

KOMPUTEROWE SYSTEMY POMIAROWE

Dr inż. Eligiusz PAWŁOWSKI

Politechnika Lubelska

Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Prezentacja do wykładu dla EMNS - ITwE

Semestr letni

Wykład nr 6



Prawo autorskie

Niniejsze materiały podlegają ochronie zgodnie z **Ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych** (Dz.U. 1994 nr 24 poz. 83 z późniejszymi zmianami).

Materiał ten udostępniam **do celów dydaktycznych** jako materiały pomocnicze do wykładu z przedmiotu Komputerowe Systemy Pomiarowe prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Mogą z nich również korzystać inne osoby zainteresowane tą tematyką. Do tego celu materiały te można **bez ograniczeń przeglądać, drukować i kopiować wyłącznie w całości**.

Wykorzystywanie tych materiałów bez zgody autora w inny sposób i do innych celów niż te, do których zostały udostępnione, **jest zabronione**.

W szczególności **niedopuszczalne jest**: usuwanie nazwiska autora, edytowanie treści, kopiowanie fragmentów i wykorzystywanie w całości lub w części do własnych publikacji.

Eligiusz Pawłowski

Uwagi dydaktyczne

Niniejsza prezentacja stanowi **tylko i wyłącznie materiały pomocnicze** do wykładu z przedmiotu Komputerowe Systemy Pomiarowe prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Udostępnienie studentom tej prezentacji nie zwalnia ich z konieczności sporządzania **własnych notatek z wykładów** ani też nie zastępuje **samodzielnego studiowania** obowiązujących podręczników.

Tym samym zawartość niniejszej prezentacji w szczególności **nie może być** traktowana jako zakres materiału obowiązujący na egzaminie.

Na egzaminie obowiązujący jest **zakres materiału faktycznie wyłożony podczas wykładu** oraz zawarty w odpowiadających mu fragmentach **podręczników** podanych w wykazie literatury do wykładu.

Eligiusz Pawłowski

Współpraca przetwornika A/C z komputerem c.d.

Przypomnienie tematyki poprzedniego wykładu.

Problemy współpracy przetwornika A/C z komputerem:

- 1-Taktowanie procesora i przetwornika sygnałami zegarowymi pochodzącymi z różnych źródeł,
- 2-Asynchroniczna realizacja algorytmu w komputerze względem algorytmu sterującego przetwornikiem A/C,
- 3-Konieczność zapewnienia czasu na wykonanie pomiaru.

Organizacja współpracy przetwornika A/C z komputerem

Metody współpracy przetwornika A/C z komputerem:

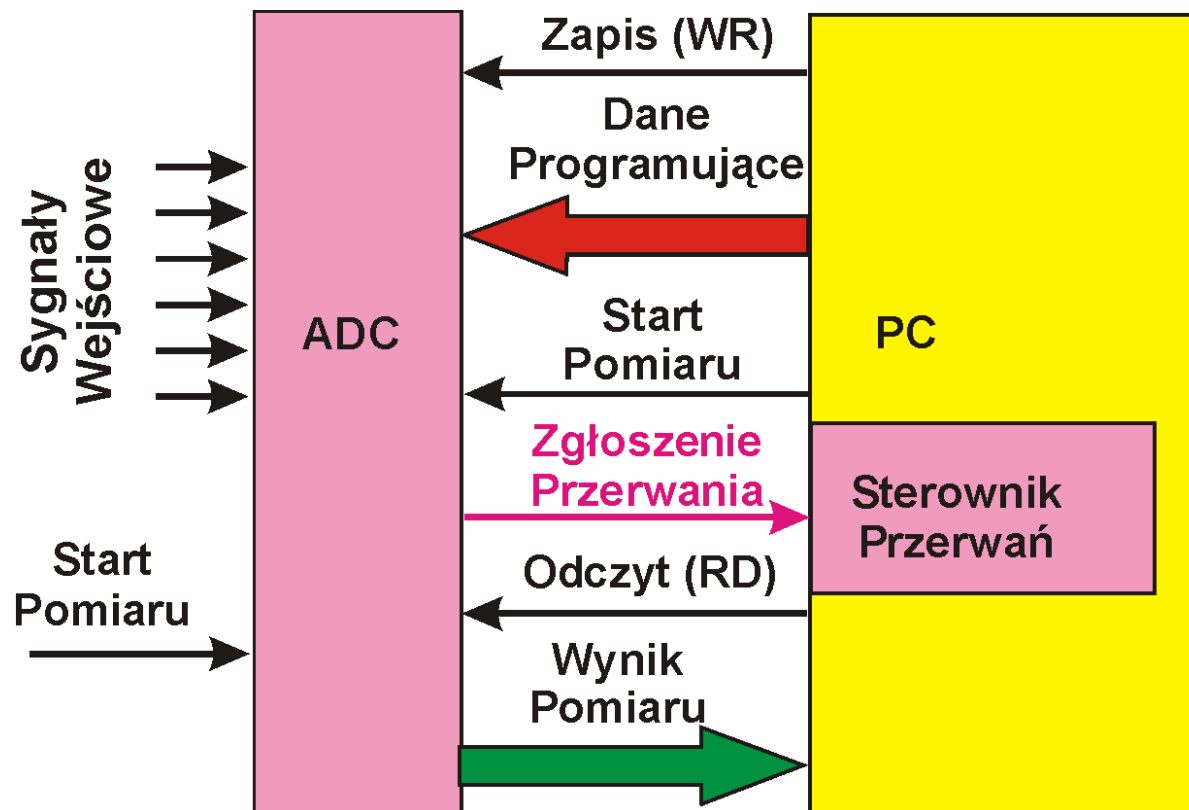
Omówione na poprzednim wykładzie:

- 1-Prosta obsługa przetwornika z opóźnieniem czasowym na wykonanie pomiaru,
- 2-Programowe sprawdzanie stanu przetwornika (ang. *polling*),

Na dzisiejszym wykładzie:

- 3-Sygnalizacja wykonania pomiaru poprzez system przerwań,
- 4-Wykorzystanie bezpośredniego dostępu do pamięci DMA.

Sygnalizacja wykonania pomiaru poprzez system przerw



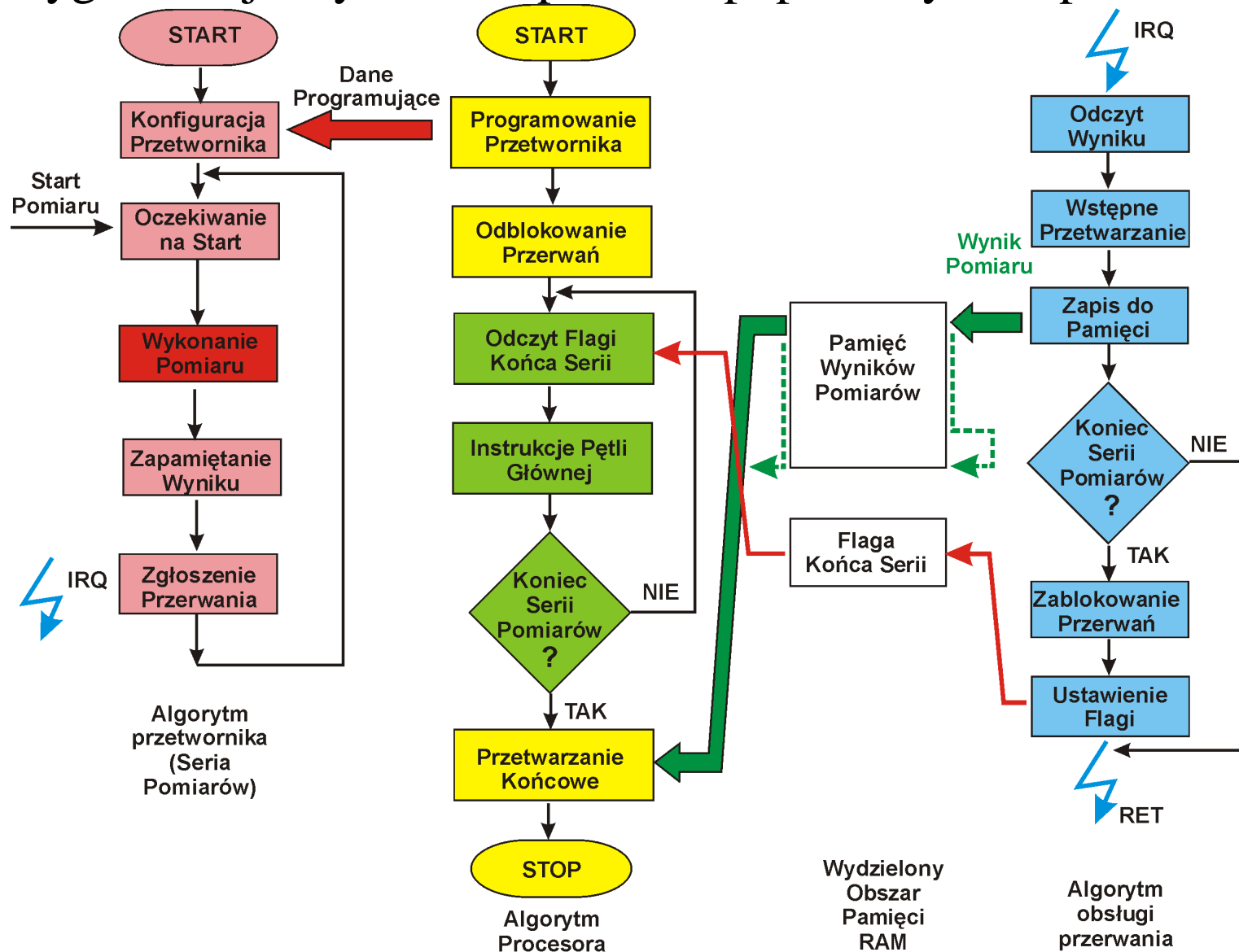
Sygnalizacja wykonania pomiaru poprzez system przerw, zestawienie sygnałów sterujących

Sygnalizacja wykonania pomiaru poprzez system przerwań

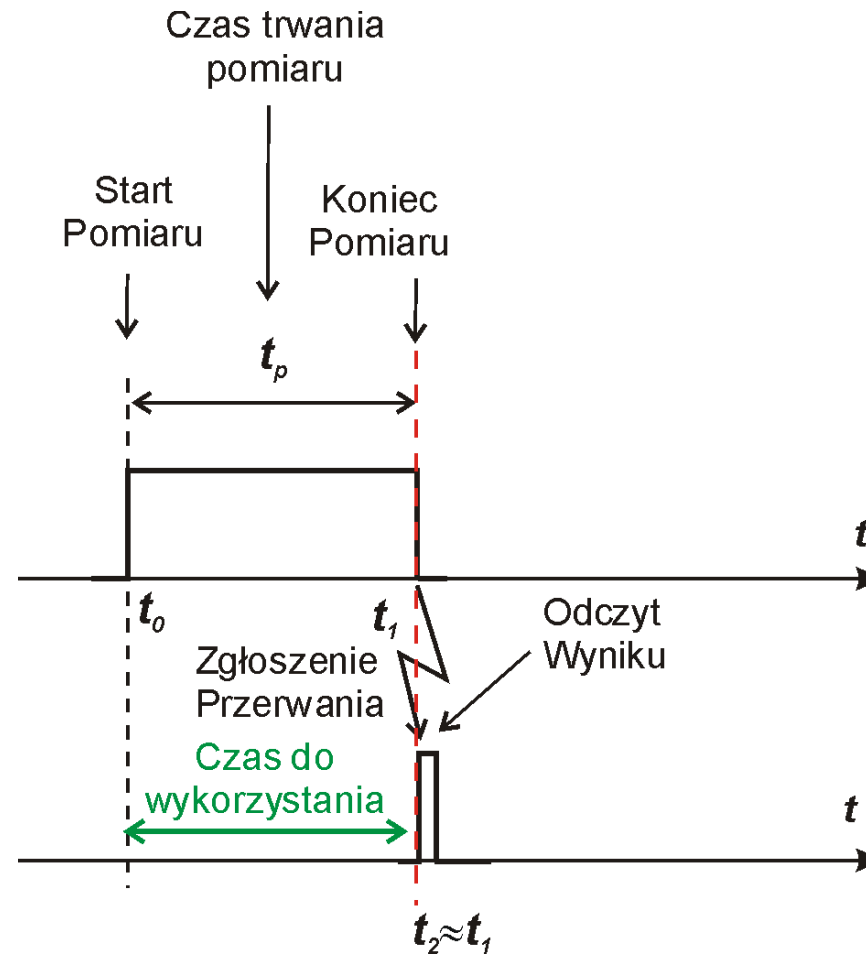
Sekwencja sterująca:

- 1-Programowanie przetwornika,
- 2-Programowanie sterownika przerwań,
- 3-Start Pomiaru (z programu lub sygnałem zewnętrznym),
- 4-Realizacja innych zadań w oczekiwaniu na przerwanie,
- 5-Po zgłoszeniu przerwania odczyt wyniku,
- 6-Zapis wyniku do kolejnych komórek pamięci,
- 7-Sprawdzenie warunku zakończenia serii pomiarów,
- 8-Przetwarzanie wyników zgromadzonych w pamięci.

Sygnalizacja wykonania pomiaru poprzez system przerwań



Sygnalizacja wykonania pomiaru poprzez system przerwań

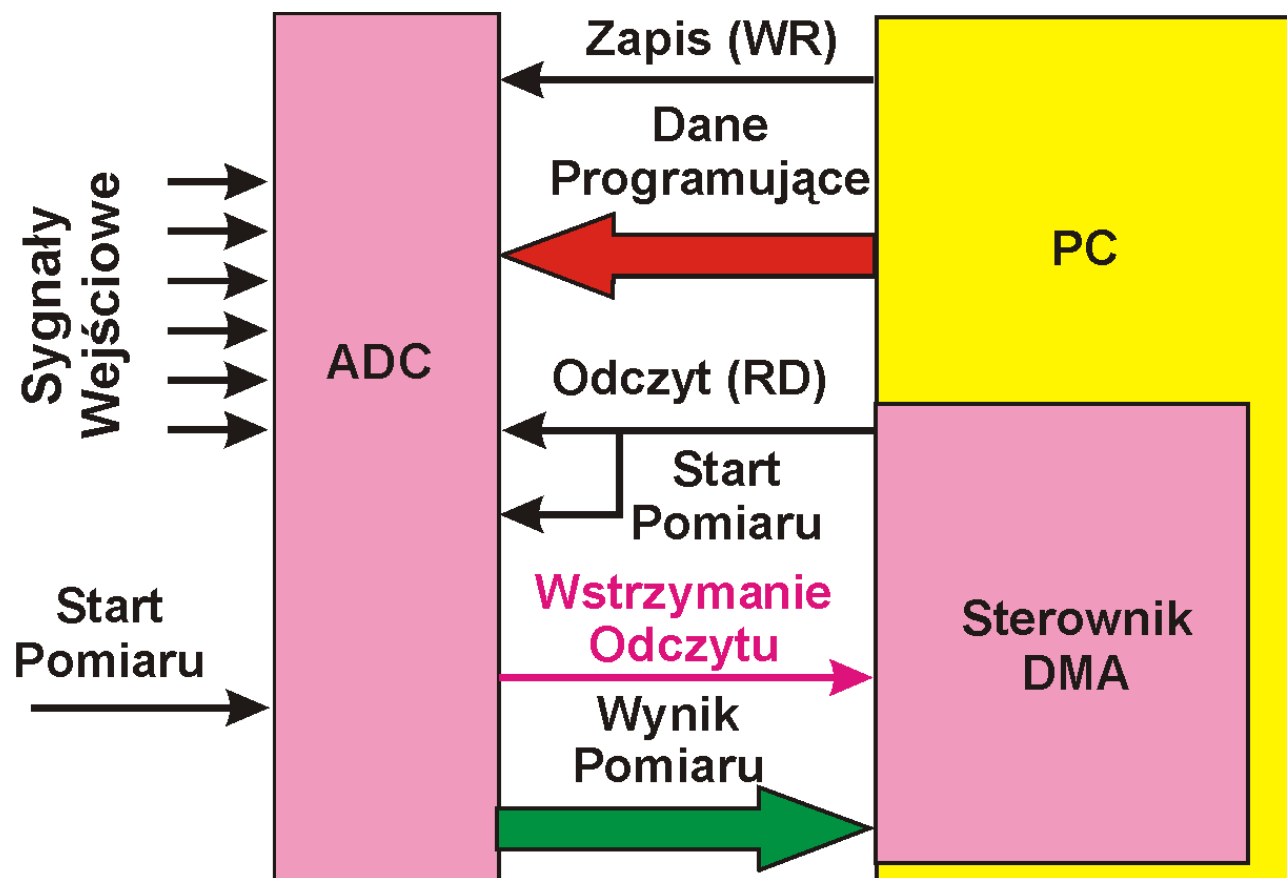


Sygnalizacja wykonania pomiaru poprzez system przerwań

Właściwości:

- 1-Rozwiązanie bardzo szybkie,
- 2-Zaawansowana metoda, trudniejsza do oprogramowania,
- 3-Program samoczynnie dopasowuje się do szybkości przetwornika,
- 4-Oczekiwanie na zgłoszenie przerwania po wykonaniu pomiaru **nie zajmuje czasu procesora**, który może w tym czasie realizować inne zadania,
- 5-Możliwe wyzwalanie pomiaru z programu lub sygnałem zewnętrznym, szczególnie przy serii pomiarów.

Wykorzystanie bezpośredniego dostępu do pamięci DMA



Wykorzystanie bezpośredniego dostępu do pamięci DMA,
zestawienie sygnałów sterujących

Wykorzystanie bezpośredniego dostępu do pamięci DMA

Sekwencja sterująca:

1-Programowanie przetwornika,

2-Programowanie sterownika DMA,

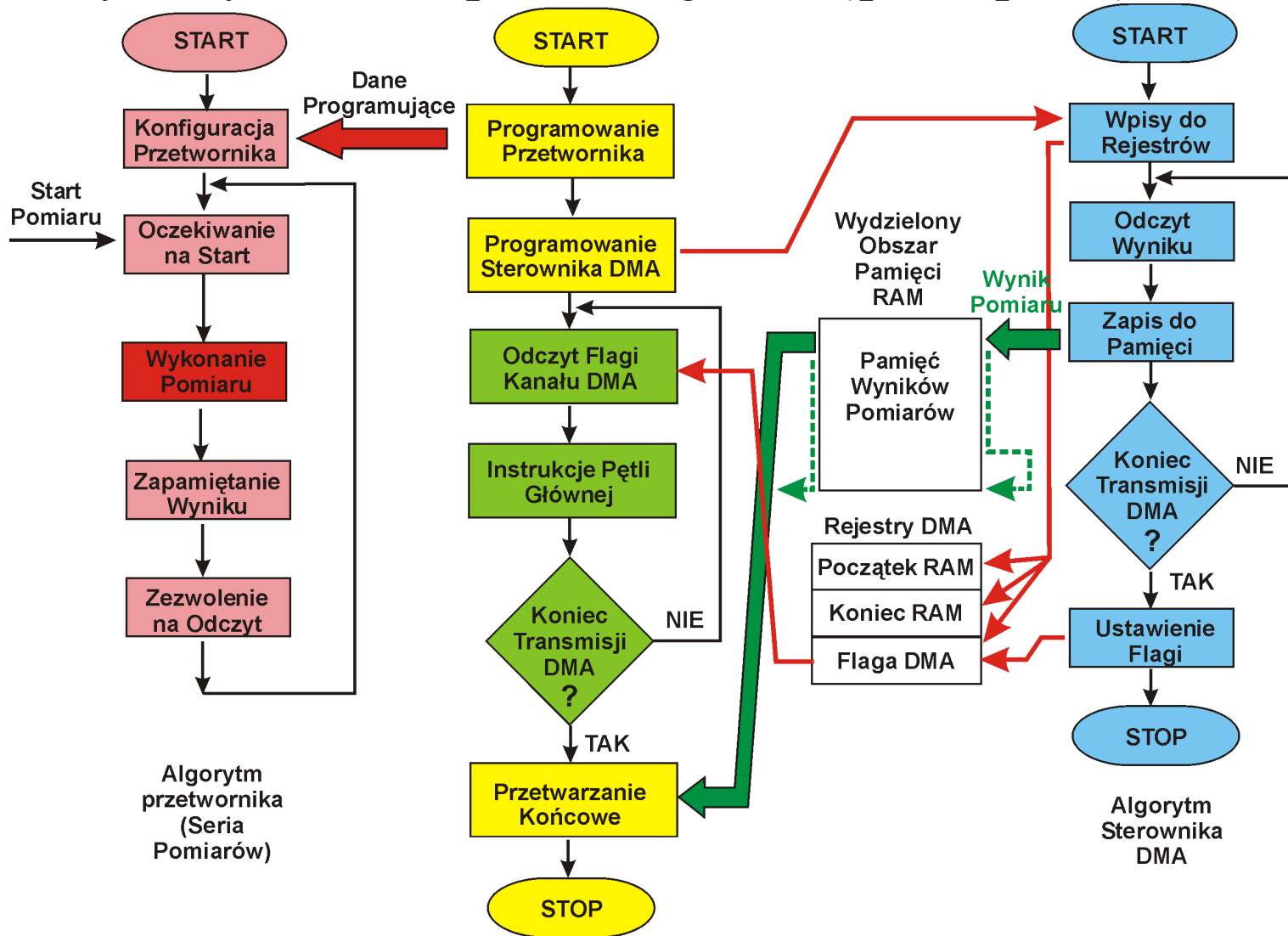
3-Start Pomiaru (z kanału DMA lub z zewnątrz),

4-Realizacja innych zadań w oczekiwaniu na koniec transmisji DMA,

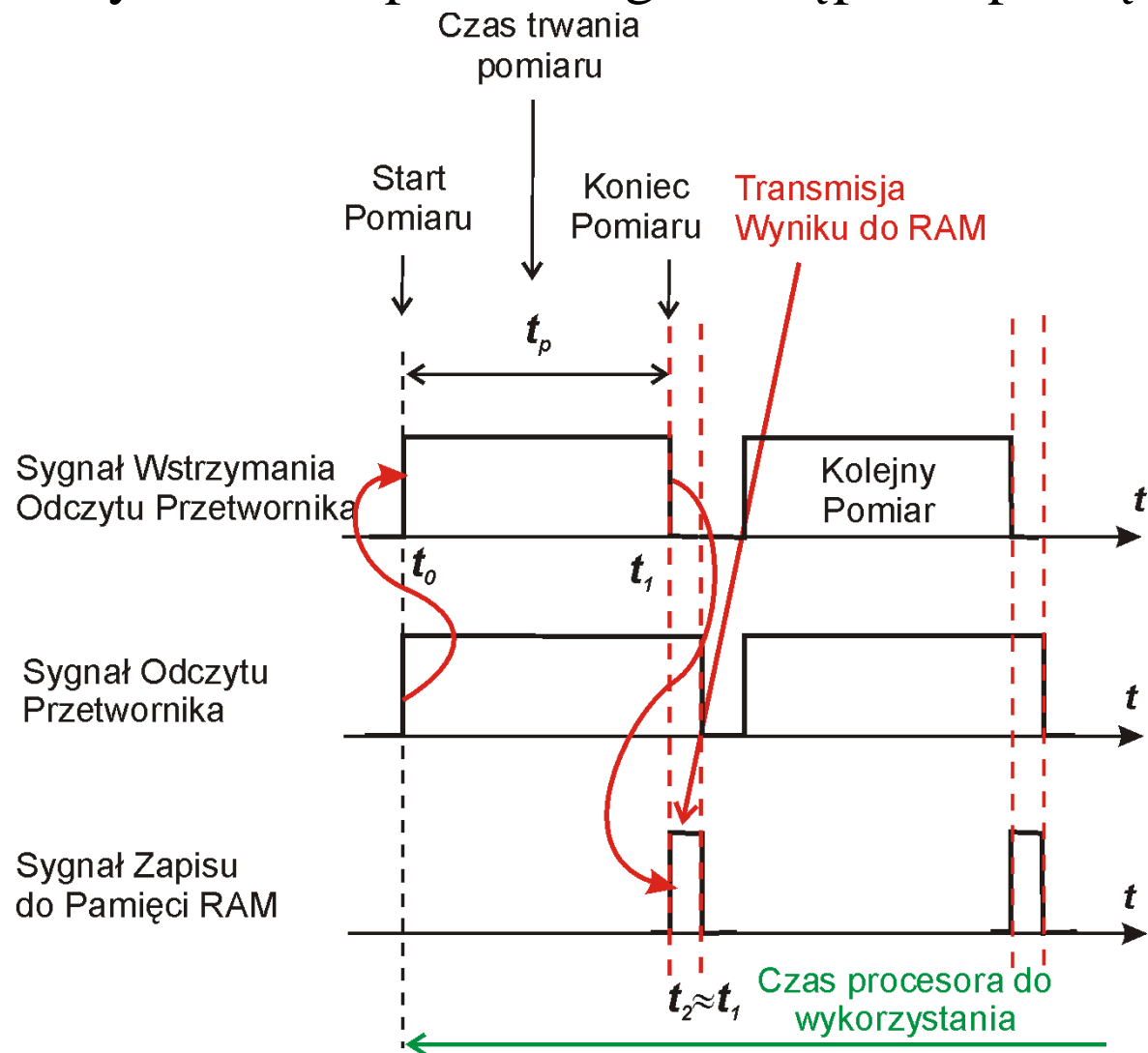
5-Po zakończeniu transmisji odczyt wyników z pamięci,

6-Przetwarzanie uzyskanych wyników.

Wykorzystanie bezpośredniego dostępu do pamięci DMA



Wykorzystanie bezpośredniego dostępu do pamięci DMA



Podsumowanie tej części wykładu

1. Współpraca procesora z układem pomiarowym (przetwornikiem A/C) jest utrudniona ze względu na ich niezależne, asynchroniczne względem siebie działanie, co utrudnia efektywne wykorzystanie czasu pracy procesora.
2. Podstawowym problemem jest zsynchronizowanie pracy algorytmu procesora z algorytmem sterującym przetwornikiem A/C w chwili odczytu wyniku.
3. Najprostszym rozwiązaniem jest wprowadzenie stałego opóźnienia czasowego pomiędzy wyzwoleniem pomiaru a odczytem wyniku.
4. Stosunkowo prostym i dość skutecznym sposobem jest programowe sprawdzanie stanu urządzenia (ang. *polling*).
5. Dużo szybszym sposobem jest wykorzystanie systemu przerw, co pozwala również efektywniej wykorzystać czas pracy procesora.
6. Najszybszym i najefektywniejszym czasowo rozwiązaniem jest wykorzystanie bezpośredniego dostępu do pamięci DMA.

Układy wejściowe *DAQ-Cards*

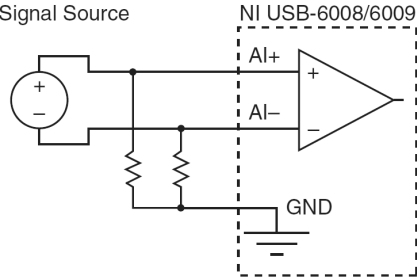
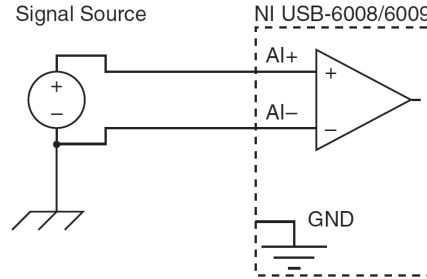
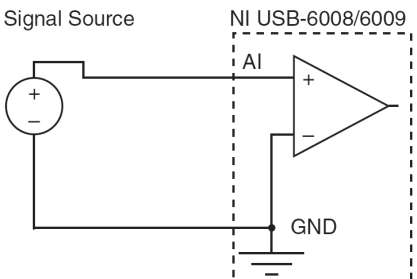
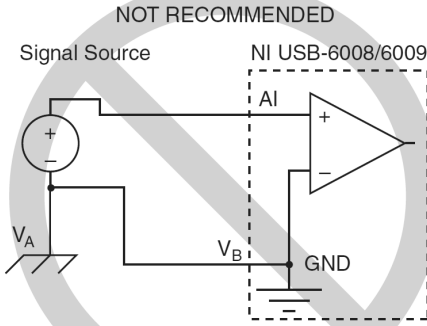
Wzmacniacze stosowane w technice pomiarowej:

1. Wzmacniacze niesymetryczne (*referenced single ended, RSE*)

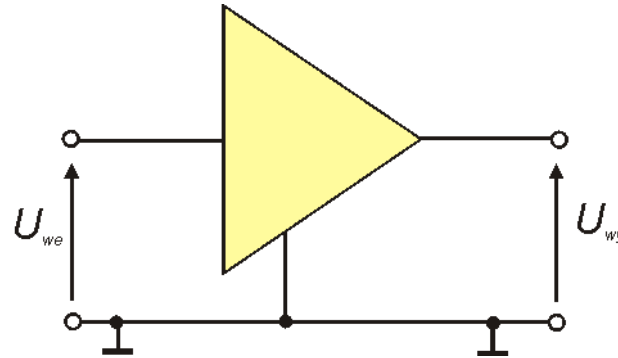
2. Wzmacniacze symetryczne (różnicowe, pomiarowe, instrumentalne, *differential input, instrumentation amplifier*)

3. Wzmacniacze izolacyjne (*isolation amplifier*)

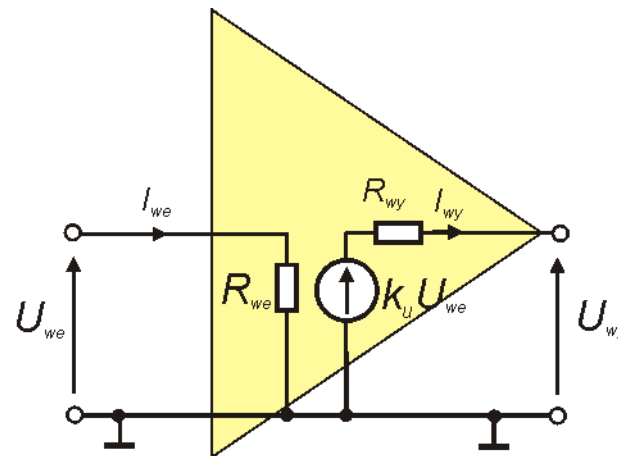
NI USB-6008/6009 – konfiguracja wejść analogowych

<p>Analog Input Mode</p>	<p>Floating Signal Sources (Not Connected to Building Ground)</p> <p>Examples:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ungrounded thermocouples • Signal conditioning with isolated outputs • Battery devices 	<p>Ground-Referenced Signal Sources</p> <p>Example:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plug-in instruments with non-isolated outputs
<p>Differential (DIFF)</p>		
<p>Referenced Single-Ended (RSE)</p>		<p>NOT RECOMMENDED</p>  <p>Ground-loop potential ($V_A - V_B$) are added to measured signal.</p>

Wzmacniacz niesymetryczny



Symbol wzmacniacza niesymetrycznego



Uproszczony schemat blokowy wzmacniacza niesymetrycznego

Podstawowe parametry wzmacniacza niesymetrycznego

1. Wzmocnienie napięciowe k_u

$$k_u = \frac{U_{wy}}{U_{we}}$$

2. Rezystancja wejściowa R_{we}

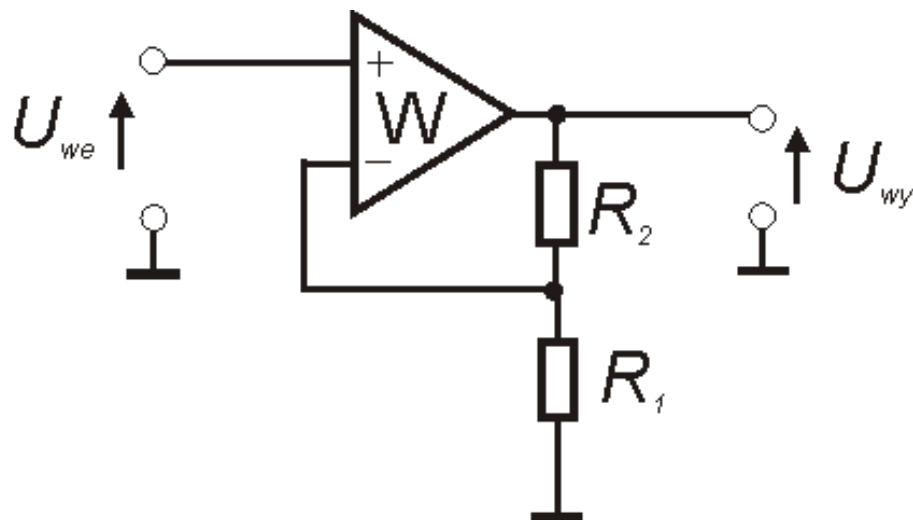
$$R_{we} = \frac{\Delta U_{we}}{\Delta I_{we}}$$

3. Rezystancja wyjściowa R_{wy}

$$R_{wy} = \frac{-\Delta U_{wy}}{\Delta I_{wy}}$$

4. Pasmo przenoszenia B_u (-3dB)

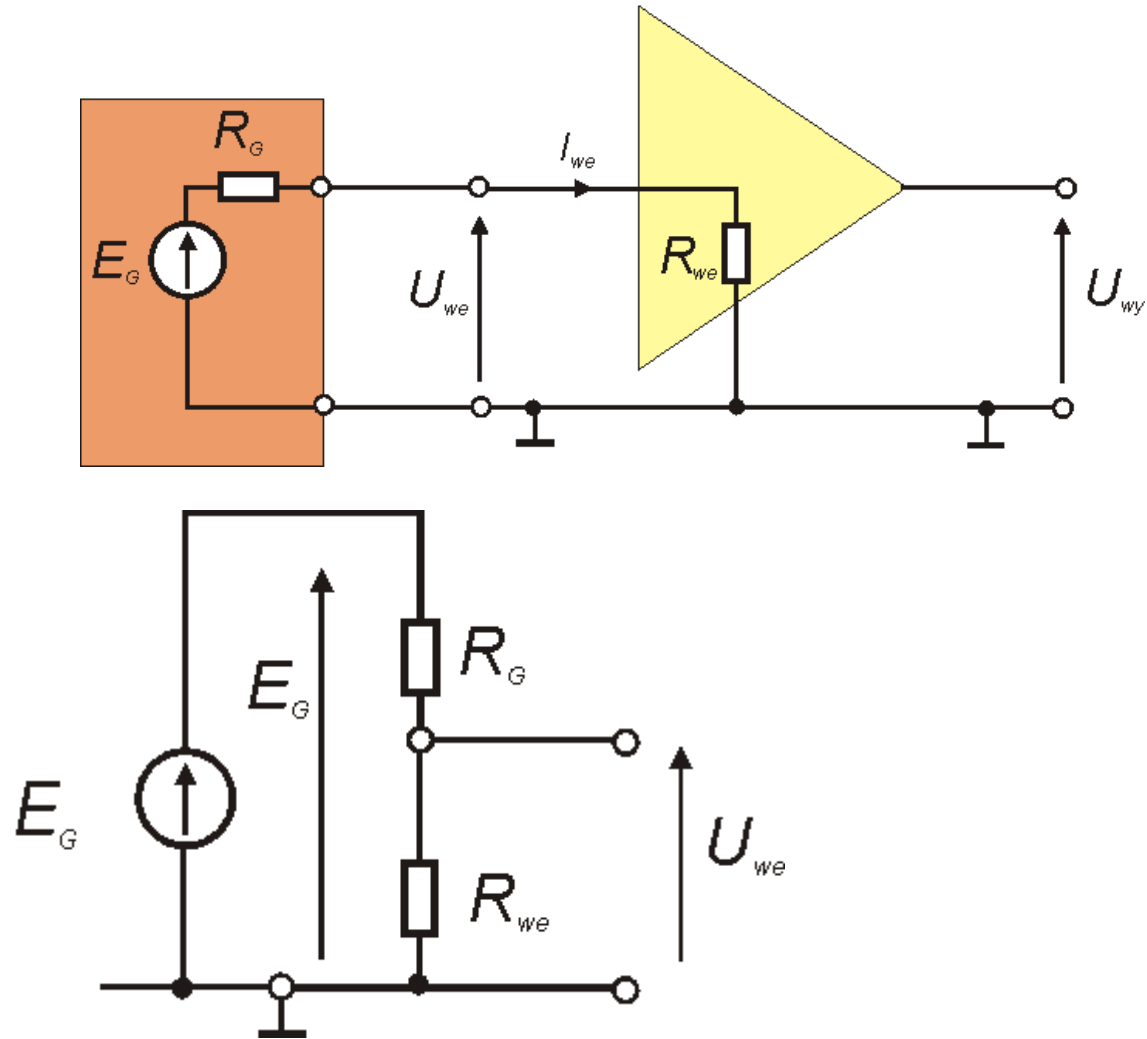
Realizacja wzmacniacza niesymetrycznego



Wzmocnienie napięciowe k_u :

$$k_u = \frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

Wpływ rezystancji wejściowej na błędy



Wpływ rezystancji wejściowej na błędy

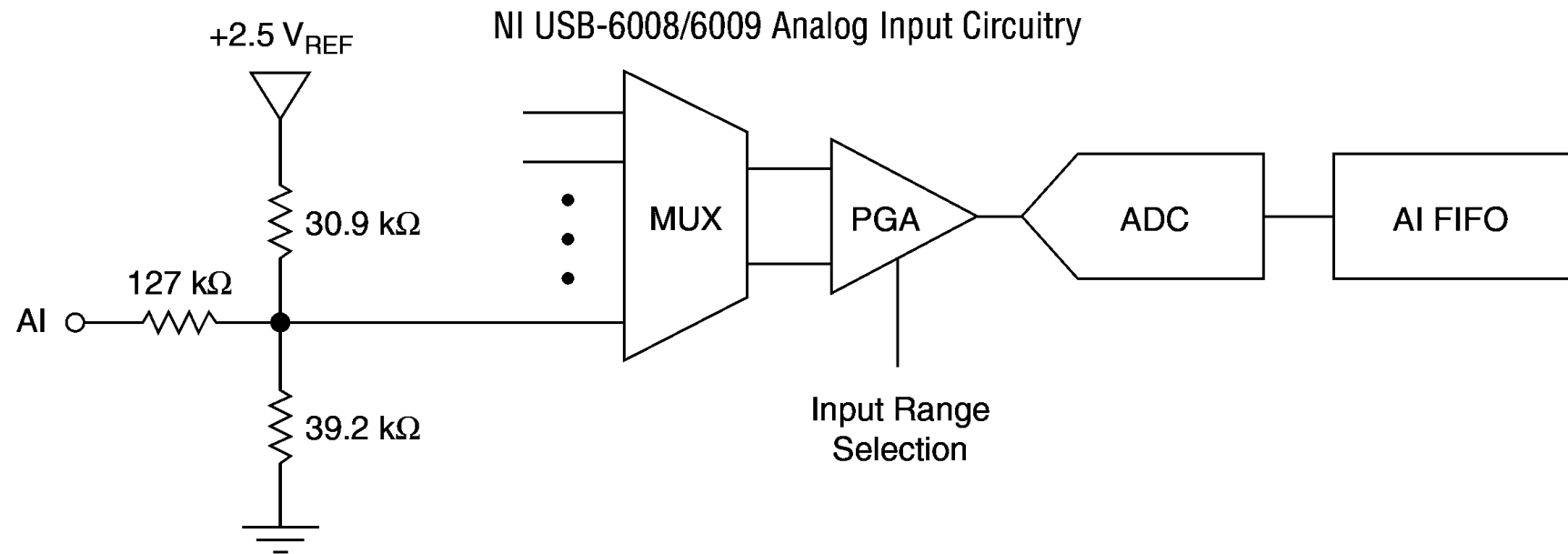
$$\frac{U_{we}}{E_G} = \frac{R_{we}}{R_{we} + R_G}$$

R_{we}/R_G	U/E	δU
1	1/2	50%
10	0,9	10%
100	0,99	1%
1000	0,999	0,1%

Dla przypomnienia:

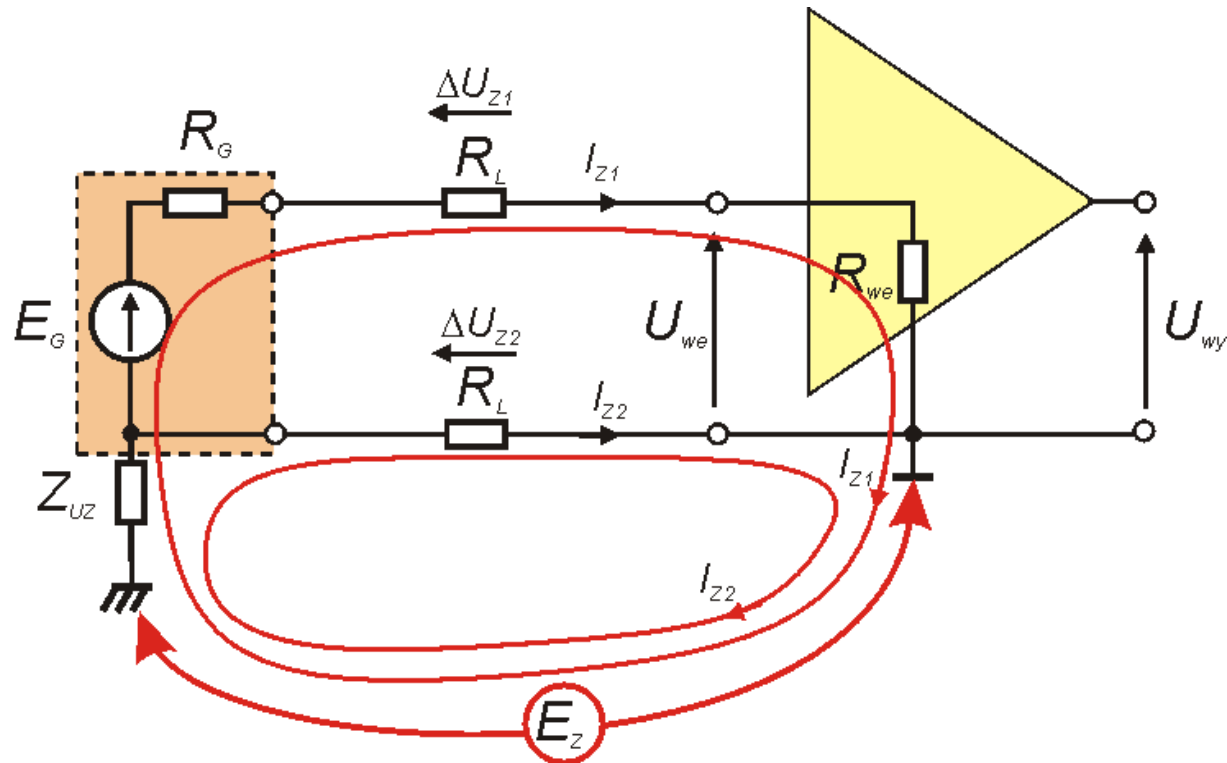
n	N	N w przybliżeniu	δ_{kw}
-	-	-	%
10	1 024	1×10^3	$\sim 0,1$

Przykład NI USB-6008/6009 – wejście analogowe



NI USB-6008/6009 *analogowy tor wejściowy*

Problemy – różne potencjały punktów masy

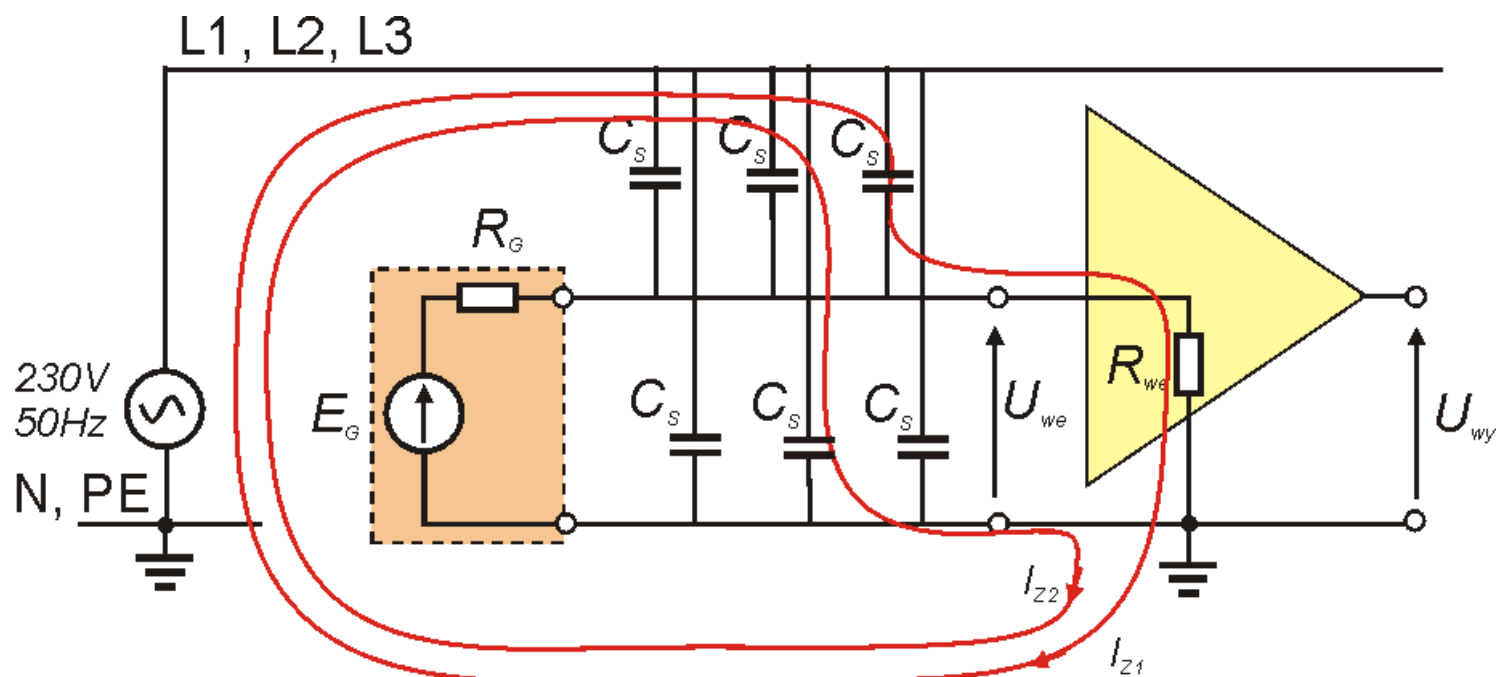


$$R_{we} \gg R_G, R_L \Rightarrow R_L + R_{we} + R_G \gg R_L$$

$$I_{Z2} \gg I_{Z1} \approx 0, I_{Z2} = E_Z / (R_L + Z_{UZ})$$

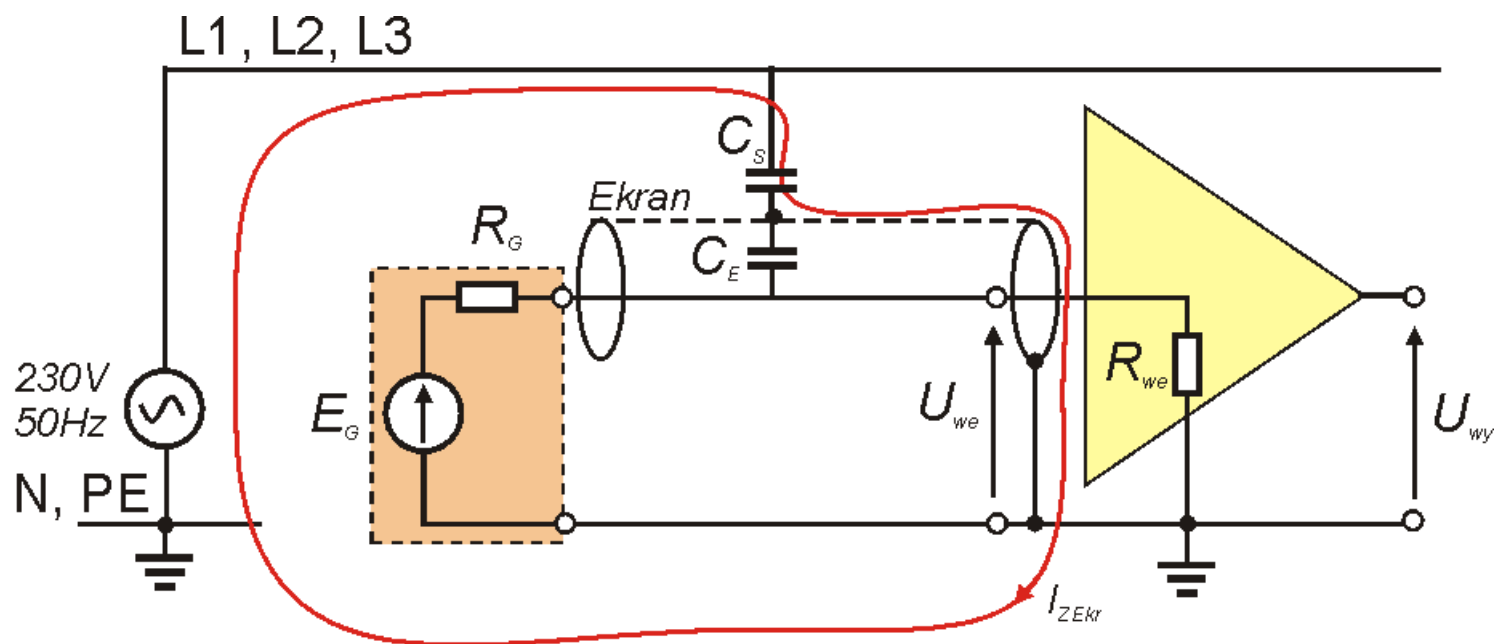
$$U_{we} \approx U_G + U_{Z2}$$

Problemy – sprzężenia pojemnościowe



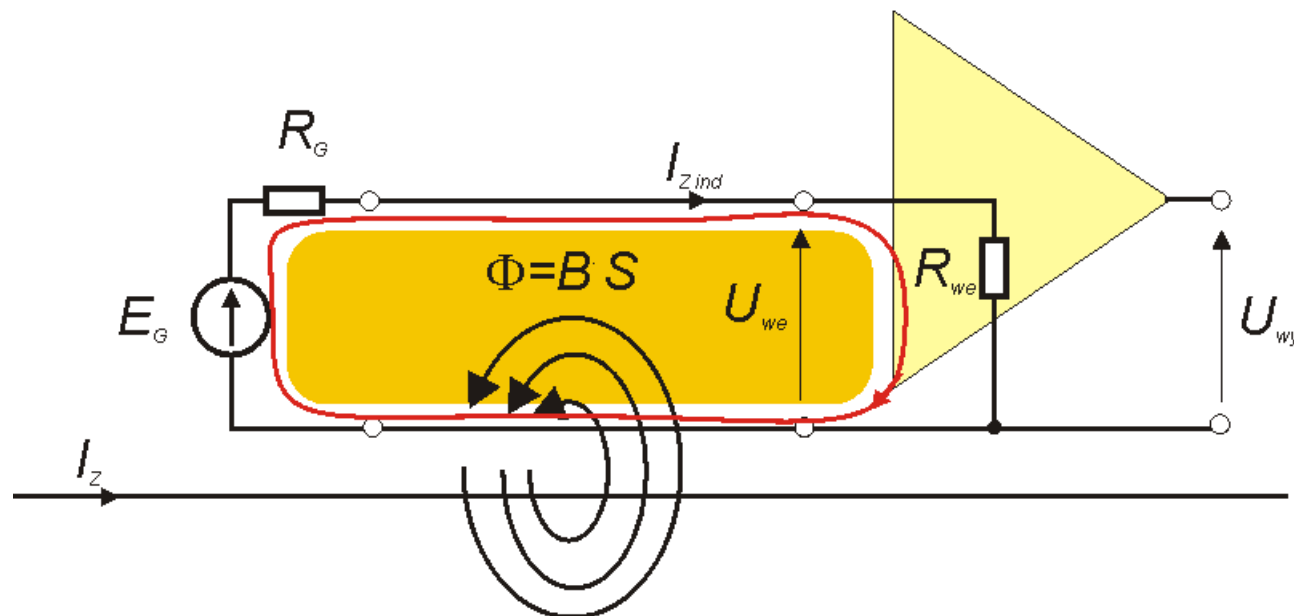
$$U_{we} \approx U_G + U_{Z2} = U_G - I_{Z1} \cdot R_{we}$$

Problemy – sprzężenia pojemnościowe - ekranowanie



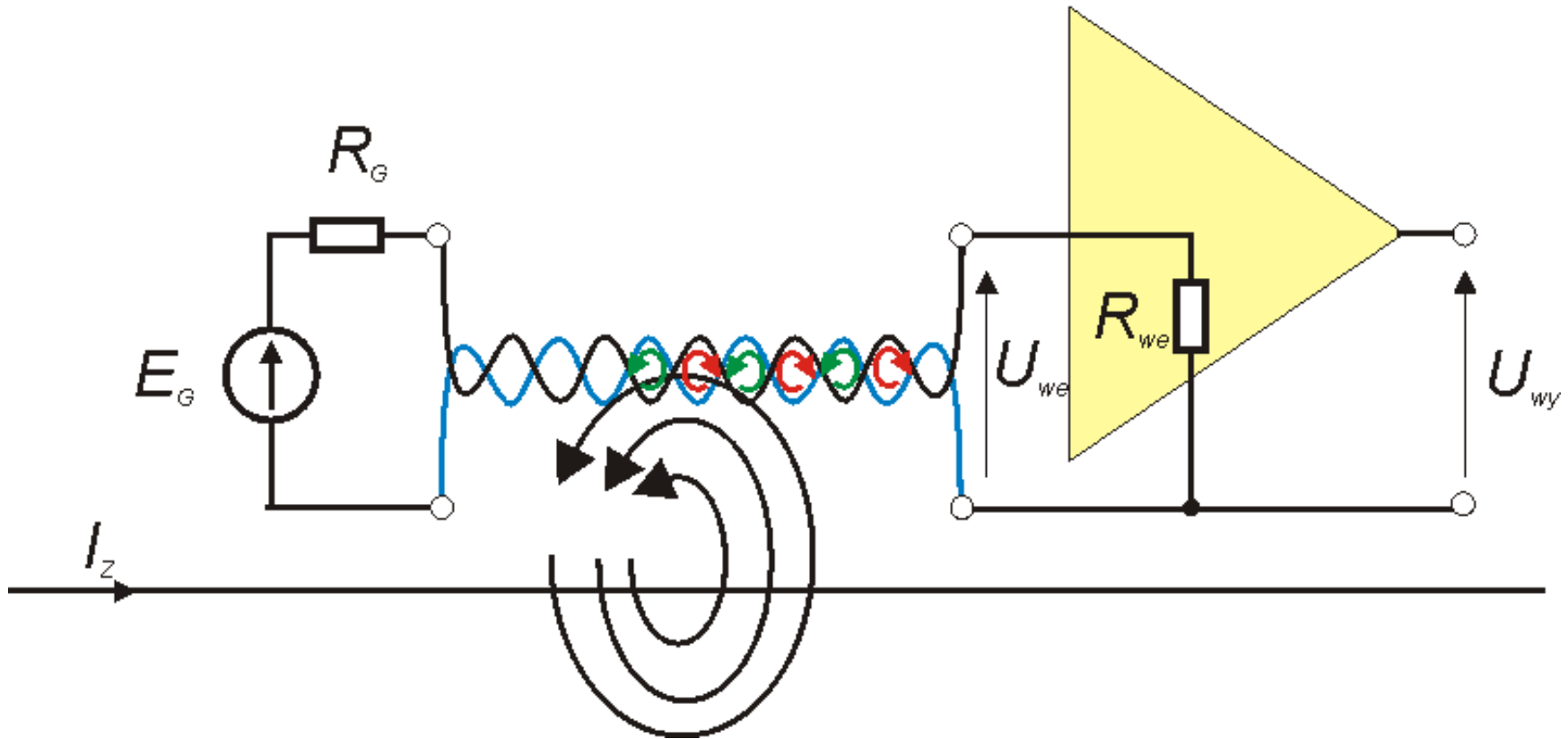
Uwaga! Ekran musi być uziemiony !

Problemy – sprzężenia indukcyjne



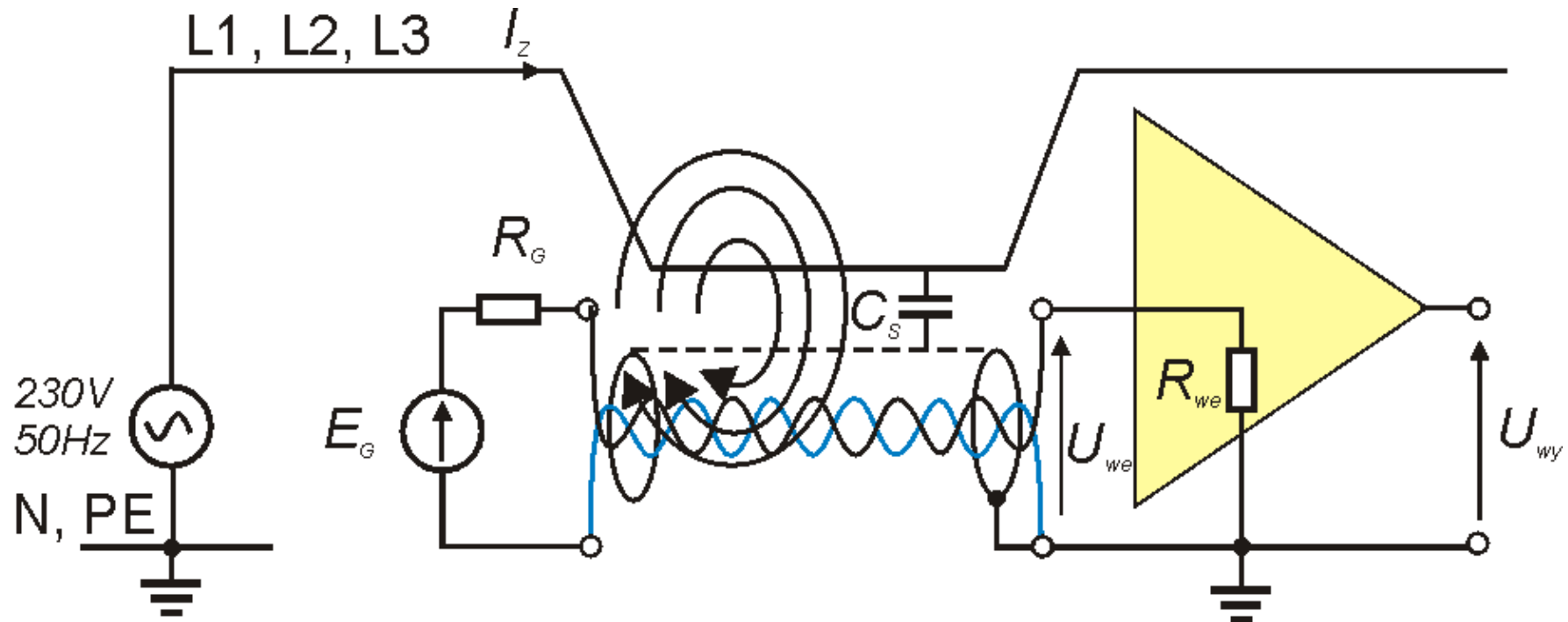
$$SEM_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\left(B \frac{dS}{dt} + S \frac{dB}{dt} \right)$$

Problemy – sprzężenia indukcyjne - skrętka



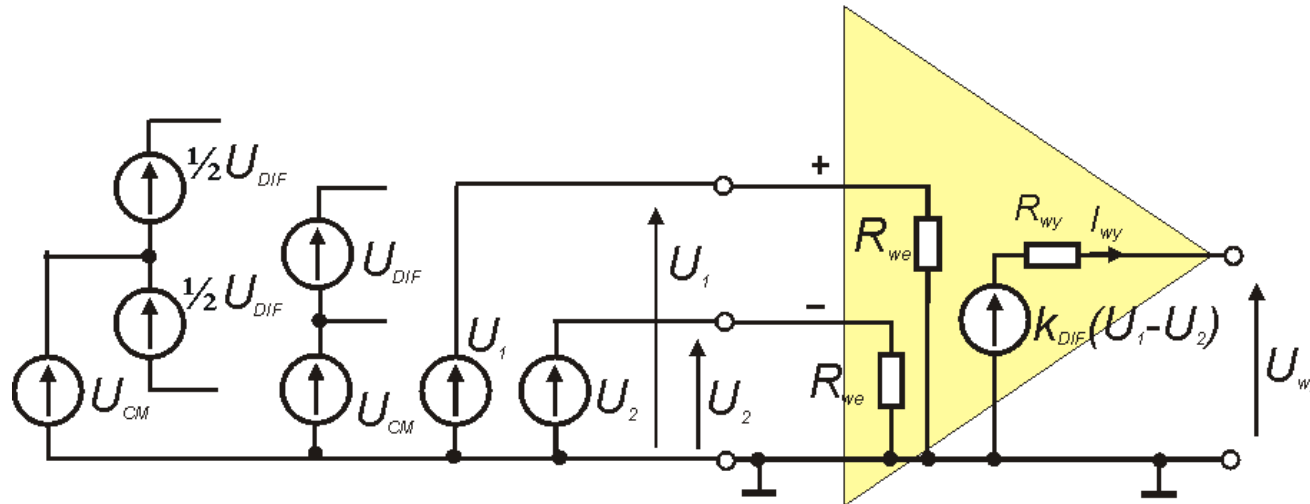
SEM indukowane w kolejnych oczkach skrętki **odejmują się!**

Problemy – ekran + skrętka



Zazwyczaj stosuje się oba środki jednocześnie –
ekranowana skrętka

Wzmacniacz symetryczny



$$U_{DIF} = U_1 - U_2 \qquad U_{CM} = \frac{U_1 + U_2}{2}$$

Uproszczony schemat blokowy wzmacniacza symetrycznego

Wzmacniacz symetryczny - podstawowe parametry

1. Wzmocnienie napięciowe
sygnału różnicowego k_{DIF}
(*differential mode*)

$$k_{DIF} = \frac{U_{wy}}{U_{DIF}}, U_{CM} = 0$$

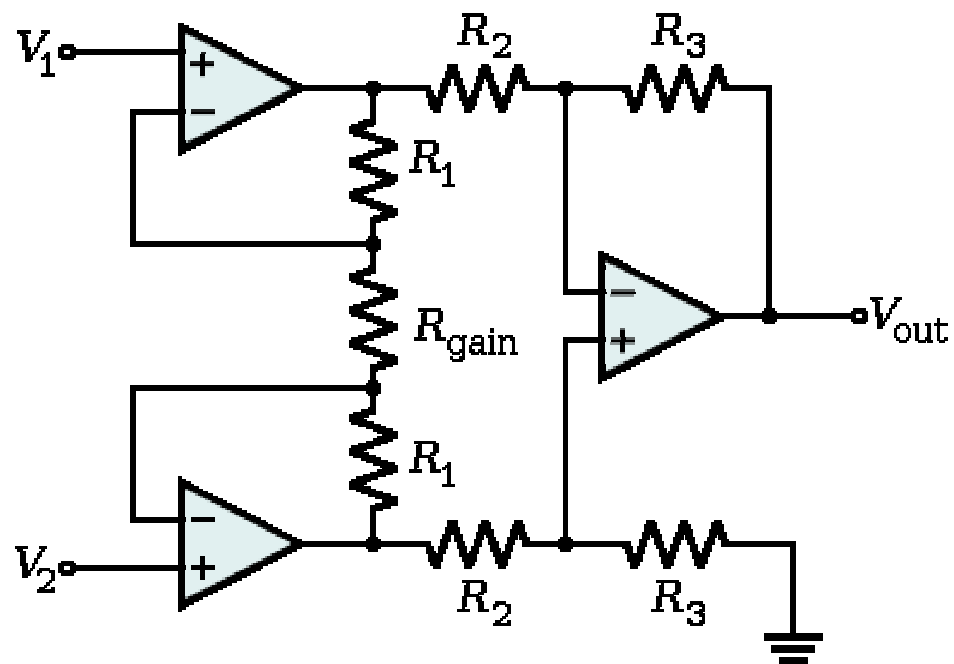
2. Wzmocnienie napięciowe
sygnału sumacyjnego k_{CM}
(*common mode*)

$$k_{CM} = \frac{U_{wy}}{U_{CM}}, U_{DIF} = 0$$

3. Współczynnik tłumienia
sygnału sumacyjnego CMMR
(*common mode rejection ratio*)

$$CMMR = 20 \log \frac{k_{DIF}}{k_{CM}}$$

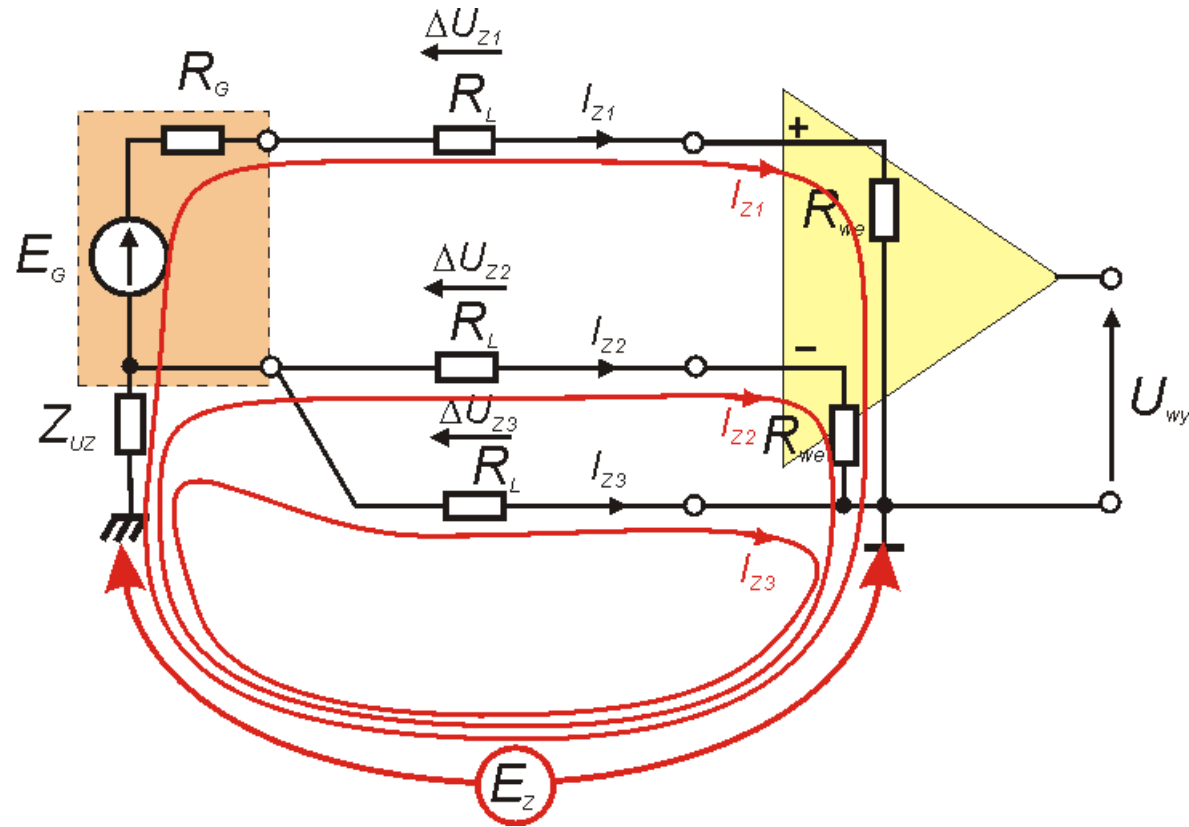
Wzmacniacz symetryczny - realizacja



$$\frac{V_{out}}{V_2 - V_1} = \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}}\right) \frac{R_3}{R_2}$$

Typowy schemat wzmacniacza symetrycznego

Wzmacniacz różnicowy – różne potencjały punktów masy

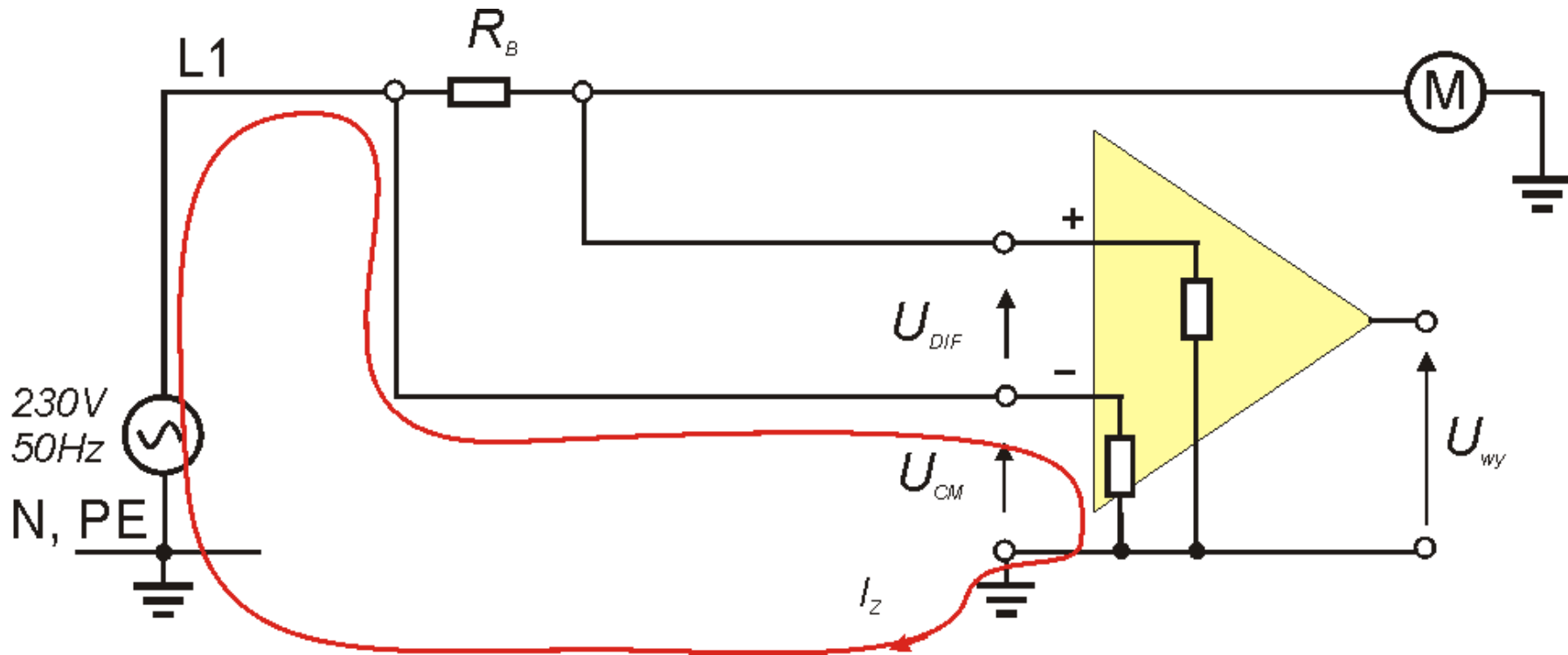


$$R_{we} \gg R_G, R_L \Rightarrow R_L + R_{we} + R_G \gg R_L$$

$$I_{Z3} \gg I_{Z1} = I_{Z2} \approx 0, I_{Z3} = E_Z / (R_L + Z_{UZ})$$

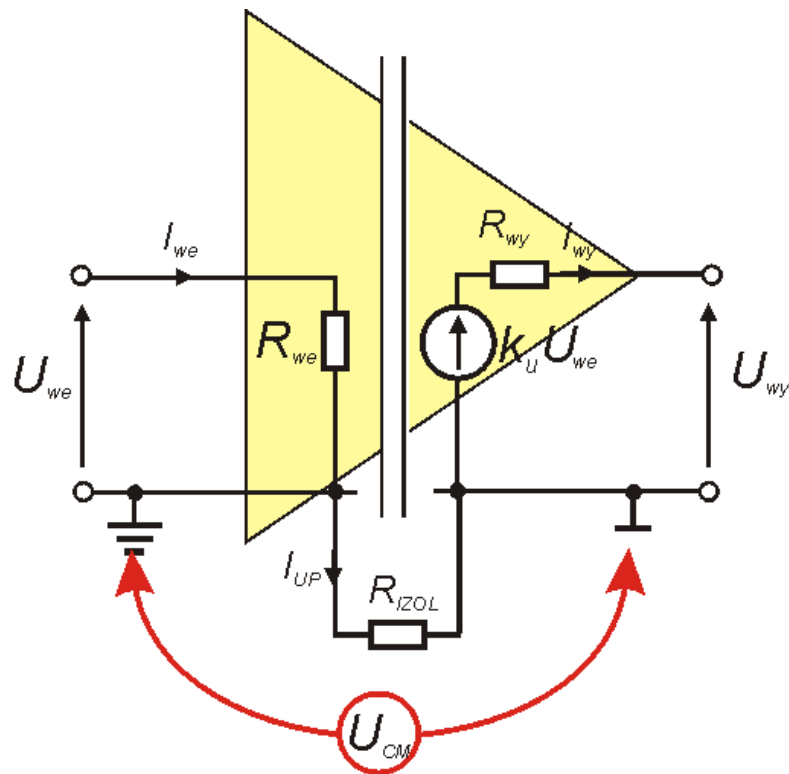
$$\Delta U_{Z3} \gg \Delta U_{Z1} = \Delta U_{Z2} \approx 0, \Rightarrow U_{DIF} = U_G + \Delta U_{Z2} - \Delta U_{Z1} = U_G$$

Problem – bardzo duża składowa sumacyjna U_{CM}



Składowa sumacyjna wielokrotnie przekracza dopuszczalną wartość – wzmacniacz ulega zniszczeniu

Wzmacniacz izolacyjny



Uproszczony schemat blokowy wzmacniacza izolacyjnego niesymetrycznego

Podstawowe parametry wzmacniacza izolacyjnego

1. Rezystancja izolacji $R_{IZOL}=10^6 \dots 10^9 \Omega$

2. Maksymalne napięcie sumacyjne $U_{CM}=250V \dots 5kV$

3. Prąd upływu $I_{UP}= 10^{-5} \dots 10^{-6} A$

Podsumowanie z zakresu wzmacniaczy

1. W technice pomiarowej stosuje się różnego rodzaju wzmacniacze: niesymetryczne (*single ended*), symetryczne (różnicowe, pomiarowe, instrumentalne, *differential input, instrumentation amplifier*) oraz izolacyjne (*isolation amplifier*).
2. Do najważniejszych parametrów wzmacniaczy stosowanych w pomiarach należą: wzmocnienie napięciowe, rezystancje wejściowa i wyjściowa, pasmo przenoszenia. Dla wzmacniaczy różnicowych istotnym parametrem jest także współczynnik tłumienia sygnału wspólnego (CMRR, *Common-Mode Rejection Ratio*).
3. Źródłem błędów w układzie pomiarowym ze wzmacniaczem może być: zbyt mała rezystancja wejściowa, zbyt duża rezystancja wyjściowa (rzadko), różne potencjały punktów masy w układzie, sprzężenia pojemnościowe i indukcyjne z siecią energetyczną 50Hz, duży poziom sygnału wspólnego.
4. Większość problemów można uniknąć stosując wzmacniacze różnicowe lub izolacyjne, ekranowanie układów i przewodów, skrętki przewodów oraz odpowiednio uziemiając układ.

