

Elektrokardiografie

BAM31LET Lékařská technika

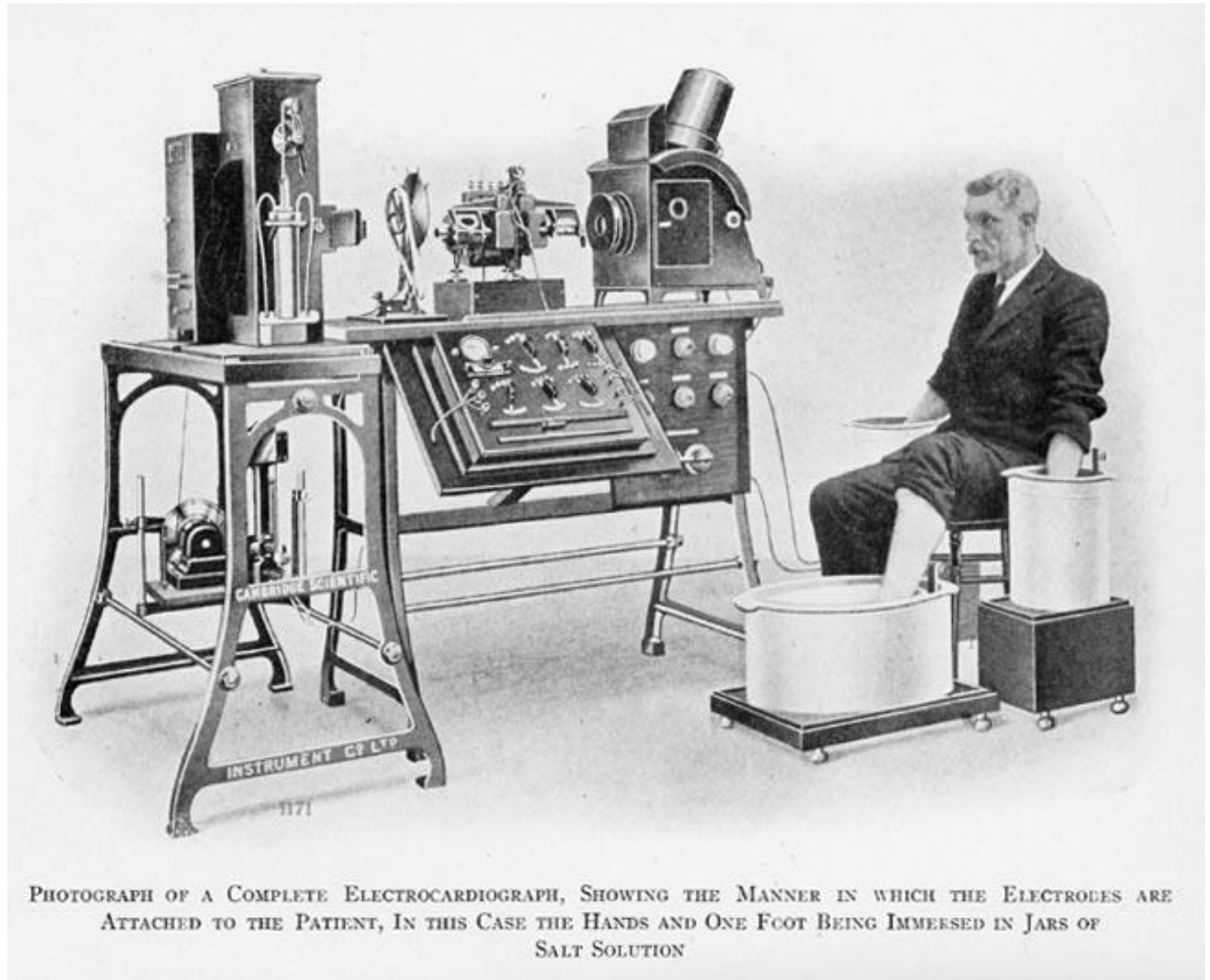
Jan Havlík | Katedra teorie obvodů | xhavlikj@fel.cvut.cz

Elektrokardiografie

- základní diagnostická metoda, umožňující snímání a záznam elektrické aktivity srdce
- záznam se provádí pomocí *elektrokardiografu*
- záznam se nazývá *elektrokardiogram*

Stručná historie

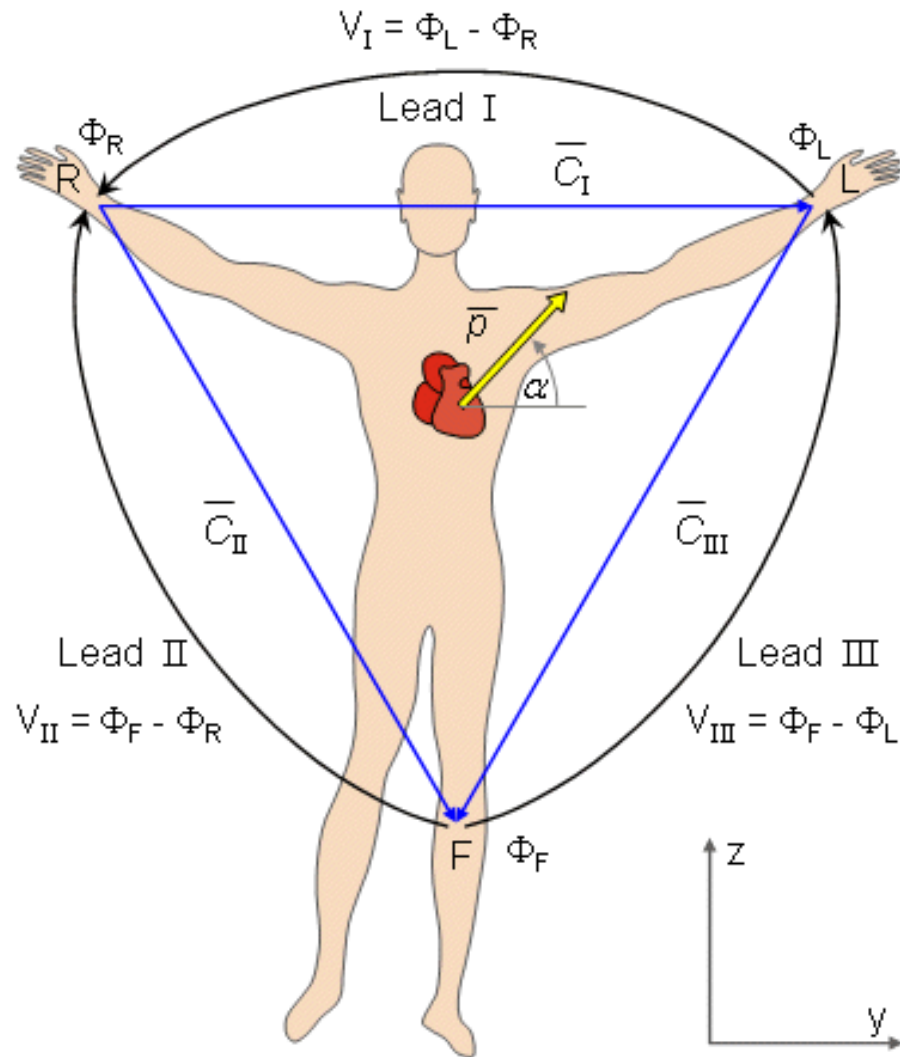
- Augustus Désiré Waller (1887)
 - pětielektrodový systém, kapilární elektrometr
- Willem Einthoven (1908)
 - první klinicky použitelný elektrokardiograf
 - Nobelova cena za medicínu v roce 1924



Elektrokardiografické svody

- běžně se používají tři skupiny svodů – standardní 12 svodový systém
 - Einthovenovy bipolární končetinové svody (V_I , V_{II} , V_{III})
 - Goldbergerovy unipolární končetinové svody (aV_R , aV_L , aV_F)
 - Wilsonovy unipolární hrudí svody (V_1 , V_2 , V_3 , V_4 , V_5 , V_6)

Einthovenovy svody



Einthovenovy svody

- svorka RA (right arm; červená), potenciál ϕ_R
- svorka LA (left arm; žlutá), potenciál ϕ_L
- svorka LL (left leg; zelená), potenciál ϕ_F
- svorka RL (right leg; černá), zpětnovazební elektroda

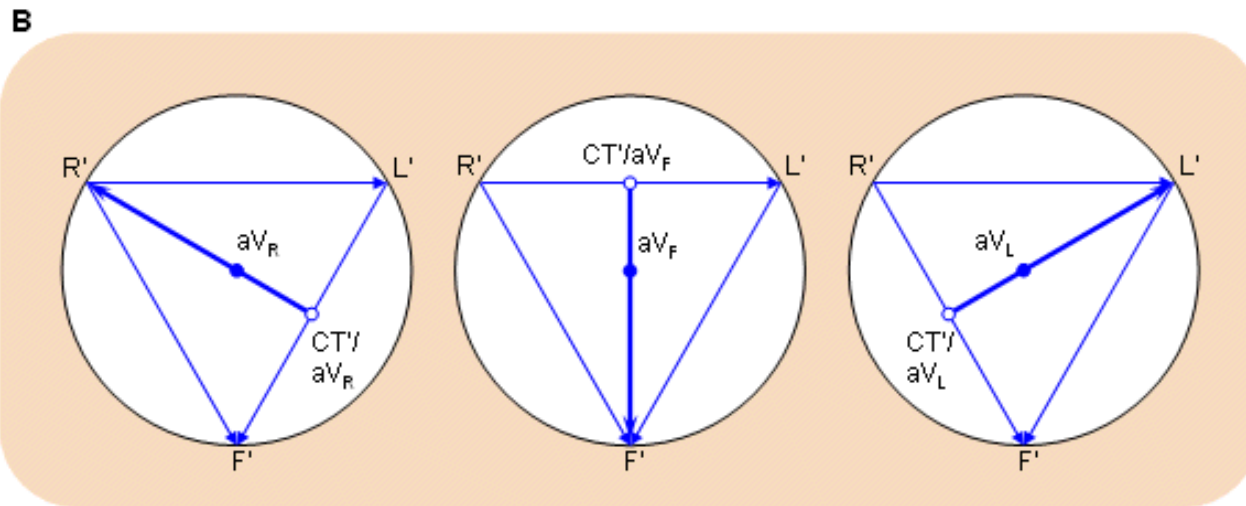
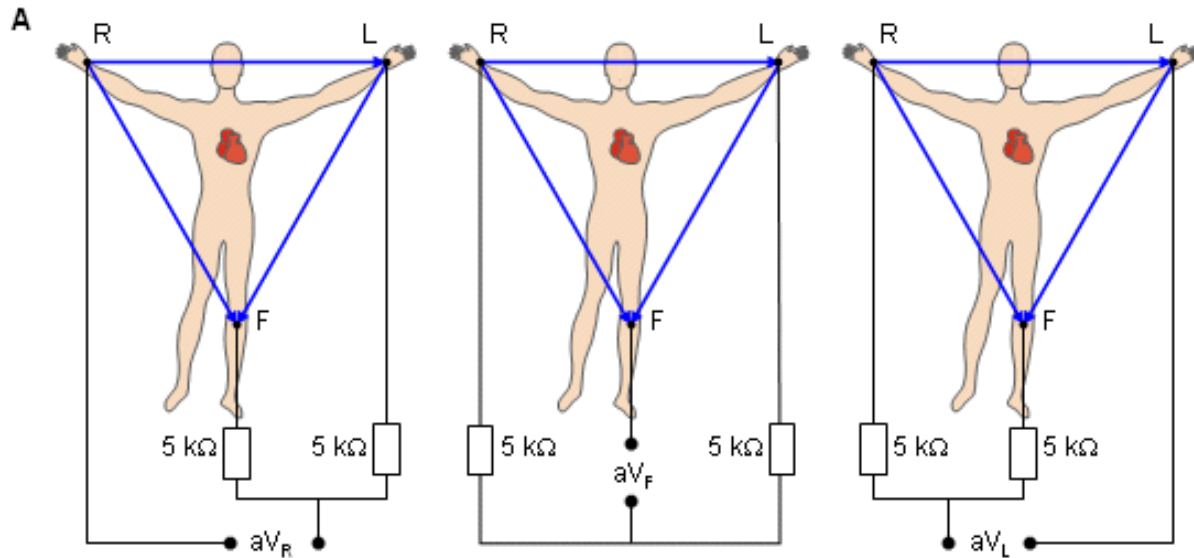
$$V_I = \phi_L - \phi_R$$

$$V_{II} = \phi_F - \phi_R$$

$$V_{III} = \phi_F - \phi_L$$

$$V_{II} = V_I + V_{III}$$

Goldbergerovy svody



Goldbergerovy svody

- končetinová elektroda proti společné složce signálu (průměru všech elektrod)

$$V_R = \phi_R - \frac{\phi_R + \phi_L + \phi_F}{3} = \frac{2\phi_R - \phi_L - \phi_F}{3}$$

- končetinová elektroda proti průměru zbylých dvou

$$aV_R = \phi_R - \frac{\phi_L + \phi_F}{2} = \frac{2\phi_R - \phi_L - \phi_F}{2}$$

- zesílený signál

$$\frac{aV_R}{V_R} = \frac{3}{2}$$

Goldbergerovy svody

- svody aV_R , aV_L , aV_F
- předpona a , aV (augmented voltage)
- kladná svorka – končetinová elektroda
- záporná svorka – referenční svorka tvořená průměrem zbývajících dvou elektrod

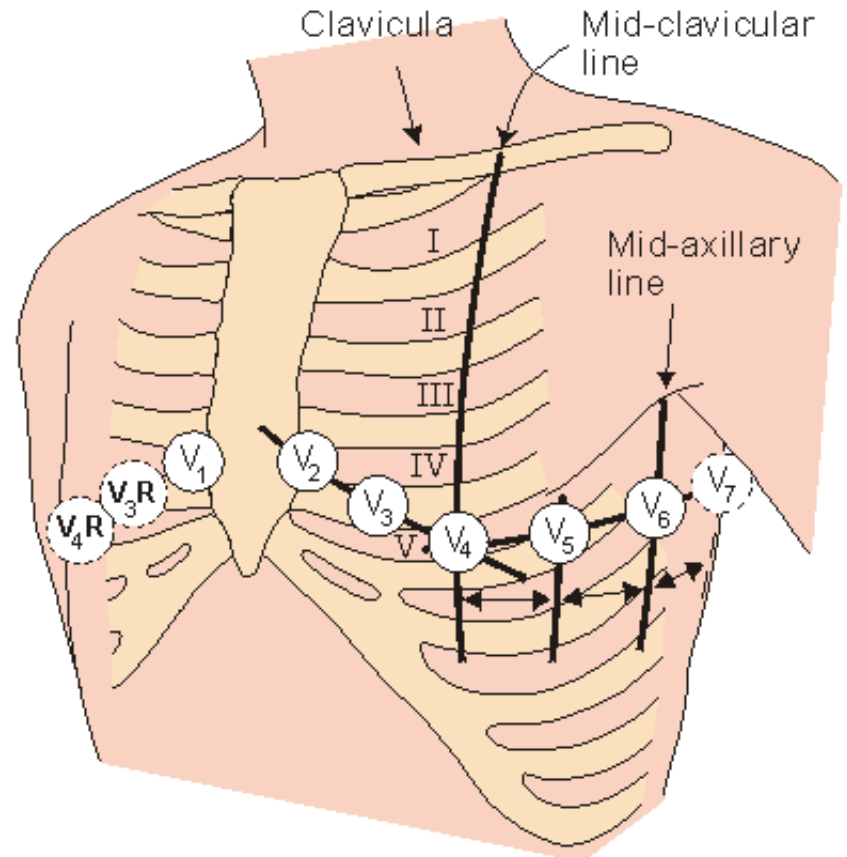
Wilsonovy hrudní svody

- šestice hrudních elektrod proti centrální Wilsonově svorce

- svody

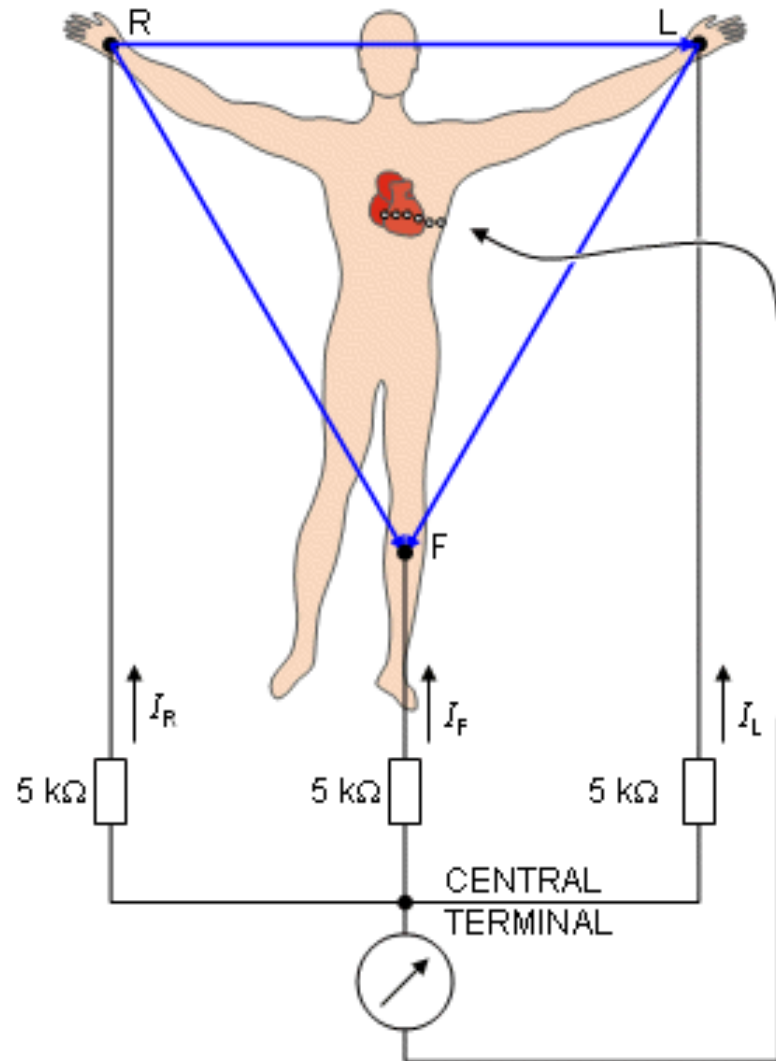
$V_1, V_2, V_3,$

V_4, V_5, V_6



Wilsonova centrální svorka

- referenční svorka tvořená spojením každé ze tří končetinových svorek přes odpor $5\text{ k}\Omega$ ($10\text{ k}\Omega$)



Wilsonova centrální svorka

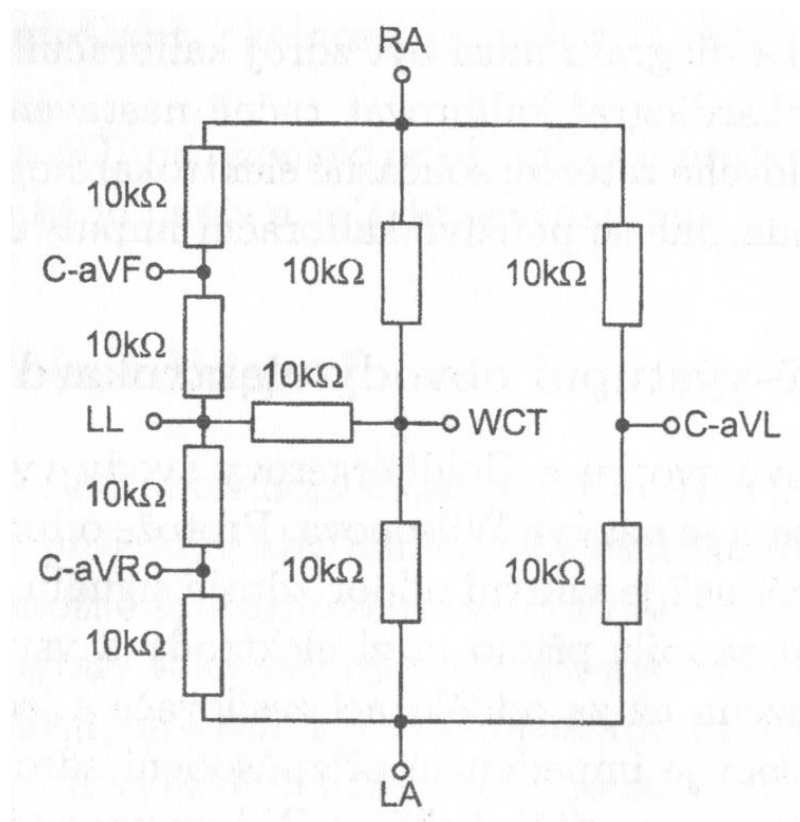
- součet proudů jednotlivými elektrodami

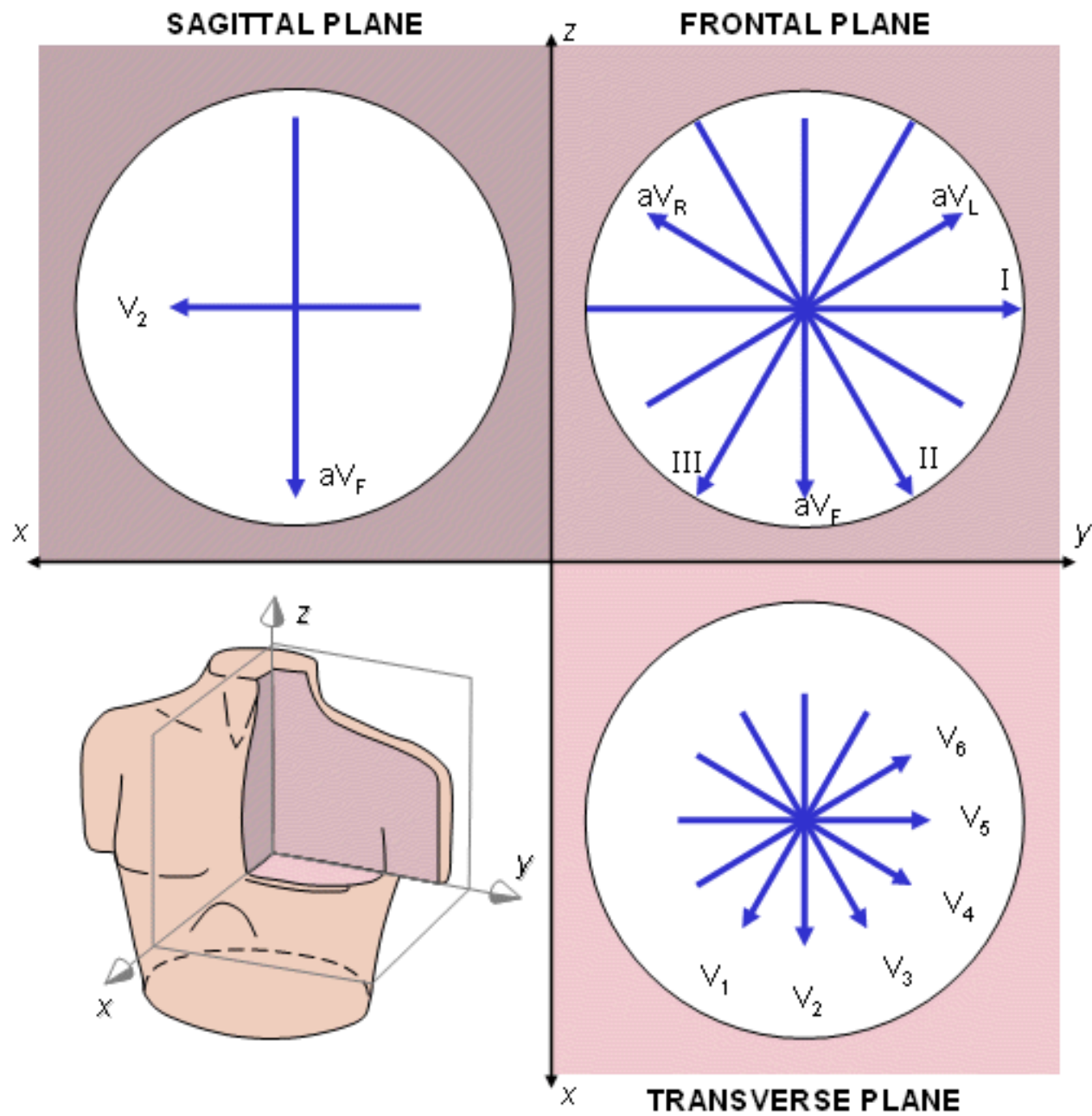
$$\begin{aligned} I_R + I_L + I_F &= \\ &= \frac{V_{\text{WCT}} - \phi_R}{R} + \frac{V_{\text{WCT}} - \phi_L}{R} + \frac{V_{\text{WCT}} - \phi_F}{R} = 0 \end{aligned}$$

- z toho

$$V_{\text{WCT}} = \frac{\phi_R + \phi_L + \phi_F}{3}$$

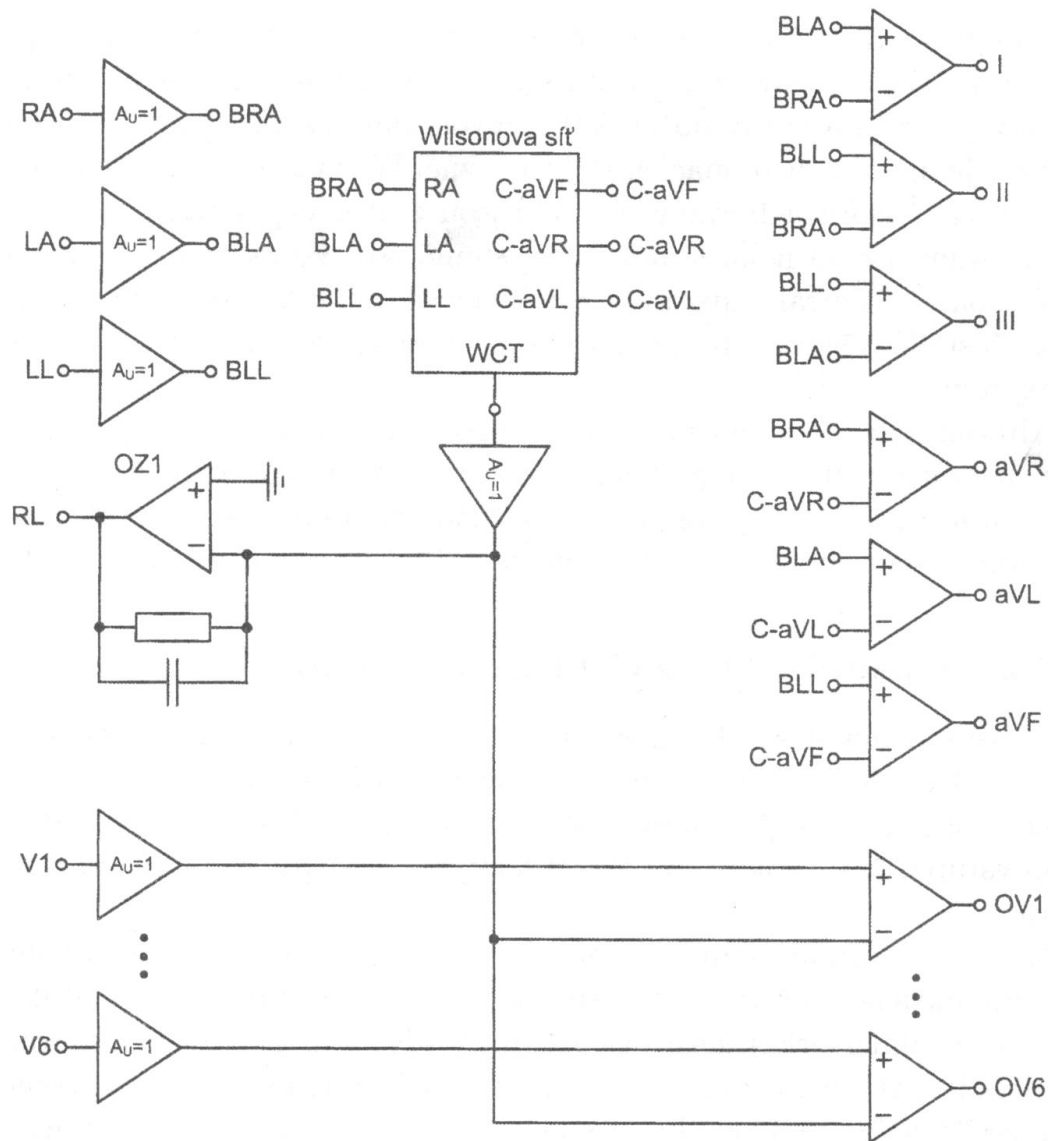
Wilsonova síť

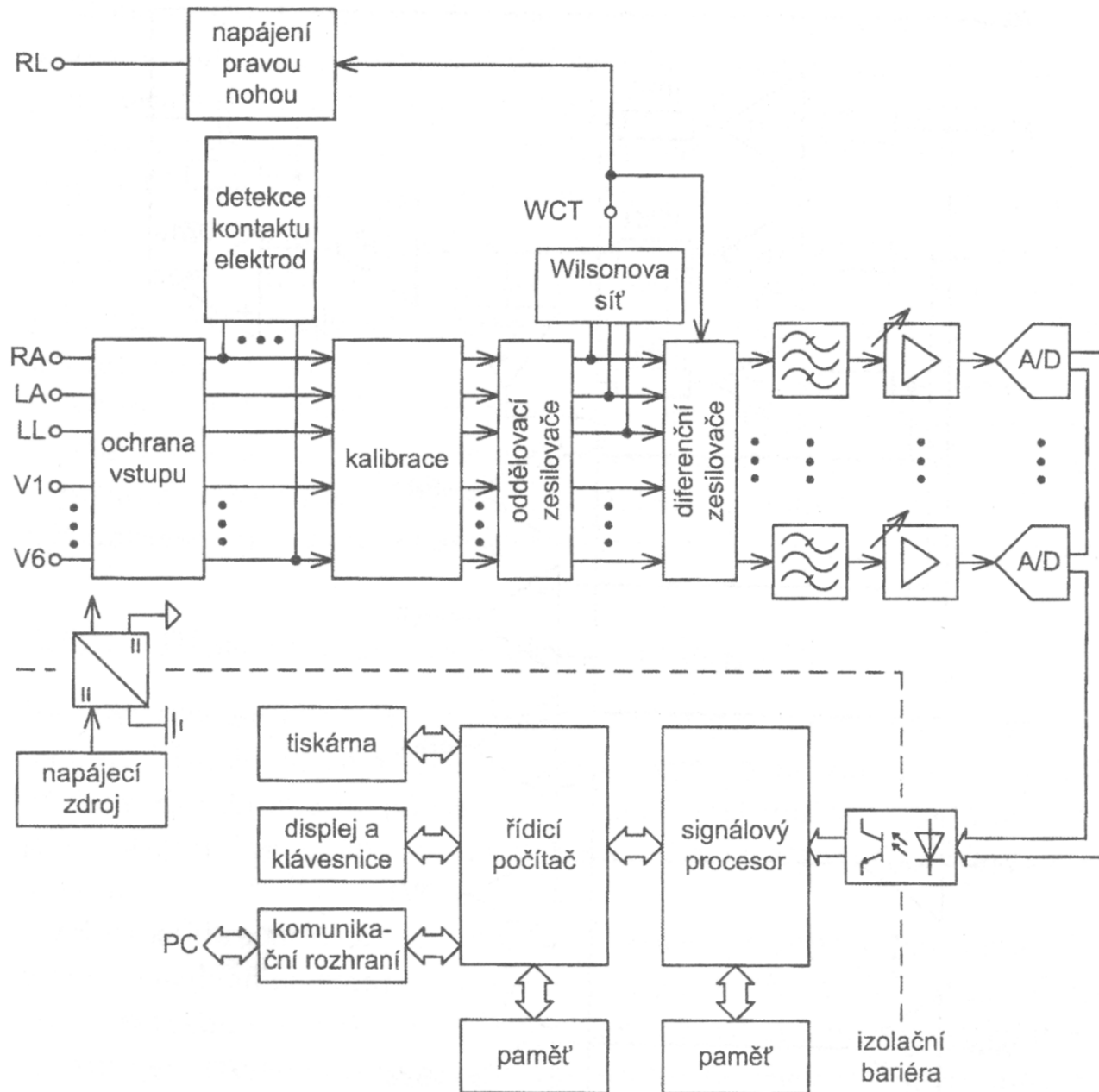




Zpětnovazební elektroda

- čtvrtá končetinová elektroda (RL)
- invertované napětí centrální Wilsonovy svorky vytváří zápornou zpětnou vazbu
- účinně potlačuje souhlasnou složku
- je třeba omezit zastoupení vyšších harmonických složek zpětnovazebního signálu





Technické požadavky

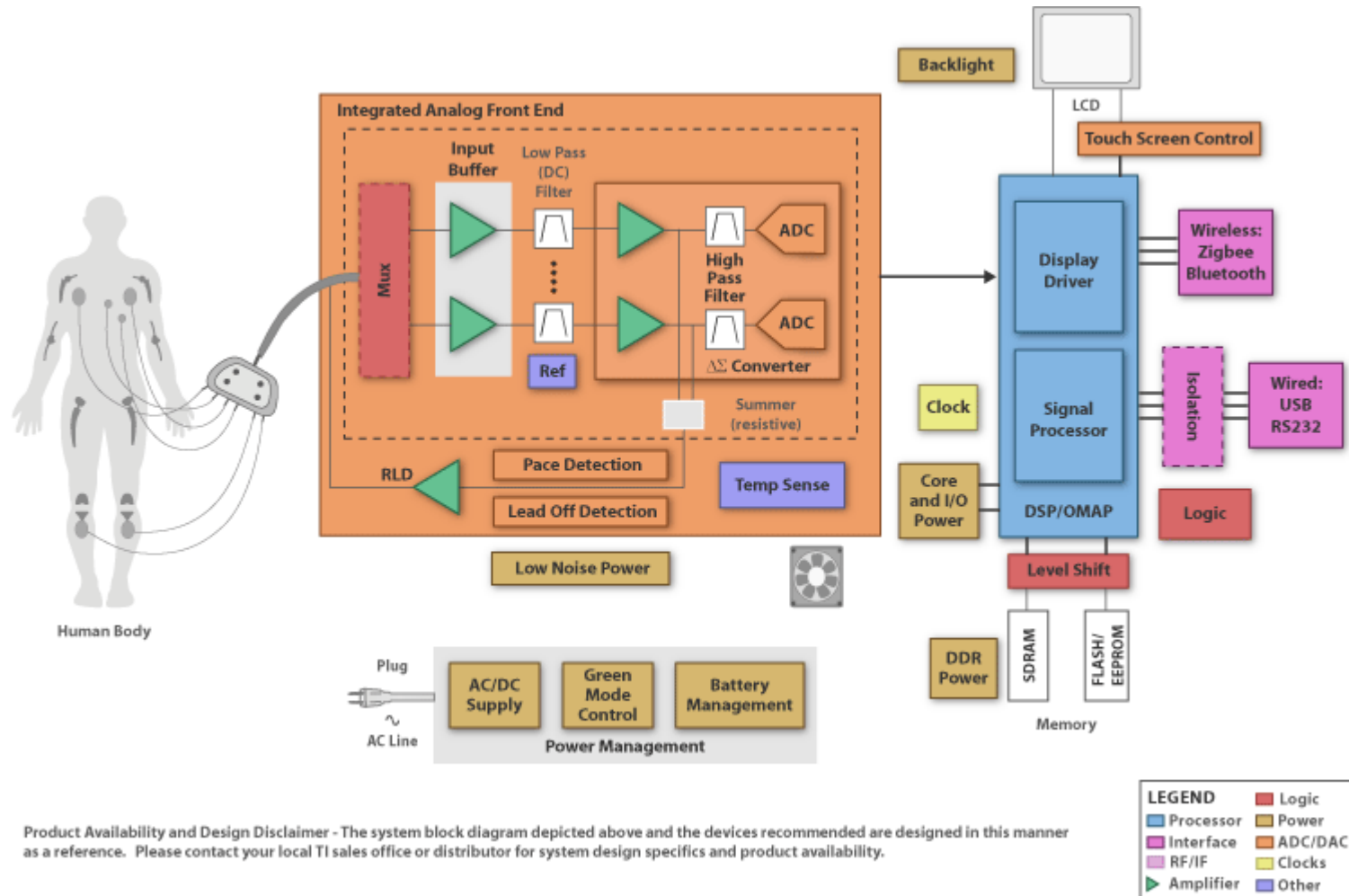
- dynamický rozsah vstupního napětí
 - $20 \mu V - 5 mV$
- šířka pásma
 - $0.05 \text{ Hz (3,2 s)} - 100 \text{ Hz}$
 - *monitory pro sledování EKG obvykle do 40 Hz*
- horní mezní kmitočet může být ovlivněn registračním systémem
- zápis do pravoúhlých souřadnic, standardně výchylka 10 mm/mV a posuv 25 mm/s nebo 50 mm/s

Technické požadavky

- vstupní impedance
 - běžně více jak $2,5\text{ M}\Omega$ (minimálně stovky $\text{k}\Omega$)
- odolnost proti stejnosměrnému napětí na vstupu, souhlasná i rozdílová složka stovky mV až jednotky V
- účinné potlačení síťového rušení (50/60 Hz) a svalových potenciálů (35 – 45 Hz)
- ochrana přístroje při defibrilaci
- možnost kalibrace vstupních zesilovačů a testu připojení elektrod

Texas Instruments ADS1298

Analog Front-End for ECG/EEG/EMG



Product Availability and Design Disclaimer - The system block diagram depicted above and the devices recommended are designed in this manner as a reference. Please contact your local TI sales office or distributor for system design specifics and product availability.

Literatura

1. Malmivuo, J. – Plonsey, R: Bioelectromagnetism – – Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields. Oxford University Press, New York, 1995.
2. Penhaker, M. a kol.: Lékařské diagnostické přístroje – – učební texty. VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2004.
3. Rozman, J. a kol.: Elektronické přístroje v lékařství. Academia, Praha, 2006.
4. Chmelař, M: Lékařská přístrojová technika. CERM s. r. o., Brno, 1995.

Literatura

5. Texas Instruments: ADS1298 Datasheet.
<http://focus.ti.com/general/docs/lit/getliterature.tsp?genericPartNumber=ads1298&fileType=pdf> [03/2011]
6. Analog Devices: AD8232 Datasheet.
<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8232.pdf> [10/2019]