



Středoškolská technika 2009
Setkání a prezentace prací
středoškolských studentů na ČVUT

MĚŘENÍ BIOPOTENCIÁLŮ

Čeněk Ráliš

SPŠ elektrotechnická a VOŠ
Karla IV. 13, 531 69 Pardubice

Tento projekt seznamuje se snímáním biopotenciálů, především EKG. Nejdříve jsou předloženy základní informace o biosignálech. Následují informace o vzniku EKG signálu a dále pokračuje pojednání o problémech, které snímání EKG přináší.

Základní biosignály jsou následující. Elektroencefalogram, tedy **EEG** tento signál vzniká v síti neuronů v mozku (pokračuje do míchy) a je snímán elektrodami umístěnými na povrchu hlavy. Druhým základním signálem je elektromyograf (**EMG**), tento signál vzniká kontrakcí svalů při pohybu a je i jedním z rušení EKG signálu. Další základní signál je elektrokardiograf (**EKG**), tento signál vzniká na povrchu a uvnitř srdce, při jeho kontrakcích. EKG je měřeno řadou elektrod umístěných na hrudi pacienta, můžeme se však setkat i s měřením z končetin. Posledním ze základních biosignálů je signál vznikající v každé buňce těla, tento signál je oproti výše zmíněným silnější a je měřen malou jehlovitou elektrodou, která se vsune do nitra buňky.

Signál každého srdečního cyklu vychází ze specializované oblasti srdce, zvané „**sinoatriální uzel**“, dále se šíří přes vlákna srdeční síně. V oblasti zvané „**atrioventrikulární uzel**“ dochází ke zpoždění. Poté se signál šíří vodivou tkání, a to velmi rychle, tato tkáň začíná traktem nazvaným „**Hisův svazek**“, ten se dále mezi komorami dělí na dvě části. Poté

o něco pomaleji signál prochází svalovinou komor, tato část svaloviny se jmenuje „*Purkyňova vlákna*“.

Hlavním problémem při měření EKG signálu je :

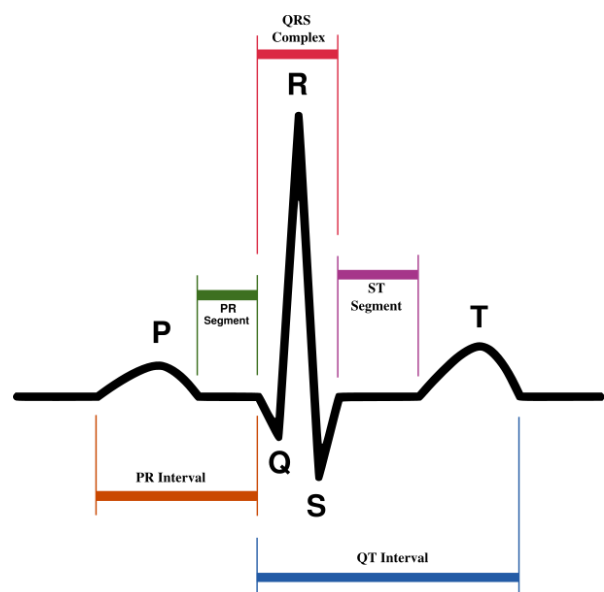
- rušení vzniklé pohybem svalů,
- rušení polem sítě 230 V – 50 Hz
- rušení šumem a driftem samotného zesilovače.
- rušení, které přináší polarizace elektrod a dýchání pacienta.

Rovněž je třeba brát zřetel na bezpečnost pacienta, a proto by měl být EKG zesilovač napájen z baterie a galvanicky oddělen od části zpracovávající a zobrazující signál. Drift a šum zesilovače je řešen opatrným a přesným výběrem součástek.

Po prostudování celé problematiky snímání EKG jsem navrhl jednoduché schéma EKG zesilovače a získal záznam normálně probíhající EKG křivky (křivka zdravého pacienta)

Problém

Pro pochopení problematiky měření si popíšeme vznik EKG signálu. Impuls pro kontrakci vzniká v sinoatriálním uzlu v oblasti pravé předsíně, odkud se šíří dál. Tento signál je natolik slabý že ho při měření nezachytíme. První vlna, kterou zaznameneáme, je **vlna P**, která vzniká při depolarizaci předsíní (počátek jejich kontrakce). Jejich repolarizaci opět nezachytíme, jelikož je překryt silnějším signálem od depolarizace komor a tento signál je zobrazen komplexem QRS.



Následující **vlna T** vzniká při repolarizaci komor.

Snímání je prováděno více elektrodami současně, jednotlivé signály vznikají vzájemným porovnáváním signálu, tím vzniká takzvaný „svod“. Jedním z důvodů tohoto snímání je rotace vektoru srdeční osy. V podstatě se jedná o to, že signál ze srdce není ve všech směrech shodný a každá z vln je částečně pootočena jiným směrem. Tím pádem bude nejvíce zřetelný na jiné dvojici vodičů.

Měření biopotenciálů je velmi složité, jelikož se jedná o velmi slabé signály, většinou s velkým frekvenčním rozpětím. To je řešeno specializovanými zesilovači, které dokáží tyto slabé signály dostatečně zesílit aby byly měřitelné. Při měření biosignálů je máme problém s rušivým pohybem a dýcháním pacienta. Částečné zlepšení získáme uvedením pacienta do klidové polohy a jeho relaxací. Dalším rušivým vlivem je elektromagnetické pole ze sítě 230 V. Síťové rušení se buďto odruší stíněním místnosti, či přístroje, což je ovšem obtížné a nákladné. Proto používáme bateriové napájení, tím zároveň předcházíme poranění pacienta elektrickým proudem.

Hypotéza

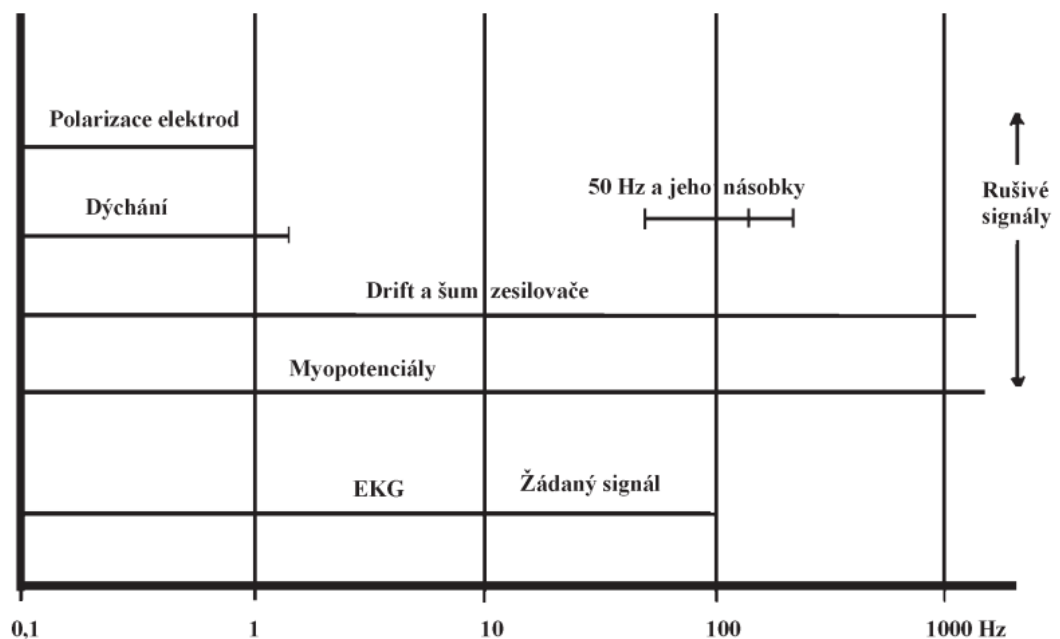
Do biopotenciálů patří následující signály:

- **Elektroencefalogram**, což je signál tvořený neurony v mozku, dále se šíří míchou předávající povely tělu. Tento signál snímáme větším počtem elektrod přímo z povrchu pacientovi hlavy.
- **Elektromyogram** je signál pocházející ze svalů, přesněji z jejich kontrakcí.
- **Elektrokardiograf**, který zkoumáme, jedná se o signál pocházející z povrchu a nitra srdce. Měříme jej elektrodami na hrudi (nebo z končetin).
- **Buňkový signál** je proti předchozím mnohem silnější. Vzniká v každé

buňce v těle a měřen jehlovitou elektrodou zavedenou do nitra buňky. Přibližný rozsah signálů je uveden níže.

signál	Amplituda	Frekvence (Hz)
EG	10 - 100 μ V	1 - 100
MG	do 3 mV	0 - 500
KG	do 5 mV	0,2 - 150
buňkový	do 90 mV	1000 a víc

Jedním z velkých problémů při konstrukci EKG zesilovače jsou rušivé signály, které jsou znázorněny na následující ilustraci.



Postup práce

Práce byla započata výběrem zajímavého a dostatečně obsáhlého tématu. Volba padla na snímání biopotenciálů, po zjištění rozsáhlosti zvoleného tématu jsem hlavní téma překlasifikoval jen na snímání EKG signálu, jako signálu nejužívanějšího a nejsnadněji zachytitelného.

Potom jsem zahájil sběr dat. Nejdříve jsem se zaměřil na zjišťování informací ohledně vzniku EKG signálu. Tyto informace jsem našel v knize [2] a také v internetové encyklopedii [4]. Další praktické informace „ Co lze ze sejmutého průběhu zjistit“ našel v časopise [3] a od pánů z Brněnské univerzity [1.2] a [1.3], za což jim velmi děkuji.

Další potřebné informace způsobu zobrazování, záznamu a zpracování spekter získaných signálů, jsem opět čerpal již ve zmíněném časopise [3] a z Brněnské univerzity [1.2] a [2].

Po skončení sběru dat byly získané informace dávány dohromady v přehledný a ucelený souhrn, aby z něho bylo možné dále čerpat informace pro tuto práci.

Poté byla zahájena nejtěžší část práce a to návrh samotného schématu. Bylo třeba z datasheetů výrobců zjistit nejvhodnější součástky pro konstrukci a jejich následná aplikace do výsledného zapojení. Zapojení bylo odzkoušeno v počítačové simulaci (Mikrokacp a SNAP). Na vlastní realizaci mi již bohužel čas nezbyl. Zapojení se ukázalo jako funkční. Již při obecné simulaci jsem objevil řadu nedostatků ve vlastním schématu a poté se potvrdila i rušení uvedená výše. Schéma je plně funkční, ale pro další zdokonalení by bylo vhodné využít spektrální analýzy pomocí programu MATLAB, který u nás ve škole nemáme k dispozici.

Na úplný konec projektu byla zahájena práce na konečné písemné práci, která bude prezentována jako tento poster .

Materiály

Zdroje:

- [1] Univerzita Brno – Fakulta elektrotechniky a komunikační technologie – ústav biomedicínského inženýrství
 - [1.1] prof. Ing. Jiří Jan, CSc. – vedoucí ústavu
 - [1.2] Doc. Ing. Jiří Kozumplík, CSc. – Tajemník ústavu
 - [1.3] Doc. Ing. Milan Chmelař, CSc.
- [2] EKG stručně, jasně, přehledně – John R. Hampton // Grada //
- [3] Praktická elektronika a rádio // 2007-4 //
- [4] cs.wikipedia.org

Materiály pro konstrukci EKG zesilovače:

- velkou přesností vybírat aspoň některé z odporů, pro předejití zkreslení způsobené šumem a driftem zesilovače
- používat sintrované elektrody (Ag / AgCl) –za účelem předejití polarizaci elektrod
- pokud možno umístit do kovové krabičky – rušení 50 Hz

Normy:

Při konstrukci je nutné brát ohled na normy ČSN. Především na normu ČSN EN 60601-1 Zdravotnické elektrické přístroje, část 1: Všeobecné požadavky na bezpečnost. Dále na specializovanou normu pro elektrokardiografy, též v normě ČSN EN 60601-1.

Závěr

- Díky tomuto projektu jsem se dozvěděl jak biosignály v lidském těle

vznikají, jakým způsobem je můžeme měřit a zobrazovat. Také jsem zjistil jaké druhy biosignálů běžně měříme a jejich další využití. Velmi zajímavou částí práce bylo zjištění co všechno umožňuje zápis těchto průběhů zjistit. Například tep, různé abnormality v srdečním tepu a nebo infarkt myokardum.

- Zjistil hodně zajímavých věcí o lidském těle ale hlavně o srdci.
- Rozhodně bude zajímavé sledovat vývoj v této oblasti. Dnes je již možné průběhy křivek EKG signálu, či tep a spoustu dalších údajů vypočítat z počítačové tomografie, která se v poslední době velmi rychle rozvíjí.
- Pro mne osobně byla tato práce velmi poučná a zábavná, i když velmi časově náročná. Nejvíce časově náročný byl sběr dat a jejich následné zpracovávání do konečné podoby této práce. Taková činnost je velmi poučná a pozdvihující a jsem velmi rád že jsem se toho mohl zúčastnit.
- Cíle stanovené na začátku práce byly splněny, i když ne všechny se podařilo splnit dle očekávání a představ.
- Účelem projektu bylo seznámit se se vznikem, snímáním a zobrazováním biosignálů. Domnívám se že tato část byla splněna. Bohužel cíl vytvořit schéma zesilovače se velmi nepovedl, rozhodně by bylo dobré ho vylepšit a zdokonalit. Alespoň se mi povedlo vytvořit jednoduchý EKG zesilovač, což sice nebyl úplně původní plán, ale myslím si, že pro seznámení s problematikou dostačující. Bohužel na poslední cíl -- praktické sestavení zesilovače nedošlo. To je velká škoda, ale alespoň jsem si prohloubil znalosti v této oblasti a zjistil že tento cíl bylo téměř nemožné realizovat v tak krátké době od zadání projektu, a tak jsem práci přehodnotil na teoretickou, a myslím že z této roviny se práce povedla.

Jsem si vědom nedostatků práce a věřím že příště by dopadla lépe. V projektu bych chtěl nadále pokračovat a to alespoň tím že bych zhotovil vlastní konstrukci zesilovače a provedl několik praktických měření.