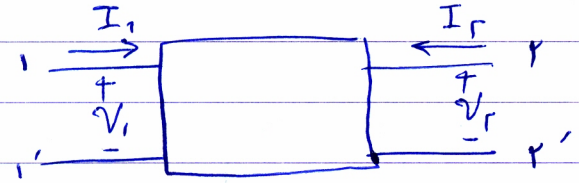
تو یک عنصر دو دهانه ای مانند ترانزیستور را در نظر بگیرید. اگر این عنصر Q معینی از نظر dc داشته باشد (تحلیل dc) حال اگر یک سیگنال متغیر ac به آن اضافه شود "به طوری که تغییرات کوچکی در نقطه کار ایجاد کند" می توان در تحلیل ac این عنصر دو دهانه ای را خطی کرد و آنالیز ac را انجام داد. به این روش تحلیل سیگنال کوچک دارد.

در یک عنصر دو دهانه خطی مطابق شکل زیر ۴ کمیت V_1، I_1 و I_2، V_2 را می توان در نظر گرفت و ۲ تای آنها را به صورت خطی از ۲ تای دیگر نوشت:



$$\begin{cases} V_1 = h_{11} I_1 + h_{12} V_2 \\ I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} V_2 \end{cases}$$

مثلاً اگر V_1 و I_2 را بر حسب I_1 و V_2 بیان کنیم، ضرایب را پارامترهای هایبرید گوییم.

پارامترهای h به صورت روابط زیر تعریف می شود:

$$h_{11} = \frac{V_1}{I_1}\Big|_{V_2=0} = h_i \ (\Omega) \quad \text{مقاومت ورودی}$$

$$h_{12} = \frac{V_1}{V_2}\Big|_{I_1=0} = h_r \ (-) \quad \text{درجه تقویت ولتاژ معکوس}$$

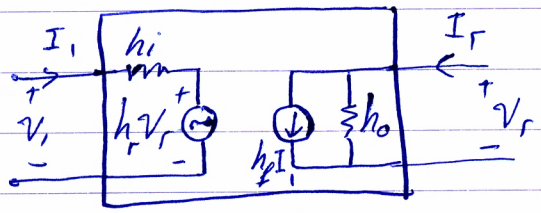
$$h_{21} = \frac{I_2}{I_1}\Big|_{V_2=0} = h_f \ (-) \quad \text{درجه تقویت جریان مستقیم}$$

$$h_{22} = \frac{I_2}{V_2}\Big|_{I_1=0} = h_o \ (\mho) \quad \text{هدایت خروجی}$$

$$\Rightarrow H = \begin{bmatrix} h_i & h_r \\ h_f & h_o \end{bmatrix}$$

s.a.m

لذا می‌توان مدار معادل زیر را که به آن مدار معادل هایبرید گویند برای آن در نظر گرفت:



پارامترهای هایبرید ترانزیستور: از آنجائیکه ترانزیستور BJT در یک تقویت کننده، سه شکل بندی CC، CE و CB را می‌تواند داشته باشد، لذا مدار معادل هایبرید سیگنال کوچک آن دارای سه نوع پارامتر می‌باشد که با اندیس e، c و b به صورت زیر نشان داده می‌شود.

$$\begin{bmatrix} h_{ic} & h_{rc} \\ h_{fc} & h_{oc} \end{bmatrix} \leftarrow CC \qquad \begin{bmatrix} h_{ie} & h_{re} \\ h_{fe} & h_{oe} \end{bmatrix} \leftarrow CE$$

$$\begin{bmatrix} h_{ib} & h_{rb} \\ h_{fb} & h_{ob} \end{bmatrix} \leftarrow CB$$

به عنوان مثال، در مورد CE (Common E) پارامترها به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$h_{ie} = \frac{\partial V_1}{\partial I_1} \simeq \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \simeq \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta i_B}\Big|_{V_{CE}=\text{ثابت}}$$

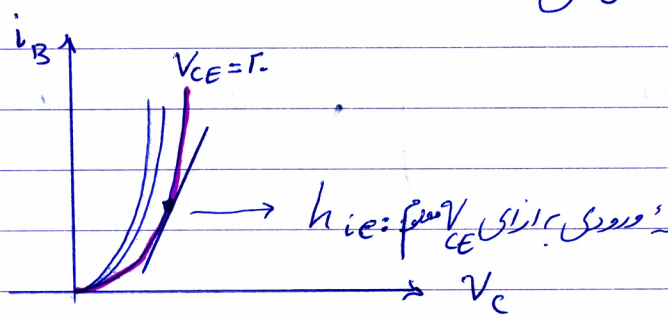
$$h_{re} = \frac{\partial V_1}{\partial V_2} = \frac{\partial v_{BE}}{\partial V_{CE}} \simeq \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta V_{CE}}\Big|_{i_B=\text{ثابت}}$$

$$h_{fe} = \frac{\partial I_2}{\partial I_1} = \frac{\partial i_C}{\partial i_B} \simeq \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B}\Big|_{V_{CE}=\text{ثابت}}$$

$$h_{oe} = \frac{\partial I_r}{\partial V_r} = \frac{\partial i_c}{\partial V_{CE}} \cong \frac{\Delta i_c}{\Delta V_{CE}}\Big|_{i_B = \text{ثابت}}$$

تعیین پارامترهای h برای ترانزیستور: برای این کار باید از منحنی‌های مشخصه‌ی ورودی و خروجی ترانزیستور استفاده کرد. به‌عنوان مثال در حالت CE می‌توان گفت:

الف) تعیین h_{ie}:



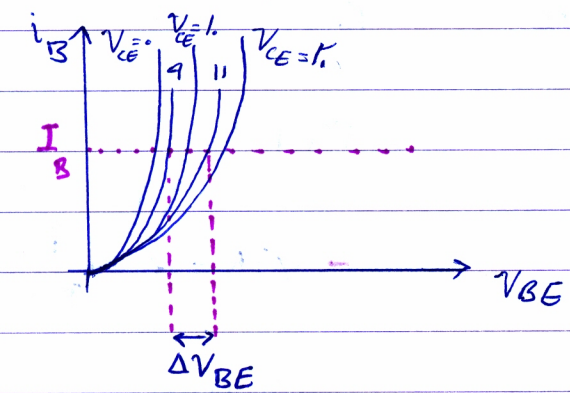
عکس شیب خط مماس بر منحنی مشخصه‌ی ورودی برازای V_{CE} ثابت $\rightarrow h_{ie}$

و به‌طور تقریبی برابر است با:

$$h_{ie} = \frac{26\,mV}{I_B} = \frac{26}{\frac{I_C}{\beta}} = \frac{26\beta}{I_C}$$

که به‌طور معمول h_{ie} در حدود "1 k اهم است.

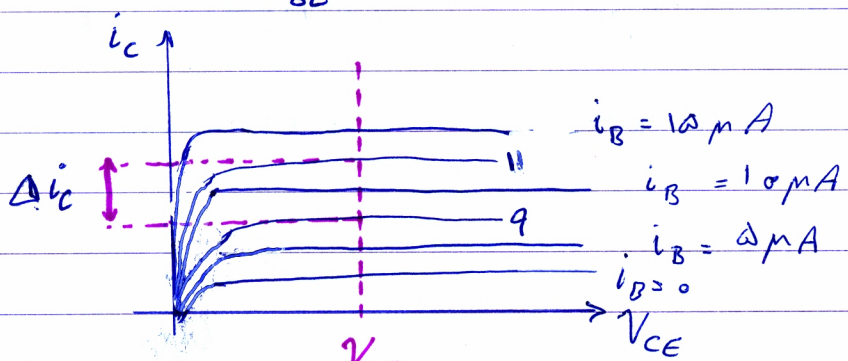
ب) تعیین h_{re}:



$$h_{re} \cong \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta V_{CE}}\Big|_{i_B = \text{ثابت}}$$

و به‌طور تقریبی: $h_{re} \cong 0$

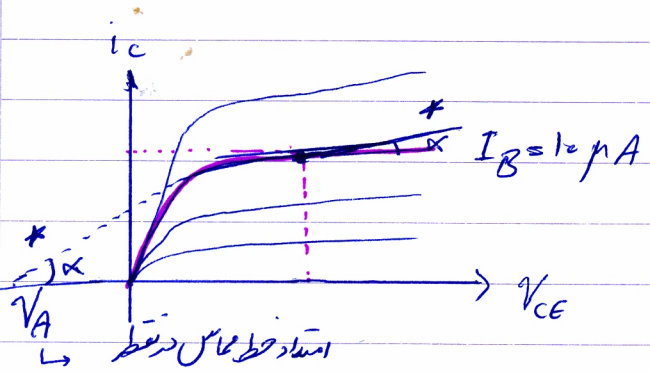
ج) تعیین h_{fe}:



$$h_{fe} = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B}\Big|_{V_{CE} = \text{ثابت}}$$

و به‌طور تقریبی: $h_{fe} \cong \beta$

s.a.m



د) تعیین h_{oe}:

$\Rightarrow h_{oe}$: شیب مماس بر منحنی مشخصه خروجی تا ازای I_B مشخص

به طور تقریبی: ① $h_{oe} \approx 0$

$$* \quad \tan\alpha = \frac{I_C}{|V_A| + V_{CE}} \approx \frac{I_C}{|V_A|} \quad ②$$

$$\Rightarrow h_{oe} = \frac{I_C}{|V_A|}$$

② → نکته‌ی خفیف!

* محل تقاطع خطوط در مشخصه‌های خروجی با محور افقی، ولتاژی به نام V_A به ما می‌دهد.

جدول زیر مقادیر نمونه برای پارامترهای h یک ترانزیستور را به ما ارائه می‌دهد.

پارامتر	CE	CC	CB
			$h_{ib} = \frac{۲۶}{I_C}$
h_i	$1\,k\Omega$	$1\,k\Omega$	$۲۰\,\Omega$
h_r	$۲,۵ \times 10^{-۴}$	≈ 1	۳×10^{-۴}
h_f	۵۰	-۵۱	$-۰,۹۸ = \alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$
h_o	$۲۵\,\mu\Omega$	$۲۵\,\mu\Omega$	$۰,۵\,M\Omega$
$\frac{1}{h_o}$	$۴۰\,k\Omega$	$۴۰\,k\Omega$	$۲\,M\Omega$