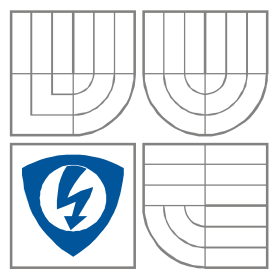


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION

DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

RESPIRAČNÍ BIOFEEDBACK

RESPIRATORY BIOFEEDBACK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Miroslav Jína

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. Oto Janoušek

SUPERVISOR

Brno, 2011

VLOŽIT ORIGINAL ZADÁNÍ

(při odevzdávání více kusů závěrečné práce, obsahuje originál zadání jen jedna z nich, ostatní obsahují pouze jeho okopírovanou kopii)

ABSTRAKT

Cílem této práce je rozebrat biologickou zpětnou vazbu, její využití a typy biofeedbacku, které se dají použít. Jsou zde rozebrány jednotlivé typy her, které se používají pro tuto terapeutickou léčbu. Je zde podrobněji popsán způsob měření respiračního biofeedbacku pomocí hrudního popruhu. Pro měření je využita akviziční jednotka MP35 a program LabView, do kterého je přiveden signál přes měřicí kartu NI USB-6221. V této práci je také rozebrán protokol pro měření úlohy Respirační biofeedback. Další důležitou částí je vlastní návrh hry v programovacím prostředí LabView 2010. Jsou zde použity čtyři hry pro měření respiračního biofeedbacku.

KLÍČOVÁ SLOVA

respirace, biofeedback, akviziční jednotka MP35, LabView, spirometr, pneumotachograf, biopac, NI USB-6221, terapeutická hra, amplituda, frekvence

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze biological feedback, its use and types of biofeedback, which can be used. There is also enumeration of different types of games, which are used for the therapeutic treatment. This work describes in detail the measurement of respiratory biofeedback with chest strap. MP35 acquisition unit and a LabView program, in which the signal is transmitted through the measuring card, is used for measure. This work also describes the role of protocol for measuring respiratory biofeedback. The other important part of this study is the own draft of games made in LabView 2010. This program includes four therapeutic games.

KEYWORDS

respiration, biofeedback, MP35 acquisition unit, LabView, spirometer, pneumotachograf, biopac, NI USB-6221, therapeutic game, amplitude, frequency

JÍNA, M. *Respirační biofeedback*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 34 s., 1 s. příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Oto Janoušek.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Respirační biofeedback jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Otu Janouškovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Obsah	vi
Seznam obrázků	1
1 Úvod do problematiky biofeedbacku	3
1.1 Historie biofeedbacku	4
1.2 Využití biofeedbacku	4
1.3 EMG biofeedback	4
1.4 EEG biofeedback	5
1.5 Ostatní typy biofeedbacku	5
1.6 Typy her	6
2 Respirace	7
2.1 Plíce	7
3 Přístroje pro měření respirace	8
3.1 Přehled jednotlivých prvků při měření	8
3.1.1 Snímač	9
3.1.2 Zesílení	9
3.1.3 Zpracování	10
3.1.4 Zobrazení	10
3.1.5 Zpětná vazba	10
3.2 Biopac MP35	11
3.3 Hrudní popruh se snímačem SS5LB	11
3.4 Další přístroje pro měření mechaniky dýchání	12
4 Protokol měření	12
4.1 Snímání obvodu hrudníku	12
4.2 Základní nastavení	13
4.3 Kalibrace	13
4.4 Vlastní měření	14
5 LabView a základní zpracování signálu	15
5.1 Historie LabView	15

5.2	LabView.....	15
5.3	Funkční bloky	15
5.3.1	Nastavení zvuku.....	16
5.3.2	Načtení zvuku ze zvukové karty.....	16
5.3.3	Smazání kanálu	17
5.3.4	Ostatní funkční bloky.....	17
6	Praktické řešení respiračního biofeedbacku	17
6.1	Hardwarová část	17
6.2	Softwarová část.....	19
6.2.1	Biopac Student Lab Pro	19
6.2.2	Ovladače pro kartu NI USB-6221	21
7	Terapeutické hry	21
7.1	Balónky	24
7.2	Nádoba	25
7.3	Ryba	26
7.4	Smajlík	27
8	Program v LabView a jeho funkční bloky	27
8.1	Čelní panel	27
8.2	Blokový diagram.....	29
9	Závěr	33
	Literatura	34
	Seznam příloh	35

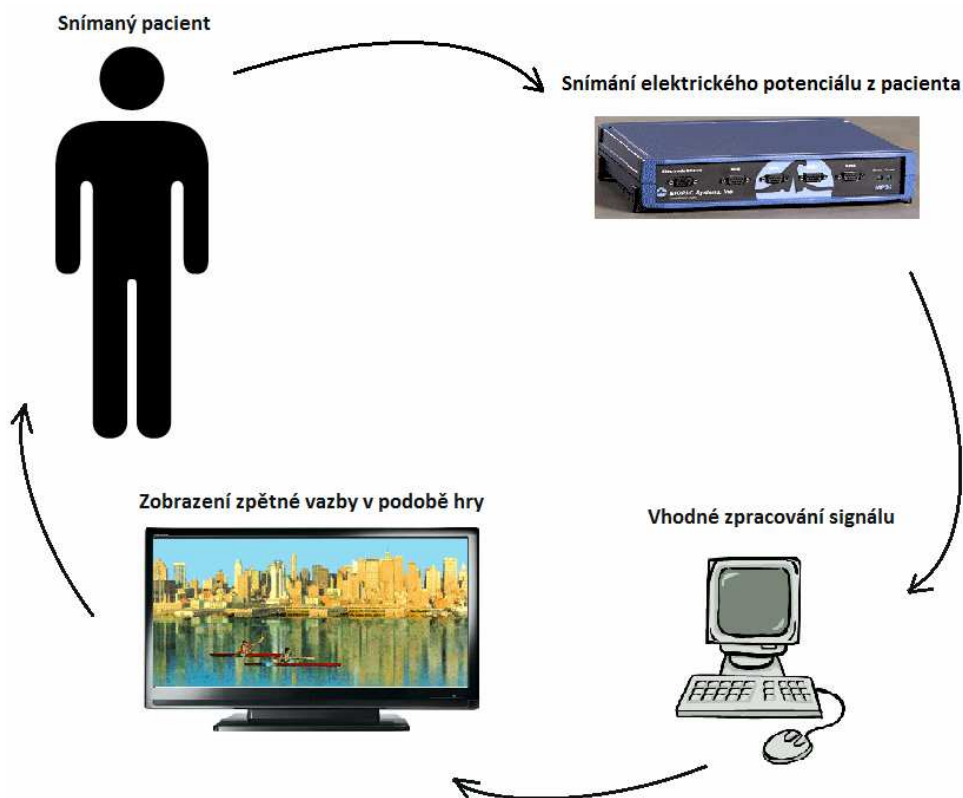
SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Biologická zpětná vazba pomocí počítačové hry	3
Obr. 1.2: Ukázka tří her používaných u biofeedbacku (převzato z [5])	7
Obr. 3.3: Blokové schéma.....	8
Obr. 3.4: Principiální zapojení diferenčního zesilovače	9
Obr. 3.5: Akviziční jednotka MP35.....	11
Obr. 3.6: Hrudní popruh se snímačem SS5LB	11
Obr. 4.7: Připevněný popruh pro měření obvodu hrudníku (převzato z [10]).....	13
Obr. 5.8 Nastavení vstupu zvuku.....	16
Obr. 5.9 Načtení signálu ze zvukové karty	16
Obr. 5.10 Smazání signálu	17
Obr. 6.11 Analogový výstup Biopacku (převzato z [9]).....	18
Obr. 6.12 Nastavení vstupních parametrů programu Student Lab Pro	20
Obr. 6.13 Nastavení výstupního portu akviziční jednotky MP35.....	20
Obr. 6.14 Nastavení doby průběhu snímání biologického signálu	21
Obr. 6.15 Spínač výstupu.....	21
Obr. 7.16 Blok pro měření amplitudy.....	22
Obr. 7.17 Blok pro porovnání dvou amplitud.....	22
Obr. 7.18 Uložení amplitudy ve dvou časech.....	23
Obr. 7.19 Bloky pro zobrazení obrázku.....	23
Obr. 7.20 Balónky.....	24
Obr. 7.21 Správný a špatný nádech	25
Obr. 7.22 Ryba při správném dýchání	26
Obr. 7.23 Ryba při špatném dýchání	26
Obr. 7.24 Správné a špatné dýchání – Smajlík.....	27
Obr. 8.25 Nastavení parametrů vstupní simulace a výběr vstupního signálu.....	28
Obr. 8.26 Čelní panel	28
Obr. 8.27 Terapeutická hra	29
Obr. 8.28 Simulace dýchání.....	30
Obr. 8.29 Zobrazení signálu v podobě Array	30
Obr. 8.30 Ukázka funkčních bloků první hry	31

Obr. 8.31 Simulace správného dýchání	32
Obr. 8.32 Porovnání prahové hodnoty nádechu	32

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY BIOFEEDBACKU

Biofeedback označuje zpětnou vazbu pro biologické signály. Jedná se tedy o snímání biologického signálu z těla pacienta, jeho zpracování, vyhodnocení a poté vyslání zpětné vazby (viz. Obr. 1.1). Tento vyslaný signál může být v podobě zvuku, obrazu nebo elektrického impulsu. Pacient při této terapeutické léčbě dostává novou naději na pohyb, jelikož zde vidí možnost zlepšení svého zdravotního stavu, který si bez biofeedbacku nedokázal představit. Přístroj umožňuje pacientovi trénink svalových partií, což vede k postupnému snazšímu ovládní vlastního těla v průběhu terapie. U dýchání se především jedná o dechovou nedostatečnost, kam patří astma, psychogenní dušnost, alergie atd. Lidem tato léčba pomáhá posílit své tělo, jelikož trénují relaxované místo, a také se zlepšuje jejich psychika tím, že vidí možnosti pohybu a šanci v uzdravení. V podstatě jde o sledování vlastního pohybu, tepové frekvence, dýchání či jiných dalších fyziologických parametrů za pomoci vhodné vizualizace, zajištěné přístrojem. Tato práce se bude zabývat snímáním obvodu hrudníku pomocí snímače s využitím akviziční jednotky Biopac MP35, zpracováním v prostředí LabView a následným vysláním zpětného signálu vizuálně, tedy jako obraz.



Obr. 1.1: Biologická zpětná vazba pomocí počítačové hry

1.1 Historie biofeedbacku

Počátky biofeedbacku v terapeutické léčbě začaly v Americe v 60. až 70. letech 20. století [5]. Jeho vývoj byl však velice závislý na zdokonalování elektronických součástek, proto se do společnosti dostal až počátkem 80. let. Tento obor byl velice populární a poměrně rychle vznikly spousty vědeckých studií k biofeedbacku. V dnešní době se o tuto metodu terapeutické léčby zajímá spousta organizací a celkově se tento obor léčby dostává do popředí zájmu.

1.2 Využití biofeedbacku

Biofeedback se dá použít v mnoha oborech a terapiích. Jeden z prvních způsobů je využití pro relaxaci a uvolnění. Touto terapií je možné uklidnit pacienta, zmírnit jeho tepovou frekvenci nebo zvolnit dýchání. Při poruše spánku, zvláště pro pacienty, kteří mají problém s usínáním, je možné docílit zvýšené míry relaxace. Dále se tato metoda používá k léčení lehkých mozkových dysfunkcí nebo při problémech s epilepsií. Využití terapie je také při zlepšování pozornosti pacienta, omezení stresu nebo u lidí, kteří trpí trémou. V dalších kapitolách budou rozebrány jednotlivé typy biofeedbacku, které se v dnešní době používají.

1.3 EMG biofeedback

Elektromyografie, neboli snímání elektrické aktivity svalů, je jednou z nejrozšířenějších metod biofeedbacku. Pro měření se používají elektrody nebo jiné senzory snímající aktivitu svalů. Signál je snímán dvěma způsoby: z povrchu svalů (povrchové elektrody), což je levnější a snazší metoda, nebo z vnitřku svalu (jehlové elektrody), tato metoda je invazivní a také dražší. U invazivní metody je poměrně velká citlivost a signál je snímán z konkrétního místa. Častěji se používá metoda neinvazivní.

EMG biofeedback se používá při rehabilitaci, kdy pacient je po úrazu, jeho svaly jsou ztuhlé a je potřeba je uvolnit. Tato metoda se také využívá při bolestech zad, krku nebo hlavy. Pacient má na sobě připevněné elektrody, které snímají aktivitu svalů. Tento signál je zesílen a vhodně zpracován. Je zapotřebí odfiltrovat nevhodné složky (frekvence 50Hz) a dále je signál vhodně zobrazen pacientovi, který se snaží tuto aktivitu svalů ovládat.

U tohoto typu biofeedbacku se také používá vysílání zpětné vazby ve formě elektrického impulsu. Jeden z příkladů použití je pohyb ruky při napětí svalů po úrazu. Při pomyslení na pohyb ruky již mozek vyšle malý elektrický impuls, který je možné zaznamenat přiloženou elektrodou na konci poškozeného nervu. Tento signál se vhodně zpracuje, zesílí a poté je vyslán zpět stimulační impuls na elektrodu umístěnou na rehabilitovaném svalu. To způsobí kontrakci daného svalu. Stimulační impuls je nastaven na hodnotu bezpečného prahového napětí, které je možno vyslat do těla pacienta.

1.4 EEG biofeedback

EEG biofeedback je terapeutická metoda, která snímá mozkovou aktivitu. Pacientovi je snímán EEG signál, který je zpracován. Zpětná vazba této aktivity je realizována nejčastěji zobrazením na obrazovce a zároveň může být podána i ve zvukové formě. Nejčastěji se se zpětnou vazbou setkáváme v podobě terapeutické počítačové hry, během níž se pacient učí tuto aktivitu ovládat. Dosahování terapeutických cílů hrou se daří, pokud jsou terapeutem správně zvolené parametry pro nastavení biofeedbacku. Těmito parametry jsou především nastavení vhodné požadované hodnoty pacientovy aktivity a doba, po kterou pacient terapeutické cvičení vykonává. Dále je pro dosažení uspokojivých terapeutických cílů nutné zajistit vhodné prostředí pro terapii. To například znamená, zda pacient sedí v klidu, volně dýchá nebo se nějak pohybuje, myslí na určité věci a podobně.

Hry pro tuto léčbu, jak je uvedeno v počátku textu, můžou mít mnoho podob. Hlavním dělením je zpětná vazba vizuální a audiovizuální. U vizuální (obrazové) zpětné vazby je signál nejčastěji převeden do formy nějaké hry, ale může to být i obyčejná křivka, na které pozorujeme různé hodnoty (vývoj, amplitudu, frekvenci). Obraz může být dvojrozměrný nebo trojrozměrný. Hra může ovlivňovat změnu obrazu, rychlost předmětu, nebo tvar určité věci. Trénuje se pravá i levá mozková hemisféra. Poměr stran je u každého pacienta individuální [7]. U zpětné vazby pomocí audiovazby je vyslán pacientovi zvuk, který může mít podobu písničky nebo příjemné melodie. Zvuk může měnit svoji hlasitost nebo kvalitu podle splnění kritérií biofeedbacku.

Metoda je používána například pro léčbu epilepsie, poruchy pozornosti, traumatického zranění hlavy atd. K měření EEG biofeedbacku je zapotřebí vybavení pro snímání a analýzu EEG. Pro trénink stačí zesilovač s několika kanály. Minimálně stačí dva kanály, ale pro důkladnou a přesnou léčbu je zapotřebí 19 a více kanálů.

1.5 Ostatní typy biofeedbacku

Nyní je popsáno několik dalších typů biologické zpětné vazby, které se používají.

Jeden z několika principů biofeedbacku je snímání galvanického napětí kůže. Senzory pro galvanické napětí kůže měří aktivitu potních žláz. Tyto změny jsou způsobeny jejich vylučováním. Mezi funkcí potních žláz v kůži a vodivostí kůže platí přímá úměrnost. Čím více je potu, tím je kůže vodivější. Množství potu je způsobeno aktivitou sympatiku, kterou je možno ovlivnit pomocí biofeedbacku. Cílem této terapeutické hry je uklidnit pacienta, který je nervózní, úzkostlivý nebo trpí nějakou fobií. Tato metoda je často používána při měření detektorem lži. Člověk se dokáže tvářit mnoha způsoby, ale nedokáže úplně ovládat svůj duševní stav. Mění se mu kožní odpor, rychlost dýchání nebo frekvence tepu. Dalším typem využití biofeedbacku je povrchová teplota kůže. Zde je senzor umístěn na prstu horní nebo dolní končetiny a měří povrchovou teplotu kůže. Posledními typy biofeedbacku jsou různá dechová cvičení, měření elektrického odporu pokožky a rychlosti pulzních vln.[5]

1.6 Typy her

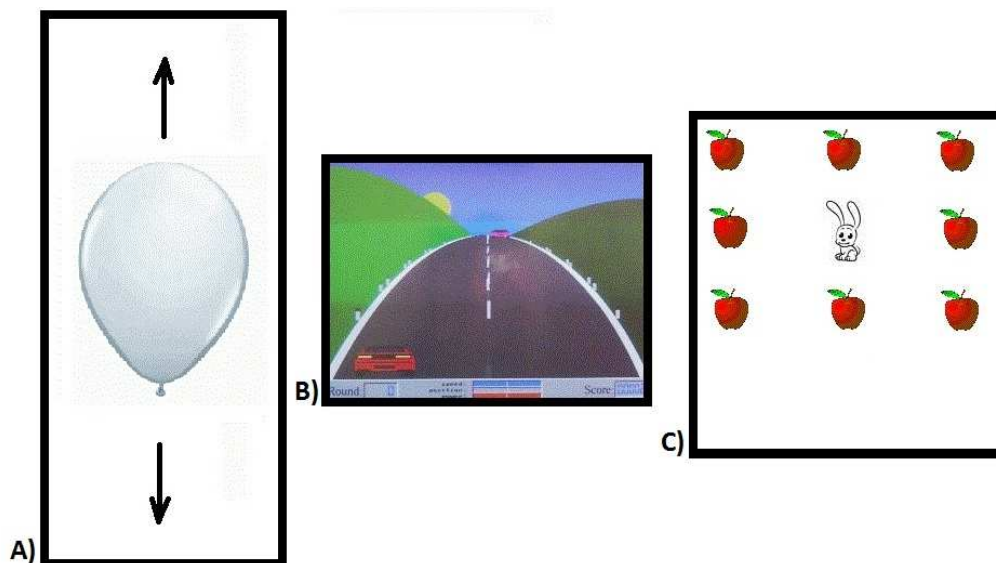
Hlavních důvodů využití terapeutických her pro léčbu je několik. Mezi ty nejdůležitější patří motivace pacienta, pro kterého je tato forma léčby zábavnější a tím se podílí na terapii. Dalším důvodem je snaha přenesení zodpovědnosti za výsledek léčby z lékaře na pacienta. Mezi výhody také patří srozumitelnější interpretace terapeutického cíle pro pacienta. Například komunikace s dítětem v pediatrii je mnohem jednodušší za pomoci terapeutické hry.

Jedním příkladem hry je snaha pacienta dostat potápěče co nejnižší pod hladinu vody tím, že se snaží uklidnit a své tělo co nejvíce uvolnit. Pro tuto hru je důležitá doba trvání signálu. Čím déle je přiváděn signál od pacienta, tím se potápěč hlouběji potápí. Tato hra se používá u hyperaktivních dětí nebo jako trénink odstřelovačů, kteří musí být v absolutním klidu.

Další hrou může být sbírání jablek pomocí nějaké postavy (viz. Obr. 1.2 C). Ochrnutý pacient, který je zajištěn na speciálním zařízení, se snaží udržovat rovnováhu. Směr chůze postavy mění pohybem do stran. Zde je podstatná změna amplitudy signálu, což je v tomto případě pohyb, který je převeden na napětí. Velikost amplitudy je pak rozhodující při zobrazování výsledku hry. V této terapeutické hře pacient vidí, že je schopen nějakého pohybu. Za prvé trénuje ochrnutou část těla a za druhé dostává větší motivace se vyléčit.

Třetí hrou může být balónek, který se pohybuje nahoru a dolů (viz. Obr. 1.2 A). Pokud pacient klidně dýchá, balónek se dostává nahoru. Naopak, když pacient začne nepravidelně a těžce dýchat, balónek padá dolů. Rozhodujícím parametrem je zde velikost napětí, které je převedeno ze senzoru snímání obvodu hrudníku.

Čtvrtou hrou je auto, které jede určitou rychlostí po silnici (viz. Obr. 1.2 B). Tato rychlost je ovládána mozkovou aktivitou pacienta. Čím je pacient uvolněnější, tím jede auto rychleji. Dále je zde ovládán směr jízdy, který je řízen také elektrickou aktivitou mozku. Pacient se soustředí na určitou stranu, tím je aktivována elektrická aktivita určité části mozku, která je snímána pomocí elektrod. Tato aktivita je vyhodnocena a pomocí programu je výsledek zobrazen v podobě změny směru jízdy auta.



Obr. 1.2: Ukázka tří her používaných u biofeedbacku (převzato z [5])

2 RESPIRACE

Respirace (dýchání, ventilace) je proces, ve kterém dochází k výměně plynů, především kyslíku a oxidu uhličitého, mezi organismem a externím prostředím. Zdrojem kyslíku je vnější prostředí, tzv. respirační medium, jímž může být vzduch (suchozemští živočichové, většina rostlin a hub) nebo voda (vodní živočichové). [4]

Místo, kde probíhá výměna plynů, je tzv. respirační povrch. Celkový respirační povrch lidských plic je přibližně 100m^2 , což odpovídá velikosti tenisového kurtu [6].

2.1 Plíce

Plíce (pneumo) jsou párový orgán, který má za úkol výměnu plynů mezi krví a vzduchem. Toto dýchání se nazývá vnější. Levá plíce je dvoualokná (horní lalok a dolní lalok) a pravá plíce trojlalokná (horní lalok, dolní lalok a střední lalok) [6]. Vdech, neboli inspirace (činnost dýchacího ústrojí), je aktivní děj. Výdech, neboli expirace, je pasivní děj. Při klidném dýchání má zdravý člověk 12-14 respiračních cyklů za minutu [6]. Objem dýchání je vyjádřen několika parametry.

Respirační (dechový) objem – je objem nádechu nebo výdechu při klidném dýchání, přibližně se rovná 0.5l .

Inspirační rezervní objem – množství vzduchu, které je možné nadechnout po normálním nádechu, tj. vdech z konečné dechové polohy, je roven 2.5 až 3l .

Expirační objem – množství vzduchu, které je možné ještě vydechnout po

normálním výdechu. Objem je 1.1l.

Reziduální objem – objem plynu, který zůstane v plicích po maximálním výdechu. Jeho hodnota je 1.2l.

Vitální kapacita plic – množství vzduchu, které může být vypuzeno z plic usilovným výdechem po maximálním nádechu. Tato hodnota je u různých lidí odlišná. Závisí na pohlaví, věku, zdravotním stavu, trénovanosti. Větší vitální kapacitu plic mají sportovci, foukači skla, trubači, zpěváci atd.

Celková kapacita – je rovna součtu vitální kapacity a reziduálního objemu.

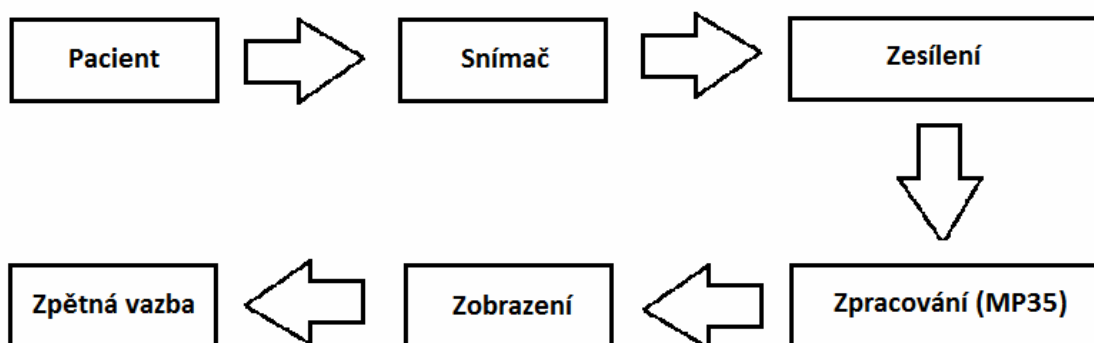
Inspirační kapacita – je rovna součtu inspiračního rezervního objemu a klidového respiračního objemu. [1]

Dýchání je rozděleno na dvě části. První je zevní dýchání, což je výměna plynů mezi atmosférou a krví. Do druhé části patří vnitřní tkáňové dýchání. Zde dochází k výměně plynů mezi krví a tkáňovými buňkami. V této části dochází také k okysličovacím pochodům uvnitř buněk. V plicích se neustále nachází 0,5 až 1l krve. V mládí má člověk plíce růžové. Postupem času plíce šednou, až na konec jsou místa, kde mají barvu úplně černou [4].

3 PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ RESPIRACE

Pro měření respiračního biofeedbacku je zapotřebí použít několik speciálních přístrojů, které umí zpracovávat biologický nebo již převedený elektrický signál. Tyto přístroje jsou vyráběny s vysokými bezpečnostními a hygienickými nároky, aby nebyly nebezpečné pro pacienta. Je zde zajištěno, aby nebyly do pacienta vyslány rušivé signály nebo signály nebezpečné pro organismus. V této terapeutické úloze je použita akviziční jednotka Biopac MP35, hrudní popruh se snímačem SSL5B a počítač pro zpracování dat.

3.1 Přehled jednotlivých prvků při měření



Obr. 3.3: Blokové schéma

3.1.1 Snímač

V první části je snímán biologický signál z pacienta pomocí elektrod, což jsou snímače, které zprostředkovávají spojení mezi vstupem přístroje a organismem. Čím přesněji je zapotřebí definovat místo snímání, tím jsou rozměry elektrod menší a požadavky na vstupní odpor zesilovače větší.

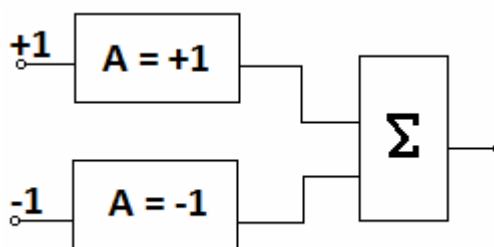
Elektrody jsou rozděleny do tří skupin:

- a) Povrchové – kovové deskové, suché
- b) Podpovrchové – jehlové elektrody vpichové, implantabilní
- c) Mikroelektrody – kapilární elektrody pro snímání z buněk, implantabilní (snímání z mozku)

Lidský organismus je vodičem druhé třídy (elektrolyt). To znamená, že vedení elektrického proudu je zprostředkováno ionty. Spojení mezi elektrodou a vstupem přístroje je provedeno vodičem první třídy (kovem), kde je vedení elektrického proudu zprostředkováno volnými elektrony. Na rozhraní elektrody a elektrolytu dochází ke změně typu elektrické vodivosti, a proto musí mít elektroda velmi dobré vlastnosti, aby nedocházelo ke znehodnocení nebo ovlivnění snímaného signálu. Elektrody jsou proto pokryty vrstvou těžko rozpustné soli, která má s elektrolytem společný aniont, a tak nedochází k polarizaci. Také je použit speciální gel, aby byla vodivost co nejlepší. Elektrody musí být pevně přichyceny kvůli zamezení pohybových artefaktů. Jsou vyrobené ze zlata, mosazi nebo nerezové oceli. Zlaté elektrody mají největší vodivost, a tak dosahují velmi dobrých vlastností.

3.1.2 Zesílení

Dále následuje zesílení biologického signálu. Používají se zesilovače pracující jako zesilovač napětí, které mají za úkol zvýšit napětíovou úroveň signálu, nebo izolační zesilovače, které oddělují zdroj signálu od dalších obvodů přístroje. Zde je použit diferenční (rozdílový) zesilovač, který se skládá z jednoho invertujícího, jednoho neinvertujícího zesilovače a ze součtového členu. Diferenční zesilovač je použit, protože jeho výstupní napětí je úměrné rozdílu napětí na jeho vstupech.



Obr. 3.4: Principiální zapojení diferenčního zesilovače

Základní funkcí zesilovače pro zesílení biologických signálů je zvětšení úrovně signálu na takovou hodnotu, aby mohl být dále zpracován v obvodech přístroje.

Požadavky na zesilovače pro biologické signály:

- a) Nesmí ovlivňovat měřený proces.
- b) Vysoký vstupní odpor (10^6 až $10^{10} \Omega$).
- c) Měnitelná hodnota napěťového zesílení (10 – 100 000).
- d) U diferenčních zesilovačů – velkou hodnotu diskriminačního činitele CMRR.
- e) Zanedbatelný unikající proud – protéká vstupním obvodem a uzavírá se do těla pacienta.
- f) Potřebný kmitočtový rozsah – dáno vlastnostmi měřeného signálu.
- g) Minimální vlastní šum.
- h) Snadná kalibrace a nastavení přesné hodnoty zesílení.

U respiračního biofeedbacku je použita akviziční jednotka Biopac MP35.

3.1.3 Zpracování

Po vhodném zesílení původního biologického signálu je možné signál dále zpracovat. Je zapotřebí odfiltrovat nevhodné složky, zvolit vzorkovací kmitočet a následně navzorkovat přijímaný signál.

3.1.4 Zobrazení

U respiračního biofeedbacku je použit pasivní zobrazovací systém, který vytváří obraz detekcí signálu.

Signál je po vhodném zpracování zobrazen pacientovi formou grafu nebo hry, jak je uvedeno v kapitole 1. Zde pacient vidí, jak se při změně určité aktivity mění prostředí, které je mu zobrazeno. Zobrazení pro pacienta musí být jednoduché a srozumitelné. Proto je často používáno dvojí zobrazení signálu. První je srozumitelné zobrazení pro pacienta, aby nemusel složitě přemýšlet nad tím, co je mu zobrazováno, a mohl se plně věnovat rehabilitaci. Druhé zobrazení může být složitější, aby terapeut mohl vidět více výsledků, jak pacient reaguje na podněty. Také terapeut může sledovat okno aplikace vyhodnocující měřený signál. Není zapotřebí, aby byla viděna okamžitá hodnota měřeného signálu.

3.1.5 Zpětná vazba

Zpětnou vazbou se rozumí reakce pacienta na zobrazovaný výsledek. Je to jeho reakce, kterou vyvolá snahou změnit sledovaný podnět. Zpětnou vazbu člověk neustále používá, aniž by si to uvědomil. Například pomocí senzorů pohybu, kam patří oči nebo tekutiny ve vnitřním uchu.

3.2 Biopac MP35

Biopac je výukové terapeutické zařízení, které slouží k snímání rozdílů elektrického potenciálu z elektrod napojených na pacienta a vedených do akviziční jednotky. Tato akviziční jednotka je plně automatická pro sběr analogových dat různého biologického charakteru (tlak, teplota, dechový výdej, EEG, EKG apod.) Data se zesílí, vyfiltrují, navzorkují, a poté jsou vyslána v analogové nebo digitální podobě do počítačové aplikace pro výuku teorie biologických signálů. Zde jsou vyhodnocována pomocí programu Biopac Student Lab Pro.



Obr. 3.5: Akviziční jednotka MP35

3.3 Hrudní popruh se snímačem SS5LB

Hrudní popruh je z nylonového pásku a je plně nastavitelný. Na sobě má snímač SS5LB, který měří obvod hrudníku na základě piezoelektrického jevu. Výstupní odpor je 5-125 k Ω . Také je možné měřit břišní obvod. Převodník představuje minimální odpor vůči pohybu pacienta a je zároveň velice nenápadný. Díky své konstrukci dokáže popruh měřit extrémně pomalé dýchání, aniž by došlo ke ztrátě signálu amplitudy. Ze snímače vede vodič, který se připojí na vstup MP3X akviziční jednotky. [9]



Obr. 3.6: Hrudní popruh se snímačem SS5LB

3.4 Další přístroje pro měření mechaniky dýchání

K přístrojům pro měření respiračních objemů také patří spirometr. Tento přístroj se skládá z pohyblivého zvonu, který je umístěn v pohyblivé komoře. Dále je tu náustek, do kterého pacient dýchá. Registrační spirometr funguje tak, že pacient dýchá a tím způsobuje pohyb zvonu. Tento pohyb je snímán na záznamový materiál. Je také možné ho převést na elektrický signál. To lze provést například pomocí víceotáčkového potenciometru. Tato metoda je poměrně zastaralá, nyní se používají novější spirometry, které měřený signál (nádech, výdech) převádějí přímo na elektrický signál pomocí senzoru tlaku.

Dalším přístrojem je pneumotachograf. V podstatě je to metoda měřící průtok na základě rozdílu tlaku mezi dvěma místy snímače. Tyto snímače mohou mít spousty podob. Jsou to například Venturiho trubice, různé typy clon nebo odpory vytvořené různými síťkami. Požadavky pro pneumotachograf jsou:

- musí pracovat pro nádech i výdech (tedy pro oba směry proudění vzduchu),
- musí mít malý dechový odpor,
- musí mít co nejmenší mrtvý prostor,
- v co největším rozsahu změn rychlosti proudění vzduchu musí zaručovat lineární převod $p - Q$. [1]

4 PROTOKOL MĚŘENÍ

V této části kapitoly bude popsáno, jak má probíhat správné měření respiračního biofeedbacku. Jsou zde uvedeny všechny podmínky, které musí pacient dodržet, aby bylo měření správné. Je velmi důležité, v jaké poloze se pacient nachází, jakým způsobem dýchá atd. Protokol měření je popsán pro použití programu Student Lab Pro, kde je připravená úloha pro měření respiračního biofeedbacku.

4.1 Snímání obvodu hrudníku

Snímání obvodu hrudníku je jednou z metod respiračního biofeedbacku. V laboratoři se dají měřit respirační cykly dvěma metodami. První funguje na principu rychlosti nádechu a výdechu, kde se dýchá přímo do dýchacího přístroje (spirometr). Druhá metoda je provedena pomocí hrudního popruhu, který snímá obvod hrudníku. Zpracovaná data a výsledné grafy respirace jsou současně zobrazeny, aby bylo možné rozhodnout, která metoda má lepší výsledek.

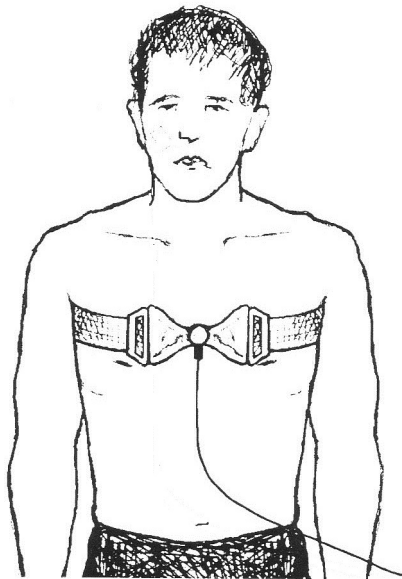
Z těchto dvou metod je vybráno snímání pomocí obvodu hrudníku. Křivka u této metody má méně zákmitů a změny nádechu a výdechu jsou patrnější.

4.2 Základní nastavení

1. Připojení jednotky MP35 k počítači.
2. Zapnutí počítače.
3. Kontrola, zda je jednotka MP35 vypnuta.
4. Připojení snímače SS5LB-CH1.
5. Zapnutí jednotky MP35.
6. Spuštění programu Start Biopac Student Lab.
7. Výběr lekce 8.

Připojení jednotky MP35 je provedeno přes USB vodič. Ten je potřeba zapojit do správného USB vstupu na počítači, kde je již nainstalována jednotka MP35. V ostatních vstupech je připojení bez instalace nefunkční.

V dalším bodu měření je připojen hrudní popruh SS5LB na hrudník. Ten je připevněn při maximálním výdechu tak, aby držel na pacientovi, ale zároveň nesmí být příliš upnutý, aby se senzor mohl pohybovat.



Obr. 4.7: Připevněný popruh pro měření obvodu hrudníku (převzato z [10])

4.3 Kalibrace

Kalibrace je nastavení vnitřních parametrů, aby měření probíhalo správně. Do kalibrace patří například nastavení měřítka, zisku nebo offsetu. Tato část je velmi důležitá proto, aby celkový výsledek byl přesný a správný.

Postup kalibrace:

1. Pacient sedí v klidu a volně dýchá.
2. Kliknout na Calibrate.
3. Dvě sekundy čekat, poté je hluboký nádech a následuje hluboký výdech.
4. Kalibrace se sama zastaví.
5. Kontrola změřených hodnot s teoretickými hodnotami

4.4 Vlastní měření

V této části je vysvětlena hlavní část měření respiračního biofeedbacku. Na jednom kanálu na akviziční jednotce se nahrává proudění vzduchu.

Při měření je důležité měřit přesně podle postupu. Pokud se pacient v nějaké části měření začne cítit špatně, je potřeba přerušit měření a nechat pacienta se uvolnit. Vedoucí měření kontroluje pacienta, zda správně dýchá a zda se necítí špatně.

Postup měření:

1. Pacient sedí v klidu a volně dýchá.
2. Kliknout na tlačítko Rekord a čekat 30s.
3. Kliknout na Suspend.
4. Kontrola a porovnání výsledku.

Jestliže zobrazený průběh odpovídá teoretické hodnotě, přejde se k dalšímu bodu měření. Pokud hodnoty neodpovídají předpokládanému výsledku, je zapotřebí zkontrolovat, zda nebylo tlačítko spuštěno předčasně. Následně se opakuje měření od bodu 1.

5. Kliknout na tlačítko Done.
6. Odstranění snímačů z pacienta.
7. Konec měření.

Při měření je možné používat horizontální posuvník pro zobrazení různých částí datového segmentu. Pokud se v nějakém bodě měření opakuje, automaticky jsou původní data smazána a přepsána novými daty. Po celém měření jsou data analyzována. Zobrazí se čtyři boxy a na každém z nich je zobrazeno číslo kanálu, typ měření a výsledek měření.

5 LABVIEW A ZÁKLADNÍ ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU

V této kapitole je popsán program LabView 2010 od firmy National Instruments a základní zpracování snímaného signálu v tomto programu.

5.1 Historie LabView

Vývoj programovacího prostředí LabView odstartoval v roce 1983 uvedením desky pro rozhraní GPIB z produkce firmy National Instruments. Za zakladatele LabView je považován Jeffrey Kodosky, který započal vývoj grafického vývojového nástroje dovedeného postupně k vysoké míře dokonalosti právě u systému LabView. Výchozím předpokladem byla představa, aby technik, který je schopen zapsat své poznatky a požadavky do blokového diagramu, mohl intuitivně zapsat podobně i program. Takto vzniklo vývojové prostředí, které místo klasického textového programování umožňuje tvořit programy v grafické interpretaci, intuitivně, které lze vzájemně spojovat s virtuálními vodiči a výsledky pak vykreslovat např. do grafů. [8]

5.2 LabView

Programovací a vývojové prostředí LabView (z anglického překladu Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) neboli laboratorní pracoviště virtuálních přístrojů je produktem americké firmy National Instruments, jak je již zmíněno v úvodní části. Jedná se tedy o programování pomocí blokových schémat, které má zajistit rychlejší a snazší dosažení výsledku při tvorbě programu. Jde o grafický programovací jazyk, ve kterém se technik orientuje lépe, než u dlouhých programovacích kódů. Další výhodou tohoto vývojového prostředí je téměř plně automatizovaná komunikace s většinou počítačových karet a také zpracování dat v reálném čase.

5.3 Funkční bloky

Program pro zpracování zvukového signálu, který je vyslán z akviziční jednotky, obsahuje 5 funkčních bloků. Hlavní části blokového schématu jsou vybrány z této palety funkcí: Functions > Graphics & Sound > Sound > Input. Zde se nacházejí funkce pro načtení zvukového signálu ze zvukové karty. Jedná se o bloky Sound Input configure, Sound Input Read a Sound Input Clear.

Sound Input configure – nastavení vstupu zvuku (viz Obr. 5.1)

Sound Input Read – načtení zvuku ze zvukové karty (viz Obr. 5.2)

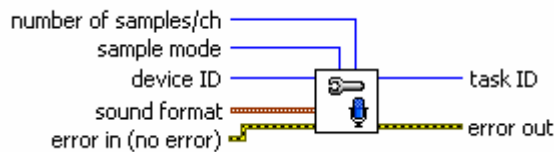
Sound Input Clear – smazání kanálu (viz Obr. 5.3)

5.3.1 Nastavení zvuku

K tomuto bloku jsou připojeny číselné palety pro nastavení konkrétního zpracování zvukového signálu. Je zde použita číselná paleta nastavující počet vzorků ve vyrovnávací paměti. Pro běh programu v reálném čase je vhodné mít nastavené vysoké číslo jako například 10 000. Pokud by bylo zapotřebí méně zabírat paměť, tak se použije nižší číslo.

Dále je použita paleta pro nastavení vstupního nebo výstupního zařízení, aby program správně fungoval. Zde se volí hodnota od 0 do n-1, kde n je počet vstupních nebo výstupních zařízení v počítači. V tomto programu je zvolena hodnota 0.

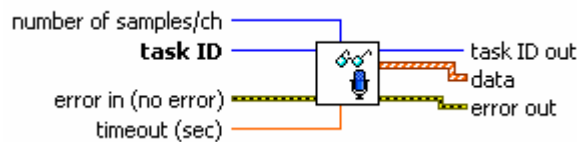
Třetí paletou v programu je Zvukový formát, kde se nastavují tři hodnoty. První je nastavení vzorkovací frekvence (Sample rate). Zde je vhodné podle návodu nastavit jednu ze tří hodnot (44.100 S / s, 22.050 S / s, a 11.025 S / s). Byla vybrána hodnota 22.050 S/s. Druhou číselnou paletou se nastavuje počet kanálů (number of channels). Tato hodnota záleží na zvukové kartě, kolik kanálů umí přijímat. Nejčastěji je to jeden kanál, který představuje mono signál, nebo dva kanály, které představují stereo signál. U této aplikace je použit jeden kanál pro mono signál. Třetí číselnou paletou se nastavuje počet bitů na vzorek, který určuje kvalitu každého vzorku v bitech. Používají se hodnoty 8bitů nebo 16bitů. Pro tuto aplikaci je použito 16bitů.



Obr. 5.8 Nastavení vstupu zvuku

5.3.2 Načtení zvuku ze zvukové karty

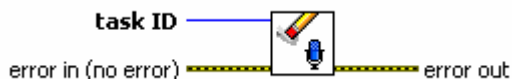
Tento blok provádí načtení zvuku ze zvukové karty. Je zde připojen blok s nastavením zvuku, mazáním zvukového kanálu a blok s pásmovou propustí.



Obr. 5.9 Načtení signálu ze zvukové karty

5.3.3 Smazání kanálu

Tento prvek je nutný pro správné fungování programu s načítáním zvukového signálu. Nejprve je zastaven sběr dat, dále je vymazán buffer a poté se vrátí úkol do výchozího stavu.



Obr. 5.10 Smazání signálu

5.3.4 Ostatní funkční bloky

Pro úpravu zvukového signálu je vybrána pásmová propust, která je nastavena tak, aby propustila jen frekvence, které jsou užitečné pro zobrazení. Takto jsou potlačeny ostatní rušivé signály, které jsou nepodstatné pro měření. Nastavuje se zde dolní a horní mezní frekvence. Řádově se tato hodnota pohybuje v jednotkách Hz. U tohoto programu je použita frekvence pásmové propusti 0,5Hz - 10Hz.

Jako posledním blok je použit Graph z palety Controls > Graph indicators > Graph. Tento typ grafického zobrazovače je určen pro zobrazení obsahu jednoho nebo více datových polí v ose y v konstantních intervalech na časové ose x. Blok představuje 2D pole.

6 PRAKTICKÉ ŘEŠENÍ RESPIRAČNÍHO BIOFEEDBACKU

V této kapitole je popsáno konkrétní řešení využití zpětné biologické vazby pomocí her. Kapitola je rozdělena na dvě části, na hardwarové a softwarové řešení biofeedbacku. V hardwarové části jsou popsány jednotlivé přístroje a příslušenství, která jsou zapotřebí pro měření respiračního biofeedbacku. Jednotlivé přístroje musí mít také svoji softwarovou část, kde je jejich nastavení a o tom pojednává druhá část této kapitoly.

6.1 Hardwarová část

K použití biofeedbackové hry je zapotřebí jak softwarová, tak i hardwarová část. V softwarové části se již změřený a částečně upravený signál upravuje do ideální podoby, aby bylo možné tento signál použít pro ovládání terapeutické hry. Do hardwarové části patří několik dílčích prvků, které musejí mít vlastní napájení a správné nainstalování softwaru pro jejich funkčnost. Tato práce v hardwarové části se zabývá pouze zprovozněním jednotlivých prvků, jako je akviziční jednotka Biopack a měřicí

karta NI USB-6221, a nainstalováním jejich ovladačů. Všechny přístroje pro měření této úlohy jsou použity ze školních laboratoří. Přístroje pro měření biologických signálů jsou od firmy Biopac Systems, Inc. Tato firma dodává jak hardwarové součásti, do kterých jsou zahrnovány veškeré přístroje, součástky a příslušenství pro měření biologických signálů, tak i softwarové části, kam patří veškeré programy pro ovládání jednotlivých přístrojů, karet a také programy pro měření konkrétních laboratorních úloh.

Jako první přístroj pro měření respirace je použita akviziční jednotka MP35 s hrudním popruhem a snímačem SS5LB, jak je již popsáno v předchozích kapitolách. Tato jednotka musí mít nainstalovaný software pro její funkčnost. Jedná se o program Biopac Student Lab Pro. Akviziční jednotka má vlastní napájení přes síťový zdroj. Výstup z této jednotky může být ve formě digitálního nebo analogového signálu. Pro toto měření je použit analogový výstup, kde je signál ve formě zvuku. Konektor je zobrazen na obrázku 6.11. Pro účel tohoto měření je využit pouze pin číslo 1 a pin číslo 3 výstupního portu. Na předním panelu akviziční jednotky MP35 se nacházejí čtyři 9-ti pinové DSUB analogové vstupní porty CH1 až CH4. V této úloze je využit port číslo CH3, do kterého je přiváděn biologický signál z hrudního popruhu.



Obr. 6.11 Analogový výstup Biopacku (převzato z [9])

Signál je možno přijímat z akviziční jednotky dvojím způsobem.

U prvního způsobu měření je analogový signál přijímán zvukovou kartou přes mikrofonní vstup. Tato metoda zpracování v programu LabView není použita, protože zvuková karta neumí přijímat stejnosměrnou složku signálu nutnou pro správné vyhodnocení respirační křivky.

Jako druhý způsob (v této práci použito) je využití univerzální měřicí karty NI USB-6221, která převádí analogové signály do digitální podoby. Tyto signály jsou odesílány přes USB sběrnici do osobního počítače. Karta má vlastní napájení přes síťový zdroj. Zařízení obsahuje 16 analogových vstupů, dva výstupy, 24 vstup/výstupních digitálních kanálů a dva čítače/časovače. A/D převodník v této kartě je 16-ti bitový, velikost vyrovnávací paměti je 4095 vzorků a vstupní impedance je větší než $10G\Omega$ paralelně při 100pF. [9] Měřicí karta má také svůj vlastní software, který musí být správně nainstalován, aby se karta mohla využívat. LabView 8.6 obsahuje software pro tuto kartu v základní instalaci. Verze LabView 2010 ovládání pro tuto kartu neobsahuje a musí se instalovat zvlášť.

Poslední hardwarovou částí je osobní počítač, na kterém jsou nainstalovány veškeré ovládací prvky a programy pro funkci celého biofeedbacku. Je možné využít dva monitory, kde na prvním z nich je nastavení respiračního biofeedbacku a zobrazení

všech potřebných parametrů pro terapeuta, na druhém se zobrazuje pouze terapeutická hra pro pacienta.

Z hardwarové části je to vše, co je zapotřebí pro měření tohoto respiračního biofeedbacku. Je velice důležité všechny přístroje propojit správně mezi sebou a až poté zapojit napájení a spustit programy pro ovládání. Při obráceném postupu hrozí zničení ochranné pojistky, kterou tato akviziční jednotka má. Jelikož se pracuje s biologickými signály, na prvním místě je bezpečnost. Proto jsou všechny ochranné prvky velice citlivé na jakýkoliv zkrat nebo přepětí.

6.2 Softwarová část

Důležitou částí celého respiračního biofeedbacku je jeho softwarová část. Je zapotřebí mít nainstalované všechny ovladače a programy pro funkci jednotlivých hardwarových zařízení. Také musí být nainstalován program LabView, v kterém je naprogramováno základní zpracování změřeného biologického signálu a poté převedení tohoto signálu do vhodné formy pro zobrazení terapeutické hry. Programovací prostředí obsahuje jednotlivé bloky pro ovladače a načítání signálů z různých měřících karet. Zde je využit ovladač NI-DAQmx, který není součástí základních bloků LabView 2010, proto se musí zvlášť doinstalovat. Tento ovladač umožňuje načtení biologického signálu z měřící karty NI USB-6221. Výstup signálů z bloku NI-DAQmx je ve formě Waveform, což je typ signálů, který je zpracováván v celém programu LabView. Také pro tento typ signálu jsou v programovacím prostředí jednotlivé bloky, které umí s tímto signálem pracovat a různě jej upravovat.

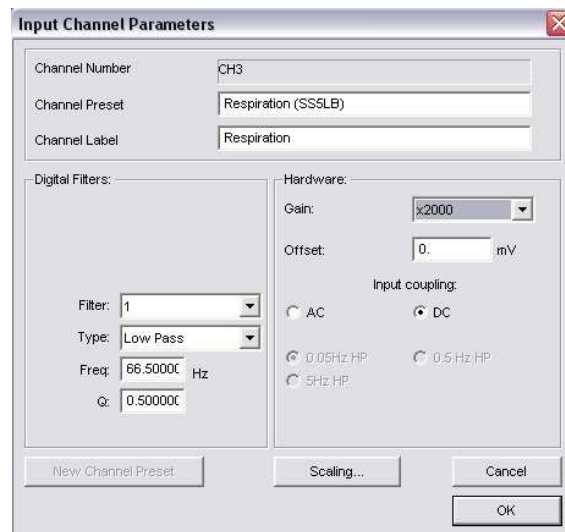
V další části této kapitoly jsou popsány další dvě softwarové části, bez kterých by nebylo možné měřit tuto úlohu pro respirační biofeedback. Jedná se o program Biopac Student Lab Pro, který umožňuje komunikaci s akviziční jednotkou MP35, dále se jedná o ovladače nutné pro funkci měřící karty NI USB-6221.

6.2.1 Biopac Student Lab Pro

Prvním úkolem je nainstalovat jednotlivé ovladače pro akviziční jednotku, která provádí základní zpracování biologického signálu. Akviziční jednotka využívá program Biopac Student Lab Pro. Tento program zajišťuje základní nastavení akviziční jednotky, jako jsou například nastavení vstupů, zesílení signálu, AC/DC složka, čas měření apod. Program se skládá ze dvou dílčích částí. V první z nich je software, kde jsou již nastaveny určité parametry pro měření jednotlivých signálů. Tento program se dá využít k jednoduchému měření biologických signálů. Jsou zde laboratorní úlohy, kde si studenti mohou vyzkoušet měřit jednotlivé signály a zobrazit jejich průběhy.

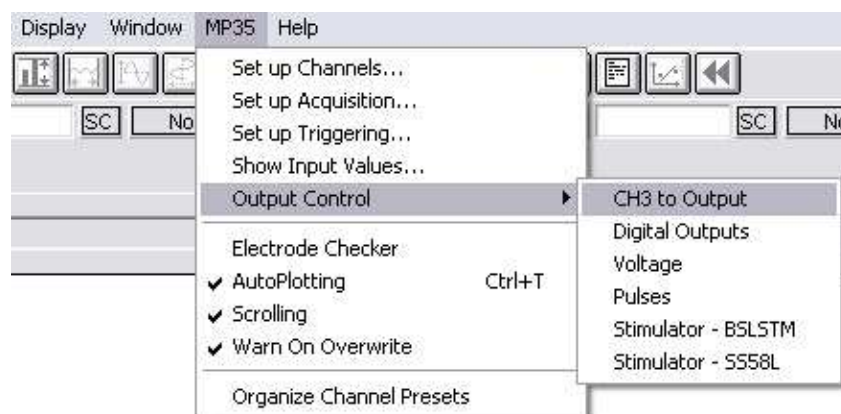
V této práci je použita druhá část programu, kde se parametry nastavují samostatně. Není zde předdefinovaná žádná úloha pro měření, což umožňuje větší možnost nastavení parametrů pro další zpracování signálů v LabView. V programu Biopac Student Lab Pro se nastavují hodnoty, které jsou ideální pro respirační biofeedback. Jedná se o následující postup, kde je v bodech popsáno, jak má probíhat zapnutí a nastavení základních parametrů, které jsou ideální pro další zpracování signálu v programovacím prostředí LabView.

1. Zapnout jednotku MP35 a vyčkat, dokud nezhasne LED dioda Busy.
2. Spustit program Biopac Student Lab Pro.
3. Kliknout na MP35 a vybrat Set up Channels.
4. Zaškrtnout pouze CH3.
5. Kliknout na šipku a vybrat „Respiration (SS5LB)“.
6. Kliknout na klíč a otevře se okno Input channel Parameters.
7. Nastavení: Gain = x2000, Offset = 0, Input Coupling = DC, Filter = 1, Type = Low Pass, Freq = 66,5Hz, Q = 0,5.



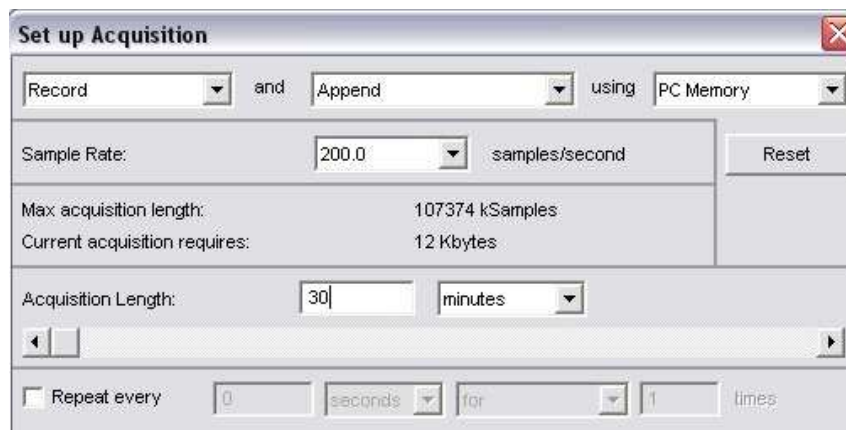
Obr. 6.12 Nastavení vstupních parametrů programu Student Lab Pro

8. Potvrdit a zavřít Set up Channels.
9. Kliknout na MP3 a dále na Output Control a označit CH3 to Output.



Obr. 6.13 Nastavení výstupního portu akviziční jednotky MP35

10. Kliknout na Set up Acquisition, nastavit čas minimálně na 15min a potvrdit.



Obr. 6.14 Nastavení doby průběhu snímání biologického signálu

11. Zapnout ON a vpravo dole zapnout start.



Obr. 6.15 Spínač výstupu

Po provedení tohoto nastavení je možné vidět přijímaný respirační signál, který podle změny obvodu hrudníku zobrazuje změnu amplitudy v čase. Při tomto konkrétním nastavení se amplituda pohybuje v hodnotách od -1V do 1V. Program také umožňuje nastavit různé způsoby zobrazení a měřit více signálů najednou.

6.2.2 Ovladače pro kartu NI USB-6221

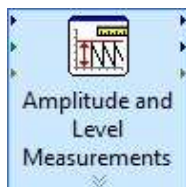
Další důležitou částí je zprovoznění měřicí karty. Jedná se o univerzální měřicí kartu, která komunikuje s osobním počítačem přes USB sběrnici. Ovladače pro tuto kartu jsou buď součástí některých verzí LabView, nebo je zapotřebí tyto ovladače stáhnout a nainstalovat zvlášť. Ovladače se dají legálně stáhnout na stránkách <http://zone.ni.com>, což jsou internetové stránky společnosti National Instruments.

7 TERAPEUTICKÉ HRY

Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvořit terapeutické hry, které jsou ovládány dýcháním. V programovacím prostředí LabView jsou vytvořeny čtyři hry fungující na třech principech. Jde o zobrazení míčku, který kopíruje trajektorii amplitudy respirační křivky, terapeutický trénink co největšího nádechu a poslední dvě hry vyhodnocující rychlost dýchání se zobrazením kladného nebo záporného obrázku.

Při měření respirace se vyhodnocují dva parametry. Jedná se o měření amplitudy a frekvence. Amplituda je měřena pomocí bloku „Amplitude and Level Measurements“, který tento parametr umí změřit. S frekvencí je to obtížnější, jelikož kmitočet je velice

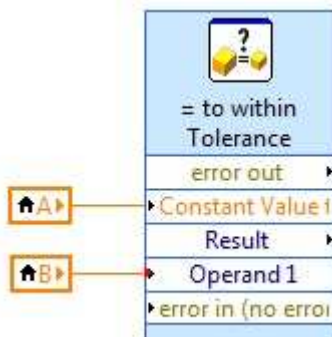
malý a žádný blok takhle malou frekvenci neumí změřit. Proto je měřena amplituda A v určitém čase t_0 , poté je měřena amplituda B v čase t_1 . Tyto dva parametry jsou porovnány a tím se zjistí správná doba jednoho nádechu. Nejedná se o přesné změření frekvence, ale pouze o porovnání doby jednoho měřeného nádechu s dobou správného nádechu.



Obr. 7.16 Blok pro měření amplitudy

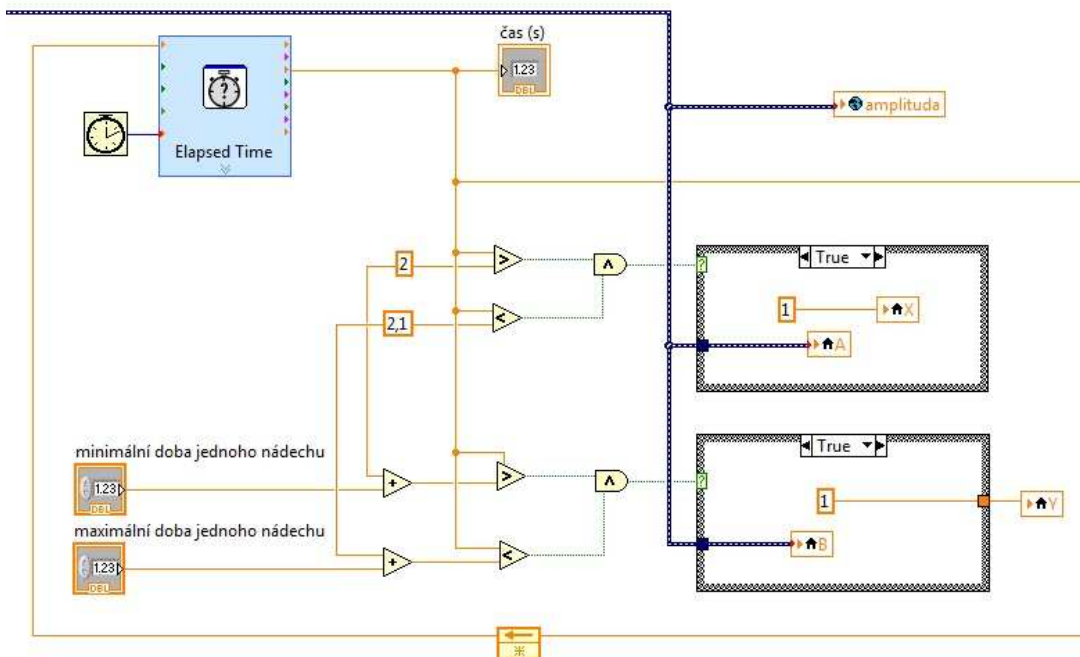
V jedné proměnné je uložena první hodnota amplitudy, poté je měřena doba, která se nastaví pro správný čas jednoho nádechu, dále je změřena druhá amplituda. Pokud se tyto hodnoty sobě rovnají, pacient dýchá správně. Tímto se vyhodnotí kladný signál pro správný průběh hry. Terapeut musí posoudit, zda pacient nedýchá dvojnásobnou, respektive vícenásobnou rychlostí (v tom případě i při vyhodnocení shodné amplitudy pacient dýchá nesprávně).

Tolerance pro porovnávání dvou amplitud je zvolena $\pm 1V$. Hodnota je odvozena z konkrétního měření.



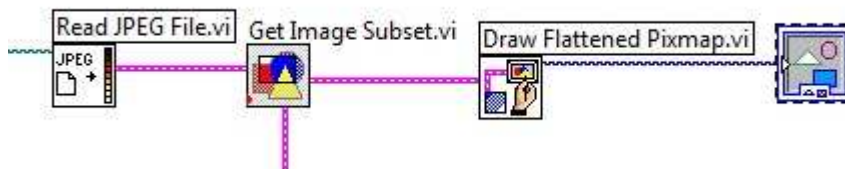
Obr. 7.17 Blok pro porovnání dvou amplitud

Na obrázku 7.18 je vytvořeno postupné uložení první a druhé amplitudy s časovým odstupem správného nádechu. Je zde použit blok „Elapsed Time“, který měří čas a je nulován po porovnání a vyhodnocení obou změřených amplitud. Hodnoty se ukládají do lokálních proměnných. Jsou uloženy při hodnotě „True“ v jednotlivých strukturách. Hodnota minimální a maximální doby jednoho nádechu se nastavuje v hlavním programu. Tyto hodnoty se přepočítávají z počtu nádechů za jednu minutu, což je parametr, který je důležitý pro terapeuta. Jednotlivé hodnoty jsou popsány v následující podkapitole. Amplituda, která se ukládá do lokálních proměnných, je ve formě Waveform. Hodnota je také uložena do globální proměnné, která je využita v další části programu, kde je zobrazována terapeutická hra pacientovi.



Obr. 7.18 Uložení amplitudy ve dvou časech

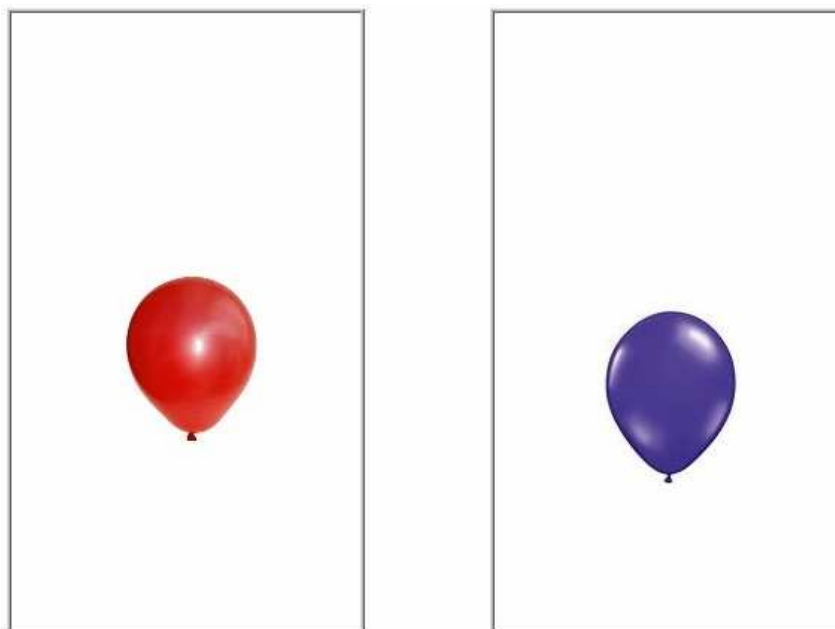
V dalších podkapitolách jsou popsány jednotlivé hry, jak fungují a které parametry jsou pro ně důležité. Všechny tyto hry jsou zobrazovány pomocí grafického bloku, který načítá obrázek a mění jeho souřadnice. Tímto se obrázek pohybuje a je možné ho ovládat.



Obr. 7.19 Bloky pro zobrazení obrázku

7.1 Balónky

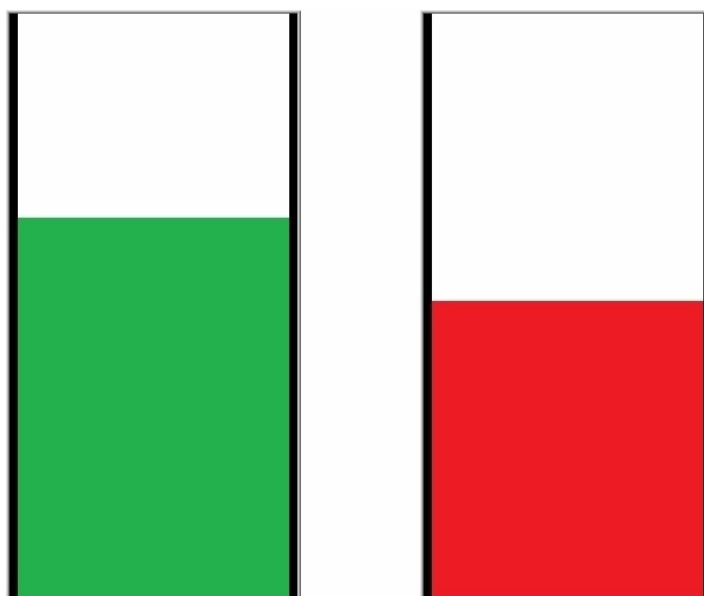
První terapeutickou hrou jsou dva balónky. Oba se pohybují nahoru a dolů rychlostí dýchání. První balónek (červený) zobrazuje konkrétní nádech a výdech pacienta. Druhý balónek (modrý) je simulací správné rychlosti dýchání. Pacient se snaží, aby se oba balónky pohybovaly stejně. U simulace se nastavuje počet nádechů za minutu, což je jeden z nejdůležitějších parametrů pro správné dýchání. Novorozenec by měl mít dech 55x/min., pro kojence je správný dech 20x/min., desetileté dítě dýchá 20x/min. a dospělý člověk dýchá nejpomaleji, jeho hodnoty jsou 14 - 18x za minutu. Dech vyjadřuje nádech a výdech dohromady. Touto hrou pacient trénuje jak rychlost dýchání, tak i objem nádechu a výdechu.



Obr. 7.20 Balónky

7.2 Nádoba

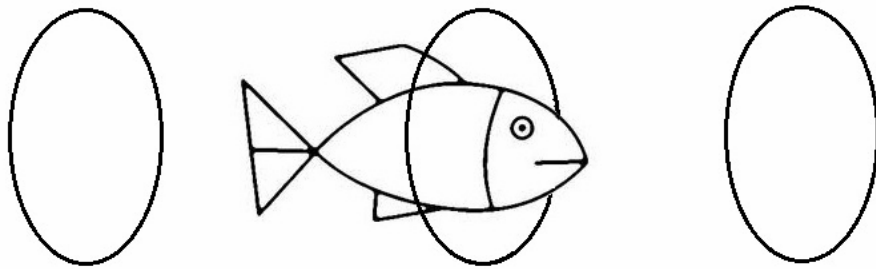
V této terapeutické hře je trénován co největší nádech. Hra funguje na principu měření amplitudy respirační křivky. Čím je nádech větší, tím více se nádoba naplní. Jde o to, aby se pacient co nejvíce nadechl a dosáhl prahové hodnoty největšího nádechu. Tato prahová hodnota se nastavuje v základním nastavení v terapeutickém programu. Pokud ji pacient překročí, nádoba změní barvu z červené na zelenou. Tímto se pacient učí co nejvíce roztáhnout plíce a zvětšit objem nádechu. Parametr pro toto měření je opět amplituda. Rozdíl oproti předchozí hře je v tom, že je zde trénován pouze nádech a není vyhodnocována frekvence dýchání. Terapeut může v průběhu hry měnit prahovou hodnotu nádechu.



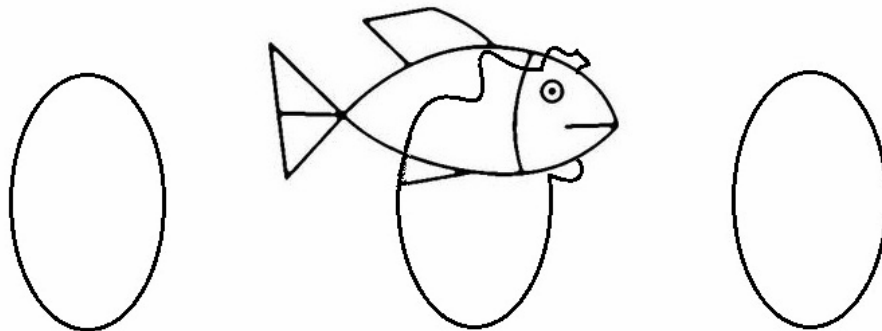
Obr. 7.21 Správný a špatný nádech

7.3 Ryba

Třetí hrou je ryba, která je při správné rychlosti dýchání v poloze přímo proti obručím. Jde o to, aby mohla teoreticky proplout těmito obručemi. Pokud je rychlost dýchání mimo nastavené rozmezí doby jednoho nádechu, ryba narazí do obruče. Zde je použita metoda měření frekvence přes porovnávání dvou amplitud za určitou dobu. Způsob této metody je popsán v předchozích kapitolách.



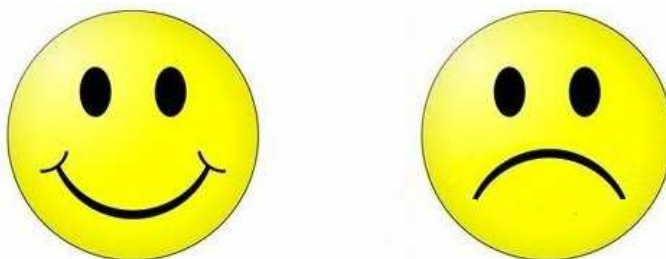
Obr. 7.22 Ryba při správném dýchání



Obr. 7.23 Ryba při špatném dýchání

7.4 Smajlík

Poslední hrou je zobrazení usmívajícího nebo mračícího se smajlíka. Tato hra funguje stejně jako hra s rybou. Opět se jedná o měření správné rychlosti dýchání. Princip je stejný jako u předchozí hry, jen pro zobrazení je použit jiný obrázek. Pacient opět trénuje dostatečný nádech a jeho správnou rychlost. V hlavním programu se nastavuje maximální a minimální doba jednoho nádechu, kterou je možné spočítat z počtu nádechů za minutu. Tyto hodnoty pro jednotlivé věkové kategorie jsou uvedeny v terapeutické hře s balónky.

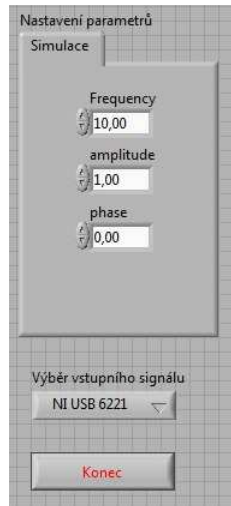


Obr. 7.24 Správné a špatné dýchání – Smajlík

8 PROGRAM V LABVIEW A JEHO FUNKČNÍ BLOKY

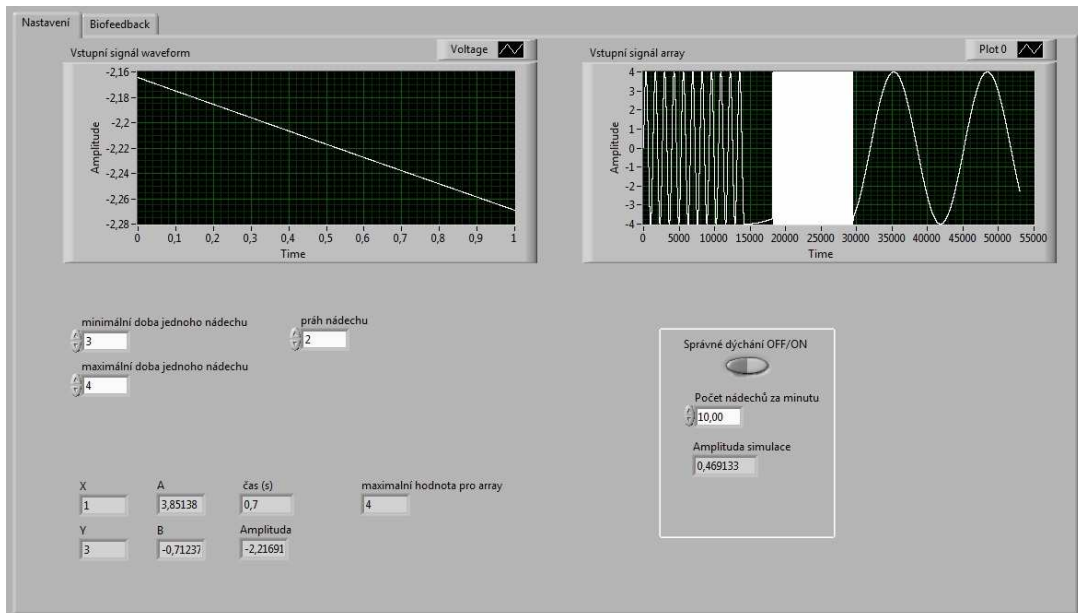
8.1 Čelní panel

Hlavní program obsahuje výběr mezi načtením signálu pomocí karty NI USB-6221 a spuštěním simulace. Dále obsahuje tlačítko pro ukončení celého programu a nastavení simulace, kde je možné nastavit frekvenci, amplitudu a fázi této simulace.



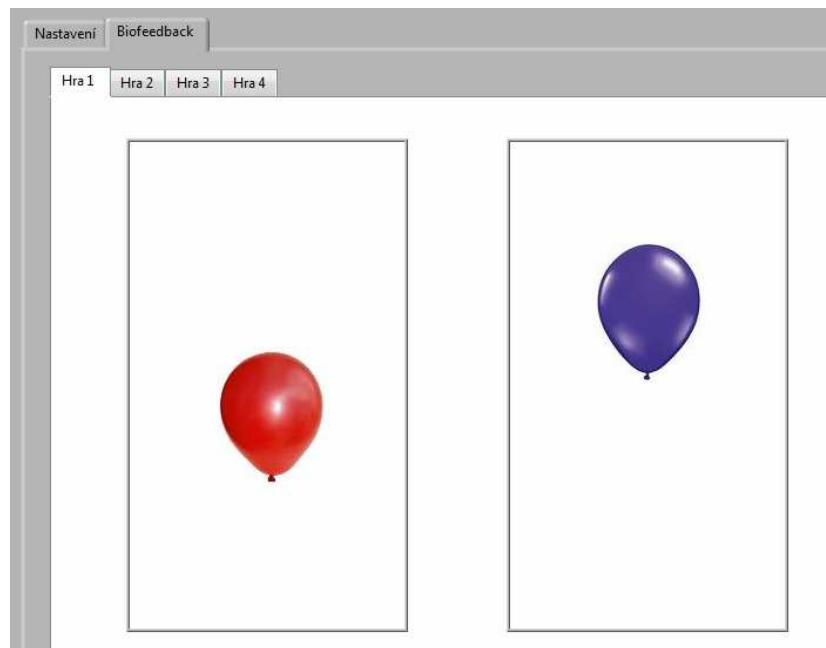
Obr. 8.25 Nastavení parametrů vstupní simulace a výběr vstupního signálu

Čtvrtou hlavní částí celého programu je nastavení konkrétních prahových hodnot pro dýchání a zobrazení biofeedbacku. V prvním bloku pod názvem „Nastavení“ je možné nastavit minimální a maximální dobu jednoho nádechu a prahovou hodnotu maximálního objemu nádechu. Doba nádechu se nastavuje v sekundách, prahová hodnota objemu je nastavována ve voltech, jelikož se měří objem jako velikost amplitudy. Dále se zde nachází tlačítko pro vypnutí a zapnutí simulace správného dýchání, která je použita u hry s balónky. V tomto poli se také pro simulaci nastavuje počet nádechů za minutu. Dále jsou zde dva zobrazovače křivky dýchání. První zobrazovač ukazuje signál v podobě waveform, druhý v podobě array.



Obr. 8.26 Čelní panel

V ikoně pod názvem „Biofeedback“ se nachází zobrazení jednotlivých her, které vidí pacient na svém programu pro zobrazení terapeutických her. Zde si terapeut může vybrat jednu ze čtyř her, ve kterých je možné trénovat správné dýchání. Jedná se o hry: Balónky, Nádoba, Ryba a Smajlík. Tyto hry jsou podrobně popsány v kapitolách 7.1 až 7.4.



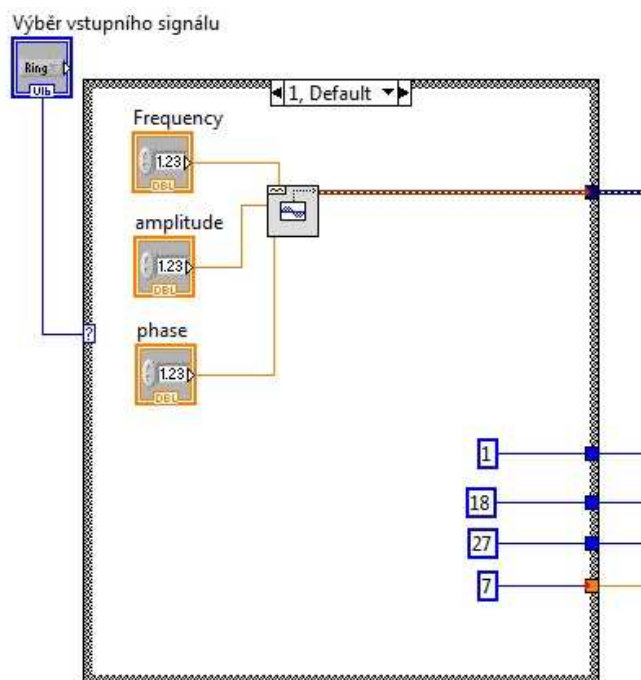
Obr. 8.27 Terapeutická hra

8.2 Blokový diagram

Celý terapeutický program se skládá ze tří programů. V první části je hlavní program, kde je hlavní nastavení a zároveň i zobrazení hry pro terapeuta. Druhou část tvoří pouze zobrazení her pro pacienta, aby se na hru mohl soustředit na svém monitoru a neměl tam jiné rušící prvky. Poslední částí jsou globální proměnné, skrze které je možné ovládat z hlavního programu hry zobrazující se na pacientově monitoru.

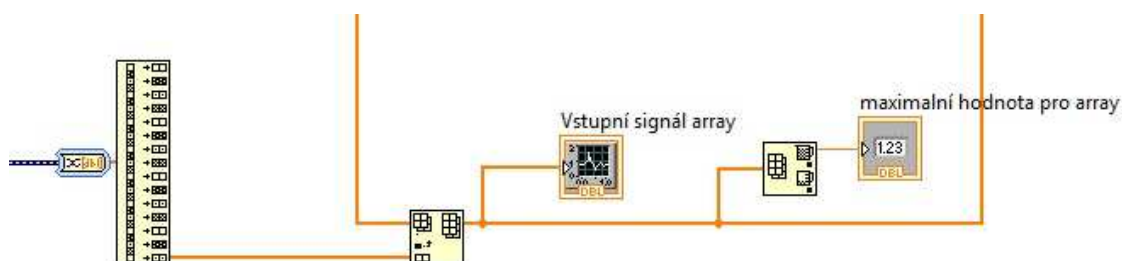
Hlavní program se skládá z načtení signálů, což je buď přes kartu NI USB-6221, nebo spuštění simulace, z bloku pro měření amplitudy, z několika bloků pro měření intervalu dvou nádechů a z grafického zobrazení her. Grafické zobrazení her se také nachází v programu pro zobrazení hry pacientovi. Zde se parametry přenášejí přes globální proměnné.

První blok je tvořen strukturou Case, kde je vybíráno mezi simulací nebo načtením přes kartu NI USB-6221. Signál z obou bloků je ve formě Waveform, který je poté zobrazen v grafickém indikátoru a následně zpracováván.



Obr. 8.28 Simulace dýchání

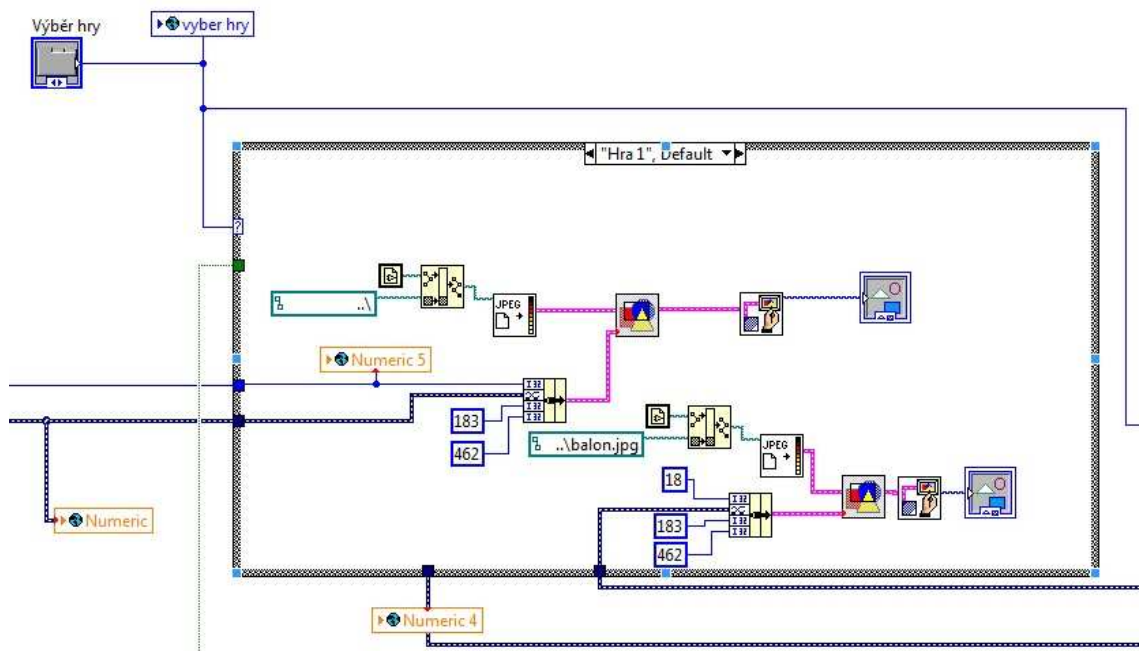
Další částí programu je převedení signálu z podoby Waveform do formy Array a v tomto místě je signál pouze zobrazen, jelikož v této podobě je lépe zřetelný signál pro zobrazení. Jinak v celém programu se zpracovává načtený signál v podobě Waveform.



Obr. 8.29 Zobrazení signálu v podobě Array

Signál je načten a zobrazen pro lepší přehled terapeuta. Poté se měří amplituda, ke které je přičtena konstanta a je vynásobena pro vhodnou velikost. Tento signál musí mít ideální hodnotu pro dané hry. Proto je konstanta vypočtena podle toho, jaká je potřeba pozice obrázku v terapeutické hře.

Čtvrtou částí programu jsou bloky, které pracují s obrázkem. Načítají ho z konkrétního uloženého místa v počítači, nastaví mu správnou polohu a zobrazí ho v grafickém zobrazovači. V těchto blocích je možné nastavit typ obrázků (JPG, IMG, ...), který je možné načíst.

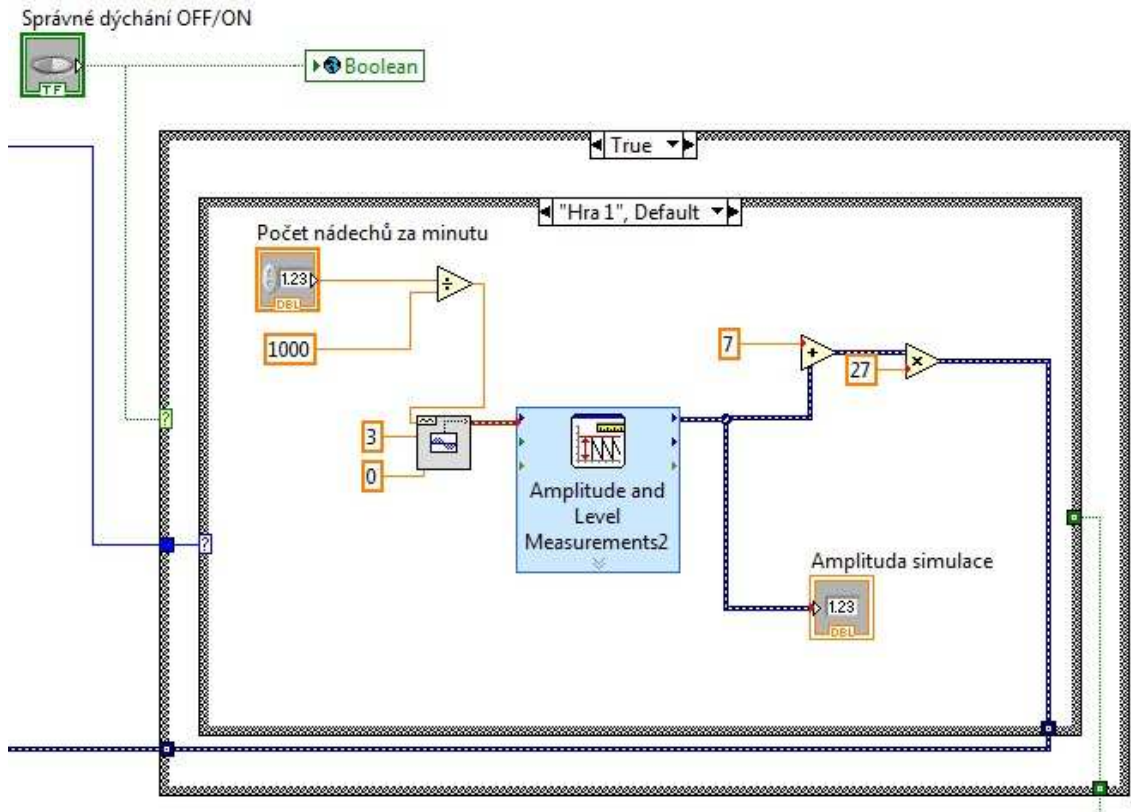


Obr. 8.30 Ukázka funkčních bloků první hry

Důležité bloky jsou také pro měření amplitudy a pro vyhodnocení doby jednoho nádechu, jak je již popsáno v předchozí kapitole.

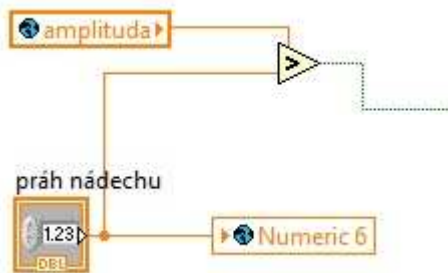
V podprogramu pro zobrazení hry pacientovi jsou použity stejné bloky jako u zobrazení hry terapeutovi.

Jednou z částí celého programu je také simulace správné rychlosti dýchání. Zde je generována sinusovka o frekvenci, která odpovídá správnému počtu nádechů za jednu minutu. Tato simulace se používá při terapeutické hře Balónky. Blokové diagramy jsou v podmínce Case, která je spuštěna při výběru první hry. Simulace správné rychlosti dýchání se dá vypnout pomocí tlačítka „Správné dýchání OFF/ON“. Tím pádem je možné trénovat pouze dýchání bez použití simulace. Pacient se snaží ovládat balónek a lítat s ním nahoru a dolů. Poté je možné trénovat tuto hru se spuštěnou správnou simulací, kde se pacient snaží napodobit stejný pohyb balónek.



Obr. 8.31 Simulace správného dýchání

Dále je tu druhá podmínka Case, kde se vybírají doplňující funkce pro jednotlivé hry. První hra obsahuje simulaci správného dýchání. Druhá hra, Nádoba, obsahuje podmínku pro největší nádech. V tomto místě je pouze blok pro porovnání velikosti amplitudy s velikostí nastaveného maximálního prahu nádechu.



Obr. 8.32 Porovnání prahové hodnoty nádechu

9 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce je rozebrání problematiky biologické zpětné vazby pro snímání dechové křivky pomocí snímače obvodu hrudníku. Probrány jsou základní typy biologických signálů a jejich použití při biofeedbacku. V úvodu práce jsou rozebrány nejčastěji používané typy biofeedbacku a hry, které se pro tuto terapeutickou léčbu používají. V další části jsou popsány přístroje, které se pro biologické signály používají, jsou zde také uvedeny jejich hlavní parametry. Na tyto přístroje jsou kladeny velké nároky, aby nebyly nebezpečné pro pacienta a fungovaly velice přesně. Ve třetí části práce je rozebrán protokol měření, jak by měla správně probíhat úloha pro měření respiračního biofeedbacku. Zde jsou popsány konkrétní body a postup měření.

Další částí je popsání jednoduchého načtení zvukového signálu přes zvukovou kartu. Tato metoda měla být použita jako jedna ze dvou pro načítání signálů. Zvuková karta bohužel neumí načítat stejnosměrnou složku a tím pádem se tato metoda nedala využít. Nakonec je využita metoda snímání biologického signálu přes měřicí kartu NI USB-6221, která má výstupní signál veden USB vodičem do počítače.

Je zde popsáno, které přístroje jsou potřeba pro měření respiračního biofeedbacku, jsou zde také vypsány všechny programy pro funkci těchto jednotlivých přístrojů. Hlavním problémem je nekompatibilita jednotlivých instalačních částí. Je potřeba nainstalovat programy, které umí v konkrétních systémech pracovat a v nichž nedochází ke kolizím.

Druhou nejdůležitější částí této bakalářské práce je vytvoření konkrétních her, ve kterých jsou využity parametry respiračního signálu. V této práci jsou vytvořeny čtyři terapeutické hry, které fungují na principu změny amplitudy a rychlosti dýchání. Je zde použita hra s dvěma balónky, kde se první balónek pohybuje podle rychlosti a objemu dýchání, druhý je nastaven na optimální hodnotu správného dýchání. Druhou hrou je Nádoba, která se naplňuje souměrně s nádechem pacienta. Cílem je trénink co největšího nádechů. Poslední hrou jsou dva obrázky a to buď ryba, nebo smajlík, kde má pacient za úkol dýchat správnou rychlostí. Pokud dýchá správně, ryba je v takové výšce, aby mohla proplout obručemi a smajlík se usmívá.

V poslední části této práce jsou popsány jednotlivé prvky programu, které jsou využity pro terapeutické hry. Je zde popsán jak čelní panel s ovládním, tak i funkční bloky vhodně upravující biologický signál. Celý program je navržen v programovacím prostředí LabView 2010 od firmy National Instruments.

LITERATURA

- [1] CHMELAŘ, Milan. *Lékařská přístrojová technika*. Fakulta elektrotechniky a informatiky VUT v Brně : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno, 1995. 192 s. ISBN 80-85867-63-X.
- [2] *Životní energie : EEG Biofeedback a jeho hlavní použití* [online]. 9.1.2007 [cit. 2010-10-25]. Dostupné z WWW: <<http://zivotni-energie.cz/eeg-biofeedback-a-jeho-hlavni-pouziti.html>>.
- [3] JANOUŠEK, O. *Využití elektromyografických signálů v terapii*. [s.l.], 2008. 68 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [4] MODRÁ, Jana. *Materiály k předmětu biologie : Dýchací soustava* [online]. Křižany : 2010 [cit. 2010-10-25]. Dostupné z WWW:http://janamodra.cz/tul/BIDM_dychaci_soustava.pdf>.
- [5] DVOŘÁK, J. *Biofeedback a jeho použití*. Brno, 2009. 72 s. Diplomová práce. FEKT VUT v Brně.
- [6] HOLÍK, Vladimír; BAUMGARTNEROVÁ, Ludmila. *Biologie člověka* [online]. 31.1.2006 [cit. 2011-05-23]. Dýchací soustava. Dostupné z WWW: <http://ms.gymspgs.cz:5050/bio/Sources/Textbook_Textbook.php?intSectionId=40800>.
- [7] *EEG Biofeedback : Popis tréninkového komplexu* [online]. 2008 [cit. 2010-11-15]. EEG Biofeedback. Dostupné z WWW: <<http://www.eeg-biofeedback.cz>>.
- [8] VLACH, Jaroslav; HAVLÍČEK, Josef; VLACH, Martin. *Začínáme s LabView*. Praha : BEN, 2008. 248 s. ISBN 9788073002459.
- [9] *Biopac* [online]. 2008 [cit. 2011-05-22]. Biopac Systems, Inc. Dostupné z WWW: <www.biopac.com>.
- [10] PFLANZER, Richard; MCMULLEN, William. *Biopac Student Lab*. [s.l.] : [s.n.], 2000. Respiratory Cycle, s. Lesson 8. Dostupné z WWW: <www.biopac.com>.

SEZNAM PŘÍLOH

Soubory aplikace Respirační biofeedback

Projekt.vi

Global 1.vi

Hrya.vi