

# Przeгляд scalonych wzmacniaczy pomiarowych

TEMAT  
NUMERU

*Konstrukcja i zasada działania wzmacniaczy pomiarowych jest od strony teoretycznej banalnie prosta. W przypadku tych układów po raz kolejny potwierdza się jednak stara zasada, że od teorii do praktyki droga jest bardzo daleka. Wyprodukowanie scalonego wzmacniacza pomiarowego o dobrych parametrach musi być okupione wieloma latami żmudnej pracy ośrodków badawczo-rozwojowych. Być może z tego względu nawet niektórzy „wielcy” nie mają w ofertach tej grupy elementów.*

Tematem przewodnim tego numeru Elektroniki Praktycznej jest elektronika w medycynie, a ta dziedzina wszystkim konstruktorom bezapelacyjnie kojarzy się ze wzmacniaczami operacyjnymi, różnicowymi i pomiarowymi (instrumentalnymi). O teorii ich działania można znaleźć bardzo dużo publikacji zarówno w postaci drukowanej, jak i elektronicznej (internetowej). Jest to wiedza bardzo obszerna i z oczywistych powodów nie będziemy w tym artykule nadmiernie rozwijać. Jako lekturę wprowadzającą warto potraktować artykuły Jacka Jakubowskiego, Andrzeja Dobrowolskiego i Piotra Komura pt. „Wzmacniacze pomiarowe w teorii i w praktyce”, które publikowaliśmy w EP6 i 7/2007, a także artykuł Jacka Bogusza „Wzmacniacze pomiarowe w medycynie” zamieszczony w tym numerze EP. Poniżej przedstawimy skrócone oferty scalonych wzmacniaczy pomiarowych kilku najbardziej liczących się producentów.

## Podstawowe parametry wzmacniaczy pomiarowych

Aby móc w miarę obiektywnie porównać wyroby poszczególnych producentów konieczne jest zapoznanie się z zastosowaniami tego typu układów oraz przypomnienie ich najważniejszych parametrów.

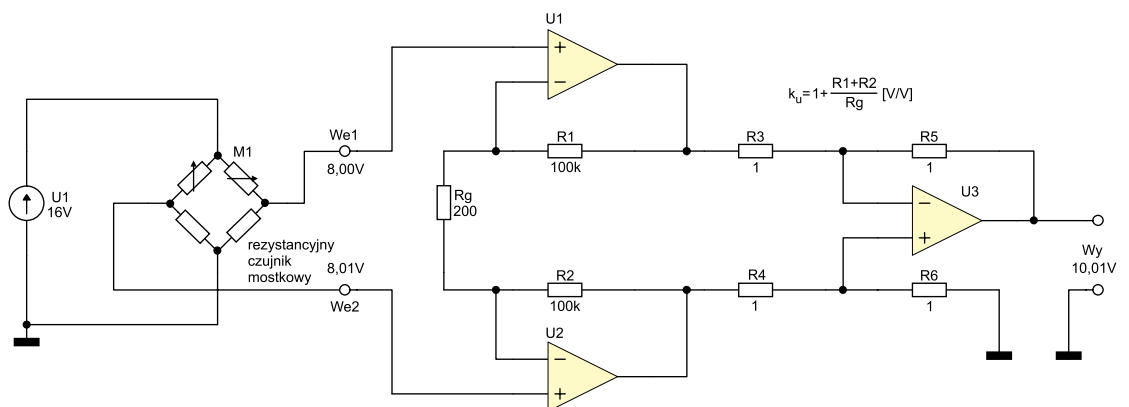
Z uwagi na swoje cechy, wzmacniacze pomiarowe służą do pomiarów bardzo małych sygnałów występujących na tle silnych

zakłóceń i szumów. Często różnicowy sygnał użytkowy jest dużo mniejszy od sumacyjnych sygnałów zakłócających. Typowe zastosowania to wzmocnienie sygnałów z wszelkiego rodzaju czujników różnych wielkości nieelektrycznych najczęściej pracujących w układzie mostkowym. Są to np.: czujniki ciśnienia, siły (tensometry), temperatury itp. Wzmacniacze pomiarowe są nieodzowne w aparaturze medycznej, w urządzeniach mierzących bardzo małe różnice potencjałów na ciele człowieka – EKG, EEG, ale są również stosowane nawet w sprzęcie akustycznym, gdzie sprawdzają się idealnie jako przedwzmacniacze mikrofonowe skutecznie tłumiąc przydźwięki i inne zakłócenia indukowane na kablach sygnałowych. Ważną, można nawet powiedzieć fundamentalną cechą wzmacniaczy pomiarowych jest możliwość doprowadzania do ich wejść sygnałów posiadających dużą składową stałą, która jako sygnał sumacyjny będzie całkowicie wytłumiona na wyjściu. Składowa taka będzie zawsze występowała w czujnikach pracujących w układzie mostkowym zasilanych

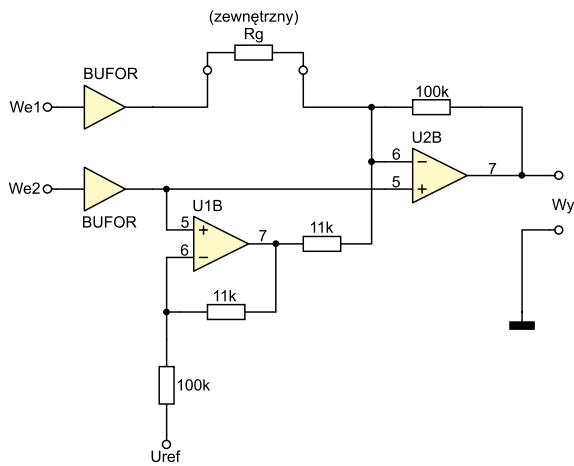
napięciem stałym. Na rys. 1 przedstawiono typową konfigurację wzmacniacza pomiarowego zbudowanego przy użyciu 3 wzmacniaczy operacyjnych. Jak widać mierzone napięcie niezrównoważenia mostka równe 10 mV występuje na tle dużej składowej stałej rzędu 8 V. Napięcie na niesymetrycznym wyjściu prezentowanego wzmacniacza pomiarowego będzie równe iloczynowi wejściowego napięcia różnicowego i wzmocnienia układu, które w tym przypadku jest równe 1001 V/V.

Najważniejsze parametry techniczne, na które trzeba zwracać uwagę przeglądając dane katalogowe wzmacniaczy pomiarowych to:

- Współczynnik tłumienia sygnału sumacyjnego (CMRR – *Common Mode Rejection Ratio*) - parametr określający stosunek wzmocnienia sygnału różnicowego do wzmocnienia sygnału wspólnego (sumacyjnego). Parametr ten jest podawany w decybelach i w spotykanych na rynku układach osiąga wartości od 60 nawet do ponad 120 dB. Warto pamiętać o tym, że współczynnik CMRR maleje w funkcji częstotliwości.
- Napięcie niezrównoważenia, czyli takie wejściowe napięcie różnicowe, któremu odpowiada zerowe napięcie wyjściowe. Pozornie przeczy to zasadzie działania wzmacniacza, wszak jakiegokolwiek napięcie różne od zera na wejściu wzmacniacza powinno po wzmocnieniu wytwarzać odpowiednio duże napięcie



Rys. 1. Typowa konfiguracja wzmacniacza pomiarowego



Rys. 2. Inna konfiguracja wzmacniacza pomiarowego, w której wzmacnienie jest ustalane jednym rezystorem

wyjściowe. Pamiętajmy jednak, że mamy do czynienia ze wzmacniaczami rzeczywistymi i teorię musimy odsunąć troszeczkę na bok.

- Dryft napięcia niezrównoważenia, czyli zmiany napięcia niezrównoważenia wywołane np. zmianami temperatury. Jest to dość istotny parametr wzmacniacza, gdyż w żadnej aplikacji nie da się uniknąć wpływu temperatury. O ile można sobie wyobrazić stosunkowo proste metody kompensacji napięcia niezrównoważenia, o tyle z kompensacją dryftu temperaturowego tego napięcia nie jest już tak łatwo.
- Wzmocnienie. Wzmocnienie wzmacniaczy pomiarowych może osiągać wartości od 1 V/V do ponad 10000 V/V. W najczęściej spotykanych konstrukcjach wzmacniaczy pomiarowych jest to parametr ustawiany za pomocą jednego rezystora, najczęściej zewnętrznego. Jak widać na rys. 1 i na rys. 2 rezystor  $R_g$  pełniący tę funkcję jest całkowicie odizolowany od wejść wzmacniacza. Pozostałe rezystory mają również wpływ na wzmocnienie. Istotnym zagadnieniem (np. dla zapewnienia dużego CMRR) jest uzyskanie jak największej symetrii układu. Z tego względu rezystory wewnętrzne są na ogół trzymowane laserowo na etapie produkcji. Aby uniknąć niedoskonało-

ści rezystorów zewnętrznych stosuje się również rozwiązania, w których w układzie scalonym wykonano specjalnie zaprojektowaną matrycę rezystorów trzymowanych laserowo, włączanych lub wyłączanych poprzez wykonanie odpowiednich połączeń końcówek ustalających wzmocnienie. Przykładem takiego wzmacniacza pomiarowego jest układ AD624 firmy Analog Devices (rys. 3), w którym wzmocnienie może być ustawione na 1, 100, 200, 500 lub 1000 V/V.

- Impedancja wejściowa. Impedancja wejściowa idealnego wzmacniacza powinna być nieskończenie wielka. W układach rzeczywistych będzie ona oczywiście ograniczona. Typowe wartości z jakimi można się najczęściej spotkać w praktyce są rzędu 1...kilku GΩ.
- Impedancja wyjściowa. Wzmacniacz pomiarowy jest tylko fragmentem większego układu. Najczęściej się do niego dołączane kolejne bloki funkcjonalne, takie jak filtry, przetworniki A/C itp. Aby wzmacniacz mógł prawidłowo z nimi współpracować, jego impedancja wyjściowa powinna być jak najmniejsza. W praktyce są to pojedyncze miliomy, a nawet ułamki miliomów.
- Szumy. To niezwykle ważny parametr, jeśli weźmiemy pod uwagę to, że wzmacniacz pomiarowy pracuje z bardzo małymi napięciami wejściowymi (różnicowymi). Szum własny nie powinien maskować sygnału użytkowego. Parametr określający poziom szumu wejściowego dobrego wzmacniacza pomiarowego nie powinien być gorszy niż  $10 \text{ V}/\sqrt{\text{Hz}}$  dla 1 kHz w odniesieniu do wejścia.
- Pasma. W większości zastosowań wzmacniacze pomiarowe pracują z sygnałami stałymi lub wolnozmiennymi. Nie jest to jednak reguła – przykładem mogą być wspomniane już przedwzmacniacze audio. Pamiętajmy również, że z pozoru

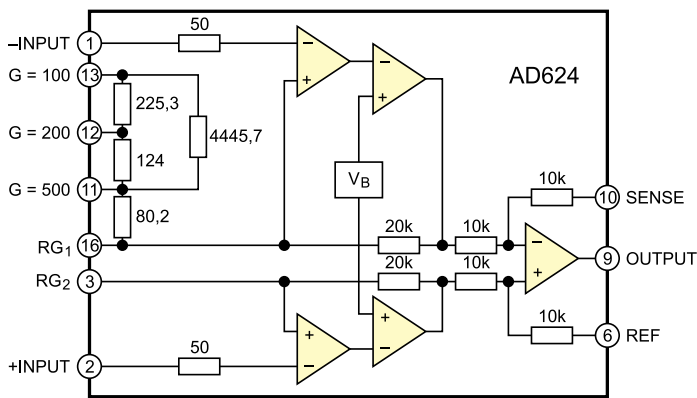
kim pracuje dany wzmacniacz pomiarowy. Nachylenie charakterystyki jest najczęściej równe 20 dB/dek. Przykładowo, pasmo wzmacniacza MAX4209 firmy Maxim jest równe 75 kHz dla wzmocnienia 10 V/V, 7,5 kHz dla 100 V/V i 750 Hz dla 1000 V/V. Na ogół również pasmo będzie zależało od mocy pobieranej przez układ. Wzmacniacze o małej mocy będą niestety miały węższe pasmo.

Tendencja do obniżania napięć zasilających skutkuje dość znacznym ograniczeniem zakresu napięć roboczych. Zauważmy, że w aplikacjach zasilanych napięciem 3,3 V zakres ten stanowi 66% zakresu, jaki jest dostępny w aplikacjach zasilanych napięciem 5 V, a przecież spotykane są coraz częściej urządzenia zasilane jeszcze niższym napięciem. Szumy niestety nie zmniejszają się proporcjonalnie do wartości napięcia zasilającego, skutkiem czego może być zmniejszenie stosunku sygnału do szumu wraz ze zmniejszaniem napięcia zasilającego. Z tego względu konstruktorzy dążą do jak najbardziej optymalnego wykorzystania napięcia zasilającego i z tego względu ważną cechą wzmacniaczy jest napięciowy zakres pracy wejść i wyjść. Ideałem byłoby, gdyby zarówno napięcie wejściowe, jak i wyjściowe mogło osiągać wartości od  $+U_z$  do  $-U_z$  ( $U_z$  napięcie zasilające, odpowiednio dodatnie i ujemne). Jest to szczególnie istotne w układach z wyjściem asymetrycznym zasilanych pojedynczym napięciem, w których zależy nam na tym, by móc uzyskać zerowe napięcie wyjściowe. Zdolność taką mają wzmacniacze typu *Rail-to-Rail* pracujące niemal w pełnym zakresie napięć zasilających. Ważne jest, żeby cecha ta dotyczyła zarówno wejścia, jak i wyjścia.

### Przegląd wzmacniaczy różnych producentów

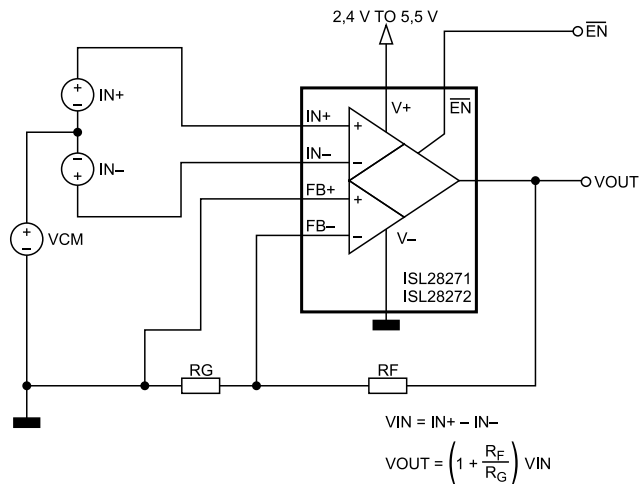
Wzmacniacze pomiarowe, mimo pozornej prostoty budowy, są układami, których wyprodukowanie w postaci scalonej nie jest łatwe, przynajmniej przy akceptowalnych dla użytkowników relacji ceny do parametrów technicznych. Z tego względu dawniej dość często był budowany „na piechotę” w oparciu o zwykle wzmacniacze operacyjne. Scalone wzmacniacze pomiarowe nadal są produkowane przez stosunkowo niewielką liczbę producentów, znacznie częściej można znaleźć w ofertach grupę „wzmacniacze różnicowe”. Nie można jednak postawić równości pomiędzy tymi typami wzmacniaczy.

Biorąc pod uwagę rys historyczny nie można nie wspomnieć o firmie Burr-Brown, która przed laty była jednym z niewielu liderów w tym zakresie produkcji. Co więcej, była to firma, która produkowała niemal wyłącznie wzmacniacze operacyjne o bardzo wysokich parametrach, wzmacniacze



Rys. 3. Schemat wewnętrzny układu AD624 firmy Analog Devices





Rys. 7. Poglądowy schemat jednego kanału układu ISL2821 firmy Intersil Corporation

znacznie ograniczono prądy wejściowe do wartości rzędu zaledwie 100 pA. W rezultacie został drastycznie zminimalizowany prąd szumów, który w układzie AD8225 jest równy tylko 50 fA/√(Hz) (sic!).

W ofercie Analog Devices znajdują się również wzmacniacze pomiarowe optymalizowane np. pod kątem zastosowań z zasilaniem pojedynczym napięciem (np. AD623), minimalizacji poboru mocy przy pojedynczym napięciu zasilającym (np. AD627), a także układy z cyfrowym ustawianiem wzmocnienia, np. AD8250 lub AD8251. Te ostatnie są dedykowane szczególnie do zastosowań w sprzęcie medycznym. Przyjęto w nich rzadko spotykany równoległy interfejs cyfrowy, który umożliwia 4-stopniową regulację wzmocnienia (1, 2, 5, 10 V/V). Składa się on z dwóch linii słowa danych i linii strobujującej zapis w wewnętrznym rejestrze.

Kolejnym producentem scalonych wzmacniaczy pomiarowych jest Intersil Corporation. Z oferty tej firmy można polecić układ ISL28271 odznaczający się bardzo dobrą liniowością. Typowa wartość błędu wzmocnienia jest równa zaledwie 0,081%, a CMRR jest równy 100 dB. Jest to podwójny wzmacniacz przystosowany do zasilania jednym napięciem w zakresie 2,4...5,5 V spełniający warunki *Rail-to-Rail* zarówno od strony wejścia, jak i wyjścia. Przy obciążeniu wyjścia rezystancją 100 kΩ wyjściowe tranzystory PMOS i NMOS są zdolne do podciągnięcia wyjścia odpowiednio w górę i w dół poniżej 4 mV od dodatniego napięcia zasilającego lub 4 mV powyżej ujemnego napięcia zasilającego lub masy. Wyjście ma wewnętrzne ograniczenie prądowe do wartości 31 mA. Każdy z dwóch wzmacniaczy może być wyłączany przypisanym mu wejściem sterującym. Jeśli zostanie na nie podane napięcie wyższe niż 2 V, wyjście wzmacniacza przechodzi w stan wysokiej impedancji. Układ odznacza się bardzo dobrymi parametrami dla napięć stałych i zmiennych, jest wewnętrznie skompensowany dla wzmocnienia równego lub

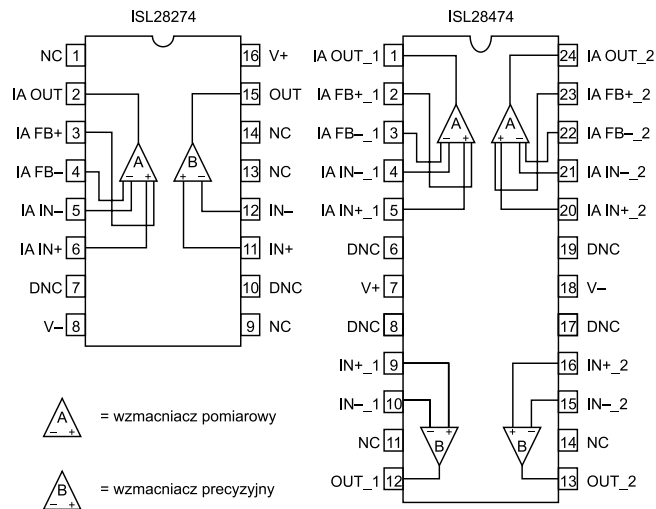
większego niż 10 V/V. Prąd pobierany w normalnym trybie pracy jest równy 120 μA, ale po wyłączeniu obu wzmacniaczy maleje do wartości 4 μA. Wzmocnienie jest ustawiane dwoma zewnętrznymi rezystorami. Poglądowy schemat jednego kanału układu ISL2821 przedstawiono na rys. 7.

Nie często spotykanym rozwiązaniem jest integracja w jednej obudowie wzmacniacza pomiarowego z precyzyjnym wzmacniaczem

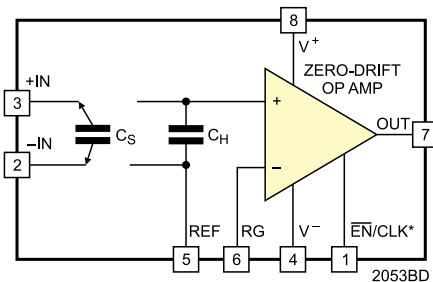
operacyjnym low-power. Taki pomysł wydaje się bardzo trafny, gdyż w większości przypadków wzmacniacz pomiarowy i tak współpracuje z jakimś wzmacniaczem operacyjnym. Układ wykonany według powyższej koncepcji – ISL28274 – ma w swojej ofercie Intersil Corporation. Jak większość wzmacniaczy produkowanych przez tę firmę, ma on własność *Rail-to-Rail* dla wejścia i dla wyjścia. W układzie ISL28274 znajdują się dwa komplety wzmacniaczy. Jest jeszcze wersja poczwórna oznaczona symbolem ISL28474 (rys. 8).

Do producentów wzmacniaczy operacyjnych dołączył również Linear Technology. Konstruktorom są dobrze znane również jego inne układy analogowe odznaczające się wysoką jakością. Na razie w ofercie znajduje się jeden przedstawiciel wzmacniaczy pomiarowych. Jest to układ LTC2053, ale trzeba przyznać, że firma od razu ustawiła wysoko poprzeczkę, gdyż jest to wzmacniacz o dobrych parametrach. Na dodatek jego konstrukcja odbiega od dobrze znanych standardów. Może nieco dziwić, że bardziej przypomina on klasyczny wzmacniacz operacyjny w układzie z wejściem nieodwracającym, niż którąś z typowych wersji wzmacniacza pomiarowego. Pewną pośrednio związaną z tym niewygodą jest regulacja wzmocnienia realizowana za pomocą dwóch rezystorów, ale jest to zrekompensowane taki-

mi parametrami jak: nieliniowość – typowo 3 ppm, błąd wzmocnienia – 0,001%, CMRR dla wzmocnienia 1 V/V równy 113 dB dla napięcia zasilającego 3 V i 116 dB dla 5 V. Parametr ten ulega kolejnej poprawie przy zasilaniu dwoma napięciami i przy napięciu zasilającym równym ±5 V CMRR jest równy 118 dB. Wejściowe napięcie szumów ma wartość 2,5 μV<sub>pp</sub>. Wzmacniacz może być wprowadzany w stan uśpienia, w którym pobiera prąd o natężeniu 10 μA. W normalnej pracy jest to ok. 0,85 mA. Schemat blokowy układu LTC2053 przedstawiono na rys. 9. Jak widać w strukturze zaimplementowano dwa przełączane kondensatory, które tłumaczą tak znaczne uproszczenie budowy wzmacniacza. Kondensatory te są mianowicie wykorzystywane do próbkowania różnicowego sygnału wejściowego, tworzą układ próbkująco-pamiętający. Do napięcia na kondensatorze pamiętającym C<sub>H</sub> dodawana jest składowa stała podawana za pośrednictwem wyprowadzenia REF. Uzyskano w ten sposób możliwość wzmocniania w klasycznej konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego, ale z zerowym dryfem napięciowym. Układ wymaga jednak przebiegu zegarowego taktującego przełączeniem pojemności C<sub>S</sub> i C<sub>H</sub>. Jest w związku z tym produkowany w dwóch wersjach: LTC2053 i LTC2053-SYNC. W pierwszej wersji cały blok taktowania znajduje się w strukturze i nie jest



Rys. 8. Schemat wewnętrzny układów ISL28274 i ISL28474 firmy Intersil Corporation



\*NOTE: PIN 1 IS EN ON THE LTC2053 AND CLK ON THE LTC2053-SYNC

Rys. 9. Schemat blokowy układu LTC2053 firmy Linear Technology

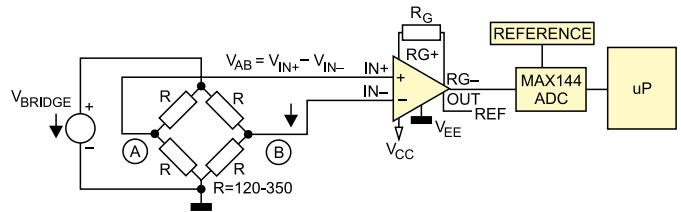
wymagane podawanie żadnego zewnętrznego przebiegu. W wersji z suffixem SYNC przebieg taki musi być podany z zewnątrz, co jest jednak z różnych względów czasami bardziej korzystne.

Poszukując producentów wzmacniaczy pomiarowych dotarliśmy do Illinois, gdzie mieści się biuro konstrukcyjne kolejnego giganta, jakim jest Maxim Integrated Products. Maxim oferuje wzmacniacze pomiarowe w kilku konfiguracjach. W klasycznej – z trzema wzmacniaczami operacyjnymi – dostępne są układy MAX194...197. Mają one zbliżone do siebie parametry, przy czym w układach przyjęto stałe wzmocnienie równe: 1 (MAX195), 10 (MAX196) i 100 (MAX197). W układzie MAX194 wzmocnienie można regulować w zakresie od 1 do 10000, i tak jak w podobnych rozwiązaniach wystarczy w tym celu dobrać jeden rezystor. Układy są zasilane pojedynczym napięciem 2,5...7,5 V i mają wejścia i wyjścia typu *Rail-to-Rail*. Typową aplikację z mostkiem tensometrycznym przedstawiono na **rys. 10**.

W urządzeniach wymagających pracy z dużymi częstotliwościami z powodzeniem można stosować wzmacniacze MAX4461. Przykładowo pasmo 3-decybelowe układu MAX4461T jest równe 250 kHz przy wzmocnieniu 10 V/V. Tak dobrą wartość tego parametru uzyskano dzięki zastosowaniu opracowanego przez MAXIM-a układu pośredniego sprzężenia prądowego. Przy okazji osiągnięto również bardzo dobrą wartość współczynnika CMRR, który jest równy 120 dB. Jeszcze lepszą wartość CMRR, bo aż 135 dB uzyskano we wzmacniaczach MAX4208 i MAX4209. Zastosowano w nich opracowaną przez MAXIM-a i chronioną patentami specjalną technikę korygującą offset napięcia wejściowego oraz jego drijf zarówno temperaturowy, jak i czasowy. Uzyskano

w ten sposób offset napięciowy na poziomie 20  $\mu\text{V}$ . Wejście napięcia referencyjnego ustalającego napięcie wejściowe dla zerowego napięcia wyjściowego jest wewnętrznie buforowane, co pozwala dołączać je bezpośrednio np. do rezystancyjnego dzielnika napięciowego. Wzmacniacze charakteryzują się szerokim pasmem pracy 750 kHz przy wzmocnieniu 1 V/V. Są produkowane w 8-nóżkowych ultraminiaturowych obudowach typu  $\mu\text{MAX}$ .

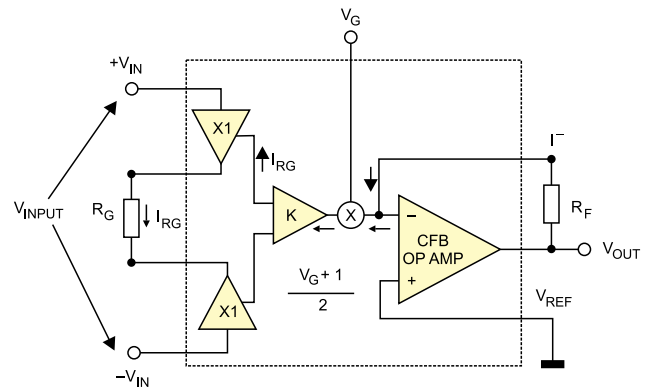
Dostawcą wzmacniaczy pomiarowych jest również firma Micro Networks, która wyodrębniła 4 grupy wzmacniaczy pomiarowych. Są to układy ze stopniem Track-Hold przeznaczone dla 12-bitowych aplikacji, klasyczne wzmacniacze pomiarowe, wzmacniacze z programowalnym wzmocnieniem i niskoszumne wzmacniacze pomiarowe. Oferta jest jednak stosunkowo mało atrakcyjna ze względu na dostępność układów prawie wyłącznie w przestarzałych typach obudów (DIP) i braku deklaracji RoHS, co w kontekście tematu przewodniego niniejszego numeru EP ma mniejsze znaczenie, ale w ogólnym przypadku może stanowić problem. Konieczność stosowania dwóch napięć zasilających również może być czasami niewygodna. W ofercie wyróżnia się



**Rys. 10. Typowa aplikacja układu MAX197 z mostkiem tensometrycznym firmy Maxim Integrated Products**

precyzyjny, niskoszumny wzmacniacz pomiarowy z wejściami na tranzystorach FET, produkowany w trzech odmianach różniących się wzmocnieniem. I tak MN2310 ma wzmocnienie 30 dB (32 V/V), MN2311 – 40 dB (100 V/V), a i MN2312 – 50 dB (316 V/V). Wzmocnienie jest ustalone fabrycznie i nie można go zmieniać. Układ jest produkowany w 44-nóżkowej ceramicznej obudowie CLCC.


National Semiconductor to kolejna firma z wielkimi tradycjami. Na liście produkowanych układów znajdziemy wzmacniacze kwalifikowane przez NS do grupy *Variable*




$$V_{OUT} = I_{RG} \times K \times \left[ \frac{V_G + 1}{2} \right] \times R_F \text{ FOR } -1 < V_G < +1$$

**Rys. 11. Schemat funkcjonalny wzmacniacza LMH6503 firmy National Semiconductor**



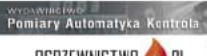

R E K L A M A














**III Targi Pneumatyki, Hydrauliki, Napędów i Sterowań**  
**3-5.03.2010, Kielce**



Patronat medialny:

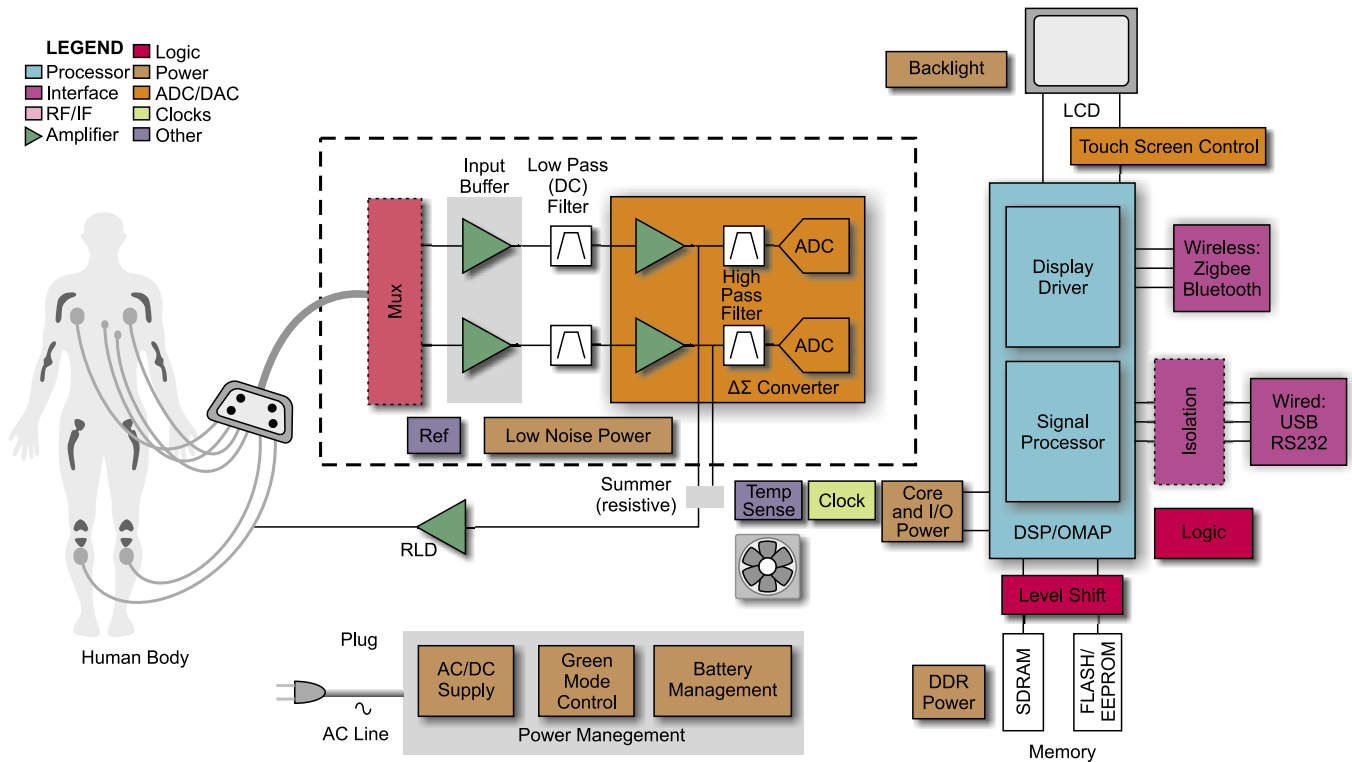





Targi Kielce, ul. Zakładowa 1, 25-672 Kielce  
**Informacje o targach:** Menedżer Projektu - Joanna Adamczyk  
 tel.: 041 365 12 14, fax: 041 365 13 13, e-mail: adamczyk.j@targkielce.pl

www.pneumaticon.targkielce.pl



Rys. 12. Przykładowa aplikacja medyczna z zastosowaniem układów TI

Gain Amplifier, czyli wzmacniaczy z regulowanym wzmocnieniem. Nie są to układy Low-power, typowe prądy pobierane z zasilania wynoszą co najmniej kilkanaście miliamperów. Układy mogą za to pracować w bardzo szerokim paśmie częstotliwości i wyróżniają się bardzo dobrymi parametrami Slew Rate, co oznacza, że są zdolne do przenoszenia sygnałów o bardzo stromych zboczach. Na przykład charakterystyka wzmacniacza LMH6503 wykazuje 3-decybelowy spadek w okolicach 135 MHz przy wzmocnieniu 10 V/V, a Slew Rate jest równy 1800 V/μs. Parametry szumowe (6,6 nV/√(Hz)) powinny również zadowolić większość konstruktorów. Nieco gorzej na tle omawianych wcześniej typowych wzmacniaczy pomiarowych przedstawia się CMRR, który w tym przypadku ma wartość tylko 67 dB. W stopniu końcowym zastosowano wzmacniacz transimpedancyjny realizujący prądowe sprzężenie zwrotne. Konieczne w związku z tym jest dołączanie zewnętrznego rezystora  $R_f$  ustalającego głębokość tego sprzężenia. Schemat funkcjonalny wzmacniacza LMH6503 przedstawiono na rys. 11.

### Aplikacje

Medycyna to niemal nieograniczone pole do działania dla elektroniki. Elektronikę medyczną wyróżnia posunięta do granic możliwości niezawodność i zapewnienie bezpieczeństwa użytkownikom. Do produkcji urządzeń tej klasy stosuje się podzespoły najwyższej jakości, korzysta się z najnowszej myśli technicznej. Dla konstruktorów i producentów jest to dziedzina bardzo intratna, bo tu oszczędność jest niewskazana, ale trzeba rów-

nież pamiętać o olbrzymiej odpowiedzialności każdego wytwórcy sprzętu medycznego. W artykule zostały przedstawione wzmacniacze pomiarowe, które stanowią bardzo istotny element większości tego typu urządzeń od prostych mierników ciśnienia krwi, do tak skomplikowanej aparatury jaką jest tomografia komputerowa. Wiele rozwiązań układowych jest chronionych patentami, nie można zatem liczyć na to, że w Elektronice Praktycznej zostaną kiedyś dokładnie opisane. Byłoby to wręcz nierozsądne, gdyż mogłoby zainspirować domorosłych elektroników do próby wykonania podobnych urządzeń, a co gorsze ich nieumiejętnego użytkowania i bez wymaganych atestów. Nie oznacza to jednak, że elektronika medyczna ma pozostawać wiedzą tajemną. Spora dawka sekretów została zresztą ujawniona w artykułach tego numeru, a to jeszcze nie wszystko. Na zakończenie proponujemy odwiedzenie strony <http://focus.ti.com/apps/docs/appcategory.jsp?appId=270>, na której przedstawiono w sposób interaktywny kilka ciekawych przykładów z zakresu elektroniki medycznej. Są tam zamieszczone schematy blokowe m.in. takich urządzeń jak: przyrząd do określania stężenia tlenu i dwutlenku węgla we krwi, defibrylator, miernik ciśnienia krwi, przyrząd do wspomaganie oddychania, skaner tomografu komputerowego, maszyna do dializy, elektrokrardiogram, endoskop, pompa infuzyjna i wiele innych nie mniej interesujących. Na rys. 12 przedstawiono przykładowy zrzut ekranowy strony, na której jest pokazany elektrokardiograf. Kliknięcie na dowolny blok funkcjonalny powoduje wyświetlenie listy układów produkowanych przez Texas Instruments, które mogą

być wykorzystane do budowy tego bloku. Pod każdym rysunkiem znajduje się obszerny opis danego urządzenia.

### Porządek czy chaos?

Przedstawione wyżej oferty na wzmacniacze pomiarowe różnych producentów nie wyczerpują oczywiście tematu. Doświadczeni elektronicy mogą się dziwić, że nie padły tu nazwy kilku znanych firm zajmujących czołowe pozycje w przemyśle elektronicznym. Przyczyną na ogół była trudność klasyfikacji ich wyrobów, które mimo, że „zahaczały” o tematykę wzmacniaczy pomiarowych, to jednak zdaniem autora nie mieściły się w przyjętych założeniach. Największy kłopot był z grupą scalonych wzmacniaczy różnicowych, które jednakże stanowią odrębną grupę układów i nie można było dołączyć ich do wzmacniaczy pomiarowych. Problemem była też bardzo zróżnicowana liczba oferowanych typów w ramach opisywanej grupy układów. Na dobrą sprawę cały artykuł można by wypełnić opisem wyrobów firmy Analog Devices czy Texas Instruments, ale przecież nie o to chodzi. Z kolei inni elektronicy, którzy od lat „siedzą w temacie” i rutynowo sięgają po wyroby stale tych samych producentów być może teraz zadają sobie po cichu pytanie: „Jak to? To ktoś oprócz AD i TI potrafi też robić wzmacniacze pomiarowe?”. Artykuł proszę więc traktować jako wyzwanie rzucone Czytelnikom i zachętę do samodzielnego wirtualnego przewertowania kilku internetowych katalogów. Nadchodzą długie zimowe wieczory, więc będzie na to sporo czasu.

Jarosław Doliński, EP  
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl