

Modul dozimetru pro experimentální laboratorní úlohu

Bc. Marek Pavka, Ing. Jiří Jelínek, Ph.D.

Abstrakt

Modul dozimetru pro experimentální laboratorní úlohu vznikl jako součást měřicí úlohy, která studenty seznámí s problematikou radioaktivity a způsobem měření ionizujícího záření. Hlavním úkolem bylo sestavit funkční a dostatečně citlivý detektor ionizujícího záření, který by demonstroval jeden z nejrozšířenějších způsobů detekce, a to pomocí Geiger-Müllerovy trubice. Ta vyžaduje stejnosměrný zdroj napětí v řádech stovek voltů a další elektroniku ke zpracování generujících pulzů. Ke kvantifikaci výsledků bylo též nutné senzor kalibrovat pomocí certifikovaných přístrojů.

Úvod

Tématem práce je návrh a konstrukce modulu k měření ionizujícího záření, které je vytvořeno pomocí slabého zdroje radioaktivity. Ten nijak neohrožuje svou intenzitou zdraví osob provádějících měření. Motivací pro vypracování této práce byla možnost hlubšího seznámení se s problematikou ionizujícího záření a stavba dozimetru, který by svojí přesností dokázal dobře měřit i malé odchylky od běžných, přirozených hodnot záření. Dalším podnětem byl fakt, že výsledek mé práce bude sloužit k další výuce studentů na Technické univerzitě.

Pro správné fungování úlohy bylo nejdůležitější zvolit vhodný typ detektoru ionizujícího záření tak, aby byl dostatečně citlivý i na nízké hodnoty záření. Díky tomu lze bez problémů demonstrovat, že i některé předměty z našeho okolí jsou velmi slabými zdroji záření – například žulová kuchyňská deska, staré i nové hodinky se svítícími ručičkami, starší fotografické objektivy a další. Studenti by pak díky tomu měli získat jasný přehled o tom, že nezáleží pouze na tom, zda je či není věc radioaktivní, ale záleží především na intenzitě radioaktivního záření.

Experiment a metody

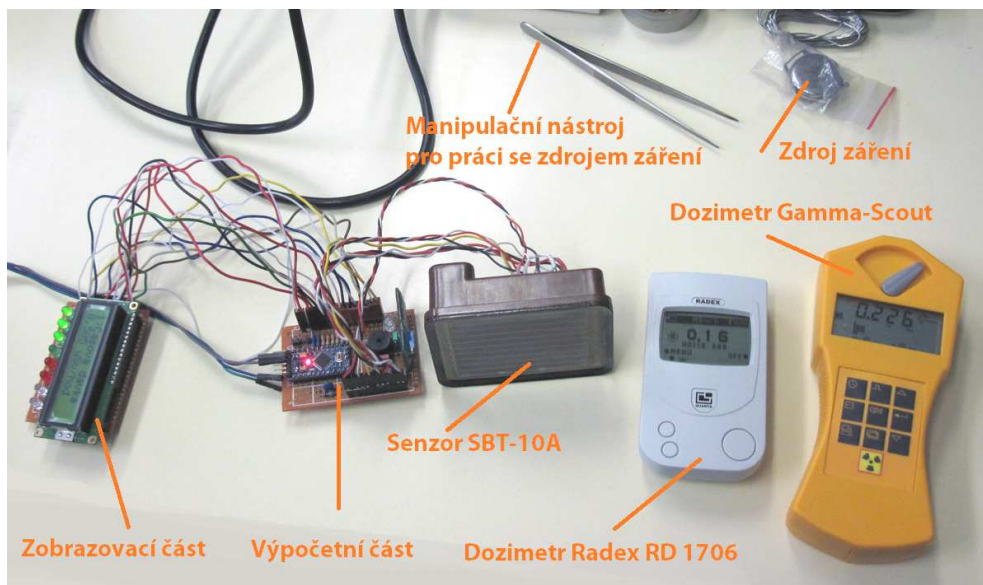
K měření ionizujícího záření je potřeba senzor, který může pracovat na různých fyzikálních nebo chemických principech. Pro svoji jednoduchost, dostupnost a vyhodnotitelnost jsem použil elektrický detektor, Geiger-Müllerovu trubici. Ta pracuje na principu změny vodivosti. Při průchodu ionizujícího záření stěnou senzoru dojde k dočasnému zkratu, což má za následek krátký proudový impuls, který je dále zpracován. Vybraný snímač vyžaduje napájecí napětí 400 V, o které se stará speciálně navrhnutý zdroj s velmi nízkou spotřebou a minimálním rušením.

Díky vhodné zvolenému děliči napětí a odstínění měniče není potřeba dalších komparačních obvodů, které zpracovávají vygenerované pulzy. Ty tak přímo vytvářejí přerušení na mikrořadiči ATmega 168, kde se pomocí převodní konstanty vypočítá ekvivalentní časová dávka v Sievertch za hodinu. K prostému zobrazení hodnot se používá dvouřádkový textový displej a osmice LED diod. Pro další zpracování je přítomen osmibitový analogový výstup v rozmezí 0 – 5 V se třemi lineárními závislostmi. Digitální výstup je přítomen též, odesílají se informace o časové i celkové přijaté dávce.

Pro demonstraci úbytku intenzity záření s druhou mocninou vzdálenosti bylo potřeba sehnat slabý zdroj ionizujícího záření. K tomu posloužily staré náramkové hodinky obsahující barvu s příměsí radia na ručičkách. Díky tomu, že se nejedná o žádný oficiální certifikovaný a kalibrovaný zářič, není potřeba žádných příslušných povolení vztahujících se na práci se zdroji ionizujícího záření. Jako senzor záření byla použita trubice SBT-10A, která detekuje záření alfa, beta i gama a svojí citlivostí (počtem pulzů generovaných při určité intenzitě záření) se řadí mezi nejlepší senzory vůbec. Během kalibrace při běžném radiačním pozadí bylo zjištěno, že je přibližně desetkrát citlivější než samotný senzor v certifikovaném měřidle Gamma-Scout.

Výsledky a diskuze

Díky velmi citlivému senzoru ionizujícího záření je experimentální dozimetr schopný měřit ionizující záření alfa, beta i gama v rozmezí 0,01 $\mu\text{Sv/hod}$ až 100 $\mu\text{Sv/hod}$. Celý modul se napájí jednotným napětím 5 V. Při běžném radiačním pozadí má spotřebu přibližně 50 mA. Signalizace pulzů je optická a zvuková. Elektronika je z důvodu dalších možných úprav umístěna na prototypové pájecí desce.



Obrázek 1: Kalibrace dozimetru pomocí dvou referenčních přístrojů

Závěr

Zkonstruovaný modul je připravený ke vzdělávání studentů. Požadované nároky na citlivost senzoru a intenzitu zdroje záření jsou splněny. V rámci výuky měření by bylo vhodné mít k dispozici více zdrojů ionizujícího záření a ty případně porovnávat a zkoumat. Například zjišťovat vliv intenzity záření na vzdálenost od zdroje nebo účinnost stínění různých materiálů (papír, plech, olovo a jiné).

Poděkování

Prezentace této práce byla podpořena z projektu SGS 2014. Vlastní realizace je součástí projektu CZ.1.07/2.2.00/28.0050, Modernizace didaktických metod a inovace výuky technických předmětů.

Reference

- [1] Základní fyzikální poznatky o ionizujícím a neionizujícím záření, jeho detekce a dozimetrie. Radiobiologie [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola.html>.
- [2] Zdroje ionizujícího záření. EAmos [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kra/externi/kra_7169/ch01.htm
- [3] Russian Radio Tube. GS Tube – Geiger Tube [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://www.gstube.com/catalog/9/>
- [4] DANYKIMEX-38-56 High Voltage generator. Geiger PCB [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://arduino-geiger-pcb.blogspot.cz/2013/10/use-of-imex-38-56-high-voltage.html>
- [5] Arduino Pro Mini. Arduino [online]. [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>