

RANGKAIAN ELEKTRONIKA II

Penguat Operasional



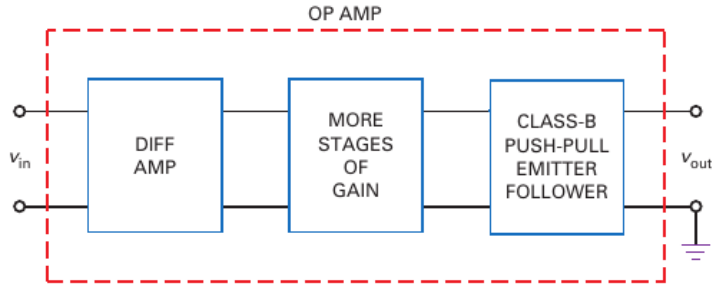
Mifta Nur Farid, S.T., M.T.
miftanurfarid@lecturer.itk.ac.id

Teknik Elektro
Institut Teknologi Kalimantan
Balikpapan, Indonesia

Maret 8, 2021

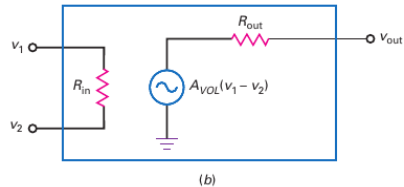
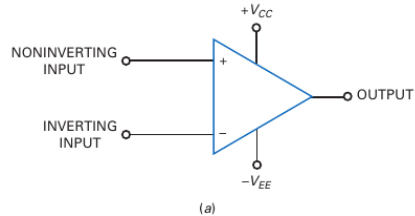
Bahan Kajian

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 Ω	10 ¹² Ω
Output resistance	R_{out}	Zero	75 Ω	100 Ω
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

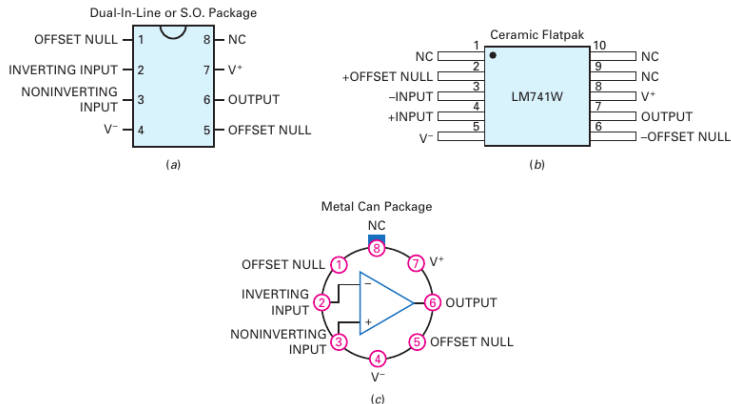
Op Amp 741

- 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

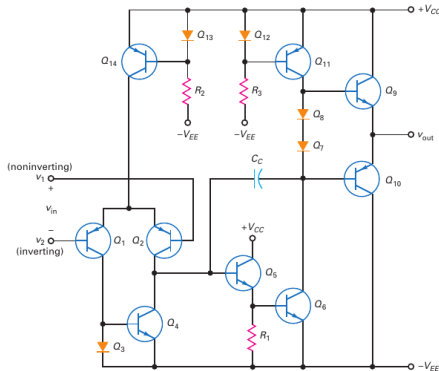
- Beberapa versi: 741, 741A, 741C, 741E, dan 741N
- Bergantung pada karakteristiknya (voltage gain, temp. range, noise level, dll)
- 741C (C = *Commercial grade*) → sedikit lebih murah dan paling banyak digunakan
- $A_{VOL} = 100000$, $z_{in} = 2 \text{ M}\Omega$, $z_{out} = 75 \Omega$

Standar Industri



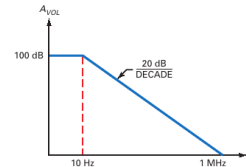
Gambar. 4: Op amp 741 pinouts (a) dual-in-line, (b) ceramic flatpak, (c) metal can

Rangkaian Ekuivalen dari Op Amp 741



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

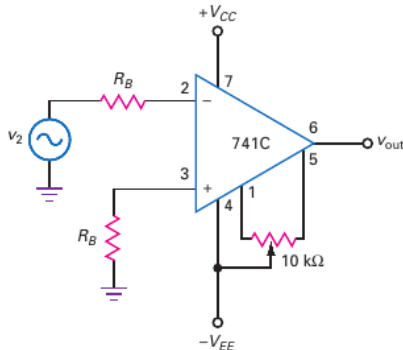
$$C_{in(M)} = (A_v + 1)C_c$$



Gambar. 5: Rangkaian ekuivalen dari op amp 741

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

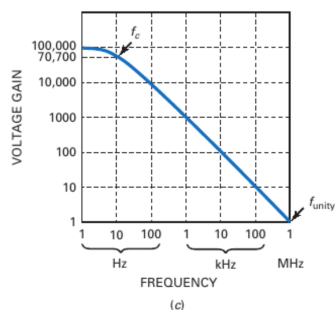
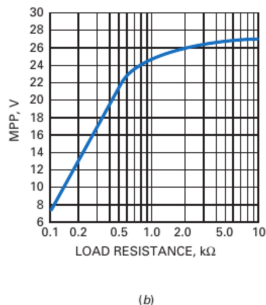
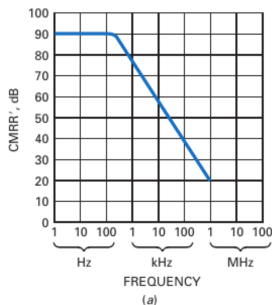
Bias & Offset



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

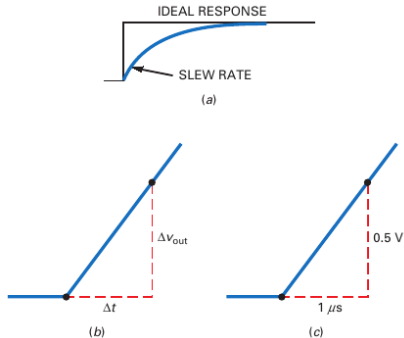
Gambar. 7: Penggunaan compensation dan nulling 741C

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) $S_R = 0.5 \text{ V}/\mu\text{s}$

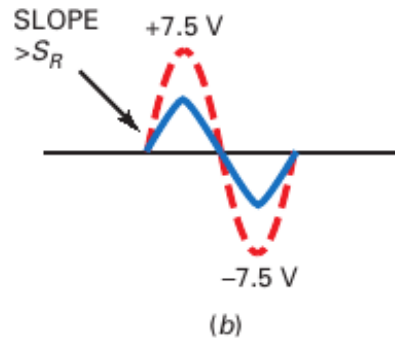
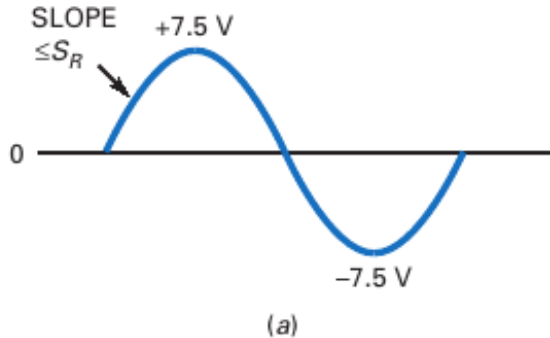
- Persamaan slew rate, S_R

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

- Exponential wave meningkat 0.5 V selama $1 \text{ mikrodetik pertama}$:

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

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

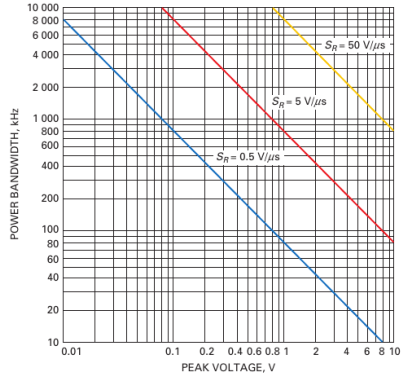
$$S_S \leq S_R$$

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

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

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

Slew Rate



- f_{max} : power bandwidth atau large-signal bandwidth

Gambar. 11: Grafik power bandwidth vs. peak voltage

Inverting Amplifier

- Item

Non-inverting Amplifier

- Item

Aplikasi Op-Amp

- Item

TERIMA KASIH