

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Dálkové ovládání pro válcovou zkušebnu brzd

2013

Aleš Kořínek

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Aleš Kořínek**
Osobní číslo: **D09528**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní infrastruktura: Elektrotechnická zařízení v dopravě**
Název tématu: **Dálkové ovládání pro válcovou zkušebnu brzd**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě**

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

Navrhněte a zkonstruujte bezdrátové dálkové ovládání pro starší válcovou zkušebnu brzd na STK. Novým DO bude nahrazen současný ovladač s kabelem.

Doporučený postup:

- Seznámit se s aktuálním stavem zařízení, funkcí a el. zapojením stávajícího dálkového ovladače.
- Navrhnout vhodnou náhradu při zachování stejných funkčních vlastností.
- Zařízení zkonstruovat a ověřit jeho funkci.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Váňa, V. Mikrokontroléry Atmel AVR - popis procesorů a instrukční soubor, BEN - technická literatura, Praha 2003, ISBN 80-7300-083-0.

Váňa, V. Atmel AVR programování v jazyce C - Popis a práce ve vývojovém prostředí CodeVisionAVR C, ISBN 80-7300-102-0.

Záhlava, V. Metodika návrhu plošných spojů. Skriptum ČVUT Praha, 2002.

Plíva, Z. EAGLE prakticky. BEN, Praha. 2010. ISBN 978-80-7300-252-7.

Datasheety k elektronickým součástkám.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Mašek, Ph.D.

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací
techniky v dopravě

Datum zadání bakalářské práce: **28. listopadu 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2013**

prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.

doc. Ing. Radovan Doleček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2013

Prohlášení autora

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 30. 05. 2013

Aleš Kořínek

Poděkování

V úvodu bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeňku Maškovi Ph.D. za velmi užitečné rady, metodickou a odbornou pomoc, ochotu při výrobě plošných spojů a při realizaci vzniku tohoto výrobku.

Dále bych chtěl poděkovat za pochopení při vzniku této práce mé rodině, která celou dobu tolerovala moji časovou zaneprázdněnost.

V neposlední řadě také kolegům ze zaměstnání, kteří mně poskytli cenné informace a pomohli s úkoly, na které již nezbýval čas díky studiu.

Anotace

Tato bakalářské práce popisuje návrh a realizace výroby bezdrátového dálkového ovládání pro válcovou zkušebnu brzd Brekon firmy Hofmann Werkstatt – Technik. V teoretické části jsou popsány různé komerční systémy, které je možné použít pro realizaci bezdrátového dálkového ovládání zkušebny brzd a také jejich finanční náklady. V praktické části je popsána vlastní realizace návrhu zapojení a vytvoření ovládacího programu, které zajistí plnohodnotné nahrazení původního neergonomického a problematického kabelového ovladače.

Klíčová slova

Válcová zkušebna brzd, Hofmann Brekon, RFM12B, ATmega 168P, MCU, dálkové ovládání

Annotation

This bachelor work describes the design and implementation of wireless remote control unit for roller brake tester made by Brekon company Hofmann Werkstatt - Technik. The new remote control unit replaces old cable control unit. Theoretical part describes the various commercial systems that can be used to implement remote brake test and also their costs. The practical part describes the actual implementation of wireless remote control unit including electrical diagrams, PCB and control program.

Keywords

Roller brake tester, Hofmann Brekon, RFM12B, ATmega 168P, MCU, remote control

Obsah

1.	Úvod	10
2.	Stávající ovládání válcové zkušebny brzd.....	11
3.	Požadavky na nové bezdrátové dálkové ovládání.....	13
3.1	Požadavky na dálkové ovládání	13
3.2	Požadavky na bezdrátovou komunikaci.....	14
4.	Bezdrátový přenos dat	15
4.1	Přehled dostupných možností k realizaci.....	15
4.2	Výběr vhodné bezdrátové technologie.....	15
4.3	ISM pásmo	16
4.4	Bluetooth.....	17
4.5	Wi-fi pásmo	17
4.6	Kompletní komunikační moduly v pásmu 433/866 MHz – hotová řešení	18
4.7	Samotné komunikační moduly v pásmu 433/866 MHz – přehled	20
4.7.1	Modul RF12B	20
4.7.2	Modul IQRF.....	22
4.7.3	Modul Radiometrix	24
4.7.4	Moduly firmy RFM.....	25
4.7.5	Moduly od firmy Mipot.....	26
5.	Návrh koncepce vlastního řešení bezdrátového dálkového ovladače	28
5.1	Návrh koncepce	28
5.2	Výběr vhodného komunikačního modulu.....	29
5.3	Výběr vhodného mikrokontroléru	31
6.	Hardwarová část.....	33
6.1	Modul vysílače	33
6.1.1	Napájení vysílače	35
6.2	Modul přijímače	36
6.2.1	Dohled silových výstupů	37
6.2.2	Ovládání silových výstupů přijímače.....	37

6.2.3	Napájení přijímače	38
7.	Softwarová část	40
7.1	Vývojové prostředí	40
7.2	Popis programu pro komunikaci mikrokontroléru a modulu RFM12B	40
7.2.1	Inicializace zařízení.....	41
7.2.2	Události vyvolávající odeslání dat	42
7.2.3	Průběh odesílání dat	43
7.2.4	Průběh přijetí a zpracování dat	44
8.	Ověření funkce celého zařízení.....	47
8.1	Vysílač	47
8.1.1	Celkový dosah dálkového ovládání	47
8.1.2	Ověření funkce tlačítek na výstup relé.....	47
8.2	Přijímač	49
9.	Závěr.....	50

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AVR	Rodina mikrokontrolérů RISC firmy Atmel
ČTU	Český telekomunikační úřad
DPS	Deska plošných spojů
HALFDUPLEX	Střídavě obousměrná komunikace
EEPROM	Electrically Erasable Spread Spectrum
FM	Frekvenční modulace
HW	Hardware
ISM	Frekvenční pásmo používané pro rádiové vysílání v oborech průmyslových, vědeckých a zdravotnických
JTAG	Join Test Action Group
MCU	Microcontroller Unit
RAM	Random Access Memory
RF	Radio Frequency
RS-232	Standart pro sériový přenos dat
SW	Software

1. Úvod

V dnešní době v České republice i v zahraničí roste nadměrným způsobem provoz na pozemních komunikacích. To vyvolává potřebu zajistit bezpečnou a spolehlivou dopravu s minimálními kolizemi jak ze strany řidičů, tak ze strany technických prostředků automobilů. Proto byly v České republice uzákoněny předpisy, které se touto problematikou zabývají.

Základním předpisem je zákon č. 56/2001 Sb. O podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích. Tento zákon je základní právní normou, na jeho základě jsou vydány a používány další předpisy. Tyto zákony a další předpisy se neustále mění a novelizují, proto zde uvedu výpis stávajících platných zákonů v době psaní této práce.

K provedení tohoto zákona vydalo Ministerstvo dopravy následující vyhlášky:

- č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.
- č. 302/2001 Sb., o technických prohlídkách a měření emisí vozidel.

Aby mohly být naplňovány tyto zákony a vyhlášky, je nutné každé dva roky nechat zkontrolovat motorové vozidlo na technice kontrole, kde nám mimo jiné také vyzkouší a technicky zkontrolují stav brzdového systému. Tato část kontroly se uskutečňuje na válcových zkušebnách brzd. Dodavatelé těchto zařízení podléhají schválení. Jedním z dodavatelů/výrobců nejen válcových zkušeben brzd je i německá firma Hofmann Werkstatt a jejich řada válcových testerů brzd značky Brekon. Tato bakalářská práce se bude zabývat modernizací ovládání válcové zkušebny brzd Brekon 2.13, která byla vyráběna na počátku 90. let minulého století, a která je na některých stanicích technické kontroly stále v provozu.

Toto zařízení používá k ovládání celého systému kabelové dálkové ovládání, které splňuje požadavky na plnohodnotné ovládání zařízení, ale manipulace s ním je nepohodlná a při neustálém ohýbání kabelu dochází i k občasným poruchám vlivem přerušování vodiče. Zkušební technik musí sedět ve vozidle, ovládat brzdový pedál a ruční brzdu a přitom držet rozměrné dálkové ovládání propojené se stojanem brzdy pomocí poměrně silného a těžkého kabelu.

Tato bakalářská práce se bude snažit zvýšit komfort ovládání válcové zkušebny brzd tím, že nahradí původní kabelové dálkové ovládání za plnohodnotné bezdrátové dálkové ovládání se zachováním všech původních funkcí.

Práce je rozdělená na dvě stěžejní kapitoly. V teoretické části se zaměřím na různé varianty bezdrátových modulů a jejich technické vlastnosti. Druhá část bude věnována praktickému výrobě a popisu funkce softwaru použitého v bezdrátovém dálkovém ovládní.

2. Stávající ovládní válcové zkušebny brzd

V současné době používané zařízení válcové zkušebny brzd od firmy Hofmann Werkstatt a jejich tester brzd značky Brekon, využívá kabelového dálkového ovládní, vyobrazeného na Obr. 2-1, které je rozměrné a propojené se stojanem brzdy pomocí silného a těžkého kabelu. Při této manipulaci dochází k častému ohýbání kabelu, při kterém dochází k občasným poruchám vlivem přerušení vodiče.



Obr. 2-1 Kabelové dálkové ovládní

Kabelové dálkové ovládní je osazeno 8 spínacími tlačítky a 5 kontrolkami pro plnohodnotné využívání funkce zkušebny brzd.

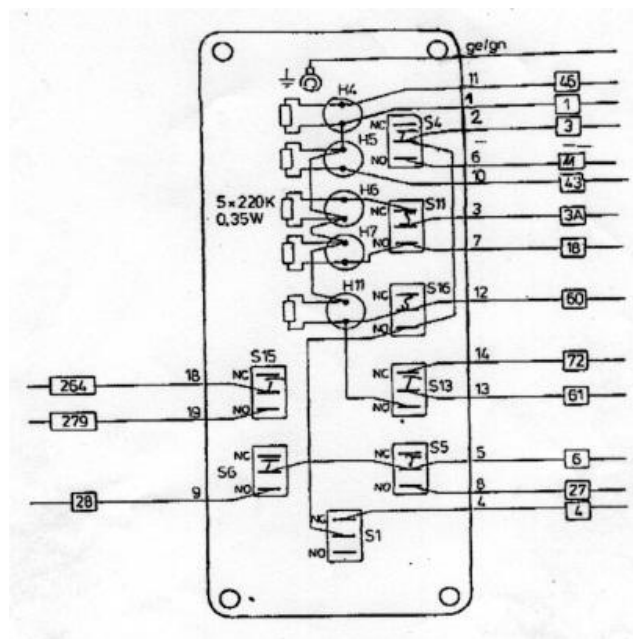
Funkce jednotlivých tlačítek je následující:

Popis číslo:

1. přepíná způsob provozu (AUTO/MANUÁL), tlačítko S4 v Obr. 2-2
2. kontrolky indikující zvolený způsob provozu, kontrolky H4 a H5 v Obr. 2-2
3. přepíná druh měřeného vozidla (OSOBNÍ/NÁKLADNÍ), tlačítko S11
4. kontrolky indikující druh měřeného vozidla, kontrolky H6 a H7 v Obr. 2-2

5. zapnutí funkce záznamu, tlačítko S16 v Obr. 2-2
6. kontrolka indikující zapnutí funkce záznam, kontrolka H11 v Obr. 2-2
7. zapíná odvíjení papíru, tlačítko S13 v Obr. 2-2
8. záznam brzdné síly na čas, tlačítko S15 v Obr. 2-2
9. spuštění levého válce, tlačítko S5 v Obr. 2-2
10. spuštění pravého válce, tlačítko S6 v Obr. 2-2
11. centrální STOP, tlačítko S1 v Obr. 2-2

Schéma, ze kterého jsem vycházel při návrhu zapojení přijímačové části dálkového ovládání, je Obr. 2-2. Z tohoto zapojení jsem vycházel při návrhu a i popisu vstupního a výstupního konektoru v přijímačové části zařízení pro kabelové spojení se stojanem válcové zkušebny brzd.



Obr. 2-2 Schéma kabelového dálkového ovládání

Spínače a tlačítka v původním kabelovém ovládání přímo spínají silové obvody 230 VAC (stykače, relé) v rozvaděči měřícího stojanu.



Obr. 2-3 Měřicí stojan Brekon 2.13

3. Požadavky na nové bezdrátové dálkové ovládání

3.1 Požadavky na dálkové ovládání

Pro stabilní funkci celého systému dálkového ovládání (tím je myšleno vysílač a přijímač) je třeba, aby zařízení splňovalo následující požadavky.

- Bezdrátový poloduplexní přenos dat mezi moduly dálkového ovládání
- Pracovní kmitočet ve volném frekvenčním pásmu
- Bezporuchová činnost (spolehlivost) celého systému (zařízení musí pracovat nepřetržitě 16h denně 6 dní v týdnu)
- Nízká spotřeba především vysílače – napájen z baterií
- Odolnost proti vnějšímu rušení
- Zabezpečení přenosu dat
- Počet I/O pro přijímač 11 (8 x výstup na relé, 4 x vstup pro dohledy)
- Ovládání samostatně 8 silových výstupů 230 VAC

- Relé pro spínací napětí 230 VAC a max. proud kontaktem 2A v počtu 8 kusů
- Počet I/O pro vysílač 13 (8 x vstup pro tlačítka, 5 výstupů pro LED)
- Počet tlačítek na DO v počtu 8
- Indikace navoleného stavu na DO pomocí 4 LED a 1 LED pro indikaci vybití baterie
- Malé rozměry především vysílače – do dlaně
- Malá pořizovací cena
- Provoz v prašném prostředí

Požadavky z pohledu snadného vývoje a údržby zařízení:

- Dostupná součástková základna
- Snadná programovatelnost, včetně přihlednutí k možnostem a ceně SW prostředků pro tvorbu aplikačního programu pro danou platformu. Použití nejlépe „free SW“ prostředky pro vývoj aplikačního programu.

3.2 Požadavky na bezdrátovou komunikaci

Požadavky kladené pro přenos dat našeho bezdrátového ovládání jsou následující:

- Počet komunikujících zařízení je 2 (vysílač do ruky a přijímač ve skříni Brekon).
- Polo-duplexní komunikace (nutná z důvodu přenášení skutečných stavů silových výstupů z přijímače zpět do vysílače, který bude vybaven signalizačními LED).
- Komunikace by měla být zabezpečena za účelem kontroly přenášených dat na jejich chybovost.
- Předpokládaný rádiový dosah bezdrátových modulů musí být minimálně 30 metrů v prostoru s překážkami.
- Vzhledem k nutnosti přenosu dat pouze při změnách stavů nejsou kladeny vysoké nároky na rychlost přenosu dat. Dostačující jsou jednotky kb/s.

4. Bezdrátový přenos dat

V dnešní době je poměrně jednoduché realizovat bezdrátový přenos dat nebo informací. Otázkou je za jaké pořizovací náklady. V tomto případě si musíme promyslet, zda se finančně vyplatí investovat již do hotových bezdrátových zařízení, které je možné v dnešní době přímo realizovat na požadavky zákazníka, nebo se pustit do výroby vlastní bezdrátového řešení, které ovšem musí dodržet podmínky pro využívání ISM pásma dané ČTU.

4.1 Přehled dostupných možností k realizaci

Všechna uvedená zařízení, které zde popíšu, vyhovují nařízení, které uvádí ČTU. Z toho vyplývá, že tato zařízení lze provozovat v České republice. U zařízení, kde je možné nastavit pracovní vysílací a přijímací kmitočet, je nutno nastavit hodnotu odpovídající nařízení generální licence pro pásma ISM vydané ČTU.

Zde veškerá uvedená zařízení jsou vhodná s ohledem na odpovídající nařízení generální licence vydané ČTU, pro realizaci této bakalářské práce dálkového ovládání. Pro přenos dat, musím využít poloduplexní (obousměrný) přenos na realizaci indikace stavu systému válcové zkušeny brzd u dálkového ovladače jako je např. tisk, odvíjení papíru, provoz auto/manuál, vozidlo osobní/nákladní.

Uvedu zde samotné komunikační moduly dodávané na trh, které pro splnění podmínek uvedeného zařízení potřebují pro svoji funkci ještě ovládací mikrokontrolér, který má za úkol obsluhovat datovou komunikaci mezi moduly a ovládání vstupních periférií.

Nejsnazším řešením je pořízení některých hotových komerčních komunikačních modulů, které musejí splňovat všechny požadavky k praktické realizaci zadání bakalářské práce. Tyto hotové komunikační moduly mají již od výroby řešenou zabezpečenou komunikaci, a také řešení na ovládání jednotlivých vstupů a výstupů vhodných pro silové připojení sítě 230V.

4.2 Výběr vhodné bezdrátové technologie

V současnosti je obrovský rozmach různých bezdrátových technologií a to jak v komerčním nebo i domácím provedení. Je to v důsledku velkého rozšíření a velice podstatného zlevnění těchto technologií na trhu v posledních pěti letech. Bezdrátové technologie jsou již tak levné, že se ani nevyplatí uvažovat o drátovém spojení mezi určitými zařízeními. Nejrozšířenější bezdrátové technologie, které bych pro realizaci mého zařízení

mohl použít je pásmo ISM o, kterém jsem se již zmínil výše, nebo se nabízejí technologie Bluetooth a Wi-fi.

4.3 ISM pásmo

Pro tento druh provozu není nutné povolení od ČTÚ (Český telekomunikační úřad), podrobnější informace [4]. Kdokoliv ale může použít zařízení, které může pracovat se stejnou frekvencí jako naše zařízení. Tím může docházet k rušení, a tím i k nefunkčnosti celého zařízení.

Pro tato volně dostupná pásma také platí, že musí dodržovat určitý maximální výkon, který limituje dosah rádiového přenosu, a to hlavně v místech, kde jsou přirozené překážky (zdi, kovové konstrukce). Mezi další omezení také dochází, když tyto technologie používají jiné přenosové rychlosti, které jsou závislé na použité modulaci. Modulace ovlivňuje dosah, protože s vyšší rychlostí rostou nároky na přijímací úroveň signálu, respektive na odstup signálu od šumu.

Jak bylo popsáno v kapitole (4.7 Samotné komunikační moduly – přehled), na trhu je dostupné velké množství bezdrátových komunikačních modulů pracujících na různých frekvencích a s různými druhy modulačních metod. Jsou to velice malé vysílače, přijímače a transceivery, které jsou zároveň vysílač i přijímač. Tyto moduly komunikují na frekvencích 433,92 MHz a 863,3 MHz s digitální AM nebo FM modulací.

Moduly pracující na frekvenci 433,92 MHz využívají pro přenos dat digitální amplitudovou modulaci ASK. Maximální propustnost mají až 9600bps a citlivost lepších přijímačů je i -114dBm. Ovšem tyto moduly jsou minimálně dvojnásobně dražší než moduly s citlivostí pouze -97 dBm. Existují také moduly, které používají modulaci FSK, které jsou výrazně citlivější a přenosová rychlost dosahuje až 19200 bps. Ovšem za cenu, která je až trojnásobně vyšší než u výše zmiňovaných modulů pracujících s ASK.

Moduly pracující na frekvenci 863,3 MHz jsou sice o trochu dražší, ale zde jsou podstatné výhody v tom, že pracují v tzv. SRD pásmu, které Český telekomunikační úřad uvolnil pro použití v České republice. Toto pásmo je rozděleno na 80 kanálů po 25 kHz a z toho vyplývá minimální pravděpodobnost vzájemného rušení uživatelů, kteří budou používat podobné moduly v okolí.

4.4 Bluetooth

Technologie bluetooth je bezdrátová technologie, která je určena pro propojení mobilních zařízení na menší vzdálenost, a to maximálně do 100 metrů, reálně tato technologie pracuje do vzdálenosti 10 metrů. Bluetooth je definován standardem IEEE802.15.1 a její principy jsou popsány v [14] Bluetooth byl vyvinut pro oblast spotřební elektroniky pro komunikaci PC s periferiemi, ale výjimkou nejsou ani moduly s průmyslovým rozhraním RS-232.

Bluetooth používá k přenosu informací volné pásmo ISM, konkrétně frekvenci 2,4 GHz. Frekvenční pásmo se dělí na 79 subkanálů s odstupem 1 MHz. Komunikující zařízení přeskakují mezi těmito subkanály 1600krát za sekundu podle určitého schématu. Tomuto systému se říká frequency hopping, který zajišťuje schopnost komunikace více zařízení současně.

4.5 Wi-fi pásmo

Technologie wi-fi, která je popsána na [15], je primárně určena pro oblast spotřební elektroniky a sítí. Tato technologie pracuje ve volném ISM pásmu, ale dosah a vysílací výkony jsou vyšší než u technologie Bluetooth. Hlavním a významným rozdílem je, že Wi-fi technologie má být využívána k budování bezdrátových počítačových sítí, na rozdíl od Bluetooth, který slouží hlavně pro bezdrátové připojení periférií. Wi-fi technologie je pro svou univerzálnost, dobré možnosti zabezpečení a klesající ceně výborná pro využití v průmyslu, nebo v měřicí technice. Na trhu jsou dostupné moduly s rozhraním RS-232, nebo s rozhraním SPI.

Wi-fi technologie využívá také volné frekvence v ISM pásmu, a to na frekvenci 2,4 GHz, později na 5 GHz a nově na 3,7 GHz (toto pásmo je nyní možno bez licence využívat pouze v USA). Dosah Wi-fi sítí s použitím směrové antény je ve volném prostoru od 200 do 3000 metrů a liší se podle specifikace, hlavně z důvodu použití různých druhů modulace a různých nosných frekvencí. S vyšší frekvencí se útlum rádiového signálu zvyšuje na úrok překážek během přenosu. Proto se u této technologie vyžaduje přímá viditelnost obou vysílačů, pro svojí správnou funkčnost.

Z výše uvedených důvodů je nejvhodnějším řešením použít bezdrátový komunikační modul, který bude pracovat ve volném frekvenčním pásmu tzv. ISM, používající nižší frekvenci 433 MHz, nebo 868 MHz. Hlavní výhodou je menší útlum signálu pevnými překážkami a také příznivější cena. Komunikační moduly pracující na frekvenci 863,3 MHz a

v pásmu tzv. SRD jsou velmi vhodné pro použití na naše řešení dálkového ovládání válcové zkušebny brzd.

4.6 Kompletní komunikační moduly v pásmu 433/866 MHz – hotová řešení

První z řady je sada s 8 kanálovým modulem od firmy Velleman, Obr. 4-1. Tento výrobek řeší kompletní bezdrátové dálkové ovládání pro válcovou zkušebnu brzd. Navíc používá až 8 adres při použití více přijímačů, digitálně kódované kanály, vyřešený dálkový ovladač, možnost volby dalšího vysílače typu VM118R pro použití v pásmu ISM. Jediná nevýhoda je, že tento modul nemá poloduplexní (střídavě obousměrný) provoz. Tím nemůže posílat obsluhu potvrzení od přijímače, zda je sepnutý správný výstup. Jako náhradu za potvrzování má tento modul umístěné indikační led diody na přijímací desce u každého výstupu, což pro zamýšlenou aplikaci není vyhovující. Vybrané parametry komunikačního modulu jsou uvedeny v tabulce. 4-1.

Frekvence	433 MHz
Dosah	30 metrů
Počet releových výstupů	8
Spínací napětí Relé	230 VAC
Napájení	9 – 12 V
Napájení D.O.	4,5 V
Rozměry	80x70x25 mm

Tab. 4-1 Vybrané parametry modulu VM118R [5]



Obr. 4-1 - Sada VM118R kompletní modul firmy Velleman [5]

Další z řady je sada kompletního komunikačního modulu typu VM122 od stejné firmy Velleman, Obr. 4-2. Tento modul má stejné technické parametry jako předchozí modul, liší se použitím 15 kanálového přijímače, 4 různých výstupních módů, 15 nezávislých výstupů a umožňuje použití více přijímačů v jedné místnosti. Tento model bych mohl také použít pro mé zadání, ale také bez potvrzování sepnutých výstupů, protože také nepoužívá poloduplexní (střídavě obousměrný) přenos dat.



Obr. 4-2 - Sada VM122 kompletní modul firmy Velleman [5]

Frekvence	433 MHz
Dosah	20 metrů
Počet releových výstupů	15
Spínací napětí relé	230 VAC
Napájení	8 – 14 V
Napájení D.O.	4,5 V
Rozměry	88x78x25 mm

Tab. 4-2 – Vybrané parametry modulu VM122 [5]

V neposlední řadě se dají na trhu pořídit za poměrně nízkou cenu (cca 560,- Kč) bezdrátové moduly (model S8C-DC09, S8C-DC12) Obr. 4-3, které splňují skoro všechny podmínky pro realizaci dálkového ovládání, které jsem již popsal výše (pracovní kmitočet v pásmu ISM, malé rozměry a snadná montáž). Ale opět mají jednu nevýhodu, tyto moduly nejsou vybaveny poloduplexním (střídavě obousměrným) režimem. Naproti tomu disponují 8 kanálovým přenosem, zabezpečeným přenosem dat, plovoucím kódem dálkového ovladače a nízkým odběrem pro maximální výdrž baterií v dálkovém ovladači.



Obr. 4-3 - Kompletní sada modulu typu S8C-DC09 [6]

Model	S8C-DC09	S8C-DC12	S8C-DC24
Frekvence	315/433 MHz	315/433 MHz	315/433 MHz
Dosah	30 metrů	30 metrů	30 metrů
Počet releových výstupů	8	8	8
Spínací napětí Relé	230 VAC	230 VAC	230 VAC
Napájení	9 V	12V	24 V
Napájení D.O.	12 V	12 V	12 V
Rozměry	93x73x20 mm	93x73x20 mm	93x73x20 mm

Tab. 4-3 Vybrané parametry modulů S8C-DCxx [6]

Všechny výše uváděné hotové bezdrátové moduly, by pro moji realizaci bezdrátového dálkového ovládání vyhovovaly jen částečně, a to z důvodu chybějící zpětné komunikace pro potvrzování monitorovacích vstupů a také pro použití universálních popisů tlačítek (1, 2, 3...) na dálkových ovladačích. Tyto popisy by technikovy obsluhujícího válcovou zkušebnu brzd mohli způsobit problémy se zapínáním daných testů.

4.7 Samotné komunikační moduly v pásmu 433/866 MHz – přehled

4.7.1 Modul RF12B

První bezdrátový komunikační modul, který zde popíši, je od firmy HOPE Microelectronics, Obr. 4-4. Má obrovské přednosti díky lehkému a miniaturnímu provedení, frekvenčnímu rozsahu a snadnému připojení k mikrokontroléru. Modul pracuje v několika frekvenčních pásmech a pro přenos dat používá FSK modulaci. Přehled dostupných modulů na trhu je uveden v následující tabulce tab. 4-4.

Název modulu	Fekvence	Rychlost přenosu	Citlivost/výkon	Sběrnice	Napájení
HM-TRP	433/868 MHz	až 115,2 kb/s	-117/20 dBm	UART	3,3 V
RFM12	433/868 MHz	až 115,2 kb/s	-100/0 dBm	SPI	2,2 – 5,4 V
RFM12B	433/868 MHz	až 115,2 kb/s	-102/5 dBm	SPI	2,2 – 3,7 V
RFM12BP	433/868 MHz	až 115,2 kb/s	-112/27 dBm	SPI	3,3/12V
RFM22	240-930 MHz	až 128 kb/s	-118/17 dBm	SPI	1,8 – 3,6 V
RFM22B	240-930 MHz	až 256 kb/s	-121/20 dBm	SPI	1,8 – 3,6 V
RFM23	240-930 MHz	až 128 kb/s	-118/13 dBm	SPI	1,8 – 3,6 V
RFM23B	240-930 MHz	až 256 kb/s	-121/13 dBm	SPI	1,8 – 3,6 V
RFM50	240-930 MHz	až 256 kb/s	-121/20 dBm	UART/SPI	0,9 – 3,6 V

Tab. 4-4 - Výchčet modulů firmy HOPE Microelectronics [7]



Obr. 4-4 - Modul RFHM12B firmy HOPE Microelectronics [7]

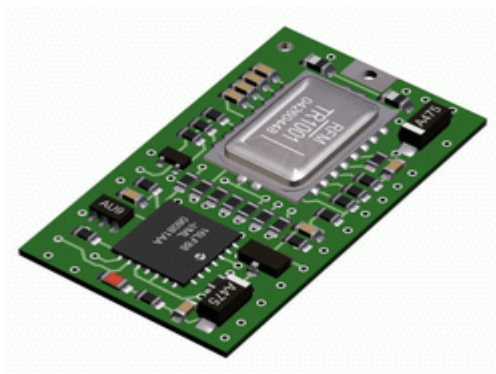
Výhody modulu RFM12B:

- Miniaturní rozměry (16 x 16 mm)
- Napájecí rozsah – vhodné pro napájení z baterií
- Dostatečná přenosová rychlost
- Minimální spotřeba v úsporném režimu < 0,3 uA, RX 14 mA, TX 24 - 25 mA
- Citlivost/výkon
- Univerzální použití s mikrokontroléry
- Nízká cena
- Dostupnost

4.7.2 Modul IQRF

Druhý modul označovaný jako IQRF, vyobrazený na Obr. 4-5, který zde představím, je od jičínské firmy Microrisc. Tato firma vytvořila svoji RF technologii, která je velice zajímavá díky použití vlastního operačního systému, jímž jsou tyto moduly vybaveny.

Díky tomuto systému je použití modulu v aplikaci mnohem jednodušší a uživatelsky příjemnější. Jak je již zřejmé z názvu modulů jedná se o technologii, která je velice chytrá. Vlastní vestavený operační systém nabízí veškeré potřebné funkce pro provoz bezdrátové komunikace, programátor pouze využívá patřičné funkce operačního systému, nestará se o to, jak jsou data odesílána, může se plně soustředit na vývoj vlastní aplikace. Proto na vytvoření bezdrátového spojení nebo i vlastní sítě je potřeba člověk, který má jen základní znalosti v programování. Tato vlastnost dělá z tohoto modulu jednu z největších výhod oproti ostatním výrobcům.



Obr. 4-5 - Modul IQRF firmy Microrisc[8]

Nevýhody modulu IQRF:

- Počet vstupů/výstupů 11 + 1 pouze vstup
- Potřeba vlastní vývojové prostředí IQRF IDE
- Nutnost speciálního programátoru
- Malá kapacita paměti FLASH viz. Obr. 4-7
- Malá kapacita paměti RAM viz. Obr. 4-7
- Cena modulu

PIC HW resources		Utilization
Program memory	Flash	1536 instructions
Data memory	RAM	96 B – user data 160 B – communication/system buffers
	MCU EEPROM	Node: 160 B user data + 32 B application data Coordinator: 0 B user data + 32 B application data
	Serial EEPROM	2 KB, SPI serial interface, 16 B block access. Not available for Coordinator utilizing Discovery.
I/O pins	TR-52D	6 × I/O
	TR-54D	11 × I/O, 1 input only
A/D converter		10 b. Multiplexed S&H. Number of pins depends on TR type.
D/A converter		5 b. See Application examples [10]. Allowed range is from VSS to VDD only.
Analog comparator		See Application examples [10]. Allowed CIN+ input is GND only.
Voltage reference (FVR)		Dedicated to OS. Do not change.
Serial communication	SPI (slave)	Supported by OS in background
	I ² C	Realized by PIC HW module and user function – see Application examples [10]
	UART	Realized by PIC HW module and user function – see Application examples [10]
PWM output		Realized by PIC HW module – see Application examples [10]
Interrupt		User available. Global interrupt can be disabled just for a short period if necessary.
Stack (for subroutines)		Max. 5 levels of subroutine calling is allowed.
Timer6		Fully user available.
Power-on reset		Utilizes HW filter to eliminate improper power-up rising and spikes to some extent.
Brown-out reset		Default disabled, can be enabled and disabled by SW.
Power-up timer		Enabled
Watchdog		Default disabled, can be enabled by SW (SWDTEN = 1). Time-out can be set from 1 ms to 256 s, default ~ 4 s. WDT time-out varies with temperature, supply voltage and other conditions from part to part. See PIC datasheet [8].
Oscillator		Internal RC, 8 MHz (500 ns instruction). Do not switch to another clock. IQMESH timing is not derived from this but from RF IC with crystal precision.
Configuration words ("Fuses")		CONFIG1 = 0x2A0C, CONFIG2 = 0x1EFE

Obr. 4-7 - Využití MCU PIC v IQRF modulu [8]

4.7.3 Modul Radiometrix

Další modul je od firmy Radiometrix, která nabízí širokou škálu modulů pracujících s FM modulací. Tyto moduly se vyznačují vysokou selektivitou u výběru kanálu v úzkopásmových trancieverech, protože používají SAW filtr (Surface acoustic wave).

Další moduly se od sebe navzájem liší používaným vysílacím výkonem, citlivostí, přenosovou rychlostí a šířkou pásma pracovního kanálu. Vzhledem k nastavitelnému napájecímu napětí se pro tyto obvody nachází velké využití. V tabulce 4-5, uvedené níže, je výběr ze dvou modulů. Provedení modulů firmy Radiometrix je na Obr. 4-8.

Název modulu	Frekvence	Rychlost přenosu	Citlivost/výkon	Sběrnice	Napájení
BIM2A-433-64	433 MHz	64 kb/s	-101 dBm/10 dBm	Přímá data na RF výstup	3 – 16 V
BIM3B 869.85-64	868 MHz	64 kb/s	-101 dBm/14 dBm	Přímá data na RF výstup	3 – 16 V

Tab. 4-5 – Vybrané parametry modulu Radiometrix [9]



Obr. 4-8 – Modul Radiometrix [9]

Výhody modulu Radiometrix:

- Miniaturní rozměry
- Přenosová rychlost
- Široký rozsah napájecího napětí
- Minimální spotřeba
- Citlivost/výkon

Nevýhody modulu Radiometrix:

- Modulaci musí provádět aplikace v připojeném MCU
- Cena modulu je výrazně vyšší než zde uvedené moduly

4.7.4 Moduly firmy RFM

Další z mnoha komunikačních modulů jsou od firmy RFM (neplést si s modulem RFM12B od firmy HOPE) na Obr. 4-9, které se od ostatních moc neliší. Výhodou je opět nízká hmotnost a rozměry. Mají také výbornou citlivost a nízký příkon. Vybrané parametry jsou uvedené v tabulce. 4-6. Tyto moduly mají jednotné parametry a liší se pouze mechanickým provedením a reagováním při spojení v síti. Z výroby je dodávána anténa.

Název modulu	Frekvence	Rychlost přenosu	Citlivost/výkon	Sběrnice	Napájení
DM1810 434MB	433 MHz	4,8 kb/s	-101/10 dBm	UART	3,1 – 10 V
DM1810 434MN	Stejné parametry, kolmá anténa, v síti jako host				
DM1810434MNV	Stejné parametry, podélná anténa, v síti jako host				
DM1810434MRPAH	Stejné parametry, kolmá anténa, v síti jako router				
DM1810434MRPAV	Stejné parametry, podélná anténa, v síti je router				

Tab. 4-6 – Vybrané parametry modulu RFM [10]



Obr. 4-9 – Modul RFM [10]

Výhody modulu RFM:

- Miniaturní rozměry
- Přenosová rychlost
- Minimální spotřeba
- Rozsah napájecího napětí
- Citlivost/výkon
- Dostupnost modelu pro specifická použití

Nevýhody modulu RFM:

- Cena modulu

4.7.5 Moduly od firmy Mipot

Poslední bezdrátový modul, který zde uvedu, je od firmy Mipot (Obr. 4-9). Tato firma vyrábí jednokanálové i vícekanálové moduly, kde výběr z nich je uveden v tabulce tab. 4-7. Další neuvedené moduly mají skoro stejné parametry, liší se pouze citlivostí a rychlostí přenosu.

Název modul	Frekvence	Citlivost/výkon	Rychlost přenosu	Sběrnice	Napájení
3-2000473	868 MHz	-95dBm/10dBm	38,4 kb/s	UART	5V
3-2000467	433 MHz	-95dBm/10dBm	38,4 kb/s	UART	3V
3-2000519A	868 MHz	-108dBm/10dBm	9,6 kb/s	UART	3V

Tab. 4-7 – Vybrané parametry modulu Mipot [11]



Obr. 4-10 – Modul Mipot [11]

Výhody modulu Mipot:

- Miniaturní rozměry
- Přenosová rychlost
- Minimální spotřeba
- Citlivost/výkon
- Selektivita

Nevýhody modulu Mipot:

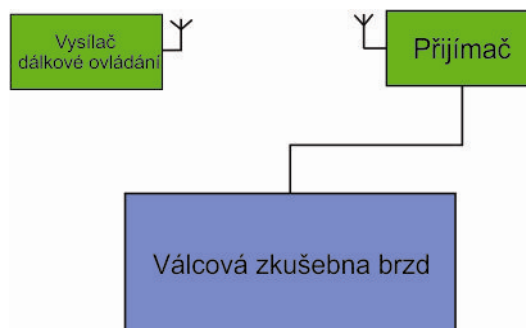
- Rozsah napájení
- Cena modulu

5. Návrh koncepce vlastního řešení bezdrátového dálkového ovladače

Vlastní řešení musí vycházet z konkrétních požadavků na celý ovládací systém a zabezpečit maximální pracovní využitelnost. Celé zařízení by mělo mít minimální finanční náklady, přiměřenou velikost dálkového ovladače, nenáročnou výrobu DPS, dostupnou součástkovou základnu pro tvorbu celého systému a musí být snadno programovatelné, včetně přihlídnutí k možnostem a ceně SW prostředků pro tvorbu aplikačního programu pro danou platformu.

5.1 Návrh koncepce

Celé zařízení dálkového ovládání pro válcovou zkušebnu brzd bude tvořeno ze dvou typů zařízení. Hlavní část bude tzv. přijímač, ten bude obsahovat vhodný komunikační modul, který bude spolu mikrokontrolérem ovládat jednotlivé výkonové výstupy a některé z nich dohlížet. Druhá část bude tzv. vysílač, dálkový ovladač, ten bude obsahovat rovněž stejný komunikační modul a mikrokontrolér jako přijímač. Vysílač bude dálkově řídit výkonové výstupy pomocí komunikace s přijímačem. Tyto dvě části budou mezi sebou komunikovat bezdrátovým rádiovým přenosem, přičemž tato komunikace musí být ošetřena proti chybám a rušením přenášených dat. Komunikace musí být obousměrná, přijímač bude potvrzovat přijímaná data z vysílače a při každé změně silových vstupů přijímač rovněž odešle jejich aktuální stavu dálkovému ovladači - vysílači, který zobrazí jejich stav pomocí LED. Tím je zaručena neustálá synchronizace mezi vysílačem a přijímačem i po výměně baterií ve vysílači nebo při náhodné ztrátě signálu v přenosové cestě nebo při výpadku napájení skříně Brekon a následném obnovení napájení.



Obr. 5-1 - Blokové schéma návrhu dálkového ovládání
Vlastní zdroj

První část je (přijímací jednotka se silovými výstupy), která je pro ovládání jednotlivých výkonových stykačů a bude umístěna v původní rozvodné skříni, válcové zkušebny brzd Brekon. Navržena je tak, aby mohla pracovat v prašném prostředí (bylo použito krytí IP56) a umožňovala připojení k silovým prvkům v rozvodné skříni (stykače, relé) s pracovním napětím 230 V.

Druhá část (dálkový ovladač) bude navržen tak, aby bylo zachováno rozmístění ovládacích prvků podobně nebo stejně jako na původním kabelovém dálkovém ovládaní.

V příloze [A] je vloženo kompletní navržené obvodové schéma celého dálkového ovládaní (přijímací část RX, vstupní a výstupní část a vlastní část dálkového ovládaní). Schéma a DPS celého systému byly navrženy v programu Eagle Layout Editor 5.7.0. Deska je vybavena v nepoužitých oblastech polygonem (tzv. rozlité měď), který je propojen se zemní částí zařízení. Polygon je omezen v oblasti silové části desky z důvodu bezpečnosti (zachování dostatečných izolačních vzdáleností). Výsledné DPS obou zařízení jsou jednostranné, takže jsou snadno a levně vyrobitelné.

Z důvodu zmenšení rozměrů je většina součástek, u kterých to bylo vhodné, použita v SMD provedení. Klasické součástky byly navrženy pouze u výkonových dohledových vstupů, kde je to z důvodu teplotních ztrát u silového připojení na síť 230V.

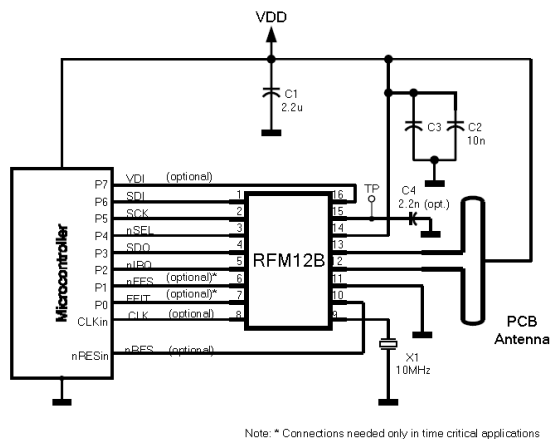
5.2 Výběr vhodného komunikačního modulu

Pro moji realizaci dálkového ovládaní válcové zkušebny brzd je nejvhodnější použití bezdrátového modulu typu RFM12B, který jsem ve stručnosti popsal výše. Modul oproti jiným disponuje vhodným napájecím rozsahem, takže lze ovladač napájet ze dvou dobíjecích Ni-Mh tužkových baterií, kde jmenovité napětí je 2,4 V. Modul má minimální spotřebu díky funkci sleep mód, a také je podstatná cena, která je ze všech jmenovaných modulů nejnižší.

Modul RFM12B jsem vybral z následujících důvodů:

- Miniaturní rozměry
- Napájecí rozsah
- Přenosová rychlost
- Minimální spotřeba
- Citlivost/výkon
- Univerzální použití s mikrokontroléry
- Nízká cena

Tento modul, který slouží jako vysílač a zároveň jako přijímač, má vývody antény vyvedeny pouze na jednu plošku. K vývodu antény je vždy připojen buď vysílací, nebo přijímací obvod. Komunikace mezi modulem a mikrokontrolérem probíhá po datové sběrnici SPI.

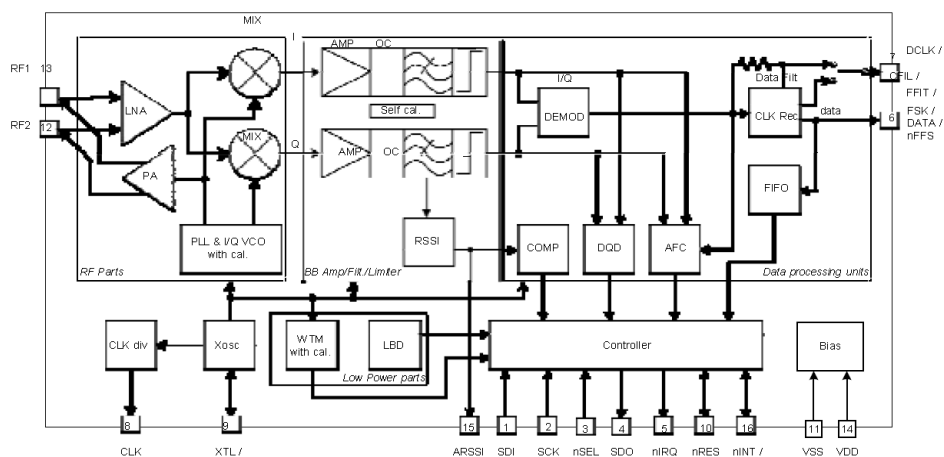


Obr. 5-2 - Doporučené schéma připojení modulu RFM12B k MCU [7]

Přehled všech signálů je popsán v tabulce 5-1.

nINT/VDI	Interrupt input (active low)/Valid data indicator
VDD	Positive power supply
SDI	SPI data input (MOSI)
SCK	SPI clock input
nSEL (CS)	Chip select (active low)
SDO	Seriál data output (MISO)
nIRQ	Interrupts request output (active low)
FSK/DATA/nFFS	Transmit FSK data input/ Received data output (FIFO not used)/FIFO select
DCLK/CFIL/FFIT	Clock output (no FIFO)/ external filter capacitor (analog mode)/FIFO interrupts (active high) when FIFO level set to 1, FIFO empty interruption can be achieved
CLK	Clock output for external microcontroller
nRES	Reset output (active low)
GND	Power ground

Tab. 5-1 – Vstupy a výstupy modulu RFM12B



Obr. 5-3 - Blokové schéma modulu RFM12 B

Modul používá pro bezdrátovou komunikaci modulaci FSK. Vlastní pracovní frekvence je řízena vestavěnou PLL smyčkou, která se dá softwarově nastavit. Při použití dalších stejných typů mohou tyto moduly pracovat ve vzájemné blízkosti, aniž by docházelo k vzájemnému rušení. Pro vyloučení vzájemného rušení je třeba nastavit modulům odlišný frekvenční kanál, to se provádí softwarově. Nejdříve je třeba nastavit parametry určující režim chodu modulu jako je např. (frekvence, kanál, šířku kanálu, mód, výkon, modulaci, synchronizaci, rychlost přenosu, atd.).

5.3 Výběr vhodného mikrokontroléru

Pro využití funkce komunikačních modulů je nutné tyto moduly obsluhovat vhodným mikrokontrolérem. Pro danou funkci byl zvolen nízkopříkonový osmibitový mikrokontrolér ATmega168P od firmy Atmel [3][12][13]. Tyto mikrokontroléry jsou jedním z nejrozšířenějších a nejpoužívanějších, proto také cena je velmi příznivá, dostupnost a dosažitelnost programovacích interfaců, programovacích softwarů a v neposlední řadě vývojových kitů není velký problém. Vstupní a výstupní piny tohoto integrovaného obvodu jsou vyobrazeny na Obr. 5-4. Tento mikrokontrolér byl vybrán především pro svou minimální spotřebu, a také fakt, že pracuje již od 1,8 V.

Proto je ideální a dostačující pro použití v bateriově napájecích aplikacích v našem případě dálkového ovládání, které má splňovat podmínku v zadání této práce, a to 16-ti hodinový každodenní provoz zařízení. Spotřeba mikrokontroléru je ovlivněna frekvencí řídicího signálu (hodinový kmitočet). Zde platí, že čím vyšší je kmitočet, tím stoupá i příkon

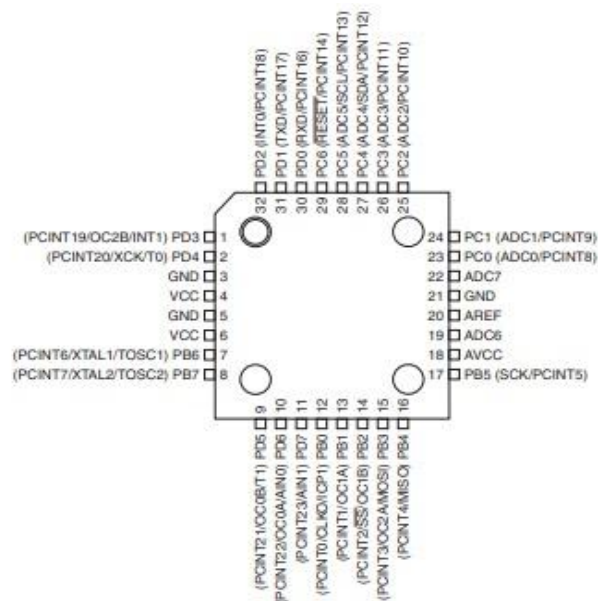
mikrokontroléru. Dalším faktorem ovlivňující příkon je velikost napájecího napětí. Jelikož je příkon dán součinem napětí a proudu, je logické, že snížením napětí klesne i celkový příkon. V našem případě bude vysílač napájen z dvou tužkových akumulátorů velikosti AA zapojených do série, s výsledným jmenovitým napětím 2,4 V. Příkon samotného mikrokontroléru s taktovací frekvencí 2 MHz bude s tímto napájecím napětím menší jak 1 mA. Tento mikrokontrolér má i dostatečně rozsáhlou paměť programu, počet vývodů a zcela dostačující rychlost pro použití s naším zařízením. Pro zabezpečení dlouhodobého provozu na napájení z baterií u vysílací části (dálkového ovládání), je nutnost aby mikrokontrolér měl podporu tzv. *sleep módu*. Tento mód umožňuje snížit energetickou spotřebu mikrokontroléru v případě, že není požadován jeho maximální výkon. ATmega168P je vybaven hned šesti sleep módy, a to (Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby a Extended Standby). Pro účely zabezpečení maximální výdrže dálkového ovládání na provoz z baterií je tento mikrokontrolér vyhovující.

Výpis vybraných parametrů mikrokontroléru:

- instrukční soubor obsahuje 131 instrukcí
- 32 registrů délky 8 bitů
- hodinový kmitočet 0 až 20 MHz, maximální výpočetní výkon a 20 MIPS
- paměť programu je tvořena zabudovanou Flash, kapacita je 16kByte, počet programování je 10 000 cyklů
- datová paměť SRAM kapacity 1KB
- datová paměť EEPROM kapacity 512 Bytes, počet přeprogramování je 100 000 cyklů
- Flash a EEPROM jsou programovatelné přímo v systému pomocí rozhraní SPI nebo JTAG
- dva 8bitové čítač/časovače, jeden 16 bitový čítač/časovač
- šest PWM kanálů
- šest Sleep módů
- analogový komparátor, 10bitový A/D převodník
- jednotky USART, SPI
- programovatelné vstupy a výstupy 23
- zabudovaný RC oscilátor, externí oscilátor 0 – 20 MHz

- pouzdro PDIP, TQFP 32
- napájení při frekvenci 0 – 20 MHz, 4,5V – 5,5V, 0 – 4 MHz, 1,8V – 5,5V

Pro potřeby mého zapojení využiji z mikrokontroléru ATmega168P jen některé dostupné funkce. Pro komunikaci s modulem RFM12B je použito softwarové SPI. Pro blikání LED diod je využíván 16 bitový časovač, změna blikání se provádí změnou periody a střídy. Samozřejmě jsou využívány univerzální vstupní a výstupní piny (I/O), které jsou softwarově nastaveny buď jako vstupy nebo jako výstupy.



Obr. 5-4 – Konfigurace pinů ATmega168P

6. Hardwarová část

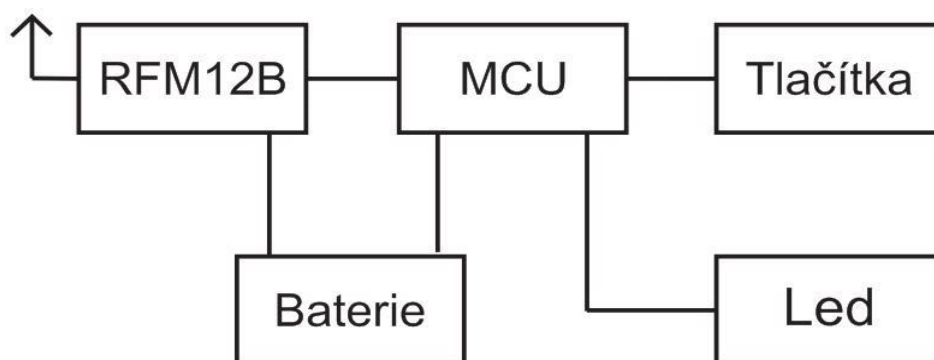
6.1 Modul vysílače

Modul vysílače a zároveň dálkové ovládání má být podobný velikostně i rozložením tlačítek oproti původnímu kabelovému dálkovému ovládání, které je vyobrazeno na Obr. 6-3. Pro porovnání původního dálkového ovládání a nově vyrobeného je na Obr. 6-4. Schéma celého zapojení bezdrátového dálkového ovladače je v příloze [A] a blokové schéma na Obr. 6-1. Modul vysílače je tvořen ze dvou částí (DPS s tlačítky a DPS s řídicí a komunikační jednotkou RFM12B), tyto dvě části jsou propojeny 16-ti pinovým konektorem. Modul

vysílače je vybaven řídicí jednotkou mikrokontroléru ATmega168P a komunikačním modulem RFM12B. Tato část popisu je stejná pro přijímač i vysílač. Pin RESET je pro resetování obvodu, tento pin je zároveň propojen s RESET pinem modulu RFM12B pro správnou funkci. Piny XTAL1 a XTAL2 slouží pro napojení externího krystalu. Všechny vstupně/výstupní porty pod označením PB, PC, PD jsou osmibitové. Čtyři piny portu PB (PB2, PB3, PB4, PB5) jsou využity pro komunikaci s modulem RFM12B a také pro programovací rozhraní. Piny VCC a AVCC jsou pro napájení mikrokontroléru. Porty PC a PD jsou použity na připojení ovládacích a vstupních periférií (relé, tlačítka, led).

Mikrokontrolér inicializuje komunikačního modulu, a zároveň obstarává a monitoruje stisknutá tlačítka na vstupních pinech portů (PD a PC) a ty po zpracování posílá přes komunikační modul do přijímače. Zároveň na pinech portu (PC1, PC2, PC3 a PC4) jsou vyvedeny LED diody, které slouží pro dohled funkcí modulu přijímací jednotky, jsou např. (Auto/Manuál, Osobní/Nákladní, Tisk). Pin na portu PC0 zobrazuje pomocí led diody stav napětí baterií, které mu posílá modul RFM12B. V této verzi dálkového ovládání je osazena pouze jedna LED pro indikování dohledu a to pouze funkce (Tisk.). Ostatní dohledy nejsou osazeny z důvodu, že původní ovládací skříň válcové zkušebny brzd, kde má být zařízení instalováno je již vybaveno zobrazovacím panelem, který tyto dohledované stavy indikuje.

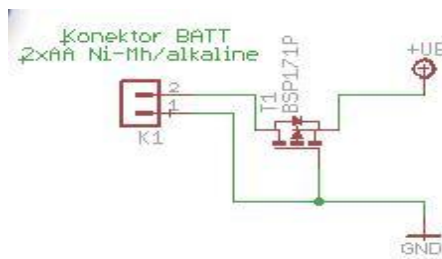
Zabezpečení při komunikaci mezi moduly může vlivem rádiového rušení dojít k poškození dat. Dopad rušení na komunikaci nelze eliminovat, ale chyby je možné detekovat, nebo opravovat zvolením vhodného komunikačního protokolu. Chyby v přenosu lze například jednoduše detekovat pomocí kontrolního součtu. Chyby, které nelze opravit, je nutné včas a účinně eliminovat.



Obr. 6-1– Blokové schéma vysílače dálkového ovládání

6.1.1 Napájení vysílače

Pro bezpečnost proti špatně vloženým bateriím, a tím proti přepólování obvodu mikrokontroléru, jsem použil oproti klasicky používaným diodám, která mají v propustném směru příliš velký úbytek napětí 0,7V. Pro použití v mém zařízení, kde musí být úbytek napětí minimální, jsem použil princip tzv. *substrátové diody*, kde při zapojení tranzistoru typu P-FET, do napájecí části obvodu, kladným pólem zdroje, nahrazuje křemíkovou (ztráta 0,7 V) nebo Schottkyho diodu (ztráta 0,4 V), jsem použil tranzistor MOSFET s kanálem typu Celé zapojení proti přepólování s tranzistorem P-FET je vyobrazeno na Obr. 6-2. Jelikož je dálkové ovládání napájeno ze dvou tužkových AA, Ni-Mh článků, nastává otázka, jak dlouho můžeme provozovat dálkové ovládání při plném provozu válcové zkušebny brzd. Naměřené hodnoty spotřeby proudu dálkového ovládání jsou v klidovém stavu okolo 10mA a v režimu vysílání je to okolo 25mA. Při používání nabíjecí AA článku o kapacitě 2200mAh, bude výdrž baterií dálkové ovládání v průměru 220 hodin.



Obr. 6-2 - Schéma zapojení s obvodu proti přepólování



Obr. 6-3 - Původní provedení kabelového dálkového ovládání

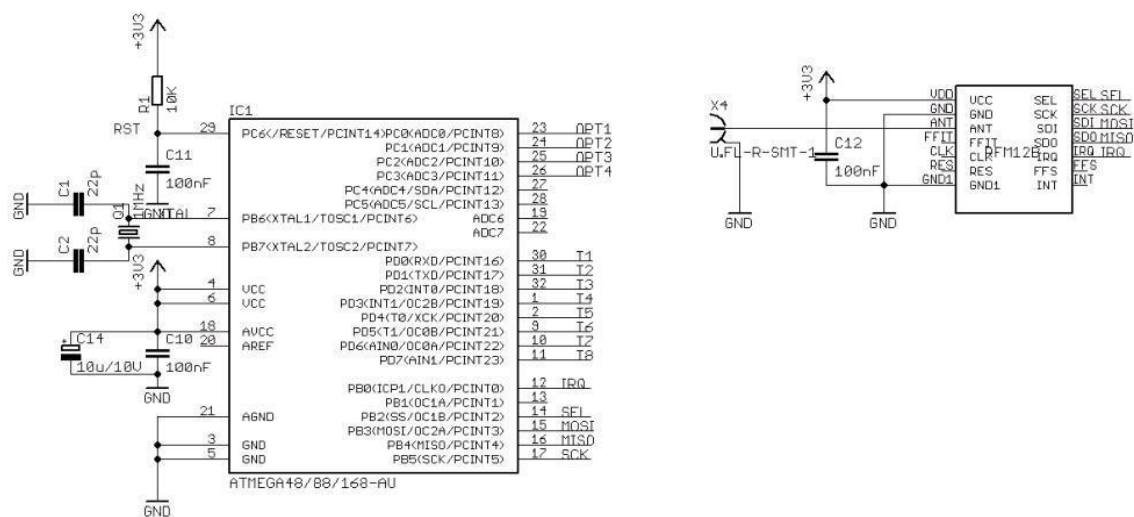


Obr. 6-4 - Provedení nového dálkového ovládání

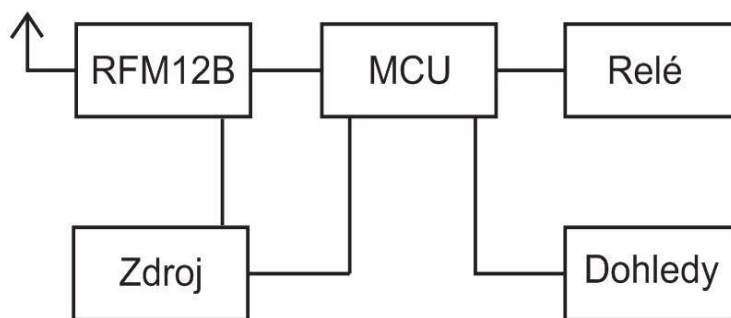
6.2 Modul přijímače

Modul přijímače je navržen na umístění do instalační skříně. Jelikož umístění a provoz válcové zkušebny je v náročném prostředí, zejména prach, byla instalační krabice přijímače vybrána s krytím IP56.

Na vnějším krytu je z jedné strany vyvedena přijímací anténa a na opačné straně jsou vyvedeny průchodky pro kabelový rozvod původní ovládací skříně. Vyobrazení umístění DPS v instalační krabici je na Obr. 6-10. Obvod přijímače, vyobrazený v příloze [B], se skládá hned z několika částí, první a velmi důležitá je „Logika přijímače“, viz. Schéma vyobrazené na Obr. 6-5, kterou tvoří komunikační modul RFM12B a mikrokontrolér ATmega168P, stejné zapojení je i v modulu vysílače. Tyto dva obvody zajišťují (jak tomu bylo i ve vysílacím modulu) celou řídicí a komunikační část celého obvodu.



Obr. 6-5 – Logická část modulu přijímače

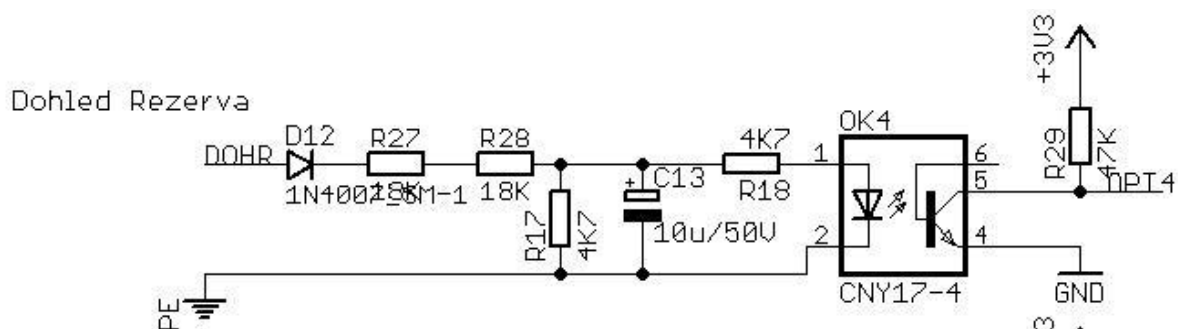


Obr. 6-6 – Blokové schéma přijímacího modulu

6.2.1 Dohled silových výstupů

Další velmi podstatnou částí je dohledový systém Obr. 6-6, který monitoruje spuštěné funkce zkušebny, konkrétně to je funkce (AUTO/MANUAL, OSOBNÍ/NÁKLADNÍ, TISK a také rezervní dohled). Tyto signály jsou vyvedeny od pomocných kontaktů stykačových obvodů ovládací skříně válcové zkušebny. Dohledová část je pomocí LED diod vyobrazena na dálkovém ovládači k indikaci sepnutých režimů a funkcí válcové zkušebny brzd obsluhujícímu technikovi.

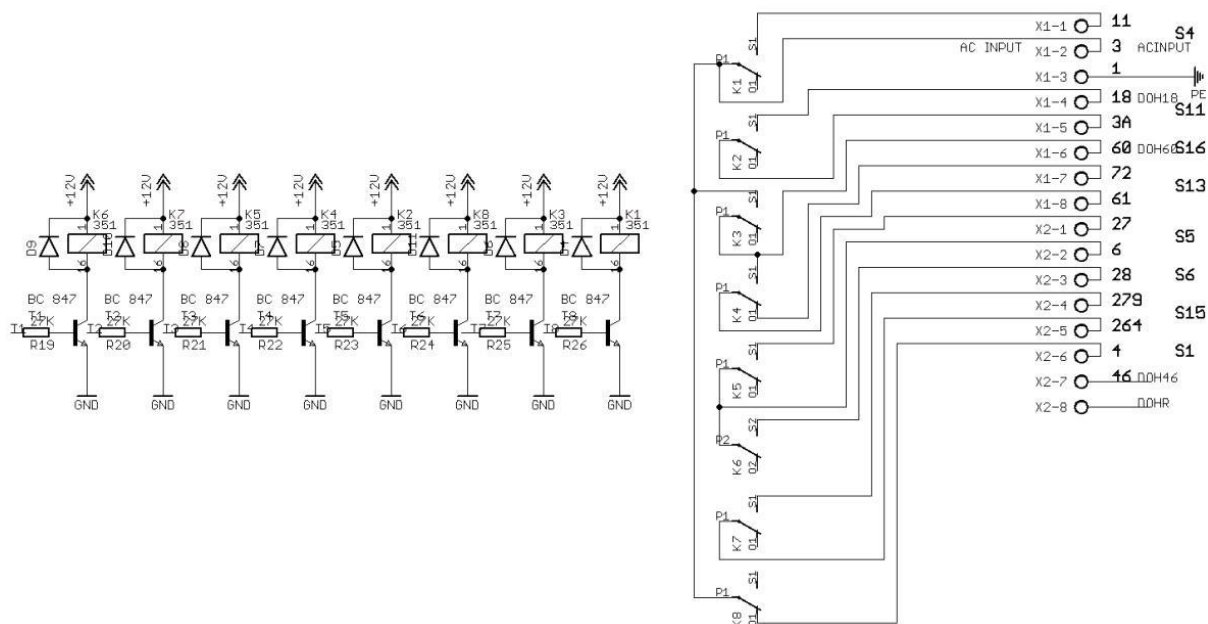
Tento obvod pracuje tak, že pokud se na vstupních pinech obvodu objeví pomocné napětí 230V, tak se přes diodu D12, uvedenou na Obr. 6-6, jednoduše usměrní střídavé napětí 230V, se následně na odporovém děliči sníží na použitelné nízké napětí pro optočlen, který celý obvod galvanicky oddělí od silové části. Poté opotočlen na základě vstupního napětí pin 1 uzemní tranzistorem pin 5, který je vyveden na vstup z jednoho s pinů mikrokontroléru pro vyhodnocení. Usměrněné napětí je vyhlazeno kondenzátorem C13.



Obr. 6-7 - Dohledová část přijímače

6.2.2 Ovládání silových výstupů přijímače

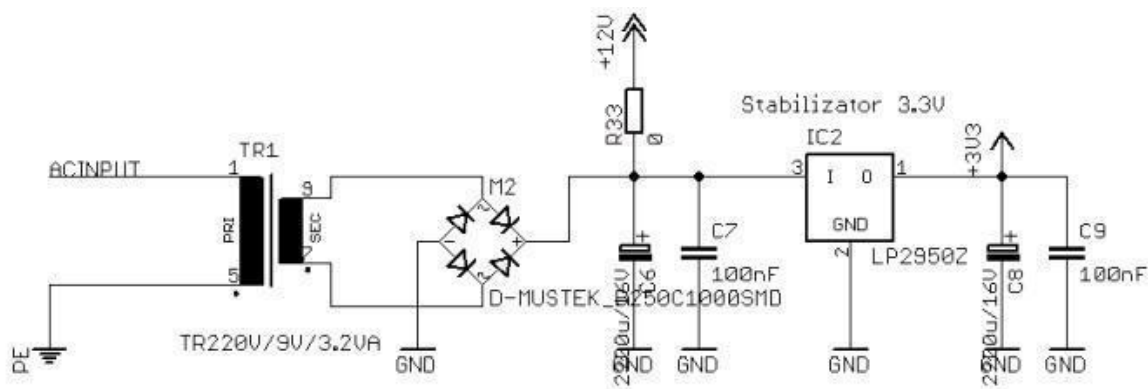
Při stisknutí určitého tlačítka na dálkovém ovládacím vyvolá přenos dat do přijímací části, kde se tyto data vyhodnotí v mikrokontroléru, a podle získaných instrukcí vyšle spínací signál pro jednotlivé tranzistory ovládající relé osazená na DPS, jak je vyobrazeno na Obr. 6-8. Relé jsou napojena na silové obvody stykačů ovládající jednotlivé funkce zkušebny brzd. Výstupní konektor je popsán čísly, které odpovídají číslům na svorkách jednotlivých stykačů v původní skříně válcové zkušebny.



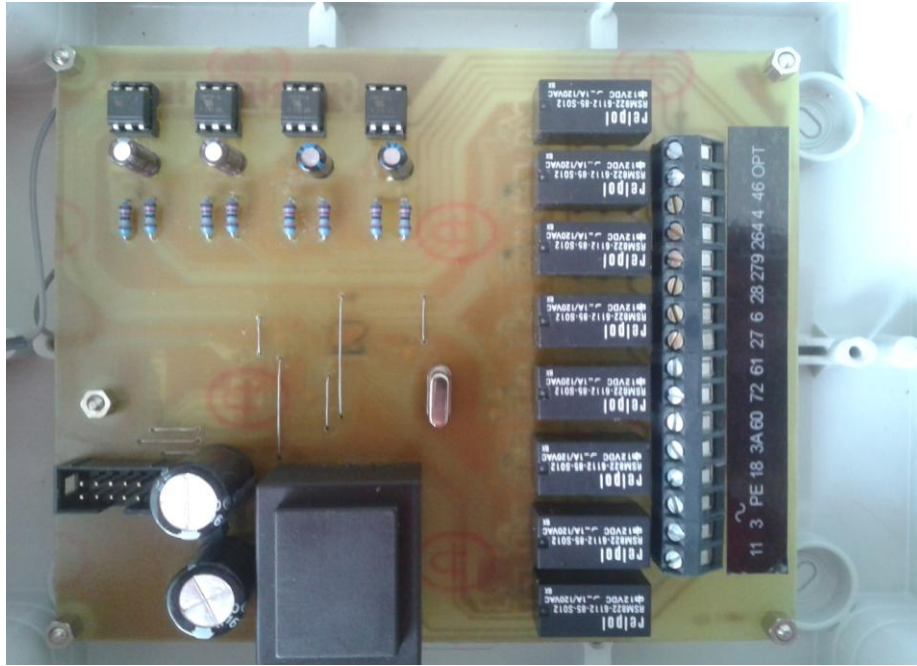
Obr. 6-8 – Část ovládání silových výstupů

6.2.3 Napájení přijímače

Třetí a poslední přijímačová část, vyobrazená na Obr. 6-8, je zdrojová část, která je tvořena síťovým transformátorem se jmenovitým střídavým napětím 9V/211mA, diodovým usměrňovacím můstkem a vyhlazovacími kondenzátory o kapacitě 2200uF/16V a 100nF. Následuje lineární stabilizátor napětí LP2950, který sníží a stabilizuje vstupní napětí z 12V na 3,3V pro napájení mikrokontroléru a modulu RFM12B. Napětí 12V slouží k napájení výstupních relé. Síťový transformátor byl dimenzován pro napájení jak mikrokontroléru s bezdrátovým modulem tak i pro výstupní relé a dohledové obvody. Celková spotřeba přijímačové části je v klidovém stavu okolo 30mA.



Obr. 6-9 – Zdrojová část přijímačové části



Obr. 6-10 – Modul přijímače

7. Softwarová část

7.1 Vývojové prostředí

Pro vytvoření firmwaru byl použit program AVR studio [16] (vývojové prostředí firmy Atmel) společně s kompilátorem AVR GCC. Je to veškerý obslužný software potřebný pro tvorbu programu v syntaxi jazyka C pro MCU od AVR a je zdarma. Ačkoliv má použitý mikrokontrolér možnost ladění přímo na čipu, použitý programátor (UniProg-USB od společnosti PK Design) umožňoval pouze ladění přes JTAG. Nástupcem JTAG je u nových řad AVR rozhraní debugWIRE.

7.2 Popis programu pro komunikaci mikrokontroléru a modulu RFM12B

Obslužný program je napsán v jazyce ANSI C, nejpoužívanějším programovacím jazyku k programování mikrokontroléru AVR firmy Atmel. Modul RFM 12B a mikrokontrolér spolu komunikují pomocí datové sběrnice SPI, která se rovněž využívá k programování MCU přímo v aplikaci. Kompletní sada příkazů pro konfiguraci a komunikaci s RF modulem je definována v datasheetu k modulu [2]. Ve stejném dokumentu je umístěna knihovna funkcí pro obsluhu modulu RFM12B.

Jelikož se mě během programování této funkcionality nepodařilo plnohodnotně zprovoznit dohledový systém, tak ani ve vývojovém diagramu přijímače, který je vyobrazený na Obr. 7-2, není zakreslena část dohledového systému. Také z důvodu velké časové ztráty nad snahou zprovoznit dohledový systém již nezbyl čas na doprogramování detekce podpětí tlačítek a na funkci přechodu AVR i modulu RFM12B do „sleep módu“. Vzhledem k tomu, že nebyl zprovozněn dohledový systém, příjem paketu přijímačem není potvrzován. To samé platí také u příjmu paketu vysílačem.

Všechny příkazy jsou 16-ti bitové a nejvyšší bit je log. 1 s výjimkou příkazu pro čtení stavového registru, jeho nejvyšší bit je log. 0. Jako příklad je zde uveden konfigurační příkaz pro řízení spotřeby, který je uveden v tabulce tab. 7-1 a význam jednotlivých bitů je vysvětlen v tabulce tab. 7-2.

bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	POR	
	1	0	0	0	0	0	1	0	Er	ebb	et	es	ex	eb	ew	dc	8208h	

Tab. 7-1 – Příkaz pro řízení spotřeby

Název bitu	Význam
er	Aktivovat přijímač
ebb	Aktivovat blok základního pásma
et	Aktivovat vysílač
es	Aktivovat syntezátor
ex	Aktivovat krystalový oscilátor
eb	Aktivovat detektor nízkého napětí baterie
ew	Aktivovat časovač probouzení
dc	Deaktivovat hodinový výstup na pinu CLK

Tab. 7-2 - Význam bitů příkazu pro řízení spotřeby

Přenos dat po SPI sběrnici je řešen pomocí softwaru a nevyužívá se zde HW podpory v MCU. Není to vůbec žádné omezení, protože množství přenášených dat mezi MCU a RF modulem je minimální a výpočetní čas MCU je minimální.

7.2.1 Inicializace zařízení

Po zapnutí napájení je pomocí funkce *RFXX_PORT_INIT()* nakonfigurován komunikační port pro komunikaci přes SPI. Odpovídající piny jsou nastaveny jako vstupy, nebo výstupy a je jim nastavena výchozí hodnota. Pomocí této sběrnice je funkcí *RF12_INIT()* následně inicializován RF modul jako přijímač.

Pro modul RFM12B existuje knihovna pro obsluhu funkcí, která se nakonfiguruje zápisem do systémových registrů uvedených v [2]. Jelikož jsou možnosti nastavení značně rozsáhlé, kombinace jednotlivých bitů mohou být nepřehledné. Z toho důvodu je vhodné využít on-line konfigurátoru [1], který umožní vizuálně a pohodlně vygenerovat kompletní obsah konfiguračních registrů. Konkrétní hodnota příkazu je do RF modulu zapsána pomocí funkce *RFXX_WRT_CMD()*, která má jako parametr 16bitové číslo.

Ve výchozím stavu jsou RF moduly v obou zařízeních nastaveny shodně – jako přijímače. Je to z toho důvodu, že většinu času stráví MCU obou zařízení v režimu příjmu. Jednak je tím zaručena menší spotřeba (je vypnuta vysílací část) a také je tím umožněn poloduplexní přenos, kdy obě zařízení mohou data vysílat i přijímat.

Popis funkcí pro obsluhu modulu RFM12B:

- `void RFXX_PORT_INIT(void)` - inicializace komunikačního portu RFM12
- `void RF12_INIT(void)` – RX mód
- `RFXX_WRT_CMD` - zápis příkazu do RFM - softwarové SPI
- `void RF12_SEND` – odeslání dat do modulu RFM12
- `RF12_RECV(void)` – čeká na logickou 0 na vstupu IRQ

7.2.2 Události vyvolávající odeslání dat

Vysílání (vývojový diagram je na Obr. 7-1) je vždy realizováno v obslužné funkci přerušení. Na straně „vysílače“ toto přerušení vyvolá jakékoliv z tlačítek připojené na bránu D. Na straně „přijímače“ (vývojový diagram je na Obr. 7-2) jsou to první 4 piny portu C, kam jsou přivedeny přes optické oddělení dohlížené vstupy. Na začátku obslužné metody přerušení jsou nejprve globálně zakázána další přerušení, aby nedošlo k narušení vysílání. Před návratem do hlavního programu jsou přerušení opět globálně povolena. Přerušení je typu „Pin change“, čili je vyvoláno při každé změně stavu na jakémkoliv z pinů daného portu. Toto chování je pro náš účel nevhodné na dálkovém ovladači, protože je nutné hlídat pouze sestupnou hranu – stisk tlačítka, událost uvolnění tlačítka není třeba sledovat. Na straně přijímače je toto chování přerušení naopak ideální, protože je řešeno připojení i odpojení fáze na dohledovaném vstupu. Přerušení se stále vyvolává na vzestupnou i sestupnou hranu sledovaných pinů, ale v obslužné rutině dálkového ovladače se sleduje, který z pinů je v logické hodnotě 0. Číslo takového pinu je zjištěno a následně odesláno protistraně.

V souvislosti s odesláním čísla aktivního vstupu vznikl další problém. Tlačítka na straně přijímače přesně neodpovídají reléovým výstupům. Tlačítka na pinu 0 vysílače neovládá relé na pinu 0 přijímače atp.. Na straně „přijímače“ je nutné číslo tlačítka namapovat na číslo pinu relé pomocí převodní tabulky. Podobná převodní tabulka je použita i pro opačný směr v případě dohlížení silových vstupů.

Tlačítka na straně „vysílače“ mají dvojitý chování. Některá z nich mají funkci přepínače (auto/manuál a osobní/nákladní), ostatní mají funkci spínače, kdy relé po chvíli samo odpadne. Tuto skutečnost bylo nutné zakomponovat do komunikačního protokolu a díky tomu je na straně „přijímače“ možné provádět pro různá tlačítka různé akce. Použité příkazy jsou uvedeny v tabulce 7-3.

Příkaz	Význam
0x50	Sepnutí relé na 500 ms
0xA0	Přepnutí stavu relé
0x90	Dohledovaný vstup je sepnut
0x60	Dohledovaný vstup je rozepnut

Tab. 7-3 – Příkazy použité v přenášeném paketu

7.2.3 Průběh odesílání dat

Struktura paketu používaného pro komunikaci je uvedena v tabulce 7-4. Každý paket je složen ze tří bajtů. První bajt určuje příkaz, respektive význam čísla pinu. Druhým bajtem je číslo pinu, kterého se týká příkaz. Posledním bajtem je kontrolní součet, který je vypočítán jako součet modulo 256 předešlých 2 bajtů. V případě rozšíření komunikačního protokolu o další bajty je možné použít stále stejný princip výpočtu kontrolního součtu. Použití posledního kontrolního bajtu je nutné, protože tím kontrolujeme, zda nedošlo při přenosu dat k rušení a nehrozí tak jejich špatná interpretace.

Příkaz (1 bajt)	Číslo pinu (1 bajt)	Kontrolní součet (1 bajt)

Tab. 7-4 – Struktura uživatelských dat

Při vysílání užitečných dat je však nutné tato užitečná data ještě obalit dalšími daty, která jsou nutná pro bezproblémový rádiový přenos. Každý RF přenos začíná sekvencí tří bajtů s hodnotou 0xAA. Binární vyjádření těchto dat je střídající se logická 1 a 0. Toho se využije na synchronizaci fáze hodin přijímače vůči vysílači (modulu RFM12B). Následuje tzv. synchronizační sekvence, která je v našem případě v délce dvou bajtů. Délka je buď 1, nebo 2 bajty. Hodnota prvního bajtu je vždy 0x2D a hodnota druhého bajtu jde v případě dvoubajtové synchronizační sekvence nastavit na jakoukoliv 8bitovou hodnotu pomocí registrů RF modulu. V našem případě je hodnota druhého bajtu 0xD4, čili celá sekvence je 0x2D 0xD4. Po zmíněné preambuli následují užitečná data – třibajtový paket. Celý přenos je opět ukončen trojicí bajtů s hodnotou 0xAA.

Preambule			Synchro. sekvence		Užitečná data			Ukončovací sekvence		
0xAA	0xAA	0xAA	0x2D	0xD4	0XXX	0XXX	0XXX	0xAA	0xAA	0xAA

Tab. 7-5 – Struktura odeslaných dat

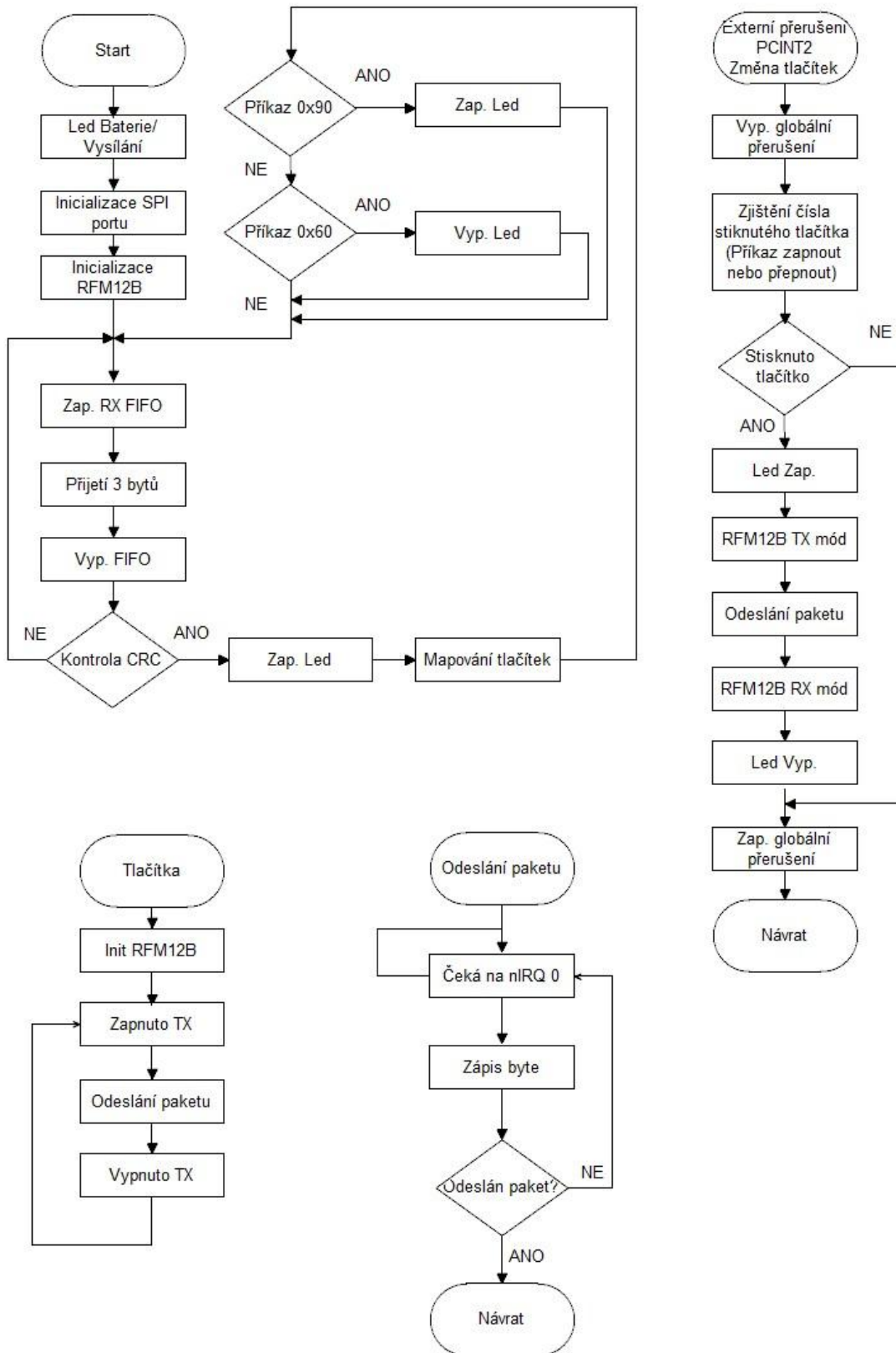
Odeslání bajtu do RF modulu zajišťuje funkce *RF12_SEND()*, jejímž parametrem jsou data k odeslání. Tato funkce zapíše do modulu přes SPI rozhraní aritmetický součet vysílaných dat a příkazu 0xB800, který určuje, že jde o vysílání.

Příjem dat pomocí RFM12B lze realizovat dvěma způsoby. Prvním z nich je přímý výstup dat na pinu DATA, který je taktován pomocí výstupu DCLK. Tato metoda se hodí pro vyšší datové přenosy, kdy by obsluhující MCU nestačil číst data z přijímací FIFO fronty. Druhým přístupem je použití interní přijímací FIFO fronty RF modulu, kdy se přijatá data ukládají právě do této FIFO a přijetí dat způsobí změnu stavu na výstupu nIRQ do log. 0, což je signál MCU k přečtení dat. Toto chování lze ovlivnit obsahem konfiguračních registrů a při zpracovávání přijatého paketu je vhodné režim přijímací FIFO vypnout, aby obsah fronty neovlivnila další přijatá data.

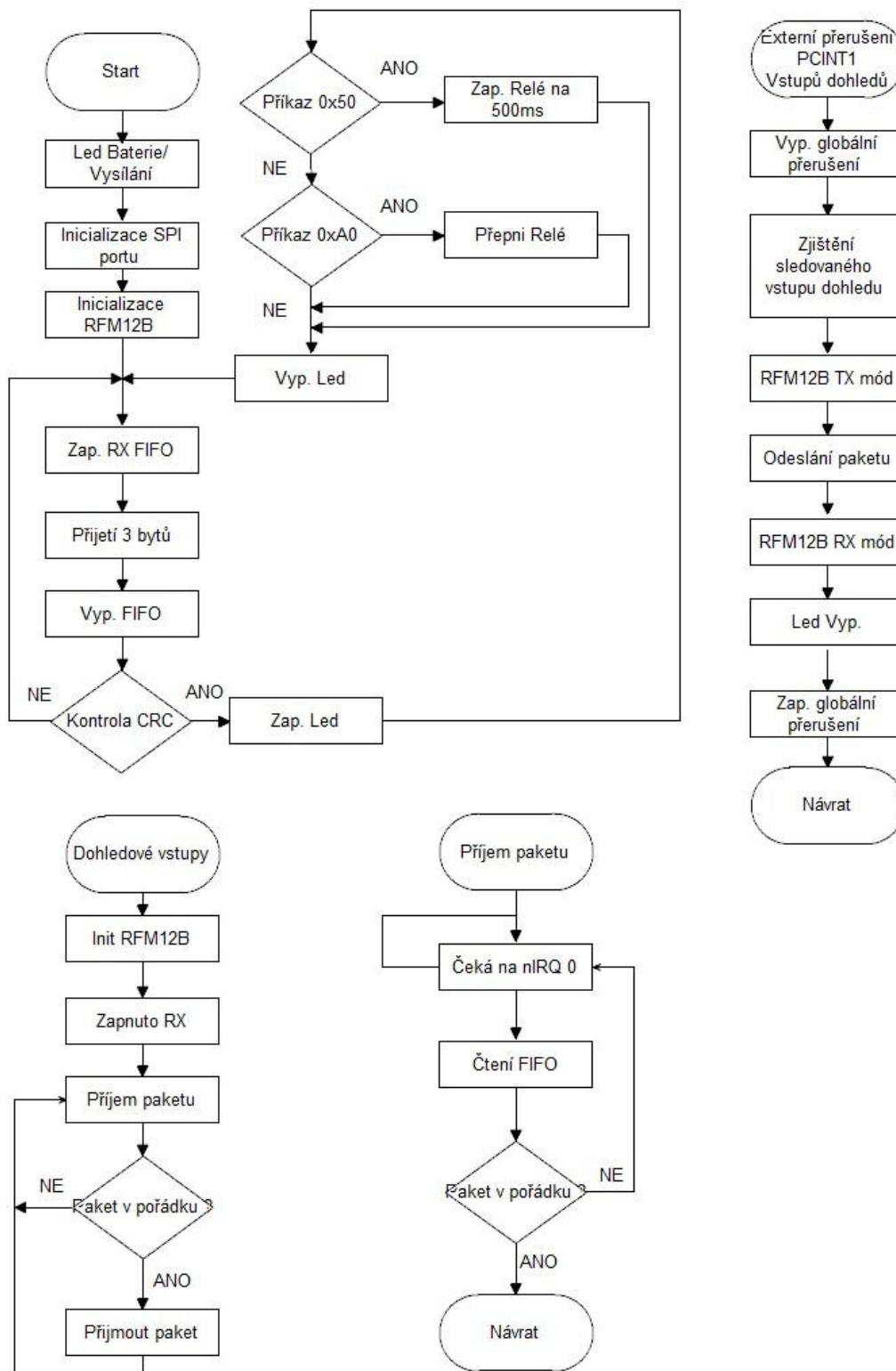
V uvedeném zařízení byla použita druhá metoda z důvodu jednodušší obsluhy ze strany MCU.

7.2.4 Průběh přijetí a zpracování dat

Po přijetí dat do přijímací FIFO fronty uvede RF modul výstup nIRQ do stavu logické 0, a nebo to provede logika RF modulu. To je signál pro MCU, že jsou k dispozici přijatá data. Program MCU čeká po většinu času v nekonečné smyčce na log 0 právě na vstupu nIRQ od RF modulu ve funkci *RF12_RECV()*, jejíž návratovou hodnotou jsou přijatá data. Pokud dojde k požadavku na přerušení od RF modulu, MCU po SPI posílá příkaz 0xB000 – čtení RX FIFO a RF modul posílá na SPI vstup MCU obsah přijatých dat. Po přijetí dat je porovnán vypočtený kontrolní součet s přijatým a v případě shody je přenos vyhodnocen jako zdařený. Kódy pro tlačítka jsou střídající a to 0 a 1. Kódy pro relé, horní 4 jsou stejné a prostřední 4 ty samé jsou také stejné. Dále následuje provedení akce podle přijatého příkazu a čísla pinu. V případě neshody kontrolního součtu nebo nepodporovaného příkazu se neprovede nic a čeká se na další přenos.



Obr. 7-1 – Vývojový diagram vysílače



Obr. 7-2 – Vývojový diagram přijímače

8. Ověření funkce celého zařízení

8.1 Vysílač

Pro ověření funkčnosti výše uvedené koncepce jsem zhotovil prototyp bezdrátového dálkového ovládání, který je vyroben ve dvou modulech. Vysílač, dálkové ovládání je vloženo do plastové krabičky, která je vyobrazená na Obr. 6-4.

Dálkovému ovládání pro zapnutí napájení (vložení baterií) 3 x bliknou osazené led diody (červená a zelená). Znamená to, že se inicializoval bezdrátový modul RFM12B s mikrokontrolérem. Nyní čeká dálkový ovladač na stisknutí libovolného tlačítka a následně odeslání zvolené funkce do přijímací části bezdrátového dálkového ovládání.

8.1.1 Celkový dosah dálkového ovládání

U vysílače jsem nejdříve testoval maximální spolehlivý dosah celého zařízení. Dle [7] by signál měl teoreticky dosahovat do vzdálenosti 200m při frekvenci 868 MHz. Reálný dosah v prostoru s překážkami byl na vzdálenost 150m bezporuchový a všechny výstupy na zvolených relé reagovaly na stisknutí příslušného tlačítka na dálkovém ovládání bezproblémově. Při vzdálenosti vyšší jak 150m se začaly projevovat výpadky komunikace modulů a některá relé se nespínala. Jelikož se testovalo ve zděné budově, tak dosah vzájemné komunikace modulů může být na volném prostranství bezporuchový i na vzdálenost vyšší jak 200m.

8.1.2 Ověření funkce tlačítek na výstup relé

Druhý test ověřoval, zda stisknutí příslušného tlačítka vyvolá odpovídající sepnutí příslušného relé. V následné tabulce tab. 8-1, je zobrazeno, které tlačítko sepne příslušné relé a jaká bude reakce na výstupu konektoru, který bude zapojen k původní rozvodné skříně BREKON.

TX	RX		
Tlačítko	Sepne Relé označení	Konektor číslo – sepnutí pinů	Poznámka
Auto/Manuál	K1	3 a 11	Trvale sepnuto
Osobní/Nákladní	K2	3A a 18	Trvale sepnuto
Tisk	K3	60 a 3 (L1 fáze)	Sepnuto na 500ms
Posun	K4	61 a 72	Sepnuto na 500ms
Čas	K7	267 a 279	Sepnuto na 500ms
Levý válec	K5	6 a 27	Sepnuto na 500ms
Pravý válec	K6	28 a 6	Sepnuto na 500ms
Stop	K8	4 a 3 (L1 fáze)	Sepnuto na 500ms

Obr. 8-1 – Tabulka s měřenými hodnotami na výstupním konektoru

Další ověření mělo vyzkoušet monitorování vstupních pinů na přijímací části a následné zapnutí jednotlivých led diod na dálkovém ovládní. V nynějším stavu se po přivedení napětí na dohledový vstup, sepne opotočlen, který uzemní vstup přicházející na mikrokontrolér. Následně přijímač vyšle reálná data do dálkového ovladače, kde tato data přijme bezdrátový modul na pinu SDO (ověřeno na osciloskopu), ale mikrokontrolér tyto data nechce vyhodnotit. Pro zprovoznění komunikace mezi moduly jsem byl nucen doplnit úpravy na již vyrobené DPS přijímače, Obr. 8-2, abych měl přehled, zda na bezdrátový modul RFM12b umístění na přijímači přicházejí reálná data. LED dioda je zapojena na volný pin mikrokontroléru, kde zobrazuje, zda bezdrátový modul přijímá užitečná data od vysílače.

Z důvodu velké časové ztráty nad snahou zprovoznit dohledový systém již nezbyl čas na případné programování detekce podpětí tlačítek.



Obr. 8-2 – Úprava z důvodu oživení bezdrátové komunikace

8.2 Přijímač

V předchozí kapitole jsem testoval všechny funkcionality dálkového ovládání, při kterých jsem zároveň otestoval i přijímací část bezdrátového dálkového ovládání. Jak jsem již psal výše, všechny výstupy spínají příslušní piny na konektoru přijímače tak, jak bylo požadováno dle zadání bakalářské práce.



Obr. 8-3 – Čtení přijatých dat na přijímacím modulu

9. Závěr

Při návrhu a následné realizaci této bakalářské práce jsem si musel osvojit práci s programem Eagle při návrhu schémat a DPS. Následně osadit a oživit celé zařízení, a namontovat do instalačních krabiček.

Během této práce jsem se musel seznámit s MCU typu AVR, které jsem neznal, a také se seznámit s vývojovým prostředím AVR studia. Část práce jsem soustředil na tvorbu programu ve vývojovém prostředí AVR studio v syntaxi jazyka C. Byla vytvořena aplikace realizující komunikační protokol mezi bezdrátovými moduly pro přenos stanoveného příkazu vyvolaným stiskem tlačítka na dálkovém ovládní, který prostřednictvím datového rámce vyše příkaz pro přijímač. Následně po vyhodnocení dat přijímač vykoná příslušnou funkci na výstupním konektoru.

Praktické testy celého zařízení ukázaly, že uvedenou koncepci bezdrátového dálkového ovládní lze po dopracování použít původního kabelového dálkového ovládní. Při použití bezdrátové dálkového ovládní dojde ke zvýšení ergonomie ovládní válcové zkušebny brzd.

Použitá literatura

- [1] RFM12B. *Command Calculator* [online]. 2012 [cit. 2013-05-31]. Dostupné z www : <<http://tools.jeelabs.org/rfm12b.html>>
- [2] Professional RF IC module. *RF12B programming guide* [online]. 2012 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z www: <http://hoperf.com/upload/rf/RF12B_code.pdf>
- [3] Atmel. *Atmel168P* [online]. 2007 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z www : <<http://www.atmel.com/Images/doc8025.pdf>>
- [4] Český telekomunikační úřad. 105. *Vyhláška o plánu přidělení kmitočtových pásem* [online]. 2010 - [cit. 2013-05-27]. Dostupné z www:<http://www.ctu.cz/cs/download/kmitoctova_tabulka/vyhlaska_105-2010_sb038-10.pdf>
- [5] Velleman Modules. *Velleman* [online]. 2012 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z www: <<http://www.velleman.eu/products/list/?id=347176>>
- [6] Aliexpress. *Wireless Remote Switch* [online]. 2012 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z www:<http://www.aliexpress.com/store/product/8-Channels-315-433MHz-DC-9V-12V-24V-Wireless-Remote-Switch-Transmitter-Receiver-8-Control-Modes/708074_636796808.html>
- [7] HOPERF. *Wireless RF Module* [online]. 2012 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z www: <<http://www.hoperf.com/upload/rf/RFM12B.pdf>>
- [8] MICRORISC. *Wireless technology, transceiver, RF, IQRF, IQMESH. TR-54D* [online]. 2007 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z www:<<http://www.iqrf.org/weben/index.php?sekce=products&id=tr-54d&ot=transceivers&ot2=tr-54d>>
- [9] Professional RFMA Radiometrix. *RFMA module* [online]. 2012 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z www:<<http://www.rfmodules.com.au/rm/dsheets/bim3b.pdf>>

- [10] RFM. *RFM module* [online]. 2012 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z [www:<http://www.rfm.com/products/spec_sheet.php?record=DM1810-434MB>](http://www.rfm.com/products/spec_sheet.php?record=DM1810-434MB)
- [11] Mipot. *RFM module* [online]. 2012 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z [www:<http://www.mipot.com/wireless/wireless.aspx?categoria=3>](http://www.mipot.com/wireless/wireless.aspx?categoria=3)
- [12] VÁŇA, Vladimír. *Mikrokontroléry ATMEL AVR : popis procesoru a instrukční soubor*. Praha : BEN - technická literatura, 2003. 336 s. ISBN 80-7300-083-0.
- [13] MATOUŠEK, David. *Práce s mikrokontroléry Atmel AVR*. 2. vyd. [s.l.] : BEN - technická literatura, 2006. 376 s. ISBN 80-7300-209-4.
- [14] Bluetooth - Wikipedie, otevřená encyklopedie[online]. 2008 [cit. 2013-05-28]. Dostupný z [www:<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>](http://cs.wikipedia.org/wiki/Bluetooth)
- [15] Wi-Fi - Wikipedie, otevřená encyklopedie[online]. 2008 [cit. 2008-07-08]. Dostupný z [www: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>](http://cs.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi)
- [16] Atmel. *AVR Studio* [online]. 2012 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z [www:<http://www.atmel.com/tools/atmelstudio.aspx>](http://www.atmel.com/tools/atmelstudio.aspx)

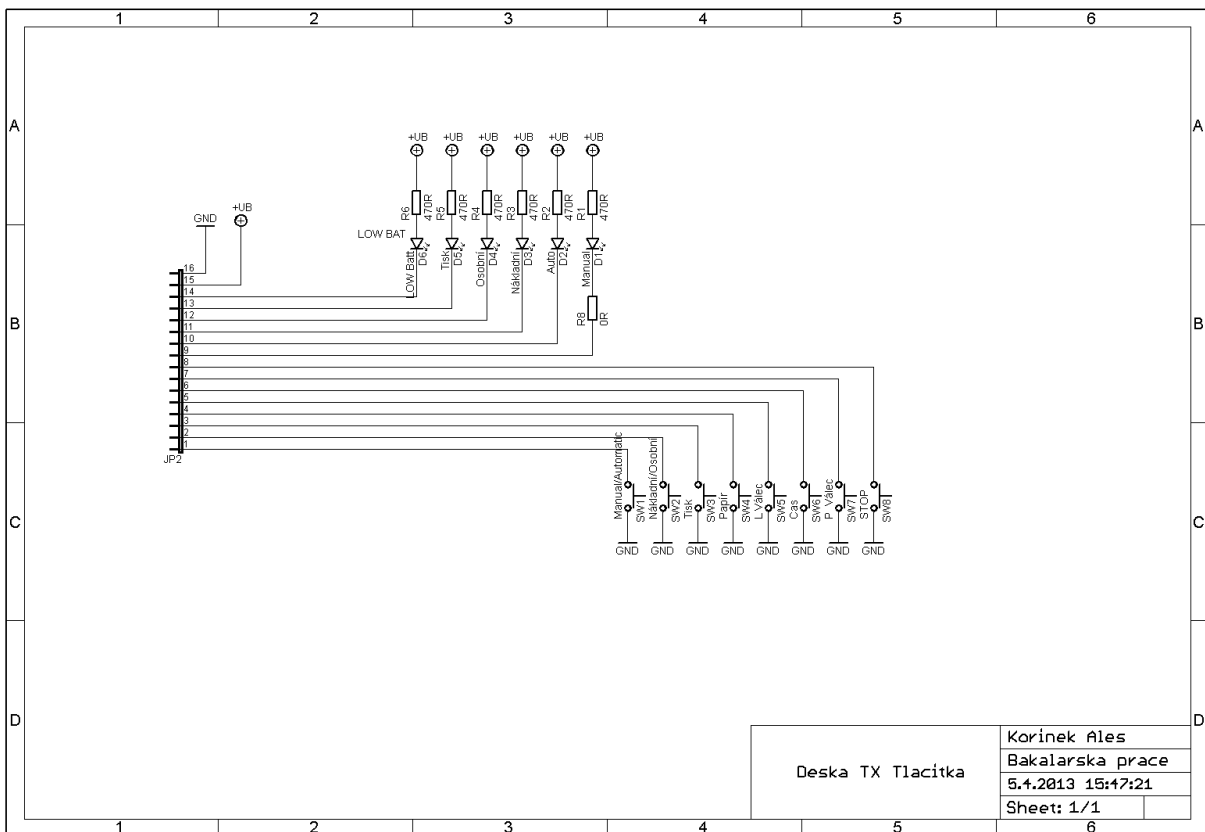
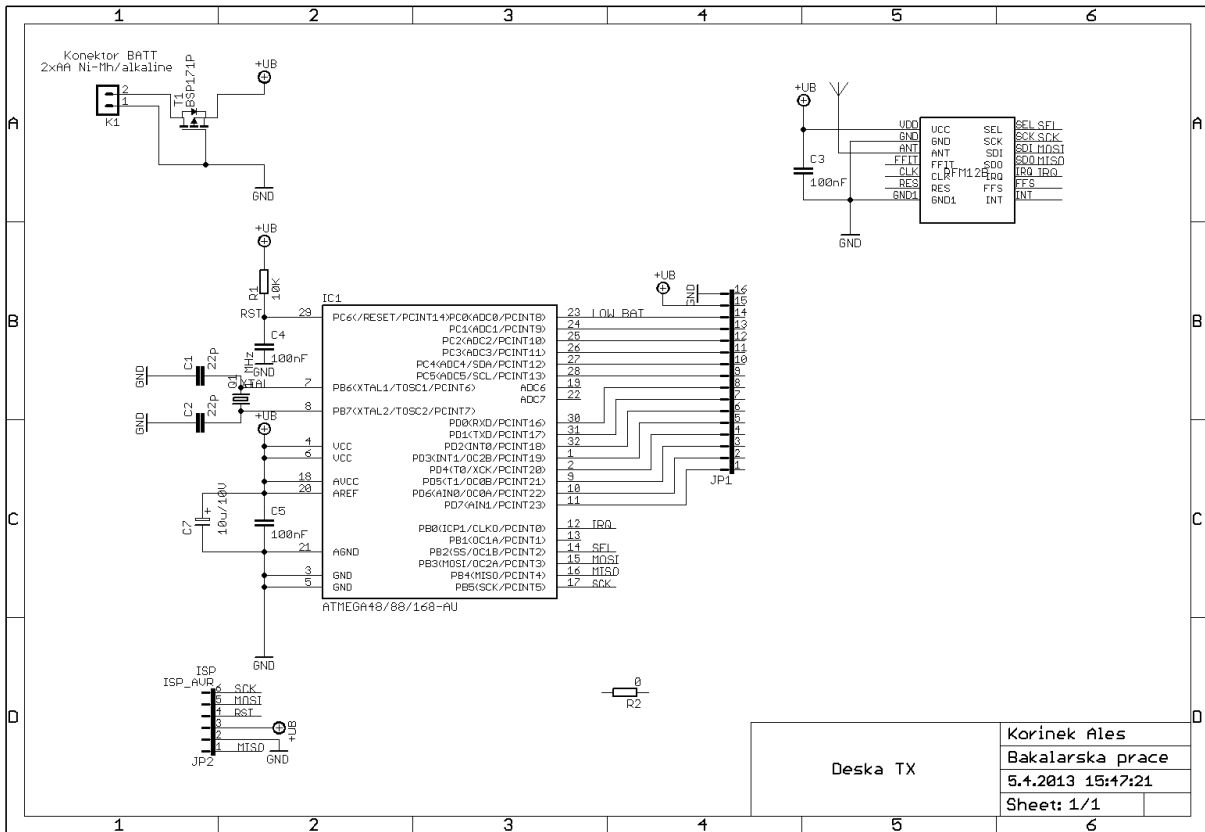
Seznam obrázků

Obr. 2-1 Kabelové dálkové ovládání	11
Obr. 2-2 Schéma kabelového dálkového ovládání	12
Obr. 2-3 Měřicí stojan Brekon 2.13	13
Obr. 4-1 - Sada VM118R kompletní modul firmy Velleman [5]	18
Obr. 4-2 - Sada VM122 kompletní modul firmy Velleman [5].....	19
Obr. 4-3 - Kompletní sada modulu typu S8C-DC09 [6].....	20
Obr. 4-4 - Modul RFHM12B firmy HOPE Microelectronics [7].....	21
Obr. 4-5 - Modul IQRF firmyMicrorisc[8]	22
Obr. 4-6 - Zjednodušené schéma zapojení modulu IQRF TR54D [8].....	23
Obr. 4-7 - Využití MCU PIC v IQRF modulu [8]	24
Obr. 4-8 – Modul Radiometrix [9].....	25
Obr. 4-9 – Modul RFM [10].....	26
Obr. 4-10 – Modul Mipot [11].....	27
Obr. 5-1 - Blokové schéma návrhu dálkového ovládání	28
Obr. 5-2 - Doporučené schéma připojení modulu RFM12B k MCU [7].....	30
Obr. 5-3 - Blokové schéma modulu RFM12 B.....	31
Obr. 5-4 – Konfigurace pinů ATmega168P	33
Obr. 6-1– Blokové schéma vysílače dálkového ovládání	34
Obr. 6-2 - Schéma zapojení s obvodu proti přepólování.....	35
Obr. 6-3 - Původní provedení kabelového dálkového ovládání	35
Obr. 6-4 - Provedení nového dálkového ovládání	35
Obr. 6-5 – Logická část modulu přijímače	36
Obr. 6-6 – Blokové schéma přijímacího modulu.....	36
Obr. 6-7 - Dohledová část přijímače	37
Obr. 6-8 – Část ovládání silových výstupů	38
Obr. 6-9 – Zdrojová část přijímačové části	38
Obr. 6-10 – Modul přijímače	39
Obr. 7-1 – Vývojový diagram vysílače	45
Obr. 7-2 – Vývojový diagram přijímače	46
Obr. 8-1 – Tabulka s měřenými hodnotami na výstupním konektoru	48
Obr. 8-2 – Úprava z důvodu oživení bezdrátové komunikace	48
Obr. 8-3 – Čtení přijatých dat na přijímacím modulu.....	49

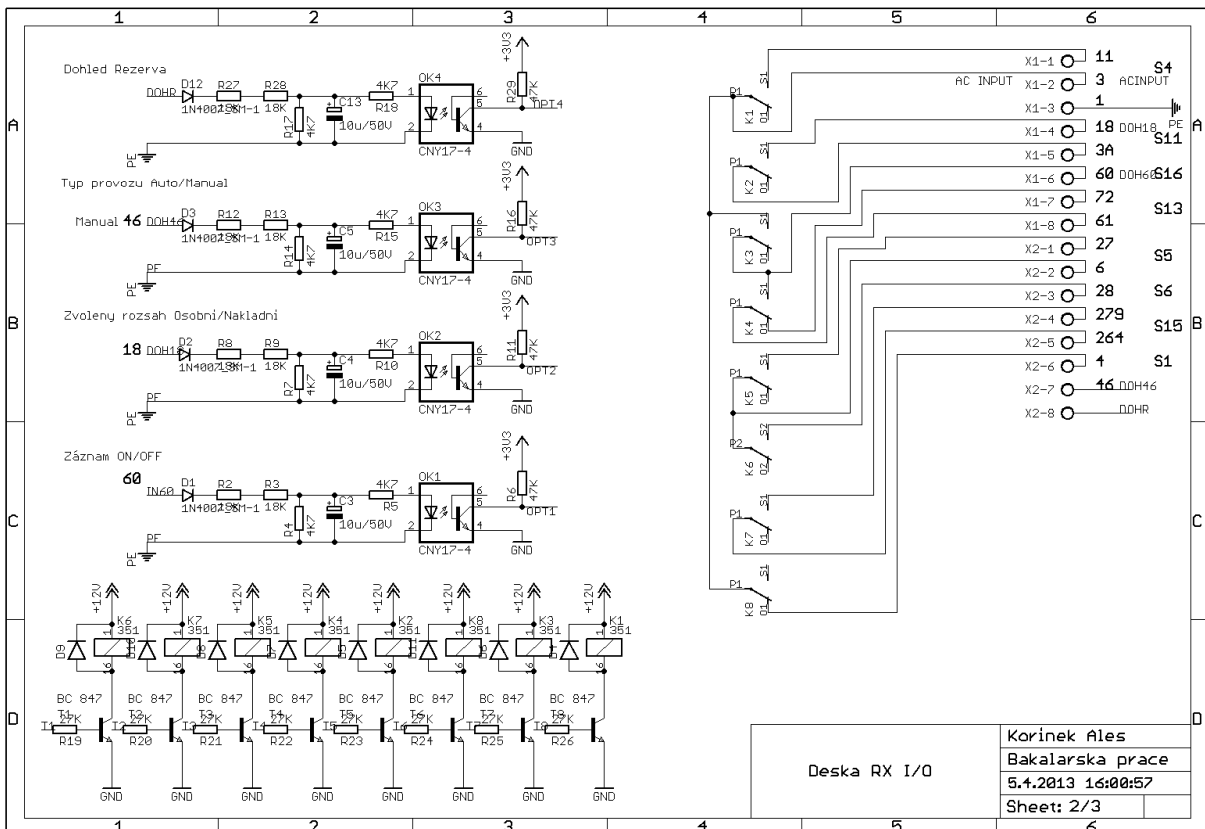
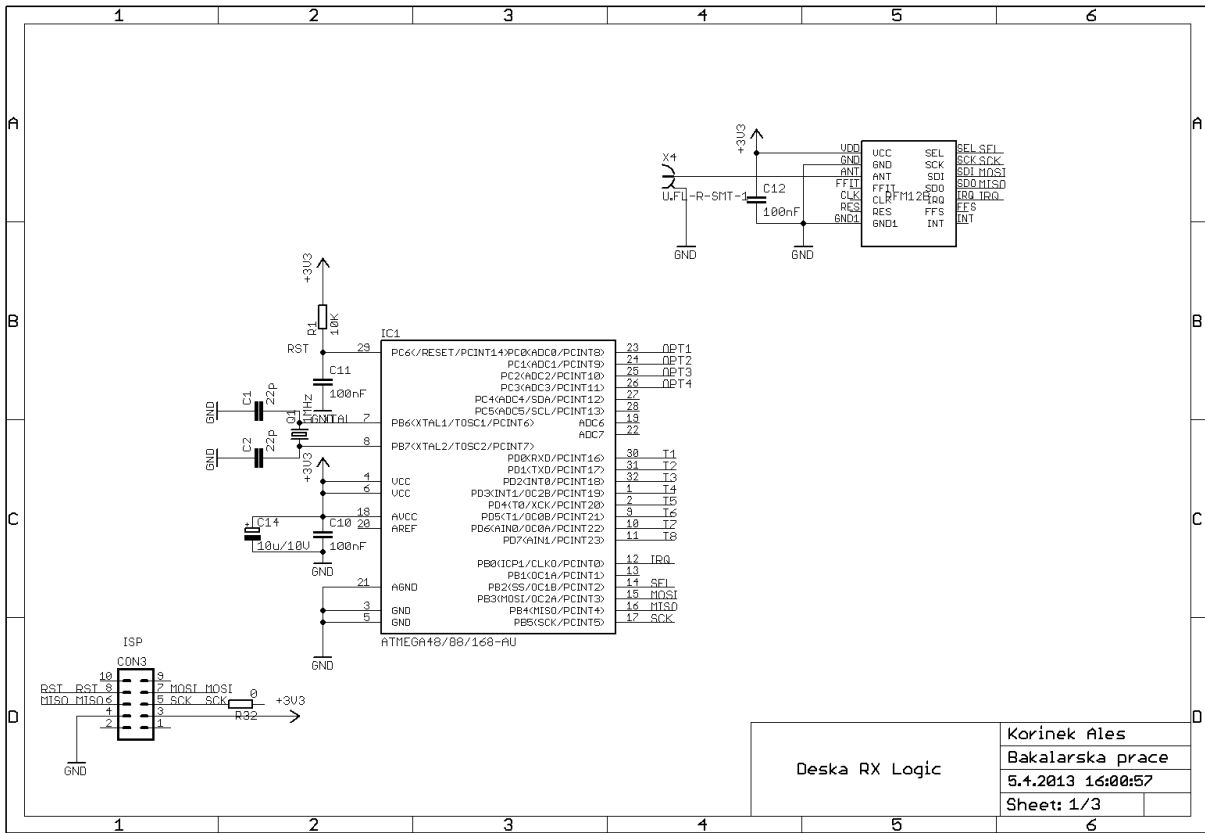
Seznam tabulek

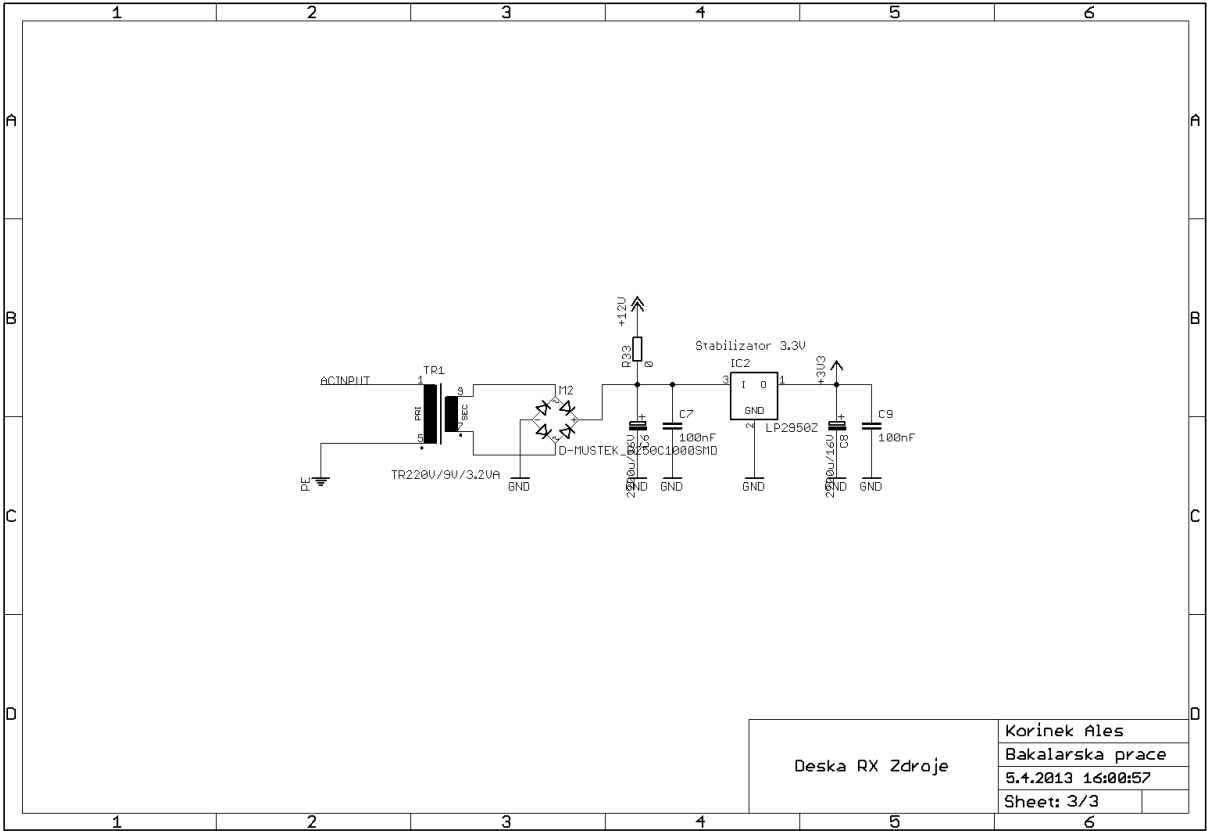
Tab. 4-1 Vybrané parametry modulu VM118R [5]	18
Tab. 4-2 – Vybrané parametry modulu VM122 [5].....	19
Tab. 4-3 Vybrané parametry modulů S8C-DCxx [6]	20
Tab. 4-4 - Výčet modulů firmy HOPE Microelectronics [7]	21
Tab. 4-5 – Vybrané parametry modulu Radiometrix [9]	25
Tab. 4-6 – Vybrané parametry modulu RFM [10].....	26
Tab. 4-7 – Vybrané parametry modulu Mipot [11]	27
Tab. 5-1 – Vstupy a výstupy modulu RFM12B	30
Tab. 7-1 – Příkaz pro řízení spotřeby.....	40
Tab. 7-2 - Význam bitů příkazu pro řízení spotřeby.....	41
Tab. 7-3 – Příkazy použité v přenášeném paketu	43
Tab. 7-4 – Struktura uživatelských dat.....	43
Tab. 7-5 – Struktura odesílaných dat	43

Příloha A – Elektrické schéma desky vysílače

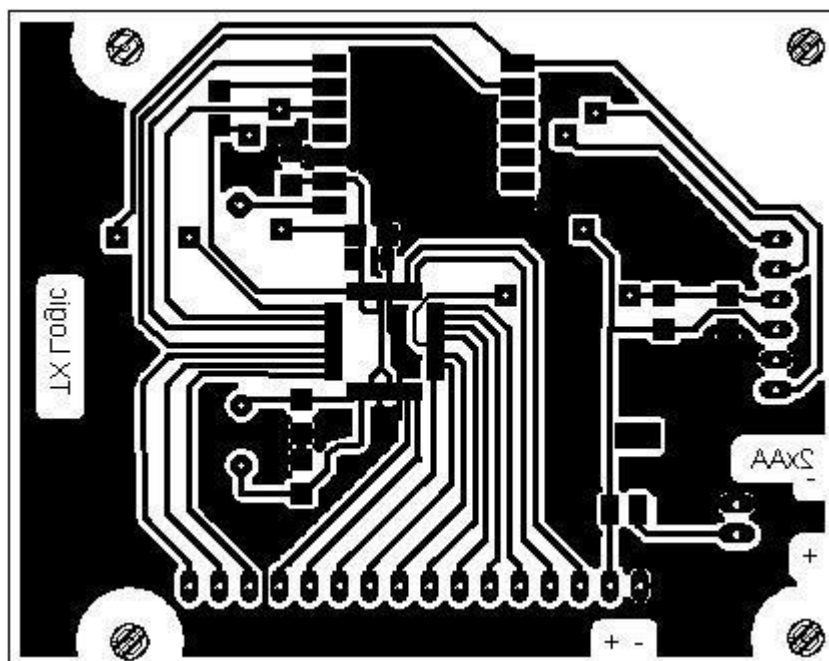


Příloha B – Elektrické schéma desky přijímače

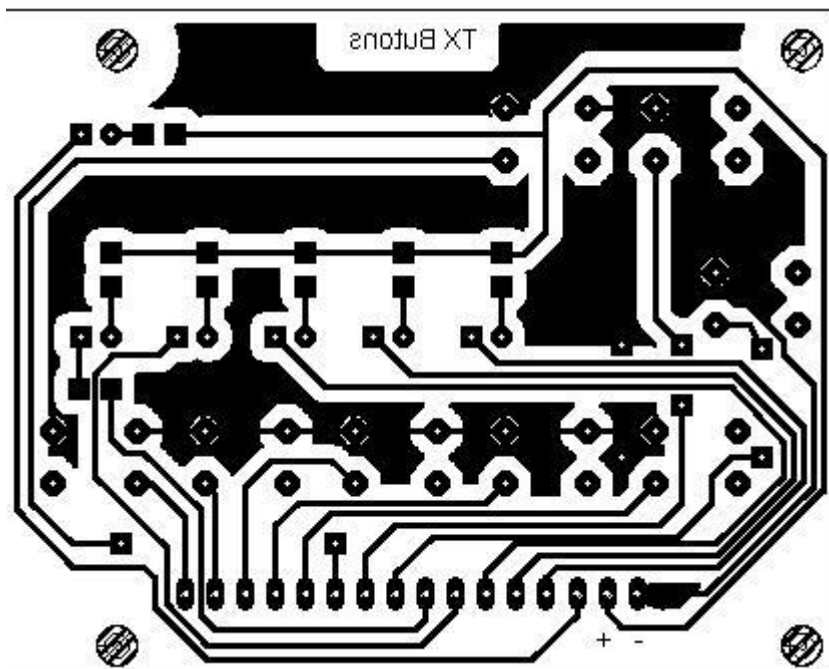




Příloha C – Deska plošného spoje – Vysílač – Logika



Příloha D – Deska plošného spoje – Vysílač - Tlačítka



Příloha E – Deska plošného spoje přijímače

