

Elektrokardiografie

BAM31LET Lékařská technika

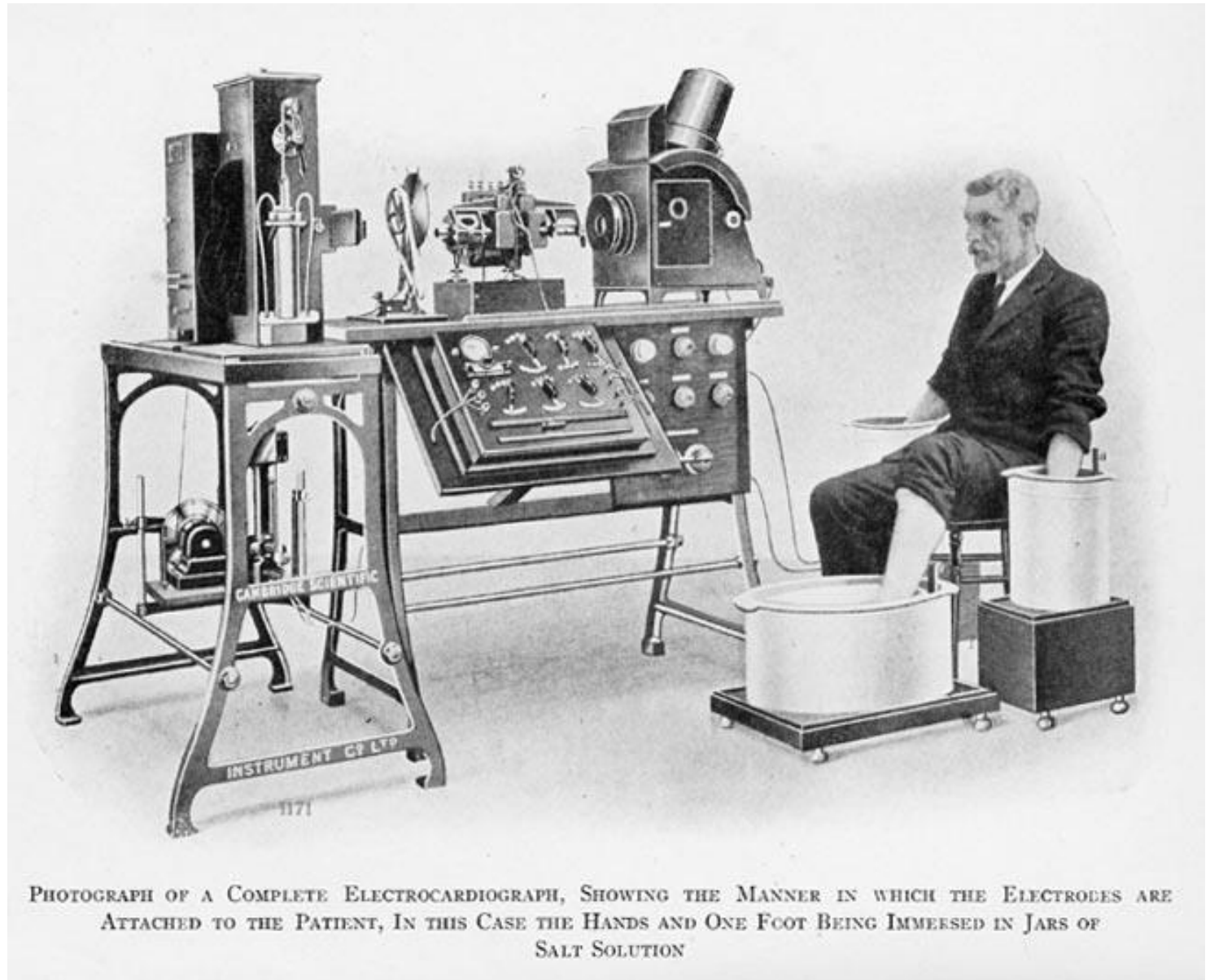
Jan Havlík | Katedra teorie obvodů | xhavlikj@fel.cvut.cz

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

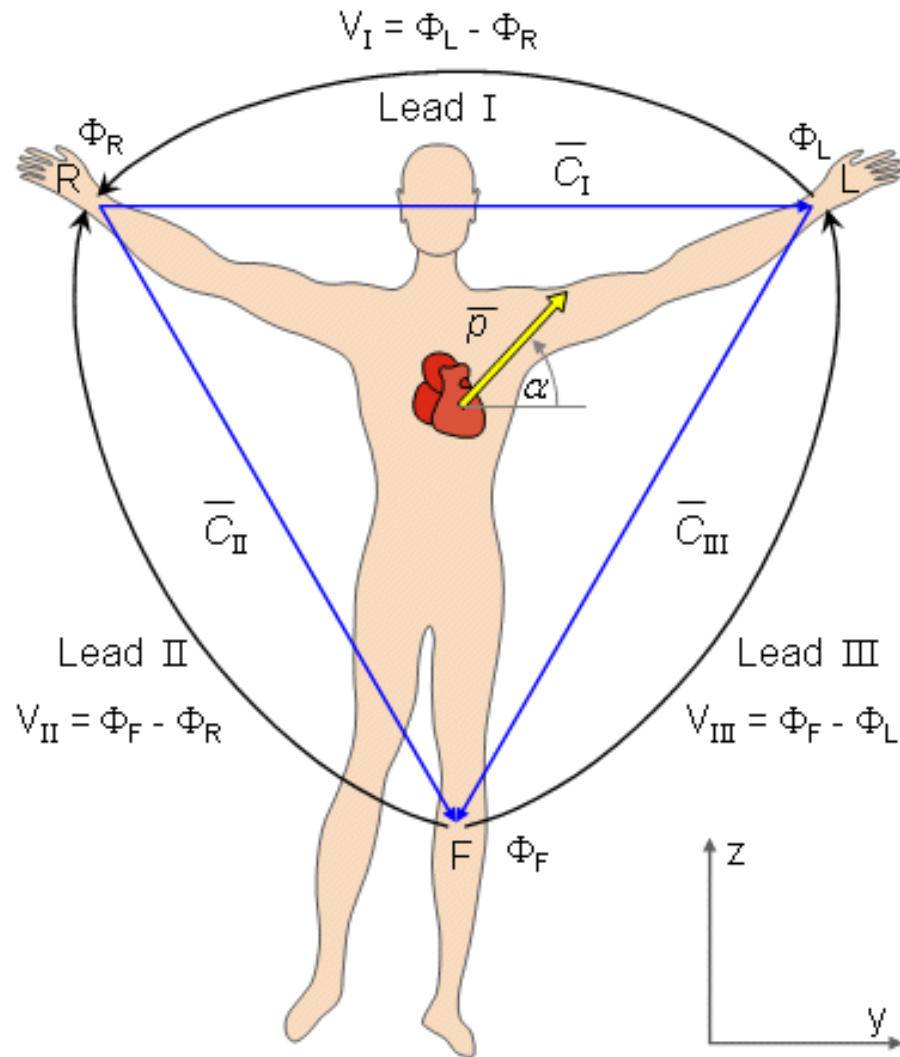


PHOTOGRAPH OF A COMPLETE ELECTROCARDIOGRAPH, SHOWING THE MANNER IN WHICH THE ELECTRODES ARE ATTACHED TO THE PATIENT, IN THIS CASE THE HANDS AND ONE FOOT BEING IMMERSSED IN JARS OF SALT SOLUTION

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

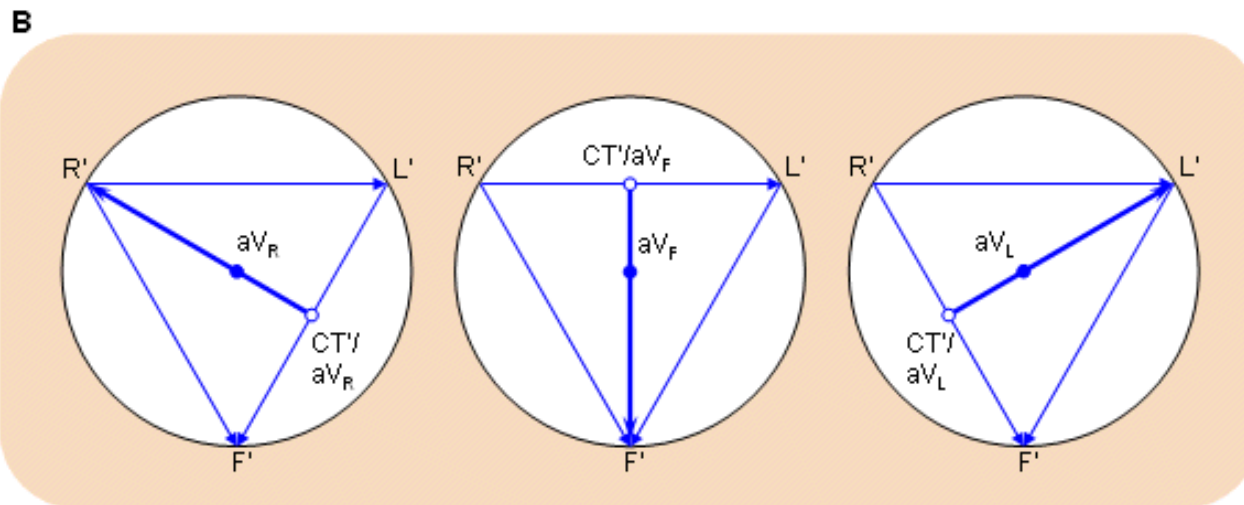
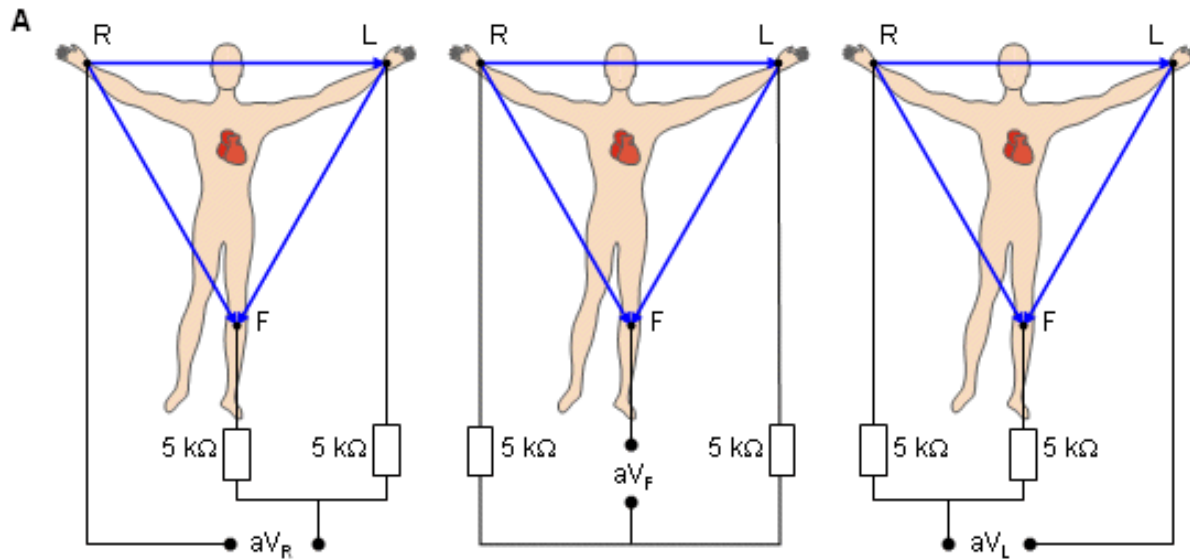
$$V_I = \phi_L - \phi_R$$

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

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

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

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

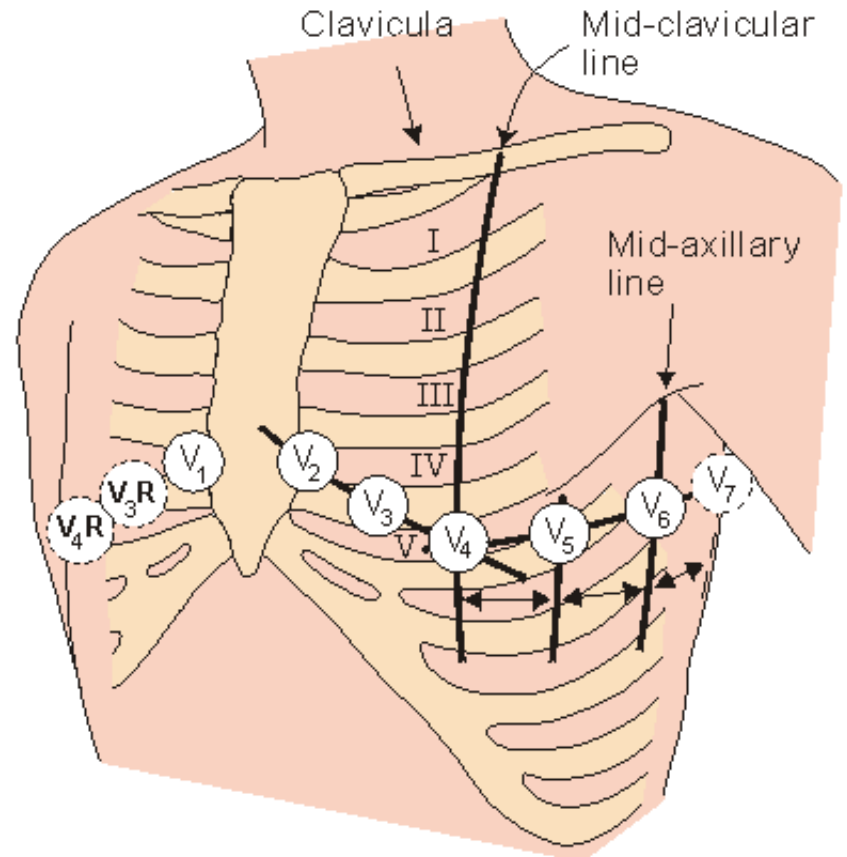
Wilsonovy hrudní svody

- šestice hrudních elektrod proti centrální Wilsonově svorce

- svody

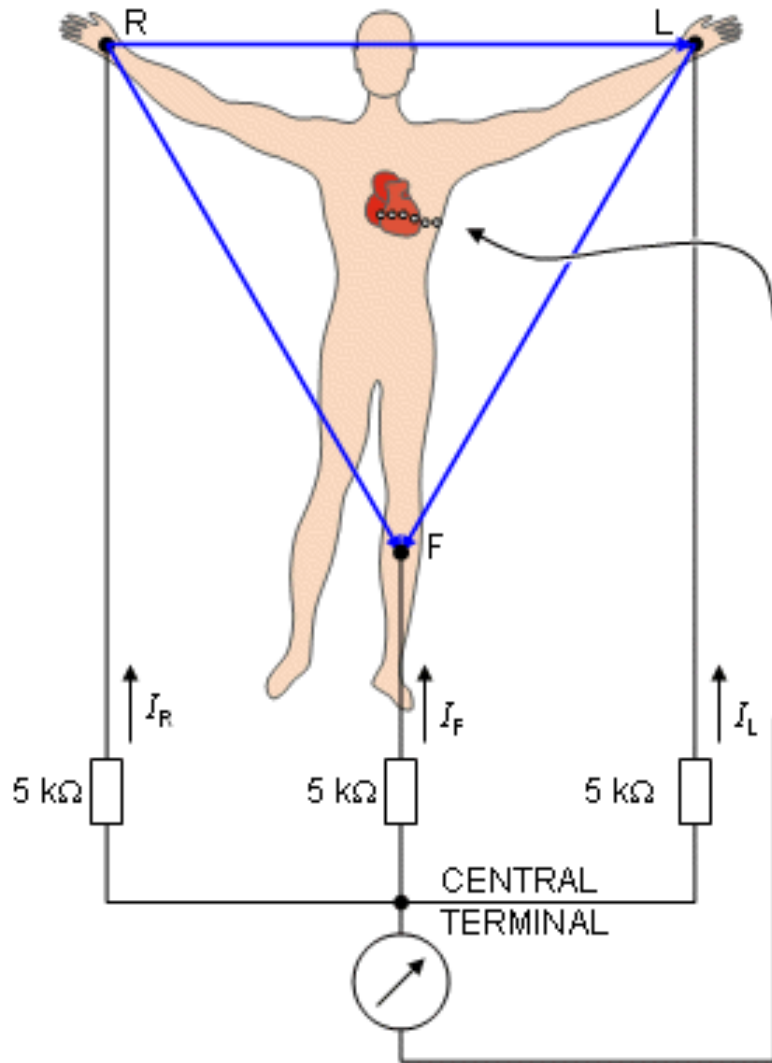
$V_1, V_2, V_3,$

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

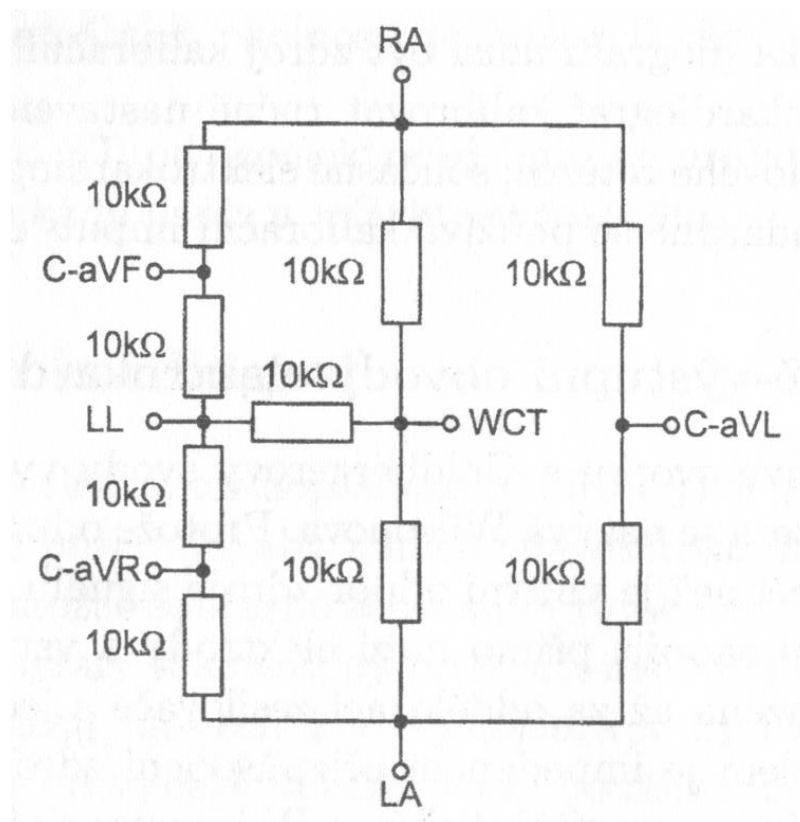
- součet proudů jednotlivými elektrodami

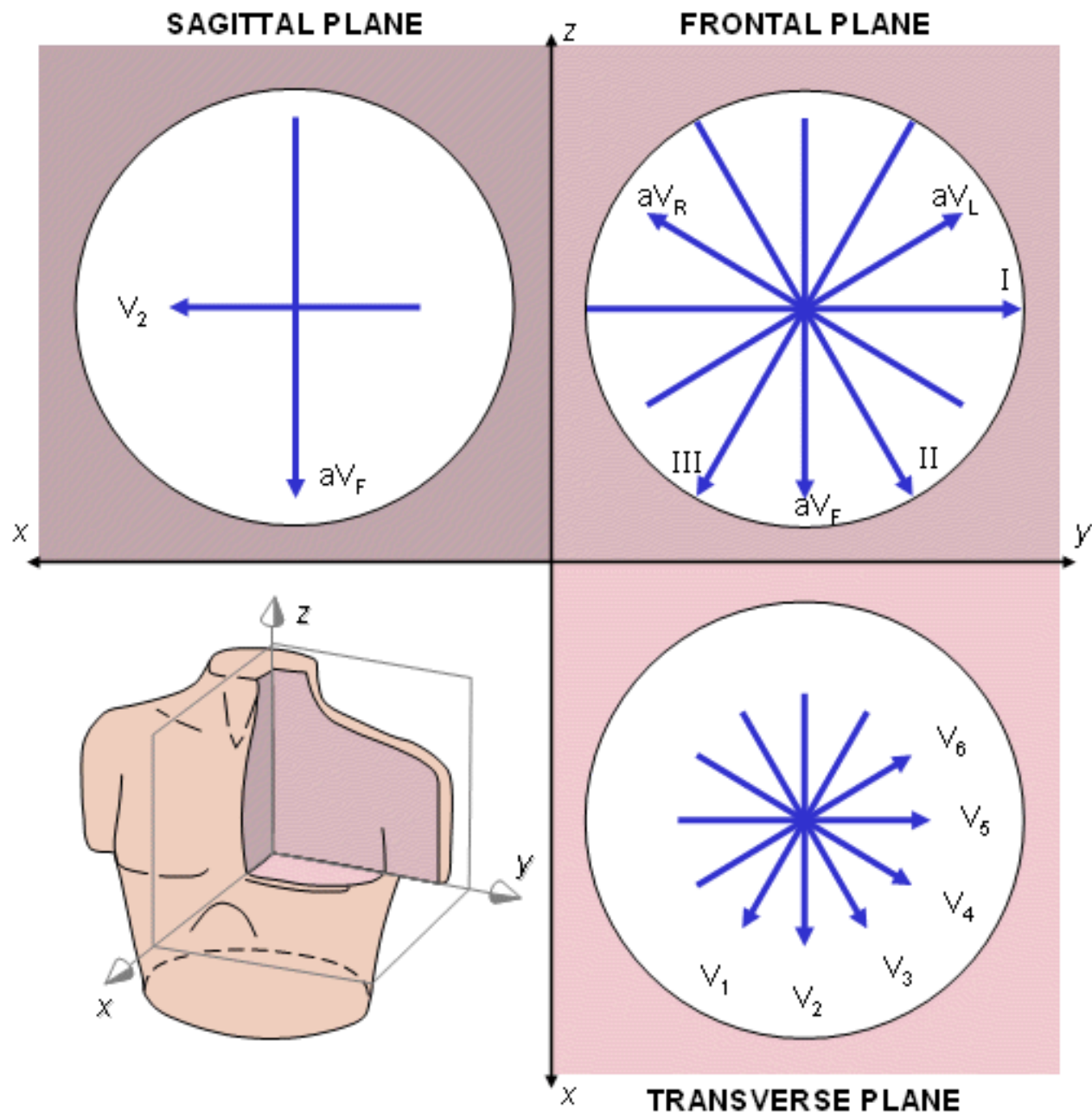
$$\begin{aligned} I_R + I_L + I_F &= \\ &= \frac{V_{\text{WCT}} - \phi_R}{R} + \frac{V_{\text{WCT}} - \phi_L}{R} + \frac{V_{\text{WCT}} - \phi_F}{R} = 0 \end{aligned}$$

- z toho

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

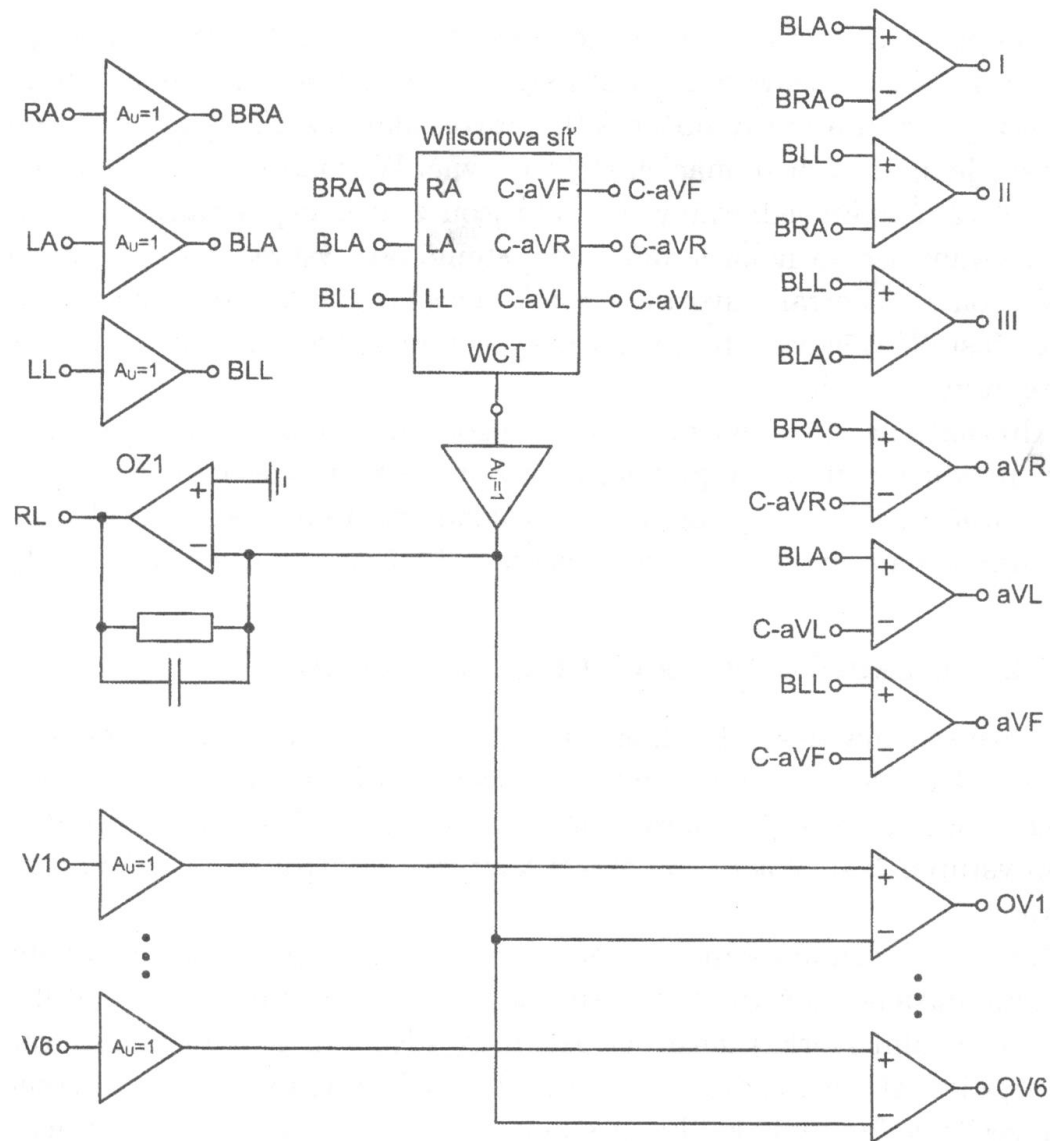
Wilsonova síť

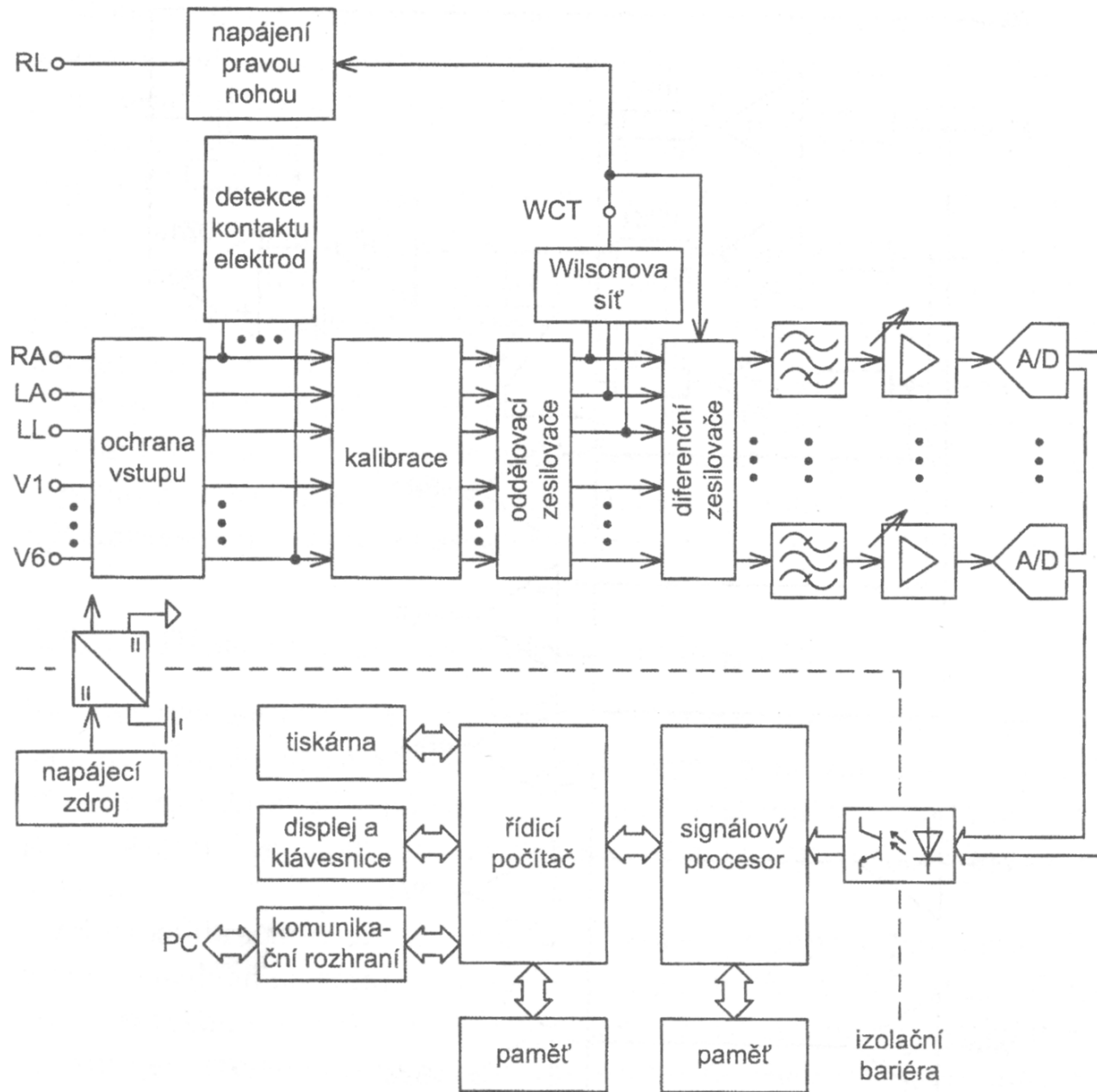




Zpětnovazební elektroda

- 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

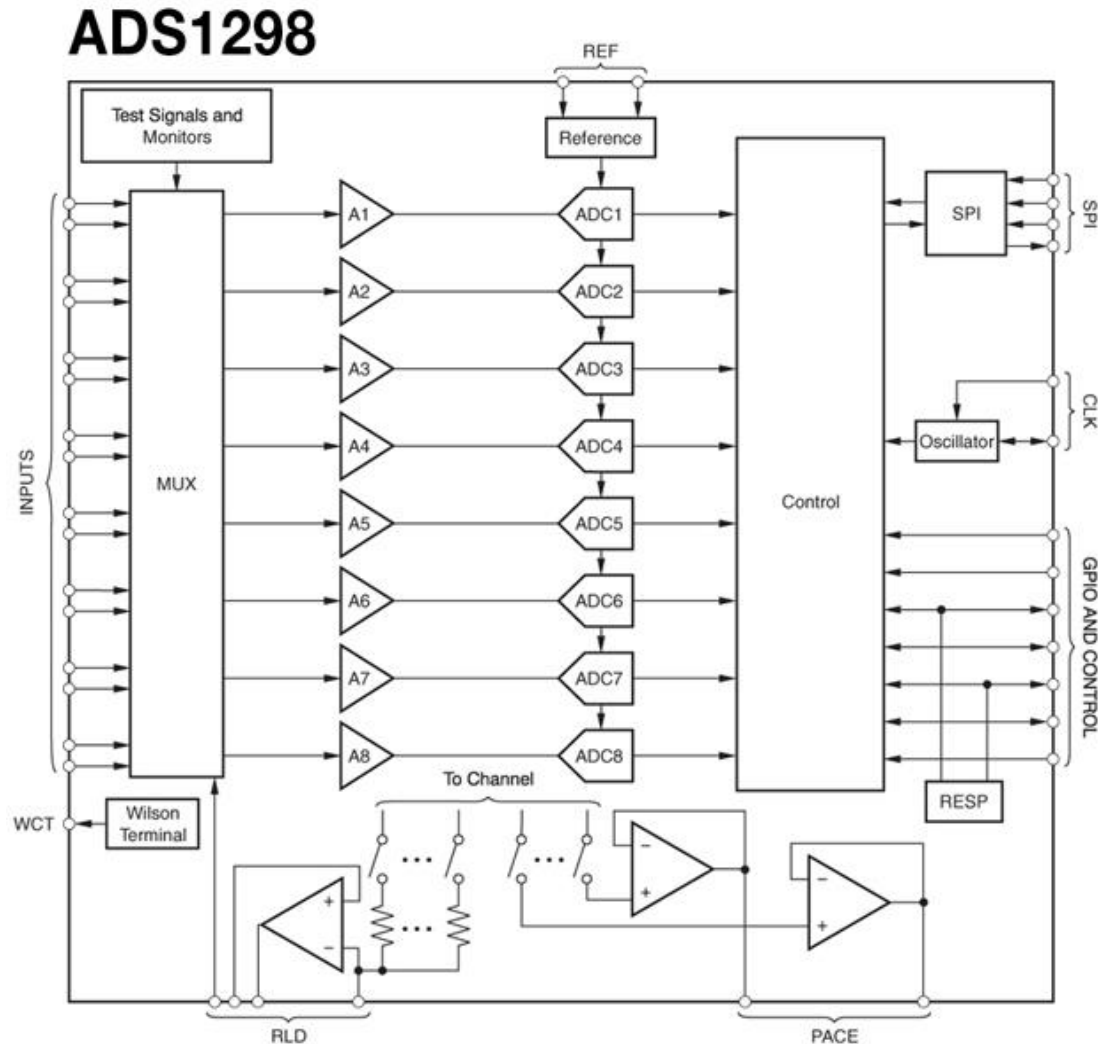
- dynamický rozsah vstupního napětí
 - $20 \mu V - 5 mV$
- šířka pásma
 - $0.05 \text{ Hz (3,2 s)} - 100 \text{ Hz}$
 - *monitory pro sledování EKG obvykle do 40 Hz*
- horní mezní kmitočet může být ovlivněn registračním systémem
- zápis do pravoúhlých souřadnic, standardně výchylka 10 mm/mV a posuv 25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

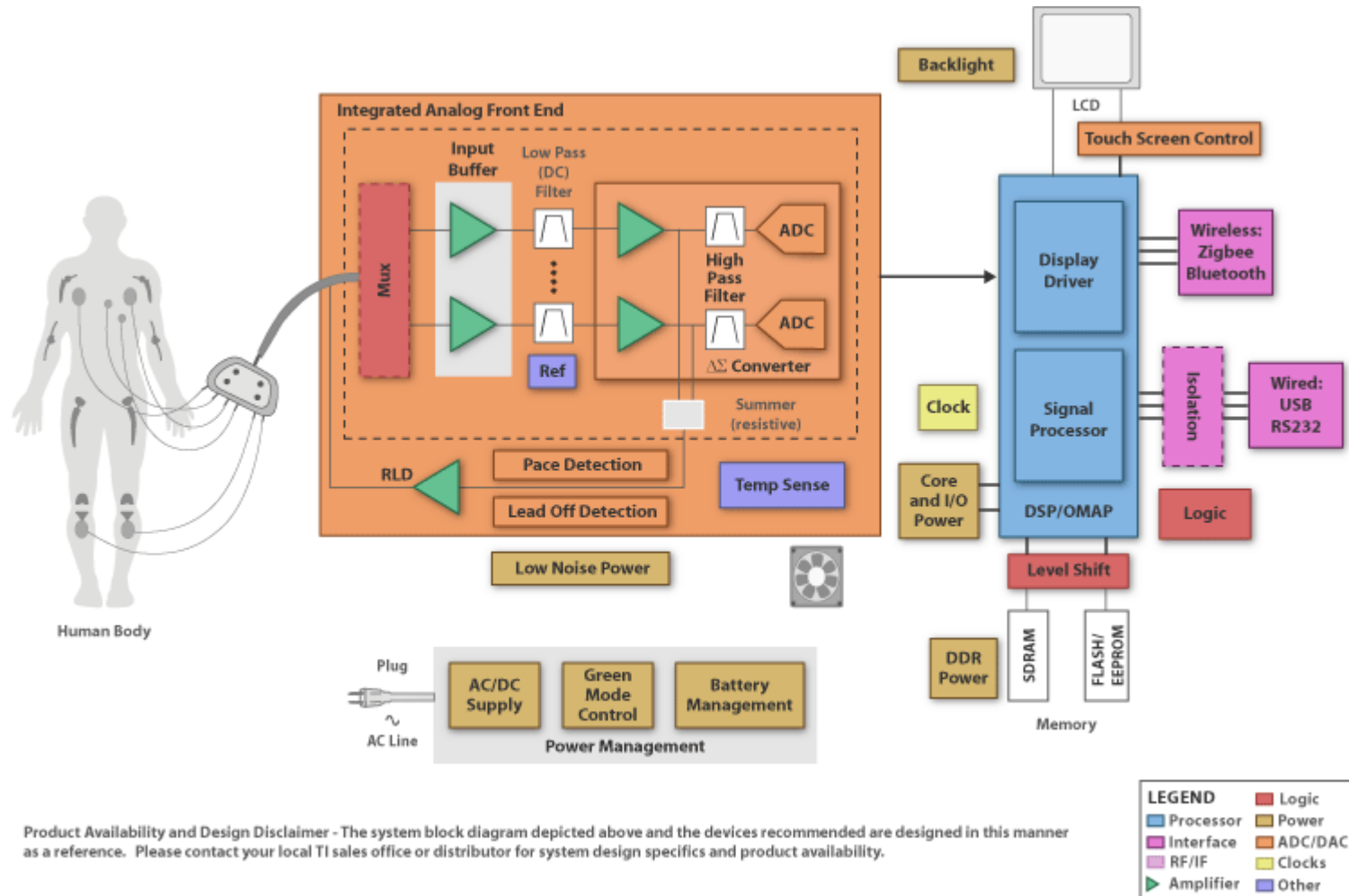
Texas Instruments ADS1298

Analog Front-End for ECG/EEG/EMG



Texas Instruments ADS1298

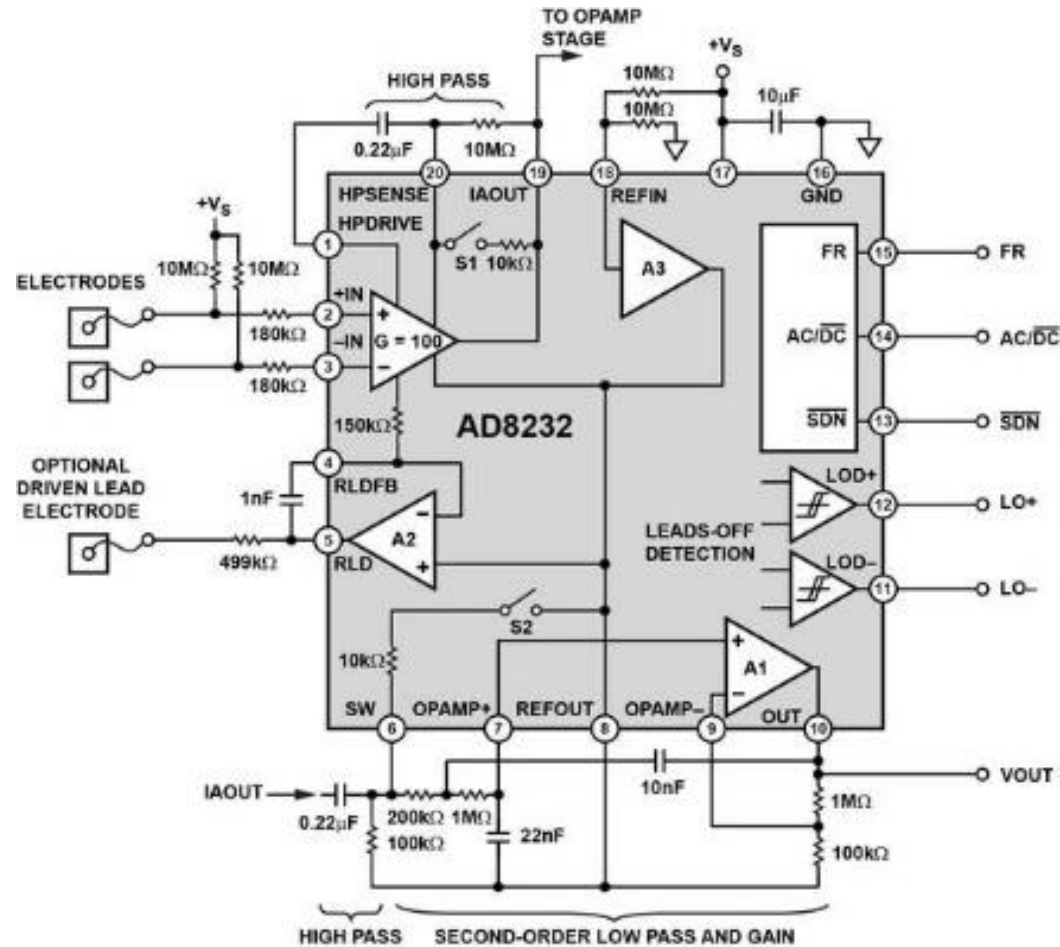
Analog Front-End for ECG/EEG/EMG



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.

Analog Devices AD8232

Single-Lead, Heart Rate Monitor Front End



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]