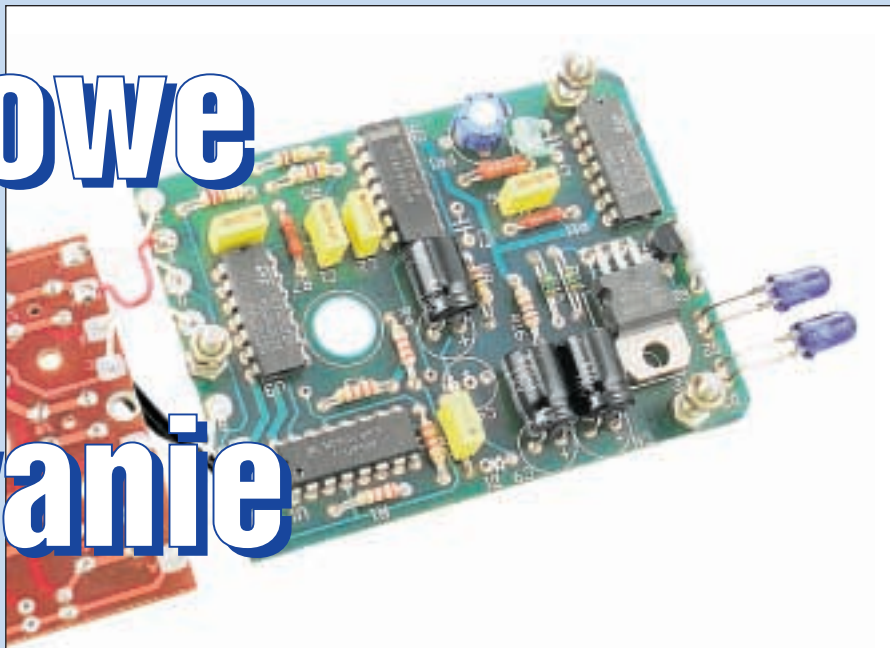


Nietypowe zdalne sterowanie



Przed kilkoma miesiącami na łamach EdW pojawiła się propozycja zaprezentowania artykułów pokazujących "od kuchni" proces tworzenia projektów. Niniejszy materiał jest spełnieniem życzeń wielu Czytelników, którzy zdecydowanie poparli taki pomysł.

Wszelkie układy zdalnego sterowania cieszą się niesłabnącym zainteresowaniem Czytelników EdW. Oprócz torów radiowych bardzo popularne są systemy sterowania za pomocą podczerwieni. W EdW 9/96 zaprezentowano układ odbiornika zdalnego sterowania, współpracującego z typowym pilotem RC-5. Układ (i zestaw AVT-2118) cieszył się popularnością, niemniej jednak okazało się, iż dla wielu chętnych barierą okazała się cena zestawu. Wynika ona przede wszystkim z obecności kosztownego scalonego dekodera SAA3048.

Powstał więc pomysł skonstruowania możliwie prostego systemu zdalnego sterowania za pomocą podczerwieni, który byłby tańszy, a nie mniej funkcjonalny. Proces powstawania takiego projektu, poczynawszy od określenia założeń, przez projektowanie schematu, uruchamianie prototypu, usuwanie błędów, aż do osiągnięcia wersji finalnej można prześledzić w niniejszym dwuczęściowym artykule. Nie ulega wątpliwości, że publikacja jest jedyną w swoim rodzaju - konstruktor zdradza tajemnice swej kuchni, pokazuje wszystkie etapy tworzenia projektu, w tym szczegółowo etap uruchamiania prototypu i usuwania błędów. Na marginesie trzeba dodać, że postawione zadanie można zrealizować innymi sposobami, a opisany system wcale nie jest najprostszy z możliwych.

W tym wypadku prostota i koszty nie były jednak sprawą najważniejszą. Chodziło przede wszystkim o to, by układ był nietypowy i żeby Czytelnicy mogli się możliwie dużo nauczyć. Bardzo prosty, klasyczny układ nie dałby takiej możliwości. Poza tym przedstawiono proces tworzenia projektu "na piechotę", z użyciem długopisu i kartki papieru, bez użycia programów do rysowania schematów czy symulacji powstałych układów. Tak zresztą wygląda on u zdecydowanej większości współczesnych hobbystów - konstruktorów. Dlatego też większość rysunków to odręczne szkice, a nie wydruki z programów komputerowych.

Rozważania wstępne

Postawionym celem jest stworzenie systemu, umożliwiającego sterowanie kilkoma urządzeniami za pomocą jednego pilota. Przykładowo Autor artykułu ma w domu następującą sytuację: w pokoju gościnnym oprócz klasycznego żyrandola żona umieściła cztery gustowne lampki. Lampki rzeczywiście pomagają wytworzyć przyjemny nastrój, jednak wieczorem trzeba je gasić za pomocą wyłączników umieszczonych na kablach dołączonych do czterech różnych gniazdek. Przydałby się prosty system czterech zdalnie sterowanych wyłączników, pozwalający włączać i wyłączać dowolne lampki. Praktyka pokazuje, że jeszcze lepiej byłoby zapalać każdą z lampek oddzielnie, ale gasić wszystkie na raz, wykorzystując ten sam rozkaz.

Tym samym opracowywany system musi być wielokanałowy, minimum 4-kanałowy. Jeden nadajnik mógłby współpracować z dowolną liczbą odbiorników. Jeden odbiornik ma sterować pracą jednego urządzenia na zasadzie załącz/wyłącz. Za względu na koszty,

w odbiorniku można zastosować zasilacz beztransformatorowy.

Elementem wykonawczym odbiornika powinien być przekaźnik - np. typ RM81 zapewnia pracę przy obciążeniach do 16A, co daje obciążenie o mocy ponad 3kW. Dodatkowo można przewidzieć możliwość zastosowania triaka. Przekaźnik teoretycznie jest bardziej zawodny od triaka (ze względu na wypalanie styków), jednak w praktyce przy prądach obciążenia znacznie mniejszych od znamionowego okazuje się bardziej niezawodny i uniwersalny, bo oprócz odporności na przepięcia, zdarzające się w sieci, bez kłopotów może współpracować także z obciążeniem indukcyjnym (np. transformatory do lamp halogenowych).

W łączy podczerwieni można zastosować dowolne rodzaje modulacji, jednak ze względu na wielkie zalety, warto wykorzystać w odbiorniku scalony odbiornik podczerwieni typu TFMS5XX0 lub SFH506. Ponieważ najbardziej popularne są odbiorniki na 36kHz, należy zdecydować się na taką właśnie częstotliwość impulsów nośnych. Zastosowanie mniej popularnych wersji, na 30, 33 czy 40kHz miałyby spore zalety, ale wielu Czytelników mieszkających w mniejszych miejscowościach praktycznie nie miałyby szans na zbudowanie takiego systemu z elementów kupionych w sklepie. Dlatego należy zdecydować się na popularną wersję na 36kHz.

Ze względu na cenę układu scalonego dekodera SAA3048 należy zrezygnować z wykorzystania kodu RC-5 i typowego fabrycznego pilota. Trzeba opracować zupełnie inny system kodowania, gdzie odbiorniki nie będą reagować na sygnały typowych pilotów telewizyjnych. Oprócz odbiornika(-ów) należy

więc opracować także nadajnik (pilot). Oba układy muszą być zbudowane z typowych, tanich i łatwo dostępnych elementów.

W pilocie pracować będzie podczerwona dioda LED (IRED). W celu zwiększenia zasięgu (choć ze względu na ogromną czułość układu TFMS wcale nie jest to konieczne), warto sterować tę diodę impulsami prądu o dużej wartości, np. 1A. Aby z kolei uniezależnić się od wahań napięcia baterii, warto zastosować źródło prądowe o takiej wydajności. Już na etapie wstępnych rozważań należy określić typ baterii zasilającej nadajnik oraz zdecydować, jaka będzie obudowa. Do wyboru jest wiele możliwości. Napięcie może zawierać się w granicach 3...9V. Można wykorzystać obudowę od fabrycznego pilota i wtedy zasilaniem byłyby dwie baterie R6 (AA) lub raczej mniejsze R03 (AAA). W takim wypadku trudne byłoby jednak zapewnienie dostępu do jednego typu (obudowy) pilota wszystkim Czytelnikom EdW, chcącym zbudować taki układ. Ponadto we wnętrzu typowych pilotów zazwyczaj jest bardzo mało miejsca, a nietypowy układ nadajnika może zawierać sporo elementów.

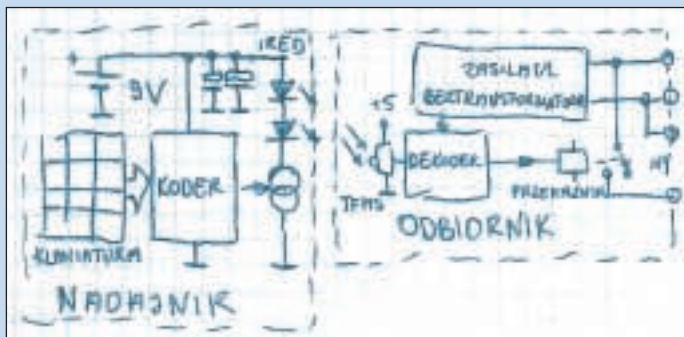
Można rozważyć wykorzystanie małej obudowy typu breloczek, stosowanej powszechnie w pilotach do alarmów samochodowych. Tu również na przeszkodzie stoi mała ilość miejsca wewnątrz.

Pozostaje wykorzystanie jakiejś łatwo dostępnej, "o numer większej" obudowy plastikowej, np. KM-26 albo KM-33. Gwarantują one wystarczająco dużo miejsca, a dodatkowo mają miejsce na baterię typu 6F22. Wykorzystajmy mniejszą z nich, czyli KM-26.

Tym sposobem o napięciu zasilania zdecydowała obudowa. Napięcie 9V umożliwia zastosowanie w nadajniku MOSFET-a do sterowania pracą diod nadawczych IRED. Przy napięciu zasilania 3V (i prądach ok. 1A) konieczne byłoby zastosowanie tranzystora bipolarnej mocy.

Takie wstępne rozważania umożliwiają narysowanie wstępnego schematu blokowego - patrz **rysunek 1**. Schemat ten będzie pomocą podczas dalszych, szczegółowych rozważań projektowych.

Rys. 1 Wstępny schemat blokowy

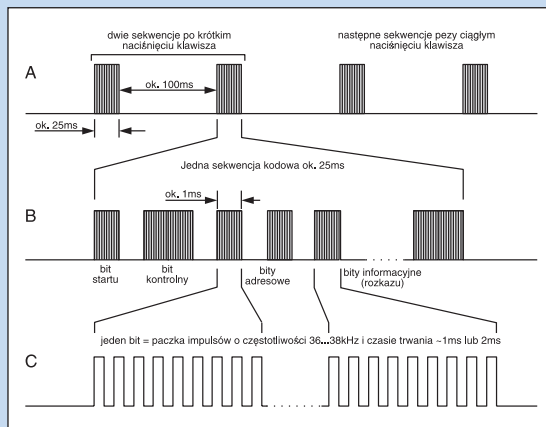


Projektowanie systemu

Na początek należy zdecydować się na sposób kodowania rozkazów. Możliwości jest wiele. Przyjęty sposób powinien być możliwie prosty. Niemniej w każdym przypadku odbiornik powinien być niewrażliwy na sygnały typowych pilotów TV. Najłatwiej to uzyskać, stosując przebiegi czasowe zdecydowanie różne od przebiegów pilotów TV. **Rysunek 2** pokazuje strukturę rozkazu w najpopularniejszym kodzie RC-5. Jak wiadomo, są to paczki impulsów 36kHz. Jeden rozkaz to sekwencja składająca się z kilkunastu paczek impulsów. Jedna sekwencja trwa około 25ms, a sekwencje powtarzane są co około 100ms. Jeśli projektowany system ma być odporny na sygnały pilotów, należy zastosować sekwencje czasowe zdecydowanie różniące się od tych z rysunku 2.

Jakie to mają być sekwencje?

Spośród wielu możliwości wybrano bardzo przejrzysty sposób: numer rozkazu bę-

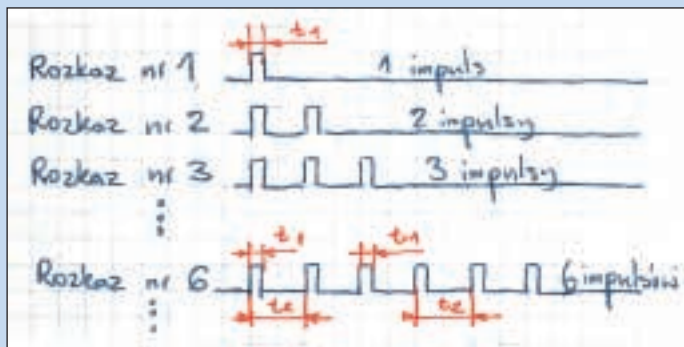


Rys. 2 Struktura rozkazu w kodzie RC-5

dzie kodowany liczbą nadawanych impulsów. Ogólną zasadę ilustruje **rysunek 3**. Natomiast **rysunek 4** pokazuje uproszczony schemat koda i dekodera. W kodzie potrzebny jest układ, który po naciśnięciu jednego z przycisków wygeneruje stosowną liczbę impulsów, a następnie powróci do stanu spoczynkowego. Należy więc

zastosować jakiś licznik programowany. Naciśnięcie dowolnego klawisza powinno wpisać do licznika stosowną liczbę, a następnie licznik powinien zliczyć tę liczbę, wytwarzając odpowiednią ilość impulsów. Na rynku dostępne są różne czterobitowe liczniki dwójkowe, które bez problemu umożliwią zrealizowanie systemu mającego 15 rozkazów. Piętnastu, a nie szesnastu ze względu na stan spoczynkowy, czyli liczbę zero.

Od razu należy zastanowić się, co ma się dzieć przy długotrwałym naciśnięciu przycisku. Czy sygnał ma być wysłany tylko jeden raz, czy ma się powtarzać w jakichś odstępach czasu. Ze względu na niezawodność sy-



Rys. 3 Generalna zasada kodowania

stemu należy raczej powtarzać rozkazy. Nawet gdyby jeden z jakichś względów nie dotarł do odbiornika, następne spełnią swe zadanie.

Tu pojawia się następny problem. Jak zbudowany będzie odbiornik? Czy będzie zawierał przerzutnik T, który zmienia stan po każdym odebraniu impulsie? Jak widać, wysyłanie kolejnych impulsów przy długotrwałym naciśnięciu klawisza praktycznie uniemożliwia zastosowanie przerzutnika T. Problem ten dotyczy wszystkich podobnych systemów

zdalnego sterowania. Na marginesie można wspomnieć, że we wspomnianym scalonym dekodzie SAA3048 dostępny jest na jednej z nóżek specjalny sygnał, informujący czy jest to pierwszy sygnał, czy kolejny, związane z długim naciśnięciem klawisza.

W naszym systemie z powtarzaniem rozkazów należy więc zastosować w odbiorniku przerzutnik RS. Jeden rozkaz go ustawi (np. włączy lampę), a inny rozkaz wyłączy. Przy dostępnej liczbie różnych rozkazów (15) nie będzie to żadnym utrudnieniem. Zresztą 15 rozkazów to naprawdę dużo - w naszym systemie możemy ją śmiało zmniejszyć np. do 10 czy 9.

Przed ustaleniem szczegółów układowych należy zaplanować i przeanalizować wszystkie niezbędne przebiegi czasowe i ustalić ich

długość. Przede wszystkim ze względu na oszczędność prądu (niewielka pojemność baterii nadajnika) należy pracować z możliwie krótkimi sygnałami. Tu ograniczeniem jest odbiornik TFMS5360. Aby prawidłowo zareagował, długość "paczki impulsów" 36kHz nie może być mniejsza niż 0,4ms (zob. EdW 1/98 str. 13 rys. 3). Ustalmy więc w naszym systemie długość "paczki impulsów" równą 0,6ms. Na rysunkach 3 i 5 jest to czas t^1 .

Mamy już pierwszy punkt zaczepienia. Idziemy dalej. Ze względu na odporność na sygnały pilotów TV należy w projektowanym systemie zastosować obwód zerowania, który będzie zerował dekodery odbiornika, jeśli następny impuls danego rozkazu pojawi się w czasie krótszym niż 3...4ms - porównaj rysunek 2. To jest bardzo ważne wymaganie. Po chwili zastanowienia należy więc w projektowanym systemie ustalić czas powtarzania kolejnych impulsów w obrębie rozkazu. Jeśli układ nie może reagować na impulsy pojawiające się z opóźnieniem krótszym niż 3...4ms, okres powtarzania prawidłowych impulsów w budowanym systemie musi być znacznie większy (częstotliwość mniejsza). Dajmy duży margines i ustalmy czas powtarzania równy 10ms, co daje częstotliwość 100Hz (na rysunkach 3 i 5 jest to czas t_2).

Ustaliliśmy, że przy długim wciśnięciu klawisza rozkazy, składające się z 1...10 paczek impulsów, będą powtarzane. Co ile?

Tu należy zacząć niejako od końca. Przy częstym powtarzaniu średni pobór prądu będzie znaczny. W przypadku baterii 6F22 ten średni pobór prądu nie powinien przekraczać 20mA. Policzmy więc minimalny czas powtarzania rozkazów. Wcześniej ograniczyliśmy liczbę rozkazów do 10 lub 9. Tym samym najdłuższy rozkaz będzie się składał z 10 paczek impulsów o częstotliwości 36kHz, wypełnieniu 50% i czasie trwania każdej paczki równym 0,6ms. Czas świecenia diod nadawczych przy najdłuższym rozkazie wyniesie więc:

$t_{max} = 10 \text{ impulsów} \times 0,6\text{ms} \times 50\%$
 co daje 3ms. Ustaliliśmy, że prąd diody w impulsie będzie wynosił około 1A, a średni prąd z baterii 20mA. Prąd 20mA płynący w szukanym czasie T ma przenieść taki sam ładunek, jak prąd 1A płynący w czasie 3ms. Zapisujemy to:

$$T \times 20\text{mA} = 3\text{ms} \times 1000\text{mA}$$

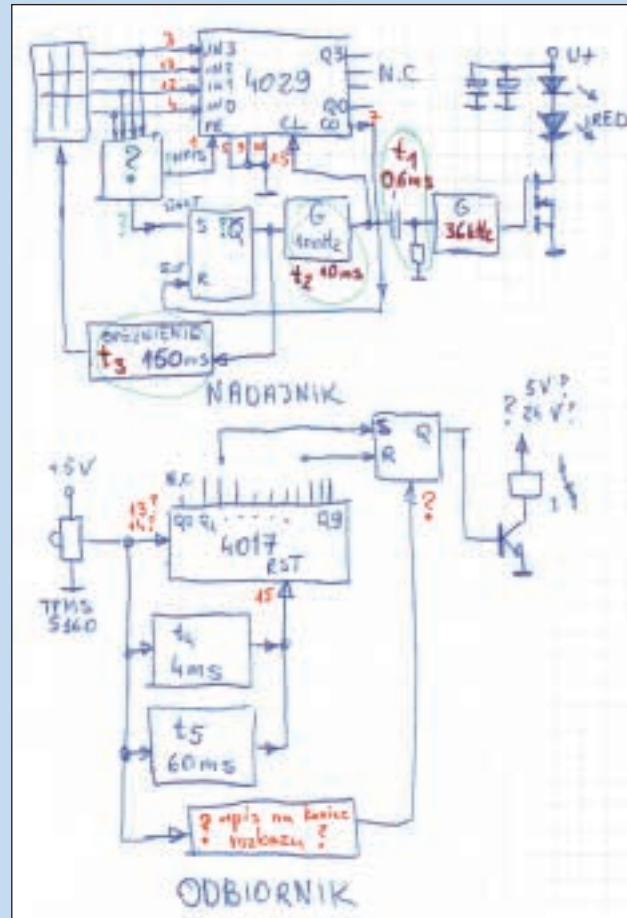
przekształcamy:

$$T = (3\text{ms} \times 1000\text{mA}) / 20\text{mA} = 150\text{ms}$$

Określiśmy minimalny czas powtarzania rozkazów. Na **rysunku 5** jest to czas t_3 . Oczywiście czas ten może być dłuższy niż 150ms, wtedy średni pobór prądu będzie jeszcze mniejszy.

W stanie spoczynku odbiornik musi być gotowy na przyjęcie i zliczenie serii impulsów. Jeśli to będą "nasze" impulsy, o czasie powtarzania równym 10ms (t_2), licznik powi-

nien je zliczyć. Jeśli natomiast będą to impulsy z pilota, pojawiające się w mniejszych odstępach (por. rys 2b), licznik powinien zostać wyzerowany. W odbiorniku musi pojawić się obwód zerowania, uniemożliwiający pracę licznika, gdy nadchodzące impulsy są zbyt blisko siebie. Ustalmy minimalny czas powtarzania impulsów w rozkazie równy 4ms. Będzie to czas t_4 .



Rys. 4 Zasada działania kodera i dekodera

Jak wskazują rysunki 3 i 4, dekodery odbiornika powinny mieć też drugi obwód zerowania. Trzeba zapewnić wyzerowanie licznika dekodera po zakończeniu każdego rozkazu, a przed nadejściem następnego. Czas ten na pewno musi być większy niż 10ms (t_2) i mniejszy niż 150ms (t_3). Nie zaszkodzi też, gdy będzie mniejszy niż 100ms - tyle wynosi odstęp w sygnałach pilotów TV - porównaj rys. 2. My możemy dać spory margines i ustalić czas zerowania równy na przykład 60ms. Będzie to czas t_5 .

Rysunek 5 pokazuje ostateczne zależności i przebiegi czasowe w przypadku ciągłego powtarzania rozkazu składającego się z trzech impulsów. Po definitywnym ustaleniu wszystkich głównych założeń pora przejść do rysowania schematów ideowych.

Projektowanie układów

W nadajniku koniecznie trzeba zastosować stabilny generator częstotliwości nośnej 36kHz. Związane to jest z selektywnością scalonego odbiornika TFMS. Już odchyłka częstotliwości nośnej o około 7% powoduje spadek czułości odbiornika o 50% - zob. EdW 1/98 str. 12 rys. 1a. Aby zapewnić nale-

żyłą stabilność częstotliwości nośnej w funkcji temperatury i napięcia zasilania, zastosowano znany układ CMOS 4047. Do odliczania impulsów zastosowano uniwersalny licznik CMOS 4029. Do wytwarzania impulsów o okresie powtarzania 10ms dla licznika również wykorzystano stabilną kostkę 4047, choć w zasadzie w tym wypadku stabilność nie jest najważniejsza. Po kilku przymiarkach powstał wstępny schemat nadajnika pokazany na **rysunku 6**. Głównym zadaniem było zaprojektowanie logiki sterującej, by ostatecznie uzyskać na wyjściu nadajnika założone przebiegi z rysunku 5. Na pewno naciśnięcie klawisza powinno wpisać do licznika liczbę dwójkową odpowiadającą temu klawiszowi i uruchomić cykl odliczania. Przy ciągłym naciskaniu układ powinien generować kolejne rozkazy w odstępie

150ms. Po dalszych przymiarkach, obliczeniach, sprawdzaniach w katalogu powstał kompletny schemat nadajnika, pokazany na **rysunku 7**.

Obwód wyjściowy z tranzystorami T1, T2 to sterowane źródło prądowe. Stan wysoki na nóżce 10 U4 otwiera tranzystor T2. Gdy spadek napięcia na rezystorach R14, R15 przekroczy 0,5V, zaczyna się otwierać tranzystor T1, który zmniejsza napięcie na bramce T2, utrzymując stałą wartość prądu płynącego przez diody nadawcze D2, D3 (około 1A, może nieco więcej). Ponieważ przez diody i tranzystor MOSFET będą przepływać impulsy prądowe o dużym natężeniu (ok. 1A), konieczne jest zastosowanie jednego lub lepiej dwóch kondensatorów, które będą wtedy stanowić źródło zasilania. Trzeba bowiem pamiętać, że zwykła bateria 6F22 ma wydajność prądową rzędu co najwyżej kilkudziesięciu mA. Oddzielny obwód R16

C10 filtruje zasilanie dla układów cyfrowych.

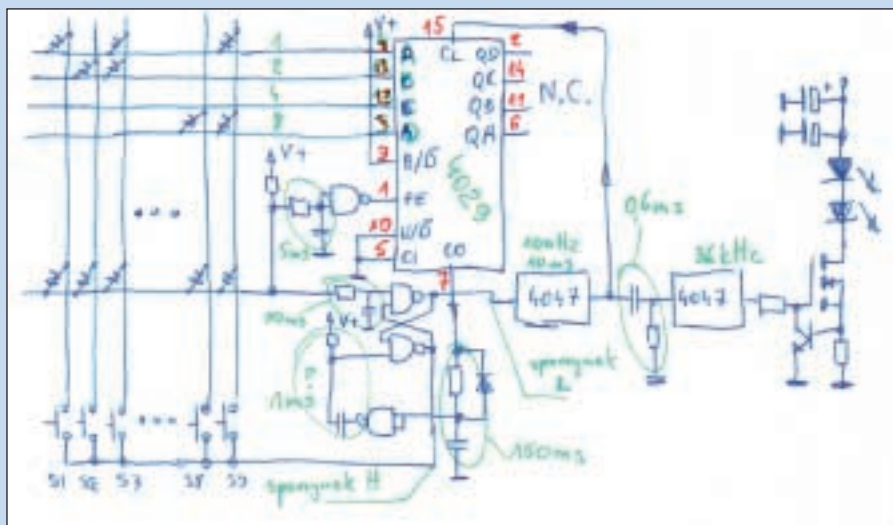
Sygnal dla sterowanego źródła prądowego z tranzystorem T2 jest brany nie z wyjścia oscylatora U4 (nóżka 13), tylko z wyjścia dzielnika przez 2 (nóżka 10), dlatego sam oscylator pracuje z podwójną częstotliwością (72kHz). Wartości elementów RC należy dobrać tak, by

$$1 / 72\text{kHz} = 2,20 (R12+PR1) C7$$

W tym wypadku zastosowanie potencjometru jest wręcz konieczne, bowiem częstotliwość wyjściowa powinna wynosić dokładnie 36kHz.

Układ U4 generuje symetryczną falę prostokątną o częstotliwości 36kHz jedynie w czasie, gdy na nóżce 5 występuje stan wysoki. Elementy R11 C6 ustalają czas trwania paczki impulsów na około 0,6ms (t_1). Kostka U4 jest więc na krótko uruchamiana tylko wtedy, gdy pracuje generator z kostką U3. Elementy R10, C5 ustalają okres przebiegu na wyjściu kostki U3 na około 10ms (t_2). W stanie spoczynku układ U3 nie pracuje - na jego nóżce 5 jest stan niski. Tak samo układ U4. Dopiero naciśnięcie dowolnego klawisza S1...S9 spowodować:

1. natychmiastowe pojawienie się na wejściach programujących licznika U1 liczby dwójkowej zaprogramowanej za pomocą matrycy diod D4...D39,



Rys. 6 Wstępny schemat nadajnika

2. wpisanie po ok. 5ms ($R5C1$) tej liczby do licznika sygnałem na jego wejściu PE (nóżka 1 U1),

3. ustawienie po ok. 10ms ($R6C2$) przerzutnika RS zbudowanego z bramek U2B, U2C i jednocześnie

4. podanie na nóżkę 5 U3 stanu wysokiego umożliwiającego pracę generatora 100Hz oraz

5. zablokowanie pracy klawiatury przez zmianę stanu drugiego wyjścia przerzutnika RS (nóżki 10, 6), co będzie oznaczało koniec impulsu wpisyującego na wejściu PE licznika (n. 1 U1) oraz powrót do stanu wysokiego na nóżce 5 U2B.

Po wygenerowaniu przez U3 N impulsów ($N \times 10\text{ms}$) na wyjściu CO kostki U1 (nóżka 7) ma się pojawić stan niski, który przez diodę D1 szybko rozładuje kondensator C4 i przez bramkę U2D spowoduje wyzerowanie przerzutnika U2B, U2C. Jeśli klawisz będzie nadal naciskany, układ powinien wygenerować następną sekwencję impulsów za około 150ms, a jeśli nie - powrócić do stanu spoczynkowego.

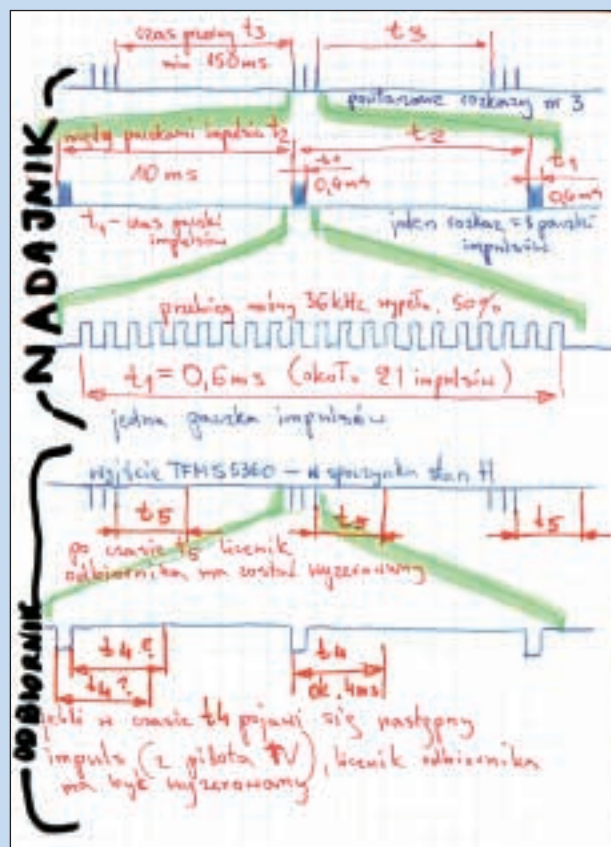
Tyle o nadajniku. Ponieważ jeden nadajnik zazwyczaj będzie współpracował z kilkoma odbiornikami, ważne jest, by odbiorniki były jak najprostsze i jak najtańsze. W części odbiorczej zastosowano więc popularny licznik CMOS 4017 oraz przerzutnik RS, jak pokazano na rysunku 8. Po

dłuższej analizie i kilku cyklach odchudzania schemat części odbiorczej przybrał ostatecznie kształt jak na rysunku 9.

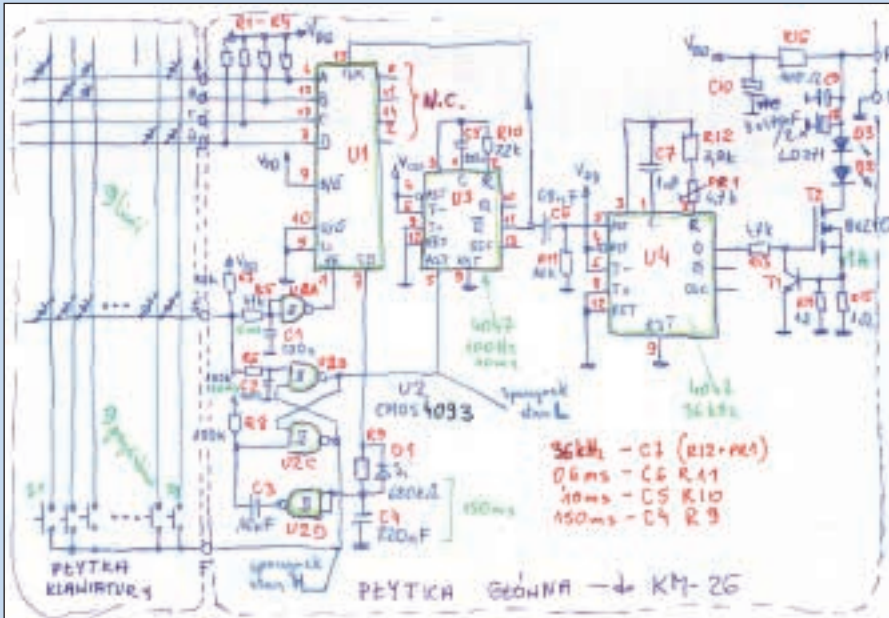
Układ jest zasilany bezpośrednio z sieci za pomocą typowego układu. Kondensatory C10, C11 ograniczają prąd. Rezystor R10 zabezpiecza przed udarami prądowymi, natomiast R11, R12 rozładowują kondensatory po odłączeniu od sieci.

Część cyfrowa jest zasilana napięciem ok. 5V występującym na diodzie Zenera D5. Natomiast 24-woltowy przekaźnik jest zasilany sumą napięć z diod D4, D5. Przekaznik RM81 24V ma prąd działania przy napięciu nominalnym około 25mA. Ze względu na histerezę przekaźnika, z powodzeniem można zastosować zasilacz o mniejszej wydajności prądowej. Gdy przekaźnik będzie wyłączony, pobór prądu będzie znikomy i napięcie na kondensatorze C9 wyniesie około 38V. Ładunek zgromadzony w tym kondensatorze z powodzeniem wystarczy do zadziałania przekaźnika. Po zadziałaniu napięcie na przekaźniku spadnie poniżej 24V, ale i tak z powodzeniem wystarczy do utrzymania go w stanie czynnym. Układ będzie działał poprawnie, byle tylko napięcie zasilania części cyfrowej zaledwie nie spadło. W wersji podstawowej, gdzie stosowany będzie przekaźnik, należy przypuszczać, iż wystarczy zastosować tylko jeden z kondensatorów C10, C11 o pojemności 220nF lub 330nF (na napięciu 400V lub 630V). Podobnie w wersji z triakiem i optotriakiem. W tej drugiej wersji prawdopodobnie także wystarczy kondensator o pojemności 330nF, ale gdyby wymagany prąd optotriaka był duży, należy zwiększyć tę pojemność.

Po odebraniu pierwszej paczki impulsów, na wyjściu 3 układu TFMS5360 pojawi się ujemny impuls o czasie trwania około 0,6ms. Powinien on spowodować przede wszystkim obniżenie się napięcia na kondensatorze C5 (ładowanie C5 przez D3 i R4), a tym samym



Rys. 5 Zależności czasowe

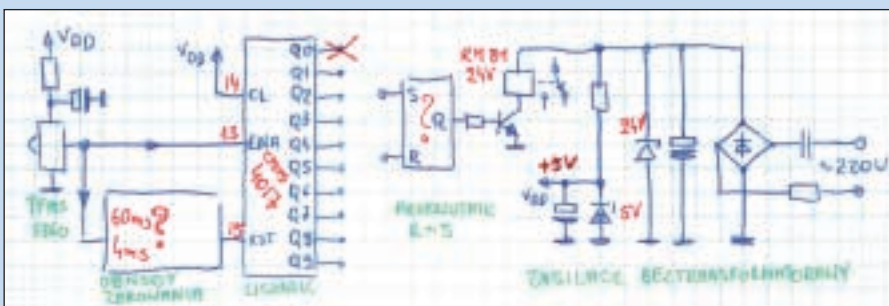


Rys. 7 Ostateczny schemat nadajnika

zdjęcie stanu wysokiego z wejścia zerującego RST (n. 15 U2), co umożliwi pracę licznika U2. Odebrane impulsy (0,6ms) z wyjścia odbiornika U3 przechodzą na wejście EN (n. 13 U2) i zostaną zliczone. Każdy kolejny impuls, pojawiający się co 10ms, przesunie stan wysoki na następne z wyjść Q1...Q9. Gdy seria impulsów tworzących rozkaz się skończy, stan wysoki pojawi się na stałe na jednym z wyjść Q1...Q9. Jeśli do tego wyjścia będzie dołączony jeden z punktów Z1, Z2, nastąpi ładowanie jednego z kondensatorów C6, C7 i po czasie około 30ms na wejściu przerzutnika RS zbudowanego z bramek U1C, U1D pojawi się napięcie odpowiadające stanowi wysokiemu. Spowoduje to ustawienie albo wyzerowanie tego przerzutnika i zmianę stanu przekaźnika wykonawczego (lub triaka).

Aby takie przzerzucanie nie nastąpiło podczas zliczania kolejnych impulsów pojawiających się co 10ms, zastosowano bardzo proste rozwiązanie w postaci obwodów opóźniających R7C7, R8C6 o stałej czasowej około 30ms. Gwarantują one, że stan przerzutnika

Rys. 8 Wstępny schemat odbiornika



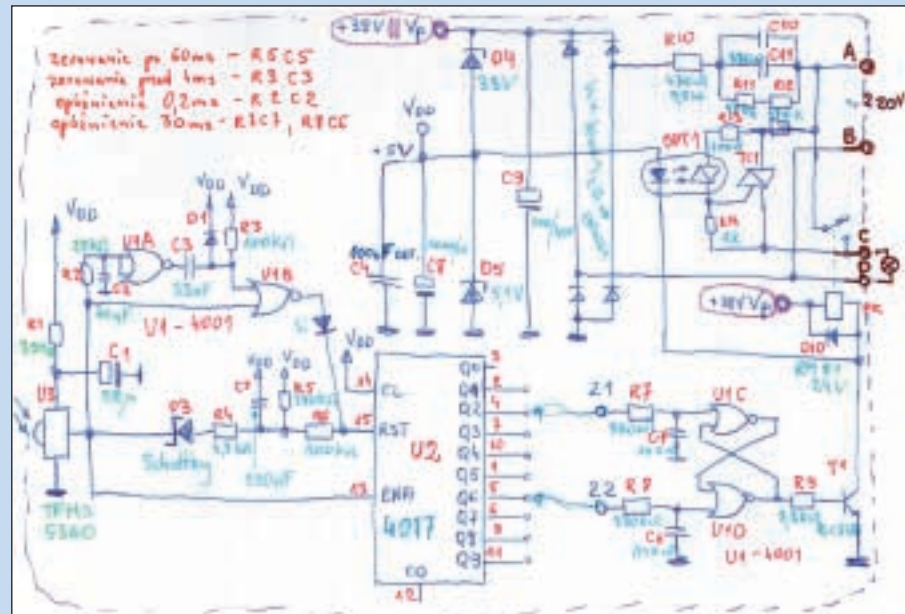
może zmienić się dopiero po zakończeniu rozkazu.

Każdy odebrany impuls z rozkazu doładowuje także C5 i utrzymuje na wejściu zerującym (n. 15 U2) stan niski. Gdy rozkaz się skończy, kondensator C5 zacznie się rozładowywać przez R5 i po czasie t_5 , wynoszącym

około 60ms, na wejściu zerującym pojawi się napięcie odpowiadające stanowi wysokiemu. Tym samym po ok. 60ms od zakończenia nadawania rozkazu licznik zostanie wyzerowany. Wcześniej, po 30ms ewentualnie zmieni się stan przerzutnika RS.

Bramki U1A i U1B pracują w obwodzie zerującym licznik w przypadku odebrania sygnałów z fabrycznego pilota telewizyjnego. Impulsy odebrane z wyjścia U3 są opóźniane o około 0,2ms w obwodzie R2C2 i po odwróceniu przez negator U1A wytwarzają na nóżce 5 bramki U1B ujemne impulsy o czasie trwania t_4 wynoszącym około 4ms. Jeśli kolejny odebrany impuls pojawia się po czasie dłuższym niż te 4ms, na wyjściu bramki U1B nic się nie zmieni - utrzyma się tam na stałe stan niski. Jeśli natomiast kolejny impuls przyjdzie przed upływem czasu 3...4ms, na wyjściu bramki U1B pojawi się impuls dodatni o czasie trwania około 0,2ms. Impuls

Rys. 9 Ostateczny schemat odbiornika



ten spowoduje wyzerowanie licznika U2. Tyle o planowanym działaniu nadajnika i odbiornika.

Schematy z rysunków 7 i 9 stały się podstawą wykonania płytek próbnych. Zbyszek Orłowski narysował schematy z pomocą programu komputerowego, wygenerował netlisty i zaprojektował płytki drukowane. Podczas pracy były uwzględniane zalecenia podane w kursie projektowania płytek drukowanych, jaki pojawił się w EdW w 1996 roku.

W tym miejscu przerywamy opowieść. Dalsza część artykułu będzie przedstawiona za miesiąc.

Piotr Górecki