

Dział "Projekty Czytelników" zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za poprawność tych projektów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie.

Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane **oświadczenie**, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 100,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

## Sygnalizator przesterowania

*W środowisku konstruktorów wzmacniaczy walka ze zniekształceniami obecnymi na niskich poziomach jest już mocno zaawansowana. Powiedziałbym nawet, że przypomina wytaczanie armat przeciwko mikroskopijnemu wrogowi...*

Dażenie do zwiększania udziału części A w klasie AB czyni transformatory, kondensatory filtrujące i radiatory dużymi i ciężkimi. Rośnie także cena urządzeń. Nie wdając się w rozważania nad zasadnością powiększania (zdaniem wielu ponad miarę) spoczynkowych strat energii, jakoś nie widać troski o zniekształcenia, które mogą pojawić się przy silnych wysterowaniach.

Tymczasem można łatwo się ustrzec, co najmniej kilkunastu procent harmonicznych generowanych przez końcówkę mocy, pracującą w nasyceniu. Na tyle łatwo i tanio, że najwyraźniej nie opłaca się producentom przywiązać wagę do takich - zdawałoby się - fundamentalnych udogodnień. Prawdopodobnie nie daje się tu niefrasobliwie podnosić ceny za darmowy niemal wzrost wygody i bezpieczeństwa użytkow-

nika, okupiony niższą mocą maksymalną (którą wytwórcy tak chętnie eksponują).

Trudno przecenić komfort słuchacza mającego pewność, iż jego kosztowny wzmacniacz nie wykracza poza liniowy obszar pracy. Innymi słowy, że to co wydobywa się z głośników, warte jest swoich pieniędzy.

### Zasada działania...

...polega na „przytkaniu” jednego z dwóch transoptorów w momencie osiągnięcia przez sygnał akustyczny (w dowolnym kanale) poziomu bliskiego napięciu zasilania końcówki mocy. Kontrolę podlegają obie połówki sygnału i oba symetryczne względem siebie napięcia zasilające. W ten prosty i dość oczywisty sposób uzyskana zostaje informacja o rzeczywistym zakresie dynamiki stopnia końcowego. Zakres ów zmniejsza się przecież z każdym, nawet chwilowym zapotrzebowaniem głośni-

**Projekt  
034**

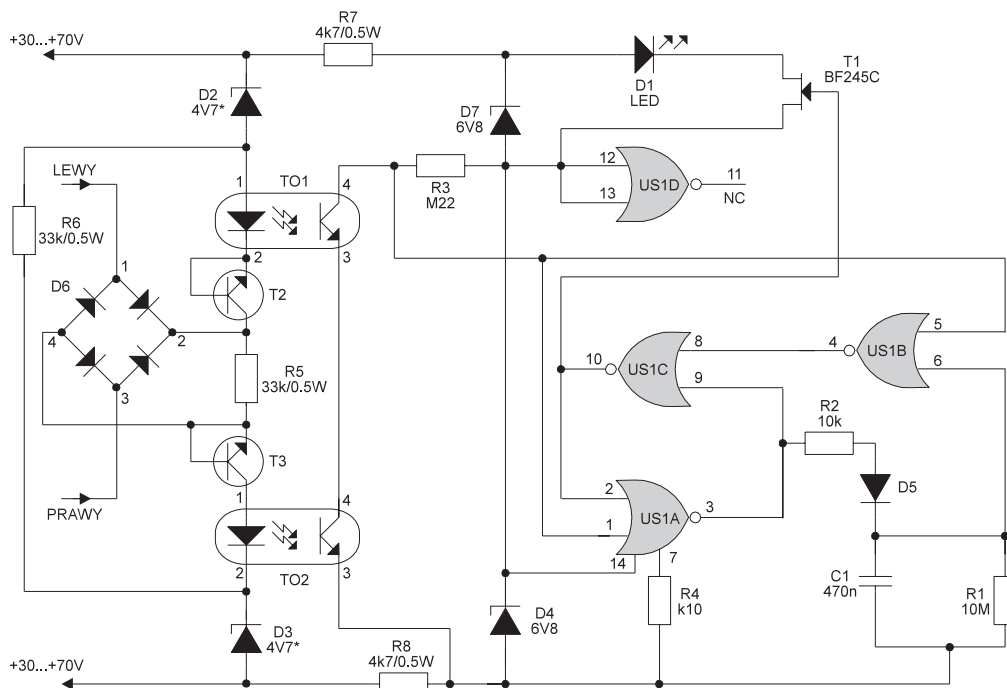
ków (wraz z zwrotnicą) na prąd i nieuniknionym spadkiem napięcia na niestabilizowanym zasilaczu.

Próg sygnalizacji wybrano na 6V poniżej bezwzględnej wartości Uzas. Powinno to wystarczyć dla bipolarnych końcówek zasilanych napięciem z najczęściej stosowanego przedziału:  $\pm 30V$  do  $\pm 40V$ . W przypadku, gdy Uzas przekracza powiedzmy  $\pm 45V$ , a moc wzmacniacza jest nie większa od np. 70W na kanał (przy  $8\Omega$  obciążeniu) stanowi to wskazówkę, że należy powiększyć próg detekcji przesterowania ok. dwukrotnie. Wiąże się to po prostu z wymianą diod Zenera z 4,7V (D2, D3) na 9,1V.

Wynikowe 10V (uwzględniamy napięcie na transoptorze) jest optymalną wartością dla końcówek zbudowanych na tranzystorach MOSFET. Trudno tu o sztywne zasady, skoro samych rozwiązań układowych wyjściowych stopni komplementarnych jest kilkadziesiąt, a i podzespoły mocy różnią się między sobą choćby napięciem nasycenia.

Otóż nam nie chodzi o moment, kiedy wystąpiło już „przemodulowanie” i ograniczenie amplitudy (a końcówka z kolumnami to wytrzymała; - tym razem). Nas bardziej interesuje chwila wcześniejsza: zasygnalizowanie potencjalnego załamania liniowej charakterystyki  $U_{wy} = f(P_{wy})$ .

Prąd transoptorów (kilka mA - decyduje R5) płynie od plusa do minusa (zgodnie z przyjętą konwencją strzałkowania; nie zaszkodzi



Rys. 1.

pamiętać, że w rzeczywistości to ujemne elektrony dążą do wyższego, czyli dodatniego potencjału) z pominięciem masy. Zatem układ sygnalizatora nie jest w stanie zakłócić rozprywu prądów masy wzmacniacza.

### Opis układu

Transoptory T01 i T02 połączone są ze sobą szeregowo. Odcięcie jednego z nich powoduje podanie wysokiego poziomu na bramkę US1A przez rezystor R3. Przerzutnik R-S US1A + US1C zmienia stan: wyjście US1A=L (stan niski, 0V), wyjście US1C = H (stan wysoki). Załącza się tranzystor FET T1, który zapala diodę LED D1. Kondensator C1 zaczyna rozładowywać się przez R1 w czasie ok.  $0,7 \cdot R1 \cdot C1$  (tu: 3 sek.). Ta zależność określa czas świecenia LED (można go regulować według indywidualnych potrzeb). Po jego upływie wyjście bramki NOR US1B przyjmuje stan H, który zeruje przerzutnik. Poziom L na wyjściu US1C wygasza LED. Następuje szybkie naładowanie C1 za pośrednictwem R2.

Niewielki rezystor R4, włączony szeregowo z zasilaniem US1 (wyprowadzenie nr 7, GND), przyspiesza proces przełączania US1B.

T2 i T3 pełnią funkcję zwykłych diod (i mogą być nimi zastąpione) chroniących diody podczerwone transoptorów przed napięciem wstecznym.

Układ na bramkach odróżnia od typowego, scalonego uniwersalnego (generatora monostabilnego) sposób wyzwalania, krótszy czas reakcji i swoboda w doborze elementów RC. Dzięki połączeniu wejść US1A i US1B (nr 1 i 5 US1) możliwe jest przedłużone świecenie LED, o ile wymuszenie ma charakter trwały (np. awaria jednego z napięć zasilających).

US1 pobiera „w spoczynku” mniej niż 0,1A, wliczając w to także otaczające elementy. W stanie „aktywnym” cały prąd przypada na LED. Wymagane napięcie zasilające tę część układu wynosi 5 do 18V.

Zamiast szukać odpowiedniego źródła na oryginalnej płytce wzmacniacza, lepiej zastosować zasilanie

„pływające” rezystorami R7 i R8 po  $4,3k\Omega/0,5W$  (do  $5,6k\Omega$  - dla wyższych Uzas.) jak na rysunku. Wówczas układ nie ma kontaktu z masą sygnałową. Jego ewentualny wpływ na przydźwięk będzie żaden. No, z jednym zastrzeżeniem: przewody z wyjść końcówki, przychodzące na mostek D6, poprowadzone zostaną z dala od czułych i wysokorezystancyjnych obwodów wejściowych. Wówczas satysfakcja gwarantowana.

Przed podłączeniem sygnalizatora do napięć wzmacniacza warto sprawdzić wszystko na warsztatowym stole. Jeśli ktoś ma zasilacz dostarczający chociażby 60V, sprawa jest łatwa. W przeciwnym razie odpowiednio zasilanie można sobie stworzyć. W tym celu łączymy szeregowo uzwojenia wtórne dwóch transformatorów TS2/24, podłączamy mostek prostowniczy z kondensatorem  $10\mu F/100V$  i już dysponujemy napięciem  $70V/50mA$ .

Gdy wystąpią trudności z estetycznym wyprowadzeniem LED D1 na zewnątrz, polecam „sygnalizator wyniesiony” w postaci modułu we własnej obudowie, zasilany cienkimi kabelkami z wnętrza wzmacniacza. Aby było to rozwiązanie bezpieczne, radzę zastosować szeregowo rezystory zabezpieczające. Sam musiałem użyć aż czterech z powodu Uzas. Zwykle potrzebne będą dwie sztuki typu RA75 (24W) o wartości  $100\Omega$ . Na każdym z nich odłoży się napięcie 1-1,5V. Trzeba poświęcić kilka godzin na pewne i niezawodne zainstalowanie dodatkowej płytki, która w przypadku zwarcia może stać się bardzo gorąca.

### Kłopoty z uruchomieniem

Okazuje się, że tak proste urządzenie też nie są wolne od niespodzianek. Podczas uruchamiania natknąłem się na jedną przykrą nieprawidłowość. Teoretyczny czas rozładowania C1, ze 100% do 50% napięcia początkowego (próg US1B), wynosi  $1,2nF$ . Po zmianie podstawy przybiera postać  $\log_2/\log_e = 0,693$ . Jednak czas zmierzony w każdym z trzech zmonto-

wanych modułów nie przekraczał  $0,1 \cdot R1 \cdot C1$ ! Omiernie nie ujawnił żadnej upływności wskazując równe  $10M\Omega$  (lecz był to wynik prawdziwy przy napięciu pomiarowym  $0,3V$ ).

Szybko okazało się, że całą winę ponosi dioda Schottky'ego D5 typu 1N6263, której każdy egzemplarz przy paru voltach napięcia wstecznego wykazywał „upływność” równoważną rezystancji blisko  $1M\Omega$ ! Popularne BAT85 (z dwóch źródeł) wypadły niewiele lepiej: czas wzrósł do  $0,3 \cdot R1 \cdot C1$ .

Dopiero zwykła 1N4148 przestała bocznikować R1. Nawet dioda prostownicza 1N4001 wielokrotnie lepiej spełniała swe zadanie od diod Schottky'ego.

Bezkonkurencyjnie natomiast zachowują się - jak zwykle - złącza baza-kolektor dowolnych tranzystorów. W każdych okolicznościach prąd zaporowo spolaryzowanego złącza nie przekracza pojedynczych nanoamperów.

### Pomiary

Wzmacniacz, na którym przetestowałem moduły sygnalizatorów, ma dwa przetworniki, cztery kondensatory po  $10000\mu F$  i jeden toroidalny transformator o mocy  $400W$ . Fakt istnienia oddzielnych napięć zasilających dla kanału lewego i prawego spowodował zastosowanie dwu płytek sygnalizatorów i utraty swoistego „wash-and-go” pojedynczego układu (wszystko w jednym: nadzór nad  $\pm Uzas$  z monitorowaniem obydwu połówek sygnału m.cz. w obu kanałach).

Spoczynkowe napięcie zasilania wynosiło  $\pm 38V$ . Obciążałem tylko jeden kanał czystą rezystancją  $100$  i  $10\Omega$ . Wolałem nie ryzykować niższych wartości, mimo że instrukcja dopuszcza czteroomowe głośniki ( $2 \times 90W/4\Omega$ ).

Liczby w nawiasach odpowiadają obciążeniu  $10W$ .

$f = 20-100Hz$  - sygnalizacja:  $U_{wy} = 23V_{rms}$  ( $20,5V_{rms}$ ,  $P = 42W$ ,  $Uzas = +/-36,5V$ ).

$f = 400Hz$  - sygnalizacja:  $U_{wy} = 24V_{rms}$  ( $22V_{rms}$ ,  $P = 48W$ ,  $Uzas = +/-36,3V$ ).

$f = 800Hz$  - sygnalizacja:  $U_{wy} = 27V_{rms}$ ! ( $25V_{rms}$ ,  $P = 63W$ ,  $Uzas = +/-36,0V$ ).

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1:  $10M\Omega$   
R2:  $10k\Omega$   
R3:  $22M\Omega$   
R4:  $10k\Omega$   
R5, R6:  $3k\Omega/0,5W$   
R7, R8:  $4,7k\Omega/0,5W$  (patrz tekst)

tolerancja: 10%

moc:  $0,1W$  (z wyjątkiem R5, R6, R7, R8)

#### Kondensatory

C1:  $470nF/63V$  20%

#### Półprzewodniki

D1: LED - dowolnego typu, wskazana jasna

D2, D3: C4V7 - diody Zenera małej mocy (patrz tekst)

D4: C6V8 - dioda Zenera małej mocy

D5: dowolna dioda małej mocy (patrz tekst)

D6: mostek Graetza:  $1A/200V$

D7: C6V8 - dioda Zenera małej mocy (patrz tekst)

TO1, TO2: dowolne transoptory np. CNY17, 4N25

T1: BF245C

T2, T3: BC237, BC337

US1: CD4001

### Wnioski

Przy stosunkowo wysokiej rezystancji obciążenia ( $10\Omega$ ) miał miejsce już pięcioprocentowy spadek Uzas. Przy jednoczesnym obciążeniu dwóch kanałów mniejszą impedancją z dużą składową reaktancyjną, należy oczekiwać wahnięć Uzas przekraczających 10%. Większość dostępnego sprzętu ma raczej jeszcze słabsze zasilacze!

Dla częstotliwości  $800Hz$  (i wyższych) dioda LED zapala się dopiero po pojawieniu się zniekształceń. Bierze się to z ograniczonej szybkości transoptorów. Obcięty szczyt sinusoidy to wydłużenie spłaszczonego ekstremum, a więc łagodniejsze warunki przełączania tranzystora. Przykładowo: jedna setna półokresu sygnału  $1000Hz$  wynosi  $0,005ms$  - na taki czas fototranzystor transoptora powinien wyjść z nasycenia, aby odpowiednio wcześniej wyzwolić przerzutnik. Odpowiada to przenoszeniu pasma o szerokości ok.  $100kHz$ !

Specyfika percepcji głośnych dźwięków, a także brak punktów odniesienia i wszechobecny przypadkowy szum sprawiają, iż przyzwyczajamy się do złego brzmienia. Analizując pomiary widać tendencje do generowania zniekształceń przesterowywane wzmacniacze, zwłaszcza w obecności silnego basu.

Obserwacja dwóch sygnalizatorów przy pracy ze złożonymi sygnałami muzycznymi pokazała, że subiektywna głośność wcale nie musi być duża, aby sygnalizator zamrugał na czerwono. Przyczyna w niskiej sprawności kolumn, ze

wskazaniem na energochłonny, czteroomowy SUBWOOFER.

Generalnie, funkcjonalność układu nie budzi zastrzeżeń, i to w sytuacji, kiedy trudno posadzić opisywany układ o przedwczesne alarmowanie. W końcu dla przebiegów powyżej 1kHz jego działanie praktycznie ustaje (jeśli miałyby służyć ostrzeganiu o pojawieniu się niewielkich jeszcze harmonicznym).

#### Poszerzenie możliwości

Istnieje kilka sposobów samoczynnego ograniczenia wysterowania wzmacniacza na bazie tego projektu. Ja zasugeruję jeden: szeregowo

z diodą LED należałoby umieścić cztery transoptory - po dwa na kanał (zakładam obecność 2 kanałów stereo). Wyjście każdej pary winno być połączone przeciwnolegle (tzn. kolektor jednego tranzystora z emiterem drugiego, i odwrotnie). Procentowy współczynnik sprzężenia transoptorów (nie mylić z parametrem  $H_{21e}$  wewnętrznego tranzystora!) nie powinien przekraczać 50, ze względu na niekorzystny fakt wyższego napięcia nasycenia w układzie Darlingтона. Jeszcze D7 (6V8) trzeba wymienić na 10 - 12V.

Jak już może niektórzy domyślają się, każda para

posłuży do zwierania sygnału przemiennego z masą. Punkt włączenia tych kluczy może być różny (lecz nie obojętny): suwak potencjometru VOLUME lub inny stopień przedwzmacniacza bez składowej stałej. Są dwa główne ograniczenia: wartość skuteczna sygnału AC nie może przekraczać 4V, a absorbowany prąd 0,5 - 1mA.

Osobom o umiarkowanym doświadczeniu ingerowania w elektronikę fabrycznych wzmacniaczy (zwłaszcza bez dokumentacji) niech wystarczy podstawowa, optyczna wersja sygnalizatora.

**Andrzej Kowalczyk**