

# Symulator obecności domowników

- \* włączanie i wyłączanie przełącznika w nieregularnym rytmie
- \* prosta budowa
- \* niski koszt elementów
- \* trwała i estetyczna obudowa

## Do czego to służy?

Jedno z zadań postawionych jakiś czas temu w Szkole Konstruktorów polegało na zaprojektowaniu urządzenia lub systemu, który po zapadnięciu zmroku stwarzałby wrażenie, że pusty dom (lub mieszkanie w bloku) jest jednak zamieszka-ny, i tym samym odstraszało ewentualnego włamywacza.

Wykonanie dużego systemu włączającego w czasie nieregularnych odstępach czasu światło i niektóre urządzenia elektryczne, wcale nie jest jednak łatwym zadaniem. Problemem jest nie tyle samo sterowanie, bo można tu wykorzystać jakikolwiek komputer czy nawet pamięć EPROM, co raczej sposób rozesłania sygnałów sterujących do poszczególnych pomieszczeń.

Dlatego w wielu przypadkach praktyczniejszym i znacznie prostszym rozwiązaniem będzie wykorzystanie kilku niezależnych małych symulatorów, czyli układów włączających w nieregularnych odstępach czasu jeden odbiornik: lampę, telewizor, radio, itp. Zastosowanie kilku takich sterowników w dwóch, trzech pomieszczeniach da zewnętrznemu obserwatorowi wrażenie, że w mieszkaniu są domownicy.

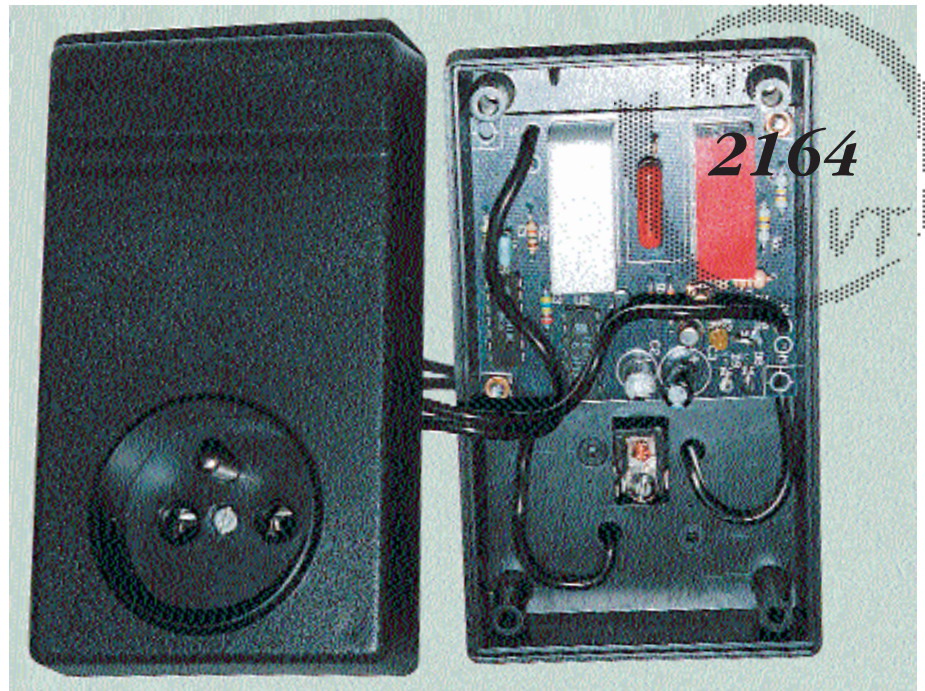
Opisany dalej prościutki układ jest takim prostym symulatorem. Włączanie i wyłączanie przełącznika następuje w pseudoprzypadkowych odstępach czasu. Lampa albo odbiornik radiowy bądź telewizyjny będą włączane w nieregularnym rytmie, mającym zmylić ewentualnego włamywacza.

## Jak to działa?

Schemat ideowy układu symulatora jest pokazany na **rysunku 1**. Kluczową rolę w wytwarzaniu impulsów różnej długości mają układ czasowy CMOS 4541 oraz prosty dwubitowy licznik zrealizowany z użyciem przerzutników typu D z kostki CMOS 4013.

Ponieważ przerzutniki 4013 zmieniają swój stan podczas rosnącego zbocza na wejściu zegarowym CLK, przebiegi na wyjściach Q obu przerzutników byłyby takie, jak pokazuje **rysunek 2**.

Układ czasowy 4541 pracuje jako generator – na wyjściu Q tego generatora pojawia się przebieg prostokątny. Okres



tego przebiegu zależy od elementów R1C1 oscylatora (Tosc = 2,3 R1C1) oraz od stopnia podziału wewnętrznego licznika kostki 4541. Stopień podziału programowany jest poziomami logicznymi, podawanymi na wejścia oznaczone A i B (nóżki 12 i 13) według tabeli:

A	B	stopień podziału	licznik dzieli przez:
L	L	13	$2^{13}$ czyli 8192
L	H	10	$2^{10}$ czyli 1024
H	L	8	$2^8$ czyli 256
H	H	16	$2^{16}$ czyli 65536

A więc w zależności od stanów na wejściach A i B, na wyjściu Q kostki U1 będą pojawiać się impulsy o różnej długości. Najkrótszy będzie gdy A=H, B=L, a najdłuższy, gdy A=B=H.

Stany na wejściach programujących A i B wyznaczone są stanami na wyjściach licznika zbudowanego z przerzutników kostki U2. W zasadzie są to przerzutniki typu D, ale dzięki połączeniu wyjść Q z wejściami D uzyskano dwa przerzutniki T, czyli dwie dwójki liczące.

Ponieważ jednak sygnały z wyjść przerzutników są doprowadzone do wejść programujących A i B układu U1, kolejne impulsy, wytwarzane przez układ 4541 nie będą równe, jak sugerowałby **rysunek 2**.

W rzeczywistości pełny cykl pracy licznika U2 będzie wyglądał tak, jak pokazano na **rysunku 3**:

- stan wysoki przez 32768 taktów oscylatora
  - stan niski – 32768 taktów
  - stan wysoki – 512 taktów
  - stan niski – 512 taktów
  - stan wysoki – 128 taktów
  - stan niski – 128 taktów
  - stan wysoki – 4096 taktów
  - stan niski – 4096 taktów
- a potem znów od początku.

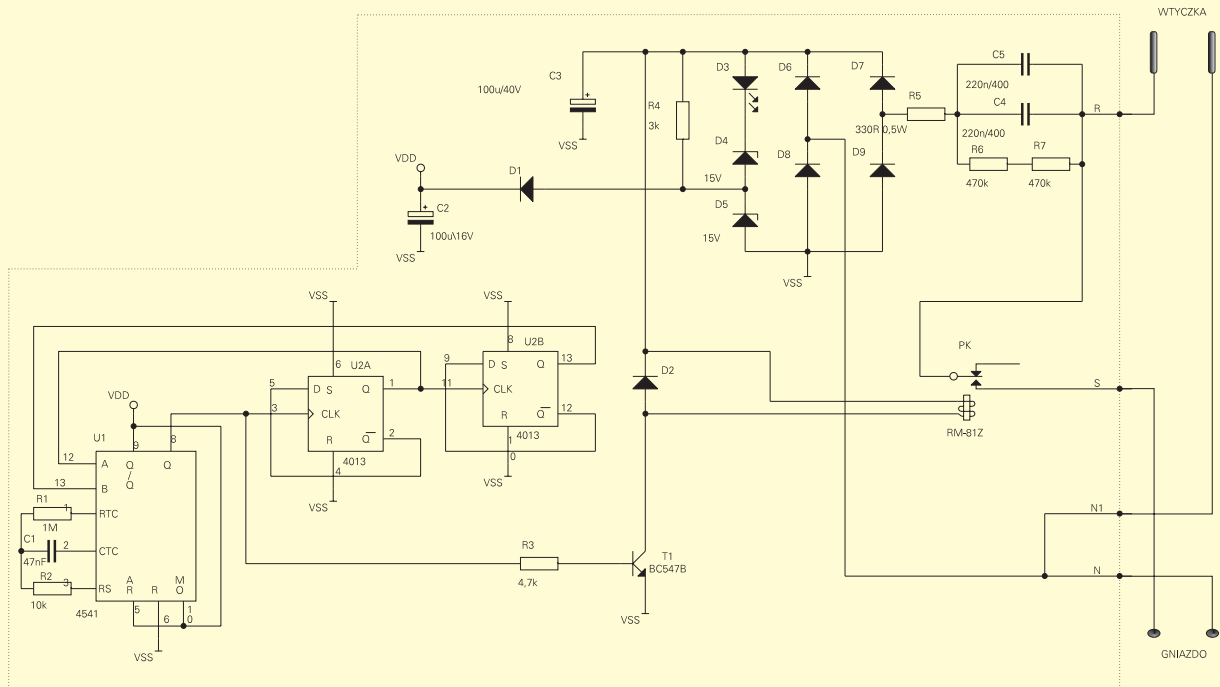
Pełny cykl pracy licznika U2 będzie więc trwał przez 75008 taktów oscylatora.

Przebieg z wyjścia Q kostki U1 (górny przebieg z rysunku 3) podawany jest przez rezystor R3 na tranzystor T1. Stan wysoki na tym wyjściu włącza za pośrednictwem tranzystora T1, przełącznik wykonawczy K1.

Przełącznik wykonawczy włączany więc będzie w pewnym nieregularnym rytmie.

W praktyce interesuje nas najkrótszy okres przebiegu na wyjściu Q układu U1 (czyli ten najkrótszy czas włączenia przełącznika), który uzyskuje się przy A=H, B=L. Nie może on być zbyt krótki – na pewno bez sensu byłoby ustalić ten czas krótszy niż 1 sekundę, nawet w przypadku, gdyby układ przeznaczony był do sterowania pracą

**Uwaga!**  
W urządzeniu występują napięcia mogące stanowić śmiertelne zagrożenie dla życia! Osoby niepełnoletnie mogą wykonać i uruchomić opisany układ tylko pod opieką wykwalifikowanych osób dorosłych.



Rys. 1. Schemat ideowy

lampy. Wewnętrzny licznik dzieli wtedy częstotliwość oscylatora przez 256. Przez połowę tego czasu na wyjściu Q występuje stan niski, przez połowę – wysoki.

A więc czas trwania najkrótszego (dodatniego) impulsu na wyjściu Q wynosi mniej więcej:

$$T_{128} = 2,3 * R1 * C1 * 128 \quad 300 * R1 * C1$$

Tu widać pierwszy warunek: stała czasowa elementów R1C1 oscylatora nie może być mniejsza niż:

$$R1 * C1 > 0,0033 \text{ [sekundy]}$$

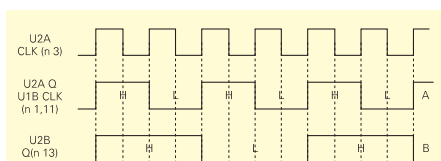
Jeśli czas najkrótszego impulsu wyniesie 1 sekundę, to dłuższe impulsy będą trwać odpowiednio:

- 4 sekundy,
- 31 sekund,
- 4 minuty 9 sekund.

A całkowity czas cyklu licznika U2 (równy 75008 taktów oscylatora) wyniesie:

$$T_{\text{cyklu}} = 75008 * 7,6\text{ms} = 570\text{sekund} = 9,5 \text{ minuty}$$

Tylko 9,5 minuty!? W większości przypadków jest to czas zbyt krótki i trzeba raczej zwiększyć czas trwania pełnego cyklu, przynajmniej do 20...30 minut, a nawet więcej. Nie można jednak przesadzać ze zwiększaniem długości cyklu –



Rys. 2. Przebiegi licznika dwubitowego z układu 4013

nie powinien on trwać dłużej niż 2...3 godziny, bo zmiany będą następować zbyt rzadko, jak na jeden wieczór.

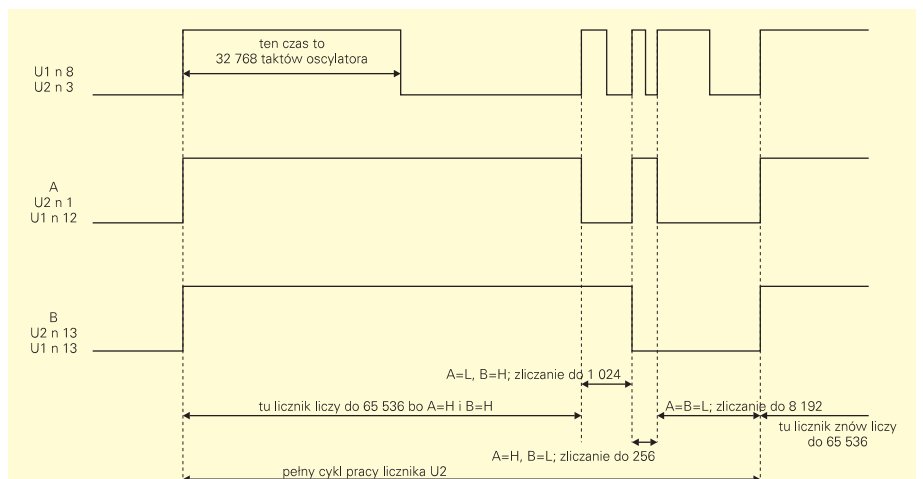
Elementy podane w wykazie spełniają ten warunek.

W każdym razie stałą czasową R1C1 można dobrać we własnym zakresie według potrzeb (w praktyce należy zmieniać pojemność kondensatora C1, a rezystancja R1 powinna mieć wartość 1MΩ).

Pozostała część układu pokazanego na rysunku 1 to zasilacz beztransformatorowy. Głównym elementem tego zasilacza są kondensatory ograniczające prąd C4 i C5. Nie mogą to być jakiegokolwiek, przypadkowe kondensatory. Należy zastosować albo kondensatory polipropylenowe na napięcie 400V (krajowe KMP), albo kondensatory poliestrowe na napięcie

630V (krajowe MKSE). Na pewno nie mogą to być popularne kondensatory poliestrowe na napięcie nominalne 250V – te 250V dotyczy prądu stałego i kondensatory takie nie mogą pracować przy napięciu zmiennym większym niż 160V!

Rezystor R5 jest niezbędny, aby ograniczyć maksymalną wartość prądu, jaki wystąpi w pierwszej chwili po włączeniu do sieci w przypadku, gdy akurat chwilowa wartość napięcia sieciowego jest największa i przekracza 300V. Tak samo potrzebne są rezystory R6 i R7. Ich zadaniem jest rozładować kondensatory C5 i C6 po odłączeniu napięcia sieci. Bez tych rezystorów kondensatory te mogłyby pozostać przez długi czas naładowane, nawet do pełnego napięcia sieci. Późniejsze dotknięcie wyprowadzeń wtyczki



Rys. 3. Rzeczywiste przebiegi w układzie licznika

przez kogokolwiek mogłoby się więc skończyć nieprzyjemnym wstrząsem. Zastosowano dwa połączone szeregowo rezystory tylko dlatego, że miniaturowe oporniki mają często dopuszczalne napięcie pracy tylko 150...200V, a szczytowe napięcie sieci wynosi ponad 300V.

W zasilaczu na uwagę zasługuje jeszcze obwód z diodami D3...D5.

W momencie, gdy tranzystor nie przewodzi i gdy przełącznik jest wyłączony, układy scalone pobierają bardzo mały prąd, rzędu mikroamperów. Diody Zenera są konieczne, by napięcie zasilające układ nie wzrosło wtedy powyżej dopuszczalnych wartości. Ponieważ układy CMOS nie powinny być zasilane napięciem powyżej 18V, zastosowano swego rodzaju „odczep” z diody D5.

W każdym razie, w czasie, gdy przełącznik nie pracuje, napięcie na kondensatorze C3 wzrasta do wartości wyznaczonej przez szeregowo połączone D3...D5, czyli do ponad 30V. Oczywiście świeci wtedy dioda LED D3.

Celowo zastosowano kondensator C3 o stosunkowo dużej wartości (100µF). Zgromadzona w nim energia z zapasem wystarczy do tego, by w chwili najbliższego włączenia tranzystora T1, przełącznik K1 o napięciu nominalnym 24V zadziałał. W momencie zadziałania, przez przełącznik zaczyna płynąć prąd. Wydajność prądowa zasilacza (wyznaczona przez reakcję kondensatorów C4 i C5) okazuje się wtedy za mała dla utrzymania na przełączniku napięcia 24V i napięcie na kondensatorze C3 spada, nawet poniżej 20V (także prąd jest mniejszy od prądu zadziałania przełącznika). Zupełnie to nie przeszkadza w pracy przełącznika, bo przecież jak wiadomo, do podtrzymania przełączni-

ka wystarczyłby prąd jeszcze mniejszy. W tym miejscu widać sens zastosowania diody D1, rezystora R4 i oddzielnego kondensatora C2. Ponieważ teraz przełącznik przejmuje prąd zasilacza, przez diody D3 i D4 na pewno nie płynie już prąd i dioda D3 gaśnie. Prąd zasilania układów scalonych i prąd bazy tranzystora T1 dostarcza teraz rezystor R4. Ponieważ prąd bazy tranzystora T1 jest znaczny, w praktyce nie przewodzi też dioda Zenera D5.

Jeśli jednak w układzie zamiast tranzystora bipolarnego, byłby zastosowany tranzystor MOSFET (np. BS170), wtedy całkowity prąd zasilania kostek U1 i U2 wynosiłby poniżej 100µA i przez diodę D5 płynąłby prąd także w czasie przewodzenia tranzystora – wartość rezystora R4 można wtedy zwiększyć do 10kΩ.

Opisany sposób sterowania przełącznika może znaleźć zastosowanie w wielu różnych układach. Aby przełącznik złapał, należy zastosować kondensator o znacznej pojemności, naładowany do napięcia znacznie przekraczającego napięcie nominalne przełącznika. Energia zgromadzona w kondensatorze musi wystarczyć do zadziałania przełącznika. Potem do podtrzymania, wystarczy prąd rzędu 20...30% prądu nominalnego przełącznika. Dla wypróbowania takiej możliwości można przeprowadzić eksperymenty (zachowując daleko posuniętą ostrożność), stosując diody D4 i D5 na jeszcze wyższe napięcie, kondensator C3 o różnej pojemności i kondensatory C4, C5 o mniejszej wartości niż 440nF.

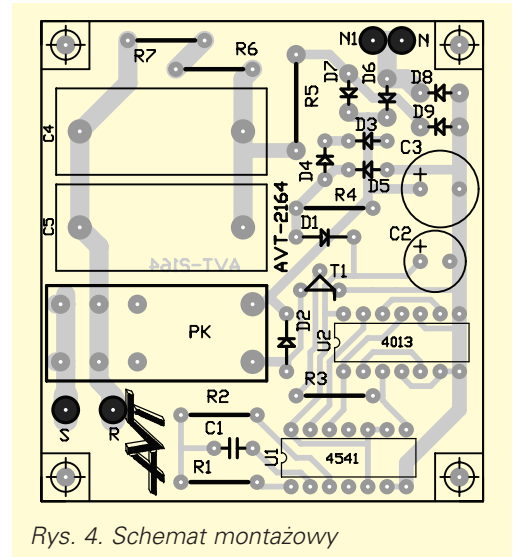
## Montaż i uruchomienie

Montaż układu symulatora jest bardzo prosty i można go wykonać na płytce pokazanej na rysunku 4. Montaż jest klasyczny – należy zacząć od elementów najmniejszych, a układy scalone wlutować na końcu.

Układ zbudowany ze sprawnych elementów nie wymaga żadnego uruchomienia i od razu powinien pracować poprawnie.

Ponieważ układ zasilany jest wprost z sieci, tym razem przed jakimikolwiek próbami jego włączenia do sieci należy umieścić go w obudowie. Płytkę została przewidziana do umieszczenia w obudowie firmy Kradex o symbolu Z-27. W każdym razie pierwsze włączenie układu należy przeprowadzić, gdy urządzenie będzie w pełni zmontowane i umieszczone w obudowie.

Jeśli ktoś chce, może na początek dla sprawdzenia wlutować kondensator 1...4,7nF zamiast docelowego kondensatora C1 o pojemności 47nF. Pozwoli to



Rys. 4. Schemat montażowy

szybko sprawdzić, czy układ będzie pracował prawidłowo.

W przypadku jakichkolwiek kłopotów z działaniem układu należy w pierwszej kolejności sprawdzić poprawność montażu. Natomiast próby zmierzenia napięć, a w szczególności obejrzenia przebiegów za pomocą oscyloskopu należy przeprowadzać tylko w ostateczności, mając świadomość, że masa układu jest bezpośrednio połączona z jednym z przewodów sieci energetycznej. Z prawdopodobieństwem 50% będzie to przewód fazowy. W takim przypadku na elementach układu wystąpi pełne napięcie sieci 220V. Nie trzeba nikogo przekonywać, że przy braku rozważliwej ostrożności dotknięcie układu może się zakończyć tragicznie.

Użytkowanie symulatora jest bardzo proste: przed wyjściem z domu wkładamy wtyczkę lampki nocnej do gniazda symulatora, a sam symulator wtykamy do gniazda sieciowego. Symulator od razu zaczyna pracować.

W praktyce, dla pewności należy umieścić w dwóch lub trzech pomieszczeniach dwa lub trzy takie symulatory, sterujące różnymi odbiornikami. Każdy taki symulator powinien mieć odmienny czas cyklu, co można łatwo osiągnąć stosując różne wartości C1 (od 10nF do 220nF). Jeśli symulatory sterowałyby pracą lamp, trzeba także pozostawić włączoną na stałe jedną lampkę, żeby uniknąć sytuacji, gdy wszystkie światła sterowane przez symulatory będą wyłączone.

Piotr Górecki  
Zbigniew Orłowski

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny” AVT-2164.

## Wykaz elementów

### Rezystory

- R1: 1MΩ
- R2: 10kΩ
- R3: 4,7kΩ
- R4: 3kΩ
- R5: 330W 0,5Ω
- R6, R7: 470kΩ

### Kondensatory

- C1: 47nF
- C2: 100µF/16V (elektrolityczny)
- C3: 100µF/40V (elektrolityczny)
- C5, C4: KMP-10 220nF/400V lub MKSE-018(020) 220nF/630V

### Półprzewodniki

- D1, D2: 1N4148
- D3: LED ziel. 3mm
- D4, D5: dioda Zenera 15V
- D6, D7, D8, D9: 1N4001...7
- T1: BC547B
- U1: CMOS 4541
- U2: CMOS 4013

### Różne

- PK: RM-81 24V
- obudowa Kradex Z-27
- płytkę drukowaną wg rysunku 4