

تعریف فرکانس گذر f_T

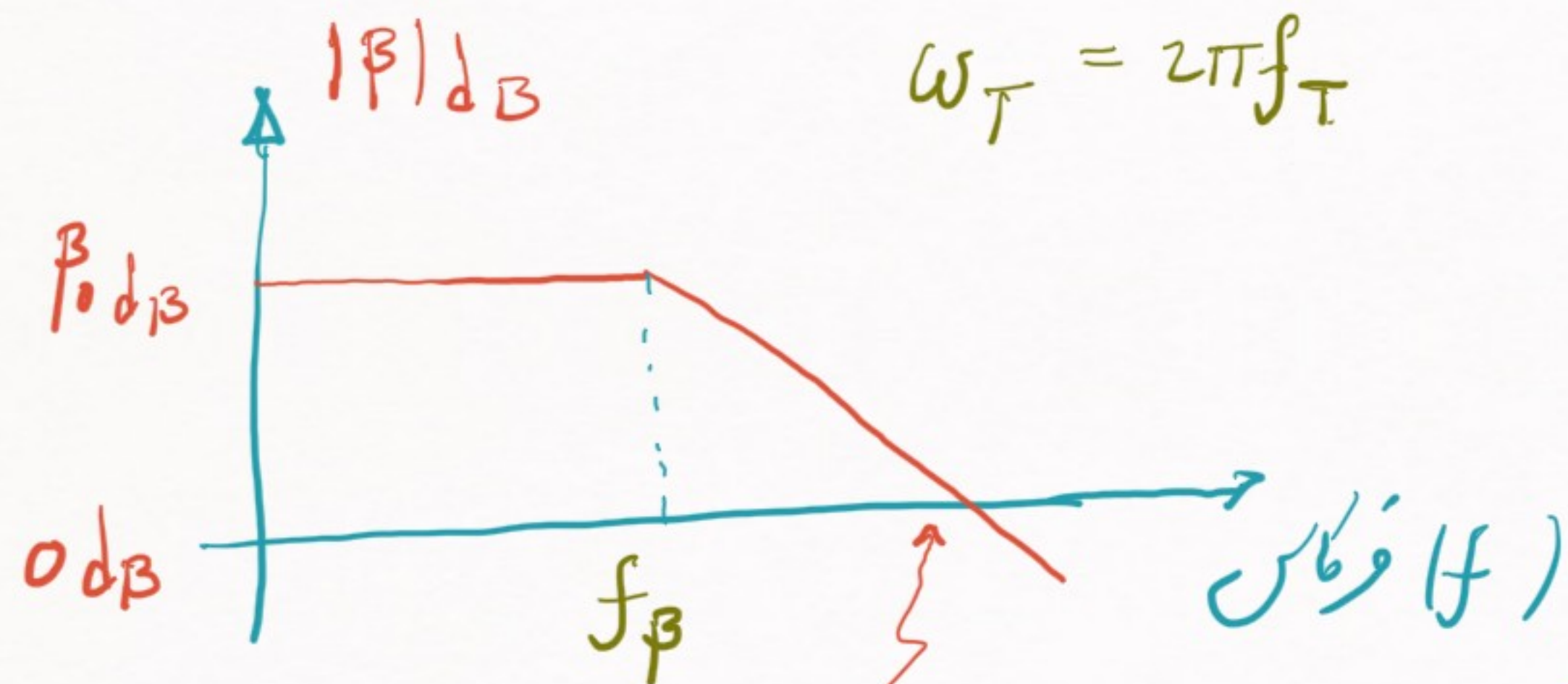
(فرکانس بهره دهی)

Transition frequency

فرکانسی است که در آن β یک برابر شود در دایره استرینگر که خودی آن افق کوتاه شده است

است کرده یک برسد (10 dB)

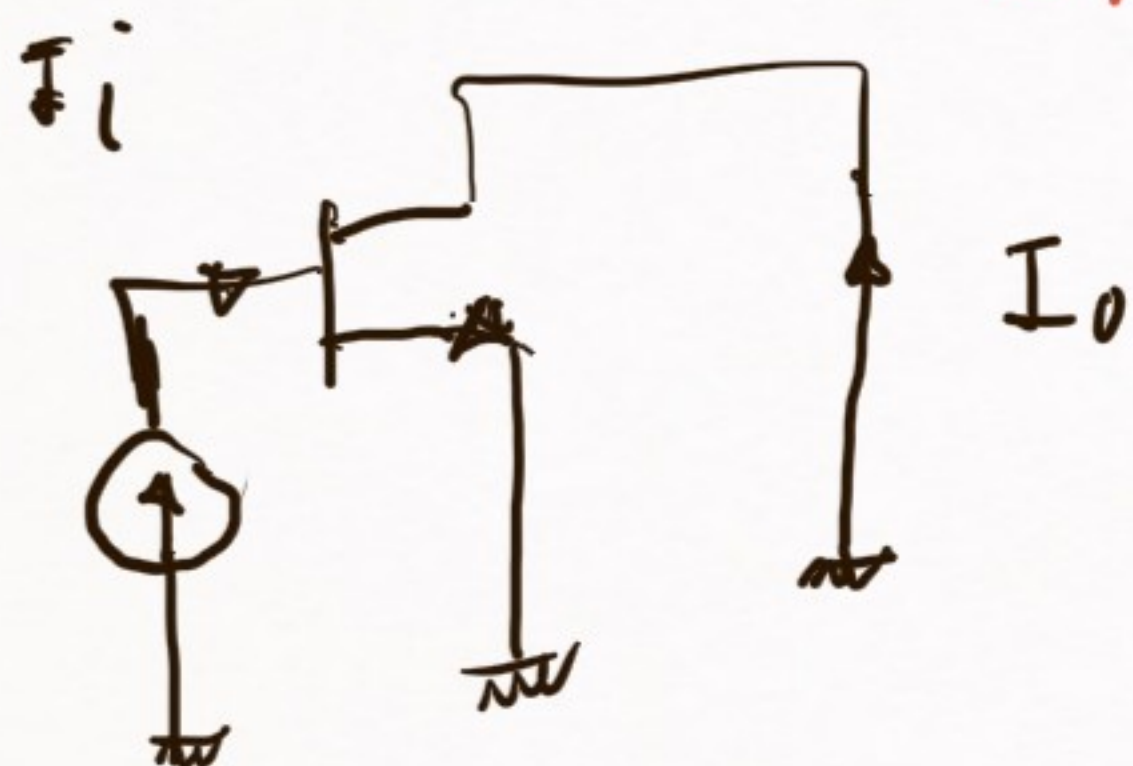
$$\omega_T = 2\pi f_T$$



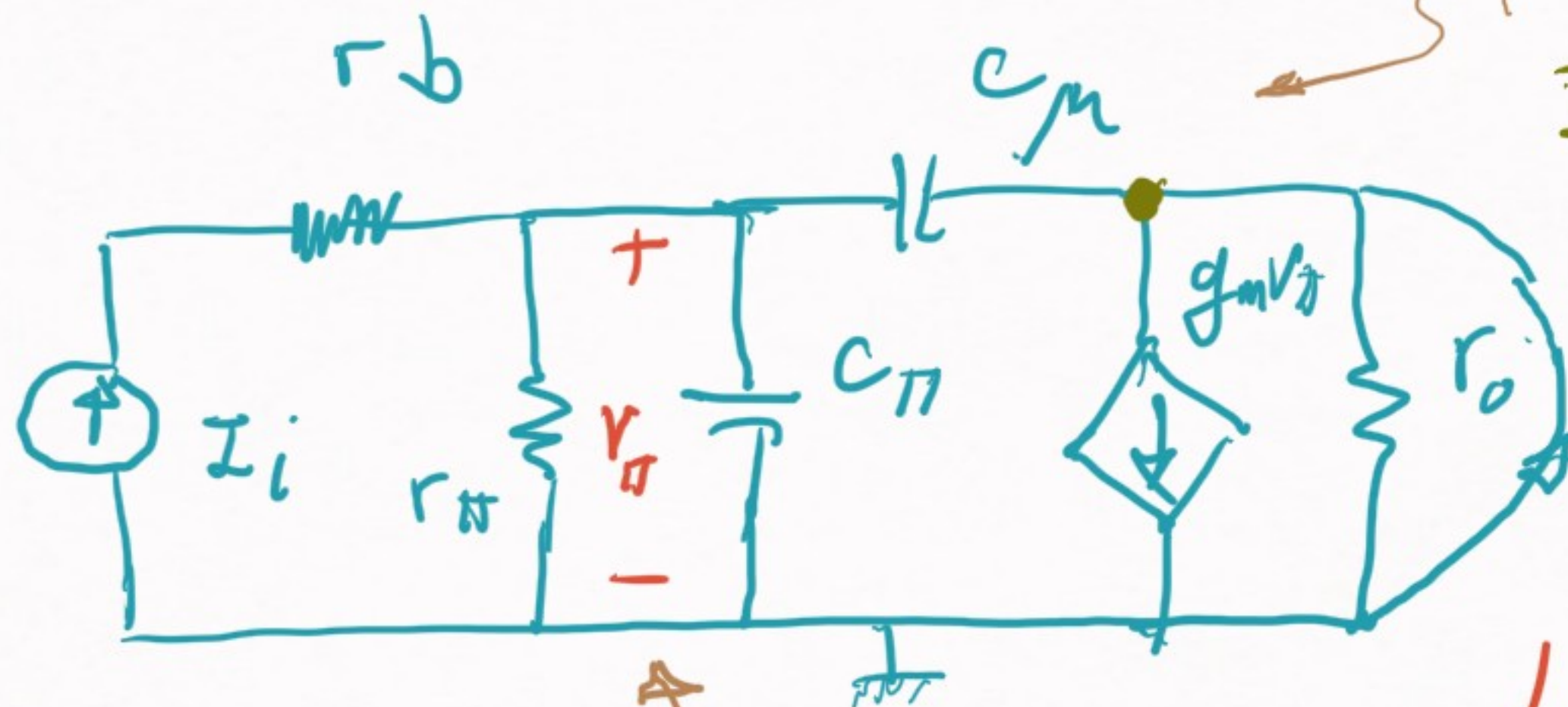
$$\beta(j\omega) = \frac{I_o(j\omega)}{I_i(j\omega)} \quad \text{یا} \quad \beta(s) = \frac{I_o(s)}{I_i(s)}$$

می سه فرکانس گذر:

$$I_o(s) = g_m V_{\pi}(s) - s C_{\mu} V_{\pi}(s)$$



\Rightarrow



جریان خروجی در خروجی
بازمانده در خروجی

(در خروجی، ولتاژ خروجی)

$$V_{\pi}(s) = \left[r_{\pi} \parallel \frac{1}{s(C_{\mu} + C_{\pi})} \right] I_i(s)$$

$$\beta_o |s| = \frac{I_o(s)}{I_i(s)} = \frac{g_m r_{\pi}}{1 + r_{\pi}(C_{\pi} + g_m)s} = \frac{\beta_o}{1 + r_{\pi}(C_{\pi} + g_m)s}$$

$$\leftarrow \beta_o = g_m r_{\pi}$$

فرکانس پهنای باند
را از تقسیم عدد در صورت
بر عدد در مخرج

رابطه تغییرات β با فرکانس

$$\beta(s) = \frac{\beta_o}{1 + \frac{\beta_o}{g_m}(C_{\pi} + C_{\mu})s}$$

$$s = j\omega_{\beta}$$

فرکانس قطع یا قطب سیگنال در آن β میفتد؟ β_o ؟

$$\text{خرج} = 0 \rightarrow s = -\frac{1}{r_{\pi}(C_{\mu} + C_{\pi})}$$

$$|\omega_{\beta}| = \frac{1}{r_{\pi}(C_{\mu} + C_{\pi})}$$

اندازه β 3 امتیاز از آن β کمتر است؟ β_o ؟

$$\frac{\beta_o}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}\beta_o}{2} = 0.707\beta_o$$

فرکانس گذر

$$\beta(s) = \begin{cases} \beta_o & s \ll \omega_{\beta} \\ \frac{g_m}{s(C_{\mu} + C_{\pi})} & s \gg \omega_{\beta} \end{cases}$$

$$\Rightarrow |\beta(j\omega)| = 1 \Rightarrow$$

$$\omega = \omega_T$$

$$\omega_T = \frac{g_m}{C_{\mu} + C_{\pi}}$$

$$\omega_T = \beta_o \omega_{\beta}$$

محدود کننده

تکته لایحه مقدار C_{π} و C_{μ} در رابطه فرکانس گذر متابر خازن کا مدل در نقطه کار ترانزیستور می باشد خازن C_{μ}

تابع ولتاژ طلعتور - پس بواء $C_{\pi} = C_{\mu} + g_m$ که g_m رله دله پس نا پارس ω_T یا f_T

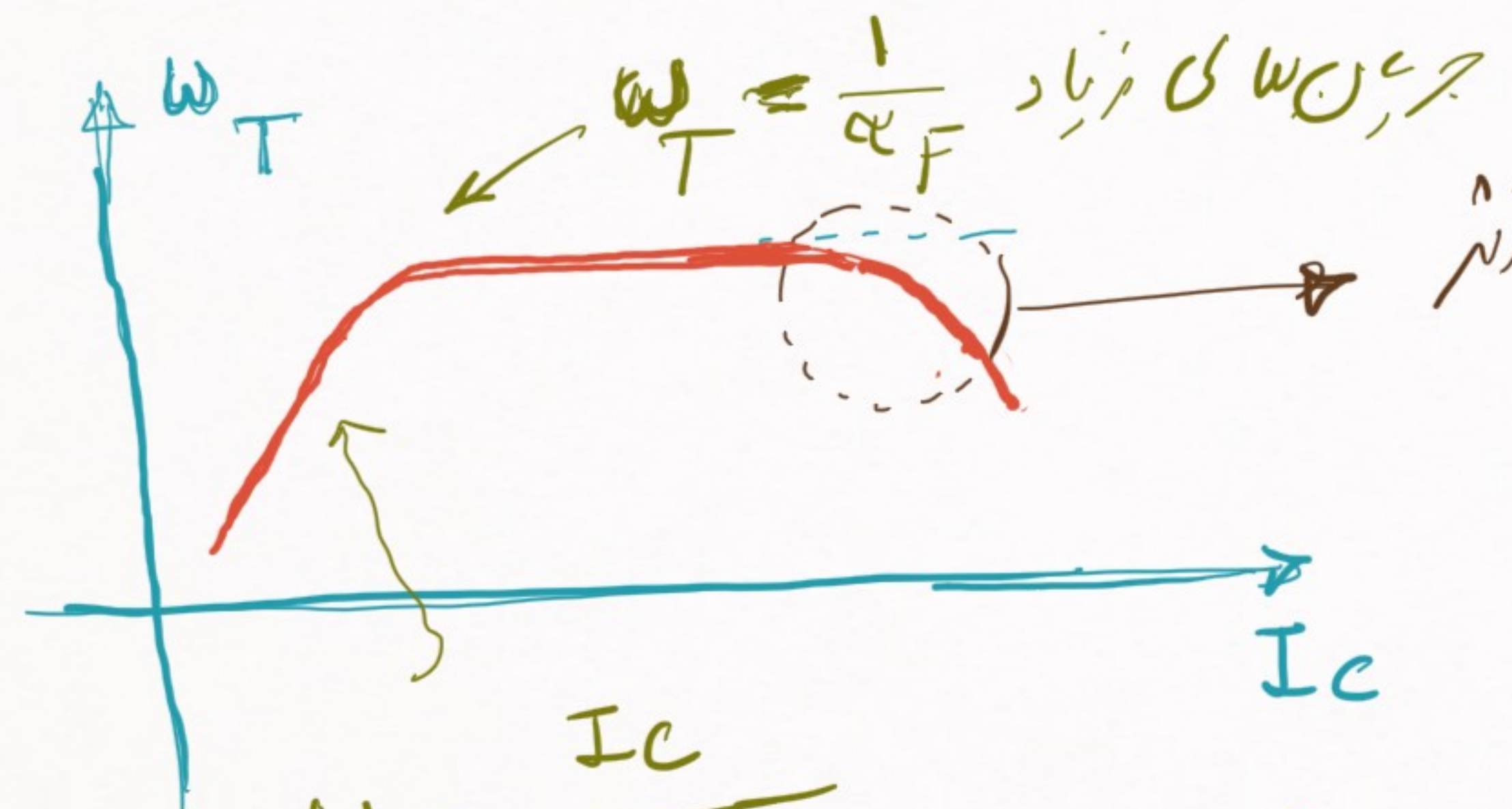
تابع ولتاژ پارس ترانزیستور به شند پس ولتاژ $f_T = 1 \text{ GHz}$ است باید چون کن ستر دارا ستر

$$\alpha_T = \frac{1}{\omega_T} = \frac{C_{\mu} + C_{\pi}}{g_m} = \frac{C_{\mu} + C_{je} + C_b}{g_m} = \frac{C_{je} + C_{\mu}}{g_m} + \frac{C_b}{g_m} \rightarrow \alpha_F = \left(\frac{C_{je} + C_{\mu}}{I_C} \right) V_T + \alpha_F$$

پس با افزایش ولتاژ ω_T ؛ مقدار ولتاژ $\alpha_T = \alpha_F \Rightarrow \omega_T = \frac{1}{\alpha_F}$

رشته ولتاژ نقطه کار $\omega_T = \frac{I_C}{(C_{je} + C_{\mu}) V_T} = \frac{g_m}{C_{je} + C_{\mu}}$ هم باشد رابطه I_C و ω_T یک رله فعلی است

عبارت ω_T با جریان I_C :



در این ناحیه با افزایش I_C سرعت
باز ω_T کاهش می یابد.

نوع دیگر $\omega_T = \frac{1}{\tau_F}$ سرعت انتشار ω_T است

از یک ترانزیستور می توان انتظار داشت وقتی ω_T بدین درجه

پایین را برسد منظور همین مقدار ω_T است. مقدار ω_T در ترانزیستورها در تکنولوژیهای مختلف متفاوت است

مقدار معمول ω_T : $C_{cs0} = 3.2 pF$, $C_{jco} = 0.65 pF$, $C_{jco} = 0.36 pF \Rightarrow$ سدهای 741

$\tau_F = 1.15 ns \Rightarrow \omega_T = \frac{1}{\tau_F} = 0.869 G rad/s \Rightarrow f_T = 138.46 MHz$
تکنولوژی سیلیکون NPN

$\Rightarrow C_{jco} = C_{jco} = 50 fF$, $C_{cs0} = 150 fF$, $\tau_F = 25 ps \Rightarrow f_T = 6.37 GHz$
تکنولوژی جدید NPN

نقد ۱- یک ترانزیستور در دینامیسی مشخصه
 افتادن کوته و پایدار باشند.
 $r_{\pi} = 2.6 \text{ k}\Omega$ و $C_{\pi} = 2 \text{ pF}$ و $C_{\mu} = 0.1 \text{ pF}$ فرکانس قطع میانه و

$$f_{\beta} = \frac{1}{2\pi r_{\pi} (C_{\mu} + C_{\pi})} = \frac{1}{2\pi (2.6 \times 10^3) (2 + 0.1) \times 10^{-12}} = 29.1 \text{ MHz}$$

نقد ۲- در یک ترانزیستور $f_T = 500 \text{ MHz}$ و $I_C = 1 \text{ mA}$ و $\beta_0 = 100$ و $V_T = 25 \text{ mV}$ و $C_{\mu} = 0.3 \text{ pF}$
 تعیین کنید f_{β} و C_{π} را پیدا کنید.

$$f_T = \beta_0 f_{\beta} \Rightarrow f_{\beta} = \frac{500}{100} = 5 \text{ MHz}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1}{25} = 40 \text{ mA/V}$$

$$\Rightarrow C_{\pi} = 12 \text{ pF}$$

$$f_T = \frac{g_m}{2\pi (C_{\mu} + C_{\pi})} \Rightarrow 500 \times 10^6 = \frac{40 \times 10^{-3}}{2\pi (C_{\pi} + 0.3 \times 10^{-12})}$$

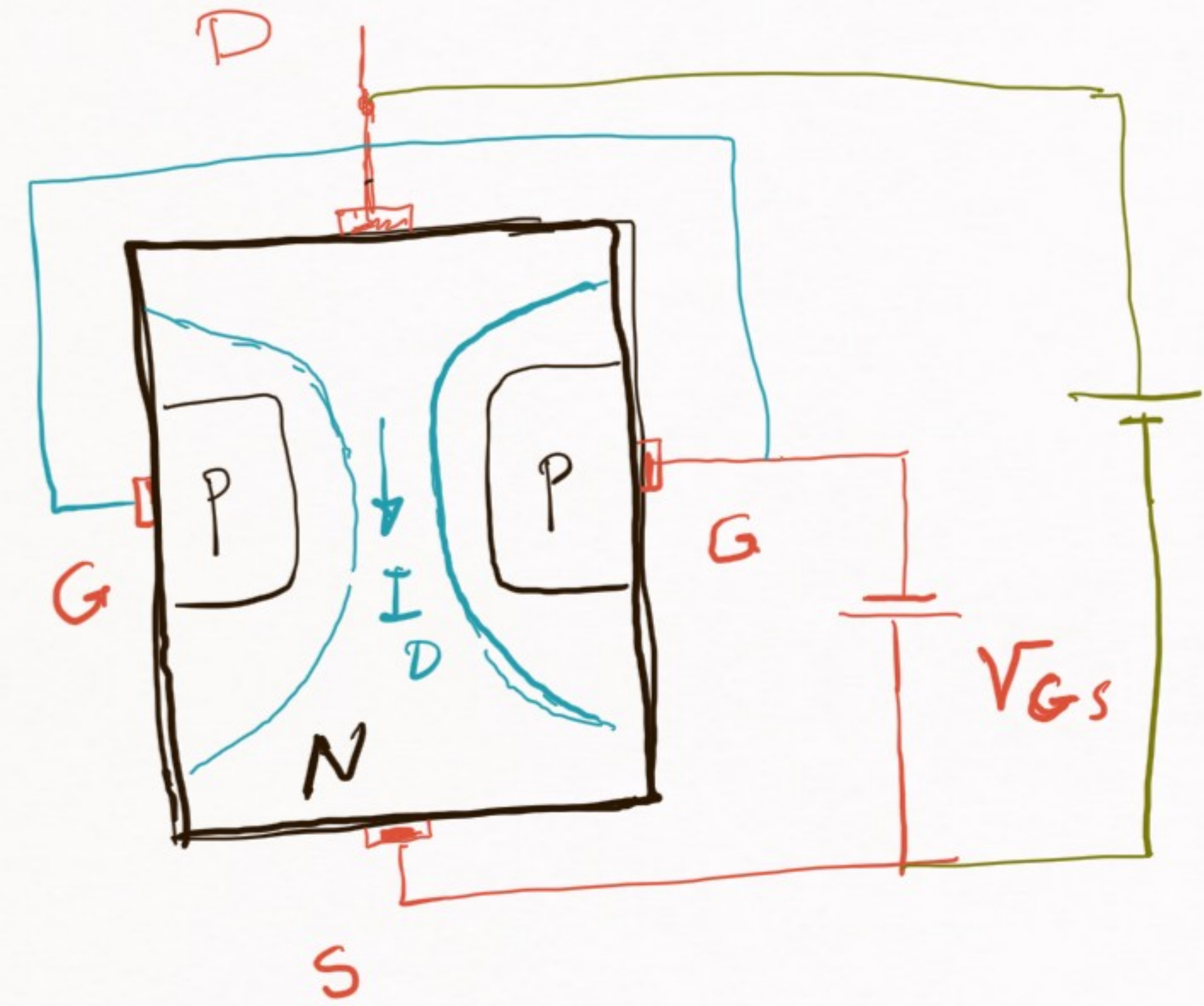
توجه ۱- در صورتی که برای میانه مقدار $\beta(s)$ در اسلاید اول از جدول ^{فاز ۱} μ در شبیه سازی و به دست آمده
 و نظر به تابع $\beta(s)$ هم هم قطب می باشد یعنی:

$$\beta(s) = \frac{I_o(s)}{I_i(s)} = \frac{\beta_o \left(1 - \frac{s c_{\mu}}{g_m}\right)}{1 + s_{\pi} (c_{\mu} + c_{\pi}) s}$$

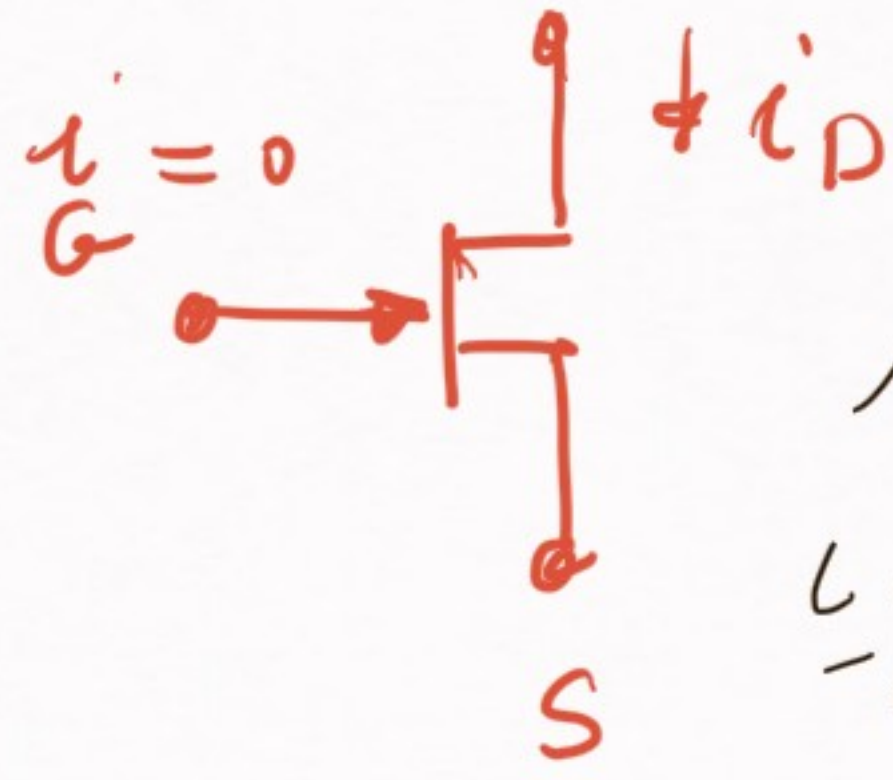
بزرگ $1 > \omega_z = \frac{g_m}{c_{\mu}}$ صفر

توجه ۲- میل π یک ترازیور تا زمانی که اعتبار دارد که سرعت تغییر دهنده پس استرین اندازه کافی آکسیس و آرام باشد.
 این فرکانس کمتر از f_T ترازیوردها باشد یعنی تا فرکانسهای $f_{T/3}$ و بعضی $0.2 f_T$ مدار مدار
 را معتمد می دانند. برای فرکانسها بالا از مدار مدار y یا s باید استفاده نمود.
 منتهی - چرا مدار مدار z در فرکانسها یعنی بالا استفاده نمی شود؟

مدار مدار FET: کنترل وین کنترل ترانزیستور
 این آمپلیفایر ترانزیستور خاص یا ترانزیستور (کنترل وین) در اینجا
 رفتار را دارد.



V_{DS}



ترانزیستور
 1- نام این ترانزیستور
 2- نام اشباع یا pinch off
 3- نام قطع

$I_D (mA)$

$V_{GS} = 0$
 $V_{GS} = -0.5$
 $V_{GS} = -1$

pinch off

$V_{DS} (V)$

جریان صف نقطه

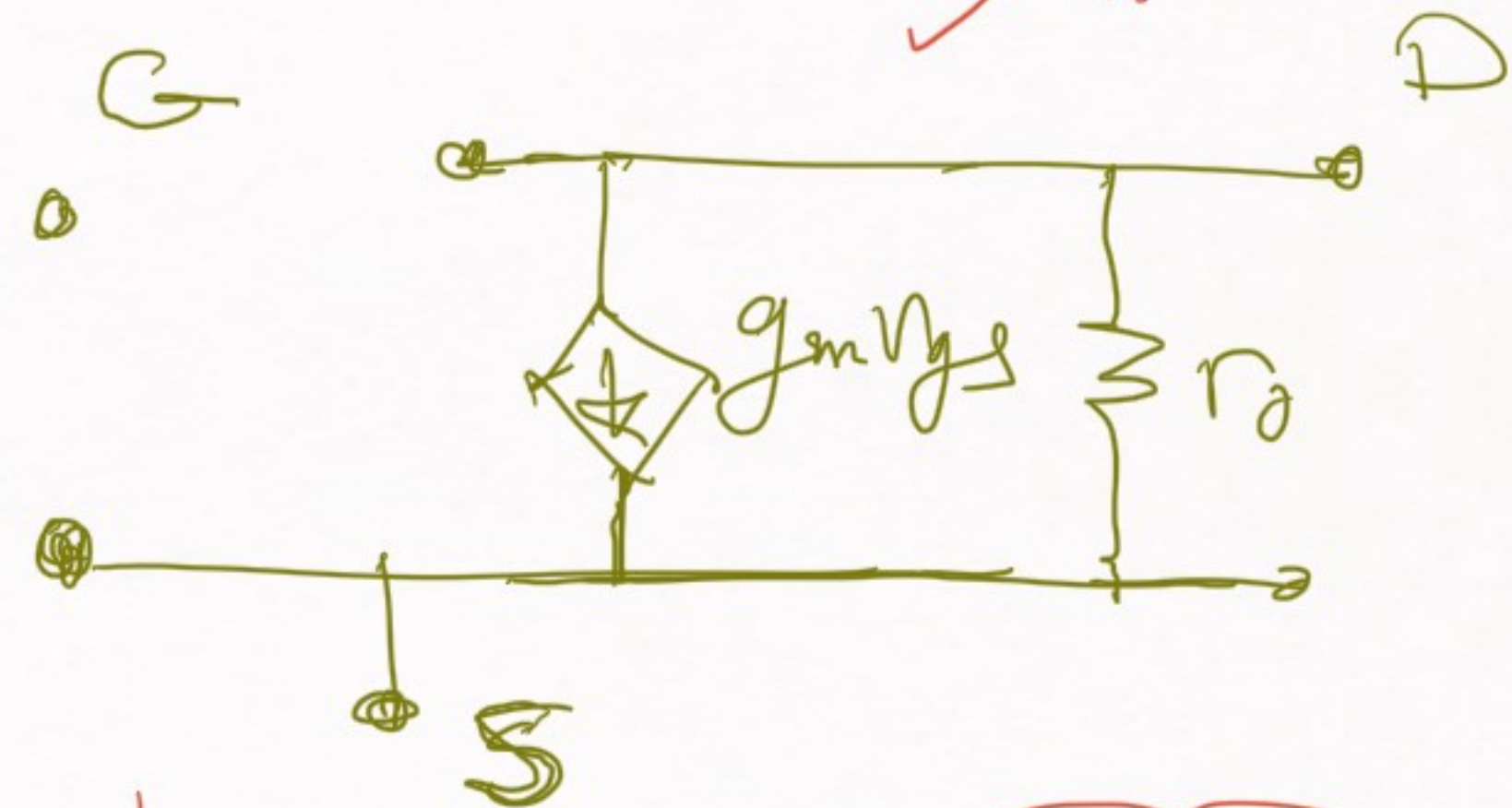


$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)^2$$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 \Rightarrow I_D = I_{DSS} \left[1 - 2 \frac{V_{GS}}{V_P} + \left(\frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 \right] \Rightarrow \boxed{i_D \approx g_m V_{GS}}$$

در این مدار $|V_{GS}| \ll |V_p|$ (در مخرج فیلتر FET) و BJT (در مخرج فیلتر ۱)

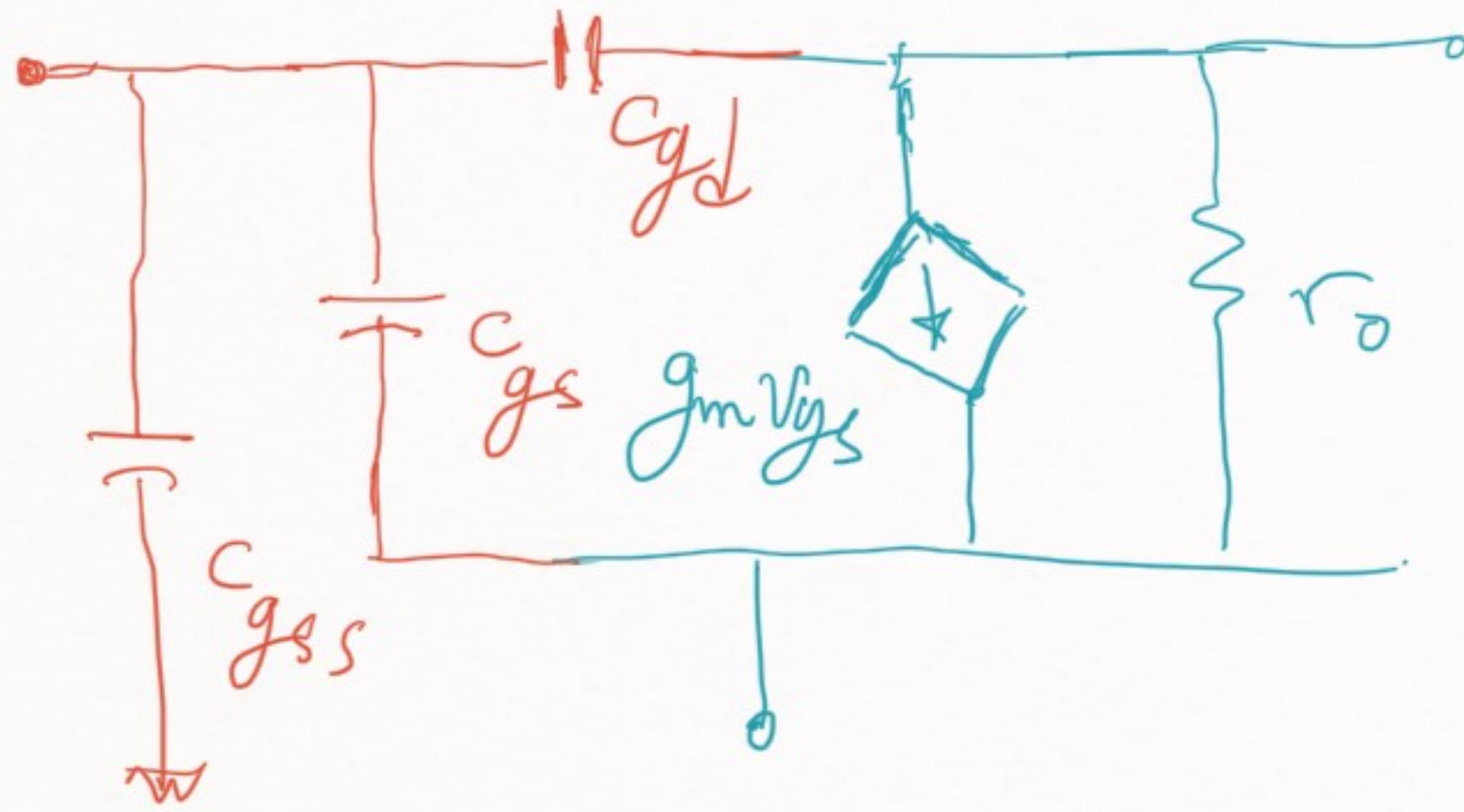
$$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} = -2 \frac{I_{DSS}}{V_P} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)$$



$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

$$r_o = \frac{\partial V_{DS}}{\partial I_D} \bigg|_{V_G} = \frac{1}{r_o} = \frac{\partial I_D}{\partial V_{DS}} = \lambda I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \Rightarrow r_o \approx \frac{1}{\lambda I_D}$$

علاوه بر این های فوق در فرم های بالا حاضر است، چون لغات تکراری -



$$C_{gs} = \frac{C_{gs0}}{\left(1 + \frac{V_{GS}}{\phi_0}\right)^{1/3}}$$

$$C_{gd} = \frac{C_{gd0}}{\left(1 + \frac{V_{GD}}{\phi_0}\right)^{1/3}}$$

$$C_{gss} = \frac{C_{gss0}}{\left(1 + \frac{V_{GSS}}{\phi_0}\right)^{1/2}}$$

gate to substrate

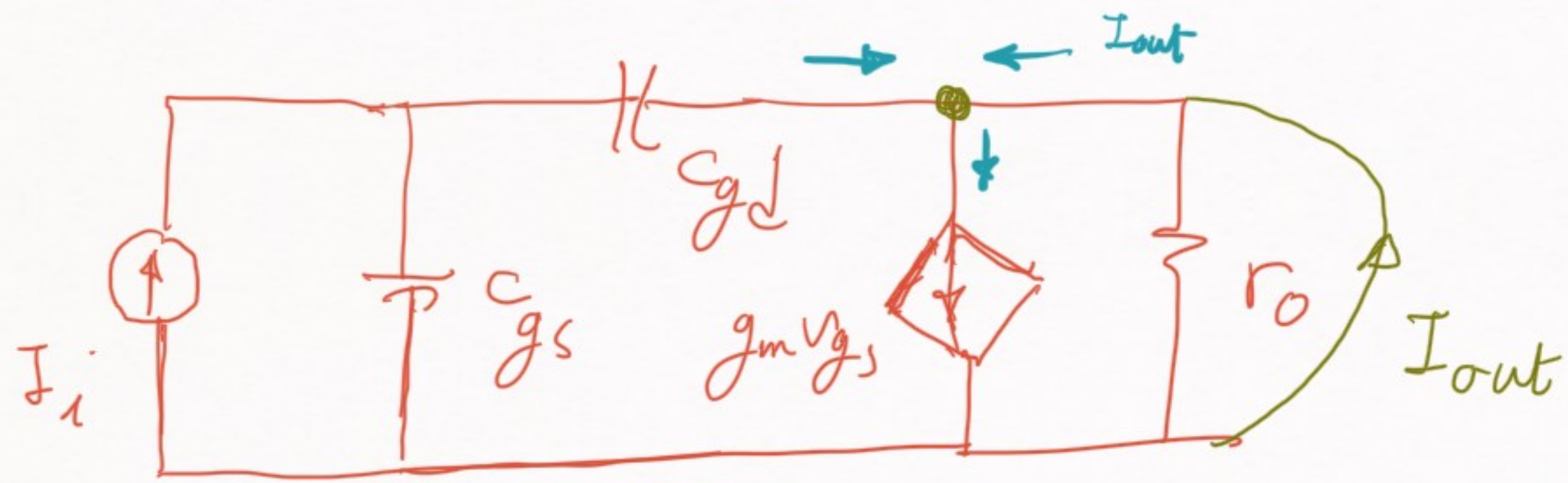
به ازای هر پیوند PN یک خازن نیمه آهسته (پیوندی) داریم

در این مدار جمع بارش BJT داریم لذا خازن رقیق‌تر داریم.

* در فرکانس‌های بالا خازن‌ها C_{gs} و C_{gd} موجب تبدیل شدن کپاسیتورها به ولتاژ $\beta(s)$ می‌شوند.

در فرکانس‌های بالا $JFET$ نزدیک به ولتاژ فرکانس قطع FET را می‌توانیم ببینیم.

فرکانس گذر $JFET$



$$\begin{cases} I_{out} = g_m V_{gs} - s C_{gd} V_{gs} = (g_m - s C_{gd}) V_{gs} \\ V_{gs} = I_i(s) \frac{1}{s(C_{gs} + C_{gd})} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\beta(s) = \frac{I_{out}(s)}{I_i(s)} = \frac{g_m (1 - \frac{s C_{gd}}{g_m})}{s(C_{gs} + C_{gd})}$$

$$\Rightarrow |\beta(s)| = 1$$

$$\Rightarrow \omega_T = \frac{g_m}{C_{gs} + C_{gd}}$$

فرکانس گذر

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

③ خازن‌های بیدری: فرکانس‌های پایین روی پیوند دارای پایه‌های معکوس بین‌مدخلی در بین - بیدری و سورس - بیدری
 و بیشتر که از فرکانس‌های زیر بیدری است.

$$C_{sb} = \frac{C_{sb0}}{\sqrt{1 + \frac{V_{SB}}{V_0}}}$$

$$C_{db} = \frac{C_{db0}}{\sqrt{1 + \frac{V_{DB}}{V_0}}}$$

V_{SB} و V_{DB} معکوس

$C_{sb0} =$ ظرفیت در پایه‌های معکوس و V_0 پتانسیل حلقه‌ای پیوند (مثلاً 0.6 تا 0.8)

نوع: روابط فوق از معادله‌های زیر به دست آمده است: $C_0 = \frac{C_{ox}}{2 \left(1 + \frac{V_R}{V_0}\right)^m}$ که C_{ox} ظرفیت اکسید است و m و n ضرایب هستند.

معمولاً m و n برابر 1/2 و 1/3 است که در اینجا 1/2 فرض شده است.

ما، مدارهای MOSFET در فکاتن می باشد !

$$g_{mb} = \frac{\partial I_D}{\partial V_{BS}} \quad , \quad g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}}$$

$$\left\{ \begin{aligned} C_{gs} &= \frac{2}{3} W L C_{ox} + W l_{ov} C_{ox} \\ C_{gd} &= W l_{ov} C_{ox} \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} C_{sb} &= \frac{C_{sb0}}{\sqrt{1 + \frac{V_{SB}}{V_0}}} \\ C_{db} &= \frac{C_{db0}}{\sqrt{1 + \frac{V_{DB}}{V_0}}} \end{aligned} \right.$$

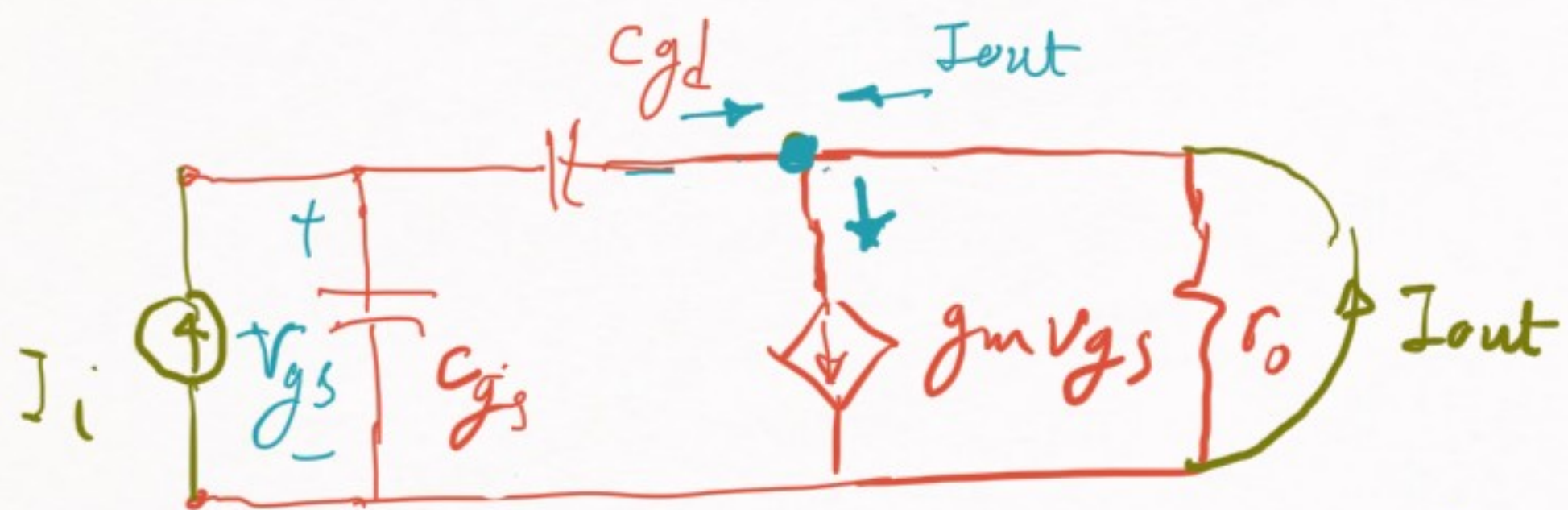
$$C_{db} = \frac{C_{db0}}{\sqrt{1 + \frac{V_{DB}}{V_0}}}$$

مدل نویسی ریدر استفاده از

(ج)

(ب)

(الف)



از نظر C_{gd} یک فرکانس

فرکانس گذر برای MOSFET:

شبه JFET کار می کند

$$I_{out} = g_m v_{gs} - s C_{gd} v_{gs}$$

$$\Rightarrow I_{out} \approx g v_{gs}$$

$$v_{gs} = \frac{I_i}{s(C_{gs} + C_{gd})}$$

$$\Rightarrow \frac{I_{out}}{I_i} = \frac{g_m}{s(C_{gs} + C_{gd})}$$

$$\Rightarrow \left| \frac{I_{out}}{I_i} \right| = 1 \Rightarrow \omega_T = \frac{g_m}{C_{gs} + C_{gd}}$$

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

$$\text{چون } C_{gs} \gg C_{gd} \Rightarrow f_T = \frac{g_m}{2\pi C_{gs}}$$

$$\begin{cases} g_m = C_{ox} \mu_n W/L (V_{GS} - V_t) \text{ دیفرانسیل} \\ C_{gs} \approx \frac{2}{3} WL C_{ox} \end{cases}$$

$$\Rightarrow f_T = \frac{3}{4} \frac{\mu_n}{\pi L^2} (V_{GS} - V_t)$$

نوع - فرکانس گذر یا f_T ترانزیستورهای BJT بالاتر از MOSFET ها می باشد لذا در

فرکانس ها بالا معمولاً MOSFET ها ضعیف کاری ندارند.

مغزین - نشان میدهد !

$$f_T = \frac{15}{\pi L} \sqrt{\frac{\mu_n I_D}{2 C_{ox} W L}}$$

MOSFET
چون