

## Zadání projektu do předmětu PTV

Cílem projektu je vytvořit detektor QRS komplexů (srdečních stahů) v EKG signálech a následně jejich pozice využít pro:

- a) stanovení tepové frekvence
- b) detekci komorových extrasystol (KES) - patologických cyklů

Výstupem projektu budou dvě funkce:

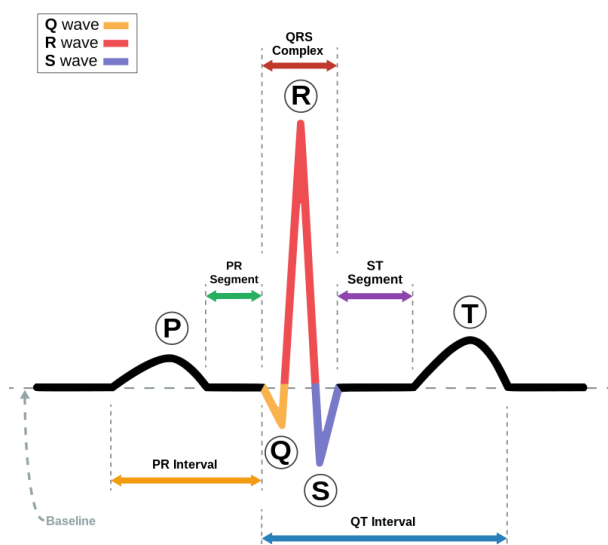
- a) Funkce pro stanovení tepové frekvence: **Detekce\_TF.m** - jejím vstupem bude **EKG signál** a jeho **vzorkovací frekvence** a výstupem **pozice QRS komplexů („QRS“)** a **tepová frekvence („TF“)**
- b) Funkce pro detekci KES: **Detekce\_KES.m** – jejím vstupem bude **EKG signál** a **pozice QRS komplexů** a jejím výstupem bude **vektor jedniček a nul (KES)**, kdy jednička označuje KES a nula normální cyklus a **počet KES (POC)**
- c) a navíc závěrečná zpráva

### EKG signál

EKG signál je záznam elektrické aktivity srdce vznikající při jeho funkci. Dle EKG signálu můžeme stanovit tepovou frekvenci a vyhodnotit spoustu dalších informací o fyziologické, nebo patologické funkci srdce – například detekovat různé arytmie (extrasystoly) nebo ischemickou chorobu srdeční, či infarkt myokardu.

Jeden srdeční stah je v EKG signálu reprezentován PQRST komplexem (viz. Obr. 1). Ten se skládá z vlny P reprezentující stah síní, QRS komplexu (kmity Q, R a S) reprezentující stah komor a vlny T reprezentující relaxaci komor. Detekce QRS komplexu, tedy nejvýraznějšího vzoru v signálu, je hlavním úkolem vašeho projektu.

Více informací o EKG signálu naleznete např. <https://www.wikiskripta.eu/w/Elektrokardiografie> , či v mnoha učebnicích a odborných článcích.



Obrázek 1 Jeden fyziologický srdeční cyklus. Vaším úkolem je detekovat pozici QRS komplexu (je jedno kterého kmity, nesnadněji se ale detekuje kmit R)

## Detekce QRS

Detekce QRS je základním a velmi důležitým krokem při analýze EKG signálu. Z pozic QRS komplexů lze následně odvodit velké množství informací, jako například: určit tepovou frekvenci, klasifikovat morfologii QRS komplexů, stanovit pozice dalších komponent srdečního cyklu, provést rozměření (zjistit dobu trvání) intervalů v rámci srdečních cyklů, rozhodnou o přítomnosti ischemie atd. Z toho důvodu je přesná detekce QRS pro analýzu EKG nezbytná.

Inspirace pro realizaci detekce QRS najdete např. zde:

[https://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece5030/labs/s2013/QRS\\_detect\\_review.pdf](https://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece5030/labs/s2013/QRS_detect_review.pdf) nebo ve spoustě dalších vědeckých článků (vyhledávání přes Google Scholar, nebo [www.webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com)). Pokud naleznete článek, k němuž bude placený přístup, je možné se k takovému článku dostat skrz - <https://sci-hub.se/> - zde do vyhledávacího pole zadejte přesný! název článku, nebo DOI. V 90% se Vám takto podaří článek nalézt zdarma.

Prvním krokem při detekci QRS komplexů je obvykle filtrace signálu (např. odstranění driftu a rušení ze sítě, případně pohybových artefaktů – ty se ale v datech, se kterými budete pracovat nevyskytují). Mezní frekvence pro filtraci naleznete v článku. Následně se např. v plovoucím okně prochází signál a v tomto okně se hledá maximum (velikost okna volte dle předpokládané tepové frekvence, popř. heuristicky). Toto je nejjednodušší způsob, který sice můžete využít, ne ale nejlépe fungující. Proto zkuste použít složitější metodu (metodu, kterou naleznete v článcích, můžete použít přesně tak, jak je popsána, není nutné vymýšlet nic nového). Vždy je ale ZAKÁZÁNO použít funkci „findpeaks“ !!!

Potom, co získáte pozice QRS, je snadno převedete na tepovou frekvenci (počet QRS komplexů (srdečních stahů) za minutu).

Nakonec stanovte úspěšnost detekce pro všechny přiložené signály. Pro stanovení úspěšnosti detekce QRS použijte program QRS\_tester. Vyhodnoťte úspěšnost pro každý záznam i průměrnou pro všechny záznamy.

## Detekce komorových extrasystol (KES)

Komorové extrasystoly jsou srdeční stahy, které nebyly vybuzeny ze sinusového uzlu jako je tomu při sinusovém (fyziologickém) rytmu, ale ve svalovině komor. Protože se impuls po srdeční svalovině šíří jinou cestou, je morfologie QRS komplexu v EKG jiná – viz. Obr. 2 a Obr. 3, cykly jsou mohutnější, širší a mohou být i opačné orientace než sinusové cykly. Ve většině případů je RR interval (= interval mezi dvěma po sobě jdoucími QRS komplexy) před KES kratší než RR intervaly předchozí a RR interval po KES naopak delší než RR intervaly předchozí. Ojedinelé KES nejsou pro pacienta většinou nebezpečné, ale vyšší výskyt KES může být prediktorem počínajícího vážnějšího onemocnění.

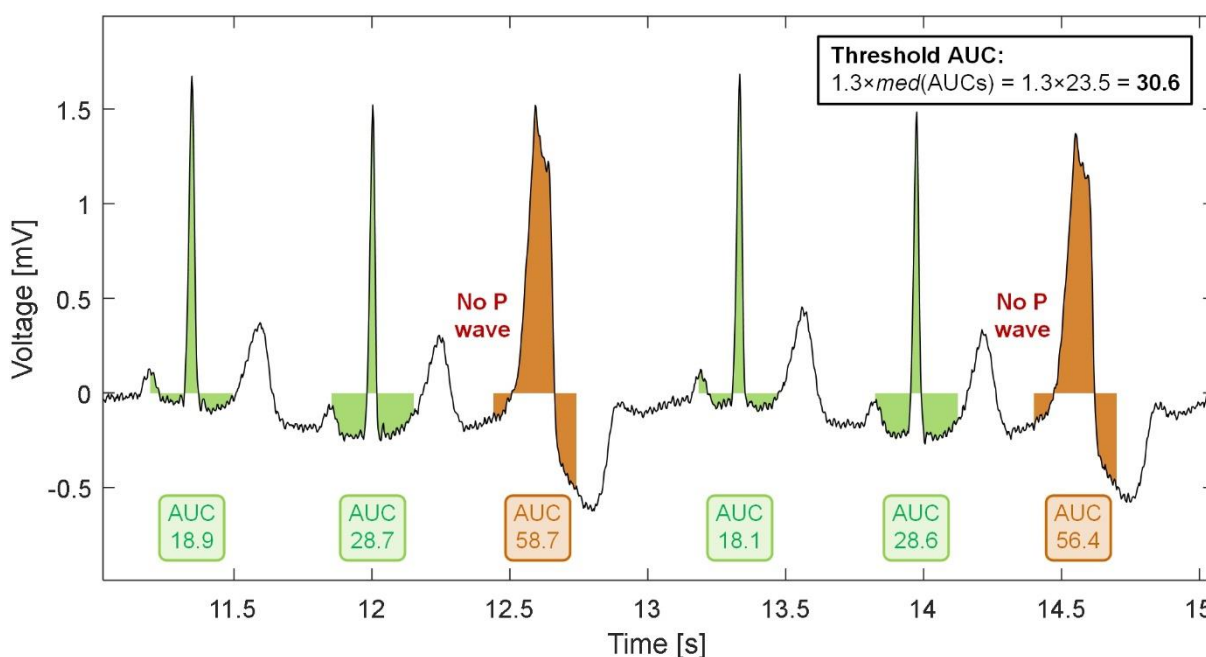
Při návrhu detektoru KES vycházejte opět z vědeckých článků viz výše. Pokud se vám nepodaří najít zajímavější metodu, lze použít toto: protože QRS komplexy komorových extrasystol mohutnější než normální cykly (viz. Obr. 2), lze využití pozice QRS a výpočtu plochy pod křivkou QRS komplexu (případně v oblasti o něco širší) a na základě této hodnoty určit, zda se jedná o komorovou extrasystolu, či o normální QRS komplex (viz. Obr. 3), práh stanovte heuristicky. Obdobných parametrů lze odvodit více a následně dle podmínek, či klasifikační metody přesněji rozhodnout o typu cyklu. Metodu v průběhu návrhu testujte na přiložených signálech č. 106, 119, 214, 223. Ostatní signály KES neobsahují, nebo obsahují minimálně.

Jako vstupní pozice QRS komplexů zde použijte originální pozice (proměnná „ann“), ne ty co Vám vygeneruje vaše funkce pro detekci QRS komplexů (to proto, že pravděpodobně nebudete mít 100% úspěšnost a kvůli tomu by následně neodpovídali anotacím typů QRS komplexů (proměnná „type“)).

Zde není nutné hodnotit úspěšnost detekce. Pokud to ale uděláte (modifikujete program pro hodnocení úspěšnosti detekce QRS, bude to hodnoceno body nad rámec maxima možných získaných bodů). Úspěšnost detekce bude vyhodnocena mnou při kontrole projektu.



Obrázek 2 EKG signál s komorovými extrasystolami (označeny oranžově)



Obrázek 3 Ilustrace metody detekce komorových extrasystol (oranžově). Stanovení plochy pod křivkou (zde i nad, vztahujeme k nulové izolinii).

## Data

Naleznete na elearningu.

Po načtení dat se Vám ve workspace objeví několik proměnných. Proměnná „x“ obsahuje dva svody EKG signálu (každý v jednom sloupci) – tento signál budete zpracovávat. Proměnná „type“ obsahuje anotace typů QRS komplexů (toto Vás bude zajímat při detekci KES – ty jsou označeny písmenem „V“, jakoukoliv jinou značku považujte za „normální cyklus“ tj. není to KES). Proměnná „ann“ obsahuje pozice QRS komplexů – tuto proměnnou využijte při kontrole správnosti detekce při návrhu algoritmu a stejně tak pro automatické vyhodnocení jeho úspěšnosti (tuto proměnnou samozřejmě nemůžete využít jako pomůcku při detekci). Další proměnné nepotřebujete.

Signály č. 106, 119, 214, 223 obsahují komorové extrasystoly. Signál č. 231 obsahuje arytmií tzv. AV blokádu 2. stupně (tzn. občas se stane, že QRS komplex „chybí“ a je přítomna pouze P vlna, je proto možné, že detekce QRS zde bude obtížnější). Ostatní signály jsou převážně fyziologické.

Vzorkovací frekvence všech signálů je 360 Hz.

## Závěrečná zpráva

Rozsah cca 5-10 stran. Formátování dle stanov VŠPJ pro formátování bakalářských prací.

Zpráva bude obsahovat:

- úvodní stranu
- teoretický úvod (pár vět o EKG signálu, možnostech detekce QRS komplexů a KES – vycházejte zejména z vědeckých článků, nezapomeňte uvést citace)
- popis obou realizovaných metod detekce QRS i KES, formou textu případně blokových schémat s odkazy na články, kde jste se inspirovali
- výsledky detekce QRS komplexů (% úspěšnosti)
- ukázky detekce QRS komplexů (úsek signálu o několika cyklech, kde se detekce podařila a kde ne – zde je vhodné uvést zamyšlení, proč si myslíte, že k tomu došlo), do obrázku vykreslete Vámi detekované pozice QRS (např. funkce „stem“ ) a stejně tak anotace, barevně je odlište.
- ukázky výsledků detekce KES, stejně jako v případě QRS
- závěr
- literatura

## Odevzdané funkce

Vytvořené funkce budou obsahovat komentáře, popisující, co každý řádek (blok programu) realizuje a také úvodní popis funkce a příklad použití.

## Obhajoba

V den zápočtového testu proběhne obhajoba projektu. Pro prezentaci si můžete vytvořit „prezentaci“, nebo použít přímo závěrečnou zprávu. Obhajoba bude trvat 4-7 minut. Více informací o tom, kdy obhajoba atd bude se dozvíte záhy.

## Hodnocení

Plagiáty budou hodnoceny nula body (vzhledem k rozmanitým možnostem detekce není možné, aby dva studenti realizovali detekci zcela stejným způsobem a stejně ji i popsali 😊).

Hodnocena bude originalita použité metody, úspěšnost detekce, kvalita komentářů ve funkci, smysluplnost ukávek výsledků, prezentace výsledků, srozumitelnost popisu použité metody a formální i praktická stránka závěrečné zprávy.

Termín odevzdání bude uveden v elearnigu.

Maximální možný počet získaných bodů je 50. Minimum bodů získaných z projektu nutných pro udělení zápočtu je 25.