



POLMANBABEL
PRESS

PEDOMAN PRAKTIKUM

Rangkaian Elektronika

Operational Amplifier



Muhammad Iqbal Nugraha

PEDOMAN PRAKTIKUM
RANGKAIAN ELEKTRONIKA
Operational Amplifier

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta
Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perlindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Peggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Peggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukkan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

**PEDOMAN PRAKTIKUM
RANGKAIAN ELEKTRONIKA
OPERATIONAL AMPLIFIER**

Muhammad Iqbal Nugraha

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

PEDOMAN PRAKTIKUM RANGKAIAN ELEKTRONIKA
Operational Amplifier

Muhammad Iqbal Nugraha

Desain Cover :

Muhammad Zenda Rud

Sumber :

<http://www.polman-babel.ac.id/>

Tata Letak :

Muhammad Zenda Rud

Ukuran :

xiii, 127 hlm. Uk: 14.8x21 cm

ISBN :

978-602-14791-3-1

Cetakan Pertama :

Desember 2020

Hak Cipta 2020, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2020 by Politeknik Manufaktur Negeri

Bangka Belitung (Polmanbabel Press)

All Right Reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau

memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini

tanpa izin dari Penerbit

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG (POLMANBABEL PRESS)

Kawasan Industri Air Kantung, Sungailiat, Bangka

Telp/Faks: (0717) 93586

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga buku ajar panduan praktikum Rangkaian Elektronika dengan seri khusus tentang penguat operasi ini dapat terselesaikan dengan baik. Buku panduan praktikum ini disusun sebagai media penunjang dan pedoman praktik bagi mahasiswa khususnya di Jurusan Teknik Elektro dan Informatika, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Buku ini disusun mengikuti silabus mata kuliah dengan area ataupun topik utama yang dibahas adalah *Operational Amplifier (Op Amp)*.

Komponen utama yang digunakan pada pembelajaran ini adalah IC 741 atau IC standar yang digunakan pada penguat operasi. Objektivitas dari praktikum ini berorientasi kepada fungsi dari Op Amp itu sendiri yang meliputi sebagai penguat (*amplifier*), pembanding (*comparator*), pembangkit sinyal (*signal generator*), dan penyaring (*filter*). Keempat dari fungsi ini dibahas melalui beberapa serangkaian percobaan atau eksperimen menggunakan media praktik "Rangkaian Op Amp". Pada media tersebut sudah dibagi menjadi 4 blok sebagai representasi dari 4 fungsi Op Amp tersebut.

Pada pembelajaran praktikum ini, mahasiswa diharapkan dapat bereksplorasi lebih jauh tentang karakteristik dan peran dari penguat operasi untuk berbagai keperluan. Kemampuan dalam membaca rangkaian dengan baik

sangat diperlukan. Selain itu, mahasiswa juga diharapkan lebih terampil dalam menggunakan alat ukur dan menganalisis dari setiap hasil percobaan yang telah dilakukan.

Demikian modul ini disajikan sebagai pedoman dalam praktikum. Penulis menyadari bahwa modul ini masih banyak kekurangan dan oleh sebab itu segala masukan dan kritik dari pembaca diharapkan. Semoga modul ini dapat membantu dan menambah pengetahuan kita semua.

Salam hormat,

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| BAB 1 DESKRIPSI UMUM PRAKTIKUM | 1 |
| Pendahuluan..... | 1 |
| Objektif..... | 2 |
| Teori Singkat..... | 3 |
| Bab 2 Op Amp Sebagai Penguat..... | 5 |
| Percobaan 1..... | 7 |
| <i>Inverting Amplifier</i> dengan <i>Input DC</i> | 7 |
| A. Pendahuluan..... | 7 |
| B. Tujuan..... | 10 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 10 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 11 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 11 |
| F. Data Hasil Percobaan..... | 13 |
| G. Analisa..... | 14 |
| Percobaan 2..... | 15 |
| <i>Inverting Amplifier</i> dengan <i>Input AC</i> | 15 |
| A. Pendahuluan..... | 15 |
| B. Tujuan..... | 18 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 18 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 19 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 19 |

| | |
|---|----|
| F. Data Hasil Percobaan..... | 20 |
| G. Analisa..... | 23 |
| PERCOBAAN 3..... | 23 |
| <i>Non Inverting Amplifier</i> dengan <i>Input DC</i> | 23 |
| A. Pendahuluan..... | 23 |
| B. Tujuan..... | 26 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 26 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 27 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 27 |
| F. Data Hasil Percobaan..... | 29 |
| G. Analisa..... | 30 |
| PERCOBAAN 4..... | 31 |
| <i>Non Inverting Amplifier</i> dengan <i>Input AC</i> | 31 |
| A. Pendahuluan..... | 31 |
| B. Tujuan..... | 34 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 34 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 35 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 35 |
| F. Data Hasil Percobaan..... | 37 |
| G. Analisa..... | 39 |
| PERCOBAAN 5..... | 40 |
| <i>Inverting Adder Amplifier</i> | 40 |
| A. Pendahuluan..... | 40 |
| Kata operasi pada penguat operasi merujuk kepada operasi matematika dan | 40 |

| | |
|---|----|
| B. Tujuan..... | 43 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 43 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 43 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 44 |
| F. Data Hasil Percobaan..... | 46 |
| G. Analisa..... | 47 |
| PERCOBAAN 6..... | 48 |
| <i>Non Inverting Adder Amplifier</i> | 48 |
| A. Pendahuluan..... | 48 |
| B. Tujuan..... | 50 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 50 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 50 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 51 |
| F. Data Hasil Percobaan..... | 53 |
| G. Analisa..... | 54 |
| PERCOBAAN 7..... | 55 |
| <i>Differential Amplifier dengan Input DC</i> | 55 |
| A. Pendahuluan..... | 55 |
| B. Tujuan..... | 57 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 57 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 57 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 58 |
| F. Data Hasil Percobaan..... | 58 |
| G. Analisa..... | 59 |
| BAB 3 OP AMP Sebagai Pembanding..... | 60 |

| | |
|--|----|
| PERCOBAAN 8..... | 61 |
| <i>Ideal Comparator</i> | 61 |
| A. Pendahuluan..... | 61 |
| B. Tujuan..... | 62 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 62 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 63 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 63 |
| F. Data Hasil Percobaan..... | 64 |
| G. Analisa..... | 65 |
| PERCOBAAN 9..... | 66 |
| <i>Inverting Zero Crossing Detector dengan Histerisis</i> | 66 |
| A. Pendahuluan..... | 66 |
| B. Tujuan..... | 70 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 70 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 70 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 71 |
| F. Data Hasil Percobaan..... | 71 |
| G. Analisa..... | 72 |
| PERCOBAAN 10..... | 73 |
| <i>Non Inverting Zero Crossing Detector Dengan Histerisis</i> .. | 73 |
| A. Pendahuluan..... | 73 |
| B. Tujuan..... | 75 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 75 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 76 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 76 |

| | |
|--|----|
| F. Data Hasil Percobaan..... | 77 |
| G. Analisa..... | 77 |
| BAB 4 OP AMP sebagai Signal Generator..... | 78 |
| PERCOBAAN 11..... | 79 |
| <i>Astable Multivibrator</i> | 79 |
| A. Pendahuluan..... | 79 |
| B. Tujuan..... | 87 |
| C. Komponen dan Peralatan Yang Dipakai..... | 88 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 88 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 88 |
| F. Data Hasil Percoaban..... | 89 |
| G. Analisa..... | 89 |
| PERCOBAAN 12..... | 89 |
| <i>Triangle Generator</i> | 89 |
| A. Pendahuluan..... | 89 |
| B. Tujuan..... | 94 |
| C. Komponen dan Peralatan Yang Dipakai..... | 95 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 95 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 95 |
| F. Data Hasil Percobaan..... | 96 |
| G. Analisa..... | 96 |
| BAB 5 OP AMP Sebagai Penyaring (Filter)..... | 96 |
| PERCOBAAN 13..... | 98 |
| LPF -20 dB..... | 98 |
| A. Pendahuluan..... | 98 |

| | |
|---|-----|
| B. Tujuan..... | 102 |
| C. Komponen dan Peralatan Yang Dipakai..... | 102 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 102 |
| E. Prosedur dan Data Hasil Percobaan..... | 103 |
| F. Analisa..... | 103 |
| PERCOBAAN 14..... | 104 |
| LPF -40dB..... | 104 |
| A. Pendahuluan..... | 104 |
| B. Tujuan..... | 105 |
| C. Komponen dan Peralatan Yang Dipakai..... | 105 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 106 |
| E. Prosedur dan Data Hasil Percobaan..... | 106 |
| F. Analisa..... | 107 |
| PERCOBAAN 15..... | 108 |
| HPF +20dB..... | 108 |
| A. Pendahuluan..... | 108 |
| B. Tujuan..... | 109 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 109 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 110 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 110 |
| F. Kesimpulan..... | 111 |
| PERCOBAAN 16..... | 112 |
| HPF +40 dB..... | 112 |
| A. Pendahuluan..... | 112 |
| B. Tujuan..... | 113 |

| | |
|---|-----|
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 113 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 114 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 114 |
| F. Analisa..... | 115 |
| PERCOBAAN 17..... | 116 |
| <i>NOTCH FILTER</i> | 116 |
| A. Pendahuluan..... | 116 |
| B. Tujuan..... | 117 |
| C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan..... | 117 |
| D. Rangkaian Percobaan..... | 118 |
| E. Prosedur Percobaan..... | 118 |
| F. Analisa..... | 119 |
| BAB 6 PENUTUP..... | 120 |
| Kesimpulan..... | 120 |
| Saran..... | 121 |
| REFERENSI..... | 122 |
| GLOSSARY..... | 123 |

BAB 1 DESKRIPSI UMUM PRAKTIKUM

Pendahuluan

Pada praktikum Rangkaian Elektronika (RGE) kali ini, materi difokuskan pada penguat operasi (*operational amplifier*) dengan komponen utama adalah IC Op Amp tipe 741. Penguat operasi adalah bagian yang sangat penting dalam bidang elektronika khususnya dalam teknik dasar operasi sinyal dan berbagai keperluan lainnya.

Pada sistem penguat operasi, ada 4 hal utama yang menjadi pokok bahasan, antara lain:

- a. Penguat (*Amplifier*)
- b. Pembanding (*Comparator*)
- c. Pembangkit Sinyal (*Signal Generator*), atau *multivibrator*
- d. Penyaring (*Filter*)

Keempat pokok bahasan tersebut dibagi menjadi beberapa kelompok percobaan praktikum dengan menggunakan 1 buah media praktik khusus yang berjudul "Rangkaian Op Amp", yang didalamnya telah disusun dan dikategorikan ke dalam 4 blok sebagai representasi pokok bahasan. Untuk melaksanakan praktikum ini, disarankan agar mahasiswa telah menerima perkuliahan teori sebelumnya sehingga secara teoritis sistem penguat operasi ini telah diketahui. Dalam kata lain, pembuktian

teori dan analisis lebih mendalam menjadi tujuan utama dari praktikum ini.

Pada pembelajaran praktikum Op Amp ini, variasi sinyal masukan akan diujicoba terhadap rangkaian penguat operasi baik itu level DC ataupun AC pada tegangan rendah sehingga sebuah *function generator* sangat diperlukan begitu juga dengan *oscilloscope* akan digunakan untuk mengamati sinyal luaran. Penggunaan sinyal yang memiliki *hysteresis* dan/atau *noise* sangat dibutuhkan dan akan digunakan pada percobaan rangkaian komparasi dan *filter* aktif.

Objektif

Setelah melakukan praktikum ini, diharapkan mahasiswa dapat memahami karakteristik Op Amp sebagai penguat, pembanding, pembangkit sinyal, dan penyaring melalui serangkaian percobaan dan analisis menggunakan media praktik dan instrumentasi yang sesuai dengan baik dan benar.

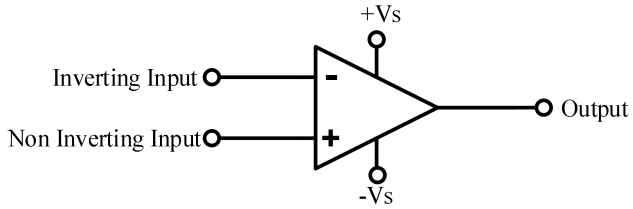
Keterampilan lainnya yang diharapkan adalah kemampuan mahasiswa dalam membaca rangkaian dan mengenalinya dengan baik sehingga dapat menyebutkan dengan tepat jenis rangkaian serta bagaimana cara kerja dari rangkaian yang ditunjukkan tersebut.

Teori Singkat

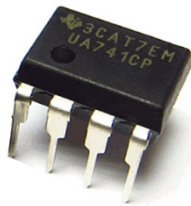
Pada IC Op Amp, ada minimal 5 buah terminal dari 7 terminal yang wajib diketahui dan selalu digunakan dalam rangkaian yaitu terdiri dari 2 buah terminal *input*, 1 terminal *output*, dan 2 terminal tegangan sumber dengan penjelasan sebagai berikut:

- Terminal *input* terdiri dari *inverting input terminal* dan *non-inverting input terminal*.
- Terminal *output* adalah satu jalur luaran dari Op Amp yang dapat dihubungkan dengan beban ataupun tidak saat pengukuran.
- Terminal Tegangan Sumber (V_s) terdiri dari tegangan sumber positif ($+V_s$) dan tegangan sumber negatif ($-V_s$). Untuk tegangan sumber negatif dapat juga dihubungkan ke *ground* (0V) terminal tergantung kebutuhan dan fungsi rangkaian yang akan diterapkan.

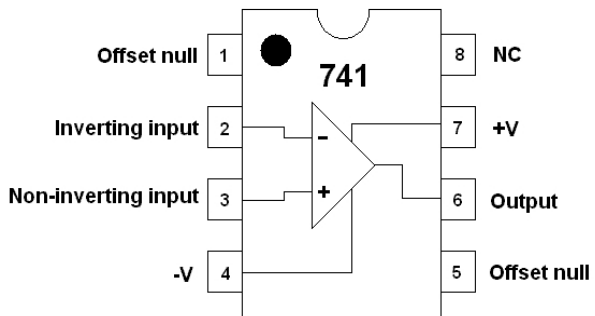
Dua buah terminal lagi adalah jalur untuk pengaturan *Offset Null* yang apabila tidak diatur, maka *by default* pengaturannya akan mengikuti bawaan dari pabrik. Masing-masing terminal tersebut dilukiskan pada simbol Op Amp yang dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Op Amp: (a) Simbol Op Amp; (b) IC Op Amp tipe 741; (c) Pin Configuration IC 741

Bab 2 Op Amp Sebagai Penguat

Amplifier (penguat) merupakan salah satu fungsi Op Amp yang paling banyak digunakan dengan besarnya penguatan diperoleh dari rasio antara V_{OUT} dan V_{IN} . *Amplifier* terjadi ketika Op Amp dirangkai menggunakan umpan balik negatif atau sebagian sinyal *output* dikembalikan ke *inverting input terminal*. Rangkaian penguat pada Op Amp secara umum dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu *Inverting Amplifier* (Penguat Membalik) dan *Non Inverting Amplifier* (Penguat Tak Membalik).

Sebuah *amplifier* akan mendapatkan sinyal *input* dan akan menghasilkan sinyal *output* yang lebih besar tanpa adanya distorsi. Sebuah *amplifier* mempunyai komponen yang penting yaitu resistor *feedback* (R_F) yang dipasang antara terminal *output* dengan terminal *input* negatif atau sering disebut sebagai *negative feedback* dengan komponen *feedback*-nya adalah *resistor*. Dengan penambahan tahanan *feedback* (R_F) akan didapatkan rangkaian tertutup (*Close Loop*) dimana *gain* yang dihasilkan (A_{CL}) tidak lagi bergantung kepada A_{OL} . Di sini A_{CL} hanya tergantung pada tahanan luar.

Perbedaan mendasar antara Penguat Membalik dan Penguat Tak membalik dari segi rangkaian, yaitu :

- Penguat Membalik (*Inverting Amplifier*), dimana sinyal *input* dikenakan pada *input* negative (*inverting input terminal*)
- Penguat Tak Membalik (*Non Inverting Amplifier*), dimana sinyal *input* dikenakan pada *input* positif (*non inverting input terminal*)

Dimana besarnya penguatan dapat dihitung dengan formula berikut:

$$A_{CL} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

Atau dalam logaritmik dapat dihitung menggunakan

$$dB = 20 \log A_{CL}$$

Percobaan 1

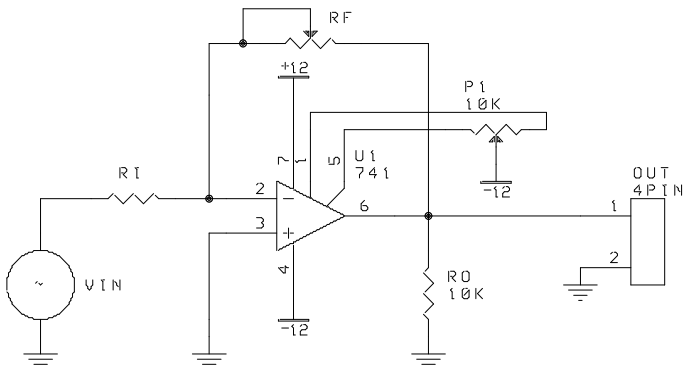
Inverting Amplifier dengan Input DC

A. Pendahuluan

Pada praktikum percobaan 1 ini, kita akan membahas khusus jenis *Inverting Amplifier*. Rangkaian penguat membalik adalah seperti tampak dalam gambar 1.1. Penguatan (*gain*) untuk rangkaian ini adalah:

$$A_{CL} = - \frac{R_F}{R_I}$$

$$V_{IN_MAX} = \frac{\pm V_{SAT}}{A_{CL}}$$



Gambar 1.1 Op Amp sebagai penguat membalik

Dari rumus di atas diperoleh bahwa penguatannya bernilai negatif, ini menyatakan bahwa sinyal keluaran akan dibalik atau berbeda fase 180° terhadap sinyal *input*. Ini dapat dibuktikan dalam praktik, apabila sinyal *input* bernilai positif, maka *output* yang dihasilkan akan bernilai negatif, dan begitu juga sebaliknya. Karena sinyal *output* yang dihasilkan mengalami penguatan dan juga dibalik, maka disebut dengan rangkaian penguat membalik (*inverting amplifier*).

Untuk *Inverting Amplifier* ini impedansi *input*-nya adalah

$$Z_{in} = R_i$$

sedangkan impedansi *output*-nya adalah:

$$Z_{out} = \frac{A_{CL}}{A_{OL}} \cdot Z_{oi}$$

dimana:

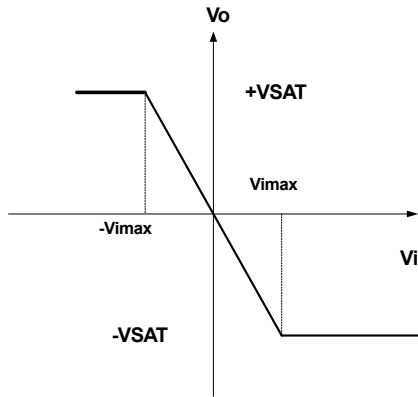
Z_{io} = impedansi *input* Op Amp (2 M Ω untuk 741)

Z_{oi} = impedansi *output* Op Amp (74 Ω untuk 741)

Nilai dari Z_{i0} dan Z_{oi} ini didapatkan dari *datasheet* IC 741 dimana secara ideal nilai dari Z_{i0} diasumsikan tak hingga dan nilai dari Z_{oi} diasumsikan nol.

Karakteristik antara *input* dan *output* pada sebuah rangkaian penguat membalik dapat dilihat pada gambar 1.2, dimana *output* dari rangkaian dibatasi sampai dengan nilai/kondisi saturasi. Saturasi merupakan suatu kondisi dimana sinyal *output* yang dihasilkan sudah mencapai batas maksimal. Nilai dari saturasi ini umumnya selalu dibawah dari nilai tegangan sumber atau secara teori dapat dihitung bahwa tegangan saturasi (V_{SAT}) sama dengan nilai tegangan sumber (V_s) dikurang tegangan dioda. Namun, secara praktik nilai V_{SAT} akan bervariasi tergantung dari kondisi pabrikan dari IC 741 yang ada.

Dengan adanya kondisi saturasi ini, maka nilai sinyal masukan juga akan terbatas, yang mana apabila sinyal masukan tersebut dinaikkan akan tidak berdampak sama sekali ke *output*. Kondisi seperti inilah yang harus diujicoba dan dianalisis oleh mahasiswa pada percobaan ini, disamping mengamati fungsi penguatan pada rangkaian *inverting amplifier*.



Gambar 1.2 Karakteristik *input* dan *output* *Inverting Amplifier*

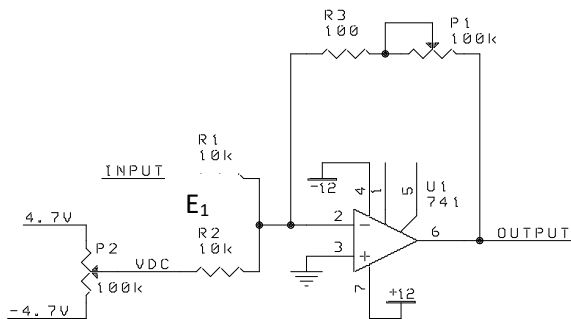
B. Tujuan

1. Mengetahui cara kerja dari *Inverting Amplifier* dengan *input* DC
2. Mengetahui batas *output* atau nilai $\pm V_{SAT}$
3. Mengetahui batas *input* ($\pm V_{IN}$)

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

- | | |
|---------------|-----------|
| 1. Voltmeter | : 2 buah |
| 2. Modul A2.1 | : 1 modul |

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 1.3 *Inverting Amplifier*

E. Prosedur Percobaan

Perhatikan gambar 1.3 di atas. Untuk melakukan percobaan 1, lakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Matikan dulu catu dayanya
2. Atur resistansi pada resistor *feedback* sebesar $30\text{ k}\Omega$ (atur $R_F = 30\text{ k}\Omega$)
3. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power*
4. Biarkan *input* mengambang atau E_1 tidak terhubung ke mana pun (kita tidak menggunakan jalur *input* yang ini sehingga R_1 bisa diabaikan)

5. Dengan mengatur tegangan di V_{DC} sesuai dengan tabel 1.1, ukurlah tegangan *output*-nya dan isilah tabel 1.1
6. Aturlah tegangan VDC naik secara perlahan mulai dari -4volt sambil melihat tegangan *output*-nya. Pada tegangan *input* negatif berapakah tegangan *output* pertama kali berubah. Tegangan *input* negatif tadi diberi nama $-V_{IN_MAX}$ dan *output*-nya $+V_{SAT}$

$$-V_{IN_MAX} = \dots\dots\dots\text{volt}$$

$$+V_{SAT} = \dots\dots\dots\text{volt}$$

7. Aturlah tegangan VDC turun secara perlahan mulai dari +4volt sambil melihat tegangan *output*-nya. Pada tegangan *input* positif berapakah tegangan *output* pertama kali berubah. Tegangan *input* positif tadi diberi nama V_{IN_MAX} dan *output*-nya adalah $-V_{SAT}$

$$V_{IN_MAX} = \dots\dots\dots\text{volt}$$

$$-V_{SAT} = \dots\dots\dots\text{volt}$$

8. Atur R_F untuk 20 K ohm dan 50 K ohm
9. Ulangi prosedur 3 sampai 7.

F. Data Hasil Percobaan

Tabel 1.1 Data Hasil Percobaan

| <i>V_{input}</i> | <i>V_{output}</i> | | | <i>Gain</i> | | |
|--------------------------|---------------------------|------|------|-------------|------|------|
| | (a)* | (b)* | (c)* | (a)* | (b)* | (c)* |
| -4 | | | | | | |
| -3.5 | | | | | | |
| -3 | | | | | | |
| -2.5 | | | | | | |
| -2 | | | | | | |
| -1.5 | | | | | | |
| -1 | | | | | | |
| -0.5 | | | | | | |
| 0 | | | | | | |
| 0.5 | | | | | | |
| 1 | | | | | | |
| 1.5 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 2.5 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 3.5 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |

*Keterangan: (a) $R_F = 30 \text{ k}\Omega$; (b) $R_F = 20 \text{ k}\Omega$; (c) $R_F = 50 \text{ k}\Omega$

G. Analisa

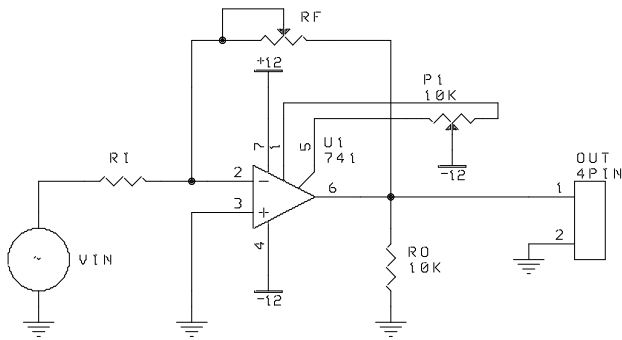
1. Berapakah besarnya $\pm V_{SAT}$ dan $\pm V_{IN_MAX}$?
2. Berapakah *gain* nya?
3. Bagaimanakah fase antara *output* dan *input* ?

Percobaan 2

Inverting Amplifier dengan Input AC

A. Pendahuluan

Pada percobaan 2 ini, jenis rangkaian yang digunakan sama dengan percobaan 1. Perbedaannya terletak pada sinyal *input* yang diberikan, dimana pada percobaan 1 sinyal *input* yang diberikan adalah tegangan DC (V_{DC}), tapi pada percobaan 2 ini sinyal *input* yang diberikan adalah tegangan AC (V_{AC}). Melalui percobaan ini, sinyal *output* akan berbeda dari percobaan sebelumnya, sebab tegangan yang dihasilkan (V_{OUT}) memiliki karakteristik AC atau berubah terhadap waktu sehingga sebuah oscilloscope akan digunakan untuk menampilkan sinyal atau gelombang *output* tersebut. Pada percobaan 2 ini, analisis grafik dari sinyal *output* sebagai bentuk respon dari rangkaian terhadap sinyal *input* yang diberikan yang lebih ditekankan.



Gambar 2.1 Op Amp sebagai penguat pembalik dengan *input AC*

Karakteristik rangkaian secara formulasi adalah sama dengan percobaan 1, dimana sinyal *input* akan dikuatkan dan dibalik. Namun, istilah “dibalik” pada sinyal AC hanya dapat dilihat melalui grafik, mengingat tegangan AC jika dicuplik setiap waktu tertentu itu berubah-ubah nilai tegangannya. Berbeda halnya dengan *input DC*, proses pembalikan dapat dilihat dari tanda tegangan *output* yaitu apakah V_{OUT} bernilai negatif atau positif.

Begitu pula dengan impedansi *input* pada percobaan 2 ini tidak mengalami perubahan dengan percobaan 1 yakni:

$$Z_{in} = R_i$$

dan impedansi *output*nya adalah:

$$Z_{out} = \frac{A_{CL}}{A_{OL}} \cdot Z_{oi}$$

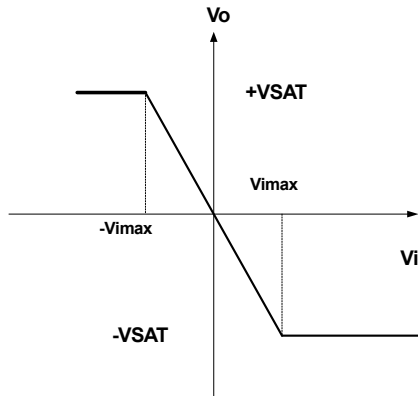
dimana:

Z_{io} = impedansi *input* Op Amp (2 M Ω untuk 741)

Z_{oi} = impedansi *output* Op Amp (74 Ω untuk 741)

Nilai dari Z_{io} dan Z_{oi} ini didapatkan dari *datasheet* IC 741 dimana secara ideal nilai dari Z_{io} diasumsikan tak hingga dan nilai dari Z_{oi} diasumsikan nol.

Pada percobaan 2 ini, kondisi saturasi akan lebih mudah diketahui jika diamati melalui monitor grafik atau osiloskop karena dengan menggunakan voltmeter kondisi saturasi sangat sulit untuk dideteksi secara akurat. Kondisi dimana sinyal *output* sudah mengalami pemotongan mengindikasikan bahwa saturasi terjadi. Mahasiswa diminta untuk mengamatinya dengan saksama kondisi ini dan menganalisisnya pada akhir percobaan ini serta dibandingkan dengan karakteristik *input* dan *output* sesuai dengan gambar 2.2.



Gambar 2.2 Karakteristik *input* dan *output* *Inverting Amplifier*

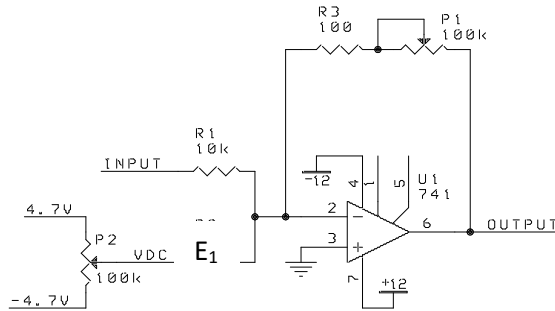
B. Tujuan

1. Mengetahui cara kerja dari *Inverting Amplifier* dengan *input* AC
2. Mengetahui batas *input* dan *output* dari sebuah rangkaian *Inverting Amplifier* dengan *input* AC

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

1. Voltmeter : 2 buah
2. Modul A2.1 : 1 modul
3. Osiloskop : 1 buah
4. Function Generator : 1 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 2.3 *Inverting Amplifier*

E. Prosedur Percobaan

1. Matikan dulu catu dayanya
2. Atur resistansi di titik 1 dan *output* sebesar $30\text{ k}\Omega$ (atur $R_F = 30\text{ k}\Omega$)
3. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar power
4. Hubungkan *input* modul atau E_1 dengan Function Generator dan atur frekuensinya pada 100 Hz
5. Dengan mengatur tegangan di Function Generator sesuai dengan tabel 2.1, ukurlah tegangan *output* dan gambarlah di lembar praktikum dan isilah tabel 2.1

6. Aturilah amplitudo dari Function Generator naik secara perlahan mulai dari 0 Vp sambil melihat grafik *output*. Lalu amati sampai berapa nilai V_{IN_MAX} ketika sinyal *output* mulai terjadi pemotongan (saturasi).

$$V_{IN_MAX} = \dots\dots\dots\text{volt-peak}$$

$$+V_{SAT} = \dots\dots\dots\text{volt-peak}$$

$$-V_{SAT} = \dots\dots\dots\text{volt-peak}$$

Biasanya nilai $+V_{SAT}$ dan $-V_{SAT}$ tidak selalu sama.

7. Atur R_F untuk 20 k Ω dan 50 k Ω
8. Ulangi prosedur 3 sampai 6 (untuk tabel sesuaikan dengan R_F).

F. Data Hasil Percobaan

Tabel 2.1 Resistansi (R_F) 30 k Ω

| <i>Vinput (Vp)</i> (f=100 Hz) | <i>Voutput (Vp)</i> | <i>Gain</i> | Gambar |
|----------------------------------|---------------------|-------------|-----------------------|
| 0 | | | Gambar di lembar prak |
| 0.5 | | | Gambar di lembar prak |

| | | | |
|-----|--|--|-----------------------|
| 1 | | | Gambar di lembar prak |
| 1.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 2 | | | Gambar di lembar prak |
| 2.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 3 | | | Gambar di lembar prak |
| 3.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 4 | | | Gambar di lembar prak |

Tabel 2.2 Resistansi (R_F) 20 k Ω

| <i>V_{input} (V_p)</i> <i>(f=100 Hz)</i> | <i>V_{output}</i> <i>(V_p)</i> | <i>Gain</i> | Gambar |
|---|---|-------------|-----------------------|
| 0 | | | Gambar di lembar prak |
| 0.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 1 | | | Gambar di lembar prak |
| 1.5 | | | Gambar di lembar prak |

| | | | |
|-----|--|--|-----------------------|
| 2 | | | Gambar di lembar prak |
| 2.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 3 | | | Gambar di lembar prak |
| 3.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 4 | | | Gambar di lembar prak |

Tabel 2.3 Resistansi (R_F) 50 k Ω

| Vinput (Vp) (f=100 Hz) | Voutput (Vp) | Gain | Gambar |
|---------------------------|-----------------|------|-----------------------|
| 0 | | | Gambar di lembar prak |
| 0.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 1 | | | Gambar di lembar prak |
| 1.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 2 | | | Gambar di lembar prak |

| | | | |
|-----|--|--|-----------------------|
| 2.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 3 | | | Gambar di lembar prak |
| 3.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 4 | | | Gambar di lembar prak |

G. Analisa

1. Berapakah besarnya $\pm V_{SAT}$ dan V_{IN_MAX} ?
2. Berapakah *gain* nya?
3. Bagaimanakah fase antara *output* dan *input* ?

PERCOBAAN 3

Non Inverting Amplifier dengan *Input* DC

A. Pendahuluan

Pada percobaan 3 ini, sebuah rangkaian penguat tipe tak membalik (*Non Inverting Amplifier*) akan diujicoba dan dianalisis. Rangkaianya dapat dilihat pada gambar 3.1, dimana pada gambar tersebut dapat terlihat bahwa sinyal *input* dikenakan pada terminal *input* positif atau kebalikan dari rangkaian *inverting amplifier*. Secara formulasi,

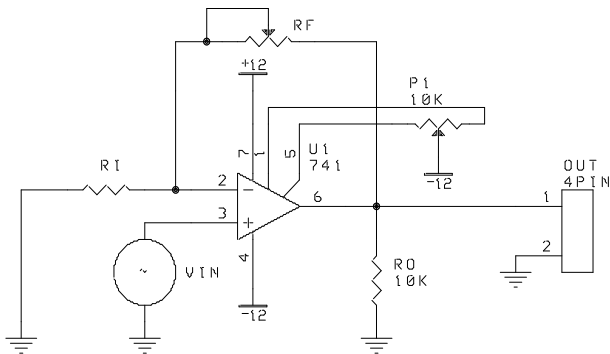
besarnya penguatan (A_{CL}) untuk rangkaian penguat tak membalik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$A = \frac{R_F}{R_I} + 1$$

dan

$$V_{IN_MAX} = \frac{\pm V_{SAT}}{A_{CL}}$$

dimana $A = A_{CL}$.



Gambar 3.1 Op Amp sebagai penguat tak membalik

Untuk *Non Inverting Amplifier* ini impedansi *input* adalah

$$Z_{in} = Z_{iO}$$

sedangkan impedansi *output* adalah:

$$Z_{out} = \frac{A_{CL}}{A_{OL} + A_{CL}} \cdot Z_{oi}$$

dimana:

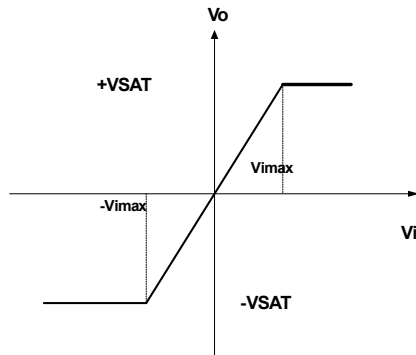
Z_{io} = impedansi *input* Op Amp (2 M Ω untuk 741)

Z_{oi} = impedansi *output* Op Amp (74 Ω untuk 741)

Nilai dari Z_{io} dan Z_{oi} ini didapatkan dari *datasheet* IC 741 dimana secara ideal nilai dari Z_{io} diasumsikan tak hingga dan nilai dari Z_{oi} diasumsikan nol.

Karakteristik *input* dan *output* pada rangkaian *non inverting amplifier* secara grafis dapat dilihat pada gambar 3.2. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa karakteristik masukan dan keluaran dari sebuah rangkaian penguat tak membalik secara prinsip sama dengan rangkaian penguat membalik. Perbedaannya adalah pada fase antara *output* dan *input* yang tidak berubah, artinya jika sinyal *input* yang diberikan adalah positif, maka sinyal *output* yang dihasilkan juga akan ikut positif, begitu sebaliknya. Dalam hal saturasi,

tidak ada perbedaan antara *Inverting Amplifier* dan *Non Inverting Amplifier*.



Gambar 3.2 Karakteristik *input* dan *output* penguat tak membalik

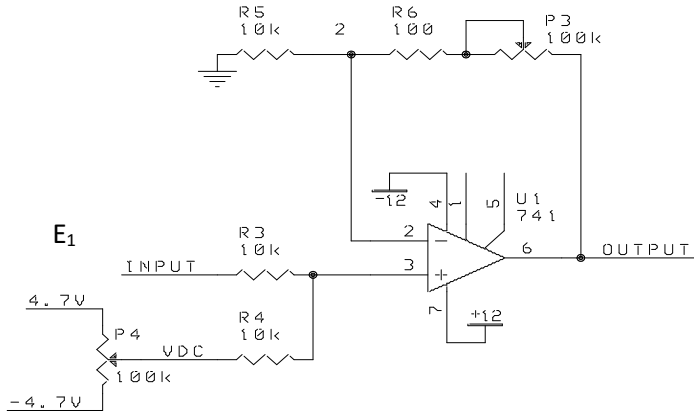
B. Tujuan

1. Mengetahui cara kerja dari *Inverting Amplifier* dengan *input* DC
2. Mengetahui batas *output* atau nilai $\pm V_{SAT}$
3. Mengetahui batas *input* ($\pm V_{IN}$)

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

1. Voltmeter : 2 buah
2. Modul A2.1 : 1 modul

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 3.3 Penguat tak membalik

E. Prosedur Percobaan

1. Matikan dulu catu dayanya
2. Atur resistansi di titik 1 dan *output* sebesar 10 k Ω (atur $R_F = 10 \text{ k}\Omega$)
3. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power*
4. Biarkan *input* mengambang atau E_1 tidak terhubung ke mana pun (kita tidak menggunakan jalur *input* yang ini sehingga R_1 bisa diabaikan)

5. Dengan mengatur tegangan di V_{DC} sesuai dengan tabel 3.1, ukurlah tegangan *output*nya dan isilah tabel 3.1
6. Aturlah tegangan VDC naik secara perlahan mulai dari -4volt sambil melihat tegangan *output*nya. Pada tegangan *input* negatif berapakah tegangan *output* pertama kali berubah. Tegangan *input* negatif tadi diberi nama $-V_{IN_MAX}$ dan *output*-nya $+V_{SAT}$.

$$-V_{IN_MAX} = \dots\dots\dots\text{volt}$$

$$+V_{SAT} = \dots\dots\dots\text{volt}$$

7. Aturlah tegangan VDC turun secara perlahan mulai dari +4volt sambil melihat tegangan *output*nya. Pada tegangan *input* positif berapakah tegangan *output* pertama kali berubah. Tegangan *input* positif tadi diberi nama V_{IN_MAX} dan *output*-nya $-V_{SAT}$.

$$V_{IN_MAX} = \dots\dots\dots\text{volt}$$

$$-V_{SAT} = \dots\dots\dots\text{volt}$$

8. Atur R_F untuk 20 k Ω dan 30 k Ω
9. Ulangi prosedur 3 sampai 7.

F. Data Hasil Percobaan

Tabel 3.1 Data Hasil Percobaan

| <i>V_{input}</i> | <i>V_{output}</i> | | | <i>Gain</i> | | |
|--------------------------|---------------------------|------|------|-------------|------|------|
| | (a)* | (b)* | (c)* | (a)* | (b)* | (c)* |
| -4 | | | | | | |
| -3.5 | | | | | | |
| -3 | | | | | | |
| -2.5 | | | | | | |
| -2 | | | | | | |
| -1.5 | | | | | | |
| -1 | | | | | | |
| -0.5 | | | | | | |
| 0 | | | | | | |
| 0.5 | | | | | | |
| 1 | | | | | | |
| 1.5 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 2.5 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 3.5 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |

*Keterangan: (a) $R_F = 30 \text{ k}\Omega$; (b) $R_F = 20 \text{ k}\Omega$; (c) $R_F = 50 \text{ k}\Omega$

G. Analisa

1. Berapakah besarnya $\pm V_{SAT}$ dan $\pm V_{IN_MAX}$?
2. Berapakah *gain* nya?
3. Bagaimanakah fase antara *output* dan *input*?

PERCOBAAN 4

Non Inverting Amplifier dengan Input AC

A. Pendahuluan

Pada percobaan 4 ini, bentuk rangkaian yang digunakan pada dasarnya sama dengan percobaan 3 yakni rangkaian *non inverting amplifier*. Perbedaannya terletak pada sinyal *input* yang diberikan, dimana pada percobaan 3 sinyal *input* yang diberikan berupa tegangan DC (V_{DC}), tapi pada percobaan 4 ini sinyal *input* yang diberikan adalah tegangan AC (V_{AC}). Pada percobaan ini, sinyal *output* yang dihasilkan akan berbeda dari percobaan 3, sebab tegangan *input* yang diberikan berupa tegangan AC yakni tegangan yang berbentuk gelombang dengan frekuensi dan amplitudo tertentu. Artinya, pengukuran tegangan keluaran menggunakan voltmeter tidaklah cukup sehingga oscilloscope perlu untuk digunakan. Dalam kata lain, analisis grafik dari sinyal *output* yang lebih ditekankan pada percobaan 4 ini.

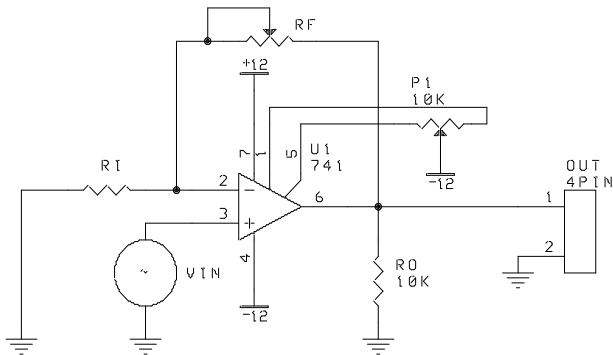
Rangkaian penguat tak membalik pada percobaan 4 ini tampak pada gambar 4.1 di bawah. Penguatan untuk rangkaian penguat tak membalik ini adalah:

$$A = \frac{R_F}{R_I} + 1$$

dan

$$V_{IN_MAX} = \frac{\pm V_{SAT}}{A_{CL}}$$

dimana $A = A_{CL}$.



Gambar 4.1 Op Amp sebagai penguat tak membalik

Dari persamaan penguatan (A) di atas terlihat bahwa fase antara keluaran dan masukan adalah sama. Ini menandakan bahwa pada rangkaian ini sinyal *output* tidak

dibalik. Untuk mengetahui bentuk gelombang keluaran dan fasenya dapat dilihat melalui osiloskop ketika praktikum.

Pada rangkaian *Non Inverting Amplifier*, impedansi *input* adalah

$$Z_{in} = Z_{iO}$$

sedangkan impedansi *output* adalah :

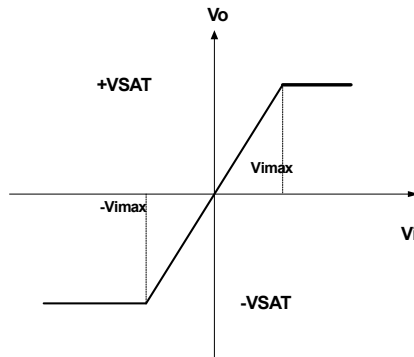
$$Z_{out} = \frac{A_{CL}}{A_{OL} + A_{CL}} \cdot Z_{oi}$$

dimana:

Z_{io} = impedansi *input* Op Amp (2 M Ω untuk 741)

Z_{oi} = impedansi *output* Op Amp (74 Ω untuk 741)

Nilai dari Z_{io} dan Z_{oi} ini didapatkan dari *datasheet* IC 741 dimana secara ideal nilai dari Z_{io} diasumsikan tak hingga dan nilai dari Z_{oi} diasumsikan nol.



Karakteristik *input output*nya adalah sebagai berikut:

Gambar 4.2 Karakteristik *input output* penguat tak membalik

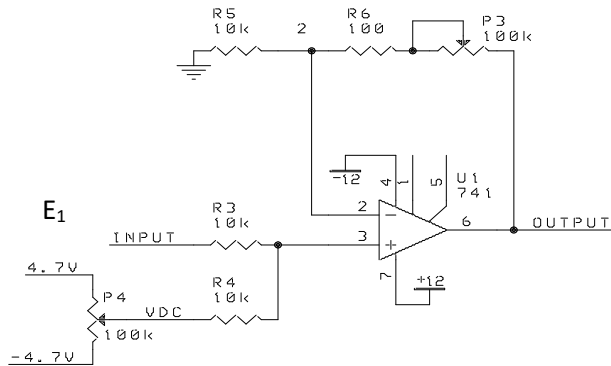
B. Tujuan

1. Mengetahui cara kerja dari *Non Inverting Amplifier* dengan *input AC*
2. Mengetahui batas *input* dan *output* dari sebuah rangkaian *Non Inverting Amplifier* dengan *input AC*

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

1. Voltmeter AC : 2 buah
2. Modul A2.1 : 1 modul
3. Osiloskop : 1 buah
4. Function Generator : 1 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 4.3 Penguat tak membalik

E. Prosedur Percobaan

1. Matikan dulu catu dayanya
2. Atur resistansi di titik 1 dan *output* sebesar $10\text{ k}\Omega$ (atur $R_F = 10\text{ k}\Omega$)
3. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power*
4. Hubungkan *input* modul atau terminal E_1 dengan Function Generator dan atur frekuensinya pada 100 Hz
5. Dengan mengatur tegangan di Function Generator sesuai dengan tabel 4.1, ukurlah tegangan *output* dan gambarlah di lembar praktikum dan isilah tabel 4.1

6. Aturlah amplitudo dari Function Generator naik secara perlahan mulai dari 0 Vp sambil melihat grafik *output*. Lalu amati sampai berapa nilai V_{IN_MAX} ketika sinyal *output* mulai terjadi pemotongan (saturasi).

$$V_{IN_MAX} = \dots\dots\dots\text{volt-peak}$$

$$+V_{SAT} = \dots\dots\dots\text{volt-peak}$$

$$-V_{SAT} = \dots\dots\dots\text{volt-peak}$$

Biasanya nilai $+V_{SAT}$ dan $-V_{SAT}$ tidak selalu sama.

7. Atur R_F untuk 20 k Ω , 50 k Ω
8. Ulangi prosedur 3 sampai 6 (untuk tabel disesuaikan dengan R_F)

F. Data Hasil Percobaan

Tabel 4.1 Resistansi 10K

| Vinput (Vp) (f=100 Hz) | Voutput (Vp) | Gain | Gambar |
|---------------------------|-----------------|------|-----------------------|
| 0 | | | Gambar di lembar prak |
| 0.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 1 | | | Gambar di lembar prak |
| 1.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 2 | | | Gambar di lembar prak |
| 2.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 3 | | | Gambar di lembar prak |
| 3.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 4 | | | Gambar di lembar prak |

Tabel 4.2 Resistansi 20K

| Input (Vp) (f=100 Hz) | Voutput (Vp) | Gain | Gambar |
|--------------------------|-----------------|------|-----------------------|
| 0 | | | Gambar di lembar prak |
| 0.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 1 | | | Gambar di lembar prak |
| 1.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 2 | | | Gambar di lembar prak |
| 2.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 3 | | | Gambar di lembar prak |
| 3.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 4 | | | Gambar di lembar prak |

Tabel 4.3 Resistansi 50K

| Vinput (Vp) (f=100 Hz) | Voutput (Vp) | Gain | Gambar |
|---------------------------|-----------------|------|-----------------------|
| 0 | | | Gambar di lembar prak |
| 0.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 1 | | | Gambar di lembar prak |
| 1.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 2 | | | Gambar di lembar prak |
| 2.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 3 | | | Gambar di lembar prak |
| 3.5 | | | Gambar di lembar prak |
| 4 | | | Gambar di lembar prak |

G. Analisa

1. Berapakah besarnya $\pm V_{SAT}$ dan V_{IN_MAX} ?
2. Berapakah *gain* nya?
3. Bagaimanakah fase antara *output* dan *input*?

PERCOBAAN 5

Inverting Adder Amplifier

A. Pendahuluan

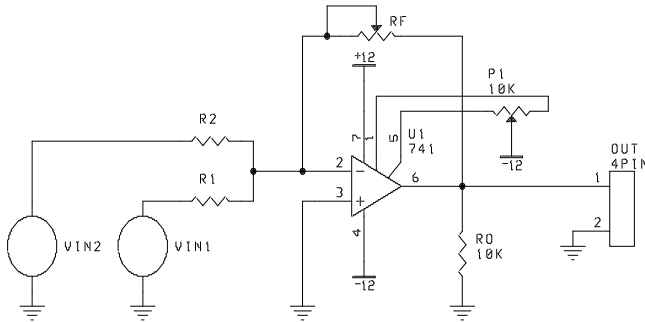
Kata operasi pada penguat operasi merujuk kepada operasi matematika dan salah satu jenis operasi dari sebuah penguat operasi adalah operasi penjumlahan. Dalam aplikasinya, rangkaian Op Amp yang difungsikan untuk melakukan operasi penjumlahan disebut dengan rangkaian penjumlah atau *adder*. Rangkaian Op Amp yang difungsikan sebagai *adder* berlaku pada rangkaian penguat *inverting* dan *non inverting*. Secara praktis, Op Amp sebagai penjumlah digunakan untuk menjumlahkan beberapa sinyal *input* secara bersama-sama baik itu sama-sama tegangan DC, AC, atau kombinasi antara DC & AC. Dalam hal ini, kita menghendaki hasil penjumlahan dari beberapa sinyal tersebut secara perhitungan dan pengukuran seharusnya sama. Ada hal lain yang menarik pada rangkaian penjumlah ini terkhusus ketika sinyal *input* yang diberikan adalah sinyal AC dan DC, dimana suatu fungsi baru dari Op Amp tersebut muncul, yakni menggeser sinyal atau sebagai *clamper* dan ini dapat dibuktikan pada praktikum ini.

Penggunaan rangkaian *clamper* sangat penting pada suatu kondisi tertentu dan sudah banyak diaplikasikan pada berbagai rangkaian aplikasi elektronika. Sebagai contoh, pada beberapa rangkaian ADC, Op Amp sebagai *adder* ini digunakan untuk menaikkan tegangan (*offset voltage*). Hal ini dikarenakan ADC tidak mampu membaca sinyal masukan dengan tegangan *negative* sehingga dengan menggeser sinyal, secara karakteristik, sinyal masukan tersebut tidak berubah namun beralih di posisi level positif sehingga bisa dibaca oleh ADC yang kemudian dapat dikonversi atau didefinisikan tergantung seberapa jauh penggeseran sinyal terjadi. Selanjutnya secara *software* data yang terbaca dikurangi dengan besar tegangan *offset*.

Macam *adder* ada 2, yaitu:

- *Inverting Adder Amplifier* yaitu sebuah rangkaian penguat penjumlah dimana penguatan dan penjumlahannya mempunyai keluaran yang berbeda 180° atau dibalik.
- *Non Inverting Adder Amplifier* yaitu rangkaian penguat penjumlah dimana penguatannya

mempunyai keluaran yang sama fasenya dengan sinyal *input*.



Gambar 5.1 Op Amp sebagai *Inverting Adder Amplifier*

Dari gambar 5.1, sinyal (tegangan) keluaran yang diperoleh adalah

$$V_o = - \left[\frac{R_F}{R_1} V_1 + \frac{R_F}{R_2} V_2 \right]$$

Jika $R_1 = R_2 = R_F = R$, maka keluaran menjadi

$$V_o = -[V_1 + V_2]$$

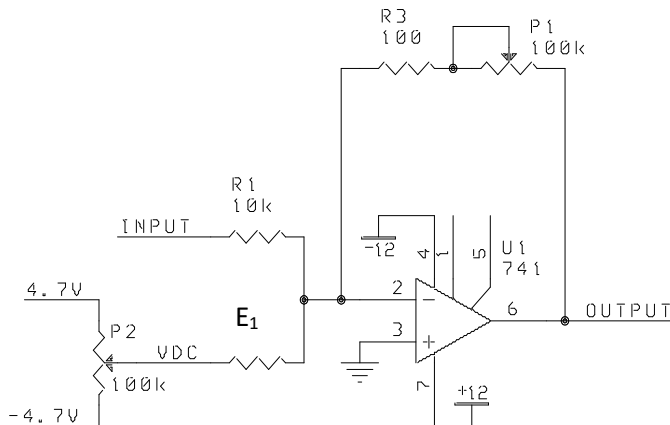
B. Tujuan

1. Mengetahui cara kerja dari *Inverting Adder Amplifier* dengan berbagai jenis bentuk sinyal *input* (AC dan DC)
2. Mengetahui cara menggeser sinyal menggunakan Op Amp

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

1. Voltmeter : 2 buah
2. Modul A2.1 : 1 modul
3. Osiloskop : 1 buah
4. Function Generator : 2 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 5.1 Inverting adder *amplifier*

E. Prosedur Percobaan

E.1. *Input* DC & DC

1. Matikan dulu catu dayanya
2. Atur R_F sebesar 10 k Ω
3. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power*
4. Atur tegangan di V_{DC} pada P2 sesuai dengan tabel 5.1
5. Hubungkan sinyal masukan jalur *input* E_1 dengan V_{DC} lainnya dan atur nilai tegangan sesuai dengan tabel 5.1
6. Ukurlah tegangan keluaran (V_{OUT}) sesuai dengan tabel 5.1
7. Atur nilai R_F untuk 20k Ω dan 50k Ω
8. Ulangi prosedur 4 sampai dengan 6

E.2. *Input* DC & AC

1. Matikan dulu catu dayanya
2. Atur R_F sebesar 10 k Ω
3. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power*

4. Hubungkan sinyal masukan jalur *input* E_1 dengan V_{AC} yang diambil dari Function Generator dengan frekuensi sebesar 100Hz
5. Aturlah amplitudo sebesar $2V_{p-p}$
6. Atur tegangan di V_{DC} pada P2 sesuai dengan tabel 5.2
7. Ukurlah tegangan keluaran (V_{OUT}) menggunakan osiloskop dan isilah tabel 5.2

E.3. *Input AC & AC*

1. Matikan dulu catu dayanya
2. Atur R_F sebesar 10 k Ω
3. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power*
4. Hubungkan sinyal masukan jalur *input* E_1 dengan V_{AC1} yang diambil dari Function Generator dengan frekuensi dan amplitudo sesuai tabel 5.3
5. Lepas *jumper* pada jalur V_{DC} yang terkoneksi dengan P2, lalu koneksikan dengan Function Generator lainnya sebagai V_{AC2} dengan frekuensi dan amplitudo sesuai tabel 5.3

6. Ukurlah tegangan keluaran (V_{OUT}) menggunakan osiloskop dan isilah tabel 5.3

F. Data Hasil Percobaan

Tabel 5.1 *Input* DC dan DC

| <i>Input</i> | | V_{OUT} | | |
|----------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| V_{DC1} (pada E_1) | V_{DC2} (pada $P2$) | $R_F=10k\Omega$ | $R_F=20k\Omega$ | $R_F=50k\Omega$ |
| 1 | 1 | | | |
| 2 | 1 | | | |
| 3 | 1 | | | |
| 4 | 1 | | | |
| 0 | 1 | | | |
| 1 | -1 | | | |
| 2 | -1 | | | |
| 3 | -1 | | | |
| 4 | -1 | | | |

Tabel 5.2 *Input AC dan DC*

| V_{AC} | V_{DC} | Gambar |
|------------------|----------|--|
| 2Vp-p (100Hz) | -4 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | -3 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | -2 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | -1 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | 0 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | 1 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | 2 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | 3 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | 4 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |

Tabel 5.3 *Input AC dan AC*

| V_{AC1} | V_{AC2} | Gambar |
|--------------------|------------------|--|
| 1Vp-p (f=100Hz) | 1Vp-p (f=100Hz) | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| 4Vp-p (f=20Hz) | 0,5Vp-p(f=500Hz) | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |

G. Analisa

1. Bagaimanakah V_{OUT} pada *input DC & DC*?
2. Bagaimanakah V_{OUT} pada *input AC & DC* ?
3. Bagaimanakah V_{OUT} pada *input AC & AC* ?

PERCOBAAN 6

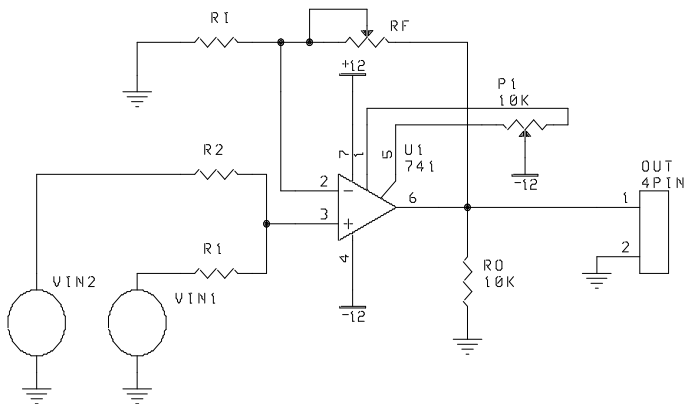
Non Inverting Adder Amplifier

A. Pendahuluan

Pada percobaan 6 ini, Rangkaian *Non Inverting Adder Amplifier* akan dibahas dan dicoba. Karakteristik rangkaian ini secara fungsi hampir sama dengan percobaan 5, dimana yang membedakannya adalah terletak pada sifat membalik atau tak membaliknya. Selain itu, perbedaan lainnya adalah pada besarnya *gain* yang ditimbulkan pada kedua rangkaian tersebut. Mengenai *gain*, hal ini dapat dengan jelas terlihat dari formulasi untuk mendapatkan A_{CL} pada rangkaian tersebut, dimana pada *Inverting Amplifier* besarnya *gain* hanya bergantung pada rasio antara R_F dan R_I , tetapi pada *Non Inverting Amplifier* besarnya *gain* diperoleh dari rasio R_F dan R_I ditambah 1. Maksudnya, bahwa dengan nilai resistansi yang sama, pada *Non Inverting Amplifier* akan menghasilkan *gain* yang lebih besar dibanding pada rangkaian *Inverting Amplifier*.

Rangkaian penguat penjumlah tak membalik dapat dilihat pada gambar 6.1 berikut. Dari bentuk rangkaiannya, terlihat bahwa yang membedakan dengan *Inverting Adder*

Amplifier adalah pada terminal masukan yang digunakan, yakni pada percobaan ini jalur *input* dihubungkan ke terminal masukan *non inverting* atau *input (+)*, sedangkan pada terminal masukan *inverting* rangkaian ini terkoneksi ke *ground*.



Gambar 6.1 Op Amp sebagai *Non Inverting Adder Amplifier*

Dari gambar 6.1. persamaan keluaran yang digunakan adalah

$$V_o = - \left[\frac{R_F}{R_1} + 1 \right] \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_2 \right]$$

Jika, $R_1 = R_2 = R_F = R_1 = R$, maka keluaran menjadi

$$V_o = [V_1 + V_2]$$

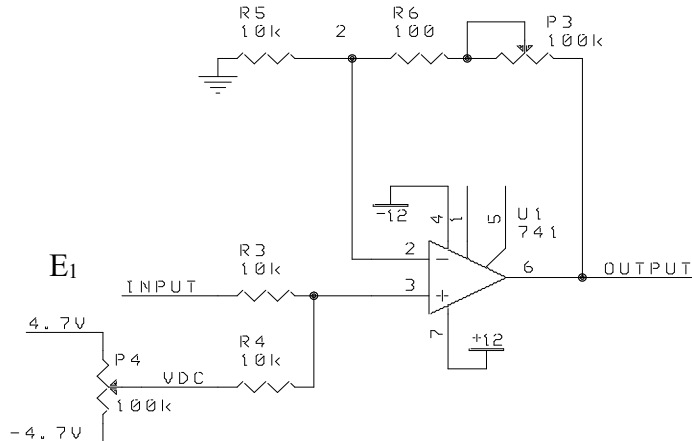
B. Tujuan

1. Mengetahui cara kerja dari *Inverting Adder Amplifier* dengan berbagai jenis bentuk sinyal *input* (AC dan DC)
2. Mengetahui cara menggeser sinyal menggunakan Op Amp

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

1. Voltmeter : 2 buah
2. Modul A2.1 : 1 modul
3. Osiloskop : 1 buah
4. Function Generator : 2 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 6.2 *Non inverting Adder Amplifier*

E. Prosedur Percobaan

E.1 Input DC & DC

1. Matikan dulu catu dayanya
2. Atur R_F sebesar 10 k Ω
3. Hidupkan catu daya
4. Atur tegangan di V_{DC} pada P2 sesuai dengan tabel 6.1
5. Hubungkan sinyal masukan jalur *input* E_1 dengan V_{DC} lainnya dan atur nilai tegangan sesuai dengan tabel 6.1
6. Ukurlah tegangan keluaran (V_{OUT}) sesuai dengan tabel 6.1
7. Atur nilai R_F untuk 20k Ω dan 50k Ω
8. Ulangi prosedur 4 sampai dengan 6

E.2 Input DC & AC

1. Matikan dulu catu dayanya
2. Atur R_F sebesar 10 k Ω
3. Hidupkan catu daya
4. Hubungkan sinyal masukan jalur *input* E_1 dengan V_{AC} yang diambil dari Function Generator dengan frekuensi sebesar 100Hz
5. Aturlah amplitudo sebesar 2Vp-p

6. Atur tegangan di V_{DC} pada P2 sesuai dengan tabel 6.2
7. Ukurlah tegangan keluaran (V_{OUT}) menggunakan osiloskop dan isilah tabel 6.2

E.3 Input AC & AC

1. Matikan dulu catu dayanya
2. Atur R_F sebesar $10\text{ k}\Omega$
3. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power*
4. Hubungkan sinyal masukan jalur *input* E_1 dengan V_{AC1} yang diambil dari Function Generator dengan frekuensi dan amplitudo sesuai tabel 6.3
5. Lepas *jumper* pada jalur V_{DC} yang terkoneksi dengan P2, lalu koneksikan dengan Function Generator lainnya sebagai V_{AC2} dengan frekuensi dan amplitudo sesuai tabel 6.3
6. Ukurlah tegangan keluaran (V_{OUT}) menggunakan osiloskop dan isilah tabel 6.3

F. Data Hasil Percobaan

Tabel 6.1 *Input* DC dan DC

| <i>Input</i> | | V_{OUT} | | |
|----------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| V_{DC1} (pada E_1) | V_{DC2} (pada $P2$) | $R_F=10k\Omega$ | $R_F=20k\Omega$ | $R_F=50k\Omega$ |
| 1 | 1 | | | |
| 2 | 1 | | | |
| 3 | 1 | | | |
| 4 | 1 | | | |
| 0 | 1 | | | |
| 1 | -1 | | | |
| 2 | -1 | | | |
| 3 | -1 | | | |
| 4 | -1 | | | |

Tabel 6.2 *Input* AC dan DC

| V_{AC} | V_{DC} | Gambar |
|------------------|----------|--|
| 2Vp-p (100Hz) | -4 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | -3 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | -2 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | -1 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | 0 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | 1 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | 2 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| | 3 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |

| | | |
|--|---|--|
| | 4 | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
|--|---|--|

Tabel 6.3 *Input AC dan AC*

| V_{AC1} | V_{AC2} | Gambar |
|--------------------|----------------------|--|
| 1Vp-p (f=100Hz) | 1Vp-p (f=100Hz) | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |
| 4Vp-p (f=20Hz) | 0,5Vp-p (f=500Hz) | Gambarkan hasilnya di lembar praktikum |

G. Analisa

1. Bagaimanakah V_{OUT} pada *input* DC & DC?
2. Bagaimanakah V_{OUT} pada *input* AC & DC ?
3. Bagaimanakah V_{OUT} pada *input* AC & AC ?

PERCOBAAN 7

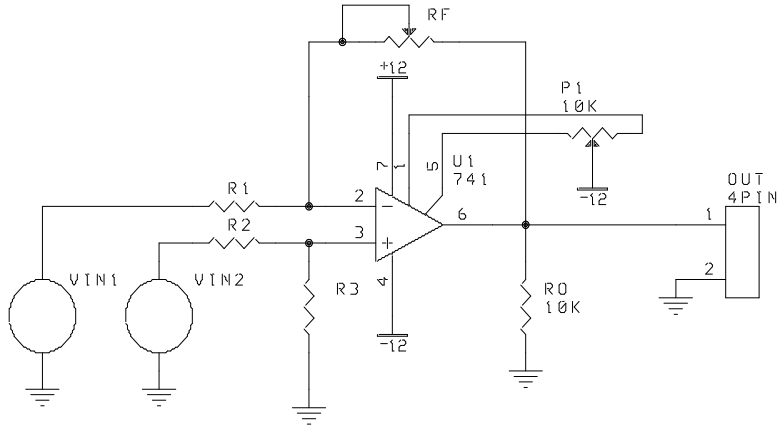
Differential Amplifier dengan Input DC

A. Pendahuluan

Salah satu jenis operasi lainnya dari sebuah penguat operasi adalah operasi pengurangan. Dalam aplikasinya disebut dengan rangkaian pengurang atau *subtractor* atau sering disebut juga dengan *differential amplifier*. Rangkaian Op Amp yang difungsikan sebagai *subtractor* secara teori digunakan untuk menghasilkan *output* yang merupakan selisih dari 2 sinyal *input* secara bersama-sama baik itu sama-sama tegangan DC, AC, atau kombinasi antara DC & AC. Secara praktis, Op Amp sebagai *differential amplifier* digunakan untuk menguatkan sinyal yang bersifat differential yaitu perbedaan antara 2 sinyal terhadap *ground*, bukan sinyal yang bersifat *single ended*.

Rangkaian pengurang ini dapat dilihat pada gambar 7.1 dibawah ini. Pada gambar tersebut tampak bahwa rangkaian ini memiliki 2 sumber masukan, dan masing-masing dikenakan pada *inverting input terminal* dan *non inverting input terminal*. Dari rangkaian tersebut dapat dianalisis bahwa ada 2 buah rangkaian *amplifier* yang

dikombinasikan menjadi satu rangkaian, yakni *inverting amplifier* dan *non inverting amplifier*.



Gambar 7.1 Op Amp sebagai differential amplifier

Untuk mendapatkan nilai V_{OUT} , maka formulasinya adalah

$$V_o = \left[\frac{R_f}{R_i} + 1 \right] \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_2 - \frac{R_f}{R_i} V_1$$

Biasanya untuk mempermudah perhitungan nilai dari resistansi

$$R_1 = R_2 = R \text{ dan } R_3 = R_f = nR$$

Sehingga

$$V_{OUT} = n(V_2 - V_1)$$

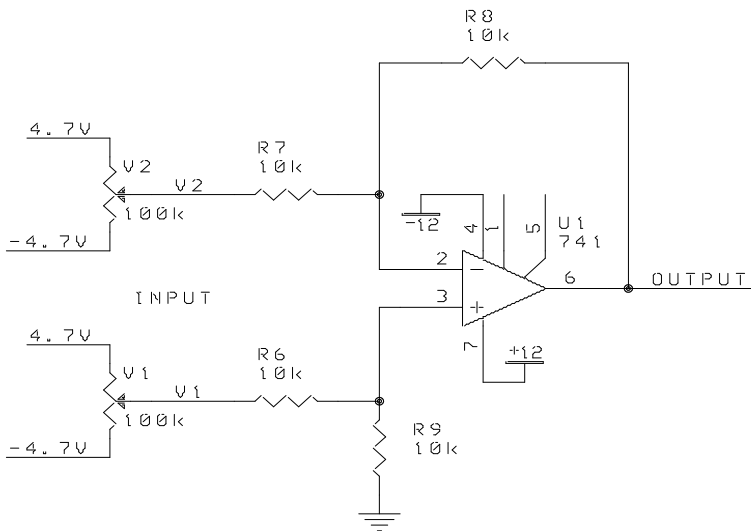
B. Tujuan

1. Mengetahui cara kerja dari *differential amplifier* dengan *input DC*
2. Mengetahui cara membedakan 2 sinyal

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

1. Voltmeter : 2 buah
2. Modul A2.1 : 1 modul

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 7.2 *Differential Amplifier*

E. Prosedur Percobaan

1. Hidupkan catu daya dengan menekan sakelar *power*
2. *Gain* yang digunakan adalah 1
3. Atur tegangan di V_1 dan V_2 sesuai dengan tabel 7.1 dan isilah tabel 7.1

F. Data Hasil Percobaan

Tabel 6.1 Data Hasil Percobaan *Differential Amplifier*

| V_1 | V_2 | V_{output} |
|-------|-------|--------------|
| -4 | +3 | |
| -3 | +2 | |
| -2 | +1 | |
| -1 | +1 | |
| 0 | -1 | |
| 1 | 0 | |
| 2 | -1 | |
| 3 | -2 | |
| 4 | -3 | |

Nilai pada tabel ini hanyalah contoh yang sederhana dan cukup menjawab untuk memahami karakteristik rangkaian *differential amplifier*. Namun, apabila dirasa data percobaan yang disajikan ini masih kurang, Anda bisa menambahkan sendiri dengan variasi

kombinasi dan besarnya nilai disesuaikan kebutuhan. Semakin banyak data percobaan yang diambil akan memperkuat analisis dan kesimpulan pada percobaan 7 ini.

G. Analisa

Kesimpulan apakah yang bisa Anda tarik dari percobaan ini?

Bab 3 OP AMP Sebagai Pembanding

Comparator atau pembanding adalah salah satu fungsi utama lain dari Op Amp. Pembanding disini dimaksudkan untuk membandingkan 2 sinyal masukan yaitu antara masukan *inverting* dan masukan *non inverting*. *Output* dari rangkaian pembanding ini hanya ada 1 dari 2 pilihan antara $+V_{SAT}$ atau $-V_{SAT}$. Untuk mengetahui kapan $+V_{SAT}$ atau $-V_{SAT}$ yang akan keluar, dapat dilihat dari hasil perbandingan mana yang lebih besar antara sinyal/tegangan *input* (-) dan *input* (+) dengan logika berikut:

$$V_{OUT} = +V_{SAT} \text{ jika } V_{IN(+)} > V_{IN(-)}$$

$$V_{OUT} = -V_{SAT} \text{ jika } V_{IN(+)} < V_{IN(-)}$$

Op Amp akan berfungsi sebagai pembanding apabila dirangkai tanpa umpan balik atau dengan umpan balik positif. Jika, Op Amp dirangkai tanpa umpan balik maka disebut dengan rangkaian pembanding ideal (*Ideal Comparator*). Namun, apabila dirangkai dengan umpan balik positif maka disebut dengan rangkaian pembanding dengan histeresis.

PERCOBAAN 8

Ideal Comparator

A. Pendahuluan

Rangkaian pembanding ideal dapat dirangkai secara sederhana yaitu tanpa adanya umpan balik (*feedback*) atau dapat dilihat pada gambar 8.1. Pada gambar tersebut dapat kita lihat bahwa Op Amp dirangkai tanpa tambahan komponen eksternal dengan masing-masing *input* dapat dihubungkan ke sumber tegangan DC atau AC.

Output dari sebuah rangkaian pembanding adalah $+V_{SAT}$ atau $-V_{SAT}$ tergantung mana yang lebih besar antara tegangan *inverting input* dan *non inverting input*. Pada percobaan ini, kita akan membuktikan logika perbandingan pada rangkaian pembanding ini yang diawali dengan memberikan tegangan masukan berupa tegangan DC pada kedua jalur masukan Op Amp. Lalu, dilanjutkan dengan menggunakan tegangan AC pada salah satu jalur masukannya. Dengan konsep dasar pembanding, ternyata pada rangkaian ini dapat menghasilkan suatu manfaat atau fungsi yang baru yakni ketika *input* yang diberikan berupa sinyal AC dan DC, dimana sinyal AC dianggap sebagai sinyal *input* utama dan sinyal DC dianggap sebagai *offset*. Fungsi tersebut adalah diperolehnya suatu teknik

pengaturan lebar pulsa atau *Pulse Width Modulation* (PWM). Secara prinsip PWM dipakai untuk mengatur *duty cycle* atau persentase waktu HIGH dalam satu periode. PWM sangat sering digunakan dalam aplikasi kontrol elektronika seperti untuk pengaturan kecepatan motor DC.

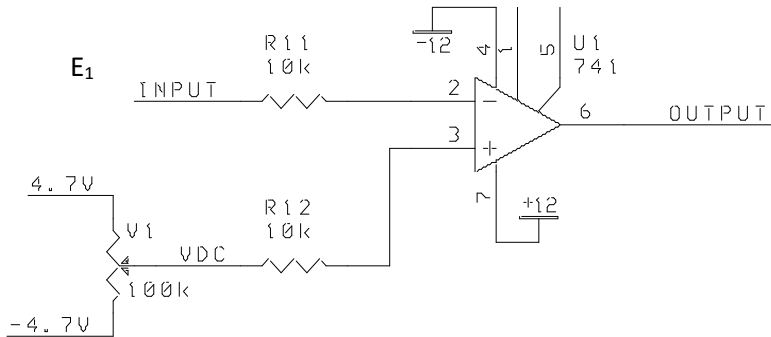
B. Tujuan

1. Mengetahui cara kerja dari *Ideal Comparator*
2. Mengetahui cara membandingkan 2 sinyal yang berbeda
3. Mengetahui cara mendapatkan sinyal PWM

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

1. Voltmeter : 2 buah
2. Modul A2.1 : 1 modul
3. Osiloskop : 1 buah
4. Function Generator : 1 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 8.1. *Ideal Comparator*

E. Prosedur Percobaan

E.1 *Input DC dan DC*

1. Untuk V_{DC1} , gunakan sumber V_{DC} yang sudah terhubung dengan V_1 .
2. Untuk V_{DC2} , hubungkan E_1 dengan sumber V_{DC} yang tersedia pada modul menggunakan kabel jumper.
3. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power* pada modul.
4. Atur nilai V_{DC1} dan V_{DC2} sesuai dengan tabel 8.1, lalu isi nilai V_{OUT} sesuai dengan tabel 8.1.

E.2 *Input AC dan DC*

1. Untuk V_{DC} , gunakan sumber V_{DC} yang sudah terhubung dengan V_1 .
2. Untuk V_{AC} , hubungkan E_1 dengan Function Generator.
3. Hidupkan catu daya.
4. Atur nilai V_{DC} dan V_{AC} sesuai dengan tabel 8.2, lalu isi kolom V_{OUT} sesuai dengan gambar yang ditampilkan osiloskop.

F. Data Hasil Percobaan

Tabel 8.1 *Ideal Comparator input DC & DC*

| <i>Input</i> | | V_{OUT} |
|--------------|-----------|-----------|
| V_{DC1} | V_{DC2} | |
| -1 | 1 | |
| -2 | 1 | |
| 3 | 1 | |
| 4 | 1 | |
| 0 | 1 | |
| 1 | -1 | |
| 2 | -1 | |
| 3 | -1 | |
| 4 | -1 | |

Tabel 8.2 *Ideal Comparator input AC & DC*

| <i>Input</i> | | V_{OUT} |
|-----------------|-----------|----------------------------|
| V_{AC} | V_{DC2} | |
| 2Vp-p (50Hz) | -2 | Gambar di lembar praktikum |
| | -1 | Gambar di lembar praktikum |
| | 0 | Gambar di lembar praktikum |
| | 1 | Gambar di lembar praktikum |
| | 2 | Gambar di lembar praktikum |
| 1Vp-p (50Hz) | -1,5 | Gambar di lembar praktikum |
| | -0,5 | Gambar di lembar praktikum |
| | 0 | Gambar di lembar praktikum |
| | 1,5 | Gambar di lembar praktikum |
| | 1,5 | Gambar di lembar praktikum |

G. Analisa

Kesimpulan apakah yang anda dapatkan pada percobaan ini?

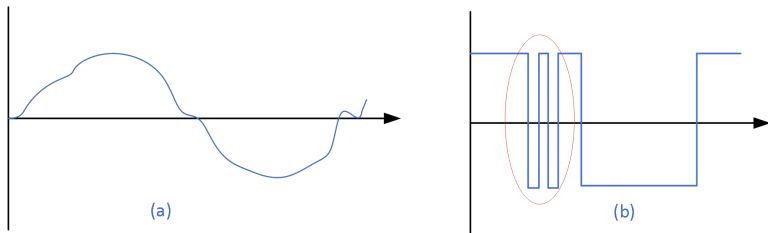
PERCOBAAN 9

Inverting Zero Crossing Detector dengan Histerisis

A. Pendahuluan

Pada percobaan 9 ini, fungsi Op Amp sebagai pembanding dikembangkan dengan kehadiran histeresis yakni dimana nilai *threshold* dari suatu pembanding dilebarkan pada *range* tertentu. Rangkaian pembanding jenis ini dirangkai dengan umpan balik positif dan bermanfaat dalam mereduksi *noise* yang muncul. Dengan adanya histeresis ini, maka sinyal *output* yang dihasilkan dapat lebih stabil jika dibandingkan dengan *ideal comparator*. Rangkaian pembanding dengan histeresis pada umumnya digunakan sebagai *crossing detector* baik untuk *zero* ataupun *voltage crossing detector* (*inverting* dan *non inverting*). Walaupun pada *ideal comparator* juga bisa diterapkan, pembanding dengan histeresis memberikan hasil yang lebih baik karena dapat memitigasi *noise*. Di percobaan 9 ini, kita akan mempraktikkan *Inverting Zero Crossing Detector*.

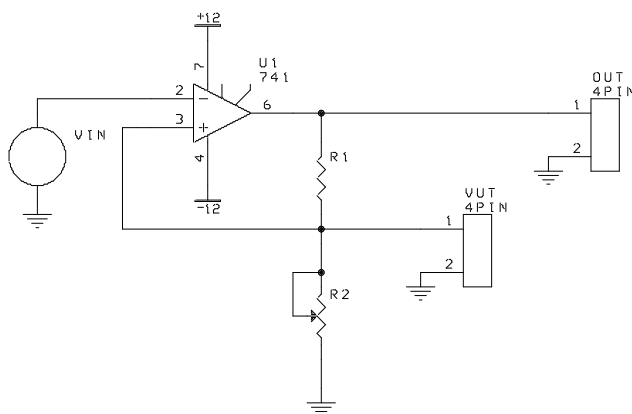
Perlu digaris bawahi bahwa sinyal histeresis itu berbeda dengan sinyal *bouncing*. Sinyal histeresis adalah sinyal yang mengandung *noise* namun secara asimtot masih membentuk sinyal aslinya, sedangkan sinyal *bouncing* adalah sinyal yang berubah-ubah (ON/OFF) membentuk pulsa segiempat tidak beraturan. Sinyal *bouncing* tidak bisa direduksi dengan *comparator with hysteresis*. Perbedaan antara sinyal histeresis dan sinyal *bouncing* dapat dilihat pada gambar 9.1 berikut.



Gambar 9.1 Sinyal: (a) Sinyal sinusoidal yang mengandung *noise*; (b) Sinyal *bouncing*

Pada gambar 9.1 (a) adalah contoh sinyal histeresis yang jika dimasukkan ke dalam rangkaian pembanding ideal berpotensi terjadinya *bouncing*. Untuk itu, comparator dengan histeresis diperlukan.

Dari sisi rangkaian, Op Amp dirangkai dengan menggunakan umpan balik positif (*positive feedback*), yaitu R_F dikoneksikan di antara *output* dan *non inverting input terminal*. Bentuk rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 9.2 berikut.



Gambar 9.2. Op Amp sebagai *inverting zero crossing detector*

Pada rangkaian jenis ini, kita mengenal istilah V_{UT} atau *Voltage Upper Threshold* dan V_{LT} atau *Voltage Lower Threshold*, dimana

$$V_{UT} = \frac{R2}{R1 + R2} V_{SAT}$$

Keadaan ini terjadi apabila:

Selama $V_i < V_{UT}$, maka $V_o = +V_{sat}$

Pada saat $V_i \geq V_{UT}$, maka $V_o = -V_{SAT}$

Pada saat $V_o = -V_{SAT}$, maka

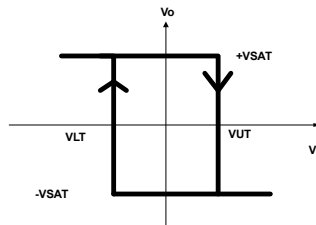
$$V_{LT} = \frac{R2}{R1 + R2} [-V_{SAT}]$$

Keadaan ini terjadi apabila:

Selama $V_i > V_{LT}$, maka $V_o = -V_{sat}$

Pada saat $V_i \leq V_{LT}$, maka $V_o = +V_{SAT}$

Karakteristik *input* dan *output* pada rangkaian *inverting zero crossing detector* adalah



Gambar 9.3 Karakteristik *input* dan *output* rangkaian *inverting zero crossing detector*

Pada gambar 9.3 dapat kita lihat bahwa *threshold* untuk pembanding diperlebar dengan besarnya adalah

antara V_{UT} dan V_{LT} dimana selisih antara kedua tegangan *threshold* ini disebut dengan Tegangan *Threshold* (V_{THR}). Apabila sinyal *noise* yang melekat pada sinyal utama masih didalam *range* V_{THR} maka sinyal yang dihasilkan akan tampak normal seolah-olah tidak ada *noise*.

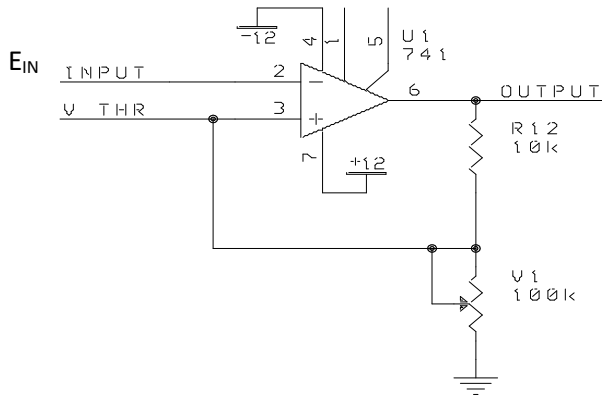
B. Tujuan

1. Mengetahui cara kerja dari *Inverting Zero Crossing Detector* dengan histerisis
2. Mengetahui cara pengaturan V_{THR} , V_{UT} dan V_{LT}

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

1. Voltmeter : 2 buah
2. Modul A2.1 : 1 modul
3. Osiloskop : 1 buah
4. Function Generator : 1 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 9.4 *Inverting Zero Crossing Detector*

E. Prosedur Percobaan

1. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power* pada modul.
2. Hubungkan Function Generator ke jalur *input* sebagai E_{IN} dan atur nilai amplitudo sesuai tabel 9.1.
3. Atur V_{THR} sesuai tabel 9.1
4. Isi kolom V_{OUT} pada tabel 9.1

F. Data Hasil Percobaan

Tabel 9.1 Data hasil percobaan

| <i>Input</i> | | V_{OUT} |
|-----------------|----------|----------------------------|
| E_{IN} | V_{TH} | |
| 2Vp-p (50Hz) | 0,5 | Gambar di lembar praktikum |
| | 1 | Gambar di lembar praktikum |
| | 1,5 | Gambar di lembar praktikum |
| | 2 | Gambar di lembar praktikum |
| | 3 | Gambar di lembar praktikum |
| 1Vp-p (50Hz) | 1 | Gambar di lembar praktikum |
| | 0,5 | Gambar di lembar praktikum |

G. Analisa

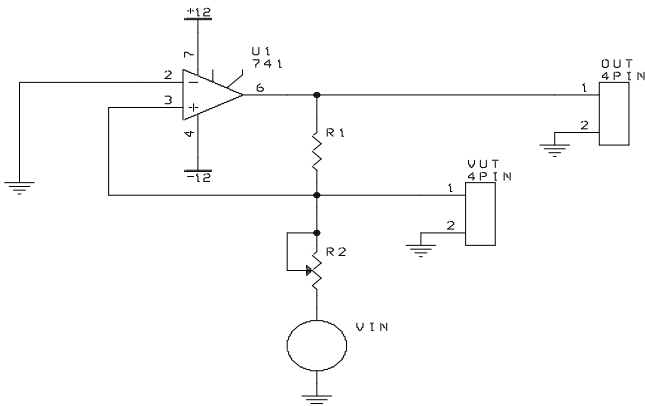
Kesimpulan apakah yang anda dapatkan pada percobaan ini?

PERCOBAAN 10

Non Inverting Zero Crossing Detector Dengan Histerisis

A. Pendahuluan

Pada percobaan 10 ini, secara prinsip masih sama dengan percobaan 9 yakni menggunakan rangkaian *comparator* dengan histeresis. Perbedaannya adalah pada bentuk rangkaian dimana jalur masukan dipindah yang awalnya pada jalur terminal masukan *inverting* berubah ke jalur masukan yang *non inverting* seperti tampak pada gambar 10.1.



Gambar 10.1 Op Amp sebagai *Non Inverting Zero Crossing Detector*

Secara analisis, perhitungan untuk mendapatkan V_{OUT} , V_{UT} dan V_{LT} juga sedikit berbeda dan dapat dilihat pada penjelasan berikut.

Pada saat $V_i \leq V_{LT}$ dan $V_{OUT} = +V_{SAT}$

$$\frac{+V_{sat} - 0}{mR} = \frac{0 - V_{LT}}{R}$$

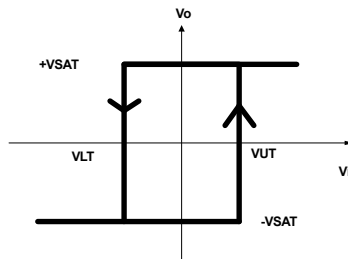
$$V_{LT} = \frac{-V_{sat}}{m}$$

Pada saat $V_i \geq V_{LT}$ dan $V_{OUT} = -V_{SAT}$

$$\frac{V_{UT} - 0}{R} = \frac{0 - (-V_{sat})}{mR}$$

$$V_{UT} = \frac{+V_{sat}}{m}$$

Karakteristik *input* dan *output* adalah



Gambar 10.2 Karakteristik *input* *output* Non Inverting Zero Crossing Detector

Pada gambar 10.2 dapat kita lihat bahwa secara umum rangkaian ini memiliki karakteristik yang hampir sama dengan *inverting zero crossing detector* dimana *threshold* untuk pembanding diperlebar dengan besarnya adalah antara V_{UT} dan V_{LT} dan selisih antara kedua tegangan *threshold* ini disebut dengan Tegangan *Threshold* (V_{THR}). Apabila sinyal *noise* yang melekat pada sinyal utama masih didalam *range* V_{THR} maka sinyal yang dihasilkan akan tampak normal seolah-olah tidak ada *noise*. Perbedaan dengan gambar 9.3 adalah pada status kapan $+V_{SAT}$ dan $-V_{SAT}$ nya keluar.

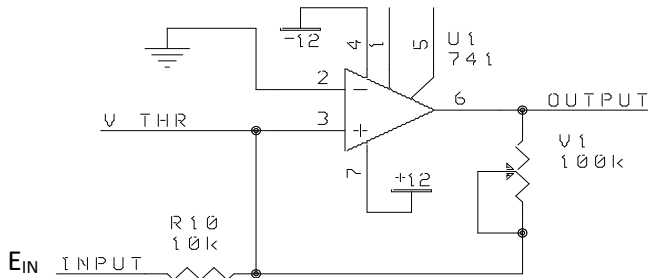
B. Tujuan

1. Mengetahui cara kerja dari *Non Inverting Zero Crossing Detector* dengan histerisis
2. Mengetahui cara pengaturan V_{THR} , V_{UT} dan V_{LT}

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

1. Voltmeter : 2 buah
2. Modul A2.1 : 1 modul
3. Osiloskop : 1 buah
4. Function Generator : 1 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 10.3 *Non Inverting Zero Crossing Detector* dengan histeresis

Pada gambar 10.3, kita bisa lihat bahwa E_{IN} adalah jalur *input* dan simbol *ground* pada *inverting input* merupakan V_{REF} ($V_{REF} = 0\text{V}$). Dikarenakan tegangan referensi yang digunakan adalah 0 volt, rangkaian ini disebut rangkaian *zero crossing detector*.

E. Prosedur Percobaan

1. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power* pada modul.
2. Hubungkan Function Generator ke jalur *input* sebagai E_{IN} dan atur nilai amplitudo sesuai tabel 10.1.

3. Atur V_{THR} sesuai tabel 10.1 dengan memutar secara perlahan potensiometer $100k\Omega$
4. Isi kolom V_{OUT} pada tabel 10.1

F. Data Hasil Percobaan

Tabel 10.1 Data hasil percobaan

| <i>Input</i> | | V_{OUT} |
|-----------------|-----------|----------------------------|
| E_{IN} | V_{THR} | |
| 2Vp-p (50Hz) | 0,5 | Gambar di lembar praktikum |
| | 1 | Gambar di lembar praktikum |
| | 1,5 | Gambar di lembar praktikum |
| | 2 | Gambar di lembar praktikum |
| | 3 | Gambar di lembar praktikum |
| 1Vp-p (50Hz) | 1 | Gambar di lembar praktikum |
| | 0,5 | Gambar di lembar praktikum |

G. Analisa

Kesimpulan apakah yang anda dapatkan pada percobaan ini?

Bab 4 OP AMP sebagai Signal Generator

Salah satu jenis fungsi utama Op Amp lainnya adalah sebagai pembangkit sinyal (*signal generator*) atau sering diaplikasikan sebagai *multivibrator*. Pembangkit sinyal disini adalah suatu rangkaian berbasis Op Amp yang dipakai untuk menghasilkan sinyal keluaran dalam bentuk gelombang tanpa menggunakan sumber masukan eksternal lainnya. Artinya *input* dari rangkaian tersebut diambil dari sinyal *feedback* itu sendiri. Komponen pasif tambahan yang digunakan adalah *capacitor*. Selain komponen pasif (R dan C), dioda juga digunakan pada rangkaian *multivibrator* tertentu.

Dalam aplikasinya, ada beberapa jenis rangkaian *multivibrator* yang meliputi *astable multivibrator*, *one shoot multivibrator*, dan *triangle multivibrator*. Setiap *multivibrator* akan dibahas dalam percobaan yang berbeda.

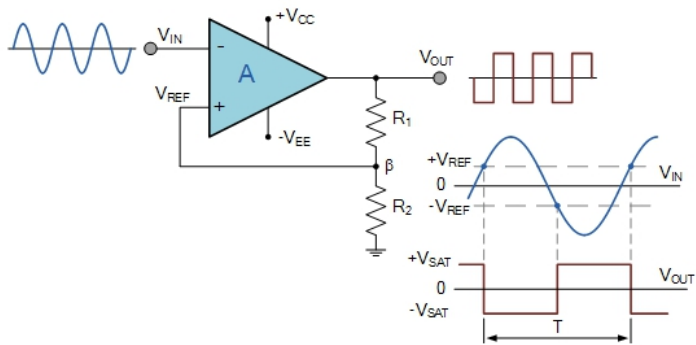
PERCOBAAN 11

Astable Multivibrator

A. Pendahuluan

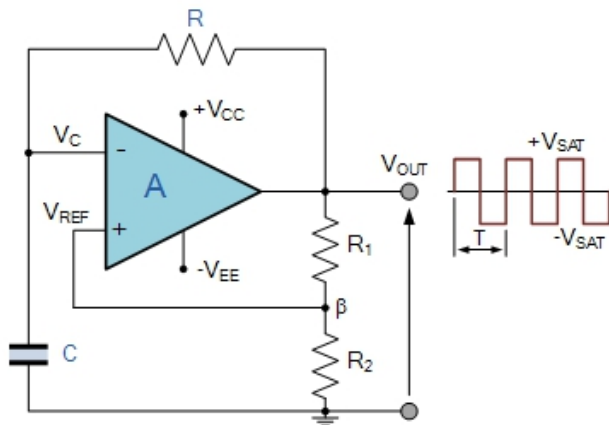
Astable Multivibrator adalah sebuah rangkaian osilator jenis astabil yang menghasilkan bentuk gelombang luaran segiempat dengan menerapkan rangkaian pewaktuan RC yang terkoneksi ke *inverting input* dari Op Amp dan sebuah rangkaian pembagi tegangan yang terkoneksi ke *non inverting input*. Pada rangkaian *multivibrator* Op Amp, Op Amp bekerja selayaknya *analogue comparator* dengan V_{REF} diambil dari titik simpul pada rangkaian pembagi tegangan. Jenis *comparator* yang digunakan adalah tipe dengan histeresis karena dirangkai dengan umpan balik positif, yakni tersusun oleh R1 dan R2 untuk menghasilkan histeresis seperti tampak pada gambar 11.1.

Pada gambar 11.1 tampak bahwa jika sebuah masukan sinusoidal diberikan pada jalur *input* (V_{IN}) maka V_{OUT} yang dihasilkan adalah gelombang segiempat dengan besarnya $V_{UT} = +V_{REF}$ dan $V_{LT} = -V_{REF}$. Ini diakibatkan, rangkaian tersebut bekerja sebagai rangkaian pembanding.



Gambar 11.1 *Comparator* dengan Umpan Balik Positif

Pada rangkaian *multivibrator* Op Amp, sinyal *input* diambil dari V_{OUT} yang terhubung dan ditampung ke dalam sebuah *capacitor* (C) seperti tampak pada gambar 11.2. Dengan rangkaian seperti ini, maka sinyal *input* akan diambil dari *feedback* itu sendiri sehingga sumber masukan eksternal tidak dibutuhkan. Pada gambar 11.2 dapat dilihat bahwa tidak ada sumber masukan eksternal yang diberikan, sebab sumber masukan diambil dari V_{OUT} itu sendiri yang kemudian masuk ke sebuah *capacitor* lalu diteruskan ke *inverting input*. Nilai V_{REF} pada rangkaian ini adalah tetap, yang didapat dari tegangan pada R_2 atau V_{R2} .

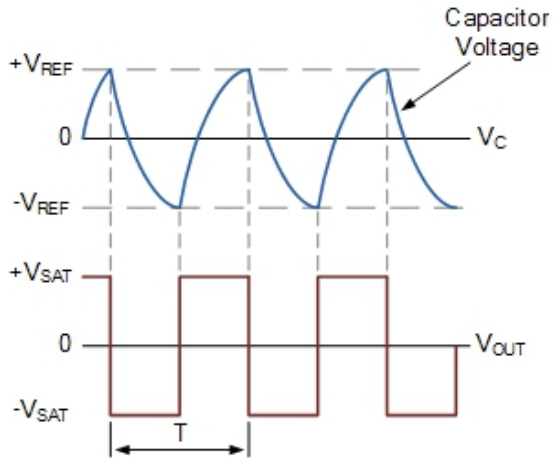


Gambar 11.2 Rangkaian multivibrator Op Amp

Prinsip kerja dari rangkaian *astable multivibrator* ini adalah sebagai berikut:

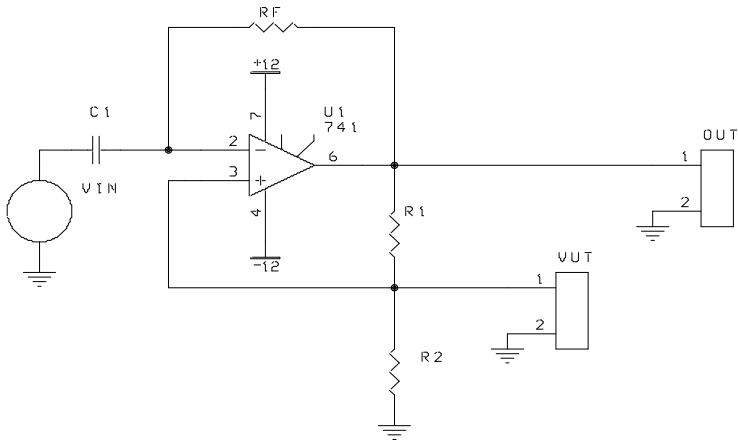
Kondisi awal, asumsikan bahwa C dalam kondisi *discharged* (pembuangan) dan menyebabkan $V_{OUT} = +V_{SAT}$. Selanjutnya, C mulai mengisi yang diperoleh dari V_{OUT} , dengan waktu pengisian bergantung pada nilai R (*RC time constant*). Ketika status pengisian sudah penuh atau $\geq +V_{SAT}$, maka sesegera mungkin V_{OUT} berubah menjadi $-V_{SAT}$. Siklus ini akan kembali ke kondisi awal dan begitu seterusnya. Status pengisian dan pembuangan pada C dan

hubungannya terhadap V_{OUT} dapat dilihat pada gambar 11.3.



Gambar 11.3 Hubungan antara status C dan V_{OUT}

1. *Astable Multivibrator, duty cycle = 50 %*



Gambar 11.4 Op Amp sebagai *astable multivibrator* dengan *duty cycle* 50 %

Dalam mendisain *Astable Multivibrator Duty Cycle = 50 %*, hal yang perlu diperhatikan adalah nilai dari setiap komponen yang akan digunakan. Untuk mendapatkan nilai komponen tersebut ada beberapa rumus dan kriteria yang harus diikuti dengan tahapan sebagai berikut:

- Nilai C dipilih antara 0.001 μF sampai 0.1 μF
- R_F dihitung dari rumus:

$$f = - \frac{1}{2 \cdot R_f \cdot C}$$

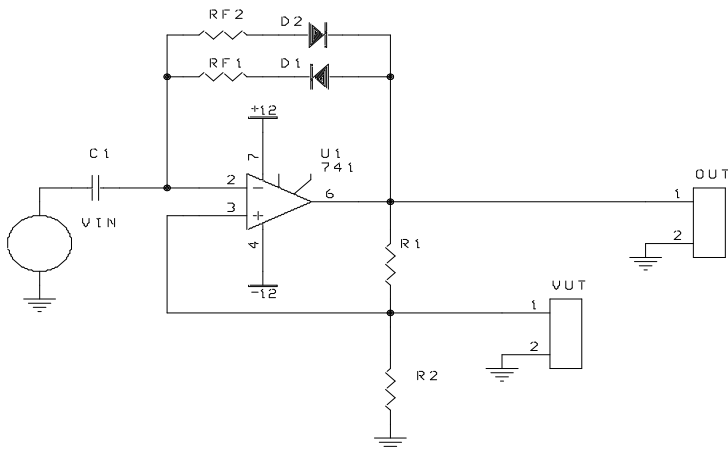
Pada bagian ini, untuk mendapatkan nilai R_F maka kita wajib mengetahui nilai C dan frekuensi (f).

- R_2 dicari dari rumus:

$$R_2 = 0.86 R_1$$

Dimana R_1 terlebih dahulu ditentukan dengan harga sesuai dengan yang tersedia di pasaran, namun juga tetap mempertimbangkan kemudahan dalam memperoleh R_2 juga.

2. *Astable Multivibrator, duty cycle \neq 50 %*



Gambar 11.5 Op Amp sebagai astabel multivibrator dengan duty cycle \neq 50 %

Dalam mendisain *Astable Multivibrator Duty Cycle* $\neq 50\%$, hal yang perlu diperhatikan adalah nilai dari setiap komponen yang akan digunakan. Untuk mendapatkan nilai komponen tersebut ada beberapa formulasi dan kriteria yang harus diikuti dengan tahapan sebagai berikut::

- C dipilih antara $0.001 \mu\text{F}$ sampai $0.1 \mu\text{F}$
- R_F dihitung dengan persamaan:

$$f = - \frac{1}{(R_{f1} + R_{f2}) \cdot C}$$

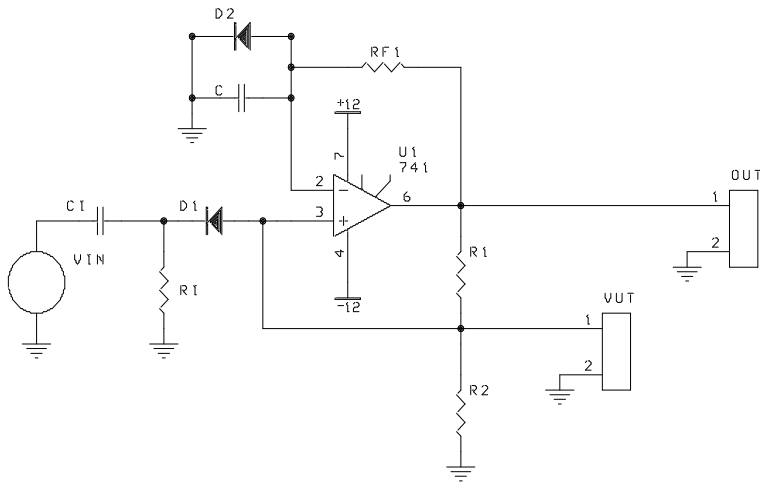
- R_2 dicari dari persamaan:

$$R_2 = 0.86 R_1$$

Dari persamaan di atas, jika

- $R_{f1} > R_{f2}$, maka $D > 50\%$
- $R_{f1} < R_{f2}$, maka $D < 50\%$

3. One Shot Multivibrator Trigger Negatif



Gambar 11.6 Op Amp sebagai *one shot multivibrator* dengan *trigger* negatif

One shot multivibrator adalah salah satu jenis multivibrator Op Amp. Dari sisi rangkaian, *one shoot multivibrator* masih menggunakan umpan balik positif ditambah dengan 2 buah dioda (D_1 dan D_2) dan 1 *capacitor* (C). Ada 3 keadaan (*state*) dalam *one shoot multivibrator*, yaitu:

- *Steady state*
- *Transition state*
- *Time State*

Capacitor mengalami *discharge* dengan $V_C(0) = V_\gamma$ (tegangan *barrier* dari dioda)

Prosedur dalam mendisain sebuah rangkaian *one shot multivibrator* dengan *trigger* negatif adalah sebagai berikut:

- C dipilih dan R_F dihitung
- $V_{ip} = -2 \cdot V_{UT}$
- C_i, R_i dipilih sesuai harga *typical* yaitu $C_i = 0.01\mu F$ dan $R_i = 10\text{ k}\Omega$

Lebar pulsa atau periode dapat dihitung dengan persamaan:

$$T = R_F \cdot C \cdot \ln \left[\frac{(R_1 + R_2) \cdot (V_\gamma + V_{SAT})}{R_1 \cdot V_{SAT}} \right]$$

Time recovery (T_r) dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$T_r = R_D \cdot C \cdot \ln \left[\frac{(R_1 + R_2) \cdot V_{sat}}{(R_1 + R_2) \cdot (V_{SAT} - V_\gamma)} \right]$$

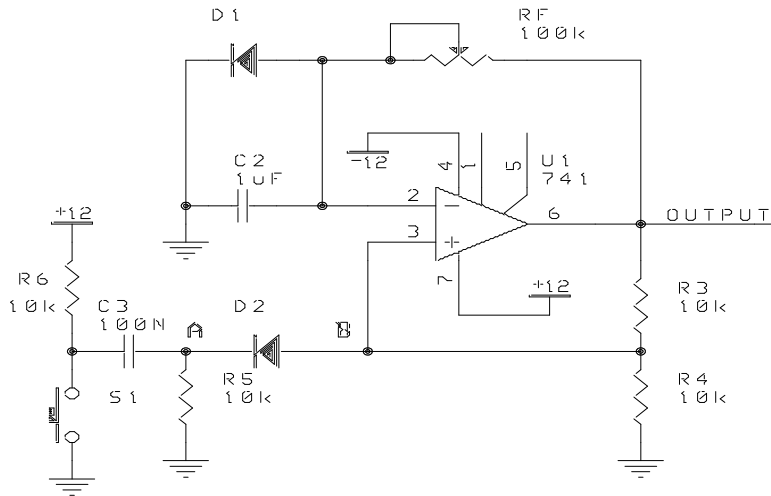
B. Tujuan

1. Mengerti cara kerja dari *one shot multivibrator*
2. Memahami prosedur disain rangkaian dan memecahkan masalah mengenai *one shot multivibrator*

C. Komponen dan Peralatan Yang Dipakai

- 1. Osiloskop : 1 buah
- 2. Modul A2.2 : 1 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 11.7 One Shot Multivibrator

E. Prosedur Percobaan

- 1. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power* pada modul
- 2. Hubungkan *probe channel 1* osiloskop ke *output one shot multivibrator* dan *probe channel 2* ke titik A. Atur Volt/Div dan Time/Div yang sama untuk kedua *channel*.

3. Atur kedudukan dari R_F mulai dari posisi paling kiri kemudian tekan *push button* nya dan gambarkan bentuk kedua sinyal yang tampak pada osiloskop.
4. Ulangi langkah no 3 untuk posisi R_F di tengah dan paling kanan.

F. Data Hasil Percoaban

Gambarkan bentuk kedua sinyal yang tampak pada osiloskop

G. Analisa

1. Bagaimana hubungan antara *trigger* (tegangan di titik A) dengan *output* dari *one shot multivibrator*?
2. Bagaimanakah cara kerja dari *one shot multivibrator*?

PERCOBAAN 12

Triangle Generator

A. Pendahuluan

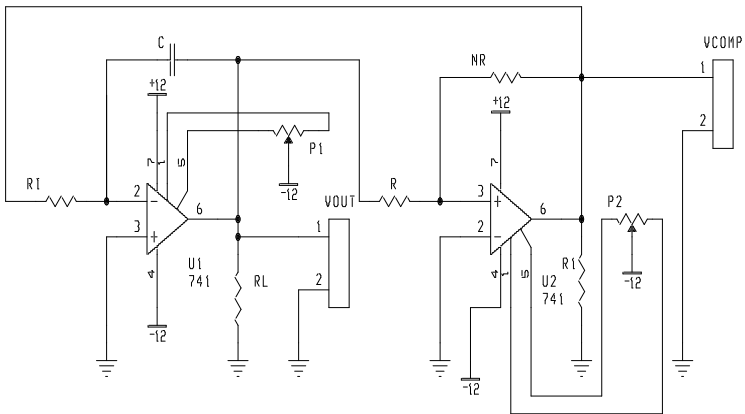
Salah satu jenis *multivibrator* atau *signal generator* pada Op Amp lainnya adalah pembangkit gelombang segitiga (*triangle generator*). Pada percobaan sebelumnya,

bentuk gelombang yang dihasilkan adalah segiempat, dan kali ini kita akan mencoba suatu rangkaian Op Amp untuk menghasilkan gelombang berbentuk segitiga. Untuk memahami prinsip kerja dari rangkaian ini, disarankan untuk memahami terlebih dahulu prinsip kerja dari rangkaian *integrator* dan *differentiator*. Kedua rangkaian tersebut berperan dalam mengubah sinyal segiempat menjadi segitiga atau sebaliknya. Dari sisi rangkaian, jika komponen *feedback* nya adalah C maka disebut *integrator* dan berfungsi untuk mengubah sinyal DC menjadi sinyal miring (*ramp*) atau sinyal yang berubah secara kontinyu dan linier terhadap waktu baik itu naik atau turun tergantung *input*. Begitu juga sebaliknya, jika komponen *input* pada rangkaian adalah C dan *feedback* nya adalah R maka disebut dengan rangkaian *differentiator* dengan fungsi yakni kebalikan dari *integrator*.

Pada rangkaian *triangle generator*, terdapat dua jenis mode dalam rangkaianannya yaitu mode kombinasi antara pembangkit sinyal *ramp* (*integrator*) dan komparator histeresis yang tersusun seri. Untuk mode ini rangkainnya dapat dilihat pada gambar 12.1. Mode yang

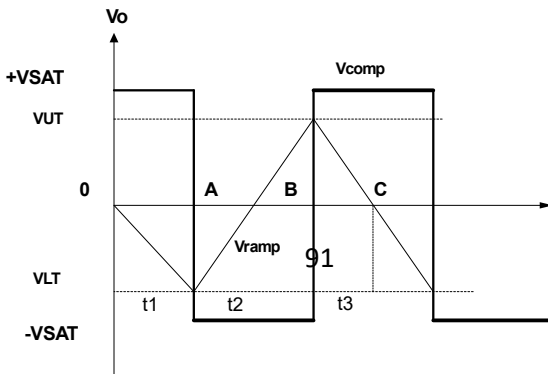
lain adalah kombinasi antara *differentiator* dan *integrator* (*astable* + *ramp*) yang tersusun secara serial. Untuk mode ini, rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 12.3.

a.1 Triangle Generator (Ramp + Komparator)



Gambar 12.1 Op Amp sebagai *Triangle Generator*

Dalam aplikasinya, pembangkitan gelombang segitiga pada mode (*ramp* + komparator) melewati tiga tahapan waktu/keadaan dengan ilustrasi perubahan sinyal



dapat dilihat pada gambar 13.2 berikut.

Gambar 12.2 Tahapan pembentukan sinyal segitiga mode (*ramp* + komparator)

Secara berurutan, nilai dari masing-masing V_{ramp} , V_{LT} , V_{UT} , V_H , V_{SAT} dijelaskan sebagai berikut:

Kedaaan 1: $0 < t < A \Rightarrow t_1$

$$V_{ramp} = -\frac{V_i}{R_i \cdot C} t$$

$$V_{LT} = -\frac{V_{sat}}{R_i \cdot C} t_1$$

$$-\frac{V_{sat}}{n} = -\frac{V_{sat}}{R_i \cdot C} t_1$$

$$t_1 = \frac{R_i \cdot C}{n}$$

Kedaaan 2: $A < t < B \Rightarrow t_2$

$$V_{ramp} = -\frac{V_i}{R_i \cdot C} t$$

$$V_H = -\frac{V_{sat}}{R_i \cdot C} t_2$$

$$-2 \cdot \frac{V_{sat}}{n} = -\frac{V_{sat}}{R_i \cdot C} t_2$$

$$t_2 = \frac{2 \cdot R_i \cdot C}{n}$$

Kedaaan 3: $B < t < C \Rightarrow t_3$

$$V_{ramp} = -\frac{V_i}{R_i \cdot C} t$$

$$-V_{UT} = -\frac{V_{sat}}{R_i \cdot C} t_3$$

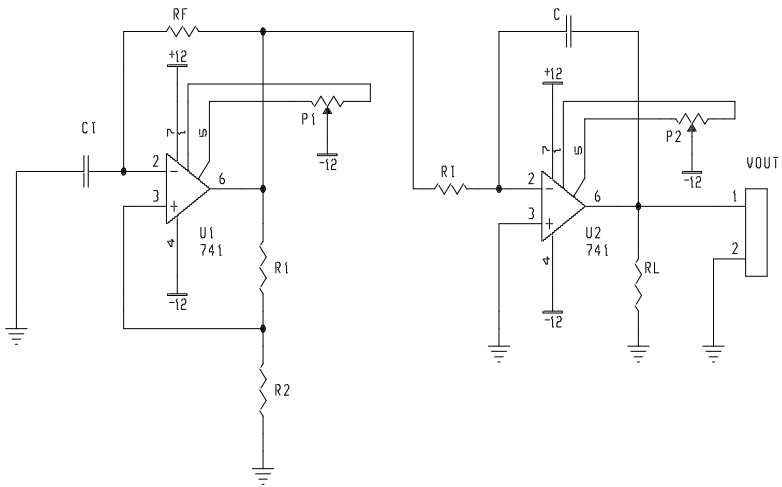
$$-\frac{V_{sat}}{n} = -\frac{V_{sat}}{R_i \cdot C} t_3$$

$$t_3 = \frac{R_i \cdot C}{n}$$

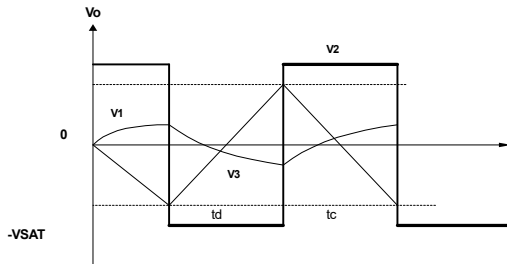
Sehingga,

$$T = \frac{4 \cdot R_i \cdot C}{n}$$

a.2 Triangle generator (Astable + Ramp)



Gambar 12.3 Op Amp sebagai *triangle generator*



Gambar 12.4 Tahapan pembentukan sinyal segitiga mode
(*astable + ramp*)

$$t_c = t_d = R_F \cdot C \cdot \ln \left(\frac{R_1 + 2 \cdot R_2}{R_1} \right)$$

B. Tujuan

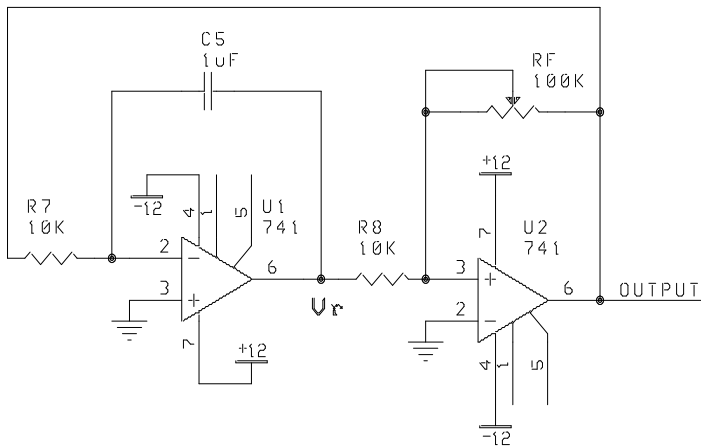
1. Mengerti cara kerja dari *triangle generator*

2. Memahami prosedur disain dan memecahkan masalah mengenai *triangle generator*

C. Komponen dan Peralatan Yang Dipakai

1. Osiloskop : 1 buah
2. Modul A2.2 : 1 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar12.5 Triangle Generator

E. Prosedur Percobaan

1. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power* pada modul
2. Hubungkan *probe* di *channel 1* osiloskop ke *output* triangle generator dan *probe* di *channel 2* ke titik

V_r. Lalu, atur Volt/Div dan Time/Div yang sama untuk kedua *channel*.

3. Atur kedudukan dari R_F mulai dari posisi paling kiri dan gambarkan bentuk kedua sinyal yang tampak pada osiloskop.
4. Ulangi langkah no 3 untuk posisi R_F di tengah dan paling kanan

F. Data Hasil Percobaan

Gambarkan bentuk kedua sinyal yang tampak pada osiloskop.

G. Analisa

1. Bagaimana hubungan antara V_r (tegangan di titik V_r) dengan *output* dari *triangle generator*?
2. Bagaimanakah cara kerja dari *triangle generator*?

Bab 5 OP AMP Sebagai Penyaring (Filter)

Kegunaan Op Amp lainnya yang sangat sering digunakan dalam berbagai aplikasi elektronika adalah Op Amp sebagai penyaring. Penyaring yang dimaksud disini

adalah sebuah rangkaian yang digunakan untuk melewatkan suatu sinyal pada frekuensi tertentu sekaligus menahan sinyal diluar frekuensi tersebut.

Secara umum rangkaian *filter* terbagi menjadi *passive filters* dan *active filters*. Kata *passive* dan *active* merujuk kepada jenis komponen yang digunakan, yaitu untuk *passive filters* mengindikasikan bahwa komponen yang digunakan adalah komponen pasif seperti R, C dan L. Sedangkan *active filters*, komponen yang digunakan adalah komponen aktif ditambah beberapa komponen pasif seperti IC 741 dan ditambah komponen R dan C.

Jenis *filter* terbagi menjadi 4, yaitu *Low Pass Filter* (LPF), *High Pass Filter* (HPF), *Band Pass Filter* (BPF), dan *Band Reject Filter* (BRF)/*Band Elimination Filter* (BEF). Pada panduan praktikum ini, kita akan membahas dan mengujicoba rangkaian LPF (-20dB dan -40dB), HPF (20 dan 40dB), dan *Notch Filter*. *Notch Filter* adalah salah satu jenis *Band Reject Filter* yang cukup sering digunakan dalam beberapa peralatan eletronika termasuk didalamnya adalah peralatan elektronika medis.

Dalam panduan praktikum ini, variasi sinyal masukan dengan berbagai frekuensi sangat dibutuhkan sehingga peran *filter* dapat diamati. Untuk itu, function generator akan digunakan, begitu pula untuk melihat respon yang dihasilkan maka osiloskop akan digunakan. Disamping mencoba dari rangkaian yang sudah diberikan, prosedur desain rangkaian terutama dalam penentuan nilai komponen yang akan digunakan juga disampaikan sehingga pembaca dapat mencoba sendiri setelah praktikum di laborarotium.

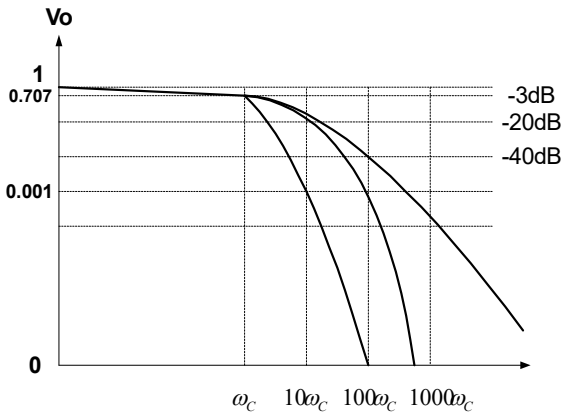
PERCOBAAN 13

LPF -20 dB

A. Pendahuluan

a.1 Low Pass Filter (LPF)

LPF adalah *filter* yang berfungsi untuk melewatkan sinyal frekuensi di bawah frekuensi potong (*cutoff*) nya. Pada LPF terbagi menjadi ke dalam beberapa jenis atenuasi antara lain LPF -20dB, LPF -40dB dan LPF-60dB. Namun, pada praktikum ini, LPF -60dB tidak dibahas. Spektrum frekuensi dari LPF dapat dilihat pada gambar 13.1 berikut:



Gambar 13.1 Spektrum frekuensi untuk LPF – 20 dB, - 40 dB dan –60 dB

Pada gambar 13.1 tampak bahwa tingkat atenuasi atau kemiringan antara LPF -40dB dan LPF -20dB itu berbeda, dimana LPF -40dB lebih curam dibanding yang - 20dB. Kemiringan tersebut diukur setiap 1 *decade* (dec)

atau setiap 100 satuan frekuensi dan lengkapnya ditulis dengan -40dB/dec atau -20dB/dec untuk menyatakan tingkat kemiringan atenuasi *filter*. Perlu diketahui bahwa nilai frekuensi dapat disimbolkan dengan f (Hz) atau ω (rad/s) dimana $\omega = 2\pi f$.

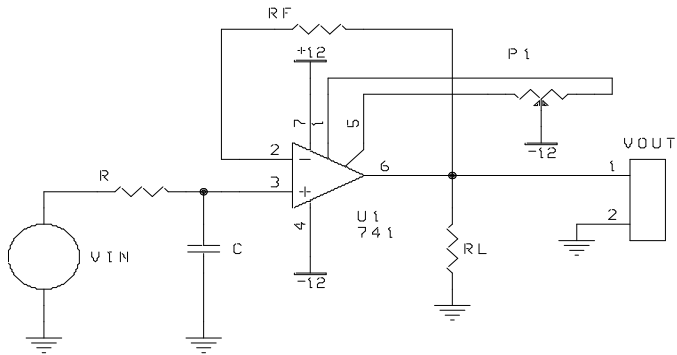
Untuk *decible* (dB) diperoleh dengan persamaan:

$$dB = 20 \log A$$

Disebut LPF karena setiap kenaikan ω , maka V_A akan turun sehingga V_{OUT} turun juga. Kenaikan frekuensi 100 kali, maka A_{CL} nya turun 1/100 kali. Antara *input* dan *output* berbeda fase.

a.2 LPF -20dB

LPF -20dB adalah jenis LPF yang paling dasar (*basic*). Rangkaianannya dapat dilihat pada gambar 13.2. Pada gambar tersebut dapat kita lihat bahwa LPF -20dB dibangun dari sebuah LPF pasif (R dan C) dan ditambah dengan sebuah *voltage follower* yang memiliki R_F .



Gambar 13.2 Op Amp sebagai LPF -20 dB

Untuk membangun sebuah rangkaian LPF -20dB, direkomendasikan untuk mengikuti prosedur *design* sebagai berikut:

- Tentukan frekuensi *cutoff* (f_c) yang diinginkan
- Pilih nilai resistansi R antara 10 k Ω sampai 100 k Ω (yang tersedia)
- Nilai *capacitor* C dihitung dari persamaan:

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f_c \cdot R}$$

- Nilai $R_F = R$

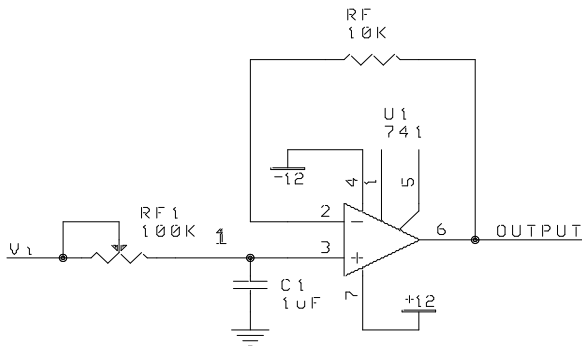
B. Tujuan

1. Mengerti konsep, cara kerja dan respon dari LPF -20 dB
2. Bisa memecahkan masalah mengenai LPF -20 dB

C. Komponen dan Peralatan Yang Dipakai

1. Osiloskop : 1 buah
2. Modul A2.3 : 1 buah
3. AVO meter : 1 buah
4. Function Generator : 1 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 13.3 LPF - 20 dB

E. Prosedur dan Data Hasil Percobaan

1. Matikan catu daya dan atur $R_F = 50 \text{ k}\Omega$
2. Hidupkan catu daya dengan menekan saklar *power* pada modul
3. Hubungkan Function Generator (FG) ke bagian *input* (V_1)
4. Atur bentuk gelombang dari FG adalah sinusoidal dengan amplitudo 2V peak to peak dan dengan frekuensi 1 Hz
5. Probe osiloskop *channel* 1 dipasang di *input* sedangkan *channel* 2 di *output*
6. Naikkan secara perlahan frekuensi *input* V_1 (jaga amplitudo V_1 tidak berubah) sampai $V_{OUT} = 0.707 \times V_1$. Catat nilai frekuensi tersebut!
7. Ulangi langkah di atas untuk $R_F = 80 \text{ k}\Omega$

F. Analisa

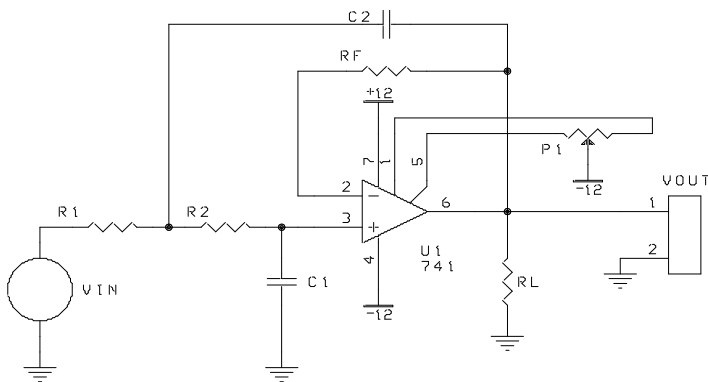
1. Apakah pengaruh R_F terhadap frekuensi *cutoff* nya?
2. Apakah yang terjadi jika frekuensinya dinaikkan terus?

PERCOBAAN 14

LPF -40dB

A. Pendahuluan

Pada percobaan 14 ini, kita akan mencoba dan menguji sebuah rangkaian LPF -40dB. Dari sisi rangkaian, LPF -40dB memiliki tambahan 2 buah komponen dari LPF -20dB yakni R_1 dan C_2 , yang gambar rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 14.1 dibawah ini.



Gambar 14.1 Op Amp sebagai LPF -40 dB

Dalam merangkai LPF -40dB direkomendasikan untuk mengikuti prosedur *design* sebagai berikut:

- Tentukan frekuensi *cutoff* (f_c) yang diinginkan
- Pilih $R_2 = R_1 = R$ dengan nilai di antara 10 k Ω dan 100 k Ω
- C_1 dihitung dari persamaan:

$$C_1 = \frac{0.707}{2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot R}$$

- Pilih $R_F = 2R$
- Pilih harga $C_2 = 2 \cdot C_1$

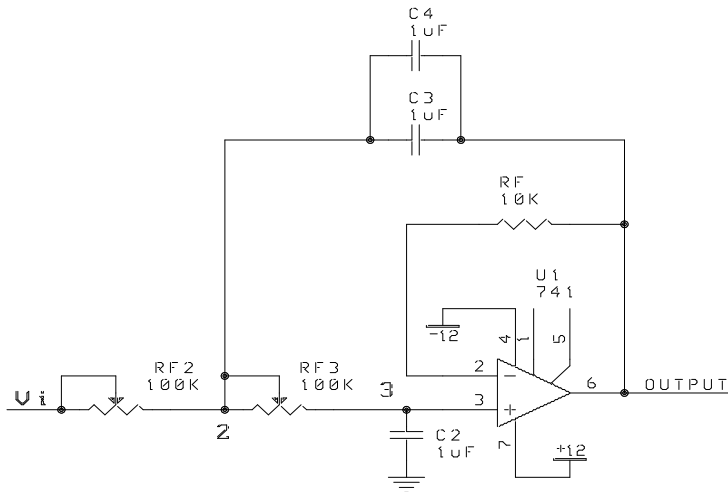
B. Tujuan

1. Mengerti konsep, cara kerja dan respon pada LPF - 40 dB
2. Bisa memecahkan masalah mengenai LPF -40 dB

C. Komponen dan Peralatan Yang Dipakai

1. Osiloskop : 1 buah
2. Modul 2 : 1 buah
3. AVO meter : 1 buah
4. Function Generator : 1 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 14.2 LPF -40dB

E. Prosedur dan Data Hasil Percobaan

1. Modul dalam kondisi mati, atur $R_{F2} = R_{F3} = 50 \text{ k}\Omega$
2. Hidupkan catu daya modul dengan mengaktifkan saklar power.
3. Hubungkan Function Generator (FG) pada bagian V_i dan atur bentuk gelombangnya sinusoidal dengan amplitudo $2V_{p-p}$ pada bagian *input* modul A2.3 dengan frekuensi 1Hz
4. Probe osiloskop *channel 1* dipasang di bagian *input* sedangkan *channel 2* di *output*

5. Naikkan secara perlahan-lahan frekuensi pada FG sampai dengan $V_{OUT} = 0.707 \times V_i$. Lalu, catat frekuensi tersebut!
6. Ulangi langkah di atas untuk $R_{F2} = R_{F3} = 80 \text{ k}\Omega$

F. Analisa

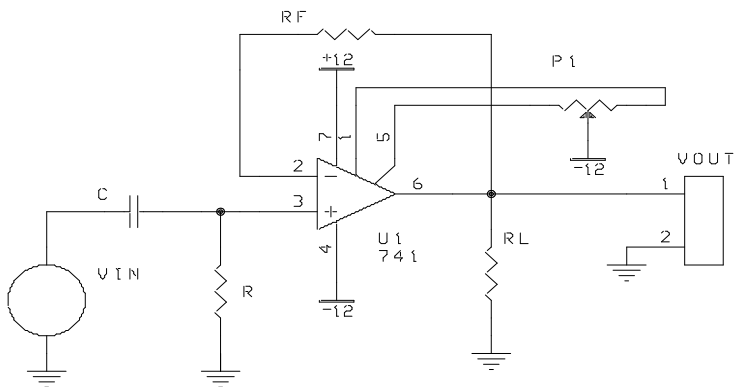
1. Apakah pengaruh R_{F2} dan R_{F3} terhadap frekuensi *cutoff* nya?
2. Apakah yang terjadi jika frekuensinya dinaikkan terus?

PERCOBAAN 15

HPF +20dB

A. Pendahuluan

Jenis *filter* berikutnya adalah *High Pass Filter* (HPF), yakni sebuah rangkaian penyaring yang berfungsi untuk melewatkan sinyal dengan frekuensi diatas f_c sekaligus menahan frekuensi dibawah f_c tersebut. HPF +20dB adalah jenis HPF yang paling dasar (*basic*) artinya dengan atenuasi sebesar 20dB/dec. Rangkaian HPF +20dB dapat dilihat pada gambar 15.1 berikut.



Gambar 15.1 Op Amp sebagai HPF +20dB

Pada gambar 15.1, sepiantas rangkaiannya sama dengan LPF -20dB. Perbedaannya adalah pada posisi R dan C nya yang

bertukar tempat. Pada HPF, posisi C diletakkan didepan rangkaian atau terkoneksi langsung dengan sumber masukan (V_{in}), sedangkan R terkoneksi ke *ground* dan selebihnya sama dengan LPF.

Untuk merangkai HPF +20dB dianjurkan untuk mengikuti prosedur *design* sebagai berikut:

- Tentukan terlebih dahulu frekuensi *cutoff* (f_c) yang diinginkan
- Tentukan nilai C dengan memilih di antara 1nF dan 100 nF
- Harga R dihitung dari persamaan:

$$R = \frac{1}{2.\pi.f_c.C}$$

- Pilih harga $R_F = R$

B. Tujuan

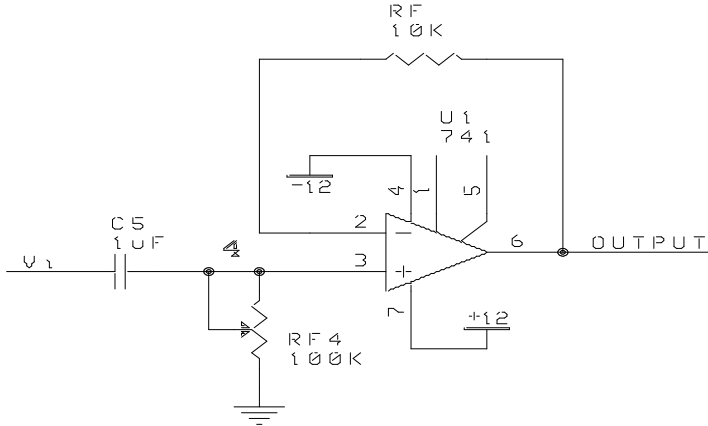
1. Mengerti konsep dan cara kerja HPF +20 dB
2. Bisa memecahkan masalah mengenai HPF +20 dB

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

1. Osiloskop : 1 buah
2. Modul A2 : 1 buah

- 3. AVO meter : 1 buah
- 4. Function Generator : 1 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 15.2 HPF +20dB

E. Prosedur Percobaan

1. Modul dalam kondisi mati, atur $R_{F4} = 50 \text{ k}\Omega$
2. Aktifkan catu daya modul dengan menekan sakelar *power* pada modul
3. Hubungkan Function Generator (FG) ke V_1 dan atur bentuk gelombang keluaran dari FG sinusoidal dengan amplitudo $2V_{p-p}$ dan frekuensi 1000Hz

4. Probe osiloskop *channel* 1 dipasang di bagian *input* sedangkan *channel* 2 di *output*
5. Turunkan secara perlahan-lahan frekuensi di FG sampai $V_{OUT} = 0.707 \times V_1$. Catat frekuensi tersebut!
6. Ulangi langkah di atas untuk $R_{F4} = 80 \text{ k}\Omega$

F. Kesimpulan

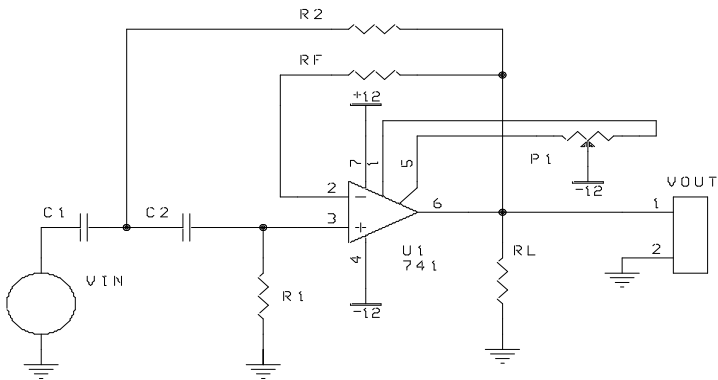
1. Apakah pengaruh R_{F4} terhadap frekuensi *cutoff*?
2. Apakah yang terjadi jika frekuensinya diturunkan terus? Jelaskan dan kaitkan dengan gambar spektrum frekuensi!

PERCOBAAN 16

HPF +40 dB

A. Pendahuluan

Pada percobaan 16 ini, kita akan mencoba karakteristik HPF +40dB yakni sebuah *filter* HPF dengan kenaikan atenuasi sebesar +40dB/dec. Rangkaian HPF +40dB dapat dilihat pada gambar 16.1, dimana ada penambahan 2 buah (C_1 dan R_2) dari HPF +20dB.



Gambar 16.1 Op Amp sebagai HPF +40dB

Untuk merangkai HPF +40dB silahkan ikuti prosedur *design* berikut:

- Tentukan terlebih dahulu frekuensi *cutoff* (f_c) yang diinginkan
- Pilih nilai *capacitor* $C_1 = C_2 = C$ diantara 1nF dan 100 nF
- Nilai R_1 dihitung dari persamaan:

$$R_1 = \frac{1.414}{2.\pi.f_c.C}$$

- Selanjutnya nilai resistansi $R_2 = 0.5 R_1$
- Resistansi $R_F = R_1$

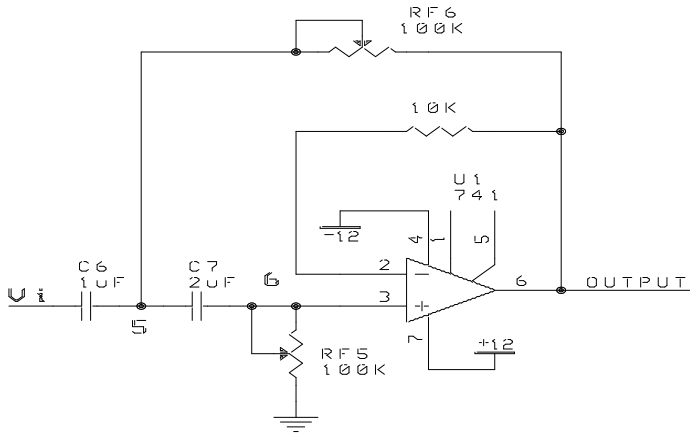
B. Tujuan

1. Mengerti konsep dan cara kerja HPF +40dB
2. Bisa memecahkan masalah mengenai HPF +40dB

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

- | | |
|-----------------------|----------|
| 1. Osiloskop | : 1 buah |
| 2. Modul 2 | : 1 buah |
| 3. AVO meter | : 1 buah |
| 4. Function Generator | : 1 buah |

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 17.2 HPF 40 dB

E. Prosedur Percobaan

1. Catu daya modul dalam kondisi mati, atur $R_{F6} = 50 \text{ k}\Omega$ dan $R_{F5} = 100 \text{ k}\Omega$
2. Aktifkan catu daya modul dengan menekan saklar *power*
3. Hubungkan Function Generator(FG) ke bagian V_i dan atur bentuk gelombang keluaran sinusoidal dengan amplitudo $2V_{p-p}$ dengan frekuensi 1000Hz

4. Probe osiloskop *channel* 1 dipasang di bagian *input* sedangkan *channel* 2 di *output*. Jaga agar *input*
5. Turunkan secara perlahan-lahan frekuensi *input* pada FG sampai $V_{OUT} = 0.707 \times V_i$. Catat frekuensi tersebut!
6. Ulangi langkah di atas untuk $R_{F6} = 40 \text{ k}\Omega$ dan $R_{F5} = 80 \text{ k}\Omega$

F. Analisa

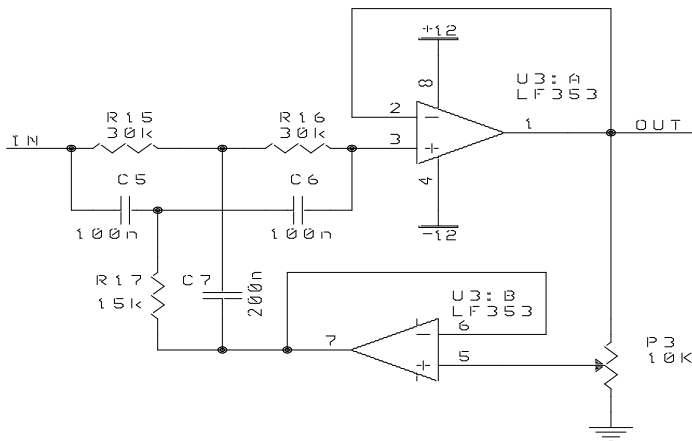
1. Apakah pengaruh R_{F5} dan R_{F6} terhadap frekuensi *cutoff*nya?
2. Apakah yang terjadi jika frekuensinya diturunkan terus?

PERCOBAAN 17

NOTCH FILTER

A. Pendahuluan

Notch filter adalah salah satu jenis filter yang banyak digunakan dalam berbagai perangkat elektronika. Fungsinya adalah untuk menahan sinyal dengan frekuensi (f_c) tertentu sembari melewatkan sinyal dengan frekuensi lainnya. *Notch Filter* merupakan bagian dari *Band Reject Filter*, namun secara khusus hanya memiliki 1 buah f_c saja. Rangkaian *Notch Filter* yang digunakan adalah tampak pada gambar 17.1 berikut.



Gambar 17.1 *Notch Filter*

Untuk merangkai *notch filter* silahkan ikuti prosedur *design* berikut:

- Pilih R_{15} dan $R_{16} = R$
- Pilih $R_{17} = 0.5 R$
- Pilih $C_5 = C_6 = C$ dimana C diperoleh dari

$$C = \frac{1}{4\pi f 10^6} pF$$

- Pilih $C_7 = 2 C$

Tentukan

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{C_5 + C_6}{C_5 C_6 C_7 R_{15} R_{160}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

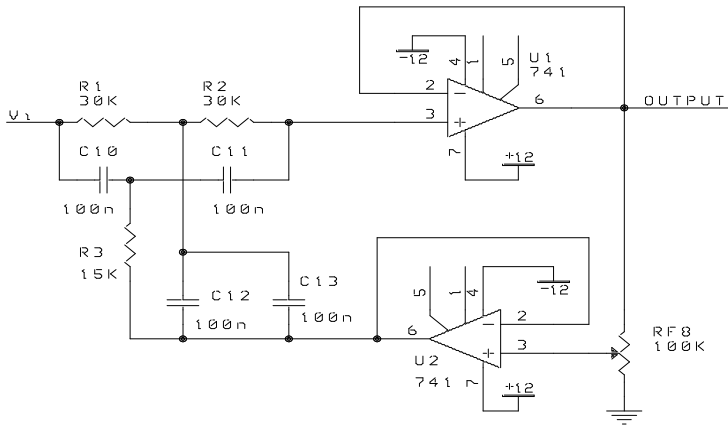
B. Tujuan

1. Mengerti konsep dan cara kerja *Notch filter*
2. Bisa memecahkan masalah mengenai *Notch filter*

C. Komponen dan Peralatan yang Digunakan

1. Osiloskop : 1 buah
2. Modul A2.3 : 1 buah
3. AVO meter : 1 buah
4. Function Generator : 1 buah

D. Rangkaian Percobaan



Gambar 17.2 Notch filter

E. Prosedur Percobaan

1. Catu daya modul dalam kondisi mati, atur $R_{F8} = 100 \text{ k}\Omega$ di posisi paling kiri
2. Hidupkan catu daya modul dengan mengaktifkan saklar *power* pada modul
3. Hubungkan Function Generator (FG) ke bagian *input* (V_i) dan atur bentuk gelombangnya sinusoidal dengan amplitudo $2V_{p-p}$ dengan frekuensi 1Hz
4. Probe osiloskop *channel* 1 dipasang di bagian *input* sedangkan *channel* 2 di *output*

5. Naikkan secara perlahan frekuensi *input* (FG) sampai $V_{OUT} = 0.707 \times V_i$. Catat frekuensi tersebut!
(Ada 2 titik frekuensi *cutoff* nya)
6. Ubah frekuensi pada FG menjadi 1000Hz
7. Turunkan secara perlahan frekuensi *input* (FG) sampai $V_{OUT} = 0.707 \times V_i$. Catat frekuensi tersebut!
(Ada 2 titik frekuensi *cutoff* nya)
8. Ulangi langkah di atas untuk R_{F8} di posisi tengah dan paling kanan

F. Analisa

1. Apakah pengaruh R_{F8} terhadap frekuensi *cutoff*-nya?
2. Posisi R_{F8} manakah yang menunjukkan V_{OUT} yang paling kecil?

Bab 6 Penutup

Kesimpulan

Dari uraian materi yang disampaikan pada buku ini tentang penguat operasi, maka dapat disimpulkan bahwa Op Amp memiliki empat fungsi utama yaitu sebagai penguat, pembanding, pembangkit sinyal, dan penyaring. Dalam implementasinya, rangkaian yang dibangun hanya menggunakan chip IC 741 sebagai Op Amp dan ditambah dengan beberapa komponen pasif (R dan C) dengan sinyal masukan yang digunakan bersifat variatif baik itu DC, AC, atau kombinasi keduanya. Dari fungsi utama Op Amp tadi, telah kita lihat bersama bahwa rangkaian Op Amp dapat dikembangkan untuk menghasilkan fungsi baru. Sebagai contoh, pada rangkaian *Adder* dapat digunakan sebagai *clamper* ketika *input* yang diberikan adalah sinyal AC dan dengan pengatur tegangan *offset* nya adalah tegangan DC. Selain itu, pada rangkaian pembanding dapat dihasilkan kegunaan baru yakni sebagai rangkaian *crossing detector* dan pembangkit sinyal PWM yang sangat bermanfaat dalam aplikasi elektronika seperti untuk rangkaian pengkondisi sinyal dan pengaturan kecepatan motor DC. Dari sebuah rangkaian pembanding histeresis, kita bisa mengetahui bahwa rangkaian ini mampu mereduksi *noise* untuk munculnya *bouncing* pada tegangan keluaran dengan pengaturan yang sangat sederhana. Terlebih lagi, rangkaian *multivibrator* dapat dibangun dengan konsep

yang sangat simpel tanpa memerlukan rangkaian osilator khusus atau komponen *crystal*, yakni hanya menggunakan Op Amp dan kombinasi R dan C saja serta tanpa memerlukan tambahan *input* eksternal. Terakhir, rangkaian *filter* aktif dapat dibangun berbasis rangkaian *filter* pasif dengan prosedur desain yang lebih praktis dan efektif. Demikian kesimpulan secara umum yang dapat ditarik dari serangkaian praktik penguat operasi Op Amp. Semoga bermanfaat dan membantu dalam memahami penguat operasi.

Saran

Buku ini disadari masih banyak kekurangan baik dari segi isi maupun sistematis penyajiannya. Disamping itu, materi yang berkaitan dengan rangkaian elektronika dan teknologi yang berkaitan saat ini terus berkembang. Untuk itu, segala masukan dan saran dari pembaca sangat dibutuhkan untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar bisa menjawab kebutuhan pembelajaran di rumpun Teknik Elektronika.

REFERENSI

- [1] Coughlin, R.F., & Driscoll, F.F. (2001). *Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits (6th ed.)*. Upper Saddle River: Prentice Hall
- [2] Malvino, A.P. & Barmawi-Tjia. (1985). *Aproksimasi Rangkaian Semikonduktor: Pengantar Transistor dan Rangkaian Terpadu (Edisi Keempat)*. Penerbit Erlangga
- [3] Robert T. Paynter. (1997). *Introductory Electronic Devices and Circuits 4th Edition*. Prentice-Hall International Inc.
- [4] Texas Instruments, LM741 Operational Amplifier. (2015), diakses pada 17 Oktober 2018, Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm741.pdf>

GLOSSARY

| | |
|--------------------------|--|
| <i>Amplifier</i> | Penguat atau rangkaian elektronika yang dipakai untuk menguatkan sinyal masukan (tegangan dan/atau daya) |
| <i>Bouncing</i> | Suatu kondisi pada sinyal yang munculnya dalam keadaan tidak tenang atau bergetar membentuk pulsa segiempat tidak beraturan |
| <i>Clamper</i> | Penggeser sinyal, yaitu suatu rangkaian yang dipakai untuk menggeser sinyal (sumbu vertikal positif atau negatif) tetapi tidak mengubah amplitudo dan frekuensi dari sinyal tersebut |
| <i>Comparator</i> | Pembanding, yaitu sebuah rangkaian elektronika yang dipakai untuk membanding antara sinyal masukan <i>inverting</i> dan <i>non inverting</i> |
| <i>Crossing Detector</i> | Rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mendeteksi |

| | |
|---------------------------|---|
| | perpotongan antara sinyal masukan dan sinyal referensi |
| <i>Cutoff Frequency</i> | Nilai frekuensi dimana sinyal mulai mengalami atenuasi atau sebaliknya pada rangkaian filter |
| <i>Datasheet</i> | Informasi detil dan resmi tentang suatu komponen yang dikeluarkan oleh produsen pembuat komponen tersebut |
| <i>Duty Cycle</i> | Persentase panjangnya pulsa high (T_{ON}) dalam suatu periode sinyal |
| <i>Feedback</i> | Umpan balik, yaitu dikembalikannya sebagian sinyal luaran ke bagian masukan |
| <i>Filter</i> | Penyaring, yaitu rangkaian elektronika yang digunakan untuk melewatkan suatu sinyal pada frekuensi tertentu dan bersamaan menahan sinyal di luar frekuensi tersebut |
| <i>Function Generator</i> | Alat yang berfungsi untuk mengeluarkan sinyal dengan berbagai fungsi seperti sinusoidal, segitiga, dan segiempat |

| | |
|------------------------------|---|
| <i>Gain</i> | Penguatan (A), yakni rasio antara sinyal <i>output</i> dan sinyal <i>input</i> |
| <i>Inverting</i> | Membalik, atau suatu rangkaian elektronika yang dipakai untuk membalik sinyal |
| <i>Multivibrator</i> | Rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menghasilkan sinyal dengan bentuk gelombang, amplitudo dan frekuensi tertentu |
| <i>Noise</i> | Sinyal gangguan yang menyertai sinyal masukan |
| <i>Non Inverting</i> | Tak membalik, atau suatu rangkaian elektronika yang dipakai untuk menghasilkan sinyal luran tanpa membalik |
| <i>Offset Null</i> | Pengaturan terhadap arus internal di dalam IC untuk memaksa tegangan <i>output</i> menjadi nol ketika <i>input</i> bernilai nol |
| Operasi (<i>Operation</i>) | Identik kepada operasi matematika di dalam Op Amp |
| <i>Operational Amplifier</i> | Penguat operasi yakni rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menguatkan sinyal dan juga dapat |

| | |
|--------------------------------------|--|
| | melakukan berbagai operasi |
| <i>Oscilloscope</i> | Alat/instrumentasi yang dipakai untuk menampilkan sinyal |
| Penguatan Loop Terbuka (A_{OL}) | Suatu nilai penguatan yang diukur pada saat rangkaian dalam kondisi <i>loop</i> terbuka |
| Penguatan Loop Tertutup (A_{CL}) | Suatu nilai penguatan yang diukur pada saat rangkaian dalam kondisi <i>loop</i> tertutup |
| <i>Pulze Width Modulation</i> | Modulasi lebar pulsa atau pengaturan <i>duty cycle</i> |
| <i>Resistor Feedback</i> (R_F) | Komponen (resistor) yang dipasang di antara terminal keluaran dengan terminal masukan |
| Saturasi | Kondisi jenuh atau batas maksimal sinyal/tegangan yang dapat dikeluarkan |
| <i>Signal Generator</i> | Rangkaian elektronika yang dipakai untuk membangkitkan sinyal (<i>multivibrator</i>) |
| <i>Single Ended</i> | Suatu teknik pemberian masukan pada dua sisi, dimana salah |

satunya terhubung ke *ground*.

Subtractor

Rangkaian elektronika (Op Amp) yang berfungsi sebagai pengurang

Threshold

Nilai ambang batas atau sering dianggap sebagai titik referensi

Buku ajar Rangkaian Elektronika (praktikum) ini merupakan pedoman atau panduan dalam melaksanakan pembelajaran mata kuliah praktik Rangkaian Elektronika. Secara khusus topik yang dikupas pada buku ini adalah mengenai penguat operasi (Op Amp) dengan materi praktik yang disusun secara terstruktur dan berdasarkan urutan fungsi utama Op Amp itu sendiri.

Materi yang disajikan pada buku ajar ini meliputi teknik dasar penggunaan Op Amp sebagai penguat baik itu yang *inverting* ataupun yang *non inverting*. Beberapa operasi matematika pun dibahas seperti penguat penjumlahan yang didalamnya tidak hanya untuk penjumlahan sinyal masukan saja, tetapi juga menunjukkan fungsi baru Op Amp sebagai *clamper*. Selain itu, operasi lainnya seperti pengurang atau *subtractor* dengan tipe 1 atau tipe 2 dijelaskan secara teknik untuk keperluan merangkai dan menganalisisnya sehingga dapat dipahami perbedaan dan kegunaan dari rangkaian ini. Teknik komparasi atau pembandingan baik secara ideal ataupun menggunakan histeresis turut dibahas dengan menggunakan berbagai mode atau bentuk sinyal masukan sehingga bisa kelihatan dengan jelas perbedaan antara keduanya serta dapat memahami bagaimana proses *Pulze Width Modulation* (PWM) itu terbentuk melalui sebuah rangkaian Op Amp. Tidak hanya itu, proses peredaman *noise* menggunakan histeresis memberikan penjelasan yang lebih mudah kepada pembaca baik analisis teori maupun praktiknya.

Fungsi Op Amp sebagai *signal generator* pada buku ini dikupas dalam materi *multivibrator* dengan beberapa jenis rangkaian disertai penjelasan teoritis dan praktiknya. *Filters* yang merupakan fungsi utama dari Op Amp juga disajikan secara komprehensif dimulai dari analisis teori, desain rangkaian dan ujicoba secara praktik yang meliputi LPF, HPF dan *Notch Filter*.

Semoga dengan adanya buku ajar ini dapat dijadikan referensi atau pegangan belajar Rangkaian Elektronika khususnya mengenai penguat operasi.

