

Trabajo Práctico N°2

Polarización y Etapa Amplificadora Básica

30 de abril de 2024

Prácticos

1. Para la figura 1 encontrar el valor que debe tener $W_{0,1}$ para obtener $I_{D1} = I_{REF} \pm 1\%$, con:

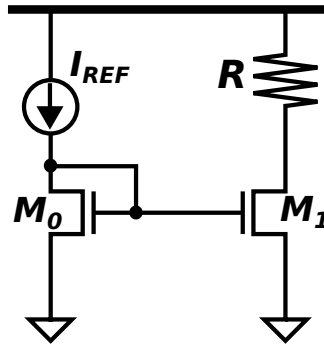


Figura 1:

- $L_0 = L_1 = 0,15\mu m$
- $W_0 = W_1 = ?$
- $I_{REF} = 200\mu A$
- $R = 4,5K\Omega$
- $V_{DD} = 1,8V$
- Responda:
 - ¿De qué depende el error entre la referencia y la copia de corriente?
 - ¿Por qué?

2. Con el mismo tamaño de transistores obtenidos en el ejercicio anterior implementar el circuito de la figura 2.

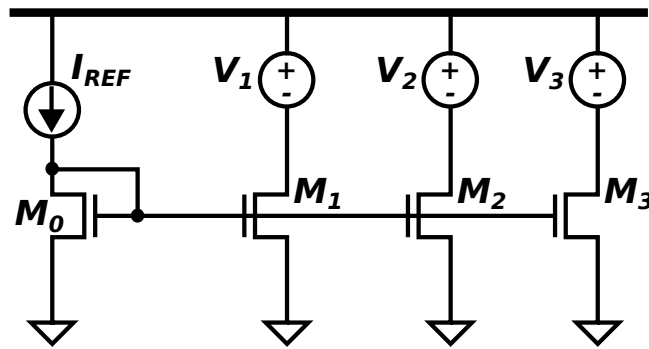


Figura 2:

- $I_{REF} = 200\mu A$
- $L_0 = L_1 = L_2 = L_3 = 0,15\mu m$
- $W_0 = W_1 = W_2 = W_3 =$ Obtenido en ejercicio anterior
- $V_1 = 0,6V$
- $V_2 = 0,9V$
- $V_3 = 1,2V$
- $V_{DD} = 1,8V$

Indicar para los tres MOS (M_1 , M_2 M_3)

- I_D
- Overdrive
- V_{DS}
- V_{TH}
- Responda:
 - ¿Qué parámetro de los MOS cambiaría para minimizar el error entre las copias de corriente?
 - ¿Por qué?
 - Demostrar en el simulador que ese cambio mejora el error.
 - **Nota:** Sólo debe demostrar la tendencia de que minimiza el error, no se solicita un valor determinado.

3. a) Repetir el ejercicio 2 para la configuración cascode de la figura 3.

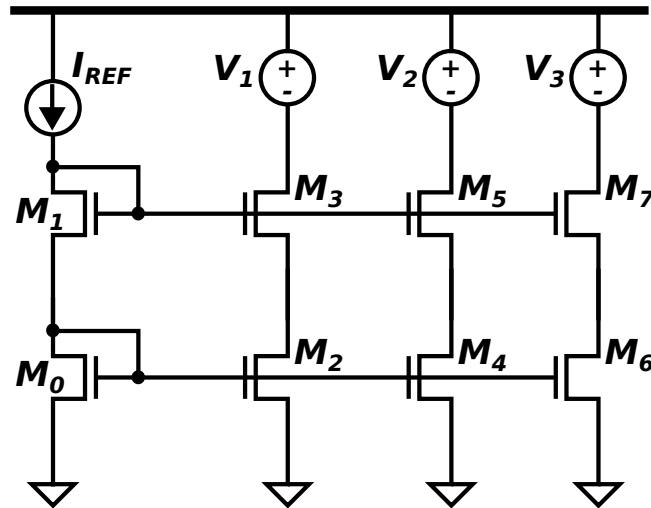


Figura 3:

- $I_{REF} = 200\mu A$
- $V_{DD} = 1,8V$
- $L_0 = L_2 = L_4 = L_6 = 0,9\mu m$
- $L_1 = L_3 = L_5 = L_7 = 0,15\mu m$
- Obtener: $W_0 = W_2 = W_4 = W_6 = ?$ y $W_1 = W_3 = W_5 = W_7 = ?$.
- Responda:
 - ¿En que proporción mejoró el error de copia de cada rama?
 - ¿Por qué?
 - ¿En todas las ramas mejoró? Si/No ¿Por qué?

b) La topología *wide swing cascode* de la figura 4 permite mejorar la polarización del circuito anterior.

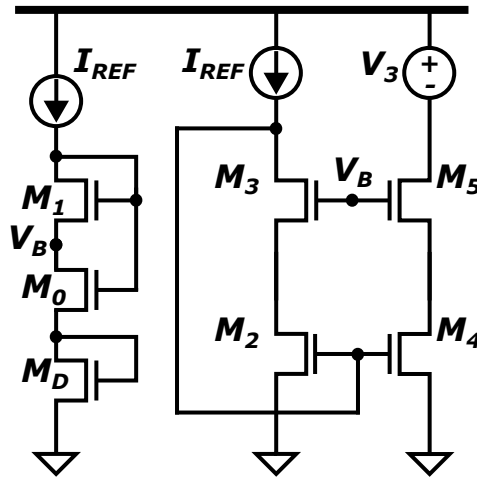


Figura 4:

- $I_{REF} = 200\mu A$
- $V_{DD} = 1,8V$
- $L_2 = L_4 = 0,9\mu m$
- $L_3 = L_5 = 0,15\mu m$
- Obtener: $W_2 = W_4 = ?$ y $W_3 = W_5 = ?$.
- Obtener: $L_0 = ?$, $L_1 = ?$, $L_D = ?$ y $W_0 = ?$, $W_1 = ?$, $W_D = ?$.
- Responda:
 - ¿En que proporción mejoró el error de copia con respecto al ejercicio anterior?
 - ¿Por qué?
 - ¿En que región de operación trabaja M_0 ?

5. Para el circuito de la figura 6, encontrar los valores de W_0 , W_1 y R_L para cumplir con:

- $V_1 = 0,9V$
- $I_1 = 200\mu A \pm 1\%$

Datos:

- $I_{REF} = 200\mu A$
- $L_0 = L_1 = 0,3\mu m$
- $V_{DD} = 1,8V$
- $V_{in} = 40mV$
- $f_{in} = 50MHz$

Realizar simulaciones transient y AC (Respuesta en frecuencia). Anotar los valores de A_v , V_{DSsat} , g_m y g_{ds} .

Cambiar el valor de V_{in} a 150mV y repetir el ejercicio.

Reportar las señales de entrada y salida en el tiempo y el diagrama de bode (magnitud y fase).

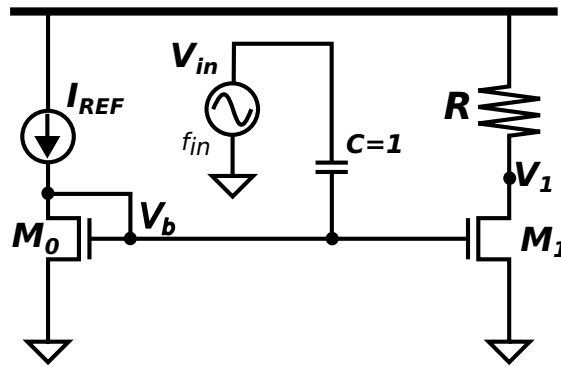


Figura 6:

6. En el circuito anterior reemplazar la carga resistiva por una carga diodo PMOS (LVT) con $L_P = 0,35\mu m$ (ver Fig. 7). Determinar el valor de W_P para $V_{out,DC} = 0,9V \pm 5\%$. Reportar A_v , g_{m1} , g_{m2} y las mismas gráficas que el ejercicio anterior.

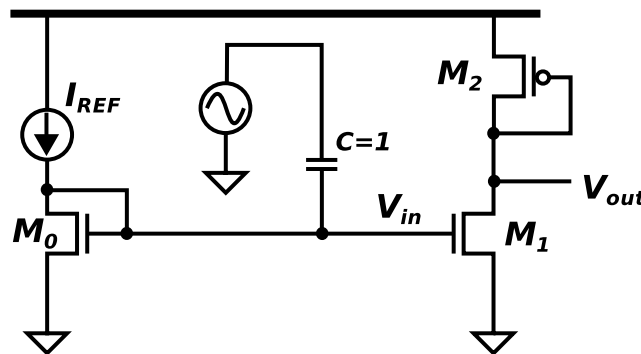


Figura 7:

Parametrización del W de un MOS:

1. En el entorno de simulación (en dónde se definen las directivas SPICE) se deben definir 3 variables mediante el comando **let**:
 - **wi**: ancho (width) inicial del MOS.
 - **wf**: ancho (width) final del MOS.
 - **wstep**: valor con el cual se irá incrementando el W del MOS.
2. Dentro de un ciclo **dowhile**, se debe pasar el valor de **wi** al parámetro **w** del MOS que se desea parametrizar. Esto se realiza mediante el comando **alter**.
3. Luego de pasar el valor de **wi**, se debe incrementar el mismo en **wstep**.
4. Por cada nuevo valor de **w**, se debe relaizar una simulación del **punto de operación** del MOS e imprimir los valores de los parámetros que se deseen analizar (Id y Vds por ejemplo.)
5. Por último se debe cerrar el ciclo **dowhile** con la directiva end **end**. En la Fig. 8, se adjunta un ejemplo de las instrucciones antes mencionadas.
6. Los resultados de dicho análisis se observan en la terminal de **xterm**, tal como se observa en la Fig. 9.

```
* Simulation
.control
  let wi = 1.5
  let wf = 4.5
  let wstep = 0.15

  dowhile wi <= wf
    print @M.XM1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[w]
    alter @M.XM1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[w] = wi
    alter @M.XM2.msky130_fd_pr__nfet_01v8[w] = wi
    let wi = wi + wstep
  op
    print @M.XM1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[w]
    print @M.XM1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[vds]
    print @M.XM1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[id]
    save all
  end

  write tp2.raw

.endc
```

Figura 8: Análisis paramétrico del W de un MOS en ngspice.

```
Reference value : 0.000000e+00
No. of Data Rows : 1
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[w] = 1.500000e-06
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[vds] = 9.278383e-01
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[id] = 1.937971e-04
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[w] = 1.500000e-06
Error: no model available for w= 1.65000000e+00 l= 3.00000000e-07.
Error: no model available for w= 1.65000000e+00 l= 3.00000000e-07.
Doing analysis at TEMP = 27.000000 and TNOM = 27.000000

No. of Data Rows : 1
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[w] = 1.650000e-06
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[vds] = 9.248890e-01
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[id] = 1.944524e-04
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[w] = 1.650000e-06
Error: no model available for w= 1.80000000e+00 l= 3.00000000e-07.
Error: no model available for w= 1.80000000e+00 l= 3.00000000e-07.
Doing analysis at TEMP = 27.000000 and TNOM = 27.000000

No. of Data Rows : 1
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[w] = 1.800000e-06
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[vds] = 9.222422e-01
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[id] = 1.950405e-04
@m.xm1.msky130_fd_pr__nfet_01v8[w] = 1.800000e-06
Error: no model available for w= 1.95000000e+00 l= 3.00000000e-07.
Error: no model available for w= 1.95000000e+00 l= 3.00000000e-07.
Doing analysis at TEMP = 27.000000 and TNOM = 27.000000
```

Figura 9: Reporte del análisis paramétrico del W de un MOS en ngspice.

NOTA PARA EL REPORTE:

Los ejercicios se reportan mostrando una impresión de pantalla donde se vean los tamaños de los MOS, sumado a una segunda impresión de pantalla donde se vean los puntos de operación de los MOS y los nodos de tensión.