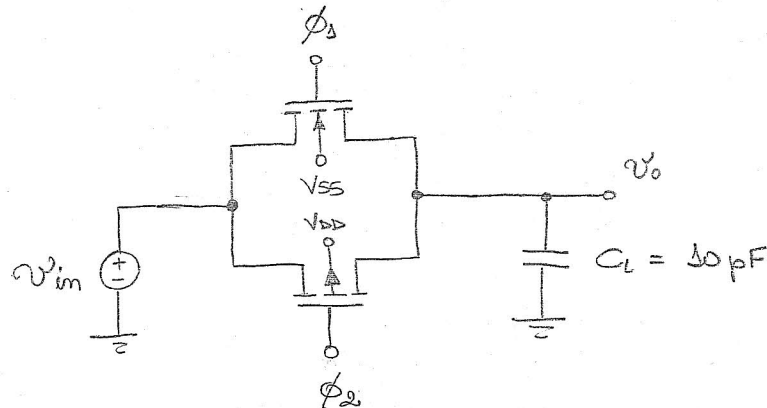
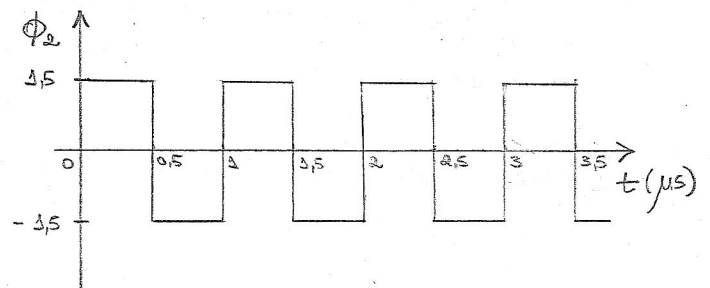
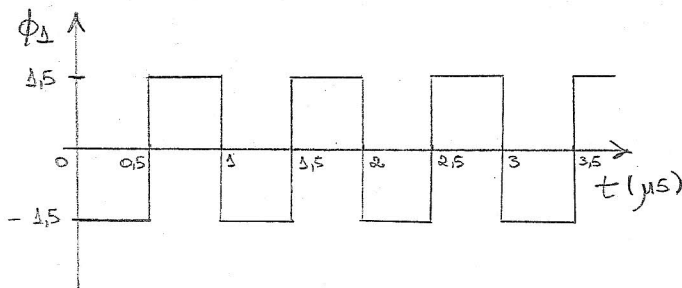


1 NA FIGURA ABAIXO TEMOS UM CIRCUITO CONHECIDO COMO SAMPLE-AND-HOLD, MUITO UTILIZADO EM CONVERSORES ANALÓGICO-DIGITAIS (A/D). A CHAVE ANALÓGICA É FORMADA POR DOIS TRANSISTORES MOS COMPLEMENTARES E O CAPACITOR APRESENTA UMA CAPACITÂNCIA DE 10 pF.



$$\begin{cases} V_{DD} = 1,5 \text{ V} \\ V_{SS} = -1,5 \text{ V} \end{cases}$$

AS TENSÕES DE COMANDO DA CHAVE ϕ_1 E ϕ_2 SÃO DADAS POR:



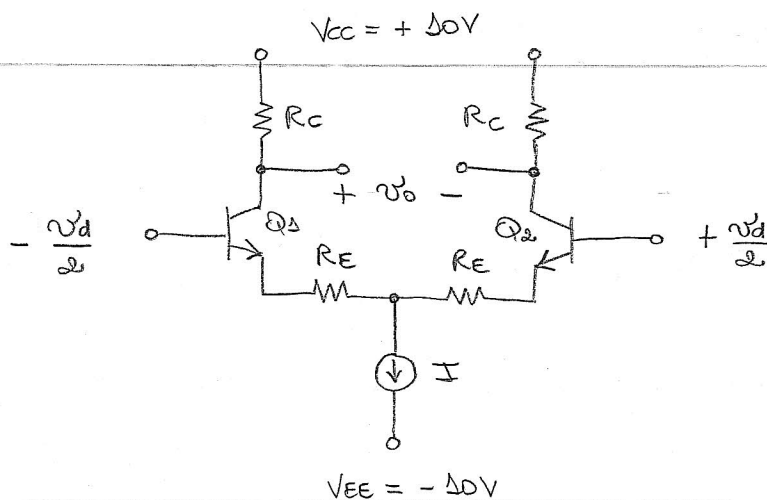
(a) CONSIDERANDO $W = 1 \mu\text{m}$ E $L = 1 \mu\text{m}$ PARA AMBOS OS TRANSISTORES, SIMULE O CIRCUITO ACIMA PARA $v_{in} = 0,5 \text{ V}$ (DC) NO INTERVALO DE TEMPO DE 0 A 1,5 μs . APRESENTE O GRÁFICO DA TENSÃO v_o EM FUNÇÃO DO TEMPO.

(b) REPITA A SIMULAÇÃO DO ITEM (a) COM $W = 4 \mu\text{m}$ PARA AMBOS OS TRANSISTORES (MANTENDO $L = 1 \mu\text{m}$). COMPARE O GRÁFICO DA TENSÃO v_o COM O OBTIDO NO ITEM ANTERIOR E EXPLIQUE A DIFERENÇA OBSERVADA.

(c) MANTENDO $W = 4 \mu\text{m}$ E $L = 1 \mu\text{m}$ PARA OS TRANSISTORES DA CHAVE, SUBSTITUA A FONTE v_{in} DC POR UMA FONTE SENOIDAL COM 1 V DE AMPLITUDE E FREQUÊNCIA DE 50 kHz. SIMULE O CIRCUITO DE 0 A 20 μs E COMPARE AS FORMAS DE ONDA DE v_{in} E v_o . O QUE SE PODE AFIRMAR SOBRE O COMPORTAMENTO DO CIRCUITO COMO UM SAMPLE-AND-HOLD?

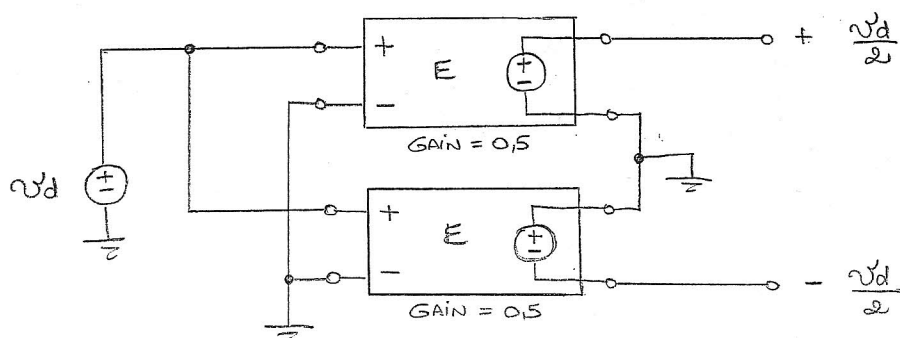
OBSERVAÇÕES: USE UM TEMPO DE SUBIDA E DE DECIDA (t_r E t_f) PARA ϕ_1 E ϕ_2 IGUAL A 1 ns. EM TODAS AS SIMULAÇÕES USE "MAXIMUM STEP SIZE" IGUAL A 1 ns.

- ② NO AMPLIFICADOR DIFERENCIAL ABAIXO, TEMOS QUE $R_C = 2\text{ k}\Omega$, $I = 4\text{ mA}$ E AMBOS OS TRANSISTORES SÃO BC546A.

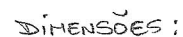


- (a) SIMULE O CIRCUITO FAZENDO UMA VARREDURA DC (DC SWEEP) DO VALOR DA TENSÃO DE ENTRADA DIFERENCIAL v_d , PARTINDO DE -2 V A ATÉ $+2\text{ V}$ COM INCREMENTOS DE $0,001\text{ V}$. APRESENTE OS GRÁFICOS $v_o \times v_d$ PARA CADA UM DOS SEGUINTE VALORES DE R_E : 10 , 100 , 200 E $300\ \Omega$ (USAR ANÁLISE PARAMÉTRICA).
- (b) PARA CADA GRÁFICO, MEÇA O GANHO DO CIRCUITO ATRAVÉS DA DERIVADA DA CURVA $v_o \times v_d$ EM TORNO DO PONTO $v_d = 0$.
- (c) ENCONTRE A EXPRESSÃO ANALÍTICA PARA O GANHO DIFERENCIAL DO AMPLIFICADOR ACIMA E CALCULE O VALOR DESSE GANHO PARA OS DIFERENTES VALORES DE R_E CONSIDERADOS NO ÍTEM (b). FINALMENTE, COMPARE OS VALORES CALCULADOS COM OS VALORES MEDIDOS ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO.

OBSERVAÇÕES: - USAR $\beta = 200$ NOS CÁLCULOS DO ÍTEM (c).
 - PARA GERAR O PAR DE TENSÕES DIFERENCIAIS $v_d/2$ E $-v_d/2$ A PARTIR DE UMA ÚNICA FONTE DE TENSÃO, UTILIZE O CIRCUITO ABAIXO:



②



$$\left\{ \begin{array}{l} W_1 = W_2 = 50 \mu\text{m} \\ L_1 = L_2 = 1 \mu\text{m} \\ W_3 = 10 \mu\text{m} \\ L_3 = 1 \mu\text{m} \end{array} \right.$$

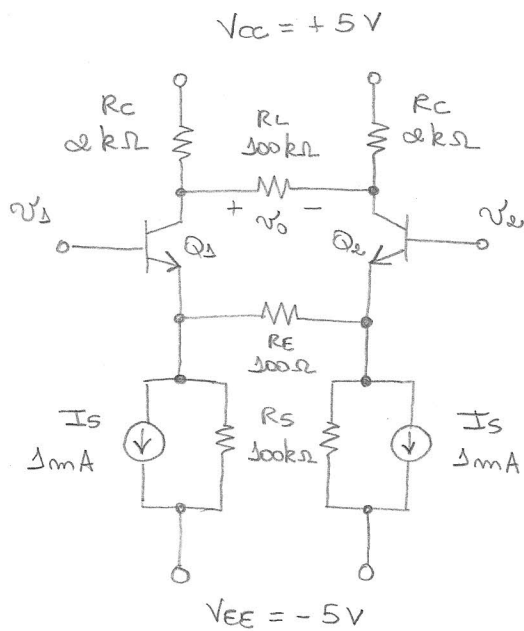
- (a) SIMULE O CIRCUITO ACIMA, REALIZANDO UMA VARREDURA DC (DC SWEEP) DA TENSÃO DIFERENCIAL V_d A PARTIR DE $-1,5V$ ω $+1,5V$, COM INCREMENTOS DE $0,001V$. APRESENTE O GRÁFICO $V_o \times V_d$ PARA UMA TENSÃO DE CONTROLE $V_{ctrl} = 1,5V$.
- (b) REPITA A MESMA SIMULAÇÃO DO ITEM (a) E APRESENTE O GRÁFICO $V_o \times V_d$ PARA UMA TENSÃO DE CONTROLE $V_{ctrl} = 0V$. COMPARE ESSE RESULTADO COM O OBTIDO NO ITEM (a). EXPLIQUE O QUE ACONTECEU, RELACIONANDO ESSES RESULTADOS COM AQUELES OBTIDOS NO ITEM (a) DA QUESTÃO (2). COM BASE Nesses RESULTADOS, QUAL SERIA A FUNÇÃO DA TENSÃO DE CONTROLE V_{ctrl} ?

OBSERVAÇÃO: AS TENSÕES DIFERENCIAIS $+ \frac{V_d}{2}$ E $- \frac{V_d}{2}$ DEVEM SER GERADAS A PARTIR DE UMA ÚNICA FONTE DE TENSÃO, EMPREGANDO O MESMO ESQUEMA UTILIZADO NA QUESTÃO (2).

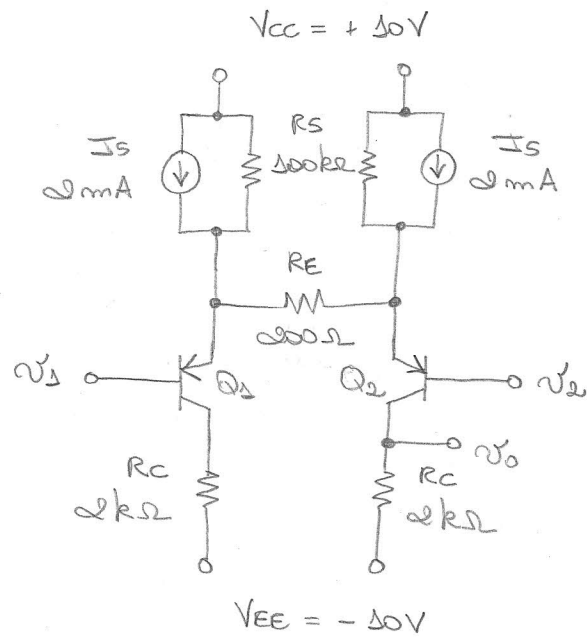
③

④ PARA CADA UM DOS AMPLIFICADORES DIFERENCIAIS APRESENTADOS ABAIXO, CALCULE O GANHO DE TENSÃO DIFERENCIAL $A_{vd} = v_o/v_d$, O GANHO DE TENSÃO DE MODO COMUM $A_{vcm} = v_o/v_{cm}$, A CMRR E A IMPEDÂNCIA DE ENTRADA DIFERENCIAL.

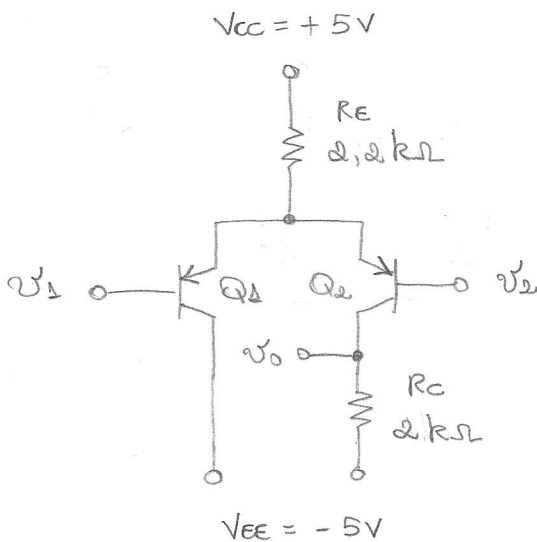
- PARA OS AMPLIFICADORES BIPOLARES, CONSIDERE $\beta = 100$, $|V_{BE}| = 0,6V$ E $V_T = 0,025V$ PARA TODOS OS TRANSISTORES.
- PARA OS AMPLIFICADORES CMOS, CONSIDERE $k_n = 100 \mu A/V^2$, $k_p = 50 \mu A/V^2$ E $|V_{th}| = 0,5V$.



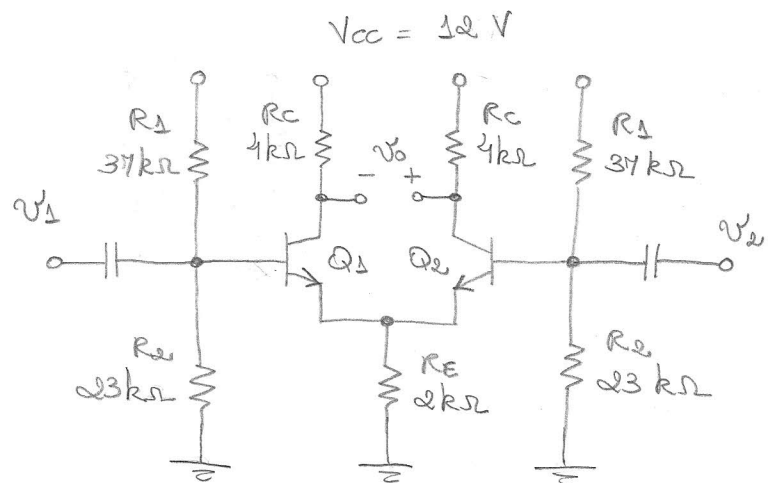
(a)



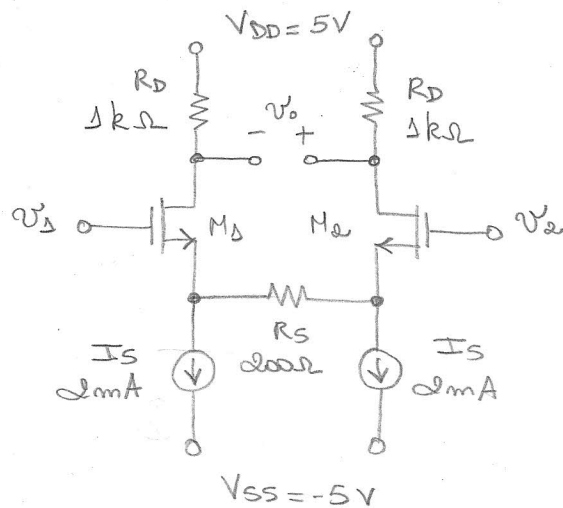
(b)



(c)

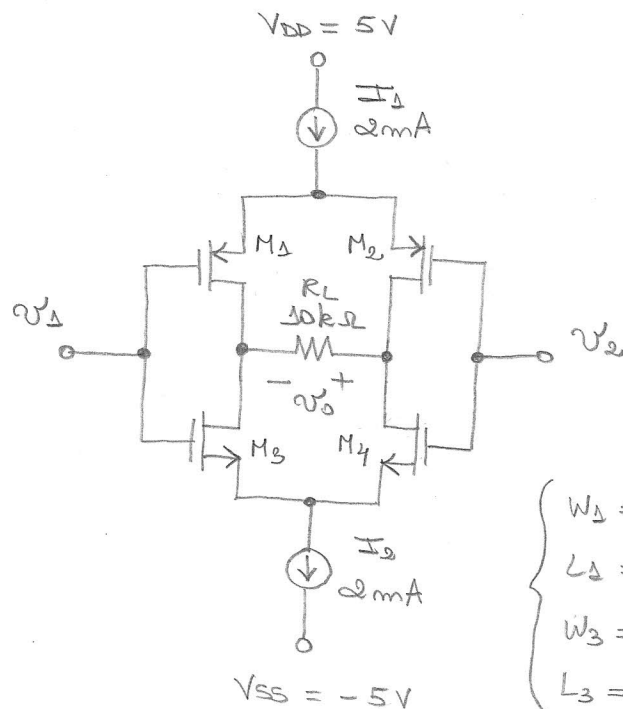


(d)



$$\begin{cases} W_1 = W_2 = 40 \mu\text{m} \\ L_1 = L_2 = 1 \mu\text{m} \end{cases}$$

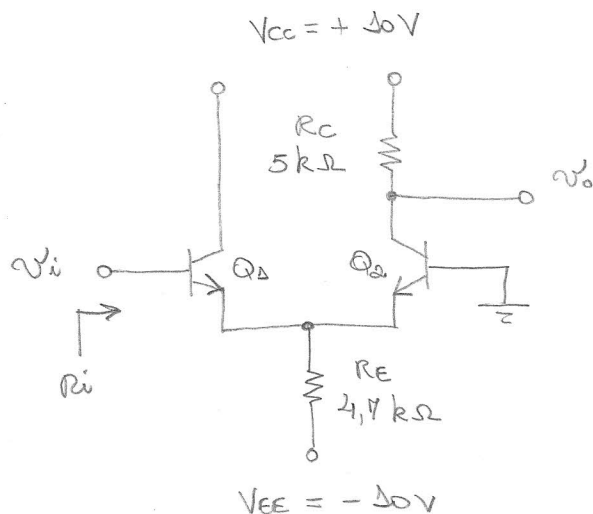
(e)



$$\begin{cases} W_1 = W_2 = 40 \mu\text{m} \\ L_1 = L_2 = 1 \mu\text{m} \\ W_3 = W_4 = 20 \mu\text{m} \\ L_3 = L_4 = 1 \mu\text{m} \end{cases}$$

(f)

- 5) CALCULE O GANHO DE TENSÃO $A_v = v_o/v_i$ E A IMPEDÂNCIA DE ENTRADA R_i DO AMPLIFICADOR ABAIXO. CONSIDERE QUE OS TRANSISTORES ESTÃO PERFEITAMENTE CASADOS, COM $\beta = 100$, $|V_{BE}| = 0,6 \text{ V}$ E $v_T = 25 \text{ mV}$.



- 6) PROJETE O AMPLIFICADOR DIFERENCIAL ABAIXO DE MODO A SATISFAZER AS SEGUINTEES ESPECIFICAÇÕES:

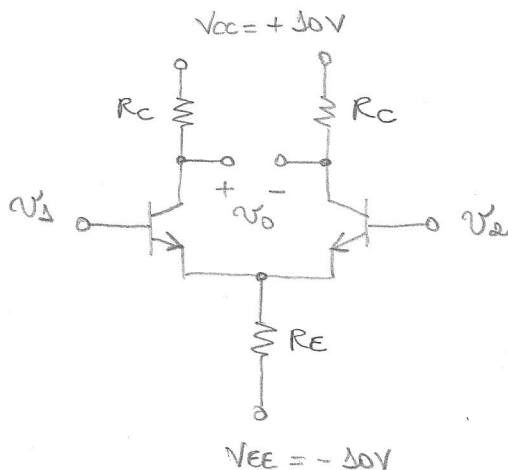
- GANHO DE TENSÃO DIFERENCIAL

$$|A_{vd}| = \left| \frac{v_o}{v_d} \right| = 120.$$

ONDE: $v_d = v_1 - v_2$.

- IMPEDÂNCIA DIFERENCIAL DE ENTRADA $|R_{id}| > 5 \text{ k}\Omega$.

- CONSIDERE TRANSISTORES COM β NA FAIXA DE 100 A 200.



④ [DESAFIO] OBTENHA A EXPRESSÃO ANALÍTICA PARA A IMPEDÂNCIA DE ENTRADA DIFERENCIAL DO CIRCUITO A SEGUIR:

④

