

*Elektrotechnická fakulta,
Žilinská univerzita*



Meranie biosignálov pre účely medicínskej diagnostiky

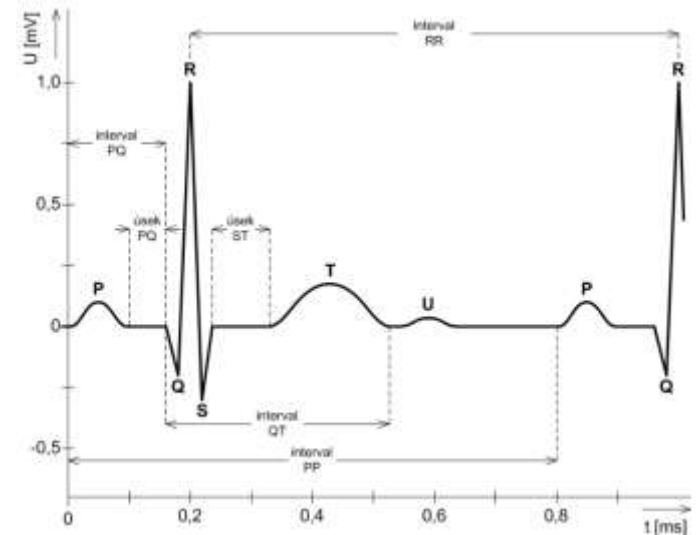
Branko BABUŠIAK, Štefan BORIK

- ▶ Snímanie EKG
 - Štandardné snímanie EKG
 - Nové metódy snímania EKG (biosignálov)

- ▶ Snímanie PPG
 - Štandardné snímanie PPG
 - Analýza PPG

Elektrokardiografia (EKG)

- ▶ Diagnostická metóda, umožňujúca snímanie a záznam elektrickej aktivity srdca
- ▶ Najčastejšie používaná diagnostická metóda v základnom vyšetrení fyzikálnych funkcií človeka.
- ▶ Umožňuje zistiť poruchy srdcového rytmu (arytmie), srdcový infarkt a podobne.



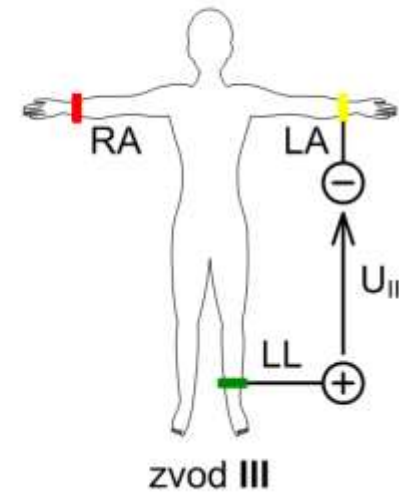
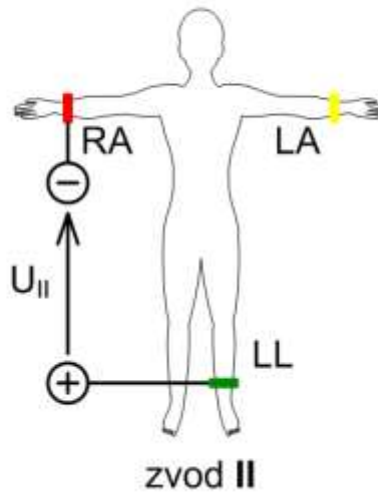
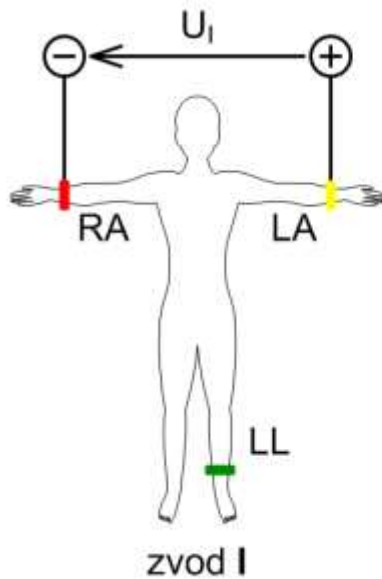
Štandardné snímanie EKG

- ▶ Štandardné 12 zvodové EKG pozostáva z nasledovných zvodov:
 - 3 bipolárne končatinové zvody – I, II, III
 - 3 unipolárne zväčšené zvody – aVR, aVL, aVF
 - 6 unipolárnych hrudných zvodov – V1 – V6
- ▶ Používané elektródy:
 - Klipsové končatinové elektródy
 - Balónikové hrudné elektródy
 - Nalepovacie elektródy
 - Materiál: Ag/AgCl



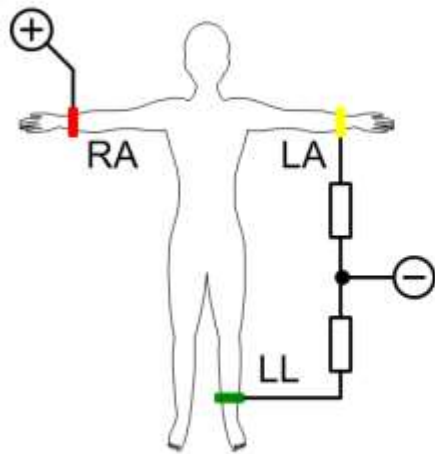
Bipolárne končatinové zvody

- ▶ Končatinové (*Einthovenove*) bipolárne zvody zaznamenávajú rozdiel potenciálov medzi dvojicou elektród

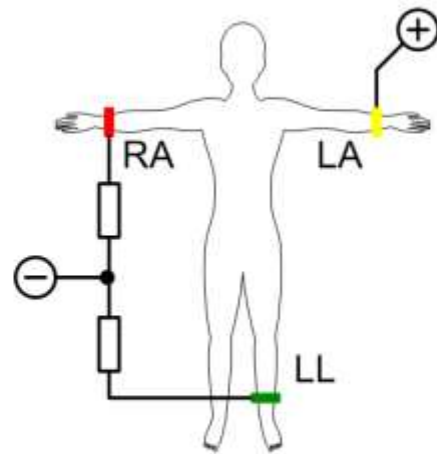


Unipolárne končatinové zvody

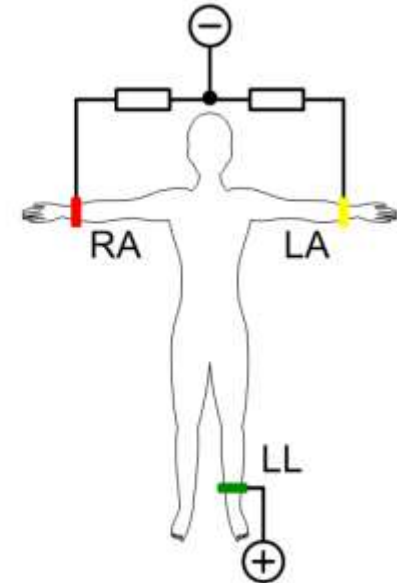
- ▶ Zaznamenávajú rozdiel potenciálov medzi diferentnou a indiferentnou elektródou. Diferentná elektróda (+) sa umiestňuje na povrch tela.
- ▶ **Goldbergove unipolárne zvody**



zvod aVR



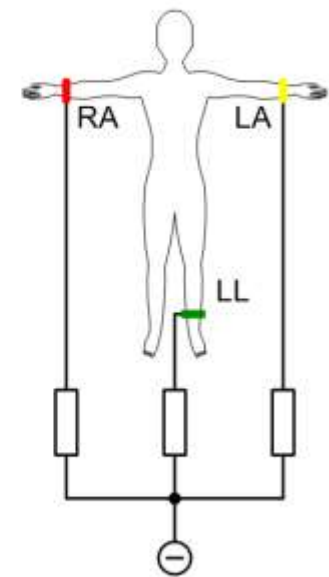
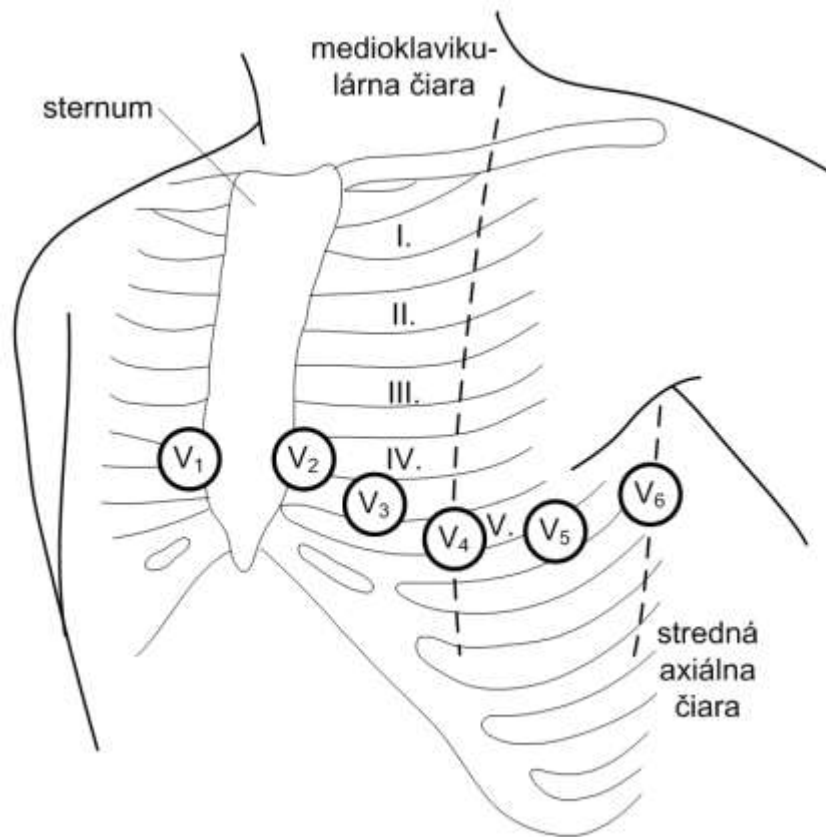
zvod aVL



zvod aVF

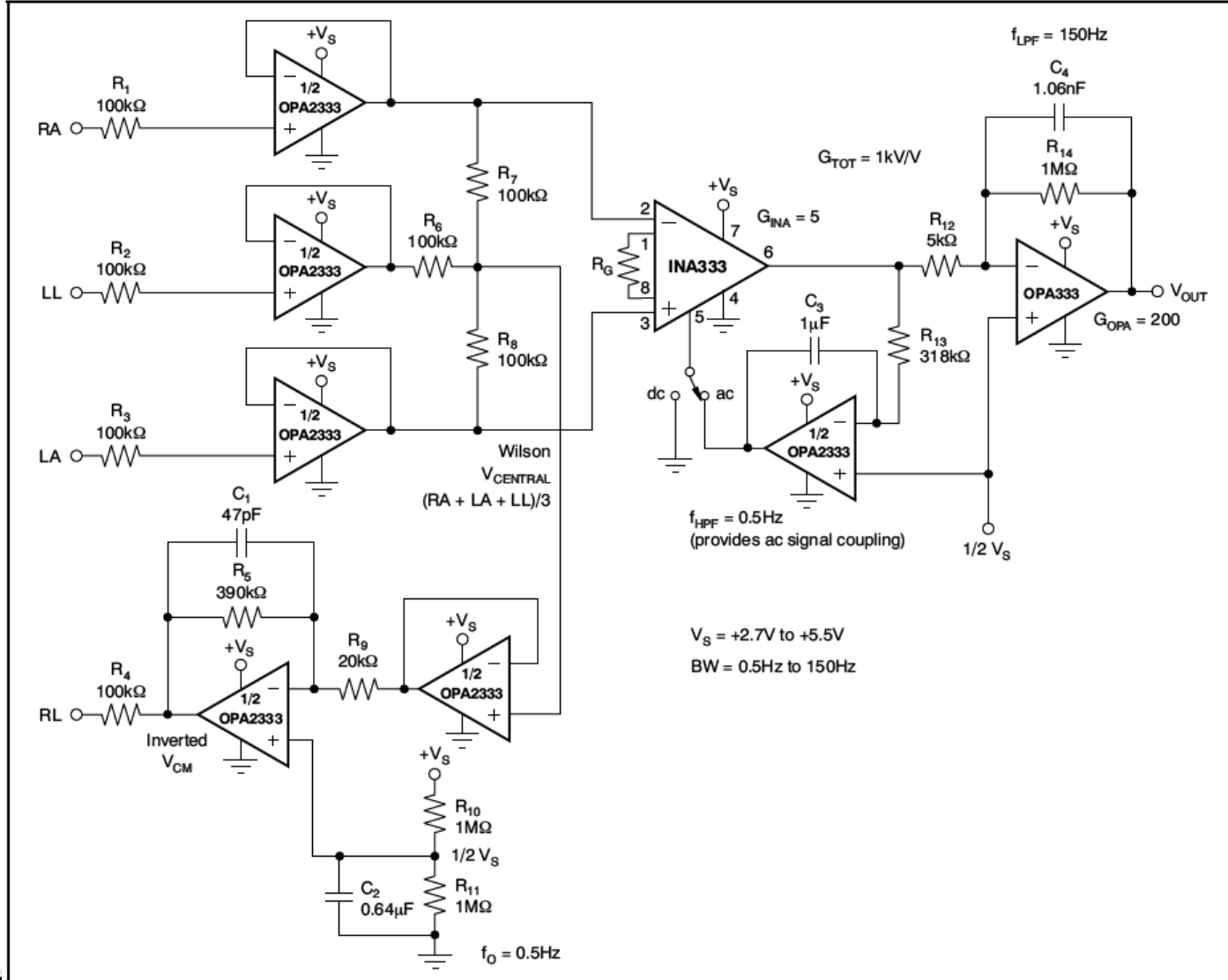
Unipolárne hrudné zvody

- ▶ Hrudné (*Wilsonove*) unipolárne zvody nazývané tiež prekordiálne zvody. Označenie V_1 , V_2 , V_3 , V_4 , V_5 , V_6



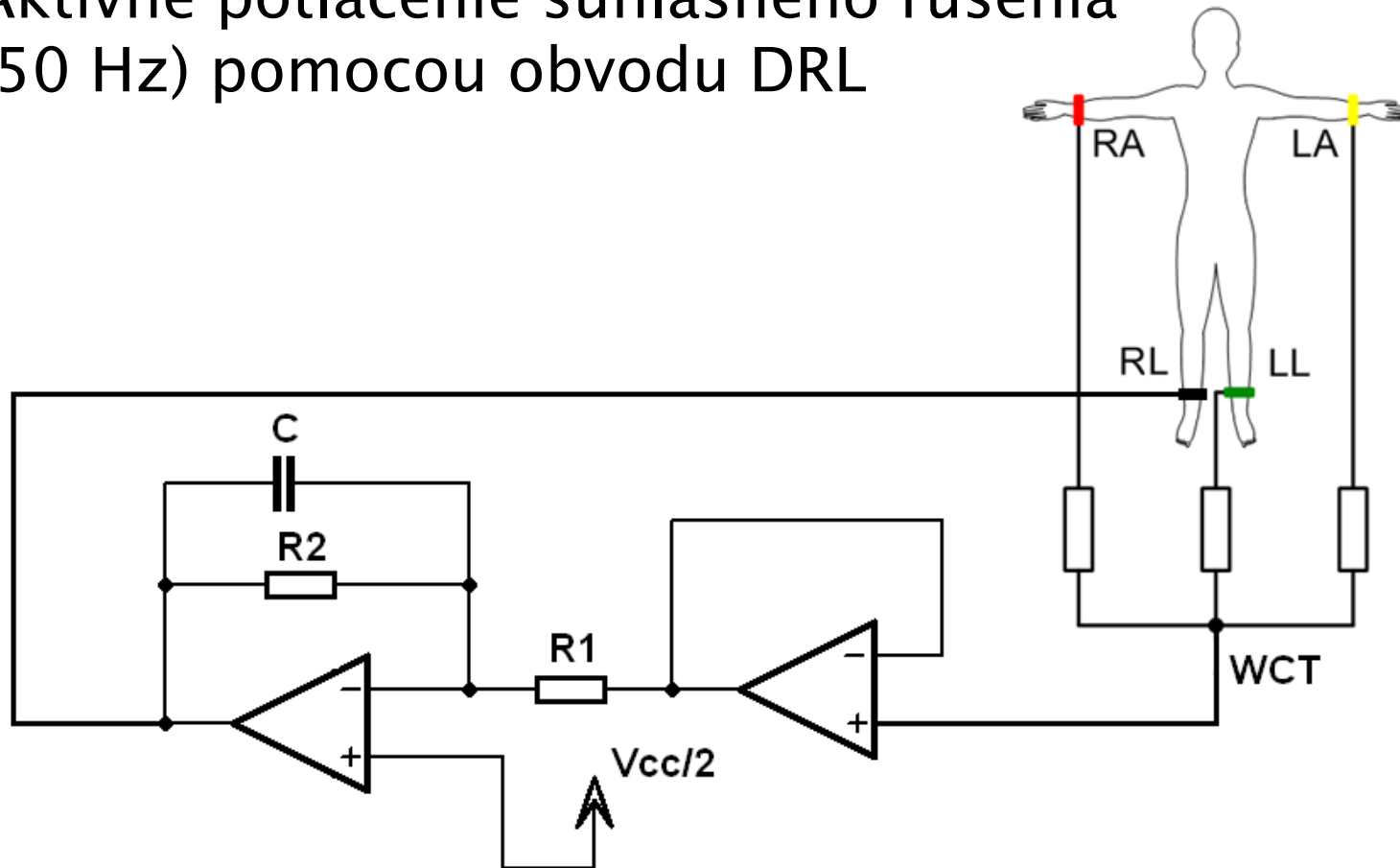
Wilsonova centrálna svorka (WCT, CT)

Elektrokardiograf



Aktívne potlačenie šumu 50 Hz

- ▶ Aktívne potlačenie súhlasného rušenia (50 Hz) pomocou obvodu DRL



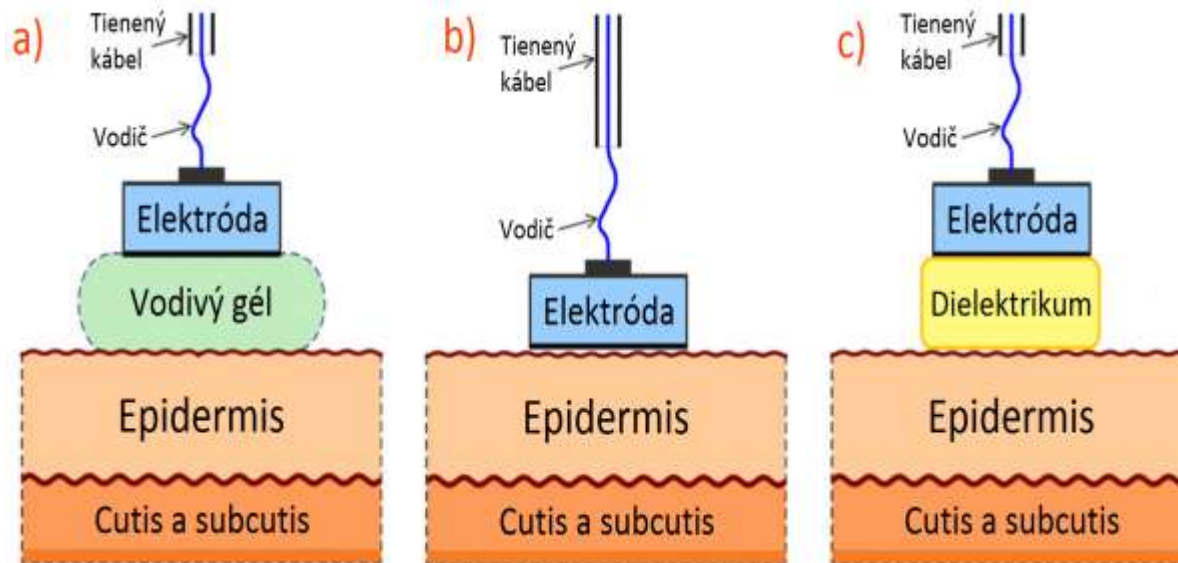
Neštandardné snímanie biosignálov

- ▶ Prečo vyvíjať alternatívy snímania signálov?
 - Elektrovodivý gél pri dlhodobých meraniach vysychá
 - Gél môže spôsobiť alergické reakcie



- Absencia elektrovodivého gélu urýchli prípravu na meranie a prispeje k zvýšeniu komfortu počas merania

Alternatívne spôsoby snímania biosignálov



Rôzne formy snímania: a) s vodivým gélom, b) bez vodivého gélu, c) kapacitné meranie

Použitie suchých elektród

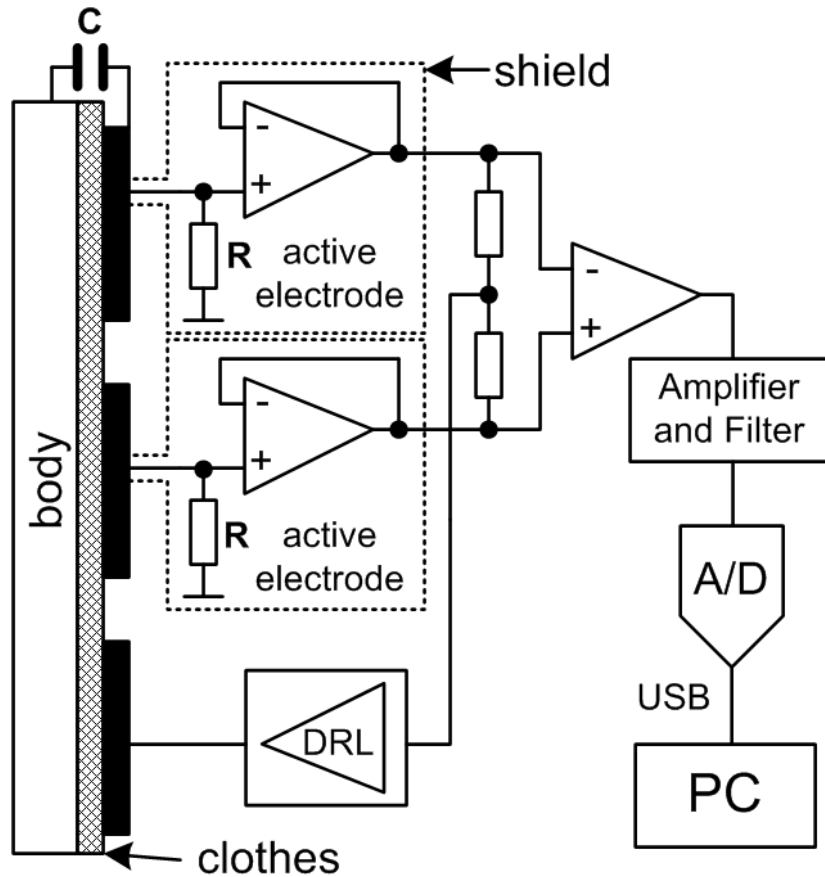


*Moderné typy elektród:
a) vyrobené z kovu, b)
vyrobené z vodivého
polyméru*



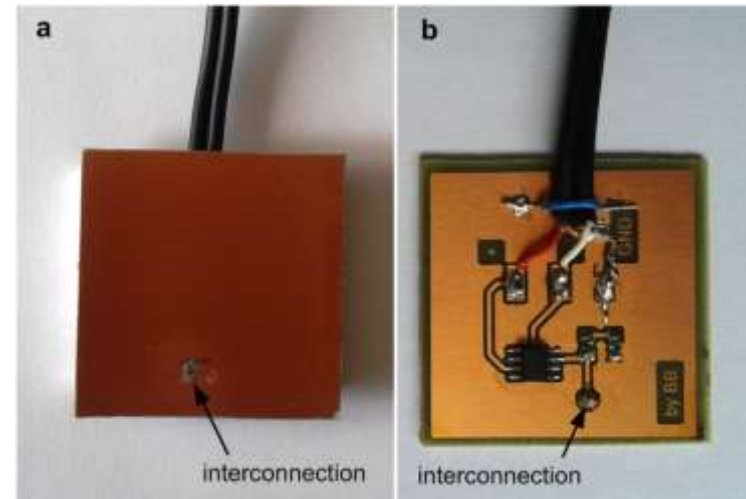
*EEG meracie systémy
s využitím suchých
elektród: a) 32-
kanálová bezdrôtová
EEG čiapka,
b) 8-kanálový
bezdrôtový EEG
headset*

Snímanie na kapacitnom princípe



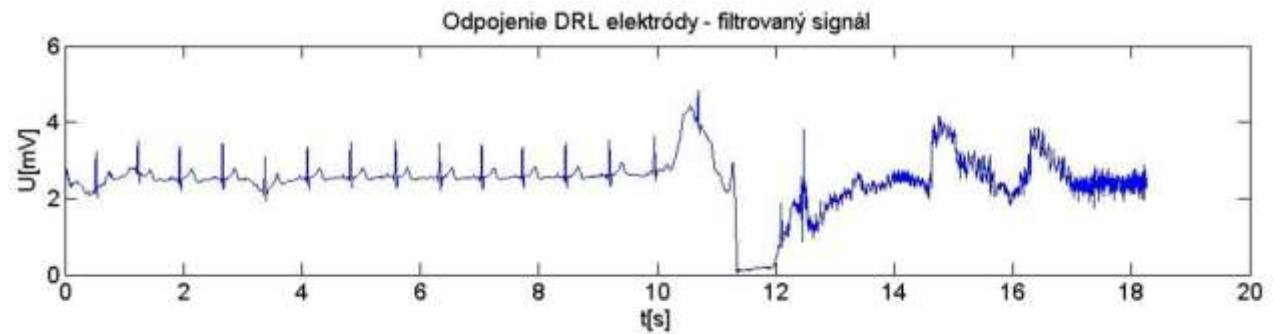
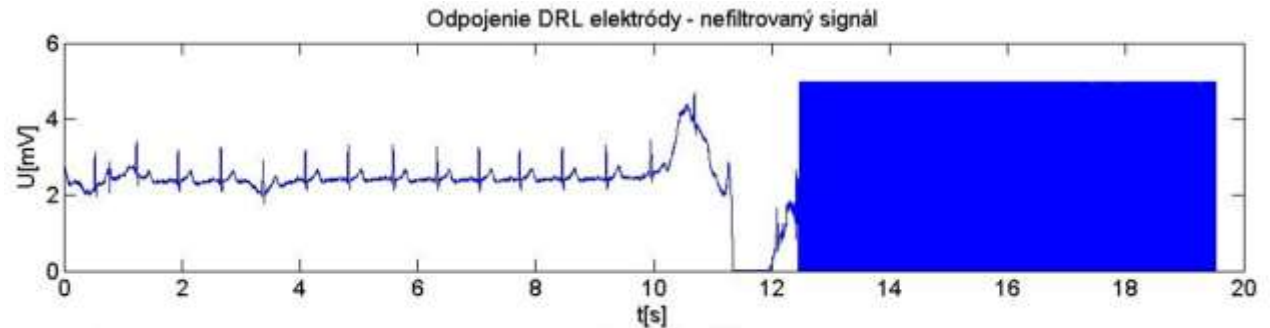
Rozhranie koža-elektroda →
doskový kondenzátor:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$



Aktívna elektróda (4x4 cm)

Snímanie na kapacitnom princípe

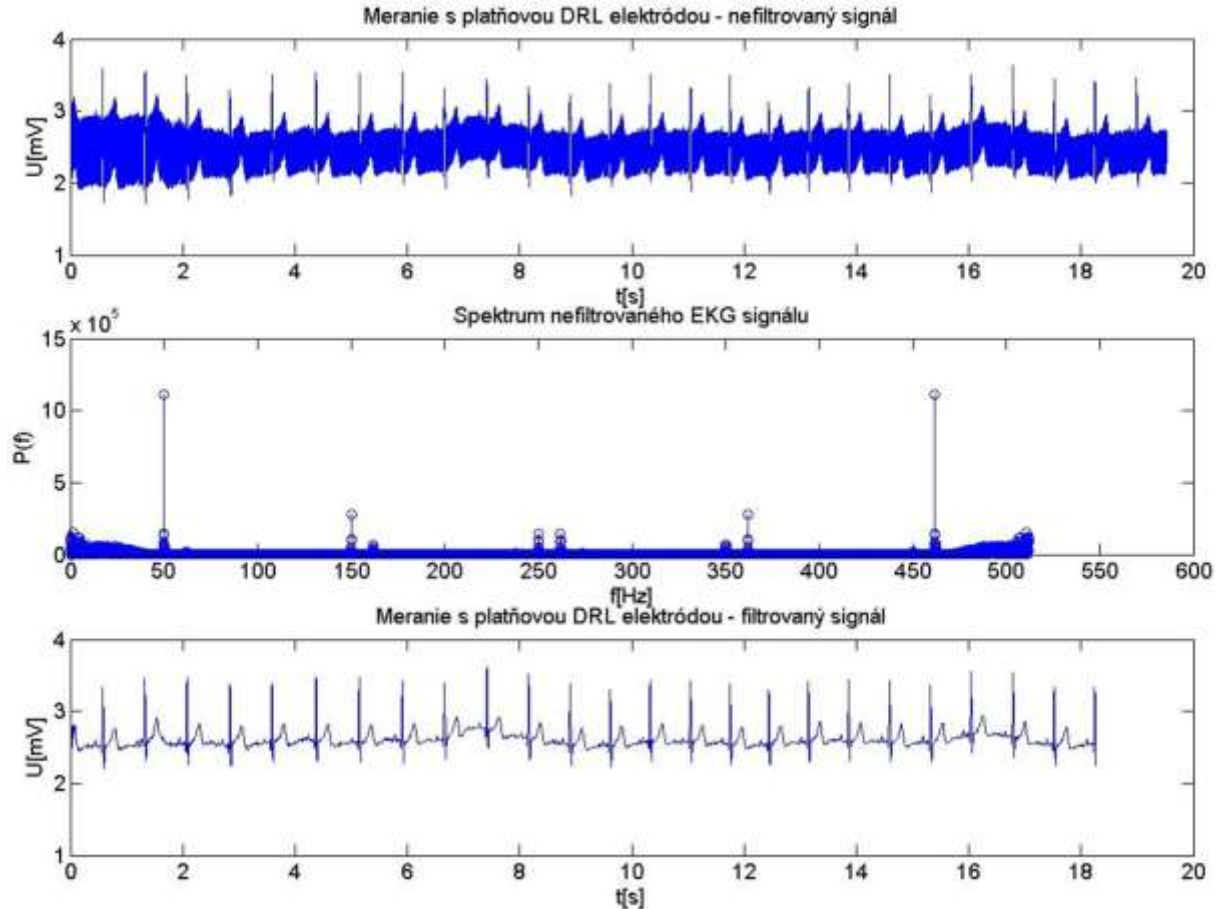


DRL elektróda s priamym kontaktom

Snímanie na kapacitnom princípe

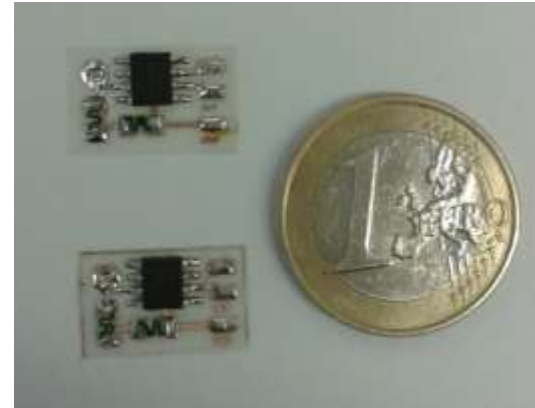
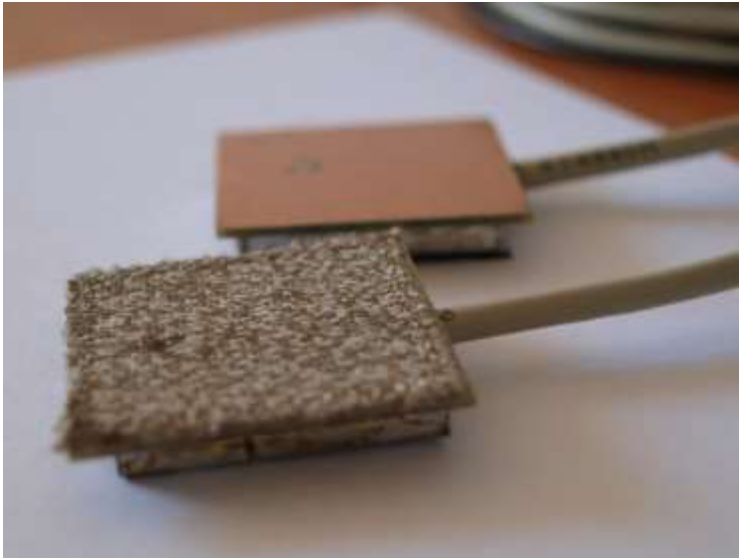


Kapacitná DRL elektróda



Snímanie na kapacitnom princípe

► Vývoj textilných elektród



Miniaturizácia aktívnych elektród



Vodivé vlákno Elitex

Snímanie na kapacitnom princípe

- ▶ Integrácia do bedrového pásu



Snímanie na kapacitnom princípe

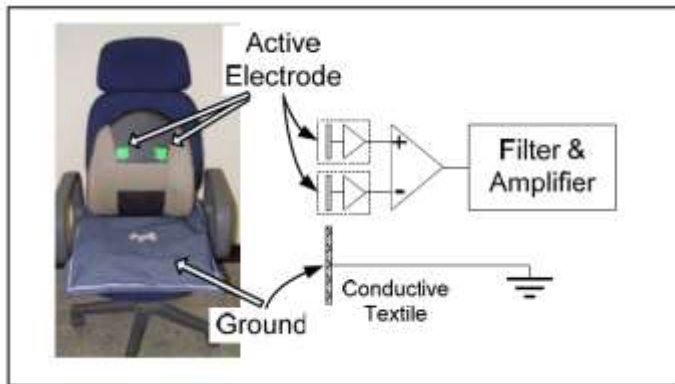
- ▶ Integrácia do trička



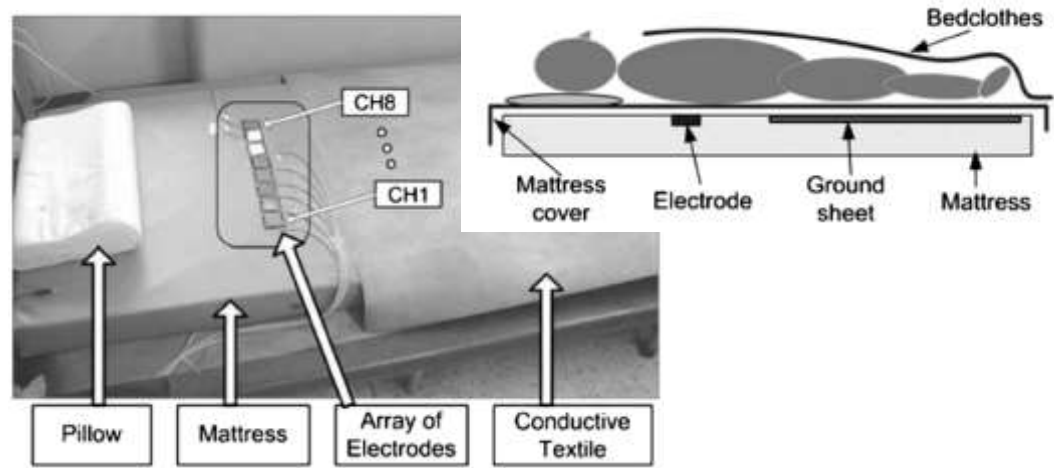
Snímanie na kapacitnom princípe

- ▶ Ďalšie možnosti integrácie

Kreslo pre meranie EKG

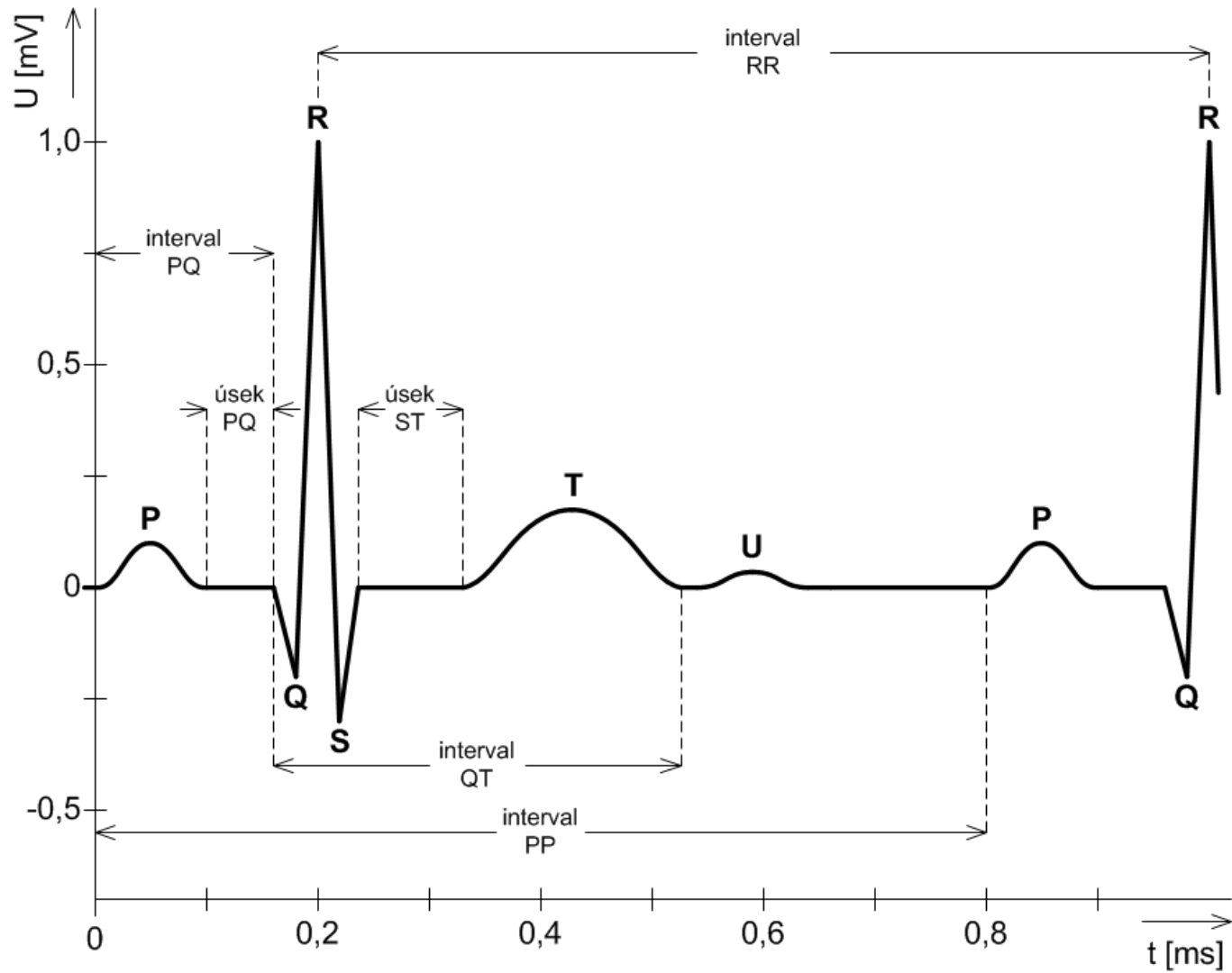


Posteľ pre meranie EKG



Lim, Yong Gyu, Gih Sung Chung, and Kwang Suk Park. "Capacitive driven-right-leg grounding in indirect-contact ECG measurement." *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*. IEEE, 2010.

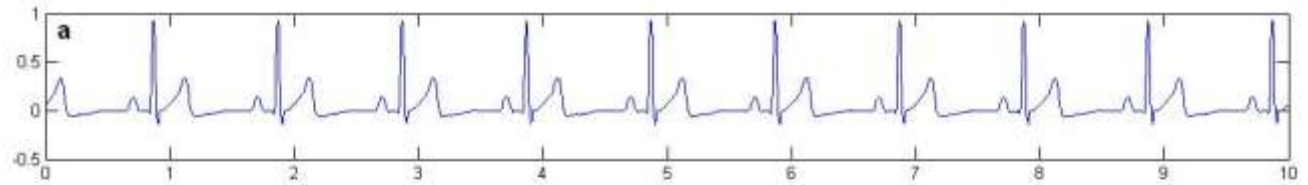
Analýza EKG krivky



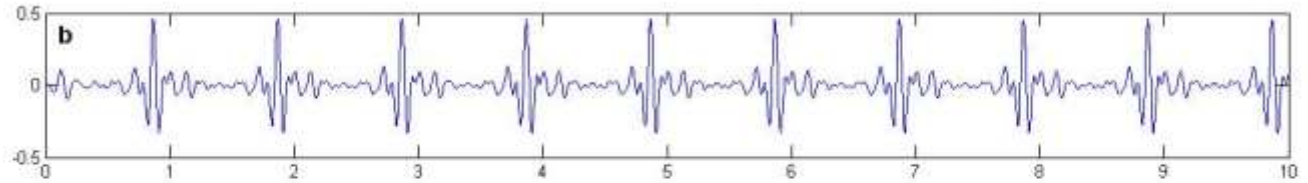
Analýza EKG krivky

▶ Algoritmus detekcie QRS komplexu

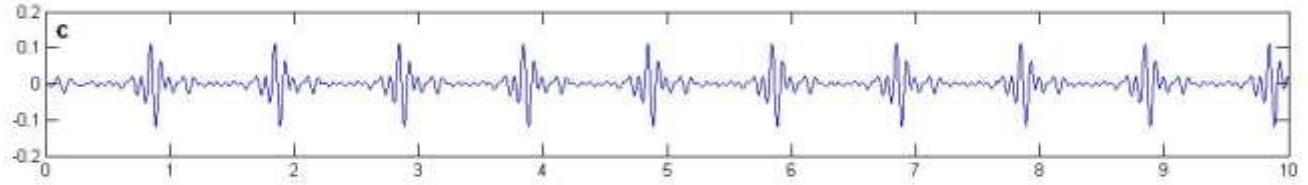
EKG signál



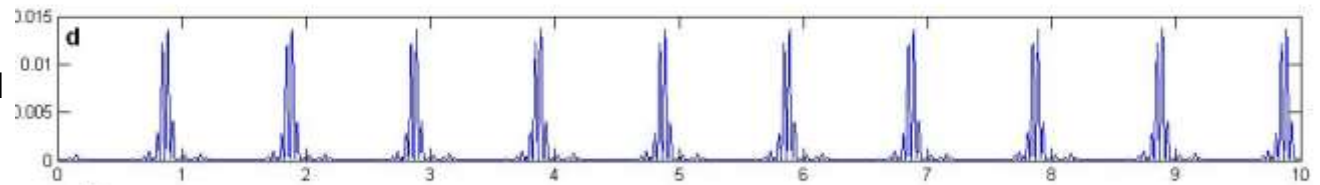
Filter PP 5–16 Hz



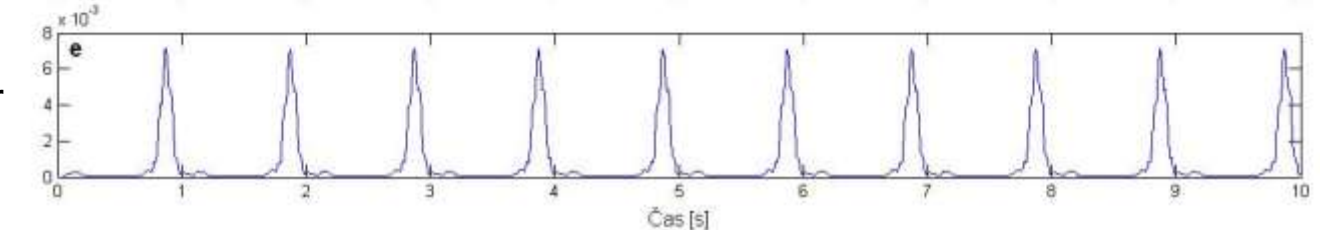
Derivácia signálu



Umocnenie signálu

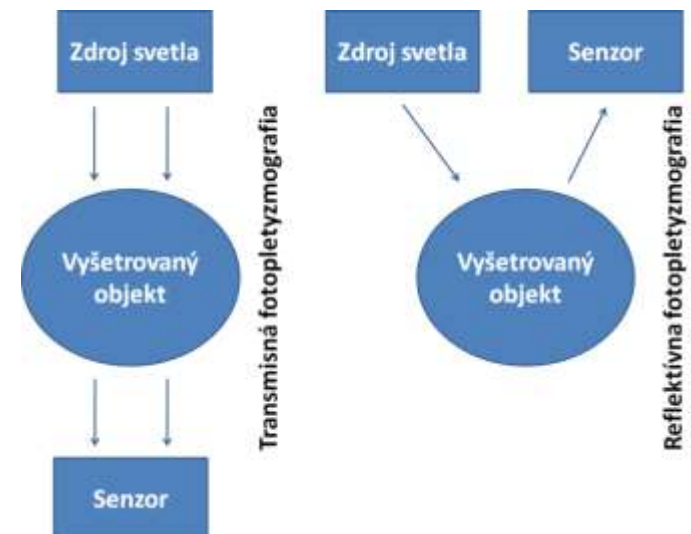


Priemerovací filter

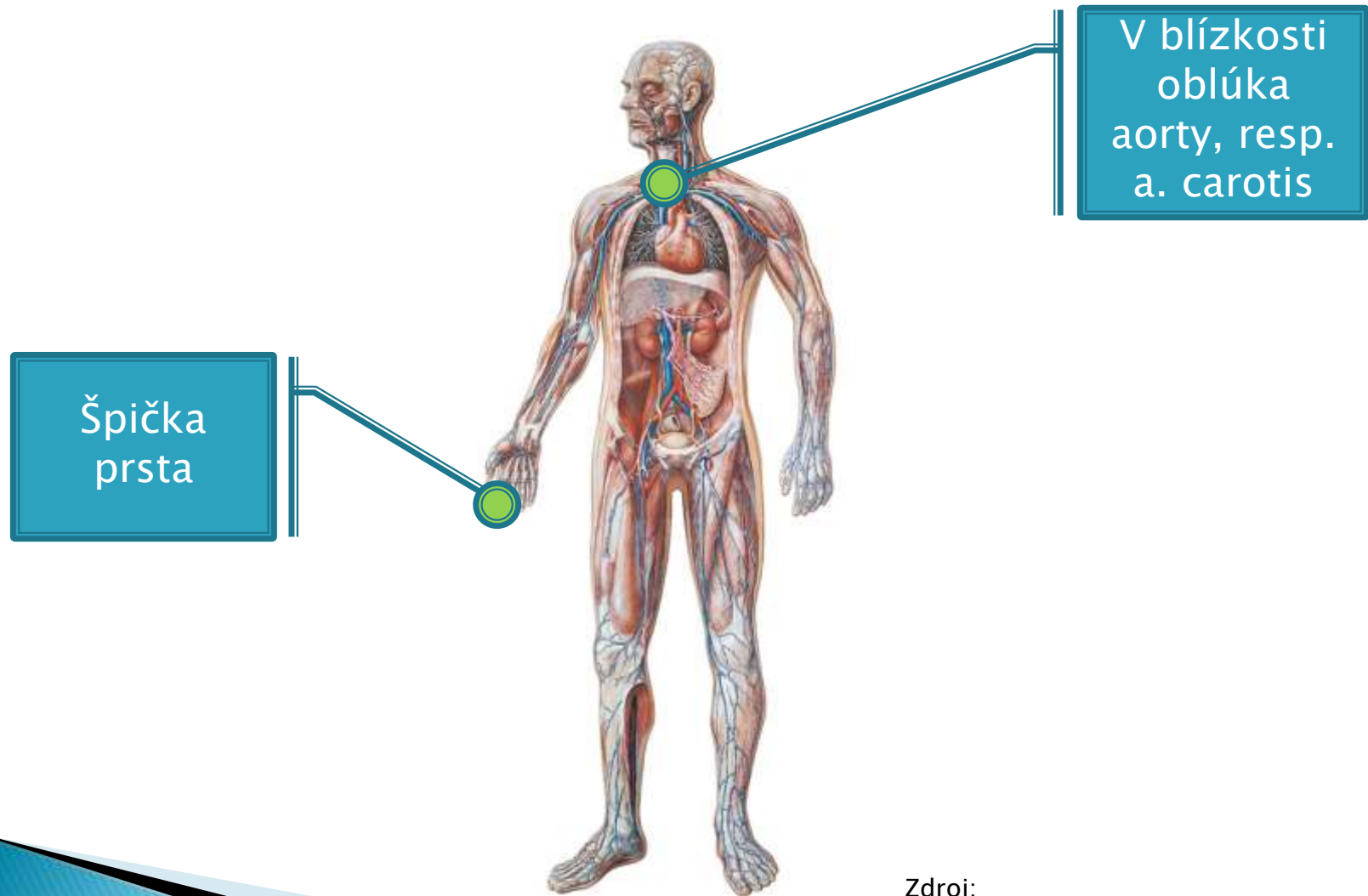


Fotopletyzmografia

- ▶ aplikácia elektromagnetického žiarenia v optickej oblasti vlnových dĺžok do podkožnej oblasti (1)
- ▶ aplikované žiarenie buď prechádza vyšetrovaným miestom a dopadá na senzor
- ▶ **transmisná fotopletyzmografia**
- ▶ **reflektívna fotopletyzmografia**
- ▶ detegovaný signál je závislý od malých zmien intenzity dopadajúceho svetla
- ▶ zmeny korešpondujú so zmenami objemu krvi vo vyšetrovanom tkanive, ktoré sú spôsobené periodickou činnosťou srdca, ktoré vypudzuje krv do arteriálneho systému (1), (2), (3)
- ▶ typické umiestnenie senzorov je v oblasti najviac prekrvených miest ľudského tela:
 - v oblasti prstov na rukách, ušných lalôčkov a prstov na nohách



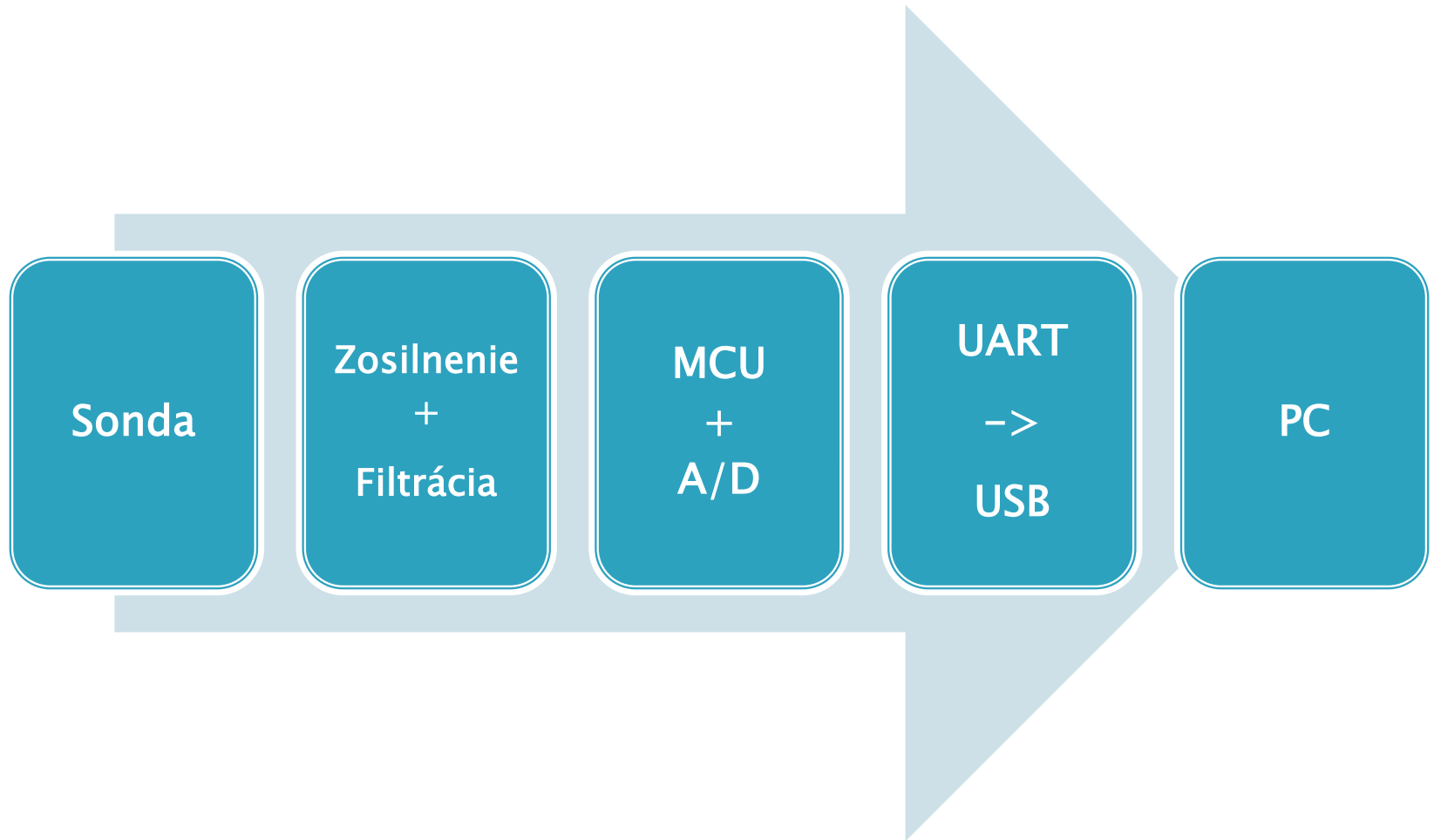
Miesta snímania pulzovej vlny



Zdroj:

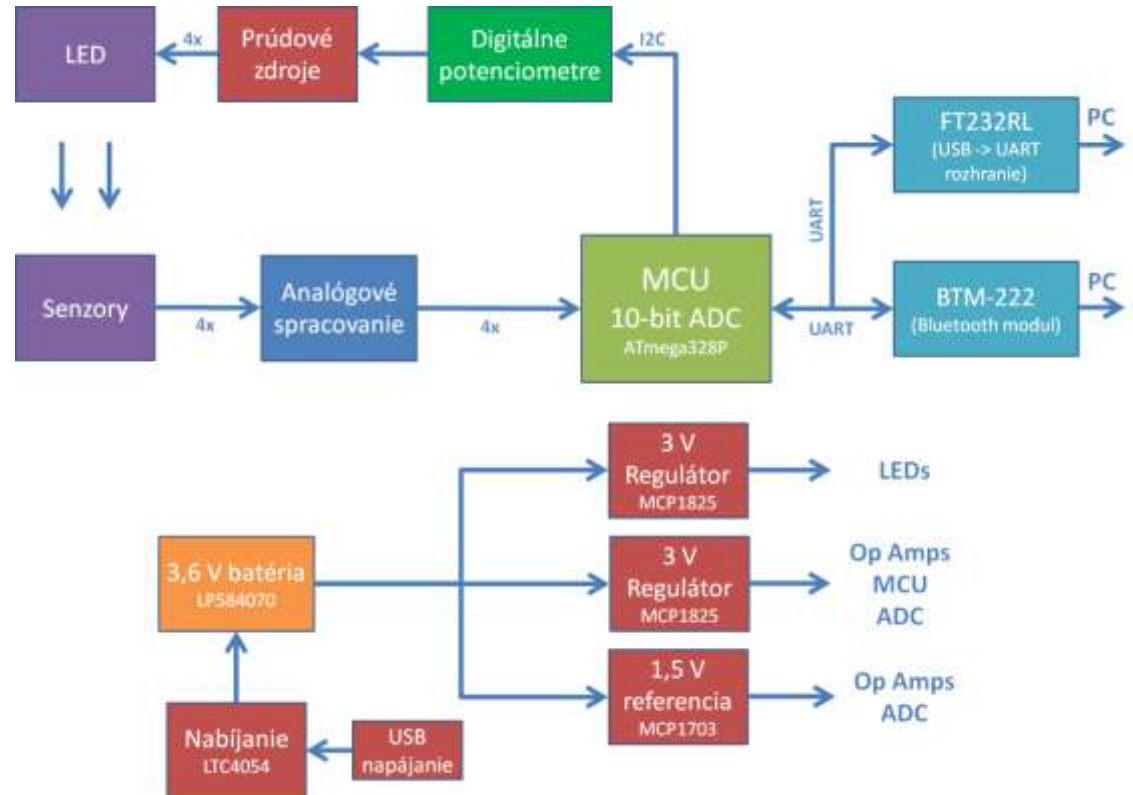
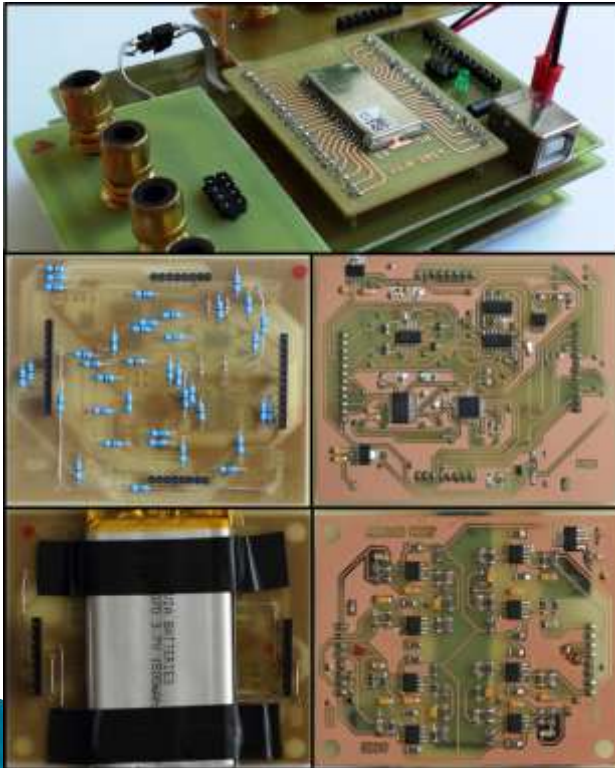
<http://www.konexmedik.sk/obchod/index.php?detail=5518&vyr=&kat=9&podkat=157>

Postup spracovania údajov

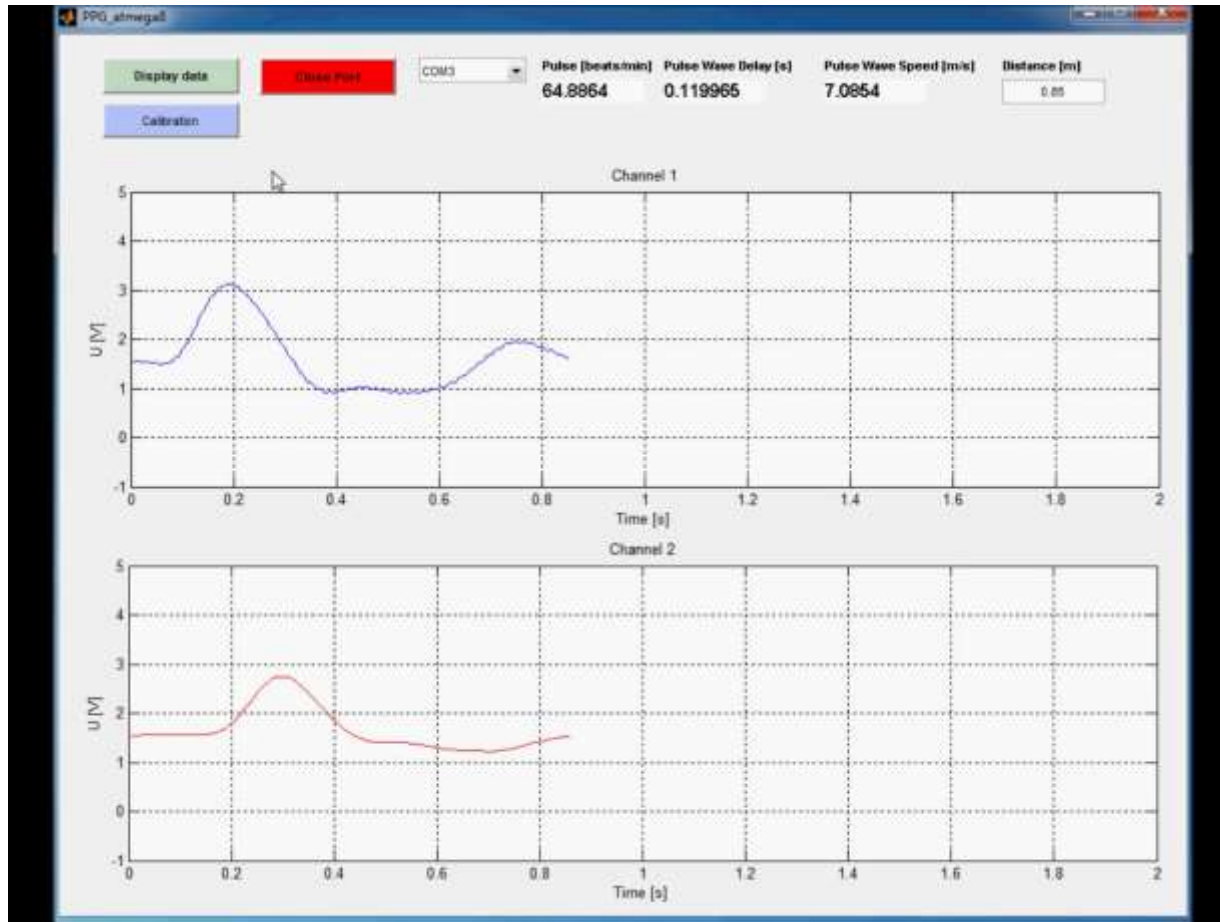


HW zapojenie

- ▶ Transimpedančný zosilňovač
 - Prevod prúd \rightarrow napätie,
 - Fotodióda ako detektor
- ▶ Zapojenie OZ so striedavou väzbou
- ▶ Riadenie jasu LED
 - Napätím ovládaný prúdový zdroj

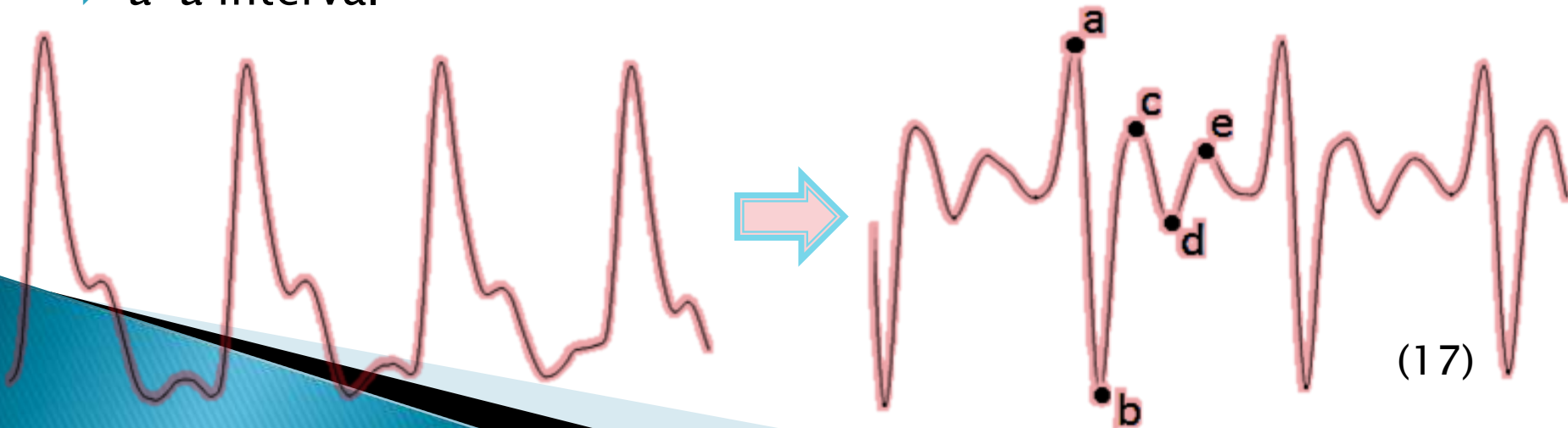


Ukážka snímania pulzovej vlny



Druhá derivácia PPG

- ▶ Vlny *a*, *b*, *c*, *d*, *e*
- ▶ *a* – vlna (skorá pozitívna systolická vlna)
- ▶ *b* – vlna (skorá negatívna systolická vlna)
- ▶ *c* – vlna (neskorá rastúca systolická vlna)
- ▶ *d* – vlna (neskorá klesajúca systolická vlna)
- ▶ *e* – vlna (skorá pozitívna diastolická vlna)
- ▶ pomery b/a , c/a , d/a , e/a ,
 $(b-c-d-e)/a$, $(b-e)/a$, $(b-c-d)/a$, $(c+d-b)/a$
- ▶ *a*-*a* interval



Analýza SDPG

Klinická štúdia:

TAKAZAWA, Kenji, et al. Assessment of vasoactive agents and vascular aging by the second derivative of photoplethysmogram waveform. *Hypertension*, 1998, 32.2: 365–370.

→ zapojených 300 ľudí, 3. – 8. dekáda

Hodnotenie pomerov:

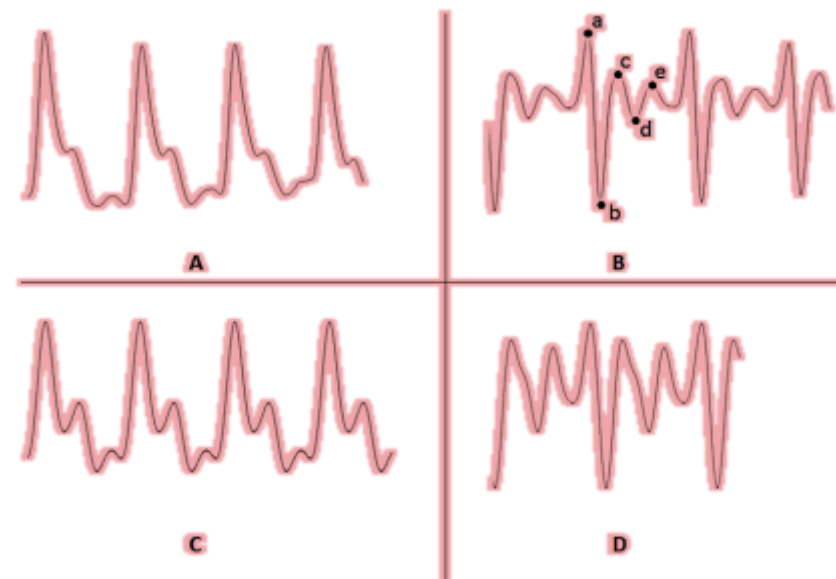
$\uparrow b/a \Leftrightarrow \uparrow E, \uparrow \text{vek}$

$\downarrow c/a \Leftrightarrow \downarrow E, \downarrow \text{vek}$

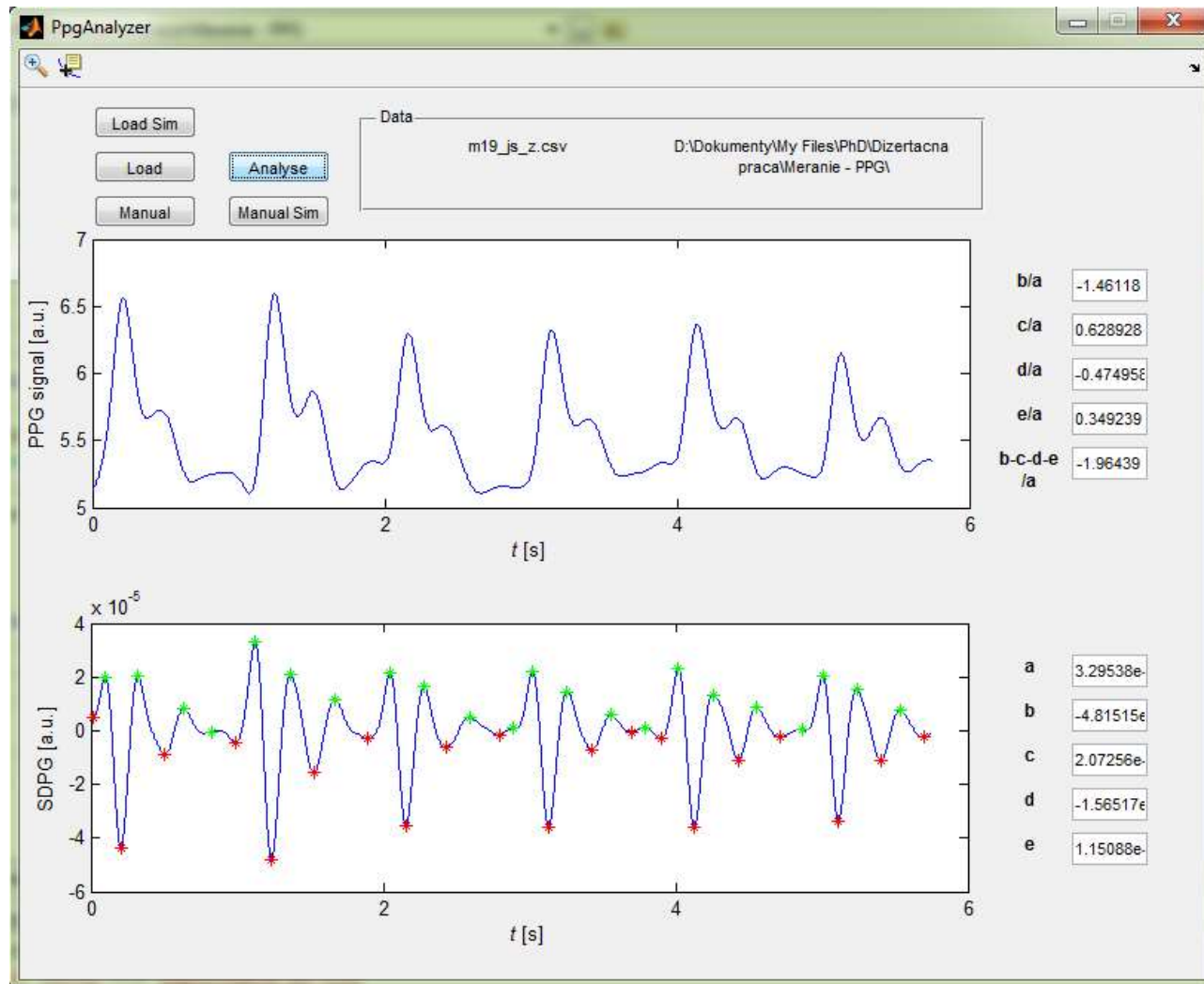
$\downarrow d/a \Leftrightarrow \downarrow E, \downarrow \text{vek}$

$\downarrow e/a \Leftrightarrow \downarrow E, \downarrow \text{vek}$

$\uparrow (b - c - d - e)/a \Leftrightarrow \uparrow E, \uparrow \text{vek}$

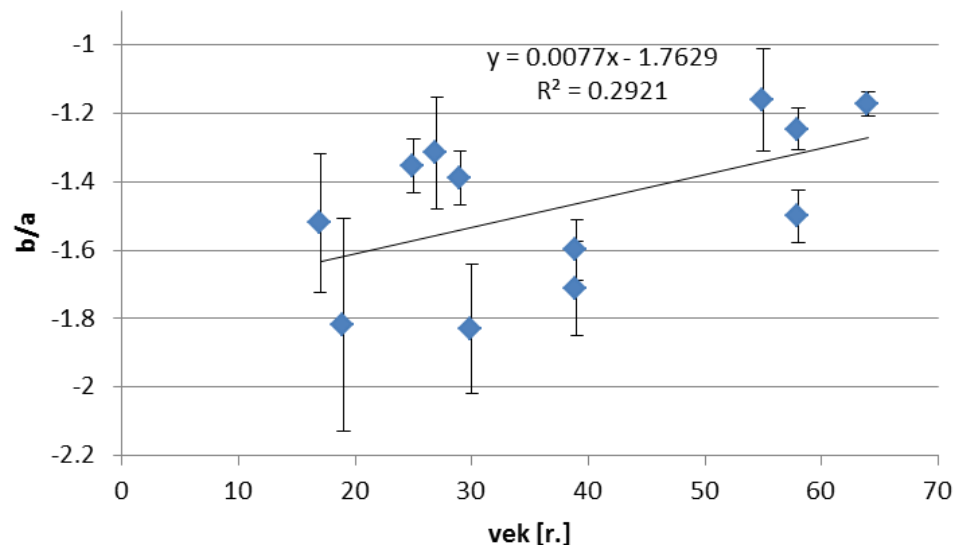


Rozhranie pre analýzu dát

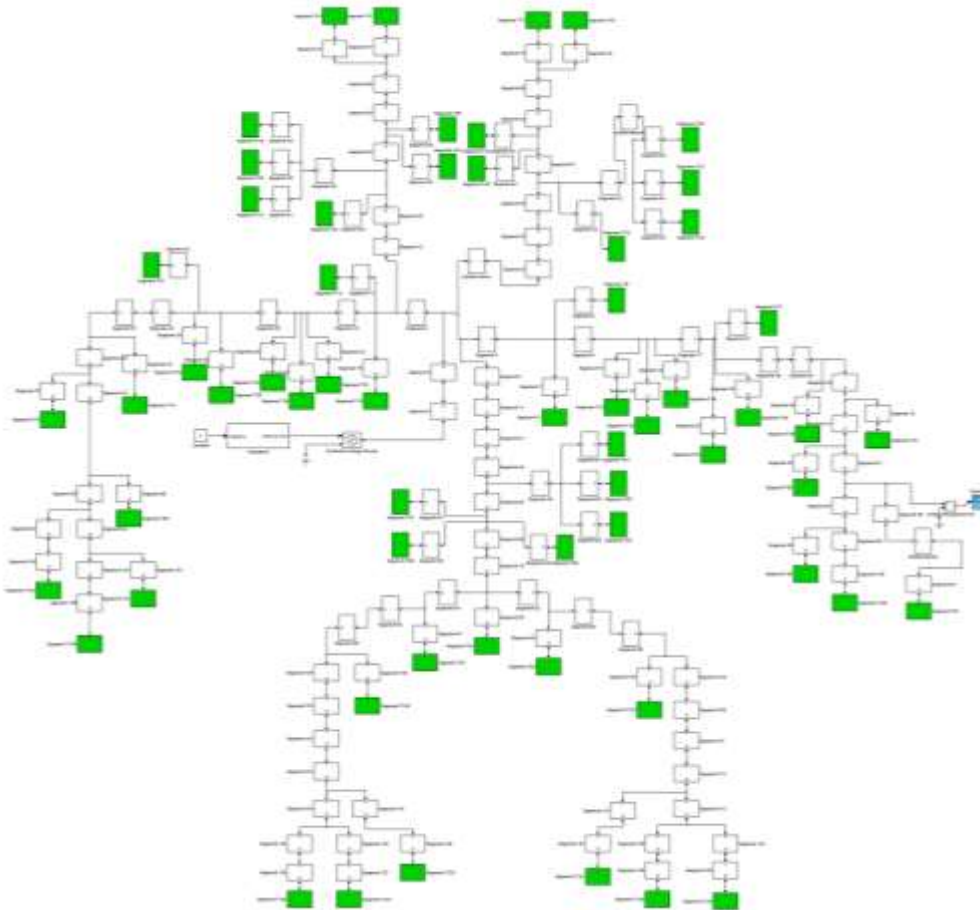


b/a pomer v závislosti od veku

- ▶ Vekový interval: 17 – 64 rokov
- ▶ Rozptyl hodnôt vyšší u mladších osôb
- ▶ Aproximácia podľa (Takazawa et. al):
 - $y = 0,008x - 1,026$



Model arteriálneho systému



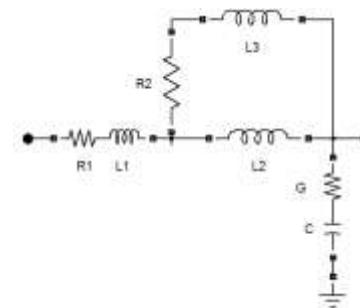
Základné prvky:
Rezistor, induktor, kapacitor



Vlastnosti arteriálneho systému

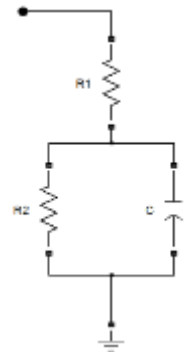


Analýza
simulovaných a
meraných
signálov



Arteriálny segment

Terminálny segment



Prepojenie mechanických a elektrických veličín využitím elektromechanickej analógie

Mechanická veličina

- ▶ Viskozita krvi
- ▶ Hustota krvi
- ▶ Elasticita cievnej steny

$$R_0 = \frac{4\eta}{\pi r_0^4}$$

$$L_0 = \frac{\rho}{\pi r_0^2}$$

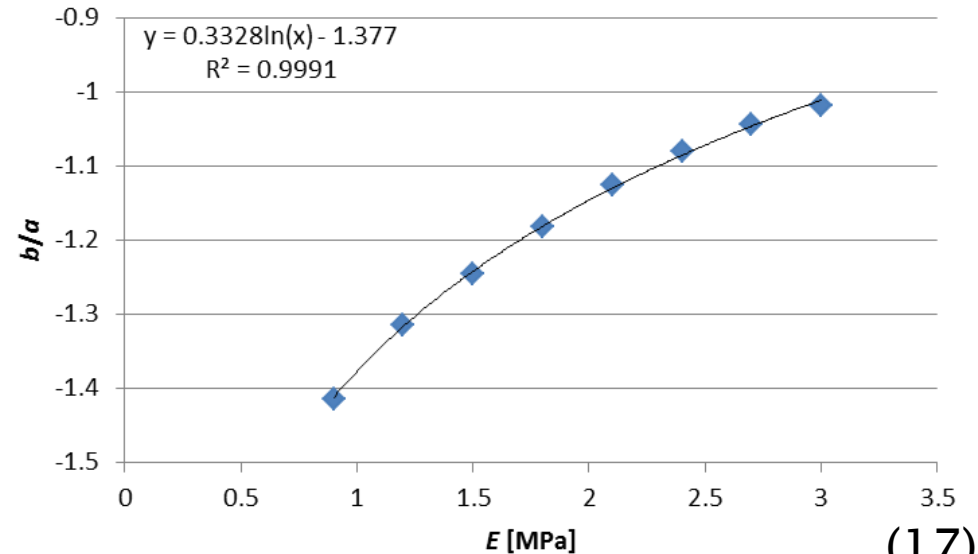
$$C_0 = \frac{2\pi r_0^2}{k_w E_{\text{stat}}}$$

Elektrická veličina

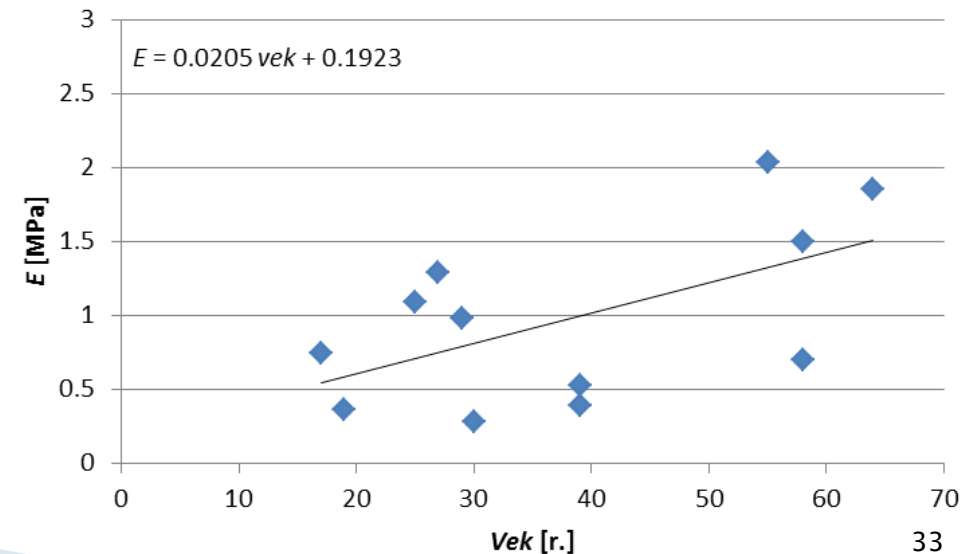
- ▶ Rezistancia R_0
- ▶ Induktancia L_0
- ▶ Kapacitancia C_0

Využitie modelu na stanovenie závislosti modulu pružnosti a pomeru b/a

- ▶ Simulácia priebehu pulzovej vlny pre rôzne E (0,6 až 3 MPa) v rámci a. radialis
- ▶ Výpočet b/a pomerov
- ▶ Aproximácia hodnôt
- ▶ Výpočet modulu pružnosti pre jednotlivé subjekty



(17)



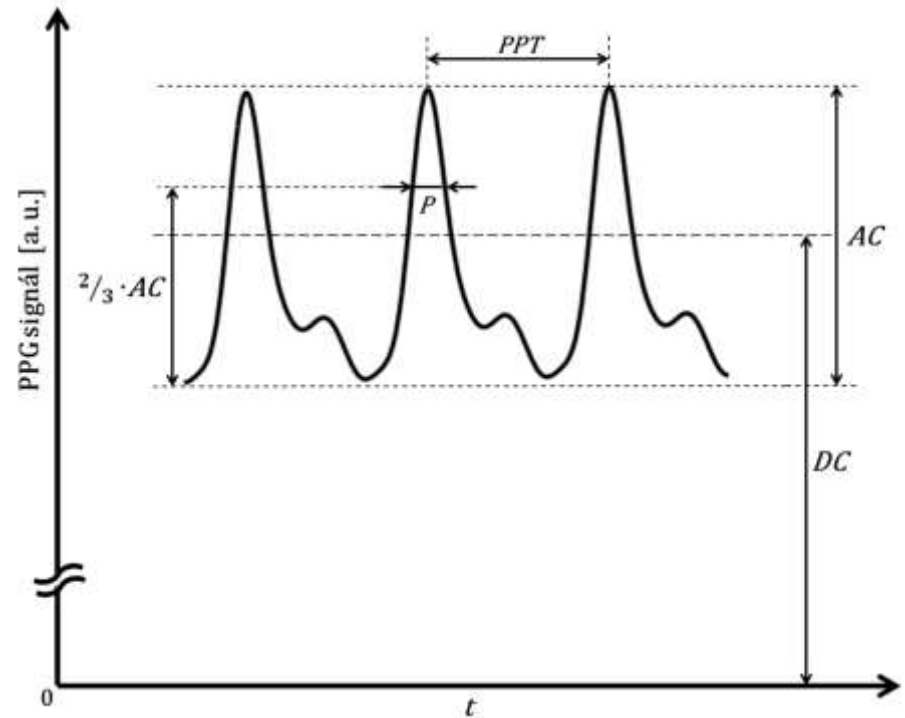
33

(18)

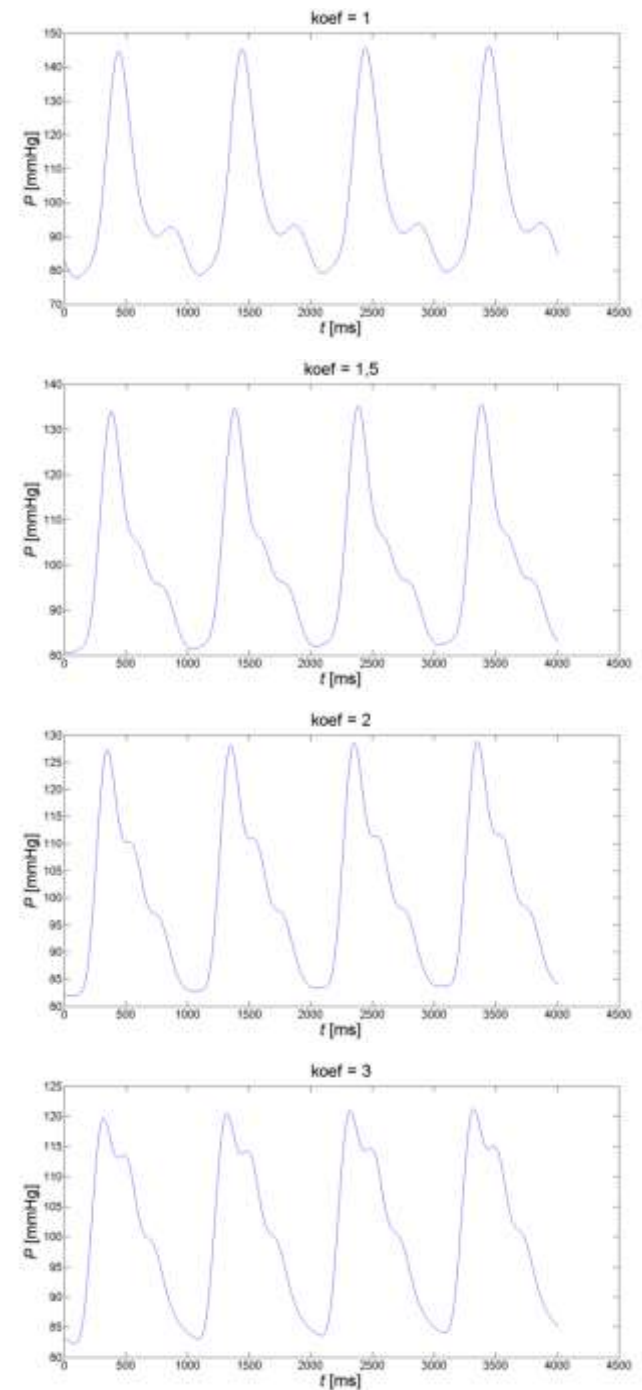
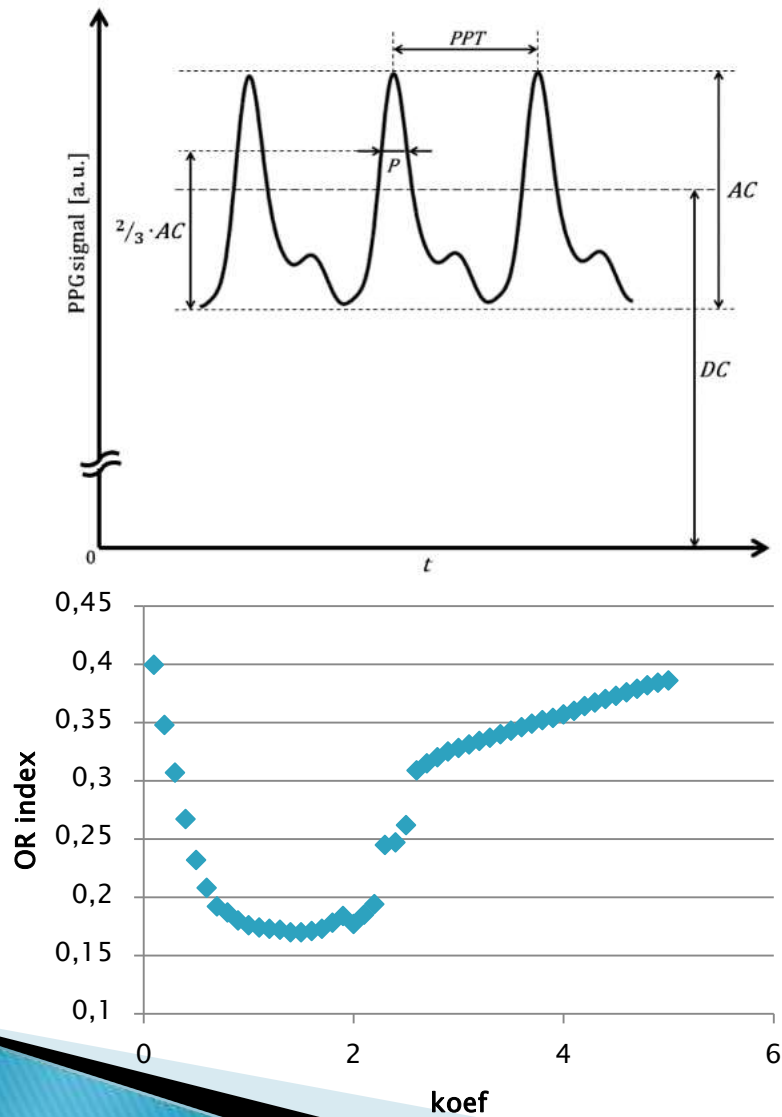
Vek	Modul pružnosti [MPa]	
45 - 64	<0,701 ± 0,324 ; 0,965 ± 0,491>	Ženy
	<0,771 ± 0,309 ; 0,983 ± 0,557>	Muži

PPG – Index prekrvenia tkaniva (TPI), Oliva – Roztočil index (ORI)

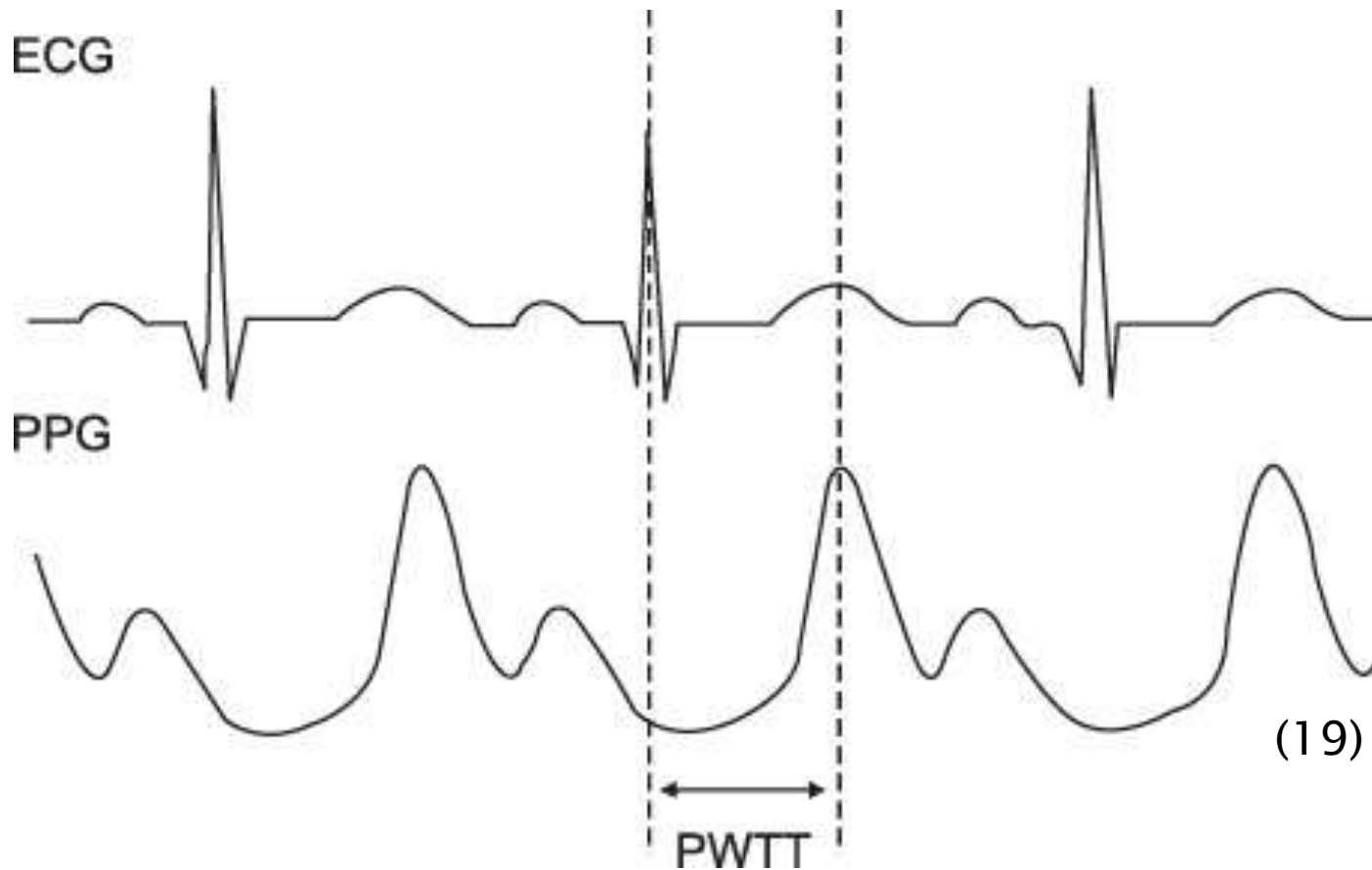
- ▶ $TPI = \frac{AC}{DC} \frac{1}{PPT}$
 - eliminácia absorpcie neprekrveného tkaniva (14)
- ▶ $ORI = \frac{P}{PPT}$
 - normalizácia podľa srdcového rytmu
 - rastie so zvyšovaním modulu pružnosti artérií (15)



ORI a zmeny arteriálnej elasticity



Kombinácia EKG a PPG



Perspektíva využitia analýzy PPG v medicínskej praxi



RWTH AACHEN
UNIVERSITY

▶ Klinická štúdia:

- Objektívne hodnotenie bolesti
- Hodnotenie SDPG, *ORI* indexov

▶ Stav kardiovaskulárneho systému, resp. nervového:

- PPG amplitúda vs. srdcová frekvencia, Valsalvov manéver (symp., parasymp. regul. – pacienti s diabetes mellitus, hysterézia v podobe závislosti PPG amplitúdy a srdcovej frekvencie)

Záver

- ▶ Elektrokardiografia (EKG)
 - Najpoužívanejšia diagnostická metóda
 - Umožňuje diagnostikovať rôzne typy ochorenia srdca
- ▶ Fotopletyzmografia
 - Relatívne jednoduchá a dostupná metóda snímania priebehu pulzovej vlny v cievach
- ▶ Možnosť hodnotiť stav arteriálneho systému
 - Elasticita, modul pružnosti
 - Periférne prekrvenie tkanív
 - Vaskulárnu rezistanciu

Ďakujeme za pozornost'

Bibliografia

1. Allen, J. 2007. Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement. *Physiological Measurement*. 2007, Zv. 28, s. R1–R39.
2. Guyton, Arthur C. a Hall, John E. 2006. *Textbook of medical physiology*. Philadelphia : Elsevier Inc., 2006. ISBN 0–7216–0240–1.
3. Javorka, K. 2009. *Lekárska fyziológia*. Martin : Vydavateľstvo Osveta, 2009. ISBN 978–80–8063–291–5.
4. Asada HH, Shaltis P, Reisner A, Sokwoo R, Hutchinson RC. Mobile monitoring with wearable photoplethysmographic biosensors. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*. 2003;22(3):28–40.
5. Chua CP, Heneghan C. Continuous Blood Pressure Monitoring using ECG and Finger Photoplethysmogram. The 28th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; 2006.
6. Murray W, Foster P. The peripheral pulse wave: information overlooked. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*;1996;12:365–77.
7. Dorlas J, Nijboer J. Photo–electric plethysmography as a monitoring device in anaesthesia. Application and interpretation. *British Journal of Anaesthesia*. 1985; 57:524–30.
8. Awad A, Haddadin A, Tantawy H, Badr T, Stout R, Silverman D, et al. The relationship between the photoplethysmographic waveform and systemic vascular resistance. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 2007;21(6):365–72.
9. Wang L, Pickwell–MacPherson E, Liang YP, Zhang YT. Noninvasive cardiac output estimation using a novel photoplethysmogram index. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; 2009.
10. Takazawa K TN, Fujita M, Matsuoka O, Saiki T, Aikawa M, Tamura S, Ibukiyama C. Assessment of vasocative agents and vascular aging by the second derivative of photoplethysmogram waveform. *Hypertension*. 1998;32:365–70.
11. Padilla JM, Berjano EJ, Saiz J, Facila L, Diaz P, Merce S. Assessment of relationships between blood pressure, pulse wave velocity and digital volume pulse. *Computers in Cardiology* 2006:893–6.
12. Rubins U, Grabovskis A, Grube J, Kukulis I. *Photoplethysmography Analysis of Artery Properties in Patients with Cardiovascular Diseases* Springer Berlin Heidelberg; 2008.
13. Millasseau S, Kelly R, Ritter J, Chowienczyk P. Determination of age–related increases in large artery stiffness by digital pulse contour analysis *Clinical Science*. 2002;103:371–7.
14. Blazek, V., Schultz–Ehrenburg, U.: Computerunterstützte nichtinvasive Gefäßdiagnostik. Aktueller Stand und gegenwärtige Trends. In: Blazek, V. and Schultz– Ehrenburg, U. (Hrsg): *Fortschritte in der computerunterstützten nichtinvasiven Gefäßdiagnostik*. VDI Verlag Düsseldorf, 1992, ISBN 3–18–145620–9
15. Oliva, I., Roztocil, K: Pulse wave analysis in obliterating atherosclerosis, *Angiology*, 34 (1983), 610–619
16. Elgendi, M. 2012. On the analysis of fingertip photoplethysmogram signals. *Current cardiology reviews*. 2012, Zv. 8, 1, s. 14–25.
17. Borik, S., Cap, I. Nondestructive evaluation of arterial system properties using electromechanical analogies and light based diagnostic methods (2014) *Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*, 39, pp. 85–92.
18. RILEY, Ward A., et al. Ultrasonic measurement of the elastic modulus of the common carotid artery. The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study. *Stroke*, 1992, 23.7: 952–956.
19. PARK, Gyeong Nam, et al. Study on Estimating the Blood Pressure by Using the Pulse Wave Transit Time in Shock Patients Who Received Vasopressor Drugs. *Journal of Critical Care Medicine*, 2009, 24.1: 11–16.

Zdroje obrázkov

- ▶ G.Electrodes: BIOSIGNAL ELECTRODES. In: *G.tec medical engineering* [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z:<http://www.gtec.at/Products/Electrodes-and-Sensors/g.Electrodes-Specs-Features>
- ▶ CHEN, Yun-Hsuan, Maaike DE BEECK, Luc VANDERHEYDEN, Evelien CARRETTE, Vojkan MIHAJLOVIĆ, Kris VANSTREELS, Bernard GRUNDLEHNER, Stefanie GADEYNE, Paul BOON a Chris VAN HOOFF. Soft, Comfortable Polymer Dry Electrodes for High Quality ECG and EEG Recording. In: *Sensors*. 2014, s. 23758-23780. ISSN 1424-8220. DOI: 10.3390/s141223758. Dostupné z:<http://www.mdpi.com/1424-8220/14/12/23758/>
- ▶ G.Nautilus – g.tec's wireless EEG System with active electrodes. In: *G.tec medical engineering* [online]. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z:<http://www.gtec.at/Products/Hardware-and-Accessories/g.Nautilus-Specs-Features>
- ▶ WHYTOCK, Paul. Design Brainwave Combines EEG Efficiency With Elegance: Wireless EEG system prototype employs ultra-low-power electronics. In: *ElectronicDesign.com* [online]. 09.04.2013 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z:<http://electronicdesign.com/blog/design-brainwave-combines-eeq-efficiency-elegance>
- ▶ http://0.tqn.com/d/biology/1/S/o/1/art_vein.gif
- ▶ <http://www.ijbem.org/volume2/number2/schreiner/image6.gif>
- ▶ http://classes.midlandstech.edu/carterp/Courses/bio211/chap19/figure_19_15_labeled.jpg
- ▶ <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/images/ency/fullsize/18072.jpg>