

# RADIATION DOSIMETER WITH GM COUNTER

**Markéta Dyntarová**

Master Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xdynta00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Starý

E-mail: stary@feec.vutbr.cz

**Abstract:** This thesis is concentrated to design of battery powered radiation detector with GM counter and realization of indication part device. Function of this detector was tested by using of a strontium sample.

**Keywords:** Radioactivity, ionizing radiation, Geiger-Müller detectors, strontium

## 1 ÚVOD

Ionizující záření je zrádné v tom, že jej přímo smysly nevnímáme. Pokud jsme mu vystaveni trvale, pak se jeho vliv na organismus projeví až po určité době. Biologické a lékařské poznatky o účincích ionizujícího záření jsou získávány již od počátku tohoto století a v současné době jsou sice rozsáhlé, ale dosud ne úplné. Změny v organismu vyvolané ionizujícím zářením se mohou u různých jedinců projevit různě. Právě s ohledem na vlastnosti ionizujícího záření a neschopnost organismu jej přímo odhalit jsou důležité různé metody jeho detekce, které umožňují lidem se před nebezpečnými účinky záření chránit. Tato práce je zaměřena na návrh dozimetru s GM trubicí. GM trubice patří mezi plynem plněné detektory, které využívají ionizace plynové náplně. Po průchodu záření GM trubicí dochází ke krátkodobému lavinovitému výboji, který je možný následně snímat.

## 2 DOZIMETR S GM TRUBICÍ

Pro vlastní zařízení byla použita GM trubice STS-5, z které návrh kompletního dozimetru vychází. Trubice je samozhášecí a je schopna registrovat beta a gama záření. Její doporučené pracovní napětí je 360-440 V. Má nejdelší délku plata 80 V, jehož největší sklon je 0,125% na 1 V. Největší úroveň pozadí je 27 impulzů za minutu. Pracovní napětí se volí přibližně v 1/3 plata a tak odpovídá 390 V.

Výstupem tohoto dozimetru je jednak akustický signál, jehož frekvence signalizuje intenzitu dopadajícího záření. Vyhodnocovací část přístroje obsahuje i indikátor intenzity ionizujícího záření, pro který je použit převodník, který ze sledu vhodně tvarovaných po sobě jdoucích impulzů z GM trubice vytváří výstupní napětí úměrné intenzitě záření.

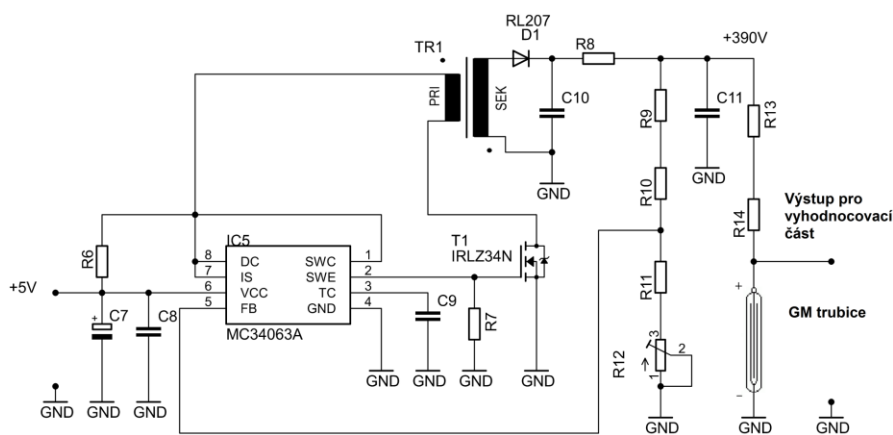
### 2.1 NÁVRH MĚNIČE

Pro vytvoření pracovního napětí použité GM trubice je použit pulzní měnič, který z NiMh baterie s napětím 5 V vytváří napětí 390 V potřebné pro napájení GM trubice. Je zde použit blokující zvyšující měnič s transformátorem. Řídícím obvodem spínaného měniče je integrovaný obvod MC34063A, který obsahuje potřebnou elektroniku pro jeho funkci.

Pro stabilizaci výstupního napětí sekundárního vinutí transformátoru má tento integrovaný obvod vlastní stabilizační systém, jehož součástí je komparátor, který porovnává hodnotu referenčního napětí 1,25 V s výstupním napětím externího napětového děliče. Pokud tedy není na výstupu požadovaných 390 V, tak výstupní napětí napětového děliče není rovno 1,25 V a pomocí smyčky zpětné vazby se stabilizované napětí automaticky upraví.

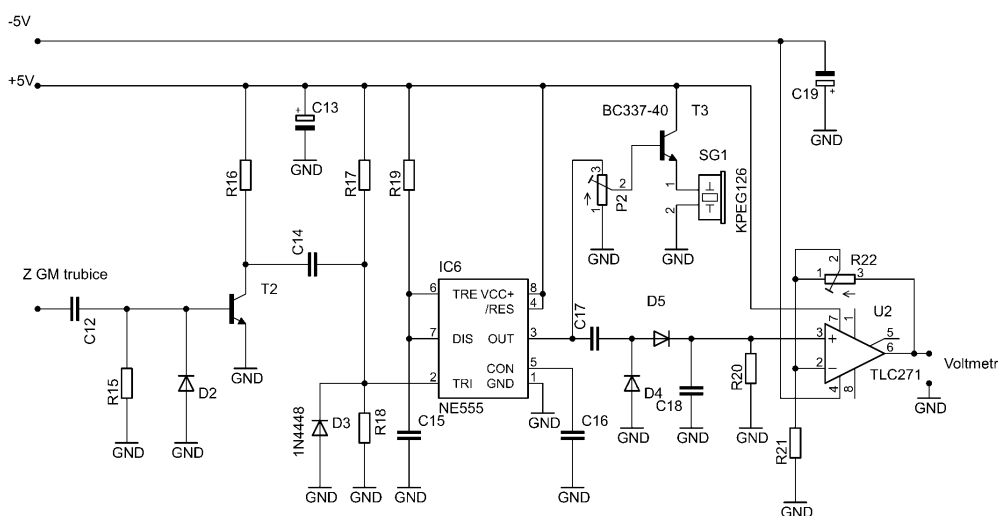
GM trubice má také do série zapojen dva rezistory, které omezují proud trubici na hodnotu, která je předepsána výrobcem. Vzhledem k tomu, že spínací tranzistor v obvodu MC34063A má maximální dovolené pracovní napětí 40 V, bylo nutno použít pomocný externí spínací transistor MOSFET (s ohledem na přechodné děje při spínání primárního vinutí impulzního transformátoru), jehož spínání je řízeno zmíněným integrovaným obvodem.

Pomocí DC-DC měniče (Obrázek 1), který má na výstupu 390 V, je tedy napájen obvod GM trubice, pomocí kterého se získávají impulzy, jejichž četnost odpovídá intenzitě ionizujícího záření.



**Obrázek 1:** Návrh DC-DC měniče 390V

## 2.2 VYHODNOCOVACÍ ČÁST



**Obrázek 2:** Návrh vyhodnocovací části

Na obrázku 2 je schéma vyhodnocovací části přístroje. Impulzy, které jsou vytvořeny v GM trubici, jsou dále pomocí RC článku derivovány a z důvodu maximálního dovoleného inverzního napětí tranzistoru jsou záporné špičky ořezány pomocí diody. Napěťový dělič udržuje na pinu 2 napětí o polovině napájecího napětí. Tranzistor vytváří spouštěcí impulzy pro monostabilní klopný obvod s časovačem 555, které sníží velikost napětí na pinu 2 pod  $1/3$  napájecího napětí. Tím je spouštěn monostabilní klopný obvod tvořený časovačem NE555.

Monostabilní klopný obvod zde vytvoří impulzy, které mají konstantní dobu trvání a konstantní amplitudu. Tyto impulzy jsou využity jak pro akustickou signalizaci, tak pro zobrazení intenzity ionizujícího záření.

Pro akustickou signalizaci je zde použit piezoelektrický měnič, jehož kmitočet akustického signálu signalizuje intenzitu dopadajícího záření. Bylo také potřeba zaručit, aby impulzy odebírané pro

akustickou signalizaci příliš nezatěžovaly výstup časovače, proto je umístěn před piezoměničem emitorový sledovač. Je zde i možnost nastavení úrovně akustického signálu.

Výstupní impulzy z časovače tvoří rovněž vstupní signál diodové nábojové pumpy, která zde slouží jako převodník frekvence na napětí. Zde musí být splněna podmínka, že převod frekvence vstupních impulzů na výstupní napětí musí být lineární. Důvodem je to, že toto výstupní napětí má odpovídat intenzitě ionizujícího záření. Údaj se zobrazuje se LCD displeji digitálního voltmetru, který je připojen na výstup neinvertujícího operačního zesilovače. Nastavením zesílení tohoto zesilovače lze přístroj kalibrovat. Aby voltmetr ukazoval nulu v případě, že není detekováno žádné záření, musí být tento zesilovač napájen symetricky.

Jako indikátor bylo zvoleno LCD panelové měřidlo s podsvícením (napájecí napětí 9 V). Jeho napájení musí být odděleno od měřeného napětí.

### 2.3 NAPÁJECÍ ZDROJ

Na vstup napájecího zdroje je připojena baterie. Výstupní napětí stabilizátoru je 5 V. Zdroj záporného napětí -5 V je vytvořeno pomocí nábojové pumpy. Napětí 9 V potřebné pro napájení indikátoru je vytvořeno pomocí izolovaného DC-DC měniče. První LED dioda signalizuje zapnutí přístroje. K indikaci vybité baterie je využito komparátoru, který porovnává hodnotu napětí získanou ze zdroje referenčního napětí s napětím na baterii. Napětí na baterii musí být vždy větší, než na výstupu stabilizátoru z důvodu úbytku napětí na stabilizátoru. Pokud napětí na baterii klesne na požadovanou mez, kdy je baterie vybitá, je na oba vstupy komparátoru přivedeno stejné napětí, díky napěťovému děliči, a rozsvítí se druhá signalizační LED dioda.

## 3 REALIZACE

U realizovaného vzorku byl použit zjednodušený napájecí zdroj bez hlídání stavu baterie. Zařízení bylo postaveno ve zjednodušené podobě na univerzální plošný spoj, bylo oživeno a je plně funkční. Bylo prokázáno, že všechny hodnoty součástek byly vypočteny správně a ani s impulzovým transformátorem nebyly žádné problémy. Napětí pro GM trubici se dalo nastavit na předepsanou hodnotu a i ostatní části fungovaly bez závad. Pro kalibraci byl použit testovací vzorek stroncia.

## 4 ZÁVĚR

Všechny prvky navrženého detektoru byly vypočteny a dílčí části detektoru byly před stavbou funkčního vzorku testovány na zkušebních deskách. Teprve potom byl sestaven funkční vzorek. Při jeho kontrole bylo zjištěno, že navržené obvody pracují podle předpokladů. Vlastní zkouška funkčnosti tohoto detektoru záření byla provedena s použitím stronciového kalibrátoru.

## PODĚKOVÁNÍ

Publikace vznikla za finanční podpory projektu specifického výzkumu na VUT (projekt č. FEKT-S-17-4595, Materiály a technologie pro elektrotechniku III)

## REFERENCE

- [1] Data sheet integrovaného obvodu MC34063A. GM electronic [online]. [cit. 2016-05- 15]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/330/104/mc34063ap1-datasheet- 1.pdf>
- [2] Introduction to Geiger Counters. Cal Poly Pomona [online]. ©2015 [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <https://www.cpp.edu/~pbsiegel/bio431/texnotes/chapter4.pdf>