

# RANGKAIAN ELEKTRONIKA II

Penguat Operasional



Mifta Nur Farid, S.T., M.T.  
miftanurfarid@lecturer.itk.ac.id

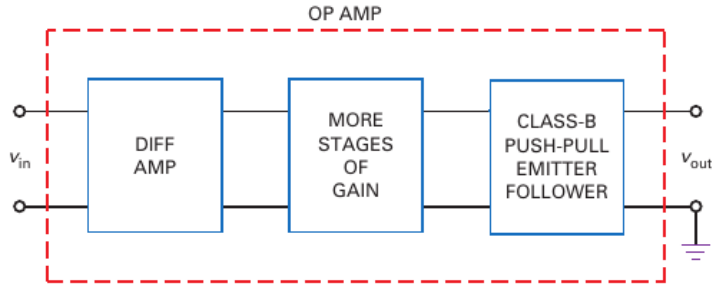
Teknik Elektro  
Institut Teknologi Kalimantan  
Balikpapan, Indonesia

Maret 8, 2021

# Bahan Kajian

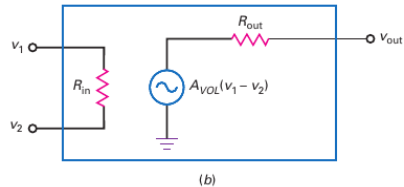
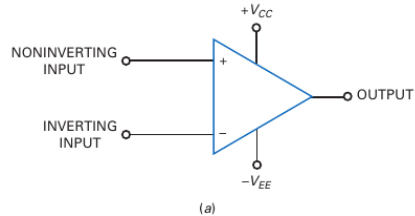
---

1. Pengantar
2. Op Amp 741
3. Inverting Amplifier
4. Non-inverting Amplifier
5. Aplikasi Op-Amp



Gambar. 1: Blok diagram sebuah op amp

# Pengantar



Gambar. 2: (a) Simbol dari op amp dan (b) rangkaian ekivalen dari op amp

Summary Table 16-1		Typical Op-Amp Characteristics		
Quantity	Symbol	Ideal	LM741C	LF157A
Open-loop voltage gain	$A_{VOL}$	Infinite	100,000	200,000
Unity-gain frequency	$f_{unity}$	Infinite	1 MHz	20 MHz
Input resistance	$R_{in}$	Infinite	2 M $\Omega$	10 <sup>12</sup> $\Omega$
Output resistance	$R_{out}$	Zero	75 $\Omega$	100 $\Omega$
Input bias current	$I_{in(bias)}$	Zero	80 nA	30 pA
Input offset current	$I_{in(off)}$	Zero	20 nA	3 pA
Input offset voltage	$V_{in(off)}$	Zero	2 mV	1 mV
Common-mode rejection ratio	CMRR	Infinite	90 dB	100 dB

Gambar. 3: Perbandingan karakteristik op amp ideal dan op amp standar

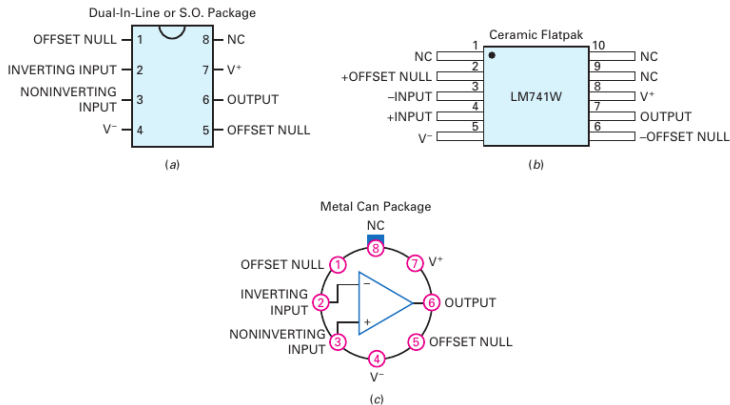
## Op Amp 741

- Monolithic amp  $\mu A709$  tahun 1965 oleh Fairchild Semiconductor
- $\mu A709$  memiliki kekurangan  $\rightarrow$  dibuatlah  $\mu A741$
- Banyak manufaktur yang membuat  $\mu A741$ :
  - ON Semiconductor: MC1741
  - Texas Instruments: LM741
  - Analog Devices: AD741.
- Istilah umumnya op amp 741

# Standar Industri

- Beberapa versi: 741, 741A, 741C, 741E, dan 741N
- Bergantung pada karakteristiknya (voltage gain, temp. range, noise level, dll)
- 741C (C = *Commercial grade*) → sedikit lebih murah dan paling banyak digunakan
- $A_{VOL} = 100000$ ,  $z_{in} = 2 \text{ M}\Omega$ ,  $z_{out} = 75 \Omega$

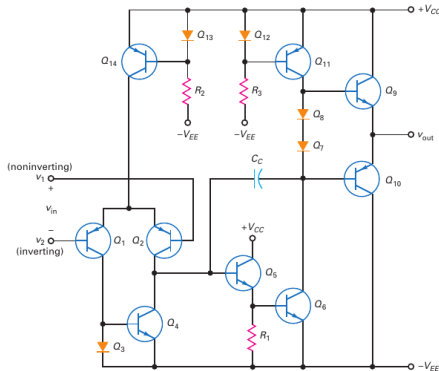
# Standar Industri



**Gambar. 4:** Op amp 741 pinouts (a) dual-in-line, (b) ceramic flatpak, (c) metal can



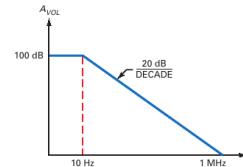
# Rangkaian Ekuivalen dari Op Amp 741



Gambar. 5: Rangkaian ekuivalen dari op amp 741

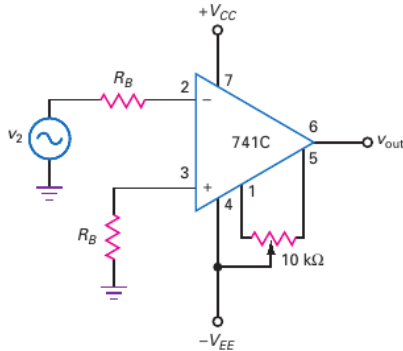
- Input diff amp
- Final Stage
- Active Loading
- Frequency Compensation  

$$C_{in(M)} = (A_v + 1)C_c$$



Gambar. 6: Bode plot  $A_{VOL}$  741C ideal

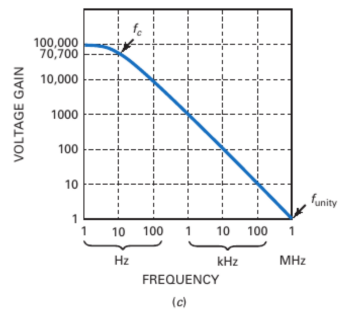
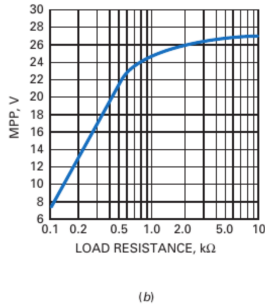
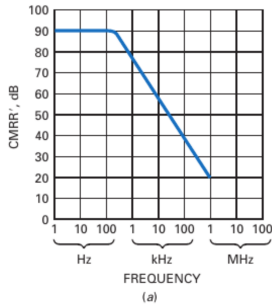
# Bias & Offset



- Tidak ada input signal → input bias dan offset → error output
- Error output berkurang ← base resistor yang sama → hanya menghilangkan arus bias tapi tidak arus offset dan tegangan offset
- Solusi: menggunakan rangkaian nulling di datasheet

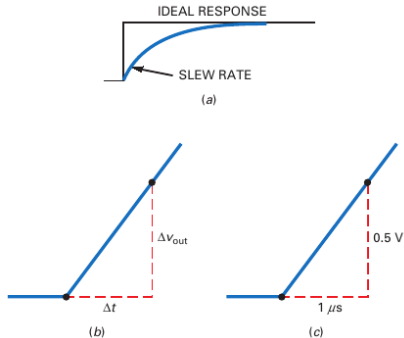
**Gambar. 7:** Penggunaan compensation dan nulling 741C

# CMRR, MPP, dan $A_{VOL}$



**Gambar. 8:** Grafik (a) Common-Mode Rejection Ratio (CMRR), (b) Maximum Peak-to-Peak Output (MPP), dan (c) Open-Loop Voltage Gain  $A_{VOL}$  dari 741C

# Slew Rate



**Gambar. 9:** (a) Respon ideal dan aktual terhadap tegangan step input, (b) ilustrasi definisi slew rate, (c)  $S_R = 0.5 \text{ V}/\mu s$

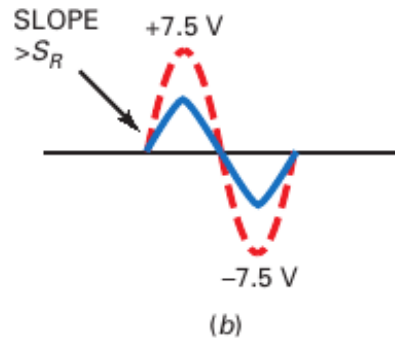
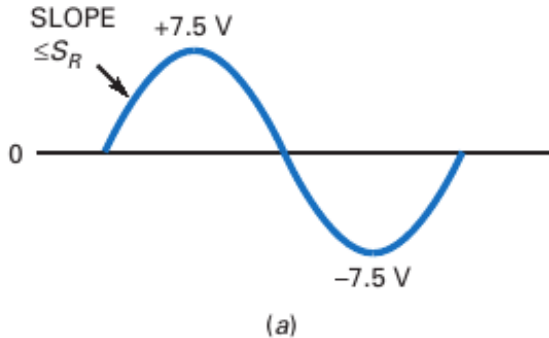
- Persamaan slew rate,  $S_R$

$$S_R = \frac{\Delta V_{out}}{\Delta t} \quad (1)$$

- Exponential wave meningkat 0.5 V selama 1 mikrodetik pertama:

$$\begin{aligned} S_R &= \frac{\Delta V_{out}}{\Delta t} \\ &= \frac{0.5 \text{ V}}{1 \mu s} \\ &= 0.5 \text{ V}/\mu s \end{aligned}$$

# Slew Rate



**Gambar. 10:** (a) Initial slope dari gelombang sinus, (b) distorsi terjadi jika initial slope melebihi slew rate

## Slew Rate

- Sinyal dan frekuensinya sangat kecil  $\rightarrow$  slew rate bukan masalah
- Sinyal dan frekuensinya sangat besar  $\rightarrow$  slew rate akan mendistorsi sinyal output

$$S_S = 2\pi f V_p$$

- $S_S$ : initial slope dari gelombang sinus,  $f$ : frekuensi,  $V_p$ : nilai peak

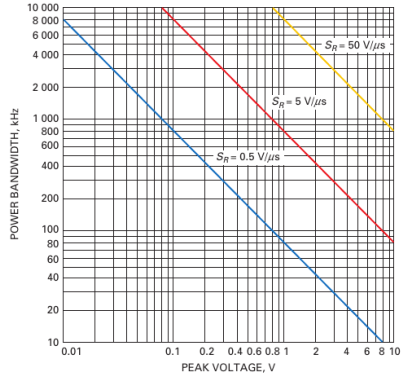
$$S_S \leq S_R$$

$$2\pi f V_p \leq S_R$$

$$f \leq \frac{S_R}{2\pi V_p}$$

$$f_{max} = \frac{S_R}{2\pi V_p} \quad (2)$$

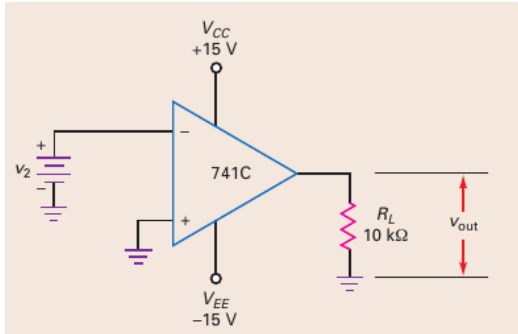
# Slew Rate



- $f_{max}$ : power bandwidth atau large-signal bandwidth
- $S_R = 0.5 \text{ V}/\mu\text{s} \rightarrow 741\text{C}$
- $S_R = 50 \text{ V}/\mu\text{s} \rightarrow \text{LM318}$

Gambar. 11: Grafik power bandwidth vs. peak voltage

## Contoh Soal 2.1



### ■ Pertanyaan:

- Berapa tegangan inverting input yang dibutuhkan untuk men-drive op amp 741C hingga saturasi negatif?



# Inverting Amplifier

---

- Item

# Non-inverting Amplifier

---

- Item

# Aplikasi Op-Amp

---

- Item

TERIMA KASIH