

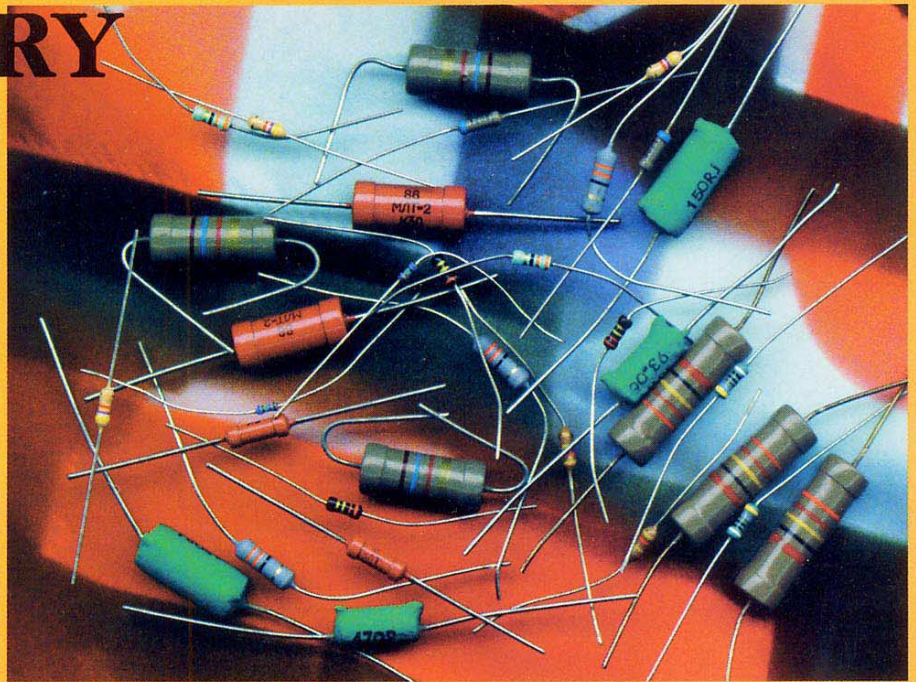
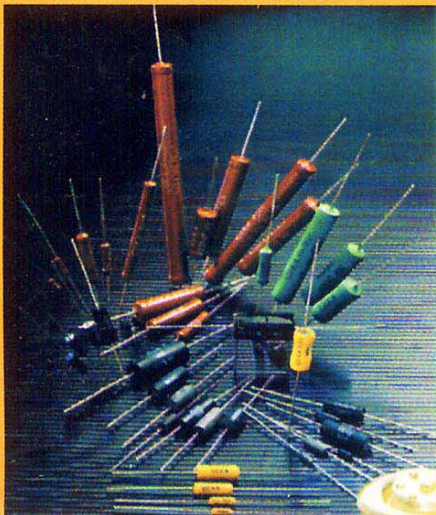
REZYSTORY

część 1

Drogi Czytelniku!

Mam okazję niezwykłą. Nie mogę jej zmarnować. Redakcja EdW dała mi stałą rubrykę z przeznaczeniem na korespondencyjne lekcje elektroniki. Będę pisał listy do Was. Żle mówię. Będę pisał listy do każdego z Was. Wyobraź sobie Czytelniku, że jest to list pisany osobiście do Ciebie. Ja, Autor będę Twoim przewodnikiem. Myślę, że się zaprzyjaźnimy, dlatego nie będę zwracać się do ciebie oficjalnie (w poprzednim zdaniu ostatni raz napisałem Autor i Twoim z dużej litery). Jeśli jesteś młody i dopiero rozpoczynasz swą przygodę z elektroniką wiedz, że ten cykl jest specjalnie dla ciebie. Jeśli masz niegłupich kolegów, którzy jeszcze nie zetknęli się z praktyczną stroną elektroniki, powiedz im, że mają świetną szansę bezboleśnie zapoznać się z tą dziedziną. Czytając moje listy poznasz od strony praktycznej elementy elektroniczne, zbudujesz i zbadasz najważniejsze podstawowe układy, nauczysz się właściwie korzystać z danych katalogowych. A... zapomniałem powiedzieć: sporo przy tym zepsujesz.

A i ty, drogi czytelniku, któremu włosy się już przeredziły, a żona i dzieci nie pozwalają zajmować się kochanymi "drucikami" wiedz, że nie zapomnę o tobie. W czasach gdy dorastałeś, nie miałeś dostępu do upragnionych części, literatura była szczerze mówiąc uboga i często fatalnie napisana: te parę książek, często przepisywanych z wcześniejszych źródeł, schematy, które "chodziły" tylko na papierze... Potem wypadłeś trochę z głównego kursu i teraz zastanawiasz się czasem, czy oby nadążasz jeszcze za błyskawicznym postępem. A jeśli nawet uważasz, że nieźle sobie radzisz ze składaniem różnych układów, także nie lekceważ tego cyklu - co prawda niektóre fragmenty pominiemy z lekkim uśmieszkiem, ale na pewno znajdziesz smakowite "rodzynki", a ponadto uporządkujesz cały ten bałagan, jaki przez te lata nagromadził ci się w głowie.



Na początek bierzesz na warsztat ... nie może być inaczej - oczywiście, rezystory. W mądrych książkach naczytałeś się, że rezystory dzielą się na objętościowe (masowe), warstwowe, drutowe. Coś słyszałeś, że mogą być rezystory węglowe, albo węglowe kompozytowe, metalowe, metalizowane itd. To wszystko prawda, ale czy te wiadomości są ci potrzebne? Z pewnością nie wszystkie. Nie lekceważ jednak wszystkich jajogłowych specjalistów, pisarzy lubujących się w takich klasyfikacjach i uczonych grzebiących się w teorii. Wielu z nich rzeczywiście ma dobrze i gęsto poukładane pod sufitem; jednak większość ich wiedzy nie jest potrzebna tobie, praktykowi chcącemu budować użyteczne układy. Jeśli wejdziesz głębiej w elektronikę, docenisz i tych jajogłowych teoretyków, ale na razie przygotuj lutownicę, nóż monterski i mocne szcypce (choćby "kombinerki"). Przygotuj też wszystkie swoje oporniki (ściślej mówiąc - rezystory). Masz też już chyba miernik cyfrowy. Bez takiego miernika się nie obejdziesz; do zadań jakie ci będę proponował wystarczy nawet najtańszy multimetr za 30...40 złotych, ale jeśli cię stać, to kup droższy miernik jakiejś znanej firmy.

Jak wyglądają te twoje oporniki? Jeśli masz jakieś przedpotopowe duże rezystory oznaczone OWZ, to możesz je spokojnie wyrzucić do kosza. Jeśli natomiast znajdziesz rezystory typu AT, ML, czy RMG, nie wyrzucaj ich - mają one bardzo dobre parametry. Za chwilę zaczniesz coś robić, wcześniej zajrzyj jednak do ramek zawierających podstawowe, niezbędne informacje teoretyczne. W ramach podam ci to, co KAŻDY ELEKTRONIK MUSI WIEDZIEĆ.

Chcę cię jeszcze zapytać, czy dokładnie rozumiesz sens mocy związanej z rezystancją? Nie będę cię odpytywał z fizyki, ale musisz pamiętać, że prąd elektryczny niesie pewną energię. Przy przepływie prądu przez rezystancję część tej energii zostaje wydzielona w postaci energii cieplnej. Czy to dobrze, czy źle?

Tylko w przypadku grzejników elektrycznych cieszymy się z zamiany energii elektrycznej na ciepło. W elektronice jest inaczej. Czy słyszałeś o pierwszych komputerach zbudowanych z wykorzystaniem tysięcy lamp elek-

tronowych, pobierających (i jednocześnie wydzielających w postaci ciepła) tyle energii elektrycznej co średniej wielkości miasto? Dziś pierwszy lepszy kilkunastoletni ma na biurku komputer o nieporównywalnie większej mocy obliczeniowej i szerszych możliwościach, pobierający kilka watów mocy. Informacja nie niszczy energii, ale do jej przetworzenia trzeba zużyć jakąś energię. I co najgorsze traci się ją w postaci ciepła.

Inny przykład: wzmacniacz klasy A w studiu melomana zużywa kilkadziesiąt watów energii elektrycznej. Tymczasem dla zaspokojenia wyrafinowanych potrzeb tego melomana potrzeba co najwyżej kilka, kilkadziesiąt miliwatów energii akustycznej trafiającej do jego ucha. Skąd taka rozrzutność i marnotrawstwo? Po prostu nie umiemy w inny sposób odtworzyć dźwięku o odpowiedniej jakości. Podobnie jest we wszystkich urządzeniach elektronicznych: nie umiemy zrealizować naszych celów bez zużycia energii, nie jest to zresztą do końca możliwe. Tak działają wszystkie funkcjonujące układy: żywe i martwe. W organizmach żywych ktoś zrealizował wspaniałe funkcje znikomym nakładem energii: nie wspominając już o ludzkim mózgu nadmiernym, że węże i żmije mają "wbudowane" termometry różniące temperatury rzędu 0,01°C, nietoperze mają superprecyzyjne sonary zużywające mikro-, czy miliwaty energii. Nasze opracowania długo jeszcze nie dorównają takim genialnym konstrukcjom, zapamiętajmy jednak raz na zawsze: energia cieplna wydzielająca się w urządzeniach elektronicznych to zło konieczne, które należy jak najbardziej minimalizować. Celem nie jest zużywanie energii elektrycznej, tylko zrealizowanie jakichś zadań. A w układach elektronicznych właśnie rezystancje odpowiedzialne są za większość strat cieplnych.

Jeśli w tym momencie powiesz, że nie jesteś skąpy i gotów jesteś zapłacić za całą tę zużytą energię, to nie rozumiesz zagadnienia do końca. Oprócz tego, że energia kosztuje weź pod uwagę, iż wydzielanie ciepła jest związane ze wzrostem temperatury. Tymczasem wiele istotnych parametrów

podzespołów elektronicznych zależy od temperatury. Jeśli zbagatelizujesz ten fakt, nigdy nie będziesz "rasowym" elektronikiem. W prostych amatorskich układach wpływ temperatury można prawie zawsze pominąć, ale jeśli chcesz zostać fachowcem i planujesz budowę bardziej złożonych, niezawodnych i precyzyjnych przyrządów o ściśle określonych parametrach, wiedz że pominięcie tego zagadnienia przysporzy ci wielu rozczarowań. Wcześniej czy później staniesz oko w oko z przedstawionym problemem. Dlatego już na początku sprawdź w praktyce co ci grozi. Wybierz więc ze swoich zbiorów po jednym rezystorze z różnych nominalów. Postaraj się znaleźć zarówno rezystory kilku, kilkunastoomowe, jak i te "największe" megoomowe.

Czy umiesz "rozszyfrować" wartość każdego rezystora, jaki wpadnie ci w rękę? Kolorowy kod paskowy cię przeraża? Masz z nim trochę kłopotów? Zanim przeczytasz dalsze linijki zajrzyj wcześniej do ramki zatytułowanej "Parametry rezystorów najważniejsze dla praktyka".

c.d. w EdW 2/96

Parametry rezystorów najważniejsze dla praktyka

Rezystancja nominalna - jest to rezystancja, jaką powinien mieć rezystor. Przyjęto standardowe wartości nominalne określone według szeregów E12...E192.

Tolerancja (klasa dokładności) - ponieważ ze względu na rozrzuty produkcyjne rezystory nie mają rezystancji dokładnie zgodnej z rezystancją znamionową, podaje się maksymalne dopuszczalne odchyłki. Wyraża się to w procentach wartości znamionowej.

Moc znamionowa - jest to największa dopuszczalna moc wydzielana na rezystorze przy pracy ciągłej przy temperaturze otoczenia mniejszej niż +70°C (dla niektórych typów +40°C).

Napięcie graniczne - maksymalne napięcie stałe (lub amplituda napięcia zmiennego), jakie może być dołączone do rezystora w sposób ciągły. (w praktyce parametr ten dotyczy tylko rezystorów o nominalach rzędu setek i tysięcy kiloomów).

Temperaturowy współczynnik rezystancji - oznaczany w krajowych źródłach TWR, lub z angielska TCR, określa zmiany rezystancji pod wpływem temperatury. Czym mniejsza wartość TCR, tym bardziej stabilny rezystor. Wartość TCR podaje się w %/K, ppm/K lub $10^{-6}K^{-1}$.

Współczynnik szumów - określa szумы wprowadzane przez rezystor. Ponieważ szумы zależą od przyłożonego napięcia stałego, wartość współczynnika szumów wyraża się zazwyczaj w $\mu V/V$.

Oprócz tego w katalogach można znaleźć szereg innych parametrów: moc kategorii, napięcie izolacji lub rezystancję izolacji, rezystancję krytyczną, napięciowy współczynnik rezystancji, rezystancję termiczną, współczynniki niezawodności, współczynnik nieliniowości, współczynnik stabilności długoczasowej, dopuszczalne zmiany rezystancji po próbach termicznych, klimatycznych itp.

Parametry te zostaną szczegółowo omówione w cyklu Notatnika Praktyka w siostrzanym czasopiśmie Elektronika Praktyczna.

ABC

Niektóre materiały, na przykład metale, węgiel (sadza, grafit) przewodzą prąd elektryczny - jedne lepiej drugie gorzej. Tylko tzw. nadprzewodniki idealnie przewodzą prąd elektryczny. Kawałek drutu, wałek grafitowy stwarzają przepływającemu prądowi pewien opór - mówimy, że mają one jakąś rezystancję. W artykule terminy rezystancja i opór używane są wymiennie, choć nie jest to do końca ściśle.

A co to jest rezystor? To najpopularniejszy element elektroniczny, zwykle zbudowany w postaci wałeczka z dwoma wyprowadzeniami osiowymi; w układzie służący najczęściej do ograniczenia prądu lub uzyskania wymaganych napięć.

Najważniejszym parametrem rezystora jest, jak by nie było, rezystancja, oznaczana literą R. Jest to w uproszczeniu zdolność do przeciwstawiania się przepływowi prądu. Bardzo dobrą analogią jest tu... rura wodociągowa. Ciśnienie wody odpowiada napięciu elektrycznemu (oznaczenie U), przepływ wody to natężenie prądu (I), potocznie zwane po prostu prądem. Gruba rura o dużym przekroju stawia przepływającej wodzie niewielki opór. Cieniućka rurka o małym przekroju stawia oczywiście znaczny opór. Również zawór hydrauliczny lub zwykły kran wodociągowy jest odpowiednikiem naszej rezystancji, i to nawet zmiennej. Jeśli ciśnienie w instalacji (napięcie zasilające obwód) jest stałe, to przepływ wody (prądu) zależy od oporu (rezystancji). Przykład ten znakomicie ilustruje słynne prawo Ohma głoszące, że prąd w obwodzie jest wprost proporcjonalny do przyłożonego napięcia, a odwrotnie proporcjonalny do rezystancji (oporu). Zgadza się to z intuicją, potwierdza także analogia hydrauliczna: czym większe ciśnienie tym więcej wody przepływa przez odkręcony kran, czym większy opór - tym mniej wody.

Prawo Ohma i związane z tym trzy wzory należy zrozumieć i pamiętać o każdej porze dnia i nocy. Dla wspomnienia pamięci rysuje się trójkąt ułatwiający zapamiętanie trzech fundamentalnych zależności wynikających z prawa Ohma:

$$(1) I = U / R$$

$$(2) R = U / I$$

$$(3) U = I * R$$

Trójkąt ten wygląda następująco:

U

I R

Na cześć pana Ohma jego imieniem nazwano jednostkę rezystancji (Ω to jakby V / A, volt podzielony przez amper). Dany element ma opór jednego oma jeśli napięcie jednego volta wywołuje w nim przepływ prądu o wartości jednego ampera.

Ponieważ 1Ω to mała rezystancja, w elektronice powszechnie używa się jednostek będących wielokrotnościami oma:

$$1k\Omega = 1000\Omega = 10^3\Omega$$

$$1M\Omega = 1000k\Omega = 1000000\Omega = 10^6\Omega$$

$$1G\Omega = 1000M\Omega = 1000000k\Omega = 10^9\Omega$$

Analogia hydrauliczna prowadzi do wniosku, że taki sam opór możemy uzyskać stosując krótką rurkę o małym przekroju, jak też długą rurę o przekroju znacznie większym. Jest to prawda, w elektronice jest podobnie. Rozumowanie to prowadzi do kolejnego wzoru potrzebnego często w praktyce do obliczenia rezystancji danego odcinka przewodu:

$$(4) R = (\rho * l) / S$$

gdzie l - długość przewodu, S - pole przekroju, ρ - stała charakterystyczna dla danego materiału zwana rezystywnością.

Elektronik stosuje przewody miedziane; jeśli długość podana jest w metrach, pole przekroju w mm^2 , to dla $Cup = 0,017\Omega mm^2/m$.

Analogia hydrauliczna pomaga też zrozumieć co się dzieje przy łączeniu oporów szeregowo lub równolegle. Przy połączeniu szeregowym rezystancje po prostu się dodają:

$$(5) R = R1 + R2 + \dots$$

Przy połączeniu równoległym wypadkowy opór jest na pewno mniejszy od najmniejszego oporu składowego. Niestety nie jest to zależność aż tak prosta jak poprzednio:

$$(6) R = 1 / (1/R1 + 1/R2 + 1/R3 + \dots)$$

Dla dwóch rezystorów wypadkową rezystancję oblicza się w praktyce ze wzoru:

$$(7) R = R1 * R2 / (R1 + R2)$$

Nie będę cię męczył omawianiem przewodności, która jest odwrotnością rezystancji - jednostkę przewodności na cześć pana Siemensa nazwano siemens, ma ona wymiar odwrotności oma, czyli A / V. Pojęcie przewodności jest bardzo rzadko używane w praktyce amatorskiej. Jedynie w katalogach tranzystorów polowych i niektórych wzmacniaczy napotkasz parametr mający wymiar A / V lub mA/V. I tu podam ci ciekawostkę:

Elektronicy to jednak naród wesołków i dowcipniśców. Nie zdziw się więc, gdy w jakimś poważnym, opasłym katalogu napotkasz na przykład taki parametr: 3,2mmho (lub 5,5mMHO). Toż to nic innego jak "odwrotność" OHMa - 3,2mmho to to samo co 3,2mA/V czyli 3,2mS (milisimensa).

Podczas przepływu prądu przez opór wydziela się pewna moc strat w postaci ciepła. Moc ta zależy zarówno od napięcia, jak i prądu według zależności:

$$(8) P = U * I$$

W praktyce często potrzebne są wzory pochodne:

$$(9) P = I^2 * R$$

$$(10) P = U^2 / R$$

$$(11) U = (P / R)^{1/2}$$

$$(12) R = U^2 / P$$

itd...