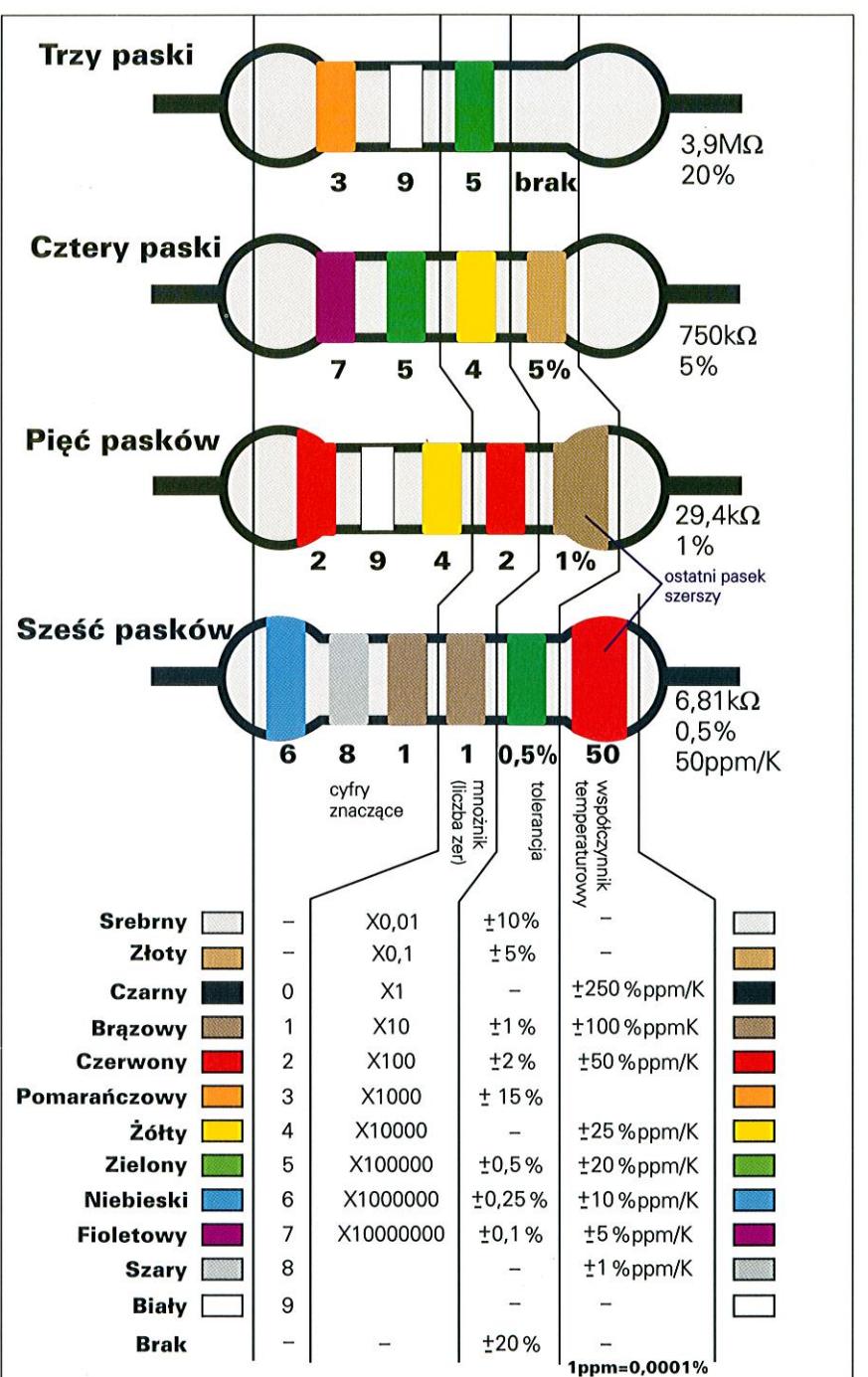


Wyprawy w świat ELEKTRONIKI

Barwne oznaczenia na rezystorach



Piotr Górecki

Wyprawy w Świat **ELEKTRONIKI**



Wydawnictwa Komunikacji i Łączności

Drogi Czytelniku!

Gdy pierwszy raz w życiu stajesz na nartach, nie odbywa się to na szczycie Kasprowego. Szukasz jakiegoś łagodnego, mało stromego stoku, jednym słowem – oślej łączki. Tam opanowujesz podstawowe zasady jazdy, skrętów, hamowania. Cieszysz się, że wybrałeś łagodny, łatwy stok, a obserwatorów prawie nie ma. Prześcież na początku nie zawsze wszystko idzie dobrze – często się przewracasz, a skręcona nogą boli długo.

W końcu jednak nabywasz upragnionych umiejętności i przychodzi czas, gdy potrafisz zjechać z Kasprowego.

Podobnie jest w elektronice. Jeśli jeszcze nic nie umiesz, to mogą Cię nieźle zestresować nawet najmniej skomplikowane artykuły w najbardziej przystępny czasopiśmie elektronicznym – *Elektronika dla Wszystkich*.

Jeżeli jednak chcesz rozpocząć piękną przygodę z elektroniką, to niniejsza książka jest właśnie dla Ciebie. Będziemy wspólnie odbywać kolejne wyprawy w fascynujący świat elektroniki, w trakcie których będziesz budował układy, począwszy od najprostszych do coraz bardziej skomplikowanych. Jeśli będziesz podążał za mną, na pewno się nie zgubisz.

I już na początku chciałbym wyjaśnić ważną sprawę. Wielu osobom elektronika wydaje się dziedziną bardzo trudną. Każdy rzut oka na „wnętrzości” współczesnych urządzeń elektronicznych potęguje takie wrażenie. Opinię tą przypieczętowują trudności i porażki tak charakterystyczne dla prób wykonania własnych (a nawet skopiowania cudzych) układów elektronicznych.

Rzeczywiście, współczesna elektronika to niezmiernie szeroka dziedzina. Żaden człowiek nie jest dziś w stanie poznać wszystkich szczegółów.

Zachęcam Cię jednak, byś poświęcił więcej czasu i pomału, starannie przeanalizował zamieszczone także na

łów. Ty też nie masz na to szans, ale na szczęście nie o to chodzi!

Być może i Ty będziesz w przyszłości doskonałym fachowcem-elektronikiem. Nie będziesz jednak wiedział wszystkiego. I oto doszliśmy do sedna sprawy – w elektronice, zwłaszcza na początku, konieczna jest selekcja informacji, by zająć się tym, co najważniejsze dla praktyka. Rzecz w tym, by rozumieć przynajmniej w sposób uproszczony to, co rzeczywiście jest niezbędne i przydatne. Na tym etapie wiedza teoretyczna nie pomaga, a ze względu na ogrom informacji – wręcz przeszkadza. Dlatego w tej książce i następnych z tego cyklu, wszelkie interpretacje fizyczne są mocno uproszczone (o ile w ogóle są), a główna uwaga jest skierowana na zagadnienia praktyczne. Uwydatnia to charakterystyczna struktura kursu, pozwalająca bawić się i uczyć jednocześnie. Tak, kurs został pomysłany, by *najpierw bawić, a dopiero potem uczyć*. Dlatego każdy odcinek zawiera cztery bloki, wyróżnione kolorami.

Ostatni, czwarty blok – **Biblioteka praktyka** – umieszczony na końcu każdej wyprawy jest przeznaczony dla osób, które nie tylko chcą zrozumieć podstawy, ale też chcą projektować własne układy.

Dociekliwi zainteresują się wszystkimi czterema blokami. Natomiast niecierpliwi i najmłodsi nie muszą czytać wszystkiego – poprzestając na wykonaniu atrakcyjnych układów z części białej niewątpliwie zauważają radości tworzenia oraz zaimponują kolegom i rodzicom. Zawsze mogą też zająć się pozostałą częścią, by wzbogacić swą wiedzę.

Cykł składa się z wielu wypraw w przepiękny świat elektroniki. Kolejne wyprawy są numerowane. W tej książce znajdziesz trzy pierwsze wyprawy, rozpoczynające Twą przygodę z tak zwaną techniką analogową. Na następnych wyprawach udamy się także w świat techniki cyfrowej. Ponieważ stopień trudności kolejnych wypraw będzie wzrastał, dlatego aby proces nauki przebiegał bezboleśnie, warto dokładnie zapoznać się z materiałem podanym na wyprawie pierwszej, najłatwiejszej.

Niniejsza książka powstała na podstawie cyklu „Ośla łączka” opublikowanego w czasopiśmie *Elektronika dla Wszystkich*.

Wielu sukcesów w elektronice życzy

Autor
Piotr Górecki

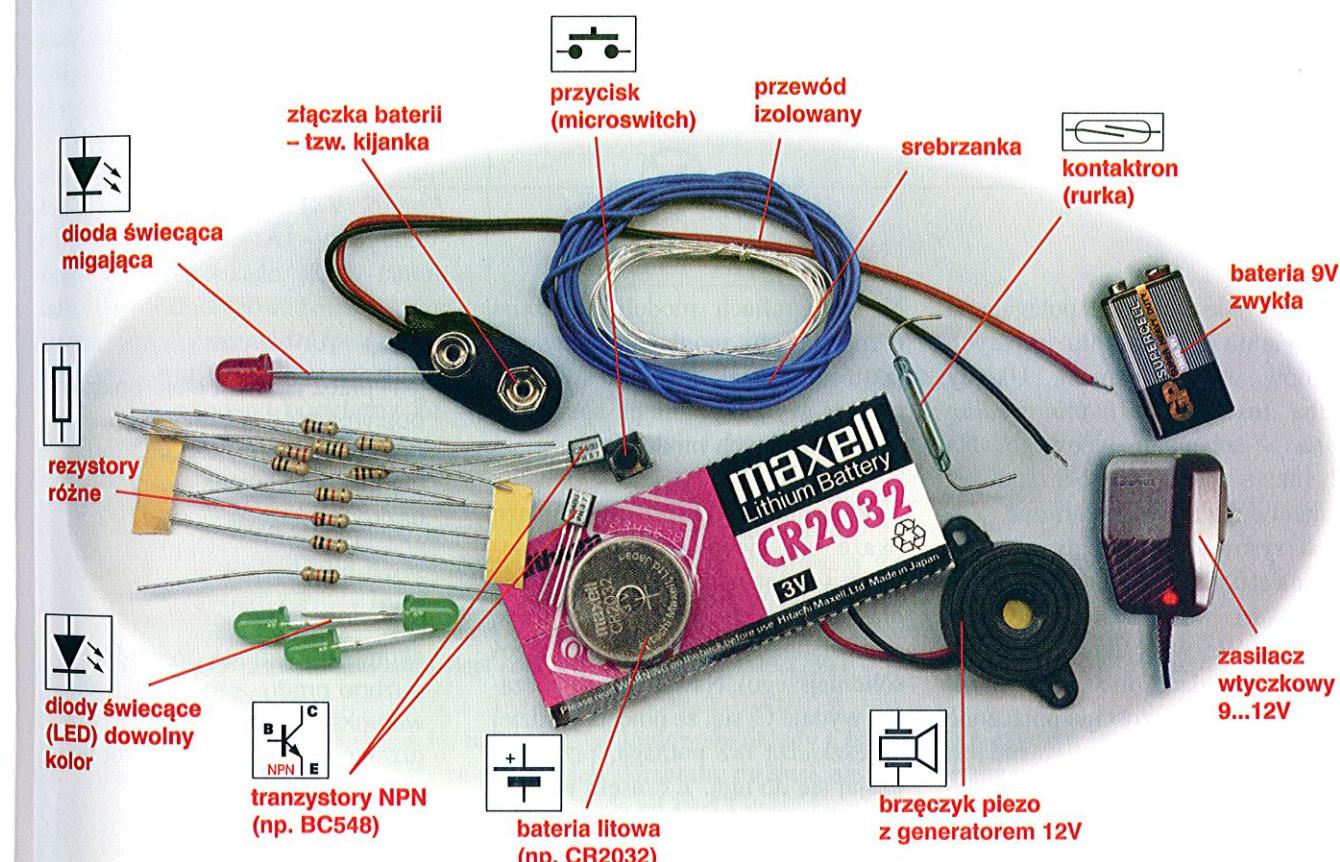
Narzędzia i materiały oraz zestawy elementów elektronicznych umożliwiających realizację wszystkich ćwiczeń kolejnych wypraw dostępne są w ofercie handlowej firmy AVT – szczegóły na stronie 56

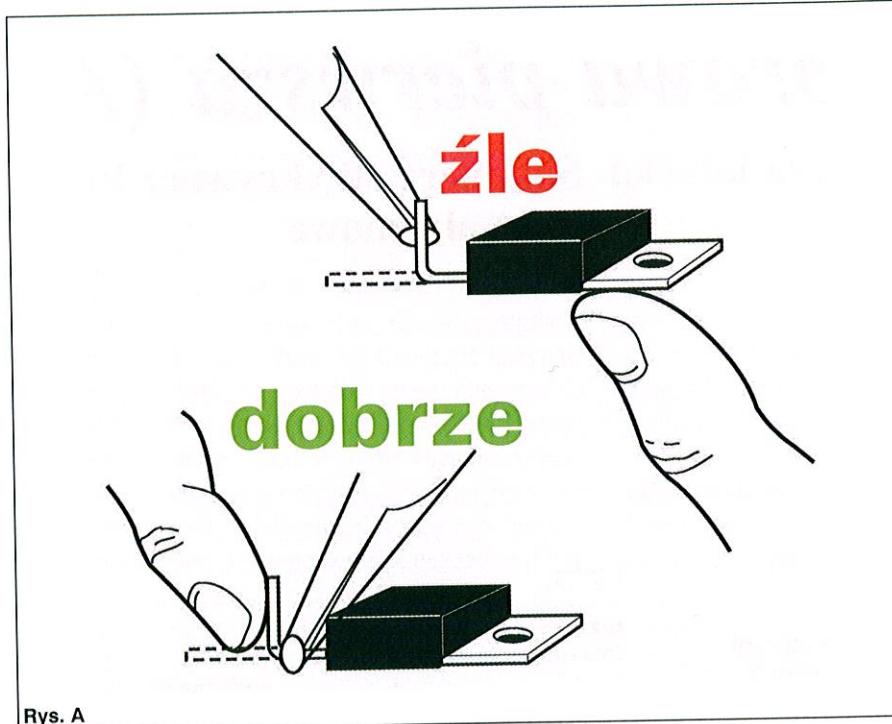
parzystych stronach **TECHNIKAlia**

– czyli najważniejsze wyjaśnienia techniczne. Okaże się, iż cała elektronika opiera się na kilku prostych zasadach. Większość z nich jest tak oczywista, że aż dziw bierze. Trzeba tylko zrozumieć co to jest prąd, napięcie oraz proste zasady z nimi związane. Trzeba też zrozumieć działanie tranzystora i kilku innych prostych elementów. I to są fundamenty. Potem jedno będzie wynikać z drugiego.

Wyprawa pierwsza (A1)

Tajemnicza latarka. Siłomierz. Wykrywacz kłamstw.
Systemy alarmowe





Rys. A

Proponowane ćwiczenia polegają na zestawieniu i zbadaniu prostych układów elektronicznych. Układy trzeba zestawić *dokładnie według planu* – schematu ideowego. Na schemacie ideowym pokazano jak elementy mają być połączone. Zamiast rysować podobizny elementów, na schematach ideowych (elektrycznych) wykorzystuje się ich symbole. We wszystkich prezentowanych układach nie jest ważne, jakimi sposobami zostaną połączone poszczególne końcówki – ważne jest tylko, by rzeczywisty układ połączeń był dokładnie taki, jak podano na schemacie. Bardziej zaawansowani elektronicy lutują układy na tak zwanych płytach drukowanych. Lutowanie nie jest trudne, więc możesz wykonywać kolejne ćwiczenia lutowiąc elementy na tzw. płytach uniwersalnych.

Ty na razie nie musisz nic lutować, bo wykorzystasz inne sposoby.

Na fotografiach modeli pokazano różne sposoby montażu: w tzw. pańku, na specjalnej płytce stykowej oraz z wykorzystaniem specjalnie przygotowanych modułów.

Wspaniałą pomocą w montażu okaże się niewielka pinceta, najlepiej solidna pinceta lekarska (tanie blaszane pincesy kosmetyczne nie są odpowiednie – warto poszukać czegoś solidniejszego). Nawet jeśli na początku wydaje Ci się, że pinceta bardziej przeszkadza niż pomaga, przyzwyczaj się do niej. Z czasem przekonasz się, że jest ona naprawdę pożyteczna, wręcz niezbędna – czym wcześniej się przyzwyczaisz, tym lepiej.

W każdym przypadku unikaj zginań wyrowadzeń tuż przy obudowie. Jeśli wyginasz końcówkę elementu, chwyć ją pincesą tuż przy obudowie i wygnij tylko wystającą część – ilustruje to **rysunek A**.

Bardzo Cię proszę, byś od początku starał się wykonywać swoją pracę starannie, równo, elegancko. Na pewno takie dobre nawyki przydadzą Ci się w przyszłości.

Do zasilania opisanych dalej układów możesz wykorzystać baterię 9V, zasilacz o napięciu 9...12V, ewentualnie niewielki akumulator o napięciu 9...12V.

Zawsze zwracaj uwagę, by nie podłączyć źródła zasilania odwrotnie – może się to skończyć uszkodzeniem użytych elementów. Nigdy też nie zwieraj ze sobą wyrowadzeń baterii czy zasilacza, bo zupełnie niepotrzebnie wyładowujesz baterię, a zasilacz ulegnie przegrzaniu i uszkodzeniu!

Osobiście radzę ci, żebyś postarał się o niewielki (stabilizowany) zasilacz wtyczkowy np. 12V 200mA (9...12V 100...500mA) – taki jednorazowy zakup okaże się w sumie tańszy niż jednorazowe baterie, które trzeba często zmieniać. Upewnij się tylko, czy jest to zasilacz stabilizowany – na przykład popularny ZS 12V/250mA

Czy wiesz, że...

jeśli przez element elektroniczny popłynie prąd większy od dopuszczalnego, element ten ulegnie nieodwracalnemu uszkodzeniu?

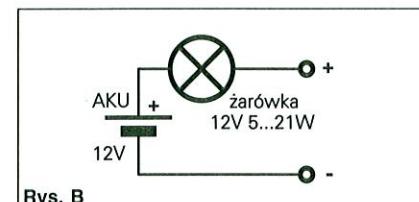
Czy wiesz, że...

akumulatory mogą dostarczyć dużego prądu, a to w pewnych warunkach spowoduje silne rozgrzanie elementów, a nawet pożar.

Czy wiesz, że...

każdy przedmiot czy materiał ma jakąś oporność (rezystancję). Nawet materiały uważane za izolatory mają pewną (ogromnie dużą) rezystancję, i może przez nie płynąć prąd, wpradzie znikomo mały, ale jednak prąd.

Zdecydowanie nie polecam akumulatora samochodowego. Z akumulatorem można pobrać ogromny prąd, co w przypadku błędu w montażu lub odwrotnego połączenia może skończyć się uszkodzeniem elementów, a nawet pożarem. Pamiętaj też, że akumulator samochodowy zawiera silny kwas, który w razie wylania poparzy Ci skórę, uszkodzi oczy i zniszczy wyposażenie mieszkania. Jeśli pomimo moich ostrzeżeń koniecznie chciałbyś wykorzystać (stary) akumulator samochodowy, koniecznie musisz dodać żarówkę 12V 10W (12V 5W...21W), która ograniczy prąd – ilustruje to **rysunek B**.



Rys. B

Prąd elektryczny przepływający przez ciało człowieka nie jest obojętny dla zdrowia.

Czym większe napięcie, tym większy prąd i większy wpływ na organizm.

Napięcia nie przekraczające 24V uznaje się za bezwzględnie bezpieczne.

Napięcia większe niż 60V uznawane są za niebezpieczne.

Napięcie w domowym gniazdku sieci energetycznej wynosi 220...230V – jest to więc napięcie groźne dla życia!

Przeprowadzanie prób z układami dołączonymi wprost do sieci grozi śmiercią!

Aby zapobiec nieszczęściu, należy zasilać budowane układy z baterii lub z użyciem fabrycznego, testowanego zasilacza, który co prawda jest dołączany do sieci, ale zastosowane rozwiązania zapewniają galwaniczną izolację od sieci i pełne bezpieczeństwo.

Rezystor

Najpopularniejszy i najprostszy element elektroniczny, zwany także opornikiem. Najważniejszym parametrem jest rezystancja, nazywana także opornością. Rezystancja (oporność) to zdolność do przeciwstawiania się przepływu prądu. Można obrazowo powiedzieć, że czym większa rezystancja, tym prąd płynie „bardziej oporne”. Jednostką rezystancji jest om, oznaczany dużą grecką literą omega (Ω). Najczęściej używane rezystory mają rezystancję w bardzo szerokim zakresie, od 1Ω do 22000000Ω , ale można spotkać rezystory o wartościach $0,01\Omega \dots 100000000\Omega$.

Na schematach rezystory oznaczamy literą R z kolejnym numerem (R1, R2, R3...) i podajemy ich wartość (rezystancję). Rezystory i wszystkie inne elementy występujące w układzie powinny być ponumerowane. W zasadzie nie jest to konieczne, ale przekonasz się, że jest to bardzo

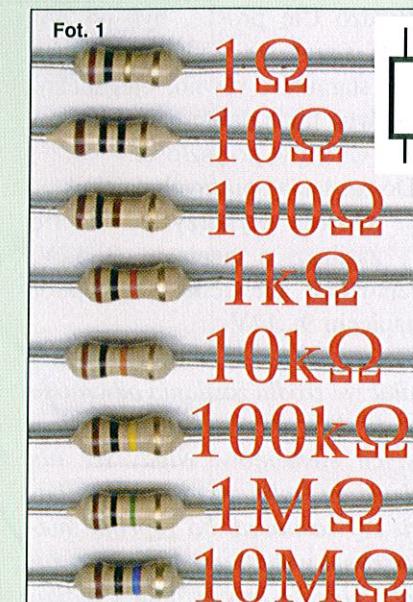
Wbrew obiegowym opiniom, w elektronice nie ma nic z magią – wszystkim rządzi ściśle prawa i zależności. W procesorach komputerów, w kineskopach monitorów i telewizorów, w głośnikach, w mikrofonach, w diodzie świecącej i laserze półprzewodnikowym, telefonach – wszędzie kluczową rolę odgrywają elektryny.

1. Podstawową wielkością w elektronice jest PRĄD. Jak wiadomo, prąd to uporządkowany ruch elektronów. Prąd płynie w przewodach podobnie jak woda w rurach wodociągowych – czym więcej elektronów (wody) przepływa w jednostce czasu, tym większy prąd. Wartość prądu elektrycznego podajemy w amperach. Prąd o wartości jednego ampera (w skrócie 1A) to jak na układy elektroniczne duży prąd – współczesne układy elektroniczne pobierają prąd setki i tysiące razy mniejszy. Dlatego w praktyce spotkasz jednostki znacznie mniejsze,

pomocne przy opisywaniu działania układu oraz gdy dany element można łatwo odnaleźć na schemacie ideowym, schemacie montażowym, w wykazie elementów i na płytce.

Przemysł produkuje rezystory o znormalizowanych wartościach (nominałach) i określonej tolerancji. Dawniej powszechnie wykorzystywano rezystory o tolerancji $\pm 20\%$ i 10% . Obecnie najpopularniejsze są rezystory o tolerancji $\pm 5\%$, czyli o nominałach z tak zwanego szeregu E24. Oznacza to, że kupując rezistor o nominale, powiedzmy, $2,4k\Omega$ i tolerancji $\pm 5\%$, trzeba się spodziewać, że w rzeczywistości jego rezystancja może wynosić $2,4k\Omega \pm 5\%$ czyli $2,28\dots 2,52k\Omega$. Takie odchyłki nie mają znaczenia – na razie możesz zupełnie zapomnieć o czymś takim jak tolerancja.

W sklepie nie kupisz więc rezystora o dowolnej wartości – popularne rezystory będą mieć nominały będące wielokrotnością następujących liczb:



	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24
27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68
75	82	91								

To właśnie są wartości tak zwanego szeregu E24.

sa, jednak to nie jest istotne – **nadal przyjmujemy, iż prąd płynie od plusa do minusa**, i zaznaczamy jak na rysunku A.

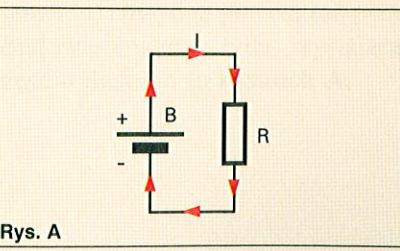
Podstawowym parametrem baterii, akumulatora i zasilacza jest NAPIĘCIE. Jeśli prąd elektryczny porównaliśmy do przepływu wody, to napięcie możemy sobie wyobrazić jako ciśnienie wody w instalacji.

Napięcie mierzmy w wolbach. Przykładowo pojedyncza bateria, popularny „paluszek” daje napięcie o niewielkiej wartości około półtora volta ($1,5V$). Popularny „bloczek” ma napięcie $9V$ – dotknij dwa bieguny do języka – kluje. Akumulator samochodowy ma napięcie $12V$ (nie dotykaj językiem). Co ciekawe, napięcie nie jest związane z wielkością

np. miliampery (mA), mikroampery (μA) oznaczane też uA), a nawet nanoampery i pikoampery (nA, pA). W energetyce i przemyśle prądy mają natężenie tysięcy amperów, czyli kiloamperów (kA).

2. Aby popływał prąd, potrzebne jest jakieś źródło energii elektrycznej. Źródłem takim jest na przykład bateria albo zasilacz.

Bateria i zasilacz mają dwa bieguny: dodatni i ujemny (częściej mówimy plus i minus). Wiele lat temu przyjęto, że prąd płynie od plusa do minusa. Potem odkryto elektryny, będące nośnikami prądu. Okazało się, że elektryny w rzeczywistości wędrują od minusa do plusa.

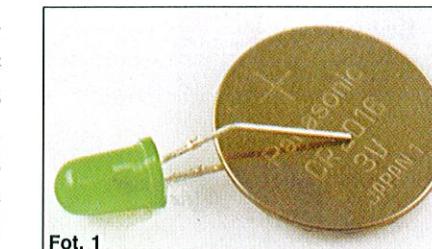


Rys. A

Ćwiczenie 1. Tajemnicza latarka

Wykonaj miniaturową latarkę według fotografii 1 wykorzystując zwykłą, zieloną diodę LED oraz baterię litową (najlepiej CR2032, CR2450, CR2430, ale może być też CR2016, CR2025). Jeśli uda Ci się zamknąć baterię i diodę w jakiejś małej obudowie, to otrzymasz miniaturową latarkę, świeczącą tajemniczym, zielonkawym światłem. W dzień nie jest zbyt efektowna, ale po zapadnięciu zmroku...

Zauważ, że dioda świeci tylko przy odpowiedniej biegunkowości baterii – gdy połączysz dodatni biegun baterii



Fot. 1

z dłuższą końcówką diody. Przy odwrotnym dołączeniu baterii dioda na pewno nie zaświeci – podobnie jest w przypadku bardziej skomplikowanych układów – *przy odwrotnym dołączeniu źródła zasilania układy nie będą działać, a nawet mogą ulec uszkodzeniu!* Pamiętaj o tym, by unikać przykrych niespodzianek.

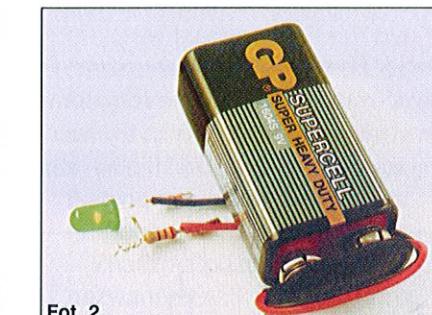
Oczywiście w tajemniczej latare moesz wykorzystać diodę żółtą lub czerwoną, albo też modną obecnie białą lub niebieską. Zamiast baterii litowej moesz wykorzystać dwie małe guzikowe (zegarkowe) 1,5-woltowe, np. LR44 (w żadnym przypadku nie używaj dwóch „paluszków” R6). Sprawdź też, czy jakakolwiek dioda zaświeci przy zasilaniu z jednej baterii 1,5-woltowej.

Uwaga! Nie dołączaj diody świecącej wprost do zasilacza!

Ćwiczenie 2. Prawo Ohma

Zestaw układ według rysunku 1 używając zwykłej diody LED. Pomocą będzie również fotografia 2. Rezystor powinien mieć wartość $1k\Omega$, czyli mieć paski: brązowy-czarny-czerwony-złoty. Sprawdź, jak świeci dioda, gdy napięcie zasilania wynosi $3V$ (bateria litowa), a jak świeci, gdy napięcie wynosi $9V$ (bateria 6F22) lub $12V$ (zasilacz) – czym większe napięcie, tym większy prąd i dioda świeci jaśniej.

Przy napięciu zasilania $6\dots 15V$ (np. bateria $9V$ lub zasilacz) sprawdź, jak jasność diody zależy od wartości rezystora Rx. Sprawdź, jak świeci dioda, gdy Rx ma wartość: 220Ω (czerwony, czerwony, brązowy), $1k\Omega$ (brązowy, czarny, czarny), $10k\Omega$ (brązowy, czarny, pomarańczowy),



Fot. 2

rządzące elektroniką – eksperymentalnie przekonałeś się, jaki jest sens słynnego prawa Ohma (czytaj oma).

Gdy rezistor Rx będzie mieć wartość $1k\Omega$, dwa dobre, alkaliczne „paluszki” R6 (połączone w szereg, dające w sumie $3V$) wystarczą na około 3 miesiące ciągłej pracy. Jasność sprawdzie nie jest rewelacyjna, ale w ciemności wystarczy – może zechcesz wstawić gdzieś taką intrugującą „wieczną lampkę”, budzącą zainteresowanie przechodniów i sąsiadów?

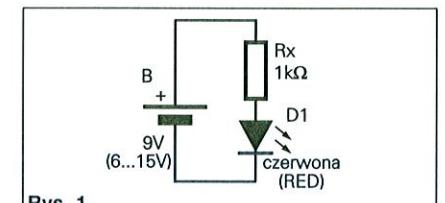
bardzo duży. Jasność świecenia diody wskazuje jednak, że w obwodzie jest jednak rezystancja ograniczająca prąd.

Tak, to wewnętrzna rezystancja baterii. Każde źródło zasilania (bateria, akumulator, zasilacz) zachowuje się, jakby w środku oprócz „czystego źródła napięcia” była

uszkodzeniu! Pamiętaj o tym, by unikać przykrych niespodzianek.

Oczywiście w tajemniczej latare moesz wykorzystać diodę żółtą lub czerwoną, albo też modną obecnie białą lub niebieską. Zamiast baterii litowej moesz wykorzystać dwie małe guzikowe (zegarkowe) 1,5-woltowe, np. LR44 (w żadnym przypadku nie używaj dwóch „paluszków” R6). Sprawdź też, czy jakakolwiek dioda zaświeci przy zasilaniu z jednej baterii 1,5-woltowej.

Uwaga! Nie dołączaj diody świecącej wprost do zasilacza!



Rys. 1

Ćwiczenie 3. Rezystancja wewnętrzna baterii

Ceny elementów elektronicznych są na tyle niskie, że śmiało moesz zepsuć niektóre w ramach eksperymentów. Sam jednak zdecyduj, czy chcesz ryzykować zniszczenie elementów. **Uwaga!** Podeczas takich prób elementy mogą się silnie ogrzewać, co grozi poparzeniem!

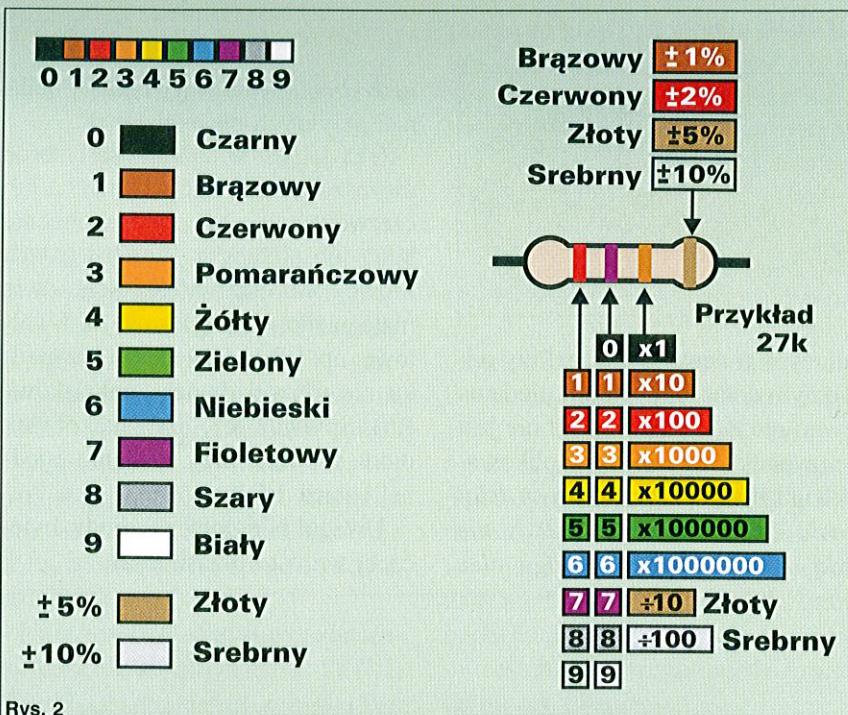
Jeśli się zdecydujesz, podłącz na



Fot. B

chwilę diodę LED bezpośrednio do zwykłej baterii $9V$ typu 6F22. **Uwaga!** Musi to być tania, zwykła bateria, a nie droga bateria alkaliczna (nie powinna mieć napisu alkaline).

Na podstawie wcześniejszych prób mogłeś się spodziewać, że przy napięciu $9V$ i bez rezystora ograniczającego prąd diody będzie



Rys. 2

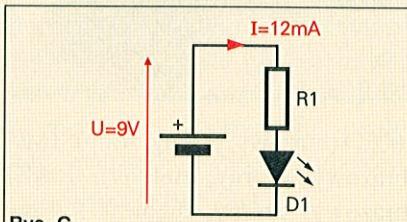
Rezystory zazwyczaj znakowane są nie cyframi, tylko kolorowymi paskami. Te kolorowe paski określają rezystancję w omach oraz tolerancję. **Rysunek 2** pomoże rozszyfrować wartość dowolnego rezystora. Dwa pierwsze paski to cyfry znamienne, trzeci pasek to liczba zer

baterii – maleńka baterijka do pilotów (**fotografia B**) też daje napięcie 12V.

Jak się łatwo domyślić, wielkość baterii związana jest z ilością zawartej w niej energii. Mała żarówka dołączona do akumulatora samochodowego będzie świecić co najmniej kilka dni, a dołączona do baterii od pilota zaświeci tylko na chwilę, albo nawet nie zaświeci wcale.

Współczesne układy elektroniczne są zasilane napięciami w zakresie 3...12V, czasem 24V. W układach tych często interesują nas bardzo małe napięcia czy różnice napięć, wyrażane w miliwoltach (mV) a nawet w mikrowoltach (μ V oznaczane też uV). W technice wysokich napięć popularną jednostką są kilowolty (kV).

Uwaga! Prąd i napięcie to nie jest to samo! W instalacji wodociągowej może panować duże ciśnienie (napięcie), ale jeśli wszystkie krany są pozakręcone, to woda



Rys. C

(prąd) nie płynie. Dokładnie tak jest z napięciem i prądem. Jeśli bateria (zasilacz) nie jest do niczego podłączona, to na jej biegunkach występuje napięcie, ale prąd nie płynie. Żeby popłynął prąd, do baterii trzeba dołączyć jakieś obciążenie, na przykład rezistor i diodę świecącą, jak na **rysunku C**. Na rysunku tym zaznaczono napięcie (9 woltów) i prąd (12 miliamperów) – napięcie oznacza się literą U (w krajach anglojęzycznych literą V od Voltage). Z kolei prąd zawsze oznacza się literą I.

W swojej przyszłej praktyce natkiesz się kilka przypadków:

- napięcia nie ma, prąd nie płynie – oczywiste,

– wartość odczytamy w omach. Czwarty pasek to informacja o tolerancji – w przypadku najpopularniejszych rezystorów 5-procentowych pasek ten jest złoty.

Ten cały kod kolorów to naprawdę nic trudnego. Szybko się naukisz: 0 – czarny, 1 – brązowy, 2 – czerwony, 3 – pomarańczowy, 4 – żółty, 5 – zielony, 6 – niebieski, 7 – fioletowy, 8 – szary, 9 – biały.

Choć do rozszyfrowania wartości trzeba ustalić, który pasek jest pierwszy, a który ostatni, **obie końcówki rezystora są równorzędne; żaden nie jest w żaden sposób wyróżniony. Rezystor jest elementem niebiegunowym.**

Uwaga! W proponowanych ćwiczeniach wykorzystywane są jedynie rezystory z szeregu E3, czyli o nominałach będących wielokrotnościąmi 10, 22 oraz 47. Pierwsze dwie

paski będą zawsze mieć kolory: brązowy czarny (1, 0) czerwony czerwony (2, 2) żółty fioletowy (4, 7)

- napięcie jest, prąd nie płynie – np. bateria bez obciążenia,
- napięcie jest, prąd płynie – sytuacja w układach elektronicznych,
- napięcia nie ma, prąd płynie – niemożliwe, z wyjątkiem tzw. nadprzewodników.

We wszystkich układach, jakie natkasz w swej praktyce prąd jest ściśle związanym z napięciem – jeśli płynie prąd, to występuje też napięcie. Jednak obecność napięcia nie gwarantuje przepływu prądu. Dlaczego?

Kluczem jest tu oporność, ściślej – rezystancja.

Niektóre materiały, takie jak guma, papier, drewno, tworzywa sztuczne, szkło, nie chcą przewodzić prądu elektrycznego. Stawiają mu opór. Są to tak zwane izolatory (dielektryki). Na początek (choć nie jest to prawda) możesz przyjąć, że izolatory stawiają opór nieskończony, aż wielki i żaden prąd przez nie nie płynie.

jakaś rezystancja – zobacz **rysunek 2**. Taka samą sytuację miałeś w ćwiczeniu 1 – prąd diody był ograniczony przez (znaczna) rezystancję wewnętrzną baterii litowej. Często zapominamy o rezystancjiewnętrznej, a ma ona duże znaczenie w praktyce i zwykle jest wadą nie zaletą. Czym mniejsza rezystancja wewnętrzna, tym większy prąd można pobrać z tego źródła.

Generalnie, czym większa jest bateria, tym mniejsza rezystancja wewnętrzna. Baterie alkaliczne mają mniejszą rezystancję wewnętrzna – dlatego w tym ćwiczeniu miałeś wykorzystać baterię zwykłą, nie alkaliczną. Akumulatory mają rezystancję wewnętrzna znacznie mniejszą niż jakiekolwiek baterie jednorazowe – można więc z nich pobrać duży prąd.

Möżesz mi wierzyć na słowo – gdy przeprowadzałem testy przygotowujące to ćwiczenie, dwie diody czerwone podłączone do dobrego 9-woltowej baterii alkalicznej (Duracell) wydały krótki bąk i momentalnie się spaliły. Zielona dioda dołączona do tej baterii alkalicznej świeciła kolorem... pomarańczowym, a żółta – czerwoną. Wy-

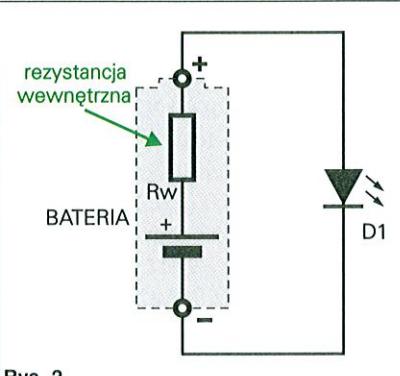
prowadzenia silnie się nagrzewała i o mało nie poparzyłem sobie palców. Diody dołączone do zasilacza natychmiast uległy uszkodzeniu i pojawił się dym. Zastanów się więc, czy chcesz wykonać takie eksperymenty. Chodzi przede wszystkim o to, żebyś zrozumiał, że miniaturowe elementy mają ograniczoną wytrzymałość i przy zbyt dużych prądach po prostu się zepsują. Właśnie dlatego musimy stosować rezystory ograniczające prąd.

Aby celowo zepsuć diody czy inne elementy, musisz dysponować

Czy wiesz, że...

nazwa elektronika pochodzi od elektronu. Starożytni Grecy elektronem nazywali bursztyn (który u nich w tamtych czasach był rzadkością, sprawdzaną z dalekiej północy, między innymi z terenów dzisiejszej Polski). Zauważali oni, że bursztyn pocierany tkanią przyciąga potem kurz i drobne, lekkie przedmioty.

Znacznie później elektronem nazwano cząstkę elementarną, jeden z podstawowych składników atomu.



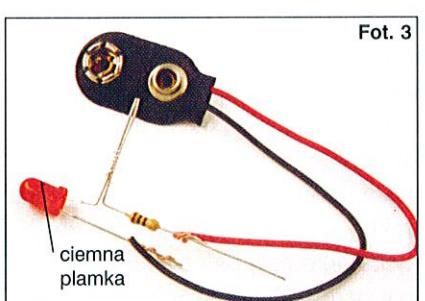
źródłem energii, które może dostarczyć prądu o wartości co najmniej kilkuset miliamperów. Może to być zasilacz, akumulator albo zestaw baterii. Jeśli zamierzasz wykorzystać akumulator, to koniecznie dołącz diodę przez żarówkę 12V 5W...21W według rysunku B.

Nie proponuję Ci jednak prób polegających na zwieraniu biegunków źródła zasilania – baterii albo zasilacza. Takie próby naprawdę nie mają sensu – bateria po prostu się wyczerpie, a zasilacz może się zepsuć.

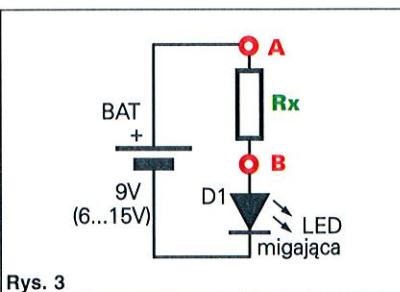
Nigdy nie podłączaj diody LED, ani innego elementu do sieci energetycznej!

ność układu sterującego – scalonego impulsatora.

Sprawdź jeszcze, czy dioda migająca będzie pracować przy napięciu zasilania 4,5V (tzw. bateria płaska lub trzy „paluszki”), 3V (bateria litowa lub dwa „paluszków”), ewentualnie 1,5V (paluszek)?



Co się dzieje? Przy jakiej rezystancji dioda przestaje pełnić swoje funkcje? Już zauważyleś, że dioda migająca w normalnym układzie pracy nie ma rezystora ograniczającego. Dioda migająca zachowuje się zupełnie inaczej niż zwykła dioda LED właściwie ze względu na obec-



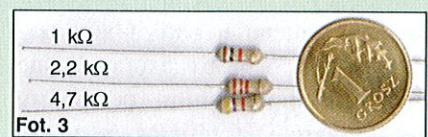
Rys. 3

Trzeci pasek (mnożnik, liczba zer) pokaże wartość:

złoty (-1) – wartości 1Ω , $2,2\Omega$, $4,7\Omega$
czarny (0) – wartości 10Ω , 22Ω , 47Ω
brązowy (1) – wartości 100Ω , 220Ω , 470Ω
czerwony-wartości $1k\Omega$, $2,2k\Omega$, $4,7k\Omega$
pomarańczowy-wartości $10k\Omega$, $22k\Omega$, $47k\Omega$
żółty-wartości $100k\Omega$, $220k\Omega$, $470k\Omega$
zielony-wartości $1M\Omega$, $2,2M\Omega$, $4,7M\Omega$
niebieski – wartości $10M\Omega$, ewentualnie $22M\Omega$

Na fotografii 3 pokazano typowe małe rezystory o nominałach $1k\Omega$, $2,2k\Omega$ oraz $4,7k\Omega$, oznaczane kolorowymi paskami.

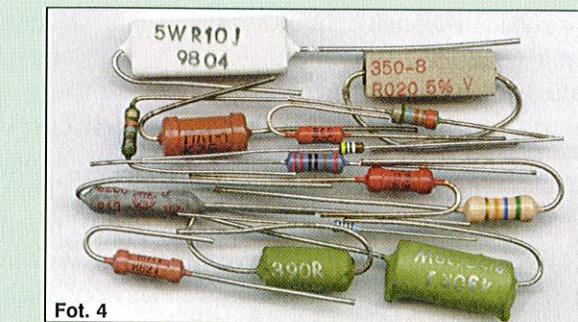
Oprócz takich najpopularniejszych rezystorów, produkowane są też inne. Oznaczane są w różny sposób. Na fotografii 4 pokazano niektóre takie rezystory. Wartość rezystorów (i nie tylko rezystorów) jest bardzo



Metale, na przykład miedź, srebro, złoto, aluminium, chętnie przewodzą prąd elektryczny. Stawiają mu bardzo mały opór. Inne metale, jak żelazo, nikiel, ołów, cyna chrom, wolfram, osm, stawiają przepływowi prądu nieco większy opór. Niektóre inne materiały, na przykład grafit (odmiana węgla), specjalne tworzywa sztuczne oraz liczne płyny (np. roztwór soli w wodzie) też przewodzą prąd, stawiając mu jednak pewien znaczący opór.

Istnieją też tak zwane nadprzewodniki, które o dziwo, wcale nie stawiają oporu – to jednak zupełnie inna historia. Nadprzewodniki można spotkać tylko w dużych laboratoriach.

Spodziewasz się na pewno, że są jeszcze inne materiały, które ze względu na oporność wobec prądu mieszą się gdzieś między przewodnikami, a nieprzewodnikami (izolatorami). Może myślisz, że są to półprzewodniki.



często podawana w niecodzienny sposób – więcej szczegółów możesz znaleźć w rubryce TECHNIKALIA.

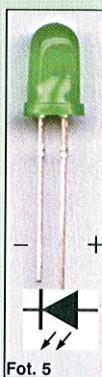
Dioda LED

(Dioda elektroluminescencyjna, LED – Light Emitting Diode).

Element elektroniczny (półprzewodnikowy), który świeci przy przepływie prądu. W zależności od zastosowanego materiału struktury, diody świecą światłem o kolorach czerwonym, zielonym, żółtym bądź niebieskim. Diody niebieskie są znacznie droższe od innych. Nie ma diod fiole-

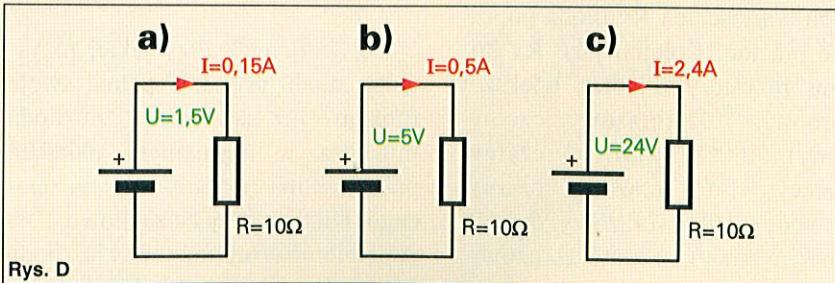
towych, są natomiast diody świecące niewidzialnym światłem podczerwonym (oznaczane IRED od InfraRED – podczerwień). Każdy pilot telewizyjny zawiera diodę podczerwoną.

Uwaga! Dioda przewodzi prąd tylko w jednym kierunku i tylko wtedy świeci. W przeciwieństwie do rezystora, każda dioda jest elementem biegunkowym – nie jest obojętne, gdzie zostaną dołączone końcówki.



Jest w tym coś z prawdy (tzw. półprzewodniki samoistne), ale nie jest to najszczególniejsze wyobrażenie – słowo półprzewodniki słusznie kojarzy się z tranzystorami, układami scalonymi i całą zadziwiającą elektroniką, a nie z jakimiś substancjami kiepsko przewodzącymi prąd. Elementy półprzewodnikowe to zupełnie nowa jakość i fantastyczne możliwości: wzmacniają, przetwarzają, liczą i tworzą wszystkie cuda i cuda współczesnej elektroniki. Na razie nie musisz się w to wgłębiać – nie traktuj jednak półprzewodników jedynie jako czegoś pośredniego między przewodnikami a izolatorami.

Na razie zapamiętaj, że różne substancje stawiają pradowi elektrycznemu różny opór. Ten opór nazywa się rezystancją. Jednostką rezystancji jest om, oznaczany dużą grecką literą omega (Ω). Jeden om (1Ω) to mała rezystancja. W elektronice częściej mamy do czynienia z tysiącami omów czyli kiloomarami ($k\Omega$). Duże rezystancje wyrażamy w milionach omów, czyli megoomach ($M\Omega$), a bardzo małe w tysięcznych częściach oma, czyli miliomach ($m\Omega$). Na przykład kawałek miedzianego drutu ma rezystancję kilku... kilkunastu milionów. Czasem mówi się też o gigaomach ($G\Omega$)

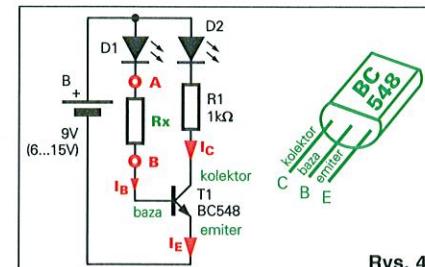


Rys. D

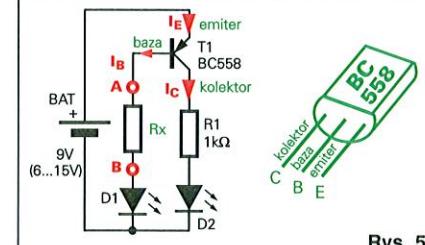
Ćwiczenie 5. Tranzystor jako wzmacniacz prądu

Zestaw układ według rysunku 4 wykorzystując dwie jednakowe zwykłe diody LED, dwa rezystory i tranzystor NPN (BC548). Pomocą będzie fotografia 4. Niech rezystor R_1 , ograniczający prąd diody D_2 ma wartość $1k\Omega$ (brązowy, czarny, czerwony). Sprawdź jasność obu diod, stosując R_x o wartościach $1k\Omega$, $10k\Omega$, $100k\Omega$, $1M\Omega$, $10M\Omega$. A co się dzieje, gdy nie ma rezystora R_x (rezystancja nieskończona wielka)? Przy jakiej wartości R_x nie dostrzegasz już świecenia diody D_1 ? A przy jakiej wartości R_x przestaje świecić dioda D_2 ?

Przekonałeś się naocznie, że tranzystor wzmacnia prąd (prąd bazy) płynący przez R_x i diodę D_1 . Przy dużych wartościach R_x przez diodę D_2 płynie prąd (prąd kolektora) co najmniej 100-krotnie większy niż przez R_x i D_1 . Na rysunku 4 czerwonymi strzałkami zaznaczyłem prąd bazy (I_B), prąd kolektora (I_C) i prąd emitera (I_E). Zwróć uwagę, na kierunek przepływu prądów w tranzystorze NPN – prąd emitera jest zawsze sumą prądów kolektora i bazy.



Rys. 4



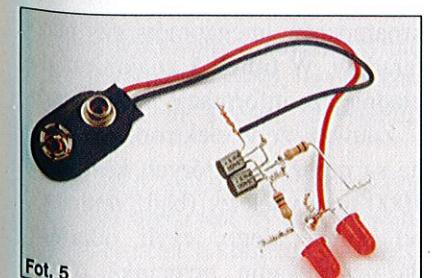
Rys. 5

podobnej nawet bez rezystora R_x dotykanie obwodu bazy tranzystora palcem spowoduje świecenie diody D_2 . Nie dziw się, ciało człowieka działa w tym przypadku jak antena.

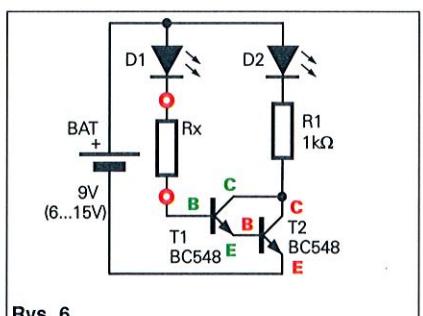
Jeśli chcesz, możesz sprawdzić, czy układ będzie pracował, gdy zamienisz miejscami punkty dołączenia kolektora i emitera, albo gdy w układzie z rysunku 4 zamiast tranzystora NPN zastosujesz PNP (BC558).

Ćwiczenie 6. Układ Darlingtona

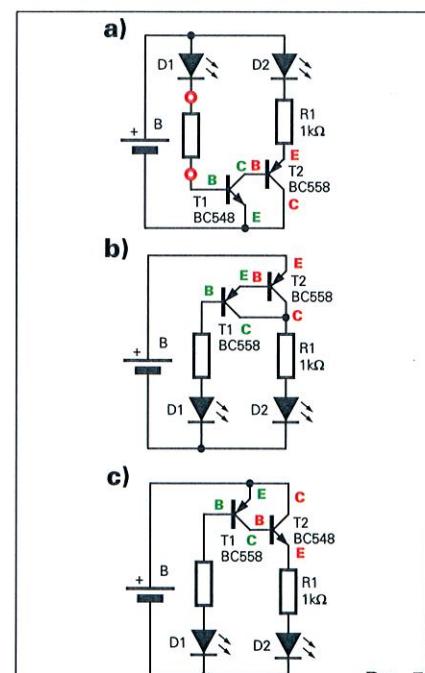
Zestaw układ według rysunku 6. Pomocą będzie fotografia 5. Tak jak poprzednio dołączaj jako R_x rezystory o wartościach od $1k\Omega$ do $10M\Omega$. Przy jakiej wartości R_x nie dostrzegasz świecenia diody D_2 ? Tym razem dioda D_3 będzie jasno świecić nawet przy bardzo dużych wartościach rezystancji R_x . Czy może coś się zepsuło? Sprawdź, czy diody będą świecić



Fot. 5



Rys. 6

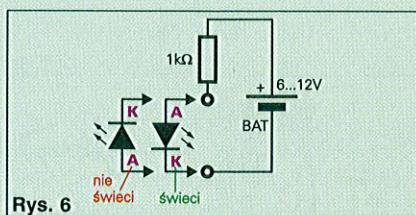


Rys. 7

przy braku R_x ? Jeśli przy braku R_x D_2 nie świeci, oznacza to, że układ działa, tylko jest niesamowicie czuły! Wzmocnienie prądowe jest bardzo duże.

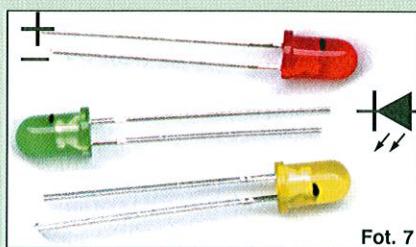
Uwaga! Nie zwieraj Rx, bo możesz zepsuć D1 i tranzystory.

Radzę ci także sprawdzić działanie układów z rysunku 7 z R_x o wartości $10M\Omega$ – przekonaj się,



Migająca dioda LED

Element ten oprócz diody LED ma wbudowany miniaturowy układ sterujący, dzięki temu może (i powinien) być zasilany bezpośrednio, z pominięciem rezystora ograniczającego. Migające LED-y można poznać po ciemnej plamce wewnątrz obudowy – fot. 7. Diody migające nie mają specjalnego symbolu. Na schematach wykorzystuje się symbol zwykłej diody LED.



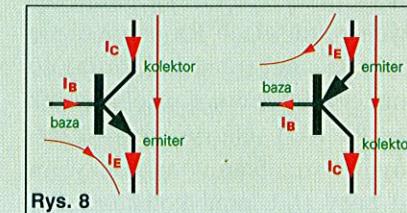
Fot. 7

Tranzystor (bipolarny)

Tranzystor, ściślej tranzystor bipolarny (inaczej „zwykły” tranzystor) to podstawowy element wzmacniający, mający trzy końcówki. Można

w uproszczeniu powiedzieć, że końcówka wejściowa jest bazą, wyjściową – kolektorem. Istnieją tranzystory bipolarne typu n-p-n (NPN) oraz p-n-p (PNP). Różnica polega na kierunku przepływu prądów – ilustruje to rysunek 8.

Działanie tranzystora jest bardzo proste – wzmacnia on prąd. Jeśli prąd bazy jest równy zeru, to i prąd kolektora jest równy零. Jeśli w obwodzie baza-emiter zacznie płynąć prąd, to w obwodzie kolektor-emiter popłynie prąd znacznie większy – mówimy, że tranzystor się otwiera. Istotnym parametrem tranzystora jest wzmacnienie, czyli stosunek prądu kolektora do prądu bazy. Ten współczynnik

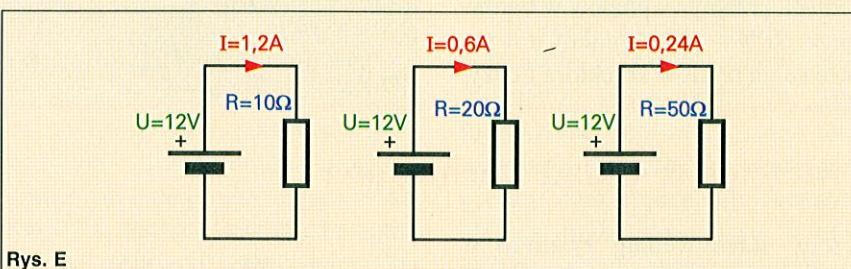


Rys. 8

i teraomach (Ω) – takie rezystancje mają materiały uważane za izolatory.

A teraz sprawa najważniejsza. Rysunek D ilustruje zależność prądu od napięcia – pokazano kilka przypadków, gdy napięcie zmienia się, a rezystancja jest jednakowa. Na rysunku E – pokazano zależność prądu od rezystancji, gdy napięcie jest stałe – natężenie prądu zależy od oporu (rezystancji) R. Zależności te sprawdzisz w ćwiczeniu 2. Jeśli zrozumiałeś, o co tu chodzi, to przyswoiłeś sobie najważniejsze prawo elektroniki i elektrotechniki – prawo Ohma (czytaj: oma). Nie ucz się na pamięć formułki – chodzi o to, żebyś o każdej porze dnia i nocy rozumiał: czym większe napięcie, tym większy prąd, a czym większe opór (rezystancja) tym prąd jest mniejszy. Proste, prawda?

W praktyce będziesz bardzo często wykorzystywać wzór wyrażający prawo Ohma:



Rys. E

$$I = \frac{U}{R}$$

gdzie U – napięcie,
I – prąd,
R – rezystancja.

Znając dowolne dwie wielkości, bez trudu obliczysz trzecią. Koniecznie naucz się więc trzech podstawowych wzorów, z których będziesz bardzo często korzystać:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$U = I * R$$

Jak wspominałem, w elektronice bardzo często mamy do czynienia z prądami, napięciami, rezystancjami o wartościach wielokrotnie większych lub mniejszych niż amper, wolt czy om. Dlatego powszechnie używamy jednostek tysiące, miliony i miliardy razy mniejszych lub większych, na przykład miliwoltów, mikroamperów, megaomów czy nanofaradów. W tabeli 1 znajdziesz dokładniejsze informacje na ten temat.

Zauważ, że w elektronice używane są mnożniki, których każdy jest 1000 razy większy (bądź mniejszy) od poprzedniego, czyli odpowiadają przesuwaniu przecinka o trzy

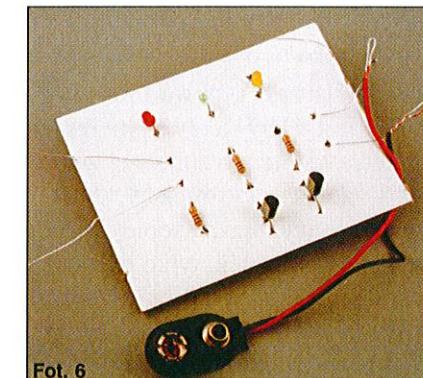
jak duże wzmacnienie prądowe zapewniają dwa tranzystory. W każdym przypadku prąd płynący w obwodzie kolektor-emiter T1 staje się prądem

bazy T2. Wypadkowe wzmacnienie prądowe jest iloczynem wzmacnienia obu tranzystorów. Jeśli każdy z nich ma wzmacnienie na przykład 100, to

wypadkowe wzmacnienie wyniesie 10000. Przeanalizuj kierunek przepływu prądów w tych układach – przyda Ci się to w przyszłości.

Ćwiczenie 7. Siłomierz towarzyski (miernik temperamentu)

Zestaw układ według rysunku 8. Rezystor R1 zabezpiecza przed uszkodzeniem w przypadku zwarcia punktów A, B. Pomocą będzie fotografia 6. Do punktów A, B dołącz jakiekolwiek sondy (na przykład krótkie kawałki srebrzanki albo krótkie przewody w izolacji z odizolowanymi końcami) i sprawdź rezystancję różnych materiałów: metali, tworzyw sztucznych, drewna, wody



Fot. 6

Czy wiesz, że...

nazwa jednostki prądu, amper, pochodzi od nazwiska uczonego francuskiego Andre Marie Ampere, który zajmował się między innymi badaniem zjawisk elektrycznych.

Nazwa jednostki napięcia, wolt, też pochodzi od nazwiska uczonego – Alessandro Volta był włoskim eksperymentatorem, który wynalazł ogniwo elektryczne – baterię. Natomiast jednostka rezystancji zawdzięcza nazwę niemieckiemu uczonemu

– Georg Simon Ohm odkrył prawo wiążące prąd, napięcie i oporność.

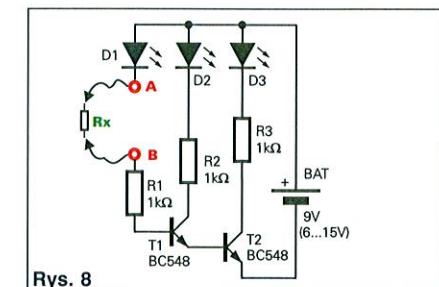
z kranu, wody destylowanej, mineralnej i wody z solą.

Narysuj miękkim ołówkiem na kartce grubą, mocną kreskę – sprawdź rezystancję tak uzyskanej ścieżki węglowej (grafitowej). Tak mniej więcej są produkowane niektóre rezystory. Dioda D3 będzie się świecić nawet przy ogromnych wartościach rezystancji Rx (sprawdź koniecznie jak świecią diody, gdy $Rx = 10M\Omega$).

Dotknij lekko palcami obydwu rąk drutu dołączonego do punktów A, B (najpierw mocno punktu A, potem punktu B). Czy dioda się zaświeci? Ściśnij jak naj mocniej oba przewody. Co się dzieje?

Okazuje się, że każdy człowiek jest... rezystorem, a rezystancja za-

leży od siły ściskania drutu. Wykonaj więc przyrząd umożliwiający wyłonienie lokalnego siłacza. Tak samo przyrząd można nazwać miernikiem temperamentu i przeprowadzić wybory lokalnego Casanova. (Tobie podpowiem w tajemnicy, że przed próbą warto zwilżyć palce, np. poślinić – efekt murowany.)



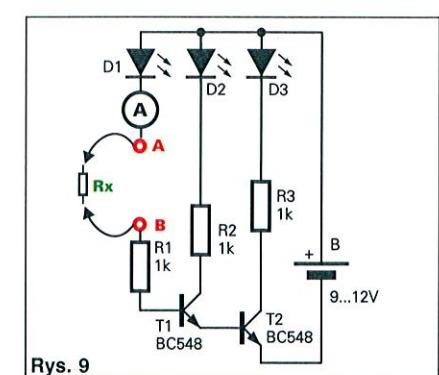
Uwaga! Zwłaszcza w tym bardzo czołowym układzie zaobserwujesz, że świecenie lampek spowoduje nawet dotknięcie jednym palcem punktu B. Twoje ciało działa jak antena i stajesz się niejako źródłem małego prądu, który jest wzmacniany przez tranzystory. Ten efekt trochę przeszkadza w ćwiczeniu, ale nie będziemy go likwidować, bo jeszcze nie poznałeś kondensatorów (należałoby włączyć kondensator między punkty A, B).

Ćwiczenie 8. Wykrywacz kłamstw

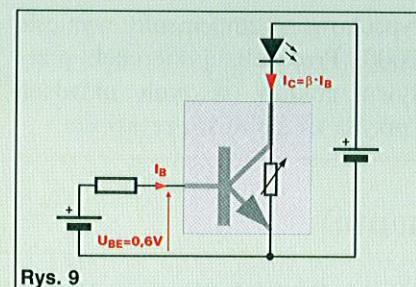
W układzie z rysunku 8 sprawdzisz, że człowiek jest rezystorem. Rezystancja skóry nie jest stała, zmienia się pod wpływem różnych czynników. Gdy ktoś się spoci, na przykład pod wpływem stresu, rezystancja maleje.

Zjawisko zmiany oporności pod wpływem stresu jest wykorzystywane w wykrywaczach kłamstwa. Możesz sprawdzić, czy rezystancja skóry

Twoich kolegów (koleżanek) różni się, gdy dają odpowiedzi prawdziwe i fałszywe. Do takiej zabawy musisz jednak wykorzystać jakiekolwiek metalowe elektrody, mocowane na skórze „ofiary” i dołączone do punktów A, B. Nie muszą to być specjalne elektrody, wystarczą odizolowane końce przewodów. Zadając pytania będziesz obserwował jasność diod.



Rys. 9

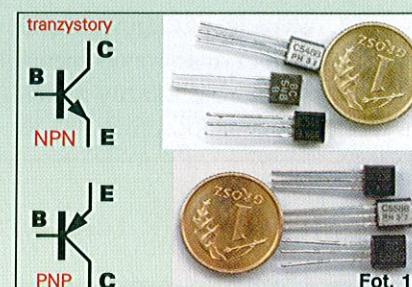


wzmocnienia prądowego, oznaczany często grecką literą beta (β) dla najpopularniejszych współczesnych tranzystorów wynosi 100...500.

Już z tego widać, że trzeba odpowiednio dołączyć wyprowadzenia. Przy błędym włączeniu łatwo można tranzystor uszkodzić.

Uwaga 1. Prąd bazy i prąd kolektora nie mogą być zbyt duże, by nie spowodowały uszkodzenia tranzystora.

Uwaga 2. Obwód kolektor-emiter nie jest odpowiednikiem baterii, to znaczy nie wytwarza prądu. Prąd pochodzi z zewnętrznego źródła (ba-



terii, zasilacza), a obwód kolektor-emiter jest jakby sterowanym rezystorem (rezystorem o zmiennej wartości) – zobacz rysunek 9. Lepiej jednak nie wyobrażać sobie go jako zmiennej rezystancji, tylko pamiętać, że prąd kolektora jest β razy większy od prądu sterującego (prądu bazy).

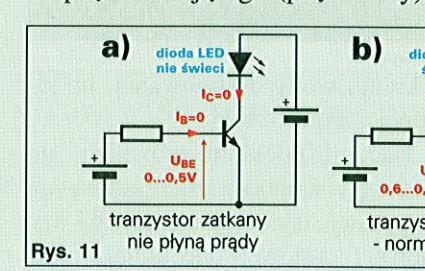


Tabela 1

mnożnik	nazwa	symbol	przykład
$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{18}$	eksa	E	$14EB = 14000000000000000000 - 14$ eksabajtów
$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{15}$	peta	P	$2PFLOP = 20000000000000000000 - 2$ petaflop
$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$	tera	T	$1\Omega = 100000000000W - 1$ bilion omów
$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$	giga	G	$6GHz = 600000000Hz - 6$ miliardów herców
$1\ 000\ 000 = 10^6$	mega	M	$77MW = 7700000W - 77$ milionów watów
$1\ 000 = 10^3$	kilo	k	$100kV = 100000 - 100$ tysięcy woltów
$100 = 10^2$	hekto	h	nie używane w elektronice
$10 = 10^1$	deka	da	nie używane w elektronice
$1 = 10^0$	–	–	15V – piętnaście woltów
$0,1 = 10^{-1}$	decy	d	nie używane w elektronice
$0,01 = 10^{-2}$	centy	c	nie używane w elektronice
$0,001 = 10^{-3}$	milli	m	$3ms = 0,001s - 3$ tysięczne części sekundy
$0,000\ 001 = 10^{-6}$	mikro	μ	$11\mu A = 0,000\ 011A - 11$ milionowych części ampera
$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	nano	n	$50nH = 0,000\ 000\ 05H - 50$ miliardowych części henra
$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	piko	p	$5pl = 0,000\ 000\ 000\ 005l - 5$ bilionowych części litra
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	femto	f	$3fF = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 003F - 300$ biliardowych farad
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$	atto	a	

miejsca. Poznanie mnożników, ich oznaczeń i skrótów nie powinno sprawić Ci większych trudności.

Przyzwyczaisz się też do innych, na pozór bardzo dziwnych oznaczeń, których historia sięga epoki starych kopiarek i drukarek. Wydruki i kopie były wtedy słabej jakości, zawierały

skazy, plamy i rysy. Poza tym zarówno maszyny do pisania, jak i pierwsze drukarki nie drukowały greckich liter. Nie masz chyba wątpliwości, co znaczy 33k – to oczywiście $33k\Omega$.

Ale oznacza 3k3 albo k33?

W przypadku niewyraźnej kopi

można mieć wątpliwości, czy chodzi o 33k, czy o 3,3k. Aby pozbyć się wątpliwości, wystarczy w miejscu przecinka wstawić literę z końca, czyli zamiast 3,3k zapisać 3k3. Z reguły pomija się też zero w liczbach ułamkowych, czyli zamiast 0,33k pisze się k33. Zamiast małej litery k,

Uwaga 3. Istotne jest, że w typowych tranzystorach podczas przepływu prądu bazy napięcie na złączu baza-emiter wynosi 0,55...0,7V i bardzo mało zmienia się nawet przy dużych zmianach prądu. Można przyjąć, że napięcie baza-emiter wynosi podczas normalnej pracy 0,6V.

Wynika z tego bardzo ważny wniosek praktyczny: **do otwarcia tranzystora (typowego tranzystora krzemowego) jest potrzebne napięcie baza-emiter około 0,6V. Jeśli napięcie na złączu baza-emiter jest mniejsze niż 0,5V, to tranzystor na pewno nie przewodzi (jeśli przewodzi – jest uszkodzony).**

Ostrzegam jednak, że zmiany rezystancji skóry pod wpływem stresu i emocji są bardzo małe i masz niewielkie szanse, by zauważyc zmiany jasności diod LED (prawdziwe wykrywacze kłamstwa są bardzo skomplikowane). Nie zmienia to faktu, że tajemniczy układ z różokolorowymi lampkami jest znamytkiem pretekstem do wesołej zabawy w większym gronie (a może też do odkrycia sercowych tajemnic rówieśników).

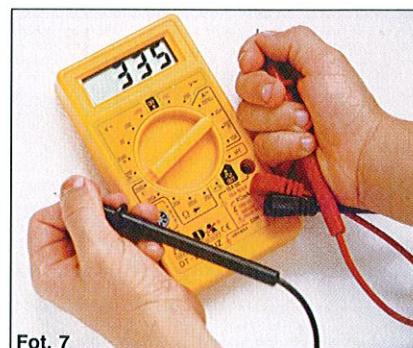
Ćwiczenie 9. Brzęczyk piezo

Zestaw układ według rysunku 10. Końcówkę czarną dołącz do ujemnego bieguna baterii. Zwróć uwagę na jasność świecenia diody LED – jest niewielka, czyli tym razem prąd w obwodzie ogranicza brzęczyk (nie ma rezystora Rx).

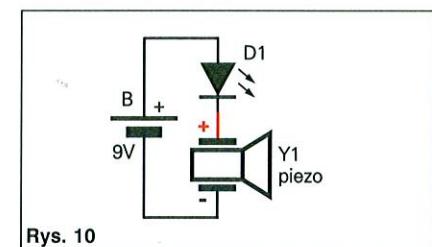
Usuń diodę i zasil brzęczyk bezpośrednio napięciem 3V (z baterii litowej lub dwóch paluszków R6) – rysunek 11. Sprawdź, czy brzęczyk o nominalnym napięciu pracy wynoszącym 12V pracuje przy napięciu zasilania wynoszącym tylko 3V. Sprawdź też, czy będzie pracował przy zasilaniu z jednej baterii o napięciu 1,5V (R6 albo LR44).

Zapamiętaj, że brzęczyk piezo, w przeciwieństwie do (zwykłej) diody

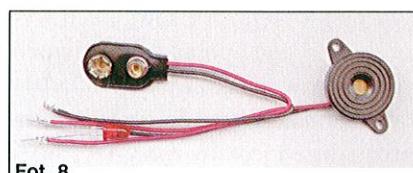
A jeśli zależy Ci nie tylko na zabawie, tylko naprawdę chcesz sprawdzić podaną zależność rezystancji ciała od stanu emocjonalnego, możesz mierzyć rezystancję skóry za pomocą cyfrowego multimetru pracującego w roli omomierza – patrz fotografia 7. Przyznasz jednak, że układ z diodami jest bardziej atrakcyjny, dlatego możesz wykorzystać multimeter w roli mikroamperomierza (na zakresie 200 μ A lub 2mA) i próbować mierzyć prąd płynący przez skórę w układzie z rysunku 9.



nący przez skórę w układzie z rysunku 9.

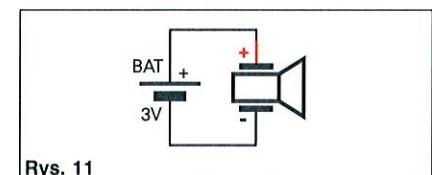


Rys. 10



Fot. 8

na plamką). Zestaw taki układ! Dioda powinna migać, a brzęczyk powinien wydawać przerwywanym melodyjnym dźwiękiem. Z niektórymi egzemplarzami diod migającymi sztuczką taka może się nie udało. Dlatego w Biblioteczce Praktyka, umieszczonej na końcu tej wyprawy, znajdziesz dwa schematy, gdzie dla poprawienia warunków pracy diody migającej jest dodany rezistor. Nie wątpię, że takie sygnalizatory będą działać, jeśli zastosujesz je w praktyce.



Rys. 11

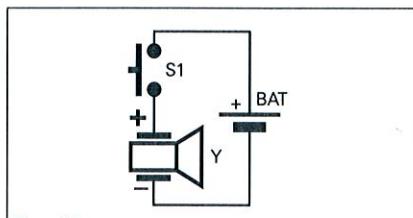
Ćwiczenie 10. Dzwonek do drzwi, tester ciągłości obwodu

Najprostszy dzwonek do drzwi możesz zrobić według rysunku 12. Zamiast przycisku S1 możesz wykorzystać nietypowe wyłączniki własne produkcji, choćby dwa kawałki drutu, które będą zwierane np. w chwili otwarcia drzwi. Możesz budować minisystemy alarmowe.

Jeśli zamiast przycisku zastosujesz dwa druciane sondy (kawałki przewodu), otrzymasz tester ciągłości obwodu, który może Ci się przydać. Praktyczne układy takich testerów

Czy wiesz, że...

zwieranie wyprowadzeń baterii i zasilacza to robienie sobie na złość?

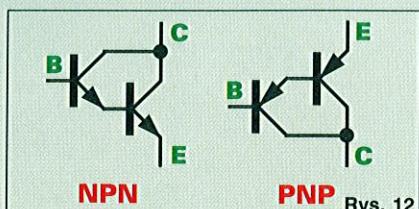


Rys. 12

znajdziesz w Biblioteczce Praktyka.

pracuje, gdy przycisk jest wciśnięty, a odzywa się, gdy zostanie zwolniony. Gdyby wykorzystane były pozostałe dwa skrajne końcówki łącznika, dzięki czemu brzęczyk nie

pracował, gdy przycisk był wyciągnięty, a odzywał się, gdy został zwolniony. Gdyby wykorzystane były pozostałe dwa skrajne końcówki łącznika, tworzące styk normalnie



Jeśli napięcie to jest większe niż 0,8V, tranzystor na pewno jest nieodwracalnie uszkodzony. Ilustruje to rysunek 11. Dotyczy to zarówno tranzystorów NPN, jak i PNP.

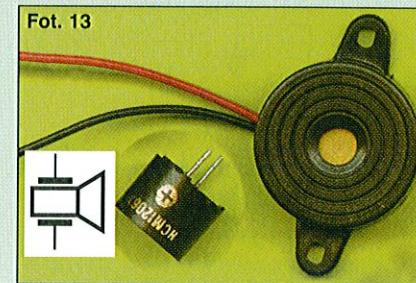
Na schematach tranzystory oznaczamy zwykle literką T i numerem kolejnym. Na zagranicznych schematach zamiast T stosuje się często literę Q.

W niektórych zastosowaniach wykorzystuje się połączenie dwóch tranzystorów w tak zwanym układzie Darlingtona. Wzmocnienie jest tu bardzo duże i jest iloczynem wzmocnienia obu tranzystorów. Ilustruje to rysunek 12. Oprócz zalet, takie połączenie ma pewne wady, dlatego nie wyparło pojedynczych tranzystorów.

Brzęczyk piezo

Brzęczyk piezo (piezoelektryczny), zwany często buzzerem, po dołączeniu do źródła napięcia wydaje dźwięk – ciągły pisk. Brzęczyk nie jest prostym elementem jak dioda LED, rezistor, czy tranzystor – w istocie składa się z kilku elementów, w tym tranzystora(-ów) tworzących generator oraz przetwornika elektroakustycznego – membrany z materiału piezoelektrycznego (stąd nazwa).

Brzęczyk piezo z wbudowanym generatorem jest elementem biegunkowym – końcówkę oznaczoną kolorem czerwonym (końcówkę dłuższą) należy



czasem spotyka się dużą, na przykład 2K7 to to samo co 2k7, czyli $2,7\text{k}\Omega$.

W przypadku omów w zasadzie wystarczyłoby po prostu pominąć symbol oma, czyli zamiast 12Ω zapisać 12 – i taki zapis czasem można spotkać. Aby jednak uniknąć wątpliwości, czy przypadkiem omyłkowo nie pominięto literki k albo M (co dałoby wartość tysiąc albo milion razy większą – 12k albo $12\text{M}\Omega$), w przypadku omów pisze się dużą literę R. Dlatego bardzo często spotyka się zapis typu 120R (120Ω), 47R (47Ω), 6R8 ($6,8\Omega$), R22 ($0,22\Omega$). Ale bez przesady – nie pisze się 120kR czy 2k2R, tylko 120k, 2k2.

Choć nie mówiliśmy o wszystkich elementach elektronicznych, już teraz Ci podam, że podobnie skracają się zapisy wartości innych elementów, zwłaszcza kondensatorów, ale także cewek itd. Odpowiednią literę wstawia się zawsze w miejsce przecinka.

Oto przykłady:

$$\begin{aligned} 7p5 &= 7,5\text{pF} \\ 150p &= 150\text{pF} \\ n15 &= 0,15\text{nF} = 150\text{pF} \\ 6n8 &= 6,8\text{nF} \\ 47n &= 47\text{nF} \end{aligned}$$

Ale to nie wszystko. Szczególny problem jest z małą grecką literą mi – μ (mikro – 0,000001). Nawet współczesny komputer z porządną drukarką może zamiast greckiej litery μ z czerwoną symbol *Symbol* wydrukować jej odpowiednik w jakiejkolwiek innej czcionce – będzie to mała litera m. Litera m (mili – 0,001) wprowadzi w błąd, bo zmieni wartość tysiąkrotnie! Aby tego uniknąć, od dawna pisze się zamiast greckiej litery μ małą literę u. Oto przykłady:

$$\begin{aligned} u68 & (0,68\text{\textmu F}) \\ 4u7 & (4,7\text{\textmu F}) \\ 33u & (33\text{\textmu F}) \end{aligned}$$

Czasem spotyka się dużą literę U, np.: 2U2 ($2,2\mu\text{F}$) lub 100U ($100\mu\text{F}$).

dołączać do plusa, drugą końcówkę (czarną, krótszą) – do minusa. Na fotografii pokazano dwa najpopularniejsze rodzaje brzęczyków.

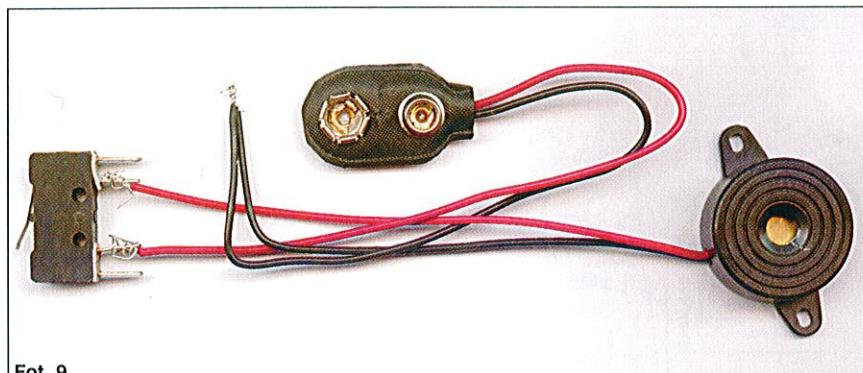
Uwaga! Oprócz opisywanych brzęczyków piezo z wbudowanym generatorem, w podobnych obudowach bywają umieszczane niebiegunowe membrany piezo. Membrana jest prostym przetwornikiem elektroakustycznym. Aby jednak wydała dźwięk, potrzebny jest generator.

Na schematach brzęczyki oznaczają się różnie, czasem literą Y, czasem X lub jeszcze inaczej – nie ma ścisłej reguły. Używa się też różnych symboli – w niniejszym kursie stosowny będzie symbol pokazany na fotografii 13.

Przycisk, przełącznik

Te proste elementy elektromechaniczne są bardzo często wykorzystywane w praktyce. Typowy przycisk

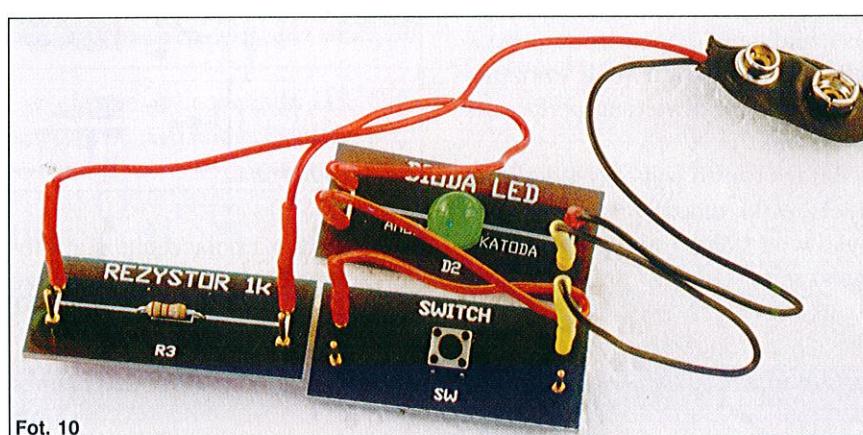
otwarty (NO), brzęczyk odzywałby się po naciśnięciu przycisku. Jeśli przypadkiem masz taki lub podobny przełącznik, możesz zbudować praktyczne sygnalizatory. Bardzo pozytyczne przyciski ze stykami normalnie z关tymi (NC) są zdecydowanie mniej popularne od przycisków ze stykami normalnie otwartymi (NO). Ale jak się za chwil『 przekonasz, nie jest to duże nieszczeście.



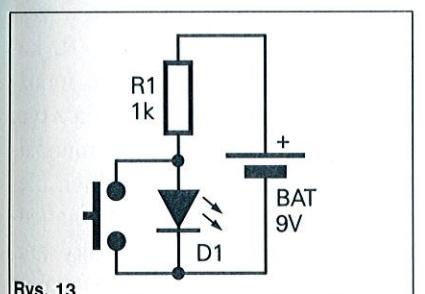
Fot. 9

Ćwiczenie 11. „Odwrotny” sygnalizator

Zestaw układ według rysunku 13. Na fotografii 10 pokazałem model zbudowany z modułów zestawu nazywanego czasem bombonierka. Oczywiście Ty zestawisz układ w dowolny sposób, na przykład tak jak widać na poprzednich fotografiiach. Dioda zgaśnie po naciśnięciu przycisku. Gdy przycisk jest naci『niety, prąd p niesie od plusa zasilania przez rezystor R1 i dalej „najkrótszą drog ą” do minusa przez przycisk



Fot. 10



Rys. 13

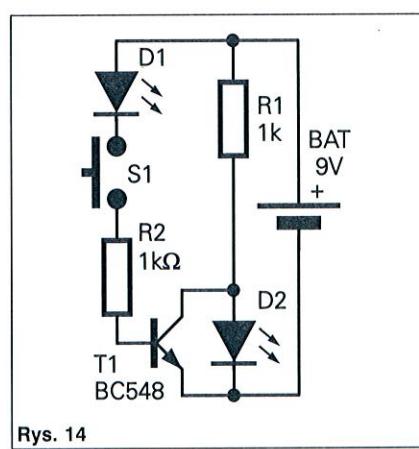
o bardzo małej rezystancji, omijając diod . Niektórzy mówia, że prąd jest leniwy i zamiast m czy  si  i p niesie przez diodę, szuka drogi najkrótszej, drogi o najmniejszej rezystancji. Zapamiętaj to – prąd woli p niesie po trasie najmniejszego oporu (rezystancji).

W zasadzie można zbudować podobny układ z brzęczykiem zamiast diody LED – możesz go wypróbować, ale nie r cze,  y brzęczyk będzie działa (niektóre brzęczyki nie ch c  p szcze cie w takim układzie pracy bez kondensatora, a kondensatory poznasz dopiero na wyprawie drugiej).

Ćwiczenie 12. Tranzystor jako przełącznik

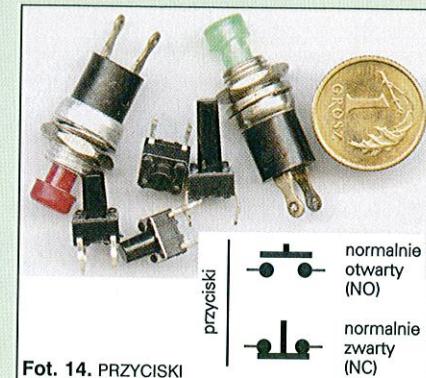
Bardzo często wykorzystujemy tranzystory w roli przełączników, dlatego radzę Ci, by sprawdzić działanie układu z rysunku 14. Porównaj układ z rysunkiem 13 – rolę, jaką w tamtym układzie pełnił przycisk, pełni teraz tranzystor.

Zestaw też układ według rysunku 15. Model, pokazany na fotografii 11 zmontowano na uniwersalnej p tce stykowej. Oczywiście można go zmontować w dowolny inny sposób, na przykład na tekturce. Zamiast



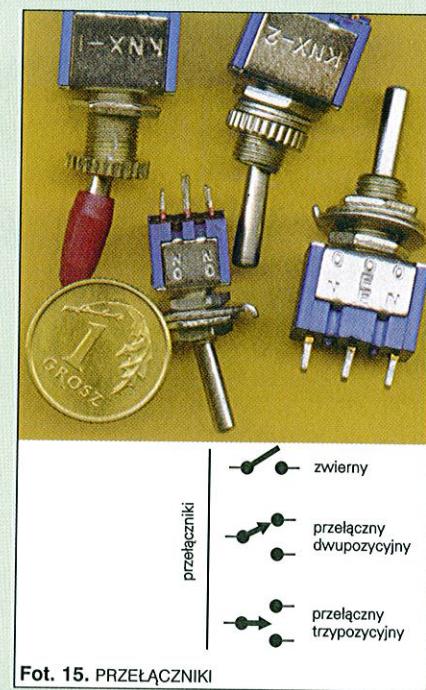
Rys. 14

przycisku możesz wykorzystać dwa kawałki drutu. Zwieraj punkty A, B i sprawdź, jak świeci diody. Tranzystor niejako odwraca działanie przycisku – dioda D3 gaśnie, gdy D1 si  za wiecie. Teraz tranzystor T1 pracuje w roli przełącznika. Gdy przycisk jest w spocynku, przez D1 (R1 i obwód bazy T1) prąd nie p niesie – tranzystor T1 nie przewodzi. Gdy tranzystor nie przewodzi, to tak, jakby go nie bylo. Prąd p niesie natomiast przez diodę D2, rezystor R2 i dalej



zwiera swoje styki na czas naciśnięcia. Normalnie styki są rozowane (ang. *normally open* – stąd skrót NO). Znacznie mniej popularne są przyciski normalnie zwarte (ang. *normally closed* – NC), otwierane przez czas naciskania.

Bardzo często wykorzystywane są przełączniki, umożliwiające zwarcie styków na stałe, a nie tylko na czas naciskania. Oprócz przełączników dwupozycyjnych często wykorzystuje się przełączniki trzypozycyjne „z zerem w środku” – w środkowej



pozycji nie ma połączenia. Na fotografii pokazano najpopularniejsze przełączniki dźwigienkowe jedno- i dwuobwodowe, dwu- i trzypozycyjne oraz przyciski, w tym najpopular-

niejszy obecnie microswitch (czytaj: mikrosłicz). Oprócz przełączników dźwigienkowych jest produkowanych wiele innych odmian, w tym wielopozycyjne przełączniki obrotowe. Przyciski i przełączniki najczęściej oznacza się literami S lub W.

Kontaktron

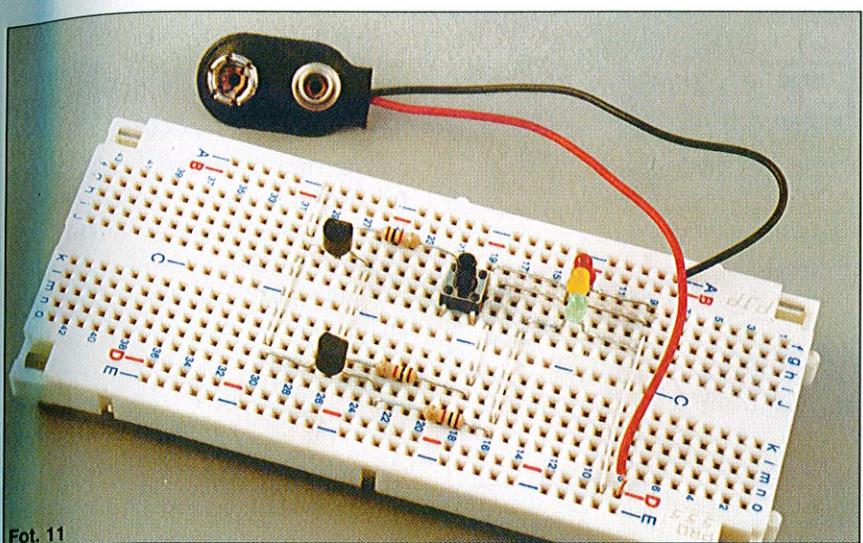
Szkłana rurka kontaktronowa zawiera specjalne sprężyste styki, które są zwierane w obecności pola magnetycznego, pochodzącego np. z magnesu trwałego lub elektromagnesu.

Styk kontaktronowy oznacza się na schematach różnie: albo literą S, albo K, albo jeszcze inaczej.



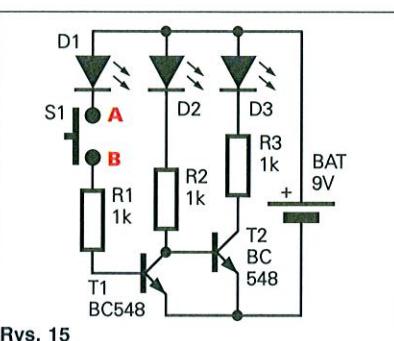
Podstawiając do podanych wcześniej wzorów wartości U, I, R, koniecznie musisz uwzględnić mnożnik. Początkujący często mają z tym kłopoty, bo zapominają o mnożnikach – Ty nie popełniaj takich błędów! Albo zamień wszystko na jednostki podstawowe, czyli wolty, ampery i omy, albo zauważ pewne zależności. Na przykład *mili* (1/1000) jest odwrotnością *kilo* (1000). Tak samo *micro* to odwrotność *mega*. Czy już rozumiesz, dla czego niektórzy mówią, że „*miliampere i kiloom dają wolt*” oraz „*mikroamper i megaom też dają wolt*”? Pomocne okazały się poniższe trójki:

amper – om – wolt
miliamper – kiloom – wolt
miliamper – om – miliwolt
miliamper, megaom, kilowolt
mikroamper – megaom – wolt
mikroamper – kiloom – miliwolt
mikroamper – om – mikrowolt



przez obwód baza-emiter tranzystora T2. Prąd ten otwiera tranzystor T2. Gdy przycisk S1 zostanie naciśnięty, prąd

i w efekcie świeci dioda D3. Gdy przycisk S1 zostanie naciśnięty, prąd



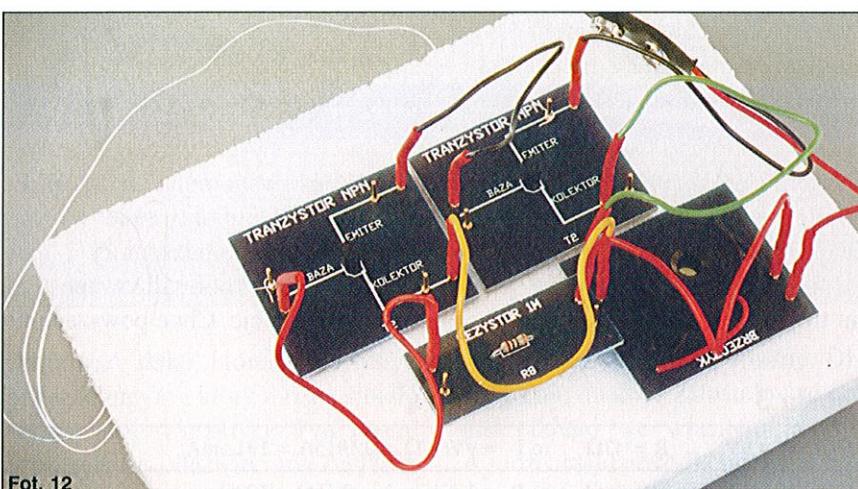
popłynie przez D1, R1 i tranzystor T1 otworzy się. Prąd, jak już wiesz, jest leniwy, więc płynąc nadal przez D2 i R2 wybierze teraz łatwiejszą drogę przez przewodzący tranzystor T1. Niejako zabierze cały prąd bazy T2 i tranzystor T2 zostanie zatkany (wyłączy się) – dioda D3 zgaśnie.

Ćwiczenie 13. System alarmowy

Zestaw układ według rysunku 16. Dioda zaświeci się po przerwaniu drucika (wyrwaniu go). Gdy drucik jest cały, prąd płynie od plusa zasilania przez diodę D1, rezistor R1 i dalej „najkrótszą drogą” do minusa przez drucik o bardzo małej rezystancji, omijając bazę tranzystora. Tranzystor nie przewodzi prądu (jest zatkany). Gdy drucik zostanie przerwany, prąd popłynie przez rezistor R1 i złącze baza-emiter tranzystora, co spowoduje otwarcie T1 i zaświecenie D2. Tranzystor pełni tu dwie pożyteczne funkcje:

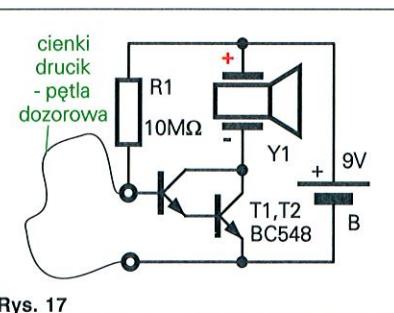
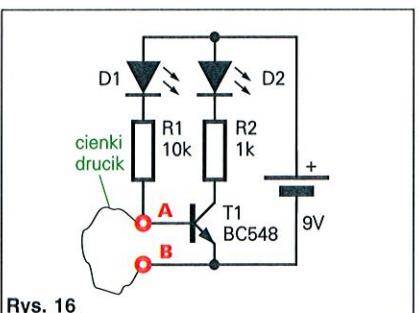
- przełącznika,
- wzmacniacza prądu

Zauważ, że w spoczynku układ pobiera pewien prąd – prąd płynący przez D1, R1 (10kΩ) i pętlę z drutu. Ze względu na duże wzmacnienie tranzystora i niewielki prąd pracy brzęczyka, prąd ten może być jeszcze mniejszy (można zwiększyć wartość R1). Pobór prądu w spoczynku można jeszcze bardziej zmniejszyć, stosując układ Darlingtona, według rysunku 17 i fotografii 12. Jest to najprawdziwszy system alarmowy – brzęczyk odezwi się po przerwaniu drucika, a mówiąc fachowo



– pętli dozorowej. Taki ulepszony układ możesz z powodzeniem wykorzystać w praktyce. Pobór prądu w stanie czuwania wynosi mniej niż 1 mikroamper (1 milionowa ampera), więc nawet niewielka bateria

wystarczy na kilka miesięcy. Cieniutki drucik uzyskasz rozplatając kawałek przewodu elektrycznego – linki. Nie muszę Ci chyba podpowiadać, gdzie możesz zastosować taki układ – pułapkę.





Fot. 17 BATERIE R6, LR6 (paluszki 1,5V)



Fot. 19. BATERIE LITOWE 3V



Fot. 20 BATERIE ZEGARKOWE



Fot. 18. BATERIA 9V 6F22

Bateria

Chemiczne źródło energii elektrycznej. Najważniejsze parametry baterii to napięcie oraz pojemność. Czym większa pojemność, tym więcej energii elektrycznej zawiera bateria i tym większy prąd można z niej pobrać. Jeśli pobór prądu jest dla danej

batterii znaczny, napięcie spada (co jest skutkiem istnienia tzw. rezystancji wewnętrznej). Baterie alkaliczne są lepsze od zwykłych węglowo-cynkowych, są też znacznie droższe. Typowe ogniwko baterii, zarówno zwykłe, jak i alkaliczne (np. popularny „paluszek” R6) daje napięcie 1,5V. Baterie (ogniwka) litowe mają napięcie 3V.

A teraz, aby nabrać wprawy, uzupełnij puste miejsca w **tabeli 3**. Zwróć uwagę, że wyłuszczone jednostki zawsze tworzą podane właśnie trójki.

Tabela 3

Jeśli $U = 9V$, $R = 47\Omega$ to $I = 9V/47\Omega = 0,1915A = 191,5mA$
Jeśli $U = 1,5V$, $I = 3mA$ to $R = 1,5V/3mA = 0,5k\Omega = 500\Omega$
Jeśli $U = 40mV$, $R = 100\Omega$ to $I = 40mV/100\Omega = 0,4mA = 400\mu A$
Jeśli $I = 1,5mA$, $R = 1M\Omega$ to $U = 1,5mA \cdot 1M\Omega = 1,5kV = 1500V$
Jeśli $I = 2,5\mu A$, $R = 2M\Omega$ to $U = 2,5\mu A \cdot 2M\Omega = 5V$
Jeśli $U = 800mV$, $R = 1k\Omega$ to $I = 800mV/1k\Omega = 800\mu A = 0,8mA$
Jeśli $U = 930\mu V$, $I = 3\mu A$ to $R = 930\mu V/3\mu A = 310\Omega = 0,31k\Omega$
Jeśli $U = 9V$, $I = 1,5A$ to $I =$
Jeśli $I = 40mA$, $R = 22k\Omega$ to $U =$
Jeśli $U = 15mV$, $R = 50\Omega$ to $I =$
Jeśli $U = 1kV$, $I = 20mA$ to $R =$
Jeśli $U = 6V$, $R = 15M\Omega$ to $I =$
Jeśli $I = 350\mu A$, $R = 3k\Omega$ to $U =$
Jeśli $U = 700\mu V$, $R = 100\Omega$ to $U =$

Pojemność wyrażana jest w amperogodzinach (Ah) lub miliamperogodzinach (mAh) i wskazuje jak długo będzie pracować bateria przy danym (niezbyt dużym) prądzie. Na fotografiach można zobaczyć najpopularniejsze baterie zwykłe, alkaliczne i litowe.

Na schematach baterię oznacza się zwykle literami B albo BAT.

Akumulator

Chemiczne źródło energii elektrycznej – zachowuje się podobnie jak bateria. W przeciwieństwie do jednorazowych baterii, akumulator może



Fot. 21. AKUMULATORY ZASADOWE NiCd

dostępne są wszystkie wartości według 5-procentowego szeregu E24, częściej są używane rezystory o wartościach z szeregów E12, a nawet E6. W **tabeli 4** podano informacje o szeregach E3 ... E24.

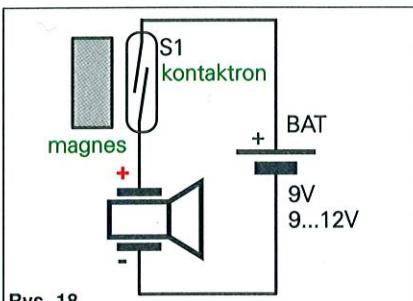
Nie wyobrażasz sobie, jak wiele układów można wykonać wykorzystując wyłącznie elementy według szeregu E3 – takie rezystory będąemy wykorzystywać w trakcie kursu (... 1Ω, 2,2Ω, 4,7Ω, 10Ω, 22Ω, 47Ω, 100Ω, 220Ω, 470Ω, 1kΩ, 2,2kΩ, 4,7kΩ, 10kΩ ...). Precyzyjne rezystory o tolerancji 1% (wg szeregu E96) są potrzebne bardzo rzadko – tylko do precyzyjnych i ultraniskoszumnych układów. Niezmiernie rzadko, a może nigdy nie będzie Ci potrzebny rezistor o nietypowej wartości np. 5,14kΩ (zastąpisz go potencjometrem albo złożysz z kilku typowych rezystorów). Znacznie droższe rezystory 1-procentowe są jednak dość popularne, i jeśli takowe masz, możesz je spokojnie stosować

Ćwiczenie 14. Tajemniczy wyłącznik – system alarmowy z kontaktronem

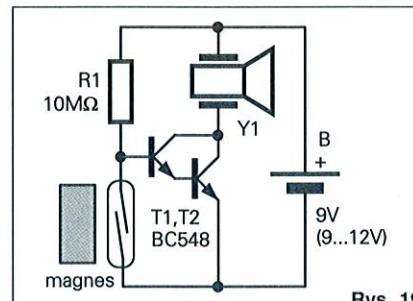
Zestaw układ według **rysunku 18**. Weź jakikolwiek magnes – na pewno w domu znajdziesz jakiś magnes. Jeśli zbliżysz magnes do rurki kontaktronowej, styki zostaną zwarte i brzęczyk zadziała. Rurkę kontaktronu możesz ukryć. Każde zbliżenie magnesu włączy brzęczyk. Czy znajdziesz dla takiego układu praktyczne zastosowanie? Jak mógłbyś wykorzystać taki tajemniczy wyłącznik?

Uwaga! Szklana rurka kontaktronowa jest bardzo krucha. Może łatwo ulec uszkodzeniu, jeśli wyprowadzenia będą wyginane tuż przy szkle. Aby wygiąć wyprowadzenie, koniecznie trzeba chwycić wyprowadzenie pincetą i wygiąć tylko wystającą końcówkę – zobacz rysunek wstępny A. Przewody łączące kontaktron z układem mogą być długie, ale wtedy trzeba je ze sobą skręcić, by uniknąć ewentualnych zakłóceń domowych i przemysłowych.

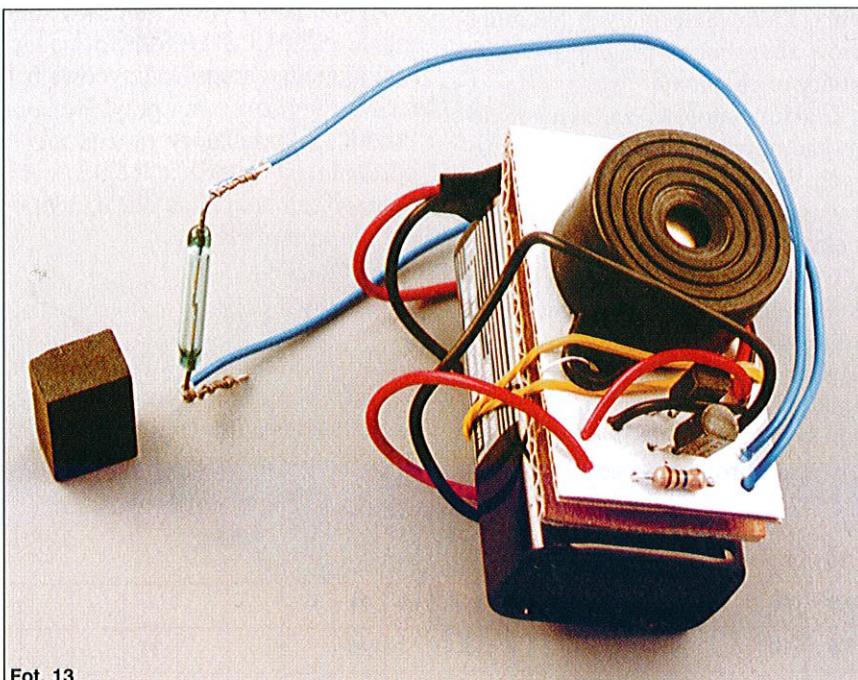
Zbuduj też układ według **rysunku 19**. **Fotografia 13** udowadnia, że kawałek tekturki i gumka pozwalają



Rys. 18



Rys. 19



Fot. 13

zbudować układ, którego nie wstydu pokazać innym i który można śmiało wykorzystać w praktyce. Tym razem brzęczyk się odezvie, gdy oddalisz magnes od kontaktronu. Jeśli kontaktron umieściszesz na futrynie, a magnes na drzwiach, brzęczyk odezvie

się, gdy drzwi zostaną otwarte. Dlaczego nie miałbyś zainstalować czegoś takiego we własnym pokoju? A może znajdziesz dla tajemniczego, magnetycznego wyłącznika z rysunku 18 lub 19 jeszcze inne praktyczne zastosowanie?

Czy wiesz, że...

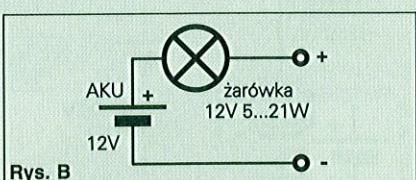
działanie tranzystora jest beznadrzejnie proste? W normalnych warunkach pracy prąd kolektora typowego tranzystora jest co najmniej sto razy większy od prądu bazy.



Fot. 22. AKUMULATORY KWASOWO-OŁOWIOWE

na podanym na początku **rysunku B**, by ograniczyć maksymalny prąd.

Na schematach akumulatory ozna-
cza się zazwyczaj literami AKU,
B lub BAT.



A black rectangular power adapter with a textured surface. A small red LED light is visible on the left side. A black power cord is attached to the bottom left.

Fot. 23. ZASILACZ

być wielokrotnie ładowany i rozładowywany. Akumulatory należy ładować w warunkach (prąd, czas ładowania) zalecanych przez producenta. Ładowanie małych akumulatorów zbyt dużym prądem może się skończyć eksplozją.

Z akumulatorów, zarówno niklowo-kadmowych, niklowo-wodorkowych, jak i kwasowych można pobrać stosunkowo duży prąd, dużo większy niż z jednorazowych baterii o podobnej wielkości. Zwłaszcza akumulator samochodowy może być źródłem prądu o ogromnej wartości. Gdybyś chciał wykorzystać taki akumulator do zasilania budowanych układów, koniecznie powinieneś zastosować żarówkę, w połączeniu jak

Zasilacz

Układ elektroniczny, który zamienia wysokie napięcie sieci energetycznej na małe napięcie potrzebne do zasilania układów elektronicznych. Bardzo

popularne są zasilacze wtyczkowe. Wiele z nich zawiera stabilizator, czyli układ precyzyjnie utrzymujący na wyjściu napięcie nominalne. Taki zasilacz znakomicie zastępuje baterie. Na fotografii pokazano zasilacz wtyczkowy stabilizowany ZS12V/250mA.

Najtańsze zasilacze wtyczkowe nie mają stabilizatorów, a ich napięcie silnie zależy od chwilowego poboru prądu. Dla początkującego hobbysty najodpowiedniejszy jest zasilacz stabilizowany o napięciu wyjściowym 12V i maksymalnym prądem co najmniej 100mA (lepiej 200...500mA).

Zasilacz nie jest elementem i nie ma osobnego symbolu. Czasem do oznaczenia zasilacza używa się symbolu baterii, ogólnie – źródła napięcia).

Tabela 4

E3	10							22							47						
E6	10			15				22				33			47				68		
E12	10		12		15		18		22		27		33		39		47		56		68
E24	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68

w miejsce popularnych 5- czy 10-procentowych.

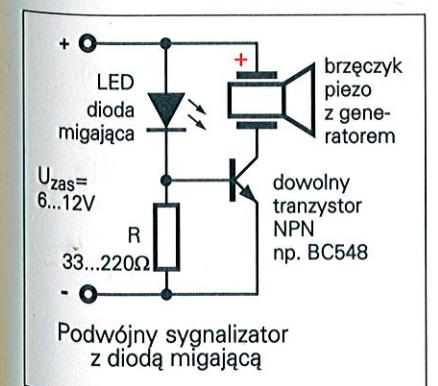
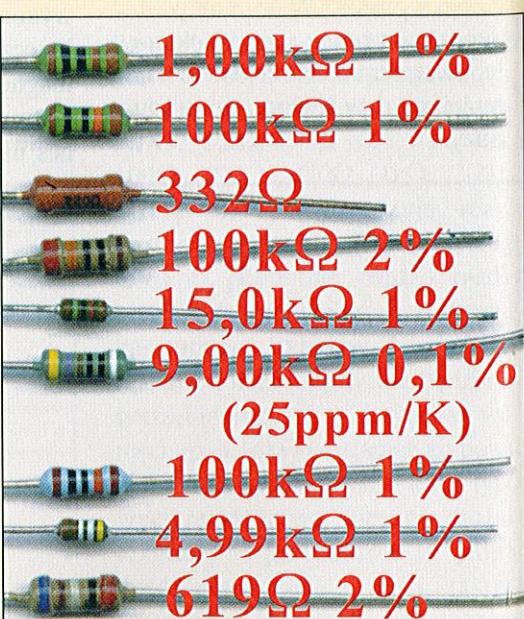
1-procentowy szereg E96 opiera się na następujących nominałach:

100	102	105	107	110	113	115
118	121	124	127	130	133	137
143	147	150	154	158	162	165
174	178	182	187	191	196	200
210	215	221	226	232	237	243
249	255	261	267	274	280	287
294	301	309	316	324	332	340
348	357	365	374	383	392	402
412	422	432	442	453	464	475
487	499	511	523	536	549	562
576	590	604	619	634	649	665
681	698	715	732	750	768	787
806	825	845	866	887	909	931

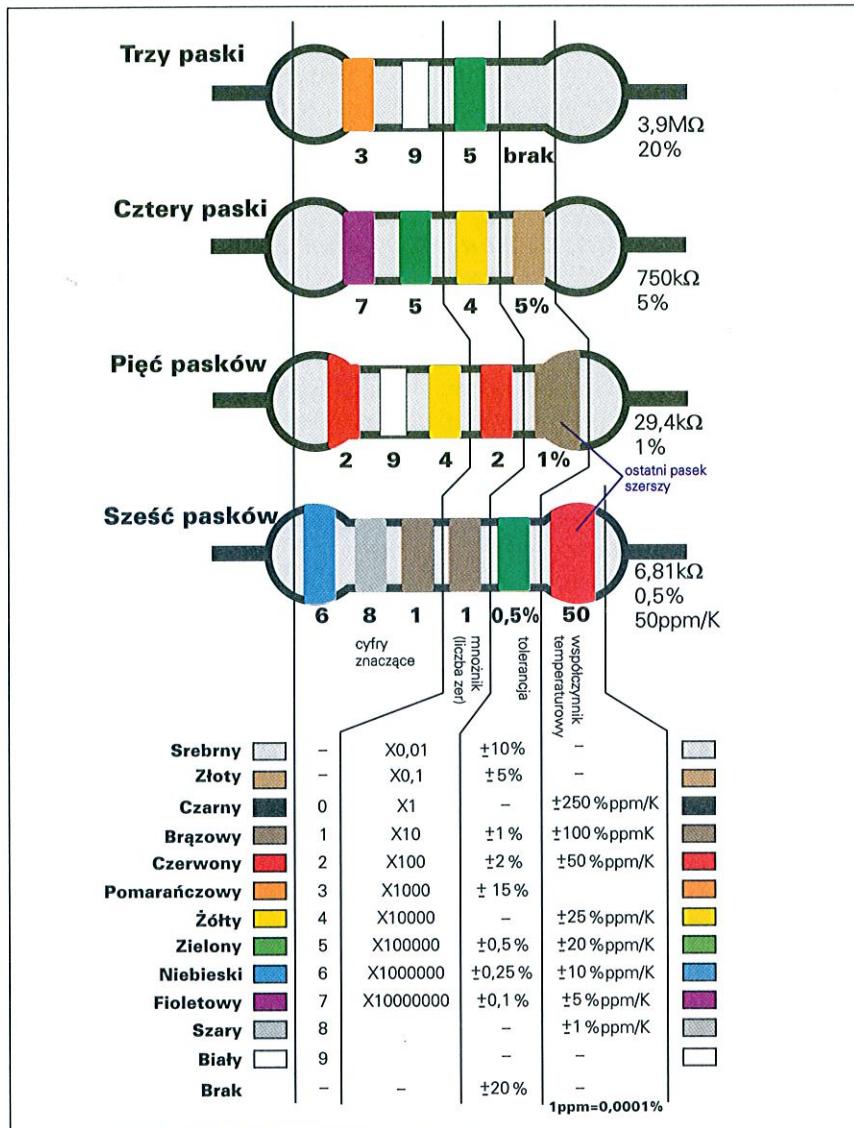
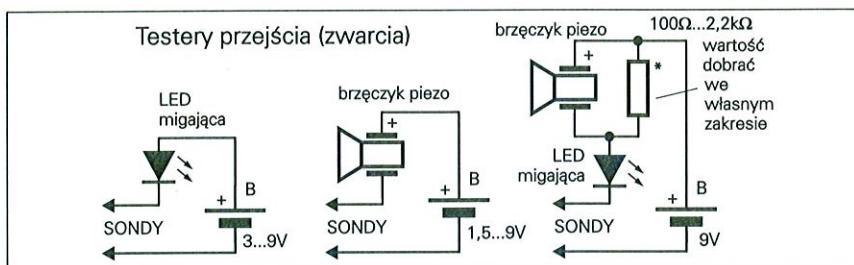
Wartości wytluszczone tworzą szereg E48.

Na fotografii obok pokazano kilka rezistorów precyzyjnych.

Wśród nich znajduje się rezystor o tolerancji 0,1% – jak widać, jego wartość ($9,00\text{k}\Omega$) jest jeszcze inna, niż podana w szeregach E24 czy E96.



Biblioteczka praktyka



brązowy). W ich oznaczeniu występują trzy cyfry znaczące i mnożnik, a wartości są z szeregu E96. Trudno dostępne dla hobbystów są rezystory sześciopaskowe z podanym współczynnikiem temperaturowym (wyrażonym w ppm/K). Są to stabilne rezystory o wysokiej precyzyji, używa-

ne zwykle w aparaturze pomiarowej. Skrót ppm to „parts per million” – części na milion, czyli 0,000001, natomiast K – kelwin w tym przypadku to samo co stopień Celsiusza.

$$1\text{ppm/K} = 0,000001/\text{ }^{\circ}\text{C}$$

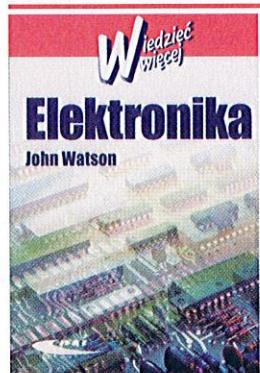
**Entuzjastom elektroniki
WYDAWNICTWA
KOMUNIKACJI I ŁĄCZNOŚCI**
oferują następujące książki



Konrad T. Widelski

SPOTKANIE Z ELEKTRONIKĄ

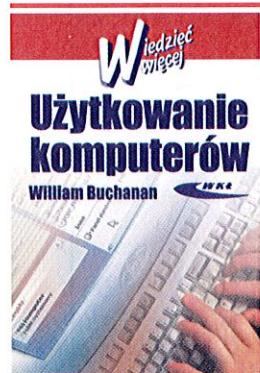
Najważniejsze informacje o podstawowych elementach układów elektronicznych oraz zasady i wskazówki samodzielnego zestawiania z nich prostych urządzeń. Szczegółowe opisy, schematy i rysunki montażowe kilku modeli przeznaczonych do samodzielnego montażu umożliwiające wykorzystanie wiedzy teoretycznej w praktyce. Przystępne ujęcie zapewnia zrozumienie treści przez osoby interesujące się elektroniką niezależnie od ich przygotowania technicznego.



John Watson, tł. Michał Nadachowski

ELEKTRONIKA

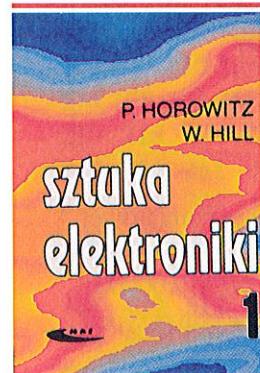
Przystępne, bogato ilustrowane kompendium wiedzy z zakresu elektroniki od podstaw elektryczności do skomplikowanych układów i urządzeń elektronicznych. Zawiera: obwody elektryczne, elementy bierne, przyrządy pomiarowe, konstrukcję i montaż układów elektronicznych, zasilanie sieciowe i baterijne, elementy elektroniki próżniowej, półprzewodniki i ich wytwarzanie, wzmacniacze i generatory, wzmacniacze operacyjne i wzmacniacze dźwięku, magnetofony, radio i telewizję, urządzenia do zapisu obrazu, elementy optoelektroniczne, specjalne elementy półprzewodnikowe i elektromagnetyczne, elementy i układy elektroniki cyfrowej, mikrokontrolery i mikroprocesory, komputery osobiste, odtwarzacze płyt kompaktowych.



William Buchanan, tł. Michał Klebanowski

UŻYTKOWANIE KOMPUTERÓW

W książce w przystępny sposób ujęto najważniejsze zagadnienia związane z użytkowaniem komputerów. Zawarto w niej podstawy wiedzy o komputerach, podstawy systemów operacyjnych, podstawy przetwarzania i transmisji danych oraz kompresji, podstawowe informacje o sieciach komputerowych i typy tych sieci, protokół internetowy, podstawy szyfrowania i bezpieczeństwa danych w sieci, rodzaje baz danych, podstawy programowania, a także architekturę klient-serwer, sieć WWW, jak również informacje o poczcie elektronicznej i multimedialnych. Liczne ilustracje ułatwiają przyswajanie wiedzy a ciekawostki uprzyjemniają lekturę.



Paul Horowitz, Winfield Hill

SZTUKA ELEKTRONIKI

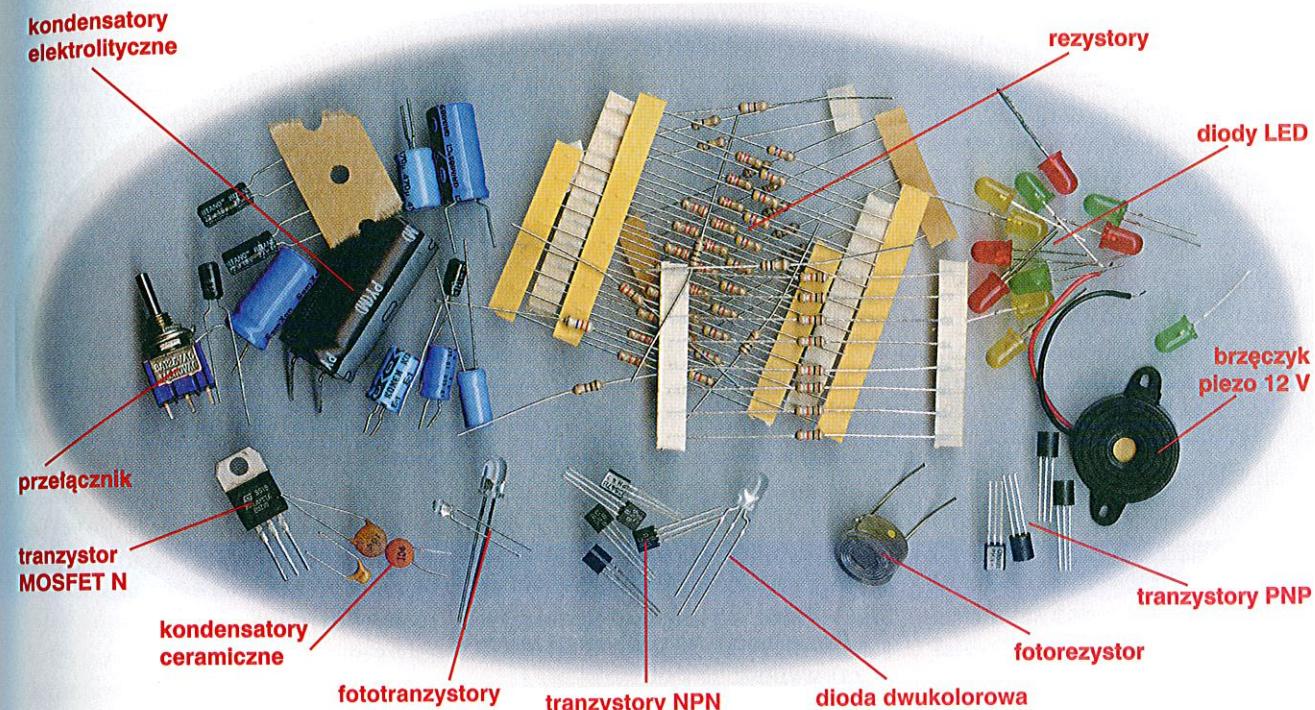
Wprowadzenie w świat elektroniki jako dziedziny inżynierskiej sztuki projektowania urządzeń. Przykłady praktycznych rozwiązań i pomysłów układowych. Książka powstała na podstawie wykładów prowadzonych na Uniwersytecie Harvarda. Autorzy czynią to, czego zwykle fachowcy czynią nie lubią – zdradzają sekrety swojej sztuki. Pozwalają ominąć etap nieudanych prób i doświadczeń. Przez skomplikowany świat elektroniki prowadzą nas jak starsi koledzy, których dwa zdania czasem wyjaśniają więcej niż kilka stron podręcznika.

Książka w 2 tomach.

Zapraszamy do księgarni internetowej www.wkl.com.pl

Wyprawa druga (A2)

**Nocny Dręczyciel. Laserowa strzelница. Wyłącznik zmierzchowy.
Automat reklamowy. Symulator alarmu. Elektroniczna tęcza.
Dyskotekowy gadżet. Tańczące lampki. Migacz dużej mocy**



Podczas drugiej wyprawy wykonasz wiele fantastycznych układów, których działanie wprawi w zdumienie Ciebie i Twoich najbliższych. Poznasz kolejne podstawowe prawa elektroniki i zdziwisz się, jakie są proste i oczywiste.

Na naszej pierwszej wyprawie (A1) radziliśmy sobie bez użycia lutownicy. Podczas drugiej wyprawy

zapoznasz się z lutowaniem. Jeśli bardzo się boisz lutowania, możesz zmontować opisane układy innymi sposobami, zaprezentowanymi podczas poprzedniej wyprawy. Serdecznie radzę Ci jednak – zacznij lutować.

Nie jest to nic trudnego, musisz tylko trochę poćwiczyć... uważać, by się nie poparzyć. Pozyteczne wskazówki dotyczące lutowania znajdziesz w artykule.

Potrzebna Ci będzie mała lutownica. Przed decyzją o zakupie przeczytaj wskazówki zamieszczone w części pt. Technikalia.

Nie przejmuj się, jeśli na razie nie umiesz i nie rozumiesz wszystkiego. Wykonanie proponowanych ćwiczeń da Ci wiele radości i wiele nauczy.

Prąd elektryczny przepływający przez ciało człowieka nie jest obojętny dla zdrowia.

Czym większe napięcie, tym większy prąd i większy wpływ na organizm.

Napięcia nie przekraczające 24V uznaje się za bezwzględnie bezpieczne.

Napięcia większe niż 60V są uznawane za niebezpieczne.

Napięcie w domowym gniazdku sieci energetycznej wynosi 220...230V – jest to więc napięcie groźne dla życia!

Przeprowadzanie prób z układami dołączonymi wprost do sieci grozi śmiercią!

Aby zapobiec nieszczęściu, należy zasilać budowane układy z baterii lub z użyciem fabrycznego, attestowanego zasilacza, który co prawda jest dołączany do sieci, ale zastosowane rozwiązania zapewniają galwaniczną izolację od sieci i pełne bezpieczeństwo.

Kondensator

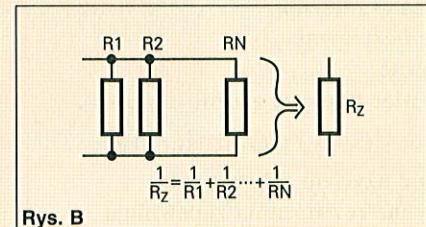
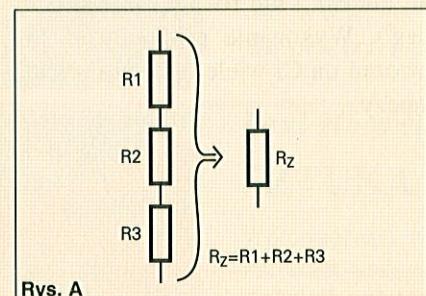
Kondensatory obok rezystorów są najpopularniejszymi elementami elektronicznymi. Ich budowę ilustruje pokazany symbol kondensatora – dwie przewodzące prąd piaszczyste, tak zwane okładki, przedzielone są warstwą izolatora (dielektryka). Obecność izolatora wskazuje, że przez kondensator nie może płynąć prąd (stały). Najważniejszą cechą kondensatorów jest zdolność gromadzenia energii elektrycznej. Zdolność tę charakteryzuje podstawowy parametr kondensatorów zwany pojemnością.

Kondensator można naładować, to znaczy zgromadzić w nim energię, a potem tę energię pobrać



Połączenie szeregowego i równoległe

Jak się przekonaliśmy w ćwiczeniu 1, rezystancja wypadkowa (zastępcza) połączenia szeregowego dowolnej liczby rezystorów jest równa sumie ich rezystancji. Ilustruje to rysunek A.



w tym względzie kondensator przypomina akumulator. Trzeba jednak wiedzieć, że ilość energii, jaką można zgromadzić w typowym kondensatorze jest nieporównanie mniejsza od ilości energii gromadzonej w jakimkolwiek akumulatorze (baterii).

Prócz roli (niewielkich) zbiorników energii, kondensatory pełnią w układach elektronicznych także inne ważne role: rozdzielają sygnały, zmniejszają zakłócenia, są częścią filtrów.

Najważniejsze parametry kondensatora to pojemność i napięcie maksymalne (znamionowe). Jeśli napięcie na końcówkach kondensatora będzie zbyt wysokie, to izolator kondensatora ulegnie przebiciu, co zazwyczaj oznacza trwałe uszkodzenie (zwarcie okładek). Dlatego na obudowach kondensatorów zwykle oprócz pojemności podaje się napięcie maksymalne. Uwaga! Kondensator może z powodzeniem

pracować przy napięciach niższych niż jego napięcie znamionowe – nie grozi to niczym złym.

Pojemność kondensatora wyrażamy w faradach (skrót F). 1 farad to ogromna pojemność; w praktyce pojemność wyraża się w mikrofaradach (μF), nanofaradach (nF) i pikofaradach (pF). W swojej praktyce najczęściej będziesz mieć do czynienia z kondensatorami o pojemnościach w zakresie $1\text{nF}...4700\,\mu\text{F}$.

Istnieje wiele rodzajów kondensatorów, różniących się budową, a przede wszystkim rodzajem dielektryka (izolatora). Są kondensatory mikowe, papierowe, szklane, teflonowe, poliwęglanowe, polistyrenowe, poliestrowe, ceramiczne, elektrolityczne aluminiowe, tantalowe itd.

Zdecydowanie najpopularniejsze (i najtańsze) są poliestrowe, ceramiczne oraz elektrolityczne aluminiowe – takie kondensatory będziesz stosować w swych układach. Na fotografii 1 pokazano różne kondensatory.

Rezystancja wypadkowa (zastępcza) wynosi:

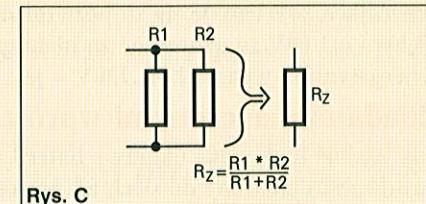
$$R_z = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Gorzej w przypadku połączenia równoległego – zobacz rysunek B. Tu obowiązuje następująca zależność:

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Czy ten wzór Cię przestraszył? Jeśli tak, to już wiesz, dlaczego w ćwiczeniu 1 zachęcam Cię do intuicyjnego podejścia do problemu.

Możesz jednak zapamiętać wzór na rezystancję wypadkową **dwoch** rezystorów połączonych równolegle – patrz rysunek C. Nie będzie to jednak wzór:



w tym względzie kondensator przypomina akumulator. Trzeba jednak wiedzieć, że ilość energii, jaką można zgromadzić w typowym kondensatorze jest nieporównanie mniejsza od ilości energii gromadzonej w jakimkolwiek akumulatorze (baterii).

Pojemność kondensatora wyrażamy w faradach (skrót F). 1 farad to ogromna pojemność; w praktyce pojemność wyraża się w mikrofaradach (μF), nanofaradach (nF) i pikofaradach (pF). W swojej praktyce najczęściej będziesz mieć do czynienia z kondensatorami o pojemnościach w zakresie $1\text{nF}...4700\,\mu\text{F}$.

Istnieje wiele rodzajów kondensatorów, różniących się budową, a przede wszystkim rodzajem dielektryka (izolatora). Są kondensatory mikowe, papierowe, szklane, teflonowe, poliwęglanowe, polistyrenowe, poliestrowe, ceramiczne, elektrolityczne aluminiowe, tantalowe itd.

Zdecydowanie najpopularniejsze (i najtańsze) są poliestrowe, ceramiczne oraz elektrolityczne aluminiowe – takie kondensatory będziesz stosować w swych układach. Na fotografii 1 pokazano różne kondensatory.

Ćwiczenie 1. Połączenie równoległe i szeregowe

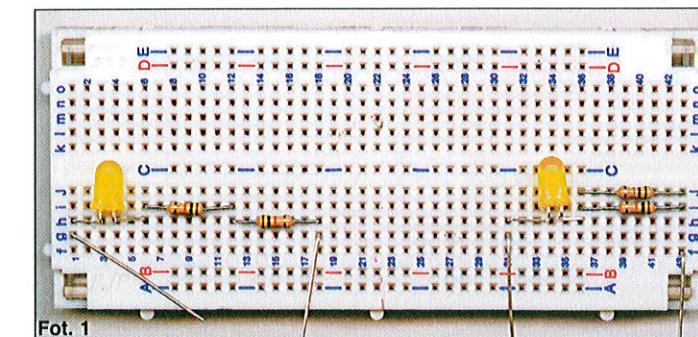
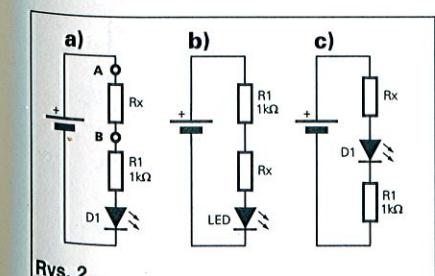
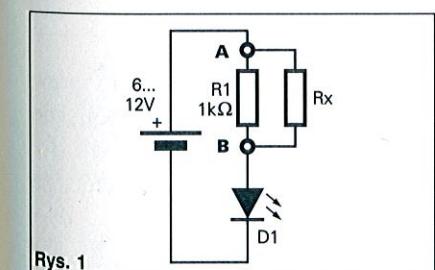
Rozpływ prądów

Na początek będziemy łączyć rezystory szeregowo i równolegle. Nie zlekceważ tego prostego ćwiczenia. Chodzi o intuicyjne zrozumienie zasad łączenia rezystorów i rozpływów prądów.

Zmontuj układ według rysunku 1 i równolegle do rezystora R1 dodaj kolejno rezystory Rx o wartościach 220Ω , $1\text{k}\Omega$, $10\text{k}\Omega$, $100\text{k}\Omega$, $1\text{M}\Omega$ (nie dodaj mniejszych niż 100Ω , bo możesz spalić diodę). Nie musisz dodawać rezystora Rx na stałe – wystarczy że dotkniesz jego końcówkami końcówek rezystora R1. Zwróć uwagę, jak zmienia się jasność diody – jest ona zależna od wypadkowej rezystancji równoległego połączenia R1 i Rx. Czym mniejsza rezystancja wypadkowa, tym większy prąd i silniej świeci dioda LED. Możesz też dołączyć równolegle do R1 dwa lub więcej rezystorów.

Dodanie równolegle dowolnego rezystora Rx (lub kilku równoległych rezystorów) niewątpliwie zwiększa jasność diody, ale gdy Rx ma dużą wartość, zmiany są minimalne.

Dodając równoległy rezistor, zwiększasz prąd diody. Oznacza to, że zmniejszasz rezystancję ograniczającą.

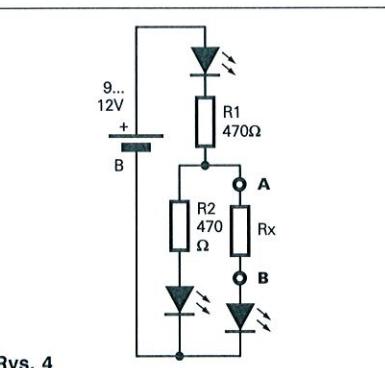


Fot. 1

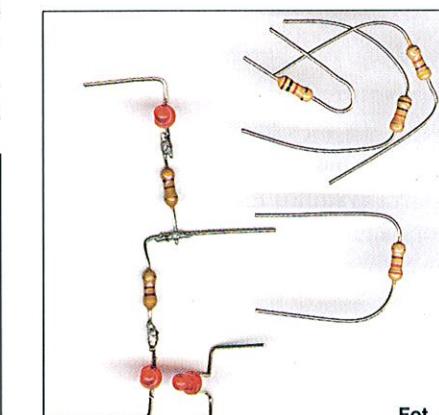
od R1, to wypadkowa rezystancja jest zbliżona do większej z nich, czyli Rx. Możesz też między punkty A, B włączyć nie jeden, ale kilka połączonych w szereg rezystorów.

Jeśli chcesz sprawdzić, czy taki sam efekt uzyskasz przy przestawieniu kolejności rezystorów, czyli w układzie według rysunku 2b lub 2c. Efekt jest zawsze taki sam. Oznacza to, że **przy połączeniu szeregowym dowolnych elementów kolejność nie ma znaczenia**. Wbij to sobie do głowy raz na zawsze!

A teraz dobra wiadomość. Bardzo łatwo można policzyć rezystancje



Rys. 4



Fot. 2

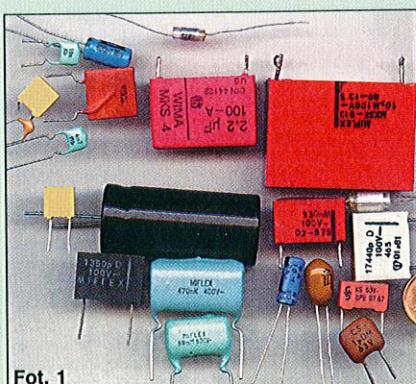


Tabela 1

N	$\pm 30\%$
M	$\pm 20\%$
K	$\pm 10\%$
J	$\pm 5\%$
G	$\pm 2\%$
F	$\pm 1\%$
D	$\pm 0,5\%$
C	$\pm 0,25\%$
B	$\pm 0,1\%$
W	$\pm 0,05\%$
P	$\pm 0,002\%$
L	$\pm 0,001\%$
E	$\pm 0,0005\%$

Większość zasad oznaczania kondensatorów podałem podczas poprzedniej wyprawy. Dodam tylko informację o oznaczaniu tolerancji oraz kondensatorów ceramicznych.

Tolerancję oznacza się dużą literą. Najczęściej jest to litera K (10%) lub J (5%). Tabela 1 zawiera dokładniejsze informacje.

Oznaczenie 220nK oznacza więc 220nF 10%; 4n7J to 4,7nF 5%, natomiast 1n21F to 1,21nF (1210pF) 1%.

Często spotyka się elementy oznaczone kodem cyfrowym podobnym

do kodu kolorów. W oznaczeniu trzycyfrowym dwie pierwsze cyfry są znaczące, trzecia to liczba zer. Wartość jest podana w pikofaradach (w przypadku rezystorów – w omach). Przykładowo kondensator oznaczony 332 ma wartość 3300 pF, czyli 3,3 nF.

471 to 470 pF; 224 to 220000 pF, czyli 220 nF, natomiast 105 to 1000000 pF czyli 1 μF.

Ten straszny Kirchhoff...

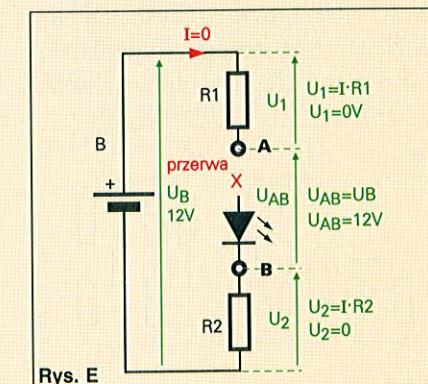
Podczas pierwszej wyprawy omawialiśmy prawo Ohma. Okazało się, że to nic trudnego. Równie proste i łatwe do intuicyjnego pojęcia okaza się dwa kolejne fundamentalne prawa elektroniki – prawa Kirchhoffa.

Zanim je omówimy, uściślimy pewne podstawowe fakty.

Prąd, przepływając przez elementy wywołuje na nich spadek napięcia. Jeśli prąd nie płynie, spadku napięcia nie ma. Uwaga – spadek napięcia i napięcie to to samo. Czasem myśląc o tym samym mówimy, że na elemencie występuje napięcie, a czasem że spadek napięcia. Na rysunku E pokazano obwód, który nie jest zamknięty. Prąd jest równy零, a więc napięcia U_1 i U_2 ...

Według prawa Ohma

$$U = I \cdot R$$

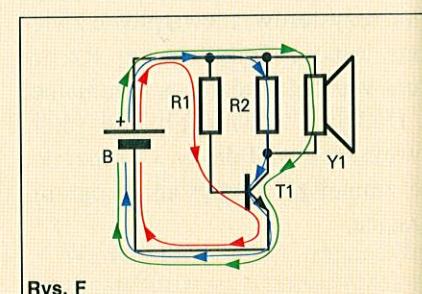
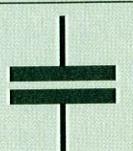


Kondensator stały

Nazwa **kondensator stały** wskazuje na rodzaj dielektryka: ciało stałe, w przeciwieństwie do cieczy. Najpopularniejszymi dielektrykami są cieniutka folia (najczęściej poliestrowa) oraz specjalne odmiany ceramiki. Na fotografiiach 2 i 3 pokazano kondensatory foliowe i ceramiczne. Kondensator stały jest elementem niebiegunowym.

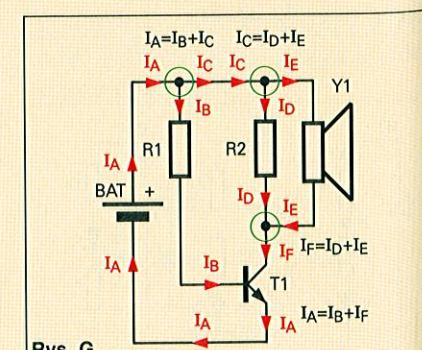
Najpopularniejsze kondensatory stałe mają pojemność 1nF...2,2μF (2200nF).

Kondensatory foliowe (o oznaczeniu MKT) niewiele zmieniają pojemność pod wpływem temperatury i są stosowane w układach, gdzie jest wymagana stabilność pojemności.



A teraz przechodzimy do prawa Kirchhoffa. Nic się nie bój, nie będzie bolało.

Zapewne znasz powiedzenie że w przyrodzie nic nie ginie...



wypadkową rezystorów połączonych szeregowo: **rezystancja wypadkowa połączenia szeregowego dowolnej liczby rezystorów jest sumą ich rezystancji**. Zapamiętaj to!

Ja przygotowując ćwiczenia wykorzystałem uniwersalną płytę stykową – fotografia 1.

W praktyce będziesz niekiedy łączył rezystory szeregowo i równolegle, by uzyskać potrzebną wartość. Możesz też zastosować połączenie miesiane. Trzy przykłady podane są na rysunku 3.

A teraz kolejna sprawa – rozpływ prądu w obwodzie. Sprawdzisz to w układzie z rysunku 4 i foto-

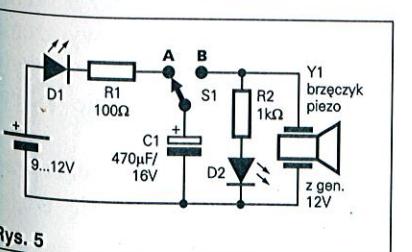
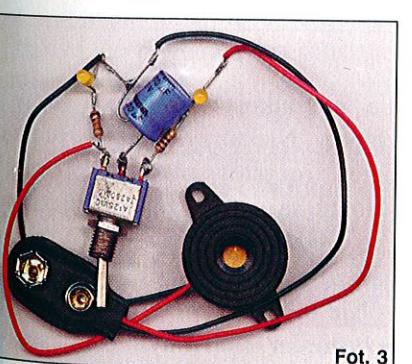
grafii 2 z trzema jednakowymi diodami LED, stosując jako Rx rezystory o wartościach 1Ω, 10Ω, 100Ω, 1kΩ, 10kΩ, 100kΩ. Znów nie musisz łączyć Rx na stałe – wystarczy dotknąć na chwilę punktów A, B. Przekonaj się, że prąd jest leniwy i chętnie płynie tam, gdzie jest mniejszy opór (rezystancja).

Ćwiczenie 2. Podwajacz napięcia

Wykonaj układ według rysunku 5 i fotografii 3. Zwróć uwagę, że zastosowany kondensator elektrolityczny jest elementem biegunkowym iłączony odwrotnie na pewno się zepsuje, a nawet może wybuchnąć.

Przełączaj przełącznik S1. Co się dzieje?

Nie ulega wątpliwości, że kondensator zachowuje się jak bateria – gromadzi energię elektryczną. W pozycji A przełącznika S1 do baterii B1 dołączasz kondensator C1, kondensator ładowuje się w krótkim czasie prądem płynącym przez rezistor R1 i diodę D1. Świadczy o tym silny a krótki błysk diody D1. Gdy kondensator się naładowuje, prąd ładowania przestaje płynąć. O tym, że kondensator został naładowany, czyli zgromadziła się w nim pewna



ilość energii przekonasz się, gdy przełączysz S1 do pozycji B. Dioda D2 zaświeci się, a następnie zacznie pomału gasnąć. Brzęczyk będzie działał dłużej.

A jak długo będą świecić lampki z kondensatorem o pojemności 4700μF? Tym razem możesz dołączyć większy kondensator równolegle do mniejszego, wypadkowa pojemność będzie sumą pojemności obu kondensatorów – zapamiętaj to.

Zastosuj teraz w roli C1 kondensator o pojemności 10μF i przełączaj S1. Co się zmieniło? Czy dostrzegasz miganie diod? Diody nadal świecą, ale czas świecenia jest bardzo krótki.

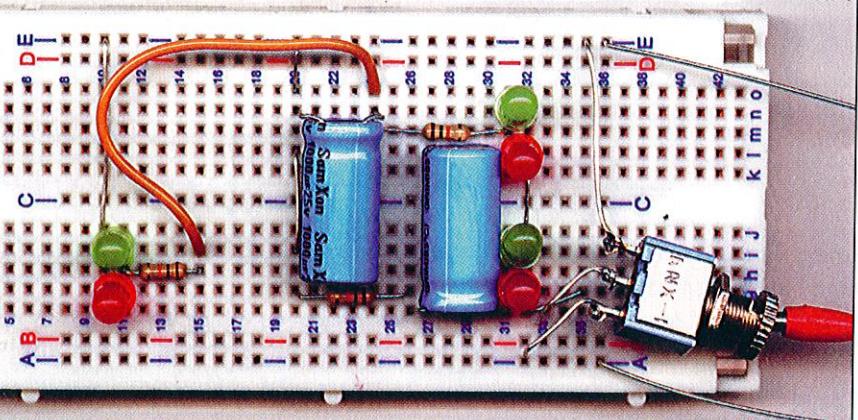
Odłącz rezistor i diodę LED, pozostaw tylko brzęczyk. Jak długo będzie pracował brzęczyk, zasilany z kondensatora 470μF, a ile z kondensatora 10μF?

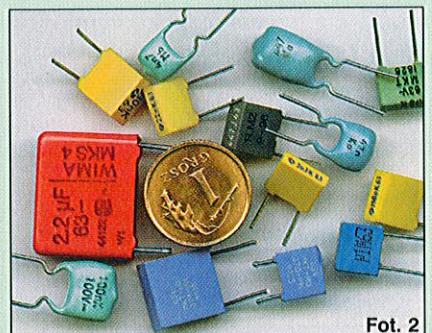
Czas świecenia diody (czas rozładowania) zależy od pojemności C1 i rezystancji R2. Czym większa pojemność i czym większa rezys-

tancja, tym czas ten jest większy (obecność brzęczyka ma niewielki wpływ). Podobnie od rezystancji R1 i pojemności C1 zależy czas ładowania. Zastosuj R1=1kΩ, C1 = 4700μF. Jak dioda D1 świadczy o czasie ładowania?

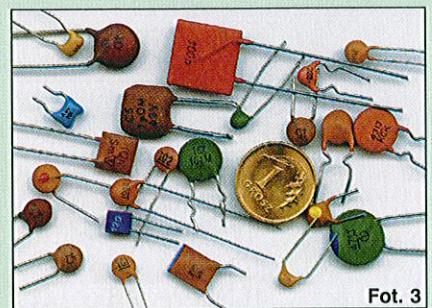
Zestaw teraz układ według rysunku 6a. Ja wykorzystałem płytę stykową – fotografia 4. Diody świecące służą tu tylko jako wskaźnik prądu. Obwody I i II są bardzo podobne; różnią się tylko kolejnością elementów R, C. Podczas łączenia przełącznika S migać będą

Fot. 4





Fot. 2

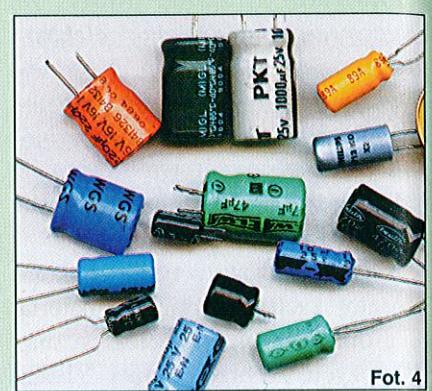


Fot. 3

Kondensatory ceramiczne są mniejsze i tańsze od podobnych foliowych, ale mają małą stabilność cieplną – niektóre ich rodzaje potrafią pod wpływem wahań temperatury zmieniać pojemność nawet o 50%, gdy kondensatory foliowe w tych samych warunkach zmieniają pojemność co najwyżej o 1%. Pomimo mniejszej stabilności, kondensatory ceramiczne są wykorzystywane powszechnie, bo tylko w niewielu przypadkach jest wymagana dobra stabilność cieplna.

Kondensator elektrolityczny

Kondensator elektrolityczny zasługuje swą nazwę (zwykle ciekłemu) elektrolitem. Gdy rozbierzesz popularny kondensator elektrolityczny, przekonasz się, iż jest on zbudowany ze zwiniętych pasków folii aluminiowej i pasków papieru nasączonych ciecą – właśnie elektrolitem. Wbrew pozorom, izolatorem nie jest ani papier, ani ciekły elektrolit, tylko cieniutka warstwa tlenku glinu, wytworzona na chropowatej powierzchni paska aluminiu (jeden z pasków jest matowy). Ponieważ warstwa izolatora jest dziwacznie cienka, a chropowata powierzchnia aluminium ma powierzchnię czynną wielokrotnie większą niż geometryczne wymiary paska, w kondensatorach elektrolitycznych udaje się uzyskać stosunkowo dużą pojemność.



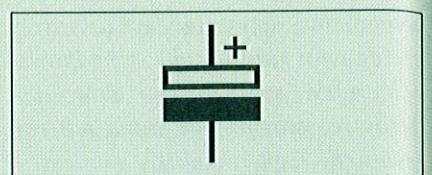
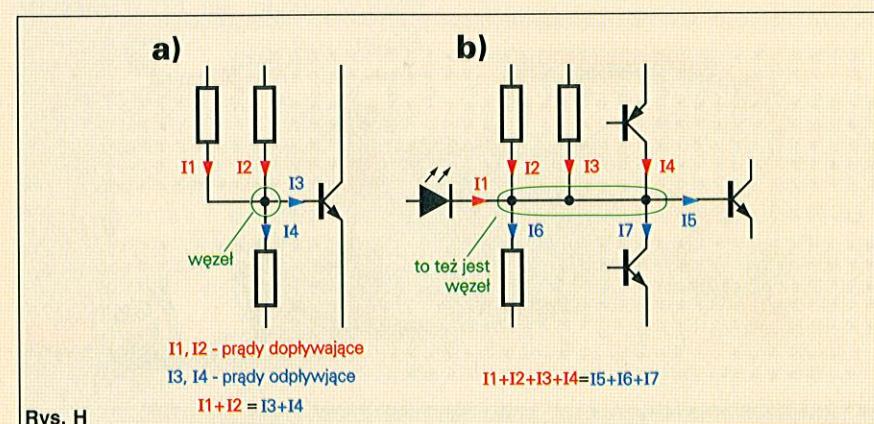
Fot. 4

Powiedzenie to jest jak najbardziej trafne w odniesieniu do elektroniki, aściślej: prądu i napięcia. Na rysunku G zaznaczyłem rozpływ prądów w poszczególnych gałęziach i zaznaczonych (na zielono) węzłach. Znów użyjmy prostej analogii z rurami instalacji wodnej. Prąd w przewodach i elementach zachowuje się podobnie jak woda płynąca w rurach. Woda po drodze nie może zginąć (rury nie są dziurawie). Ilość wody dopływającej do danego węzła

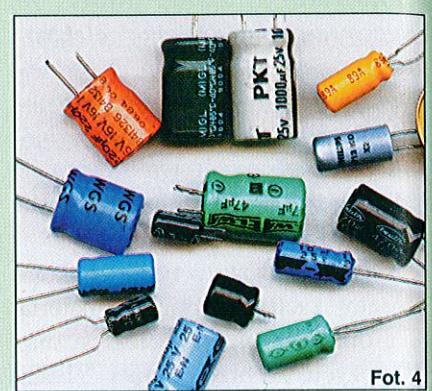
musi być równa ilości wody odpływającej. To oczywiste prawda?

Tak samo jest z prądem: *suma prądów dopływających do węzła musi być równa sumie prądów odpływających*. Ilustruje to rysunek H. Samo przez sie zrozumiałe?

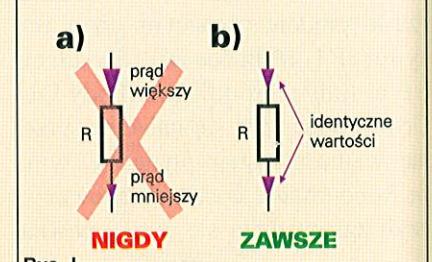
Właśnie! A to jest treść prawa Kirchhoffa dotyczącego prądu. Może uznasz, że sprawą tych prądów w węźle jest tak oczywista, że nie warto o tym nawet wspominać. Rzeczywiście jest to zgodne z intuicją,



nium (jeden z pasków jest matowy). Ponieważ warstwa izolatora jest dziwacznie cienka, a chropowata powierzchnia aluminium ma powierzchnię czynną wielokrotnie większą niż geometryczne wymiary paska, w kondensatorach elektrolitycznych udaje się uzyskać stosunkowo dużą pojemność.



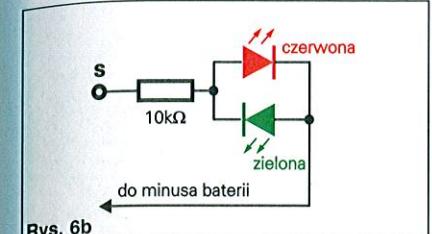
Fot. 4



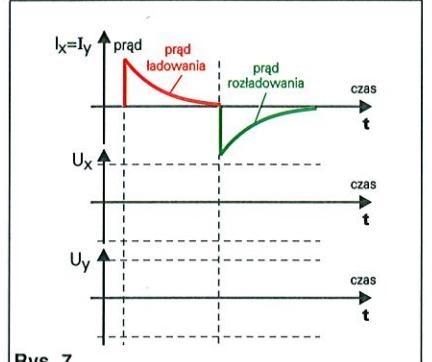
ale początkujący miewają z tym kłopoty. Niektórzy wiedząc, że prąd przez rezystor płynie „opornie” skłonni są uznać, że zmniejsza on „po drodze” swoją wartość. I to jest bardzo poważny błąd!

Nie może się zdarzyć, że „przed rezystorem” (lub innym elementem) prąd jest większy, a „za rezystorem” – mniejszy. Zresztą wyrażenia „przed” i „za” nie są trafne i nigdy tak nie mówimy. Ilustruje to rysunek I.

Zapamiętaj – w danej gałęzi prąd nie może „zawierać się gdzieś po drodze”.



Rys. 6b

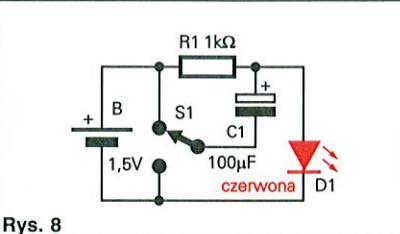


Rys. 7

wszystkie diody. Na rysunku 6a zaznaczyłem kolorami, w jakim obwodzie płynie prąd ładowania (kolor czerwony), a w jakim prąd rozładowania (kolor zielony). Zauważ, że kierunek przepływu prądu zmienia się. Czy rozumiesz dlaczego?

Przyzwyczajaj się do wykresów – na rysunku 7 narysowałem jak zmienia się w czasie prąd ładowania i rozładowania. Wykres z rysunku 7a dotyczy zarówno gałęzi I jak i gałęzi II. Jeśli wartość C1 i C2 oraz R1 i R2 są jednakowe, to prądy w gałęziach I i II też będą jednakowe.

Przymijmy, że zmiany prądu są w obu gałęziach identyczne. Czy



Rys. 8

zaciemnić pomieszczenie, żeby zaobserwować świecenie diod monitora napięcia.

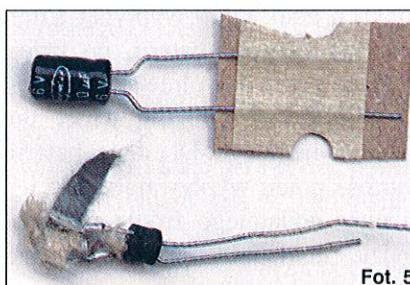
Prawdopodobnie mocno się zdziwisz – skąd w punkcie Y bierze się ujemne napięcie? To jeszcze nie koniec niespodzianek.

Wiesz, że dioda LED nie zaświeci się przy napięciu 1,5V (dołączona np. do jednego „paluszka”). Kondensator i przełącznik pozwalają zbudować prosty podwajacz napięcia – w układzie z rysunku 8 dioda migła podczas przełączania przełącznika S1. Jak widzisz, naładowany kondensator rzeczywiście pełni rolę baterijki.

Ćwiczenie 3. A co jest w środku?

Tego ćwiczenia nie musisz wykonywać. Jeśli jednak jesteś ciekawy, jak zbudowane są kondensatory, zepsuj po jednym kondensatorze (foliowy, ceramiczny i elektrolityczny). Po takich eksperymentach na wszelki wypadek umyj ręce (choć najczęściej nie zawierają one substancji trujących czy żarzących, taka przezorność na pewno nie zaszkodzi).

Pamiętaj, że kondensatory elektrolityczne włączone odwrotnie oraz dołączone do zbyt wysokiego napięcia mogą wybuchnąć. Nie prowadzisz takich testów! Zachowuj



Fot. 5



Fot. 6

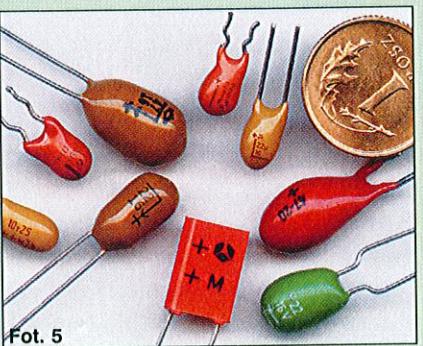
Ćwiczenie 4. Wyłącznik zmierzchowy

Zbuduj układ według rysunku 9. Jeśli fotorezystor pozostaje w ciemności, nic się nie dzieje. Gdy oświetlisz fotorezystor, odezwi się brzęczyk i zaświeci się dioda D2. Obserwując diodę

D1 widać, jaki prąd płynie przez fotoelement.

Zestaw układ według rysunku 10. Tym razem brzęczyk się odezwi i zaświeci dioda D3, gdy zasłoniś diodę D2. Obserwując układ do

szuflady) lub gdy zapadnie zmrok. Jeśli światło jest jasne, to przez fotorezystor płynie znaczny prąd. Tranzystor T1 wtedy przewodzi i zabiera cały prąd płynący przez R3, powodując to zatknięcie tranzystora T2.



pojemność. Na fotografach 4, 5, 6 zobaczysz różne kondensatory elektrolityczne.

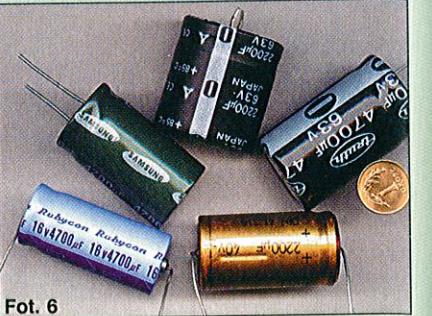
Nie produkuje się „elektrolitów” o pojemnościach poniżej $1\text{ }\mu\text{F}$ (1000 nF). Najpopularniejsze kondensatory elektrolityczne mają pojemność od $2,2\text{ }\mu\text{F}$ do $4700\text{ }\mu\text{F}$, ale zdarzają się też większe, nawet do $47000\text{ }\mu\text{F}$ i więcej. Wielkość „elektrolita” jest związana z pojemnością oraz napięciem maksymalnym.

Zdecydowanie najpopularniejsze są kondensatory elektrolityczne aluminiowe (fotografie 4, 6). Znacznie

lepsze kondensatory tantalowe (fotografia 5) są droższe, dlatego są stosowane tylko w układach, gdzie wymagana jest stabilność pojemności.

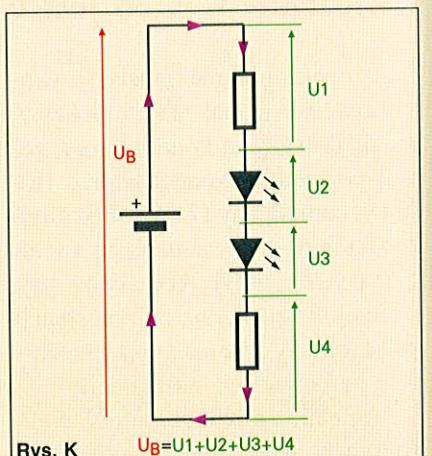
Uwaga, „elektrolity” aluminiowe i tantalowe mają określoną bieguność. Zarówno odwrotne włączenie, jak i przekroczenie napięcia nominalnego kończy się nieodwracalnym uszkodzeniem, a często także niebezpieczną eksplozją.

Powinieneś wiedzieć, że powszechnie stosowane „elektrolity” aluminiowe mają pewną niezbyt dobrą właściwość. Teoretycznie ze względu na obecność dielektryka (izolatora) przez kondensator nie powinien płynąć prąd stałego. I praktycznie nie płynie on przez dielektryk foliowy, ceramiczny, a także dielektryk w kondensatorach tantalowych. Natomiast w kondensatorach elektrolitycznych aluminiowych, które przez długi czas (miesiące) nie są podłączone do źródła napięcia, cieniutka warstewka tlenku glinu ulega drobnym uszkodzeniom. Mówimy, że

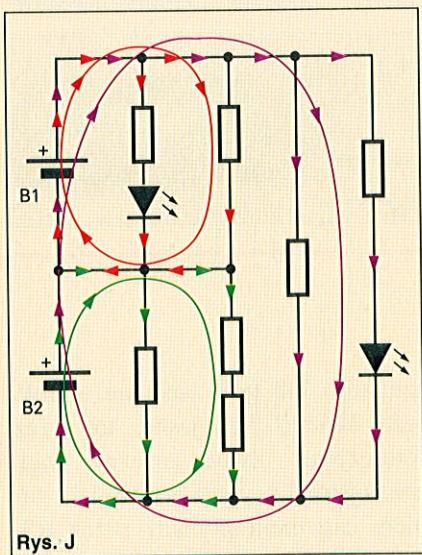


Fot. 6

aluminiowy „elektrolit” uległ rozformowaniu. Po dołączeniu takiego rozformowanego kondensatora do źródła napięcia, przez pewien czas (liczony w godzinach) płynie niewielki prąd stały – tak zwany prąd upływu. Po kilku godzinach prąd ten zmala do pomijalnie małej wartości – mówimy, że kondensator się zaformował. Gdy kondensatory elektrolityczne mają współpracować z obwodami zawierającymi rezystory o wartościach powyżej $100\text{k}\Omega$, warto je przed włutowaniem do układu zaformować, czyli dołączyć do baterii lub zasilacza co najmniej na godzinę.

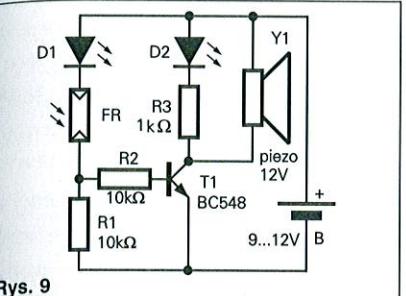


Jak widać na wcześniejszych rysunkach prąd, który wypływał z dodatniego bieguna baterii, po przebrnięciu przez dowolnie skomplikowaną sieć odbiorników wróci do bieguna ujemnego. Dla danej baterii wartość prądu wypływającego z jej bieguna dodatniego źródła napięcia będzie dokładnie taka sama, jak



prądu „wracającego” do bieguna ujemnego. Tak samo, gdy w obwodzie występują dwa źródła napięcia lub więcej – przykład pokazany na rysunku J. Już teraz, na początku swej przygody z elektroniką wbij sobie do głowy, że **prąd nie może zginąć po drodze i że prądy zawsze płyną w zamkniętych obwodach** – będzie Ci to bardzo potrzebne, gdy zaczniesz budować wzmacniacze zasilane podwójnym (symetrycznym) napięciem i wykorzystywać tak zwane wzmacniacze operacyjne.

Tak samo jak w obwodach elektronicznych nie może zginąć prąd, tak samo nie może zginąć napięcie. Biorąc sprawę w uproszczeniu, mamy źródła napięcia (bateria, zasilacz, akumulator) oraz odbiorniki. Niech na źródle występuje jakieś napięcie U_B . Suma napięć (albo inaczej mówiąc – spadków napięć) na odbiornikach musi być równa napięciu źródła. Prosty przypadek pokazany



Rys. 9

płynie także w obwodzie kolektor-emiter tranzystora T1. T1 zaczyna się zamykać, napięcie na jego kolektorze rośnie, więc zaczyna przewodzić tranzystor T2. Zwróć uwagę, że obwody z tranzystorami T1, T2 to niewątpliwie wzmacniacz.

Wymieniając rezistor R1 ($1\text{k}\Omega\dots 1\text{M}\Omega$) w układach z rysunków 9 i 10 możesz regulować próg włączania brzęczyka i diody w bardzo szerokim zakresie.

W ciemności zbliż diodę świecącą D1 do fotorezystora FR. Co się stanie?

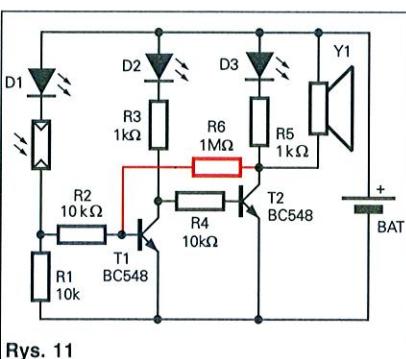
Ćwiczenie 5. Dodatnie sprzężenie zwrotne

Umieść układ z rysunku 10 w szufladzie i pomaleńku ją zamykaj, a potem równie pomaleńku otwieraj. Dobrze byłoby, gdyby w pokoju świeciła jakaś lampa (nawet w ciągu dnia). Co zauważłeś?

Czy brzęczyk włącza się i wyłącza szybko i pewnie, czy może stopniowo i niezdecydowanie? Jak zmienia się jasność diod LED monitorujących prąd?

Niestety, w „okolicach progu przełączania” układ reaguje stopniowo i niestabilnie. W tym zakresie przejściowym diody będą gasnąć stopniowo, mogą migać, a brzęczyk wyda przerywany, terkoczący dźwięk. Wynika to z faktu, że układ jest w istocie wzmacniaczem i wzmacnia wszelkie „śmieci” – między innymi drobne wahania natężenia światła. Tymczasem w wielu przypadkach układ powinien się przełączać szybko i pewnie, a nie płynnie. Jak to zrobić?

Pomożemy mu. Dodaj rezystor R6 o wartości $1\text{M}\Omega$ według rysunku 11 (fotografia 7). Zauważ, że sygnał z wyjścia wzmacniacza (z kolektora T2) podaliśmy na wejście (bazę T1). Uwaga – wprowadziliśmy **sprzężenie zwrotne**. W tym przypadku jest to **dodatnie sprzężenie zwrotne**.



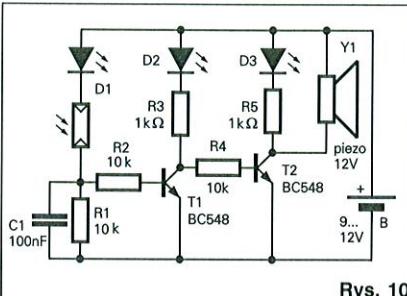
Rys. 11

szufladzie i pomaleńku ją zamykaj, a potem równie pomaleńku otwieraj. Dobrze byłoby, gdyby w pokoju świeciła jakaś lampa (nawet w ciągu dnia). Co zauważłeś?

Znowu pomaleńku zamykaj i otwieraj szufladę. Czy dodanie rezystora R6 coś zmieniło?

Oczywiście! Układ przełącza pewnie. Nie ma płynnego przełączania diody D3 i brzęczyka, a o to przecież chodziło.

Zmień teraz rezistor R6 na wię-



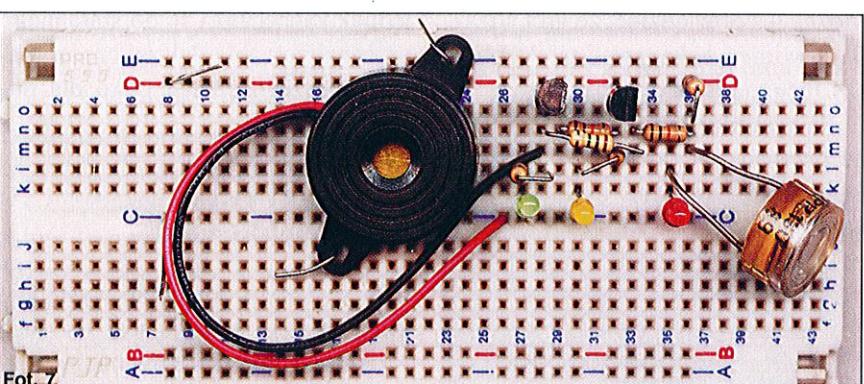
Rys. 10

Możesz przeanalizować działanie takiego nietypowego generatora, możesz zmieniać pojemność C1, nie będziemy się jednak tym zajmować.

szufladzie i pomaleńku ją zamykaj, a potem równie pomaleńku otwieraj. Dobrze byłoby, gdyby w pokoju świeciła jakaś lampa (nawet w ciągu dnia). Co zauważłeś?

Zmniejszymy teraz wartość R6 do $100\text{k}\Omega$, ewentualnie do $47\text{k}\Omega$ (zwiększymy głębokość sprzężenia zwrotnego). Dlaczego układ przestał działać?

Przestał, ponieważ sprzężenie zwrotne jest teraz zbyt głębokie, tranzystor T1 stale przewodzi, nawet gdy fotoelement jest w całkowitej ciemności (na razie nie musisz się zastanawiać, dlaczego brzęczyk stale cichutko piszczy, bo to inny temat). Choć dodatnie sprzężenie zwrotne jest pozytyczne, nie można z nim przesadzać, chyba że...

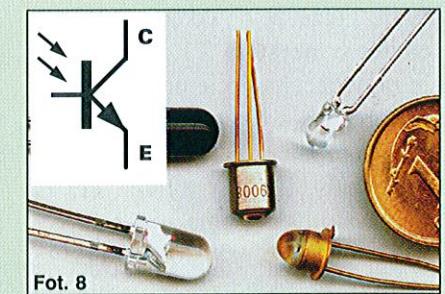
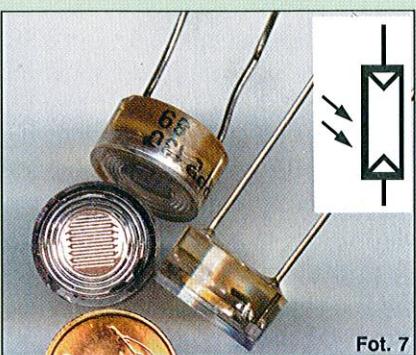


Fot. 7

Fotoelementy

W praktyce wykorzystuje się kilka rodzajów fotoelementów, czyli elementów reagujących na światło. Zwróć uwagę, że na symbolach są strzałeczką skierowane w stronę elementu.

Fotorezystor (fotografia 7) jest odmianą rezystora – pod wpływem oświetlenia zmniejsza swą rezystancję z kilku... kilkudziesięciu megaomów nawet do kilkuset omów. Czym jaśniejsze światło, tym mniejsza rezystancja fotorezystora. **Fotorezystor jest elementem niebiegunowym**.



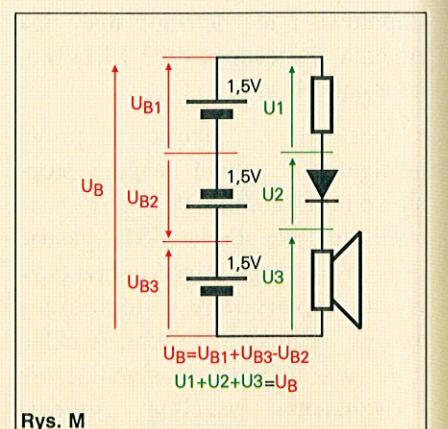
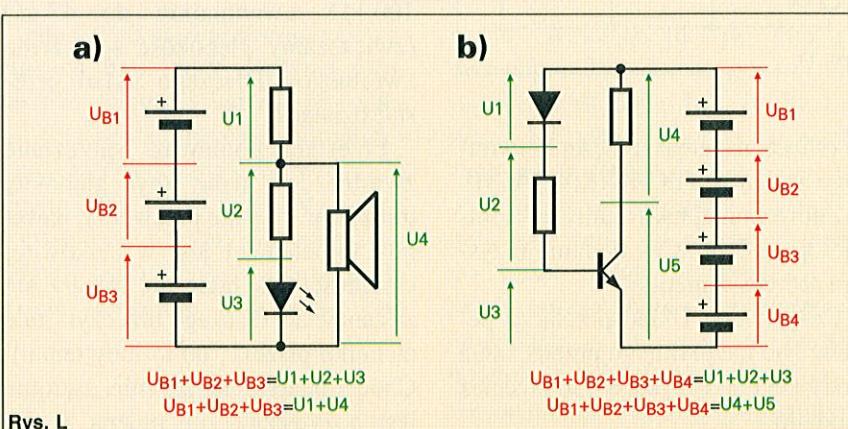
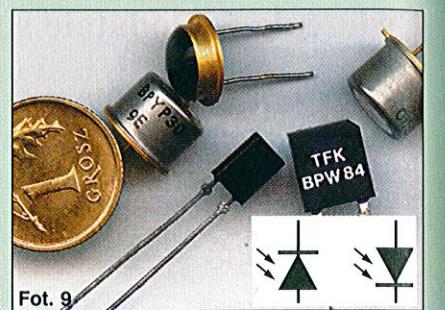
Fototranzystror pod wpływem oświetlenia zaczyna przewodzić prąd w obwodzie kolektor-emiter, i co ważne, nie jest do tego potrzebny prąd bazy (jednak niektóre fototranzystry mają wyprowadzoną końcówkę bazy). Rolę prądu bazy pełni światło. Czym więcej światła, tym większy prąd kolektora. Wygląd fototranzystrorów pokazano na fotografii 8. **Fototranzystror jest elementem biegunkowym** – przy niewłaściwym włączeniu element wprawdzie nie powinien ulec uszkodzeniu, ale praktycznie nie będzie reagował na światło.

Uwaga! W większości elementów elektronicznych końcówka dodatnia

jest dłuższa. W przypadku fototranzystrorów L-53P3C (5mm) i L-932P3C (3mm) jest odwrotnie. Końcówka dodatnia jest krótsza – nie zapomnij o tym przy budowie układów.

Ani fotorezystor, ani fototranzystror nie wytwarzają prądu. Są jednak elementy, ogólnie zwane **fotoogniwami**, które zamieniają energię światłową na elektryczną. Uzyskana w taki sposób ilość energii jest bardzo mała, wystarcza jednak do zasilania oszczędnych odbiorników, na przykład kalkulatorów.

Fotodioda (nie mylić z diodą świecącą LED) to pokazane na



Można też powiedzieć, że grot strzałki powinien pokazywać punkt bliższy bieguna dodatniego.

Na rysunku L pokazane są kolejne przypadki – zawsze suma spadków napięć (napięć na odbiornikach) jest równa napięciu źródła (źródła). Napięcie nie może zginąć ani też pojawić się „znikad”.

I to jest sens prawa Kirchhoffa w odniesieniu do napięć. Na początek tyle informacji Ci wystarczy,

jednak zachęcam Cię do starannego przeanalizowania dalszej części materiału przeznaczonej tylko dla dociekliwych.

Kirchhoff tylko dla dociekliwych

Gdy w danym obwodzie występuje kilka źródeł, sytuacja jest podobna – zawsze suma spadków napięć (napięć na odbiornikach) równa się

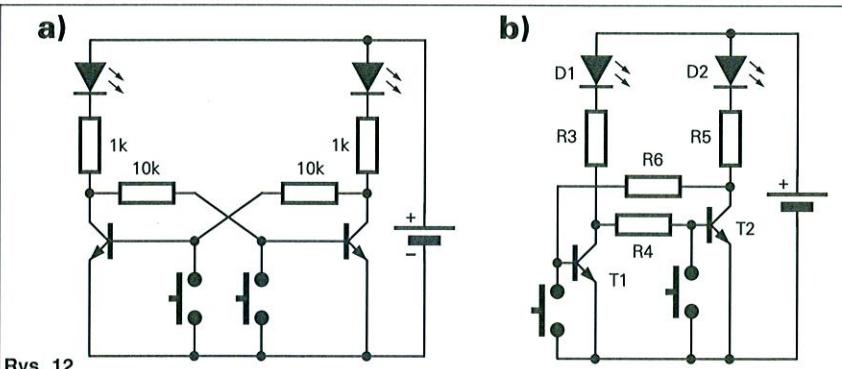
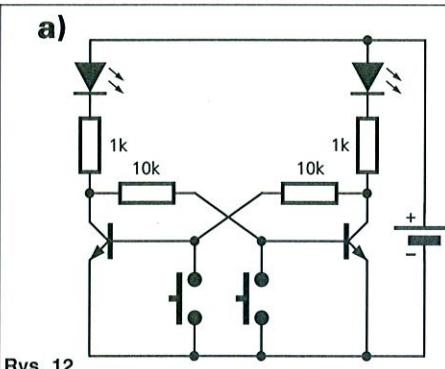
sumie napięć źródeł. Zwróć uwagę na rysunek M, gdzie pokazano przypadek, gdy napięcia źródeł (baterii) w zależności od kierunku włączenia dodają się lub odejmują.

Przy analizie napięć zawsze bierzemy pod uwagę zamknięte obwody (piętle), które są fachowo nazywane oczkami. Nie zawsze w analizowanym oczku muszą występować źródła napięcia – przykład masz na rysunku N. Niewiele to zmienia

wyglad obwodu, ale zmieniają się znaki napięć.

Ćwiczenie 6. Przerzutnik bistabilny

Układ z silnym dodatnim sprzężeniem zwrotnym pozwala zbudować element pamiętający, mający dwa stany stabilne. Zbuduj układ według rysunku 12a (fotografia 8). Ten sam schemat, narysowany inaczej na rysunku 12b wskazuje na wielkie podobieństwo do rysunku 11 (dodaliśmy dwa przyciski, usunęliśmy FR,



R1, R2). Otrzymaliśmy... znany z podręczników **przerzutnik bistabilny**, zwany także **przerzutnikiem RS** (set – ustaw, reset – skasuj). Naciśkaj przyciski S1 i S2 w dowolnej kolejności i obserwuj diody świecące.

Układ zapamiętuje, który przycisk ostatnio naciśnięto. W danej chwili przewodzi tylko jeden tranzystor, drugi jest zatkany. Jestem przekonany, że potrafisz samodzielnie przeanalizować i zrozumieć działanie tego układu.

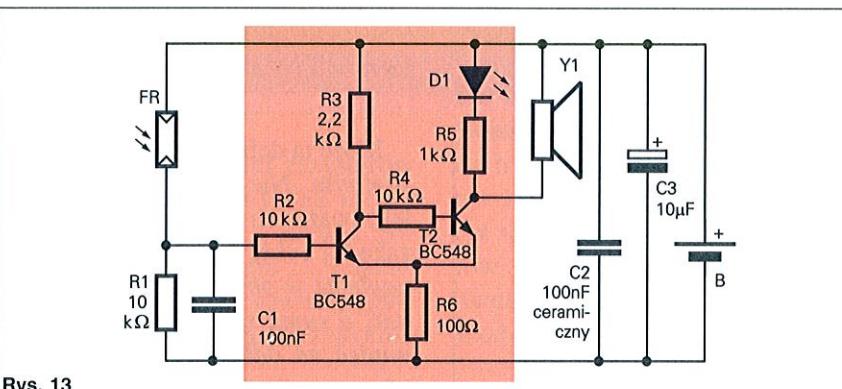
Ćwiczenie 7. Praktyczny wyłącznik zmierzchowy

Przerzutnik Schmitta

Wróćmy do niedoskonalego przełącznika zmierzchowego z rysunku 10. W ćwiczeniu 5 próbowałeś poprawić jego działanie wprowadzając dodatnie sprzężenie zwrotne przez rezistor R6. W zasadzie się udało, jednak układ z rysunku 11 ma pewne niekorzystne cechy. Koniecznie zbuduj układ z rysunku 13 – część wyróżiona kolorową ramką to klasyczny tranzystorowy **przerzutnik Schmitta**. Zapewnia on pewne i szybkie przełączanie. Jego działanie jest omówione w części TECHNIKALIA.

A po co dodaliśmy kondensator C1 na wejściu? Tłumi on ewentualne „śmieci” – zakłócenia, które z różnych powodów pojawiają się na wejściu. Na naszej poprzedniej wyprawie miałeś do czynienia z takimi „śmieciami” – dotykanie palcem bazy tranzystora powodowało świecenie diody LED, bo ciało ludzkie działa jak antena. Teraz dodając kondensator pozbywamy się takich „śmieci”, a przynajmniej silnie je tłumimy.

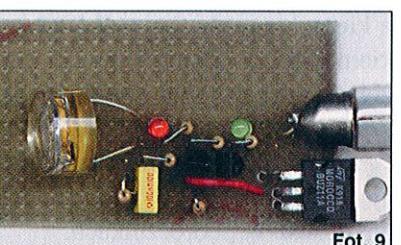
Z podobnych względów w układzie pojawiły się kondensatory C2 i C3. Nie wchodząc w szczegóły



możesz je traktować jako „pomocnicze baterie”, które zapobiegają różnym przykrym niespodziankom. Choć wiele układów mogłoby pracować bez takich kondensatorów, warto je stosować w każdym układzie.

Układ z rysunku 13 śmiało można wykorzystywać, ale Ty zapewne zechcesz zbudować układ bardziej przydatny w praktyce. Możliwości jest wiele, ale w każdym przypadku ze względu na „śmieci” należy też zastosować przerzutnik Schmitta. Możesz wykorzystać schemat z rysunku 14. Na fotografii 9 pokazano model zmontowany na uniwersalnej płytce drukowanej. Dodałem tu element wykonawczy w postaci tran-

zystora MOSFET. Dzięki niemu możesz pracować z dużym obciążeniem, na przykład w postaci kilku żarówek samochodowych o łącznej mocy do 50W. Oczywiście aby układ działał prawidłowo, światło żarówki nie może padać wprost na fotorezystor FR (najlepiej fotorezystor umieścić w rurce skierowanej w niebo).



fotografii 9 elementy, w których biorąc w największym uproszczeniu, po oświetleniu pojawia się niewielki prąd. W zależności od kierunku włączenia fotodioda może pracować w jednym z dwóch trybów: podobnie jak fototranzistor albo jako (bardzo słabe) fotoogniwo.

Wśród hobbytów zdecydowanie najpopularniejsze są fototranzystry i fotorezystory, a znacznie mniej fotodiody.

Uwaga! W większości typowych układów można zamiast fotorezystora zastosować fototranzistor i odwrotnie: fotorezystor w miejscu fototranzystrora. Prawdopodobnie trzeba będzie przy tym skorygować wartość współpracującego rezystora, ustalającego czułość.

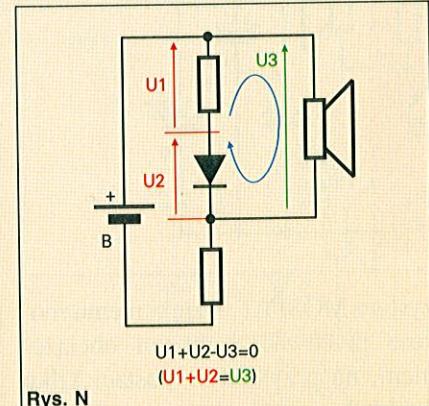
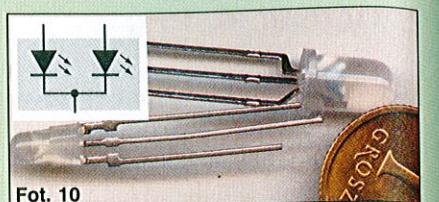
Dwukolorowa dioda LED

Dioda dwukolorowa to po prostu dwie zwykłe diody świecące umieszczone w jednej obudowie. Zazwyczaj połączone są katodami (wspólna katoda) i mają trzy końcówki, jak pokazano na **fotografii 10**. Dioda czerwono-zielona pozwala w prosty sposób uzyskać trzeci kolor, zbliżony do pomarańczowego albo kolory pośrednie – wystarczy zaświecić obie diody.

czone w jednej obudowie. Zazwyczaj połączone są katodami (wspólna katoda) i mają trzy końcówki, jak pokazano na **fotografii 10**. Dioda czerwono-zielona pozwala w prosty sposób uzyskać trzeci kolor, zbliżony do pomarańczowego albo kolory pośrednie – wystarczy zaświecić obie diody.

Uwaga! Diody dwukolorowe, podobnie jak wszystkie zwykłe diody LED wymagają obwodów ograniczających prąd.

Najczęściej używane są diody czerwono-zielone, jednak dostępne są też inne pary: czerwono-żółte i zielono-żółte. Dostępne są też typy, gdzie obie struktury świecące połączone są przeciwsobnie – wtedy dioda ma dwa wyprowadzenia, a kolor świecenia zależy od bieguności napięcia – patrz **fotografia 11**. Spotyka się też czasem wykonania zawierające czerwoną diodę migającą (oszczegawczą) oraz zieloną zwykłą, świeczącą światłem ciągłym.

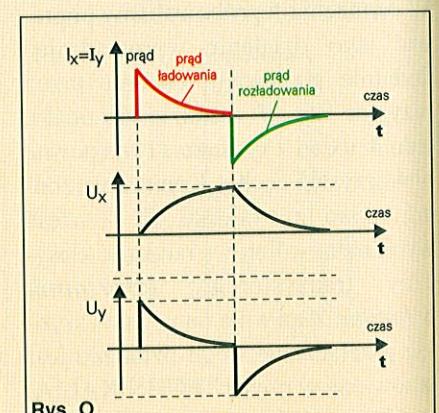


– możemy zastrzałkować występujące napięcia (grot strzałki pokazuje punkt bardziej dodatni) i obrać dowolny kierunek obiegu oczka. Potem trzeba zsumować napięcia, biorąc napięcia zastrzałkowane zgodnie z kierunkiem obiegu oczka ze znakiem plus, a zastrzałkowane przeciwnie – ze znakiem minus. Uważaj

– suma napięć w oczku zawsze będzie równa零. Taką też definicję (napięciowe prawo Kirchhoffa) znajdziesz w podręcznikach.

(Roz)ładowanie kondensatora

W ćwiczeniu 2 przekonaliśmy się, że kondensator może magazynować energię. Czym większa pojemność (i wyższe napięcie) tym więcej gromadzimy energii. Nie będzie ci na razie niezbędny wzór na energię gromadzoną w kondensatorze:



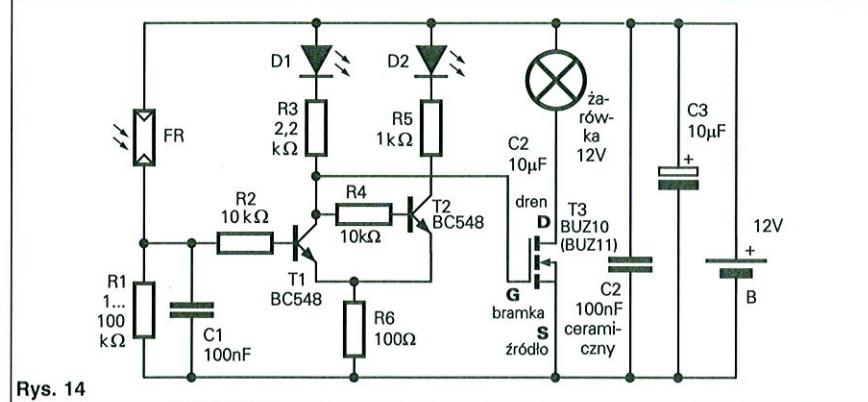
$$E = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

Koniecznie trzeba natomiast zrozumieć zależności czasowe w obwodzie RC, które badaliśmy w ćwiczeniu 2 w układzie według rysunku 6. W obwodach I i II płyną takie same prady (porównaj rysunek 7), ale napięcia U_x i U_y są zupełnie inne. Przebiegi prądu i napięcia wyglądają jak na **rysunku O**.

Czy po porównaniu przebiegów napięcia U_{WE} i U_x zgodzisz się

Czułość możesz regulować w szerokim zakresie zmieniając R_1 – najpierw niech ma on $100\text{k}\Omega$ i w razie potrzeby równolegle do niego dołączaj mniejsze.

Uwaga! Przy żarówkach o dużej mocy niezbędny będzie zasilacz o wydajności prądowej rzędu kilku amperów lub akumulator samochodowy; tranzystor MOSFET może być podczas pracy gorący (możesz go chłodzić przykręcając radiator w postaci kawałka blaszki).

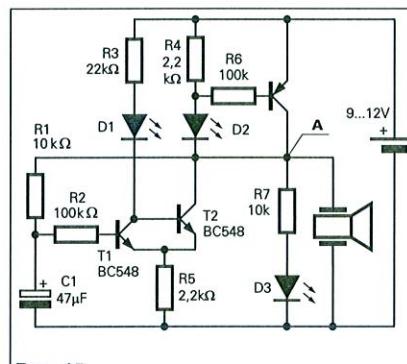


Rys. 14

Ćwiczenie 8. Proste generatory

Poznany właśnie przerzutnik Schmitta pozwala też zbudować prosty generator. Zbudujmy go według **rysunku 15**, dodając dodatkowy tranzystor T_3 . Częstotliwość drgań zależy głównie od wartości elementów R_1 i C_1 . Zwróć uwagę, że wartości elementów są inne niż na poprzednich schematach, a w przerzutniku zastosowano o jeden rezystor mniej. Wypróbuj działanie z elementami o różnych wartościach R_1 w zakresie $10\text{k}\Omega \dots 220\text{k}\Omega$ oraz C_1 w zakresie $10\text{nF} \dots 100\mu\text{F}$.

Często w podręcznikach spotyka się inny układ generatora. Możesz zmontować układ według **rysunku 16** i sprawdzić jego działanie



Rys. 15

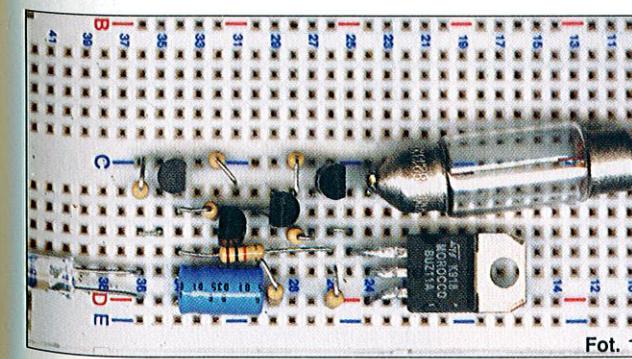
R_1 , R_2 oraz R_3 , R_4 nie muszą być jednakowe, byle rezystory w obwodach baz miały rezystancję kilkunastu... kilkudziesięciokrotnie większą niż rezystory w obwodach kolektorów. Ja osobiste nie lubię takiego dwutranzyistorowego przerzutnika astabilnego i rzadko go stosuję.

Ćwiczenie 9. Migacz dużej mocy z czujnikiem światła

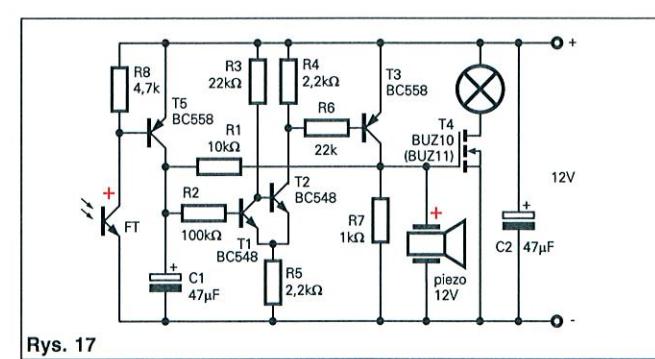
Mając już sporo wiedzy o układach, możesz zbudować migacz dużej mocy. Można dodać tranzystor MOSFET N do układu z rysunku 16, dołączając bramkę do kolektora T_2

(albo T_1 – nie ma różnicy). Można też dołączyć MOSFET-a do punktu A układu według rysunku 15, podobnie, jak pokazano na rysunku 14.

Na **rysunku 17** i **fotografii 10**

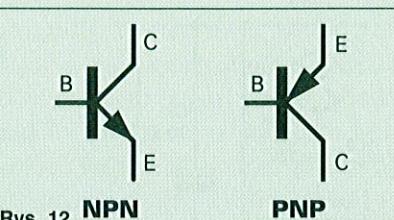


Fot. 10

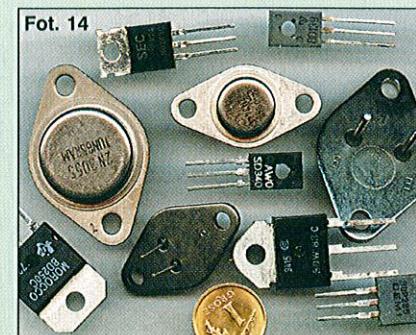
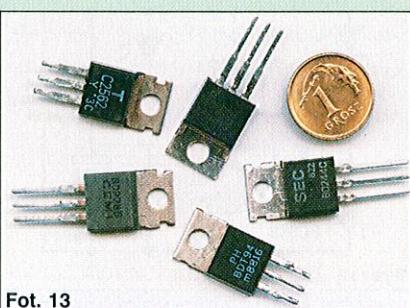


Rys. 17

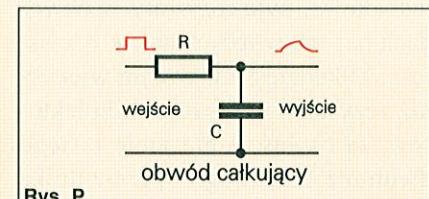
pokazano automatyczny migacz, włączający się tylko w nocy. Próg włączenia (jasność oświetlenia) ustawisz dobierając R_1 , natomiast częstotliwość błysków zależy od wartości R_2 i C_1 .



tranzystory BC548 i BC558 w obudowie oznaczanej symbolem TO-92. Nietrudno zgadnąć, że tranzystory te nie mogły przewodzić zbyt dużych prądów, bo uległyby uszkodzeniu. Na fotografii 13 widzisz tranzystory, mogące pracować przy znacznie większych prądach. Są to

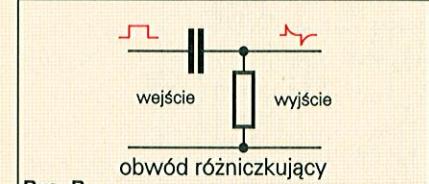


tranzystory mocy w obudowie oznaczanej TO-220. Na fotografii 14 pokazano także inne tranzystory mocy w obudowach TO-126 oraz w starych, metalowych TO-3 i TO-66. Działają dokładnie tak, jak poznane wcześniej małe tranzystory z serii BC i mają ten sam symbol (patrz rysunek 12). Ponieważ przy dużych prądach będą się grzać, są nie tylko większe, ale mają inną obudowę – wyposażone są w metalową wkładkę. Umożliwia ona przykręcenie tranzystora do tak zwanego radiatora. Radiator to metalowy element, najczęściej aluminiowy, które-



z wnioskiem, że obwód R1C1 z rysunku 6 niejako opóżnia zmiany napięcia?

Tak! Obwód, jak na rysunku P jest nazywany **obwodem całkującym**. Inna często spotykana nazwa to **obwód opóźniający**. Na razie nie musisz wiedzieć wszystkiego, wystarczy Ci informacja, że jest wykorzystywany do opóźniania oraz likwidowania „śmieci”, czyli różnego rodzaju niepożądanych sygnałów.



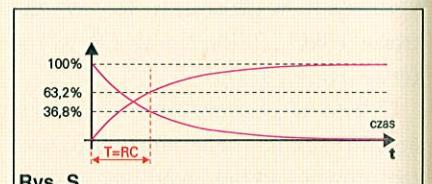
$$T = R \cdot C$$

go jedynym zadaniem jest skutecznie odprowadzić ciepło do otoczenia i tym samym nie dopuścić do przegrzania i uszkodzenia elementu. Sam tranzystor może być w czasie pracy bardzo gorący – może mieć nawet +150°C, ale wzrost temperatury powyżej +200°C doprowadzi do jego szybkiego uszkodzenia.

Oprócz „zwykłych” tranzystorów mocy popularne są też „darlingtony” mocy.

Tranzystor polowy MOSFET

Obok „zwykłych”, czyli bipolarnych tranzystorów, popularne są też tak zwane tranzystory polowe. Istnieje sześć głównych rodzajów tranzystorów polowych. Działanie tranzystorów polowych (nazywanych też unipolarnymi) jest zbliżone do działania tranzystorów zwykłych, czyli bipolarnych. Jednak poszczególne



Natomiast obwód pokazany na rysunku R jest nazywany **obwodem różniczkującym**. Z porównania przebiegów U_{WE} i U_Y wynika, że skraca on przebieg wejściowy i w tej roli często jest wykorzystywany. Oba obwody są też filtrami, ale to zupełnie inna historia.

Zwróci uwagę, że napięcia i prąd w omawianych obwodach nie zmieniają się liniowo, tylko według pewnych charakterystycznych krzywych (wykładniczych). Jeśli masz wątpliwości, czy tak jest, uważnie zaobserwuj w ciemności świecenie diod podczas ćwiczenia 2.

Co ciekawe i ważne, w obwodzie RC czas, w którym napięcie oraz prąd zmieniają się o 63,2% (wzrosną od zera do 0,632 wartości końcowej albo spadną od wartości maksymalnej do 0,368 tej wartości) jest zawsze równy

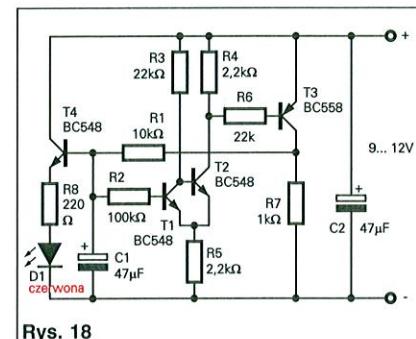
$$T = 4700 \mu F \cdot 1k\Omega = 4,7s$$

Co ciekawe, dla $C=470 \mu F$ i $R=10 k\Omega$ stała czasowa też wyniesie 4,7s. Podobnie dla $C=10 \mu F$ i $R=470 k\Omega$ oraz $C=100 nF$ i $R=47 M\Omega$. Oczywiście prąd będzie coraz mniejszy, jednak czas, w którym prąd lub napięcie zmienia swą wartość o 63,2% będzie zawsze taki sam.

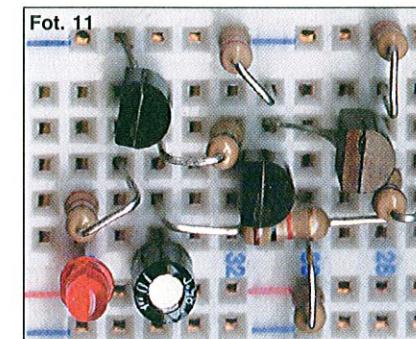
Ćwiczenie 10. Elektroniczna tęcza

Jeśli do generatora z przerzutnikiem Schmitta z rysunku 15 dodasz prosty monitor napięcia (tranzystor, opornik i diodę LED) według rysunku 18 (fotografia 11) przekonasz się, jak zmienia się napięcie na kondensatorze. Napięcie to, a w konsekwencji jasność diody, płynnie zwiększa się i zmniejsza.

Jeśli zbudujesz dwa generatory (takie generatory z monitorami napięcia) i dołączysz do nich dwukolorową diodę LED, otrzymasz atrakcyjną elektroniczną tęczę – kolor świecenia diody będzie się płynnie



zmieniał, przyjmując odcienie czerwonego, żółtego i zielonego. W ciemności efekt świetlny jest znakomi-

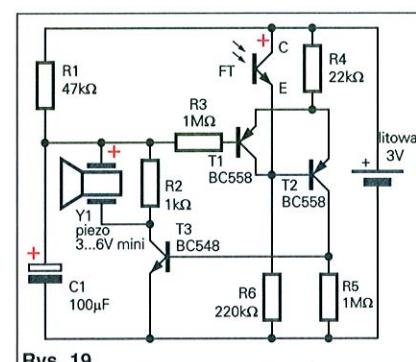


ty! Wszystkie kolory tęczy otrzymały, stosując trzy takie układy i diodę trzykolorową (R, G, B).

Ćwiczenie 11. Nocny dręczyciel

Możesz też zbudować wrednego elektronicznego dręczyciela. Układ o podobnym działaniu od lat cieszy się wielką popularnością wśród Czytelników *Elektroniki dla Wszystkich*. Gdy dyskretnie zostawisz go u kolegi lub koleżance w mieszkaniu, gdzieś na szafie lub wysoko na półce, zacznie działać dopiero po zapadnięciu zmroku (zgaszeniu światła). W ciemności co kilkanaście czy kilkadesiąt sekund będzie wydawać krótkie i ciche, a jednak niepokojące piski. Gdy zaintrygowany piskami nieszczęsnik włączy światło by poszukać źródła dźwięku – układ umilknie, uniemożliwiając lokalizację.

Taki dowcip zrobisz koledze nie w tygodniu, tylko w piątek lub sobotę, bo z pewnością nie zaśnie



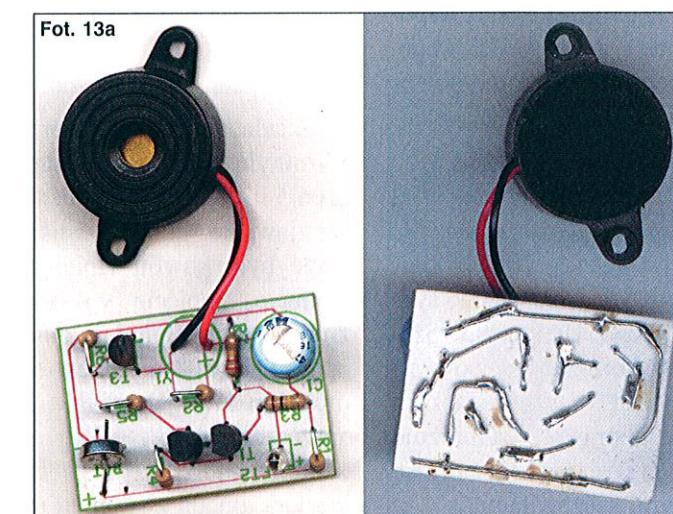
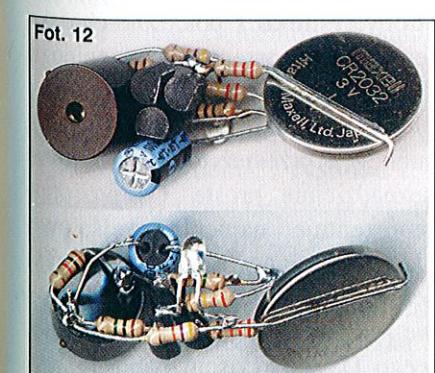
on tej nocy (a Ty potem przez kilka dni na wszelki wypadek nie pokazuj się mu na oczy).

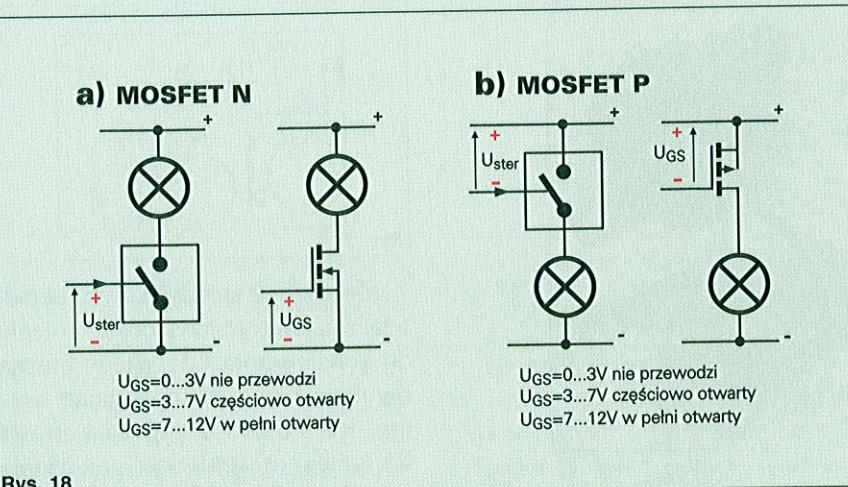
Uwaga! Dręczenie osób nie mających poczucia humoru oraz nadmier-

nie nerwowych grozi śmiercią lub kalectwem i jest surowo wzbronione!

Schemat dręczyciela jest pokazany na rysunku 19. Jest to wersja 3-woltowa, zasilana jedną baterią litową albo dwiema baterijkami zegarkowymi. Na fotografii 12 pokazano ten sam model z dwóch stron, widać że układ można z powodzeniem zrealizować „w pajaku”.

Praktyczne testy tego i innych dręczycieli wykazały, iż możliwa jest budowa podobnego układu zasilanego z jednej baterijki 1,5V. Schemat takiej wersji jest pokazany na rysunku 20, a dwa modele na fotografiach 13a i 13b.





Rys. 18

dla typowych MOSFET-ów mocy wynosi 3...4V. W tym zakresie napięć U_{GS} małe zmiany napięcia bramki powodują duże zmiany prądu drenu. Gdy napięcie bramki jest jeszcze większe, tranzystor zostaje całkowicie otwarty – dalszy wzrost napięcia już nic nie zmienia. W tym stanie całkowitego otwarcia rezystancja MOSFET-a jest najmniejsza (oznaczana R_{DSon}).

niskie. Gdy napięcie wejściowe jest większe niż U_p , napięcie wyjściowe jest bliskie 9V. Działanie jest jasne i proste.

Inaczej jest z przerzutnikiem Schmitta. Charakterystyka jakiegoś przerzutnika Schmitta zasilanego napięciem 9V jest pokazana z prawej strony rysunku T. Jeśli napięcie wejściowe rośnie (co zaznaczylem kolorem zielonym), stan wyjścia gwałtownie zmieni się przy napięciu oznaczonym U_{P2} , a wyższym około 4,5V – napięcie wyjściowe zwiększy się. Dalsze zwiększenie napięcia wejściowego nic na wyjściu nie zmieni. Jeśli natomiast napięcie wejściowe będzie się zmniejszać (co zaznaczylem kolorem czerwonym), stan wyjścia zmiana stanu wyjścia nastąpi przy napięciu wejściowym U_{P1} wynoszącym około 0,8V, czyli znacznie niższym niż napięcie U_{P2} .

Przebieg z rysunku Tb – to tak zwana pętla histerezy. W praktyce

Przekonałeś się, że działanie MOSFET-ów jest podobne do działania zwykłych, czyli bipolarnych tranzystorów. Zwróć uwagę, że najważniejszą różnicą jest sposób sterowania – MOSFET-y są sterowane napięciem. W tranzystorze bipolarnym (zwykłym) nie można zwiększyć napięcia U_{BE} powyżej 0,8V, bo związane to byłoby z przepływem ogromnego prądu bazy, przy którym tran-

mając o histerezie mamy na myśli różnicę napięć $U_{P2} - U_{P1}$ – zaznaczyłem ją kolorem niebieskim. Wielkość (napięcia) histerezy zależy od wartości elementów.

Zauważ, że pozytyczny układ przerzutnika Schmitta jest wzmacniaczem. Tak! Generator jest wzmacniaczem, w którym (mówiąc najprościej) występuje dodatnie sprzężenie zwrotne i jakiś obwód czasowy – porównaj rysunki w ćwiczeniach.

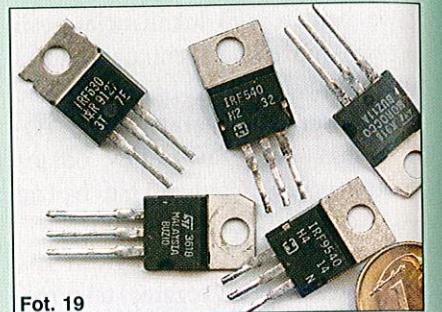
Przerzutnik bistabilny

Zwiększać głębokość dodatniego sprzężenia zwrotnego w przerzutniku Schmitta rozszerzamy pętlę histerezy. Można powiedzieć, że przy odpowiednio silnym sprzężeniu szerokość pętli będzie równa napięciu zasilającemu i wtedy... układ przejdzie pełnić funkcję przerzutnika Schmitta, stanie się natomiast przerzutnikiem bistabilnym – elementem pamiętającym mającym dwa stabilne stany wyjściowe. Obserwowałeś to w ćwiczeniach 5 i 6.

zystor uległby uszkodzeniu. Inaczej jest z MOSFET-ami. Tu prąd bramki nie płynie, a w zakresie napięć bramka-źródło $\pm 15V$ nie trzeba się obawiać uszkodzenia tranzystora.

Najważniejszymi parametrami MOSFET-a są: maksymalne napięcie drenu (U_{DSmax}), maksymalny prąd drenu (I_{Dmax}), rezystancja w stanie otwarcia (R_{DSon}) oraz napięcie progowe (U_{GSt}).

Nawet jeśli wszystkiego nie rozumiesz, nie bój się MOSFET-ów! Są to bardzo pożyteczne elementy – połubisz je, gdy je poznasz w praktyce.



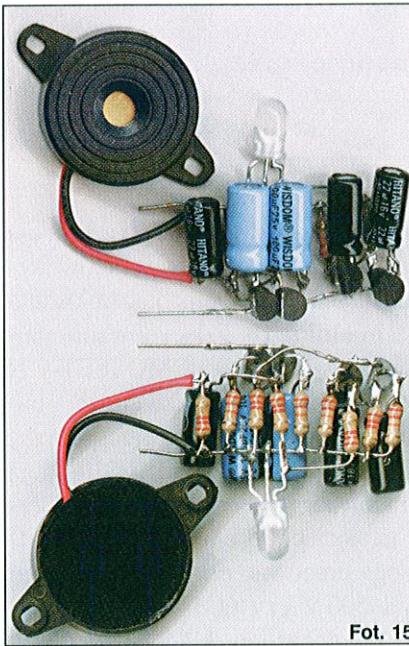
Fot. 19

Ćwiczenie 13. Zaawansowany symulator alarmu (samochodowego)

Właściciele tańszych samochodów nie zakładają alarmu, tylko instalują diodę migającą, sprawiającą wrażenie, że w aucie jest system alarmowy. Z poznanych „klocków” możesz zbudować zaawansowany symulator alarmu. Możesz wykorzystać układ z poprzedniego ćwiczenia. Bardziej rozbudowany sterownik jest prezentowany na rysunku 24 i zawiera dwukolorową diodę, która świeci trzema (tak!) różnymi kolorami w nietypowym rytmie. Dodatkowo brzęczyk daje sygnały dźwiękowe.

Z całą pewnością taki sposób sygnalizacji skuteczniej odstraszy złodzieja, wskazując na obecność skomplikowanego systemu alarmowego.

Układ może być wykorzystany także do innych celów i na pewno wzbudzi ciekawość i pytania: co to

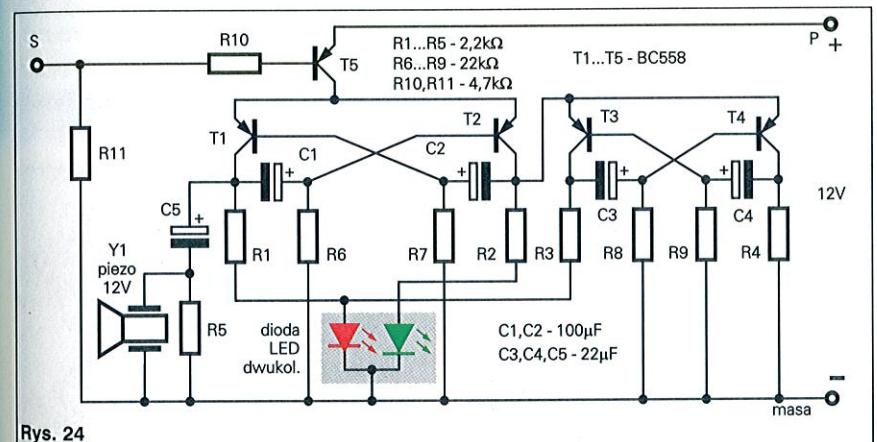


Fot. 15

jest i jak działa? Wtedy punkt S pozostałe niepodłączony.

Uwaga 1. Model pokazany na fotografii 15 nie zawiera tranzystora T5 i rezystorów R10 i R11.

Uwaga 2. Ponieważ symulator zainstalowany będzie w samochodzie, gdzie występują wibracje, wstrząsy i duże zmiany temperatury, musisz zmontować układ wyjątkowo solidnie. Gotowy moduł warto, a nawet trzeba zabezpieczyć potem lakierem izolacyjnym, zalewą silikonową albo ostatecznie jakąś farbą.

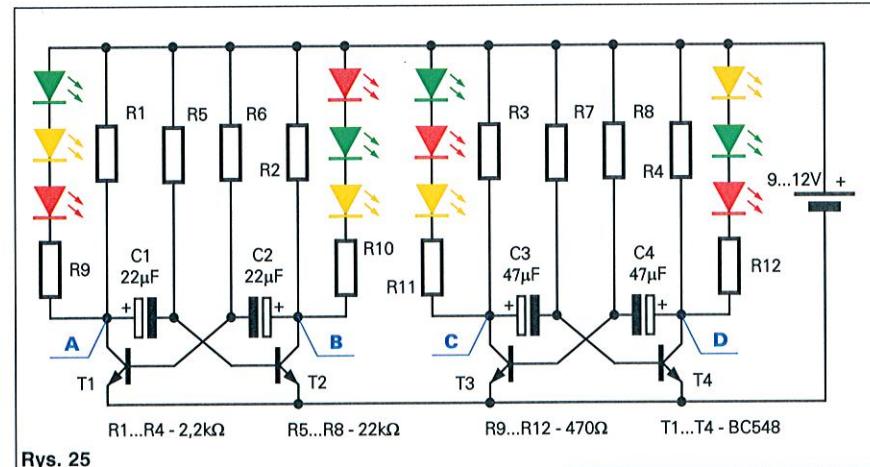


Rys. 24

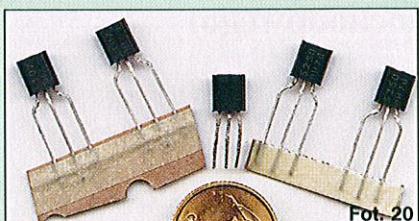
Ćwiczenie 14. Automat reklamowy – tańczące lampki

Niewielka modyfikacja układu z rysunku 22 przekształci go w atrakcyjny automat reklamowy, gdzie rozrzucone na większej powierzchni kolorowe światelka migają w na pozór przypadkowym rytmie. Układ taki zbudujesz według rysunku 25. Każdy tranzystor steruje pracą łańcucha złożonego z trzech diod (dowolnego rozmiaru, kształtu i koloru).

Uwaga! Zwykle dłuższa końcówka diody LED jest końcówką dodatnią. Zdarzają się jednak diody LED, zwłaszcza 3-milimetrowe, gdzie jest



Rys. 25

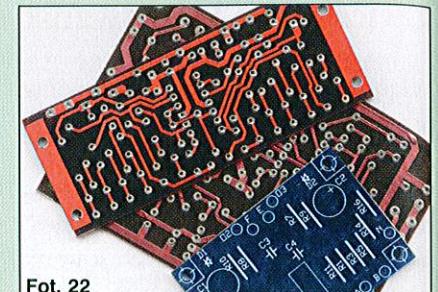
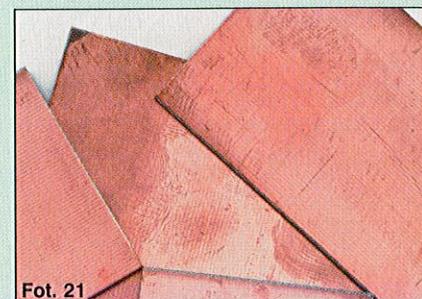


Tranzystory MOSFET pracują zazwyczaj w roli wyłączników sterowanych napięciem, jak pokazano na rysunku 18. Zdecydowanie najczęściej używane są MOSFET-y N dużej mocy, w tak zwanych obudowach TO-220. Niektóre, na przykład BUZ10, BUZ11, IRF540 mogą pracować przy prądach ponad 20 A i napięciach drenu do 50 V. Inne mogą pracować przy napięciach nawet 500 V czy 600 V. Na fotografii 19 pokazano kilka najpopularniejszych MOSFET-ów dużej mocy w obudowach TO-220, na fotografii 20 pokazano MOSFET-y w małych obudowach oznaczanych TO-92.

Płytki drukowane

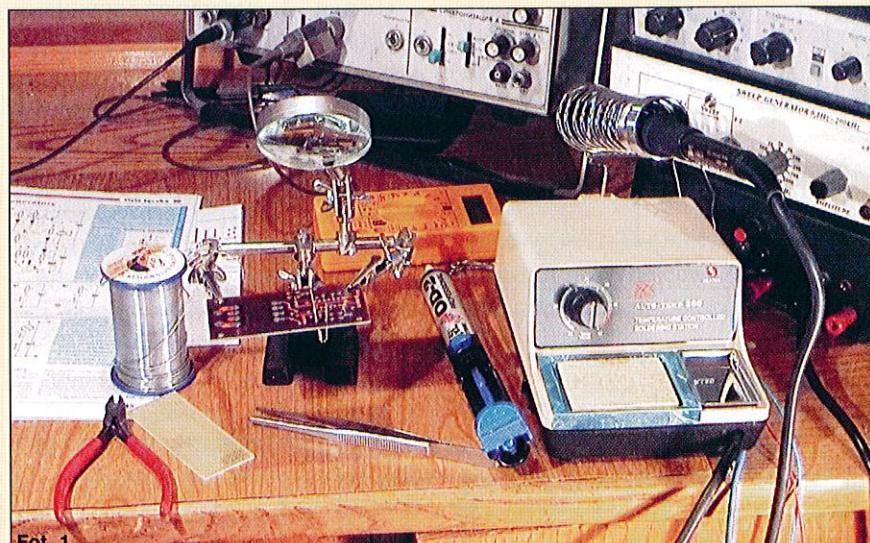
Ogromna większość układów elektronicznych jest montowana na płytach drukowanych. Płytki drukowane wykonywane są z laminatu, pokrytego z jednej lub obydwu stron cienkimi warstwami miedzi. Typowa grubość warstwy miedzi to 0,035 mm (35 μm). Na fotografii 21 pokazano kawałki laminatu miedzionanego jednostronne.

W procesie wytwarzania płyt drukowanych z takiego „surowego” laminatu wiercone są otwory, niepotrzebne obszary miedzi są usuwane, nanoszone są napisy i rysunki ele-



mentów, a na koniec płytki jest pokrywana lakierem ochronnym.

Profesjonalne płytki drukowane, jak ta pokazana na fotografii 22, wykonywane są w skomplikowanym procesie technologicznym, z użyciem maszyn-automatów. Hobbyści mają kilka prostszych sposobów, umożliwiających wykonanie użytecznych płyt. Często malują ścieżki specjalnym pisakiem, wytrawiają niepotrzebne obszary miedzi w rozwozie chlorku żelaza, wiercą otwory z pomocą małej wiertarki, a powierzchnię miedzi zabezpieczają roztworem kalafonii w spirytusie.



(Na fotografii 1 widać przykład domowego stanowiska do lutowania). Lutownica służy do roztopienia specjalnego stopu, zwanego potocznie cyną i właśnie ten stop trwale łączy końcówki elementów i punkty lutownicze płyt drukowanych.

Zapamiętaj, że choć mówimy „cyną”, mamy na myśli stop, składający

się głównie z cyny i ołowiu. Co ciekawe i ważne, „cynowy” drucik (o średnicy 0,5...2 mm) ma wewnętrz dodatkowe nitki topnika. Możesz to zauważyc na powiększonej części fotografii 2.

Ten topnik jest wręcz niezbędny. Bez topnika praktycznie nie da się lutować. Rzecz w tym, że lutownica ma temperaturę około 300°C. Do



takiej mniej więcej temperatury rozgrzewana jest nie tylko „cyna”, która staje się ciekła, ale również końcówki elementów i punkty lutownicze. W tak wysokiej temperaturze następuje wprawdzie szybkie tworzenie tlenków lutowanych metali (swojego rodzaju rdzy), ale także ichniszczenie. Topnik odgrywa bardzo ważną rolę – pomaga niszczyć tlenki, które przeszkadzają w dobrym połączeniu i jednocześnie zabezpiecza przed tworzeniem się nowych.

Aby zniszczyć tlenki istniejące na powierzchni lutowanych elementów

odwrotnie. Przed ostatecznym zmontowaniem warto na wszelki wypadek sprawdzić bieguność LED-ów za pomocą baterii i rezystora 1kΩ.

Efekt jest naprawdę ciekawy, trzeba tylko rozmieścić lampki w sposób „przypadkowy” na dużej powierzchni

Możesz zwiększyć liczbę generatorów, możesz zastosować układ z tranzystorami PNP (BC558), jak

na rysunkach 23, 24. Możesz też do punktów oznaczonych A...D dodać cztery MOSFET-y (jak na rysunkach 14, 17) i zamiast diod LED zastosować żarówki 12V. Taka wersja z żarówkami będzie jednak pobierać bardzo dużo prądu i mały zasilacz wtyczkowy na pewno nie da sobie rady – dobrym rozwiązaniem byłby wtedy akumulator.

Czy wiesz, że...

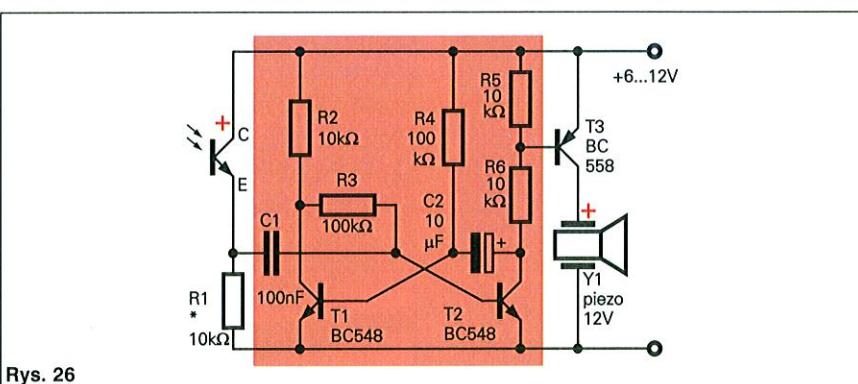
w elektronice obowiązuje uczciwość: ani prąd ani napięcie nie mogą wyparować ani zginąć bez wieści. Nie mogą się też pojawić nie wiadomo skąd. Te oczywiste zasady znane są jako prawa Kirchhoffa.

Ćwiczenie 15. Strzelnicza laserowa

Jeśli oświetlisz wskaźnikiem laserowym fotoelement układa zbudowanego według rysunku 26 i fotografii 16, to wtedy brzęczyk zostanie włączony na okres około sekundy, informując o celnym „strzale”. Wystarczy do tego popularny wskaźnik laserowy w formie długopisu czy breloczka. Taki prosty odbiornik umożliwia zorganizowanie zawodów, które wyłonią najlepszego strzelca. Wbrew pozorom trafienie w niewielki fotoelement nawet z odległości 2 metrów nie jest wcale takie proste. Przekonaj się o tym osobiście!

Układ z rysunku 26 zawiera kolejny pozytyczny „klocek”. Część zaznaczona czerwoną ramką to kluczowy przerzutnik monostabilny, zwanego też uniwersalnym. Pobudzony krótkim impulsem przechodzącym przez kondensator C1 tworzy impuls o stałej długości.

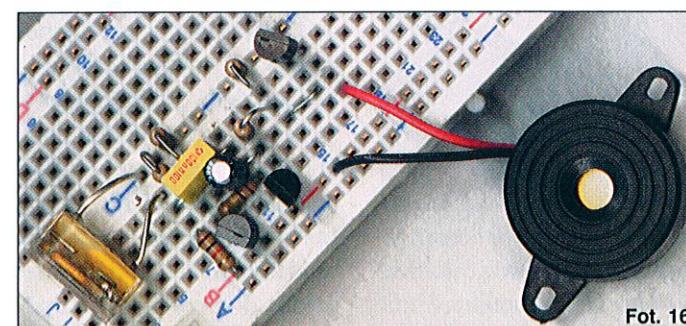
Tylko dla dociekliwych. Co ciekawe, podczas testów okazało się, iż nie można dodać brzęczyka



Rys. 26

piezo między kolektor T2 a plus zasilania, bo... przerzutnik monostabilny staje się generatorem. Trze-

ba było dodać tranzystor T3, który skutecznie separamuje brzęczyk od przerzutnika.



Fot. 16

Czy wiesz, że...

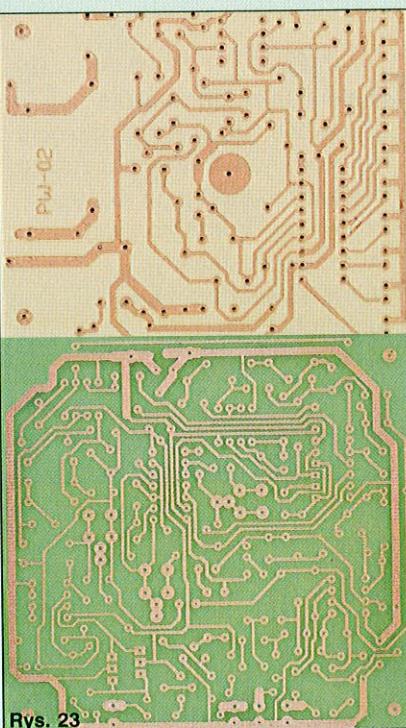
w połączeniu szeregowym nie ma znaczenia kolejność elementów.

Czy wiesz, że...

nazwa jednostki pojemności, fadar, pochodzi od nazwiska założonego uczonego angielskiego Michaela Faradaya?

Czy wiesz, że...

kondensator elektrolityczny (biegunowy) dołączony do źródła napięcia o zbyt wysokiej wartości lub odwrotnej bieguności może spowodować silny wybuch!



Inni wykorzystują metodę fotochemiczną, jeszcze inni specjalną folię. Na fotografii 23 pokazano amatorskie płytki drukowane.

Lutownica

Jedno z podstawowych narzędzi elektronika.

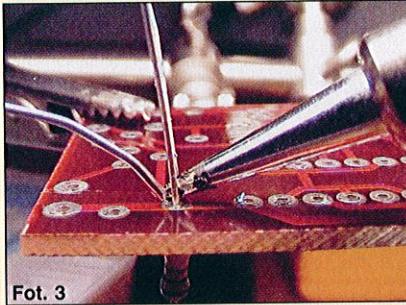
Rozgrzana do temperatury +250...+400°C końcówka grotu roztapia stop lutowniczy, tak zwany cynę, i tym samym pozwala na łatwy montaż i demontaż układów elektronicznych. Na fotografii 24 pokazano popularną lutownicę, dobrze nadającą się dla początkujących.

Lutownice lepszej klasy zwykle mają grzałkę na 24V i wymagają dodatkowego zasilacza. Wbrew pozorom, nie jest to wada. Na fotografii 25 niżej pokazano najprostszą profesjonalną stację lutowniczą znanej firmy Weller.

W takich lepszych lutownicach



Fot. 24



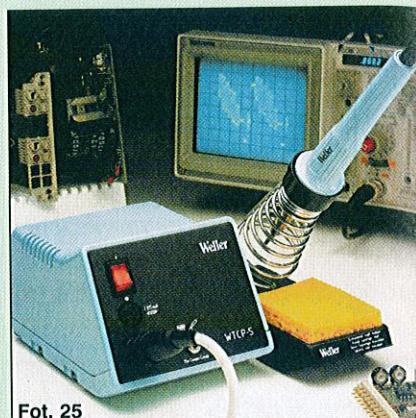
trzeba lutowane końcówki dobrze rozgrzać w obecności topnika.

Zasadniczo wystarczy do tego topnik zawarty wewnątrz drucika „cyny”. Gorzej, gdy ktoś chce zaoszczędzić i odzyskuje cynę z wcześniejszych lutowanych układów. Tak odzyskana cyna praktycznie nie zawiera już topnika i lutowanie nią nie zapewnia dobrego połączenia. Ratunkiem jest wtedy użycie oddzielnego topnika – najczęściej jest to kalafonia (kawałki kalafonii widać na fotografii).

Choć wykorzystywanie zużytej cyny z odzysku nie jest zalecane, każdy elektronik ma pod ręką trochę

kalafonii, która przydaje się między innymi do tak zwanego pobielania. Chodzi o to, że amatorzy często wykorzystują starsze elementy, których końcówki z czasem zdążyły zaśnidzieć, czyli pokryć się warstwą ciemnego nalotu tlenków. Taki nalot czasem wręcz uniemożliwia lutowanie – cyna nie chce „zlapać” zaśniedziałej powierzchni. Przed właściwym lutowaniem takie zaśniedziałe końcówki należy pobiecić z użyciem kalafonii i „świeżej” cyny. Pobielenie polega na nałożeniu gorącą lutownicą cienkiej warstwki cyny w obecności topnika. Czasem końcówki są tak mocno zaśniedziałe, że przed pobielaniem trzeba je oczyścić, skrobając je nożem lub drobnym papierem ściernym.

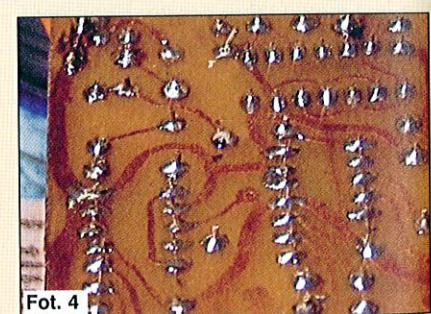
Właściwe lutowanie polega na rozgrzaniu lutownicą końcówki elementu (końcówek elementów) i przytknięciu do nich drucika cyny, którego fragment stopi się i trwałe



Fot. 25

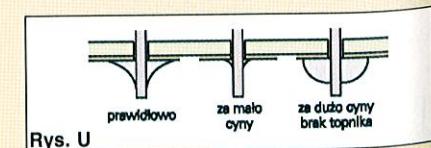
grot jest pokrywany cienką warstwą specjalnych stopów (których głównym składnikiem jest żelazo), dzięki czemu proces niszczenia grotu jest nieporównanie wolniejszy.

Najtańsze lutownice mają grot wykonany z kawałka zwykłego pręta miedzianego. W trakcie lutowania, w wysokiej temperaturze miedź z grotu pomału rozpuszcza się w stope lutowniczym (cynie). Grot ulega stopniowemu zniszczeniu i trzeba go okresowo wymieniać.



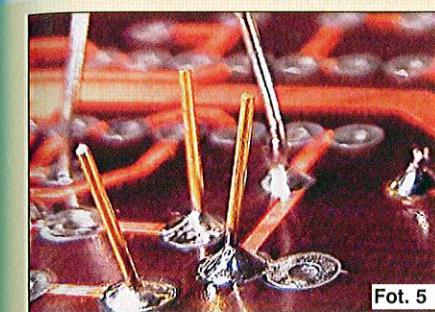
Fot. 4

połączyc końcówki lub końcówkę z płytą (pokazuje to fotografia 3). Prawidłowy lut i połączenia nieprawidłowe pokazane są na rysunku U. Błędem jest nabieranie na grot lutownicy kawałka cyny i próba nałożenia tej płynnej kropli na łączone elementy – topnik zawarty w druciku cyny zdąży się wytopić i odparować, a końcówki elementów nie zostaną należycie rozgrzane.



Rys. U

Każdy grot podczas używania ulega zabrudzeniu i należy go co jakiś czas wyczyścić i pobielić. Właściciele najtańszych lutownic często czyszczą grot na zimno za pomocą pilnika albo papieru ściernego „do

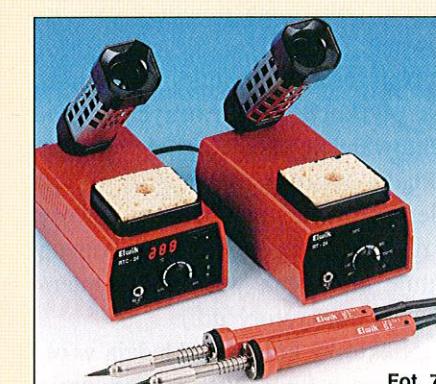


Fot. 5

żywiej miedzi”, a potem po rozgrzaniu nakładają nań cynę. W przypadku lepszych lutownic z grotem pokrywanym żelazem taka procedura jest ogromnym błędem, bo niszczy warstwę ochronną. Zamiast pil-



Fot. 6

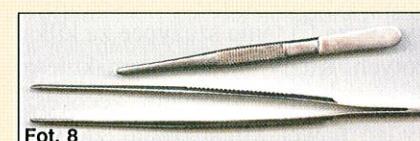


Fot. 7

nika czy papieru ściernego należy używać zwilżonej specjalnej gąbki – dalsze wskazówki podane są w części pt. TECHNIKALIA.

Inne narzędzia

Podczas montażu, w tym podczas lutowania, absolutnie niezastąpiona jest dobra pinceta.



Najlepsze są pinsety medyczne – patrz fotografia 8. Pinsety kosmetyczne są niemal bezwartościowe, natomiast delikatne pinsety zegarmistrzowskie są znakomitą pomocą, ale tylko przy montażu miniaturowych elementów nie mających wyprowadzeń (tzw. SMD).

Oprócz lutownicy, cyny, pinsety i kalafonii każdy elektronik powinien też mieć dobry odsysacz (fotografia 9).

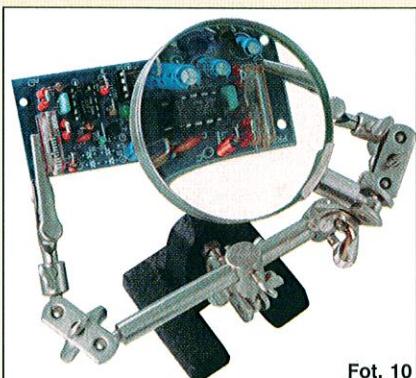


Ta prosta pompka pozwoli w prosty sposób wylutować elementy z płyt. Dane połączenie należy podgrzać lutownicą, zbliżyć doń końcówkę odsysacza i nacisnąć przycisk. Roztopiona cyna zostanie odessana. Odsysacz trzeba okresowo czyścić (w niektórych tłoł smaruje się olejem, w innych – talkiem lub jakimś pudrem).

Warto zaopatrzyć się w niedrogi przyrząd, zwany trzecią ręką – fotografia 10.

Chwytki trzeciej ręki oddadzą nieocenione usługi podczas montażu wszelkich układów.

Każdy elektronik powinien też posiadać niewielkie, ostre szczypce boczne.

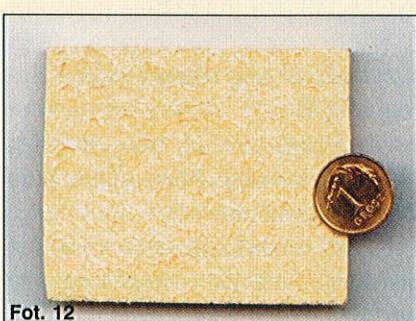
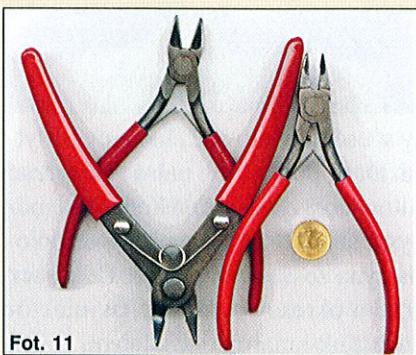


Fot. 10

Służą do obcinania zbyt długich końcówek elementów. Na początek wystarczą Ci tanie szczypce za kilka złotych. Kiedy już się rozsmakujesz w elektronice, zapewne zechcesz wydać nawet kilkadziesiąt złotych (tak!) i zakupić delikatniejsze, przyjemniejsze w użyciu szczypce dobrej firmy – patrz fotografia 11.

Grot lutownicy ulega podczas pracy zabrudzeniu resztkami topnika, wypalonej cyny, itp. W efekcie coraz mniej powierzchni grotu jest prawidłowo zwilżona przez cynę. Do czyszczenia grotu warto używać specjalnej gąbki (koniecznie wilgotnej).

Nie jest to zwykła gąbka, tylko specjalna włóknina, odporna na temperaturę (fotografia 12). Kawałek takiej gąbki do czyszczenia lutownicy



Fot. 12

można kupić w sklepach elektronicznych. Bardzo podobne gąbki są również dostępne w sklepach gospodarstwa domowego.

Grot lutownicy (gorący) należy okresowo wycierać o zwilżoną gąbkę i zaraz po tym pobielić go za pomocą kawałka świeżej cyny.

Sposoby montażu

Hobbyści wykorzystują różne sposoby montażu swoich układów. Oczywiście połączenia powinny być lutowane.

Najczęściej montuje się układy na płytach drukowanych zaprojektowanych specjalnie do danego układu. Montaż rozpoczyna się od elementów najmniejszych (zwory z drutu, rezystory), a potem kolejno lutuje się coraz większe (kondensatory, tranzystory itd.).

Niektórzy kolejno wkładają w otwory po jednym elemencie i lutują jego końcówki. Inni wkładają kilka – kilkanaście elementów, a potem lutują je wszystkie na raz.

Na początek radzę Ci lutować elementy pojedynczo. Powód jest prozaiczny: małe lutownice o mocy 13...25W znacznie stygną podczas lutowania. Przy lutowaniu seryjnym może się okazać, że temperatura grotu jest za mała i w rezultacie powstaną tzw. zimne luty.

Przy montażu układu z nowych elementów nie ma potrzeby używać kalafonii – wystarczy topnik zawarty w druciku „cyny”.

Nie zawsze montaż na płytce jest najlepszym rozwiązaniem. Proste układy można zmontować w tzw. „pająku” (inni mówią „na sznurkach”). „Pająk” wbrew pozorom, może się okazać bardzo dobrym sposobem montażu, zwłaszcza, jeśli układy miały mieć małe wymiary, by zmieścić je w małej obudowie. Modele do ćwiczeń 12 i 13 zmontowane są „w pajaku”.

Gdy rozmiary nie są problemem, można zmontować układ na tektur-

ce i lutować końcówki od spodu (ćwiczenie 11, fot.13A). Montaż na tekturce ma liczne zalety, ale również wady. Na przykład wilgotna tektura może (słabo) przewodzić prąd i uniemożliwić działanie niejednego układu. Dlatego na tekturce montuje się tylko układy eksperymentalne, które mają pracować krótko.

Zdecydowanie częściej montuje się układy na uniwersalnych płytach drukowanych. Kto uzna, że nie warto projektować i wykonywać płyt drukowanych do jednego egzemplarza urządzenia, zazwyczaj wykorzystuje płytę uniwersalną. Uważaj – przy montażu na popularnej „uniwersalce” najłatwiej popełnić błąd.

Typowe błędy

Podstawową zasadą jest, by po zmontowaniu, a przed włączeniem zasilania, dokładnie obejrzeć układ i sprawdzić czy nie ma pomyłek. Jeszcze lepiej dać go do sprawdzenia komuś innemu. Z praktyki wiadomo, że najczęściej niepowodzeń wynika z błędów w montażu (brak połączeń, zwarcia, niewłaściwe wartości elementów itp.). Nieporównanie rzadziej, ale też może się zdarzyć, że fabryczne nowy element jest niesprawny. Sporadycznie zdarza się, że wartość nie odpowiada nadrukowi na elemencie albo element jest niesprawny „od urodzenia”. Dlatego niektórzy mają zwyczaj przed zmontowaniem układu sprawdzać wszystkie elementy za pomocą dobrego multymetru.

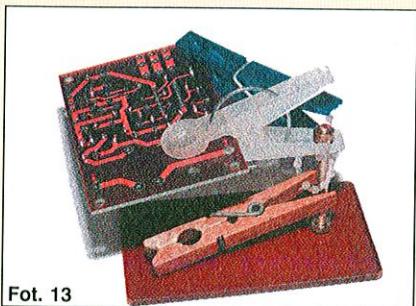
Oprócz pomyłek w montażu najczęstsze błędy to: używanie cyny z odzysku, co prowadzi do zimnych lutow, używanie zbyt dużej i ciężkiej lutownicy (transformatorówki) i odwrotne podłączenie zasilania, co nieisie ryzyko uszkodzenia elementów.

Nie bój się lutownicy!

Wiele osób niesłusznie obawia się używania lutownicy. Kandydaci na elektroników boją się poparzyć

lutownicą, która może mieć nawet +400°C, z kolei współdomownicy boją się, że gorąca lutownica zniszczy biurko lub stół, a ciekła cyna – podłogę. Lutownica rzeczywiście jest bardzo gorąca, jednak nie zdarzają się tragiczne poparzenia. Nawet gdy dotkniesz palcem grotu, mały bąbel pojawi się tylko na kilka dni – trudno, będziesz potem pamiętać o ostrożności.

Aby tego uniknąć wystarczy zastosować solidną podkładkę na stół – gruby karton – albo lepiej kawałek laminowanej płyty. Dobrze Ci radzę – jeśli chcesz lutować, koniecznie zaopatrz się w taką podkładkę! Lutownica powinna mieć podstawkę.



Fot. 13

Spokojnie przygotuj stanowisko pracy, żeby móc dobrze usiąść i oprzeć ręce. Pozostaje jeden problem: lutowane elementy uciekają po stole podczas lutowania. Problem rozwiązuje chwytyk, zwany trzecią ręką – przekonasz się, że elektro-

nikowi brakuje jednej ręki. Nie musi to być fabryczna trzecia ręka – niektórzy robią użyteczny przyrząd ze spinacza do bielizny, umocowanego na jakiejś sztywnej podstawie, np. taki jak na fotografii 13.

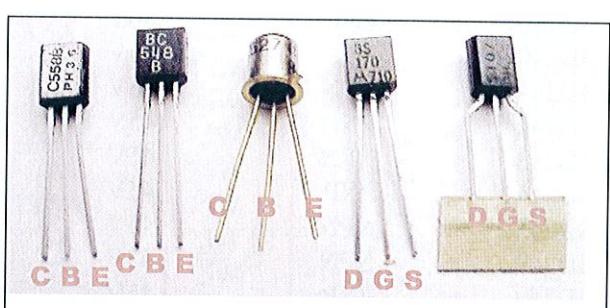
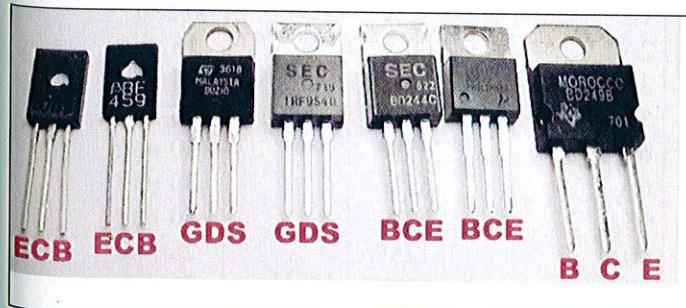
Gdy już przygotujesz dobrze oświetlone stanowisko pracy poczwicz trochę, na przykład lutując rezystory. Posługuj się przy tym pinzetą. Początkujący bardzo często parzą palce trzymając w ręku elementy podczas lutowania. Nieprzypadkowo wbijam Ci w głowę, że dobra pinzeta jest niezbędna. Nie tylko pomoże chwytać drobne elementy, ale właśnie chroni przed poparzeniami.

Biblioteczka praktyka

W codziennej praktyce można spotkać bardzo wiele typów tranzystorów. Różnią się one budową wewnętrzną i parametrami. Szczegółowe katalogi wszystkich tranzystorów, jakie można spotkać, zajęłyby całą dużą bibliotekę. Na początek wystarczy Ci garść informacji podanych na tej stronie. Na fotografiach możesz zobaczyć popularne tranzystory i standardowy rozkład wyprowadzeń. W tabelach znajdziesz podstawowe parametry najczęściej stosowanych tranzystorów: zwykłych, „darlingtonów” oraz MOSFET-ów. Na razie być może nie rozumiesz znaczenia wszystkich parametrów. Nie przejmuj się – z czasem wszystko zrozumiesz i docenisz te tabele. Zwróć uwagę na parametry najprostsze i najważniejsze: napięcie maksymalne i prąd maksymalny. Tych parametrów nie wolno przekraczać, a zawsze lepiej pozostawić pewien zapas. Znaczy to, że tranzystor zawsze powinien pracować z napięciami i pradami mniejszymi od podanych w katalogu wartości maksymalnych. Kolejnym bardzo ważnym parametrem jest moc maksymalna (moc strat) – chodzi o to, by nie przegrzać i tym samym nie uszkodzić elementu. Tranzystory mocy z reguły wyposażone

są w radiator o wielkości odpowiedniej do traconej mocy. Z praktyki wiadomo, że najczęstszą przyczyną uszkodzeń tranzystorów w układach amatorskich jest właśnie przegrzanie pod wpływem dużego prądu.

Bardzo delikatne i podatne na uszkodzenia są też MOSFET-y małej mocy (BS107, BS170, BS208, BS250) – łatwo ulegają one uszkodzeniu nawet przy dotknięciu. Przyczyną są tzw. ładunki statyczne. Na razie nie zachęcam Cię do ich używania. MOSFET-y mocy w dużych obudowach TO-220 nie są tak wrażliwe i możesz ich dotać bez obaw.



Tranzystory bipolarne zwykłe i „darlingtony”

Wyprawa III

Typ	Polaryzacja	V _{CEmax}	I _{Cmax}	P _{tot}	Wzmocnienie
2N2222	NPN	30V	0,8A	500 mW	100 min
2N2369	NPN	15V	0,5A	360 mW	40/120
BC107	NPN	45V	0,1A	300 mW	110 min
BC108	NPN	20V	0,1A	300 mW	120 min
BC109	NPN	20V	0,1A	300 mW	180 min
BC177	PNP	45V	0,1A	300 mW	70 min
BC178	PNP	25V	0,2A	300 mW	70 min
BC179	PNP	20V	50mA	300 mW	70 min
BC211	NPN	40V	1A	800 mW	40 min
BC313	PNP	40V	1A	800 mW	40/250
BC327	PNP	45V	0,8A	500 mW	63 min
BC328	PNP	25V	0,8A	500 mW	63 min
BC337	NPN	45V	0,8A	360 mW	100 min
BC338	NPN	20V	0,8A	360 mW	100 min
BC393	PNP	180V	0,1A	400 mW	50 min
BC413	NPN	30V	0,1A	300 mW	180 min
BC414	NPN	45V	0,1A	300 mW	180 min
BC415	PNP	35V	0,1A	300 mW	120 min
BC527	PNP	60V	1A	625 mW	50/300
BC528	PNP	80V	1A	625 mW	50/300
BC546	NPN	65V	0,1A	500 mW	125 min
BC547	NPN	45V	0,1A	500 mW	110 min
BC548	NPN	30V	0,1A	500 mW	110 min
BC548A	NPN	30V	0,1A	500 mW	110 min
BC548B	NPN	30V	0,1A	500 mW	200 min
BC548C	NPN	30V	0,1A	500 mW	420 min
BC549	NPN	30V	0,1A	500 mW	110 min
BC549A	NPN	30V	0,1A	500 mW	110 min
BC549B	NPN	30V	0,1A	500 mW	200 min
BC549C	NPN	30V	0,1A	500 mW	420 min
BC556	PNP	65V	0,1A	500 mW	75/450
BC557	PNP	45V	0,2A	300 mW	75 min
BC558	PNP	25V	0,1A	500 mW	75/475
BC559	PNP	25V	0,2A	300 mW	125 min
BD135	NPN	45V	1A	12W	40/250
BD136	PNP	45V	1A	12W	40/250
BD137	NPN	60V	1A	12W	40/160
BD139	NPN	80V	1A	12W	40/160
BD140	PNP	80V	1A	12W	40/250
BD240	PNP	45V	2A	30W	15 min
BD241	NPN	45V	3A	40W	25 min
BD242	PNP	45V	3A	40W	25 min
BD243	NPN	45V	6A	65W	30 min
BD244	PNP	45V	6A	65W	30 min
BD245	NPN	45V	15A	80W	40 min
BD249	NPN	45V	40A	125W	25 min
BD250	PNP	45V	40A	125W	25 min
BD281	NPN	22V	4A	36W	85/350
BD282	PNP	22V	4A	36W	85/350

Typ	Polaryzacja	V _{CEmax}	I _{Cmax}	P _{tot}	Wzmocnienie
BD283	NPN	32V	4A	36W	85/350
BD284	PNP	32V	4A	36W	85/350
BD285	NPN	45V	4A	36W	20 min
BD286	PNP	45V	4A	36W	20 min
BD649	NPN darl.	100V	8A	62W	750 min
BD650	PNP darl.	100V	8A	62W	750 min
BD911	NPN	100V	15A	90W	15/150
BD912	PNP	100V	15A	90W	15/150
BD943	NPN	22V	5A	40WR	85/475
BDT94	PNP	80V	10A	90W	20/200
BDV64	PNP darl.	60V	15A	125W	1000 min
BDV65	NPN darl.	60V	15A	125W	1000 min
BDW83	NPN darl.	45V	15A	150W	750 min
BDW84	PNP darl.	45V	15A	150W	750 min
BDW93	NPN darl.	45V	15A	80W	750 min
BDW94	PNP darl.	45V	15A	80W	750 min
BF458	NPN	250V	0,1A	6W	26 min
BF459	NPN	300V	0,1A	6W	26 min
MPSA92	PNP	300V	0,5A	625 mW	25 min
TIP127	PNP darl.	100V	5A	60 W	1000 min
TIP142	NPN darl.	100V	10A	125 W	500 min
TIP147	PNP darl.	100V	10A	125 W	500 min
TIP2955	PNP	60V	15A	90 W	20 min
TIP3055	NPN	70V	15A	90 W	20/70

Tranzystory MOSFET

Typ	Kanał	Obudowa	V _{DSmax}	I _{Dmax}	P _{TOTmax}	R _{DS(ON)max}	V _{GS(OFF)} /V _{GS(TH)}
BS107	N	TO92	200V	120mA	0,5W	15Ω	0,8/2V
BS107A	N	TO92	200V	250mA	0,35W	6,4Ω	1/3V
BS170	N	TO92	60V	0,5A	0,8W	3,5Ω	0,5/2,5
BS250	P	TO92	45V	0,5A	0,8W	7Ω	0,5/2,5
BUZ10	N	TO220	50V	23A	75W	0,07Ω	2,1/4V
BUZ11	N	TO220	50V	30A	75W	0,04Ω	2,1/4V
BUZ11A	N	TO220	50V	26A	75W	0,055Ω	2,1/4V
BUZ171	P	TO220	50V	8A	40W	0,3Ω	2,1/4V
BUZ172	P	TO220	100V	5,5A	40W	0,6Ω	2,1/4V
BUZ173	P	TO220	200V	3,6A	40W	1,5Ω	2,1/4V
BUZ20	N	TO220	100V	12A	75W	0,2Ω	2,1/4V
BUZ21	N	TO220	100V	21A	75W	0,085Ω	2,1/4V
BUZ30	N	TO220	200V	7A	75W	0,75Ω	2,1/4V
BUZ31	N	TO220	200V	13,5A	75W	0,2Ω	2,1/4V
BUZ40	N	TO220	500V	2,5A	75W	4,5Ω	2,1/4V
BUZ41	N	TO220	500V	5,5A	75W	1,1Ω	2,1/4V
BUZ42	N	TO220	500V	4A	75W	2Ω	2,1/4V
BUZ50	N	TO220	1000V	2,5A	75W	5Ω	2,1/4V

Wyprawa III

Typ	Kanał	Obudowa	V_{DSmax}	I_{Dmax}	P_{TOTmax}	$R_{DS(ON)max}$	$V_{GS(OFF)}/V_{GS(TH)}$
BUZ60	N	TO220	400V	5,5A	75W	1Ω	2,1/4V
BUZ70	N	TO220	60V	12A	40W	0,15Ω	2,1/4V
BUZ71	N	TO220	50V	18A	85W	0,1Ω	2,1/4V
BUZ72	N	TO220	100V	10A	40W	0,2Ω	2,1/4V
BUZ73	N	TO220	200V	7A	40W	0,4Ω	2,1/4V
BUZ74	N	TO220	500V	2,4A	40W	3Ω	2,1/4V
BUZ76	N	TO220	400V	3A	40W	1,8Ω	2,1/4V
BUZ77A	N	TO220	600V	2,7A	75W	4Ω	2,1/4V
BUZ78	N	TO220	800V	1,5A	40W	8Ω	2,1/4V
BUZ80	N	TO220	800V	2,6A	75W	4Ω	2,1/4V
BUZ90	N	TO220	600V	4,5A	75W	1,6Ω	2,1/4V
IRF510	N	TO220	100V	4A	20W	0,6Ω	2/4V
IRF520	N	TO220	100V	8A	40W	0,3Ω	2/4V
IRF530	N	TO220	100V	14A	75W	0,18Ω	2/4V
IRF540	N	TO220	100V	27A	125W	0,085Ω	2/4V
IRF9510	P	TO220	100V	3A	20W	1,2Ω	2/4V
IRF9530	P	TO220	100V	12A	75W	0,3Ω	2/4V
IRF9540	P	TO220	100V	19A	125W	0,2Ω	2/4V

Zasilacz stabilizowany do ćwiczeń, lutownicę, płytki uniwersalne i stykowe, a także wiele innych narzędzi i materiałów można zakupić wysyłkowo w firmie AVT. Oferta na stronie internetowej:

www.avt.com.pl

www.sklep.avt.com.pl

Można zasięgnąć informacji o cenach i kosztach wysyłki oraz złożyć zamówienie przez Internet, telefonicznie, faksem albo wysłać pocztą:

tel: 022-568-99-50

fax: 022-568-99-55

e-mail: handlowy@avt.com.pl

Adres pocztowy

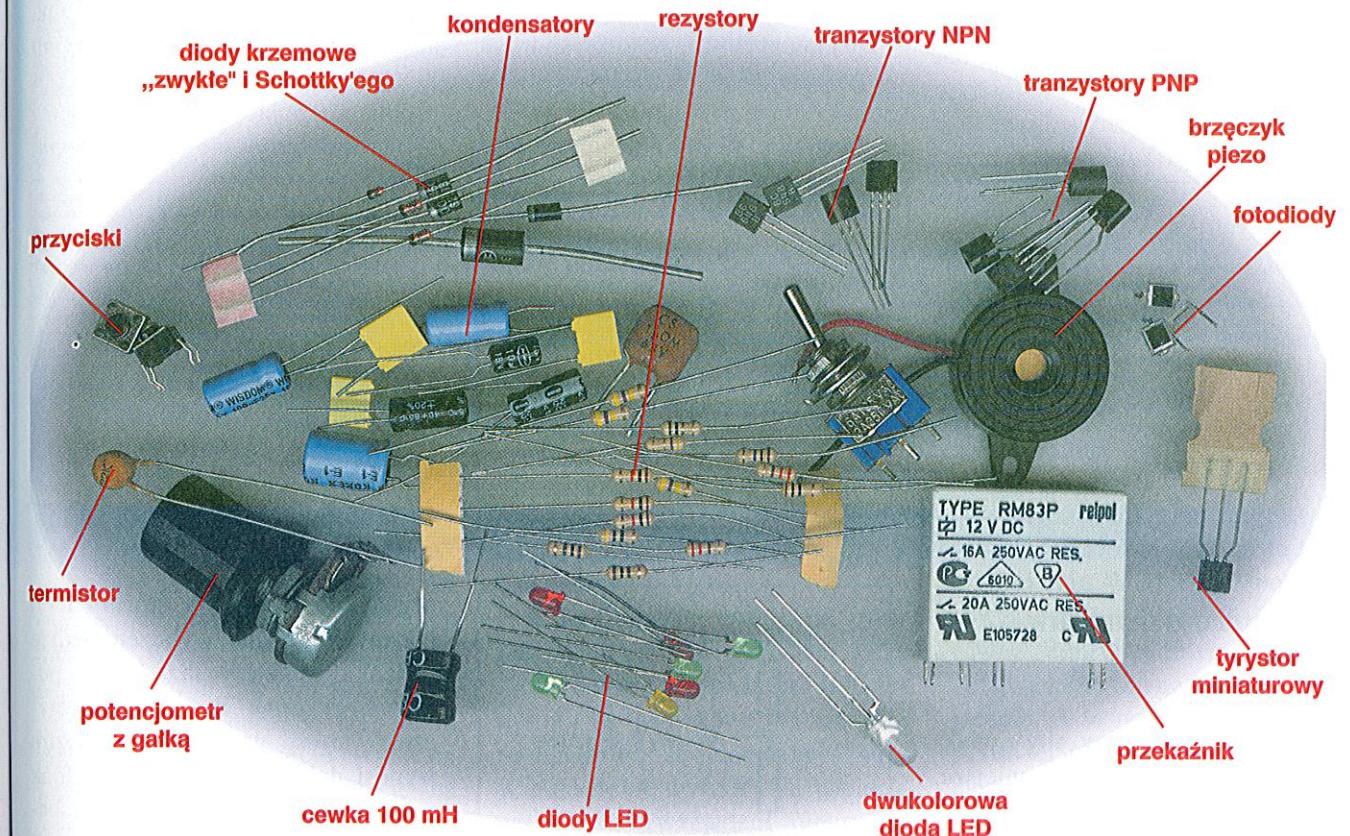
Dział Handlowy AVT
ul. Burleska 9
01-939 Warszawa

Pod podanym adresem prowadzona jest też sprzedaż detaliczna.

Uwaga. Podane w nawiasach przy tytułach kolejnych wypraw symbole A1, A2 i A3 stanowią oznaczenia kodowe zestawów elementów niezbędnych do budowy urządzeń opisanych w ramach poszczególnych wypraw.

Wyprawa trzecia (A3)

Regulator temperatury. Tester refleksu. Bateria słoneczna.
Krzesło elektryczne. Laserowe zdalne sterowanie.
Elektroniczna klepsydra. Generator wysokiego napięcia.
Laserowa bariera optyczna dalekiego zasięgu



Niniejszy materiał jest trzecią wyprawą. Aby bezboleśnie rozpocząć swą przygodę z elektroniką warto zacząć od lekcji pierwszej, oznaczonej A1. Podane są tam podstawowe informacje, w tym dotyczące montażu oraz kodu kolorowego, stosowanego do oznaczania rezystorów.

W czasie trzeciej wyprawy wykonasz kolejne wspaniałe i pożyteczne układy. Znasz już podstawowe prawa elektroniki, a lutowanie nie jest ci obce. Przyszła pora na zapoznanie się z cyfrowym miernikiem uniwersalnym – multymetrem. Zamiat niego możesz wykorzystywać uniwersalny miernik wskazówkowy.

Jeśli nie masz żadnego miernika, nie rozpaczaj – opisywane układy uruchomisz bez pomocy jakiegokolwiek miernika. **Do wszystkich ćwiczeń potrzebny będzie zasilacz stabilizowany 12 V i prąd co najmniej 150 mA.** Nie polecam baterii 9-woltowej, choć może zasilać niektóre układy.

Zaczynamy więc!

Prąd elektryczny przepływający przez ciało człowieka **nie jest obojętny dla zdrowia.**

Czym większe napięcie, tym większy prąd i większy wpływ na organizm.

Napięcia nie przekraczające 24V uznaje się za bezwzględnie bezpieczne.

Napięcia większe niż 60V są uznawane za niebezpieczne. Napięcie w domowym gniazdku sieci energetycznej wynosi 220...230V – jest to więc napięcie groźne dla życia!

Przeprowadzanie prób z układami dołączonymi wprost do sieci grozi śmiercią!

Aby zapobiec nieszczęściu, należy zasilać budowane układy z baterii,

lub z użyciem fabrycznego, testowanego zasilacza, który co prawda jest dołączany do sieci, ale zastosowane rozwiązania zapewniają galwaniczną izolację od sieci i pełne bezpieczeństwo.

Potencjometr, rezistor zmienny

Mówiąc najprościej, potencjometr to zmienny rezistor. Aby samodzielnie „skonstruować” rezistor, wystarczy narysować miękkim ołówkiem na kartce grubą kreskę. Cienka warstwa grafitu (odmiana węgla) przewodzi prąd. Przesuwając sondy miernika wzdłuż węglowej ścieżki można zmieniać rezystancję. Dokładnie tak działają potencjometry węglowe (w których ścieżka przewodząca jest zbudowana z grafitu).

Dawniej kilka potencjometrów (węglowych) można było znaleźć w każdym radioodbiorniku i telewizorze, gdzie służyły między innymi do regulacji siły głośnika. Dziś jest ich tam coraz mniej, bo są wypierane przez elektroniczne systemy regulacji. Potencjometrów do regulacji siły głośnika w nowoczesnym, popularnym sprzęcie już nie ma. Nadal stosowa-



Fot. 1. Potencjometry

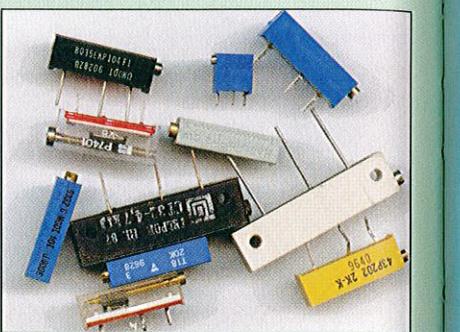
ne są jedynie niewielkie potencjometry montażowe, wykorzystywane w procesie regulacji wstępnej, niedostępne dla użytkownika. Obok popularnych i tanich potencjometrów



Fot. 2. Potencjometry montażowe „peerki”

węglowych, stosowane są także zdecydowanie lepsze potencjometry cermetowe (cermet – ceramika + metal). Czasem spotyka się też potencjometry drutowe, a bardzo rzadko takie, gdzie warstwa czynna jest wykonana ze specjalnego, przewodzącego tworzywa sztucznego.

Potencjometry montażowe nazywane są często *peerkami*. Ta zwyczajowa nazwa pochodzi stąd, że na schematach oznacza się je często literami PR. Precyzyjne, wieloboczne, cermetowe potencjometry montażowe nazywane są *helitrami*.

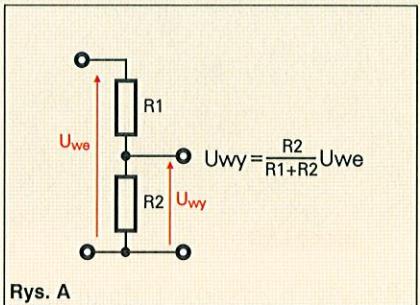


Fot. 3. Potencjometry montażowe helitry.

Tajemnice dzielników napięcia

Dzielnik jest potrzebny, aby z większego napięcia uzyskać mniejsze. Podstawowy, książkowy wzór na napięcie wyjściowe dzielnika jest podany na rysunku A. W ćwiczeniu 2 stwierdziliśmy, że taki sam podział można osiągnąć przy różnych wartościach rezystorów.

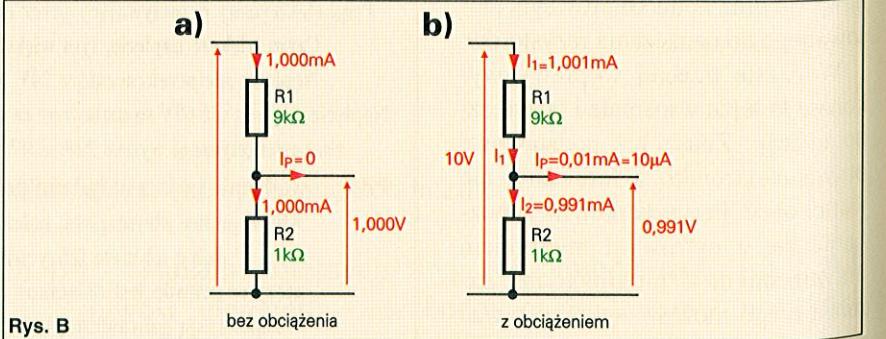
W praktyce trzeba wziąć pod uwagę fakt, że dzielnik zawsze jest czymś obciążony (część prądu jest „podkradana” przez obciążenie dzielnika), i w rezultacie napięcie nie zgadza się z podanymi obliczeniami. Precyzyjne obliczenie napięcia na rzeczywistym dzielниku nie jest łatwe, bo zazwyczaj wartość prądu „podkradanego”, na przykład prądu bazy tranzystora, znamy tylko w przybliżeniu. Z kilku względów zaleca się, by prąd dzielnika był kilkakrotnie, a co najmniej dzie-



się razy większy od prądu „podkradanego”.

Przykładowo, jeśli prąd płynący przez rezystory dzielnika będzie 100 razy większy od prądu „podkrada-

nego”, wtedy błąd w stosunku do podanych właśnie wyliczeń będzie maleńki, mniejszy niż 1% – porównaj rysunek B, gdzie teoretyczna wartość wyliczona ze wzoru wynosi dokładnie 1V. Jeśli jednak prąd „podkradany” z dzielnika będzie większy, błąd też będzie odpowiednio większy. W praktyce trzeba wziąć pod uwagę, że stosowane rezystory też mają jakąś tolerancję, zwykle 5%, więc 1-procentowy błąd wynikający z „podkradania” prądu można spokojnie pominąć.



Rys. B

Ćwiczenie 1. Połączenie równoległe i szeregowo – rozkład napięć

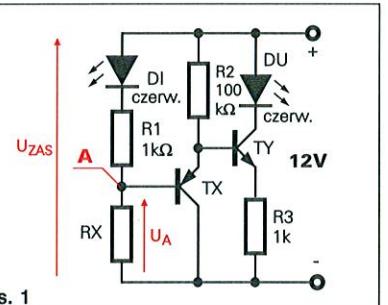
Do tej pory zajmowaliśmy się głównie prądami. Pora zbadać, jak zmieniają się napięcia. Zestaw układ według rysunku 1. Rezystora RX nie montuj na stałe, w jego miejsce włączaj kolejno rezystory o wartościach 100Ω, 1kΩ, 10kΩ. Jasność diody DI wskazuje na wartość prądu, ale to tym razem jest mniej istotne. Chcemy badać jak zmienia się napięcie w punkcie A. Układ z tranzystorami TX, TY i diodą DU jest monitorem napięcia – jasność diody DU wskazuje wartość napięcia U_A , czyli napięcia na rezystorze RX.

Rezystory R1, RX tworzą *dzielnik napięcia* – za pomocą dwóch rezystorów możesz uzyskać dowolne napięcie U_A , mniejsze od napięcia zasilającego U_{ZAS} . Dzielniki napięcia wykorzystujemy w praktyce bardzo często.

Przez oba rezystory płynie ten sam prąd – jakiś prąd I. Czym większa rezystancja RX, tym większe napięcie na niej występuje – jest to zgodne z prawem Ohma ($U=I \cdot R$).

Jak już wiesz, napięcie nie może zginąć – jeśli na rezystorze RX wystąpi jakieś napięcie U_X , to na rezystorze R1 napięcie wyniesie $U_{ZAS} - U_X$ (pomijamy napięcie na diodzie D1). Suma napięć U_X , napięcia na R1 i na diodzie D1 zawsze będzie równa napięciu baterii.

W układzie z rysunku 1 zmień wartość R1 na 10kΩ, a zamiast RX włącz termistor (w skład zestawu A03 wchodzi termistor o rezystancji nominalnej 22kΩ). Tym razem napięcie w punkcie A zauważalnie zmienia się pod wpływem temperatury – podgrzej termistor dotykając



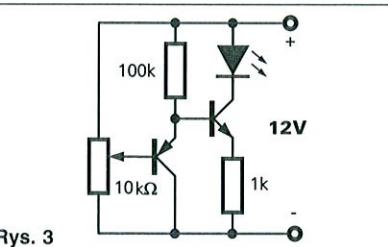
Rys. 1

go palcami, albo lepiej zbliżając doń gorący grot lutownicy (nie przesadź z podgrzewaniem, bo zniszczysz termistor).

Jeśli posiadasz zestaw elementów do poprzedniego ćwiczenia (A02), w miejsce RX wstaw fotorezystor. Sprawdź jak zmienia się napięcie w punkcie A przy zmianach oświetlenia (od silnego światła latarki do całkowitej ciemności). Zamiast fotorezystora możesz też wstawić fototranzystor. Uważaj na biegumowość (patrz poprzednie odcinki). Co się dzieje z napięciem tak powstałych dzielników?

A teraz zwróć uwagę na rysunek 2, na którym pokazano kilka szczególnych przypadków. Jeśli rezystory są jednakowe, to napięcia na nich też są jednakowe, więc w punkcie A wystąpi 1/2 napięcia zasilającego (względem minusa zasilania). W „dolnym” położeniu suwaka napięcie Us jest najmniejsze, równe zero, w „górnym” położeniu – największe, równe napięciu zasilającemu. A w połowie? W zestawie A3 do tej wyprawy znajdziesz potencjometr 10kΩ oznaczony literą A, tak zwany liniowy. Jeśli w swoich zbiórach znajdziesz potencjometry z literami B, C lub M+N lub jeszcze innymi, sprawdź, jakie napięcie występuje w połowie drogi suwaka – będzie inne niż połowa napięcia zasilania. Mówimy, że potencjometry mają różne charakterystyki.

Chyba to jest dla Ciebie oczywiste, że pracujący potencjometr również jest regulowanym dzielnikiem napięcia – zobacz rysunek 4.

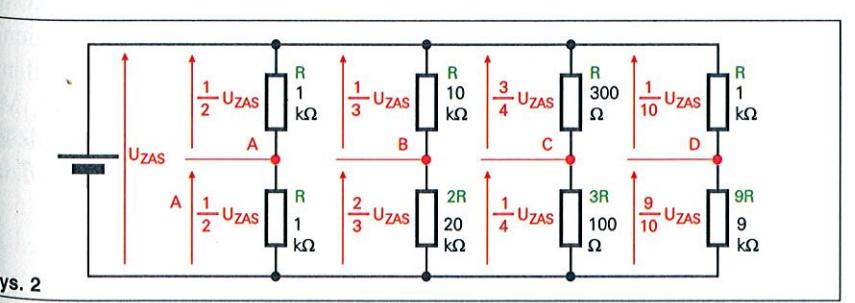


Rys. 3

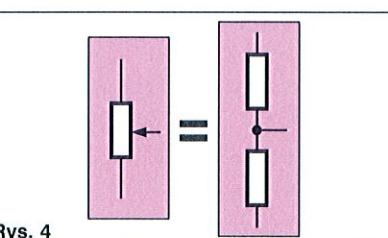
giego, to napięcie punktu B względem minusa zasilania wyniesie 3/4 napięcia zasilania – patrz napięcie w punkcie C. Podobnie dla dziewięciokrotniej różnicy – sprawdź napięcie w punkcie D. Zwróć uwagę na wartości rezystorów i na to, jaki ułamek napięcia na nich występuje. Czy już intuicyjnie czujesz sprawę podziału napięcia? Tak czy inaczej, zajrzyj do części TECHNIKALIA, aby utrwalić tak nabycie wiadomości.

Weź jeszcze potencjometr i zbuduj układ według rysunku 3. Przestawiając suwak potencjometru dowolnie zmienisz napięcie na nim (Us) w zakresie od zera do pełnego napięcia zasilania. W „dolnym” położeniu suwaka napięcie Us jest najmniejsze, równe zero, w „górnym” położeniu – największe, równe napięciu zasilającemu. A w połowie? W zestawie A3 do tej wyprawy znajdziesz potencjometr 10kΩ oznaczony literą A, tak zwany liniowy. Jeśli w swoich zbiórach znajdziesz potencjometry z literami B, C lub M+N lub jeszcze innymi, sprawdź, jakie napięcie występuje w połowie drogi suwaka – będzie inne niż połowa napięcia zasilania. Mówimy, że potencjometry mają różne charakterystyki.

Chyba to jest dla Ciebie oczywiste, że pracujący potencjometr również jest regulowanym dzielnikiem napięcia – zobacz rysunek 4.



Rys. 2



Rys. 4

Na fotografiach 1–3 możesz zobaczyć różne potencjometry. Każdy z nich zawiera przewodzącą ścieżkę oraz ruchomy suwak.

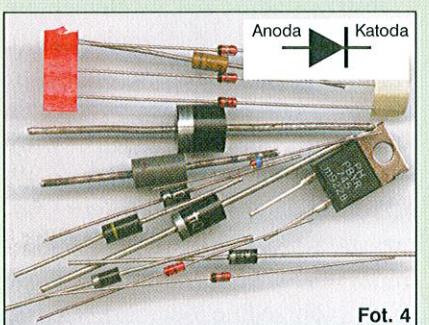
Diody krzemowe

Dioda to dwukońcowkowy element elektroniczny. Nazwa pochodzi jeszcze z epoki lamp elektronowych (dioda – lampa dwuelektrodowa). Obecnie zdecydowanie najczęściej wykorzystywane są nie diody świecące, znane Ci od początku cyku, tylko „zwykłe” diody krzemowe o symbolu pokazanym na fotografii 4. Nie ma problemu z identyfikacją końcówek – katoda jest oznaczona kolorowym paskiem.

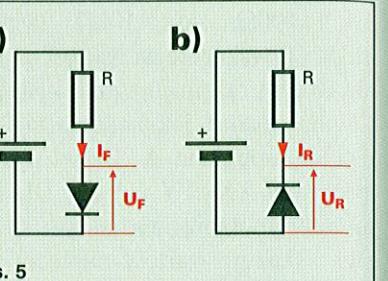
Czasem na schematach umieszcza się tylko oznaczenie Si (Si – symbol chemiczny krzemu), co wskazuje, że można wykorzystać dowolną „zwykłą” diodę krzemową (w praktyce stosujemy wtedy najpopular-

niejszego obecnie „szklaczka” – diodę 1N4148).

Działanie „zwykłej” diody jest beznadziejnie proste – klasyczna dioda przewodzi prąd tylko w jednym kierunku. Jeśli dioda przewodzi, to występuje na niej spadek napięcia, nazywany napięciem przewodzenia, oznaczany U_F (dla najpopularniejszych diod wynosi on 0,6...0,8V). Jest to niekorzystna cecha diody – lepiej byłoby mieć diody, na których nie występuje spadek, czyli strata napięcia, ale takich diod nie ma. Dioda włączona „odwrotnie”, ściślej – w kierunku



Fot. 4



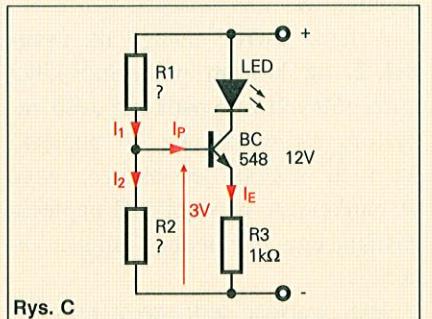
Rys. 5

Historycznie wcześniejsze diody wykonane z germanu (Ge) mają napięcie przewodzenia niższe od diod krzemowych, ale za to wielokrotnie większy prąd wsteczny. Diody germanowe są stosowane rzadko i tylko w układach radiowych.

Najważniejszymi parametrami „zwykłych” diod są maksymalny

co zaokrąglamy do najbliższej wartości z szeregu 5-procentowego, czyli do 4,3k Ω . Prąd I_1 , ściśle biorąc, będzie większy od prądu I_2 o prąd bazy, czyli wyniesie około 0,724mA (0,7mA + 0,024mA). Ponieważ na rezystorze R_1 ma występować napięcie 9V (12V–3V), wartość R_1 wyniesie $9V/0,724mA = 12,43094k\Omega$, co zaokrąglamy do najbliższej wartości z szeregu, czyli do 12k Ω .

I to wszystko. Nie bój się zaokrąglać, ponieważ w prostych układach precyza nie jest potrzebna. Napięcie dzielnika nie musi być idealnie równe 3V. Nie ma zresztą na to szans. Przecież użyte rezystory będą mieć 5-procentową tolerancję, tranzystor zapewne będzie miał wzmacnienie większe niż 100, a napięcie zasilania nie będzie idealnie równe 12V. Miło takiej kilkuprocentowej niedokładności układy elektroniczne działają, jak wiesz, znakomicie.



cesnego tranzystora małej mocy może wynosić 100...1000. Na wszelki wypadek przyjmujemy najmniejszą wartość: 100. Tym samym prąd bazy, „podkradany” z dzielnika (I_p) nie będzie większy niż $24\mu A$ ($2,4 mA/100$). Niech prąd dzielnika, ściślej prąd I_2 będzie około 30 razy większy od prądu „podkradanego” $24\mu A \cdot 30 = 0,72mA$ – przyjmijmy „okrągłą” wartość 0,7mA (oczywiście mogliśmy wybrać zupełnie inny prąd dzielnika, na przykład 0,24mA czy 2mA). Teraz obliczamy wartość R_2 jako $3V/0,7mA = 4,2857142k\Omega$,

zaporowym, praktycznie nie przewodzi prądu. Występuje na niej wtedy pełne napięcie zasilające (jest ono napięciem wstecznym, oznaczonym U_R) i płynie przez nią jakiś znikomo mały prąd wsteczny I_R . Ilustruje to rysunek 5.

Ćwiczenie 2. Rozkład napięć. Oporność wewnętrzna dzielnika

A teraz bardzo ważna sprawa praktyczna. Na rysunku 5 znajdziesz cztery kolejne dzielniki napięcia. Nie buduj układu, odpowiedz tylko, jakie będą napięcia w punktach A, B, C, D?

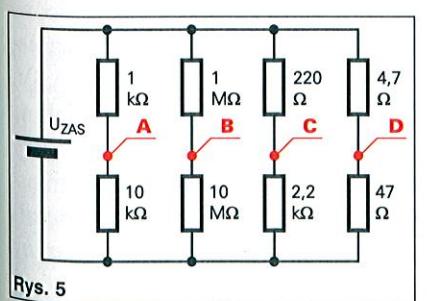
Tak jest, napięcia będą jednakowe i wyniosą 10/11 napięcia zasilającego!

To czym tak naprawdę różnią się te cztery dzielniki?

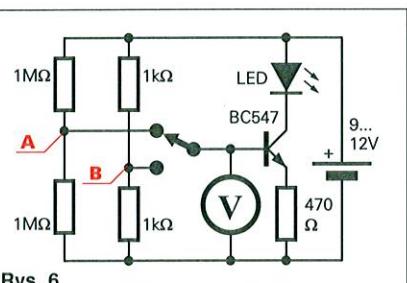
Jeśli chodzi o podział napięcia – nie różnią się niczym i można je stosować wymiennie. Różny jest natomiast płynący przez nie prąd. Na przykład w jakimś urządzeniu zasilanym z baterii, gdzie trzeba minimalizować pobór prądu, być może będzie trzeba zastosować rezystory o możliwej dużej wartości (1M Ω , 10M Ω).

Tak, ale...

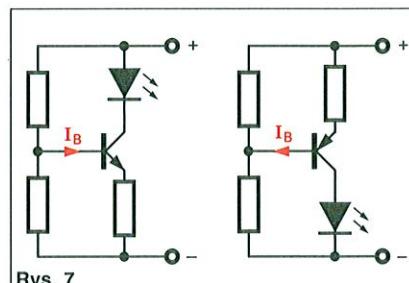
Do tej pory rozważaliśmy idealizowane dzielniki. Nie zapominajmy jednak, iż w praktyce dzielnik zawsze pełni rolę sługi – tworzy obniżone napięcia dla jakiegoś innego obwodu czy układu. Ten obwód czy układ jest dla naszego dzielnika obciążeniem i „podkrada” zeń prąd. Koniecznie wykonaj układ z rysunku 6 i przekonaj się, w czym problem. Układ modelowy zmontowany na płytce stykowej jest pokazany na fotografii 1. Teoretycznie oba dzielniki powinny zachowywać się tak samo – w punktach A, B napięcie powinno być równe połowie napięcia zasilającego. I tak jest, gdy dzielnik nie jest obciążony. Za pomocą przełącznika S dołączamy tranzystor, czyli „podkradamy” prąd z jednego lub drugiego dzielnika.



Rys. 5



Rys. 6



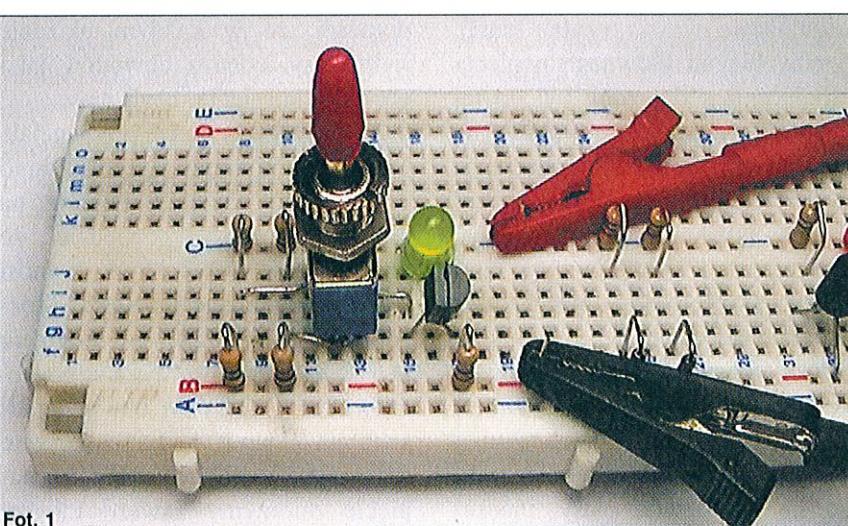
Rys. 7

nać prąd co najmniej dziesięciokrotnie większy niż prąd „podkradany” z dzielnika przez obciążenie.

Dla scisłości należałoby dodać, że dzielnik może być obciążony prądem wypływającym, jak w omawianych przypadkach, albo prądem dopływającym – przykłady pokazano na rysunku 7.

Na dzielnik (a także wiele bardziej skomplikowanych obwodów) warto spojrzeć także z innej strony. Zamknijmy baterię 6V i dzielnik (2k Ω , 2k Ω) w tzw. czarnej skrzynce, wyprowadzając na zewnątrz tylko punkty A, B – rysunek 8a. Dajmy to komuś do testów, by nie otwierając skrzynki sprawdzić, co jest w środku.

Ktoś taki może jedynie zmierzyć napięcie między wyprowadzonymi na zewnątrz punktami A, B. Może też dołączać do nich rezystory, mierząc prąd i napięcie. Jeśli jest odważny, zewrze punkty A, B i zmierzy plynący wtedy prąd zwarcia.



Fot. 1

neodymowe, helowo-neonowe, argonowe itd.). Sa one jednak znacznie większe, droższe i trudniejsze do sterowania. Niektóre z nich mogą mieć moc dużo większą niż diody laserowe. Lasery dużej mocy są wykorzystywane na przykład do cięcia twardych materiałów.

Lasery (LASER – *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) to urządzenia do wytwarzania wiązki światła o specyficznych właściwościach. Hobbyste interesuje przede wszystkim fakt, że światło lasera da się skupić w wąską wiązkę o dużej jasności. Specjalisci cenią światło lasera za spójność i czystość widmową – amator nie musi się zagłębiać w te zagadnienia.

Hobbysta ma do czynienia przede wszystkim z półprzewodnikowymi diodami laserowymi. Mają one niewielką moc promieniowania i na pewno nie nadają się do cięcia materiałów. Niemniej skupione światło wskaźnika laserowego niesie na tyle

dużą energię, że może uszkodzić delikatne komórki wzrokowe.

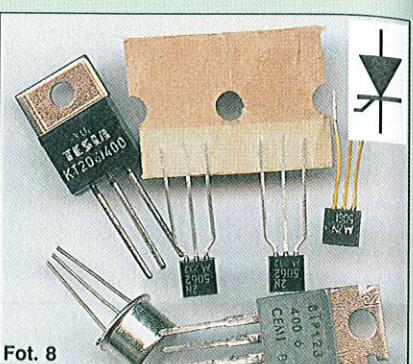
Dioda laserowa jest jednym z najbardziej delikatnych elementów elektronicznych i bardzo łatwo ulega uszkodzeniu podczas montażu. Dioda wlutowana w układ jest już bezpieczna. Z tego względu początkującym nie zaleca się jakichkolwiek operacji z „górnymi” diodami laserowymi, a jedynie wykorzystanie modułów (dioda plus sterownik) lub gotowych wskaźników.

Tyrystor

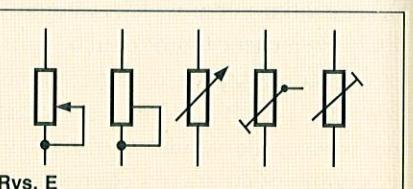
Tyrystor jest trzykońcowkowym elementem przełączającym.

Kiedyś był nazywany sterowaną diodą. Wygląd współczesnych tyristorów widać na **fotografii 8**. Na schematach tyristory zazwyczaj oznacza się literkami Ty, ale nie jest to reguła.

Również tyristor nieco przypomina



na działaniem tranzystora NPN. Jednak w odróżnieniu od tranzystora, tyristor może mieć tylko dwa stany: całkowitego przewodzenia albo całkowitego zatkania. Jeśli choć przez chwilę popłynie prąd bramki, to tyristor otworzy się na trwałe. Tyristor można wyłączyć tylko w jeden sposób – przerywając na chwilę prąd obciążenia. Takie działanie może się wydać dziwne i mało przydatne w praktyce. W przemyśle, zwłaszcza w energetyce, nadal wykorzystuje się potężne tyristory pracujące przy napięciach



drogi suwaka rezystancje obu „półwek” potencjometru są równe, potencjometr ma charakterystykę liniową. Jeśli w środkowym położeniu suwaka rezystancje nie są równe, potencjometr ma nieliniową charakterystykę regulacji: wykładniczą, logarytmiczną lub jeszcze inną. Wszystkie potencjometry montażowe mają charakterystykę liniową. Natomiast do regulacji głośności lepiej jest wykorzystywać potencjometry o charakterystyce wykładniczej, bo dają one wrażenie równomiernej regulacji w całym zakresie ruchu suwaka. Krajowe potencjometry wykładnicze mają w oznaczeniu literę B, stąd zapis np. 22kB oznacza potencjometr „wykładniczy” o rezystancji 22kΩ.

Obłaskawianie kolejnego upiora – zasada Thevenina

Na poprzedniej wyprawie przekonałeś się, że groźnie wyglądające prawa Ohma i Kirchhoffa to naprawdę oczywista sprawa. Na tej wyprawie możemy rozprawić się z kolejnym uporem, męczącym uczniów i studentów. W podręcznikach opisywane są różne metody analizy obwodów elektronicznych, w tym metoda Thevenina i metoda Nortona. Opierają się one na zasadzie Thevenina i zasadzie Nortona. Nie będę Cię katował teoretycznymi rozwązaniami, znajdziesz je w podręcznikach, jednak warto poczuć intuicyjnie pewną bardzo ważną sprawę praktyczną, ściśle związaną z zasadą Thevenina. Znów zdziwisz się, jakie to proste. Zajmowaliśmy się tym w ćwiczeniu 2. Okazuje się, że nawet skomplikowane sieci zawierające wiele elementów (liniowych) można zastąpić połączeniem jednego rezystora i jednego źródła napięcia

Potencjometry w praktyce

Generalnie każdy potencjometr, zgodnie ze swoją nazwą, może pracować jako dzielnik napięcia. Może też pracować jako zmienny rezystor. Jeśli (jakikolwiek) potencjometr pracuje jako zmienny rezystor, bywa oznaczany jak na **rysunku E**. Dwa ostatnie symbole to oznaczenia potencjometru montażowego (PR-ka, helitrima).

Zwłaszcza przy pracy w roli dzielnika napięcia ważna jest charakterystyka regulacji. Jeśli w połowie

napięcie przewodzenia różnych diod. Elementy TX, TY, DU, podobnie jak na rysunku 1, pełnią rolę wskaźnika napięcia z tym, że zmniejszyłem wartość RD, by dioda DU świeciła jasno już przy małych napięciach. Przełącznik pozwoli porównać napięcia w różnych warunkach – to układ w stronę tych, którzy nie posiadają multimetru cyfrowego. Niech na początek R1, R2 mają jednakową wartość 10kΩ. Prąd płynący przez badane diody D1, D2 będzie wynosił około 1mA. Na początku niech obie diody D1, D2 będą typu 1N4148. W obu pozycjach przełącznika S dioda DU powinna świecić jednakowo jasno.

Zmień teraz R2, niech ma 1kΩ. Przez diodę D2 popłynie prąd o wartości około 10mA. Czy napięcie na diodzie wzrośnie dziesięciokrotnie?

Ćwiczenie 4. Dioda jako czujnik temperatury

Wiesz już, że termistor jest czujnikiem temperatury. Niech w układzie z rysunku 10b rezystory R1=R2=10kΩ, a D1, D2 niech będą typu 1N4148. Podgrzewaj końcówkę jednej z diod gorącą lutownicą i sprawdź, jak zmienia się jej napięcie przewodzenia. Przełączając przełącznik S przekonasz się, że zmiany są zauważalne.

Zbuduj teraz układ według **rysunku 11**, pomocą będzie **fotografia 3**. Dioda LED powinna się świecić ze średnią jasnością – w modelu rezystancja R1 wynosiła 4,7kΩ (w razie potrzeby zmień jej wartość). Co się stanie, gdy podgrzeszysz diodę, dotykając lekko gorącą lutownicą jednej z jej nóżek?

Dlaczego dioda LED gaśnie?

Czy wiesz, że...

tani woltomierz ma rezystancję wewnętrzną równą 1 MΩ. Pomiar napięcia jest więc równoznaczny z dołączeniem do obwodu rezystora o wartości 1 MΩ.

Czy wiesz, że...

dołączenie do obwodu woltomiera lub amperomierza w mniejszym lub większym stopniu zmienia warunki pracy układu.

Zmień R2, niech ma 100kΩ, prąd diody wynosi teraz około 0,1mA. Czy napięcie na D2 radykalnie spadło?

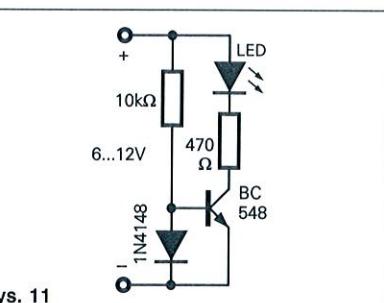
Następnie powróć do jednakowych wartości R1, R2 (10kΩ). Wymień diodę D2 na jednoamperową 1N4007. Czy da się zauważyc jaką różnicę napięć przewodzenia diod 1N4148 i 1N4007? A gdy dioda D2 będzie jeszcze większa (trzyamperowa), typu 1N540X?

Teraz w roli D2 włącz małą diodę Schottky'ego typu BAT43 (BAT84). Co powiesz o napięciu przewodzenia, w porównaniu z diodą 1N4148?

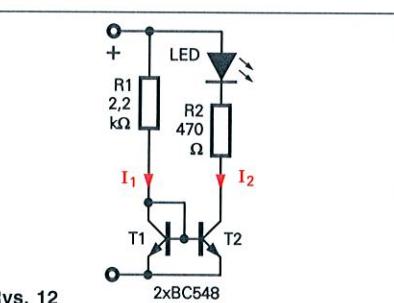
Włącz jeszcze zamiast D2 diody świecące – ich napięcie przewodzenia jest znacznie wyższe niż „wykłych” diod. Diody czerwone z reguły mają napięcie przewodzenia nieco niższe (ok. 1,6...2V) od diod żółtych i zielonych (ok. 2...2,2V, a diody białe i niebieskie – około 3V).

Przy jednakowych rezystorach R1, R2 włącz jako D1, D2 różnokolorowe pary diod LED (czerwoną, żółtą i zieloną). Sprawdź ich napięcie przewodzenia.

Nie lekceważ takich prób. Jeśli masz multimeter cyfrowy, to ustawi go na zakres napięcia stałego (2VDC, przy LED-ach 20VDC) i zmierz dokładnie napięcia na diodach, także przy jeszcze innych wartościach rezystorów R1, R2. Znakomitym pomysłem byłoby zapisanie wyników – na pewno Ci się to przyda w przyszłości.

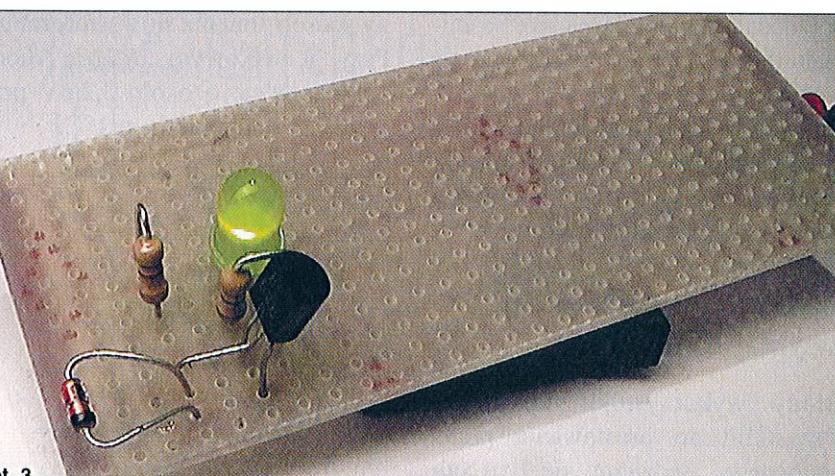


Rys. 11



Rys. 12

Jak wiesz, napięcie na diodzie wynosi około 0,6V i tyleż wynosi napięcie baza-emiter, potrzebne do



Fot. 3

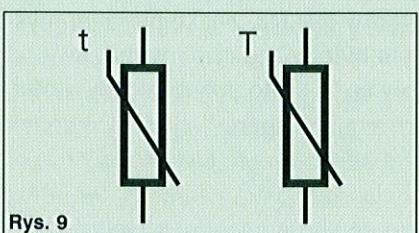
sieci energetycznej rzędu setek i tysiący woltów oraz prądach setek i tysięcy amperów. Natomiast przez hobbystów tyristory są wykorzystywane coraz rzadziej.

Termistor

Termistor jest czujnikiem temperatury.

Już symbol wskazuje, że termistor jest odmianą rezystora, a więc jest elementem niebiegunowym. Literka T lub t wskazuje na zależność od temperatury. Na schematach oznaczany jest T_m , lub R, jako odmiana rezystora. O ile w zwykłych rezystorach zmiana rezystancji pod wpływem temperatury jest niepożądana, o tyle w termistorek specjalnie dobiera się materiały składowe, by rezystancja zmieniała się pod wpływem temperatury jak najwięcej.

Najpopularniejsze są termistory NTC (*Negative Temperature Coefficient*), w których rezystancja maleje ze wzrostem temperatury. Do specjalnych celów stosuje się termistory PTC (*Positive Temperature Coefficient*), w których rezystancja przy wzroście temperatury rośnie, czasem zadziwiająco gwałtownie.

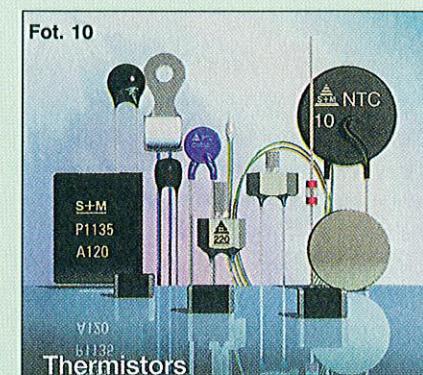


Litera A oznacza charakterystykę liniową, wykorzystywana na przykład do regulacji barwy tonu – zapis np. 10kA oznacza potencjometr „liniowy” o rezystancji $10\text{k}\Omega$ (w publikacjach i katalogach zagranicznych spotyka się inne oznaczenia literowe). Oczywiście, gdy brak potencjometru o określonej charakterystyce, można prowizorycznie zastosować jakikolwiek inny o takiej samej rezystancji.

Obecnie najpopularniejsze są miniaturowe potencjometry montażowe węglowe i cermetowe, a w zastosowaniach wymagających dużej precyzji i stałości w czasie stosuje się (cermetowe) helitrymy. Wszystkie mają charakterystykę liniową.

Zadziwiające własności zwykłej diody...

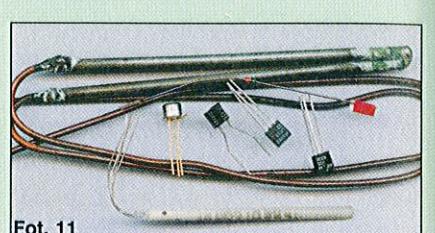
Diody wykorzystuje się przede wszystkim do prostowania prądu zmiennego. Będziemy się tym zaj-



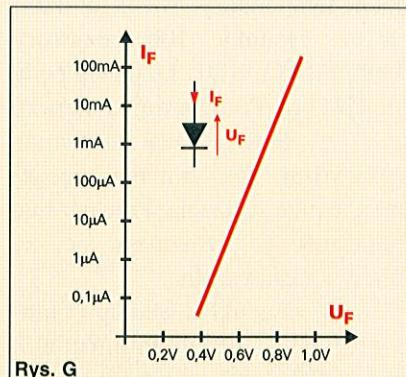
Termistory stosowane do różnych celów mają odmienny wygląd. Na fotografii 10 widać popularne termistory pastylkowe. Mogą one pracować w zakresie temperatur do około $+150^\circ\text{C}$.

Inne czujniki temperatury

Praktycznie wszystkie elementy zmieniają swoje parametry pod wpływem temperatury. Dlatego oprócz termistorów, do pomiaru i regulacji temperatury często, a nawet częściej od termistorów, wykorzystuje się zupełnie inne czujniki: diody i tranzystory, czujniki



Fot. 11



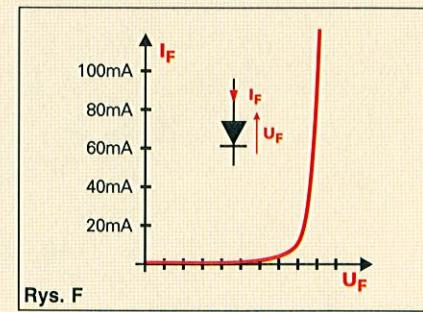
Na rysunku F pokazano charakterystykę w kierunku przewodzenia typowej diody krzemowej w jakiejś temperaturze. Jak widzisz, napięcie niewiele zmienia się przy dużych zmianach prądu.

Diody, wydające się prymitywnymi elementami, mają inną interesującą właściwość. Jeśli na pionowej osi zaznaczmy wartość prądu w tak zwanej skali logarytmicznej, charakterystyka diody dziwnie się wyprostuje – zobacz rysunek G. Dokładnie przeanalizuj oba rysunki

mówiąc na następnej wyprawie. Teraz chciałbym Ci zwrócić uwagę na pewne specyficzne właściwości diod.

Jak wiesz, na typowej krzemowej diodzie występuje przy przepływie prądu spadek napięcia około $0,6\ldots 0,8\text{V}$. Dokładna wartość napięcia przewodzenia zależy od płynącego prądu i od rozmiarów złącza, czyli od gęstości prądu.

W ćwiczeniu 4 sprawdziliśmy, że napięcie przewodzenia wauważalny sposób zmienia się z temperaturą. Przy jednakowym prądu diody zmniejsza się o około $2,2\text{mV}$ przy wzroście temperatury o 1°C .



Rys. F

otwarcia tranzystora, więc dioda LED gaśnie.

Właśnie okazało się, że zwyczajna dioda jest czujnikiem temperatury i co ciekawe, rzeczywiście bywa wykorzystywana w tej roli.

Zbuduj jeszcze układ według rysunku 12. Tranzystor, w którym jest zwarty kolektor z bazą zachowuje się jak dioda. Podgrzewaj raz

jeden, a po kilkudziesięciu sekundach drugi tranzystor. Jak zmienia się jasność LED-a?

Gdy podgrzewasz T2, dioda świeci jaśniejsie, bo zmniejsza się napięcie „progowe” tranzystora T2 i otwiera się on bardziej przy tym samym napięciu otrzymywanym z tranzystora T1.

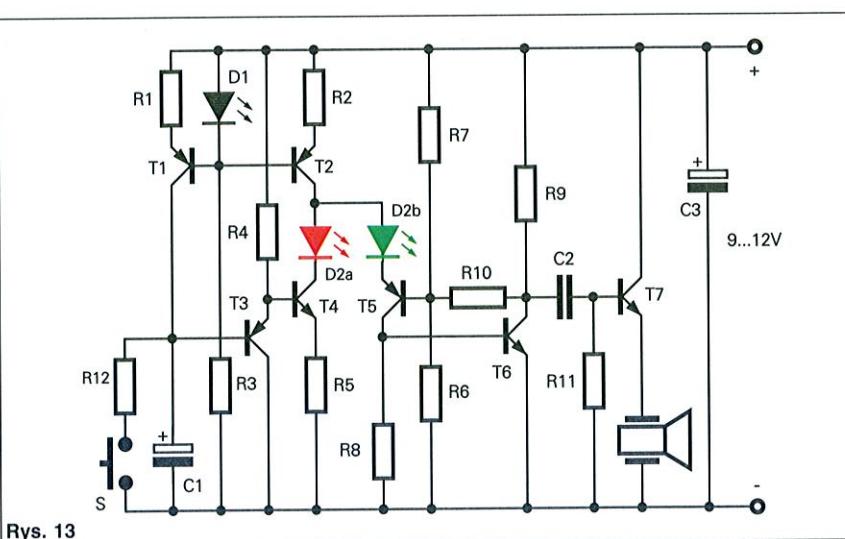
Przy okazji wspomnę, że układ z rysunku 12 to tak zwane lustro

prądowe, dość często wykorzystywane w praktyce. Rezystor R1 wyznacza wartość prądu I_1 . Co ciekawe, prąd I_2 jest prawie taki sam jak I_1 , niezależnie od R2, który można zastąpić zworą (włączamy go tylko na wszelki wypadek). Prądy I_1, I_2 są praktycznie równe, gdy tranzystory mają jednakowe parametry i jednakową temperaturę.

Ćwiczenie 5. Elektroniczna klepsydra

Na rysunku 13 znajdziesz schemat elektronicznej klepsydry. Po naciśnięciu przycisku S zaświeca się dioda zielona. Z czasem zielona świeci coraz słabiej, a czerwona coraz silniej. Gdy dioda zielona zgaśnie, na chwilę odezwię się brzęczyk, sygnalizując upływ odmierzanego czasu. O długości odmierzanego czasu decyduje pojemność C1 i rezystancja R1.

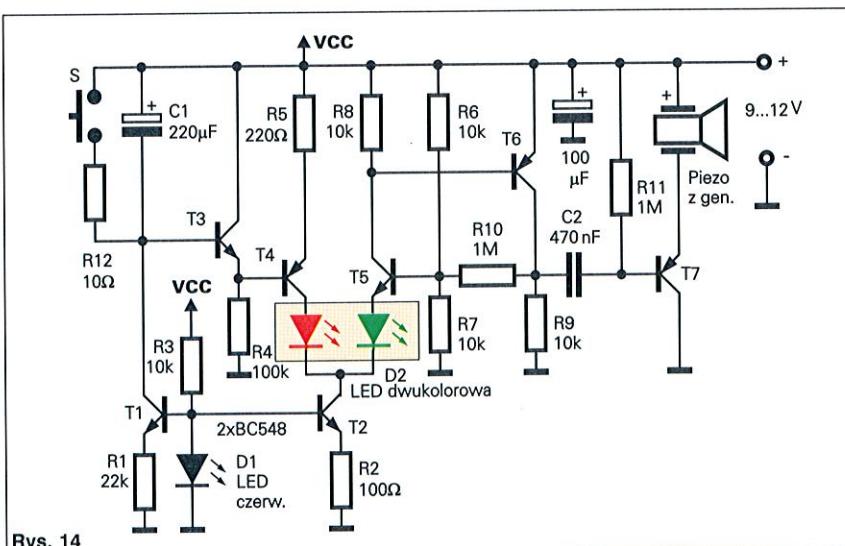
Wbrew pozorom, ćwiczenie wcale nie jest skomplikowane, a schemat nie powinien przerażać. W układzie znajdziesz kilka interesujących bloków, dowiesz się, jak dostosowywać



obu rysunkach. Układ połączeń na rysunkach 13 i 14 naprawdę jest w sumie taki sam.

Schemat na rysunku 14 narysowany jednak w nieco innym sposobie, bo już pora wprowadzić pojęcie masy. Najprościej biorąc, obwód masy to

taki obwód, względem którego mierzymy napięcia (tu dołączamy czarny przewód woltomierza). Obwód masy nie jest jednak przypadkowo. Zwykle jest to obwód ujemnej szyny zasilania. Przeczytaj też o masy w części TECHNIKALIA.

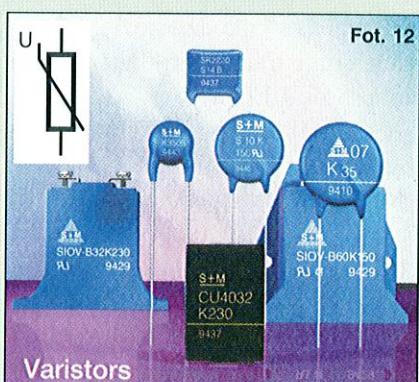


półprzewodnikowe (np. serii KTY...), tzw. termopary (wyposażenie multymetrów, w piecach gazo-wych), rezystancyjne czujniki platynowe (tzw. PT100), itd. Niektóre mogą mierzyć temperatury powyżej 1000°C. Na fotografii 11 pokazano kilka czujników.

Warystor

Warystor to rodzaj rezystora, którego rezystancja zależy od wartości napięcia, występującego na jego końcówkach. Także jest elementem niebiegunowym. Przy małych napięciach rezystancja warystora jest bardzo duża, rzędu megaomów. Po przekroczeniu napięcia nominalnego rezystancja gwałtownie maleje, dziesiątki i setki razy. Na schematach i opisach spotyka się oznaczenie VDR (Voltage Dependent Resistor).

Podstawowym parametrem warystora jest... napięcie nominalne, a nie



nie przezeń duży prąd i napięcie zostaje ograniczone do „napięcia nominalnego” tego warystora.

Podczas wypraw nie będziemy wykorzystywać warystorów, zresztą są one wypierane przez inne elementy, nie zaszkodzi jednak wiedzieć, co to za podzespoły.

Na pewno się zdziwisz, gdy się dowiesz, że każdy „zwykły” rezystor też minimalnie zmienia swą rezystancję zależnie od przyłożonego napięcia, jednak zmiany te są niewielkie, rzędu ułamka procentu.

Cewka indukcyjna, dławik

Najprościej mówiąc, cewka to element elektroniczny, zawierający pewną liczbę zwojów drutu. Zazwyczaj cewka zawiera także rdzeń, wykonany albo z tak zwanego feritu, albo z zestawu cienkich blaszek. Na schematach cewki oznacza się literą L.

jakakolwiek rezystancja. Przy małych napięciach rezystancja powinna być jak największa, a przy napięciach większych od „nominalnego” – powinna jak najszybciej maleć. Dawniej warystory wykorzystywane były do stabilizacji napięcia, a obecnie stosowane są tylko w obwodach zabezpieczeń przed przepięciami. Typowy przykład zastosowania to ochrona linii telefonicznych. Gdy napięcie między żyłami linii wzrośnie, na przykład wskutek uderzenia pioruna, rezystancja warystora maleje, pły-

– to naprawdę jest ta sama charakterystyka, tylko narysowana przy innych skalach prądu. Widać z tego, że dioda ma charakterystykę w pewnym sensie logarytmiczną. I rzeczywiście diody można wykorzystać do prowadzenia operacji logarytmowania na drodze elektronicznej. Te same właściwości (temperaturowe i logarytmiczne) ma też złącze baza-emiter każdego „zwykłego” tranzystora.

Jak zepsuć cewkę...

O ile podstawowymi parametrami kondensatora są pojemność i napięcie maksymalne, o tyle dla cewki są to indukcyjność i prąd maksymalny. Wartość indukcyjności cewki (i nie tylko) ogromnie zależy od zastosowanego rdzenia. W sumie to właśnie rdzeń decyduje o właściwościach cewki.

Zbyt duże napięcie dołączone do kondensatora może nieodwracalnie uszkodzić jego dielektryk. Inaczej jest z cewkami. Prąd większy od

podanego w katalogu od razu jej nie uszkodzi, jednak doprowadzi do tak zwanego nasycenia rdzenia. Gdy rdzeń zostaje nasycony, cewka gwałtownie traci indukcyjność i przestaje pełnić pożądaną rolę – praktycznie staje się rezystorem o małej wartości (po zmniejszeniu prądu natychmiast odzyskuje pierwotne właściwości). Choć więc nasycenie rdzenia nie spowoduje trwałego uszkodzenia, nie należy przekraczać dopuszczalnego, podanego w katalogu prądu, który zresztą dla poszczególnych cewek jest różny. Natomiast do fizycznego uszkodzenia cewki (izolacji drutu) wskutek przegrzania dojdzie przy prądzie dużo większym niż jej katalogowy prąd maksymalny.

Dodatkowe parametry przekaźników

Podstawowe parametry przekaźnika to napięcie nominalne cewki oraz

obciążalność styków (dopuszczalny prąd i napięcie).

Napięcie podawane na cewkę przekaźnika nie powinno być większe niż 120% napięcia nominalnego ze względu na możliwość przegrzania. Warto wiedzieć, że każdy przekaźnik zadziała także przy napięciu równym 90% napięcia nominalnego. Istotna jest też informacja, że po zadziałaniu przekaźnika, gdy elektromagnes przyciągnie kotwicę i zamknie obwód magnetyczny, można śmiało obniżyć napięcie na cewce przekaźnika, w niektórych typach nawet do 30% nominalnego. Dlatego w katalogach podaje się nie tylko napięcie nominalne przekaźnika, ale też gwarantowane napięcia zadziałania i podtrzymywania.

Na wyprawie drugiej dowiedziałeś się, że napięcie na kondensatorze ładowanym przez rezystor zmienia się nieliniowo według pewnej krzywej wykładniczej. Teraz jest inaczej – napięcie na kondensatorze (C1) ładowanym niezmiennym prądem ze źródła prądowego (T1, R1) zmienia się jednostajnie, czyli liniowo. Tak samo liniowo zwiększa się jasność

Wykorzystanie multymetru

Jeśli popełnisz błąd i włączysz amperometr równolegle do baterii lub

Oczywiście wszystkie punkty oznaczone symbolem masy są ze sobą połączone. Tak samo strzałeczka oznaczona VCC wskazuje, że rezystor R3 jest dołączony do dodatniej szyny zasilania (znajdź oba napisy VCC). Dzięki zastosowaniu symbolu masy, a także symbolu napięcia zasilającego (tu oznaczonego VCC), schematy są dużo czytelniejsze, bo unika się płataniiny linii. Od tej pory obwód masy będziemy oznaczać na schematach w taki właśnie sposób.

Zwróci też uwagę na ciekawe obwody na schematach klepsydry. Jak wiesz, napięcie na czerwonej diodzie LED (D1) wynosi około 1,8V (1,6...2V), a spadek napięcia baz-emiter tranzystorów to około 0,6V.

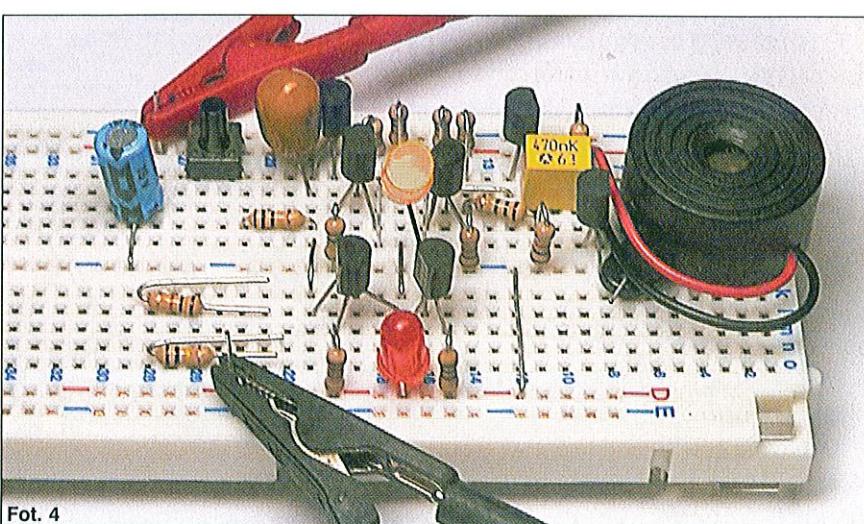
Oznacza to, że na rezystorach R1, R2 wystąpi niezmienne napięcie około 1,2V. Przez te rezystory płyną prądy o niezmiennej wartości, wyznaczonej przez R1 i R2 ($I = U/R$). Praktycznie takie same prądy płyną w obwodach kolektorów T1 i T2. Uważaj – elementy R3, D1, T1, R1, T2, T2 tworzą dwa tak zwane źródła prądowe. Na razie wystarczy Ci informacja, że źródło prądowe to układ lub element, przez który płynie prąd o niezmiennej wartości.

Na wyprawie drugiej dowiedziałeś się, że napięcie na kondensatorze ładowanym przez rezystor zmienia się nieliniowo według pewnej krzywej wykładniczej. Teraz jest inaczej – napięcie na kondensatorze (C1) ładowanym niezmiennym prądem ze źródła prądowego (T1, R1) zmienia się jednostajnie, czyli liniowo. Tak samo liniowo zwiększa się jasność

Ćwiczenie 6. Tyristor

Od dawna wiesz, jak działa tranzystor. Pojawienie się prądu bazy powoduje i umożliwia przepływ prądu w kolektorze. Gdy prąd bazy zanika, prąd kolektora również przestaje płynąć.

Dodajmy teraz do tranzystora drugi tranzystor według rysunku 15a.



diody czerwonej, która pracuje w obwodzie monitora napięcia z elementami T3, R4, T4, R5.

Obie diody świecące D2 zasilane są ze wspólnego źródła prądowego z elementami T2, R2. Jasność diody czerwonej rośnie jednostajnie od zera. Na samym początku, gdy dioda czerwona jeszcze nie świeci, cały prąd źródła prądowego płynie przez diodę zieloną. Świecąca coraz jaśniej dioda czerwona zabiera coraz więcej prądu dostarczanego przez T2. Tym samym dioda zielona świeci coraz słabiej. Tranzystor T5 i dzielnik R6, R7 są potrzebne do takiej właśnie pracy diody zielonej.

W każdym razie malejący prąd diody zielonej płynie przez T5, R8 i złącze B-E tranzystora T6. Gdy

Czy wiesz, że...

skupione światło lasera, w tym także popularnego laserowego wskaźnika, niesie znaczną energię i może uszkodzić wzrok?

zmaleje on do bardzo małej wartości, zatka się otwarty dotąd tranzystor T6. Napięcie na końcówkach rezystora R9 zmniejszy się. Dodatkowy rezystor R10 zapewnia nie wielką histerezę i przyspiesza proces przełączania T6. W rezultacie napięcie na kolektorze T6 zmieni się gwałtownie i przez kondensator C2 „pociągnie za sobą” bazę T7. Brzęczyk piezo odezvie się na czas wyznaczony głównie przez C2, R11.

Taki układ możesz wykorzystać w praktyce (np. 3-minutowa klepsydra do gotowania jajek). Czas możesz regulować w szerokich granicach:

- zgrubnie zmieniając pojemność C1 (1uF...1000uF),
- precyzyjnie za pomocą R1 (10kΩ...1MΩ).

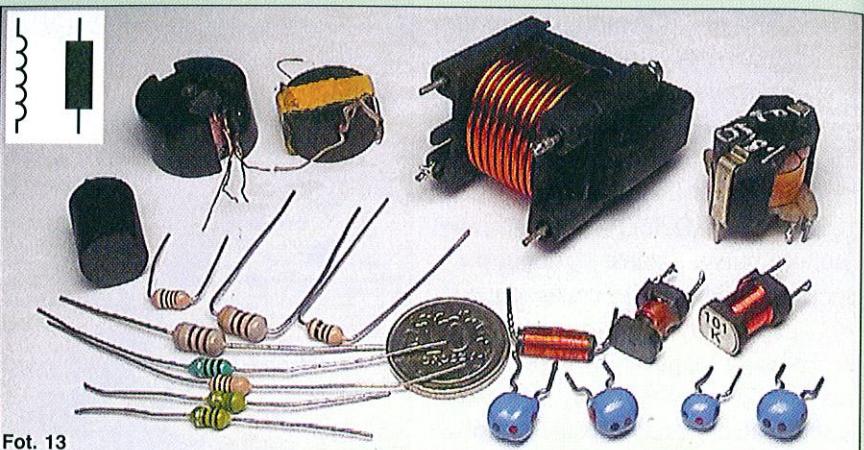
Pamiętaj tylko, że stabilność „zwykłych elektrolitów” jest kiepska, więc w miarę możliwości zastosuj kondensator tantalowy (taki kondensator jest zawarty w zestawie elementów do tej lekcji – A03).

zostanie otwarty. Prąd kolektora T2 popłynie przez obwód baza-emiter tranzystora T1, co na pewno utrzyma w stanie otwarcia T1. Nawet gdy zaniknie prąd I_B , oba tranzystory będą nadal przewodzić. Występuje tu bardzo silne dodatnie sprzężenie

Co ciekawe, w cewce można gromadzić energię. W pewnym sensie cewka jest przeciwnieństwem kondensatora.

Hobbyści nie lubią cewek. Niektórzy wręcz się ich panicznie boją, nie mogąc zrozumieć zasad ich działania. Ty nie bój się cewek! Obecnie cewki są wykorzystywane stosunkowo rzadko. Nie musimy ani obliczać ani nawijać cewek. W razie potrzeby stosujemy gotowe, o znanych parametrach.

Działanie cewki niektórym wydaje się dziwne i niezwykłe. W rzeczywistości opiera się na bardzo prostej zasadzie: **cewka „nie lubi” gwałtownych zmian prądu**. Na próbę zmiany wartości prądu reaguje powstaniem „własnego” napięcia. Napięcie to niejako próbuje przeciwwstać się zmianom prądu. Powstające „własne” napięcie jest nazywane napięciem samoindukcji. Tę właściwość cewek badaliśmy w ćwiczeniach 8 oraz 9. W cewce, która zostanie dołączona do źródła napię-

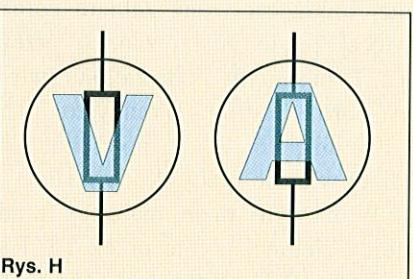


Fot. 13

cia przez chwilę powstaje tzw. napięcie samoindukcji, które odejmuje się od napięcia zasilania. W rezultacie prąd w cewce narasta stopniowo. Z kolei przy przerwaniu obwodu cewka, nie lubiąca zmian prądu, próbuje podtrzymać przepływ prądu. W tym celu wytwarza napięcie samoindukcji, które próbuje powstrzymać te zmiany prądu. Mam nadzieję, że zrozumiesz sens przebiegów na rysunku 14. Zwróci uwagę, że napięcie samoindukcji (o różnej wartości i bieguności) powstaje tylko wtedy, gdy prąd zmienia swoją wartość.

powstający przy tym impuls napięcia może mieć setki voltów.

Ogólnie biorąc, zmiany prądu powodują powstanie w cewce napięcia samoindukcji, które próbuje powstrzymać te zmiany prądu. Mam nadzieję, że zrozumiesz sens przebiegów na rysunku 14. Zwróci uwagę, że napięcie samoindukcji (o różnej wartości i bieguności) powstaje tylko wtedy, gdy prąd zmienia swoją wartość.



go, czym z „elektronicznego” punktu widzenia jest woltomierz i amperomierz.

Spieszę z wyjaśnieniem: z elektronicznego punktu widzenia zarówno woltomierz jak i amperomierz przedstawiają sobą jakąś rezystancję – zobacz rysunek H. Ich włączenie w pracujący układ jest równoznaczne z dodaniem równoległego (woltomierz) bądź szeregowego (amperomierz) rezystora, czyli coś w układzie zmienia.

Zapamiętaj następujące informacje: **Najtańsze cyfrowe multymetry pracujące w roli woltomierza mają na wszystkich zakresach rezystancję**

zasilacza, prawdopodobnie spalisz wewnętrzny bezpiecznik. Trzeba go będzie wymienić. Gorzej, gdy omomierz dołączysz do punktów o znacznym napięciu (100V lub więcej) – prawdopodobnie uszkodzisz miernik (lepsze mierniki mają obwody omomierza i woltomierza zabezpieczone i nie ulegną uszkodzeniu przy napięciach do 400V).

Ponieważ najwięcej uszkodzeń multymetrów wynika z niewłaściwego ich ustawienia, dlatego nie warto się śpieszyć, tylko od początku przestrzegać prostej zasady: **sprawdzić ustawienia multymetru przed każdym pomiarem**.

Spróbuj od początku stosować tę prostą zasadę.

A teraz kolejna ważna sprawa: jak myślisz, czy dołączając do pracującego układu miernik (woltomierz albo amperomierz) coś w tym układzie zaburzasz?

Pomyśl...

Słusznie! Wszystko zależy od te-

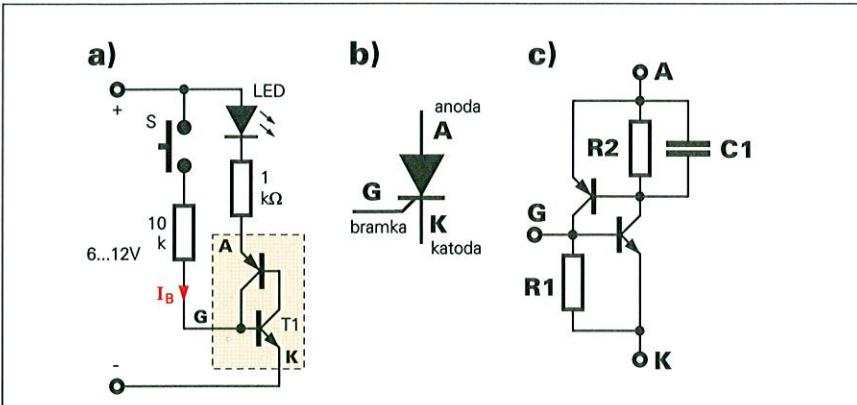
wewnętrzna równą $1M\Omega$. Lepsze mają rezystancję $10M\Omega$.

Większe problemy występują w przypadku mierników wskazówkowych. Rezystancja takiego woltomierza na każdym zakresie jest inna, a wielkością charakterystyczną jest rezystancja przypadająca na volt (w praktyce $1k\Omega/V \dots 100k\Omega/V$ – czym więcej, tym lepiej). Na przykład miernik o stałej $20k\Omega/V$ na zakresie 100V ma rezystancję wewnętrzną równą $2M\Omega$ ($2000k\Omega$), ale na zakresie 0,3V tylko $6k\Omega$.

Czym mniejsza rezystancja woltomierza, tym bardziej zmienia on warunki pracy sprawdzanego układu, a odczytany wynik jest mniejszy niż napięcie występujące tam w normalnych warunkach. W skrajnych przypadkach dołączenie kiepskiego analogowego woltomierza o małej oporności może spowodować błędne działanie mierzonego urządzenia. W przypadku woltomierza cyfrowego sytuacja jest znacznie lepsza, bo

zwrotne. Wystarczy więc choć na krótką chwilę podać na „bramkę” impuls dodatni, by oba tranzystory otworzyły się na stałe. Zaznaczony kolorowo dwutranzystorowy układ niejako się zatrąśnie i będzie przewodził aż do wyłączenia zasilania.

Dziwny i nieprzydatny wynalazek? Wcale nie – omówiliśmy właśnie działanie **tyrystora** – jego symbol jest pokazany na rysunku 15b. Jeśli jednak chcielibyśmy zbudować zastępczy tyristor z dwóch tranzystorów, to w celu uniknięcia niespodzianek trzeba będzie dodać elementy R1, R2 i C1 według rysunku 15c. Tranzystory mają wielkie



Rys. 15

wzmocnienie i bez tych elementów układ byłby po prostu zbyt czuły i reagoowałby błędnie.

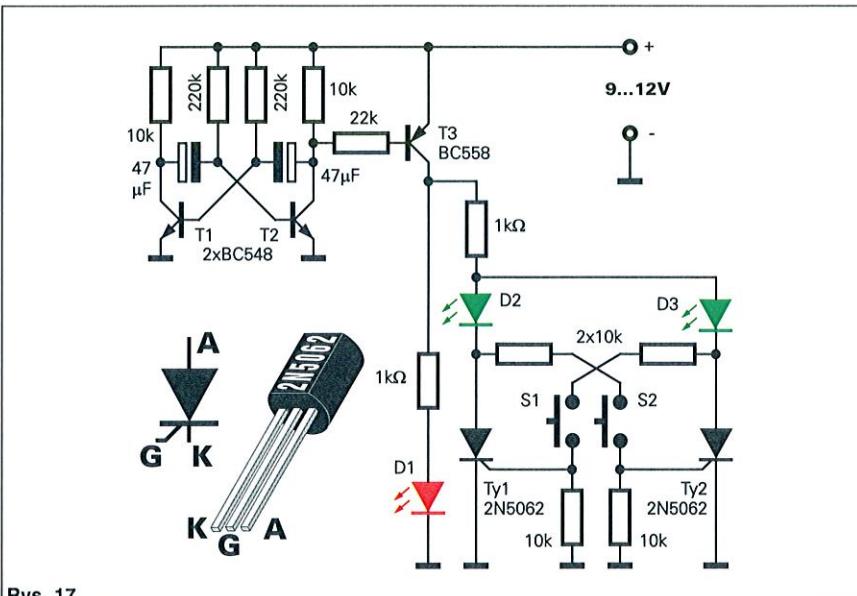
Więcej o tyristorach dowiesz się z części ELEMENTarz.

Ćwiczenie 7. Tester refleksu

Theoretycznie najprostszy tester refleksu można byłby zrealizować za pomocą dwóch małych tyristorów na zasadzie pokazanej na rysunku 16. Na sygnał dany przez sędziego, każdy z dwóch zawodników stara się jak najszybciej wcisnąć „swój” przycisk. Dioda LED pokaże, kto był szybszy.

W spoczynku, po włączeniu zasilania oba tyristory nie przewodzą. Naciśnięcie dowolnego przycisku powoduje trwałe przewodzenie współpracującego tyristora. Napięcie na tym tyristorze (w punkcie A albo B) błyskawicznie spadnie. Tak małe napięcie powinno uniemożliwić otwarcie drugiego tyristora, gdy za chwilę zostanie naciśnięty drugi przycisk.

I to jest zasada działania układu,



który wraca do stanu spoczynku po wyłączeniu zasilania.

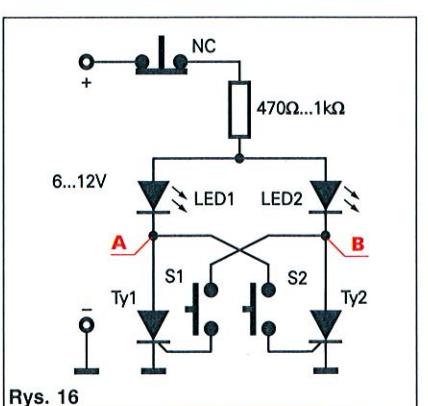
Zamiast układu najprostszego, zbuduj tester refleksu według rysunku 17 i fotografii 5.

W obwodach bramek tyristorów koniecznie trzeba dodać dzielnicę napięcia ($10k\Omega + 10k\Omega$), ponieważ napięcie na anodzie otwartego tyristora nie spada do zera, tylko wynosi około 0,7V, co bez dzielnika wystarczyłoby do otwarcia drugiego tyristora. Generator z tranzystorami T1, T2 wyznacza rytm pracy – za

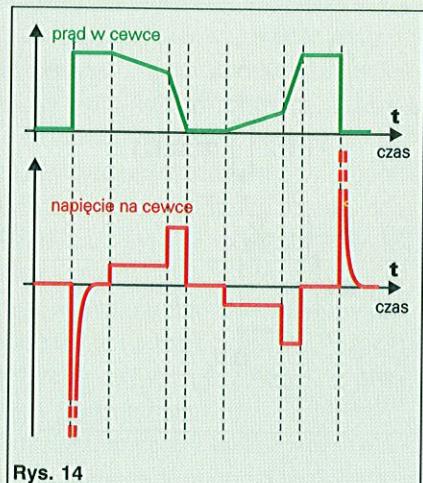
pośrednictwem T3 zaświeca czerwoną diodę LED D1 i wtedy zawodnicy powinni jak najwcześniej nacisnąć przyciski. Zwycięzca wskaże

Czy pamiętasz, że...

elementy układu zawsze muszą być połączone ze sobą dokładnie tak, jak pokazuje schemat ideowy (elektryczny). Przestrzenne rozmieszczenie elementów nie musi wcale przypominać schematu ideowego.

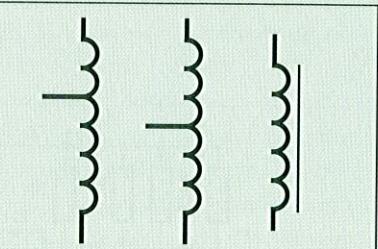


Rys. 17



Rys. 14

Podstawowym parametrem cewki jest **indukcyjność**. Indukcyjność (cewki), będąca w pewnym sensie przeciwnieństwem pojemności (kondensatora), wskazuje na zdolność przeciwstawiania się zmianom prądu. Indukcyjność cewki wyraża się w henrach. 1 henr to duża indukcyjność, najczęściej używane cewki mają indukcyjność znacznie mniejszą.

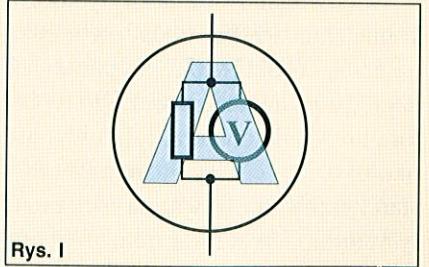


Rys. 15

Oporność jest większa. Miej jednak świadomość, że jeśli w układzie występują rezystancje rzędu $1\text{M}\Omega$ lub większe, dołączenie tam woltomierza znacznie zmieni warunki pracy.

Z amperomierzem jest podobnie – w układ włączamy dodatkową rezystancję szeregową. **W przypadku każdego amperomierza rezystancja nie jest stała i zależy od zakresu pomiarowego.** Tu mała dygresja – amperomierz jest w rzeczywistości woltomierzem, który mierzy napięcie na niewielkim wzorcowym rezystorze – ilustruje to rysunek I. Ta rezystancja wzorcowa amperomierza dla tanich mierników cyfrowych na najmniejszym zakresie 2mA wynosi aż 100Ω , a na zakresach 10A czy 20A tylko $0,02\Omega \dots 0,2\Omega$.

Możesz więc sam wykonać amperomierz, a właściwie mikroamperomierz czy nawet nanoamperomierz, mierząc spadek napięcia na rezystorze o dużej wartości.



Rys. I

szą, wyrażaną w milihenrach (mH) i mikrohenrach (uH).

Idealna cewka powinna mieć rezystancję równą零. Rzeczywiste cewki z uwieńczeniami z drutu miedzianego mają pewną rezystancję, która jest parametrem szkodliwym. Biorąc sprawę w uproszczeniu – czym mniejsza rezystancja drutu i większa indukcyjność, tym cewka ma większą **dobrać**.

Cewka może mieć odczepy. Czasem symbol zawiera oznaczenie rdzenia – zobacz rysunek 15. Może też mieć kilka uwieńczeń; wtedy jest jednak zwykle nazywana transformatorem. Cewki z jednym uwieńczeniem

niem (ale nie tylko takie) są często nazywane **dławikami**.

Tyle wiedzy o cewkach na razie Ci wystarczy. Nieco więcej informacji zdobędziesz w dalszej części kursu.

Elektromagnes

Okazuje się, że cewka, przez którą płynie prąd, zachowuje się jak magnes. Siłę przyciągania takiego elektromagnesu zwiększa obecność rdzenia z materiałów magnetycznych (żelazo, stal, stopy niklu, kobaltu). Hobbyści niezmiernie rzadko wykorzystują klasyczne elektromagnesy, a bardzo często – przekaźniki, które też są odmianą elektromagnesów.

Przekaźnik

Przekaźnik to element elektromechaniczny, zawierający elektromagnes i styki. Można uznać, że jest to

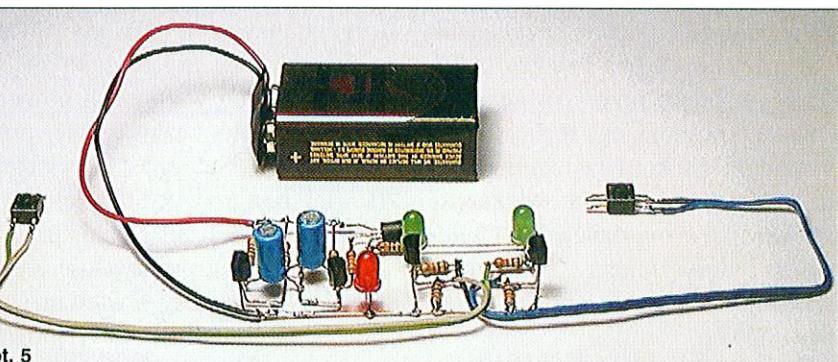
Trwałość, starzenie

Jak wiadomo, artykuły spożywcze mają ograniczoną trwałość, a na opakowaniach podaje się datę przydatności do spożycia. Z elementami elektronicznymi (rezistory, kondensatory stałe, tranzystory, diody...) jest zupełnie inaczej – można uznać, że nie starzeją się. W prawidłowo zaprojektowanym i wykonanym układzie będą pracować przez dziesiątki lat.

Są nieliczne wyjątki, na przykład baterie, (aluminiowe) kondensatory elektrolityczne i fotorezystory, które po kilku latach zauważalnie zmieniają parametry. W bateriach (i akumulatorach) zachodzi proces samorozładowania i w efekcie już po roku przechowywania występuje zauważalne (w lepszych, droższych bateriach) i duże (w najtańszych bateriach) zmniejszenie ilości zawartej w nich energii.

zielona dioda LED D2 lub D3. Po kilkudziesięciu sekundach diody zgasną i po dalszych kilkudziesięciu sekundach oczekiwania cykl się powtórzy.

Uwaga! Małe tyristory w obudowach TO-92, potrzebne do tego ćwiczenia, są mało popularne. Zestaw elementów do wyprawy (A03) zawiera dwa takie tyristory. W ostateczności można zastosować układ zastępczy tyristora z poprzedniego ćwiczenia. Natomiast z dużymi, częściej spotykany tyristorami w obudowach TO-220 układ praw-



Fot. 5

dopodobnie nie będzie działał ze względu na dużą wartość tzw. prądu podtrzymywania, który dla takich tyrys-

torów typowo wynosi kilkadziesiąt miliamperów, czyli więcej, niż prąd płynący przez diody LED D2, D3.

Ćwiczenie 8. Przekaźnik i cewka. Zjawisko samoindukcji

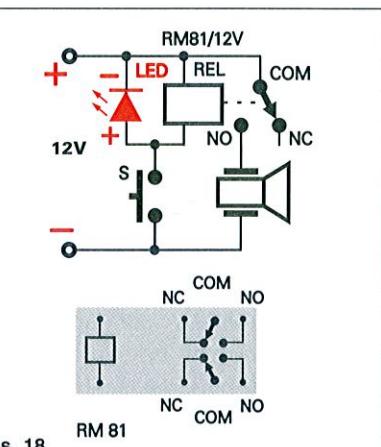
Zbuduj układ według rysunku 18 i fotografii 6. Zauważ, że dioda LED jest włączona inaczej, niż zwykle. W zestawie do tej wyprawy znajdziesz przekaźnik RM81/12V lub RM83/12V. Po naciśnięciu przycisku S odezwi się brzęczyk. To oczywiste! Gdy przez cewkę przekaźnika płynie prąd, zadziała ona jak elektromagnes, przyciągnie kotwicę i przełączy styki. Nie zaświeci się natomiast dioda LED, bo jest włączona odwrotnie.

Zwróć uwagę, że styki przekaźnika nie są połączone elektrycznie z cewką. Obwody cewki i styków są więc **odizolowane galwanicznie**. To pozytywna cecha, pozwalająca w razie potrzeby skutecznie oddzielić obwody sterujące od obwodów wykowawczych.

Działanie przekaźnika jest samo przez siebie zrozumiałe. Mamy jednak niespodziankę: czy potrafisz wyjaśnić, dlaczego po zwolnieniu przycisku S na chwilę zapala się dioda LED?

Zwróć uwagę, że dioda LED jest włączona w „odwrotnym kierunku”, więc po naciśnięciu przycisku nie świeci. Błyska w chwili, gdy obwód zostaje przerwany. Skąd bierze się „odwrotny” prąd i „odwrotnie” napięcie zaświecające tę diodę w chwili, gdy obwód jest przerwany?

Poczas drugiej wyprawy przekonaliśmy się, że kondensator gro-

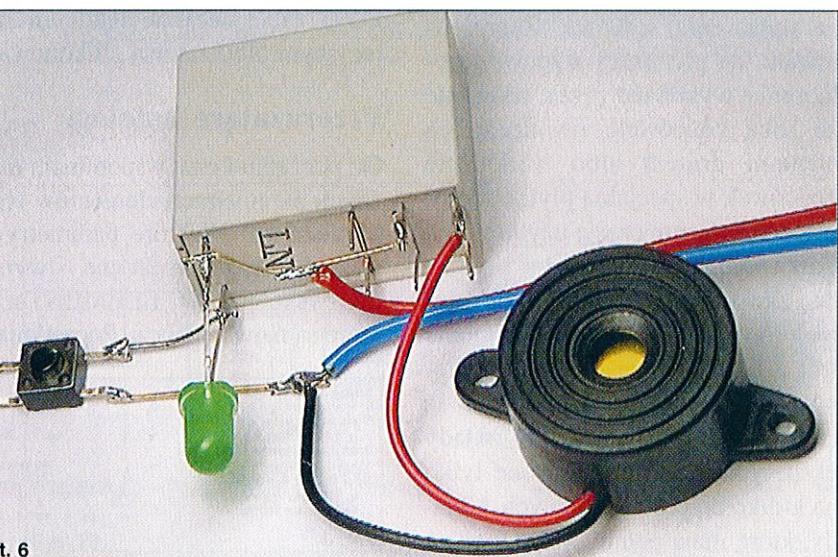


Rys. 18

gi, i że w chwili zaniku prądu cewka wytwarza „odwrotne” napięcie. Dotyczy to wszelkich cewek, a nie jedynie przekaźników.

Z chwilą wykorzystasz to w zdziwiający sposób, a na razie do jednego LED-a z rysunku 18 dołącz w szereg kilka lub nawet kilkanaście LED-ów. Do ich zaświecenia potrzeba nie 2V, tylko kilkanaście lub kilkadziesiąt woltów.

Dziwna rzecz, diody nadal błyskały – powstające „odwrotne” napięcie jakby się dopasowuje do potrzeb. Gdy trzeba, jest małe i zaświeca tylko jedną diodę, a gdy trzeba, może mieć kilkanaście, kilkadziesiąt i więcej woltów. Dlaczego?



Fot. 6

że zapewniają *oddzielenie galwaniczne*, czyli pełną izolację styków od cewki i sterującego ją układu elektronicznego.

Większość przekaźników to elementy niebiegunowe, jednak niektóre, zwłaszcza małe przekaźniki teletechniczne, są tak zwany przekaźnikami polaryzowanymi i bieguność napięcia sterującego, podawanego na cewkę powinna być zgodna ze wskazówkami producenta.

Oprócz typowych przekaźników o działaniu chwilowym produkuje się też tak zwane przekaźniki bistabilne (dwustabilne) jedno-i dwucewkowe. Podanie na chwilę napięcia na jedną z cewek przełącza na stałe styki. Podanie na chwilę napięcia na drugą cewkę powoduje powrót do stanu wyjściowego (w jednocewkowym podaje się na cewkę impulsy o przeciwniej bieguności). Przekaźnik bistabilny jest więc elementem pamiętającym.

Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100 \mu\text{A}$)	BC546	$V_{(BR)CBO}$	80	—	—	v
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 10 \mu\text{A}, I_C = 0$)	BC547	$V_{(BR)EBO}$	30	—	—	v
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 70 \text{ V}, V_{BE} = 0$)	BC546	I_{CES}	6.0	—	—	v
($V_{CE} = 50 \text{ V}, V_{BE} = 0$)	BC547		6.0	—	—	v
($V_{CE} = 35 \text{ V}, V_{BF} = 0$)	BC548		6.0	—	—	v

Fot. K

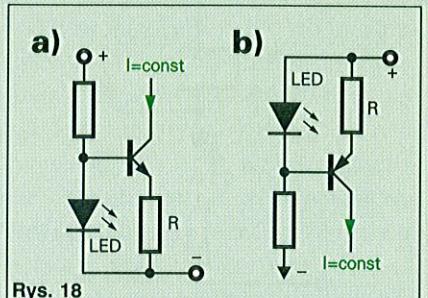
Cię doprowadzić do rozpaczy. Przećież Ty nawet połowy z tego nie zrozumiesz!

Jeśli w katalogu spotkasz parametry czy oznaczenia, o których znaczeniu nie masz bladego pojęcia, nie musisz się tym zbytnio przejmować. Jeśli zamierzasz jedynie montować układy według schematów z literatury, to możesz być zupełnie spokojny. *W ramach tego kursu pokazuję Ci, co jest najważniejsze i to na pewno wystarczy na początek.*

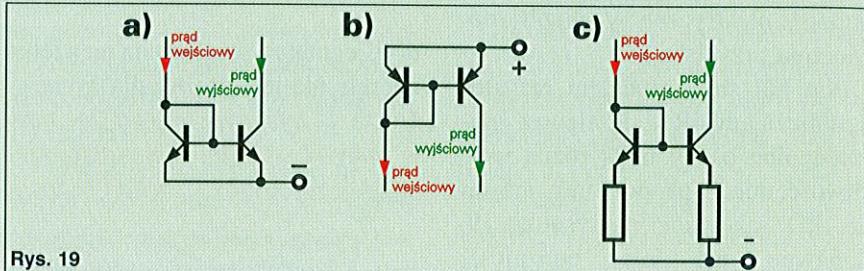
Wiedz jednak, że po kilku wyprawach nie zostaniesz „rasowym” konstruktorem. Właśnie podczas lektury katalogów możesz się przekonać, że elektronika to bardzo szeroka dziedzina i aby zostać dobrym kon-

Źródło prądowe (current source)

W pewnych obwodach prąd powinien mieć niezmienną, ścisłe określoną wartość. Produkowane są specjalne elementy, zwane źródłami prądowymi, które to zapewniają. Nie są one jednak zbyt popularne. Częściej do wytworzenia prądu o stałej wartości wykorzystuje się proste układy pokazane na rysunku 18.



Rys. 18



Rys. 19

dowymi, które to zapewniają. Nie są one jednak zbyt popularne. Częściej do wytworzenia prądu o stałej wartości wykorzystuje się proste układy pokazane na rysunku 18.

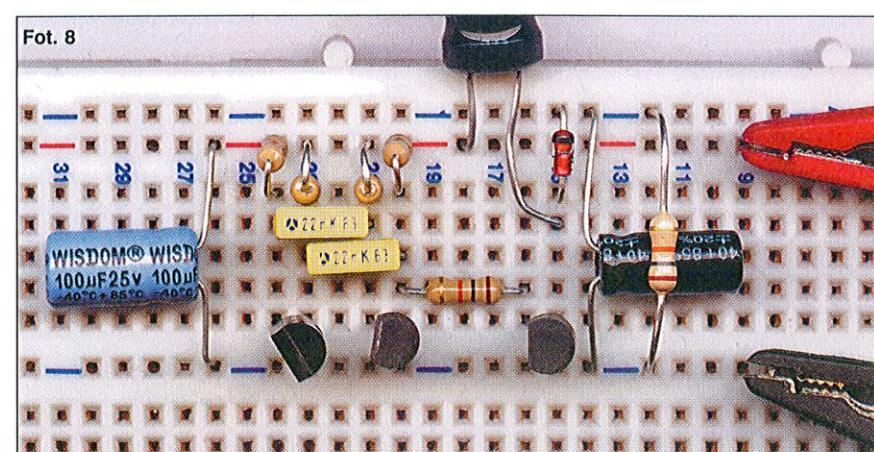
Lustro prądowe (current mirror)

W pewnych sytuacjach trzeba niejako zmienić kierunek przepływu prądu, zachowując jego wartość. Służą do tego tzw. lustra prądowe. Przykłady dwóch najprostszych luster prądowych pokazane są na rysunku 19. Aby prądy były takie same

sprawdź za pomocą kontrolki z diodą LED Dk i rezystorem Rk ($10\text{k}\Omega$), które napięcie jest wyższe: napięcie zasilania (Uzas), czy napięcie wyjściowe (na Co i Ro). Jeśli masz miernik, zmierz napięcie na kondensatorze Co i rezystorze obciążenia Ro – na pewno jest znacznie większe od napięcia zasilającego.

W układzie modelowym pokazanym na fotografii, przy zasilaniu napięciem 12,0V z cewką 100mH napięcie wyjściowe na rezystorze obciążenia Ro ($10\text{k}\Omega$) wynosiło 26,4V, natomiast z przekaźnikiem

Fot. 8



w roli cewki – 20,2V. Z cewką o indukcyjności 10mH napięcie na Ro wynosiło aż 40,1V. Kontrolka Dk i rezistor Rk nie były podłączone.

Nie zastanawiaj się, dlaczego napięcie wyjściowe zależy od cewki – to wyższa szkoła jazdy.

Ciesz się jednak, bo oto wykonaliśmy najprawdziwszą przetwornicę impulsową.

Wśród elektroników panuje przekonanie, że przetwornice impulsowe to tajemnicze urządzenia, których

działanie jest bardzo trudne do zrozumienia. O ile zaprojektowanie dobrej przetwornicy rzeczywiście wymaga dużej wiedzy, o tyle podstawowe zasady działania i układy przetwornic są bardzo proste.

Uwaga! Wartości elementów z rysunku 20 odpowiadają elementom dostępnym w zestawie do tej wyprawy A03. Z cewką o znacznie mniejszej indukcyjności (poniżej 1mH) układ nie będzie działał prawidłowo.

Czy wiesz, że...

omomierzem nie powinno się mierzyć rezystorów włączonych w układ. Ponieważ prąd może popływać różnymi drogami omijającymi mierzony rezystor, odczytane wartości będą zazwyczaj mniejsze od rezystancji sprawdzanego rezystora.

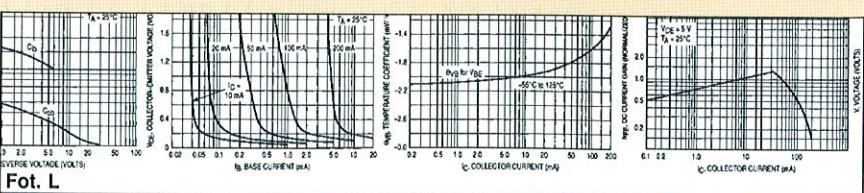
Ćwiczenie 11. Regulator temperatury

Mając termistor, i parę innych popularnych elementów moglibyśmy zbudować kontroler temperatury. Podczas ćwiczenia 1 przekonaliśmy się, że przy wzroście temperatury rezystancja termistora maleje. Teraz dodajemy drugą gałąź z dwoma rezystorami według rysunku 21. Elementy R1, Tm, R2, R3 tworzą tak zwany układ mostkowy. Transystory T1, T2 sprawdzają różnicę

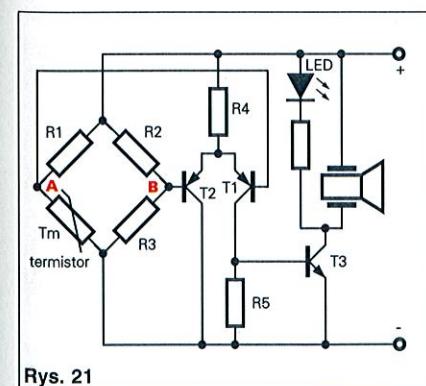
ko przełączniki? Czy wiesz, jaką jest stabilność długoterminowa „elektrolitów” aluminiowych? Czy wiesz, co to jest kompatybilność elektromagnetyczna? Które elementy elektroniczne mogą pracować w temperaturze -20°C , a które nie?

Te pytania stawiam nie po to, by Cię zniechęcić. Jeśli nie zechcesz węlebić się w elektronice, cykl wypraw całkowicie wystarczy do zrozumienia podstaw i do zbudowania wielu atrakcyjnych układów, które przysporzą Ci wiele radości.

Jeśli jednak chcesz węlebić się w tajniki, ta odrobina zimnej wody wylana na głowę, ma Cię zachęcić do dalszych poszukiwań oraz stopniowego gromadzenia wiedzy i praktycznego doświadczenia. Czy wiesz, jak zapobiegać efektowi drugiego przebiegu w tranzystorach bipolarnych? Czy wiesz, jak minimalizować efekt Millera w tranzystorach MOSFET pracujących ja-



Fot. L

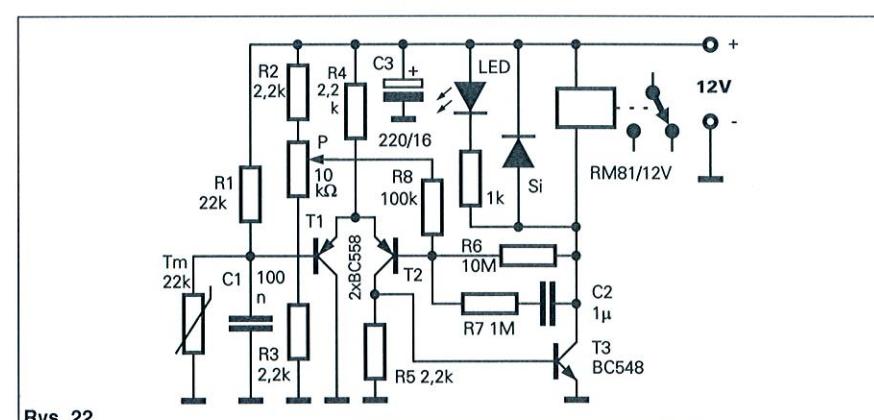


Rys. 21

peratury nie jest konstrukcją godną polecenia, bo ma liczne wady. Przed wszystkim braku regulacji temperatury zadziałania oraz histerezy. Zbuduj znacznie lepszy układ według rysunku 22. Na fotografii 9 widać model wykonany przez mega 14-letniego syna. Włącza się dioda LED i brzęczyk. Taki prymitywny kontroler tem-

peratury nie jest konstrukcją godną polecenia, bo ma liczne wady. Przed wszystkim braku regulacji temperatury zadziałania oraz histerezy. Zbuduj znacznie lepszy układ według rysunku 22. Na fotografii 9 widać model wykonany przez mega 14-letniego syna.

Kondensator C1 filtruje „śmieci”, jakie mogłyby się zaindukować

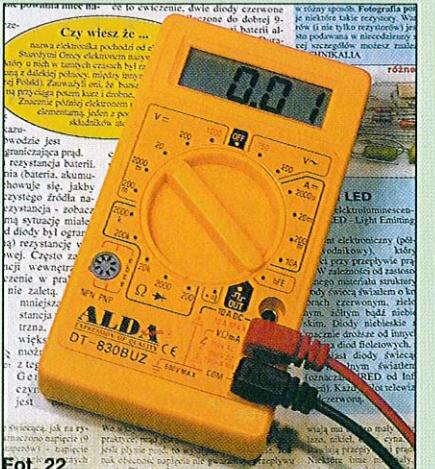


Rys. 22

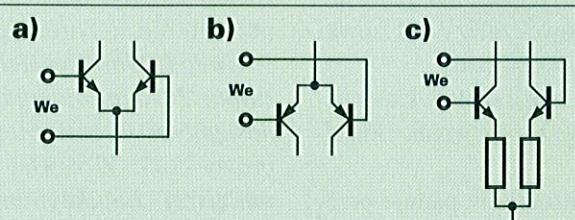
(z dokładnością do prądu bazy), użyte tranzystory powinny mieć identyczne charakterystyki i identyczną temperaturę. W ćwiczeniu 4 sprawdziliśmy, że różnica temperatur tranzystorów powoduje, iż prądy nie są jednakowe.

Wzmacniacz różnicowy

Budując regulator temperatury w ćwiczeniu 11 wykorzystaliśmy dwa tranzystory PNP w specyficzny sposób połączenia. To tak zwana para różnicowa, można też powiedzieć – wzmacniacz różnicowy. Okazuje się, że jest to bardzo, bardzo pozytyczny układ zwłaszcza, gdy tran-



bo omomierz. Na fotografii 22 pokazano jeden z najprostszych i najtańszych multimetrów. Na zakup



Rys. 20

zystory mają identyczne parametry. W przyszłości spotkasz się z obwodami jak na rysunku 20.

Na razie nie musisz wiedzieć wszystkiego o wzmacniaczu różnicowym, zapamiętaj tylko, że reaguje on na różnicę napięć między bazami tranzystorów.

Multimetr – miernik uniwersalny

Najpopularniejsze mierniki (woltomierz, amperomierz, omomierz) oznaczamy na schematach tak, jak pokazano na rysunku 21.



Multimetr cyfrowy to dzisiaj pod-



Multimetr czyli miernik uniwersalny to przyrząd, który może pełnić rolę woltomierza, amperomierza al-

stawowy przyrząd w pracowni elektronika. Nawet najtańszy multimeter pozwala mierzyć napięcie, prąd i rezystancję. Lepsze i droższe multimetera mogą dodatkowo mierzyć pojemność, częstotliwość, temperaturę i współczynnik wzmacniania tranzystorów.

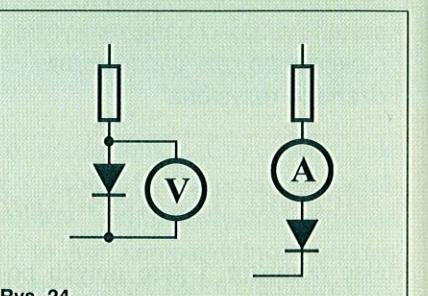
Uwaga! Multimetr nie może pełnić kilku funkcji jednocześnie – jedną potrzebną funkcję wybiera się, ustawiając odpowiednio pokrętło zmiany zakresów oraz dołączając sondy do właściwych gniazd.

A oto żelazne zasady:

Woltomierz zawsze włączamy do układu równolegle.

Amperomierz zawsze włączamy do obwodu szeregowo.

Omomierzem mierzymy rezystancję pojedynczych elementów, a nie elementów włutowanych w układ.



Rys. 24

takiego przyrządu może sobie pozwolić każdy hobbysta.

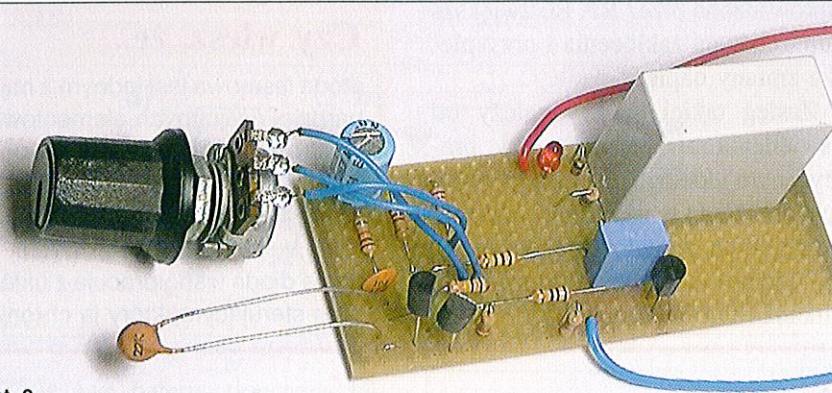
Na fotografii 23 widać multimetera lepszej klasy, wyposażone w wiele dodatkowych funkcji. Przed laty powszechnie wykorzystywano multimetera wskazówkowe (analogowe), które jak się okazuje miały i nadal mają pewne zalety. Dziś mierniki wskazówkowe są rzadkością, dlatego na naszych wyprawach będziemy się posługiwać multitemtem cyfrowym.

Multimetr cyfrowy to dzisiaj pod-

Przykłady pokazano na rysunku 24. Przy pomiarach napięcia, prądu i rezystancji zawsze jest wykorzystane gniazdo oznaczone COM (ang. common – wspólny). Do tego gniazda dołączamy czarny kabel. Kabel czerwony ma być wetknięty w jedno z pozostałych gniazd. Przy pomiarach napięcia i rezystancji (w roli woltomierza i omomierza) ma być wetknięty w gniazdo oznaczone „VΩ”, przy pomiarach mniejszych prądów – w gniazdo oznaczone „A” lub „mA”, a przy pomiarach dużych prądów – w gniazdo oznaczone „20A” (lub „10A”). Dalszych informacji warto szukać w instrukcji obsługi.

w przewodach prowadzących do czujnika temperatury. Rezystor R6 ($10M\Omega$) wprowadza niewielką histerezę, niezbędną do wyeliminowania zakłóceń i drgań podczas przełączania. Obwód R7C2 ($1M\Omega$ $1\mu F$) gwarantuje, że nawet w skrajnym przypadku przekaźnik nie będzie zmieniał stanu częściej niż co sekundę.

Przy niskich temperaturach przekaźnik działa i świeci kontrolka D1. Gdy temperatura wzrasta powyżej wartości ustalonej za pomocą potencjometru P, przekaźnik puszcza i kontrolka gaśnie. Po zbudowaniu i starannym sprawdzeniu poprawności montażu skontroluj działanie regulatora. Przy pokręcaniu gałki potencjometru przekaźnik i dioda powinny zmieniać stan. Ustaw potencjometr niemal na progu przełączania, by kontrolka świeciła. Gdy lekko ogrzesz termistor (wystarczy chuchnąć), przekaźnik puści i lampka zgaśnie. Gdy termistor



Fot. 9

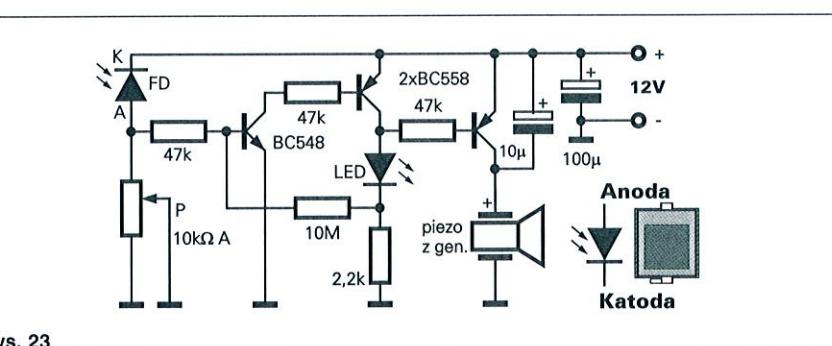
ostygnie, lampka i przekaźnik się włączą.

Jeśli nie wiesz, dlaczego potrzebna jest histerea, to usuń elementy R6, R7, C2, dołącz termistor za pomocą dwóch półtorametrowych przewodów i sprawdź, co będzie wyprawiać przekaźnik „w okolicach” progu przełączania.

Układ z rysunku 22 można wykorzystywać w praktyce (w układzie warto wtedy zmniejszyć wartość R6, czyli zwiększyć histerezę, by prze-

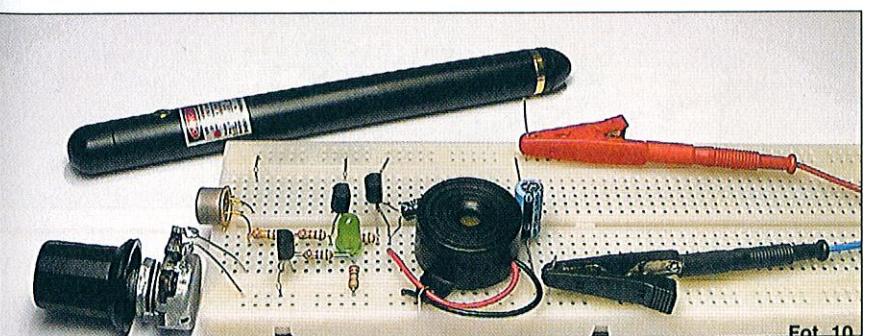
Ćwiczenie 12. Laserowa bariera optyczna dalekiego zasięgu

Jeśli masz wskaźnik laserowy, to możesz zbudować kolejne dwa interesujące układy. Na rysunku 23 pokazano schemat odbiornika do barierki optycznej dalekiego zasięgu, a na fotografii 10 – model (w którym zamiast rezystorów $47k\Omega$ zastosowalem $100k\Omega$ i starą krajową diodę CQYP30). Jeśli oświetlisz fotodiódę FD światłem lasera, to świecić się będzie kontrolka LED D1. Przerwanie wiązki światła choć na chwilę, spowoduje nie tylko zgaśnięcie kont-



Rys. 23

rolki, ale też włączenie brzęczyka alarmowego na czas zaniku światła



Fot. 10

(dodatekowo przedłużony, dzięki obecności kondensatora C1). Potencjometr P umożliwia regulację czułości (w praktyce można go śmiało ustawić na maksimum rezystancji). Oczywiście można go zastąpić dobranym rezystorem. Po oświetleniu fotodiody światłem lasera napięcie w punkcie A musi być większe niż $0,7V$ by otworzyć tranzystory T1, T2, natomiast w spoczynku musi być mniejsze od $0,6V$, by tranzystory te były zatkane i by dioda LED nie świeciła. Histerea

wprowadzona przez R5, R6 zwiększa odporność na zakłuczenia i przyspiesza zmiany napięć.

Zasięg takiej bariery zależy od oświetlenia zewnętrznego (w praktycznym układzie należałoby umieścić fotodiodę w dziesięciocentymetrowej rurce, pomalowanej wewnętrzna czarno) i wynosi co najmniej kilkudziesiąt metrów. Przy testach

Czy wiesz, że...

dioda laserowa jest jednym z najbardziej delikatnych elementów elektronicznych i bardzo łatwo ulega uszkodzeniu podczas montażu. Nie dotyczy to gotowych wskaźników laserowych, gdzie dioda współpracuje z układem sterującym, który ją chroni.

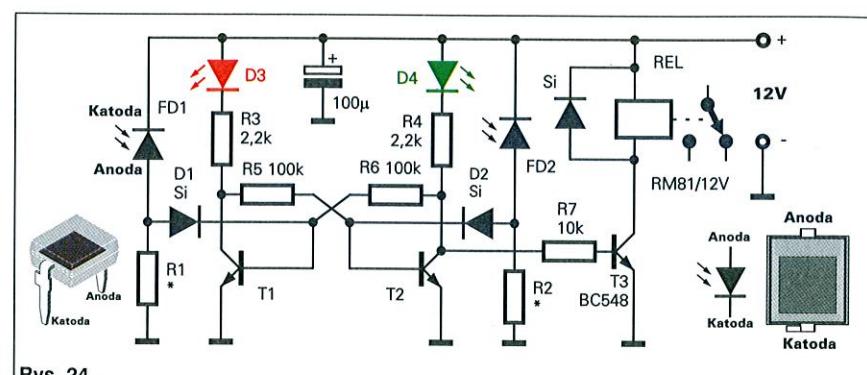
modelu trudne okazało się welewanie światłem lasera w niewielką fotodiodę już z odległości 10 m.

Zamiast fotodiody możesz użyć fototranzystora lub fotorezystora. Ponieważ są to elementy bardziej czułe na światło, musisz zdecydowanie zmniejszyć wartość potencjometru lub zastąpić go dobranym rezystorem.

Ćwiczenie 13. Laserowe zdalne sterowanie

Jeśli do przerutnika bistabilnego, znanego z poprzedniej wyprawy, dodasz dwa fotoelementy i obwód wykonawczy według rysunku 24, to uzyskasz prosty system zdalnego sterowania. Oświetlenie przez chwilę światłem lasera jednego fotoelementu włącza przekaźnik, oświetlenie drugiego – wyłącza. Aby układ działał prawidłowo oddal fotoelementy na odległość co najmniej 15cm. Jeśli oddalisz je jeszcze bardziej, możliwe będzie użycie do sterowania latarki dającej wąski snop światła zamiast wskaźnika laserowego.

Według schematu fotoelementami są fotodiody FD1, FD2. Zamiast nich śmiało można wykorzystać fototranzystory lub fotorezystory. Na schemacie nie podaje wartości R1, R2. W zależności od rodzaju i czołości fotoelementu oraz warunków pracy układu (oświetlenia zewnętrznego), trzeba będzie zastosować R1, R2 o odpowiedniej wartości. Wartość tę dobierzesz samodzielnie w zakresie $100\Omega \dots 100\text{k}\Omega$ (umieszczenie na schemacie gwiazdki zamiast wartości elementu wskazuje, że wartość tę należy dobrać samodzielnie w trakcie uruchomiania modelu). Prowizoryczny model z jedną diodą LED pokazany na fotografii 11 pracował poprawnie ze starymi krajowymi fotodiodami BPYP30

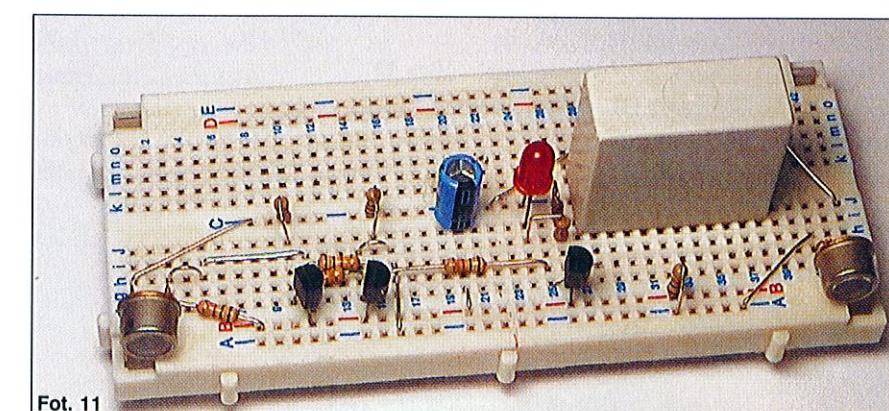


Rys. 24

i z rezystorami R1, R2 o wartości $10\text{k}\Omega$. Z fotorezystorami i fototranzystorami wartość R1, R2 powinna być mniejsza.

Zasada doboru R1, R2 jest niezmiernie prosta: w spoczynku, gdy na fotoelementy pada tylko światło tła, napięcie na R1, R2 nie może być większe niż 0,9V (zalecaný zakres: 0,5...0,9V). Wtedy po oświetleniu danego fotoelementu napięcie

na rezystorze wzrośnie, przez diodę popłynie prąd i zostanie otwarty współpracycy tranzystor. Kto nie ma voltmierza, może dobrać R1, R2 usuwając na chwilę rezystory R5, R6. W spoczynku żadna z dodanych diod D3, D4 nie powinna świecić. Diody te powinny się zaswiecać dopiero po oświetleniu danego fotoelementu.



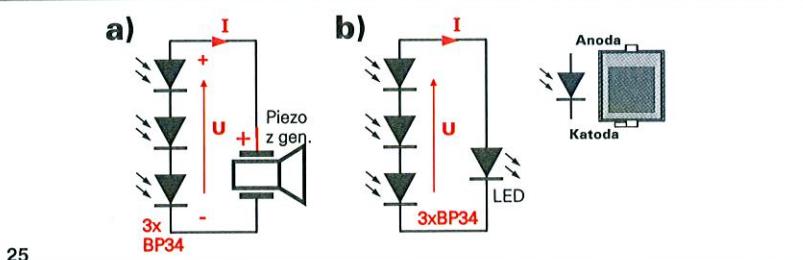
Fot. 11

Ćwiczenie 14. Bateria słoneczna

Jak Ci nadmieniłem na poprzedniej wyprawie, fotodioda może pracować przy włączeniu „odwrotnym”, gdzie światło zwiększa jej prąd wsteczny. Tak pracują fotodiody w ćwiczeniach 12 i 13. Fotodioda może też pracować w tak zwanym trybie fotowoltaicznym i wtedy staje się ogniwem słonecznym. Wykonaj niewielką baterię słoneczną – zestaw układ według rysunku 25a i fotografii 12 (w zestawie A3 do tej wyprawy znajdziesz trzy fotodiody BP34).

Zbliżaj swą baterię słoneczną do zwykłego, czerwonego LED-a, gdy fotoogniwa były oddalone o centymetr od 100-watowej żarówki halogenowej. Przy sporo słabszym natężeniu oświetlenia dalo się zauważać świecenie superjasnej diody LED z przezroczystą soczewką, a także czerwonej struktury z diodą dwukolorową.

Zamiast brzęczyka włącz czerwoną diodę LED według rysunku 25b (dla diody zielonej lub żółtej potrzebne byłyby cztery fotodiody). Czy dostrzegasz świecenie diody LED? Prawdopodobnie nie.



Rys. 25

Zbliż swą baterię słoneczną jak najbliżej żarówki. Czy teraz dostrzegasz świecenie LED-a?

Ja uzyskałem wyraźne świecenie zwykłego, czerwonego LED-a, gdy fotoogniwa były oddalone o centymetr od 100-watowej żarówki halogenowej. Przy sporo słabszym natężeniu oświetlenia dalo się zauważać świecenie superjasnej diody LED z przezroczystą soczewką, a także czerwonej struktury z diodą dwukolorową.

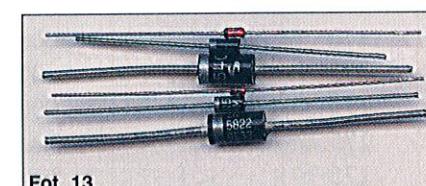
Jeśli chcesz, możesz zmierzyć napięcia i prądy swojego ogniw słonecznego przy różnym obciążeniu.

Teraz już wiesz, dlaczego przy-



datne w praktyce baterie słoneczne muszą mieć dużą powierzchnię. Wielkie baterie są oczywiście drogie i właśnie koszty są główną barierą, ograniczającą popularność tego ekologicznego źródła energii.

Biblioteczka praktyka



Fot. 13

U_F – napięcie przewodzenia,
 trr – czas odzyskiwania zdolności zaworowej – parametr ten wskazuje, czy dioda może być stosowana w układach, gdzie występują szybkie zmiany napięć,

I_R – maksymalny prąd wsteczny (przy napięciu wstecznym U_R i w podanej temperaturze T).

Warto zwrócić uwagę, że niektóre z podanych wartości są niespodziewanie duże. Na przykład napięcie przewodzenia U_F wielu diod jest znacznie większe niż 1V. Trzeba jednak pamiętać, że jest to gwarantowane przez producenta maksymalne napięcie przewodzenia przy

Diody

Na fotografii pokazano najpopularniejsze diody, zwykłe oraz Schottky'ego, używane przez współczesnego hobbystę (1N4148, 1N4007, 1N5404, BAT84, 1N5818, 1N5822). Większość diod ma na obudowie pasek, który wskazuje katodę.

W razie wątpliwości bieguność diody można bardzo łatwo określić za pomocą omomierza, porównując ją z jakakolwiek znaną diodą (np. 1N4001) albo za pomocą rezystora i diody świecącej według rysunku 9 z ćwiczenia 3.

Tabela zawiera podstawowe parametry częściej spotykanych diod. Poszczególni producenci podają pa-

rametry dla nieco innych warunków pracy, jednak hobbysta może nie zwracać sobie tym głowy. Dla niego najważniejsze są:

U_R – dopuszczalne napięcie wsteczne,

I_F – maksymalny prąd przewodzenia.

Pozostałe parametry są mniej przydatne amatorowi, choć warto wiedzieć, czego dotyczą.

T_j – maksymalna temperatura złącza,

maksymalnym prądem przewodzenia I_F . W rzeczywistości napięcie przewodzenia będzie mniejsze, zwłaszcza przy prądach mniejszych od dopuszczalnego. Dla diod zwykłych wyniesie około 0,7...0,8V, dla diod Schottky'ego około 0,35...0,5V.

Podobnie zaskakująco duża jest podana wartość prądu wstecznego I_R sięgająca 100 μ A i więcej. To również jest wartość gwarantowana – w temperaturze pokojowej i napięciu wstecznym niższym od maksymalnego prąd wsteczny będzie wielokrotnie mniejszy. Prąd wsteczny rośnie jednak z temperaturą. Warto to sprawdzić na przykład według rysunku 10 z ćwiczenia 3 dla najpopularniejszych diod (1N4148, 1N4007, 1N5404, BAT84, 1N5818, 1N5822) i zapisać wyniki.

Typ	U_R V	I_F A	T_j °C	U_F V	trr ns	I_R μ A	U_F V	T °C
1N4001	50	1	175	<1,1		10	max	25
1N4002	100	1	175	<1,1		10	max	25
1N4003	200	1	175	<1,1		10	max	25
1N4004	400	1	175	<1,1		10	max	25
1N4005	600	1	175	<1,1		10	max	25
1N4006	800	1	175	<1,1		10	max	25
1N4007	1000	1	175	<1,1		10	max	25
1N4148	75	0,075	200	<1	<8	25nA	20	25
1N446...9	75	0,15	200	<1	<4	25nA	20	25
1N4933	50	1	150	<1,1	<200	2	max	25
1N4934	100	1	150	<1,1	<200	2	max	25
1N4935	200	1	150	<1,1	<200	2	max	25
1N4936	400	1	150	<1,1	<200	2	max	25
1N4937	600	1	150	<1,1	<200	2	max	25
1N5059	200	2	175	<1,15		1	max	25
1N5060	400	2	175	<1,15		1	max	25
1N5062	800	2	175	<1,15		1	max	25
1N5400	50	3	170	<1,2	5000	5	max	25
1N5401	100	3	170	<1,2	5000	5	max	25
1N5402	200	3	170	<1,2	5000	5	max	25
1N5403	300	3	170	<1,2	5000	5	max	25
1N5404	400	3	170	<1,2	5000	5	max	25
1N5405	500	3	170	<1,2	5000	5	max	25
1N5406	600	3	170	<1,2	5000	5	max	25
1N5407	800	3	170	<1,2	5000	5	max	25
1N5408	1000	3	170	<1,2	5000	5	max	25
1N5624	200	3	175	<1	3m	1	max	25
1N5625	400	3	175	<1	3m	1	max	25
1N5626	600	3	175	<1	3m	1	max	25
1N5627	800	3	175	<1	3m	1	max	25
1N5817	20	1	125	<0,45		1m	max	25
1N5818	30	1	125	<0,55		1m	max	25
1N5819	40	1	125	<0,6		1m	max	25
1N5820	20	3	125	<0,475		2m	max	25
1N5821	30	3	125	<0,5		2m	max	25
1N5822	40	3	125	<0,525		2m	max	25
1N6263	60	0,015	200	<1		0,2	50	25
1N914	75	0,075	175	<1	<4	25nA	20	25
BA157	400	0,4	150	<1,5	<300	5	max	25
BA158	600	0,4	150	<1,5	<300	5	max	25
BA159	1000	0,4	150	<1,5	<300	5	max	25

Typ	U_R V	I_F A	T_j °C	U_F V	trr ns	I_R μ A	U_F V	T °C
BA482	35	0,1	150	<1,2		0,1	20	25
BAS11	300	0,35	150	<1,1		0,1	300	25
BAT42	30	0,2	125	<0,4	<5	0,5	25	25
BAT43	30	0,2	125	<0,33	<5	0,5	25	25
BAT81	40	0,03	200	<0,41	<1	0,2	30	25
BAT81	40	0,03	200	<0,41	<1	0,2	30	25
BAT82	50	0,03	200	<0,41	<1	0,2	30	25
BAT83	60	0,03	200	<0,41	<1	0,2	30	25
BAT85	30	0,2	125	<0,4	<5	2	25	25
BAT86	50	0,2	125	<0,45	<4	5	40	25
BAV10	60	0,3	200	<0,75	<6	0,1	60	25
BAV17	25	0,25	175	<1	<50	0,1	max	25
BAV19	100	0,25	175	<1	<50	0,1	max	25
BAV20	150	0,25	175	<1	<50	0,1	max	25
BAV21	200	0,25	175	<1	<50	0,1	max	25
BAX12	90	0,4	200	<0,75	<60	0,1	90	25
BAX14	20	0,5	200	0,54–0,6	<50	0,1	20	25
BY 126	450	1	150	<1,5		10	450	25
BY127	800	1	150	<1,5		10	1250	25
BY206	300	0,4	150	<1,5	<1m	2	max	25
BY229–600	600	7	150	<1,85	<450	400	max	125
BY249/600	600	6,5	150	<1,6		400	max	125
BY329–1000	800	7	150	<1,85	<150	1m	max	125
BY329–800	600	7	150	<1,85	<150	1m	max	125
BY527	800	0,8	165	<1	2,5m	1	800	25
BYD11D...M	200–1000	0,5	165	<1		1	max	25
BYD13D	200	1,4	175	<1,05		1	max	25
BYD13J	600	1,4	175	<1,05		1	max	25
BYD13M	1000	1,4	175	<1,05		1	max	25
BYD33J	600	1,3	175		<250	1	max	25
BYD33M	1000	1,3	175		<300	1	max	25
BYD73A	50	1,75	175	<0,95	<25	1	max	25
BYD77F	300	1,85		0,83	50	1	max	25
BYM26A	200	2,3	175	<2,65	<30	10	max	25
BYM26C	600	2,3	175	<2,65	<30	10	max	25
BYM26E	1000	2,3	175	<2,65	<30	10	max	25
BYM56A	200	3,5	175	<1,25		1	max	25
BYM56E	1000	3,5	175	<1,25		1	max	25
BYR29–500	400	7,8	150	<1,75	<75	10	max	25
BYT08PI–1000	1000	8		1,9	155	35		
BYT12PI–1000	1000	12		1,9	155	2		
BYT28–400	300	10	150	<1,4	<50	10	max	25
BYT60P–1000	1000	60		1,9	70	100		
BYV10–20	20	1	125	<0,55	<30	1m	max	25
BYV10–30	30	1	125	<0,55	<30	1m	max	25
BYV10–40	40	1	125	<				

Typ	U_R V	I_F A	T_j °C	U_F V	t_{rr} ns	I_R μA	U_F V	T °C
BYV28-200	200	3,5	175	<1,05	<50	1	max	25
BYV29-300	200	7,4	150	<1,05	<50	10	max	25
BYV29-500	500	7,4	150	<1,05	<50	10	max	25
BYV32-200	200	2x9	150	<0,85	<25	50	max	25
BYV32-50	50	2x9	150	<0,85	<25	50	max	25
BYV34-500	400	17,5	150	<0,93	<50	50	max	25
BYV42-50	50	30	150	<0,85	<25	100	max	25
BYV74-300	200	30	150	<1,6	<50	50	max	25
BYV79-XX	50-200	12	150	<0,85	<35	50	max	25
BYV95A	200	1,5	175	<1,6	<250	150	max	165
BYV95B	400	1,5	175	<1,6	<250	150	max	165
BYV95C	600	1,5	175	<1,6	<250	150	max	165
BYV96D	800	1,5	175	<1,6	<300	150	max	165
BYW29-XX	50-200	7,6	150	<1,3	<25	10	max	25
BYW52	200	2	175	<1	<4m	1	max	25
BYW95A	200	3	175	<1,5	<250	150	max	165
BYW95C	600	3	175	<1,5	<250	150	max	165
BYW96D	800	3	175	<1,5	<300	150	max	165
BYW96E	1000	3	175	<1,5	<300	150	max	165
BYX10	800	0,36	150	<1,6		1	800	25
BYX25/600	600	20	175	<1,8		1	max	125
BYX55/350	300	1,2	125	<1,25	<750	10	max	25
MBR1635	35	16	150	<0,63		200	max	25
MBR1645	45	16	150	<0,63		200	max	25
MBR735	35	7,5	150	<0,84		100	max	25
MBR745	45	7,5	150	<0,84		100	max	25
PBYR1035	35	10	150	<0,84		100	max	25
PBYR1040	40	10	150	<0,84		100	max	25

Tyristory

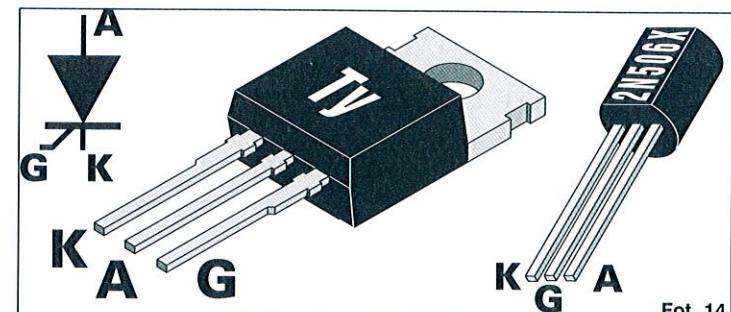
Najważniejszymi parametrami tyristora są:

U_{DRM} – maksymalne napięcie blokowania – w praktyce jest to maksymalne napięcie, przy którym tyristor może pracować,

I_F – maksymalny prąd przewodzenia.

Istotnym parametrem jest także I_{GT} – prąd bramki, przy którym na pewno nastąpi otwarcie tyristora. Im ten prąd mniejszy, tym lepiej (tyristor jest czulszy).

Oprócz tych parametrów, w katalogach podaje się szereg innych. Ze względu na malejącą popularność



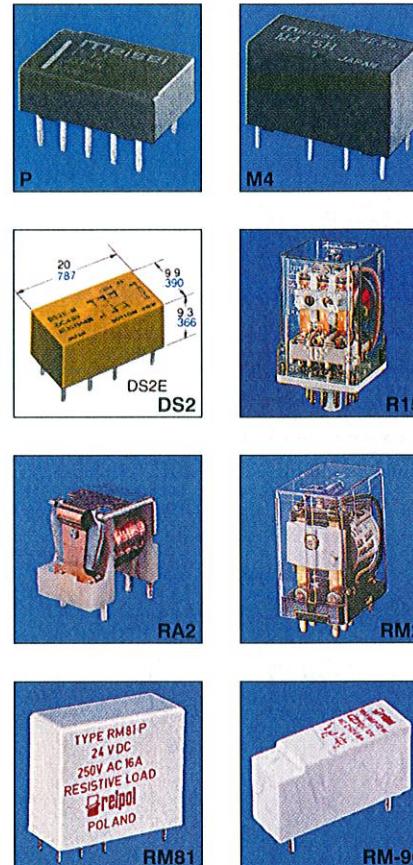
tyristorów, hobbysta nie musi się wgłębiać w ich sens.

W rozmaitych katalogach prady I_F niektórych typów są o 30...40% mniejsze od podanych w tabeli. Wykonika to z różnych warunków pomiarowych, głównie temperatury złączca. Ponieważ na otwartym tyristorze występuje napięcie przewodzenia,

podobnie jak na diodzie, więc przy większych prądach tyristor będzie się grzał i należy zastosować odpowiedni radiator chłodzący.

Uwaga! Podobne oznaczenia mają tak zwane triaki – elementy o działaniu podobnym do tyristorów które mogą przewodzić prąd w obu kierunkach.

Typ	UDRM V	IF A	IGT mA
2N4441	50	5	30
2N4444	600	5	30
2N5060	30	0,5	0,2
2N5061	60	0,5	0,2
2N5062	100	0,5	0,2
2N5064	200	0,5	0,2
2N6397	400	7,7	30
BRX4...49	30-400	0,51	0,2
BT148-600	600	4	0,26
BT149D	400	0,8	0,2
BT151-500	500	12	15
BT152-400	400	20	32
BT152-600	600	13	32
BTW69-800	800	32	80
BTY79-XX	400-800	6,4	30
TIC106M	600	5	0,2
TIC116M	600	8	20
TIC126M	600	12	20
TSL106-6	600	2,5	0,2
TYN1012	1000	8	15
TYN812	800	8	15



więcie styki każdego przekaźnika mogą pracować zarówno przy prądzie zmiennym (AC) jak i stałym (DC). Trwałość styków silnie zależy od ich obciążenia, na przykład przy prądzie stałym trwałość styków jest mniejsza, często radykalnie mniejsza. Szczegółów należy szukać w katalogach. W miarę możliwości warto stosować obciążenie znacznie poniżej podanych wartości maksymalnych.

Gdy styki przekaźnika mają służyć do sterowania urządzeń zasilanych z sieci 220 V, zwykle stosuje się krajowe przekaźniki, produkowane przez Relpol, typu RM-81...83, RM-96 (lub odpowiedniki zagraniczne).

Do przełączania małych sygnałów zwykle stosuje się najpopularniejsze przekaźniki miniaturowe o wymiarach ok. 20x10x10mm, produkowane przez wiele firm. W tabeli podano parametry niemal identycznych przekaźników rodzin M-4 firmy Meisei oraz DS2Y firmy Matsushita. Można też wykorzystać jeszcze mniejsze, na przykład subminiatu-

rowe (14x9x5mm) przekaźniczki Meisei serii P.

Warto wiedzieć, że niektóre małe przekaźniki wymagają określonej bieguności napięcia podawanego na cewkę, na przykład przekaźniki DS2 (co czasem, ale nie zawsze, zaznacza się na obudowie), natomiast inne, niemal identyczne, tego nie wymagają, np. M4 — patrz fotografia powyżej.

Przekaźniki

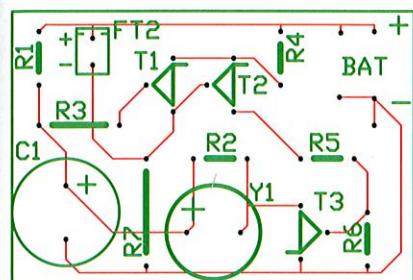
Na fotografiach można zobaczyć najpopularniejsze przekaźniki, a w tabeli ich podstawowe parametry.

W ostatniej kolumnie tabeli podano maksymalne obciążenie, którego nie powinno się przekraczać. Jeśli nie podano inaczej, dotyczy ono prądu zmiennego (AC). Oczy-

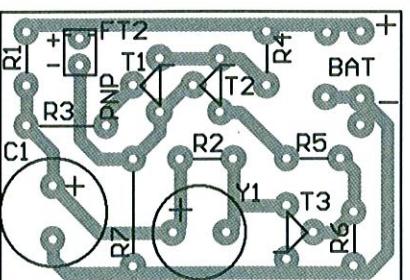
Typ Przekaźnika	Napięcie znamionowe [V]	Napięcie zadziałania [V]	Napięcie odpadania [V]	Rezystancja cewki [Ω]	Max obciążenie ciągłe
M4-3H Meisei	3	2,1	0,15	60	0,5A/120VAC 1A/24VDC
M4-5H Meisei	5	3,5	0,25	167	0,5A/120VAC 1A/24VDC
M4-12H Meisei	12	8,4	0,6	960	0,5A/120VAC 1A/24VDC
M4-48H Meisei	48	33,6	2,4	7680	0,5A/120VAC 1A/24VDC
P-3 Meisei	3	2,25	0,3	64,3	0,5A/125VAC 1A/30VDC
P-5 Meisei	5	3,75	0,5	178	0,5A/125VAC 1A/30VDC
P-12 Meisei	12	9	1,2	1028	0,5A/125VAC 1A/30VDC
P-24 Meisei	24	18	2,4	2880	0,5A/125VAC 1A/30VDC
DS2E-S Matsushita	1,5	1,05	0,15	11,3	0,3A/125VAC 1A/30VDC

Typ Przekaźnika	Napięcie znamionowe [V]	Napięcie zadziałania [V]	Napięcie odpadania [V]	Rezystancja cewki [Ω]	Max obciążenie ciągłe
DS2E-S Matsushita	5	3,5	0,5	125	0,3A/125VAC 1A/30VDC
DS2E-M Matsushita	12	8,4	1,2	360	0,3A/125VAC 1A/30VDC
DS2E-S Matsushita	12	8,4	1,2	720	0,3A/125VAC 1A/30VDC
DS2Y-S Matsushita	12	8,4	1,2	720	0,3A/125VAC 1A/30VDC
DS2E-SL2 (bistabilny)	12	8,4	—	2x800 (dwucewkowy)	0,3A/125VAC 1A/30VDC
DS2Y — Matsushita	48	33,6	4,8	7680	0,3A/125VAC 1A/30VDC
RM-81 (-83) RM-82	5	3,75	0,5	49	16A/380V 2x8A/380V
RM-81 (-83) RM-82	12	9	1,2	260	16A/380V 2x8A/380V
RM-81 (-83) RM-82	24	18	2,4	1100	16A/380V 2x8A/380V
RM96	5	3,5	0,5	110	8A/380V
RM96	12	8,4	1,2	660	8A/380V
RM96	24	16,8	2,4	2200	8A/380V
RM96	48	33,6	4,8	8000	8A/380V
RA2	5	4,0	0,5	23	20A/60VDC
RA2	12	9,6	1,2	132	20A/60VDC
RA2	24	19,2	2,4	520	20A/60VDC
RM-2	12	9,6	1,8	210	4A/380V
RM-2	24	19,2	3,6	850	4A/380V
R15	12	9,6	1	130	10A/250V
R15	12AC 50Hz	9,6VAC	—	20	10A/250V
R15	24	19,2	2	430	10A/250V
R15	24AC 50Hz	19,2AC	—	88	10A/250V

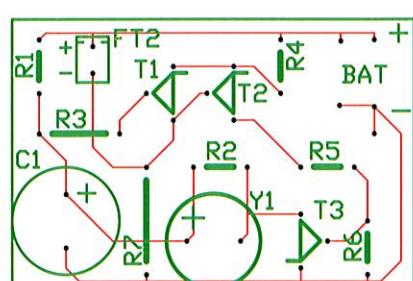
widok od strony elementów



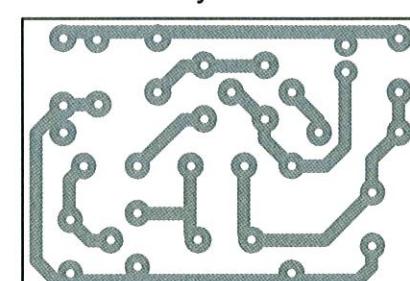
widok od strony ścieżek



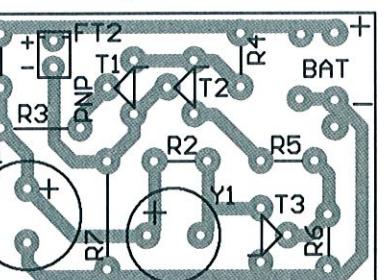
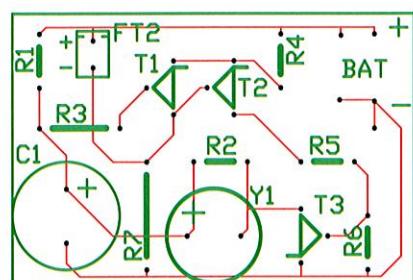
widok od strony ścieżek



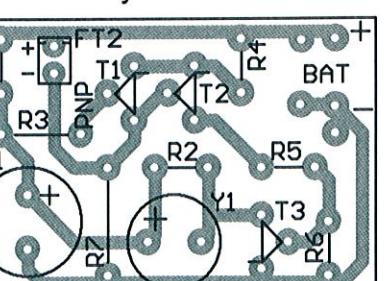
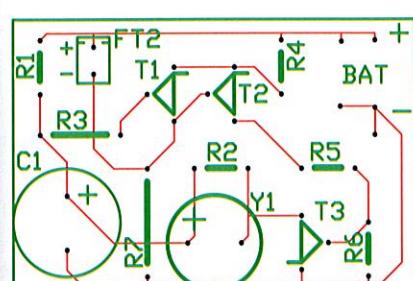
widok od strony elementów



widok od strony ścieżek



widok od strony ścieżek



Mnożniki, ich oznaczenia i skróty

Mnożnik	Nazwa	Symbol
$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{18}$	eksa	E
$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{15}$	peta	
$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$	tera	T
$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$	giga	G
$1\ 000\ 000 = 10^6$	mega	M
$1\ 000 = 10^3$	kilo	k
$100 = 10^2$	hekto	h
$10 = 10^1$	deka	da
$1 = 10^0$	–	–
$0,1 = 10^{-1}$	decy	d
$0,01 = 10^{-2}$	centy	c
$0,001 = 10^{-3}$	mili	m
$0,000\ 001 = 10^{-6}$	mikro	μ
$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	nano	n
$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	piko	p
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	femto	f
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$	atto	a

Jednostki wybranych wielkości elektrycznych

Wielkość	Nazwa	Oznaczenie (symbol)
Prąd	amper	A
Napięcie	wolt	V
Rezystancja	om	Ω
Pojemność	farad	F
Indukcyjność	henr	H