

УДК 621.039.58

Ю.В. ПОРЕМСЬКИЙ, О.В. ВАСЬКОВСЬКИЙ, П.В. ОРЛИК
Вінницький національний технічний університет**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ
ТА ЕКСПОЗИЦІЙНОЇ ДОЗИ Г-ВИПРОМІНЮВАННЯ**

Проведено аналіз проблеми вимірювання температури та експозиційної дози γ -випромінювання. Розроблено комбінований прилад для вимірювання температури та експозиційної дози γ -випромінювання. Наведена принципова схема приладу.

Ключові слова: радіоактивне випромінювання, лічильник Гейгера-Мюллера, давач температури, мікроконтролер, лічильник імпульсів, вимірювання, блокінг-генератор.

Y.V. POREMSKYI, A.V. VASKOVSKY, P.V. ORLYK
Vinnytsia national technical university**SYSTEM FOR MEASURING TEMPERATURE AND γ -RADIATION EXPOSURE DOSE**

Analyzed problem of measuring temperature and γ -radiation exposure dose. Proposed combined unit for measuring temperature and γ -radiation exposure dose. The following schematic diagram of the device.

Keywords: radiation, Geiger-Muller counter, temperature sensor, microcontroller, pulse counter, measurement, blocking oscillator.

Постановка задачі

Детектування радіоактивного випромінювання ґрунтується на його дії на речовину, зокрема її іонізації [1]. Історично вперше радіація була зареєстрована завдяки почорнінню опроміненої фотопластинки. Фотоемальсії, в яких під дією радіації відбуваються хімічні реакції, і досі залишаються одним із методів детектування. Інший принцип детектування використовується в лічильниках Гейгера — виникнення несамостійного електричного розряду в опроміненій газі [2]. Дозиметри, які реєструють не окремі акти пролітання швидкої зарядженої частинки, часто використовують зміну властивостей, наприклад провідності, опроміненого матеріалу.

Аналіз проблеми вимірювання температури та експозиційної дози γ -випромінювання.

Широкомасштабне забруднення довкілля радіоактивними речовинами, яке відбулось в результаті радіаційної катастрофи на Чорнобильській АЕС поставило гостре питання про необхідність здійснення посиленого контролю радіаційної ситуації не тільки санітарно-гігієнічними службами держави, але й безпосередньо самим населенням.

Сьогодні громадяни все більше приділяють увагу якості екології в місцях безпосереднього проживання, праці та відпочинку. В зв'язку з цим в громадськості є постійна зацікавленість та увага до дозиметричних приладів, які можливо застосувати в побуті.

Проходячи через будь-яку речовину, випромінювання розтрачує енергію і, врешті-решт, поглинаються. Заряджені частинки віддають свою енергію в актах іонізації - освіті пар іонів. Для вимірювання випромінювання застосовують особливі речовини - детектори, в яких утворюються іони. Заряд утворилися іонів потім створює електричні сигнали, величина яких відповідає енергії випромінювання, а їх число - кількості пройшли через детектор частинок або квантів. Детектори - це частина приладів, що застосовуються для виявлення іонізуючих випромінювань, вимірювання їх енергії та інших властивостей. Ці прилади досить складні і потребують періодичної перевірки [3].

У залежності від того, які зміни в аналізованій речовині використовуються для реєстрації, розрізняють кілька методів виявлення та вимірювання радіоактивного випромінювання: іонізаційні, сцинтиляційні, хімічні фотографічні, фізичні.

Точність приладу визначається точністю частоти слідування імпульсів на виході зразкового генератора. Частота на виході зразкового генератора залежить від умов навколишнього середовища, зокрема від температури. У зв'язку із залежністю точності показів приладу від температури навколишнього середовища постає проблема визначення похибки та корекції результатів вимірювань в залежності від температури навколишнього середовища.

Розробка мікропроцесорної системи

В зв'язку з вищенаведеним описом чітко зрозуміла необхідність в розробці мікропроцесорної системи для вимірювання температури та експозиційної дози γ -випромінювання. За основу приладу було вирішено взяти: лічильник Гейгера-Мюллера, детектор радіоактивного випромінювання на основі іонізаційної камери; та цифровий датчик температури [2]. Схема електрична принципова наведена на рисунку 1. Розглянемо більш детально кожен складову частину, розробленого приладу.

Лічильник Гейгера-Мюллера являє собою газонаповнений конденсатор, у якого спостерігається ефект електричного пробоя при прольоті іонізуючої частинки через його об'єм [3].

Живлення пристрою забезпечують два послідовно увімкнені інтегральні стабілізатори напруги VR1 та VR2. Каскадне включення стабілізаторів забезпечує одержання двох стабілізованих напруг живлення +12 та +5 Вольт. Напруга +12В необхідна для живлення перетворювача постійної напруги, який в свою чергу живить газорозрядну трубку – лічильник Гейгера-Мюлера. Напруга +5В використовується для живлення решти схеми приладу.

Перетворювач постійної напруги виконаний на транзисторі VT7 за схемою блокінг-генератора. Блокінг-трансформатор виконано на тороїдальному феритовому осердді марки 2000НН. Колекторна обмотка I містить 12 витків мідного дроту діаметром 0,5мм. Обмотка зворотного зв'язку виконана аналогічним проводом і складається з 6 витків. У якості матеріалу обмотки була використана сигнальна жила кабелю «вита пара» категорії 5е. Вихідна обмотка виконана проводом ПЭВ-0,1, кількість витків – 450.

Виготовлення трансформатору проводять у наступній послідовності: підготовлене осердя вкривають шаром фторопластової плівки, після чого виток до витка укладають половину вихідної обмотки, яку теж вкривають шаром фторопластової плівки. Поверх плівки укладають другу половину вихідної обмотки, після чого ізолюють її двома шарами фторопласту. Колекторну і базову обмотки укладають поверх вихідної в один шар. Ізоляція двох останніх обмоток не є обов'язковою, так як полівінілхлоридного покриття достатньо.

При зборці пристрою важливим є правильне включення обмоток трансформатора: при неправильному включенні колекторної або базової обмотки не будуть виконані умови самозбудження генератора [4]. У нормальному режимі частота імпульсів на виході блокінг-генератора становить 5-7Гц.

Діоди VD3 та VD5 необхідні для шунтування імпульсів самоіндукції колекторної обмотки, які виникають у момент запирання транзистора. Амплітуда цих імпульсів є достатньою для того щоб вивести транзистор з ладу. Живлення блокінг-генератора здійснюється через RC коло R16, C11, C12, яке запобігає потраплянню високочастотних завад від роботи перетворювача у інші кола схеми приладу.

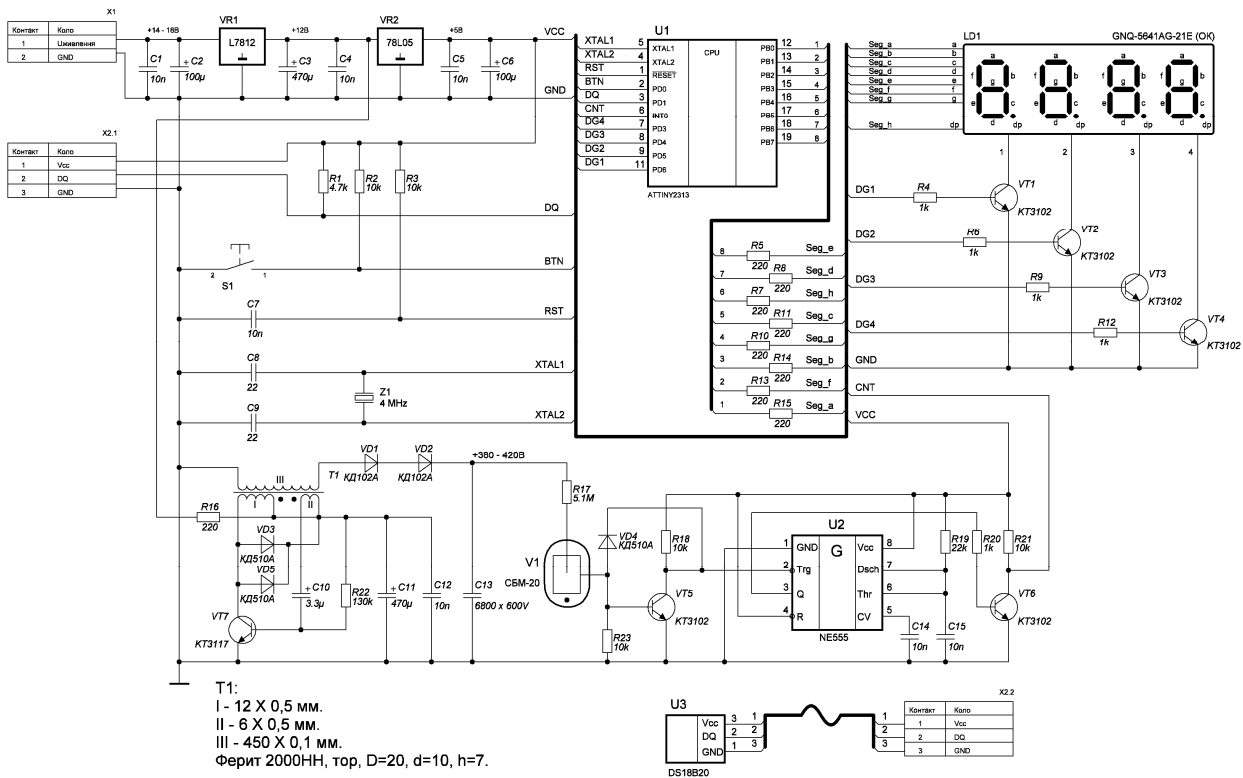


Рис. 1. Схема електрична принципова

Випрямлення високовольтних імпульсів, знятих із обмотки III блокінг-трансформатора здійснюється за допомогою діодів VD1 та VD2. Для згладжування випрямленої напруги використовується плівковий конденсатор C13, який накопичує енергію під час дії імпульсу блокінг-генератора і зберігає її під час паузи між сусідніми імпульсами. Взв'язи до уваги, що характер навантаження за відсутності розряду у лічильнику ємнісний, а під час розряду активний і приблизно дорівнює сумі опорів R17 та R23 та час розряду порядку декількох десятків мікросекунд, можна зробити висновок про достатність обраної ємності конденсатора фільтра, навіть при такій низькій частоті самозбудження блокінг-генератора. Допустимі значення напруги на виході перетворювача лежать у межах 400 +/- 20В що обумовлено експлуатаційними характеристиками обраного типу лічильника і забезпечують роботу останнього приблизно на середині робочого плато, тим самим гарантуючи надійну роботу приладу.

Анодним навантаженням розрядної трубки служить опір R17, величина якого була вибрана із поглядів забезпечення нормального режиму роботи трубки: струм через трубку у момент протікання

розряду не перевищує допустимі межі, при тому що імпульс на катодному опорі має достатню потужність для використання його у наступних вузлах приладу.

Попередній підсилювач зібраний на транзисторі VT5. R23, крім того що служить опором катодного навантаження газорозрядної трубки, також встановлює початкове зміщення VT5, що обумовлює його закритий стан у моменти паузи між імпульсами.

У нормальному стані напруженість електричного поля між електродами лічильника не є достатньою для іонізації газу-наповнювача об'єму розрядної камери та протікання електричного розряду в об'ємі трубки.

Після потрапляння кванту γ -випромінювання в об'єм розрядної камери лічильника, в останній виникають іони як результат зіткнення кванту із молекулами наповнювача камери. Під дією електричного поля, ці іони прискорено рухаються у напрямку електрода, заряд якого є протилежним заряду іона. В деякий момент часу, енергія останнього, максимальне значення якої описується формулою (1) стає достатньою для іонізації молекул газу, що лежать на шляху його руху.

$$E = q_1 U \quad (1)$$

Таким чином у трубці виникає лавиноподібний процес іонізації газу, який зумовлює виникнення електричного струму між електродами розрядної камери лічильника і різкого зменшення її електричного опору.

Зменшення опору трубки обумовлює падіння різниці потенціалів між її електродами: опір трубки послідовно включений з опором анодного навантаження. В деякий момент часу струм через трубку буде таким, що різниця потенціалів між її електродами досягне деякої граничної величини і подальше протікання розряду стане неможливим. Існування такої порогової величини напруги між електродами пояснюється тим, що породження іонів, необхідних для протікання струму крізь об'єм трубки можливе при зіткненні молекули газу із зарядженою частинкою, енергія якої більша або дорівнює енергії іонізації молекули газу-наповнювача розрядної камери лічильника. Заряджена частинка набуває енергії у електричному полі електродів трубки і ця енергія знаходиться у функціональній залежності від напруженості поля. Коли різниця потенціалів не є достатньою щоб надати необхідну кількість енергії іонам газу, протікання розряду припиняється [3].

Оскільки опір R23 включений послідовно з лічильником, то описаний вище процес зумовить виникнення короткого імпульсу струму через цей опір, який в свою чергу стане причиною відкриття транзистору VT5 та появу на його колекторному опорі R18 імпульсу напруги, який по формі буде ідентичний до імпульсу на опорі R23, але протилежний йому по фазі.

Фронт цього імпульсу викличе спрацювання одновібратора, зібраного на ІМС U2. Результатом роботи якого буде одиночний прямокутний імпульс заданої тривалості.

Зміна рівня напруги на вході Trg ІМС викличе від'єднання її виходу Dsch від загального проводу та появу високого рівня на виході Q. У такому стані ІМС буде знаходитись до того моменту, поки напруга на верхній по схемі обкладці конденсатора C15 не досягне рівня $\frac{2}{3} U_{CC}$ [5]. У цей момент відбудеться переключення виходу Q в стан логічного «0» та з'єднання виходу Dsch із загальним проводом, що в свою чергу викличе розряд конденсатора та остаточне переведення схеми у вихідне положення. Тривалість вихідного імпульсу визначається часом заряду C15 до необхідної величини, тобто ємністю цього конденсатора та опором резистора R19. Напруга на обкладках конденсатора C15 описується законом (2):

$$U_c(t) = U_{CC} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (2)$$

де U_{CC} - напруга живлення схеми.

Сформований імпульс поступає на базу транзистора VT6, на якому зібраний ключовий каскад, необхідний для приведення логічних рівнів сигналу у відповідність із вимогами встановленими параметрами вхідних схем мікроконтролера. Робота цього каскаду викликає переверт фазу імпульсу на 180°, що було враховано при розробці ПЗ для мікроконтролера.

З виходу ключового каскаду імпульс подається на вхід мікроконтролера. Перепад рівня сигналу із «1» в «0» викликає апаратне переривання мікроконтролера та запуск відповідної підпрограми обробки цього переривання, що забезпечує реєстрацію факту потрапляння кванту γ -випромінювання в об'єм розрядної камери лічильника Гейгера-Мюлера.

Для правильної роботи шини 1-Wire необхідно забезпечити підтяжку сигнальної лінії цієї шини до рівня логічної одиниці. Цю задачу виконує резистор R1. Його величина підібрана із урахування максимальної дожини сигнального кабелю не більше 10м. При понаднормовому збільшенні довжини кабелю, за рахунок його паразитної ємності та індуктивності, виникають значні спотворення сигналу на шині, що може привести до помилок при роботі пристрою.

Робота з пристроями на шині 1-Wire реалізована повністю програмно. Через відносну простоту протоколу обміну інформацією по даній шині, використання будь-яких додаткових апаратних засобів є недоцільним [6].

Взаємодія користувача із описуваним пристроєм здійснюється за допомогою кнопки S1. Сигнал із кнопки подається одразу на вхід мікроконтролера. Логічний рівень відпущеного стану кнопки задається резистором R2. Запобігання брязкоту контактів здійснено програмно шляхом повторного опитування стану кнопки із затримкою на час більший від тривалості перехідного процесу, і в разі збігу результату кнопка

вважається натиснутою, інакше — був брязкіт чи помилкове зчитування.

Вивід результатів роботи МПС та індикація стану здійснюється за допомогою індикатору LD1. В цілях спрощення апаратної частини пристрою управління роботою індикатором було покладене на ПЗ мікроконтролера.

Відображення інформації відбувається по методу порозрядної динамічної індикації. Потужності виходів мікроконтролера достатньо для забезпечення нормальної роботи світлодіодів у сегментах індикатора. Струм через світлодіоди обмежується резисторами R5, R7, R8, R10, R11, R13 – R15. Оскільки потужності виходу мікроконтролера недостатньо для забезпечення роботи розряду (струм розряду у 8 разів більший за струм окремого сегменту), то для комутації розрядів були використані транзистори VT1 – VT4.

Нормальний запуск мікроконтролера забезпечується схемою початкового скиду, зібраною на елементах R3 та C7. Задачею цієї схеми є формування сигналу скиду у момент подачі живлення. Тривалість цього сигналу повинна бути достатньою для того щоб відтягнути момент запуску мікроконтролера до моменту закінчення перехідних процесів у колах живлення та встановлення у них нормальної напруги. Це є важливим для забезпечення правильного виконання ПЗ мікроконтролера та стабільної подальшої роботи схеми.

Висновок

В розробленій статті було проведено аналіз сучасної проблеми вимірювання температури та експозиційної дози γ -випромінювання та запропоновано схему мікропроцесорної системи що вирішує дану проблему. Було проведено опис процесу розробки та тестування приладу на базі лічильника Гейгера-Мюллера. Розроблений прилад ефективно вирішує поставлену задачу та може бути використаним під час навчального процесу в вищих навчальних закладах у якості наглядного посібника процесу вимірювання температури та експозиційної дози γ -випромінювання.

Література

1. Біленко І. І. Фізичний словник. — К.: Вища школа, Головне видав. 1979. — 336 с.
2. А.Н.Климов Ядерная физика и ядерные реакторы. — Москва: Энергоатомиздат, 1985. — С. 352.
3. Сидоренко В.В. Детекторы ионизирующих излучений: Справочник. Л.: Судостроение, 1989
4. Глебов Б.А. Блокинг-генераторы на транзисторах Москва: Энергия, 1972,104 с.
5. Зарубежные интегральные микросхемы: Справочник / А.Ф. Нефедов и др. - М.: КубК-а, 1995 г.
6. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel – М.: ИП.РадиоСофт, 2002.

References

1. Bilenko I. Physical Dictionary. - K.: High School, Central issued. , 1979. - 336 p
2. A.N.Klimov Nuclear physics and nuclear reactors. - Moscow: Energoatomizdat, 1985. - S. 352.
3. Sidorenko V.V. Detectors of Ionizing Radiation: A Handbook. L.: Shipbuilding, 1989
4. Glebov BA Blocking oscillator transistor Moscow: Energiya, 1972.104 p.
5. Foreign ICs: Directory / A.F. Nefedov, etc. - M.: CubK, 1995
6. Grebnev V.V. AVR microcontrollers firm Atmel - M. IP.RadioSoft 2002.

Рецензія/Peer review : 3.2.2014 р. Надрукована/Printed : 26.3.2014 р.