



Biosignál

Analýza signálů II

Michal Huptych

14. 2. 2022

Signál - biosignál



- Signál
 - Veličina měnící se v čase
 - Prostředek přenosu informace
 - Matematicky tvořen parametry ?
- Biosignál – speciální případ signálu, který je měřen
 - Na živém organismu
 - Interakcí se živým organizmem

Přehled biosignálů



- Jednorozměrné

- Elektrické

- EKG, fEKG
 - EEG, ECoG
 - EMG
 - EOG

- Magnetické

- MKG, FMKG
 - MEG, eMEG
 - MMG
 - MOG

Přehled biosignálů



- Jednorozměrné
 - Další
 - Impedanční
 - Akustické
 - Mechanické
 - Chemické
- Vícerozměrné - obrazové
 - UZ
 - RTG, CT
 - MRI
 - PET, SPECT



- Jednorozměrné - bioelektrické signály

název	Amplituda [mV]	Frekvence [Hz]
EKG	0.5 - 4	0.5 - 125 (150)
fEKG	0.01 - 0.1	0.01 - 150
EEG	0.001 – 0.1	0.1 - 80
ECoG	0.01 - 1	0.1 - 100
EMG	0.1 – 1	0 - 10000
Elektro okulogram	0.01 - 3	0.05 - 100



- Jednorozměrné - biomagnetické signály

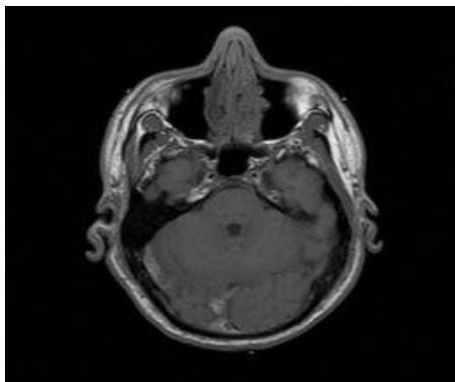
název	Amplituda [pT]	Frekvence [Hz]
MKG	50 – 70	0.5 - 125 (150)
fMKG	1	0.01 - 100
MEG	1 – 2	0.5 - 30
eMEG	0.1	0.1 - 50
MMG	10 – 90	0 - 20000
Magneto okulogram	10	0 - 100

Přehled biosignálů



❖ Dvourozměrné

Magnetická rezonance



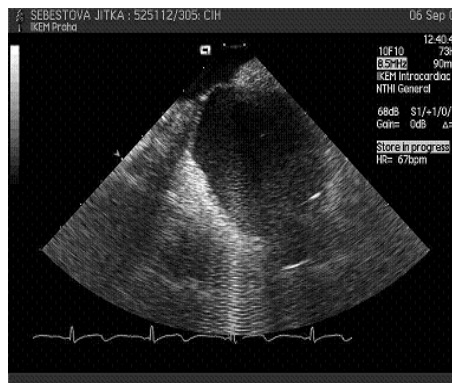
Angiografie



Rentgen (nebo CT)



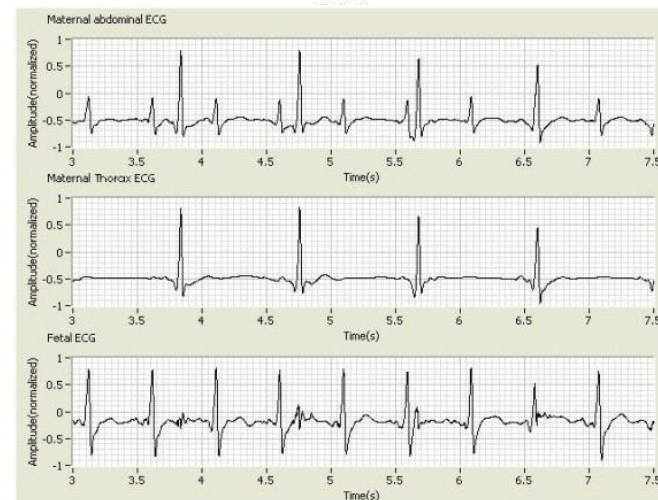
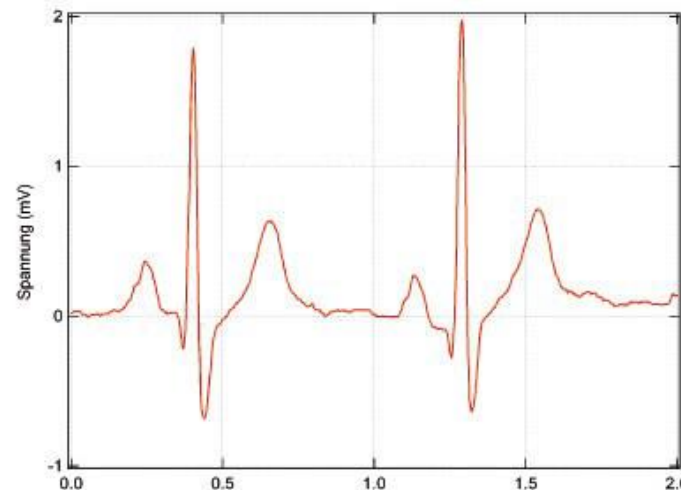
Intrakardialní sonografie



Přehled biosignálů



- EKG - Elektrokardiograf
 - Snímání elektrické aktivity srdce z povrchu těla
 - Povrchové elektrody
 - Amplituda 0.5 – 4 mV
 - Frekvence 0.5 - 125 (150) Hz
- fEKG - fetální elektrokardiograf
 - Snímání elektrické aktivity srdce plodu z těla matky
 - Povrchové elektrody
 - Amplituda 0.01 - 0.1 mV
 - Frekvence 0.01 – 150 Hz

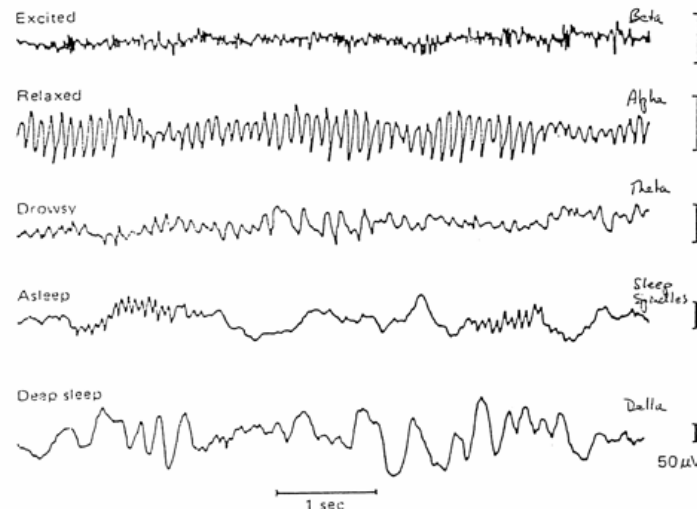


Přehled biosignálů



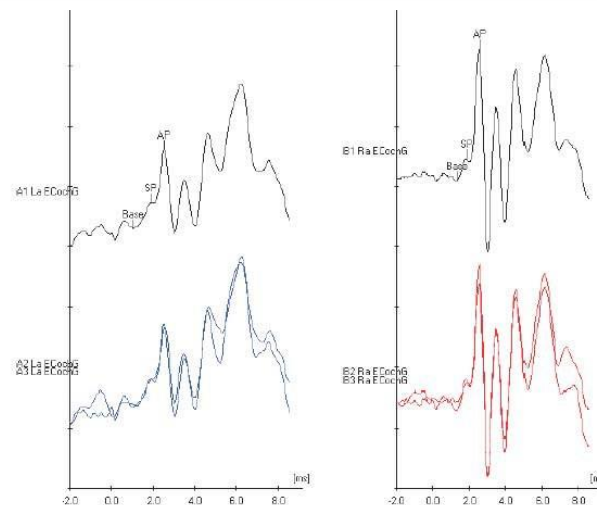
- EEG - Elektroencefalograf

- Snímání elektrické aktivity mozku z povrchu hlavy
- Povrchové elektrody
- Amplituda 0.001 – 0.3 mV
- Frekvence 0.1 – 80 Hz



- ECoG - Elektrokortikograf

- Snímání elektrické aktivity mozku z mozku
- Povrchové nebo vpichové elektrody
- Amplituda 0.01 – 1 mV
- Frekvence 0.1 – 100 Hz

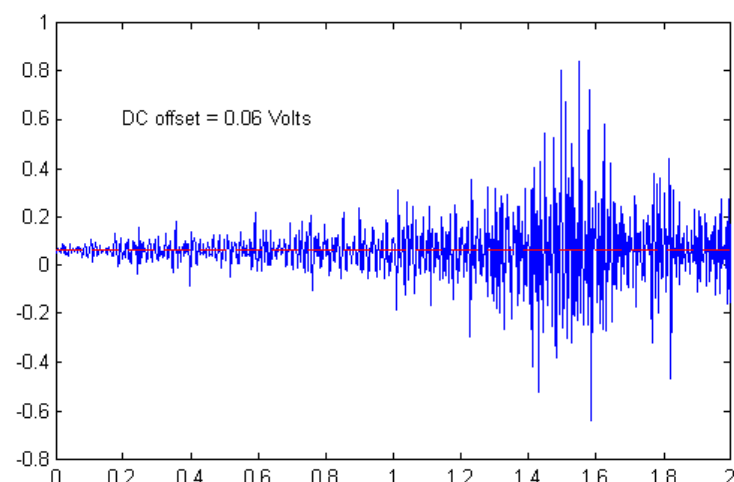


Přehled biosignálů



- EMG - Elektromyograf

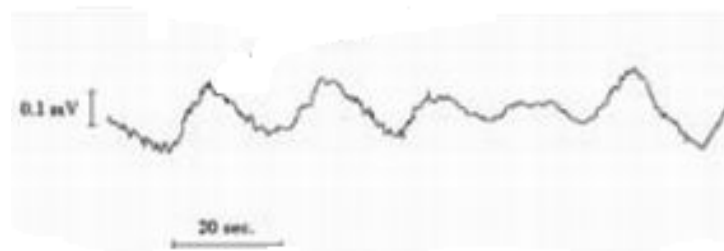
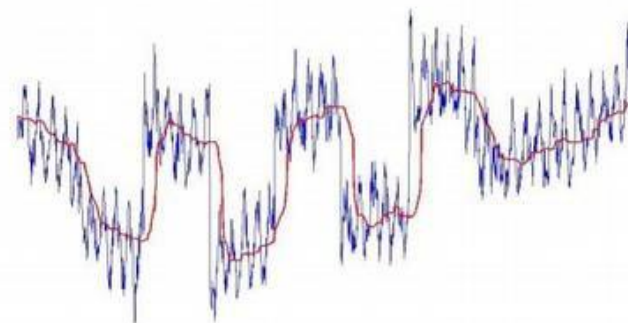
- Snímání elektrické aktivity svalů z povrchu těla nebo ze svalů
- Amplituda 0.1 – 5 mV
- Frekvence 0 - 10000 Hz
- Dvě varianty
 - SFEMG
 - Měření ze svalového vlákna
 - Povrchové elektrody
 - MUAP
 - Z nervové buňky, vlákna, svalového spojení, svalového vlákna
 - Vpichové elektrody



Přehled biosignálů



- EOG - Elektrookulograf
 - Snímání elektrické aktivity sítnice z povrchu hlavy (okolo očí)
 - Povrchové elektrody
 - Amplituda 0.01 – (3) 5 mV
 - Frekvence 0.05 – 100 Hz
- EGG - Elektrogastrograf
 - Snímání elektrické aktivity žaludku z povrchu těla
 - Povrchové elektrody
 - Amplituda 0.01 – 1 mV
 - Frekvence 0.01 – 1 Hz



Přehled biosignálů



- **MKG - Magnetokardiograf**
 - Snímání magnetické aktivity srdce z povrchu těla
 - Amplituda 50 – 70 pT
 - Frekvence 0.05 – 150 Hz
- **fMKG - Fetální magnetokardiograf**
 - Snímání magnetické aktivity srdce plodu z těla matky
 - Amplituda 1 pT
 - Frekvence 0.05 – 100 Hz

Přehled biosignálů



- MEG - Magnetoencefalograf
 - Snímání magnetické aktivity mozku z povrchu hlavy
 - Amplituda 1 – 2 pT
 - Frekvence 0.5 – 1 Hz
 - 2 cm pod skalpem :
 - Amplituda 50 – 70 pT
 - Frekvence 0.05 – 100 Hz
 - Evokovaný MEG
 - Amplituda 0.1 – 2 pT

Přehled biosignálů

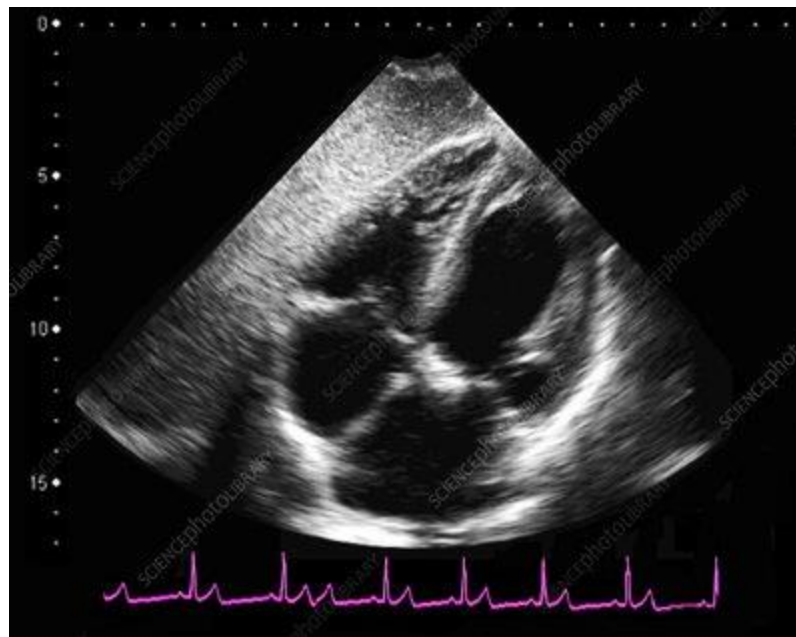


- MMG - Magnetomyograf
 - Snímání magnetické aktivity svalů
 - Amplituda 10 – 90 pT
 - Frekvence 0 – 20000 Hz
- MOG - Magnetookulograf
 - Snímání magnetické aktivity sítnice
 - Amplituda 10 pT
 - Frekvence 0.1 – 100 Hz

Přehled biosignálů



- UZ - Ultrazvuk
 - Akustické vlnění na frekvencích nad 20 KHz
 - Pro diagnostiku na měkkých tkáních
 - Nemá prokázané negativní účinky
 - Forma
 - jednoduchá
 - Dopplerovská
 - konstrukce 3D obrazu



Přehled biosignálů



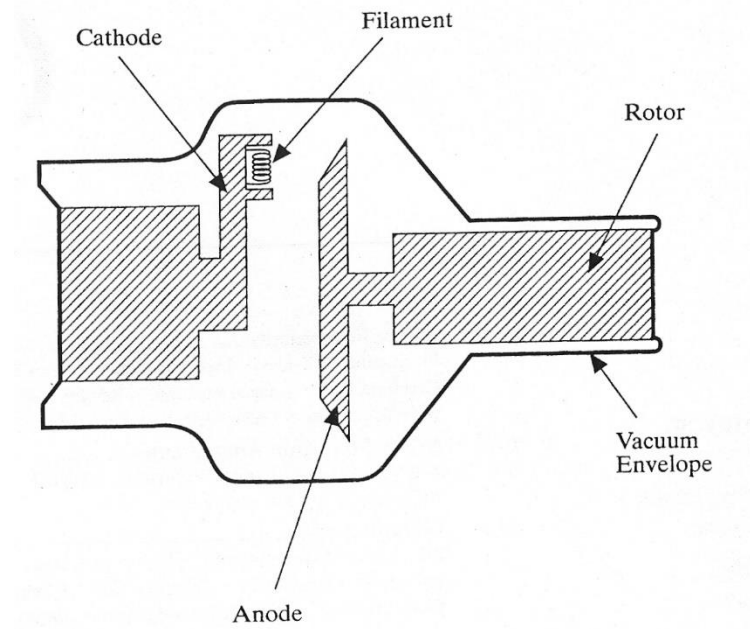
- RTG
 - Retgenové záření
 - Elektromagnetické vlnění o vlnových délkách 10 nm až 100 pm
 - Vhodné pro diagnostiku pevných částí (kostí)
 - Retgenové záření má prokazatelné negativní účinky
- CT
 - Počítačová tomografie
 - Založena na principu RTG
 - K diagnostice dochází ve speciální gentry, která umožňuje otáčení rentgenky (i detektorů)
 - Díky tomu umožňuje konstrukci řezu i 3D obrazu



Rentgenka

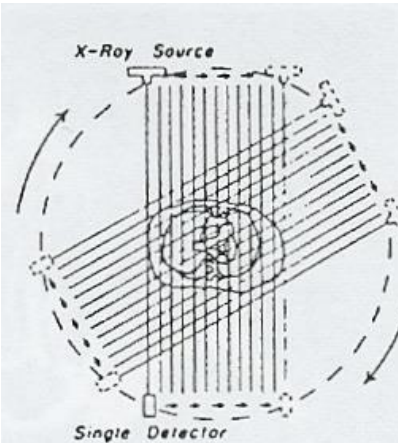


- Standardní zařízení pro generování rtg záření - rtg elektronka s rotační anodou - elektrony
 - urychlovány ve vakuu od katody k anodě
 - emitovány vinutím připevněným na katodě
 - uvolňovány při ohřevu vinutím procházejícím proudem

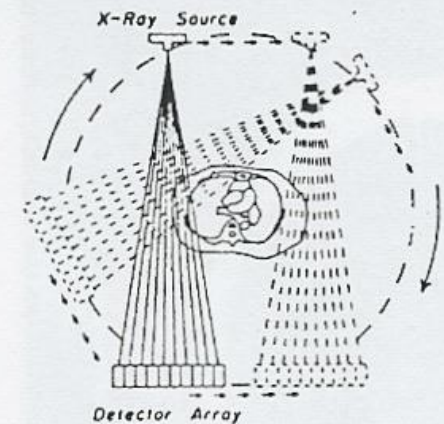




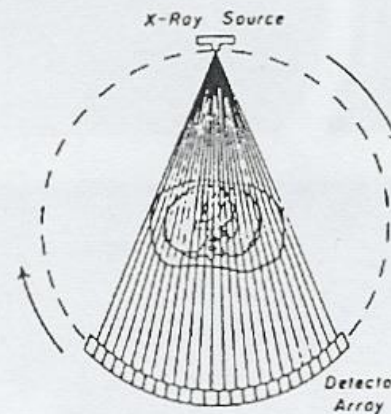
- Generace CT
 - 1. generace - geometrie rovnoběžných paprsků
 - 2. generace - kuželový paprsek, násobné detektory
 - 3. generace - kuželový paprsek, rotující detektory
 - 4. generace - kuželový paprsek, fixní detektory
 - 5. generace – skenující elektronový paprsek



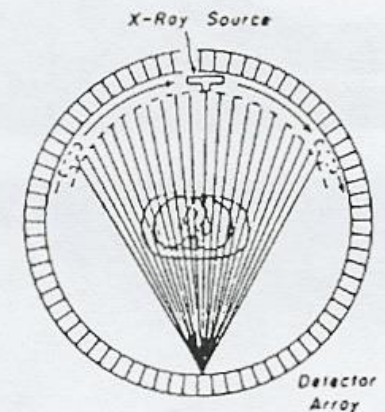
1st Generation CT Scanner
(Parallel Beam, Translate-Rotate)



2nd Generation CT Scanner
(Fan Beam, Translate-Rotate)



3rd Generation CT Scanner



4th Generation CT Scanner



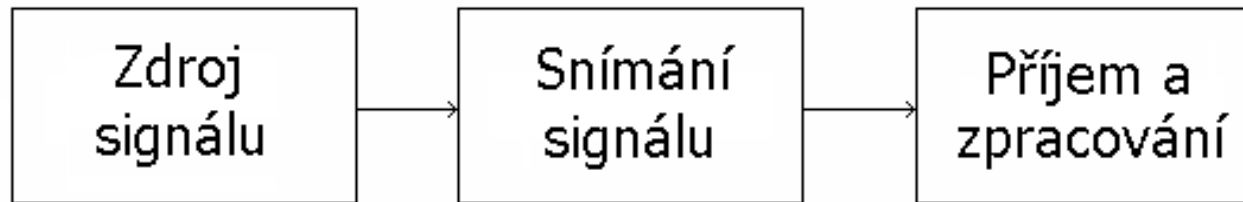
- Magnetická rezonance
 - Nukleární magnetická rezonance – usměrnění spinu, tj. vybuzení a snímání magnetického moment.
 - Vhodná pro diagnostiku měkkých vnitřních orgánů
 - Obecně předpoklad dobré funkčnosti na orgány s velkým obsahem vody (spin vodíkových jader)
 - Neprokázané negativní účinky
 - Avšak vyšetření není psychicky příjemné (problém s klaustrofobií)
 - Kontraindikace s implantáty, kardiostimulátory, kochleární implantáty ale i velkým tetováním

Přehled biosignálů



- PET
 - Pozitronová emisní tomografie
 - Detekci fotonů, které vznikají v těle anihilací pozitronů, uvolněných radiofarmaky (beta rozpad).
 - Nepodává informace o anatomickém uspořádání, ale o funkčním chování vyšetřovaného orgánu.
 - Jedná se funkční vyšetření.
 - Často se proto kombinuje s CT pro získání anatomického obrazu.
 - Dnes už existují kombinované systémy PET-CT v jednom přístroji.

Řetězec snímání a zpracování



■ Zdroj signálu

- Obecně u biosignálů člověk (zvíře)
- Elektrická aktivita srdeční u EKG

■ Snímání signálu

- Měřicí elektrody
- Způsob snímání a systémy umístění elektrod

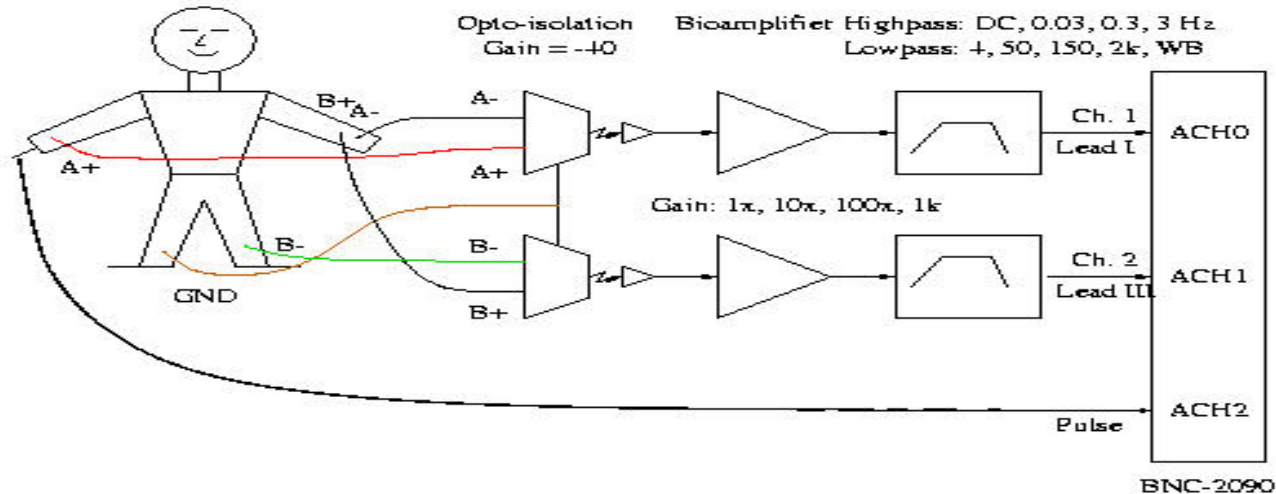
■ Příjem a zpracování signálu

- Požadavky na přijímací zařízení
- Procesy úpravy signálu do požadované formy

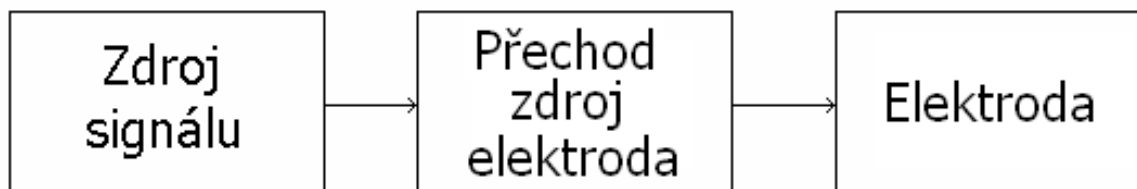
Snímání elektrických signálů



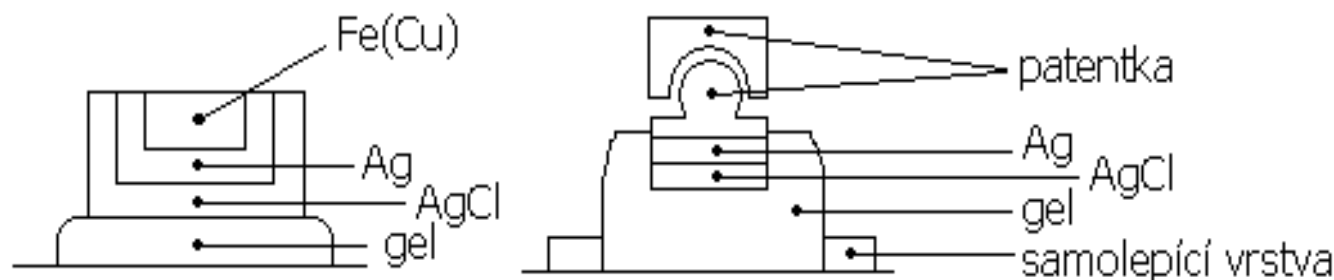
- ❖ Galvanické oddělení (optoelektrický prvek)
- ❖ Vysoký vstupní odpor (řádově 1 až 10 M Ω)
- ❖ Vysoký napěťový zisk zesilovače (1000÷10000)
- ❖ Vysoký diskriminační činitel CMRR ≥ 100 dB
- ❖ Filtrace – dolnoproustní, hornoproustní filtry



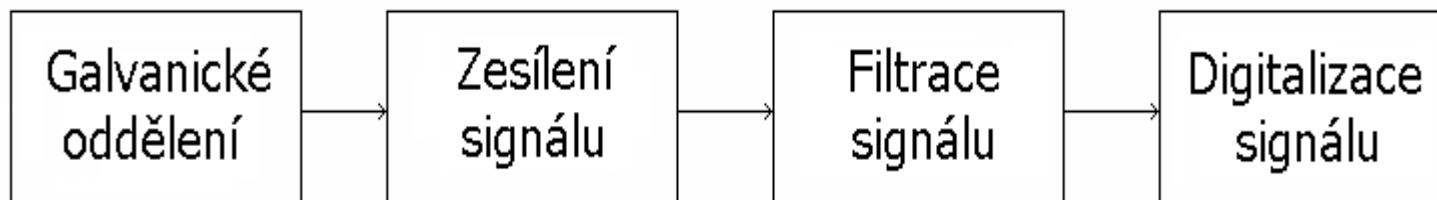
Snímání signálu



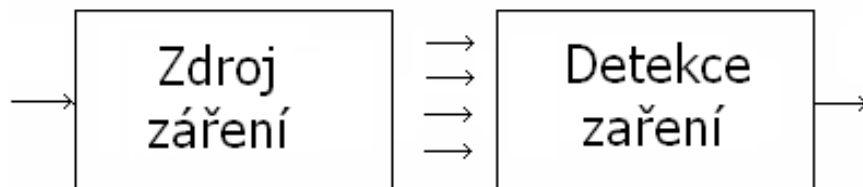
- Snímání signálu je prováděno elektrodami Ag-AgCl
- Nepolarizovatelný typ elektrod
- Přechod kůže - elektroda přes vodivý gel



Příjem a zpracování signálu



- Galvanické oddělení z důvodu bezpečnosti
- Realizováno optickým členem



- Zdroj záření – LED dioda (IR záření, viditelné světlo)
- Detekce záření – foto - tranzistor, tyristor, triak



- Základními parametry zesilovače jsou
 - Vstupní odpor $[\Omega]$
 - Napěťové zesílení [dB]: $A_u = 20 \log \frac{U_2}{U_1}$
 - Diskriminační činitel CMRR [dB]: $CMRR = 20 \log \frac{U_d}{U_s}$
 U_d – rozdílové napětí, U_s – souhlasné napětí
- Parametry EKG zesilovače (předzesilovače)
 - Vysoký vstupní odpor (řádově 1 až 10 $M\Omega$)
 - Vysoký napěťový zisk zesilovače (60÷100dB)
 - Vysoký diskriminační činitel $CMRR \geq 100$ dB

Převod signálu do digitální formy



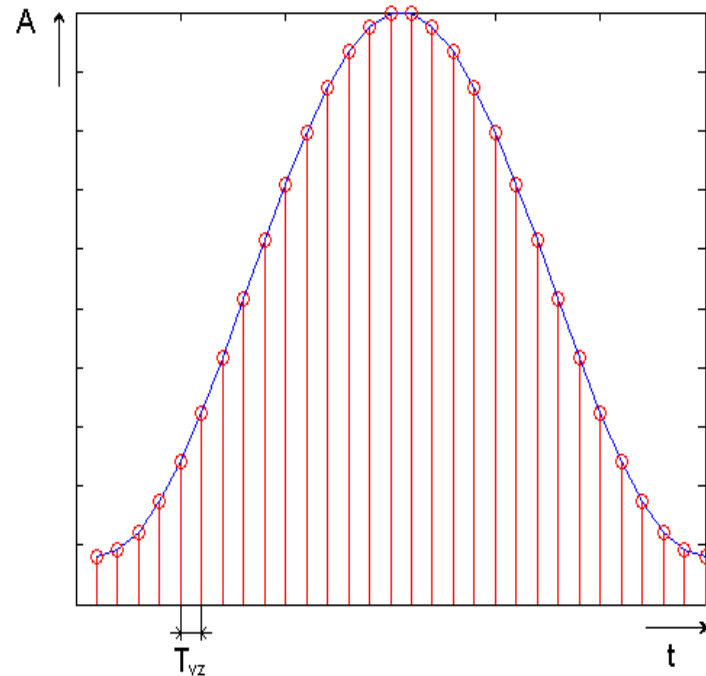
- ❖ Vzorkovací frekvence : (125) – 250 – 500 – 1000 (2000) Hz (128 – 256 – 512 – 1024 – 2048)
- ❖ Rozlišení: 12 - 16 bit (1000 A/D převodníků na mV)

Vzorkování



- Převod času do diskrétní podoby
- Opakem vzorkovací frekvence je vzorkovací perioda daná jako:

$$T_{vz} = \frac{1}{f_{vz}}$$



- Je potřeba dodržet určité zásady při volbě vzorkovacího kmitočtu

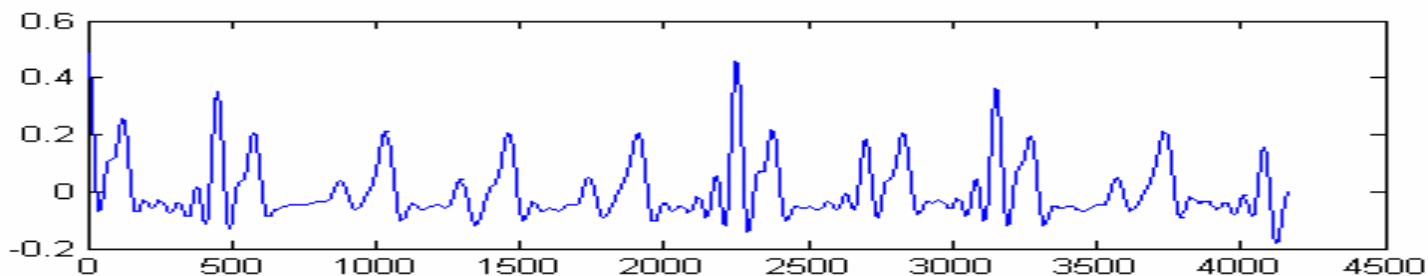
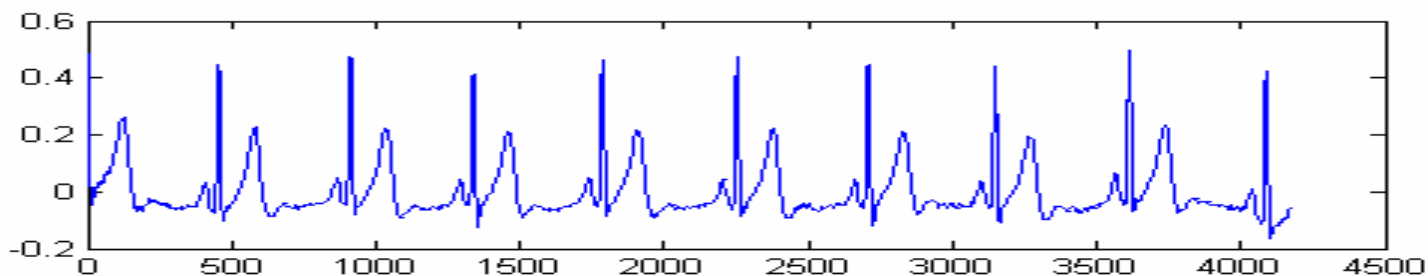
Podmínka pro vzorkování signálu



- Shannonův teorém – podmínka pro vzorkovací frekvenci signálu:

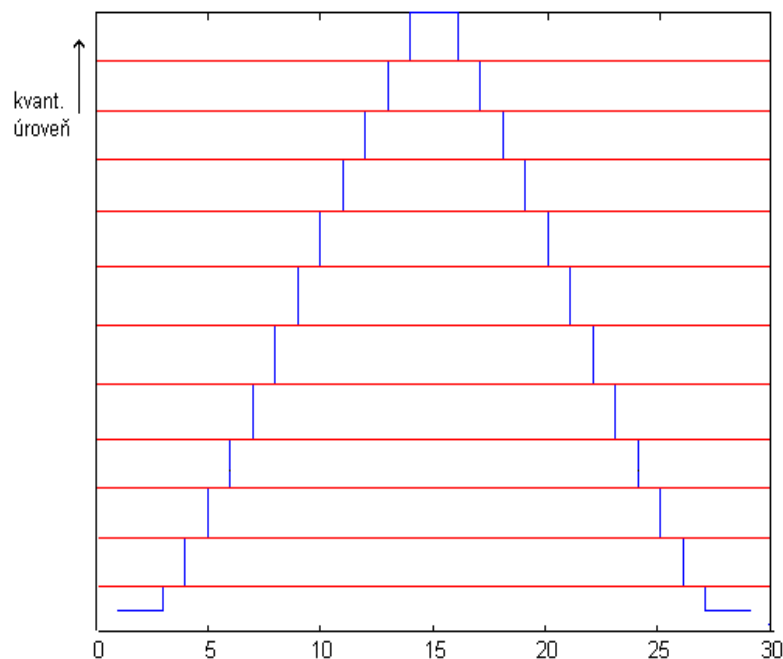
$$f_{vz} \geq 2 \cdot f_{max}$$

- Při nedodržení této podmínky dochází k nevratnému zkreslení signálu





- Převod reálných čísel do kvantovaných hladin
- Úpravy signálu na dané množství úrovní:
 - zaokrouhlovat
 - oseknout shora
 - oseknout zdola
- Převodník převádějící na n-bitová čísla signál o vstupním rozsahu U
 - $q = 2^{-n}U$
 - chyba $\varepsilon = < -q/2; q/2)$
 - $SNR = 20\log_2 n$





- Časově frekvenční reprezentace – spektrální analýza
 - Fourierova transformace
 - Short time Fourier Transform
- Filtrace
 - Základní parametry filtrace
 - Druhy filtrů
 - Adaptivní filtrace
- Vlnková transformace
- Další metody signálového zpracování

Popis signálu



- Pro strojové zpracování potřebujeme signál nějak reprezentovat
- Vhodné je hledat soubor parametrů, který dostatečně signál popisuje
- Takové to parametry nazýváme atributy – příznaky
- Ideální soubor příznaků dokáže oddělit dva signály dle zadaných kritérií (diagnostika)

Popis signálu



- Ne vždy lze nalézt soubor příznaků na základě prostého popisu signálu
- Je vhodné hledat i příznaky, které nejsou okem patrné
- Využívá se transformačních metod
 - Spektrální transformace
 - Analýza hlavních komponent
 - Analýza nezávislých komponent
- Reprezentací můžou být např. základní statistické parametry, gradienty, aproximační koeficienty, atd.

Využití strojového učení



Předzpracování – odstranění
šumu

Detekce artefaktů

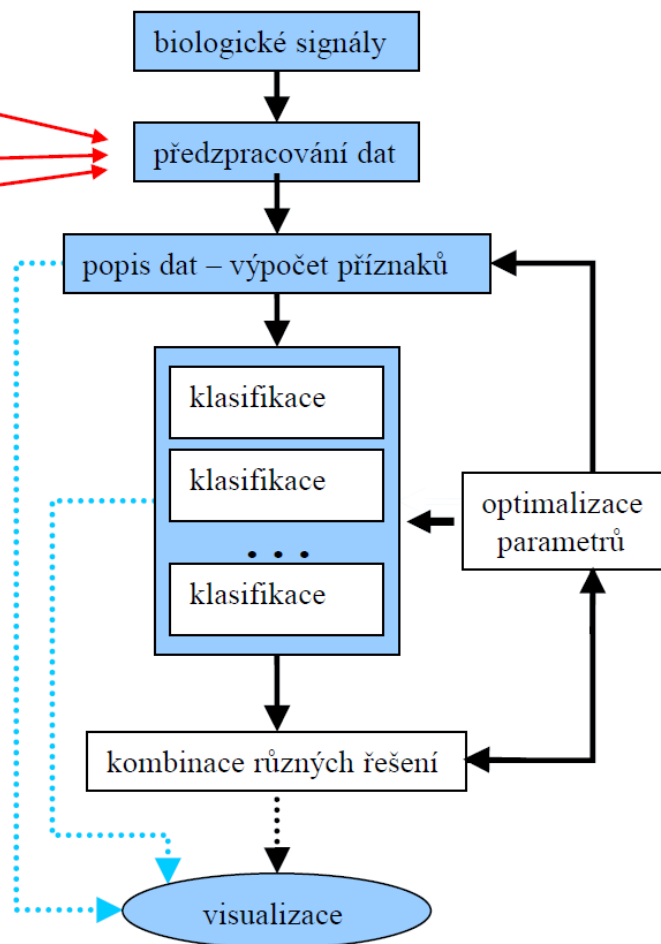
Segmentace signálu

Transformace

Extrakce příznaků

Klasifikace

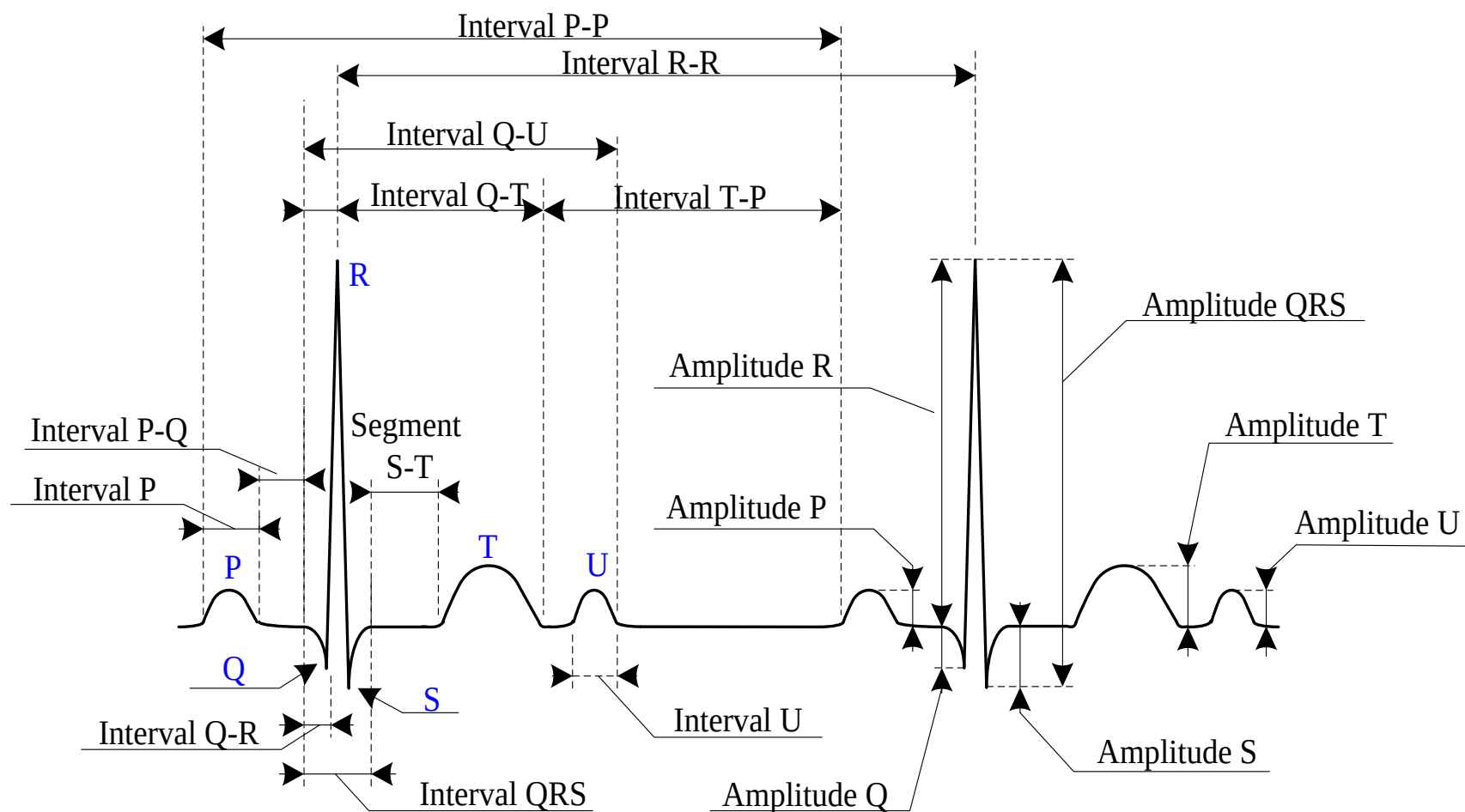
Shlukování



Popis signálu



■ EKG

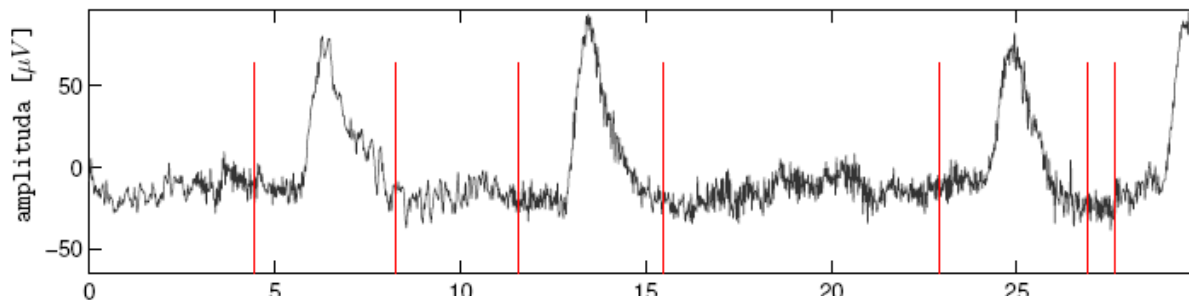


Popis signálu

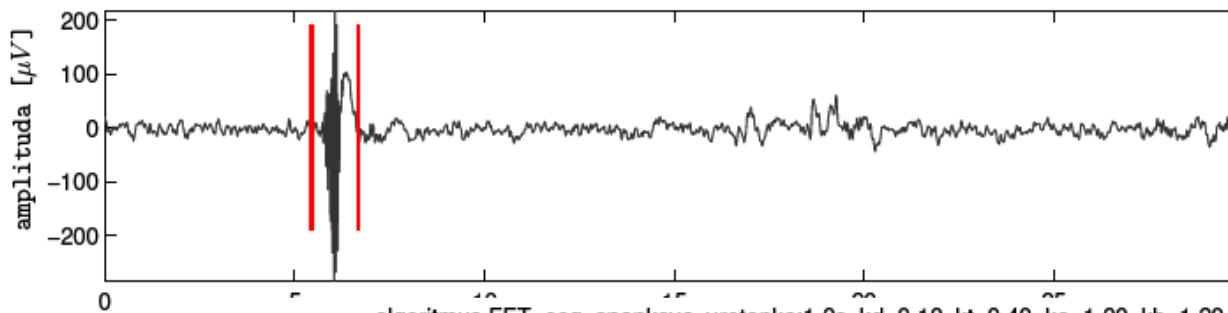


■ EEG

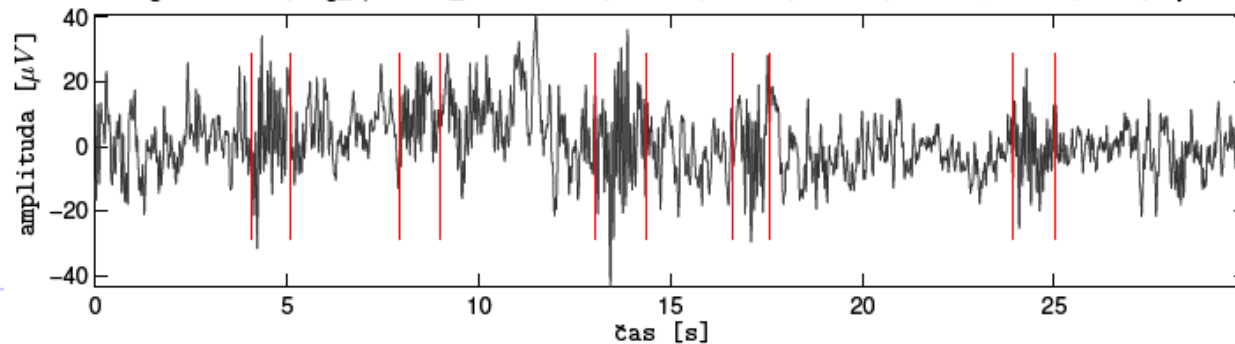
algorithmus FFT, eeg_mrkani:2.0s, kd=0.10, kt=0.40, ka=1.00, kb=1.20, th=0.00, ath=1, eqf=0



algorithmus FFT, eeg_svalovy_artefakt_01:1.0s, kd=0.10, kt=0.40, ka=1.00, kb=1.20, th=0.00, ath=1, eqf=0

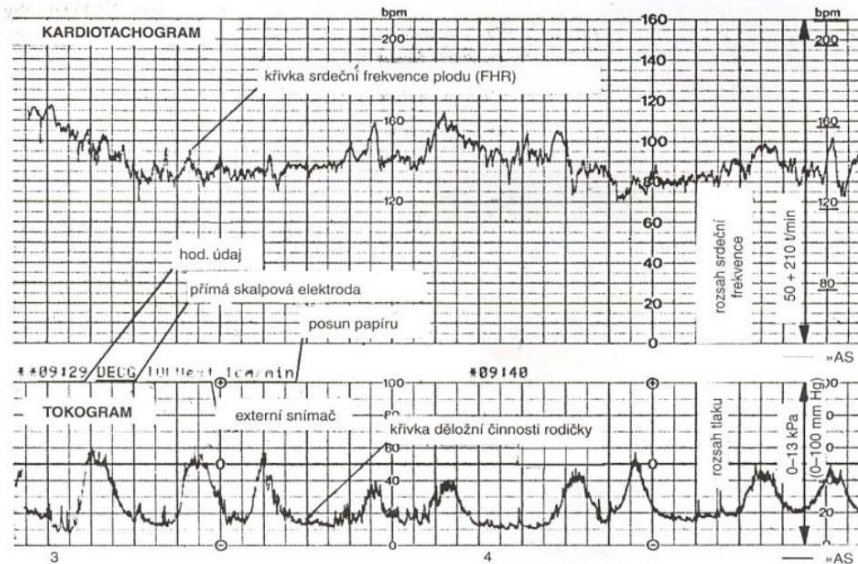
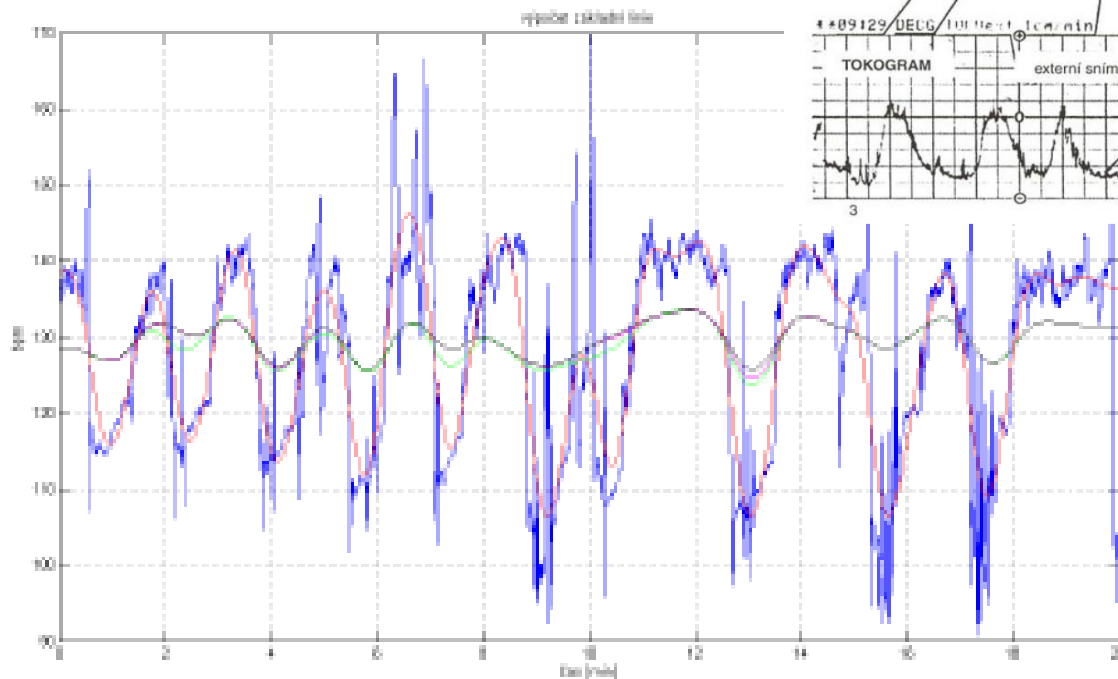


algorithmus FFT, eeg_spankova_vretenka:1.0s, kd=0.10, kt=0.40, ka=1.00, kb=1.20, th=0.00, ath=1, eqf=0



Popis signálu

- KTG (Kardiotocogram)





- EDF, EDF+
 - European Data Format užívaný pro uložení mnohparametrových mnohafrekvenčních dat od roku 1990.
 - <http://www.edfplus.info/>
- MIT (Známý rovněž pod názvy)
 - WFDB (Wave File DataBase)
 - PhysioBank format (používaný databází PhysioBank) na serveru PhysioNet
- AHA DB
 - Formát užívaný AHA DB a MIT-BIH DB v rozmezí let 1980 – 1990 pro distribuci dat na magnetických páskách.



■ PhysioBank

- www.physionet.org/physiobank
- Obsahuje cca 40 volně dostupných databází fyziologických dat. Přehled je na PhysioBank Archive Index. Data jsou ve formátu WFDB.

■ g.tec

- www.biosignal.at
- Dva datasety:
 - EEG a EKG při výstupu na Dachstein
 - EEG během BCI experimentu (brain computer interface)

Signal Processing



- BioSig (<http://biosig.sourceforge.net/>)
 - Pod GPL (General Public License) licenci
 - Zpracování EKG, EEG, ECoG, EMG, EOG, dýchání
 - Existují verze
 - BioSig for Octave and Matlab
 - BioSig for C/C++ (biosig4c++)
 - SigViewer (sigviewer): Program pro zobrazení a hodnocení biosignálů (zejména EEG) implementovaný v C++ a platformově nezávislém souboru GUI nástrojů Qt 4.

Reference



- J. Mohylová, V. Krajča: Zpracování biologických signálů, Učební text, Vysoká škola báňská, Technická Univerzita Ostrava, 2007
- P. Kasal, Š. Svačina a kol.: Lékařská informatika. Karolinum Praha, 1998
- Davídek V., Laipert M., Vlček M., Analogové a číslicové filtry, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2000