

Zapomnij na chwilę o wszystkim, co wiesz o układach scalonych i wzmacniaczach. Oddaj się marzeniom. Jeśli byłbyś cudotwórcą, to jaki wzmacniacz chciałbyś mieć do dyspozycji? Czy chciałbyś mieć uniwersalny wzmacniacz, nadający się do wszystkiego?

Aby nadawał się do pełnienia najróżniejszych zadań, musiałby mieć wzmocnienie nastawiane jakimś prostym sposobem w zakresie od zera do kilku tysięcy. Musiałby mieć bardzo szerokie pasmo przenoszenia i płaską charakterystykę w całym paśmie. Także przesunięcie fazy między wejściem a wyjściem powinno być ściśle określone, najlepiej niezmiennie w całym paśmie. Powinien wzmacniać sygnały o częstotliwościach od zera (prąd stały) do, nie bądźmy zbyt skromni, kilkuset megaherców.

Wejście tego uniwersalnego wzmacniacza nie powinno obciążać źródła sygnału – nie powinny więc płynąć żadne prądy wejściowe (polaryzujące). Rezystancja wejściowa powinna być nieskończenie wielka, a pojemność wejściowa – równa zeru. Sterowanie powinno się odbywać na drodze napięciowej. Wyjście tego wzmacniacza powinno mieć nieograniczoną wydajność, i to w całym zakresie częstotliwości roboczych. Wyjście powinno być nie tylko wydajne, ale i niezwykle szybkie. Pożądane byłoby też, żeby ten wzmacniacz w spoczynku nie pobierał prądu, bo po co marnować energię i w konsekwencji zanieczyszczać środowisko. Oczywiście wzmacniacz taki nie mógłby wnosić żadnych szumów, zakłóceń ani tym bardziej zniekształceń. Nie powinien mieć skłonności do samowzbudzenia...

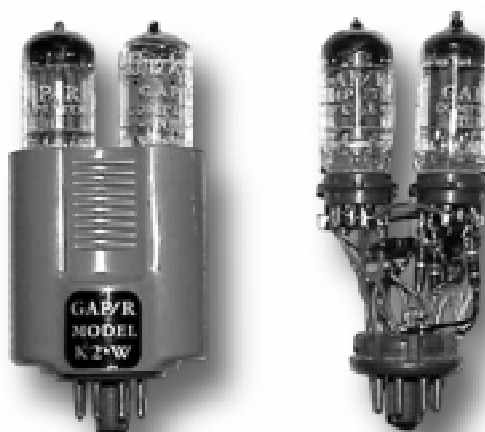
Pomarzyć dobra rzecz...

Drogi Czytelniku! Wbrew pozorom, nie są to nierealne marzenia. Współczesne technologie pozwoliły stworzyć wzmacniacze o naprawdę zadziwiających parametrach. Obecnie mamy do dyspozycji wiele scalonych wzmacniaczy, zwanych **wzmacniaczami operacyjnymi**, które wieloma cechami jako żywo przypominają przedstawiony ideał. Niestety, nie ma jednego jedyne układu, który spełniałby wszystkie omówione wymagania. Obowiązuje zasada zbyt krótkiej koldry – poprawa jednych parametrów zazwyczaj wiąże się z pogorszeniem innych. Niemniej okazuje się, że praktycznym układom nigdy nie stawiamy jednocześnie wszystkich wspomnianych wymagań, dlatego spośród niezmiernie szerokiej oferty rynkowej (prawie) zawsze można wybrać wzmacniacz, który spełni oczekiwania i zrealizuje postawione zadanie. Co ciekawe i niezmiernie ważne, wzmacniacze operacyjne, oprócz wzmacniania, mogą wykonywać niezliczenie wiele innych użytecznych funkcji (wytwarzanie przebiegów, filtrowanie przebiegów, korekcja charakterystyki częstotliwościowej, fazowej, przejściowej, sumowanie sygnałów, różniczkowanie, całkowanie, logarytmowanie itd.). O ile w technice cyfrowej elementarnymi cegiełkami są bramki, o tyle w technice analogowej od dawna takimi podstawowymi cegiełkami wcale nie są pojedyncze tranzystory, tylko właśnie wzmacniacze operacyjne.

Pomimo niesamowitego rozwoju techniki cyfrowej i powszechnej cyfryzacji, wzmacniacze operacyjne wcale nie straciły na znaczeniu. Wprost przeciwnie, analizy rynku wskazują, że ten sektor nie tylko trzyma się bardzo dobrze, ale też ciągle się rozwija i perspektywy tego rozwoju też są dobre. Wzmacniacze operacyjne na pewno nie są reliktem epoki analogowej. Są i jeszcze długo pozostaną nieodłącznym składnikiem współczesnych urządzeń elektronicznych. Układy cyfrowe, które

niewątpliwie są sercem współczesnych urządzeń, muszą być „obudowane” obwodami łączącymi je ze światem zewnętrznym, światem analogowym. I choćby tu, w obwodach wejściowych i wyjściowych wzmacniacze operacyjne pełnią i będą pełnić swoją niezmiernie ważną rolę.

Pełne wykorzystanie współczesnych wzmacniaczy operacyjnych wymaga dużej wiedzy i praktycznego doświadczenia. Na szczęście naprawdę rzadko zachodzi potrzeba stosowania typów najlepszych, najbardziej wyrafinowanych. Zazwyczaj postawiony cel można zrealizować za pomocą popularnych kostek, dostępnych powszechnie i tanich. I co bardzo istotne, w przytłaczającej większości przypadków konstruktorowi wystarczy niewielka część dostępnej w licznych źródłach wiedzy teoretycznej.



***Jeden z pierwszych lampowych wzmacniaczy operacyjnych (K2-W) przeznaczony do stosowania w komputerach analogowych (opracowanie firmy Philbrick Researches z roku 1952)***

Niniejsza książka bezboleśnie wprowadzi Cię w fascynujący świat wzmacniaczy operacyjnych. Obiecuję Ci, że prawie wszystko o czym będziemy mówić, okaże się zaskakująco proste. Trudniejsze zagadnienia omawiam w końcowych rozdziałach i w dodatkach, które mają wzbogacić Twą wiedzę. Nie masz żadnych powodów, żeby wzorem wielu elektroników, bać się tych niezmiernie pożytecznych elementów. Wzmacniacze operacyjne już niebawem uznasz za podzespoły bardzo przyjazne, uniwersalne, wręcz doskonałe.

Zakładam, że nie masz żadnej wiedzy na ich temat. Dlatego, aby Cię jak najszybciej „oswoić” ze wzmacniaczami operacyjnymi i umożliwić praktyczne ich wykorzystanie, zaplanowałem nietypową kolejność prezentacji materiału. Ponadto chcę, żebyś podszedł do zagadnienia w sposób intuicyjny i z czasem stał się nie rzemieślnikiem, tylko artystą, którego tworzywem są wzmacniacze operacyjne. Na pewno nie będziemy więc zgłębiać teorii – podam Ci tylko te wzory i zależności, które są naprawdę potrzebne praktykowi.

W **pierwszej części** książki, w ośmiu rozdziałach zawarte są informacje absolutnie niezbędne, żebyś mógł „ruszyć z miejsca” i wykorzystywać popularne wzmacniacze operacyjne. Na początek zaaplikuję Ci niewielki łyk historii i omówimy zasadę działania idealnego wzmacniacza operacyjnego. Potem poznasz fundamentalne aplikacje. Następnie przekażę garść niezbędnych informacji ogólnych na temat parametrów i budowy wewnętrznej oraz zapoznam Cię z kilkoma najpopularniejszymi przykładami wykorzystania wzmacniaczy operacyjnych. Podam przy tym niezbędne wskazówki praktyczne, dzięki czemu od razu będziesz mógł wykorzystać zdobytą wiedzę w praktyce.

Materiał z części pierwszej stanowi zamkniętą całość, przeznaczoną dla początkujących, którzy będą wykorzystywać popularne wzmacniacze.

**Część druga** przeznaczona jest dla tych, którzy chcieliby stosować nie tylko popularne wzmacniacze, ale też typy o bardzo dobrych parametrach. Abyś nauczył się rozwiązywać napotykaną przy tym problemy, musisz zrozumieć ich przyczyny. Dlatego w rozdziale 9 zajmiemy się dokładniejszym omówieniem katalogowych parametrów wzmacniaczy; podam też dalsze wiadomości przygotowujące Cię do wykorzystania bardziej wyrafinowanych wzmacniaczy operacyjnych.

Ze względu na szybki postęp i zmiany w ofercie rynkowej, w książce praktycznie nie ma tabel porównawczych. Dzięki upowszechnieniu Internetu praktycznie każdy ma dziś dostęp do najświeższych katalogów. Poza tym w praktyce okazuje się, iż ważniejszym problemem jest nie tyle dostęp do danych katalogowych, co możliwość sprowadzenia niewielkiej liczby egzemplarzy danego typu wzmacniacza – zagadnienia te omówione są w rozdziale 10.

W **części trzeciej**, obejmującej tylko jeden, ale za to obszerny rozdział 11, zajmiemy się licznymi przykładami wykorzystania wzmacniaczy operacyjnych. Zapoznając się z zamieszczonymi przykładami, znajdziesz natchnienie do własnych opracowań.

W **części czwartej** przedstawiam Ci podstawowe informacje o filtrach aktywnych. Nie będziemy wglębiać się w meandry teorii filtrów, bo to naprawdę bardzo trudna dziedzina. Teoria filtrów prezentowana jest w licznych, gorszych i lepszych książkach, więc jeśli chcesz, zbadaj zagadnienie samodzielnie. Ostrzegam, że nie jest to łatwe. Jedną z przyczyn jest fakt, że warunkiem dogłębnego zrozumienia przedstawianych rozważań i wzorów jest znajomość wyższej matematyki, a poza tym poszczególni autorzy podchodzą do tematu z różnych stron. Praktykowi teoria nie jest potrzebna. Tobie na razie wystarczy, że zrozumiesz podstawowe zasady i zaprojektujesz potrzebne filtry. Wiem, że nazwy, parametry, określenia i skomplikowane wzory przerażają większość elektroników. Naprawdę nie musisz się na wszystkim znać – z ogromnej masy materiału o filtrach wyselekcjonowałem to, co dla praktyka najważniejsze. Podam praktyczne sposoby obliczania podstawowych, najczęściej używanych filtrów. Będą to sprawdzone, proste recepty. Podane sposoby i przykłady pozwolą zaprojektować potrzebny filtr dosłownie w ciągu minuty. Bardziej zaawansowani znajdą też ogólne wzory, pozwalające dobrać dodatkowe parametry. Podane wiadomości ułatwią też skorzystanie z innych źródeł dotyczących tego trudnego tematu.

**Część piąta** dotyczy niezmiernie ważnego, a mało rozumianego tematu. Omawiam tam od podstaw problem szumów. Rozdział 13 poświęcony jest omówieniu rodzajów szumów, ich źródeł i parametrów szumowych. Informacje te wraz z praktycznymi wskazówkami z rozdziału 14 pozwolą Ci dobrać właściwy wzmacniacz operacyjny i zbudować układ o optymalnych parametrach szumowych.

**Część szósta** poświęcona jest nieco innym wzmacniaczom. Dzięki niecodziennemu podejściu zaprezentowanemu w rozdziale 15, nie powinieneś mieć kłopotów ze zrozumieniem ich zasad działania. Rozdział 16 poświęcony jest głównie tak zwanym wzmacniaczom ze sprzężeniem prądowym, które dla wielu elektroników są prawdziwą zagadką.

Mam nadzieję, że niniejsza książka w przystępny sposób wprowadzi Cię w świat techniki analogowej, w szczególności wzmacniaczy operacyjnych. Nie krępuj się przedstawić swoich uwag na temat książki pisząc pod adres: [piotr.gorecki@edw.com.pl](mailto:piotr.gorecki@edw.com.pl).

*Autor*