

System projektowania modułowego



część 3

W trzecim artykule z serii „Klocki Elektroniczne” omówimy kolejne moduły wejściowe, procesorowe i wyjściowe.

MODUŁY WEJŚCIOWE:

przełączniki, przełączniki sensorowe, czujniki wilgoci,

MODUŁY PROCESOROWE: układy zatrzaskowe oparte na przekaźnikach, tyrystorach i bramkach logicznych,

MODUŁY WYJŚCIOWE: regulator szybkości silnika, sterownik kierunku obrotów silnika,

W dołączonym projekcie konstrukcyjnym wykorzystano te moduły w automatycznym systemie kamery panoramicznej.

Przykładem zastosowania tych modułów jest projekt automatycznego systemu kamery panoramicznej, opisany odrębnie w tym numerze EdW.



Części układów

Na wstępie przypomnienie, jak z modułów składa się kompletny układ. Każdy moduł, jak to przedstawiono na rys. 1.1 w części 1 EdW 1/96, może być uważany za blok. Trzeba wybrać potrzebne moduły, połączyć ze sobą ich doprowadzenia napięcia zasilającego, połączyć ze sobą ich doprowadzenia 0V i połączyć wyjście jednego modułu z wejściem drugiego, tworząc w ten sposób ostateczny układ.

Moduł przełącznika wejściowego

Na rys. 3.1 pokazano dwa przykłady przełącznika czynnego (zwiernego):

- po naciśnięciu przycisku napięcie wyjściowe zmienia się z 0V na dodatnie,
- po naciśnięciu przycisku napięcie wyjściowe zmienia się z dodatniego na 0V.

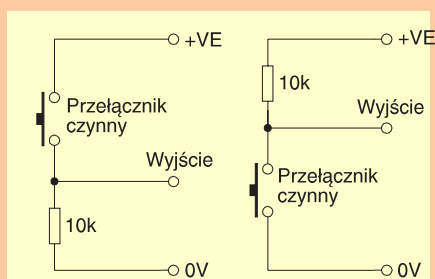
W takim układzie można użyć każdego rodzaju przełącznika czynnego, np. zwykłego przycisku z zestykami czynnymi,

podrywawowej maty naciskowej, przełącznika przechylnego, drganiowego itp. **Uwaga:** szereg przełączników czynnych można połączyć równolegle.

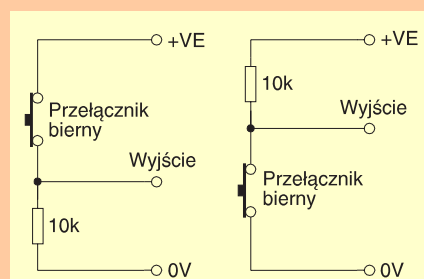
Na rys. 3.2 pokazano dwa przykłady przełącznika biernego (rozwiernego):

- po naciśnięciu przycisku napięcie wyjściowe zmienia się z 0V na dodatnie,
- po naciśnięciu przycisku napięcie wyjściowe zmienia się z dodatniego na 0V.

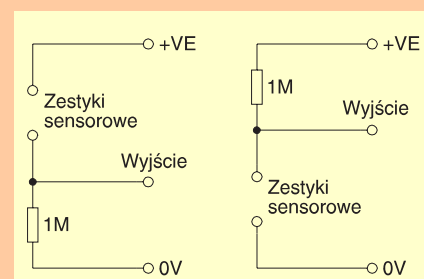
Uwaga: wiele przełączników biernych można połączyć w szereg.



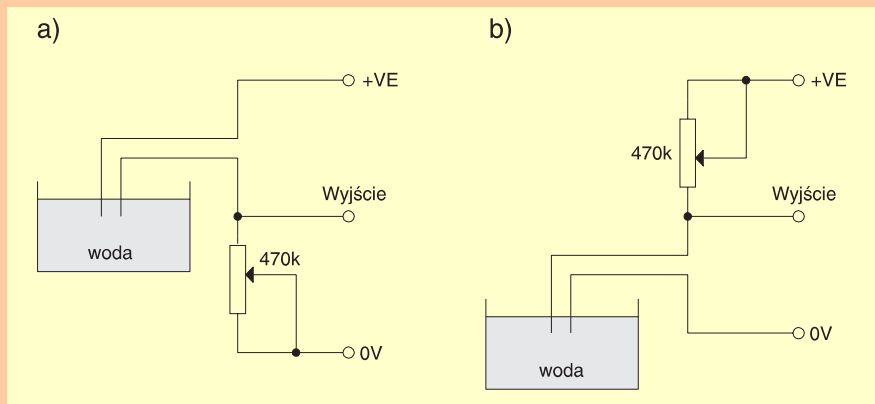
Rys. 3.1. Dwa sposoby zastosowania przełączników czynnych (zwiernych) do wyzwalania układów.



Rys. 3.2. Dwa sposoby zastosowania przełączników biernych (rozwiernych) do wyzwalania układów.



Rys. 3.3. Zastosowanie przełączników sensorowych zamiast zwykłych przełączników czynnych.



Rys. 3.4. Dwa układy detektorów poziomu wody.

Moduł przełącznika sensorowego

Na rys. 3.3 pokazano dwa przykłady przełącznika sensorowego (dotykowego):

- po dotknięciu sensora palcem napięcie wyjściowe wzrasta,
- po dotknięciu sensora palcem napięcie wyjściowe maleje.

Styki dotykowe można wykonać z pary pluskiewek, albo przez wywiercenie małych otworków w obudowie i przewinięcie przez nie pary odizolowanych ocynowanych drutów miedzianych. Jest ważne, aby styki nie były wilgotne, ani nie zostały pokryte lakierem. Można także zastosować kawałek uniwersalnej płytki drukowanej, jednak z czasem miedziane powierzchnie skorodują.

Moduł czujnika wody

Na rys. 3.4 pokazano dwa układy czujnika poziomu wody:

- po nalaniu wody do pojemnika napięcie wyjściowe wzrasta,
- po nalaniu wody do pojemnika napięcie wyjściowe maleje.

Czułość układu jest regulowana za pomocą zmiennego rezystora. Jak widać na rysunku, jako czujnika wody użyto pary drutów. W praktyce jeden z przewodów może zostać umieszczony na dnie pojemnika, a drugi służyć do detekcji poprawnego poziomu wody. Porządny wygląd czujnika można uzyskać mocując drut styku wewnątrz oprawki długopisu.

Czujnikiem wilgotności gleby mogą być dwa gwoździe wciśnięte w ziemię. Warto jednak wiedzieć, że do przylutowania przewodu do gwoździ jest potrzebna duża ilość ciepła. Moc zwyczajnej lutownicy do tego nie wystarczy.

Jako detektora deszczu można użyć kawałka uniwersalnej płytki drukowanej, krople deszczu będą zwierały miedziane ścieżki płytki, umożliwiając przepływ prądu. Nie jest to jednak godne polecenia, ponieważ płytka długo pozostaje wilgotna.

W ciągu długiego czasu miedź przenosi się drogą elektrolizy z jednej elektrody na drugą. Skutki tego zjawiska można ograniczyć przez stosowanie małego natężenia prądu i grubszych przewodów.

Istnieje układ scalony dostarczający napięcia zmiennego do czujników sensorowych (typu LM1830N). Prąd zmienny nie powoduje przenoszenia miedzi w jednym kierunku z elektrody na elektrodę. Zastosowanie tego układu jest znacznie kosztowniejszym rozwiązaniem z porównaniu z poprzednim. Jednakże trzeba je rozważyć w przypadku czujników poddawanych działaniu wody przez większość czasu (np. detektor minimalnego poziomu wody) przez długie okresy.

Procesory zatraskowe

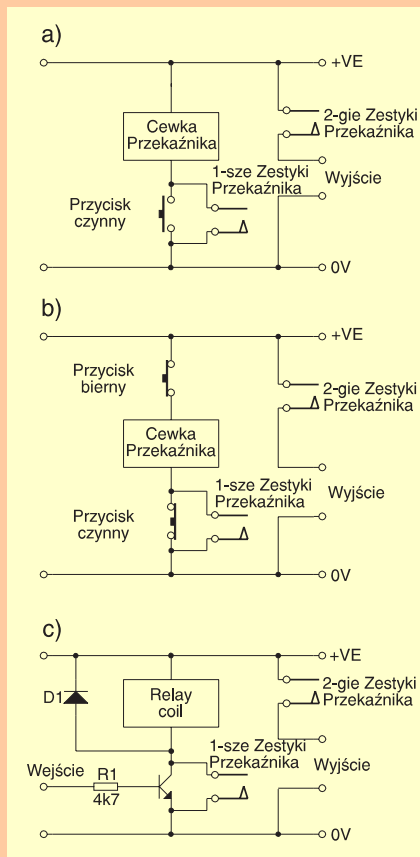
Zostaną omówione cztery rodzaje procesorów o działaniu zatraskowym:

- przełącznik,
- tyrystor,
- bramka logiczna OR,
- przerzutnik z bramek logicznych.

Przełącznikowy układ zatraskowy

Przełącznik jako urządzenie wyjściowe został omówiony w pierwszej części tej serii. W formie układu zatraskowego przełącznik może zostać użyty jako procesor lub jako układ wyjściowy. Elektronika rozwijała się tak szybko, że wielu czytelników nie stosowało przełączników jako procesorów, chociaż jeszcze nie tak dawno centrale telefoniczne były wypchane przełącznikami (w Polsce są nadal - przyp. tłum.), sortującymi i łączącymi rozmowy. Wiele osób pamięta zapewne połączenia telefoniczne z irytującymi trzaskami w tle, powodowanymi kurzem na zestykach przełączników.

Nowoczesne szczelne przełączniki działają bardzo sprawnie, i doskonale nadają się do użytku w formie pojedynczych układów zatraskowych o dużym prądzie



Rys. 3.5. Przełącznikowe układy zatraskowe, (a) układ podstawowy, (b) układ z wyłącznikiem, (c) układ z tranzystorem.

wyjściowym. Trzeba jednak podkreślić, że do opisanych układów potrzebne są przełączniki o dwóch parach zestyków.

Na rys. 3.5a pokazano, jak cewka przełącznika (przedstawiona w formie prostokąta) jest pobudzana przyciskiem czynnym. Obie pary zestyków zwierają się wtedy. Jeden z nich jest połączony równolegle z czynnym przyciskiem. Po zwolnieniu przycisku prąd nadal płynie przez cewkę za pośrednictwem pierwszej pary zestyków, innymi słowy przełącznik został zatrzaśnięty. Druga para zestyków może zostać użyta do włączenia lampy, silnika itp.

Przełącznik może zostać zwolniony przez wyłączenie napięcia zasilania. Ewentualnie można do tego celu użyć przycisku biernego, jak na rys. 3.5b. Jest to jeden z kilku punktów, w których można umieścić przycisk bierny. Spróbujcie znaleźć inne!

Tranzystorowy układ sterujący

W pierwszej części tej serii połączenie przełącznika z tranzystorem zostało omówione i zilustrowane w formie modułu wyjściowego (rys. 1.13c). Schemat na rys. 3.5.c ilustruje sposób, w jaki to połączenie może zostać zmodyfikowane, aby prze-

każnik mógł się zatrzasnąć. Pierwsza para zestyków jest połączona z kolektorem (c) i emiterem (e) tranzystora. Oporność szeregowego rezystora R1 powinna zawierać się w granicach od 2kΩ do 5kΩ, a typowym tranzystorem jest BC108, BC184L, BC549, lub podobny.

Trzeba sprawdzić, czy prąd pobierany przez cewkę przekaźnika nie przekracza maksymalnej dopuszczalnej wartości prądu kolektorowego tranzystora. W razie wątpliwości należy użyć tranzystora Darlingtona TIP121 lub TIP122, omówionych w części 1 (rys. 1.13b). Trzeba zwrócić uwagę na użycie diody D1, koniecznej do eliminacji przepięć powstających w cewce przekaźnika, mogących zniszczyć tranzystor.

Układ można wyłączyć za pomocą przycisku biernego, takiego jak na rys. 3.5b.

A oto podsumowanie trzech przekaźnikowych układów zatraskowych z rys. 3.5:

Zalety:

proste przełączanie, wymaga niewiele elektroniki, łączy zatraskiwanie z dużą wydajnością prądową wyjścia.

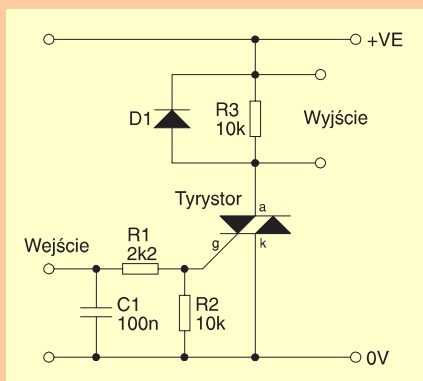
Wady:

niezbyt łatwy do elektronicznego wyłączenia, najmniejszy przekaźnik jest duży w porównaniu z innymi urządzeniami o podobnym działaniu, przekaźniki są stosunkowo drogie, zestyki przekaźnika zużywają się, rozwiązanie mało eleganckie, gdy jest wymagane kompleksowe ustawianie/kasowanie.

Tyrystorowy układ zatraskowy

Schemat pokazany na rys. 3.6 jest szczególnie prosty, zastosowano w nim bowiem jedno tylko urządzenie, tyrystor, zwany czasem SCR (silicon controlled rectifier - półprzewodnikowym prostownikiem sterowanym). Tak jak tranzystor, tyrystor ma trzy elektrody, anodę (a), katodę (c) i odpowiednik bazy, bramkę (g).

Pod wpływem małego prądu, dopływającego do bramki, tyrystor zaczyna przewodzić, ale w przeciwieństwie do tranzystora, raz wyzwolony, nie przestaje przewodzić, czyli pozostaje zatrzaśnięty. Wyłączyć go można wyłączeniem zasilania, albo biernym wyłącznikiem, takim jak na rys. 3.5b, który przerwie przepływ prądu w obwodzie anodowym. Układ taki może być uważany za zatraskiwany układ wyjściowy (czyli połączone moduły procesora i wyjściowy). Sugerowany typ tyrystora to C106 lub C106D, który może przelączyć prądy o natężeniu około 1,7A.



Rys. 3.6. Tyrystorowy układ zatraskowy.

Tyrystor może zostać przypadkowo wyzwolony, trzeba więc stosować środki zapobiegawcze. W tym przypadku jest to obwód wyzwolony tylko zdecydowanie dodatnim napięciem. Przez rezystor R3 w obwodzie wyjściowym wyzwolonego tyrystora przepływa zawsze prąd o minimalnym natężeniu, uniemożliwiający przypadkowe wyłączenie się tyrystora wskutek fluktuacji poboru prądu przez obciążenie (np. silnik). Dioda D1 służy do eliminacji przepięć, powstających w urządzeniach elektromagnetycznych, jak silniki czy przekaźniki. Można ją pominąć, jeżeli obciążenie składa się tylko z żarówek lub LED.

Podsumowanie tyrystorowego układu zatraskowego jest następujące:

Zaleta:

prosty i tani,

Wady:

niezbyt łatwy do elektronicznego wyłączenia, raczej prymitywny w tu opisywanych zastosowaniach.

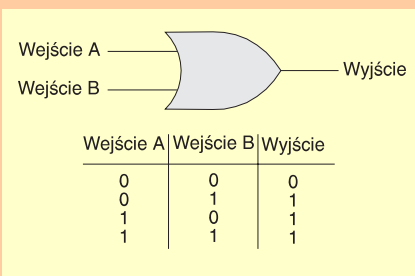
Przypisywanie tyrystorom głównego zastosowania w układach takiego rodzaju jak moduł na rys. 3.6 byłoby niesłuszne. W rzeczywistości głównymi zastosowaniami tyrystorów i ich bliskich krewniaków, triaków, są układy sterujące różnymi urządzeniami napięcia zmiennego, jak na przykład sieciowe ściemniacze oświetlenia.

Układy zatraskowe z bramek logicznych

W układach opisanych w tej sekcji zastosowano dwuwejściowe bramki logiczne CMOS z jednym wyjściem serii 4000.

Pierwszą z nich jest bramka OR (np. typu 4071B). Jeden układ scalony zawiera cztery takie bramki, a w opisywanym układzie potrzebna jest jedna. Wszystkie nie używane wejścia powinny więc zostać połączone z 0V, (albo, jeśli wygodniej, z dodatnim biegunem zasilania). Rozmieszczenie wyprowadzeń układu jest podane na rys. 1.14 w części 1.

Bramki logiczne CMOS zostały omówione w części 1 (rys. 1.9 do 1.11), ale z oboma wejściami połączonymi razem, co



Rys. 3.7. Tabela prawdy bramki OR.

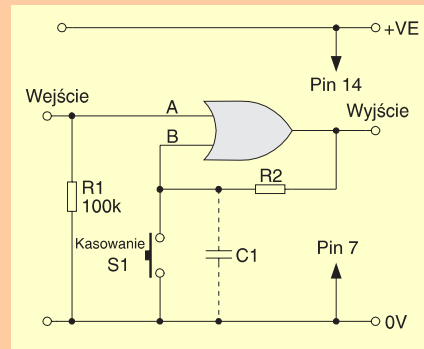
zamieniało bramki w bufory albo inwertery. Do zrozumienia zależności stanu wyjściowego bramki od stanów jej niezależnie sterowanych wejść używa się **tabeli prawdy**. Dla uproszczenia przyjęto, że stan logiczny 1 oznacza stan "wysoki", czyli napięcie zbliżone do zasilającego, a stan logiczny 0 oznacza stan "niski", czyli napięcie bliskie 0V. (Logiczne poziomy napięciowe zostały bardziej szczegółowo omówione w części 1.)

Tabela prawdy bramki OR (LUB) jest przedstawiona na rys. 3.7. Tabela ta pokazuje wszystkie możliwe kombinacje stanów logicznych wejść (czyli 00, 01, 10 i 11) i odpowiadające im stany wyjścia. Jeżeli oba wejścia są w stanie 0, to wyjście także jest w stanie 0, ale jeżeli choć jedno z wejść jest w stanie 1 to wyjście również jest w stanie 1. Innymi słowy, skutkiem stanu 1 wejścia A, LUB wejścia B, jest stan 1 wyjścia.

Zatraskująca się bramka OR

Schemat zatraskującej się bramki OR jest pokazany na rys. 3.8. Zatraskiwanie się bramki jest powodowane przez rezystor R2, łączący jej wyjście z wejściem B. Jeżeli wejście A zostanie wprowadzone w stan logiczny 1 (na przykład przez połączenie przyciskiem z napięciem zasilającym), to wyjście także przejdzie w stan logiczny 1 pociągając za sobą wejście B. Pomimo że wejście A powróci następnie do stanu logicznego 0, to bramka pozostanie zatrzaśnięta z wyjściem w stanie logicznym 1.

Trzeba pamiętać, że wejścia CMOS nigdy nie mogą zostać pozostawione "w po-



Rys. 3.8. Zatrask z bramki OR.

wietru”, czyli nie połączone z niczym. Wejście A musi więc zostać zabezpieczone przed takim stanem i dlatego pod nieobecność stanu 1 rezystor R1 wiąże je z 0V. Jeżeli wejście jest bezpośrednio połączone z innym modulem (bez kondensatora przekazującego sygnał pomiędzy obu modulami), albo z wyjściem innej bramki, to R1 można pominąć.

Oporność rezystora sprzężenia zwrotnego R2 nie jest krytyczna i można zastosować dowolną, np. 10kΩ do 1MΩ. Jeżeli układ kasujący nie jest potrzebny, to rezystor ten można zastąpić zwórką z drutu. Naciśnięcie czynnego przycisku kasującego S1 wymusza stan logiczny 0 na wejściu B. O ile w tym momencie wejście A jest również w stanie logicznym 0, to wyjście powróci do stanu logicznego 0.

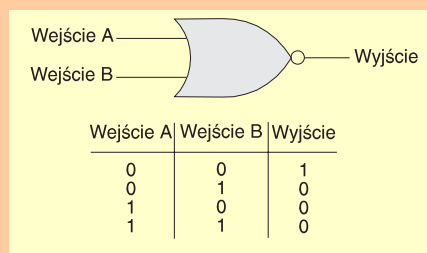
W czasie włączania zasilania układu, wyjście może zatrzasnąć się w stanie logicznym 1, nawet gdy wejście A jest w stanie logicznym 0. Można tego uniknąć, jeżeli równolegle z przyciskiem S1 dołączy się kondensator o małej pojemności (C1). Kondensator ten zapewni, że zawsze po włączeniu wyjście będzie w stanie logicznym 0. Typowa pojemność tego kondensatora wynosi 100nF (0,1μF). Przycisk kasujący może zostać pominięty, gdy nie jest potrzebny, ale kondensator C1 musi pozostać, aby układ mógł działać poprawnie.

Zatraskująca się bramka NOR

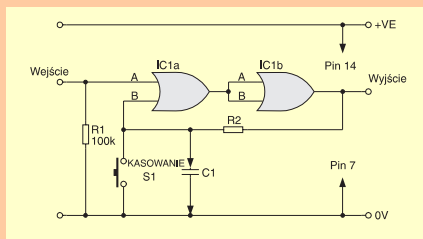
Z bramki OR można wykonać bardzo prosty zatrask, ale czasem użycie dwóch bramek NOR (NIE-LUB) może okazać się wygodniejsze. (Istnieją specjalnie zaprojektowane scalone układy zatrasków, nie będą jednak tu omawiane.) Tabela prawdy bramki NOR jest pokazana na rys. 3.9.

Można zauważyć, że wyjściowe stany logiczne bramki NOR są dokładnie odwrotne w stosunku do bramki OR. Jeżeli oba wejścia zostaną połączone razem, to gdy oba są w stanie logicznym 0, to wyjście jest w stanie logicznym 1, a gdy oba wejścia są w stanie logicznym 1 to wyjście jest w stanie logicznym 0. Innymi słowy, bramka pełni wówczas rolę inwertera (lub bramki NOT - NIE).

Układ zatraskowy, który można utwo-



Rys. 3.9. Tabela prawdy bramki NOR.



Rys. 3.10. Zatrask z bramek NOR.

rzyć z dwóch bramek NOR, jest pokazany na rys. 3.10. Druga bramka tego układu, IC1b, została użyta jako inwerter, a poza tym układ nie różni się od układu z rys. 3.8. Podobnie i w tym przypadku oporność rezystora R2 nie jest krytyczna, i może zawierać się w granicach od 10kΩ do 1MΩ. Zastosowanie kondensatora C1 jest również identyczne.

Przerzutnik zatraskowy

Alternatywny układ zatraskowy z dwóch bramek NOR jest przedstawiony na rys. 3.11. Jego działanie zatraskowe nie jest tak oczywiste, jak układu z rys. 3.10, jest jednak uważany za rozwiązanie bardziej profesjonalne. Działa w następujący sposób:

Gdy do wejścia ustawiającego (SET) zostanie na krótko doprowadzony stan logiczny 1, to wyjście nieodwracające przerzuci się ze stanu logicznego 0 do stanu logicznego 1.

Gdy do wejścia kasującego (RESET) zostanie na krótko doprowadzony stan logiczny 1, to wyjście nieodwracające przerzuci się z powrotem do stanu logicznego 0.

Oba wejścia, ustawiające i kasujące, są połączone rezystorami R1 i R2 z 0V. Ich oporności nie są istotne i mogą wynosić od 10kΩ do 1MΩ. Mogą one zostać pominięte, gdy wejścia ustawiające i kasujące są bezpośrednio połączone z innym modulem.

W momencie włączania zasilania układ może ustawiać się w przypadkowym stanie. W celu zapewnienia w czasie rozruchu każdorazowego ustawienia wy-

jścia nieodwracającego w stanie logicznym 0, pomiędzy linią napięcia zasilającego a wejściem kasującym trzeba włączyć kondensator C1. Typową jego pojemnością jest 100nF (0,1μF). W momencie włączania zasilania kondensator ten wywoła na wejściu kasującym impuls dodatni. Jest to jeszcze jeden przykład sprzężenia zmiennoprądowego, które było omawiane w części 2 (rys. 2.5).

Moduły sterowania kierunkiem obrotów silnika

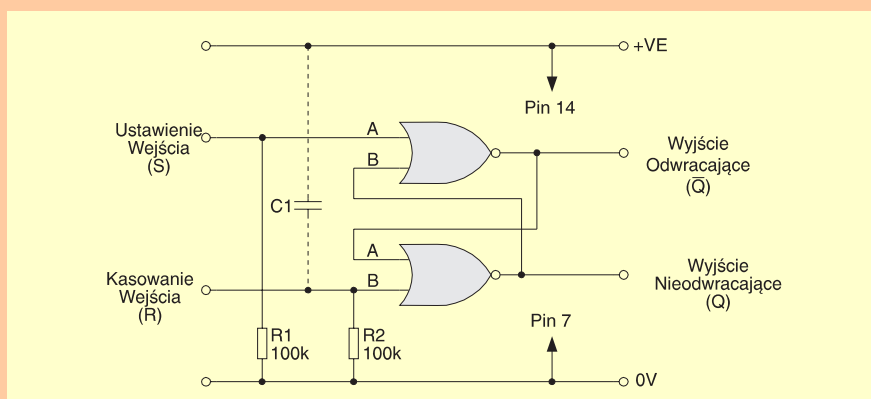
Omówiono dwa moduły sterowania kierunkiem obrotów silników prądu stałego:

- moduł przekaźnikowy,
- moduł tranzystorowy.

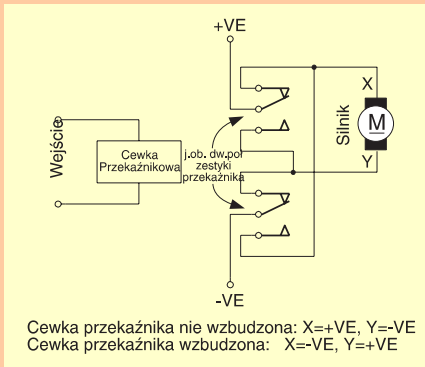
Przekaźnikowy moduł sterowania kierunkiem obrotów silnika

Do sterowania silnikiem lub innym urządzeniem, wymagającym odwracania polaryzacji zasilania, można użyć każdego dwuobwodowego, dwupołożeniowego przełącznika w sposób przedstawiony na rys. 3.12. Gdy cewka przekaźnika nie jest wzbudzona, silnik będzie wirował w jednym kierunku, a gdy zostanie wzbudzona, w drugim. Silnik będzie w ruchu niezależnie od wzbudzenia przekaźnika, w układzie nie ma bowiem głównego wyłącznika. Trzeba jednak podkreślić, że ten prosty układ nie nadaje się do praktycznego użytku, ponieważ przełączanie kierunku obrotów silnika w biegu jest zabiegiem zbyt brutalnym i dla silnika i dla zestyków przekaźnika. W układzie przełączającym z rys. 3.12 do włączania i wyłączenia silnika można posłużyć się dodatkowym przekaźnikiem lub parą Darlingтона (zob. część 1 rys. 1.13c i rys. 1.13b).

Trzeba odnotować, że wyprowadzenie oznaczone na rys. 3.12 przez - VE można zwyczajnie połączyć z 0V. Można też, jeżeli użyto układu Darlingтона z rys. 1.13b, połączyć wyprowadzenie - VE z



Rys. 3.11. Przerzutnik zatraskowy.



Rys. 3.12. Przekąźnikowy sterownik kierunku obrotów silnika.

kolektorem (c) tranzystora Darlingtona. Przy wyborze przełącznika trzeba upewnić się, czy ma on odpowiednie zestyki i czy wytrzymują one prąd pobierany przez silnik. Napięcie zasilania cewki musi być równe napięciu zasilania układu.

Podsumowanie przełącznikowego układu sterowania kierunkiem obrotów silnika jest następujące:

Zalety:
prosty układ,
nie jest wymagana płytka drukowana.

Wady:
zużywanie się zestyków, zwłaszcza gdy przełącza się kierunek obrotów w czasie działania silnika,
wymaga oddzielnego wyłącznika silnika, niepotrzebny pobór prądu przez przełącznik, jeżeli pozostanie on wzbudzony po wyłączeniu silnika.

Tranzystorowy moduł sterowania kierunkiem obrotów silnika

Rys. 3.13 pokazuje, jak można użyć tranzystorów do przełączania kierunku obrotów elektrycznego silnika prądu stałego. Układ ten może być sterowany przez przełączniki lub układy scalone.

Do zrozumienia działania tego układu jest konieczne zrozumienie różnic pomiędzy tranzystorami npn i pnp. Tranzystory TR1, TR2, TR3 i TR5 są typu npn. Każdy z nich działa w tym układzie jak przełącznik i przewodzi (czyli przepływa przez niego prąd od kolektora do emitera), gdy napięcie jego bazy utrzymuje się na poziomie około 0,7V powyżej napięcia emitera. Natomiast tranzystory TR4 i TR6 są typu pnp, i każdy z nich zostaje włączony, gdy napięcie jego bazy utrzymuje się na poziomie około 0,7V poniżej napięcia emitera.

Jeżeli wejście 1 jest utrzymywane na poziomie logicznym 1, a wejście 2 na poziomie logicznym 0, to tranzystor TR1 jest włączony, w skutek czego napięcie w punkcie A obniża się do 0V, pociągając za sobą bazy TR3 i TR4. W rezultacie TR3 zostaje wyłączony, a TR4 włączony, i na-

pięcie w punkcie X wynosi 0V.

Równocześnie TR2 jest wyłączony (napięcie na wejściu 2 wynosi przecież 0V), co powoduje, że napięcie w punkcie B dzięki rezystorowi R3 jest dodatnie. Z punktem B łączą się bazy TR5 i TR6, zatem TR5 jest włączony, a TR6 wyłączony. Dzięki temu z linii napięcia zasilania przez TR5 płynie prąd do punktu Y, następnie przez silnik do punktu X, po czym przez TR4 do 0V.

Działanie logicznych poziomów sterujących jest więc następujące:

poziom logiczny 0 na obu wejściach - silnik stoi

(X = + VE, Y = + VE)

poziom logiczny 1 tylko na wejściu 1 - silnik obraca się w przód

(X = 0V, Y = + VE)

poziom logiczny 1 tylko na wejściu 2 - silnik obraca się wstecz

(X = + VE, Y = 0V)

poziom logiczny 1 na obu wejściach - silnik stoi

(X = 0V, Y = 0V)

W obwodach baz tranzystorów TR1 i TR2 znajdują się rezystory (R1 i R2), ograniczające prąd dopływający do bazy każdego z nich. Kondensatory C1 i C2 usuwają przypadkowe impulsy, które mogłyby zakłócić działanie układu. Cztery diody D1...D4 eliminują przepięcia, powstające przy przełączaniu silnika, mogące zniszczyć tranzystory. Połączony równolegle z silnikiem kondensator C3 również służy do eliminacji powstających w nim impulsów zakłócających. Silnik łączy się zwykle z układem długimi przewodami, i w takim przypadku bezpośrednio do wyprowadzeń silnika warto przyłączyć drugi kondensator, o pojemności np. 100nF.

Jako TR1 i TR2 można użyć dowolnych tranzystorów o dużym wzmocnieniu. Proponowane tranzystory mocy pozwolą sterować silnikiem pobierającym prąd o natężeniu przekraczającym 1A. Będą one wymagały użycia radiatorów (czyli płytek metalowych przymocowanych do ich obudów), przeciwdziałają-

cych ich przegrzewaniu się. W razie wątpliwości należy poeksperymentować.

Podsumowanie tranzystorowego układu sterowania kierunkiem obrotów silnika jest następujące:

Zalety:
umożliwia włączanie, wyłączanie i zmianę kierunku obrotów,
pobiera niewiele prądu,
jest łatwy do sterowania układami logicznymi,
rozwiązanie bardziej profesjonalne.

Wada:
układ bardziej skomplikowany od przełącznikowego.

Zmienna oporność

Układ zmiennej oporności, pokazany na **rys. 3.14**, może służyć do regulacji napięcia lub prądu, a zatem na przykład szybkości silnika lub jasności lampy. Jest to układ, który z powodu swojej prostoty często kusi początkujących.

Przed pojawieniem się tranzystorów, triaków, stabilizatorów itp. układ ten był często wykorzystywany do sterowania prądem i napięciem, na przykład w ściemniaczach teatralnych. Problemy stwarzała konieczność tracenia w rezystorze nie zużytej przez lampy energii. Rezystor ten musiał być bardzo duży i przy małej jasności stawał się bardzo gorący.

Inną trudność sprawiała zależność napięcia wyjściowego od oporności urządzenia pobierającego prąd (pamiętacie prawo Ohma?). Wobec tego napięcie wyjściowe było zupełnie nieprzewidywalne, chyba że regulator był używany wyłącznie do jednego urządzenia.

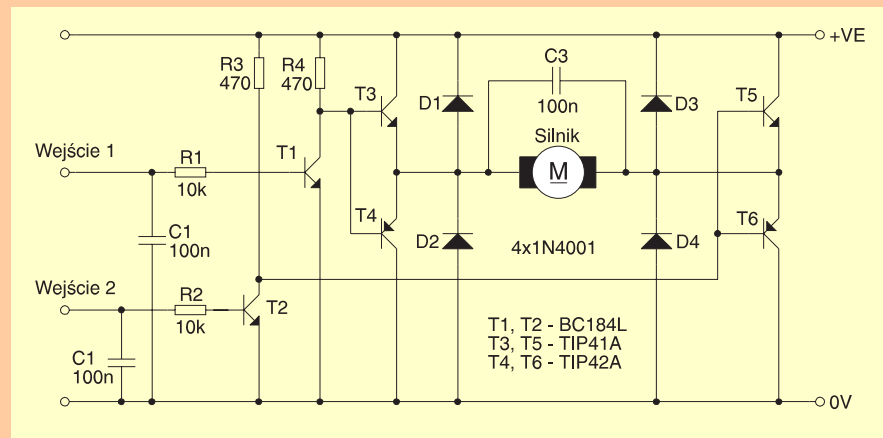
Podsumowanie układu sterującego ze zmienną opornością:

Zalety:

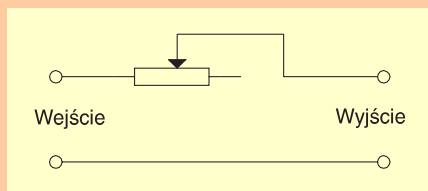
prostota.

Wady:

wymagane zmienne rezystory dużej mocy, a zatem duże i kosztowne, nieprzewidywalne napięcie wyjściowe,



Rys. 3.13. Tranzystorowy sterownik kierunku obrotów silnika.



Rys. 3.14. Układ zmiennej oporności.

napięcia wyjściowego nie da się zredukować do zera.

Regulator potencjometryczny

Na rys. 3.15 jest pokazany potencjometr, którego wszystkie trzy wyprowadzenia są wykorzystywane. W takiej konfiguracji napięcie wyjściowe może zmieniać się wraz z ruchem suwaka (przedstawionego w formie strzałki) od 0V do pełnego napięcia wejściowego. Teoretycznie przy danym napięciu wejściowym napięcie wyjściowe jest dokładnie wyznaczone pozycją suwaka. Innymi słowy, jeżeli potencjometr jest typu liniowego (w przeciwieństwie do typu logarytmicznego), a suwak jest dokładnie w połowie zakresu, to napięcie wyjściowe będzie połową napięcia wyjściowego - o ile z suwaka nie będzie pobierany prąd!

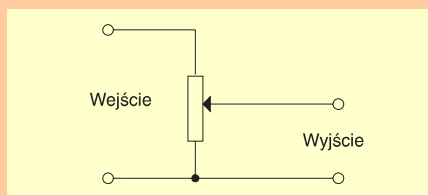
Jeżeli zadaniem tego układu jest dostarczanie i napięcia i prądu, można przyjąć rozwiązanie kompromisowe, umożliwiające pobieranie prądu z suwaka, pod warunkiem, że nie przekracza on np. 1/10 prądu przepływającego przez główny rezystor potencjometru. Napięcie wyjściowe będzie wówczas w przybliżeniu równe oczekiwanemu.

Niestety silnik lub lampa wymagają znacznego prądu. Na przykład przy poborze prądu o natężeniu 0,5A, potrzebny byłby potencjometr o oporności umożliwiającej przepływ prądu o natężeniu 5A. Nie tylko potrzebny potencjometr byłby ogromny i kosztowny, ale ilość traconej w nim energii byłaby nie do zaakceptowania. Potencjometryczna metoda sterowania nadaje się więc tylko do obwodów o małych prądach, jak na przykład do regulacji głośności wzmacniacza.

Podsumowanie potencjometrycznego regulatora napięcia jest następujące:

Zalety:

stabilne i przewidywalne napięcie wyjściowe, napięcie wyjściowe da się zredukować do 0V.



Rys. 3.15. Potencjometryczny regulator napięcia.

Wada:

nadaje się tylko do układów o małym prądzie.

Rozwiązanie doskonałe

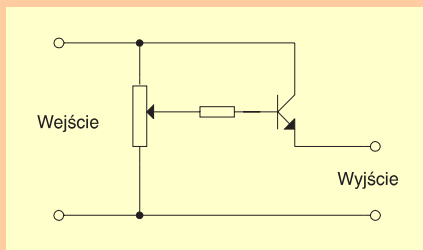
Układ potencjometryczny z rys. 3.15 nadawałby się doskonale do regulacji szybkości silników lub jasności lamp, gdyby dało się zwiększyć natężenie prądu pobieranego z suwaka. Ale okazuje się, że nowoczesne tranzystory pozwalają to zrealizować!

Rys. 3.16 ilustruje sposób, w jaki do wzmocnienia prądu pobieranego z suwaka potencjometru można użyć tranzystora npn. W układzie tym napięcie wyjściowe jest wyznaczane przez pozycję suwaka potencjometru, natomiast prąd wyjściowy, pobierany z emitera (e) tranzystora, jest równy prądowi dopływającemu do bazy (b) tranzystora, pomnożonemu przez jego wzmocnienie prądowe. Trzeba jednak pamiętać, że baza tranzystora npn zawsze utrzymuje napięcie o 0,7V wyższe od napięcia emitera. Innymi słowy, w układzie jak na rys. 3.16, napięcie emitera będzie zawsze utrzymywało się o 0,7V poniżej napięcia suwaka potencjometru. W rezultacie napięcie wyjściowe może być zmieniane tylko w zakresie od 0V do pełnego napięcia wejściowego mniej 0,7V.

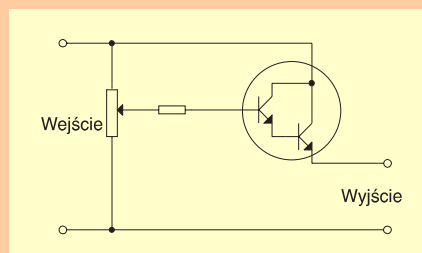
Szeregowy rezystor ogranicza do bezpiecznego natężenia prąd bazy, jaki mógłby popłynąć przy maksymalnym napięciu wyjściowym.

Układ może jednak wywoływać pewne trudności w przypadku dużych prądów. Tranzystory dużej mocy mają zazwyczaj niewielkie wzmocnienie. Potrzebny jest zatem tranzystor dużej mocy i o dużym wzmocnieniu. Rozwiązanie ułatwia omówiony w części 1 tranzystor Darlingтона (rys. 1.13b). Jest to para tranzystorów, jeden o dużym wzmocnieniu, a drugi o dużym prądzie. Wygodnie jest używać ich w jednej obudowie, wyglądają jak tranzystor mocy. Trzeba jednak pamiętać, że napięcie emitera drugiego tranzystora pary Darlingтона utrzymuje się o 1.4V poniżej napięcia bazy pierwszego tranzystora.

Schemat układu z parą Darlingтона jest pokazany na rys. 3.17. Typowe elementy tego układu to potencjometr 10k Ω , rezystor szeregowy 1k Ω i tranzystor Darlingтона TIP121 lub TIP122. Jeżeli stosuje się



Rys. 3.16. Potencjometryczny regulator napięcia zbuforowany tranzystorem.



Rys. 3.17. Potencjometryczny regulator napięcia zbuforowany tranzystorem Darlingtona.

osobne tranzystory, to może to być BC184L lub podobny tranzystor o wysokim wzmocnieniu i tranzystor mocy TIP41A.

Podsumowanie regulatorów napięcia z rys. 3.16 i rys. 3.17 jest następujące:

Zalety:

napięcie wyjściowe jest dokładnie regulowane potencjometrem, napięcie wyjściowe da się zredukować do 0V, napięcie wyjściowe w niewielkim stopniu zależy od prądu, prąd wyjściowy, zależnie od zastosowanego tranzystora, może osiągać kilka amperów, stosuje się mały i tani potencjometr.

Wada:

maksymalne napięcie wyjściowe jest niższe od napięcia wejściowego.

Inne możliwości

Jeszcze dokładniejszą regulację napięcia umożliwiają nowoczesne układy scalone stabilizatorów napięcia. Ich wybór jest tak szeroki, że zainteresowanych tym rodzajem sterowania czytelników trzeba skierować do obszernych katalogów. Jednakże większość stabilizatorów nie daje możliwości obniżania napięcia wyjściowego do 0V. Jest to poważną wadą w przypadku sterowania silnikami, czy jasnością lamp.

Część czwarta

W części 4 tego cyklu zostaną omówione: przerzutnik astabilny, licznik dziesiętny, projekt konstrukcyjny elektronicznych kości do gry o zmiennej szybkości.

Projekt konstrukcyjny

Przykładowym projektem konstrukcyjnym jest automatyczny system panoramycznego sterowania kamerą, opisany w kolejnym artykule w tym numerze EdW. Pokazuje on jak można praktycznie wykorzystać moduły opisane w tym artykule.

Max Horsey

Artykuł publikujemy na podstawie umowy licencyjnej z angielskim miesięcznikiem *Everyday Practical Electronics*.