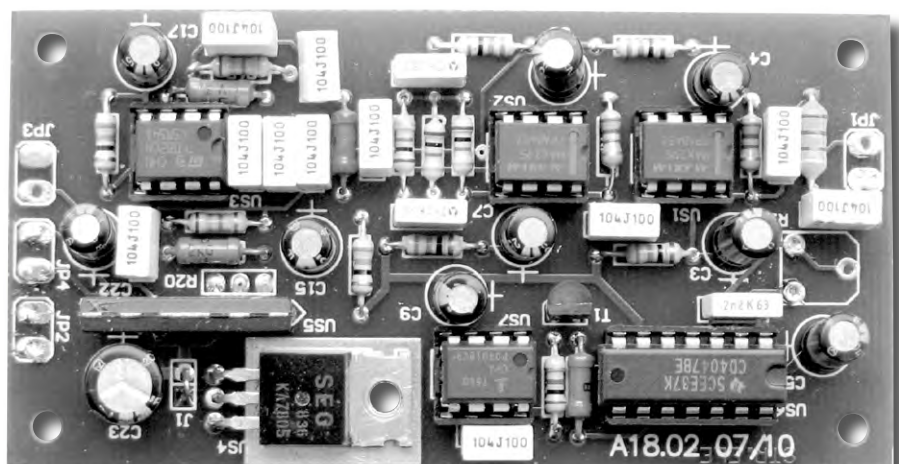


# Radiokomunikacyjny filtr audio

## AVT-5109

Podstawową cechą każdego układu odbiorczego jest selektywność, czyli zdolność do wydzielenia sygnału użytecznego spośród całego spektrum sygnału wejściowego. Elementem decydującym o tym parametrze jest szerokość filtru pośredniej częstotliwości.

**Rekomendacje:**  
krótkofalowcy to ludzie, którzy nie mogliby żyć bez ciągłego ulepszania swojego sprzętu, mamy dla nich kolejną „robótkę”.



Popularne odbiorniki radiokomunikacyjne są przeważnie przeznaczone do odbioru kilku emisji i z reguły mają uproszczone filtry ustawione pod kątem odebrania najszerszego sygnału. Dla modulacji AM lub FM jest to około 6 kHz – pasmo audio musi być zdolne do przepuszczania właśnie takich sygnałów. Z kolei w odbiornikach jednowstęgowych filtr SSB ma szerokość 2,4...3 kHz. Dla sygnałów telegraficznych CW jest to na pewno wartość zbyt duża, zwłaszcza gdy operator będzie chciał odebrać sygnały poniżej 800 Hz. Ponadto ucho będzie narażone na dodatkowe zakłócenia o szerokim zakresie częstotliwości, a wtedy nawet tak zwane „klikisy” kluczowania stacji korespondenta będą bardzo dokuczliwe.

Dużą rolę dla komfortu odbioru odgrywają zastosowane słuchawki, które przeważnie są projektowane z zapasem w celu uzyskania dobrej jakości odtwarzania. Często mają płaską charakterystykę aż do 20 kHz i sprzyjają przepuszczaniu wszelkich zakłóceń utrudniających odbiór.

W ostatnim czasie mamy do czynienia z coraz większym poziomem zakłóceń od coraz większej liczby użytkowników eteru. Użytkownicy zarówno starszych, jak i nowszych transceiverów montują wewnątrz odbiorników dodatkowe filtry kwarcowe zawężające pasmo, a także specjalne moduły układów DSP. Usprawnienia takie są dość kosztowne, ale powodują podniesienie komfortu odbioru przez eliminację męczącego szumu (szumu nie będącego sygnałem, który chcemy odbierać, czyli tzw. szumu białego,

szumu liniowego, syczenia...) oraz sygnałów przedostających się spoza częstotliwości, która nas interesuje. Oprócz układów wewnętrznych, są także dostępne filtry zewnętrzne. Montowanie dodatkowych filtrów na zewnątrz urządzenia jest często koniecznością, jeśli wziąć pod uwagę, że nie można we własnym zakresie (np. w czasie trwania gwarancji) wykonywać jakichkolwiek zmian w układzie urządzenia, nie mówiąc już o tym, że np. w radiotelefonach CB powoduje to automatycznie utratę homologacji (certyfikatu zgodności).

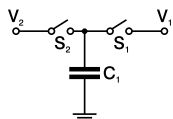
W ostatnim czasie dużą popularność zdobył zewnętrzny filtr audio SCAF-1 firmy Idiom Press, który – jak wynika z testów zamieszczonych w Świat Radio 5/07 – sprawia, że odbiór jest bardziej przyjemny, niezależnie od tego, czy jest to SSB, czy CW. W urządzeniu tym zastosowano nowoczesną, lecz mało znaną technologię filtrowania z użyciem układów z przełączaną pojemnością (SC – *Switch Capacitance*). Niestety układy SCAF-1 są dość drogie i z tego względu, na prośbę Czytelników, publikujemy układ zaprojektowany także na bazie aplikacji filtrów z przełączaną pojemnością typu MAX295, które można otrzymać jako darmowe próbki z firmy MAXIM.

### Filtry z przełączaną pojemnością

Zanim zostanie omówiona budowa filtru, warto przy najmniej w ogólnym zarysie zapoznać się z filtrami z przełączaną pojemnością.

#### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko o wymiarach 95x50 mm
- Zasilanie: 9...13,8 V/DC
- Pobór prądu 400 mA
- Wzmocnienie sygnału: 10 dB
- Pasma przenoszenia: 300 Hz...3,0 kHz
- Tłumienie pozapasmowe 96 dB/oktawę



Rys. 1. Uproszczony schemat blokowy filtru SC

Filtry SC mają konstrukcję podobną do zwykłych filtrów analogowych, jednak rezystory zastąpiono w nich układami kondensatorów i kluczy przełączanych z zadaną częstotliwością taktowania. Umożliwia to konstruowanie filtrów wysokich rzędów jako pojedynczych układów scalonych. Zaletami filtrów tego typu są małe rozmiary i niewielka liczba elementów potrzebnych do ich budowy w porównaniu z filtrami analogowymi o podobnej charakterystyce. Cechą charakterystyczną filtrów jest też zależność częstotliwości granicznej od częstotliwości taktowania. Podstawowe wady tych filtrów to wprowadzanie do sygnału zakłóceń pochodzących od przełączania kluczy oraz fakt, że filtry SC są układami impulsowymi. W związku z tym filtrów SC nie można stosować jako samodzielnych filtrów antyaliasingowych. W przypadku użycia filtru SC w takim celu, musi on być uzupełniony przynajmniej o pasywny filtr analogowy RC, pełniący rolę faktycznego filtru antyaliasingowego.

Warto wiedzieć, że na rynku można spotkać między innymi dwie grupy takich filtrów: oprócz MAX295 są także układy z MAX293. Są to scalone filtry z komutowanymi pojemnościami. W tym przypadku oba obwody są filtrami dolnoprzepustowymi (dostępne też są typy obwodów oferujące inne charakterystyki filtrów, pasmowe, zaporowe, górnoprzepustowe).

Filtry w dużym przybliżeniu pracują na zasadzie cyklicznego przełączania pojemności na przemian do wejścia i wyjścia układu (i próbkowania w ten sposób filtrowanego sygnału). O filtrach SC pisaliśmy też w EP1/2007 – „Warto spróbować cz. 5”.

Uproszczony schemat blokowy takiego układu pokazano na rys. 1. Częstotliwość graniczna (lub środkowa w innych rozwiązaniach) jest ściśle powiązana z częstotliwością zegarową. Zmieniając częstotliwość zegarową można więc łatwo przestrajać charakterystykę filtru. Dla obwodu MAX295 jest ona około

50-krotnie (50:1), a dla MAX293 100-krotnie (100:1) niższa od częstotliwości zegarowej. Maksymalna częstotliwość graniczna filtru wynosi dla obu układów 25 kHz.

Oba układy zawierają filtry dolnoprzepustowe 8 rzędu (odpowiadające 4 ogniwom RC), z tym że MAX295 daje charakterystykę maksymalnie płaską (bez zafalowań w zakresie przenoszenia), natomiast MAX293 charakterystykę równomiernie pofalowaną (Czebyszewa), co daje trochę szybsze opadanie powyżej częstotliwości granicznej.

Zaletami tych układów są: prostota rozwiązania filtru (dolnoprzepustowego w tym przypadku), łatwość przestrajania bez wymiany elementów i szeroki zakres przestrajania (nawet dla częstotliwości, dla których realizacja RC byłaby trudna ze względu na wartości elementów), możliwość łączenia kaskadowego (wewnątrz układu znajduje się dodatkowo wzmacniacz operacyjny).

Wadami są wyższe, niż w przypadku układów pasywnych, szumy (jak zresztą w każdym układzie wzmacniacza itp.), ograniczenie zakresu napięć wejściowych i wyjściowych (jak w przypadku każdego obwodu scalonego) i ewentualnie konieczność ograniczenia pasma sygnału wejściowego tak, aby nie przekraczało ono połowy częstotliwości próbkowania. W tym celu można zastosować prosty filtr aktywny na zawartym w obwodzie wzmacniaczu operacyjnym, albo jakkolwiek inny. Generator częstotliwości zegarowej może też powodować jakieś zakłócenia w innych częściach układu zawierającego taki filtr, ale to już jest zależne od konkretnego zastosowania. Uproszczony schemat aplikacyjny układu MAX295 pokazano na rys. 2. Układy scalone występują w obudowach 8 pin DIP/SO.

### Budowa

Znając już podstawowe wiadomości o zasadzie działania filtrów SC możemy przyrzeć się schematowi ideowemu filtru, który przedstawiono na rys. 3. W filtrze zastosowano układ MAX295. Na wejściu układu, po prostym filtrze LC (C1-DL1-C2), są włączone dwa układy

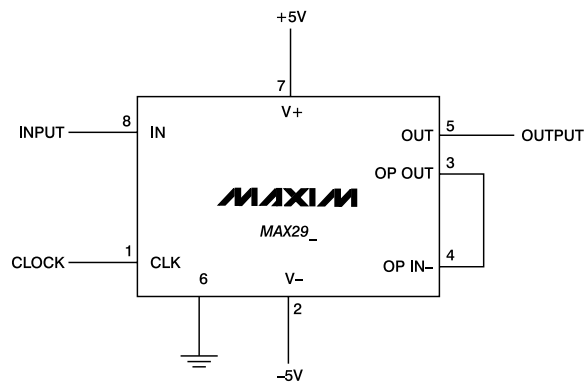
Tab. 1. Zależność częstotliwości filtru od częstotliwości generatora w modelowym urządzeniu

Częstotliwość wyjściowa generatora [kHz]	Częstotliwość filtru [Hz]
133	3000
45	1000
34	750
22	500
18	400

MAX295 (US1 i US2). Sygnał taktujący jest wytwarzany w generatorze zrealizowanym na układzie precyzyjnego generatora US6 typu 4047. Układ dzięki podłączeniu nóżki 5 do plusa zasilania, generuje przebiegi cały czas ze stabilnością  $\pm 2\%$ . Na wyjściu Q10 (nie Q11), przebieg ma okres  $T=44 \cdot R1 \cdot C6$ .

Sygnał z wyjścia poprzez klucz wykonany na tranzystorze T1 jest podany na wejścia zegarowe układów MAX295 (US1 i US2). Częstotliwość sygnału, a w efekcie pasmo przepuszczania filtru, jest ustawiane potencjometrem R1. Kondensator C6 i wspomniany potencjometr powinny charakteryzować się wysokimi parametrami, aby możliwe było uzyskanie dobrej stabilności temperaturowej. Orientacyjną częstotliwość generatora w układzie modelowym dla granicy przepuszczanego pasma (słyszalności) przedstawiono w tab. 1.

Jak już wcześniej zasygnalizowano, dla najszerszego pasma przenoszonych częstotliwości występuje maksymalna częstotliwość generatora (minimalna wartość oporności potencjometru regulacyjnego R1). Na wyjściu drugiego z układów MAX295 znajduje się prosty filtr dolnoprzepustowy RC, a następnie po nim dwa aktywne filtry wykona-



Opis wyprowadzeń dla obudowy 8-pin DIP/SO

Rys. 2. Uproszczony schemat aplikacyjny układu MAX295

ne na popularnych wzmacniaczach operacyjnych wchodzących w strukturę TL082 (US3). Są to filtry górnoprzepustowe o częstotliwości odcięcia równej 200 Hz, kształtujące charakterystykę filtru od dołu pasma akustycznego. Ukształtowany sygnał m.c.z. z potencjometru siły głosu R20 jest skierowany na końcowy wzmacniacz wykonany na układzie scalonym TDA7056 (US5). Oczywiście w przypadku chęci korzystania ze słuchawek układ ten jest pomijany (regulacja siły głosu może następować potencjometrem w odbiorniku, ewentualnie potencjometrem na kablu słuchawkowym).

Zastosowany układ w obudowie SIL 9P TDA7056 może pracować z maksymalnym napięciem zasilania 18 V (typowo 12 V) i charakteryzuje się wzmocnieniem około 40 dB oraz mocą wyjściową 3 W (przy zniekształceniach 10%) na  $R_{wy} = 16 \Omega$ . Warto podkreślić, że wyjście głośnikowe układu jest symetryczne i rezystancja głośnika musi koniecznie wynosić 16  $\Omega$ .

#### WYKAZ ELEMENTÓW

##### Rezystory

R1: 4,7 k $\Omega$ /A potencjometr obrotowy  
 R2, R13, R17, R19: 2,2 k $\Omega$   
 R3: 1 k $\Omega$   
 R4, R7: 5,6 k $\Omega$   
 R5, R6, R8, R9, R14, R16: 33  $\Omega$   
 R10, R11, R12: 10 k $\Omega$   
 R15, R18: 18 k $\Omega$   
 R20: 10 k $\Omega$ /B (22 k $\Omega$ /B) potencjometr obrotowy

##### Kondensatory

C1, C2, C6, C12...C14, C16, C18...C21, C24: 100 nF  
 C6: 2,2 nF  
 C10: 10 nF  
 C3...C5, C7, C8, C15, C17: 100  $\mu$ F/16 V  
 C9, C22: 10  $\mu$ F/16 V  
 C11: 2,2 nF  
 C23: 470  $\mu$ F/16 V

##### Półprzewodniki

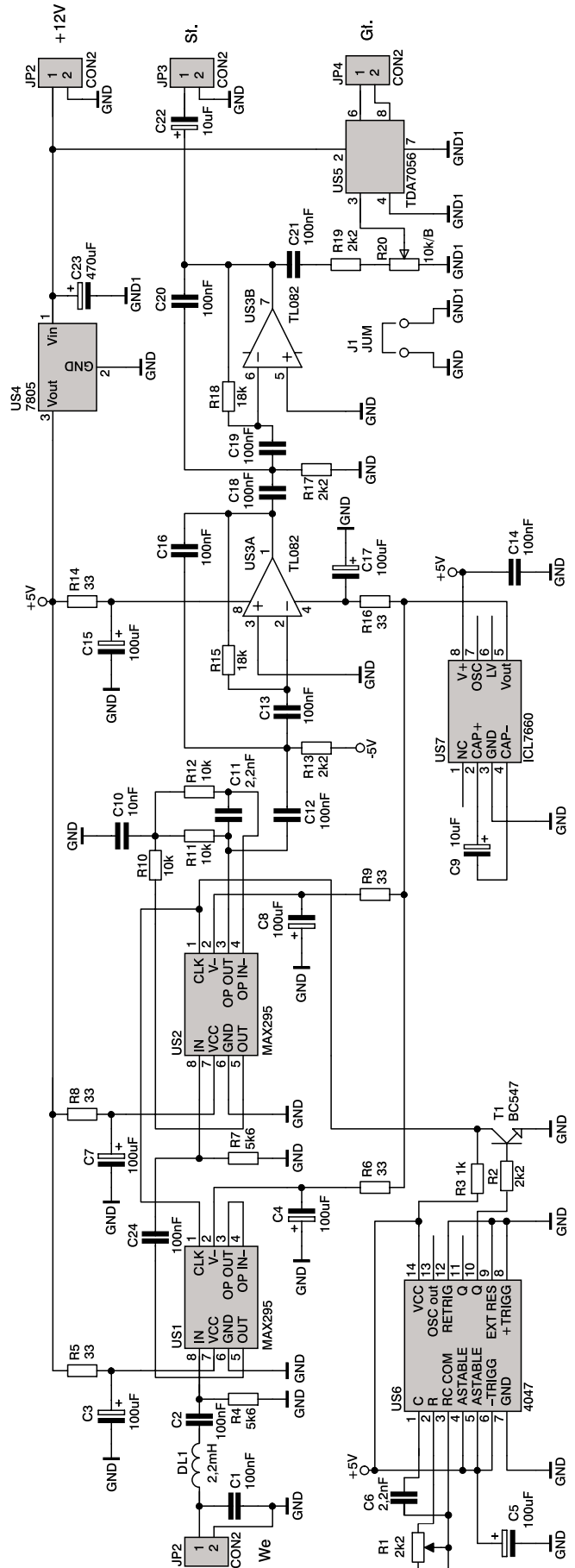
US1, US2: MAX295  
 US3: TL082  
 US4: 7805  
 US5: TDA7056  
 US6: 4047  
 US7: ICL7660  
 T1: BC547

##### Inne

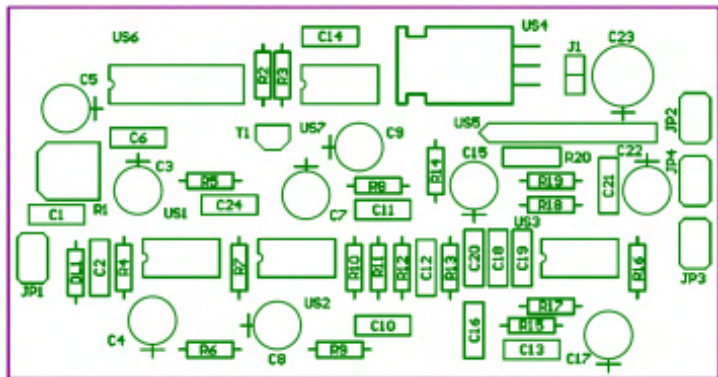
D1: dławik 2,2  $\mu$ H

W celu zapewnienia symetrycznego napięcia zasilania  $\pm 5$  V, do układów MAX295 i TL082 zastosowano przetwornicę ujemnego napięcia  $-5$  V zbudowaną na układzie ICL7660-1 (US7). Oczywiście można zrezygnować z tego układu zapewniając symetryczne napięcie  $\pm 5$  V oraz  $+12$  V do układu US5 z użyciem dwóch diod Zenera 5V1 z dodatkowymi rezystorami ograniczającymi prąd o wartości 33  $\Omega$  (jeszcze lepiej układami scalonymi 78L05 + 79L05), do czego jest przewidziana zwora na płycie rozpinająca masę, lecz aby układ taki był skuteczny, napięcie zasilania musi być wyższe od 12 V.

Aby umożliwić zasilanie np. napięciem 9...12 V, zastosowano przetwornicę napięcia ujemnego DC/DC, która jest zasilana z napięcia  $+5$  V poprzez US4 (7805). Może być też zasilana napięciem wejściowym przed stabilizatorem. Jest to pojemnościowa przetwornica zmieniająca polaryzację napięcia wejściowego dla prądów wyjściowych do ok. 25 mA. Jedyнным elementem zewnętrznym jest dodatkowy kondensator C9. Warto zwrócić uwagę na to, że dzięki takiej konstrukcji zasilania nie ma potrze-



Rys. 3. Schematowi ideowy filtru



Rys. 4. Widok płytki drukowanej filtru

by rozdzielania mas, jak byłoby to przy zasilaniu poprzez dodatkowe diody Zenera czy stabilizatory 5 V. W celu lepszej filtracji napięcia zasilania  $\pm 5$  V zastosowano dwójniki RC (rezystory 33  $\Omega$  i kondensatory 100  $\mu$ F). Cały układ elektroniczny jest zmontowany na płytce pokazanej na rys. 4.

Układy scalone, poza wzmacniaczem mocy m.cz. oraz stabilizatorem +5 V, są zamontowane w podstawkach 8-nóżkowych, zaś potencjometry R1 i R20 oraz gniazda we/wy podłączono za pomocą krótkich odcinków przewodów. Układ można z powodzeniem zamontować w obudowie głośnika samochodowego lub kolumny głośnika komputerowego. Oczywiście na zewnątrz należy wprowadzić dwa pokrętki do regulacji odpowiednio szerokości pasma i siły głosu.

Do sprawdzania układu należy posłużyć się generatorem małej częstotliwości, dzięki czemu będzie można ewentualnie skorygować wartości R1 C6, w zależności od potrzeby czy upodobań operatora.

Korzystanie z filtru jest bardzo proste. Gałką potencjometru R1

tłumione ze skutecznością 96 dB na oktawę.

Opisany filtr pozwala na płynną zmianę szerokości pasma akustycznego w całym zakresie pasma radiokomunikacyjnego bez zauważalnego progu zadziałania (wada układów DSP). Najlepsze jednak efekty osiąga się przy odbiorze CW. Z tego też względu Ryszard SP6IFN (zwolennik telegrafii), który jako pierwszy w Polsce testował płytkę opisanego układu, dobrał nieco inaczej wartości R1, C6 w generatory. Użył on potencjometru 470  $\Omega$  oraz kondensatora 7,8 nF (6,8 nF + 1 nF), dzięki czemu w jego wykonaniu maksimum wypadło na około 550...650 Hz w zależności od położenia potencjometru 470  $\Omega$ . Górna granica słyszalności to 1100 Hz, ale już z bardzo minimalnym poziomem, lub 800 Hz, gdy przestawimy położenie ślizgacza potencjometru. Dzięki takim wartościom RC jak wyżej, pasmo filtru SP6IFN zawiera się w przedziale 800...1100 Hz (żądanie pasmo słuchania w zakresie 400...800 Hz). Jak widać, nie należy bać się eksperymentów z dobieraniem wartości

ustawia się częstotliwości odcięcia dolno-przepustowego filtru od 450 Hz do około 3 kHz. Każdy sygnał lub zakłócenie powyżej nastawionej częstotliwości jest wy-

częstotliwości generatora do własnych potrzeb.

### Podsumowanie

Należy zaznaczyć, że opisany filtr jest aktywnym filtrem dolno-przepustowym, oferującym użytkownikowi możliwość nastawienia częstotliwości odcinania filtru, dając oszczędzającą 96 dB na oktawę wyciszania sygnałów powyżej częstotliwości odcięcia i bez białego szumu. Jest to doskonały partner dla filtru kwarcowego (ew. mechanicznego) i jak większość filtrów audio, zupełnie nie „dzwoni”.

Zamontowanie filtru na kablu do dodatkowego głośnika jest proste i oczywiście nie narusza żadnych przepisów (np. utraty gwarancji transceivera, jak miałyby miejsce przy montażu do środka). Zawężanie toru przepuszczania wzmacniacza m.cz. ma najlepsze rezultaty w odniesieniu do emisji cyfrowych i telegrafii, ale na fonii często się nie sprawdza, bo każde zawężenie powoduje pogorszenie jakości, i co za tym idzie, zrozumiałości sygnału fonicznego. Na pewno zbyt wąski filtr foniczny spowoduje pogorszenie czytelności modulacji.

Parametry filtru w niczym nie ustępują układowi fabrycznemu SCAF-1, a dzięki modyfikacjom w wielu przypadkach mogą je przewyższać (większa stabilność ustawienia częstotliwości, możliwość pracy przy napięciu mniejszym od 12 V). W każdym razie na pewno własnoręczne zmontowanie układu jest tańsze, nie mówiąc o dodatkowych walorach dydaktycznych.

**Andrzej Janeczek**  
sp5aht@swiatradio.com.pl

≡ montaż powierzchniowy SMD      ≡ montaż przewlekany THT uzupełniający  
 ≡ programowanie, testy ICT i funkcjonalne      ≡ projektowanie obwodów drukowanych  
 ≡ kompleksowe przygotowanie dokumentacji      ≡ zakup i kompletacja podzespołów

**nte**

ul. Gaudiego 7      tel: +48 32 33 82 200      e-mail: produkcja@ente.com.pl  
 44-100 Gliwice      fax: +48 32 33 82 210      http://www.ente.com.pl

TUV  
 ISO 9001:2000  
 EN 71:1997:2000

IPC EKRA  
 JUKI      ERS

**EBS**  
 Ink Jet Systems

Renomowany producent drukarek INK-JET oferuje wysokiej klasy

**Aktywny detektor podczerwieni do zastosowań w układach automatyki i zabezpieczeń**

małe wymiary budowy (M18x1)  
 duża odporność na zakłócenia  
 wbudowany wskaźnik zadziałania  
 wyjście odporne na zwarcie  
 wykonania PNP, NPN

**EBS Ink- Jet Systems Poland Sp. Z o.o.**  
 ul. Tarnogajska 13, 50-512 Wrocław  
 tel. (071) 367 04 11, fax (071) 373 32 69