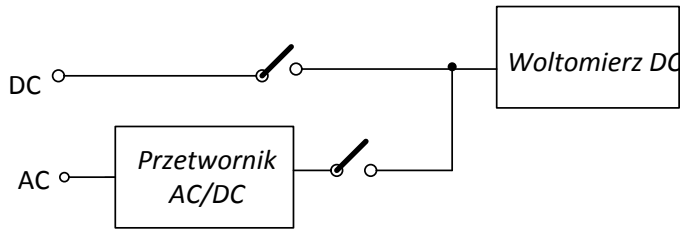


Przetworniki AC/DC



Rys. 1. Sposób pomiaru napięć DC i AC

Jeśli mierzymy napięcie przemiennie ze składową stałą to pomiaru musimy dokonać dwukrotnie a następnie wykonać działanie

$$U_{AC+DC} = \sqrt{U_{AC}^2 + U_{DC}^2}$$

Na rynku są też woltomierze które mają trzy wejścia: AC, DC i AC+DC – w pozycji AC+DC wykonują one powyższą operację.

$$U_{sr} = 0.637 U_m \quad U_{RMS} = 0.707 U_m$$

Przetworniki AC/DC odgrywają dużą rolę w przetwarzaniu sygnałów i pomiarach. W praktyce wszystkie woltomierze są woltomierzami napięcia stałego – nie ma woltomierzy napięcia przemiennego. Wprawdzie wszystkie woltomierze mają wejście DC (napięcie stałe – direct current) i wejście AC (napięcie przemiennie – alternating current) ale zazwyczaj są to tylko woltomierze napięcia stałego z dołączanym przetwornikiem AC/DC.

Napięcie przemiennie

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

Może być przetwarzane na pięć średnie:

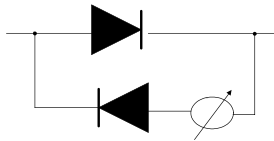
$$U_{sr} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} |u(t)| dt$$

Lub napięcie skuteczne

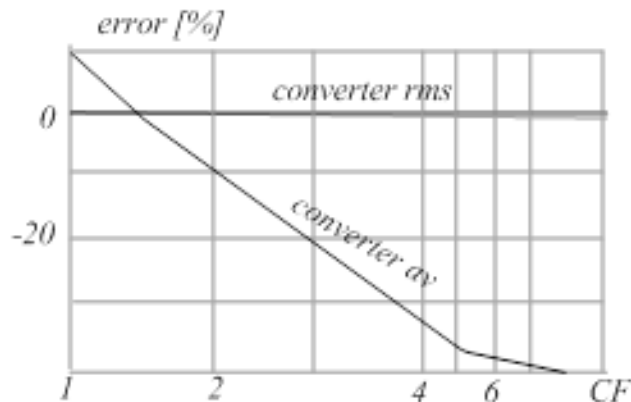
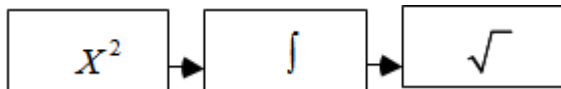
$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u^2(t) dt}$$

True RMS

Rys.2. Miernik prostownikowy



Rys.3. Miernik true RMS (po angielsku wartość skuteczna to rms – czyli root-mean-square – a więc podniesienie do kwadratu, scałkowanie i pierwiastkowanie



Dawniej najbardziej popularną metodą pomiaru i przetwarzania AC/Dc było użycie prostownika. Niestety przetworniki prostownikowe przetwarzają napięcie AC na wartość średnią, a nas interesuje wartość skuteczna. Ponieważ wiemy że $U_{rms}/U_{sr} = 1.11$ mierniki były skalowane w wartościach średnich przy uwzględnieniu tego współczynnika.

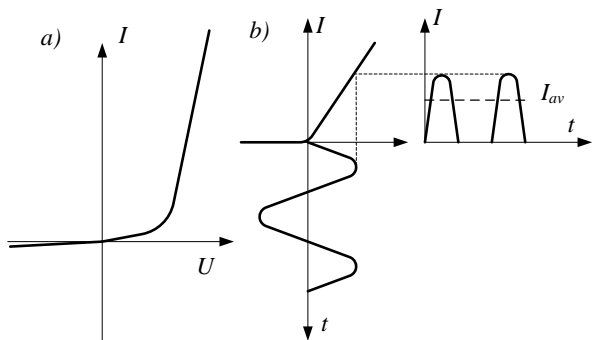
| Waveform | rms value | CF | Error [%] |
|----------|-----------|------|-----------|
| Sine | 0.707 | 1.41 | 0 |
| Square | 1 | 1 | 11 |
| Triangle | 0.577 | 1.73 | -3.8 |
| Noise | 0.333 | 3 | |
| Pulse | 0.1 | 10 | -44 |

CF – crest factor opisujący zniekształcenie sygnału
 $CF = U_m / U_{rms}$

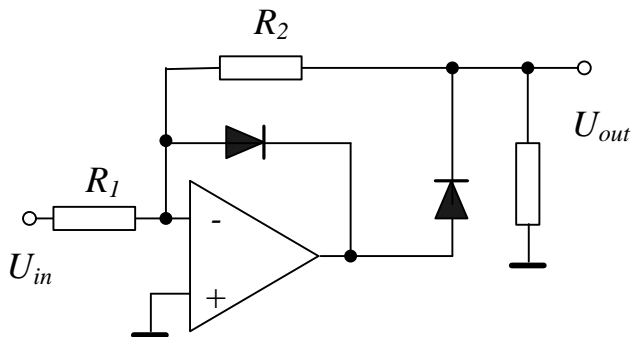
Niestety zależność ta obowiązuje jedynie dla sinusoidy – dla innych kształtów powstaje znaczny błąd (dla przebiegu prostokątnego 11%). Dlatego producenci umieszczają często na mierniku napis „true rms” co znaczy że stosowany jest przetwornik przedstawiony na rys.3.

Przetworniki prostownikowe wartości średniej

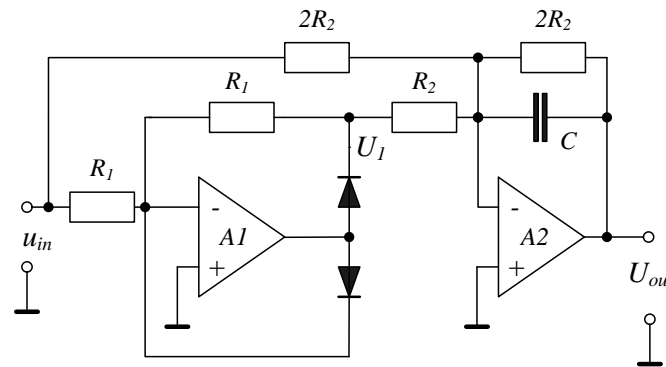
Rys. 4 . Zasada działania prostownika



Rys.5. Przetwornik z prostownikiem w pętli sprzężenia zwrotnego



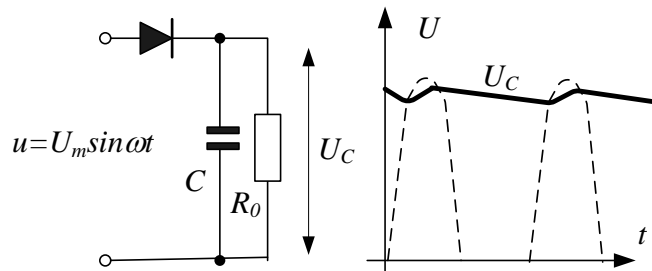
Wykorzystywana jest właściwość prostownika który przewodzi tylko sygnały dodatnie (rsy.4). Niestety przetwornik przedstawiony na rys. 2 jest niedokładny ponieważ charakterystyka prostownika nie jest liniowa. Dlatego częściej stosuje się przetwornik w którym dioda prostownicza umieszczona jest w pętli sprzężenia zwrotnego (rys. 5 i 6)



Rys. 6. Przetwornik wartości średniej AC/DC

Przetwornik wartości szczytowej (peak to peak)

Rys. 7. Zasada działania miernika wartości szczytowej

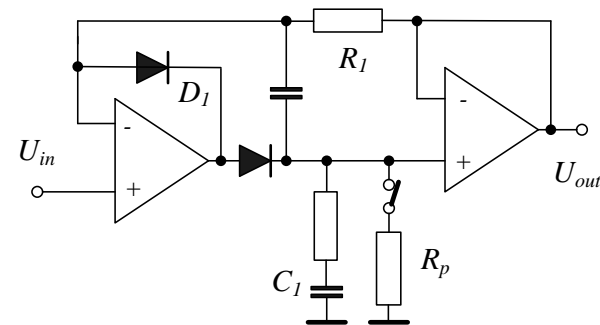
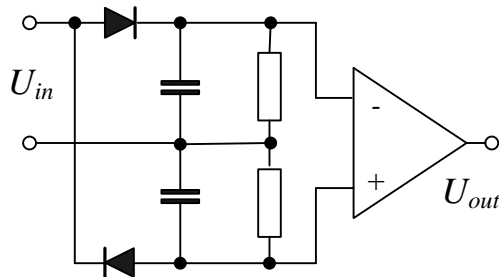


Stosując prostownik można określać wartość maksymalną sygnału dołączając na wyjściu kondensator ładujący się do wartości maksymalnej sygnału.

Popularne są też mierniki wartości międzyszczytowej – peak to peak – składające się z dwóch mierników wartości maksymalnej.

Także i w tym przypadku korzystnie jest umieszczać prostownik w pętli sprzężenia zwrotnego – rys. 9.

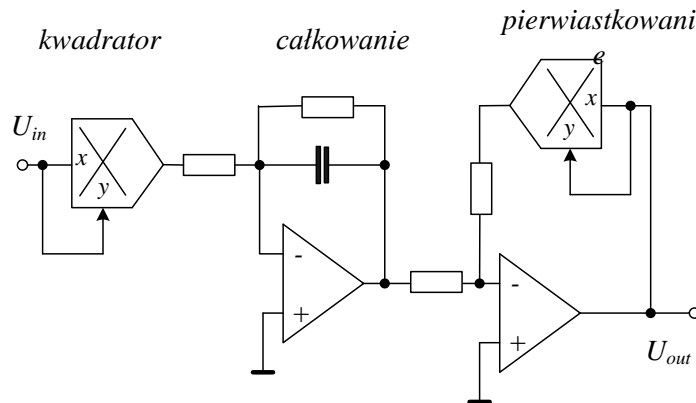
Rys. 8. Zasada działania przetwornika wartości międzyszczytowej



Rys.9. Przetwornik wartości szczytowej

Przetwornik true rms z dwoma mnożnikami

Rys. 9. Przetwornik true rms z mnożnikiem



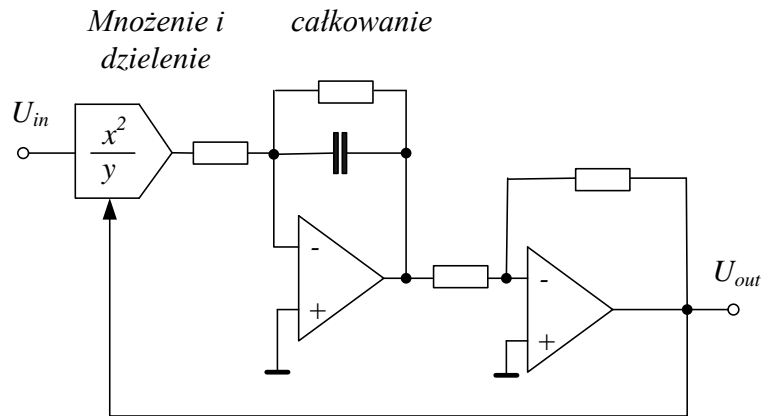
Aby przetworzyć wartość skuteczną trzeba wykonać trzy operacje – kwadratowanie, całkowanie i pierwiastkowanie sygnału

$$U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int u^2(t) dt}$$

. Do tego celu wykorzystuje się urządzenie zwane mnożnikiem oraz wzmacniacz całkujący.

Przetwornik true rms z jednym mnożnikiem

Rys. 10. Przetwornik true rms z jednym mnożnikiem



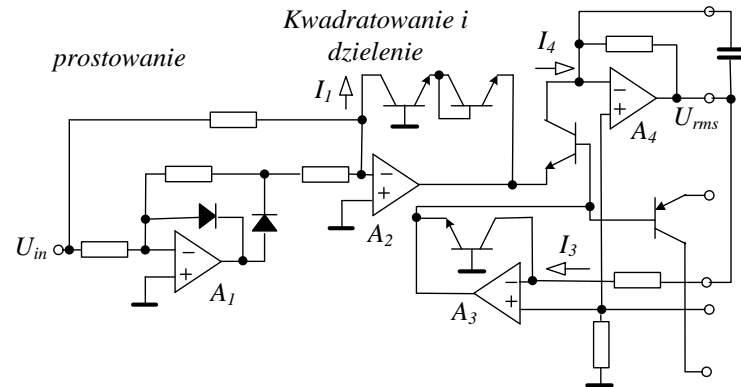
Pełny schemat przetwornika true rms firmy Analog Devices typ AD637 przedstawiono na rys. 11

Można uniknąć konieczności pierwiastkowania sygnału stosując pomysł przedstawiony na rys. 10. W układzie tym

$$U_{out} = \frac{U_{in}^2}{U_{out}}$$

A więc

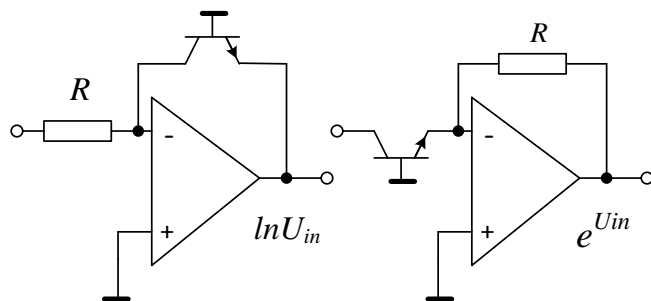
$$U_{out} = \sqrt{U_{in}^2}$$



Rys. 11. Przetwornik AD637

Przetwornik true rms ze wzmacniaczem logarytmującym

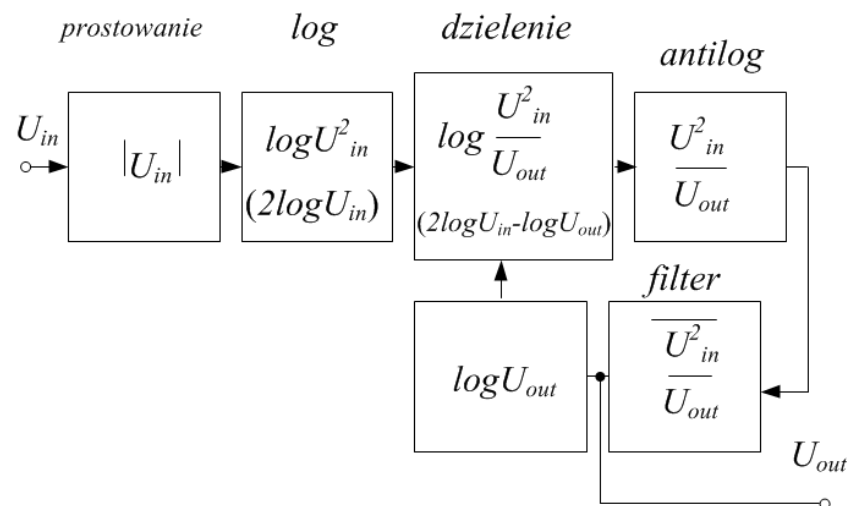
Rys. 12. Wzmacniacz logarytmujący i delogarytmujący



Warto zwrócić uwagę że przetwornik przedstawiony na rys. 13 wykorzystuje ten sam chwyt co przetwornik z jednym mnożnikiem, a mianowicie oblicza U_{we}^2/U_{wy}

Na rynku pojawiły się proste i tanie wzmacniacze logarytmujące które mogą zastąpić mnożnik zgodnie z zasadą:

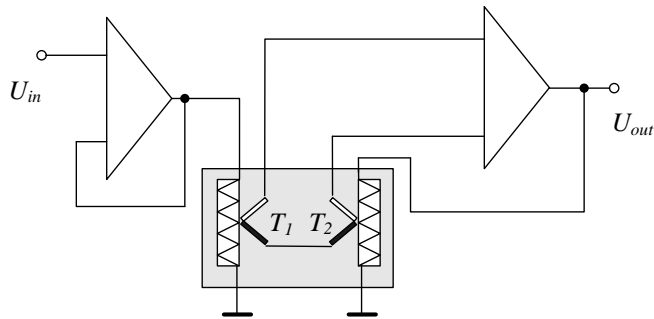
$$\log X + \log Y = \log XY$$



Rys. Logarytmujący przetwornik true rms typ AD737

Przetwornik termiczny

Rys.13. Przetwornik cieplny LT 1088



Zupełnie inną zasadę realizuje przetwornik cieplny, a mianowicie:

Wartość skuteczna napięcia przemiennego jest równa wartości napięcia stałego które w obwodzie o rezystancji R w ciągu jednego okresu powoduje wydzielanie tej samej ilości ciepła.

W układzie przedstawionym na rys. 13 prąd przemienny przepływa przez mikroducik do którego przymocowane jest mikrotermopelement mierzący temperaturę. Na wejściu wzmacniacza wyjściowego powstaje sygnał spowodowany różnicą sygnałów obu termoelementów. Wzmacniacz wyjściowy zmienia prądo wyjściowy do momentu kiedy temperatura obu drucików jest taka sama.

Porównanie właściwości przetworników true rms

W tabeli 1 przedstawiono parametry typowych przetworników true rms. Widać że przetwornik logarytmujący AD737 ma znacznie lepszą dokładność w porównaniu z przetwornikiem z mnożnikiem Ad637. Jest to jednak kosztem mniejszego pasma częstotliwości i mniejszego dopuszczalnego współczynnika szczytu CF.

Przetwornik cieplny ma znacznie większe pasmo i współczynnik szczytu – niestety firma Linear Technology zaprzestała jego produkcji, ale ideę tę można samemu potoryć.

Tabela 1. Właściwości typowych przetworników true rms

| Model | Producent | max niepewność przetwarzania | pasmo | wsp. szczytu |
|--------|-----------------|------------------------------|--------|--------------|
| AD536 | Analog Devices | $5\text{mV} \pm 0,5\%$ | 450kHz | 7 |
| AD637 | Analog Devices | $1\text{mV} \pm 0,5\%$ | 1MHz | 10 |
| AD737 | Analog Devices | $0,2\text{mV} \pm 0,5\%$ | 190kHz | 5 |
| LH0091 | National Semic. | $0,5\text{mV} \pm 0,05\%$ | 800kHz | 10 |
| LT1088 | Linear Techn. | 0,01FS | 300MHz | 50 |