

УДК 539.1.074

Цифровий дозиметр на основі мікроконтролера

Михайленко О.М., к.т.н., доц. Михайлов С.Р.

Метою є розробка та реалізація оптимального варіанту датчика іонізованого випромінювання, який стане у нагоді при перебуванні у місцевостях, де є підозра на значний радіоактивний фон. Даний курсовий проект є доцільний з точки зору контролю та виявлення небезпечних зон, в яких не варто перебувати, особливо у світі де є ядерна зброя та промислові точки, де використовують радіоактивний заряд чи паливо, а також отримані показання дозиметра можна використовувати як джерело інформації щодо потенційних місцезнаходжень покладів деяких корисних для промисловості радіоактивних копалин, таких як уран, торій, радій, радон і т.д. Варто зазначити, що дозиметри не будуть зайвими на об'єктах, де значну роль відіграють напівпровідникові пристрої, так як вони часто виходять з ладу у радіоактивно забрудненій зоні навідміну від вакуумних пристроїв.

Проінформований – озброєний. Об'єктом даного курсового проекту є цифровий дозиметр на мікроконтролері.

У ході виконання дипломного проекту був виконаний аналіз запропонованих схем спільно з науковим керівником, а також

переваги та недоліки кожної схеми, був обраний оптимальний варіант та запропоновані шляхи вирішення деяких прикладних задач для вдосконалення схеми вибраного дозиметра а також продумано механізми зниження впливу шумів: теплових, але досягти зменшення фотонних, флікерних та дробових шумів не вдалося, так як їх поява пов'язана з суто газорозрядною трубкою та процесами, які відбуваються в ній (випадковий характер емісії, лавинне множення носіїв заряду через дискретність останніх).

Радіоактивність – здатність деяких ізотопів хімічних елементів до розпаду, випускаючи фотонне випромінювання. Радіаційний метод контролю базується на взаємодії з матеріалом (об'єктом) іонізуючих (проникних) електромагнітних і корпускулярних випромінювань та реєстрації результатів цієї взаємодії.

У радіаційному контролі використовують випромінювання подвійної природи: електромагнітних хвиль та елементарних частинок, що мають значення частоти кванта Γ ц і більше або відповідно довжину хвилі у вакуумі коротше 10 нм, або енергію кванта більше 124 еВ (близько Дж).

Випромінювання, що застосовуються в радіаційному контролі, як електромагнітної природи у вигляді фотонів, так і корпускулярної природи у вигляді потоку частинок, можуть характеризуватися різними фізичними величинами. Однак серед них можна виділити й загальні показники випромінювання: потік енергії, потужність джерела, інтенсивність, експозиційна (поглинена) доза, енергія квантів і спектральна характеристика, що характеризуються такими співвідношеннями:

1. Потік енергії випромінювання (Дж/м²)

$$F = E/S,$$

де E – сумарна енергія частинок або квантів іонізуючого випромінювання;

S – площа перерізу елементарного середовища, у яку проникає випромінювання.

2. Потужність джерела випромінювання

$$W = \Delta E / \Delta t$$

де ΔE – сумарна енергія частинок або квантів, що випромінюються за одиницю часу.

3. Інтенсивністю випромінювання (щільністю потоку енергії) J (Вт/м²) називається відношення приросту енергії іонізуючого випромінювання ΔE , що проходить через сферу із площею за час Δt , тобто

$$J = \frac{\Delta E}{S \Delta t},$$

Інтенсивність випромінювання змінюється обернено пропорційно до квадрата відстані від джерела до точки вимірювання. Тому інтенсивність випромінювання вказують на певній відстані від джерела (звичайно 1 м).

Випромінювальна частина джерел, як правило, набагато менша за відстань до контрольованого об'єкта та перетворювача, тому можна вважати, що інтенсивність при збільшенні відстані зменшується обернено пропорційно до його квадрата:

$$J = J_0 \frac{R_0^2}{R^2}$$

де J_0 – інтенсивність випромінювання на відстані R_0 .

Кожен фотон може характеризуватися енергією $E = h\nu$, якій може бути поставлена у відповідність певна довжина хвилі λ , що обчислюється за відомою формулою

$$\lambda = ch/E$$

де c – швидкість світла у вакуумі; ν – частота; h – стала Планка ($6,6256 \cdot 10^{-34}$ Дж·с).

Детектором іонізуючого випромінювання називають чутливий елемент, призначений для перетворення енергії іонізуючого випромінювання в інший вид енергії, зручний для реєстрації та (або)

вимірювання параметрів іонізуючого випромінювання.

Іонізуюче випромінювання можна виявити лише за взаємодією його із середовищем, що призводить до утворення іонів різних знаків. Явище іонізації використовується в більшості детекторів іонізуючих випромінювань.

Детектори, що застосовуються в апаратурі радіаційного контролю та дозиметрії, класифікують у такий спосіб:

- іонізаційні;
- напівпровідникові;
- радіолюмінесцентні;
- радіографічні.

Розглянемо іонізаційні детектори. До робочого середовища таких детекторів прикладається електричне поле. При іонізації середовища зарядженою частинкою виникає короткочасний електричний струм, який реєструється відповідною електронною частиною (схемою). Саме детектує середовище може бути газоподібне, рідинне чи тверде. Найпоширенішу групу таких детекторів складають газонаповнені детектори. Найпростішою є газонаповнена камера. Вона являє собою систему з двох електродів в об'ємі, заповненому інертним газом (зазвичай аргон чи неон). Якщо частинка повністю зупиняється в об'ємі камери, то по величині зібраного заряду (електронів на аноді) можна легко визначити енергію частинки. Недоліком іонізаційних камер є дуже малі струми, але він долається в іонізаційних детекторах з

газовим підсиленням (збільшення кількості вільних зарядів в об'ємі детектора за рахунок того, що первинні електрони на своєму шляху набувають достатньої енергії для ударної іонізації нейтральних атомів робочого середовища детектора). Варто зазначити, що даний режим роботи відповідає пропорційному лічильнику, який може виконувати функції спектрометра. Подальше збільшення різниці потенціалів між анодом і катодом призведе до порушення пропорційності між витраченою частинкою енергії та величиною імпульсу струму (при доведенні коефіцієнту підсилення до $10^4 - 10^5$). Тобто прилад переходить в режим обмеженої пропорційності, тому подальше використання іонізаційної трубки у складі спектрометра вважатиметься недоцільним.

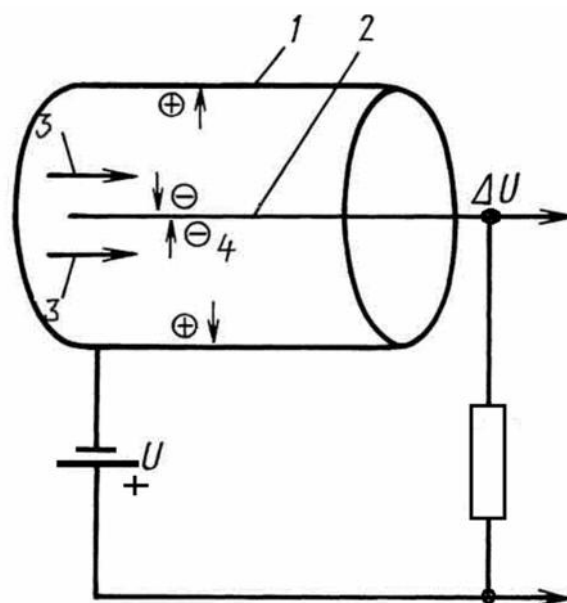


Рис. 2. Схема циліндричної іонізаційної камери:

1- катод; 2 - анод; 3 - іонізуюче

випромінювання; 4 - іони та електрони

Якщо різниця потенціалів між анодом та катодом у газонаповненому лічильнику перевищить деяке критичне значення, то поява в його об'ємі вільних носіїв заряду викличе іскровий пробій (розряд). При цьому амплітуда електричного сигналу з такого лічильника може досягати кількох сотен вольт.

Газонаповнені детектори мають два недоліки. По-перше, щільність газу низька та енергія, яка втрачається частинкою в об'ємі детектору мала, що не дозволяє ефективно реєструвати високоенергетичні та слабо іонізовані частинки. По-друге, енергія, необхідна для виникнення пари електрон-іон у газі велика (30-40 еВ), що збільшує відносні флуктуації числа зарядів та погіршує енергетичну роздільну здатність.

Принцип дії напівпровідникового детектора ґрунтується на здатності заряджених частинок створювати в напівпровіднику велику кількість електрон-діркових пар, що на деякий час збільшує його провідність. Зазвичай в напівпровідникових детекторах використовуються р-п переходи або контакти Шоткі, на яких подається напруга в зворотньому напрямку.

Вибір основи детектора іонізуючого випромінювання зроблено в користь іонізаційних камер, так як у таких дозиметрів перевага в економічній вигідності та широкому виборі схем реалізацій даних пристроїв.

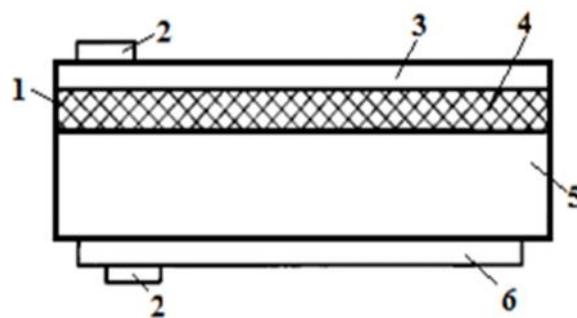


Рис. 3. Схема дифузійного детектора з р-п-переходом:

1 – збіднена область; 2 – електричні контакти; 3 – вхід детектора; 4 – область n-типу; 5 – кремній р-типу; 6 – металевий електрод.

Розглянемо відносну нескладну схему реалізації дозиметра на основі мікроконтролера Attiny 2313 з газорозрядним лічильником Гейгера-Мюллера. Phillips 18504.

Для повноцінної роботи лічильника вимагається анодна напруга 225-425 В. Варто зазначити, що в якості самого лічильника можна використовувати будь-який інший тип газорозрядної трубки. Відмінність полягатиме у виборі стабілітрона ZD1 під конкретний вид лічильника.

Стабілізація виконана шляхом зворотного зв'язку, утвореної ZD1 і T1. В якості ZD1 можна використовувати стабілітрон або діод. Оскільки стабілітрони з такою високою напругою, як правило, недоступні, можна підключити послідовно ще один стабілітрон. В якості трансформатора Tr1 можна використовувати трансформатор для

живлення CCFL лампочок (лампи підсвітки РК-моніторів).

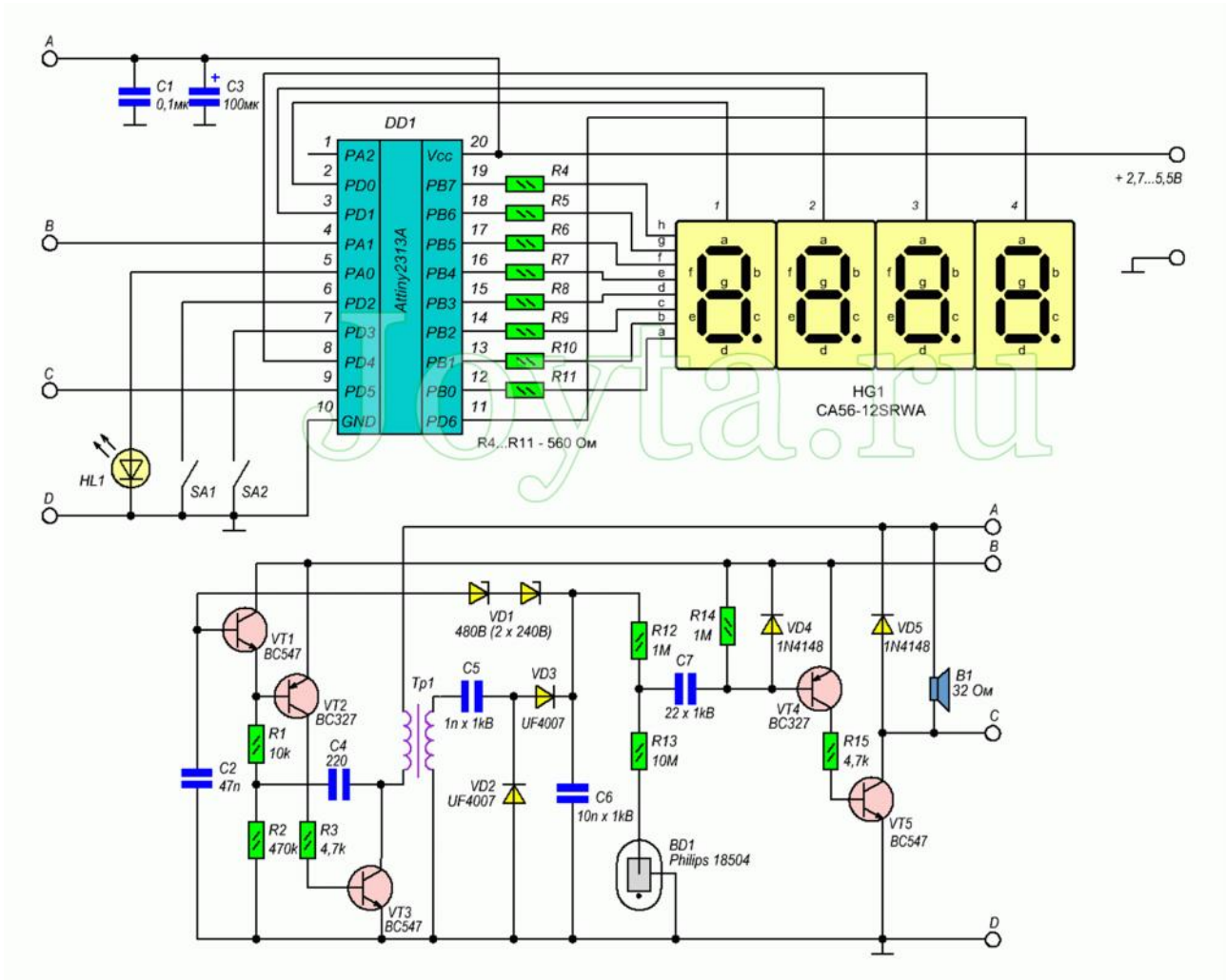


Рис. 4. Цифровий дозиметр на основі мікроконтролера Attiny 2313

Виявлені імпульси з датчиком через конденсатор $C7$, що розділяє постійну складову напруги, поступають на транзисторний підсилювач $VT4$ і $VT5$, до виходу якого підключений динамік з опором не менше 32 Ом.

Вартість газорозрядної труби Philips коштуватиме в багато разів вища ніж СБМ-20 (рис. 5.) наприклад.

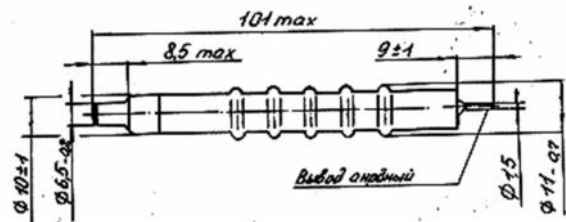


Рис. 5. Газорозрядна трубка СБМ-20

Тому доцільно переробити схему під СБМ-20, але варто зазначити, що ресурс роботи Philips В рази перевищуватиме ресурс роботи СБМ-20. Імпортований аналог має ширший

діапазон робочих напруг (350-475 В, причому у СБМ-20 425-675 В), але для імпортного більш витратні енергетичні параметри. Також недоліком СБМ-20 є інертність детекції. Вищевказаний лічильник має наступні параметри:

- діапазон реєстрованих потужностей експозиційних доз гама-випромінювання: 0,004-40 мкр/с; 0,014-144 мр/год
- чутливість до гама-випромінювання Ra226: 22 імп.с/мр/год;
- чутливість до гама-випромінювання Co60: 22 імп.с/мр/год;
- максимальний струм: 20 мкА;
- індуктивність трубки: 4, 2 пФ;
- ресурс роботи 2*1010 імп.;
- рекомендоване навантаження: 5,1 МОм;
- діапазон робочих температур: - 50...70 С
- габарити: 108мм(довжина)*10 мм(діаметр)

Висновки:

Зараз триває оптимізація коду щодо роботи даного лічильника на мікроконтролері ATtiny 2813, а також розробка схеми регулювання чутливості дозиметра на основі газової трубки СБМ-20.

Зробити прошивку під будь-який мікроконтролер можливо. Питання собівартості розробки схеми та її реалізації ставить раціональність

витрат в поєднанні з умовами експлуатації та поставлення задач, які може виконати даний дозиметр у тому числі пошуки місцезнаходжень радіоактивних копалин недоцільно у зв'язку з низькою чутливістю вищезгаданого типу іонізаційної камери. В той час такий лічильник може використовуватись для оцінки місцевості на предмет радіаційного зараження. У подальшому планується розробити програмне забезпечення індикації зараження місцевості для мобільних платформ

Література

1. Цифровой дозиметр на микроконтрол-лере Attiny2313. Схема и описание /[Електронний ресурс]/: (Joyta.ru все для радиолюбителя)/ - режим доступу: <http://www.joyta.ru/6240ifrovoj-dozimetr-na-mikrokontrollere-attiny2313-2/> - Назва з екрана.
2. Микроконтроллер Attiny2313. Описание /[Електронний ресурс]/: (Joyta.ru все для радиолюбителя)/ - режим доступу: <http://www.joyta.ru/5791-mikrokontroller-attiny2313-opisanie/> - Назва з екрана.
3. Рынок микроэлектронники. Микроконтроллеры. AVR /[Електронний ресурс]/:(gaw.ru Справочник по элетронным компонентам) (<http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic>

- /Atmel/micros/avr/attiny2313.htm
1) / - Назва з екрана
4. Денбновецький С.В., Лещишин О.В. Електронні системи: навч. посіб. / С.В. Денбновецький, О.В. Лещишин. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 288 с.
5. Детектори іонізуючого випромінювання / [Електронний ресурс]:(divovo.in.ua Головна сторінка) / - режим доступу: <http://divovo.in.ua/radiofizichni-metodi-diagnostiki-materialiv-i-pperedovish.html?page=14/> - Назва з екрана
6. Дозиметр радиации: виды, принцип работы и как его выбрать / [Електронний ресурс]:(elektro.guru Советы опытных электриков) / - режим доступу: [https://elektro.guru/elektrooborudovanie/bytovaya-tehnika/drugie-](https://elektro.guru/elektrooborudovanie/bytovaya-tehnika/drugie-pribory/kak-pravilno-vybrat-dozimetr-radiacii.html/)
- pribory/kak-pravilno-vybrat-dozimetr-radiacii.html/ - Назва з екрана
7. Philips 18504 Alpha Beta Gamma Neutron Geiger Muller Tube Nuclear Radiation Sensor / [Електронний ресурс]:(rhelectronics.net RH electronics) / - режим доступу: <http://www.rhelectronics.net/store/philips-18504-alfa-beta-gamma-geiger-muller-counter-tube.html/> - Назва з екрана
8. Счетчик Гейгера СБМ 20-1 / [Електронний ресурс]:(mydozimetr.ru Первый специализированный магазин дозиметров и нитрат-тестеров) / - режим доступу: <https://mydozimetr.ru/catalog/sbm-20-1/> - Назва з екрана