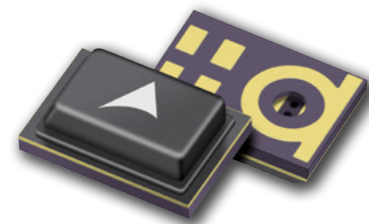


# Subminiaturowe mikrofony MEMS



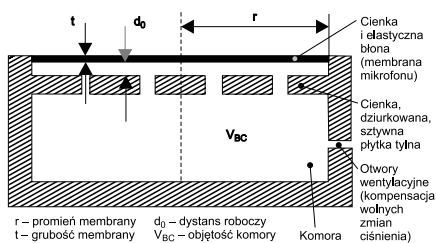
## Dodatkowe informacje:

EPCOS Polska Sp. z o.o.  
A Group Company of TDK-EPC Corporation  
ul. Bonifraterska 17, 00-203 Warszawa  
tel. +48 22 2460 409, fax +48 22 2460 400  
e-mail: sales.poland@epcos.com  
Epcos Polska Sp z o.o. jest również  
przedstawicielem firmy Infineon.

W Elektronice Praktycznej nr 10/2010 pisaliśmy o filtrach z akustyczną falą powierzchniową (SAW) dostępnych w ofercie firmy TDK-EPC. Bazując na wieloletnich doświadczeniach z falami akustycznymi oraz opierając się na prognozach rynkowych, firma postanowiła zająć się produkcją miniaturowych mikrofonów w technologii MEMS. Aplikacjami docelowymi są telefony komórkowe, zestawy słuchawkowe i głośnomówiące do telefonów komórkowych, komputery przenośne, kamery i wiele innych, w których potrzebny jest lub będzie mikrofon.

## Jak działa mikrofon MEMS?

Na rysunku 1 pokazano przekrój mikrofonu MEMS. Składa się on z dwóch elektrod podłączonych do źródła napięcia stałego. Jedną z nich jest membrana, a drugą, leżącą pod nią sztywna płytka, w której wykonano otwory o średnicy około 2...3  $\mu\text{m}$  tworząc siatkę, dzięki której drgania membrany nie są tłumione przez powietrze, które sprężałoby się pomiędzy elektrodami. Mikrofon MEMS jest mikrofonem pojemnościowym, więc jego elektrody pełnią rolę okładzin kondensatora. Zmiana odległości



Rysunek 1. Budowa mikrofonu MEMS

Coraz większa liczba urządzeń powszechnego użytku służących do rejestrowania, odtwarzania lub transmisji sygnału akustycznego wymaga stosowania co najmniej jednego mikrofonu. „Co najmniej”, ponieważ oparte o algorytmy DSP funkcje eliminowania echa lub zakłóceń pochodzących z otoczenia wymagają, aby urządzenie miało wbudowany jeszcze chociaż jeden dodatkowy tzw. mikrofon odniesienia. Niestety, nie da się tego zrobić stosując mikrofon węglowy, indukcyjny czy pojemnościowy starego typu, ponieważ na przeszkodzie stoją ich wymiary. Tu w sukurs konstruktorom przychodzi ultranowoczesna technologia MEMS, jakby rodem z filmów szpiegowskich. Subminiaturowe mikrofony firmy TDK-EPC są wręcz idealne, aby sprostać opisanym wyżej wymaganiom nowoczesnych aplikacji.

między nimi powoduje zmianę pojemności. Na membranę oddziałują fale akustyczne, co powoduje powstanie składowej zmiennej w stałym napięciu zasilającym kondensator odwzorowującej falę akustyczną padającą na membranę. Cechą charakterystyczną wszystkich mikrofonów pojemnościowych, a w szczególności mikrofonów MEMS o subminiaturowych wymiarach, jest niewielka masa membrany będącej układem drgającym i tym samym jej mała bezwładność. Pozwala to na wierne odwzorowywanie przebiegów impulsowych i przeniesienie szerokiego pasma częstotliwości.

Mikrofony pojemnościowe wymagają stosowania współpracujących z nimi układów elektronicznych. Dawniej do ich zasilania wymagane były przetwornice DC/DC podwyższające napięcie do wartości 60...80 V. Wynalezienie materiałów elektretowych pozwoliło zasilac mikrofon niskim napięciem (rzędu kilku V). W mikrofonach MEMS produkcji TDK-EPC zintegrowano specjalizowany ASIC pełniący rolę obwodów zasilania mikrofonu, wzmacniacza trzymikrofonowego oraz układu dopasowującego. Dzięki niemu jest możliwy odbiór sygnału akustycznego bezpośrednio z wyjścia mikrofonu bez stosowania żadnych, specjali-

zowanych układów elektronicznych. W ofercie firmy są też dostępne mikrofony z wyjściem cyfrowym.

W tabeli 1 pokazano porównanie parametrów mikrofonu elektretowego z wykonanym w technologii MEMS. Stale jego przewagą jest stosunkowo niska cena, jednak poza nią ustępuje mikrofonowi MEMS na każdym polu.

## Mikrofony MEMS w ofercie TDK-EPC

Wspomniane na wstępie doświadczenia uzyskane przy produkcji filtrów z akustyczną falą powierzchniową bardzo przydały się przy opracowywaniu i produkcji mikrofonów MEMS. Te dwie, pozornie niezwiązane ze sobą dziedziny, mają wiele wspólnego na poziomie technologii wytwarzania.

Istotnym czynnikiem, mającym ogromny wpływ na parametry filtra z falą powierzchniową przeznaczonego dla pasm rzędu GHz i typowo włączanego jako elementy pośredniczący pomiędzy anteną odbiorczą a czułymi obwodami wejściowymi odbiornika, jest wpływ zakłóceń elektromagnetycznych i pól o częstotliwościach radiowych na przenoszony sygnał o bardzo niskim poziomie (rzędu pojedynczych  $\mu\text{V}$ ). Z tego powodu jest wymagane bardzo staranne ekranowanie niewielkiej obudowy filtra. Wysoka jakość filtrów SAW produkowanych przez TDK-EPC została potwierdzona przez miliony użytkowników np. telefonów komórkowych. Z tego też powodu postanowiono użyć elementów tej technologii przy produkcji mikrofonów MEMS.

Mikrofony MEMS wytwarzane przez TDK-EPC mają obudowę wykonaną w tej samej technologii, co filtry SAW (CSMP – Chip Sized MEMS Package). Dzięki temu ich ele-

Tabela 1. Porównanie parametrów mikrofonów elektretowych z mikrofonami MEMS

| Wielkość                                   | -                              | + |
|--------------------------------------------|--------------------------------|---|
| Cena                                       | +                              | - |
| Stosunek sygnał/szum                       | - (przy niewielkich wymiarach) | + |
| Tłumienie wpływu napięcia zasilania (PSRR) | - (zaledwie 6 dB)              | + |
| Stabilność temperaturowa                   | -                              | + |
| Prąd zasilania                             | - (powyżej 500 $\mu\text{A}$ ) | + |
| Impedancja wyjściowa                       | - (powyżej 2 k $\Omega$ )      | + |
| Rozrzut parametrów                         | -                              | + |
| Oporność na wstrząsy                       | -                              | + |

Tabela 2. Podstawowe parametry techniczne mikrofonów MEMS z oferty TDK-EPC

| Typ                                        | T4000       | T4012             | T4020            | T4030<br>(z wyjściem cyfrowym) |
|--------------------------------------------|-------------|-------------------|------------------|--------------------------------|
| SNR przy SPL=94 dB                         | 57,5 dBA    | 57,5 dBA          | 62 dBA           | 60 dBA                         |
| Czułość przy SPL=94 dB                     | -42 dBV     | -42 dBV           | -42 dBV          | -26 dB w całym zakresie        |
| Tłumienie wpływu napięcia zasilania (PSRR) | 48          | 48                | 70               | -                              |
| Napięcie zasilania                         | 1,5...3,3 V | 1,5...3,3 V       | 1,6...3,6 V      | 1,64...2,86 V                  |
| Pobór prądu                                | 80 $\mu$ A  | 80 $\mu$ A        | 350 $\mu$ A      | 650 $\mu$ A                    |
| THD przy SPL=100 dB                        | < 0,5%      | < 0,5%            | < 1%             | < 1%                           |
| Wymiary                                    | -           | 2,05×2,05×1,03 mm | 3,05×2,15×1,1 mm | 3,25×2,25×1,1 mm               |

menty składowe są starannie ekranowane, co pozwala na uzyskanie dobrych parametrów roboczych oraz pracę w sąsiedztwie komponentów generujących zaburzenia elektromagnetyczne. Nie bez znaczenia jest też trwałość obudowy i wysoka jakość jej wykonania, gwarantujące łatwy montaż i długi okres użytkowania.

Pierwszymi mikrofonami wyprodukowanymi jeszcze przez Epcos były serie T4000 i T4010. Po nich firma TDK-EPC (już po fuzji) wprowadziła do oferty T4020 i T4030. Mikrofon T4020 ma wyjście w postaci klasycznego sygnału analogowego, natomiast mikrofon z serii T4030 ma wyjście cyfrowe, co znacznie ułatwia jego współpracę z układami mikroprocesorowymi oraz umożliwia uzyskanie jeszcze większej odporności mi-

krofonu na zakłócenia elektromagnetyczne przy jednocześnie wysokiej dynamice i dużym stosunku SNR. T4030 ma czułość -26 dB w pełnym zakresie. Stosunek sygnał szum wynosi 60 dBA. Nawet przy sygnale akustycznym o poziomie 100 dB, zniekształcenia nieliniowe wprowadzane przez mikrofon są mniejsze od 1%. Dzięki wyjściu PDM (Pulse Density Modulation) T4030 może być stosowany w środowisku narażonym na oddziaływanie silnych interferencji magnetycznych. Tłumienie wpływu napięcia zasilania wynosi w całym zakresie 82 dB. Dane pochodzące z dwóch kanałów stereofonicznych mogą być przesyłane za pomocą pojedynczego przewodu. Do zasilania mikrofon wymaga napięcia 1,64...2,86 V i prądu 650  $\mu$ A w trybie aktywnym lub 10  $\mu$ A w trybie czuwania.

W tabeli 2 zamieszczono podstawowe parametry techniczne mikrofonów z oferty TDK-EPC.

### Podsumowanie

Mikrofony MEMS dzięki swoim miniaturowym wymiarom i doskonałym parametrom dają konstruktorom możliwości, dla których ograniczeniem jest jedynie wyobraźnia. Niejako naturalnymi aplikacjami dla nich są telefony komórkowe, PDA, miniaturowe rejestratory dźwięku, zestawy słuchawkowe. Innym zastosowaniem są układy redukcji zakłóceń i lokalizatory akustyczne, w których dzięki miniaturowym wymiarom mikrofonów można budować nawet bardzo rozbudowane źródła sygnałów odniesienia, które następnie są odpowiednio oceniane przez procesor DSP.

Jacek Bogusz, EP

R E K L A M A

## W świecie miniatur - Najmniejsze na świecie mikrofony w technologii MEMS z wyjściem cyfrowym



### Główne zastosowania

- telefony komórkowe, zestawy głośnomówiące, odtwarzacze MP3 i laptopy,
- systemy video-konferencyjne i VoIP, telefony konferencyjne

### Główne cechy i korzyści

- miniaturowe wymiary: 3,25×2,25×1,1 mm<sup>3</sup>,
- niski poziom zniekształceń: mniej niż 1 procent na 100 dB,
- dobry stosunek sygnału do szumu: 60 dBA

**TDK-EPC**

Dane katalogowe na stronie:  
[www.epcos.com](http://www.epcos.com)  
[www.epcos.pl](http://www.epcos.pl)