

UNIVERZITA PARDUBICE  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Ovládací modul s protokolem LANC  
Ota Kober

Bakalářská práce  
2013

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ota Kober**  
Osobní číslo: **I09027**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**  
Název tématu: **Ovládací modul s protokolem LANC**  
Zadávající katedra: **Katedra elektrotechniky**

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

Navrhněte HW a SW ovládacího zařízení (ovládací a vzdálený modul) pro fotoaparáty a videokamery pracující s protokolem LANC (Local Application Control bus system). Vedle protokolu LANC by zařízení mělo fungovat i jako opakovač kódu IR ovladačů. Modul by měl být schopen pracovat v teplotním rozsahu alespoň od -5 do +30 stupňů celsia. Vzdálenost mezi ovladačem a ovládaným zařízením může být až 20 metrů. Navrhněte zařízení tak, aby mělo co nejmenší odběr energie.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[www.boehmel.de/lanc.htm](http://www.boehmel.de/lanc.htm),

<http://www.nordicsemi.com>

[an0240-Zilog-IRremContrRefDesign.pdf](#), [www.zilog.com](http://www.zilog.com)

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Josef Marek, CSc.**

Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce:

**21. prosince 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**10. května 2013**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.  
děkan



L.S.



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. března 2013

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 15. 8. 2013

Ota Kober

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce, Ing. Josefu Markovi, CSc., za vstřícnost při řešení práce i přes jeho nepříjemné zdravotní komplikace. Dále celému pedagogickému sboru FEI za poskytnutí kvalitní výuky. V neposlední řadě také rodině a přítelkyni, za podporu při studiu.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce rozebírá řešení ovládacího modulu s protokolem LANC, fungujícího mimo jiné i jako opakovač IR kódu. Je zde nejprve rozebrán zmíněný LANC protokol, dále uveden princip fungování IR přenosu dat pro použití v dálkových ovladačích. Nakonec se práce zabývá konkrétním návrhem ovládacího modulu.

## **Klíčová slova**

LANC, IR, ovládací modul, IR opakovač

## **Title**

LANC protocol Control module

## **Annotation**

This bachelor thesis analyzes the solution of LANC protocol control module, which can be also used as a repeater of IR code. As the first is analyzed LANC protocol, further the thesis examines the basic functioning of IR data transfer for use in remote controls. Finally, the thesis deals with a design of control module.

## **Keywords**

LANC, IR, control module, IR repeater

## Obsah

<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>8</b>
<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>9</b>
<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>9</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>1 Protokol LANC</b> .....	<b>11</b>
1.1 Popis protokolu.....	11
1.2 Fyzická implementace .....	11
1.3 Význam rámců a příkazy.....	12
<b>2 IR přenos dat u dálkových ovladačů</b> .....	<b>13</b>
2.1 Princip přenosu dat .....	13
2.2 Používané modulace .....	13
2.2.1 Pulsně polohová modulace .....	13
2.2.2 Pulsně šířková modulace .....	14
2.2.3 Bi-phase modulace .....	14
2.2.4 NRZ-M modulace.....	14
2.3 IR protokoly.....	15
2.3.1 RC-5 protokol .....	15
2.3.2 NEC protokol.....	15
2.3.3 Sony SIRC protokol .....	16
<b>3 Rádiový přenos dat</b> .....	<b>18</b>
3.1.1 ASK modulace.....	18
3.1.2 FSK modulace .....	19
3.1.3 PSK modulace .....	19
<b>4 BBD zařízení</b> .....	<b>20</b>
<b>5 Nástin řešení ovládacího modulu</b> .....	<b>21</b>
5.1 Vysílač.....	21
5.2 Přijímač.....	22
5.3 Celková komunikace .....	22
<b>6 Řešení ovládacího modulu</b> .....	<b>24</b>
6.1 Napájení.....	24
6.2 Vzájemná komunikace .....	24

6.3	Přenos LANC příkazů .....	25
6.4	Přenos IR signálu.....	25
<b>7</b>	<b>Hardwarová implementace.....</b>	<b>27</b>
7.1	Vysílač.....	27
7.1.1	Volba hlavních součástí .....	27
7.1.2	Schéma .....	27
7.1.3	Deska plošných spojů.....	30
7.2	Přijímač.....	30
7.2.1	Volba součástí.....	30
7.2.2	Schéma .....	31
7.2.3	Deska plošných spojů.....	32
<b>8</b>	<b>Návrh softwaru .....</b>	<b>34</b>
8.1	Software vysílače.....	34
8.2	Software přijímače.....	36
<b>9</b>	<b>Návod na užívání .....</b>	<b>41</b>
9.1	Popis vysílače .....	41
9.2	Popis přijímače .....	42
9.3	Užívání modulu .....	42
9.3.1	Použití jako IR opakovač.....	42
9.3.2	Přenos LANC příkazů .....	43
9.3.3	Režim úspory energie .....	43
	<b>Závěr .....</b>	<b>44</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>45</b>
	<b>Příloha A – Zdrojový kód Attiny2313 na straně vysílače .....</b>	<b>46</b>
	<b>Příloha B – Zdrojový kód Attiny13 na straně vysílače .....</b>	<b>50</b>
	<b>Příloha C – Zdrojový kód Attiny2313 na straně přijímače.....</b>	<b>50</b>

## Seznam zkratek

ASK	Amplitude-Shift Keying
BBD	Bucket-Bridge Device
FSK	Frequency-Shift Keying
IR	Infra Red
LANC	Local Application Control Bus System
LED	Light-Emmitting Diode
LSB	Least Significant Bit
MSB	Most Significant Bit
NRZ-M	Non Return to Zero Mark
PSK	Phase-Shift Keying
UART	Universal Asynchronous Reciever Transmitter
USART	Universal Synchronous Asynchronous Reciever Transmitter

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – LANC telegram.....	11
Obrázek 2 – Průběh IR diody a IR detektoru .....	13
Obrázek 3 – Pulsně polohová modulace.....	14
Obrázek 4 – Pulsně šířková modulace.....	14
Obrázek 5 – Bi-phase modulace .....	14
Obrázek 6 – NRZ-M modulace .....	14
Obrázek 7 – Časový průběh RC-5 protokolu .....	15
Obrázek 8 – NEC, časový diagram logických stavů .....	15
Obrázek 9 – NEC, časový diagram rámce.....	16
Obrázek 10 – NEC, časový diagram opakujícího se rámce .....	16
Obrázek 11 – SIRC, časový diagram logických stavů .....	16
Obrázek 12 – SIRC, časový diagram rámce.....	17
Obrázek 13 – Rádiová ASK modulace.....	18
Obrázek 14 – Rádiová FSK modulace .....	19
Obrázek 15 – Rádiová PSK modulace .....	19
Obrázek 16 – Princip BBD.....	20
Obrázek 17 – Zjednodušené blokové schéma vysílače .....	22
Obrázek 18 – Zjednodušené blokové schéma přijímače .....	22
Obrázek 19 – Zjednodušené blokové schéma principu komunikace .....	23
Obrázek 20 – Schéma vysílače.....	29
Obrázek 21 – Deska plošných spojů vysílače .....	30
Obrázek 22 – Schéma přijímače.....	32
Obrázek 23 – Deska plošných spojů přijímače .....	33
Obrázek 24 – Vývojový diagram programu vysílače.....	36
Obrázek 25 – Vývojový diagram programu přijímače.....	38
Obrázek 26 – Vývojový diagram podprogramu pro LANC komunikaci.....	40
Obrázek 27 – Vysílač .....	41
Obrázek 28 – Přijímač .....	42

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Číselné hodnoty LANC rámců pro fotoaparát Sony DSC-R1.....	39
Tabulka 2 – Funkce tlačítek vysílače .....	43

## Úvod

Tato Bakalářská práce se zabývá konstrukcí ovládacího modulu s protokolem LANC. Tento ovládací modul je primárně určen na fotoaparáty a videokamery značky SONY, případně jiných značek využívajících LANC protokol. Dále zařízení funguje jako opakovač IR signálu, což se dá použít pro prodloužení dosahu téměř jakéhokoli dálkového IR ovladače<sup>1</sup>.

Daný modul není navrhnut pro sériovou výrobu, čemuž odpovídá daná konstrukce, a je zaměřen primárně na ovládání konkrétního fotoaparátu značky Sony, model DSC-R1.

Text této práce je rozdělen do několika kapitol, přičemž je nejprve rozebrán samotný popis protokolu LANC.

Dále je zde rozebrán způsob přenosu IR signálu v aplikacích dálkového ovládání přístrojů. Tyto aplikace jak bude dále zmíněno, používají mnoho různých protokolů pro přenos onoho IR signálu, přičemž zde budou rozebrány pouze některé nejdůležitější. Nejedná se o nijak složitou záležitost, nicméně různých protokolů existuje spousta.

V další části textu přichází na řadu popis návrhu řešení. Nejprve zde budou probrány možné cesty k řešení onoho modulu a následně bude popsáno konkrétní zvolené řešení, včetně hardwarové implementace a návrhu softwaru. Veškeré zdrojové kódy jsou uvedeny v příloze.

Po popsání řešení oné konstrukce modulu přichází na řadu stručný uživatelský návod.

---

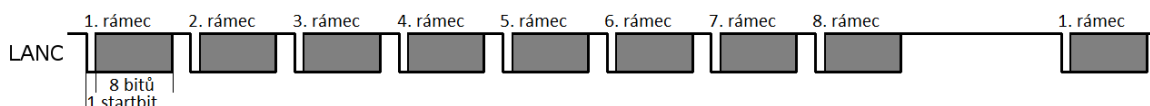
<sup>1</sup> Modul má jistá omezení, která budou vysvětlena v kapitole o hardwarové implementaci

# 1 Protokol LANC

## 1.1 Popis protokolu

LANC protokol je protokol vyvinutý firmou SONY pro ovládání fotoaparátů a videokamer. Principiálně se jedná o obousměrnou sériovou komunikaci po jednom vodiči s otevřeným kolektorem. Zařízení tedy mezi sebou mohou komunikovat vzájemně a například ovládaná videokamera nebo fotoaparát může posílat informace o stavu, ve kterém se momentálně nachází, a naopak zařízení sloužící pro ovládání dané videokamery či fotoaparátu, může posílat povely, které se mají vykonat.

Komunikace funguje tak, že ovládaný přístroj generuje rámeček tvořený jedním startbitem a osmi datovými bity, tento rámeček se vyskytuje v jednom komunikačním cyklu celkem osmkrát. Doba trvání jednoho bitu je  $104\mu\text{s}$ , což odpovídá komunikační rychlosti 9600Bd. Startbity jednotlivých rámečků, které tvoří celkem 9bitů, jsou od sebe vzdáleny  $1200\mu\text{s}$  až  $1400\mu\text{s}$ . A konečně vzdálenost mezi jednotlivými komunikačními cykly je 20ms pro PAL/625 a 16,6ms pro NTSC/525. Jelikož komunikační cyklus je tvořen více rámečky, jsou některé určeny pro přijímání povelů a jiné generuje ovládaný přístroj pro informaci o svém nynějším stavu. Jelikož se jedná o komunikaci s otevřeným kolektorem, je výchozí stav sběrnice, kdy se nevysílají žádné informace, reprezentován vysokou logickou úrovní. Ovládaný přístroj tedy v určitých časových intervalech při generaci startbitu stáhne sběrnici na nízkou logickou úroveň, na oněch  $104\mu\text{s}$ . Přičemž pokud se jedná o rámeček, kdy ovládaný přístroj přijímá nějaký povel, tak po dobu osmi bitů skenuje stav na sběrnici. Ve druhém případě, když se jedná o vysílání informací o svém stavu, tak sám ovládaný přístroj generuje osmi bitový kód a naopak zařízení sloužící pro ovládání má možnost přečíst dané informace (1).



Obrázek 1 – LANC telegram (1)

## 1.2 Fyzická implementace

Jak již bylo řečeno, komunikace probíhá po jednom datovém vodiči, nicméně pokud je na fotoaparátu nebo videokameře možnost komunikace přes LANC protokol, je na konkrétním typu konektoru kromě datového vodiče přítomen ještě napájecí a zemnicí vodič, přičemž ono napájení se může pohybovat v rozsahu 5V až 9V, což záleží na typu zařízení a jeho baterii.

Existuje ale více typů konektorů, přičemž na nějakých mohou být přítomny kromě těchto třech základních vodičů i jiné rozšiřující, které ovšem s LANC protokolem nemají přímou souvislost (1).

### 1.3 Význam rámců a příkazy

Jak již bylo řečeno, tak jeden celý komunikační cyklus se rozděluje do osmi rámců, přičemž každý rámeček má nějaký význam.

První rámeček slouží k identifikaci zařízení, které je ovládáno, tento rámeček generuje ovladač. Druhý rámeček již obsahuje samotný kód příkazu. Tento kód se ovšem liší podle toho, na jaké zařízení data posíláme. Jinými slovy reprezentace dat ve druhém rámečku je dána rámečkem prvním. Ve zbylých šesti rámečcích zařízení informuje o svém aktuálním stavu.

Pro danou aplikaci ovládacího modulu hrají význam tedy pouze první dva rámečky, sloužící k ovládní zařízení. Více informací i o ostatních rámečcích lze nalézt v (1). V uvedeném zdroji je i tabulka konkrétních číselných hodnot LANC povelů, bohužel bylo zjištěno, že pro fotoaparát Sony DSC-R1, pro který je daný modul primárně konstruován, funguje pouze jeden jediný příkaz ze zmíněné tabulky. Tímto příkazem je uvedení fotoaparátu do režimu snížené spotřeby, ostatní příkazy nesouhlasily a musely být experimentálně zjištěny.

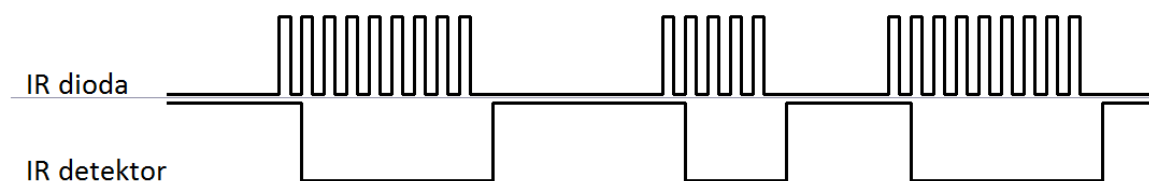
## 2 IR přenos dat u dálkových ovladačů

### 2.1 Princip přenosu dat

IR záření je záření elektromagnetického charakteru v tzv. infračerveném spektru. Do tohoto spektra patří záření s vlnovou délkou menší než mikrovlnné záření a naopak větší než je vlnová délka námi viditelného světla. Jedná se tedy o vlnové délky typicky zhruba okolo 950nm.

Při přenosu dat u dálkových ovladačů, sloužících například k ovládání televizorů, videorekordérů a podobně, se dá využít právě tohoto záření. Využití spočívá v použití LED diody, zářící právě v IR spektru, na straně ovladače, a dále vhodného detektoru IR záření, na straně koncového zařízení.

Principiálně bychom při takovém přenosu dat mohli považovat rozsvícenou diodu za jeden logický stav a nerozsvícenou diodu za logický stav druhý. Toto řešení by ovšem prakticky moc dobře nefungovalo, a to z důvodu rušení diody různými zdroji IR záření. Proto se diodou místo pouhého svícení bliká s určitou frekvencí, která bývá v rozsahu 30kHz až 56kHz. Přijímač potom vyhodnocuje obálku signálu namodulovaného na příslušnou frekvenci (2).



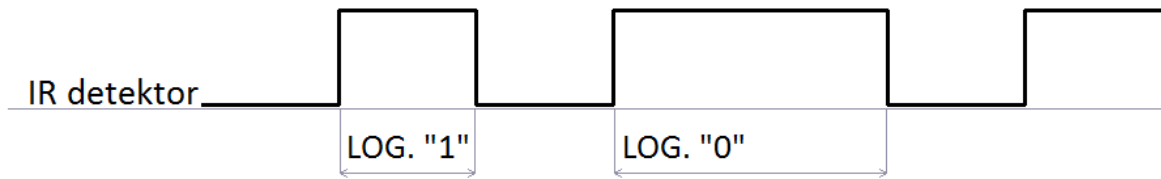
Obrázek 2 – Průběh IR diody a následný výstup z IR detektoru (2)

### 2.2 Používané modulace

Při přenosu IR dat lze pro reprezentaci jednotlivých bitů, to znamená pro rozlišení, zda bude daný bit 1 nebo 0, využít několika způsobů. Tím nejzákladnějším je pouhé sledování obálky blikající diody.

#### 2.2.1 Pulsně polohová modulace

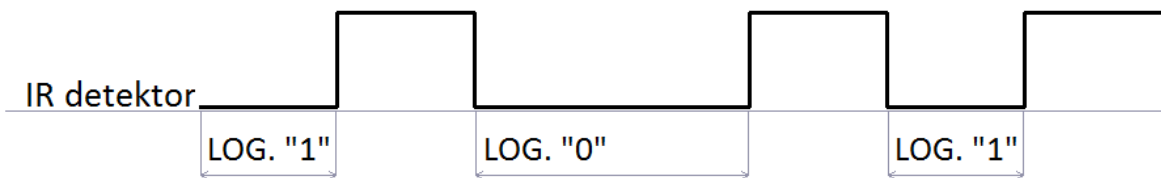
Šířka jednotlivých pulsů je stejná, liší se ovšem jejich vzájemná vzdálenost. Pokud je mezera mezi dvěma pulsy delší, jedná se jeden logický stav, v opačném případě, kdy je mezera menší, je vyjádřen druhý logický stav.



Obrázek 3 – Pulsně polohová modulace

### 2.2.2 Pulsně šířková modulace

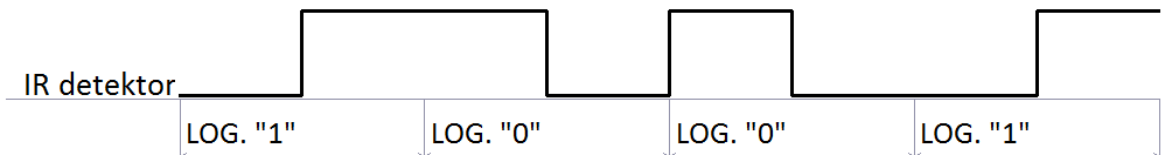
O jaký logický stav se zde bude jednat, rozhoduje šířka pulsu. Tato modulace je dá se říct invertovanou pulsně polohovou modulací, u které záleželo na mezeře mezi jednotlivými pulsy.



Obrázek 4 – Pulsně šířková modulace

### 2.2.3 Bi-phase modulace

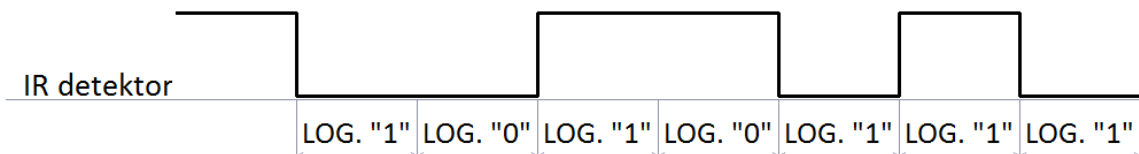
Princip této modulace spočívá v rozdělení signálu na určité časové úseky. V každém časovém úseku sledujeme, zda jde signál nejdříve z vysoké úrovně na nízkou, či naopak z nízké na vysokou, toto určuje danou reprezentaci bitů.



Obrázek 5 – Bi-phase modulace

### 2.2.4 NRZ-M modulace

Při výskytu vysoké logické úrovně signál změní svůj stav, při výskytu logické úrovně nízké signál nedělá nic.



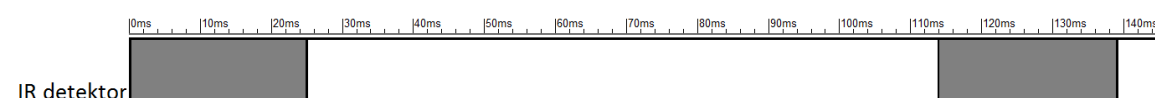
Obrázek 6 – NRZ-M modulace

## 2.3 IR protokoly

Protokolů pro přenos IR signálu existuje celá řada. Níže bude objasněno několik z nich.

### 2.3.1 RC-5 protokol

Tento protokol pochází od firmy Philips. Nosná frekvence IR záření je 36kHz a jednotlivé bity jsou zde reprezentovány pomocí Bi-phase modulace. Komunikace začíná přenosem dvou startbitů, za nimiž následuje tzv. toggle bit. Ten s každým odvysílaným rámcem mění svou hodnotu, čímž může přijímač rozpoznávat, zda byly některé rámce nedoručeny. Dalších pět adresových bitů slouží k rozlišení ovládaného zařízení a konečně posledních 6 datových bitů určuje požadovaný příkaz (2).

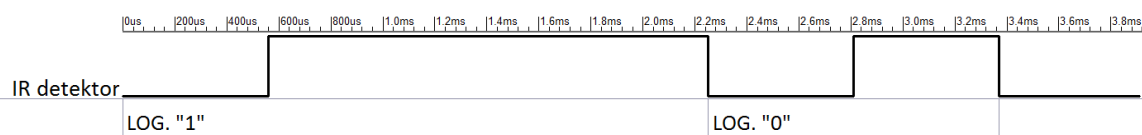


Obrázek 7 – Časový průběh RC-5 protokolu (2)

### 2.3.2 NEC protokol

Nosná frekvence u NEC protokolu je 38kHz. Protokol využívá pulsně polohovou modulaci, různé bity jsou proto jinak dlouhé, což by mohlo vést k proměnné délce vysílaného rámce, ovšem jak bude popsáno níže, rámce jsou stejně dlouhé. Obrázek níže (Obrázek 8) popisuje reprezentaci logických stavů, kdy vysoká logická úroveň signálu trvá 2,25ms, zatímco nízká logická úroveň 1,12ms. Jednotlivé pulsy trvají 560μs.

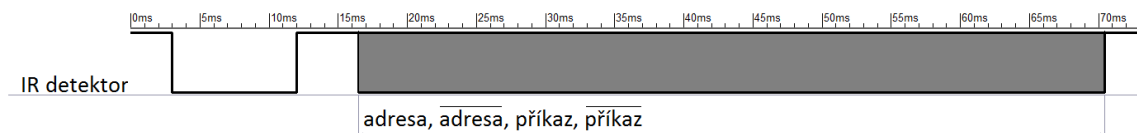
Při nosné frekvenci 38kHz, jejíž perioda činí zhruba 25,31μs, je zřejmé, že pokud délku pulsu podělíme onou periodou nosné, zjistíme, že se dioda rozsvítí a zhasne 21 krát. Doporučená střída nosné je 1:4 nebo 1:3, tímto opatřením se spoří energie, jelikož dioda svítí pouze krátkou dobu. Pokud máme vhodný detektor IR záření, na požadované nosné frekvenci, tak jde tohoto opatření se střídou signálu využít téměř všude. Jde pouze o to, aby detektor správně rozpoznal obálku signálu. Čili pokud budeme například u RC-5 protokolu, jehož nosná je 36kHz, blikat diodou na 36kHz se střídou 1:4, a použitý detektor správně rozpozná obálku, tak nebude problém.



Obrázek 8 – NEC, časový diagram logických stavů (2)

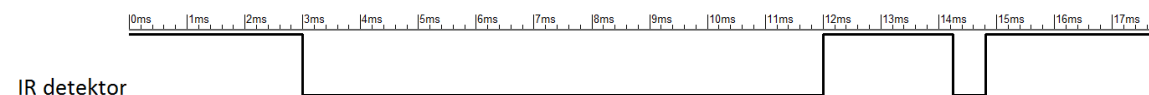
Protokol začíná svůj rámec 9ms dlouhým pulsem, tzv. AGC burst. Tento puls dříve sloužil k nastavení zesílení přijímače. Po tomto pulsu následuje 4,5ms dlouhá pauza, za níž se již přenáší adresa sloužící k rozpoznání zařízení. Dále se přenesou ještě jednou adresa, ale

tentokrát v invertované podobě. Následuje přenos samotného příkazu a po něm příkazu opět v invertované podobě. Adresa a příkaz se tedy v jednom rámci přenesou dvakrát a to z důvodu vyšší spolehlivosti přenosu. Toto opatření má ještě jeden důsledek a to ten, že je jím zajištěna stejná délka rámce pro jakýkoli příkaz, celý rámec zobrazuje Obrázek 9 (2).



**Obrázek 9 – NEC, časový diagram rámce (2)**

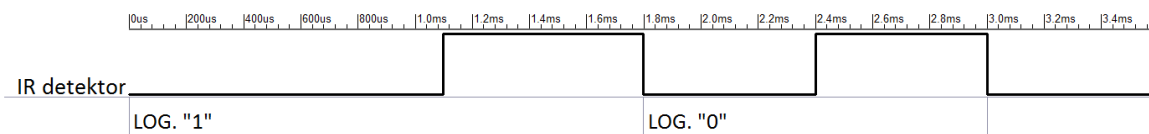
Při stisku tlačítka na dálkovém ovládní a jeho přidržení po delší dobu se onen rámec s adresou zařízení a určitým příkazem přenesou pouze jednou, po té se již každých 110ms opakuje kód znázorněný na obrázku níže (Obrázek 10), který se skládá z 9ms dlouhého AGC pulsu, 2,25ms dlouhé pauzy a pulsu dlouhého 560 $\mu$ s.



**Obrázek 10 – NEC, časový diagram opakujícího se rámce (2)**

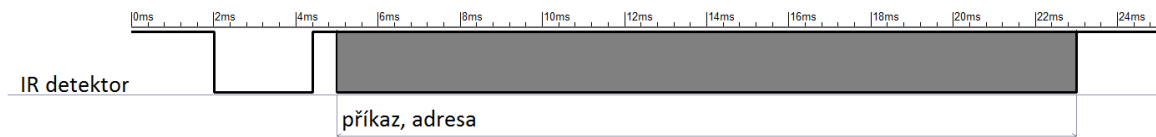
### 2.3.3 Sony SIRC protokol

Tento protokol využívá nosné frekvence 40kHz a pulsně šířkovou modulaci. Délka logické „1“ je 1,8ms a logické „0“ 1,2ms. Existují celkem tři verze tohoto protokolu a to 12ti-bitová, 15ti-bitová a 20ti-bitová. Dále bude popsána 12ti-bitová verze tohoto protokolu.



**Obrázek 11 – SIRC, časový diagram logických stavů (2)**

Přenos dat začíná vždy 2,4ms dlouhým startovacím pulsem, po němž následuje 0,6ms dlouhá pauza. Za touto pauzou následuje přenos 7mi bitů, které určují požadovaný příkaz, a nakonec je vysláno 5 bitů pro identifikaci zařízení. Z výše popsané reprezentace logických stavů vyplývá, že protokol má proměnnou délku rámce. Na obrázku níže (Obrázek 12) je znázorněna průměrná délka rámce, při stejném výskytu logických „0“ a logických „1“ (2).



**Obrázek 12 – SIRC, časový diagram rámce (2)**

### 3 Rádiový přenos dat

Výše byl popsán přenos dat pomocí IR záření. Tento způsob přenosu lze použít pouze na relativně krátké vzdálenosti v řádech desítek metrů a pouze za předpokladu, že mezi vysílačem a přijímačem nejsou žádné větší překážky, zabraňující průchodu onoho IR záření.

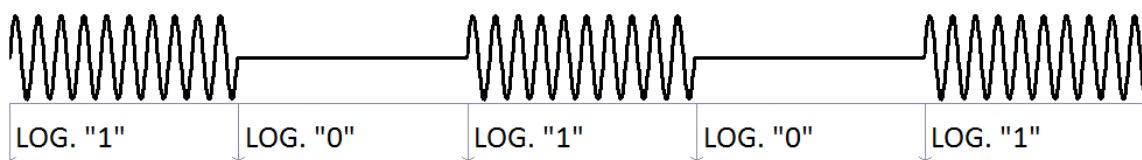
Přenos dat pomocí rádiových vln nevyžaduje přímou viditelnost mezi vysílačem a přijímačem, nicméně šíření elektromagnetických vln je i tak samozřejmě závislé na překážkách stojících v cestě, ale přenos dat je v tomto případě účinnější.

Pokud chceme rádiovou cestou přenést obecně nějaké informace, většinou se využívá nosných harmonických kmitočtů, do kterých nějakým způsobem zakódujeme požadovanou zprávu. U harmonických kmitočtů můžeme měnit celkem tři parametry, jimiž jsou amplituda, frekvence a fáze. To znamená, že při modulaci zdrojového signálu se snažíme jím ovlivňovat právě některý z těchto tří parametrů, v některém případně i více parametrů současně<sup>2</sup>.

Druhy modulací lze z určitého pohledu rozdělit do dvou základních skupin, a to jsou modulace analogové a digitální. Analogové modulace známe například z FM rádií, kdy je zvuková stopa frekvenčně namodulována na nosné harmonické průběhy. Digitální modulace spočívá v modulaci jednotlivých bitů informace a v praxi se používá řada způsobů jak tyto bity namodulovat, z nichž některé jsou jednoduché a jiné o poznání složitější, kombinující více způsobů ovlivňování harmonické nosné vlny. Mezi ty složitější patří například 64-QAM modulace používaná v technologii Wi-Fi. Dále bude stručně popsáno pouze pár základních jednoduchých modulací, jejichž použití je vhodné pro navrhovanou aplikaci ovládacího modulu.

#### 3.1.1 ASK modulace

Tato modulace je digitální obdobou modulace amplitudové. Během výskytu logické „1“ je na výstupu harmonický nosný kmitočet a během logické „0“ je na výstupu nulový signál. Nevýhodou této modulace je poměrně velká citlivost na rušení, jelikož amplituda daného signálu lze ovlivnit dá se říci nejsnáze. Mezi výhodou například oproti FSK modulaci patří vyšší možná přenosová rychlost ve stejném pásmu.

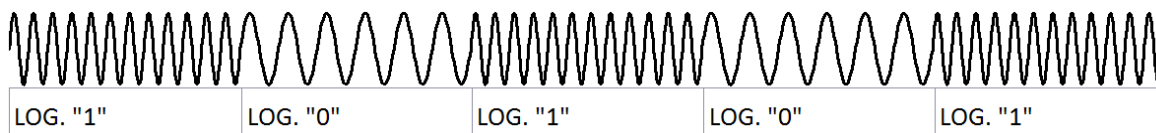


Obrázek 13 – Rádiová ASK modulace

<sup>2</sup> Například 16-QAM digitální modulace, kdy měníme jak amplitudu, tak fázi harmonického nosného signálu.

### 3.1.2 FSK modulace

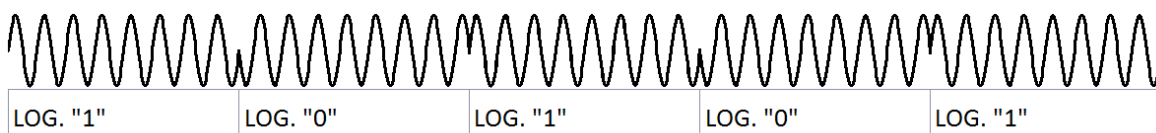
FSK modulace je opět odvozena od jedné základní analogové modulace a to frekvenční. Během logické „1“ je na výstupu modulace jedna frekvence a během logické „0“ je na výstupu frekvence jiná. Tato modulace se vyznačuje větší odolností proti rušení než modulace ASK a nižší možnou přenosovou rychlostí.



Obrázek 14 – Rádiová FSK modulace

### 3.1.3 PSK modulace

Posledním popsaným typem ze základních digitálních modulací je modulace fázová, čili změny logických stavů se projevují změnou fáze.



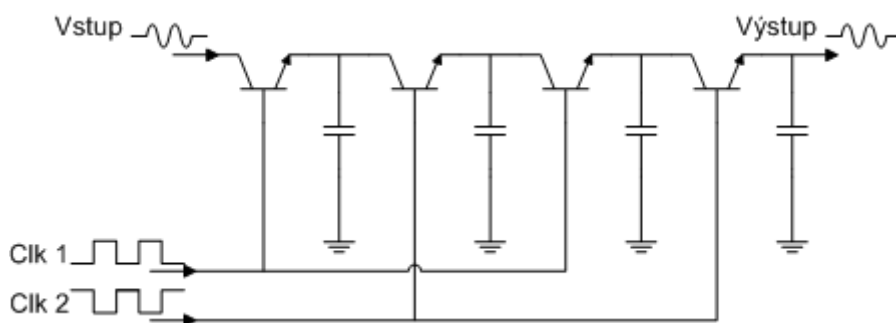
Obrázek 15 – Rádiová PSK modulace

## 4 BBD zařízení

Toto zařízení je tzv. analogová zpožďovací linka, jeho podstata tedy tkví ve zpoždění analogového signálu. Nejčastěji se tento typ zařízení používá u různých zvukových efektů, například pro elektrofonickou kytaru. Je zde zmiňováno z důvodu pozdějšího využití v obvodu.

Princip spočívá v postupném předávání náboje, čímž vzniká požadované zpoždění. Jak je vidět na obrázku níže (Obrázek 16), zapojení spočívá v paralelním spojení kondenzátorů oddělených od sebe tranzistory, sloužícími jako spínače, kdy liché tranzistory jsou spínány jedním hodinovým signálem, zatímco sudé tranzistory spíná signál invertovaný oproti prvnímu. Čím je v zařízení spojeno více kondenzátorů, tím větší zpoždění vzniká. Velikost zpoždění je také závislá na kmitočtu spínání tranzistorů, kdy čím vyšší je kmitočet, tím menší vzniká zpoždění, ale zároveň obvod méně zkresluje. Výhodné je tedy zřejmě použít obvod s více paralelně spojenými kondenzátory a použít vyššího taktovacího kmitočtu, než naopak mít kondenzátorů méně a kompenzovat to pomalejším spínáním, které má za důsledek větší zkreslení (3).

V ideálním případě by se při prvním cyklu přeneslo vstupní napětí na první úroveň (znázorněnou kondenzátorem na Obrázek 16), při druhém cyklu by se napětí z první úrovně přeneslo celé na úroveň druhou a při třetím cyklu by se opět celé vstupní napětí přeneslo na první úroveň a zároveň napětí z druhé úrovně na úroveň třetí. Při realizaci hodinových signálů by bylo nutné brát v potaz známý vzorkovací teorém. Tento popsany způsob ovšem díky použití kondenzátorů nemůže fungovat, jelikož již při druhém cyklu, se na druhý kondenzátor nepřenese celé napětí z kondenzátoru prvního, ale za předpokladu použití stejných hodnot kapacit kondenzátorů, bude na obou kondenzátorech pouze jejich aritmetický průměr hodnot napětí. První kondenzátor se ovšem na hodnotu vstupního napětí nabije vždy. Pro přenesení vstupního napětí i na další kondenzátory je tedy nutné proběhnutí vícera hodinových impulsů, než se na nich víceméně ustálí ona hodnota napětí a po tuto dobu by se hodnota vstupního napětí neměla měnit. Je tedy zřejmé, že čím vyšší frekvenci použijeme pro spínání tranzistorů, tím dříve se v daných kondenzátorech ustálí požadovaná hodnota napětí. Při návrhu frekvence hodinových signálů je zde tedy nutné brát v potaz nejen vzorkovací teorém ale navíc počítat i s ustálením napětí na kondenzátorech.



Obrázek 16 – Princip BBD (3)

## 5 Nástin řešení ovládacího modulu

Dle daného zadání je zapotřebí zkonstruovat zařízení, které bude ovládat daný fotoaparát pomocí LANC protokolu a také bude sloužit jako opakovač IR signálu, toto vše musí fungovat na určitou vzdálenost. Z toho vyplývá, že jde o to přenést nějakou informaci k fotoaparátu, případně k nějakému IR detektoru. K přenosu informace na určitou vzdálenost existuje řada prostředků.

Lze použít například již výše popsané IR záření. Tento prostředek by byl vhodný například pro ovládání fotoaparátů LANC protokolem, ale již méně vhodný, pokud potřebujeme dané zařízení použít také jako IR opakovač. Jednak tedy také dosah IR záření by nemusel být dostačující, navíc by se mohl vyskytnout problém při opakování IR signálu přijatého detektorem na straně modulu a následně opět vyzářeného, kdy by detektor, pokud by nebyl dostatečně odstíněný od vysílací diody modulu, přijímal také tato data a pravděpodobně by mohla vzniknout kladná zpětná vazba. Tato možnost řešení přenosu dat byla tedy zavrhnuta.

Dále by šlo pro přenos použít pouze nějaké metalické vedení, přičemž na jeho konci by teoreticky stačilo mít LANC konektor a vysílací diodu pro IR opakovač. Tento způsob by byl nejspíše nejjednodušší, nicméně by bylo složité tahat ono vedení ke kameře a celková manipulace by uživatele obtěžovala.

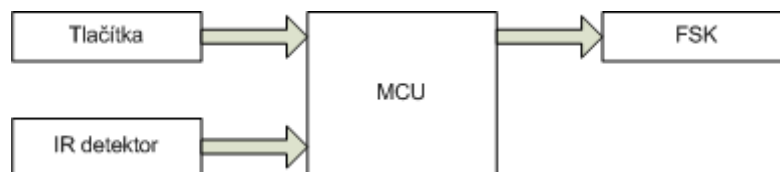
Pro dálkový přenos informace pro tuto aplikaci je zřejmě nejideálnější použít princip rádiového přenosu dat. Z toho plyne, že jsou zapotřebí dva obvody, a to vysílací na straně uživatele a přijímací na straně řízeného fotoaparátu.

### 5.1 Vysílač

Mezi částí, které musí vysílací obvod obsahovat, patří samozřejmě nějaký rádiový obvod, pro komunikaci s přijímačem. Tento obvod musí na jedné straně obsahovat vstup/výstup dat, která chceme přenášet, a na druhé straně anténu, která vysílá/přijímá informace, namodulované nějakým způsobem.

Další částí nutnou pro vysílač je část vstupu informací, které se mají vykonat na straně přijímače. Tato část bude zřejmě obsahovat nějaké uživatelské rozhraní, nejčastěji v podobě tlačítek či přepínačů a podobně. Dalším vstupem informace bude v tomto případě i vstup IR dat, která potřebují být přenesena.

Celý vysílač potřebuje mít samozřejmě nějaký řídicí prvek, který bude zajišťovat součinnost a celkový chod vysílače. Tímto řídicím prvkem bude nejspíše nějaký mikroprocesor.



Obrázek 17 – Zjednodušené blokové schéma vysílače

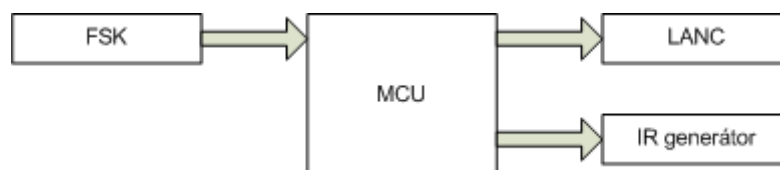
## 5.2 Přijímač

Přijímač se podobně jako, vysílač skládá z větších principiálních logických celků.

Pro komunikaci s vysílačem je zde potřeba opět začlenit nějaký komunikační rádiový obvod.

Dále se zde nachází část pro výkon požadovaných funkcí ovládacího modulu. Tato část tedy musí zřejmě obsahovat jakési rozhraní, které bude možné připojit na sběrnici LANC a provádět na ní požadované příkazy. Dále pro funkci IR opakovače musí výkonná část zřejmě obsahovat nějakou IR diodu pro vysílání IR dat.

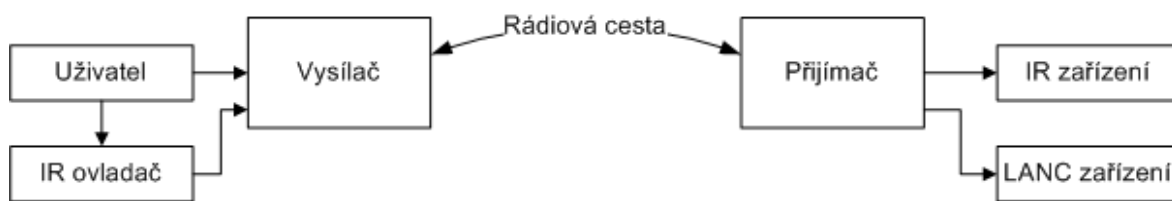
Samozřejmě i přijímač bude obsahovat řídicí prvek, tedy pravděpodobně nějaký mikroprocesor.



Obrázek 18 – Zjednodušené blokové schéma přijímače

## 5.3 Celková komunikace

Výše byl popsán principiální způsob řešení ovládacího modulu, při daných požadavcích a za předpokladu rádiového přenosu informace. Na obrázku níže (Obrázek 19) je znázorněno schéma celkové komunikace. Daná komunikace pomocí rádiových vln je možná buď jednosměrně, kdy vysílač pouze vysílá informace, ale nepřijímá od přijímače žádnou zpětnou vazbu například o jeho stavu, či stavu fotoaparátu, nebo obousměrně, kdy si mezi sebou dané rádiové moduly mohou vyměňovat informace vzájemně. Obousměrnou komunikací může být například získáno potvrzení přijímače o provedené akci, čili uživatel je schopen přesně zjistit, co se s přijímačem děje. Naopak u jednosměrné komunikace uživatel nemá možnost jak zjistit, jestli vše proběhlo v pořádku a byl proveden požadovaný příkaz, vyjma toho, že tedy bude sledovat na dálku fotoaparát, či jiný přístroj, zda se s ním něco děje.



Obrázek 19 – Zjednodušené blokové schéma principu komunikace

## 6 Řešení ovládacího modulu

V předchozí kapitole byly probrány některé teoretické možnosti řešení některých věcí ohledně požadovaného modulu. Dále se podíváme na konkrétní návrh ovládacího modulu.

### 6.1 Napájení

Pro napájení vysílače bylo zvoleno napájení 3V, které lze snadno realizovat pomocí dvou tužkových baterií.

Napájení přijímače lze vzhledem k dostupnosti napájecího napětí na LANC konektoru fotoaparátů čerpat odtud. Nicméně nakonec bylo zvoleno také napájení pomocí dvou tužkových baterií a to z několika důvodů. Jeden důvod je takový, že při přechodu fotoaparátu<sup>3</sup> do režimu spánku, zmizí napájecí napětí na LANC konektoru a komunikace na sběrnici mimochodem zároveň ustane. Pokud by toto nastalo, přijímač by přišel o napájení a nebyl by schopný dalších funkcí, především probuzení fotoaparátu z režimu spánku. Dalším důvodem pro volbu vlastního napájení je fakt, že přijímač slouží jako IR opakovač pro široké spektrum různých přístrojů, ze kterých není možnost čerpat napájení.

Pro napájení jak vysílače, tak přijímače bylo tedy zvoleno napětí 3V, dostupné ve formě tužkových baterií. Tomuto faktu se proto musí přizpůsobit použité součástky, které musí pracovat právě při tomto napětí.

### 6.2 Vzájemná komunikace

Již bylo řečeno, rádiová komunikace může být buď jednosměrná, nebo může probíhat oběma směry. V této aplikaci byla zvolena komunikace mezi vysílačem a přijímačem jednosměrná, a to z důvodu větší jednoduchosti. Pro danou úlohu ovládnutí fotoaparátu by bylo zbytečné využívat komunikaci obousměrnou.

Co se týče implementace obvodu pro rádiový přenos, na trhu jsou k dostání již hotové rádiové moduly. Pro danou aplikaci byla vybrána dvojice modulů na principu FSK modulace, jejíž princip byl popsán výše. Daný princip modulace byl vybrán díky vyšší odolnosti proti rušení, oproti ASK modulaci. Vysílací modul obsahuje přímo vodič pro vstup dat, která vyše přijímači. Ten obsahuje také datový vodič, ze kterého lze data přímo získat. Znamená to tedy, že přesně ta data, která jsou na vstupním datovém vodiči vysílače, jsou i na výstupním datovém vodiči přijímače, ovšem s určitou prodlevou danou nutným modulováním a demodulováním dat. Tyto moduly tedy velmi zjednodušují danou komunikaci, jelikož již není třeba se zajímat o přenos daných dat.

Data jsou generována na straně vysílače sériovou linkou USART, která je integrována přímo v mikroprocesoru. V přijímači jsou stejným způsobem data z FSK modulu získávána, jelikož je datový vodič přímo připojen na vstup USART mikroprocesoru.

---

<sup>3</sup> Jedná se o model Sony DSC-R1.

### 6.3 Přenos LANC příkazů

Jako zdroj informace o tom, který příkaz se má fotoaparátem vykonat, slouží tlačítka na obvodu vysílače. Modul je vyřešen tím způsobem, že pomocí FSK modulu se přenáší pouze informace o tom, jaké tlačítko bylo stisknuto, a teprve přijímač generuje dle požadavku potřebný kód, který je určitým způsobem vyslán na LANC sběrnici. Z toho vyplývá, že pokud je třeba změnit význam nějakého tlačítka, aby plnilo požadovanou funkci, musí se přeprogramovat obvod přijímače, vysílač vysílá stále ty samé informace pouze o tom, jaké tlačítko bylo stisknuto. Řešení komunikace s fotoaparátem pomocí LANC bude probráno dále v kapitole Hardwarová implementace a v kapitole Návrh softwaru.

### 6.4 Přenos IR signálu

Jak bylo popsáno výše, pro přenos IR dat se používá široké spektrum modulačních frekvencí a navíc mnoho různých reprezentací logické „1“ a „0“, tyto parametry jsou dány použitými přenosovými protokoly<sup>4</sup>.

Prvním krokem pro získání IR signálu pro další zpracování, je použití vhodného detektoru. Na trhu existuje řada různých obvodů, které jsou schopny získat obálku signálu namodulovaného danou frekvencí<sup>5</sup>. Z daných obvodů byl nejdříve vybrán obvod TSOP31236 fungující při požadovaném napájecím napětí 3V a pracující s modulační frekvencí 36kHz, nicméně bylo zjištěno, že bez problému vytvoří obálku i pro frekvenci 40kHz.

Co se týče samotného přenosu daných IR dat, nastává zde právě problém s mnoha interpretacemi logických stavů, které jsou závislé na daných protokolech. Jedním možným přístupem k řešení je IR data přímo dekódovat, což by bylo možné pro jeden určitý typ dané reprezentace stavů, přijímači dále zasílat dekódovanou zprávu sériovou linkou, přičemž by přijímač musel daná data opět zakódovat a odvysílat. Čili by ovládací modul fungoval pouze pro protokoly využívající jeden typ předem určené reprezentace stavů.

Pro širší záběr možnosti použití byla zvolena jiná cesta, a to ta, že obálka, snímaná IR detektorem, je přímo přivedena na vstup dat FSK modulu. Není zde tedy žádné dekódování IR obálky, která může být jakákoli. Toto řešení s sebou přináší však určité problémy.

Přijímač potřebuje v okamžiku příjmu IR dat vědět, že se jedná právě o tyto data a dle toho uzpůsobit svou funkci, aby mohl sloužit jako IR generátor. Způsob jak toto zařídit, může být ten, že se na přijímači a vysílači zavede přepínač, kterým bude uživatel předem určovat, jak daný modul hodlá použít. Tento způsob řešení ovšem díky použitým FSK modulům nebude realizován a to z toho důvodu, že vybrané modely FSK modulů<sup>6</sup> přenášejí data až od určité minimální frekvence. V případě, kdy se vstup dat nijak nemění,

<sup>4</sup> Například RC-5, NEC a podobně.

<sup>5</sup> Například obvody řady TSOP17XX.

<sup>6</sup> Jedná se o modely HM-T433 a HM-R433, které budou zmíněny v kapitole Hardwarová implementace.

na výstupu dat z přijímacího FSK modulu byl zjištěn náhodný sled logických „1“ a „0“. Toto je výrazné omezení, kterému musel být uzpůsoben celkový návrh ovládacího modulu. Pokud by tedy IR detektor na vysílači nedetekoval žádná IR data, přijímač by přesto začal generovat náhodným způsobem IR signál, což je nežádoucí mimo ostatní aspekty, hlavně z důvodu energetické náročnosti, kdy by dioda neustále nějakým náhodným způsobem blikala.

Pro správný chod ovládacího modulu je tedy nutné při použití daných FSK modulů neustále přenášet nějaká data. Tyto data generuje mikroprocesor na straně vysílače. Při detekci IR signálu vysílačem, mikroprocesor přestane s generací daných dat a nechá po určitou dobu prostor IR signálu na přenesení. Tímto způsobem by ovšem nebylo vyřešeno neustále blikání diodou na straně přijímače, jelikož by oba obvody museli již předem být nastaveny pro mód IR přenosu. Nejlepší řešení by tedy bylo, aby se nemusel přepínač nastavovat předem žádný mód, ale aby přijímač sám rozpoznal, o jaká data se jedná a dle toho se zařídil. Jde tedy o to ještě před přenosem IR dat poslat přijímači zprávu, jaká data má čekat, aby v případě přenosu oněch IR dat byl schopen se přepnout do režimu, ve kterém bude daná data modulovat na nosnou frekvenci IR vysílání.

Celý přenos IR dat tedy funguje tak, že IR detektor čeká na příjem signálu. Při příjmu IR signálu je výstup z IR detektoru přiveden na pin mikroprocesoru, který rozpozná změnu stavu a okamžitě vyšle po sériové lince patřičný kód, podle kterého přijímač pozná, že se jedná o přenos IR dat. Aby se stihl provést daný přenos sériovou linkou ještě před přenosem daných IR dat, je výstup z IR detektoru přiveden na analogovou zpoždovací linku, která zajistí potřebné zpoždění signálu, a na vstup dat FSK modulu je přiveden až zpožděný signál.

Ve výsledku tedy nezáleží na použité reprezentaci IR dat, jelikož nejsou vůbec dekódována. Pro zajištění správného chodu musí být ovšem data modulována frekvencí 36kHz, pro kterou je uzpůsoben použitý detektor a s toutéž frekvencí jsou i data generována diodou na straně přijímače. Jak bylo ale měřením zjištěno, detektory jsou schopny pojmout i ostatní blízké kmitočty, čili zařízení bude pravděpodobně fungovat i při nich, ovšem zaručeno to není.

Mimo parametry popsané výše při přenosu ještě záleží, s jakou vlnovou délkou pracuje dioda a použitý IR detektor, většinou se jedná o délky blízké 940nm, proto vysílací dioda na straně přijímače bude pracovat na stejné vlnové délce. Nicméně detektory jsou většinou schopné pojmout relativně široký záběr vlnových délek, a tak by měl opakovač fungovat, i pokud budeme opakovat signál původně vyslaný diodou o jiné vlnové délce.

## 7 Hardwarová implementace

V této kapitole bude probráno konkrétní zapojení vysílače a přijímače a probrána jejich funkce.

### 7.1 Vysílač

#### 7.1.1 Volba hlavních součástek

Jak již bylo řečeno, pro vzájemnou komunikaci na straně přijímače byl vybrán FSK modul HM-T433. Tento modul pracuje na nosné frekvenci 433MHz a může se napájet požadovaným napětím 3V, z tohoto důvodu byl vybrán. Modul má dva napájecí vývody, jeden vývod pro vstup dat a dále výstup pro připojení antény (4).

Pro řízení jak vysílače, tak přijímače byl vybrán mikroprocesor Atmel Attiny2313. Důvodem pro tuto volbu byl fakt, že byl hledán co nejjednodušší mikroprocesor, díky jednoduchosti aplikace, ale zároveň takový, který obsahuje USART pro snadnou vzájemnou komunikaci. Navíc bylo samozřejmě nutné fungování při onom napájecím napětí 3V. Tento mikroprocesor splňuje dané požadavky a je relativně levný.

Jako IR detektor obálky byl zvolen obvod TSOP31236 opět splňující dané požadavky týkající se hlavně napájecího napětí.

Volba analogové zpožďovací linky padla na obvod MN3304, který obsahuje 512 paralelně zapojených kondenzátorů, poskytujících při přijatelném zkreslení dostatečné zpoždění. Navíc tento obvod pracuje při požadovaném napájecím napětí, alespoň dle dostupných informací. Bohužel v České republice není tento, ani podobný obvod k sehnání. Po delším prozkoumávání internetových serverů nabízejících elektronické součástky, se podařilo sehnat pouze obvod MN3204, který se od požadovaného obvodu liší v tom, že je určen na napájecí napětí od 5V do 6V. Nicméně při zkoušení tohoto obvodu bylo zjištěno, že minimálně pro tuto aplikaci splňuje svůj účel i při daném napájecím napětí 3V a tak ho lze použít bez problémů (5).

#### 7.1.2 Schéma

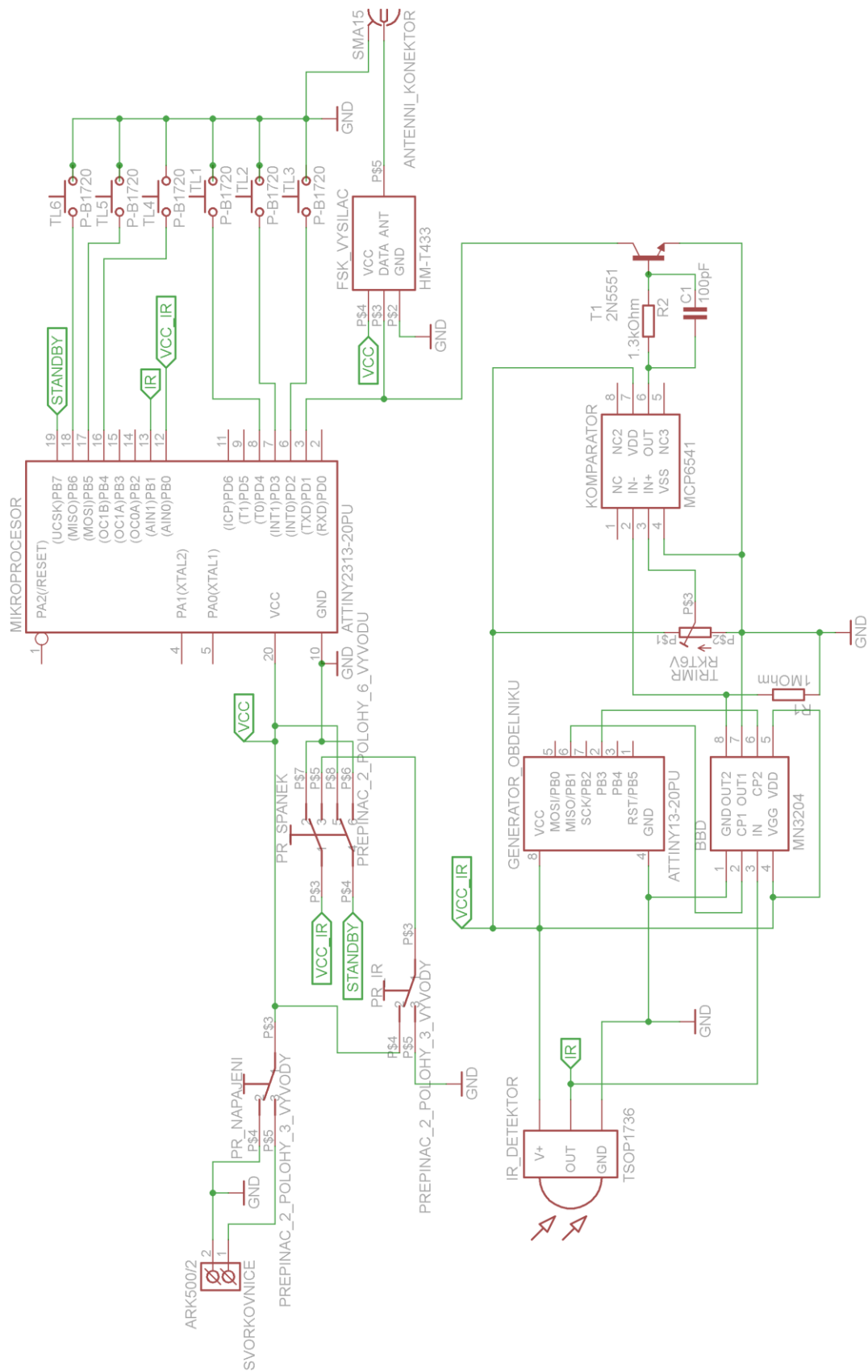
Na obrázku níže (Obrázek 20) je znázorněno celé schéma zapojení vysílače. Napájecí napětí je zde přivedeno formou svorkovnice, do které je přivedeno napětí z baterií. Za touto svorkovnicí se nachází přepínač PR\_NAPAJENI sloužící k celkovému vypnutí či zapnutí vysílače. PR\_IR slouží k vypnutí či zapnutí obvodů sloužících pro přenos IR signálu. Pokud tedy chceme ovládací modul použít pro ovládání fotoaparátu pomocí LANC, je vhodné tento přepínač vypnout, což vede k úspoře energie, jelikož neběží zbytečně nepotřebné obvody. PR\_SPANEK slouží pro ovládání režimu spánku daného ovládacího modulu. Tento přepínač při přepnutí do onoho režimu spánku přivede na pin mikroprocesoru logickou „0“, čímž mikroprocesor zjistí, že se má přepnout do režimu spánku, ale ještě před tímto úkonem pošle sériovou linkou přijímači zprávu o tom, aby se

také uvedl do režimu spánku. Onen PR\_SPANEK slouží zároveň pro odpojení IR obvodů, které se momentálně nebudou využívat, aby zbytečně neodebíraly energii.

Část na schématu dole je určena pro zpracování detekovaného IR signálu. Daný signál je nejdříve detekován obvodem TSOP31236, jehož datový výstup je přiveden na pin mikroprocesoru a zároveň na vstup analogové zpožďovací linky MN3204. Výstup z této linky je zapotřebí upravit komparátorem, reprezentovaným obvodem MCP6541. Komparátor je zapojen jako invertující, a to z důvodu, že jeho výstup je dále přiveden na tranzistor NPN, který datovou sběrnici buď stahuje do logické „0“, nebo nechává být. Paralelně k bázovému odporu je navíc připojen kondenzátor, pro zajištění rychlejšího spínání, nicméně tento kondenzátor téměř není nutný, protože se projevuje při daných frekvencích IR signálu jen minimálně. Pro správný chod obvodu MN3204 je zapotřebí dvou zdrojů vzájemně invertovaných obdélníkových průběhů. Tyto průběhy generuje další mikroprocesor firmy Atmel Attiny13A. Dané obdélníkové průběhy mají frekvenci 143,6kHz, která zajišťuje dostatečné zpoždění zhruba 2ms. Experimentálně bylo zjištěno, že pro správnou funkci obvodu MN3204 je zapotřebí na jeho výstup připojit zatěžovací odpor R1 o hodnotě 1M $\Omega$ . Pro úplnost je ještě vhodné zmínit, že trimrem TRIMR se nastavuje napěťová úroveň, se kterou komparátor porovnává vstupní signál. Správné nastavení tohoto trimru se tedy musí po osazení DPS vyzkoušet a seřídít.

Ze schéma je dále patrná poslední popisovaná část, která obsahuje 6 tlačítek, přímo připojených na piny mikroprocesoru. Při stisku nějakého tlačítka je mikroprocesorem po sériové lince generován příslušný kód, který po proběhlé komunikaci FSK moduly přijímač opět sériovou linkou přijme a patřičně vyhodnotí.

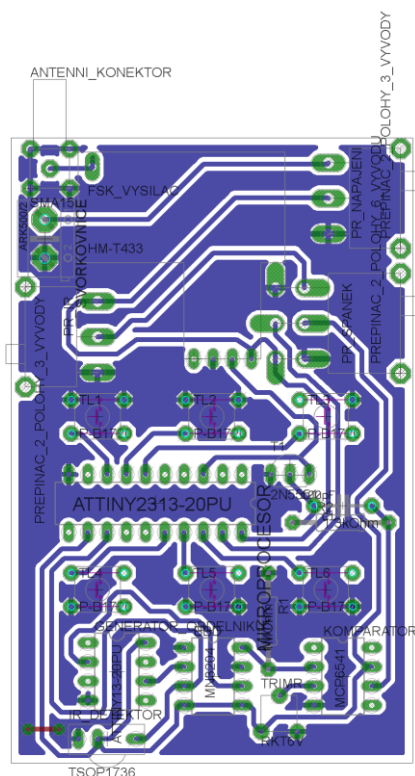
Ještě je vhodné zmínit smysl připojení vodiče VCC\_IR na pin mikroprocesoru. Mikroprocesor rozpoznává, zda jsou přijata IR data pomocí skenování stavu výstupu IR detektoru. Výstup tohoto detektoru je logická „0“ při detekci záření a naopak logická „1“, když detektor nic nezachytí. Když se tedy přepínačem PR\_IR vypnou obvody pro zpracování IR signálu, na výstupu IR detektoru se objeví logická „0“. Aby mikroprocesor tento stav právě nevyhodnotil jako příjem dat, je zapotřebí ještě určitá informace o stavu IR obvodů, která je reprezentována právě připojením zmíněného vodiče VCC\_IR na pin mikroprocesoru.



Obrázek 20 – Schéma vysílače

### 7.1.3 Deska plošných spojů

Na obrázku níže (Obrázek 21) je znázorněno rozmístění součástek na DPS. Rozměry výsledné fyzické desky jsou včetně nutných okrajů zhruba 5,6cm na 8,4cm. Deska je jednovrstvá, přičemž se zde nachází jedna drátová propojka.



Obrázek 21 – Deska plošných spojů vysílače

## 7.2 Přijímač

### 7.2.1 Volba součástek

Pro FSK modul na přijímací straně byl zvolen obvod HM-R433. Tento obvod samozřejmě stejně jako HM-T433 pracuje na nosné frekvenci 433MHz a lze ho opět napájet 3V. HM-R433 má kromě antény, napájecí části a vstupu dat ještě vodič, sloužící pro povolení či zakázání příjmu dat, tzv. enable vstup. Pokud je enable pin zakázán, FSK modul má nižší spotřebu. Je vhodné ještě připomenout výše zmíněné omezení vybrané dvojice modulů, které spočívá v přenosu dat až od určité frekvence. Vysílací modul tedy zřejmě na svém vstupu obsahuje nějaký frekvenční filtr bránící přenosu dlouho trvající jedné logické úrovně. Toto vede k tomu, že vysílač nevysílá žádnou z nosných frekvencí, tudíž přijímací modul vyhodnocuje náhodný okolní šum, který zřejmě díky možné absenci šumové brány vede k náhodnému sledu logických „0“ a „1“ (6).

Jak již bylo uvedeno výše, pro řízení jak vysílače, tak přijímače byl zvolen mikroprocesor Atmel Attiny2313, díky integrovanému USART rozhraní.

Pro komunikaci přijímače s fotoaparátem pomocí LANC byl zvolen 3,5mm mono JACK konektor.

### 7.2.2 Schéma

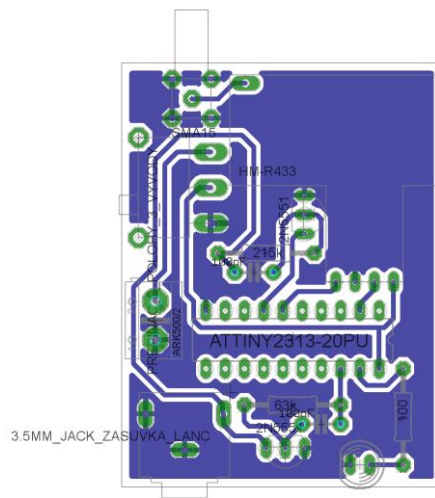
Napájecí napětí je z baterií opět přivedeno na svorkovnici, za níž se nachází přepínač PR\_NAPAJENI, sloužící pro vypínání či zapínání přijímače.

Data z FSK modulu jsou přivedena na vstup sériové linky mikroprocesoru. Pin mikroprocesoru je dále připojen k vstupu enable FSK modulu. Tím je zařízení ovládání daného modulu.

Jeden z pinů mikroprocesoru je připojen k vysílací IR diodě o vlnové délce 940nm, které je předřazen rezistor o hodnotě 100Ohm. Tato část slouží pochopitelně ke generování potřebného IR signálu.

Zbývajícím celkem na schématu je část pro komunikaci s fotoaparátem pomocí LANC protokolu. Jelikož napěťové úrovně logických stavů na LANC sběrnici mohou být jiné, než úrovně mikroprocesoru při napájecím napětí 3V, je zapotřebí tuto skutečnost nějakým způsobem ošetřit. Ke skenování LANC sběrnice tedy slouží tranzistor T1, jehož kolektor je připojen k pinu mikroprocesoru. Tento pin je nastaven jako vstupní s připojeným vnitřním pull-up rezistorem. Naopak pro zasílání příkazů na sběrnici slouží tranzistor T2 ovládaný dalším pinem mikroprocesoru. K bázevým odporům obou tranzistorů jsou připojeny paralelně kondenzátory pro lepší spínací vlastnosti.





Obrázek 23 – Deska plošných spojů přijímače

## 8 Návrh softwaru

Pro vytvoření programu mikroprocesoru jak vysílače, tak přijímače, byl zvolen jazyk C. Výjimku tvoří pouze jednoduchý program mikroprocesoru Attiny13A, sloužícího pro generaci obdélníkových pulsů, který byl napsán v jazyku symbolických adres.

### 8.1 Software vysílače

Na obrázku níže (Obrázek 24) je znázorněn zjednodušený vývojový diagram programu mikroprocesoru vysílače. Program začíná nastavením proměnné „uspán“, která slouží pro identifikaci stavu vysílače a přijímače.

Dále je zde blok inicializace, do kterého spadá konkrétně nastavení pinů mikroprocesoru, kde piny spojené s tlačítky jsou nastaveny jako vstupní, navíc s připojenými pull-up rezistory. Ostatní piny jsou nastaveny jako výstupní. Inicializuje se zde také jednotka UART a časovač sloužící pro generaci kódu nutného pro správnou funkci FSK modulů každých 100ms. Měřením bylo zjištěno, že FSK moduly fungují správně, pokud je puls dlouhý  $104\mu\text{s}$ <sup>7</sup> posílán nejvíce v intervalu 116ms. Pokud se hodnota 116ms překročí, modul na straně vysílače již nevysílá. Generace pulsů každých 100ms byla volena s určitou rezervou.

Pro správnou vzájemnou komunikaci je tedy nezbytné inicializovat jednotku UART. Přenosová rychlost byla zvolena 9600Bd. Počet různých zpráv, které je potřeba přenést od vysílače k přijímači, je celkem 10. Celkem 6 zpráv generuje šestice tlačítek, dále je třeba přenést informaci o uspání, přenosu IR kódu, probuzení a nakonec je nutné také pro správnou funkci FSK modulů generovat zprávu, při jejímž přijetí se neprovede žádná akce. Tento informační obsah lze zahrnout nejméně čtyřmi bity. Možnosti nastavení jednotky UART daného mikroprocesoru ovšem povolují přenos minimálně pěti datových bitů s jedním startbitem. Tato skutečnost ale není na škodu, jelikož lze kódy požadovaných zpráv zvolit tak, aby jeden bit navíc poskytoval zabezpečení správné interpretace. Nejprve je třeba si uvědomit, že komunikace začíná stažením sběrnice do logické „0“ po dobu jednoho bitu a poté následuje přenos pětice datových bitů, začínající LSB a končící MSB. Pokud přijímač obdrží například kód reprezentující nějaký z LANC příkazů, začne onen příkaz po určité době vykonávat, přičemž je zakázán příjem ze sériové linky. Po vykonání onoho LANC příkazu přijímač opět povolí příjem UART a právě v tento moment, pokud vysílač vysílá nějakou zprávu, může dojít k chybné interpretaci, jelikož onen příjem může být povolen náhodou uprostřed přenosu dané zprávy. To může mít za následek příjem úplně jiných dat, než která byla původně vyslána. Aby se tomuto zabránilo, jsou kódy daných zpráv voleny tak, že MSB, který se odvíjí poslední, je vždy logická „0“. Pokud se tedy UART jednotka přijímače spustí uprostřed zprávy, MSB získaných dat bude vždy logická „1“, což znamená, že daná data budou číselně vždy větší než dekadické číslo 15. Kódy jednotlivých zpráv jsou tedy voleny tak, aby byly vždy menší než 16. Jedinou výjimku ale tvoří zmíněný „prázdný“ kód, při jehož přijetí se

---

<sup>7</sup>  $104\mu\text{s}$  odpovídá době trvání jednoho bitu při přenosové rychlosti 9600Bd.

neprovede žádný příkaz. Tento kód je dekadicky roven číslu 31, neboli je to pět po sobě jdoucích logických „1“. Zmíněný postup tedy zaručuje ochranu proti špatné interpretaci kódu, ovšem již nezaručuje provedení požadovaného příkazu. Uživatel si tedy může být jistý, že přijímač nevykoná jinou činnost, než byla požadována, ovšem už si nemůže být jistý, že onu požadovanou činnost vykoná.

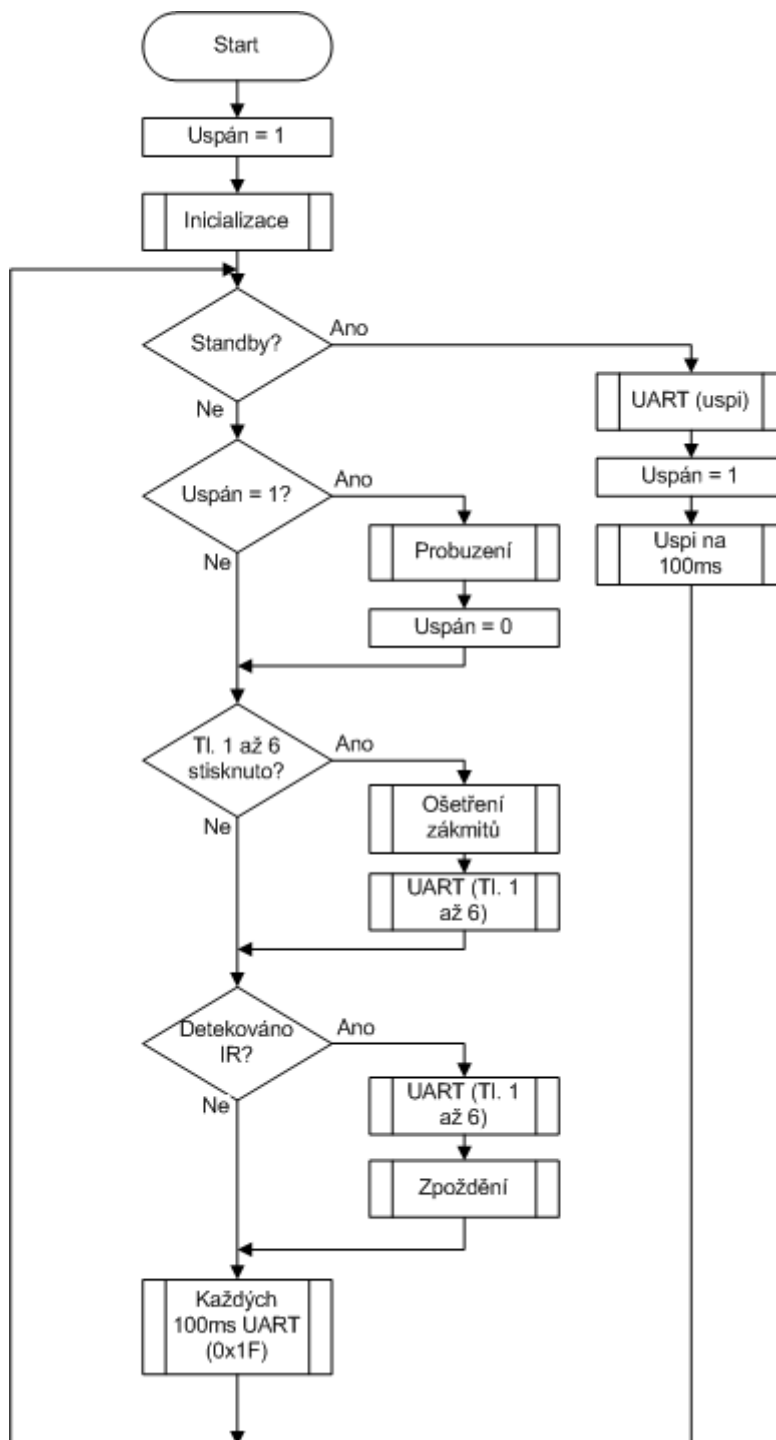
Po inicializaci nastává hlavní smyčka programu, ve které se jako první testuje stav pinu připojeného na přepínač sloužící pro ovládání režimu spánku. Pokud je přepínač v poloze režimu snížené spotřeby, mikroprocesor pošle po sériové lince kód sloužící k přepnutí přijímače do onoho režimu a nastaví proměnnou „uspán“ do logické „1“. Dále sám mikroprocesor do režimu přejde na dobu 100ms. Použitý mikroprocesor Attiny2313 umožňuje volbu mezi několika režimy úspory energie, přičemž byl vybrán režim „Idle Mode“, kde probuzení může být vyvoláno přerušením, generovaným například jedním z časovačů (7).

Pokud není vysílač přepnut do režimu snížené spotřeby energie, jako první se vykoná podmínka, která testuje, zda proběhlo již probuzení přijímače. Pokud ne, což znamená, že proměnná „uspán“ je v logické „1“, generuje se po dobu 2s daný kód a následně se proměnná „uspán“ vynuluje.

Po tomto případném probuzení se skenuje stav tlačítek, přičemž je nutné provést ošetření případných zákmitů při stisku tlačítek. Celé je to řešeno tak, že při zjištění stisku tlačítka je okamžitě vyslán příslušný kód a následně je každých zhruba 1,5ms testován stav tlačítka, přičemž tato testovací smyčka trvá do té doby, než 20 po sobě jdoucích vzorků neprokáže, že je tlačítko uvolněno.

Po skenování tlačítek přichází na řadu skenování pinu připojeného na výstup IR detektoru. Pokud je zjištěn příjem IR signálu, je okamžitě po sériové lince vyslán příslušný kód a poté mikroprocesor čeká po dobu 80ms, než se odvysílají příslušná data.

Nakonec se v hlavní smyčce programu vyskytuje podmínka testující stav čítače sloužícího pro generaci pulsu každých 100ms. Pokud program zjistí, že čítač překročil danou hodnotu, je sériovou linkou vyslán dekadický kód 31, což se na sběrnici projeví pouze jako stažení oné sběrnice do logické „0“ po dobu 104 $\mu$ s. Následně je čítač vynulován a připraven k opakovanému čítání.



Obrázek 24 – Vývojový diagram programu vysílače

## 8.2 Software přijímače

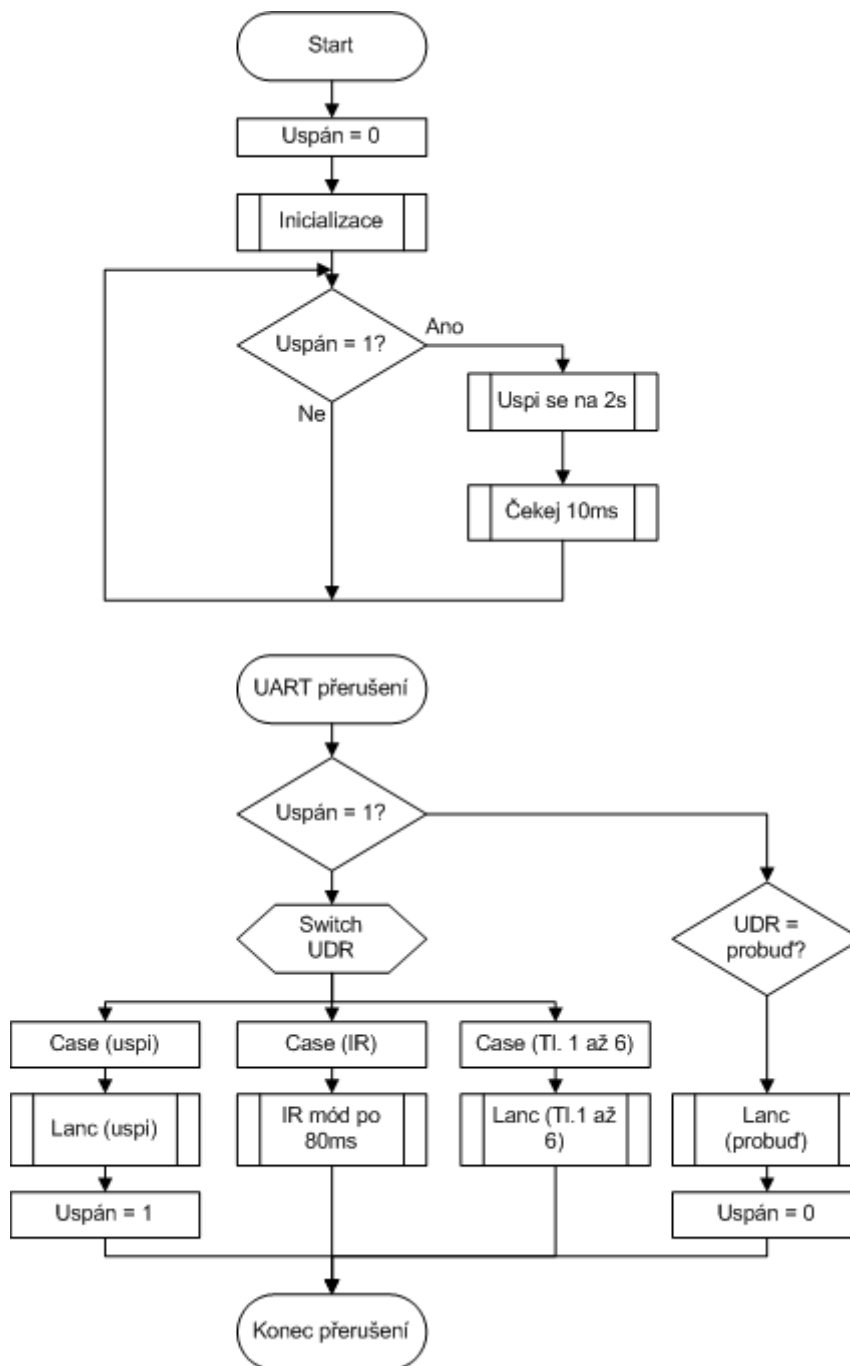
Zjednodušený vývojový diagram přijímače je na obrázku níže (Obrázek 25). Stejně jako u vysílače, i zde figuruje proměnná „uspán“ indikující stav přijímače. Na začátku programu je nutné provést inicializaci týkající se stavu pinů mikroprocesoru, kdy jsou všechny

nastaveny jako výstupní, pouze jeden pin sloužící pro skenování LANC sběrnice je nastaven jako vstupní se zabudovaným pull-up rezistorem. Samozřejmostí je nastavení pinu spojeného s enable vstupem FSK modulu na logickou „1“ pro povolení příjmu onoho modulu. Dále je nutné provést inicializaci UART jednotky na stejné parametry, jaké jsou u vysílače. A jako poslední věc je zde provedena inicializace watchdog timeru, který chrání běh programu před zaseknutím se v případné smyčce, zejména při vykonávání LANC příkazů, resetem mikroprocesoru.

Po inicializaci všech potřebných částí přichází na řadu hlavní smyčka programu. Přestože to není na diagramu znázorněno, je v této smyčce, pokud není přijímač v režimu snížené spotřeby, pouze nulován watchdog timer. Ten je nastaven tak, že jeho přetečení a tedy vyvolání resetu, nastane přibližně po dvou sekundách. Pokud je stavová proměnná „uspán“ v logické „1“, tak se nejprve vynuluje pin enable FSK modulu, což zajistí jeho sníženou spotřebu a dále je mikroprocesor sám uveden do režimu snížené spotřeby „Power-down Mode“. Z tohoto režimu lze mikroprocesor vzbudit mimo jiné watchdog timerem, který musí být předtím nastaven tak, aby po přetečení místo resetu vyvolal pouze přerušení, zajišťující ono probuzení mikroprocesoru. Přijímač je tedy uspán 2s a následně probuzen na 10ms, během kterých čeká na případný kód probuzení (7).

Při příjmu dat z UART jednotky je automaticky generováno přerušení. Při obsluze tohoto přerušení se vyhodnocují přijatá data a provádí případné příkazy, včetně případného nastavení stavové proměnné „uspán“. Jak je patrné z vývojového diagramu, přijímač, pokud je uspán, nemůže provést žádný jiný příkaz, kromě probuzení se. Při probuzení je mimo jiné nutné provést opětovné přenastavení watchdog timeru na mód vyvolávající místo přerušení reset. Dále je zde automaticky zajištěna synchronizace režimu snížené spotřeby s případně připojeným fotoaparátem.

Generace IR signálu funguje takovým způsobem, že pin „RXD“ není po dobu 80ms použit pro příjem sériové linky, ale pouze se skenuje jeho stav, přičemž při výskytu logické „0“ je generován IR diodou odpovídající impuls o frekvenci 36kHz a při výskytu logické „1“ je dioda zhasnuta. Tento mód trvá, jak již bylo několikrát řečeno 80ms, což zajišťuje šestnácti-bitový časovač mikroprocesoru.



Obrázek 25 – Vývojový diagram programu přijímače

Diagram podprogramu pro zpracování LANC příkazů je znázorněn níže (Obrázek 26). Popis LANC protokolu byl již uveden v první kapitole. Pro vyslání požadovaného příkazu fotoaparátu slouží první dva rámce telegramu. Je tedy nejprve potřeba zjistit, kdy začíná telegram, což je vyřešeno měřením času mezi startbity. Pokud čas mezi jedním a druhým startbitem přesáhne  $1400\mu\text{s}$ , je zřejmé, že se jedná o začátek nového telegramu. V tomto programu je jako mezní čas zvoleno  $5\text{ms}$ . Jakmile tedy program zjistí, že další rámec bude prvním rámcem nového telegramu, čeká na startbit. Jakmile je onen startbit detekován, tak

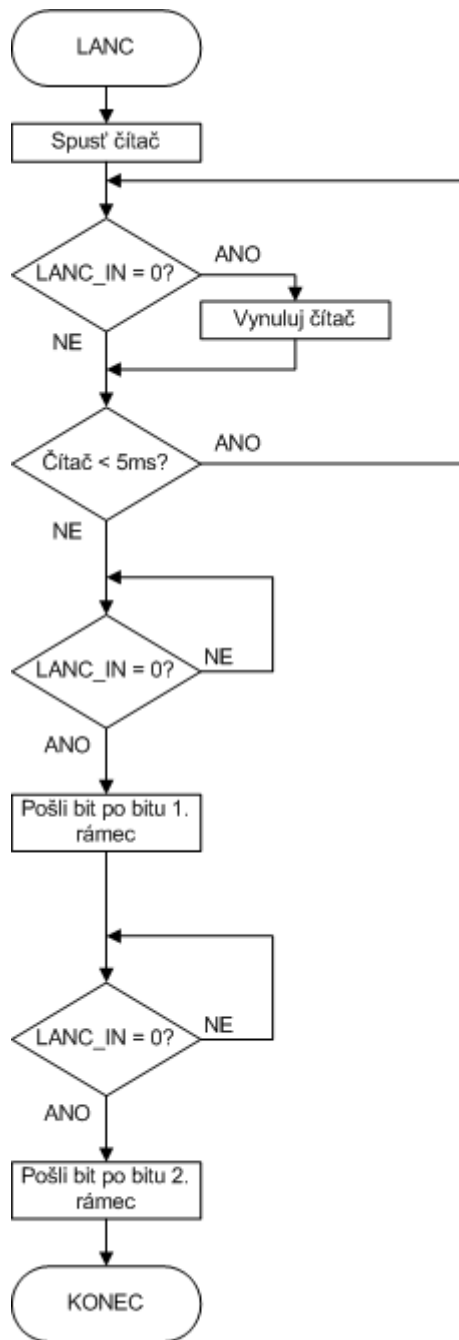
program počká 104 $\mu$ s, což je doba onoho jednoho bitu a poté začne bit po bitu od LSB po MSB posílat na sběrnici požadovaný kód. Jak se toto provede, program dále čeká na další startbit, pro vyslání druhého rámce, a stejným způsobem i onen druhý rámec odovysílá.

Pokud není k přijímači připojen fotoaparát generující LANC telegramy, program by se při náhodném stisku tlačítka uživatelem zasekl, jelikož pin pro skenování je v tomto případě vždy v nule. Čítač by se tedy neustále nuloval a nikdy by nedosáhl času 5ms. Z tohoto důvodu je tento stav ošetřen přidáním dalšího čítače do cyklu skenování LANC sběrnice, přičemž když program zjistí, že se v tomto cyklu nachází po delší dobu, která je implicitně stanovena na 80ms, podprogram se ukončí. Kromě tohoto opatření je navíc celý program přijímače hlídán časovačem watchdog, který je nulován v hlavní smyčce programu. Může se zde totiž vyskytnout ještě jeden problém, a to takový, že se fotoaparát neočekávaně těsně před vysláním nového telegramu přepne sám do režimu úspory energie. Když toto nastane, komunikace na LANC ustane a sběrnice je v úrovni logické „1“. V tomto případě by se program opět zasekl, jelikož by neustále čekal na začátek nového rámce, který není generován. Jak již bylo řečeno, tento stav zde řeší watchdog timer, který když nastane výše zmíněná situace, vyvolá reset. Když je zde tedy onen watchdog timer implementován, tak by se mohlo zdát použití dalšího časovače v první smyčce podprogramu zbytečné, ovšem není tomu tak. Když není totiž fotoaparát připojen, tak by se při použití pouze watchdogu a následném náhodném stisku tlačítka přijímač musel pokaždé resetovat a na onen reset by se vždy muselo čekat 2s. Takto při nepřipojeném fotoaparátu a náhodném stisku tlačítka je spuštěný podprogram za okamžik ukončen a není třeba žádného resetu.

Celý projekt ovládacího modulu byl konstruován konkrétně pro fotoaparát Sony DSC-R1, s tím, že počet tlačítek na vysílací straně byl zvolen s určitou rezervou, pro případné ovládání i jiného přístroje. Na onom fotoaparátu bylo testováním zjištěno, že pro jeho ovládání lze použít pouze čtveřici příkazů a to konkrétně ostření, focení, uvedení do režimu snížené spotřeby a následně probuzení z daného režimu. První tři popsané jsou realizovány přímo pomocí vysílání určitých rámců v telegramu. Již bylo řečeno, pokud se fotoaparát nachází v režimu snížené spotřeby, komunikace na LANC ustane a sběrnice se nachází pouze ve stavu logické „1“. K probuzení z onoho režimu je nutné LANC sběrnici stáhnout na určitý čas do logické „0“, přičemž bylo experimentálně zjištěno, že potřebný čas je zhruba 200ms. Dále bylo zpozorováno, že daný fotoaparát se při nečinnosti sám po jedné minutě přepne do režimu snížené spotřeby, ze kterého ho je nutné nejprve probudit. Z výše uvedeného plyne, že z šestice tlačítek na vysílači jsou použity pouze čtyři.

**Tabulka 1 – Číselné hodnoty LANC rámců pro fotoaparát Sony DSC-R1**

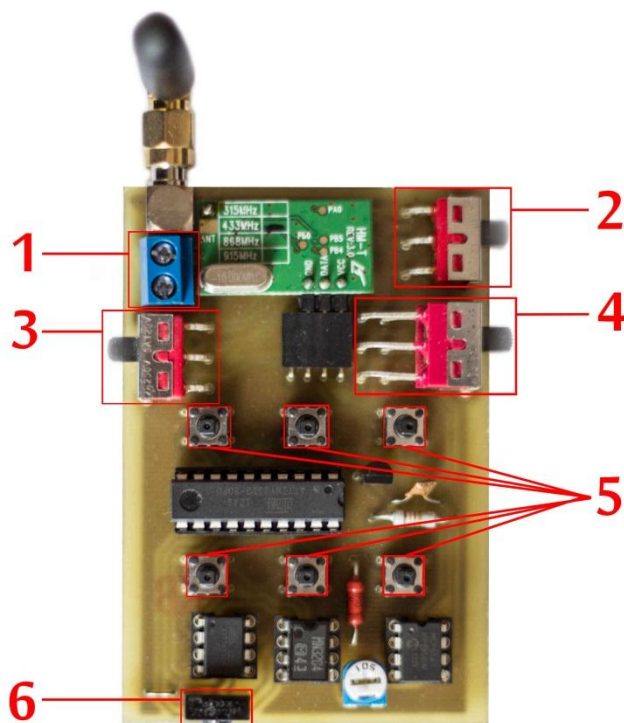
<b>Příkaz</b>	<b>1. Rámec</b>	<b>2. Rámec</b>
Ostření	00011000	01010010
Focení	00011000	01011010
Uvedení do režimu spánku	00011000	01011110



Obrázek 26 – Vývojový diagram podprogramu pro LANC komunikaci

## 9 Návod na užívání

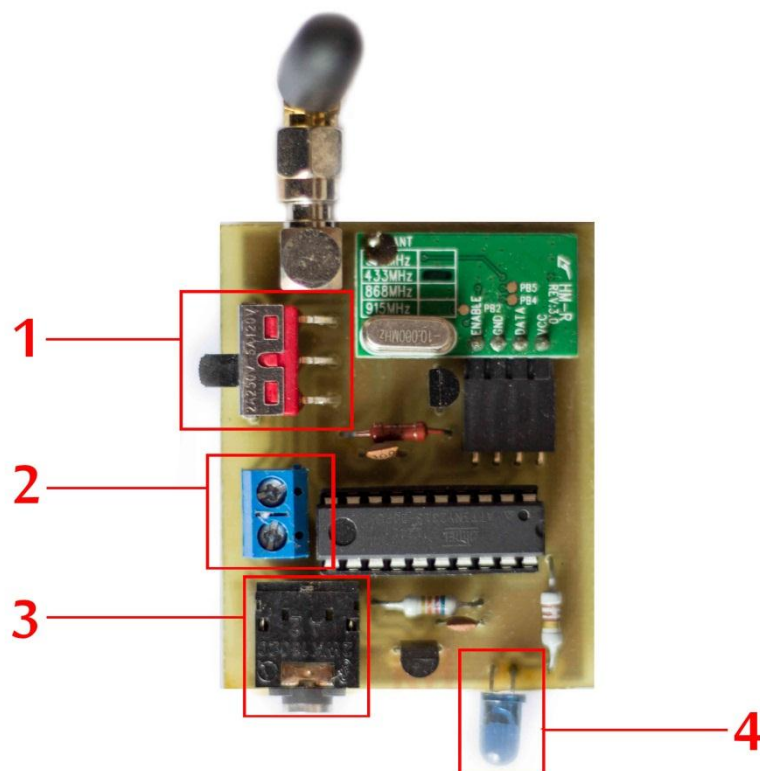
### 9.1 Popis vysílače



Obrázek 27 – Vysílač

- 1 – Svorkovnice k připojení napájecích vodičů z baterie, nahoře plus, dole zem
- 2 – Hlavní přepínač k vypnutí či zapnutí vysílače, nahoře zapnuto, dole vypnuto
- 3 – IR přepínač, nahoře zapnuto, dole vypnuto
- 4 – Přepínač režimu snížené spotřeby energie, nahoře vypnuto, dole zapnuto
- 5 – Šestice tlačítek, nahoře vlevo TL1, nahoře uprostřed TL2 atd.
- 6 – IR detektor

## 9.2 Popis přijímače



Obrázek 28 – Přijímač

- 1 – Hlavní přepínač k vypnutí či zapnutí přijímače, nahoře zapnuto, dole vypnuto
- 2 – Svorkovnice k připojení napájecích vodičů z baterie, nahoře plus, dole zem
- 3 – Jack konektor pro připojení LANC sběrnice
- 4 – IR dioda

## 9.3 Užívání modulu

Vždy při použití ovládacího modulu je nutné zapnout nejprve vysílač a až poté přijímač, a při vypínání naopak. Je to z toho důvodu, že pokud vysílač není zapnutý, přijímač vyhodnocuje naprosto náhodná data, což může vést k nepředvídatelnému chování.

### 9.3.1 Použití jako IR opakovač

Pro tento mód je nutné mít zapnutý IR přepínač na straně vysílače. Přijímač je nutné nasměrovat na ovládaný přístroj do vzdálenosti 1,5m. Dále stačí pouze daný IR ovladač nasměrovat na IR detektor přijímače a stisknout požadované tlačítko. Příkaz se přenese za předpokladu, že rámec použitého IR protokolu není delší než 80ms a samotná generace IR

kódu funguje na frekvenci 36kHz. Je možné, že modul bude fungovat i při blízkých frekvencích ale není to zaručené.

### 9.3.2 Přenos LANC příkazů

Při tomto módu je vhodné vypnout IR přepínač pro zmenšení odběru energie, nicméně není to nutné. Přijímač musíme ke kameře připojit vhodným kabelem. Dále stačí stisknout požadované tlačítko na vysílači a příkaz je proveden.

Tabulka 2 – Funkce tlačítek vysílače

Tlačítko	Funkce
Tlačítko 1	Ostření
Tlačítko 2	Focení
Tlačítko 3	Režim spánku
Tlačítko 4	Probuzení
Tlačítko 5	-
Tlačítko 6	-

### 9.3.3 Režim úspory energie

Tento režim se ovládá přepínačem režimu snížené spotřeby energie. Pokud je režim zapnut, jsou automaticky odpojeny nepotřebné IR obvody na straně vysílače, dále je do onoho režimu nejprve přivedený případně připojený fotoaparát LANC příkazem, samotný přijímač a samozřejmě také vysílač. Při následném možném probuzení je opět automaticky probuzen vysílač, přijímač a i případně připojený fotoaparát.

## Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit ovládací modul pro zařízení využívající protokol LANC, který bude mimo jiné fungovat i jako opakovač IR signálu. Modul by měl fungovat na vzdálenost 20m a v teplotním rozsahu alespoň  $-5^{\circ}\text{C}$  až  $+30^{\circ}\text{C}$ . Dále zde byl požadavek na co nejnižší odběr energie.

Požadavek na ovládání zařízení pomocí LANC protokolu byl splněn, tedy alespoň pro daný konkrétní fotoaparát Sony DSC-R1. Ovládací modul by se mohl jistě použít i pro ovládání jiného zařízení, nicméně by bylo nutné přeprogramovat přijímací část modulu, aby byly na LANC sběrnici posílány jiné rámce, na které bude konkrétní zařízení reagovat.

Dalším úkolem bylo zajistit přenos IR signálu, což bylo také splněno, ovšem jak bylo popsáno v kapitole výše (IR přenos dat u dálkových ovladačů), způsob onoho přenosu ovlivňuje více parametrů. Transparentním přenosem IR signálu přímo přes FSK modul bylo dosaženo toho, že nezáleží na dané reprezentaci logických stavů IR signálu, což je velmi výhodné a je díky tomu možné přenést více typů IR signálů. Jelikož byl na vysílací straně zvolen IR detektor pracující s modulační frekvencí 36kHz, samotný přenos IR signálu je tedy možný pouze při použití této modulační frekvence. Tento způsob řešení si vyžádal celkem netradiční použití analogové zpoždovací linky a byl zvolen díky snaze o co nejširší možné využití. Pokud by byl zvolen postup přímého dekódování IR signálu mikroprocesorem, přenos by fungoval pouze pro jeden určitý typ IR protokolu, a nebo by uživatel musel předem znát a zvolit daný IR protokol, který se má přenést, což by bylo uživatelsky nepříjemné.

Vzdálenost, na kterou lze ovládací modul použít byla při použitém napájecím napětí 3V změřena na zhruba 30m. I tento požadavek byl tedy splněn.

Co se týče možnosti použití při zadaném teplotním rozsahu, byla vyzkoušena pouze horní hranice při teplotě dokonce vyšší než  $30^{\circ}\text{C}$ , kdy modul fungoval. Za mrazu nebyla možnost modul otestovat, nicméně všechny součástky splňují daný požadavek na rozsah teplot. Bázové odpory použitých tranzistorů, zapojených jako spínače, byly také voleny s velkou rezervou, právě s ohledem na možné teploty pod bodem mrazu, proto by ani zde neměl být problém.

Díky režimu snížené spotřeby a hardwarovému návrhu, lze dosáhnout jak na vysílací, tak na přijímací straně ovládacího modulu úspory energie. Průměrný proudový odběr vysílače byl změřen na 29mA a při přenosu IR signálu na 38mA. Jelikož režim spánku zde trvá vždy pouze 100ms, použitý ampérmetr zřejmě nestačil tak rychle zareagovat na danou změnu proudu, nicméně v průměru se onen proudový odběr za daného režimu ustálil na hodnotě 27mA. Co se týče proudového odběru přijímače, ten činí 13,4mA a při generování IR signálu zhruba 15,4mA. Při režimu snížené spotřeby, byl změřen odběr dokonce 0,2mA. Na trhu jsou dostupné tužkové baterie s kapacitou až 3000mAh, při jejichž použití je výdrž vysílače až okolo 1000 hodin a přijímače zhruba dvojnásobná.

## Literatura

1. **Boehmel, Manfred.** The SONY LANC protocol. *Versatile Video*. [Online] 31. 5 2009. [Citace: 1. 3 2013.] <http://www.boehmel.de/lanc.htm>.
2. **Bergmans, San.** SB-Projects: IR Remote Control. *SB-Projects: History*. [Online] © 2001, 8. 11 2011. [Citace: 4. 8 2013.] <http://www.sbprojects.com/knowledge/ir/index.php>.
3. **Metzger, Dr.-Ing. Ralf.** Analogue Delay and BBD. *Ralf Metzger*. [Online] © www.metzgerralf.de, 2003-2012. [Citace: 30. 7 2013.] <http://www.metzgerralf.de/elekt/stomp/mistress/bbd.shtml>.
4. **Microelectronics, Hope.** HM-T Series FSK TX Module. *Professional RF IC&module, RF Components and Digital Sensor designers and manufacturers - HOPE Microelectronics*. [Online] ©2009 Hope Microelectronics co., 16. 3 2011. [Citace: 5. 8 2013.] [http://www.hoperf.com/upload/rf\\_app/HM-T.pdf](http://www.hoperf.com/upload/rf_app/HM-T.pdf).
5. **alldatasheet.com.** MN3204 pdf, MN3204 description, MN3204 datasheets, MN3204 view ::: ALLDATASHEET ::: *ALLDATASHEET.COM - Datasheet search site for Electronic Components and Semiconductors and other semiconductors*. [Online] ©Alldatasheet.com 2003 - 2013 . [Citace: 5. 8 2013.] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/89676/PANASONIC/MN3204.html>.
6. **Microelectronics, Hope.** HM-R series FSK receiver module. *Professional RF IC&module, RF Components and Digital Sensor designers and manufacturers - HOPE Microelectronics*. [Online] ©2009 Hope Microelectronics co., 28. 10 2010. [Citace: 5. 8 2013.] [http://www.hoperf.com/upload/rf\\_app/HM-R.pdf](http://www.hoperf.com/upload/rf_app/HM-R.pdf).
7. **Corporation, Atmel.** ATtiny 2313. *Atmel Corporation - Microcontrollers, 32-bit, and touch solutions*. [Online] © 2010 Atmel Corporation., 8 2010. [Citace: 30. 7 2013.] <http://www.atmel.com/Images/doc2543.pdf>.

## Příloha A – Zdrojový kód Attiny2313 na straně vysílače

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 1000000
#include <util/delay.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <avr/sleep.h>

#define standBy          PINB7
#define t11              PIND4
#define t12              PIND3
#define t13              PIND2
#define t14              PINB4
#define t15              PINB5
#define t16              PINB6
#define ir_vcc           PINB0
#define ir               PINB1
#define kodNic           31
#define kodT11          1
#define kodT12          2
#define kodT13          3
#define kodT14          4
#define kodT15          5
#define kodT16          6
#define kodIr           7
#define kodProbud       8
#define kodUspi         9

void uart_inicializace (void);
void uart_posli(char data);
void casovac_normal(void);
void casovac_sleep(void);

int main(void)
{
    /*INICIALIZACE*/
    char uspan = 1, tlac = 0;
    uart_inicializace();
    /*nastavení pinů*/
    DDRD = 0b11100011;
    DDRB = 0b00001110;
    PORTB = 0xff;
    PORTD = 0xff;
    /*nastavení časovače - normální režim, 1024 předdělička*/
    OCR0A = 98; /*porovnávací registr, čas cca 100ms*/
    TCCR0A = 0b00000000;
    TCCR0B = 0b00000101;
    TCNT0 = 0;
    sei(); /*povolení přerušování*/
    /*HLAVNÍ SMYČKA*/
    while(1)
    {
        if (PINB & (1 << standBy))
        {
            uspan = 1;
            uart_posli(kodUspi);
            casovac_sleep();
            set_sleep_mode(SLEEP_MODE_IDLE);
            sleep_mode();
        }
    }
}
```

```

else
{
    if(uspan)
    {
        casovac_normal();
        /*cca 2,5s trvající smyčka nutná pro probuzení*/
        for(int i=0; i<1600; i++)
        {
            uart_posli(kodProbud);
            _delay_us(1500);
        }
        uspan = 0;
    }

    if (!(PIND & (1 << t1)))
    {
        uart_posli(kodT1);
        _delay_us(1500);           /*zpoždění zabraňující
nesprávné interpretaci kódu*/
        do                          /*ošetření
zákmitu tlačítka*/
        {
            uart_posli(kodNic);
            _delay_us(1000);
            if (!(PIND & (1 << t1)))
            tlac = 0;
            else
            tlac++;
        }
        while(tlac<20);
        tlac = 0;
    }

    if (!(PIND & (1 << t2)))
    {
        uart_posli(kodT2);
        _delay_us(1500);
        do
        {
            uart_posli(kodNic);
            _delay_us(1000);
            if (!(PIND & (1 << t2)))
            tlac = 0;
            else
            tlac++;
        }
        while(tlac<20);
        tlac = 0;
    }

    if (!(PIND & (1 << t3)))
    {
        uart_posli(kodT3);
        _delay_us(1500);
        do
        {
            uart_posli(kodNic);
            _delay_us(1000);
            if (!(PIND & (1 << t3)))
            tlac = 0;
            else
            tlac++;
        }
    }
}

```

```

    }
    while(tlac<20);
    tlac = 0;
}
if (!(PINB & (1 << t14)))
{
    uart_posli(kodT14);
    _delay_us(1500);
    do
    {
        uart_posli(kodNic);
        _delay_us(1000);
        if (!(PINB & (1 << t14)))
            tlac = 0;
        else
            tlac++;
    }
    while(tlac<20);
    tlac = 0;
}
if (!(PINB & (1 << t15)))
{
    uart_posli(kodT15);
    _delay_us(1500);
    do
    {
        uart_posli(kodNic);
        _delay_us(1000);
        if (!(PINB & (1 << t15)))
            tlac = 0;
        else
            tlac++;
    }
    while(tlac<20);
    tlac = 0;
}
if (!(PINB & (1 << t16)))
{
    uart_posli(kodT16);
    _delay_us(1500);
    do
    {
        uart_posli(kodNic);
        _delay_us(1000);
        if (!(PINB & (1 << t16)))
            tlac = 0;
        else
            tlac++;
    }
    while(tlac<20);
    tlac = 0;
}
if ((!(PINB & (1 << ir)))&(PINB & (1 << ir_vcc)))    /*test IR
signálu*/
{
    uart_posli(kodIr);
    _delay_ms(80);    /*zpoždění nutné pro
odvysílání IR signálu*/
}
if (TCNT0>OCR0A)    /*každých cca 100ms vyslání kódu pro
správnou funkci FSK modulu*/

```

```

        {
            uart_posli(kodNic);
            TCNT0 = 0;
        }
    }
}

void uart_inicializace (void)
{
    UCSRA = 0b00000000;
    UCSRB = 0b00001000; /*vysílání povoleno*/
    UCSRC = 0b00000000; /*5tubitova asynchronní komunikace bez parity s 1
stopbitem*/
    UBRRH = 0b00000000; /*spolu s UBRRL nastavení přenosove rychlosti na
9,6kbps*/
    UBRRL = 0b00000110;
}

void uart_posli(char data)
{
    while (!(UCSRA & (1<<UDRE))); /*čekání na vyprázdnění bufferu*/
    UDR = data; /*vložení dat do bufferu, následné
zaslání*/
}

void casovac_normal(void)
{
    TIMSK &= ~(1 << OCIE0A); /*zakázání přerušení*/
    TCCR0A &= ~(1 << WGM01); /*přepnutí do normálního módu čítání*/
    TCNT0 = 0;
}

void casovac_sleep(void)
{
    TCCR0A |= (1 << WGM01); /*přepnutí do ctc módu čítání*/
    TCNT0 = 0;
    TIMSK |= (1 << OCIE0A); /*povolení přerušení*/
}

ISR(TIMER0_COMPA_vect)
{
}

```

## Příloha B – Zdrojový kód Attiny13 na straně vysílače

```
.NOLIST
.INCLUDE "tn13Adef.inc"
.LIST

.CSEG          ;kódový segment
.DEF REG=R16   ;pracovní registr

LDI R17,0b111111
OUT DDRB, R17

SKOK:
LDI REG,0b010101
OUT PORTB,REG
NOP
NOP
LDI REG,0b101010
OUT PORTB,REG
RJMP SKOK
```

## Příloha C – Zdrojový kód Attiny2313 na straně přijímače

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 8000000
#include <util/delay.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <avr/wdt.h>
#include <avr/sleep.h>

#define LANC_IN          PIND3
#define LANC_OUT        PB6
#define IR               PB7
#define ENABLE          PD2
#define kodNic           31
#define kodT11          1
#define kodT12          2
#define kodT13          3
#define kodT14          4
#define kodT15          5
#define kodT16          6
#define kodIr           7
#define kodProbud       8
#define kodUspi         9

volatile unsigned char uspan = 0;

void uart_inicializace(void);
void wdt_inicializace(void);
void wdt_inicializace_sleep(void);
void IR_generator();
char LANC(char ramec1, char ramec2);

int main(void)
{
    /*INICIALIZACE*/
    DDRB = 0xff; /*nastavení portu B jako výstupního, nastavujeme celý port
najeďnou*/
```

```

DDRD = 0x76; /*nastavení vstupu z uart a lanc_in*/
PORTD |= (1<<ENABLE); /*povolení fsk*/
PORTD |= (1<<PD3); /*připojení pull up na vstupu pro lanc*/
PORTB &= ~(1 << LANC_OUT); /*implicitní výstup z lanc*/
uart_inicializace();
wdt_inicializace();
sei();
/*HLAVNÍ SMYČKA*/
while(1)
{
    if(uspan)
    {
        PORTD &= ~(1 << ENABLE); /*zakaž fsk*/
        wdt_inicializace_sleep(); /*watch dog generace přerušení nutného pro
        probuzení každé cca 2s*/
        set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN); /*nastavení režimu spánku power
        down*/
        sleep_mode(); /*spuštění režimu spánku*/
        PORTD |= (1 << ENABLE); /*po přerušení od watch dogu povolit
        fsk příjem na 10ms*/
        _delay_ms(10);
    }
    else
        wdt_reset(); /*resetování watchdogu nastaveného na spuštění resetu po
        přetečení*/
}
}

ISR(USART_RX_vect)
{
    char a;
    while (!(UCSRA & (1 << RXC))); /*čeáa dokud nepřijde vše*/
    UCSRB = 0b00000000; /*zakázání uart příjmu*/
    a = UDR; /*příchozí byte do proměnné "a"*/
    if(uspan) /*při spánku se vyhodnotí pouze příkaz pro
    probuzení*/
    {
        if(a==kodProbud)
        {
            wdt_inicializace(); /*nastavení watch dogu zpět
            na hlídací mód*/
            PORTB |= (1 << LANC_OUT); /*automatické probuzení případně
            připojené kamery*/
            _delay_ms(200);
            PORTB &= ~(1 << LANC_OUT);
            uspan = 0;
        }
    }
    else
    {
        switch(a) /*pokud není spuštěn režim spánku, tak následující
        vyhodnocení*/
        {
            case kodT11:
                LANC(0x18, 0x52); /*ostření*/
                break;
            case kodT12:
                LANC(0x18, 0x5A); /*focení*/
                break;
            case kodT13:
                LANC(0x18, 0x5E); //vypnutí
        }
    }
}

```

```

                break;
        case kodT14:
            /*probuzení kamery stažením LANC do nuly na
200ms*/
            PORTB |= (1 << LANC_OUT);
            _delay_ms(200);
            PORTB &= ~(1 << LANC_OUT);
            break;
        case kodT15:
            break;
        case kodT16:
            break;
        case kodIr:
            IR_generator();          /*spuštění funkce IR
generátoru*/
            break;
        case kodUspi:
            LANC(0x18, 0x5E);      /*automatické uspání případně
připojené kamery*/
            uspan = 1;
            break;
    }
    UCSRB = 0b10010000;          /*povolení UART*/
}

ISR(WDT_OVERFLOW_vect)
{
    cli();
    wdt_disable();
    sei();
}

void uart_inicializace(void)
{
    UCSRA = 0b00000000;
    UCSRB = 0b10010000;
    UCSRC = 0b00000000;
    UBRRH = 0b00000000;
    UBRRL = 0b00110011;
}

void wdt_inicializace(void)
{
    cli();
    wdt_reset();
    WDTCSR = (1<<WDCE)|(1<<WDE);
    WDTCSR = 0b00011111;
    sei();
}

void wdt_inicializace_sleep(void)
{
    cli();
    wdt_reset();
    WDTCSR = (1<<WDCE)|(1<<WDE);
    WDTCSR = 0b01010111;
    sei();
}

```

```

void IR_generator()
{
    /*nastavení časovače pro funkci IR generátoru po dobu cca 80ms*/
    OCR1A = 620;          /*porovnávací registr zajišťující cca 80ms*/
    TCCR1A = 0b00000000;
    TCCR1B = 0b00000101;
    TCNT1 = 0;
    do
    {
        if (!(PIND & (1 << PIND0)))
        {
            PORTB |= (1 << IR);
            _delay_us(13);
            PORTB &= ~(1 << IR);
            _delay_us(13);
        }
        else
            PORTB&= ~(1<<IR);
    } while (TCNT1<OCR1A);
}

char LANC(char ramec1, char ramec2)
{
    /*nastavení a spuštění časovače*/
    OCR0A = 40; // odpovídá 5 ms danou 1024 předděličkou*/
    TCCR0A = 0b00000000;
    TCCR0B = 0b00000101;
    TCNT0 = 0;
    /*nastavení časovače pro přerušení podprogramu při nepřipojeném zařízení*/
    OCR1A = 620; /*80ms s danou 1024 předděličkou*/
    TCCR1A = 0b00000000;
    TCCR1B = 0b00000101;
    TCNT1 = 0;
    /*čekání na začátek nového telegramu*/
    do
    {
        if (PIND & (1 << LANC_IN))
        {
            TCNT0 = 0;
        }
        if (TCNT1>OCR1A)
        {
            return 1;
        }
    } while (TCNT0<OCR0A);

    /*vyslání dat 1. rámce*/
    while (!(PIND & (1 << LANC_IN)));
    _delay_us(104);
    for(char i = 0; i<8; i++)
    {
        if(((ramec1>>i)&1)==1)
            PORTB |= (1 << LANC_OUT);
        else
            PORTB &= ~(1 << LANC_OUT);
        _delay_us(104);
    }
    PORTB &= ~(1 << LANC_OUT); /*uvolnění LANC, nutné pro příjem dat*/

    /*vyslání dat 2. rámce*/
}

```

```

while (!(PIND & (1 << LANC_IN)));
_delay_us(104);
for(char i = 0; i<8; i++)
{
    if(((ramec2>>i)&1)==1)
        PORTB |= (1 << LANC_OUT);
    else
        PORTB &= ~(1 << LANC_OUT);
    _delay_us(104);
}
PORTB &= ~(1 << LANC_OUT); /*uvolnění LANC sběrnice*/
return 0;
}

```