

# Elektrokardiografie

---

BAM31LET Lékařská technika

Jan Havlík | Katedra teorie obvodů | [xhavlikj@fel.cvut.cz](mailto:xhavlikj@fel.cvut.cz)

# Elektrokardiografie

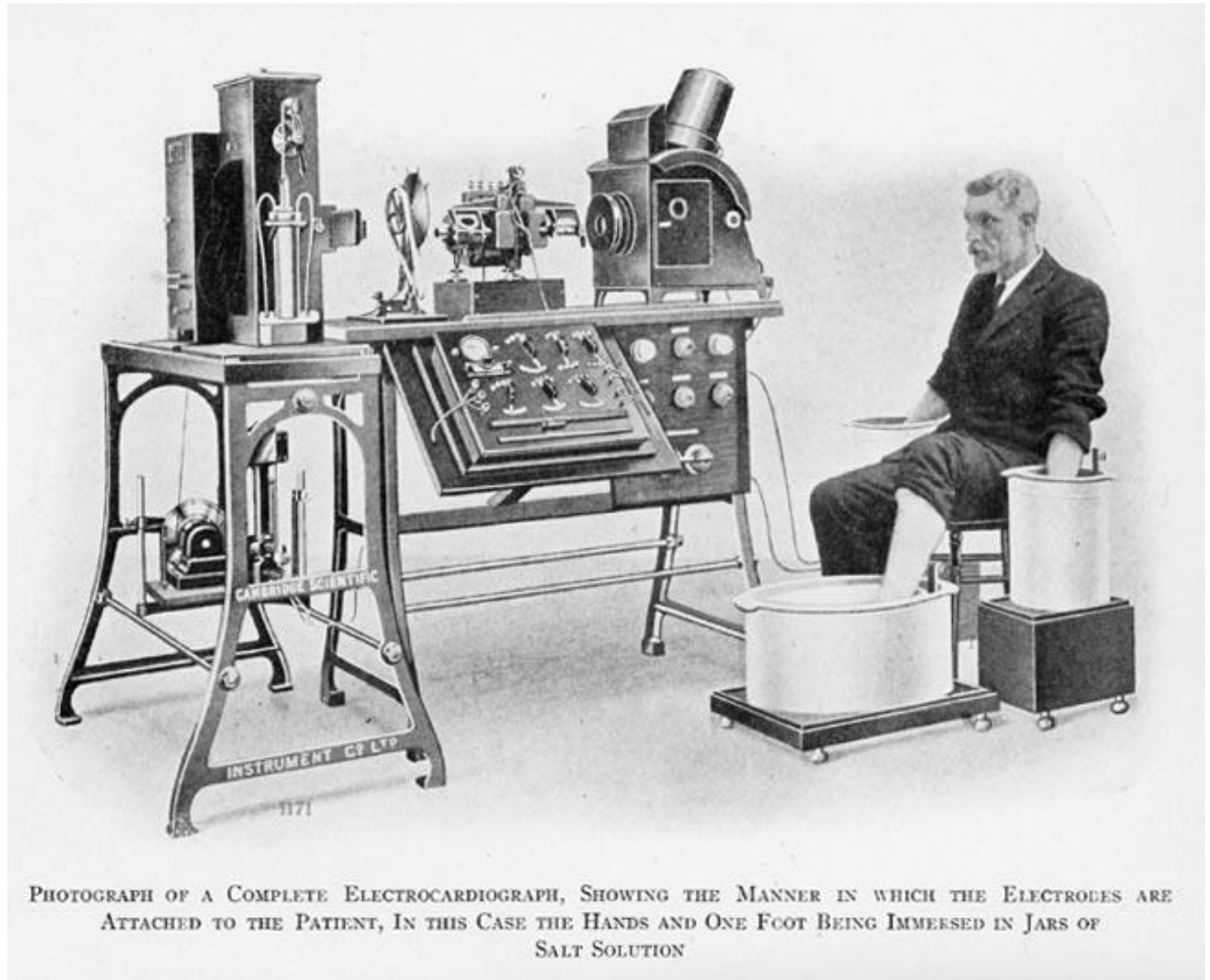
---

- 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



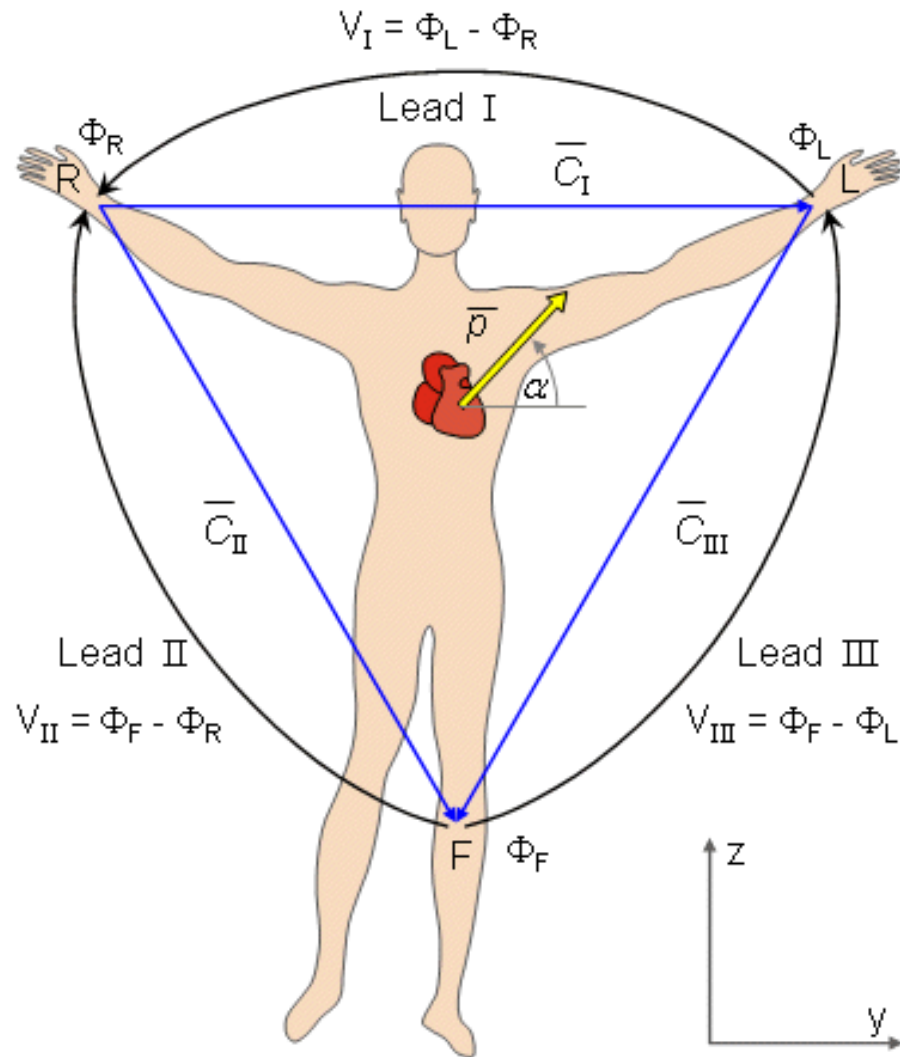
PHOTOGRAPH OF A COMPLETE ELECTROCARDIOGRAPH, SHOWING THE MANNER IN WHICH THE ELECTRODES ARE ATTACHED TO THE PATIENT, IN THIS CASE THE HANDS AND ONE FOOT BEING IMMERSSED IN JARS OF SALT SOLUTION

# 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 hrudní svody ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$ ,  $V_5$ ,  $V_6$ )

# Einthovenovy svody



# Einthovenovy svody

---

- svorka RA (right arm; červená), potenciál  $\phi_R$
- svorka LA (left arm; žlutá), potenciál  $\phi_L$
- svorka LL (left leg; zelená), potenciál  $\phi_F$
- svorka RL (right leg; černá), zpětnovazební elektroda

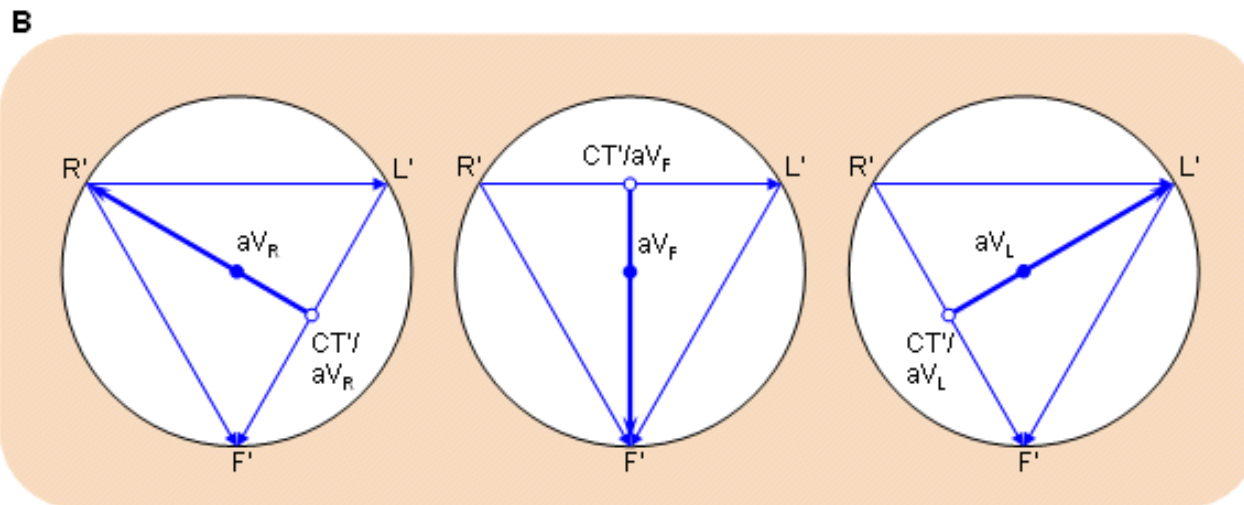
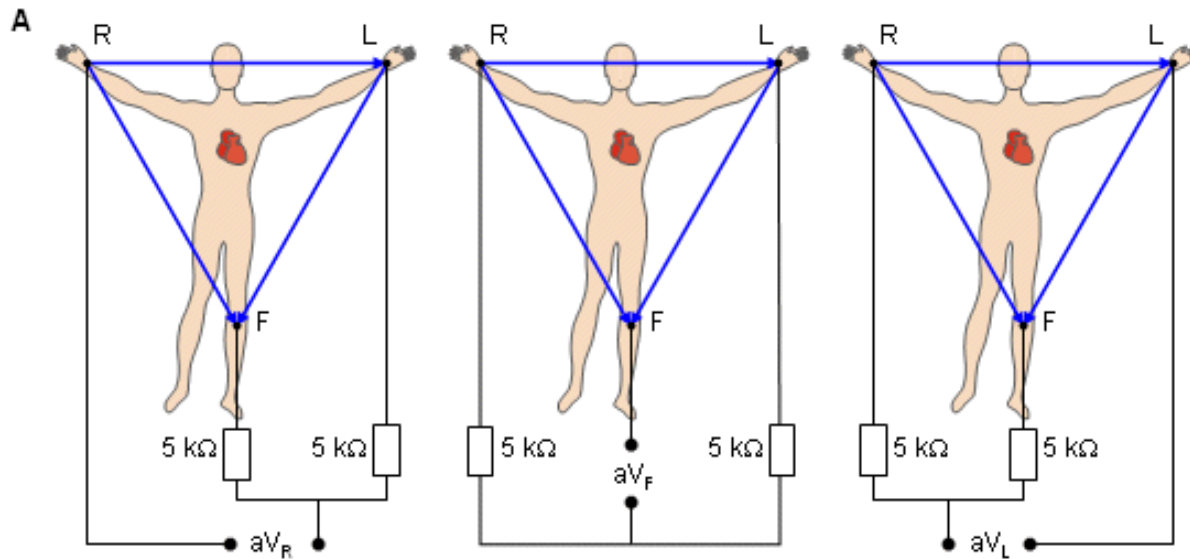
$$V_I = \phi_L - \phi_R$$

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

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

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

# 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

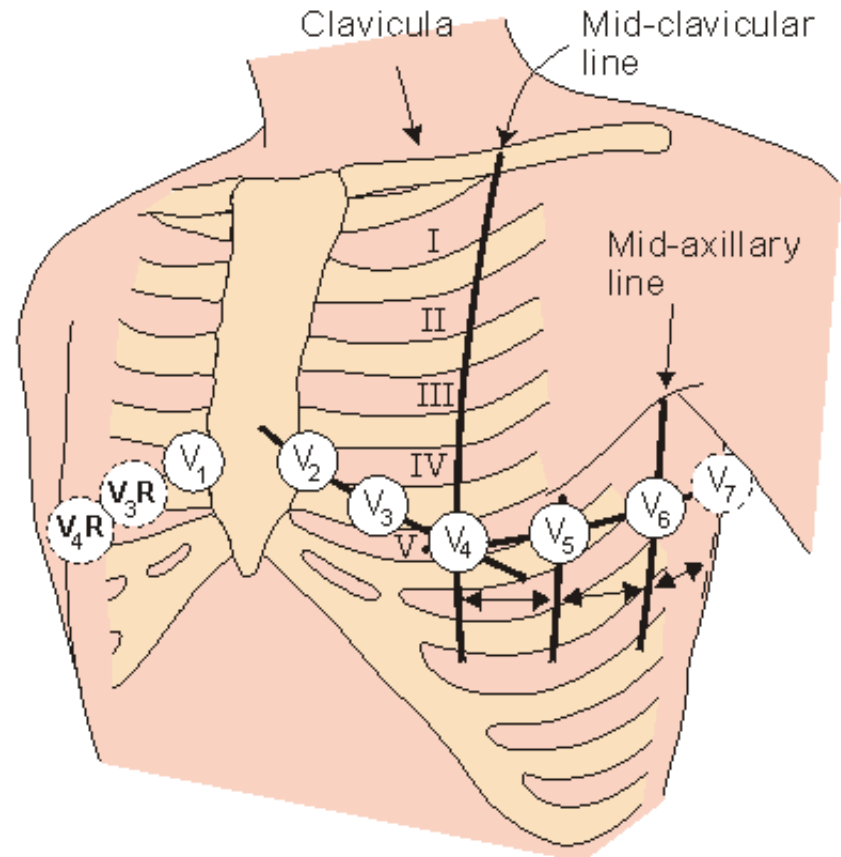
# Wilsonovy hrudní svody

- šestice hrudních elektrod proti centrální Wilsonově svorce

- svody

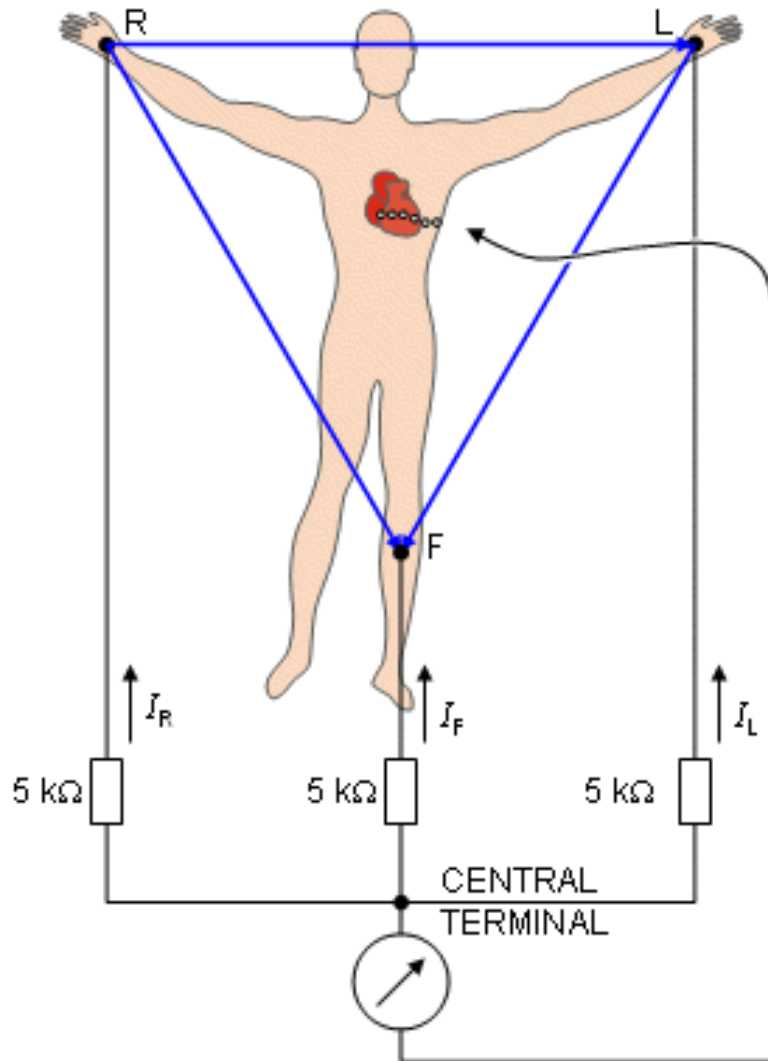
$V_1, V_2, V_3,$

$V_4, V_5, V_6$



# 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

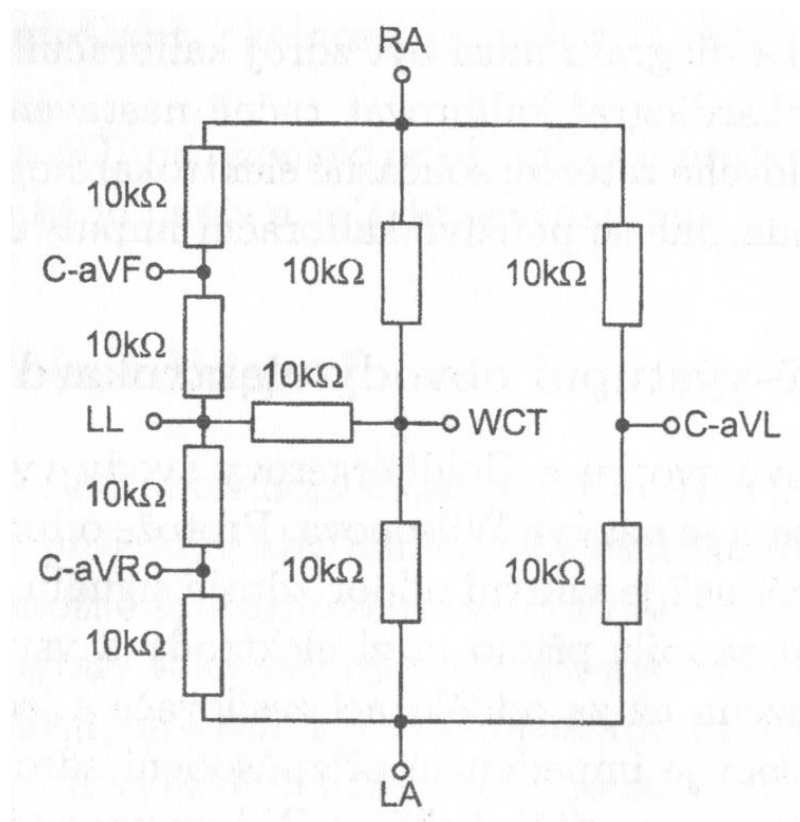
- součet proudů jednotlivými elektrodami

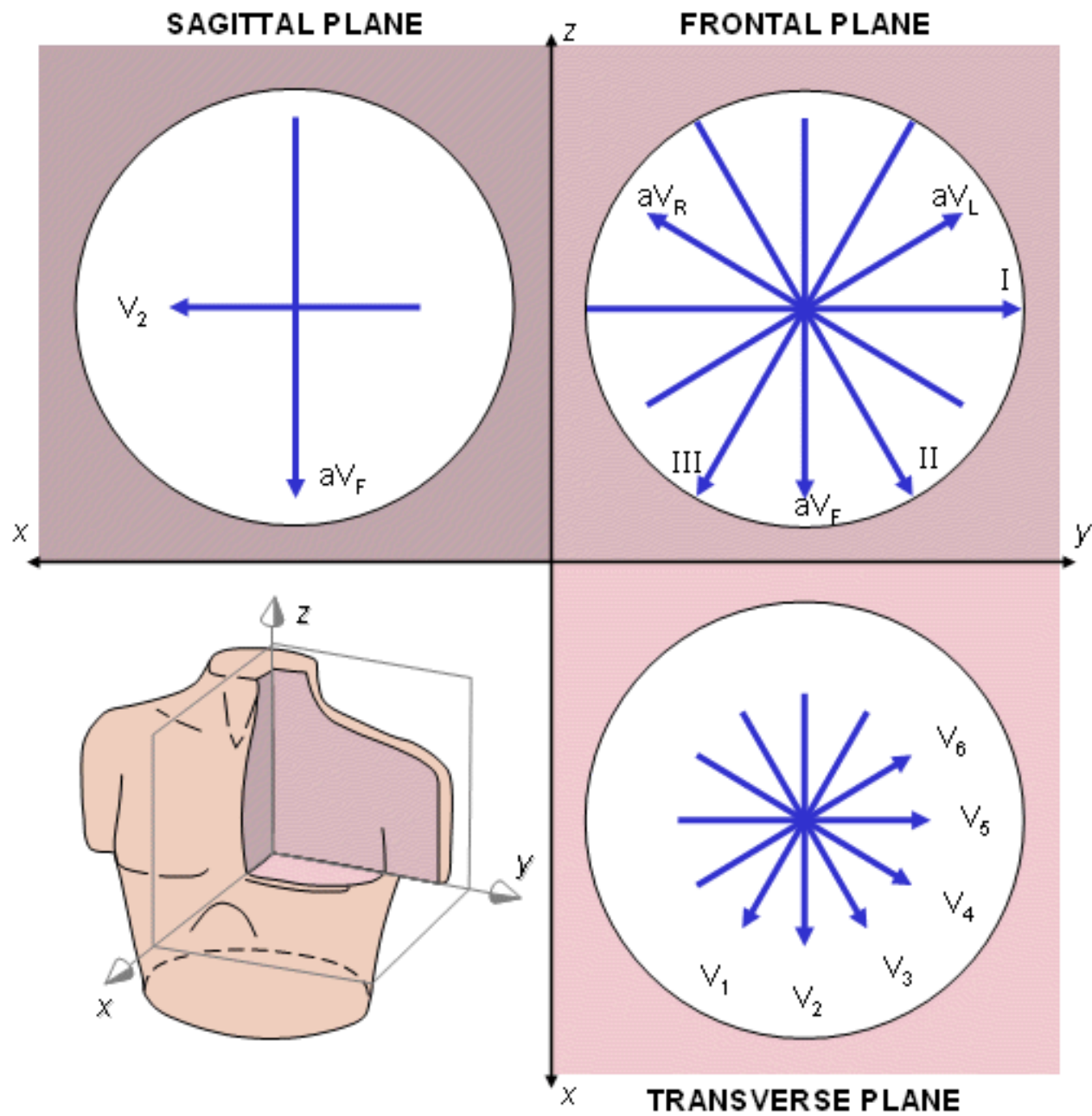
$$\begin{aligned} I_R + I_L + I_F &= \\ &= \frac{V_{\text{WCT}} - \phi_R}{R} + \frac{V_{\text{WCT}} - \phi_L}{R} + \frac{V_{\text{WCT}} - \phi_F}{R} = 0 \end{aligned}$$

- z toho

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

# Wilsonova síť



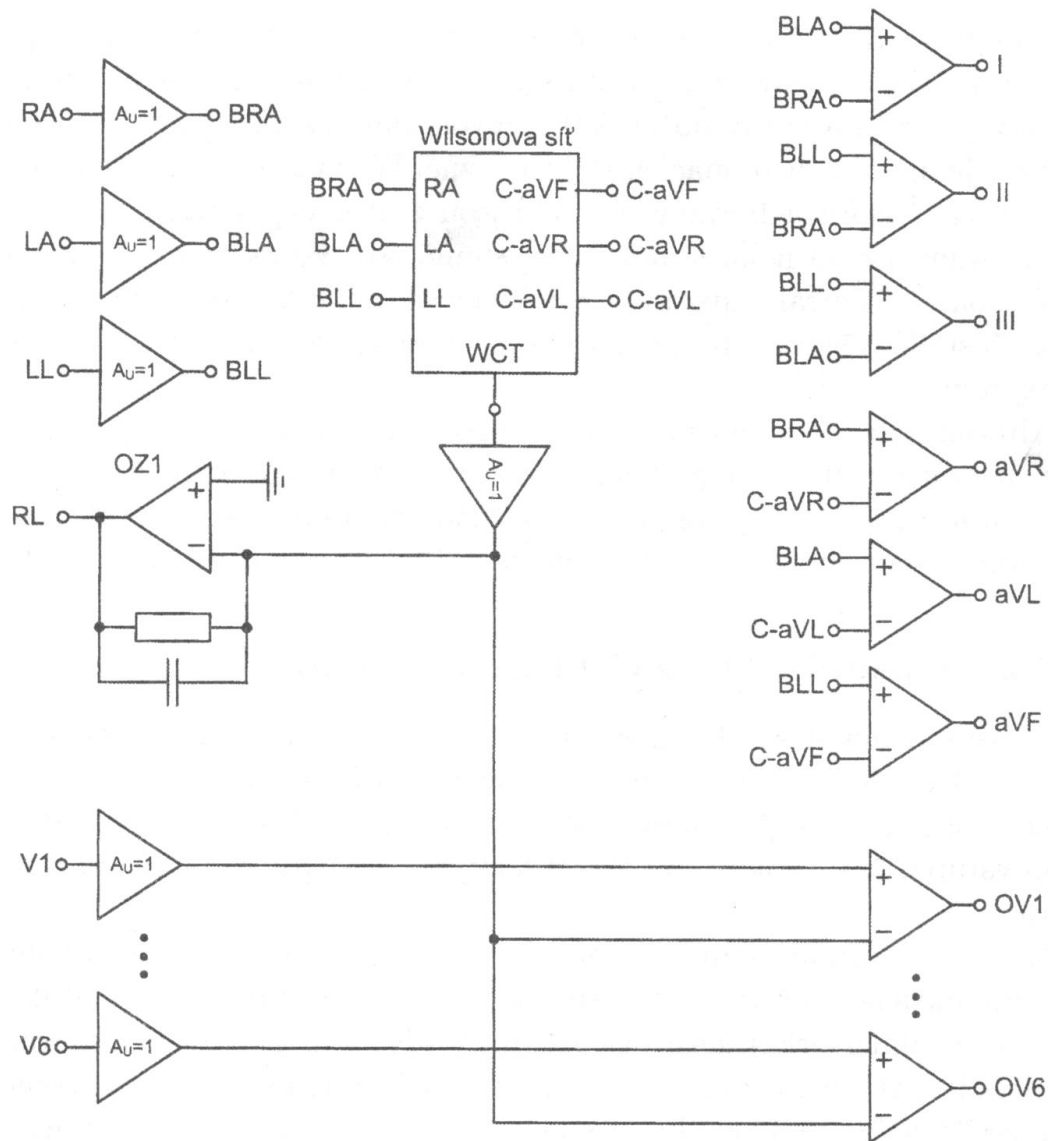


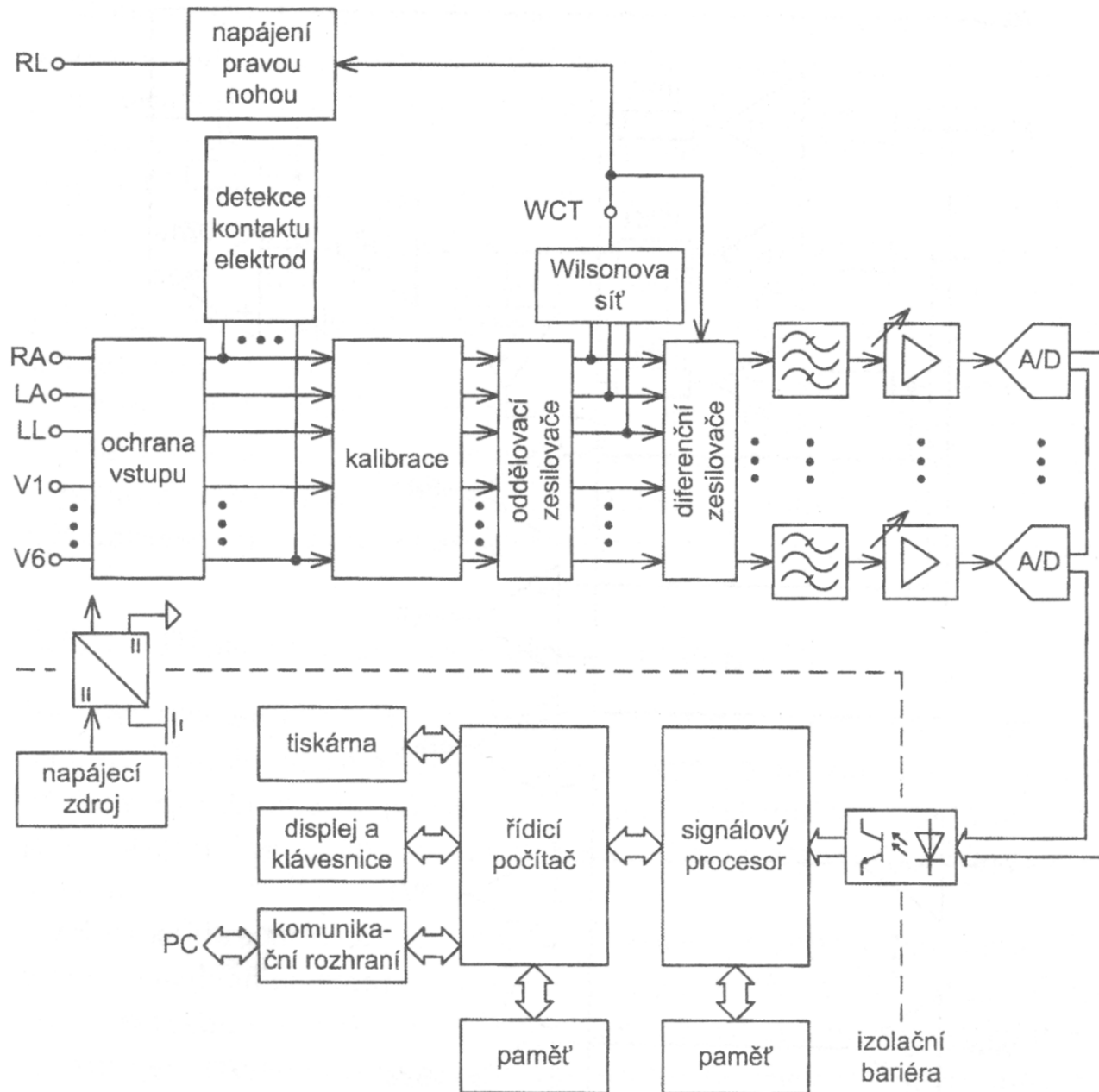
# Zpětnovazební elektroda

---

- 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  $10 \text{ mm/mV}$  a posuv  $25 \text{ mm/s}$  nebo  $50 \text{ mm/s}$

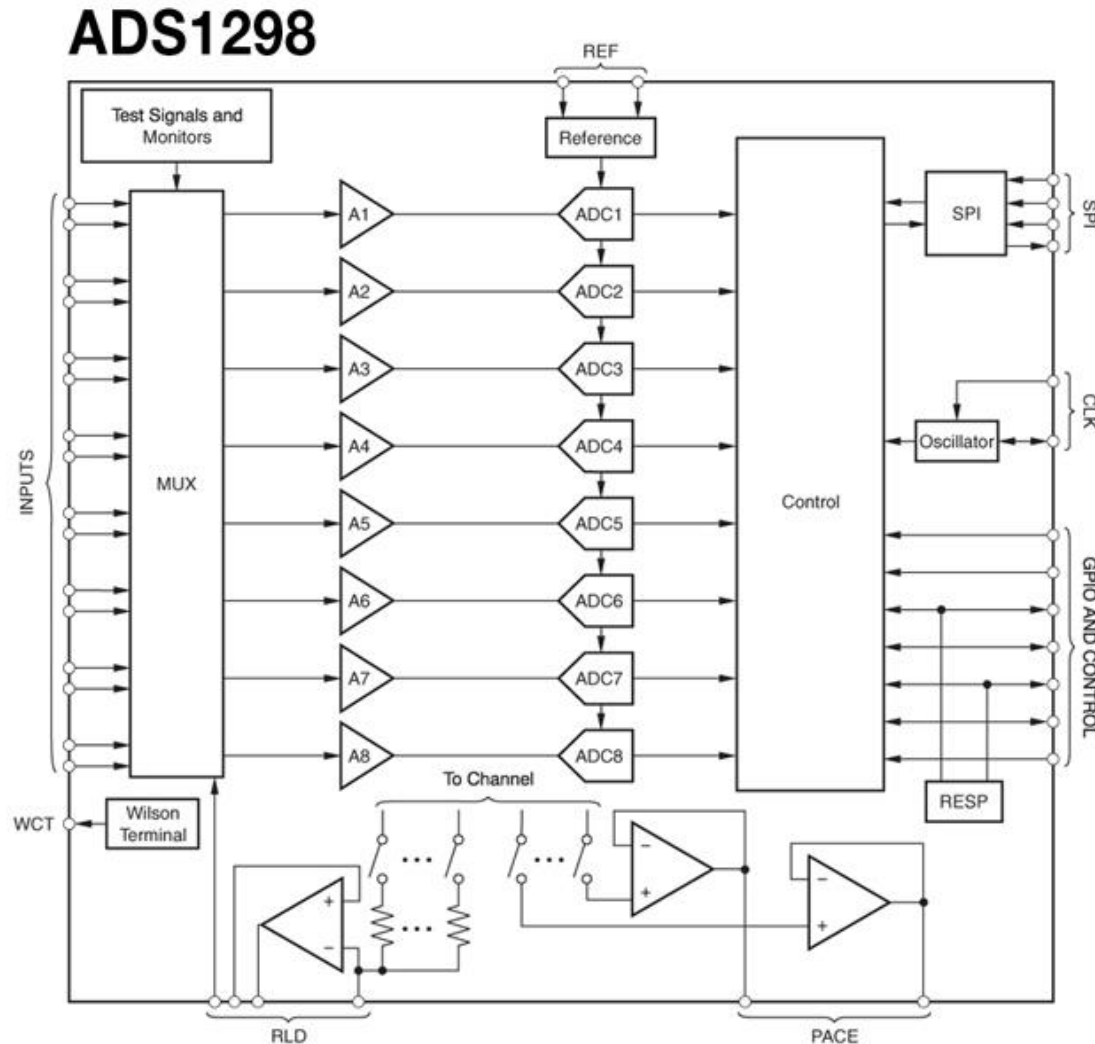
# Technické požadavky

---

- vstupní impedance
  - běžně více jak  $2,5 M\Omega$  (minimálně stovky  $k\Omega$ )
- 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

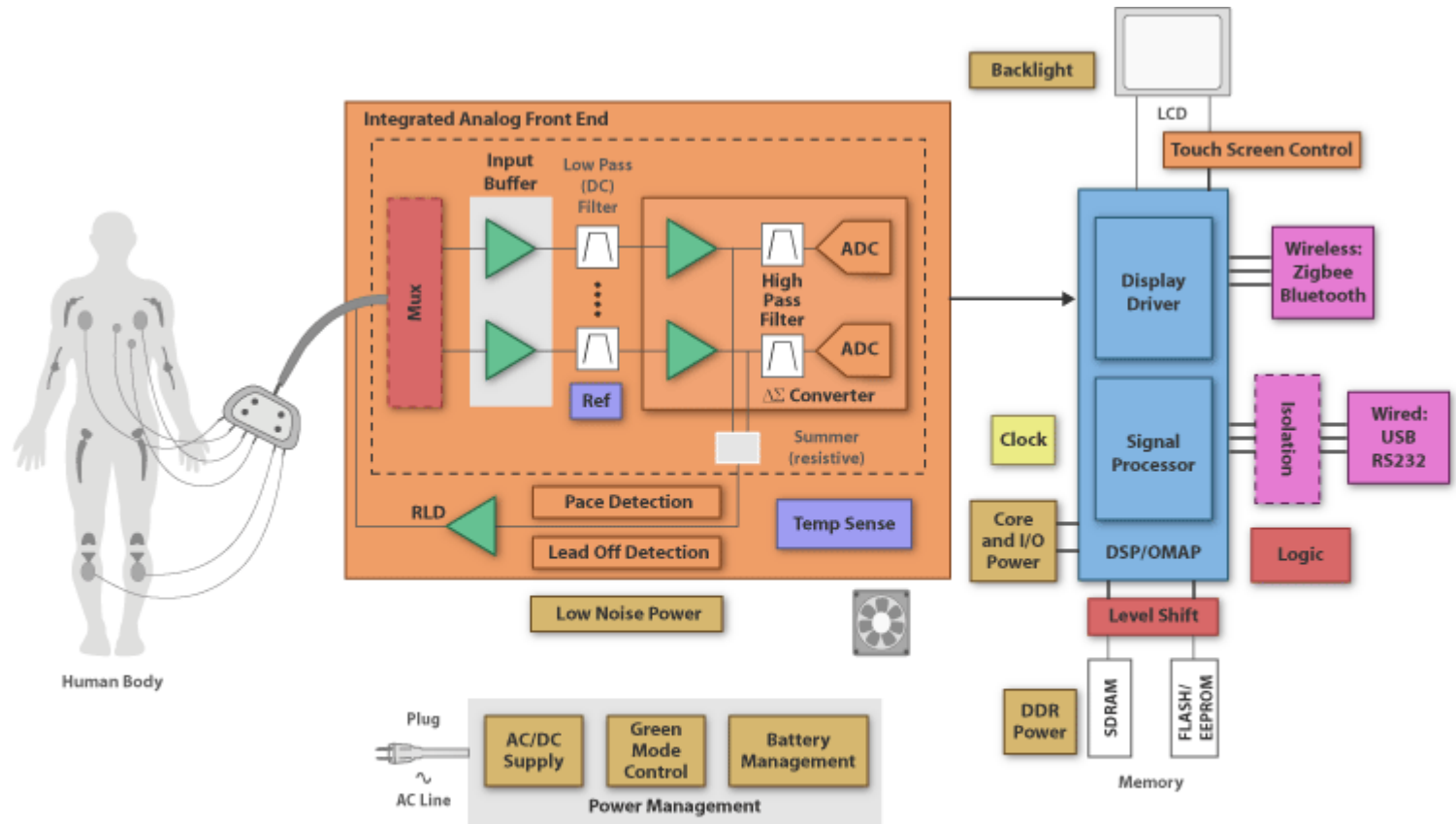
# Texas Instruments ADS1298

## 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.

| LEGEND                                |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <span style="color: blue;">■</span>   | Processor |
| <span style="color: orange;">■</span> | Power     |
| <span style="color: pink;">■</span>   | Interface |
| <span style="color: green;">■</span>  | RF/IF     |
| <span style="color: yellow;">■</span> | Clocks    |
| <span style="color: purple;">■</span> | Amplifier |
| <span style="color: red;">■</span>    | Logic     |
| <span style="color: blue;">■</span>   | ADC/DAC   |
| <span style="color: yellow;">■</span> | Other     |

# 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.
5. Texas Instruments: ADS1298 Datasheet.  
<http://focus.ti.com/general/docs/lit/getliterature.tsp?genericPartNumber=ads1298&fileType=pdf> [03/2011]