

TIM DOSEN



PANDUAN PRAKTIKUM ELEKTRONIKA

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2022

KATA PENGANTAR

Atas berkat Rahmad Allah Yang Maha Kuasa, akhirnya modul praktikum Elektronika Dasar dapat diselesaikan.

Modul ini berisi petunjuk teknis pelaksanaan praktikum Elektronika Dasar. Buku ini disusun disesuaikan dengan materi perkuliahan Elektronika Dasar baik untuk Program Studi Pendidikan Fisika maupun Program Studi Fisika. Maksud dan tujuan modul ini adalah agar mahasiswa yang mengikuti perkuliahan Elektronika Dasar dapat lebih memahami materi yang telah diajarkan berdasarkan pengalamannya sendiri di laboratorium. Semoga mahasiswa yang mengikuti perkuliahan Elektronika Dasar dapat lebih mengerti akan materi elektronika yang dipelajarinya dan dapat juga mengembangkannya dalam membuat rangkaian elektronika praktis yang digunakan dalam kesehariannya.

Penulis menyadari bahwa modul ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu jika terdapat kekeliruan dalam modul ini diharapkan kritik dan sarannya dapat disampaikan pada penulis untuk diperbaiki guna mencapai kesempurnaannya.

Akhirnya penulis mengucapkan selamat berlatih kepada mahasiswa untuk memahami materi perkuliahan yang pada awalnya terasa abstrak, mungkin dengan modul ini dapat lebih nyata dalam pemahamannya.

Jakarta, Januari 2022

Penulis,

Tim Dosen Elektronika

TATA TERTIB PRAKTIKUM ELEKTRONIKA LABORATORIUM ELEKTRONIKA FMIPA UNJ

1. Praktikan harus hadir 10 menit sebelum praktikum dimulai. Bagi praktikan yang terlambat (15 menit setelah praktikum dimulai) tidak dapat mengikuti praktikum pada hari tersebut dan dinyatakan gagal (nilai NOL)
2. Praktikan harus berpakaian rapi dan menggunakan sepatu tertutup yang kering selama di laboratorium
3. Selama di laboratorium, praktikan harus bersikap tenang, tertib dan sopan
4. Tas, buku, jaket dan perlengkapan lain yang tidak diperlukan selama praktikum harus diletakkan di loker
5. Praktikan dapat mengikuti praktikum apabila telah memenuhi syarat-syarat:
 - a. membawa laporan praktikum berupa:
 - laporan pendahuluan dari percobaan yang hendak dilakukan
 - laporan akhir dari percobaan minggu sebelumnya
 - b. praktikan yang tidak memenuhi syarat a dinyatakan gagal praktikum hari tersebut dan nilainya NOL
6. Praktikan yang tidak bisa hadir dinyatakan gagal kecuali yang sakit dan dinyatakan dengan surat keterangan sakit dari dokter yang resmi, surat tersebut harus disampaikan maksimal 3 hari setelah hari praktikum
7. Pada saat praktikum akan dimulai, setiap kelompok harus mengisi daftar peminjaman alat pada lembaran bon alat dan bahan
8. Setiap kelompok harus menguji kelayakan alat yang dipinjamkan dan apabila ada kerusakan cepat dilaporkan pada pembimbing supaya diperbaiki atau diganti dengan yang lebih baik
9. Semua praktikan bertanggung jawab terhadap alat yang dipinjamkan, apabila terjadi kerusakan pada saat praktikum akibat kelalaian praktikan, menjadi tanggung jawab kelompok untuk memperbaiki atau menggantinya
10. Selesai praktikum, alat dirapikan dan dikembalikan kepada pembimbing bersamaan dengan lembaran bon peralatan
11. Praktikan boleh meninggalkan ruangan jika semua alat yang dipinjamkan sudah dikembalikan dan telah diperiksa pembimbing bahwa keadaannya baik (tidak rusak)
12. Praktikan yang kurang dari 75% mengikuti praktikum, tidak lulus matakuliah Elektronika Dasar

KETENTUAN LAPORAN

1. Laporan ditulis pada kertas A4
2. Format laporan:
 - a. Judul Praktikum
 - b. Tujuan Praktikum
 - c. Teori Dasar
 - d. Alat dan Bahan
 - e. Jawaban Tugas Pendahuluan
 - f. Data Percobaan
 - g. Pengolahan Data
 - h. Analisa data + Grafik
 - i. Menjawab tugas akhir
 - j. Pembahasan dan kesimpulan
 - k. Daftar Bacaan
3. Laporan diserahkan 1 minggu setelah hari pelaksanaan praktikum. Setiap keterlambatan 1 hari dikenakan denda minus lima (-5) dari nilai yang diberikan, kecuali praktikan yang sakit diberikan waktu tambahan maksimal 3 hari.
4. Mahasiswa yang tidak mengikuti praktikum tidak ada laporan yang diserahkan
5. Pada sampul laporan tertulis nama praktikan dan diikuti dengan nama anggota yang lainnya

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

TATA TERTIB PRAKTIKAN

DAFTAR ISI

Modul I : PENGOPERASIAN ALAT UKUR

Modul II : PENDIFERENSIAL DAN PENGINTEGRAL RC

Modul III : TAPIS LOLOS RENDAH DAN TAPIS LOLOS TINGGI

Modul IV : KARAKTERISTIK DIODA

Modul V : PENYEARAH GELOMBANG

Modul VI : APLIKASI TRANSISTOR

Modul VII : KARAKTERISTIK TRANSISTOR EMITTER DITANAHKAN

DAFTAR PUSTAKA

MODUL I

PENGOPERASIAN ALAT UKUR

A. TUJUAN

1. Mahasiswa dapat menggunakan alat ukur Multimeter dan Osciloscop dengan tepat dan benar
2. Mahasiswa dapat menguji komponen elektronika dengan tepat dan benar

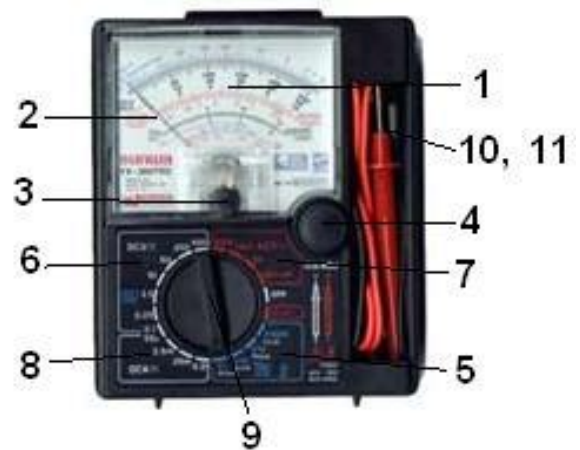
B. TEORI DASAR

1. MULTIMETER

Multimeter adalah alat ukur elektronika yang dipakai untuk menguji atau mengukur suatu komponen, mengetahui kedudukan kaki-kaki komponen, dan mengetahui besar nilai komponen yang diukur. Komponen yang dapat diukur dengan multimeter adalah: besar nilai resistor, besar nilai kapasitor, kedudukan kaki-kaki transistor, dioda, tegangan DC ataupun AC, besar arus DC dan lain sebagainya.

Multimeter dapat dibedakan atas dua, yaitu multimeter digital dan multimeter analog (jarum). Multimeter mempunyai bagian-bagian penting, diantaranya:

1. Papan skala pengukuran
2. Jarum penunjuk skala
3. Pengatur jarum skala
4. Tombol pengatur NOL Ohmmeter
5. Batas ukur Ohmmeter
6. Batas ukur DC volt (DCV)
7. Batas ukur AC volt (ACV)
8. Batas ukur Ampermeter DC (DCA)
9. Saklar pengatur pengukuran dan batas ukur
10. Lubang positif
11. Lubang negatif



Keterampilan dan kesesuaian penggunaan alat ukur akan menentukan keberhasilan dan ketepatan pengukuran

a. Voltmeter (Pengukuran tegangan)

- 1) Penggunaan voltmeter dipasang paralel dengan komponen yang akan diukur tegangannya
- 2) Sesuaikan jenis tegangan rangkaian dengan multimeter, AC atau DC
- 3) Bila tidak diketahui daerah tegangan yang akan diukur, gunakan batas ukur yang terbesar dan gunakan voltmeter yang mempunyai impedansi input yang tinggi

b. Amper meter (pengukuran kuat arus)

- 1) Penggunaan ampermeter dipasang seri pada jalur yang akan diukur besar arusnya
- 2) Bila tidak diketahui daerah arus yang akan diukur, gunakan batas ukur yang terbesar

c. Ohmmeter (pengukuran resistor)

Resistor atau tahanan dapat putus akibat pemakaian ataupun umur. Bila resistor putus maka rangkaian elektronika yang kita buat tidak akan bisa bekerja atau mengalami cacat.

- 1) Putar saklar pemilih pada posisi Ohmmeter.
- 2) Ambil suatu skala pengukuran yang diperkirakan dapat mengukur nilai hambatan yang hendak diukur. Skala X1 artinya hasil yang ditunjuk jarum adalah nilai pengukuran hambatan tersebut. Skala X10 artinya nilai hambatan yang diukur adalah 10 kali dari nilai yang ditunjuk oleh jarum. Jika jarum menunjuk pada skala 100 artinya nilai hambatannya adalah 10×100 jadi bernilai 1000. Demikian juga untuk X100, X1K atau X1000
- 3) Sebelum mengukur nilai hambatan resistor, nolkan terlebih dahulu titik awal pengukuran dengan cara menghubungkan probe kutub positif (merah) dan probe kutub negatif (hitam) kemudian atur jarum penunjuk agar tepat di titik nol
- 4) Setiap penggantian nilai skala batas ukur selalu titik nol dikalibrasi

-
- 5) Tempelkan masing-masing *probe* pada ujung-ujung resistor. Tangan praktikan jangan sampai menyentuh kedua ujung kawat resistor (Salah satu ujung resistor boleh tersentuh tetapi jangan keduanya)
 - 6) Jika jarum bergerak maka resistor baik, jika jarum penunjuk tidak bergerak resistor putus. Amati titik akhir yang ditunjuk jarum dan hitunglah nilai resistor yang dinyatakan dari hasil pengukuran tersebut

d. Menguji Transistor

Pada transistor biasanya letak kaki kolektor berada di pinggir dan diberi tanda titik atau lingkaran kecil. Sedangkan kaki basis biasanya terletak di antara kolektor dan emitor

1) Transistor PNP

- Saklar pemilih pada multimeter harus menunjuk pada ohm meter
- Praktikan harus memastikan kaki kolektor, basis, dan emitornya
- Tempelkan *probe* (pencolok) positif (warna merah) pada basis dan *probe* negatif (warna hitam) pada emitor. Jika jarum bergerak, pindahkan *probe* negatif pada kolektor. Jika pada kedua pengukuran di atas jarum bergerak maka transistor dalam keadaan baik, sedangkan bila pada salah satu pengukuran jarum tidak bergerak, maka transistor dalam keadaan rusak,

2) Transistor NPN

Tempelkan *probe negatif* pada basis dan *probe positif* pada kolektor, Jika jarum bergerak pindahkan *probe* positif pada emitor. Jika pada kedua pengukuran jarum bergerak, maka transistor dalam keadaan baik Sedangkan bila pada salah satu pengukuran jarum tidak bergerak maka transistor dalam keadaan rusak

e. Menguji Kondensator Elco

Sebelum dipasang pada rangkaian kapasitor harus diuji dahulu kaadaannya atau ketika membeli di toko anda harus memastikan bahwa elco tersebut dalam keadaan baik. Cara mengujinya adalah sebagai berikut:

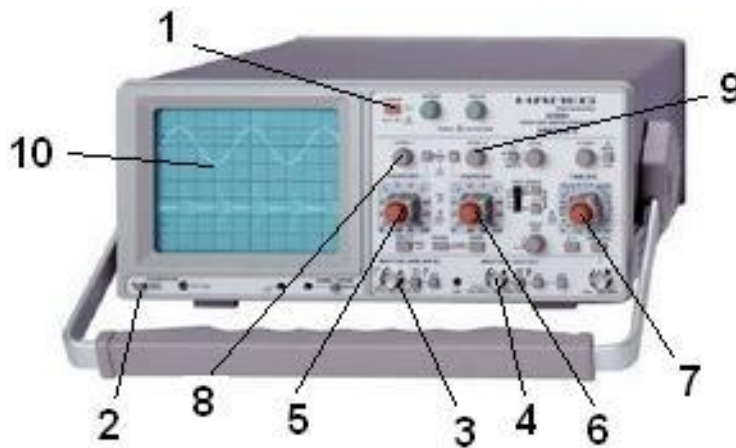
- Putar saklar pemilih pada posisi ohm meter
- Perhatikan tanda negatif atau positif yang ada pada badan elco dan lurus pada salah satu kaki,
- Tempelkan *probe* negatif pada kaki positif (+) dan *probe* positif pada kaki negatif (-). Perhatikan gerakan jarum penunjuk.
 - ❖ Jika jarum bergerak ke kanan kemudian kembali ke kiri berarti kondensator elco baik
 - ❖ Jika jarum bergerak ke kanan kemudian kembali ke kiri namun tidak penuh berarti kondensator elco rusak
 - ❖ Jika jarum bergerak ke kanan kemudian tidak kembali ke kiri (berhenti) berarti kondensator elco bocor
 - ❖ Jika jarum tidak bergerak sama sekali berarti kondensator elco putus.

f. Menguji Dioda

- Putar saklar pemilih pada posisi ohm meter
- Tempelkan *probe* positif pada kutub katoda dan tempelkan *probe* negatif pada kutub anoda. Perhatikan jarum penunjuk, jika bergerak berarti dioda baik sedangkan jika diam berarti putus.
- Selanjutnya dibalik, tempelkan *probe* negatif pada kutub katoda dan tempelkan *probe* positif pada kutub anoda. Perhatikan jarum penunjuk, jika jarum diam berarti dioda baik sedangkan jika bergerak berarti dioda rusak

2. OSILOSKOP

Osiloskop dapat mengukur tegangan AC dan DC serta memperlihatkan bentuk gelombangnya. Osiloskop harus dikalibrasi sebelum digunakan.



Cara mengkalibrasi osiloskop adalah sebagai berikut:

- Hidupkan osiloskop.
- Atur fokus dan tingkat kecerahan gambar pada osiloskop,
- Pasang kabel pengukur pada osiloskop (bisa pada channel X atau Y),
- Atur COUPLING pada posisi AC
- Tempelkan kabel pengukur negative / ground (kepala jepit buaya atau berwarna hitam) pada ground yang terdapat di osiloskop.
- Tempelkan kabel pengukur positif (kepala utama atau berwarna merah) pada tempat untuk mengkalibrasi yang ada pada osiloskop
- Putar saklar pemilih variable VOLT/DIV pada 0,5 V
- Putar saklar pemilih Variabel SWEEP TIME/DIV pada 0,5 ms
- Aturlah agar gelombang kotak yang muncul di monitor sama dengan garis-garis kotak yang ada pada layar monitor Osiloskop dengan mengerak-gerakan tombol merah atau kuning yang ada pada saklar pemilih Variabel VOLT/DIV dan SWEEP TIME/DIV sehingga gelombang kotak yang ada sebesar $0.5 V_{PP}$

3. SINYAL GENERATOR



Sinyal generator dapat menghasilkan sinyal yang berupa tegangan DC ataupun tegangan AC yang frekuensi dan amplitudonya dapat kita atur.

Bagian yang menghasilkan tegangan DC dinamakan DC POWER. Keluarannya terdiri dari +5V, -5V, 0 ~ +15V dan 0 ~ -15V

Pada bagian yang menghasilkan sinyal AC dinamakan FUNCTION GENERATOR. Pada tombol amplitudo berguna untuk mengatur amplitudo sinyal keluaran. Sinyal keluaran dapat diatur apakah sinyal kotak, segitiga atau sinyal berbentuk gelombang

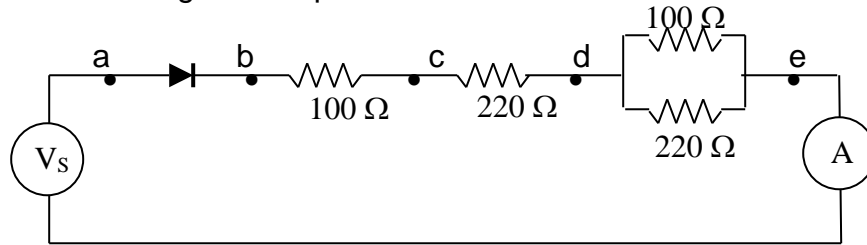
sinusoida melalui tombol *function*.

C. ALAT DAN BAHAN

1. Multimeter 2 buah
2. Oscilloscop 2 channel
3. Signal Generator
4. Protoboard (papan rangkaian)
5. Kapasitor (Keramik dan Elco)
6. Dioda
7. Resistor
8. Transistor (PNP dan NPN)
9. Kawat Penghubung

D. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Periksa masing-masing komponen yang akan digunakan baik atau rusak
2. Susunlah rangkaian seperti di bawah ini



3. Berikanlah tegangan sumber DC sebesar 3 volt
4. Ukurlah besar arus yang mengalir pada rangkaian
5. Ukurlah tegangan $V_{ab}, V_{ac}, V_{ad}, V_{ae}, V_{bc}, V_{bd}, V_{be}, V_{cd}, V_{ce}, V_{de}$ dengan menggunakan Voltmeter
6. Lakukan langkah 2,3,4 untuk sumber dengan sumber DC 6 volt, 9 volt,
7. Lepaskan Amperemeter dan ganti sumber tegangan dengan AC 4 volt
8. Ukurlah tegangan $V_{ab}, V_{ac}, V_{ad}, V_{ae}, V_{bc}, V_{bd}, V_{be}, V_{cd}, V_{ce}, V_{de}$ dengan menggunakan Voltmeter
9. Ukurlah tegangan $V_{ab}, V_{ac}, V_{ad}, V_{ae}, V_{bc}, V_{bd}, V_{be}, V_{cd}, V_{ce}, V_{de}$ dengan menggunakan osciloscop dan gambarkan hasilnya
10. Catatlah VOLT/DIVE dan TIME/DIVE dari osciloscop untuk membantu anda dalam menetapkan skala sinyal yang diukur
11. Lakukan langkah 3-9 untuk sumber dengan sumber AC 3V_{PP}, 6V_{PP}

E. TUGAS PENDAHULUAN

1. Ukurlah besar arus yang mengalir pada rangkaian jika dipasang tegangan sumber DC 6 volt
2. Hitunglah tegangan $V_{ab}, V_{ac}, V_{ad}, V_{ae}, V_{bc}, V_{bd}, V_{be}, V_{cd}, V_{ce}, V_{de}$ jika yang digunakan dioda silikon

F. FORMAT DATA PENGAMATAN

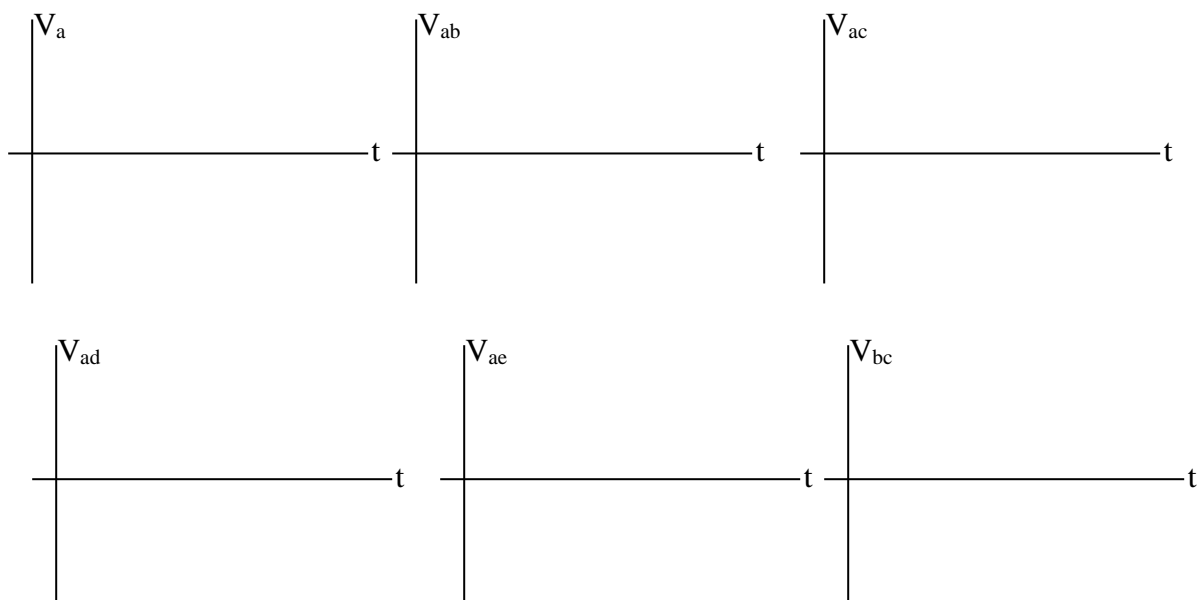
1. Percobaan sumber tegangan DC

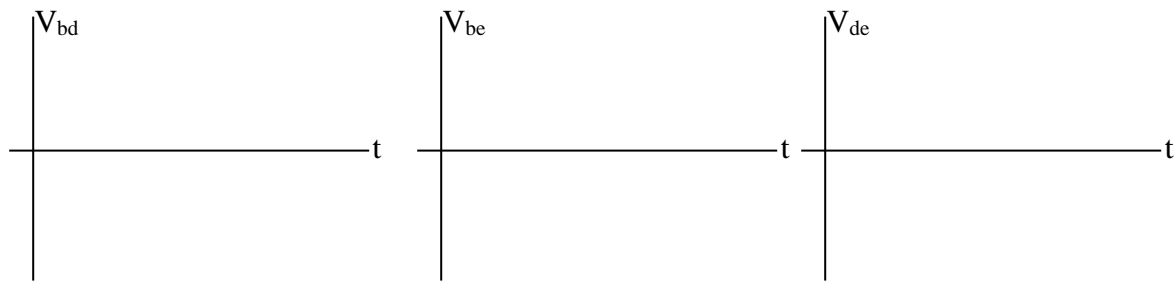
E_{bat}	I	V_{ab}	V_{ac}	V_{ad}	V_{ae}	V_{bc}	V_{bd}	V_{be}	V_{cd}	V_{ce}	V_{de}
3 volt											
6 volt											
9 volt											

2. Percobaan sumber tegangan AC

E_{bat}	V_{ab}	V_{ac}	V_{ad}	V_{ae}	V_{bc}	V_{bd}	V_{be}	V_{cd}	V_{ce}	V_{de}
3 V _{PP}										
6 V _{PP}										
9 V _{PP}										

3. Gambar tegangan dengan sumber tengan AC





G. TUGAS AKHIR

1. Tuliskan bagian-bagian dari Multimeter analog dan jelaskan fungsi masing-masingnya
2. Tuliskan bagian-bagian dari osciloscop dan jelaskan fungsi masing-masingnya
3. Tuliskan bagian-bagian dari Sinyal Generator dan jelaskan fungsi masing-masingnya
4. Bandingkan antara hasil pengukuran dengan Voltmeter dan hasil pengukuran dengan Osciloscop untuk sumber tegangan AC. Jelaskan kenapa berbeda?

MODUL II

PENDIFERENSIAL DAN PENGINTEGRAL RC

A. TUJUAN

1. Mempelajari rangkaian pengintegralan dan pendiferensialan RC
2. Membuat grafik keluaran pengintegralan dan pendiferensialan RC
3. Menentukan pengaruh nilai R dan nilai C pada keluaran rangkaian pengintegralan maupun pendiferensialan

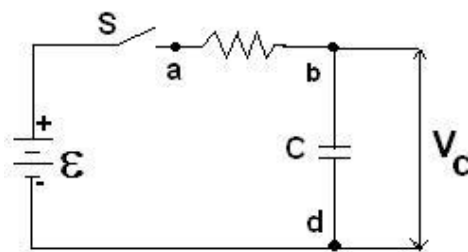
B. TEORI DASAR

Peristiwa pengisian dan pengosongan kapasitor sangat penting dalam elektronika. Arus dalam mengisi atau mengosongkan kapasitor mengecil terhadap waktu, yang disebut sebagai **arus transien**. Artinya arus ini hanya teramati dalam waktu yang sangat singkat. Dalam keseharian, peristiwa ini bermanfaat untuk mengubah denyut, mengolah denyut pada pesawat televisi, penundaan waktu dan lain sebagainya.

Pada fisika dasar, kita sudah mengetahui bahwa kapasitor dibuat dari dua lapis pelat konduktor yang dipisahkan dengan suatu isolator atau dielektrik. Jika kapasitor dengan kapasitansi C dihubungkan dengan suatu sumber tegangan V , maka setelah berapa waktu, di dalam kapasitor akan terisi muatan sebanyak:

$$q = C V$$

Setelah nilai muatan ini tercapai, dikatakan kapasitor sudah terisi penuh. Muatan ini akan tetap tersimpan dalam kapasitor selama tidak ada kebocoran muatan yang mengalir dari pelat kapasitor yang satu ke pelat kapasitor yang lain.



Pada gambar di atas, jika saklar S dihubungkan, maka kapasitor C tidak langsung tersisi penuh, tetapi memerlukan waktu untuk mengisi penuh kapasitor C . Setelah saklar S ditutup, arus mengalir dari sumber tegangan, mengisi muatan kapasitor. Pada saat t , kapasitor yang mula-mula kosong akan terisi muatan sebanyak:

$$q(t) = \int_0^t i dt$$

Beda tegangan pada kapasitor C sebesar:

$$V_C(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{1}{C} \int_0^t i dt$$

Sedangkan beda tegangan antara kedua ujung resistor menjadi:

$$\begin{aligned} V_{ab} &= \varepsilon - V_C(t) \\ &= \varepsilon - \frac{1}{C} \int_0^t i dt = iR \end{aligned}$$

Karena sumber tegangan ε tetap, sedangkan $V_C(t)$ selalu bertambah, maka V_{ab} akan terus berkurang, sehingga arus $i(t)$ juga terus berkurang. Pada saat $t=0$ nilai $V_C=0$, sehingga nilai $i=\varepsilon/R$. Pada saat waktu t didapat nilai arus yang mengalir pada rangkaian:

$$i(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC}$$

Pada persamaan di atas didapat bahwa penurunan nilai arus menurun secara eksponensial, tergantung pada nilai R dan C . Waktu $t=RC$ disebut sebagai *tetapan*

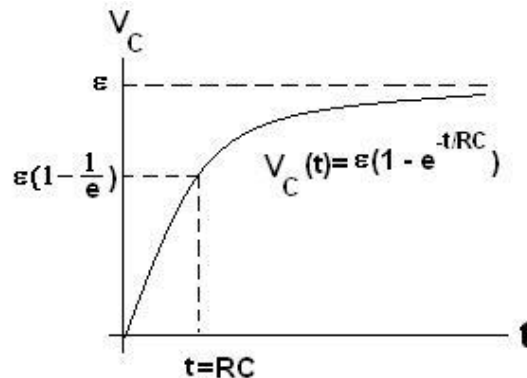
waktu dan dinyatakan sebagai τ yang menentukan lama pengisian ataupun pengosongan kapasitor

Untuk mengetahui bagaimana tegangan kapasitor bertambah dengan waktu ketika kapasitor diisi, digunakan persamaan:

$$V_C(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{1}{C} \int_0^t i dt$$

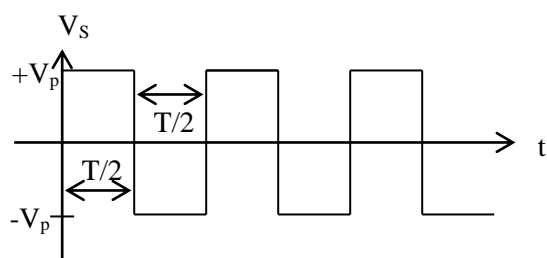
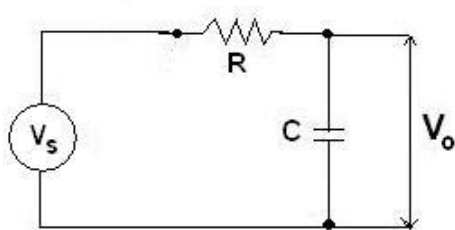
$$V_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC} dt = \varepsilon \left(1 - e^{-t/RC} \right)$$

Pada saat $t=0$ kapasitor belum terisi, berdasarkan persamaan di atas $V_C=0$. Makin besar nilai RC , semakin lama waktu yang diperlukan untuk mengisi penuh kapasitor.



Rangkaian pengintegral RC

Jika tegangan masukan diberikan berupa tegangan bolak balik yang berbentuk persegi, maka masukan akan berubah arah dalam interval tertentu. Setiap setengah perioda ($T/2$) tegangan masukan akan berubah arah, sehingga setiap $T/2$ arah arus yang mengalir pada rangkaian akan berubah arah. Waktu pengisian kapasitor hanya selama $T/2$. Setelah waktu tersebut terjadi perubahan arah arus yang mengakibatkan kapasitor segera dikosongkan dan diisi dengan tegangan negatif. Setelah T terjadi lagi perubahan arah arus sehingga kapasitor dikosongkan lagi dan diisi dengan tegangan positif. Hal ini terjadi terus menerus berulang secara periodik sejalan dengan bentuk tegangan masukan.

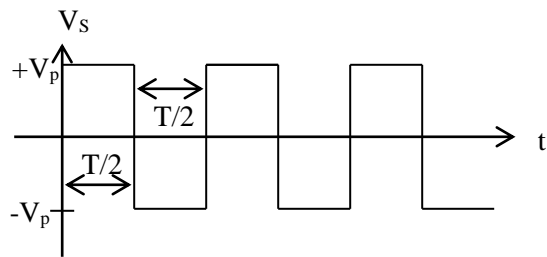
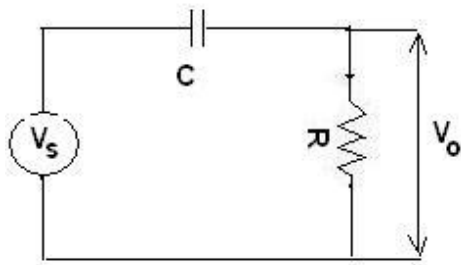


Jika tetapan waktu τ jauh lebih kecil dari perioda tegangan masukan ($\tau=RC \ll T$), maka kapasitor akan terisi penuh dalam waktu $T/2$. Tetapi jika tetapan waktu τ jauh lebih besar dari perioda tegangan masukan ($\tau=RC \gg T$), maka kapasitor belum terisi penuh, maka tegangan sumber sudah membalik menjadi negatif, akibatnya kapasitor segera dikosongkan dan diisi dengan tegangan negatif. Tetapi sebelum kapasitor terisi penuh dengan tegangan negatif, tegangan sumber sudah membalik menjadi tegangan positif, sehingga kapasitor juga segera dikosongkan dan diisi dengan tegangan positif. Untuk kasus yang kedua ini bentuk tegangan keluaran di kapasitor berbentuk gelombang segitiga.

Bentuk tegangan keluaran yang dihasilkan berbentuk integral dari isyarat tegangan masukan

Rangkaian penderferensial RC

Rangkaian penderferensial sama seperti rangkaian pengintegralan, tetapi tegangan keluaran diukur pada resistor R .



Jika tetapan waktu τ jauh lebih besar dari perioda tegangan masukan ($\tau=RC \gg T$) atau frekuensi $f \gg \frac{1}{RC}$, maka bentuk isyarat keluaran hampir sama dengan isyarat tegangan masukan, tetapi puncaknya sedikit miring. Artinya pada saat $t=0$ kapasitor dalam keadaan kosong, sehingga tegangan keluaran sama dengan tegangan masukan. Pada waktu $t = T/2$ kapasitor belum terisi penuh, tetapi tegangan masukan sudah membalik menjadi negatif. Artinya arus yang melewati resistor belum nol tetapi tegangan masukan sudah berubah arah.

Jika tetapan waktu τ jauh lebih kecil dari perioda tegangan masukan ($\tau=RC \ll T$), atau $f \ll \frac{1}{RC}$, maka kapasitor akan terisi penuh sebelum waktu $T/2$, artinya arus yang melewati resistor akan nol sebelum waktu $T/2$.

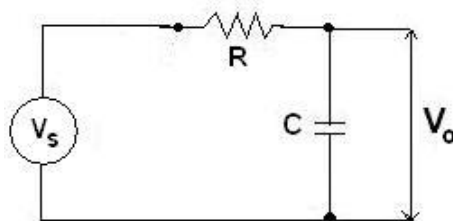
Bentuk tegangan keluaran yang dihasilkan berbentuk diferensial dari isyarat tegangan masukan

C. ALAT DAN BAHAN

1. Resistor
2. Kapasitor
3. Papan rangkaian (Protoboard)
4. Osiloskop
5. Probe
6. AVOMeter
7. Audiogenerator
8. Kable merah, hitam, hijau

D. PROSEDUR PERCOBAAN

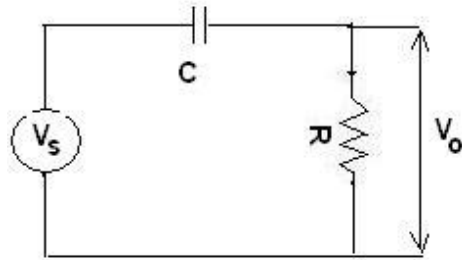
1. Percobaan I : Pengintegralan RC
 - a. Susunlah rangkaian R dan C yang seri seperti gambar berikut ini:



- b. Hitunglah tetapan waktu τ dari rangkaian dengan menggunakan persamaan:
 $\tau = RC$ untuk $R = 3 \text{ M}\Omega$ dan $C = 3,3 \text{ nF}$
- c. Gunakan sumber tegangan yang sinyalnya berbentuk gelombang square dan ambil sumber 6 mV_{PP} dengan mengamati pada osciloscop
- d. Atur perioda masukan $0,01 \tau$; $0,1 \tau$; τ ; 10τ ; 100τ , masing-masing gambarkanlah tegangan keluaran pada kapasitor yang teramati pada osciloscop.
- e. Lakukan langkah a-d untuk $R_2 = R$ tetapi $C_2 = 100 C$
- f. Lakukan langkah a-d untuk $R_3 = 10R$ tetapi $C_3 = C$

2. Percobaan II : Pendiferensialan RC

a. Susunlah rangkaian R dan C yang seri seperti gambar berikut ini:



b. Hitunglah tetapan waktu τ dari rangkaian dengan menggunakan persamaan:

$$\tau = RC \text{ untuk } R = 3 \text{ M}\Omega \text{ dan } C = 3,3 \text{ nF}$$

c. Gunakan sumber tegangan yang sinyalnya berbentuk gelombang square dan ambil sumber 6 mV_{PP} dengan mengamati pada oscilloscop

d. Atur perioda masukkan $0,01 \tau$; $0,1 \tau$; τ ; 10τ ; 100τ , masing-masing gambarkanlah tegangan keluaran pada resistor yang teramati pada oscilloscop.

e. Lakukan langkah a-d untuk $R_2 = R$ tetapi $C_2 = 100 C$

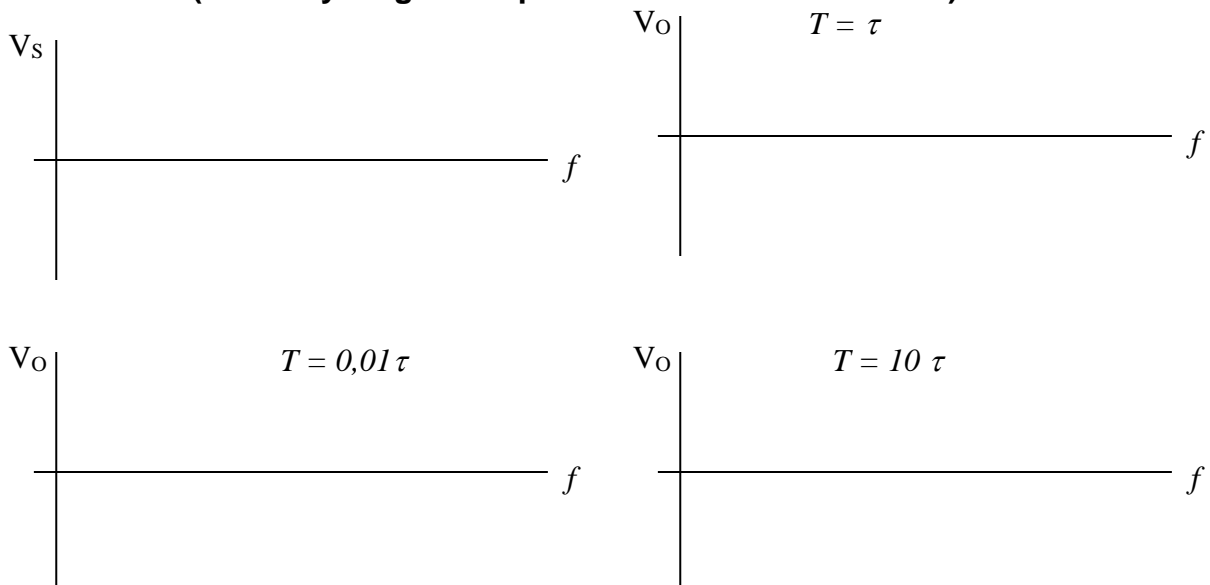
f. Lakukan langkah a-d untuk $R_3 = 10R$ tetapi $C_3 = C$

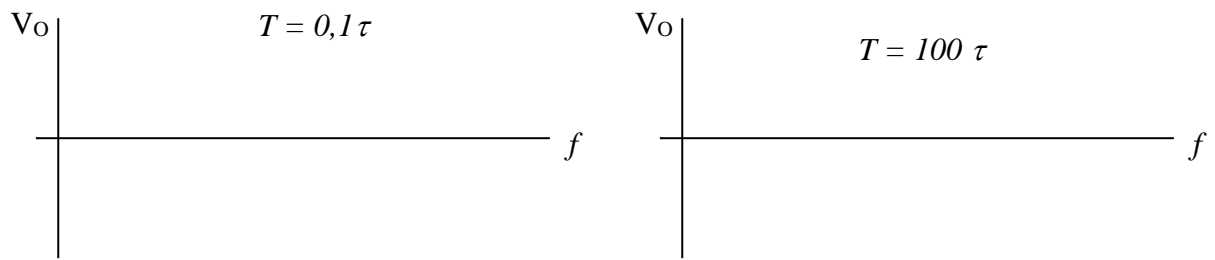
E. TUGAS PENDAHULUAN

1. Tentukan nilai τ untuk $R = 3 \text{ M}\Omega$ dan $C = 3,3 \text{ nF}$
2. Tentukan persamaan tegangan pada C untuk waktu $0 - 0,5T$
3. Lukiskan persamaan itu untuk nilai τ pada soal 1 dengan perioda $100\mu\text{s}$, 1 ms , dan 1 s
4. Tentukan persamaan tegangan pada R untuk waktu $0 - 0,5T$
5. Lukiskan persamaan itu untuk nilai τ pada soal 1 dengan perioda $100\mu\text{s}$, 1 ms , dan 1 s

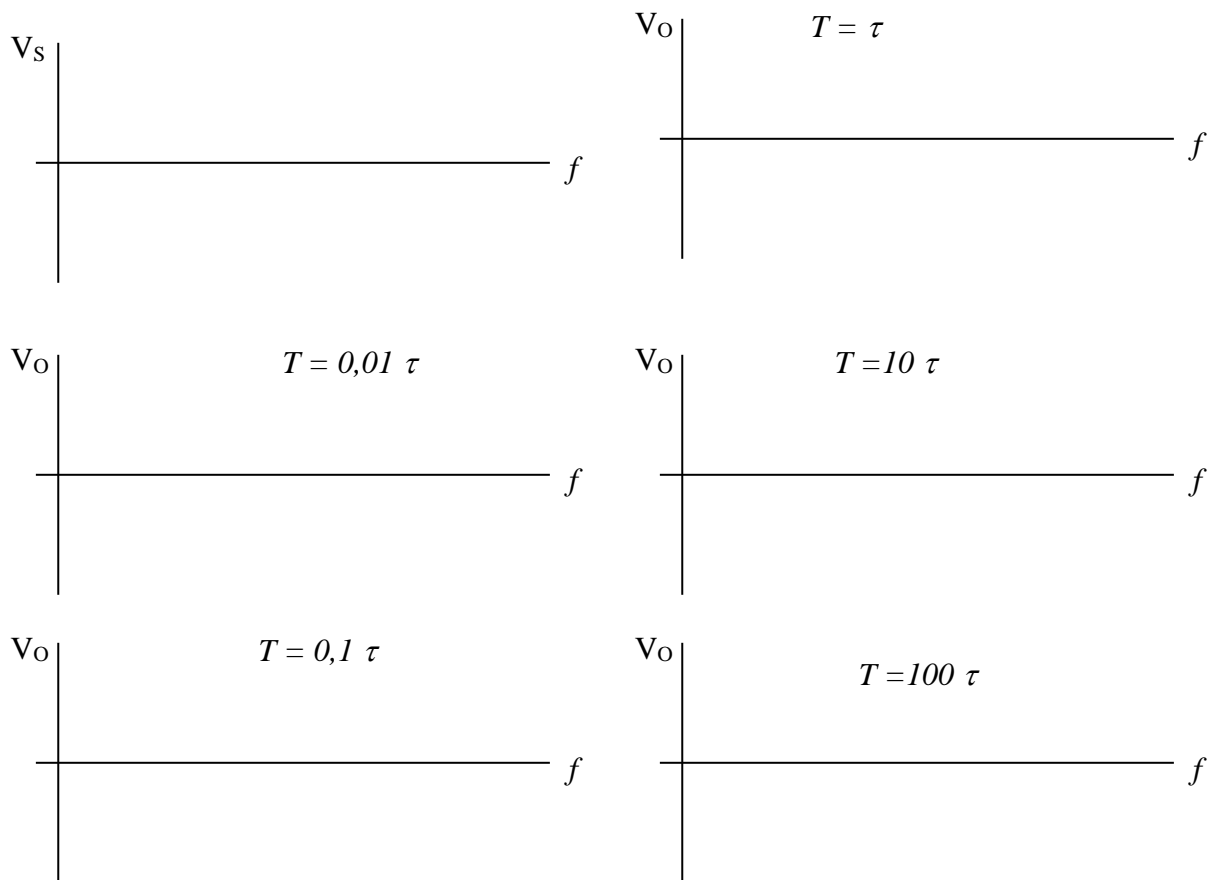
F. FORMAT DATA PENGAMATAN

1. Percobaan I (sebaiknya digambar pada kertas millimeter block)





2. Percobaan II (sebaiknya digambar pada kertas millimeter block)



G. TUGAS AKHIR

1. Berikan penjelasan terhadap bentuk grafik keluran yang didapatkan baik untuk rangkaian pengintegralan maupun rangkaian pendiferensialan
2. Jelaskan pengaruh nilai R dan nilai C terhadap grafik tegangan keluran pengintegralan RC
3. Jelaskan pengaruh nilai R dan nilai C terhadap grafik tegangan keluran pendiferensialan RC

MODUL III

TAPIS LOLOS

A. TUJUAN

1. Mempelajari rangkaian tapis lolos rendah dan tapis lolos tinggi
2. Membuat grafik tanggapan amplitudo tegangan terhadap frekuensi
3. Membuat grafik tanggapan fasa terhadap frekuensi
4. Dapat menyimpulkan bahwa rangkaian tapis lolos rendah hanya dapat meloloskan sinyal yang berfrekuensi rendah saja
5. Dapat menyimpulkan bahwa rangkaian tapis lolos tinggi hanya dapat meloloskan sinyal yang berfrekuensi tinggi saja

B. TEORI DASAR

1. Tapis Lolos Rendah

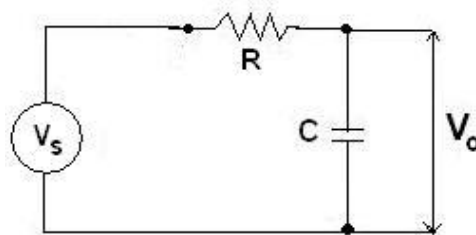
Grafik yang memperlihatkan variasi tegangan atau variasi arus yang terdapat di dalam sebuah rangkaian listrik dikenal sebagai **bentuk gelombang** (*waveform*). Terdapat banyak bentuk gelombang yang akan ditemui dalam rangkaian-rangkaian listrik, di antaranya sinus (atau sinusoida), persegi (square), segitiga (triangle), gigi gergaji (yang dapat bernilai positif atau negatif, dan pulsa (pulse). **Bentuk gelombang kompleks** seperti percakapan atau musik umumnya memiliki banyak komponen gelombang pada frekuensi-frekuensi yang berbeda-beda. **Bentuk gelombang pulsa** biasanya dikategorikan sebagai berulang (repetitive) atau tidak berulang (non repetitive).

Sinyal dapat disampaikan dengan menggunakan salah satu atau lebih dari sifat-sifat suatu bentuk gelombang dan dikirimkan melalui kawat, kabel, saluran optik, dan saluran radio. Sinyal juga dapat diproses dengan berbagai cara dengan menggunakan penguatan (amplifier), modulator, tapis (filter), dll.

Suatu gelombang sinusoida yang bentuk persamaannya:

$$V_s(t) = V_p \sin(\omega t + \phi_{0s})$$

Dilewatkan pada rangkain RC seri.



Hambatan R dan kapasitansi C membentuk pembagi tegangan kompleks

$$\bar{V}_o(\omega) = \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} \bar{V}_i(\omega)$$

Dengan $\bar{Z}_1 = R$ dan $\bar{Z}_2 = \frac{1}{j\omega C}$

Perbandingan tegangan keluaran kompleks $\bar{V}_o(\omega)$ dan tegangan masukan kompleks $\bar{V}_i(\omega)$ disebut fungsi alih

$$\bar{G}(\omega) = \frac{\bar{V}_o(\omega)}{\bar{V}_i(\omega)} = \frac{1}{j\omega RC + 1} = \frac{1}{RC} \frac{1}{j\omega + 1/RC} = \frac{\omega_p}{j\omega + \omega_p}$$

Dengan $\omega_p = 1/RC$ disebut sebagai kutub

Berdasarkan teori bilangan kompleks, besar fungsi alih kompleks, $G(\omega)$, adalah

$$G(\omega) = \frac{\omega_p}{(\omega^2 + \omega_p^2)^{1/2}}$$

Garafik fungsi alih $G(\omega)$, disebut tanggapan amplitudo. Untuk rangkaian di atas, jika dinyatakan dalam dB, fungsi alih, $G(\omega)$, mempunyai nilai:

$$G(\omega)(dB) = 20 \log \frac{V_o(\omega)}{V_i(\omega)} = 20 \log \frac{\omega_p}{\sqrt{\omega^2 + \omega_p^2}} = 20 \log \omega_p - 10 \log(\omega^2 + \omega_p^2)$$

Untuk frekuensi yang jauh lebih kecil dari frekuensi kutub, ($\omega \ll \omega_p$), $G(\omega)(dB) = 0$, artinya $V_o(\omega) = V_i(\omega)$.

Untuk frekuensi yang jauh lebih besar dari frekuensi kutub, maka:

$$G(\omega)(dB) \cong 20 \log \omega_p - 20 \log \omega$$

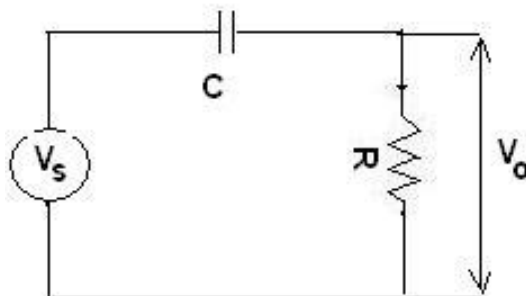
Artinya, semakin besar frekuensinya, semakin kecil tegangan keluarannya. Selain merubah tegangan pada keluaran, frekuensi isyarat masukan juga merubah fasa tegangan keluaran. Grafik yang menyatakan hubungan antara beda fasa $\Delta\phi = \phi_o - \phi_i$ antara isyarat keluaran dan isyarat masukan terhadap frekuensi disebut **tanggapan fasa**.

2. Tapis Lolos Tinggi

Suatu gelombang sinusoida yang bentuk persamaannya:

$$V_s(t) = V_p \sin(\omega t + \phi_{0s})$$

Dilewatkan pada rangkain RC seri.



Hambatan R dan kapasitansi C membentuk pembagi tegangan kompleks

$$\bar{V}_o(\omega) = \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} \bar{V}_i(\omega)$$

Dengan $\bar{Z}_1 = \frac{1}{j\omega C}$ dan $\bar{Z}_2 = R$

Perbandingan tegangan keluaran kompleks $\bar{V}_o(\omega)$ dan tegangan masukan kompleks $\bar{V}_i(\omega)$ disebut fungsi alih

$$\bar{G}(\omega) = \frac{\bar{V}_o(\omega)}{\bar{V}_i(\omega)} = \frac{R}{\frac{1}{j\omega C} + R} = \frac{j\omega}{j\omega + 1/RC} = \frac{j\omega}{j\omega + \omega_p}$$

Dengan $\omega_p = 1/RC$ disebut sebagai kutub

Berdasarkan teori bilangan kompleks, besar fungsi alih kompleks, $G(\omega)$, adalah

$$G(\omega) = \frac{\omega}{(\omega^2 + \omega_p^2)^{1/2}}$$

Grafik fungsi alih $G(\omega)$, disebut tanggapan amplitudo. Untuk rangkaian di atas, jika dinyatakan dalam dB, fungsi alih, $G(\omega)$, mempunyai nilai:

$$G(\omega)(dB) = 20 \log \frac{V_o(\omega)}{V_i(\omega)} = 20 \log \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + \omega_p^2}} = 20 \log \omega - 10 \log(\omega^2 + \omega_p^2)$$

Untuk frekuensi yang jauh lebih kecil dari frekuensi kutub, ($\omega \ll \omega_p$), maka tanggapan amplitudo tegangan adalah

$$G(\omega)(dB) \cong 20 \log \omega - 20 \log \omega_p$$

Artinya, semakin kecil frekuensinya dari frekuensi kutub, semakin kecil tegangan keluarannya

Untuk frekuensi yang jauh lebih besar dari frekuensi kutub, maka:

$$G(\omega)(dB)=0, \text{ artinya } V_o(\omega) = V_i(\omega).$$

Secara teori didapat bahwa pada frekuensi di bawah frekuensi kutub, terjadi pelemahan tegangan, sedangkan pada frekuensi di atas frekuensi kutub tegangan keluaran sama dengan tegangan masukan

Selain merubah tegangan pada keluaran, frekuensi isyarat masukan juga merubah fasa tegangan keluaran. Grafik yang menyatakan hubungan antara beda fasa $\Delta\phi = \phi_o - \phi_i$ antara isyarat keluaran dan isyarat masukan terhadap frekuensi disebut **tanggapan fasa**.

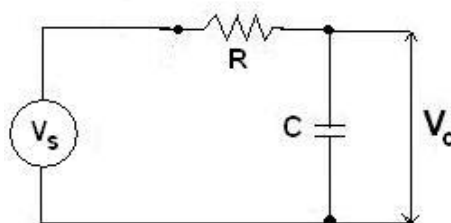
C. ALAT DAN BAHAN

1. Resistor
2. Kapasitor
3. Papan rangkaian (Protoboard)
4. Osiloskop
5. Probe
6. AVOMeter
7. Audiogenerator
8. Kable merah, hitam, hijau

D. PROSEDUR PERCOBAAN

Tapis Lolos Rendah

1. Susunlah rangkaian R dan C yang seri seperti gambar berikut ini:



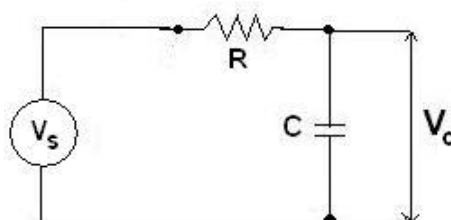
2. Hitunglah frekuensi puncak dari rangkaian dengan menggunakan persamaan:

$$f_p = \frac{1}{2\pi RC} \text{ untuk } R = 4700 \Omega \text{ dan } C = 3,3 \text{ nF}$$

3. Gunakan sumber tegangan yang sinyalnya berbentuk gelombang sinusoida dan ambil sumber $6 V_{PP}$ dengan mengamati pada osciloscop
4. Atur frekuensi masukkan $0,001 f_p$; $0,01 f_p$; $0,1 f_p$; f_p ; $10 f_p$; $100 f_p$, masing-masing ukurlah tegangan keluaran pada kapasitor dengan menggunakan Voltmeter dan gambarkan pola gelombang tegangan keluaran yang teramati pada osciloscop.

Tapis Lolos Tinggi

1. Susunlah rangkaian R dan C yang seri seperti gambar berikut ini:



2. Hitunglah frekuensi puncak dari rangkaian dengan menggunakan persamaan:

$$f_p = \frac{1}{2\pi RC} \text{ untuk } R = 4700 \Omega \text{ dan } C = 3,3 \text{ nF}$$

- Gunakan sumber tegangan yang sinyalnya berbentuk gelombang sinusoida dan ambil sumber $6 V_{PP}$ dengan mengamati pada osciloscop
- Atur frekuensi masukkan $0,001 f_p$; $0,01 f_p$; $0,1 f_p$; f_p ; $10 f_p$; $100 f_p$, masing-masing ukurlah tegangan keluaran pada kapasitor dengan menggunakan Voltmeter dan gambarkan pola gelombang tegangan keluaran yang teramati pada osciloscop.

E. TUGAS PENDAHULUAN

Tapis Lolos Rendah

- Jelaskan apa yang disebut dengan frekuensi potong
- Hitunglah f_p untuk nilai $R = 4700 \Omega$ dan $C = 3,3 \text{ nF}$
- Buktikan persamaan $G(\omega)(dB) = 20 \log f_p - 10 \log(f^2 + f_p^2)$
- Buatlah grafik tanggapan amplitudo terhadap frekuensi masukan
- Hitunglah tegangan keluaran untuk frekuensi input $0,001 f_p$; $0,01 f_p$; $0,1 f_p$; f_p ; $10 f_p$; $100 f_p$; untuk masukan sebesar $12 V_P$.

Tapis LolosTinggi

- Hitunglah f_p untuk nilai $R = 470 \Omega$ dan $C = 3,3 \text{ nF}$
- Buktikan persamaan $G(\omega)(dB) = 20 \log f - 10 \log(f^2 + f_p^2)$
- Buatlah grafik tanggapan amplitudo terhadap frekuensi masukan
- Hitunglah tegangan keluaran untuk frekuensi input $0,001 f_p$; $0,01 f_p$; $0,1 f_p$; f_p ; $10 f_p$; $100 f_p$; untuk masukan sebesar $12 V_P$.

F. FORMAT DATA PENGAMATAN

1. Tapis Lolos Rendah

R = Ω C= F $f_p = \dots\dots\dots$ Hz

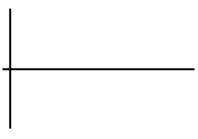
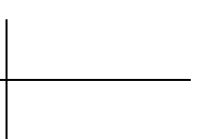
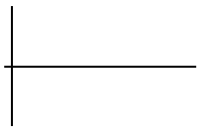

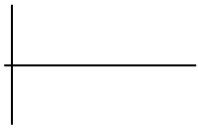
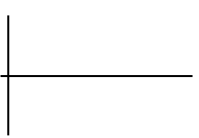
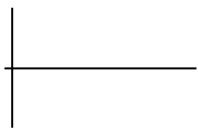
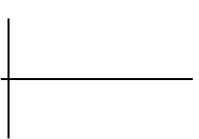
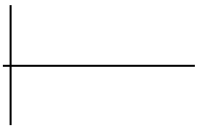
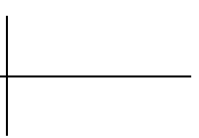
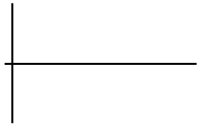

Sinyal input	V_{in} (volt)	f_{in} (Hz)	V_{out} = volt	Sinyal output

2. Tapis Lolos Tinggi

R = Ω

C = F

f_P = Hz

Sinyal input	V_{in} (volt)	f_{in} (Hz)	V_{out} = volt	Sinyal output
				
				
				
				
				
				

G. TUGAS AKHIR

1. Hitunglah $G(\omega)(dB) = 20 \log \frac{V_{out}(\omega)}{V_{in}(\omega)}$ untuk setiap hasil percobaan di atas untuk tapis lolos rendah maupun tapis lolos tinggi
2. Buatlah grafik grafik tanggapan amplitudo $G(\omega)$ terhadap frekuensi masukan untuk tapis lolos rendah maupun tapis lolos tinggi
3. Hitunglah perubahan fasa untuk setiap hasil percobaan di atas untuk tapis lolos rendah maupun tapis lolos tinggi
4. Apa kesimpulan Anda terhadap hasil percobaan ini?

MODUL IV

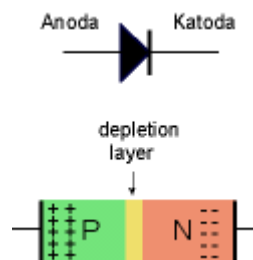
KARAKTERISTIK DIODA

A. TUJUAN

1. Mempelajari cara kerja dioda
2. Membuat grafik karakteristik dioda antara arus dan tegangan dioda
3. Menentukan titik kerja dioda
4. Dapat menentukan nilai arus dan tegangan dioda pada garis kerjanya
5. Dapat membedakan cara kerja dioda biasa dan dioda zener

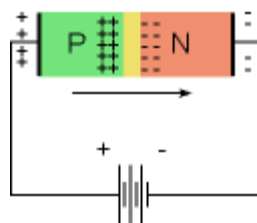
B. TEORI DASAR

Dioda termasuk komponen elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor. Dioda memiliki fungsi yang unik yaitu hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Struktur dioda tidak lain adalah sambungan semikonduktor P dan N. Satu sisi adalah semikonduktor dengan tipe P dan satu sisinya yang lain adalah tipe N. Dengan struktur demikian arus hanya akan dapat mengalir dari sisi P menuju sisi N.



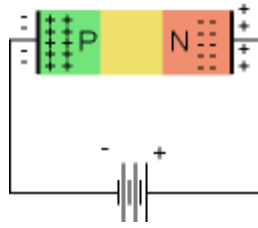
Gambar 5.1. Simbol dan struktur dioda

Gambar 5.1. di atas menunjukkan sambungan PN dengan sedikit porsi kecil yang disebut lapisan deplesi (*depletion layer*), dimana terdapat keseimbangan *hole* dan elektron. Seperti yang sudah diketahui, pada sisi P banyak terbentuk *hole-hole* yang siap menerima elektron sedangkan di sisi N banyak terdapat elektron-elektron yang siap untuk bebas merdeka. Lalu jika diberi bias positif, dengan arti kata memberi tegangan potensial sisi P lebih besar dari sisi N, maka elektron dari sisi N dengan serta merta akan bergerak untuk mengisi *hole* di sisi P. Tentu kalau elektron mengisi *hole* disisi P, maka akan terbentuk *hole* pada sisi N karena ditinggal elektron. Ini disebut aliran *hole* dari P menuju N, Kalau menggunakan terminologi arus listrik, maka dikatakan terjadi aliran listrik dari sisi P ke sisi N.



Gambar 5.2. Dioda dengan bias maju

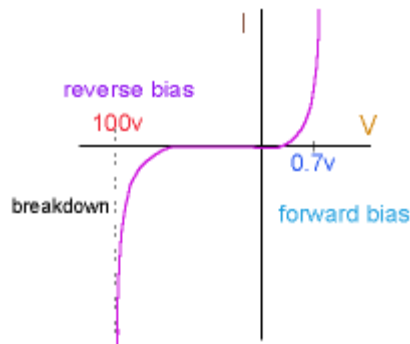
Sebaliknya apakah yang terjadi jika polaritas tegangan dibalik yaitu dengan memberikan bias negatif (*reverse bias*). Dalam hal ini, sisi N mendapat polaritas tegangan lebih besar dari sisi P.



Gambar 5.3. Dioda dengan bias negatif

Tentu jawabannya adalah tidak akan terjadi perpindahan elektron atau aliran *hole* dari P ke N maupun sebaliknya. Karena baik *hole* dan elektron masing-masing tertarik ke arah kutub berlawanan. Bahkan lapisan deplesi (*depletion layer*) semakin besar dan menghalangi terjadinya arus.

Demikianlah sekelumit bagaimana dioda hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Dengan tegangan bias maju yang kecil saja dioda sudah menjadi konduktor. Tidak serta merta di atas 0 volt, tetapi memang tegangan beberapa volt diatas nol baru bisa terjadi konduksi. Ini disebabkan karena adanya dinding deplesi (*depletion layer*). Untuk dioda yang terbuat dari bahan Silikon tegangan konduksi adalah diatas 0.7 volt. Kira-kira 0.2 volt batas minimum untuk dioda yang terbuat dari bahan Germanium.

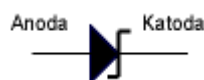


Gambar 5.4. Grafik arus dioda

Sebaliknya untuk bias negatif dioda tidak dapat mengalirkan arus, namun memang ada batasnya. Sampai beberapa puluh bahkan ratusan volt baru terjadi *breakdown*, dimana dioda tidak lagi dapat menahan aliran elektron yang terbentuk di lapisan deplesi.

Zener

Phenomena tegangan *breakdown* dioda ini mengilhami pembuatan komponen elektronika lainnya yang dinamakan zener. Sebenarnya tidak ada perbedaan struktur dasar dari zener, melainkan mirip dengan dioda. Tetapi dengan memberi jumlah doping yang lebih banyak pada sambungan P dan N, ternyata tegangan *breakdown* dioda bisa makin cepat tercapai. Jika pada dioda biasanya baru terjadi *breakdown* pada tegangan ratusan volt, pada zener bisa terjadi pada angka puluhan dan satuan volt. Di datasheet ada zener yang memiliki tegangan V_z sebesar 1.5 volt, 3.5 volt dan sebagainya.

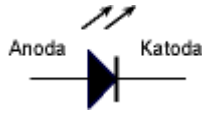


Gambar 5.5. Simbol Zener

Ini adalah karakteristik zener yang unik. Jika dioda bekerja pada bias maju maka zener biasanya berguna pada bias negatif (*reverse bias*).

LED

LED adalah singkatan dari *Light Emitting Diode*, merupakan komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya. LED merupakan produk temuan lain setelah dioda. Strukturnya juga sama dengan dioda, tetapi belakangan ditemukan bahwa elektron yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya. LED dibuat agar lebih efisien jika mengeluarkan cahaya. Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, doping yang dipakai adalah galium, arsenic dan fosforus. Jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda pula.

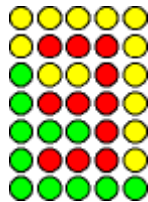


Gambar 5.6. Simbol LED

Pada saat ini warna-warna cahaya LED yang banyak ada adalah warna merah, kuning dan hijau. LED berwarna biru sangat langka. Pada dasarnya semua warna bisa dihasilkan, namun akan menjadi sangat mahal dan tidak efisien. Dalam memilih LED selain warna, perlu diperhatikan tegangan kerja, arus maksimum dan disipasi daya-nya. Rumah (*chasing*) LED dan bentuknya juga bermacam-macam, ada yang persegi empat, bulat dan lonjong.

Aplikasi

Dioda banyak diaplikasikan pada rangkaian penyearah arus (*rectifier*) power suplai atau konverter AC ke DC. Dipasar banyak ditemukan dioda seperti 1N4001, 1N4007 dan lain-lain. Masing-masing tipe berbeda tergantung dari arus maksimum dan juga tegangan breakdown-nya. Zener banyak digunakan untuk aplikasi regulator tegangan (*voltage regulator*). Zener yang ada dipasaran tentu saja banyak jenisnya tergantung dari tegangan *breakdown*-nya. Di dalam datasheet biasanya spesifikasi ini disebut V_z (*zener voltage*) lengkap dengan toleransinya, dan juga kemampuan disipasi daya.



Gambar 5.7. LED array

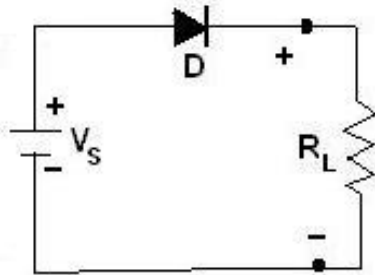
LED sering dipakai sebagai indikator yang masing-masing warna bisa memiliki arti yang berbeda. Menyala, padam dan berkedip juga bisa berarti lain. LED dalam bentuk susunan (*array*) bisa menjadi display yang besar. Dikenal juga LED dalam bentuk 7 *segment* atau ada juga yang 14 *segment*. Biasanya digunakan untuk menampilkan angka numerik dan alphabet.

C. ALAT DAN BAHAN

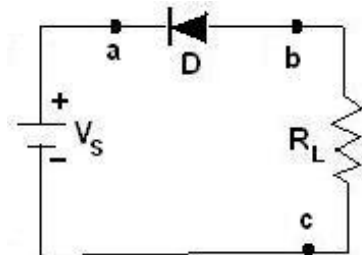
- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. Resistor | 220 Ω , 1 K Ω |
| 2. potensiometer | 5 K Ω |
| 3. Dioda | 1N4001 |
| 4. Dioda Zener | 2V7 4V7 6V2 |
| 5. AVOMeter | |
| 6. Baterai atau Catudaya DC | |
| 7. Kable merah, hitam, hijau | |
| 8. Papan rangkaian (Protoboard) | |

D. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Mempelajari karakteristik dioda pada **bias maju** (*Forward*)
 - a. Susun rangkaian seperti gambar berikut pada papan rangkaian dengan dioda IN4001 dan $R_L = 1\text{ K}\Omega$



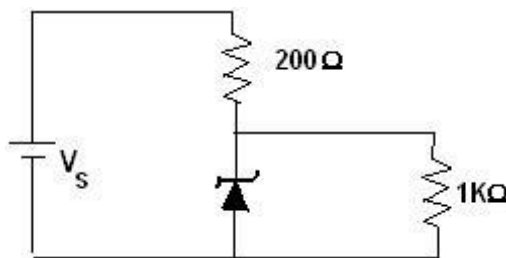
- b. Atur tegangan sumber antara 0 dan 1 Volt dengan interval 0,1 volt
 - c. Ukurlah besar arus yang mengalir pada dioda pada setiap nilai input
 - d. Ukur juga tegangan pada dioda
 - e. Lakukan lagi langkah b, c dan d untuk masukan antara 1 sampai 5 volt dengan interval 1 volt
2. Mempelajari karakteristik dioda pada **bias mundur** (*Reverse*)
 - a. Susun rangkaian seperti gambar berikut pada papan rangkaian dengan dioda IN4001 dan $R_L = 1\text{ K}\Omega$



- b. Atur tegangan sumber antara 0 dan 10 Volt dengan interval 1 volt
- c. Ukurlah besar arus yang mengalir pada dioda pada setiap nilai input
- d. Ukur juga tegangan pada dioda

3. Rangkaian Regulator Zener

- a. Buatlah rangkaian seperti pada gambar berikut ini dengan zener 2V7



- b. Atur tegangan masukan antara 0 sampai 12 volt dengan interval 1 volt
- c. Catat tegangan pada hambatan yang paralel dengan zener, dan catat juga besar arus yang mengalir pada zener
- d. lakukan langkah a, b, dan c untuk zener 4V7
- e. lakukan langkah a, b, dan c untuk zener 6V2

E. TUGAS PENDAHULUAN

1. Jelaskan apa yang dikenal dengan titik Cut off
2. Tentukan tegangan potong untuk dioda germanium
3. Tentukan tegangan potong untuk dioda Silikon
4. Jelaskan kenapa ada tegangan potong pada dioda germanium dan dioda silikon
5. Jelaskan perbedaan dioda bias dengan dioda zener
6. Kenapa dioda zener dipasang pada bias mundur?

F. FORMAT DATA PENGAMATAN

1. Data karakteristik dioda pada **bias maju** (*Forward*)

Tegangan sumber (DC) (volt)	Arus Dioda (I_D) (A)	Tegangan Dioda (V_D) (volt)
0,1		
0,2		
0,3		
0,4		
0,5		
0,6		
0,7		
0,8		
0,9		
1,0		
2,0		
3,0		
4,0		
5,0		

2. Data karakteristik dioda pada **bias mundur** (*Reverse*)

Tegangan sumber (DC) (volt)	Arus Dioda (I_D) (A)	Tegangan Dioda (V_D) (volt)
1,0		
2,0		
3,0		
4,0		
5,0		
6,0		
7,0		
8,0		
9,0		
10,0		

3. Reguletor Zener

Tegangan Sumber	2V7		4V7		6V2	
	I_D	V_L	I_D	V_L	I_D	V_L
0						
1,0						
2,0						
3,0						
4,0						
5,0						
6,0						
7,0						
8,0						
9,0						
10,0						
11,0						

G. TUGAS AKHIR

- Berdasarkan tabel 1 dan 2 buatlah grafik antara arus dioda dengan tegangan dioda
- Berdasarkan grafik yang dihasilkan, tentukan tegangan potong dari dioda yang digunakan
- Buatlah kesimpulan anda atas grafik karakteristik dioda yang dihasilkan
- Tentukan garis kerja dioda untuk $R_L = 1 \text{ K}\Omega$ dan $V_{DD} = 3 \text{ volt}$. Tentukan titik kerja dioda pada keadaan ini berapakah nilai I_D dan V_D .
- Apa beda dioda zener dengan dioda biasa ?

MODUL V

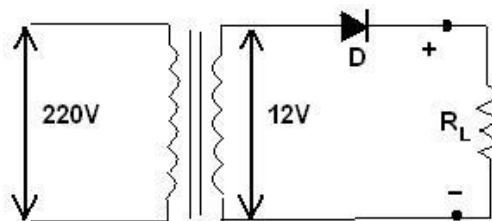
PENYEARAH GELOMBANG

A. TUJUAN

1. Mempelajari karakteristik rangkaian penyearah fase tunggal untuk setengah gelombang
2. Mempelajari karakteristik rangkaian penyearah fase tunggal untuk gelombang penuh
3. Dapat menyimpulkan peran resistor dan kapasitor pada penyearah gelombang

B. TEORI DASAR

Dioda semikonduktor biasanya digunakan untuk mengkonversi arus bolak balik (ac) menjadi arus searah (dc). Dalam kasus ini rangkaian dioda disebut sebagai penyearah (*rectifier*). Bentuk yang paling sederhana dari penyearah memiliki satu dioda tunggal. Karena hanya bekerja pada setengah siklus positif atau negatif dari sumber, rangkaian ini dikenal sebagai penyearah setengah gelombang.

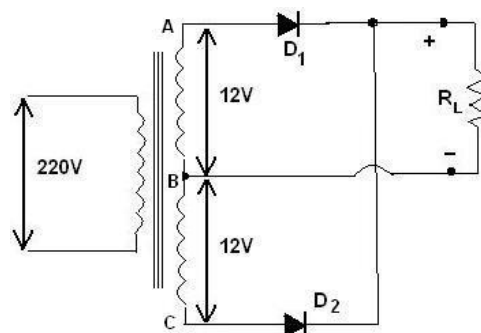


Gambar 6.1. Penyearah Setengah Gelombang

Tegangan PLN 220 V diumpankan ke sisi primer dari sebuah transformer step down. Sisi sekunder transformer menurunkan tegangan rms yang besarnya 220V ke rms 12V. Dioda D hanya akan mengizinkan arus mengalir dari katoda ke anoda. Dioda D akan dibias maju selama berlangsungnya setiap setengah siklus positif dan secara efektif akan bekerja menyerupai saklar penutup. Ketika arus rangkaian berusaha mengalir ke arah yang berlawanan, bias tegangan pada dioda akan berbalik mundur, menyebabkan dioda akan bekerja menyerupai saklar terbuka

Penyearah setengah gelombang relatif tidak efisien, karena penghantarannya hanya terjadi pada tiap setengah siklus positif. Susunan penyearah yang lebih baik akan memanfaatkan setengah siklus positif dan setengah siklus negatif. Penyearah gelombang penuh tidak saja lebih efisien, tetapi juga hanya membutuhkan komponen penghalus dan komponen reservoir yang lebih sedikit. Ada dua jenis penyearah gelombang penuh: (1) jenis dua fase, dan (2) jenis penyearah jembatan

Pada **penyearah dua fasa**, tegangan sumber 220V diberikan pada sisi primer dari travo step-down yang memiliki dua gulung lilitan sekunder yang identik, masing-masing memberikan tegangan rms 12V. Travo jenis ini dikenal sebagai travo center type (CT).



Gambar 6.2. Penyearah Gelombang Penuh 2 Fasa

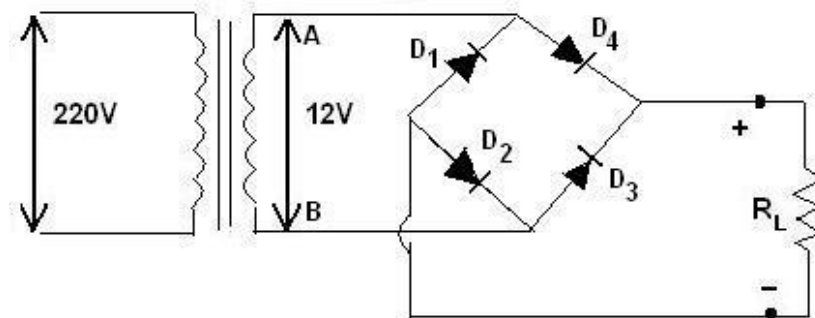
Pada setengah siklus positif, titik A akan positif terhadap titik B dan titik B akan positif terhadap titik C. Dalam kondisi ini, D1 akan menghantar (anodanya akan positif terhadap katoda), sedangkan D2 tidak menghantar (anodanya akan negatif

terhadap katoda). Hanya D1 saja yang akan menghantar dalam setengah siklus positif, sedangkan D2 akan berperan sebagai saklar terbuka.

Pada setengah siklus negatif, titik C akan positif terhadap titik B dan titik B akan positif terhadap titik A. Dalam kondisi ini, D2 akan menghantar (anodanya akan positif terhadap katoda), sedangkan D1 tidak menghantar (anodanya akan negatif terhadap katoda). Hanya D2 saja yang akan menghantar dalam setengah siklus negatif, sedangkan D1 akan berperan sebagai saklar terbuka

Hasilnya arus dialirkan ke beban pada arah yang sama dalam tiap-tiap setengah siklus yang berurutan. Berbeda dengan penyearah setengah gelombang, yang mempunyai frekuensi keluaran yang sama dengan frekuensi primer 50 Hz. Pada penyearah gelombang penuh ini pulsa-pulsa tegangan yang timbul pada R_L mempunyai frekuensi dua kali yaitu pada 100 Hz. Berlipat duanya frekuensi riak ini memungkinkan kita menggunakan kapasitor reservoir atau penghalus dengan nilai yang lebih kecil untuk memperoleh pengurangan riak pada tingkat yang sama

Hasil yang sama dapat juga dibuat dengan menggunakan penyearah jembatan empat dioda, dengan kedua pasang dioda pada sisi berlawanan akan menghantar pada tiap-tiap detengah siklus yang bergantian. Sistem ini menghindarkan kita dari penggunaan travo center type (CT).



Gambar 6.3. Penyearah Gelombang Penuh 4 Jembatan

Pada setengah siklus positif, titik A akan lebih positif terhadap titik B. Dalam kondisi ini, dioda D4 dan D2 akan menghantar, sementara D1 dan D2 tidak menghantar atau berperan sebagai saklar terbuka. Pada setengah siklus negatif, titik B akan lebih positif terhadap titik A. Dalam kondisi ini, dioda D3 dan D1 akan menghantar, sementara D2 dan D4 tidak menghantar atau berperan sebagai saklar terbuka. Hasil yang didapat sama seperti menggunakan travo dengan dua kumparan sekunder (CT), yaitu arus dialirkan melalui beban pada arah yang sama pada tiap-tiap setengah siklus yang berurutan.

C. ALAT DAN BAHAN

1. Resistor
2. Dioda
3. Papan rangkaian (Protoboard)
4. Osiloskop
5. Probe
6. AVOMeter
7. Transformator CT dan NOL
8. Kable merah, hitam, hijau

D. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Percobaan I : Penyearah Setengah Gelombang
 - a. Buatlah rangkaian penyearah setengah gelombang dengan menggunakan dioda IN4001 seperti gambar 6.1., dengan $R_L = 10\text{ K}\Omega$
 - b. Set input rangkaian dari tegangan sekunder travo step down 6 volt
 - c. Gambarkan bentuk gelombang input dari travo tersebut berdasarkan pengamatan dengan osciloscop
 - d. Ukur dan gambarkanlah bentuk gelombang keluaran pada R_L
 - e. Lakukan langkah di atas untuk masukan 9 volt
 - f. Lakukan langkah di atas untuk masukan 12 volt

2. Percobaan II : Penyearah Gelombang Penuh dua fasa
 - a. Buatlah rangkaian penyearah gelombang penuh dengan menggunakan dioda IN4001 seperti gambar 6.2., dengan $R_L = 10\text{ K}\Omega$
 - b. Set input rangkaian dari tegangan sekunder travo step down 6 volt puncak-puncak
 - c. Gambarkan bentuk gelombang input dari travo tersebut berdasarkan pengamatan dengan osciloscop
 - d. Ukur dan gambarkanlah bentuk gelombang keluaran pada R_L
 - e. Lakukan langkah di atas untuk masukan 9 volt puncak-puncak
 - f. Lakukan langkah di atas untuk masukan 12 volt puncak-puncak





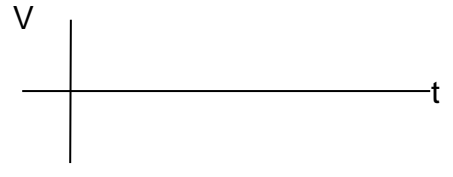
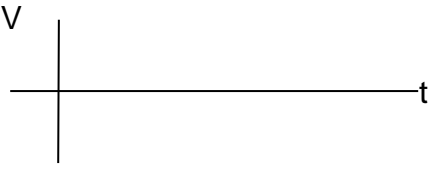
3. percobaan III: Penyearah gelombang penuh Empat Jembatan
 - a. Buatlah rangkaian penyearah gelombang penuh dengan menggunakan dioda IN4001 seperti gambar 6.3., dengan $R_L = 10\text{ K}\Omega$
 - b. Set input rangkaian dari tegangan sekunder travo step down 6 volt
 - c. Gambarkan bentuk gelombang input dari travo tersebut berdasarkan pengamatan dengan osciloscop
 - d. Ukur dan gambarkanlah bentuk gelombang keluaran pada R_L
 - e. Pasangkan kapasitor 100 nF paralel dengan R_L
 - f. Ukur dan gambarkanlah bentuk gelombang keluaran pada R_L

E. TUGAS PENDAHULUAN

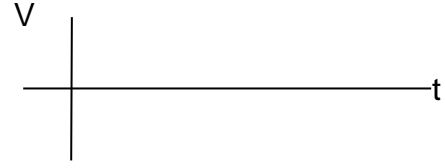
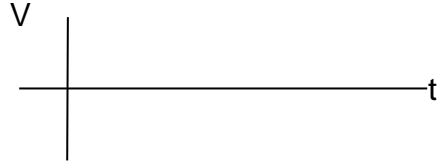
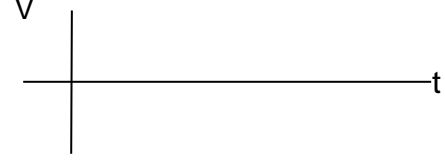
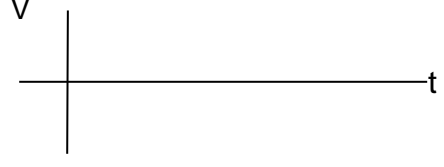
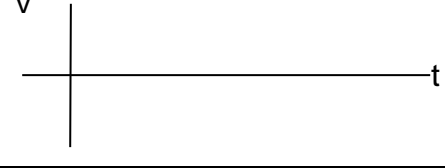
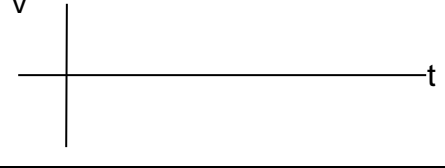
1. Tentukan persamaan gelombang tegangan masukan dengan V_{rms} masing-masing 6 volt, 9 volt dan 12 volt dengan frekuensi tegangan sumber 50 Hz dan tetapan fasa awalnya nol.
2. Gambarkan gelombang tegangan keluaran untuk penyearah setengah gelombang dengan tegangan masukan rms 9 volt
3. Apakah tinggi amplitudo gelombang tegangan masukan sama dengan tinggi amplitudo gelombang keluaran

F. FORMAT DATA PENGAMATAN




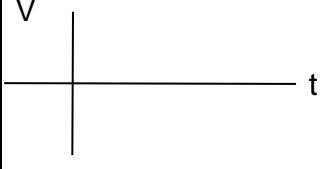
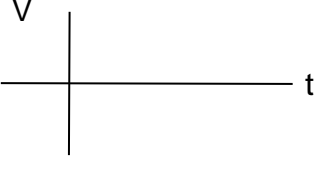
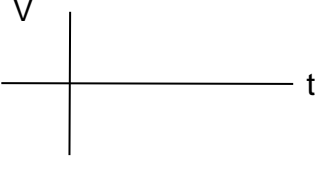



1. Percobaan I : Penyearah Setengah Gelombang

Tegangan Input	Sinyal Input	Sinyal Output
6 Volt		
9 Volt		
12 volt		

2. Percobaan II : Penyearah Gelombang Penuh dua fasa

Tegangan Input	Sinyal Input	Sinyal Output
6 V _{PP}		
9 V _{PP}		
12 V _{PP}		

3. percobaan III: Penyearah gelombang penuh Empat Jembatan

Tegangan Input	Sinyal Input	Sinyal Output	Output (R _L // X _C)
6 Volt			
9 Volt			
12 volt			

G. TUGAS AKHIR

1. Jelaskan peran dioda IN4001 untuk penyearah setengah gelombang
2. Jelaskan proses pembentukan sinyal tegangan keluaran pada penyearah dua fasa
3. Jelaskan proses pembentukan sinyal tegangan keluaran pada penyearah empat jembatan
4. Kenapa amplitudo tegangan keluaran lebih rendah dari amplitudo tegangan masukan? Berapa selisihnya?
5. Tentukan frekuensi sinyal keluaran untuk penyearah gelombang penuh
6. Jelaskan fungsi kapasitor reservor yang dipasang paralel dengan R_L.

MODUL VII

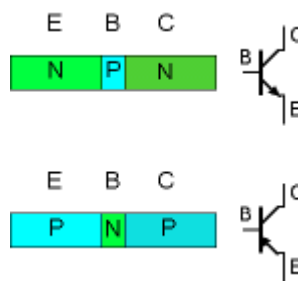
APLIKASI TRANSISTOR

A. TUJUAN

1. Mempelajari karakteristik masukan transistor basis ditanahkan
2. Mempelajari karakteristik keluaran transistor basis ditanahkan
3. Membuat grafik karakteristik transistor basis ditanahkan

B. TEORI DASAR

Transistor merupakan dioda dengan dua sambungan (*junction*). Sambungan itu membentuk transistor PNP maupun NPN. Ujung-ujung terminalnya berturut-turut disebut emitor, base dan kolektor. Base selalu berada di tengah, di antara emitor dan kolektor. Transistor ini disebut transistor bipolar, karena struktur dan prinsip kerjanya tergantung dari perpindahan elektron di kutup negatif mengisi kekurangan elektron (hole) di kutup positif. $\beta = 2$ dan polar = kutup. Adalah William Schockley pada tahun 1951 yang pertama kali menemukan transistor bipolar.



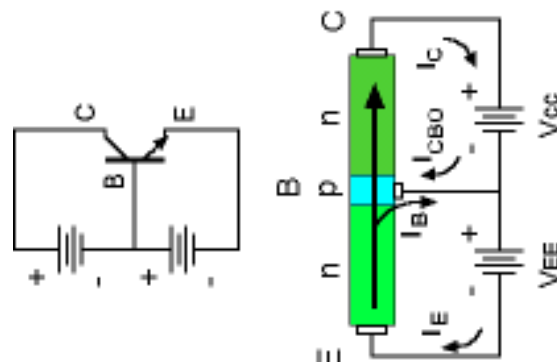
Transistor npn dan pnp

Akan dijelaskan kemudian, transistor adalah komponen yang bekerja sebagai sakelar (*switch on/off*) dan juga sebagai penguat (*amplifier*). Transistor bipolar adalah inovasi yang menggantikan transistor tabung (*vacum tube*). Selain dimensi transistor bipolar yang relatif lebih kecil, disipasi dayanya juga lebih kecil sehingga dapat bekerja pada suhu yang lebih dingin. Dalam beberapa aplikasi, transistor tabung masih digunakan terutama pada aplikasi audio, untuk mendapatkan kualitas suara yang baik, namun konsumsi dayanya sangat besar. Sebab untuk dapat melepaskan elektron, teknik yang digunakan adalah pemanasan filamen seperti pada lampu pijar.

Bias DC

Transistor bipolar memiliki 2 junction yang dapat disamakan dengan penggabungan 2 buah dioda. Emite-Base adalah satu junction dan Base-Kolektor junction lainnya. Seperti pada dioda, arus hanya akan mengalir hanya jika diberi bias positif, yaitu hanya jika tegangan pada material P lebih positif daripada material N (*forward bias*). Pada gambar ilustrasi transistor NPN berikut ini, junction base-emite diberi bias positif sedangkan base-colektor mendapat bias negatif (*reverse bias*).

arus elektron transistor npn

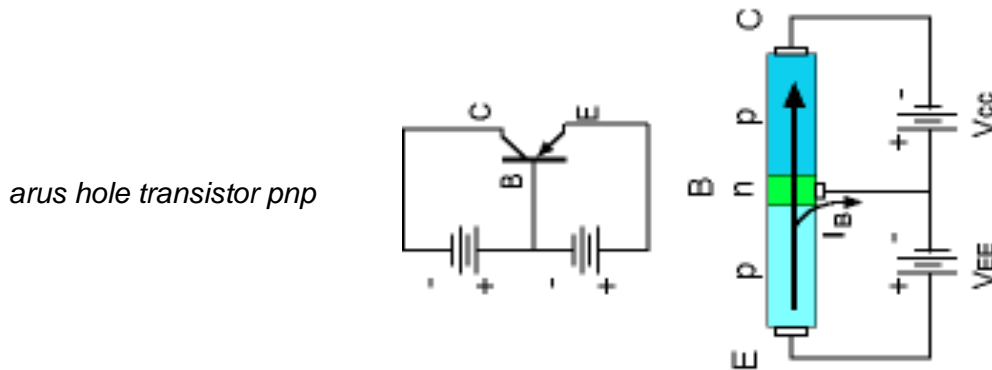


Karena base-emite mendapat bias positif maka seperti pada dioda, elektron mengalir dari emite menuju base. Kolektor pada rangkaian ini lebih positif sebab mendapat

tegangan positif. Karena kolektor ini lebih positif, aliran elektron bergerak menuju kutup ini. Misalnya tidak ada kolektor, aliran elektron seluruhnya akan menuju base seperti pada dioda. Tetapi karena lebar base yang sangat tipis, hanya sebagian elektron yang dapat bergabung dengan hole yang ada pada base. Sebagian besar akan menembus lapisan base menuju kolektor. Inilah alasannya mengapa jika dua dioda digabungkan tidak dapat menjadi sebuah transistor, karena persyaratannya adalah lebar base harus sangat tipis sehingga dapat diterjang oleh elektron.

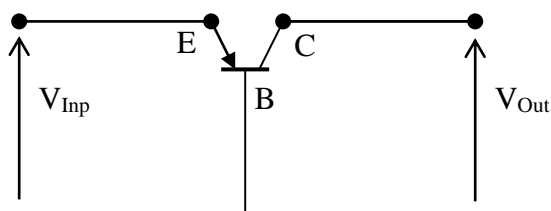
Jika misalnya tegangan base-emitor dibalik (*reverse bias*), maka tidak akan terjadi aliran elektron dari emitor menuju kolektor. Jika pelan-pelan 'keran' base diberi bias maju (*forward bias*), elektron mengalir menuju kolektor dan besarnya sebanding dengan besar arus bias base yang diberikan. Dengan kata lain, arus base mengatur banyaknya elektron yang mengalir dari emitor menuju kolektor. Ini yang dinamakan efek penguatan transistor, karena arus base yang kecil menghasilkan arus emitor-colector yang lebih besar. Istilah *amplifier* (penguatan) menjadi salah kaprah, karena dengan penjelasan di atas sebenarnya yang terjadi bukan penguatan, melainkan arus yang lebih kecil mengontrol aliran arus yang lebih besar. Juga dapat dijelaskan bahwa base mengatur membuka dan menutup aliran arus emitor-kolektor (*switch on/off*).

Pada transistor PNP, fenomena yang sama dapat dijelaskan dengan memberikan bias seperti pada gambar berikut. Dalam hal ini yang disebut perpindahan arus adalah arus hole.



Untuk memudahkan pembahasan prinsip bias transistor lebih lanjut, berikut adalah terminologi parameter transistor. Dalam hal ini arah arus adalah dari potensial yang lebih besar ke potensial yang lebih kecil.

Agar transistor dapat berfungsi sebagai penguat, maka harus diusahakan sambungan antara emitor-basis (sambungan emitor atau J_E) harus mendapat tegangan maju dan sambungan antara basis-kolektor (sambungan kolektor atau J_C) harus mendapat tegangan balik. Suatu rangkaian penguat dengan transistor basis ditanahkan adalah sebagai berikut:



Masukan disadap dari terminal emitor-basis dan keluaran disadap dari terminal kolektor basis. Jadi terminal basis dipakai bersama sebagai basis, sehingga penguat jenis ini dikenal sebagai penguat dengan basis ditanahkan.

Karakteristik masukan statis dapat dipelajari melalui pengukuran tegangan masukan yaitu tegangan antara emitor-basis (V_{EB}) dan kuat arus masukan yaitu kuat arus yang masuk melalui emitor (I_E) pada tegangan keluaran (V_{CB}) tertentu

Sifat masukan dari transistor PNP dalam konfigurasi sekutu basis diperlihatkan dengan membuat grafil antara I_E (mA) terhadap V_{BE} (volt). Karakteristik grafik yang dihasilkan akan berbeda untuk nilai V_{CB} yang berbeda. Grafik karakteristisik ini identik dengan karakteristik dioda bias maju.

Sifat masukan transistor dalam konfigurasi CB yang dipengaruhi oleh tegangan V_{CB} disebabkan karena menebalnya daerah kosong (depletion region) pada sambungan J_c karena tegangan sambungan V_c yang semakin negatif jika V_{CB} semakin negatif. Dengan menebalnya daerah kosong berarti tebal basis secara efektif menjadi berkurang. Ada dua akibat yang disebabkan berkurangnya tebal basis. Pertama, α menjadi lebih besar, karena hole injection di daerah basis yang melakukan rekombinasi jumlahnya berkurang. Kedua, karena jarak efektif antara J_E dan J_c semakin kecil, menurunnya konsentrasi hole minoritas injection di daerah basis semakin tajam. Perlu diingat bahwa pada sambungan kolektor-basis mendapat tegangan arah balik, konsentrasi dari hole injection pada sambungan ini harganya mendekati nol. Dengan penurunan konsentrasi yang lebih tajam, harga I_E menjadi lebih besar. Jadi kesimpulannya, dengan V_{CB} yang semakin negatif, kalau V_{EB} tetap, harga I_E semakin besar

Karakteristik keluaran statis dapat dipelajari melalui pengukuran tegangan keluaran, yaitu tegangan antara kolektor basis (V_{CB}) dan kuat arus keluaran yaitu kuat arus yang keluar melalui terminal kolektor (I_C) pada arus masukan (I_E) tertentu .

Sifat keluaran transistor PNP dalam konfigurasi basis bersama dapat digambarkan dari karakteristik yang dihasilkan oleh arus kolektor (I_C) terhadap tegangan kolektor basis (V_{CB}) pada nilai arus I_E tertentu. Dari grafik yang dihasilkan dapat diamati tiga daerah sifat keluaran, yaitu: daerah mati, daerah aktif dan daerah jenuh.

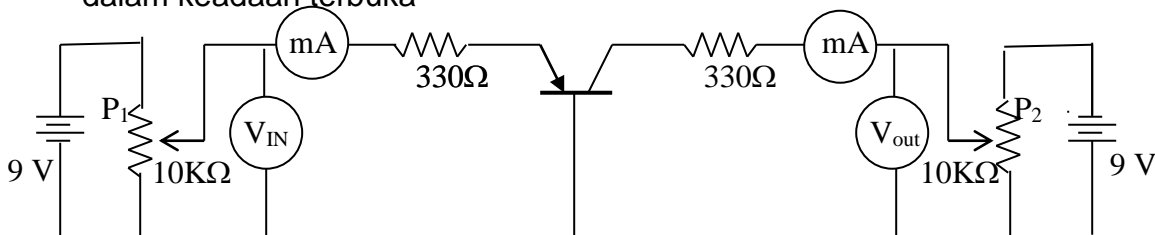
C. ALAT DAN BAHAN

1. Voltmeter
2. Ampermeter
3. Power suplay (bateray)
4. Protoboard
5. Resistor 330Ω
6. Potensiometer 10 K

D. PROSEDUR PERCOBAAN

Karakteristik Statis Masukan

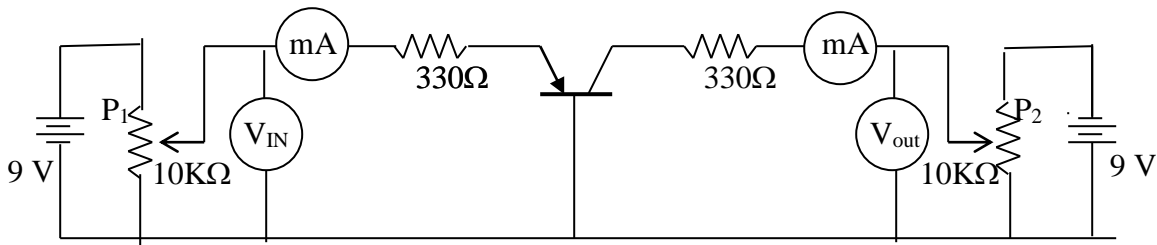
1. Buatlah rangkaian seperti skema di bawah ini dengan kedua sumber tegangan dalam keadaan terbuka



2. Setelah rangkaian diperiksa pembimbing dan benar, ubah potensio P_1 dan P_2 pada posisi minimum, kemudian hubungkan dengan sumber tegangan
3. Ubahlah potensio P_1 sehingga didapat V_{EB} (tegangan input) 0,5 volt, sedangkan P_2 tetap minimum, sehingga $V_{CB}=V_{out}=0$. Catatlah kuat arus di emitor (I_E).
4. Lakukan langkah 3 untuk tegangan V_{EB} sampai 6 volt dengan interval 0,5 volt
5. Lakukan langkah 3 dan 4 untuk V_{CB} 3 volt, 6 volt dan 9 volt

Karakteristik Statis Keluaran

1. Buatlah rangkaian seperti skema di bawah ini dengan kedua sumber tegangan dalam keadaan terbuka



2. Setelah rangkaian diperiksa pembimbing dan benar, ubah potensio P_1 dan P_2 pada posisi minimum, kemudian hubungkan dengan sumber tegangan
3. Ubahlah potensio P_1 sehingga didapat arus $I_E = 1\text{mA}$. Atur P_2 sehingga didapat $V_{CB} = 1\text{volt}$, catat besar arus pada kolektor (I_c)
4. Lakukan langkah 3 untuk tegangan V_{CB} sampai 9 volt dengan interval 1 volt
5. Lakukan langkah 3 dan 4 untuk I_E 5 mA, 10 mA, 15 mA, 20 mA dan 25 mA

E. TUGAS PENDAHULUAN

1. Buatlah grafik karakteristik masukan transistor basis ditanahkan, dimana kuat arus emitor (I_E) sebagai sumbu Y dan tegangan emitor-basis (V_{EB}) sebagai sumbu X
2. Buatlah grafik karakteristik keluaran transistor basis ditanahkan, dimana kuat arus kolektor (I_c) sebagai sumbu Y dan tegangan kolektor-basis (V_{CB}) sebagai sumbu X

F. FORMAT DATA PENGAMATAN

Karakteristik Statis Masukan

No	$V_{CB} = 0\text{ volt}$		$V_{CB} = 3\text{ volt}$		$V_{CB} = 6\text{ volt}$		$V_{CB} = 9\text{ volt}$	
	$V_{EB}(\text{volt})$	I_E	$V_{EB}(\text{volt})$	I_E	$V_{EB}(\text{volt})$	I_E	$V_{EB}(\text{volt})$	I_E
1	0,5		0,5		0,5		0,5	
2	1,0		1,0		1,0		1,0	
3	1,5		1,5		1,5		1,5	
4	2,0		2,0		2,0		2,0	
5	2,5		2,5		2,5		2,5	
6	3,0		3,0		3,0		3,0	
7	3,5		3,5		3,5		3,5	
8	4,0		4,0		4,0		4,0	
9	4,5		4,5		4,5		4,5	
10	5,0		5,0		5,0		5,0	
11	5,5		5,5		5,5		5,5	
12	6,0		6,0		6,0		6,0	

Karakteristik Statis Keluaran

No	$I_E = 1\text{ mA}$		$I_E = 5\text{ mA}$		$I_E = 10\text{ mA}$		$I_E = 15\text{ mA}$		$I_E = 20\text{ mA}$		$I_E = 25\text{ mA}$	
	$V_{CB}(\text{volt})$	I_c	$V_{CB}(\text{volt})$	I_c	$V_{CB}(\text{volt})$	I_c	$V_{CB}(\text{volt})$	I_c	$V_{CB}(\text{volt})$	I_c	$V_{CB}(\text{volt})$	I_c
1	1,0		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0	
2	2,0		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0	
3	3,0		3,0		3,0		3,0		3,0		3,0	
4	4,0		4,0		4,0		4,0		4,0		4,0	
5	5,0		5,0		5,0		5,0		5,0		5,0	
6	6,0		6,0		6,0		6,0		6,0		6,0	
7	7,0		7,0		7,0		7,0		7,0		7,0	
8	8,0		8,0		8,0		8,0		8,0		8,0	
9	9,0		9,0		9,0		9,0		9,0		9,0	

G. TUGAS AKHIR

1. Buatlah grafik karakteristik masukan transistor basis ditanahkan, dimana kuat arus emitor (I_E) sebagai sumbu Y dan tegangan emitor-basis (V_{EB}) sebagai sumbu X. Lukiskan untuk nilai V_{CB} yang berbeda pada satu bidang kartesian yang sama
2. Buatlah grafik karakteristik keluaran transistor basis ditanahkan, dimana kuat arus kolektor (I_C) sebagai sumbu Y dan tegangan kolektor-basis (V_{CB}) sebagai sumbu X. Lukiskan untuk nilai I_E yang berbeda pada satu bidang kartesian yang sama
3. Bandingkan kurva karakteristik masukan transistor dengan kurva karakteristik dioda bias maju, berikan penjelasan Anda!
4. Untuk kurva karakteristik keluaran transistor, tentukan daerah mati, daerah aktif dan daerah jenuh transistor basis ditanahkan

MODUL VII

KARAKTERISTIK TRANSISTOR EMITTER DITANAHKAN

A. TUJUAN

1. Mengamati karakteristik penguat transistor dengan emitter ditanahkan
2. Mengamati proses pengautan pada transistor emitter ditanahkan
3. Menentukan nilai penguatan tegangan pada keluaran transistor emitter ditanahkan

B. TEORI DASAR

Telah dibahas di kelas tentang arus bias yang memungkinkan elektron dan hole berdifusi antara kolektor dan emitor menerjang lapisan base yang tipis itu. Sebagai rangkuman, prinsip kerja transistor adalah arus bias base-emiter yang kecil mengatur besar arus kolektor-emiter. Bagian penting berikutnya adalah bagaimana caranya memberi arus bias yang tepat sehingga transistor dapat bekerja optimal.

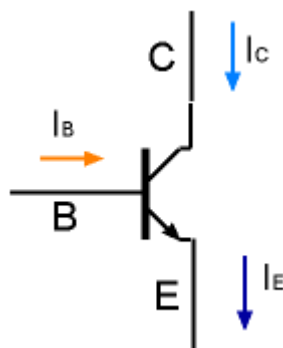
Arus bias

Ada tiga cara yang umum untuk memberi arus bias pada transistor, yaitu rangkaian CE (Common Emitter), CC (Common Collector) dan CB (Common Base). Namun saat ini akan lebih detail dijelaskan bias transistor rangkaian CE. Dengan menganalisa rangkaian CE akan dapat diketahui beberapa parameter penting dan berguna terutama untuk memilih transistor yang tepat untuk aplikasi tertentu. Tentu untuk aplikasi pengolahan sinyal frekuensi audio semestinya tidak menggunakan transistor power, misalnya.

Arus Emiter

Dari hukum Kirchoff diketahui bahwa jumlah arus yang masuk kesatu titik akan sama jumlahnya dengan arus yang keluar. Jika teorema tersebut diaplikasikan pada transistor, maka hukum itu menjelaskan hubungan :

$$I_E = I_C + I_B \dots\dots\dots (1)$$



arus emitor

Persamaan (1) tersebut mengatakan arus emiter I_E adalah jumlah dari arus kolektor I_C dengan arus base I_B . Karena arus I_B sangat kecil sekali atau disebutkan $I_B \ll I_C$, maka dapat di nyatakan :

$$I_E = I_C \dots\dots\dots (2)$$

Alpha (α)

Pada tabel data transistor (*databook*) sering dijumpai spesifikasi alpha dc (α_{dc}) yang tidak lain adalah :

$$\alpha_{dc} = I_C/I_E \dots\dots\dots(3)$$

Defenisinya adalah perbandingan arus kolektor terhadap arus emitor.

Karena besar arus kolektor umumnya hampir sama dengan besar arus emiter maka idealnya besar α_{dc} adalah = 1 (satu). Namun umumnya transistor yang ada memiliki α_{dc} kurang lebih antara 0.95 sampai 0.99.

Beta (β)

Beta didefenisikan sebagai besar perbandingan antara arus kolektor dengan arus base.

$$\beta = I_C/I_B \dots\dots\dots (4)$$

Dengan kata lain, β adalah parameter yang menunjukkan kemampuan penguatan arus (current gain) dari suatu transistor. Parameter ini ada tertera di *databook* transistor dan sangat membantu para perancang rangkaian elektronika dalam merencanakan rangkaiannya.

Misalnya jika suatu transistor diketahui besar $\beta=250$ dan diinginkan arus kolektor sebesar 10 mA, maka berapakah arus bias base yang diperlukan. Tentu jawabannya sangat mudah yaitu :

$$I_B = I_C/\beta = 10\text{mA}/250 = 40 \mu\text{A}$$

Arus yang terjadi pada kolektor transistor yang memiliki $\beta = 200$ jika diberi arus bias base sebesar 0,1mA adalah :

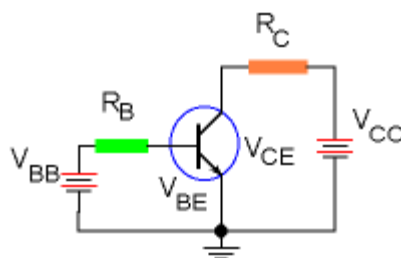
$$I_C = \beta I_B = 200 \times 0.1\text{mA} = 20 \text{ mA}$$

Dari rumusan ini lebih terlihat defenisi penguatan arus transistor, yaitu sekali lagi, arus base yang kecil menjadi arus kolektor yang lebih besar.

Common Emitter (CE)

Rangkaian CE adalah rangkain yang paling sering digunakan untuk berbagai aplikasi yang menggunakan transistor. Dinamakan rangkaian CE, sebab titik ground atau titik tegangan 0 volt dihubungkan pada titik emiter.

rangkaiian CE



Sekilas Tentang Notasi

Ada beberapa notasi yang sering digunakan untuk menunjukkan besar tegangan pada suatu titik maupun antar titik. Notasi dengan 1 subscript adalah untuk menunjukkan besar tegangan pada satu titik, misalnya V_C = tegangan kolektor, V_B = tegangan base dan V_E = tegangan emitor.

Ada juga notasi dengan 2 subscript yang dipakai untuk menunjukkan besar tegangan antar 2 titik, yang disebut juga dengan tegangan jepit. Diantaranya adalah :

V_{CE} = tegangan jepit kolektor- emitor

V_{BE} = tegangan jepit base - emitor

V_{CB} = tegangan jepit kolektor - base

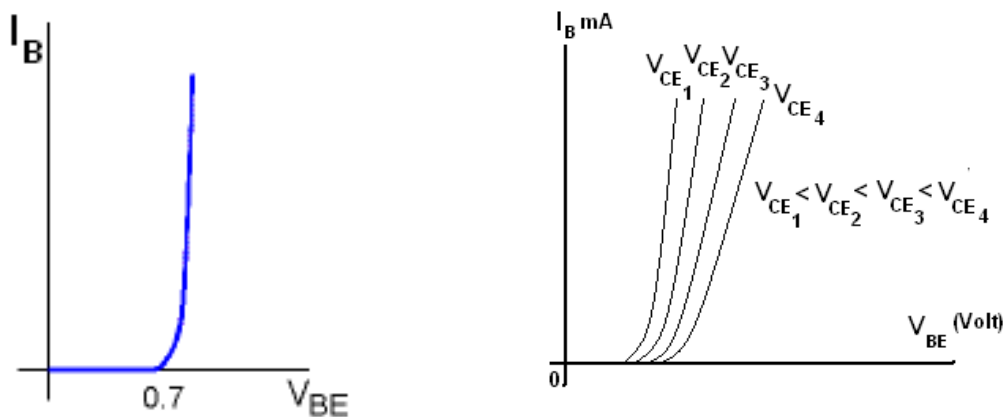
Notasi seperti V_{BB} , V_{CC} , V_{EE} berturut-turut adalah besar sumber tegangan yang masuk ke titik base, kolektor dan emitor.

Kurva Base

Hubungan antara I_B dan V_{BE} tentu saja akan berupa kurva dioda. Karena memang telah diketahui bahwa junction base-emitor tidak lain adalah sebuah dioda. Jika hukum Ohm diterapkan pada loop base diketahui adalah :

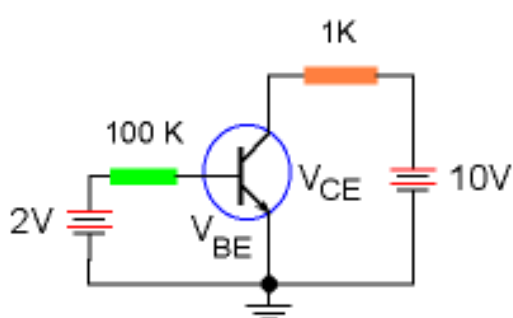
$$I_B = (V_{BB} - V_{BE}) / R_B \dots\dots\dots (5)$$

V_{BE} adalah tegangan jepit dioda junction base-emitor. Arus hanya akan mengalir jika tegangan antara base-emitor lebih besar dari V_{BE} . Sehingga arus I_B mulai aktif mengalir pada saat nilai V_{BE} tertentu.



kurva $I_B - V_{BE}$ (*Karakteristik Masukan CE*)

Besar V_{BE} umumnya tercantum di dalam *databook*. Tetapi untuk penyerdehanaan umumnya diketahui $V_{BE} = 0.7$ volt untuk transistor silikon dan $V_{BE} = 0.3$ volt untuk transistor germanium. Nilai ideal $V_{BE} = 0$ volt.



Sampai disini akan sangat mudah mengetahui arus I_B dan arus I_C dari rangkaian berikut ini, jika diketahui besar $\beta = 200$. Katakanlah yang digunakan adalah transistor yang dibuat dari bahan silikon.

rangkaian-01

$$I_B = (V_{BB} - V_{BE}) / R_B$$

$$= (2V - 0.7V) / 100 K$$

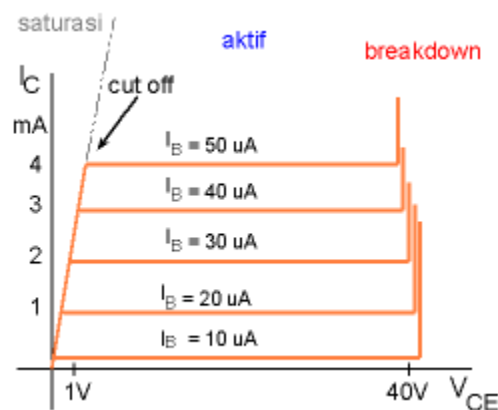
$$= 13 \mu A$$

Dengan $\beta = 200$, maka arus kolektor adalah :

$$I_C = \beta I_B = 200 \times 13 \mu A = 2.6 \text{ mA}$$

Kurva Kolektor

Sekarang sudah diketahui konsep arus base dan arus kolektor. Satu hal lain yang menarik adalah bagaimana hubungan antara arus base I_B , arus kolektor I_C dan tegangan kolektor-emiter V_{CE} . Dengan menggunakan *rangkaian-01*, tegangan V_{BB} dan V_{CC} dapat diatur untuk memperoleh plot garis-garis kurva kolektor. Pada gambar berikut telah diplot beberapa kurva kolektor arus I_C terhadap V_{CE} dimana arus I_B dibuat konstan.



kurva kolektor(Karakteristik Keluaran CE)

Dari kurva ini terlihat ada beberapa region yang menunjukkan daerah kerja transistor. Pertama adalah daerah *saturasi*, lalu daerah *cut-off*, kemudian daerah *aktif* dan seterusnya daerah *breakdown*.

Daerah Aktif

Daerah kerja transistor yang normal adalah pada daerah aktif, dimana arus I_C konstan terhadap berapapun nilai V_{CE} . Dari kurva ini diperlihatkan bahwa arus I_C hanya tergantung dari besar arus I_B . Daerah kerja ini biasa juga disebut daerah linear (*linear region*).

Jika hukum Kirchhoff mengenai tegangan dan arus diterapkan pada loop kolektor (rangkainan CE), maka dapat diperoleh hubungan :

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C \dots\dots\dots (6)$$

Dapat dihitung dissipasi daya transistor adalah :

$$P_D = V_{CE} \cdot I_C \dots\dots\dots (7)$$

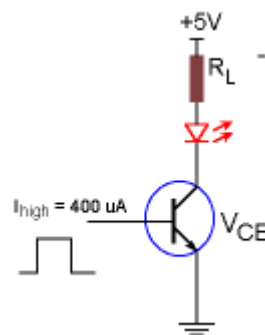
Rumus ini mengatakan jumlah dissipasi daya transistor adalah tegangan kolektor-emitor dikali jumlah arus yang melewatinya. Dissipasi daya ini berupa panas yang menyebabkan naiknya temperatur transistor. Umumnya untuk transistor power sangat perlu untuk mengetahui spesifikasi P_{Dmax} . Spesifikasi ini menunjukkan temperatur kerja maksimum yang diperbolehkan agar transistor masih bekerja normal. Sebab jika transistor bekerja melebihi kapasitas daya P_{Dmax} , maka transistor dapat rusak atau terbakar.

Daerah Saturasi

Daerah saturasi adalah mulai dari $V_{CE} = 0$ volt sampai kira-kira 0.7 volt (transistor silikon), yaitu akibat dari efek dioda kolektor-base yang mana tegangan V_{CE} belum mencukupi untuk dapat menyebabkan aliran elektron.

Daerah Cut-Off

Jika kemudian tegangan V_{CC} dinaikkan perlahan-lahan, sampai tegangan V_{CE} tertentu tiba-tiba arus I_C mulai konstan. Pada saat perubahan ini, daerah kerja transistor berada pada daerah cut-off yaitu dari keadaan saturasi (OFF) lalu menjadi aktif (ON). Perubahan ini dipakai pada system digital yang hanya mengenal angka biner 1 dan 0 yang tidak lain dapat direpresentasikan oleh status transistor OFF dan ON.



rangkaian driver LED

Misalkan pada rangkaian driver LED di atas, transistor yang digunakan adalah transistor dengan $\beta = 50$. Penyalan LED diatur oleh sebuah gerbang logika (*logic gate*) dengan arus *output high* = 400 μA dan diketahui tegangan forward LED, $V_{LED} = 2.4$ volt. Lalu pertanyaannya adalah, berapakah seharusnya resistansi R_L yang dipakai.

$$I_C = \beta I_B = 50 \times 400 \mu A = 20 \text{ mA}$$

Arus sebesar ini cukup untuk menyalakan LED pada saat transistor *cut-off*. Tegangan V_{CE} pada saat *cut-off* idealnya = 0, dan aproksimasi ini sudah cukup untuk rangkaian ini.

$$\begin{aligned} R_L &= (V_{CC} - V_{LED} - V_{CE}) / I_C \\ &= (5 - 2.4 - 0)V / 20 \text{ mA} \\ &= 2.6V / 20 \text{ mA} \\ &= 130 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Daerah Breakdown

Dari kurva kolektor, terlihat jika tegangan V_{CE} lebih dari 40V, arus I_C menanjak naik dengan cepat. Transistor pada daerah ini disebut berada pada daerah breakdown. Seharusnya transistor tidak boleh bekerja pada daerah ini, karena akan dapat merusak transistor tersebut. Untuk berbagai jenis transistor nilai tegangan V_{CEmax} yang diperbolehkan sebelum breakdown bervariasi. V_{CEmax} pada databook transistor selalu dicantumkan juga.

Datasheet transistor

Sebelumnya telah disinggung beberapa spesifikasi transistor, seperti tegangan V_{CEmax} dan $P_D max$. Sering juga dicantumkan di datasheet keterangan lain tentang arus I_{Cmax} , V_{CBmax} dan V_{EBmax} . Ada juga P_{Dmax} pada $T_A = 25^\circ$ dan P_{Dmax} pada $T_C = 25^\circ$. Misal pada transistor 2N3904 dicantumkan data-data seperti :

$$V_{CBmax} = 60V$$

$$V_{CE0max} = 40V$$

$$V_{EBmax} = 6 V$$

$$I_{Cmax} = 200 mA_{dc}$$

$$P_{Dmax} = 625 mW \quad T_A = 25^\circ$$

$$P_{Dmax} = 1.5W \quad T_C = 25^\circ$$

T_A adalah temperature ambient yaitu suhu kamar. Sedangkan T_C adalah temperature casing transistor. Dengan demikian jika transistor dilengkapi dengan *heatshink*, maka transistor tersebut dapat bekerja dengan kemampuan dissipasi daya yang lebih besar.

β atau h_{FE}

Pada system analisa rangkaian dikenal juga parameter h, dengan menyebutkan h_{FE} sebagai β_{dc} untuk mengatakan penguatan arus.

$$\beta_{dc} = h_{FE} \dots\dots\dots (8)$$

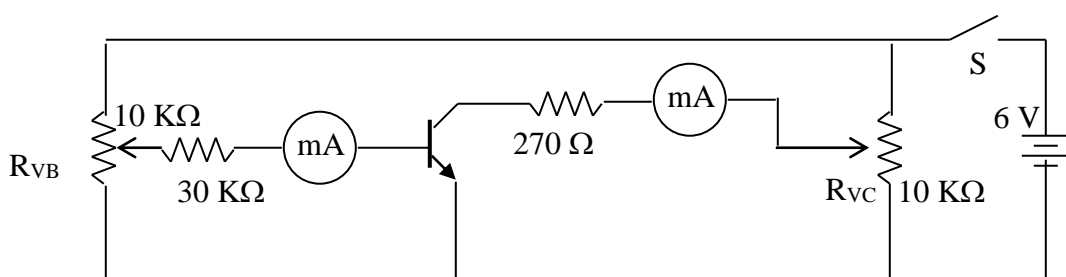
Sama seperti pencantuman nilai β_{dc} , di datasheet umumnya dicantumkan nilai h_{FE} minimum ($h_{FE min}$) dan nilai maksimumnya ($h_{FE max}$).

C. ALAT DAN BAHAN

1. Voltmeter
2. Ampermeter
3. Power suplay (bateray)
4. Protoboard
5. Resistor 270Ω , $30 K\Omega$
6. Potensiometer $10 K$

D. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Buatlah rangkaian seperti di bawah ini



2. Atur R_{VB} dan R_{VC} dalam posisi minimum, setelah rangkaian dinyatakan benar oleh pembimbing dan hubungkan saklar S
3. Ubahlah hambatan R_{VB} , sementara potensio R_{VC} dalam posisi minimum ($V_{CE}=0$). Ukur dan catatlah tegangan basis emitor (V_{BE}) dan kuat arus basis (I_B) setiap perubahan $V_{BE} = 0,1$ volt
4. Ulangi langkah 3 untuk V_{CE} yang berbeda dengan memutar R_{VC} , misalnya V_{CE} 1 volt, 2 volt, dan 4 volt
5. Pasanglah milliampere (mA) pada kolektor untuk mengukur arus kolektor (I_C). Aturlah R_{VB} untuk mendapatkan arus di basis $10 \mu A$, kemudian ubahlah besar

R_{VC} . Ukur dan catatlah tegangan kolektor emitor (V_{CE}) dan kuat arus kolektor (I_C) setiap perubahan $V_{CE} = 1$ volt

6. Ulangi langkah 5 untuk kuat arus basis yang berbeda dengan memutar R_{VB} , misalnya $I_B 20\mu A$, $30\mu A$, dan $40\mu A$

E. FORMAT DATA PENGAMATAN

1. Karakteristik Statis Masukan Common Emitor

No	$V_{CE} = 0$ volt		$V_{CE} = 1$ volt		$V_{CE} = 2$ volt		$V_{CE} = 4$ volt	
	V_{BE} (volt)	I_B	V_{BE} (volt)	I_B	V_{BE} (volt)	I_B	V_{BE} (volt)	I_B
1	0,0		0,0		0,0		0,0	
2	0,1		0,1		0,1		0,1	
3	0,2		0,2		0,2		0,2	
4	0,3		0,3		0,3		0,3	
5	0,4		0,4		0,4		0,4	
6	0,5		0,5		0,5		0,5	
7	0,6		0,6		0,6		0,6	
8	0,7		0,7		0,7		0,7	
9	0,8		0,8		0,8		0,8	
10	0,9		0,9		0,9		0,9	
11	1,0		1,0		1,0		1,0	
12	1,5		1,5		1,5		1,5	

Karakteristik Statis Keluaran Common Emitor

No	$I_B = 10 \mu A$		$I_B = 20 \mu A$		$I_B = 30 \mu A$		$I_B = 40 \mu A$	
	V_{CE} (volt)	I_C	V_{CE} (volt)	I_C	V_{CE} (volt)	I_C	V_{CE} (volt)	I_C
1	0,0		0,0		0,0		0,0	
2	0,5		0,5		0,5		0,5	
3	1,0		1,0		1,0		1,0	
4	1,5		1,5		1,5		1,5	
5	2,0		2,0		2,0		2,0	
6	2,5		2,5		2,5		2,5	
7	3,0		3,0		3,0		3,0	
8	3,5		3,5		3,5		3,5	
9	4,0		4,0		4,0		4,0	
10	4,5		4,5		4,5		4,5	
11	5,0		5,0		5,0		5,0	
12	5,5		5,5		5,5		5,5	

F. TUGAS AKHIR

1. Untuk langkah 1-4 buatlah grafik karakteristik masukan transistor emitor ditanahkan, dengan kuat arus basis (I_B) sebagai sumbu Y dan tegangan basis emitor (V_{BE}) sebagai sumbu X untuk masing-masing harga tegangan kolektor emitor (V_{CE}) dalam satu sumbu
2. Untuk langkah 5-6 buatlah grafik karakteristik keluaran transistor emitor ditanahkan, dengan kuat arus kolektor (I_C) sebagai sumbu Y dan tegangan kolektor emitor (V_{CE}) sebagai sumbu X untuk masing-masing harga arus basis (I_B) dalam satu sumbu
3. Bandingkan kurva no. 1 dengan kurva grafik dioda panjar maju.
4. Kenapa terjadi perubahan kemiringan grafik bila tegangan kolektor emitor (V_{CE}) berubah
5. Dari grafik no. 2, tentukan daerah mati, daerah aktif dan daerah jenuh transistor emitor ditanahkan
6. Dari grafik no. 2, berikan penafsiran tentang sudut kemiringannya untuk arus basis (I_B) yang berbeda, dalam hubungannya dengan hambatan keluaran penguat transistor emitor ditanahkan.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. Kraftmakher, Yaakov, 2014, *Experiments and Demonstration in Physics, 2nd Edition*, World Scientific, London
2. Craig, Edwin C., 1994, *Laboratory Manual for Electronics via Waveform Analysis*, Springer Verlag, New York
3. Horowitz, Paul and Ian Robinson, 1981, *Laboratory Manual for The Art of Electronics*, Cambridge University Press, London