

Radiometr – Dozymetr

Miernik promieniowania jonizującego

Amatorskie przyrządy do pomiaru promieniowania jonizującego zyskały popularność niedługo po katastrofie w Czarnobylu, gdy w kraju i na świecie zapanowała obecna do dziś w społeczeństwie „radiofobia”.

Wraz z upływem czasu, temat ten został zapomniany, i obecnie konstrukcje dozymetrów w zasadzie nie pojawiają się już tak często na łamach czasopism elektronicznych.

Rekomendacje: serwisy sprzętu RTG, gabinety zabiegowe, służby nadzoru kopalni. Mimo pewnych trudności, lampy SBM-20 można nabyć w firmie GSTUBE (www.gstube.com)



Podstawą konstrukcji najprostszych dozymetrów jest lampa Geigera-Mullera, którą jednocześnie najtrudniej zdobyć. Gdy w ręce wpadła mi lampa rosyjskiej produk-

cji SBM-20, to zrodził się pomysł zmierzenia się z konstrukcją amatorskiego radiometru o możliwie jak najprostszej konstrukcji. Zaprezentowany w niniejszym artykule radiometr umożliwia pomiar mocy równoważnika dawki (MRD), równoważnika dawki (RD), generowanie alarmów po przekroczeniu zadanego progu mocy dawki, oraz rejestrację wartości oraz czasu wystąpienia maksymalnej wartości mocy dawki.

Dzięki powszechnie dostępnej dokumentacji lampy SBM-20 oraz znanej charakterystyce, udało się uniknąć kalibracji urządzenia, która w warunkach amatorskich jest w zasadzie niewykonalna.

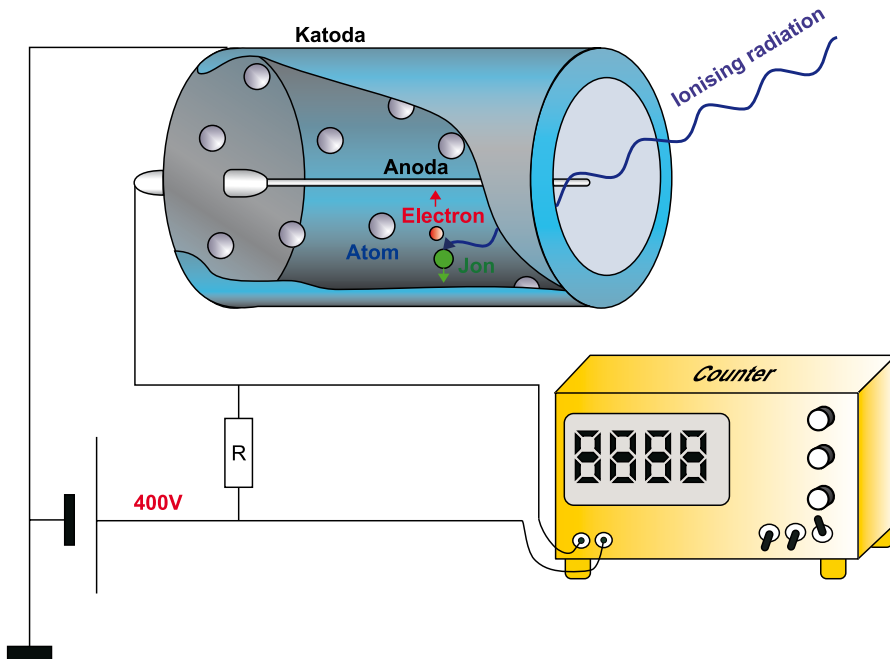


AVT-5204

W ofercie AVT:
AVT-5204A – płytka drukowana

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Napięcie zasilania 3,5...15 V (4 baterie R6)
- Pobór prądu ok 15 mA
- Wyświetlacz LCD 2×8 znaków
- Zakres energetyczny pomiaru promieniowania X i γ
- Pomiar mocy równoważnika dawki w zakresie od 0,01 $\mu\text{S/h}$ do 999,9 $\mu\text{S/h}$
- Pomiar równoważnika dawki w zakresie od 0,00001 mSv do 9999 mSv
- Możliwość generacji alarmu po przekroczeniu nastawionej mocy dawki
- Rejestracja zdarzenia wystąpienia mocy dawki maksymalnej
- Możliwość wyboru algorytmu pomiarowego



Rys. 1. Budowa dozymetru (źródło: en.wikipedia.org/wiki/Geiger-M%C3%BCller_tube)

Dawka ekspozycyjna – suma ładunków elektrycznych, jonów jednego znaku wytworzonych w jednostce masy suchego powietrza w warunkach normalnych wskutek jonizacji wywołanej promieniowaniem X lub γ . Dawka ekspozycyjna jest miarą zdolności jonizacji promieniowania przenikliwego w powietrzu. Jednostką dawki ekspozycyjnej w układzie SI jest kulomb na kilogram [C/kg]. Starszą jednostką był rentgen R. [1R=2,58*10E-4].

Moc dawki ekspozycyjnej – jest to dawka ekspozycyjna X przypadająca na jednostkę czasu. Jednostką mocy dawki ekspozycyjnej w układzie SI jest [A/kg]. Starszą jednostką był R/h.

Równoważnik dawki – jest to dawka pochłonięta w danej tkance lub narządzie T z uwzględnieniem skutków biologicznych wywołanych przez różne rodzaje promieniowania.

Moc równoważnika dawki – jest to równoważnik dawki pochłonięty w jednostce czasu. Najczęściej przyjmuje się wartość dla całego ciała przy napromieniowaniu jednym rodzajem promieniowania. Jednostką w układzie SI jest siwert na sekundę [Sv/s]. Starszą jednostką był rem [1 rem=0,01 Sv].

Lampa G-M SBM-20 oraz teoretyczne podstawy pomiaru

Sercem radiometru RM-1 jest lampa Geigera-Mullera SBM-20, która służy do pomiarów promieniowania jonizującego. Lampa ta jest metalową rurą wypełnioną mieszaniną gazów Neonu – Argonu i Bromu pod bardzo niskim ciśnieniem (rzędu 0,1 Atm). Elektrode dodatnią (Anodę), stanowi wewnętrzna elektroda w postaci pręta, natomiast elektrodę ujemną (Katodę) stanowi zewnętrzna rura (rys. 1). Anoda lampy podłączona jest

do źródła wysokiego napięcia (400 V) za pomocą rezystora anodowego o wartości kilkunastu M Ω (10 M Ω).

Kwanty promieniowania jonizującego przecinające powierzchnię lampy powodują jonizację pojedynczych cząsteczek gazów, w wyniku czego powstają pary elektron-jon. Silne pole elektryczne powoduje przyspieszenie jonów, które podążają w kierunku katody oraz elektronów, które również podążają w kierunku katody. Przemieszczające się cząsteczki mają wystarczającą energię do

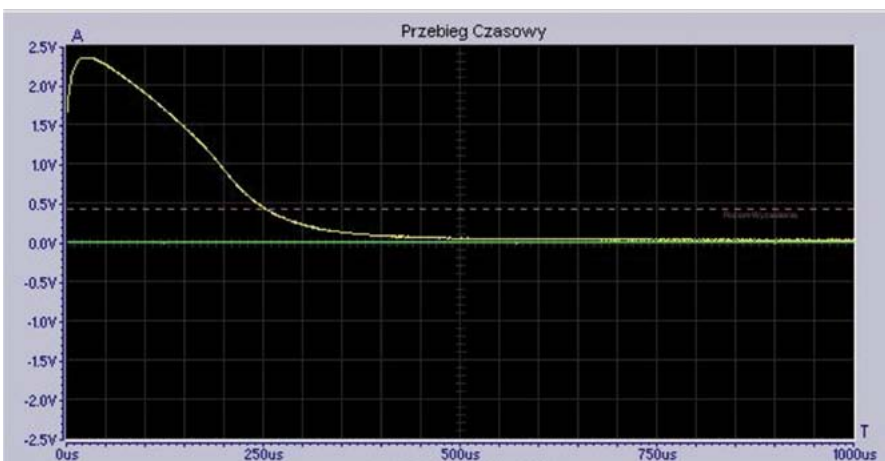
jonizacji kolejnych cząsteczek gazów, co powoduje powstanie wyładowania lawinowego, którego wynikiem jest przepływ krótkotrwałego impulsu prądowego, ograniczonego za pomocą rezystora anodowego. Na rys. 2 przedstawiono przebieg prądu anodowego impulsu powstałego w wyniku przejścia przez lampę Geigera-Mullera SBM-20 cząstki promieniowania jonizującego.

Każda przebiegająca cząstka powoduje wygenerowanie impulsu prądowego o bardzo krótkim czasie narastania oraz czasie opadania rzędu kilkuset mikrosekund. Czas opadania nazywany jest czasem martwym licznika, ponieważ lampa nie reaguje na kwanty promieniowania. Czas ten powinien być jak najkrótszy, ponieważ od niego zależy maksymalna dawka promieniowania, przy której lampa jest w stanie pracować poprawnie. Zgodnie z danymi katalogowymi lampy SBM-20, minimalna wartość czasu martwego wynosi 190 μ s.

Zakres widma promienia jonizującego, na które wrażliwa jest lampa zależy od jej konstrukcji. Lampy czułe na mniej przenikliwe typy promieniowania α i β mają specjalne okienko wykonanie z miki, natomiast najbardziej popularne lampy, takie jak SBM-20, czułe na promieniowanie X oraz γ , najczęściej wykonane są w postaci jednolitego, metalowego walca. Ilość impulsów zliczona w danej w jednostce czasu jest proporcjonalna do mocy dawki ekspozycyjnej (X). Jest to wartość stała dla lampy danego typu oraz danej energii promieniowania, która zgodnie z danymi katalogowymi lampy SBM-20 wynosi dla niej 29 impulsów/sekundę na 1 mR/s w przypadku radioizotopu Ra-226 oraz 22 impulsy/sekundę na 1 mR/s w przypadku radioizotopu Co-60. W przypadku amatorskiego licznika możemy zatem śmiało założyć, że średnia czułość licznika SBM-20 wynosi 25 impulsów/sekundę dla mocy dawki ekspozycyjnej równej 1 mR/godzinę. A zatem, ilość impulsów zliczonych w czasie 40 sekund, będzie odpowiadać mocy dawki ekspozycyjnej wyrażonej w μ R/godzinę.

Lampa G-M umożliwia bezpośredni pomiar mocy dawki ekspozycyjnej X. Większość liczników Geigera-Mullera wyświetla moc równoważnika dawki, ponieważ pozwala on ocenić skutki biologiczne oddziaływania promieniowania jonizującego, co najczęściej jest dla nas najbardziej interesujące. Lampa G-M nie pozwala dokładnie określić energii promieniowania jonizującego, a zatem bezpośrednio na podstawie zliczonych impulsów nie da się dokładnie wyznaczyć mocy równoważnika dawki.

Jednak dla naszych potrzeb, dla źródeł promieniowania γ oraz X, można w bardzo dużym przybliżeniu przyjąć, że: 1 R \approx 1 rad \approx 1 rem \approx 10 mSv. Tym założeniem kierowano się pisząc oprogramowanie dla urządzenia.



Rys. 2. Przebieg prądu anodowego



WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1: 100 kΩ
- R2: 180 Ω
- R3: 0,22 Ω/1 W
- R4: 62,5 kΩ
- R5, R6: 10 MΩ
- R7: 470 kΩ
- R8, R9: 5,1 MΩ
- R10, R13: 220 kΩ
- R11: 200 kΩ
- R12: 68 kΩ
- R14, R19: 33 kΩ
- R15: 22 kΩ
- R16, R17, R18, R22: 10 kΩ
- R20: 5,1 kΩ
- R21: 360 Ω
- P1: 22 kΩ

Kondensatory

- C1, C2, C4, C7, C13, C14, C17, C18, C23... C26, : 100 nF
- C3, C5: 100 μF/16 V
- C6: 470 μF/16 V
- C8, C9: 1 nF
- C10: 1 μF/400 V
- C11: 27 pF/400 V
- C12, C19...C22: 27 pF
- C15, C16: 1 μF/16 V

Półprzewodniki

- U1: LF33ABPT
- U2: MC34063
- U3: LM358
- U4: STM32F101
- DZ1: dioda Zenera 4,7 V
- D1: UF4007
- D2: LL4148
- D3, D4: BAT43
- D5: LED

Inne

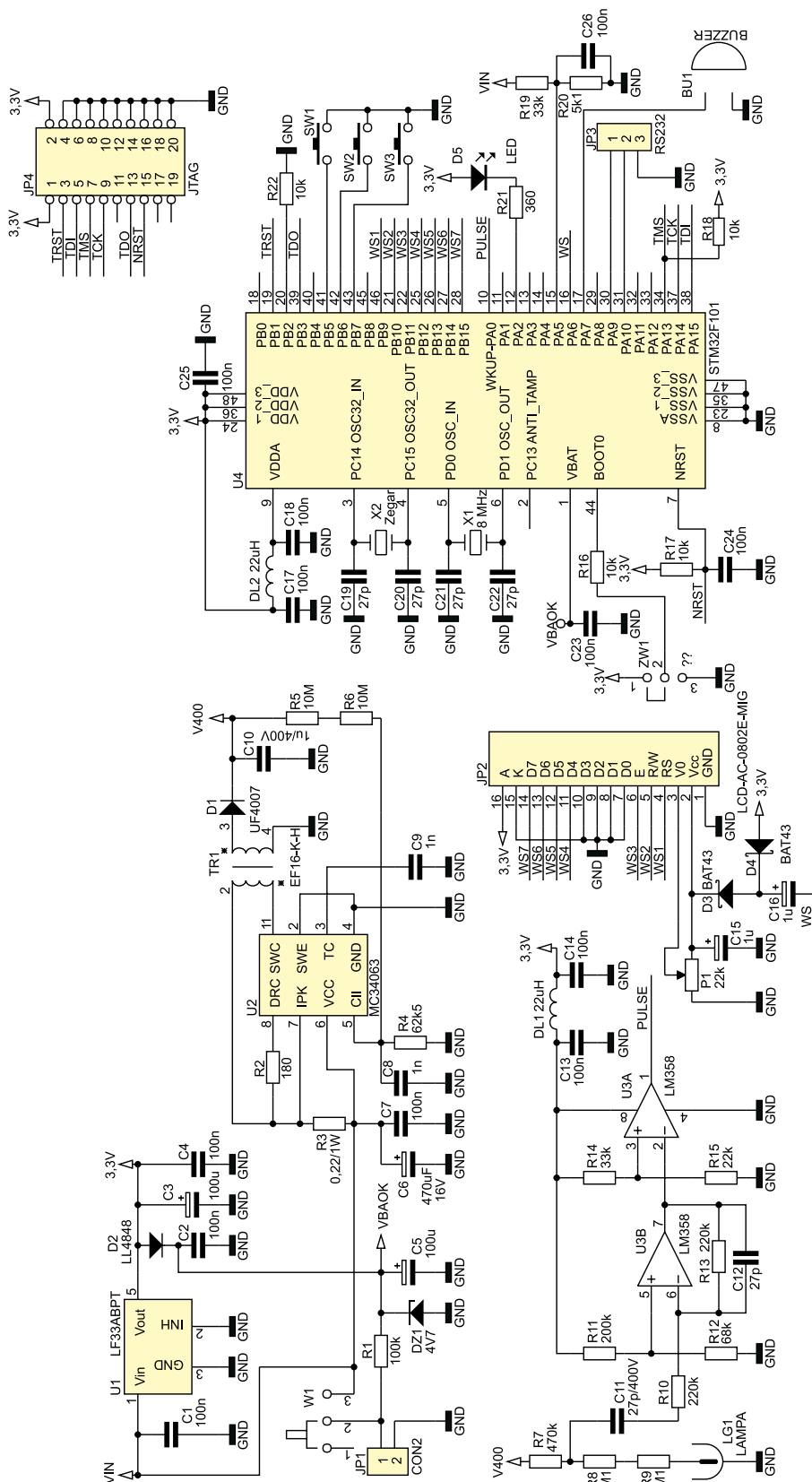
- LG1 – lampa
- SW1...SW3 – mikrowłazcznik
- JP1: goldpin 1×2
- JP2: goldpin 2×8
- JP3: RS232
- JP4: goldpin 2×10
- BU1: Buzzer
- X1: kwarc 8 MHz
- X2: Zegar
- DL1, DL2: 22 μH
- TR1: EF16-K-H
- ZW1: goldpin 1×3 + jumper
- W1: Włazcznik

Budowa

Na rys. 3 umieszczono schemat elektryczny radiometru. Możemy tutaj wyróżnić trzy główne bloki funkcjonalne:

- Blok zasilacza bateryjnego.
- Blok formowania impulsów cyfrowych.
- Blok jednostki centralnej.

Zadaniem bloku zasilacza jest dostarczenie napięć zasilających 400 V do zasilania lampy G-M oraz 3 V do zasilania pozostałej części układu. Jako źródło energii zastosowano cztery baterie R6, jednak układ zaprojektowano tak, aby z powroddeniem mógł pracować w zakresie napięć zasilających 3,5...15 V. Napięcie 3 V zasilające mikrokontroler oraz blok formowania impulsów dostarczane jest przez stabilizator LDO (U1) pracujący w klasycznej, zalecanej przez producenta aplikacji. Charakteryzuje go bardzo



Rys. 3. Schemat ideowy dosytmierza

mały pobór prądu zasilania (rzędu 0,5 mA) oraz praca przy bardzo małej różnicy napięć (około 200 mV), co jest istotne przy zasilaniu bateryjnym. Przetwornicę dostarczającą wysokie napięcie (400 V) zrealizowano z zastosowaniem specjalizowanego układu MC34063 (U2), który zawiera w sobie generator, komparator, ogranicznik prądowy, źró-

dło napięcia referencyjnego, układy logiczne oraz tranzystor wyjściowy o wydajności prądowej 1,5 A. Do prawidłowego działania układ potrzebuje dosłownie kilkunastu elementów zewnętrznych.

Częstotliwość pracy przetwornicy wynosi około 30 kHz i jest wyznaczana przez kondensator C5 o pojemności 1 nF. Zada-

niem rezystora R2 jest ograniczenie maksymalnego prądu szczytowego i tym samym zabezpieczenie wewnętrznego tranzystora w przypadku zwarcia.

Do kolektora wewnętrznego tranzystora wyjściowego dołączone jest uzwojenie pierwotne transformatora wysokiego napięcia TR1 o przekładni 1:25. Do uzwojenia wtórnego dołączono prostownik jednopółkowy z szybką diodą prostowniczą D1 (UF4007) oraz kondensatorem C6 (1 μ F/400 V). Jako C6 konieczne należy zastosować kondensator MKSE charakteryzujący się małą upływnością. Stanowczo odradzam tu zastosowanie kondensatora elektrolitycznego.

Wartość napięcia wyjściowego przetwornicy (400 V) jest ustalana przez dzielnik rezystancyjny ujemnego sprzężenia zwrotnego zbudowany z rezystorów R5, R6 i R7. Przepływ prądu przez lampę G-M ma miejsce jedynie w krótkich chwilach jonizacji gazu i jest ograniczony do wartości 40 μ A przez rezystory R1, R2 i R3 (suma wartości ich rezystancji to ok. 10 M Ω). Przetwornica praktycznie przez cały czas pracuje w trybie jałowym, a więc bardzo istotny jest pobór prądu przetwornicy bez obciążenia, ponieważ głównie od niego będzie zależał czas życia baterii. Głównymi składowymi prądu jałowego przetwornicy są prąd zasilania układu MC34063 oraz dzielnika rezystancyjnego sprzężenia zwrotnego (20 μ A). Ustalona wartość jest kompromisem pomiędzy stabilnością pracy układu, a poborem prądu w stanie spoczynkowym. Również z uwagi na minimalizację prądu spoczynkowego należy zastosować kondensator C6 o jak najmniejszej upływności (MKSE).

Z uwagi na wysokie napięcie wyjściowe, po stronie wtórnej zastosowano przewlekle metalizowane rezystory o mocy 0,6 W. Napięcie Vbat służy do utrzymania pracy zegara RTC oraz pamięci wewnętrznej przechowującej nastawy. Jest ono stabilizowane za pomocą klasycznego stabilizatora parametrycznego z diodą Zenera DZ1 i rezystorem R1. Zasilanie RTC podłączone jest z pominięciem wyłącznika W1. Zadaniem kondensatora C2 (100 μ F) jest dostarczenie energii dla zegara RTC przez czas około 1 minuty, co umożliwi wymianę baterii bez utraty ustawień konfiguracyjnych.

Blok formowania impulsów cyfrowych zrealizowano z zastosowaniem popularnego, podwójnego wzmacniacza operacyjnego typu LM358. Zasilanie układu dostarczane jest za pośrednictwem filtra LC zbudowanego z cewki L1 oraz kondensatorów C2 i C3. Jego zadaniem jest eliminacja zakłóceń pochodzących z części cyfrowej układu.

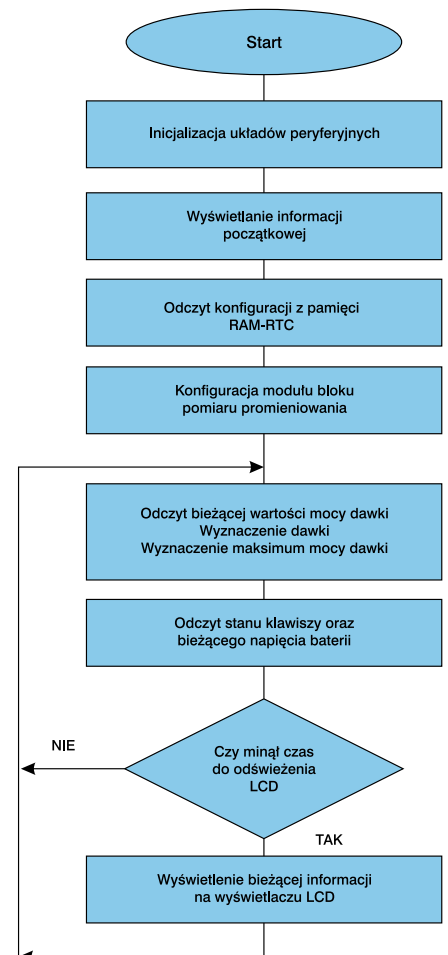
Wzmacniacz operacyjny U1B pracuje w charakterze klasycznego układu różniczkującego. Umożliwiło to oddzielenie za pomocą taniego kondensatora wysokonapięciowego C9 (27 pF/400 V) wysokiego względem

masy napięcia, występującego na rezystorach R2 i R3, bez konieczności stosowania bardzo drogich wzmacniaczy operacyjnych mających wejścia przystosowane do pracy przy wysokim potencjale.

Z uwagi na dużo mniejszą podatność na zakłócenia, sygnał z lampy G-M musi być pobierany od strony anody. W wyniku przejścia cząstki promieniowania jonizującego na wyjściu wzmacniacza U1B powstają krótkie impulsy szpilkowe, które podawane są na klasyczny komparator zbudowany z użyciem drugiego wzmacniacza operacyjnego - U1A. Wyjście wzmacniacza stanowi sygnał PULSE podawany do bloku jednostki centralnej urządzenia.

Jednostkę centralną radiometru zrealizowano w oparciu o nowoczesny, energooszczędny, tani mikrokontroler STM32F101C6T6. Układ ten ma jednostkę centralną ARM CORTEX M3 mogącą pracować z maksymalną częstotliwością 36 MHz, 32 KB pamięci FLASH, 6 KB pamięci RAM, zegar RTC, 12-bitowy przetwornik A/C. Wewnętrzny generator PLL układu taktowany jest za pomocą rezonatora kwarcowego X1 o częstotliwości 8 MHz. Częstotliwość ta może być powielona, jednak ze względu na to, że układ nie wykonuje żadnych skomplikowanych, czasochłonnych obliczeń oraz energooszczędność, pętla PLL jest wyłączona i układ jest taktowany z częstotliwością wyznaczoną przez rezonator kwarcowy (8 MHz).

Rezonator X2 o częstotliwości 32768 Hz służy do taktowania wewnętrznego zegara RTC. Zasilanie analogowe mikrokontrolera oddzielone jest od części cyfrowej za pomocą prostego filtra typu LC C22-C23-DL1. Układ zerowania mikrokontrolera został zrealizowany z wykorzystaniem prostego układu RC (R18-C20). Do linii PB5-PB7 podłączono 3 przełączniki bistabilne pełniące rolę klawiatury. Diodę LED1 oraz buzzer BUZ1 pełniące rolę sygnalizatora optycznego i akustycznego przebiegu cząstki oraz sygnalizacji alarmu, dołączono odpowiednio do linii PA2, PA7. Napięcie baterii dołączone jest do wejścia przetwornika A/C, co umożliwi sygnalizację konieczności wymiary baterii. Wyniki pomiarów prezentowane są na wyświetlaczu LCD 2x8 znaków, który charakteryzuje się bardzo ładnym wyglądem i bardzo małym poborem prądu pobieranym przez podświetlenie. Jest to klasyczny wyświetlacz z kontrolerem HD44780, który został podłączony do mikrokontrolera w trybie 4-bitowym. Linie danych D4-D7 dołączono do portów PB12-PB15 mikrokontrolera, natomiast linie sterujące RS, RW, E odpowiednio do linii portów PB9...PB11. Niestety, wyświetlacz do prawidłowej pracy wymaga napięcia zasilającego o wartości 5 V, natomiast mikrokontroler zasilany jest napięciem 3 V. Aby umożliwić maksymalne wykorzystanie pojemności



Rys. 4. Algorytm funkcjonowania pętli głównej

baterii, zamiast stabilizatora napięcia +5 V zasilającego wyświetlacz, napięcie dostarczane jest przez podwójacz napięcia zrealizowany z zastosowaniem dwóch diod BAT43 oraz kondensatorów C33 i C34. Sygnał prostokątny dla podwójacza dostarczany jest bezpośrednio z linii portu PA6, sterowanej ze sprzętowego kanału PWM mikrokontrolera. Programowanie mikrokontrolera możliwe jest na dwa sposoby: za pomocą JTAG-a, którego sygnały zgodne ze standardem Wiggler dostępne są złącza ZL1; za pomocą programatora i portu szeregowego, które zostało wyprowadzone na złącze Z2. Zwora ZW1

R E K L A M A



umożliwia uruchomienie wewnętrznego bootloadera szeregowego i została dołączona do linii BOOT0.

Oprogramowanie

Oprogramowanie zostało napisane w języku C standard GNU-99 z wykorzystaniem kompilatora gcc. Od strony funkcjonalnej umożliwia wyświetlanie: mocy równoważnika dawki, równoważnika dawki, maksymalnej wartości równoważnika dawki oraz rejestrację czasu i wartości maksymalnej wartości mocy dawki dawki. Wyniki pomiaru mogą być przedstawione w jednostkach SI lub w zwyczajowych (tradycyjnych) jednostkach. Dodatkowo mamy możliwość ustalenia Alarmu przekroczenia mocy dawki z krokiem od 20 μ S/h do 200 μ S/h z krokiem co 20 μ S/h, oraz ustawienia wyświetlenia bieżącego czasu prowadzonego przez zegar RTC. Przekroczenie poziomu zadanej mocy dawki Alarmu powoduje wygenerowanie przerywanego alarmu dźwiękowego o czasie trwania jednej minuty. Oprócz wizualizacji na ekranie LCD każda przelatująca cząstka powoduje krótkie błysnięcie diody LED1 oraz charakterystyczne kliknięcie w głośniczku.

Na rys. 4 przedstawiono algorytm pętli głównej urządzenia.

Program rozpoczyna pracę od inicjalizacji niezbędnych układów peryferyjnych. Inicjalizowany jest kontroler przerwań NVIC, Timer systemowy SYSTICK prowadzący przerwanie zegarowe, wyświetlacz LCD, przetwornik A/C. Układ czasowo licznikowy T1 pracuje w trybie dwukanałowego generatora PWM. Jeden z kanałów służy do generowania przebiegu prostokątnego do zasilania podwajacza napięcia zasilania wyświetlacza LCD. Drugi kanał wykorzystywany jest do generowania sygnału akustycznego 1000 Hz dla buzzera.

Po zainicjalizowaniu układów peryferyjnych na wyświetlaczu LCD wyświetlana jest informacja powitalna, a następnie wykonywana jest konfiguracja modułu promieniowania jonizującego. Impulsy z lampy G-M zliczane są za pomocą układu czasowo-licznikowego T2 pracującego w trybie licznika impulsów zewnętrznych lub trybie capture, o czym w dalszej części artykułu. Po wykonaniu czynności konfiguracyjnych program wchodzi do pętli głównej, gdzie najpierw wyznaczany jest bieżący poziom promieniowania jonizującego oraz prowadzone są wszelkie obliczenia dodatkowe, np. pomiar równoważnika dawki czy rejestracja wartości maksymalnej. Następnie sprawdzany jest stan klawiatury i w zależności od wciśniętych klawiszy wysyłane są komunikaty do bloku przetwarzania i wyświetlania. Ostatnią czynnością jest wyświetlenie wartości zmierzonej lub odpowiedniego menu co 1/4 sekundy.

Algorytm wyznaczania dawki równoważnej oparty jest o zliczanie impulsów z licz-

nika G-M uformowanych wcześniej przez blok formowania impulsów. Jak wcześniej wspomnieliśmy liczba impulsów zliczonych w czasie 40 s odpowiada mocy dawki ekspozycyjnej wyrażonej w uR/h. Konfigurując zatem układ czasowo-licznikowy T2 w tryb zliczania impulsów zewnętrznych, a następnie zliczając liczbę impulsów przez okres 40 sekund, w rejestrze TIM2_CNT otrzymamy bezpośrednio wynik pomiaru. Metoda ta nie jest zbyt wygodna, ponieważ na wynik pomiaru trzeba czekać aż 40 sekund, więc została ona zaimplementowana jedynie jako metoda opcjonalna, którą możemy wybrać z menu konfiguracji urządzenia. Aby przyrząd mógł wyświetlać pomiary na bieżąco, zastosowano algorytm pomiaru polegający na zliczaniu odstępu czasu pomiędzy kolejnymi impulsami za pomocą trybu „Capture” układu czasowo licznikowego T2. Impulsy powstałe w wyniku przebiegu cząstki promieniowania jonizującego powodują zgłoszenie przerwania CAPTURE licznika T2, które w buforze kołowym zapisuje timestamp zdarzenia:

```
//Capture event flag clear
TIM2->SR &= ~SR_CC1IF;
//Counting algorithm
samples[samplesWrPos++] =
((uint32_t)timerHi << 16) | TIM2-
>CCR1;
if(samplesWrPos >=
(samplesLength+SAMPLEBUF_MARGIN))
{
    samplesWrPos = 0;
}
//Blink Led
LED_ON();
TimLed = LED_TIMEOUT;
//Click buzzer
buzzer_click();
```

Nie możemy tutaj liczyć bezpośrednio mocy dawki tylko na podstawie dwóch sąsiednich próbek, ponieważ moment jonizacji gazu przez kwant promieniowania ma charakter losowy, przez co wyniki byłyby zbyt chaotyczne (liczniki G-M wykorzystuje się czasem w charakterze generatora liczb losowych). Aby wynik pomiaru był stabilny, musimy zebrać odpowiednią liczbę próbek, a następnie przeprowadzić całkowanie. Za wyznaczenie wyników pomiaru odpowiedzialna jest funkcja *calcstd_radiation()*:

```
//Calculate current radiation
static int calcstd_
radiation(void)
{
    uint32_t diff;
    uint64_t sum = 0;
    uint32_t n = 0;

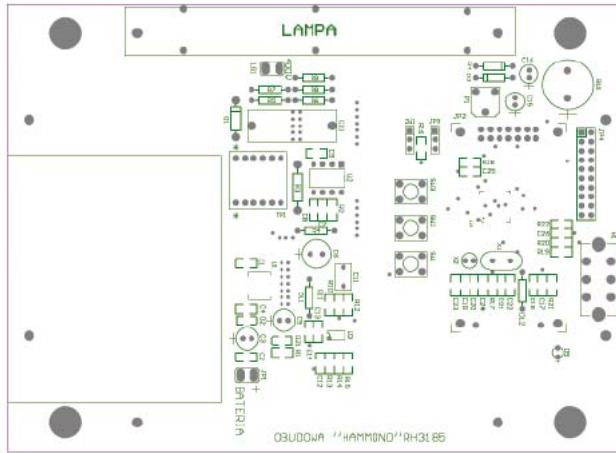
    for (
        uint32_t
        i=0, sWr=samplesWrPos,
```

```
i0=(sWr+samplesLength+SAMPLEBUF_
MARGIN-
1)%(samplesLength+SAMPLEBUF_
MARGIN),
        i1=
(sWr+samplesLength+SAMPLEBUF_
MARGIN-
2)%(samplesLength+SAMPLEBUF_
MARGIN);
        i<samplesLength-1;
        i++,
        i0=(samplesLength+SAMPLEBUF_
MARGIN-
1+i0)%(samplesLength+SAMPLEBUF_
MARGIN),
        i1=(samplesLength+SAMPLEBUF_
MARGIN-
1+i1)%(samplesLength+SAMPLEBUF_
MARGIN)
    )
    {
        diff = samples[i0] -
samples[i1];
        //Only if time is valid
        if(diff>10 && diff<8000000)
        {
            sum += diff;
            n++;
        }
    }
    //Too small samples count
    if(n<9) return 0;
    //Calculate dose rate
    return 8000000.0 / ( (float)
sum / (float)n ) + 0.5 ;
}
```

Zadaniem tej funkcji jest wyznaczenie wartości mocy dawki ekspozycyjnej na podstawie próbek zebranych w buforze kołowym. Wyznaczana jest różnica ze znaczników czasowych pomiędzy próbkami, w wyniku czego wyznaczamy czas jaki upłynął pomiędzy dwoma jonizacjami. Różnica czasu jest następnie jest całkowana i po przeliczeniu wyznaczana jest bieżąca wartość dawki ekspozycyjnej. Aby wynik pomiaru był wiarygodny, w buforze kołowym musi być zebranych minimum dziewięć próbek. Zmieniając wielkość bufora kołowego mamy możliwość zmiany czasu całkowania. Oprogramowanie umożliwia wybór krótkiego czasu całkowania (tryb SHORT) o długości 40 próbek. Średniego czasu całkowania (tryb MEDIUM) o wielkości 100 próbek, oraz długiego czasu całkowania (tryb LONG) o wielkości 400 próbek.

Montaż i uruchomienie

Radiometr umieszczono w obudowie HAMMOND RH-3185. W przedniej części obudowy zostały wycięte otwory na wyświetlacz oraz wywiercono otwory na klawisze. Całość pokryto folią z przygotowanym nadrukiem, klawiaturę. Płyta czołowa urządzenia jest zupełnie płaska.



Rys. 5. Schemat montażowy dozymetru

Oprócz przygotowania obudowy, we własnym zakresie będziemy musieli również przygotować transformator TR1 do przetwornicy. Do wykonania transformatora wykorzystano dwie połówki rdzenia ferrytowego EF16-R-0.0-3C90 oraz karkas EF-16-K-H-12P-12,5, które można nabyć w firmie FERYSSTER. Przy nawijaniu transformatora bardzo istotne jest zastosowanie odpowiednich przekładek izolacyjnych pomiędzy poszczególnymi warstwami uzwojenia. W charakterze przekładek między warstwowymi można wykorzystać na przykład kawałki przezroczystej taśmy biurowej, albo innego

dielektryka. Wykonanie transformatora rozpoczynamy od nawinięcia uzwojenia pierwotnego 12 zwojów drutem nawojowym DNE0.35. Uzwojenie pierwotne od wtórnego należy oddzielić za pomocą dwóch przekładek izolacyjnych. Następnie przystępujemy do nawinięcia uzwojenia wtórnego transformatora – 300 zwojów drutem nawojowym DNE0.1 pamiętając, aby każde sąsiadujące warstwy drutu oddzielić za pomocą przekładek izolacyjnych.

Po nawinięciu uzwojeń na karkasie należy złożyć cały transformator z dwóch połówek rdzenia, a następnie zalać żywicą epok-

sydową. Należy pamiętać również o zaznaczeniu początków uzwojeń, oraz nawinięciu uzwojenia pierwotnego i wtórnego w tym samym kierunku.

Płytkę drukowaną wykonano w technologii dwustronnej z metalizacją, a schemat montażowy przedstawiono na rys. 5. Montaż rozpoczynamy od wlotowania elementów dyskretnych SMD, a następnie montujemy elementy przewlekane od najmniejszych do największych. Montaż przebiega w sposób klasyczny i nie powinien przysporzyć większych problemów. Proces uruchomienia urządzenia rozpoczynamy od podłączenia w miejsce baterii zasilacza z ograniczeniem prądowym 0,1 A i napięciu wyjściowym 6 V. Pobór prądu przez układ powinien mieścić się w granicach 15...30 mA. Następnie sprawdzamy napięcia zasilające. Rozpoczynamy od sprawdzenia napięcia zasilającego mikrokontroler na wyjściu stabilizatora U1, które powinno być zbliżone do wartości 3,3 V. Następnie należy sprawdzić na kondensatorze C6 obecność napięcia zasilającego lampę, które powinno być zbliżone do 400 V. W przypadku braku tego napięcia należy sprawdzić czy początki i końce uzwojeń transformatora podłączone są prawidłowo i ewentualnie zamienić początek z końcem jednego z uzwojeń. W przypadku, gdy napięcie zasilające różni się od 400 V o więcej niż ± 20 V należy skory-

REKLAMA

MONTAŻ PŁYTEK ELEKTRONICZNYCH

Linia montażowa oparta o urządzenia:

JUKI ERSA EKRA

Wykonujemy szablony SMT wycinane laserowo na najnowszej obrabiarce firmy:

ul. Zwoleńska 43/43a, 04 - 761 Warszawa

tel. 022 615 73 71, 022 615 64 31

info@semicon.com.pl www.semicon.com.pl

REKLAMA

Produkcja od etapu projektu.




Rys. 6. Ekran dozymetru

gować wartość rezystancji w ujemnym sprzężeniu zwrotnym przetwornicy.

Gdy napięcia zasilające są poprawne, możemy przystąpić do programowania mikrokontrolera. W tym celu do złącza J1 dołączamy JTAG BF-20, a następnie przystępujemy do programowania mikrokontrolera za pomocą programu *openocd*. Musimy tutaj użyć wersji 0.1 lub starszej. Kasowanie pamięci mikrokontrolera oraz zaprogramowanie pamięci FLASH przeprowadzamy z konsoli tekstowej za pomocą jednego polecenia: `openocd -f scripts/stm32.cfg -c init -c .flash.script -c shutdown`. Po kilkunastu sekundach mikrokontroler powinien się zaprogramować, a na wyświetlaczu powinien pojawić się ekran powitalny i następnie radiometr powinien przejść do trybu pomiaru. Na wyświetlaczu powinna być widoczna bieżąca wartość mocy równoważnika dawki, a w głośniczku powinny być słyszalne charakterystyczne „trzaski” powstające w wyniku przecinania licznika G-M przez kwanty promieniowania. W takt „trzasków” powinno być jednocześnie widoczne błyskanie diody LED.

W przypadku, braku napisów na wyświetlaczu należy sprawdzić obecność napięcia zasilającego wyświetlacz LCD które powinno być zbliżone do wartości 5V, a następnie wyregulować kontrast za pomocą potencjometru P1.



Obsługa urządzenia



Obsługa urządzenia jest stosunkowo prosta. Jest ono obsługiwane za pomocą trzech przycisków. Przycisk  służy do wyboru


wyświetlanego ekranu. Kolejne wciśnięcia tego klawisza będą powodowały cykliczne zmienianie się zawartości wyświetlacza w następującej kolejności: Ekran główny – równoważnik mocy dawki; Wartość maksymalna mocy równoważnika dawki; Równoważnik dawki pochłoniętej od momentu włączenia przyrządu; Godzina i data; Wejście do trybu konfiguracji


Jako pierwszy po włączeniu wyświetlany jest ekran wyświetlający bieżącą moc równoważnika dawki (rys. 6).

W górnej linii prezentowana jest wartość zmierzona, natomiast w dolnej linii wyświetlana jest aktualnie wybrana jednostka pomiaru oraz pasek informujący w sposób tekstowy o aktualnej mocy równoważnika dawki. *Low* ($ht < 0,79 \mu S/h$) – oznacza niski (normalny poziom promieniowania jonizującego), *Med* ($0,79 \mu S/h > ht < 1,29 \mu S/h$) – oznacza podwyższony poziom promieniowania jonizującego, *Hi* ($1,29 \mu S/h > ht < 2,49 \mu S/h$) – oznacza wysoką wartość promieniowania jonizującego, *VHI* ($ht > 2,49 \mu S/h$) – oznacza bardzo wysoki poziom promieniowania. W przypadku, gdy bateria jest na granicy rozładowania zamiast informacji o promieniowaniu wyświetlany jest napis *BAT* informujący o tym, że należy wymienić baterię.

Klawisz  umożliwia powrót do ekranu głównego za pomocą pojedynczego kliknięcia, natomiast klawisz  umożliwia na ekranie maksimum równoważnika dawki, oraz równoważnika dawki skasowanie aktualnie naliczonej wartości.

Aby wejść do menu konfiguracyjnego należy wejść w ekran konfiguracji wciskając kilkakrotnie klawisz , a następnie wcisnąć klawisz znajdujący się nad napisem OK. W tym trybie mamy możliwość przechodzenia pomiędzy ekranami konfiguracyjnymi za pomocą standardowego klawisza zmiany ekranów, natomiast wciśnięcie klawisza 

będzie powodować zmianę stanu wybranej wartości. Zatwierdzenie wybranych nastaw i wyjście z trybu konfiguracji następuje po wciśnięciu klawisza .

W menu konfiguracyjnym mamy możliwość wyboru jednostek pomiaru zgodnych z układem SI lub jednostkami zwyczajowymi. Mamy również możliwość ustalenia progu alarmu, po przekroczeniu którego nastąpi sygnalizacja akustyczna oraz wybór algorytmu pomiarowego i długości bufora kołowego. W trybie konfiguracji można także dokonać zmian ustawień zegara RTC, co należy wykonać w następujący sposób: będąc w menu konfiguracyjnym nastawy RTC należy nacisnąć klawisz , co spowoduje pojawienie się migającego kursora wskazującego na aktualnie wybrane pole czasu. Przechodzenie pomiędzy tymi polami następuje w wyniku wciśnięcia klawisza zmiany ekranu, natomiast klawisz strzałki umożliwi zmianę wartości wybranego pola. Zatwierdzenie ustawień następuje po kliknięciu przycisku

Podsumowanie

Zaprojektowany układ dozymetru DZ-1, powinien spełniać większość oczekiwań stosowanych w warunkach amatorskich. Niewielki pobór prądu przez urządzenie zapewni wielogodzinną pracę układu na jednym komplecie baterii, co jest bardzo istotne podczas pracy terenowej. Pobór prądu przez urządzenie można jeszcze bardziej ograniczyć wyłączając podświetlenie i zmieniając typ wyświetlacza z FSTN na PSTN. Umożliwi to zredukowanie poboru prądu o kolejne 5 mA.

Należy pamiętać, że w urządzeniu występują wysokie napięcia i dlatego podczas jego uruchamiania należy zachować szczególną ostrożność.

Lucjan Bryndza, EP
[lucjan.bryndza@ep.com.pl](mailto: lucjan.bryndza@ep.com.pl)

R E K L A M M A

2-kanałowy termometr AVT5108 z dwukolorowym wyświetlaczem

www.sklep.avt.pl