

AMATÉRSKA STAVBA PRÍSTROJA EKG (ELEKTROKARDIOGRAF)

Meno: Michal Považan
Študijný program: biomedicínska fyzika, 3. ročník
Predmet: základy elektroniky
Rok: 2009/2010

Úvod

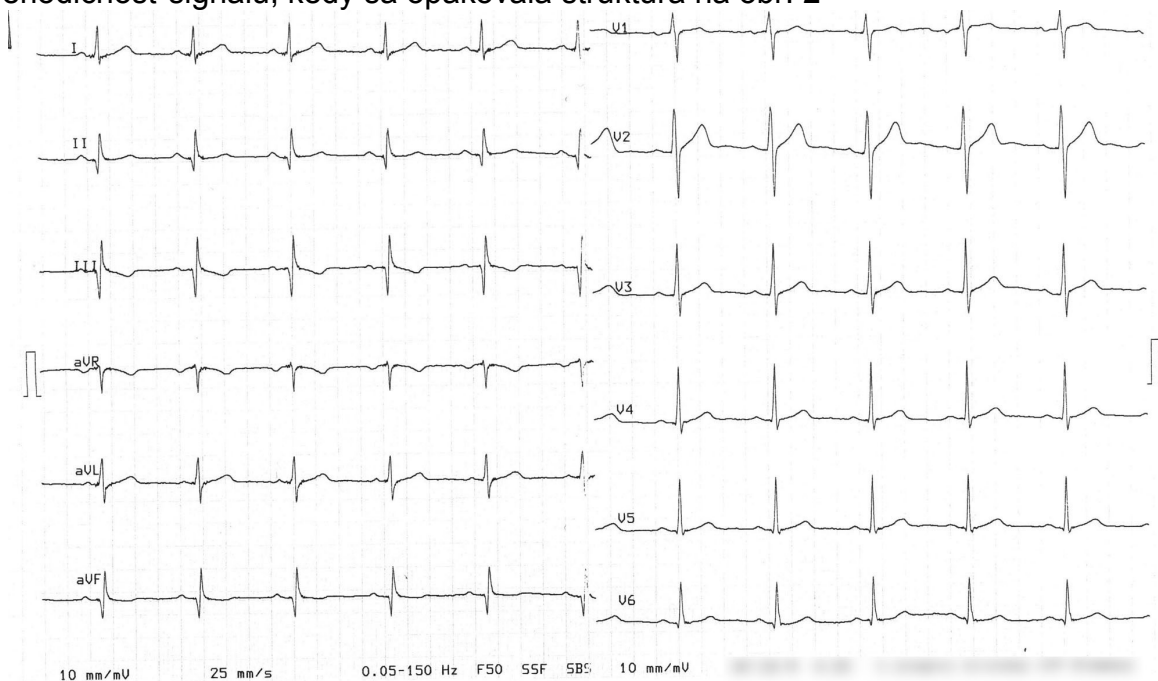
Pri výbere témy tohto projektu som zvažoval viacero alternatív, nakoniec sa dostala do mojich rúk knižka Bioelektronika v amatérskej praxi (Valečko a kol., 2005), v ktorej bolo okrem mnohých schém aj niekoľko zapojení snímačov EKG. Táto problematika mi bola blízka a preto som sa rozhodol sa ňou podrobnejšie venovať. Na internete som našiel naviac ďalšie zapojenia, každé malo svoje výhody a nevýhody, ktoré som sa snažil opísať v nasledujúcich kapitolách. Následne som si vybral jedno zapojenie a pokúsil sa ho postaviť a priviesť k životu, s príslušnou slovným a obrazovým sprievodom.

Analyzovanie problému

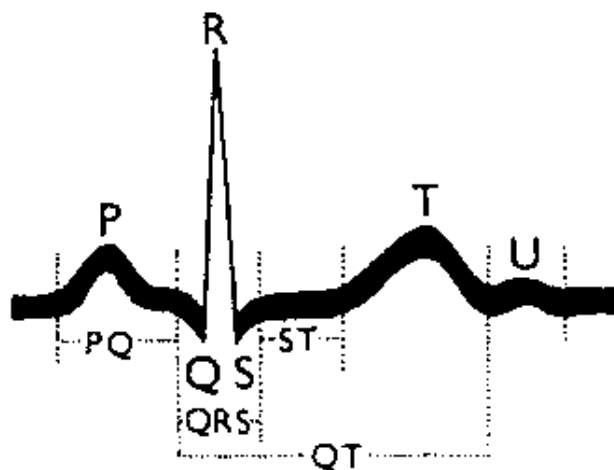
Prvá vec, ktorú bolo potrebné zvážiť, boli základné požiadavky na tento prístroj. Elektrokardiografia patrí medzi metódy registrácie biosignálov ľudského tela, konkrétne registruje elektrické potenciály vytvárané špecializovanými bunkami – kardiomyocytmi. Veľkosť elektrických potenciálov srdca je rádovo jednotky až desiatky milivoltov. Ďalším dôležitým prvkom, ktorý bolo potrebné vziať do úvahy bol šum spôsobený okolím, v ktorom sa sledovaný objekt nachádzal. V neposlednom rade bolo nutnosťou brať ohľad na maximálnu možnú bezpečnosť, vzhľadom na to, že elektródy, ktoré snímali signál, boli pripevnené priamo na pokožku v elektrickej osi srdca. Prípadný skrat by mal tým pádom fatálne následky. V skratke sa dá povedať, že som chcel zostrojiť prístroj, ktorý by mal schopnosť zosilniť potenciál pár milivoltov na registrovateľnú mieru, filtroval by väčšinu šumu z okolia a zároveň by bol chránený proti skratu tak, aby neohrozil vyšetrovaného.

Biosignál srdca

Na obr. 1 sa nachádza typický záznam z EKG, pričom jednotlivé krivky predstavujú rozdielne telové zvody. Pokiaľ by sa registrovaný signál približoval niektorej z kriviek, mám vyhraté. Dôležitým prvkom, ktorý ma najviac zaujímal a podľa ktorého som vlastne zisťoval, či registrovaný signál nie je len artefakt bola periodičnosť signálu, kedy sa opakovala štruktúra na obr. 2



Obr. 1 – EKG (12 zvodov)



Obr. 2 – typický priebeh jednej periódy u EKG

Depolarizácia a repolarizácia siení a komôr vedie k vzniku rôznych vln a kmitov na EKG. Na EKG rozoznávame nasledujúce vlny, kmity a intervaly (obr. 2):

vlny: P, T, U, (aT)

kmity: Q, R, S

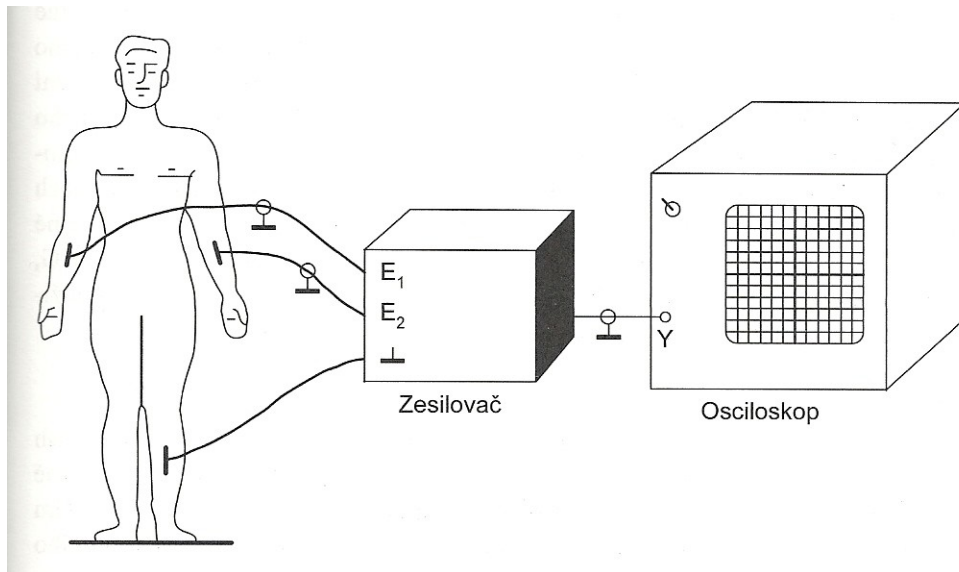
interval PQ (PR), úsek ST, interval QT

charakteristikou EKG signálu je frekvencia medzi 1Hz až približne 60-100Hz, čomu je prispôbena aj konštrukcia snímačov (viď nižšie)

Viac o danej problematike sa dá nájsť v množstve učebníc, na internete je zaujímavá napr. stránka: <http://ekg.kvalitne.cz/>

Low-cost prístup

Nasledujúca alternatíva opisuje snímač, ktorý je projektovaný s cieľom použitia najlacnejších riešení, pričom funkčnosť by mala byť dostačujúca. Na obr. 3 sa nachádza triviálna schéma prístroja, ktorú som použil aj ja.



Obr. 3 – schéma ekg snímača

Ako osciloskop, respektíve registračné zariadenie poslužil počítač so zvukovou kartou a príslušným softvérom.

Zvody

Väčšina amatérskych zariadení používa trojsvodový systém podľa Einthovena, to znamená jedna elektróda na pravú ruku, príp. pravú časť hrude, druhá na ľavú ruku, príp. ľavú časť hrude a jedna na pravú nohu, slúžiaca ako aktívna zem.

Zabezpečenie

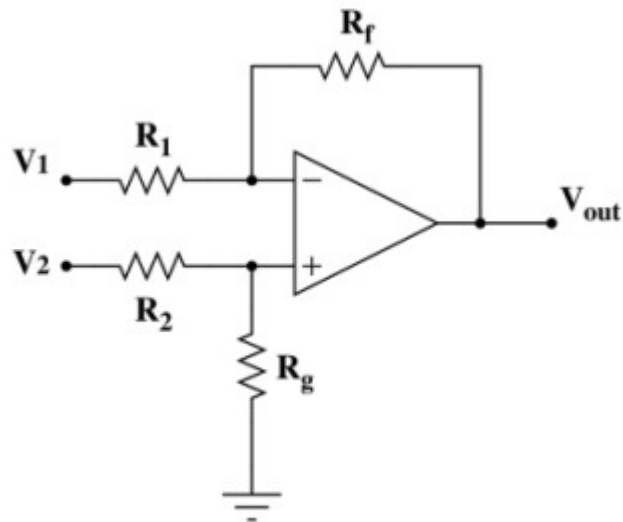
Postačujúce je opatrit' každú elektródu dvojicou antiparalelne zapojených diód, Zenerových diód, prípadne je možné použiť transily. Najbezpečnejšie je použiť ako registračné zariadenie notebook napájaný akumulátorom a na napájanie obvodu použiť 9V batériu.

Rušenie a interferencia

Rozoznávame dva druhy rušenia v signálovej technike:

Single mode šum – je to šum, ktorý sa naindukuje v prípade viacerých vodičov na každý vodič zvlášť, väčšinou v inej polarite, fáze a veľkosti. V mojom prípade som použil odtienenie pomocou koaxiálnych káblov a uzavretie elektroniky do Faradayovej klietky. Iným riešením je využitie aktívneho notch filtra (pásmovej priepusti)

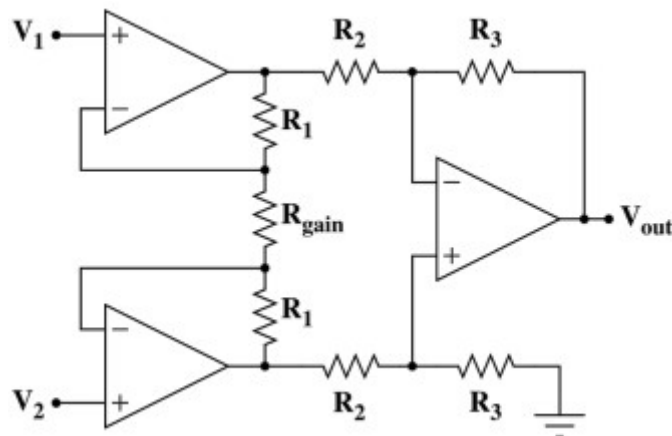
Common mode šum – je to šum, ktorý sa naindukuje na všetky vodiče s rovnakou veľkosťou a fázou, prípadne je naindukovaný už na samotný objekt záujmu (pacienta). Najvýznamnejším je v tomto prípade všadeprítomný 50Hz šum z elektrickej siete, ale okrem neho telo indukuje aj iné signály. Hlavným prvkom obmedzujúcim tento šum, ktorý sa používa u všetkých amatérskych snímačov je diferenciálny zosilňovač (obr. 4).



Obr. 4 – zapojenie OZ ako diferenciálneho zosilňovača

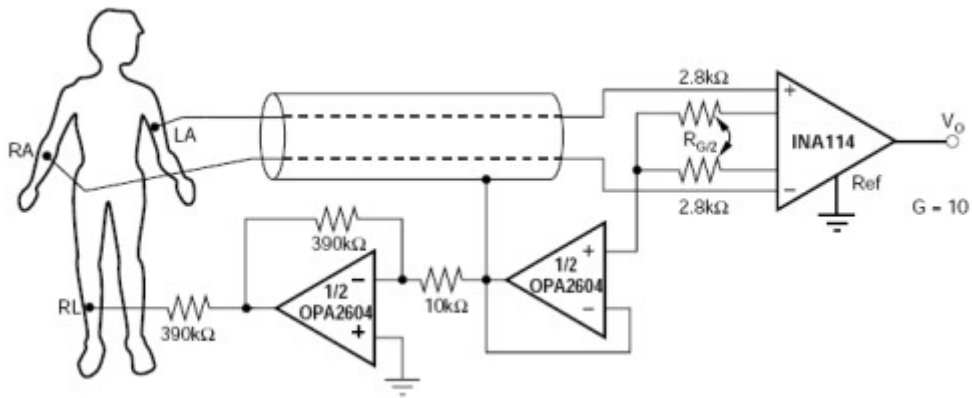
Toto zapojenie má ale veľkú nevýhodu a tou je vstupná impedancia. Keďže signál z EKG má nielen malé amplitúdy, ale je aj veľmi mäkký (ak naň naložíme záťaž rýchlo padne na nulu)

Najlepšie riešenie, ktoré využívajú aj profesionálne zariadenia je použitie tzv. prístrojového zosilňovača (instrumentation amplifier)(obr. 5). Príkladom môže byť napr. INA114 alebo AD621



Obr. 5 – zapojenie prístrojového zosilňovača

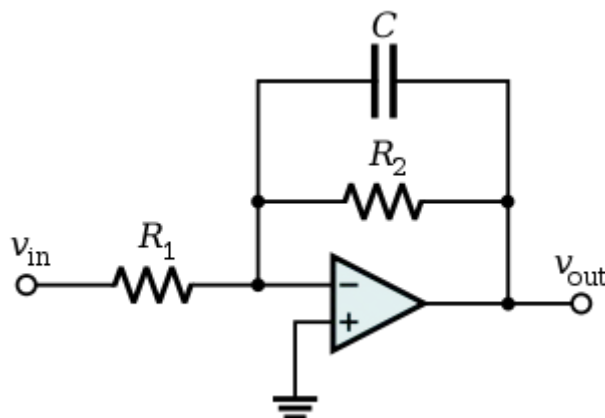
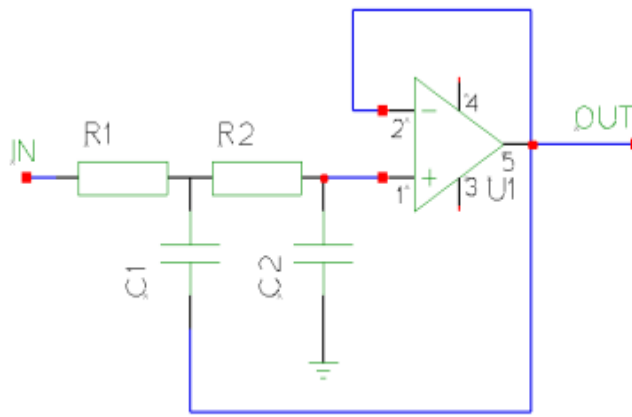
Hoci takýmto spôsobom by sa teoreticky mal common mode šum odstrániť úplne (VÝSTUP ZOSILŇOVAČA = ZISK * ((U1+ŠUM) - (U2+ŠUM))), v praxi to tak nie je a je nutné použiť tzv. DRL (driven right leg) (obr. 6), čo je v podstate negatívna spätná väzba. DRL je elektróda umiestnená na pravú nohu (miesto najvzdialenejšie od srdca), ktorá pracuje s common mode signálom a privádza ho na elektródu s obrátenou polaritou, čím zabezpečuje úplné vyrušenie tohto šumu(obr. 6)



Obr. 6 – DRL obvod

Filtrácia

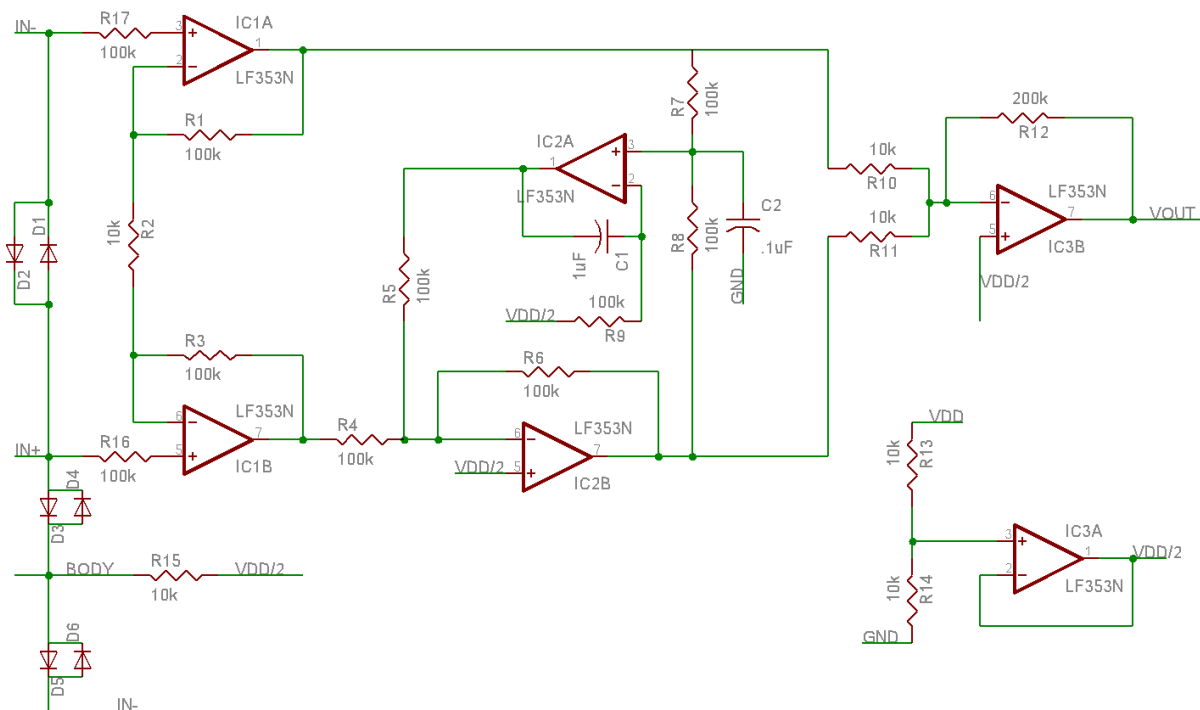
Pri spracovaní signálu je veľmi dôležité aby bol tento signál zbavený akýchkoľvek nadbytočných frekvencií. Preto sa často vstupný signál filteruje. V našom prípade bolo žiadúce zachytiť frekvencie nad približne 100Hz, ktoré určite nepochádzali z biosignálu srdca. Využíva sa aktívny low pass filter, ktorý filteruje vyššie frekvencie, nižšie prepustí. Hodnoty frekvencie, ktoré sú zachytené sú dané hodnotami použitých súčiastok.(obr. 7 a 8)



Obr. 7 a 8 – dva možné spôsoby zapojenia vysokofrekvenčného filtra

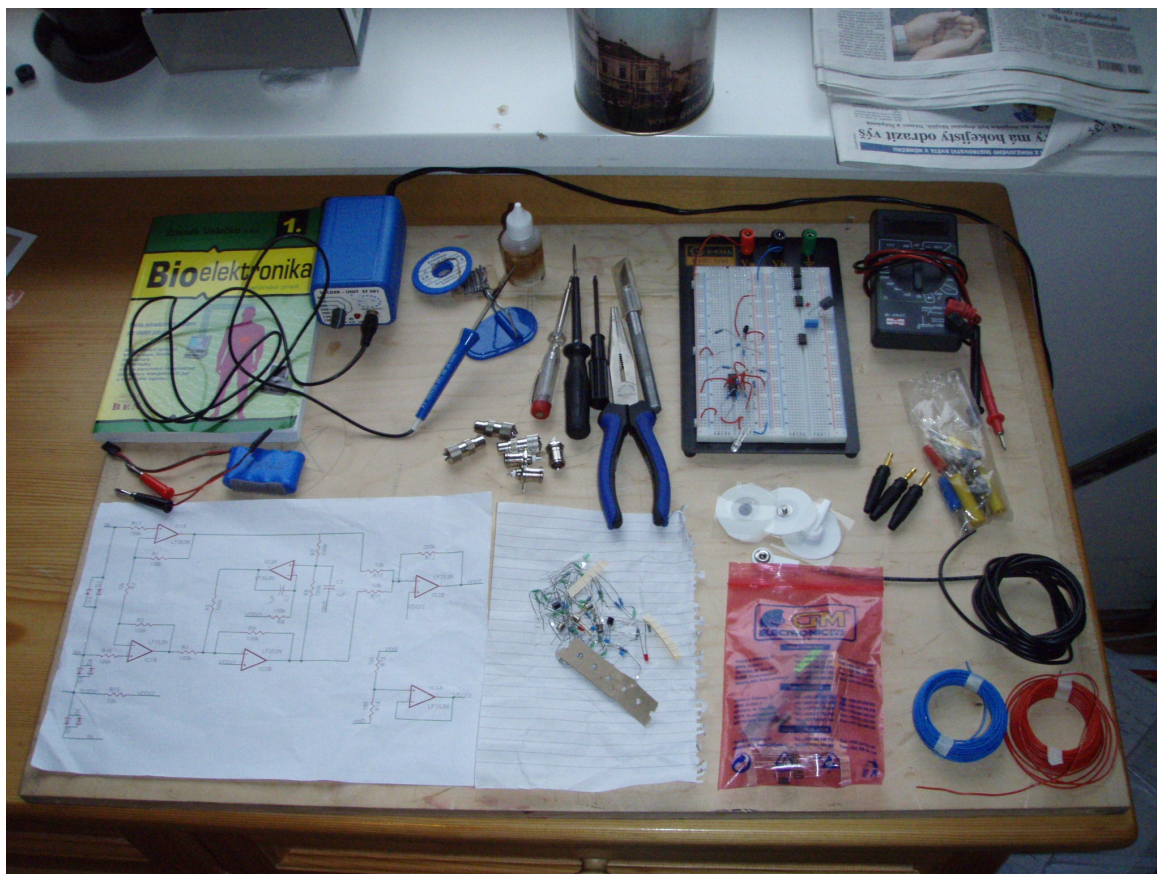
Stavba

Samotnú stavbu som sa rozhodol popísať pomocou obrázkového postupu. Schému som získal s internetovej stránky.



A - Schéma zapojenia

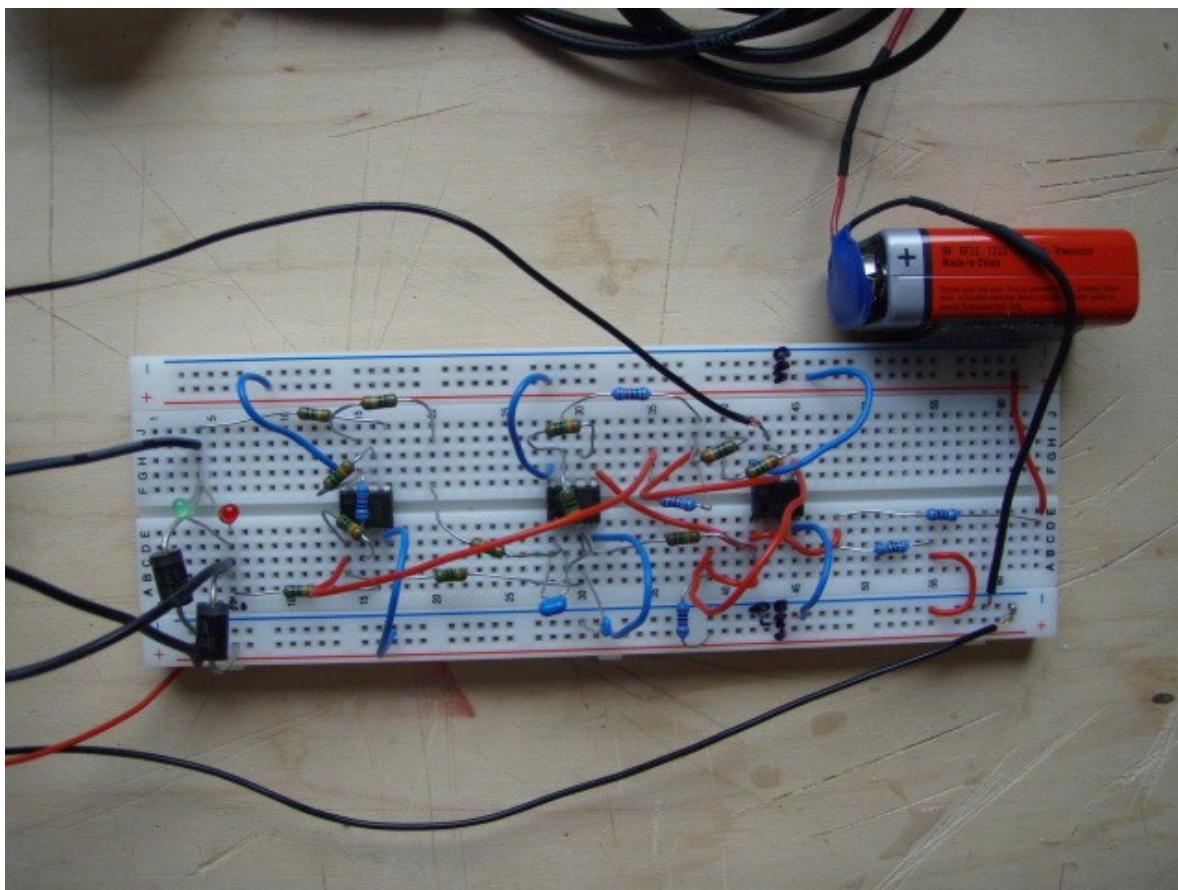
Zoznam elektronických súčiastok
3x LF 353N
1x 1μF keramický kondenzátor
1x 0,1μF keramický kondenzátor
Niekoľko 100k a 10k kondenzátorov
2x LED a 2x transil 8V
9V batéri



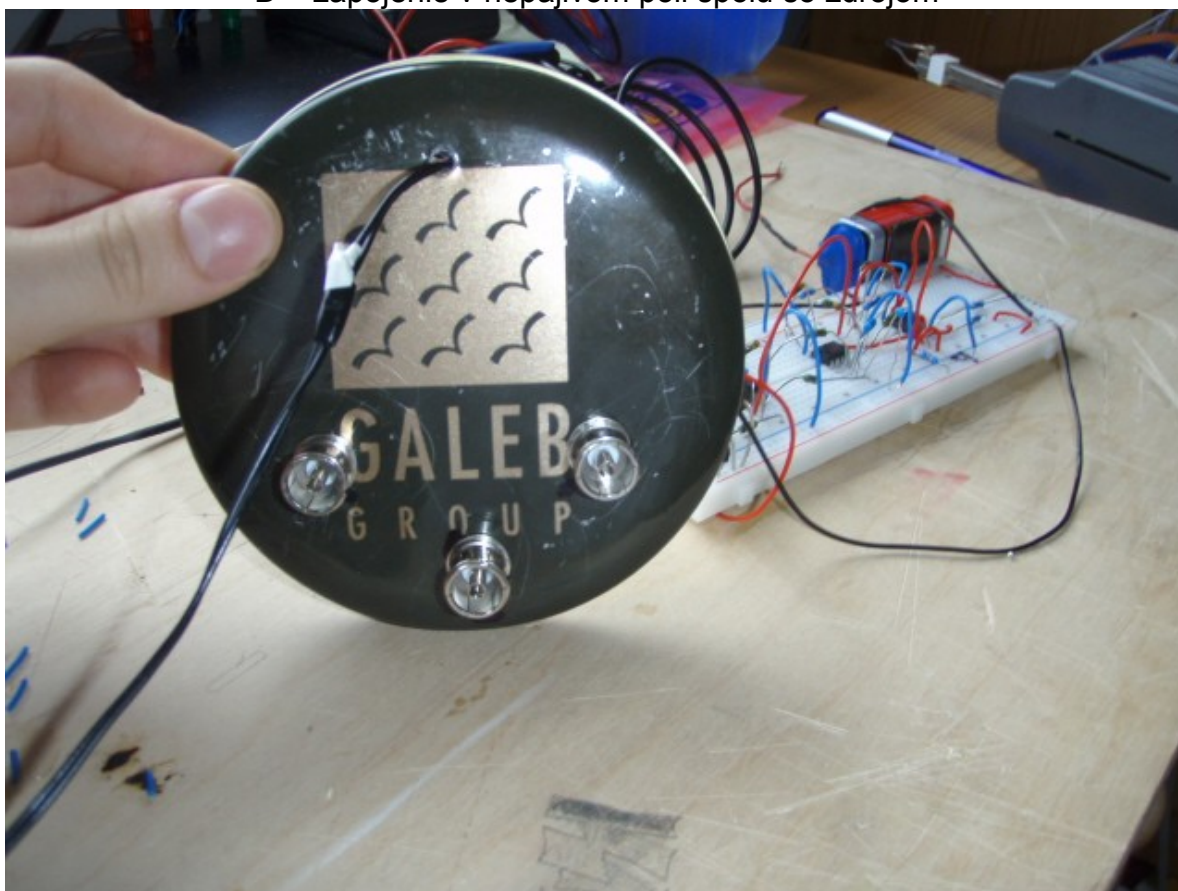
B – všetko potrebné na stavbu po ruke



C – Zvodové elektródy



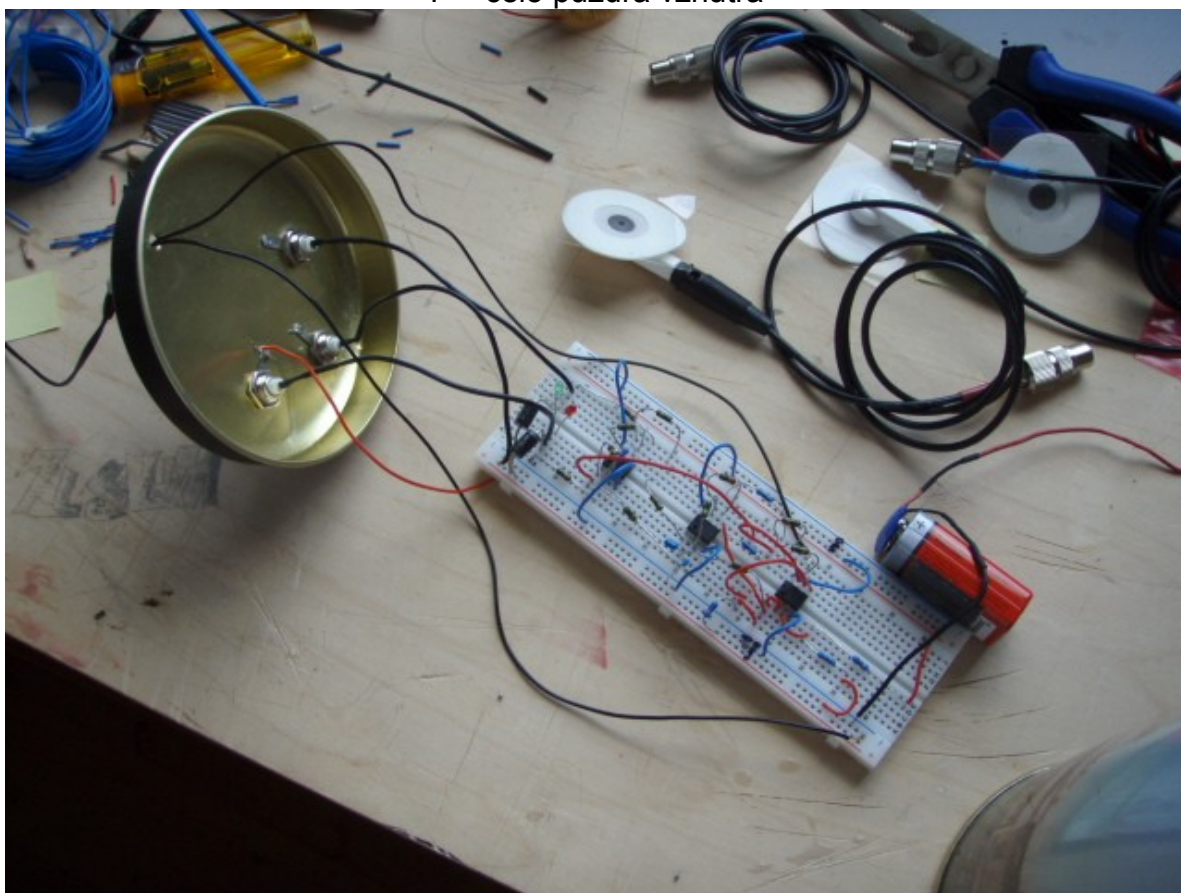
D – zapojenie v nepájivom poli spolu so zdrojom



E – čelo plechového puzdra spolu s IEC konektormi pre elektródy



F – čelo púzdra vznútra



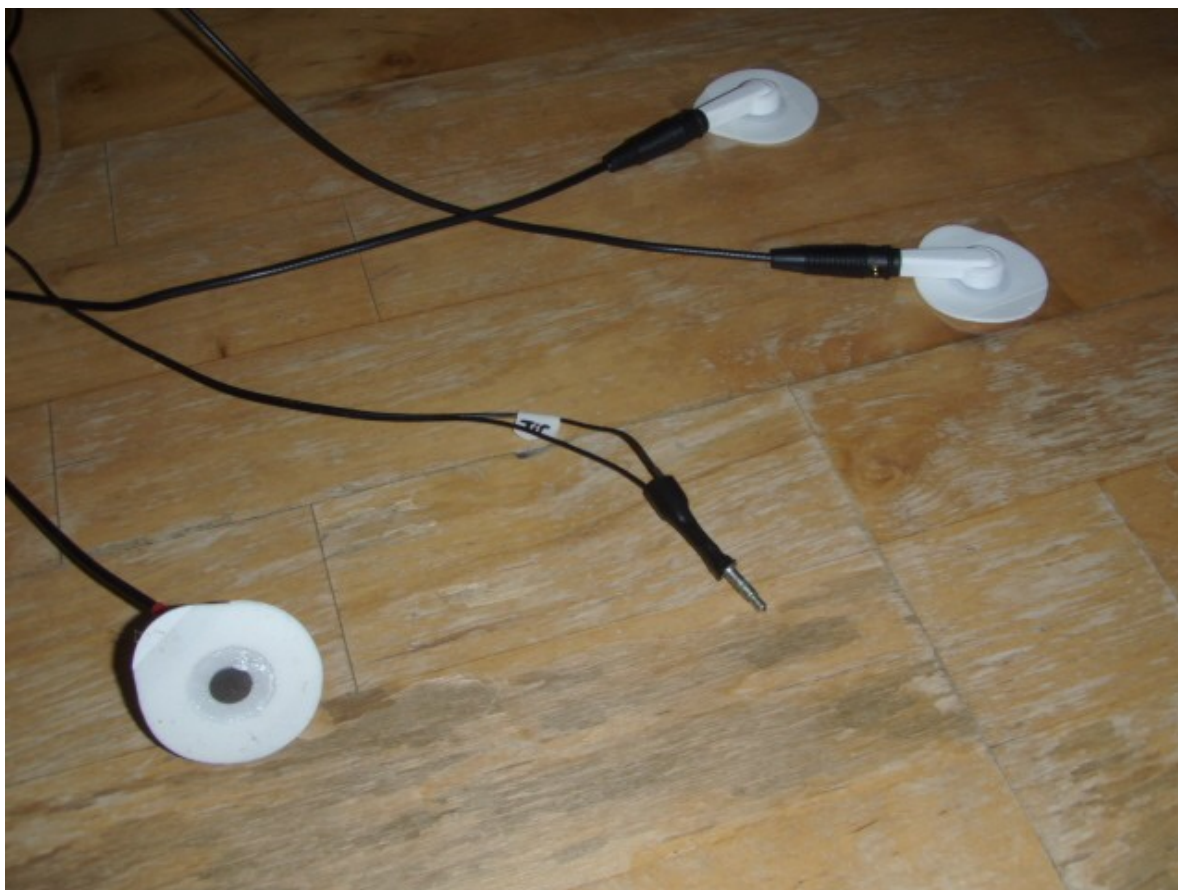
G – spôsob spojenia s čelom



H – kompletný snímač EKG



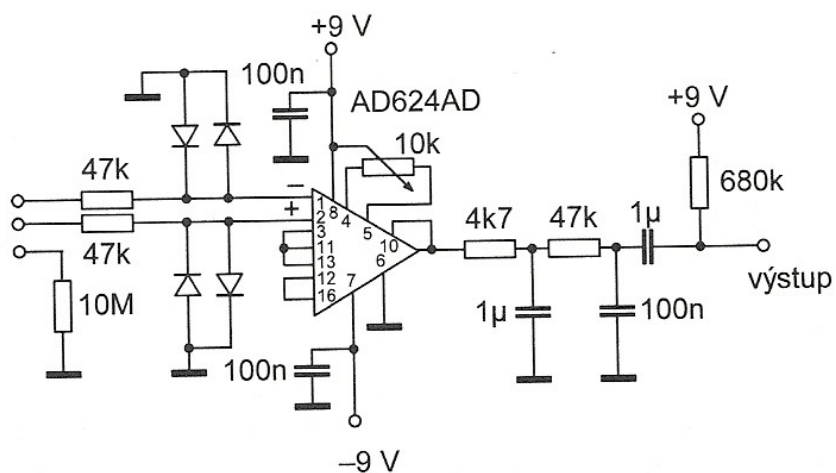
I – spôsob registrácie pomocou notebooku



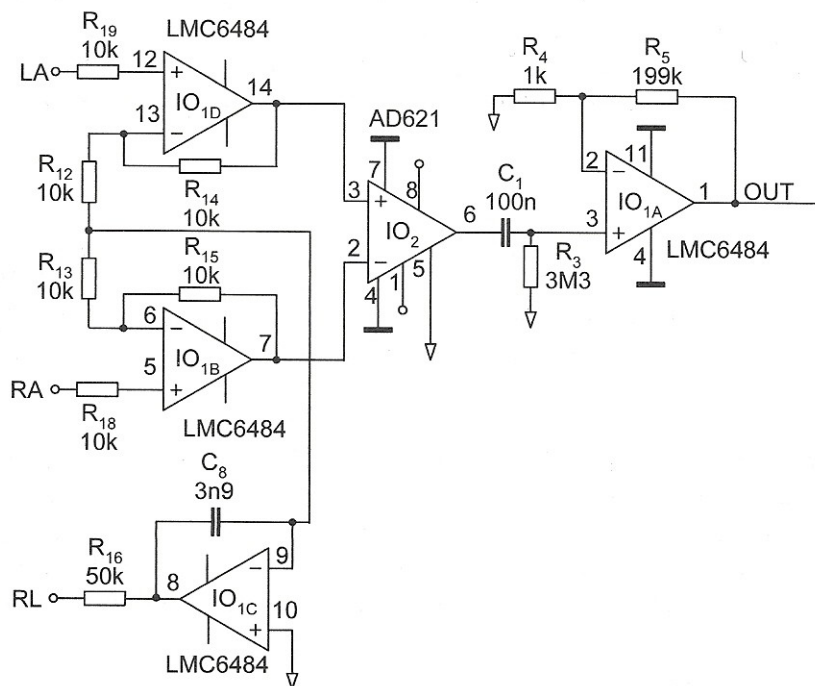
J – detail vstupných a výstupných častí snímača

Iné zapojenia

Pre prípadných ďalších záujemcov o stavbu prikladám ešte niekoľko iných schém z viacerých zdrojov (obr. 9 a 10):



Obr. 9 – schéma snímača, ktorý využíva prístrojový zosilňovač AD624



Obr. 10 – schéma snímača, ktorý využíva prístrojový zosilňovač AD621

Použitá literatúra

Čerpal som predovšetkým z týchto zdrojov:

Valečko Z. a kol. 2005. Bioelektronika v amatérskej praxi. Praha, Technická literatúra BEN, 2005

<http://www.open-ecg-project.org/tiki-index.php?page=Home%20made%20ECG>

http://www.eng.utah.edu/~jnguyen/ecg/ecg_index.html

www.wikipedia.org

Kľúčové slová: ECG build, homemade ECG, sound card oscilloscope