

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

# Kieszonkowy licznik Geigera

*Licznik Geigera, a dokładniej Geigera-Mullera, gdyż urządzenie to zostało opracowane przez Hansa Geigera i Waltera Mullera w 1928 roku, jest najpopularniejszym wśród detektorów gazowych. Cząstka jonizująca wpadająca do wnętrza takiego detektora wytwarza w nim ładunek elektryczny, który po wzmocnieniu w samym detektorze oraz w układzie elektronicznym może zostać zarejestrowany w układzie elektroniki odczytu. Jeśli taki licznik zostanie wyposażony w układ programowalny, mogący zliczać impulsy w jednostce czasu czy też szacować dawkę pochłoniętego promieniowania jonizującego, stanie się on pełnowartościowym przyrządem pomiarowym.*

Urządzenie jest zbudowane w oparciu o tubę licznikową STS-5, która często jest stosowana w przenośnych radiometrach/licznikach tego typu. Zliczaniem powstałych po detekcji impulsów zajmuje się mikrokontroler ATmega8, a wyniki prezentowane są na wyświetlaczu LED. W układzie znalazło się także miejsce na przetwornicę podwyższającą, która dostarcza napięcia 400 V do polaryzacji tuby licznikowej. Całe urządzenie jest zasilane baterią 9 V, a jego obsługa sprowadza się do kilku prostych czynności.

Po włączeniu urządzenie jest gotowe do pracy i działa w trybie mierzenia liczby impulsów na sekundę (cps). Kolejne naciśnięcia przycisku „Mode” powodują przejścia do kolejnych trybów pracy: zliczenia na minutę, szacowanie mocy dawki promieniowania pochłoniętego (uSv/h) i bezwzględny licznik impulsów (Counter). Działanie każdego z trybów sygnalizowane jest świeceniem odpowiedniej diody na panelu przednim. Zaświecenie diody  $\times 1000$  świadczy o konieczności pomnożenia wyniku przez 1000. Dodatkowo miganie tej diody raz na 3 sekundy

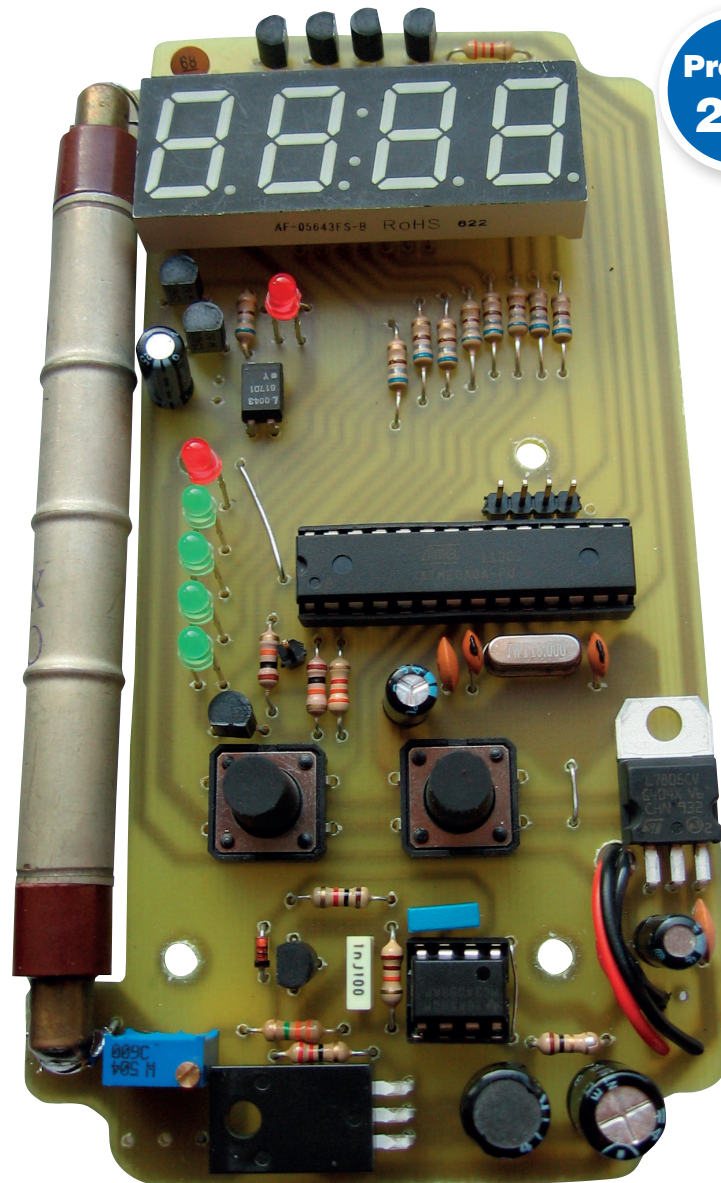
świadczy o przekroczeniu rocznej dopuszczalnej dawki promieniowania 1 mSv/rok dla osób z ogółu ludności, a szybkie miganie świadczy o przekroczeniu dawki pracowniczego 20 mSv/rok. Wszystko to przy założeniu, że aktualnie mierzony poziom promieniowania utrzymuje się przez rok.

Opracowanie układu sprawiło, by znacznie więcej problemów gdyby nie pomoc znanych. Należą tutaj podziękowania dla: Jakuba Moronia za stworzenie programu do sterowania licznikiem, Przemysława Terleckiego za pomoc w budowie przetwornicy podwyższającej i Szymona Kulisa za cenne

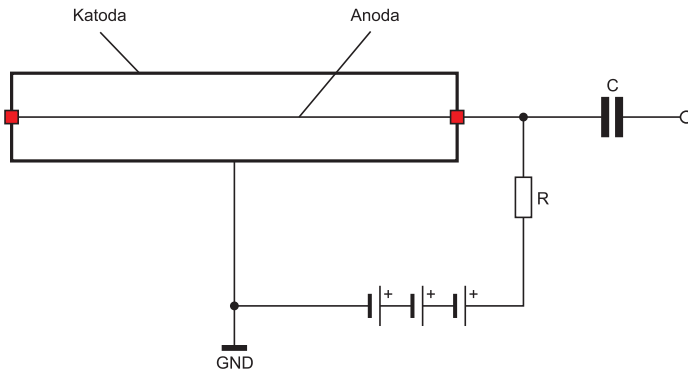
uwagi odnośnie budowy elektroniki odczytu samego detektora.

## Działanie Licznika Geigera

Licznik Geigera obok licznika proporcjonalnego i komory jonizacyjnej należy do grupy detektorów gazowych. Ogólna zasada działania tego typu detektorów (liczników) polega na wytwarzaniu w ich objętości czynnej sygnałów elektrycznych (impulsów prądowych). Impuls prądu elektrycznego przepływający przez opór roboczy wytwarza na nim spadek napięcia (krótkotrwały), czyli impuls napięcia. Ten impuls napięcia



Projekt  
215



Rysunek 1. Zasada działania Licznika Geigera

jest przeważnie sygnałem mierzonym przez współpracujący z licznikiem układ elektroniczny. Cząstki jonizujące wpadając do wnętrza detektora wytwarzają w nim pewną liczbę nośników ładunku. Tymi nośnikami są elektrony oderwane od atomów gazu wewnątrz licznika oraz jony dodatnie tego gazu. Proces ten nazywany jest jonizacją pierwotną. Detektory gazowe mają najczęściej postać kondensatora cylindrycznego. Elektroda wewnętrzna nazywana anodą jest tutaj elektrodą zbiorczą. Zbudowana jest ona jako cienki drut napięty między dwoma izolatorami w osi komory cylindrycznej. Ścianki komory są elektrodą zewnętrzną (katodą) i stanowią jednocześnie obudowę licznika. Ideę działania licznika oraz jego typową konstrukcję przedstawia **rysunek 1**.

Katoda znajduje się zwykle na potencjale masy, wysokie napięcie dodatnie podawane jest na anodę przez rezystor roboczy R. Nie jest to jednak zasadą i zdarzają się inne schematy polaryzacji tuby, tak jak chociażby w przypadku opisywanego układu. W takim klasycznym przykładzie z rysunku 1 impulsy generowane w układzie, w postaci spadku napięcia na anodzie, są ujemne względem wysokiego napięcia zasilającego licznik, a kondensator C stanowi tutaj separację między wysokim napięciem zasilania, a układa-

mi przedwzmacniacza, zasilanymi zwykle z niskiego napięcia. W licznikach Geigera-Mullera oprócz jonizacji pierwotnej, bardzo ważna jest także jonizacja wtórna o charakterze lawinowym spowodowana dużym natężeniem pola elektrycznego. Elektrony uwalniane z atomów są przyspieszane do energii wystarczającej do jonizacji lub nawet wzbudzenia kolejnych atomów. Wyładowanie lawinowe w liczniku Geigera jest tak duże, że nie zależy ono od jonizacji pierwotnej. Nie można zatem zarejestrować energii cząstki, a jedynie fakt jej obecności w objętości czynnej detektora.

### Działanie

Cały licznik Geigera, czyli tuba licznikowa wraz z układami zasilania, sterowania i zliczania impulsów przedstawiony został na **rysunku 2**. W urządzeniu można wyróżnić trzy podstawowe bloki:

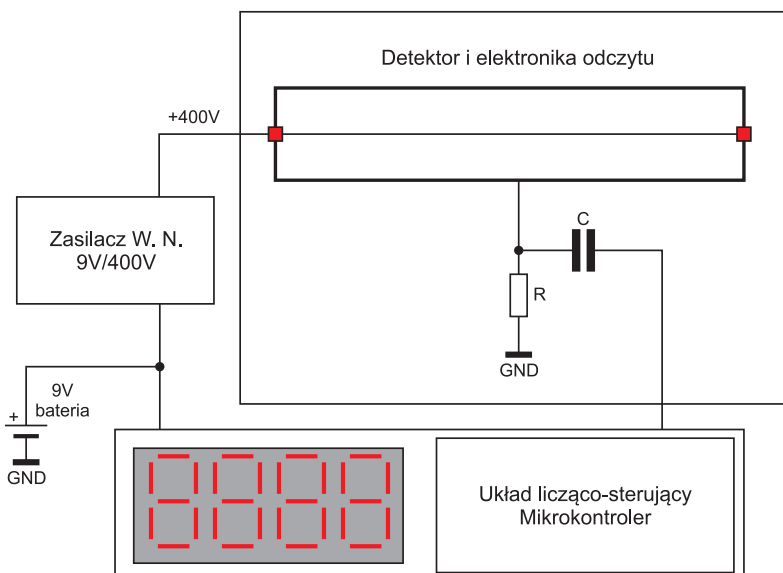
- Zasilacz wysokiego napięcia – zbudowany jako przetwornica podwyższająca.
- Tuba licznika STS-5 wraz z elektroniką odczytu.
- Mikroprocesorowy układ licząco-sterujący.

Przetwornica generuje napięcie 400 V niezależnie od mikrokontrolera, przez co tuba licznikowa zasilana jest cały czas po



włączeniu urządzenia. Wygenerowane w tubie impulsy, po wstępnym wzmacnieniu, trafiają do układu liczącego poprzez izolację optyczną. Na podstawie zliczonych impulsów i czasu, w którym to nastąpiło mikrokontroler wylicza żądane wielkości fizyczne i prezentuje je na wyświetlaczu LED.

Schemat ideowy układu elektronicznego licznika przedstawiony został na **rysunku 3**. Na samym początku warto zwrócić uwagę na układ U1 (MC34063), gdyż za jego pomocą wykonana została przetwornica podwyższająca (Step-Up) do zasilania tuby licznikowej. Układ MC34063 jest monolitycznym kontrolerem zawierającym wszystkie podstawowe elementy do budowy przetwornic DC-DC. Zawiera on w swojej strukturze temperaturowo kompensowane źródło napięcia referencyjnego, komparator, oscylator o regulowanym wypełnieniu oraz układy ograniczenia prądowego. Układ został tak zaprojektowany, aby możliwe było zbudowanie przetwornicy o minimalnej liczbie elementów zewnętrznych. Typowy schemat aplikacyjny układu U1 został rozbudowany w celu poprawy sprawności przetwornicy. Ze względu na wysokie napięcie wyjściowe nie było możli-



Rysunek 2: Schemat blokowy licznika Geigera

REKLAMA

Projekty na na000

# STM32

www.stm32.eu

ST life.augmented

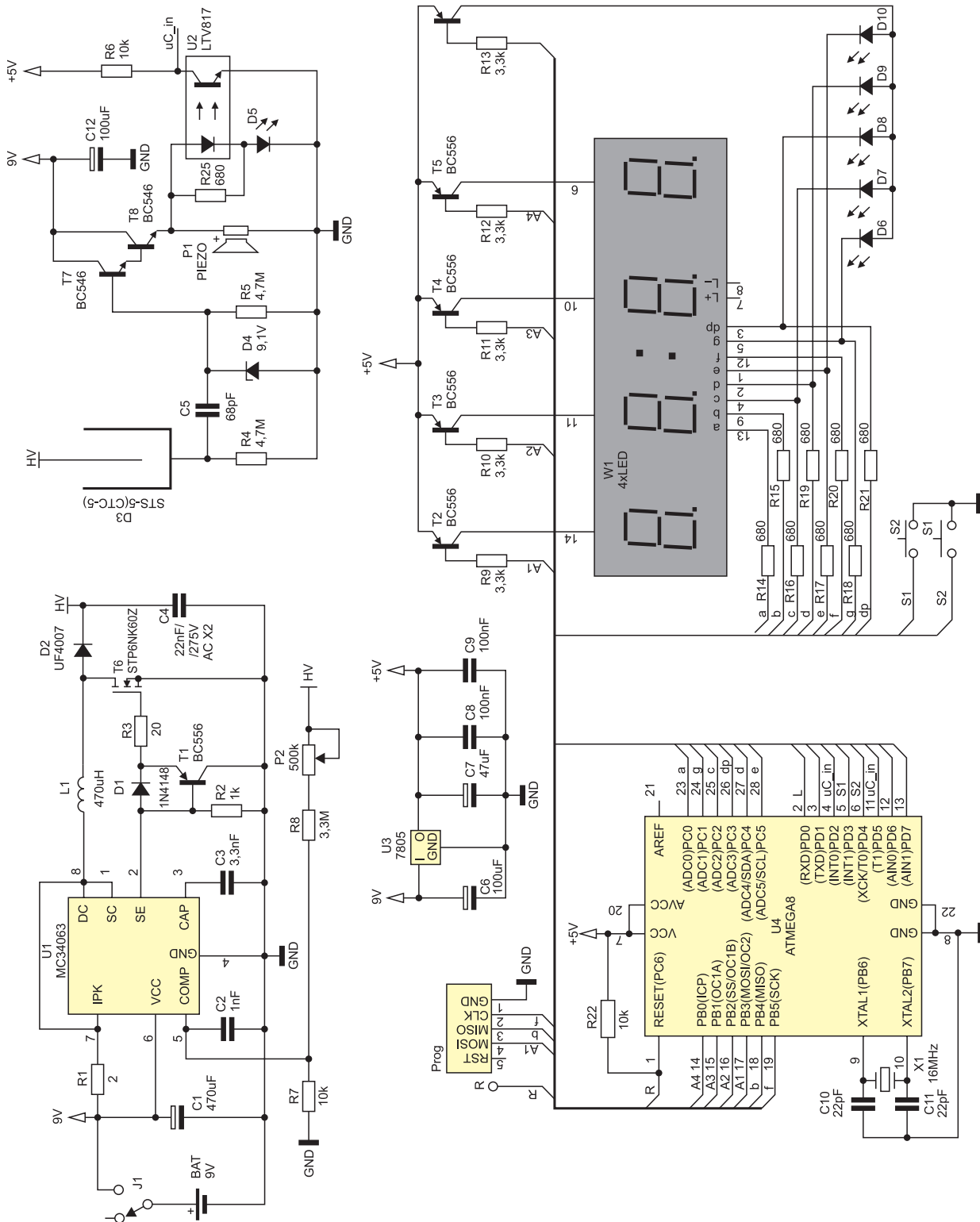
KAMAMI

wości wykorzystania wewnętrznego klucza wyjściowego, a zamiast tego zastosowany został wysokonapięciowy tranzystor MOSFET T6 (STP6NK600Z) o maksymalnym napięciu dren-źródło dochodzącym do 600V. W celu zwiększenia szybkości przełączania klucza T6 zastosowano dodatkowy tranzystor T1 (BC556), diodę D1 (1N4148) oraz rezystory R2(1k) i R3 (20R). Gdy na nóżce 2 układu U1 pojawia się poziom wysoki, poprzez diodę D1 i rezystor R3, tranzystor T6 zaczyna przewodzić, a energia z zasilania

gromadzona jest w dławiku L1 (470 μH). W drugiej połowie cyklu na nóżce 2 układu U1 pojawia się poziom niski, tranzystor T1 otwiera się i następuje natychmiastowe rozładowanie bramki tranzystora T6, co powoduje jego odcięcie. Impuls wysokiego napięcia powstały w tym momencie na odłączonej końcówce dławika L1 doładowuje kondensator C4 (220 nF 275VAC X2) poprzez szybką diodę D2 (UF4007), kondensator C3 (3,3 nF) ustala częstotliwość pracy oscylatora wewnętrznego, natomiast

kondensator C1 (470 μF) filtruje napięcie zasilania układu U1. Elementy R7 (10 kΩ), R8 (3,3 MΩ) i P2 (500 kΩ) stanowią dzielnik sprzężenia zwrotnego przetwornicy. Za pomocą potencjometru P2 możliwe jest ustawienie napięcia wyjściowego. Kondensator C2 (1 nF) filtruje napięcie z dzielnika sprzężenia zwrotnego zanim trafi ono na wejście komparatora wewnętrznego.

Drugim ważnym podukładem jest elektronika odczytu tuby licznikowej D3 (STS-5). Rezystor R4 (4,7 MΩ) stanowi tutaj

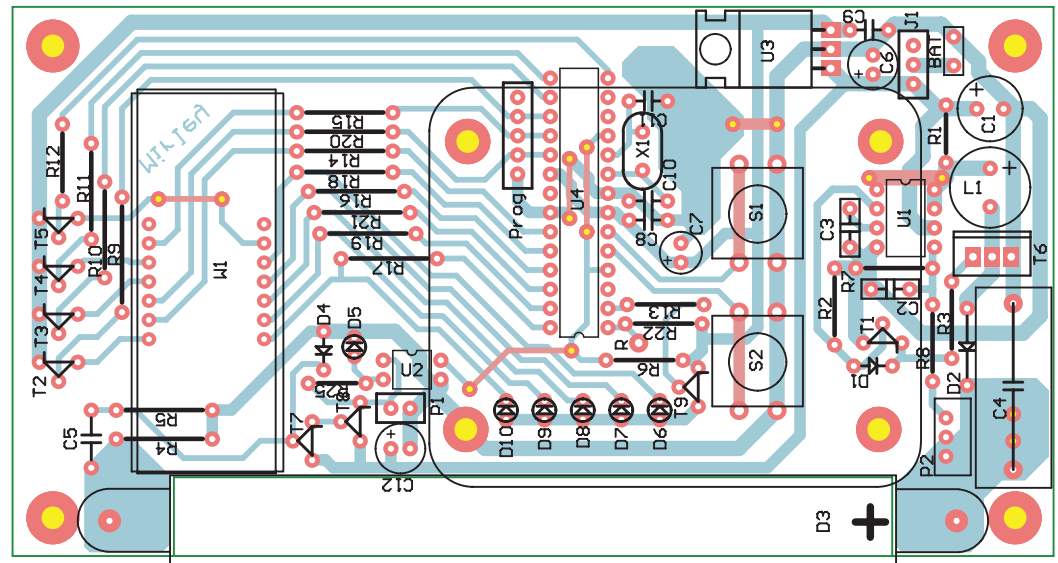


Rysunek 3. Schemat ideowy licznika Geigera

tak zwany opór roboczy. Impuls napięcia na tym rezystorze świadczy o wykryciu przez licznik cząstki jonizującej. Kondensator C5 (68 pF) stanowi separację między tubą zasilaną wysokim napięciem, a resztą elektroniki odczytowej zasilanej niskim napięciem. Kondensator ten przewodzi jedynie impulsy, a jego wartość została tak dobrana, aby uzyskać maksymalną możliwą częstość zliczeń (ilość impulsów w czasie), ale jednocześnie pojemność ta nie może być za mała, aby wysokość impulsu była zdolna do otwarcia tranzystorów T7 i T8 (BC546) pracujących w układzie Darlingtona.

Rezystor R5 (4,7 M $\Omega$ ) sprawia, że tranzystory T7 i T8 są zatkane, gdy nie ma impulsu. Dioda Zenera D4 (9,1 V) zabezpiecza tranzystory T7 i T8 w przypadku pojawienia się dużego impulsu na rezystorze R4. Kondensator C12 (100  $\mu$ F) filtruje zasilanie tranzystorów T7 i T8 ze względu na impulsowy charakter pracy. Emiter T8 powodujeysterowanie transoptora U2 (LTV817) i diody D5 (LED) oraz głośniczka P1. Dioda D5 stanowi wizualną kontrolkę zarejestrowanej w liczniku cząstki, a głośniczek P1 generuje w tym momencie charakterystyczny dla licznika Geigera stuk. Sygnał z wyjścia transoptora podciągnięty do +5 V za pomocą R6 (10 k $\Omega$ ) trafia do mikrokontrolera na wejście przerwania zewnętrznego Int0 i na wejście sprzętowego licznika Counter1.

Elementem sterującym całym licznikiem Geigera jest mikrokontroler U4 (ATmega8), taktowany rezonatorem kwarcowym X1 (16 MHz). Kondensatory C10 i C11 (22 pF) konieczne są do prawidłowej pracy rezonatora kwarcowego. Rezystor R22 (10 k $\Omega$ ) wymusza wysoki stan na nóżce resetu mikrokontrolera. Stabilizator U3 (7805) dostarcza zasilania do części sterującej licznika. Kondensatory C6 (100  $\mu$ F), C7 (47  $\mu$ F) oraz C8 i C9 (100 nF) filtrują napięcie zasilania. Wyniki pomiaru reprezentowane są na 4 pozycyjnym wyświetlaczu siedmiosegmentowym LED W1 oraz za pomocą dodatkowych diod D6...D10. Zarówno wyświetlacz jak i diody sterowane są z mikrokontrolera za pomocą multipleksowania z wykorzystaniem tranzystorów T2...T5 (BC556) oraz T9 (BC556). Rezystory R9...R13 (3,3 k $\Omega$ ) ograniczają prądy baz tych tranzystorów, natomiast elementy R14...R21 (680  $\Omega$ ) ograniczają prąd struktur LED wyświetlacza i diod D6...D10. Przyciski S1 i S2 wykorzystywane są do obsługi licznika. Złącze Prog umożliwia zaprogramowanie mikrokontrolera U4 bez wyjmowania go z podstawki.



Rysunek 4. Schemat montażowy układu

## Budowa

Płytkę zaprojektowano w taki sposób, aby można ją było zamknąć w obudowie Z-49. Gotowy otwór na wyświetlacz 4 cyfrowy w tej obudowie znacznie zwiększa jej walory estetyczne. Schemat montażowy jest widoczny na **rysunku 4**. Po przylutowaniu wszystkich zwojek budowę należy rozpocząć od uruchomienia przetwornicy wysokiego napięcia, czyli układu U1 i jego elementów pomocniczych. Ze względu na brak miejsca w obudowie, kondensator C4 należy zamontować leżąc od strony druku, natomiast tranzystor T6, leżąc po stronie elementów. Pomocą tutaj na pewno będą fotografie układu modelowego. Jeśli przetwornica już działa należy na jej wyjściu ustawić napięcie równe 400 V względem masy.

W następnej kolejności warto zmontować elementy w torze sygnałowym tuby licznikowej, tranzystory T7 i T8, kondensatory C5, C12 oraz diody, transoptor U2 i rezystory konieczne do ich poprawnej pracy. Na tym etapie możliwe jest już uruchomienie samego licznika. Po zamontowaniu tuby i włączeniu zasilania 9 V dioda D5 sygnalizująca zliczenia powinna migać przynajmniej raz na 2-3 sekundy, co obrazuje rejestrację promieniowania tła. Jeżeli chodzi o montaż samej tuby licznikowej na płytce to można do tego wykorzystać uchwyty z dużych bezpieczników lutowane w płytce, wykonać samemu uchwyt z kawałka blaszki miedzianej lub po prostu przylutować wyprowadzenia tuby do kawałka srebrzanki tak jak w projekcie modelowym. W dalszym etapie montażu należy przylutować wszystkie rezystory i tranzystory odpowiedzialne za poprawną pracę wyświetlacza i diod kontrolnych. Pod mikrokontroler U4 dobrze jest zastosować podstawkę.

Przyciski S1 i S2 to mikroprzyciski w dużej obudowie, warto zadbać, aby ich wysokość była większa niż komponentów

wlutowanych w płytce. Podczas wiercenia otworów w obudowie dobrze jest posłużyć się wydrukiem schematu montażowego. Po przyłożeniu wydruku wewnątrz obudowy można łatwo zapunktować wszystkie otwory. Płytka montowana jest do przedniej ścianki obudowy za pomocą 4 śrub M3 z łbem stożkowym. Łebki śrub powinny być wpuszczone w obudowę i nie mogą wystawać ponad jej powierzchnię, gdyż uniemożliwi to przyklejenie naklejki maskującej na przód obudowy. Przyciski powinny mieć otwory co najmniej 1mm większe niż ich ośki, a same muszą być zamontowane dokładnie na równo z górną powierzchnią obudowy (regulacji można dokonać za pomocą nakrętek na śrubach M3 mocujących płytkę). Elastyczność naklejki pokrytej folią samoprzylepną umożliwi wtedy wygodne naciśnięcie przycisków. Naklejkę w formacie PDF można pobrać ze strony EP, należy ją wydrukować na papierze samoprzylepnym, nie stosując żadnego dopasowania do strony, aby była odpowiedniej wielkości. Wydruk należy pokryć jeszcze warstwą folii samoprzylepnej, a potem całość nakleić na obudowę. Z boku obudowy konieczne jest wycięcie „okienka”, aby promieniowanie mogło dotrzeć do tuby

REKLAMA

Projekty na...  
**STM32**  
  
[www.stm32.eu](http://www.stm32.eu)  
  
  
 life.augmented

zamontowanej w środku. Wynika to z faktu, że rejestrowane promieniowanie to głównie cząstki beta, dla których kilka milimetrów obudowy z tworzywa sztucznego stanowi już poważną przeszkodę.

## Programowanie

Program do mikrokontrolera Atmega8 został napisany w Bascomie przez Jakuba Moronia (jakub.moron@gmail.com), a jego kluczowe fragmenty przedstawione zostały poniżej. Najważniejszym fragmentem programu jest obsługa przerwania Timer0, gdyż tutaj właśnie dokonywany jest odczyt licznika systemowego Counter1, obsługiwana jest klawiatura i wyświetlacz siedmiosegmentowy. Przerwanie Timer0 występuje co 4 ms, a jego prescaler sprzętowy został ustawiony na 256. Na **listingu 1** przedstawiono fragment programu odpowiedzialny za odczyt impulsów z elektroniki odczytu licznika Geigera trafiających na wejście Counter1.

Procedura ta wykonywana jest co 4 ms jednak zmienna Cnt\_tm zliczająca do 250 pozwala taktować odczyt licznika systemowego co 1 s. Dokładnie co 1 s zwiększana jest wartość Buf\_ptr stanowiąca wskaźnik bufora odczytu Buf\_val. Bufor ten stanowi w istocie tablicę zmiennych typu Word (60 elementów), do której cyklicznie zapisywane są kolejne wartości licznika Counter1 zarejestrowane w ciągu ostatniej sekundy. Gdy wskaźnik bufora Buf\_ptr przekroczy wartość 60 tablica zaczyna być nadpisywana od początku, a jednocześnie ustawiona zostaje flaga Full\_buf. Ma to potem swoje konsekwencje przy obliczaniu wartości mierzonych. Po odczycie wartości Counter1 zawartość licznika jest kasowana oraz ustawiana jest flaga F\_upd, dzięki której możliwe jest uaktualnienie wskazań wyświetlacza w innej części programu. **Listing 2** przedstawia procedurę obsługi wyświetlacza i diod kontrolnych, która wykonywana jest każdorazowo przy wystąpieniu przerwania Timer0.

Licznikiem multiplexera jest tutaj zmienna Led\_ptr, której wartość jest zwiększana cyklicznie po każdym wykonaniu tego fragmentu kodu. Dla wartości 0-3 na wyświetlaczu pokazywane są cyfry, natomiast dla wartości Led\_ptr = 4 zaświecają się diody kontrolne. Zaraz po wejściu do obsługi wyświetlania sprawdzany jest stan Led\_ptr i gaszona jest aktywna wcześniej anoda wyświetlacza. Potem zwiększana jest wartość Led\_ptr i w zależności od niej katody wyświetlacza (lub diody) przyjmują odpowiednie wartości. Tablica Led\_dig(x) przechowuje aktualne wartości, jakie powinny być wyświetlone na poszczególnych pozycjach wyświetlacza.

Wszelkie obliczenia dokonywane są w pętli głównej programu, gdy flaga F\_upd zostanie ustawiona. W zależności od ustawionego trybu pracy (zmienna Mod\_ptr) program wylicza: zliczenia na sekundę (cps),

### Listing 1. Procedura odczytu Counter1

```
,Every 1s read pulse counter
Incr Cnt_tm
,4ms * 250 = 1s
If Cnt_tm = 250 Then
  Cnt_tm = 0
  ,Increment buffer pointer, loop at 61, start form 1 (bascom array)
  Incr Buf_ptr
  If Buf_ptr = 61 Then
    Buf_ptr = 1
    ,At first loop 61->1 indicate that buffer is full for cps calculation
    Set Full_buf
  End If
  ,Store counter value
  Buf_val(buf_ptr) = Counter1
  ,Clear counter
  Counter1 = 0
  ,Set flag for display update
  Set F_upd
End If
```

zliczenia na minutę (cpm), szacuje dawkę pochłoniętego promieniowania lub pokazuje bezwzględną liczbę zliczeń. Zmienna Mod\_ptr przyjmuje wtedy wartości równe odpowiednio 1, 2, 4 i 8. Na **listingu 3** przedstawiono sposób wyliczania zliczeń na sekundę.

Na samym początku zerowana jest zmienna przechowująca wyliczoną wartość (Value). Tablica Buf\_val(x) przechowuje zmierzone wartości natomiast wskaźnik bufora Buf\_ptr wskazuje na najnowszy wynik z pomiaru. Do uśredniania zawsze brane jest 10 ostatnich wyników. Jeśli wartość wskaźnika jest większa lub równa 10 pętla For sumuje 10 ostatnich wyników i jest to gotowa wartość cps pomnożona przez 10. Gdy wartość wskaźnika jest mniejsza od 10 to sumowane są wszystkie wartości od 1 do Buf\_ptr, a następnie dopełnienie do 10 wyników jest brane z końca tablicy począwszy od wskaźnika 51 + Buf\_ptr do końca tablicy (do 60). Wynika to z faktu, iż bufor pomiarowy jest nadpisywany cyklicznie. Jedynym wyjątkiem od tej metody obliczeń jest pierwsze zapełnienie bufora, gdy urządzenie zostaje

włączone lub zresetowane, a Full\_buf = 0 i nie zapisano jeszcze co najmniej 10 komórek Buf\_val(x). Wynik przewidywany jest wtedy na podstawie aktualnej ilości wykonanych pomiarów. Wyświetlanie zliczeń na sekundę podobnie jak pozostałych parametrów wyposażone jest w automatyczną zmianę zakresów/wskazań. Gdy wyliczona wartość jest mniejsza od 1000 to wyświetlacz wskazuje wartość z dokładnością do 0.1 cps, natomiast jeśli wynik jest większy od 1000, to precyzja pomiaru wynosi 1 cps.

Na **listingu 4** zaprezentowano drugą z czterech procedur wyliczających wskazania prezentowane przez licznik. Jest to tym razem procedura pozwalająca obliczyć bezwzględną liczbę zliczeń rejestrowanych w tubie STS-5. Zmienna Mod\_ptr w tym trybie pracy przyjmuje wartość 8, a do zliczeń nie jest w tym przypadku wykorzystywany Counter1, a licznik programowy działający na przerwaniu zewnętrznym Int0. Licznikiem programowym jest tutaj zmienna Count\_val, która resetowana jest po uruchomieniu urządzenia lub wciśnięciu przyci-

### Listing 2. Procedura obsługi wyświetlacza

```
,LED display multiplexer
If Led_ptr = 255 Then
  ,Down mode leds anode (next Led_ptr=0 => digit 0 on LED display)
  Set Leds_mode_a
Else
  ,Down previous digit anode on LED display
  Set Portb.led_ptr
End If
Incr Led_ptr
If Led_ptr = 4 Then
  ,Display mode leds, set Led_ptr to 255 so next increment move it to 0
  Led_ptr = 255
  ,x1000 led
  Led_e = Not K_led
  ,cps led
  Led_d = Not Mode_ptr.0
  ,cpm led
  Led_dp = Not Mode_ptr.1
  ,uSv/h led
  Led_c = Not Mode_ptr.2
  ,counter led
  Led_g = Not Mode_ptr.3
  ,Up mode leds anode
  Reset Leds_mode_a
Else
  ,Display digit, array index = digit no. + 1 (bascom array starts at 1 ?!)
  Led_tmp = Led_ptr + 1
  Led_a = Led_dig(led_tmp).0
  Led_b = Led_dig(led_tmp).1
  Led_c = Led_dig(led_tmp).2
  Led_d = Led_dig(led_tmp).3
  Led_e = Led_dig(led_tmp).4
  Led_f = Led_dig(led_tmp).5
  Led_g = Led_dig(led_tmp).6
  Led_dp = Led_dig(led_tmp).7
  ,Up digit anode
  Reset Portb.led_ptr
End If
```

**Listing 3. Procedura wyliczająca zliczenia na sekundę (cps)**

```

,Calculate cps
Value = 0
,If current buffer pointer <10 sum 0 to buf pointer and...
If Buf_ptr < 10 Then
  For For_cnt = 1 To Buf_ptr
    Value = Value + Buf_val(for_cnt)
  Next For_cnt
,If previous values are stored into buffer sum the rest up to 59
If Full_buf = 1 Then
  For init = 51 + Buf_ptr
  For For_cnt = For_init To 60
    Value = Value + Buf_val(for_cnt)
  Next For_cnt
,If buffer is empty predict value of cps
Else
  Value = Value * 10
  Value = Value / Buf_ptr
End If
,If buffer pointer >10 sum last 10 values
Else
  For_init = Buf_ptr - 9
  For For_cnt = For_init To Buf_ptr
    Value = Value + Buf_val(for_cnt)
  Next For_cnt
End If

,Display cps
,0-1000 range
If Value < 10000 Then
  ,Set dp to digit 1 (0.1 resolution)
  Dp_pos = &B11111101
  Reset K_led
  ,1000-10,000
Elseif Value < 100000 Then
  ,Set dp to digit0 (1 res.)
  Value = Value / 10
  Dp_pos = &B11111110
  Reset K_led
  ,>10,000
Else
  ,Overflow
  Reset K_led
  Set F_over
End If

```

**Listing 4: Procedura wyliczająca bezwzględną liczbę zliczeń**

```

,Display countinuous counter
,0-1000
If Count_val < 10000 Then
  ,Set dp to digit 0 (1 res.)
  Dp_pos = &B11111110
  Reset K_led
  Value = Count_val
  ,1000-10,000
Elseif Count_val < 100000 Then
  ,Set dp to digit 2 (0.01k res.)
  Value = Count_val / 10
  Dp_pos = &B11111011
  ,Set x1000 led
  Set K_led
  ,10,000-100,000
Elseif Count_val < 1000000 Then
  ,Set dp to digit 1 (0.1k res.)
  Value = Count_val / 100
  Dp_pos = &B11111101
  Set K_led
  ,100,000-1,000,000
Elseif Count_val < 10000000 Then
  ,Set dp to digit 0 (1k res.)
  Value = Count_val / 1000
  Dp_pos = &B11111110
  Set K_led
  ,>1,000,000
Else
  ,Overflow
  Reset K_led
  Set F_over
  ,Disable continous counter interrupt on overflow to preserve Count_val to
loop to zero
  Disable Int0
End If

```

sku Reset. Procedura na pierwszy rzut oka jest skomplikowana, jest to wynikiem automatycznej zmiany zakresów, którą chciano uzyskać. Gdy ilość zliczeń jest mniejsza niż 10000 to dioda  $\times 1000$  nie jest zapalana a na wyświetlaczu prezentowana jest bezpośrednio ilość zliczeń. Gdy wartość w zmiennej Count\_val przekroczy 10000 to dioda  $\times 1000$  zostaje włączona a wyświetlacz prezentuje wynik w kilo zliczeniach czyli w tysiącach zliczeń. W zależności od wartości precy-

zja wskazań to 0.01 k, 0.1 k lub 1 k zliczeń. W efekcie układ może mierzyć do 100000 impulsów a po przekroczeniu tej liczby zgłaszany jest błąd i układ się zatrzymuje.

Pozostałe fragmenty programu pozwalają obliczyć ilość zliczeń na minutę oraz oszacować dawkę promieniowania pochłoniętego. Procedury te napisane są bardzo podobnie do tych z listingów 3 i 4, zatem nie warto przedstawiać tutaj ich dokładnego opisu. Cały kod źródłowy jest dostępny do pobra-

RSTDISBL	<input type="checkbox"/>	Select if PC6 is I/O pin or RESET pin
WDTON	<input type="checkbox"/>	Watchdog timer always on
SPEN	<input checked="" type="checkbox"/>	Enable Serial Program and Data Downloading
CKOPT	<input checked="" type="checkbox"/>	Oscillator options
EESAVE	<input type="checkbox"/>	EEPROM memory is preserved through the Chip Erase
BOOTSZ1	<input checked="" type="checkbox"/>	Select Boot Size (see Table 82 for details)
BOOTSZ0	<input checked="" type="checkbox"/>	Select Boot Size (see Table 82 for details)
BOOTRST	<input type="checkbox"/>	Select Reset Vector
BODLEVEL	<input type="checkbox"/>	Brown out detector trigger level
BODEN	<input type="checkbox"/>	Brown out detector enable
SUT1	<input type="checkbox"/>	Select start-up time
SUT0	<input type="checkbox"/>	Select start-up time
CKSEL3	<input type="checkbox"/>	Select Clock source
CKSEL2	<input type="checkbox"/>	Select Clock source
CKSEL1	<input type="checkbox"/>	Select Clock source
CKSEL0	<input type="checkbox"/>	Select Clock source

**Zewnętrzny Rezonator Kwarcowy 3-16MHz**  
**hfuse=C9, lfuse=FF**

**Rysunek 5. Ustawienia fusebitów mikrokontrolera ATmega8****Wykaz elementów****Rezystory:**

R1: 2  $\Omega$   
R2 1 k $\Omega$   
R3: 20  $\Omega$   
4R4, R5: 4,7 M $\Omega$   
R6, R7, R22: 10 k $\Omega$   
R8: 3,3 M $\Omega$   
R9...R13: 3,3 k $\Omega$   
R14...R21: 330  $\Omega$   
R25: 680  $\Omega$   
P2: 500 k $\Omega$  (potencjometr)

**Kondensatory:**

C1: 470  $\mu$ F  
C2: 1 nF (MKT)  
C3: 3,3 nF (MKT)  
C4: 220 nF/275 V AC (X2)  
C5: 68 pF  
C6, C12: 100  $\mu$ F  
C7: 47  $\mu$ F  
C8, C9: 100 nF  
C10, C11: 22 pF

**Półprzewodniki:**

D1: 1N4148  
D2: UF4007  
D4: dioda Zenera 9,1 V  
D5...D10: dioda LED  
T1...T5, T9: BC556 (TO-92)  
T6: STP6NK60Z (TO-220)  
T7, T8: BC547B (TO-92)  
U1: MC34063  
U2: LTV817  
U3: 7805 (TO-220)  
U4: ATmega8-16PI  
W1: wyświetlacz LED, 4 cyfry

**Inne:**

D3: Tuba licznikowa STS-5 (CTC-5)  
BAT: koszyk dla baterii 6F22 (9 V)+bateria  
J1: goldpin 1 $\times$ 3  
L1: dławik 470  $\mu$ H  
Głośniczek piezo  
Prog: goldpin 1 $\times$ 5  
S1, S2: mikroprzycisk  
X1: kwarc 16 MHz

nia ze strony EP. Podczas programowania ważne jest także ustawienie fusebitów mikrokontrolera ATmega8 (wartości szesnastkowe: hfuse=C9, lfuse=FF), bez tego układ na pewno nie będzie działał prawidłowo. Pomocą będzie tu na pewno **rysunek 5**, na którym przedstawiono zrzut z programu Burn-O-Mat.

**Mirosław Firlej**  
**elektronika@firlej.org**  
<http://mirley.firlej.org>