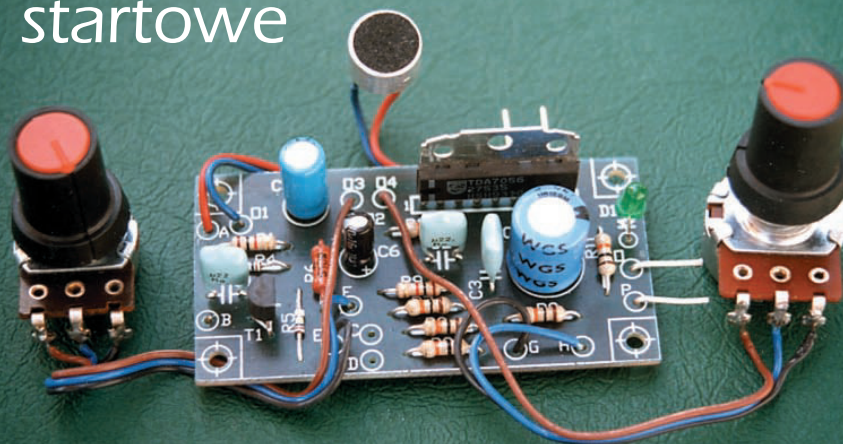


Zestawy startowe



Mój pierwszy wzmacniacz

Wiele osób chciałoby praktycznie zainteresować się elektroniką i budować rozmaite układy, ale wydaje im się, że jest to bardzo trudne. Rzeczywiście, osiągnięcia współczesnej elektroniki przyprawiają dziś o zawrót głowy, a zajrzenie do wnętrza nowoczesnego telefonu komórkowego, magnetowidu, czy komputera może utwierdzić w przekonaniu, że elektronikami mogą być tylko ludzie z ogromną wiedzą i umiejętnościami.

Nic bardziej błędnego!

Każdy, kto ma szczerą chęć, może zająć się elektroniką, jako pięknym hobby.

Na początek wcale nie trzeba wielkiej wiedzy. Nie potrzeba też ani specjalnych umiejętności, wystarczy kilka podstawowych narzędzi (lutownica, pinceta, szczypeczki boczne) oraz jakiegokolwiek miernik uniwersalny.

Niniejszy dwuczęściowy artykuł przeznaczony jest przede wszystkim dla osób, które chciałyby rozpocząć fascynującą przygodę z elektroniką, a nie wiedzą od czego zacząć.

Podano w nim podstawowe wiadomości o schematach, układach i podzespołach elektronicznych.

Zachęcono do budowy prostego, bardzo użytecznego wzmacniacza akustycznego.

Komplet elementów wzmacniacza wraz z płytką będzie można kupić w sieci handlowej AVT. Dla początkujących przygotowano także dwa „zestawy startowe” (tańszy oraz droższy) zawierające niezbędne narzędzia i miernik uniwersalny (multimetr). Zestawy te zostaną zaprezentowane szczegółowo za miesiąc.

Wszystkie wspomniane zestawy mogą się stać znakomitym prezentem dla starszych i młodszych, których chcielibyście zarazić elektronicznym hobby. Pomyślcie, kogo ze swoich bliskich chcielibyście obdarować. W następnym numerze EdW znajdziecie specjalny kupon promocyjny, uprawniający do zamówienia takich zestawów.

Jednym z najbardziej użytecznych układów elektronicznych jest wzmacniacz akustyczny.

Właśnie od takiego wzmacniacza warto zacząć swą elektroniczną twórczość.

Do uruchomienia i wykorzystania układu nie jest potrzebna żadna wcześniejsza wiedza – wszystkie potrzebne informacje zawarte są w artykule.

Schemat ideowy

Schemat ideowy swojego wzmacniacza znajdziesz na **rysunku 1**. Zmontowany układ pokazany jest na fotografiiach.

Żeby wykonać układ elektroniczny, trzeba odpowiednio połączyć (złutować) pewną ilość elementów: rezystorów (zwanych potocznie opornikami), kondensatorów, diod, tranzystorów, układów scalonych, a często także innych podzespołów. Niekoniecznie trzeba wiedzieć, jaką rolę

pełnią wszystkie elementy, jednak bardzo ważne jest, by były one połączone dokładnie tak, jak to przewidział konstruktor układu. Wszelkie pomyłki po włączeniu napięcia zasilającego spowodują albo błędne działanie układu, albo brak jakiegokolwiek działania, albo nawet nieodwracalne uszkodzenie niektórych elementów.

Dlatego zawsze należy zwracać szczególną uwagę na poprawność montażu.

W elektronice podstawową pomocą przy analizie i wykonywaniu układu nie są wcale jego fotografie, tylko schematy i wykaz elementów. Będziesz miał do czynienia z dwoma rodzajami schematów: ideowymi i montażowymi.

W zasadzie do zmontowania prostego układu wystarczy schemat montażowy i wykaz elementów.

Ale, jak się szybko przekonasz, w elektronice najważniejszy jest schemat ideowy,

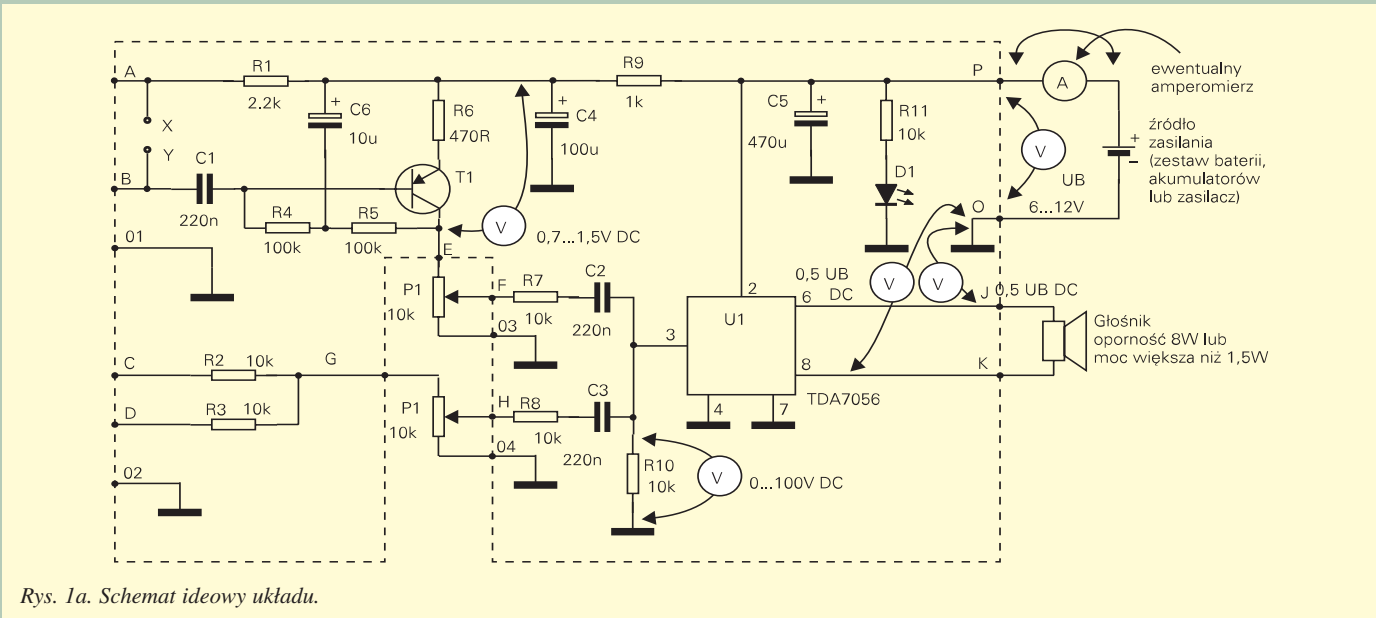
który pokazuje wszystkie elementy (w postaci symboli) i sposób ich połączenia. Zupenie początkującym muszę więc powiedzieć teraz parę słów na temat schematu ideowego oraz zasad rysowania schematów ideowych.

Aby nie pogubić się w mnóstwie elementów i połączeń, oraz wprowadzić porządek przy rysowaniu schematów, wprowadzono standardowe symbole elementów elektronicznych i ogólne zasady rysowania schematów.

Dla ułatwienia przygotowałem ci ściągawkę z symbolami elementów oraz fotografiami, jak wyglądają w rzeczywistości. Znajdziesz ją na **rysunku 2**. Na fotografiach zobaczysz, jak takie elementy naprawdę wyglądają. Zapoznaj się więc z elementami i ich symbolami.

Sprawa symboli elementów jest ważna, a wygląd tych symboli jest ustalony przez

Pierwszy krok



Rys. 1a. Schemat ideowy układu.

Polską Normę. Co ciekawe, symbole używane w różnych krajach różnią się między sobą w pewnych szczegółach, dlatego w obcojęzycznych źródłach można spotkać inne symbole elementów (niektóre podałem ci także dla informacji – nie stosuj ich jednak na swoich schematach).

Popatrz teraz na schemat ideowy Twojego Pierwszego Wzmacniacza pokazany na rysunku 1. Zauważ, że wszystkie rezystory są ponumerowane: od R1...R11. W oznaczeniu rezystora zawsze występuje litera R. Tak samo kondensatory, niezależnie, czy są to kondensatory stałe, czy elektrolityczne, mają w oznaczeniu literę C (od ang. Capacitor). Potencjometry oznaczane są literą P, a potencjometry montażowe niektórzy oznaczają literą P, a inni PR, bo potencjometry montażowe nazywamy potocznie perkami. Diody oznaczane są literą D. W naszym układzie występuje tylko jedna dioda, i na dodatek jest to dioda świecąca, powszechnie nazywana LEDem (od ang. Light Emitting Diode). Często oznacza się diody świecące nie literą D, tylko LED. Tranzystory oznaczamy literą T, ale na Zachodzie powszechnie stosuje się oznaczanie literą Q. Układy scalone oznaczane są US albo U. W literaturze angielskojęzycznej spotyka się tylko oznaczenia U oraz IC (od ang. Integrated Circuit – układ scalony).

O ile sposób rysowania symboli rezystorów, kondensatorów, diod i tranzystorów jest ściśle ustalony, o tyle symbole układów scalonych (z wyjątkiem układów cyfrowych, logicznych) rysujemy różnie, według potrzeb.

Nie ma też specjalnych zasad numeracji elementów, ale dobrą zasadą jest trzymanie się ogólnych reguł. Zauważ, że numeracja rezystorów wzrasta od lewej strony rysunku do prawej. Pozwala to łatwiej zlokalizować element na schemacie ideowym.

Podstawowe elementy już znasz – teraz parę słów o połączeniach. Jest oczywiste, że linia

łącząca na schemacie ideowym końcówki tych elementów wskazuje, iż są one połączone (przewodem, ścieżką płytki drukowanej).

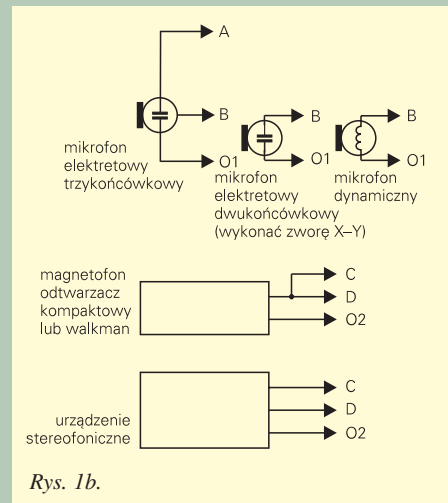
Zapamiętaj raz na zawsze, że jeśli w punkcie zbiegu linii występuje kropka, to te linie są połączone. Jeśli dwie linie (połączenia) krzyżują się na schemacie, ale nie ma tam kropki – połączenia między obwodami nie ma. Pokazałem ci to na **rysunkach 3a i 3b**, zawierających fragmenty schematów ideowych. Dodatkowo na **rysunku 3c** znajdziesz sposób rysowania nie stosowany już w praktyce – starsi elektrycy czasem z przyzwyczajenia tak właśnie zaznaczają brak połączenia. Ty stosuj tylko sposoby z rysunków 3a i 3b.

Odszukaj teraz na rysunku 1 kondensator C6. Czy ma on być połączony z bazą tranzystora T1 i z kondensatorem C1? Oczywiście że nie, ponieważ w miejscu skrzyżowania linii nie ma kropki. Ujemna elektroda (nóżka) kondensatora C6 jest połączona tylko z rezystorami R4 i R5. Chyba jest to dla ciebie oczywiste?

Charakterystycznym zwyczajem przy rysowaniu schematów ideowych jest też stosowanie pewnych, powiedzmy – skrótów.

Na przykład, zamiast rysować wszystkie połączenia za pomocą linii łączących poszczególne elementy, wprowadzamy umowne symbole. Najczęściej spotyka się symbol masy. Pojęcie masy ma swoje korzenie w urządzeniach lampowych, gdzie lampy i łączówki lutownicze mocowane były mechanicznie na blaszanej podstawie zwanej chassis (czytaj: zsaśi). Ta metalowa podstawa była połączona z ujemnym biegunem głównego napięcia zasilającego. Ta metalowa podstawa była też często uzimiana, czyli łączona z rurami wodociągowymi lub innymi zakopanymi w ziemi przedmiotami metalowymi.

W takim urządzeniu lampowym metalowa podstawa rzeczywiście była „masą”,



Rys. 1b.

także pod względem wagi, ale przede wszystkim było to doprowadzenie ujemnego napięcia zasilającego. Wystarczyło dołączyć element do któregośkolwiek punktu metalowej podstawy, by uzyskać połączenie z ujemnym biegunem zasilania, czyli właśnie z masą elektryczną układu. Jeśli potem mierzono w układzie jakieś napięcia, zwykle były to napięcia między masą a danym punktem.

Nie zawsze metalowa obudowa – masa – połączona jest z ujemnym biegunem napięcia zasilającego. Na przykład w telekomunikacji od dziesiątków lat masa jest łączona do dodatniego bieguna napięcia zasilającego.

Biegunowość nie jest więc tu istotna.

Dziś rzadko stosuje się metalowe podstawy czy nawet metalowe obudowy. Czy w urządzeniu zamontowanym na płycie drukowanej i umieszczonym w plastikowej obudowie, można mówić o masie?

Tak!

Choć nie ma tam fizycznie żadnej metalowej, blaszanej masy, jeden z biegunów napięcia zasilającego oraz wszystkie połączone z nim obwody nazywa się obwodem

rezystor (opornik) postać zalecana inna postać	kondensator stały (foliowy lub ceramiczny)	kondensator elektrolityczny (alumiunowy lub tantalowy)			
cewka indukcyjna dławik	dioda	dioda pojemnościowa (warikap)	dioda świecąca (LED)		
dioda Zenera	dioda Schottky'ego	tyristor	tranzystor bipolarny n-p-n		
tranzystor bipolarny p-n-p	triak	diak	tranzystor półprzewodnikowy z kanałem n		
tranzystor półprzewodnikowy MOSFET z kanałem typu n	fotodioda	fototranzystor	tranzystor półprzewodnikowy MOSFET z kanałem typu p		
transpator	optotriak	potencjometr			
potencjometr montażowy	bezpiecznik	rezonator kwarcowy lub piezoelektryczny	przetwornik piezoelektryczny	głośnik	
słuchawka	żarówka	bateria	przycisk zwierny	przycisk rozwierny	transformatory
przełączniki	przekaźniki				

Rys. 2. Ściągawka z oznaczeniami elementów

masy. Zazwyczaj ujemny biegun napięcia zasilającego traktuje się jako masę. Obecnie często stosuje się układy zasilane napięciem symetrycznym. Wtedy masę stanowi obwód dołączony do punktu wspólnego obu źródeł zasilania.

Większość napięć mierzy się potem między tą masą a danym punktem.

Można powiedzieć, że obwód masy jest jakby obwodem wspólnym dla całego układu. Zazwyczaj przewody lub ścieżki obwodu masy są grubsze od pozostałych. W wielu wypadkach nie wystarczy jakkolwiek połączyć ze sobą wszystkie punkty, które mają być dołączone do obwodu masy – trzeba przestrzegać pewnych zasad. Ten temat wykracza jednak poza ramy artykułu.

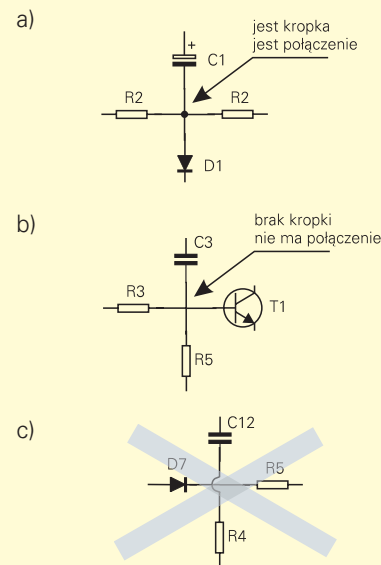
Na niemal wszystkich schematach, także na naszym rysunku 1, wielokrotnie na-

potkasz symbol masy (krótką grubą poziomą kreskę), a także skrót GND umieszczony pod kończącą linię. GND to powszechnie stosowany skrót oznaczający masę (ang. Ground).

Zapamiętaj więc raz na zawsze, że wszystkie punkty i linie oznaczone symbolem masy (i ewentualnie skrót GND) w rzeczywistości mają być ze sobą połączone.

Oprócz skrótu GND, bardzo często spotkasz skróty VCC, VEE, VSS, VDD – są one stosowane w programach komputerowych do rysowania schematów i oznaczają obwody napięć zasilania. Na **rysunku 4** zobaczysz częściej spotykane oznaczenia linii zasilania.

Do napięć zasilających stosuje się zwykle inne oznaczenia, niż krótką grubą



Rys. 3. Zaznaczanie połączenia i braku połączenia

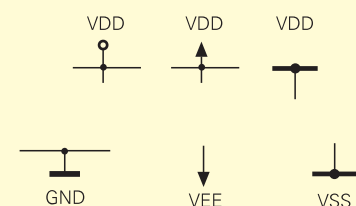
poziomą kreskę, rysowaną zawsze jako oznaczenie masy.

Oprócz oznaczeń i skrótów podanych na rysunku 4 spotkasz też inne oznaczenia, na przykład skróty V+, V-, czy U+, U-, czy jeszcze inne.

Musisz zapamiętać, że taki skrótowy sposób rysowania obwodów zasilania stosujemy tylko po to, by nasze schematy były czytelniejsze – by nie zawierały płataniwy linii. W praktyce na schematach byłoby najwięcej linii przedstawiających obwody zasilania – dlatego właśnie linie zasilania są najczęściej rysowane z użyciem wspomnianych skrótów.

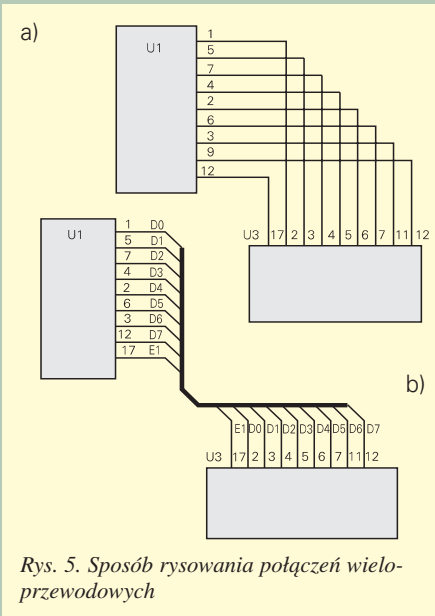
W tym miejscu od razu wspomnę ci jeszcze o rysowaniu zamiast wielu linii, tak zwanych szyn, zwanych BUSami (od ang. Bus). Zamiast rysować połączenia, jak na **rysunku 5a**, wykorzystujemy bardziej przejrzysty sposób pokazany na **rysunku 5b**. Przypomina to wiązkę przewodów. Żeby nie zgubić się w płataniu przewodów, poszczególne linie wchodzące w skład wiązki czy też szyny, oznaczamy tak zwanymi etykietami (na rysunku 5b są to etykiety D0...D7 oraz E1). Linie i punkty oznaczone na schemacie ideowym taką samą etykietą mają być ze sobą połączone.

Jeszcze dalej idące uproszczenie stosujemy przy rysowaniu schematów, gdzie występują układy cyfrowe. Wtedy z reguły



Rys. 4. Sposoby oznaczania połączenia z szyną zasilania

Pierwszy krok



Rys. 5. Sposób rysowania połączeń wieloprzewodowych

w ogóle nie zaznaczamy na schemacie ideowym obwodów zasilania takich układów scalonych. Przykład znajdziesz na **rysunku 6**. Czternastonóżkowy układ scalony CMOS 4011 zawiera cztery bramki NAND (rysunek 6a). Kostka jest zasilana napięciem dołączanym do przeciwległych nóżek (nr 7 i nr 14). Na schemacie ideowym bardzo rzadko znajdziesz te końcówki. Nie szukaj więc końcówek zasilania układów cyfrowych na schemacie ideowym. Oczywiście muszą one być podłączone, ale my liczymy na inteligencję analizującego ten schemat (czyli twoją) i zamiast rysować schemat tak jak na rysunku 6b, czy 6c, rysujemy schemat 6d. Jeśli korzystamy z programów komputerowych do rysowania schematów (i projektowania płytek drukowanych), umieszczamy na schemacie ideowym symbole (VCC, GND, VDD, VSS), bo jest to konieczne do utworzenia listy połączeń, czyli tak zwanej netlisty – wtedy schemat wygląda, jak na rysunku 6e.

Oprócz skrótów w oznaczeniu obwodów zasilania, stosuje się pewne uproszczenia przy oznaczaniu wartości elementów. Przykładowo podstawową jednostką rezystancji (oporności) jest om, oznacza się go grecką literą Ω .

Jest to jednostka niewielka, więc praktycznie stosowane rezystory mają wartości wyrażone w kiloomach (1 kiloom = $1\text{k}\Omega = 1000\Omega$) i megaomach (1megaom = $1\text{M}\Omega = 1000000\Omega$).

Na schematach bardzo rzadko spotyka się literę Ω , choćby dlatego że programy do rysowania schematów nie mają możliwości wprowadzania greckich liter.

Jeśli więc napotkasz na schemacie wartość rezystora 2,7k – chodzi o rezystancję $2,7\text{k}\Omega$. Ponieważ generalnie nie piszemy Ω , więc wartość rezystora na schemacie równa 15 oznacza 15Ω . Aby uniknąć wątpliwości (czy przypadkiem nie zabrakło

tam literki k lub M.) lepiej przy rezystorach o wartościach rzędu omów pisać dużą literę R. Wtedy jest jasne, że 33R to 33Ω . Elektronicy rozmówieni w skrótach idą jeszcze dalej – jeśli w zapisie występuje przecinek, to nie piszą go, a w jego miejsce wstawiają literkę k, M albo R. Rozszyfrujemy kilka takich dziwolągów:

$$2\text{R}2 = 2,2\Omega$$

$$5\text{k}11 = 5,11\text{k}\Omega = 5110\Omega$$

$$1\text{M}5 = 1,5\text{M}\Omega = 1500\text{k}\Omega$$

Analogicznie sprawa się ma z wartościami pojemności. Jednostka podstawowa – farad (F) – jest jednostką bardzo dużą, i wartości praktycznie stosowanych kondensatorów wyrażamy w: mikrofaradach (μF), nanofaradach (nF) i pikofaradach (pF).

$$1 \text{ mikrofarad} = 1\mu\text{F} = 1000\text{nF} = 1000000\text{pF}$$

$$1\text{nF} = 1000\text{pF}$$

Czasami wartość dużych kondensatorów elektrolitycznych w obwodach zasilania podaje się w milifaradach (mF):

$$1 \text{ farad} = 1\text{F} = 1000\text{mF} = 1000000\mu\text{F}$$

Ale częściej, nawet przy dużych pojemnościach wyraża się wartość w mikrofaradach. Przykładowo pisze się zwykle $2200\mu\text{F}$ zamiast $2,2\text{mF}$

Na schematach pomija się oczywiście literkę F – oznaczenie farada.

Stąd zapis:

$$47\text{n} = 47\text{nF}$$

$$2\text{n}2 = 2,2\text{nF}$$

$$6\text{p}8 = 6,8\text{pF}$$

$$\text{p}7 = 0,7\text{pF}$$

nie spotkasz natomiast na schemacie oznaczenia 22μ , dlatego że zawarta jest tutaj grecka litera μ .

Zamiast μ zawsze pisze się literę u – zapamiętaj to raz na zawsze!

Stąd:

$$2\text{u}2 = 2,2\mu\text{F}$$

$$47\text{u} = 47\mu\text{F}$$

$$\text{u}22 = 0,22\mu\text{F} = 220\text{nF}$$

$$\text{u}1 = 0,1\mu\text{F} = 100\text{nF}$$

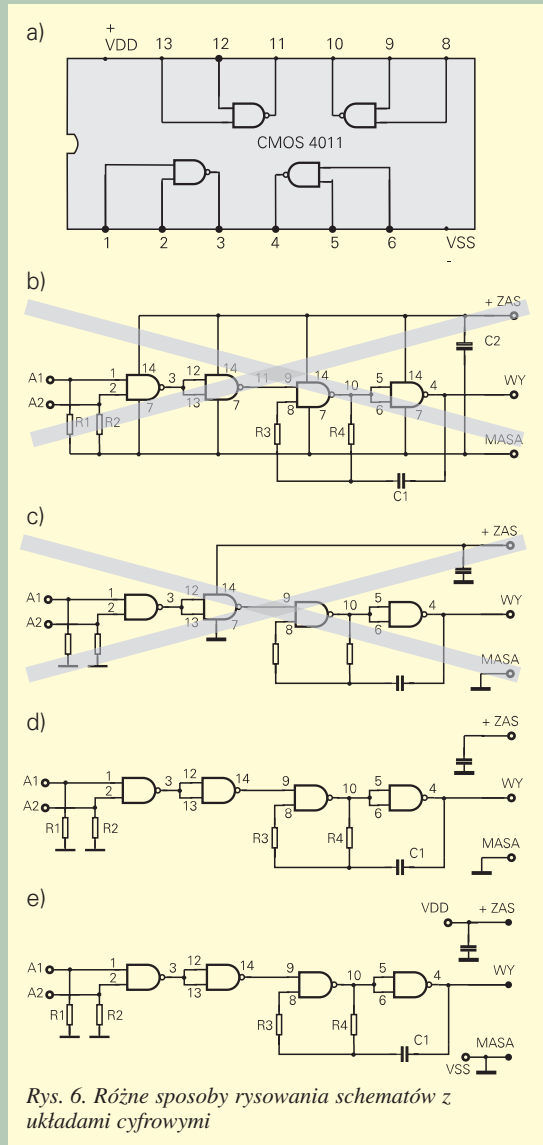
W przypadku kondensatorów elektrolitycznych (zobacz rysunek 2 i fotografie) nie podaje się ani literki μ , ani u, bo wiadomo, że nie ma kondensatorów elektrolitycznych o wartościach mniejszych niż $1\mu\text{F}$. W przypadku takich kondensatorów często podaje się natomiast napięcie nominalne kondensatora. Stąd przy kondensatorach elektrolitycznych:

$$100 = 100\mu\text{F}$$

$$4700 = 4700\mu\text{F}$$

$$10/16 = 10\mu\text{F}/16\text{V}$$

$$100/100 = 100\mu\text{F}/100\text{V}$$



Rys. 6. Różne sposoby rysowania schematów z układami cyfrowymi

Niekiedy w przypadku układów wysokiej częstotliwości, pomija się literkę p, przy kondensatorach stałych. Można więc spotkać schematy, gdzie wartość kondensatora stałego nie zawiera żadnej litery:

$$15 = 15\text{pF}$$

$$33 = 33\text{pF}$$

W przypadku cewek i dławików nie zawsze pomija się oznaczenie jednostki podstawowej – henra (H). Często wartość zawiera oznaczenie uH (mikrohenr), mH (milihenr) czy H (henr).

Tyle o skrótach.

Dobrze narysowany schemat powinien ponadto ułatwiać zrozumienie działania układu. Dlatego na naszym rysunku 1 sygnały przebiegają od lewej strony do prawej, dodatnia szyna zasilająca jest narysowana u góry i prądy płyną „z góry na dół”. Linia przerywaną zaznaczyłem, które elementy montowane będą na płycie drukowanej. Pozostałe elementy dołączysz przewodami do punktów oznaczonych literami A...P.

Ciąg dalszy w EdW 9/97.

Piotr Górecki