

۱. مقده :

(a.1)

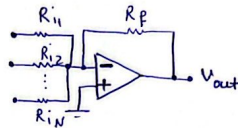
Summing :

$$Z_{inN} = R_{iN}$$

$$A_{vN} = \frac{-R_F}{R_{iN}}$$

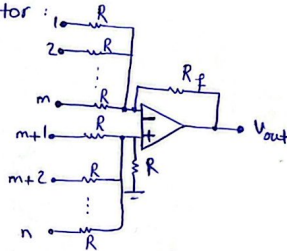
$$\rightarrow V_{out} = V_{in1} A_{v1} + V_{in2} A_{v2} + \dots + V_{inN} A_{vN}$$

$$\Rightarrow V_{out} = \sum_{i=1}^n V_{in_i} A_{v_i}$$



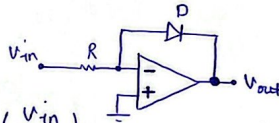
Adder / subtractor :

$$V_{out} = \sum_{i=m+1}^n V_{in_i} - \sum_{j=1}^m V_{in_j}$$



log :

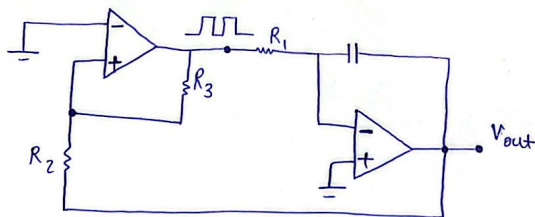
$$V_{out} = -V_T \ln \left( \frac{V_{in}}{R I_S} \right)$$



(b)

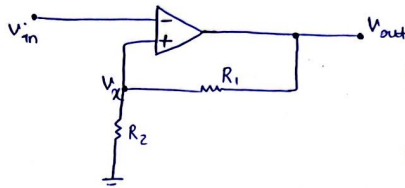
triangle and square wave form generator :

(c)



Schmitt Triggers :

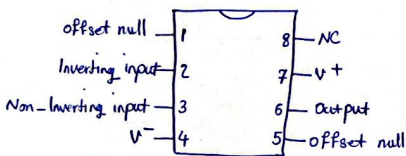
(d)



$$\frac{V_x - V_{out}}{R_1} = \frac{-V_x}{R_2}$$

$$V_x = \frac{R_2 V_{out}}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow V_x = \frac{-R_2 V_{sat}}{R_1 + R_2}$$



(a .2

2, 3 → Inverting and Non-Inverting signal inputs

1, 5 → Offset null used to eliminate the offset voltage and balance the input voltages.

7, 4 → Positive and Negative supply voltages

8 → It should be left floating.

6 → Amplified signal output

(b

Supply voltage →  $\pm 22^V$

Power consumption → 50  $\rightarrow$  max 85

Temperature range →  $-55^{\circ}C$  to  $+125^{\circ}C$

Input Bias current  $\rightarrow 80 \text{ nA}$

Input Resistance  $\rightarrow 2 \text{ M}\Omega$

large signal voltage gain  $\rightarrow 200 \text{ V}_{\text{mV}}$

output voltage swing  $\rightarrow R_L \geq 2 \text{ k}\Omega \rightarrow \pm 13 \text{ V}$   
 $\rightarrow R_L \geq 10 \text{ k}\Omega \rightarrow \pm 14 \text{ V}$

CMRR  $\rightarrow 90 \text{ dB}$

Power consumption  $\rightarrow 50 \text{ mW}$

2. طراحی مدار تعویض کننده .

1.  $Q_1, Q_2 \leftarrow$  کالکتر مستر / مایرای اپ امپ انتقال دهنده مقاومت ورودی بسیار زیاد و خروجی به سمت زمین  
 $Q_3, Q_4 \leftarrow$  بیس مستر / میل کنند پس این طبقات (بیس مستر) را میسر کالکتر مستر ،

مقاومت ورودی بزرگتری به ما خواهند داد .

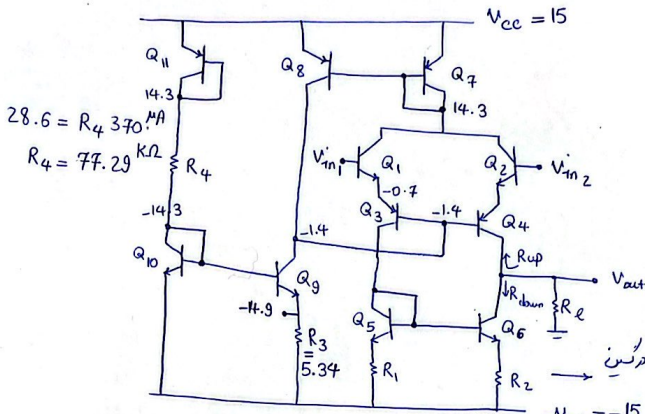
$Q_5, Q_6 \leftarrow$  بار فعال / باعث بلامرغ و بزرگترین مقاومت خروجی خواهند شد .

$Q_7, Q_8 \leftarrow$  آینه جریان / جریان  $I_{EE}$  را به کالکتر  $Q_1$  و  $Q_2$  میزنند .

$Q_9, Q_{10} \leftarrow$  آینه جریان / به دلیل وجود مقاومت درامیتر بین آن ها ، بزرگ تولید جریان ها کوچک

به نظر می رسد و ولتاژ آن به این صورت است :  $V_T \ln \left( \frac{I_{C9}}{I_{C8}} \right) = R I_{C9}$

	$I_C \text{ nA}$	$V_{CE} \text{ V}$	$g_m \text{ mho}$	$r_{\pi} \text{ k}$	$r_o \text{ M}$
$Q_1, Q_2$	7.5	15	0.3	666.7	26.6 <sup>m</sup>
$Q_3, Q_4$	7.5		0.3	333.4	6.6 <sup>m</sup>
$Q_5, Q_6$	7.5	$Q_5 = 0.7$	0.3	666.7	26.6 <sup>m</sup>
$Q_7$	15	0.7	0.6	166.7	3.3 <sup>m</sup>
$Q_8$	15	16.4	0.6	166.7	3.3 <sup>m</sup>
$Q_9$	15	13.5	0.6	333.4	13.3 <sup>m</sup>
$Q_{10}$	370	0.7	14.8	13.5	540 <sup>k</sup>
$Q_{11}$	370	0.7	14.8	6.75	135 <sup>k</sup>



$V_{BE(on)} = 0.7$  فرض به لحاظ

$$R_{in} = \frac{(\beta_{npn} + \beta_{pnp})}{\frac{g_m}{2}} = \frac{2(300)}{g_m} > 2 \text{ m}\Omega \rightarrow g_m < 3 \times 10^{-4}$$

$$g_m \rightarrow \frac{g_m}{2}$$

$$R_{in} \rightarrow 4r_{\pi 2}$$

$I_{C1} = 7.5 \mu A$  فرض به لحاظ

$$15 \mu A = I_{C7} = I_{C8} = I_{C9} \leftarrow \frac{2x}{2} I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_{C4} = 7.5 \mu A \quad I_{C1} < 7.5 \times 10^{-6} = 7.5 \mu A$$

$$I_{C10} = I_{C11} = 370 \mu A$$

$$P_{max} = 12 \text{ mW} = (15 - (-15)) \times I_T \rightarrow I_T = 0.4 \text{ mA} \rightarrow I_T = I_{C11} + \frac{2I_{C1} + 2I_{C8}}{4} = I_{C11} + \frac{2(7.5 + 7.5)}{4} = I_{C11} + 7.5 \mu A$$

$$A_{vd} = \frac{g_m R_{out}}{2} = \frac{0.3 \times 10^{-3}}{2} \times 10^6 = 150 \rightarrow 20 \log 150 = 43.5 \text{ dB}$$

$$R_{out} = R_{up} \parallel R_{down} \parallel R_L = \frac{13300}{2} \parallel \frac{27 \text{ m}\Omega}{106} \parallel 1 \text{ m}\Omega = 1 \text{ m}\Omega$$

$$V_T \ln \left( \frac{I_{C11}}{I_{C9}} \right) = R_3 I_{C9}$$

$$25 \text{ mV} \ln \left( \frac{370 \mu A}{15 \mu A} \right) = R_3 15 \mu A \rightarrow R_3 = \frac{25 \text{ mV} \ln \left( \frac{370}{15} \right)}{15 \mu A} = 5.34 \text{ k}\Omega = R_3$$

3. نقط کارها را ترسیم و مقادیر عملیاتی را در جدول زیر وارد کنید.

	$I_C$ (mA)	$V_{CE}$ (V)	$g_m$ (mmho)	$r_{\pi}$ (k $\Omega$ )	$r_o$
$Q_1$ npn	5.7	15	0.228	1.14 <sup>m</sup>	35 <sup>m</sup>
$Q_2$ npn	6.4	15	0.256	1.28 <sup>m</sup>	31.25 <sup>m</sup>
$Q_3$ pnp	6.4	13.8	0.256	2.56 <sup>m</sup>	7.8 <sup>m</sup>
$Q_4$ pnp	5.6	0.12	0.224	2.24 <sup>m</sup>	8.92 <sup>m</sup>
$Q_5$ npn	6.35	0.5	0.254	1.27 <sup>m</sup>	31.4 <sup>m</sup>
$Q_6$ npn	6.68	14.3	0.267	1.33 <sup>m</sup>	29.9 <sup>m</sup>
$Q_7$ pnp	11.9	0.6	0.476	4.76 <sup>m</sup>	4.2 <sup>m</sup>
$Q_8$ pnp	15.6	16.1	0.624	6.24 <sup>m</sup>	3.2 <sup>m</sup>
$Q_9$ npn	15.7	13.8	0.628	3.14 <sup>m</sup>	12.73 <sup>m</sup>
$Q_{10}$ npn	368	0.7	14.72	73.6 <sup>m</sup>	543 <sup>k</sup>
$Q_{11}$ pnp	367	0.7	14.68	146.8 <sup>m</sup>	136 <sup>k</sup>

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_{\pi} = \frac{g_m}{\beta}$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_C}$$

$$\beta_{npn} = 200$$

$$\beta_{pnp} = 100$$

$$V_{A_{npn}} = 200$$

$$V_{A_{pnp}} = 50$$

6. وقت سیگنال در یک مدار انیورتی تغییر کند،  $\rightarrow$  نرخ انتقال (Slew Rate)  
 زمانه طول می کشد تا سیگنال به مقدار واقعی خود برسد.  
 نرخ انتقال نشان دهنده نرخ تغییر سیگنال در این مدار است.

7. برای کنترل offset در یک مدار از یک سیستم خارجی استفاده می کنیم.

