

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

GENERÁTOR NÁVĚSTNÍCH TÓNŮ PRO TELEFONNÍ ÚSTŘEDNU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

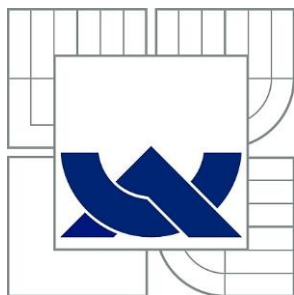
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETR SRNSKÝ

2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologií

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

GENERÁTOR NÁVĚSTNÍCH TÓNŮ PRO TELEFONNÍ ÚSTŘEDNU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

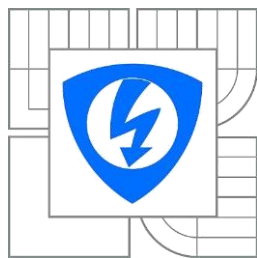
PETR SRNSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Doc. Ing. VÁCLAV ZEMAN, Ph.D.

2015



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
A komunikačních technologií**

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Petr Srnský
Ročník: 3

ID: 158232
Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Generátor návěstních tónů pro telefonní ústřednu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte koncepci funkčního generátoru umožňující vytváření návěstních tónů telefonní ústředny. Proveďte výčet a klasifikaci jednotlivých tónů využívaných v telefonních ústřednách, stanovte technické parametry, které generátor musí splňovat, a na základě uvedeného rozboru navrhněte obvodové řešení generátoru. Navržené řešení generátoru realizujte v podobě laboratorního funkčního vzorku.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] ETSI Recommendation: I-ETS 300 245-7, Integrated Services Digital Network (ISDN); Technical characteristics of telephony terminals; Part 7: Locally generated information tones. ETSI 1995
- [2] Krejčířík, A. : Napájecí zdroje 1. díl, BEN, 2002. ISBN 80-86056-02-3
- [3] Krejčířík, A. : Napájecí zdroje 2. díl, BEN, 2002. ISBN 80-86056-03-1

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 2.6.2015

Vedoucí práce: doc. Ing. Václav Zeman, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

2015

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je popis a návrh generátoru návěstních signálů pro telefonní ústřednu pomocí elektronických součástek. Generátor slouží ke generování celkem tří návěstních signálů a jednoho harmonického vyzváněcího signálu, sloužící pro signalizaci v telefonní ústředně. V teoretické části jsou diskutovány a popsány základní parametry návěstních signálů a vyzváněcího signálu. V praktické části jsou navrženy jednotlivé bloky návěstního generátoru. Generátor je navržen tak, aby ve vedení ústředny permanentně vytvářel signály. V závěrečné části je popsáno, jak navržený generátor funguje.

KLÍČOVÁ SLOVA

Generátor, návěstní signál, mikrokontrolér, platforma Arduino

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is the description and design of signal generator signals to the PBX using electronic components. The generator is used to generate a total of three signal harmonic signals and one ring signal, used for signaling in PABX. The theoretical part discusses and describes the basic parameters of an alert signal and the ringing signal. In the practical part are designed individual blocks signaling generator. The generator is designed to lead in the panel permanently generated signals. The final section describes how the proposed generator works.

KEY WORDS

Generator, the alert signal, microcontroller, Arduino platform

SRNSKÝ, Petr generátor návěstních tónů pro telefonní ústřednu: bakalářská práce. BRNO: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2014. 18 s. Vedoucí práce byl doc. Ing. Václav Zeman, Ph.D.

2015

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „generátor návěštních tónů pro telefonní ústřednu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

BRNO

.....
(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Václav Zeman, Ph.D., za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

BRNO

.....
(podpis autora)

Obsah

Seznam obrázků	8
1. Úvod	9
2. Návěstní signály a jejich parametry	10
2.1. Vyzváněcí signál	11
2.2. Návěstní signály	12
2.2.1. Oznamovací signál	12
2.2.2. Obsazovací signál	13
2.2.3. Kontrolní vyzváněcí signál	14
3. Návrh generátoru návěstních tónů pro telefonní ústřednu	15
3.1. Požadavky na generátor	15
3.2. Popis použitých komponent	15
4. Realizace generátoru návěstních tónů pro telefonní ústřednu	21
4.1. Realizace bloku návěstních signálů	22
4.2. Realizace bloku vyzváněcího signálu	27
5. Návrh desky plošných spojů	30
6. Seznam součástek	31
7. Závěr	32
Bibliografie	33

Seznam obrázků

Obrázek 1: Časový průběh vyzváněcího signálu v závislosti na amplitudě signálu	11
Obrázek 2: Časový průběh oznamovacího signálu v závislosti na amplitudě signálu	12
Obrázek 3: Časový průběh obsazovacího signálu v závislosti na amplitudě signálu	13
Obrázek 4: Časový průběh kontrolního vyzváněcího signálu v závislosti na amplitudě signálu	14
Obrázek 5: Arduino Uno – schéma (převzato z [6])	16
Obrázek 6: I/O shield kit ARDUINO KA05 zapojení reléového výstupu	18
Obrázek 7: Ošetření digitálních vstupů doplňkového kitu I/O Shield Arduino KA05	18
Obrázek 8: Ošetření analogových vstupů doplňkového kitu I/O Shield Arduino KA05	19
Obrázek 9: Blokové schéma DC/AC měniče	19
Obrázek 10: Blokové schéma napájecího zdroje	20
Obrázek 11: Blokové schéma DC/DC měniče	20
Obrázek 12: Kompletní blokové schéma generátoru návěstních tónů pro telefonní ústřednu	21
Obrázek 13: První část programu	23
Obrázek 14: Druhá část programu	24
Obrázek 15: Třetí část programu	25
Obrázek 16: Principiální schéma zapojení pro spínání tónu v závislosti na budícím signálu ...	26
Obrázek 17: Kompletní schéma DC/AC měniče pro blok vyzváněcího signálu	28
Obrázek 18: Osazovací plán	30
Obrázek 19: Předloha spojů bottom	30

1. Úvod

Hlavním cílem této bakalářské práce je návrh a realizace generátoru návěstních a vyzváněcích signálů, které se používají v klasických telefonních ústřednách a na základě těchto poznatků navrhnout a realizovat takový generátor.

Pro vlastní návrh je důležité popsat a vysvětlit jednotlivé principy. Signály, které tento generátor vytváří, jsou signály známých parametrů, které jsou v určitých případech připojeny do telefonního vedení a právě tyto signály rozeznávají zvonek a tímto způsobem vytvářejí akustické tóny. Návěstní tóny používané v telefonních službách jsou akustické signály, které účastník telefonního hovoru uslyší ve sluchátku telefonního přístroje, tzv. mikrotelefonu. Vyzváněcí signál je signál, který v případě příchozího hovoru rozezná zvonek uvnitř telefonu a tím upozorní na příchozí hovor.

Tyto tóny se liší v závislosti na tom, jakou mají plnit funkci a dále se liší svými elektrickými parametry. Návěstní tóny také mají význam informační pro účastníky telefonního hovoru o stavu telefonní linky. Například, je-li telefonní linka bez poruch a je tedy připravena ústředna pro příjem volby, pak se pro takový případ ve sluchátku ozve oznamovací tón. Dále pak při snaze o navázání hovoru jednoho účastníka s druhým se ve sluchátku ozve vyzváněcí tón, který potvrdí, že volanému účastníkovi na opačné straně telefon vyzvání. V případě, že je volaný účastník obsazený, ozve se volajícímu obsazovací tón, který informuje o nedostupnosti koncového účastníka. Dále se pak využívá upozorňovacích tónů, které volajícího informují o tom, že se na linku snaží dovolat další účastník. Aby volající rozeznal rozdíly mezi jednotlivými akustickými tóny je zapotřebí, aby tyto signály byly odlišné, a právě odlišnost signálů určují parametry, kterými se tato práce také zabývá. Každá ústředna se ale liší v použití tónů. Tzn., ne každá ústředna využívá všech výše uvedených tónů.

2. Návěstní signály a jejich parametry

Návěstní signály, dávají informaci o stavu linky nejčastěji v podobě akustických signálů. Tyto signály plní funkci výstrahy, tedy dávají informaci o stavu telefonní linky.

Tento generátor návěstních tónů pro telefonní ústřednu je navržen na základě principu funkčnosti volacího stroje, který se dříve používal v telefonních ústřednách P51p. Ústředna P51p byla uvedena do provozu v roce 1959 a v osmdesátých letech byla nahrazena ústřednami druhé generace. [1]

Generátor návěstních signálů pro telefonní ústřednu realizovaný pomocí elektronických součástek trvale vyrábí:

- vyzváněcí signál.

Dále tři návěstní signály, které jsou charakteristické svými parametry, jedná se o tyto návěstní signály:

- oznamovací signál,
- obsazovací signál,
- kontrolní vyzváněcí signál.

Generátor je navržen pro malou ústřednu, tedy jeho charakteristickou hodnotou pro výkon vyzváněcího proudu je 5 VA a napájen je z elektrické sítě. Pro střední ústřednu by byla charakteristická hodnota výkonu 15 VA a pro velké ústředny 60 VA.

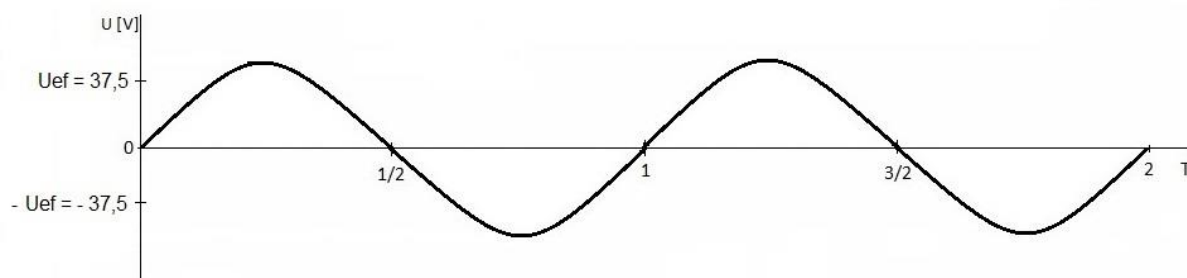
Dále jsou uvedeny parametry signálů, které musí generátor bez přerušení generovat a které ve formě střídavého proudu vstupují do vedení, tedy do jednotlivých linkových voličů.

2.1. Vyzváněcí signál

Základní parametry vyzváněcího signálu jsou:

- harmonický průběh,
- $U_{ef} = 75 \text{ V}$,
- $f = 25 \text{ Hz}$. [2]

Signál vytváří generátor permanentně. Signál o uvedených parametrech slouží k napájení zařízení, které vytváří akustické signály v případě, že účastník vytočí číslo jiného koncového účastníka. V tuto chvíli se volanému účastníkovi rozezní zvonek v jeho telefonu. Tato signalizace slouží k zjištění příchozího hovoru pomocí akustické výstrahy. Jedná se o harmonický signál o výše uvedených parametrech, který je součástí bloku a který je nezávislý na bloku, jenž slouží ke generování návěstních signálů.



Obrázek 1: Časový průběh vyzváněcího signálu v závislosti na amplitudě signálu

2.2. Návěstní signály

Signály generátor vytváří permanentně. Jedná se o celkem tři signály:

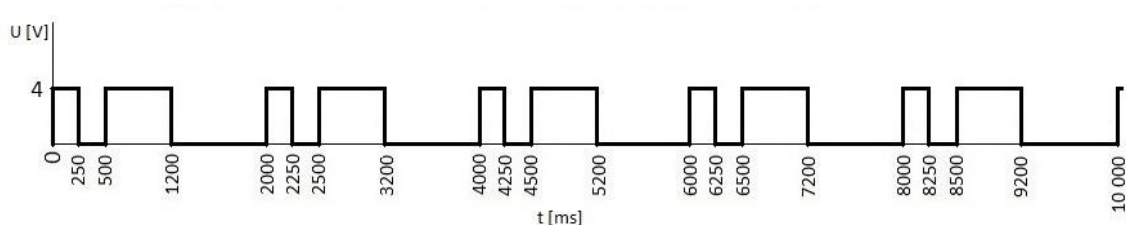
- oznamovací,
- obsazovací,
- kontrolní vyzváněcí.

2.2.1. Oznamovací signál

Základní parametry oznamovacího signálu jsou:

- harmonický průběh,
- $U_{\max} = 4 \text{ V}$,
- $f = 450 \text{ Hz}$,
- obdélníkový průběh s proměnnou střídou 1:1:7:8. [2]

Tento tón účastník hovoru uslyší ve sluchátku v případě, že zvedne sluchátko mikrotelefonu. Zvednutím sluchátka se v ústředně P51p rozběhne 1T a vyhledá volný východ buď přímo nebo přes druhou stovkovou skupinu 2T na první skupinář 1S, odkud dostane oznamovací tón, poté může volající účastník přistoupit k volbě hovoru. Jedná se o signál, který má charakteristiku obdélníkových pulsů s frekvencí 450 Hz a proměnnou střídou 1:1:7:8, jdoucích za sebou v pravidelných časových intervalech viz obr. 2. Průběh signálu je znázorněn v časové ose od 0 ms do 10 000 ms. Signál se po dovršení tohoto časového měřítka opakuje ve stejném časovém cyklu.



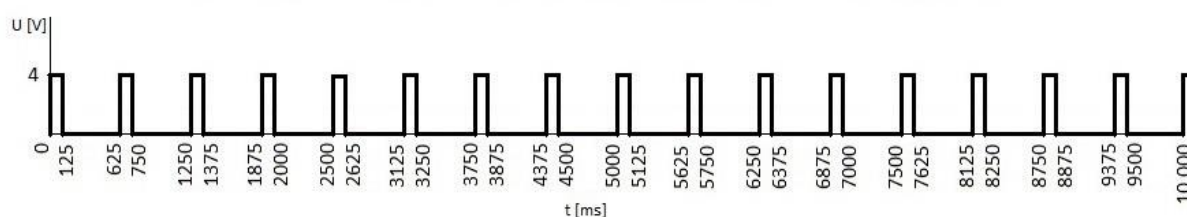
Obrázek 2: Časový průběh oznamovacího signálu v závislosti na amplitudě signálu

2.2.2. Obsazovací signál

Základní parametry obsazovacího signálu jsou:

- harmonický průběh,
- $U_{\max} = 4 \text{ V}$,
- $f = 450 \text{ Hz}$,
- obdélníkový průběh se střídou 20%. [2]

Tento tón účastník hovoru uslyší ve sluchátku mikrotelefonu v případě, že při snaze o navázání hovoru bude volaný uživatel tzv. „obsazený“, tzn., že hovor nebude moci být navázán mezi těmito dvěma účastníky, jelikož volaný uživatel již má navázaný jiný hovor, nebo při hovoru svůj mikrotelefon zavěsí, tzn., že přeruší hovor. Dále pak dojde k zaznění obsazovacího signálu po volbě čísla volaného účastníka, pokud se tak nestane do první vteřiny po zadání posledního čísla, tak při navázání hovoru mezi účastníky došlo k chybě. Jedná se o signál, který má charakteristiku obdélníkových pulsů s frekvencí 450 Hz se střídou 20%, jdoucích za sebou v pravidelných časových intervalech, viz obr. 3. Průběh signálu je znázorněn v časové ose od 0 ms do 10 000 ms. Signál po dovršení tohoto časového měřítka se opakuje ve stejném časovém cyklu.



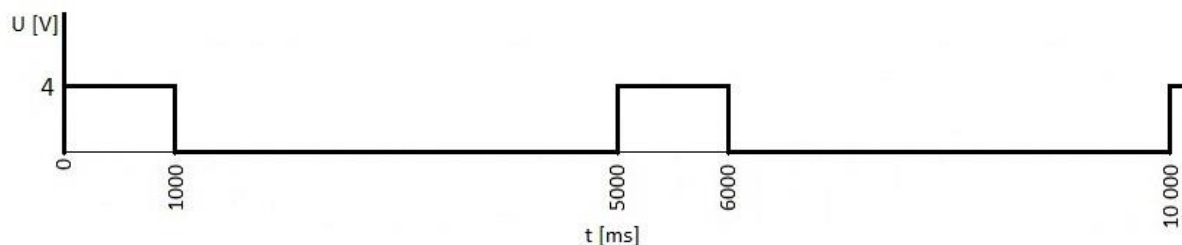
Obrázek 3: Časový průběh obsazovacího signálu v závislosti na amplitudě signálu

2.2.3. Kontrolní vyzváněcí signál

Základní parametry kontrolního vyzváněcího signálu jsou:

- harmonický průběh,
- $U_{\max} = 4 \text{ V}$,
- $f = 450 \text{ Hz}$,
- obdélníkový průběh se střídou 20%. [2]

Tento tón účastník hovoru uslyší ve sluchátku v případě, že zvolí na svém telefonu číslo jiného telefonu v ústředně, a právě na tomto telefonu nebude v tuto chvíli probíhat jiný hovor, tedy nastane spojení mezi oběma zařízeními a volaný telefon začne vyzvánět. Kontrolní vyzváněcí tón přestane volajícímu ve sluchátku mikrotelefonu znít ve chvíli, kdy volaný účastník zvedne mikrotelefon a přijme tento příchozí hovor. Signál má charakteristiku obdélníkových pulsů s frekvencí 450 Hz a střídou 20%, jdoucích za sebou v pravidelných časových intervalech viz obr. 4. Průběh signálu je znázorněn v časové ose od 0 ms do 10 000 ms. Signál se po dovršení tohoto časového měřítka opakuje ve stejném časovém cyklu.



Obrázek 4: Časový průběh kontrolního vyzváněcího signálu v závislosti na amplitudě signálu

3. Návrh generátoru návěstních tónů pro telefonní ústřednu

3.1. Požadavky na generátor

Požadujeme navrhnout a realizovat generátor návěstních tónů pro telefonní ústřednu generující jeden vyzváněcí signál a tři návěstní signály. Elektrické parametry vyzváněcího signálu i návěstních signálů jsou pevně stanoveny. Vychází se ze základních požadavků pro malou ústřednu tak, jak bylo uvedeno v předešlých bodech. Generátor se tedy bude skládat ze dvou základních bloků a jako celek bude mít celkem 4 výstupy.

Dále je celá práce doplněna o komerční stejnosměrný napájecí zdroj a komerční DC/DC snižující měnič. V tomto případě se jedná o spínaný zdroj se stejnosměrným výstupním napětím. DC/DC snižující měnič snižuje výstupní napětí spínaného zdroje na jmenovitou hodnotu a napětí z výstupu tohoto snižujícího měniče slouží k napájení návěstní části generátoru.

Základní požadavky bloku vyzváněcího signálu:

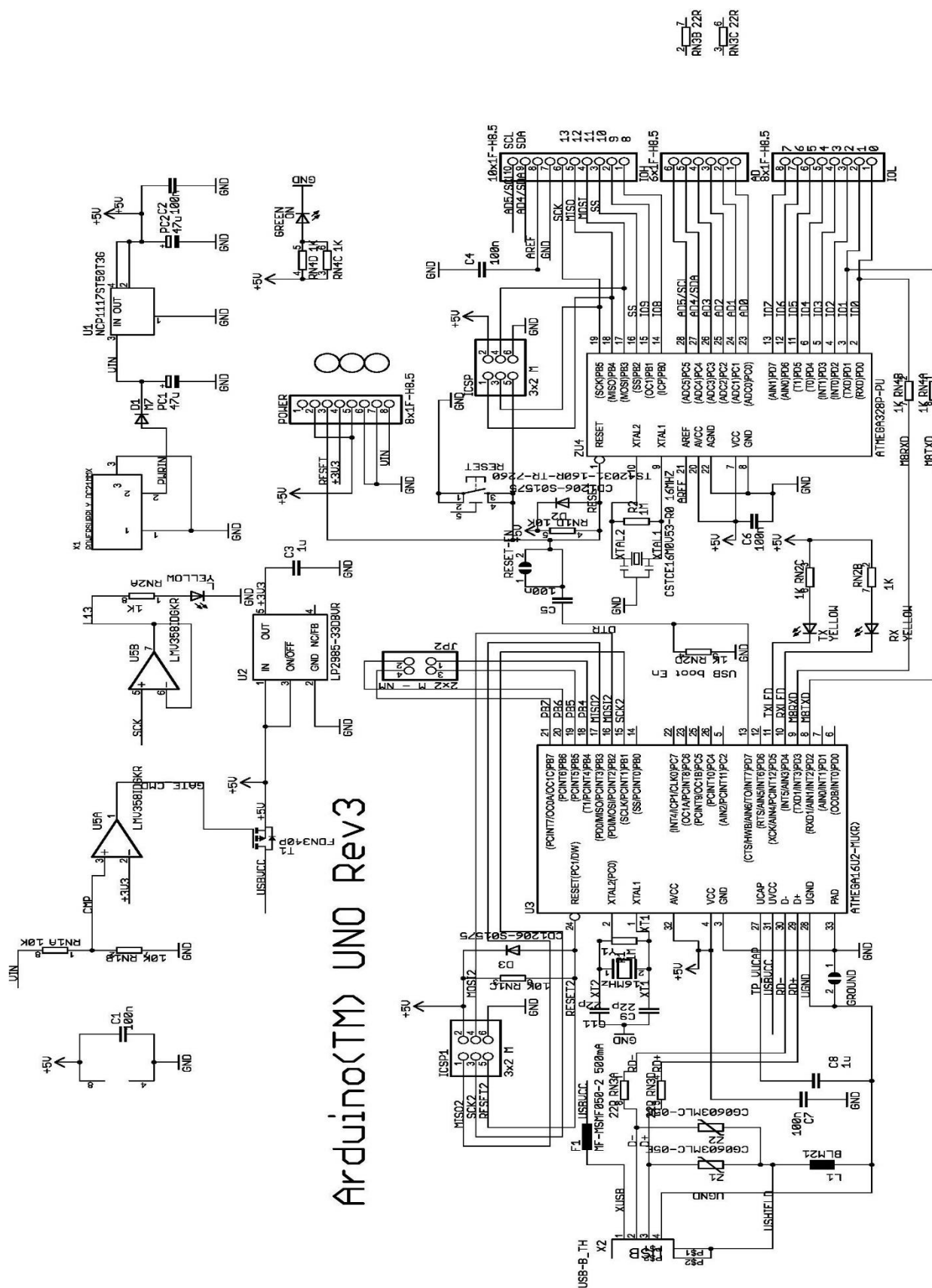
- Napájení generátoru vyzváněcí části napětím 52 V.
- Vyzváněcí signál s efektivním napětím 75 V a kmitočtem 25 Hz.

Základní požadavky bloku návěstních signálů:

- Napájení generátoru návěstní části napětím v rozmezí 12 V stejnosměrných.
- Tři návěstní tóny s maximálním napětím 4 V a kmitočtem 450 Hz.

3.2. Popis použitých komponent

K realizaci generátoru návěstních tónů pro telefonní ústřednu je využit mikrokontrolér Arduino Uno v doplnění s rozšiřujícím doplňkem pro Arduino označovaným I/O Shield Kit for Arduino KA/05. Arduino je open-source platforma využívající mikrokontroléry ATmega. Na obr. 5 je kompletní schéma zapojení Arduino Uno.



Obrázek 5: Arduino Uno – schéma (převzato z [6])

Jedná se o mikrokontrolér, který se vyrábí s integrovanými obvody ATmega328.

Obsahuje:

- 14 digitálních vstupních pinů,
- 14 digitálních výstupních pinů (z toho 6 PWM),
- 6 analogových vstupů,
- 16 MHz krystalový oscilátor. [9]

Arduino obsahuje USB a díky tomu se dá jednoduše připojit k počítači. Napájení může být řešeno buď přes napájecí adaptér, baterii nebo právě přes již zmíněné USB. Jmenovité napájecí napětí se pohybuje v rozsahu 5-20 V. Pro tento generátor je použito napětí 12 V.

K vytváření zdrojových kódů Arduino slouží speciální vývojové prostředí označené Arduino IDE napsané v Javě. Využívá se zde programovacího jazyka označovaného názvem „Wiring“. Tento jazyk je podobný jazyku C. Kód se píše do jednoduchého textového editoru.

Pro funkčnost programu je nutné nadefinovat dvě funkce:

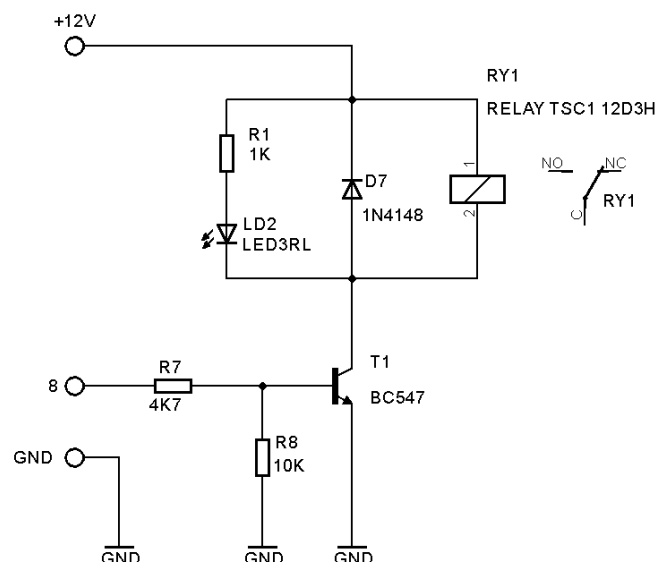
- setup() – zde se funkce spustí jednou po startu programu,
- loop() – zde, se funkce neustále opakuje v nekonečné smyčce.

Další částí je doplňkový kit I/O Shield Arduino KA05.

Tento doplněk obsahuje:

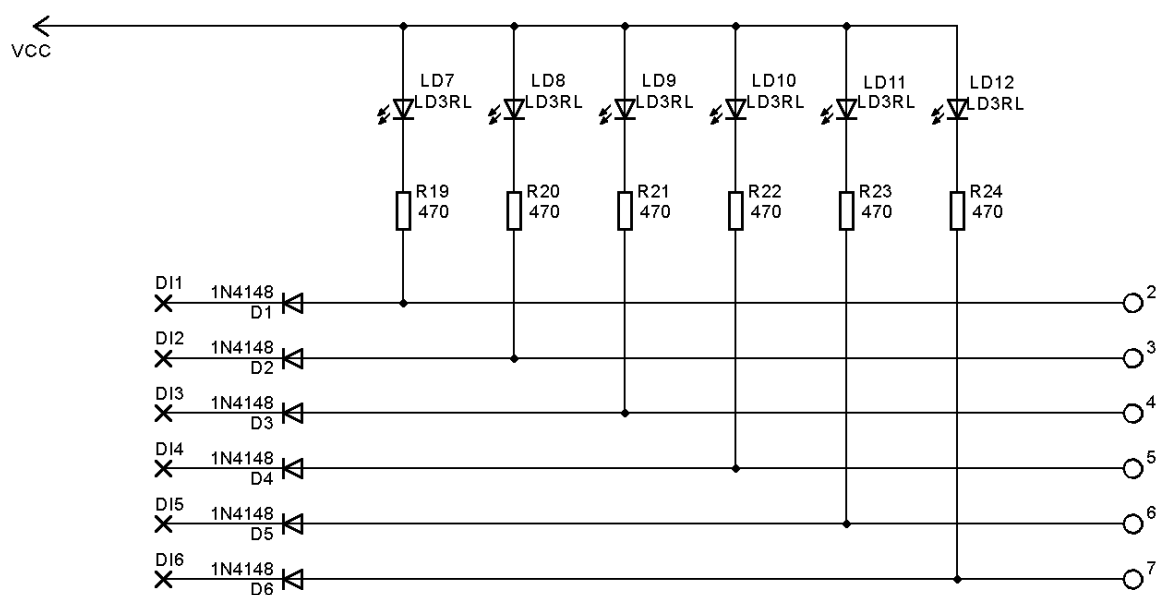
- 6 analogových vstupů,
- 6 digitálních vstupů,
- 6 reléových výstupů, sloužících ke spínání příchozích signálů,
- Indikační LED diody pro reléové výstupy a digitální vstupy. [8]

Na obr. 6 níže, je schéma reléového výstupu. Tento doplňkový kit je určen pro Arduino Uno. Napájecí napětí je 12 V. Odpory R7 a R8 slouží jako napěťový dělič pro napájení báze tranzistoru T1. Přivedeme-li impuls na kontakt č. 8 tranzistor T1 se otevře a umožní průchod proudu přes relé RY1, tzn., že relé sepne. Dioda D7 je stabilizační Zenerova dioda, která udržuje hodnotu napájecího napětí a slouží také jako ochrana pro relé RY1. V obvodu se dále nachází světelná LED dioda, která slouží k indikaci sepnutého relé.

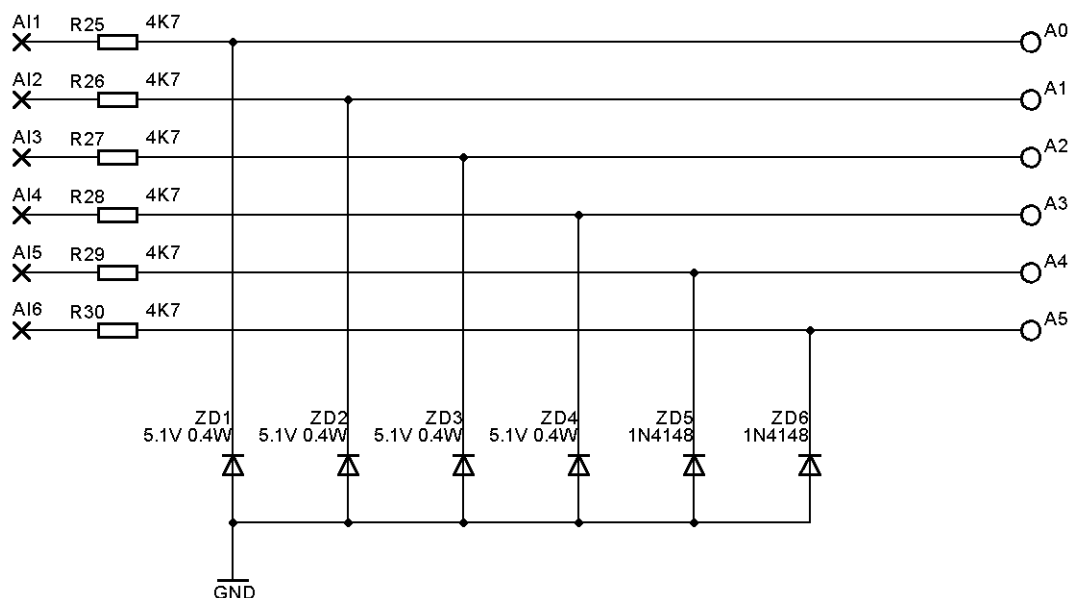


Obrázek 6: I/O shield kit ARDUINO KA05 zapojení reléového výstupu

Na obrázku č. 7 níže, je znázorněno schéma zapojení digitálních vstupů Shieldu KA05. Diody 1N4148 jsou stabilizační Zenerovy diody a slouží k ochraně digitálních vstupů doplňkového shieldu. Led diody LD7 až LD12 připojené na vstupní napětí V_{cc} slouží k indikaci výstupního signálu z Arduina vstupujícího na vstupy DI1 až DI6 Shieldu, Na dalším obrázku č. 8 je znázorněno schéma zapojení analogových vstupů Shieldu KA05, které nejsou v této práci využity.

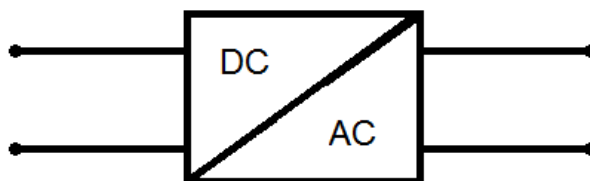


Obrázek 7: Ošetření digitálních vstupů doplňkového kitu I/O Shield Arduino KA05



Obrázek 8: Ošetření analogových vstupů doplňkového kitu I/O Shield Arduino KA05

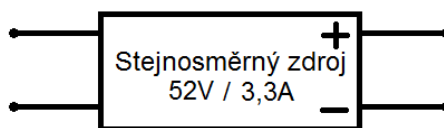
Další částí generátoru je měnič ze stejnosměrných 52 V na 75 V střídavých, jehož výstupem je harmonický signál s efektivním napětím 75 V a kmitočtem 25 Hz. Jedná se o přepočtené a upravené schéma funkčního měniče 12 V / 230 V. Tohoto efektu je dosaženo za pomoci měniče, který obsahuje čtyři výkonové tranzistory zapojené do můstku. V diagonále můstku se nachází vinutí transformátoru, které je připojeno k napájecímu napětí. Spínací tranzistory jsou buzeny zdrojem pravoúhlého signálu v tomto případě je zdrojem pravoúhlého signálu jeden výstup z Arduina. Signál má kmitočet 25 Hz se střídou 50 %.



Obrázek 9: Blokové schéma DC/AC měniče

V neposlední řadě je součástí generátoru zdroj napětí. Jedná se o komerční spínaný zdroj. Výhodou spínaných zdrojů je zejména účinnost, která se pohybuje v rozmezí 70%-80%. [3]

Na obr. 10 níže, se nachází blokové schéma spínaného zdroje, který je využit k napájení generátoru.



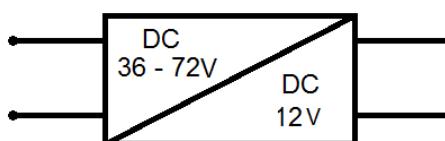
Obrázek 10: Blokové schéma napájecího zdroje

Spínaný zdroj MEAN WELL RS-150-48 je zdroj napájený síťovým napětím. Výstupem zdroje je stejnosměrné napětí v rozsahu 42 V až 52 V. Výstupní napětí lze v tomto rozsahu regulovat potenciometrem. Obsahuje výstupní svorky pro možnost napájení až dvou zařízení zároveň a indikační LED diodu, která signalizuje zapnutý stav.

- Regulace výstupního napětí: 42 V – 52 V,
- výstupní proud: 3,3 A,
- skutečný výkon: 158 W,
- účinnost 87 %.

Poslední součástí generátoru je DC/DC snižující měnič značky MEAN WELL SCW05C-12. Tento komerční měnič slouží k napájení bloku návěstních signálů. Napájen je z výstupu spínaného zdroje MEAN WELL RS-150-48. Měnič je určen pro zabudování do desky plošných spojů.

- Jmenovité vstupní napětí v rozsahu: 36 V – 72 V,
- výstupní proud: 0,47 A,
- výkon 5W,
- účinnost 83 %.

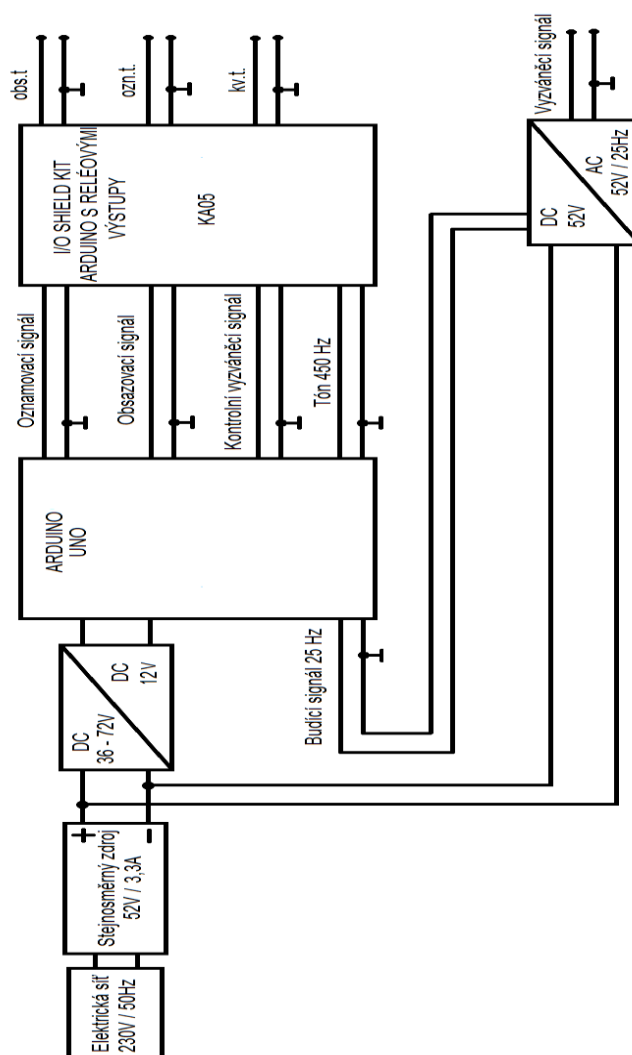


Obrázek 11: Blokové schéma DC/DC měniče

4. Realizace generátoru návěstných tónů pro telefonní ústřednu

Jak již bylo zmíněno, generátor návěstných tónů pro telefonní ústřednu se skládá ze dvou základních bloků. Jedná se o blok vyzváněcího signálu a blok návěstných signálů. Oba tyto bloky tvoří celek, který ve finální podobě tvoří jednu desku plošných spojů, ke které je připevněno Arduino s doplňujícím kitem. Výstupem tohoto celku jsou 4 výstupy.

Na obr. 12 je znázorněno kompletní blokové schéma generátoru návěstných tónů pro telefonní ústřednu.



Obrázek 12: Kompletní blokové schéma generátoru návěstných tónů pro telefonní ústřednu

4.1. Realizace bloku návěstních signálů

Blok návěstních signálů je realizován pomocí mikrokontroléru Arduino s doplňkovým kitem I/O shield ARDUINO KA05 se spínacími relátky. Blok návěstních signálů je napájen napětím 12 V z výstupu DC/DC snižujícího měniče, pomocí napájecího konektoru připojeným do Arduina.

Pomocí vývojového prostředí Arduino IDE byl vytvořen program, který na jednom z digitálních výstupů generuje harmonický signál s kmitočtem 450 Hz.

Pro tento účel byl zvolen:

- digitální výstup 6.

Z dalších tří digitálních výstupů je generována sekvence 0 a 1 přesně dle daných průběhů návěstních signálů.

Pro tento účel byly zvoleny:

- digitální výstup 2: kontrolní vyzváněcí signál,
- digitální výstup 3: obsazovací signál,
- digitální výstup 4: oznamovací signál.

Tyto elektrické signály v podobě střídajících se logických stavů „0“ a „1“ jsou z Arduina připojeny na doplňkový I/O shield kit ARDUINO KA05, kde spínají reléové výstupy. V případě logického stavu „1“ dané výstupní relé sepne, v případě logického stavu „0“ je dané výstupní relé rozpojené. Harmonický signál z digitálního výstupu číslo 6 představuje výsledný tón s kmitočtem 450 Hz a je přiveden na všechny tři reléové výstupy. Generuje se v nekonečném cyklu. Tímto mechanismem dostaneme na výstupu generátoru návěstní tóny, které jsou generovány dle daných průběhů. Princip elektromagnetického relé spočívá ve spínání a rozepínání elektrických spojení. Po přivedení napětí na cívku relé, vznikne magnetické pole a dojde k přitažení kotvy s pohyblivými kontakty. Pružné kontakty se spojí s pevnými kontakty nebo přeruší stávající spojení. [5]

Tento způsob řešení se nazývá amplitudové klíčování. Jedná se o nejjednodušší klíčovací techniku, kdy modulační signál střídavě spíná a vypíná nosný signál, podle toho zda je právě modulovaná hodnota logická „1“ nebo logická „0“. V tomto případě je nosný signál

harmonický signál, který je generovaný z výstupu číslo 6, a modulační signály jsou signály z výstupů 2,3,4.

Na následujících dvou obrázcích č. 13 a č. 14 jsou uvedeny části kódu. Na základě tohoto kódu jako celku je zajištěna funkce bloku návěštních signálů a částečně funkce bloku vyzváněcího signálu.

```
#define KONTROLNI 2
#define OBSAZOVACI 3
#define OZNAMOVACI 4
#define VYZVANECI 5
#define KMITOCET 6

uint16_t obsazovaci = 0;
uint16_t oznamovaci = 0;
uint16_t kontrolni = 0;
uint16_t vyzvaneci = 0;

void setup()
{
    pinMode(KONTROLNI, OUTPUT);
    pinMode(OBSAZOVACI, OUTPUT);
    pinMode(OZNAMOVACI, OUTPUT);
    pinMode(VYZVANECI, OUTPUT);

    digitalWrite(OBSAZOVACI, HIGH);
    digitalWrite(OZNAMOVACI, HIGH);
    digitalWrite(KONTROLNI, HIGH);
    digitalWrite(VYZVANECI, HIGH);
    tone (KMITOCET, 450);
}
```

Obrázek 13: První část programu

Nejprve bylo definováno, na jakém výstupu se nachází daná sekvence logických stavů. Všechny proměnné jsou bezznaménkového celočíselného datového typu o velikosti dvou bajtů s počáteční hodnotou 0. Tento datový typ může nabývat maximálně hodnoty 65 535.

V další fázi jsou pro všechny signály nastaveny definované piny jako výstupní a jejich počáteční stav je nastaven na logickou hodnotu „1“ neboli „HIGH“. Výjimku zde tvoří pouze proměnná „KMITOČET“, neboť jejím výstupem je harmonický signál o kmitočtu 450 Hz, který na výstupu vytvoří výsledný tón. Jedná se o implementovanou funkci Arduina, díky které lze snadno generovat tóny. Avšak každý tón může být z výstupního pinu generován pouze jeden

v tentýž čas. Aby bylo možné generovat více tónů zároveň v jeden čas, je potřeba předcházející tón ukončit. Veškerá konfigurace v části setup() je načtena ihned po startu programu.

```
void loop()
{
    if (++vyzvaneci == 4) digitalWrite(VYZVANECI, LOW);
    else if (vyzvaneci == 8)
    {
        digitalWrite(VYZVANECI, HIGH);
        vyzvaneci = 0;
    }

    if (++obsazovaci == 25) digitalWrite(OBSAZOVACI, LOW);
    else if (obsazovaci == 125)
    {
        digitalWrite(OBSAZOVACI, HIGH);
        obsazovaci = 0;
    }

    if (++oznamovaci == 50) digitalWrite(OZNAMOVACI, LOW);
    else if (oznamovaci == 100) digitalWrite(OZNAMOVACI, HIGH);
    else if (oznamovaci == 240) digitalWrite(OZNAMOVACI, LOW);
    else if (oznamovaci == 400)
    {
        digitalWrite(OZNAMOVACI, HIGH);
        oznamovaci = 0;
    }

    if (++kontrolni == 200) digitalWrite(KONTROLNI, LOW);
    else if (kontrolni == 1000)
    {
        digitalWrite(KONTROLNI, HIGH);
        kontrolni = 0; }
}
```

Obrázek 14: Druhá část programu

Kód v části programu loop() se opakuje v nekonečném cyklu. Na každý generovaný signál lze pohlížet odděleně. Znamená to tedy, že každá soustava podmínek se stará o jeden signál nezávisle na ostatních signálech. Každý signál je programován po dobu trvání jedné své periody a poté v cyklu opakován. Hodnota proměnných v podmínkách představuje časový údaj, kdy dojde ke změně signálu, jinak je udržována stejná hladina signálu. V případě kontrolního vyzváněcího signálu tedy můžeme uvažovat, že hodnota počáteční proměnné

je 0, signál v čase 0 ms je nastaven na logickou hodnotu „HIGH“. Dle podmínky se přičítá hodnota proměnné po 1 až k hodnotě 200. To se dá vyjádřit jako: $200 * 5 = 1000 \text{ ms}$. Poté dojde k přepnutí stavu na logickou hodnotu „LOW“, která trvá $1000 * 5 = 5000 \text{ ms}$, což znamená, že v čase 5000 ms dojde k přepnutí do logického stavu „HIGH“ a poté je proměnná vynulována a vše se v cyklu opakuje. Totéž platí pro ostatní signály dle platných hodnot proměnných. Protože vykonávání instrukcí v těle funkce loop() trvá konečně dlouho, řádově ve stovkách μs , je třeba tuto dobu od čekacího intervalu 5 ms odečíst. Můžeme uvažovat, že doba trvání instrukce v těle loop() trvá 10 μs . Znamená to, že odečteme dobu trvání všech instrukcí od čekacího intervalu, tj.: $5000 - 170 = 4830 \mu\text{s}$. Jedná se o odhad, ovšem vzniklá chyba se dá v tomto případě zanedbat. Na obr. 13 je třetí a poslední část programu, která byla výše vysvětlena.

```
delayMicroseconds(4830);  
}
```

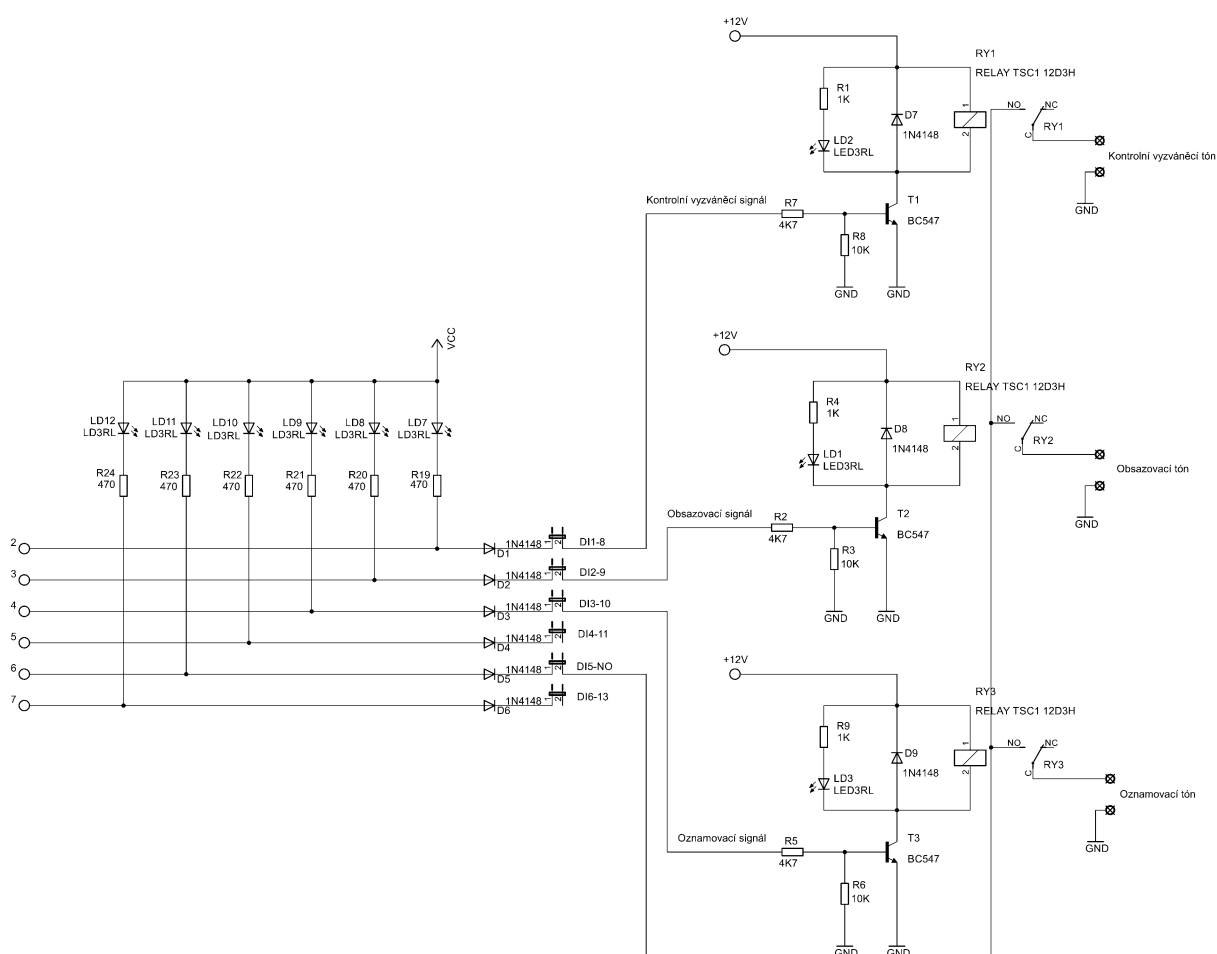
Obrázek 15: Třetí část programu

Pomocí tohoto algoritmu bylo dosaženo požadovaných signálů, které na výstupu bloku návěstních signálů permanentně generují celkem tři tóny. Blok je napájen z výstupního napětí DC/DC snižujícího měniče.

Na obrázku č. 16 níže je znázorněno schéma propojení Arduina s doplňkovým kitem pro lepší pochopení bloku vyzváněcích signálů. Nalevo ve schématu jsou výstupy z Arduina označené číslicemi 2 až 7. Z výše uvedeného programu víme, že signály jsou generovány v následujícím sledu:

- digitální výstup 2: kontrolní vyzváněcí signál,
- digitální výstup 3: obsazovací signál,
- digitální výstup 4: oznamovací signál,
- digitální výstup 6: tón 450 Hz

Signály z digitálních výstupů Arduina 2,3,4 jsou zapojeny na digitální vstupy DI1,DI2,DI3 doplňkového shieldu pro Arduino, které jsou propojené se vstupy relátek 8,9,10. Tón v podobě harmonického signálu je z digitálního výstupu Arduina připojen na výstup ke kontaktům relé, které se nachází ve stavu „rozpojeno“. Stav „spojeno“ nastane tehdy, kdy na vstup relátek přivedeme logickou „1“ neboli „HIGH“, čímž dojde k sepnutí a zaznění daného tónu. Tento stav je podmíněn posloupností logických hodnot, které se nachází na vstupu relé.



Obrázek 16: Principiální schéma zapojení pro spínání tónu v závislosti na budícím signálu

4.2. Realizace bloku vyzváněcího signálu

Blok vyzváněcího signálu je realizován na základě principu funkčního měniče. V případě tohoto generátoru je potřeba uvést výpočet napájecího proudu, který odebírá zvonek telefonu. Generátor slouží k laboratornímu přípravku demonstrujícímu činnost telefonní ústředny P51p a tedy v tomto případě bude účastnické vedení velice krátké, což znamená, že efektivní hodnota napětí vyzváněcího signálu je stanovena na hodnotu:

- $U_{\text{ef}} = 52 \text{ V}$.

Víme-li, že amplituda vyzváněcího signálu je v tomto případě 52 V a výkon generátoru je 5 VA, můžeme vyjádřit vztah pro výpočet střídavého proudu. Ze vztahu pro výkon střídavého proudu.

Tento vztah je:

- $P = U * I * \cos \varphi$,

kde $\cos \varphi$ vyjadřuje účinník. Účinník vyjadřuje vzájemný fázový posuv mezi proudem a napětím elektrického obvodu a platí pouze pro střídavé harmonické průběhy. V tomto případě lze účinník uvažovat jako $\cos \varphi = 1$, tzn., že fázový posuv mezi proudem a napětím je zanedbatelný.

Z tohoto vztahu lze vyjádřit hodnotu proudu jako:

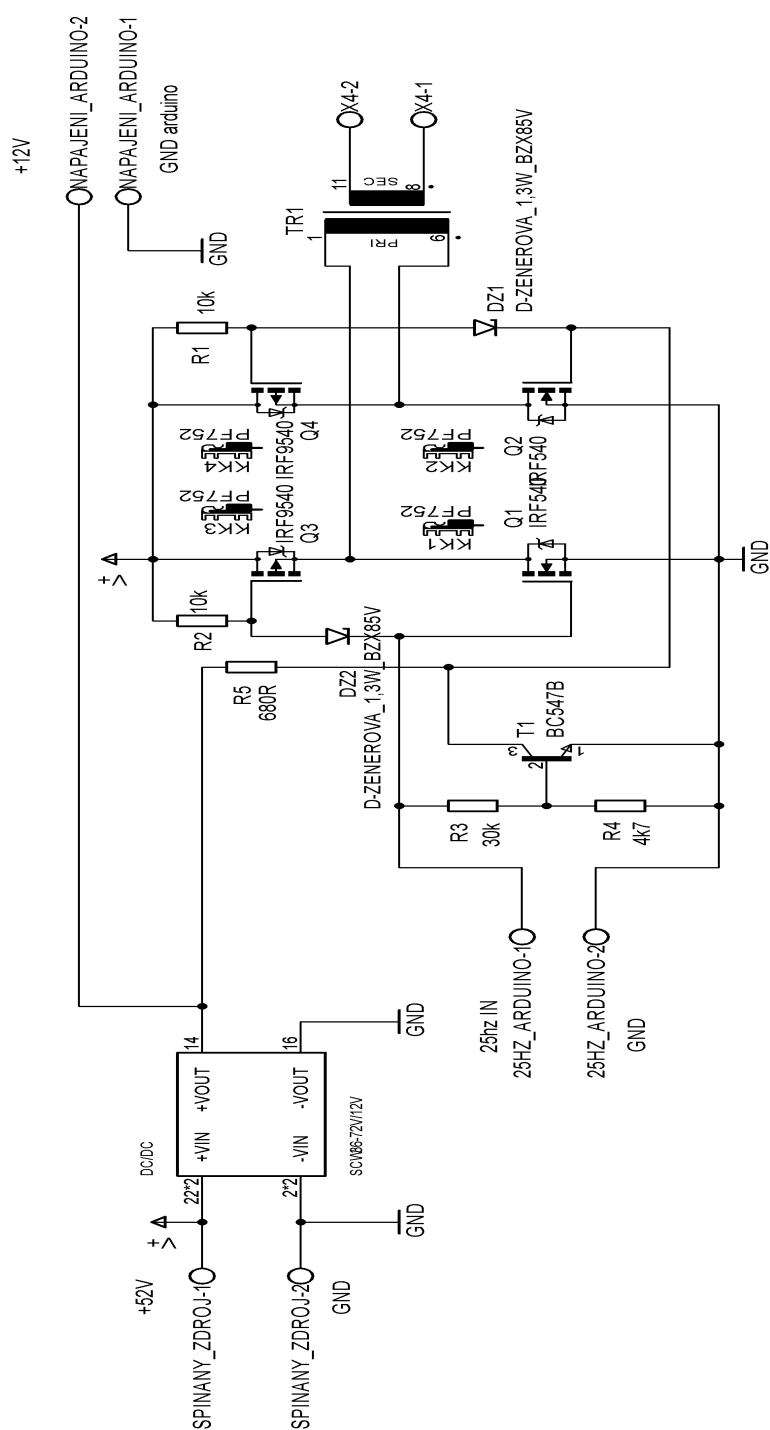
- $I = \frac{P}{U} [\text{A}]$,

po dosazení do vztahu získáme hodnotu proudu:

- $I = \frac{5}{52} = 0,096 \text{ A}$.

Z tohoto výpočtu vyplývá, že hodnota efektivního střídavého proudu je 96mA.

aby jeho výstupem byl vyzváněcí signál s efektivním napětím $U_{\text{ef}} = 52 \text{ V}$ a kmitočtem 25 Hz .

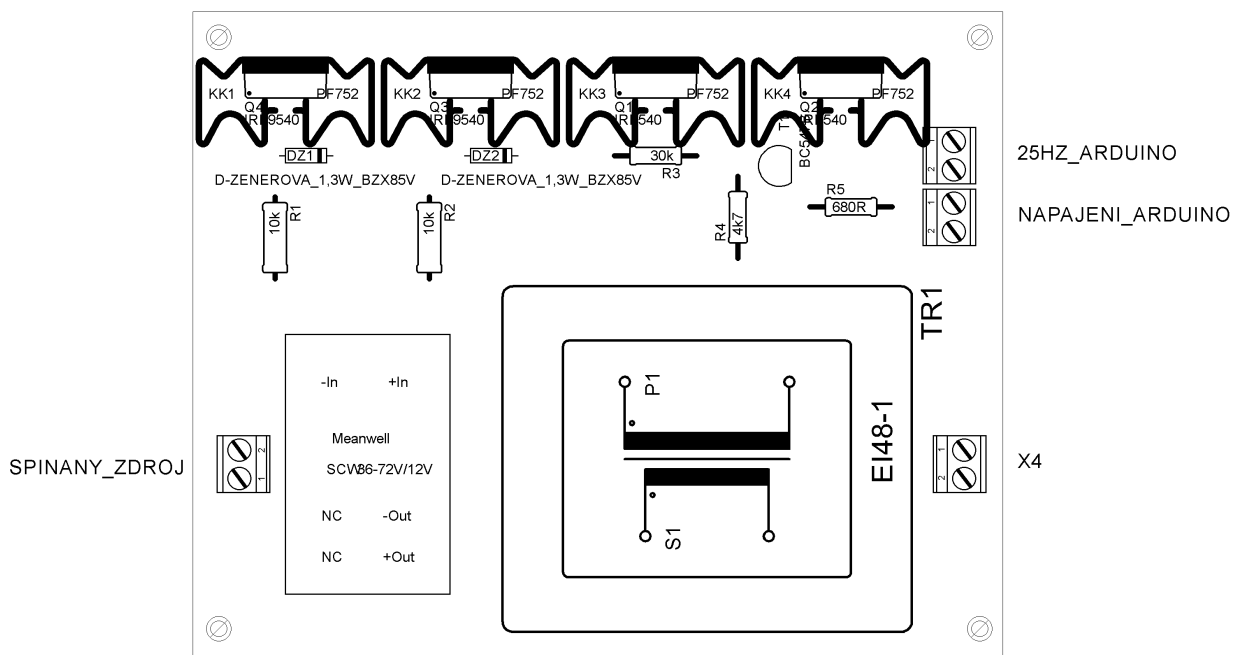


Obrázek 17: Kompletní schéma DC/AC měniče pro blok vyzváněcího signálu

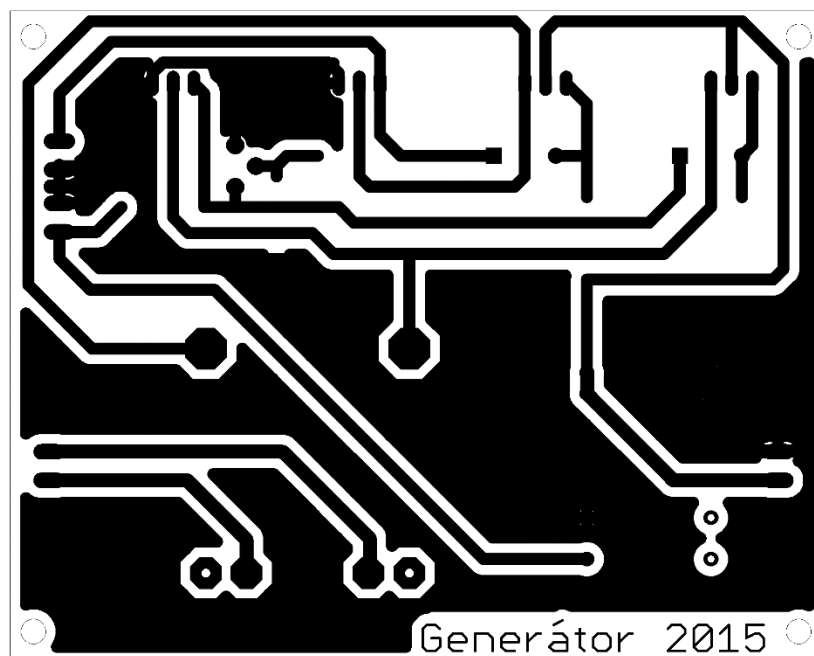
Schéma bylo navrženo v programu EAGLE. Ve schématu se nachází svorky pro připojení výstupního napětí ze spínaného zdroje, toto napětí je následně upraveno pomocí DC/DC snižujícího měniče z hodnoty napětí 52 V na hodnotu napětí 12 V, které slouží k napájení bloku návěstních signálů. Dále se zde nachází svorky pro připojení budícího signálu z Arduina a výstupní svorky určené pro výsledný harmonický signál. Část měniče je napájena napětím ze zdroje 52 V.

Základem měniče jsou čtyři spínací tranzistory MOS. Dva s kanálem N a dva s kanálem P zapojené do můstku, které musí být připevněny na chladič. V diagonále můstku je zapojen oddělovací transformátor s poměrem vynutí 1:1 a s charakteristickým výkonem 10 VA, který se pomocí spínačů připojuje s měnící se polaritou k napájecímu napětí. Spínací tranzistory jsou buzeny zdrojem pravoúhlého signálu. Zdrojem pravoúhlého signálu je v tomto případě jeden výstup z Arduina, konkrétně se jedná o digitální výstup číslo 5, jehož signál má obdélníkový průběh s kmitočtem 25 Hz. Buzení dělicího transformátoru pravoúhlým signálem je jediným možným řešením. Transformátor potlačí vyšší harmonické složky. Dělič R3 a R4 slouží k tomu, aby se tranzistor T1 otevíral v polovině napájecího napětí z výstupu Arduina. Odpory R1 a R2 zabezpečují zavírání tranzistorů T3 a T5, neboť ty jsou připojeny na napájecí napětí 52 V, přitom maximální povolené napětí U_{GE} nesmí být větší, než 20 V. Zenerovy stabilizační diody slouží k zajištění stejnosměrného posuvu řídicího napětí pro tranzistory T3 a T5. Pomocí tohoto zapojení bylo dosaženo požadovaného vyzváněcího signálů, který na výstupu permanentně generuje vyzváněcí signál. [12]

5. Návrh desky plošných spojů



Obrázek 18: Osazovací plán



Obrázek 19: Předloha spojů bottom

6. Seznam součástek

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
R1	10k	0309/10	Uhlíkový rezistor
R2	10k	0309/10	Uhlíkový rezistor
R3	30k	0207/10	Uhlíkový rezistor
R4	4k7	0207/10	Uhlíkový rezistor
R5	480R	0207/10	Uhlíkový rezistor
T1	BC547B	TO92	Bipolární tranzistor
T2	IRF9540	T0220	Unipolární výkonový tranzistor
T3	IRF9540	T0220	Unipolární výkonový tranzistor
T4	IRF540	TO220AB	Unipolární výkonový tranzistor
T5	IRF540	TO220AB	Unipolární výkonový tranzistor
DZ1	1N5349B	DO-201	Zenerova dioda
DZ2	1N5349B	DO-201	Zenerova dioda
DC-DC měnič MEANWELL	36~72V -> 12V, 5W	SCW	DC/DC měnič do DPS
4 x svorkovnice	ARK550/2EX	AK550/2	Šroubovací svorkovnice do DPS

7. Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala návrhem a realizací generátoru návěštních tónů pro telefonní ústřednu. V první části práce jsou uvedeny druhy návěštních signálů sloužících k informování jednotlivých účastníků hovoru o stavu vedení telefonní linky a jednoho vyzváněcího signálu sloužícího k rozeznění zvonku uvnitř telefonu sloužícího k výstraze příchozího hovoru. V práci jsou rozebrány jednotlivé signály a jejich parametry. Dále jsou uvedeny parametry generátoru tónů pro telefonní ústřednu jako celku.

Další kapitola se zabývala základními požadavky na generátor, výčtem základních požadovaných parametrů a popisem jednotlivých použitých komponent. Práce byla rozdělena na dva bloky. Blok návěštních signálů a blok vyzváněcího signálu. V práci byly popsány oba bloky nezávisle na sobě, byl vyhotoven návrh realizace.

Blok návěštních signálů byl navrhnout a realizován pomocí mikrokontroléru Arduino Uno s doplňujícím kitem pro Arduino Uno I/O Shield Arduino KA05. Bylo navrženo softwarové řešení generování požadovaných signálů a hardwarové řešení propojení mikrokontroléru Arduino s doplňujícím kitem Arduino Uno I/O Shield Arduino KA05.

Také byl popsán blok návěštního signálu. Zde se vycházelo z principu DC/AC měniče a bylo navrženo zapojení, jehož schéma bylo navrženo v programu EAGLE a následně byla navržena deska plošných spojů pro část měniče. V závěrečné fázi byly oba bloky spojeny. Výsledkem práce jsou 4 výstupní signály, které mohou být zapojeny do vedení telefonní linky a v závislosti na stavu linky generovat do vedení potřebné signály. Generátor nebyl prakticky realizován z důvodu zpoždění dodání některých potřebných součástí a výroby desek plošných spojů.

Bibliografie

- [1] **STRNAD, Julius a HERČÍK, Vojtěch.** *TELEFONIE*. Praha : Nakladatelství Československé akademie věd, 1958.
- [2] **Rynt, Jiří.** *Spojovací systémy II*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01339-1.
- [3] **Krejčířík, Alexandr.** *NAPÁJECÍ ZDROJE II*. Praha : Nakladatelství BEN-technická literatura, 1997. ISBN 80-86056-03-1.
- [4] —. *NAPÁJECÍ ZDROJE I*. Praha : Nakladatelství BEN-technická literatura, 1997. ISBN 80-86056-02-3.
- [5] *Elektromagnetické relé [online]*. 2015 [cit. 2015-06-04]. Dostupné z: <http://www.eshop.elektrokomponenty.cz/novinky/elektromagneticke-rele-co-je-a-jak-funguje/>
- [6] *Arduino Uno [online]*. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <https://electrosome.com/arduino-uno/>
- [7] *RS-150-48 Mean Well [online]*. 2015 [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <https://octopart.com/rs-150-48-mean+well-7598113>
- [8] *KA05 I/O Shield for Arduino [online]*. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: http://www.velleman.co.uk/contents/en-uk/p582_ka05.html
- [9] *Arduino - Arduino Board [online]*. 2015 [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [10] *Co je to Arduino? [online]*. 2012 [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://czechduino.cz/?co-je-to-arduino,29>
- [11] *PaJa - Eagle - Eagle - návod 2 [online]*. 2015 [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: http://paja-trb.cz/eagle/eagle_navod_2.html#editor_schemat
- [12] *A Radio a Amatérské Radio - databáze článků [online]*. 2015 [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://jirky.webz.cz/index.php?page=casopisy&hledat=&rada=0&rok=0&w=Hledat>