



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

NÁVRH A REALIZACE BEZDRÁTOVÉHO DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ LADITELNÉHO LASERU

DESIGN AND REALIZATION OF REMOTE CONTROL FOR TUNABLE LASER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Hana Vrtělková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Aleš Dobesch, Ph.D.

BRNO 2018

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor Elektronika a sdělovací technika

Ústav radioelektroniky

Studentka: Hana Vrtělková

ID: 166236

Ročník: 3

Akademický rok: 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Návrh a realizace bezdrátového dálkového ovládání laditelného laseru

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte možnosti realizace dálkového ovládání pulzního laditelného laseru firmy EKSPLA komunikujícího po sběrnici RS-232. Navrhněte a realizujte hardwarové řešení bezdrátového dálkového ovládání, optimalizujte ho a ověřte jeho správnou funkci. Práce s lasery vyžaduje zvýšené bezpečnostní opatření, proto se před samotným řešením práce seznámte s požadovanými bezpečnostními pokyny. Vytvořte a optimalizujte řídicí software dálkového ovládání OPO systému (laditelného laseru). Ověřte a názorně prezentujte funkčnost a robustnost celého zařízení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] STRANGIO, E., Ch. The RS232 STANDARD [online]. CAMI Research Inc., Acton, Massachusetts, 1993-2015 - [cit. 13.5.2015]. Dostupné na http://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/RS232_standard.html.

[2] EKSPLA User's manual. Lithuania: EKSPLA, 2012.

Termín zadání: 5. 2. 2018

Termín odevzdání: 24. 5. 2018

Vedoucí práce: Ing. Aleš Dobesch, Ph.D.

prof. Ing. Tomáš Kratochvíl, Ph.D.
předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vyvážení bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do práv 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, čl. 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Práce se zabývá návrhem a realizací bezdrátové komunikace mezi laboratorním laserem a uživatelským ovládacím zařízením skrz bezdrátové sériové rozhraní RS232. Práce zohledňuje možnost využití komunikační technologie Bluetooth (BT) a Wi-Fi. Výstupem práce je realizace bezdrátového převodníku z RS232 na BT verze 4.0 a řídicího programu, který slouží k ovládání laboratorního laseru.

KLÍČOVÁ SLOVA

Sériové rozhraní RS232, bezdrátová komunikace, bluetooth, WiFi, MATLAB.

ABSTRACT

Bachelor thesis is concerned with a design and the realization of wireless communication between a laser and a computer through serial interface RS232. It takes account of the possibility of communication using bluetooth and wifi technology. The output of this thesis is device which serves as a convertor from RS232 to BT version 4.0 and programme which controls laser via convertor using computer.

KEYWORDS

Serial port RS232, wireless communication, bluetooth, WiFi, Matlab.

VRTĚLKOVÁ, Hana. *Návrh a realizace bezdrátového dálkového ovládání laditelného laseru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav Radioelektroniky, 2018. 32 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Aleš Dobesch, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Návrh a realizace bezdrátového dálkového ovládání laditelného laseru jsem vypracovala 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 neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědoma následků porušení ustanovení § 11 a následujících 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.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce, který mi poskytl potřebnou technickou dokumentaci k laseru a pohotově odpovídal na všechny e-maily a otázky, které jsem mu položila. Dále děkuji firmě TS-Electronics, s. r. o., která mi poskytla technické zázemí a součástky využívané u technického řešení.

OBSAH

Seznam obrázků	viii
Seznam tabulek	ix
Úvod	1
1 Teoretická část	2
1.1 Základní charakteristika laseru a jeho funkce.....	2
1.1.1 Základní princip laseru	2
1.1.2 Pulzně laditelný laser NT342b firmy EKSPLA.....	2
1.2 Sériová sběrnice RS232	3
1.2.1 Charakteristika	3
1.2.2 Asynchronní komunikace	3
1.3 Komunikace přes bluetooth	4
1.3.1 Definice.....	4
1.3.2 Popis systému	4
1.3.3 Zpracování signálu.....	5
1.4 Wifi	6
1.4.1 Obecně	6
1.4.2 Princip.....	6
1.4.3 Základní komponenty	6
1.4.4 Distribuční systém	6
1.4.5 Přístupový bod (Access point).....	7
1.4.6 Bezdrátové médium	7
1.4.7 Stanice.....	7
1.4.8 Typy sítí	7
1.4.9 Způsob přenosu dat – DSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	8
1.4.10 Způsob přenosu dat – FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) .	8
1.4.11 Vrstva přístupu k médiu.....	8
1.5 Bezdrátový přenos přes RS232.....	8
2 Technické řešení	10

2.1	MAX232 Board – Mikro-e-222	10
2.2	Bluetooth modul – BTM-222	11
2.3	Realizace	12
3	Program pro bezdrátové ovládání	15
3.1	Matlab	15
3.2	Ovládací software	15
3.3	Definování objektů programu	19
3.3.1	Objekt <i>figure</i>	19
3.3.2	Objekt <i>pushbutton</i>	19
3.3.3	Objekt <i>text</i> – <i>Disconnected, connect to BT</i>	19
3.3.4	Objekt <i>edit</i> – zadávání vlnové délky	19
3.4	Definování <i>callbacků</i> a nastavování	20
3.4.1	Deklarování <i>@connect_call</i> a definice funkce pro připojení	20
3.4.2	Definice funkce pro odpojení a funkce pro odpojení při zavření okna 22	
3.4.3	Definice funkce pro zadání vlnové délky	22
3.4.4	Funkce pro zadání počtu pulzů ve svazku	23
3.4.5	Vytvoření kontinuálního vyčítání	23
3.4.6	Funkce Start	25
3.4.7	Funkce Stop	25
3.4.8	Funkce Say	25
3.5	Orientační měření dosahu převodníku	25
4	Závěr	28
	Literatura	29
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	30

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1 Sběrnice RS232 – piny[7]	4
Obrázek 2.1 Schéma Mikroe-222[8]	10
Obrázek 2.2 Schéma zapojení BTM od firmy TS-Electronics Zlín, s. r. o.....	11
Obrázek 2.3 Blokové schéma řešení	12
Obrázek 2.4 Vnitřek zařízení obsahující převodník a BT modul	13
Obrázek 2.5 Strana zařízení obsahující rozhraní RS232 a konektor pro napájení.....	14
Obrázek 2.6 Strana obsahující externí anténu s indikační diodou.....	14
Obrázek 3.1 Ukázka příkazů pro laser[12]	16
Obrázek 3.2 Ukázka vzhledu programu	17
Obrázek 3.3 Ukázka prostředí po připojení a zpřístupnění tlačítek.....	17
Obrázek 3.4 Vývojový diagram software	18
Obrázek 3.5 Ukázka definice objektu pushbutton	19
Obrázek 3.6 Ukázka deklarace <i>callbacku</i>	20
Obrázek 3.7 Funkce <i>connect_call</i>	21
Obrázek 3.8 Deklarace funkce pro zavření okna	22
Obrázek 3.9 Ukázka funkce pro načtení vlnové délky	23
Obrázek 3.10 Definice časovače.....	24
Obrázek 3.11 Deklarace časovače	24
Obrázek 3.12 Funkce časovač s asynchronním vyčítáním	25
Obrázek 3.13 Úroveň signálu BT v bezprostřední blízkosti.....	26
Obrázek 3.14 Úroveň signálu přes sádrokartonovou příčku.....	26

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.1 Kmitočtové rozsahy v jednotlivých zemích[4]	6
---	---

ÚVOD

Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvořit bezdrátové dálkové ovládání laditelného laseru NT342b od společnosti EKSPLA a program, aby jej bylo možné ovládat i z druhé laboratoře, kam jsou vyvedena optická vlákna laseru.

Osobní počítače již v dnešní době standardně nedisponují sériovým rozhraní RS232, proto by propojení právě touto sběrnici zahrnovalo použití převodníku USB na RS232. Navíc by bylo nutné využít kabelový spoj a vzdálenost pro spolehlivou komunikaci skrze RS232 je typicky do 15 metrů.

Řešení tedy bylo realizováno pomocí převodu sériového rozhraní RS232 na bezdrátovou variantu. Bylo nutné zvážit, kterou bezdrátovou technologii použít. Také bylo potřeba zohlednit veškeré požadavky na technologii, jako je dosah, a to v případě, že je nutné komunikovat mezi laserem a počítačem umístěným v jiné místnosti. Dále bylo potřeba zvážit bezpečnost a robustnost komunikace, aby nebylo možné komunikaci rušit nebo požadavek na laser změnit v případě, že už byl zadán prvním uživatelem.

Po zvolení BT jako technologie pro bezdrátový přenos dat bylo nutno vytvořit program, přes který bude laser ovládán. Vznikla je aplikace zahrnující grafické uživatelské rozhraní v Matlabu.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Základní charakteristika laseru a jeho funkce

V následujícím textu jsou popsány základní vlastnosti a principy laseru, pro který je realizováno dálkové ovládání.

1.1.1 Základní princip laseru

LASER je zkratka pro Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Obecně se tedy jedná o optický zesilovač, který generuje elektromagnetické záření pomocí procesu stimulované emise fotonů, který vychází ze základů kvantové fyziky a termodynamiky[1].

Základem laseru je aktivní prostředí, které je buzeno. Tím dodáváme laseru energii, která je díky stimulované emisi fotonů vyzářena v podobě laserového paprsku[1].

1.1.2 Pulzně laditelný laser NT342b firmy EKSPLA

Jedná se o pulzní laser s tzv. Q-spínáním, kdy laser generuje pulsy s délkou v řádu ns[1].

Hlavní znaky tohoto systému jsou bezdotykové ladění vlnové délky laseru od UV záření až po IR, vysoká účinnost konverze, optický svázaný výstup a oddělený výstupní port pro paprsek laseru[2].

Tento laser je navržen pro pohodlné používání. Může být ovládán přes vzdálené ovládání/dálkové ovládání nebo přes počítač pomocí sběrnice RS232 s využitím LabViewTM ovladačů, které jsou dodávány se systémem. Dálkové ovládání je vybaveno podsvíceným displayem, který je snadné číst i s nasazenými ochrannými brýlemi. OPO monitorovací systém výstupní energie systému pomáhá kontrolovat parametry čerpacího laseru[2].

1.2 Sériová sběrnice RS232

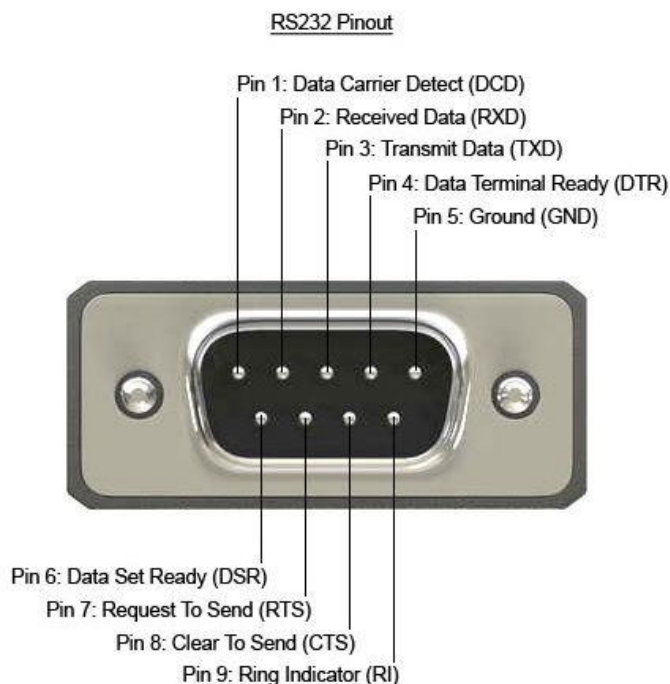
V této kapitole je popsán základní princip komunikace po sériové sběrnici RS232.

1.2.1 Charakteristika

Jedná se o asynchronní sériovou komunikaci pro přenos dat. Datové bity se přenášejí od nejméně významného bitu (LSB) po nejvíce významný bit (MSB). Počet datových bitů je volitelný, obvykle 8 bitů, ale lze se setkat i se 7 nebo 9 bity. Logickým stavům „0“ a „1“ přenášených dat odpovídají dvě možné úrovně napětí, které jsou bipolární a podle zařízení mohou nabývat hodnot ± 5 V, ± 10 V, ± 12 V nebo ± 15 V. Nejčastější je varianta, kdy logické jedničky odpovídá záporná úroveň napětí (obvykle -12 V) a logické nuly kladná úroveň napětí (obvykle +12 V). Základní tři vodiče rozhraní (příjem RxD, vysílání TxD a společná zem GND) jsou doplněny ještě dalšími vodiči sloužícími k řízení přenosu (vstupy DCD, DSR, CTS, RI, výstupy DTR, RTS). Ty mohou nebo nemusí být používány (zapojeny), nebo mohou být použity pro napájení elektronických obvodů v zařízení (např. počítačová myš)[3]. Rozložení pinů je vidět na obrázku 1.1.

1.2.2 Asynchronní komunikace

I při znalosti rychlosti přenosu dat, je nutné, aby přijímač začal data přijímat (číst) ve správný okamžik – musí proběhnout synchronizace. U asynchronní komunikace se nepoužívá synchronní vodič, vysílač pouze pošle definovaná data po datovém vodiči, po jejichž přijetí se přijímač synchronizuje. U RS232 je to jeden start bit (logická hodnota – klidový stav – na lince se přepne do opačného stavu), po kterém následují samotná přenášená data. Po datových bitech je pak paritní bit a po něm jeden nebo více stop bitů, během kterých je linka opět v klidovém stavu. Díky tomu je možné použít pro komunikaci méně vodičů na úkor určitého snížení rychlosti kvůli synchronizaci[3].



Obrázek 1.1 Sběrnice RS232 – piny[7]

1.3 Komunikace přes Bluetooth (BT)

Tato kapitola obsahuje popis principu komunikace přes BT.

1.3.1 Definice

Jedná se o univerzální radiokomunikační systém, umožňující bezdrátový přenos hovorových a datových signálů s přenosovou rychlostí cca 1 Mbit/s na krátké vzdálenosti (do desítek metrů). Systém pochází od firmy Ericsson a na jeho vývoji se podílela řada světových firem. Umožňuje bezdrátově připojit různá zařízení (počítač, tiskárnu, ...) a tím odstranit komplikovaná propojení pomocí metalických kabelů[4].

1.3.2 Popis systému

Systém je tvořen malými síťovými strukturami, označenými názvem pikonet („pikosít“). Každé zařízení, které je součástí této sítě, obsahuje malý terminál, v němž je umístěn rádiový vysílač a přijímač včetně procesoru základního pásma. Procesor základního pásma řídí činnost rádiové části, komunikaci v síti i komunikaci s hostitelským zařízením. V jedné pikonetové struktuře může mezi sebou komunikovat až 8 terminálů, které jsou zabudovány přímo do různých hostitelských elektronických zařízení. Při nominálním výkonu jejich vysílačů 0 dBm je možné spojení na vzdálenost až 10 metrů. Při použití pomocných zesilovačů se dosah může zvýšit až na cca 100 metrů. Pokud je součástí sítě pikonet imobilní telefon, je možný přístup i do celulární sítě[4].

Na rozdíl od celulární struktury typické například pro radiotelefonní systémy GSM, se v systému Bluetooth používá tzv. topologie „ad-hoc“. Jednotlivé terminály jsou si

rovnocenné a neexistuje mezi nimi žádná hierarchie. Ale terminál, který první iniciuje sestavení sítě, se stává řídicí jednotkou (master) a plní řídicí funkci spočívající v identifikaci účastníků, zjištění jejich vzájemné synchronizace atd. Ostatní terminály (účastníci) se stávají podřízenými jednotkami (slave). Tyto funkce jsou však dočasné a zanikají s ukončením spojení. Při následující komunikaci může funkci řídicí jednotky plnit jiný terminál. V případě, že v oblasti sítě pikonet pracují i jiné sítě pikonet, vzniká rozptýlená ad hoc topologie. Libovolný terminál může být zapojen současně i v několika sítích pikonet a v každé z nich může plnit jinou funkci[4].

1.3.3 Zpracování signálu

Rádiový přenos mezi jednotlivými terminály sítě pikonet se uskutečňuje v kmitočtovém pásmu ISM, vyhrazeném pro průmyslové, vědecké a lékařské aplikace. V Evropě (neplatí pro Španělsko a Francii) a v USA je kmitočtový rozsah pásma ISM 2400 až 2483,5 MHz viz tabulka 1.1. Vzdálenost jednotlivých nosných v kmitočtových pásmech je 1 MHz. Pro snížení vzájemného rušení s rádiovými systémy, které toto pásmo také využívají, používá systém Bluetooth přenos s rozprostřeným spektrem, a to variantu s kmitočtovým skákáním nosné vlny FH-SS. Každá síť má svoji vlastní frekvenci, která je dána řídicí jednotkou (master). Proto i fáze pseudonáhodného signálu je dána hodinovým signálem řídicí jednotky. Počet přeskoků za jednu sekundu je $f_{FH} = 1660 \text{ s}^{-1}$, takže doba trvání vysílání na jedné nosné je $T_{FH} = 1/f_{FH} = 625 \text{ } \mu\text{s}$ [4].

Každý rádiový kanál je rozdělen na časové úseky (time slot) délky 625 μs . Timesloty jsou číslovány podle hodinového signálu řídicí jednotky. Rozsah číslování je od 0 do $(2^{27} - 1)$, takže jeden cyklus má délku 2^{27} timeslotů. Pro komunikaci mezi terminály se používá časový duplex TDD. Řídicí jednotka vysílá pouze v každém sudém timeslotu, zatímco podřízená jednotka vysílá pouze v každém lichém timeslotu. Přenos se uskutečňuje pomocí paketů, které se „vkládají“ do timeslotů. Každý paket je vysílán na jiné nosné (skákání nosné). Jeden paket bývá přenášen obvykle v jednom timeslotu, ale může být rozšířen tak, že je přenášen ve třech nebo pěti timeslotech. V tom případě je vysílání celého paketu provedeno na téže nosné[4].

Používané pakety mají stejný formát. Na začátku každého paketu je přístupový kód (72 bitů), za ním následuje záhlaví (54 bitů) a nakonec jsou přenášena uživatelská data (0-2745 bitů). Přístupový kód má pseudonáhodné vlastnosti a je unikátní pro každou síť pikonet. Je určen řídicí stanicí a slouží k synchronizaci a autorizovanému přístupu do sítě. V záhlaví se přenáší 18 informačních bitů, které jsou zabezpečeny kanálovým kódováním FEC na výsledný počet 54 bitů. Obsahují adresu řízení přístupu na medium, informace o typu paketu, řídicí bity, bity pro ochranu (ARQ) a bity pro kontrolu chyb v záhlaví. Celková délka paketů může být v rozmezí 126 až 2871 bitů[4].

Systém Bluetooth používá digitální modulaci GFSK, tj. dvoustavové kmitočtové klíčování FSK a Gaussovskou předmodulační filtrací. Normovaná šířka pásma BT = 0,5. Logická jednička reprezentuje kladnou kmitočtovou odchylku, logická nula zápornou kmitočtovou odchylku od nosné. Kmitočtová odchylka je v rozmezí 140 až 175 kHz[4].

Přenos dat v systému může být synchronní nebo asynchronní. Při synchronním přenosu používaném pro hovorové signály. Probíhá komunikace s přenosovou rychlostí 64 kbit/s v každém směru. Při asynchronním přenosu datových signálů může být přenos

asymetrický, kdy v jednom směru je maximální přenosová rychlost 723,2 kbit/s a v opačném směru 57,6 kbit/s, nebo symetrický, kdy v každém směru může být přenosová rychlost až 433,9 kbit/s[4].

Tabulka 1.1 Kmitočtové rozsahy v jednotlivých zemích[4]

Stát	Kmitočtový rozsah [MHz]	Kmitočet nosné [MHz]	Číslo kanálu
Evropa a USA	2400–2483,5	$f = 2402 + k$	$k = 0 \dots 78$
Francie	2446,5–2483,5	$f = 2454 + k$	$k = 0 \dots 22$
Španělsko	2445–2475	$f = 2449 + k$	$k = 0 \dots 22$
Japonsko	2471–2497	$f = 2473 + k$	$k = 0 \dots 22$

1.4 Wifi

Tato kapitola obsahuje teoretické poznatky týkající se WiFi.

1.4.1 Obecně

Název Wi-Fi vytvořilo WECA – (Wireless Ethernet Compatibility Alliance). V principu jde o bezdrátovou technologii v bezlicenčním nekoordinovaném pásmu 2,4 GHz (ISM), založenou na protokolu 802.11b. WiFi je pouze komerční název, který je pouze podmnožinou 802.11b[5].

1.4.2 Princip

Většina sítí založených na Wi-Fi funguje na buňkovém principu, kdy centrální přístupový bod zprostředkovává připojení všem stanicím v dosahu a body dohromady tvoří analogii GSM sítí. Propojení těchto přístupových bodů je řešeno různě[5].

1.4.3 Základní komponenty

Každá 802.11 síť se skládá ze čtyř hlavních druhů fyzických komponent:[6]

- Distribuční systém
- Přístupový bod
- Bezdrátové médium
- Stanice [6]

1.4.4 Distribuční systém

V okamžiku, kdy má více přístupových bodů tvořit rozsáhlejší síť, musí spolu komunikovat a předávat si informace o pohybu mobilních stanic. Distribuční systém je logická komponenta standardu 802.11 používaná k přesměrování datového toku na stanici skutečného určení podle její aktuální polohy v síti[6].

1.4.5 Přístupový bod (Access point)

Představuje právě ono přemostění mezi kabelovou a bezdrátovou sítí, a ačkoliv přístupový bod poskytuje i celou řadu dalších funkcí, funkce mostu mezi bezdrátovou a kabelovou částí sítě je nejdůležitější[6].

1.4.6 Bezdrátové médium

Je pro bezdrátové sítě WLAN tímtež, co kabeláž pro sítě kabelové – bezdrátové médium je nosičem dat při přesunu dat od stanice ke stanici. Bezdrátovým médiem rozumí 802.11 dvě rádiové frekvence (2,4 a 5 GHz) a málo využívanou infračervenou fyzickou vrstvu[6].

1.4.7 Stanice

Bezdrátové sítě se staví proto, aby bylo možno přenášet data mezi jednotlivými stanicemi. Stanicí může být obecně jakékoli zařízení: počítač, notebook, PDA.[6]

Čtyři výše uvedené komponenty se v praxi shrnují do dvou nebo tří, protože bezdrátové médium je funkcionalitou využívanou stanicí i přístupovým bodem a distribuční systém (kabelová síť) není potřeba v případě, když od bezdrátové sítě neočekáváme propojení do jiné sítě a má sloužit pouze k zajištění komunikace mezi bezdrátově připojenými stanicemi[6].

1.4.8 Typy sítí

Základní stavební blok sítě 802.11 označujeme **Basic Service Set (BSS)**, tedy základní soubor služeb. Jedná se o skupinu stanic, které spolu komunikují. Tato společná komunikace probíhá v území vymezeném průnikem dosahu těchto stanic a takové území nazýváme **Basic Service Area (BSA)**. Pokud se stanice nachází v rámci BSA, může komunikovat s dalšími členy BSS. Rozpoznáváme dva hlavní typy podle toho, jak komunikace mezi BSS probíhá[6].

Ad-hoc – Síť Ad hoc se někdy nazývají nezávislé sítě, to z důvodu, že jednotlivé stanice v takové síti spolu komunikují přímo, podle potřeby, a tedy nezávisle na nějakém prostředníkovi. Z toho vyplývá, že pokud spolu stanice chtějí komunikovat, musí být ve vzájemném rádiovém dosahu[6].

Infrastrukturní síť se takto nazývají proto, že mají svoji přesně vymezenou infrastrukturu, neboť roli spojovacího článku zde přijímá síťová komponenta zvaná přístupový bod (access point, AP). Přístupový bod je schopen komunikovat s více než jednou stanicí[6].

BSS může vytvořit malou síť v menší kanceláři nebo domácnosti, ale pokrytí větších prostor nabídnout nemůže. Standard 802.11 dovoluje vytvoření větších sítí propojením BSS do tzv. Rozšířených souborů služeb, **Extended Service Set (ESS)**. ESS vytvoříme připojením jednotlivých BSS skrze páteřní síť. Jediné upřesnění páteřní sítě spočívá v definování služeb, které musí obsahovat[6].

1.4.9 Způsob přenosu dat – DSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Fyzická vrstva pracující na DSSS používá k rozptřeni dat před přenosem 11bitovou Barkerovu sekvenci (u rychlostí 11 Mbit a 5,5 Mbit 8bitovou). Každý přenášený bit je zpracován touto sekvencí, každému informačnímu bitu je přiřazena určitá bitová sekvence. Do přenášených dat se tím zavádí mnohonásobná redundance, která na přijímací straně zlepšuje proces rekonstrukce dat[5].

Celý proces rozptřirá vysokofrekvenční energii na širší frekvenční pásmo, než by odpovídalo přímé modulaci uživatelským datovým tokem. Hlavní výhodou technologie rozptřřeného spektra je především eliminace interferencí (rušení) úzkopásmových zdrojů při klasickém přenosu[5].

Vzhledem k typické šířce DSSS kanálu mohou v přiděleném pásmu 2400–2483 MHz pracovat vedle sebe nezávisle 3 kanály DSSS. Jejich středové kmitočty musí být voleny tak, aby se vzájemně nedotýkaly ani na okraji obsazených pásem. Uvažujeme-li označení kmitočtů dle ETSI (1. kanál 2411 MHz, 2. kanál 2417 MHz, dále s odstupem 5 MHz), vidíme, že 2 zařízení DSSS nelze provozovat na sousedních kmitočtových kanálech ETSI, ale je nutné zachovat rozestup minimálně 5 kanálů ($5 \times 5 \text{ MHz} = 25 \text{ MHz}$)[5].

1.4.10 Způsob přenosu dat – FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)

Fyzická vrstva založená na FHSS má k dispozici 22 modelů (skokové sekvence). Na této fyzické vrstvě je definováno 79 kanálů v okolí frekvence 2,4 GHz. Každý z těchto kanálů zabírá šířku pásma 1 MHz a „přeskakuje“ minimálně 2,5krát za vteřinu, typicky 20krát[5].

Oba popisované systémy mají definovanou vlastní inicializační sekvenci bitů (hlavičku – header), aby byl přijímač schopen rozpoznat použitý modulační formát a očekávanou délku datového řetězce. Tyto hlavičky jsou vždy přenášeny na rychlosti 1,6 Mb/s a obsahují pole, na základě kterého následná rychlost přenosu dat může být zvýšena na 3,2 Mb/s[5].

1.4.11 Vrstva přístupu k médiu

Specifikace této vrstvy ve standardu 802.11 má určité společné prvky se standardem 802.3 pro klasický drátový Ethernet. Tato vrstva před zahájením přenosu dat ověřuje, zda na komunikačním médiu nevysílá někdo jiný[5].

Standard 802.11 používá protokol CSMA/CA (Carrier-sense multiple-access, collision avoidance). Tento protokol používá techniku předcházení kolizí na rozdíl od standardu 802.3m který používá techniku detekce kolize, to kvůli obtížnosti detekce kolizí v sítích používajících bezdrátové médium při vysokofrekvenčním přenosu[5].

1.5 Bezdrátový přenos přes RS232

Rádiové přenosy v pásmu 434,868 MHz se používají na krátké vzdálenosti pro spojení bod-bod. Toto řešení je levné a užitečné, ale jedná se o volné kmitočtové pásmo, proto je zde velká pravděpodobnost rušení. Proto je pro řešení výhodnější použít technologii WiFi

nebo BT. Obě tyto technologie jsou dnes velmi rozšířené a využívány pro bezdrátovou komunikaci mezi zařízeními. Navíc hardware pro jejich realizaci je snadno dostupný. To je i důvod, proč byly rozebírány právě tyto dva standardy pro bezdrátovou komunikaci.

WiFi používá standardizované prostředky a technologie (router, AP, počítač vybaven driverem LAN připojení). Výhodou je dosah, který lze prodloužit repeatry. Nevýhodou této technologie je možnost přenosu dat na cílové zařízení i z několika zdrojů „současně“. Může tedy docházet ke kolizím při komunikaci kdy si můžou jednotlivý uživatelé „přepisovat“ nastavení laseru. Tuto skutečnost by bylo nutné ošetřit pomocí softwaru, což by v konečném důsledku mohlo znamenat složitý systém. Jedním z řešení toho problému by bylo například použít skrytou síť.

I při použití technologie BT se využívá standardizovaných prostředků a technologií. V případě této technologie se jedná o spojení bod-bod. Uživatelé se tedy nemohou navzájem rušit. Nejprve se musí odpojit jeden uživatel, aby se se mohl připojit druhý. Není tedy nutné řešit „přepisování“ příkazů uživateli. Tato technologie využívá stejné frekvenční pásmo jako WiFi. Ale v případě BT technologie je možné sehnat hardwarové prvky přibližně za třetinovou cenu toho, co hardwarové prvky pro technologii WiFi (samotný BT modul). Navíc při použití BT verze 4.0 je dosah srovnatelný s WiFi.

Právě kvůli nižším cenám hardware, srovnatelnému dosahu a zamezení „přepisování“ příkazů byla pro realizaci dálkového ovládání zvolena technologie BT, kterou v dnešní době disponuje většina počítačů i mobilních telefonů.

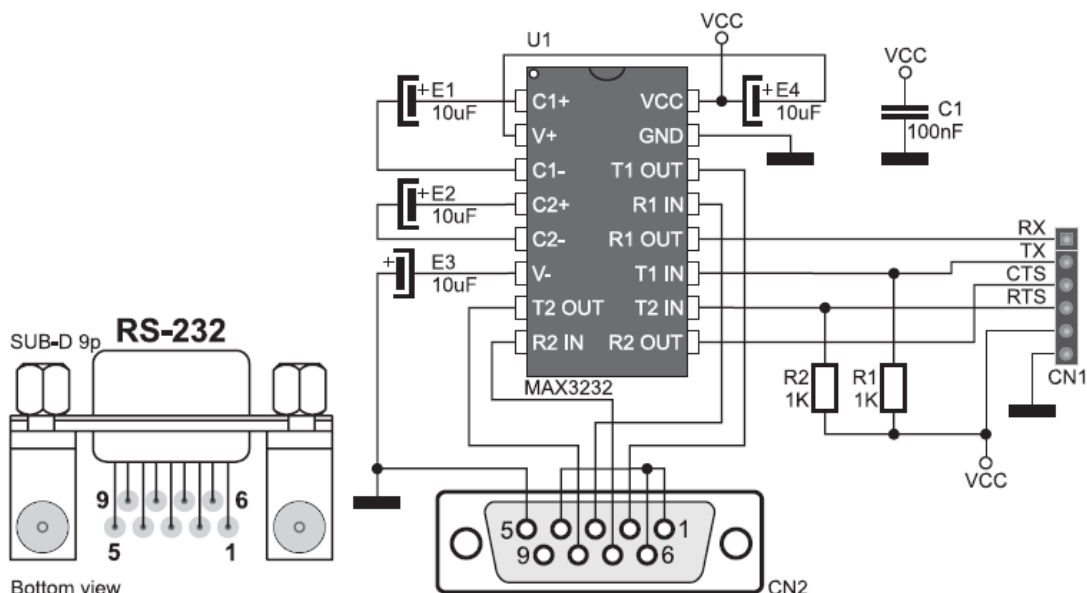
2 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

V následujícím textu je popsáno technické řešení bezdrátové komunikace po sériové sběrnici RS232

2.1 MAX232 Board – Mikroe-222

Rozhraní RS232 používá standardně úroveň napětí ± 12 V. Proto je potřeba použít převodník na TTL logiku na úroveň ± 5 V. V tomto případě byl využit již hotový převodník MAX232 Board – Mikroe-222, schéma převodníku je na obrázku 2.1. Převod úrovně napětí zajišťuje integrovaný obvod MAX232N s napájecím napětím 5 V. Převodník je napájen externě. Převodník obsahuje dva konektory. Konektor DB9 typu female, který umožňuje převodník připojit k počítači vybaveném standardem RS232, a šestipinový konektor, který umožňuje propojení s piny mikrokontroléru pro sériovou komunikaci (USART).

Tento převodník je použit právě z důvodů ceny a jeho snadné dostupnosti. Jedná se o průmyslový produkt a v případě poškození se vezme převodník a vymění se za nový. Navíc jeho funkčnost je otestována mnoha uživateli. Přestože by výroba vlastního převodníku byla pravděpodobně levnější, nebyla by zaručena jeho funkčnost ani by nebyla otestována jeho životnost. V případě poruchy by byla výměna časově náročnější. V případě, že by byl převodník integrován přímo na plošném spoji, při jakékoli jeho poruše by bylo nutné vyměnit celý plošný spoj, což by opět zvýšilo náklady.

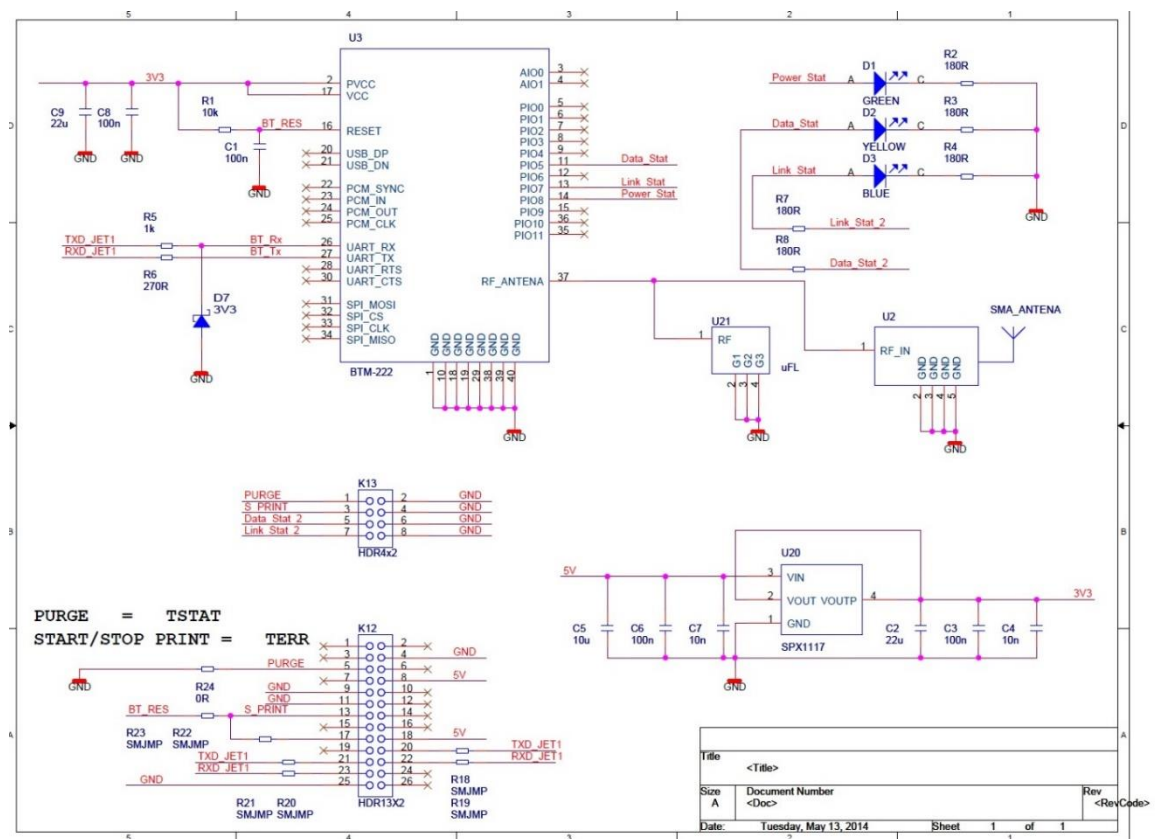


Obrázek 2.1 Schéma Mikroe-222[8]

2.2 BT modul – BTM-222

Pro bezdrátovou komunikaci je využit BT modul BTM-222. Modul využívá bluetooth verze 4.0. Je umístěn na plošném spoji navrženém a poskytnutém firmou TS-Electronics Zlín, s. r. o. Deska obsahuje dva vývody. Osmipinový slouží pro připojení notificačních diod a desetipinový pro připojení napájení 5 V a vstupů pro sériovou komunikaci. BT modul využívá nízkonapětovou TTL logiku, proto deska obsahuje stabilizátor napájení, který převádí napájecí napětí 5 V na požadovanou hodnotu 3,3 V. Obsahuje také vývod na externí anténu. Modul se programuje pomocí příkazů AT.

Stejně jako v případě převodníku mikroe-222 byla rozhodujícím faktorem cena. BT modul se dá snadno sehnat. Navíc je tento modul využíván i firmou TS-Electronics Zlín, s. r. o., která ho využívá pro komunikaci řídicí jednotky s průmyslovými tiskárnami, čímž je otestována jak jeho funkčnost, tak i životnost. Umístěním modulu na desku poskytnutou firmou, která ji používá pro své průmyslové výrobky, činí tento modul snadno nahraditelným.



Obrázek 2.2 Schéma zapojení BTM od firmy TS-Electronics Zlín, s. r. o.

2.3 Realizace

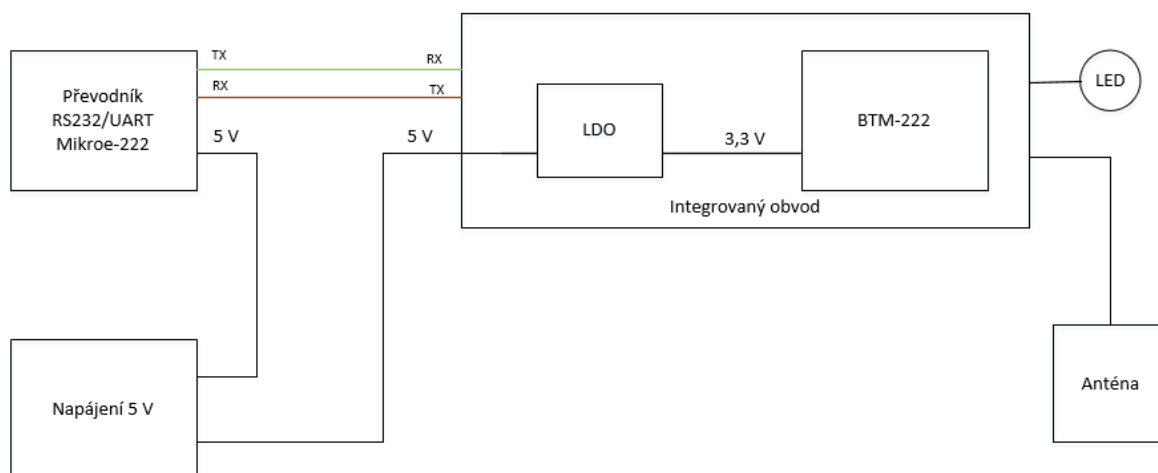
Na převodní Mikroe-222 je přivedeno externí napětí 5 V. Piny převodníku pro sériovou komunikaci jsou připojeny na piny pro sériovou komunikaci desetipinového vývodu plošného spoje s BT modulem.

Na plošný spoj s BT je přivedeno externí napájení 5 V a z osmipinového výstupu je vyvedena modrá indikační dioda, aby bylo možno zjistit, zda je BT připojeno nebo čeká na připojení zařízení. Blokové schéma zapojení je na obrázku 2.3.

Celé zařízení je uzavřeno v hliníkové krabici (obrázek 2.4), kde je vyveden konektor RS232, vedle něj je umístěn konektor pro napájení (obrázek 2.5). Na druhé straně krabice je vyvedena modrá indikační led dioda a externí anténa (obrázek 2.6), aby byl zajištěn dostatečný dosah. Celé zařízení je napájeno externě, protože má velký proudový odběr, proto jej není možné napájet přímo z rozhraní RS232.

Napětí je řešeno externím 5V adaptorem. Na vstupu je kondenzátor 100 μ F/35 V LOW ESR (kondenzátor s nízkou impedancí). Převodník RS232/UART je napájen přímo 5 V. Plošný spoj, na kterém je BT modul umístěn, obsahuje LDO, který převádí napájecí napětí 5 V na požadované napětí 3,3 V (pracovní napětí BT modulu).

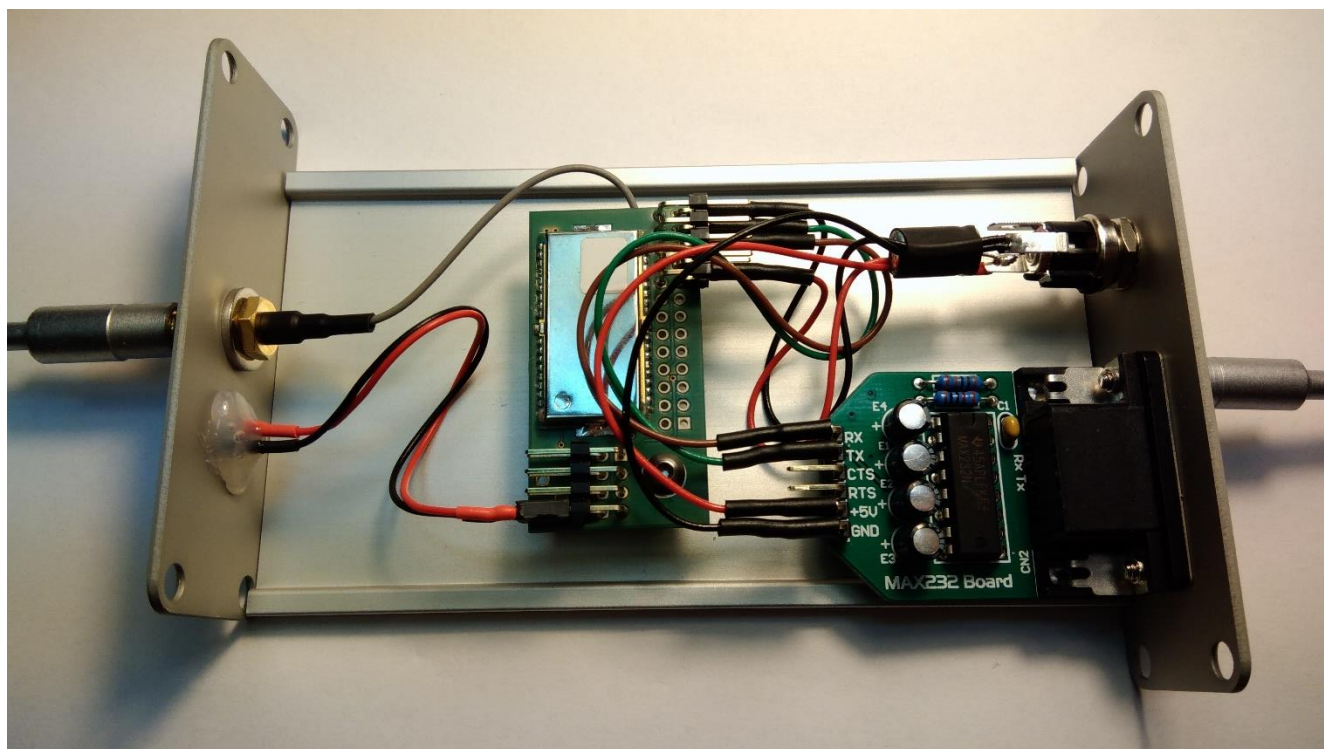
Napájení je záměně řešeno externím 5V adaptorem. Jedná se o součást, kterou je možné sehnat téměř v kterémkoli elektro obchodě. V případě poruchy koupíme nový adaptor za přijatelnou cenu a zařízení může dále fungovat. Pokud bychom napájení umístili dovnitř, jednalo by se o složitější a dražší řešení. V případě poruchy by pak oprava nebyla tak rychlá a levná. Z hlediska opravy a nahraditelnosti je proto jako výhodnější řešení volen právě externí adaptér.



Obrázek 2.3 Blokové schéma řešení

Aby byla komunikace mezi laserem a BT modulem možná, je zapotřebí nastavit parametry samotné komunikace na BT modulu. Parametry odpovídaly výchozímu nastavení:

Baud Rate: 19200 b/s
Data bits: 8
Parity: None
Stop bits: 1
Flow control: None



Obrázek 2.4 Vnitřek zařízení obsahující převodník a BT modul



Obrázek 2.5 Strana zařízení obsahující rozhraní RS232 a konektor pro napájení



Obrázek 2.6 Strana obsahující externí anténu s indikační diodou

3 PROGRAM PRO BEZDRÁTOVÉ OVLÁDÁNÍ

V následujícím textu bude popsán způsob řešení programu pro řízení dálkového ovládání laseru.

3.1 Matlab

Pro vytvoření programu pro bezdrátové ovládání laseru skrze převodník bylo zvoleno prostředí Matlab.

MATLAB (matrix laboratory) je interaktivní programové prostředí a skriptovací programovací jazyk čtvrté generace. Program MATLAB je vyvíjen společností MathWorks. MATLAB umožňuje počítání s maticemi, vykreslování 2D i 3D grafů funkcí, implementaci algoritmů, počítačovou simulaci, analýzu a prezentaci dat i vytváření aplikací včetně uživatelského rozhraní.[9]

Takzvané GUI, zkratka znamená Graphical user interfaces, nabízí softwarové aplikace ovládané kliknutím na tlačítko, což eliminuje nutnost znalosti jazyku nebo psaní příkazů, aby se aplikace spustila.[10]

GUI je možné psát dvěma způsoby. Jedna možnost je za pomoci funkce MATLAB GUIDE. Zobrazí se okno, s nástroji, kde si definujeme velikost okna pomocí například kurzoru. Tlačítka jsou umístěna přetažením již předdefinovaných objektů. Je možno je snadno editovat a upravovat podle požadavků programátora. Takzvané funkce callback se předdefinují automaticky v hlavním souboru s koncovkou `.m` a stačí jen doplnit příkaz, který se vykoná po stisknutí tlačítka.

Druhou možností je vytvoření si celé této struktury sám. V hlavním souboru s koncovkou `.m` jsou definovány jednotlivé objekty. Jejich rozměry a pozice jsou definovány zadáním číselných hodnot, nikoliv přetažením tlačítka a jeho umístěním na požadované místo jako v předchozím případě. Je nutná i samostatná deklarace funkce callback, její definování, kdy se přiřadí příkaz, který se vykoná při stisku objektu nebo zadání hodnoty.

3.2 Ovládací software

Pro tvorbu ovládacího software laseru bylo využito uživatelské rozhraní GUI, kdy jednotlivé objekty byly definovány ručně a nikoli automaticky funkcí MATLABU GUIDE. Jednotlivé objekty poté odesílají přes BT do laseru příkazy v podobě řetězců, které je schopen identifikovat a řídit se jimi. Samotný řetězec pak musí mít tvar: `[jméno_přijímače:příkaz\jménovysílače]`. V případě, že komunikujeme pouze s jedním zařízením, není nutné uvádět jméno přijímače ani vysílače. Laser však vždy odpovídá zprávou v plné délce zahrnující i jména obou účastníků komunikace. Na obrázku 3.1 jsou ukázány některé funkce laseru.

Command summary

System commands:

Sender	Command	Response	Description
PC	VER	VER=string	string contains software version information
PC	SN	SN=string	string contains hardware version information
PC	START	START=int	int – a bit mask, shows possible errors: 1 – not ready 2 – overheat 4 – flash lamp 8 – interlock 16 – cover

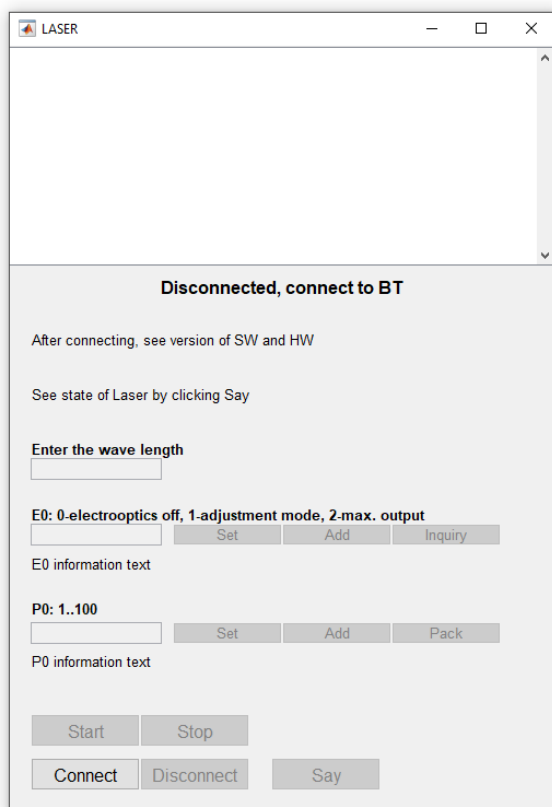
Obrázek 3.1 Ukázka příkazů pro laser[12]

Cílem bylo tedy vytvořit rozhraní, díky kterému by se laser jednoduše ovládal pomocí tlačítek bez nutnosti zadání kódu a mohl by jej obsluhovat téměř každý. Na obrázku 3.2 je ukázka grafického rozhraní software. Na obrázku 3.4 je pak zobrazen vývojový diagram.

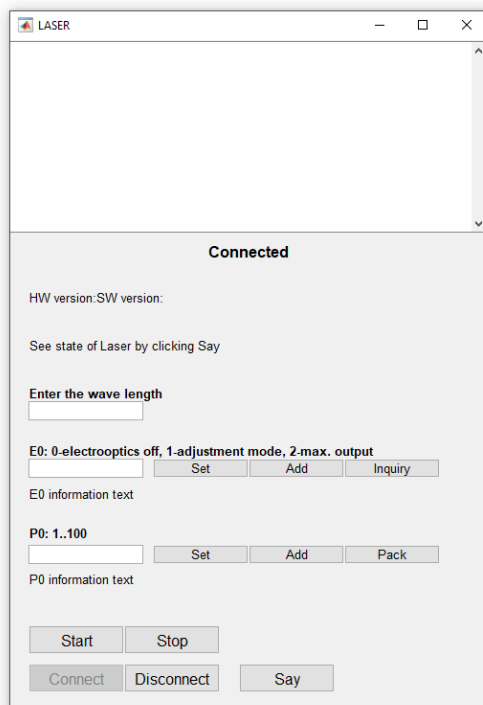
Program se skládá z několika objektů, kdy pomocí zadávání textu a klepnutí na tlačítko/objekt je uživatel na laseru schopen nastavit vše, co potřebuje.

Program by měl umět základní funkce jako připojit se k převodníku sériového rozhraní RS232 na BT a následné vypsání verze SW a HW laseru (tlačítko *Connect*). Spuštění laseru (tlačítko *Start*), zobrazení stavu, ve kterém se laser nachází (tlačítko *Say*), nastavení vlnové délky v rozsahu 420–2600 nm (objekt *edit* s nápisem *Enter the wave length*). Nastavení počtu pulzů (*P0*), vyslání pulzů (tlačítko *Pack*), zastavení laseru (tlačítko *Stop*) a odpojení programu od převodníku (tlačítko *Disconnect*).

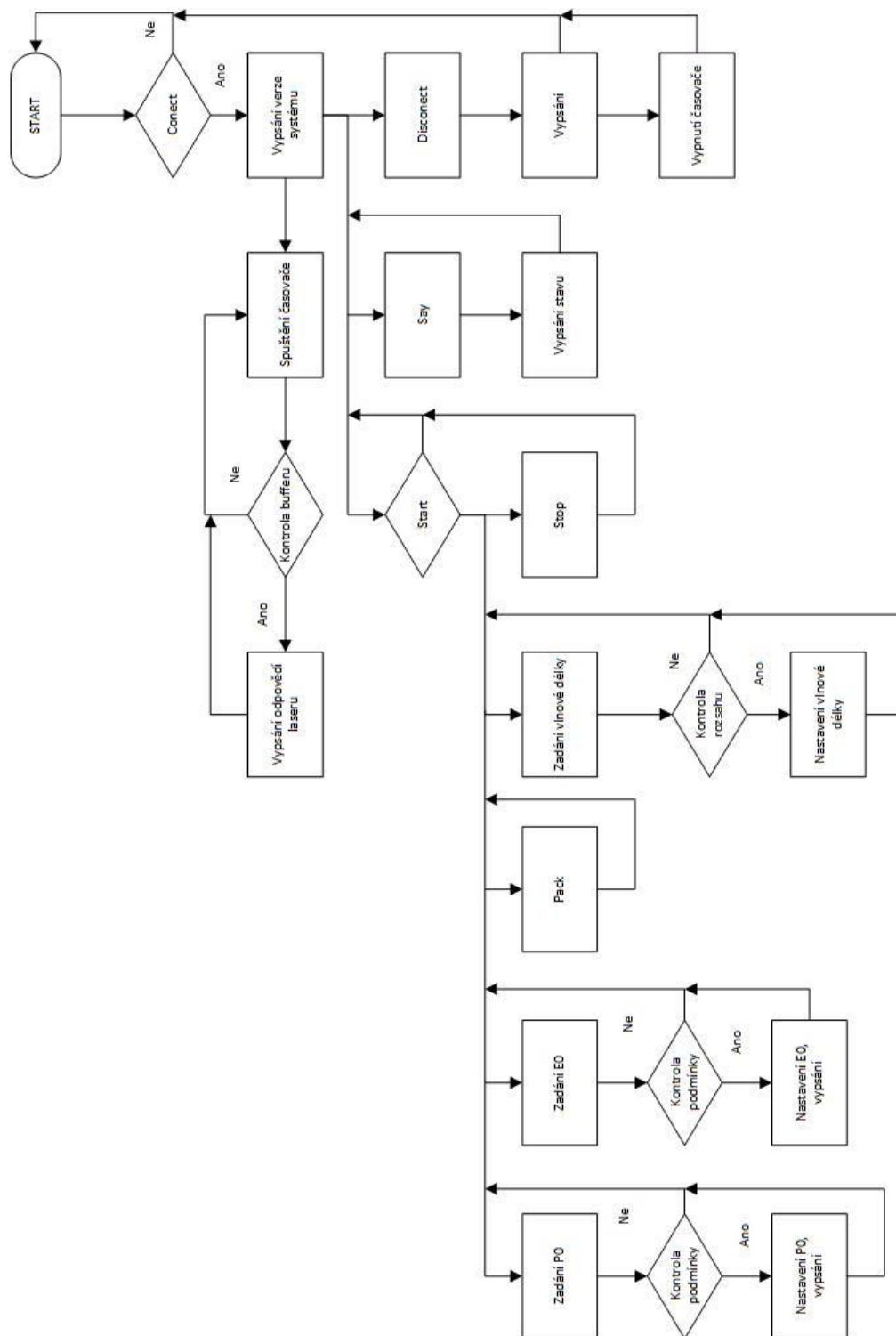
Aby bylo možno využívat funkce pro ovládání laseru, je nutné se nejprve k převodníku připojit tlačítkem *Connect*. Poté je možno využívat všechny zmíněné funkce pro ovládání. Aby program nevypisoval chybovou hlášku, že nemůže provést odeslání příkazu v případě, že je příkaz pro laser vyslán dříve, než dojde k vytvoření korektního spojení, jsou veškeré ostatní objekty odpojeny do doby, než se program připojí k laseru. Jakmile dojde k navázání korektního spojení, všechny objekty se zpřístupní a dojde k odpojení tlačítka *Connect* z důvodu, který bude popsán později. Zpřístupnění tlačítek je ukázáno na obrázku 3.3.



Obrázek 3.2 Ukázka vzhledu programu



Obrázek 3.3 Ukázka prostředí po připojení a zpřístupnění tlačítek



Obrázek 3.4 Vývojový diagram software

3.3 Definování objektů programu

Každý objekt má definovaný svůj typ (*style*), kde je deklarováno, zda se jedná o tlačítko, obyčejný text, pole na zadávání textu nebo pole pro výpis. Je zde definována i pozice objektu pomocí *position*, která je definovaná čtyřmi souřadnicemi $[x_1 \ y_1 \ x_2 \ y_2]$, kde souřadnice x_1 a y_1 definují vzdálenost vůči levé hraně panelu (ve směru osy x) a spodní hraně panelu (ve směru osy y). Zbylé dvě souřadnice definují rozměr objektu (rozměr x a y). Dále zde můžeme definovat například velikost textu *fontsize*, nebo jeho horizontální zarovnání *HorizontalAlignment*. Text, který se na objektu zobrazí, pak definujeme pomocí *String*. Některé základní objekty, které jsou v programu využívány, budou zmíněny v následujícím textu.

3.3.1 Objekt *figure*

Objekt *figure* je první, který je v programu definován. Jedná se o samotné okno, ve kterém je program při spuštění zobrazen. Má nastavené fixní rozměry a před umístěním dalších objektů je prázdné.

3.3.2 Objekt *pushbutton*

Objekt *pushbutton* je tlačítko. Jeho definice bude ukázána na tlačítku *Connect*. Tlačítko je vzdálené od levé hrany o 20 pixelů a od spodní hrany také o 20 pixelů. Má rozměry 100 a 30 pixelů (x a y). Horizontální zarovnání je definováno doleva a velikost písma je 12. Toto tlačítko zde má navíc definovanou možnost *enable* která je nastavena na *on*. Znamená to, že je možné tlačítko stisknout a je aktivní. Této vlastnosti poté využívá *callback @connect_call*. Jakým způsobem tohoto nastavení využívá bude zmíněno později u *callbacků*. Na obrázku 3.5 je ukázka nastavení objektu *pushbutton* v MATLABU.

```
%tlačítko pro připojení
h.connect = uicontrol('style', 'pushbutton',...
    'string', 'Connect', ...
    'position', [20 20 100 30], ...
    'HorizontalAlignment', 'left',...
    'enable', 'on', ...
    'fontsize', 12);
```

Obrázek 3.5 Ukázka definice objektu *pushbutton*

3.3.3 Objekt *text* – *Disconnected, connect to BT*

Tento objekt je definován jako klasický text. Je zde použit k informaci o tom, zda je vytvořeno spojení mezi programem a BT převodníku. Má definovanou větší šířku písma *FontWeight* na *Bold*, aby byl text výraznější.

3.3.4 Objekt *edit* – zadávání vlnové délky

Pro zadávání vlnové délky je zvolen styl *edit*. Jedná se o textové okno, kam je možné

zapsat text, se kterým program dále pracuje. V tomto případě je využito stylu *edit*, protože je možné nastavovat vlnovou délku v rozsahu 420-2600 nm, kdy by se výběr z tolika možností nedal reprezentovat pomocí tlačítek, ani jiných objektů s předvolenými hodnotami.

3.4 Definování *callbacků* a nastavování

Po vytvoření objektů je potřeba deklarovat *callback*, tedy říct, že existuje nějaká funkce, které se vykoná po stisku tlačítka případně zadání textu do objektu. Funkci je nutno ještě definovat, tedy říct, co se stane po stisknutí příslušného objektu.

3.4.1 Deklarování *@connect_call* a definice funkce pro připojení

Deklarování se provede přiřazením *callbacku* tlačítka, definováním názvu funkce přiřazené ke konkrétnímu objektu. Ukázka deklarace je na obrázku 3.6.

```
%nastavení callbacků
set(h.connect, 'callback', {@connect_call, h});
```

Obrázek 3.6 Ukázka deklarace *callbacku*

Pak se nastaví funkce, která se vykoná po stisku tlačítka. V tomto případě je to připojení k BT. Spojení je navázáno pomocí funkce MATLABU `B = Bluetooth('RemoteName', Channel).[11]` A následně je spojení otevřeno. Po otevření lze využívat veškeré funkce na vyčítání či posílání řetězců. Spojení však nemůže být navázáno podruhé předtím, než je korektně ukončeno a smazáno. Pokud došlo k pokusu navázat nové spojení předtím, než je ukončeno staré, program by „pustil“ staré spojení (pouze si ho přestal „všímat“, nedošlo by ke smazání ani ukončení spojení) a pokusil se navázat nové. To by však skončilo chybou, protože program by se snažil navázat spojení s již obsazeným zařízením. Vzniklo tedy chybné spojení, kdy by se nedalo s obsazeným zařízením komunikovat a program by se již neuměl vrátit k původnímu spojení. Bylo by nutné zavřít celé vývojové prostředí MATLABU (nestačí pouze námi vytvořený a spuštěný program), aby pustil veškerá spojení a uvolnil tak BT zařízení. Toto je ošetřeno využitím vlastnosti tlačítka *enable*, kdy po navázání spojení se tato vlastnost nastaví na *off*. Tlačítko tak přestane být aktivní a neumožní další pokusy o vytvoření spojení. Informační text se následně přepíše na *Connected*, aby měl uživatel zpětnou vazbu, zda bylo spojení navázáno.

U tlačítka *Connect* byl požadavek na vypsaní verze SW a HW laseru. To je provedeno příkazem `fprintf(kam, v_jakém_formátu, co)`, kdy je v podobě řetězce (*string*) poslán příkaz v definované podobě, které laser rozumí – pro vyčtení SW verze je to příkaz `[VER]` a pro vyčtení HW verze příkaz `[SN]`. Následně je příkazem `fgetl(spojení)` vyčtena odpověď laseru. MATLAB má i další předdefinované funkce na vyčítání (`fcanf()`, `fread()`). Tyto funkce však vyžadují terminátor. Přestože dojde ve všech případech k vyčtení řetězce a jeho načtení do proměnné, pokud funkce vyžaduje terminátor, program skončí chybou, protože funkce nedokázala vyčíst odpověď a dál již nepokračuje. V případě využití funkce `fgetl()` si program vyčte řádek, který mu byl zaslán, uloží jej do proměnné a následně pokračuje v běhu programu. V případě využití zbylých funkcí by se

program zastavil. Následně jsou obě verze vypsány jako text přes nastavení vlastnosti *string* u definovaného textu.

Protože bez navázaného spojení, by nemělo smysl používat žádné další objekty sloužící pro ovládání laseru, jsou až do připojení programu k BT odpojeny. V případě, že by se uživatel pokusil stiskem tlačítka nastavit nějakou funkci laseru, program by vypsál chybu. Odpojení objektů tedy řeší tento problém a zároveň uživatele nabádá, aby klikl na tlačítko *Connect*, což je pro správný běh programu žádoucí.

Poslední věc, kterou toto tlačítko spouští, je časovat, který je využit pro kontinuální vyčítání odpovědi laseru. Na obrázku 3.7 je ukázka definování funkce *connect_call*.

```
%připojení počítače k BT
function h = connect_call(hObject, ~, h)
%načtení dat
d = guidata(hObject);

d.b = Bluetooth('LASER', 1);
fopen(d.b);
d.connected=1;
set(h.connect, 'enable', 'off');
set(h.informtext, 'string', 'Connected');

fprintf(d.b, '%s', '[SN]');
d.hw = fgetl(d.b);
zac = 'HW version: ';
d.hw = strcat(zac, d.hw);

fprintf(d.b, '%s', '[VER]');
d.sw = fgetl(d.b);
zacat = 'SW version: ';
d.sw = strcat(zacat, d.sw);

d.info=strcat(d.hw, ' ', d.sw);
set(h.vertext, 'string', d.info);

set(h.disconnect, 'enable', 'on');
set(h.start, 'enable', 'on');
set(h.stop, 'enable', 'on');
set(h.say, 'enable', 'on');
set(h.pack, 'enable', 'on');
set(h.pset, 'enable', 'on');
set(h.padd, 'enable', 'on');
set(h.eset, 'enable', 'on');
set(h.eadd, 'enable', 'on');
set(h.edotaz, 'enable', 'on');
set(h.wave, 'enable', 'on');
set(h.enula, 'enable', 'on');
set(h.pnula, 'enable', 'on');

start(h.timer);|
%uložení dat
guidata(hObject, d);
```

Obrázek 3.7 Funkce *conect_call*

3.4.2 Definice funkce pro odpojení a funkce pro odpojení při zavření okna

Tato funkce slouží pro odpojení počítače od BT a smazání spojení, aby se spojení dalo opětovně navázat později. Je vázána přímo k tlačítku *Disconnect*. S využitím pomocné proměnné se určí, zda je zařízení připojeno a v případě, že ano, program se po stisku tlačítka od zařízení odpojí. Při odpojení programu od BT dojde také k odpojení všech objektů až na tlačítko *Connect*. V opačném případě (zařízení není připojeno) se nic nestane. Tuto funkci je možno využít v případě, že se uživatel chce od zařízení odpojit, aniž by program zavřel.

Další problém se objevil v případě, kdy by se okno s programem zavřelo předtím, než bylo zmáčknuto tlačítko pro odpojení. Spojení by se nesmazalo, zůstalo by „viset“ a při opětovném spuštění programu by se k obsazenému zařízení nedalo znova připojit a opět by bylo nutné řešit tento problém zavřením celého vývojového prostředí. Znovu se využije pomocná proměnná indikující, zda je PC připojen k zařízení. V případě že ano, funkce po kliknutí na křížek pro zavření okna nejprve zavře spojení a vymaže ho a teprve poté se okno zavře. Tato funkce není deklarována jako klasický *callback*, ale jako funkce pro zavření, obrázek 3.8.

```
set(h.fig, 'closeRequestFcn', {@closewindow, h});
```

Obrázek 3.8 Deklarace funkce pro zavření okna

Funkce si tedy podrží otevřené okno tak dlouho, dokud korektně neodpojí PC od BT a teprve poté ho zavře. V případě, že uživatel chce aplikaci zavřít není nutné klikat na tlačítko *Disconnect*.

3.4.3 Definice funkce pro zadání vlnové délky

Do pole *edit* se zadá vlnová délka jako číslo. Funkce si ji vyčte a uloží do proměnné jako řetězec *string*. Poté si tento řetězec převede na desetinné číslo a přes podmínku ověří, zda číslo odpovídá rozsahu vlnových délek, které je možné na laseru nastavit. V případě, že uživatel zadá vlnovou délku mimo rozsah, vypíše se hláška, že vlnová délka je mimo rozsah. V případě, že je zadána vlnová délka, která se nachází ve stanoveném rozsahu, funkce sestaví příkaz do požadované podoby a pošle ho laseru. Příklad funkce je na obrázku 3.9.

```

%načtení vlnové délky
function h = wave_call(hObject, ~, h)
d = guidata(hObject);
%keyboard
d.wavelength=get(h.wave, 'string');
d.doub=str2double(d.wavelength);

if d.doub<420
    set(h.wavetext, 'string', 'Out of range (420 - 2600 nm)');
elseif d.doub > 2600
    set(h.wavetext, 'string', 'Out of range (420 - 2600 nm)');
else
    begining = '[Wl/S';
    ending = ']';
    d.command = strcat(begining,d.wavelength,ending);
    fprintf(d.b, '%s', d.command);
    set(h.wavetext, 'string', 'Wave length set');
end
%uložení dat
guidata(hObject, d);

```

Obrázek 3.9 Ukázka funkce pro načtení vlnové délky

3.4.4 Funkce pro zadání počtu pulzů ve svazku

Některé příkazy laseru mají tzv. klíče, které určují, zda se má hodnota nastavit, snížit/zvýšit, případně se má poslat dotaz. Jeden z těchto příkazů je i příkaz pro nastavení počtu pulzů ve svazku. Rozlišení je vyřešeno více tlačítky. Každé tlačítko má nastavený svůj *callback*. Ve funkci si vyčte, co bylo zadáno do pole, stejně jako u vlnové délky si ověří, zda zadaná hodnota spadá do stanoveného rozsahu. Nakonec funkce sestaví příkaz pro laser a odešle ho.

3.4.5 Vytvoření kontinuálního vyčítání

Protože laser neodpovídá pouze na příkazy, které program posílá, ale občas samovolně něco posílá sám, je nutné zajistit kontinuální vyčítání. V GUI je vše spouštěno na základě stisku tlačítka, nebo zadání textu do pole. Proto bylo nutné vyřešit, jak kontinuálně sledovat, zda je něco na vstupním bufferu a je potřeba to vyčíst. MATLAB nabízí funkce *readasync()* a *BytesAvailable*. *BytesAvailable* se připojí k proměnné pomocí tečky (např.: d.b. *BytesAvailable*). Funkce by se ale nespouštěla automaticky a čekala by například na stisknutí tlačítka. Automatické spouštění je vyřešeno časovačem.

Časovač je definován mezi ostatními objekty. Perioda je nastavené na pět sekund, což znamená, že časovač se bude automaticky spouštět každých pět sekund. Spouštění (*ExecutionMode*) je nastaveno na *fixedRate*. To znamená, že časovač je spuštěn, jakmile je jeho *callback* zavolán v Matlabu. *StartDelay* definuje dobu, za jakou se spustí *callback* časovače, jakmile je časovač v programu spuštěn. Příklad definice časovače je na obrázku 3.10, na obrázku 3.11 je pak deklarace *callbacku*. Aby se v časovači mohlo pracovat s daty uživatele, je zapotřebí je načíst specifickým způsobem, který se liší od načítání dat v *callbacku* definovaném uživatelem. To je možno vidět u příkladu funkce na obrázku 3.12.

```
t = timer();
t.Period = 5; %5 vteřin
t.ExecutionMode = 'fixedRate';
t.StartDelay = 1; %spouští se po takové době od doby, kdy je spuštěn
h.timer = t;
```

Obrázek 3.10 Definice časovače

Pokud by se data nenačítala tímto specifický způsobem, ale použil by se zápis jako u všech ostatních funkcí, časovač by to vyhodnotil jako výjimku a program by skončil chybou.

Časovač je spuštěn, jakmile je navázáno spojení s BT, protože od té doby je možné přijímat zprávy od laseru. Poté se spustí *callback*, kde se testuje, zda jsou nějaká data ve vstupním bufferu. Pokud tam žádná nejsou, program projde funkcí bez vyčítání a zápisu dat a vyčká opětovného spuštění funkce. Jakmile se něco objeví na vstupním bufferu, spustí se vyčítání a ukládání dat. Vyčtená data se vypíší automaticky v poli pro výpis. Toto automatické vypisování je definováno jako vlastní funkce v samostatném souboru s koncovkou *.m*. V případě stisknutí tlačítka *Disconnect* je časovač zastaven.

```
set(h.timer, 'TimerFcn', {@timer_call, h});
```

Obrázek 3.11 Deklarace časovače

```

%časovač
function h = timer_call(~, ~, h)
%keyboard
d = guidata(h.fig);
readasync(d.b,10);
if d.b.BytesAvailable>0
    d.readdata=fgetl(d.b);
    flushinput(d.b);
    addToVypis(d.readdata,h);
end
guidata(h.fig, d);

```

Obrázek 3.12 Funkce časovač s asynchronním vyčítáním

3.4.6 Funkce Start

Funkce definovaná tlačítkem *Start* pošle příkaz pro spuštění laseru *[START]* a vyčte si odpověď. Z vyčtené odpovědi vyhodnocuje, zda došlo ke korektnímu spuštění laseru nebo se objevila některá z možných chyb. Toto vyhodnocení se provádí na základě shody přijatého řetězce s předdefinovanými řetězci, které jsou laserem posílány v případě chyby.

3.4.7 Funkce Stop

Nejjednodušší funkce, která pouze vyšle příkaz pro zastavení laseru v podobě *[STOP]*.

3.4.8 Funkce Say

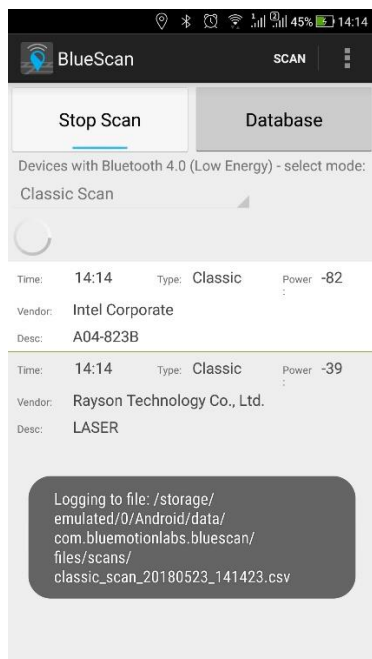
Tato funkce pošle laseru dotaz na to, v jakém stavu se laser nachází. Následně si vyčte odpověď a vypíše ji jako text.

3.5 Orientační měření dosahu převodníku

Tato kapitola se zaměřuje na dosah převodníku z RS232 na BT vzhledem k překážkám.

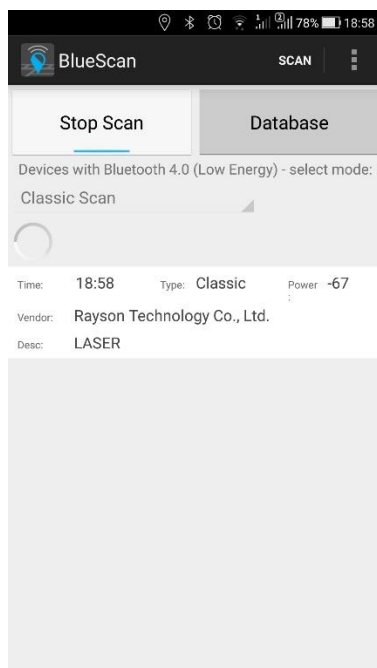
Protože se převodník bude využívat pro bezdrátové ovládání laseru počítačem z místnosti, která se nachází naproti přes chodbu místnosti, kde je umístěný laser, testoval se dosah v prostorách školy. Byla měřena úroveň signálu v decibelech pomocí aplikace pro Android BlueScan.

Při bezprostřední vzdálenosti převodníku a telefonu s měřicí aplikací je vysílací výkon (RSSI) naměřeného signálu – 35 dBm, jak je možné vidět na obrázku 3.13.



Obrázek 3.13 Úroveň signálu BT v bezprostřední blízkosti

Dále byla úroveň změřena v místnosti nacházející se v budově školy, kdy bylo zařízení umístěno na chodbě a měřicí zařízení se nacházelo uvnitř místnosti. Měřil se tedy výkon signálu BT přes sádkartonovou příčku na přímou vzdálenost do 5 metrů. Výkon signálu klesl na -67 dBm, jak je možno vidět na obrázku 3.14.



Obrázek 3.14 Úroveň signálu přes sádkartonovou příčku

Dále byl měřen výkon signálu skrze podlahu. Zařízení bylo umístěno v patře a telefon s měřicí aplikací pak v přízemí o patro níž přibližně na stejném místě jako zařízení. Výkon signálu byl -80 dBm.

Při umístění vysílače u místnosti na začátku chodby a telefonu s měřicí aplikací k Aule profesora Braunera (přednášková místnost na konci chodby za prosklenými dveřmi), na úrovni schodů do přízemí. Na vzdálenost více než 10 metrů byl naměřen výkon signálu -87 dBm.

Při měření úrovně signálu přes zděnou zeď byl naměřen výkon -71 dBm.

Na základě tohoto orientačního měření je možné říct, že BT verze 4.0 by neměl mít problém s dosahem přes chodbu do další místnosti (laboratoř s laserem se nachází přes chodbu naproti místnosti, kde je umístěn počítač, ze kterého by se laser bezdrátově ovládal). Výkon signálu klesne nanejvýš na -87 dBm v případě, že má v cestě překážku v podobě zděné zdi. Mezi místnostmi je obvykle pouze sádrokartonová stěna. Požadavek na dosah je tedy splněn.

4 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá bezdrátovými technologiemi pro přenos dat, nejvíce technologiemi WiFi a BT. Zohledňuje jejich vlastnosti, dosah, dostupnost a odolnost proti rušení. Na základě teoretických poznatků je pak vybrána technologie, která bude využita u převodníku sériového rozhraní RS232 na bezdrátový přenos. Konkrétně BT verze 4.0.

Bylo navrženo zařízení, které slouží jako bezdrátový převodník sériové komunikace RS232. Kvůli požadavku na dosah byla využita verze BT 4.0, která má udávaný dosah ve volném prostoru až 100 metrů.

Hardwarové řešení je realizováno pomocí převodníku mikroe-222 a BT modulu btm-222 umístěném na plošném spoji. BT modul využívá verzi 4.0, kvůli zajištění dostatečného dosahu. Celé zařízení je umístěno v hliníkové krabici, kterou je možné umístit tak, aby byla zajištěna dobrá komunikace mezi počítačem a zařízením připojeným k laseru. Obsahuje také externí anténu (opět kvůli dobrému dosahu) a indikační diodu, která nám dává informaci o tom, zda je zařízení připojeno, nebo čeká. Dále obsahuje konektor pro napájení a rozhraní RS232.

Po sestavení zařízení byla jeho funkčnost nejprve otestována pomocí počítačové aplikace Termit. Testovala se průchodnost zařízení, zda je schopno přenášet textové řetězce a nebude potřeba provést změny v návrhu. Zařízení se následně ještě testovalo u samotného laseru, zda funguje jako převodník sériové komunikace RS232 na bezdrátovou a zda data nijak neblokuje z důvodu, že by například fungovalo jako samostatné zařízení a neplnilo tak funkci požadovaného převodníku. Převodník byl schopen, jak data posílat do laseru, tak následně vysílat odpověď do počítače připojeného k BT převodníku.

Dále byla vytvořena aplikace v prostředí MATLAB, která slouží k bezdrátovému ovládání laboratorního laseru pomocí počítače, nebo jiného uživatelského rozhraní. Aplikace je jednoduchá, veškerá nastavení lze provádět zadáním čísla či stiskem tlačítka. Je nastavená tak, aby v případě, že funkci není možné použít, nebylo možné žádným stiskem tlačítka tuto funkci spustit. Aplikace dokáže korektně sestavit příkaz, který je srozumitelný laseru, a odeslat ho. Zároveň si dokáže vyčíst odpověď laseru v případě, že aplikace pošle dotaz nebo příkaz, na který je očekávána odpověď laseru. Program také dokáže identifikovat, zda mu laser posílá data (neustále sledovat vstupní buffer) a v případě, že jsou mu data poslána, je schopen je vyčíst a vypsát.

Pomocí orientačního měření výkonu BT verze 4.0 v budově školy, kde se bude zařízení využívat, byl stanoven závěr, že použitá technologie BT splňuje požadavky pro bezdrátový přenos dat na určitou vzdálenost mezi laboratorii, kde se nachází laser, a laboratorii, kde je umístěn počítač, odkud by se laser bezdrátově ovládal.

LITERATURA

- [1] LaO: Lasery a Optika [online]. 2014 [cit. 2017-11-17]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---zakladni-princip-laseru-a-jejich-deleni-127>
- [2] EKSPLA [online]. [cit. 2017-11-17]. Dostupné z: <http://ekspla.com/product/nt342-series-tunable-lasers/>
- [3] ELUC [online]. [cit. 2017-11-17]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/874>
- [4] HANUS, CSc., Doc. Ing. Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace*. Praha: T-Mobile CZ, 2005. ISBN 80-214-1833-8.
- [5] Vyvoj.hw.cz: profesionální elektronika [online]. [cit. 2017-11-17]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/produkty/ethernet/co-je-to-wifi-uvod-do-technologie.html>
- [6] ZANDL, Patrick. *Bezdrátové sítě WiFi Praktický průvodce*. Brno: Computer Press, 2005. ISBN 80-7226-632-2.
- [7] Stratus Engineering Inc. [online]. [cit. 2017-11-17]. Dostupné z: <https://www.stratusengineering.com/rs232-9-pin-pinout/>
- [8] Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.: TME [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/Document/e78b8dc4ad8fdbfde772a113054596fc/mikroe222.pdf>
- [9] Wikipedia [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/MATLAB>
- [10] MathWorks [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://uk.mathworks.com/discovery/matlab-gui.html>
- [11] MathWorks [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://uk.mathworks.com/help/instrument/bluetooth.html>
- [12] Návod pro obsluhu laseru společnosti Ekspla
- [13] MathWorks [online]. [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://uk.mathworks.com/help/instrument/bluetooth-communication.html>

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

<i>dBm</i>	decibel-miliwatt
<i>GHz</i>	Gigahertz
<i>MHz</i>	Megahertz
<i>Mbit/s</i>	Megabit za sekundu
<i>nm</i>	Nanometr
<i>ns</i>	Nanosekunda
<i>V</i>	Volt
<i>μF</i>	Mikrofarad

AP	Access Point
BSA	Basic Service Area
BSS	Basic Service Set
BT	Bluetooth
BTM	Bluetooth modul
CSMA/CA	Carrier-sense multiple-access, collision avoidance
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
ESS	Extended Service Area
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
GSM	Globální Systém pro Mobilní komunikaci
GUI	Graphical user interfaces
IR	Infra Red
ISM	Industrial, Scientific and Medical
LAN	Local Area Network
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LDO	Low-Dropout Regulator
LSB	Least Significant Bit
MATLAB	Matrix laboratory
MSB	Most Significant Bit
OPO	Optický Parametrický Oscilátor
PDA	Personal Digital Assistant
RSSI	Received signal strength indicator
TTL	Tranzistorově-Tranzistorová Logika

UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
USART	Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter
USB	Universal Serial Bus
UV	Ultra Violet
WiFi	Wireless Ethernet Compatibility Alliance
WLAN	Wireless Local Area Network