ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta elektrotechnická

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009 Ondřej Rott

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta elektrotechnická
Katedra řídicí techniky

Vývoj spínacího zařízení stimulačních signálů při fMRI experimentu

Vedoucí práce:
Ing. Jana Tauchmanová

Autor:
Ondřej Rott

Praha 2009

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze dne 7. 7. 2009 ..... Ondřej Rosf .....
podpis

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Ondřej Rott**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (bakalářský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: **Vývoj spínacího zařízení stimulačních signálů při fMRI experimentu**

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se se specifickými požadavky na řešení návrhu spínacího zařízení pro fMRI experimenty s pacienty léčenými hlubokou mozkovou stimulací.
2. Seznamte se s již navrženým, realizovaným a otestovaným řešením tohoto zařízení.
3. Odstraňte zásadní nedostatky stávajícího řešení, především realizujte zařízení tak, aby bylo jednoduše použitelné pro lékaře.
4. Vytvořte přehlednou a jednoduchou dokumentaci pro použití zařízení.

Seznam odborné literatury:

[1] Jech, R., Růžička, E., Urgošík, D.: Stereotaktická funkční neurochirurgie u extrapyramidových pohybových poruch. Časopis SANQUIS, 37/2005
[2] Tauchmanová, J.: Počítačem řízený spínač stimulátoru pro hlubokou mozkovou stimulaci. Diplomová práce. 2007

Vedoucí: Ing. Jana Tauchmanová

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2009/10

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

L.S.

doc. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 27. 2. 2009

Poděkování

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi pomohli při tvorbě bakalářské práce, ať už radou nebo morální podporou. Především bych chtěl poděkovat vedoucí mojí práce Ing. Janě Tauchmanové za cenné rady, připomínky a vedení. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za morální podporu.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je návrh a vytvoření počítačem řízeného spínacího zařízení stimulačních signálů použitého při experimentu s funkční magnetickou rezonancí (fMRI), prováděném v Nemocnici Na Homolce. V Nemocnici Na Homolce takové zařízení již existuje, ale obsahuje množství technických nedostatků. Cílem práce je odstranění těchto nedostatků a návrh nového a lepšího zařízení. Dále pak vytvoření dokumentace k tomuto zařízení. Práce také seznamuje čtenáře s léčebnou metodou hluboké mozkové stimulace a s funkční magnetickou rezonancí.

Abstract

The main goal of this bachelor thesis is to design computer controlled switching device of stimulation signals for deep brain stimulation during Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) experiment. This device has already used in hospital Na Homolce but it contains a lot of technical disadvantages. The goal of this thesis is to take out that disadvantages and to design new and better device. Next goal is to make technical documentation for this device. This thesis also acquainting reader with curative method called deep brain stimulation and Functional Magnetic Resonance Imaging.

Obsah

1. Úvod....8
2. Popis úlohy....9
   2.1. Hluboká mozková stimulace....9
   2.2. Průběh fMRI experimentu....9
   2.3. Technické požadavky na spínací zařízení....11
3. Popis stávajícího řešení....11
   3.1. Popis vysílací strany....11
   3.2. Popis přijímací strany....12
      3.2.1. Část pro příjem optického signálu a jeho zpracování....13
      3.2.2. Část pro spínání jednotlivých kanálů....13
   3.3. Požadavky na novou verzi....15
4. Popis nového řešení....16
   4.1. Popis vysílací strany....16
      4.1.1. Popis jednotlivých součástek vysílací strany....17
      4.1.2. Programování mikrořadiče....18
      4.1.3. Program pro ATtiny2313....19
      4.1.4. Výroba destičky plošného spoje....20
   4.2. Popis přijímací strany....21
      4.2.1. Popis části pro příjem a zpracování optického signálu....21
      4.2.2. Program pro ATmega16....23
      4.2.3. Popis části pro spínání jednotlivých kanálů....24
      4.2.4. Návrh destičky plošného spoje....25
   4.3. Problémy při návrhu....26
5. Manuál....27
   5.1. Vysílací strana....27
   5.2. Přijímací strana....27
6. Závěr....30
7. Příloha....31
   7.1. Podklady pro výrobu plošných spojů....31
      7.1.1. Vysílací strana....31
      7.1.2. Přijímací strana....33
   7.2. Obsah přiloženého cd....36
8. Použitá literatura a software....37

Seznam obrázků

Obr 2.2. - průběh fMRI experimentu....10
Obr. 3.1. Plošný spoj vysílací strany - původní verze....12
Obr. 3.2.2. - plošný spoj přijímací strany - původní verze....15
Obr. 4.1. - schéma zapojení vysílací strany....16
Obr. 4.1.1. - mikrořadič ATtiny2313....17
Obr 4.1.2. - příklad zapojení paralelního kabelu pro naprogramování mikrořadiče [5]....19

Obr. 4.1.3. - diagram znázorňující činnost vysílacího programu....20
Obr.4.1.4 - plošný spoj vysílací strany....20
Obr. 4.2.1.1 - schéma zapojení přijímací strany - část pro příjem a zpracování optického singálu...21
Obr. 4.2.1.2 mikrořadič ATmega16....22
Obr. 4.2.2 diagram znázorňující činnost programu pro spínání kanálů....23
Obr. 4.2.3. schéma zapojení jednoho kanálu....24
Obr. 4.2. - plošný spoj přijímací strany....26
Obr. 5.2.1. - zapojení vstupních kabelů, výstupních kabelů a optického kabelu. Pohled z vrchu....27
Obr. 5.2.2 - zapojení vstupních kabelů, výstupních kabelů a optického kabelu. Pohled ze strany....28
Obr. 5.2.3 - prostor pro baterie....29
Obr. 5.2.4. - příklad skriptu definujícího průběh měření [2]....30
Obr. 7.1.1.1 - schéma zapojení vysílací strany....31
Obr. 7.1.1.2. - Vysílací strana - strana spojů....32
Obr. 7.1.2.1 - schéma zapojení přijímací strany - část pro příjem a zpracování optického signálu...33
Obr. 7.1.2.2 - schéma zapojení jednoho kanálu....34
Obr. 7.1.2.3. - přijímací strana - strana součástek....35
Obr. 7.1.2.4. - přijímací strana - strana spojů....36

Seznam tabulek

Tab. 3.1.1 technické parametry DHS 004 – C....11
Tab. 3.1.2. parametry součástek pro optický přenos....12
Tab 3.2.1.1. parametry demodulátoru....13
Tab. 3.2.1.2. parametry přijímacího mikroprocesoru....13
Tab. 3.2.2.1 parametry hradla 4071....13
Tab. 3.2.2.2.: Parametry klopného obvodu 4098....14
Tab. 3.2.2.3.: Parametry bistabilního relé....14
Tab. 4.1.1.1 - Technické parametry ATtiny2313 17
Tab. 4.1.1.2 - Technické parametry obvodu 74HC 02 18
Tab. 4.1.1.3 parametry součástek pro optický přenos [6]....18
Tab. 4.2.1. - Technické parametry ATmega16....22
Tab. 4.2.3.: Parametry bistabilního relé....25
Tab. 7.1.1.1. - seznam součástek vysílací strany....32
Tab. 7.1.2.1 - seznam součástek přijímací strany - část pro příjem a zpracování optického signálu.33
Tab. 7.1.2.2. - seznam součástek jednoho kanálu....34

1 Úvod

Cílem bakalářské práce je realizace spínacího zařízení stimulačních signálů při experimentu s funkční magnetickou rezonancí (fMRI), prováděném v Nemocnici Na Homolce. Především odstranění technických nedostatků stávajícího spínacího zařízení a vytvoření nového, které bude splňovat požadavky lékařů a bude lepší jak po technické stránce, tak po stránce lepší ovladatelnosti pro lékaře, jakožto technické laiky.

Spínací zařízení slouží ke spínání signálů při hluboké mozkové stimulaci (DBS) při měření funkční magnetickou rezonancí.

Zařízení podle požadavků lékaře spíná stimulační signály, které vedou do elektrod implantovaných v pacientově mozku. Zde aktivují příslušná centra, jejichž aktivita se měří pomocí pomocí fMRI scaneru. Naměřená data z fMRI experimentu slouží například ke kontrole umístění elektrod nebo pro další neurologický výzkum.

V první části bakalářské práce popisuji průběh měření funkční magnetickou rezonancí (fMRI) a metodu hluboké mozkové stimulace(DBS). Dále tato část zahrnuje popis stávajícího řešení spínače a požadavky na nové vyvíjené spínací zařízení.

V druhé části následuje podrobný popis nového řešení, dále dokumentace k zařízení a manuál pro lékaře.

Nakonec následuje zhodnocení výsledků práce a přílohy.

2 Popis úlohy

2.1 Hluboká mozková stimulace

Hluboká mozková stimulace (angl. Deep Brain Stimulation, zkratka DBS) je metoda používaná pro léčbu extrapyramidových onemocnění. Jde o onemocnění, která se projevují poruchou řízení pohybu na podkorové úrovni, tj. při postižení bazálních ganglií, mozkových jader uložených v hloubi mozku. Mezi nejznámější extrapyramidové poruchy léčené touto metodou patří například Parkinsonova nemoc nebo esenciální tremor. Pomocí hluboké mozkové stimulace nemůžeme tyto nemoci vyléčit, ale můžeme potlačit jejich příznaky, jako například třes rukou nebo problémy při chůzi, a tím tak výrazně zlepšit kvalitu života pacientů.

Při léčbě pomocí hluboké mozkové stimulace se pacientovi implantují do mozkové kůry elektrody, kterými jsou stimulována mozková jádra odpovědná za vznik výše uvedených symptomů. Při použití DBS tyto symptomy buď zmizí, nebo se alespoň výrazně potlačí.

Elektrody jsou pacientovi implantovány pomocí stereotaktického rámu, který lékařům umožní přesné zanoření elektrod a za použití magnetické rezonance pro monitorování pozice center v mozku, do kterých je třeba implantovat tyto elektrody. Po této první operaci následuje kontrola správného umístění elektrod pomocí měření funkční magnetickou rezonancí a zde přichází možnost použití spínače. Poté následuje další operace, kdy se pacientovi umístí pod kůži v blízkosti klíční kosti miniaturní neurostimulátor. Kabel od neurostimulátoru je veden pod kůží podél krku, za uchem a po straně hlavy. Pacient může mít implantovány buď dvě elektrody nebo pouze jednu. Každá elektroda má 4 kontakty. Elektroda implantovaná v právě hemisféře ovlivňuje levou polovinu těla a naopak. Po zavedení neurostimulátoru je potřeba jej ještě doladit a doprogramovat. Neurostimulátor je uzavřen v titanovém pouzdře a jeho baterie vydrží přibližně pět let.

Před použitím metody je potřeba zvážit, jestli je vhodná pro konkrétního pacienta, neboť se při implantování elektrod jedná o náročnou operaci a mohou nastat komplikace. Proto se DBS užívá pouze u pacientů, u kterých není účinná léčba pomocí léků nebo v případě, že tyto léky mají silné vedlejší účinky.[1]

2.2 Průběh fMRI experimentu

Podstatou experimentu s funkční magnetickou rezonancí - fMRI(podle angl. Functional

Magnetic Resonance Imaging) je změření reakcí mozku pacienta na určité stimulační podněty. Používá se vizuální nebo elektrická stimulace. Pacient při měření například vykováná cviky s rukou, pohybuje prsty nebo se v případě vizuální stimulace dívá na různé obrazce. U pacienta s implantovanými eletrodami léčeného pomocí hluboké mozkové stimulace jde o elektrickou stimulaci pomocí zanořených elektrod.

Spínací zařízení používané doposud v Nemocnici Na Homolce se skládá z dvou částí (vysílací a přijímací strana) .Vysílač je v odstíněné místnosti s lékařem, přijímač v místnosti s pacientem a fMRI scannerem.

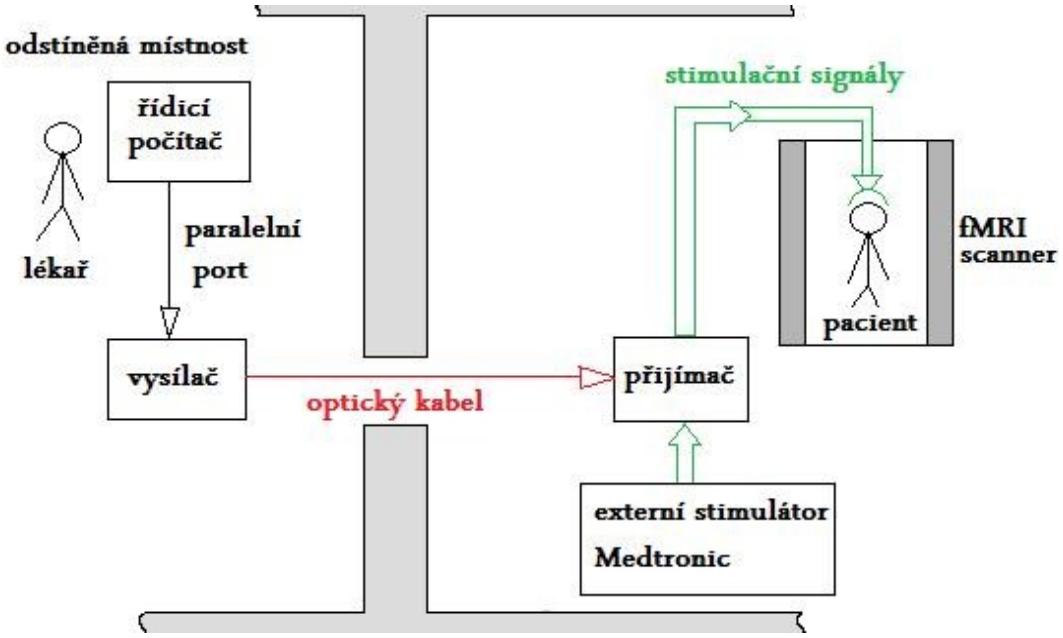
Pacient je umístěn v magnetickém scaneru a na implantované eletrody na hlavě má připevněné speciální konektory, na které lze připojit externí stimulátor. Stimulátor generuje obdélníkový signál s těmito parametry:

- amplituda 1 - 4 V
- šířka pulsu 60 – 90 μs
- frekvence 130 – 160 Hz

Signály ze stimulátoru vedou do přijímače a z něj na pacientovy elektrody.

Ve vedlejší odstíněné místnosti sedí lékař a sleduje data naměřená pomocí fMRI. Zároveň sleduje běžící program, kterým je definován průběh experimentu. Běžící program předává informaci vysílači prostřednictvím paralelního portu. Vysílač přijme informaci z paralelního portu počítače a vysílá ji po optickém kabelu do místnosti s fMRI scannerem, ve kterém je umístěn pacient. V této místnosti je přijímač, který přijme řídicí informaci z optického kabelu, podle níž spíná stimulační signály. Takto může spínat až 8 simulačních signálů (4 pro každou hemisféru). Lékař ovládá spínač ze stejného počítače kde zároveň běží program pro synchronizaci magnetického scaneru. Průbeh experimentu lze nejlépe pochopit z následujícího obrázku 2.2

Měření většinou probíhá tak, že se v cyklech střídá doba klidu a doba stimulace. Tento experiment je pro pacienta náročný, protože trvá přibližně hodinu a pacient není pod vlivem léků a po celou dobu podstupuje stimulaci buď pomocí stimulátoru nebo vizuálně pomocí promítaných obrazců. Experiment se provádí pro jednu hemisféru, pak si pacient chvíli odpočine a následuje měření pro druhou hemisféru.



Obr 2.2. - průběh fMRI experimentu

2.3 Technické požadavky na spínací zařízení

Požadavky lékařů na vyvíjené spínací zařízení jsou přesně definované.Tyto požadavky splňuje doposud používané spínací zařízení a musí je pochopitelně splňovat i zařízení nové. Následuje shrnutí základních požadavků na spínací zařízení:

• Základním požadavkem je možnost nezávisle na sobě spínat osm stimulačních signálů. Tj. 4 pro každou elektrodu, odpovídající jedné hemisféře.

• Do stimulátoru nesmí být zasahováno, protože se jedná o certifikované zdravotnické zařízení. Stimulační signál nesmí být nijak korigován, smí se pouze spínat nebo rozepínat na základě informace z řídicího počítače.

• Napájení spínače musí být z baterií. Tento požadavek vychází z faktu, že zdroj frekvence v místnosti s fMRI scannerem by mohl ovlivnit naměřená data a také z hlediska bezpečí pacienta.

• Spínač musí být řízen po optickém kabelu. Toto vyplývá v podstatě ze stejného důvodu jako předchozí požadavek. Zařízení je pak dokonale galvanicky odděleno.

3 Popis stávajícího řešení

Spínací zařízení používané doposud v Nemocnici Na Homolce se skládá, jak již bylo řečeno výše, ze dvou částí. Z vysílací a přijímací strany.

3.1 Popis vysílací strany

Vysílací strana má za úkol zpracovat 8 bitů paralelního portu přivedeného z řídicího

počítače, zakódovat je a vyslat optickým kabelem k přijímací části. Log 1 na konkrétním pinu paralelního portu odpovídá sepnutému stimulačnímu signálu, log 0 rozepnutému. Informace z paralelního portu zakódovaná kódovacím mikroprocesorem je pomocí protokolu RS232 vyslána optickým vysílačem. Vysílač je napájen z řídicího počítače napětím 5V.

Kódovací mikroprocesor **DHS 004 – C** je svými vstupy IN1 až IN7 připojen na konektor **CAN 25 Z 90**, do kterého je připojen přes paralelní kabel řídicí počítač. Informaci ze vstupů kóduje pomocí protokolu RS232 a odesílá optickému vysílači. Kódovací mikroprocesor signál navíc moduluje na frekvenci 36kHz. Mikroprocesor se prodává už naprogramovaný.

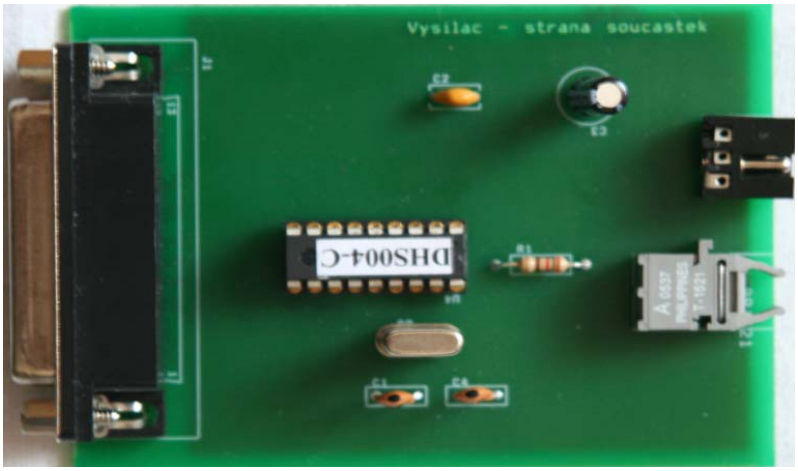
Napájecí napětí	3 – 5,5 V
Napájecí proud (při 5 V)	1,3 mA
Napájecí proud v režimu „sleep“	Režim není podporován
Kódování	RS232
Modulační frekvence	36kHz

Tab. 3.1.1 technické parametry DHS 004 – C

Optický vysílač **HFBR 1521** vysílá informaci vyslanou z kódovacího mikroprocesoru po optickém kabelu přijímací straně. Optický vysílač je součástí sady, která obsahuje i odpovídající přijímač a plastové optické vlákno.[6] Zde jsou technické parametry:

Vzdálenost	20 m
Rychlost přenosu	5 MBd
Zpoždění	80 ns
Spotřeba	40 mW

Tab. 3.1.2. parametry součástek pro optický přenos



Obr. 3.1. Plošný spoj vysílací strany

3.2 Popis přijímací strany

Úkolem přijímací strany je přijmout signál po optickém kabelu, zpracovat ho a podle něj spínat stimulační signály.

Optický signál je přiveden do optického přijímače **HFBR 2521**, z něj vede do demodulátoru **SFH506-36** a nakonec do dekódovacího mikroprocesoru **DHS007**.

Většinu přijímací strany tvoří osm stejně zapojených kanálů pro spínání a rozepínání osmi stimulačních signálů. Každý kanál obsahuje součtová hradla, klopné obvody, spínací tranzistory a přepínací relé. Signál z dekódovacího mikroprocesoru je přiveden na součtové hradlo, kde je sečten se signálem z manuálního přepínání. Výstupní signál z tohoto hradla vede dále na klopný obvod reagující na sestupnou hranu, který vygeneruje puls. Sepnutý tranzistor přepne relé do požadované polohy. Stejně tak je realizováno i přepnutí relé do druhé polohy, pouze s rozdílem v zapojení klopného obvodu, který reaguje na nástupnou hranu. Součástí každého kanálu je i nulovací obvod. Tento tvoří kombinace odporu a kondenzátoru a vygeneruje puls při zapnutí napájení. Zajistí tak definovanou polohu relé na začátku měření. Polohu relé signalizují také LED zapojené na kontaktech relé.[2]

3.2.1 Část pro příjem optického signálu a jeho zpracování

Optický přijímač **HFBR 2521** je součástí sady pro přenos optického signálu. Parametry jsou popsány v tabulce 3.1.2 v oddělení pro popis přijímací strany.

Demodulátor **SFH506-36** demoduluje signál zpět z frekvence 36kHz.

Napájecí napětí	5 V
Spotřeba	50 mW

Tab 3.2.1.1. parametry demodulátoru

Dekódovací mikroprocesor **DHS007** dekóduje přijatý signál z protokolu RS232 a na výstupech zobrazí kombinaci nastavenou na vstupech kódovacího mikroprocesoru.

Napájecí napětí	3 - 5,5 V
Napájecí proud s demodulátorem bez aktivovaného výstupu 1,9 mA	1,9 mA
Napájecí proud pouze přijímače	0,8 mA
Spotřeba	10 mW

Tab. 3.2.1.2. parametry přijímacího mikroprocesoru

3.2.2 Část pro spínání jednotlivých kanálů

Hradlo 4071 obsahuje čtyři součtové obvody.

Napájecí napětí	5 V
Zpoždění	90 ns
Spotřeba	500 mW

Tab. 3.2.2.1 parametry hradla 4071

Integrovaný obvod **4098** je duální monostabilní multivibrátor. Jedna jeho část zde reaguje na nástupnou hranu, druhá na sestupnou hranu. Délka výstupního pulsu je dána časovou konstantou, tzn. velikostí připojené kombinace odporu a kondenzátoru.

Napájecí napětí	5 V
Zpoždění	225 ns
Spotřeba	500 mW

Tab. 3.2.2.2.: Parametry klopného obvodu 4098

Tranzistory **BC107B** zapojené na výstup klopného obvodu a na výstup součtového hradla slouží jako spínače. V závislosti na řídicím signálu do báze přepínají relé.

Bistabilní relé **NALD5W-K** má dva přepínací kontakty a dvě cívky. Jeho vývody jsou v

rastru DIL. Proto je možné jej na plošném spoji umístit do patice.Zde jsou jeho parametry:

Jmenovité napětí cívky	5 V
Napětí přítahu	3,75 V, primární cívka
Napětí odpadu	3,75 V, sekundární cívka
Jmenovitý příkon	200 mW
Doba přítahu a odpadu	6 ms

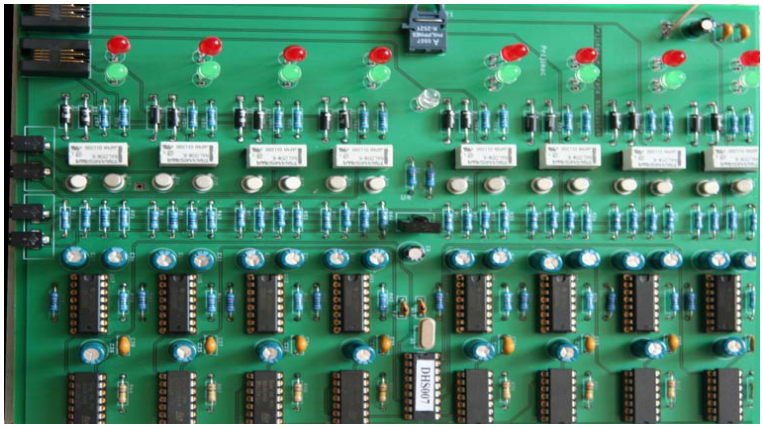
Tab. 3.2.2.3.: Parametry bistabilního relé

LED pro signalizaci sepnutí stimulačních kanálů diody jsou nízkopříkonové. Spotřeba každé dvojice odpor - led dioda je 10 mW.

Přijímací strana dále obsahuje kondenzátory pro vyhlazení napájecího napětí a zhášecí diodu jako ochranný prvek tranzistoru.

Konektory - zásuvky pro vstup stimulačních signálů jsou dva WEBP4-4 konektory. Pro výstup stimulačních signálů jsou použity konektory - zásuvky 2.5 mm jack mono speciálně umístěné vedle sebe tak, aby odpovídaly vidlici na
kabelu pro připojení ke kontaktům elektrod.

Krabička pro přijímací stranu je kovová (Fe) s rozměry 66×202×148 mm. Na víku krabičky je vyvrtáno 16 otvorů pro signalizační diody, na přední straně potom
otvory pro vstupní a výstupní konektory pro připojení stimulačních signálů.



Obr. 3.2.2. - plošný spoj přijímací strany - původní verze

Přijímací strana je napájena ze čtyř akumulátorových baterií SANYO. Každá z nich má jmenovité napětí 1, 2 V. Jejich kapacita je 2500 mAh. Vypočítaná spotřeba při maximálním využití spínače je 1600mA. Při tomto odběru by baterie vydržely přibližně 1,5 hod. Při použití v fMRI experimentu je frekvence spínání kanálů mnohem menší a spínač odebírá z baterií průměrně

100 mA. Při výše uvedené kapacitě baterií by tedy baterie vydržely na jedno nabití zhruba 25 hodin. Dobíjení baterií zatím není vyřešeno dobře, protože pro přístup k bateriím je nutné odšroubovat víko krabičky. [2]

3.3 Požadavky na novou verzi

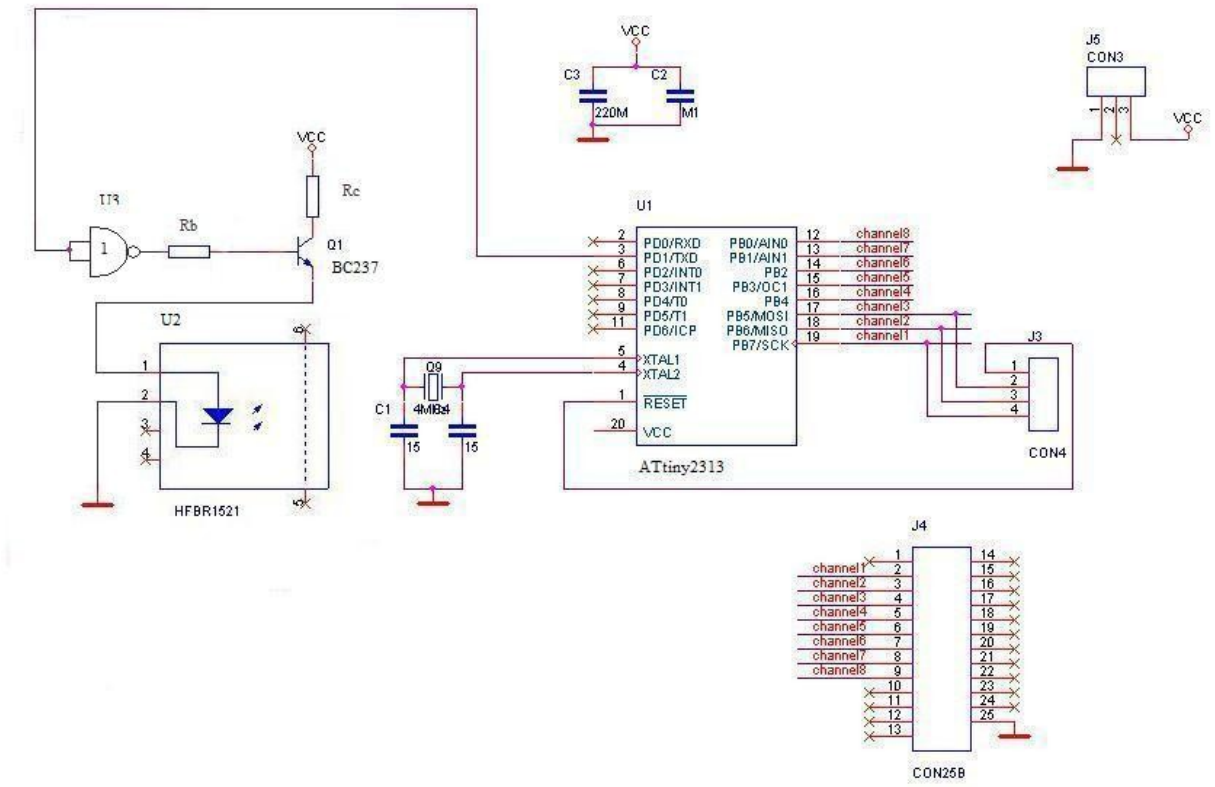
- Menší velikost přijímací strany. Téměř polovinu destičky plošného spoje zabírá množství hradel, které je možno nahradit např. jedním, stejně velkým mikroprocesorem, který jejich úkol splní stejně dobře.
- Obrátit logiku ovládání. U stávající verze spínače musí lékař z řídicího počítače vyslat log 0 pro sepnutí kanálu a log 1 pro rozepnutí. Výměna za log 1 pro sepnutí a log 0 pro rozepnutí bude přirozená.
- Menší spotřeba spínače.
- Možnost manuálního spínání kanálů.
- Lepší přístup k bateriím a jejich snazší výměna. Oddělení baterií od prostoru s elektronikou přijímací strany. U stávajícího řešení je nutno při výměně baterií odšroubovat víko krabičky a otevřít ji. Obsluhující lékař se při tom musí dostat přímo k plošnému spoji přijímací strany, kde jsou baterie připojeny.
- Výměna stávajících kovových tranzistorů BC107B za plastové. U tranzistorů je riziko zkratování kvůli možnému doteku kovového pouzdra s nějakou živou částí přijímací strany.
- Výměna konektorů pro vstup a výstup stimulačních signálů.

4 Popis nového řešení

Nové řešení spínače se skládá také ze 2 částí, a to vysílací a přijímací strany.

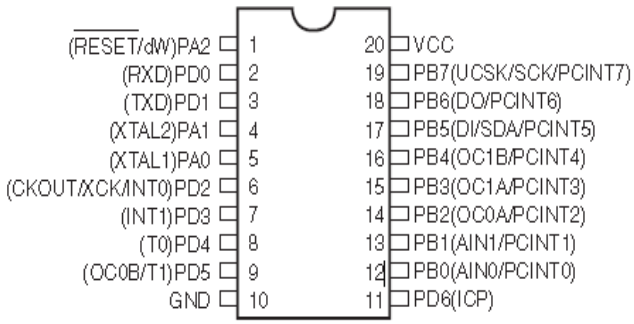
4.1 Popis vysílací strany

Vysílací strana má za úkol, jak již bylo řečeno výše, přečíst informaci z paralelního portu řídicího počítače a vyslat ji po optickém kabelu. Tento úkol je vyřešen pomocí mikrořadiče **ATtiny2313**, který je hlavní součástkou vysílací strany. Přijatou informaci mikrořadič vysílá pomocí sériového výstupu USART optickému vysílači **HFBR1521,** který ji dále posílá po optickém kabelu přijímací straně.



Obr. 4.1.1 - schéma zapojení vysílací strany

4.1.1 Popis jednotlivých součástek vysílací strany



Obr. 4.1.1. - mikrořadič ATtiny2313

ATtiny2313 je nízkopříkonový 8 bitový mikrořadič založený na rozšířené architektuře AVR RISC. Tím, že vykonává instrukce v jediném hodinovém cyklu, dosahuje 1MIPS na 1MHz.[6]

Obsahuje:
- dva 8-bitové vstupně výstupní porty
- univerzální synchronní a asynchronní sériový přijímač a vysílač USART
- zabudovaný oscilátor

Technické parametry

paměť pro program	2KB
datovou paměť RAM	128 B
datovou paměť EEPROM	128 B, max. počet přeprogramování 100 000 cyklů
pracovní frekvence	0 až 10 MHz
pracovní napětí	2.7 až 5.5 V

Tab. 4.1.1.1 - Technické parametry ATtiny2313

K mikrořadiči je připojen externí krystalový oscilátor Q9 s frekvencí 4MHz a dva kondenzátory C1 = 15pF, viz schéma zapojení obr. 4.1.1.

Případné nežádoucí zákmity a rušení filtrují kondenzátory C2 a C3.
C2 = 220 μF, C3 = 0.1 μF

Port B mikrořadiče je připojen ke konektoru CON25B, ke kterému se připojuje paralelní kabel z řídicího počítače.

USART výstup TxD z mikrořadiče vede k obvodu **74HC 02**. Obvod obsahuje čtyři dvouvstupové NOR hradla. Použité je pouze jedno hradlo a to jako invertor signálu. To je proto, že jsem při návrhu zjistil, že sada pro optický přenos invertuje hodnotu signálu. Při vyslání log 1 na optický vysílač přijímač přijme log 0 a naopak, při vyslání log 0 přijme log 1. Použitím invertoru se toto vyřeší.

hradlo	NOR
napájecí napětí	5V
max. zpoždění	20ns
max. výstupní proud	20mA

Tab. 4.1.1.2 - Technické parametry obvodu 74HC 02

Výstup z hradla **74HC 02** vede k tranzistoru **BC237**, který je zde použitý jako spínač. To je proto, že optický vysílač potřebuje proud 60mA a hradlo má maximální výstupní proud 20mA. Tranzistor spíná proud do optického vysílače **HFBR 1521**. Optický vysílač HFBR 1521 je součástí sady pro optický přenos, spolu s přijímačem **HFBR 2521** a optickým vláknem.

$$R_C = \frac{U_{CC} - U_F}{I_F} = \frac{3\text{V}}{60\text{mA}} = 50\,\Omega;\ R_B = \frac{U_F}{I_B} = \frac{4{,}8}{20\text{mA}} = 240\,\Omega$$

mezní parametry optického vysílače HFBR 1521: $U_F = 2\,V$, $I_F = 60\text{mA}$ více viz datasheet [6]

Vzdálenost	20 m
Rychlost přenosu	5 MBd
Zpoždění	80 ns

Tab. 4.1.1.3 parametry součástek pro optický přenos [6]

4.1.2 Programování mikrořadiče

Aby mikrořadič dělal to, co od něho chceme, je potřeba ho naprogramovat. Je třeba:

- Napsat program pro procesor a přeložit jej do strojového kódu
- Výsledný strojový kód naprogramovat do cílového procesoru

Velkou výhodou procesorů ATMEL AVR je skutečnost, že obě výše zmíněné činnosti můžeme zajistit pomocí free nástrojů od firmy ATMEL a od GNU komunity. Pro napsání a odladění programu v jazyce C jsem použil software **AVR Studio 4**. Jedná se o integrované vývojové prostředí pro vývoj programů pro procesory ATMEL AVR (assembler, linker) s možností integrace překladačů jazyka C/C++. Prostředí obsahuje rovněž simulátor procesorů AVR a přímo podporuje základní druhy ladicích nástrojů ATMEL. [7]

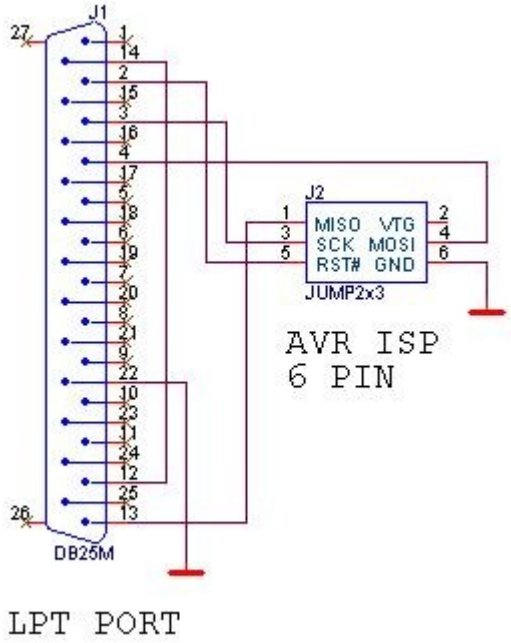
Pro překlad do strojového kódu byl použit překladač **WinAVR**. Překladač může fungovat sám o sobě nebo se může integrovat s balíkem AVR Studio. [8]

Nahrání programu do mikrořadiče bylo provedeno na nepájivém poli pomocí programátoru AVR procesorů **AVRDUDE** a upraveného paralelního kabelu.[9]

Program **AVRDUDE** je jeden z volných programátorů procesorů AVR a je součástí balíku **WinAVR**. K programu je připravena grafická nadstavba AVRDUDE-GUI, která usnadňuje použití programu.

Program má svůj konfigurační soubor, ve kterém jsou nadefinovány jednak parametry mnoha programovacích kabelů (včetně čísel vývodů LPT portu pro jednotlivé funkce) tak i parametry jednotlivých procesorů.

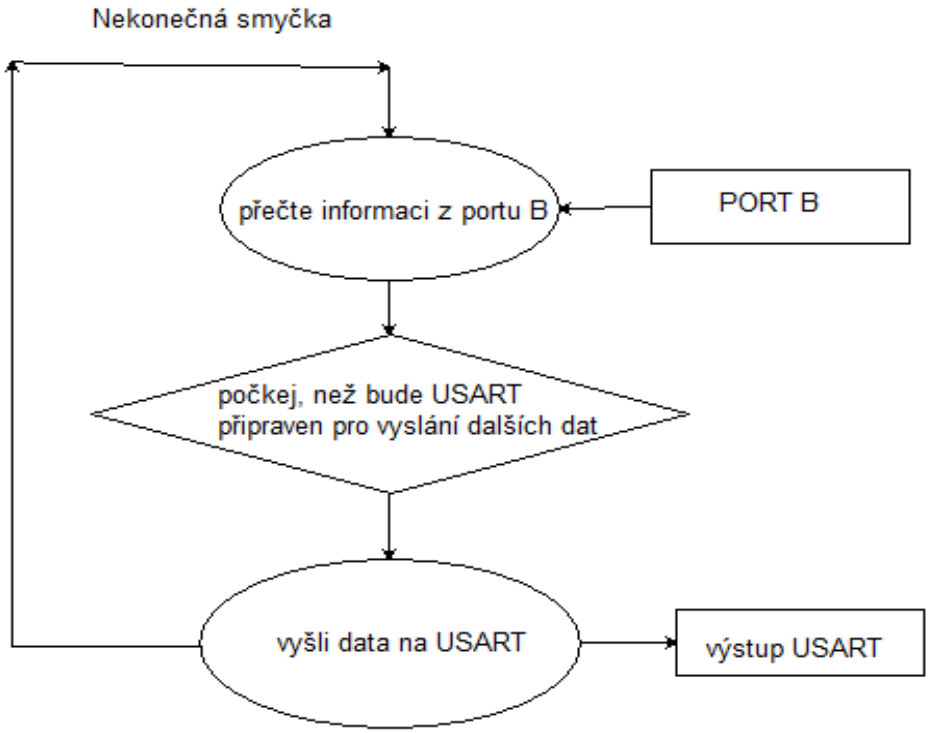
Nejjednodušší programátor procesorů AVR sestává z upraveného paralelního kabelu, který se zapojuje do LPT portu počítače na jednom konci a do programovacího konektoru u procesoru na konci druhém. Kromě drátů neobsahuje žádnou další elektroniku.[5]



Obr 4.1.2. - příklad zapojení paralelního kabelu pro naprogramování mikrořadiče [5]

4.1.3 Program pro ATtiny2313

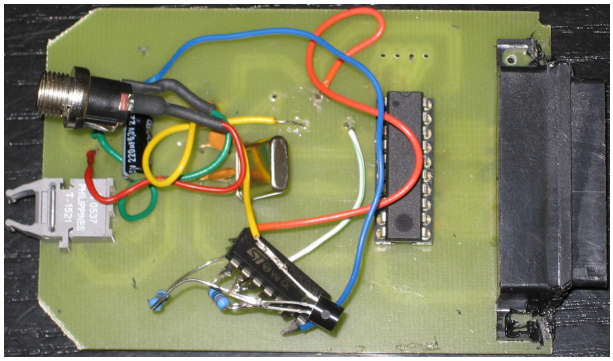
Program nahraný v mikrořadiči zajišťuje nepřetržité čtení z paralelního portu řídicího počítače a vysílání na optický vysílač. Program obsahuje nekonečnou smyčku, ve které přečte informaci z portu B (odpovídá paralelnímu portu řídicího počítače), počká než bude sériový výstup USART připraven pro data, vyšle data na USART a opět čte data z portu B. Viz diagram na následujícím obrázku. Zdrojový kód programu, napsaný v jazyce C, je na přiloženém CD.



Obr. 4.1.3. - diagram znázorňující činnost vysílacího programu

4.1.4 Výroba destičky plošného spoje

Destička plošného spoje vysílací strany byla vyrobena ve škole na CNC frézce. Podklady byly vytvořeny v programu Eagle. Program Eagle umožňuje po nainstalování skriptu Comagrav generování souborů pro CNC frézku. Deska byla vyrobena pro použití bez hradla a zesilovacího tranzistoru. Ty jsem doplnil až časem při ladění obvodu. Podklady pro výrobu plošného spoje jsou v příloze.

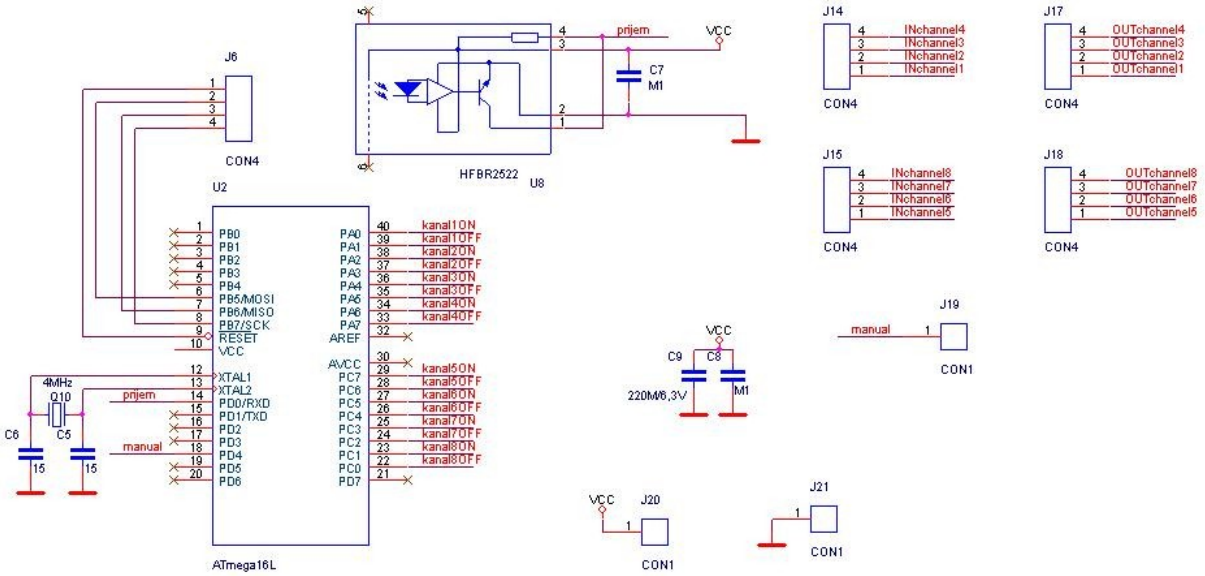


Obr.4.1.4 - plošný spoj vysílací strany

4.2 Popis přijímací strany

Přijímací strana má za úkol přijmout informaci z optického kanálu a podle ní spínat jednotlivé stimulační signály. Popis přijímací strany můžeme rozdělit na popis části pro příjem a zpracování optického signálu a na část pro spínání jednotlivých kanálů. Jádro přijímací části tvoří mikrořadič ATmega16, který na základě informace přijaté na sériovém vstupu USART z optického přijímače ovládá spínání jednotlivých kanálů.

4.2.1 Popis části pro příjem a zpracování optického signálu



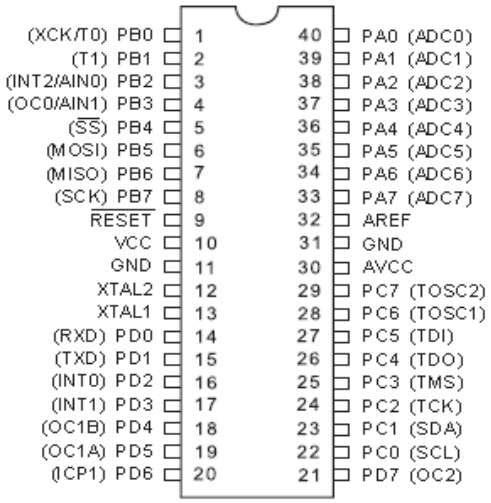
Obr. 4.2.1.1 - schéma zapojení přijímací strany - část pro příjem a zpracování optického singálu

Jak již bylo uvedeno, jádrem přijímací strany je mikrořadič **ATmega16**, který ovládá spínání jednotlivých kanálů.

Optický signál z vysílací strany je přijat optickým přijímačem **HFBR 2521.** Na datovém výstupu přijímače se objevoval šum, který je filtrován kondenzátorem C7. viz. schéma zapojení obr. 4.2.1. C7 = 0.1 µF

Signál z optického vysílače **HFBR 2521** pokračuje do sériového vstupu USART (RxD) mikrořadiče **ATmega16**. Zde se zpracuje a podle informace obsažené v USART **ATmega16** vyšle impulsy pro sepnutí, nebo rozepnutí příslušných kanálů na výstupní porty (port A a port C). Port A ovládá kanály 1 až 4, port C kanály 5 až 8, viz schéma zapojení.

Na vstupním portu B je přiveden signál z přepínače pro manuální spínání kanálů. Technické údaje optických součástek viz kapitola 4.1.2.



Obr. 4.2.1.2 mikrořadič ATmega16

Mikrořadič **ATmega16** je nízkopříkonový 8 bitový mikrořadič založený na rozšířené architektuře AVR RISC. Výkonné instrukce provádí v jednom cyklu.[3],[6] Obsahuje:

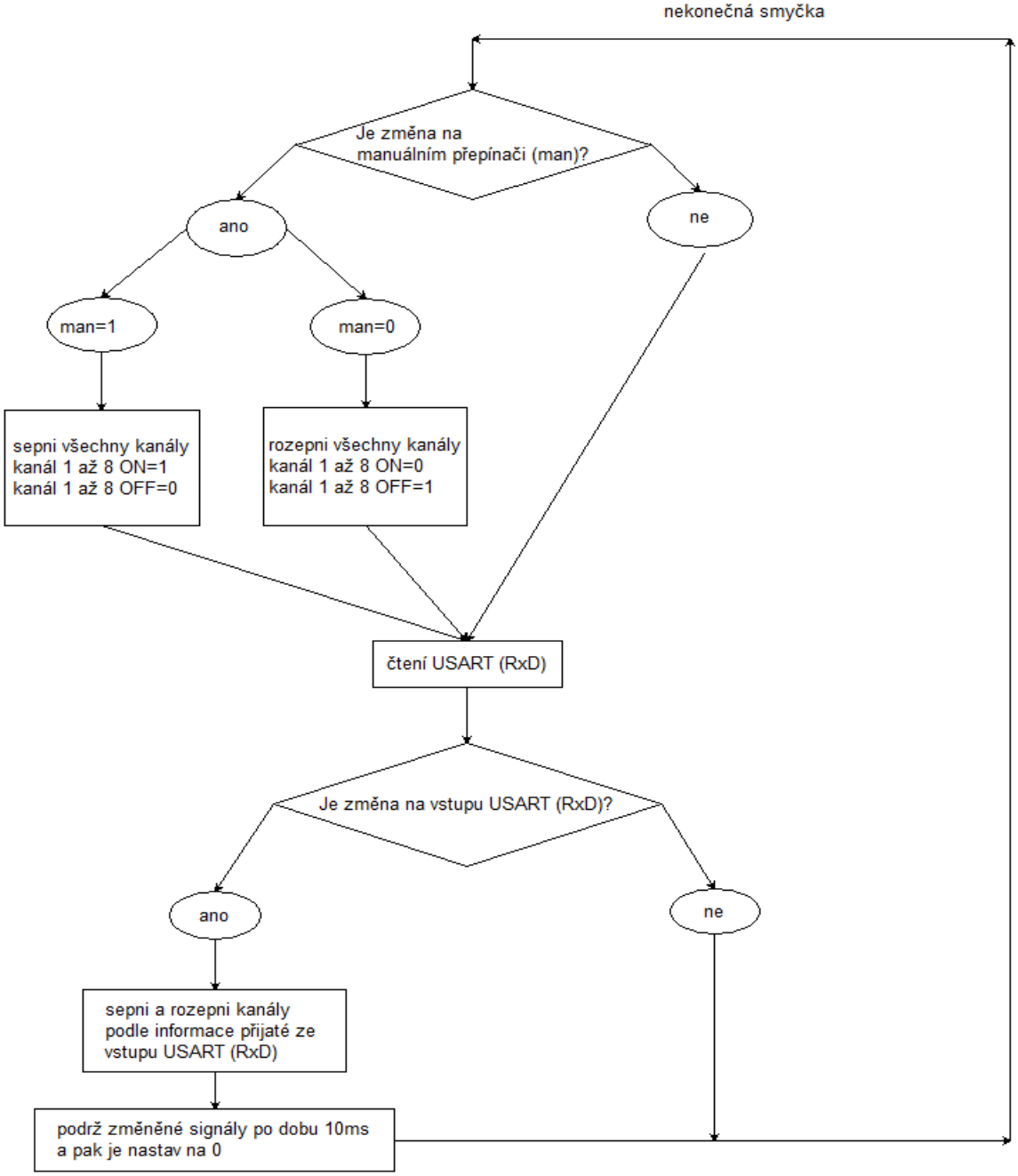
- čtyři 8-bitové vstupně výstupní porty
- univerzální synchronní a asynchronní sériový přijímač a vysílač USART
- zabudovaný oscilátor

paměť pro program	16KB,max. počet přeprogramování 1000 cyklů
datovou paměť RAM	1 KB
datovou paměť EEPROM	512 B, max. počet přeprogramování 100 000 cyklů
pracovní frekvence	0 až 16 MHz
pracovní napětí	4.5 až 5.5 V
spotřeba - aktivní režim	1.1 mA / při 3V, 1MHz a 25°C
spotřeba - pasivní režim	0.35mA / při 3V, 1MHz a 25°C
max. výstupní proud jednoho pinu	20mA
max. výstupní proud všech pinů	200mA

Tab. 4.2.1. - Technické parametry ATmega16

K mikrořadiči je připojen externí krystalový oscilátor Q10 s frekvencí 4MHz a dva kondenzátory C5 = C6 = 15pF, viz schéma zapojení obr. 4.2.1.

4.2.2 Program pro ATmega16



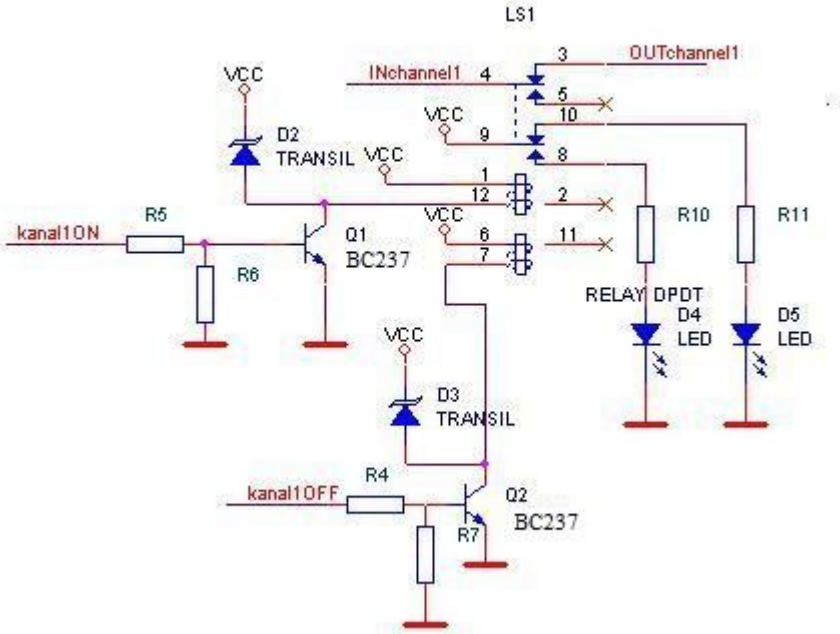
Obr. 4.2.2 diagram znázorňující činnost programu pro spínání kanálů

Program pro přijímací stranu se skládá z nekonečné smyčky. Nejdříve se kontroluje změna na manuálním přepínači a pokud se manuální přepínač přepnul od poslední kontroly do polohy "sepnuto", sepnou se všechny stimulační kanály, pokud naopak do polohy "rozepnuto", všechny kanály se rozepnou.

Po kontrole manuálního přepínače se kontroluje změna na sériovém vstupu USART. Pokud je přijatá sekvence na sériovém vstupu odlišná od poslední kontroly, provedou se podle přečtené informace odpovídající změny výstupních portů (port A, port C). Po 10ms se výstupní porty vynulují. To je totiž doba, kterou potřebují relé zajišťující spínání kanálů k přepnutí do nové polohy.

Poté se program navrací zpět na začátek nekonečné smyčky. Zdrojový kód programu pro přijímací stranu, napsaný v jazyce C, je na přiloženém CD.

4.2.3 Popis části pro spínání jednotlivých kanálů



Obr. 4.2.3. schéma zapojení jednoho kanálu

Každý kanál se ovládá dvojící signálů přivedených z mikrořadiče ATmega16. Signál "kanalON" pro sepnutí konkrétního kanálu a signál "kanalOFF" pro rozepnutí. Tyto signály jsou přes odporový dělič připojeny na dvojici bipolárních tranzistorů **BC 237**, které zde slouží jako spínače. V závislosti na řídicím signálu do báze spínají relé.

Bistabilní relé **NALD5W-K** má dva přepínací kontakty a dvě cívky. Jeho vývody jsou v rastru DIL. Proto je možné jej na plošném spoji umístit do patice. Zde jsou jeho parametry:

Jmenovité napětí cívky	5 V
Napětí přítahu	3,75 V, primární cívka
Napětí odpadu	3,75 V, sekundární cívka
Jmenovitý příkon	200 mW
Doba přítahu a odpadu	6 ms

Tab. 4.2.3.: Parametry bistabilního relé

LED pro signalizaci sepnutí stimulačních kanálů diody nízkopříkonové. Spotřeba každé dvojice odpor - led dioda je 10 mW.

Přijímací strana dále obsahuje kondenzátory pro vyhlazení napájecího napětí a zhášecí diodu jako ochranný prvek tranzistoru.

Při plně vytíženém spínači (na všech výstupních spínacích/rozpínacích signálech log. 1) byl naměřen odběr proudu ze zdroje Iz = 300mA. Při kapacitě baterií 2500mAh by přijímač na jedno nabití vydržel pracovat $t=\frac{2500\,mAh}{300\,mA}=8{,}3\,hod$

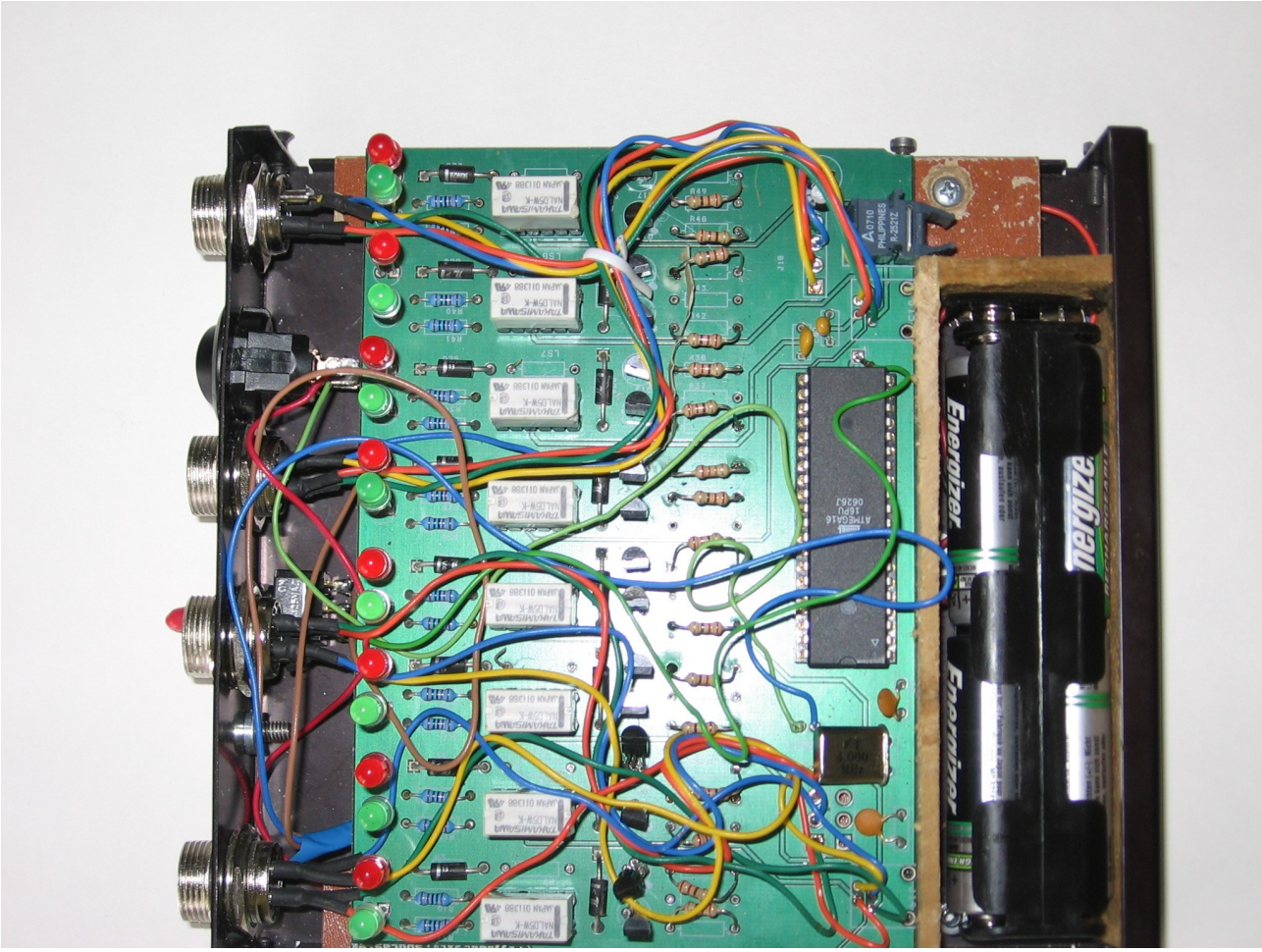
V klidovém stavu byl naměřený odběr ze zdroje Iz = 27 mA. Při použití v fMRI experimentu je perioda spínání kanálů maximálně 1s. Délka řídícího impulzu do spínacího tranzistoru a relé je 20ms při odebíraném proudu 300mA pro všechny kanály. Doba klidu je potom 800ms při odebíraném proudu 27mA. Průměrná spotřeba potom vychází:

$$I_Z=\frac{300\,mA\,.\,20\,ms-27\,mA\,.\,800\,ms}{1000}\,ms=27{,}6\,mA$$

Z toho je vidět, že spotřeba při běžném provozu se prakticky rovná spotřebě v klidovém stavu a jejich rozdíl můžeme zanedbat. Při běžném provozu pak přijímač na jedno nabití baterií vydrží v provozu: $t=\frac{2500\,mA}{27\,mA}=92{,}6\,hod$

4.2.4 Návrh destičky plošného spoje

Plošný spoj přijímací strany byl vyroben ve firmě Pragoboard. Podklady pro výrobu jsou v příloze.



Obr. 4.2. - plošný spoj přijímací strany

Krabička pro přijímací stranu je kovová (Fe) s rozměry 33×*160*×*150* mm. Na víku krabičky je vyvrtáno 16 otvorů pro signalizační diody, na přední straně potom otvory pro vstupní a výstupní konektory pro připojení stimulačních signálů. Na druhé straně je konektor pro připojení optického kabelu a prostor pro baterie.

4.3 Problémy při návrhu

Při návrhu spínacího zařízení se vyskytlo několik problémů. Největším bylo to, že přijímací strana někdy přijala špatně informaci na sériovém vstupu. To bylo způsobeno tím, že sada pro optický přenos přenáší signál invertovaně. Zde mě napadla dvě možná řešení. První bylo řešení hardwarové a to před optický vysílač nebo za optický přijímač umístit logické hradlo zapojené jako invertor. Druhým způsobem, jak by se tento problém dal vyřešit by mohlo být softwarové řešení v úpravě programu pro vysílací nebo přijímací stranu. Protože by ale nestačilo pouze invertovat informaci poslanou po USART, ale vyřešit i invertované stop a start bity, rozhodl jsem se pro první variantu. Mezi ATtiny2313 a optický vysílač HFBR1521 jsem umístil hradlo 74HC 02. Dále jsem před optický vysílač umístil ještě tranzistor pro zesílení signálu. Tím jsem vyřešil další problém a to šum na přijímací straně, který občas způsoboval samovolné přepnutí některých kanálů. Optický vysílač totiž potřebuje mnohem větší napájecí proud, než je hradlo schopno dodat.

5 Manuál

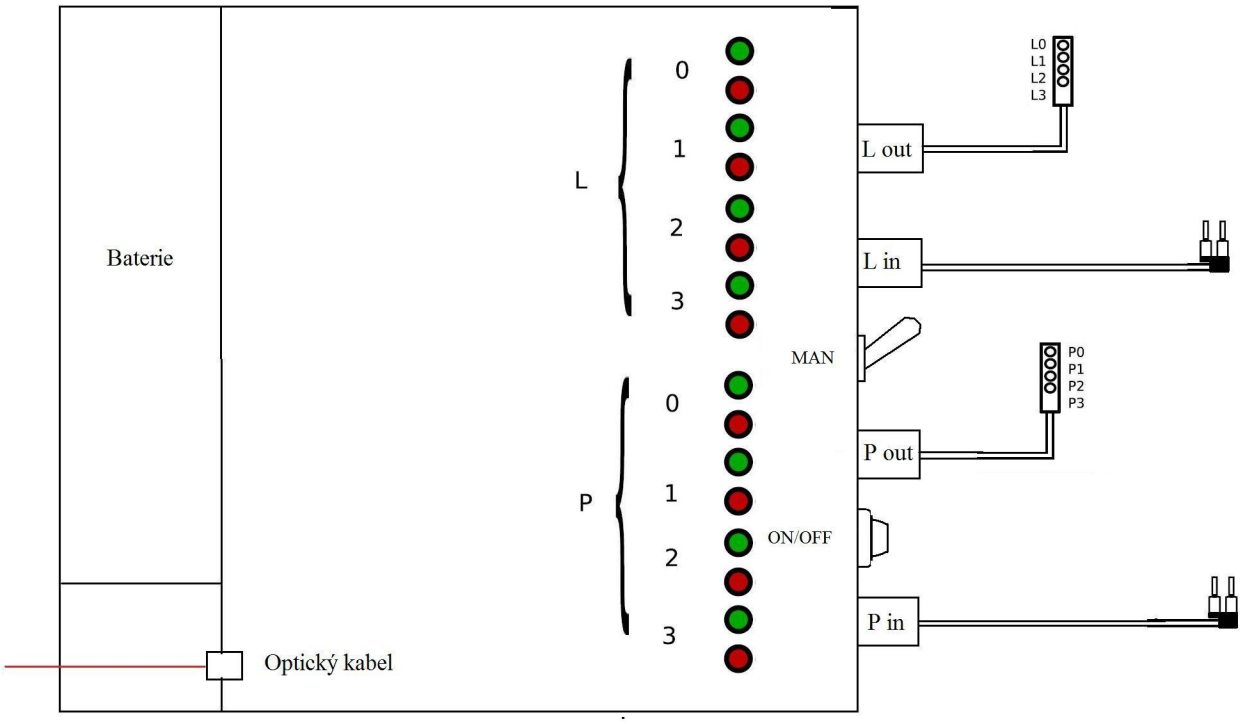
5.1 Vysílací strana

K vysílací straně je třeba připojit paralelní kabel, dále optický kabel a napájení 5 V, které je vyvedeno z řídicího počítače. Optický kabel je dále protažen do místnosti s magnetickou rezonancí. Optický kabel je třeba připojovat šetrně.

5.2 Přijímací strana

K přijímací straně je třeba připojit optický kabel a kabely stimulačních signálů.

Na vrchní straně krabičky jsou kontrolky signalizující sepnutí jednotlivých kanálů. Zelená znamená sepnutý kanál, červená rozepnutý. První čtyři jsou pro levou hemisféru (**L0 až L3**), další čtyři pro pravou hemisféru (**P0 až P3**). Vrchní strana krabičky a správné zapojení kabelů je vidět na následujícím obrázku 5.2.1.



Obr. 5.2.1 - zapojení vstupních kabelů, výstupních kabelů a optického kabelu. Pohled z vrchu.

Na pravé straně se nacházejí šroubovací konektory pro připojení vstupních a výstupních kabelů. Na této straně se také nachází přepínač pro manuální spínání kanálů a hlavní vypínač pro zapnutí a vypnutí celého zažízení. Šroubovací konektory jsou vybaveny výstupkem, který zabrání špatnému natočení konektoru. Při odpojování vstupních a výstupních kabelů vytahujte kabel uchopením za kovový konektor a ne za kabel! Mohlo by dojít k poškození spojů v konektoru nebo

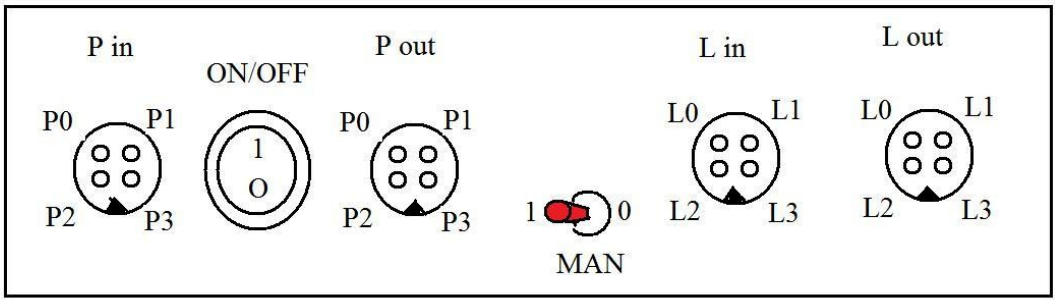
k odtržení kabelu od konektoru!

Manuální páčkový přepínač **MAN** pro ruční spínání kanálů je sepnutý při poloze 1 (vlevo) a rozepnutý při poloze 0 (vpravo). Ve chvíli, kdy chceme použít manuální přepínání nesmí být připojen optický kabel k přijímací straně zařízení a nebo se na paralelním portu řídicího počítače nesmí měnit informace na pinech PB0 až PB7. Je jedno, jaká na nich bude hodnota, ale nesmí se měnit.

Po ukončení manuálního přepínání stačí nepřepínat přepínač. Je jedno, jestli bude v poloze 0 - rozepnuté stimulační signály nebo v poloze 1 - sepnuté stimulační signály

Hlavní vypínač **ON/OFF** slouží k uvedení celého zařízení do provozu.

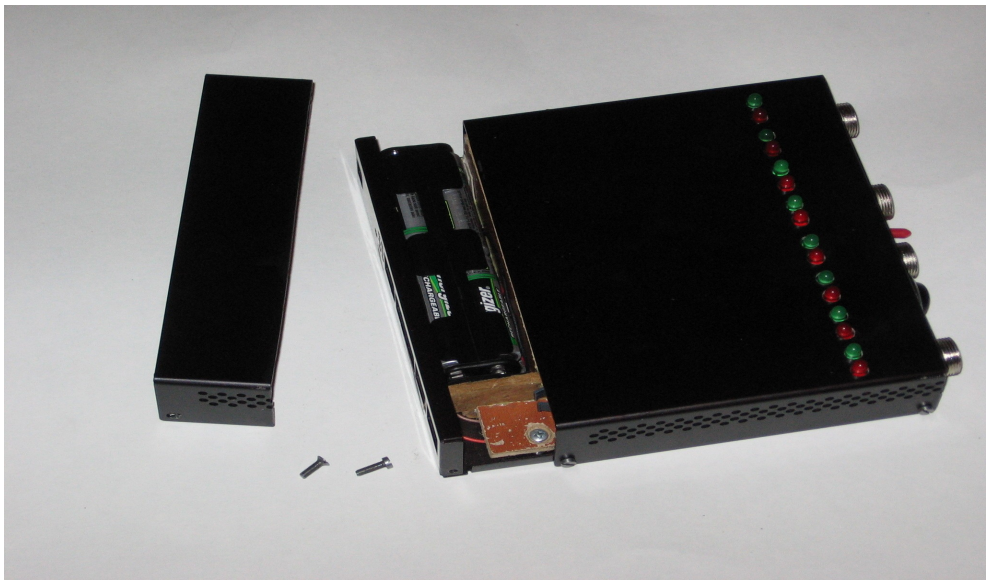
Pravá strana krabičky a správné zapojení kabelů je vidět na následujícím obrázku 5.2.2.



Obr. 5.2.2 - zapojení vstupních kabelů, výstupních kabelů a optického kabelu. Pohled ze strany.

Na levé straně se nachází konektor pro připojení optického kabelu a pouzdro s bateriemi. Při zapojování a odpojování optického kabelu a při výměně baterií je třeba odšroubovat dva krajní šrouby na této straně a odklopit kryt prostoru pro baterie. Optický kabel je třeba připojovat a odpojovat šetrně!

Zařízení je napájeno ze čtyř tužkových baterií. Protože je zařízení konstruováno pro napájecí napětí 4.8 V až 5.5 V, je třeba používat baterie o napětí 1.2 V. Otevřený prostor pro baterie je vidět na následujícím obrázku 5.2.3.



Obr. 5.2.3 - prostor pro baterie

Sepnutí jednotlivých stimulačních signálů je realizováno vysláním správné binární kombinace na paralelní port prostřednictvím skriptu napsaného pomocí programu Evseng. Příklad skriptu je uveden na obrázku 5.2.4

Nastavení správné kombinace na paralelní port znamená definovat ve skriptu čísla reprezentující jednotlivé kanály. Pro každý kanál je to buď hodnota 1 nebo 0. Nastavením hodnoty 0 stimulační signál rozepínáme a rozsvítíme červenou led diodu, nastavením hodnoty 1 stimulační signál spínáme a rozsvítíme zelenou diodu. Dohromady pro všechny kanály toto tvoří osmibitové číslo. Ve skriptu jej dělíme na dvě čtveřice, které zapíšeme v hexadecimální soustavě. Chceme-li například sepnout kanál *L*3 a *P*0 znamená to nastavit kombinaci 00011000, což v hexadecimálním zápisu znamená *E*7. [2]

```
# MR-based stimulation (synchronization with MR)

measurement 2 4 0              #definování počtu měření, stavů (klidový,stimulační), synchronizačních pulzů
period 0 1 0
state 0 2 0
state 0 2 0
volume 0 1 0

event A 0x09
event B 0x00
                               #definování událostí, A posílá na paralelní port kombinaci 0000 1001,
                               B posílá kombinaci 0000 0000
text t1s "Klid 1"
text t2s "Klid 2"

text t1p "Pocitat 1"
text t2p "Pocitat 2"


begin

repeat 4
wait period abs +1             #cekani na synchronizacni puls od magnetického rezonátoru

wait state 1

out B                          #nastaveni odpovidajici kombinace na paralelni port

wait volume 1
blank
print t1s                      #doba klidu
wait volume 2
blank
print t2s


wait state +1

out A

wait volume 1
blank
print t1p                      #doba stimulace
wait volume 2
blank
print t2p

end
end
```

Obr. 5.2.4. - příklad skriptu definujícího průběh měření [2]

6 Závěr

Spínací zařízení se mi podařilo úspěšně navrhnou při dodržení všech požadavků na toto zařízení, viz kapitola 3.3. Spínací zařízení je menší o prostor, který zabírala logická hradla. Jejich činnost zastane jeden mikrořadič, který zabere mnohem méně místa. Původní přijímací strana byla v krabičce 66x200x150. Nová verze má rozměry 33x160x150.

Obrátil jsem logiku ovládání. Pro jistotu jsem ale udělal i program s původní logikou, kde log 0 ve skriptu programu Evseng spíná příslušný kanál a log 1 rozpíná. To proto, kdyby si lékaři nechtěli zvykat na nové ovládání.

Spotřeba nové verze spínacího zařízení je přibližně 4 krát menší než u původní verze. Na jedno nabití baterií tak nová verze bude moci být téměř 100 hodin v provozu místo 25 hodin u staré verze. Viz kapitoly 3.2.2 a 4.2.3. Spotřeba se snížila u části pro zpracování signálu. Každé z původních 17 hradel a integrovaných obodů mělo spotřebo větší než jeden mikrořadič ATmega16 v nové verzi. V části pro spínání kanálů, která se skládá z tranzistorů a relé, se spotřeba moc snížit nedá.

V nové verzi je lépe vyřešeno manuální spínání kanálů. U starého řešení musel být při ovládání z řídicího počítače manuální přepínač v poloze "vypnuto", u nové verze je jedno v jaké je poloze, pouze stačí aby ho nikdo nepřepínal. Mikrořadič v přijímací straně reaguje na změnu a ne na hodnotu. To samé platí obráceně. Při manuálním spínání musel být dříve odpojen optický kabel a nebo musely být na paralelním portu řídicího počítače samé nuly. U nové verze stačí, když se

nebude informace na paralelním portu měnit. Ovládání z řídicího počítače a manuální ovládání je tak možno u nové verze jednoduše kombinovat.

Lepší přístup k bateriím se podařilo vyřešit samostatným prostorem v krabičce vysílací strany a oddělením přepážkou od ostatních součástek. Při výměně baterií stačí odšroubovat 2 šrouby a obsluhující personál se při tom nedostane do přímého styku s plošným spojem. Viz obr 5.2.3.

Dále byly vyměněny konektory pro vstup a výstup stimulačních signálů. Použil jsem šroubovací mikrofonní konektory, u kterých není možno zaměnit jednotlivé kanály jako to bylo možné u stávajícího řešení. Viz obr 4.2.

Dále jsem vyměnil stávající tranzistory BC107B v kovovém pouzdře za jejich plastový ekvivalent BC237.

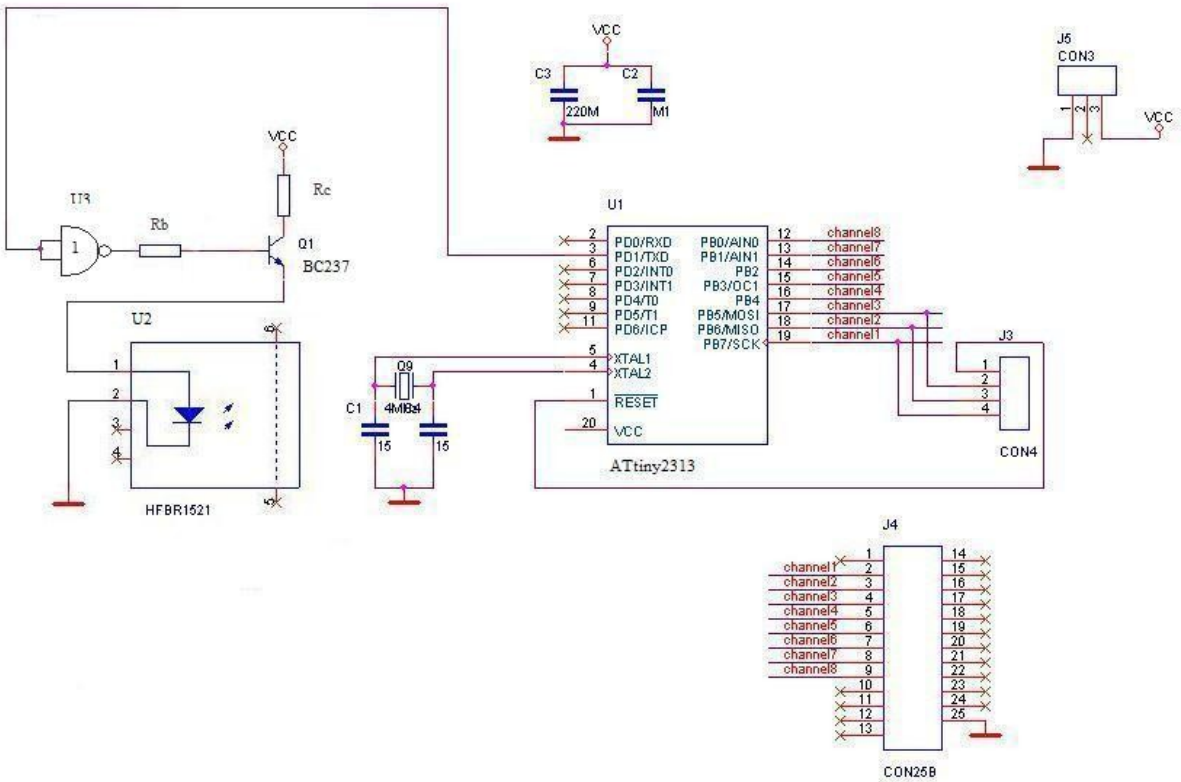
Nakonec jsem u vysílací strany použil zapojení se spínacím tranzistorem, které zajistí kvalitnější a silnější přenost optického signálu. Viz kapitola 4.2.3 a kapitola 4.3.

Správnou funkčnost celého zařízení jsem vyzkoušel za použití programu PARMON, který umožňuje jednoduše přepínat log 0 a 1 na výstupu paralelního portu počítače. [11]

7 Příloha

7.1 Podklady pro výrobu plošných spojů

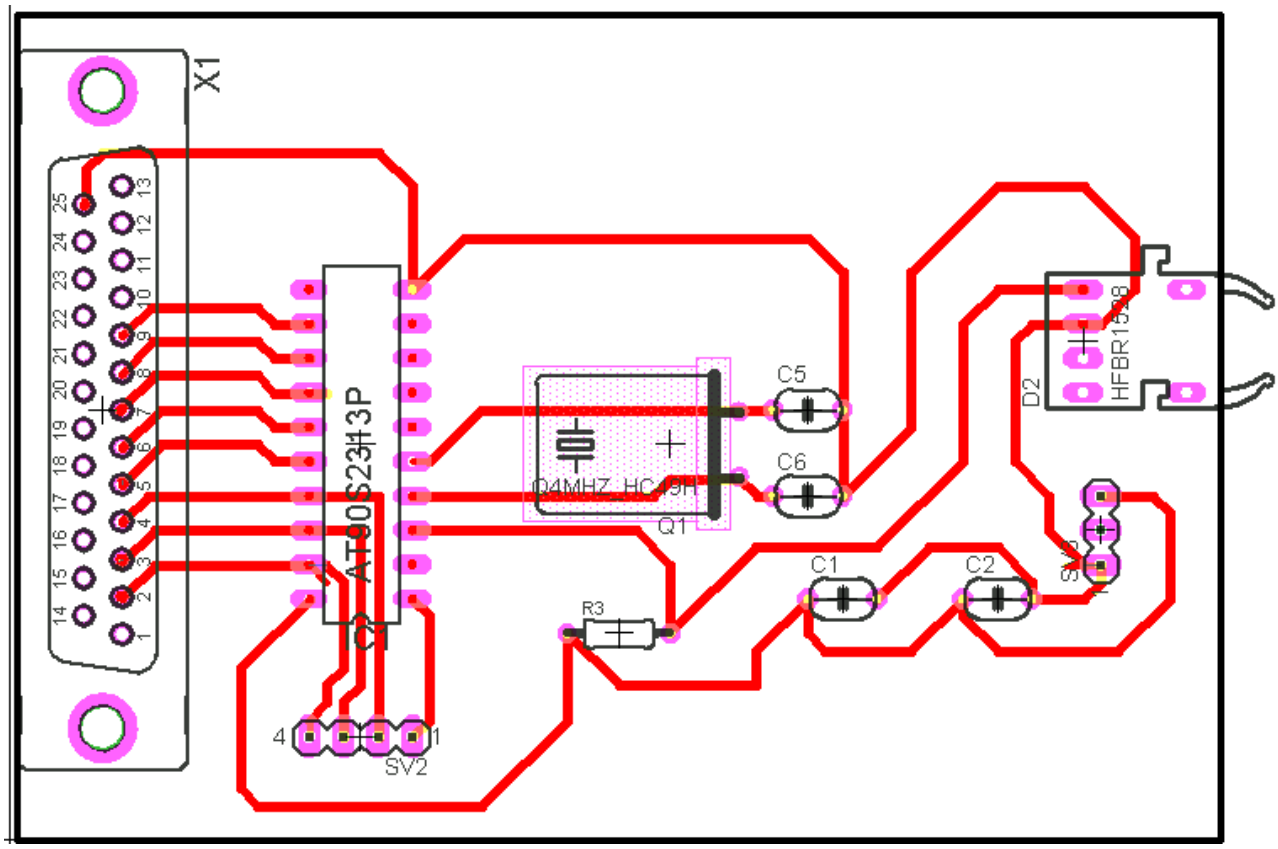
7.1.1 Vysílací strana



Obr. 7.1.1.1 - schéma zapojení vysílací strany

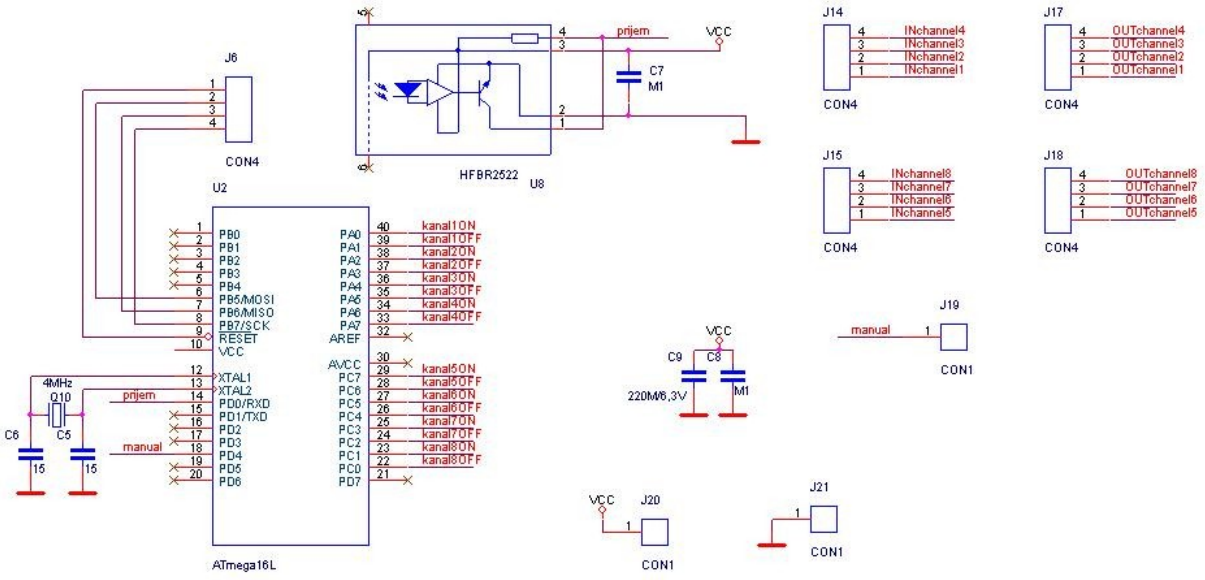
č.	počet	označení	hodnota
1	1	U1	ATtiny2313
2	1	U2	HFBR1521
3	1	Q1	BC237
4	1	Rb	220
5	1	Rc	47
6	1	Q9	4MHz
7	2	C1, C4	15p
8	1	C2	0,1µF
9	1	C3	220p
10	1	J4	CAN 25 Z 90
11	1	U3	74HC 02

Tab. 7.1.1.1. - seznam součástek vysílací strany



Obr. 7.1.1.2. - Vysílací strana - strana spojů

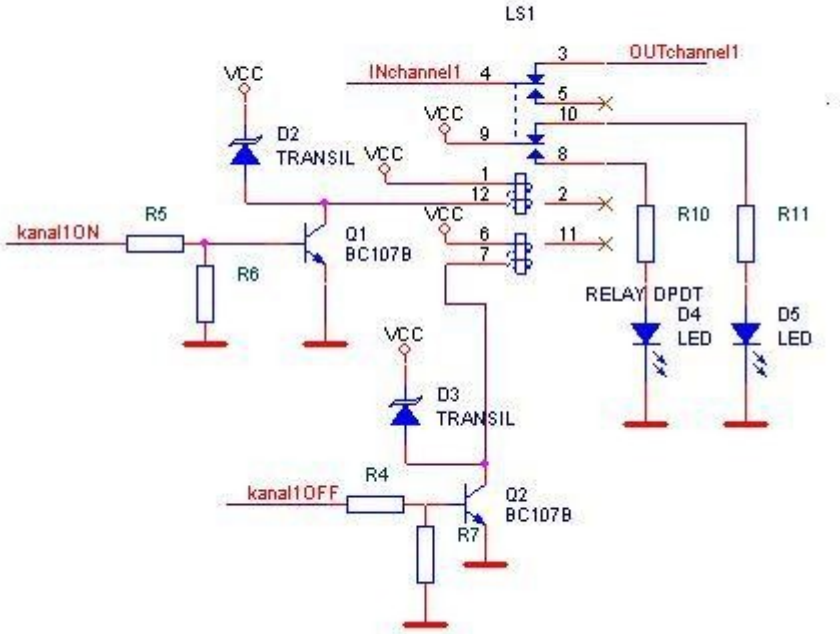
7.1.2 Přijímací strana



Obr. 7.1.2.1 - schéma zapojení přijímací strany - část pro příjem a zpracování optického signálu

č.	počet	označení	hodnota
1	1	U2	ATmega16
2	1	U8	HFBR1522
3	4	J14,J15,J17,J18	MIC334
4	1	Q10	Q 4MHz
5	2	C5, C6	15pF
6	2	C7, C8	0,1 µF
7	1	C9	220 µF/6,3 V

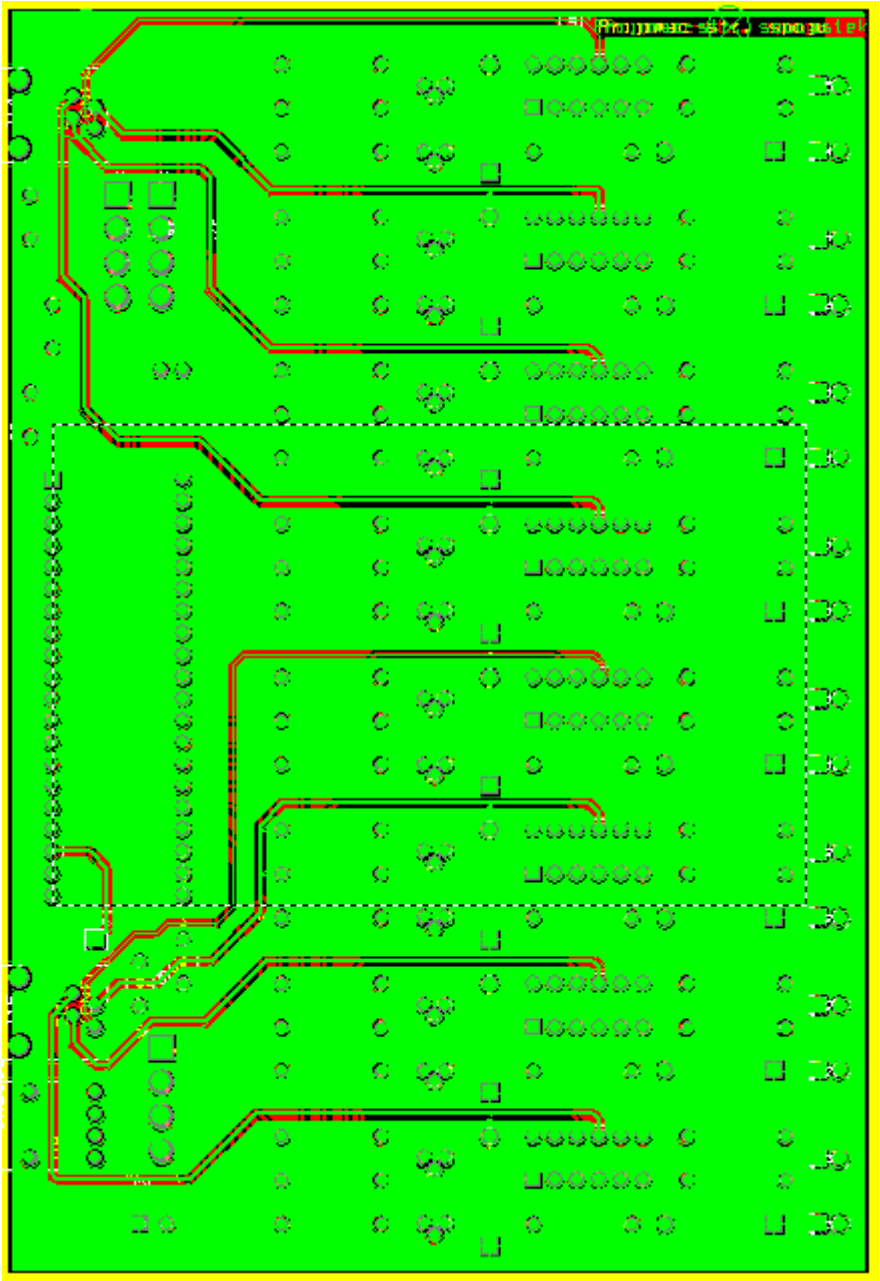
Tab. 7.1.2.1 - seznam součástek přijímací strany - část pro příjem a zpracování optického signálu



Obr. 7.1.2.2 - schéma zapojení jednoho kanálu

č.	počet	označení	hodnota
1	2	R4, R5	220
2	2	R6, R7	2K
3	2	Q1, Q2	BC237
4	2	D2, D3	BZW06-13
5	2	D4, D5	L-5mm 2mA
6	1	LS1	NAL-D5W-K
7	2	R10, R11	1K55

Tab. 7.1.2.2. - seznam součástek jednoho kanálu



Obr. 7.1.2.3. - přijímací strana - strana součástek

Obr. 7.1.2.4. - přijímací strana - strana spojů

7.2 Obsah přiloženého cd

- Text práce ve formátu pdf
- Zdrojové kódy programů pro vysílací a přijímací stranu
- Použitý software
- Datasheety použitých součástek

8 Použitá literatura a software

[1] Jech, R.,Růžička, E., Urgošík, D.: Stereotaktická funkční neurochirurgie u extrapyramidových pohybových poruch. Časopis SANQUIS, 37/2005
[2] Tauchmanová, J.: Počítačem řízený spínač stimulátoru pro hlubokou mozkovou stimulaci. Diplomový práce, 2007
[3] Matoušek, D.: Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR - ATmega16. Nakl. BEN, 2006
[4] Burkhard Mann : C pro mikrokontroléry. Nakl. BEN, 2003
[5] Programování AVR procesorů
http://www.mlab.cz/Modules/AVR/Text_Prog/DOC/HTML/Programovani%20AVR.cs.html
[6] Datasheets
http://www.datasheetcatalog.com/
[7] AVR Studio 4
http://www.atmel.com
[8] WinAVR
http://winavr.sourceforge.net
[9] AVRDUDE
http://sourceforge.net/projects/avrdude-gui
[10] Eagle, program pro návrh plošných spojů
[11] PARMON, program pro ovládání a čtení paralelního portu