

MODUL I

DIODA, TRANSISTOR DAN OP-AMP

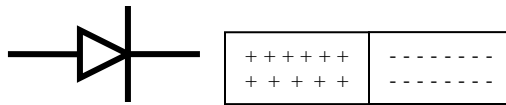
A. TUJUAN

1. Memahami karakteristik Dioda dan Transistor beserta fungsi-fungsinya.
2. Memahami rangkaian BJT sebagai penguat dan saklar.
3. Memahami karakteristik OP-Amp beserta fungsi-fungsinya.

B. DASAR TEORI

1. Dioda

Dioda merupakan singkatan dari (*di*) yang berarti dua dan (*ode*) yang berarti *electrode*. Struktur dioda adalah sambungan semikonduktor P (doping unsur golongan III) dan N (doping unsur golongan V).



Gambar 2.1 Simbol dan struktur dioda

1.1 Karakteristik Dioda

Karakteristik *Volt-Ampere* Dioda adalah komponen nonlinier yaitu arus yang melewatinya tidak proposional terhadap tegangannya.

$$I = I_0 \left(\exp \left\{ \frac{eV}{kT} \right\} - 1 \right)$$

dengan:

I = arus melalui dioda (mA)

I_0 = arus jenuh dioda

e = muatan elektron (1.6×10^{-19} C)

V = tegangan yang diterapkan (V)

T = suhu (K)

K = konstanta *Boltzman* (1.3×10^{-23} J/ K).

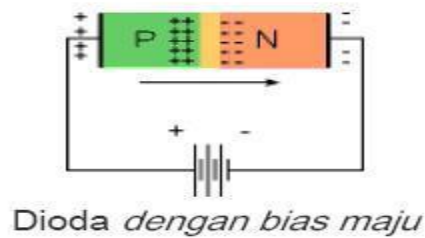
Potensial Barrier, oleh karena tiap dipole mempunyai medan listrik maka jika elektron memasuki lapisan pengosong, medan mencoba mendorong elektron kembali ke dalam daerah n. Adanya medan diantara ion adalah ekivalen dengan

perbedaan potensial yang disebut *potensial barrier* kira-kira 0,3 V untuk dioda Germanium dan 0,7 V untuk dioda Silicon.

Breakdown Region, jika tegangan balik dioda penyearah dinaikkan terus maka akan mencapai daerah patahnya (*breakdown*).

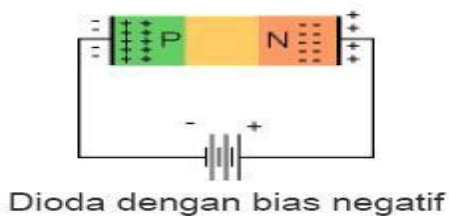
1.2 Cara Kerja Dioda

1.2.1 Forward bias.



Gambar di atas merupakan gambar karakteristik dioda pada saat diberi bias maju. Lapisan yang melintang antara sisi P dan sisi N diatas disebut sebagai lapisan deplesi (depletion layer), pada lapisan ini terjadi proses keseimbangan hole dan electron. Secara sederhana cara kerja dioda pada saat diberi bias maju adalah sebagai berikut, pada saat dioda diberi bias maju, maka electron akan bergerak dari terminal negative batere menuju terminal positif batere (berkebalikan dengan arah arus listrik). Elektron yang mencapai bagian katoda (sisi N dioda) akan membuat electron yang ada pada katoda akan bergerak menuju anoda dan membuat depletion layer akan terisi penuh oleh electron, sehingga pada kondisi ini dioda bekerja bagai kawat yang tersambung.

1.2.2 Reverse bias.



Pada bias mundur electron akan bergerak dari terminal negative batere menuju anoda dari dioda (sisi P). Pada kondisi ini potensial positif yang terhubung dengan katoda akan membuat electron pada katoda tertarik menjauhi depletion layer, sehingga akan terjadi pengosongan pada depletion layer dan membuat kedua sisi terpisah. Pada

bias mundur ini dioda bekerja bagaikan kawat yang terputus dan membuat tegangan yang jatuh pada dioda akan sama dengan tegangan supply.

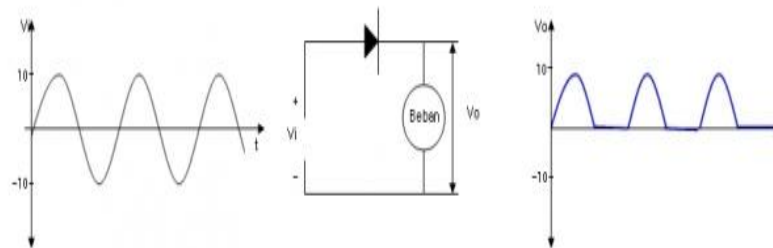
1.3 Fungsi Dioda

1.3.1 Dioda sebagai *Rectifier*

Dioda difungsikan sebagai penyearah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Penyearah tegangan ini ada 2 macam, yaitu :

- Penyearah setengah gelombang (*half-wave rectifier*)

Dioda menyearahkan tegangan AC yang berbentuk gelombang menjadi tegangan DC hanya siklus positif tegangan AC saja. Sedangkan pada saat siklus negatifnya dioda mengalami panjar balik (*reverse bias*) sehingga tegangan beban menjadi nol. Skema rangkaian *half-wave rectifier* terdapat pada Gambar 2.2 berikut

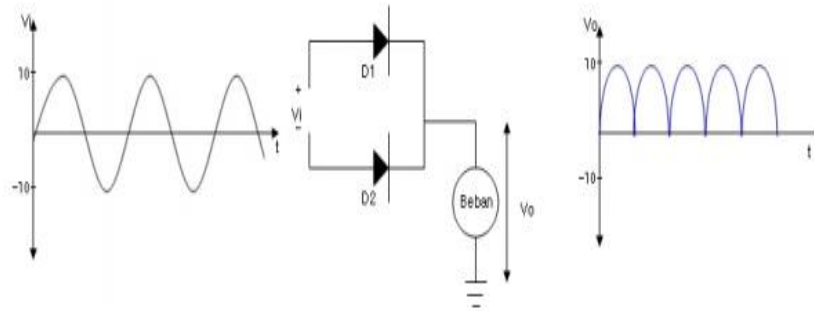


Gambar 2.2. Skema rangkaian *half-wave rectifier*.

- Penyearah gelombang penuh (*full-wave rectifier*)

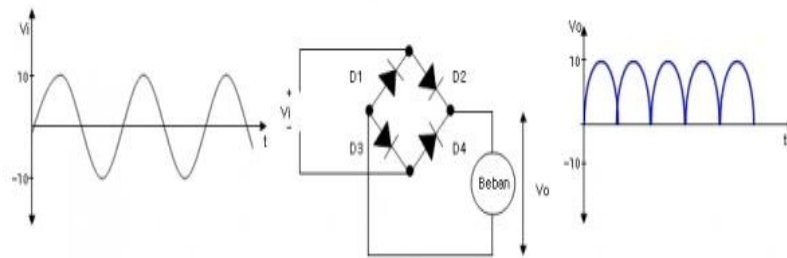
Dioda digunakan sebagai penyearah gelombang penuh, dalam artian dioda akan bekerja secara bergantian menyearahkan tegangan AC pada saat siklus positif dan negatif. Rangkaian penyearah gelombang penuh ada 2 macam, yaitu penyearah gelombang penuh menggunakan 2 dioda dan penyearah gelombang penuh dengan jembatan dioda (*dioda bridge*).

Penyearah gelombang penuh menggunakan 2 dioda hanya bisa digunakan pada transformator CT. Karena pada bagian sekunder trafo CT terdapat 2 sinyal output yang terjadi secara bersamaan, mempunyai amplitudo yang sama namun berlawanan fasa.



Gambar 2.3. Penyearah gelombang penuh menggunakan 2 dioda.

Penyearah gelombang penuh dengan jembatan dioda (*dioda bridge*) ada 2 dioda saja yang menghantarkan arus untuk setiap siklus tegangan sedangkan 2 dioda lainnya bersifat sebagai *isolator* pada saat siklus yang sama. Untuk memahami cara kerja dioda *bridge*, perhatikanlah Gambar 2.4 berikut

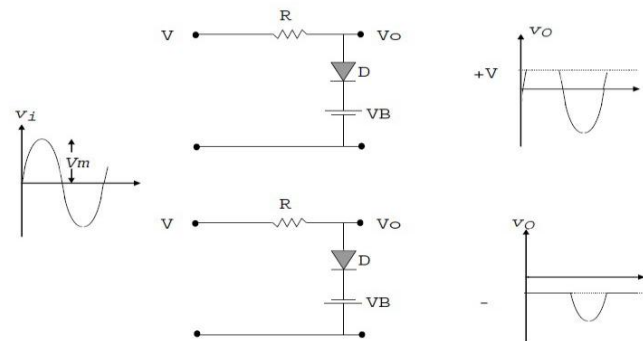


Gambar 2.4. Penyearah gelombang penuh dengan jembatan dioda (*dioda bridge*).

Saat siklus positif, arus mengalir melalui dioda D2 menuju beban dan kembali melalui dioda D3. Pada saat yang bersamaan pula, dioda D1 dan D4 mengalami panjar balik (*reverse bias*) sehingga tidak ada arus yg mengalir atau kedua dioda tersebut bersifat sebagai isolator. Sedangkan pada saat siklus negatif, arus mengalir melalui dioda D4 menuju beban dan kembali melalui dioda D1. Karena dioda D2 dan D3 mengalami panjar balik (*reverse bias*) maka arus tidak dapat mengalir pada kedua dioda ini. Kedua hal ini terjadi berulang secara terus menerus hingga didapatkan tegangan beban yang berbentuk gelombang penuh yang sudah disearahkan (tegangan DC).

1.3.2 Dioda sebagai *Clipper*

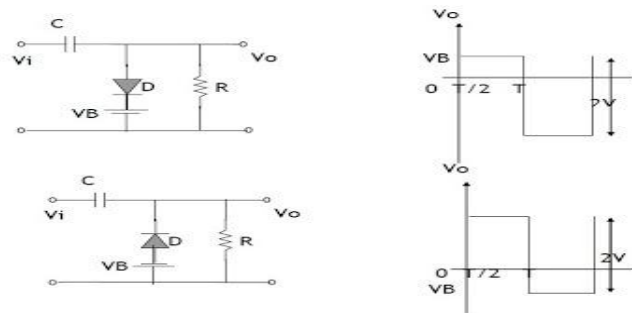
Pada Gambar 2.5 menunjukkan clipper positif yaitu rangkaian yang membuang bagian positif dari sinyal. Selama $\frac{1}{2}$ periode positif tegangan input, dioda sebagai saklar tertutup. Tegangan pada hubung singkat sama dengan nol sehingga tegangan output sama dengan nol (semua tegangan jatuh pada R). Selama $\frac{1}{2}$ periode negative dioda terbias reverse dan kelihatan sebagai saklar terbuka. Karena R_L jauh lebih besar dari pada R, maka hampir seluruh muncul pada R_L .



Gambar 2.5 Rangkaian dioda sebagai clipper

1.3.3 Dioda sebagai Clamper

Dioda bekerja sebagai penggeser (*vertical*) dari bentuk sinyal yang masuk dengan besar geseran sesuai dengan operasinya tetapi bentuk sinyal asli tetap dipertahankan.



Gambar 2.6 Rangkaian dioda sebagai clamper

Jenis-jenis dioda:

- Dioda penyearah (rectifier)
- Dioda zener
- Dioda cahaya (photodiode)
- Light Emmiting Diode (LED)

- Dioda Varvactor

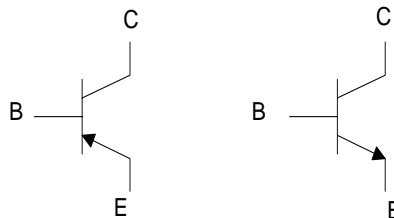
2. Transistor

Transistor dibagi menjadi dua yaitu BJT (*Bipolar Junction Transistor*) dan FET (*Field Effect Transistor*).

3.1 Bipolar Junction Transistor (BJT).

BJT merupakan seserpihan kristal berelemen tiga yang dibentuk dari dua sambungan. Ketiga daerah transistor itu memiliki ciri yang berbeda, ketiga daerah itu adalah emitter, kolektor, dan basis. Emitor (E) mengandung ketidakmurnian sangat tinggi. Tugasnya menginjeksikan elektron kedalam basis. Sedangkan basis (B) merupakan daerah yang mengandung ketidakmurnian sangat rendah dan merupakan bagian yang sangat tipis, tugasnya meneruskan sebagian besar dari elektron suntikan emitter tersebut ke kolektor (C). Tingkat ketidakmurnian kolektor terletak antara kadar ketidakmurnian emitter dengan basis. Kolektor merupakan bagian terbesar dari ketiga bagian tersebut.

BJT menurut sambungannya dibedakan menjadi dua yaitu tipe pnp dan tipe npn. Dibawah ini adalah symbol dari kedua tipe transistor tersebut.



Gambar 2.5 Transistor PNP dan NPN

Ragam operasi BJT yang menghasilkan sebuah sumber yang dikontrol dinamakan daerah aktif. Tegangan melalui sambungan dalam daerah aktif akan menghasilkan bias maju untuk sambungan basis-emiter dan menghasilkan bias balik untuk sambungan basis-kolektor. Aksi sumber yang dikontrol dihasilkan dari kontrol arus kolektor oleh tegangan sambungan basis-emiter. Karena bias emitter maju, maka emitter menyuntikan sejumlah besar pengangkut kedalam daerah basis. Kebanyakan pengangkut ini berdifusi melalui basis dan mencapai sambungan basis-kolektor dimana basis bias balik pada sambungan ini menyapu pengangkut kedalam kolektor. Karena penggabungan kembali dalam daerah

basis dipertahankan minimum, maka arus kolektor dan arus emitter hampir sama besarnya. Perbedaan diantara arus emitter dan arus kolektor adalah disebabkan oleh arus basis yang menyatakan pengangkut yang hilang karena penggabungan kembali. Sambungan basis-emiter berperilaku seperti dalam dioda sambungan. Suatu perubahan tingkat bias maju pada sambungan emitter akan menghasilkan suatu perubahan arus emitter. Sebagai konsekuensinya, maka arus kolektor jika berubah sebanyak sejumlah yang sama yang menunjukkan kontrol yang dikerahkan oleh tegangan basis-emiter.

Parameter DC merupakan hubungan antara arus kolektor (I_C) dan arus emitter (I_E)

$$\alpha_{DC} = I_C / I_E$$

Besaran DC, merupakan perbandingan antara arus kolektor (I_C) dengan arus basis (I_B).

$$\beta_{DC} = I_C / I_B$$

Dalam daerah operasi aktif :

$$I_C = \beta_{DC} \times I_B$$

Arus kolektor menimbulkan penurunan tegangan sebesar $I_C \times R_C$. Tegangan kolektor menjadi :

$$V_{CE} = V_{CC} - (I_C \times R_C)$$

Karakteristik DC

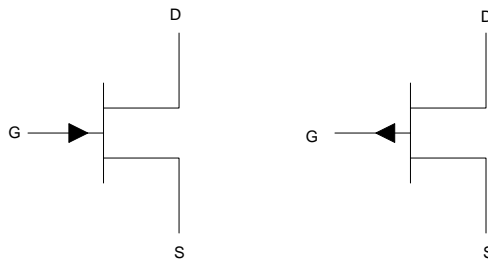
Pada dasarnya ada 2 jenis karakteristik yang penting untuk transistor, yaitu karakteristik output (I_C dan V_{CE}) dan karakteristik input (I_B dan V_{BE}). Dengan mengetahui harga-harga I_B - V_{BE} dan I_C - V_{CE} , kita dapat membuat grafik I_C - V_{CE} dan I_B - V_{BE} . Maka kita dapat melihat karakteristik hubungan antara arus tegangan pada BJT.

3.2 Field Effect Transistor (FET)

Sebuah alat/komponen yang penting digunakan untuk menyediakan sifat sifat rangkaian dari sebuah sumber yang dikontrol adalah transistor efek medan

sambungan (Junction Field Effect Transistor), yang biasa disebut FET atau JFET. JFET adalah sebuah alat berterminal tiga yang terdiri dari sebuah sambungan tunggal yang dibenamkan dalam sebuah bahan contoh semikonduktor. Karena semikonduktor basis yang membentuk saluran adalah bahan jenis n, maka JFET disebut sebagai sebuah alat bersaluran n. Bila saluran tersebut dibentuk dari sebuah semikonduktor jenis p, maka alat tersebut disebut sebagai sebuah JFET bersaluran p. Dalam kedua macam transistor efek medan tersebut, maka elemen-elemennya dinamakan sumber (source), penyalur (drain), dan gerbang (gate). Fungsinya adalah analog dengan pemancar, pengumpul, dan basis dalam transistor sambungan. Jadi, gerbang menyediakan cara untuk mengontrol aliran muatan diantara sumber dan penyalur.

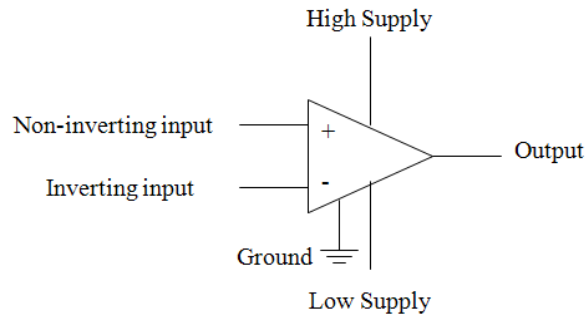
Cara kerja FET adalah sebagai berikut: elektron dari N channel akan bergerak menuju ke kutub positif baterai sedangkan elektron dari kutub negative akan ditarik oleh N_channel, sehingga akan terjadi aliran arus yang dipengaruhi oleh tegangan V_{dd} . Untuk lebih efektif pengaliran arus ini, maka antar Gate dan Source ditambah tegangan reverse bias.



Gambar 2.6 Simbol FET

4. Operational amplifier (op-amp)

Penguat operasional (op-amp) merupakan rangkaian terpadu (IC = Integrated Circuit) serbaguna yang umum dipakai untuk melakukan operasi matematika linier (tegangan dan arus), integrasi, dan penguatan.



Gambar 2.1 Simbol Op-Amp

Beberapa karakteristik op-amp yang penting diantaranya :

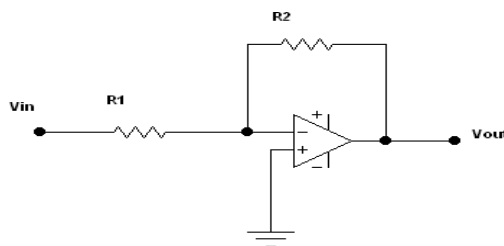
- Impedansi masukan sangat besar, sehingga arus masukan dapat dianggap tidak ada (tidak membebani rangkaian input).
- Penguat loop terbuka sangat tinggi (orde 10^5)
- Impedansi keluaran sangat rendah, sehingga keluaran penguat hampir tidak terpengaruh oleh pembebanan.

Karakteristik	Ideal	Real
Penguatan nyata loop terbuka	Tak hingga	$> 10^5$
Impedansi masukan	Tak hingga	$> 10 \text{ M ohm}$
Common-Mode Rejection Ratio	Tak hingga	$> 70 \text{ dB}$
Impedansi Keluaran	Nol	$< 500 \text{ ohm}$
Tegangan Offset	Nol	$< 10 \text{ mV}$
Arus Bias	Nol	$< 10 \text{ nA}$

Tabel 2.1 Perbandingan karakteristik op-amp IDEAL dan REAL

3.1 Inverting Amplifier

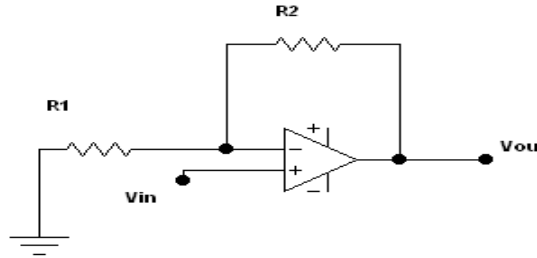
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$



Gambar2.7 rangkaian penguat Inverting

3.2 Noninverting Amplifier

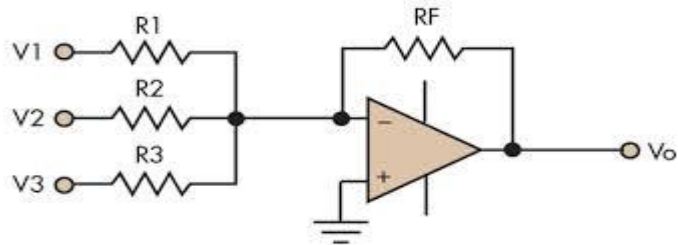
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$



Gambar 2.8 rangkaian penguat NonInverting

3.3 Summer

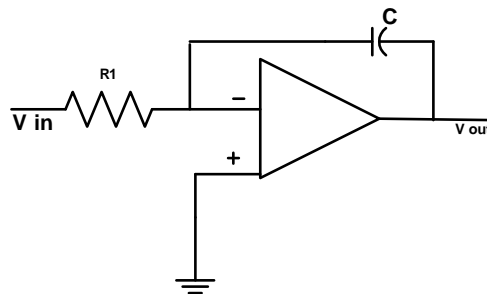
$$V_{out} = - \left[V_1 \frac{R_f}{R_1} + V_2 \frac{R_f}{R_2} + V_3 \frac{R_f}{R_3} \right]$$



Gambar 2.9 Rangkaian summer

Untuk memperoleh harga dari V_{out} yang kita inginkan maka tinggal merubah dari harga masing-masing R . Jika $R_1 = R_2 = R_3 = R_f$ maka outputnya adalah penjumlahan dari V_1 , V_2 dan V_3 secara inverting. Untuk op-amp noninverting adalah sesuai dengan karakteristiknya.

3.4 Integrator



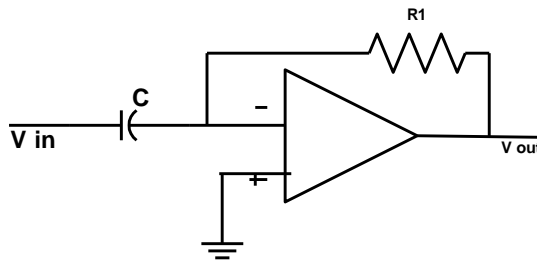
Gambar 2.10 Rangkaian integrator

$$V_{out} = -\frac{1}{RC} \int V_{in} dt$$

Dalam persamaan yang diperoleh menunjukkan bahwa V_{out} tergantung dari factor $-1/RC$ (yang menunjukkan slope dari sinyal outputnya). Tanda (-) menunjukkan bahwa keluarannya adalah berbeda fase 180° . Dan yang mempengaruhi nilai V_{out} mencapai nilai saturasi adalah komponen kapasitor.

Dalam aplikasinya rangkaian Integrator sering dipakai untuk Low pass Filter, karena memberikan respon yang baik terhadap frekwensi rendah.

3.5 Differensiator



Gambar 2.10 Rangkaian diferensiator

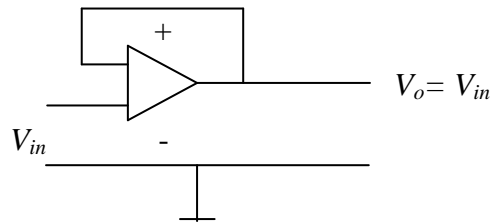
Dari persamaan diketahui arus masukan yang melalui kapasitor sebanding dengan perubahan tegangan input sehingga tegangan keluarannya didapatkan :

$$V_{out}(t) = -RC \frac{dV_{in}(t)}{dt}$$

3.6 Buffer

Dalam pembahasan ini terdiri dari 2 jenis buffer yaitu Voltage Follower (penguat tegangan) dan Current Follower (penguat arus).

3.6.1 Voltage-Follower



Gambar 2.11 Rangkaian voltage follower

3.6.2 Current Follower

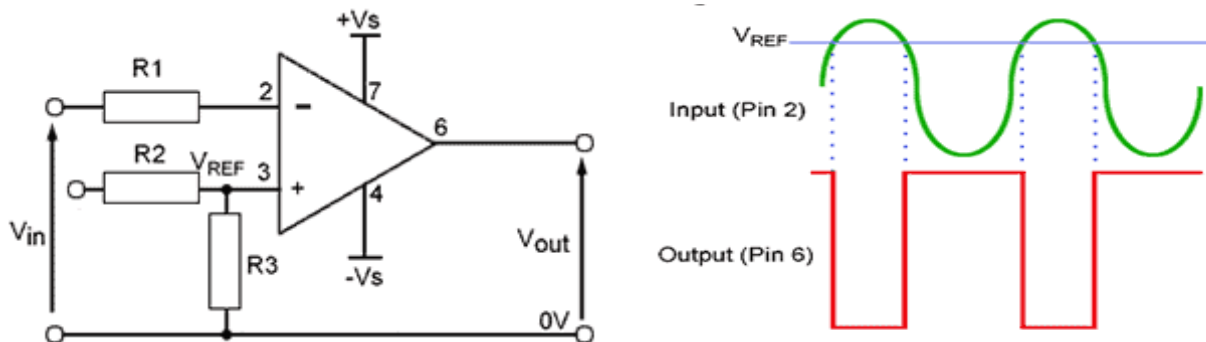
Sama halnya dengan Voltage follower, rangkaian ini mempunyai gain hanya satu. Dan merupakan kebalikan dari rangkaian Voltage Follower yaitu yang tetap adalah arusnya, sedangkan tegangannya adalah tegangan daripada op-amp.

3.7 Comparator

Prinsip kerja dari komparator adalah sebagai pembanding antara dua inputan dengan salah satu inputan dipakai sebagai acuan /referensi.

Apabila tegangan inputan lebih besar dari tegangan referensi (misal tegangan referensi di terminal inverting), maka nilai output op-amp akan menjadi High (sebesar nilai $+V_{cc}$, jika $+V_{cc} = 5V$, maka outputannya sebesar 5Volt).

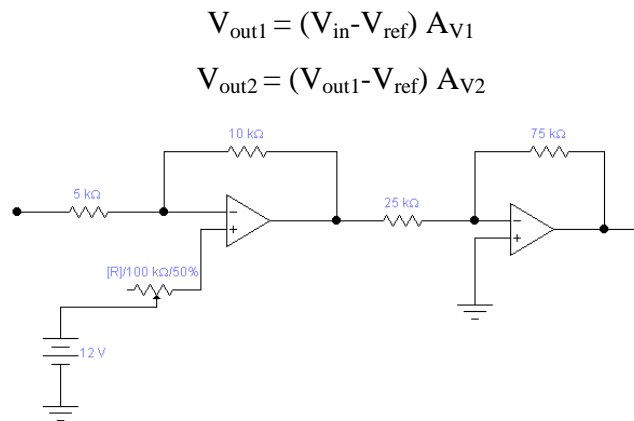
Apabila tegangan inputan lebih kecil dari tegangan referensi tadi, maka op-amp akan mengeluarkan tegangan Low ($-V_{cc}$) jika $-V_{cc} = 0V$ maka outputannya adalah nol Volt.



Gambar2.12 Op-amp sebagai Comparator.

3.8 Zero span

Rangkaian Zero-Span adalah rangkaian signal conditioning yang berfungsi untuk membuat membuat menjadi zero atau nol pada saat tegangan yang memasuki Op-Amp kecil (batas bawah sinyal) dan memaksimalkan sinyal keluaran pada saat sinyal yang memasuki Op-Amp besar (batas atas sinyal)



Gambar2.12 Rangkaian Zero Span.

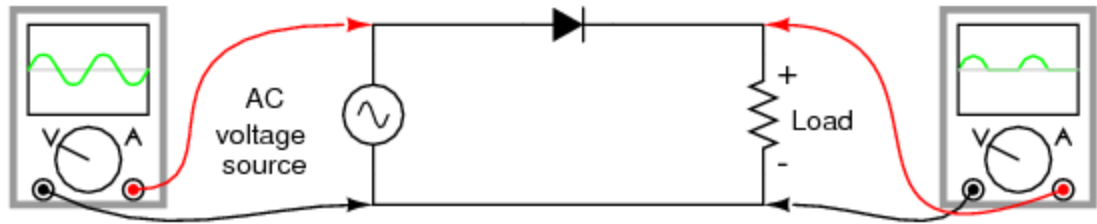
C. PERALATAN PERCOBAAN

1. Multimeter
2. Breadboard
3. Adaptor
4. Resistor dan kapasitor
5. Sinyal generator
6. Potensiometer
7. Dioda, Transistor BJT, Modul Op-Amp
8. Osiloskop

D. PROSEDUR PERCOBAAN

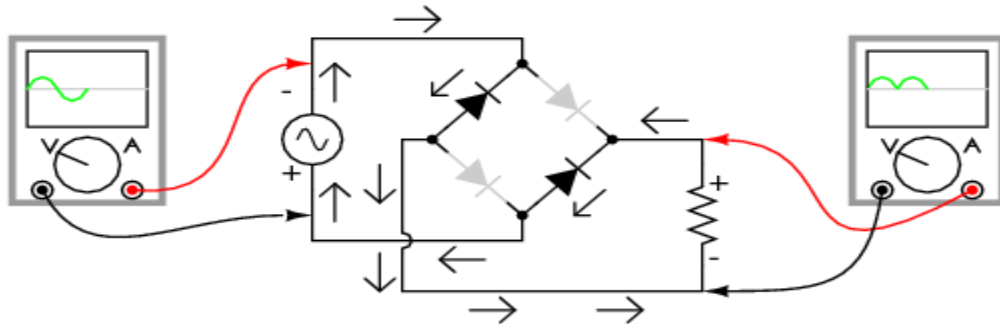
1. Dioda

1. Buat Rangkaian seperti gambar ini.
Rectifier satu dioda



a. Gambar 1

Rectifier empat dioda

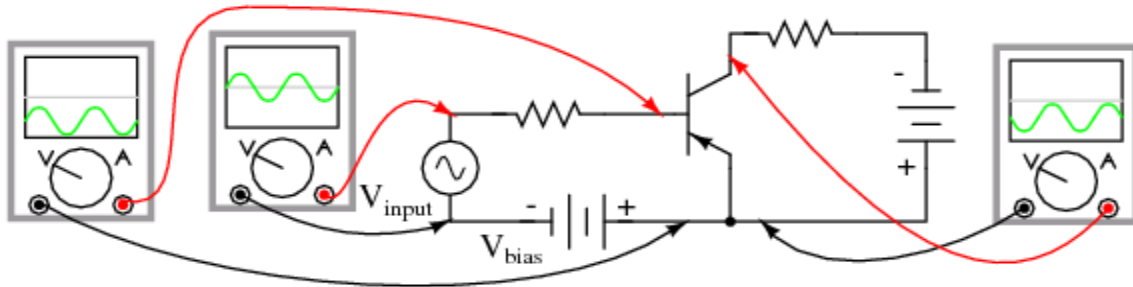


b. Gambar 2

2. Sambungkan V_i dengan Sinyal generator dan V_o dengan Osiloskop. Amati perubahan yang terjadi.
3. Amati dan dokumentasikan grafik V_o yang tampak pada layar Osiloskop.
4. Analisa perubahan yang terjadi dengan membandingkan.

2. Transistor BJT

1. Buat rangkaian seperti gambar dibawah ini
2. Set harga I_b pada harga tertentu (Usahakan tidak berubah – ubah), kemudian rubahlah harga V_{cc} (3 kali) dengan menggunakan potensiometer, ukur harga I_b , I_c , V_{ce} dan V_{cc} (yang kita ubah tadi).
3. Ulangi langkah diatas untuk harga I_b (3 kali) yang berbeda pada perubahan harga V_{cc} yang sama seperti pertama. Kemudian buatlah tabelnya.
4. Buatlah grafik antara I_c dan V_{ce} pada tiap perubahan I_b yang diset.
5. Analisis dari grafik tersebut dan tentukan titik Q_{point} .
6. Buatlah tabel dari data percobaan dengan data perhitungan dan lakukan analisa dari kedua hasil tersebut.



c. Gambar 3

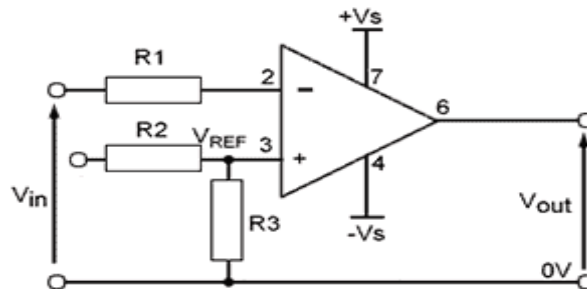
Form Percobaan BJT

Harga I_b :

No	Vcc	Ic	Vce
1			
2			
3			

3. Komparator

1. Dirangkai komponen seperti gambar 4



a. Gambar 4

2. Dimasukkan tegangan input tertentu pada kaki inverting dan non-inverting
3. Diamati dan dicatat V_{in} dan V_{out} dengan menggunakan voltmeter
4. Diulangi langkah – langkah di atas dengan nilai V_{ref} tetap dan V_{in} berubah.
5. Analisa hasil percobaan.

Form percobaan OP-Amp

V_{in}	V_{reff}	V_{out}
Dst		