Jednoduchý EKG/EMG zesilovač pro školní použití

Filip Studnička[1], *Ivana Škraňková*[2], *Jan Šlégr*[1]
[1]*Katedra fyziky, Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové,*
[2]*Katedra biologie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové,*
Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové

Abstrakt

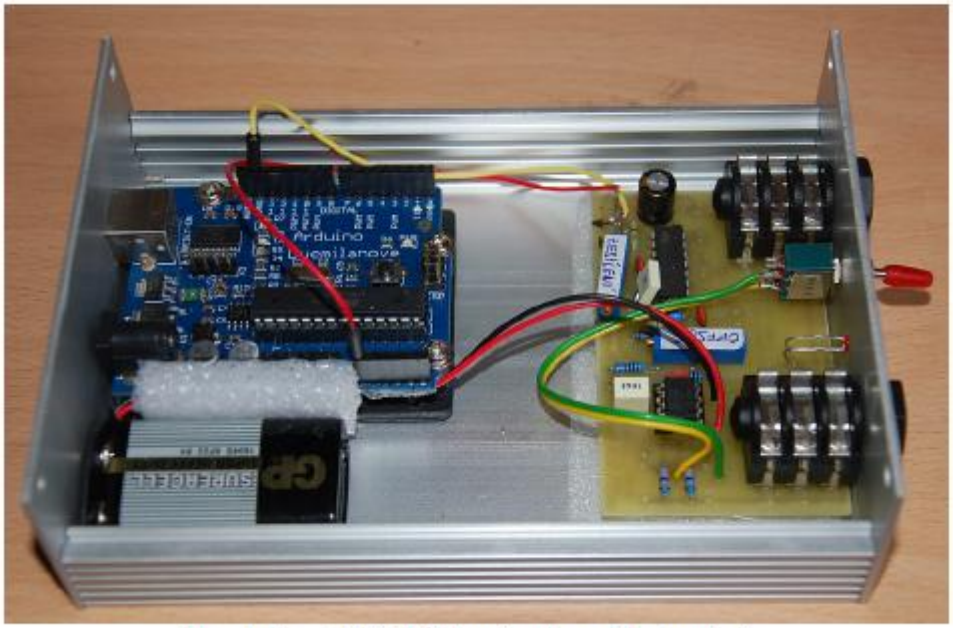
Protože ceny didaktických pomůcek na českém trhu jsou virtuání realitou, kdy cena pomůcek málokdy koreluje s výrobními náklady nebo kvalitou, zajímalo nás, jaká je reálná cena funkčního EKG použitelného ve školním prostředí. Měření napětí řádu desítek milivoltů ve školním prostředí prodchnutém elektromagnetickým polem síťového napětí a rozličných spínaných zdrojů např. pro notebooky je se ukázalo být zajímavou výzvou, která je však zvládnutelná.

Úvod

Elektrokardiografie je lékařská metoda záznamu elektrické aktivity srdce. Polarizace a depolarizace srdeční tkáně vytváří elektrické vlny, které se bez většího zeslabování šíří tělem a ještě na kůži lze naměřit napětí řádu jednotek až desítek milivoltů. Elektrické vlny poskytují informaci o frekvenci a pravidelnosti srdečních stahů, o velikosti a poloze srdečních síní i o poškození srdečního svalů. V lékařské praxi se obvykle používá vícesvodové EKG, kdy jsou elektrody umístěny na hrudníku, pro demonstrační účely se obvykle používá pouze třívodičové měření – dvě diferenciální elektrody měří napětí na levé a pravé ruce vzhledem k zemnící elektrodě, kterou je obvykle doporučováno připojit na nohu, i když to není nutné. Elektromyografie podobným způsobem studuje aktivitu kosterních svalů. Aktivace svalů nervy vede ke změnám v iontovém proudění přes buněčné membrány, což se navenek projeví opět napětím měřitelným i na kůži pomocí povrchových elektrod.

Zesilovač pro EKG/EMG

V dostupných publikacích i na webu ([1], [2]) je možné najít stále se opakující zapojení s obvodem AD624AD, které autoři pravděpodobně obkreslují od sebe navzájem bez výraznějších změn. Cena obvodu AD624AD přesahující tisíc korun je pro školní použití nevyhovující, obvod samotný je navíc v České republice obtížně dostupný. Proto bylo navrženo zapojení využívající podstatně levnější přístrojový zesilovač INA128. Za ním následuje čtyřnásobný operační zesilovač LM324 (dva operační zesilovače dále zesilují signál, třetí je použit jako zdroj symetrického napájení, čtvrtý je nezapojen). Trimrem R16 lze nastavit stejnosměrnou složku. Zesilovač tak lze použít s osciloskopem (vzhledem k měření na lidském těle však z bezpečnostních důvodů jedině s digitálním osciloskopem napájeným z baterie), ovšem pro digitalizaci je lepší nastavit stejnosměrnou složku tak, aby byl celý signál kladný – dostupný AD převodník pracuje pouze s kladným napětím. Schéma ve větším rozlišení, motiv desky plošných spojů jsou na webu [3], stejně jako program pro AD převodník (viz dále) a odkazy na použitý materiál.



Obr. 1: Uspořádání EKG zesilovače a AD převodníku

Jako digitalizační prvek byla použita experimentální karta Arduino (obecné informace je možné najít v [4], poznámky ke školnímu použití v [5]). Jedná se o starší typ Duemilanove, který je k dostání řádově za 200 Kč, což z této karty dělá výborného kandidáta pro školní laborování. Karta obsahuje pět analogových vstupů s desetibitovými AD převodníky s rozsahem 5 V, takže krok AD konverze je přibližně 5 mV.

Zařízení je vestavěno do hliníkové krabičky kvůli stínění, rovněž připojení elektrod přes dva konektory jack 6,3 mm je nutné stínit. Pak lze i bez aplikace softwarových filtrů dosáhnout rozumných výsledků. Oba konektory zároveň drží desku plošných spojů v krabičce. Levá zdířka slouží k připojení diferenciálních elektrod (levá a pravá ruka) pomocí stíněných kabelů (vodiče jsou stíněné až těsně k vývodům, které jsou provedeny pomocí banánků). Pravá zdířka je společná zem, která je v originálních pramenech obvykle připojována k noze, v praxi však stačí přiložit ji na některou ruku nad signálové elektrody, které se obvykle umísťují na zápěstí.

V praxi se nám příliš neosvědčily nacvakávají elektrody ve tvaru velkých kolíčků na prádlo, mnohem lepší jsou klasické nalepovací Ag/AgCl elektrody. Není problém je ve větším množství zakoupit na internetu za velmi rozumné ceny (vzhledem k tomu, že se nejedná o medicínské, ale demonstrační měření, není třeba se příliš obávat možné nižší kvality elektrod).

Program pro desku Arduino (včetně krátkého popisu, jak jej do desky nahrát) je na webu [3]. Tento program pouze zasílá hodnoty napětí přes USB port do počítače. Přiložený program v jazyce Processing pak vykresluje křivku EKG a umožňuje ukládání do souboru s příponou CSV. Ten lze otevřít v libovolném tabulkovém editoru (MS Office Excel, OpenOffice Calc), kde lze rovněž vykreslit graf, provést základní analýzu (určení tepové frekvence, délky QRS intervalu atd.), případně i realizovat jednoduchý softwarový filtr typu dolní propust. Na webu [3] jsou rovněž odkazy na některé experimenty, které lze provádět a také na další programy, které dovedou zpracovávat výstup karty Arduino, které umožňují např. automatický výpočet tepové frekvence.

Zesilovač lze použít i k ukázce elektromyografie (EMG), tedy elektrické aktivity kosterního svalstva. Elektromyografické experimenty lze provádět pouze kvalitativně, protože povrchové elektrody snímají napětí z velkého množství svalových vláken (v medicínské praxi se obvykle používá jehla, která se umisťuje do konkrétní oblasti svalu).

Použitá literatura

[1] VALEČKO, Zdeněk, a kol. *Bioelektronika v amatérské praxi*. BEN, Praha, 2005. ISBN 80-7300-122-5

[2] *Electrocardiogram (ECG) circuit for use with oscilloscopes*. [online]. [cit. 2015-1-21]. Dostupný z WWW: <http://picotech.com/applications/ecg.html/>.

[3] ŠLÉGR, Jan. *Stavba jednoduchého EKG/EMG zesilovače*. [online]. 31. 12. 2014 [cit. 2015-1-21]. Dostupný z WWW:
<http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/slegrja1/ekg/>.

[4] *Seznámení s Arduinem* [online]. 17. 11. 2013 [cit. 2015-1-21]. Dostupný z WWW: <http://www.hwkitchen.com/news/arduino-uvod-1/>

[5] KUBÍNOVÁ, Štěpánka, ŠLÉGR, Jan. *PhysDuino - Dostupný systém pro školní laborování založený na platformě Arduino*. [online]. 30. 8. 2014 [cit. 2015-1-21]. Dostupný z WWW: <http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/slegrja1/physduino/>

Poděkování

Autoří děkuji institucionálnímu grantu IGP35, č. 1905/04.