch.	adresa	příkaz 1	příkaz 2	data	data	kontrolní součet

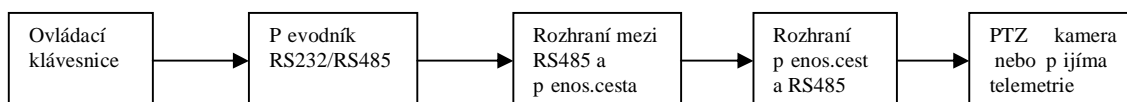
, kde synch. je synchronizační byte s hodnotou \$FF, adresa je adresa zařízení a kontrolní součet je XOR součet prvních 6 bytů. Další informace o protokolech Pelco jsou například v [6].

## 1.4 Pelcovské cesty

V této kapitole popíši, jakými druhy pelcovských cest jde signál z ovládací klávesnice přenášet ke kamere. Dále uvedu základní informace o standardu EIA-485 a pásmu ISM 433, které používám při návrhu bezdrátového kontroléru.

### 1.4.1 Možnosti přenosu signálu

Komunikace mezi ovládací klávesnicí a otočnou kamerou může probíhat díky těmto pelcovským cestám. Jsou to metalická kabelová cesta, optická trasa a bezdrátový pelcovs pomocí radiového vysílání.



Obr. 4: Obecné blokové schéma pelcovské soustavy pro ovládání otočných kamer.

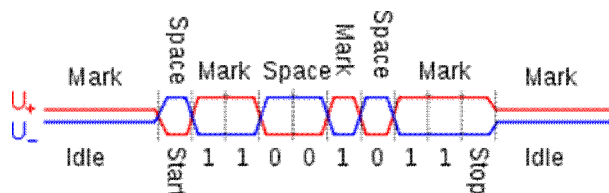
V t-ina ovládacích klávesnic kamerových systému má jako sv j výstup sériové rozhraní RS232. Nevýhoda tohoto rozhraní je taková, že délka této sb rnice je pouze 20m, to je pro oto né kamery zcela nevhovující. Proto kařdý výrobce má tzv. remote modul, což je modul pro dálkové ovládání a je to vlastn p evodník z RS232 na RS 485. Sb rnice pro rozhraní RS-485 m že být až 1200m dlouhá, ale s pomocí opakova signálu se tato vzdálenost m že je-t zv t-it. Rozhraní RS-485 je v t-inou provedeno pro dvou vodi ová vedení, a proto když budeme signál pro ovládání kamer p ená-et pomocí metalického vedení, není pot eba řádný dal-í p evodník. Pokud se rozhodneme z jakéhokoli d vodu, že je signál pot eba p ená-et p es optické vlákno nebo bezdrátov , je nutné v adit do p enosové soustavy je-t p evodníky mezi rozhraním RS-485 a p íslu-nou p enosovou cestou. Bu tedy p evodník na optické vlákno, nebo jako to je v p ípad této práce, bezdrátový kontrolér pro p enos radiovým vysíláním.

Kařdý typ p enosové cesty má své výhody a nevýhody. Nap íklad kabelové p enosové cesty mají nevýhodu v tom, že je zapot ebí polofit kabelovou trasu, a to není vřdy možné, ale zato poté jsou mén náchyln j-í na ru-ivé vlivy. Radiové p enosové trasy jsou snadn j-í na zhotovení, ale jsou více náchylné na vn j-í ru-ení z jiných zdroj .

## 1.4.2 Standart EIA ó 485

EIA-485 (p vodn RS-485 nebo RS485) je standard sériové komunikace definovaný v roce 1983 sdružením EIA. Pouřívá se p edev-ím v pr myslovém prost edí. Standard RS485 je navržen tak, aby umohl oval vytvo ení dvou vodi ového poloduplexního vícebodového sériového spoje. Má stejný základ jako standard RS232, od kterého se li-í p edev-ím jinou definicí nap ových úrovní, nep ítomností modemových signál , možností vytvo ení sítí (těl sb rnice) sestávající z až 32 za ízení a možností komunikace na vzdálenost až 1200m (proti 20m u RS232). Výhodou rovn řl je, že linku RS485 je možné vytvo it z -iroce roz-í eného standardu RS232 pomocí jednoduchých p evodník úrovn .

Nejjednodu-í variantou je konfigurace s jedním trvale p ípnutým vysíla em a až 31 p íjímá i. S touto variantou pracuje i sb rnice, pro kterou navrhuji bezdrátový kontrolér. Ovládací klávesnice je ve vysílacím režimu a oto né kamery, které jsou na tuto sb rnici p ípojeny p íjímací pokyny od klávesnice podle své adresy, která je sou řstí vysílaného rámce.



Obr. 5: Ukázka p enosu znaku 211 pomocí dvou vodi ové varianty standardu EIA-485, p evzato z [3].

Nejprve je vysílán start bit, pak 8 bit po řadě LSB, bez parity, nakonec stop bit. Start bit je reprezentován logickou nulou, stop bit a neaktivní stav logickou jedničkou. Na úrovni logických signálů je tedy způsob přenosu znaku stejný jako u linky RS232. Další informace můžete nalézt v [3].

### 1.4.3 ISM pásmo

Jak ufl samotný název pásma ISM (Industrial, Scientific and Medical) napovídá, jsou tato pásma určena především pro rádiové vysílání v průmyslových, vědeckých a zdravotnických oborech. Tyto pásma jsou volná, což znamená že při použití homologovaného (schváleného) zařízení je provoz bezplatný, ale není zaručena garance proti rušení. Podmínky pro provoz takovýchto zařízení jsou stanoveny generálními licencemi, které vydal český telekomunikační úřad (GL-12/R/2000, případně GL-30/R/2000). Část kmitočtové tabulky je vyhrazena pro pásmo ISM, viz tabulka 4.

Do tohoto pásma mimo jiné patří i technologie WiFi a Bluetooth. V mém případě bude kontrolér používat část pásma se středním kmitočtem 433,92 MHz. Další informace naleznete v [7] a [8].

Tab.3: Pásma ISM dle ITU-R, převzato z [7].

Kmitočtový rozsah [MHz]	Střední kmitočet [MHz]	Poznámka
6,765 – 6,795	6,780	nutnost povolení
13,553 – 13,567	13,560	
26,957 – 27,283	27,120	
40,66 – 40,70	40,68	
433,05 – 434,79	433,92	pouze pro Evropu, Afriku, Irák a země bývalého Sovětského svazu
902 - 928	915	pouze pro Ameriku a Grónsko
2400 - 2500	2450	
5725 - 5875	5800	
24000 - 24250	24125	
61000 - 61500	61250	nutnost povolení
122000 - 123000	122500	nutnost povolení
244000 - 246000	245000	nutnost povolení

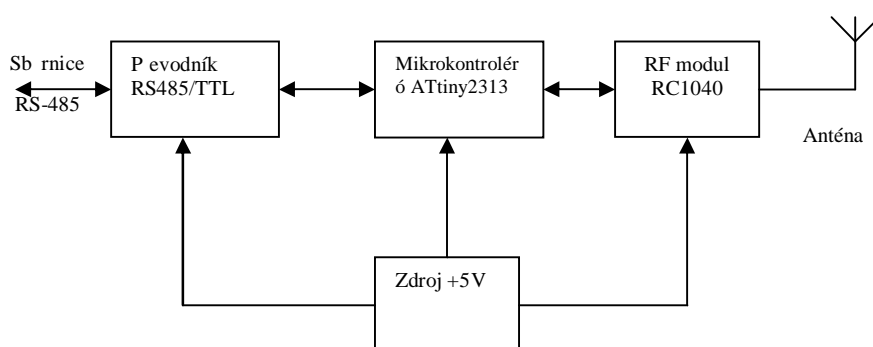


## 2 NÁVRH BEZDRÁTOVÉHO KONTROLÉRU

Úplné schéma zapojení bezdrátového kontroléru najdeme v příloze A.1, této diplomové práce, konstruční podklady pro montáž jako výkresy desek plošných spojů a rozpiska součástek také naleznete v příloze této práce (DPS v A.2 a A.4, rozpiska B.1). Nyní ukážíme blokové schéma kontroléru a popíšeme funkci jednotlivých bloků a zdrojů napájení.

### 2.1 Blokové schéma kontroléru

Na obrázku obr.3, můžete vidět blokové schéma bezdrátového kontroléru. Skládá se z převodníku úrovně, mikrokontroléru, RF modulu a napájecího zdroje.



Obr. 6: Blokové schéma navrženého bezdrátového kontroléru

Nyní v krátkosti popíšeme funkci jednotlivých bloků. Po sériové sbírání přijde ovládací signál. Převodník úrovně převede signál ze standardu RS-485 na TTL standard a převede data mikrokontroléru, ten přijímá data, identifikuje, zjistí verzi protokolu a data protokolu přeloží do formátu vhodného pro přenos radiovým vysláním. Tyto data převede RF modul, který pouze přijímá hlavičku pro radiový přenos a přes anténu začne tato data vysílat. Blokové schéma přijímá a vysílá se lišit nebude, bude se lišit pouze obsluhovaný program mikrokontroléru. Pokud RF modul bude pracovat jako přijímač a přijme nějaká data, převede je opět mikrokontroléru. Ten zpracuje data do formy pro přenos po kabelové sbírání, převodník úrovně převede zpět signál ze standardu TTL na standard RS-485 a pošle data do otočné kamery. To jestli bude kontrolér pracovat jako vysílač nebo přijímač je určeno dle prvotního naprogramování.

## 2.2 Provodník úrovní

Pro provedení dat, které jsou předány na sériové sbírnici RS-485 na formát TTL, který používají mikrokontroléry jsem zvolil obvod SN75176 od společnosti Texas Instruments.

SN75176B je transceiver diferenciální sbírnice a je to integrovaný obvod určený pro obousměrnou datovou komunikaci na sbírnici. Je určen pro symetrická vedení a splňuje ANSI TIA/EIA-422-B a TIA/EIA-485-A a doporučením ITU V.11 a X.27.

SN75176B kombinuje 3-stavový diferenciální linkový vysílač a diferenciální vstupní linkový přijímač, přičemž oba jsou napájeny z jednoho zdroje 5V. Vysílač a přijímač mohou pracovat v režimech aktivní-HIGH nebo aktivní-LOW, což umožňuje při vhodném propojení řízení směru vysílání. Podrobnější informace najdete v [10].

Tab.4: Funkční tabulky pro vysílač a přijímač, převzato z [10].

DRIVER			
INPUT D	ENABLE DE	OUTPUTS	
		A	B
H	H	H	L
L	H	L	H
X	L	Z	Z

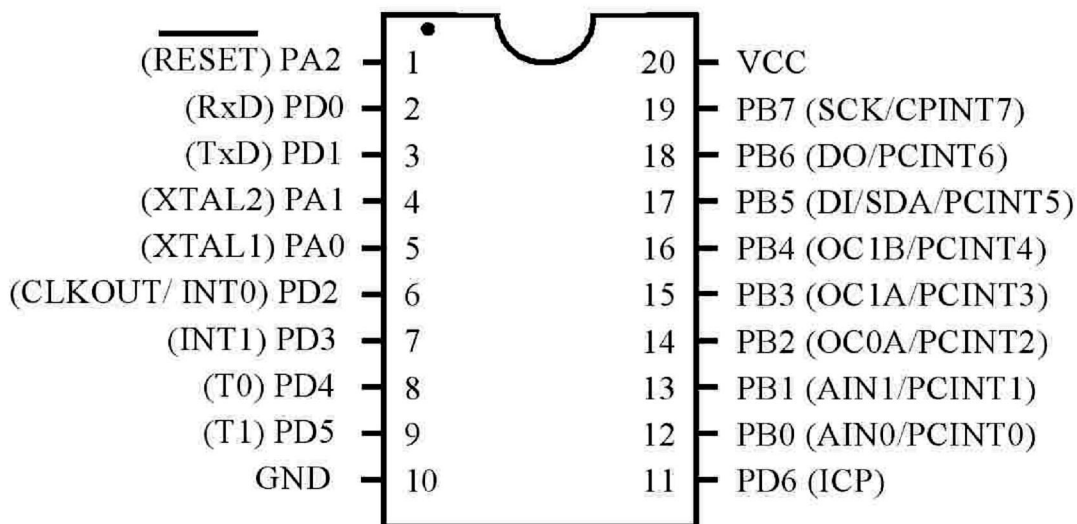
RECEIVER		
DIFFERENTIAL INPUTS A-B	ENABLE $\overline{RE}$	OUTPUT R
$V_{ID} \geq 0.2 V$	L	H
$-0.2 V < V_{ID} < 0.2 V$	L	?
$V_{ID} \leq -0.2 V$	L	L
X	H	Z
Open	L	?

H = high level, L = low level, ? = indeterminate,  
X = irrelevant, Z = high impedance (off)

## 2.3 Výběr mikrokontroléru

Při výběru mikrokontroléru jsem zvolil mikrokontrolér AVR firmy ATMEL ATtiny 2313. Jedná se o 8-bitový mikroadi, který je vybaven RISC architekturou a ta zajišťuje vysoký výpočetní výkon, protože se každá výpočetní instrukce provádí v jediném taktu.

Na obrázku 4. je vidět rozložení vývodů PDIP pouzdra tohoto mikrokontroléru.



Obr. 7: Rozmístění vývodů pouzdra PDIP mikrokontroléru ATtiny2313, převzato z[11]

Mikrokontrolér ATtiny2313 [11] v 20-ti pinovém pouzdře, které je zobrazeno na obr. 4. má nízkou spotřebu, paměť programu FLASH o velikosti 2kB, 128B paměti SRAM a 128B EEPROM. Instrukční soubor se skládá z 118 instrukcí [11]. Obsahuje také sériové rozhraní UART

## 2.4 Výběr RF modulu

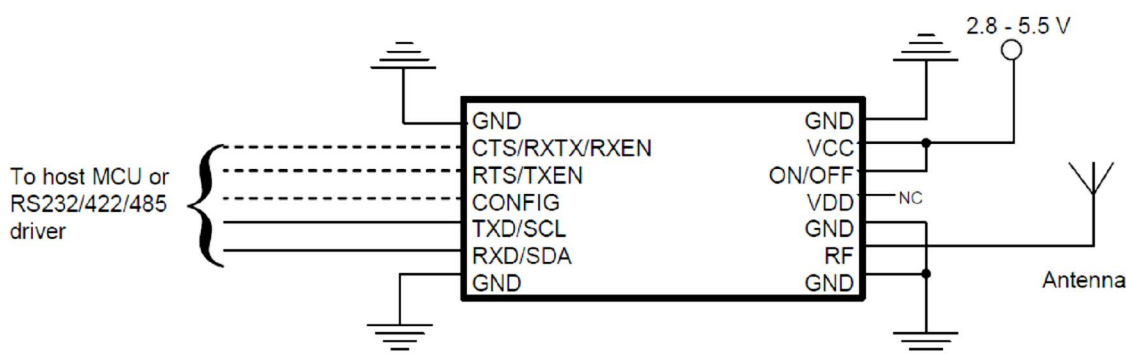
RF modul je nejdůležitější částí celého kontroléru. Na trhu se vyskytuje celá řada podobných zařízení jako je například RFM12BP od firmy HOPE microelectronic nebo RTF DATA SAW od společnosti AUREL. Já jsem pro svoji aplikaci zvolil RC1040 od společnosti Radiocrafts. Všechny uvedené RF moduly jsou tzv. transceivery (prijímač/vysílač).

V RC1040 je RF Transceiver a jsou to moduly kompletně nastavené a pracují ve volném frekvenčním pásmu 433 MHz. Při použití tvrdě vlhkých antén je možné na frekvenci 433MHz měřit pracovat až na vzdálenost 500m na průměrnou viditelnost. Toto byla hlavní výhoda tohoto modulu, plně tím vyhovuje mému zadání, kde chci přenášet data na vzdálenost do 300 metrů. V tabulce 7. jsou uvedeny hlavní parametry modulu.

Tab.5: Tabulka parametrů RF modulu RC10XX, převzato z [12].

Parameter	RC1040	RC1090	Unit
Frequency band	433.05-434.79	902 - 928	MHz
Number of channels	5	9	
Data rate	19.2		kbit/s
Max output power	9	-1*	dBm
Sensitivity	-95	-95	dBm
Supply voltage	2.8 – 5.5		Volt
Current consumption, RX	10.5	13	mA
Current consumption, TX	25	25	mA
Current consumption, SLEEP	85		uA
Current consumption, OFF	0.003		uA

\* Programmable. Maximum allowed radiated power under FCC CFR 47, part 15 is -1 dBm ERP.



Obr. 8: Typické zapojení RC1040, převzato z [12].

Na obr. 5 je typické zapojení RF modulu RC1040. Modul může pracovat jak v synchronním tak asynchronním režimu. V mojí aplikaci bude pracovat v synchronním režimu. Datového rozhraní bude synchronní a pomocí SCL a SDA bude připojeno přímo do mikrokontroléru. Vývody RXEN a TXEN budou použity k nastavení provozního režimu. V tomto režimu modul přijímá pouze záhlaví a startovací rámec k bytu z mikrokontroléru, v tomto případě se neprovádí kontrolní součet přímo v RF modulu.

Pokud budu chtít změnit nakonfigurované parametry, použiji k tomu vývod CONFIG a příkazy odešlu pomocí sériového rozhraní jako přípis dat. Podrobnější informace naleznete v [12].

## 2.5 Příslušenství zdroj a anténa

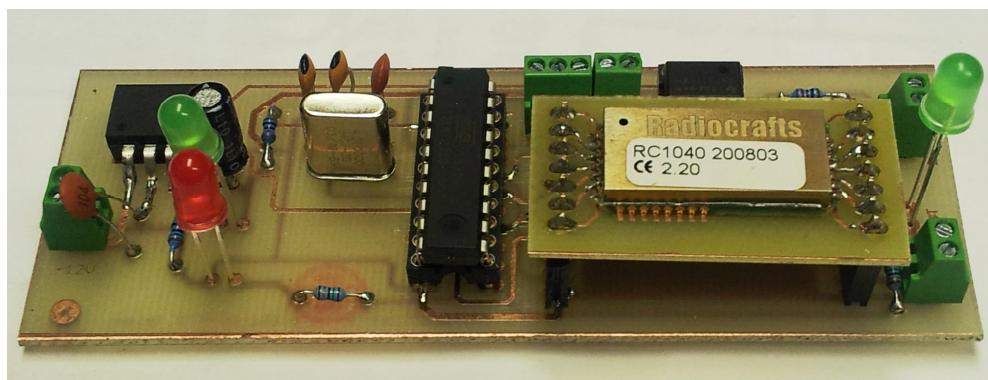
Jak jsem již uvedl v úvodu, bude kontrolér napájen pomocí stejnosměrného napětí 12V. Použití integrované obvody i RF modul mohou být napájeny maximálně napětím 5V, proto jsem použil stabilizátor napětí LM2937 od firmy National semiconductor.

LM2937 je pozitivní regulátor napětí schopný dodávat až 500 mA, je stabilní pro všechny ESR pod 3W a zabudovanou tepelnou ochranu proti zkratu. Podrobnější informace jsou v [9] Obvod stabilizátoru je zapojen dle doporučení v [9].

Jako anténu jsem použil anténu doporučenou výrobcem. Je to robustní pogumovaná anténa tvrdá pro použití v pásmu ISM 433 MHz. Anténa provedena s SMA konektorem, pro správnou funkci musí být řádně uzemněna.

## 2.6 Deska plošných spojů

Desky plošných spojů jsem vyobrazil v příloze této práce. Hlavní deska má velikost 105mm x 37mm, druhá deska s RF modulem má velikost 40mm x 22mm. Předpokládám, že při nasazení kontrolér do běžného provozu, bude kontrolér umístěn v krytu, který bude odpovídat tomu, že kontrolér bude používán ve venkovním prostředí. Napájení i datové sbírnice jsou připojeny přes konektory. Na DPS jsou vyvedeny tři LED diody, jedna slouží k indikaci napájecího napětí, druhá k indikaci správné probíhající komunikace a třetí pro indikaci chybně přijatého nebo odeslaného signálu. Na obr.9 je vyfocen sestavený kontrolér. Jak je vidět kontrolér se skládá ze dvou dílů DPS. První, hlavní DPS obsahuje všechny komponenty kromě samotného RF modulu, ten je umístěn na samostatném DPS. Obě DPS jsou spojeny pomocí zasouvacích konektorů.



Obr. 9: Vyrobený kontrolér bez krytu a antény

### 3 SOFTWAREVÉ VYBAVENÍ KONTROLÉRU

V této části práce se budu zabývat softwarovým vybavením kontroléru, sestavením komunikačního protokolu a programováním RF modulu a mikrokontroléru a odladním firmwaru, tak aby kontrolér bezchybně pracoval.

Jedním z hlavních požadavků na softwarové vybavení neboli obsluhovaný program jsou především jeho funkčnost a jednoduchost. Kontrolér má vlastně prodloužit sériovou sběrnici RS-485 a přitom zachovat kontinuitu dat a zajistit jejich správné přenesení bezdrátovým kanálem.

Při použití vybraného RF modulu se nabízejí dvě možnosti řešení. První řešení je jednoduché přepískání dat ze sběrnice RS-485 přímo na RF modul. Toto řešení je velice jednoduché, ale není při tomto řešení splněna podmínka zadání, že se bude o zabezpečení přenos, takže v důsledku nespolehlivosti přenosové trasy, volného množství prostoru, může dojít se zkomolení nebo úplnému ztracení přenesené informace.

Druhé řešení minimalizuje tyto rizika tak, že po přijetí dat ze sběrnice RS-485, zkontroluje platnost přijatého paketu, doplní ho o servisní paket, kde jsou informace pro příjemce jak je dlouhý přenesený paket, jestli je pořadována potvrzující odpověď, případně žádost o znovu odeslání nesprávně přijatého paketu. Nakonec paket je předán rámcový cyklický součet. Po této úpravě je zpráva odeslána příjemci, ten zprávu zkontroluje pomocí cyklického redundantního součtu a odešle zpět potvrzovací zprávu nebo žádost o znovu odeslání předchozí zprávy. Při tomto řešení je nutné vzít v potaz tu skutečnost, že je třeba také řídit tok dat ze sériové linky, aby nedošlo k přetečení vnitřní paměti dat mikrokontroléru, neboli šbufferu. Je pravděpodobné, že dojde k požadavku na znovu odeslání dat, a proto nelze zajistit plnou rychlost přenosu po sériové lince.

Řídící signály sériové linky pro řízení toku dat jsou nástrojem k pozastavení toku dat z klávesnice, tím získáme čas na výpočet kontrolního součtu a znovu odeslání dat.

Při samotném odladování mohou být použity obě varianty, ale primárně pořadováno řešení se zabezpečujícím přenosem. Při tomto přenosu jsou v servisním rámci přeneseny informace o paketu, celkové délce zprávy, požadavku na odpověď, případně požadavku na znovu odeslání zprávy a nakonec kontrolní součet přes celou zprávu.

### 3.1 Komunikace s RF modulem

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, je třeba před započetím komunikace, samotný RF modul konfigurovat. Konfigurace modulu se může provádět kdykoli, během chodu, při instalaci, při testování. PřiipojenímpinůšCONFIG na úroveň logické nuly se modul přepne do programovacího režimu a potvrdí nám toto přepnutí odesláním znaku š> . Po tomto je modul připraven na příjem příkazů. Pokud se chceme vrátit do standardního módu použijeme znak šX a modul se přepne do normálního vysílacího/příjmacího režimu, musíme ovšem na pin šCONFIG vrátit hodnotu logické jedničky.

V následující Tab.7 je vidět výběr ze seznamu příkazů, kompletní seznam je v [14], tyto příkazy je nutné zadávat jako ASCII znak nebo jeho binární ekvivalent, argumenty příkazů musí být odeslány do modulu jako binární hodnoty. Pokud chceme modul programovat trvale je nutné pomocí příkazu šM přejít do programování paměti modulu, provedené změny se poté zapíší do paměti a i po odpojení napájení v ní zstanou.

Pokud se bude používat modul v transparentním módu, to znamená přenos dat zabezpečeným kanálem, je nutné nastavit paměť modulu dle těchto požadavků:

MAC\_MODE (address 0x13) = 0

DATA\_INTERFACE (address 0x36) = 1

CRC\_MODE (address 0x15) = 0

ADDRESS\_MODE (address 0x14) = 0,

poté se pomocí pinů šTXEN a šRXEN nastavuje mód RF modulu dle následující tabulky Tab.6.

Tab.6: Souhrn nastavení pinů v synchronním transparentním módu.

Mód	TXEN	RXEN	Poznámka
IDLE	Log. Úroveň "H"	Log. Úroveň "H"	
RX	Log. Úroveň "H"	Log. Úroveň "L"	Po detekování hlavičky a SOF jsou data přijímána a posílána na SCL a SDA
TX	Log. Úroveň "L"	Log. Úroveň "H"	Po odeslání hlavičky a SOF jsou data posílána data na SCL a SDA
SLEEP	Log. Úroveň "L"	Log. Úroveň "L"	Používá se pouze v buffered módu

Tab.7: Výběr příkazů pro konfiguraci paměti RF modulu

Parametr	Popis	Adresa v Hex	Argument v dec	Poznámka
RF_CHANEL	Nastavení RF kanálu	0x00	1-5	Přesné frekvence jsou uvedeny v
RF_DATA_RATE	Nastavení přenosové rychlosti	0x02	1-5	
PREAMBLE_LENIGHT	Nastavení délky hlavičky	0x0A	4-8 bytes	Nenastavovat více než 8
SOF_CHARACTER		0x0B-0x0D	0xD391DA	Nemít
PACKET_LENIGHT	Nastavení velikosti paketu	0x0F	0x01-0x80(1-128)	
MAC_MODE		0x13	0:Transparentní,2:BUFFERED	
UART_FLOW_CTRL	Nastavení sbírnice	0x35	0: None 1:CTS only 3:CTS/RTS 4:RXTX(RS485)	V transparentním módu nastavena 0
DATA_INTERFACE	Datové rozhraní	0x36	0x00: UART using RXD and TXD 0x01: Synchronous interface (SDA, SCL) using RXEN and TXEN for direction control	
Exit from memory configuration	Odchod z konfigurace paměti	0xFF		Návrat do normálního stavu modulu probíhá hned po poslání příkazu "X", tento příkaz musí být poslán po potvrzení odchodu z konfigurace paměti s > .



## 3.2 Struktura datového paketu

Pakety jsou data odeslaná RF modulem během jednoho vysílacího rámce. Pokud bychom nepoužili zabezpečení proti chybám, je možné použít pro přenosovou rychlost až 19,2 kbps, ale s tím rizikem, že pokud dojde ke změně zprávy během přenosu, bude na přijímací straně zahodena jako nesmyslná informace a přenos nebude fungovat.

Použijeme-li ale zabezpečení proti chybám, je nutné abychom požadovali i potvrzení příjemce, tzv. ACK (z anglického acknowledge, tedy špotvrdit) paket. Vzhledem k tomu, že používáme synchronní transparentní přenos, data se zpracovávají ihned po přijetí, nemůžeme dojet k tomu, že by nám nějaký paket chyběl. Musíme dát ale vysílací straně vědět, že je paket přijat v pořádku nebo že požadujeme znovu odeslání posledního paketu. Kvůli tomu je nutné do servisního paketu vložit bit pro vyřazení odpovědi označené jako RACK. Další funkcí je odpověď na RACK, tedy ACK. Tato odpověď bude také v servisním bytu. Zbytek bytu je využit pro počet datových bytů a informaci o jakém protokolu se jedná (Pelco D nebo ERNA). Po servisním paketu jsou datové pakety a nakonec je umístěn kontrolní součet pro celý paket. Struktura vysílaného paketu je vyobrazena na Obr. 10.

Přijímaný paket							
Servisní byte							
bit 1	bit 2	bit 3	bit 4	bit 5	bit 6	bit 7	bit 8
RACK	ACK	Počet dat.byť				Protokol: 11-PelcoD(4800), 01-ERNA(2400)	
Datové pakety							
CRC-kontrolní součet							

Obr. 10.: Struktura vysílaného paketu

## 3.3 Cyklická redundantní součet

Pro kontrolu bezchybnosti přenosu je použit cyklický redundantní součet, označovaný také CRC. Je to speciální hašovací funkce, která pro svou jednoduchost a dobré matematické vlastnosti je velmi rozšířená i v realizaci kontrolního součtu. Kontrolní součet je odeslán spolu s daty v datovém paketu a po přenesení dat je znovu počítán a zkontrolován s přenesenou hodnotou kontrolního součtu. Pokud se hodnoty neliší, proběhl přenos bez chyb.

### 3.3.1 Princip výpočtu CRC

CRC je tedy založen na dělení v konečném tělese  $GF(2^m)$ , tedy polynom nad celými čísly modulo 2. Jednoduše řečeno, je to množina polynomů, jejichž koeficienty mohou nabývat pouze hodnot 0 a 1. Tyto polynomy sčítáme, odčítáme, dělíme

a násobíme jako obyčejné polynomy, avšak nad výslednými koeficienty provádíme operaci modulo 2 (zbytek po dělení dvěma).

Například

-2 modulo 2 je 0,

-1 modulo 2 je 1,

0 modulo 2 je 0,

1 modulo 2 je 1,

2 modulo 2 je 0,

3 modulo 2 je 1,

4 modulo 2 je 0 atd

Pokud tedy sečteme dva polynomy

$$(x^2 + x) + (x + 1) = x^2 + 2x + 1 \equiv x^2 + 1$$

Ze dvojky se v tomto případě stane 0, protože operace nad koeficienty se provádí modulo 2. Násobení je podobné:

$$(x^2 + x)(x + 1) = x^3 + 2x^2 + x \equiv x^3 + x$$

Můžeme také dělit polynomy modulo 2. Například

$$\frac{x^3 + x^2 + x}{x + 1} = (x^2 + 1) - \frac{1}{x + 1}$$

To lze přepsat jako

$$(x^3 + x^2 + x) = (x^2 + 1)(x + 1) - 1 \equiv (x^2 + 1)(x + 1) + 1$$

Ve výše uvedeném dělení představuje  $M(x) = x^3 + x^2 + x$  vstupní bitovou posloupnost "1110",  $G(x) = x + 1$  představuje klíč (jeho bitová posloupnost je "11", jeho stupeň je 1, zbytkem po dělení je polynom  $R(x) = 1$ ). Hodnota CRC odpovídá zbytku po dělení uvedeném na bitovou posloupnost, v tomto případě tedy jde o hodnotu "1".

### 3.3.2 Základní vlastnosti CRC

- Schopnost detekce chyb závisí na volbě klíče (též generující polynom,  $G(x)$ ). Při správné volbě hodnoty mají delší klíče lepší schopnost detekce chyb.
- Číslo za písmeny CRC určuje stupeň ídicího polynomu, např. CRC16 je kontrolní součet typu CRC s ídicím polynomem stupně 16 (nejvyšší koeficient je  $x^{16}$ ).
- Při uvádění číselných hodnot kontrolních polynomů se často zanedbává nejvyšší bit, protože má vždy hodnotu 1. Co tedy znamená "kontrolní součet typu CRC16 s ídicím polynomem 0x1081"? 0x1081 je hexadecimální číslo s binární hodnotou "0001 0000 1000 0001", bitová posloupnost ídicího polynomu je "1 0001 0000

1000 0001". Bez jedničky přidané na začátek by se jednalo o polynom pouze 12. stupně!  $G(x)$  má v tomto případě tedy hodnotu  $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^7 + 1$ .

- Určení CRC pouze  $G(x)$  je nejednoznačné, protože různé algoritmy mohou vytvářet vstupní bitové posloupnosti různým způsobem. Z různých historických a technických důvodů může být výpočet docházet například ke změně pořadí bajtů, k otočení pořadí bitů v bajtu, nebo k přidávání různých bitových posloupností před vstupní data a začátek.
- Protože CRC je založeno na dělení, nerozezná přidání nul na začátku vstupních dat  $M(x)$ . Proto se někdy při výpočtu CRC před vstupní data dává jednička.
- Předchozí problém s přidávanými nulami na začátku lze v některých implementacích výpočtu odstranit nastavením polynomu  $R(x)$  (zbytek po dělení) na nenulovou hodnotu před zahájením vlastního výpočtu.
- Při některých způsobech výpočtu se za vstupní data přidává stejný počet nul, jako je délka CRC. CRC vypočtené ze vstupních dat a uloženo CRC je pak nulové.

### 3.3.3 Příklad výpočtu CRC

Předpokládejme 8-bitové CRC s generujícím polynomem  $G(x) = x^8 + x^2 + x + 1$ , což odpovídá 9-bitovému etzci "100000111".

Cílem je spočítat CRC pro 8-bitovou zprávu obsahující písmeno "W", jehož ASCII kód je dekadicky  $87_{10}$  nebo šestnáctkov  $57_{16}$ . Tato hodnota může být odeslána dvěma způsoby, čemuž odpovídají dva různé polynomy  $M(x)$ . V případě, že nejvýznamnější bit (MSB) bude první (vlevo), bude  $M(x) = x^6 + x^4 + x^2 + x + 1 = 01010111$ .

Před vlastním výpočtem je  $M(x)$  doplněn zprava osmi nulovými bity. Výpočet zbytku po dělení polynomu  $M(x) \cdot x^8$  polynomem  $G(x)$  bude připomínat dělení víceciferných čísel se dvěma zjednodušeními, počítá se pouze se symboly 0 a 1, navíc v tělese  $GF(2^n)$  (takže například  $1 + 1 = 0$ ;  $0 \cdot 1 = 1$ ), nezajímá nás podíl, ale pouze zbytek po dělení.

Tab. 8.: Příklad výpočtu CRC

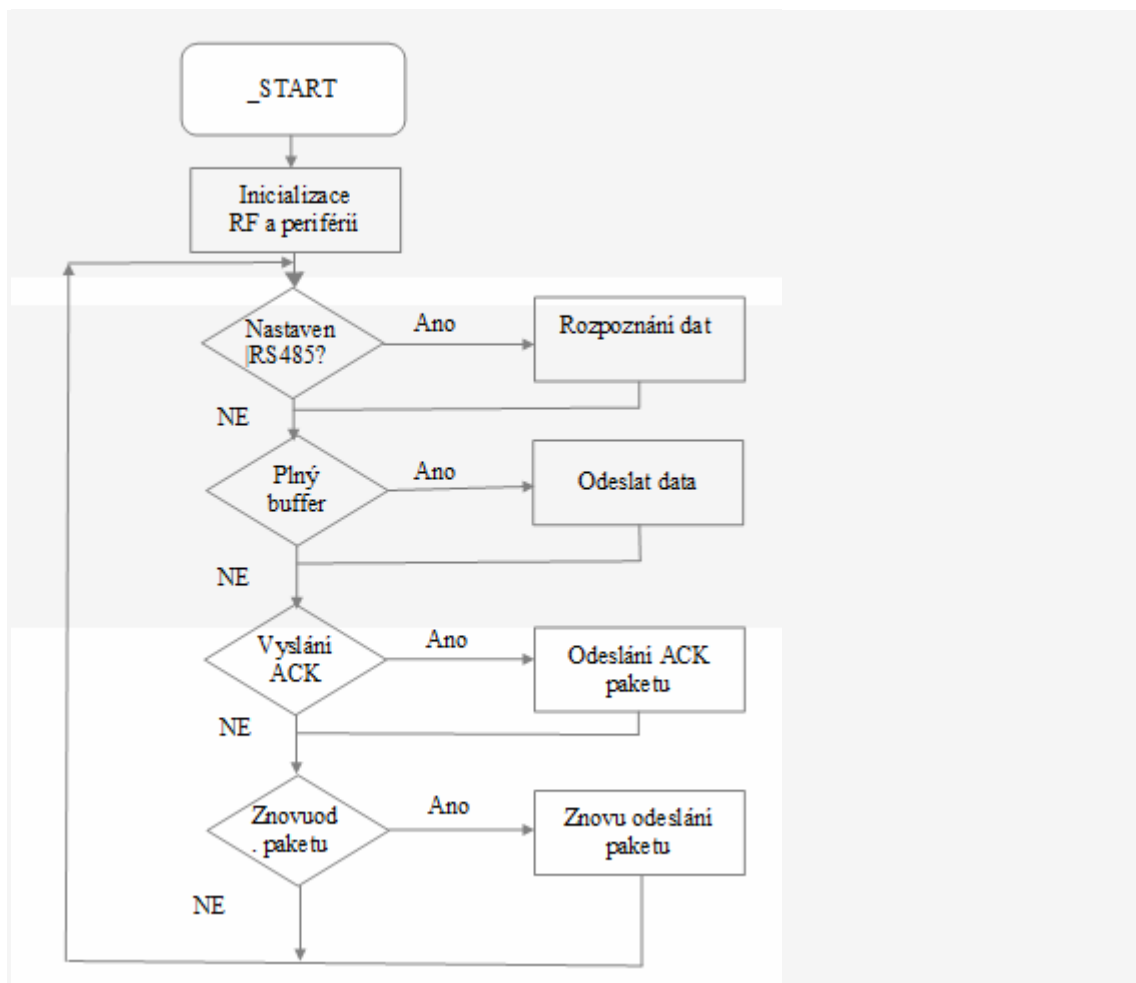
MSB první															
0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
		1	0	0	0	0	0	1	1	1					
=	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
					1	0	0	0	0	0	1	1	1		
=	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
							1	0	0	0	0	0	1	1	1
=	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
								1	0	0	0	0	0	1	1
=	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
									0	0	0	0	0	0	0
=	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0

Je vidět, že po každém odřítání lze rozdělit bity do třech skupin: vlevo je skupina nulových bit; vpravo je skupina zatím povodních bit; uprostřed je zvýrazněná "zajímavá" část dlouhá 8 bit. V každém kroku se levá skupina o jeden bit rozšíří a pravá skupina o jeden bit zúží, až vpravo zůstane pouze CRC.

V ukázkovém případě je výsledný polynom  $R(x) = x^7 + x^5 + x$ , což lze zestručovat zapsat jako  $A2_{16}$ .

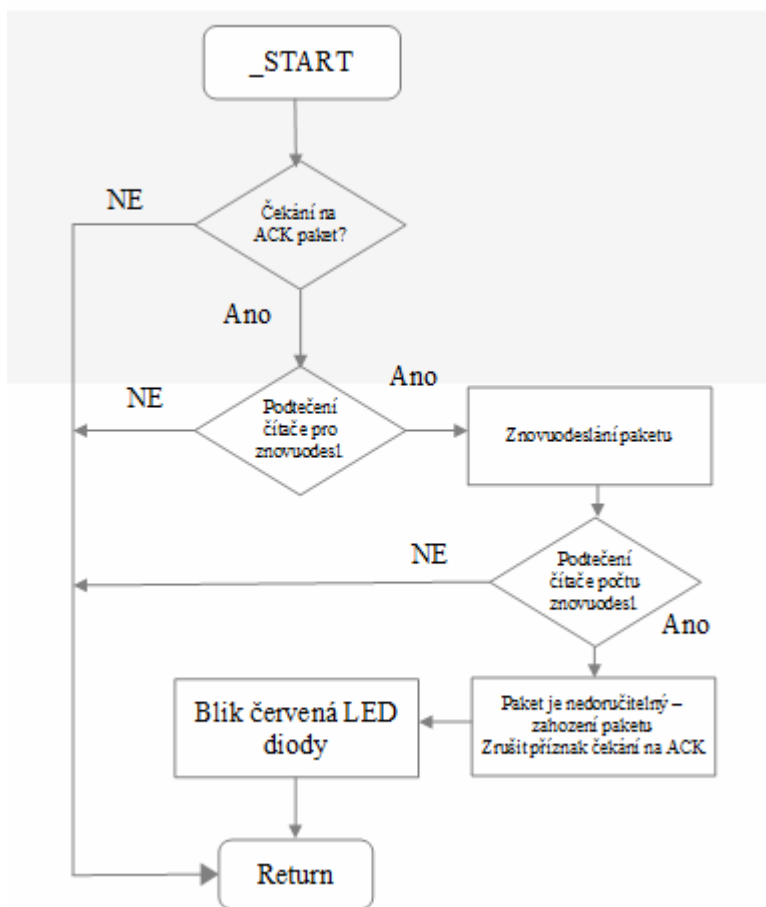
### 3.4 SW mikrokontroléru a hlavní funkce

Pro programování mikrokontroléru jsem použil programovací jazyk C a vývojové prostředí CodeVision ve verzi Evolution. Je to volně stažitelná verze pokud velikost programu nebude větší než 3kB a obsahuje celkem kvalitní kompilátor, který převede program z jazyka C do assembleru. Popisem tohoto prostředí se dále zabývat nebudu, protože to není úkolem této práce.



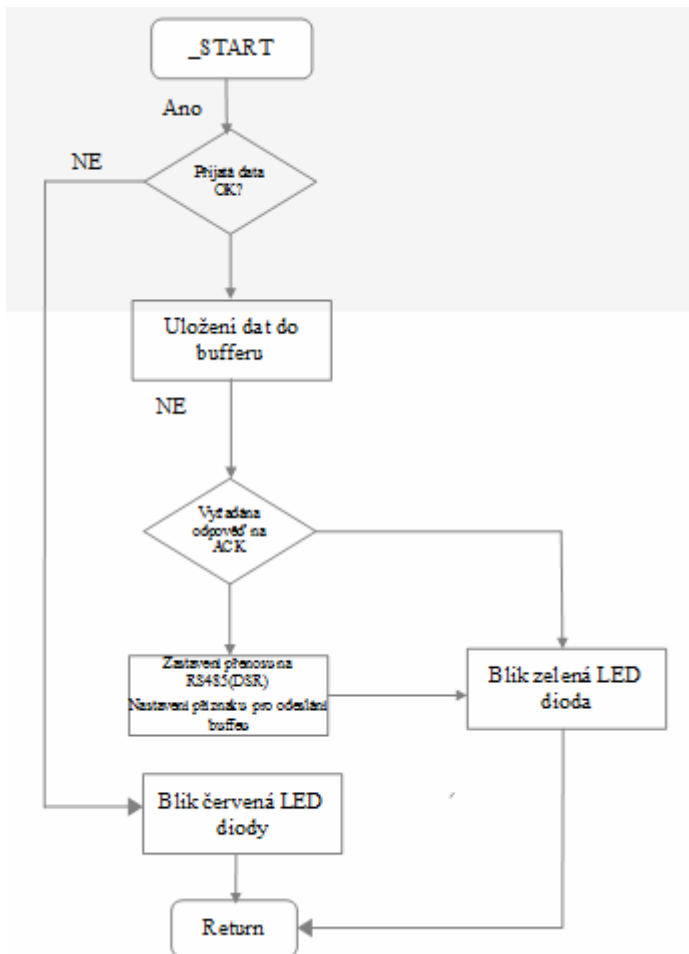
Obr.11.: Vývojový diagram hlavní smyčky programu mikrokontroleru

Na Obr. 11 je vidět vývojový diagram hlavní smyčky mikrokontroleru. Po startu se inicializují periférie mikrokontroleru, provede se nastavení a inicializuje RF modul. Poté program běží v nekonečné smyčce, ze které ho může vyvést pouze provedení.  
 Během smyčky kontroluje, zda byla přijata data pro nastavení, jestli není plná paměť pro odesílání a zda není nastavený požadavek na odeslání nebo znovu odeslání paketu. Provedení jsou v programu pouze dvě, a to provedení od sériové linky RS485 a od adresové, která uplynul ve kterém má přijít potvrzovací paket.



Obr.12.: Vývojový diagram pro spuštění vyvolané pro ete ením asova e

Na obr. 12 je vývojový diagram pro spuštění pro i pro ete ením asova e. Toto pro spuštění e-í postup pro znovu odeslání dat. Máme-li nastavený příznak na čekání na potvrzovací paket (to znamená, že odešel paket s nastavením RACK) a po et pro spuštění asova e pro ekro í hodnotu v registru šREPWTø je nastaven příznak pro znovu odeslání paketu. Když po et znovu odeslání pro ekro í hodnotu v registru REPNRø je paket zahozen a považován za nedoručitelný a problikne červená dioda.



Obr.13.: Vývojový diagram p eru-ení vyvolané sériovým kanálem

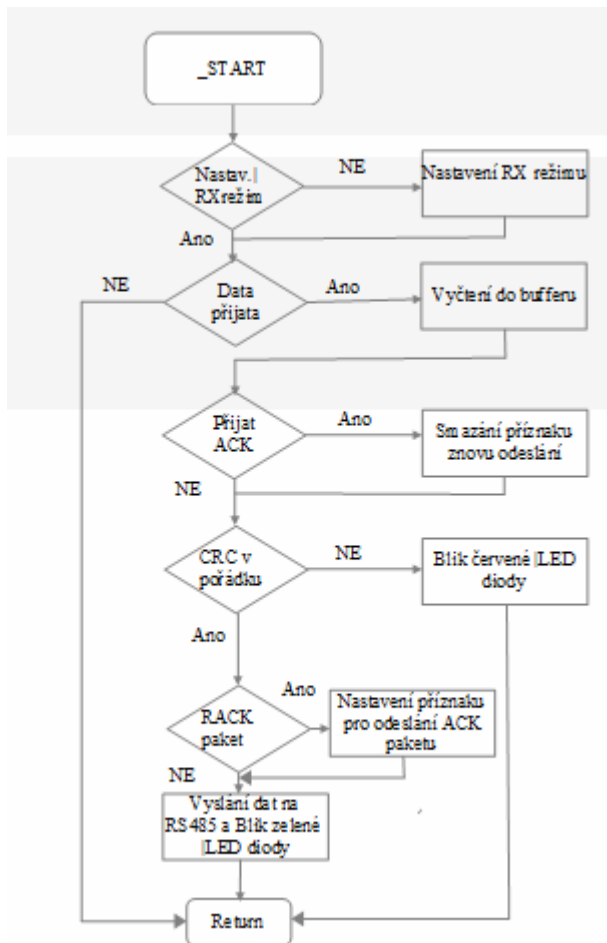
Na Obr. 13 je zobrazeno druhé p eru-ení vyvolané sériovým kanálem. Jak je vid t po vyvolání p eru-ení se provede kontrola p íchozích dat pomocí funkcí mikrokontroléru. Pokud jsou data v po ádku uloží se do bufferu pro data a problikne zelená dioda, pokud ne data se zahodí a problikne ěrvená dioda. Pokud je buffer plný zastaví se pomocí bitu DSR komunikace po RS485 a nastaví se p íznak pro odeslání bufferu.

## 7.4.2 Hlavní podprogramy obslužného programu

V této ásti ukáffe me vývojové diagramy pro hlavní funkce programu pro vysílání-**RF\_TX\_Func** a p íjímání **RF\_RX\_Func**.

### **RF\_RX\_Func()**

Jde o funkci umo flí ující p íjem dat. Funkce nastaví RF modul do stavu pro p íjem a vy te data z vyslaného paketu. Poté provede kontrolu správnosti p íjatých dat a ode-le p ožadavek na znovu odeslání nebo potvrzení správnosti p enosu a ode-le data po lince RS485. Více vývojový diagram na obrázku Obr. 14.

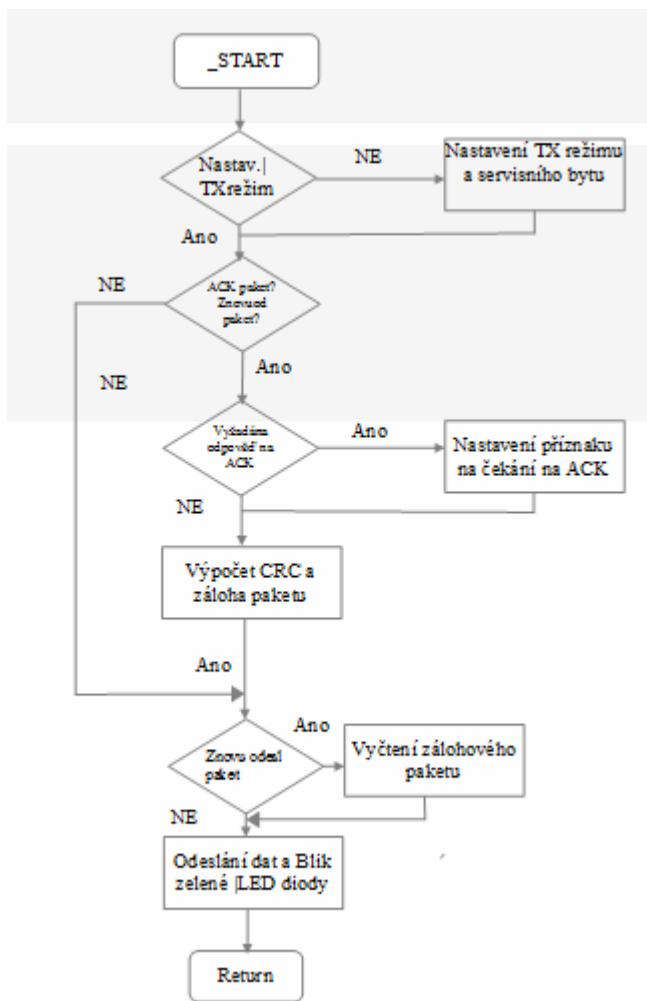


Obr.14.: Vývojový diagram funkce RF\_RX\_Func

### RF\_TX\_Func(délka dat, ACK, PR)

Tato funkce naopak slouží k odeslání dat přijatých po lince RS485. Má několik parametrů, určuje, jestli bude odeslán požadavek na potvrzení RACK, nebo jestli bude odesíláno potvrzení nebo požadavek na znovu odeslání paketu. Také uvádí počet bytů dat a o jaký protokol se jedná. Nakonec jsou připojeny kontrolní souřetky přes celý vysílací paket. Z vývojového diagramu na obrázku Obr. 15 je zřejmé, jak se postupuje s daty při odeslání.





Obr.15.: Vývojový diagram funkce RF\_TX\_Func

## 4 ZÁVĚR

Při této diplomové práci jsem měl za úkol seznámit se s možností ovládní otokých kamer pomocí komunikačních protokolů Ernitec a Pelco, navrhnout bezdrátový kontrolér pro tyto komunikační protokoly, připravit úplné konstrukční podklady pro realizaci kontroléru, z nichž poté vyrobit kontroléry, odladit pro ně firmware a odzkoušet funkčnost spoje změním parametrů spoje. Úplné schéma a konstrukční podklady jsou předmětem této diplomové práce.

Jednou z hlavních součástí kontroléru je RF modul. Zvolil jsem RF modul od společnosti Radiocrafts, RC1040. Jedná se o kompaktní RF transceiver modul, který působí v pásmu 433,05MHz-434,79MHz 5 radiových kanálů, při citlivosti až -95dBm a datové rychlosti až 19,5kbit/s. Tento modul je propojen synchronní datovou sbírnici s mikrokontrolérem od společnosti ATMEL ATtiny2313. ATtiny 2313 je 8-bitový mikrokontrolér s 2Kbyte flash pamětí, která se dá programovat i v zapojeném stavu kontroléru. Jako rozhraní pro převod mezi sbírnici RS485 a sbírnici používající TTL úroveň jsem použil obvod SN75176 od společnosti Texas Instruments. Celý bezdrátový kontrolér je napájen napětím +5V, které jsem získal díky stabilizátoru LM2937, který má výstupní proud při napětí 5V až 500mA. Jako anténu jsem použil doporučenou anténu. Jedná se o tvrděvláknovou venkovní anténu pro pásmo 433MHz s SMA konektorem.

V diplomové práci jsem tedy po prostudování teoretických podkladů navrhl schéma zapojení kontroléru, navrhl desky plošných spojů a zrealizoval samotný kontrolér. Dále jsem sestavil komunikační protokol pro spolehlivý přenos signálu. Bohužel se mi nepodařilo úplně odladit firmware pro kontroléry a nemohl jsem tedy provést měření na funkčním spoji.

Po úspěšném dokončení odladění firmwaru by bylo vhodné pokusit se zimplementovat do firmwaru ještě nějaký samoopravovací kód pro zvýšení odolnosti proti rušení.

# LITERATURA

- [1] FRÝZA, T. *Mikroprocesorová technika*. Elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT v BRN , 2008.
- [2] DOBET<sup>TM</sup>J., fiALUD, V. *Moderní radiotechnika*. Praha: BEN ó technická literatura.
- [3] Wikipedie, otev ená encyklopedie. *RS-485* [online]. 2012 - [cit. 9. prosince 2012]. Dostupné na www: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/RS485>>.
- [4] *Datasheet New ERNA protocol* [online]. 2012 - [cit. 20. listopadu 2012]. Dostupné na www: <[http:// http://files.ernitec.com/Matrix](http://files.ernitec.com/Matrix)>.
- [5] *Datasheet IH\_Info Protocols PTZ\_E* [online]. 2012 - [cit. 20. listopadu 2012]. Dostupné na www: <[http://www.wareever.be/users/waregco/ftp/Manuals/CCTV/Video%20transmission/Digital/Heitel/IH\\_Info%20Protocols%20PTZ\\_E.pdf](http://www.wareever.be/users/waregco/ftp/Manuals/CCTV/Video%20transmission/Digital/Heitel/IH_Info%20Protocols%20PTZ_E.pdf) >.
- [6] TAMIR KHASON, *Pelco P and D protocol implementation in C#* [online]. 2012 - [cit. 9. prosince 2012]. Dostupné na www: <[http://www.wareever.be/users/waregco/ftp/Manuals/CCTV/Video%20transmission/Digital/Heitel/IH\\_Info%20Protocols%20PTZ\\_E.pdf](http://www.wareever.be/users/waregco/ftp/Manuals/CCTV/Video%20transmission/Digital/Heitel/IH_Info%20Protocols%20PTZ_E.pdf) >.
- [7] ZÁD RA, Z. *Bezdrátový p enos dat v ISM pásmu pomocí Manchester kódování*. Bakalá ská práce. Brno: FEKT VUT v Brn , 2009.
- [8] Wikipedie, otev ená encyklopedie. *Pásmo ISM* [online]. 2012 - [cit. 9. prosince 2012]. Dostupné na www: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Pasmo\\_ISM](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pasmo_ISM)>.
- [9] *Datasheet LM2937* [online]. 2012 - [cit. 20. listopadu 2012]. Dostupné na www: <<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS011280.PDF> >.
- [10] *Datasheet SN75176* [online]. 2012 - [cit. 20. listopadu 2012]. Dostupné na www: <<http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=75176>>.
- [11] *Datasheet ATtiny2313*. [online]. 2012 - [cit. 9. prosince 2012]. Dostupné na www: <<http://www.atmel.com/Images/doc2543.pdf> >.
- [12] *Datasheet RC1040\_1\_6*. [online]. 2012 - [cit. 9. prosince 20. listopadu 2012]. Dostupné na www: <<http://obchod.hw.cz/img.asp?attid=6930> >.
- [13] *Datasheet Ant433qw-sma\_data\_sheet\_1\_0*. [online]. 2012 - [cit. 9. prosince]. Dostupné na www: <[http://www.radiocrafts.com/uploads/ant433qw-sma\\_data\\_sheet\\_1\\_0.pdf](http://www.radiocrafts.com/uploads/ant433qw-sma_data_sheet_1_0.pdf) >.
- [14] *RC232 Embedded RF Protocol User Manual* [online]. 2012 - [cit. 15. kv tna 2013]. Dostupné na www: <<http://obchod.hw.cz/img.asp?attid=6932> >.
- [15] Wikipedie, otev ená encyklopedie. *Cyklický redundantní sou et*[online]. 2013 - [cit. 15. kv tna 2013]. Dostupné na www: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Cyklický\\_redundantní\\_soucet](http://cs.wikipedia.org/wiki/Cyklický_redundantní_soucet)>.
- [16] ANDA, P. *Bezdrátový p enos dat v pásmu ISM*. Diplomová práce. Brno: FEKT VUT v Brn , 2011.

## SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČEK A ZKRATEK

ACK	Acknowledge, odpověď
ACKRQ	Acknowledge request, požadavek na odpověď
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
PTZ	Pan Tilt Zoom, označení otočné kamery
ITU	International Telecommunication Union, mezinárodní ústav pro telekomunikace
ITU-R	Radiocommunication Sector
ISM	Industrial, Scientific and Medical - frekvenční pásmo pro soukromý bezdrátový přenos
UART	Universal asynchronous receiver/transceiver ó označení sbírnice
Wi-Fi	Wireless Fidelity ó bezdrátový přenos
FM	Frequency Modulation ó frekvenční modulace
FSK	Frequency Shift Keying ó druh impulsní modulace
RF	Radio frequency ó radio frekvenční
MCU	Machine Control Unit ó řídicí jednotka
SMA	SubMiniature verze A ó druh konektoru pro anténní techniku.
SCL	Serial Clock ó druh signálu na datové sbírnici.
SDA	Serial Data Signal - druh signálu na datové sbírnici.
TTL	Transistor transistor logic
XOR	Exklusive OR ó logická operace
<i>dBm</i>	metrická jednotka výkonu
DVR	Digitální záznamové zařízení
CLK	Clock signal
TÚ	český Telekomunikační Úřad
DSR	Data Set Ready
DTR	Data Terminal Ready
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

G	Gain, zisk
GND	Ground, zemní svorka
I2C	Inter-Integrated Circuit
ISO/OSI	Referenční model ISO/OSI - snaha o standardizaci počítačových sítí
ISP	In System Programming, programovatelná za chodu
JTAG	Joint Test Action Group
kbps	kilobites per second, kilobity za sekundu
LED	Light-Emitting Diode
LSB	Least Significant Bit, nejméně významný bit
MIPS	Million Instructions Per Second, milion instrukcí za sekundu
MSB	Most Significant Bit, nejvíce významný bit
PWM	Pulse-Width Modulation, pulsní šířková modulace
RS232	Recommended Standard 232
RSSI	Received signal strength indication
SPI	Serial Peripheral Interface
CRC	Cyclic redundancy check, cyklický redundantní součet

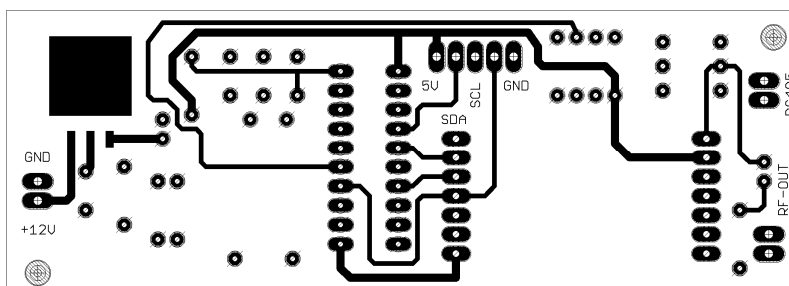
# SEZNAM P ÍLOH

<b>A</b>	<b>Návrh za ízení</b>	<b>31</b>
A.1	Obvodové zapojení.....	31
A.2	Deska plo-ného spoje ó top (strana sou ástek).....	32
A.3	Desky plo-ných spoj ó bottom (strana spoj ).....	32
A.4	Rozmíst ní sou ástek ó top (strana sou ástek).....	33
<b>B</b>	<b>Seznam sou ástek</b>	<b>34</b>



## A.2 Deska plochého spoje o top (strana součástek)

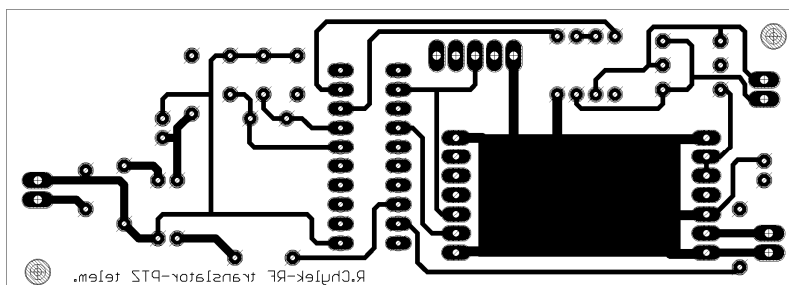
Základní deska:



Rozměr desky 105 x 37 [mm], měřítko M1:1

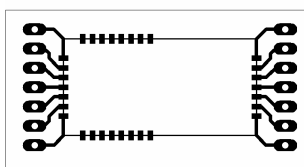
## A.3 Desky plochých spojů o bottom (strana spojů)

Základní deska:



Rozměr desky 105 x 37 [mm], měřítko M1:1

Deska RF modulu

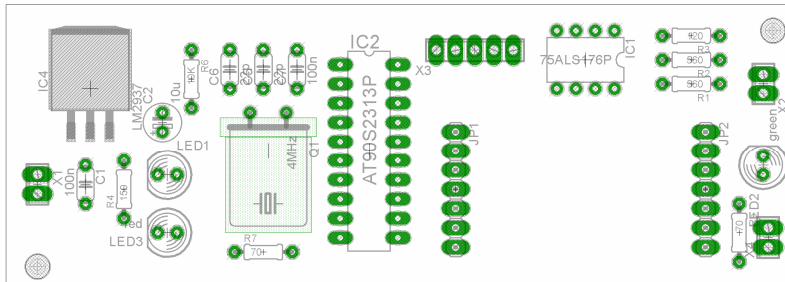


Rozměr desky 40 x 22 [mm], měřítko M1:1



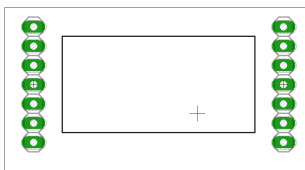
## A.4 Rozmíst ní sou ástek ó top (strana sou ástek)

Základní deska:



Rozm ěr desky 105 x 37 [mm], m ěřtko M1:1

Deska RF modulu



Rozm ěr desky 40 x 22 [mm], m ěřtko M1:1

## B SEZNAM SOU ĀSTEK

Ozna ení	Hodnota	Pouzdro	Popis
C1	100n	C050-024X044	Keramický kondenzátor
C2	10u/25V	E2,5-5	Keramický elektrolytický
C5	22p	C050-024X044	Keramický kondenzátor
C4	22p	C050-024X044	Keramický kondenzátor
C5	100n	C050-024X044	Keramický kondenzátor
IC1	75LS176P	DIL08	P evodník úrovní
IC2	AT90S2313	DIL20	Mikrokontrolér
IC4	LM2937	TO263-3	Stabilizátor nap tí
LED1	GREEN	LED5MM	Led dioda - zelená
LED2	GREEN	LED5MM	Led dioda - zelená
LED3	RED	LED5MM	Led dioda - ervená
Q1	4MHz	HC49U-H	Krystal
R1	560	0204/7	Rezistor
R2	560	0204/7	Rezistor
R3	120	0204/7	Rezistor
R4	150	0204/7	Rezistor
R5	70	0204/7	Rezistor
R6	10K	0204/7	Rezistor
R7	70	0204/7	Rezistor
U1	RC1040		RF modul
JP1		1x07	Konektor 7-pólový zasouvací
JP2		1x07	Konektor 7-pólový zasouvací
JP3		1x07	Konektor 7-pólový zasouvací
JP4		1x07	Konektor 7-pólový zasouvací
X1		2POL254	Konektor 2-pólový
X2		2POL254	Konektor 2-pólový
X3		5POL254	Konektor 5-ti pólový
X4		2POL254	Konektor 2-pólový