

# Senzor EKG

## EKG-BTA



Vernierov senzor EKG meria vlnový priebeh elektrického potenciálu srdca (napätia vytvárané počas kontrakcie srdca). Je možné ho použiť napríklad na tieto aktivity:

- Monitorovanie EKG v pokoji.
- Štúdium vln P, Q, R, S a T.
- Monitorovanie EKG po miernej záťaži.
- Štúdium EKG pri rôznych polohách tela.
- Štúdium zmien EKG pri miernej stimulácii.
- Stanovenie osi srdca.

### Zber dát so senzorom EKG

Senzor je možné použiť s nasledujúcimi interfejsmi:

- Vernier LabQuest samostatne, alebo s počítačom
- Vernier LabPro s počítačom, grafickou kalkulačkou TI alebo s počítačom Palm
- Vernier Go!Link
- Vernier EasyLink
- Vernier Sensor DAQ
- CBL 2

### Zapojenie senzora

1. Pripojte senzor k interfejsu.
2. Spustite softvér zberu dát.
3. Softvér identifikuje senzor EKG a natiahne štandardné nastavenie pre zber dát. Môžete začať zber dát.

### Softvér zberu dát

Senzor je možné použiť spolu s interfejsmi a s nasledujúcim softvérom zberu dát:

- **Logger Pro 3** spolu s interfejsmi LabQuest, LabPro alebo Go!Link.
- **Logger Pro 2** spolu s interfejsmi ULI alebo Serial Box.
- **Logger Lite** spolu s interfejsmi LabQuest, LabPro alebo Go!Link.
- **LabQuest App** - tento program sa používa, keď pracuje LabQuest ako samostatné zariadenie.
- **Easy Data App**, čo je aplikácia pre kalkulačky TI-83 Plus a TI-84 Plus a je možné ju použiť s CBL 2, LabPro a Vernier EasyLink. Odporúčame verziu 2.0 alebo novšiu, ktorá sa dá stiahnuť z web stránky Vernier [www.vernier.com/easy/easydata.html](http://www.vernier.com/easy/easydata.html) a preniesť do kalkulačky. Ďalšie informácie o aplikácii a príručku na prenos programu nájdete na [www.vernier.com/calc/software/index.html](http://www.vernier.com/calc/software/index.html).

- **Program DataMate** spolu s LabPro alebo CBL 2 a s kalkulačkami TI73, TI83, TI84, TI86, TI89 alebo Voyage 2000. Inštrukcie pre prenos Data Mate do kalkulačky nájdete v návodoch k LabPro a CBL2.
- **Data Pro** s prenosnými počítačmi typu Palm.
- **LabView** - softvér National Instruments LabView je grafický programovací jazyk predávaný svojim výrobcom. Používa sa so Sensor DAQ a je možné ho použiť aj s inými Vernier interfejsmi. Ďalšie informácie sú na [www.vernier.com/labview](http://www.vernier.com/labview).

**Poznámka:** Senzor je určený len pre výukové účely. Nie je vhodný pre priemyselné, lekárske, výskumné alebo komerčné aplikácie.

## Technické údaje

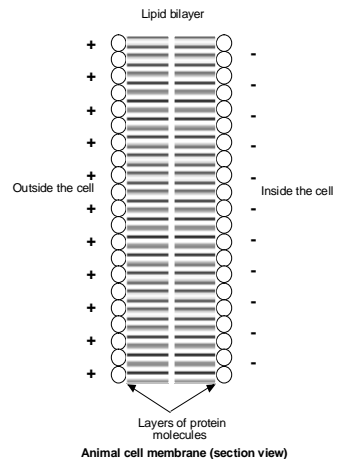
Offset: ~ 1,00 V (+/- 0,3 V)

Zisk: 1 mV potenciálu ľudského tela / 1 V výstupu senzora

*Senzor je vybavený obvody podpory automatickej identifikácie (auto-ID). Pri použití s interfejsmi LabQuest, LabPro, Go!Link, CBL2 a EaysLink, softvér zberu dát automaticky rozpozná senzor a použije na konfiguráciu experimentu preddefinované parametre vhodné pre daný senzor.*

## Ako funguje senzor EKG

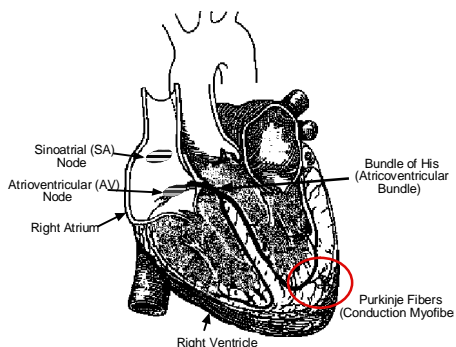
Sval srdca je v pokoji polarizovaný. To znamená, že bunky majú naprieč bunečnej membrány mierne odlišnú koncentráciu iónov. Prebytok kladne nabitých sodíkových iónov na vonkajšej strane membrány spôsobuje, že vonkajšia strana membrány je voči vnútornej strane relatívne kladne nabitá. Vnútna strana membrány má potenciál okolo 90 mV nižší ako vonkajšia strana. Tento 90 mV rozdiel potenciálu sa nazýva pokojovým potenciálom. Typická bunečná membrána je pre sodík relatívne neprechodná. Stimulácia svalovej bunky však spôsobí jej zvýšenie priechodnosti pre sodík. Sodíkové ióny migrujú do bunky cez otvory napätovo riadených sodíkových kanálov. To spôsobuje zmenu (depolarizáciu) elektrického poľa okolo bunky. Zmena bunečného potenciálu zo záporného na kladný a opačne predstavuje napätový impulz nazývaný akčný potenciál. Akčný potenciál spôsobuje v svalových bunkách ich kontrakciu. Na depolarizácii a repolarizácii srdcového svalu sa zúčastňujú aj iné ióny a nabité molekuly. Ide o draslík, vápnik, chlór a nabité proteínové molekuly. Celkový akčný potenciál generovaný pri depolarizácii a repolarizácii srdcového svalu je možné zaznamenať elektródami na povrchu tela. Záznam elektrickej aktivity srdca sa nazýva elektrokardiogram (EKG).



Bunky systému vedenia srdca sa spontánne depolarizujú. Táto spontánna depolarizácia je najviditeľnejšia na klastri buniek srdcového svalu nachádzajúcich sa na hornej stene pravej predsieni. Táto skupina buniek sa nazýva generátor impulzov (pacemaker) alebo sinoatriálny (SA) uzol. Depolarizácia generátora vytvára prúd, ktorý spôsobuje depolarizáciu všetkých ostatných buniek srdcového svalu. Depolarizačná vlna postupuje z pravej predsieni do ľavej tak rýchlo, že obidve predsieni sa stiahnu prakticky súčasne.

Predsieni a komory sú navzájom elektricky izolované spojovacím tkanivom, ktoré funguje ako izolácia na elektrickom vodiči. Depolarizácia predsieni preto nemá priamy vplyv na komory. V pravej predsieni je však ďalšia skupina buniek nazývaná predsieňovo-komorový, atrioventrikulárny (AV) uzol, ktorý prenáša depolarizáciu predsieni cez špeciálny zväzok vodivých vlákien (Hissov zväzok) do komôr. V svalovej stene komôr sú Purkyňove vlákna, ktorými sa depolarizačný vzruch takmer súčasne dostáva do všetkých častí komôr. Proces prenosu medzi predsieniami a komorami má malé oneskorenie, čo spôsobuje, že komory sa stiahnu až po určitom čase po stiahnutí predsieni. Keďže bunky srdcového svalu sú navzájom spojené, vlny depolarizácie, kontrakcie a repolarizácie sa šíria po celých spojených oblastiach srdcového svalu.

Ak je určitá časť srdca polarizovaná a k nej priliehajúca časť je depolarizovaná, vzniká sa elektrický prúd, ktorý sa šíri telom. Tento prúd je najväčší vtedy, keď jedna polovica navzájom spojených častí srdca je polarizovaná a druhá, priliehajúca polovica je nepolarizovaná. Ak je pomer polarizovanej časti tkaniva k nepolarizovanej časti nižší ako jedna k jednej, prúd klesá. Tieto zmeny prúdu sa dajú merať, zosilňovať a sledovať v závislosti na čase. EKG je sumáciou všetkých akčných potenciálov srdca detekovaných na povrchu tela. Nie je to priame meranie mechanických kontrakcií srdca.



Impulz z SA uzla spôsobuje kontrakciu predsieni, čo vtláča krv do komôr. Krátko po kontrakcii predsieni dôjde vplyvom signálu z predsieni ku kontrakcii komôr. Krv opúšťa komory cez aortu a pľúcnu artériu. Polarita buniek srdcového svalu sa vráti do normálu a celý srdečný cyklus sa začne znova.

### Elektrokardiogram

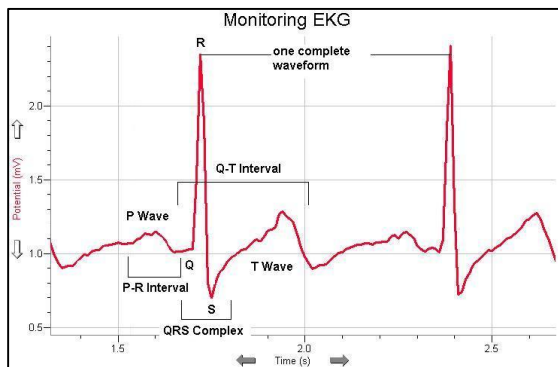
Elektrokardiogram (EKG) je grafické zobrazenie elektrickej aktivity srdca. Zobrazenie obvykle pozostáva zo série opakujúcich sa vln. Vlny vychádzajú z rovnej základne nazývanej izoelektrická čiara. Akákoľvek výchylka od izoelektrickej čiary znamená elektrickú aktivitu. Písmenami P, Q, R, S a T sa označuje päť

základných tvarov výchyliek signálu na normálnom EKG. Jeden srdečný cyklus predstavuje skupinu vln počínajúcu vlnou P, pokračujúcu komplexom vln QRS a končiacu vlnou T.

Vlna P predstavuje depolarizáciu predsiení a súvisí s ich kontrakciou. Komplex vln QRS tvoria tri vlny. Prvá záporná výchylka je vlna Q, nasleduje kladná výchylka nazývaná vlnou R. Komplex končí negatívnou výchylkou známou ako vlna S. Komplex QRS súvisí s depolarizáciou komôr a s ich kontrakciou. Repolarizácia predsiení nastáva počas depolarizácie komôr, preto sa na EKG nedá detekovať. Posledná vlna, nazývaná T vlnou, indikuje repolarizáciu komôr.

Elektrickú energiu generujú aj svaly tela, čo sa dá pozorovať na EKG, ak napríklad počas jeho záznamu pohnete rukou. Sekvencia od jednej P vlny k druhej P vlne predstavuje jeden cyklus srdca. Počet cyklov za minútu sa nazýva frekvencia srdca a v pokoji je to typicky okolo 70-80 cyklov za minútu.

Na obrázku sú niektoré typické časové priebehy EKG:



Interval P-R: 0,12 až 0,20 s

Interval QRS: menej ako 0,1 s

Interval Q-T: menej ako 0,38 s

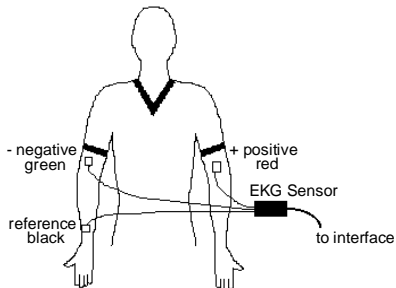
Ak váš EKG nezodpovedá uvedeným údajom, NEZNEPOKOJUJTE sa! Uvedené údaje predstavujú typické priemerné hodnoty. Mnoho zdravých srdc má hodnoty, ktoré sú mimo uvedených rozsahov. Efektívna interpretácia EKG vyžaduje veľa skúseností. Váš senzor NIE je určený na lekársku diagnostiku!

### Pripojenie EKG senzora k telu človeka

Na pripojenie senzora EKG sa používajú tri elektródy. Najlepšie je použiť vždy nové elektródy. Elektródy je možné použiť aj opakovane, sú však náchylné na absorbovanie vlhkosti (sú veľmi hydrokopicke), preto ich neodporúčame opakovane používať.

**Poznámka:** po otvorení skladujte elektródy v chlade, v čistom, suchom a vzduchotesnom obale. Aj pri skladovaní vo vzduchotesnom obale, otvorené elektródy nie je možné skladovať dlhšie ako rok.

- Elektrický signál generovaný srdcom a detekovaný na povrchu tela je veľmi slabý, je potrebné aby mala elektróda dobrý kontakt s pokožkou. Miesta na pokožke, kde budú elektródy dobre vydrhnite papierovou utierkou, aby ste odstránili odumreté bunky a masť.
- Elektródy odlepte od krycieho papiera. Prvú elektródu pevne pritlačte na pravé zápästie.
- Druhú elektródu umiestnite na vnútro pravého ramena.
- Tretiu elektródu umiestnite na vnútro ľavého ramena.
- Elektródy umiestnite na vnútornú stranu ramien (bližšie k telu) tak, aby výstupky na nich smerovali dole. Vodiče od senzora vtedy budú voľne visieť, bez namáhania elektród.
- Na výstupky elektród upevnite miniatúrne svorky od senzora EKG.
- Čiernu (referenčnú) svorku upevnite na elektródu, ktorá je na zápästí. Táto elektróda slúži ako referenčný bod (izoelektrická čiara).
- Zelenú (negatívnu) svorku upevnite na elektródu, ktorá je na pravom ramene.
- Červenú (pozitívnu) svorku upevnite na elektródu, ktorá je na ľavom ramene.
- Existuje viacero spôsobov pripájania EKG senzora, uvedené jednoduché pripojenie je vhodné pre účely vyučovania.



### Kalibrácia

EKG senzor nepotrebuje kalibrovat'. Keďže budete sledovať najmä priebeh a periodicitu signálu, senzor nie je potrebné kalibrovat'. Stačí použiť uložení továrenskú kalibráciu. Všetky experimenty ktoré popisujeme v tomto návode je možné urobiť pomocou uloženej kalibrácie vo Voltoch. Senzor produkuje signál v rozmedzí 0 až 5V, pričom izoelektrická úroveň je 1V. Odchýlky od izoelektrickej čiar predstavujú elektrickú aktivitu.

### Možné experimenty

#### EKG v pokoji

Zaznamenajte EKG osoby v pokoji. Osoba by mala byť uvoľnená a mala by normálne dýchať. Z grafu si zapíšete nasledujúce informácie:

Analýza intervalov		Analýza frekvencie tepov srdca	
interval	čas (ms)	údaj	frekvencia (min <sup>-1</sup> )
P-Q		minimum	
QRS		maximum	
Q-T		priemer	

### **EKG po miernej záťaži**

Zaznamenajte EKG osoby v pokoji. Potom odpojte svorky, avšak elektródy ponechajte nalepené. Meranie EKG zopakujte po trojminútovom cvičení meranej osoby behom na mieste. Porovnajajte obidva záznamy EKG.

### **EKG a rôzne polohy tela**

Zaznamenajte EKG pri rôznych polohách (pri sedení, v stojí a pri ležaní). Nerobte žiadne iné zmeny ani cvičenia. Porovnajajte záznamy EKG. Zaznamenajte zmeny vo frekvencii tepov srdca, v intervaloch časovania priebehov, vo veľkosti vlny R a iné.

### **EKG a slabé stimulatory**

Vypite kávu s kofeínom alebo niekoľko pohárov koly. Zaznamenajte zmeny v EKG. Porovnajajte ich so zmenami pri predchádzajúcom meraní po záťaži. **Poznámka:** pri osobách zvyknutých na kofeín zaznamenáte menšie zmeny.

### **EKG a poloha elektród: Os srdca**

Pri rôznom usporiadaní elektród bude tvar a intenzita meraného signálu rôzna. Jednotlivé usporiadania nazývame „zapojeniami“. Každé zapojenie dáva jedinečné informácie vzhľadom na jeho orientáciu voči osi srdca. Pre umiestňovaním elektród nezabudnite dobre vydrhnúť pokožku v mieste elektródy papierovou utierkou, aby ste odstránili odumreté bunky a masť.

#### **Zapojenie I**

- Jednu elektródu umiestnite na pravé rameno a pripojte k nej zelenú (negatívnu) svorku.
- Druhú elektródu umiestnite na ľavé rameno a pripojte k nej červenú (pozitívnu) svorku.
- Tretiu elektródu umiestnite na vnútornú plochu za členkovú kosť na pravom členku a pripojte k nej čiernu (referenčnú) svorku. Tento bod bude slúžiť ako izoelektrická čiara.
- Ak si predstavíte imaginárnu čiaru medzi zelenou a červenou svorkou, vidíte, že toto zapojenie meria zmenu polarity krížom cez hrudník, paralelne k pleciam a nad srdcom.

#### **Zapojenie II**

- Jednu elektródu umiestnite na pravé rameno a pripojte k nej zelenú (negatívnu) svorku.
- Druhú elektródu umiestnite na vnútornú plochu ľavého stehna a pripojte k nej červenú (pozitívnu) svorku. Poznámka: namiesto ľavého stehna môžete elektródu umiestniť aj na vnútornú plochu za členkovú kosť na ľavom členku.
- Tretiu elektródu umiestnite na vnútornú plochu za členkovú kosť na pravom členku a pripojte k nej čiernu (referenčnú) svorku.
- Imaginárna spojnica medzi zelenou a červenou elektródou je čiara medzi pravým plecom a ľavou nohou. Toto zapojenie dáva vo všeobecnosti najväčšie zmeny impulzov a tento EKG sa najčastejšie uvádza vo filmoch, učebniciach a podobne.

### Zapojenie III

Pri tomto zapojení je zelená (negatívna) elektróda zapojená na ľavé rameno, červená (pozitívna) elektróda je zapojená na vnútro ľavého stehna a čierna (referenčná) elektróda je zapojená na vnútro pravého členka ako v predchádzajúcom prípade. Poznámka: namiesto ľavého stehna môžete elektródu umiestniť aj na vnútornú plochu za členkovú kosť na ľavom členku.

Pri tomto zapojení vedie imaginárna spojnica medzi zelenou a červenou elektródou je čiara medzi ľavým plecom a ľavou nohou. Ak spojíme uvedené tri imaginárne čiary, vytvorí trojuholník. Tento trojuholník sa nazýva Einthovenov trojuholník. Namerané napätie na stranách tohto trojuholníka sa dá použiť na štúdium funkcie a anatómie srdca. Dá sa z toho približne určiť smer osi srdca, ako deliacej čiary (ťažnice) hmoty srdca.

- Urobte meranie EKG podľa zapojenia I, II a III. Výsledky porovnajte a stanovte, pri ktorom zapojení je amplitúda R vlny najväčšia.
- Ak je maximum R vlny pri zapojení I, os vášho srdca je  $0^\circ$  pri meraní od horizontály smerom vľavo. Ak je maximum R vlny pri zapojení II, os vášho srdca smeruje  $60^\circ$  nadol, od horizontály smerom k vašej ľavej strane.
- Ak je maximum R vlny pri zapojení III, os vášho srdca smeruje  $120^\circ$  nadol od horizontály a od vašej ľavej strany.
- Ďalšie spresnenie odhadu osi môžete urobiť tak, že si poznamenáte relatívny pomer intenzít R vlny z dvoch zapojení z najväčšími R vlnami.
- Ak sú R vlny pri zapojeniach II a III približne rovnaké, potom je os srdca približne v polovici medzi uhlami  $60^\circ$  a  $120^\circ$ . To znamená, že os srdca je približne vertikálna.
- Os srdca obvykle súvisí s tvarom tela. Štíhli a vysokí ľudia majú obvykle vertikálne orientované srdce. Malí a územčistí ľudia majú obvykle srdce orientované viac horizontálne.



**Vernier Software & Technology**  
13979 SW Millikan Way  
Beaverton, OR 97005-2886  
[www.vernier.com](http://www.vernier.com)

**Slovensko: PMS Delta s.r.o.**  
Fándlyho 1  
07101 Michalovce  
[www.pmsdelta.sk](http://www.pmsdelta.sk)



Preklad: Peter Spišák, 2008