

# AD736

# scalony przetwornik

# True RMS

## część 2

### Najsłynniejsze



### aplikacje

Niniejszy artykuł powstał jako odpowiedź na prośby wyrażane w ankietach, a także w związku z wynikami konkursu pt. "Kłopoty z prądem". W pierwszej części artykułu zostały krótko omówione

podstawy teoretyczne, a w części drugiej - zaprezentowany jest popularny scalony przetwornik wartości skutecznej - układ AD736.

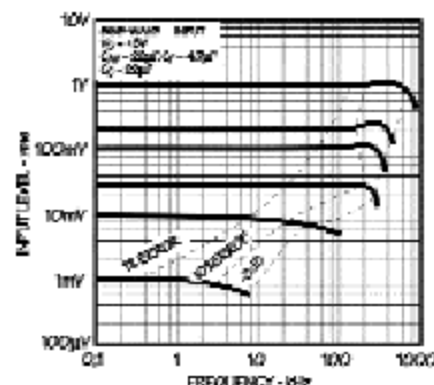
### Kluczowe parametry

Aby podczas stosowania scalonych przetworników RMS nie popełnić poważnych błędów, trzeba rozumieć znaczenie kluczowych parametrów. Pierwszy to zakres napięć zasilania i związany z nim zakres napięć wejściowych.

Zakres napięć zasilania jest podany w katalogu, przykładowo dla kostki AD736 jest zaskakująco szeroki i wynosi  $+5...+33V$  ( $+2,8; -3,3...±16,5V$ ). W zasadzie nie ma tu nic tajemniczego - należy przypuszczać, że czym większe napięcie zasilające, tym większe sygnały (wejściowe) może przetwarzać układ. Tak jest w istocie, ale trzeba tu pamiętać o pewnych specyficznych właściwościach sygnałów zmiennych. Rysunek 5 pokazuje kilka przebiegów, których wartość skuteczna, co bardzo ważne, jest taka sama (0,5V). Podanie ich na wejście przetwornika RMS powinno dać na wyjściu także samo napięcie sta-

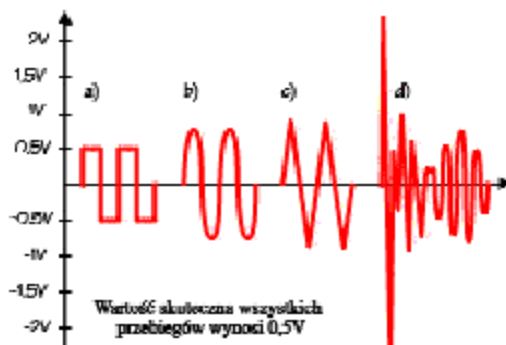
łe, równe 0,5V. Trzeba jednak uwzględnić dopuszczalny zakres napięć wejściowych. Przykładowo, przy zasilaniu napięciem  $+2,8V - 3,2V$  zakres dopuszczalnych napięć wejściowych układu AD736 w typowej aplikacji wynosi  $±0,9V$ . Tym samym przebiegi z rysunku 5a, 5b, 5c zostałyby zmierzone poprawnie, natomiast przebieg z rysunku 5d nie mieści się w tym dopuszczalnym zakresie napięć wejściowych. Ob prawda kostka nie zostanie uszkodzona (dopuszczalne nieniszczące napięcie wejściowe to  $±12V$ ), ale napięcie wyjściowe nie będzie odpowiadać wartości skutecznej przebiegu wejściowego. Przy zasilaniu napięciem  $±5V$  zakres dopuszczalnych napięć wejściowych wynosi  $±2,7V$ , i wtedy przebieg z rysunku 5d także byłby zmierzony poprawnie. Przy napięciu zasilania  $±16,5V$  dopuszczalny zakres napięć wejściowych wynosi co najmniej  $±4V$ .

Powyższe dane i rysunek 5 obrazowo pokazują problem stosunku wartości szczytowej do skutecznej danego przebiegu. Aby to ująć ściślej, wprowadzono parametr zwany współczynnikiem szczytu. Ten współczynnik szczytu, z angielska nazywany crest factor (w skrócie CF), to właśnie stosunek wartości szczytowej do skutecznej. Dla sygnału prostokątnego współczynnik szczytu wynosi 1, dla sinusoidy 1,41..., dla przebiegu trójkątnego 1,73..., dla przebiegów audio sięga 3...5, a przy muzyce nawet więcej.



Rys. 6 Charakterystyki częstotliwościowe układu AD736 w typowej aplikacji

Jeśli więc przetwornik RMS ma mierzyć przebiegi o dużym współczynniku szczytu, na przykład sygnały audio, trzeba zapewnić odpowiedni zapas dopuszczalnych napięć wejściowych. Dlatego, na przykład, zarówno przy zasilaniu  $+2,8V, -3,2V$ , jak i  $±5V$  zalecany zakres napięć wyjściowych wynosi co najwyżej 200mV. Po pierwsze te 200mV to typowy zakres pomiarowy scalonych woltomierzy (np. ICL7106/07), po drugie umożliwia to także prawidłowy pomiar przebiegów odczłakowanych, o dużym współczynniku szczytu. (Informacja dla dociekliwych - przy pomiarach sygnałów o dużym współczynniku szczytu trzeba liczyć się z dodatkowym błędem, ale w typowych zastosowaniach nie trzeba się tym przejmować - ogólnie biorąc dokładność przetwarzania jest i tak bardzo dobra. Szczegóły można znaleźć w katalogach.)

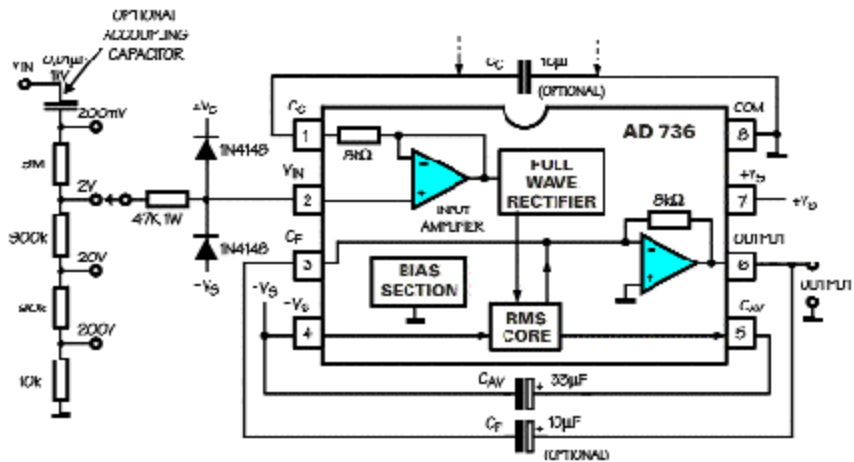


Rys. 5 Typowe przebiegi zmienne

Innymi kluczowymi parametrami są charakterystyki częstotliwościowe. Nietrudno się domyślić, że rzeczywiste układy mają ograniczoną szybkość i nie "poradzą sobie" z bardzo szybkimi przebiegami zmiennymi. W zależności od budowy wewnętrznej przetwornika RMS, przebieg charakterystyk może być nieco inny, jednak z grubsza biorąc, jest podobny do charakterystyk z rysunku 6. **Rysunek 6** pokazuje, jak zmienia się dokładność przetwarzania układu AD736 w podstawowej aplikacji w zależności od amplitudy i częstotliwości. Jak widać, przy większych amplitudach pasmo znacznie przekracza górną granicę pasma akustycznego (20kHz). Jedynie przy niskich napięciach, poniżej 10mV, pasmo jest węższe. Na rysunku 6 liniami przerywanymi zaznaczono dla jakich zakresów częstotliwości uzyskuje się dokładność 1% (przrzędy pomiarowe), 10%, czyli nieco ponad 1dB, oraz 3dB (układy audio).

Na pierwszy rzut oka zawężanie pasma przy zmniejszaniu amplitudy może wyglądać niezbyt zachęcająco, ale trzeba pamiętać, że w praktyce bardzo rzadko zachodzi potrzeba dokładnego mierzenia na zakresie pomiarowym 200mV czy 1V przebiegów mniejszych niż 10mV. W takich wypadkach trzeba po prostu zmienić zakres, czyli wzmocnić ten mały sygnał. Rysunek 6 powinien zostać dokładnie przeanalizowany jedynie w przypadku budowy jakiegos bardzo precyzyjnego układu pomiarowego. W typowych zastosowaniach osiągi kostki AD736 są jak najbardziej zadowalające i można przyjąć, że dobrze pracuje ona w całym zakresie pasma akustycznego. Kto chciałby poszerzyć w górę zakres mierzonych częstotliwości, może zastosować AD736 w niestandardowym układzie pracy albo wykorzystać inną, szybszą kostkę z tej rodziny, np. AD637. O tym za chwilę.

Trzecią sprawą, którą trzeba rozumieć, jest znaczenie kondensatorów dołączanych z zewnątrz. W zasadzie z wcześniejszych rozważań wynika, że potrzebny jest tylko jeden kondensator usредniający, jednak w praktyce zazwyczaj stosowane są dwa. Je-



Rys. 6 Inne popularne aplikacje

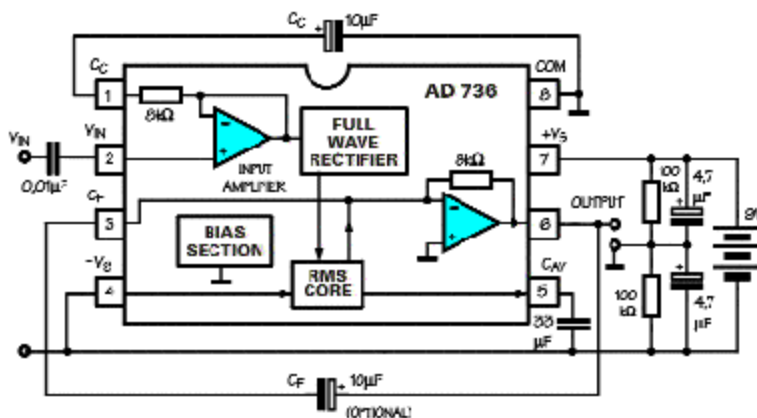
den z nich jest głównym kondensatorem usредniającym, oznaczonym na rysunku 4  $C_{333}$  (AV - average, średni). Jest on absolutnie niezbędny do pracy przetwornika RMS. Bez niego układ przestaje być przetwornikiem wartości skutecznej i staje się najzwyczajszym prostownikiem dwupołkowy. Bez tego kondensatora na wyjściu występowałby po prostu przebieg tętniący, dokładnie taki, jak w prostowniku dwupołkowy. To jest ciekawostka bez praktycznego znaczenia - co prawda każdy scalony przetwornik RMS z rodziny AD można wykorzystać jako prostownik dwupołkowy, jednak zdecydowanie taniej można zrobić taki prostownik z dwóch wzmacniaczy operacyjnych, dwóch zwykłych diod i kilku rezystorów.

Nietrudno się domyślić, że pojemność omawianego kondensatora usредniającego powinna być jak największa. Istotnie, czym większa pojemność, tym mniejszy błąd pomiaru i mniejsze tętnienia napięcia wyjściowego. Tak jest, w rzeczywistości na wyjściu pojawia się napięcie stałe, ale ma ono niewielką składową zmienną (o częstotliwości dwukrotnie większej niż częstotliwość przebiegu wejściowego - dokładnie tak, jak w "zwykłych" prostownikach dwupołkowych). Czym mniejsze częstotli-

wości przebiegów mierzonych, tym większa powinna być pojemność usредniająca. Czym mniejszy ma być błąd wynikający z niedoskonałego usредniania, tym większa powinna być ta pojemność. W przypadku układu AD736 zwiększanie pojemności usредniającej ma jednak pewne niekorzystne skutki uboczne. (Tylko dla dociekliwych: wynika to ze specyficznej budowy wewnętrznej układu. Kondensator  $C_{333}$  dołączony jest równoległe do złącza bazemier tranzystora. W przetworniku wykorzystuje się logarytmiczną zależność napięcia na tym złączu od płynącego prądu. Jak wiadomo, zastępcza rezystancja złącza B-E, do której równoległe jest podłączony kondensator usредniający, bardzo silnie zwiększa się wraz ze zmniejszaniem prądu.) Mianowicie, gdy sygnał wejściowy zmniejsza się, potrzeba stosunkowo długiego czasu, by napięcie na kondensatorze usредniającym spadło. Tym samym czas ustalania wskazań przy szybkim zmniejszaniu się sygnału jest znaczny. Inaczej jest przy zwiększaniu sygnału - prawidłowe napięcie wyjściowe ustala się wtedy bardzo szybko. Opisana właściwość może się wydawać poważną wadą, jednak w ogromnej większości praktycznych zastosowań nie trzeba się nią przejmować. Ponadto odpowiednio dobranie pojemności pozwala uzyskać optymalne rezultaty dla danego zakresu częstotliwości, rodzaju przebiegów i spodziewanych amplitud. Szczegóły będą podane w dalszej części artykułu.

Ewentualny drugi kondensator  $C_2$  ma za zadanie dodatkowo filtrować przebieg wyjściowy, dzięki czemu zawartość tętnień na wyjściu jest bardzo mała.

W tym miejscu należy dodać, że lektura oryginalnej karty katalogowej może wpędzić w stres - większość zamieszczonych tam wykresów oraz objaśnień dotyczy różnorodnych błędów. Wykresy te są jednak niezbędne tylko wtedy, gdy układ będzie stosowany w precyzyjnym przyrządzie pomiarowym. W typo-



Rys. 7 Typowa aplikacja kostki AD736

wych zastosowaniach, także przy pomiarach sygnałów audio czy przebiegów sieci 50Hz, nie ma potrzeby wgłębiać się w te szczegóły. Ogólnie biorąc nawet stosunkowo prosty i względnie tani układ AD736 ma świetne parametry, które wynikają z zastosowania nowoczesnej technologii produkcji, obejmującej także laserową korekcję każdego produkowanego egzemplarza układu scalonego.

## AD736

Typowy układ aplikacyjny kostki AD736, produkowanej przez Analog Devices, jest pokazany na **rysunku 7**. Choć układ scalony musi być zasilany napięciem symetrycznym, łatwo je uzyskać przez zastosowanie dwóch rezystorów (nawet o dużej wartości 100k $\Omega$ ), tworzących obwód sztucznej masy. Oczywiście napięcie wyjściowe występuje między wyjściem (nóżka 6) a (sztuczną) masą, czyli punktem połączenia rezystorów. Kondensator dołączony do nóżki 5 jest kondensatorem uśredniającym  $C_{avg}$ . Kondensator łączący nóżki 3 i 5 jest dodatkowym kondensatorem filtrującym  $C_F$ .

Inny przykład zastosowania układu AD736 jest pokazany na **rysunku 8**. Tu układ jest zasilany napięciem symetrycznym względem masy. Dzięki bardzo dużej rezystancji wejściowej (nóżka 2) możliwa jest bezpośrednia współpraca z typowym dzielnikiem, stosowanym w multimetrach cyfrowych. Dodatkowy rezystor na wejściu (47k $\Omega$  1W) i dwie diody chronią układ przez przypadkowym uszkodzeniem zbyt wysokimi napięciami wejściowymi, które mogą wystąpić przy złym ustawieniu przełącznika zakresów. Kondensator  $C_c$  (występujący także na **rysunku 7**) może być zastąpiony zworą.

Charakterystyki częstotliwościowe typowych układów z **rysunków 7 i 8** pokazane były na **rysunku 6**.

Układ z **rysunku 7** jest sprzężony zmiennoprądowo (kondensatory na wejściach 1 i 2), czyli reaguje tylko na składową zmienną przebiegów. W niektórych zastosowaniach mierzone będą przebiegi zawierające składową stałą. W takim wypadku trzeba je podać na nóżkę 2 bezpośrednio, a nóżkę 1 zewrzeć do masy, jak pokazuje **rysunek 8**. Generalna zasada jest taka: jeśli układ ma mierzyć napięcia wejściowe wraz ze składową stałą (oczywiście w stosun-

ku do masy - nóżki 8), nie stosuje się kondensatora wejściowego (nóżka 2) oraz kondensatora  $C_c$ , a nóżkę 1 należy zewrzeć z masą. W znacznej większości przypadków mierzona jest tylko składowa zmienna. Wtedy składową stałą jest odcinana przez kondensator wejściowy, dołączony do nóżki 2. Kondensator  $C_c$ , który też poniekąd odcina składową stałą, nie jest wtedy konieczny: można go zastosować lub zewrzeć nóżkę 1 wprost do masy, czyli nóżki 8. W każdym przypadku nóżka 1 nie powinna wisieć w powietrzu.

Kostka AD736 ma dwa wejścia. Zwykle w tej roli wykorzystywana jest nóżka 2. Jest to wejście o ogromnej oporności wejściowej (1000G $\Omega$ ) i znikomym prądzie polaryzacji (1...10pA). Pomimo tych świetnych parametrów wejścia 2, w niektórych zastosowaniach warto wykorzystać jako wejście nóżkę 1, a nóżkę 2 dołączyć do masy. Wejście do pomiaru przebiegów zmiennych bez składowej stałej pokazuje **rysunek 9** (reszta układu jest taka sama, jak na **rysunkach 7 i 8**). Układ ma wtedy niewielką rezystancję wejściową, równą 8k $\Omega$ , ale za to znacznie szersze pasmo przenoszenia i szerszy zakres napięć wejściowych. Udowadniają to **rysunki 10 i 11**.

**Tabela 1** zawiera podstawowe parametry układu AD736.

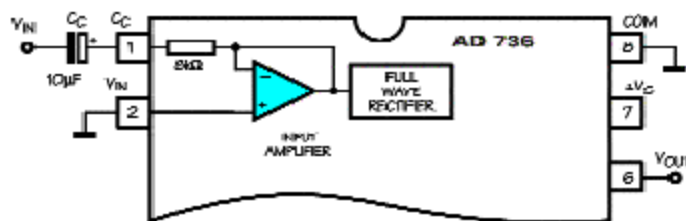
Dopuszczalny zakres napięć zasilania:	$\pm 2,8V, -3,2V, \dots, \pm 16,5V$
Typowe zalecane napięcie zasilające:	$\pm 5V$
Pobór prądu: typ.	0,17mA, max 0,27mA
Dokładność przetwarzania (sinusoidea 1kHz 200mV):	typ. $\pm 0,3mV/\pm 0,3\%$
Dodatkowy błąd przy CF=1...3 ( $C_{avg}, C_F=100\mu F$ ):	typ. 0,7%
Dodatkowy błąd przy CF=5 ( $C_{avg}, C_F=100\mu F$ ):	2,5%
Rezystancja wejściowa nóżki 2: typ.	1000G $\Omega$
Prąd polaryzacji nóżki 2: typ.	1pA, max (+50°C) 10pA
Dopuszczalny zakres wejściowych napięć pracy nóżki 2:	
$U_{zas}=\pm 2,8V, -3,2V$ :	min. $\pm 0,9V$
$U_{zas}=\pm 5V$ :	typ. $\pm 2,7V$
$U_{zas}=\pm 16,5V$ :	min. $\pm 4,0V$
Rezystancja wejściowa nóżki 1: typ.	8k $\Omega$ (5,4...9,6k $\Omega$ )
Dopuszczalny zakres wejściowych napięć pracy nóżki 1:	
$U_{zas}=\pm 2,8V, -3,2V$ :	typ. $\pm 1,7V$
$U_{zas}=\pm 5V$ :	typ. $\pm 3,8V$
$U_{zas}=\pm 16,5V$ :	min. $\pm 11V$
Wyjściowe napięcie niezrównoważenia: typ.	0,1mV, max 0,5mV
Zakres napięcia wyjściowego ( $R_S=2k\Omega$ ):	
$U_{zas}=\pm 2,8V, -3,2V$ :	min. 0...+1,6V
$U_{zas}=\pm 5V$ :	min. 0...+3,6V
$U_{zas}=\pm 16,5V$ :	min. 0...+4V
Maksymalny prąd wyjściowy: min.	2mA

**Tabela 1**

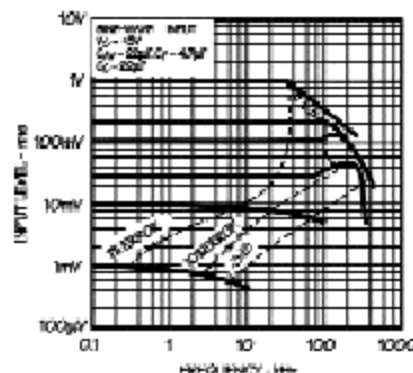
**Tabela 2** pokazuje zalecane wartości kondensatorów  $C_{avg}$  (nóżka 5) i  $C_F$  (nóżki 3, 6) w zależności od zastosowania. Nie są to wartości krytyczne, można je zmieniać (w praktyce - zwiększać do najbliższych typowych wartości). Zwiększanie polepsza dokładność, ale zwiększa też czas ustalania wskazań.

Podane wiadomości z powodzeniem wystarczą do praktycznego wykorzystania układu AD736. Dociekliwi i bardziej zaawansowani znajdą szczegółowe informacje w karcie katalogowej (dostępnej także na stronie internetowej EdW w formacie .pdf - 218KB).

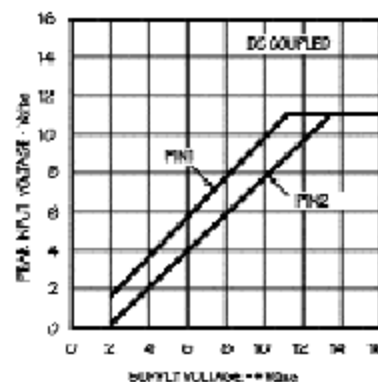
Natomiast osoby, które chcą szerzej poznać rodzinę scalonych przetworników True RMS, mogą poszukać kart katalogowych i ewentualnych not aplikacyjnych na stronach internetowych firm Analog Devices, Maxim i Burr-Brown.



**Rys. 9** Wykorzystanie wejścia niskoopornościowego



**Rys. 10** Charakterystyka częstotliwościowa przy wykorzystaniu wejścia niskoopornościowego (n. 1)



**Rys. 11** Dopuszczalne napięcia wejściowe na nóżkach 1 i 2

Zastosowanie	Poziom wejściowy	Dolna częstotl. graniczna (-3dB)	Max. wsp. szczytu CF	C <sub>av</sub>	C <sub>p</sub>	Czas ustalania do 1%
Ogólnego przeznaczenia	0-1V	20Hz 200Hz	5 5	150uF 15uF	10uF 1uF	360ms 36ms
	0-200mV	20 Hz 200 Hz	5 5	33uF 3,3uF	10uF 1uF	360ms 36ms
Układy tyrystorowe	0-200mV	50Hz	5	100uF	33uF	1,2s
	0-100mV	50 Hz	5	50uF	33uF	1,2s
Audio						
Mowa	0-200mV	300Hz	3	1,5uF	0,47uF	18 ms
Muzyka	0-100mV	20 Hz	10	100uF	68uF	2,4s

(red)

Na życzenie Czytelników może zostać opracowany moduł przetwornika RMS. Osoby zainteresowane takim projektem mogą wykorzystać odpowiednią rubrykę miniankiety.

Scalone przetworniki RMS typu AD736 i inne (AD637, AD737, itd.) dostępne są w firmie ALFINE. Można

Tabela 2

REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA · REKLAMA

Przykładowo Analog Devices produkuje obecnie i poleca do nowych zastosowań następujące przetworniki RMS: AD637, AD736, AD737. Dostępny jest także starszy układ AD636A, który jednak nie oferuje atrakcyjnych parametrów. Droższa kostka AD637 pracuje w szerszym zakresie częstotliwości i jest układem do zastosowań precyzyjnych. AD737 posiada budowę i parametry podobne jak AD736, posiada jednak wyjście prądowe, a nie napięciowe, za to ma możliwość "uspiania", gdy pobór prądu wynosi kilka mikroamperów.

je też sprowadzić przez Dział Handlowy AVT.

Szczegółowe informacje można uzyskać w Dziale Handlowym AVT, możliwości kontaktu podano na stronie 105.