

Západočeská univerzita v Plzni  
Fakulta aplikovaných věd  
Katedra informatiky a výpočetní techniky

## **SEMESTRÁLNÍ PRÁCE Z UIR**

Přepis a analýza EKG signálu v rámci semestrální práce  
z předmětu KIV/ZSWI - Návrh aplikace pro záznam,  
zobrazení a uložení biosignálů získaných z e-Health senzor  
platform pro Arduino

5. 5. 2015

**Tým Šejdrem**  
David Jaroš  
Štěpán Ševčík  
Denisa Tarantíková  
Radek Vais  
Jakub Záruba

## 1. Formulace úlohy (zadání)

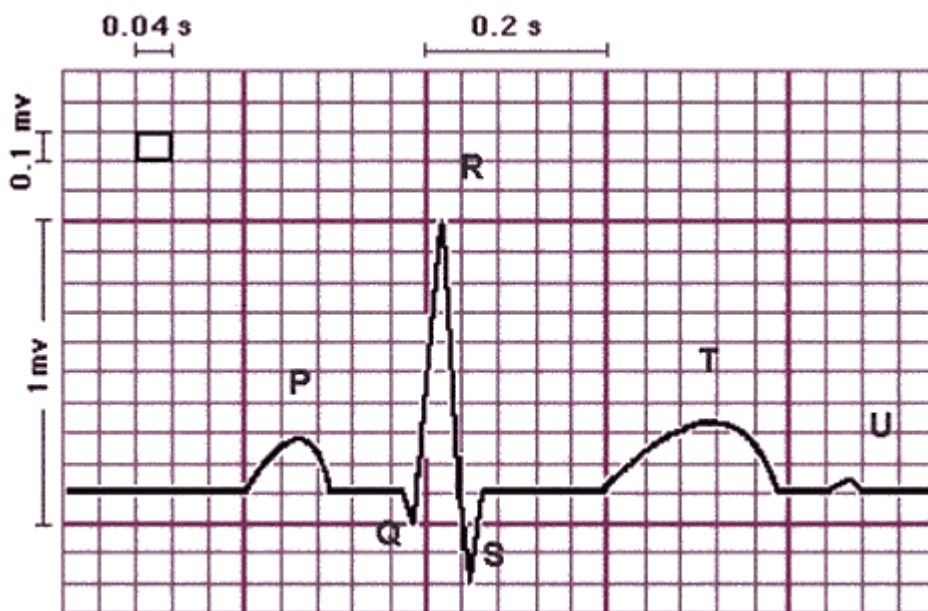
Cílem této práce bude z dat získaných z e-Health Senzor Platform pro Arduino vhodným způsobem reprezentovat EKG signál a analyzovat jej, tedy určit, zda je, či není v pořádku.

Přijímaná data budou ve formátu desetinných čísel (0 – 5 mV) a budou se posílat s frekvencí 50 Hz. Pro celé zadání viz Dokument specifikace požadavků - <https://github.com/vairad/zcu-zswi/wiki/DOKUMENT-SPECIFIKACE-PO%C5%BDADAVK%C5%AE>

## 2. Analýza úlohy

### 2.1. Reprezentace EKG signálu

Aby bylo možné přijatý signál analyzovat, bude nejprve nutné najít nejvhodnější způsob pro jeho reprezentaci. V oblasti rozpoznávání signálů však existují osvědčené postupy volby primitiv, u EKG signálu se jedná o strukturní popis pomocí detekce špiček, kde primitiva představují sklony úseků EKG. Bude tedy zapotřebí odečíst dvě sousední hodnoty a vypočtený rozdíl přepsat na znak symbolizující sklon úsečky. Ke správné analýze bude třeba vhodně znaky „rozškálovat“, to znamená určit, kolik těchto znaků celkem bude a jakým hodnotám budou odpovídat.



Obr. 1 - Křivka EKG

zdroj: <http://compex.zdravi-cz.eu/images/pqrst.gif>

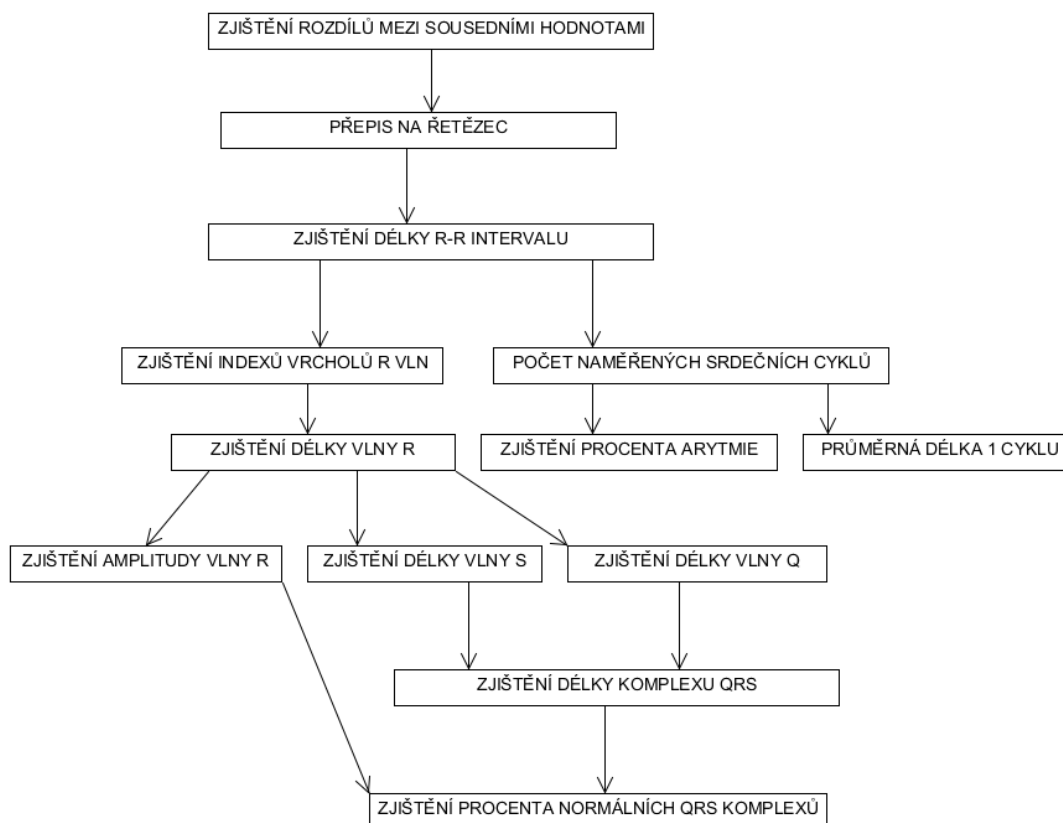
Na obr. 1 je možno si všimnout několika charakteristických sklonů úseků křivky. Jedním z nich je vlna R, jež nejstrměji stoupá a nejprudčeji klesá (přibližně 1 mV během 0,04 s). Takovýmto výrazným změnám hodnot bude vhodné přiřadit zvláštní znaky – pro strmé stoupání a pro prudké klesání. Dalším nezanedbatelným prvkem křivky jsou vlny Q a S, jež jsou rovněž prudké, ale výchylka není tak velká jako u vlny R. To by mohla být další primitiva pro tvorbu charakteristického řetězce. U vln P, T a případně U bude zřejmě možné zaznamenat podobné rozdíly hodnot jako u Q a S a v některých úsecích ještě další - mírnější stoupání a klesání. Poslední znak abecedy charakteristického řetězce bude symbolizovat vodorovný sklon, tedy téměř shodné sousední hodnoty.

## 2.2. Analýza EKG signálu

Po přepisu signálu na charakteristický řetězec se budou přijatá data analyzovat. Protože není jednoduché spolehlivě detekovat menší vlny, omezíme se pouze na analýzu QRS komplexu. Vzhledem k tomu, že jsme jako reprezentaci EKG signálu zvolili řetězec, budeme jej analyzovat metodou syntaktické analýzy.

## 3. Popis algoritmu řešení

Návaznost dílčích částí algoritmu je možno vidět na obr. 2.



Obr. 2 - Návaznost dílčích kroků

### 3.1. Přepis na řetězec

Každé dvě sousední hodnoty, jež byly naměřeny, se nejprve od sebe odečtou. Vznikne tak posloupnost rozdílů jednotlivých hodnot. Podle velikosti rozdílu se následně určí písmeno vyjadřující sklon křivky EKG. Těchto písmen je dohromady 7 (3 pro kladné hodnoty - stoupání, 3 pro záporné - klesání a 1 pro velmi malý rozdíl blížící se nule). Posloupnost všech písmen pak tvoří charakteristický řetězec signálu.

### 3.2. Zjištění délky R-R intervalu

Pro zjištění délky R-R intervalu se prochází přepsaný řetězec a hledá se úsek s vlnou R, který je charakteristický strmým stoupáním a následným prudkým klesáním. Mezi výrazným stoupáním a klesáním se nachází vrchol vlny R. Počet písmen mezi jednotlivými vrcholy určuje délku R-R intervalu.

### 3.3. Zjištění indexů R vln

Při zjišťování délky R-R intervalu jsme si "zapamatovali" index první vlny a díky zjištěným délkám již snadno odvodíme indexy ostatních. Tyto indexy nám usnadní další výpočty.

### 3.4. Zjištění délky R vlny

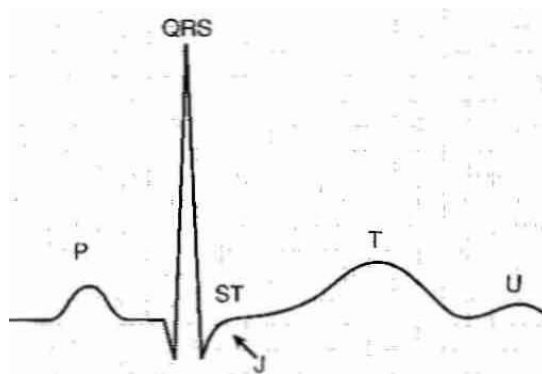
Délka R vlny se určí velice snadno rozdělením na část stoupání a část klesání. Od vrcholu směrem k počátku řetězce se v cyklu počítají kladné rozdíly sousedních hodnot. Jakmile se narazí na záporný, cyklus končí. Analogicky se zjistí délka klesající R vlny.

### 3.5. Zjištění délky Q vlny

V cyklu se zjišťuje počet záporných rozdílů (vlna je pouze klesající), nyní je zastavovací podmínkou kromě kladných hodnot i písmeno označující velmi malý rozdíl sousedních hodnot (ten může být kladný i záporný), jelikož této vlně předchází vodorovný úsek.

### 3.6. Zjištění délky S vlny

Podobně jako při hledání vlny Q počítáme rozdíly, tentokrát kladné. Cyklus skončí v případě, že narazí na zápornou hodnotu, velmi malý rozdíl anebo znak značící mírné stoupání, tzv. bod J (viz obr. 3).



Obr. 3 - Bod J

Zdroj: <http://www.benbest.com/health/NormECG2.jpg>

### 3.7. Komplex QRS

Délka celého komplexu QRS se určí sečtením délek úseků Q, R a S. Kromě délky je pro nás důležitá amplituda vlny R, jež se spočítá odečtením hodnoty nacházející se v nejnižším bodě vlny Q od vrcholu vlny R. V cyklu se pak prochází veškeré komplexy QRS a zjišťuje se (true/false), zda jsou v normě, tedy zda je jejich amplituda větší než 1 mV a zda trvají kratší dobu než 0.12 s.

### 3.8. Výsledky analýzy

Výsledné hodnoty true, značící normální komplex QRS, se sečtou, vydělí celkovým počtem hodnot a vynásobí 100. Tím vznikne procento normálních cyklů. Kromě toho se spočítají naměřené srdeční cykly, průměrná délka jednoho cyklu a z jednotlivých délek intervalů R-R se obdobným způsobem jako u komplexu QRS zjistí procento pravidelných cyklů. Tepová frekvence by se měla pohybovat mezi 60 a 100 cykly (tepy) za minutu.

## 4. Popis programu (programová dokumentace)

Jako programovací jazyk byl zvolen jazyk C++ (viz Dokument specifikace požadavků). Řetězec, rozdíly mezi sousedními naměřenými daty a některé pomocné hodnoty jsou pro svou jednoduchost implementovány datovým typem vector, který je součástí standardní knihovny C++. Další podrobnosti týkající se programové dokumentace viz Programový návrh aplikace <https://github.com/vairad/zcu-zswi/wiki/Objektov%C4%9B-orientovan%C3%BD-n%C3%A1vrh>.

## 5. Popis obsluhy programu (uživatelská dokumentace)

Viz Uživatelská příručka [https://github.com/vairad/zcu-zswi/blob/master/dokumentace/uzivatelska\\_prirucka/uzivatelska\\_prirucka.pdf](https://github.com/vairad/zcu-zswi/blob/master/dokumentace/uzivatelska_prirucka/uzivatelska_prirucka.pdf)

## 6. Rozbor výsledků, zhodnocení

Snímání a analýza EKG signálu zatím byly testovány jen na několika málo osobách, nicméně ukazuje se, že program spolehlivě detekuje vrcholy vlny R a díky tomu správně spočítá průměrnou délku tepu a případné procento arytmie. Protože je však měřicí technika (e-Health Senzor Platform pro Arduino) snadno ovlivnitelná okolními vlivy, naměřené hodnoty mohou být zkreslené. Celková analýza QRS komplexu tedy může být dosti nepřesná. Dalším zkreslujícím faktorem může být nízká frekvence posílání dat z Arduina, kvůli níž nemůžeme přesně určit amplitudu vlny R.

## 7. Závěr

Zadání pro analýzu QRS komplexu v EKG signálu bylo splněno. Bylo by vhodné jej dále rozšířit o analýzu dalších vln a případný rozbor možných příčin abnormálních hodnot, zjišťování konkrétních srdečních anomálií apod.