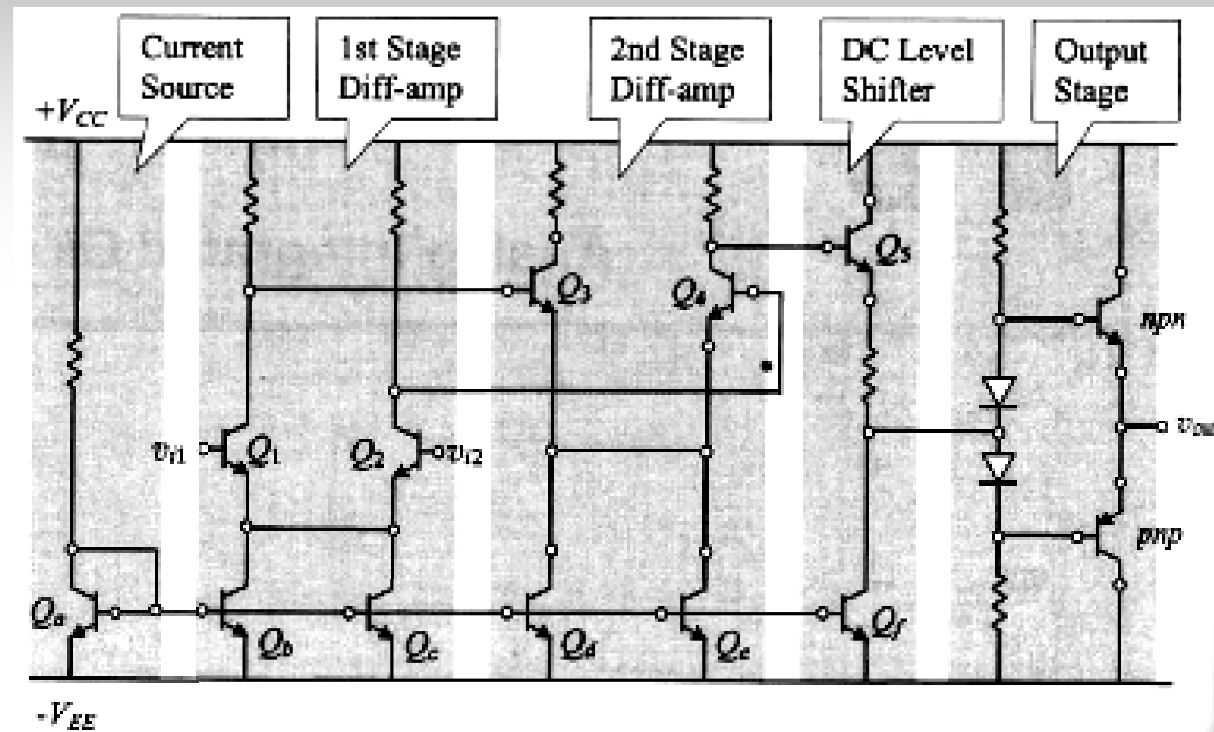


Operational Amplifier

Pertemuan Ke-11

ALFITH, S.Pd,M.Pd

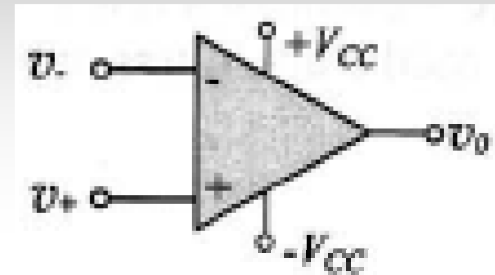
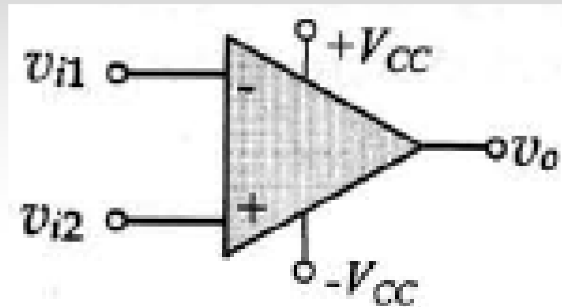
Rangkaian Dalam Op-Amp



Rangkaian Dalam

- Sumber arus digunakan untuk bias rangkaian-rangkaian selanjutnya.
- Penguatan Op-amp diperoleh dari dua penguat differensial
- Penggeser level (level shifter) menggeser tegangan DC di kaki Collector Q4 ke nol untuk kemudian dimasukkan ke rangkaian sesuadahnya.
- Rangkaian keluaran umumnya adalah penguat push pull klas AB atau driver arus. Di samping untuk mensuplay arus ke beban, untai keluaran bersifat low output resistance.
- Ketiadaan kapasitor kopling dan bypass memungkinkan sebuah op-amp berfungsi sebagai penguat isyarat AC maupun DC.

Simbol



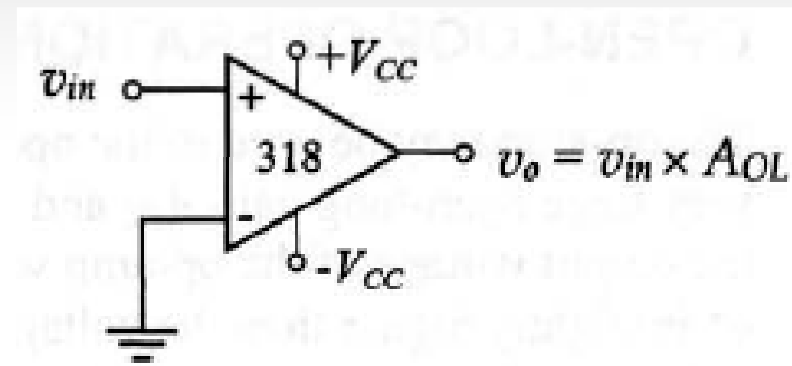
- Terminal-terminal luar di samping power supply ($\pm V_{CC}$) adalah dua input v_{i1} dan v_{i2} serta terminal keluran v_{out} .

Karakteristik

Parameter	Ideal	LM741	LF347	LM318
Open-loop Gain (A_{OL})	∞	$2 \cdot 10^5$	10^5	$2 \cdot 10^5$
Input Resistance (R_{in})	$\infty \Omega$	2 M Ω	$10^{12} \Omega$	3 M Ω
Output Resistance (R_o)	0 Ω	75 Ω	75 Ω	75 Ω
Gain Bandwidth Product	∞ Hz	1 MHz	4 MHz	15 MHz
CMRR	∞	90 dB	100 dB	100 dB

Keluaran

- Tegangan output tak kan pernah melampaui V_{CC} .
- Keluaran hanya sampai ke tegangan saturasi yaitu 1 atau 2V dibawah V_{CC} .



$$+V_{sat} = +V_{CC} - 2$$

$$-V_{sat} = -V_{CC} + 2$$

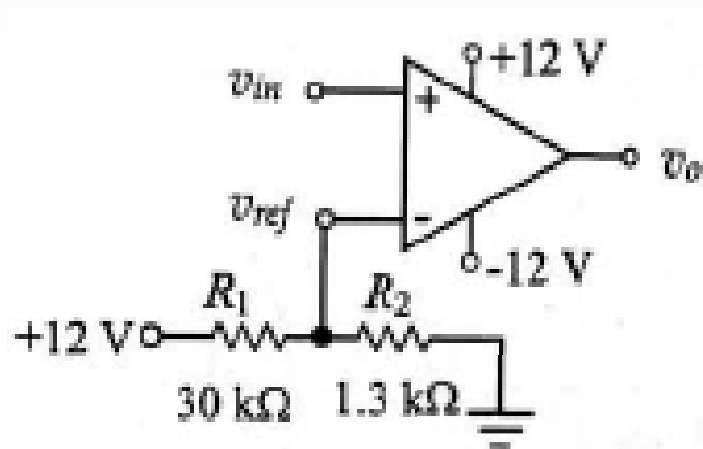
Operasi Kalang Terbuka

- Berfungsi sebagai komparator
- Tegangan output adalah $+V_{sat}$ jika tegangan input non-inverting lebih tinggi dari tegangan input inverting
- Demikian juga, tegangan output adalah $-V_{sat}$ jika tegangan input non-inverting lebih rendah dari tegangan input inverting

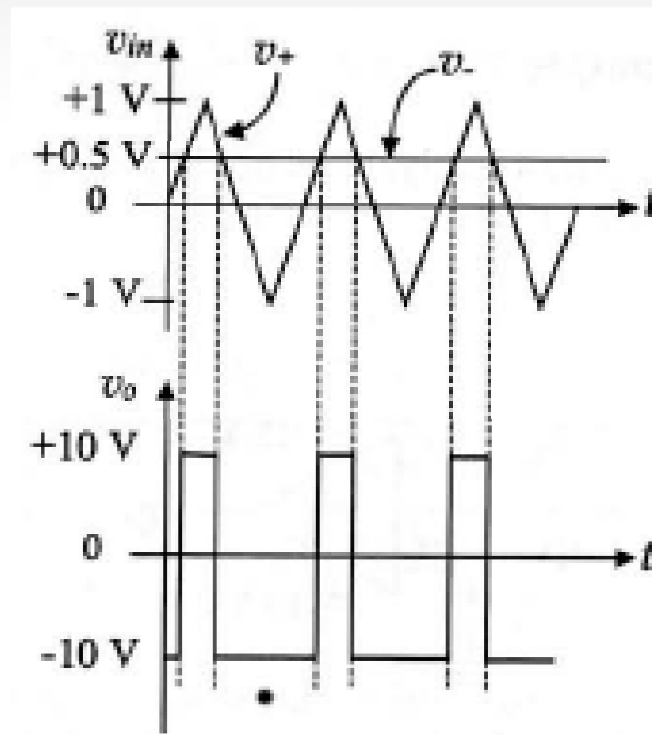
$$v^+ > v^- \Rightarrow v_o = +V_{sat}$$

$$v^+ < v^- \Rightarrow v_o = -V_{sat}$$

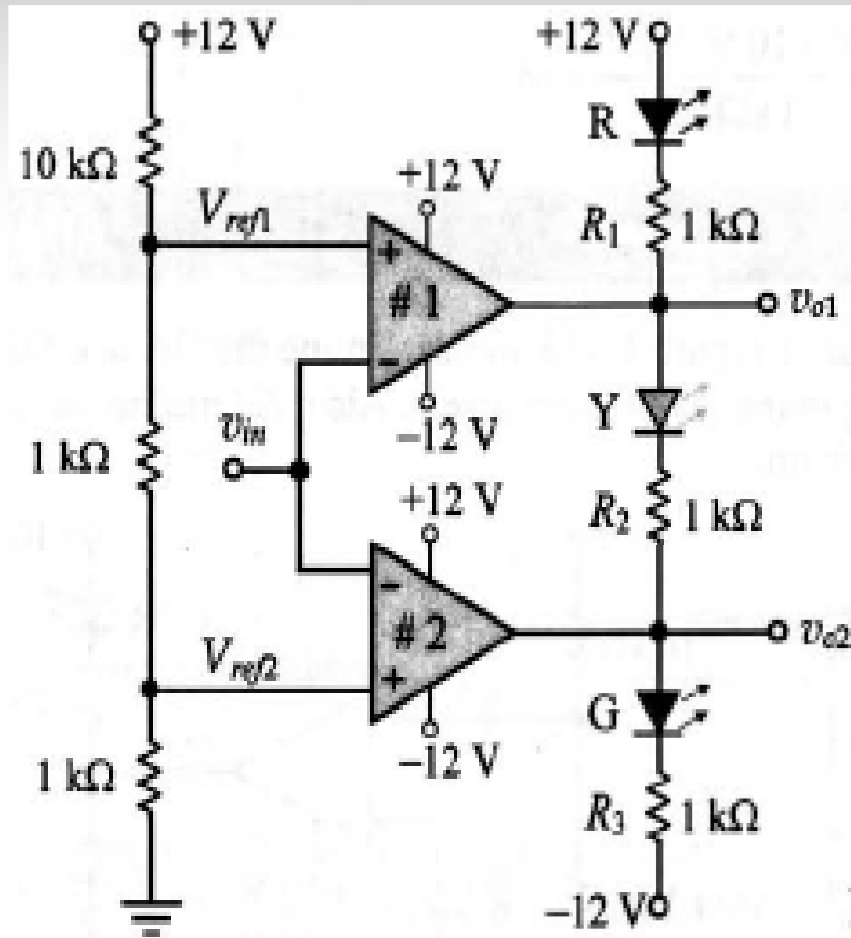
Comparator



$$v_{ref} = \frac{1.3}{30 + 1.3} \times 12 \cong 0.5V$$

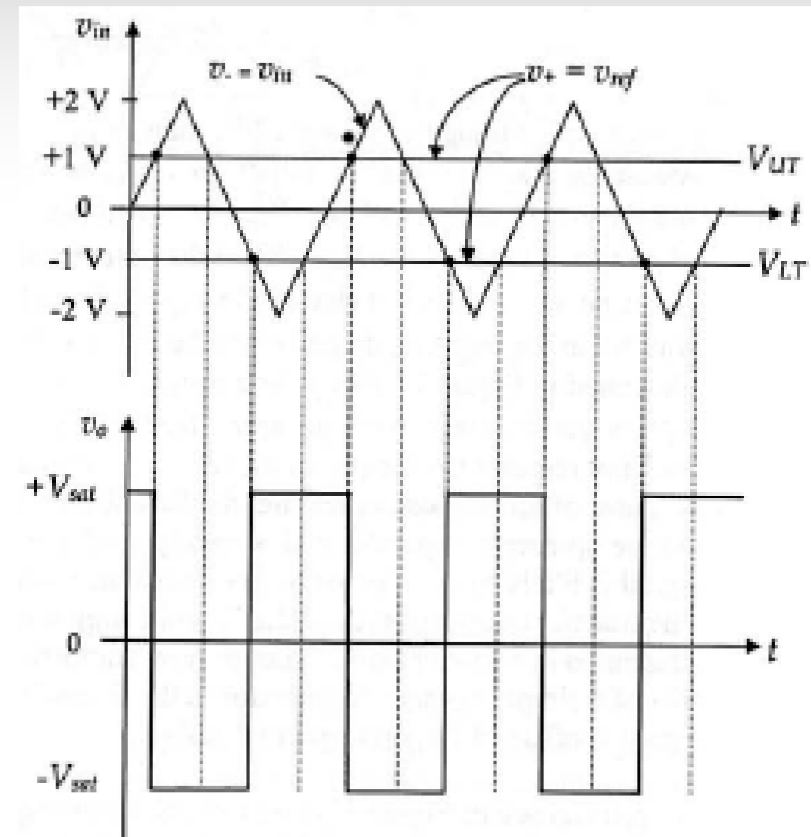
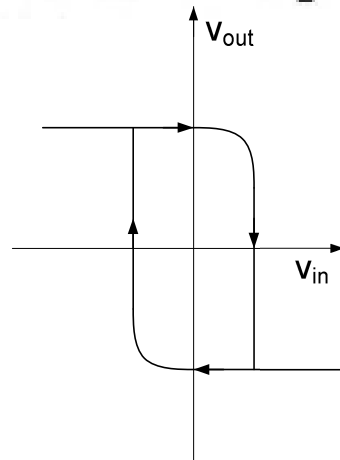
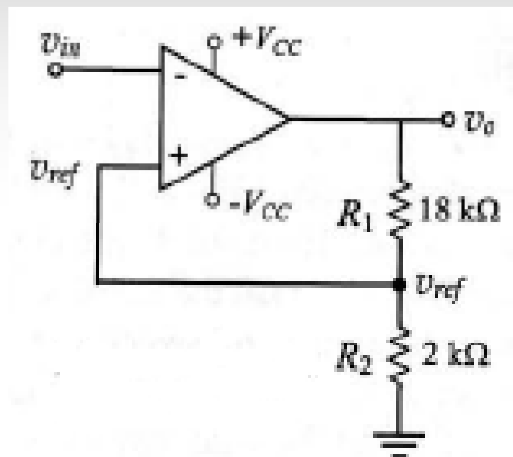


Driver

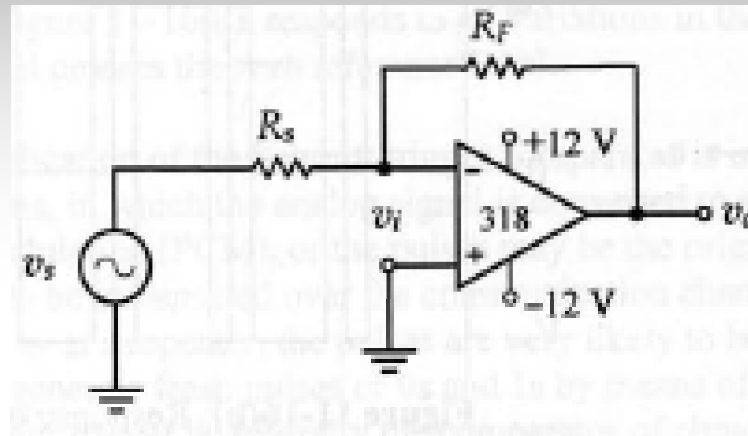


v_{in}	R	Y	G
0.5V	OFF	OFF	ON
1.5V	OFF	ON	OFF
2.5V	ON	OFF	OFF

Schmitt Trigger



Kalang Tertutup



- Salah satu karakteristik Op-amp adalah tegangan input (antar terminal input) yang sangat kecil. Dan resistansi input yang sangat besar menyebabkan tidak adanya arus yang mengalir, sehingga

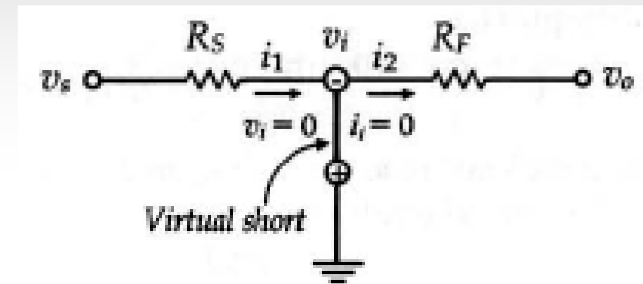
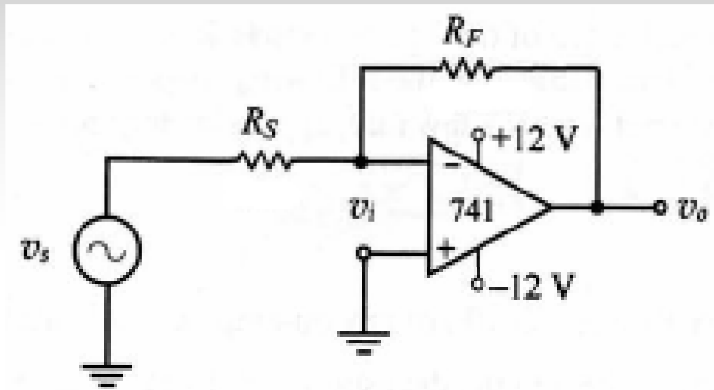
$$v_i \cong 0$$

$$i_i \cong 0$$

Virtual Short Virtual Ground

- Kedua persamaan ($v_i=0$ dan $i_i=0$) mengasumsikan bahwa kedua terminal input seolah-olah terhubung langsung (virtual short), yang mana baik tegangan maupun arus sangat2 mendekati nol
- Karena adanya virtual short, maka kaki inverting seolah-olah terhubung ke ground (virtual ground).
- Catatan bahwa meski kaki non-inverting tak terhubung langsung ke ground, dalam arti ada resistor diantaranya, namun tak ada arus mengalir melewati resistor tersebut. Sehingga tegangan resistor adalah nol. Maka kaki inverting tetap saja pada kondisi virtual ground.

Penguat Membalik



- $i_i=0$, maka $i_2=i_1$. Dan $v_i=0$

$$i_2 = \frac{v_i - v_o}{R_F}$$

$$i_1 = \frac{v_s - v_i}{R_S}$$

$$\frac{v_o}{v_s} = -\frac{R_F}{R_S}$$

$$A_V = -\frac{R_F}{R_S}$$

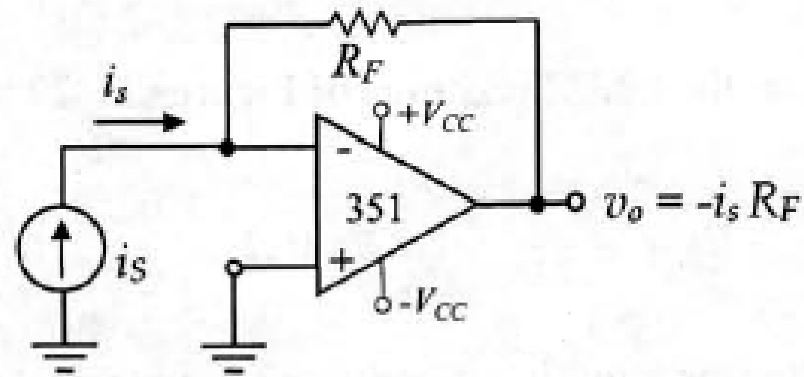
Penguat Membalik

- Input resistance
 - Karena terminal inverting dalam kondisi virtual ground, maka input resistance yg terlihat dari sumber (v_s) adalah R_s .
- Output resistance
 - Output resistance rangkaian yg terlihat dari beban adalah mendekati nol
- Bandwidth:
 - **Gain-Bandwidth Product (GBW)** Op-amp, disebut juga satuan (unity) gain bandwidth, diberikan di dalam data sheets. Sebagai contoh Op-amp 741 adalah 1 MHz, maka bandwidth op-amp dapat dihitung dengan rumus

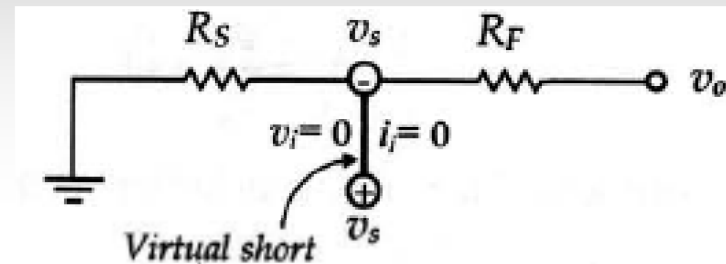
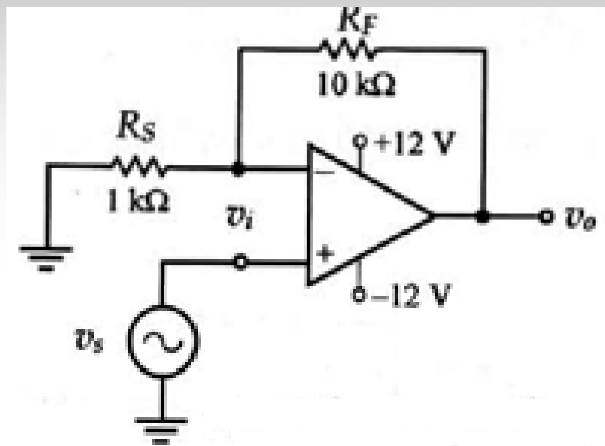
$$BW = \frac{GBW}{A_V}$$

Current-to-Voltage Converter

- Misal sumber arus menghasilkan 10 mA dan $R_F = 100 \text{ kohm}$, tegangan voltage adalah -1 V
- Karena resistance output op-amp mendekati nol, tegangan output dengan ataupun tanpa beban adalah hampir sama
- Karena tegangan output v_o dikontrol dari sumber arus i_s rangkaian ini disebut dengan **sumber tegangan terkendali arus.**



Penguat Tak Membalik



$$v_s = v_o \frac{R_S}{R_F + R_S}$$

$$v_o = v_s \frac{R_F + R_S}{R_S} = v_s \left(\frac{R_F}{R_S} + 1 \right)$$

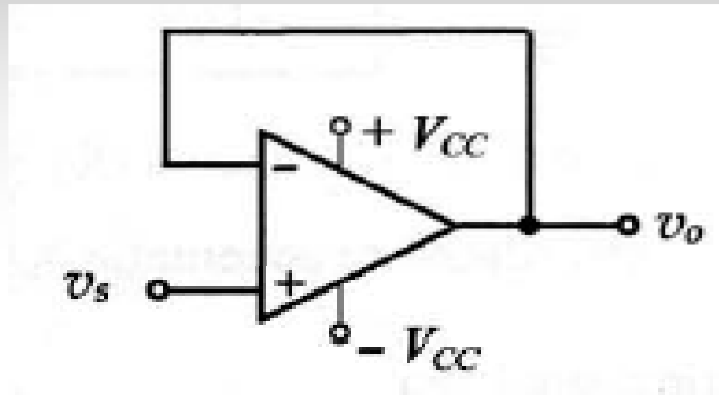
$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{R_F}{R_S} + 1 \right)$$

Penguat Tak Membalik

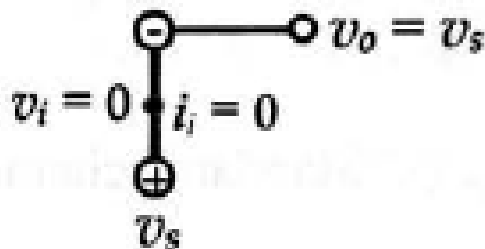
- Input resistance
 - $R_i \approx \infty$
- Output resistance
 - $R_o \approx 0$
- Bandwidth:

$$BW = \frac{GBW}{A_V}$$

Penguat Satuan

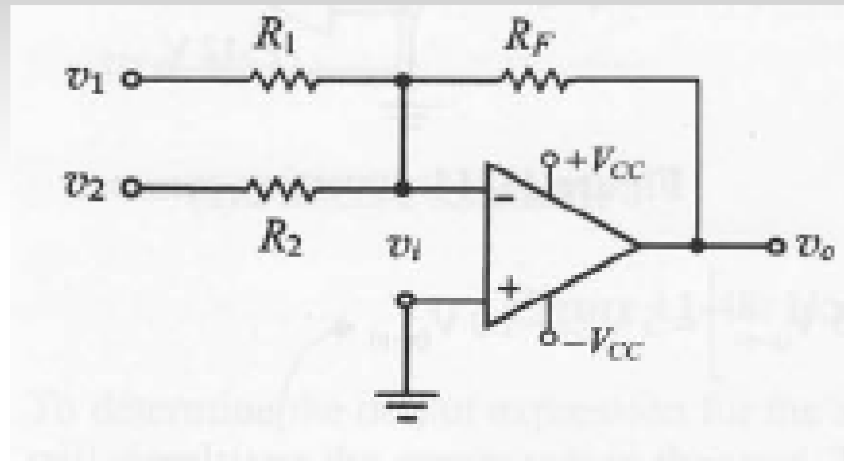


$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = +1$$



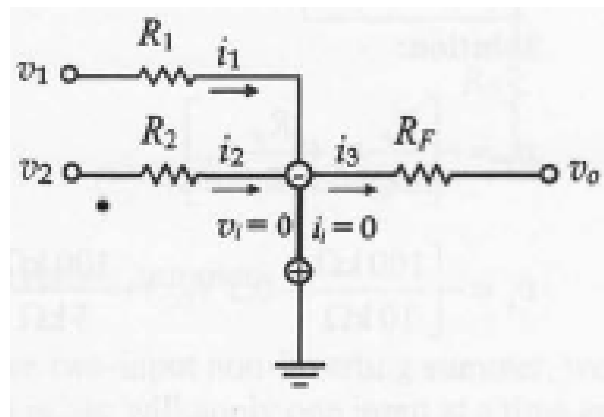
$$R_{in} \cong \infty$$
$$R_o \cong 0$$
$$BW = GBW$$

Penguat Penjumlah

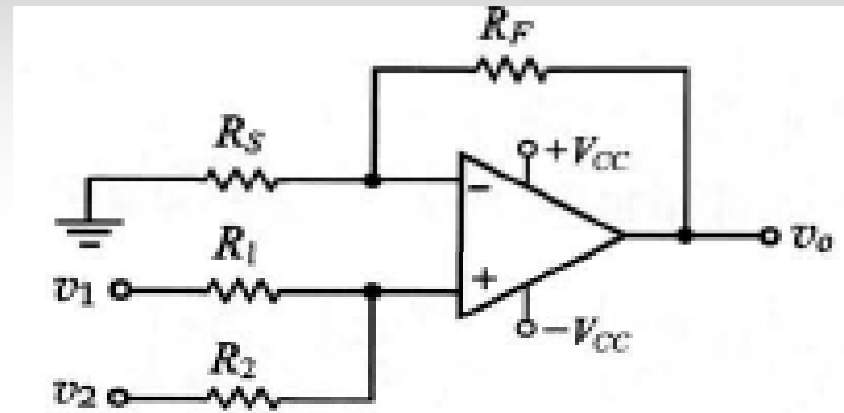


$$v_o = -\left(\frac{R_F}{R_1}v_1 + \frac{R_F}{R_2}v_2\right)$$

$$v_o = -\left(\frac{R_F}{R_1}v_1 + \frac{R_F}{R_2}v_2 + \dots + \frac{R_F}{R_n}v_n\right)$$

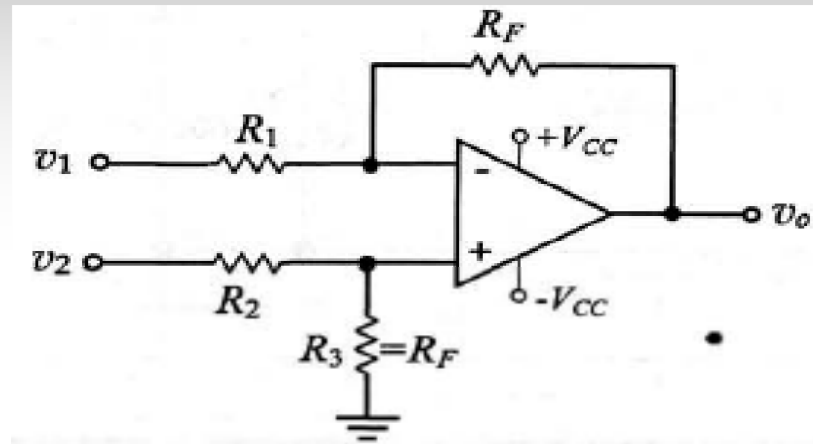


Penguat Penjumlah Tak Membalik



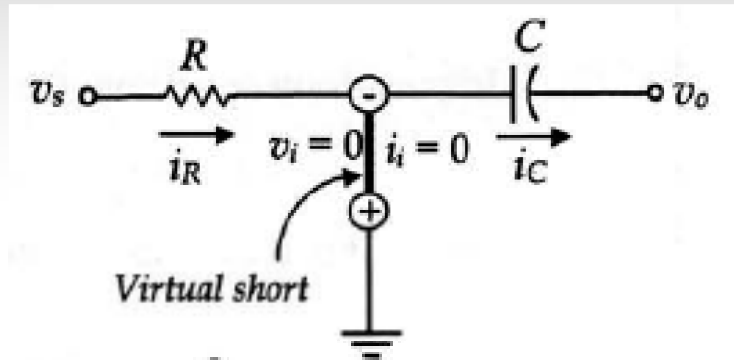
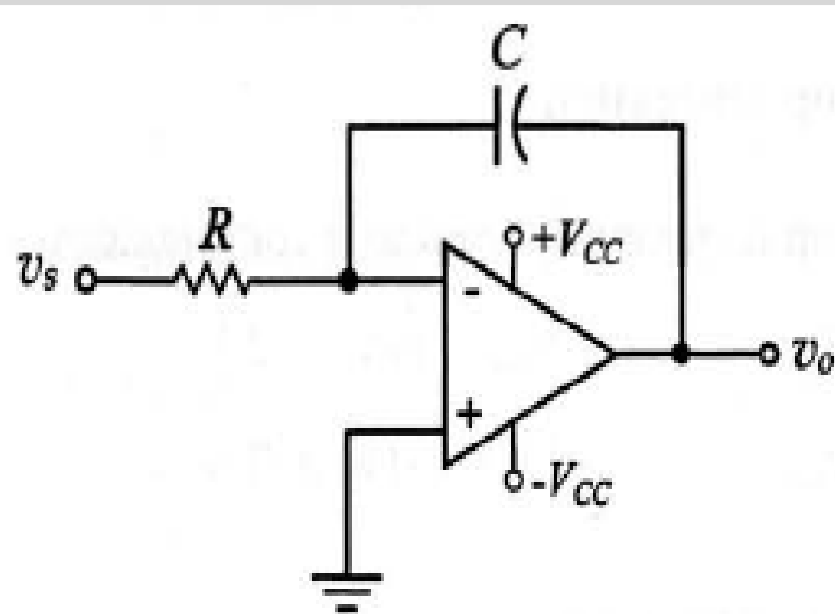
$$v_o = \left(1 + \frac{R_F}{R_S}\right) \left(v_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} + v_2 \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

Penguat Pengurang



$$v_o = (v_2 - v_1) \frac{R_F}{R} = -(v_1 - v_2) \frac{R_F}{R} = -\frac{R_F}{R} v_d$$

Integrator

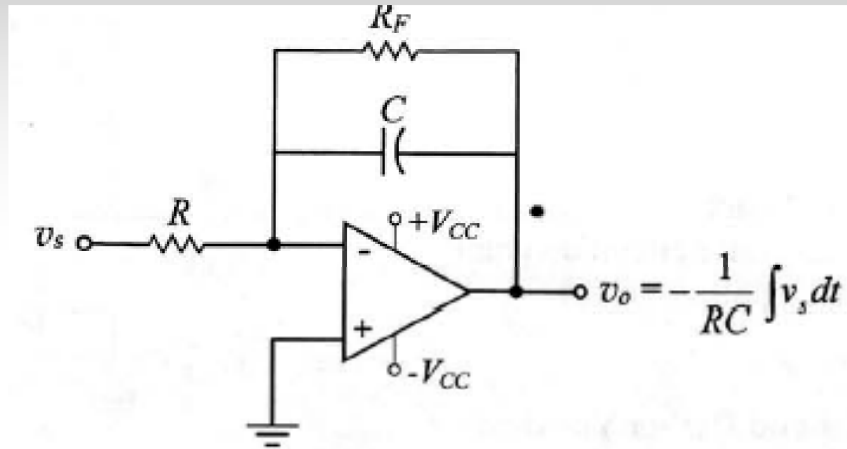


$$\frac{v_s}{R} = -C \frac{dv_o}{dt}$$

$$-\frac{v_s}{RC} = \frac{dv_o}{dt}$$

$$v_o = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_s dt + v_o(0)$$

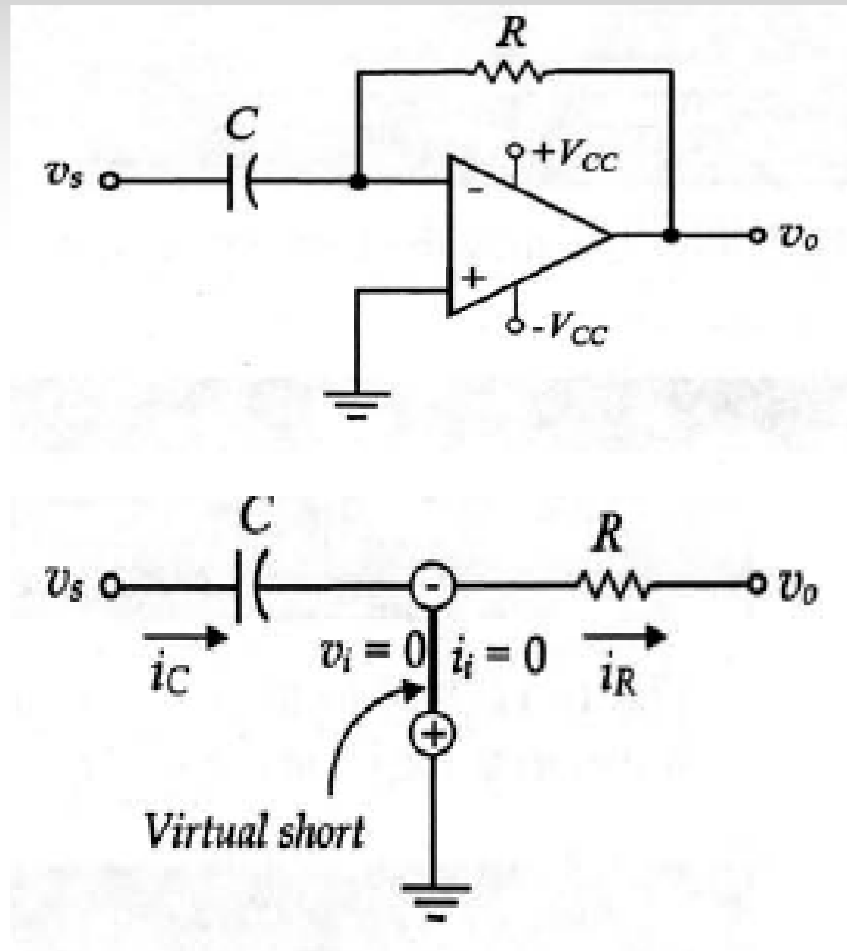
Practical Integrator



$$|A_{v(\max)}| = \frac{R_F}{R}$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi R_F C}$$

Differensiator



$$\frac{-v_o}{R} = C \frac{dv_s}{dt}$$
$$v_o = -RC \frac{dv_s}{dt}$$