



STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA SDĚLOVACÍ TECHNIKY

110 00 Praha 1, Panská 856/3,

☎ 221 002 111, 📠 221 002 666, [www.panska.cz](http://www.panska.cz), e-mail: sekretariat@panska.cz



# DÁLKOVÝ OVLADAČ

MATURITNÍ PRÁCE ZE ZKUŠEBNÍHO PŘEDMĚTU

**Digitální technika**

Autor:

**Doležal Matěj a Křeček Michael**

Studijní obor:

**26-45-M/004**

**Digitální telekomunikační technika**

Školní rok:

**2010/2011**

**Třída: 4.A**

[Zadejte text.]

## ANOTACE:

Vypracovaná maturitní práce popisuje a názorně ukazuje funkčnost a možnost přenosu signálu pomocí infračerveného světla. Skládá se ze dvou částí a to přijímače a vysílače.

Dálkový ovladač využívá protokolu RC5, který patří mezi nejpoužívanější protokoly pro přenos dat infračerveným světlem v celé Evropě. Náš dálkový ovladač splňuje všechny kritéria tohoto přenosového protokolu.

Přijímač dešifruje celý datový rámec a vyfiltruje bity potřebné k rozpoznání tlačítek. Následně využije dálkový ovladač jako klávesnici znaků pro bezpečnosti zámek, který je instalován v modulu. Všechny potřebné instrukce se zobrazují na dvouřádkovém displeji, který funguje jako hlavní ukazatel funkčnosti celého aparátu.

## ANNOTATION:

The long-term graduation work describes and shows us the capability to transfer a signal via the infrared diode. The work is divided in two parts remote control and receiver.

The transmitter uses RC5 protocol, which is used widely in all Europe. Our remote control meets all requirements that normal remote controls do.

The receiver decodes whole data frame and filters bits that we need to recognize which button was pressed. It uses the remote control as a keyboard for the security lock, which is included in the receiver. All information are shown on the two line display and it also works as a main pointer that shows us it's full functionality.

# 1 ÚVOD

Dokumentace naší maturitní práce je rozdělena na dvě hlavní části a to hardware a software. Každý z nás zpracovával svoji část a přes to jsme dokázali obě části ve spolupráci spojit ve funkční zařízení. Kniha je seskupena postupně tak, aby ten kdo chtěl dané zařízení vyrobit, mohl postupovat plynule.

Cílem naší dlouhodobé maturitní práce bylo navrhnout a sestavit funkční model dálkového ovladače a demonstrovat jeho základní principy a vlastnosti. Naše práce se skládá ze dvou zařízení, jedním je již zmíněný dálkový ovladač a druhý je přijímač. Hlavní součástí u obou z těchto přístrojů je procesor PIC 16F88.

Na pinech procesoru v dálkovém ovládání, které jsou spojeny s tlačítky. Je v klidovém stavu logická 1, po zmáčknutí libovolného tlačítka se na pinech objeví logická 0 a procesor začne odesílat signál. Využívá přenosového protokolu RC-5 pro odesílání jednotlivých bitů, tento protokol využívá Bi-Phase modulaci na nosném kmitočtu  $f_0=36\text{kHz}$  a následně odesílá signál po pinu RB5 přes infračervenou diodu o vlnové délce 940 nm a již zmíněné frekvenci 36kHz.

Přijímač, který čeká na infračervený signál, vysílá do procesoru logickou 1, jakmile zaznamená infračervený signál o kmitočtu 36kHz, začne se odesílat logická 0 informující o klidovém stavu. Toto platí jen v případě, že odesíláme pouze frekvenci o kmitočtu nosné  $f_0=36\text{kHz}$ . V našem případě se logická 0 střídá s logickou 1 podle toho, jak jsou v signálu uspořádány bity a jednotlivé mezery mezi nimi. Pro každé tlačítko je kombinace bitů a jejich mezer jiná, tím procesor pozná, jaké tlačítko jsme na dálkovém ovladači stisknuli. Tuto informaci procesor odesílá do LCD displeje, kde se stisknutí tlačítka zobrazí jako hvězdička.

## 2 HARDWARE

### 2.1 INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ

Infračervené záření (dále jen IR) je elektromagnetické záření s vlnovou délkou větší než viditelné světlo, tudíž je pro lidské oko nespaprřitelné. Rozsah vlnových délek IR je od 780 nm do 1 mm. Zdrojem IR je každé těleso, které má teplotu vyšší než je absolutní nula. Původem IR záření jsou změny elektromagnetického pole vyvolané pohybem molekul. Pohyb molekul je způsoben vnitřní energií – závisí na teplotě. Stejně tak tělesa zahřátá na vyšší teplotu jsou původcem silnějšího IR záření.

IR záření není viditelné okem, proniká mlhou a znečištěným ovzduším, pomocí vhodných přístrojů (infrakamer) je lze zachytit, ačkoli ho ve tmě nevnímáme. Při pohlcování IR záření vzniká tepelná odezva-energie elektromagnetického vlnění se mění na teplo v ozářeném tělese. Praktické využití IR záření je: Vidění v mlze infralokátory, brýle pro noční vidění (lze pozorovat v naprosté tmě všechno živé, co vyzařuje IR záření), videokamer pro noční natáčení, kdy jako osvětlení slouží IR zářiče (okem vnímáme tmu, ale kamera zachytí osvětlení předměty. Infrazářiče k vytápění. A nakonec pro dálkové ovladače, jelikož IR záření neruší rádiový signál a zároveň ho nevnímáme.

V našem výrobku je zdrojem infračerveného záření LED dioda, která vysílá na vlnové délce 940nm.

### 2.2 VÝROBA DESKY PLOŠNÉHO SPOJE (DPS)

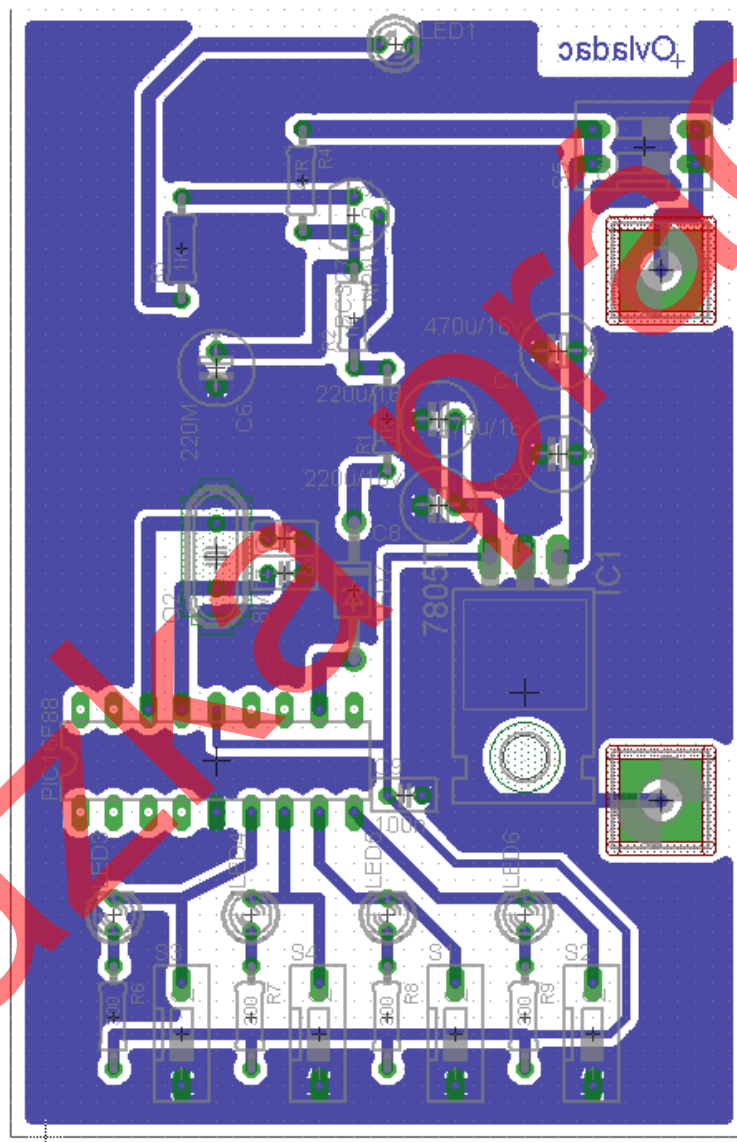
V dnešní době existuje spousta metod na výrobu desek plošných spojů. Tyto metody se liší především podle počtu vrstev, ze kterých se skládají. Pro vícevrstvé desky jako například grafické karty (9 vrstvá DPS) se používá jiná metoda než pro jednovrstvé. Pro jednovrstvé desky se nejčastěji používá metoda fotocesty.

Pro naši maturitní práci jsme použili metodu fotocesty a to z důvodu jednovrstvé desky a rovněž kvalitních prostředků pro jeho výrobu ve školní dílně.

Prvním krokem celého procesu výroby je navrhnutí schématu a boardu v příslušném programu pro tvorbu DPS. V našem případě to byl program EAGLE Layout editor.

Mezi naše první DPS návrhy patřila zkušební verze dálkového ovladače

Obr. 2:Návrh plošného spoje zkušebního ovladače



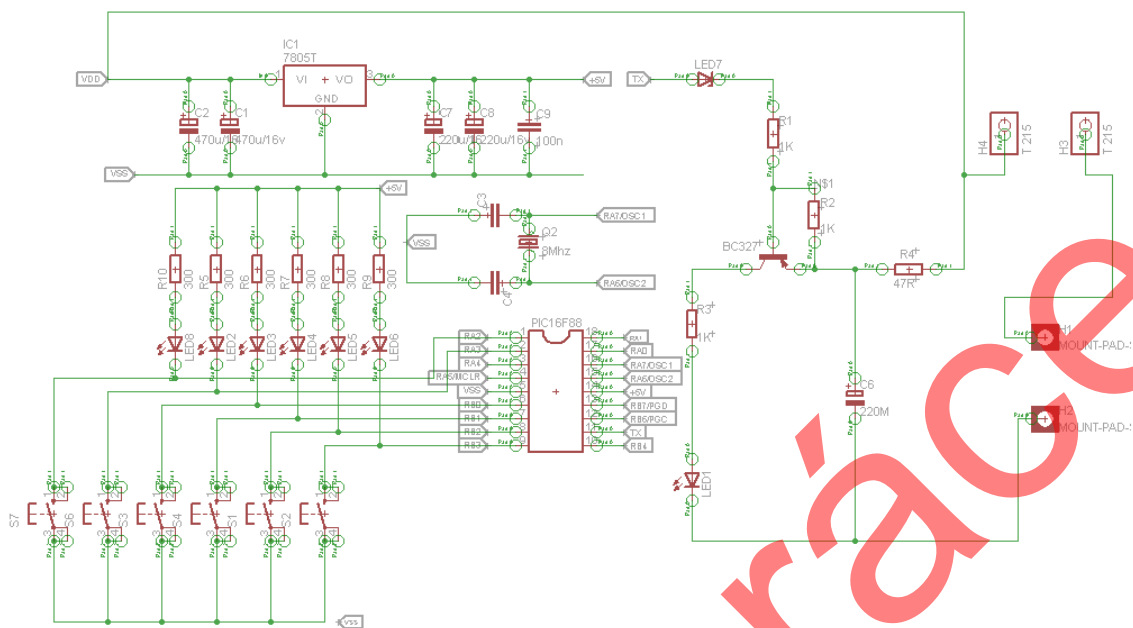
## 2.3 POPIS DÁLKOVÉHO OVLADAČE

Hlavní konstrukční část zařízení tvoří procesor PIC 16F88. Procesor čeká na stisknutí jednoho z příslušných tlačítek. Na tlačítkách je v klidovém stavu napětí +5V, při sepnutí tlačítka se kontakty tlačítka spojí se zemí a rozsvítí LED dioda s odlišnou barvou, která je připojena ke každému tlačítku. Barevné LED diody plní funkci kontroly správného stisknutí tlačítka, pro větší pohodlí uživatele.

Signál z tlačítek dále putuje do již zmíněného procesoru PIC 16F88, který pomocí programu odesílá bity. Pro toto odesílání využíváme přenosový protokol RC-5. Existuje obrovská škála protokolů pro odesílání bitů pro dálkové ovladače, téměř každý výrobce spotřební elektroniky si vyrobil svůj vlastní přenosový protokol, který využívá ve svých výrobcích. Protokol RC-5 patří k jednodušším na pochopení a přitom je velice vyžívaný, navíc patří k nejpoužívanějším protokolům v Evropě. Toto byly dva hlavní důvody, proč jsme si vybrali tento protokol. Dále je signál kódován Bi-Phase modulací o nosném kmitočtu 36kHz. Výběr této modulace závisí na zvoleném přenosovém protokolu. V našem případě se pro protokol RC-5 využívá výhradně Bi-Phase modulace.

Modulovaný signál je odesílán po sériovém portu (UARTU) přímo do infračervené LED diody. Infračervená LED dioda emitující infračervené světlo na vlnové délce 940 nm odesílá náš modulovaný signál.

Obr. 7: Schéma dálkového ovladače

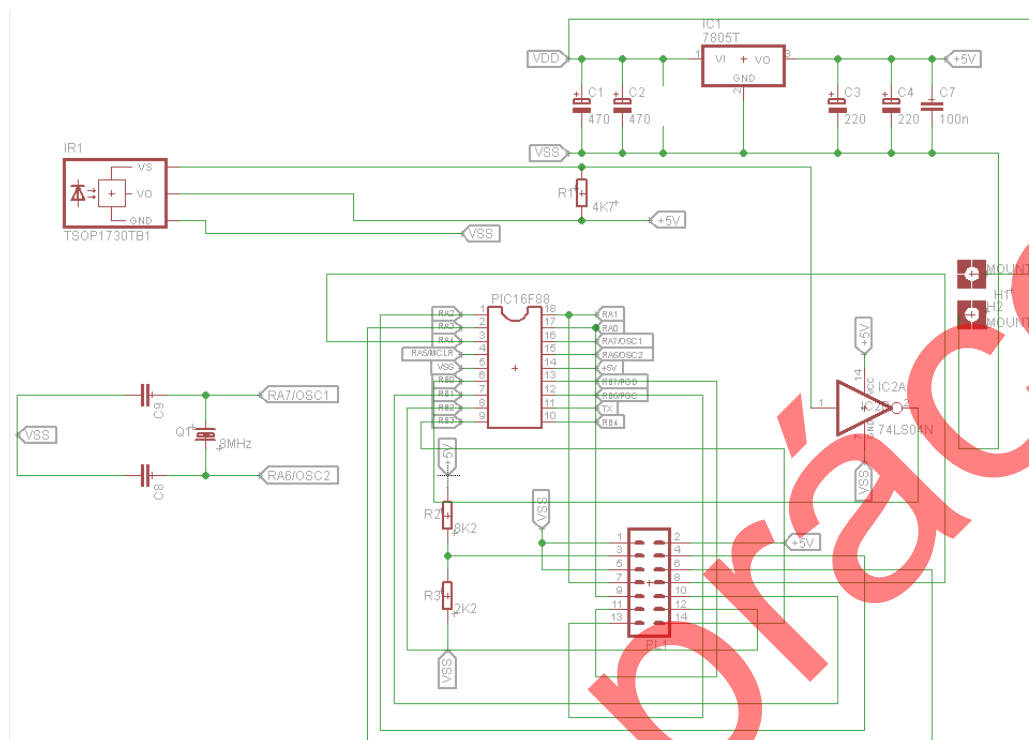


## 2.4 POPIS PŘIJÍMAČE

Druhým výrobkem naší maturitní práce je přijímač, který dokáže rozpoznat odeslané bity z tlačítek našeho dálkového ovladače. Velmi důležitou součástí je infračervený přijímač TSOP1736, který vysílá logickou 1 do invertoru. Při zaznamenání IR signálu o kmitočtu 36kHz začne IR přijímač odesílat logickou 0 do invertoru. Invertor všechny příchozí signály neguje, takže z logické 1 na vstupu dělá logickou 0 na výstupu a naopak. Signál dále vede z invertoru procesoru PIC16F88. V našem případě se logická 0 střídá s logickou 1 podle toho, jak jsou v signálu uspořádány bity a jednotlivé mezery mezi nimi.

Přijímač, který čeká na infračervený signál, vysílá do procesoru logickou 1, jakmile zaznamená infračervený signál o kmitočtu 36kHz, začne se odesílat logickou 0 klidovém stavu. Toto platí jen v případě, že odesíláme pouze frekvenci o kmitočtu nosné  $f_0=36\text{kHz}$ . V našem případě se logická 0 střídá s logickou 1 podle toho, jak jsou v signálu uspořádány bity a jednotlivé mezery mezi nimi. Pro každé tlačítko je kombinace bitů a jejich mezer jiná, tím procesor pozná, jaké tlačítko jsme na dálkovém ovladači stisknuli. Tuto informaci procesor odesílá do LCD displeje, kde se stisknutí tlačítka zobrazí jako hvězdička.

Obr. 10: Schéma přijímače



### 3 SOFTWARE

Dokumentace softwaru pojednává především o nastavování procesoru. Ačkoliv se na první pohled může zdát nastavení procesoru jednoduché, ve skutečnosti tomu tak není. Musí se vymyslet celá logika šifrování signálu a následné odšifrování. Je také třeba velmi přesně nastavit čítače, pomocí kterých signál modulujeme. V této části dokumentace byste již měli vědět úplně vše o HARDWARU, což patří mezi nezbytné znalosti programátora. Je pravda, že program se dá hodně upravit a dokážeme i pomocí něho spoustu chyb v hardware části opravit, ale schéma obvodu zkrátka funguje jako odrazový můstek.



## 3.1 ODESÍLACÍ ČÁST

V odesílací části najdete vše, co je potřebné naprogramovat pro odesílací zařízení a zároveň najdete k jednotlivým částím vysvětlivky. Řeší se zde základy modulace a vytvoření šifrovaného signálu a převod signálu na fyzickou vrstvu.

### 3.1.1 KÓDOVÁNÍ SIGNÁLU

Tato část programu je pro nás velmi důležitá. Mohlo by se zdát, že na přenosu signálu není nic složitého, opak je pravdou. Při přenosu musíme signál zašifrovat tak, aby až ho budeme přijímat, jsme věděli ze 100% jistotou, že se jedná o náš signál, o signál z dálkového ovladače. K tomu slouží již vymyšlené protokoly (RC5, NEC...). Je pouze na konstruktérovi, jaký protokol si pro svůj výrobek zvolí.

### 3.1.2 VÝBĚR PROTOKOLU

Existuje několik rozdílných druhů protokolu pro přenos signálu z dálkových ovladačů. Pokaždé je využívána infračervená dioda, avšak pokaždé jsou logické hodnoty v datovém rámci šifrované jinak. Každý výrobce si může vybrat jakýkoli protokol, který považuje za nejvhodnější.

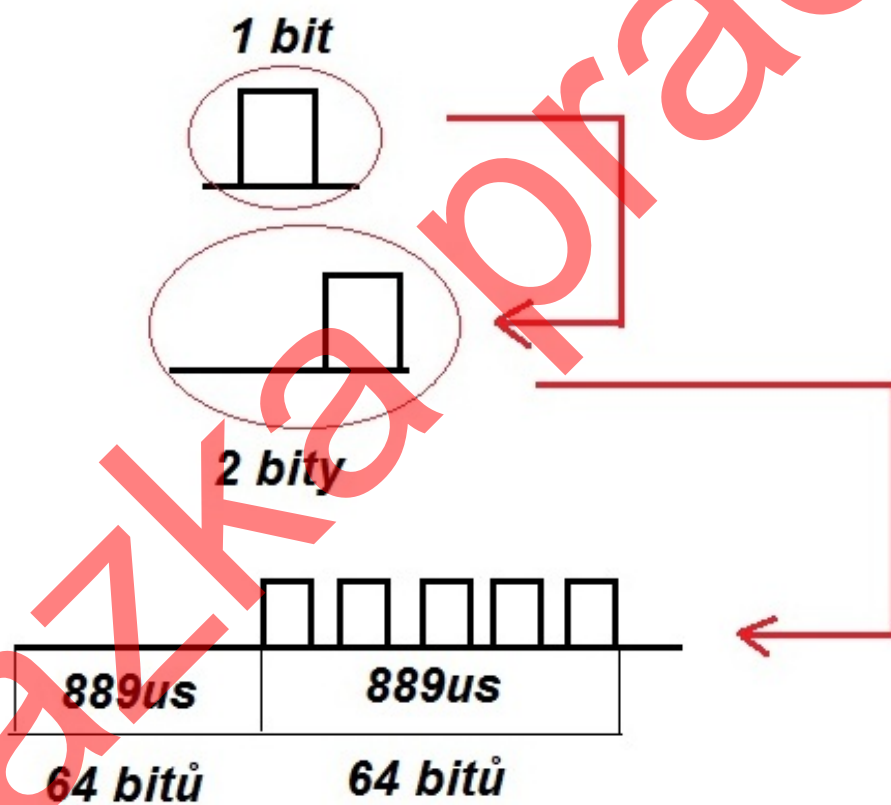
Pro naši práci jsme si vybrali protokol, který se jmenuje RC5. Jedná se o jeden z nejpoužívanějších protokolů ve střední Evropě. V podstatě jsou všechny protokoly stejné, pomohou Vám zašifrovat hodnoty tak, aby zařízení plně fungovalo. Ve skutečnosti jsou však mezi protokoly veliké rozdíly.

Rozdíl mezi protokoly může být v mnoha věcech. Základní rozdíl je, že každý protokol využívá rozdílné frekvence k modulaci signálu. Protokoly také využívají svou logiku na vyjádření logických hodnot, které se přenášejí, tato logika je jedinečná právě pro ten jeden protokol.

### 3.1.2.1 SHRNU TÍ

Každý bit je tedy rozdělen na dva. Každý z dvou bitů je ještě rozdělen na poloviny, kde jedna polovina (nebo-li 889 mikrosekund) odpovídá nule (tj., „ticho“) a 889 mikrosekund tam probíhá signál 1010101010.....64 bitů. Celé toto větvení je zobrazeno na obrázku č. 18.

Obr. 18 :Postup šifrování



### 3.1.3 MODULACE

Používá se zde modulace BPSK (binary phase shift keying), která využívá nosnou frekvenci 36kHz. Celou modulaci jsem již vysvětlil, ale nezmínili jsme se, proč se musí signál vlastně modulovat. Mohli bychom si myslet, že když chceme přenést signál, tak to můžeme udělat následovně. Pokud dioda svítí, znamená to logickou jedničku, a když nesvítí, znamená to logickou nulu. Musíme se však zamyslet nad tím, že náš dálkový ovladač není zdaleka jediným zdrojem světla v místnosti. Z tohoto důvodu se snažím udělat světelný signál z našeho ovladače jedinečným. Zvolím si tedy průběh signálu takový, aby se do našeho přijímače nedostal jiný zdroj světelného záření (např. slunce, žárovky, zářivky).

## 3.2. PROGRAM PRO DÁLKOVÝ OVLADAČ

Snažili jsme se napsat dokumentaci co nejjednodušeji a nejpřehledněji, ale především jsme se snažili, aby byla problematika řádně vysvětlena. Jednotlivé části programu jsme se snažili popsat v jednotlivých sekcích. Pokaždé jsme napsali krátké povídání k dané sekci a pak jsme zobrazili části kódu z programu. V příloze maturitní práce najdete program celý včetně komentářů. Zde jsou pouze zobrazeny části kódu, které mají sloužit k lepšímu porozumění.

### 3.2.1. ČASOVÉ HODNOTY

Je velmi důležité si ještě před započítím samotného programování napsat a spočítat jednotlivé časy, které musíme vytvořit pomocí čítačů. Jelikož se jedná o datový rámec, který se posílá, je velmi důležité, aby časy byly co nejpřesnější. K dosažení co možná největší přesnosti jsme použili čítač TMR2. Registr PR2, který slouží ke zkrácení cyklu je zdaleka nejlepší nástroj k dosažení co nejpřesnějšího času.

## 3.3. PŘIJÍMACÍ ČÁST

Druhá část softwarové dokumentace se samozřejmě zabývá přijímačem, detekcí signálu a problému s nimi spojenými. Řeší se zde konstrukce přijímače, naprogramování chipu, synchronizace a v neposlední řadě samotná detekce bitů.

### 3.3.1. OBVOD

Je velmi důležité, aby si nejprve programátor vymyslel, jak chce, aby obvod vypadal. Většinu práce je důležité, aby se hardware podřizoval softwaru a u přijímače obzvláště. Pokud chceme signál přijímat, musíme mít v obvodu součástku, která reaguje na světlo. Existují speciální IR přijímače, které jsou pro tento obvod více než vhodné. Obsahují totiž filtr, který ve spojení s kondenzátory vytvoří obvod odstraňující modulaci. Součástka je navrhnutá tak, že jí projde pouze modulovaný signál (více v hardware části) což nám značně ulehčuje detekci signálu.

Procesor pic 16F88 vlastní pin RB0, jenž dokáže vyvolat přerušení na změnu signálu na pinu. Jen díky tomuto jevu jsme schopni datový rámec správně synchronizovat. Důvod je velmi jednoduchý. Jelikož nevíme, kdy signál z ovladače dorazí, nevíme kdy testovat bity. Náhodné testování by nám také nepomohlo, protože bychom nevěděli, kde v rámci se nacházíme. Potřebujeme tedy něco, co nám řekne: „Tady přichází první bit datového rámce“ a právě to umí pin RB0.

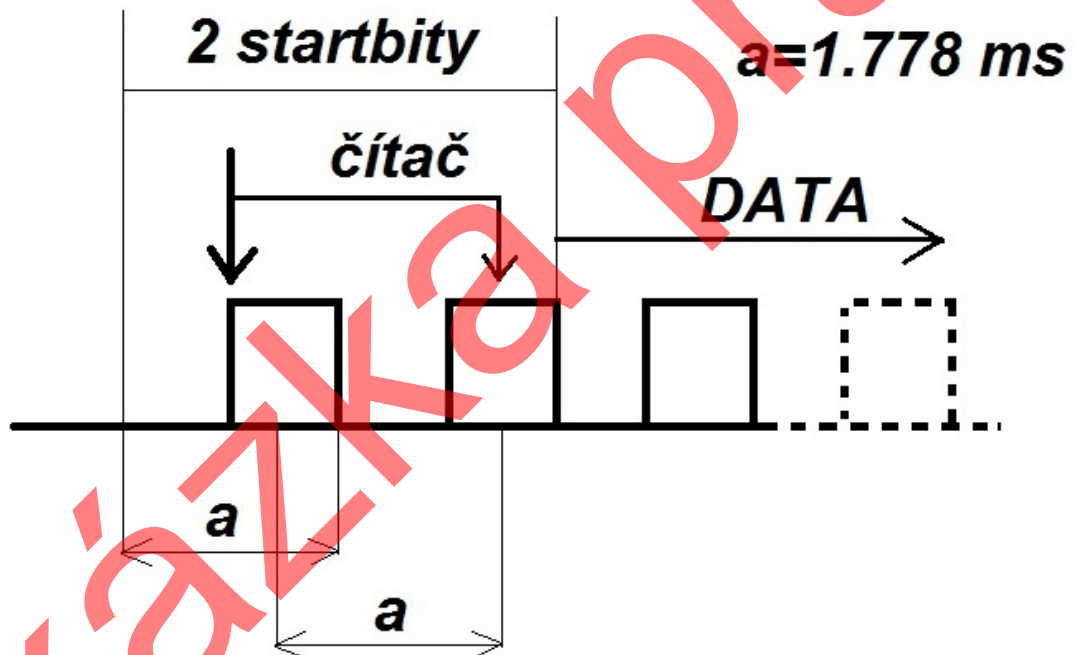
Je tedy nezbytné, aby obvod byl navržen tak, že signál, který prochází přijímacím obvodem, byl vyveden na pin RB0.

### 3.3.2. SYNCHRONIZACE

Synchronizace je velmi důležitá a dokonce bych se odvážil říct, že je nejdůležitějším prvkem v celé přijímací části. Pokud bychom měli synchronizaci špatnou, byl by celý datový rámec posunutý nám neznámým způsobem a následná detekce bitů by byla tedy chybná. Z tohoto důvodu je nezbytné vyřešit časování naprosto korektním a bezchybným způsobem.

Procesor PIC 16F88 má pouze jedno naprosto funkční řešení (obr.24). Využijeme možnosti vyvolání přerušování na vzestupnou hranu. Datový rámeček pokaždé začíná dvěma startbity (01 01), takže obvod nastavím tak, aby čekal na vzestupnou hranu, pokud přijde hrana tak vím, že je to druhá polovina prvního startbitu. Následovně pustím čítač, který čítá s periodou dvou bitů a pokaždé, když skončí, uloží hodnotu z pinu RB0. Měřím tedy pouze druhý z páru bitů, jelikož právě v něm je uložena logická hodnota.

Obr. 24: Způsob čtení



### 3.4. ZÁVĚR

V naší práci jsme zprovoznili a dokázali funkčnost celého systému. Sestrojili jsme dálkový ovladač, který splňuje všechny standardy RC5 protokolu, dále jsme sestrojili přijímač, který dokáže všechny tlačítka našeho ovladače rozpoznat a zjistit, zdali byly zadané ve správném pořadí. Splnili jsme všechny požadavky zadané maturitní práce. V naší práci jsme několikrát narazili na tzv. „bod mrazu“ kdy jsme chvílemi nevěděli, jak problém vyřešit, jednalo se o technické i softwarové problémy. Nakonec jsme ale všechny problémy vyřešili zcela korektními způsoby a odladili tak celý systém. Považujeme naši práci za

úspěšnou, dálkový ovladač totiž rozhodně spadá mezi velmi složité přístroje, ačkoliv se jedná o každodenní pomůcku. Samozřejmě by naše práce byla jen stěží realizovatelná, kdybychom neměli k dispozici školní vybavení na poměrně vysoké úrovni.

Závěrem práce bychom rádi poděkovali všem učitelům, kteří nám s maturitní prací jakkoli pomohli jmenovitě: (Kubalík Tomáš, Berka Milomír, Hlubek Jan, Hübner Lubomír, Reichl Jaroslav, Klenovec Stanislav).

Ukázková práce