

Modul dozimetru pro experimentální laboratorní úlohu

Abstrakt

The result of the work is the design and the construction of a module for measuring ionizing radiation for experimental laboratory task. The project deals with the implementation of the electronics which is required for operation of the sensor, creating firmware for Arduino Pro Mini with a microprocessor ATmega 168 and also sensor calibration with a use of commercial solutions of handheld dosimeters. At the end there are described and summarized results of measurements made on one of the buildings of the Technical University of Liberec.

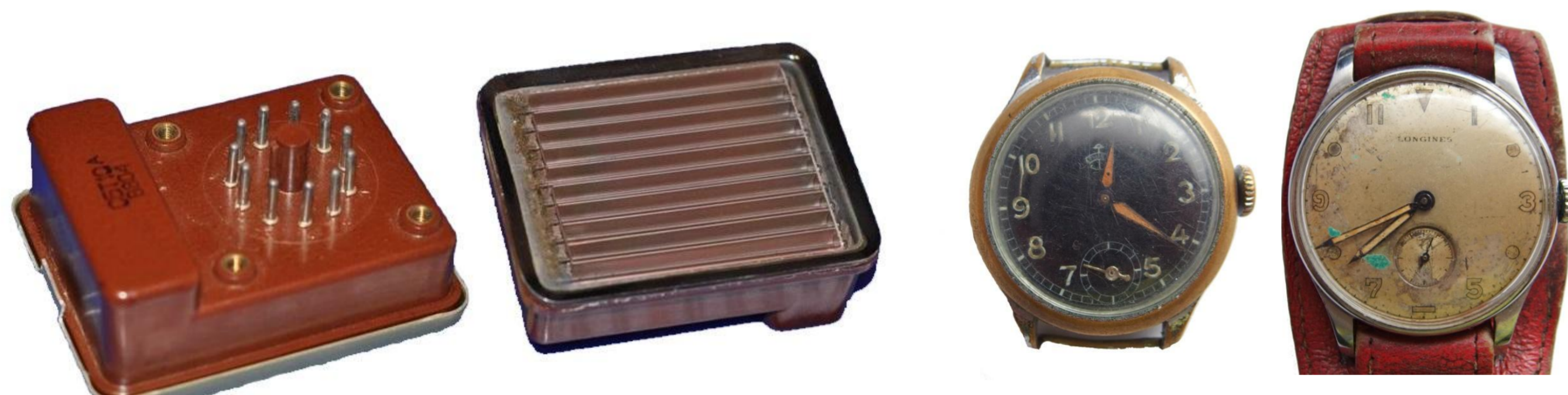
Cíl

- Vybrat vhodný senzor ionizujícího záření tak, aby byl pro účel měření dostatečně citlivý
- Navrhnout a realizovat podpůrnou elektroniku pro vybraný senzor – Geiger-Müllerovu trubici
- Vytvořit firmware pro zpracování pulzů vytvořených snímačem a další distribuci dat z měření
- Zařízení kalibrovat pomocí komerčních dozimetrov a vytvořit porovnávací měření běžného radiačního pozadí na půdě univerzity

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.



Obrázek 1 – Geiger-Müllerova trubice SBT-10A

Obrázek 2 – Radioaktivní hodinky

Metodika

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.

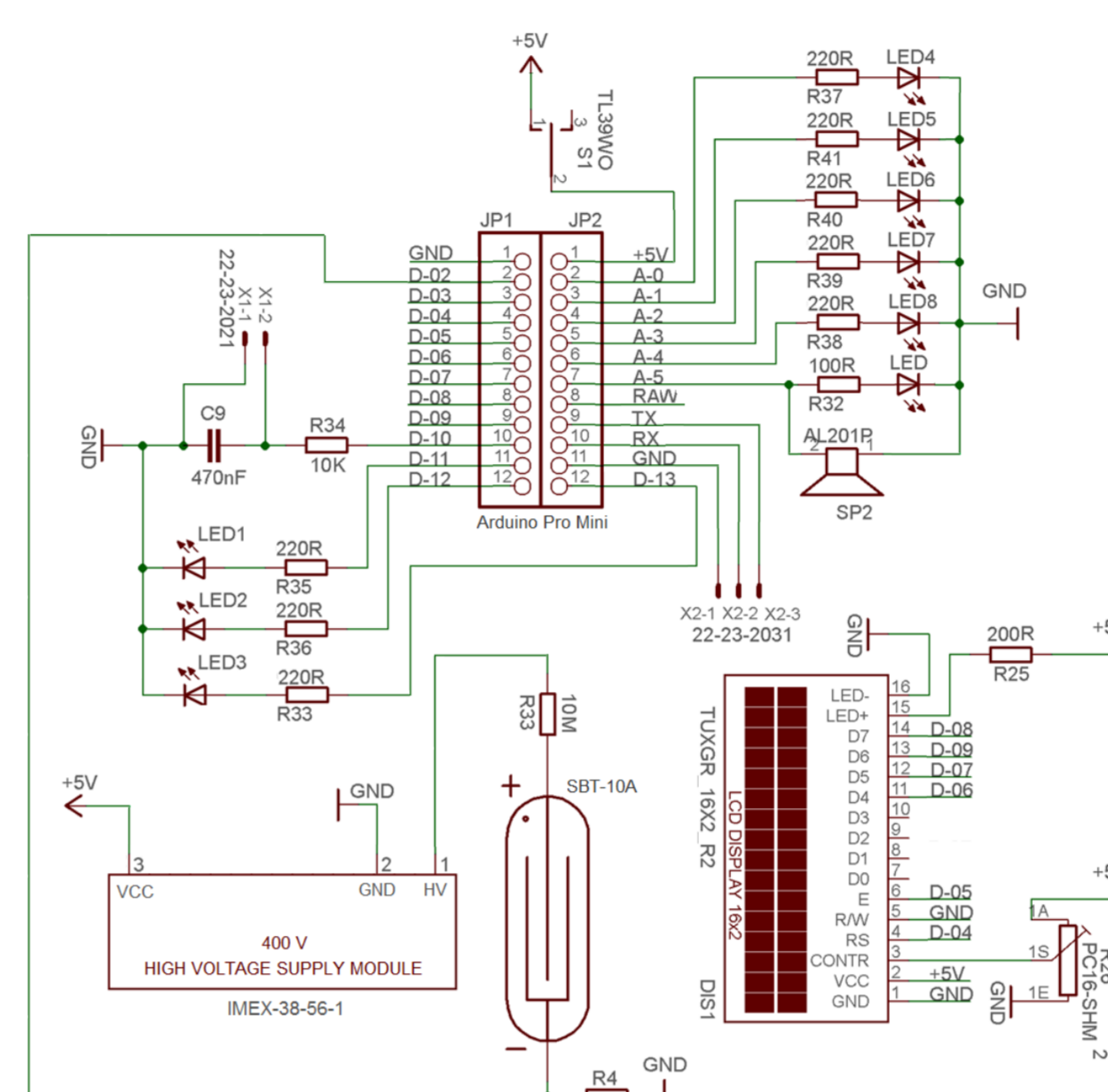
Díky vhodné zvolenému děliči napětí a odstínění měniče není potřeba dalších komparačních obvodů, které zpracovávají vygenerované pulzy. Ty tak přímo vytvářejí přerušeni na mikrořadiči ATmega 168, kde se pomocí převodní konstanty vypočítá ekvivalentní časová dávka v Sieverttech za hodinu. K prostému zobrazení hodnot se používá dvouřádkový textový displej a 8 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.

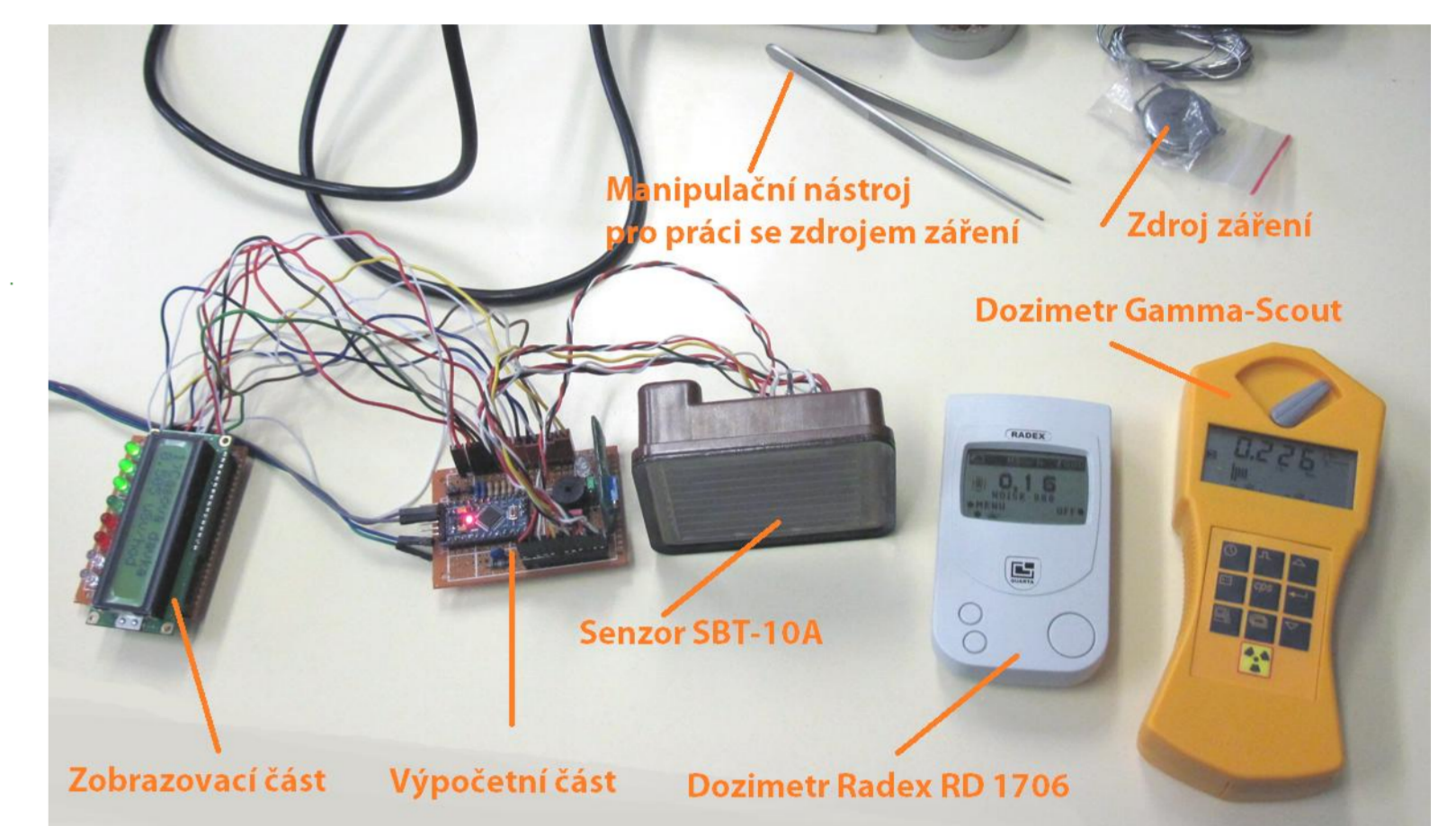
Pro demonstraci úbytku intenzity záření s druhou mocninou vzdálenosti bylo potřeba sehnat slabý zdroj ionizujícího záření. K tomu posloužily staré náramkové hodinky obsahující barvu s příměsí radia na ručičkách. Díky tomu, že se nejedná o žádný oficiální certifikovaný a kalibrovaný zářič, není potřeba 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.

Výsledek

Díky velmi citlivému senzoru ionizujícího záření je experimentální dozimetrov 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 3 – Schéma zapojení modulu



Obrázek 4 – Kalibrace dozimetru pomocí dvou referenčních přístrojů

Diskuze

V období 12 dnů jsem nechal přístroj v provozu. Dozimetrov byl po celou dobu umístěn na stejném místě, kde odesílal data po sériové lince do počítače. Z výsledků zobrazených na obrázku č. 5 lze odvodit, že v průběhu dnů i hodin se intenzita záření v jistých hladinách mění. Dále jsem provedl měření radiačního pozadí na budově A Technické univerzity v Liberci. Měření probíhalo v hodinovém intervalu pomocí tří dozimetrov na sedmi různých místech. Výsledky měření jsou graficky znázorněny na obrázku č. 6. Dozimetrov Radex RD-1706 ve všech učebnách zobrazoval nižší dávku než ostatní dozimetry. To je způsobeno tím, že tento přístroj detekuje pouze záření beta v určitém energetickém spektru a záření gama. Zbylé dva měří i alfa radiaci.

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).

Reference

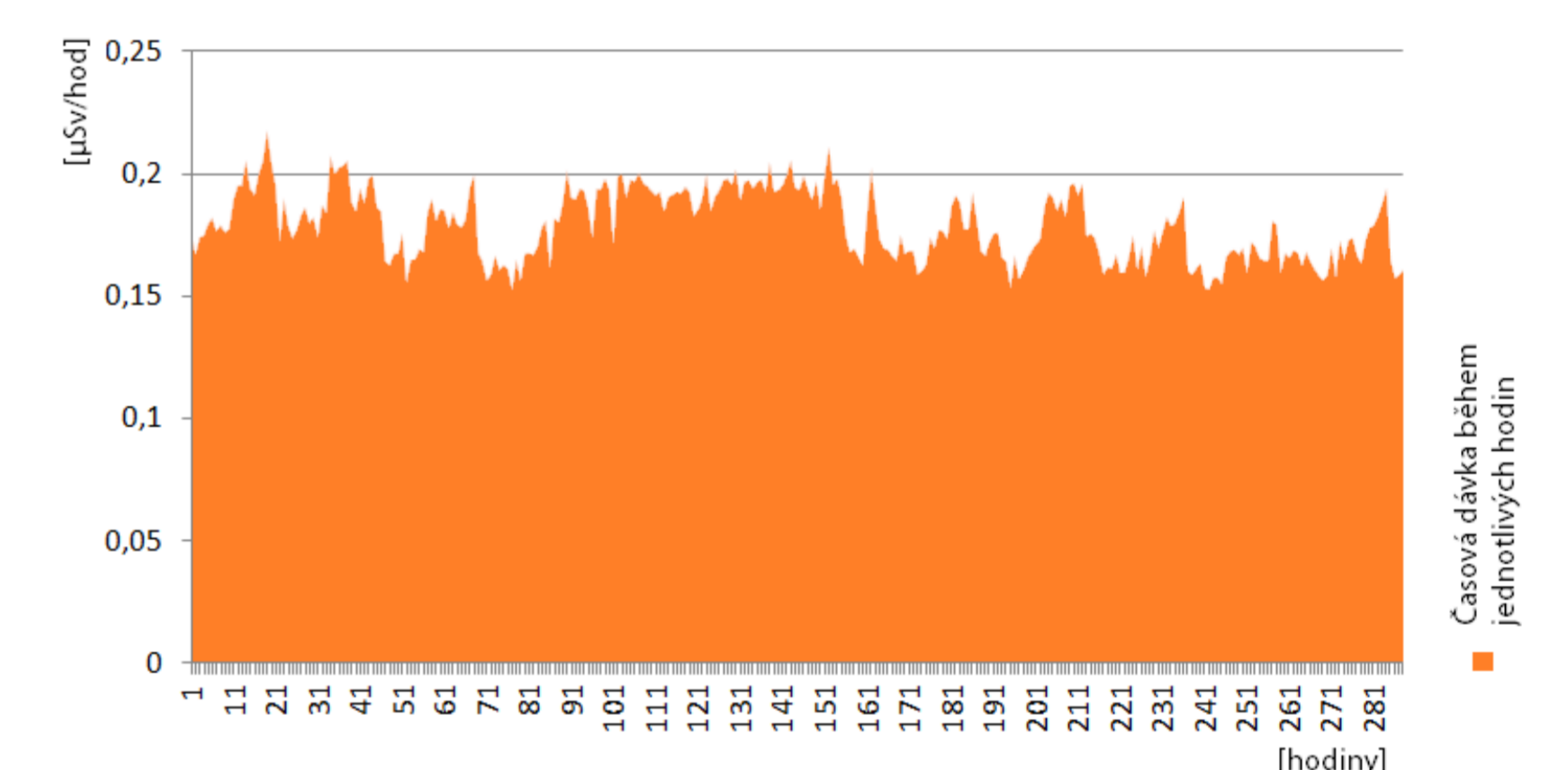
- [1] Základní fyzikální poznatky o ionizujícím a neionizujícím záření, jeho detekce a dozimetrie. *Radiobiologie* [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola.html>.
- [2] Zdroje ionizujícího záření. *EAmos* [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kra/externi/kra_7169/ch01.htm
- [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>

Poděkování

Kontakt: marek.pavka@centrum.cz

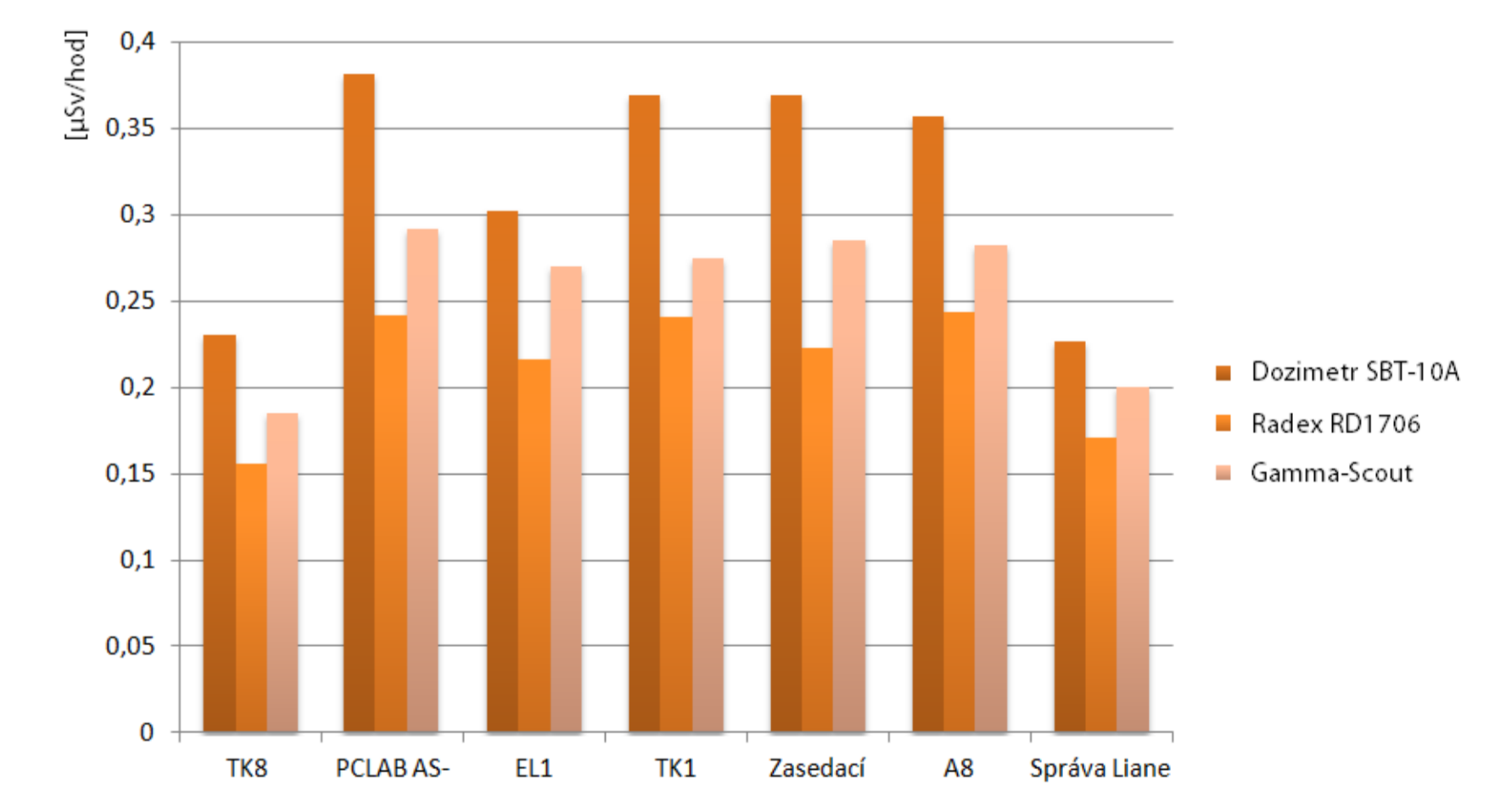
Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2014.

Změna radiačního pozadí v čase



Obrázek 5 – Radiační pozadí během jednotlivých hodin

Měření v budově A



Obrázek 6 – Radiační pozadí na TUL v budově A