

# Výuka lékařské elektroniky na Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze

Jan HAVLÍK, Zdeněk HORČÍK

Katedra teorie obvodů, Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení technické v Praze, Technická 2, 166 27 Praha 6, xhavlikj@fel.cvut.cz

**Abstrakt.** Příspěvek poskytuje informaci o novém studijním předmětu X31ZLE Základy lékařské elektroniky, který je vyučován na Fakultě elektrotechnické Českého vysokého učení technického v Praze od zimního semestru akademického roku 2008/2009. Hlavním účelem předmětu je poskytnout studentům bakalářského studia elektrotechnického zaměření základní přehled fyzikálních principů, technických řešení a funkčních bloků (případně obvodových řešení) používaných z lékařských elektronických přístrojích. Součástí výuky prezentovaného předmětu jsou kromě běžných přednášek a seminárních cvičení i cvičení laboratorní, v nichž mají studenti možnost seznámit se s postupy práce s konkrétními přístroji a s jejich vlastnostmi.

**Klíčová slova.** Lékařská přístrojová technika, lékařská elektronika.

## I. ÚVOD

V zimním semestru akademického roku 2008/2009 byla na Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze zahájena výuka volitelného předmětu X31ZLE Základy lékařské elektroniky. Výuka předmětu probíhá v rozsahu 4 hodiny týdně (2 hodiny přednáška a 2 hodiny cvičení).

V několika posledních letech se významně zvýšila poptávka po elektrotechnických inženýrech (případně bakalářích) s dobrými znalostmi elektrotechniky a zároveň s alespoň základním přehledem v oblasti lékařské přístrojové techniky. Takovéto absolventy poptávají jak výrobci lékařských přístrojů na pozice vývojových pracovníků, tak i servisní firmy na pozice techniků. Jejich poptávku je však velmi těžké uspokojit absolventy biomedicínských oborů, neboť ti nemají dostatečně široký elektrotechnický základ, nelze ji však uspokojit ani absolventy čistě elektrotechnických oborů, neboť ti nemají ani základní znalosti v oblasti lékařské techniky. Prezentovaný předmět by měl tuto poptávku alespoň částečně pokrýt.

Primárně je tedy předmět určen pro studenty bakalářského studia elektrotechnických zaměření, především oboru Elektrotechnika a informatika (dle studijního plánu do akademického roku 2008/2009), resp. Komunikace, multimedia a elektronika (dle nového studijního plánu od akademického roku 2009/2010). Předmět byl zařazen do celofakultní nabídky volitelných předmětů a v případě zájmu se na něj mohou hlásit i studenti ostatních studijních oborů.

Osnova předmětu je volena tak, aby studenti získali základní přehled o fyzikálních principech činnosti a funkčních blocích lékařských diagnostických a terapeutických přístrojů a konstrukčních postupech, které jsou při jejich návrhu využívány.

## II. PŘEDNÁŠKY

Náplň přednášek byla volena tak, aby studenti získali pokud možno ucelenou představu o možnostech využití přístrojové techniky v lékařství.

Úvodní přednášky předmětu jsou věnovány základnímu seznámení s probíranou látkou – základům elektrofyziologie, vzniku biologických signálů, jejich typickými vlastnostmi a artefakty (a možnostem jejich potlačení) a struktuře a typům lékařských přístrojů, jejich klasifikace a přehledu jejich vlastností.

Druhý blok přednášek je zaměřen na problematiku snímání bioelektrických signálů. V této části jsou podrobně probírány elektrody pro snímání biologických potenciálů, jejich náhradní elektrické modely a z nich vyplývající vlastnosti. Velmi podrobně je probíráno i obvodové řešení zesilovače biologických potenciálů, požadavky na takovýto zesilovač a vliv jeho vlastností na měřený signál.

Třetí část přednášek je věnována přístrojům pro diagnostiku a terapii kardiovaskulárního systému. Studenti se podrobně seznámí s principem elektrokardiografie (EKG), s používanými svodovými systémy, blokovým uspořádáním elektrokardiografu a jeho konstrukčním řešením. V návaznosti na problematiku EKG jsou studenti seznámeni i se související problematikou kardiostimulace a defibrilace. Závěrečná přednáška tohoto bloku je pak věnována měření krevního tlaku a průtoku krve (diluční metody).

Ve čtvrtém bloku přednášek je dokončen výklad lékařské diagnostické techniky. Jednotlivé části přednášek jsou věnovány přístrojům jako jsou elektroencefalografie, elektromyografie, spirometry, pulsní oxymetry a lékařské elektronické teploměry a termografické systémy. Studenti jsou seznámeni s principy činnosti a základními funkčními bloky jednotlivých systémů, s jejich vlastnostmi a technickou realizací.

Náplní pátého bloku přednášek jsou lékařské zobrazovací metody, především možnosti jejich využití a fyzikální principy. Studenti jsou seznámeni

s ultrazvukovou diagnostikou a možnostmi využití RTG záření v diagnostice a s pokročilými zobrazovacími metodami jako jsou výpočetní tomografie (CT), magnetická rezonance (MRI) a pozitronová emisní tomografie (PET).

Závěrečný blok přednášek je věnován stručnému výběru dalších témat, především možnostem využití ionizujícího záření v terapii (radioterapie, stereotaktická radiochirurgie).

### III. CVIČENÍ

Důležitou součástí výuky základů lékařské elektroniky jsou cvičení, rozdělená do třech hlavních bloků – na seminární cvičení, laboratoře a prezentace samostatných prací.

#### A. Seminární cvičení

V první části semestru se studenti účastní seminárních cvičení, která slouží k doplnění výkladu přednášek a umožňují studentům získané teoretické poznatky v praxi ověřit.

S využitím simulačního prostředí Micro-Cap (softwarový nástroj určený k analýze elektrických obvodů) studenti provádějí rozbor vlastností modelů elektrod pro snímání biologických potenciálů a ověřují vlastnosti zesilovačů biologických signálů. U těchto zesilovačů navíc sledují i vliv vnějších parametrů na výsledný signál (vliv změny impedance zdroje signálu způsobené např. změnou impedance elektrody, vliv přítomnosti souhlasné složky vstupního signálu apod.).

#### B. Laboratorní cvičení

Významnou částí výuky jsou laboratoře, umožňující studentům seznámit se s přístrojovou technikou prakticky a kromě teoretických znalostí získat i osobní zkušenost s prací s konkrétními přístroji.

V průběhu semestru studenti měří celkem 5 laboratorních úloh, při měření pracují v malých (maximálně 4 členných) skupinách. Protože laboratorní úlohy vyžadují měření na živém objektu, aby práci s přístroji co nejvíce přiblížili běžné klinické praxi, je nutné, aby jednu laboratorní úlohu měřili vždy minimálně 2 studenti.

Mezi tématy laboratorních úloh jsou např. měření artefaktů biologických signálů (jak technických, tak biologických – např. vliv zvýšeného nitrohrudního tlaku na srdeční činnost, vliv zadržného dechu na kyslíkovou saturaci krve apod.), měření krevního tlaku (včetně stanovení hustoty rtuti z hodnot krevního tlaku naměřených v různých místech těla), měření na 12 svodovém elektrokardiografu (měření na umělém pacientovi, záznam EKG pokusné osoby a stanovení srdečního vektoru v maximu QRS komplexu) nebo studie vlastností elektrod pro snímání biologických potenciálů.

Studenty velmi dobře hodnocenou úlohou je úloha zabývající se základy ultrazvukové diagnostiky, v jejímž rámci pomocí sonografu např. měří průměr pažní kosti, stanovují velikost ledviny nebo objem močového měchýře

(stanovenou hodnotu objemu poté prakticky ověřují) nebo zobrazují srdeční chlopně.

Přestože není kladen zvláštní důraz na formální zpracování výsledků měření, neboť smyslem laboratorních cvičení je především možnost seznámit se s jednotlivými přístroji a metodami měření, studenti z každého měření odevzdávají krátký zápis.

#### C. Prezentace samostatných prací

V závěru semestru probíhají na cvičeních prezentace samostatných prací studentů. Předmětem těchto prací je příprava prezentace zvoleného tématu v rozsahu zhruba 15 minut (studenti prezentace připravují ve dvojicích). Témata jsou volena tak, aby vhodně doplňovala přednášenou látku a poskytovala obecný rozhled i do dalších oblastí lékařské přístrojové techniky.

Mohou tak zaznít prezentace na témata jako např. automatické externí defibrilátory, diagnostika spánkové apnoe, ergometry, hemodialýza, holtery a teleholtery, osobní glukometry nebo tukoměry.

### IV. ZÁVĚR

Zkušenosti z prvního roku výuky a především pak zpětná vazba od studentů potvrdily, že zvolený model výuky lékařské elektroniky je funkční.

Ze strany studentů byl kladně hodnocen výběr témat přednášek, jejich logická návaznost a možnost získané poznatky ověřit v praxi při laboratorních měřeních. Zvláště pozitivně studenti hodnotili přednášku o zesilovačích biologických signálů, z jejich hodnocení vyplynulo, že toto téma sice bylo již přednášeno v jiných předmětech, bohužel však ne dostatečně srozumitelně.

Pro příští akademický rok lze tedy počítat s dalším postupným zkvalitňováním přednášek, především doplněním studijních materiálů (aktuálně mají studenti k dispozici pouze prezentace z přednášek a další obecně dostupnou literaturu) a dále i s rozšířením laboratorních úloh o spirometrii a demonstraci umělé plicní ventilace.

V prvním roce výuky mělo předmět zapsáno 23 studentů převážně třetího ročníku, pro akademický rok 2009/2010 si předmět prozatím předběžně zapsalo 38 studentů druhého a třetího ročníku.

### V. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Osnovy předmětu X31ZLE Základy lékařské elektroniky, <http://www.fel.cvut.cz/education/bk/predmety/11/85/p11856104.html> [2009-05-15].
- [2] PENHAKER, M. a kol. *Lékařské diagnostické přístroje – učební texty*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004.
- [3] WEBSTER, J. G. *Medical Instrumentation – Application and Design*. 3<sup>th</sup> ed., Hoboken: John Wiley & sons., 1998.
- [4] BRONZINO, J. D. *Medical Devices and Systems. The Biomedical Engineering Handbook*. 3<sup>rd</sup> ed., Boca Raton: CRC Press, 2006.
- [5] BRONZINO, J. D. *Biomedical Engineering Fundamentals. The Biomedical Engineering Handbook*. 3<sup>rd</sup> ed., Boca Raton: CRC Press, 2006.