

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA APLIKOVANÉ
ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKACÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukce univerzálního přijímače dálkového ovládání

**Vedoucí práce: Ing. Jan Klasna
Autor: Martin Gába**

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin GÁBA**
Osobní číslo: **E08B0320P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**
Název tématu: **Konstrukce univerzálního přijímače dálkového ovládání**
Zadávající katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Prostudujte možnosti a technické řešení IR dálkových ovladačů.
2. Navrhněte univerzální přijímač dálkového ovládání.
3. Přijímač realizujte.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Klasna**
Regionální inovační centrum elektrotechniky


Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Brož**
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Datum zadání bakalářské práce: **18. října 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na možnosti a technické řešení příjmu IR dálkových ovladačů. Cílem práce je návrh univerzálního přijímače dálkového ovládání s možností připojení k počítači. Funkce zařízení je založena na příjmu signálu z libovolného IR ovladače. Dekódování, vyhodnocení a zobrazení je zprostředkováno mikrokontrolérem z rodiny AVR-ATmega8. Následná komunikace je zprostředkována po rozhraní USB pomocí UART-USB převodníku FTDI.

Klíčová slova

IR přijímač, dálkový ovladač, dálkové ovládání PC, ATmega8, FT232, USB, NEC, RC-5

Abstract

The submitted bachelor thesis is focused on the possibilities and technical solutions of IR remotes reception. The goal of the thesis was to design a universal remote control receiver that can be connected to a computer. The function of the device is based on receiving signals from any IR controller. Decoding, evaluation and indication is done by microcontroller AVR ATmega8. Subsequent communication is achieved by means of the USB interface.

The thesis is divided into parts with each part focusing on a particular topic. The first chapter „Theory of IR Data Transmission“, outlines the theoretical issues and ways of transferring information by means of the IR beam. The second chapter „Technical Solution“ deals with the major components. The third chapter, entitled „Software Solution“ shows and explains the program for the microcontroller. The fourth chapter provides evaluation of the entire work.

Key words

IR receiver, remote control, remote control PC, ATmega8, FT232, USB, NEC, RC-5

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 4.6.2012

Martin Gába

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Klasnovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	9
1 TEORIE DATOVÉHO IR PŘENOSU	11
1.1 VÝVOJ IR TECHNOLOGIE	11
1.2 VYSÍLAČ A PŘIJÍMAČ	13
1.3 ZDROJE RUŠENÍ	14
1.3.1 Optické zdroje rušení	14
1.3.2 Ostatní zdroje rušení	14
1.4 DOSAH PŘENOSOVÝCH SYSTÉMŮ	15
1.5 MODULACE IR ZÁŘENÍ	16
1.5.1 FSK modulace.....	17
1.5.2 Pulsní modulace.....	17
1.5.3 Bi – phase modulace	18
1.5.4 Pulsně šířková modulace.....	18
1.6 PŘENOSOVÉ PROTOKOLY	18
1.6.1 Protokol RC – 5	19
1.6.2 Protokol NEC	20
2 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ PRÁCE	22
2.1 POUŽITÉ SOUČÁSTKY	23
2.1.1 Mikropočítač ATmega8.....	23
2.1.2 USB převodník FT232BL	24
2.1.3 IR demodulátor TSOP 1736	24
2.2 NÁVRH DPS	25
3 PROGRAMOVÉ ŘEŠENÍ PRÁCE	26
3.1 NASTAVENÍ A ŘÍZENÍ MCU	28
3.1.1 Inicializace	28
3.1.2 Dekódování IR signálu.....	29
3.1.2.1 Externí přerušení.....	29
3.1.2.2 Čítač/časovač 0.....	29
3.1.2.3 Čítač/časovač 2.....	30
3.1.3 UART komunikace	32
3.1.4 Paměť EEPROM.....	33
3.1.5 Učení a mazání IR kódů	34
3.2 OVLÁDACÍ PROGRAMY PRO PC	34
4 ZÁVĚR	35
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	37
SEZNAM PŘÍLOH	1
PŘÍLOHY	2

Úvod

Cílem této Bakalářské práce je seznámit se s možnostmi a technickým řešením dálkového ovládání elektronických domácích spotřebičů pomocí IR dálkových ovladačů. Na základě získaných informací provést návrh a realizaci univerzálního přijímače dálkového ovládání. Hotový přijímač bude fungovat jako periferní zařízení připojené k počítači, z čehož plyne několik specifikací pro toto zařízení. Napájecí napětí by mělo být kompatibilní s napájecím napětím počítače. Vlastní přijímací modul musí být kompaktní a přenosný. Proto by měl obsahovat vlastní paměťový modul, na který se ukládají naučené signály vysílané IR dálkovým ovladačem. Pro snazší ovládání by mělo zařízení obsahovat komunikační prostředí, to umožní ukládání a mazání signálů z paměti zařízení.

Základním prvkem zapojení je mikrokontrolér s dostatečně velkou flash pamětí a velkým počtem vstupně/výstupních portů, jehož úkolem je vyhodnocovat a zpracovávat povely vysílané z dálkového ovládání a porovnávat je se signály uloženými v paměti. Dále zprostředkovává vhodnou komunikaci s počítačem a komunikaci s okolním prostředím přes vhodné zobrazovací zařízení.

Celá práce je rozdělena do jednotlivých skupin dle obsahu. V první kapitole „Teorie datového IR přenosu“ je nastíněna teoretická problematika a způsoby řešení přenosu informací infračerveným paprskem. Zvýšenou pozornost bych kladl na kapitolu „Zdroje rušení“, kde je popsána problematika přenosu infračerveného záření ve volném prostoru a její způsoby potlačení. A také na kapitolu „Přenosové protokoly“, kde jsou popsány nejpoužívanější způsoby přenosu a jejich ochrana proti rušení. Kapitola druhá „Technické řešení práce“ se zabývá návrhem dílčích komponentů, jako výběr správného mikrokontroléru, způsobu komunikace s počítačem, nebo použitého IR přijímače. Zde uveden a popsán celý návrh a zapojení. V kapitole třetí nazvané „Programové řešení práce“ je uveden a vysvětlen program pro mikrokontrolér. Poslední čtvrtá kapitola se zabývá celkovým zhodnocením této práce.

Seznam symbolů a zkratk

<i>IR</i>	<i>(InfraRed) Infra červené</i>
<i>IrDA</i>	<i>(Infrared Data Association) Sdružení pro přenos infračerveným paprskem</i>
<i>NEC</i>	<i>typ přenosového protokolu</i>
<i>RC-5</i>	<i>typ přenosového protokolu</i>
<i>FTDI</i>	<i>Společnost Future Technology Devices International</i>
<i>ISP</i>	<i>In-System Programming</i>
<i>TXD</i>	<i>UART Transmit</i>
<i>RXD</i>	<i>UART Receive</i>
<i>EEPROM</i>	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
<i>USART</i>	<i>Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter</i>

Seznam obrázků

- Obr. 1.1 Průběh metody SIR (převzato z [11])*
- Obr. 1.2 Průběh metody MIR (převzato z [11])*
- Obr. 1.3 Pouzdro IR přijímače TSOP 1736 (převzato z [5])*
- Obr. 1.4 Princip FSK modulace (převzato z [2])*
- Obr. 1.5 Princip pulsní modulace (převzato z [2])*
- Obr. 1.6 Princip Bi – phase modulace (převzato z [2])*
- Obr. 1.7 Princip pulsně šířkové modulace (převzato z [2])*
- Obr. 1.8 Struktura protokolu RC – 5 (převzato z [12])*
- Obr. 1.9 Struktura protokolu NEC (převzato z [13])*
- Obr. 1.10 Opakovací kód protokolu NEC (převzato z [13])*
-
- Obr. 2.1 Blokové schéma modulu*
- Obr. 2.2 Rozložení pinu na pouzdře DIP (převzato z [14])*
- Obr. 2.3 Blokové schéma demodulátoru (převzato z [15])*
- Obr. 2.4 Blokové schéma demodulátoru (převzato z [15])*
-
- Obr. 3.1 Vývojový diagram programu*
- Obr. 3.2 Nastavení časování dekódování*
- Obr. 3.3 Vývojový diagram externího přerušení*
- Obr. 3.4 Vývojový diagram obsluhy přerušení Timer 0*
- Obr. 3.5 Vývojový diagram obsluhy přerušení Timer 2*

Seznam grafů

- Graf 1.1 Spektrum citlivosti (převzato z [3])*
- Graf 1.2 Závislost přenosové vzdálenosti na intenzitě záření (převzato z [3])*

Seznam Vztahů

- (1.1) Výpočet vyzářeného výkonu (převzato z [3])

1 Teorie datového IR přenosu

Jedním z posledních trendů elektroniky a telekomunikace je bezdrátová komunikace, která je založena na spojení dvou zařízení jiným způsobem než mechanicky. Podle typu média, které přenáší informaci, můžeme dělit bezdrátovou technologii mezi optickou (světelné záření), sonickou (zvuk) a rádiovou (radiové vlny). Vzdálenost mezi vzájemně komunikujícími zařízeními může být rozdílná v závislosti na použité technologii. Od jednotek metrů (infračervená), až po miliony kilometrů (komunikace pomocí družic v kosmickém prostoru). Bezdrátová technologie je termínem používaným v oboru mobilních zařízení využívající nějaký druh přenosu informací, jako jsou mobilní telefony, počítače, PDA, GPS, satelitní televize a jiné. Tato technologie se stala každodenní všedností, bez které bychom dnes již asi nemohli žít na takovéto úrovni, jako žije lidstvo dnes.[7]

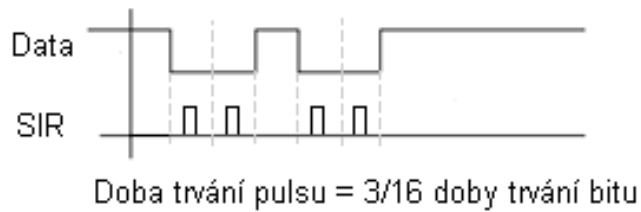
1.1 Vývoj IR technologie

Komunikace přes infračervený port je jedním z nejstarších typů bezdrátové komunikace, která donedávna byla velmi využívána jako jeden z nejsnazších přenosů dat mezi zařízeními. V dnešní době tuto technologii postupně vystřídávají jiné moderní trendy, jako jsou např. Bluetooth, Wi-Fi a jiné. V současnosti jsou infračervenými porty vybaveny nejrůznější zařízení. Nalezneme je téměř ve všech mobilních telefonech, v různých perifériích stolních počítačů a samotném počítači, kamerách, fotoaparátech, televizorech a bezdrátových ovladačích těchto zařízení.

Mezi první aplikace využívající komunikaci v infračerveném pásmu patří převážně použití v dálkových ovladačích různé spotřební elektroniky. V době vývoje infra-komunikace bylo na tuto technologii kladeno mnoho požadavků, jako jsou nízký příkon, velká přenosová kapacita, použitelnost pro mnoho variabilit aplikací a jiné. Za tímto účelem byla založena roku 1993 Infrared Data Association (IrDA), která měla za úkol vytvořit IR (InfraRed) standart pro mnoho výrobců a různá použití. Roku 1994 byla touto asociací vydána verze IrDA, která definuje standarty a protokoly. Dnes je pod názvem IrDA sloučeno mnoho organizací jako jsou IBM, Apple, Hewlett-Packard, Sharp a jiné. Tyto společnosti podepsány pod touto asociací respektují a vyrábí své výrobky podle těchto standardů. Vývoj tohoto protokolu vznikl od verze IrDA-1.0 až po verzi IrDA-1.1.

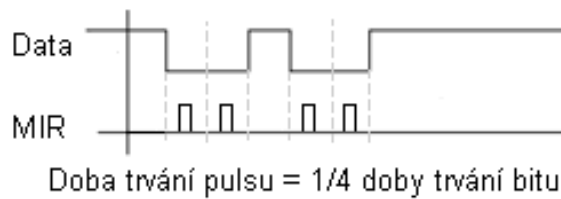
Verze IrDA-1.0 s přenosovou rychlostí od 2400 do 115200 kbit/s (2400 bit/s, 9600 bit/s, 19,2 kbit/s, 38,4 kbit/s, 57,6 kbit/s, 115,2 kbit/s) je dnes velmi rozšířena v mnoha zařízeních.

Tato verze využívá pulsní modulaci s vyzařováním 3/16 délky doby původního bitu. Průběh je zobrazen na Obr 1.1. Tato metoda je též označována jako SIR (Serial InfraRed). [2,11]



Obr. 1.1 Průběh metody SIR (převzato z [11])

V menším počtu se již vyskytují i součástky a zařízení podporující i verzi IrDA-1.1 s přenosovou rychlostí 0,576 Mbit/s a 1,152 Mbit/s s pulsní modulací 1/4. Průběh je zobrazen na obr.1.2. Pro rychlosti vyšší až 4Mbps se používá impulsová polohová modulace PPM (Pulse Position Modulation), která se začala prosazovat v posledních několika letech. [11]



Obr. 1.2 Průběh metody MIR (převzato z [11])

Podle [2] se IrDA komunikační protokol se skládá ze třech základních vrstev:

- **Fyzické** – Stanovující standard pro vysílač, přijímač, modulaci, kódování/dekódování, a jiné fyzické parametry.
- **IrLAP** – (Link Access Protocol) Zajišťuje navázání spojení, nastavení parametrů přenosu, ovládání přístupu k přenosovému médiumu a jiné.
- **IrLMP** – (Link Management Protocol) Skládá se z dvou částí LM – IAS, která zajišťuje údržbu informační báze a LM – MUX umožňující za pomoci vrstvy LAP vícenásobné spojení.

Tyto vrstvy vycházejí z popisu komunikačního systému OSI model 4 (Open Systems Interconnection), který byl přijat normalizačním úřadem ISO. Tento systém rozděluje komunikaci do několika základních vrstev, které na sebe funkčně navazují. Každá vyšší vrstva využívá služeb vrstvy nižší. Model OSI obsahuje celkem sedm vrstev. V praktickém využití IrDA se nepoužívá všech sedm. Jejich počet je snížen na tři výše uvedené. [2]

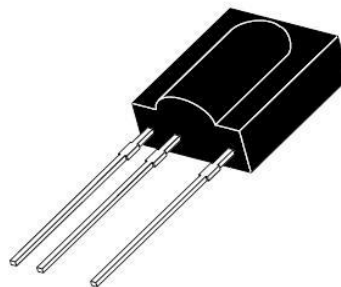
Podle [10], bylo časem vytvořeno několik dalších protokolů:

- **IrOBEX (IrDA Object Exchange Protocol)** – Protokol sloužící k přenosu informací (elektronické vizitky, telefonní čísla a jiné) mezi aplikacemi. Je založen na principu HTTP (HyperText Transfer Protocol).
- **IrCOMM** – Emulátor mezi sériovým a paralelním portem.
- **IrLAN** – Protokolu umožňující přístup zařízením podporujícím IrDA přístup do LAN sítě.
- **IrTran-P (Infrared Transfer Picture)** – Speciální protokol vytvořený výrobcí digitálních fotoaparátů a jiných podobných záznamových zařízení pro přenos obrázků.

1.2 Vysílač a přijímač

Pro přenos informací infračerveným přenosovým kanálem je zapotřebí elektrooptický převodník na straně vysílací a optoelektrický převodník na straně přijímací. Pro infračervený přenos informací se doposud využívala oblast pouze blízkého infračerveného záření s vlnovou délkou 840 – 960 nm. V současné době se již objevuje nový standart, pokrývající pásmo 700 – 1600nm.

Jako vysílací prvky IR záření se používají infračervené LED diody s vlnovou délkou 875nm \pm povolená tolerance 30nm. Infračervené záření je elektromagnetického charakteru jehož vlnová délka je větší než vlnová délka viditelného světla 400–750 nm, ale menší než mikrovlnného záření cca 12cm (pro radar). Jako přijímací prvky se pak používají PIN diody pracující v generačním režimu. Při dopadu světla na přijímač dojde k vyzáření elektronů, ty se pak odvádí do elektrického filtru a ten propouští pouze frekvence typické pro daný typ IrDA modulace. [1,3]



Obr. 1.3 Pouzdro IR přijímače TSOP 1736 (převzato z [5])

Nejproblémovějšími místy přenosového systému pro IR komunikaci je vysílací a přijímací dioda. Záření z vysílací diody je vyzařováno v určitém směru a úhlu, se vzdáleností jeho výkon klesá. Z těchto skutečností vyplývají hlavní požadavky na přijímací a vysílací diody. Z hlediska bezztrátového přenosu informací na větší vzdálenosti by měla být použita vysílací

diody s co největším výkonem. Zde však narážíme na několik problémů a to v omezení protékajícího proudu infradiodou. Tyto diody zpravidla pracují s napětím 5V a také tento typ přenosu informací se často používá v přenosné elektronice, která je napájena bateriemi s malou kapacitou. U přijímací diody je hlavním požadavkem co největší citlivost v infračerveném pásmu (840 – 960 nm nebo u nových technologií 700 – 1600nm). Zvýšení citlivosti přijímací diody je možné dvěma způsoby. Prvním způsobem je zvětšení aktivní plochy infradiody, tento způsob je však technologicky a ekonomicky nereálný. Používají se čipy s maximální aktivní plochou 8mm^2 . Druhým způsobem je selekce přijímaného pásma na vstupu přijímací diody, čímž se přijímané pásmo omezí pouze na pásmo vysílaných dat. Praktickou realizací této metody je zalití diody pryskyřicí ve vhodně tvarovaném pouzdře, přičemž tvar pouzdra funguje jako filtr. [3]

1.3 Zdroje rušení

U přenosu ve volném prostoru jsou kladeny velké požadavky na odolnost proti rušení. V okolí přijímače se nalézají nejrůznější zdroje rušení a to elektromagnetického a optického charakteru. Proto jsou na tato zařízení kladeny vysoké požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu, protože zařízení může být rušeno jak vnějšími vlivy tak i samo sebou. Jako možné zdroje rušení můžeme považovat i jakýkoliv optický zdroj na vlnové délce (830 - 1100nm). Zdrojem elektromagnetického rušení mohou být všechny modulované výkonové signály na pracovní frekvenci přijímače, jako jsou zářivková svítidla, frekvenční generátory a podobně. [3]

1.3.1 Optické zdroje rušení

Jak bylo uvedeno výše, přijímací fotodiody jsou navrženy, aby registrovaly světlo o vlnové délce 700-1600nm. Toto pásmo však pokrývá i jistou část viditelného spektra. Proto jsou všechny infračervené přijímače vybaveny speciálním filtrem k odfiltrování viditelného spektra světla a díky tomu mají přijímače v tomto pásmu velmi malou citlivost. Pokud by nedocházelo k odfiltrování tohoto spektra, byl by přenos velice náchylný na rušení z okolního osvětlení. Například přijímače firmy TEMIC jsou opatřeny filtrem 830nm. [3]

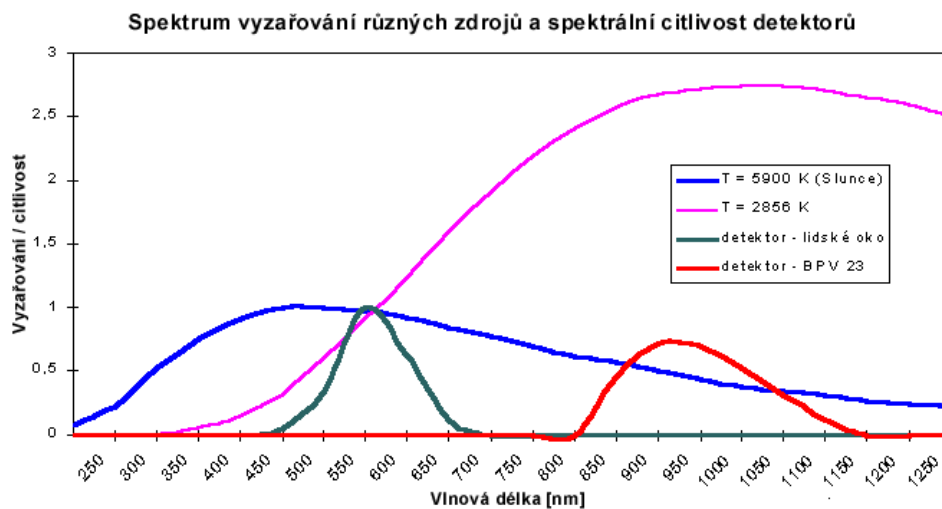
1.3.2 Ostatní zdroje rušení

Spektrum vyzařované zdroji infračerveného záření je rozdílné a velmi závisí na způsobu vzniku tohoto záření. Mezi nejkomplicovanější zdroje rušení považujeme zářivková tělesa, u kterých je spektrum vyzařování kombinací spektrálních čar rtuť, luminescentu a čar

vyzařovaných plynem v trubici. Vyzařované spektrum lze rozdělit na nízkofrekvenční a vysokofrekvenční složky. Proto je tak důležité odfiltrovat rušení takovýchto zdrojů.

K odfiltrování složek s nízkou vlnovou délkou používáme integrované nebo externí filtry jak bylo uvedeno výše. Odfiltrování složek s vyšší vlnovou délkou je dáno vlastnostmi použité platformy pro infrapřijímače. Jako základní materiál se používají výhradně křemíkové fotodiody, které snižují citlivost diody pro vyšší vlnové délky vlastní spektrální absorpcí křemíku a tloušťkou aktivní vrstvy.

Spektrum, které je vyzařováno zdrojem, jako je například žárovka nebo jiný světlotepelný zdroj, je velmi široké a lze ho popsat pomocí Plankova rozdělení. V grafu číslo 1.1 je zobrazeno srovnání vlnových délek světlotepelného zdroje s ekvivalentní teplotou jako je žárovka $T=2856\text{K}$ s teplotou slunce $T=5900\text{K}$. Dále jsou zde uvedeny 2 přijímače, prvním je klasický přírodní detektor – lidské oko. Druhým je křemíková PIN dioda BPV 23NF. Tento graf udává ucelenou představu spektrální citlivosti detektorů a běžných zdrojů rušení. Z grafu je vidět, že sluneční záření obsahuje mnohem méně záření v oblasti infračerveného přijímače než záření běžné žárovky. [3]



Graf 1.1 Spektrum citlivosti (převzato z [3])

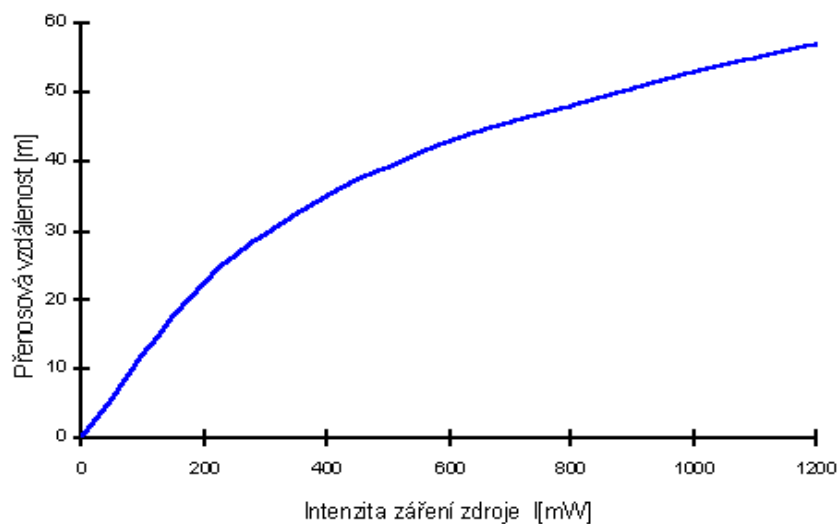
1.4 Dosah přenosových systémů

Přenosová vzdálenost je ovlivněna mnoha faktory, například vlastní konstrukcí vysílací a přijímací jednotky, intenzitou elektromagnetického a optického rušení a jiné. Je možné vypočítat přibližnou přenosovou vzdálenost ze vztahu 1.1, kde E_e je vyzářený výkon, I_e intenzita záření a d je potřebná přenosová vzdálenost. Tento výpočet je pouze přibližný. Od skutečných hodnot se může více či méně lišit z důvodu rušivých vlivů, které byli popsány výše.

$$E_e = \frac{I_e}{d^2} \quad (1.1)$$

Při skutečném měření dosahujeme mnohem větších vzdáleností, než jsme teoreticky vypočetli. Protože v reálném světě dochází k odrazům od země a různých těles, jako jsou budovy, skály nebo v menším prostoru od vybavení místnosti a jejích stěn. Z čehož plyne, že pokles zářivého výkonu není tak velký s rostoucí vzdáleností a vypočtené hodnoty bereme pouze jako nejhorší variantu přenosové vzdálenosti.

Následující graf 1.2 zobrazuje závislost přenosové vzdálenosti na intenzitě záření. Jedná se o vysílač infra-modulu od firmy TEMIC řady TFMS 5.0. Měření bylo provedeno pro rozhodovací úroveň zářivého výkonu přijímače s ohledem na bezpečnou činnost $0,35\text{mW/m}^2$. [3]



Graf 1.2 Závislost přenosové vzdálenosti na intenzitě záření (převzato z [3])

1.5 Modulace IR záření

Ve všech bezdrátových přenosových systémech jako jsou televize, telefony, dálková ovládání a jiné, je hlavním požadavkem na funkčnost zajištění bezchybného přenosu dat mezi vysílací a přijímací částí. Dnes se již využívá převážně digitální přenos informací, analogové systémy jsou pomalu na ústupu. Hlavním důvodem jsou rozvíjející se možnosti digitální technologie ve sdělovacích systémech a její následné zpracování. Digitalizovaná data mohou být posílány různými způsoby, ale vždy se jedná o modulování nosného signálu modulačním signálem. Druh použité modulace je závislý na způsobu přenosu a na velikosti a typu přenášené správy. [2]

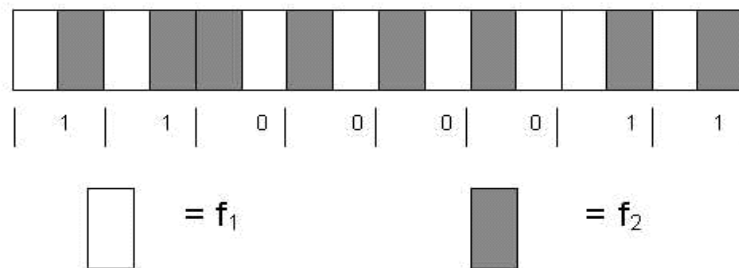
Podle [2] patří mezi čtyři nejčastěji používané modulace infračerveného záření:

- **FSK modulace**

- **Pulsní modulace**
- **BI-phase modulace**
- **Pulsně šířková modulace**

1.5.1 FSK modulace

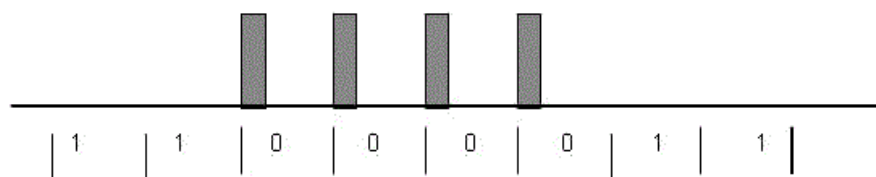
Modulace s frekvenčním klíčováním je jednou z nejbezpečnějších typů přenosu dat. Používá se velmi ojediněle v systémech vyžadujících velmi vysokou bezpečnost přenosu. Důvodem je vysoká energetická náročnost na provoz, vyšší cena zařízení zpracovávající tento signál a poměrně pomalý přenos dat oproti jiným typům modulací. Principem FSK modulace je modulování různých bitů pomocí rozdílných frekvencí na nosný signál, jak je znázorněno na obr.1.4. [2]



Obr. 1.4 Princip FSK modulace (převzato z [2])

1.5.2 Pulsní modulace

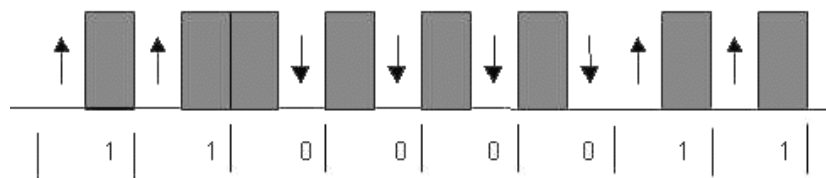
Jedná se o jednu z nejjednodušších a nejpoužívanějších metod ke kódování dat a jejich přenos infračerveným zářením. Tato metoda modulace je velmi závislá na přesné časování, hodinové impulsy přijímacího bloku jsou synchronizovány s hranou příchozího signálu. Principem pulsní modulace je přesné rozdělení signálu na stejně velká časová okna. Pro každý bit je vyhrazeno jedno časové okénko, logická nula je signalizována výskytem impulsu a logická 1 je signalizována absencí tohoto impulsu v přesném časovém okénku. Pro bezchybnou signalizaci logické 0 a 1 musí být impuls časově kratší než je délka časového okna, jak je naznačeno na obr.1.5. [2]



Obr. 1.5 Princip pulsní modulace (převzato z [2])

1.5.3 Bi – phase modulace

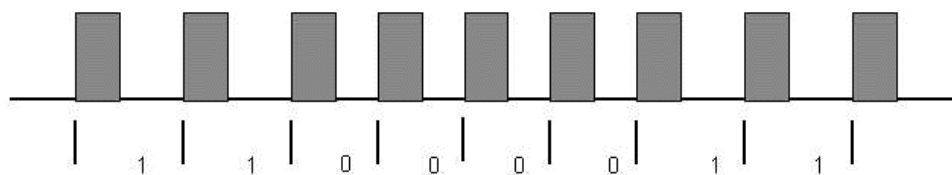
Bi – Phase modulace je velmi používaným typem modulace v dálkových infračervených dálkových ovladačích evropské výroby. Používá se například v protokolu RC – 5. Principem modulace je přesné rozdělení signálu na časová okénka stejně jak tomu bylo u pulsní modulace. Rozdílem od pulsní modulace je rozlišení logické 0 a 1. Pro detekci daného bitu se sleduje změna úrovně signálu uvnitř časového okénka. Změna z log 0 na log 1 v časovém okénku je vyhodnocen jako logická 1, v opačném případě se jedná o logickou 0. Pro lepší pochopení Bi – phase modulace je uveden obr.1.6. [2]



Obr. 1.6 Princip Bi – phase modulace (převzato z [2])

1.5.4 Pulsně šířková modulace

Princip pulsně šířkové modulace je podobný jako v předchozích dvou modulacích. Signál se opět rozděluje do časových okének, které nemají konstantní délku. Synchronizace je provedena detekcí náběžné hrany a detekce bitu se provádí detekcí délky časového okénka. Bit logická 1 odpovídá delšímu časovému okénku, bit logická 0 odpovídá kratšímu časovému okénku. Pro lepší pochopení viz Obr.1.7.[2]



Obr. 1.7 Princip pulsně šířkové modulace (převzato z [2])

1.6 Přenosové protokoly

Infračervený modulovaný paprsek dnes již používají k přenosu informací snad všechny dálkové ovladače a jiná bezdrátová zařízení. Hlavním důvodem proč modulovat je zajištění vyšší bezpečnosti proti rušení při přenosu dat přenosovým prostředím, jak bylo popsáno výše. Protokoly pracují s jednotlivými typy modulace, výběr modulace závisí na způsobu použití a na výrobci spotřební elektroniky. Každý výrobce používá svůj typ modulace a přenosového protokolu. Někteří výrobci se sdružují do organizací, pro snazší vývoj a snadnou opravu zařízení v případě poruchy. V evropské spotřební elektronice se používá převážně protokol RC – 5. Hlavní funkcí protokolu je definovat začátek správy, způsob kódování bitů a způsob interpretace pro příjemce.

Mezi nejpoužívanější protokoly patří:

- **Protokol RC – 5**
- **Protokol NEC**

Podle [8] můžeme u všech typů protokolů pozorovat podobné znaky, jako jsou:

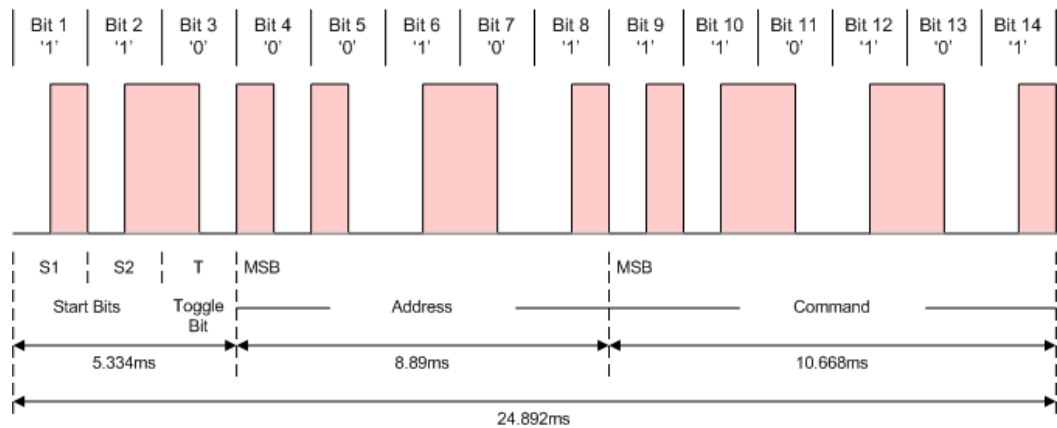
- Vysílání je vždy zahájeno startbitem. Jedná se o první impuls, který indikuje začátek paketu.
- Protokoly jsou kódovány sledem pulsů a mezer podle použitého protokolu.
- Jednotlivé bity jsou jednoznačně určeny typem protokolu.
- Paket jednoho protokolu má vždy stejnou strukturu rozmístění start bitu, adresových bitů a datových bitů.

Podle [8] můžeme také pozorovat zásadní odlišnosti jednotlivých protokolů:

- Způsob zavedení startbitu (délka, struktura) pro snadné odlišení protokolu.
- Způsoby kódování jednotlivých bitů.
- Odlišnost počtu přenášených bitů (start bitu, adresových a datových bitů).
- Způsoby oddělení úseků zprávy jako je například adresová část od datové.

1.6.1 Protokol RC – 5

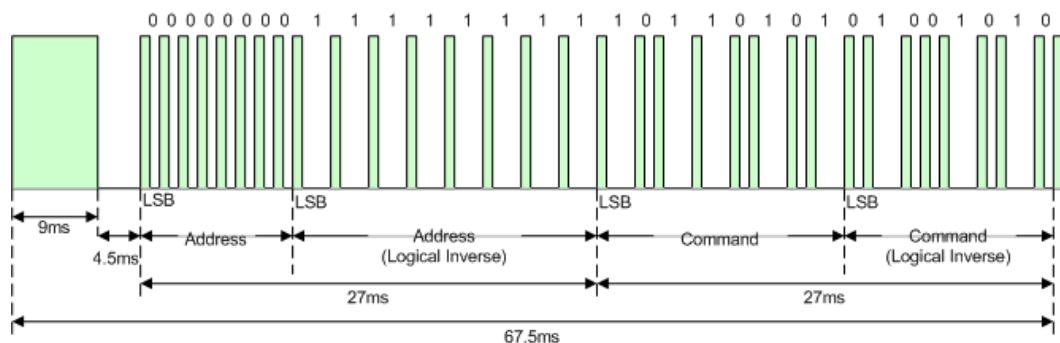
Protokoly RC – 5 a RC – 80 byly vyvinuty firmou Philips koncem 80-tých let 20. století. Protokol RC – 80 však díky své nespolehlivosti postupně zanikl. Ve velké části Evropy a Spojených státech se stal protokol RC – 5 mezinárodním standardem. Byl vyvinut pro dálkové ovladače spotřební elektroniky, jako jsou televizory, rádia a jiné. Stal se jedním z nejpoužívanějších protokolů díky své jednoduchosti a cenové dostupnosti v aplikacích. Protokol RC – 5 je specifický díky své netypické délce dat 6 bitů, využívá Bi-phase modulace na nosný infračervený signál 36KHz. Obsahem každého bitu je burst 32 impulsů o frekvenci 36KHz, všechny bity mají stejnou délku 1,78us. Přenosový rámeček začíná dvěma start bity, který následuje toggle bit. Toggle bit slouží jako pojistka bezchybného přenosu, mění svoji hodnotu s každým vyslaným signálem. Proto lze snadno určit, zda předchozí signál byl přijat nebo ne. Dále následuje informační rámeček, který se skládá z pěti adresových bitů a 6 datových bitů. Adresové bity určují ovládané zařízení a datové obsahují vlastní informaci vyslanou z ovladače. Pokud je vysílání delší než jeden rámeček, tak první vyslaný rámeček obsahuje start bit, toggle bit a informační rámeček. Každý další vyslaný rámeček obsahuje už jen informační rámeček. Struktura protokolu je zobrazena na obr.1.8, uveden je jeden rámeček a časové prodlevy mezi jednotlivými rámečky. [9, 2]



Obr. 1.8 Struktura protokolu RC – 5 (převzato z [12])

1.6.2 Protokol NEC

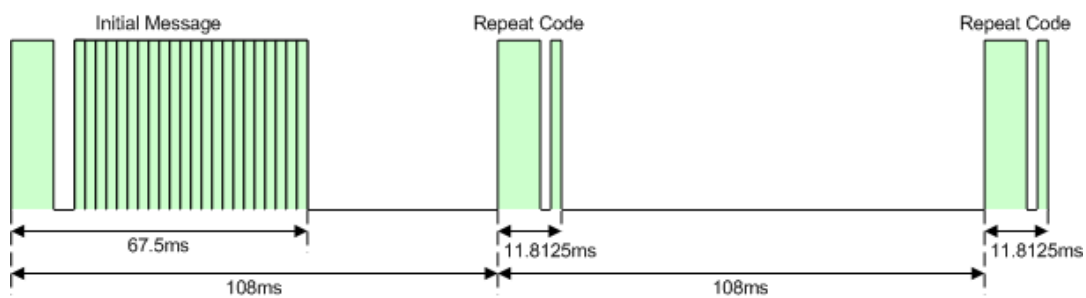
Tento protokol stejně jako předchozí byl vytvořen hlavně pro dálkové ovladače spotřební elektroniky, jako jsou televizory, rádia a jiné. Podobně jako se stal v Evropě standardem protokol RC – 5, v Japonsku dávali přednost protokolu NEC. Data jsou kódována pulsně šířkovou modulací na nosný infračervený signál o frekvenci 36MHz. Vzhledem k tomu že data jsou modulována pulsně – šířkovou modulací má přenosový rámec konstantní délku. Toho je docíleno dvojitým vysíláním dat. Jednou jsou data vysílána normálně, a podruhé jsou data vysílána v invertované podobě. Tímto principem zavedením redundantní informace předcházíme vzniku chyb. Struktura rámce protokolu NEC začíná zaváděcím rámcem (burstem délky 9ms a následnou mezerou 4.5 ms), tento zaváděcí rámec nastavuje citlivost přijímacího modulu. Následující 4 bite obsahují adresu zařízení, invertovanou adresu a data, invertovaná data. Pokud dojde k vyslání více než jednoho rámce, tak první rámec obsahuje celou strukturu a následující obsahuje zaváděcí kód následovaný jedním datovým bitem. Struktura protokolu NEC je uvedena na obr.1.9. [2]



Obr. 1.9 Struktura protokolu NEC (převzato z [13])

Celkový rámec protokolu NEC má délku 108ms, pokud vysíláme více než jeden rámec stejné informace, například držíme stisknuté tlačítko dálkového ovladače. Odešle se v prvním rámci datová informace o stisknutém tlačítku a pak každých 108ms odesílá opakovací kód

dlouhý 11,8125ms složený z „burstu“ délky 9ms, mezery 2,5ms a jednoho bitu délky 562,5us.
[13]

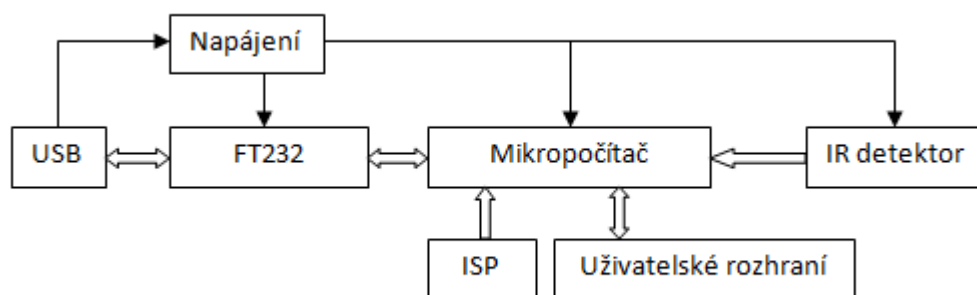


Obr. 1.10 Opakovací kód protokolu NEC (převzato z [13])

2 Technické řešení práce

Před samotným návrhem bylo nutné zvážit všechny teoretické parametry, jako jsou datové rámce, jejich modulace, rušení, způsob záznamu těchto kódů a následná komunikace s počítačem. Bylo provedeno několik měření na různých typech dálkových ovladačů pomocí osciloskopu, naměřené hodnoty byly pak porovnávány se standarty protokolu NEC a RC-5. Zde se vyskytl problém s ovladači neznámkových výrobců, kteří nedodržují stanovené normy IrDA. U těchto kódů často chyběly zaváděcí start bity nebo dokonce měly vlastní způsob modulace. Navrhnutý modul pracuje s přesnými datovými rámci, proto doporučuji používat značkové ovladače od renomovaných výrobců. Před konstrukcí výsledného modulu byly požadované funkce odzkoušeny na testovací desce vlastní výroby, poté bylo navrženo výsledné schéma zapojení.

Centrem modulu je jednočipový mikropočítač ATmega8, který řídí veškerou činnost, jako je dekódování přijatého signálu z IR detektoru, komunikaci s počítačem pomocí sériového rozhraní usart a obsluhu uživatelského prostředí. Celý modul je napájen 5V z USB sběrnice. Pro komunikaci s počítačem je použit USB-UART převodník FT232, který pracuje v asynchronním režimu a je k mikropočítači připojen třemi vodiči TXD, RXD a společným uzemněním. Pro detekování IR kódu je použit IR detektor TSOP1736, který je připojen k mikropočítači přes pin PD2, ten má funkci externího přerušení INT0. Uživatelské prostředí je tvořeno dvěma tlačítky a kontrolní signalizační diodou. První tlačítko má funkci ukládání do paměti a druhé mazání paměti. Dioda signalizuje jedním bliknutím kompletní přijetí vyslaného kódu a trvalým rozsvícením zaplnění celé paměti, přičemž je zablokováno další ukládání přijatých kódu, aby nedošlo k přepsání již naučených kódů. Dioda zhasne a umožní se další učení až po uvolnění paměti. Veškeré řízení a dekódování je řízeno programově. Modul je kompatibilní IR protokoly RC-5 a NEC řešení je uvedeno v programové části.



Obr. 2.1 Blokové schéma modulu

2.1 Použité součástky

Hlavními konstrukčními prvky modulu jsou mikrokontroler ATmega8, USB převodník FT232 a demodulátor infračerveného signálu TSOP 1736. Popis jednotlivých prvků je uveden v podkapitolách.

2.1.1 Mikropočítač ATmega8

Srdcem celého modulu je jednočipový 8bitový počítač od firmy Atmel ATmega8(L) s AVR architekturou, což je upravená Harvardská architektura typu RISC.

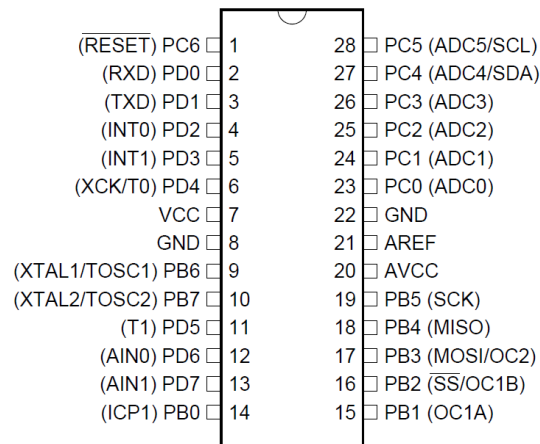
Vlastnosti mikropočítače ATmega8:

- -512B EEPROM (vydrží zhruba 100.000 r/w cyklu)
- -8KB flash paměť programu (vydrží zhruba 10.000 r/w cyklu)
- -1KB vnitřní paměti dat SRAM
- -23 programovatelných I/O pinů
- -1 16-bit časovač se samostatnou předděličkou
- -2 8-bit časovače se samostatnou předděličkou
- -3 PWM kanály
- -6 A/D převodníků
- -programovatelná sériová linka (USART)
- -analogový porovnávač
- -pracovní frekvence až do 16MHz (u verze L jen do 8MHz)
- -vnitřní oscilátor na 1, 2, 4, 8 MHz
- -pracovní napětí 4.5 - 5.5 V (u verze L 2.7 - 5.5V)
- -ISP programování

Mikropočítač je hlavním prvkem zapojení, slouží k dekódování IR signálu přijímaného IR detektorem, k ukládání a porovnávání dat a ke komunikaci s počítačem pomocí sériové linky přes USB.

Důvodem proč jsem si vybral tuto rodinu mikropočítačů bylo několik, hlavním důvodem byla především podobnost s předcházejícími řadami mikropočítačů od firmy Atmel, a to typu 8051 a 8052, se kterými jsem dříve již pracoval a získal na nich mnoho zkušeností. Důležitým parametrem při výměru byla možnost programování pomocí ISP a také výborná podpora od

firmy Atmel za pomoci vývojového prostředí AVRStudio. Jako programovací jazyk jsem si zvolil jazyk C, což je dnes asi nejpoužívanější způsob programování jednočipových mikročítačů. Co se týká typu mikrokontroléru jsem vybral právě ATmega8, protože splňuje podmínky výběru a jeho parametry jsou postačující. Nabízí velké množství vstupně/výstupních portů, dostatečně velkou EEPROM paměť, možnost taktování a dostatek čítačů/časovačů.



Obr. 2.2: Rozložení pinu na pouzdře DIP (převzato z [14])

2.1.2 USB převodník FT232BL

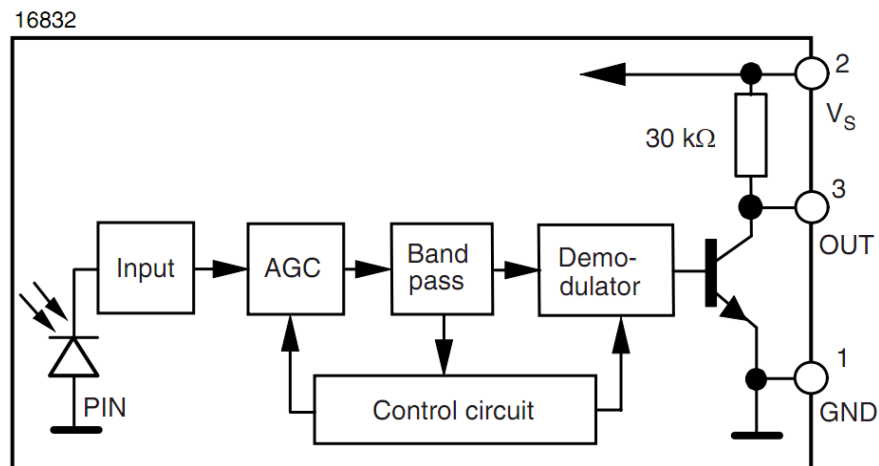
Jako nejvhodnější možnost pro komunikaci s počítačem se nabízí použití asynchronního sériového rozhraní USART. Jelikož se jedná o univerzální zařízení a na spoustě dnešních počítačů se už sériový port nevyskytuje. Bylo nutné najít jinou alternativu této komunikace. Moderním trendem je komunikace po USB sběrnici, jejíž konektor má dnes každý počítač i notebook. Rozhodl jsem se použít převodník UART-USB od firmy FTDI pod označením FT232BL. Na trhu se nachází mnoho variant FT232 které se liší pouze typem pouzdra.

Pro správnou funkci tohoto zařízení musíme do příslušného počítače nainstalovat ovladače od firmy FTDI, které vytvoří virtuální com port (VCP). Tyto ovladače jsou volně ke stažení z oficiálních internetových stránek společnosti FTDI.

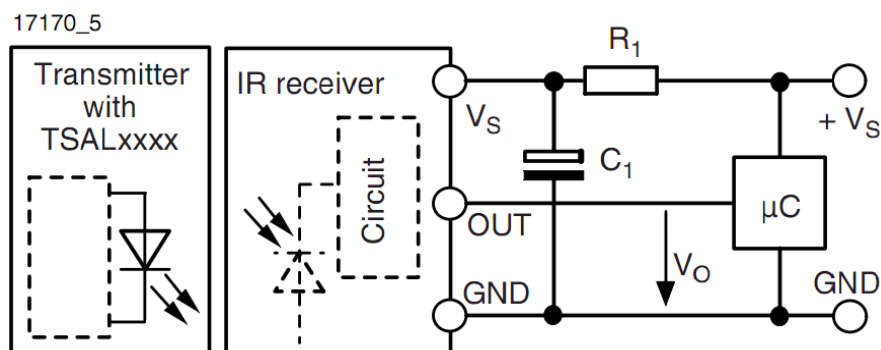
2.1.3 IR demodulátor TSOP 1736

Nejpoužívanější nosnou frekvencí, na niž se moduluje signál dálkových ovladačů je 36KHz. K tomu, abychom mohli přijímat signál z dálkových ovladačů potřebujeme přijímací diodu na vhodnou frekvenci, demodulátor a vhodný filtr k odfiltrování rušení. Tyto všechny funkce jsou integrovány v infrapřijímači s předzesilovačem na nosné frekvenci 36KHz pod označením TSOP 1736 od firmy Vishay. Napájecí napětí přijímače je v rozmezí 2.5 – 5.5V.

Vyznačuje se velmi malou spotřebou, vysokou odolností vůči okolnímu světlu a úplným přenosem dat do 1200 bit/s. Na výstupu tohoto demodulátoru je již digitální signál, který je vhodný k dekódování v mikropočítači.



Obr. 2.3 Blokové schéma demodulátoru (převzato z [15])



Obr. 2.4 Blokové schéma demodulátoru (převzato z [15])

2.2 Návrh DPS

Pro návrh DPS byl použit editor desek plošných spojů Eagle Light 6.2.0. Jedná se o volně šiřitelnou verzi tohoto profesionálního programu. Při tvorbě v editoru schémat bylo dbáno na doporučená zapojení hlavních obvodů dle datasheetu. Ke schématu jsou přidány stabilizační kondenzátory a kapacity u spínačů. Z důvodu minimalizace a použití obvodu FT232BL byla použita převážná většina součástek SMD. Klasické THT součástky byly použity z důvodu snazšího návrhu a také z důvodu vytvoření prokovek mezi jednotlivými vrstvami plošného spoje. Při úpravách v editoru spojů bylo dbáno na dostatečnou šířku napájecí cesty a co možná nejpřímější průchod k hlavním obvodům. K napájecím pinům těchto obvodů byly co nejbliže přidány stabilizační kondenzátory, aby byla zaručena stabilita napájení. V poslední řadě byla rozlita zem na obou vrstvách z důvodu eliminace působení vnějších rušivých signálů a také usnadnění výroby desky.

3 Programové řešení práce

Program určený k řízení mikroprocesoru ATmega8 byl vytvořen ve vývojovém programu AVRStudio 5.0 od společnosti Atmel. Tento program je přímo určený k vyvíjení, odzkoušení a ladění procesorů rodiny AVR. AVRStudio nabízí kromě editačního prostředí také možnost sdružování souborů do projektů, kvalitní simulátor a podporuje mnoho přídavných programů. Propojením programů AVRStudio a AVRGCC (což je překladač jazyka C) získáme mocný nástroj k programování jednočipových mikroprocesorů AVR od společnosti Atmel.

Programování procesoru proběhlo pomocí rozhraní ISP (což je rozhraní pro sériové programování). Toto rozhraní implementoval Atmel hlavně do rodiny procesorů AVR. Tento způsob programování byl jednou z podmínek při výběru mikroprocesoru.

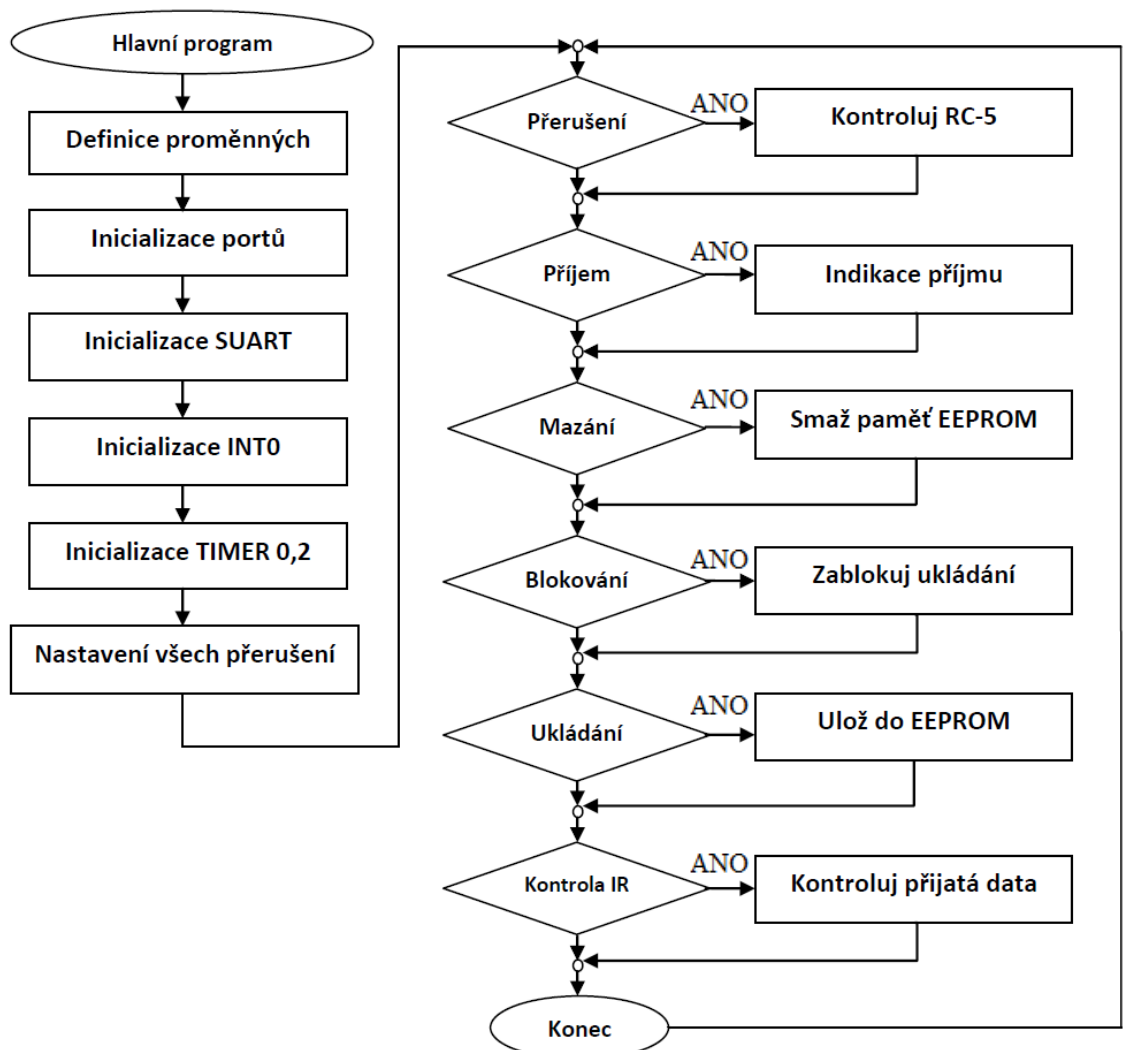
Před samotným vytvořením finálního programu bylo nutné se nejdříve seznámit s vývojovým prostředím a samotným mikroprocesorem. První testování funkcí mikroprocesoru proběhlo na vlastní testovací desce vyrobené za tímto účelem. Otestovány byly hlavně funkce, se kterými měl mikroprocesor pracovat ve finálním programu jako je nastavení a ovládání interruptů, čítačů a časovačů, ovládání tlačítek a základní programy s těmito funkcemi. Poté byl vytvořen vývojový diagram finálního programu, který popisuje základní kostru programu.

Nejdůležitější a nejsložitější částí programu je přijímání a dekodování IR signálu. Existuje několik možností jak k tomuto problému přistupovat. Jednou z možností je vzorkovat signál ve velmi malých časových úsecích. Tímto způsobem získáme velké množství informací a zařízení pracující touto metodou by bylo velmi univerzální. Tento způsob dekodování je nejpřesnější, ale je velmi náročný na výkon a paměť procesoru. Druhou možností je nahlédnout přímo do definovaného standartu datových rámců, které dálkové ovladače vysílají. Podle těchto standartů lze přesně nastavit časování a detekování jednotlivých pulsů v přesně definovaných časech. Tato metoda je stejně přesná jako předchozí u dálkových ovladačů vyráběných od renomovaných firem podporující standarty pro přenos. Méně přesnou se stává při příjmu signálů neznámé délky. Tuto metodu jsem využil pro dekodování, protože je méně náročná na parametry mikropočítače a dosahuje podobné přesnosti jako metoda první. Jelikož se jedná o univerzální zařízení, které musí být schopno přijímat signály od různých dálkových ovladačů, narážíme na problém s různými protokoly od různých firem. Nejpoužívanější protokoly jsou RC-5 a NEC. Každý protokol se vyznačuje jinou délkou datových bitů a jinou modulací. Tento problém jsem vyřešil vhodným nastavením přerušení od časovačů.

Při příjmu signálu je vyvolána obsluha externího přerušení, kde se spouští první časovač.

Při každém přetečení časovače je zavolána obsluha přetečení, kde se dekoduje hodnota na vstupu. Po načtení několika znaků se testuje, o jaký druh protokolu se jedná. Pokud se jedná o protokol RC-5 tak obsluha pokračuje beze změny. Pokud byla zjištěna shoda se zaváděcím „burstem“ protokolu NEC je časovač 1 vypnut a zapnut časovač 2 s jiným krokem přetečení. Po načtení celého kódu je znovu povoleno externí přerušení a zakázány časovače. Dále je uložený kód porovnáván nebo ukládán podle zvolené funkce zařízení. Více o způsobu dekodování, práce s pamětí a komunikace s PC je uvedeno v podkapitole „Nastavení a řízení MCU“.

Programové řešení práce je rozděleno do dvou hlavních bloků. První blok popisuje nastavení mikropočítače, funkce dekodování, ukládání a komunikace s PC. Druhý blok se zabývá programovým vybavením PC, pro správnou funkci zařízení.



Obr. 3.1 Vývojový diagram programu

3.1 Nastavení a řízení MCU

3.1.1 Inicializace

Po přivedení napájecího napětí a hodinového signálu se obvody a registry mikroprocesoru nacházejí v neurčitěm stavu. Pro nastavení procesoru do stanoveného výchozího stavu je generován signál reset. Tento signál je automaticky generován po přivedení napájecího napětí pomocí Schmidtova klopného obvodu. Vnitřní inicializace je provedena v době druhého strojového cyklu.[19]

Po základním nastavení funkcí a periférií, musí být z důvodu správné funkce přerušeni povolena globální maska přerušeni pomocí příkazu SEI(). Tuto funkci nalezneme v knihovně interrupt.h, která je součástí programu AVRStudio.

Nastavení portů

```
DDRD |= (1<<PD2); //Nastavení vstupů a výstupů portu D
PORTD |= (1<<PD6) | (1<<PD7);
DDRB |= (1<<PB0); //Nastavení vstupů a výstupů portu B
Zbylé porty jsou implicitně nastaveny jako vstupy.
```

Nastavení INT0

```
GICR |= (1<<INT0); // povol přerušeni od INT0
GICR &= (0<<INT0); // zakaž přerušeni od INT0
```

Nastavení Časovače0

```
TIMSK |= (1<<TOIE0); // povolení přerušeni při přetečení
TCCR0 = 0x00; // vypni časovač 0
TCCR0 |= (1<<CS00) | (1<<CS02); // zapni časovač 0 s předděličkou 1024
TCNT0=7; // 4000000/1024/7=558Hz=>t=1/558=1792us
```

Nastavení Časovače 2

```
TIMSK |= (1<<TOIE2); // povolení přerušeni při přetečení
TCCR2 = 0x00; // vypni časovač 2
TCCR2 |= (1<<CS21) | (1<<CS22); // zapni časovač 2 s předděličkou 256
TCNT2=9; // 4000000/256/9=1777.77Hz=>t=1/1777.77=562.5us
```

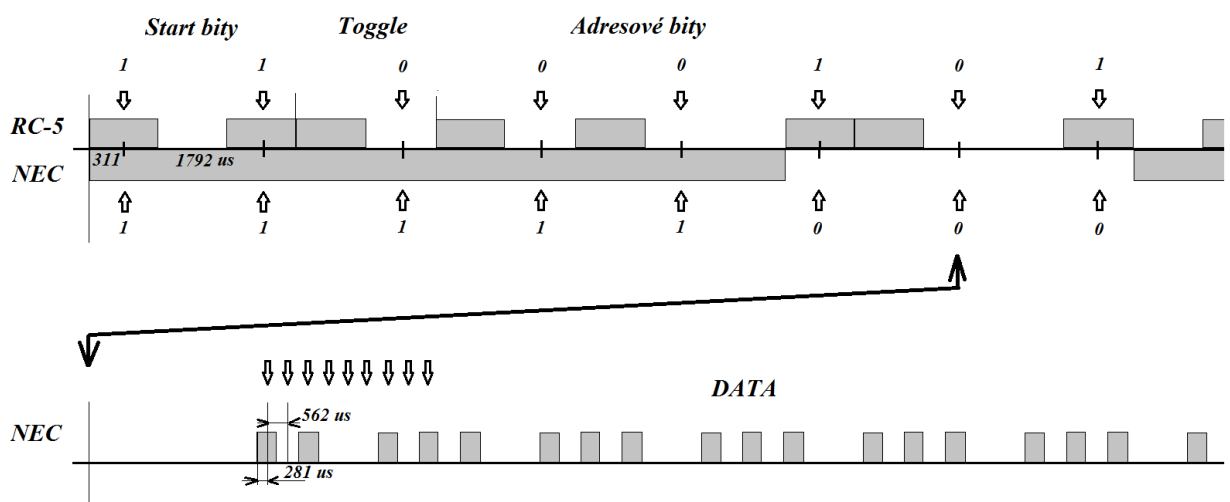
Nastavení UART komunikace

```
UCSRA = 0x00;
UBRRH = 0x00; // nastavení rychlosti pro krystal
UBRRL = 25; // baud rate 9600 pro f=4MHz U2X=0
UCSRB = 0x18; // povolit vysílání a příjem
UCSRC = 0x86; // rámeček dat: 8 datových, 1 stop bit, bez parity
```

3.1.2 Dekódování IR signálu

Jak bylo uvedeno výše dekodování IR signálu je nejsložitější částí programu. Z důvodu univerzálnosti zařízení bylo nutné vyřešit způsob dekodování dvou odlišných datových rámců. Toho bylo docíleno použitím přesného časování a nastavením přerušení od INT0, Timer0 a Timer2.

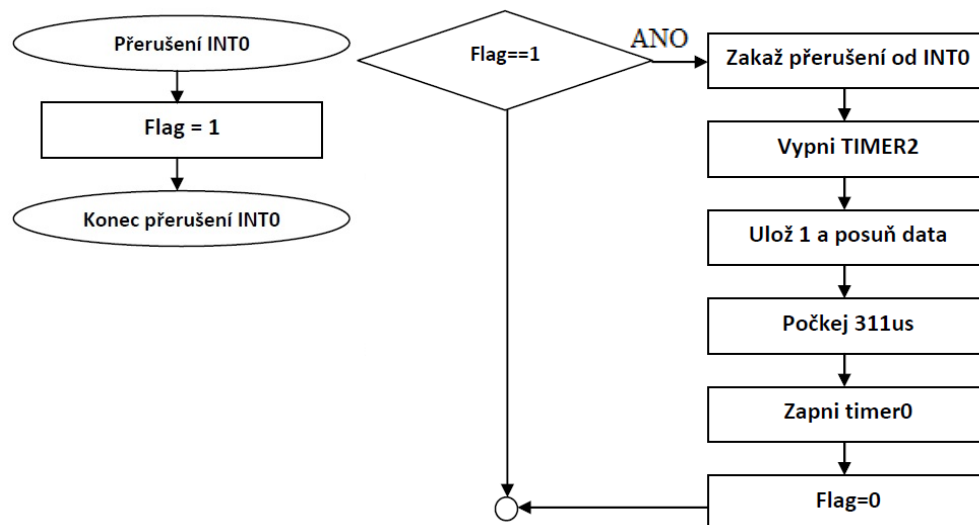
Při detekci změny úrovně prvního bytu přijímaného kódu je vyvoláno externí přerušení od INT0, které zapne 8 bitový časovač Timer0, který vyvolá přerušení při přetečení každých 1792 us. Jedná se o časový krok při dekodování protokolu RC-5, který využívá Bi - phase modulaci. Díky tomu můžeme ukazovat pomyslným ukazatelem vždy na druhé okénko bitu a z detekované hodnoty usoudit zda se jedná o log 0 či log 1. Takto testujeme prvních sedm bitů kódu. Ze znalosti protokolu RC-5 a NEC víme, že prvních sedm bitů nemůže být nikdy stejných. U protokolu NEC na prvních sedmi bitech bude vždy sekvence 1111100 z důvodu počáteční synchronizace 9ms „burstu“ a 4,5ms „mezery“. Díky této skutečnosti jsme schopni rozeznat, zda se jedná o kód typu RC-5 nebo NEC. Pokud je zjištěno, že přijatá sekvence není shodná se synchronizací protokolu NEC, jsou data načítána dále v časových úsecích 1792 us. Pokud byla zjištěna shoda je časovač Timer0 vypnut. Ukazatel počká na začátek datového rámce protokolu NEC, kde je zapnut 8 bitový časovač Timer2 s krokem přetečení 562 us a data načítáme obdobným způsobem. Ke kódování protokolu NEC je použita pulsně šířková modulace. Pokud je tedy časovač nastaven na přetečení každých 562 us, hodnotě log 0 odpovídají načtené hodnoty na vstupu 10 a log 1 hodnoty 1000. Způsob nastavení časování je názorně uveden na obrázku 3.2.



Obr. 3.2 Nastavení časování dekodování

3.1.2.1 Externí přerušení

Externí přerušení je vyvoláno při detekci vzestupné hrany prvního bitu přijímaného kódu. Z důvodu rychlosti je obsluha přerušení velmi jednoduchá, do kontrolní proměnné flag je uložena jednotka. Tato proměnná je poté testována v nekonečné smyčce hlavního programu. Pokud dojde ke shodě, tedy proměnná flag bude rovna jedné. Zakáže se další přerušení od INT0 pomocí registru GICR uložením na pozici bitu INT0 hodnotu nula. V dalším kroku uloží hodnotu 1 do proměnné data a bitově ji posune, protože první načtená hodnota není testována. Ale víme, že její hodnota je 1, protože vyvolala přerušení. Poté počká 311 us pro nastavení přesné polohy pro ukazatel testování hodnot. Zapnutím Timeru0 spustíme dekódování kódu podle protokolu RC-5. Nakonec proměnnou flag vynulujeme, aby mohla být připravena pro další testování.



Obr. 3.3 Vývojový diagram externího přerušení

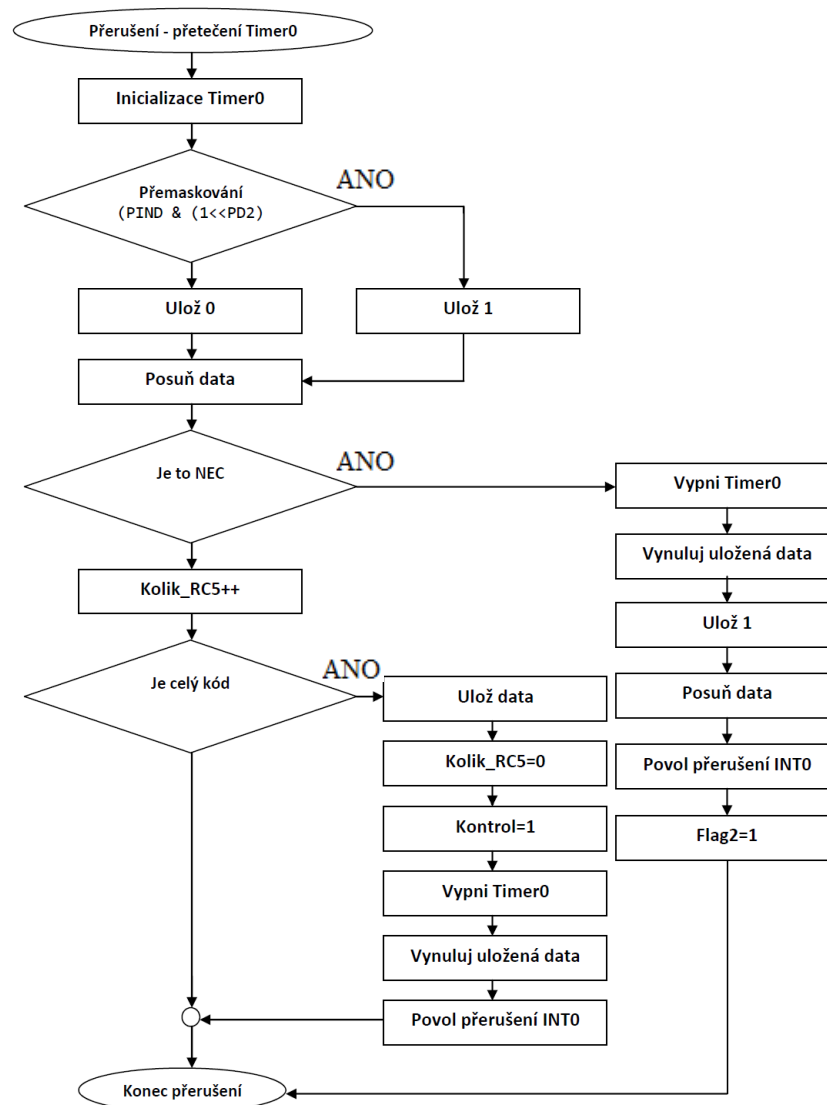
3.1.2.2 Čítač/časovač 0

Čítač/časovač 0 je použit k nastavení krokování pro dekódování kódu protokolu RC-5. Důležité je nastavení krokování pomocí registru TCNT0, jelikož se jedná o 8 bitový čítač zapisuje hodnoty od 0 do 255 dle zvoleného kroku. Po přetečení je vyvolána obsluha přerušení časovače 0, kde se pomocí přemaskování rozhodujeme o hodnotě na vstupu. Po uložení hodnoty jsou data posunuta o jednu pozici, tímto umožníme ukládání další hodnoty, aniž bychom si uložená data přepsali. Dalším krokem je testování zda se jedná o protokol typu RC-5 nebo NEC. Toho je docíleno porovnáním uložených dat s kontrolní proměnnou s hodnotou 1111100, což je úvodní sekvence protokolu NEC.

Pokud nedojde ke shodě časovač počítá dále se stejným krokem. Délka ukládaného kódu

je 32 bitů, po načtení třiceti dvou znaků je načítání ukončeno a časovač 0 vypnut. Pro snazší práci s daty jsou uložena načtená data do nové proměnné, se kterou dále pracuje program. Původní proměnná je vynulována a pro příjem dalšího kódu je znovu povoleno externí přerušení INT0.

Pokud během přerušení dojde ke shodě s kontrolní proměnnou, jedná se o protokol typu NEC. V tomto případě je vypnut časovač 0 a zapnut časovač 2. Přesné nastavení je uvedeno ve vývojovém diagramu obsluhy přerušení časovač 0 obr: 3.4.

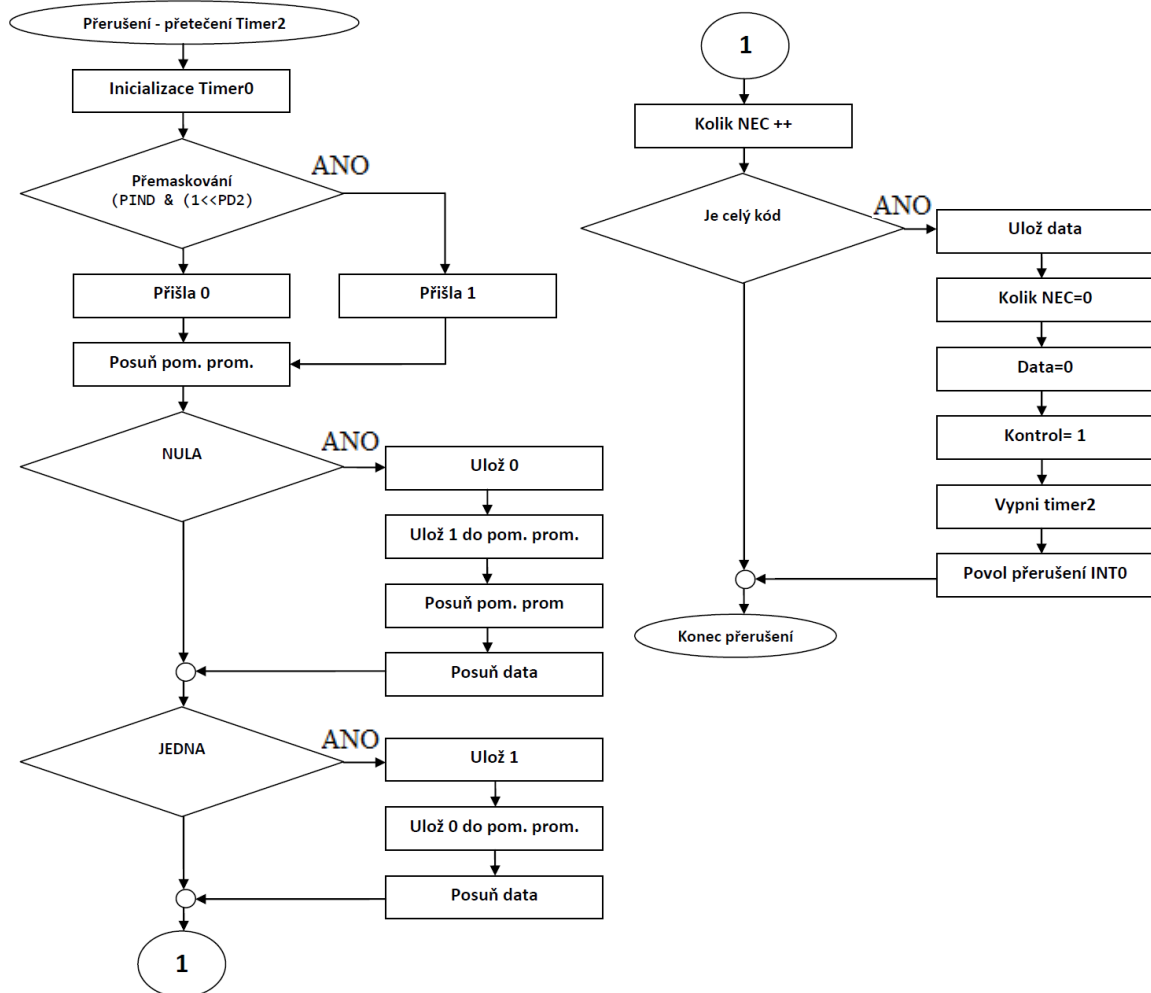


Obr. 3.4 Vývojový diagram obsluhy přerušení časovač 0

3.1.2.3 Čítač/časovač 2

Čítač/časovač 0 je použit k nastavení krokování pro dekódování kódu protokolu NEC. Nastavením registru TCNT2 nastavíme krok přetečení, jelikož se jedná o 8bitový čítač vkládáme hodnoty od 0 do 255. V obsluze přerušení testujeme hodnotu na vstupu pomocí

přemaskování PD2. Přemaskováním získáme hodnotu, kterou ukládáme do pomocné proměnné, kterou bitově posouváme vždy o jednu pozici. Dalším krokem je testování zda přijaté hodnoty odpovídají hodnotě log 0 nebo log 1. Testování je provedeno porovnáním přijatých dat s kontrolními hodnotami. Po určení log úrovně je uložena daná hodnota do datové proměnné a poté je bitově posunuta a pomocná proměnná je vynulována. Po načtení třiceti dvou hodnot dojde k vypnutí časovače 2 a opětovnému povolení externího přerušování INT0.



Obr. 3.5 Vývojový diagram obsluhy přerušeni časovač 2

3.1.3 UART komunikace

Pro komunikaci s PC je využito asynchronního sériového rozhraní USART připojeného k převodníku FT232, který dále přeposílá data do PC pomocí sběrnice USB. Tento převodník podporuje duplexní provoz. Tento modul využívá pouze komunikace směrem od modulu k PC, protože odesílá pouze data. Data přijímaná od IR demodulátoru jsou 32bitové. Sériové

rozhraní USART odesílá pouze 8bitové sériové rámce. Z tohoto důvodu by bylo nutné 32 bitový rámec rozdělit na několik menších. Proto jsem se rozhodl neodesílat přímo celý kód, ale pouze kód určující adresu uložených dat v paměti EEPROM. Tyto adresy jsou pevně dané a odesílají se při příjmu a shodě signálu se signálem uloženým v paměti EEPROM.

Použité nastavení sériové komunikace:

- *9600Bd*
- *8 datových bitů*
- *1 stop bit*
- *Bez parity*
- *Povoleno vysílání i příjem*

3.1.4 Paměť EEPROM

Pro ukládání přijatých dat byla použita paměť EEPROM. Její hlavní výhodou je stálost uložených dat i po vypnutí napájení. Každý paměťový řádek má svou specifickou adresu, jelikož se jedná o 8 bitový mikropočítač má každý řádek 8 bitů paměti. Na první řádek pozice 0x00 dle doporučení výrobce není vhodné ukládat data, po kterých vyžadujeme stálost i po odpojení napájecího napětí. Stálost těchto informací není zaručena. Proto jsou data ukládána až od řádku paměti s adresou 0x02.

Od pozice na adrese 0x02 jsou ukládány 32 bitové datové kódy, které jsou adresovány pomocí inkrementace ukazatele.

Pro práci s pamětí byla použita knihovna EEPROM.h, která je součástí programu AVRStudio. Tato knihovna obsahuje funkce jako čtení, ukládání a testování paměti. V hlavním programu byly použity funkce pro ukládání a čtení 8 a 32 bitových datových bloků.

```
eeprom_write_byte (uint8_t *__p, uint8_t __value);  
eeprom_write_dword (uint32_t *__p, uint32_t __value);  
eeprom_read_byte (const uint8_t *__p);  
eeprom_read_dword (const uint32_t *__p);
```

3.1.5 Učení a mazání IR kódů

Možností ukládání „učení“ přijatých kódů se stává toto zařízení univerzálním. Modul se může naučit kódy od jakéhokoliv ovladače podporující protokoly RC-5 a NEC. Tato funkce je umožněna stiskem prvního tlačítka. Po stisku tlačítka a přijetí kódu z IR dekodéru je tento kód uložen do paměti EEPROM dle příkazů uvedených výše. S těmito uloženými kódy jsou poté porovnávány kódy přijaté bez stisku tlačítka. Úspěšné přijetí kódu nebo zablokování učení z důvodu plné paměti je signalizováno pomocí LED diody. Úspěšný příjem kódu je signalizován jedním bliknutím, zablokování ukládání je signalizováno trvalým rozsvícením LED diody. Odblokování paměti provedeme jejím smazáním.

Funkce mazání paměti je umožněna stiskem druhého tlačítka. Po stisku tlačítka dojde k uložení nul do paměti od pozice 0x02, kde jsou uložena data.

3.2 Ovládací programy pro PC

Pro správnou funkci zařízení musíme nejdříve nainstalovat ovladače převodníku FT232 od firmy FTDI. Jedná se o program s názvem Virtual com port (VCP). Tento program emuluje na příslušném PC standardní COM port tím, že se USB port přihlásí jako standardní RS232 zařízení. Tyto ovladače jsou volně ke stažení na domovských stránkách firmy FTDI, kde nalezneme podporu pro nejpoužívanější operační systémy jako je Windows, Linux a MAC OS.

Správnou funkci zařízení a nainstalovaných ovladačů si můžeme zkontrolovat pomocí hyperterminálu, kde můžeme přímo sledovat komunikaci mezi modulem a PC.

Jako software pro řízení počítače může použít jakýkoliv program určený k dálkovému ovládání PC. Těchto programů je spousta, záleží pouze na našem rozhodnutí, jaký program chceme řídit nebo jakou situaci chceme simulovat. Mnoho výrobců již vyvinulo zásuvné moduly do svých programů podporující tento způsob ovládání.

Jedním z nich je například WinAMP PlugIn. Jedná se o program k jednoduchému řízení hudebního přehrávače WinAMP, který byl doplněn o podpůrný program IRcontrol. Tento program kontroluje com porty a tedy dokáže zapnout program WinAMP + jakýkoliv jiný při stisku tlačítka na dálkovém ovladači.

Komplexnější ovládání počítače umožňuje program Girder. Tento program umožňuje zapnutí a vypnutí jakéhokoliv programu a simulovat jakoukoliv činnost na PC. Pro praktické použití bych doporučil použití programu IRcontrol společně s programem Girder, kde IRcontrol zapíná program Girder a ten pak ovládá zbytek počítače.

4 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo prostudovat možnosti a technické řešení IR dálkových ovladačů. Na základě získaných informací navrhnout univerzální přijímač dálkového ovládání a nakonec tento přijímač realizovat. Pro nejuniverzálnější použití byla zvolena možnost připojení přijímače k PC, který může dále vykonávat nejrůznější funkce podle zvoleného programu.

V první kapitole mé bakalářské práce byl nastíněn historický vývoj IR komunikace, zdroje rušení, vhodná volba IR vysílače a přijímače, používané modulace a protokoly pro přenos infračerveným modulovaným paprskem. Tyto informace jsou nezbytné pro další návrh zařízení. Prostudováním teoretických informací bylo zjištěno, že mezi nejpoužívanější protokoly v Evropě patří RC-5 a NEC protokol. Tyto protokoly se liší nejen svou délkou, ale také modulací. Mezi důležitá zjištění patří také, že používané protokoly by měli být modulovány na nosný infračervený signál o frekvenci 36kHz. Z důvodu velkého množství výrobců na našem trhu, se tato hodnota může pohybovat v jednotkách kHz nahoru i dolu. Proto jsem provedl měření několika dálkových ovladačů pomocí osciloskopu pro ověření teoretických znalostí a vyvarování se pozdějších chyb.

Druhá kapitola se zabývá výběrem hlavních komponentů a návrhem celého přijímače. Srdcem modulu je mikroprocesor ATmega8, který byl vybrán podle požadavků uvedených v této kapitole. Mezi nejdůležitější parametry patří dostatek časovačů a externích přerušení, možnost UART komunikace a možnost ISP programování. Pro příjem a demodulování IR paprsku sem vybral obvod TSOP1736. Tento obvod obsahuje přijímací diodu na frekvenci 36kHz, demodulátor a filtr. Podle uvedených dat dokáže tento demodulátor přijímat signály v rozmezí 34 až 40kHz, nejpřesněji však na frekvenci pro kterou je vyroben. Pro komunikaci mezi modulem a počítačem bylo použito USB rozhraní, které je realizováno pomocí UART-USB převodníku FT232BL.

Pro návrh obvodu byl použit editor plošných spojů Eagle Light 6.2.0. Nejprve byl natrhnut testovací modul, na kterém proběhlo testování jednotlivých funkcí. Po odstranění počátečních chyb byla navrhována výsledná deska plošného spoje, která je uvedena v příloze A i se schématem zapojení. Tato deska je osazena nejdůležitějšími prvky zapojení jednotlivé součástky jsou uvedeny v příloze B. Pro případnou modifikaci programu je přidán konektor pro připojení ISP programátoru a jedno volné tlačítko. Při návrhu bylo využito rozlité mědi (polygonu) jako společné země, jak na horní tak spodní straně tištěného spoje. Fotografie testovacího modulu jsou uvedeny v příloze C pod názvem fotodokumentace.

V poslední, 3 kapitole jsem se zabýval programovým vybavením pro mikroprocesor a

obslužnými programy pro PC.

Hlavním požadavkem na program mikroprocesoru bylo dekodování IR signálu a následné porovnání nebo uložení. Z důvodu zkonstruovat co nejuniverzálnější zařízení jsem se snažil vytvořit dekodovací program jak pro protokol RC-5 tak pro protokol NEC. Hlavní snahou bylo vytvoření programu, který sám rozpozná, jaký typ protokolu přijímá. Aniž by uživatel musel modul mechanicky přednastavovat. Celkový program je uveden na příloženém CD.

Při testování programu bylo dosaženo téměř bezchybného příjmu kódu protokolu RC-5, kde vysílaný kód se vždy shodoval se předem nahraným kódem a na jiná tlačítka nereagoval. Jedinou výjimkou je opětovné stisknutí tlačítka, kde se při vysílání mění hodnota Toggle bitu. Poté se hodnota kódu změní v jednom bitu a tedy kód se s uloženým v paměti už neshoduje.

Při příjmu kódu protokolu NEC dochází k častým chybám a porovnání kódů je velmi závislé na přesném nahrání kódu do paměti. Měřením na osciloskopu bylo zjištěno, že sekvence na rozpoznání typu protokolu funguje správně. Zavedení na začátek datové oblasti bylo také ověřeno bezchybnou funkcí. Problém může vznikat vlivem rušení nebo chybným dekodováním pulsně šířkové modulace protokolu NEC.

Náhodné chyby mohou vznikat vlivem rušení, které bylo znatelné při testování modulu. Rušení se projevuje náhodným příjmem jednoho bitu z okolního prostředí vlivem jiných optických nebo elektromagnetických zdrojů, jako jsou zářivková svítidla atd. Pokud by se tento náhodný impuls projevil při nahrávání kódu do paměti, docházelo by k chybám při následném používání.

Proto bych navrhoval používat toto zařízení pouze pro dálkové ovladače podporující protokol RC-5. Signalizace, porovnávání, mazání a komunikace mezi modulem a počítačem byla odzkoušena a pracuje spolehlivě.

Pro budoucí zlepšení kódu bych doporučil vytvořit univerzální přijímač dálkových ovladačů, který by se specializoval na jednotlivý typ protokolu RC-5 nebo NEC. Možností je také pokusit se dekodovat NEC protokol jinou metodou než sem použil já, například pomocí pulsně šířkové modulace.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] MYSLÍK, Vladimír a Jan ŘEHÁK. IrDa: kompletní popis. *HW* [online]. 1998 [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/irda-kompletni-popis.html>
- [2] ŠÁRA, Zdeněk a Jan ŘEHÁK. Normy: IR datový přenos. *HW* [online]. 1999 [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/normy-pro-ir-datovy-prenos.html>
- [3] ŠÁRA, Zdeněk a Jan ŘEHÁK. Teorie datového IR přenosu. *HW* [online]. 1998 [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/teorie-datoveho-ir-prenosu.html>
- [4] IrDa a Bluetooth. *Seminarky* [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.seminarky.cz/detaily-15281>
- [5] *GES* [online]. 1998 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <http://www.ges.cz/sheets/t/tsopxxx.pdf>
- [6] *Wikipedia* [online]. 2011 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/IrDA>
- [7] *Wikipedia* [online]. 2011 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Bezdr%C3%A1tov%C3%A1_komunikace
- [8] STANĚK, Ondřej. Analýza protokolu dálkového ovladače. *Ostan* [online]. 2009 [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: http://www.ostan.cz/IR_protocol_analyzer/analiza_protokolu_dalkoveho_ovladace_Ondrej_Stanek.pdf
- [9] *Kiwiki* [online]. 2010 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: http://www.kiwiki.info/mediawiki/index.php/Protokol_RC-5
- [10] RICHTR, Tomáš. IrDA. *Technologie pro mobilní komunikaci* [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/irda-protokoly.htm>
- [11] RICHTR, Tomáš. IrDA: Protokoly. *Technologie pro mobilní komunikaci* [online]. [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/bezdrat.htm>
- [12] Wiki. *Altium* [online]. 2008 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://wiki.altium.com/display/ADOH/Philips+RC5+Infrared+Transmission+Protocol>
- [13] Wiki. *Altium* [online]. 2008 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://wiki.altium.com/display/ADOH/NEC+Infrared+Transmission+Protocol>
- [14] Atmel. [online]. 2011 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc2486.pdf>
- [15] GES. [online]. 2011 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://www.ges.cz/sheets/t/tsop31xxx.pdf>
- [16] ŘEHÁK, Jan. HW. [online]. 2001 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: http://iramp.hw.cz/sw_start.html
- [17] ŘEHÁK, Jan. HW. [online]. 2001 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: http://iramp.hw.cz/sw_ginder.html
- [18] ŘEHÁK, Jan. HW. [online]. 2001 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/navrh-obvodu/software/ovladani-programu-pod-windows-pomoci-jineho-programu.html>
- [19] DHServis. *DHServis* [online]. [cit. 2012-06-01]. Dostupné z: <http://www.dhservis.cz/casovani.htm>

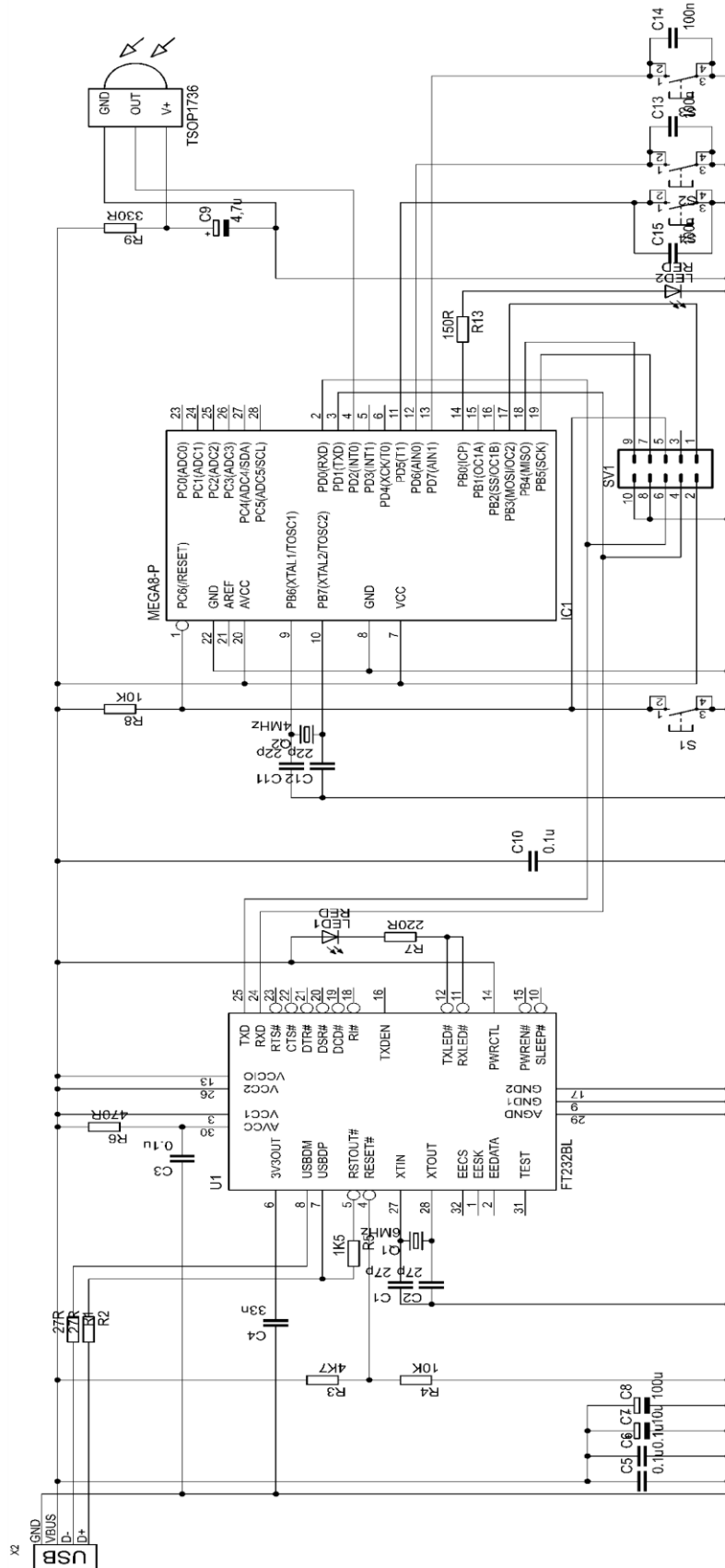
SEZNAM PŘÍLOH

A Návrh zařízení	2
A.1 Obvodové zapojení	2
A.2 Deska plošného spoje – top	3
A.3 Deska plošného spoje – bottom	3
A.4 Osazovací plán – top	3
A.5 Osazovací plán – botám	3
B Seznam součástek	4
C Fotodokumentace	5
C.1 Univerzální dálkové ovládání a testovací modul	5
C.2 Testovací modul	5

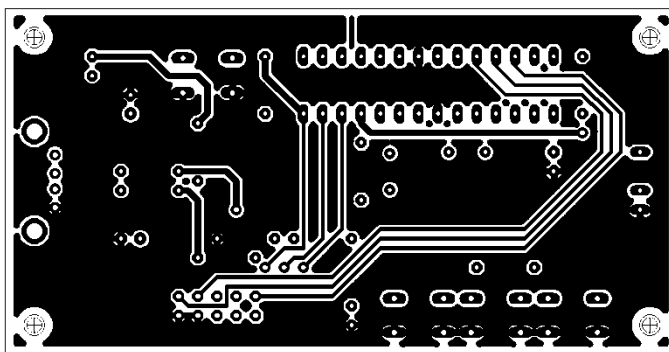
Přílohy

A Návrh zařízení

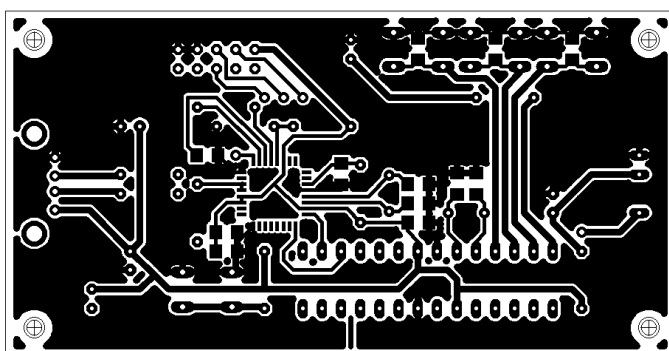
A.1 Obvodové zapojení



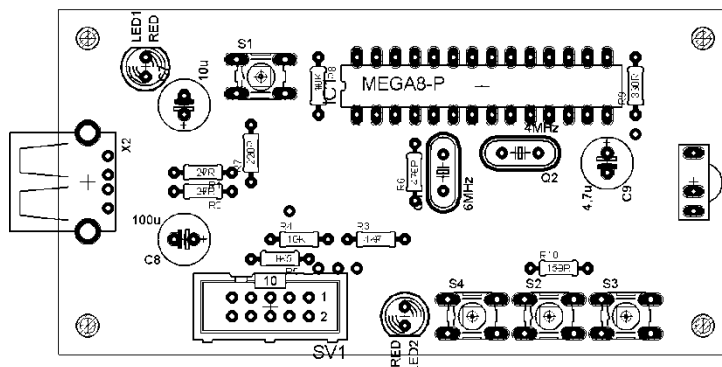
A.2 Deska plošného spoje – top



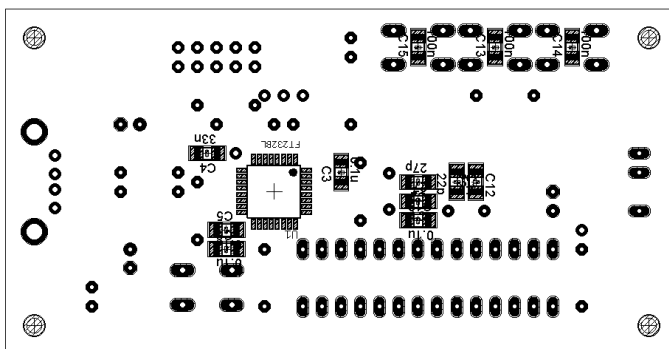
A.3 Deska plošného spoje – bottom



A.4 Osazovací plán – top



A.5 Osazovací plán – bottom

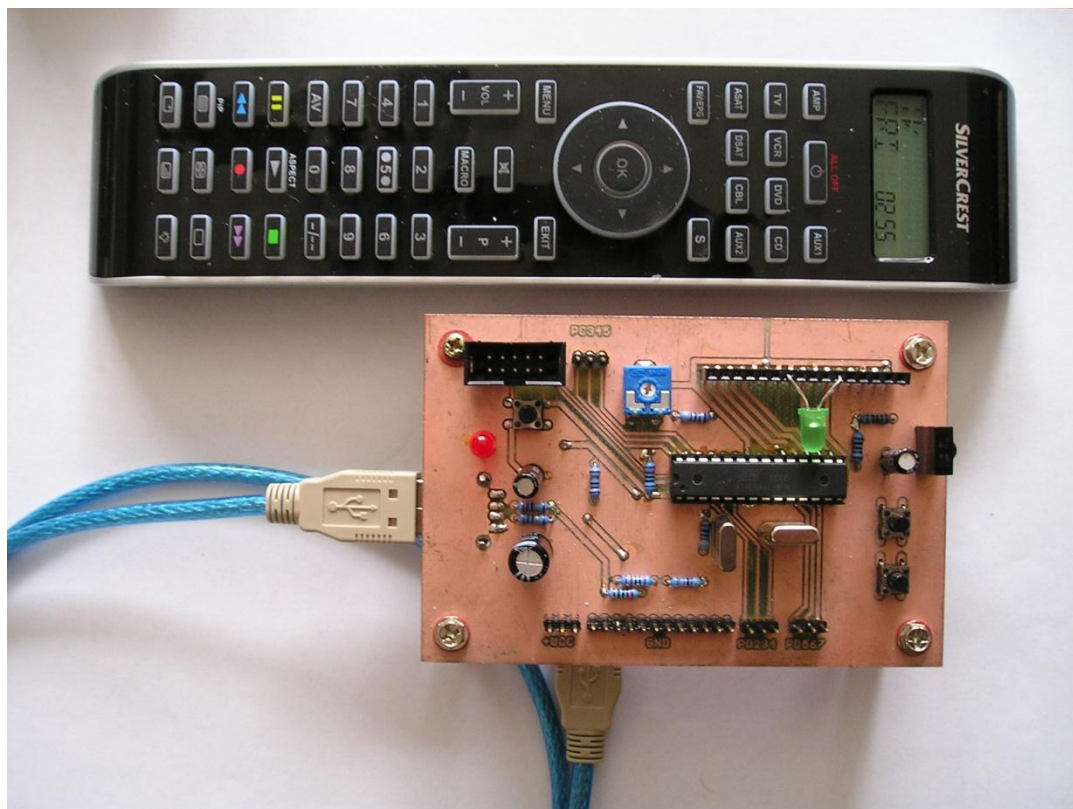


B Seznam součástek

Označení	Hodnota	Pouzdro
C1	27p	C1206
C2	27p	C1206
C3	0,1u	C1206
C4	33n	C1206
C5	0,1u	C1206
C6	0,1u	C1206
C7	10u	E2,5-7
C7	100u	E2,5-7
C8	4,7u	E2,5-7
C10	0,1u	C1206
C11	22p	C1206
C12	22p	C1206
C13	100n	C1206
C14	100n	C1206
C15	100n	C1206
IC1	MEGA8-P	DIL28-3
LED1	RED	LED5MM
LED2	RED	LED5MM
Q1	6MHz	HC49/S
Q2	4MHz	HC49/S
R1	27R	0204/7
R2	27R	0204/7
R3	4K7	0204/7
R4	10K	0204/7
R5	1K5	0204/7
R6	470R	0204/7
R7	220R	0204/7
R8	10K	0204/7
R9	330R	0204/7
R10	150R	0204/7
S1	-	B3F-10XX
S2	-	B3F-10XX
S3	-	B3F-10XX
S4	-	B3F-10XX
SV1	-	ML10
U\$1	TSOP1736	TSOP17XX
U1	FT232BL	LQFP32
X2	USB	USB-A-H

C Fotodokumentace

C.1 Univerzální dálkové ovládání a testovací modul



C.2 Testovací modul

