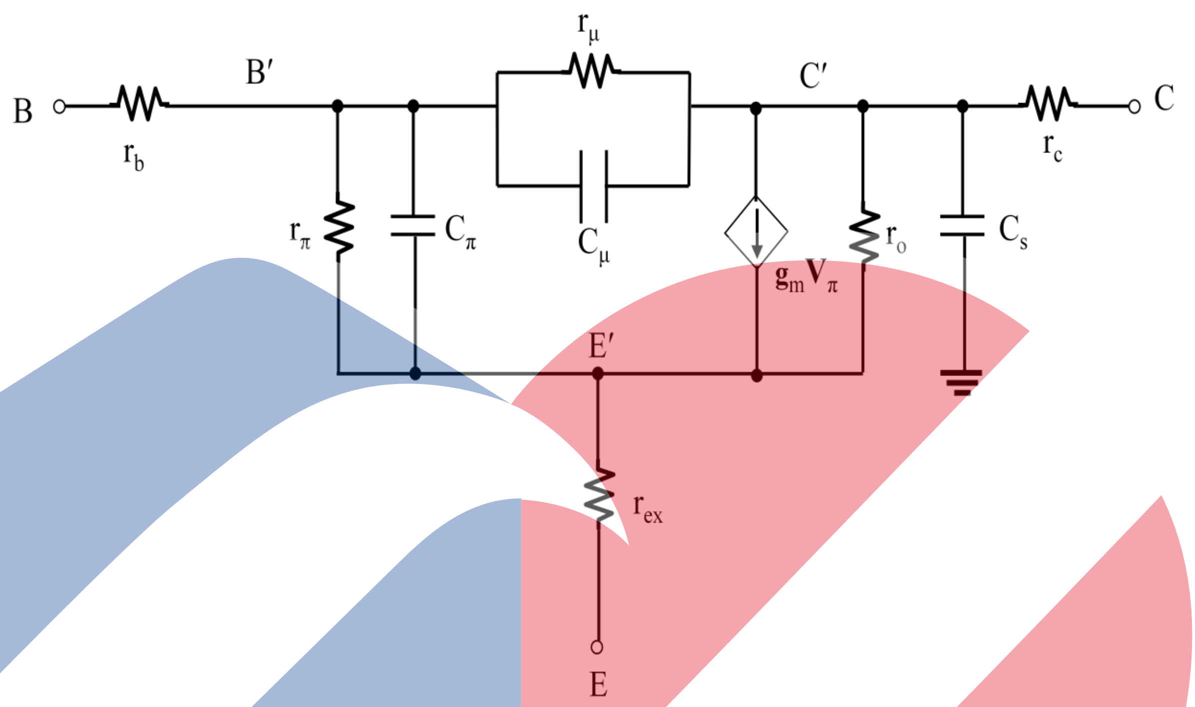
Chapter 7. 頻率響應
(Frequency Response)

7.4 頻率響應-BJT

7.4 頻率響應-BJT

1. 擴展型混成π 等效電路



r_b　　B 內外部的內阻(非常小)

r_π　　順偏擴散電阻

C_π　　順偏接面電容

C_μ　　反偏接面電容 $C_\pi \gg C_\mu$ 但不能忽略， ∵Miller effect

r_μ　　反偏擴散電阻

r_{ex}　　E 內外部的內阻(非常小)

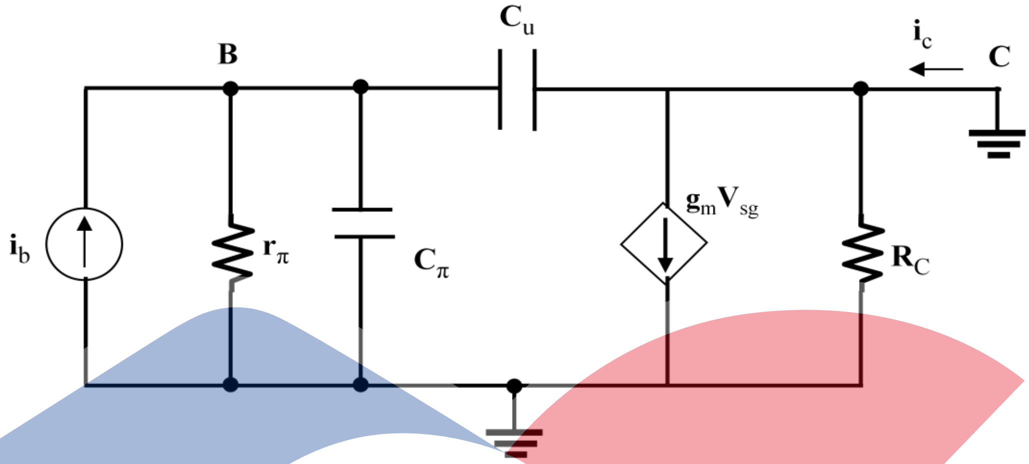
$g_m V_\pi$　　BE 電壓控制電流

r_o　　Early effect 電阻

C_s　　集-基板的反向偏壓接面電容

r_c　　C 內外部的內阻(非常小)

2. 短路電流增益



$$\text{求}A_i = \frac{I_c}{I_b}$$

B 點 KCL:

$$I_b = I_{r\pi} + I_{c\pi} + I_{c\mu}$$

$$= \frac{V_\pi}{r_\pi} + SC_\pi V_\pi + SC_\mu V_\pi$$

$$= V_\pi[\frac{1}{r_\pi} + S(C_\pi + C_\mu)]$$

C 點 KCL:

$$I_c + I_{c\mu} = g_m V_\pi + I_{ro}$$

$$I_c + SC_\mu V_\pi = g_m V_\pi$$

$$I_c = (g_m - SC_\mu)V_\pi$$

$$A_i = \frac{I_c}{I_b} = \frac{(g_m - SC_\mu)V_\pi}{V_\pi[\frac{1}{r_\pi} + S(C_\pi + C_\mu)]}$$

$$= \frac{(g_m - SC_\mu)}{\frac{1}{r_\pi} + S(C_\pi + C_\mu)}$$

3. 截止頻率(Cut-off frequency -f_T)

◆ 當在頻率在f_T時，其增益為一。

$$A_i = \frac{\beta_0}{1 + j2\pi f r_\pi (C_\pi + C_\mu)}$$

$$= \frac{\beta_0}{1 + j(\frac{f}{f_\beta})} \text{，} f_\beta = \frac{1}{2\pi r_\pi (C_\pi + C_\mu)}$$

$$|A_i| = \frac{\sqrt{{\beta_0}^2}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_\beta}\right)^2}} \text{，} {\beta_0}^2 = 1 + (\frac{f}{f_\beta})^2$$

When $\left(\frac{f}{f_\beta}\right)^2 \gg 1$，${\beta_0}^2 \cong (\frac{f}{f_\beta})^2$

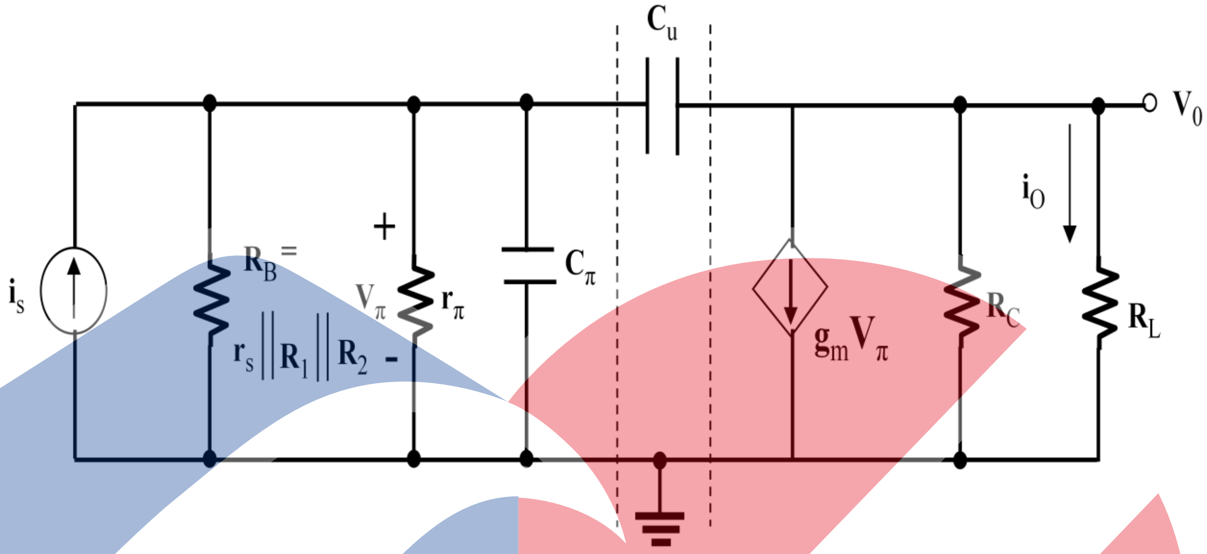
$f_T = \beta_0 f_\beta$，f_T為增益為一的頻寬，稱為壹增益頻寬(Unity − gain bandwidth)。

$$f_T = \beta_0 f_\beta = \frac{\beta_0}{2\pi r_\pi (C_\pi + C_\mu)}$$

$\because \beta_0 = g_m r_\pi$

$$f_T = \frac{g_m}{2\pi (C_\pi + C_\mu)}$$

4. 米勒效應和米勒電容(Miller effect and Miller capacitance)



- C_μ: 因為 Miller effect 或稱回授效應，其C_μ會被乘以其倍數的效應。
  假設 f 很大使偶和及旁路電容短路，只考慮 BJT 內部電容
  $r_c r_{ex} r_b \rightarrow \infty$，$C_s \rightarrow \text{OPEN}$，$r_\mu r_o \rightarrow \infty$
  LOOPA:
  $$I_1 = \frac{V_\pi - V_o}{\frac{1}{SC_\mu}} = SC_\mu(V_\pi - V_o) - ①$$
  LOOPB:
  $$I_1 = g_m V_\pi + \frac{V_o}{R_C \parallel R_L} - ②$$
  ① = ②:
  $$SC_\mu(V_\pi - V_o) = g_m V_\pi + \frac{V_o}{R_C \parallel R_L}$$
  $$\left(SC_\mu + \frac{1}{R_C \parallel R_L}\right)V_o = (SC_\mu - g_m)V_\pi$$
  $$S = j\omega，\left(j\omega C_\mu + \frac{1}{R_C \parallel R_L}\right)V_o = (j\omega C_\mu - g_m)V_\pi$$
  $$\frac{1}{R_C \parallel R_L}V_o \cong -g_m V_\pi$$
  $$V_o = -g_m V_\pi(R_C \parallel R_L)\text{代入①}$$
  $$I_1 = SC_\mu[V_\pi + g_m V_\pi(R_C \parallel R_L)]$$

$$= SC_{\mu}V_{\pi}[1 + g_m(R_C \parallel R_L)]$$

$$Z_A = \frac{V_{\pi}}{I_1} = \frac{1}{SC_{\mu}[1 + g_m(R_C \parallel R_L)]}$$

$$= \frac{1}{SC_M}\text{，}C_M = C_{\mu}[1 + g_m(R_C \parallel R_L)]$$