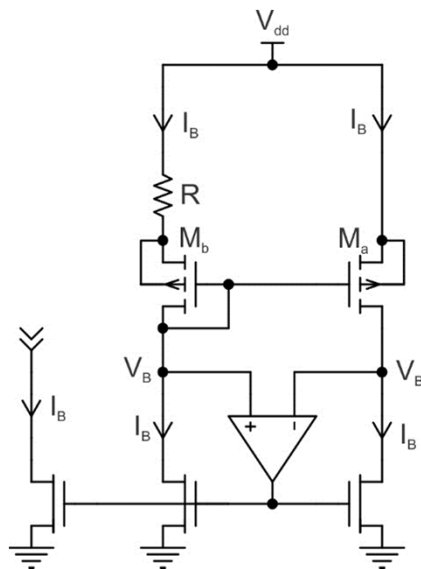


Circuito de Polarização para gm Constante com a Temperatura

Com a dependência da tensão de threshold e da mobilidade com a temperatura, a transcondutância do transistor também se torna dependente da temperatura. Isto afeta o funcionamento de amplificadores operacionais, particularmente os OTAs. O circuito de polarização para gm constante com a temperatura ajusta a corrente de polarização de forma a compensar a variação da transcondutância.

Multiplicador de β



- Todos os transistores operam em inversão forte
- $W_b = mW_a$, $m \geq 2$

$$\beta = k_p \frac{W}{L}$$

$\alpha = n \rightarrow \alpha$ do modelo SPICE é igual ao n do modelo EKV

$$IC \gg 1 \rightarrow \frac{I_B}{2\alpha\phi_T^2\beta_a} \gg 1 \rightarrow \beta_a \ll \frac{I_B}{2\alpha\phi_T^2}$$

$$I_B = \frac{\beta_a}{2\alpha} (V_{dd} - V_B - |V_T|)^2$$

$$I_B = \frac{m\beta_a}{2\alpha} (V_{dd} - RI_B - V_B - |V_T|)^2$$

$$I_B = \frac{m\beta_a}{2\alpha} \left(\sqrt{\frac{2\alpha I_B}{\beta_a}} - RI_B \right)^2 \rightarrow I_B = \frac{2\alpha}{R^2\beta_a} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{m}} \right)^2 \rightarrow gm_a = \sqrt{\frac{2\beta_a}{\alpha} I_B} \rightarrow gm_a = \frac{2}{R} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{m}} \right)$$

Transcondutância independente da temperatura

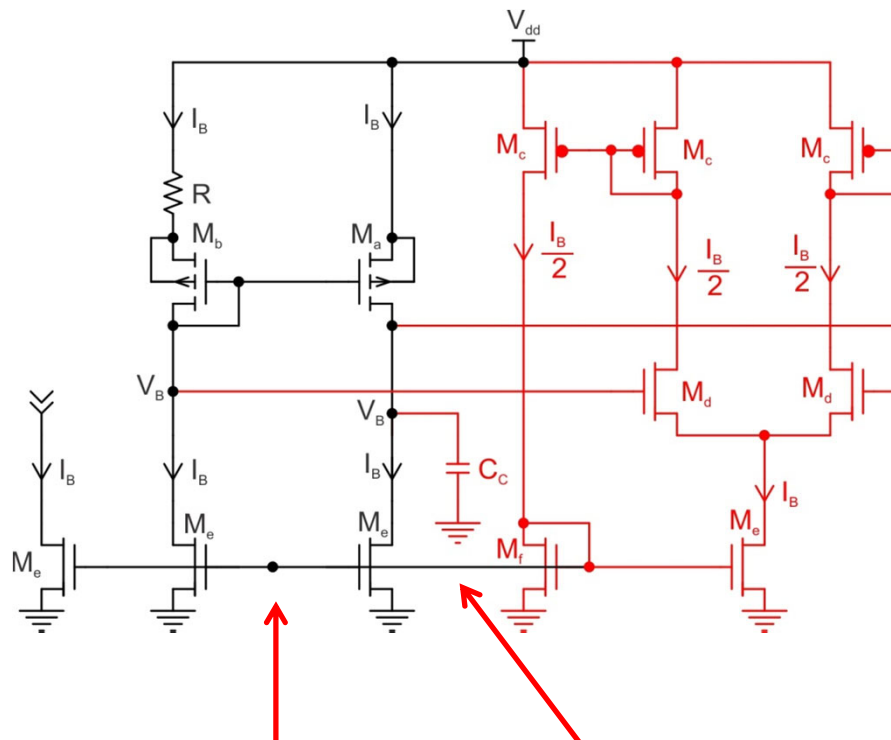


Corrente de Ma espelhada para outro transistor PMOS, Md, ou par diferencial tipo P

$$g_{m_d} = \sqrt{\frac{2\beta_d}{\alpha}} I_{SD} \longrightarrow I_{SD} = A_I I_B \longrightarrow g_{m_d} = \sqrt{\frac{2\beta_d}{\alpha}} A_I \frac{2\alpha}{R^2 \beta_a} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{m}}\right)^2 = \sqrt{\frac{\beta_d}{\beta_a}} A_I \left(1 - \frac{1}{\sqrt{m}}\right) \frac{2}{R}$$

$$\frac{\beta_d}{\beta_a} = \frac{W_d/L_d}{W_a/L_a} \frac{k_p}{k_p} = \frac{W_d/L_d}{W_a/L_a} \longrightarrow g_{m_d} = \sqrt{A_I \frac{W_d/L_d}{W_a/L_a} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{m}}\right) \frac{2}{R}} \longrightarrow g_{m_d} \text{ independe da temperatura}$$

Implementação Prática



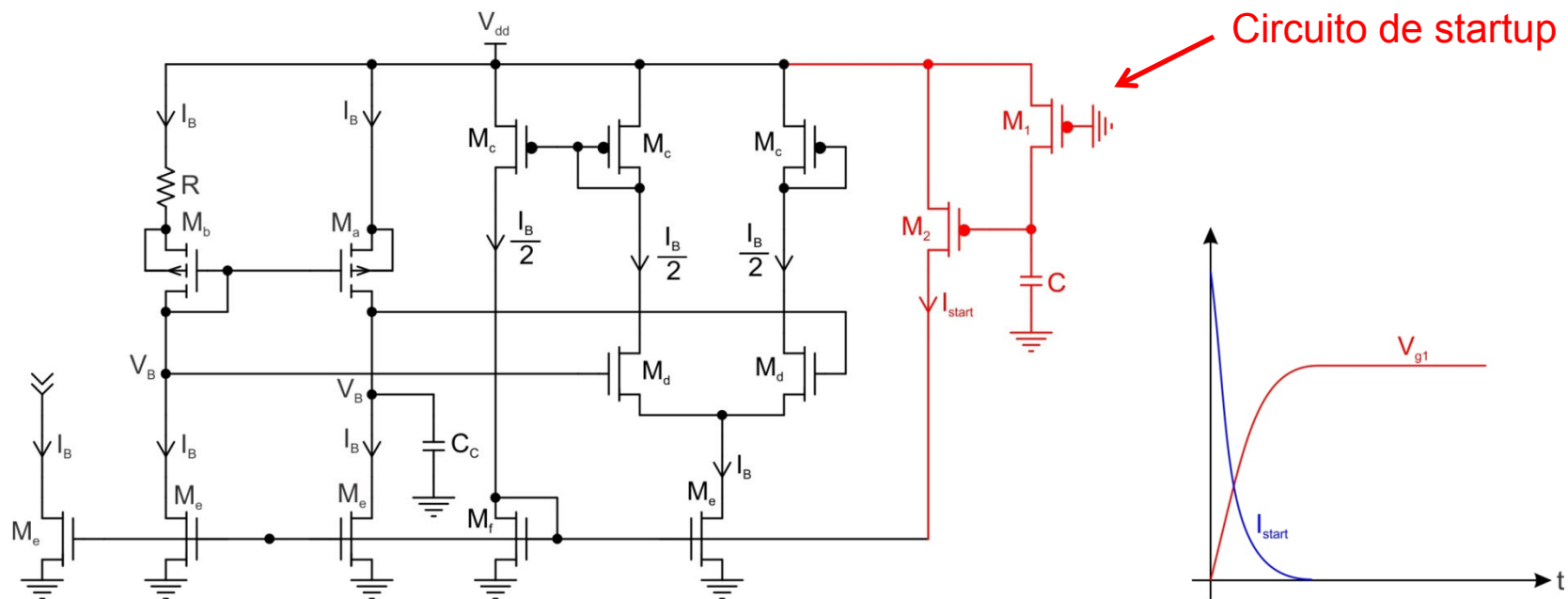
Amplificador Operacional

Multiplicador de β

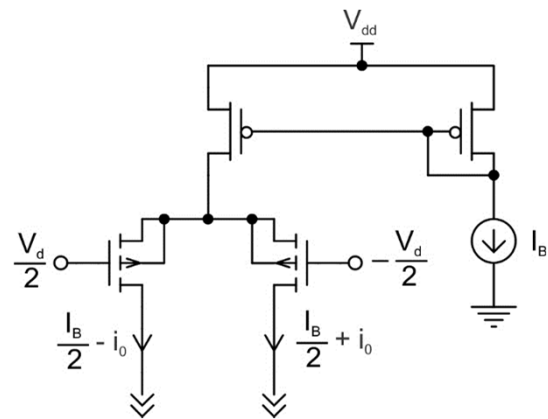
Capacitor de compensação para estabilizar o circuito em malha fechada

Circuito de Startup

Tal como o circuito de referência de tensão e o de corrente independente da temperatura, o multiplicador de β possui dois estados estáveis, sendo um deles com todas as correntes iguais a zero. Para evitar este estado indesejável, utiliza-se um circuito de startup, que polariza o multiplicador de beta e o OpAmp com correntes maiores que zero no instante em que são energizados.

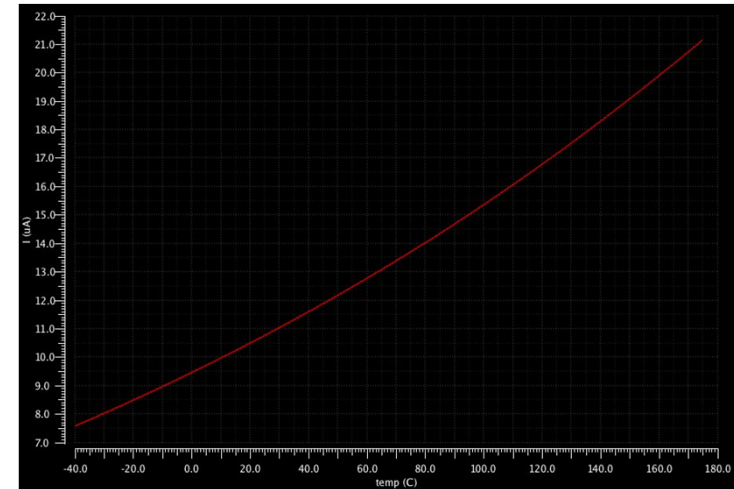


Exemplo Prático

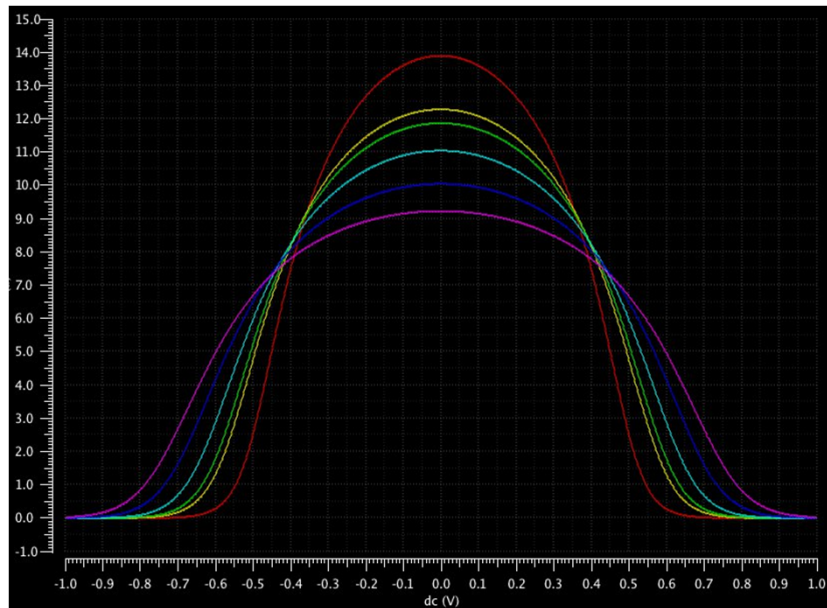


$$gm = \frac{\partial i_0}{\partial v_d}$$

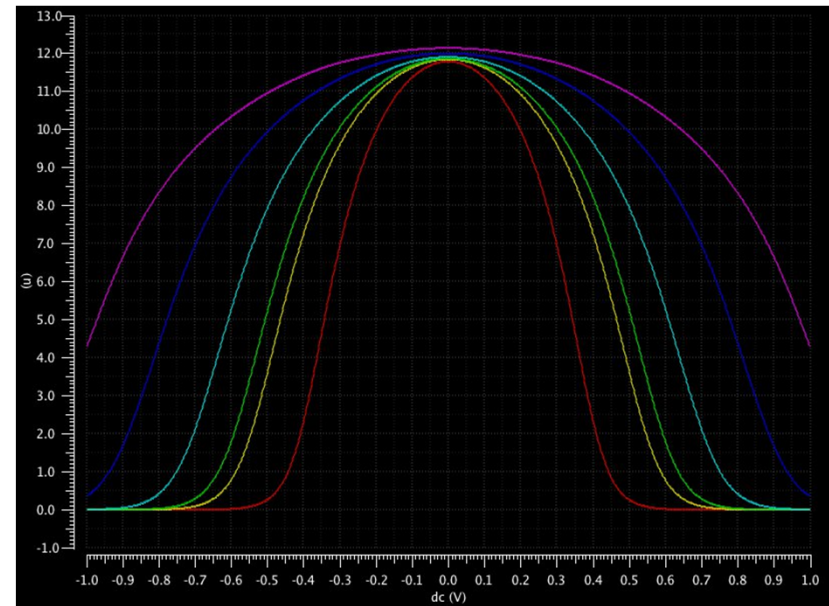
$I_B \times T$ do multiplicador de β



Sem correção de I_B



Com correção de I_B



**Final deste
Tópico**