

UJI SIFAT OPAMP BERBASIS SINKRONISASI MATERI PRAKTIKUM IC 741 UNTUK MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA

Drs. Jamzuri. M.Pd, email: jamzuri_uns@yahoo.com
 DR Nonoh Siiti Aminah Dra M.Pd, email: Nonoh_nst@yahoo.com
 Prodi Pendidikan Fisika P.MIPA. FKIP UNS
 Jl.Ir.Sutami 36a Surakarta Indonesia

Abstrak

IC OpAmp adalah peranti digunakan sebagai penguat sinyal masukan baik AC maupun DC, dalam bentuk operasi tegangan dan arus, untuk reproduksi suara, sistem komunikasi, sistem penghitung penjumlah, perkalian, pembagian, integral dan diferensial serta logaritma dan anti logaritma.

Untuk mempelajari penguat operasional, akan menjadi sangat mudah jika mahasiswa menguasai pengertian tentang Sifat dasar Op-Amp, Keberlakuan Hukum Ohm dan Untai setara Thevenin atau Norton serta uji perilaku OpAmp pada pola input dibandingkan terhadap pola outputnya.

Rumusan masalah : (1) Apakah hukum Ohm, Theorema Thevenin dan Norton dapat membantu analisis untai OpAmp? (2) Apakah perilaku OpAmp dapat ditunjukkan oleh untai IC 741?

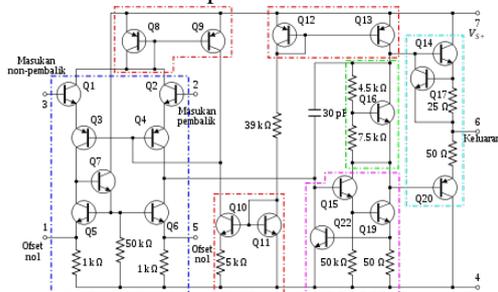
Metodologi penelitian : (1) Memilih model praktikum yang cocok dengan sifat dasar OpAmp. (2) Membandingkan pola input terhadap outputnya

Hasil uji penelitian : (1) Hukum Ohm, Theorema Thevenin dan Norton membantu analisis untai OpAmp ? (2) Jika Ofset nol IC 741 diatur (0 Volt) maka ada kecocokan sifat OpAmp antara teori dan praktek. (3) IC 741 dapat menunjukkan sistem OpAmp sebagai untai penghitung penjumlah, perkalian, pembagian, integral dan diferensial.

Kata kunci : Watak OpAmp

PENDAHULUAN

Sekarang penguat operasional tersedia dalam bentuk sirkuit terpadu (IC 741) dan tidak lagi menggunakan tabung vakum, melainkan menggunakan transistor dalam suatu sirkuit terpadu, penguat operasional secara umum terdapat lebih dari 25 transistor beserta resistor dan kapasitor yang dikemas dalam satu cip silikon.



Gambar 1. Bagian Dalam OpAmp Seri 741 (National Semiconductor)

Penguat operasional modern hanya membutuhkan tegangan listrik ± 18 V, bahkan OpAmp (LM324) dapat bekerja pada tegangan $\pm 1,5$ V (UA741CP Datasheet)

Beberapa istilah yang berlaku pada sifat OpAmp ialah :

Beberapa istilah dan definisinya antara lain:

- ϕ_m : Margin fase, yaitu nilai absolut dari pergeseran fase mudus terbuka di antara terminal input output pembalik modus terbuka adalah satu.
- A_m : Margin bati, adalah umpanbalik dari nilai penguatan tegangan modus terbuka pada frekuensi terendah di mana insut fase modus terbuka sedemikian rupa sehingga keluaran sefase dengan masukan pembalik.
- A_v : Penguatan tegangan sinyal besar, yaitu nisbah dari ayunan tegangan puncak ke puncak keluaran terhadap besar perubahan tegangan masukan yang dibutuhkan.

- $B1$: Lebar pita bati satuan adalah rentang frekuensi penguatan tegangan modus ter-buka bernilai lebih dari satu.
- C_i : Kapasitansi masukan, yaitu nilai kapasitansi di antara dua terminal masukan dengan salah satu masukan dibumikan.
- $CMRR$: *common-mode rejection ratio* adalah perbandingan nilai penguatan dari selisih tegangan listrik dalam penguatan ragam bersama yang diukur dengan cara menentukan nisbah perubahan pada tegangan listrik masukan ragam bersama terhadap perubahan yang dihasilkannya pada tegangan offset.
- GBW : *gain bandwidth produc* adalah nilai hasil perkalian antara nilai penguatan tegangan modus terbuka dan frekuensi sinyal saat pengukuran tersebut.
- Z_{ic} : Impedansi masukan ragam bersama dari hasil penjumlahan paralel impedansi ter-hadap sinyal kecil di antara tiap terminal masukan dengan bumi.
- Z_o : Impedansi terhadap sinyal kecil di antara terminal keluaran dengan bumi.

IDENTIFIKASI MASALAH

Karena OpAmp mempunyai watak ter-tentu, maka penerapan hukum Ohm, Theorema Thevenin dan Norton harus sinkron terhadap watak untai Op-Amp.

Sebagai akibat dari watak OpAmp, maka dapat diuji menjadi untai tertentu yang mengacu watak OpAmp tersebut.

RUMUSAN MASALAH

1. Apakah hukum Ohm, Theorema Thevenin dan Norton dapat membantu analisis untai OpAmp ?
2. Apakah perilaku OpAmp dapat ditunjuk kan oleh untai IC 741 ?

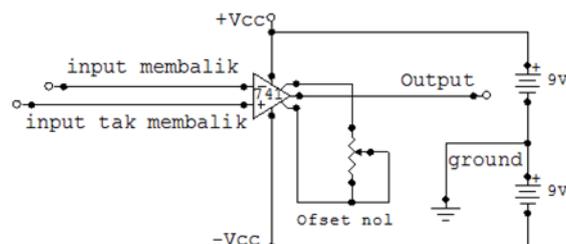
KAJIAN PUSTAKA

Rangkaian gambar 2.a. dengan catu daya ± 15 V Output OpAmp amat tidak stabil, keluaran akan 0V untuk selisih masukan 0V juga, tapi bila ada sedikit beda tegangan pada kedua input, maka keluaran akan berada pada salah satu dari kedua level tegangan $\pm 13,5$ V (dihitung dari $90\% \times 15V$). Modus lup terbuka digunakan pada rangkaian pembanding tegangan dan rangkaian detektor level.

Penerapan OpAmp pada modus tertutup gambar 2.b. Komponen luar sebagai umpan balik output pada input (-) membalik, berfungsi menstabilkan rangkaian dan menurunkan derau.

OpAmp memerlukan catu daya positif dan catu daya negatif terhadap bumi. Serta mempunyai watak penting sebagai berikut :

- a. Impedansi masukan (Z_i) amat tinggi, sehingga arus masukan praktis dapat di -abaikan.
- b. Penguatan lup terbuka (A_v) amat tinggi.
- c. Impedansi keluaran (Z_o) amat rendah, sehingga keluaran penguat tidak ter-pegaruh oleh pembebanan.



Gambar 2. Untai OpAmp Baku (Jamzuri : 2013)

Dengan berlakunya watak dasar OpAmp gambar 2, maka dapat dirangkum Sifat OpAmp :

1. Impedansi input amat tinggi dan Impedansi Output rendah.
2. Kedua input mempunyai tegangan sama ialah $V_+ = V_-$ tetapi tidak dialiri arus.
3. Bila tegangan input membalik lebih positif daripada input tak membalik, keluaran akan negatif, dan sebaliknya.
4. Penguatan lup terbuka amat tinggi.
5. Dioperasikan dengan catu daya rangkap ($+V_{cc}$ nol ($-V_{cc}$).
6. Penguatan lup tertutup ditentukan oleh nilai perbandingan resistor umpan balik terhadap resistor input pada output membalik
7. Tegangan offset input dapat dikompensasi dengan pengaturan output nol oleh rangkaian luar.
8. $CMRR$ adalah kemampuan OpAmp untuk menguatkan sinyal input diferensial dan menolak sinyal masukan modus sekutu, dinyatakan :

$$CMRR = \frac{A_{v,dif}}{A_{v,cm}}$$

HIPOTESIS :

1. Hukum Ohm, Theorema Thevenin dan Norton dapat membantu analisis untai OpAmp ?
2. Perilaku OpAmp dapat ditunjukkan oleh untai IC 741 ?

METODE PENELITIAN

Percobaan untuk menguji watak OpAmp yang spesifik. Percobaan-percobaan disusun mulai

dari mudah sampai yang sukar. Seluruh percobaan menggunakan IC OpAmp 741 pilih IC yang berkualitas baik. agar per-cobaan dapat menunjukkan hasil yang akurat.

Gunakan kawat sambung sependek mungkin untuk memperkecil kapasitas liar dan breadboard untuk mengurangi kerusakan karena penyolderan.

Matikan catu daya dari rangkaian ketika sedang merakit, mengubah Alat dan saat melepas kembali rangkaian. Agar terhindar dari arus kejutan yang dapat merusak IC atau peranti uji. Setelah rangkaian siap uji sebaiknya dirakit dan diperiksa ulang sebelum dihubungkan dengan catu daya.

1. Percobaan 1. Polaritas Output

a) Tujuan :
Menunjukkan bagaimana output OpAmp dapat berayun positif dan negative terhadap bumi dan bergeser fasa 180⁰ terhadap masukan

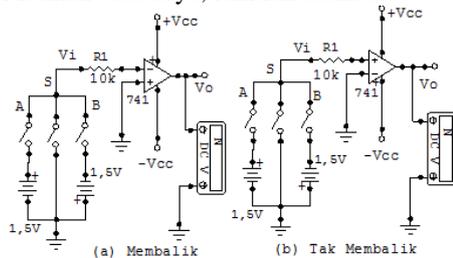
b) Alat dan Bahan :
✓ 1 buah resistor 10 kΩ (R_{in})
✓ 1 buah saklar tiga posisi (S₁)

c) Petunjuk
✓ Matikan catu daya, rakitlah Gambar 3
✓ Pilih Batas ukur voltmeter DC pada tegangan 15 V.
✓ Berdasarkan hasil pengamatan isikan dalam table 2 :

Tabel 2 : Data Pengamatan Gambar 3

No	Posisi Saklar S	Pembacaan Voltmeter		Ket
		Polaritas	Besar	
1	ground			
2	A			
3	B			

✓ Matikan catu daya, rakitlah Gambar 3



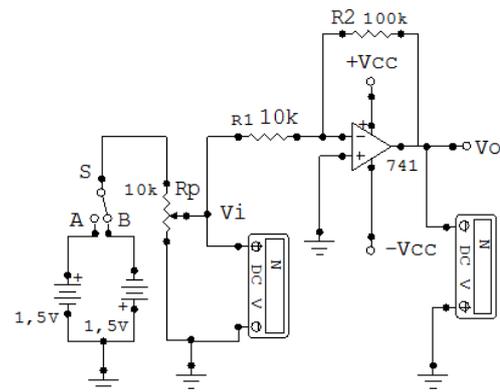
Gambar 3. Polaritas Output

✓ Percobaan 2 Penguatan Membalik

a) Tujuan :
Menunjukkan penguatan tegangan rangkaian pada R_{in} dan R_f

b) Alat dan Bahan :
✓ 1 buah potensio WW 10 kΩ (R_p)
✓ 1 buah resistor 10 kΩ (R_{in})
✓ 1 buah resistor 100 kΩ (R_f)
✓ 1 buah saklar SPDT (S₁)

c) Petunjuk



Lup Tertutup Membalik

Gambar 4. Penguatan Membalik

✓ Matikan catu daya, rakitlah rangkaian gambar 4
✓ Berdasarkan pengamatan, isikan dalam tabel
✓ Simpulkan berdasarkan perhitungan gain :

$$A = - \frac{R_f}{R_{in}}$$

$$V_{out} = - \frac{R_f}{R_{in}} (V_{in})$$

Tabel 3 : Data Pengamatan Gambar 4

No	Posisi Saklar S dengan	Pembacaan Voltmeter Polaritas	Besarnya	Keterangan
1	ground			
2	A			
3	B			

✓ Kesimpulan : berdasarkan table 3. bandingkan nilai

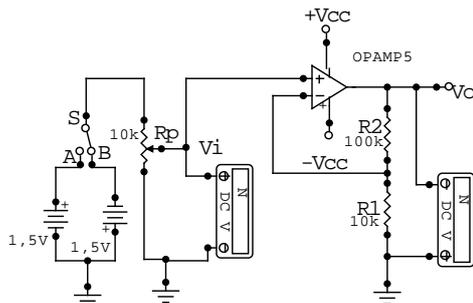
$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{V_o}{V_i} = A$$

3. Percobaan 3: PenguatTak Membalik

a) Tujuan :
Menunjukkan bahwa penguatan rangkaian dengan penguat tak membalik lebih besar dari penguat membalik.

- b) Alat dan Bahan :
- ✓ 1 buah potensio WW 10 kΩ (R_p)
 - ✓ 1 buah resistor 10 kΩ (R_{in})
 - ✓ 1 buah resistor 100 kΩ (R_f)
 - ✓ 1 buah saklar SPDT (S₁)

c) Petunjuk



Penguat tertutup tak membalik

Gambar 5. Penguat Tak membalik

- ✓ Matikan catu daya, rakit gambar 5.
- ✓ Buktikan besarnya gain secara teoritis gambar 5

$$A = \frac{R_2}{R_1} + 1$$

$$V_{out} = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) (V_{in})$$

1. Bandingkan perhitungan gain teoritis dengan hasil pengamatan gain berdasarkan isian tabel 4

Tabel 4. Penguat Tak Membalik

No	Posisi Saklar	Putar R _p catat V _i	Resistor		V _o Volt	Besarnya Gain	
			R _i	R _f		$\frac{R_f}{R_i}$	$\frac{V_o}{V_i}$
1	di A	0,2 V					
		0,4 V					
		0,5 V					
2	di B	-0,2 V					
		-0,4 V					
		-0,5 V					

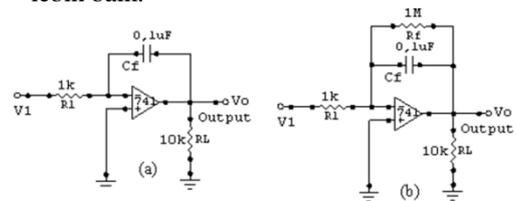
4. Percobaan 4. Integrator

- a) Tujuan :
Menunjukkan pola Integrator menggunakan OpAmp
- b) Alat dan Bahan :
- ✓ 1 OpAmp
 - ✓ 1 buah resistor 1 kΩ (R_{in})
 - ✓ 1 buah resistor 1MΩ (R_f)
 - ✓ 1 buah kapasitor 0,1 μf/50 V
 - ✓ 1 Generator fungsi

✓ CRO

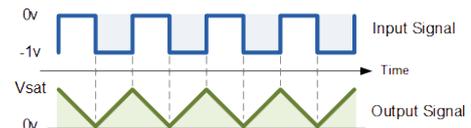
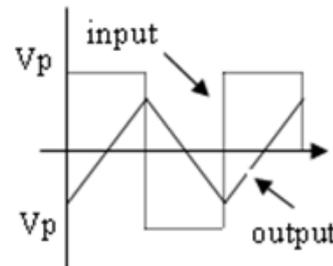
c) Petunjuk

- ✓ Rakit gambar 6 terlihat bahwa sebuah resistor umpan balik yang besar diparalelkan dengan kapasitor umpan balik untuk mencegah saturasi output dan memiliki derau dan offset drift yang lebih rendah, serta stabilitas yang lebih baik.



Gambar 6. Integrator

- ✓ Beri input Vi dengan generator fungsi
- ✓ Hubungkan output dengan CRO
- ✓ Amati perubahan input sinyal persegi hingga outputnya berbentuk seperti gambar 7



Gambar 7. Sinya-sinyal Integrator

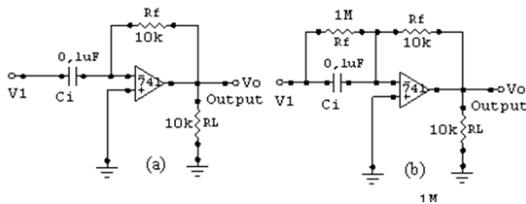
- ✓ Catat nilai komponen yang digunakan.
- ✓ Jabarkan hubungan antara niali RC dan frekuensi sinyal Input outputnya.

Percobaan 5. Deferensiator

- a) Tujuan :
Menunjukkan pola Integrator menggunakan OpAmp
- b)Alat dan Bahan :
- ✓ 1 OpAmp
 - ✓ 1 buah resistor 1 kΩ (R_{in})
 - ✓ 2 buah resistor 10 kΩ (R_f)
 - ✓ 1 buah resistor 1MΩ (R_f)
 - ✓ 1 buah kapasitor 0,1 μf/50 V

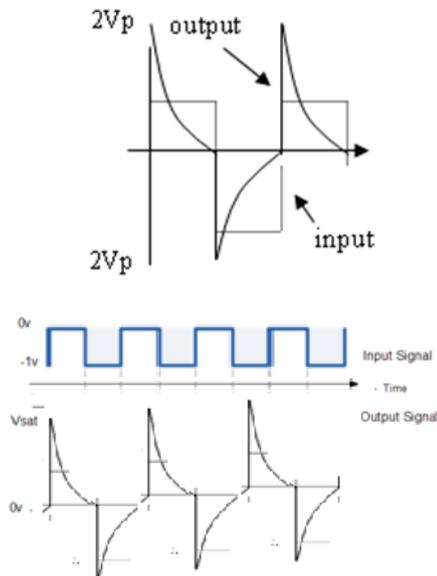
- ✓ 1 Generator fungsi
- ✓ CRO

c) Petunjuk



Gambar 8. Deferensiator

- ✓ Rangkaian diferensiator dipakai untuk menjangkitkan pulsa pemicu yang tajam guna mengemudikan rangkaian lain. Bila frekuensi sinyal input bertambah, X_c kapasitor input akan berkurang, sehingga sinyal output membesar, maka rangkaian diferensiator berperilaku seperti tapis-lulus-Rendah.
- ✓ Rakit gambar 8
- ✓ Beri input Vi dengan generator fungsi
- ✓ Hubungkan output dengan CRO
- ✓ Amati perubahan input sinyal persegi hingga outputnya berbentuk seperti gambar 9.



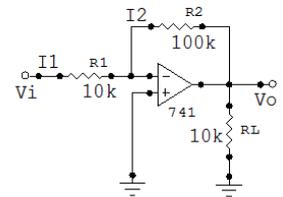
Gambar 9. Deferensiator

- ✓ Catat nilai komponen yang digunakan.
- ✓ Jabarkan hubungan antara nilai RC dan frekuensi sinyal Input outputnya

PEMBAHASAN :

1. Analis KVL (Kirchoff Voltage Low)

Untuk sinyal DC	
Input	Output
Vin	Vout
0	0
+0.3	-3
-0.3	+3
+0.5	-5
-0.5	+5
+0.6	-6
-0.6	+6



Gambar 10 Data Penguat Membalik

Penguat membalik dalam modus lup ter-tutup gambar 10 dapat dijabarkan menggunakan konsep hukum Ohm sebagai berikut :

$$V_+ = V_- = 0$$

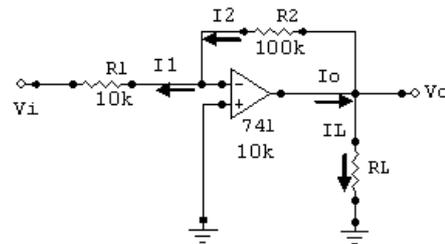
karena V_+ dibumikan maka

$$V_i - 0 = 0 - V_o$$

maka menurut *Hukum Ohm*

$$i \cdot R_1 - 0 = 0 - i \cdot R_2$$

$$\frac{V_i - 0}{i \cdot R_1} = \frac{0 - V_o}{i \cdot R_2} \quad \text{maka} \quad A_v = -\frac{R_2}{R_1}$$



Gambar 11. Analisis kuat arus

Penguat membalik gambar 11 berlaku sebagai pembanding resistip R_1 dan R_2 mempengaruhi penguatan lup tertutup. Tegangan input +1V menyebabkan mengalirnya arus 0,1 mA yang diperoleh dari hasil perhitungan

$$I_1 = \frac{0 - V_i}{R_1}$$

$$I_1 = \frac{0 - 1V}{10k} = 0,1mA$$

$$I_1 = 0,1mA$$

Konsekuensi dari perilaku tak ada arus yang mengalir dari terminal input (-) ke input (+) menyebabkan $V_+ = V_- = 0V$ sehingga :

$$I_1 = \frac{0 - V_i}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_o - 0}{R_2}$$

$$I_2 = I_1$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} \quad \text{sehingga} \quad A_v = -\frac{R_2}{R_1}$$

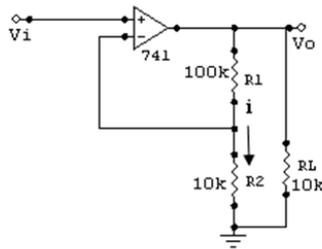
Arus beban I_L mengalir ke luar menuju bumi dan besarnya ditentukan oleh resistor beban R_L melalui hubungan

$$I_L = -\frac{V_o}{R_L}$$

Dengan demikian arus total yang dicatu oleh OpAmp $I_o = I_L + I_2$ Bila polaritas V_i dibuat negatif, V_o menjadi positif dan arus akan mengalir ke dalam OpAmp.

Gambar 12 umpan balik yang digunakan untuk mengatur penguat tetap diberikan pada input membalik, tapi V_i diberikan pada input tak membalik. Tegangan keluaran akan sefasa dengan tegangan input untuk rangkaian penguat tak membalik.

Sinyal DC	
V_{in}	V_{out}
0	0
0,2	+2,2
-0,2	-2,2
+0,3	+3,3
-0,3	-3,3
+0,4	0,44
-0,4	-4,4
+0,5	+5,5
-0,5	-5,5
0,6	6,6



Gambar 12 Penguat Tak Membalik

Resistor-resistor R_1 dan R_2 membentuk jaringan pembagi resistif untuk memberikan tegangan umpan balik (V_A) yang diperlukan pada input membalik. Tegangan umpan balik (V_-) dibentuk pada R_1 . Karena tegangan pada input membalik sama dengan input tak membalik, maka :

$$V_+ = V_-$$

$$V_i = V_+ = V_-$$

Arus yang lewat R_1 dan R_2 sama besar ialah i maka

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_i}$$

$$V_o = (R_1 + R_2)i$$

$$V_i = R_2 i$$

$$A_v = \frac{(R_1 + R_2)i}{R_2 i}$$

$$A_v = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

V_i dan V_o diperoleh dengan persamaan gain gambar 12

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_i$$

$$V_{out} = \left(1 + \frac{100k}{10k}\right) V_i = (11)V_i$$

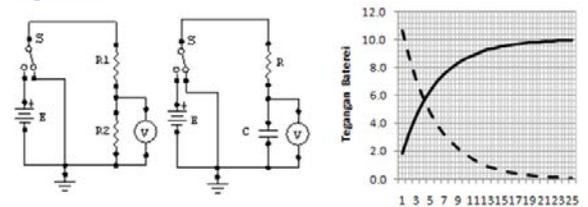
2. Theoema Thevenin Dan Norton

V_i dan V_o gambar 12 dapat diselesaikan menggunakan persamaan thevenin :

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_i = (11)V_i$$

3. Arus Transien Pada Untai RC :

<http://fisika.lab.gunadarma.ac.id/wpcontent/uploads/>



Gambar 13. Arus Transien Untai RC (Sutrisno 1994)

Gambar 13 bila S_r dihubungkan dengan E maka untai RC memperoleh tegangan yang akan menaikkan muatan pada kapasitor, sedang bila saklar dihubungkan dengan ground akan melepas muatan. Proses mengisi dan atau mengosongkan muatan menyebabkan terjadinya arus transien. Untai RC gayut waktu dengan arus transien i d.t

Ujung-ujung resistor R_2 setara thevenin

$$V = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E$$

Kapasitor C bermuatan q diberi tegangan V

$$q = CV \quad Q(t) = \int_0^t idt$$

Tegangan pada kapasitor C dinyatakan :

$$V_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t idt$$

Tegangan ujung-ujung R dapat dicari

$$V_R(t) = E - \frac{1}{C} \int_0^t idt \quad V_R(t) = i.R$$

$$i.R = E - \frac{1}{C} \int_0^t idt \quad iR \frac{di}{dt} = 0 - \frac{i}{C}$$

$$\frac{di}{i} = -\frac{1}{RC} dt \quad \int_0^t \frac{di}{i} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt$$

Saat $t = 0$ maka $V_c(t = 0) = 0$

$$i = \frac{E}{R} \quad \int_0^t \frac{di}{i} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt$$

$$\ln(i) = -\frac{t}{RC} \quad i = \left(\frac{E}{R}\right) e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$V_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t idt = \frac{1}{C} \int_0^t \left(\frac{E}{R}\right) e^{-\frac{t}{RC}} dt$$

maka hasil integral $V_c(t)$ adalah

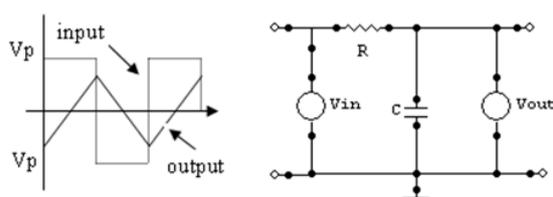
$$V_c(t) = -E \left(e^{-\frac{t}{RC}} - 1\right) = +E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

Pengosongan muatan grafik putus – putus

$$V_i = i \cdot R + V_c \quad \text{saat } t = 0$$

$$V_c = 0 \quad \text{maka } i = \frac{V_i}{R}$$

$$V_c = \frac{1}{C} \int_0^t i \cdot dt \quad \text{maka } V_c = \frac{1}{C} \int_0^t \frac{V_i}{R} dt$$



Gambar 14. Integrator

Gambar 14. disebut integrator dengan alih input gelombang kotak menjadi output gelombang segitiga jika sinyal input $\sigma = f^{-1} \geq 10RC$

KESIMPULAN :

1. Hukum Ohm, Theorema Thevenin dan Norton membantu analisis untai OpAmp
2. Jika Ofset nol IC 741 diatur 0 Volt maka ada kecocokan sifat OpAmp antara teori dan praktek.
3. IC 741 dapat menunjukkan sistem OpAmp sebagai untai penghitung pen-jumlah yang dikembangkan dari penguat perkalian ($R_f > R_i$), pembagian ($R_f < R_i$), integral dan diferensial dengan ubahan (R,C)

DAFTAR PUSTAKA :

- Basukidwiputranto, Intgrator , <http://basukidwiputranto.blogspot.co.id/2014/04/aplikasi-op-amp-ke-6-integrator.html>, Diakses : 5-4-2015
- Jamzuri Drs M,Pd 2012, *Op Amp*. Surakarta, uns press
- National Semiconductor, (1995), *National Operational Amplifiers Databook*, Hongkong 5 Canton Road tsimshatsui
- Sutrisno PhD 1994, *Elektronika 1*, Bandung, F.MIPA, ITB,
- Sutrisno PhD1994, *Elektronika lanjut*, Bandung, F.MIPA, ITB,
- Arus Transien*, <http://fisika.lab.gunadarma.ac.id/wpcontent/uploads>, Diakses 5-4-2015
- UA741CP http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/25580/STMICROEL_EC-TRONICS/UA741CP.html, Diakses 5-4-2015

Nama Penanya : Isa A A

Pertanyaan :

Arti thevenin northon dan gambarannya seperti apa?

Jawaban :Northon adalah rangkaian sulit dapat disederhanakan dengan E dan R diseri