

W poprzednim odcinku próbowałem cię przekonać, że w kondensatorach liczy się nie tylko pojemność, ale też szereg innych parametrów. Doszliśmy do wniosku, iż właściwości kondensatora zależą przede wszystkim od dielektryka. Mówiliśmy, że w dielektryku występują straty mocy, które możemy przedstawić jako szeregową rezystancję zastępczą - ESR. Zasygnalizowałem ci także problem indukcyjności kondensatorów i zależności parametrów od temperatury, wilgotności i innych czynników. Może się trochę przestraszyłeś. Takie mnóstwo parametrów, wzajemnych zależności... Jak się w tym wszystkim nie zgubić?



Pamiętaj! W elektronice nie ma żadnej magii, są tylko niezmiennie prawa fizyki. Jeśli chcesz być dobrym elektronikiem, to niestety powinieneś przyswoić sobie sporą ilość informacji. Nie są to rzeczy trudne, ale bez tej wiedzy będziesz się poruszał w elektronice jakby po omacku.

Ja kiedyś, w głębokiej młodości, byłem skłonny lekceważyć wiedzę nagromadzoną przez "jajogłowych". Wydawało mi się, że praktyka załatwi wszystko. Rzeczywiście, praktyka jest najważniejsza, byleby tylko po drodze nie tracić zbyt wiele czasu na wyważanie otwartych drzwi, czyli żmudne odkrywanie tego, co inni dawno już odkryli i opisali.

Jeśli jednak nie masz ochoty na analizowanie wykresów, tabel i zestawień oraz wyciąganie wniosków, musisz liczyć się z faktem, że znaczna ilość zaprojektowanych i wykonanych przez Ciebie układów może w ogóle nie działać lub będzie działać niezgodnie z twoimi oczekiwaniami. Jednym z powodów mogą być kondensatory, elementy wydawałoby się prymitywne, wręcz trywialne.

Moim zadaniem jest podać ci niezbędną wiedzę w sposób jak najbardziej praktyczny i przystępny; wiedź jednak, iż w kilku krótkich listach nie można przekazać wszystkiego. Dlatego w temat "wgrzyziemy się" stopniowo.

W pierwszej kolejności podam ci kilka najważniejszych wskazówek i informacji - mają one naświetlić całokształt problemu i uczulić cię na najważniejsze sprawy. Na początek dowiesz się jakie kondensatory spotyka się powszechnie na rynku, oraz na jakie dwie podstawowe dziedziny zastosowań kondensato-

rów powinieneś zwrócić szczególną uwagę. To jest porcja wiedzy absolutnie niezbędna każdemu elektronikowi. Tę część materiału znajdziesz pod tytułem zaczerpniętym ze starej piosenki: "Co każdy chłopiec wiedzieć powinien".

Dalsza część materiału, zatytułowana "Tylko dla ciekawych" i "Główne obszary zastosowań", zawiera następny stopień wtajemniczenia. Znajdziesz ją w następnych numerach EdW. Nie musisz jej czytać jeśli twoje zainteresowanie elektroniką kończy się na montowaniu układów. Ta wiedza będzie ci potrzebna, jeśli zamierzasz samodzielnie konstruować układy elektroniczne. A śmiem podejrzewać, że niezależnie od twojego wieku, będziesz mi przysyłał rozwiązania zadań ze Szkoły Konstruktorów. Nie lekceważ więc "trywialnych" kondensatorów. Serdecznie cię namawiam, żebyś dokładnie przeanalizował i przyswoił sobie cały podany materiał - starałem się wybrać dla Ciebie informacje najważniejsze, naprawdę przydatne w praktyce.

Oczywiście, wprawy i rutyny musisz nabrać sam. I już teraz wiedz, że nie obejdziesz się przy tym bez "wpadek", rozczarowań i porażek.

Jeśli gotów jesteś się uczyć i będziesz wyciągał wnioski z niepowodzeń, to jestem pewny, że za jakiś czas będziesz z siebie naprawdę zadowolony.

Co każdy chłopiec wiedzieć powinien

Utrwal sobie podstawową prostą zasadę: każdy typ kondensatorów ma inne właściwości i przeznaczony jest do określonych zastosowań. Nie ma kon-

densatorów idealnych nadających się do wszystkiego.

Dla współczesnego elektronika-hobysty podstawowe znaczenie mają trzy główne grupy kondensatorów:

- elektrolityczne
- ceramiczne
- foliowe.

Kondensatory elektrolityczne stosowane są w każdym układzie elektronicznym w obwodach zasilania jako kondensatory filtrujące i gromadzące energię.

Stosowane są też jako kondensatory sprzęgające i blokujące w urządzeniach m.cz. pracujących z częstotliwościami do mniej więcej 100kHz.

Kondensatory ceramiczne stosuje się powszechnie w obwodach wielkiej częstotliwości, zarówno jako elementy obwodów rezonansowych, jak i do sprzęgania, blokowania, filtrowania.

Kondensatory foliowe znajdują zastosowanie przy "średnich częstotliwościach", mniej więcej od kilku herców do co najwyżej kilku megaherców. Stosowane są też powszechnie w obwodach RC generatorów i filtrów. Niektóre typy kondensatorów foliowych przeznaczone są do pracy w obwodach impulsowych.

Bliższe informacje znajdziesz w części materiału "Tylko dla ciekawych".

Jako uzupełnienie, w jednej z ramek podałem ci, jakimi kondensatorami nie warto zaśmiecać sobie głowy i pracowni, a jakie mogą być przydatne.

Odsprężanie obwodów zasilania

Najczęstszą przyczyną kłopotów związanych z kondensatorami są ich

Dinozaury

W starych książkach i katalogach być może znajdziesz wzmianki o kondensatorach próżniowych, gazowanych, z dielektrykiem ciekłym, szklanym, papierowym. Ty, jako hobbysta żyjący u schyłku XX wieku możesz zupełnie nie zwracać sobie nimi głowy.

Być może w archaicznym sprzęcie spotkasz kondensatory mikowe, czy ceramiczne rurkowe. Są to kondensatory o dobrych parametrach; zostały jednak doszczętnie wyparte przez kondensatory ceramiczne płytkowe. Nie warto też ich kolekcjonować, no, chyba że mieszkasz gdzieś z dala od wszelkich źródeł zapatrzenia i cenny jest dla ciebie każdy element.

Ze starego sprzętu warto natomiast wymontować wszelkie kondensatory zmienne - nawet stare, wielkie agregaty powietrzne. Co prawda kondensatory zmienne zostały zastąpione diodami waraktorowymi, ale na pewno przydadzą ci się do różnych amatorskich konstrukcji z zakresu w.cz.

(niedoskonałe) właściwości w zakresie wysokich częstotliwości.

Chyba każdy spotkał się z samowzbudzeniem układu. (Mi najczęściej wzbudzały się wzmacniacze. Ale jakby na złość, kiedy chciałem zbudować dobrego generatora - zdarzało się, że układ się nie wzbudzał.)

Przyczyny mogą być różne - jedną z nich jest zastosowanie niewłaściwych kondensatorów w obwodach filtracji i odsprężania napięć zasilających.

Niewłaściwe kondensatory (lub ich brak) mogą też być przyczyną dużej wrażliwości na zakłócenia, szczególnie te przedostające się z sieci energetycznej przez zasilacz. Zasygnalizowałem ci to w poprzednim odcinku (EdW 4/96 str.55, 56 na rys. 3...5). W zakresie wysokich częstotliwości (a także dla krótkich zakłóceń impulsowych) niektóre kondensatory mają znaczną rezystancję szeregową ESR. Rezystancja ta znacznie zmniejsza skuteczność filtrowania pojawiających się przebiegów w.cz. Na dodatek występuje też szkodliwa indukcyjność samego kondensatora i jego doprowadzeń.

Nie mów mi tylko, że ciebie to nie dotyczy, bo będziesz robił wyłącznie układy małej częstotliwości. Jakie tranzystory będziesz stosował? Czy wiesz, że popularne tranzystory "m.cz" na przykład BC548, BC108 mogą wzmacniać sygnały o częstotliwościach nawet kilkuset megaherców?! Czy to jest "mała częstotliwość"? Podobnie jest ze wzmacniaczami operacyjnymi - przywoity wzmacniacz operacyjny przeznaczony do zastosowań audio, na przykład NE5532, ma pasmo sięgające 10MHz!

Dlatego dosłownie we wszystkich układach musisz zadbać o właściwe odblokowanie obwodów zasilania także w zakresie wysokich częstotliwości.

Powszechnie stosuje się tu równoległe połączenie kondensatora elektrolitycznego i małego kondensatora ceramicznego (tzw. ferroelektrycznego)

o pojemności typowo 47...220nF. Pokazuję ci to w ramce poniżej.

"Elektrolit", z uwagi na znaczną pojemność ma dobre właściwości przy małych częstotliwościach, ceramiczny "liza-czek" przy dużych.

A jaka powinna być pojemność "elektrolita"? Wydawałoby się, że czym większa, tym lepiej. Niekoniecznie!

Jak to? Przecież większy kondensator ma mniejszą reaktancję i rezystancję ESR, a więc powinien lepiej tłumić wszelkie tętnienia napięcia zasilającego.

Jeśli nie stosujesz stabilizatora, to rzeczywiście większa pojemność jest lepsza, bo zmniejsza wielkość tętnień. Ale jeśli masz w układzie stabilizator, choćby popularny 78XX, to nadmierne zwiększanie pojemności filtrującej praktycznie nic nie daje! Przecież stabilizator z założenia ma zmniejszać wahania napięcia zasilającego. Jednym z ważnych parametrów stabilizatora jest jego (dynamiczna) rezystancja wyjściowa. Informuje ona, o ile zmieni się napięcie przy zmianie prądu obciążenia. Rezystancja ta dla częstotliwości poniżej 1kHz nawet w popularnych stabilizatorach nie jest większa od 30...50 miliomów (0,03...0,05W). Tymczasem na przykład kon-

densator elektrolityczny 100μF/16V ma przy częstotliwości 50Hz reaktancję ponad 30W i rezystancję ESR ponad 1,5W! Nawet wielki kondensator 10000μF/16V ma przy częstotliwości 50Hz reaktancję około 0,3W i ESR około 0,1W. Jak widać, zwiększanie pojemności niewiele daje - w zakresie małych częstotliwości decydujące znaczenie dla tłumienia zakłóceń i tak ma stabilizator, a nie kondensator. Kondensator jest jednak konieczny, choćby dla zapobiegania samowzbudzeniu stabilizatora.

W zakresie większych częstotliwości sprawa wygląda nieco inaczej, bowiem rezystancja wyjściowa stabilizatora i rezystancja ESR kondensatora jest większa, ale i tak końcowy wniosek jest ten sam - nie ma potrzeby stosować elektrolitów o bardzo dużych pojemnościach. Standardowo w obwodach zasilania stosuje się kondensatory elektrolityczne o pojemności 22...220μF.

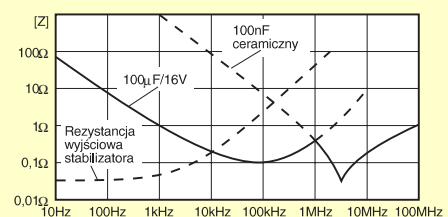
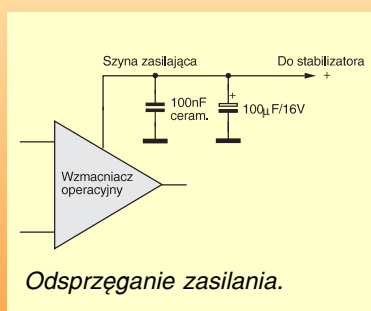
Może już dość długo zajmujesz się elektroniką i zaprostujesz: przecież nigdy nie stosuję tych małych kondensatorów ceramicznych i moje układy jakoś pracują. Niewykluczone. Gratuluję sukcesu! Być może niektóre rzeczywiście pracują "jakoś". Czy znasz przysłowie: "miała być jakość, wyszło jakoś"? Ale nie będę się z tobą sprzeczał; rzeczywiście sporo układów może pracować dosłownie bez żadnych kondensatorów odsprężających zasilanie. W innych wystarczy jeden mały elektrolit.

Powiem więcej: umieszczenie zalecanych kondensatorów w niewłaściwym miejscu na płycie może nic nie dać. Często bowiem trzeba stosować nie tylko jeden, ale kilka kondensatorów odsprężających: jeden blisko stabilizatora, inne w różnych punktach zasilanego układu.

Podane ogólne wiadomości nie wyczerpują zagadnienia walki z samowzbudzeniem i zakłóceniami, ponieważ

Odsprężanie zasilania

W każdym układzie elektronicznym musisz zadbać o właściwe odblokowanie obwodów zasilania także w zakresie wysokich częstotliwości. Zauważ, jak znacznie zmniejsza impedancję w zakresie wyższych częstotliwości zastosowanie małego kondensatora ceramicznego o pojemności tylko 100nF.



Przebieg impedancji w funkcji częstotliwości

Potrzebne wzory

Reaktancja (opór pozorny) przy prądzie zmiennym

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \approx \frac{0,16}{R \cdot C} \quad R [\Omega], C[F] \text{ lub } R[M\Omega], C[\mu F]$$

Ładunek zgromadzony w kondensatorze

$$Q = C \times U$$

Gdy prąd ładowania (rozładowania) jest stały ($I = \text{const}$), wtedy

$$C \times \Delta U = I \times t$$

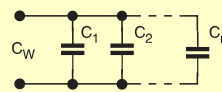
gdzie ΔU jest przyrostem napięcia, a t czasem ładowania/rozładowania

ESR - zastępcza szeregowo rezystancja strat

$$ESR = \frac{\text{tg}\delta}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

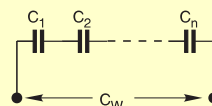
Uwaga: $\text{tg}\delta$ zależy od częstotliwości.

Łączenie równoległe kondensatorów



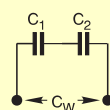
$$C_W = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Łączenie szeregowo kondensatorów



$$\frac{1}{C_W} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Łączenie szeregowo dwóch kondensatorów



$$C_W = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$









Cechowanie kodowe kondensatorów ceramicznych typ 1

Umowna barwa punktu, kropki lub paska	Symbol temperaturowego współ. pojemności	Pojemność znamionowa			Tolerancja pojemności	
		pierwsza cyfra	druga cyfra	mnożnik	$C_n \leq 10\text{pF}$	$C_n > 10\text{pF}$
		pierwszy znak	drugi znak	trzeci znak	czwarty znak	piąty znak ($\pm\text{pF}$ lub %)
srebrny	-	-	-	0,01	-	10%
złoty	-	-	-	0,1	-	5%
czarny	NPO	0	0	1	-	-
brązowy	N33	1	1	10	-	-
czerwony	N75	2	2	100	2pF	2%
pomarańczowy	N150	3	3	1000	-	-
żółty	N220	4	4	-	-	-
zielony	N330	5	5	-	-	-
niebieski	N470	6	6	-	0,25pF	-
fioletowy	N750	7	7	-	-	-
szary	-	8	8	-	-	-
biały	P33	9	9	-	1pF	-
ciemnoniebieski	P100	-	-	-	-	-
brak	N47	-	-	-	0,5pF	20%
pomar.-pomar.	N1500	-	-	-	-	-
żółto-pomarańcz.	N2200	-	-	-	-	-
zielono-pomar.	N3300	-	-	-	-	-
niebiesko-pomar.	N4700	-	-	-	-	-
czarno-pomar.	N5600	-	-	-	-	-

Uwaga! Początek cechowania kodowego jest oznaczony większą kropką lub paskiem z wyraźnym odstępem między pozostałymi znakami. Oznaczenia współczynnika temperaturowego: np. N330 oznacza -330ppm/K, a P100 +100ppm/K.

Cechowanie skrócone kondensatorów ceramicznych typ 1

Temperaturowy współczynnik pojemności

Oznaczenie tworzywa lub zakres temperaturowego współczynnika pojemności ($10^{-6}/1^{\circ}\text{C} = \text{ppm/K}$)	Kod	Barwa punktu lub paska na jednobarwnym pokryciu kondensatora
P100 (+100)	A	 ciemnoniebieski
P33 (+33)	B	 różowy
NPO (0)	C	 czarny
N33 (-33)	H	 brązowy
N47 (-47)	N	brak
N75 (-75)	L	 czerwony
N150 (-150)	P	 pomarańczowy
N220 (-220)	R	 żółty
N330 (-330)	S	 zielony
N470 (-470)	T	 niebieski
N750 (-750)	U	 fioletowy
N1500 (-1500)	W	 pomar.-pomar.
N2200 (-2200)	K	 żółto-pomarań.
N3300 (-3300)	D	 zielono-pomar.
N4700 (-4700)	E	 niebiesko-pom.
N5600 (-5600)	F	 czarno-pomarań.
+140...-870	SL	 szary
+250...-1750	UM	 biały

Pojemność znamionowa

Pojemność	Kod	Pojemność	Kod
0,15 pF	p15	150 nF	150n
0,332 pF	p332	332 nF	332n
1,5 pF	1p5	1,5 μF	1μ5
3,32 pF	3p32	3,32 μF	3μ32
15 pF	15p	15 μF	15μ
33,2 pF	33p2	33,2 μF	33μ2
150 pF	150p	150 μF	150μ
332 pF	332p	332 μF	332μ
1,5 nF	1n5	1,5 mF	1m5
3,32 nF	3n32	3,32 mF	3m32
15 nF	15n	15 mF	15m
33,2 nF	33n2	33,2 mF	33m2

Tolerancja pojemności

Tolerancja (%)	Kod	Tolerancja (%)	Kod
±0,005	E	±2,5	H
±0,01	L	±5	J
±0,02	P	±10	K
±0,05	W	±20	M
±0,1	B	±30	N
±0,25	C	-10...+30	Q
±0,5	D	-10...+50	T
±1	F	-20...+50	S
±2	G	-20...+80	Z

Cechowanie kondensatorów zagranicznych

Przykłady

$$470 = 47\text{pF}$$

$$561 = 560 = 560\text{pF}$$

$$822 = \underbrace{8200}_2 = 8,2\text{nF}$$

$$393 = \underbrace{39000}_3 = 39\text{nF}$$

$$224 = \underbrace{220000}_4 = 220\text{nF}$$

$$125 = \underbrace{1200000}_5 = 1,2\mu\text{F}$$

Napięcie znamionowe

Napięcie	Kod
25V	m
40(50)V	l
63V	a
100V	b
160V	c
250V	d
400V	e
630V	f
1000V	h
1600V	i
500V	nie oznacza się

dużą rolę ma tu prowadzenie obwodów zasilających, szczególnie masy. Ten ważny temat nie mieści się jednak w ramach dzisiejszego artykułu.

Podanym materiałem chcę cię jedynie zachęcić do stosowania kondensatorów odsprzęgających w *każdym budowanym układzie*. Przyjmij to jako zasadę: zdecydowanie lepiej zastosować za dużo kondensatorów odsprzęgających zasilanie, niż za mało. Nie żałuj więc kilkudziesięciu groszy na te kondensatory. W sumie zaoszczędzisz sobie sporo nerwów i frustracji.

Układy precyzyjne

Drugą dziedziną zastosowań kondensatorów, na którą chcę ci zwrócić uwagę są wszelkie układy wymagające precyzji i stałości parametrów.

Będziesz budował, a może już budowałeś, różnego rodzaju filtry i generatory dostrojone do określonej częstotliwości. Częstotliwość powinna być stała, niezależnie od zmian temperatury i innych czynników.

Z filtrami i generatorami LC dla wysokich częstotliwości sprawa jest względnie prosta, bo stosuje się tam strojone cewki oraz stabilne kondensatory ceramiczne o pojemnościach 1...1000pF (tzw. typ 1), a te produkowane są w wielu wykonaniach o ściśle określonych współczynnikach temperaturowych. Przez dobór kondensatora o odpowiednim współczynniku temperaturowym można skompensować zmiany temperaturowe cewki i uzyskać dobrą stabilność.

Trochę gorzej wygląda sprawa z filtrami i generatorami małej częstotliwości, które obecnie są budowane przede wszystkim jako układy aktywne, zawierające wzmacniacze operacyjne i elementy RC. Tu pojemności muszą być większe niż 1nF, a więc nie można stosować dobrych kondensatorów ceramicznych (tzw. typ 1).

O ile kondensatory ceramiczne o pojemnościach poniżej 1nF wykonywane są z ceramiki o naprawdę znakomitych parametrach, to kondensatory ceramiczne o większych pojemnościach mają inny, zdecydowanie gorszy dielektryk. Zwykle są to kondensatory ceramiczne ferroelektryczne, nazywane tak ze względu na skład materiału dielektryka - jest to tak zwany typ 2. Podobne parametry mają kondensatory tzw. typu 3, o jeszcze mniejszych gabarytach, nazywane czasem kondensatorami półprzewodnikowymi lub złączowymi (są to jednak najprawdziwsze kondensatory i nie mają praktycznie nic wspólnego z diodami i tranzystorami)

Przed chwilą zachęcałem cię, żebyś stosował takie kondensatory do odsprzęgania zasilania.

Do tamtego celu były znakomite. Jednak zupełnie nie nadają się one do precyzyjnych układów czasowych. Pojemność tych kondensatorów może zmieniać się pod wpływem temperatury nawet o kilkadziesiąt procent! Co gorsza, o zgrozo (uważaj, to jest kuriozum!) - pojemność niektórych typów zależy też od przyłożonego napięcia!

Co prawda trafiają się stabilne kondensatory ceramiczne w zakresie pojemności kilkudziesięciu nanofaradów, ale ty kupując na giełdzie nigdy nie będziesz miał pewności co otrzymałeś.

Przyjmij więc bezpieczną zasadę: nie stosuj małych kondensatorów ceramicznych o pojemności większej niż 1nF w układach czasowych RC i LC.

Z kolei kondensatory foliowe mają zdecydowanie lepszą stabilność niż ceramiczne ferroelektryczne.

Najlepsze są tu kondensatory polistyrenowe - krajowe KSF i zagraniczne KS - znane bardziej jako styrofleksowe (my, praktycy mówimy krótko: "styrofleksy"). Mają one niewielki współczynnik temperaturowy pojemności wynoszący mniej więcej $-0,013\%/^{\circ}\text{C}$ i równie niewielką zależność pojemności od wilgotności względnej powietrza.

Natomiast najpopularniejsze obecnie na rynku kondensatory poliestrowe, czyli krajowe MKSE i zagraniczne MKT mają nieco gorszą stabilność i ogólnie rzecz biorąc należy się liczyć ze zmianami pojemności do $\pm 3\%$. Czy to dużo czy mało? To zależy od wymagań stawianych układowi. Większość amatorskich konstrukcji nie wymaga jednak większej stabilności. Tak więc w obwodach RC powszechnie będziemy stosować kondensatory MKSE (MKT).

Niejednokrotnie będą ci też potrzebne generatory lub uniwbatory o bardzo długich czasach impulsu, rzędu sekund, minut, a nawet godzin. Pewnie zechcesz zastosować w nich "elektrolity".

Jak będzie ze stabilnością parametrów takich układów?

Pamiętasz zapewne, że pojemność popularnych "mokrych elektrolitów" może się znacznie zmieniać w związku z uszkodzeniami i ponownym formowaniem cieniuteńkiej warstwy dielektryka - tlenku glinu. Zmiany pojemności mogą tu wynieść nawet kilkadziesiąt procent.

Jeszcze gorszym problemem może być prąd upływu. W układach o dużych stałych czasowych RC stosuje się zwykle rezystory o wartościach rzędu megaomów, więc może się okazać, że prąd pracy płynący przez taki rezystor jest mniejszy niż prąd upływu rozformowanego kondensatora! Urządzenie wcale nie będzie pracować! Aby temu zapobiec

kondensatory elektrolityczne aluminiowe w miarę możliwości powinny pozostać pod napięciem. Będą wtedy zawsze zaformowane i ich prąd upływu będzie nieznaczny.

Generalnie jednak w układach czasowych wymagających dużej niezawodności i stabilności należy za wszelką cenę unikać jakichkolwiek "elektrolitów".

Zamiast tego należy stosować generatory z kondensatorami stałymi i dla uzyskania dużych czasów wykorzystać cyfrowe dzielniki (liczniki). Godna polecenia jest tu popularna kostka CMOS 4541, która w ten sposób pozwala zbudować zarówno generatory, jak i układy monostabilne o dowolnie długich czasach. Kostka taka będzie jednym z układów scalonych na przygotowywanej właśnie płytce wielofunkcyjnej PW-03.

W poprzednim odcinku obiecałem ci, że wreszcie coś zepsujemy. I zepsujemy! Ale najpierw, jeśli możesz, spróbuj zbadać właściwości posiadanych kondensatorów stałych.

Jeśli masz dostęp do miernika pojemności, sprawdź, jak zmienia się pojemność różnego typu kondensatorów pod wpływem temperatury. Sprawdź pojemność "w stanie zimnym" i po podgrzaniu. Przekonaj się, czy silne podgrzanie wyprowadzeń kondensatora podczas lutowania może trwale zmienić jego pojemność.

Przetestuj w ten sposób kondensatory różnych typów, o różnych pojemnościach. Jedna taka praktyczna lekcja będzie więcej znaczyć, niż kilka stron opisu właściwości tych elementów.. A jak już je pomierzysz, weź nóż, szcypce boczne, i zobacz, jak są zbudowane.

Piotr Górecki

Nie stosuj małych kondensatorów ceramicznych o pojemności większej niż 1nF w precyzyjnych obwodach czasowych RC i LC.

Jeśli musisz stosować w precyzyjnych obwodach kondensatory elektrolityczne - stosuj w miarę możliwości "tantale", a jeśli mają to być zwykle kondensatory aluminiowe, to muszą one stale pozostawać pod napięciem.