

Prosty tor podczerwieni aktywnej dalekiego zasięgu

część 2

W drugiej części artykułu podano szczegółowy opis układu o rewelacyjnym zasięgu i bardzo małym poborze prądu, nie zawierającego żadnych elementów optycznych. Osiągnięcie takich parametrów wymaga zastosowania odpowiednich wąsko świecących diod nadawczych podczerwieni oraz spełnienia innych warunków podanych w pierwszej części artykułu.

Opis układu

Schemat ideowy nadajnika i odbiornika pokazany jest na **rysunku 6**. Stali Czytelnicy EdW zapewne ze zdziwieniem rozpoznali schemat, który przed ponad rokiem pojawił się przy okazji nauki projektowania płytek przy pomocy programu Easytrax. W samej rzeczy! Jest to rzeczywiście tamten układ, tylko nieco zmodyfikowany.

Tu mała dygresja: wszystkim zgłębiającym tajniki programów do rysowania schematów i projektowania płytek można zwrócić uwagę, że wcześniej podany schemat nie zawierał dławików – ich obecność na schemacie mogłaby spowodować zamieszanie w przypadku automatycznego generowania tzw. netlisty – chodzi o to, że z programy do rysowania schematów z założenia łączą nóżki zasilania układów scalonych do szyn oznaczonych VDD i VSS (kostki CMOS) oraz VCC i GND (kostki TTL). Jeśli nóżki plusa zasilania kostek nadajnika i odbiornika zostałyby połączone, to ominięte zostałyby dławiki. Później projekt druku zawierałby błędne połączenie dławików, a program do sprawdzania zgodności płytki z netlistą (Design Rule Check – DRC) nie wykryłby tego błędu.

Tyle dygresji.

Teraz prześledźmy działanie układu z rysunku 6. Generatorem impulsów o częstotliwości 36kHz w nadajniku jest bramka U1A z elementami PR1, C4. Kondensator C3 z rezystorem R1 wyznacza

częstotliwość powtarzania paczek impulsów (około 100ms). Natomiast rezystor R2 i pojemność C3 wyznaczają czas trwania jednej paczki impulsów. Dołączenie kondensatora C3 do plusa zasilania nie jest konieczne – tak po prostu łatwiej było zaprojektować druk.

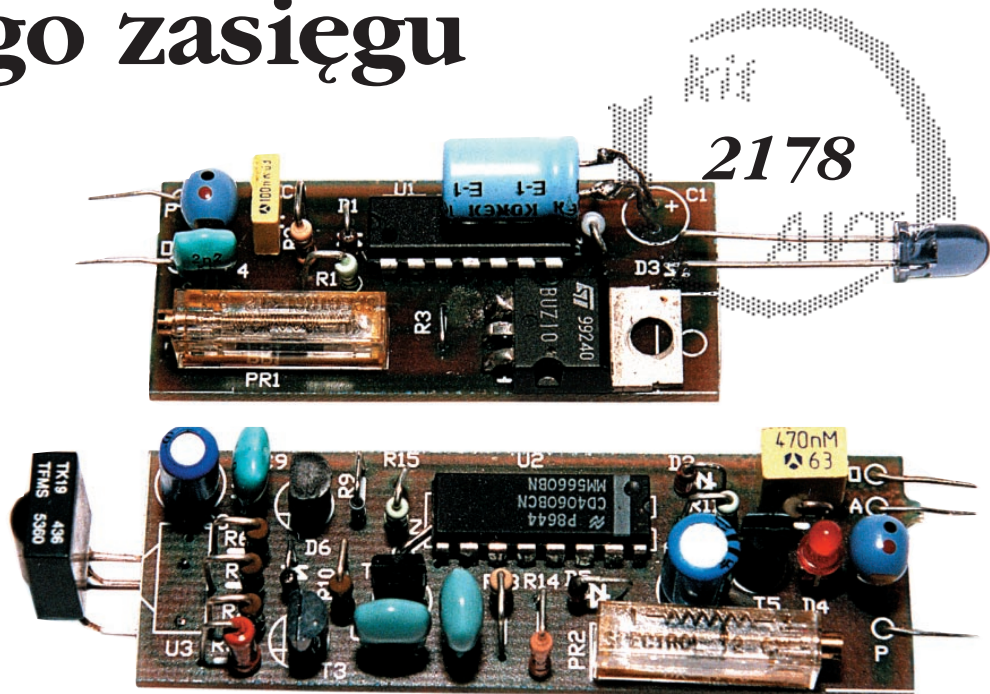
W czasie trwania paczki impulsów dioda IRED (infraRED – podczerwona) błyska około 18 razy z częstotliwością 36kHz. Kondensator C1 o znacznej pojemności stanowi magazyn energii na czas trwania paczki impulsów. Rezystor R4 o bardzo małej wartości pozwala w czasie trwania impulsu na przepływ prądu o dużej wartości (przy napięciu zasilania 9V około 3A). Właśnie ze względu na tak dużą wartość prądu zastosowano tranzystor mocy MOSFET. Małe MOSFETy takie jak BS107 czy BS170 mają rezystancję w stanie otwarcia rzędu kilku omów lub więcej i nie nadają się do tego zastosowania. W obwodzie bramki tranzystora T1 przewidziano rezystor R3. Przy wykorzystaniu tranzystora MOSFET jest on zastąpiony zworą, ale w roli T1 może też pracować „darlington” npn większej mocy i wtedy rezystor będzie potrzebny do ograniczenia prądu bazy. W przypadku stosowania „darlingtona” należy się upewnić, czy jest on dostatecznie szybki. Dużą ostrożność trzeba wykazać przy próbie zasto-

sowania w roli T1 zwykłego tranzystora npn. Przy jego niewielkim wzmocnieniu może się okazać, że bramki U1C i U1D nie są w stanie dostarczyć odpowiedniego prądu bazy. W każdym przypadku stosowania tranzystorów innych niż MOSFET, należy sprawdzić oscyloskopem przebieg na kolektorze tranzystora (na katodzie diody D3).

Przy tak dużych impulsach prądu konieczne są obwody filtrujące – dławiki L1 i L2 oraz kondensatory C1 i C2. Czulość układu odbiorczego jest bardzo duża i bez dławików niemożliwe byłoby zasilanie nadajnika i odbiornika z tego samego źródła, bo impulsy przechodzące z nadajnika do odbiornika przez linie zasilania zakłócałyby pracę układu U3.

Układ odbiornika wygląda dość zawile. Jego działanie nie jest jednak trudne do zrozumienia. Pomocą w analizie będą **rysunki 7** oraz **8**.

Przed wszystkim trzeba wiedzieć, że w prawidłowo działającym torze, każda odebrana paczka impulsów wytwarza na wyjściu kostki TFMS krótki impuls ujemny (0,5ms), który z kolei powoduje wyzerowanie licznika U1 (CMOS 4060). Od tej chwili określenie „impuls” będzie oznaczać ten właśnie impuls elektryczny o długości 0,5ms, który pojawia się na wyjściu odbiornika U3 (TFMS5360) po odebraniu paczki impulsów świetlnych.



Projekty AVT

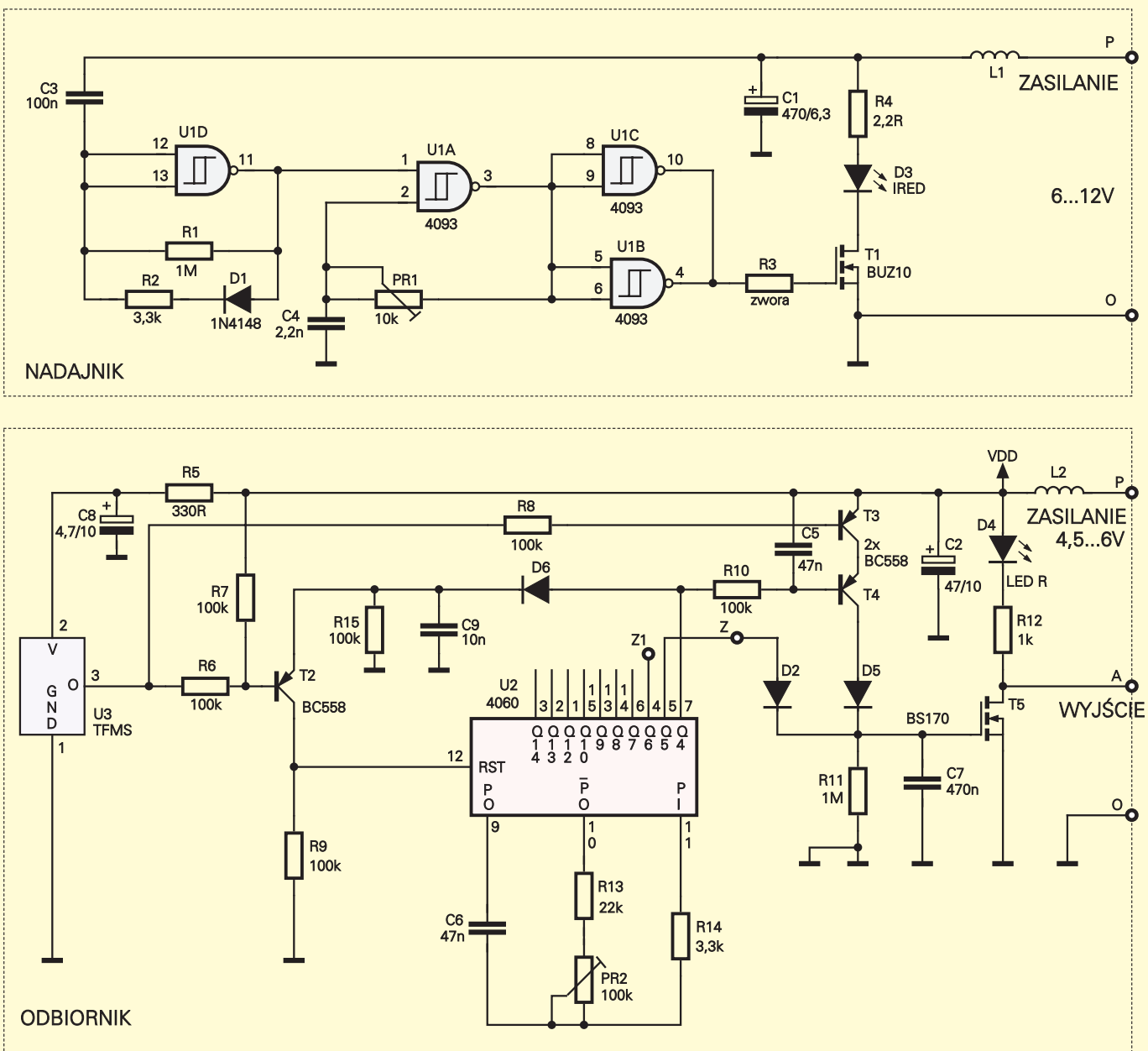
Po każdym takim impulsie licznik U2 zaczyna swą pracę od nowa. Na rysunku 7 pokazano niektóre przebiegi na jego wyjściach. Bardzo ważną rolę pełni sygnał z wyjścia Q4 (nóżka 7 układu U2) – przebieg z rysunku 7b.

Na rysunku 7 pokazano, że licznik U2 rozpoczął cykl pracy po kolejnym impulsie zerującym. Moment przejścia tego impulsu zerującego zaznaczono pionową niebieską linią. Przebieg na wyjściu Q4 decyduje, co stanie się po przyjęciu następnego impulsu. Jeśli następny impuls z odbiornika TFMS pojawi się w czasie, gdy na wyjściu Q4 wystąpi stan wysoki (zaznaczono to zielonym kolorem na przebiegu 7b), wtedy licznik zostanie prawidłowo wyzerowany i cykl pracy rozpocznie się od nowa. Zerowanie licznika umożliwi podanie stanu wysokiego przez diodę D6 na kondensator C9

– dopiero wtedy tranzystor T2 będzie mógł pewnie wyzerować kostkę przez jej wejście RST (nóżka 12). Obwód D6, R15 i C9 jest potrzebny do przedłużenia czasu trwania stanu wysokiego z wyjścia Q4. Należy pamiętać, że w chwili zerowania, na wyjściu Q4 pojawia się stan niski. Bez obwodu D6, R15 i C9 impuls zerujący na wejściu RST byłby więc bardzo krótki (kilkadziesiąt nanosekund), co w pewnych warunkach uniemożliwiłoby pełne zerowanie wszystkich stopni licznika. Wspomniany obwód pozwala przedłużyć impuls zerujący kostkę U2 i pewnie ją wyzerować.

Wskutek tego ustawicznego zerowania, w czasie normalnej pracy, przebieg na wyjściu Q4 będzie wyglądał jak na dolnym rysunku – 7d, gdzie zaznaczono go kolorem zielonym. W tym miejscu należy zauważyć, że w czasie normalnej pracy,

przebieg na wyjściu Q4 będzie miał wypełnienie różne od 50%. Częstotliwość oscylatora kostki U2 należy ustawić za pomocą potencjometru PR2 w ten sposób, by w czasie normalnej pracy dodatkowe impulsy występujące na wyjściu Q4 były dwukrotnie krótsze od czasu przerwy. Jak wynika z rysunku 7b, czas przerwy na wyjściu Q4 powinien trwać 66,6ms, co zostanie spełnione, jeśli okres drgań oscylatora będzie ustawiony za pomocą PR2 na $133,2\text{ms}/16 = 8,325\text{ms}$, co odpowiada częstotliwości 120Hz. Przy takiej częstotliwości oscylatora uzyska się optymalny przebieg na wyjściu Q4. Z rysunku 7b jasno wynika, że zapewni to znaczny margines bezpieczeństwa w przypadku, gdyby częstotliwość generatora taktującego w nadajniku (o okresie 100ms) zmieniła się o kilka czy kilkanaście procent.



Rys. 6. Schemat ideowy

Właśnie, żeby uzyskać optymalny margines bezpieczeństwa, trzeba tak ustawić potencjometr PR2, aby następny impuls zerujący przychodził dokładnie tak jak pokazano na rysunku 7b. Wtedy właśnie na wyjściu Q4 uzyska się przebieg o wypełnieniu 1/3, jak pokazuje to rysunek 7d.

Aby zabezpieczyć układ przed „obcy-mi” impulsami o innej częstotliwości powtarzania, dodano układy wywołujące alarm w przypadku, gdy następny impuls zerujący przyjdzie za wcześnie lub za późno. Jeśli następny impuls z odbiornika U3 pojawi się za wcześnie, to znaczy jeszcze podczas trwania stanu niskiego na wyjściu Q4 (zaznaczonym czerwono na rysunku 7b), wtedy alarm zostanie wywołany przez przewodzące tranzystory T3 i T4. Spowoduje to naładowanie kondensatora C7, otwarcie tranzystora T5 i zaświecenie czerwonej diody LED D4.

Jeśli z kolei impuls zerujący nie przyjdzie do czasu pojawienia się stanu wysokiego na wyjściu Q5 (porównaj rysunek 7c), wtedy alarm zostanie wywołany przez wyjście Q5 i diodę D2.

Jak z tego widać, w stanie alarmu przewodzi tranzystor T5 (co można wykorzystać do współpracy z innymi urządzeniami) i świeci dioda D5 (co znakomicie przydaje się podczas prób i regulacji).

Gdy wszystko jest w porządku, tranzystor T5 jest zatkany. Układ pobiera niewielki prąd rzędu 1mA.

W tym miejscu parę słów na temat zasilania.

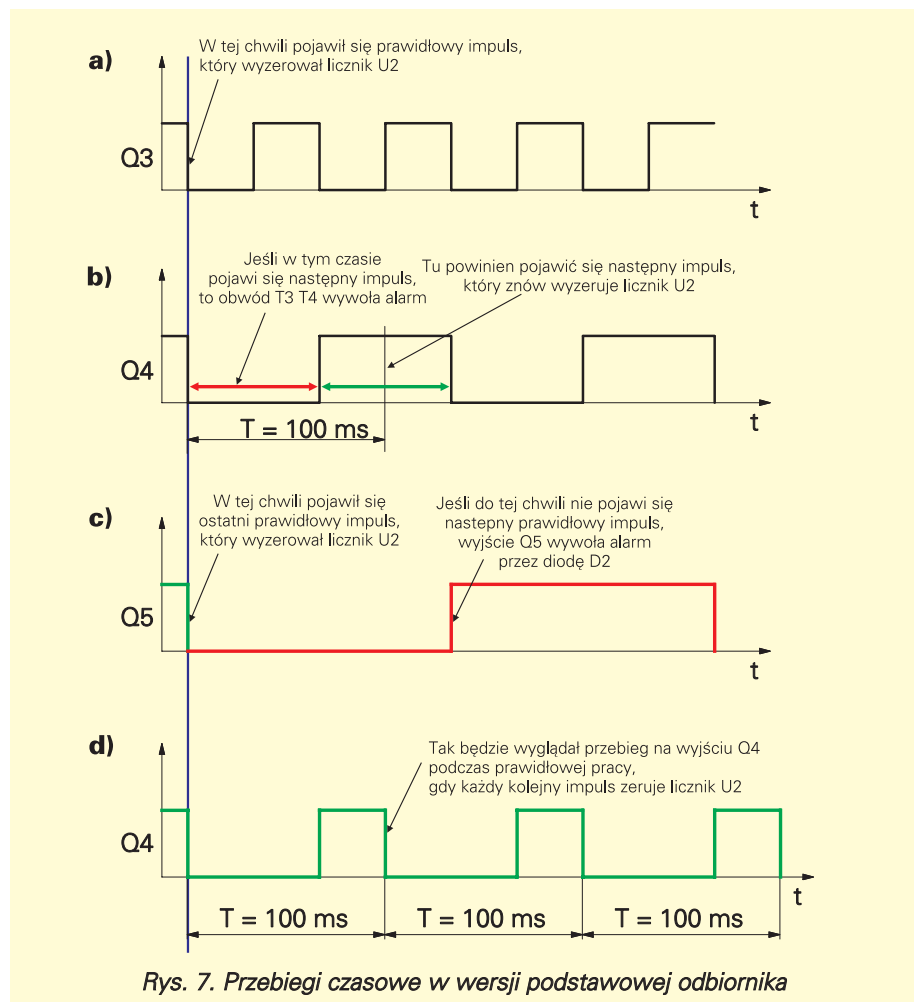
Ze względu na obecność układu TFMS, odbiornik musi być zasilany napięciem w zakresie 4,5...6V!

Natomiast nadajnik może być również zasilany napięciem rzędu 5...6V, jednak został przewidziany do zasilania napięciem 9V (dopuszczalne jest zasilanie napięciem 12V, co zwiększy prąd impulsów diody LED nieco powyżej katalogowych wartości).

Taki sposób zasilania wybrano, ponieważ układ przeznaczony jest przede wszystkim do prób i eksperymentów, a mniej do praktycznych zastosowań. Jeśli ktoś będzie chciał uzyskać zasięg rzędu kilkudziesięciu metrów, i tak zastosuje oddzielne źródło zasilania nadajnika, choćby w postaci baterijki 9-woltowej lub akumulatora 12V, w miejsce długiego kabla.

Dlaczego układ nie jest zalecany do pracy w systemach alarmowych na wolnym powietrzu?

Należy wziąć pod uwagę, że w tak prostym i tanim układzie nie uda się uzyskać parametrów gwarantujących niezawodną pracę w każdych warunkach. Chodzi tu głównie o zmiany temperatury i napięcia zasilania nadajnika. Proste układy generatorów



Rys. 7. Przebiegi czasowe w wersji podstawowej odbiornika

z bramkami U1D i U1A mogą nie zapewnić wystarczającej stabilności przy zmianach temperatury otoczenia od -20...+30°C, a przynajmniej na takie temperatury narażony jest układ pracujący na wolnym powietrzu. Ponadto częstotliwość wspomnianych generatorów znacznie zależy od napięcia zasilającego i dla długotrwałej niezawodnej pracy należy stosować stabilizację napięcia zasilającego nadajnik.

Nie umniejsza to w żadnym stopniu zalet prezentowanego układu. Z jego pomocą można uzyskać naprawdę rewelacyjny zasięg bariery.

Teraz kolejna sprawa.

Opisany powyżej sposób pracy wywoła alarm już przy braku jednego jedynego impulsu świetlnego. Jak wspomniano, dla zapobieżenia fałszywym alarmom, wywoływanych choćby przez przelatujące muchy, układ powinien wywoływać alarm dopiero przy braku nie jednego, tylko dwóch impulsów świetlnych.

Można to zrealizować w bardzo prosty sposób, łącząc anodę diody D2 nie do wyjścia Q5, tylko Q6 (nóżka 4). W tym celu trzeba przeciąć istniejące połączenie i połączyć punkty oznaczone Z, Z1.

Przebiegi w układzie będą wyglądać jak na **rysunku 8**. Tym razem, ponieważ dopuszczalne jest „zaginięcie” jednego

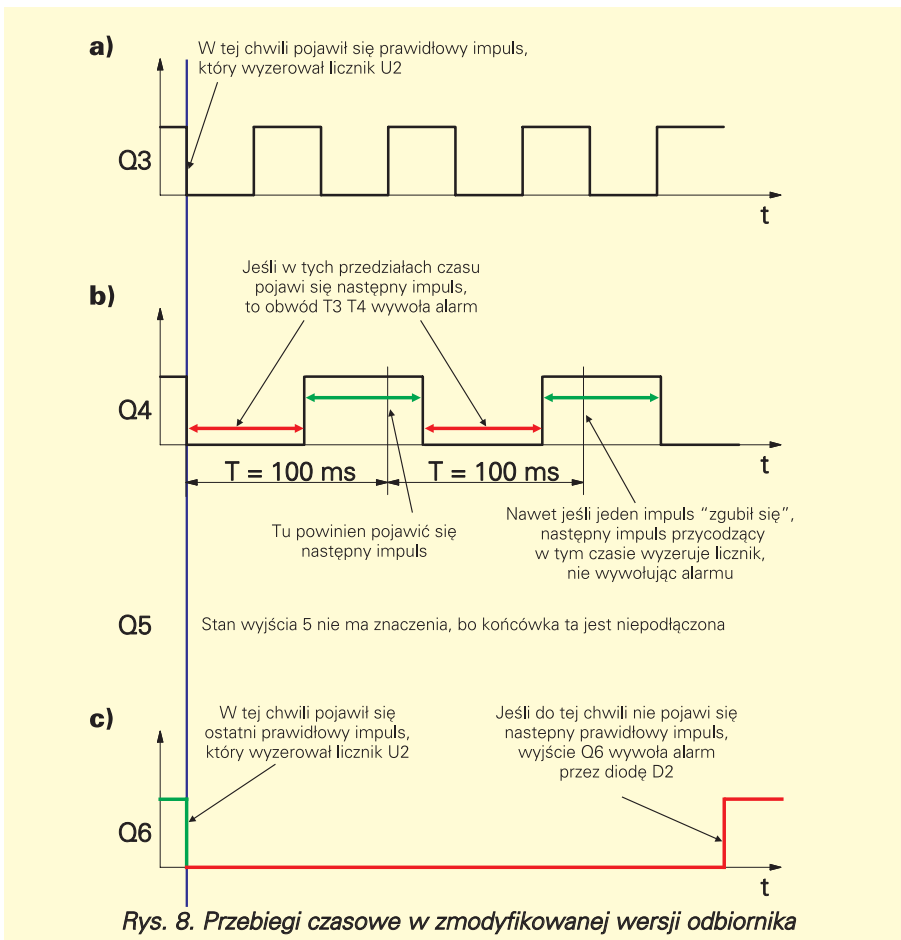
impulsu, częstotliwość oscylatora kostki U2 należy ustawić nieco mniejszą, tak by czas przerwy wynosił 60ms (częstotliwość oscylatora około 133Hz). Przy takim ustawieniu następny prawidłowy impuls, pojawiający się po kolejnych 100 milisekundach wypadnie mniej więcej na początku kolejnego impulsu na wyjściu Q4 – pokazuje to rysunek 8b.

Podobnie, jak poprzednio, jeśli impuls zerujący nie nadejdzie do czasu pojawienia się stanu wysokiego na wyjściu Q6, zostanie wywołany alarm (przez diodę D2).

Przy prawidłowej pracy tej wersji, na wyjściu Q4 powinny występować impulsy o współczynniku wypełnienia, nie jak poprzednio 1/3 (33%), tylko 2/5 (40%).

Oczywiście, można anodę diody D2 dołączyć do wyjścia Q7, i wtedy układ nie zareaguje nawet przy „zagubieniu” trzech kolejnych impulsów świetlnych. W takim wypadku trzeba jeszcze nieco zwiększyć częstotliwość oscylatora kostki U2, a podczas normalnej pracy przebieg na wyjściu Q4 będzie miał większe wypełnienie, zbliżone do 45%.

Jak widać z tego opisu, działanie układu jest w sumie bardzo proste. Okazuje się jednak, że do uruchomienia i wyregulowania układu nie wystarczy miernik uni-



wersalny, potrzebny będzie oscyloskop. Właśnie ze względu na konieczność starannego wyregulowania, stopień trudności projektu oceniono na dwie gwiazdki.

W zasadzie, na podstawie podanych dalej wskazówek można wyregulować układ korzystając tylko z miernika (współczynnik wypełnienia impulsów można określić jako stosunek uśrednionego napięcia stałego do napięcia zasilającego, dołączając miernik przez obwód całkujący RC o dużej stałej czasowej). Jednak w przypadku jakichkolwiek kłopotów czy wątpliwości nie obędzie się bez pomocy oscyloskopu.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na dwóch małych płytach drukowanych pokazanych na **rysunku 9**. Montaż nie sprawi większych kłopotów, a dodatkową pomocą będą fotografie modelu. Płytki zostały przewidziane do umieszczenia w odcinkach rurki instalacyjnej o średnicy wewnętrznej 23mm, używanej przez elektryków.

Warto wcześniej przygotować te rurki i podczas montażu sprawdzać, czy układ zmieści się wewnątrz niej. Szczególną uwagę trzeba zwrócić na kondensator C1 w nadajniku, który prawdopodobnie trzeba będzie zmontować poziomo. Odbiornik TFMS można wlotować wprost

w płytkę, ale w modelu nie obcinano jego nóżek, tylko wygięto je w łuk i przylutowano od strony druku.

Na początek, można nie montować w nadajniku rezystora R4, a zamiast niego wlotować rezystor o wartości 68...150Ω. Zabezpieczy to diodę nadawczą w przypadku błędów w działaniu nadajnika.

Montaż nie sprawi kłopotów, nie ma tu nic szczególnie trudnego.

Po zmontowaniu nadajnika i odbiornika całość trzeba wyregulować.

Potencjometrem PR1 należy ustawić częstotliwość powtarzania impulsów równą 36kHz. Posiadacze zwykłych, prostych oscyloskopów mogą mieć kłopoty z zaobserwowaniem krótkich „paczek impulsów” o częstotliwości 36kHz, trwających tylko około 500μs. Na czas ustawiania częstotliwości generatora U1A można zewrzeć wejścia bramki U1D do masy, ale lepiej jest w miejsce rezystora R2 o wartości 3,3kΩ, dać rezystor o wartości 220kΩ...1MΩ.

Oczywiście do takich eksperymentów rezystor R4 musi mieć wartość rzędu co najmniej 100Ω, bo przy wartości 2,2Ω dioda nadawcza w krótkim czasie ulegnie uszkodzeniu wskutek przegrzania.

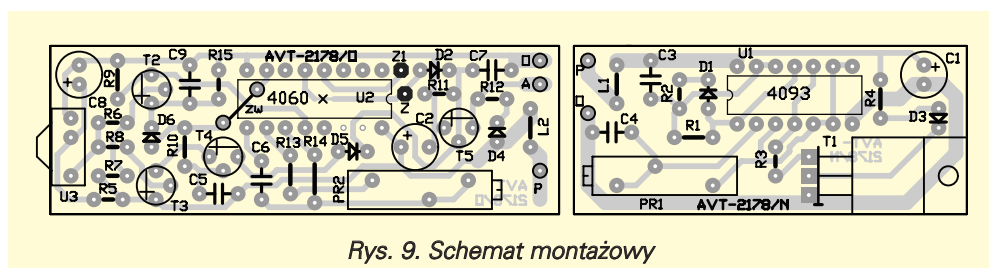
W praktyce do regulacji wcale nie jest potrzebny częstotłomierz. Wystarczy podłączyć odbiornik (Uwaga! zasilany napięciem 5V) skierować nań pracujący nadajnik i sprawdzać, czy na wyjściu kostki U3 (TFMS5360) pojawiają się impulsy.

Potencjometr PR1 należy ustawić w położeniu pośrednim między granicami zanikania impulsów na wyjściu U3. Znalezienie właściwej pozycji potencjometri PR1 będzie jeszcze łatwiejsze, jeśli rezystor R4 zostanie jeszcze bardziej zwiększony – nawet do kilku kiloomów. Czułość odbiornika jest bardzo duża i przy próbach na stole wystarczy bardzo mały prąd diody nadawczej. Pozwoli to dokładniej dostroić nadajnik do częstotliwości filtra odbiornika TFMS.

Po ustawieniu właściwej częstotliwości generatora U1A, należy skontrolować z grubsza czas trwania „paczek impulsów” (ustala ją rezystor R2) i przerwy między paczkami (odpowiada za nią R1). Trzeba obejrzeć przebieg na nóżkach 1 i 11 kostki U1. Jeśli czasy te różnią się nie więcej niż o 20...50% od wcześniej podanych 0,5ms i 100ms, nie trzeba niczego zmieniać. W tak prostym układzie, gdzie dużo zależy od wielkości histerezy bramki (Schmitta) U1D, nie można się spodziewać idealnej dokładności. Czas trwania paczki impulsów nie powinien być jednak krótszy niż 0,4ms. Jeśli będzie dłuższy, to jedynie trochę wzrośnie pobór prądu. Odchyłki czasu powtarzania impulsów nie mają większego znaczenia, bo zostaną uwzględnione przy regulacji odbiornika.

Jeśli nadajnik pracuje poprawnie można przystąpić do regulacji odbiornika. Przede wszystkim należy sprawdzić, czy na wyjściu układu U3 (nóżka 3) regularnie pojawiają się wąskie, szpilkowe ujemne impulsy, zgodnie z rysunkiem 5. Uwaga, impulsy te są bardzo wąskie, trzeba uważnie obserwować ekran oscyloskopu, by ich nie przeoczyć.

Jeśli te impulsy występują regularnie, bez przerw i zakłóceń, należy podłączyć oscyloskop do wyjścia Q4 kostki U2 i potencjometrem PR2 ustawić właściwą częstotliwość oscylatora. To dla bardziej



Wykaz elementów

Rezystory

R6-R10, R15: 100k Ω
 R1, R11: 1M Ω
 R2, R14: 3,3k Ω
 R3: zwora
 R4: 2,2 Ω
 R5: 330 Ω
 R12: 1k Ω
 R13: 22k Ω
 PR1: 10k Ω helitrim
 PR2: 100k Ω helitrim

Kondensatory

C1: 470 μ F/6,3V
 C2: 47 μ F/10V
 C3: 100nF
 C4: 2,2nF
 C5, C6: 47nF
 C7: 470nF
 C8: 4,7 μ F/10V
 C9: 10nF

Półprzewodniki

D1, D2, D5, D6: 4148
 D3: LD274 lub TSIP 5201 (TSIP 5202)
 D4: LED R
 T1: BUZ10
 T2, T3, T4: BC558B
 T5: BS170
 U1: 4093
 U2: 4060
 U3: TFMS5360

Pozostałe

L1, L2: 100 μ H dławik

nervowych elektroników może być najtrudniejsza część uroczystości, bo w pierwszej chwili trudno pojąć zależność kształtu przebiegu na ekranie od położenia suwaka

Dlatego trzeba się do tego zabrać systematycznie. Na początek warto ustawić potencjometr PR2 na maksimum rezystancji. Wtedy najprawdopodobniej okres przebiegu będzie za duży i kolejne impulsy zerujące będą przychodzić „za wcześnie”, w odcinku czasu zaznaczonym na rysunku 7b kolorem czerwonym. Niestety, nie oznacza to, że na wyjściu Q4 będzie trwał stan niski, albo wystąpią wąskie szpilki. Przy braku stanu wysokiego na wyjściu Q4 tranzystor T2 nie może pracować i licznik nie będzie zerowany. W efekcie na wyjściu Q4 pojawią się niesynchronizowane przebiegi – po prostu śmieci.

Przy zmniejszaniu rezystancji potencjometru PR2, najpierw nie będzie działać się nic szczególnie godnego uwagi – po prostu zmieniać się będzie rytm występowania wspomnianych śmieci.

Jednak w pewnym momencie czas impulsów zmniejszy się na tyle, że na wyjściu Q4 pojawi się regularny ciąg impulsów o częstotliwości wyznaczonej przez nadchodzące paczki impulsów optycznych. Układ „złapie synchronizację”. Na wyjściu Q4 pojawi się więc najpierw ciąg dodatnich wąskich szpilek, a przy zmniejszaniu rezystancji PR2, szpilki te zaczną się poszerzać. W końcu przy dalszym zmniejszaniu wartości PR2, te dodatnie impulsy na wyjściu Q4 przybiorą kształt przebiegu prostokątnego o wypełnieniu 50%. Jeśli rezystancja PR2 zostanie zmniejszona jeszcze bardziej, to układ znów straci synchronizację i na wyjściu Q4 znów pojawią się śmieci.

Dla prawidłowej pracy w podstawowym układzie, należy tak ustawić PR2, by dodatnie impulsy na wyjściu Q4 miały wypełnienie 33%, czyli wyglądały tak, jak pokazuje rysunek 7d.

W pierwszym podejściu zaleca się przeprowadzić opisane regulacje w podstawowym układzie, to znaczy gdy anoda diody D2 jest dołączona do nóżki Q5.

Jeśli ktoś chciałby dołączyć diodę D2 do wyjścia Q6 (by uzyskać niewrażliwość układu na brak jednego impulsu) powinien to zrobić dopiero po wyregulowaniu odbiornika w podstawowej wersji. Strojenie tej drugiej wersji jest podobne, ale łatwiej jest najpierw w podstawowym układzie ustawić potencjometrem wypełnienie impulsów na Q4 równe 40%, a dopiero potem przeciąć ścieżkę i połączyć punkty Z – Z1.

Po takim wyregulowaniu na biurku, to jest gotowy do testów „połowych”. Teraz należy wlutować przepisany rezystor R4 o wartości 2,2 Ω . Spowoduje to radykalny wzrost zasięgu. System jest tak czuły, że podczas prób reaguje nie tylko na promieniowanie bezpośrednie, ale i te odbite od podłogi i ścian pomieszczenia. Właśnie ze względu na tak dużą czułość warto stosować wspomnianą rurkę ograniczającą kąt widzenia odbiornika (dobrze byłoby pomalować ją wewnątrz na czarno). Nadajnikiem nie trzeba się przejmować, bo wiązka promieniowania diody D3 jest wąska sama z siebie. Przy testach modelu, dopiero zamknięcie odbiornika w szczelnej szufladzie powodowało alarm. Nawet niewielkie uchylenie szuflady powodowało reakcję odbiornika.

W czasie testów modelu pokazanego na fotografii osiągnięto zasięg około 50m w najprostszych warunkach, gdy nadajnik i odbiornik były trzymane w rękach przez dwie osoby, a nadajnik zasilany był napięciem 9V z małej baterijki 6F22. Przy zasto-

sowaniu jak najwięcej świecących diod nadawczych i dobrym wycelowaniu nadajnika, zasięg ten powinien być jeszcze większy.

Podczas testów należy zwrócić szczególną uwagę na stałość napięcia zasilającego nadajnik. Nie wolno po wyregulowaniu systemu potencjometrami PR1 i PR2 zmieniać napięcia zasilającego nadajnik, na przykład z 9 na 12V, bo spowoduje to niedopuszczalnie dużą zmianę częstotliwości nadajnika oraz zmianę czasu powstawania impulsów.

Tak duża moc nadawania i duża czułość odbiornika mają też w pewnych sytuacjach wady. Na przykład w pomieszczeniu nie uda się wykorzystać takiej bariery, bo nie będzie ona reagować na przerwanie wiązki! Dlaczego? To oczywiste. Światło odbite od przedmiotu przecinającego barierę, a potem wielokrotnie odbite od ścian trafi w końcu do odbiornika. W takiej sytuacji trzeba oczywiście zmniejszyć moc nadajnika, zwiększając wartość rezystora R4, stosownie do długości bariery. W takim przypadku pobór prądu przez nadajnik zmniejszy się, nawet poniżej 1 miliampera, a bariera będzie poprawnie funkcjonować. Jeśli zasięg nie będzie przekraczał 10m, można też nadajnik zasilać napięciem 5V, tak samo jak odbiornik.

W każdym razie, prawidłowo wyregulowany układ umożliwia uzyskanie zaskakująco dobrych efektów, dużego zasięgu i to przy bardzo małym poborze prądu.

Materiał zawarty w niniejszym artykule ma zachęcić wszystkich praktykujących elektroników do samodzielnych prób w tej dziedzinie. Mile widziane są listy opisujące parametry uzyskane w zaprezentowanym układzie, a także doniesienia o samodzielnych próbach. Listy takie koniecznie należy opatrzyć dopiskiem „IRED”.

A w najbliższych wydaniach Elektroniki dla Wszystkich przedstawione zostaną kolejne układy wykorzystujące promieniowanie podczerwone.

Piotr Górecki
 Zbigniew Orłowski