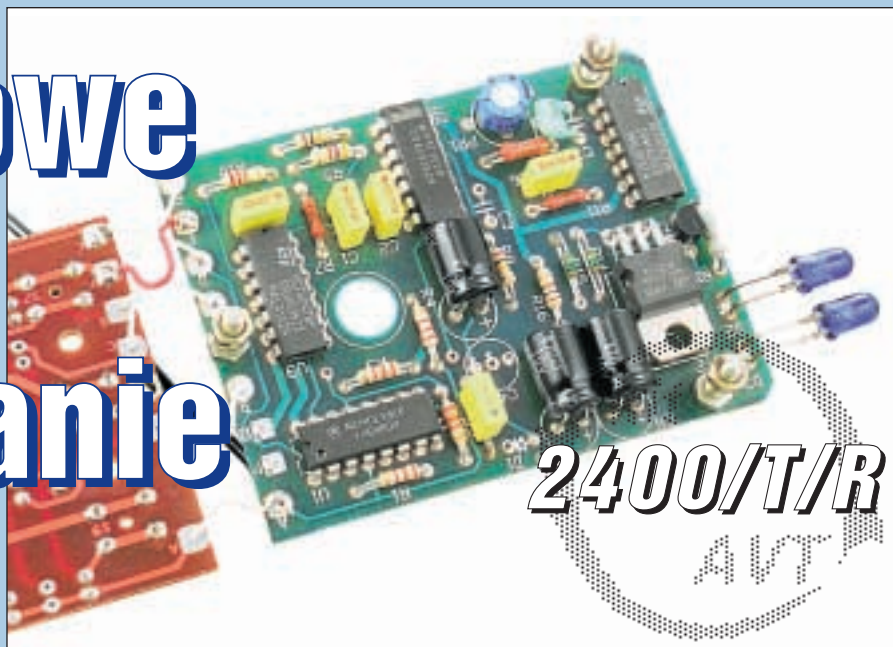




Nietypowe zdalne sterowanie



część 2

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. W pierwszej części artykułu opisano proces powstawania projektu od ogólnej idei do wykonania płytek prototypowych. W drugiej przedstawione są dalsze etapy, w szczególności usuwanie błędów.

Montaż i uruchomienie prototypu

Po zaprojektowaniu i zmontowaniu płytek próbnych przystąpiono do uruchomienia prototypu. Montaż nie sprawił specjalnych trudności, trzeba było tylko uważać, by się nie pomylić przy montażu, zwłaszcza przy lutowaniu diod programujących. Jak się potem okazało, montaż przebiegł bezbłędnie i żaden z użytych elementów nie był uszkodzony.

Zmontowany nadajnik podłączono do zasilacza, sprawdzając na wbudowanym mierniku pobór prądu w spoczynku (praktycznie równy zeru). Układ odbiorczy ze względów bezpieczeństwa zasilono nie wprost z sieci, tylko z innego zasilacza dołączonego równoległe do diody D5. Takie połączenie jest wprawdzie ryzykowne, ale przy ustawieniu napięcia zasilającego równego 4,7V przez diodę D5 płynął jakiś pomijalnie mały prąd.

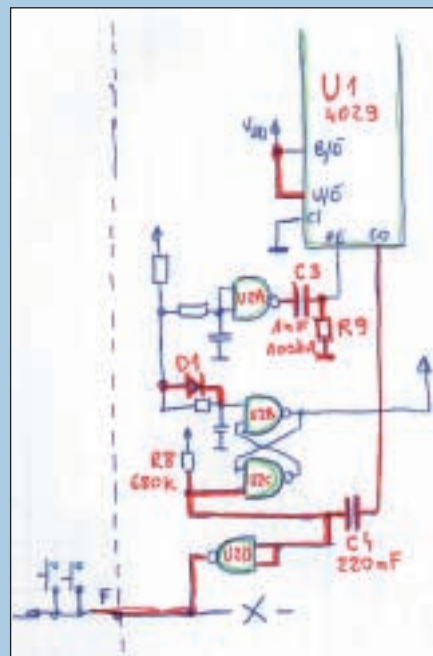
Punkty Z1, Z2 dołączono do punktów Q2 i Q6. Tym samym rozkaz nr 2 (dwa impulsy) powinny włączać przekaźnik, a rozkaz 6 (6 impulsów) powinien go wyłączać.

Najpierw na chwilę zwarto nóżkę 5 U4 w nadajniku do plusa zasilania i ustawiono częstotliwość oscylatora na 72kHz, co dało impulsy o częstotliwości 36kHz.

Niestety, pierwsze próby wykazały, iż naciskanie w nadajniku wspomnianych przycisków nie powoduje żadnej reakcji przekaźnika. Nie było to niczym dziwnym. Przy tym stopniu skomplikowania układu i szybkim procesie projektowania, nie uwzględniającym ani analizy za pomocą któregoś z programów symulacyjnych (np. PSpice), ani sprawdzenia schematów przez niezależnego konstruktora, dziwniejsze byłoby, gdyby układ od razu pracował poprawnie. Aby określić przyczynę błędu, zmierzono przede wszystkim przebiegi w nadajniku. Okazało się, że układ zupełnie nie chce pracować według założeń. Pomiary oscyloskopem udowodniły, że stany w poszczególnych punktach są inne niż zaplanowano. Przede wszystkim licznik U1 nie odliczał prawidłowo określonej liczby impulsów. Wyglądało na to, że błąd tkwi gdzieś w pobliżu bramek U2. Rzeczywiście, po głębszej analizie schematu i występujących przebiegów okazało się, że przyczyną są nieprawidłowe przebiegi na drodze: wyjście CO licznika (nóżka 7 U1) - przełączniki S1...S9 (punkt F).

Zmodyfikowano więc obwód D1, R9, C4 według rysunku 10 i podano zeń sygnał bezpośrednio na wejście zerujące przerzutnika U2B, U2C (nóżka 9 U2C). Za pomocą U2D zanegowano także sygnał podawany na przyciski, czyli na punkt F. Dodano obwód różniczkujący na wejściu PE licznika U1, wykorzystując niepotrzebne już elementy C3, R9 o zmienionych wartościach. Dodano także diodę, równoległe do R6. Zmienione obwody wyróżniono na rysunku 10 kolorem czerwonym.

Po wprowadzeniu opisanych poprawek układ zaczął odliczać impulsy. Ale nie był to koniec kłopotów z nadajnikiem. Liczba odliczanych impulsów była inna niż zaplanowano - czym mniejszy numer przycisku, tym więcej było impulsów. Ta zależność naprowadziła od razu na trop błędu - według założeń, do licznika powinna być wpisywana liczba w naturalnym kodzie dwójkowym, a licznik miał liczyć w dół. Niestety, skupienie się przy projektowaniu układu na obwodach związanych z kostką U2 spowodowało przeoczenie oczywistego faktu, że do licznika wpisywana jest liczba mająca wszystkie bity zanegowane. Wynika to z kierunku włą-



Rys. 10 Modyfikacja obwodów kostki U2

czenia diod programujących i dołączenia rezystorów podciągających do plusa zasilania, a nie do masy.

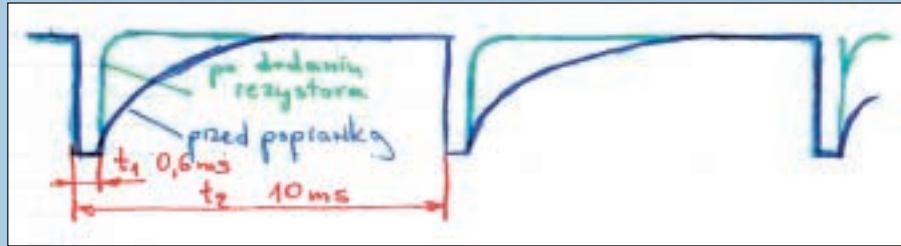
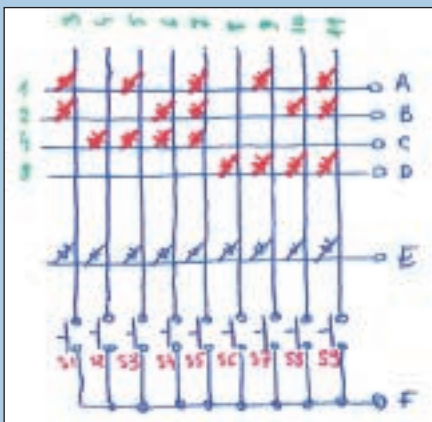
Najprostszym sposobem usunięcia tego błędu była zmiana kierunku zliczania licznika U1. Nadal miał to być licznik binarny (nóżka 9 zwarta do plusa zasilania), a kierunek zliczania zmieniono dołączając nóżkę 10 U1 do plusa zasilania, a nie do masy - zobacz rysunek 10.

Po tej przeróbce nadajnik zadziałał prawidłowo. Okazało się jednak, że aby w odbiorniku zadziałało wyjście Q2, trzeba było nacisnąć przycisk numer 4. Ogólnie, aby w odbiorniku uruchomić wyjście N, w nadajniku trzeba było nacisnąć przycisk N+2. Oczywiście był to drobiazg, który poprawiono, bez zastanowienia zmieniając rozmieszczenie w nadajniku diod programujących według **rysunku 11**.

Opisane zmiany przeprowadzono przy zasilaniu nadajnika najpierw z zasilacza, potem z baterii, a odbiornika jedynie z zasilacza. Niestety, podłączenie odbiornika wprost do sieci wykazało, że przestał on działać poprawnie. Wprawdzie po podaniu zasilania wszystko było dobrze, ale przekaźnik po zadziałaniu trzymał tylko chwilę i zaraz puszczał.

Od razu stało się jasne, że winne są obwody zasilania. Pomiar napięcia na diodzie D5 wykazał, że po zadziałaniu przekaźnika napięcie zasilające spadało do około 1,6V, uniemożliwiając pracę układów cyfrowych. Jeden rzut oka na schemat wyjaśnił, że brakuje rezystora włączonego równoległe do diody D4. Najpierw dołączono rezystor 10kΩ. Sytuacja się poprawiła - po zadziałaniu przekaźnika napięcie na diodzie D5 spadało z 5,25V do 3,6V. Dodano więc jeszcze jeden rezystor 10kΩ i zmiana napięcia wyniosła jedynie 0,5V (z 5,25V na 4,75V). Przy okazji sprawdzono, że napięcie na kondensatorze C9 i przekaźniku zmniejsza się z około 38V do 15,5V, co jest jak najbardziej w porządku - nie trzeba zwiększać pojemności C10.

Rys. 11 Modyfikacja matrycy diod



Rys. 12 Przebiegi na wyjściu U3 w części odbiorczej

Wyglądało to na koniec kłopotów. Przy dalszych testach wyszło jednak na jaw, że odbiornik czasem reaguje jednakowo na naciśnięcie kilku klawiszy. Był to ewidentny i zupełnie nieoczekiwany błąd.

Pomiary oscyloskopem wykazały, że to nadajnik generuje tę samą liczbę impulsów przy naciśnięciu kilku klawiszy. Po bliższym zbadaniu problemu okazało się, że jedna z przelutowywanych diod programujących została omyłkowo wlutowana odwrotnie. Po zmianie kierunku włączenia tej diody układ zadziałał, ale po dłuższych testach znów wyszły na jaw usterki. Zdarzało się, że odbiornik reagował na naciśnięcie dwóch klawiszy: właściwego i o numer większego. Nie było to jednak regułą. Chwilami układ pracował prawidłowo, reagując tylko na właściwe klawisze (N+2 impulsów), a czasami reagował także na N+3 impulsów. Pomiar oscyloskopem nadajnika wykazał, że pracuje on poprawnie i za każdym razem generuje liczbę impulsów odpowiadającą naciśniętemu klawiszowi (N+2).

Przyczyna niestabilności musiała więc tkwić w odbiorniku.

Dokładna analiza przebiegów w różnych punktach odbiornika ujawniła kilka nieprawidłowości. Po pierwsze, przerwy między kolejnymi rozkazami okazały się za krótkie, krótsze niż przewidziane 150ms. Natychmiastową reakcją było prowizoryczne zwiększenie C4 w nadajniku z 220nF na 690nF (dolutowanie równoległe 470nF).

Po drugie, przebieg na wyjściu układu TFMS5360 (n. 3 U3) miał niepokojąco łagodne zbocza narastające. Powodem była duża wewnętrzna rezystancja podciągająca na wyjściu U3, równa około 50kΩ. Tę usterkę natychmiast usunięto, dodając zewnętrzny rezystor podciągający na wyjściu (łączy nóżki 2 i 3 układu U3). Przebieg poprawił się, jak pokazuje **rysunek 12**.

Po trzecie, bardzo podejrzany był przebieg na kondensatorze C5 w odbiorniku. Wyglądał jak na **rysunku 13b**.

Przyczyną była zbyt duża wartość R4. Podczas krótkiego impulsu ujemnego na wyjściu 3 układu U3 (0,6ms, a w rzeczywistości ok. 0,75ms - patrz EdW 1/98 str. 13 rys. 3) kondensator C5 nie zdążył się naładować przez D3 i R4. W konsekwencji licznik zazwyczaj był odblokowywany (stan niski na wejściu zwrucającym RST) nie tuż po przyjsciu pierwszego impulsu, tylko po przyjsciu drugiego - stąd konieczność generowania N+2 impulsów.

Już zmniejszenie R4 do 1kΩ poprawiło sytuację. Rozważano także zastąpienie D3, R4 tranzystorem PNP, jednak bliższe zbadanie obwodu wykazało, że wydajność prądowa układu TFMS w stanie niskim jest znaczna i można zewrzeć rezystor R4, a dioda D3 nie musi być diodą Schottky'ego - wystarczy zwykła dioda krzemowa, np. 1N4148. Po zwarceniu rezystora R4 i zamianie diody na zwykłą, przebieg na kondensatorze C5 wyglądał jak na rysunku 13c (pomijamy spadek napięcia na diodzie D3).

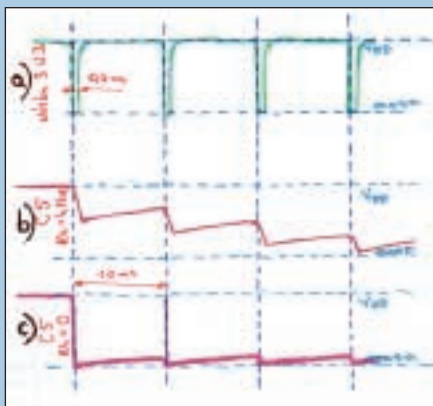
Po tej poprawce układ niezawodnie reagował już po N+1 impulsach. Trzeba było znów przelutować diody programujące w nadajniku, by przy naciśnięciu przycisku oznaczonego N układ generował N+1 impulsów.

Jak widać, układ odbiorczy nie zlicza pierwszego nadchodzącego impulsu. Nie jest to jednak wadą, a ważną zaletą. Chodzi o to, by jeden przypadkowy impuls nie powodował zadziałania układu (a także by wyjście Q1 licznika U2 nie zadziałało na koniec sekwencji sygnału z pilota TV, dającego nieprawidłową liczbę impulsów). Uzyskano to wykorzystując do zliczania impulsów wejście ENA (n. 13 U2), reagujące na opadające zbocza. Tym samym licznik nie zlicza opadającego zbocza pierwszego impulsu, bo wtedy jest jeszcze wyzerowany. Wykorzystanie wejścia CLK (n. 14 U2) powodowałoby zliczanie już pierwszego impulsu, co mogłoby być powodem błędów przy korzystaniu z wyjścia Q1 układu U2.

Przy dalszej analizie układu odbiornika znaleziono jeszcze jeden błąd - brak rezystora ograniczającego prąd optotriaka OPT1.

Na sam koniec, przy fizycznym porządkowaniu elementów na płytkach, okazało się, iż podczas przeróbek nie zmieniono w nadajniku rezystora R8. Pozostał tam rezystor o wartości 100kΩ, i dlatego odstępek pomiędzy kolejnymi rozkazami był za mały. Odlutowano więc prowizorycznie dołączony do C4 kondensator 470nF i wlutowano R8 o wartości 680kΩ.

Ostateczny schemat nadajnika i odbiornika po opisanych korektach pokazują **rysunki 14** i **15**. Na rysunku 15 czerwonym kolorem zaznaczono poprawki naniesione podczas uruchamiania prototypu. Prototyp pokazany na fotografiach jest zmontowany na płytkach próbnych



Rys. 13 Przebiegi na kondensatorze C5

według schematów z rysunków 7 i 9, ze wszystkimi wymienionymi poprawkami.

Przed publikacją w EdW każdy układ jest przekazywany do Pracowni Konstrukcyjnej AVT, gdzie niezależna komórka sprawdza, czy działanie modelu rzeczywiście zgadza się z opisem zawartym w artykule. Do Pracowni został przekazany zmodyfikowany prototyp, wstępnie złożony niniejszy artykuł wraz ze wszystkimi rysunkami, schematami ideowymi i montażowymi. Dodatkowo na dyskietce przekazane zostały także trzy pliki typu .pcb, zawierające projekty płytek drukowanych z uwzględnionymi wszystkimi wspomnianymi poprawkami. Posłużą one do wyprodukowania płytek, które wejdą w skład kitu AVT-2400.

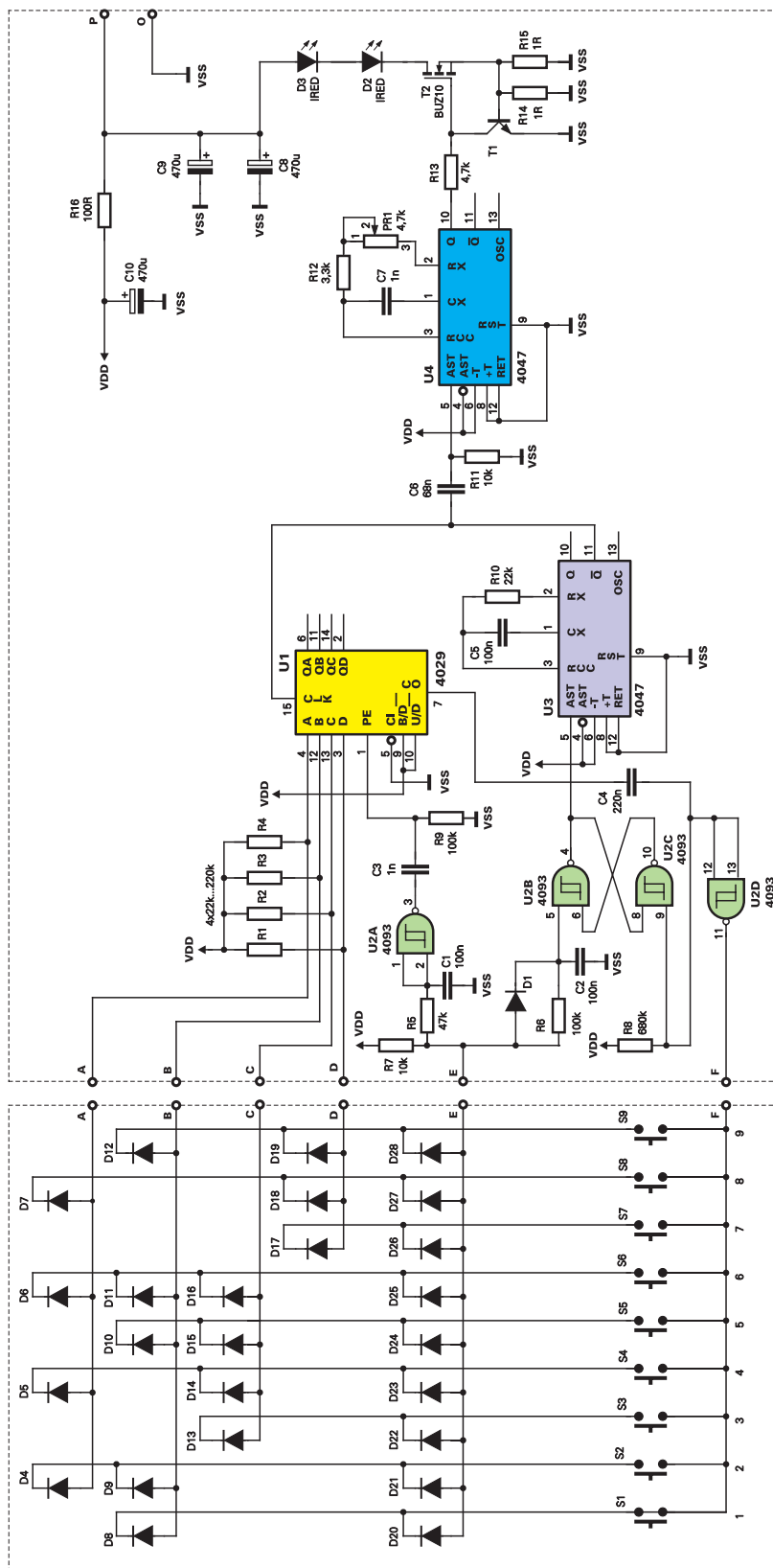
Wskazówki montażowe

Rysunki 16...18 pokazują ostateczne schematy montażowe nadajnika i odbiornika.

Pomocą w montażu będą także fotografie modelu. Osoby, które zechcą zbudować taki układ (zmontować kit AVT-2400) nie powinny natrafić na większe trudności. Układ zmontowany ze sprawnych elementów od razu powinien pracować, a jedyną regulacją będzie ustawienie w nadajniku częstotliwości nośnej 36kHz za pomocą potencjometru PR1. Oczywiście trzeba też w odbiorniku dołączyć punkty Z1, Z2 do dowolnych dwóch spośród punktów Q1...Q9. Ze względu na oszczędność prądu lepiej jest wybierać rozkazy o niższych numerach.

Stopień trudności układu "wyceniono" na dwie gwiazdki tylko ze względu na ewentualne trudności związane na przykład z pomysłkami w montażu czy przypadkowym uszkodzeniem jakiegoś elementu. Wtedy do wyszukania usterki niezbędny będzie oscyloskop i wiedza o funkcjonowaniu układu. Jeśli natomiast elementy będą sprawne, a układ zmontowany bezbłędnie, nie powinni z nim mieć kłopotów nawet początkujący.

W każdym przypadku warto na początek dołączyć nadajnik do zasilacza 9V i sprawdzić, czy działa, oraz jaki prąd pobiera. Potem nadajnik należy zasilac z baterii, a odbiornik dołączyć nie wprost do sieci, tylko do zasilacza 5V, wylutowu-



Rys. 14 Ostateczny schemat nadajnika

jąc na ten czas diodę D5 i prowizorycznie dołączając do wyjścia przerzutnika RS (n. 11, 9 U1) szeregowo połączoną diodę LED i rezystor 1kΩ.

Przy takim zasilaniu warto sprawdzić oscyloskopem przebiegi w kluczowych punktach nadajnika (n. 11 U3 oraz n. 10 U4) i odbiornika (n. 3 U3 oraz n. 15 U2). **Żadnych pomiarów odbiornika nie wolno przeprowadzać przy zasilaniu wprost z sieci.**

Uwaga!
Na elementach odbiornika występuje pełne napięcie sieci, co może stać się przyczyną tragicznego wypadku.
Osoby niepełnoletnie mogą wykonać i uruchomić opisany układ jedynie pod opieką wykwalifikowanych osób dorosłych.

Ponieważ impulsy prądowe diod nadawczych mają wartość ok. 1A, najprawdopodobniej okaże się, iż układ odbiorczy działa i nawet bez jakiegokolwiek regulacji ma wystarczającą czułość. Warto jednak dokładniej ustawić częstotliwość generatora U4 w nadajniku. Można do tego celu wykorzystać multimetr wyposażony w funkcję pomiaru częstotliwości. W tym celu należy włączyć na stałe generator U4 zwierając jego nóżkę 5 do plusa zasilania. Przy częstotliwości oscylatora 72kHz (nóżki 1, 2, 13), po

podziale przez 2, na nóżkach 10 i 11 częstotliwość wyniesie 36kHz. Uwaga! W czasie takiego pomiaru diody nadawcze D3, D2 nie mogą pracować w trybie ciągłym - pobór prądu wyniósłby ok. 0,5A, co prawie na pewno uszkodziłoby te diody. Pomiar częstotliciemierzem powinien być przeprowadzony przed wlutowaniem diod nadawczych lub diody te należy wylutować bądź wyłączyć, zwierając bramkę MOSFET-a T2 do masy.

Kto nie ma dostępu do częstotliciemierza, może ustawić częstotliwość U4 eksperymentalnie. Aby sygnał docierający do odbiornika był bardzo mały, nadajnik należy skierować w stronę przeciwną niż odbiornik, a następnie sprawdzić, w jakich skrajnych pozycjach potencjometru PR1 odbiornik przestaje reagować. Na koniec ustawić PR1 w środku między tymi pozycjami. Nie powinno się to okazać trudne nawet dla mało zaawansowanych.

Nadajnik należy umieścić w obudowie KM-26, układ odbiorczy można zmieścić w jakiegokolwiek większej obudowie, na przykład KM-60. W obudowie odbiornika należy wyciąć niewielki otwór zapewniający dostęp światła do układu U3 oraz zamontować gniazdko sieciowe. Aby umożliwić budowę systemu o dowolnej wielkości, układy nadajnika i odbiornika są dostępne jako oddzielne kity AVT. Jeden nadajnik może współpracować z dowolną liczbą odbiorników.

Możliwości zmian

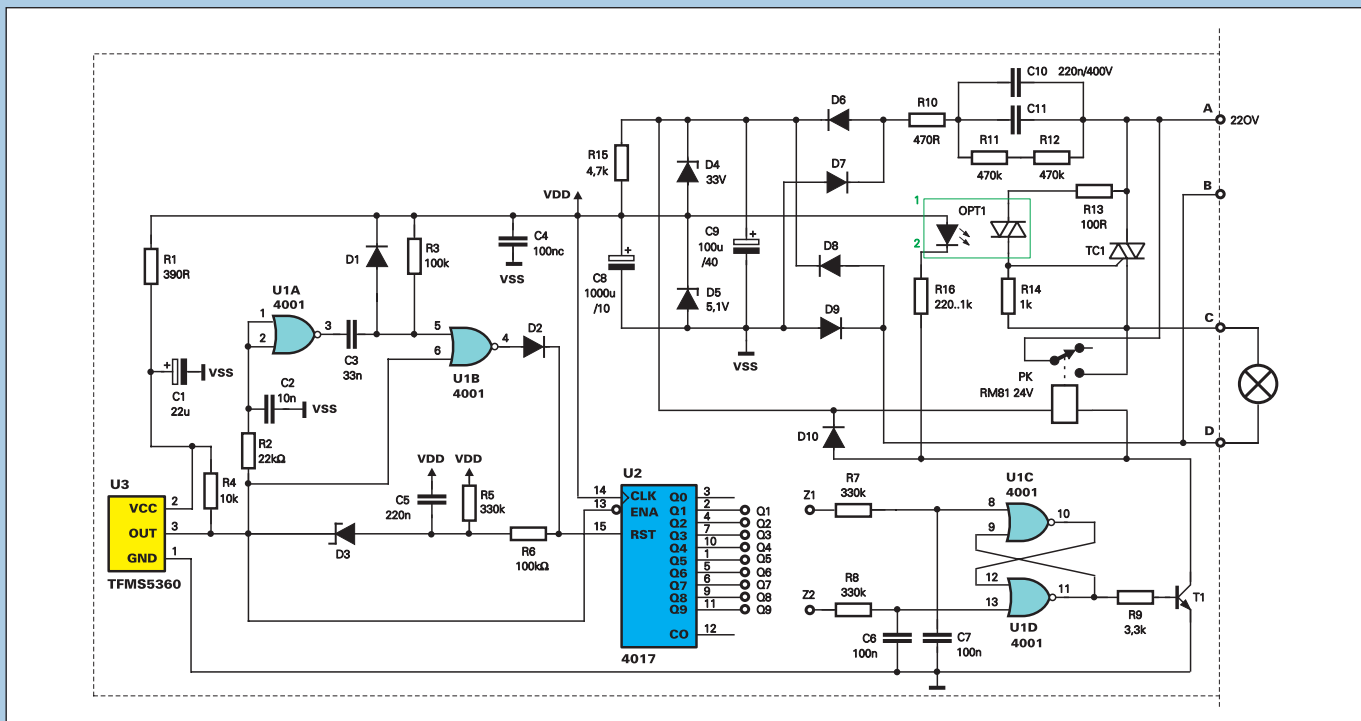
Za względu na bardzo dużą czułość układów TFMS i SFH506 można znacznie zmniejszyć prąd źródła prądowego do 20...200mA i zastąpić MOSFET zwykłym tranzystorem,

zmniejszając R13 nawet do 220...1kΩ i zwiększając R14 i R15 do wartości 4,7...47kΩ.

Można też śmiało zmniejszyć czas powtarzania rozkazów zwiększając wartość stałej czasowej R8C4 w nadajniku. Wartość R8 można zwiększać do 2,2MΩ czy nawet 4,7MΩ, a wartość C4 do 1μF - powinien on jednak być kondensatorem stałym, nie elektrolitycznym.

Podsumowanie

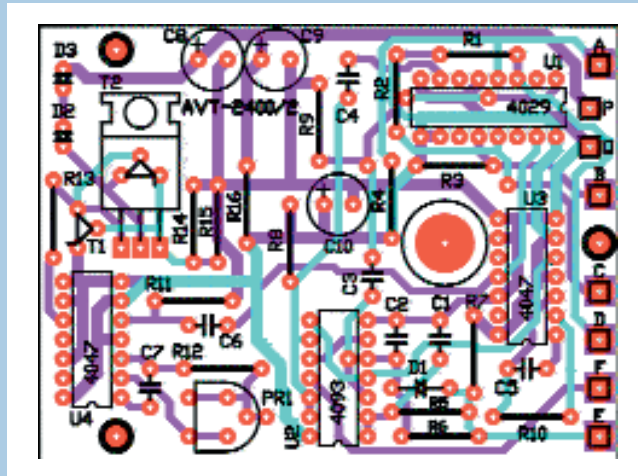
Jak wynika z artykułu, droga od pomysłu do szczęśliwego finału bywa długa i trudna. Nie wystarczy dobry pomysł na ciekawy układ. Na każdym etapie potrzebna jest spora ilość wiedzy, a także uwaga i skupienie. Każde przeoczenie może drogo kosztować. Grubsze błędy i niedopatrzienia mogą wręcz spowodować, że układ nie będzie się nadawał do praktycznej realizacji. Mniejsze także zemszczą się boleśnie. Ich odszukanie zwykle jest niełatwe. Na etapie uruchamiania prototypu na pewno nieodzowny jest oscyloskop. To niewątpliwie jest najbardziej uniwersalny przyrząd konstruktora. Ale oscyloskop nie zapewni sukcesu. Zwłaszcza w przypadku układów zawierających obwody sprzężeń i uzależnień czasowych (jak opisany nadajnik) odszukanie błędów jest bardzo trudne, bo najczęściej układ wcale nie pracuje i trzeba się sporo nabiedzić, żeby odnaleźć błąd. Niestety, pochłania to mnóstwo czasu, a zrozpaczony konstruktor gotów jest zrezygnować z dalszych poszukiwań i odstawić układ na półkę lub nawet wyrzucić go do kosza. Od doświadczenia, a czasem przysłowiowego łutu szczęścia zależy, jak szybko usterka zostanie zlokalizowana i usunięta.



Rys. 15 Ostateczny schemat odbiornika

Jak wspomniano w pierwszej części artykułu, celowo zaprezentowano proces powstawania dość rozbudowanego i nietypowego układu. Liczba opisanych usterek niektórych może wręcz przerazić. Niesłusznie! Przede wszystkim każdy konstruktor musi liczyć się z ryzykiem całkowitej porażki. W przypadku piszącego te słowa procent układów, które po powstaniu prototypu zupełnie nie dają się doprowadzić do stanu, w którym spełniają postawione założenia, jest niewielki. Lata doświadczenia owocują tym, że blisko połowa projektowanych układów zaczyna działać od razu, ewentualnie wymaga tylko kosmetycznych zmian. Dalsze 40 procent daje się doprowadzić do zadowalającego stanu po poprawkach takich, jak opisane w artykule. Inną kwestią jest to, czy opłaca się poświęcać dużo czasu na przeróbki czy szybciej będzie stworzyć nowy układ. W każdym razie około 10% prototypów

po przebadaniu i zazwyczaj długotrwałych badaniach łąduje na półce z "niewypalami". Tak los spotkał na przykład turystyczną lodówkę z modulem Peltiera, ładowarkę dużych akumulatorów kwasowych z MOSFET-em, sonar ultradźwiękowy, automatyczny miernik radiatorów (planowany do EP), a ostatnio generator impulsów o regulowanym, także skrajnie małym, współczynniku wypełnienia. W przypadku lodówki problemem nie do przeskoczenia stało się chłodzenie modułu Peltiera, w przypadku ładowarki podczas testów dosłownie spaliło się kilka elementów i układ został odłożony na lepsze czasy. Sonar trafił na półkę, ponieważ wymagał jeszcze sporo pracy, a zwłaszcza czasu, którego zawsze brakuje - też czeka na lepsze chwile. Także zapowiadający się obiecująco miernik radiatorów „spadł” z planu, bo okazało się, że zamiast uruchamiać skomplikowany prototyp, nad



Rys. 16 Schemat montażowy nadajnika

którym trzeba było sporo popracować, szybciej można zaprojektować i wykonać nowy, prostszy układ (który jest projektem głównym w tym wydaniu EdW). W przypadku generatora sprawa jest gorsza - po dwóch dniach intensywnych pomiarów i kilku znaczących przeróbkach okazało się, że układu działającego na przyjętej zasadzie nie da się zrealizować - rezystancja wewnętrzna kondensatorów, zwłaszcza elektrolitycznych, okazała się na tyle duża, że w żaden sposób nie udaje się ich szybko rozładować, a szybkie rozładowanie miało umożliwić uzyskanie impulsów o ekstremalnie małych współczynnikach wypełnienia (poniżej 0,01%). W efekcie prototyp powędrował nawet nie na półkę, tylko do rozmontowania (odzysk elementów), a zamiast niego powstały dwa inne projekty, które powinny spełnić postawione zadania.

Należy jeszcze podkreślić, że wiele, a nawet większość błędów wynika z pomyłek, przeoczenia czy niedostatecznej analizy powstającego schematu. Część błędów ma źródło w zbyt małej wiedzy na temat układów i podzespołów - dotyczy to głównie młodych kandydatów na konstruktorów, którzy nawet nie przypuszczają, na jakie problemy mogą się natknąć. Zdecydowaną liczbę błędów dałoby się usunąć jeszcze przed zaprojektowaniem płytek próbnych, gdyby każdy schemat był testowany za pomocą porządnego programu symulacyjnego (PSpice) lub gdyby został zweryfikowany przez doświadczonego konstruktora, lub lepiej konstruktorów. Niestety, odpowiednie programy są bardzo kosztowne; nie mniej cenny jest czas dobrego konstruktora - recenzenta. Z powyższych względów nie da się uniknąć kłopotów wylaniających się przy uruchamianiu prototypu. Ogromny wpływ na prawdopodobieństwo sukcesu ma wiedza na temat układów i podzespołów, a także wcześniej zdobyte doświadczenie. Spore znaczenie ma także przyjęty system pracy, w tym porządne określanie założeń wstępnych, staranne rysowanie przebiegów i schematów.

Jak wielokrotnie podkreślano na łamach EdW, konstruktorem nie można zostać po

Wykaz elementów

Odbiornik - kit AVT-2400/R

Rezystory:

R1	.....	390Ω
R2	.....	22kΩ
R3,R6	.....	100kΩ
R4	.....	4,7kΩ
R5,R7,R8	.....	330kΩ
R9	.....	3,3kΩ
R10	.....	470Ω
R11,R12	.....	470kΩ
R13	.....	100Ω
R14	.....	1kΩ
R15	.....	4,7kΩ
R16	.....	220...1kΩ *

dobrać ze wzgl. na prąd OPT1

Kondensatory:

C1	.....	22μF/10V
C2	.....	10nF
C3	.....	33...47nF
C4	.....	100nF ceramiczny
C5	.....	220nF
C6,C7	.....	100nF
C8	.....	1000μF/10V
C9	.....	100μF/40V
C10,C11	.....	KFPM 330nF/400V lub 630V

Półprzewodniki:

D1,D2,D3,D10	.....	1N4148
D4	.....	dioda Zenera 33V
D5	.....	dioda Zenera 5,1V
D6-D9	.....	1N4001...7
OPT1	.....	optotriak np. MOC3041
TC1	.....	dowolny triak 4...8A 600V
T1	.....	BC548
U1	.....	4001
U2	.....	4017
U3	.....	TFMS5360

Inne:

PK	RM81 24V obudowa KM-42
----	-------	------------------------

Uwaga! Elementy C11, OPT1, TC1, R13, R14, R16 nie wchodzi w skład kitu AVT-2400/R.

Wykaz elementów

Nadajnik - kit AVT-2400/T

Rezystory:

R1-R4,R10	.....	22kΩ
R5	.....	47kΩ
R6,R9	.....	100kΩ
R7,R11	.....	10kΩ
R8	.....	680kΩ
R12	.....	3,3...3,9kΩ
R13	.....	4,7kΩ
R14,R15	.....	1Ω
R16	.....	100Ω
PR1	.....	4,7kΩ miniaturowy

Kondensatory:

C1,C2,C5	.....	100nF
C3,C7	.....	1nF
C4	.....	220nF
C6	.....	68nF
C8-C10	.....	470μF/16V

Półprzewodniki:

D1,D4-D28	.....	1N4148
D2,D3	.....	dioda IRED np.: LD271
T1	.....	BC548
T2	.....	BUZ10
U1	.....	4029
U2	.....	4093
U3,U4	.....	4047

Inne:

S1-S9	mikroswitch z długim przyciskiem obudowa KM-26 - wchodzi w skład kitu
-------	-------	---

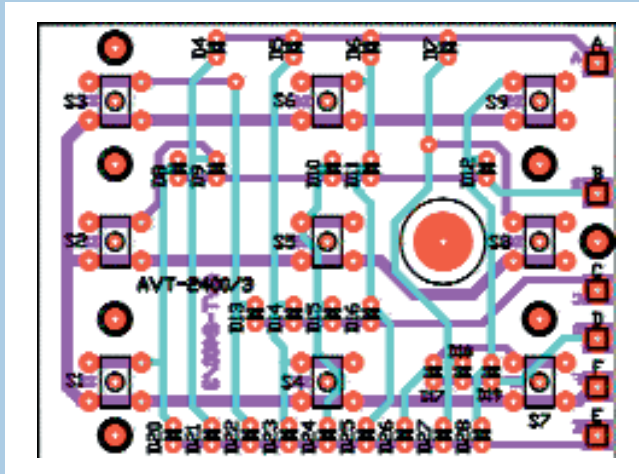
Komplety podzespołów z płytką są dostępne w sieci handlowej AVT jako kity szkolne AVT-2400/T; 2400/R

prze czytaniu kilku książek czy artykułów. Do tego niezbędne są eksperymenty, eksperymenty i jeszcze raz eksperymenty. Należy zaczynać od projektów prostych, które także przyniosą sporo doświadczenia. Wtedy każdy kolejny układ będzie bardziej dopracowany i sprawi ogromnie dużo radości. A przecież hobbystom - konstruktorom najbardziej chodzi o to, by własnoręcznie zrobiony układ działał poprawnie.

Tej radości życzy wszystkim Czytelnikom

Piotr Górecki

Rys. 17 Schemat montażowy klawiatury



Rys. 18 Schemat montażowy odbiornika

