

Elektroniczna kostka do gry

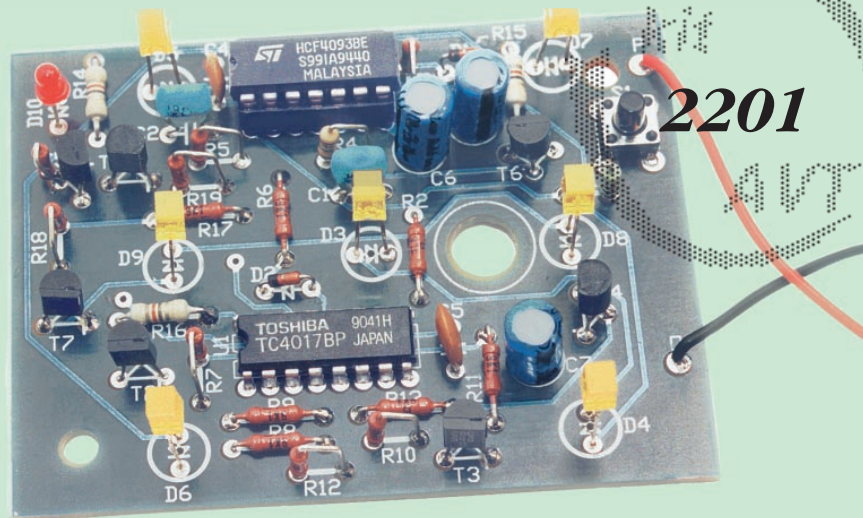
Opisany układ zastępujący kostkę lub kostki, używane w licznych grach losowych, został zaprojektowany pod wpływem próśb wielu młodych Czytelników. Zamiast rzucać kostką, należy na dowolny czas nacisnąć przycisk. Wylosowana liczba z zakresu 1...6 zostanie pokazana na „wyświetlaczu” z diod LED.

Autorzy artykułu nie są do końca przekonani o potrzebie budowania takiej elektronicznej kostki, jednak z nadsyłanych listów niedwuznacznie wynika, iż dla wielu młodych osób taka kostka jest przede wszystkim synonimem nowoczesności i nadaje grze dodatkowego „smaczku”. Życzenia licznej rzeszy młodych entuzjastów elektroniki nie sposób było zlekceważyć, stąd niniejszy projekt.

Zaletą opisanego układu jest prosta konstrukcja, a co jeszcze ważniejsze – bardzo mały pobór energii ze źródła zasilania. Aby elektroniczna kostka była naprawdę użyteczna w praktyce, musi ona mieć zasilanie bateryjne i bateria musi starczyć na długi okres czasu. W proponowanym urządzeniu zastosowano obwody oszczędzania energii, przez co jedna mała 9-woltowa bateria wystarczy na wiele miesięcy grania.

Specyficzna budowa układu pozwoliła wyeliminować wyłącznik zasilania. Układ zaczyna pracować po naciśnięciu przycisku, potem pokazuje wylosowaną liczbę i po pewnym czasie automatycznie się wyłącza. Pobór prądu w stanie spoczynku jest praktycznie równy zeru (poniżej 1µA).

Działanie opisanego układu powinni szczegółowo przeanalizować młodzi konstruktorzy, próbując swoich sił w Szkole Konstruktorów.



W tym układzie prostymi sposobami zrealizowano wiele interesujących funkcji i wykorzystano pewne „chwyty układowe”.

Jak to działa?

Schemat ideowy układu pokazano na rysunku 1.

Podstawowymi elementami są układy scalone U1 i U2, które z pomocą kilku tranzystorów sterują diodami wyświetlającymi wynik losowania (D3 – D9).

Naciśnięcie przycisku S1 uruchamia układ. Przez czas naciskania przycisku czynny jest generator przebiegu prostokątnego zbudowany z bramką Schmitta U2A. Impulsy z tego generatora (o częstotliwości rzędu 100kHz) są zliczane przez licznik U1. Kostka U1 (CMOS 4017) pełni rolę licznika zliczającego do sześciu.

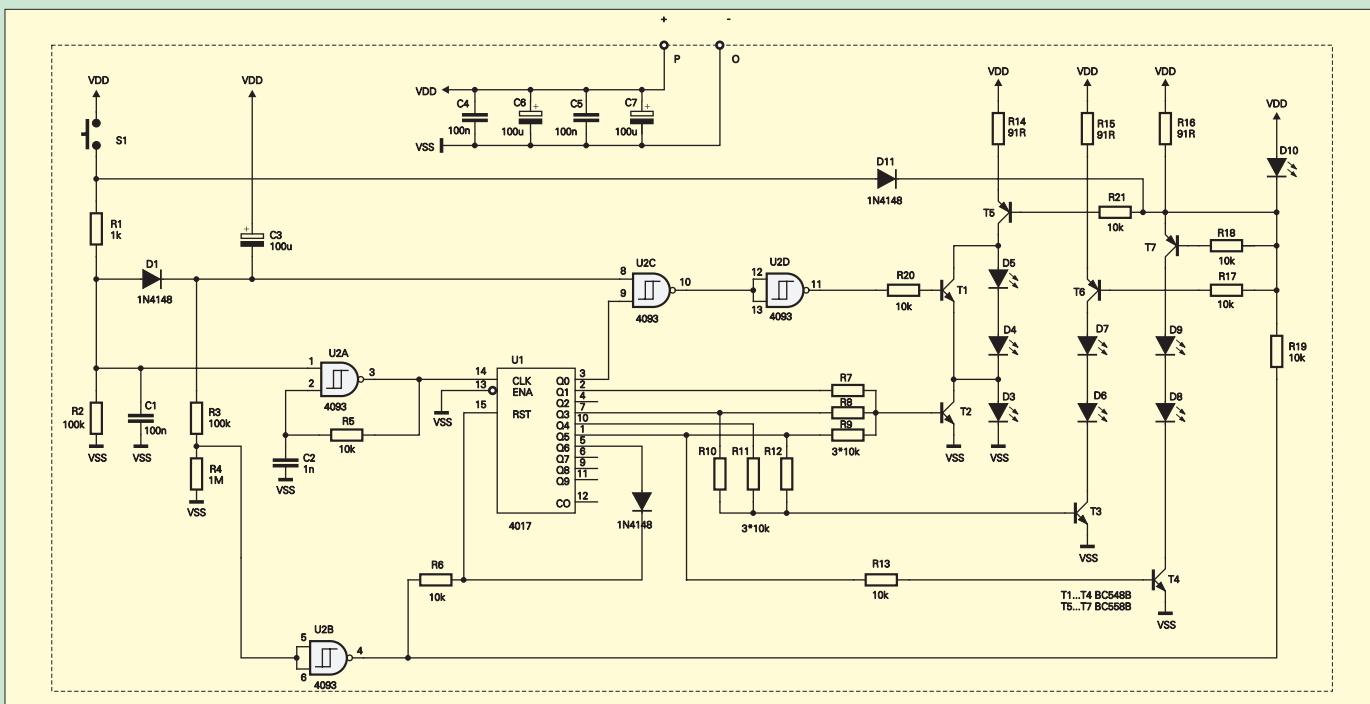
Cykl pracy został skrócony do sześciu przez włączenie diody D2 między wyjście Q6 i wejście zerujące RST. W czasie zliczania diody świecą się wygaszone.

W momencie zwolnienia przycisku S1 licznik przestaje zliczać i jego ostatni stan jest wyświetlony na diodach LED ułożonych tak, jak oczka kostki do gry. Po pewnym czasie wyświetlania wyniku, diody gasną i układ przechodzi do stanu spoczynku.

Wynik losowania (liczba z zakresu 1...6) pokazany przez diody LED jest przypadkowy, ponieważ zależy on od czasu naciskania przycisku S1, podczas którego licznik zlicza impulsy o stosunkowo dużej częstotliwości.

W stanie spoczynku dzięki obecności rezystorów R2 oraz R3 i R4, na wejściach bramek U2A, U2B i U2C panuje stan niski. Generator U2A nie pracuje. Stan wy-

Rys. 1. Schemat ideowy



soki z wyjścia bramki U2B powoduje wyzerowanie licznika U1. Warto zauważyć, że elementy R6 i D2 tworzą swego rodzaju bramkę OR – stan wysoki wystąpi na wejściu RST, gdy na wyjściu bramki U2B wystąpi stan wysoki lub stan wysoki pojawi się na wyjściu Q6 kostki U1.

Stan wysoki z wyjścia bramki U2B powoduje, że przez diodę D10 nie płynie prąd i tranzystory T5 – T7 nie przewodzą. Diody świecące D3 – D9 są wygaszone.

Gdyby układ miał być zasilany z zasilacza sieciowego, bramki U2C i U2D nie byłyby konieczne. Rezystor R20 byłby dołączony bezpośrednio do wyjścia Q0 i w stanie spoczynku przez rezystor R20, złącze baza-emiter tranzystora T1 i diodę D3 płynąłby niewielki prąd (0,5...0,7mA).

Ponieważ układ ma być zasilany z baterii, a w stanie spoczynku na wyjściu Q0 kostki U1 występuje stan wysoki, konieczne było wprowadzenie bramek U2C i U2D, które uniemożliwiają przepływ prądu przez diodę D3. Dzięki tym dwóm bramkom, pobór prądu w stanie spoczynku jest pomijalnie mały.

Po naciśnięciu przycisku S1 stan wysoki jest podawany przez rezystor R1 na wejście generatora U2A, umożliwiając jego pracę.

Częstotliwość generatora U2A nie jest krytyczna. W układzie modelowym wynosi ona tylko około 1kHz (R5 – 100kΩ, C2 – 10nF). Z wartościami podanymi w spisie częstotliwość będzie około stukrotnie większa. Większe częstotliwości są potrzebne tylko wtedy, gdyby ktoś próbował oszukiwać, naciskając bardzo krótko przycisk, by licznik nie zdążył zliczyć w tym czasie więcej niż 2...5 impulsów z generatora o małej częstotliwości.

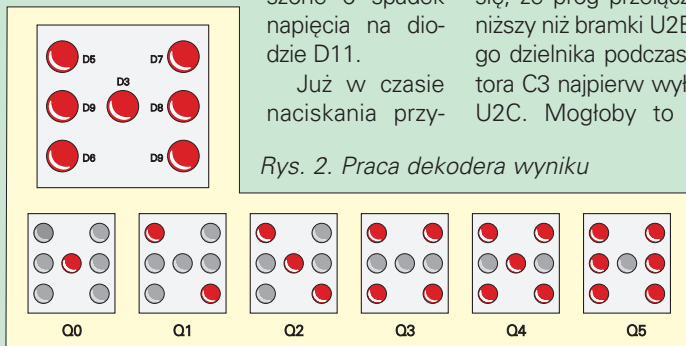
Przy większych częstotliwościach taka sztuczka na pewno się nie uda.

Nawet krótkie (powyżej 0,2 sekundy) naciśnięcie przycisku S1 spowoduje rozładowanie kondensatora C3, który w stanie spoczynku cały czas jest naładowany (i zaformowany). Stan wysoki na nóżce 8 bramki U2C spowoduje podanie na rezystor R20 stanów z wyjścia Q0 kostki U1. Z tego względu w czasie naciskania przycisku S1 będzie leciutko świecić dioda D3, co nie jest żadną wadą.

Pozostałe diody będą praktycznie wygaszone, ponieważ na bazach tranzystorów T5 – T7 wystąpi napięcie zasilające, pomniejszone o spadek napięcia na diodzie D11.

Już w czasie naciskania przy-

Rys. 2. Praca dekodera wyniku



ciśku stan wysoki zostanie podany na wejście bramki U2B (o roli dzielnika R3, R4 za chwilę), i na jej wyjściu pojawi się stan niski, umożliwiający pracę kostki U1 (stan niski na wejściu RST). Jednak dopiero po zwolnieniu przycisku S1 stan niski zatrzyma generator U2A i zaświeci diody D3 do D9. Jak widać, dioda D11 odpowiedzialna jest jedynie za wygaszanie tych diod w czasie zliczania. W urządzeniu zasilanym z sieci diody tej można nie stosować. Wtedy podczas naciskania przycisku świecić będą wszystkie diody LED. Dioda D11 została dodana tylko po to, by zmniejszyć pobór prądu w czasie (być może długiego) naciskania przycisku S1.

Po zwolnieniu przycisku zostanie zatrzymany generator U2A i licznik U1, ale dzięki obecności kondensatora C3 stan wysoki znacznie dłużej utrzyma się na wejściach bramki U2B i U2C, umożliwiając wyświetlenie wyniku losowania na diodach D3 – D9. Czas wyświetlania wyznaczony jest przez stałą czasową ładowania kondensatora C3 przez rezystory R3 i R4. Czas ten może być zmieniany w szerokich granicach przez zmianę pojemności C3. Po naładowaniu się kondensatora C3 układ powróci do stanu spoczynku.

Po zwolnieniu przycisku S1 stan niski na wyjściu bramki U2B spowoduje też przepływ prądu przez czerwoną diodę D10 i rezystor R19 (w czasie naciskania przycisku prąd był przejmowany przez diodę D11). Na diodzie D10 pojawi się napięcie około 1,6V. Napięcie to zostanie podane na bazy tranzystorów T5 – T7. Tym samym na rezystorach R14 – R16 pojawi się jednakowe napięcie, wynoszące trochę mniej niż 1V. Przez rezystory te popłyną jednakowe prądy. Jak widać, tranzystory T5 – T7 pracują jako źródła prądowe, co gwarantuje jednakową jasność diod D3...D9. Zamiast trzech źródeł prądowych można zastosować prostszy układ, ale wtedy jasność świecenia poszczególnych diod byłaby różna, zwłaszcza przy wyczerpywaniu się baterii zasilającej.

Komentarza wymaga obecność dzielnika R3, R4. Byłby on niepotrzebny, gdyby progi przełączania bramek U2B i U2C były identyczne. W zasadzie bramki z jednego układu scalonego powinny mieć jednakowe właściwości, ale nikt nie zagwarantuje, że będą one identyczne. Jeśli zdarzyłoby się, że próg przełączania bramki U2C jest niższy niż bramki U2B, to bez wspomnianego dzielnika podczas ładowania kondensatora C3 najpierw wyłączana byłaby bramka U2C. Mogłoby to powodować zmianę wskazań wyświetlacza pod koniec czasu wyświetlania wyniku, a konkretnie zaświecanie diod D4 i D5 gdy wcześniej świeciła

tylko dioda D3, czyli przed zgaśnięciem diod wskazanie zmieniłoby się z jedynki na trójkę. Aby uniemożliwić wystąpienie takiego nieprzyjemnego zjawiska, wprowadzono dzielnik R3, R4. Dzięki niemu nawet przy niewielkich rozrzutach napięć progowych bramek, podczas ładowania kondensatora C3, na pewno najpierw zmieni się stan bramki U2B i zostaną wygaszone diody wyświetlacza, a dopiero potem ewentualnie przełączą się bramki U2C i U2D.

Dla wielu Czytelników najciekawszą sprawą jest sposób wyświetlania wylosowanej liczby. W zależności od wyniku losowania, stan wysoki pojawi się tylko na jednym z wyjść Q0...Q6 kostki U1.

Pracę dekodera, zawierającego rezystory R7 – R13, R20 i tranzystory T1 – T4 można prześledzić korzystając z rysunku 2. Pokazuje on które diody będą zaświecone przy kolejnych stanach licznika U1.

Wcześniej warto zauważyć, że tranzystor T3 włącza diody D6, D7, gdy stan wysoki wystąpi na jednym z wyjść Q3, Q4, Q5, co odpowiada wylosowaniu liczb 4, 5, 6. Warto zauważyć, że rezystory R10 – R12 tworzą trzywejściową bramkę OR – tranzystor zostanie włączony, gdy na którymkolwiek „wejściu” tej bramki pojawi się stan wysoki.

Diody D8, D9 zaświecają się tylko przy wylosowaniu szóstki (stan wysoki na Q5).

Inaczej jest z diodami D3 – D5. Dioda D3 jest wygaszana – zwierana przez tranzystor T2 – gdy wylosowana liczba jest 2, 4 lub 6 (stan wysoki na Q1, Q3 lub Q5). Znowu warto zauważyć, że rezystory R7 – R9 tworzą trzywejściową bramkę OR.

Diody D4 i D5 są wygaszane – zwierane przez tranzystor T1 – gdy wylosowaną liczbą jest jedynka.

Jak widać, gdy wylosowana zostanie liczba trzy (stan wysoki na Q2), żaden z tranzystorów T1 – T4 nie przewodzi i świecą diody D3 – D5.

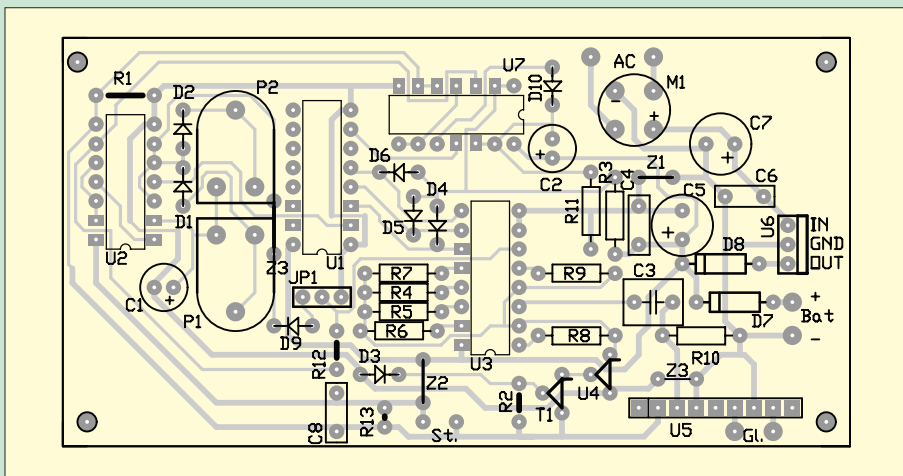
Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na dwustronnej płytce drukowanej pokazanej na rysunku 3. Płytkę dostępną w AVT została zaprojektowana jako dwustronna, by przy założonym układzie diod wyświetlających wynik, zmieścić całość w typowej obudowie KM-26. Stąd też obecność dużego otworu na środku płytki.

Kolejność montażu nie jest krytyczna, jedynie układy scalone należy wlotować lub wstawić w podstawki na końcu. Wcześniej, przed zmontowaniem elementów warto przygotować obudowę i wywiercić otwory, traktując płytkę jako matrycę – pod diodami LED i przyciskiem przewidziano dodatkowe otwory, które pozwolą precyzyjnie zaznaczyć punktu wiercenia.

Montaż układu na gotowej płytce z AVT nie powinien nikomu sprawić trudności.

c.d. na str. 60



Rys. 2. Schemat montażowy

wyjściowym ok. 3,3V potrzebnego do zasilania układu U4. Jumperem JP1 możemy wymusić stan niski na wejściu zezwalającym U3 przez co kolejne sygnały nie będą oddzielone przerwami. Kondensator C3 odseparowuje wejście wzmacniacza a R10 polaryzuje je na poziomie masy. Elementy C8 i C13 zapobiegają drganiom styków, przez co układ prawidłowo reaguje także na kilkakrotne naciśnięcie przycisku zwiększając swoją głośność. Kondensator C4-C7 blokują napięcie zasilania. Dioda D7 zabezpieczają zasilanie awaryjne, natomiast D8 zabezpiecza przepływ prądu ze źródła awaryjnego do wyjścia stabilizatora U6. Mostek M1 prostuje napięcie zasilające. Należy zauważyć że wszystkie kondensatory elektrolityczne w stanie spoczynku są pod napięciem zasilającym, przez co będą dobrze zaformowane.

Montaż i uruchomienie

Projekt płytki znajduje się na rysunku 2. Montaż należy rozpocząć od trzech zworek a kończąc na elementach największych. Jako transformatora można użyć o napięciu od 12 do 18V i mocy co najmniej 2W. Jako źródła zasilania rezerwowego można użyć akumulatora lub baterii 9V. Głośność dzwonka zależy przede wszystkim od zastosowanego głośnika, więc powinien być to dobrej jakości głośnik i możliwie o jak największej średnicy. Nie znalazłem jakiejś dobrej obudowy więc niech każdy w swoim zakresie zastosuje odpowiednią do swoich wymagań. Jeżeli ktoś ma przy przycisku dzwonka napięcie 220V to może zastosować układ przystawki z Rys. 3. EdW 4/96 (str. 9). Jednak musi do niej dodać tranzystor o odpowiedniej wydajności prądowej i włączyć go w miejsce przycisku

Wykaz elementów

Rezystory

R1,R3,R12,R13: 100kΩ
R2,R10: 1kΩ
R4: 1MΩ
R5: 820kΩ
R6: 510kΩ
R7,R11: 270kΩ
R8: 100kΩ
R9: 47kΩ
P1,P2: 1MΩ

Kondensatory

C1: 47µF/16V
C2: 100µF/16V
C3: 470nF
C4,C6: 100nF
C5,C7: 470µF/16V
C8: 220nF

Półprzewodniki

D1,D2,D-D6,D9,D10: 1N4148
D3: Zenera 3V3
D7,D8: 1N4001
M1: mostek prostowniczy 1A
T1: BC548 (lub dowolny npn)
U1: 4518
U2,U7: 4093
U3: 4051
U4: UM66
U5: TDA7056
U6: 7809

Pozostałe

S1: przycisk typu „Reset”
G1: Głośnik
JP1: Jumper
Złączka do baterii 9V

„Start”. Po zmontowaniu układu należy wyregulować czas trwania melodystki potencjometrem P1, oraz czas przerw pomiędzy następnymi głośniejszymi sygnałami odpowiednio potencjometrem P2.

Marcin Wiązania

Elektroniczna kostka do gry (c.d. ze str. 57)

Większym problemem będzie wykonanie płytki we własnym zakresie, a potem jej zmontowanie (przy braku metalizacji otworów oznacza to konieczność lutowania z dwóch stron). Układ nie jest znanym skomplikowany, niektórzy Czytelnicy zechcą zaprojektować własną, jednostronną płytkę.

Przy montażu diod D3 – D9 wysokość ich umieszczenia należy dobrać eksperymentalnie, by całość dobrze mieściła się w obudowie Przy-

cisk typu microswitch najprawdopodobniej trzeba będzie wlotować na kawałkach drutu wyżej nad płytką, by popychacz wystawał z obudowy. A może lepiej użyć innego przycisku?

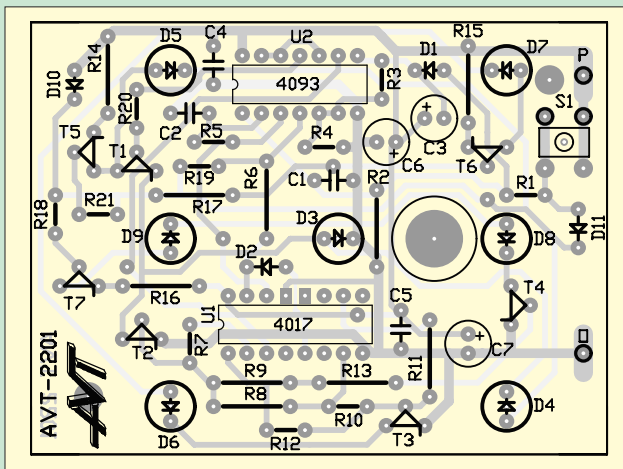
Układ bezbłędnie zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga żadnego uruchamiania i od razu powinien pracować poprawnie.

W stanie spoczynku układ nie pobiera prądu (poniżej 1µA), w czasie losowania pobiera około 3mA, a w czasie wyświetlania wyniku około 25mA.

Ponieważ kondensator C3 może być rozformowany, po pierwszym włączeniu czas wyświetlania po zwolnieniu przycisku prawdopodobnie będzie krótszy. Nie należy się tym przejmować, po kilku godzinach dołączenia do układu napięcia zasilającego, wszystkie „elektrolity” zdążą się zaformować.

Jak podano na wstępie, układ nie wymaga wyłącznika zasilania, cały czas stoi pod napięciem, a obsługa ogranicza się jedynie do naciskania przycisku.

Rys. 3. Schemat montażowy



Wykaz elementów

Rezystory

R1: 1kΩ
R2,R3: 100kΩ
R4: 1MΩ
R5-R13,R17-R21: 10kΩ
R14-R16: 91...100Ω

Kondensatory

C1,C4,C5: 100nF ceramiczny
C2: 1nF (1...22nF)
C3,C6,C7: 100µF/16V

Półprzewodniki

D1,D2,D11: dioda impulsowa np. 1N4148
D3-D9: LED 8mm
D10: LED 3mm czerwona
T1-T4: tranzystor NPN, np. BC548B
T5-T7: tranzystor PNP, np. BC558B
U1: 4017
U2: 4093

Pozostałe

S1: microswitch z długą ośką
Obudowa KM-26

Dobrej zabawy!

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny” AVT-2201.