

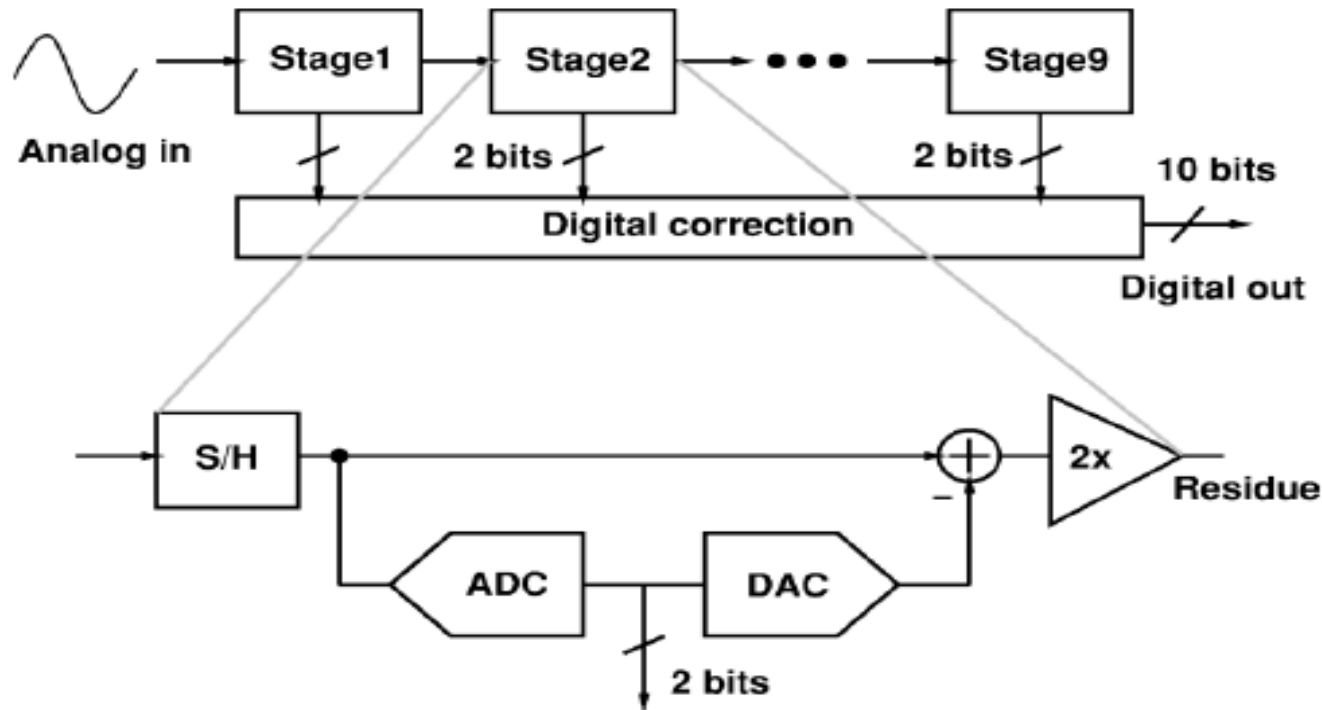
***Pipeline ADC -
krytyczne obwody analogowe
wzmacniacze “fully differential”***

Marek Idzik

Plan

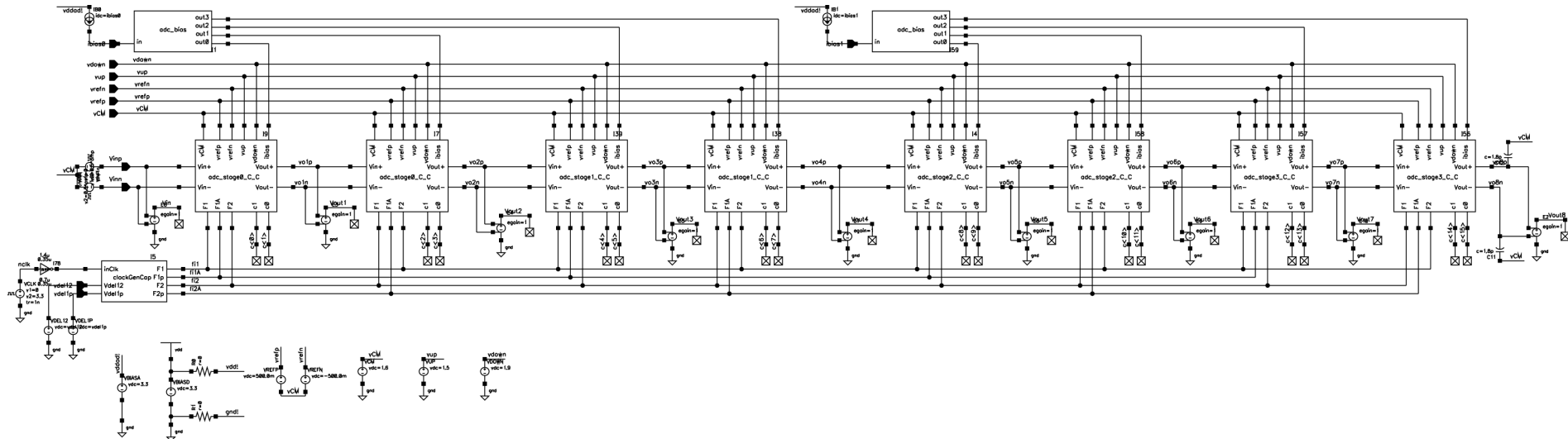
- ❑ Architektura ADC typu pipeline
- ❑ Działanie stopnia próbkującego (S/H)-mnożącego (MDAC)
- ❑ Wzmacniacz “fully differential”
- ❑ Efekty nieidealności kluczy w pipeline ADC

Pipeline ADC - architektura



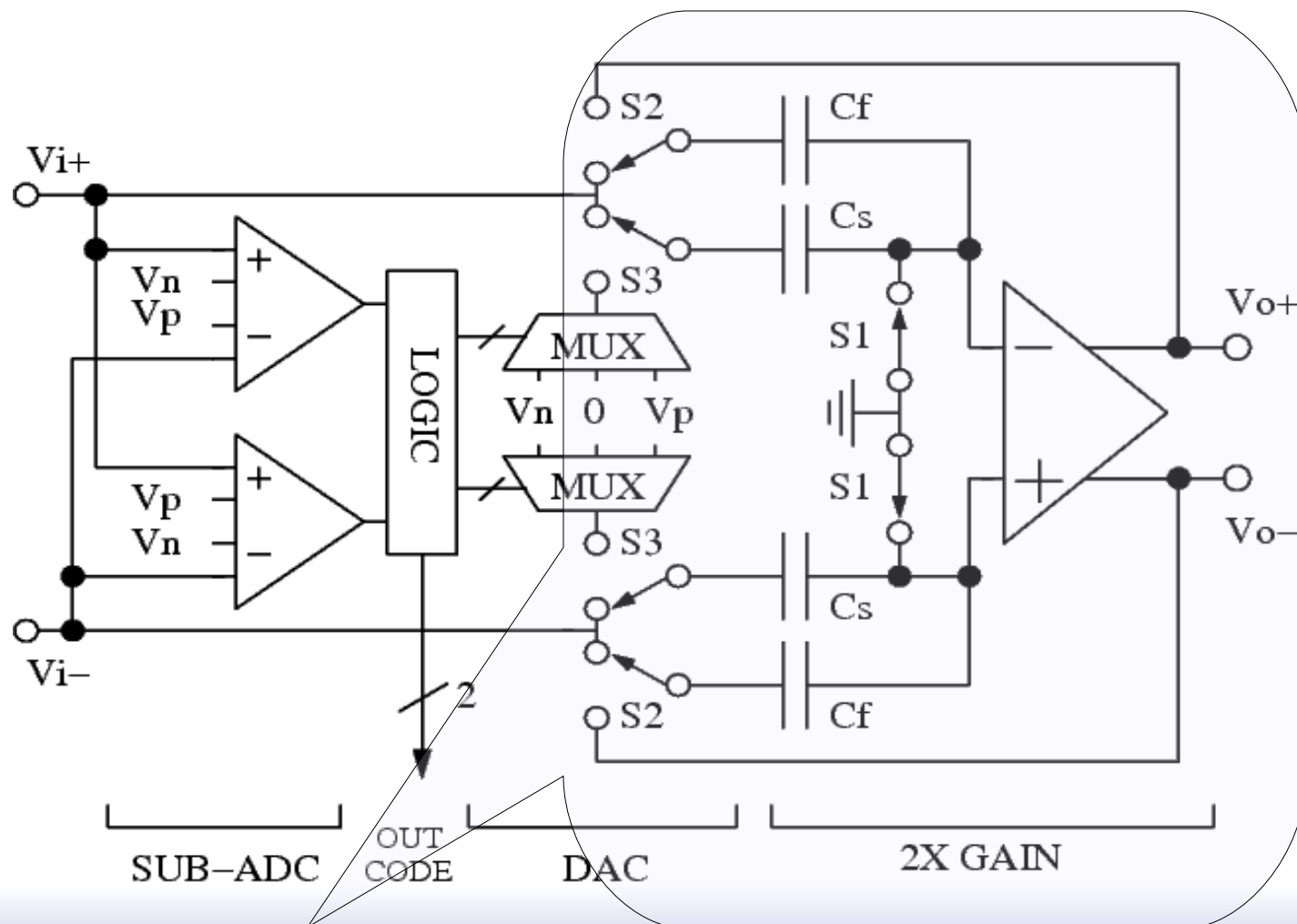
- n stopni
- Stopień: S/H, subADC (2 bity), MDAC (ostatni tylko subADC)
- Cyfrowa korekcja $2n \rightarrow n+1$ bitów

Architektura – prototypowa implementacja



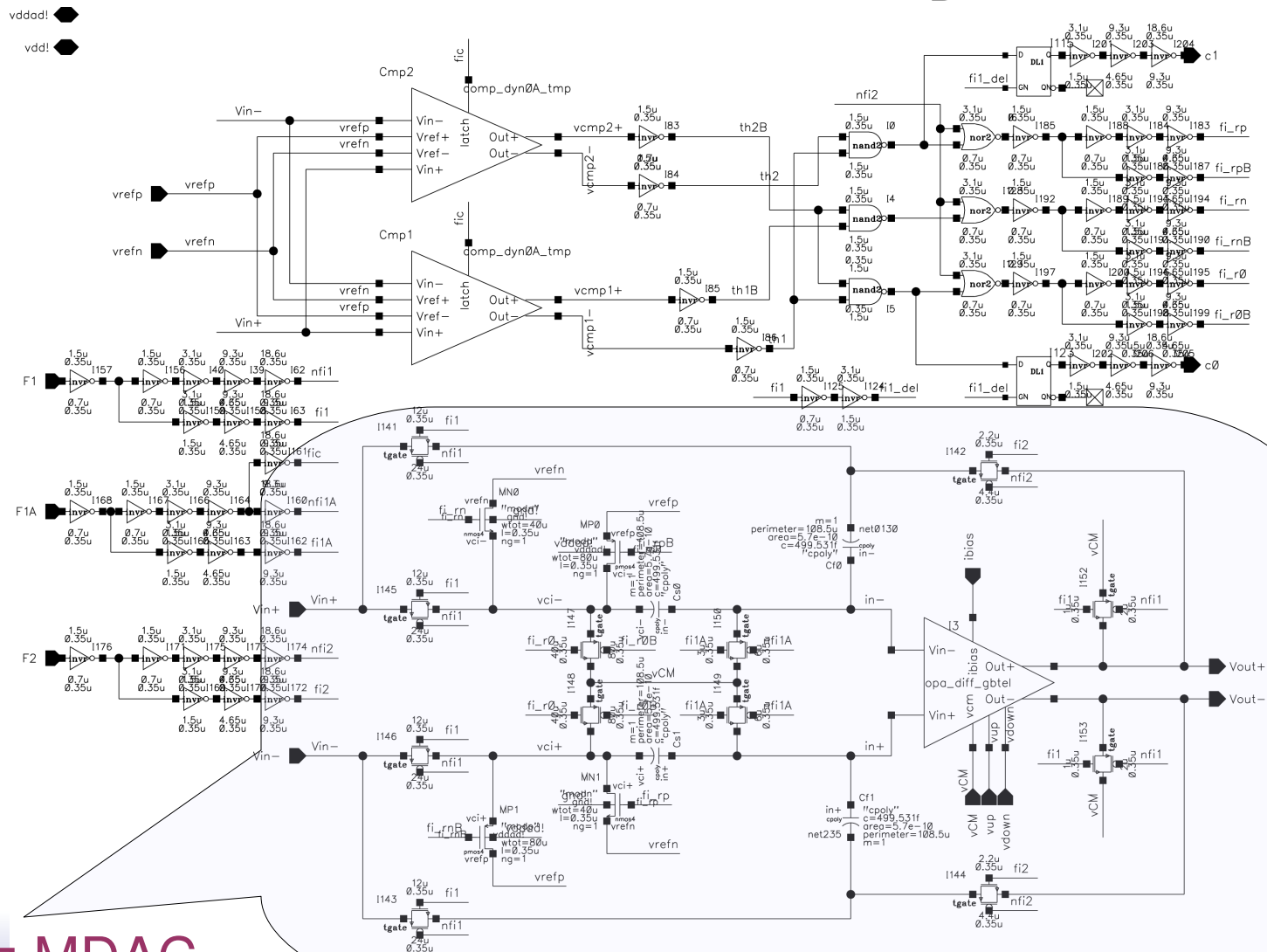
- 8 stopni
- Generacja zegarów
- Brak korekcji (wszystkie $2n$ bitów na wyjściu)

Pipeline - 1 stopień



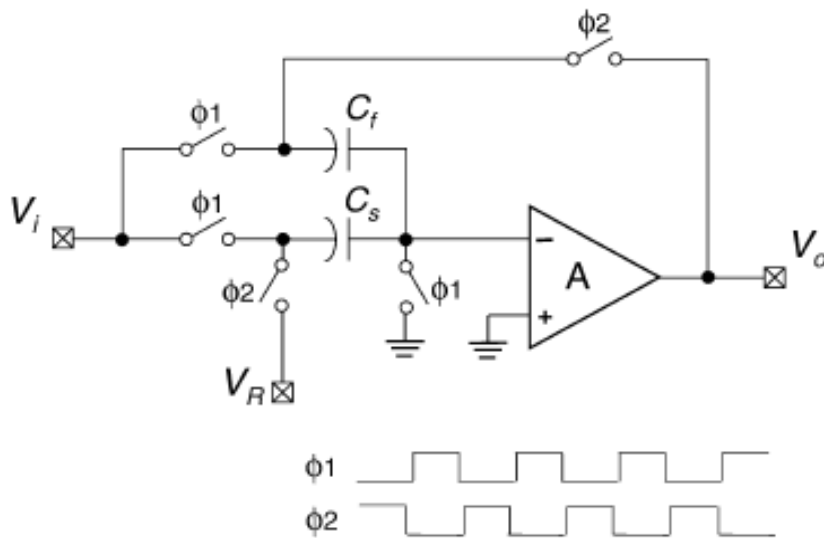
S/H oraz MDAC (DAC + mnożenie x 2)

Zaimplementowany stopień



S/H oraz MDAC

Fazy działania: S/H i x2



□ Faza $\Phi 1$ – V_i próbkowane

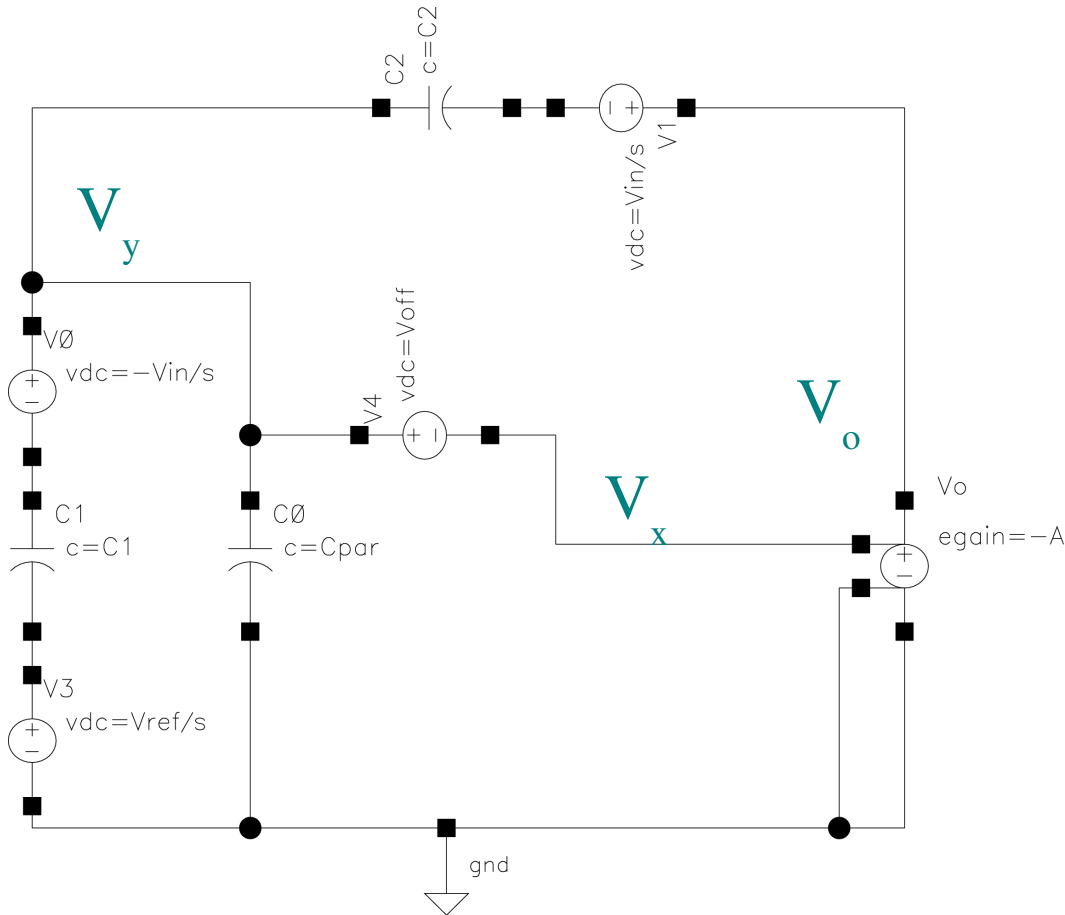
na C_s i C_f :

$$V_{Cf} = V_{Cs} = V_i$$

□ Faza $\Phi 2$ – dodawanie i mnożenie:

$$V_o \cong V_i \cdot (1 + C_s/C_f) - V_{ref} \cdot C_s/C_f$$

Dokładność MDAC-a



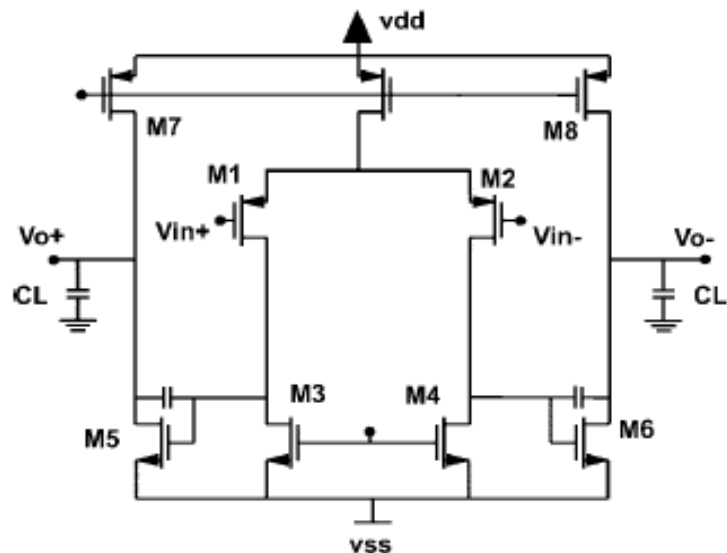
$$[s(C_s + C_f + C_{par})]V_y = (1/s)(V_{ref} - V_{in})sC_s + -(AV_x + V_{in}/s)sC_f$$

$$V_x = V_y - V_{off}/s$$

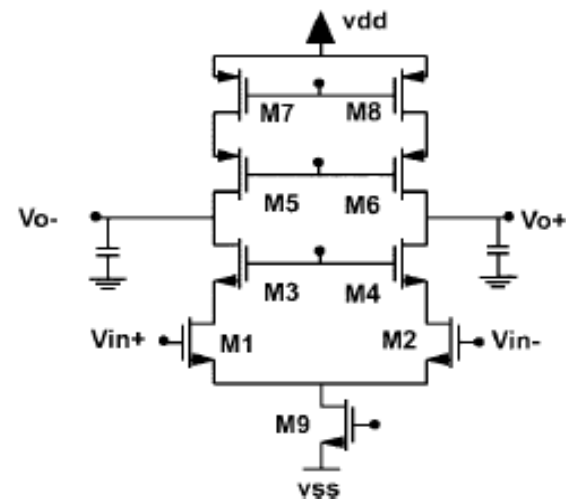
$$V_o \cong V_i \cdot [1 + (C_s/C_f)(1 - 4/A)] - V_{ref} \cdot (C_s/C_f)(1 - 2/A) + 2V_{off}$$

$$(C_s + C_f + C_{par})/C_f \cong 2$$

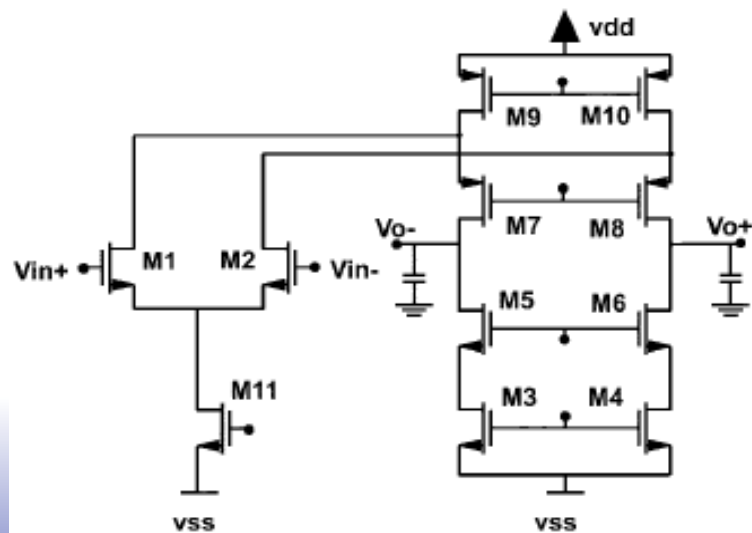
Konfiguracje wzmacniaczy



- Miller
- + swing
- moc
- pasmo
- + wzmocnienie



- Telescope
- swing
- + moc
- + pasmo
- wzmocnienie

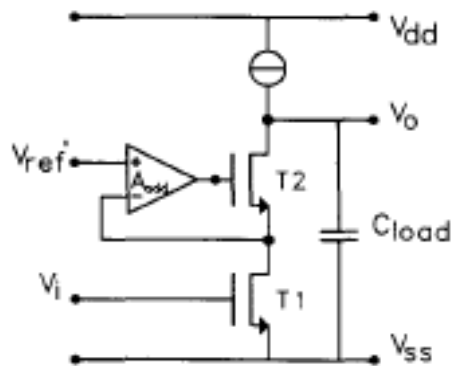


- Folded cascode
- ~ swing
- moc
- ~ pasmo
- wzmocnienie

Telescope The Best!

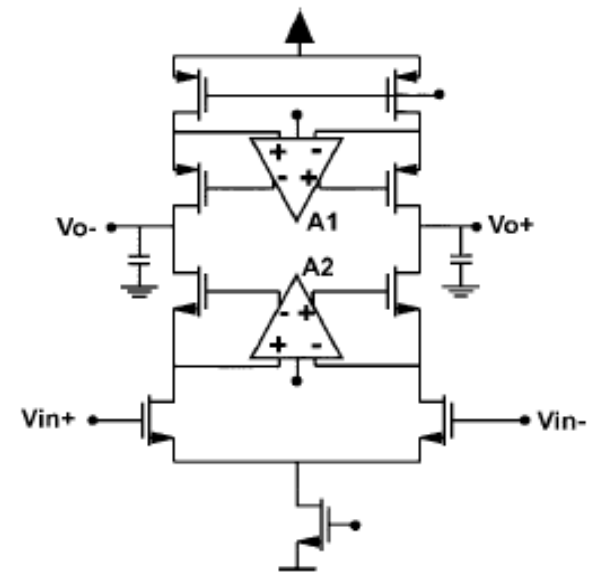
(po poprawie wzmacnienia i jeśli starcza zasilania...)

Gain boosting (regulated cascode)
dla poprawy wzmacnienia



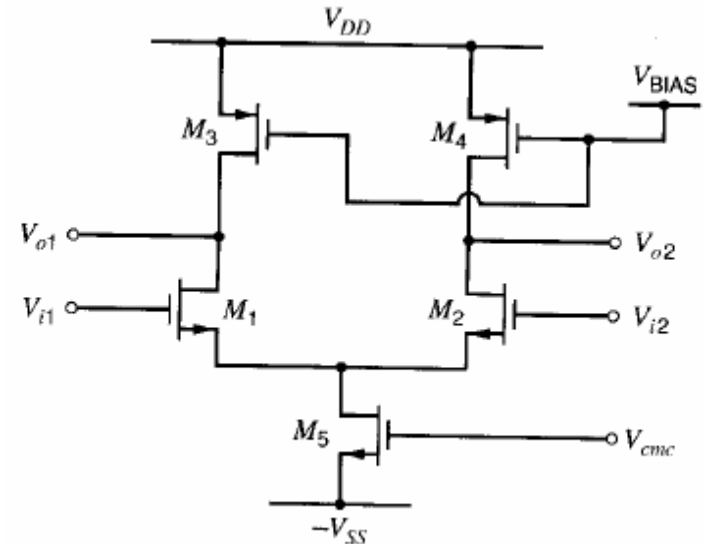
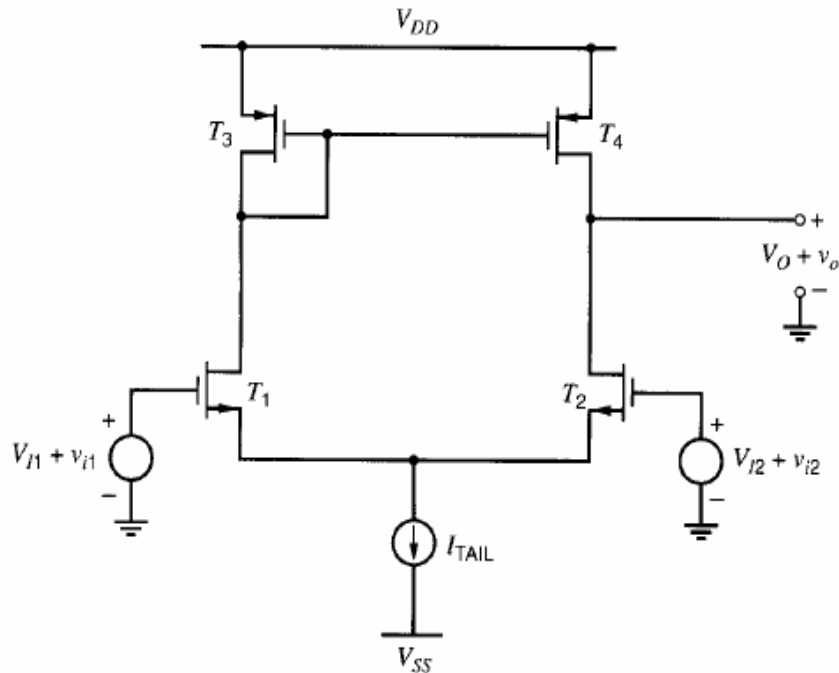
$$A_{o, tot} = g_{m1} r_{o1} (g_{m2} r_{o2} (A_{add} + 1) + 1)$$

Praktyczna realizacja

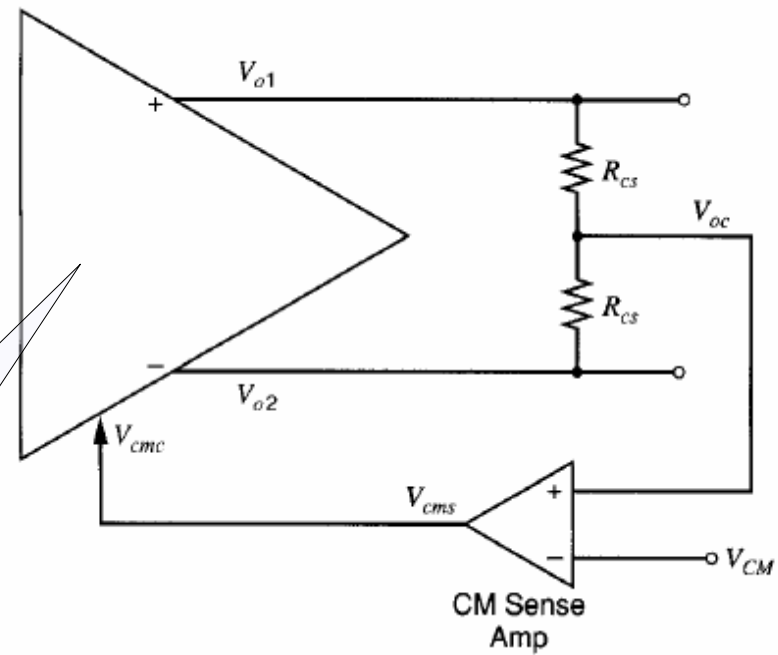
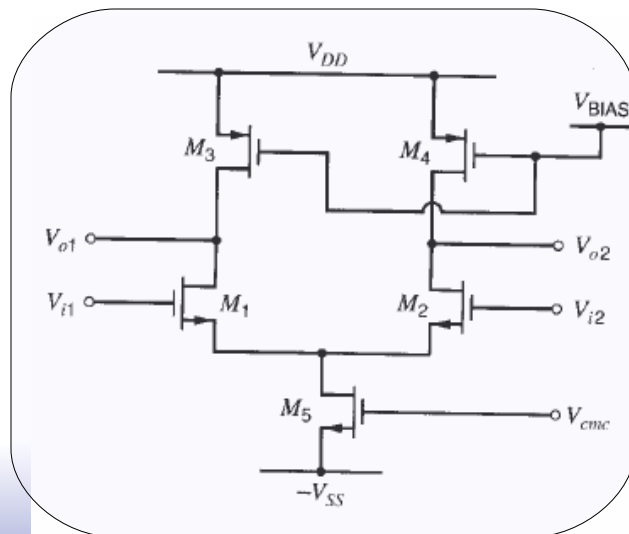


Gain boosting nie degraduje pasma!

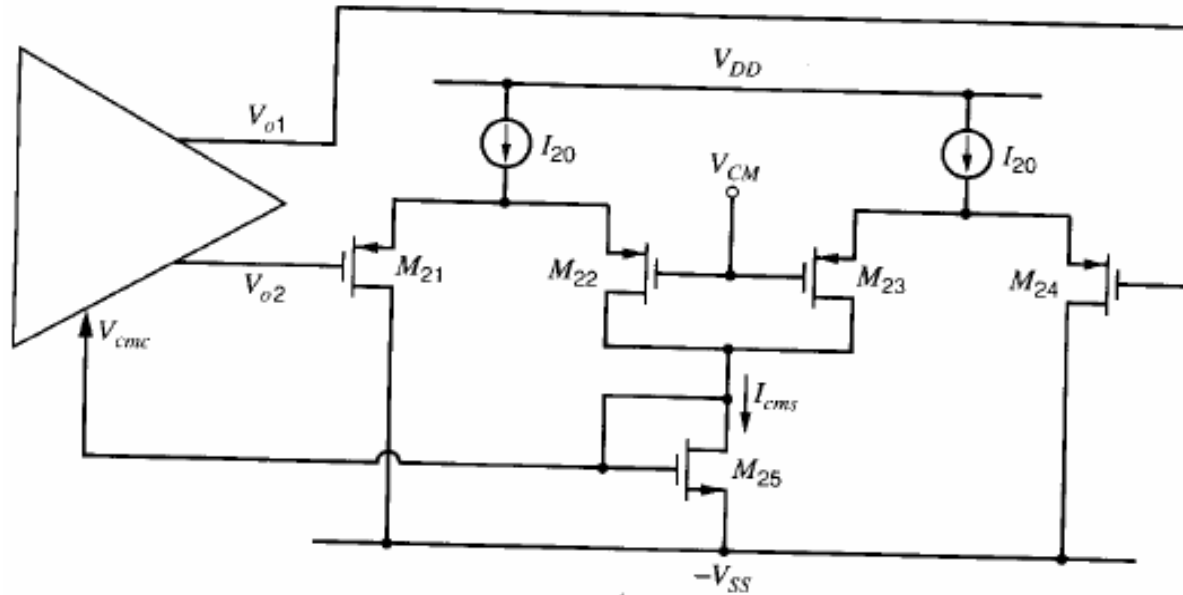
Full-diff: CMFB problem



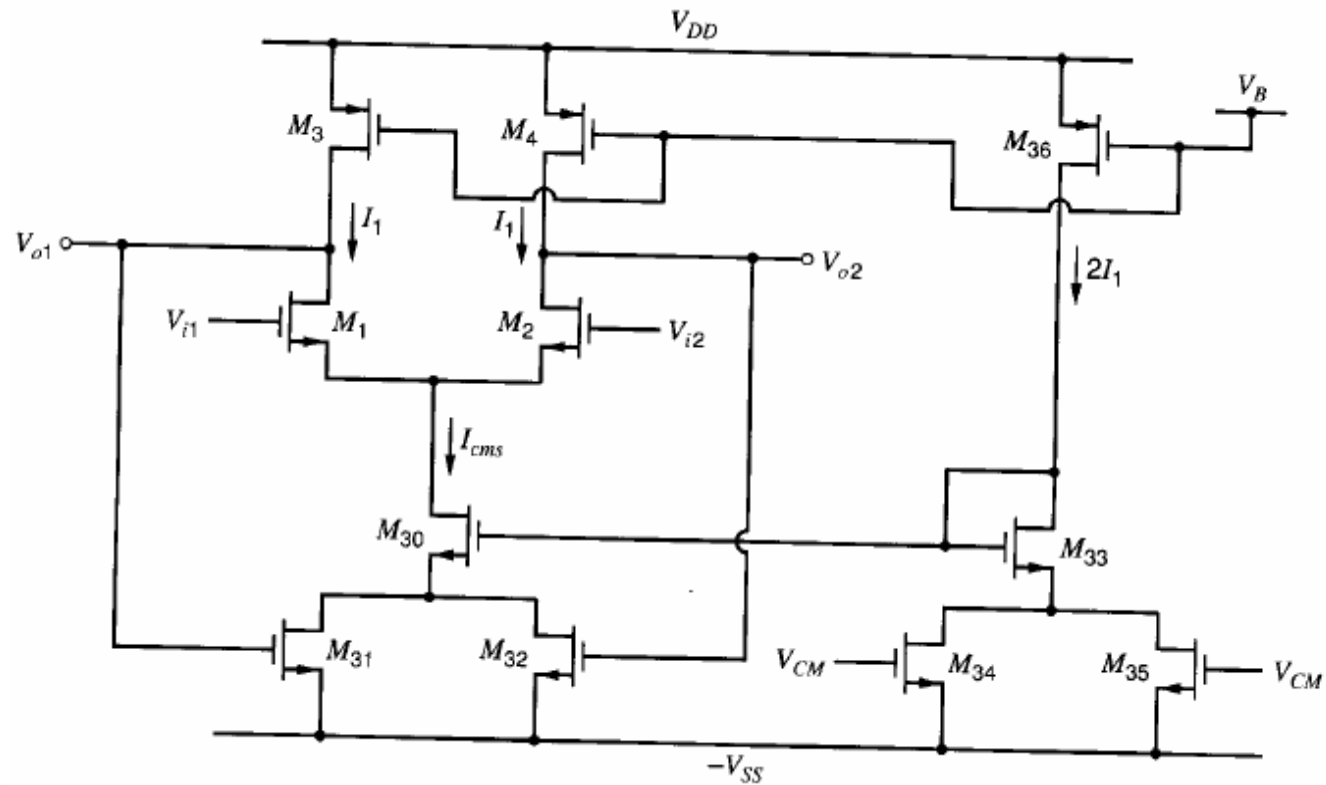
Proste CMFB



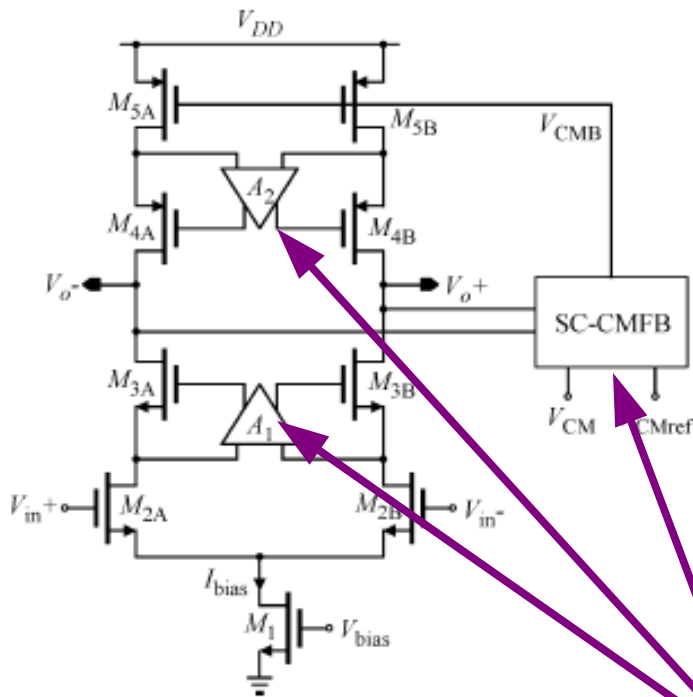
Inne popularne CMFB



Zastosowane CMFB

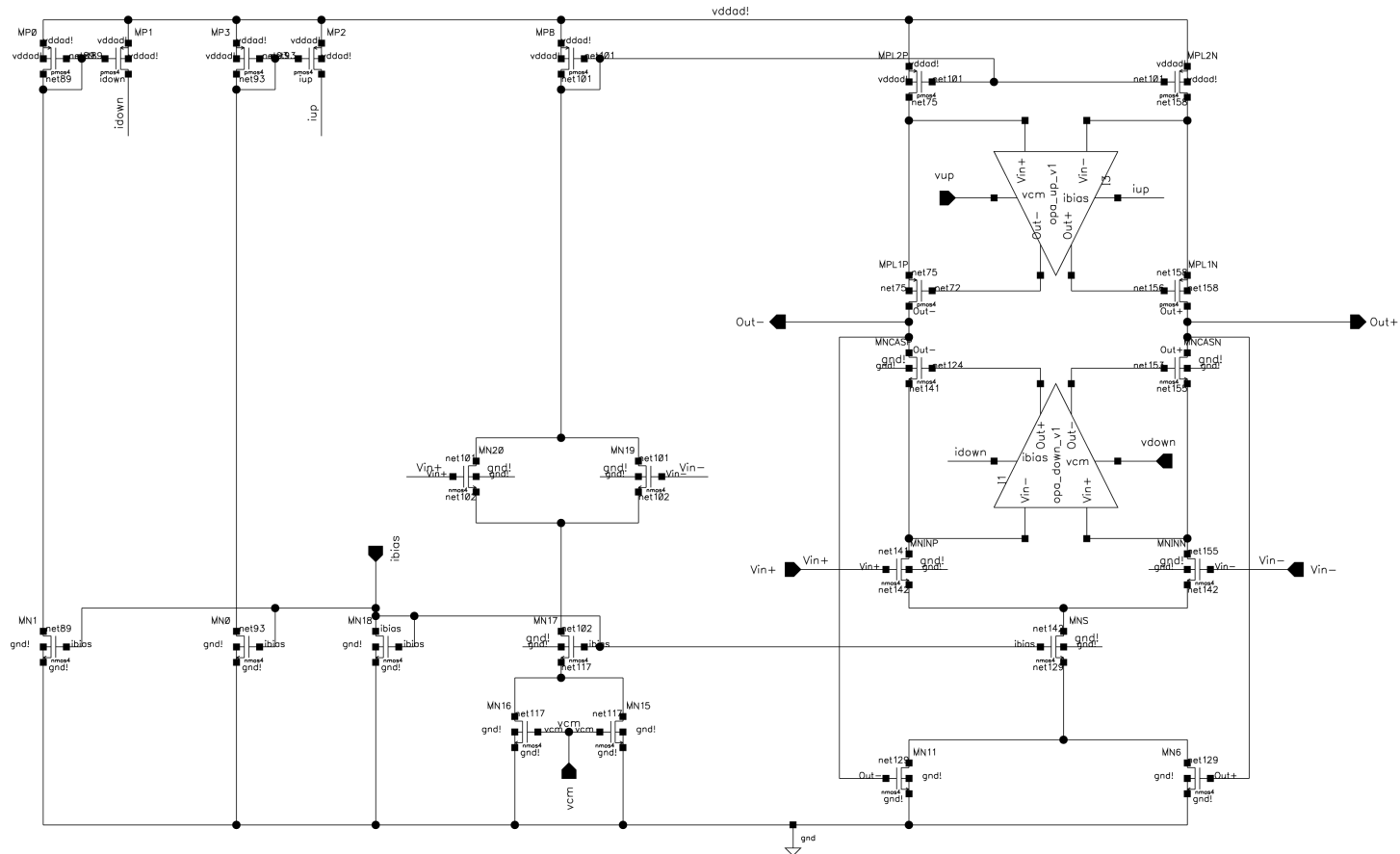


Implementacja 1: CMFB

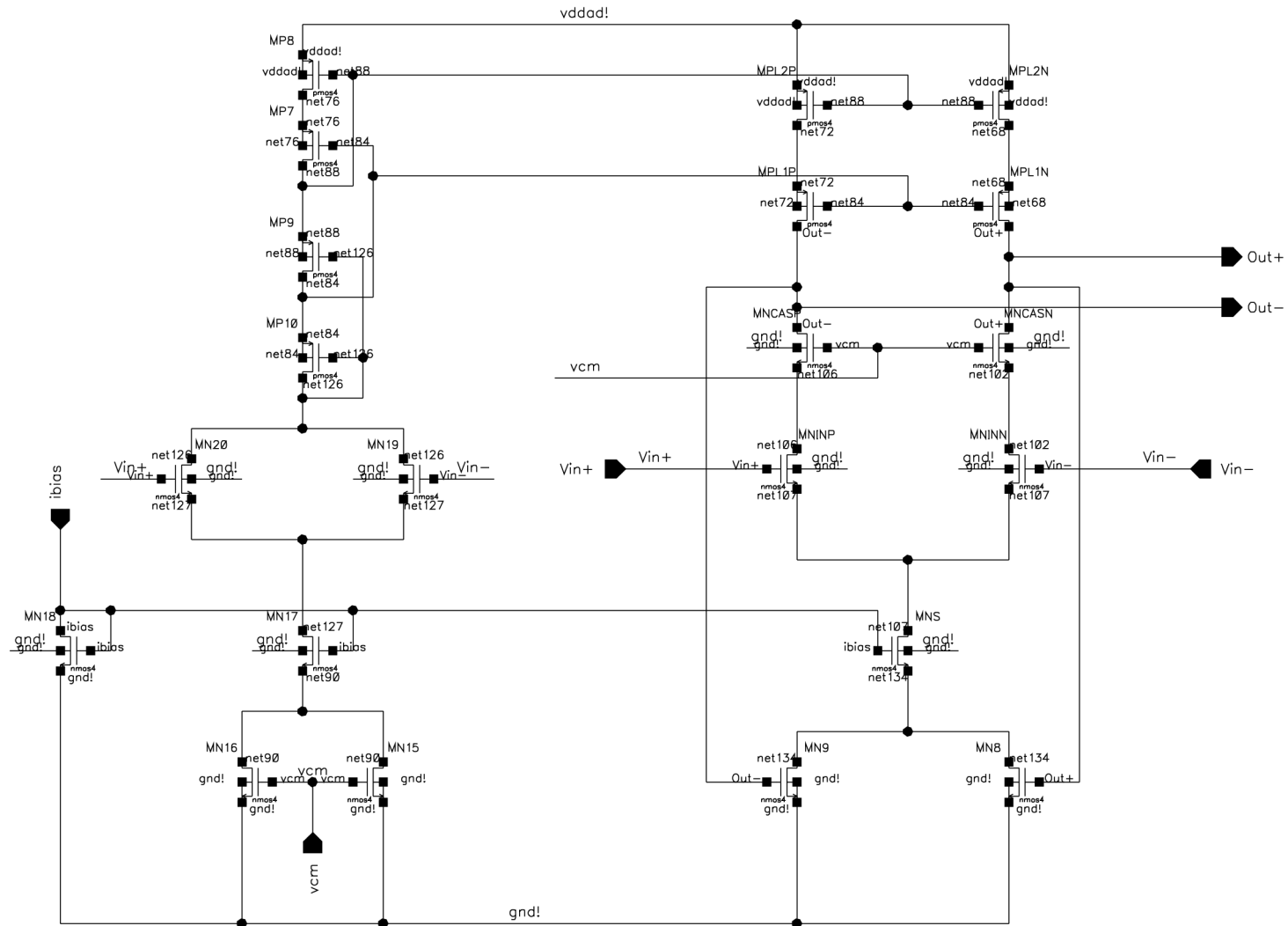


- ❑ Wzmacniacz “fully differential” nie ma dobrze określonego napięcia stałego (składowej wspólnej) na wyjściu (V_{o-} , V_{o+} nody wysokoimpedancyjne), więc wymaga ono stabilizacji
- ❑ Przedstawiona konfiguracja wymaga 3 x CMFB

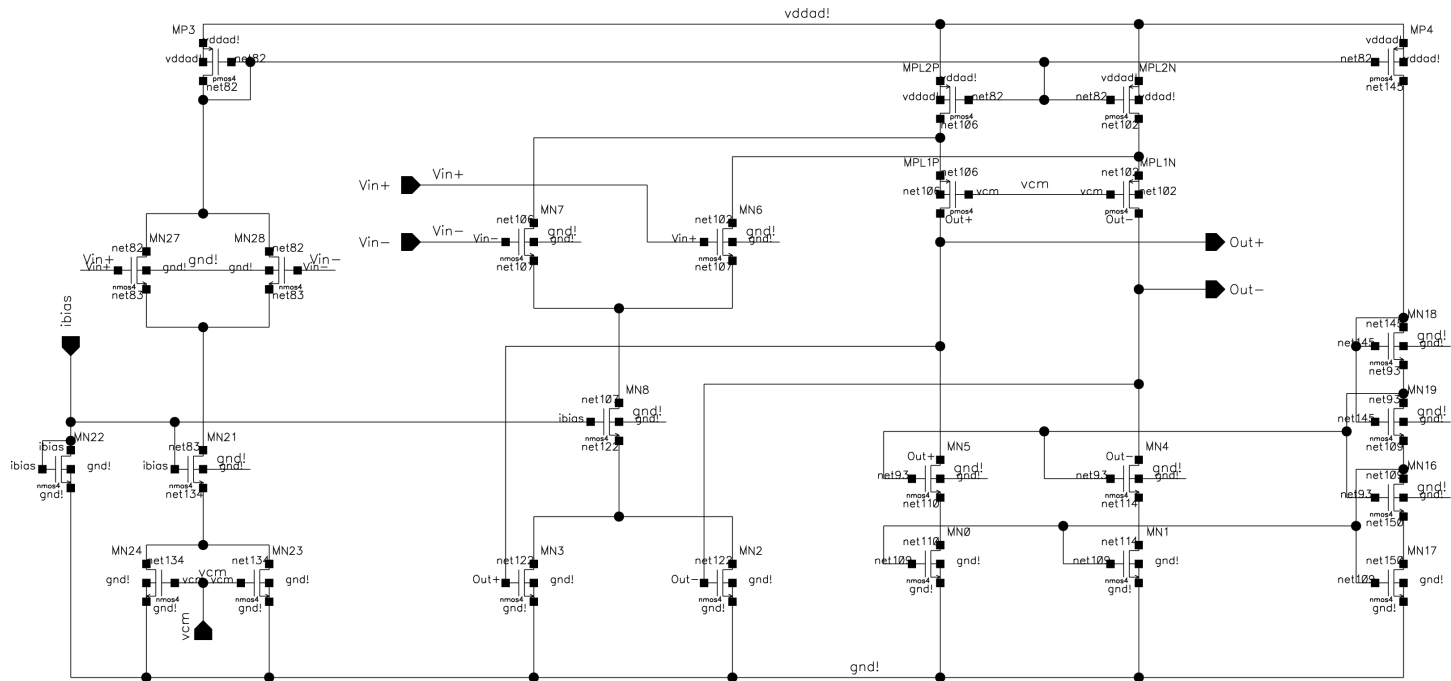
Wzmacniacz główny + CMFB



Wzmacniacz dolny + CMFB

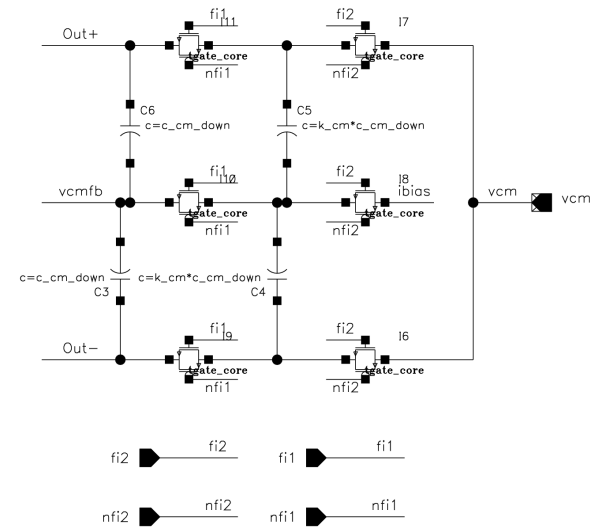
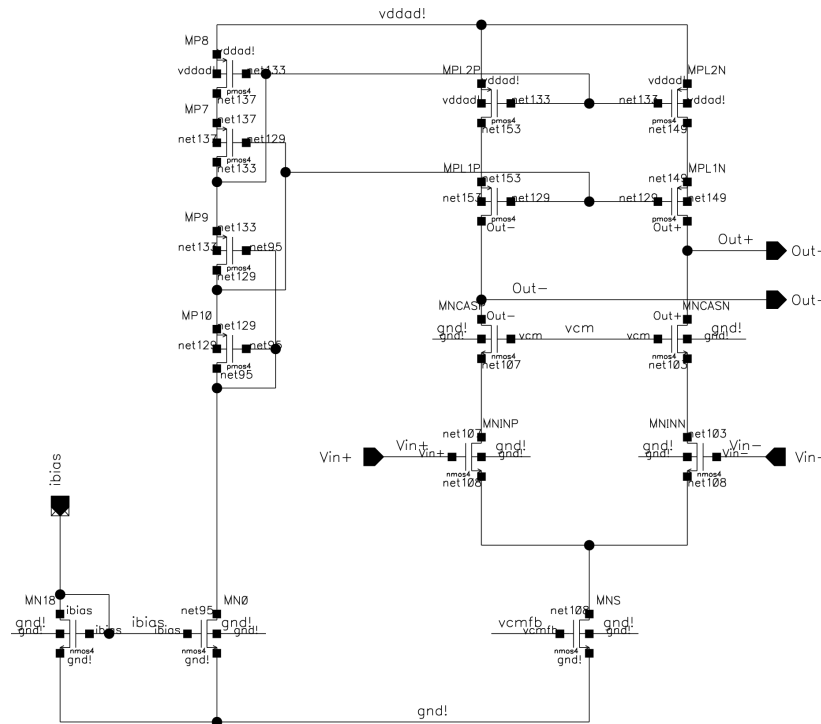


Wzmacniacz górny + CMFB



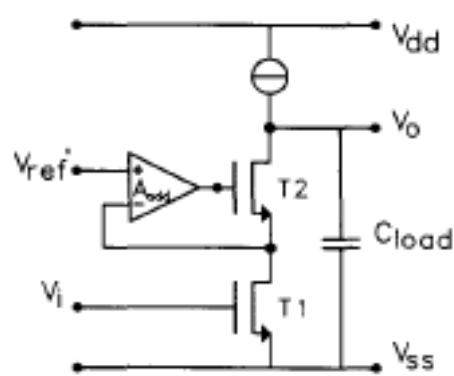
Konfiguracja wybrana by zapewnić odpowiednio
wysoki poziom stały wejść i wyjść

Wzmacniacz + SC CMFB

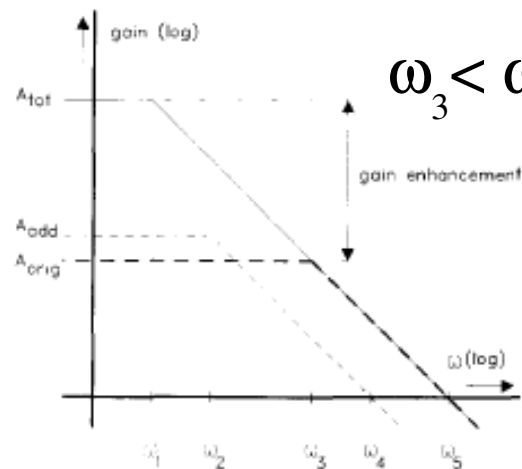


Prawdopodobna konfiguracja na przyszłość

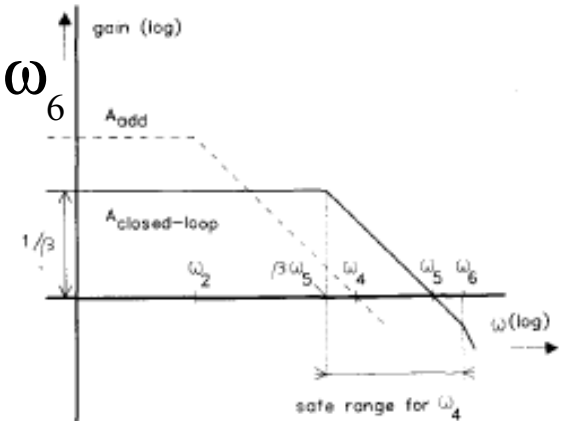
Implementacja 2: Stabilność



Otwarta pętla

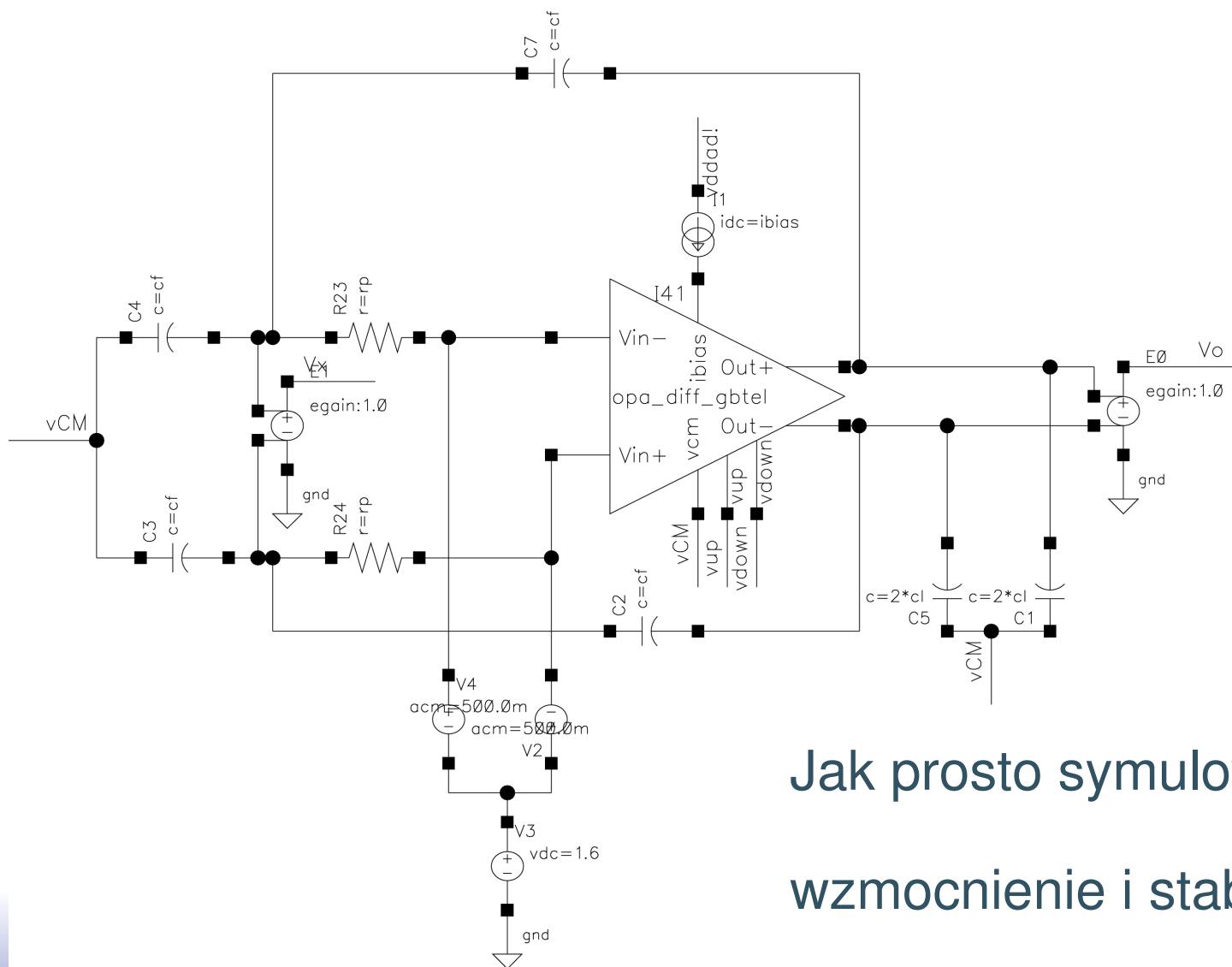


Zamknięta pętla

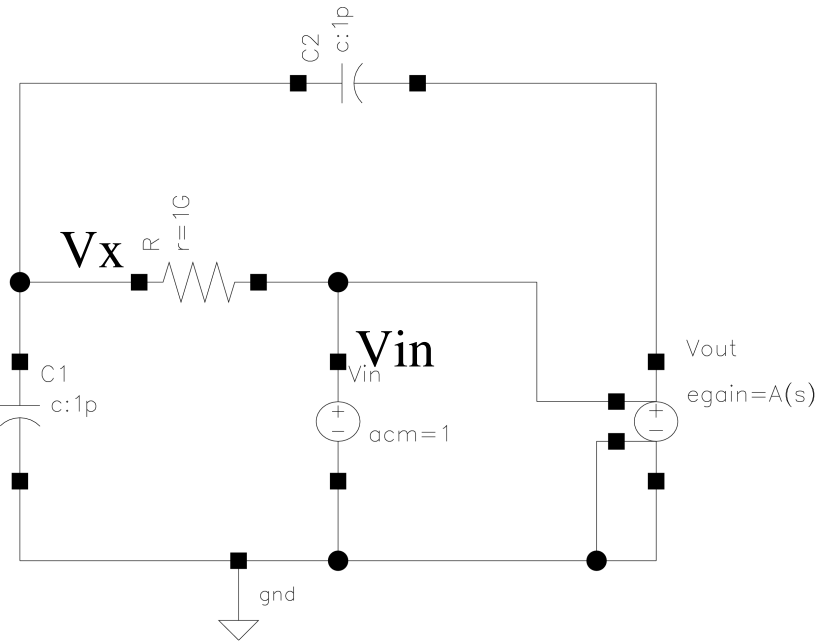


Dodanie boosting amplifier wprowadza parę biegun-zero w okolicy ω_4 . Taka para może istotnie zdegradować settling time. Aby to nie nastąpiło należy optymalnie zwiększyć ω_4 .

Jak prosto symulować wzmocnienie i stabilność...

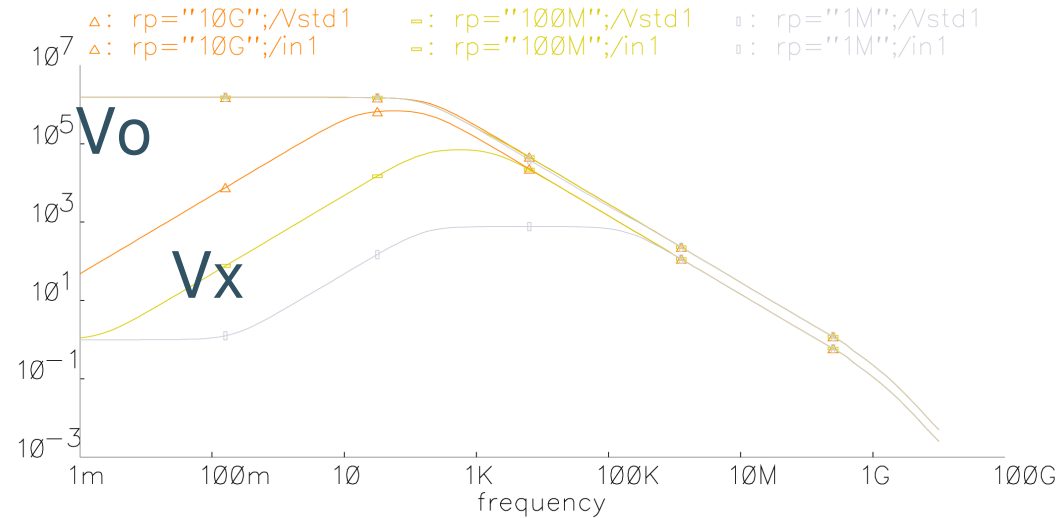


Analizy AC



EUDET_II opa_sim schematic : Feb 21 10:39:31 2008

AC Response

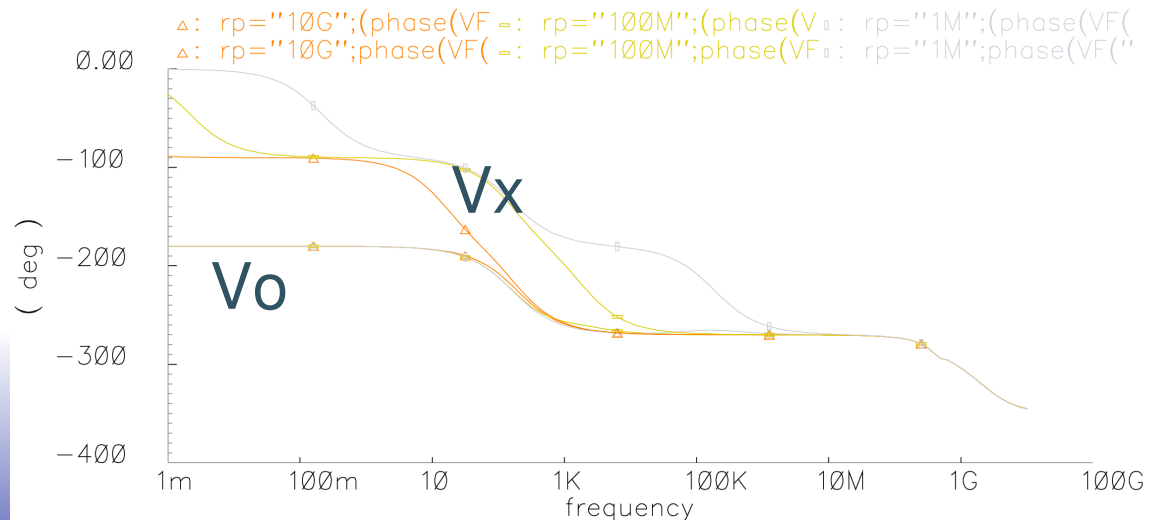


$$A(s) = -A / [(s/p_1) + 1]$$

$$V_x/V_{in} \sim (s+z) / [(s/p_1) + 1](s+p)$$

$$z = (-1/RC_2) / [(1/(RC_2 p_1) - A)]$$

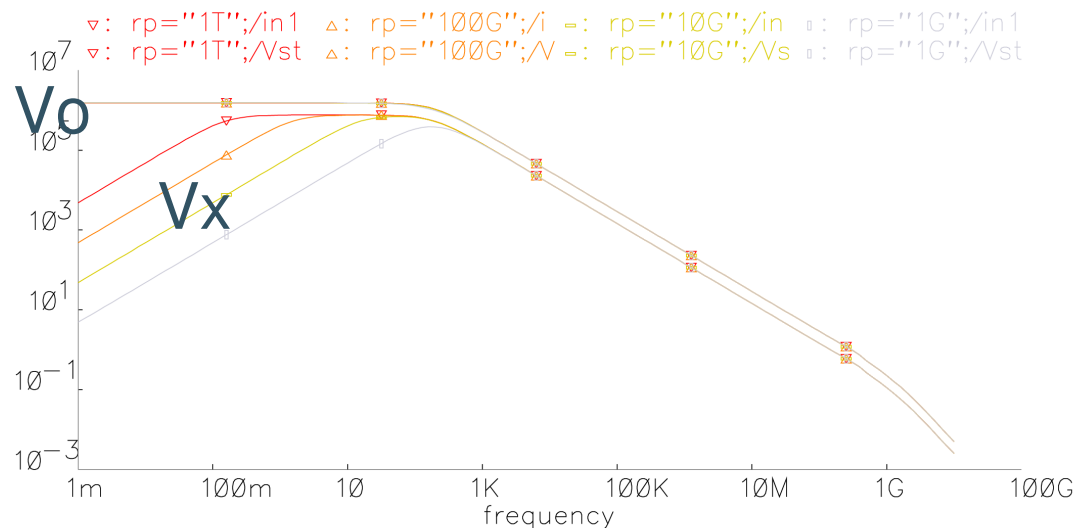
$$p = (-1/RC_2) / (1 + C_1/C_2)$$



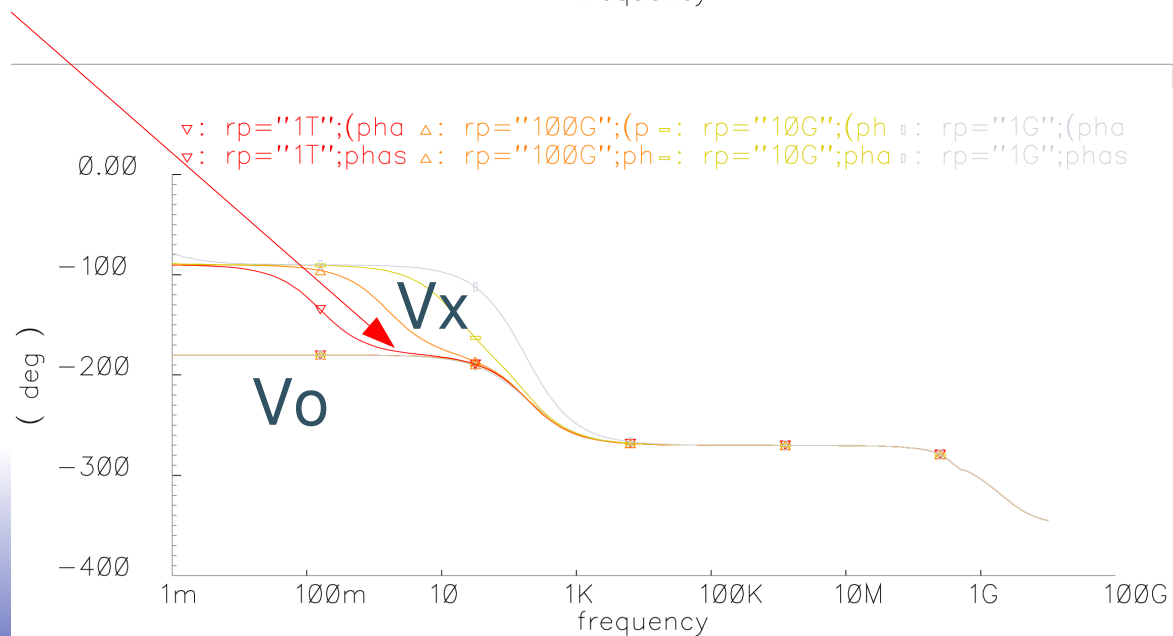
Analizy AC ...

EUDET_II opa_sim schematic : Feb 21 11:07:17 2008

AC Response

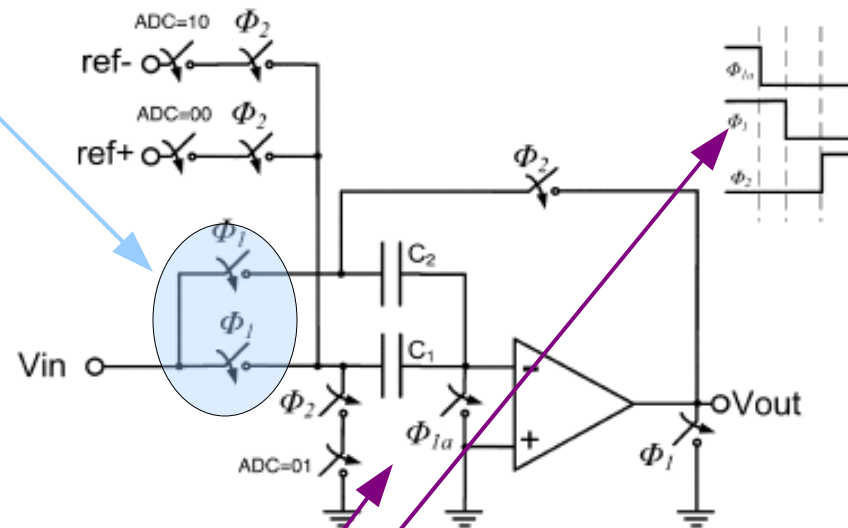


Zwiększając odpowiednio
wejściową stałą
czasową można
odseparować 1-szy
biegun wzmacniacza



Klucze - wstrzykiwanie ładunku

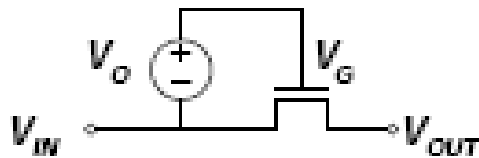
Problem: wstrzykiwany ładunek zależy od V_{in}



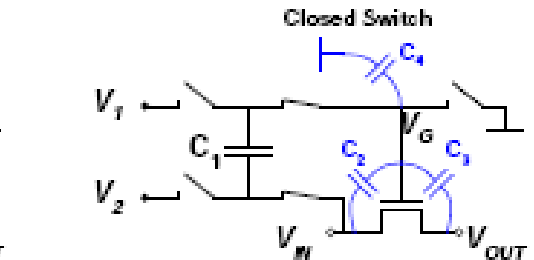
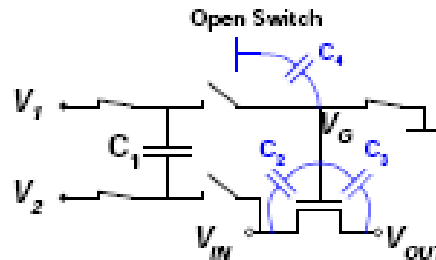
Rozwiązanie: Bottom plate sampling

Klucze – problemy...

Jak uniezależnić rezystancję, wstrzykiwany ładunek, czy moment włączenia klucza od poziomu sygnału ?



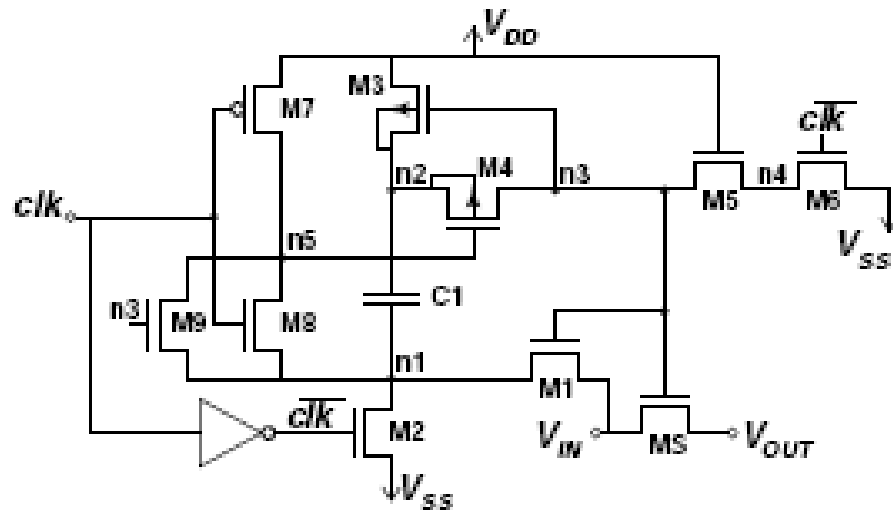
Idea



Realizacja

“Bootstrapped Switches” czyli zafiksowanie V_{GS}

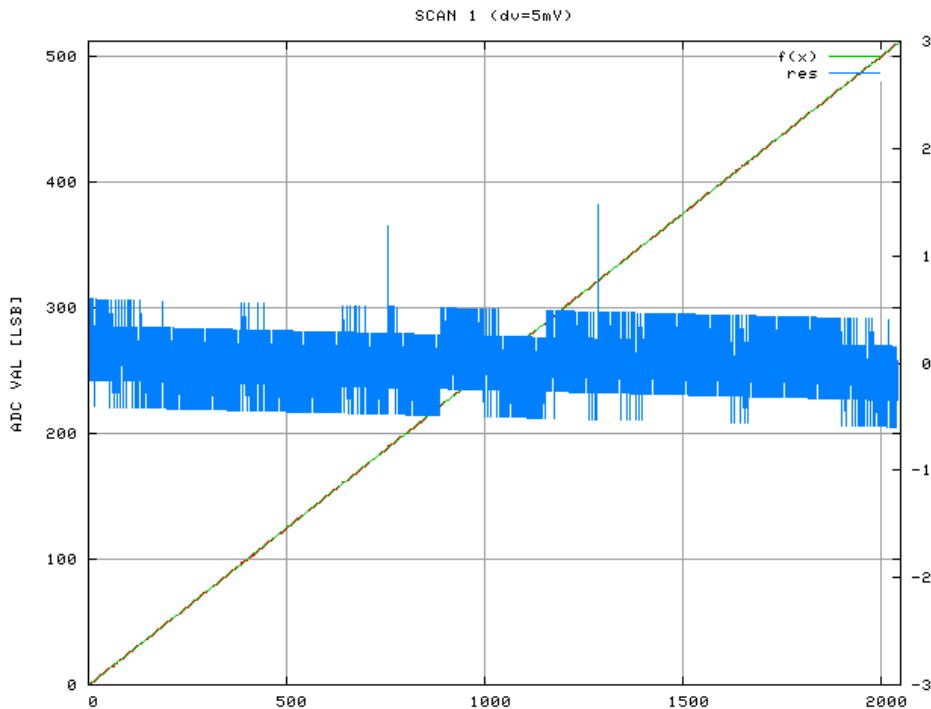
Bootstrapped Switch - przykładowa implementacja



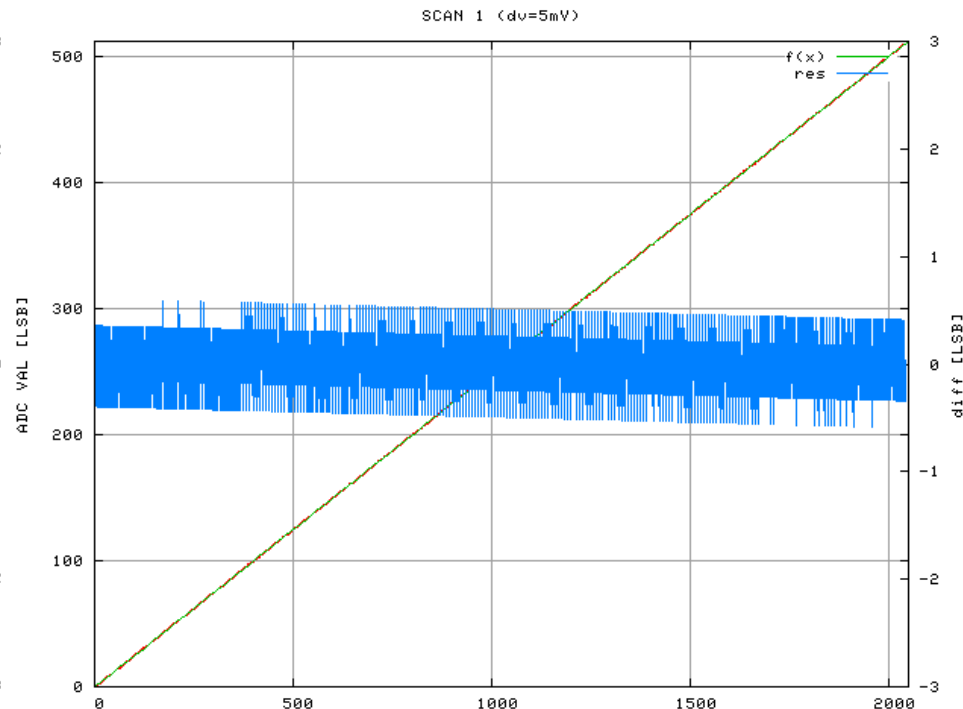
Prawdopodobnie w następnym prototypie...

Efekt “Bootstrapped switch”

8 stopni, Hspice, 2048 schodków, 33 Mhz – 30 godzin na wfitj115e



Bramki transmisyjne
NMOS (W/L) PMOS (2W/L)



Bootstrapped switch
NMOS (W/L)