

Labirynt 3D

Wykład 1

Zręcznościowa gra towarzyska

Na fotografii tytułowej pokazany jest nieskomplikowany układ elektroniczny. Jest to prosta, ale **ogromnie atrakcyjna, zręcznościowa gra towarzyska: „Labirynt 3D”**.

Zadaniem uczestnika jest delikatnie nałożyć metalową obrączkę na swobodny koniec gołego drutu miedzianego (najlepiej grubego), a potem ostrożnie poprowadzić wzdłuż tego drutu tak, by ani na chwilę nie dotknąć obrączką do drutu. Na koniec należy dotknąć obrączką do metalowego półkola przy zamocowanym końcu drutu, co zaświeci zieloną lampkę, sygnalizującą koniec próby.

Wygrywa ten, kto najszybciej, bez dotknięcia, przeprowadzi obrączkę przez całą długość drutu aż do zaświecenia zielonej lampki. Dotknięcie obrączką drutu zostanie zasygnalizowane zaświeceniem czerwonej lampki i dźwiękiem alarmu – uczestnik przerywa wtedy grę. Próbę zaczyna następny chętny.

Stopień trudności zadania można zmieniać, wyginając gruby drut miedziany we wszystkich trzech wymiarach (stąd 3D w nazwie) oraz zmieniając średnicę obrączki.

Opis układu dla „zaawansowanych”

„Labirynt 3D” jest prostym układem elektronicznym, o schemacie pokazanym na rysunku B. Gdy uczestnik bez dotknięcia drutu „labiryntu” dotknie obrączką do punktu C, czyli gdy połączy punkty A i C, zaświeci się „w nagrodę” zielona dioda

LED1. Przy nieprawidłowym dotknięciu obrączką do drutu „labiryntu” prąd popłynie przez rezystor R2 i zaświeci czerwoną diodę LED2. Jednocześnie przez diodę D1 szybko ładuje się kondensator elektrolityczny C1 i zasilony zostanie brzęczyk piezo Y1, który wyda dźwięk. Czerwona dioda LED2 świeci tylko w czasie gdy obrączka dotyka do drutu „labiryntu”, co może trwać bardzo krótko. Wtedy kondensator C1 szybko ładuje się przez diodę D1, a po usunięciu zwarcia staje się pomocniczym źródłem zasilania dla brzęczyka. Dzięki temu brzęczyk zostaje włączony na dłużej i niezawodnie sygnalizuje, że nastąpiło dotknięcie obrączką drutu „labiryntu”. W miarę rozładowywania kondensatora napięcie na nim maleje, a to powoduje charakterystyczną zmianę dźwięku brzęczyka.

Dioda D1 jest potrzebna, ponieważ bez niej kondensator C1 stanowiłby też źródło zasilania dla czerwonej diody LED2 i czas pracy brzęczyka byłby dużo krótszy, a efekt gorszy.

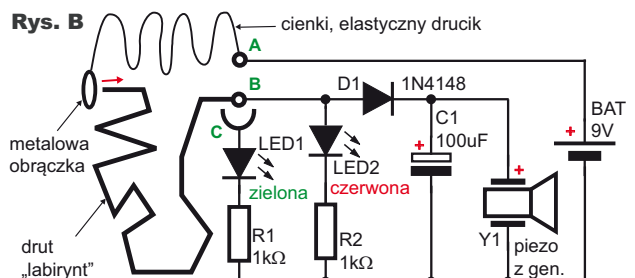
Układ pokazany na fotografii wstępnej został zmontowany na płytce stykowej. Jednak układ „w wersji użytkowej” może być zmontowany inaczej, niekoniecznie na płytce drukowanej. Początkujący mogą montować proste układy bez lutowania, na przykład skręcając ze

sobą końcówki elementów. Przed zmontowaniem modelu warto zapoznać się z podanymi dalej informacjami.

Poznajemy elementy i układy elektroniczne

Działanie najrozmaitszych układów elektronicznych jest możliwe dzięki energii elektrycznej. Pracujący układ pobiera energię elektryczną z baterii lub z zasilacza i na różne sprytnie sposoby zamienia ją na inne rodzaje energii, choćby na energię świetlną (np. w diodzie LED lub w wyświetlaczu), energię dźwiękową (w brzęczku lub w głośniku), lub energię mechaniczną (np. w silniku lub elektromagnesie). Zawsze też część pobranej energii, zazwyczaj znaczna większość, zamienia się w „mało szlachetną” formę energii – następuje zamiana energii elektrycznej na energię cieplną, która jest traktowana jako strata i powoduje niekorzystny wzrost temperatury elementów układu.

Napięcie i prąd. Energia i moc elektryczna jest nierozłącznie związana z *prądem elektrycznym* (ściślej z natężeniem



prądu elektrycznego) oraz z *napięciem elektrycznym*. Często *napięcie elektryczne* porównuje się do *ciśnienia wody* w rurach wodociagowych, a *prąd* – do *przepływu wody* w tych rurach. Napięcie elektryczne podajemy w woltach [V]. Prąd (natężenie prądu) podajemy w amperach [A], w praktyce częściej w miliamperach [mA] $1\text{mA}=0,001\text{A}$, małutkie prądy w mikroamperach [μA] $1\mu\text{A}=0,000001\text{A}$.

Do zasilania układów elektronicznych wykorzystujemy *napięcie stałe*. Źródło napięcia stałego (bateria, zasilacz) ma określoną *biegunowość* – ma końcówkę dodatnią i ujemną. Od lat przyjmujemy, że prąd płynie „od plusa do minusa”, czyli od punktu bardziej dodatniego do bardziej ujemnego. W większości dzisiejszych układów ujemny biegun zasilania nazywamy *masą*.

UWAGA! UWAGA! Odwrotne dołączenie napięcia zasilania może być przyczyną trwałego uszkodzenia elementów układu.

Każda bateria ma jakieś napięcie nominalne. Rzeczywiste napięcie świeżej baterii jest trochę wyższe od nominalnego i podczas pracy stopniowo się zmniejsza. W naszym kursie będziemy wykorzystywać głównie baterię 9-woltową – „błoczek”. Popularne jednorazowe „paluszki” mają napięcie nominalne 1,5V. Natomiast „paluszki” - akumulatorki mają napięcie nominalne 1,2V.

Łącząc w odpowiedni sposób elementy, tworzymy *układy elektroniczne*. Mówiąc *układ elektroniczny* zwykle mamy na myśli kompletną całość, zdolną do realizacji założonego zadania. Układ składa się z *elementów*, jednak często w *układzie* wyróżniamy *bloki* oraz *obwody*, składające się z kilku do kilkunastu elementów, pełniące kon-

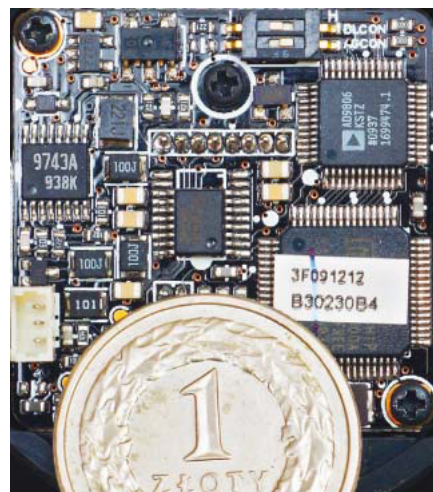
kretnie funkcje, np. obwody wejściowe, obwód filtru, blok zasilania, itp.

W elektronice wykorzystujemy *schematy ideowe*, pokazujące tylko ideę połączenia elementów w układ (stąd nazwa). Schemat ideowy zawiera znormalizowane *symbole elementów – standardowe elementy graficzne*. Ani wygląd symboli, ani sposób narysowania schematu ideowego najczęściej nie odzwierciedlają rzeczywistego wyglądu i sposobu rozmieszczenia oraz zmontowania elementów. Układy elektroniczne bywają montowane w różny sposób. My w ramach PKE (Praktycznego Kursu Elektroniki) będziemy montować układy na płytce stykowej. Niezbędne połączenia między elementami zrealizujemy, wkładając końcówki tych elementów w odpowiednie otworki płytki. Pod poszczególnymi otworkami płytki są umieszczone styki – gniazdzka, połączone rzędami. Są to listwy stykowe. Na **fotografii 1** różowymi liniami pokazane jest, które otwory płytki są ze sobą połączone. Wiedząc o tych połączeniach, bez większego trudu zmontujesz na płytce nie tylko układy proponowane w PKE, ale i własne układy eksperymentalne.

Najczęściej jednak układy elektroniczne montowane są na tzw. płytkach drukowanych, z wykorzystaniem lutowania. **Rysunek 2** przedstawia *schemat ideowy* pewnego urządzenia oraz jego *schemat montażowy*, natomiast zmontowany układ pokazuje **fotografia 3**. Dziś, w związku z zaawansowaną miniaturyzacją, elementy elektroniczne we współczesnych urządzeniach są wielokrotnie mniejsze, wyglądają



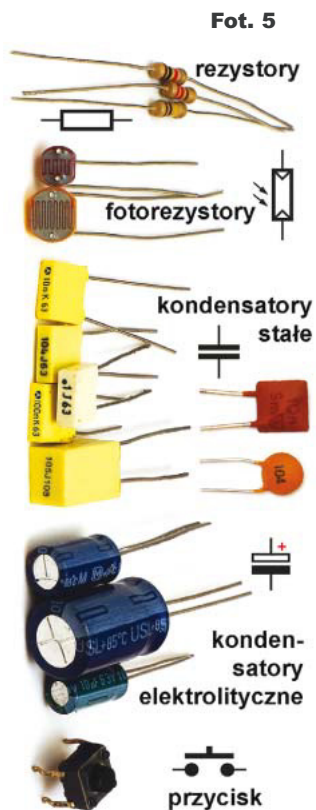
Fot. 3



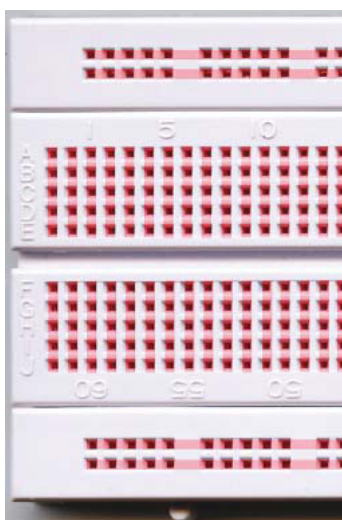
Fot. 4

inaczej, niż na **fotografii 3** i są gęsto zamontowane przez precyzyjne automaty na powierzchni płytki (to tak zwany montaż powierzchniowy, oznaczany SMT lub SMD) – przykład znajdziesz na **fotografii 4**. Mało kto potrafiłby ręcznie zmontować tak małe elementy, dlatego hobbyści nadal powszechnie wykorzystują znane od wielu lat elementy w większych obwodach, jak na **fotografii 3**.

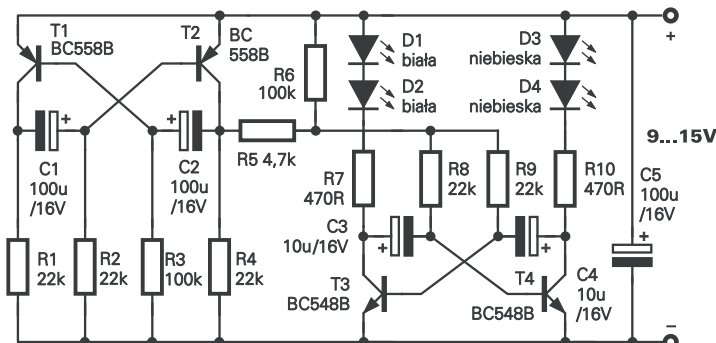
Podstawowe elementy elektroniczne. Rezystory, fotorezystory



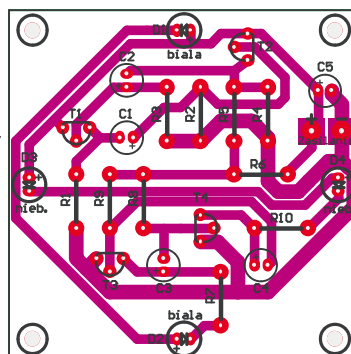
Fot. 5



Fot. 1



schemat ideowy



schemat montażowy

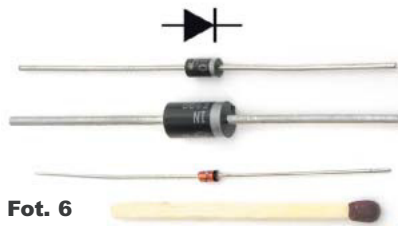
story, przyciski, kondensatory *stałe*, (nie *elektrolityczne*), pokazane na **fotografii 5**, są elementami *niebiegunowymi*, czyli można je włączyć w dowolnym kierunku. Jednak większość stanowią elementy *biegunowe*, gdzie zawsze trzeba *uwzględnić kierunek włączenia*. Dioda włączona w odwrotnym kierunku uniemożliwi prawidłową pracę układu. Z kondensatorami *elektrolitycznymi* jest jeszcze gorzej: włączone odwrotnie mogą ulec trwałemu uszkodzeniu, a w skrajnych (rzadkich) przypadkach nawet wybuchnąć. **Podczas montażu zawsze trzeba zwracać baczność uwagę na kierunek włączenia diod, kondensatorów elektrolitycznych oraz wszelkich elementów wielonóżkowych.**

Często końcówka dodatnia jest dłuższa, czasem jest oznaczana kolorem czerwonym (gorący), a końcówka ujemna zazwyczaj jest krótsza lub oznaczona kolorem czarnym. W zwykłych diodach (**ilustracja 6**) końcówki są jednakowej długości, ale pasek oznacza katodę (wskazuje kierunek „strzałki”). W kondensatorach elektrolitycznych końcówka ujemna jest krótsza i wyraźnie oznaczona znakiem „minus”. Czerwony kolor wyróżnia dodatnią końcówkę w złączce baterii (tzw. kijance) i w brzęczyku piezo (z generatorem, który jest w istocie układem elektronicznym) – **fotografia 7**. W pojedynczych diodach LED końcówka dodatnia (anoda) praktycznie zawsze jest dłuższa, ujemna (katoda) – krótsza, jak pokazuje też **ilustracja 8**. W zestawie EdW09 jest też trzykolorowa dioda LED RGB, w której najdłuższa jest końcówka wspólna – anoda – **fotografia 9**.

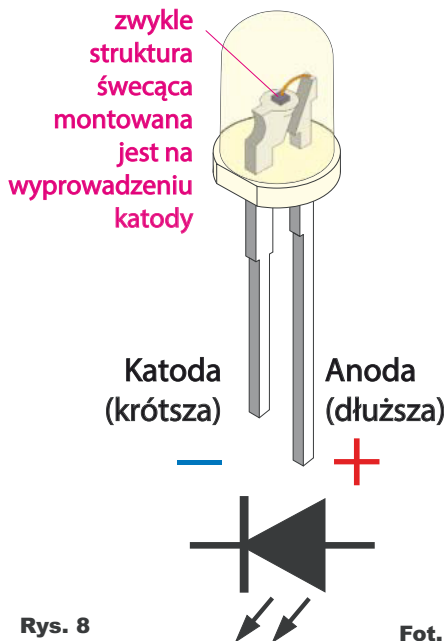
Na schemacie ideowym mamy symbole graficzne elementów – są one ponumerowane. Rezystory na schematach zawsze oznaczane są literą R, kondensatory stałe i elektrolityczne – zawsze literą C, diody „zwykłe” literą D, a diody świecące, zwane LED – *Light Emmiting Diode* mogą być oznaczane literą D lub LED. Fotorezystor możemy oznaczyć literkami FR, brzęczyk piezo np. literą Y, baterię: B lub BAT, a przycisk literą S, W lub P – to akurac nie ma większego znaczenia.

Sensowna numeracja elementów układu jest absolutnie niezbędna, zwłaszcza w rozbudowanych układach. W układzie może być wiele elementów takiego samego typu lub tej samej wartości (na przykład rezystorów o wartości 1kΩ), ale na schemacie nie może być dwóch elementów o jednakowym oznaczeniu (np. kilku rezystorów o oznaczeniu R1).

Rezystory są oznaczone R1, R2, R3... i przy każdym podana jest też war-

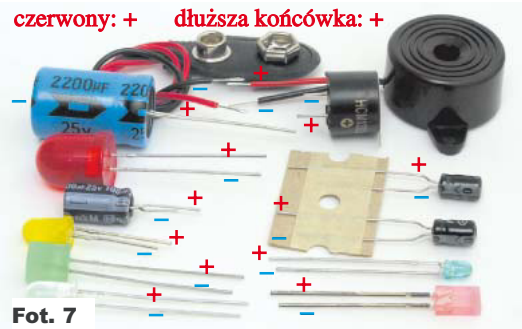


Fot. 6

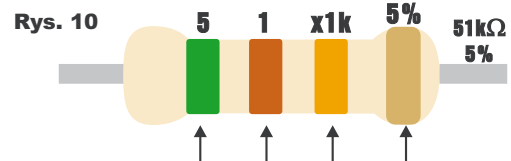


Rys. 8

Fot. 9



Fot. 7

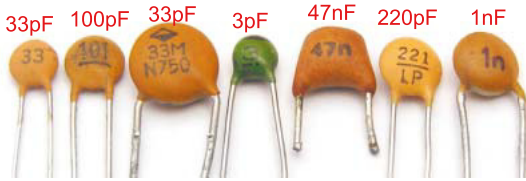


Srebrny			x0,01	±10%
Złoty			x0,1	±5%
Czarny	0	0	x1	
Brązowy	1	1	x10	±1%
Czerwony	2	2	x100	±2%
Pomarańczowy	3	3	x1k	
Żółty	4	4	x10k	
Zielony	5	5	x100k	
Niebieski	6	6	x1M	
Fioletowy	7	7	x10M	
Szary	8	8	8	
Biały	9	9	9	

tość rezystancji. Rezystancję podajemy w omach [Ω]. Ponieważ 1 om to mała oporność, częściej w kiloomach [kΩ] 1kΩ =1000 Ω oraz w megaomach [MΩ] 1MΩ =1000000Ω. Wartość rezystancji najczęściej oznaczona jest kodem barwnym – **rysunek 10**. Pierwsze dwa paski to liczby znaczące, trzecia to liczba zer, a ostatni pasek pokazuje tzw. tolerancję (złoty = 5%). Rezystancja nie może być dowolna – produkowane są rezystory o standardowych wartościach, według tzw. szeregów. Najpopularniejszy jest szereg E24 (tzw 5-procentowy) zawierający nominały: 10, 11, 12, 13, 15, 16 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43 47, 51 56, 62, 68, 75, 82, 91. Przykłady na **fotografii 11**. Zwykle grecką literkę Ω się pomija, a niekiedy zastępuje literką R; litera może pełnić rolę przecinka (100k=100kΩ, 470R=470Ω, 2R2=2,2Ω, 4M7=4,7MΩ).

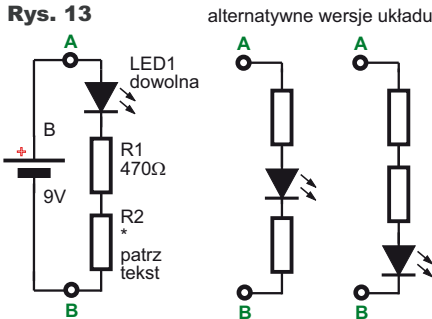
Kondensatory są na schematach oznaczane C1, C2, C3..., a oprócz oznaczenia podawana jest ich pojemność. Pojemność kondensatora wyrażana jest zasadniczo w faradach [F], ale w praktyce w jednostkach wielokrotnie mniejszych. I tak pikofarad [pF]





Fot. 12

Rys. 13



to jedna bilionowa farada, nanofarad [nF], miliardowa część farada to 1000pF, mikrofarad [uF] to 1000nF.

Pojemności kondensatorów też są znormalizowane wg szeregu. Pojemność może być podana na obudowie w postaci liczby, na przykład .1 to 0,1uF = 100nF. Z kolei 10nJ, 10nK lub 10nM oznaczają 10nF, 1uK czy 1uM to 1 mikrofarad, a duża litera J, K lub M oznacza nieważną dla nas tolerancję. Wiele kondensatorów jest oznaczanych skróconym kodem trzycyfrowym, gdzie dwie pierwsze cyfry są znaczące, trzecia to liczba zera, a pojemność jest w pikofaradach. I tak 105 oznacza 100000 pF=1000nF=1uF, natomiast 224 oznacza 220000pF = 220nF = 0,22uF. Przykłady na fotografii 12.

W przypadku diod, na schemacie podany jest numer – oznaczenie (D1, D2, D3...) oraz typ diody (produkowanych jest wiele typów diod, my wykorzystujemy małe diody 1N4148). Podobnie w przypadku wielu innych elementów – też podaje się typ/rodzaj elementu.

Podstawowymi wielkościami w elektronice są napięcie i prąd. Można je mierzyć odpowiedniki przyrządami: woltomierzem i amperomierzem, jednak w ramach naszego kursu nie będziemy używać takich przyrządów. Mówimy, że na elemencie, na przykład na rezystorze lub na diodzie występuje napięcie i że przez ten element, przez rezystor czy diodę płynie prąd.

Prawo Ohma w praktyce. Przekonaj się teraz, jak prąd zależy od wartości rezystancji. Zestaw układ według rysunku 13. O wielkości prądu poinformuje nas dioda LED – czym

większy prąd, tym będzie ona jaśniej świecić. Wraz z diodą LED1 włączamy dla pewności dwa rezystory, połączone szeregowo. Przy połączeniu szeregowym kolejność elementów nie ma znaczenia. R1 o wartości 470Ω (paski: żółty, fioletowy, czarny, złoty) zabezpieczy przed zbyt dużym prądem i przed uszkodzeniem diody LED, natomiast w roli R2 wstawiaj kolejno rezystory o wartości od 10Ω (brązowy, czarny, czarny), 100Ω (brązowy, czarny, złoty), 1kΩ (brązowy, czarny, czerwony, złoty) 10kΩ (brązowy, czarny, pomarańczowy, złoty) oraz 100kΩ (brązowy, czarny, żółty, złoty). Przy wartości 1MΩ (brązowy, czarny, czerwony, zielony) być może nie dostrzeżesz świecenia diody LED. Przy okazji zbadaj połączenie szeregowo rezystorów – rezystancja wypadkowa jest większa niż większego z rezystorów składowych.

Wstaw koniecznie w miejsce R2 fotorezystor (fotografia 14) i sprawdź, jak świeci dioda LED przy zasłanianiu fotorezystora ręką, a jak przy oświetleniu go światłem latarki. Włączona w obwód dioda D1 jest tylko jednokierunkowym zaworem – gdy włączysz ją odwrotnie, prąd nie będzie płynął.

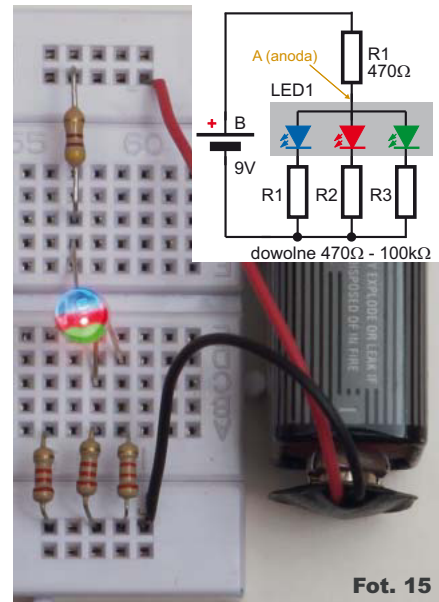
W przypadku rezystorów, zwanych też opornikami, prąd zależy od rezystancji, czyli oporności – czym większa rezystancja, tym mniejszy prąd. Ponadto czym większe napięcie (ciśnienie), tym większy prąd (przepływ wody). Prąd jest wprost proporcjonalny do napięcia zasilającego i odwrotnie proporcjonalny do rezystancji – tak brzmi podstawowe prawo elektroniki, prawo Ohma.

Mniej oczywista jest zależność prądu i napięcia w innych elementach, na przykład w diodach LED. Nie można tam mówić o konkretnej, stałej rezystancji. Przy zbyt małym napięciu, np. przy zasilaniu napięciem 1,5V z jednego „paluszka”, prąd przez diodę LED w ogóle nie płynie – powiemy, że rezystancja jest nieskończenie wielka. Natomiast przy zbyt wysokim napięciu, np. 5V, przez diodę LED popłynąłby ogromny prąd (rezystancja byłaby bardzo mała) i dioda momentalnie by się spaliła. Aby dioda LED pracowała prawidłowo, zawsze trzeba ograniczać jej prąd – najprościej za pomocą włączonego w szereg rezystora.

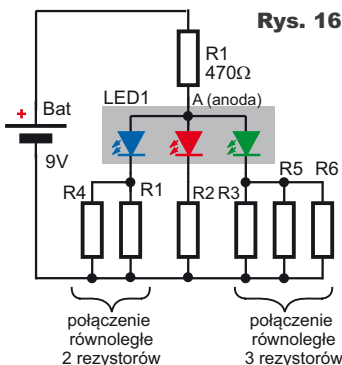
Kameleon. Wykorzystaj trójkolorową diodę LED RGB i zrealizuj



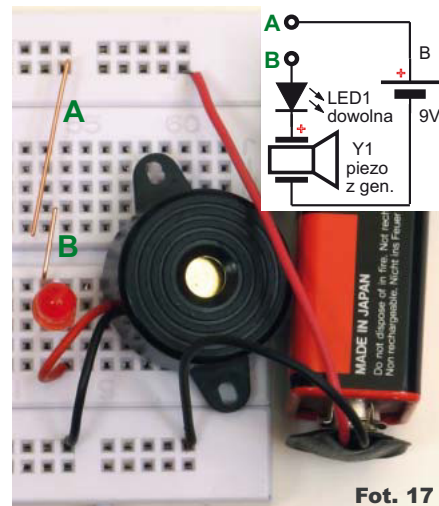
Fot. 14



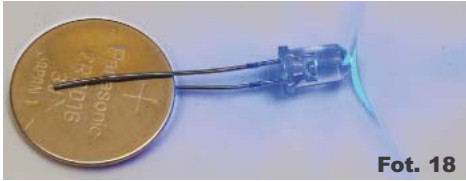
Fot. 15



Rys. 16



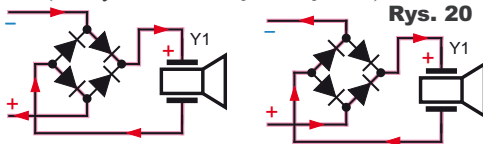
Fot. 17



Fot. 18

lampkę o dowolnym kolorze świecenia według ilustracji 15. Dodany na wszelki wypadek rezystor R1 zabezpiecza przed uszkodzeniem, a wartości R2, R3 i R4 możesz dobrać dowolnie. Efekt będzie dużo lepszy, gdy światło diody LED rozprzyszysz, choćby za pomocą matowej torebki foliowej, owiniętej wokół diody. Przy okazji możesz zbadać **połączenie równoległe rezystorów**, np. według rysunku 16 – rezystancja wypadkowa jest mniejsza niż rezystancja najmniejszego z rezystorów składowych, a płynące prądy sumują się.

Dzwonek i sygnalizator przejścia/zwarcia. Wykonaj układ według ilustracji 17. Światłem i dźwiękiem sygnalizuje on zwarcie punktów A i B oraz włączenie między nie rezystancji (możesz np. sprawdzić, czy klasyczna żarówka nie jest przepalona). Brzęczyk piezo Y1 ogranicza tu prąd diody LED do niewielkiej wartości. Włączając między punkty A-B przycisk otrzymasz prościutki dzwonek do drzwi (wtedy warto usunąć diodę LED).

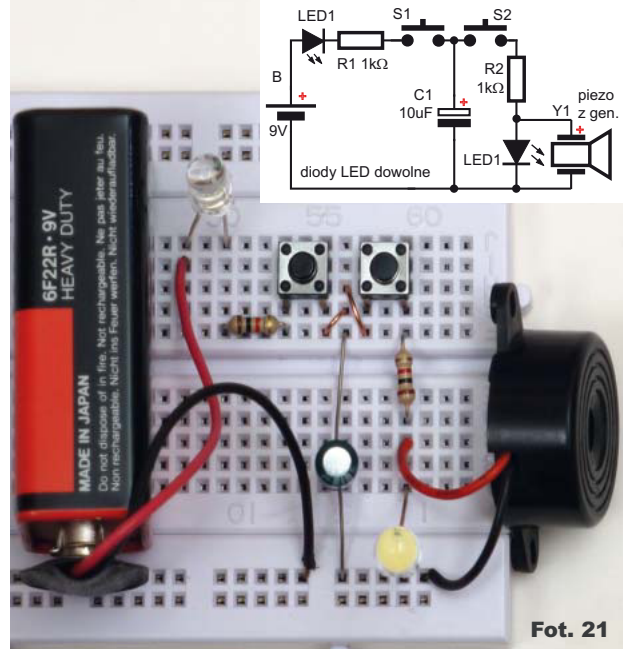


Rys. 20

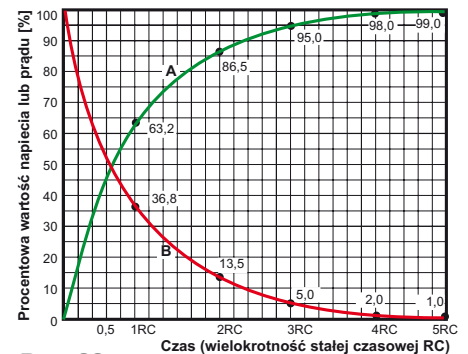
Napięcie pracy diod LED i brzęczyka. Podczas normalnej pracy diody LED, występuje na niej napięcie 1,6V...3,5V, zależnie od jej koloru i płynącego prądu. Przekonaj się, że napięcie 1,5V nie wystarczy do zaświecenia diody LED. Diody będą natomiast świecić, jeśli podłączysz je do baterii litowej, która ma napięcie nominalne 3V – **fotografia 18** (w tym przypadku nie ma rezystora ograniczającego, bo małe baterie mają małą wydajność prądową). Możesz też wykorzystywać inne akumulatory (np. od telefonów komórkowych – wtedy na wszelki wypadek włącz w szereg z diodą LED rezystor zabezpieczający 470Ω (paski: żółty, fioletowy, brązowy, złoty). Przekonaj się też, że jeden paluszek, czyli napięcie około 1,5 wolta wystarczy do zadziałania brzęczyka. Podłącz brzęczyk do baterii odwrotnie – nie będzie działał.

Prostownik mostkowy. Zestaw układ według ilustracji 19. Zależnie od kierunku dołączenia baterii zaświeci jedna z diod: albo czerwona LED1, albo niebieska LED2. Natomiast brzęczyk odezwie się niezależnie od biegunowości baterii, ponieważ jest dołączony za pośrednictwem prostownika – mostka diodowego D1-D4. Na rysunku 20 pokazane jest, którądy płynie prąd przy obu biegunowościach baterii. Tak oto poznałeś ważny obwód: prostownik mostkowy, zwany też układem lub **mostkiem Graetza** (czytaj: greca).

Kondensator jako magazyn energii. Zestaw układ według ilustracji 21. Użyj kondensatora elektrolitycznego o stosunkowo małej pojemności 10 mikrofardów (10uF). W spoczynku oba przyciski są rozwarte, obwód jest przzerwany. Gdy naciśniesz S1 **naładujesz** kondensator C1 – przez chwilę popłynie prąd (co zasygnalizuje błysk diody LED1) i porcja energii przejdzie z baterii do kondensatora. Zwolnij S1 i naciśnij S2 – teraz **rozładujesz** kondensator C1. Prąd z kondensatora popłynie przez rezystor R2 oraz przez brzęczyk i diodę LED2, która się na chwilę zaświeci. Naciśnij S1 i S2 **na przemian**. Potem zmień kondensator C1 na kondensator elektrolityczny o pojemności 100uF – teraz błyski diod będą dłuższe. Możesz też sprawdzić, ile energii magazynuje kondensator 1000uF – wtedy będziesz musiał na-



Fot. 21

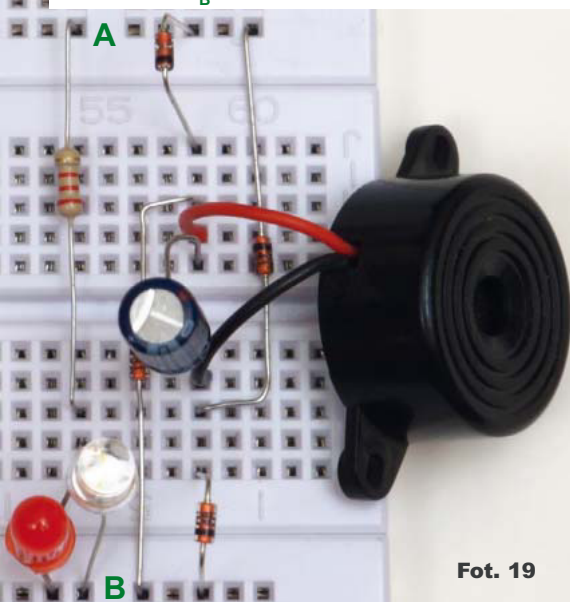


Rys. 22

ciskać każdy z przycisków długo, aż dioda zgaśnie. Sprawdź czy usłyszysz brzęczyk przy pojemności C1 równej 1uF (oznaczony zwykle 1u lub 105) oraz jeszcze mniejszej 100nF (może być oznaczony 100n, .1 albo 104). W każdym razie udowodniłiśmy, że kondensator pełni tu funkcję (niewielkiego) magazynu energii. Możemy sobie z grubsza wyobrazić, że kondensator jest akumulatorkiem o bardzo małej pojemności. Częściej jednak kondensatory pełnią inną funkcję, związaną z tym, że podczas zmian napięcia płynie przez nie prąd, ale na razie nie będziemy się tym zajmować.

Stala czasowa oraz krzywe ładowania i rozładowania. Powróć jeszcze do wersji z ilustracji 21 z dużym kondensatorem 1000uF i sprawdź, jak zmienia się świecenie diod przy innych wartościach rezystorów R1 i R2. Iloczyn $R \cdot C$, zwany stałą czasową ($T=RC$) wyznacza czas świecenia diod. Jasność diod wskazuje, że prąd ma taki kształt jak czerwona krzywa na rysunku 22, natomiast napięcie podczas ładowania rośnie na kondensatorze zgodnie z krzywą zieloną. Są to jedne z podstawowych przebiegów w elektronice – czasem są nazywane krzywymi wykładniczymi.

Piotr Górecki



Fot. 19