

# Elektronika Analog 2 sks

Kode Matakuliah: 224002

Dosen Pengajar : Ir. Irmayani MT  
dan Ariman ST MT

[ariman@istn.ac.id](mailto:ariman@istn.ac.id)

[ydouhy@yahoo.co.id](mailto:ydouhy@yahoo.co.id)

WhatsApp : 081298193318

# Materi Perkuliahan Tiap Pertemuan

- Pertemuan-0 : SAP
- Pertemuan-1 : Pemberian bias pada transistor-A
- Pertemuan-2 : Pengantar Transistor
- Pertemuan-3 : Transistor BJT-1
- Pertemuan-4 : Transistor BJT-2
- Pertemuan-5 : Konfigurasi Penguat Transistor
- Pertemuan-6 : Transistor Sebagai Penguat
- Pertemuan-7 : BJT Analisis-Sinyal ac-h
- Pertemuan-8 : UTS
  
- Pertemuan-9 : Feed Back Positif
- Pertemuan-10 : Feed Back Negatif
- Pertemuan-11 : Oscillator
- Pertemuan-12 : Filter Aktif
- Pertemuan-13 : Oscillator Frekwensi Rendah & Tinggi
- Pertemuan-14 : MOS sebagai saklar elektronik
- Pertemuan-15 : Quiz UAS
- Pertemuan-16 : Ujian Akhir Semester

# Sistem Penilaian

- **Komposisi Nilai :**

- Absen 10 %
- Tugas 20 %
- Ujian Tengah Semester (UTS) 30 %
- Ujian Akhir Semester (UAS) 40 %

- **Absen :**

- Absen minimal 75 % = 11 x tatap muka perkuliahan
- Tatap Muka keseluruhan 14 x tatap muka perkuliahan

- **Tugas / Quiz :**

- Tugas Mandiri.
- Tugas Kelompok.

# Angka Nilai

- Angka            Huruf
- 80 - 100            A
- 75 - 79,99            A-
- 72 - 74,99            B+
- 68 - 71,99            B
- 65 - 67,99            B-
- 62 - 64,99            C+
- 55 - 61,99            C
- 41 - 54,99            D
- 0 - 40,99            E

# Reference Book:

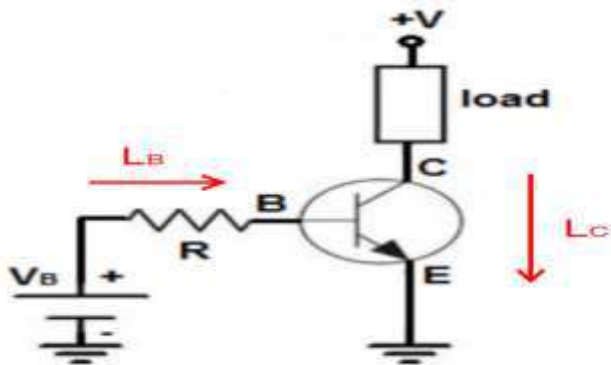
1. Robert L. Boylestad and Louis Nashelsky, *Electronic Devices and Circuit Theory*, Pearson Education, Inc., Uppersaddle River, New Jersey 07458, USA, 2006.
2. Jacob Millman and Christos C. Halkias, *Integrated Electronics: Analog and Digital Circuits and Systems*, McGraw-Hill International Book Co., 1972.

## 6. PEMBERIAN BIAS PADA TRANSISTOR

Pemberian bias bertujuan untuk :

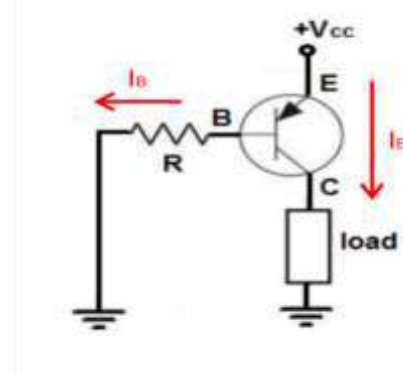
- penentuan arus dc pada collector yang harus dapat dihitung, diprediksi dan tidak sensitif terhadap perubahan suhu dan variasi harga  $\beta$  yang cukup besar.
- penentuan lokasi titik kerja dc pada bidang  $i_C - v_{CE}$  yang memungkinkan simpangan sinyal tetap linier.

Pemberian bias pada Transistor npn



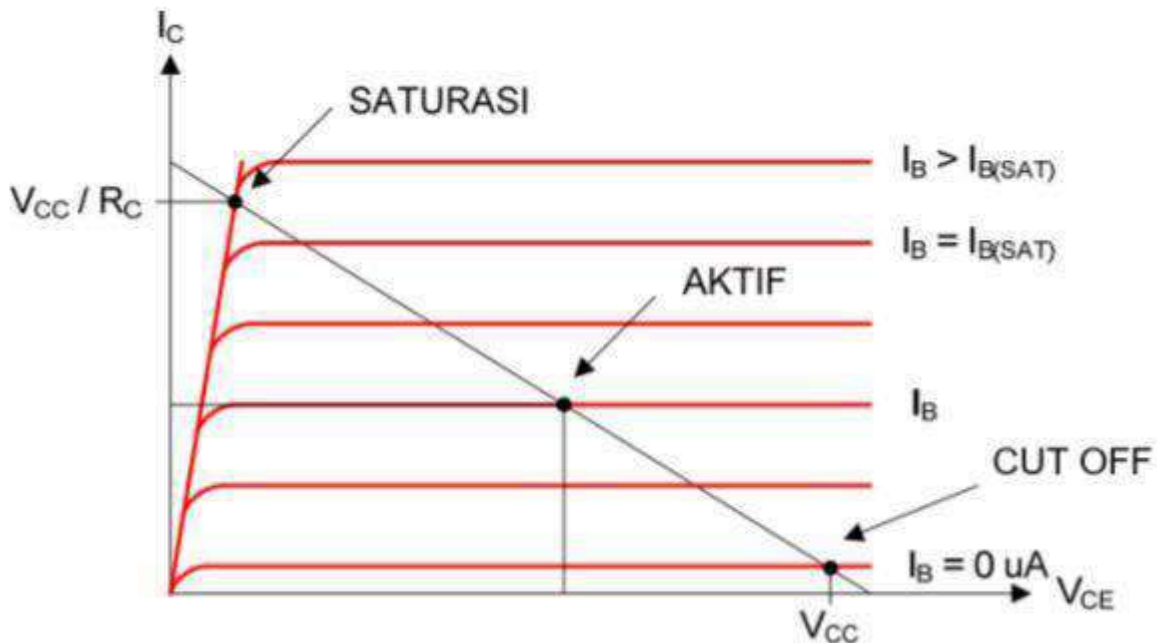
Rangkaian Bias Transistor npn

Pemberian bias pada Transistor pnp



Rangkaian bias transistor pnp

Transistor memiliki tiga daerah kerja, yaitu **Daerah Aktif**, **Daerah Saturasi**, dan **Daerah Cut Off** :



➤ **Daerah Aktif**, suatu transistor yang biasanya digunakan sebagai penguat sinyal. Transistor dikatakan bekerja pada daerah aktif karena transistor selalu mengalirkan arus dari kolektor ke

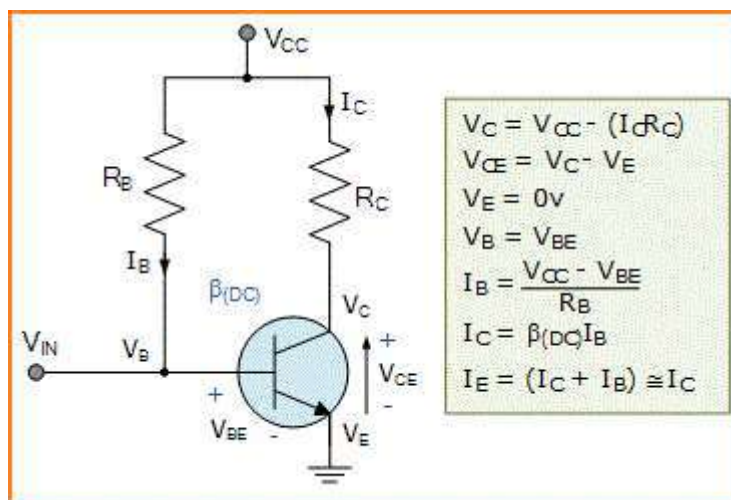
emitor walaupun tidak dalam proses penguatan sinyal, hal ini ditujukan untuk menghasilkan sinyal keluaran yang tidak cacat. Daerah aktif terletak antara daerah jenuh (saturasi) dan daerah mati (cut off).

➤ **Daerah Saturasi**, adalah kondisi dimana transistor mengalirkan arus secara maksimum dari kolektor ke emitor sehingga transistor tersebut seolah-olah short pada hubungan kolektor–emitor. Pada daerah ini transistor dikatakan menghantar maksimum (sambungan CE terhubung maksimum), maka  $I_C = V_{CC}/R_C$ . Pada daerah saturasi transistor dapat di analogikan sebagai saklar tertutup.

➤ **Daerah Cut Off**, adalah kondisi dimana transistor menyumbat pada hubungan kolektor–emitor. Daerah cut off sering dinamakan sebagai daerah mati karena pada daerah kerja ini transistor tidak dapat mengalirkan arus dari kolektor ke emitor. Daerah cut off merupakan titik dimana arus berhenti menghantar atau titik dimana  $I_C = 0$ . Pada daerah cut off transistor dapat di analogikan sebagai saklar terbuka pada hubungan kolektor–emitor.

## Macam-macam pemberian bias pada transistor BJT

### 1. Bias Base Tetap



Gambar Rangkaian bias base tetap

Pada rangkaian bias base tetap, karena arus base transistor ( $I_B$ ) tetap konstan untuk nilai  $V_{CC}$  yang diberikan, dan oleh karena itu titik operasi transistor juga harus tetap tetap. Jaringan bias dua resistor ini digunakan untuk menetapkan daerah operasi awal transistor.

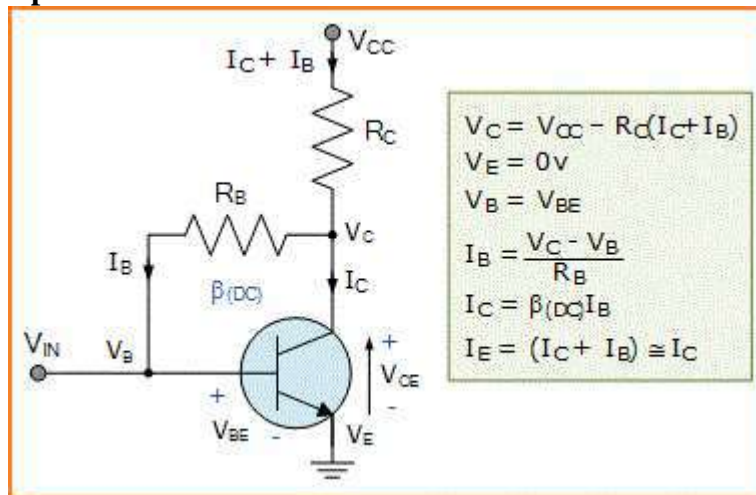
Jenis susunan bias transistor ini juga merupakan bias dependen beta  $\beta$  karena kondisi operasi tunak adalah fungsi dari nilai beta  $\beta$  transistor, sehingga titik bias akan bervariasi pada kisaran lebar untuk transistor dengan jenis yang sama dengan karakteristik dari Transistor tidak akan persis sama.

Dioda emitter dari transistor bias maju dengan menerapkan tegangan bias base positif yang diperlukan melalui resistor yang membatasi arus  $R_B$ . Dengan asumsi transistor bipolar standar, penurunan tegangan base-emitter maju akan menjadi 0.7V. Maka nilai  $R_B$  secara sederhana:

$(V_{CC} - V_{BE})/I_B$  di mana  $I_B$  didefinisikan sebagai  $I_C/\beta$ .

Dengan jenis Resistor tunggal dari metode bias ini, tegangan dan arus bias tidak tetap stabil selama operasi transistor dan dapat sangat bervariasi. Juga suhu transistor dapat mempengaruhi titik operasi.

## 2. Bias Umpan Balik Collector



Gambar Rangkaian bias umpan balik collector

Konfigurasi bias umpan balik collector dependent ini adalah metode bias lain yang tergantung beta ( $\beta$ ) yang hanya membutuhkan dua resistor untuk memberikan bias DC yang diperlukan untuk transistor.

Konfigurasi umpan balik collector ke base memastikan bahwa transistor selalu bias di wilayah aktif terlepas dari nilai  $\beta$  karena tegangan bias base DC berasal dari tegangan collector,  $V_C$  memberikan stabilitas yang baik.

Di rangkaian ini, resistor base Bias,  $R_B$  terhubung ke transistor collector C, bukannya ke rel tegangan supply,  $V_{CC}$ . Sekarang jika arus collector meningkat, tegangan collector turun, mengurangi drive base dan dengan demikian secara otomatis mengurangi arus collector untuk menjaga titik-Q transistor tetap.

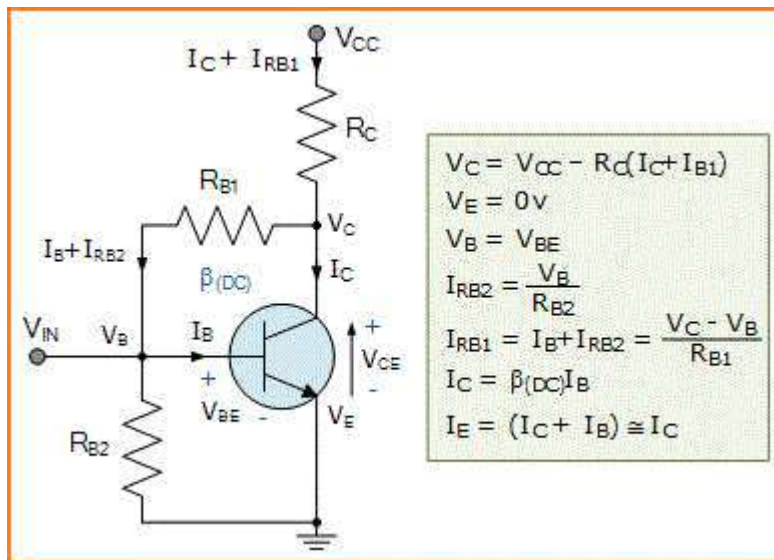
Maka metode ini umpan balik collector bias menghasilkan umpan balik negatif karena ada umpan balik dari output ke input melalui resistor,  $R_B$ .

Tegangan bias berasal dari drop tegangan di resistor beban,  $R_L$ . Jadi jika arus beban meningkat akan ada drop tegangan yang lebih besar di  $R_L$ , dan mengurangi tegangan collector yang sesuai,  $V_C$  yang akan menyebabkan penurunan yang sesuai dalam arus base,  $I_B$  yang pada gilirannya, membawa  $I_C$  kembali normal.

Reaksi sebaliknya juga akan terjadi ketika arus collector transistor menjadi kurang. Maka metode bias ini disebut bias dengan stabilitas transistor menggunakan jenis jaringan bias umpan balik yang umumnya baik untuk sebagian besar desain amplifier.

## 3. Bias Umpan Balik Ganda





Rangkain bias umpan balik ganda

Dengan penambahan resistor pada rangkaian bias base dari konfigurasi sebelumnya akan meningkatkan stabilitas bahkan lebih berkaitan dengan variasi  $\beta$ , dengan meningkatkan arus yang mengalir melalui resistor bias base.

Arus yang mengalir melalui  $R_{B1}$  umumnya ditetapkan pada nilai yang sama dengan sekitar 10% dari arus collector,  $I_C$ . Jelas itu juga harus lebih besar dari arus base yang diperlukan untuk nilai minimum  $\beta$ .

Salah satu keuntungan dari jenis konfigurasi self bias ini adalah bahwa resistor menyediakan bias otomatis dan umpan balik  $R_f$  pada saat yang sama.

# TRANSISTOR

---

## PENGANTAR TRANSISTOR

# Pendahuluan

- Walter H. Brattain dan John Bardeen pada akhir Desember 1947 di Bell Telephone Laboratories berhasil menciptakan suatu komponen yang mempunyai sifat menguatkan yaitu yang disebut dengan **Transistor**
- Keuntungan komponen transistor ini disbanding dengan pendahulunya, yaitu tabung hampa adalah ukuran fisiknya yang sangat kecil dan ringan
- Teknologi sekarang ini ratusan ribu bahkan jutaan transistor dapat dibuat dalam satu keping silikon

# Pendahuluan

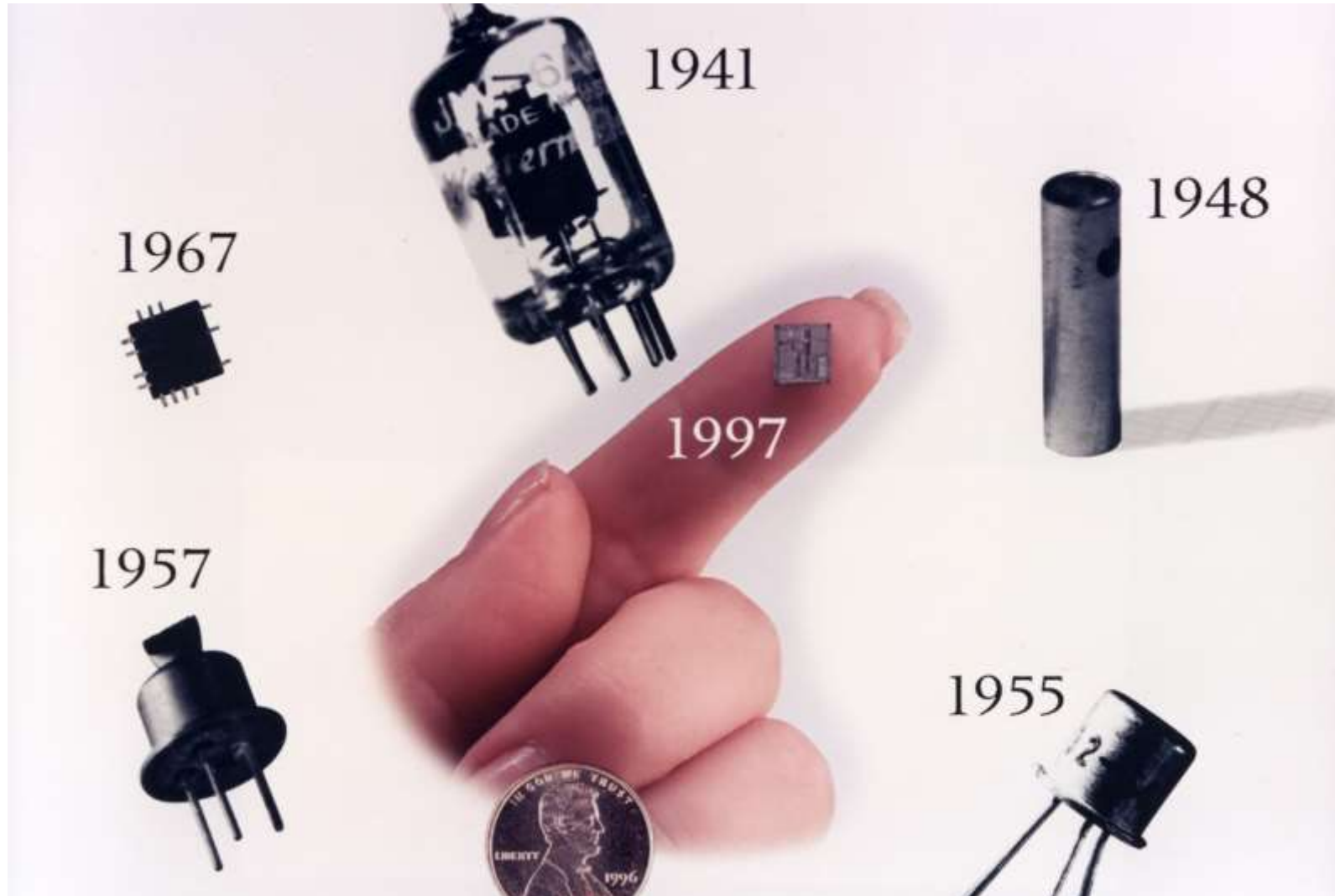
Penggunaan transistor yang mulai mencuat ke permukaan pada tahun '70-an ternyata memiliki beberapa kelebihan dibandingkan tabung hampa elektronik, antara lain :

- Transistor lebih sederhana sehingga dapat diproduksi dengan biaya lebih rendah.
- Transistor mengkonsumsi daya yang lebih rendah dibandingkan tabung hampa.
- Transistor dapat dioperasikan dalam keadaan dingin sehingga tidak perlu waktu untuk pemanasan.

# Pendahuluan

- Ukuran transistor jauh lebih kecil dibandingkan tabung hampa.
- Daya tahan transistor lebih lama dan dapat mencapai beberapa dasawarsa.
- Transistor mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap goncangan dan getaran.

# Pendahuluan



# Fungsi Transistor

Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern, yaitu :

- Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog meliputi penguat suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio
- Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi
- Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai **logic gate**, memori, dan komponen-komponen lainnya.

# Bentuk Transistor





# Kelas-kelas Transistor

1. *Transistor frekuensi-rendah*, Transistor yang dirancang secara spesifik untuk aplikasi-aplikasi frekuensi audio (Di bawah 100 kHz).
2. *Transistor frekuensi-tinggi*, Transistor yang dirancang secara spesifik untuk aplikasi-aplikasi frekuensi radio (100 kHz ke atas).
3. *Transistor Daya (Power)*, Transistor yang bekerja pada level daya yang cukup tinggi (perangkat semacam ini biasanya dikelompokkan ke dalam jenis daya frekuensi audio dan frekuensi radio).
4. *Transistor saklar*, Transistor yang dirancang untuk aplikasi-aplikasi pensaklaran.

# Kelas-kelas Transistor

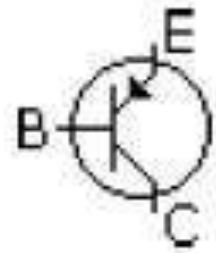
5. *Transistor derau-rendah (low noise)*, transistor yang memiliki karakteristik derau-rendah dan yang ditujukan terutama untuk penguat sinyal amplitudo rendah.
6. *Transistor tegangan-tinggi (high voltage)*, Transistor yang dirancang secara spesifik untuk menangani tegangan tinggi.
7. *Transistor penggerak (driver)*, Transistor yang bekerja pada level daya dan tegangan menengah dan yang seringkali digunakan sebelum tahapan (daya) akhir yang bekerja pada level daya yang cukup tinggi.

# Jenis-jenis Transistor

Dari banyak tipe-tipe transistor modern, pada awalnya ada dua tipe dasar transistor, yaitu :

- Bipolar Junction Transistor (BJT atau transistor bipolar)
  - Aliran listrik : 2 pembawa muatan (hole **dan** elektron)
- Field-Effect Transistor (FET atau transistor unipolar)
  - Aliran listrik : satu pembawa muatan (hole **atau** elektron bebas saja)

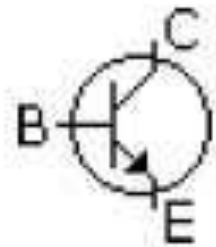
# Jenis-jenis Transistor



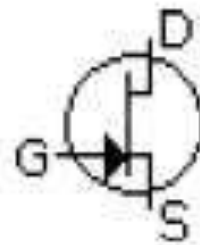
PNP



P-  
channel



NPN



N-  
channel

BJT

JFET

Simbol Transistor dari berbagai jenis

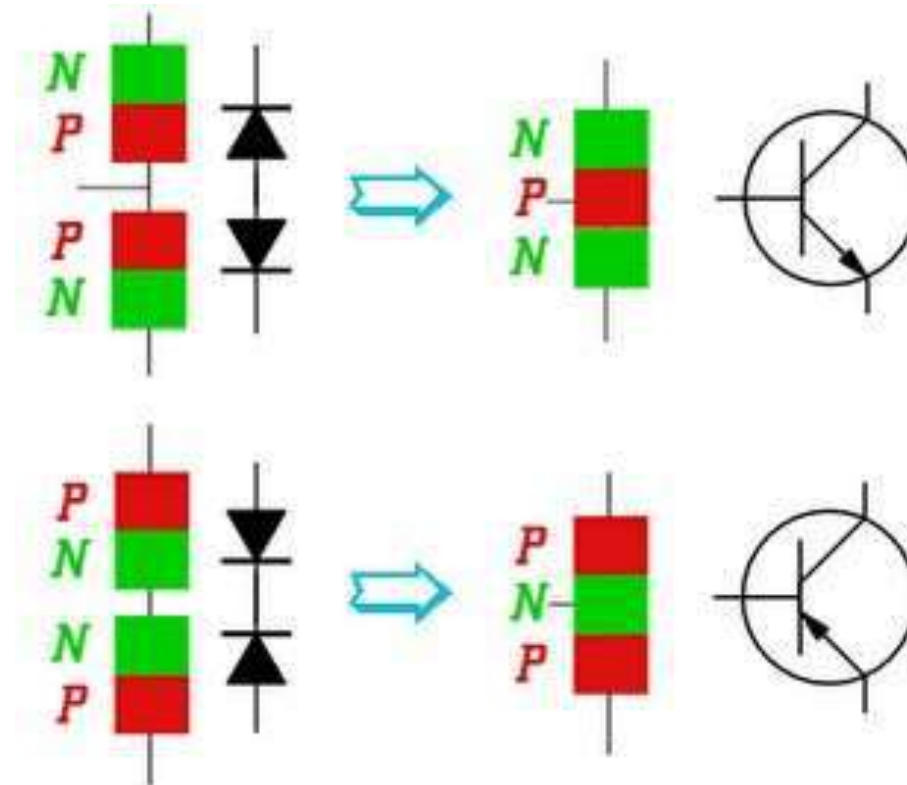
# Transistor Bipolar

- Transistor bipolar adalah komponen semikonduktor yang terdiri dari sebuah bahan tipe  $p$  dan diapit oleh dua bahan tipe  $n$  (transistor NPN) atau terdiri dari sebuah bahan tipe  $n$  dan diapit oleh dua bahan tipe  $p$  (transistor PNP)
  1. Transistor NPN :
    - collector diberi tegangan lebih positif dari emittor.
  2. Transistor PNP :
    - emittor diberi tegangan lebih positif dari collector.
- Transistor mempunyai tiga terminal yang berasal dari masing-masing bahan tersebut
- Ketiga terminal tersebut yaitu Emitor (E), Basis (B), Kolektor (C)

# Transistor Bipolar

- Dasar kerja transistor bipolar adalah sebagai regulator arus listrik atau menghantarkan arus apabila basis mendapatkan masukan atau umpan.
- Transistor jenis Bipolar ini paling banyak digunakan dalam suatu rangkaian elektronika

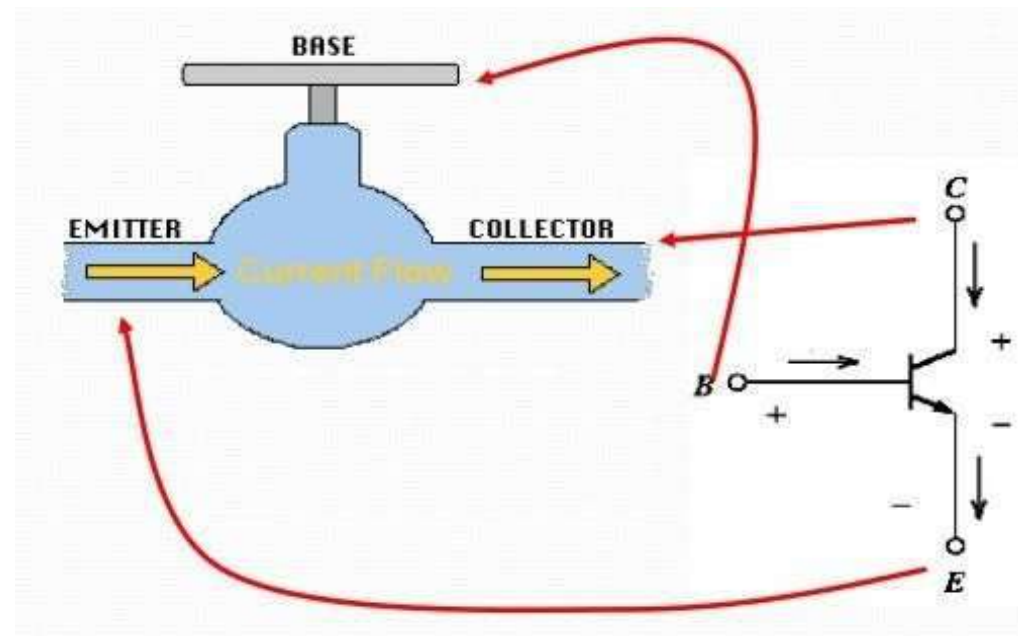
# Konstruksi Transistor Bipolar



Struktur dan Simbol Transistor Bipolar

# Konstruksi Transistor Bipolar

- Emitor artinya pemancar, disinilah pembawa muatan berasal
- Colector artinya pengumpul. Pembawa muatan yang berasal dari emitor ditampung pada Colector.
- Basis artinya dasar, basis digunakan sebagai elektroda mengendali.





# Transistor Unipolar

- Transistor jenis ini mempunyai kesamaan dengan transistor bipolar yaitu sama-sama mempunyai 3 kaki elektroda, Masing-masing kaki dinamakan Drain (D), Source (S) dan Gate (G).
- Transistor Efek Medan atau FET ini dikenal juga dengan Transistor Unipolar yaitu memiliki hanya satu buah kutub saja.
- Dasar kinerja FET ini adalah mengatur dan mengendalikan aliran elektron dari Source ke Drain melalui tegangan yang diberikan pada Gate. Dan hal itulah yang menjadi perbedaan antara FET dengan Transistor Bipolar.

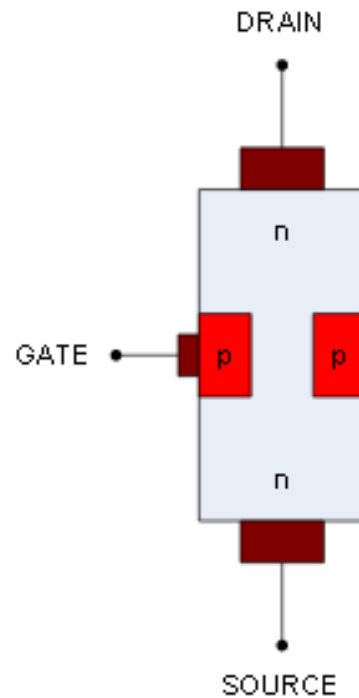
# Transistor Unipolar

- Transistor efek medan mempunyai keunggulan lebih stabil terhadap temperatur dan konstruksinya lebih kecil serta pembuatannya lebih mudah dari transistor bipolar, sehingga amat bermanfaat untuk pembuatan IC.
- Jenis dari transistor FET itu sendiri adalah :
  - JFET (Junction Field Effect Transistor)
  - MOSFET (Metal Oxide Semikonduktor Field Effect Transistor)

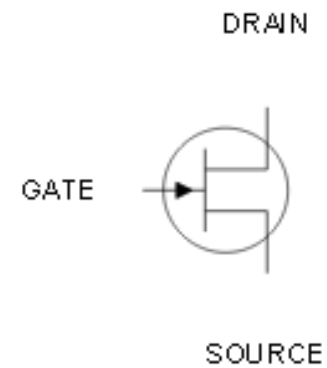
# JFET (Junction Field Effect Transistor)

- JFET adalah komponen tiga terminal dimana salah satu terminal dapat mengontrol arus antara dua terminal lainnya.
- JFET terdiri atas dua jenis, yakni kanal-N dan kanal-P, sebagaimana transistor terdapat jenis NPN dan PNP.
- JFET terdiri dari suatu channel (saluran) yang terbuat dari sekeping semikonduktor (misalnya tipe N). pada saluran ini ditempelkan dua bagian yang terbuat dari semikonduktor jenis yang berbeda (misalnya tipe P). bagian ini disebut Gate. Dan pada bagian lain, ujung bawah disebut Source sedangkan ujung atas disebut Drain.

# JFET (Junction Field Effect Transistor)



STRUKTUR JFET



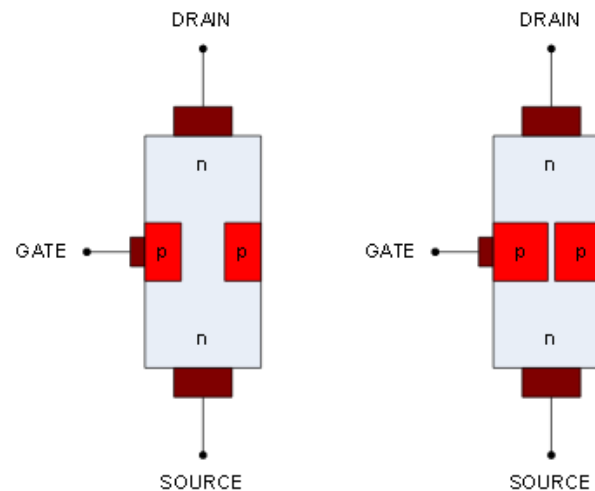
SIMBOL JFET

## Struktur dan Simbol JFET

# JFET (Junction Field Effect Transistor)

Cara kerja JFET :

- Jika channel antara source dengan drain cukup lebar maka elektrok akan mengalir dari source ke drain.
- Dan jika channel ini menyempit, maka aliran elektron akan berkurang atau berhenti sama sekali.
- Lebar channel sangat ditentukan oleh  $V_{gs}$  (Tegangan antara Gate dengan Source).



# Metal Oxide Semikonduktor Field Effect Transistor(MOSFET)

- MOSFET (*Metal Oxide Semikonduktor Field Effect Transistor*) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silicon) dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu.
- Tingkat dari ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu transistor MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFET tipe-P (PMOS).



# ELEKTRONIKA ANALOG

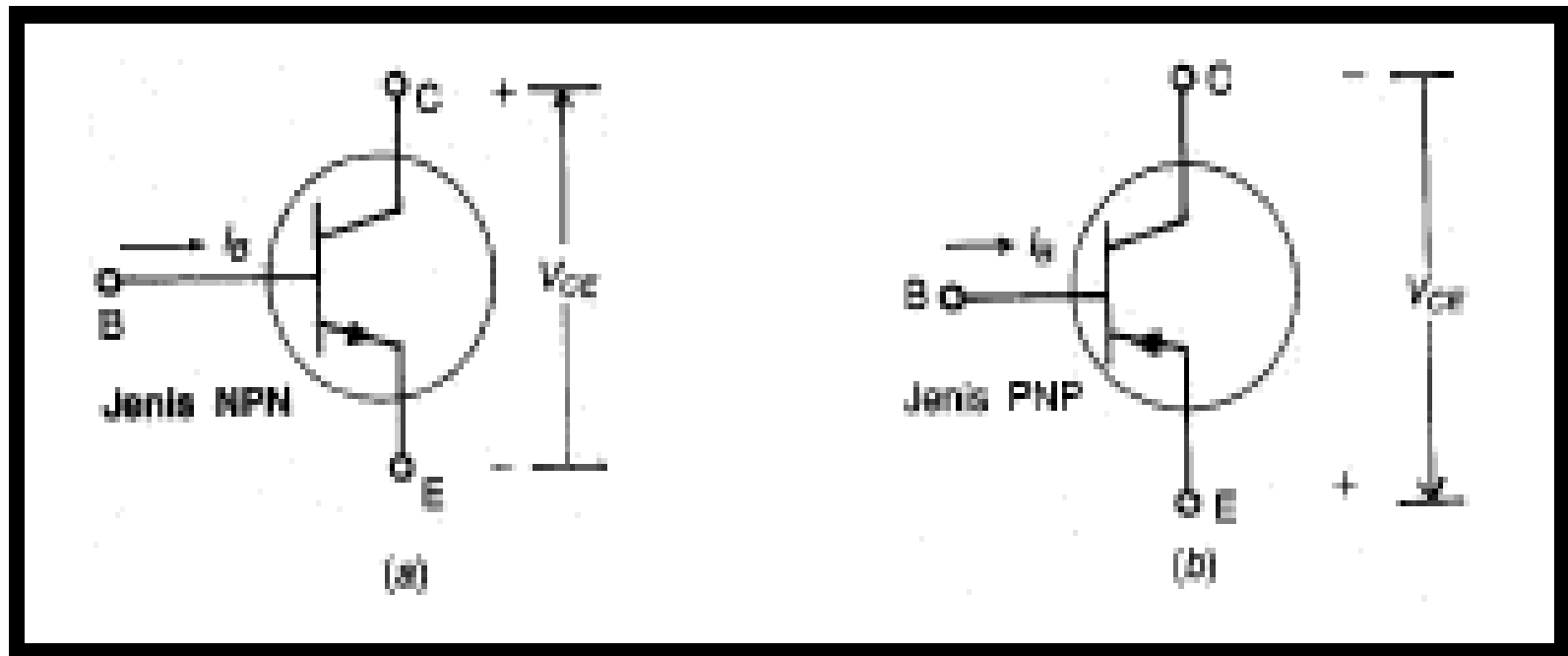
- Transistor (BJT & UJT)

# TRANSISTOR BJT

Jenis komponen aktif, dari bahan semi konduktor.

Notasi : Q

Asal kata : Transfer, Resistor





# Fungsi Transistor

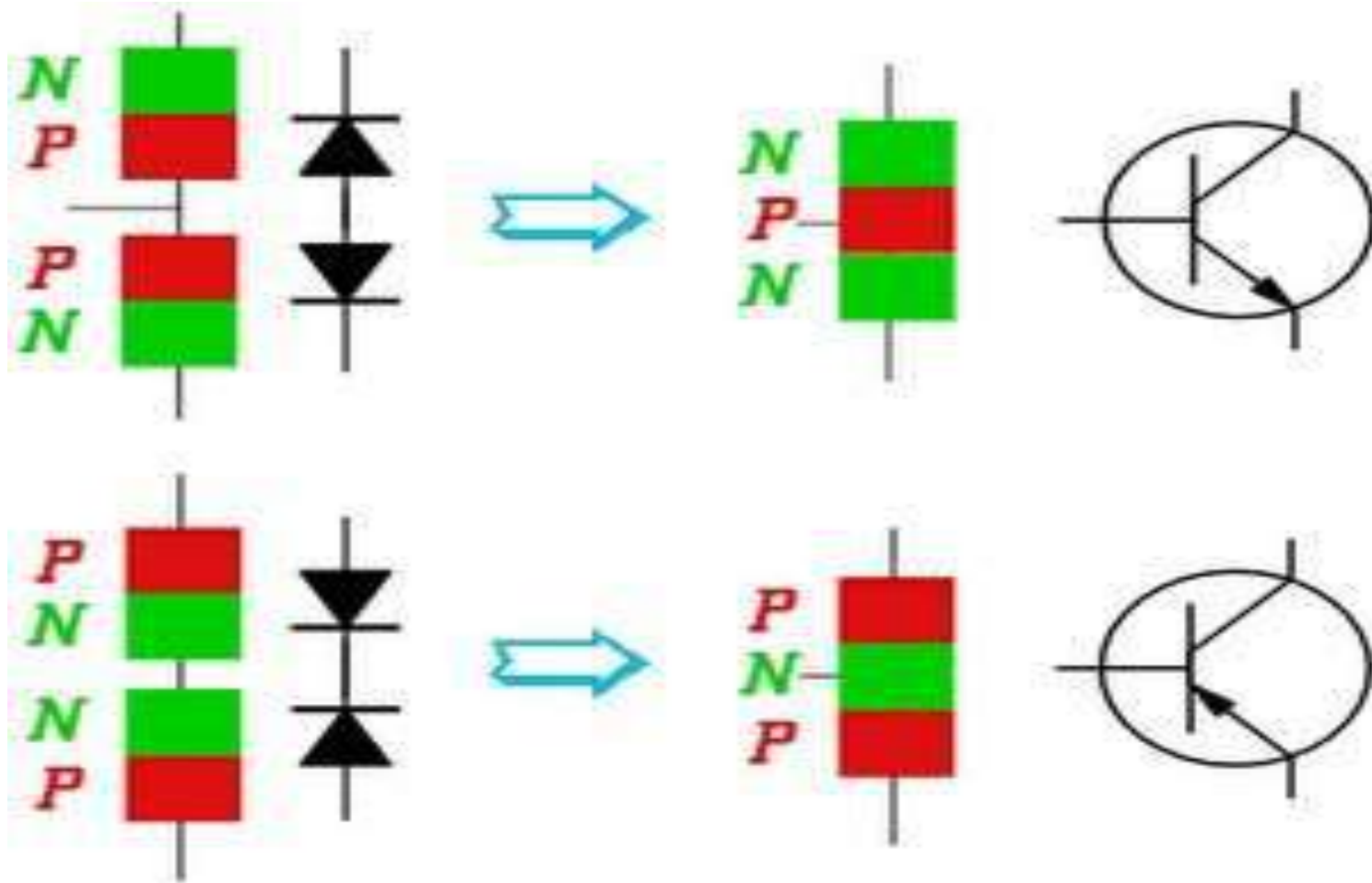
- Sebagai penguat / amplifier
- Sebagai sakelar otomatis untuk mengalirkan & mematikan arus
- Sebagai pembangkit getaran frekuensi radio (osilator)
- Sebagai stabilisator pada adaptor

# Transistor

- BJT (Bipolar Junction Transistor) adalah salah satu dari dua jenis transistor. Cara kerja BJT dapat dibayangkan sebagai dua dioda yang terminal positif atau negatifnya berdempet, sehingga ada tiga terminal. Ketiga terminal tersebut adalah emiter (E), kolektor (C), dan basis (B).

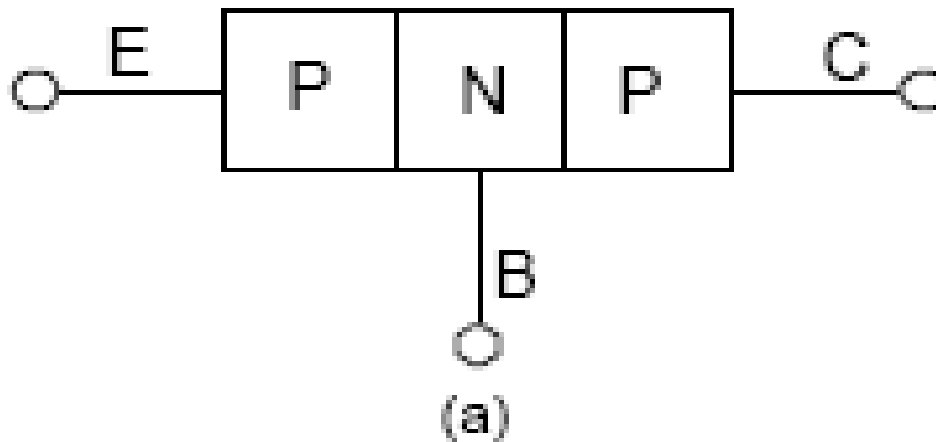
Basis adalah pengendali (control) arus yang akan mengalir melalui Colector dan Emiter. Makin besar arus yang mengalir antara Basis dan Emiter (arus basis atau  $i_B$ ) maka makin besar pula arus yang mengalir antara Colector dan Emiter (arus colector atau  $i_C$ ), hingga pada harga tertentu arus antara Emiter dan Colector mencapai maksimal (transistor pada kondisi jenuh).

# STRUKTUR & SIMBOL

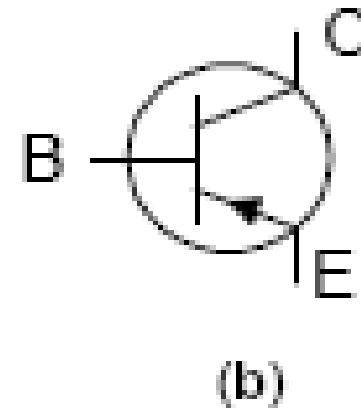


# TRANSISTOR

➤ Transistor BJT tipe PNP

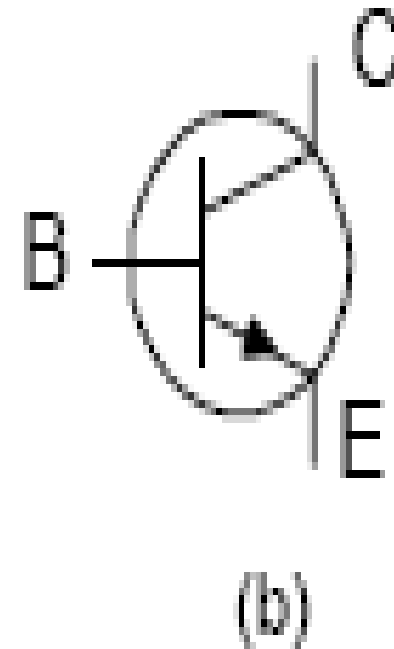
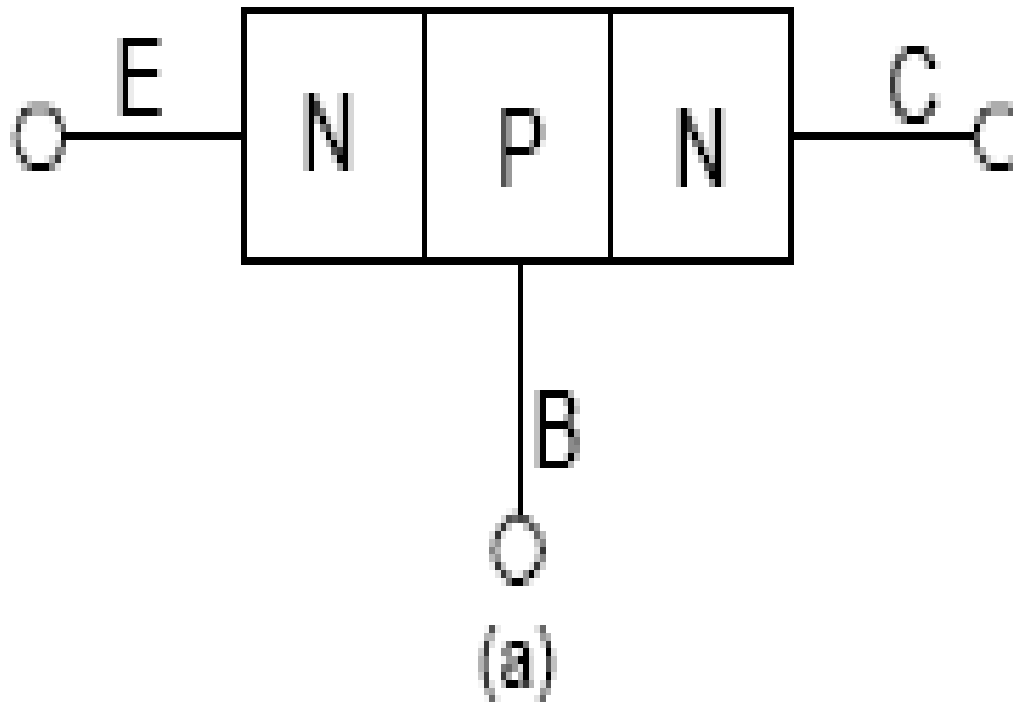


Konstruksi Transistor PNP



Simbol

# TRANSISTOR



Gambar Transistor NPN

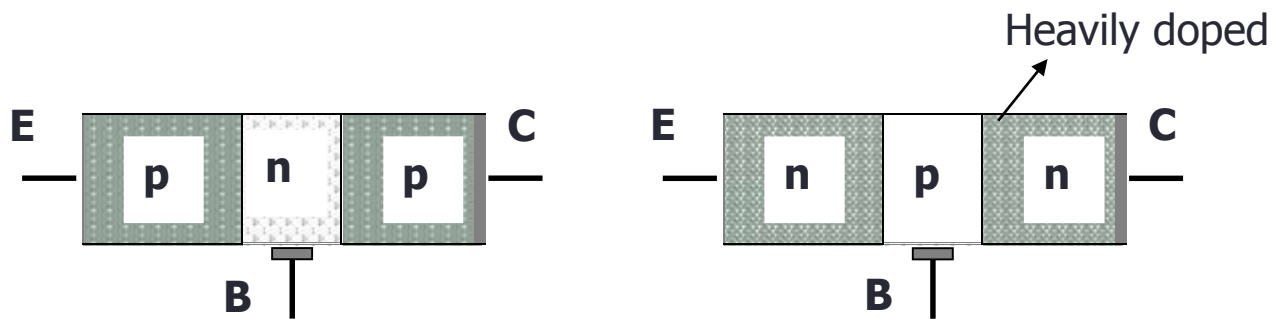
Simbol

# TRANSISTOR : Bipolar Junction Transistor

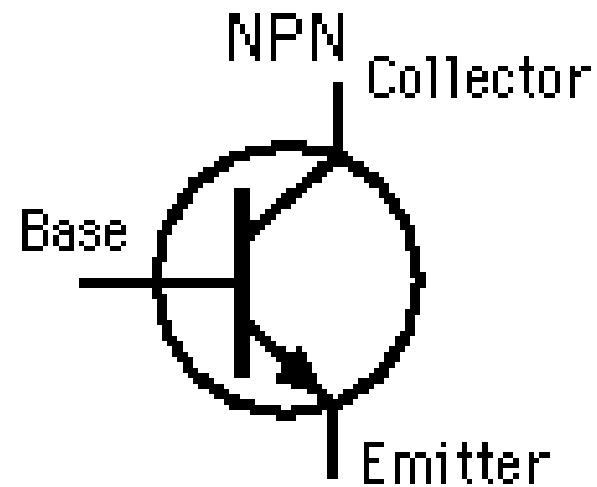
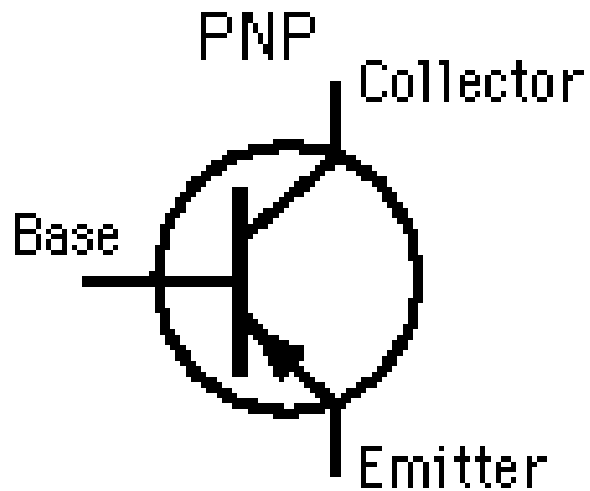
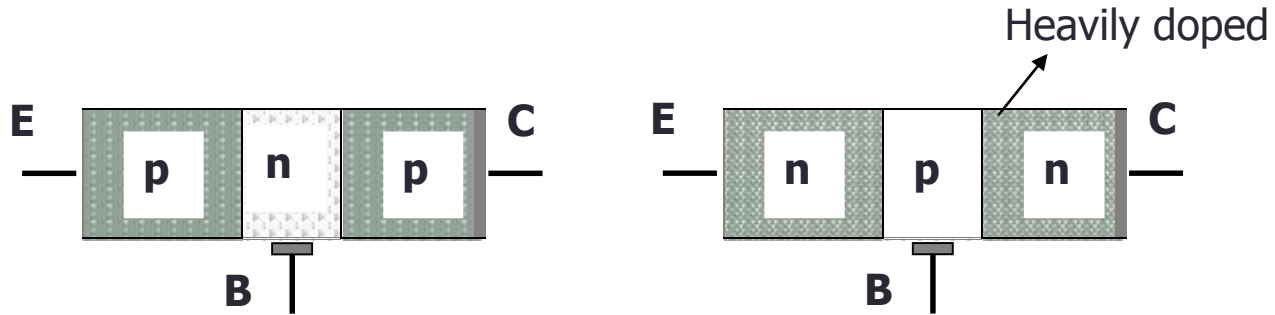
- Konstruksi

Transistor adalah piranti semikonduktor tiga terminal yang dibangun dari :

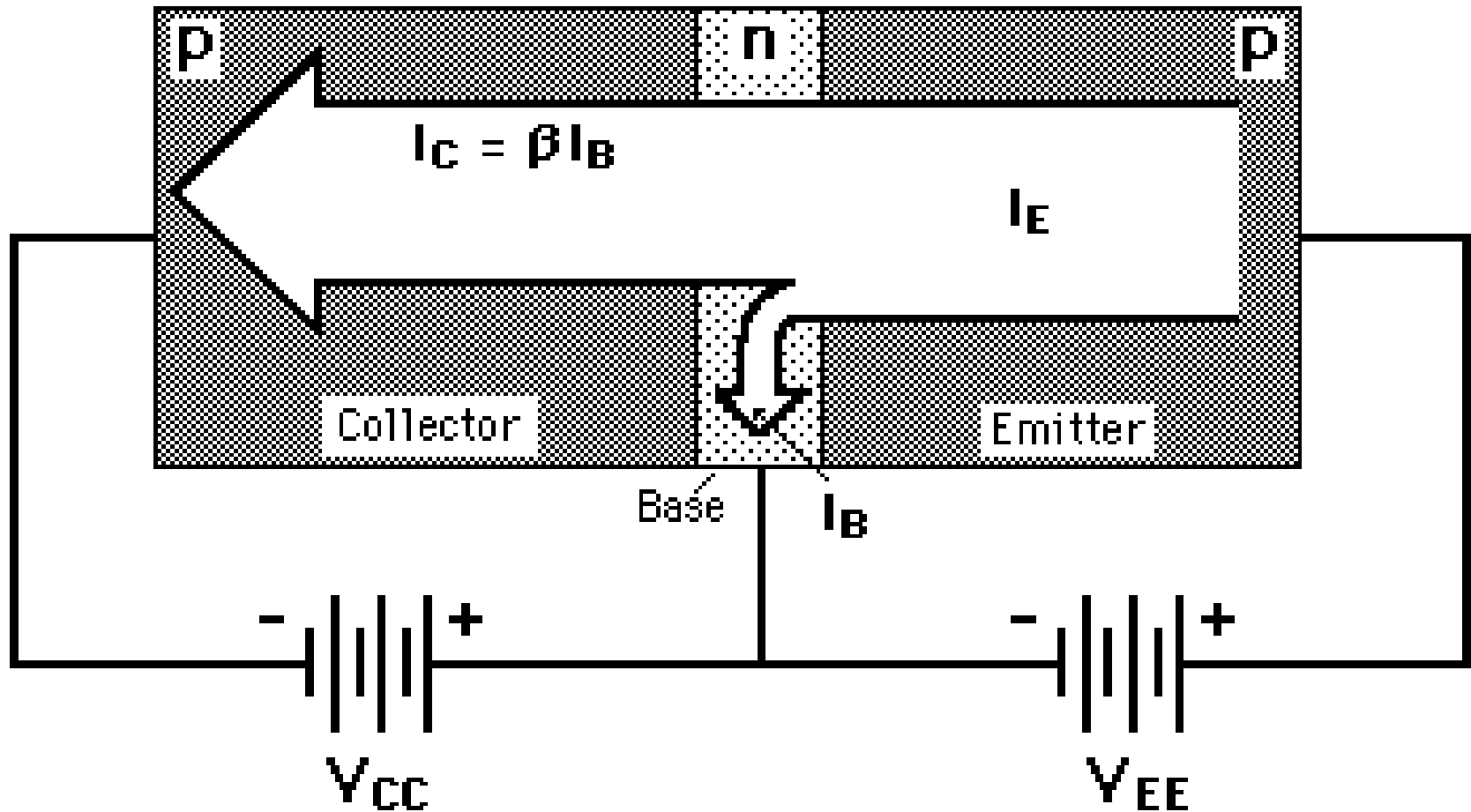
- dua material tipe p dan satu material tipe n, atau
- dua material tipe n dan satu material tipe p.



# BJT



# BJT : Operasi Transistor





# BJT

- Total arus dari terminal emitter sama dengan arus pada terminal collector ditambah arus pada terminal basis.
  1.  $I_E = I_C + I_B$
- Arus collector  $I_C$  terdiri dari dua komponen, yang berasal dari majority carrier dan minority carrier. Arus dari minority carrier disebut dengan  $I_{CO}$  (arus collector dengan terminal emitter open).
  1.  $I_C = I_{C\text{majority}} + I_{CO}$
- $I_{CO}$  bernilai sangat kecil dan umumnya bisa diabaikan

# BJT

- Tegangan base-emitter ( $V_{BE}$ ) bisa dianggap sebagai variabel pengontrol dalam menentukan operasi transistor. Arus collector dikaitkan dengan tegangan  $V_{BE}$  (Ebers-Moll / Shockley equation):

$$I_C = I_S \left[ e^{(eV_{BE}/kT)} - 1 \right]$$

$I_S$  = saturation current

Arus collector  $I_C$  proporsional terhadap arus  $I_B$  dengan hubungan:

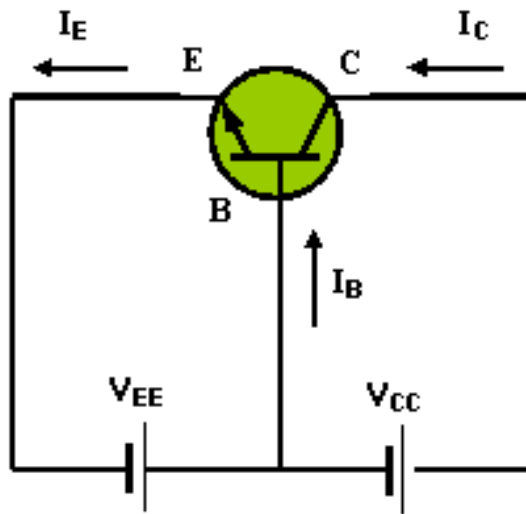
- $I_C = \beta I_B$
- $I_C = \alpha I_E$

# BJT

- Data spesifikasi transistor (dari pabrik) di-set nilai maksimum yang tidak boleh dilampaui dalam operasi. Spesifikasi ini memberi batasan operasi transistor dalam rangkaian.
- Contoh spesifikasi transistor silikon 2N2222
  1. Collector-Base Voltage = 60 v
  2. Collector-Emitter Voltage = 30 v
  3. Base-Emitter Voltage = 5 v
  4. Power dissipation = 500 mW
  5. Temperature 125 C

# BJT : Konfigurasi

- Common Base



Arah arus yang ditunjukkan adalah arah arus konvensional ( sesuai pergerakan holes)

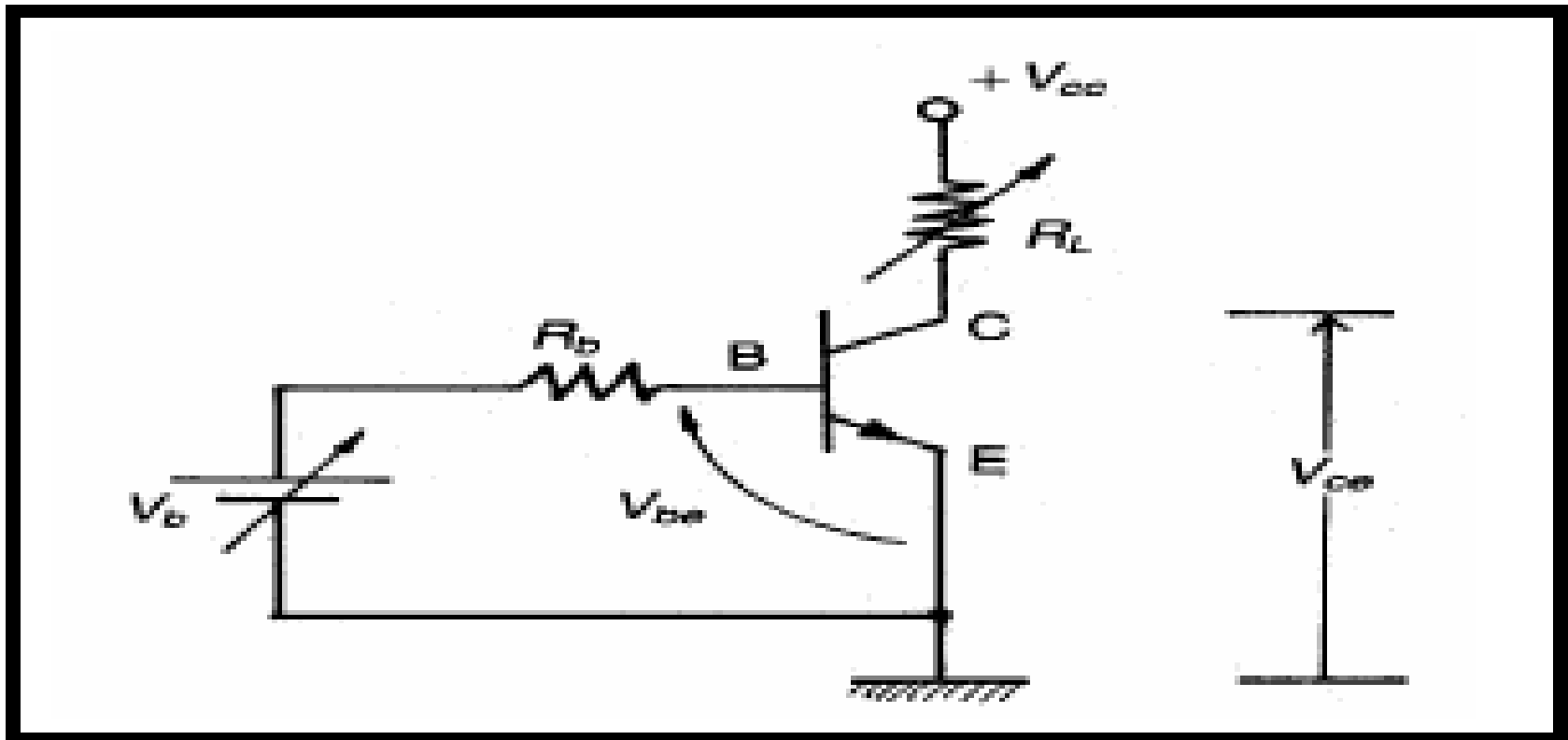
Daerah operasi:

1. Cut-off
2. Aktif
3. saturasi

# Bias pada Transistor

Pemberian tegangan kerja dari transistor.

Jika digunakan untuk jenis NPN, maka tegangan  $V_{cc}$  positif.



# Transistor

Arus  $I_b$  (misalnya  $I_{b1}$ ) yang diberikan dengan mengatur  $V_b$  akan memberikan titik kerja pada transistor. Pada saat itu transistor akan menghasilkan arus collector ( $I_c$ ) sebesar  $I_c$  dan tegangan  $V_{ce}$  sebesar  $V_{ce1}$ . Titik Q (titik kerja transistor) dapat diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

Persamaan garis beban =  $Y = V_{ce} = V_{cc} - I_c \times R_L$

Jadi untuk  $I_c = 0$ , maka  $V_{ce} = V_{cc}$  dan

untuk  $V_{ce} = 0$ , maka diperoleh  $I_c = V_{cc}/R_L$

Apabila harga-harga untuk  $I_c$  dan  $I_{ce}$  sudah diperoleh, maka dengan menggunakan karakteristik transistor yang bersangkutan, akan diperoleh titik kerja transistor atau titik Q.

# BAHAN AJAR : ELEKTRONIKA

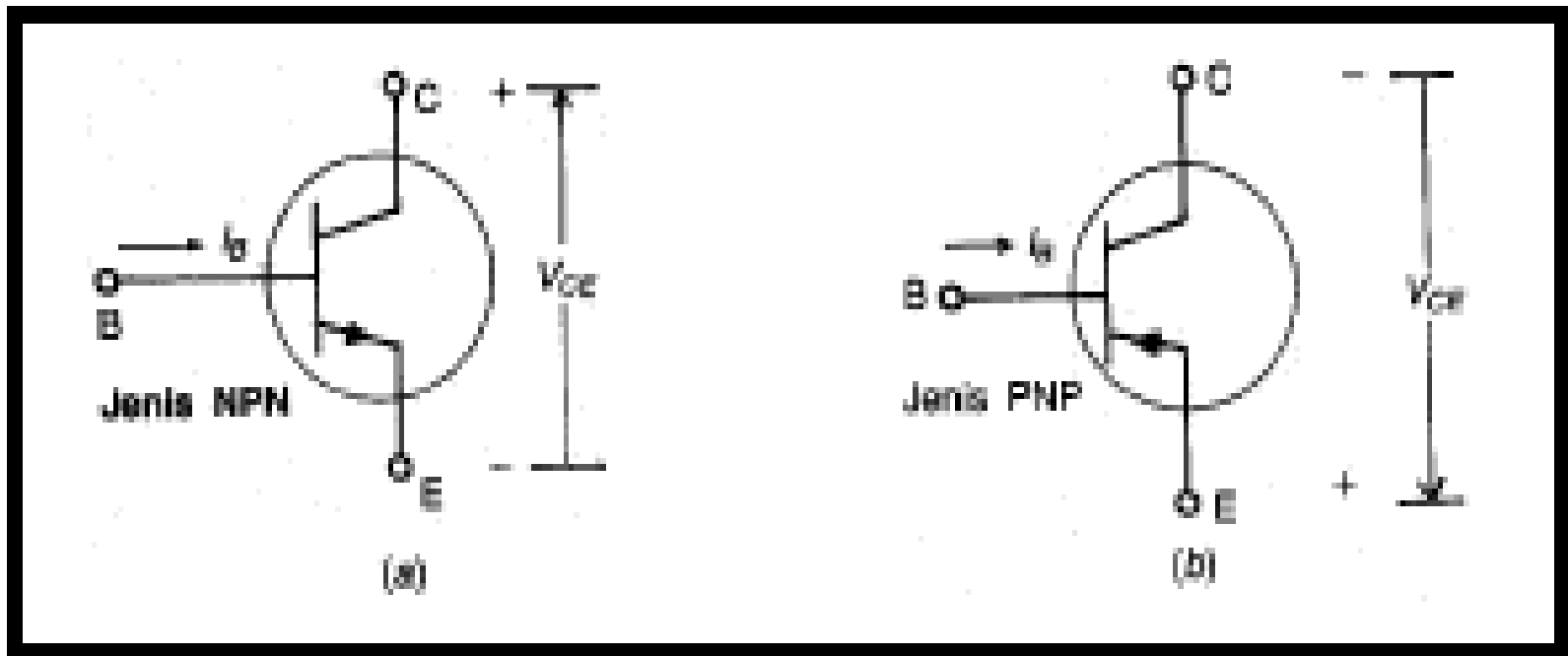
- Transistor (BJT)

# TRANSISTOR BJT

Jenis komponen aktif, dari bahan semi konduktor.

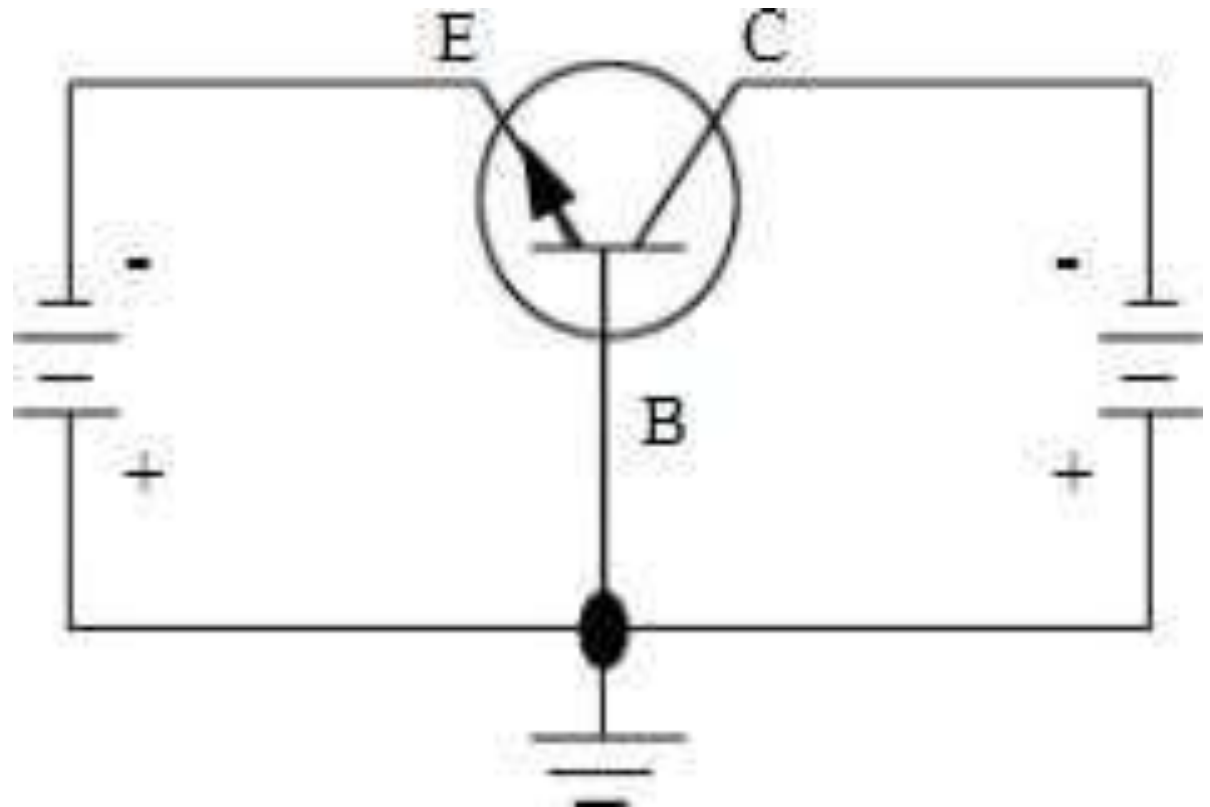
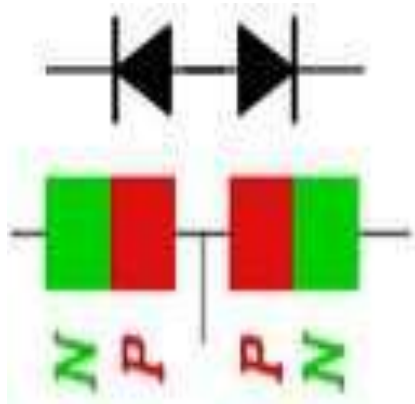
Notasi : Q

Asal kata : Transfer, Resistor

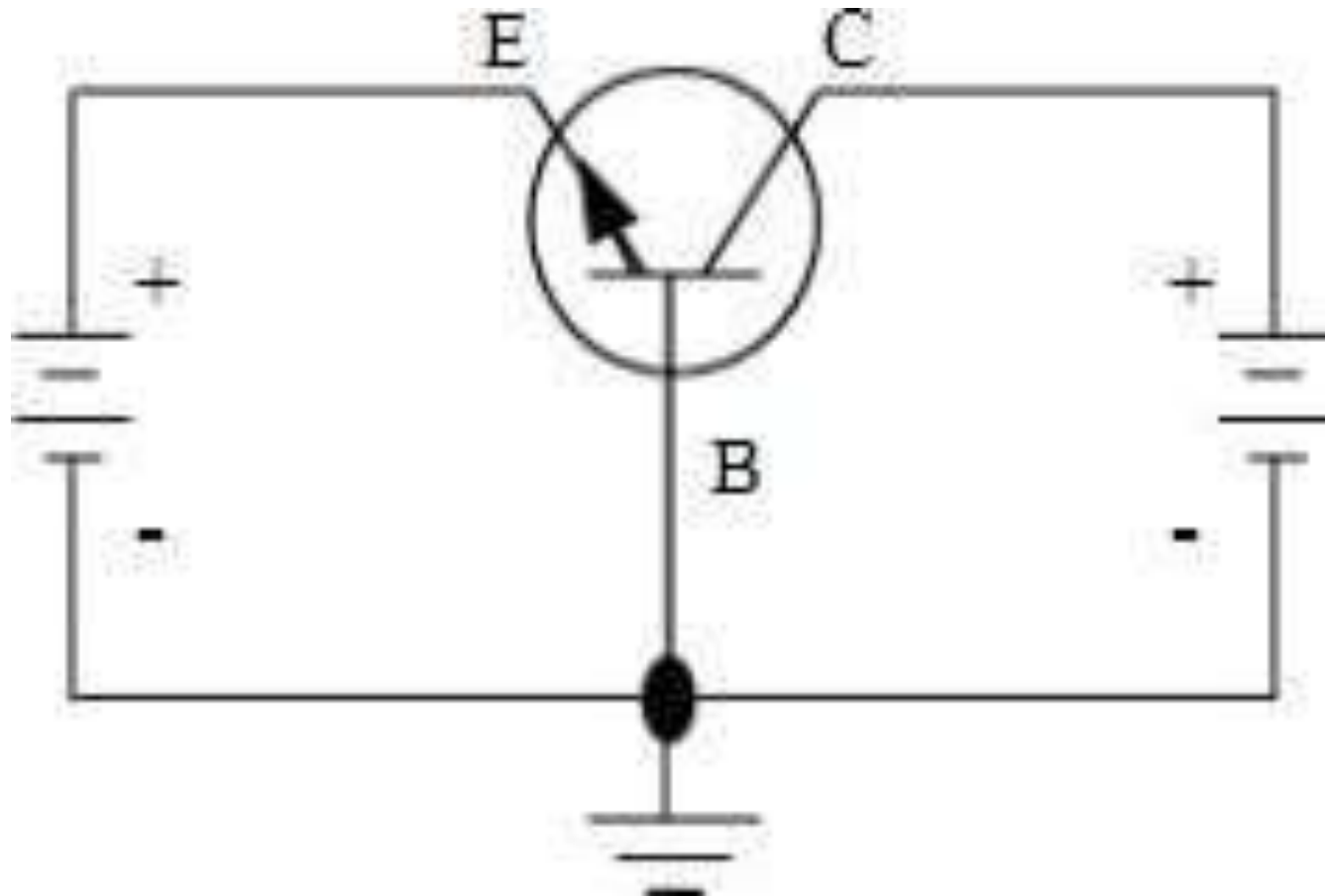
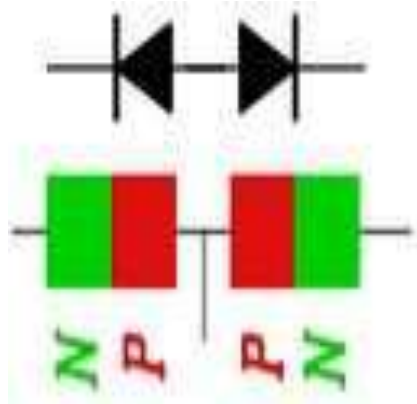




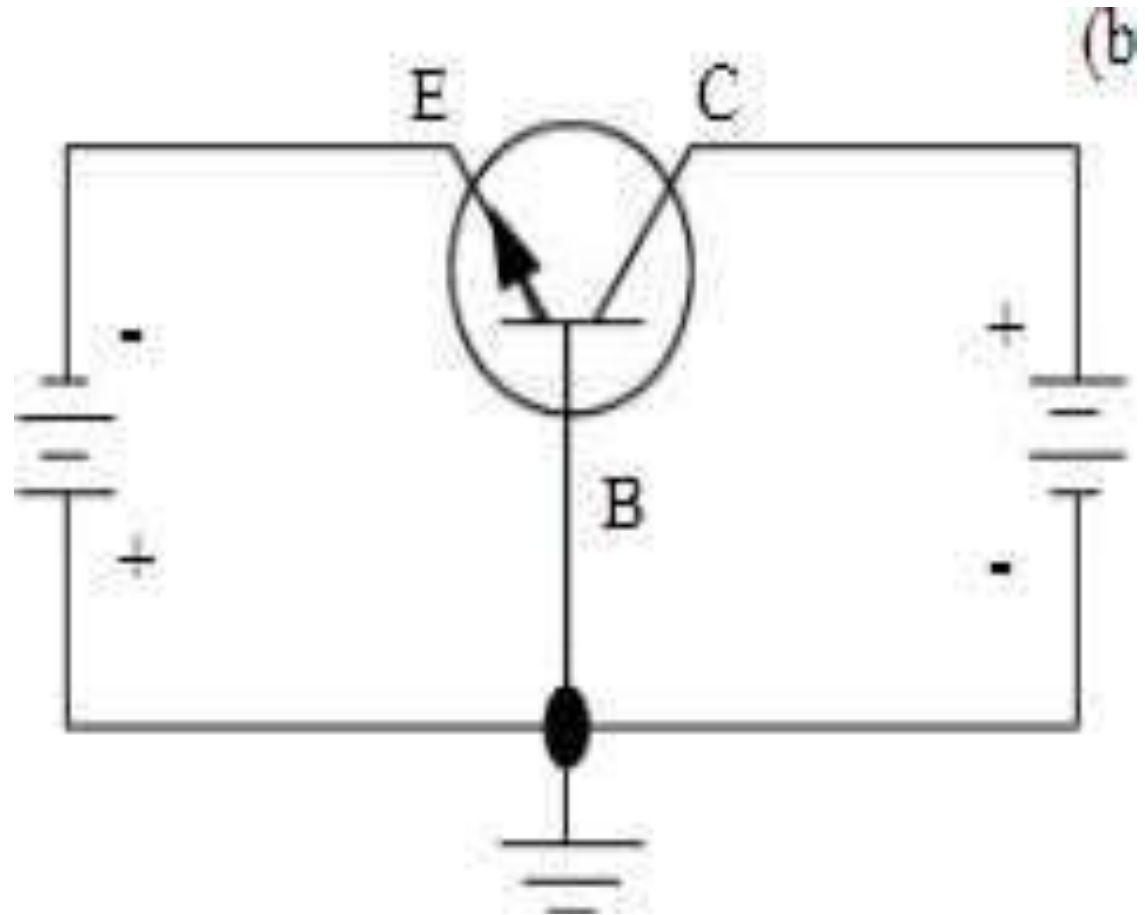
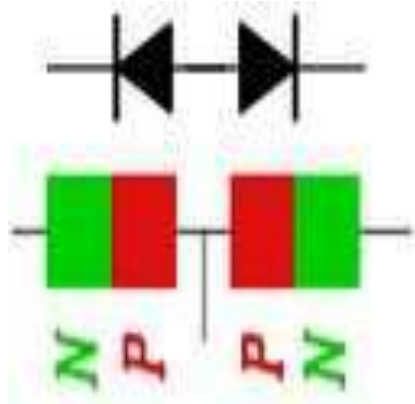
# Pemberian Bias Tegangan pada Transistor kondisi Saturasi



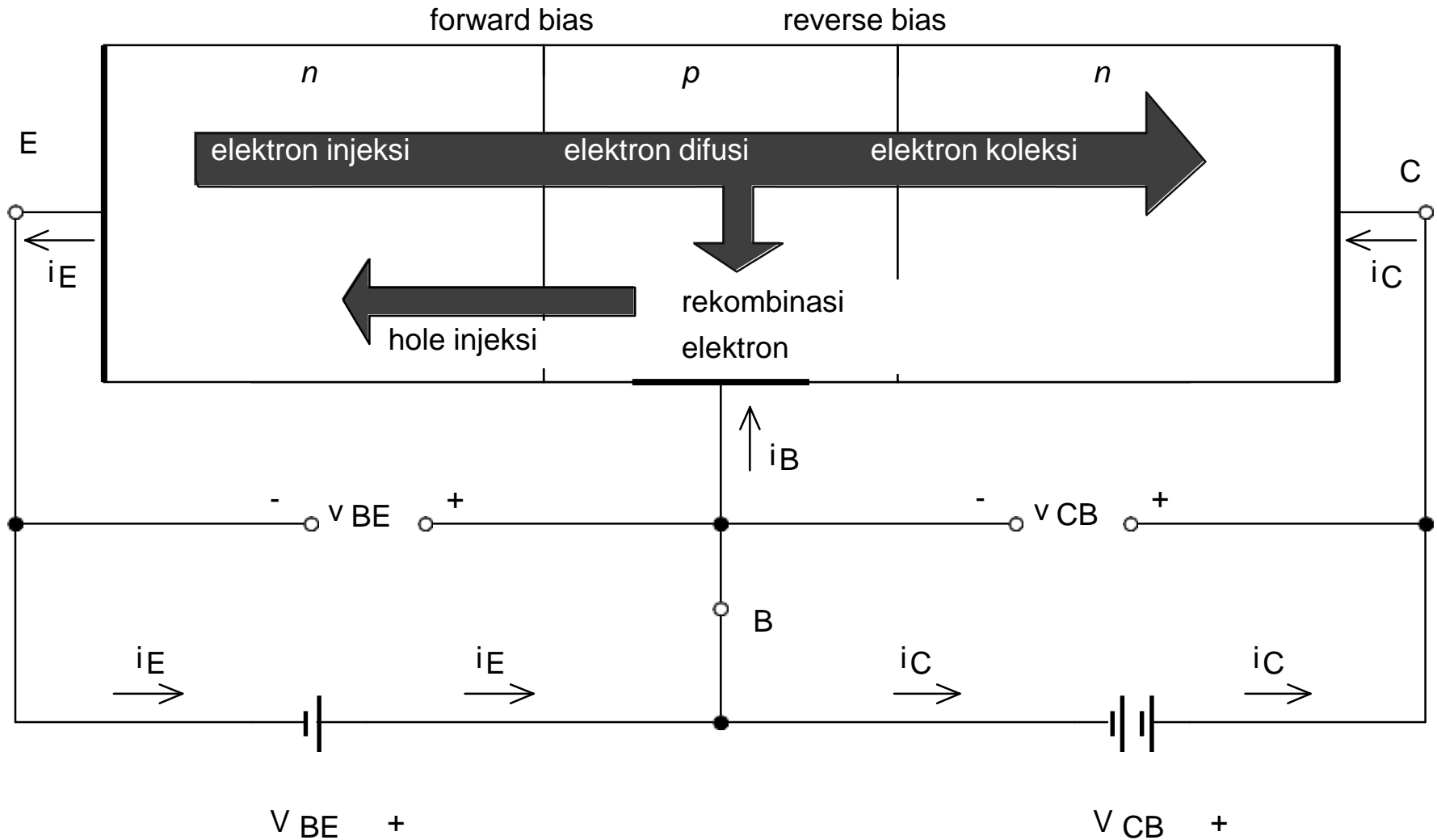
# Pemberian Bias Tegangan pada Q



# Pemberian Bias Transistor kondisi Aktif



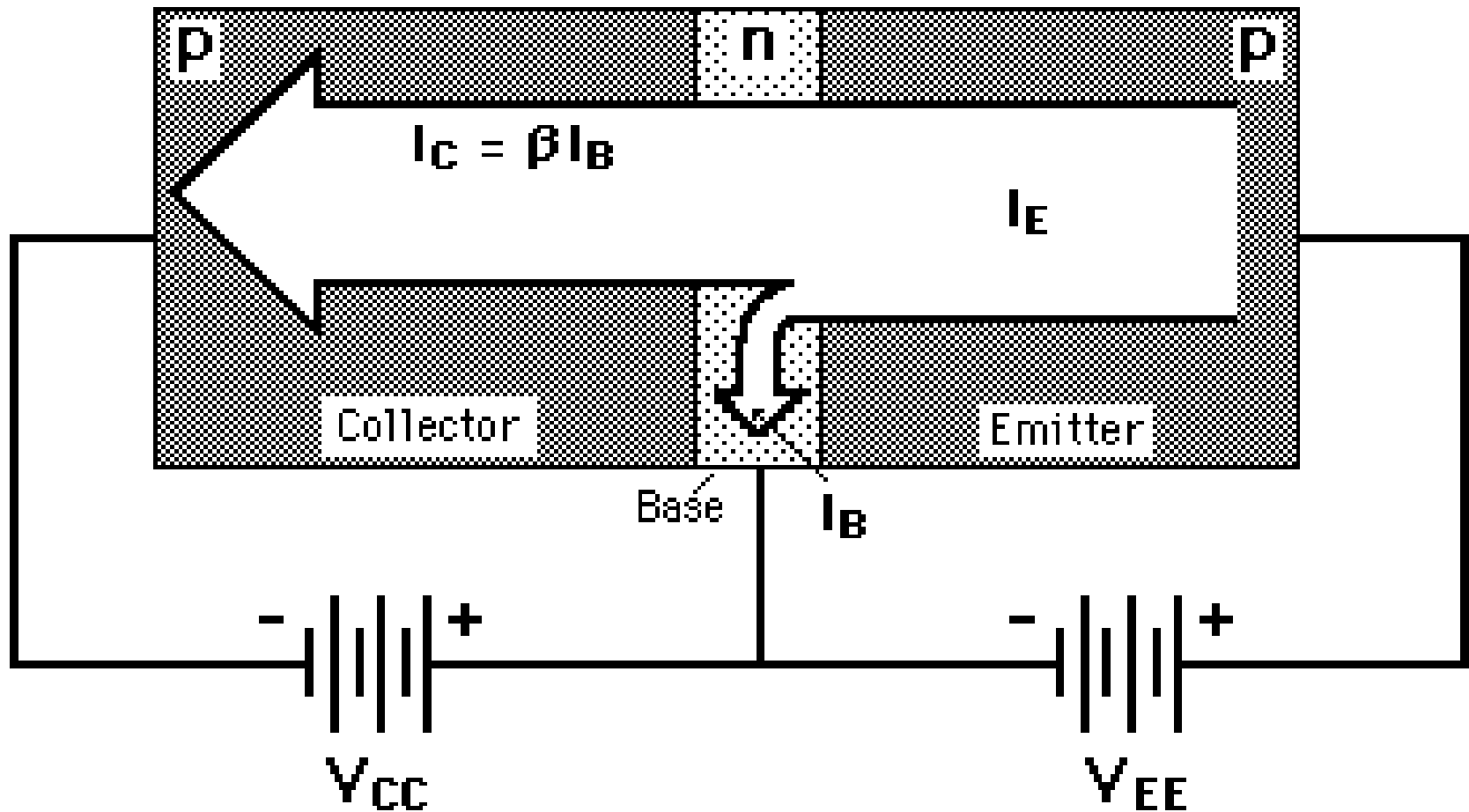
# Aliran arus pada Q NPN



# Tabel 1 Bias pada Q NPN

	<i>AKTIF</i>	<i>JENUH (SATURASI)</i>	<i>PUTUS (CUT OF)</i>
$V_{EB}$	R / F	R / F	<b>F</b> / R
$V_{CB}$	<b>F</b> / R	R / F	<b>F</b> / R

# BJT : Operasi Transistor PNP



# PNP

Mode	Junction E-B	Junction C-B
<b>cut-off</b>	reverse	reverse
<b>active</b>	forward	reverse
<b>saturation</b>	forward	forward

# ARUS Collector ( $I_C$ )

- Tegangan base-emitter ( $V_{BE}$ ) bisa dianggap sebagai variabel pengontrol dalam menentukan operasi transistor. Arus collector dikaitkan dengan tegangan  $V_{BE}$  (Ebers-Moll / Shockley equation):

$$I_C = I_S \left[ e^{(eV_{BE}/kT)} - 1 \right]$$

$I_S$  = saturation current

Arus collector  $I_C$  proporsional terhadap arus  $I_B$  dengan hubungan:

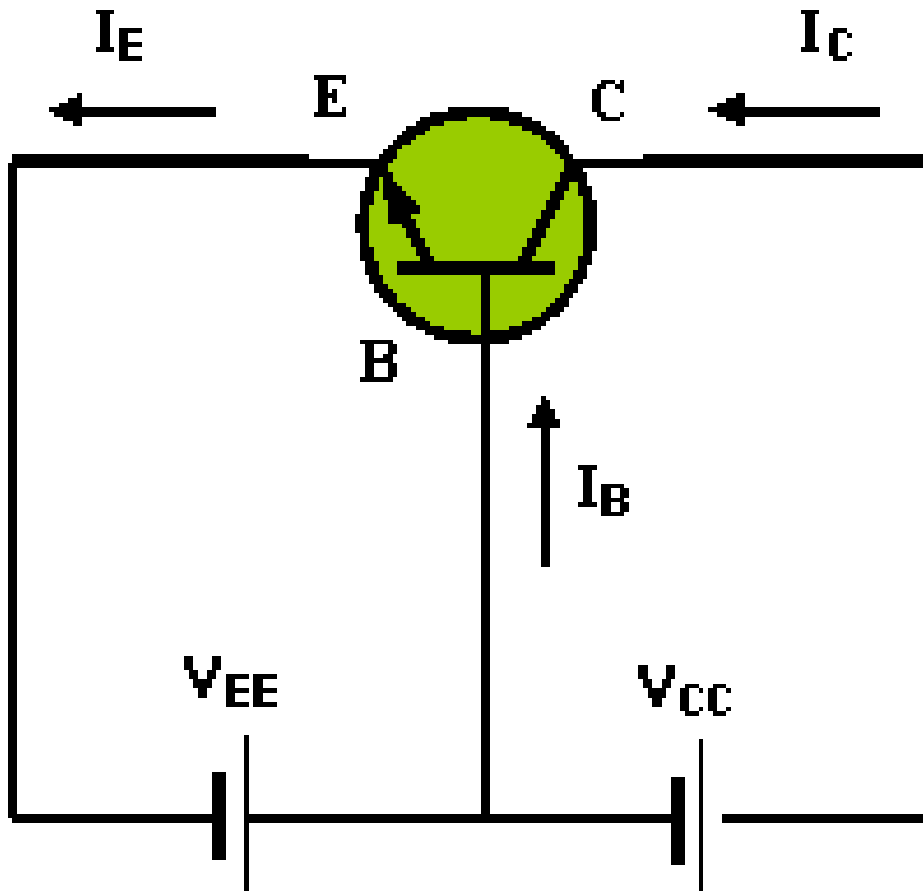
$$I_C = \beta I_B \quad (\text{konfigurasi common emitter})$$

$$I_C = \alpha I_E \quad (\text{konfigurasi common emitter})$$



# BJT : Konfigurasi Common Base

Arah arus yang ditunjukkan adalah arah arus konvensional ( sesuai pergerakan holes)



Daerah operasi:  
1. Cut-off  
2. Aktif  
3. saturasi

## Tabel 2 Teg Q npn pada $t=25^{\circ}\text{C}$

	$V_{CE,jen}$	$V_{BE,jen}$	$V_{BE,akt}$	$V_{BE, cut in}$	$V_{BE, cut of}$
Si	0,2	0,8	0,7	0,5	0.0
Ge	0,1	0,3	0,2	0,1	-0,1

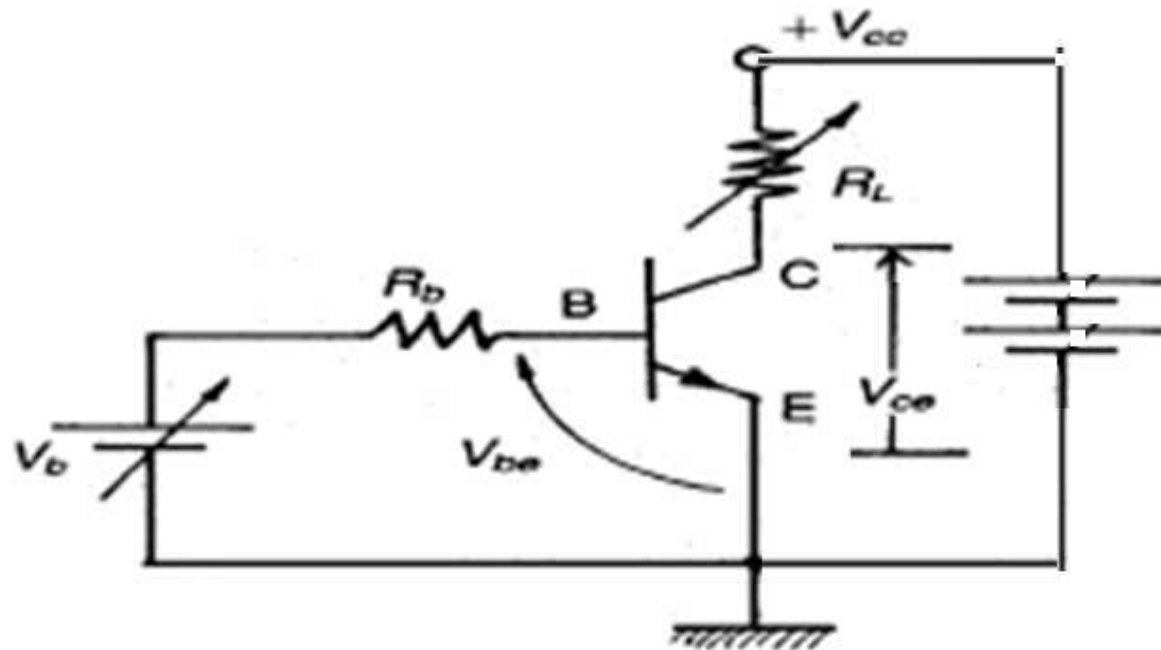
# Bias pada Transistor

Pemberian tegangan kerja dari transistor.

Jika digunakan untuk jenis NPN, maka tegangan  $V_{cc}$  positif.

$$V_B = V_{BE} + i_B R_B \quad \dots(1)$$

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C \quad \dots(2)$$



# Contoh soal

$V_{CC}$  adalah tegangan bias dc pada collector,  
 $V_B = 5 \text{ volt}$ ,  $V_{CC} = 12 \text{ volt}$ ,  $R_B = 50K \text{ ohm}$ ,  $R_C = 3K \text{ ohm}$

Tentukan besar arus  $I_B$  dan  $I_C$

Dan kondisi kerja dari transistor apakah berada pada (aktif, jenuh atau terpancung).

$$V_B = V_{BE} + I_B R_B \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{CC} = V_{CE} - I_C R_C \dots\dots\dots (2)$$

Misalkan Q dalam kondisi jenuh, maka  $I_B = 0,084 \text{ mA}$  dan  $I_C = 3,93 \text{ mA}$

Nilai  $I_B$  min utk jenuh adalah  $I_C = \beta I_B$  (4) maka,  $I_B \text{ min} = 0,093 \text{ mA}$

Karena  $I_B \text{ min} > I_B$

maka anggapan transistor jenuh adalah **salah**, berarti bahwa Q dalam **Aktif**

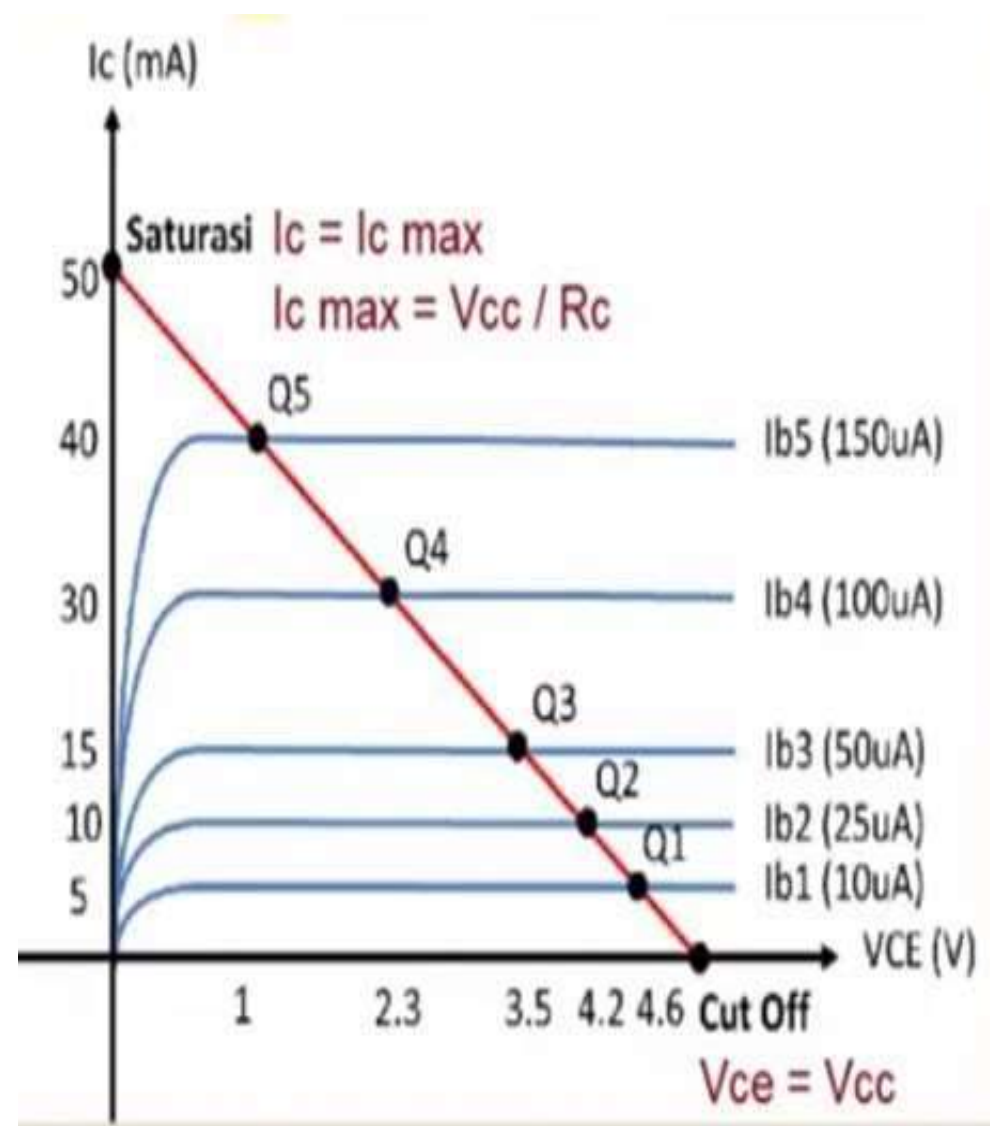
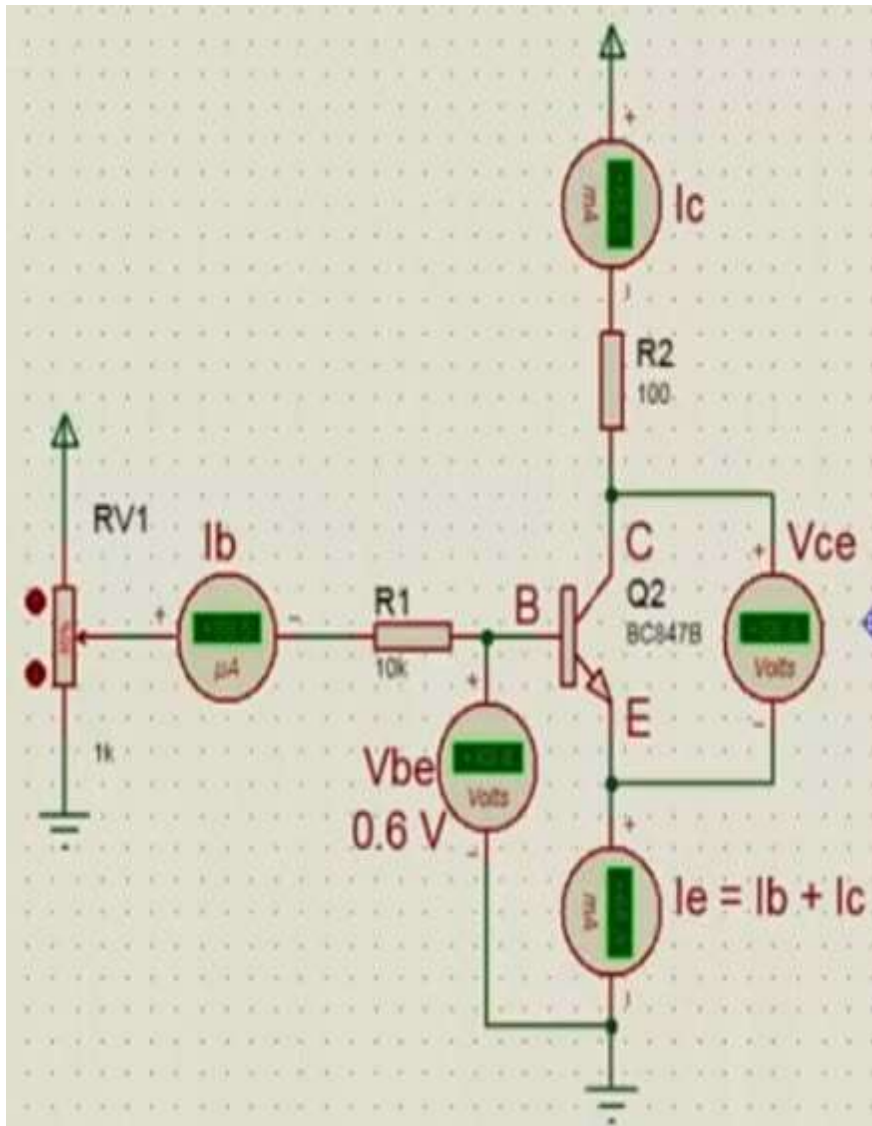
$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$

$$V_{CC} = V_{CB} + V_{BE} + I_C \cdot R_C$$

$$12 = V_{CB} + 0,7 + I_C \cdot 3 \dots(3)$$

$$V_{CB} = \dots\dots\dots$$

# CARA KERJA dan KARAKTERISTIK Q



# Menggambar kurva karakteristik Q

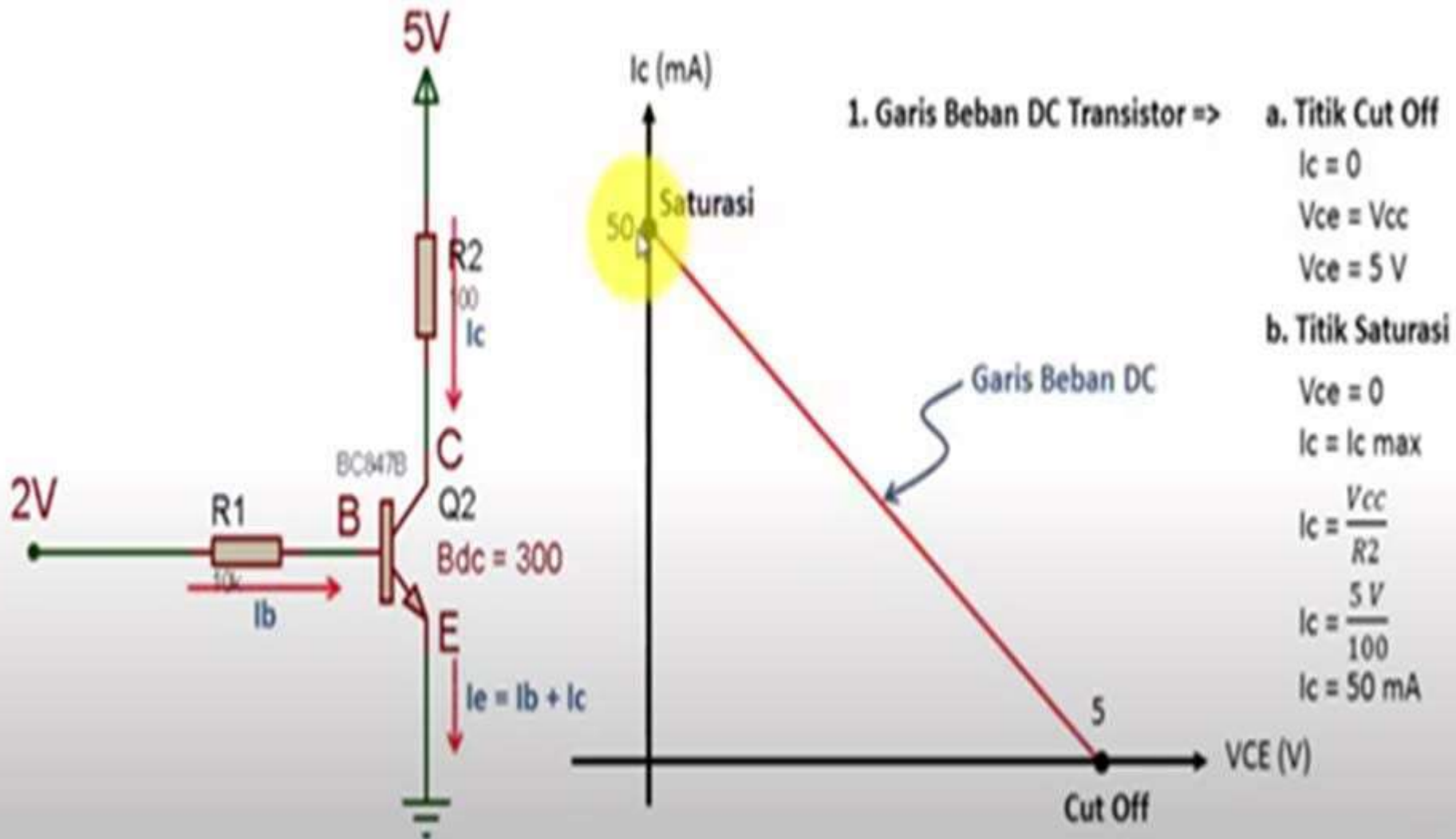
- 1. Tentukan garis beban dc transistor :
  - A. Titik cutoff
    - $I_c = 0 \text{ A}$ ,  $V_{CE} = V_{CC}$
  - B. Titik Saturasi
    - $V_{CE} = 0 \text{ volt}$ ,  $I_c = I_c \text{ maksimum}$ ,  $I_c \text{ max} = V_{CC} / R_2$
- 2. Titik kerja transistor (pada loop 2 / loop C-E, mencari  $I_c$  dan  $V_{CE}$  )

$$I_c = \beta_{dc} \cdot I_b$$

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{ce}$$

$$V_{ce} = V_{CC} - V_{R2}$$

# Menggambar kurva karakteristik Q

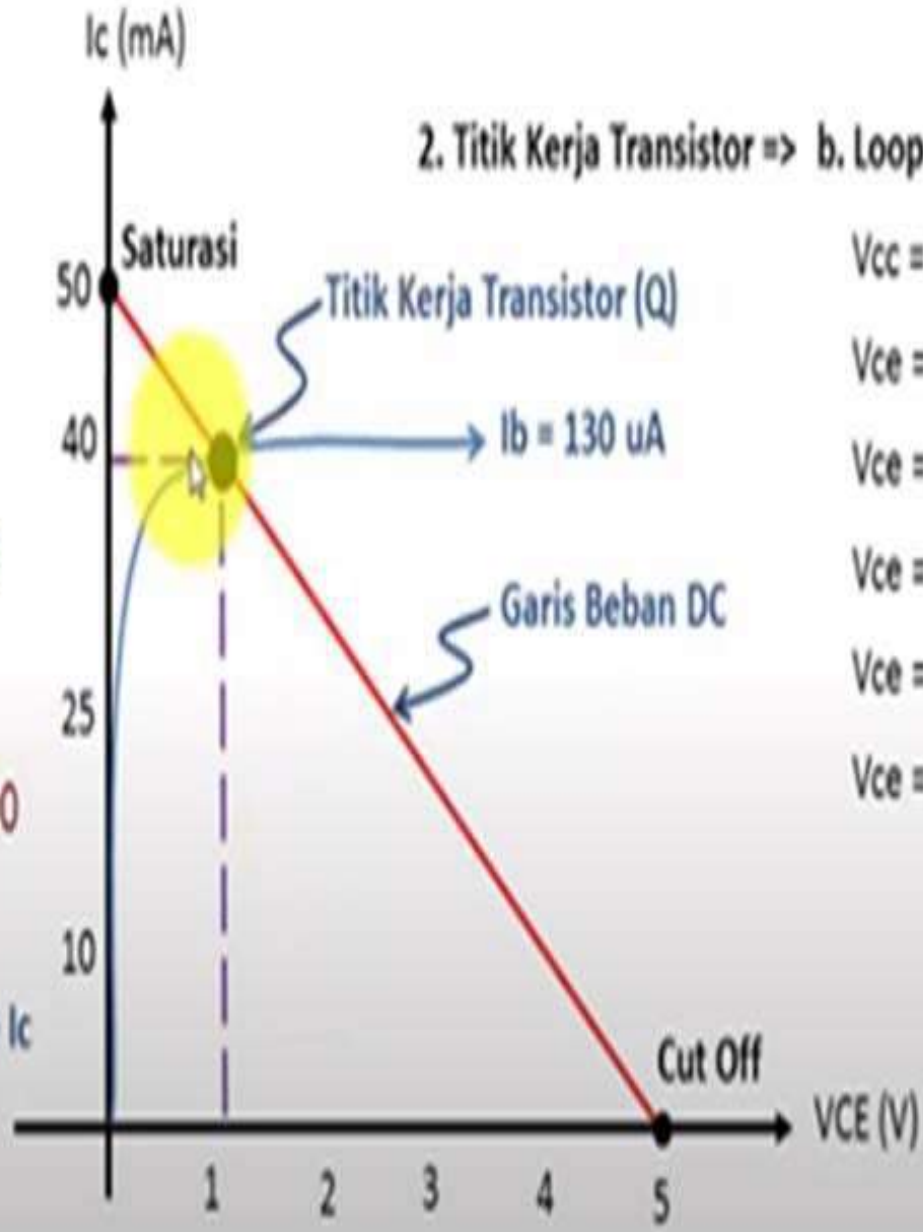
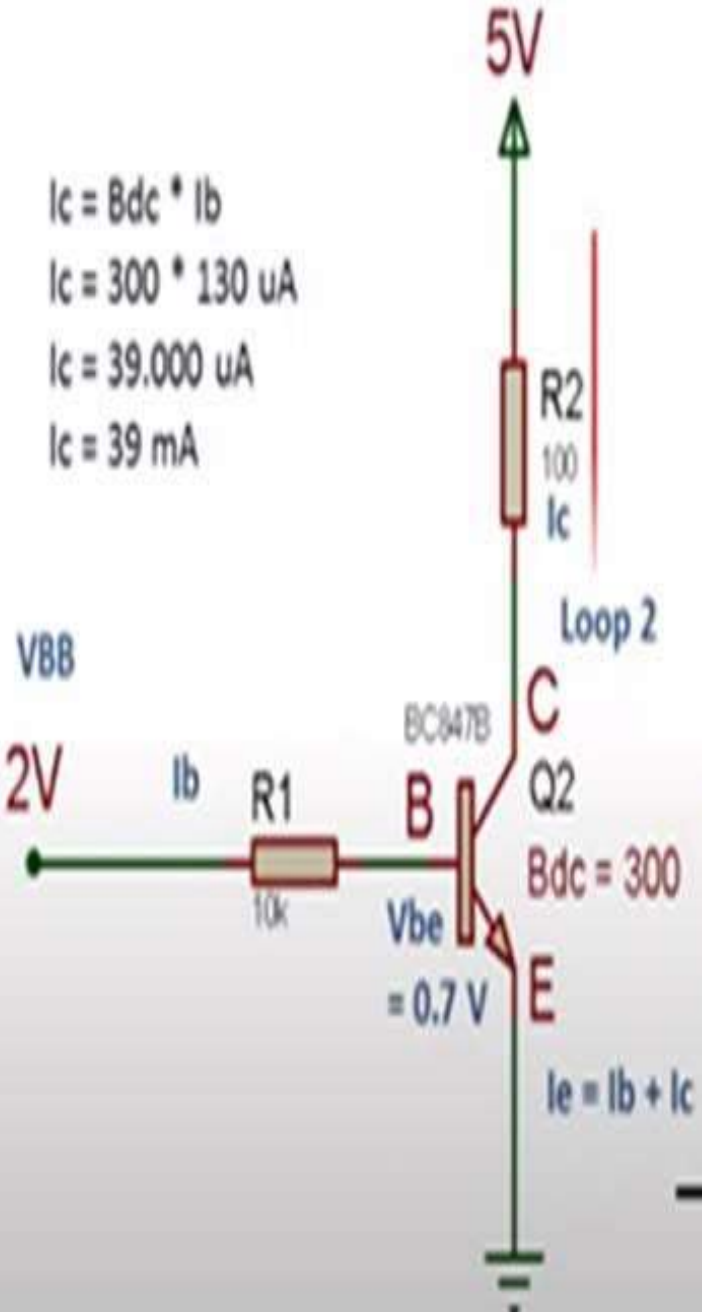


$$I_c = \beta_{dc} \cdot I_b$$

$$I_c = 300 \cdot 130 \mu A$$

$$I_c = 39.000 \mu A$$

$$I_c = 39 \text{ mA}$$



2. Titik Kerja Transistor => b. Loop 2 (mencari  $I_c$  &  $V_{ce}$ )

$$V_{cc} = V_{R2} + V_{ce}$$

$$V_{ce} = V_{cc} - V_{R2}$$

$$V_{ce} = 5 \text{ V} - (I_c \cdot R_2)$$

$$V_{ce} = 5 \text{ V} - (39 \text{ mA} \cdot 100)$$

$$V_{ce} = 5 \text{ V} - 3.9 \text{ V}$$

$$V_{ce} = 1.1 \text{ V}$$



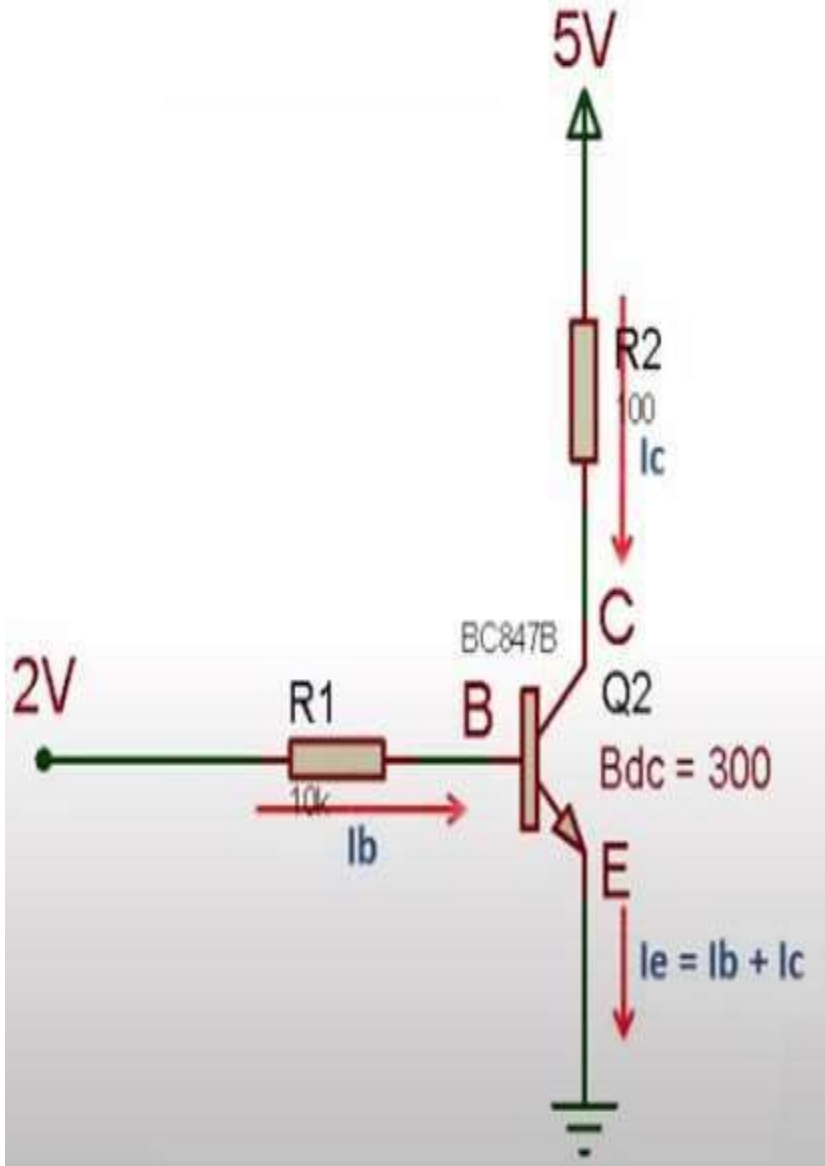
## SOAL 1

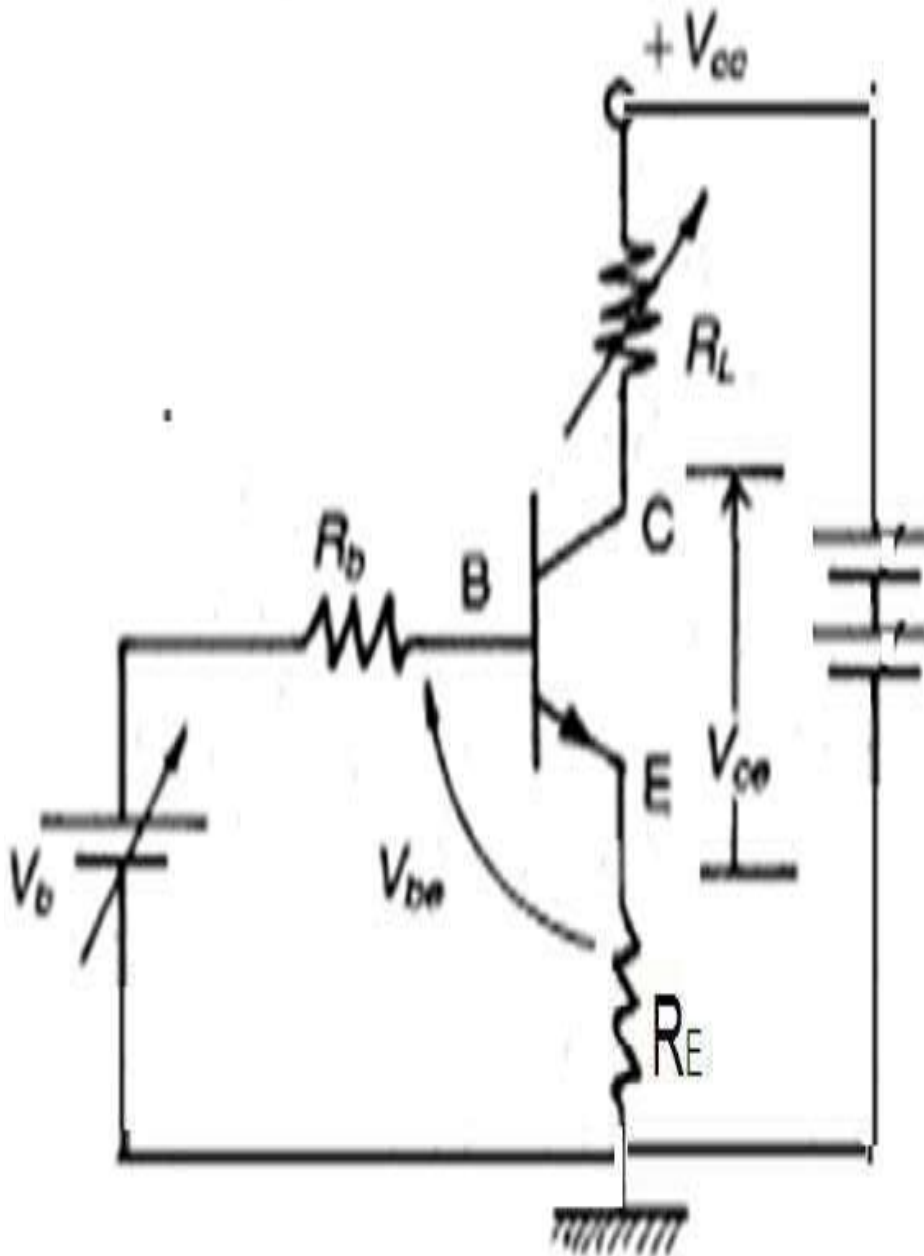
Diketahui :  $R1 = X5 \text{ K}$ ,  
 $R2 = 1X5 \text{ K}$

GAMBARKAN GARIS  
 BEBAN dc transistor Q

Tentukan titik kerja Q

X= digit terakhir no.pokok





## SOAL 2

Hitung nilai arus basis  $I_B$ , emiter  $I_E$  dan kolektor  $I_C$  pada rangkaian

Tentukan juga kondisi kerja Q tsb

## 7. KONFIGURASI PENGUAT TRANSISTOR

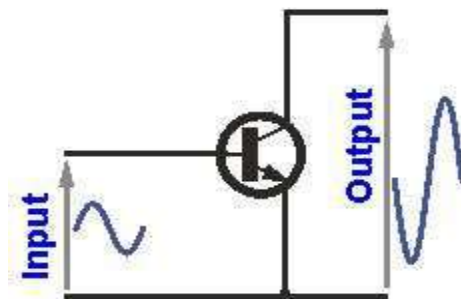
Fungsi Transistor adalah sebagai

- penguat/amplifier
- saklar.

Transistor Sebagai Penguat

Prinsip dasar amplifikasi atau penguatan sinyal adalah meningkatkan amplitudo sinyal yang diberikan pada input tanpa mengubah karakteristik dari sinyal itu sendiri.

Aplikasi penguat digunakan misalnya dalam rangkaian driver, radio RF, instrumen video.



transistor akan menjadi “ON” pada kondisi saturasi dan akan menjadi “OFF” pada tegangan cutoff.

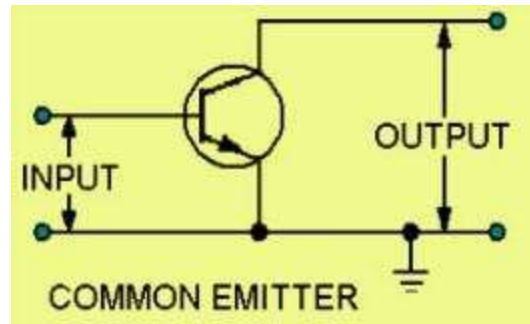
Jika sebuah transistor akan difungsikan sebagai sebuah penguat maka dibuat transistor tersebut berada kondisi aktif

Transistor dapat digunakan sebagai sebuah penguatan / amplifier dengan 3 konfigurasi berbeda.

### 1. Konfigurasi Penguat Transistor Common Emitter (CE)

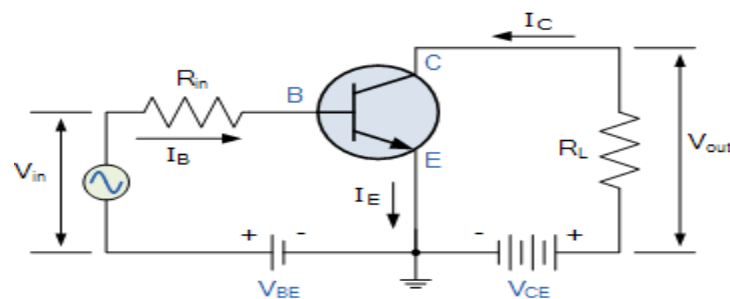
Karakteristik penguat Common Emitter CE yaitu :

1. Impedansi input tinggi, impedansi keluaran tinggi
2. Stabilitas penguatan transistor yang rendah karena sangat bergantung pada bias transistor.
3. Sering dikombinasikan dengan umpan balik / feedback karena untuk mencegah adanya umpan balik positif yang mungkin muncul.
4. Biasanya digunakan pada circuit penguat frekuensi rendah misalnya saja penguat audio frekuensi rendah.
5. Sinyal output nya akan menjadi berbalik 180 derajat terhadap sinyal input yang diberikan.
6. penguatan dengan konfigurasi sering digunakan pada circuit penguat tegangan



Konfigurasi penguat transistor *common emitter* disebut juga dengan *emitor bersama*. Artinya konfigurasi common emitter adalah rangkaian dengan kaki emitor transistor yang terhubung bersama, atau bagian emitor transistor yang di ground-kan. Pada konfigurasi common emitter, bagian basis transistor digunakan sebagai input, sedangkan bagian kolektor digunakan sebagai outputnya.

Penguat transistor dengan konfigurasi common emitter merupakan salah satu konfigurasi yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan common base dan common collector, Baik itu untuk keperluan audio, video, penguat frekuensi tinggi, dan lain-lain. Hal ini karena penguat dengan konfigurasi transistor common emitter akan menguatkan arus dan tegangan secara bersamaan. Sinyal input terhadap output pada common emitter adalah berbalik fasa.



Rangkaian konfigurasi transistor common emitter

sifat dari rangkaian penguat transistor konfigurasi common emitter.

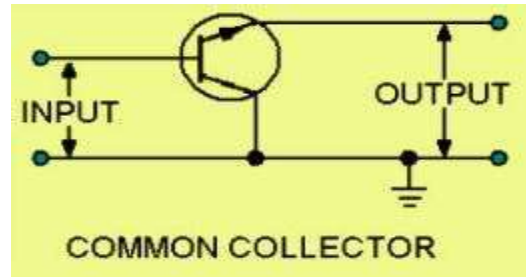
- Penguat tegangan dan arus
- memiliki impedansi input yang rendah, sedangkan impedansi output tinggi.
- Penguatan arus pada konfigurasi common emitter relatif besar.

## 2. Konfigurasi Penguat Transistor Common Collector (CC)

Karakteristik penguat jenis ini yaitu :

1. impedansi output yang rendah, impedansi input yang tinggi
2. Penguatan arus akan sama nilainya dengan  $h_{FE}$  transistor itu sendiri

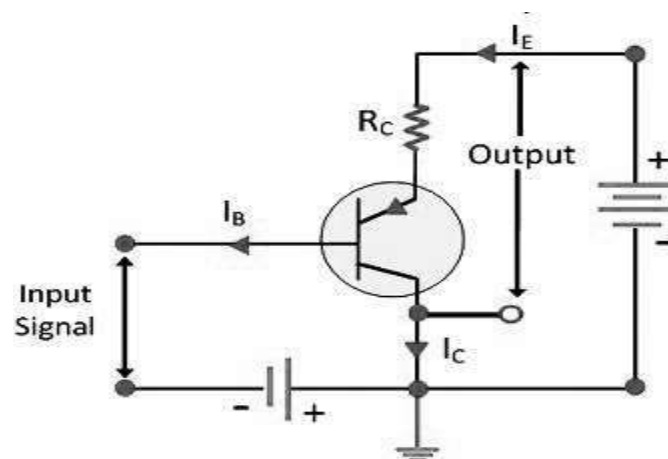
3. Banyak digunakan sebagai rangkaian buffer karena impedansi input yang sangat tinggi
4. Sinyal output yang satu fasa dengan sinyal input
5. biasanya digunakan pada circuit penguat arus.



Konfigurasi penguat transistor common collector disebut juga dengan *kolektor bersama*. Artinya konfigurasi common collector adalah rangkaian dengan kaki kolektor transistor yang terhubung bersama, atau bagian kolektor transistor yang di ground-kan. Dalam hal ini, sinyal masukan (input) ada pada kaki basis transistor, sedangkan bagian keluarannya (output) ada pada kaki emitor.

Konfigurasi penguat transistor *common collector* tentu berbeda dengan *common base*, begitu juga secara fungsi berbeda pula. Pada common base, transistor akan menghasilkan penguatan tegangan tanpa menguatkan arus masukan. Sedangkan pada konfigurasi common collector, transistor akan menghasilkan penguatan arus tanpa menguatkan tegangan. Dengan demikian secara fungsi kerja antara common base dengan common collector adalah berbanding terbalik.

Pada dasarnya, konfigurasi *common collector* memiliki nilai tegangan masukan dan tegangan keluaran relatif sama. Oleh karena itu konfigurasi common collector disebut juga dengan emitter follower. Rangkaian penguat transistor common collector banyak digunakan pada rangkaian elektronika yang memerlukan impedansi output yang rendah.



Rangkaian penguat transistor common collector

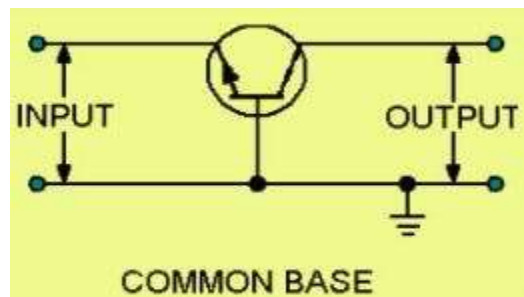
sifat dari rangkaian penguat transistor konfigurasi common collector.

1. penguatan arus yang besar.
2. Memiliki impedansi keluaran yang rendah, sedangkan impedansi masukan tinggi.
3. Penguatan daya pada konfigurasi common collector relatif rendah.
4. Penguatan tegangan sangat rendah.
5. Fasa sinyal antara input dan output terbalik (inverting).

### 3. Konfigurasi Penguat Transistor Common Base (CB)

karakteristik penguat CB yaitu :

1. impedansi input yang sangat rendah dengan penguatan yang rendah juga
2. Efek umpan balik yang bisa diminimalisir karena isolasi output-input yang tinggi.
3. Cocok digunakan sebagai circuit pre-amplifier.
4. Biasanya digunakan di rangkaian frekuensi tinggi jalur UHF dan VHF.



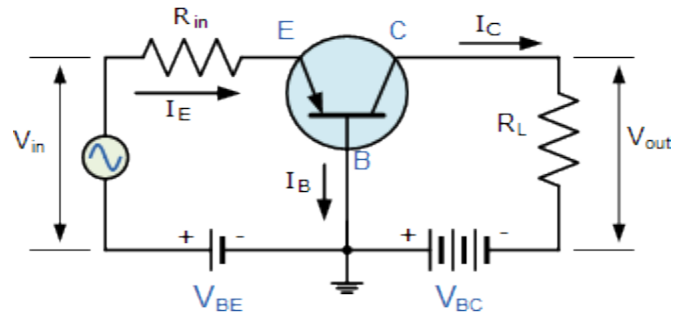
#### Rangkaian penguat transistor common base

Konfigurasi penguat transistor dengan common base disebut juga dengan *basis bersama*. Artinya konfigurasi common base adalah rangkaian dengan kaki basis transistor yang terhubung bersama, atau basis transistor yang di ground-kan. Dalam hal ini, sinyal input penguat ada pada kaki emitor, sedangkan bagian outputnya keluar melalui kaki kolektor transistor.

Secara umum rangkaian penguat berbasis common base banyak digunakan pada rangkaian penguat tegangan, namun memiliki penguatan arus yang sangat kecil, sehingga dapat diabaikan atau bisa dianggap tidak memiliki penguatan arus.

Rangkaian konfigurasi penguat transistor dengan common base biasanya banyak digunakan pada rangkaian penguat frekuensi tinggi diatas 10MHz yang mengutamakan penguatan tegangan dibandingkan dengan penguatan arus. Selain itu karena konfigurasi dengan common base memiliki impedansi masukan yang rendah, maka konfigurasi ini tidak cocok untuk digunakan

pada rangkaian penguat frekuensi rendah karena akan membebani impedansi input yang biasanya dibutuhkan impedansi masukan tinggi pada rangkaian audio.



Rangkaian penguat transistor common base.

beberapa sifat dari rangkaian penguat transistor konfigurasi common base.

- memiliki penguatan arus yang sangat kecil.
- Memiliki penguatan tegangan yang tinggi.
- Memiliki impedansi input yang rendah, dan impedansi output tinggi.
- Pada umumnya memiliki penguatan hingga 40 dB.
- Cocok digunakan pada rangkaian penguat frekuensi tinggi (HF).

# TRANSISTOR

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (switching), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.





# Transistor dapat berfungsi sebagai:

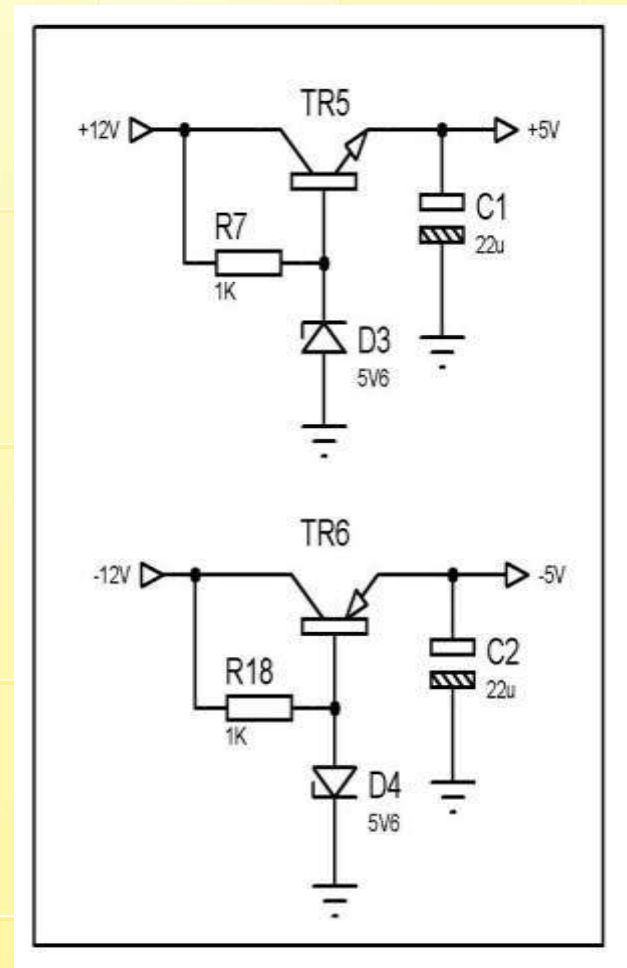
- penguat arus maupun tegangan yang dipakai sebagai penguat
- sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (switching)
- stabilisasi tegangan listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET)

# Transistor sebagai Penguat

Salah satu fungsi Transistor yang paling banyak digunakan di dunia Elektronika Analog adalah sebagai penguat yaitu penguat arus, penguat tegangan, dan penguat daya. Fungsi komponen semikonduktor ini dapat kita temukan pada rangkaian Pree-Amp Mic, Pree-Amp Head, Mixer, Echo, Tone Control, Amplifier dan lain-lain.

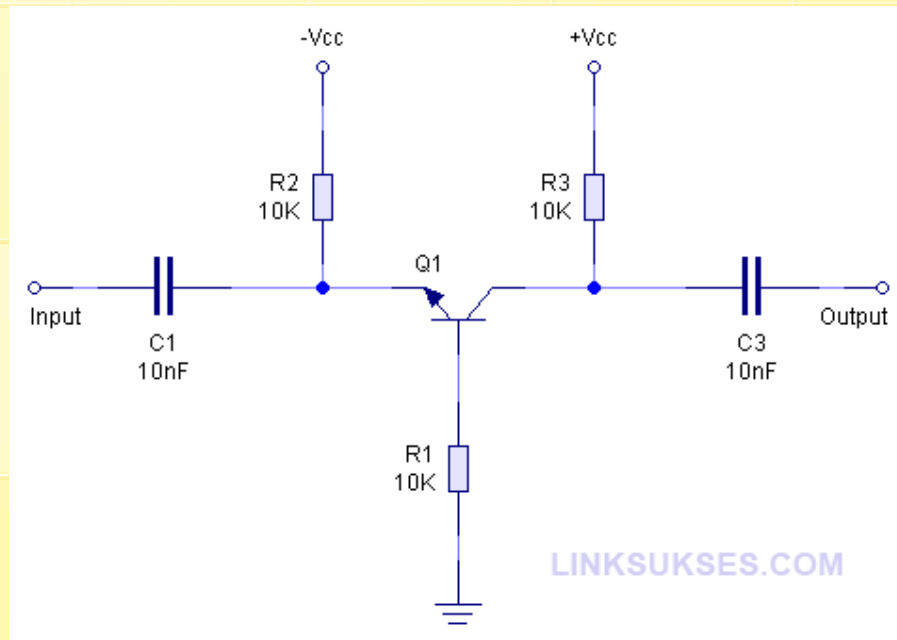
# Transistor sebagai penguat arus

Fungsi lain dari transistor adalah sebagai penguat arus. Karena fungsi ini maka transistor bisa dipakai untuk rangkaian power supply dengan tegangan yang di set. Untuk keperluan ini transistor harus dibias tegangan yang konstan pada basisnya, supaya pada emitor keluar tegangan yang tetap. Biasanya untuk mengatur tegangan basis supaya tetap digunakan sebuah dioda zener.



# Common Base

Penguat Common Base digunakan sebagai penguat tegangan. Pada rangkaian ini Emitter merupakan input dan Collector adalah output sedangkan Basis di-groundkan/ditanahkan.

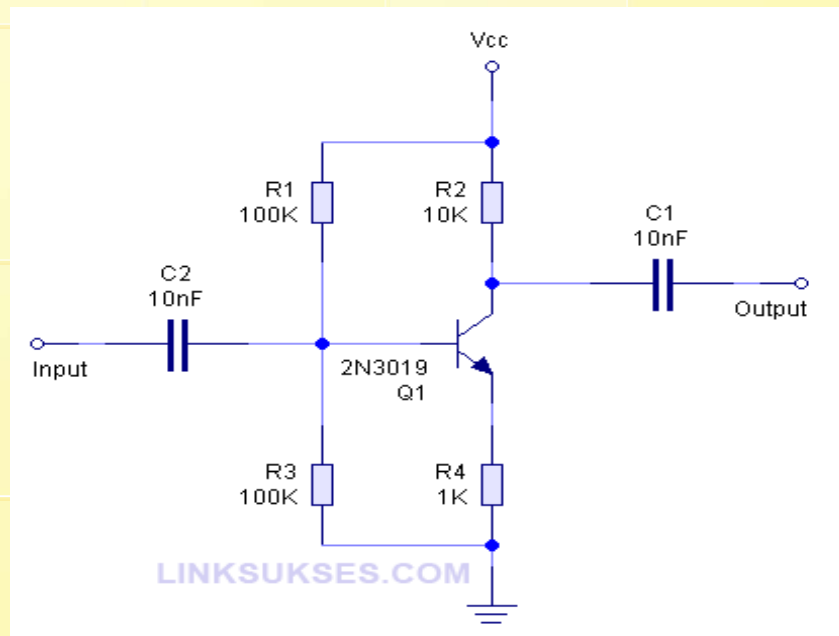


# Sifat-sifat Penguat Common Base:

- Isolasi input dan output tinggi sehingga Feedback lebih kecil.
- Cocok sebagai Pre-Amp karena mempunyai impedansi input tinggi yang dapat menguatkan sinyal kecil.
- Dapat dipakai sebagai penguat frekuensi tinggi.
- Dapat dipakai sebagai buffer.

# Penguat Common Emitter

Penguat Common Emitter digunakan sebagai penguat tegangan. Pada rangkaian ini Emitter di-ground-kan/ditanahkan, Input adalah Basis, dan output adalah Collector.

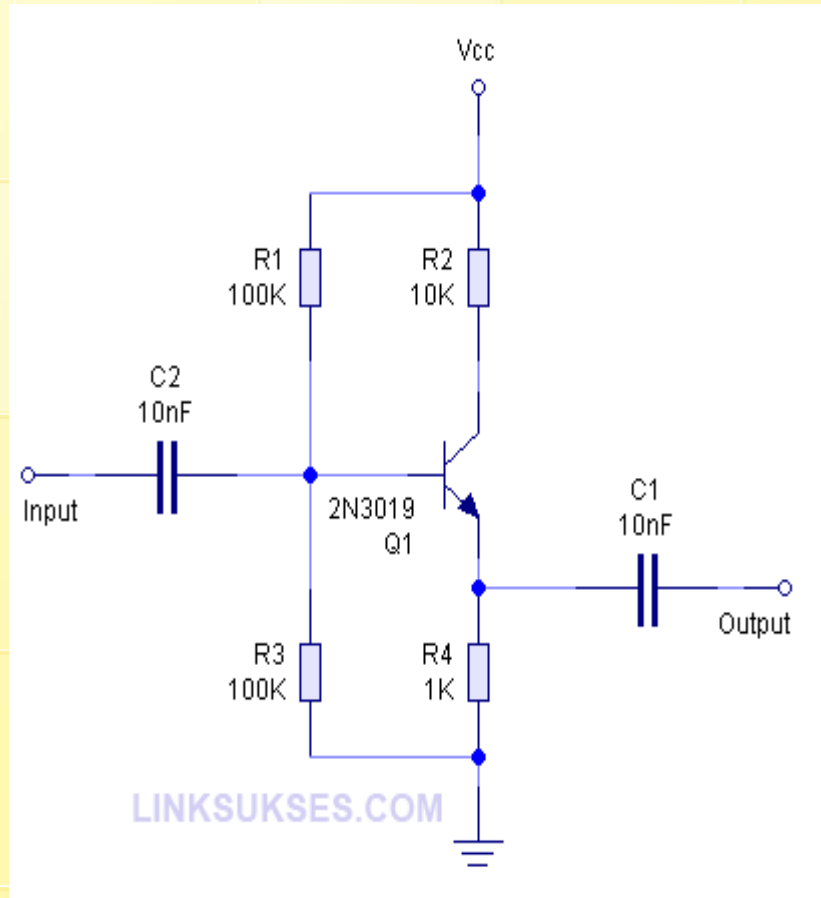


# Sifat-sifat Penguat Common Emitter:

- Signal output berbeda fasa 180 derajat.
- Memungkinkan adanya osilasi akibat feedback, untuk mencegahnya sering dipasang feedback negatif.
- Sering dipakai sebagai penguat audio (frekuensi rendah).
- Stabilitas penguatan rendah karena tergantung stabilitas suhu dan bias transistor.

# Penguat Common Collector

Penguat Common Collector digunakan sebagai penguat arus. Rangkaian ini hampir sama dengan Common Emitter tetapi outputnya diambil dari Emitter. Input dihubungkan ke Basis dan output dihubungkan ke Emitter. Rangkaian ini disebut juga dengan Emitter Follower (Pengikut Emitter) karena tegangan output hampir sama dengan tegangan input.





## Sifat-sifat Penguat Common Collector:

- Signal output dan sigal input satu phasa (tidak terbalik seperti Common Emitter).
- Penguatan tegangan kurang dari 1 (satu).
- Penguatan arus ( $A_i$ ) tinggi (sama dengan HFE transistor).
- Impedansi input tinggi dan impedansi output rendah sehingga cocok digunakan sebagai buffer.

## Prinsip Transistor sebagai (saklar)

transistor akan mengalami Cutoff apabila arus yang melalui basis sangat kecil sekali sehingga kolektor dan emitor akan seperti kawat yang terbuka, dan Transistor akan mengalami jenuh apabila arus yang melalui basis terlalu besar sehingga antara kolektor dan emitor bagaikan kawat terhubung

# APLIKASI TRANSISTOR

- Aplikasi Transistor Sebagai Saklar

Prinsip Kerja Transistor BJT sebagai saklar: memanfaatkan daerah kerja transistor yaitu Daerah Cut-off (switch OFF) dan daerah saturation (switch ON).

# Lanjutan...

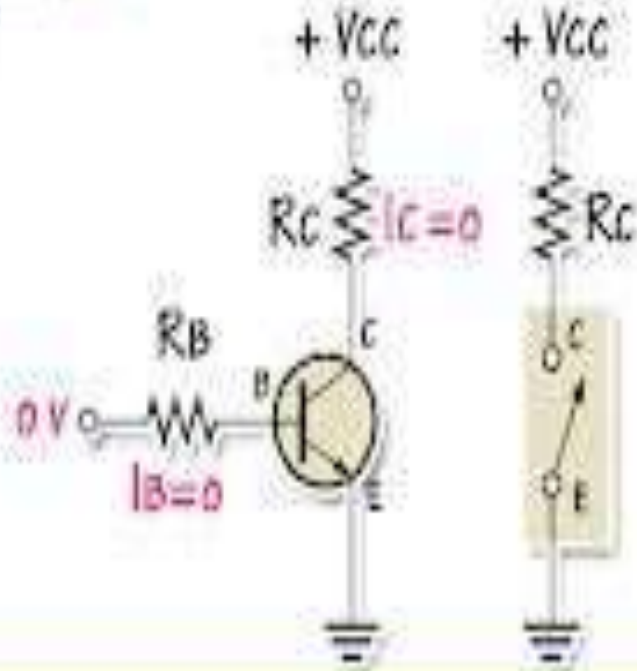
## Transistor BJT Sebagai Sakelar

Kondisi OFF (Cutoff - Open Switch)

Junction Basis-Emitter di bias mundur

$V_{CE}(\text{cutoff}) = V_{CC}$

$I_C = 0$

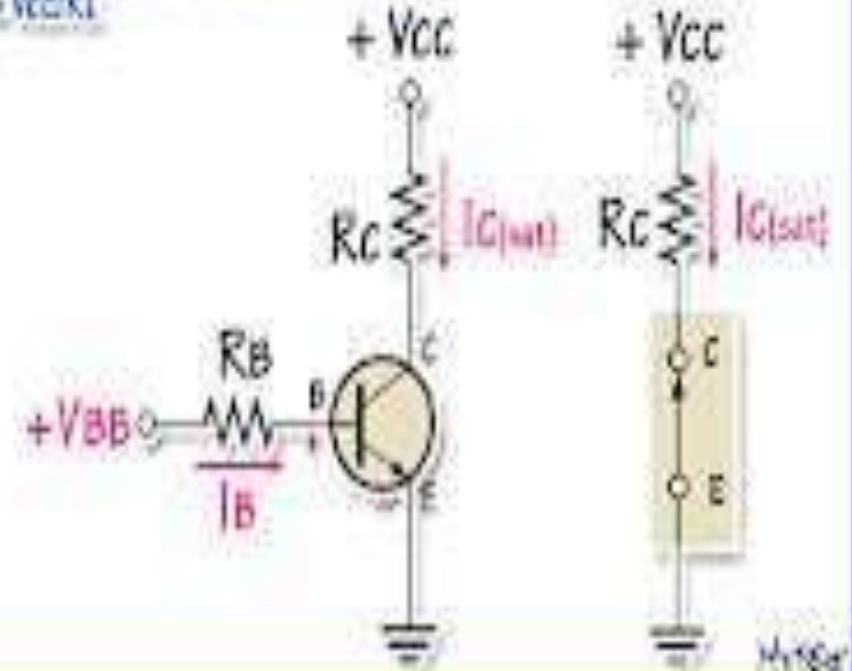


Kondisi ON (Saturation - Closed Switch)

Junction Basis-Emitter di bias maju

$V_{CE}(\text{SATURATION}) = 0$  (ideal saturation)

$I_C = V_{CC}/R_C$



# Lanjutan...

- Daerah Saturasi

Ketika junction basis-emitter di bias maju (forwar bias). Sehingga Arus Collector maksimal adalah ( $I_C = V_{CC}/R_L$ ) dan  $V_{CE}(\text{Saturation}) = 0$  (ideal saturation). Cttn : dibutuhkan arus yang cukup untuk membuat transistor bersaturasi nilai nya sesuai dengan rumus pada gambar.

Arus basis minimal yang dibutuhkan transistor bersaturasi

$$I_{B(sat)} = \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{DC}}$$

Dimana

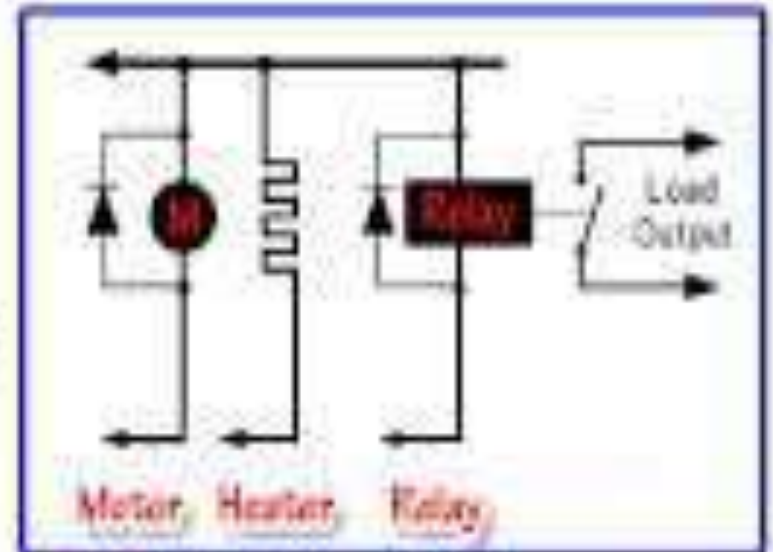
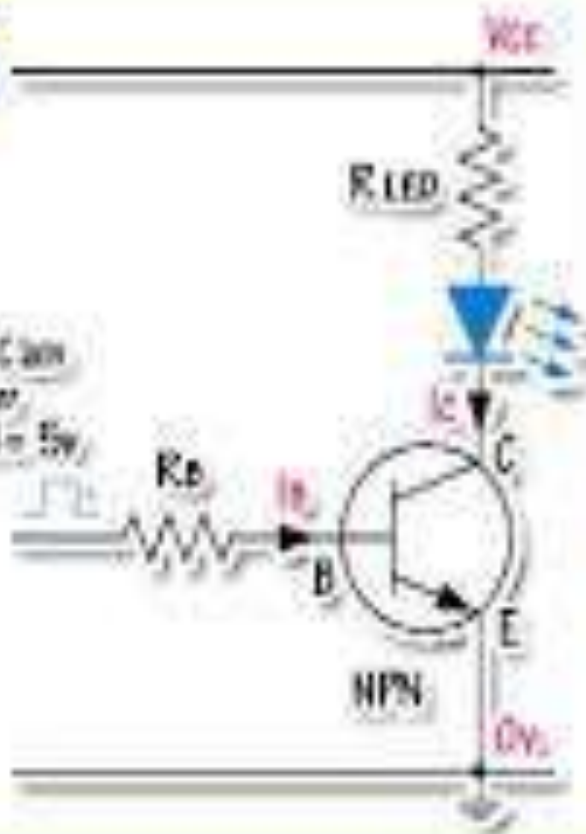
$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_L}$$


# Contoh Aplikasi Transistor sebagai saklar

## Rangkaian Transistor Sebagai Saklar

Beban LED

INPUT dari saklar, IC lain atau mikrokontroler sebagai pengontrol =  $E_{in}$



Contoh Beban yang lain

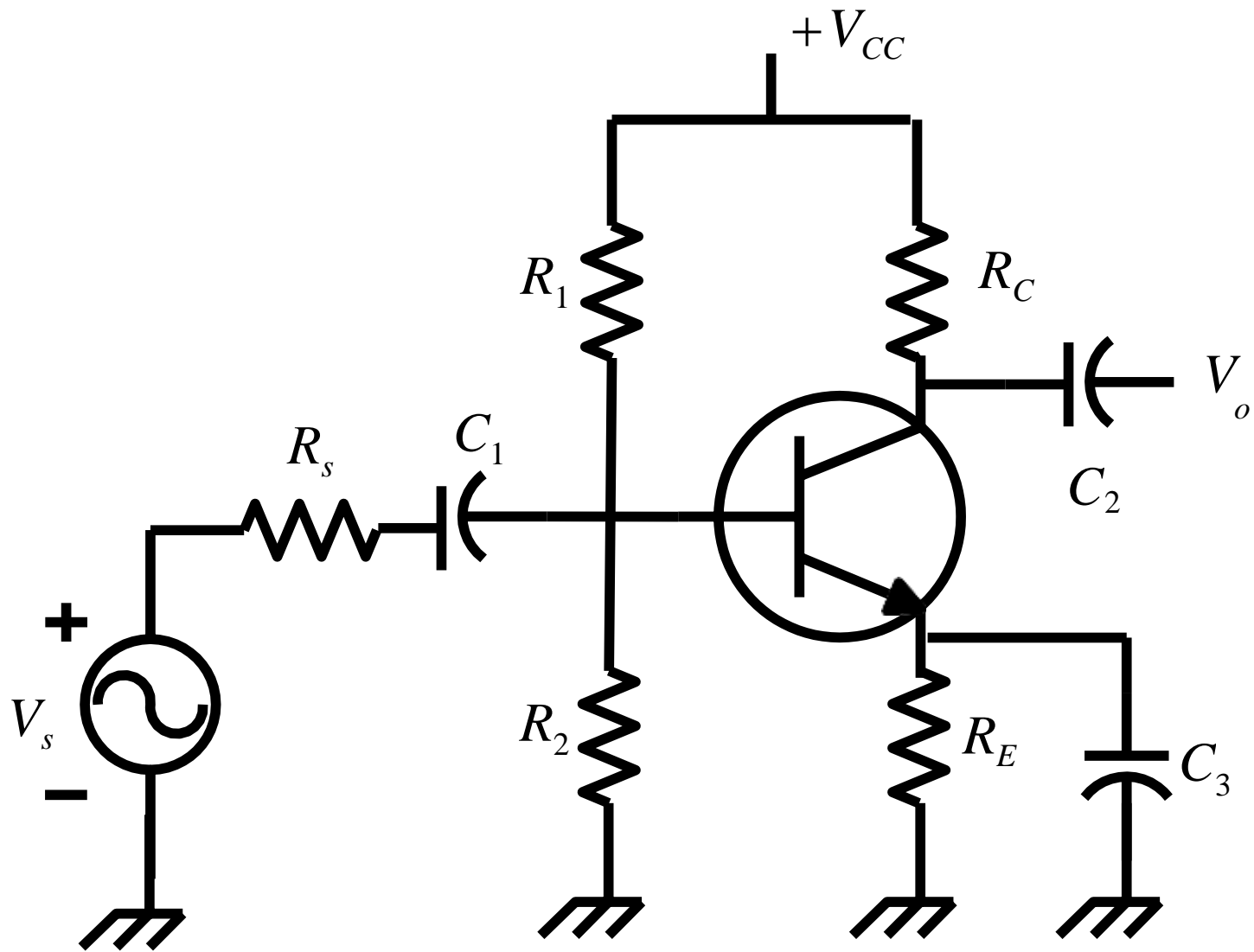
# Pemodelan BJT – hybrid h

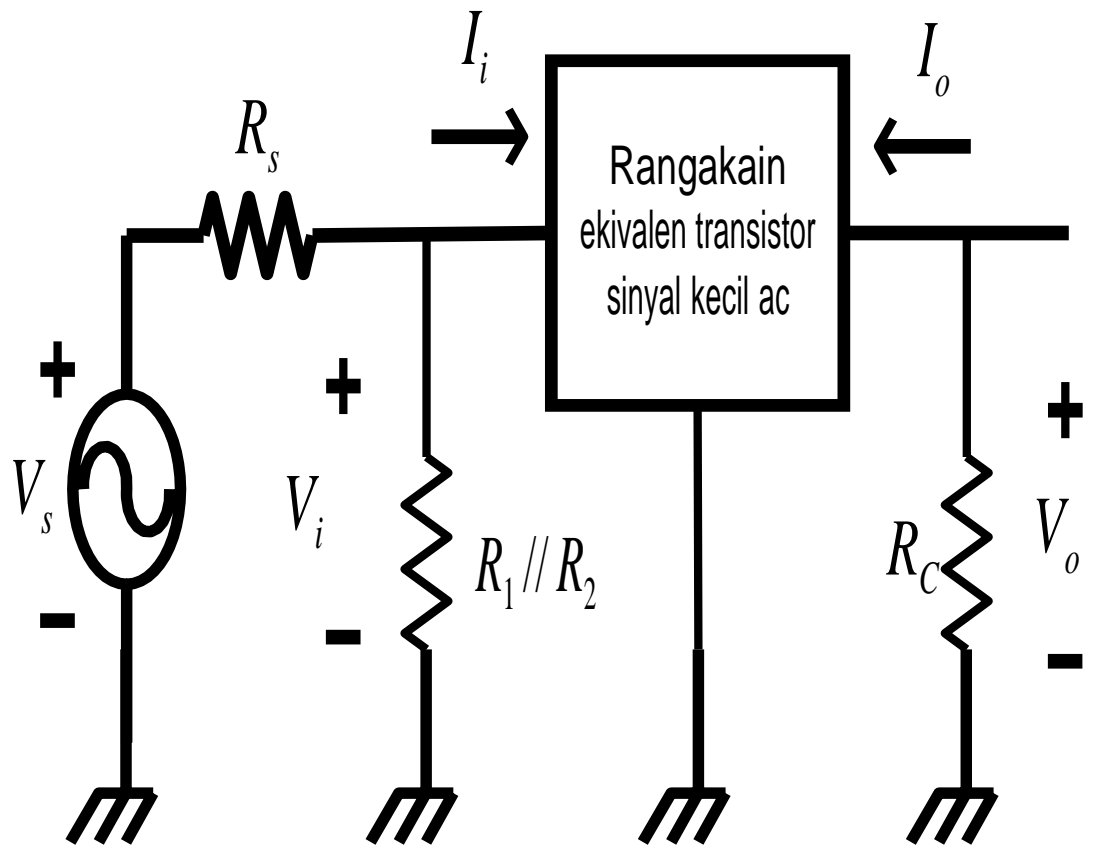
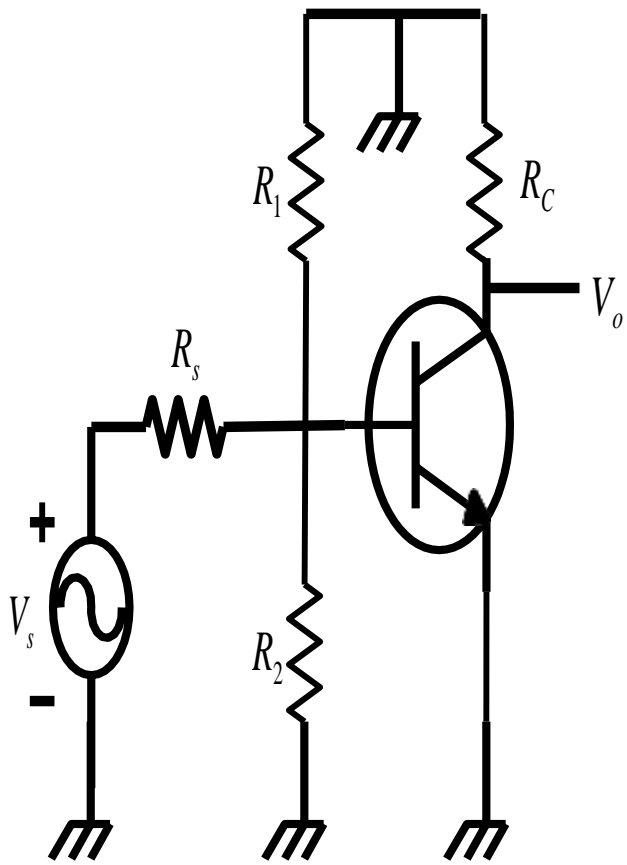
Analisis sinyal kecil ac

# Pemodelan BJT

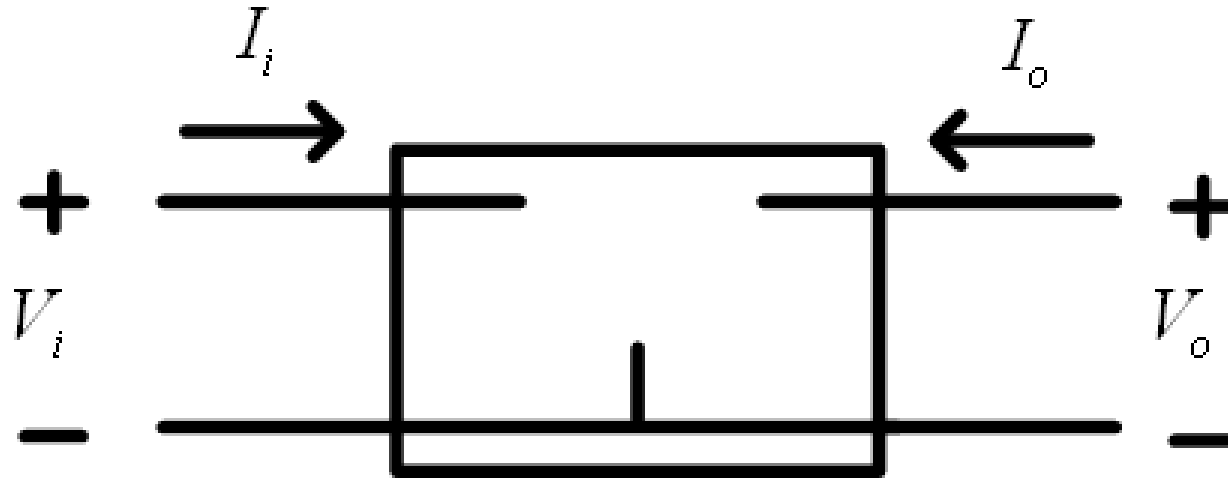
- Setting sumber tegangan DC menjadi nol dengan diganti rangkaian *short circuit*.
- Ganti semua kapasitor dengan rangkaian ekivalen *short circuit*
- Hilangkan semua elemen yang di *bypass* oleh kapasitor sehingga rangkaian ekivalen *short circuit*
- Gambar ulang rangkaiannya







# Model Parameter Hybrid h



$$V_i = h_{11}I_i + h_{12}V_o$$

$$I_o = h_{21}I_i + h_{22}V_o$$

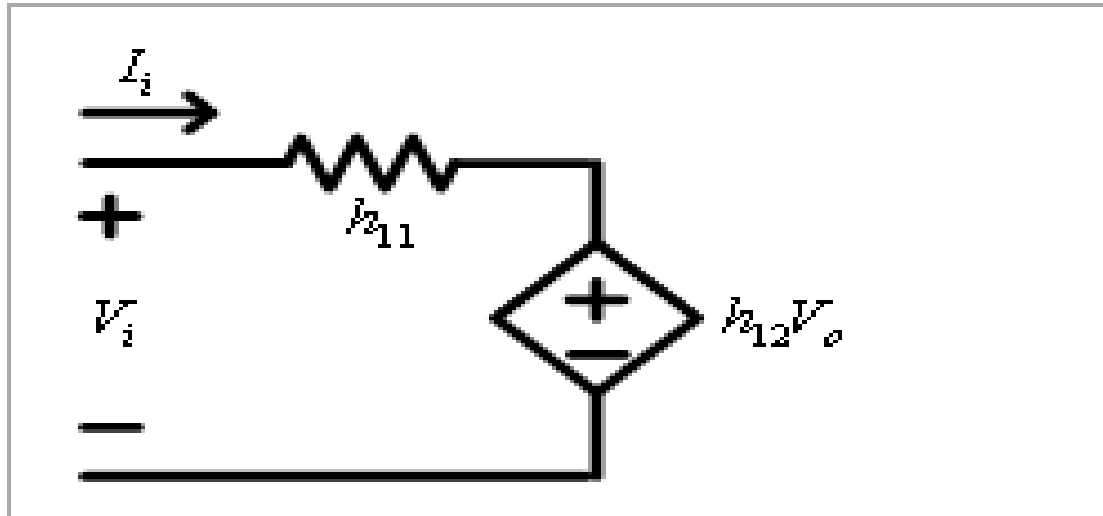
$$h_{11} = \left. \frac{V_i}{I_i} \right|_{V_o=0} \rightarrow \text{parameter impedansi input } \textit{short circuit}$$

$$h_{12} = \left. \frac{V_i}{V_o} \right|_{I_i=0} \rightarrow \text{parameter rasio tegangan reverse transfer } \textit{open circuit}$$

$$h_{21} = \left. \frac{I_o}{I_i} \right|_{V_o=0} \rightarrow \text{parameter rasio arus forward transfer } \textit{short circuit}$$

$$h_{22} = \left. \frac{I_o}{V_o} \right|_{I_i=0} \rightarrow \text{parameter admitansi output } \textit{open circuit}$$

## Rangkaian input ekuivalen hybrid

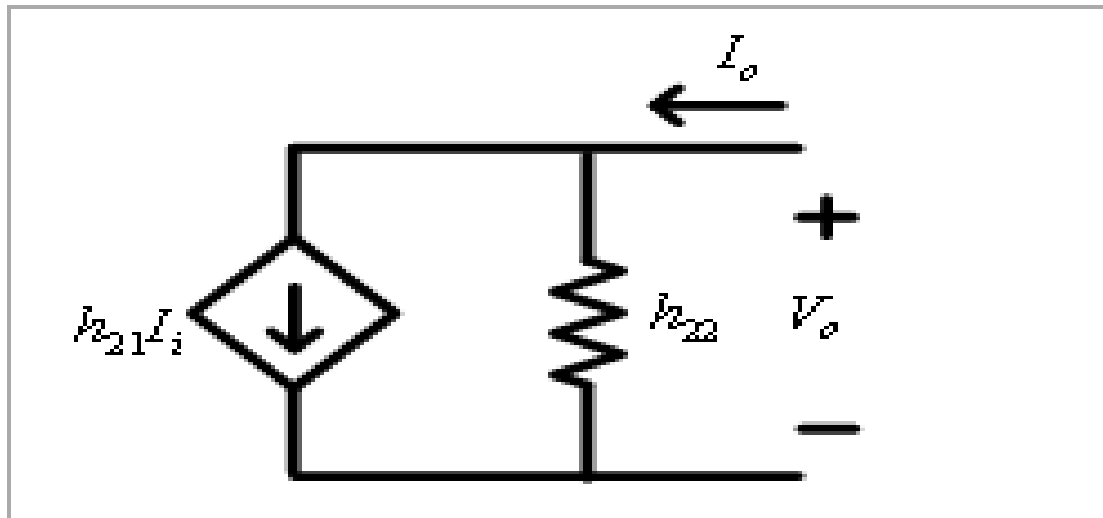


$$V_i = V_{i1} + V_{i2}$$

$$V_{i1} = h_{11}I_i$$

$$V_{i2} = h_{12}V_o$$

## Rangkaian output ekuivalen hybrid

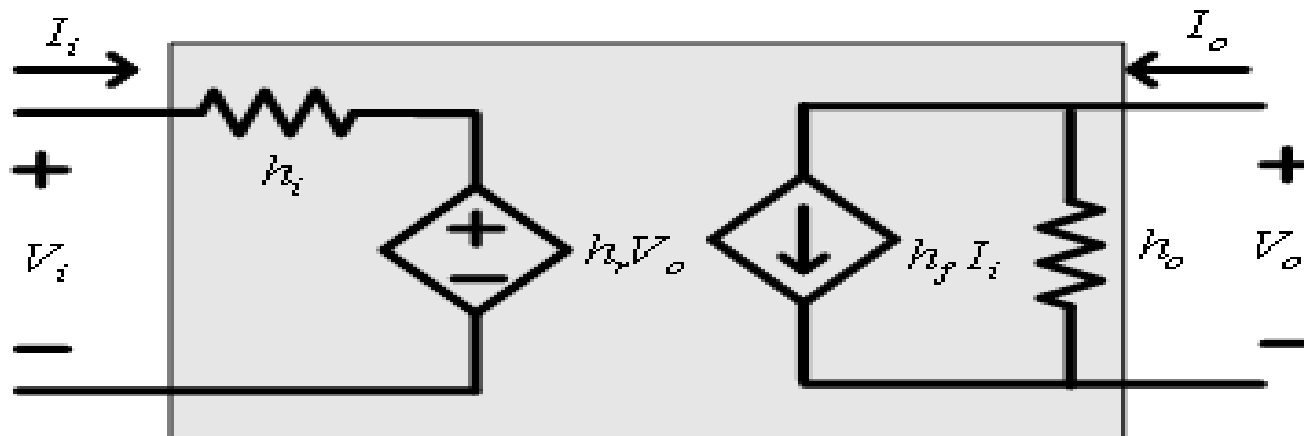
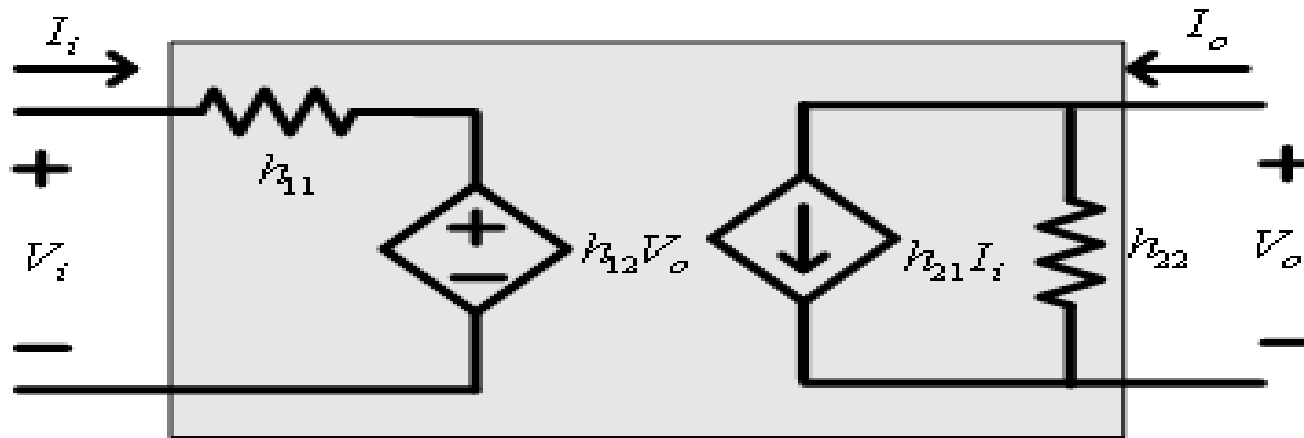


$$I_o = I_{o1} + I_{o2}$$

$$I_{o1} = h_{21}I_i$$

$$I_{o2} = h_{22}V_o$$

## Rangkaian ekivalen hybrid



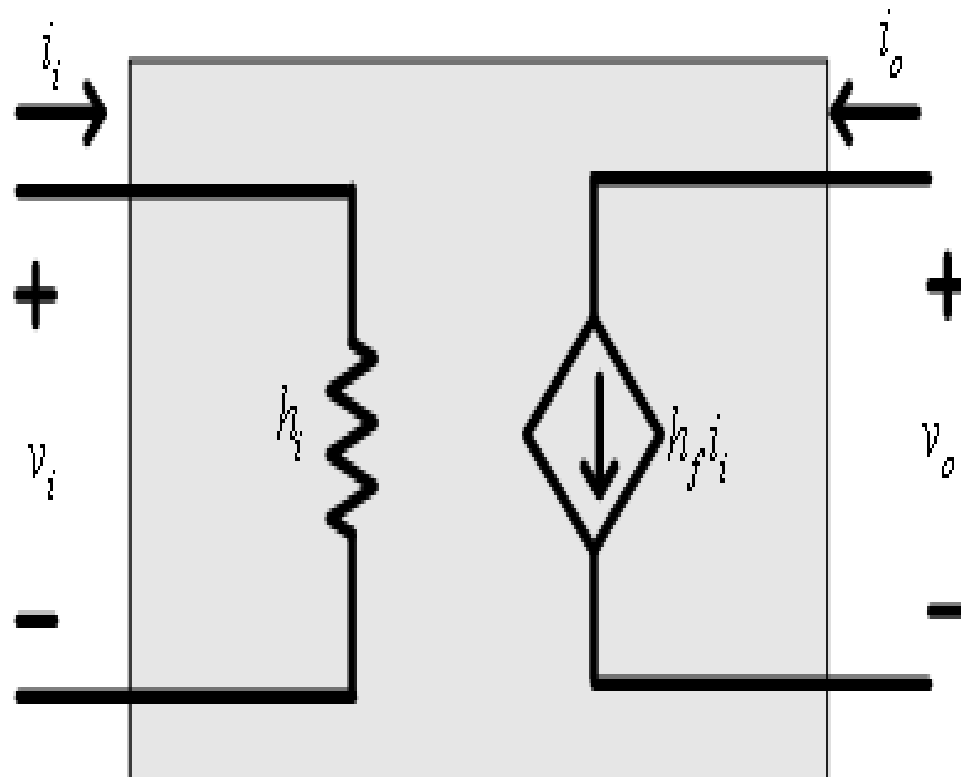
$h_{11} = h_i \rightarrow$  resistansi input

$h_{12} = h_r \rightarrow$  rasio tegangan reverse transfer

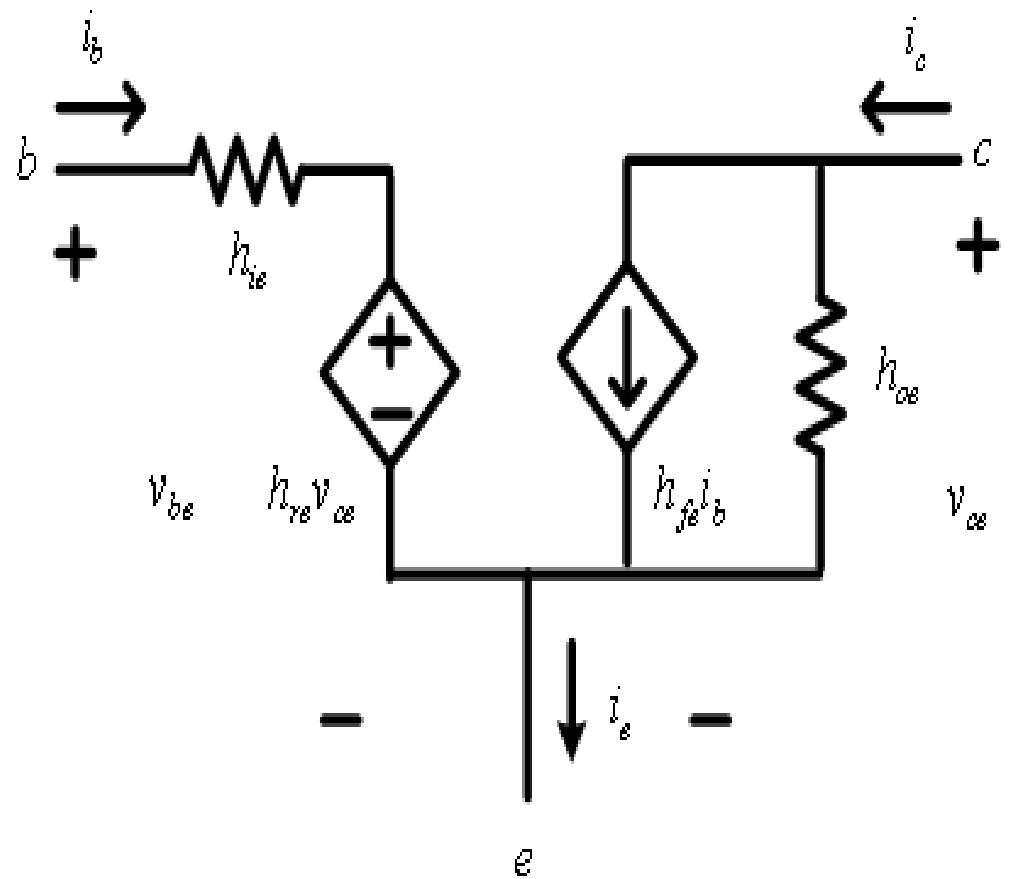
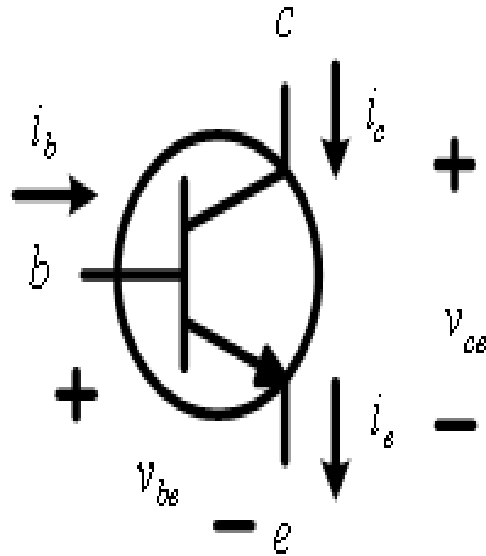
$h_{21} = h_f \rightarrow$  rasio arus forward transfer

$h_{22} = h_o \rightarrow$  konduktansi output

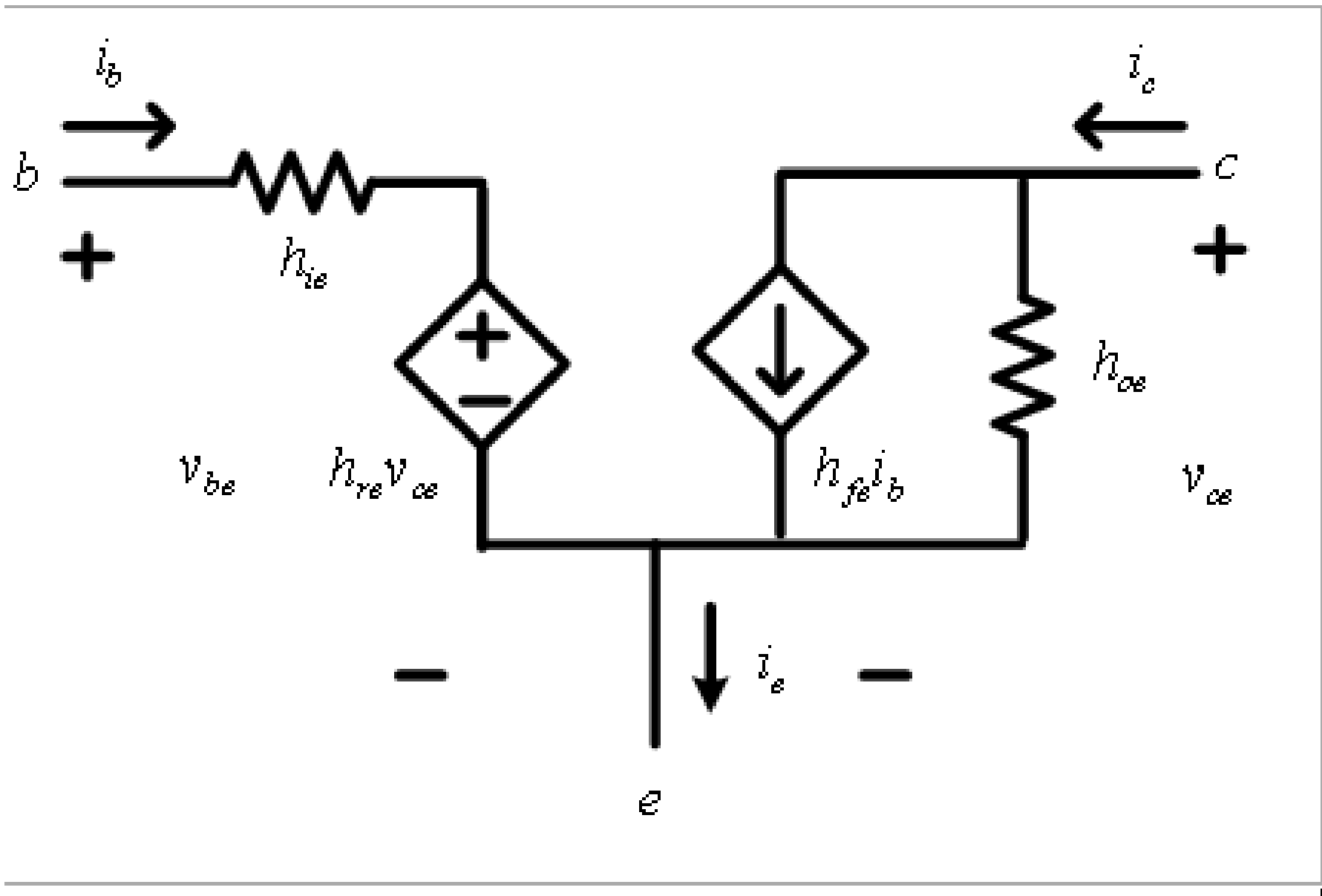
Jika  $h_y$  relatif lebih kecil, maka  $h_y v_o = 0$  (short circuit). Jika konduktansi  $h_o$  jauh lebih kecil atau resistansinya lebih besar dibandingkan beban maka open circuit.

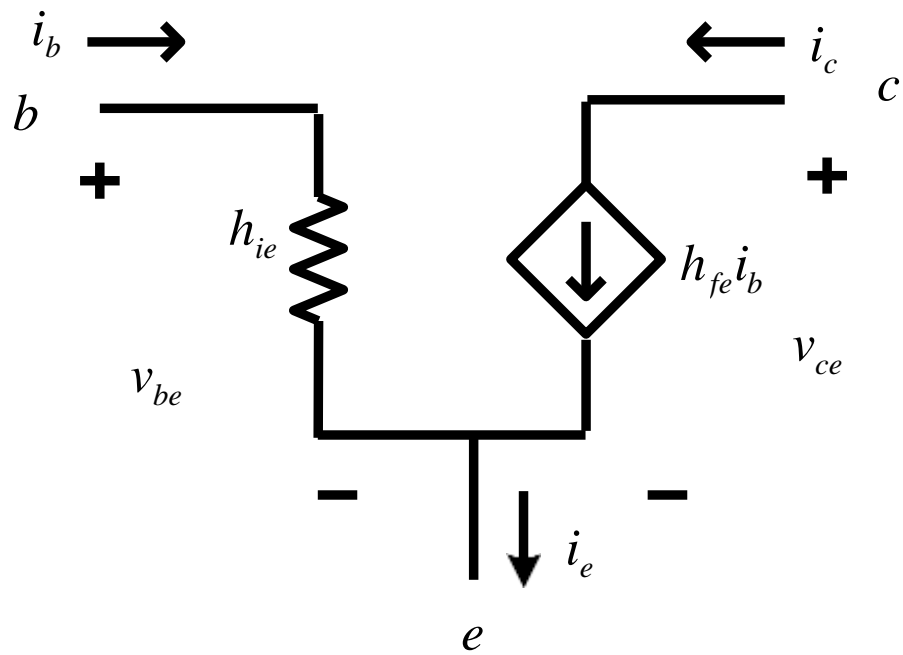


# Model Ekuivalen Hybrid h untuk Konfigurasi *Common-Emittor*

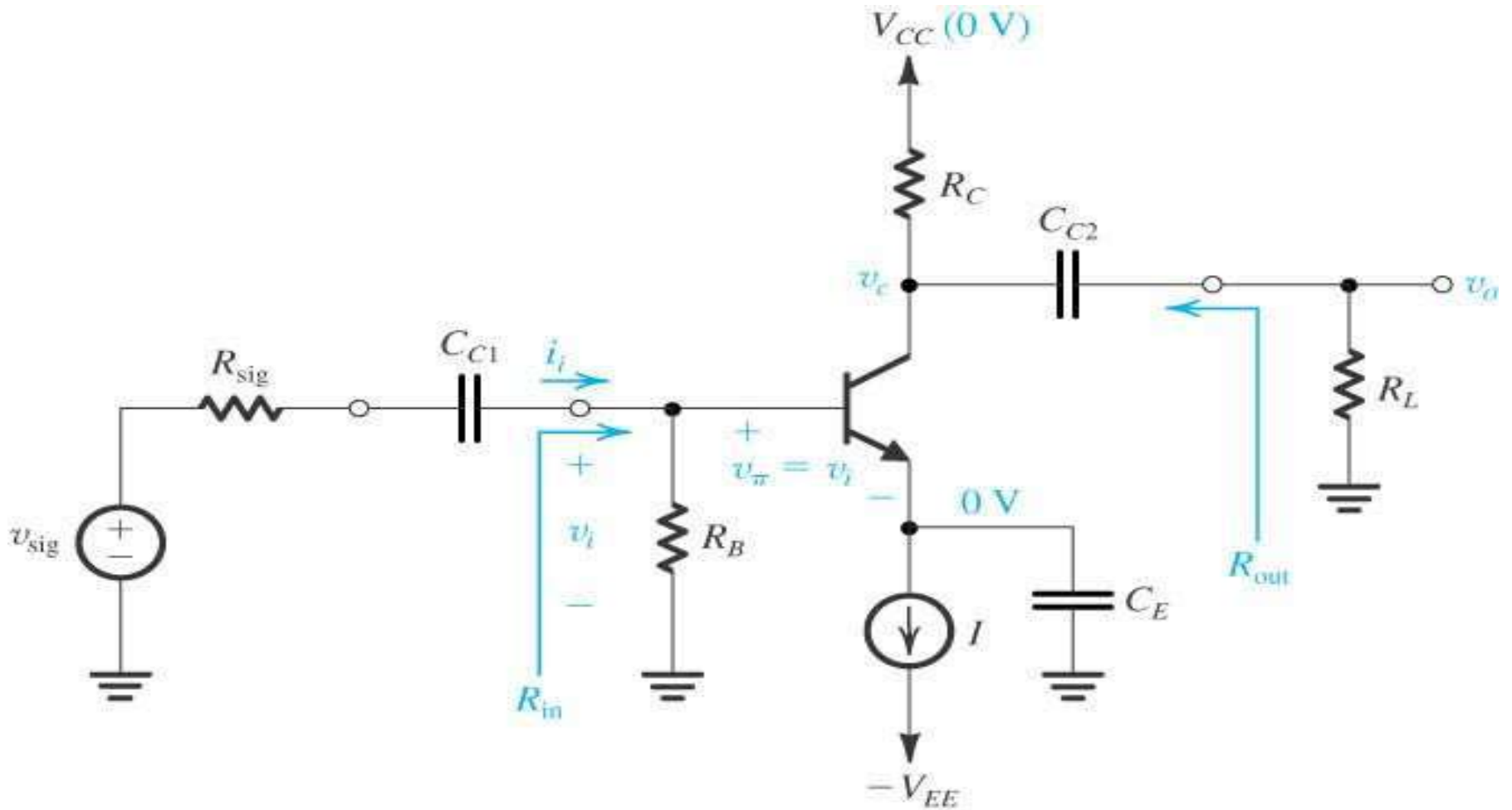






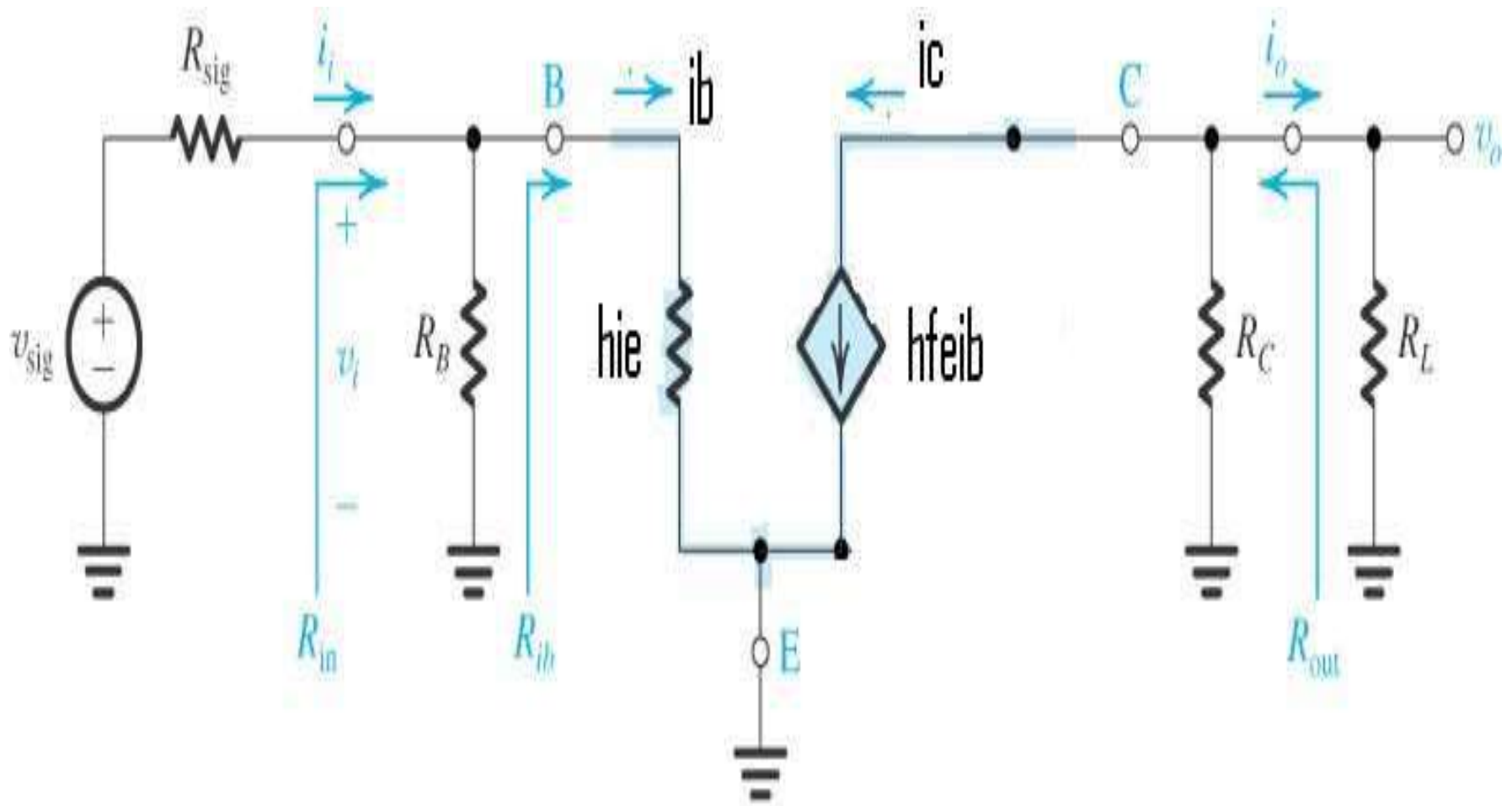


# Penguat *Common Emitter*



(a)

# Model Hybrid h



## Penguatan teg & arus

$$A_v = \frac{v_o}{v_1} = \frac{-(R_C \parallel R_L) i_c}{h_{ie} i_b} = \frac{-(R_C \parallel R_L) h_{fe} i_b}{h_{ie} i_b} = \frac{-(R_C \parallel R_L) h_{fe}}{h_{ie}}$$

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{-\left(\frac{R_C}{R_C + R_L} i_c\right)}{\frac{R_B + h_{ie}}{R_B} i_b} = \frac{-\left(\frac{R_C}{R_C + R_L} h_{fe} i_b\right)}{\frac{R_B + h_{ie}}{R_B} i_b} = \frac{-\left(\frac{R_C}{R_C + R_L} h_{fe}\right)}{\frac{R_B + h_{ie}}{R_B}}$$

$$R_i = R_B \parallel h_{ie}$$

$$R_o = R_C$$

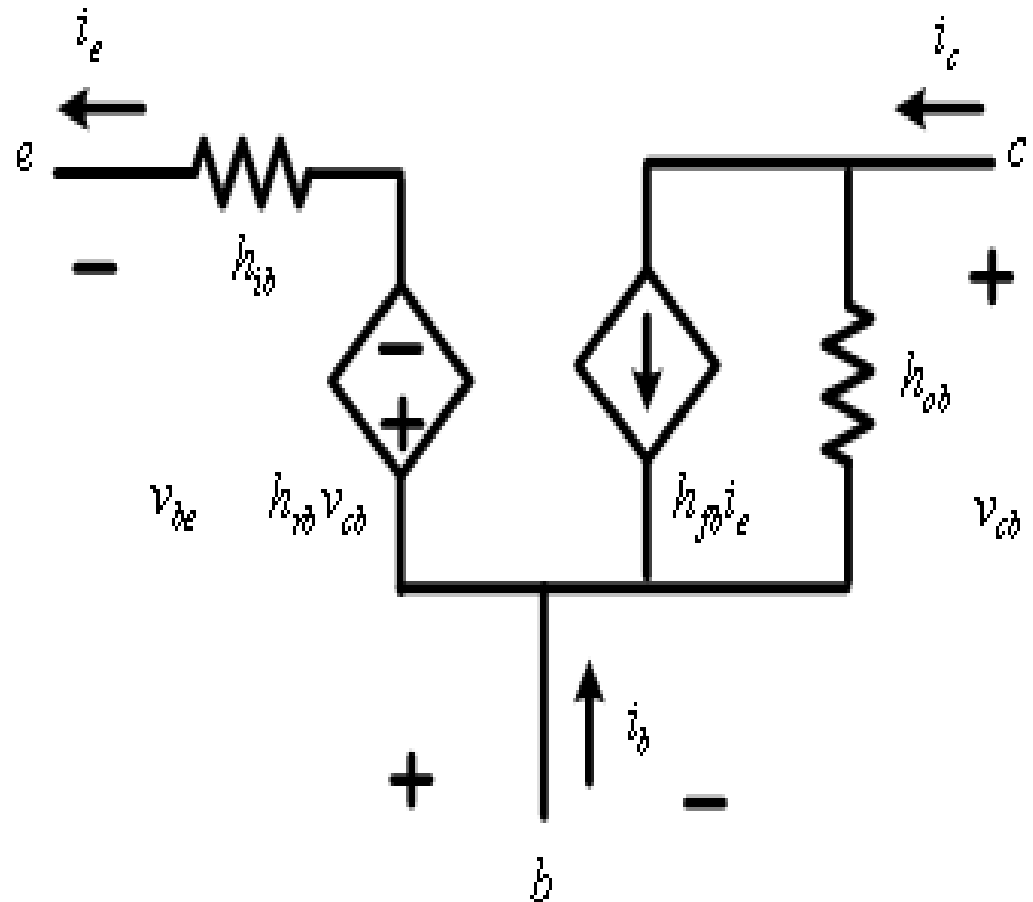
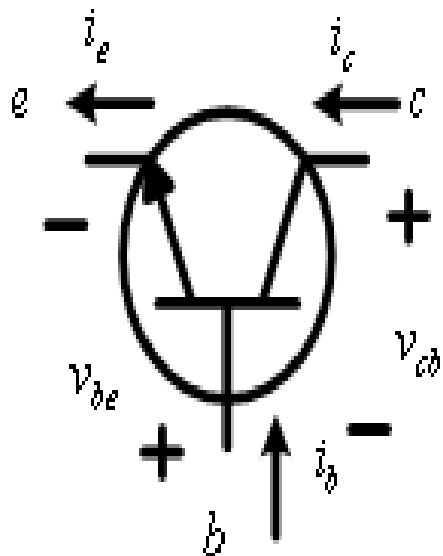
Nilai parameter h untuk CE :

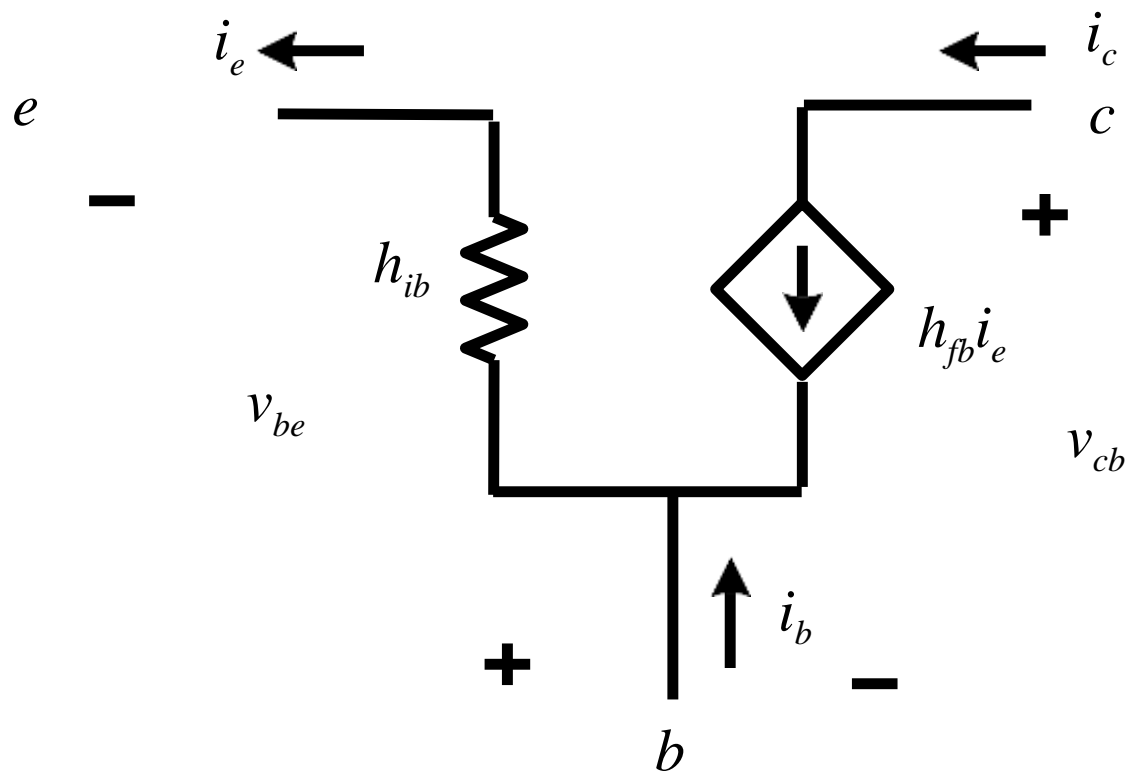
$$h_{fe} = 120,$$

$$h_{ie} = 1,175 \text{ K},$$

$$h_{oe} = 20 \text{ } \mu\text{A/v}$$

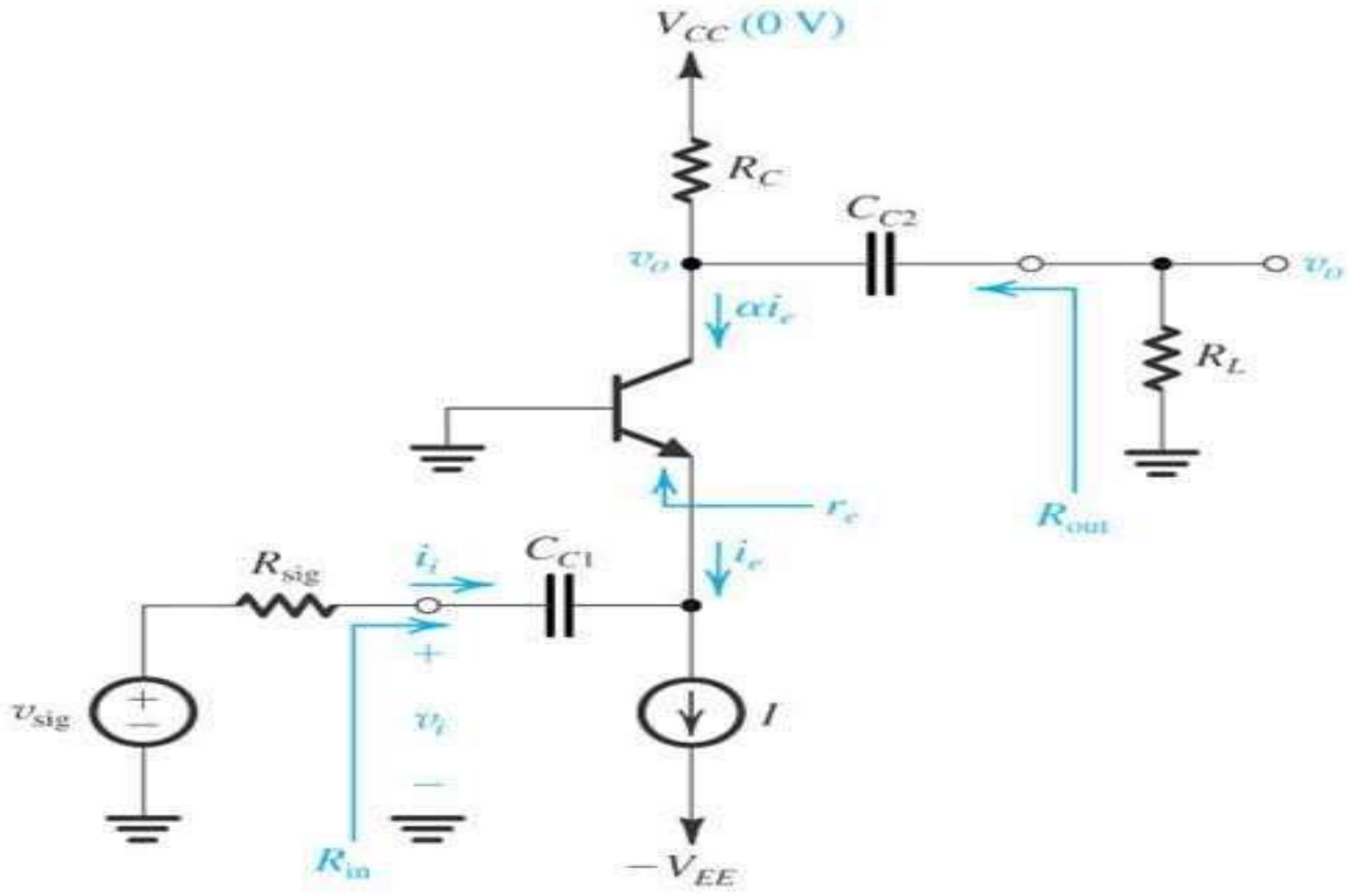
# Model Ekivalen Hybrid h untuk Komfigurasi *Common-Base*







# Penguat *Common Base*



$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-(R_C \parallel R_L) i_c}{-h_{ib} i_e} = \frac{(R_C \parallel R_L) h_{fb} i_e}{h_{ib} i_e} = \frac{(R_C \parallel R_L) h_{fb}}{h_{ib}}$$

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{-\left(\frac{R_C}{R_C + R_L} i_c\right)}{-i_e} = \frac{\left(\frac{R_C}{R_C + R_L} h_{fb} i_e\right)}{i_e} = \frac{R_C}{R_C + R_L} h_{fb}$$

$$R_i = h_{ib}$$

$$R_o = R_C$$

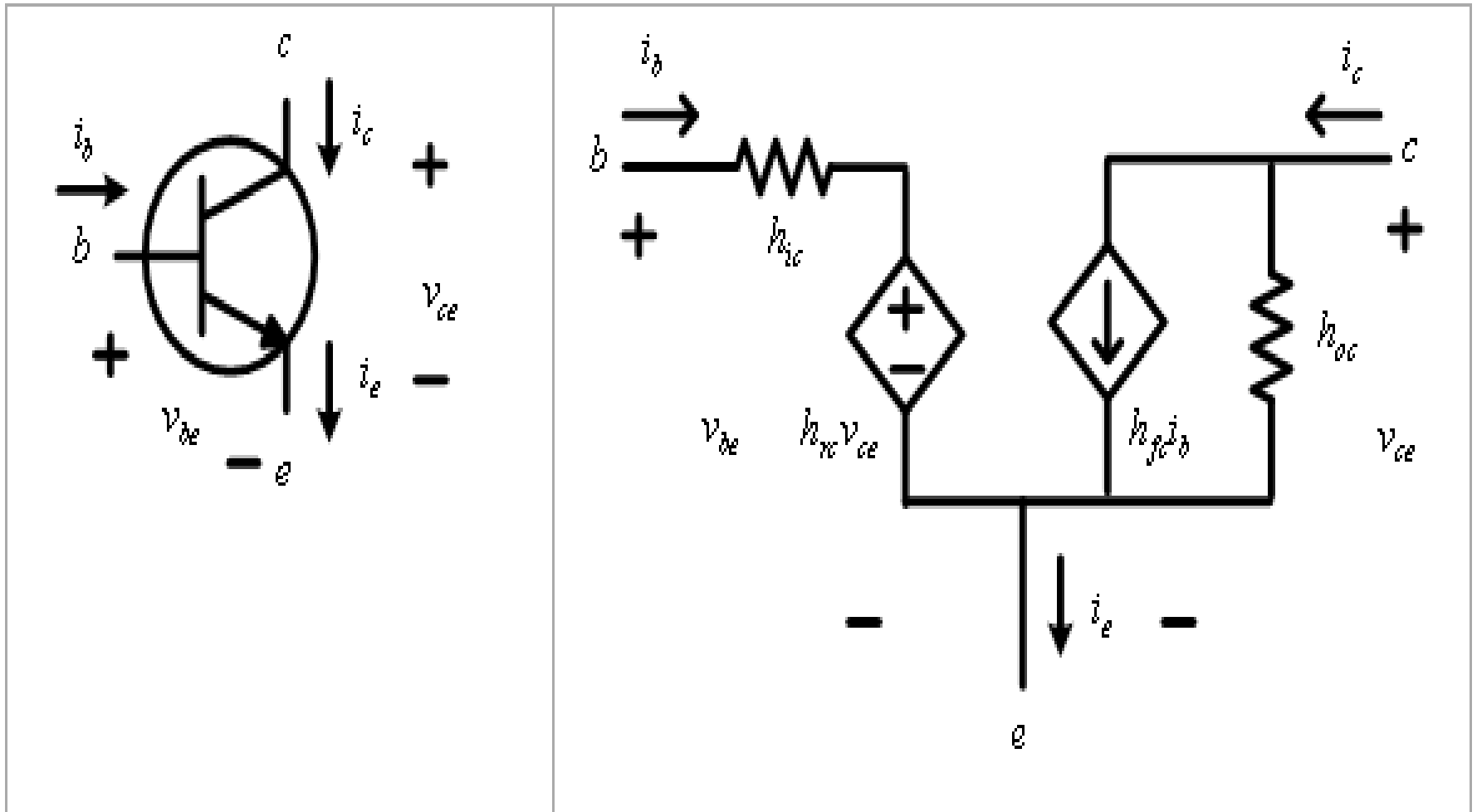
Nilai parameter h utk CB :

$$h_{fb} = -0,99 ;$$

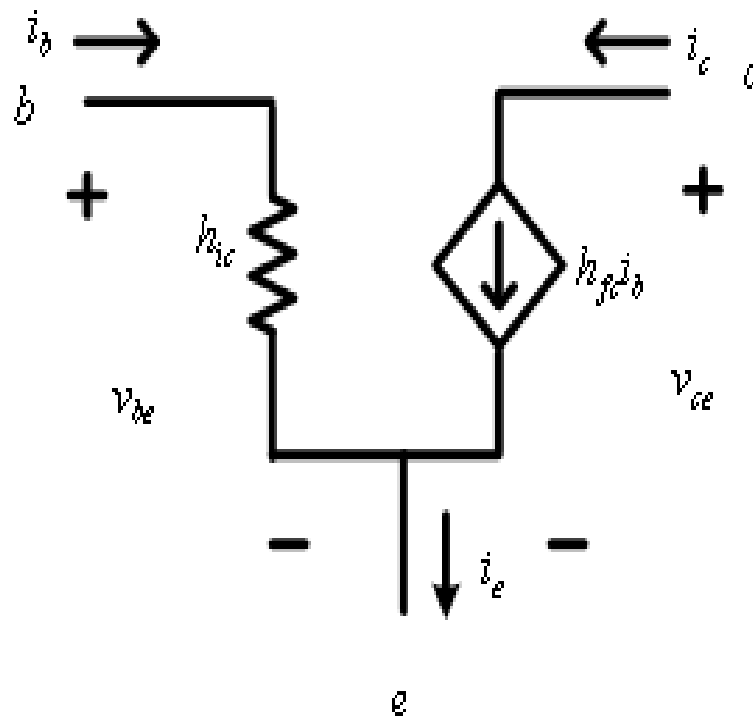
$$h_{ib} = 14,3 \Omega ;$$

$$h_{ob} = 0,5 \mu\text{A/V}$$

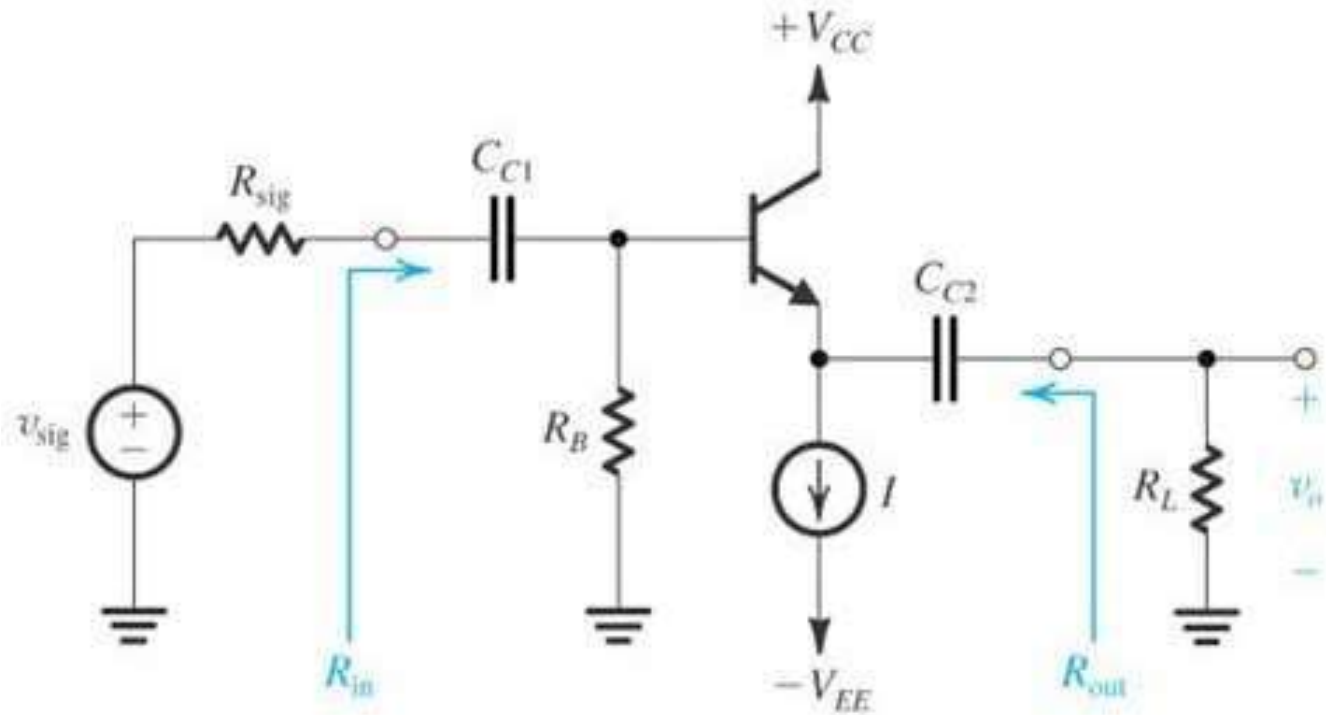
# Model Ekuivalen Hybrid h untuk Komfigurasi *Common-Collector*



Jika  $h_{rc}$  relatif lebih kecil, maka  $h_{rc}v_{ce} = 0$  (short circuit). Jika konduktansi  $h_{oc}$  jauh lebih kecil atau resistansinya lebih besar dibandingkan beban maka open circuit.



# Penguat *Common Collector*



$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{R_I i_e}{(h_{ic} + R_I) i_e} = \frac{R_I}{(h_{ic} + R_I)}$$

$$-R_B(i_i - i_b) + (h_{ic} + R_I) i_e = 0$$

$$i_i = \frac{(h_{ic} + R_I) i_e + R_B i_b}{R_B}$$

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{i_e}{i_i} = \frac{(1 + h_{fc}) i_b}{\frac{(h_{ic} + R_I) i_e + R_B i_b}{R_B}} = \frac{(1 + h_{fc}) i_b}{\frac{(h_{ic} + R_I)(1 + h_{fc}) i_b + R_B i_b}{R_B}} = \frac{(1 + h_{fc}) R_B}{(h_{ic} + R_I)(1 + h_{fc}) + R_B}$$

$$R_i = R_B \parallel (h_{ic} + R_I)$$

$$R_o = h_{ic} + (R_{sig} \parallel R_B)$$



# Elektronika II - 2 sks

Kode Matakuliah : 432001

**Pokok Bahasan : UAS**

Dosen Pengajar : Irmayani, Ir, MT



Terimakasih



# Elektronika Analog - 2 sks

Kode Matakuliah : 224002

**Pokok Bahasan : Karakteristik Umpan Balik Positif**

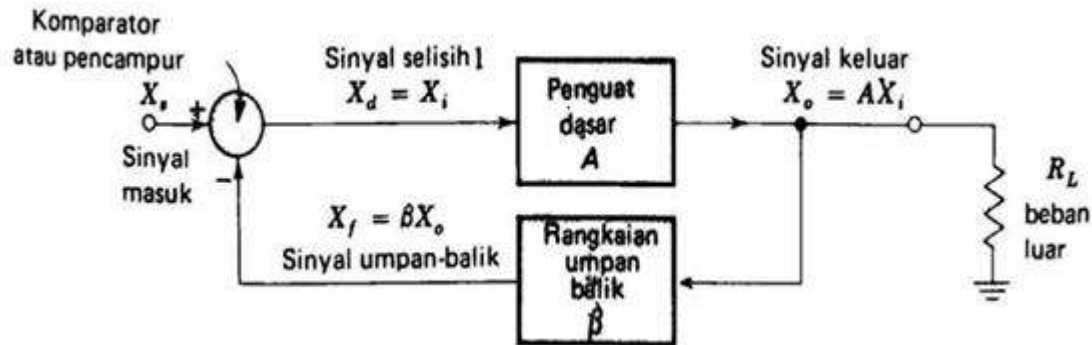
Dosen Pengajar : Ariman ST MT

[ariman@istn.ac.id](mailto:ariman@istn.ac.id)

[ariman245@gmail.com](mailto:ariman245@gmail.com)

WhatsApp : 081298193318

# Karakteristik Penguat Umpan Balik



Cara kerja :

Sinyal masuk  $X_i$ , sinyal keluar  $X_o$ , sinyal umpan-balik  $X_f$ , dan perbedaan sinyal  $X_d$  masing-masing menunjukkan tegangan atau arus.

-  $A$  merupakan perbandingan tegangan (arus) masuk dan tegangan (arus) keluar dari penguat dasar ( $= A_v$ ).

-  $\beta$  merupakan perbandingan tegangan (arus) umpan-balik dan tegangan (arus) keluaran.

Pada gambar tersebut , sinyal  $X_d$  didefinisikan sbg:

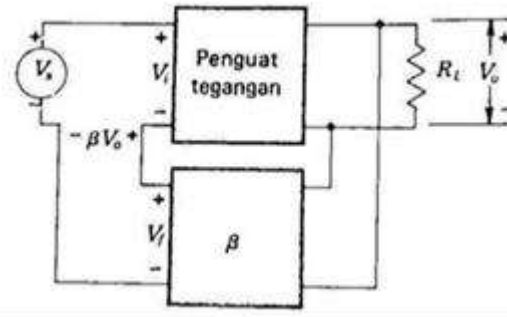
$$X_d = X_s - X_f = X_i$$

Sinyal  $X_d$  merupakan perbedaan sinyal masuk dan sinyal terumpan balik ke masukan, sehingga juga disebut sinyal selisih, sinyal kesalahan, atau sinyal perbandingan.

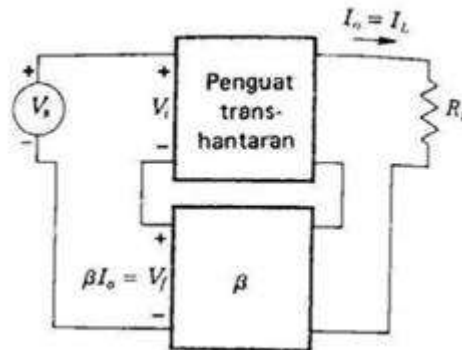
Penguat dasar yang digunakan pada skema di atas dapat berupa penguat tegangan, penguat transhantaran, penguat arus, maupun penguat transhambatan yg dihubungkan dgn konfigurasi umpan balik.

# Gambar model Umpan Balik

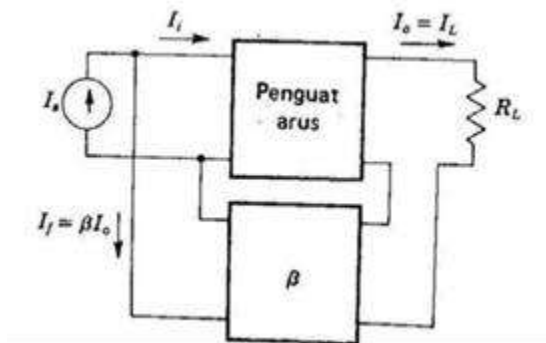
Penguat tegangan dengan umpan balik tegangan seri :



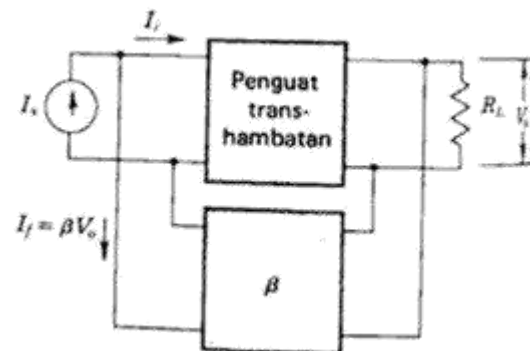
Penguat transhantaran dengan umpan balik arus seri :



## Penguat arus dengan umpan balik arus shunt



## Penguat transhambatan dengan umpan balik tegangan shunt



# Faktor transmisi balik

Faktor transmisi balik

$$\beta \equiv X_f / X_o$$

Faktor transmisi balik  $\beta$  ini dapat berupa bilangan riil positif atau negatif.

Transfer gain A :

$$A \equiv X_o / X_i$$

Umpan balik  $A_f$  :

$$A_f \equiv X_o / X_s = A / (1 + \beta A)$$

Terimakasih





# Elektronika Analog - 2 sks

Kode Matakuliah : 224002

**Pokok Bahasan : Feed back negatif**

Dosen Pengajar : Ariman ST MT

[ariman@istn.ac.id](mailto:ariman@istn.ac.id)

[ariman245@gmail.com](mailto:ariman245@gmail.com)

WhatsApp : 081298193318

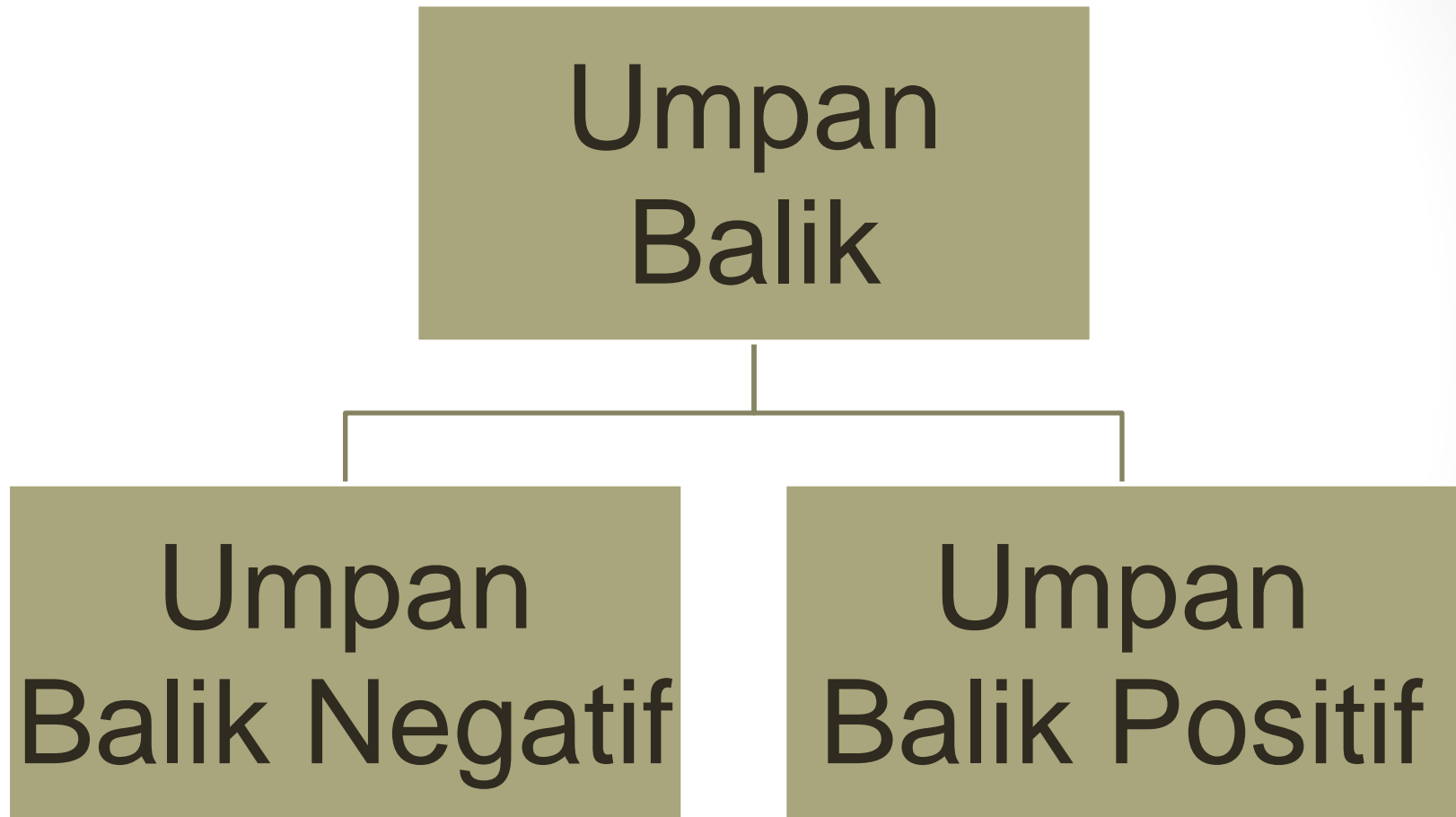
# *Tujuan instruksional :*

- *Mengetahui keunggulan penguat umpan balik dibanding penguat tanpa umpan balik*
- *Mengenal topologi umpan balik yang tepat untuk penguat tegangan, arus, transimpedansi dan transkonduktansi*
- *Menggunakan topologi umpan balik yang tepat untuk menaikkan atau menurunkan tahanan masukan atau keluaran*

# Pengertian

- Umpan balik (*feedback*) dapat diartikan mengembalikan sebagian isyarat keluaran ke bagian masukan
- Sistem umpan balik adalah suatu sistem dimana sinyal keluaran dari penguat dikembalikan lagi kemasukan penguat tersebut, sehingga sinyal keluaran bergabung dengan sinyal masukan

# Jenis Umpan Balik



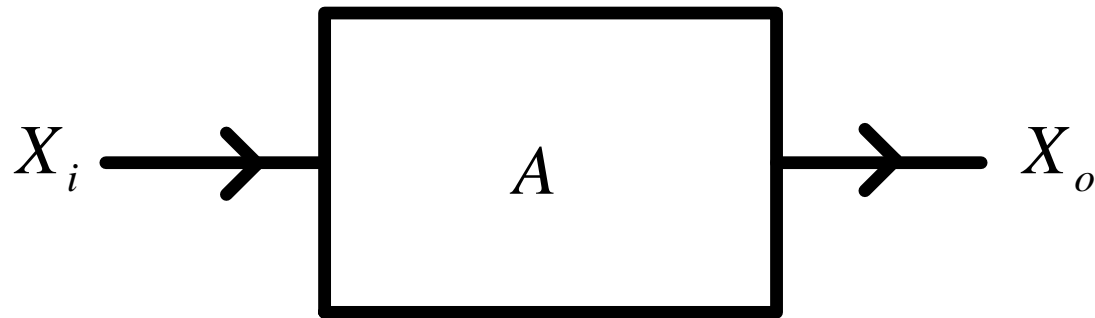
# Umpan Balik Negatif

- Penguatannya lebih stabil, karena tidak lagi dipengaruhi oleh komponen-komponen internal dari penguat, melainkan hanya dari komponen-komponen umpan baliknya.
- Hambatan dalam output dan input tidak lagi bergantung pada parameter-parameter internal transistor, misalnya  $h_{ie}$  dan  $h_{oe}$ . Namun bergantung pada komponen luarnya saja.
- Respon frekuensi menjadi lebih lebar baik pada LF maupun pada HF.
- Pada kondisi tertentu nonlinearitas (distorsi harmonik) dan rasio S/N dari penguat dapat diperbaiki.

# Kerugian :

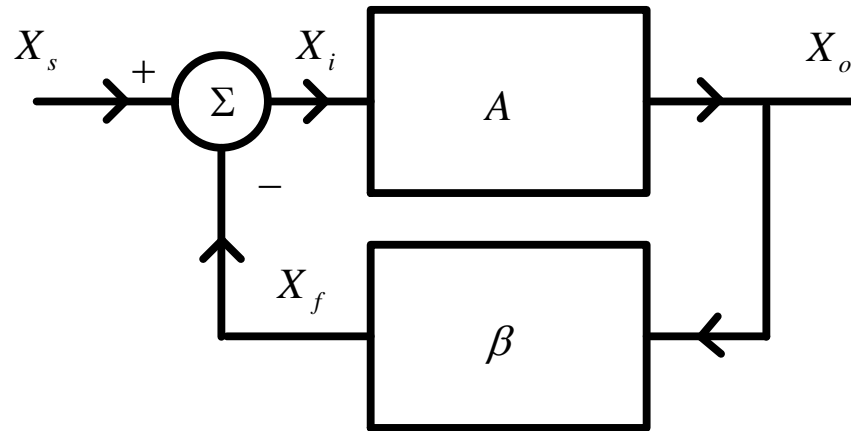
- Penguatan sinyal menjadi lebih kecil. Kekurangan ini tidak begitu berarti karena dengan menggunakan op-amp penguatan  $10^4$  sudah demikian murah.
- Jika menggunakan banyak besaran umpan balik akan cenderung tidak stabil yaitu kecenderungan berosilasi dan menghasilkan sinyal tegangan output yang tidak diinginkan.

# Penguat Tanpa Umpan Balik (Open Loop)



$$X_o = AX_i$$

# Penguat Umpan Balik (Close Loop)



$$X_o = AX_i$$

$$X_f = \beta X_o$$

$$X_i = X_s - X_f \Rightarrow \frac{X_o}{A} = X_s - \beta X_o \Rightarrow X_o \left( \frac{1}{A} + \beta \right) = X_s$$

$$\frac{X_o}{X_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$$



# Pembuktian Feedback

Jika penguat dirancang dengan  $\beta = 0,1$  dengan penguat yang dipakai adalah  $A_v = 1000$ , maka faktor penguatan  $A\beta = 100$ ,  $A_v = A \cdot f_b$ ,  $\beta (-)$  &  $(+)$  maka  $A_{fb} = 1000/101 \sim 10$ .

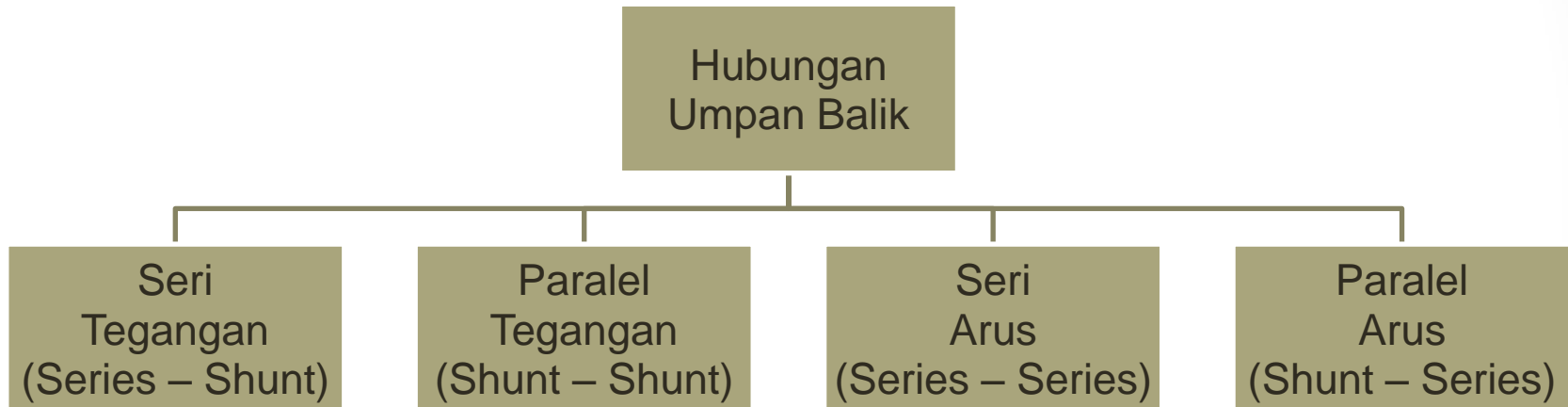
Sedangkan jika penguat tersebut berubah penguatannya menjadi  $A_v = 500$ , maka penguatan karena umpan balik menjadi  $A_{fb} = 500/51 \sim 10$ .

Terlihat disini bahwa walaupun penguat tadi berubah penguatannya (karena faktor eksternal seperti suhu), namun penguatan karena umpan balik praktis tidak berubah, yaitu  $\sim 10$ .

# Stabilitas Penguatan

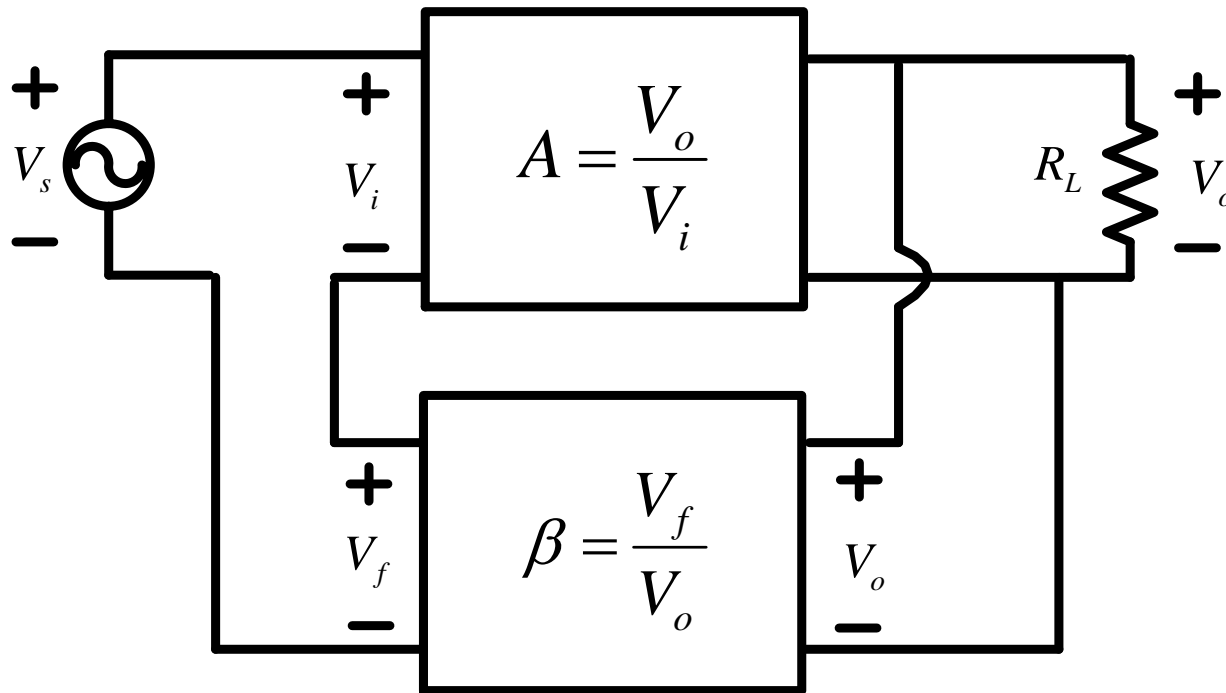
Jika  $A = 1000 \pm 200$  yaitu kesalahan penguatan tersebut 20%, dengan menggunakan umpan balik negatif  $\beta = 0,01$  maka kesalahannya menjadi 2%, dengan  $A_{fb} = 100 \pm 2$ .

# Macam Hubungan Umpan Balik



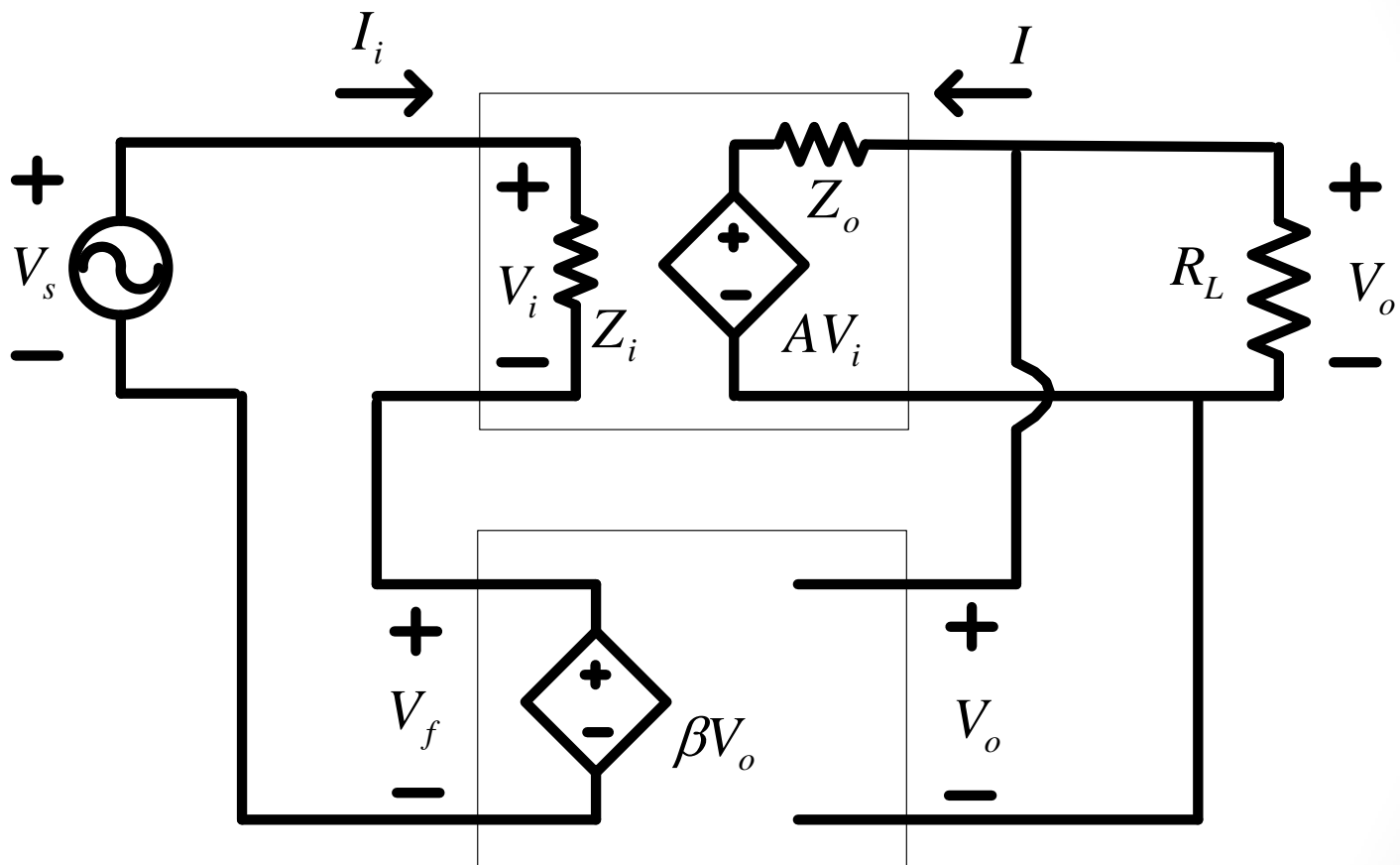
# 1. Seri Tegangan (Series – Shunt)

- Ciri-ciri : impedansi input diperbesar dan impedansi output kecil



# Penguatan Umpan Balik

$$A_f = \frac{V_o}{V_s} = \frac{AV_i}{V_i + V_f} = \frac{AV_i}{V_i + \beta V_o} = \frac{AV_i}{V_i + \beta AV_i} = \frac{A}{1 + A\beta}$$



# Impedansi Input dan Output Umpan Balik

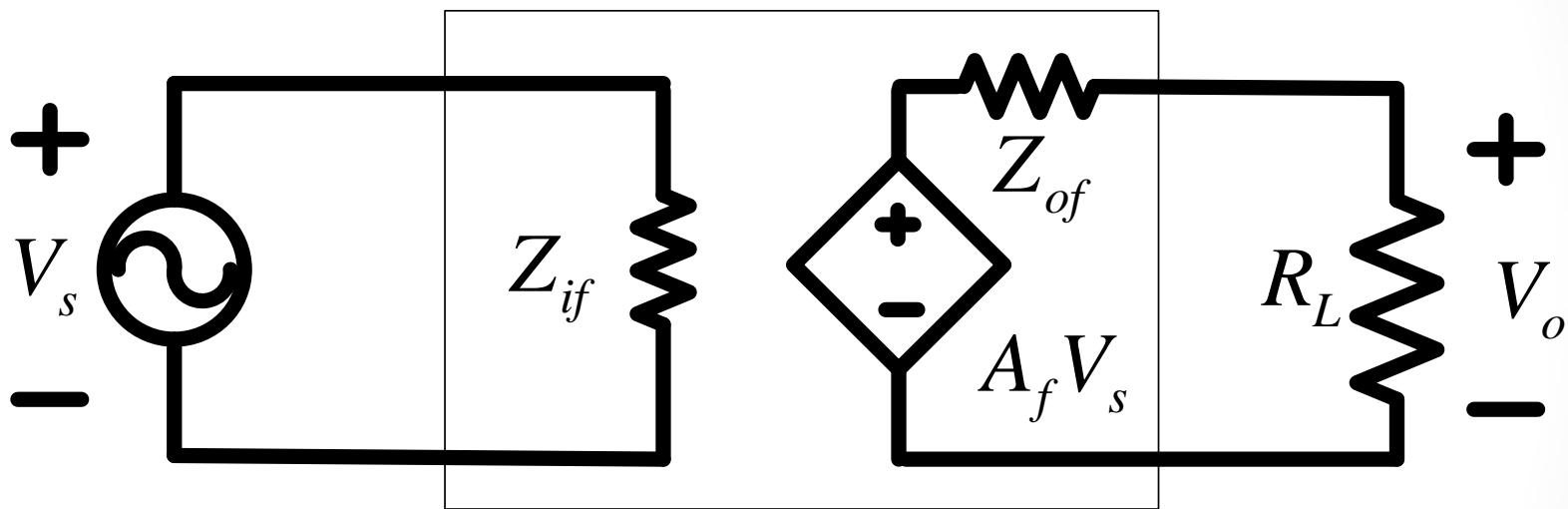
$$Z_{if} = \frac{V_s}{I_i} = \frac{V_i + V_f}{I_i} = \frac{V_i + \beta V_o}{I_i} = \frac{V_i + \beta A V_i}{I_i} = \frac{V_i}{I_i} (1 + A\beta) = Z_i (1 + A\beta)$$

$$Z_{of} = \frac{V}{I} = \frac{IZ_o + AV_i}{I}$$

$$V_s = 0 \rightarrow V_i = -V_f$$

$$Z_{of} = \frac{IZ_o + AV_i}{I} = \frac{IZ_o - AV_f}{I} = \frac{IZ_o - A\beta V}{I} = Z_o - A\beta \frac{V}{I} = Z_o - A\beta Z_{of}$$

$$Z_{of} = \frac{Z_o}{1 + A\beta}$$





# Cara Mencari $A$ , $\beta$

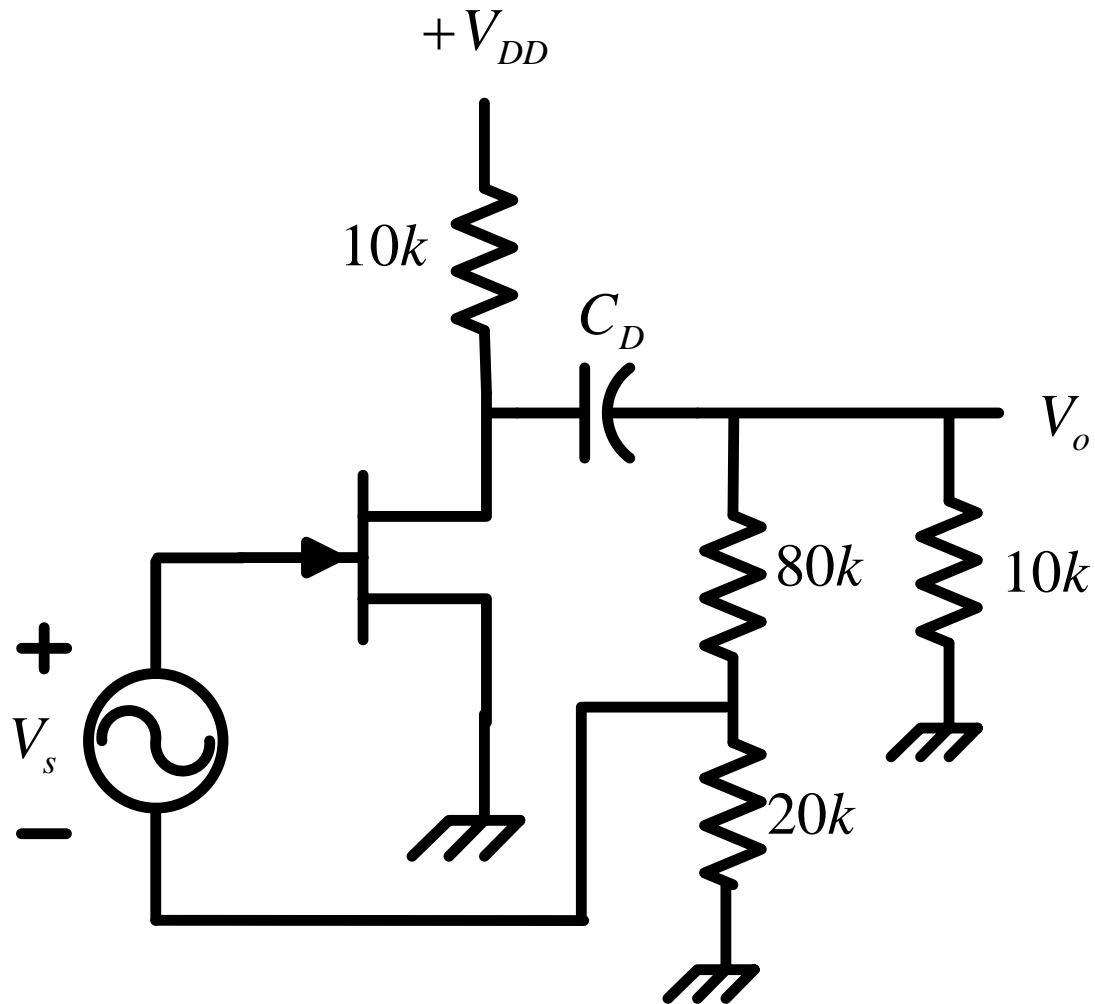


$$A = \frac{V_o'}{V_i'}$$



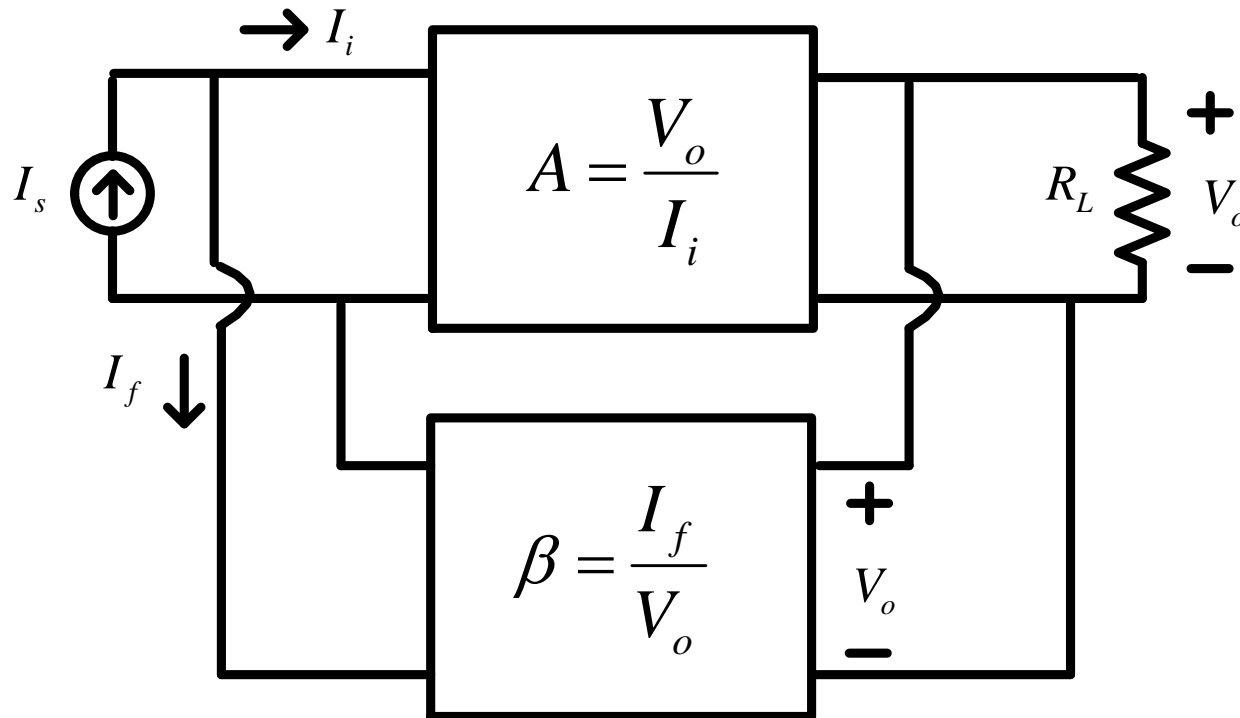
$$\beta = \frac{V_f}{V_o}$$

# Contoh



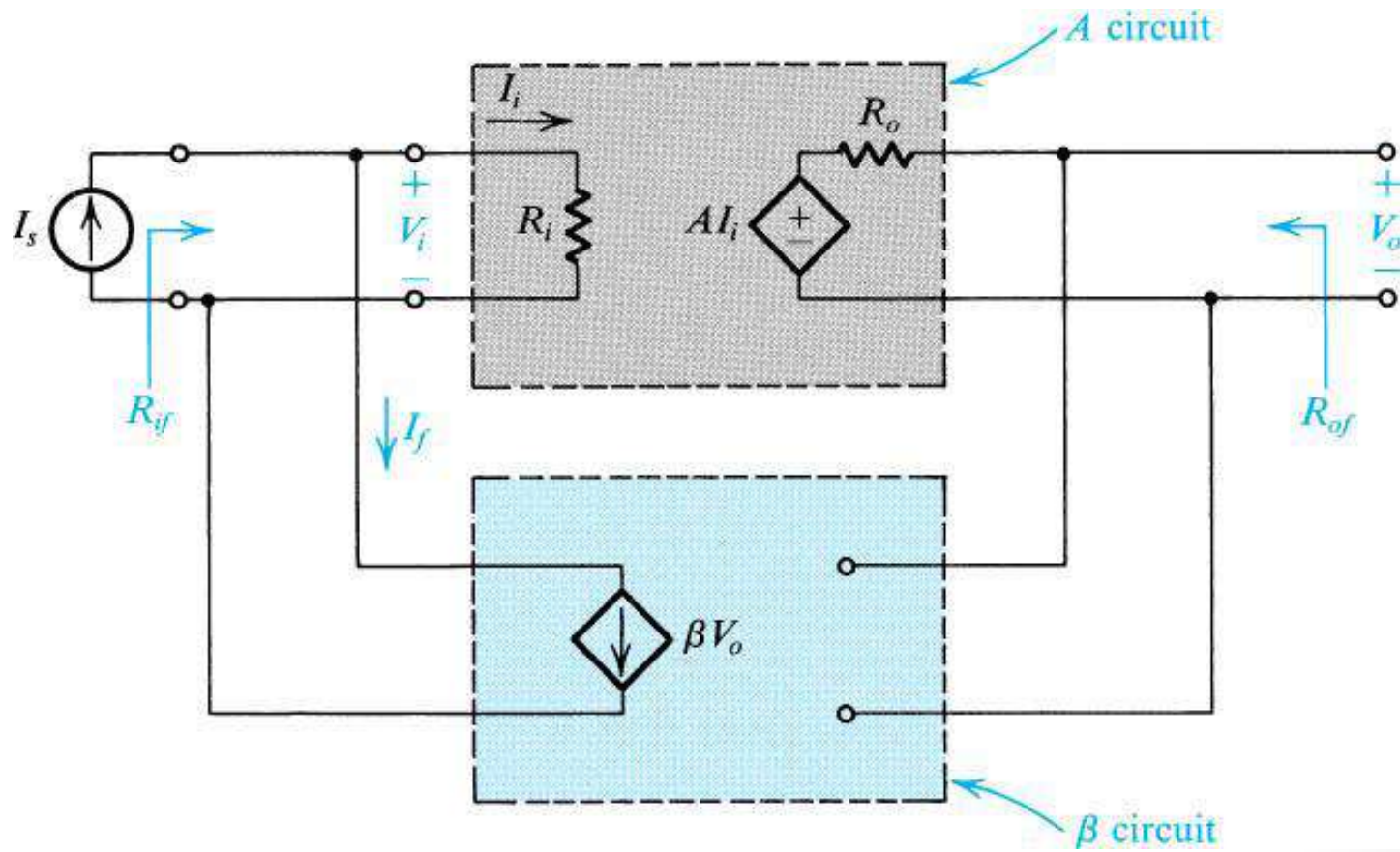
## 2. Paralel Tegangan (Shunt – Shunt)

- Ciri-ciri : menurunkan impedansi input dan impedansi output



# Penguatan Umpan Balik

$$A_f = \frac{V_o}{I_s} = \frac{AI_i}{I_i + I_f} = \frac{AI_i}{I_i + \beta V_o} = \frac{AI_i}{I_i + \beta AI_i} = \frac{A}{1 + A\beta}$$



*Penguatan Umpan Balik :*

$$A_f = \frac{V_o}{I_s} = \frac{AI_i}{I_i + I_f} = \frac{AI_i}{I_i + \beta V_o} = \frac{AI_i}{I_i + \beta AI_i} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

*Impedansi Input :*

$$Z_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{V_i}{I_i + I_f} = \frac{V_i}{I_i + \beta V_o} = \frac{\frac{V_i}{I_i}}{\frac{I_i}{I_i} + \frac{\beta V_o}{I_i}} = \frac{Z_i}{1 + A\beta}$$

*Impedansi Output :*

$$Z_{of} = \frac{V}{I} = \frac{IZ_o + AI_i}{I}$$

Saat  $I_s = 0 \rightarrow I_i = -I_f$

$$Z_{of} = \frac{IZ_o + AI_i}{I} = \frac{IZ_o - AI_f}{I} = \frac{IZ_o - A\beta V}{I} = Z_o - A\beta \frac{V}{I} = Z_o - A\beta Z_{of}$$

$$Z_{of} = \frac{Z_o}{1 + A\beta}$$

# Cara Mencari $A$ , $\beta$



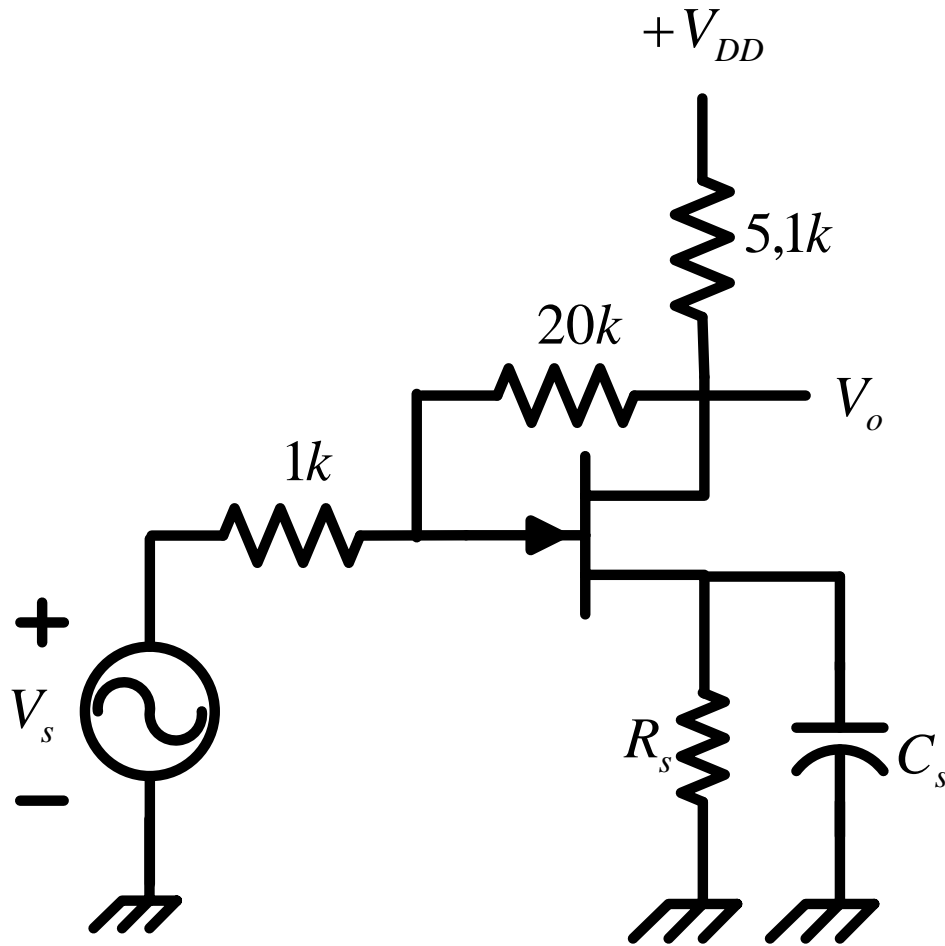
$$A = \frac{V_o'}{I_i'}$$





$$\beta = \frac{I_f}{V_o'}$$

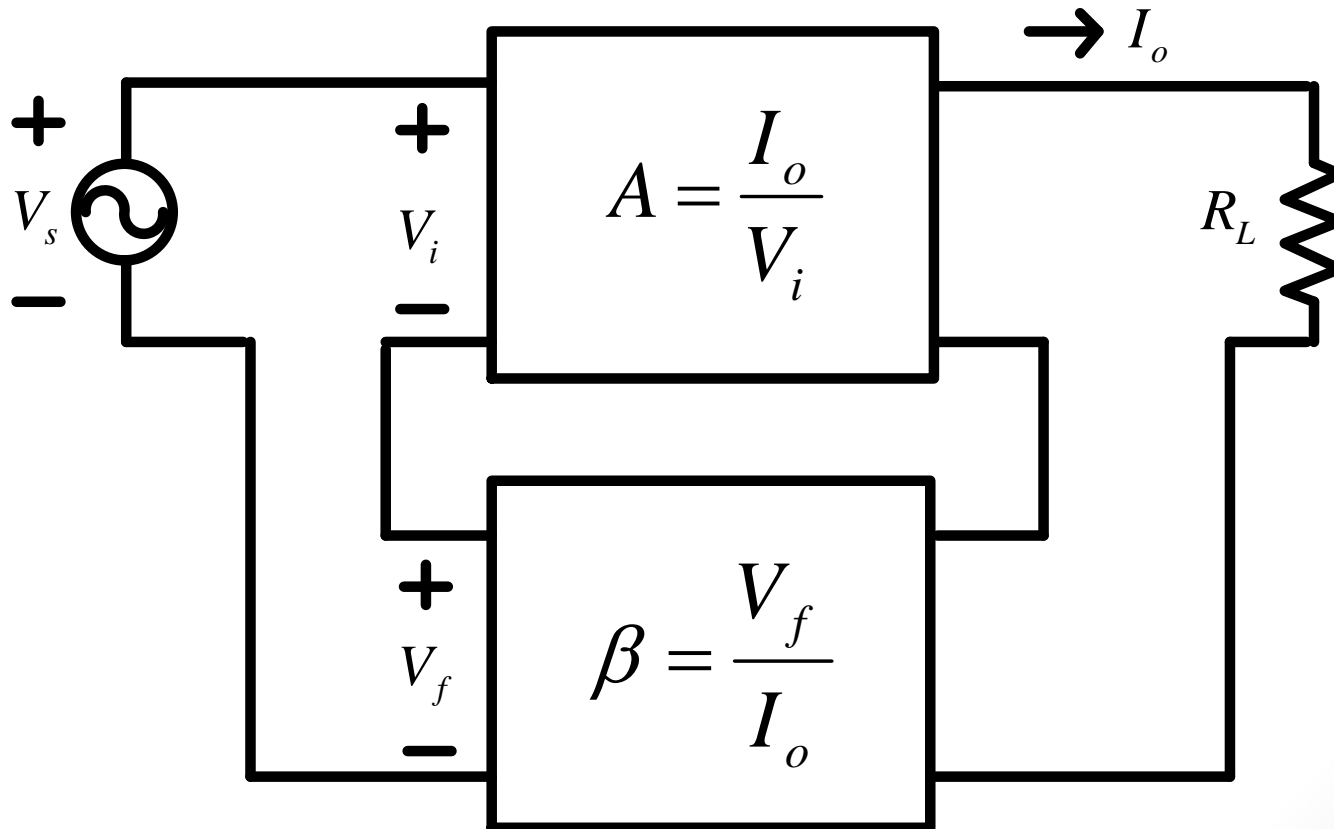
# Contoh

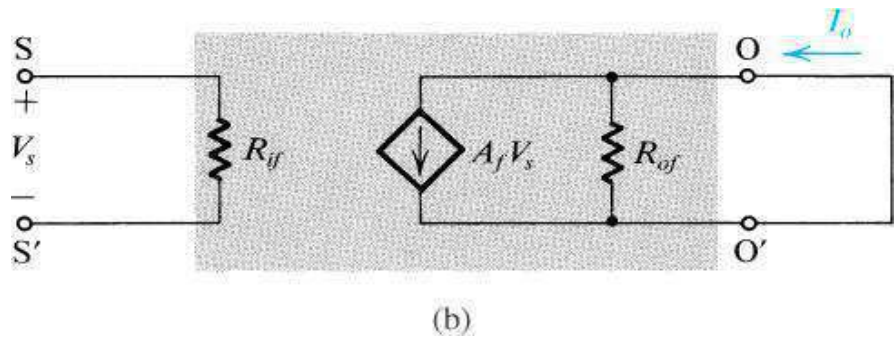
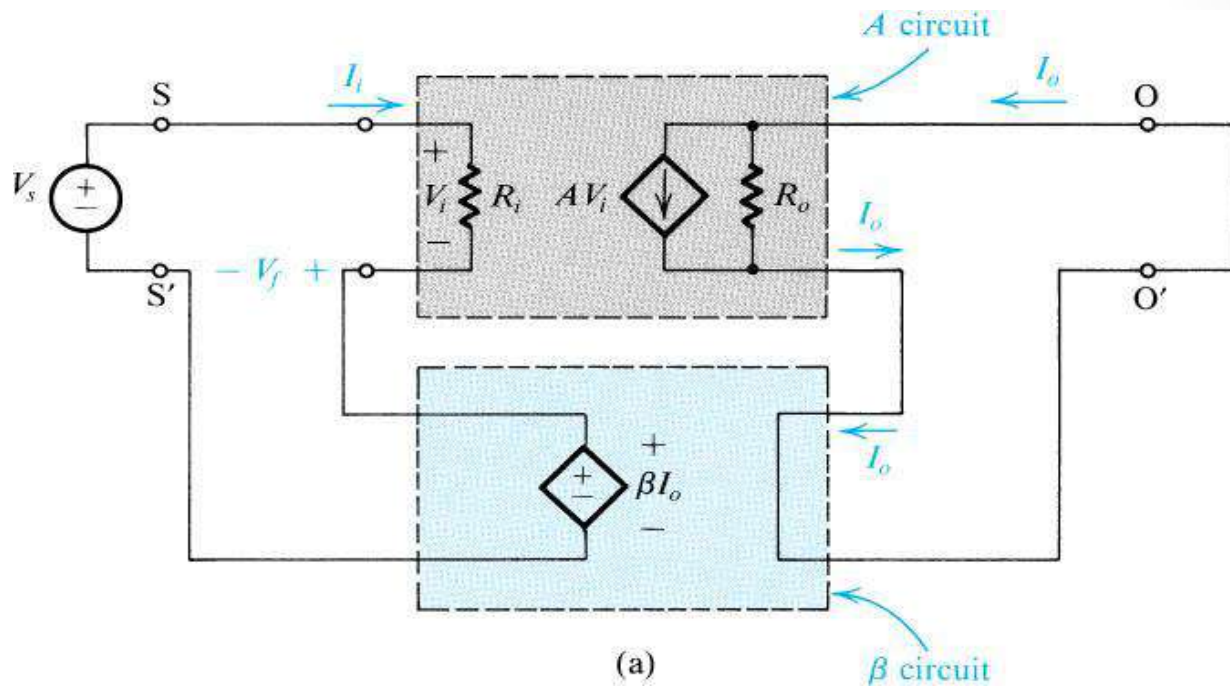


$$g_m = 5mS$$

# 3. Seri Arus (Series – Series)

- Ciri-ciri : menaikkan impedansi input dan impedansi output





*Penguatan Umpan Balik :*

$$A_f = \frac{I_o}{V_s} = \frac{I_o}{V_i + V_f} = \frac{I_o}{I_o/A + \beta I_o} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

*Impedansi Input :*

$$Z_{if} = \frac{V_s}{I_i} = \frac{V_i + V_f}{I_i} = \frac{V_i + \beta I_o}{I_i} = \frac{V_i + \beta AV_i}{I_i} = \frac{V_i}{I_i} (1 + A\beta) = Z_i (1 + A\beta)$$

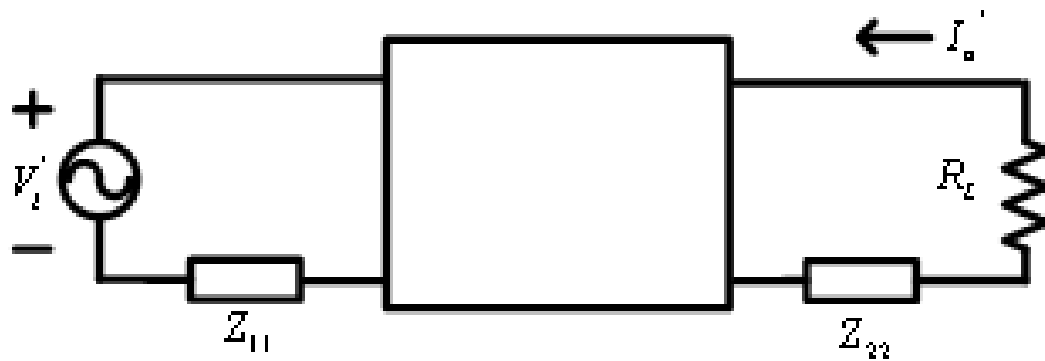
*Impedansi Output :*

$$Z_{of} = \frac{V}{I} = \frac{Z_o (1 - AV_i)}{I}$$

Saat  $V_s = 0 \rightarrow V_i = -V_f$

$$Z_{of} = \frac{Z_o (1 - AV_i)}{I} = \frac{Z_o (1 + AV_f)}{I} = \frac{Z_o (1 + A\beta I)}{I} = Z_o (1 + A\beta)$$

# Cara Mencari $A$ , $\beta$



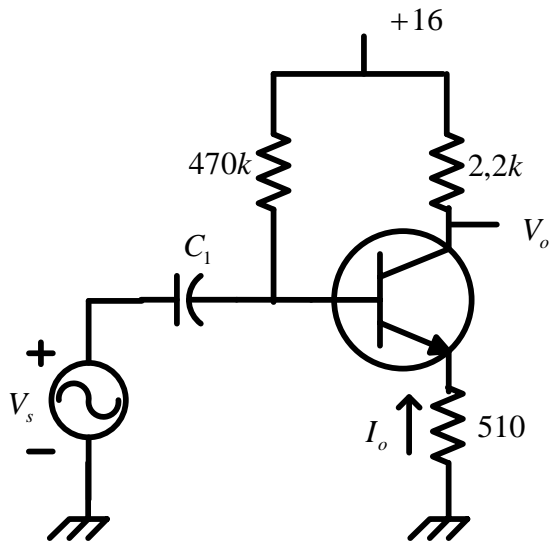
$$A = \frac{I_o'}{V_i'}$$



$$\beta = \frac{V_f}{I_o'}$$

# Contoh :

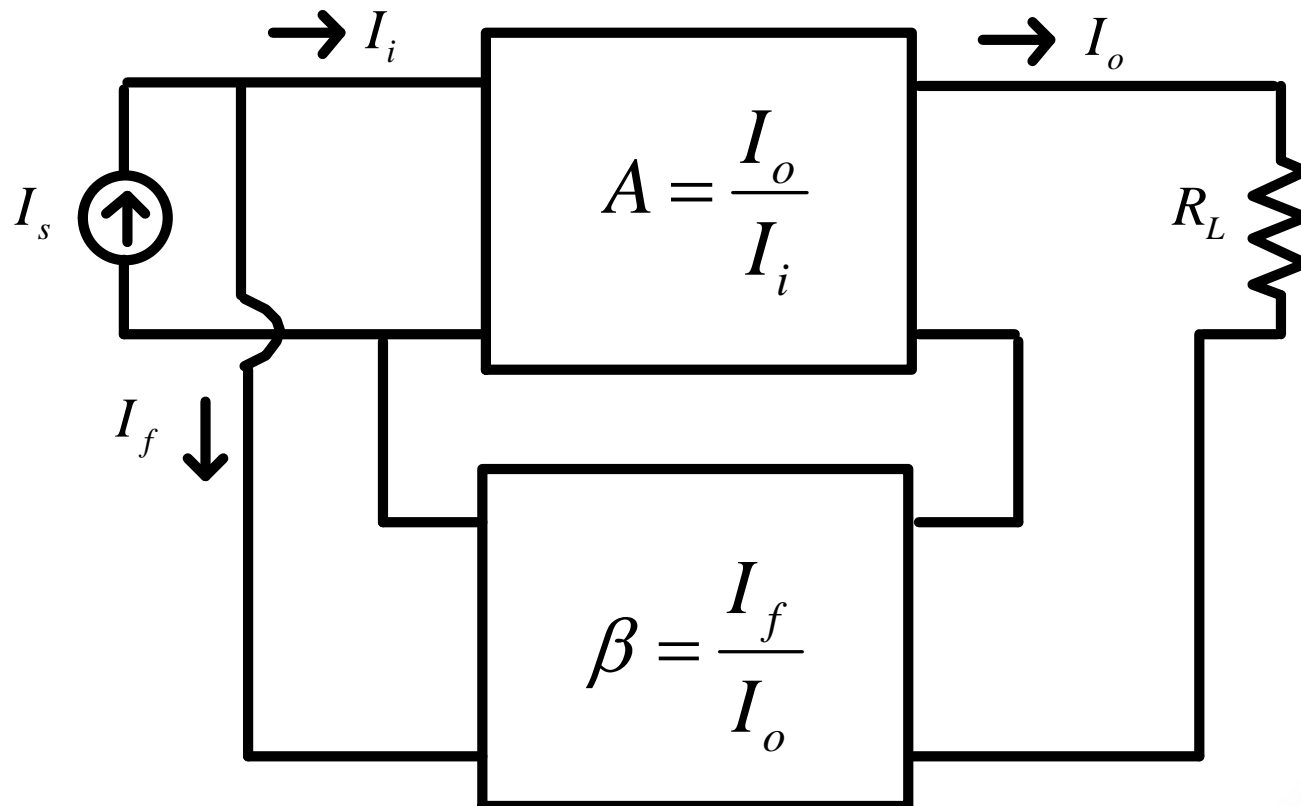
$$h_{fe} = 120, h_{ie} = 900$$

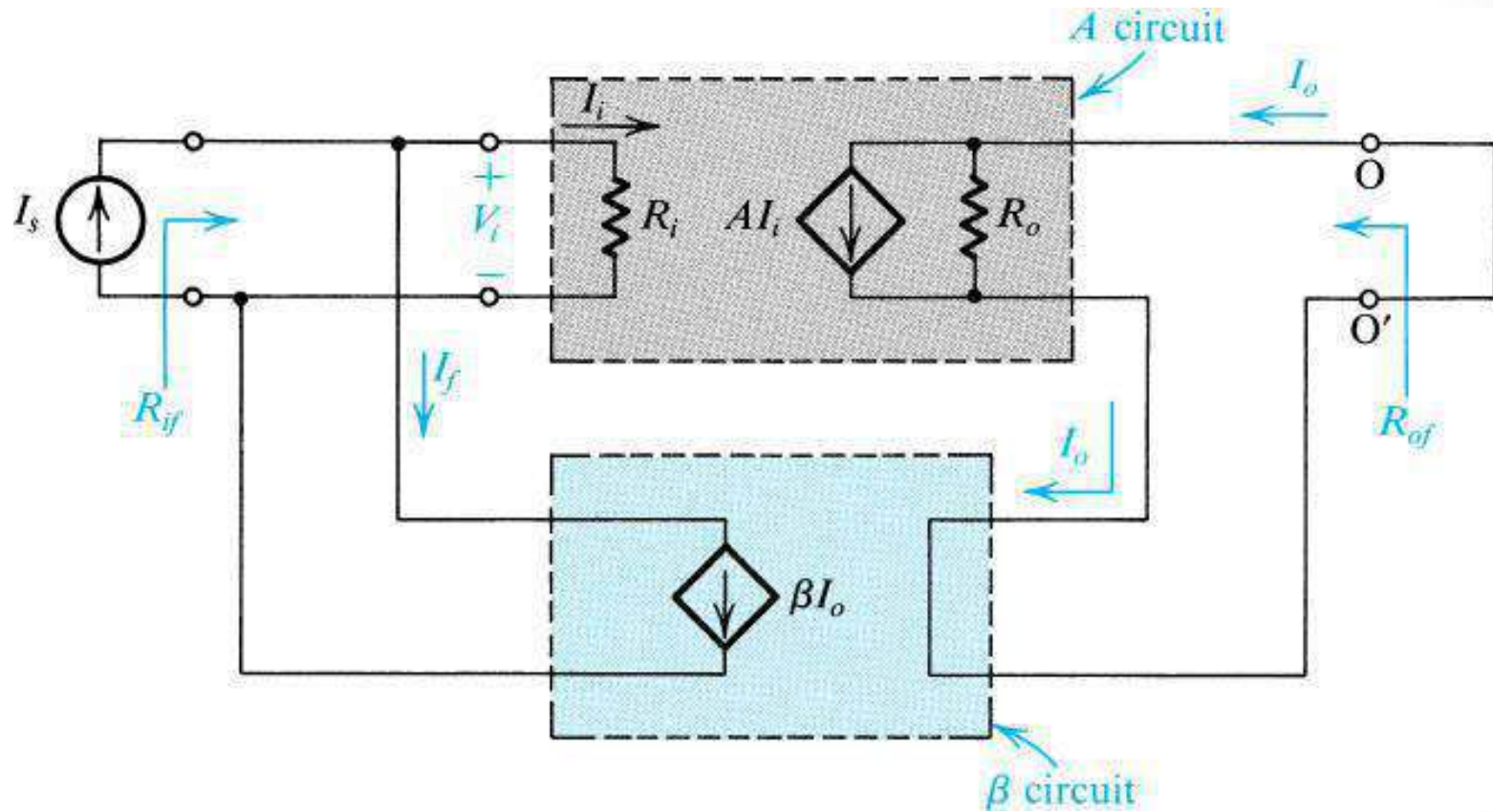




# 4. Paralel Arus (Shunt – Series)

- Ciri-ciri : menurunkan impedansi input dan menaikkan impedansi output





*Penguatan Umpan Balik :*

$$A_f = \frac{I_o}{I_s} = \frac{I_o}{I_i + I_f} = \frac{AI_i}{I_i + \beta I_o} = \frac{AI_i}{I_i + \beta AI_i} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

*Impedansi Input :*

$$Z_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{V_i}{I_i + I_f} = \frac{V_i}{I_i + \beta I_o} = \frac{V_i}{I_i + \beta AI_i} = \frac{V_i}{I_i} \frac{1}{1 + A\beta} = \frac{Z_i}{1 + A\beta}$$

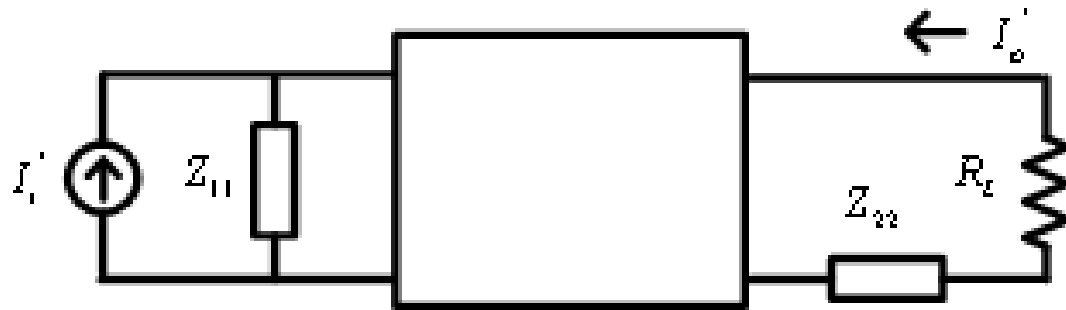
*Impedansi Output :*

$$Z_{of} = \frac{V}{I} = \frac{Z_o(I - AI_i)}{I}$$

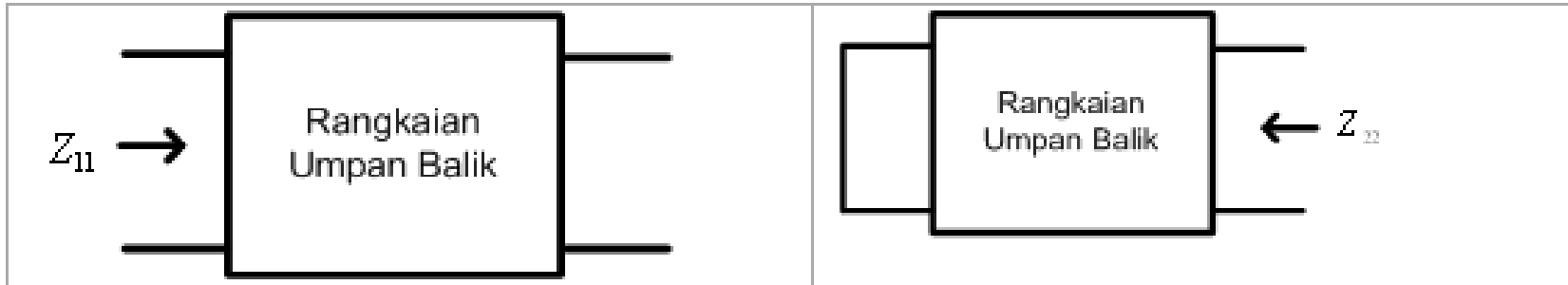
Saat  $I_s = 0 \rightarrow I_i = -I_f$

$$Z_{of} = \frac{Z_o(I - AI_i)}{I} = \frac{Z_o(I + AI_f)}{I} = \frac{Z_o(I + A\beta I)}{I} = Z_o(1 + A\beta)$$

# Cara Mencari $A$ , $\beta$

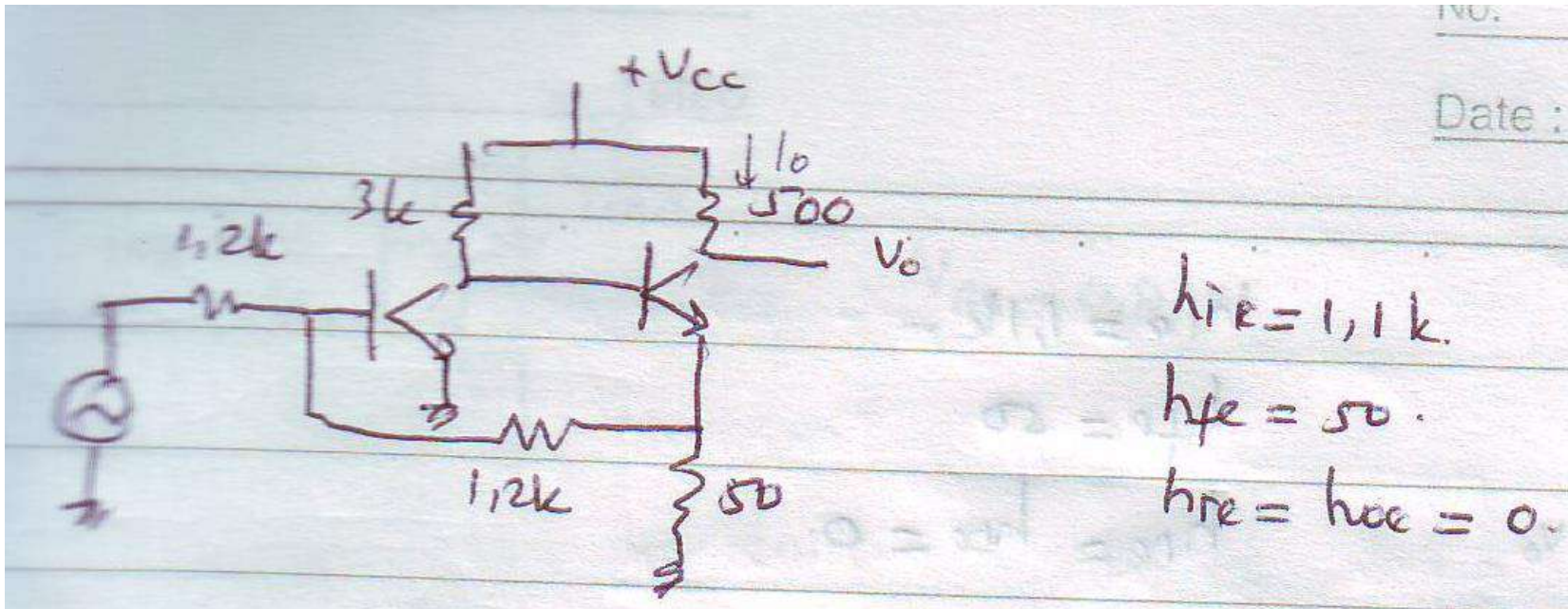


$$A = \frac{I_o'}{I_i'}$$



$$\beta = \frac{I_f}{I_o}$$

# Rangkaian Feedback



Terimakasih



# Elektronika Analog - 2 sks

Kode Matakuliah : 224002

**Pokok Bahasan : Oscillator**

Dosen Pengajar : Ariman ST MT

ariman@istn.ac.id

ariman245@gmail.com

WhatsApp : 081298193318

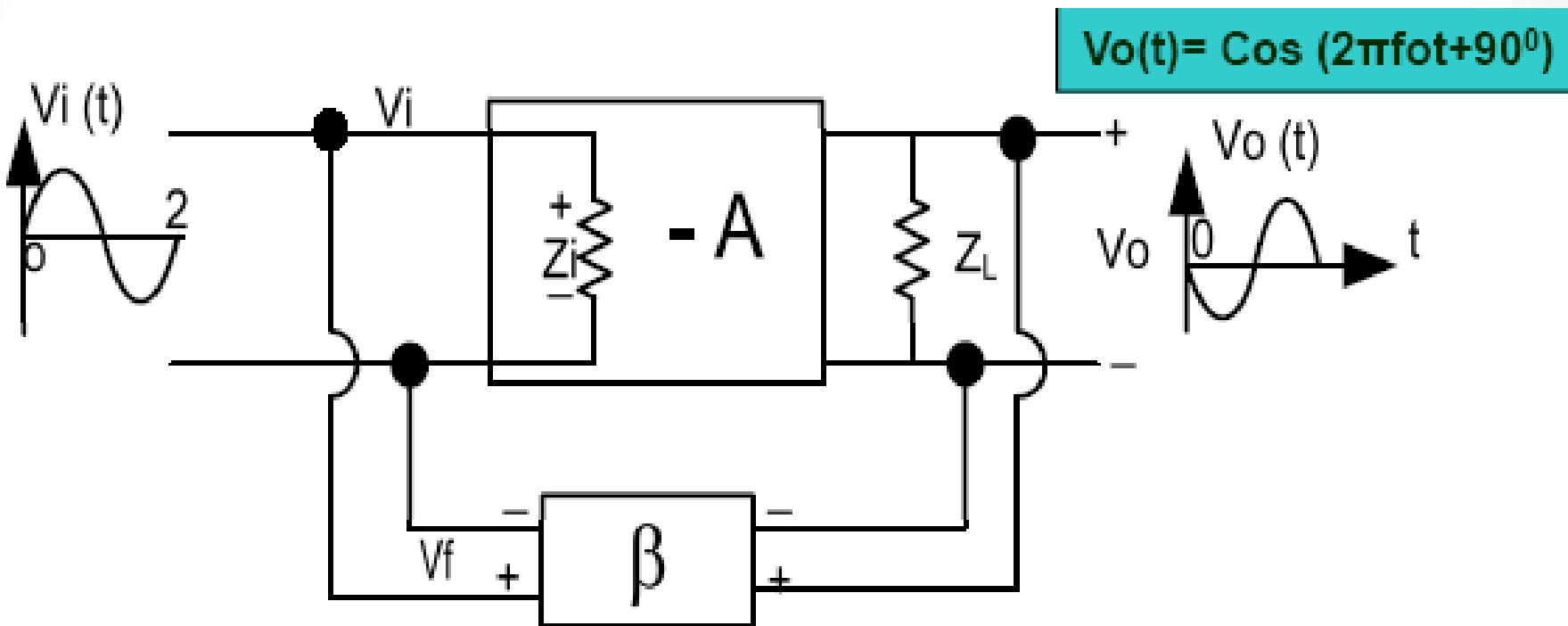


# OSILATOR

## Definisi:

- Osilator merupakan rangkaian elektronik yang didesain sebagai penghasil sinyal.
- Ada 2 metode pembangkitan:
  1. **Menggunakan feed back**, osilator menggunakan komponen feed back LC sebagai resonator penghasil gelombang sinusoidal.
  2. Menggunakan rangkaian **resistansi negatif**.

# A. Prinsip Dasar Oscillator menggunakan metode feedback.



- Rangkaian mempunyai penguatan arah maju yang negatif ( $-A$ ) dan penguatan arah balik (feed back)  $\beta$

# Prinsip Dasar Oscillator

- Tegangan feedBack :  $V_f = \beta \cdot V_o = V_i$

Tegangan Output :  $V_o = -A \cdot V_i$

Maka diperoleh:

$$V_f = -A \cdot \beta \cdot V_i = V_i \rightarrow (1 + A \cdot \beta) \cdot V_i = 0$$

- Jika  $V_o$  merupakan tegangan tertentu (tdk = 0), maka  $V_i$  tidak sama dengan nol atau

$$1 + A\beta = 0$$

$$A\beta = -1 + j 0$$

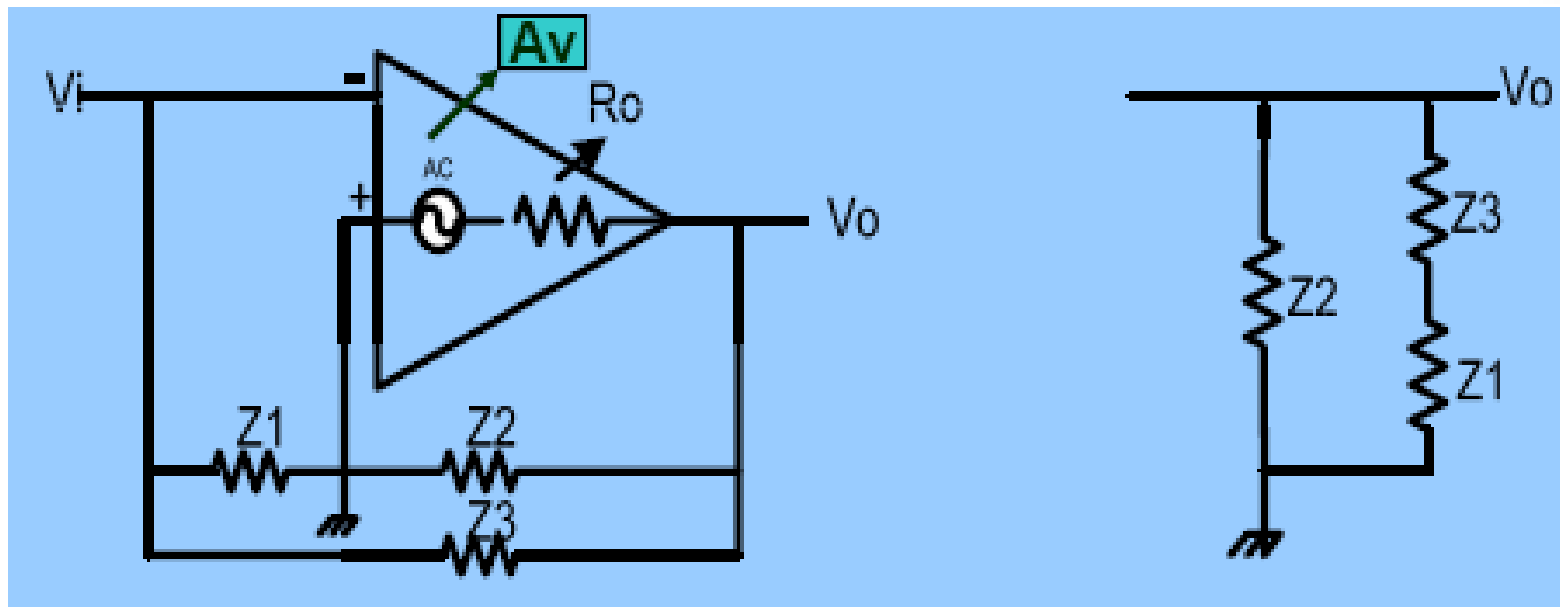
- Dari persamaan di atas, ada 2 indikasi yang diperlukan supaya osilasi terjadi:
  1. Magnitude  $|A \cdot \beta| = 1$ ,
  2. Besarnya pergeseran fasa yang mengelilingi loop harus  $180^\circ$  atau kelipatan  $2\pi$ . (Kriteria Barkausen)

# Syarat Osilasi

- Jika  $|A.\beta| > 1$  : berosilasi tetapi tidak linier (sinyal mengalami cacat).
- Jika  $|A.\beta| < 1$  : tidak terjadi osilasi.
- Supaya berosilasi dan stabil: mula-mula dipilih  $|A.\beta| > 1$  untuk memicu osilasi, kemudian dipilih  $|A.\beta| = 1$  supaya osilasi stabil.

# Rangkaian Osilasi dengan FeedBack “Reaktansi”

- Gambar Rangkaian:



## Keterangan :

- $A_v$  : penguatan op amp ;  $R_o$  : hambatan dalam Op.Amp

- Beban mempunyai impedansi :

$$Z_p = Z_2 // (Z_1 + Z_3)$$

- Penguatan tegangan :  $A = V_o / V_i$

$$V_o = \frac{Z_p}{Z_p + R_o} \cdot -V_i \cdot A_v \longrightarrow \text{penguatan Inverting, sehingga}$$

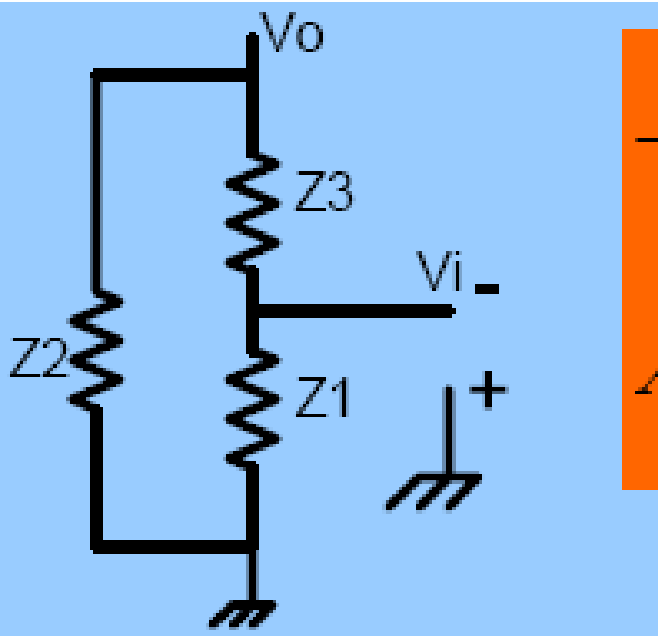
$$A = - \frac{A_v \cdot Z_p}{Z_p + R_o} = - \frac{A_v \cdot \frac{Z_2 (Z_1 + Z_3)}{Z_1 + Z_2 + Z_3}}{\frac{Z_2 (Z_1 + Z_3)}{Z_1 + Z_2 + Z_3} + R_o}$$

$$= - \frac{A_v \cdot Z_2 (Z_1 + Z_3)}{Z_2 (Z_1 + Z_3) + (Z_2 + Z_1 + Z_3) R_o}$$

# Penguatan Umpan Balik

( $\beta = V_i / V_o$ )

- Gambar Rangkaian  
( $V_i$  dan  $V_o$  thd ground):



$$-V_i = \frac{Z_1}{(Z_1 + Z_3)} \cdot V_o \Rightarrow \beta = -\frac{Z_1}{Z_1 + Z_3}$$

$$A \cdot \beta = \frac{A_v \cdot Z_2 \cdot Z_1}{(Z_1 + Z_2 + Z_3)R_o + Z_2(Z_1 + Z_3)} = -1$$

- Jika Impedansi yang digunakan adalah Reaktansi murni ( Kapasitif/ Induktif ) yaitu

$$Z_1 = jX_1; Z_2 = jX_2; Z_3 = jX_3 : j^2 = -1$$

- Maka:

$$A \cdot \beta = \frac{-A_v \cdot X_1 \cdot X_2}{jR_o(X_1 + X_2 + X_3) - X_2(X_1 + X_3)} = -1 \text{ (bilriilsaja / bagianimajiner=0)}$$

$$X_1 + X_2 + X_3 = 0 \Rightarrow X_2 = -(X_1 + X_3)$$



- Bila  $X_3$  induktif; maka 2 komponen lainnya kapasitif ( $X_1, X_2$ )
- Bila salah satu kapasitif  $X_3$ ; maka 2 komponen lainnya Induktif ( $X_1, X_2$ )

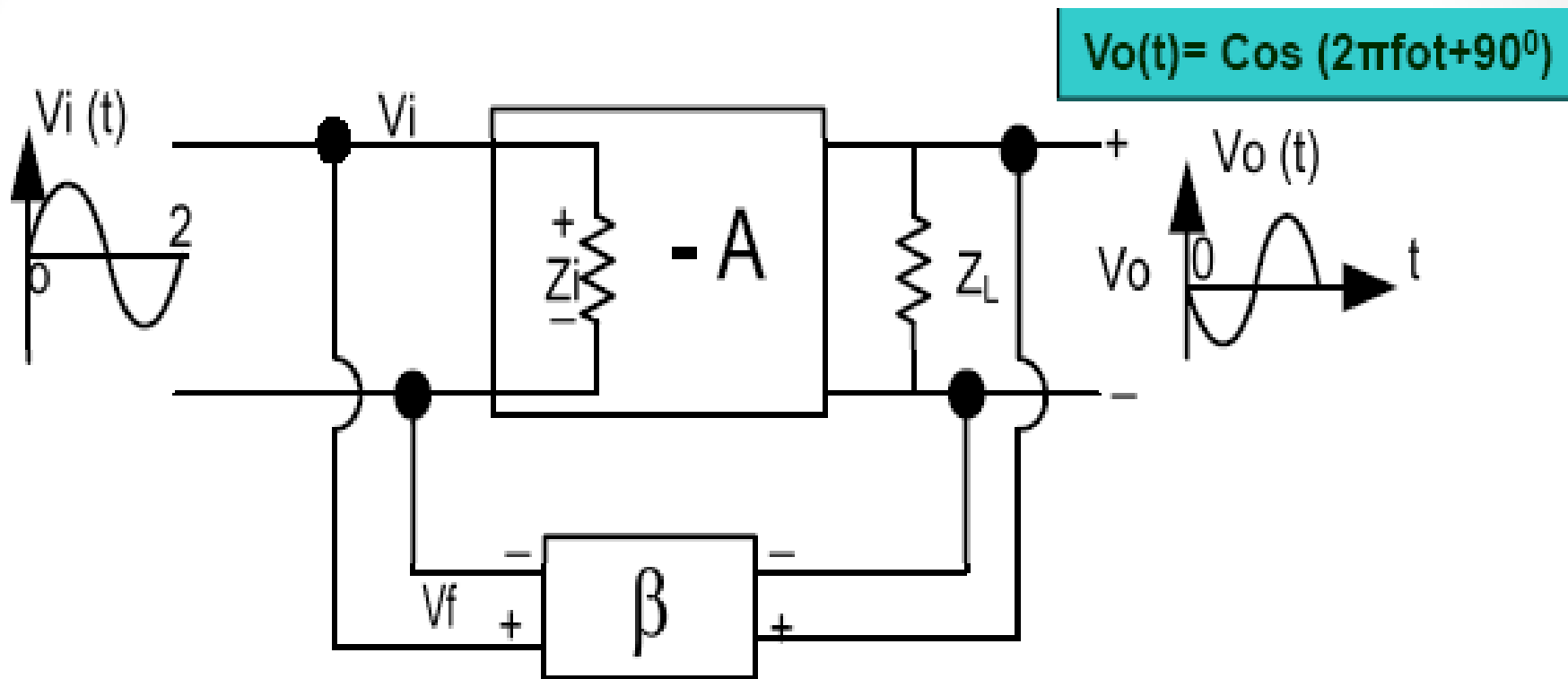
$$A \cdot \beta = \frac{A_v \cdot X_1}{(X_1 + X_3)} = -1$$

$$A_v = -\frac{X_1 + X_3}{X_1} = \frac{X_2}{X_1} \left( = \frac{C_1}{C_2} \text{ atau } = \frac{L_2}{L_1} \right)$$

## Definisi :

- Osilator merupakan rangkaian elektronik yang didesain sebagai penghasil/ pembangkit sinyal
- Metode pembangkitan:
  1. Menggunakan feed back LC sebagai resonator penghasil gelombang sinusoidal.
  2. Menggunakan rangkaian resistansi negatif

## Prinsip Dasar Oscillator menggunakan metode feedback



- Rangkaian mempunyai penguatan arah maju yang negatif ( $-A$ ) dan penguatan arah balik (feed back)  $\beta$

# Prinsip Dasar Oscillator

- Rangkaian mempunyai penguatan negatif ( $-A$ ) dengan feed back  $\beta$
- Tegangan feedBack :  $V_f = \beta \cdot V_o = V_i$   
Tegangan Output :  $V_o = -A \cdot V_i$   
Maka diperoleh :  
$$V_f = -A \cdot \beta \cdot V_i = V_i$$
- Supaya stabil :  $A \cdot \beta = -1$ , artinya Magnitude = 1, Fasanya =  $180^\circ = \pi$  atau kelipatan  $2\pi$ -nya sehingga terjadi osilasi.
- Jika  $V_o$  merupakan tegangan tertentu (tdk = 0), maka :  
 $1 + A\beta = 0$

# Syarat Osilasi

- Magnitude :  $|A.\beta| = 1$
- Fasanya :  $180^\circ = \pi$  atau kelipatan  $2\pi$  -nya
- Jika  $|A.\beta| > 1$  : berosilasi tetapi tidak linier (sinyal mengalami cacat)
- Jika  $|A.\beta| < 1$  : tidak terjadi osilasi
- Supaya berosilasi dan stabil:
  - Mula-mula dipilih  $|A.\beta| > 1$  untuk memicu osilasi,
  - Kemudian dipilih  $|A.\beta| = 1$  supaya osilasi stabil.

Terimakasih



# Elektronika II - 2 sks

Kode Matakuliah : 432001

**Pokok Bahasan : Filter Aktif**

Dosen Pengajar : Ariman ST MT

[ariman@istn.ac.id](mailto:ariman@istn.ac.id)

[ydouhy@yahoo.co.id](mailto:ydouhy@yahoo.co.id)

WhatsApp : 081298193318

# PENGERTIAN DAN FUNGSI FILTER

- Filter berfungsi memisahkan 1 dari dua yang masuk, dimana hanya 1 frekuensi yang akan dibuang dan yang lainnya dilewatkan tergantung dari konfigurasi filter yang digunakan.
- Tujuan utamanya adalah mendapatkan frekuensi yang diinginkan dan membuang frekuensi yang tidak diinginkan



# PENGELOMPOKKAN FILTER (cont')

Filter terbagi ke dalam 2 kelompok besar, yaitu filter aktif dan filter pasif.

1. Sedangkan pada **filter pasif** umumnya hanya menggunakan R,C atau L, sehingga kualitas filter kurang baik, atau bahkan masih mengandung noise, hal ini disebabkan karena tidak ada komponen penguat op-amp, sehingga penguatan untuk filter jenis ini  $\leq 1$ .
  - ⦿Komponen penyusunnya : induktor,kapasitor,dan resistor.
  - ⦿Kelebihan : dapat dipergunakan untuk frekuensi tinggi.
  - ⦿Kekurangan : dimensi lebih besar daripada filter aktif.

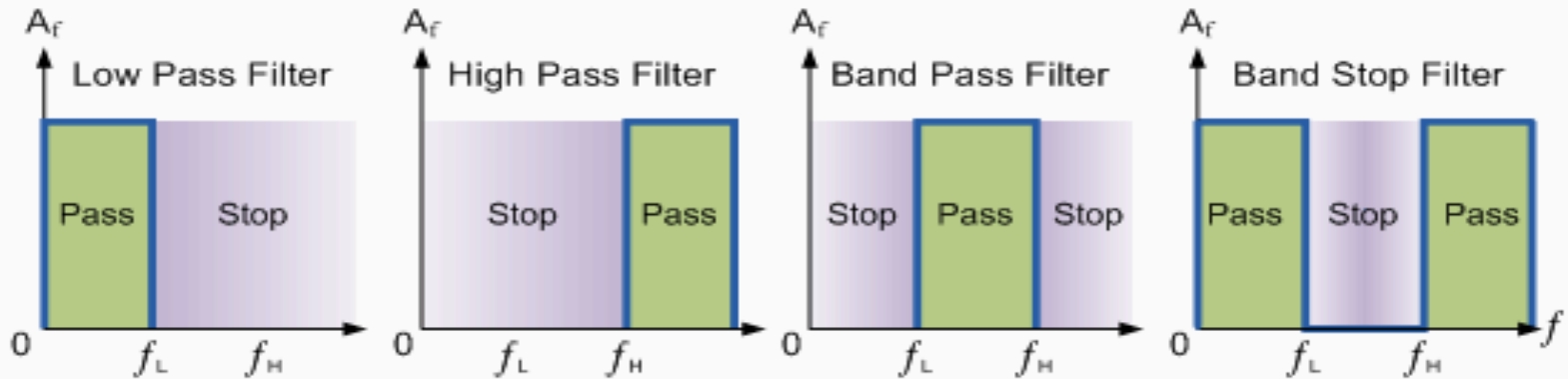
# PENGELOMPOKAN

## FILTER

2. Pada **filter aktif** umumnya menggunakan komponen R,C dan Op-Amp, sehingga hasil filter lebih baik dikarenakan pada filter ini terdapat suatu komponen yang digunakan sebagai penguat sinyal dan tegangan yang dinamakan op-amp. Penguatan untuk jenis filter ini  $\geq 1$ .
  - Komponen penyusunnya : Op-Amp,kapasitor,dan resistor.
  - Keuntungannya : ukurannya yang lebih kecil, ringan, lebih murah, dan lebih fleksibel dalam perancangannya.
  - Kekurangan : kebutuhan catu daya eksternal,lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan,dan frekuensi kerja yang sangat dipengaruhi oleh karakteristik komponen aktifnya.

# KURVA RESPON FILTER

## IDEAL



# FILTER AKTIF:

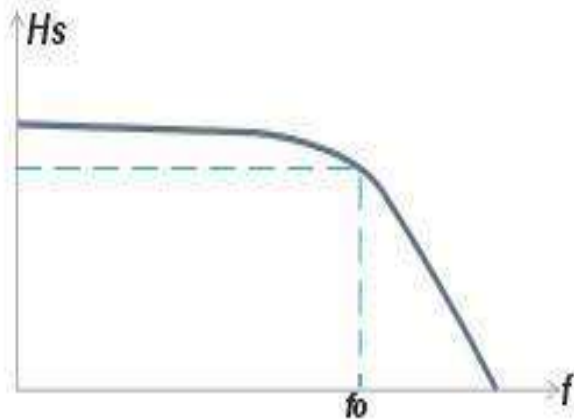
◎ Tipe filter aktif ada 4 macam:

1. *low pass filter,*
2. *high pass filter,*
3. *bandpass filter dan*
4. *notch filter.*

# Filter aktif:

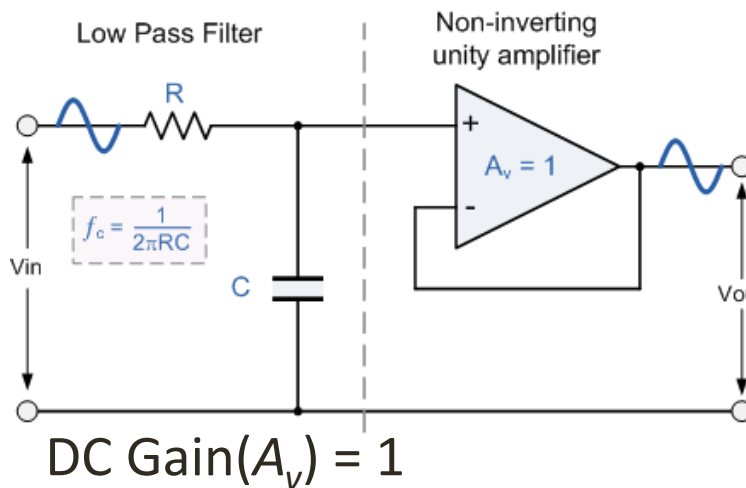
## 1. low pass filter (LPF)

- ⦿ *low pass filter* berfungsi memfilter frekuensi tinggi dan melewatkan frekuensi rendah,
- ⦿ *beberapa contoh rangkaian Low Pass Filter:*
  - a. *Low Pass Filter dengan penguatan satu kali*
  - b. *Low Pass Filter dengan penguatan pada kaki non inverting*



# 1. Aktif low pass filter

## a. Low Pass Filter dengan penguatan satu kali

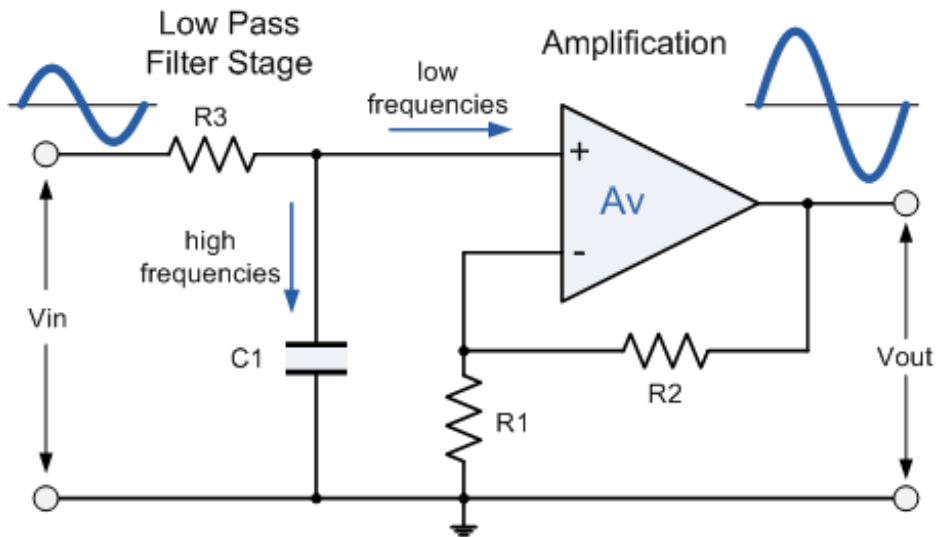


$$\text{Voltage Gain}(A_{LPF}) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_v}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}}$$
$$V_{out} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} V_{in}$$

- Where:
- $A_F = A_v$  the pass band gain of the filter
- $f$  = the frequency of the input signal in Hertz, (Hz)
- $f_c$  = the cut-off frequency in Hertz, (Hz)

## 1. low pass filter

### **b. Low Pass Filter dengan penguatan pada kaki non inverting (First Order Active Low Pass Filter)**



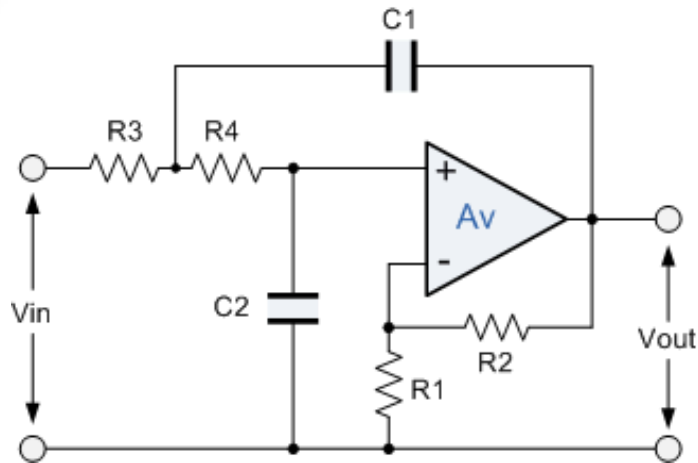
$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}; f_c = \frac{1}{2\pi R_3 C_1}$$

$$\text{Voltage Gain}(A_{LPF}) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_v}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}}$$

$$V_{out} = A_{LPF} V_{in} = \frac{A_v}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} V_{in} = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} V_{in}$$



## Penguatan low pass filter tingkat kedua



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

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_3 R_4 C_1 C_2}}$$

$$\text{Voltage Gain}(A_{LPF}) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_v}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}}$$

$$V_{out} = A_{LPF} V_{in} = \frac{A_v}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} V_{in} = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} V_{in}$$

- Dengan penguatan LPF dan frekuensi cut-off :

1. At very low frequencies,  $f < f_c$ ,

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \cong A_F$$

2. At the cut-off frequency,  $f = f_c$ ,

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_F}{\sqrt{2}} = 0.707 A_F$$

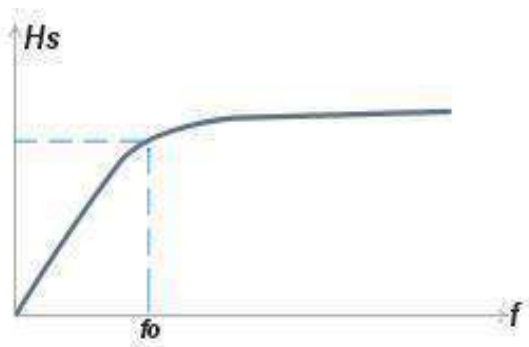
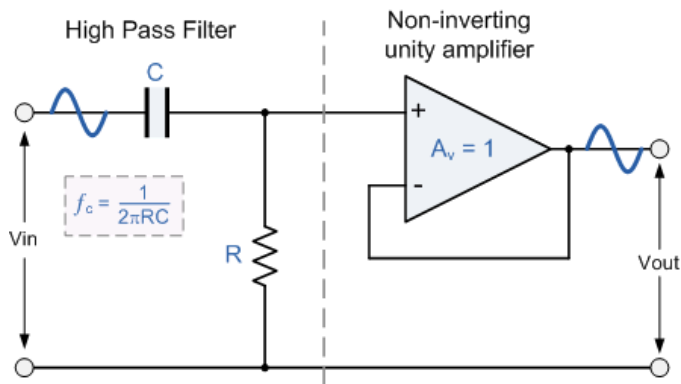
3. At very high frequencies,  $f > f_c$ ,

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} < A_F$$

# Aktif filter

## 2. high pass filter (HPF)

- *high pass filter* berfungsi untuk memfilter frekuensi rendah dan melewatkan frekuensi tinggi.

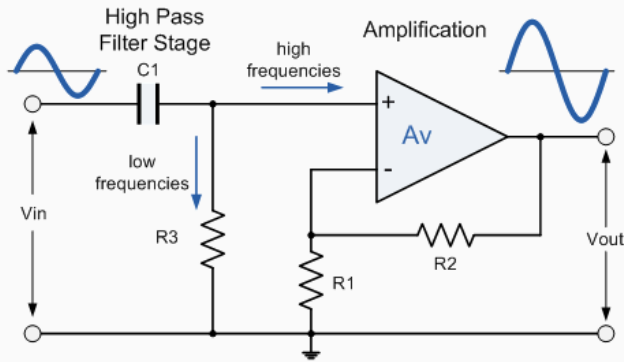


$$\text{Voltage Gain}(A_{HPF}) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1\left(\frac{f}{f_c}\right)}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} = \frac{1\left(\frac{f}{f_c}\right)}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_c}\right)^2}}$$

$$V_{out} = \frac{A\left(\frac{f}{f_c}\right)}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} V_{in} = \frac{1\left(\frac{f}{f_c}\right)}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_c}\right)^2}} V_{in}$$

# Aktif filter

## 2. high pass filter (HPF) di non-inverting



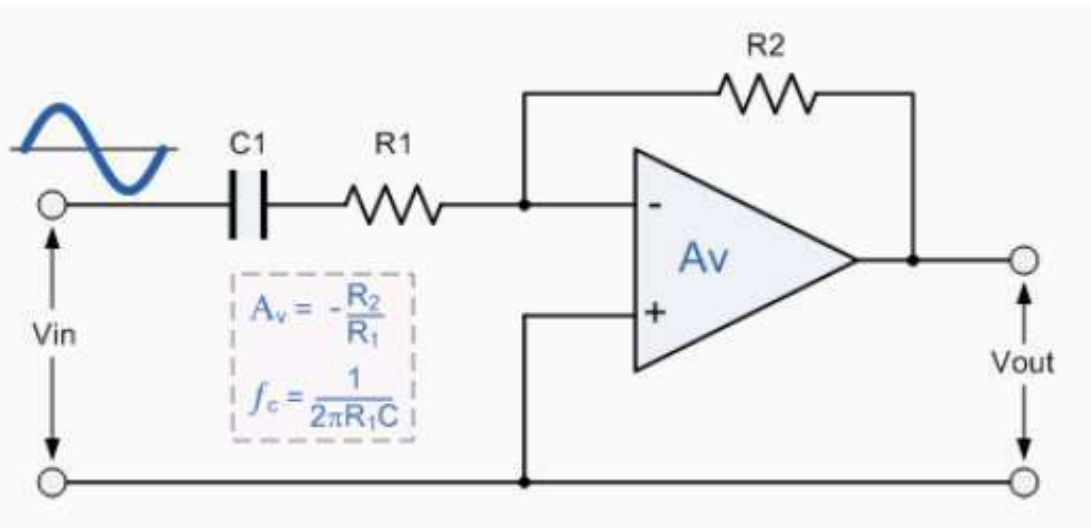
$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}; f_c = \frac{1}{2\pi R_3 C_1}$$

$$\text{Voltage Gain}(A_{HPF}) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_v \left( \frac{f}{f_c} \right)}{\sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_c} \right)^2}} = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1} \left( \frac{f}{f_c} \right)}{\sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_c} \right)^2}}$$

$$V_{out} = \frac{A_v \left( \frac{f}{f_c} \right)}{\sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_c} \right)^2}} V_{in} = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1} \left( \frac{f}{f_c} \right)}{\sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_c} \right)^2}} V_{in}$$

## Aktif filter

### 2. high pass filter (HPF) di inverting



$$\text{Voltage Gain, } (A_v) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_F \left( \frac{f}{f_c} \right)}{\sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_c} \right)^2}}$$

- Dengan penguatan HPF dan frekuensi cut-off :

1. At very low frequencies,  $f < f_c$ ,

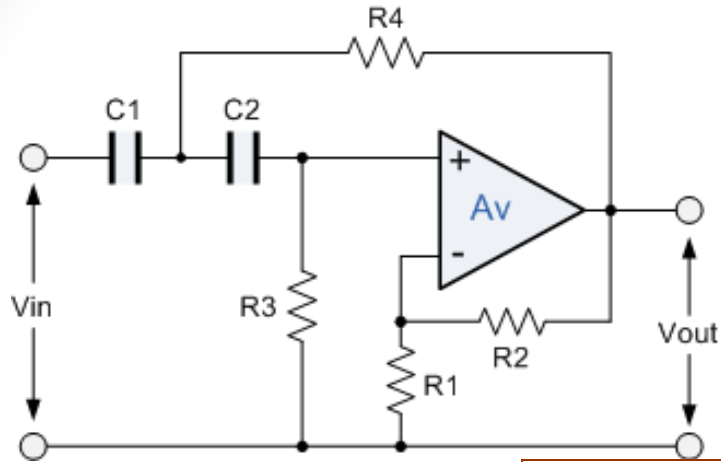
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} < A_F$$

2. At the cut-off frequency,  $f = f_c$ ,

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_F}{\sqrt{2}} = 0.707 A_F$$

3. At very high frequencies,  $f > f_c$ ,

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} \cong A_F$$



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

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_3 R_4 C_1 C_2}}$$

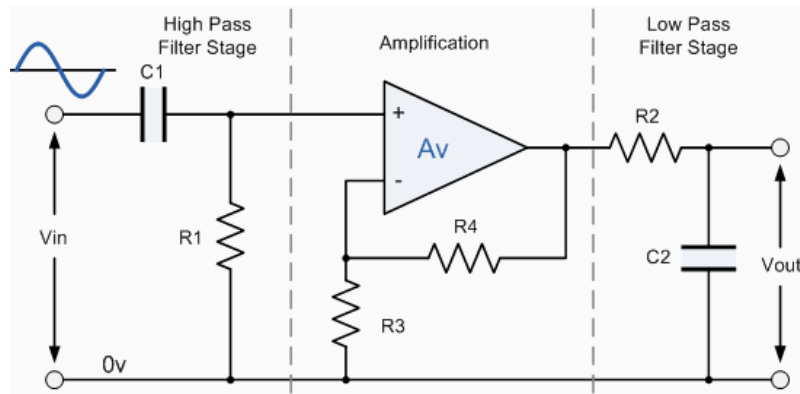
$$\text{Voltage Gain}(A_{HPF}) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_v \left( \frac{f}{f_c} \right)}{\sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_c} \right)^2}} = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1} \left( \frac{f}{f_c} \right)}{\sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_c} \right)^2}}$$

$$V_{out} = \frac{A_v \left( \frac{f}{f_c} \right)}{\sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_c} \right)^2}} V_{in} = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1} \left( \frac{f}{f_c} \right)}{\sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_c} \right)^2}} V_{in}$$

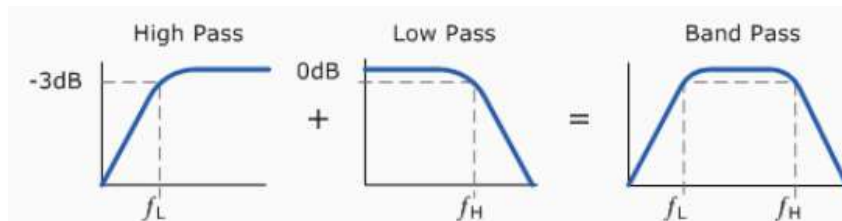
# Aktif filter

## 3. band pass filter (bPF)

- *Bandpass filter* berfungsi untuk melewatkan frekuensi pada band tertentu dan di luar itu akan di filter.



$$A_v = 1 + \frac{R_4}{R_3}; f_{c_1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}; f_{c_2} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

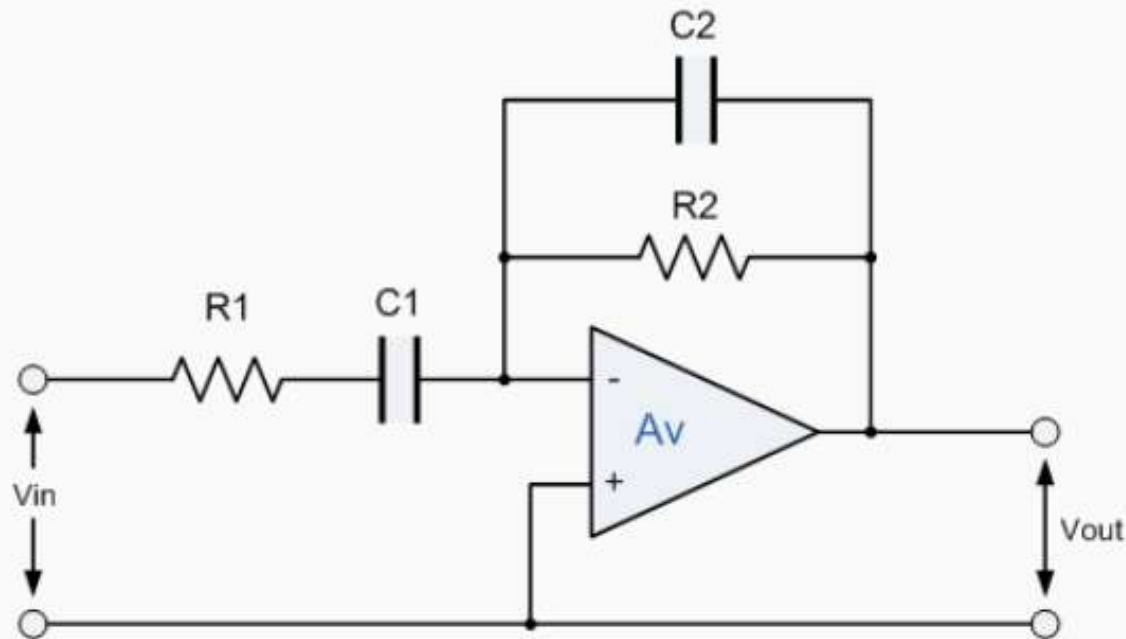




# Aktif filter

## 3. bandpass filter (bPF)

- *Inverting Bandpass Filter*

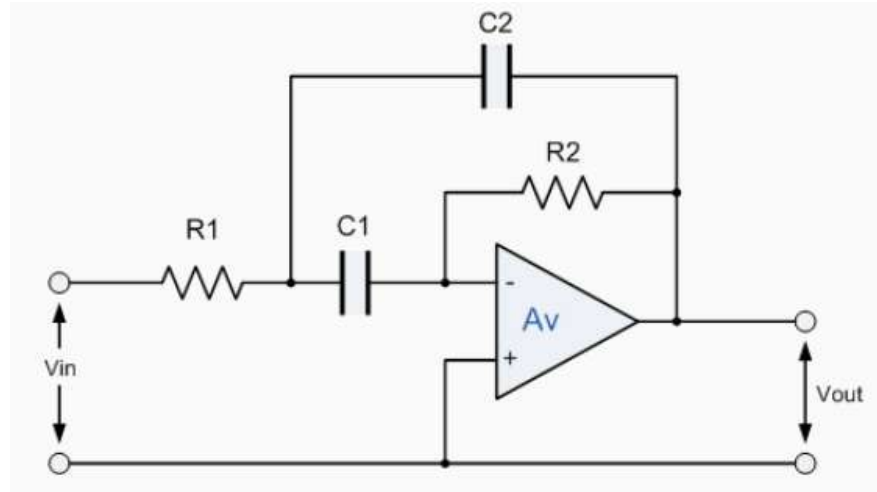


$$\text{Voltage Gain} = -\frac{R_2}{R_1}, \quad f_{c_1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}, \quad f_{c_2} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

# Aktif filter

## 3. bandpass filter (bPF)

- Infinite Gain Multiple Feedback Active Filter



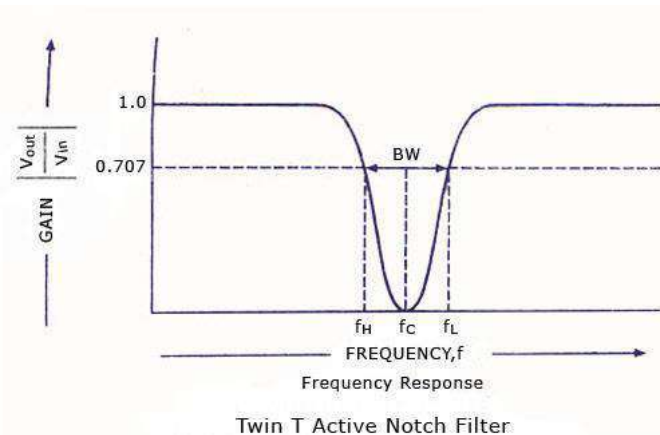
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$\text{Maximum Gain, } (A_v) = -\frac{R_2}{2R_1}$$

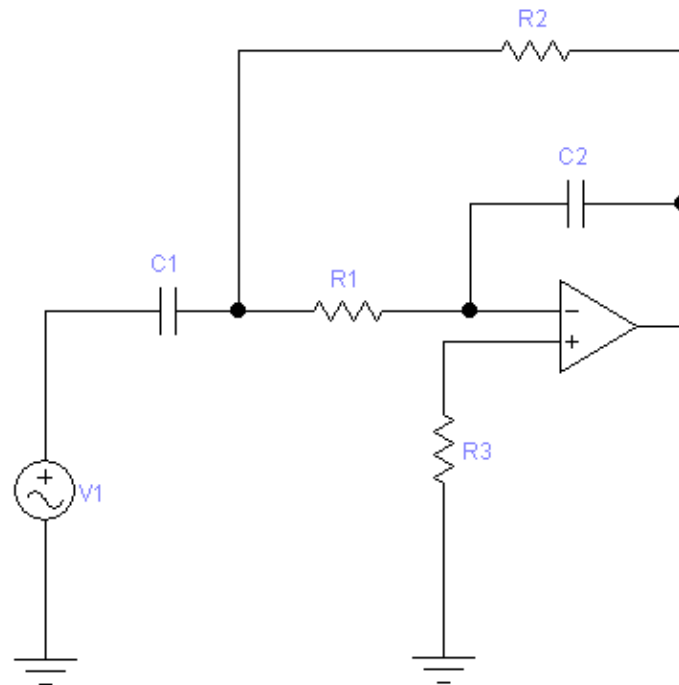
# Aktif filter

## 4. notch filter atau band reject

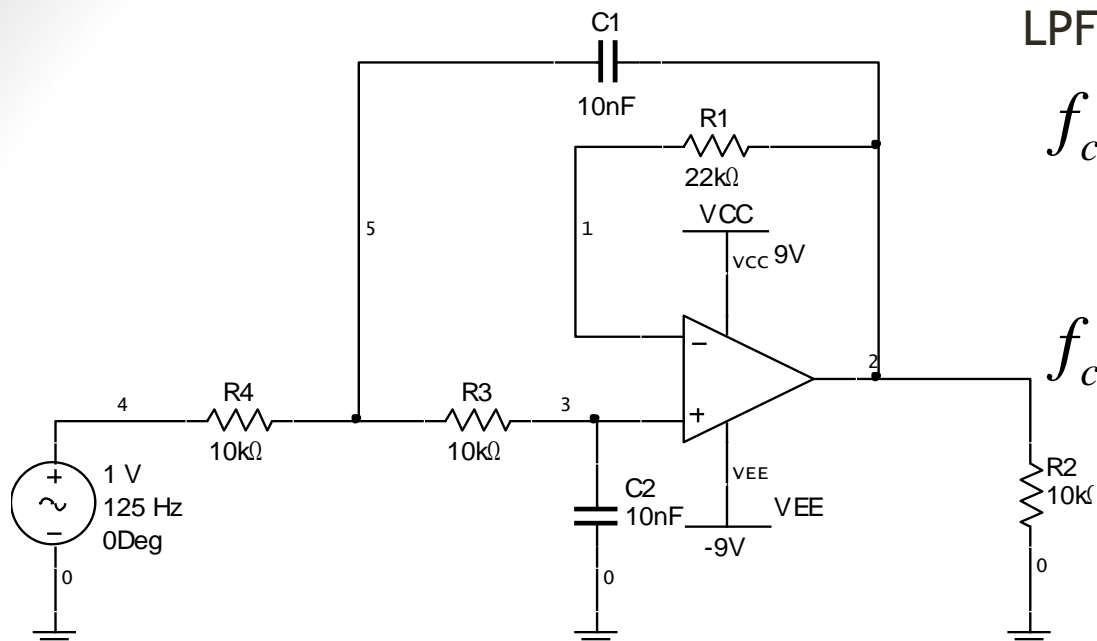
- *notch filter* atau *band reject*, akan memfilter frekuensi yang ada dalam sebuah band, dan melewatkan frekuensi di luar band tersebut.



$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$



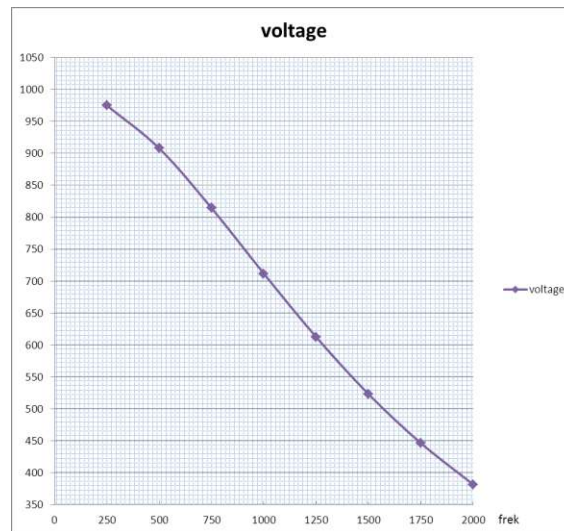
$$\text{Maximum Gain, } (A_v) = -\frac{R_2}{2R_1}$$



$$\text{LPF} \quad f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_3 R_4 C_1 C_2}}$$

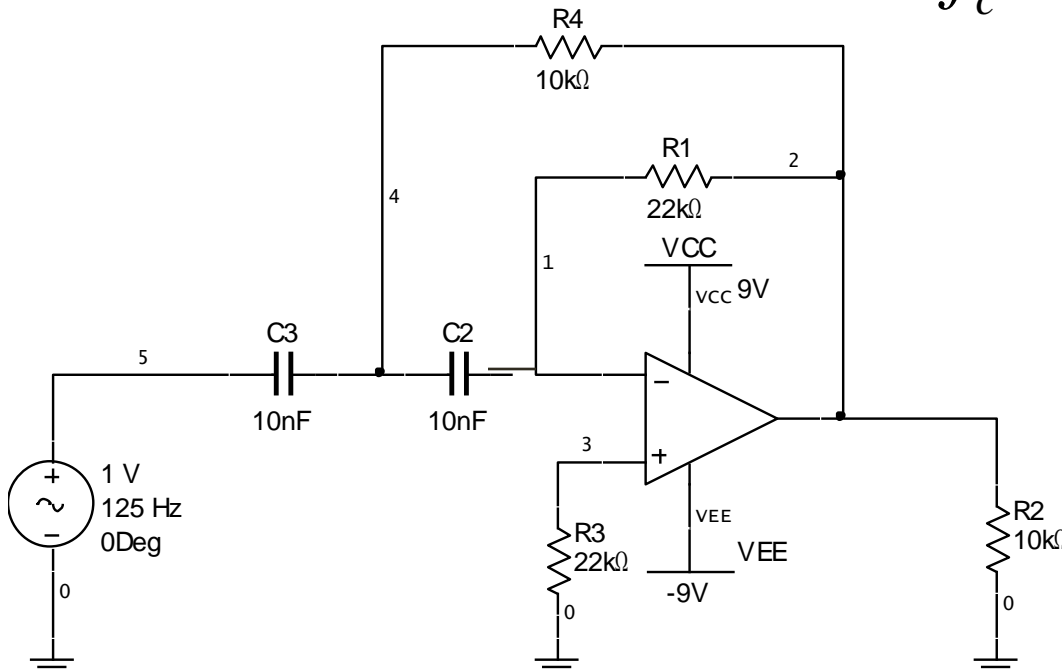
$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

No.	$V_1 = 1 \text{ Vp-p}$ Frek.	$V_{\text{OUT}}$
1.	250 Hz	975,1mV
2.	500 Hz	908,2mV
3.	750 Hz	814,5mV
4.	1000 Hz	711,8mV
5.	1250 Hz	612,4mV
6.	1500 Hz	523,1mV
7.	1750 Hz	446,3mV
8.	2000 Hz	381,6mV
9.	5000 Hz	89,87mV
10.	10000 Hz	24,09mV



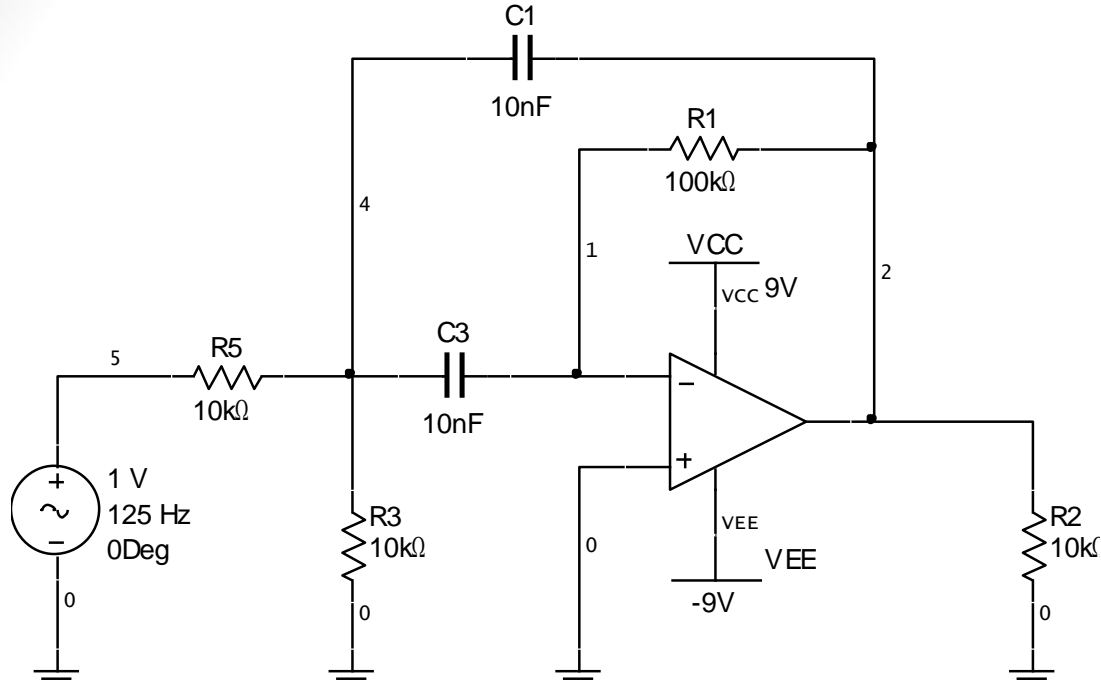
# HPF

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_4 C_1 C_2}}$$



No.	V <sub>1</sub> = 1 Vp-p Frek.	V <sub>OUT</sub>
1.	250 Hz	46,33mV
2.	500 Hz	133,5mV
3.	750 Hz	223,8mV
4.	1000 Hz	312,3mV
5.	1250 Hz	399,3mV
6.	1500 Hz	485,2mV
7.	1750 Hz	570,7mV
8.	2000 Hz	655,4mV
9.	5000 Hz	1,663V
10.	10000 Hz	3.332V

## BPF



$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi R_5 C_1};$$

$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi R_3 C_3};$$

No.	V <sub>1</sub> = 1 Vp-p Frek.	V <sub>OUT</sub>
1.	250 Hz	896,1mV
2.	500 Hz	2,709V
3.	750 Hz	4,8V
4.	1000 Hz	2,637V
5.	1250 Hz	1,725V
6.	1500 Hz	1,296V
7.	1750 Hz	1,047V
8.	2000 Hz	882,1mV
9.	5000 Hz	319,9mV
10.	10000 Hz	157,8mV

# referensi

⦿ [http://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter\\_5.html](http://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_5.html)

Terimakasih





# Elektronika Analog - 2 sks

Kode Matakuliah : 224002

**Pokok Bahasan : Oscillator Frekwensi Rendah & Tinggi**

Dosen Pengajar : Ariman ST MT

[ariman@istn.ac.id](mailto:ariman@istn.ac.id)

[ydouhy@yahoo.co.id](mailto:ydouhy@yahoo.co.id)

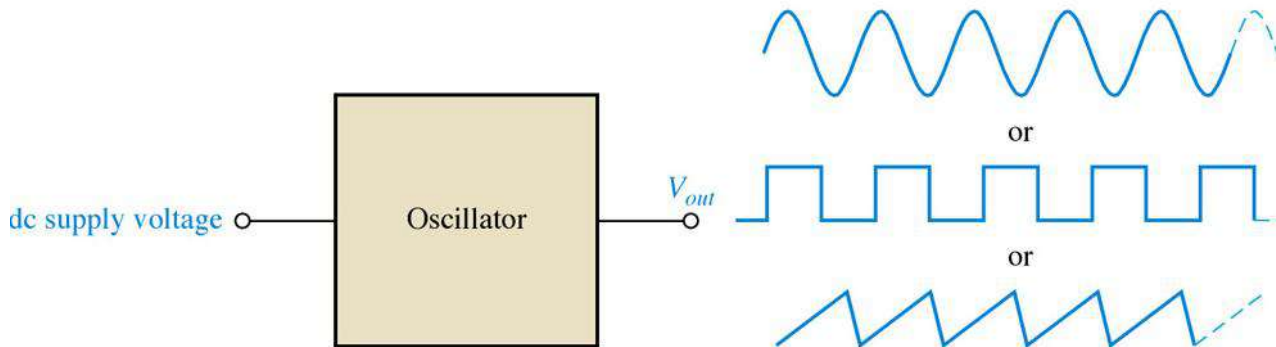
WhatsApp : 081298193318

# OSCILLATORS:

- Condition for oscillations.
  1. RC-phase oscillator with transistor and FET,
  2. Hartley and colpitts oscillators,
  3. Wien bridge oscillator,
  4. Crystal oscillators,
  5. Frequency and amplitude stability of oscillators.

# The oscillators

- Oscillator is a circuit that produce a continuous signal/waveform on its output with only the dc supply voltage as an input.
- The output voltage can be either sinusoidal or non sinusoidal depending on the type of oscillator.



# Instabilities, Oscillations and Oscillators

- If positive feedback is applied to an amplifier, the feedback signal is in phase with the input, a regenerative situation exists.
- If the magnitude of the feedback is large enough, an unstable circuit is obtained.
- To achieve the oscillator circuit function, we must ensure an unstable situation. In addition we need to develop the oscillatory power at a desired frequency, with a given amplitude and with excellent constancy of envelope amplitude and frequency.
- The design of good oscillators can be quite demanding because the governing equations of an oscillator are nonlinear, differential equations. Consequently oscillator analysis and design are not as advanced as that for linear circuits.
- Typical oscillator analysis involves reasonably simple approximate analyses of linearized or piecewise-linear-circuit models of the oscillator together with perturbations and power series techniques.
- There are a few oscillator circuits that can be solved exactly.

# Frequency Stability

- The frequency stability of an oscillator is defined as
- Use high stability capacitors, e.g. silver mica, polystyrene, or Teflon capacitors and low temperature coefficient inductors for high stable oscillators.

$$\frac{1}{\omega_o} \cdot \left( \frac{d\omega}{dT} \right)_{\omega = \omega_o} \quad \text{ppm/}^\circ\text{C}$$

# Amplitude Stability

- In order to start the oscillation, the loop gain is usually slightly greater than unity.
- LC oscillators in general do not require amplitude stabilization circuits because of the selectivity of the LC circuits.
- In RC oscillators, some non-linear devices, e.g. NTC/PTC resistors, FET or zener diodes can be used to stabilize the amplitude

## Conditions for

### Oscillation

- Phase shift around the feedback loop must be  $0^\circ$
- Voltage gain,  $A_{cl}$ , around the closed feedback loop (loop gain) must equal 1 (unity) – The voltage gain around the closed feedback loop ( $A_{cl}$ ) is the product of amplifier gain ( $A_v$ ) and the attenuation ( $B$ ) of the feedback circuit

$$A_{cl} = A_v B$$

### Start-Up Conditions

- For oscillation to begin,  $A_{cl}$  around the positive feedback loop must be greater than 1 so that the output voltage can build up to a desired level.
- Then  $A_{cl}$  decrease to 1 and maintains the desired magnitude

- Three types of RC oscillators that produce sinusoidal outputs will be discussed :

1. Wien-bridge oscillator

2. Phase-shift oscillator

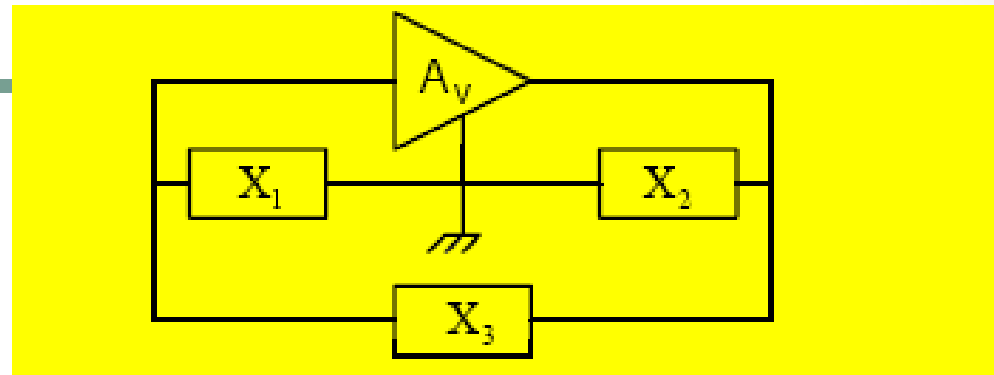
3. Twin-T oscillator.

- Generally RC oscillators are used for frequencies up to about 1 MHz.
- Wien-bridge oscillator is most widely used for this range of frequencies





## Jenis – Jenis Osilator:

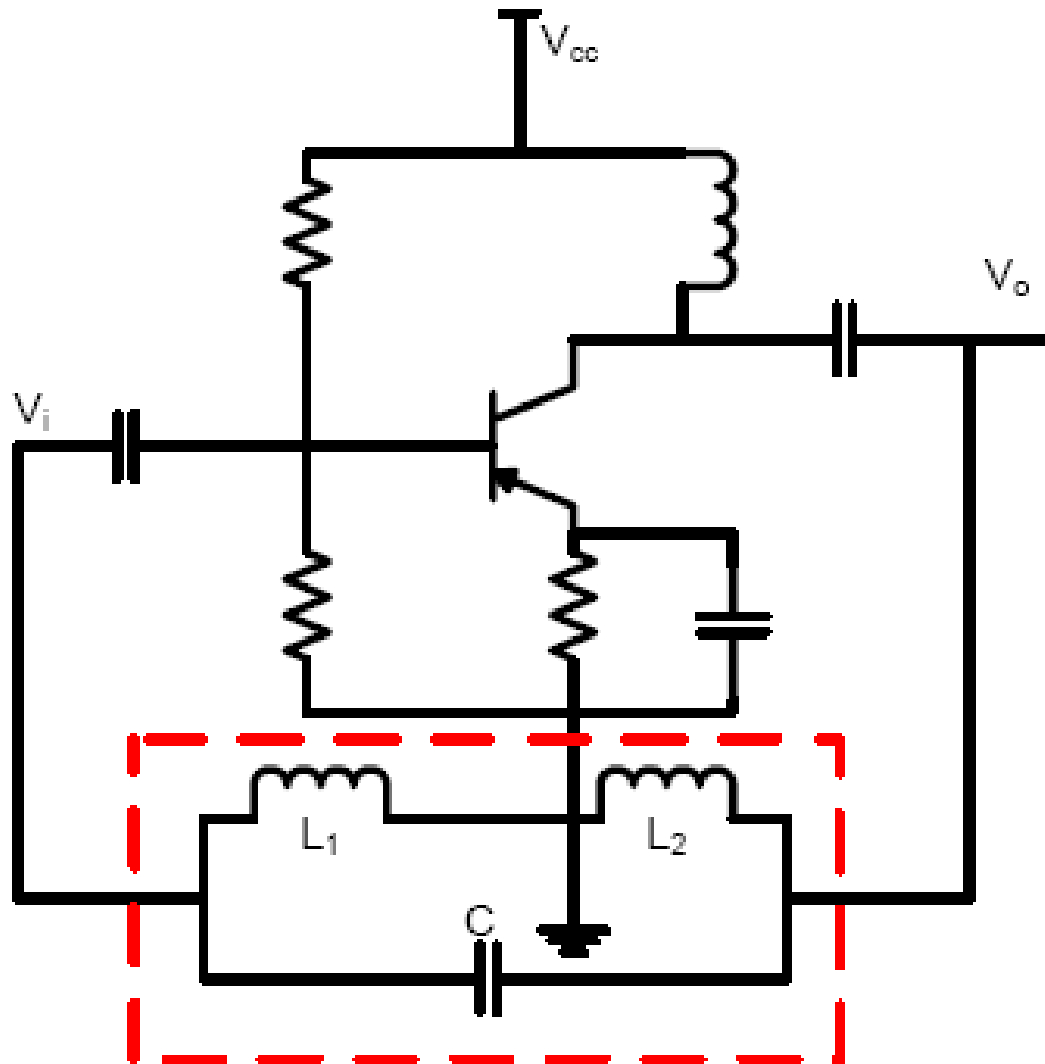


Frekuensi osilasi untuk semua jenis rangkaian adalah :

$$f_o = 1/(2\pi\sqrt{LC})$$

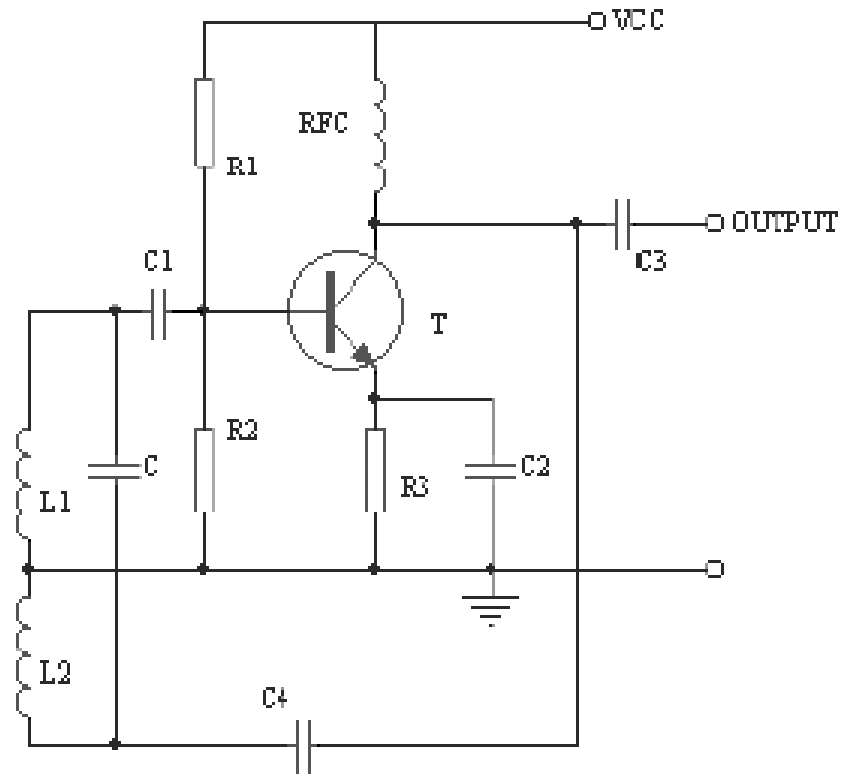
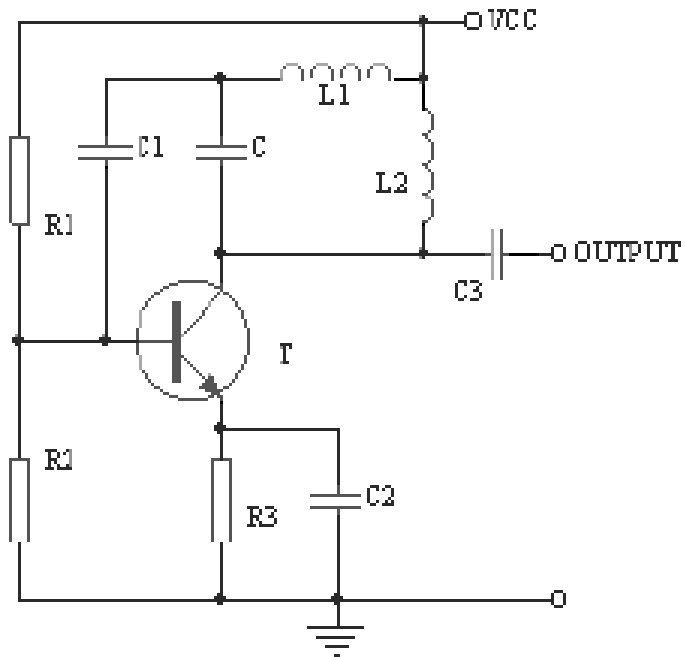
Jenis	$X_1$	$X_2$	$X_3$	Keterangan
Hartley	$L_1$	$L_2$	C	$L = L_1 + L_2$
Collpits	$C_1$	$C_2$	L	$C = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$
Clapp	$C_1$	$C_2$	seri $LC_3$	$C = C_3$

# 1. OSILATOR HARTLEY



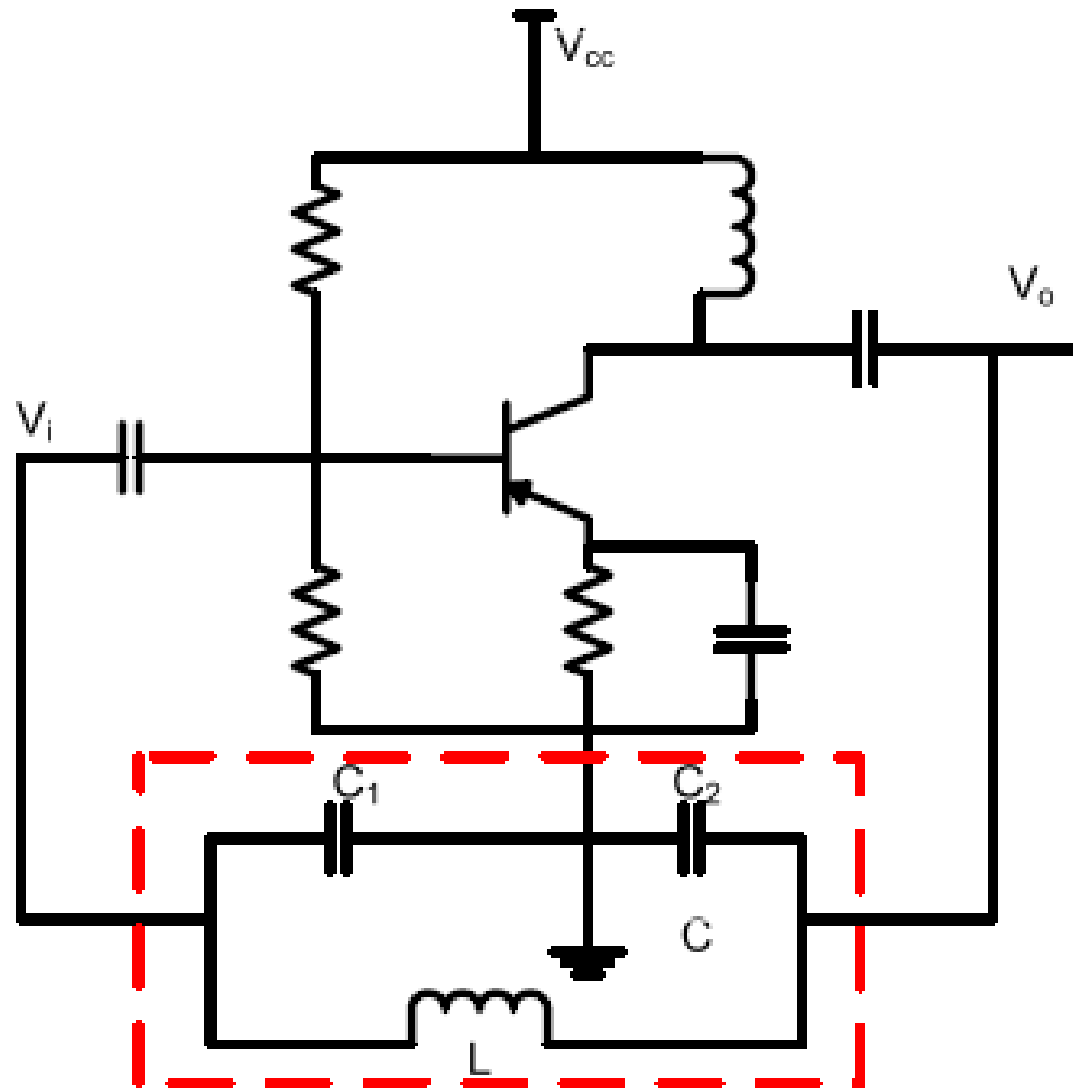
Keterangan :  $X_3$  = kapasitif,  $X_1$  &  $X_2$  = Induktif

# Rangkaian kombinasi lain - Osilator Hartley



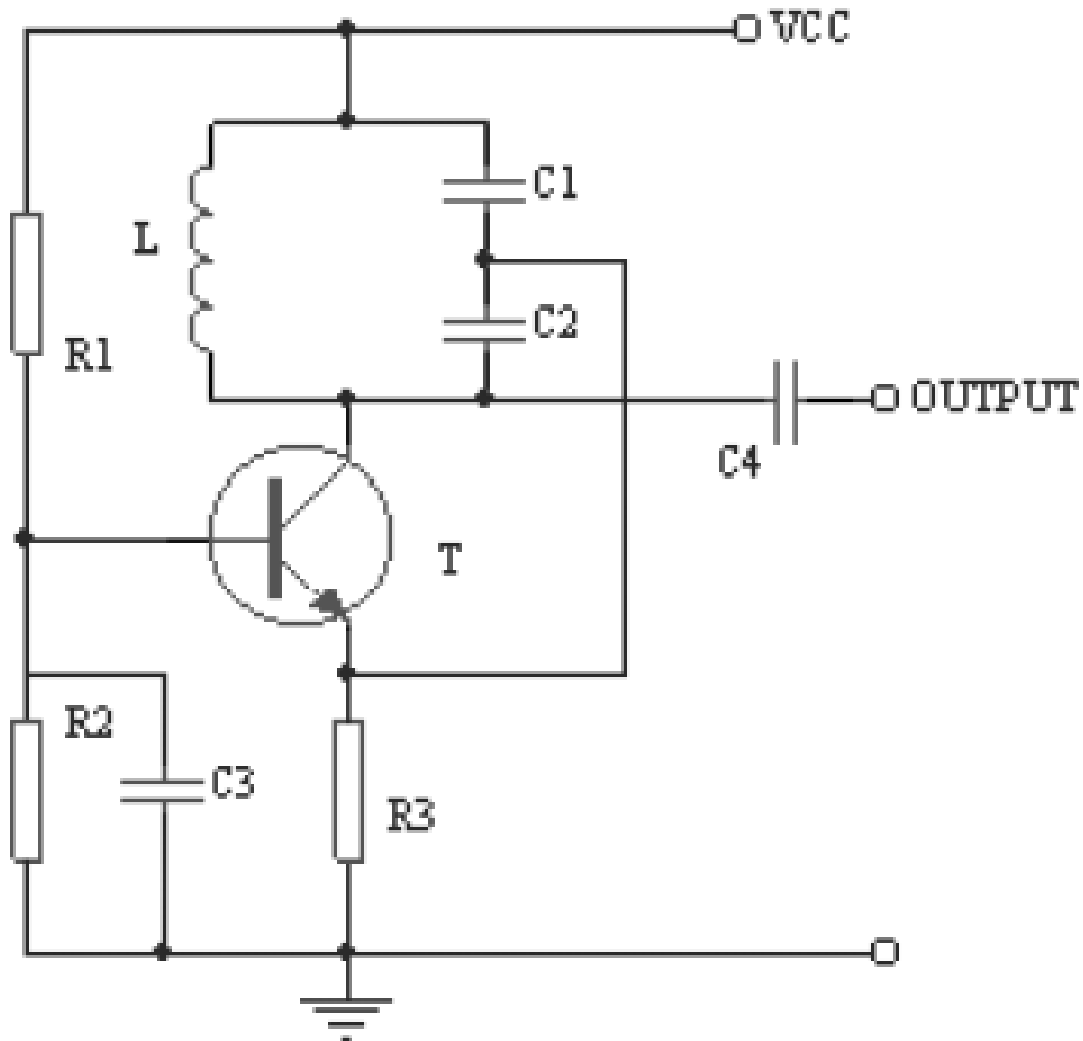
**Keterangan :  $X_3$  = kapasitif,  $X_1$  &  $X_2$  = Induktif**

## 2. OSILATOR COLLPITS



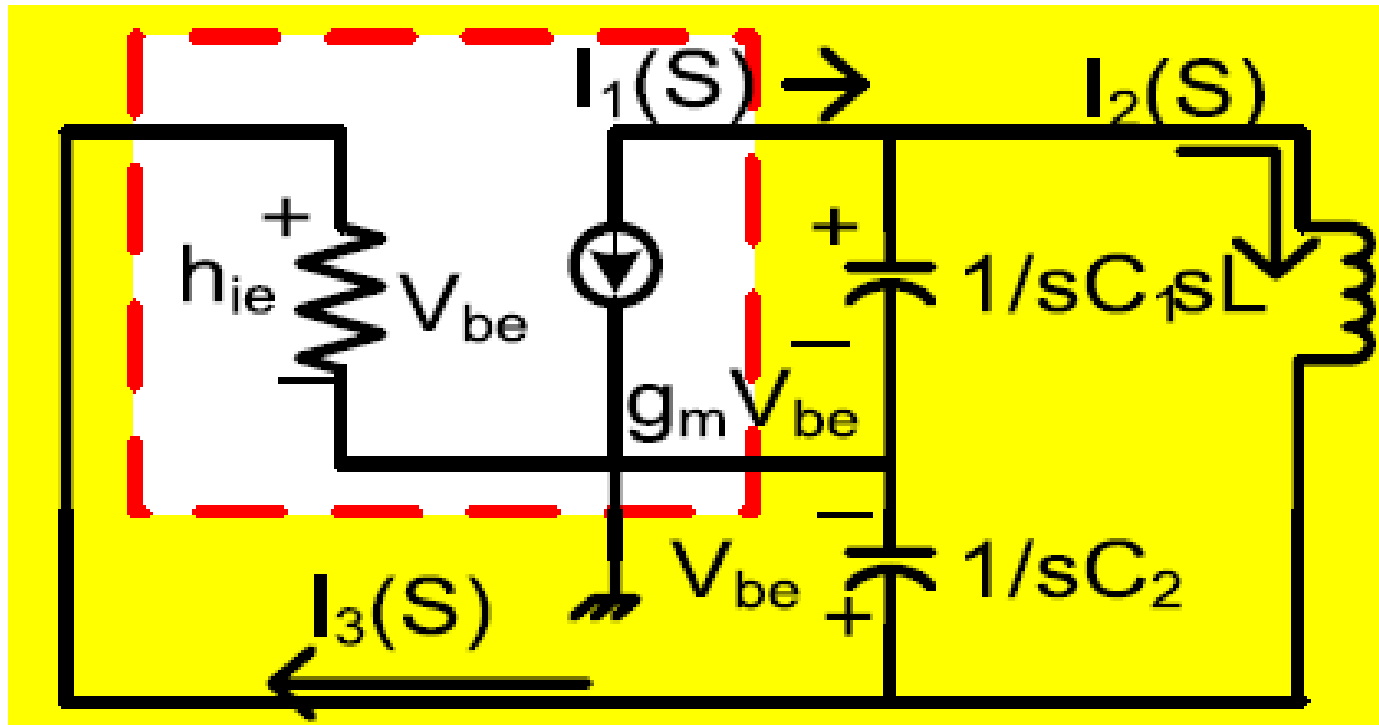
Keterangan :  $X_3$  = Induktif,  $X_1$  &  $X_2$  = Kapasitif

# Rangkaian lain Oscilator Collpits



# Analisa rangkaian Oscilator Collpitts

Rangkaian pengganti frekuensi tinggi :  
(dari gambar rangkaian collpitts yang pertama)



Keterangan :

$$\frac{1}{h_{oe}} \Rightarrow \text{diabaikan}$$

$$h_{oe} \approx 0 \text{ mho}$$

$$\frac{1}{h_{oe}} \approx \infty \Omega \text{ (Open circuit)}$$

$$s = j\omega = j2\pi f$$

**Dari Rangkaian Pengganti :**

$$V_o(s) = \text{Arus} \times \text{Impedansi} = [I_1(s) - I_2(s)] \cdot \frac{1}{sC_1}$$

$$V_o(s) = \frac{I_1(s)}{sC_1} \left( 1 - \frac{I_2(s)}{I_1(s)} \right); \quad I_1(s) = -gm \cdot V_{be}(s)$$

## Penguatan Tegangan:

$$A(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)}$$

$$\text{dimana } V_i(s) = V_{be}(s)$$

$$A(s) = \frac{-gm}{sC_1} \left( 1 - \frac{I_2(s)}{I_1(s)} \right)$$

## Penguatan Umpan Balik

$$\beta = - \frac{V_{be}(s)}{V_o(s)}$$

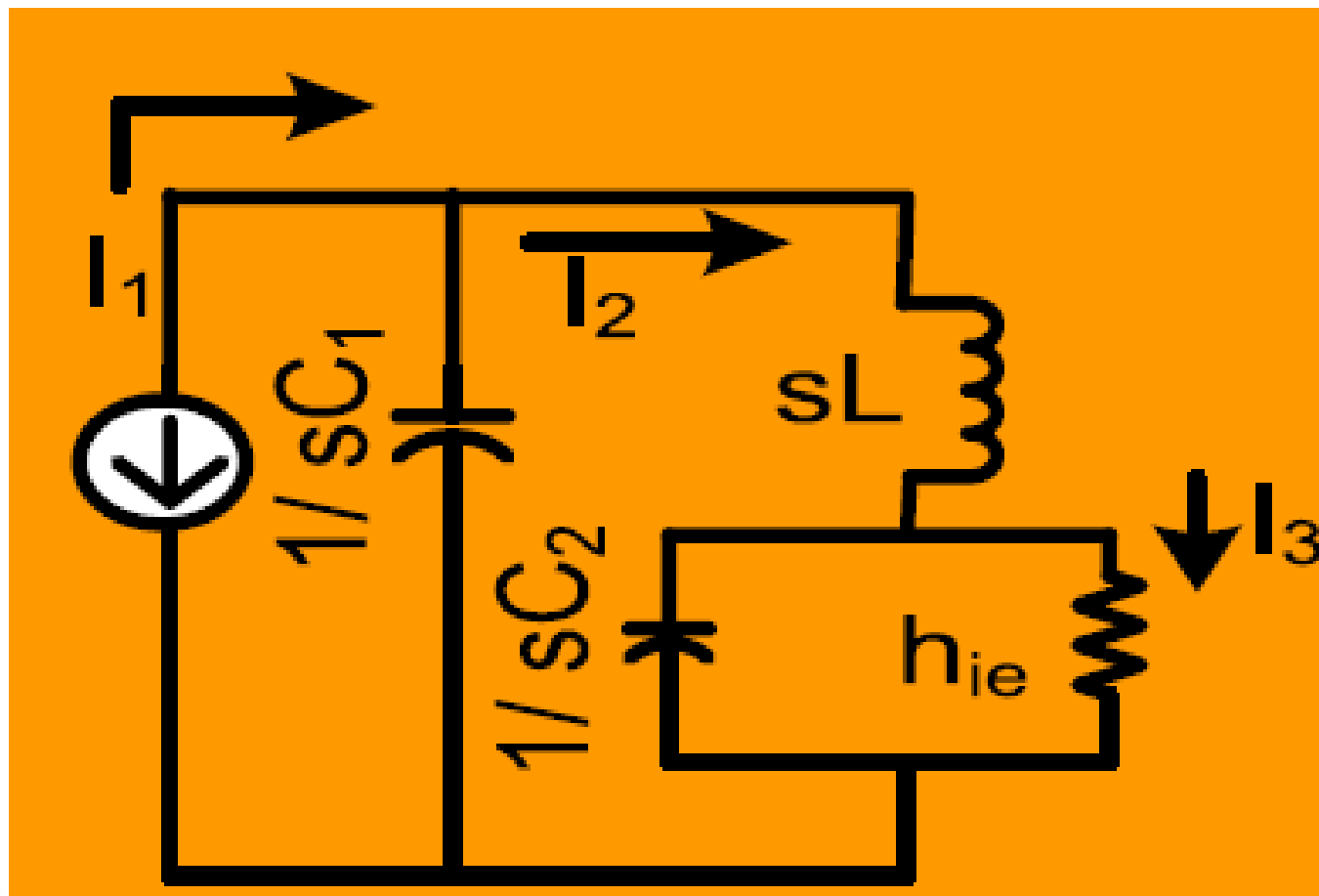
$$V_{be}(s) = I_3(s) \cdot h_{ie}; \text{ Sehingga Diperoleh :}$$

$$\beta = \frac{-h_{ie} \cdot I_3(s)}{\frac{I_1(s)}{sC_1} \cdot \left( 1 - \frac{I_2(s)}{I_1(s)} \right)}$$



$$A \cdot \beta = -1 = gm \cdot h_{ie} \cdot \frac{I_3(s)}{I_1(s)}$$

Perhatikan pembagian arus berikut:



# Dilihat dari rangkaian Pengganti

$$I_3(s) = \frac{\frac{1}{sC_2}}{\frac{1}{sC_2} + h_{ie}} \cdot I_2(s)$$



$$\frac{I_3(s)}{I_2(s)} = \frac{1}{1 + sC_2 \cdot h_{ie}} \rightarrow$$

$$\frac{I_2(s)}{I_1(s)} = \frac{\frac{1}{sC_1}}{\left(\frac{1}{sC_1}\right) + \left(sL + \frac{1}{sC_2} // h_{ie}\right)}$$

$$\frac{I_2(s)}{I_1(s)} = \frac{1}{sC_1 \left[ \frac{1}{sC_1} + sL + \left( \frac{1}{sC_2} \cdot h_{ie} \frac{1}{sC_2} + h_{ie} \right) \right]} \times \frac{1}{sC_2} + h_{ie} \times \frac{1}{sC_2} + h_{ie}$$

$$= \frac{\frac{1}{sC_2} + h_{ie}}{sC_1 \left\{ \left( \frac{1}{sC_1} + sL \right) \cdot \left( \frac{1}{sC_2} + h_{ie} \right) + \left( \frac{1}{sC_2} \cdot h_{ie} \right) \right\}} \times sC_2$$

$$= \frac{1 + sC_2 \cdot h_{ie}}{(1 + s^2 C_1 L) \cdot (1 + h_{ie} \cdot sC_2) + h_{ie} \cdot sC_1}$$

$$\frac{I_2(s)}{I_1(s)} = \frac{1 + sC_2 h_{ie}}{s^3 C_1 \cdot C_2 \cdot L \cdot h_{ie} + s^2 \cdot C_1 \cdot L + s(C_1 + C_2)h_{ie} + 1}$$

$$\frac{I_3(s)}{I_1(s)} = \frac{I_3(s)}{I_2(s)} \frac{I_2(s)}{I_1(s)} = \frac{1}{s^3 C_1 C_2 L \cdot h_{ie} + s^2 C_1 L + s(C_1 + C_2)h_{ie} + 1}$$

Sehingga :

$$A \cdot \beta = \frac{gm \cdot h_{ie}}{s^3 C_1 C_2 \cdot h_{ie} \cdot L + s^2 C_1 L + s(C_1 + C_2)h_{ie} + 1} = -1$$

$$A \cdot \beta = \frac{gm \cdot h_{ie}}{(1 - C_1 L \omega^2) + j\omega \cdot h_{ie} [(C_1 + C_2) - \omega^2 \cdot L \cdot C_1 \cdot C_2]} = -1$$

Imajiner = 0

sehingga :  $\frac{1 - C_1 \cdot L \cdot \omega^2}{gm \cdot h_{ie}} = -1$

Frekuensi diperoleh dengan syarat  $\text{Im}=0$

$$C_1 + C_2 = \omega^2 \cdot L \cdot C_1 \cdot C_2$$

$$\omega^2 = \frac{C_1 + C_2}{L \cdot C_1 \cdot C_2} = (2\pi f)^2 = 4\pi^2 f^2$$

Jadi Frekuensi osilasi :

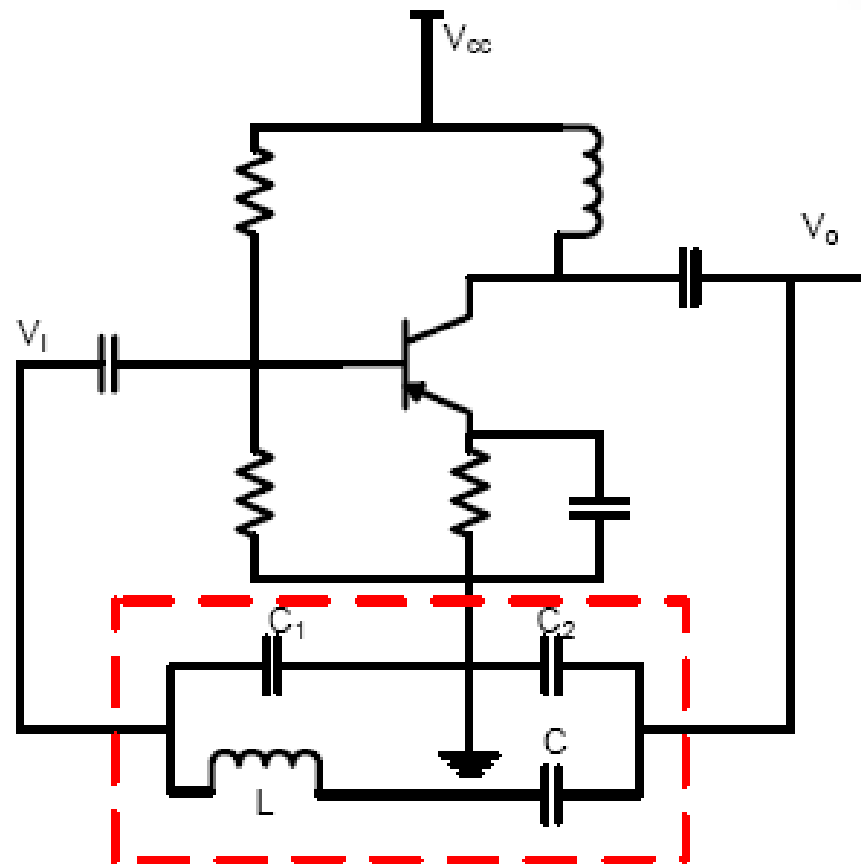
$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L \cdot C_1 \cdot C_2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \left[ \frac{C_1 \cdot C_2}{(C_1 + C_2)} \right]}}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L (C_1 \text{ seri } C_2)}}$$

### 3. OSILATOR KRISTAL

- Dasarnya adalah osilator Collpitts yang sudah diperbaiki menjadi “Osilator Pierce/clapp” dengan gambar :

Perhatikan Gambar  
Osilator Pierce



$$\text{Syarat } \begin{cases} C \ll C_1 \\ C \ll C_2 \end{cases}$$

$$X_1 \Rightarrow C_1; X_2 \Rightarrow C_2; X_3 \Rightarrow C; X \Rightarrow L$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X = 0$$

$$\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2} + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = 0$$

Sehingga diperoleh  
Frekuensi Osilasinya menjadi

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L(C_1 \text{ seri } C_2 \text{ seri } C)}}$$

$$f_o \cong \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Karena:

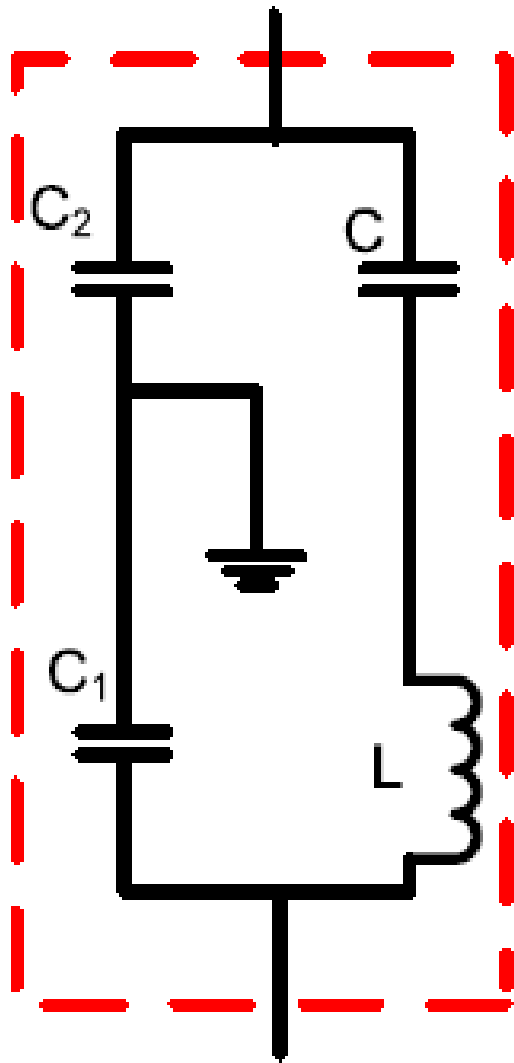
$$C_1 \ \& \ C_2 \ \gg \ C$$

maka:

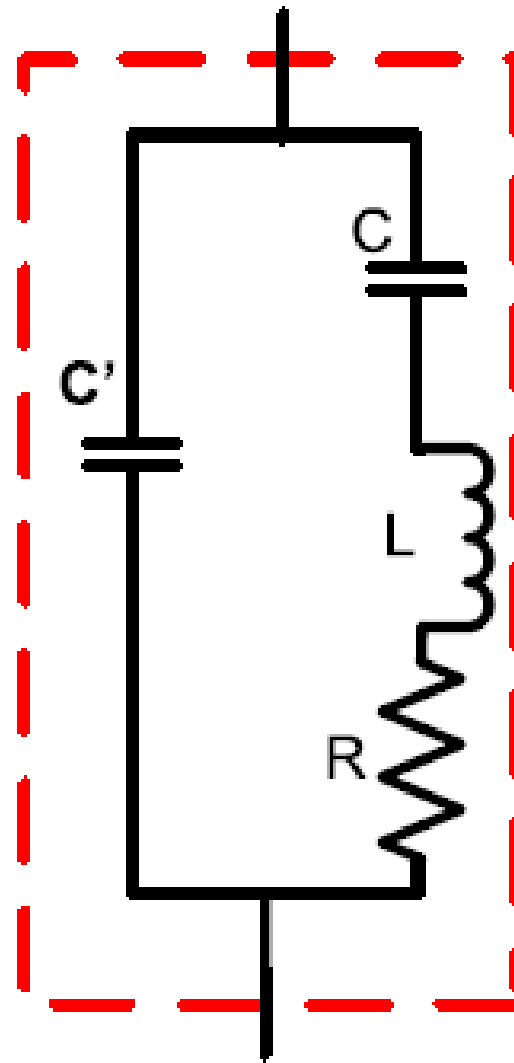
Dengan demikian osilator pierce diatur hanya oleh L & C saja, penguatan  $A_v$  tidak berubah, karena penguatan arah maju hanya diatur oleh besarnya  $C_1$  dan  $C_2$

$$A_v = \frac{C_1}{C_2}$$

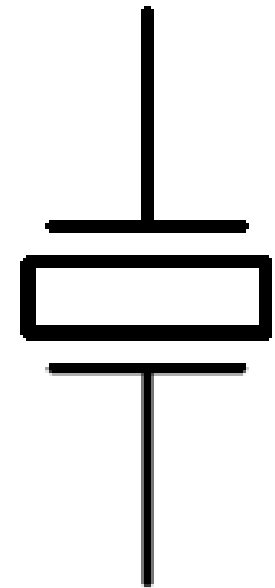
Model feedback  
osilator Pierce



Model feedback  
osilator X'Tal



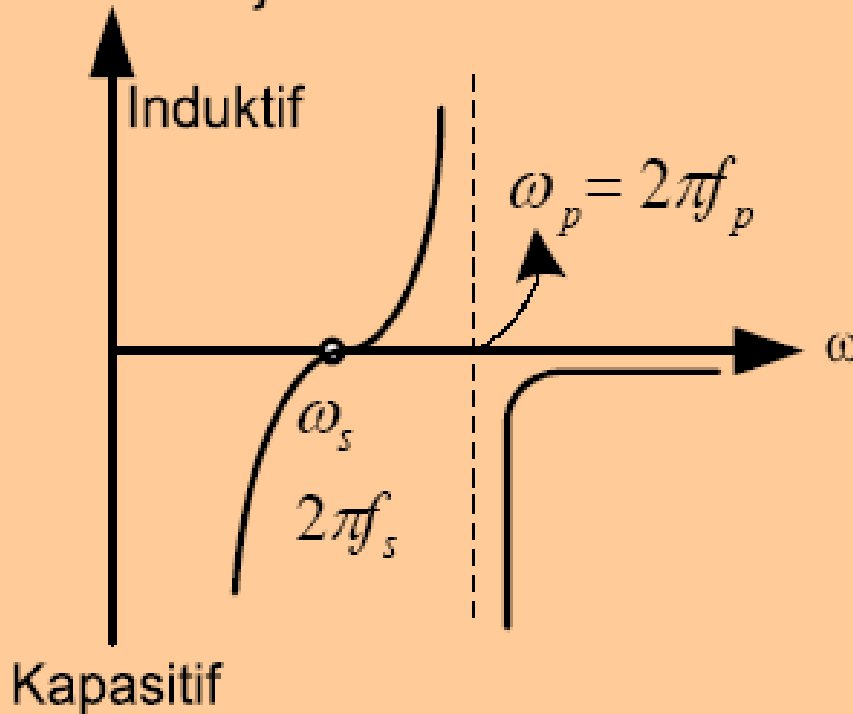
simbol X'Tal



# Karakteristik X'Tal (jika R=0)

$$jX = -\frac{j}{\omega C'} \times \frac{\omega^2 - \omega_s^2}{\omega^2 - \omega_p^2}$$

Reaktansi =  $jX$



$\omega_p$  = Resonansi paralel

$$\omega_p = 2\pi f_p$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L(C \text{ seri } C')}}$$

Syarat  $C' \gg C$

$\omega_s$  = Resonansi Seri  
 $2\pi f_s$

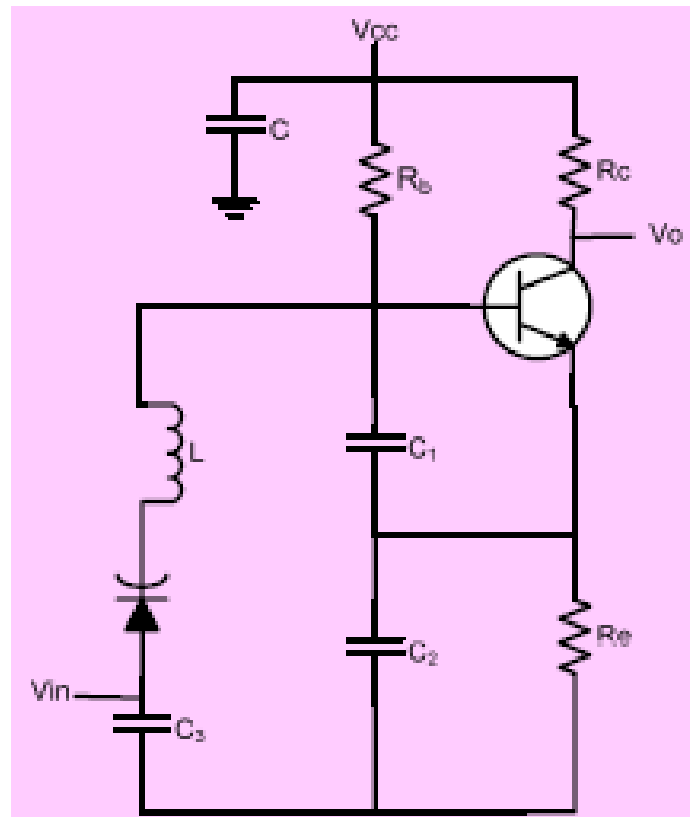
$$f_s = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$$

$$f_s < f_{\text{osilasi}} < f_p$$



## Latihan soal:

1. Cari frekuensi Resonansi Seri dari osilator X'tal jika 5 MHz sebagai frek resonansi paralel! Diketahui  $C=6$  pF dan  $C'=24$  pF
2. Perhatikan gambar osilator collpits( $\rightarrow$ Clap) berikut:

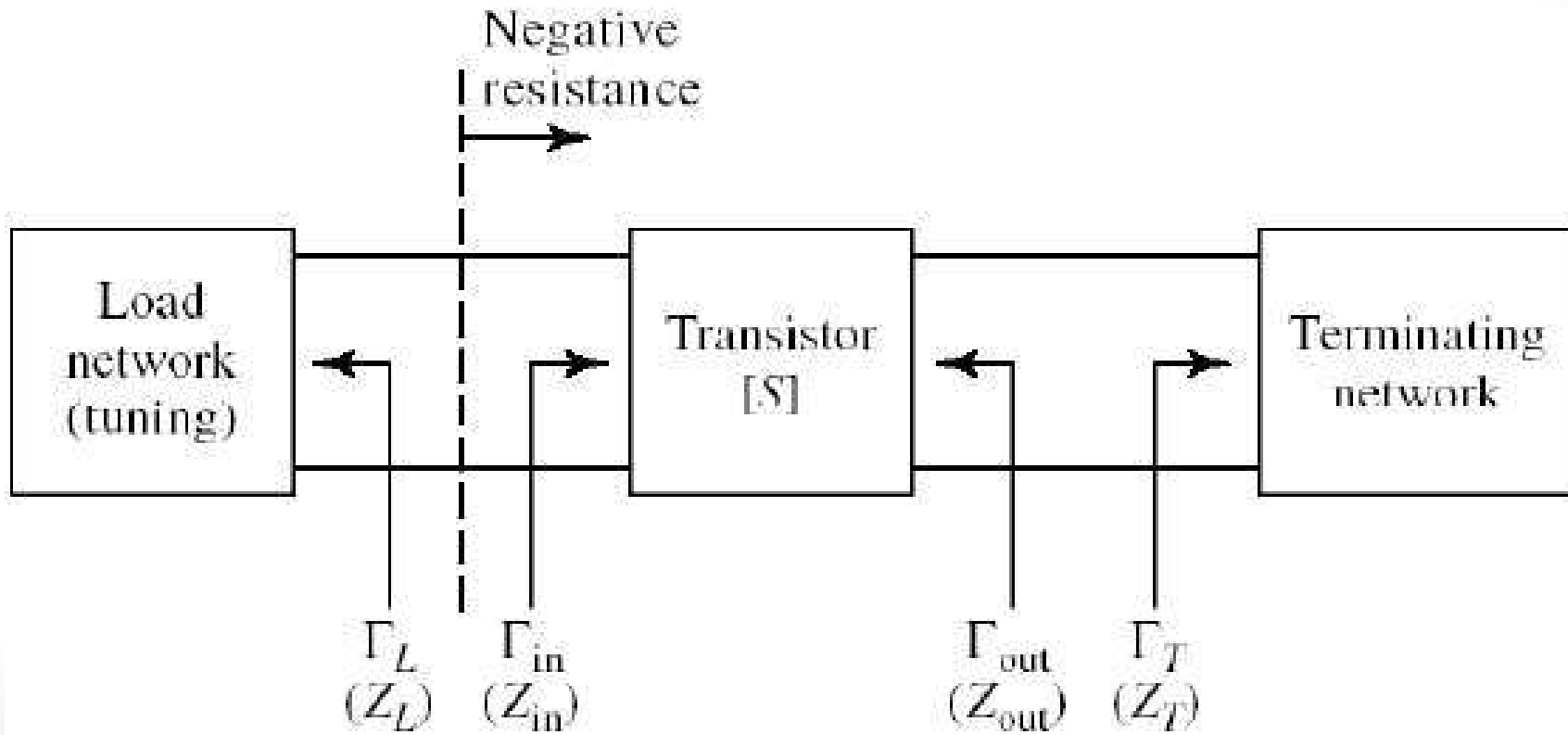


Gambarkan sinyal keluarannya  $V_o(t)$ , jika:  $V_{in}(t)=A \cdot \cos(2\pi f_m t)$  dan  $f_o \gg f_m$

# Osilator Resistansi Negatif:

(untuk gelombang Mikro)

→ dengan metode tahanan negatif 2 port.



# Osilator gelombang mikro (frekuensi tinggi)

## ■ Syarat terjadi osilasi :

- $K < 1$
- $\Gamma_{IN} \cdot \Gamma_L = 1$
- $\Gamma_{OUT} \cdot \Gamma_T = 1$

$$\Gamma_{IN} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_T}{1 - S_{22}\Gamma_T} = \frac{S_{11} - \Delta\Gamma_T}{1 - S_{22}\Gamma_T}$$
$$\Rightarrow \Gamma_L = \frac{1 - S_{22}\Gamma_T}{S_{11} - \Delta\Gamma_T} \Rightarrow \Gamma_T = \frac{1 - S_{11}\Gamma_L}{S_{22} - \Delta\Gamma_L}$$

$$\Gamma_{OUT} = \frac{S_{22} - \Delta\Gamma_L}{1 - S_{11}\Gamma_L}$$

## Prosedur perancangan osilator tahanan negative 2 port:

1. Pilih transistor yang mantap bersyarat ( $K < 1$ ) pada frekuensi osilasi  $\omega_0$
2. Mengambarkan lingkaran kemantapan terminasi

titik pusat:

$$C_T = \frac{(S_{22} - \Delta S_{11}^*)^*}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2}$$

jari-jari:

$$R_T = \left| \frac{S_{12}^* S_{21}}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2} \right|$$

3. Rancang rangkaian terminasi untuk menghasilkan  $|\Gamma_{IN}| > 1$  (pilih  $\Gamma_T$  di daerah tidak mantap)
4. Rancang rangkaian beban untuk beresonansi dengan Zin danenuhi kondisi syarat mula osilasi, yaitu:

$$X_L(\omega_0) = -X_m(\omega_0) ; R_L = \frac{|R_m|}{3}$$

## Contoh perancangan:

1. Rancanglah transistor yang akan digunakan sebagai osilator tahanan negatif yang bekerja pd  $f=8\text{GHz}$  dengan parameter "s" sbb:

$$S_{11} = 0,98 \angle 163^\circ$$

$$S_{12} = 0,39 \angle -54^\circ$$

$$S_{21} = 0,675 \angle -161^\circ$$

$$S_{22} = 0,465 \angle 120^\circ$$

Ref: Microwave Transistor Amplifier Analysis & Design, Guillermo Gonzales, Example 5.3.1

## Solusi:

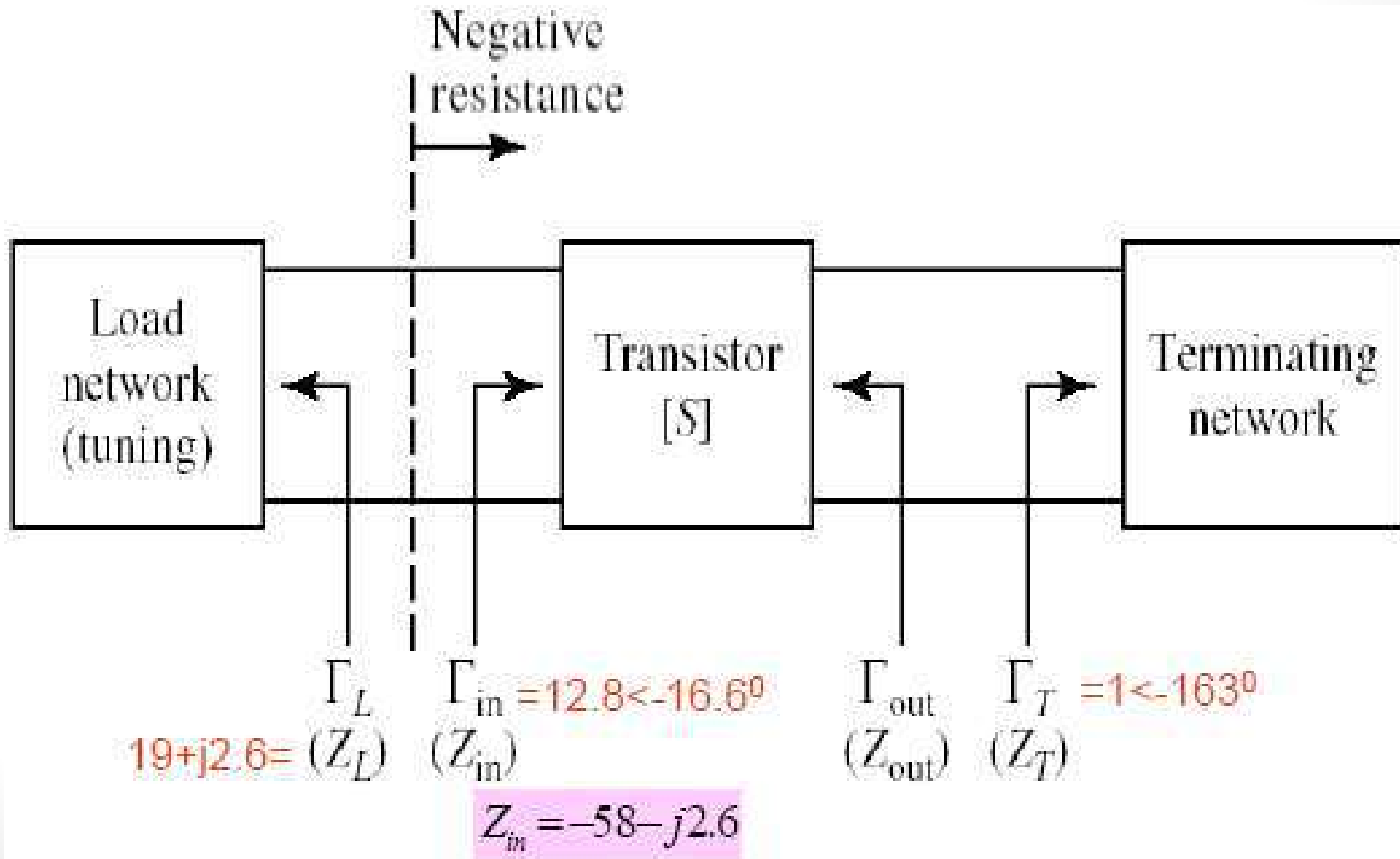
1.  $K = 0,529 < 1$  (mantap bersyarat)
2.  $C_T = 1,35 < -156^\circ$  dan  $R_T = 0,521$   
plotkan ke smith chart, arsir daerah tidak mantap
3. Pilih  $\Gamma_T$  di daerah yang tidak mantap ( $|\Gamma_{IN}| > 1$ )  
misal titik A  $\rightarrow \Gamma_T = 1 < -163^\circ$

$$\Gamma_T = \frac{Z_T / Z_0 - 1}{Z_T / Z_0 + 1} = 1 \angle -163^\circ \Rightarrow Z_T = -j4.5 \Omega$$

$$\Rightarrow \Gamma_{in} = 12.8 \angle -16.6^\circ \Rightarrow Z_{in} = -58 - j2.6$$

4. Rangkaian beban:  
 $Z_L = 19 + j2,6$

# Gambar rangkaian



## Example 11.9 ( “Microwave Engineering 2nd Edition” David M. Pozar)

2. Desainlah transistor sebagai osilator pada 4GHz menggunakan FET GaAs Common gate configuration, untuk meningkatkan “instability” gunakan induktor 5 nH dipasang seri pada kaki gate. Pilihlah rangkaian terminasi untuk menyepadankan beban 50  $\Omega$ .  
(gunakan saltran/stub).

Diketahui parameter S transistor dengan konfigurasi common source sbb,

:

$$S_{11} = 0,72 \angle -116^\circ$$

$$S_{12} = 0,03 \angle 57^\circ$$

$$S_{21} = 2,60 \angle 76^\circ$$

$$S_{22} = 0,73 \angle -54^\circ$$

pada  $Z_0 = 50 \Omega$



## Solusi:

- Konversi parameter S ke konfigurasi common gate:

$$S'_{11} = 2.18 \angle -35^\circ$$

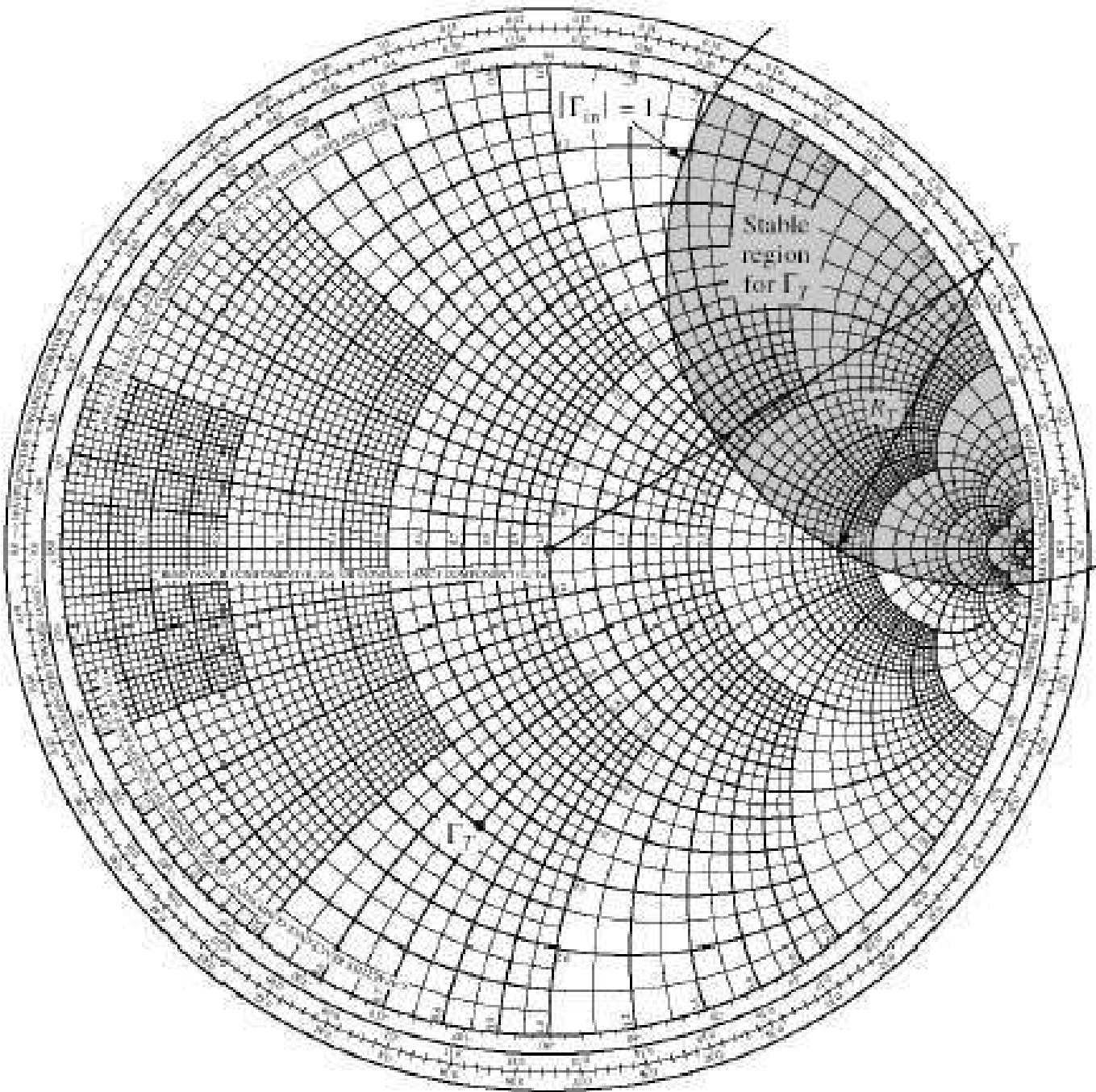
$$S'_{12} = 2.75 \angle 96^\circ$$

$$S'_{21} = 1.26 \angle 18^\circ$$

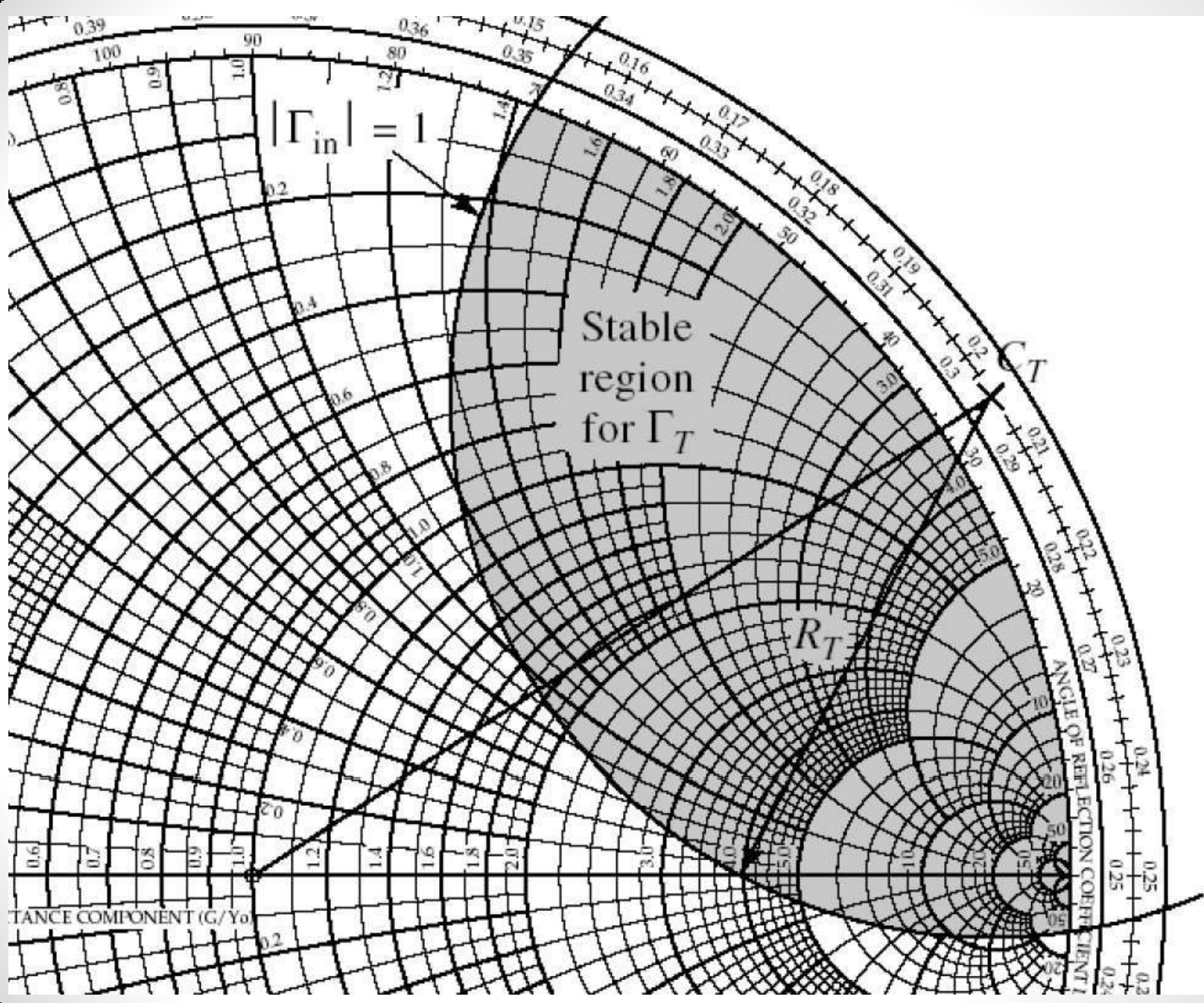
$$S'_{22} = 0,52 \angle 155^\circ$$

- $|S'_{11}| > |S_{11}| \Rightarrow$  konfigurasi common gate lebih tidak stabil (mudah berosilasi)
- $C_T = 1.08 \angle 33^\circ$  dan  $R_T = 0.665$
- Pilih  $\Gamma_T$  yang menghasilkan  $|\Gamma_{in}|$  besar, misalkan  $\Gamma_T = 0.59 \angle -104^\circ$   
 $\Rightarrow Z_T = 20 - j35 \Omega$
- $\Rightarrow \Gamma_{in} = 3.96 \angle -2.4^\circ \Rightarrow Z_{in} = -84 - j1.9 \Omega$
- $\Rightarrow Z_L = 28 + j1.9 \Omega$   
Terakhir Rancanglah IMC-in dan IMC-out

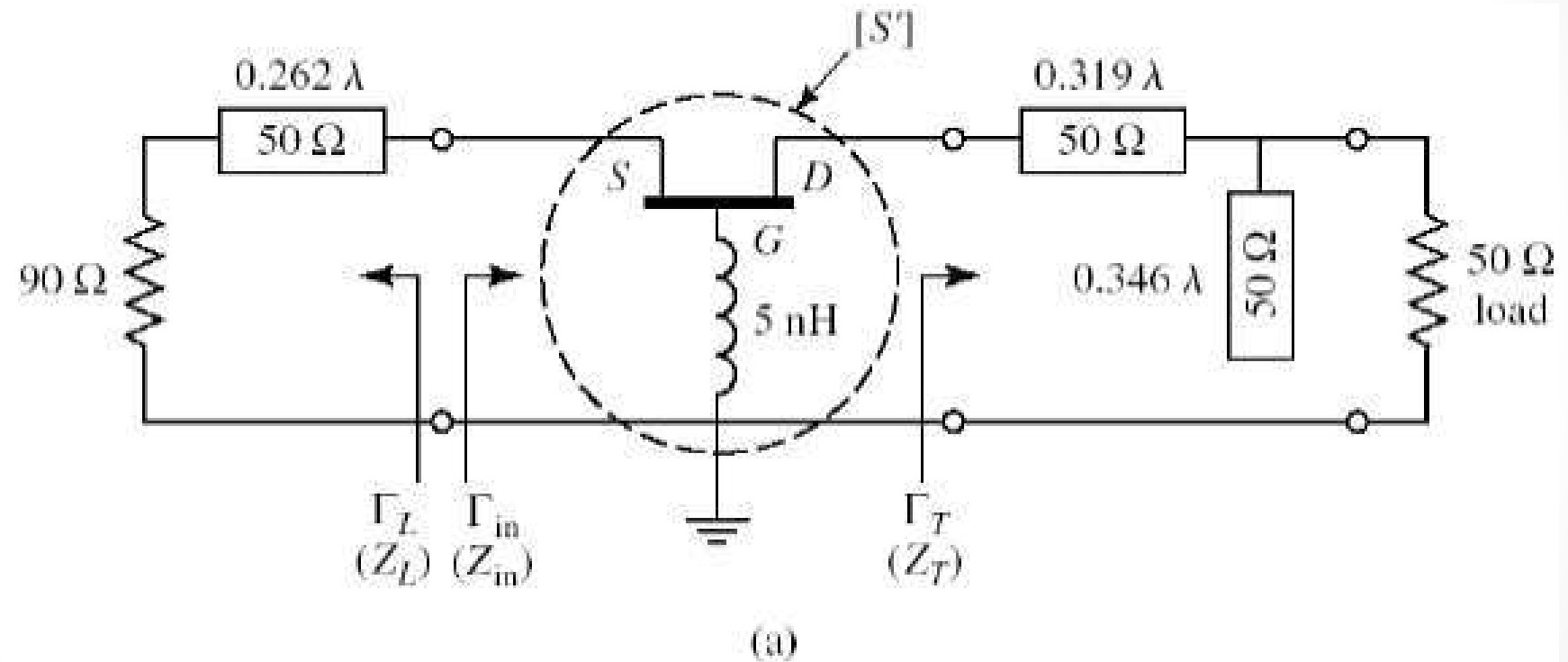
Plot pada  
Smith Chart:



(b)



# Rangkaian lengkap:



## Soal untuk dikerjakan di rumah.

- Desainlah transistor sebagai osilator pada 3 GHz menggunakan FET GaAs Common Source configuration dicatu pada sisi Drain. Diketahui parameter S transistor sbb pada  $Z_0 = 50 \Omega$ :

$$S_{11} = 0.40 \angle -60^\circ$$

$$S_{21} = 2.00 \angle 40^\circ$$

$$S_{12} = 0.10 \angle 55^\circ$$

$$S_{22} = 0.91 \angle -43^\circ$$

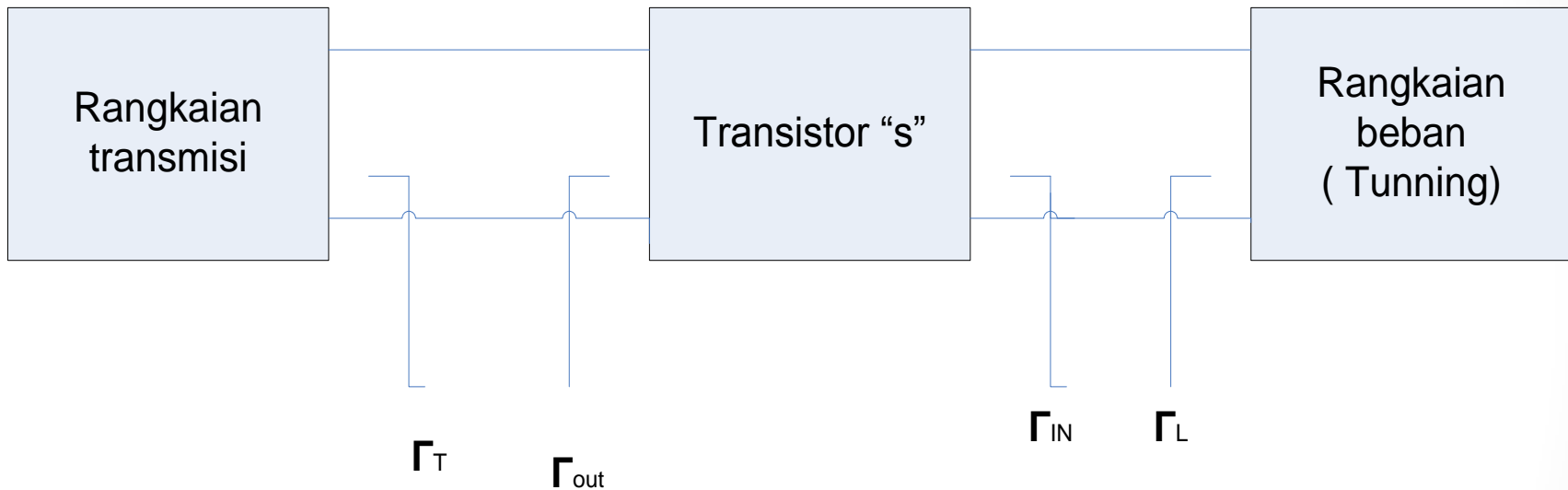
- a. Hitung **faktor  $\Delta$**  dan **faktor kestabilan K**, dari hasil tersebut apakah **kesimpulan anda!**
- b. Hitung dan Plot lingkaran kemantapan terminasi.
- c. Pilih  $\Gamma_T$  dan  $Z_T$  untuk menghasilkan  $|\Gamma_{IN}| \gg 1$  (pilih di daerah tidak mantap)  $\rightarrow$  TIAP MAHASISWA HARUS BERBEDA, JIKA SAMANILAI DIBAGI RATA)
- d. Hitung  $\Gamma_L$  dan  $Z_L$  supaya transistor tetap berosilasi.
- e. Rancanglah rangkaian terminasi dan rangkaian beban (gunakan saltran &/ stub paralel-open circuit).

Maka, Output Osilator :

$$V_o = A \cdot \text{Cos}[2\pi(f_o(t) + \theta)]$$

# Osilator gel. Mikro

dengan metode tahanan negatif 2 port



## Osilator gelombang mikro (frekuensi tinggi)

- Syarat terjadi osilasi :
- $K < 1$
- $\Gamma_{IN} \cdot \Gamma_L = 1$
- $\Gamma_{OUT} \cdot \Gamma_T = 1$

$$\Gamma_{IN} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_T}{1 - S_{22}\Gamma_T} = \frac{S_{11} - \Delta\Gamma_T}{1 - S_{22}\Gamma_T}$$

$$\Gamma_{OUT} = \frac{S_{22} - \Delta\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L}$$



## Prosedur perancangan Osilator tahan negative 2 port :

1. Pilih transistor yang mantap bersyarat pada frekuensi osilasi  $\omega_o$
2. Mengambarkan lingkaran kemantapan terminasi (lingkaran kemantapan beban)

titik pusat: 
$$C_T = \frac{(S_{22} - \Delta S_{11}^*)^*}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2}$$

jari-jari: 
$$\Gamma_T = \left| \frac{S_{12} - S_{21}}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2} \right|$$

3. Rancang rangkaian terminasi untuk menghasilkan  $|\Gamma_{IN}| > 1$  (pilih  $\Gamma_T$  di daerah tidak mantap)
4. Rancang rangkaian beban untuk beresonansi dengan  $Z_{in}$  dan penuhi kondisi syarat mula osilasi

## Contoh perancangan

- Rancanglah transistor yang akan digunakan sebagai osilator yang akan digunakan sebagai osilator tahanan negatif yang bekerja pd  $f=8\text{GHz}$  dengan parameter"s" sbb:

$$S_{11} = 0,98 \angle 163^\circ$$

$$S_{12} = 0,39 \angle -54^\circ$$

$$S_{21} = 0,675 \angle -161^\circ$$

$$S_{22} = 0,465 \angle 120^\circ$$

## Solusi :

1.  $K = 0,529 < 1$  (mantap bersyarat)
2.  $C_T = 1,35 < -156^\circ$   
 $r_T = 0,521$
3. Pilih Tdi daerah yang tidak mantap ( $|\Gamma_{IN}| > 1$ )  
titik A  $\rightarrow \Gamma_T = 1 < -163^\circ$

$$\Gamma_T = \frac{Z_T / Z_O - 1}{Z_T / Z_O + 1}$$

4. Rangkaian beban:  
 $Z_L = 19 + j2,6$

Latihan:

Example 8.3 ( Buku Mikrowave & RF Design of wireless System)

- Desainlah transistor osilator pada 4 GHz menggunakan FET GaAs. Common gate configuration, untuk meningkatkan “instability” gunakan induktor 6 nH dipasang seri pada kaki gate. Pilihlah rangkaian terminasi untuk menyepadankan beban 50  $\Omega$ .  
(gunakan saluran transmisi /stub).

Parameter S transistor :

$$S_{11} = 0,72 \angle -116^\circ$$

$$S_{12} = 0,03 \angle 57^\circ$$

$$S_{21} = 2,60 \angle 70^\circ$$

$$S_{22} = 0,73 \angle -54^\circ$$

pada  $Z_0 = 50 \Omega$

Terimakasih

## **BAB I**

### **SEMIKONDUKTOR DAYA**

#### **KOMPETENSI DASAR**

Setelah mengikuti materi ini diharapkan mahasiswa memiliki kompetensi:

- Menguasai karakteristik semikonduktor daya yang dioperasikan sebagai pensakelaran, pengubah, dan pengatur.
- Menguasai dasar prinsip kerja rangkaian elektronika daya, antara lain: penyearah, konverter, AC regulator, chopper, dan inverter.

#### **STANDAR KOMPETENSI**

Mampu menerapkan prinsip dasar pensakelar elektronis dari komponen semikonduktor daya dalam rangkaian elektronika daya.

---

#### **A. Pendahuluan**

Rangkaian elektronika daya merupakan suatu rangkaian listrik yang dapat mengubah sumber daya listrik dari bentuk gelombang tertentu (seperti bentuk gelombang sinusoida) menjadi sumber daya listrik dengan bentuk gelombang lain (seperti gelombang nonsinusoida) dengan menggunakan piranti semikonduktor daya. Semikonduktor daya memiliki peran penting dalam rangkaian elektronika daya. Semikonduktor daya dalam rangkaian elektronika daya umumnya dioperasikan sebagai pensakelar (switching), pengubah (converting), dan pengatur (controlling) sesuai dengan unjuk kerja rangkaian elektronika daya yang diinginkan.

Penggunaan semikonduktor yang dioperasikan sebagai sakelar dalam suatu rangkaian elektronika memiliki keuntungan dapat

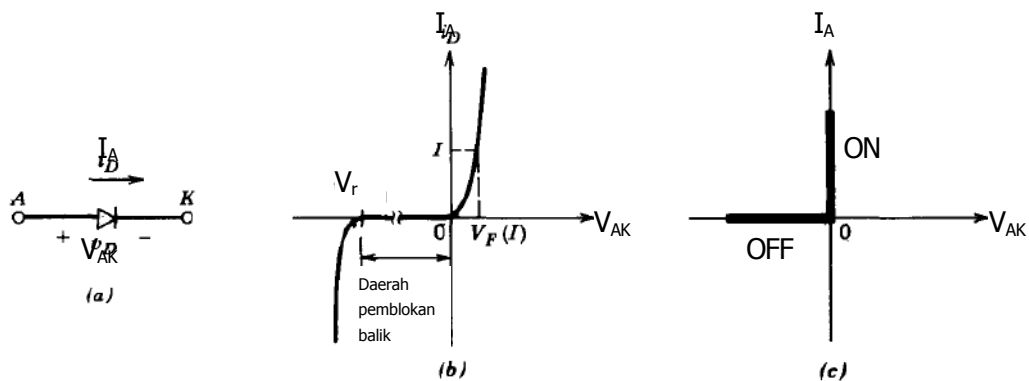
menaikkan efisiensi dan performansi rangkaian karena rugi daya yang terjadi relatif kecil. Seperti karakteristik sekelar pada umumnya, karakteristik semikonduktor daya yang dioperasikan sebagai sakelar memiliki dua keadaan, yaitu: kondisi 'ON' dan kondisi 'OFF'. Hal ini berarti, rangkaian dalam keadaan 'tertutup' atau 'terbuka'. Dalam kondisi ideal, semikonduktor daya yang dioperasikan sebagai sekelar hanya menyerap daya yang relatif kecil baik saat kondisi 'ON' maupun 'OFF' atau bahkan dalam kondisi tertentu daya yang diserap dapat diabaikan (nol). Keuntungan lain dari proses pensakelaran ini dapat dilakukan sekaligus proses perubahan atau proses pengaturan. Karena keistimewaan inilah semikonduktor daya banyak digunakan dalam pengaturan daya listrik.

Aplikasi rangkaian elektronika biasanya digunakan pada peralatan konversi daya listrik yang besar; seperti : transmisi daya listrik, pengaturan motor listrik secara elektronis di industri; hingga peralatan listrik keperluan sehari-hari dengan daya yang rendah. Pengaturan lampu (dimmer) dan Uninterruptable Power Supply (UPS) merupakan contoh aplikasi rangkaian elektronika daya yang sering dijumpai dalam pemakaian sehari-hari. Di samping itu, rangkaian elektronika daya dapat mengubah beberapa bentuk rangkaian listrik pengubah, antara lain: rangkaian listrik yang mengubah sumber listrik arus bolak-balik (alternating current – AC) menjadi sumber listrik arus searah (direct current – DC), mengubah sumber listrik arus searah (direct current – DC) menjadi sumber listrik arus bolak-balik (alternating current – AC), mengubah tegangan DC tetap menjadi tegangan DC yang dapat diatur, dan mengubah sumber AC dengan frekuensi tertentu menjadi sumber AC dengan frekuensi baru. Uraian tentang rangkaian listrik pengubah ini akan dijelaskan secara lengkap dalam bab selanjutnya.

## B. KARAKTERISTIK SEMIKONDUKTOR DAYA

### 1. Dioda

Dioda merupakan semikonduktor (komponen) elektronika daya yang memiliki dua terminal, yaitu: anoda dan katoda. Dalam rangkaian elektronika daya, dioda difungsikan sebagai sakelar. Gambar 1.1 (a), (b), dan (c) masing-masing ditunjukkan simbol dioda, karakteristik diode, karakteristik ideal dioda jika dioperasikan sebagai sakelar. Sebagai sakelar, sebagaimana Gambar 1 (c), dioda akan konduksi (ON) jika potensial pada anode lebih positif daripada potensial pada katoda, dan dioda akan memblokir (OFF) jika potensial pada anoda lebih negatif daripada potensial pada katoda.



Gambar 1.1 Diode: (a) simbol diode, (b) karakteristik diode, (c) karakteristik ideal diode sebagai sakelar

Jika diode dalam kondisi ideal, ketika dioda dalam kondisi ON memiliki karakteristik tegangan pada dioda sama dengan nol dan arus yang mengalir pada diode sama dengan arus bebannya. Sebaliknya, dioda dalam kondisi OFF memiliki karakteristik tegangan pada dioda sama dengan tegangan sumbernya dan arus yang mengalir sama dengan nol. Dalam kondisi dioda ON dan OFF ini dapat dinyatakan tidak terjadi kerugian daya pada dioda.

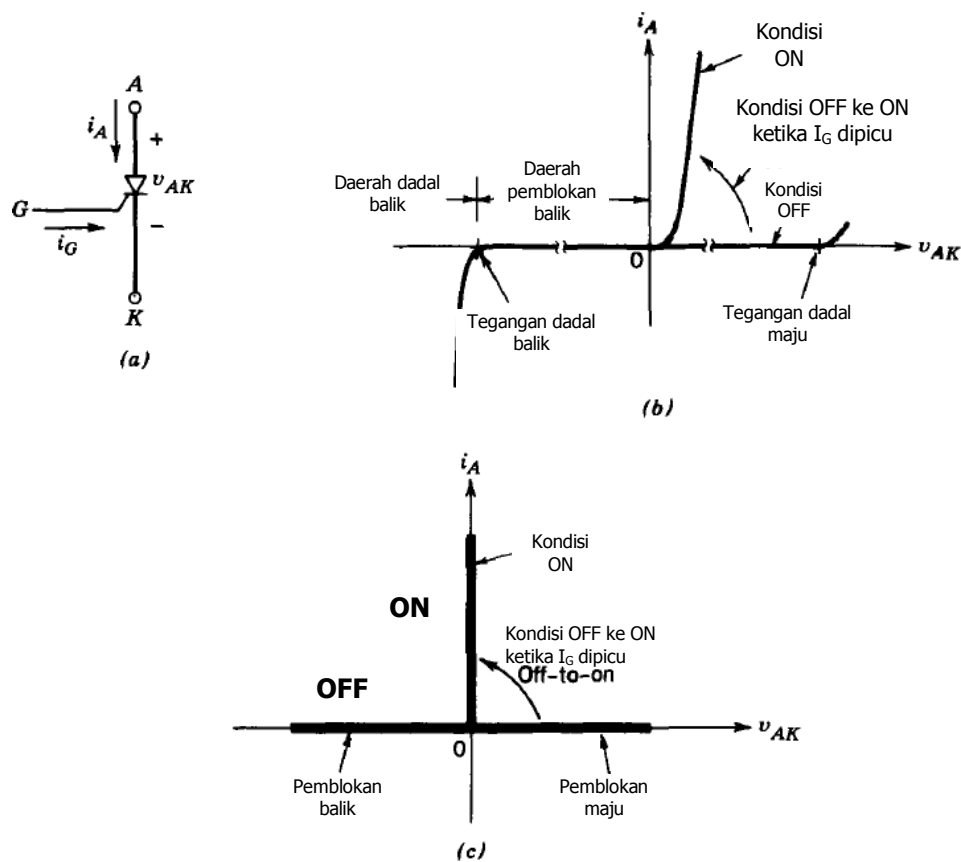


## 2. Thyristor

Semikonduktor daya yang termasuk dalam keluarga thyristor ini, antara lain : SCR (silicon-controlled rectifier), GTO (gate turn-off thyristor), dan TRIAC. SCR banyak digunakan dalam rangkaian elektronika daya. SCR memiliki tiga terminal, yaitu anoda, katoda, dan gate. SCR dapat digunakan dengan sumber masukan dalam bentuk tegangan bolak-balik (AC) maupun tegangan searah (DC). SCR dalam rangkaian elektronika daya dioperasikan sebagai sakelar. Gambar 1.2 (a), (b), dan (c) masing-masing ditunjukkan simbol SCR, karakteristik SCR, karakteristik ideal SCR jika dioperasikan sebagai sakelar.

Jika sumber tegangan masukan yang digunakan tegangan searah, SCR akan konduksi (ON) jika potensial pada anoda lebih positif daripada potensial pada katoda dan pada terminal gate dialirkan arus pulsa positif. Kondisi ON SCR ini ditentukan oleh besar arus pulsa positif pada gate. Tetapi, SCR akan terus ON meskipun arus pulsa pada gate diputus. SCR akan putus (OFF) dengan cara membuat potensial pada anoda sama dengan katoda. Proses pengaliran arus listrik pada terminal gate ini disebut penyulutan/ pemicu (triggering), sedangkan proses pemutusan (OFF) dari kondisi ON ini disebut komutasi (commutation).

Selanjutnya, jika sumber tegangan masukan yang digunakan tegangan bolak-balik, SCR akan ON ketika tegangan bolak-balik pada polaritas positif dan akan OFF pada polaritas negatif, tetapi pada terminal gate harus selalu dialirkan arus pulsa positif. Berbeda dengan karakteristik sebelumnya, SCR akan OFF ketika arus pulsa pada gate diputus. Hal ini berarti, arus pulsa pada gate harus selalu dihubungkan dengan terminal gate agar rangkaian dapat bekerja sebagaimana yang diharapkan.



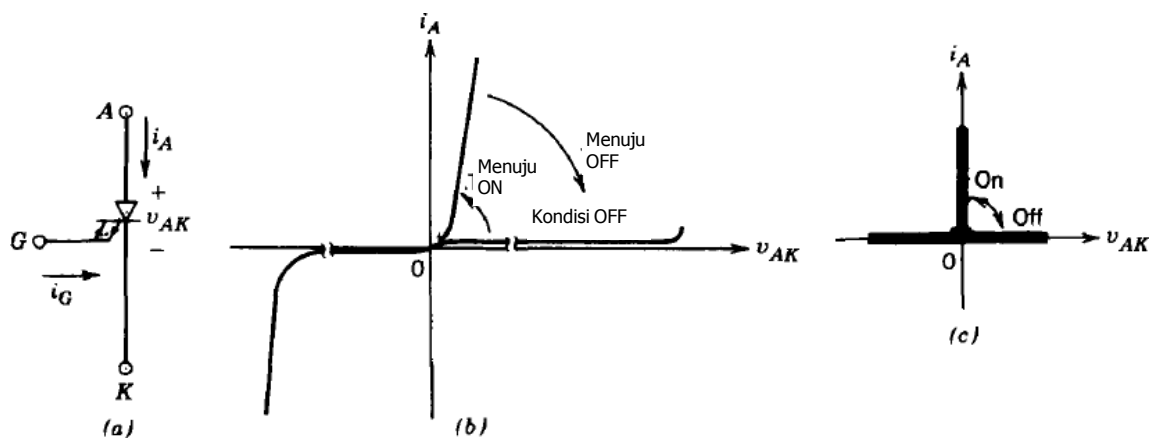
Gambar 1.2 SCR: (a) simbol SCR, (b) karakteristik SCR, (c) karakteristik ideal SCR sebagai sakelar

Jika SCR dalam kondisi ideal, ketika SCR dalam kondisi ON memiliki karakteristik tegangan pada SCR sama dengan nol dan arus yang mengalir sama dengan arus bebannya. Sebaliknya, SCR dalam kondisi OFF memiliki karakteristik tegangan pada SCR sama dengan tegangan sumbernya dan arus yang mengalir sama dengan nol. Dalam kondisi SCR ON dan OFF ini dapat dinyatakan tidak terjadi kerugian daya pada SCR.

### 3. Gate Turn-off (GTO) Thyristor

GTO merupakan komponen elektronika daya yang memiliki tiga terminal, yaitu: anoda, katoda, dan gerbang (gate). Semikonduktor daya ini termasuk dalam keluarga thyristor. Dalam rangkaian

elektronika daya, GTO dioperasikan sebagai sakelar. Gambar 1.3 (a), (b), dan (c) masing-masing ditunjukkan simbol GTO, karakteristik GTO, karakteristik ideal GTO jika dioperasikan sebagai sakelar. Seperti SCR, GTO akan konduksi (ON) jika potensial pada anoda lebih positif daripada potensial pada katoda dan pada terminal gerbang dialirkan pulsa arus positif dan akan terus ON. GTO akan OFF jika terminal gerbang dan katoda diberi tegangan yang lebih negatif atau dialiri pulsa arus negatif.

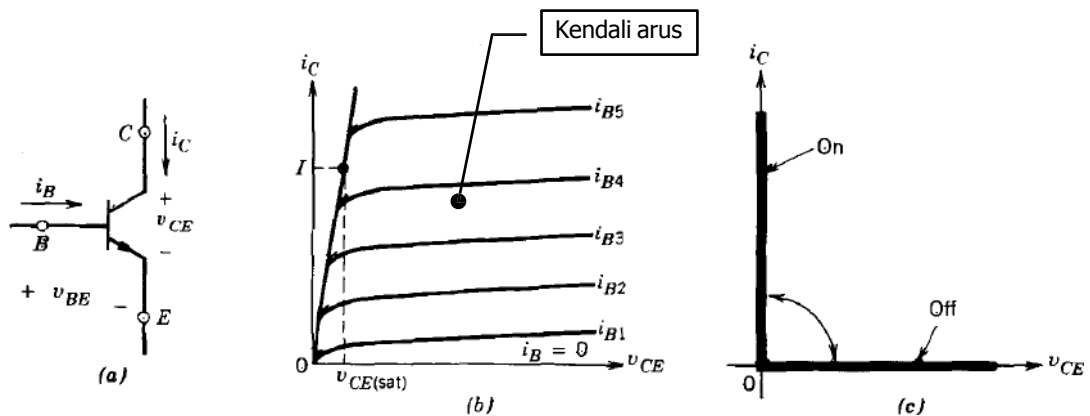


Gambar 1.3 GTO: (a) simbol GTO, (b) karakteristik GTO, (c) karakteristik ideal SCR sebagai sakelar

#### 4. Transistor

Transistor merupakan komponen elektronika daya yang memiliki tiga terminal, yaitu: basis, emitor, dan kolektor. Dalam rangkaian elektronika daya, transistor umumnya dioperasikan sebagai sakelar dengan konfigurasi emitor-bersama. Transistor bekerja atas dasar prinsip kendali-arus (current driven). Gambar 1.4 (a), (b), dan (c) masing-masing ditunjukkan simbol transistor, karakteristik transistor, dan karakteristik ideal transistor sebagai sakelar. Transistor dengan jenis NPN akan ON jika pada terminal kolektor-emitor diberi panjar

(bias) dan pada basis memiliki potensial lebih positif daripada emitor dan memiliki arus basis yang mampu mengendalikan transistor pada daerah jenuh. Sebaliknya, transistor akan OFF jika arus basis dikurangi hingga pada kolektor tidak dapat mengalirkan arus listrik.



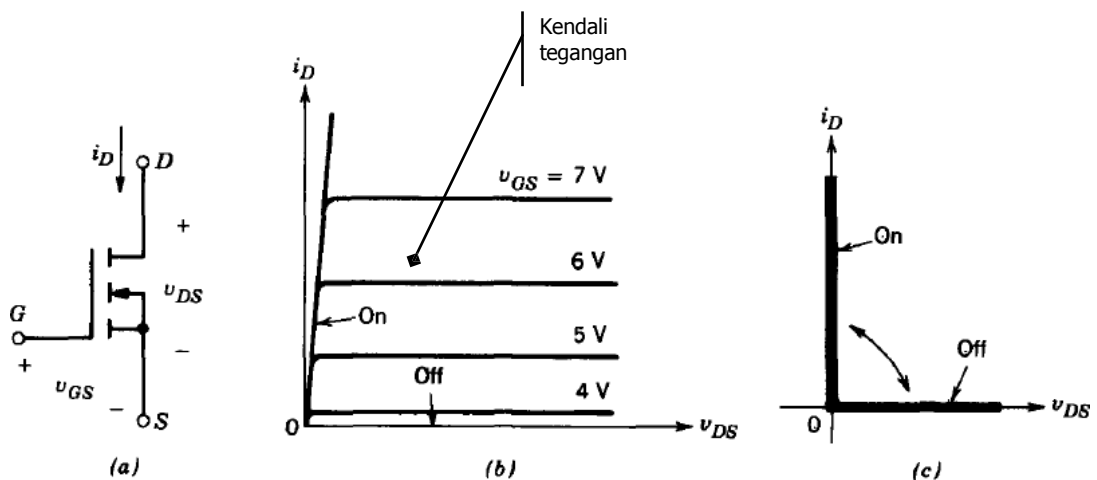
Gambar 1.4 Transistor: (a) simbol transistor, (b) karakteristik transistor, (c) karakteristik ideal transistor sebagai sakelar

Jika transistor dalam kondisi ideal, ketika transistor dalam kondisi ON memiliki karakteristik tegangan pada terminal emitor dan kolektor ( $V_{CE}$ ) sama dengan nol dan arus yang mengalir sama dengan arus bebannya. Sebaliknya, ketika transistor dalam kondisi OFF memiliki karakteristik tegangan pada transistor sama dengan tegangan sumbernya ( $V_{CC}$ ) dan arus yang mengalir sama dengan nol. Dalam kondisi transistor ON dan OFF ini dapat dinyatakan tidak terjadi kerugian daya pada transistor sebagai sakelar.

## 5. MOSFET

MOSFET merupakan komponen semikonduktor daya yang memiliki tiga terminal, yaitu: gerbang, sumber (source), dan pengalir (drain). MOSFET bekerja atas dasar prinsip kendali-tegangan (voltage-driven). Gambar 1.5 (a), (b), dan (c) masing-masing ditunjukkan simbol

MOSFET, karakteristik MOSFET, dan karakteristik ideal MOSFET sebagai sakelar. Rangkaian pengaturan ON dan OFF dengan piranti MOSFET lebih mudah dibandingkan piranti transistor. Jika pada terminal gerbang-sumber dicatu tegangan yang cukup besar maka piranti akan ON, sehingga menghasilkan tegangan yang kecil antara terminal pengalir-sumber. Dalam kondisi ON, perubahan tegangan pada terminal pengalir-sumber berbanding lurus dengan arus pada terminal pengalirnya. Jadi, terminal pengalir-sumber memiliki resistansi sangat kecil pada saat kondisi ON.

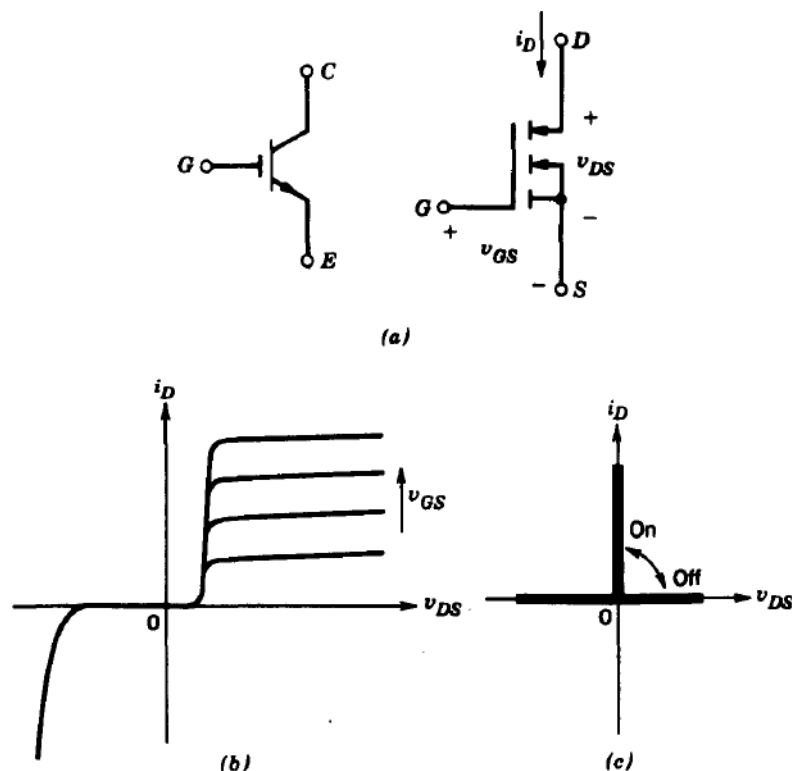


Gambar 1.5 MOSFET: (a) simbol MOSFET, (b) karakteristik MOSFET, (c) karakteristik ideal MOSFET sebagai sakelar

Jika MOSFET dalam kondisi ideal, ketika MOSFET dalam kondisi ON memiliki karakteristik tegangan pada terminal pengalir dan sumber ( $V_{DS}$ ) sama dengan nol dan arus yang mengalir sama dengan arus bebannya. Sebaliknya, ketika MOSFET dalam kondisi OFF memiliki karakteristik tegangan pada MOSFET sama dengan tegangan sumbernya ( $V_{DD}$ ) dan arus yang mengalir sama dengan nol. Dalam kondisi MOSFET ON dan OFF ini dapat dinyatakan tidak terjadi kerugian daya pada MOSFET sebagai sakelar.

## 6. Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)

IGBT merupakan komponen elektronika daya yang memiliki karakteristik gabungan antara MOSFET, transistor, dan GTO. Seperti MOSFET, IGBT memiliki impedansi gerbang yang tinggi sehingga hanya memerlukan arus yang kecil untuk mengaktifkannya. Serupa dengan transistor, IGBT memiliki tegangan kondisi-ON yang kecil meskipun komponen ini mempunyai rating tegangan yang besar dan mampu memblokir tegangan negatif seperti halnya GTO. Gambar 1.6 (a), (b), dan (c) masing-masing ditunjukkan simbol IGBT, karakteristik IGBT, dan karakteristik ideal IGBT sebagai sakelar. Seperti halnya semikonduktor daya di muka, IGBT dalam kondisi ON dan OFF tidak terjadi kerugian daya pada IGBT sebagai sakelar.

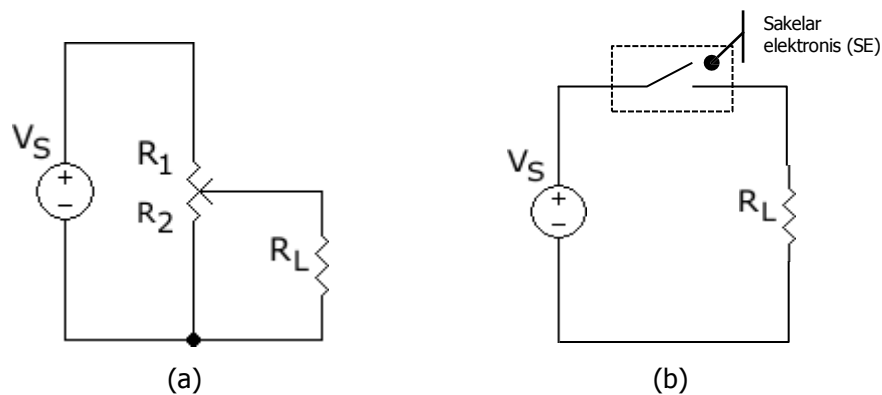


Gambar 1.6 IGBT: (a) simbol IGBT, (b) karakteristik IGBT, (c) karakteristik ideal IGBT sebagai sakelar

### C. PRINSIP DASAR RANGKAIAN ELEKTRONIKA DAYA

Pengaturan daya listrik dapat dilakukan dengan cara melakukan konversi bentuk gelombang besaran tertentu menjadi bentuk lain dengan menggunakan suatu rangkaian elektronika dengan prinsip kerja yang memanfaatkan karakteristik pensakelaran dari piranti semikonduktor daya sebagai diuraikan di muka. Esensi dasar rangkaian elektronika daya dapat dijelaskan melalui Gambar 1.7 (a) dan (b). Gambar 1.7 (a) merupakan pengaturan sumber tegangan  $V_S$  menjadi sumber tegangan luaran ( $V_{RL}$ ) pada beban  $R_L$  yang nilainya ditentukan oleh pengaturan potensiometer, dimana nilai tegangan  $V_{RL}$  akan selalu lebih kecil atau maksimum sama dengan tegangan  $V_S$ . Pengaturan tegangan dengan menggunakan potensiometer ini, terdapat rugi daya pada

potensiometer sebesar  $I^2 (R_1 + R_2)$ . Dalam konsep rangkaian elektronika daya, rugi daya tersebut harus dihindari atau dirancang tidak ada rugi daya dalam rangkaian. Untuk keperluan tersebut, potensiometer diganti dengan prinsip pensakelaran elektronis (electronic switching). Prinsip pensakelaran elektronis merupakan dasar dari operasi suatu rangkaian elektronika daya seperti ditunjukkan pada Gambar 1.7 (b). Komponen semikonduktor daya sebagaimana dijelaskan di muka umumnya digunakan sebagai sakelar elektronis ini. Dari Gambar 1.7 (b) dapat dijelaskan bahwa saat sakelar elektronis (SE) kondisi ON dan OFF tidak terjadi rugi daya pada SE, karena saat ON tegangan pada SE sama dengan nol dan arus yang mengalir pada SE sama dengan arus pada beban  $R_L$ . Sebaliknya, saat OFF tegangan pada SE sama dengan sumber  $V_S$  tetapi arus yang mengalir pada SE sama dengan nol sehingga rugi daya sama dengan nol.

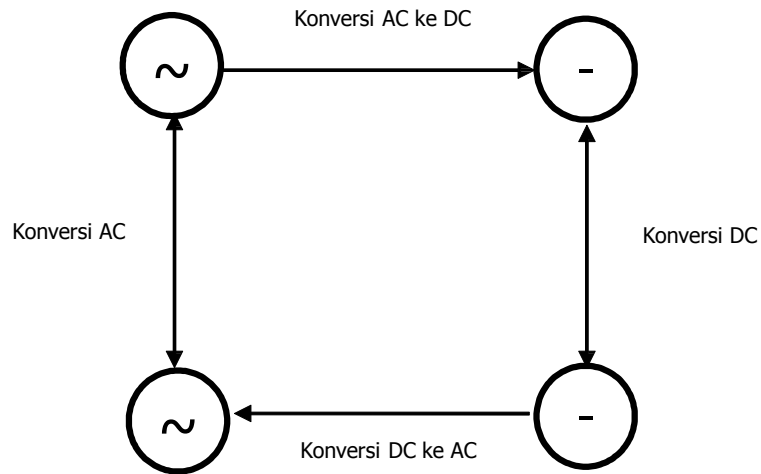


Gambar 1.7 Prinsip Dasar Rangkaian Elektronika Daya

Berbagai konversi daya dapat dilakukan dengan rangkaian elektronika daya. Fungsi dasar dari konversi daya listrik dengan piranti semikonduktor daya dapat ditunjukkan dengan Gambar 1.8. Dengan acuan konversi daya tersebut, rangkaian elektronika daya dapat diklasifikasikan dalam lima jenis, yaitu :

1. Penyearah tak-terkendali, yakni suatu rangkaian yang mengubah tegangan arus bolak-balik (AC) menjadi tegangan arus searah (DC) tetap/ diatur.
2. Penyearah terkendali (konverter AC-DC), yakni suatu rangkaian yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC yang dapat dikendalikan/ diatur.
3. Pengatur tegangan arus bolak-balik (konverter AC-AC), yakni suatu rangkaian yang dapat mengubah tegangan AC tetap menjadi tegangan AC yang dapat dikendalikan/ diatur.
4. Pemangkas arus searah (chopper DC), yakni suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan DC yang dapat dikendalikan/diatur.
5. Inverter (konverter DC-AC), yakni suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC yang dapat dikendalikan/diatur.





Gambar 1.8 Bentuk Konversi Daya Listrik dengan Piranti Semikonduktor Daya

#### D. PERTANYAAN

1. Apakah elektronika daya itu ?
2. Jelaskan prinsip kerja dioda, SCR, transistor, MOSFET sebagai sakelar !
3. Jelaskan perbedaan karakteristik penyulutan pada SCR dan transistor !
4. Jelaskan perbedaan karakteristik penyulutan pada transistor dan MOSFET !
5. Jelaskan prinsip kerja rangkaian pemangkas arus searah !



# Elektronika Analog - 2 sks

Kode Matakuliah : 224002

**Pokok Bahasan : Tugas-tugas**

Dosen Pengajar : Ariman ST MT

[ariman@istn.ac.id](mailto:ariman@istn.ac.id)

[ariman245@gmail.com](mailto:ariman245@gmail.com)

WhatsApp : 081298193318

# Feed back

1. Carilah rangkaian hubungan umpan balik serie tegangan
2. Carilah rangkaian hubungan umpan balik paralel tegangan
3. Carilah rangkaian hubungan umpan balik serie arus
4. Carilah rangkaian hubungan umpan balik pararel arus

Lengkapi dengan gambar rangkaian transistor dan komponennya

# Oscillator

1. Gambarkan rangkaian oscillator Colpitts buat analisa oscillator yang dihasilkan.
2. Gambarkan rangkaian Hartley buat analisa dari hasil sinyal yang dihasilkan.
3. Gambarkan rangkaian oscillator X'tal , buat analisa rangkaiannya dan sinyal yang dihasilkan.

# Filter

1. Analisa Band Pass Filter lengkapi dengan gambar rangkaian dan uraian rumusnya
2. Analisa Band Stop Filter dengan gambar rangkaian dan uraian rumusnya
3. Analisa High Pass Filter dengan gambar rangkaian dan uraian rumusnya
4. Analisa Low Pass Filter dengan gambar rangkaian dan uraian rumusnya

Terimakasih



# Elektronika II - 2 sks

Kode Matakuliah : 432001

**Pokok Bahasan : UAS**

Dosen Pengajar : Ariman ST MT

[ariman@istn.ac.id](mailto:ariman@istn.ac.id)

[ydouhy@yahoo.co.id](mailto:ydouhy@yahoo.co.id)

WhatsApp : 081298193318

Terimakasih