

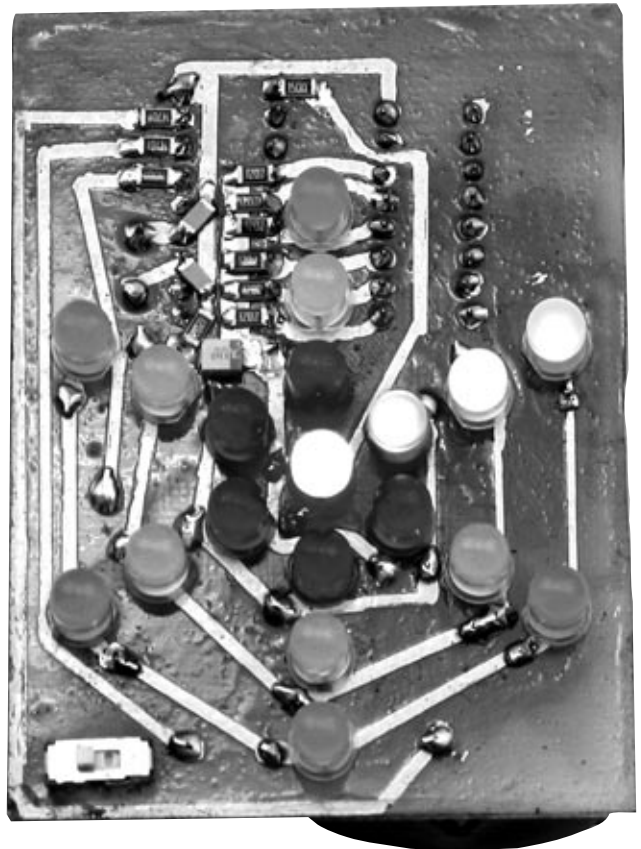
# Coś więcej niż migająca gwiazdka

Zbliżają się długie jesienno-zimowe wieczory, kiedy z reguły jest więcej czasu na tworzenie mniej ambitnych układów elektronicznych. Takie wieczory może umilić proponowany projekt migającej gwiazdki.

**Rekomendacje:** Projekt może wykonać każdy, nawet niezbyt zaawansowany elektronik. A czas po temu jest jak najbardziej właściwy – zbliżają się święta, kupujemy choinki, no i czymś trzeba je ozdobić. Artykuł przedstawia pewną niestandardową propozycję.

Stworzono już kilka takich projektów, przeważnie budowanych na kilku układach CMOS serii 4000. Można je kupić za kilkanaście złotych. Gwiazdki te przeważnie migają używając jednej lub dwóch kombinacji. Jeżeli jednak zamiast prostych układów CMOS zastosować mikrokontroler mamy do dyspozycji mnóstwo kombinacji ograniczonych jedynie wyobraźnią programisty i pojemnością pamięci programu. Kolejnym atutem jest możliwość programowej zmiany prędkości zapalania i gaszenia kolejnych kombinacji. W „klasycznych” gwiazdkach prędkość zmieniamy tylko ręcznie potencjometrem. Jest jeszcze jedna zaleta zastosowania mikrokontrolera do sterowania diodami - możliwość płynnego zapalania i gaszenia diod LED poprzez zastosowanie techniki PWM.

Układ został zaprojektowany tak, aby był w miarę tani. Z tego względu wybór padł na popularny wśród czytelników EP mikrokontroler AT89C2051 firmy Atmel. Schemat układu jest przedstawiony na rys.1. Kondensator C1 i rezystor R29 tworzą układ resetu po włączeniu zasilania. AT89C2051 steruje diodami poprzez układ ULN2003 oraz trzy tranzystory PNP. W rozwiązaniu zastosowano tranzystory SMD BC807, ale można zastosować każdy inny tranzystor PNP o prądzie kolektora powyżej 150mA. Diody LED rozstawione są w taki sposób, by tworzyły sześć ramion gwiazdy. W każdym ramieniu znajdują się trzy diody LED, a w samym środku jeszcze jedna, czyli w sumie 19 diod. Największe możliwości sterowania diodami byłyby w przypadku podłączenia każdej diody do osobnego wyjścia procesora.



Takie rozwiązanie wiązałoby się jednak z dodatkowymi wzmacniaczami prądu dla diod LED. Według noty katalogowej maksymalny prąd wyjściowy wszystkich portów układu AT89C2051 nie może przekroczyć 80mA. Dodatkowym problemem byłoby rozplanowanie większej ilości ścieżek łączących wszystkie diody LED z mikrokontrolerem. Rozwiązaniem optymalnym jest zastosowanie matrycy sterującej diodami LED. Ogranicza to co prawda trochę możliwości sterowania diodami, ale za to jest zredukowana liczba wzmacniaczy. Diody tak połączone tworzą ramiona i pierścienie gwiazdy. W tym rozwiązaniu zastosowano cztery kolory diod LED - po sześć zielonych, żółtych i czerwonych oraz jedną diodę niebieską. Zewnętrzny pierścień tworzą diody zielone (D1-D6),

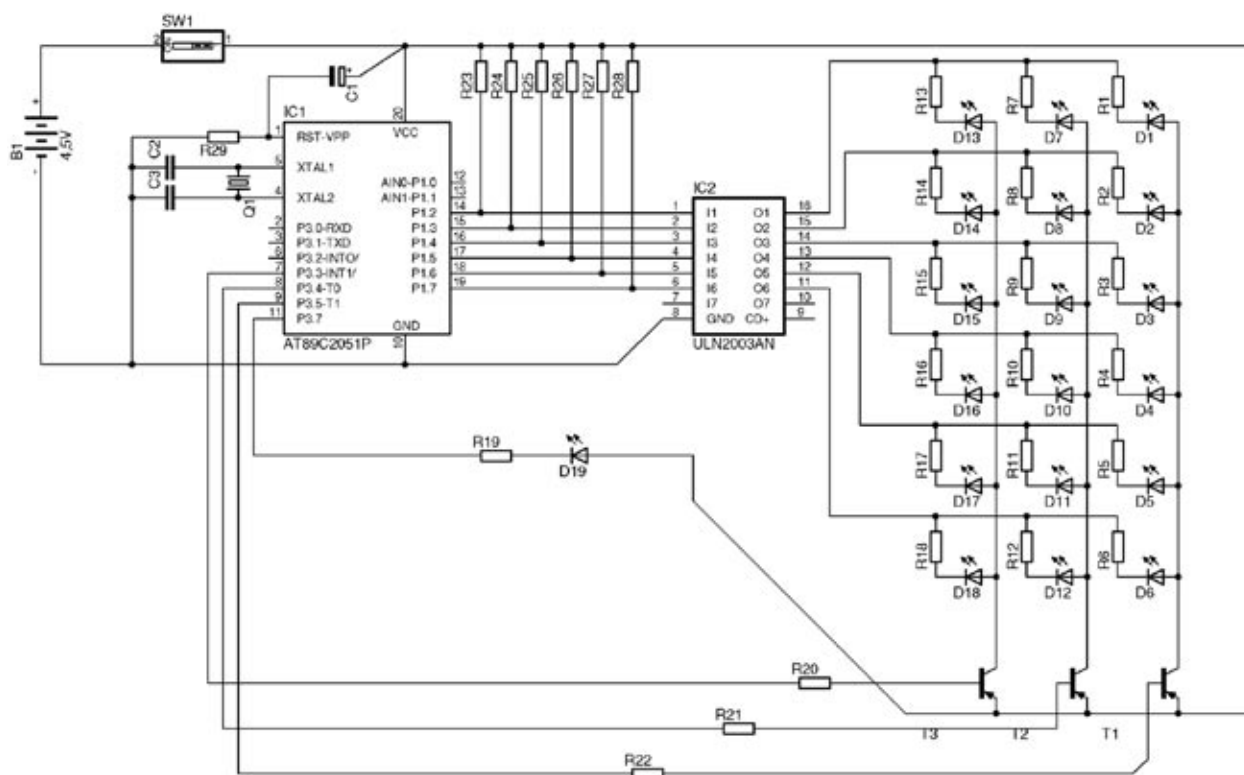
środkowy - diody żółte (D7-D12), najmniejszy pierścień - czerwone (D13-D18), a w samym środku umieszczona jest dioda niebieska (D19). Oczywiście diody LED czytelnik może dobrać według własnego gustu. Ramiona gwiazdy sterowane są z wyjść mikrokontrolera p1.2 do p1.7 poprzez wzmacnia-

List. 1. Procedura zapalania i gaszenia diod LED

```

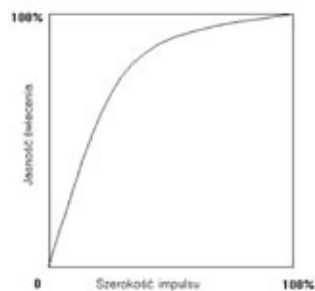
mov p1,#255 ;zależone
wszystkie ramiona gwiazdy
mov r6,#20
mov r7,#10 ;ilość powtórzeń
powt: clr p3.7 ;załacz diode
niebieska
lcall wait ;odczekaj
setb p3.7 ;wyłacz diode
niebieska
clr p3.3 ;załacz pier-
ścień czerwony (najmniejszy)
lcall wait
setb p3.3 ;wyłacz pier-
ścień czerwony
clr p3.4 ;załacz pier-
ścień żółty (środkowy)
lcall wait
setb p3.4 ;wyłacz pier-
ścień żółty
clr p3.5 ;załacz pier-
ścień zielony (zewnętrzny)
lcall wait
setb p3.5 ;wyłacz pier-
ścień zielony
dec r6
djnz r7,powt
... ;następne kombinacje

```



Rys. 1. Schemat elektryczny gwiazdy

cze w układzie ULN2003. Pierścienie sterowane są z wyjść P3.3, P3.4 i P3.5 poprzez tranzystory PNP T1 do T3. Podczas prób niezbędne okazało się zastosowanie rezystorów podciągających R23 do R28 po 10kΩ. Aby zaświecić odpowiednią diodę należy podać stan niski (0 V) na ramię gwiazdy, natomiast na odpowiedni pierścień stan wysoki ( $V_{CC}$ ). Ponieważ ramiona i pierścienie gwiazdy sterowane są przez tranzystory, od strony programu wygląda to odwrotnie, czyli podajemy stan wysoki na port sterujący ramionami (P1.2-



Rys. 2. Charakterystyka jasności świecenia diody LED od szerokości impulsu w sterowaniu PWM

-P1.7), natomiast stan niski na port sterujący pierścieniami (P3.3-P3.5). Na **list. 1** pokazano prostą procedurę zapalania i gaszenia kolejnych pierścieni gwiazdy od środka na zewnątrz.

Wyjaśnić należy funkcję rejestru r6. Jeżeli czas opóźnienia w procedurze wait ustalany jest wartością rejestru r6, to po każdej pętli czas ten będzie skrócony. Wizualnym tego efektem będzie przyspieszanie zapalania i gaszenia pierścieni.

Największą trudnością było napisanie procedury płynnego zapalania i gaszenia diod. Problem polegał na tym, że zależność jasności świecenia diody od szerokości impulsu w sterowaniu PWM nie jest liniowa. Im szerszy impuls tym mniejsze zmiany jasności świecenia. Przy szerokości impulsu ok. 0,2 (20%) dioda świeci już połową swojej maksymalnej jasności. Zwiększając szerokość od ok. 0,7 nie widać już zmiany jasności świecenia. Najlepiej pokazuje to charakterystyka przedstawiona

na **rys. 2**. Aby rozwiązać ten problem zastosowałem procedurę linearyzującą charakterystykę świecenia. Po wielu próbach doszedłem do wniosku, że wystarczy 40 stopniowa skala jasności świecenia diody, która odpowiada stopniowi wypełnienia szerokości impulsu od 0 do 100%. Procedura dobiera odpowiednią szerokość impulsu do jasności świecenia korzystając z tabeli linearyzującej. Samo sterowanie PWM zrealizowano programowo. Licznik T0 przerywa działanie programu co ok. 75μs zwiększając licznik PWM od 0 do 100. Daje to w sumie częstotliwość migania diody ok. 133 Hz, czyli niezauważalną dla ludzkiego oka. Przy wartości licznika PWM równej zero procedura zapala całe ramie lub pierścień gwiazdy, a gasi je, gdy licznik osiągnie wartość zadaną (0 - 100). Omówienie całej procedury wykracza poza zakres tego artykułu. Dociekliwy czytelnik może ją przeanalizować ściągnąjąc ze strony internetowej EP.

W układzie wszystkie elementy pasywne to elementy SMD, co pozwoliło na zaoszczędzenie cennego miejsca na płytce drukowanej. Diody LED powinny być tego samego typu, inaczej uzyskamy różne jasności świecenia. Wartość rezystorów R1-R18 należy dobrać do konkretnego typu diod LED, ponieważ różnią się one spadkiem napięcia. Cały układ zasilany jest z baterii 3x1,5V, które wystarczają na wiele długich wieczorów.

Piotr Kalus

#### WYKAZ ELEMENTÓW

##### Rezystory:

R1...R18: 51Ω (lub dobrane)

R19: 150Ω

R20...R22: 4,7kΩ

R23...R29 10kΩ

##### Kondensatory:

C1: 1μF/6V elektrolit.

C2...C3: 27pF

##### Półprzewodniki:

D1...D19: diody LED

T1...T3: BC807

U1: AT89C2051

U2: ULN2003

##### Inne:

XTAL1: kwarc 12MHz

SW1: włącznik

B1: bateria 4,5V