

Modelo de Pequeña Señal:

El modelo de pequeña señal se utiliza para hacer cálculos analíticos del funcionamiento analógico de circuitos de amplificación de señales. Se puede decir que el modelo de pequeña señal es el cálculo de señales AC de pequeña amplitud.

Para hacer un modelo de pequeña señal, primero se debe determinar si el modelo aplica a las características del circuito que se va a analizar. Esto quiere decir que el punto de operación del circuito debe corresponder a la polarización que se requiere para el tipo de transistor que se analiza, tal como se muestra en la tabla 1. Este primer análisis es un análisis de **Gran Señal** donde se contemplan las características de CD que permiten determinar cómo está polarizado el circuito.

Tabla 1. Análisis de Gran Señal (CD)

Tipo de Transistor	Zona de Operación	Especificaciones de la zona de operación	Ecuaciones aplicables
MOSFET	Saturación	$V_{GS} \geq V_{TH}$ $V_{DS} \geq V_{GS} - V_{TH}$	$I_D = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_{TH})^2$ $I_D = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_{TH})^2 (1 + \lambda V_{DS})$ <ul style="list-style-type: none">- Leyes de Kirchoff- Thevenin/Norton
BJT	Activa	$V_{BE} \geq V_{DIO DO}$ $V_{CE} \geq V_{BE}$	$I_C = \beta I_B$ $I_E = I_C + I_B = (\beta + 1) I_B$ $I_C = \alpha I_E$ $\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$ <ul style="list-style-type: none">- Leyes de Kirchoff- Thevenin/Norton

Si con el análisis de gran señal se determina el punto de operación del circuito es el requerido para el modelo, entonces se procede a calcular los parámetros de pequeña señal, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 1. Cálculo de parámetros para el modelo de pequeña señal

Transistor	Parámetro	Ecuación
MOSFET	g_m (Transconductancia)	$g_m = K(V_{GS} - V_{TH})$ $g_m = \sqrt{2KI_D}$ $g_m = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}}$
	r_o (resistencia de salida)	$r_o = \frac{1}{\lambda I_{DS,SAT}} = \frac{V_A}{I_{DS,SAT}}$
BJT	g_m (Transconductancia)	$g_m = \frac{I'_C}{V_T} = \frac{\beta I_B}{V_T}$
	r_o (resistencia de salida)	$r_o = \frac{V_A}{I'_C}$
	r_π (resistencia de la base)	$r_\pi = \frac{\beta}{g_m}$

Recuerde que: $I_{DS,SAT}$, I'_C son corrientes sin tomar en cuenta el efecto Early sobre el circuito, o sea, sin modulación del canal (MOSFET) ni de la base (BJT).

Una vez calculados los parámetros de pequeña señal, puede sustituir el modelo del transistor equivalente dentro del circuito, como se muestra en la figura 1.

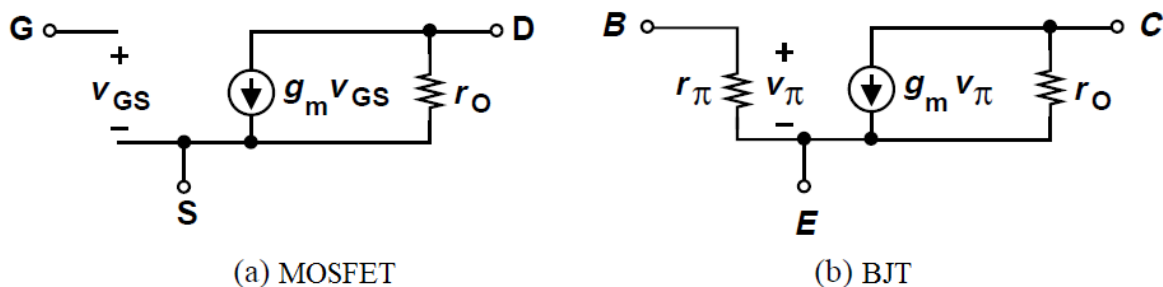


Figura 1. Modelo de pequeña señal (a) MOSFET y (b) BJT

Reglas para cálculos en Gran Señal:

1. Los capacitores son circuitos abiertos para CD.
2. Se contemplan las fuentes de voltaje CD (V_{DD} , V_{CE}).
3. Se contemplan las fuentes de corriente CD (I_D , I_C).
4. Se determina si el punto de operación del transistor es el correcto para el modelo (saturación para MOSFET, activo para BJT).
5. Si el punto de operación es correcto, se determina la corriente del circuito sin efecto Early ($I_{DS,SAT}$ para el MOSFET, I_C' para el BJT).
6. Calcular los parámetros de pequeña señal.

Reglas para cálculos en Pequeña Señal:

1. Los capacitores son corto circuitos para CA.
2. Las fuentes de voltaje de CD se igualan a cero V ($V_{DD}=0V$, $V_{CE}=0V$), lo que equivale a convertirlas en corto circuitos.
3. Las fuentes de corriente CD se igualan a cero A ($I_D=0A$, $I_C=0A$), lo que equivale a convertirlas en circuitos abiertos.
4. Si se desea calcular la ganancia de voltaje A_v del amplificador, se hace plantea una ecuación que relacione la entrada de voltaje de pequeña señal v_{in} con el voltaje de entrada del transistor (v_{gs} o v_{be}); luego se plantea una ecuación que relacione el voltaje de salida v_{out} con la fuente dependiente del transistor ($g_m v_{gs}$ o $g_m v_{be}$). Luego se despeja (v_{gs} o v_{be}) en ambas ecuaciones y se igualan, de manera que se puede encontrar la razón v_{in}/v_{out} .
5. Si se desea calcular la resistencia de entrada R_{in} , ésta puede determinarse poniendo en corto circuito la salida del circuito, de esta forma puede calcular $R_{in}=V_{in}/I_{in}$.
6. Si se desea determinar la resistencia de salida R_{out} , calcule el voltaje de circuito abierto V_{OC} y la corriente de corto circuito I_{SC} en la salida, de esta forma puede calcular la resistencia de Thevenin $R_{TH}=V_{OC}/I_{SC}$.