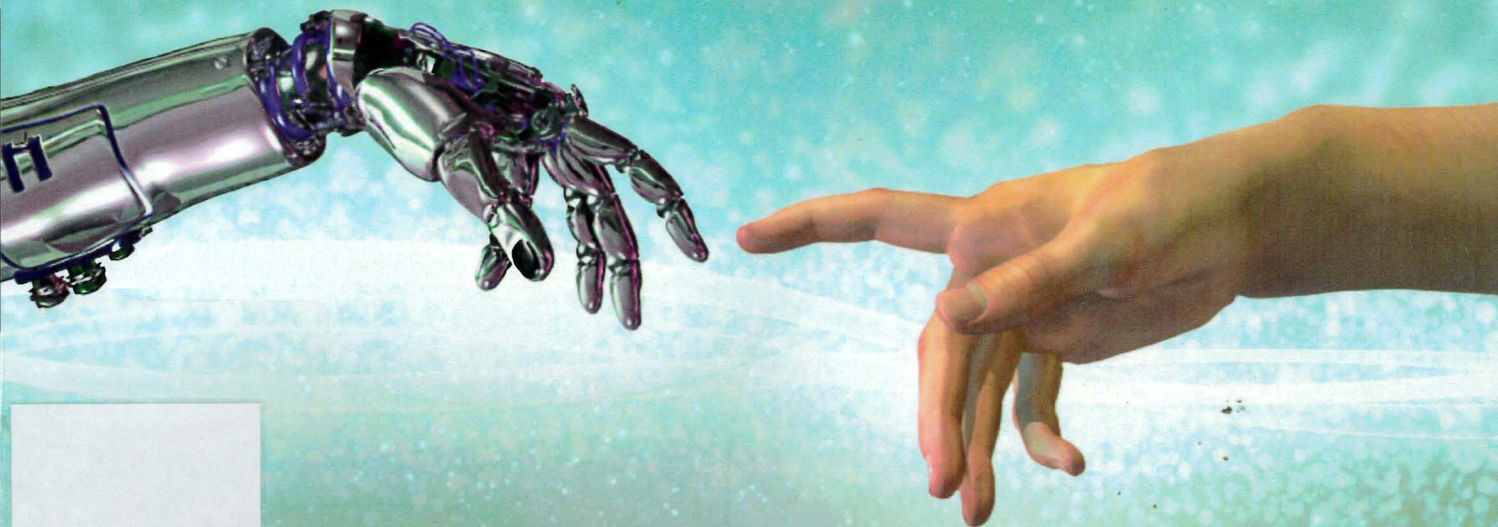


PERANTI ELEKTRONIK



TK
7867
.Z35

ZAINAB MUSRI

PENSYARAH KANAN
JABATAN KEJURUTERAAN ELEKTRIK
POLITEKNIK PORT DICKSON

TK7867 .Z35



0000027826
Zainab Musri, 1965-
Peranti elektronik / Zainab Musri.

00027826

Diterbitkan oleh:
Jabatan Kejuruteraan Elektrik,
Politeknik Port Dickson.
<http://www.polipd.edu.my>

Perpustakaan Negara Malaysia

Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

Zainab Musri, 1965-

PERANTI ELEKTRONIK / ZAINAB MUSRI

Includes index

Bibliography: page

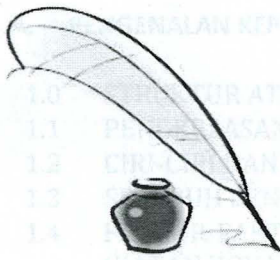
ISBN 978-967-5677-47-2

1. Semiconductor. I. Politeknik Port Dickson, Jabatan Kejuruteraan Elektrik

II. Judul.

621.38152

PERPUSTAKAAN POLITEKNIK PORT DICKSON	
PESANAN KERAJAAN	
NO. INVOIS	
PEMBEKAL	SINERACAP JCE
NO. PANGGILAN	TC 7867.225 ?



TINTA BICARA

Peranti Elektronik (Jilid 1) ditulis bertujuan untuk dijadikan bahan rujukan kepada pelajar-pelajar politeknik, khususnya pelajar Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Politeknik Port Dickson yang mengambil kursus DEE 2023 - *Semiconductor Devices*. Kandungannya merangkumi tentang penghasilan bahan jenis N dan P, Diod dan juga Transistor. Diakhir setiap topik disertakan dengan Latihan Pengukuhan bertujuan untuk membantu pelajar agar dapat membuat latihan mengenai sesuatu topik dan seterusnya membiasakan diri dengan format soalan peperiksaan.

Buku ini disusun bersesuaian dengan silibus kursus DEE 2023-Semiconductor Devices dan telah dijelaskan secara mudah dan terperinci. Contoh-contoh pengiraan mudah juga turut dimuatkan di dalam buku ini.

In Sha Allah, Peranti Elektronik (Jilid II) akan menyusul dan menjurus kepada tajuk *Multistage Amplifier, Amplifier FET, MOSFET* dan Lain-lain Komponen Separuh Pengalir.

Semoga dengan adanya buku Peranti Elektronik (Jilid 1) ini sedikit sebanyak dapat dimanfaatkan oleh pelajar dalam menimba ilmu dalam bidang elektronik. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Tunku Suraya Tunku Zamil selaku pereka grafik dan Noor Hafizah Abd Hadi selaku editor sehingga terhasilnya buku ini.

ISI KANDUNGAN

A. PENGENALAN KEPADA SEPARUH PENGALIR

1.0	STRUKTUR ATOM	1
1.1	PENKELASAN BAHAN/ELEMEN	2
1.2	CIRI-CIRI DAN SIFAT ELEKTRIK SESUATU BAHAN/ ELEMEN	3
1.3	SEPABUH PENGALIR	3
1.4	FAKTOR-FAKTOR YANG MENYEBABKAN ELEKTRON TERBEBAS DARI IKATAN KOVALEN	4
1.5	JENIS-JENIS SEPABUH PENGALIR	5
1.5.1	Separuh Pengalir Intrinsik	
1.5.2	Separuh Pengalir Ekstrinsik	
1.6	PROSES PENGEDOPAN	5
1.6.1	Bendasing Penderma	
1.6.2	Bendasing Penerima	
1.7	LATIHAN PENGUKUHAN	8

B. SIMPANG P-N DAN PEMBINAAN DIOD

2.0	SIMPANG P-N	9
2.1	VOLTAN PINCANG	9
2.1.1	Pincang Hadapan (Forward Biased)	
2.1.2	Pincang Songsang (Reversed Biased)	
2.2	ARUS BOCOR (LEAKAGE CURRENT)	11
2.3	DIOD SEBAGAI KOMPONEN SEPABUH PENGALIR	11
2.3.1	Binaan Dan Simbol Skematik Diod	
2.3.2	Kendalian Diod	
2.3.3	Lengkak Ciri I-V Bagi Diod Silikon	
2.3.4	Konsep Diod Unggul	
2.3.5	Pengiraan	
2.4	APLIKASI DIOD	16
2.4.1	Penerus (Rectifier)	
2.4.1.1	Penerus Separuh Gelombang (Half-Wave Rectifier)	
2.4.1.2	Penerus Gelombang Penuh (Full-Wave Rectifier)	
2.4.1.3	Penerus Tetimbang (Bridge Rectifier)	
2.4.2	Diod Sebagai Penghad / Pemangkas (Clipper)	
2.4.2.1	Penghad Siri Positif (Positive Series Clipper)	
2.4.2.2	Penghad Siri Negatif (Negative Series Clipper)	
2.4.2.3	Penghad Selari Positif (Positive Parallel Clipper)	
2.4.2.4	Penghad Selari Negatif (Positive Parallel Clipper)	
2.4.3	Diod Sebagai Clamper	
2.4.3.1	Positif Clamper	
2.4.3.2	Negatif Clamper	
2.5	DIOD ZENER	23
2.5.1	Diod Zener Sebagai Pengatur Voltan	
2.5.2	Aplikasi Diod Zener	
2.6	LIGHT EMITTING DIODE (LED)	31
2.7	PHOTODIODE	32
2.8	DIOD LASER	33
2.9	LATIHAN PENGUKUHAN	34

C. TRANSISTOR

3.0	BINAAN TRANSISTOR	35
3.1	FUNGSI SETIAP TERMINAL TRANSISTOR	36
3.2	VOLTAN PINCANG BAGI TRANSISTOR	36
3.3	AKSI TRANSISTOR	37
3.4	KONFIGURASI TRANSISTOR	38
3.4.1	Common Base	39
3.4.1.1	Lengkuk Ciri I-V Bagi Transistor Common Base	
3.4.1.2	Kiraan Mudah Untuk Konfigurasi Transistor Common Base	
3.4.1.3	Gandaan Arus Dan Faktor α	
3.4.1.4	Common Base Amplifier	
3.4.2	Common Emitter	45
3.4.2.1	Lengkuk Ciri Iv Bagi Transistor Common Emitter	
3.4.2.2	Kiraan -Kiraan Mudah Untuk Tatarajah Common Emitter	
3.4.2.3	Gandaan Arus Dan Faktor B	
3.4.2.4	Common Emitter Amplifier	
3.5	LITAR SETARA TRANSISTOR	51
3.5.1	Litar Setara At Dan Au Bagi Common Base Amplifier	
3.5.2	Litar Setara A.T Dan A.U Bagi Common Emitter Amplifier	
3.6	GARIS BEBAN AT (DC LOAD LINE)	59
3.6.1	Titik Operasi A.T.	
3.6.2	Takat Tepu (Saturation Point)	
3.6.3	Takat Potong /Takat alihan (Cut Off Point)	
3.7	GARIS BEBAN AU (AC LOAD LINE)	63
3.7.1	Kedudukan Titik Q Dan Kesannya Terhadap Voltan Keluaran	
3.8	KELAS - KELAS AMPLIFIER	67
3.8.1	Amplifier Kelas A	
3.8.2	Amplifier Kelas B	
3.8.3	Amplifier Kelas AB	
3.8.4	Amplifier Kelas C	
3.9	TEKNIK MEMINCANG TRANSISTOR	
3.9.1	Teknik Pincang Tetap (Fixed Bias)	
3.9.2	Teknik Pincang Tetap dengan Suapbalik Pengeluar	
3.9.3	Voltage Divider Bias	
3.9.4	Teknik Pincang Tetap dengan Suapbalik Pemungut	
3.10	LATIHAN PENGUKUHAN	78

TERMINOLOGI

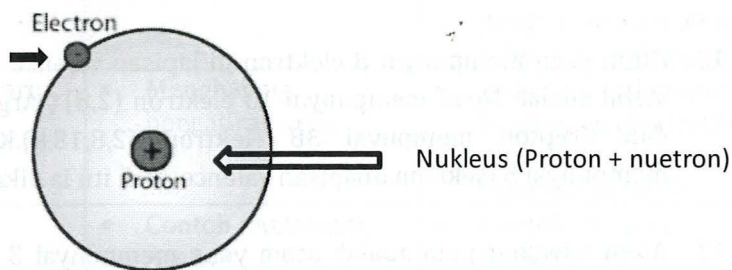
PERANTI ELEKTRONIK	ISTILAH BAHASA INGGERIS	PERANTI ELEKTRONIK	ISTILAH BAHASA INGGERIS
Alihan	Cut Off	Pemungut Sepunya	Common Collector
Anod	Anode	Pemungut	Collector
Arus Bocor	Leakage Current	Pemancar	Emitter
Arus Depan	Forward Current	Pengeluar Sepunya	Common Emitter
Arus Operasi	Quiescent Point	Pincang	Bias
Arus Terus AT	Direct Current (DC)	Pincang Depan	Forward Bias
Arus Ulangalik Ac	Alternating Current (AC)	Pincang Songsang	Reverse Bias
Bendasing	Impurity	Penerus	Rectifier
Bendasing Penderma	Donor Impurity	Penghad	Clipper
Bendasing Penerima	Acceptor Impurity	Penghad Selari Positif	Positive Parallel Clipper
Cantuman PN	PN Junction	Penghad Selari Negatif	Negative Parallel Clipper
Bilangan Atomik	Atomic Number	Penghad Siri Positif	Positive Series Clipper
Diod	Diode	Penghad Siri Negatif	Negative Series Clipper
Diod Unggul	Ideal Diode	Pincang Tetap	Fixed Bias
Ekstrinsik	Extrinsic	Pincang Pembahagi Voltan	Voltage Divider Bias
Intrinsik	Intrinsic	Pincang Tapak Dengan Suapbalik Pengeluar	Fixed Bias with Emitter Feedback
Electron Bebas	Free Electron	Pincang Tapak Dengan Suapbalik Pemungut	Fixed Bias with Collector Feedback
Electron Valens	Electron Valence	Serapan	Doping
Garis Beban	Load Line	Takat Alih/Potong	Cut Off Point
Herotan	Distortion	Takat Tepu	Saturation Point
Katod	Cathode	Tapak	Base
Kapasitor	Capacitor	Tapak Sepunya	Common Base
Kawasan Kesusutan	Depletion Region	Tatarajah	Configuration
Pembahagi Voltan	Voltage Divider	Tatarajah Pengeluar Sepunya	Common Emitter Amplifier
Penguat	Amplifier	Tatarajah Tapak Sepunya	Common Base Amplifier
Pembawa Arus Majoriti	Majority Current Carrier	Tatarajah Pemungut Sepunya	Common Collector Amplifier
Pembawa Arus Minoriti	Minority Current Carrier	Tepu	Saturated
Separuh Pengalir Jenis N	N Type Semiconductor	Titik Operasi	Quiescent Point
Separuh Pengalir Jenis P	P Type Semiconductor	Voltan Pecah Tebat	Breakdown Voltage
Penerus Separuh Gelombang	Half wave Rectifier	Voltan Sawar	Knee Voltage
Penerus Gelombang Penuh	Full wave Rectifier	Voltan Pincang	Bias Voltage
Pengatur Voltan	Voltage Regulator		

PERANTI ELEKTRONIK	ISTILAH BAHASA INGGRIS	PERANTI ELEKTRONIK
Aliran	Cat Or	Aliran
Anoda	Anode	Anoda
Arus Bocor	Leakage Current	Arus Bocor
Arus Depan	Forward Current	Arus Depan
Arus Operasi	Quiescent Point	Arus Operasi
Arus Terus AT	Direct Current (DC)	Arus Terus AT
Arus Utangalik AT	Alternating Current (AC)	Arus Utangalik AT
Berdasar	Impurity	Berdasar
Berdasar	Donor Impurity	Berdasar
Berdasar	Acceptor Impurity	Berdasar
Berdasar	PN Junction	Berdasar
Bilangan Atomik	Atomic Number	Bilangan Atomik
Diod	Diode	Diod
Diod Bagal	Ideal Diode	Diod Bagal
Ekstrinsik	Extrinsic	Ekstrinsik
Intrinsik	Intrinsic	Intrinsik
Elektron Bebas	Free Electron	Elektron Bebas
Elektron Valensi	Valence Electron	Elektron Valensi
Gain Badan	Load Line	Gain Badan
Distorsi	Distortion	Distorsi
Katoda	Cathode	Katoda
Kapasitor	Capacitor	Kapasitor
Kawasan Kesatuan	Integration Region	Kawasan Kesatuan
Kapasitor Voltage Divider	Voltage Divider	Kapasitor Voltage Divider
Penguat	Amplifier	Penguat
Penguat Arus	Majority Current	Penguat Arus
Penguat Arus	Carrier	Penguat Arus
Penguat Arus	Minority Current	Penguat Arus
Penguat	Cut-off	Penguat
Separasi Penguat	N Type	Separasi Penguat
Leak N	Semiconductor	Leak N
Separasi Penguat	P Type Semiconductor	Separasi Penguat
Leak P	Breakdown Voltage	Leak P
Penerus Separasi	Half wave Rectifier	Penerus Separasi
Colombar	Full wave Rectifier	Colombar
Penerus Colombar	Full wave Rectifier	Penerus Colombar
Penerus	Voltage Regulator	Penerus

A. PENGENALAN KEPADA SEPARUH PENGALIR

1.0 STRUKTUR ATOM

1. Menurut kepada teori atom sesuatu benda, atom terdiri daripada nukleus dan elektron. Nukleus terletak di tengah-tengah sesuatu atom dan terdiri daripada 2 partikel iaitu proton dan neutron.
2. Proton mempunyai cas positif sementara neutron tidak mempunyai sebarang cas (neutral). Elektron merupakan partikel yang halus yang mengelilingi nukleus melalui orbit atau lapisan. Elektron mempunyai cas negatif dan jisimnya adalah lebihkurang $1/1840$ daripada jisim proton.
3. Bahagian tengah sesuatu atom disebut sebagai nukleus. Ia terdiri daripada gabungan proton dan neutron. Oleh kerana itu, cas keseluruhan nukleus adalah positif.
4. Rajah 1.0 di bawah menunjukkan struktur atom mudah iaitu atom Hidrogen yang mempunyai satu elektron dan satu proton.

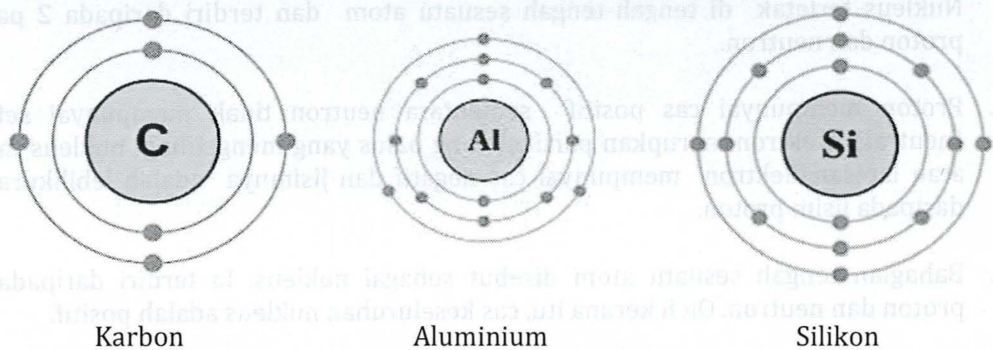


Rajah 1.0: Struktur atom Hidrogen

5. Apabila sesuatu atom itu mempunyai bilangan proton yang sama banyak dengan bilangan elektron, maka atom itu dipanggil atom **NEUTRAL** atau **SEIMBANG**.
6. Bilangan atomik sesuatu atom adalah merujuk kepada bilangan proton yang terdapat didalamnya. Contohnya atom hidrogen mempunyai bilangan atomik 1 kerana terdapat hanya satu proton sahaja.
7. Setiap elektron mempunyai orbit yang tersendiri. Dalam atom, terdapat 7 lapisan orbit iaitu lapisan K, L, M, N, O, P dan Q
8. Bilangan elektron pada setiap lapisan diberi oleh formula seperti berikut :-
 $2, 8, \dots, 2n^2$
Di mana, n = no. lapisan iaitu K ($n=1$)
L ($n=2$)
M ($n=3$) dan seterusnya.
9. Walaubagaimanapun bilangan elektron pada setiap lapisan adalah mengikut peraturan di bawah :-
 - a) Bilangan maksima elektron pada mana-mana lapisan (orbit) tidak melebihi 32
 - b) Bilangan maksima elektron dalam lapisan (orbit) paling luar sekali tidak boleh melebihi 8.
 - c) Bilangan maksima elektron dalam lapisan kedua terakhir tidak melebihi 18 elektron.

10. Lapisan yang paling luar sekali di dalam struktur atom dikenali sebagai lapisan valence dan elektron yang terletak di lapisan ini dinamakan elektron valence.

11. Rajah 1.1 di bawah menunjukkan struktur atom beberapa elemen :-



Rajah 1.1: Contoh Struktur Atom Sesuatu Elemen

12. Atom yang mempunyai 8 elektron di lapisan valence dipanggil atom stabil. Contoh atom stabil adalah Neon mempunyai 10 elektron (2,8), Argon mempunyai 18 elektron (2,8,8) dan Krypton mempunyai 36 elektron (2,8,18,8). Kesemua atom yang dinyatakan mempunyai 8 elektron di lapisan valence, oleh itu ia dikatakan sebagai atom stabil.
13. Atom trivalent pula adalah atom yang mempunyai 3 elektron valence. Antaranya ialah Gallium mempunyai 31 elektron (2,8,18,3), aluminium mempunyai 13 elektron (2,8,3), Indium mempunyai 49 elektron (2,8,18,3,18).
14. Atom tetravalent adalah atom yang mempunyai 4 elektron valence. Contoh atom jenis ini adalah silikon dan germanium. Germanium mempunyai 32 elektron (2,8,18,4) dan silikon mempunyai 14 elektron (2,8,4).
15. Atom pentavalent pula mempunyai 5 elektron valence. Antaranya ialah antimoni mempunyai 51 elektron (2,8,18,8,5) dan arsenik mempunyai 33 elektron (2,8,18,3), dan Indium mempunyai 49 elektron (2,8,18,3,18).

1.1 PENGKELASAN BAHAN/ELEMEN

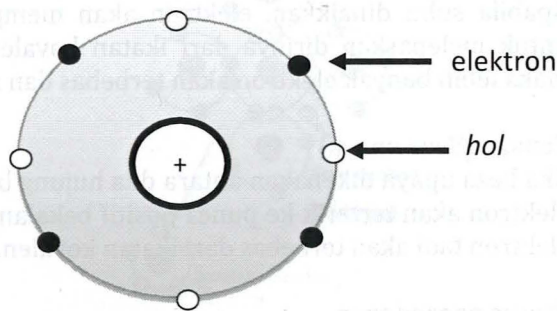
1. Jumlah elektron valence dalam sesuatu atom akan menentukan sifat elektrik sesuatu elemen atau bahan. Dalam bidang kejuruteraan elektronik, elemen boleh dikelaskan kepada 3 iaitu:-
- Pengalir (conductor)
 - Penebat (insulator)
 - Separuh Pengalir (semiconductor)

1.2 CIRI-CIRI DAN SIFAT ELEKTRIK SESUATU BAHAN/ ELEMEN

Pengalir (<i>Conductor</i>)	Penebat (<i>Insulator</i>)	Separuh Pengalir (<i>Semiconductor</i>)
Mempunyai 1 hingga 3 elektron valence	Mempunyai 5 hingga 8 elektron valence	Mempunyai 4 elektron valence
Atomnya lebih cenderung untuk melepaskan elektron valence untuk menjadi elektron bebas.	Atomnya lebih cenderung untuk memerangkap elektron bebas untuk memenuhi lapisan valence.	
Mempunyai kerintangan yang rendah.	Mempunyai kerintangan yang tinggi.	Sifat elektriknyanya berada diantara pengalir dan penebat iaitu boleh mengalirkan arus tetapi tidak semudah pengalir dan dapat menghalang pengaliran arus tetapi tidak semudah penebat.
Mudah mengalirkan arus.	Menghalang pengaliran arus.	Kebanyakan komponen-komponen elektronik diperbuat dari bahan separuh pengalir
Contoh: Gallium, Aluminium, Indium	Contoh : Antimoni, Arsenic	Contoh : Silicon, Germanium

1.3 SEPARUH PENGALIR

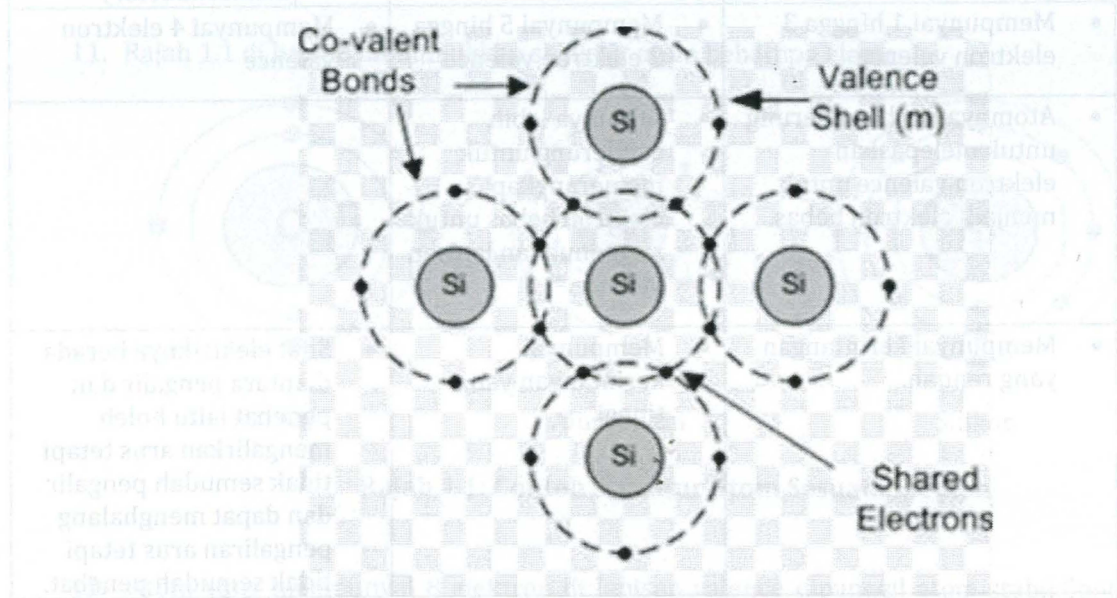
1. Separuh pengalir adalah bahan yang mempunyai 4 elektron valence. Bagi mencapai keadaan stabil, setiap atom separuh pengalir mesti mempunyai 8 elektron valence. Oleh itu, setiap atom separuh pengalir masih mempunyai 4 tempat kosong pada lapisan valence yang boleh diisi dengan elektron. Tempat kosong itu dipanggil ruang atau *hol*



RAJAH 1.2: Susunan struktur atom Separuh Pengalir

2. *Hol* mempunyai kecenderungan untuk menarik elektron bebas yang berhampiran dengannya. Dengan itu *hol* ini boleh disifatkan sebagai mempunyai cas-cas positif.
3. Untuk mencapai keadaan yang stabil iaitu mempunyai 8 elektron valence, setiap atom separuh pengalir akan berkongsi elektron valence dengan 4 atom separuh pengalir yang berhampiran. Perkongsian elektron valence antara atom ini akan membentuk satu ikatan yang dinamakan **IKATAN KOVALEN**.

4. Ikatan kovalen ditakrifkan sebagai perkongsian elektron valence suatu atom dengan elektron valence atom jirannya. Rajah 1.3, di bawah, menunjukkan ikatan kovalen yang terhasil antara atom-atom silikon.



RAJAH 1.3: Ikatan kovalen hablur silikon

1.4 FAKTOR-FAKTOR YANG MENYEBABKAN ELEKTRON TERBEBAS DARI IKATAN KOVALEN

1. Pada suhu yang rendah, keteguhan ikatan kovalen adalah yang terbaik dimana elektron terikat kuat antara satu sama lain. Walaubagaimanapun, terdapat beberapa faktor yang akan menyebabkan elektron terbebas dari ikatan kovalen:-

2. Faktor tersebut ialah :-

- a) Haba (kenaikan suhu)

Apabila suhu dinaikkan, elektron akan mempunyai tenaga yang mencukupi untuk melepaskan dirinya dari ikatan kovalen. Lebih tinggi suhu dinaikkan, maka lebih banyak elektron akan terbebas dan menjadi elektron bebas.

- b) Tenaga (Beza upaya)

Jika beza upaya dikenakan antara dua hujung bahan separuh pengalir elektron-elektron akan tertarik ke punca positif bekalan dan dengan tenaga yang cukup, elektron tadi akan terbebas dari ikatan kovalen.

- c) Proses pengedopan

Percampuran bahan separuh pengalir dengan bendasing (ekstrinsik) juga akan menyebabkan elektron terbebas dari ikatan kovalen.

1.5 JENIS-JENIS SEPARUH PENGALIR

Separuh pengalir terbahagi kepada dua jenis iaitu:-

- Separuh Pengalir Intrinsik
- Separuh Pengalir Ekstrinsik

1.5.1 Separuh Pengalir Intrinsik

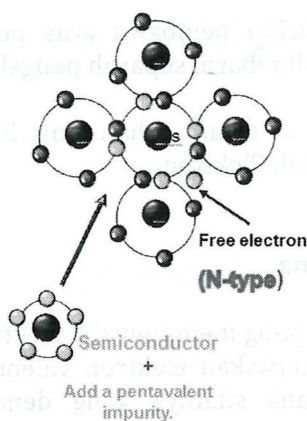
- Separuh pengalir Intrinsik adalah separuh pengalir yang tulen yang tidak mengandungi sebarang atom bendasing di dalamnya dan belum mengalami sebarang proses. Ia tidak mempunyai sebarang keistimewaan.
- Contoh separuh pengalir Intrinsik adalah germanium dan silikon.

1.5.2 Separuh pengalir Ekstrinsik

- Separuh pengalir ekstrinsik adalah separuh pengalir intrinsik yang telah bercampur dengan bendasing melalui proses pengedopan (*doping*). Ia lebih berfaedah dan kebanyakan komponen-komponen elektronik diperbuat dari separuh pengalir jenis ini.
- Contoh separuh pengalir Ekstrinsik adalah bahan jenis N dan bahan jenis P

1.6 PROSES PENGEDOPAN

- Doping* adalah proses untuk memperbanyakkan bilangan pembawa arus samada elektron bebas ataupun *hol* dalam bahan separuh pengalir tulen. Ini dapat dilakukan dengan cara mencampurkan atom bendasing (pentavalen atau trivalent) kepada bahan separuh pengalir tulen seperti silikon dan germanium.
- Penghasilan Bahan jenis N dapat dilakukan seperti di bawah.

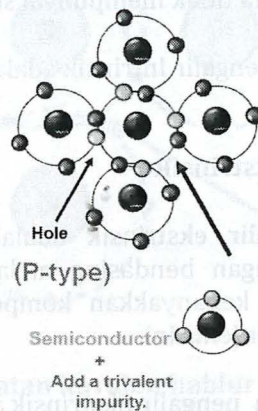


Rajah 1.4: Penghasilan Separuh Pengalir (*semiconductor*) jenis N

- Separuh pengalir tulen contohnya silikon, didop dengan bendasing (ekstrinsik) seperti Arsenik.
- Empat daripada lima elektron valence atom Arsenik akan membentuk ikatan kovalen dengan atom silikon dan satu elektron valence atom Arsenik tidak mempunyai pasangan

dan akan terbebas dari orbit lalu menjadi elektron bebas. Elektron bebas ini merupakan pembawa arus negatif (negative charge).

5. Oleh kerana terdapat lebih pembawa arus negatif (negative charge) di dalam bahan ini, maka ia dipanggil separuh pengalir jenis *N*.
6. Pembawa arus majoriti di dalam bahan jenis *N* adalah elektron dan pembawa arus minoriti dalam bahan jenis *N* adalah hol.
7. Penghasilan Bahan jenis *P* dapat dilakukan seperti di bawah.



Rajah 1.5: Penghasilan Separuh Pengalir Jenis P

8. Untuk menghasilkan separuh pengalir jenis *P*, separuh pengalir tulen (intrinsik) seperti silikon didopkan dengan bendasing (ekstrinsik) trivalent seperti Indium.
9. Tiga dari empat elektron valence atom silikon akan membentuk ikatan kovalen dengan atom Indium. Manakala satu lagi elektron valence atom silikon tidak mempunyai pasangan. Kekosongan ini menyebabkan terbentuknya hol dan ia merupakan pembawa arus positif (positive charge).
10. Oleh kerana terdapat lebih pembawa arus positif (positive charge) di dalam bahan tersebut, maka ia dikenali sebagai separuh pengalir jenis *P*.
11. Pembawa arus majoriti di dalam bahan jenis *P* adalah hol dan pembawa arus minoriti dalam bahan jenis *P* adalah Elektron

1.6.1 Bendasing Penderma

1. Pentavalen adalah atom yang mempunyai 5 elektron valence dan ia lebih cenderung untuk mendermakan atau melepaskan elektron valence dari orbitnya apabila berlaku proses pengedopan. Oleh kerana sifatnya yang demikian, maka ia dipanggil **BENDASING PENDERMA** (*Donor Impurities*).
2. Contoh **BENDASING PENDERMA** (*Donor Impurities*) adalah Arsenik, Antimoni dan lain-lain lagi.

1.6.2 Bendasing Penerima

1. Trivalent pula adalah atom yang mempunyai 3 elektron valence dan ia lebih cenderung untuk memerangkap atau menerima elektron dari luar dan masuk ke dalam orbitnya ketika proses pengedopan. Oleh kerana sifatnya yang demikian, maka ia dipanggil **BENDASING PENERIMA** (*Acceptor Impurities*).
2. Contoh **BENDASING PENERIMA** (*Acceptor Impurities*) adalah atom Galian, Indium, Boron dan sebagainya.



Latihan Pengukuhan

SOALAN OBJEKTIF

1. Bahan-bahan yang tersenarai di bawah adalah bahan separuh pengalir kecuali :-
A. Silikon
B. Germanium
C. Karbon
D. Aluminium
2. Bendasing Penderma (Donor Impurities) mempunyai
A. 5 elektron valence
B. 2 elektron valence
C. 1 elektron valence
D. 3 elektron valence
3. Bagi menghasilkan bahan separuh pengalir jenis N, bendasing _____ perlu didopkan dengan bahan intrinsik seperti silikon.
A. Arsenik
B. Indium
C. Boron
D. Aluminium

Rajah 1.5: Penghasilan Separuh Pengalir Jenis P

SOALAN STRUKTUR

1. Dengan bantuan gambarajah yang sesuai, lukis dan labelkan struktur atom bagi Silicon (Si) yang mempunyai 14 nombor atom.
2. Nyatakan satu perbezaan di antara bendasing penderma dan bendasing penerima.
3. Takrifkan bahan separuh pengalir.

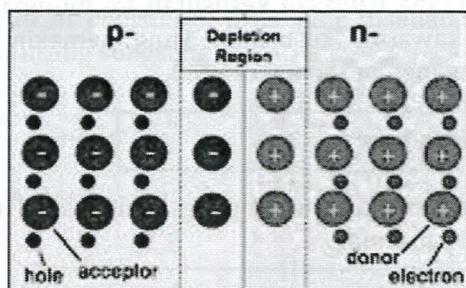
SOALAN ESEI

1. Dengan bantuan gambarajah yang sesuai, terangkan bagaimana bahan separuh pengalir jenis N boleh terhasil.
2. Pengalir, Penebat dan separuh pengalir dapat dibezakan dari segi bilangan elektron valence dan keupayaan pengaliran arus serta kerintangannya. Bincangkan.

B. SIMPANG P-N DAN PEMBINAAN DIOD

2.0 SIMPANG P-N

1. Apabila bahan separuh pengalir jenis N dan jenis P dicantumkan, elektron dalam bahan jenis N akan bergerak menuju ke simpang dan seterusnya menyeberangi simpang untuk memenuhi hol yang terdapat dalam bahan jenis P. Begitulah juga hol dalam jenis bahan P akan bergerak menuju ke simpang dan seterusnya menyeberangi simpang untuk memenuhi elektron dalam bahan jenis N.
2. Pengabungan antara elektron dan hol disekitar simpang akan menyebabkan kawasan berhampiran dengan simpang menjadi neutral seperti yang ditunjukkan dalam rajah di bawah.



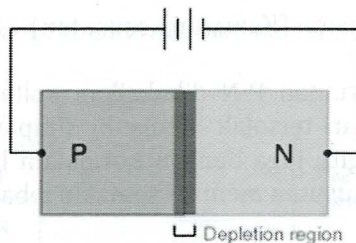
Rajah 2.0: Cantuman Bahan Jenis N dan P

3. Lama-kelamaan proses tersebut terhenti dan wujud satu kawasan yang dinamakan kawasan kesusutan (depletion region) dimana di kawasan ini tidak mempunyai pembawa arus. Ia bertindak seperti rintangan tetapi nilainya amat kecil.
4. Ion-ion positif dan negatif yang terhasil akibat pergabungan elektron - hol, akan menghasilkan suatu bezaupaya di antara dua bahan tersebut. Bezaupaya ini dikenali sebagai voltan sawar (knee voltage).
5. Voltan sawar (knee voltage) untuk silikon adalah 0.7V, sementara voltan sawar (knee voltage) untuk Germanium adalah 0.3V.

2.1 VOLTAN PINCANG

2.1.1 Pincang Hadapan (Forward Biased)

1. Cantuman P-N dikatakan mendapat voltan pincang hadapan apabila punca positif bekalan disambungkan kepada bahan jenis P dan punca negatif bekalan pula disambungkan kepada bahan jenis N. Ini ditunjukkan dalam rajah dibawah:



Rajah 2.1: Pincang hadapan Simpang PN

2. Apabila cantuman P dan N dikenakan voltan pincang hadapan, maka akan terdapat kesan terhadap kawasan kesusutan (depletion region), kerintangan dan pengaliran arus dalam cantuman P-N.

- Depletion Region (Kawasan Kesusutan)

Apabila cantuman P-N dibekalkan dengan voltan pincang hadapan, elektron dalam bahan jenis N akanbergerak ke arah simpang kerana ianya ditarik oleh punca positif bekalan. Begitu juga dengan hol. Pergerakan elektron dan hol ini akan menyebabkan kawasan kesusutan menjadi semakin sempit.

- Kerintangan

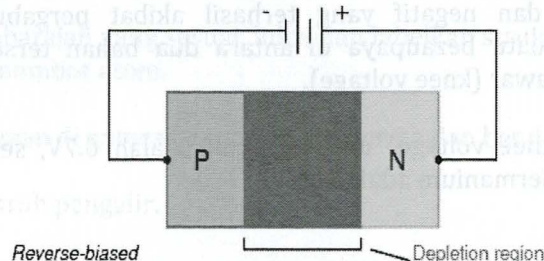
Oleh kerana kawasan kesusutan ini diumpamakan seperti suatu kerintangan, maka kawasan kesusutan yang semakin sempit bermaksud kerintangan simpang menjadi semakin kecil.

- Pengaliran arus

Apabila kerintangan simpang adalah kecil maka arus akan mudah mengalir melalui cantuman.

2.1.2 Pincang Songsang (Reversed Biased)

1. Cantuman P-N dikatakan mendapat voltan pincang songsang apabila punca positif bekalan disambungkan kepada bahan jenis N manakala punca negatif bekalan pula disambungkan kepada bahan jenis P. Rajah 2.2 di bawah menunjukkan cantuman P-N yang dikenakan voltan pincang songsang.



Rajah 2.2: Reversed Biased Simpang P-N

2. Apabila cantuman P dan N dikenakan voltan pincang songsang, maka akan terdapat juga kesan terhadap kawasan kesusutan (depletion region), kerintangan dan pengaliran arus dalam cantuman P-N.

- Depletion Region (Kawasan kesusutan)

Apabila cantuman P-N dibekalkan voltan pincang songsang, elektron dalam bahan N akan tertolak menjauhi simpang kerana ditarik oleh punca positif bekalan. Begitu juga dengan hol dalam bahan jenis P. Ini akan menyebabkan kawasan kesusutan menjadi semakin lebar.

- Kerintangan simpang

Apabila kawasan kesusutan menjadi semakin lebar, maka kerintangan simpang juga meningkat.

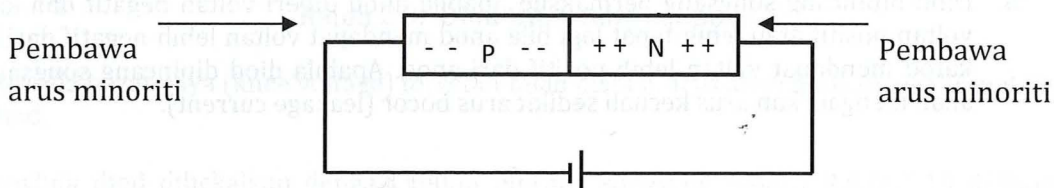
- Pengaliran arus

Kerintangan simpang yang tinggi akan menghalang pengaliran arus melalui cantuman P-N. Tiada pengaliran arus

3. Semakin tinggi nilai voltan songsang dikenakan kepada cantuman, semakin luas kawasan kesusutan dan semakin tinggi nilai kerintangan simpang. Ini akan menyebabkan arus langsung tidak dapat mengalir melaluinya.

2.2 ARUS BOCOR (LEAKAGE CURRENT)

1. Ketika cantuman P-N dipincang songsang, secara teorinya tiada pengaliran arus berlaku. Walaubagaimanapun dengan mengambil kira wujudnya pembawa arus minoriti, maka akan terdapat sedikit pengaliran arus yang dinamakan arus bocor (leakage current).
2. Rajah di bawah menunjukkan pengaliran arus yang disebabkan pembawa arus minoriti semasa cantuman P-N dipincang songsang.



Rajah 2.3: Pembawa arus minoriti dalam bahan P dan N

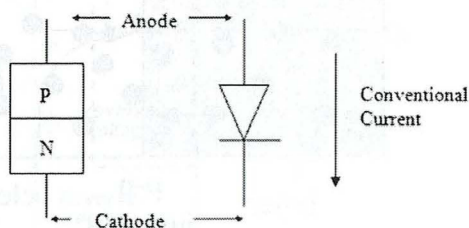
3. Pembawa arus minoriti dalam bahan jenis N adalah hol dan pembawa arus minoriti dalam bahan jenis P adalah elektron. Oleh itu apabila voltan pincang songsang dinaikkan, elektron dalam bahan P akan tertolak ke simpang dan begitu juga dengan hol dalam bahan jenis N. Ini akan menyebabkan arus mengalir dan ia dinamakan arus bocor (leakage current).

2.3 DIOD SEBAGAI KOMPONEN SEPARUH PENGALIR

Dalam perbincangan sebelum ini, telah dibincangkan bagaimana bahan jenis N dan P terhasil. Seterusnya perbincangan adalah menjurus kepada komponen elektronik yang diperbuat dari bahan separuh pengalir ini. Antara komponen elektronik yang popular ialah diod dan transistor.

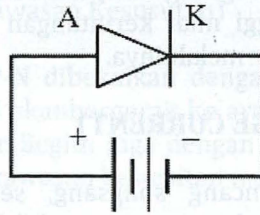
2.3.1 Binaan Dan Simbol Skematik Diod

1. Diod hanya membenarkan pengaliran arus dalam satu arah sahaja jika telah diberikan voltan pincang hadapan. Diod merupakan peranti elektronik yang mempunyai dua terminal iaitu anod dan katod. Anod diperbuat dari bahan P dan katod pula dibuat daripada bahan N.
2. Rajah 2.4 di bawah menunjukkan struktur binaan dan simbol skematik bagi diod.



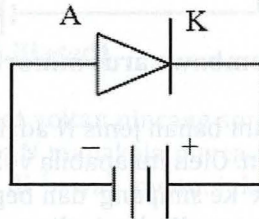
Rajah 2.4: Struktur binaan dan simbol diod

3. Diod dikatakan dipincang hadapan jika anod diberi voltan positif dan katod diberi voltan negatif. Lebih tepat lagi bila anod mendapat voltan lebih positif dari katod atau katod mendapat voltan lebih negatif dari anod, maka diod tersebut dikatakan telah di pincang hadapan.



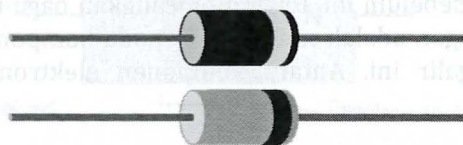
Rajah 2.5: Pincang hadapan diod

4. Diod akan mengalirkan arus depan I_d , yang mengalir dari terminal positif bateri, melalui diod dan kembali ke terminal negatif bateri.
5. Diod dipincang songsang bermaksud apabila anod diberi voltan negatif dan katod diberi voltan positif atau lebih tepat lagi bila anod mendapat voltan lebih negatif dari katod atau katod mendapat voltan lebih positif dari anod. Apabila diod dipincang songsang, ia tidak akan mengalirkan arus kecuali sedikit arus bocor (leakage current).



Rajah 2.6: Pincang songsang diod

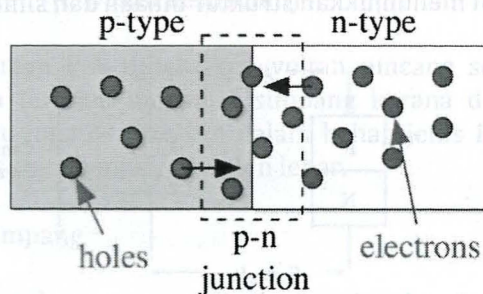
6. Di antara contoh-contoh diod yang boleh kita dapati di pasaran adalah seperti rajah di bawah.



Rajah 2.7: Bentuk Fizikal Diod

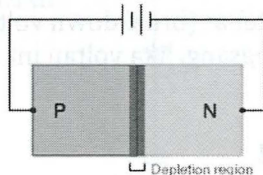
2.3.2 Kendalian Diod

1. Tanpa voltan yang dibekalkan kepada simpang PN seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.8 di bawah, pergerakan elektron dalam bahan jenis N adalah secara rawak.



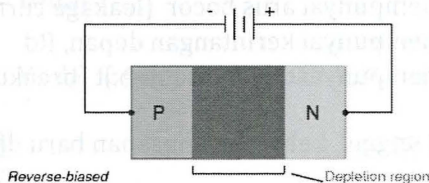
Rajah 2.8: Diod tanpa voltan bekalan

- Sebahagian elektron dalam bahan jenis N yang berhampiran dengan simpang akan bergerak menuju ke bahan jenis P lalu bergabung dengan *hol* yang terdapat dalam bahan jenis P. Ia meninggalkan cas positif dalam bahan jenis N dan dikenali sebagai ion positif. Gabungan antara elektron dan *hol* disekitar simpang akan menyebabkan kawasan berhampiran dengan simpang menjadi neutral dan membentuk kawasan kesusutan.
- Kawasan ini seolah-olah menjadi satu perintang dan menghalang pengaliran arus.
- Apabila diod dibekalkan dengan voltan pincang hadapan, seperti Rajah 2.9, negatif terminal bateri akan menolak elektron dari bahan jenis N menuju ke simpang dan positif terminal bateri menolak *hol* menuju ke simpang.



Rajah 2.9: Diod Dipincang hadapan

- Apabila bezaupaya (knee voltage) tersebut telah diatasi, arus akan mula mengalir melalui diod.
- Apabila diod dibekalkan dengan voltan pincang songsang seperti Rajah 2.10 di bawah, negatif bateri akan menarik *hol* dari bahan jenis P menjauhi simpang, sementara positif bateri menarik elektron dari bahan jenis N menjauhi simpang.

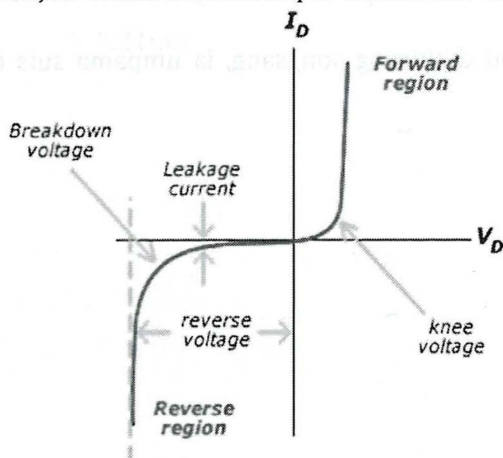


Rajah 2.10: Diod Dipincang songsang

- Kawasan kesusutan akan menjadi lebar dan kerintangan menjadi semakin tinggi. Arus tidak dapat mengalir melaluinya.

2.3.3 Lengkuk Ciri I-V Bagi Diod Silikon

- Apabila diod dipincang hadapan dan dipincang songsang di mana setiap nilai voltan pincang itu dicatit dan nilai-nilai arus yang mengalir melalui diod itu juga turut dicatit, maka graf seperti rajah di bawah akan dapat dihasilkan. Graf tersebut dinamakan Lengkuk ciri I-V diod.



Rajah 2.11: Lengkuk ciri I-V bagi diod

2. Daripada rajah lengkok ciri I-V, terdapat beberapa istilah yang penting seperti berikut:-

- Voltan lutut (knee voltage) - Nilai voltan hadapan melintangi diod dimana arus hadapan (forward current) akan bertambah dengan cepat. Nilai voltan lutut (knee voltage) bagi diod silikon ialah 0.7V dan untuk diod germanium pula 0.3V.
- Arus hadapan (forward current) - arus yang mengalir ketika diod dipincang hadapan.
- Arus songsang - arus yang mengalir ketika diod dipincang songsang.
- Voltan pecahtebat (breakdown voltage) - nilai voltan maksima suatu diod boleh dipincang songsang. Jika voltan ini ditambah, diod akan rosak.

2.3.4 Konsep Diod Unggul

1. Bagi memudahkan penganalisaan tentang operasi litar yang menggunakan diod maka satu pendekatan mudah diperingkat awal digunakan dimana ciri-ciri di atas diabaikan. Pendekatan ini dipanggil konsep diod unggul (ideal).

2. Ciri-ciri diod unggul ialah:-

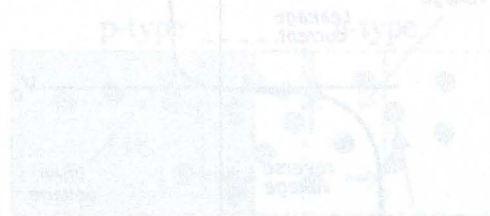
- Tidak mempunyai voltan lutut (knee voltage)
- Tidak mempunyai arus bocor (leakage current)
- Tidak mempunyai kerintangan depan, R_d
- Tidak mempunyai takat pecahtebat (breakdown voltage)

3. Dalam konsep diod unggul, beberapa anggapan baru diberi kepada suatu diod, iaitu :-

- Apabila diberi voltan pincang hadapan diod akan terus mengalirkan arus, tanpa berlaku sedikitpun susut voltan merentas diod kerana kerintangannya sifar.
- Apabila diberi voltan pincang songsang diod tidak mengalirkan arus. Kerintangan merentas diod ketika itu amat tinggi, iaitu infiniti.

4. Anggapan ini akan menjadikan diod seumpama suatu suis 'ON-OFF', iaitu:-

- Apabila diod dipincang hadapan, ia umpama suis tertutup (ON). Rintangannya sifar dan tidak sedikit pun akan menyusutkan voltan.
- Apabila diod dipincang songsang, ia umpama suis buka (OFF). Rintangannya infiniti.

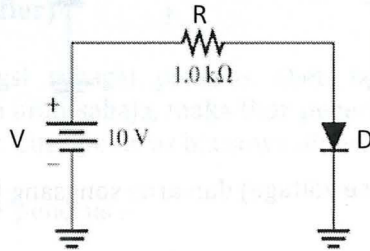


2.3.5 Contoh Pengiraan

Soalan 1

Berdasarkan kepada rajah di bawah, dengan mengambil kira setiap model diod, dan anggap rintangan dalam diod, $r_d = 10 \Omega$, cari:-

- Voltan depan (forward voltage) dan arus depan (forward current).
- Voltan merintangi R



Penyelesaian

- Kes Diod Unggul (Anggap: $V_D = 0 \text{ V}$, $R_D = 0 \Omega$)

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{R} & V_{\text{Limit}} &= IR \\ &= \frac{10}{1K} = 10\text{mA} & &= 10\text{mA (1K)} \\ & & &= 10\text{V} \end{aligned}$$

- Practical Model (Anggap: $V_D = 0.7 \text{ V}$, $R_D = 0 \Omega$)

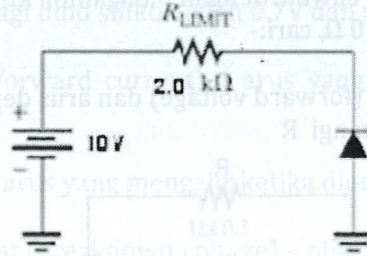
$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{R} & V_{R\text{Limit}} &= IR \\ &= \frac{(10 - 0.7)V}{1K} = 9.3\text{mA} & &= 9.3\text{mA (1K)} \\ & & &= 9.3\text{V} \end{aligned}$$

- Model Komplek (Anggap: $V_D = 0.7 \text{ V}$, $R_D = 10 \Omega$)

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{R} & V_{R\text{Limit}} &= IR \\ &= \frac{(10 - 0.7)V}{1K + 10} & &= 9.21\text{mA (1K)} \\ &= 9.21\text{mA} & &= 9.21\text{V} \end{aligned}$$

Soalan 2

Berdasarkan kepada rajah di bawah, dengan mengambil kira setiap model diod, dan anggap, $I_R = 1 \mu\text{A}$, cari:-



- Voltan songsang (reverse voltage) dan arus songsang (reverse current).
- Voltan merintangi R

Penyelesaian

- Kes Diod Unggul (Anggap $I_R = 0$)

$$\begin{aligned} I_R &= 0 \\ V_R &= 10\text{V} \\ V_{R\text{Limit}} &= 0\text{V} \end{aligned}$$

- Practical Model (Anggap: $I_R = 0$)

$$\begin{aligned} I_R &= 0 \\ V_R &= 10\text{V} \\ V_{R\text{Limit}} &= 0\text{V} \end{aligned}$$

- Model Komplek (Anggap: $I_R = 1 \mu\text{A}$)

$$\begin{aligned} I_R &= 1 \mu\text{A} \\ V_R &= I_R \\ &= 1 \mu\text{A} (2\text{K}) \\ &= 2\text{mV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{R\text{Limit}} &= 10\text{V} - 2\text{mV} \\ &= 8\text{V} \end{aligned}$$

2.4 Aplikasi Diod

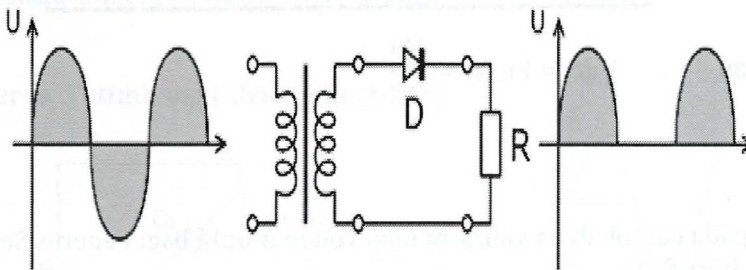
Diantara kegunaan diod separuh pengalir dalam bidang elektronik adalah sebagai:-

- a. Penerus (Rectifier)
- b. Pemangkas (Clipper)
- c. Clamper

2.4.1 Penerus (Rectifier)

1. Diod boleh berfungsi sebagai penerus. Oleh kerana diod hanya membenarkan arus mengalir dalam satu arah sahaja, maka litar penerus digunakan untuk menukarkan voltan a.u kepada voltan a.t. Litar penerus biasanya diperlukan dalam unit bekalan kuasa.
2. Terdapat 3 jenis litar penerus :-
 - a. Penerus separuh gelombang (Half-wave rectifier)
 - b. Penerus gelombang penuh (Full - wave rectifier)
 - c. Penerus tetimbang (Bridge rectifier)

2.4.1.1 Penerus separuh gelombang (Half-wave rectifier)

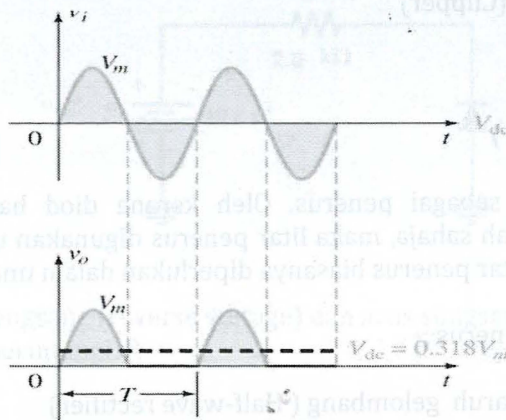


Rajah 2.12: Penerus Separuh Gelombang (Half-wave Rectifier)

1. Apabila sesuatu diod disambungkan dengan voltan ulang alik seperti Rajah 2.12 di atas, ia akan bersilih ganti menjadi diod yang dipincang hadapan dan diod yang dipincang songsang.
2. Dengan menganggap diod yang digunakan adalah diod unggul, pada separuh kitar positif, diod dipincang hadapan dan ia menjadi seperti suis tutup (ON). Arus mengalir dalam litar dan voltan melintangi diod adalah kosong dan voltan melintangi perintang, R nilainya sama dengan voltan masukan.
3. Pada separuh kitar negatif, diod dipincang songsang dan ia menjadi seperti satu suis buka (OFF). Tiada arus yang mengalir di dalam litar, voltan melintangi diod bersamaan dengan voltan masukan. Oleh itu, voltan melintangi perintang adalah sifar.
4. Kesimpulannya, bagi litar penerus separuh gelombang, hanya gelombang separuh kitar positif sahaja yang terhasil pada keluaran.

Voltan Purata Penerus Separuh Gelombang (Half-wave rectifier)

1. Nilai voltan purata (average value) adalah nilai voltan yang dtunjukkan oleh dc voltmeter.



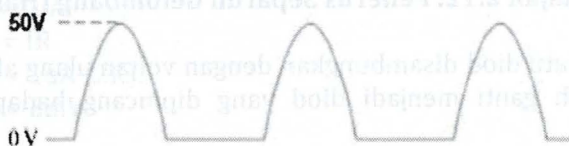
2. Formula voltan purata bagi Penerus Separuh Gelombang (Halfwave rectifier) adalah

$$V_{dc} = V_{avg} = 0.318V_p$$

atau $V_{dc} = V_{avg} = \frac{V_p}{\pi}$

Contoh

Merujuk kepada contoh di bawah, kira nilai voltan purata bagi Penerus Separuh Gelombang (Half-wave Rectifier)



$$V_{dc} = V_{avg} = 0.318V_p$$

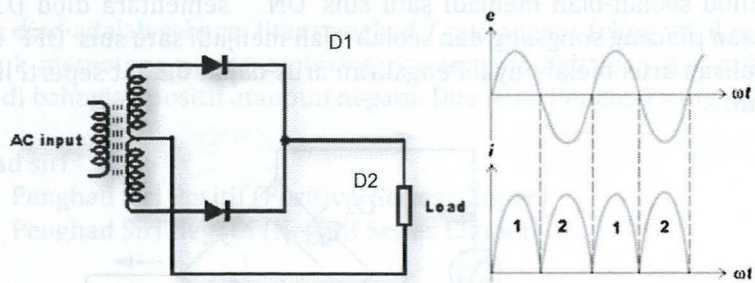
$$V_{avg} = 0.318 (50) = 15.9 \text{ V}$$

Voltan RMS Penerus Separuh Gelombang (Half-wave rectifier)

1. Voltan rms dan arus rms selalunya digunakan dalam pengukuran yang melibatkan arus ulang alik (alternating current).
2. \$V_{rms}\$ bagi Penerus Separuh Gelombang (Halfwave Rectifier) adalah seperti di bawah:-

$$V_{rms} = \frac{V_p}{2}$$

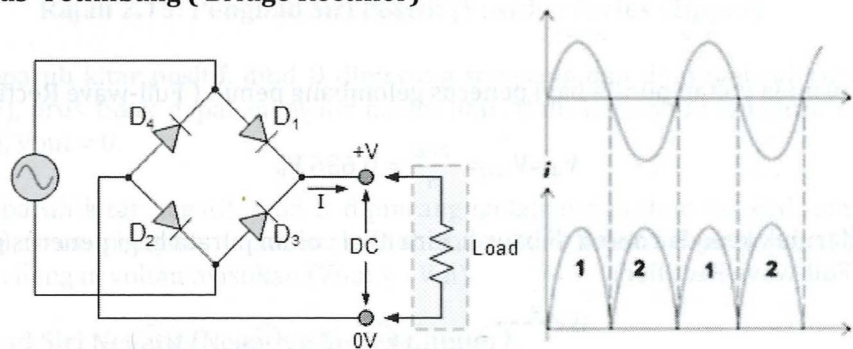
2.4.1.2 Pernerus Gelombang Penuh (Full-wave rectifier)



Rajah 2.13: Pernerus Gelombang Penuh (Full-wave Rectifier)

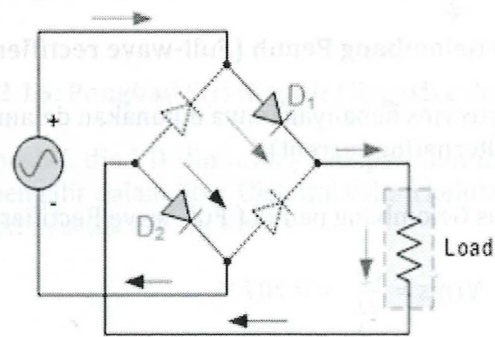
1. Dengan menganggap diod yang digunakan adalah diod unggul, pada separuh kitar positif diod D1 berada dalam keadaan pincang hadapan, diod D1 akan menjadi seperti satu suis 'ON' dan arus akan mengalir melaluinya, menuju ke perintang beban dan balik ke negatif bekalan. Voltan melintang beban nilainya sama dengan voltan masukan.
2. Pada separuh kitar negatif, diod D2 akan menjadi seperti satu suis 'ON' dan arus akan mengalir melaluinya, menuju ke perintang beban dan balik ke negatif bekalan. Voltan melintang beban nilainya sama dengan voltan masukan.
3. Voltan keluaran akan terhasil pada kedua-dua kitar iaitu kitar positif dan kitar negatif seperti yang ditunjukkan dalam rajah di atas.

2.4.1.3 Pernerus Tetimbang (Bridge Rectifier)

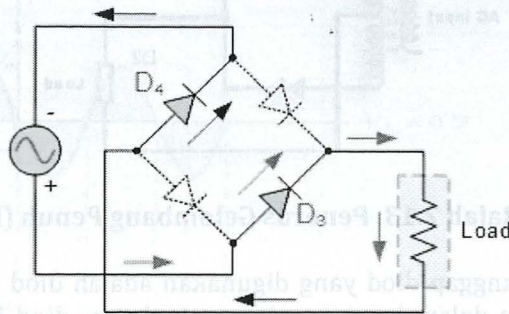


Rajah 2.14: Pernerus Tetimbang (Bridge Rectifier)

1. Merujuk kepada Rajah 2.14, semasa separuh kitar positif, diod D1 dan diod D2 berada dalam keadaan pincang hadapan dan diod seolah-olah menjadi satu suis 'ON' sementara diod D3 dan D4 berada dalam keadaan pincang songsang dan seolah-olah menjadi satu suis 'OFF' dan tidak membenarkan pengaliran arus melaluinya. Pengaliran arus dapat dilihat seperti litar yang ditunjukkan di bawah.



2. Semasa separuh kitar negatif, diod D3 dan diod D4 berada dalam keadaan pincang hadapan dan diod seolah-olah menjadi satu suis 'ON' sementara diod D1 dan D2 berada dalam keadaan pincang songsang dan seolah-olah menjadi satu suis 'OFF' dan tidak membenarkan pengaliran arus melaluinya. Pengaliran arus dapat dilihat seperti litar yang ditunjukkan di bawah.



Voltan Purata Penerus Gelombang Penuh (Full-wave Rectifier)

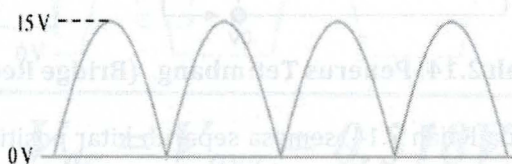
1. Nilai voltan purata (average value) adalah nilai voltan yang dtunjukkan oleh dc voltmeter.



2. Formula voltan purata bagi penerus gelombang penuh (Full-wave Rectifier) adalah

$$V_{dc} = V_{avg} = \frac{2V_p}{\pi} = 0.636 V_p$$

3. Merujuk kepada contoh di bawah, kira nilai voltan purata bagi penerus gelombang penuh (Full-wave Rectifier)



$$\begin{aligned} V_{dc} = V_{avg} &= \frac{2V_p}{\pi} = 0.636 V_p \\ &= 0.636 (15) \\ &= 9.54V \end{aligned}$$

Voltan rms Penerus Gelombang Penuh (Full-wave rectifier)

1. Voltan rms dan arus rms kebanyakannya digunakan dalam pengukuran yang melibatkan arus ulang alik (alternating current).
2. Vrms bagi Penerus Gelombang penuh (Full-wave Rectifier) adalah seperti di bawah :-

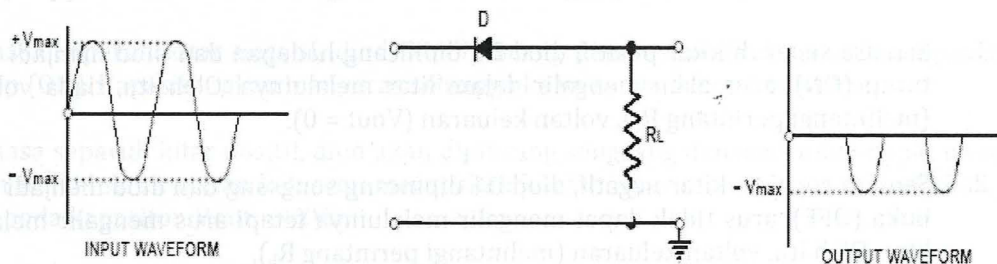
$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0.707 V_p$$

2.4.2 Diod Sebagai Penghad / Pemangkas (Clipper)

Satu lagi kegunaan diod adalah sebagai litar penghad / pemangkas (clipper). Rangkaian litar ini berkebolehan untuk memotong atau membuang mana-mana bahagian daripada isyarat arus ulang alik samada di bahagian positif ataupun negatif. Dua jenis Penghad yang utama ialah:-

- i. Penghad siri
 - a. Penghad Siri Positif (Positive Series Clipper)
 - b. Penghad Siri Negatif (Negatif Series Clipper)
- iv. Penghad selari
 - a. Penghad Selari Positif (Positive Parallel Clipper)
 - b. Penghad Selari negatif (Negatif Parallel Clipper)

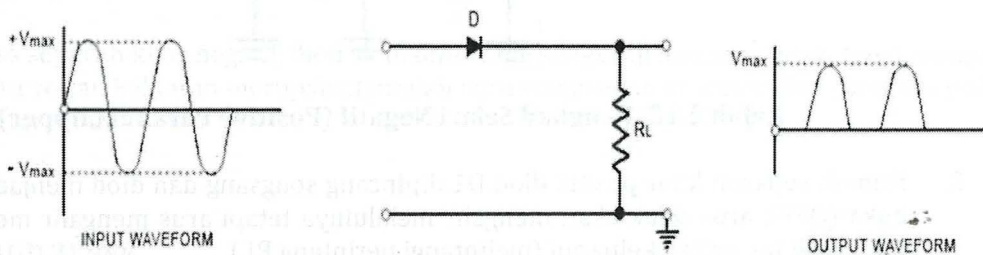
2.4.2.1 Penghad Siri Positif (Positive Series Clipper)



Rajah 2.15: Penghad Siri Positif (Positive Series Clipper)

1. Semasa separuh kitar positif, diod D dipincang songsang dan diod menjadi umpama suis buka (OFF), arus tidak dapat mengalir dalam litar. Oleh itu, voltan keluaran (melintangi perintang), $V_{out} = 0$.
2. Semasa separuh kitar negatif, diod D dipincang hadapan dan diod menjadi umpama suis tutup (ON), arus mengalir dalam litar. Oleh itu, voltan keluaran (melintangi perintang) bersamaan dengan voltan masukan ($V_{out} = -V_m$).

2.4.2.2 Penghad Siri Negatif (Negative Series Clipper)

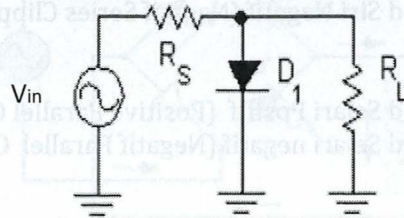


Rajah 2.16: Penghad Siri Negatif (Negative Series Clipper)

1. Semasa separuh kitar positif, diod D dipincang hadapan dan diod menjadi umpama suis tutup (ON), arus akan mengalir dalam litar. Oleh itu, voltan keluaran (melintangi perintang) bersamaan dengan voltan masukan ($V_{out} = V_m$).

2. Semasa separuh kitar negatif, diod D dipincang songsang dan diod menjadi umpama suis buka (OFF), arus tidak mengalir dalam litar. Oleh itu, voltan keluaran (melintangi perintang), $V_{out} = 0$.

2.4.2.3 Penghad Selari Positif (Positive Parallel Clipper)

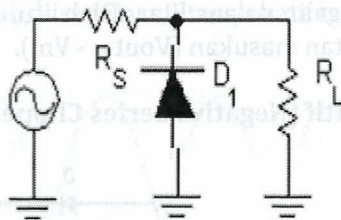


Rajah 2.17: Penghad Selari Positif (Positive Parallel Clipper)

1. Semasa separuh kitar positif, diod D1 dipincang hadapan dan diod menjadi umpama suis tutup (ON), arus akan mengalir dalam litar melaluinya. Oleh itu, tiada voltan keluaran (melintangi perintang R_L), voltan keluaran ($V_{out} = 0$).
2. Semasa separuh kitar negatif, diod D1 dipincang songsang dan diod menjadi umpama suis buka (OFF), arus tidak dapat mengalir melaluinya tetapi arus mengalir melalui R_L dalam litar. Oleh itu, voltan keluaran (melintangi perintang R_L),

$$V_{out} = \frac{R_L}{R_L + R_S} \times (-V_{in \text{ peak}})$$

2.4.2.4 Penghad Selari Negatif (Positive Parallel Clipper)



Rajah 2.18: Penghad Selari Negatif (Positive Parallel Clipper)

1. Semasa separuh kitar positif, diod D1 dipincang songsang dan diod menjadi umpama suis buka (OFF), arus tidak akan mengalir melaluinya tetapi arus mengalir melalui R_L dalam litar. Oleh itu, voltan keluaran (melintangi perintang R_L),

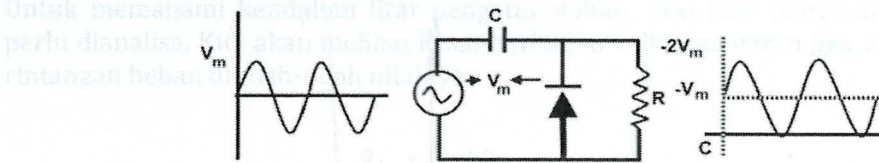
$$V_{out} = \frac{R_L}{R_L + R_S} \times (V_{in \text{ peak}})$$

2. Semasa separuh kitar negatif, diod D1 dipincang hadapan dan diod menjadi umpama suis tutup (ON) dan arus dapat mengalir melaluinya. Oleh itu, tiada voltan keluaran (melintangi perintang R_L) voltan keluaran ($V_{out} = 0$).

2.4.3 Diod Sebagai Clamper

Clamper merupakan litar yang memindahkan samada puncak positif atau puncak negatif isyarat ulangalik (ac signal) ke satu nilai arus terus (dc level). Clamper tidak akan mengubah bentuk atau amplitud sesuatu isyarat masukan. Litar clamper terdiri dari satu diod dan satu kapasitor dan keluaran clamper diambil melintangi perintang.

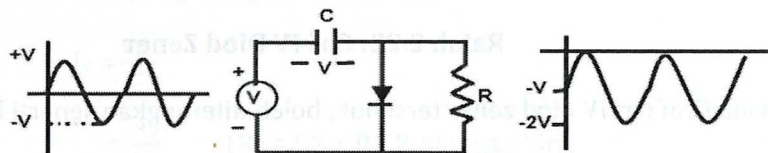
2.4.3.1 Positif Clamper



Rajah 2.19: Positif Clamper

1. Semasa separuh kitar negatif, diod D1 dipincang depan dan diod menjadi umpama suis tutup (ON). Kapasitor akan mengecas sehingga ke voltan maksima iaitu $-V_m$.
2. Semasa separuh kitar positif, diod akan dipincang songsang dan arus tidak dapat mengalir. Oleh itu keluaran voltan merupakan jumlah isyarat masukan dan voltan yang ada pada kapasitor. $V_{out} = +2V_m$

2.4.3.2 Negatif Clamper



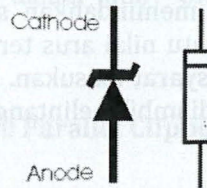
Rajah 2.20: Negatif Clamper

1. Semasa separuh kitar positif, diod D1 dipincang depan dan diod menjadi umpama suis tutup (ON). Kapasitor akan mengecas sehingga ke voltan maksima iaitu V_m .
2. Semasa separuh kitar negatif, diod akan dipincang songsang dan arus tidak dapat mengalir. Oleh itu voltan keluaran merupakan jumlah isyarat masukan dan voltan yang ada pada kapasitor. $V_{out} = -2V_m$

2.5 DIOD ZENER

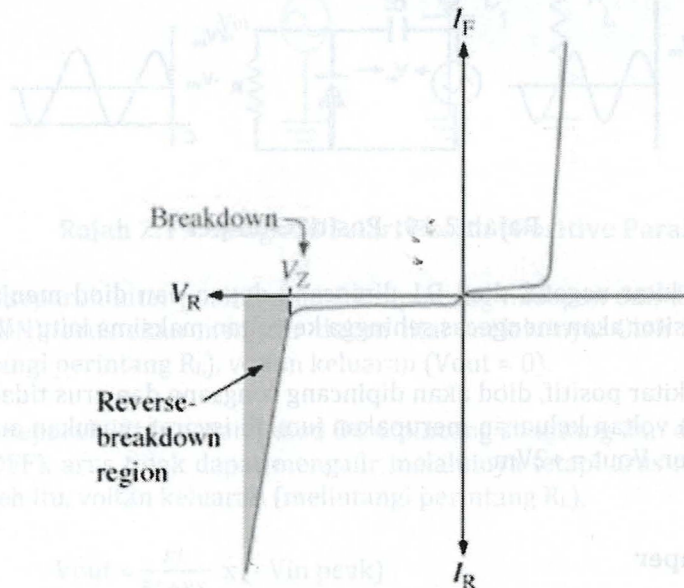
1. Diod zener merupakan satu diod yang bukan hanya membenarkan arus mengalir semasa di pincang hadapan seperti diod biasa malahan diod zener juga membenarkan pengaliran arus jika voltan yang dibekalkan semasa pincang songsang melepasi voltan pecahtebat (breakdown voltage). Voltan ini dikenali sebagai Voltan zener.
2. Diod zener adalah diod yang direka khas untuk berkerja semasa diod zener dipincang songsang. Semasa diod zener dipincang hadapan ianya akan berkerja seperti diod biasa.

3. Simbol diod zener dan struktur binaan ditunjukkan seperti Rajah 2.21 di bawah.



Rajah 2.21: Simbol diod zener dan struktur binaan

4. Ciri IV bagi diod zener adalah seperti Rajah 2.22 di bawah.



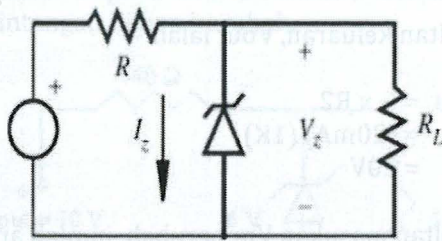
Rajah 2.22: Ciri IV Diod Zener

5. Daripada Graf ciri IV diod zener tersebut, boleh diterangkan seperti berikut :-

- Semasa diode dipincang hadapan, ia bertindak sama seperti diod biasa iaitu arus akan mula mengalir di dalam litar apabila voltan telah melepasi voltan sawar (knee voltage) iaitu 0.7 V bagi silikon dan 0.3 V bagi germanium.
- Semasa diod dipincang songsang, hanya terdapat sedikit pengaliran arus disebabkan oleh pembawa arus minoriti. Tetapi apabila voltan dinaikkan sehingga melepasi voltan pecah tebat (breakdown voltage, V_Z), arus akan mengalir dengan banyaknya di dalam litar.

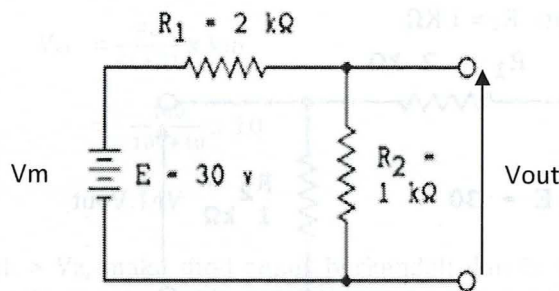
2.5.1 Diod Zener Sebagai Pengatur Voltan

1. Rangkaian litar pengatur atau penstabil voltan diperlukan apabila voltan keluaran a.t yang tetap dikehendaki. Ia dapat dihasilkan walaupun terdapat perubahan pada voltan masukan (V_m) dan rintangan beban (R_L). Kebanyakan litar pengatur voltan digunakan dalam unit bekalan kuasa a.t.
2. Litar pengatur voltan yang paling mudah ialah yang menggunakan diod zener. Rajah 2.23 di bawah menunjukkan litar pengatur yang mudah dan litar setaranya.



Rajah 2.23: Diod Zener Sebagai pengatur Voltan

3. Untuk memahami kendalian litar pengatur voltan, aksi litar pengatur tanpa diod zener perlu dianalisa. Kita akan melihat kesan terhadap voltan keluaran jika voltan masukan dan rintangan beban diubah-ubah nilainya.



Apabila voltan masukan berubah

- i. Voltan masukan (V_m) = 30 V

Jumlah arus yang mengalir dalam litar:-

$$\begin{aligned}
 I_T &= \frac{V_T}{R_T} \\
 &= \frac{30}{3K} \quad (R_T = R_1 + R_2 \text{ Rintangan Siri}) \\
 &= 10 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

Oleh itu, voltan keluaran, V_{out} ialah:-

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= I_T \times R_2 \\
 &= (10\text{mA}) (1K) \\
 &= 10\text{v}
 \end{aligned}$$

- ii. Voltan masukan (V_m) = 60V

Jumlah arus yang mengalir dalam litar:-

$$\begin{aligned}
 I_T &= \frac{V_T}{R_T} \\
 &= \frac{60}{3k} \quad (R_T = R_1 + R_2 \text{ Rintangan Siri}) \\
 &= 20 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

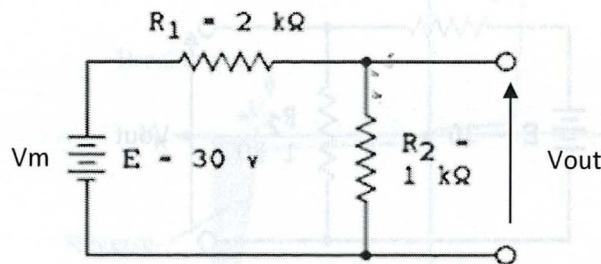
Oleh itu, voltan keluaran, V_{out} ialah:-

$$\begin{aligned} V_{out} &= I_T \times R_2 \\ &= (20\text{mA}) (1\text{K}) \\ &= 20\text{V} \end{aligned}$$

4. Kesimpulannya, jika voltan masukan V_m berubah, jumlah arus dalam litar turut berubah. Ini menyebabkan voltan keluaran, V_{out} juga berubah.

Apabila rintangan beban berubah

- i. Rintangan Beban $R_2 = 1\text{ K}\Omega$



Jumlah arus yang mengalir dalam litar:-

$$\begin{aligned} I_T &= \frac{V_T}{R_T} \\ &= \frac{30}{3\text{K}} \quad (R_T = R_1 + R_2 \text{ Rintangan Siri}) \\ &= 10\text{ mA} \end{aligned}$$

Oleh itu voltan keluaran, V_{out} ,

$$\begin{aligned} V_{out} &= I_T \times R_2 \\ &= (10\text{ mA}) (1\text{K}) \\ &= 10\text{V} \end{aligned}$$

- ii. Rintangan beban $R_2 = 2\text{ K}\Omega$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

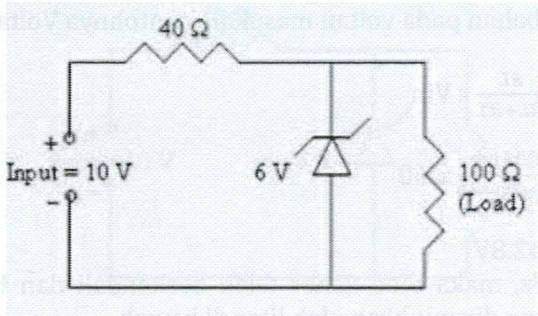
$$I_T = \frac{30}{4\text{K}} = 7.5\text{ mA}$$

Oleh itu, voltan keluaran, V_{out}

$$\begin{aligned} V_k &= I_T \times R_2 \\ &= 7.5\text{mA} (2\text{K}\Omega) \\ &= 15\text{ V} \end{aligned}$$

5. Secara kesimpulan, apabila rintangan beban (R_2) berubah, didapati jumlah arus juga turut berubah. Perubahan pada jumlah arus ini menyebabkan voltan keluaran, V_{out} juga turut berubah.

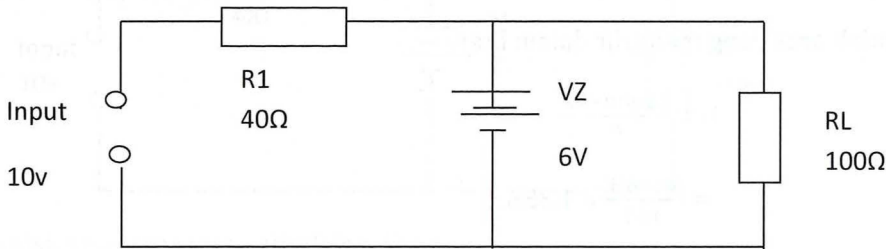
6. Dengan adanya diod zener seperti litar di bawah; voltan keluaran akan kekal walaupun voltan masukan dan rintangan beban berubah.



7. Syarat untuk diod zener berkendali bagi litar yang berbeban ialah $V_{RL} > V_z$, dimana V_{RL} ialah voltan melintasi beban ketika tiada diod di dalam litar tersebut.

$$V_{RL} = \frac{R_L}{R_L + R_1} \times V_{in}$$
$$= \frac{100}{100 + 40} \times 10$$
$$= 7.14V$$

8. Oleh kerana $V_{RL} > V_z$, maka diod zener berkendali dan ia beraksi umpama satu bateri bernilai V_z , seperti yang ditunjukkan oleh litar di bawah.



Oleh kerana diod zener disambung secara selari dengan perintang beban, maka $V_{RL} = V_z = 6V$

Jumlah arus yang mengalir dalam litar,

$$I_T = \frac{V_{input} - V_z}{R}$$
$$= \frac{(10 - 6)V}{40\Omega} = 0.1A$$

Arus yang mengalir pada beban, I_{RL}

$$I_{RL} = \frac{V_z}{R_L}$$
$$= \frac{6}{100} = 0.06A$$

Mengikut hukum kirchoff arus,

$$I_T = I_z + I_{RL}$$
$$I_z = I_T - I_{RL}$$
$$= 0.1A - 0.06A$$
$$= 0.04A$$

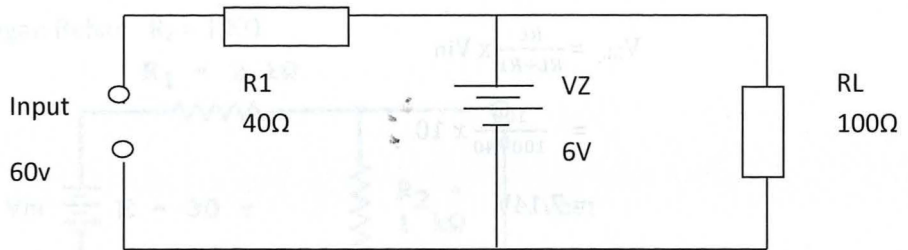
Voltan keluaran, $V_k = V_z = 6V$

Perubahan voltan masukan

Apabila berlaku perubahan pada voltan masukan, contohnya Voltan masukan = 60V

$$\begin{aligned}V_{RL} &= \frac{R_L}{R_L + R_1} \times V_{in} \\&= \frac{100}{100 + 40} \times 60 \\&= 42.8V\end{aligned}$$

Oleh kerana $V_{RL} > V_Z$, maka diod zener telah berkendali dan bertindak seperti satu bateri bernilai V_Z , seperti yang dirunjukkan oleh litar di bawah.



Oleh kerana diod zener disambung secara selari dengan perintang beban, maka $V_{RL} = V_Z = 6V$

Jumlah arus yang mengalir dalam litar,

$$\begin{aligned}I_T &= \frac{V_{input} - V_Z}{R} \\&= \frac{(60 - 6)V}{40\Omega} = 1.35A\end{aligned}$$

Arus yang mengalir pada beban, I_{RL}

$$\begin{aligned}I_{RL} &= \frac{V_Z}{R_L} \\&= \frac{6}{100} = 0.06A\end{aligned}$$

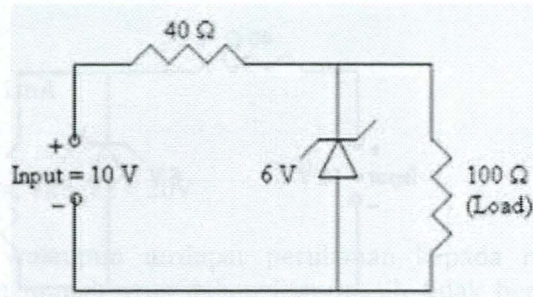
Mengikut hukum kirchoff arus,

$$\begin{aligned}I_T &= I_Z + I_{RL} \\I_Z &= I_T - I_{RL} \\&= 1.35A - 0.06A \\&= 1.29A\end{aligned}$$

Voltan keluaran, $V_k = V_Z = 6V$

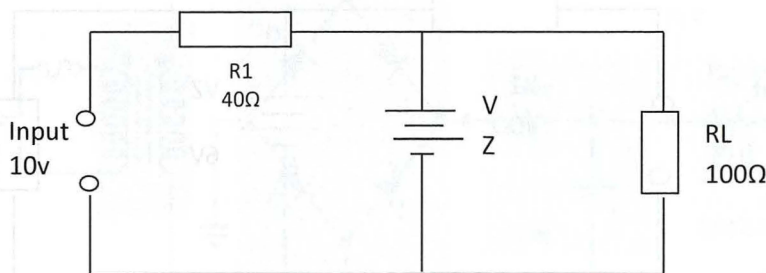
Sebagai kesimpulannya, walaupun voltan masukan berubah, voltan keluaran V_k dan arus beban I_{RL} masih tetap, yang berubah hanyalah arus zener I_Z .

Perubahan kepada rintangan beban



$$\begin{aligned}
 V_{RL} &= \frac{R_L}{R_L + R_1} \times V_{in} \\
 &= \frac{100}{100 + 40} \times 10 \\
 &= 7.14V
 \end{aligned}$$

Oleh kerana $V_{RL} > V_Z$, maka diod zener berkendali dan ia beraksi umpama satu bateri bernilai V_Z , seperti yang ditunjukkan oleh litar di bawah.



Jumlah arus yang mengalir dalam litar,

$$\begin{aligned}
 I_T &= \frac{V_{input} - V_Z}{R} \\
 &= \frac{(10 - 6)V}{40\Omega} \\
 &= 0.1A
 \end{aligned}$$

Arus yang mengalir pada beban, I_{RL}

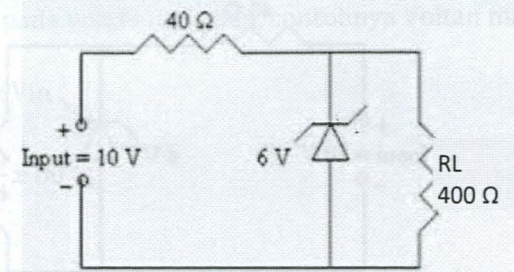
$$\begin{aligned}
 I_{RL} &= \frac{V_Z}{R_L} \\
 &= \frac{6}{100} = 0.06A
 \end{aligned}$$

Mengikut hukum kirchoff arus,

$$\begin{aligned}
 I_T &= I_Z + I_{RL} \\
 I_Z &= I_T - I_{RL} \\
 &= 0.1A - 0.06A \\
 &= 0.04A
 \end{aligned}$$

Voltan keluaran, $V_k = V_Z = 6V$

Apabila berlaku perubahan pada rintangan beban, contohnya rintangan beban = 400Ω

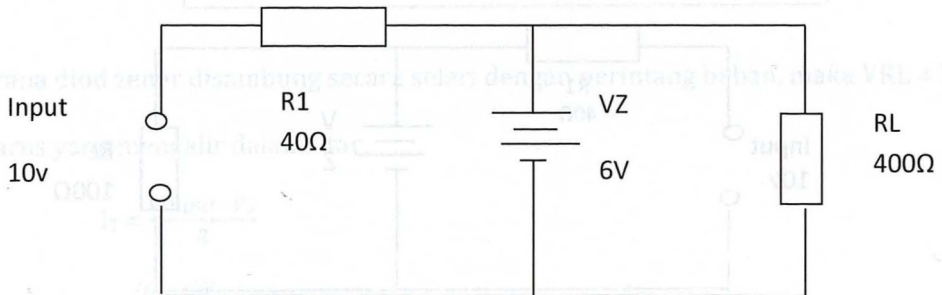


$$V_{RL} = \frac{R_L}{R_L + R_1} \times V_{in}$$

$$= \frac{400}{400 + 40} \times 10$$

$$= 9.09V$$

Oleh kerana $V_{RL} > V_z$, maka diod zener berkendali dan ia beraksi umpama satu bateri bernilai V_z , seperti yang ditunjukkan oleh litar di bawah.



Jumlah arus yang mengalir dalam litar,

$$I_T = \frac{V_{input} - V_z}{R}$$

$$= \frac{(10 - 6)V}{40\Omega}$$

$$= 0.1A$$

Arus yang mengalir pada beban, I_{RL}

$$I_{RL} = \frac{V_z}{R_L}$$

$$= \frac{6}{400} = 0.015A$$

Mengikut hukum kirchoff arus,

$$I_T = I_z + I_{RL}$$

$$I_z = I_T - I_{RL}$$

$$\approx 0.1A - 0.015A$$

$$= 0.085A$$

Voltan keluaran, $V_k = V_z = 6V$

Mengikut hukum kirchoff arus,

$$I_T = I_Z + I_{RL}$$

$$I_Z = I_T - I_{RL}$$

$$= 5\text{mA} - 1\text{mA}$$

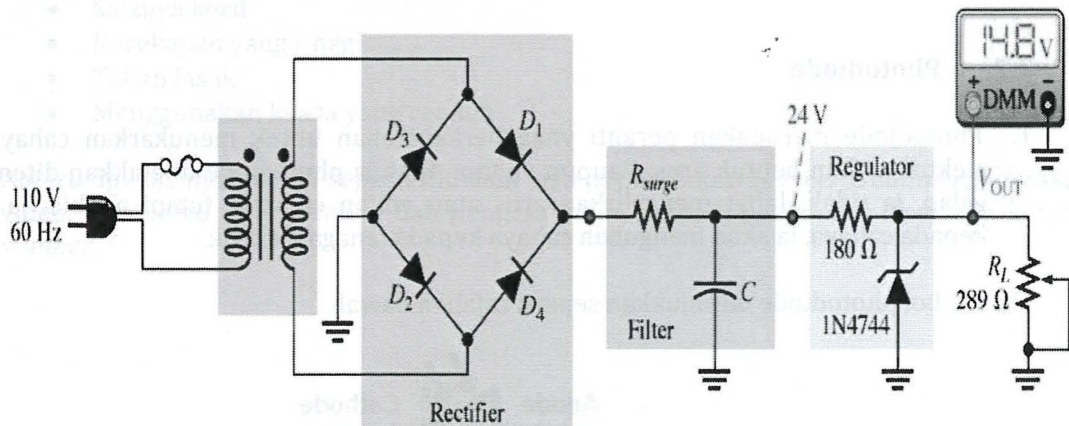
$$= 4\text{mA}$$

Voltan keluaran, $V_k = V_Z = 20\text{V}$

Sebagai kesimpulannya, walaupun terdapat perubahan kepada rintangan beban, voltan keluaran masih tetap dan jumlah arus dalam litar masih tidak berubah. Perubahan hanya berlaku kepada arus beban dan arus zener.

2.5.2 Aplikasi Diod Zener

Diod Zener selalunya digunakan sebagai pengatur votan (voltage regulator) untuk litar bekalan kuasa seperti yang ditunjukkan seperti litar Rajah 2.24.



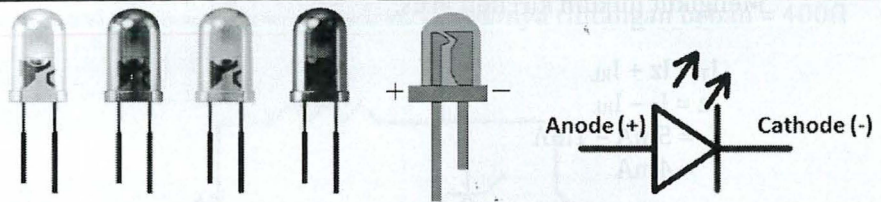
Rajah 2.24: Litar Bekalan kuasa

2.5.3 Kebaikan Diod Zener

- Ia boleh berkerja pada arus songsang (reverse current) yang tinggi tanpa merosakkan diod.
- Selepas nilai voltan breakdown, voltan merentasi diod kekal sebagai voltan zener

2.6 Light Emitting Diode (LED)

- Ia merupakan sebuah diod P-N yang mengeluarkan cahaya apabila diberikan voltan pincang hadapan LED menukarkan tenaga elektrik kepada tenaga cahaya.
- LED boleh didapati dalam berbagai warna seperti merah, jingga, kuning, biru dan putih.
- Warna LED ditentukan oleh bahan separuh pengalir, sebagai contoh LED warna hijau, menggunakan bahan Gallium P hosphide, LED warna merah dan jingga menggunakan bahan Gallium Arsenide dan LED biru pula menggunakan bahan Gallium Nitride.
- Simbol LED dan fizikal struktur LED ditunjukkan seperti rajah 2.25 di bawah.



Rajah 2.25: Simbol dan Fizikal Struktur LED

5. Aplikasi LED adalah antaranya: aplikasi sensor (Medical Instrumentation, Bar Code Readers, Color & Money Sensors) lampu isyarat, jam digital, lampu menara, kenderaan polis, landasan kapal terbang dan lain-lain lagi.

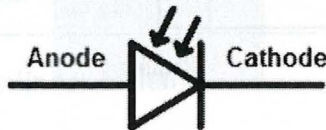
6. Kelebihan LED

- Lebih ekonomi (LED tidak mudah rosak kerana tidak mempunyai filament)
- Saiz LED kecil, ianya sesuai untuk litar-litar elektronik
- Banyak pilihan warna
- Lebih cekap tenaga

2.7 Photodiode

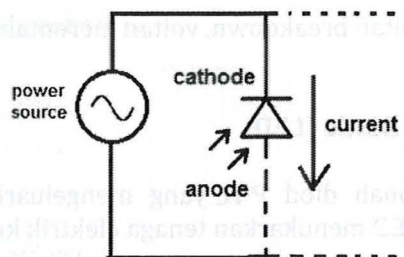
1. Photodiode merupakan peranti yang berkebolehan untuk menukarkan cahaya kepada elektrik dalam bentuk arus ataupun voltan. Apabila photodiode diletakkan ditempat yang gelap, ia tidak dapat mengalirkan arus atau voltan elektrik, tetapi apabila ia terdedah kepada cahaya, ia akan mengubah cahaya kepada tenaga elektrik.

2. Simbol photodiode ditunjukkan seperti rajah di bawah



Rajah 2.26: Simbol Skematik Photodiode

3. Photodiode beroperasi dalam mod pincang songsang. Ianya ditunjukkan seperti rajah 2.27 di bawah.

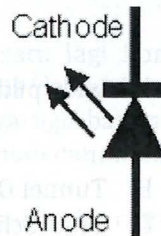


Rajah 2.27: Simbol Skematik Photodiode

3. Aplikasi photodiode antaranya adalah: sebagai suis, pengesanan asap, infrared dan remote control.

2.8 Diod Laser

1. LASER adalah singkatan bagi *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Bagi menghasilkan diod laser, simpang P-N mesti didopkan dengan banyak.
2. Simbol Diod Laser adalah seperti rajah 2.20 di bawah.



Rajah 2.20: Simbol Skematik Diod Laser

3. Antara kelebihan diod laser adalah:-
 - Saiznya kecil
 - Kecekapan yang tinggi
 - Tahan lasak
 - Menggunakan kuasa yang rendah
4. Antara aplikasinya adalah seperti didalam sistem perubatan (*cancer treatment*), perakam video, *high speed laser printing* dan pengesan pencemaran, pengimbas laser dan *barcode scanner*.



Latihan Pengukuhan

SOALAN OBJEKTIF

1. Diantara diod-diod yang dinyatakan dibawah, pilih diod yang beroperasi dalam keadaan pincang songsang .
 - A. Diod Zener
 - B. Tunnel Diode (Diod Terowong)
 - C. Simpang P-N
 - D. Diod Schotky
2. Nyatakan nilai voltan sawar bagi diod silikon.
 - A. 0.7V
 - B. 0.1V
 - C. 0.5V
 - D. 0.3V
3. Berikut adalah kegunaan diod kecuali:-
 - A. Diod sebagai penerus (rectifier)
 - B. Diod sebagai clamper
 - C. Diod sebagai pemangkas (clipper)
 - D. Diod sebagai penapis (filter)

SOALAN STRUKTUR

1. Lukiskan dan labelkan simbol diod P-N
2. Nyatakan 3 kelebihan LED di dalam litar elektronik.
3. Nyatakan jenis-jenis penerus yang telah anda pelajari.

SOALAN ESEI

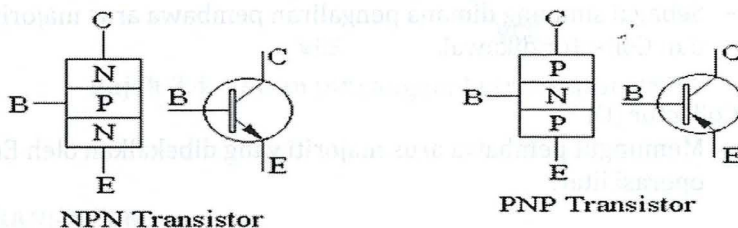
1. Dengan bantuan gambarajah yang sesuai, lukis dan labelkan penerus separuh gelombang dan terangkan kendalian litar tersebut.
2. Apabila diod diberi pincang hadapan ianya akan memberi kesan kepada kerintangan diod, kawasan kesusutan diod (depletion region) dan juga pengaliran arus di dalam diod. Dengan bantuan gambarajah yang sesuai, terangkan ketiga-tiga kesan tersebut.

C. TRANSISTOR

Dalam tahun 1948, beberapa orang ahli sains dari Bell Laboratory iaitu John Bardeen, Walter Brattain dan William Shockley telah mencipta satu komponen elektronik yang dinamakan transistor. Ia digunakan dalam litar-litar elektronik untuk tujuan penggandaan (amplify).

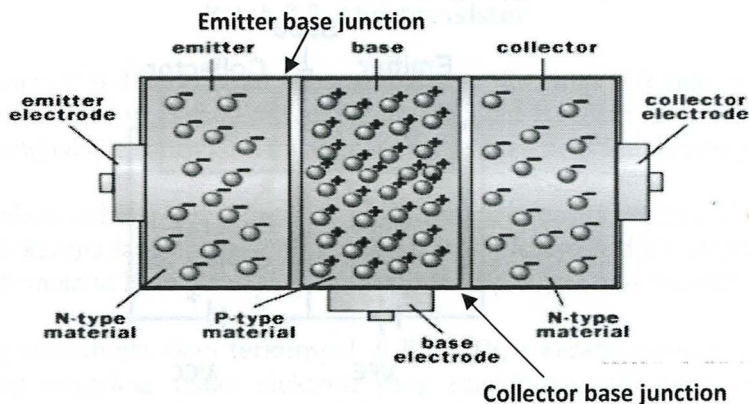
3.0 BINAAN TRANSISTOR

1. Transistor adalah merupakan satu lagi komponen elektronik yang diperbuat daripada bahan separuh pengalir. Ia dibina daripada tiga (3) lapisan iaitu bahan jenis N dan bahan jenis P yang diselang-seli. Ketiga-tiga bahan separuh pengalir ini dipisahkan antara satu sama lain oleh dua (2) simpang atau cantuman PN.
2. Daripada ketiga-tiga lapisan tersebut diterbitkan kaki atau terminal iaitu terminal Base (B), Collector (C) dan Emitter (E). Singkatan terminal ini adalah B untuk Base, C untuk Collector dan E untuk Emitter.
3. Rajah 3.1 di bawah menunjukkan struktur binaan dan simbol skematik bagi transistor NPN dan PNP.



Rajah 3.1: Struktur Binaan Dan Simbol Skematik

4. Perbezaan yang terdapat pada simbol skematik transistor adalah arah anak panah. Bagi transistor jenis NPN, anak panah adalah mengarah ke luar dan bagi transistor jenis PNP pula, arah anak panah mengarah masuk.
5. Arah anak panah pada simbol skematik transistor menunjukkan :-
 - i) kedudukan Emitter
 - ii) jenis transistor NPN atau PNP
 - iii) arah pengaliran arus
6. Simpang atau cantuman yang terdapat antara Emitter dan Base dinamakan cantuman Emitter-Base (E-B) dan cantuman antara Collector dan Base pula dinamakan cantuman Collector - Base (C-B) seperti yang ditunjukkan seperti di Rajah 3.2.



Rajah 3.2: Rajah Binaan transistor Dan Cantuman

7. Bagi kedua-dua transistor jenis NPN dan PNP, Base (B) diperbuat amat nipis supaya hanya terdapat sedikit sahaja pembawa arus majoriti. Emitter dan Collector pula dibuat lebih tebal supaya terdapat banyak pembawa arus majoriti dan boleh mengalirkan arus yang lebih banyak.
8. Pada dasarnya, Emitter berfungsi sebagai pembawa arus majoriti dalam transistor. Collector pula bertugas sebagai pemungut dalam operasi sesuatu litar. Base pula sebagai simpang yang mengawal pengaliran arus ini.

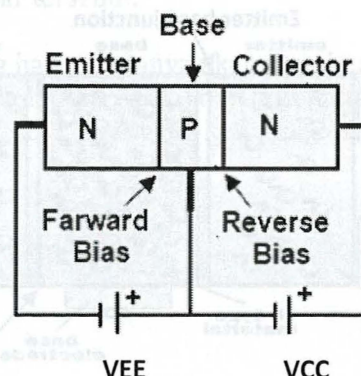
3.1 FUNGSI SETIAP TERMINAL TRANSISTOR

Transistor mempunyai 3 terminal iaitu Base, Emitter dan Collector. Setiap terminal ini mempunyai fungsinya yang tersendiri.

- Emitter (E)
 - Membekalkan atau memancarkan pembawa arus majoriti yang diperlukan untuk menyebabkan pengaliran arus.
- Base (B)
 - Sebagai simpang dimana pengaliran pembawa arus majoriti antara Emitter dan Collector dikawal.
- Collector (C)
 - Memungut pembawa arus majoriti yang dibekalkan oleh Emitter untuk tujuan operasi litar.

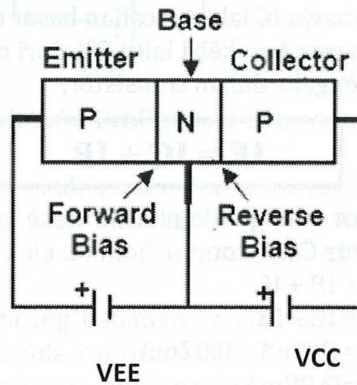
3.2 VOLTAN PINCANG BAGI TRANSISTOR

1. Bagi membolehkan sesuatu transistor beroperasi, ia perlu diberi voltan pincang dalam bentuk voltan arus terus (a.t). Voltan pincangan yang betul mestilah dikenakan merintangi cantuman E-B dan cantuman C-B.
2. Terdapat 2 syarat pincangan yang mesti dipenuhi :-
 - Cantuman Emitter - Base (E-B) dipincang hadapan
 - Cantuman Collector - Base (C-B) dipincang songsang
3. Rajah 3.3 dan Rajah 3.4 di bawah, menunjukkan transistor jenis NPN dan PNP yang dikenakan voltan pincang yang betul.



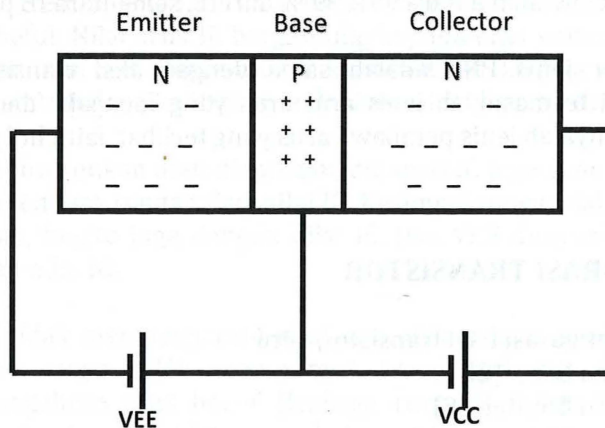
Rajah 3.3: Voltan pincang pada transistor NPN

4. Bagi transistor jenis NPN, cantuman Emite - Base (EB) telah diberi voltan pincang hadapan kerana lapisan N bagi Emite mendapat voltan lebih negatif dari lapisan P bagi Base. Cantuman Collector -Base (CB) pula telah diberi voltan pincang songsang kerana lapisan N bagi Collector mendapat voltan lebih positif dari lapisan P bagi Base.
5. Bagi transistor jenis PNP, cantuman Emite- Base (EB) telah diberi voltan pincang hadapan kerana lapisan P bagi Emite mendapat voltan lebih positif dari lapisan N bagi Base. Cantuman Collector -Base (CB) pula telah diberi voltan pincang songsang kerana lapisan P bagi Collector mendapat voltan lebih negatif dari lapisan N bagi Base.



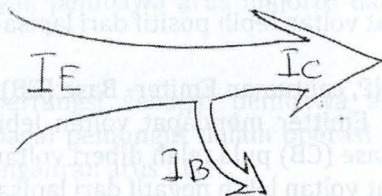
Rajah 3.4: Voltan pincang pada transistor PNP

3.3 AKSI TRANSISTOR



Rajah 3.5: Aksi transistor

1. Apabila cantuman E-B diberi voltan pincang hadapan VEE, litar E-B akan mengalirkan arus kerana elektron-elektron pada Emite (jenis N) akan tertolak oleh keupayaan negatif voltan VEE menghala ke cantuman. Ini akan menghasilkan arus Emite (I_E).
2. Elektron ini akan cuba untuk bergerak ke keupayaan positif voltan VEE melalui Base (jenis P). Oleh kerana lapisan Base nipis sahaja, maka hanya sedikit sahaja elektron yang dapat mengalir melalui Base. Arus yang mengalir ini dipanggil arus Base I_B .
3. Elektron yang selebihnya akan terkumpul di Base. Oleh kerana cantuman C-B mendapat voltan pincang songsang, maka elektron yang selebihnya tadi akan tertarik ke arah terminal positif keupayaan VCC melalui Collector. Arus ini dikenali sebagai arus Collector, I_C .



4. Anak panah pada rajah di atas menggambarkan aliran arus elektron yang dibincangkan tadi, dan ditunjukkan bahawa I_C ialah pecahan besar dari I_E . I_C selalunya 95% dari nilai I_E , manakala I_B pula adalah pecahan kecil iaitu 5% dari nilai I_E . Dari sini terbitlah satu formula untuk arus-arus yang mengalir dalam transistor;

$$I_E = I_C + I_B$$

5. Misalnya, satu transistor mengalirkan arus Base sebanyak 0.02 mA dan arus Emitter sebanyak 3.0mA. Kira arus Collector

$$\begin{aligned} I_E &= I_B + I_C \\ I_C &= I_E - I_B \\ &= 3.0\text{mA} - 0.02\text{mA} \\ &= 2.98\text{mA} \end{aligned}$$

6. Dari formula tersebut, I_B dan I_C boleh diketahui dengan formula terbitan.

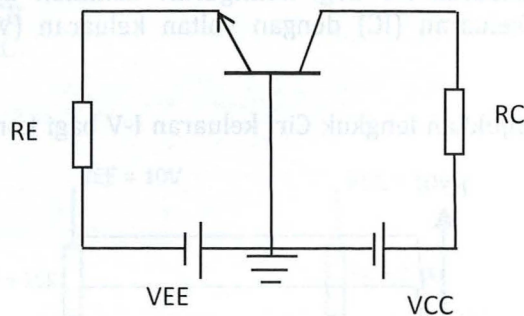
$$\begin{aligned} I_B &= I_E - I_C \\ I_C &= I_E - I_B \end{aligned}$$

7. Kesimpulannya, I_C ialah antara 95 – 99 % dari I_E , sementara I_B pula adalah 1-5% dari I_E .
8. Aksi transistor jenis PNP adalah sama dengan aksi transistor jenis NPN dari segi prinsipnya. Ini termasuklah jenis arus-arus yang mengalir dan nilai-nilainya. Perbezaan yang wujud hanyalah jenis pembawa arus yang terlibat, iaitu hol yang bercas positif.

3.4 KONFIGURASI TRANSISTOR

1. Terdapat 3 konfigurasi bagi transistor, iaitu
 - i. Common Base (CB)
 - ii. Common Emitter (CE)
 - iii. Common Collector (CC)
2. Walaubagaimanapun bagi membolehkan transistor beroperasi tanpa mengira apa jua konfigurasi yang digunakan, syarat pincangan hendaklah betul iaitu cantuman E-B mesti dipincang hadapan dan cantuman C-B mesti dipincang songsang.

3.4.1 Common Base

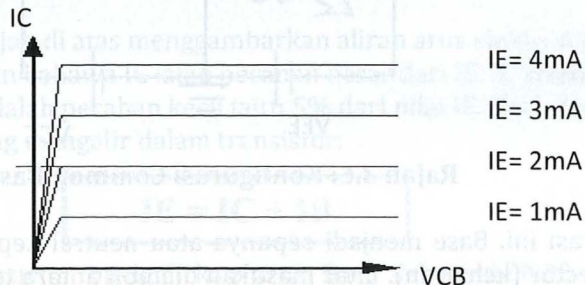


Rajah 3.6: Konfigurasi Common Base

1. Bagi konfigurasi ini, Base menjadi sepunya atau neutral kepada litar Emitter (masukan) dan litar Collector (keluaran). Litar masukan diambil antara terminal Emitter (E) dan Base (B). Manakala litar keluaran pula diambil antara terminal Collector (C) dan Base (B).
2. VEE memberikan voltan pincang hadapan kepada cantuman EB dan VCC membekalkan voltan pincang songsang kepada cantuman CB. Voltan pincang songsang biasanya lebih besar dari voltan pincang hadapan. Ini bertujuan untuk membolehkan Collector menarik hampir semua pembawa arus yang terkumpul di Base.
3. Voltan pincang hadapan cantuman EB tidak perlu besar nilainya kerana cantuman E-B hanya perlu mengatasi nilai 0.3 V atau 0.7 V iaitu nilai voltan sawar (knee voltage) bagi transistor tersebut.
4. Arah anak panah menunjukkan aliran arus di dalam litar jika transistor telah diberikan pincangan yang betul. Nilai arus IE bergantung kepada nilai voltan pincang hadapan yang diberi kepada cantuman E-B. Berpandukan kepada Rajah 3.6 jika VEE ditinggikan nilainya, nilai IE akan bertambah dan jika VEE direndahkan nilainya, nilai IE akan turut berkurang.
5. Apabila nilai VEE diturunkan atau dinaikkan, didapati IC juga akan berubah mengikut nilai IE tetapi nilainya sentiasa rendah dari nilai IE. Kesimpulannya ialah apabila VEE dinaikkan, nilai IE bertambah, begitu juga dengan nilai IC. Jika VEE diturunkan, nilai IE berkurang, begitu juga dengan nilai IC.
6. Nilai voltan VCC tidak mempengaruhi nilai arus dalam transistor. Jika VCC ditingkatkan atau direndahkan ianya tidak mempunyai kesan terhadap IE dan IC. VCC akan menyebabkan pengaliran arus bocor (leakage current) dalam litar. Oleh itu jika VCC ditingkatkan, akan terdapat sedikit pertambahan nilai kepada IC

3.4.1.1 Lengkuk Ciri I-V Bagi Transistor Common Base

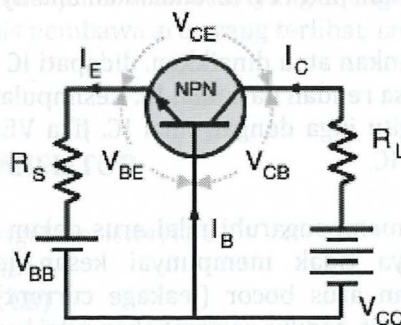
1. Lengkuk Ciri keluaran I-V bagi konfigurasi Common Base boleh diperolehi daripada interaksi arus keluaran (I_C) dengan voltan keluaran (V_{CB}) dan pada satu nilai arus masukan (I_E).
2. Rajah 3.7 menunjukkan lengkuk Ciri keluaran I-V bagi konfigurasi Common Base sesuatu transistor.



Rajah 3.7: Lengkuk Ciri keluaran I-V untuk Common Base

3. Untuk nilai $I_E = 1\text{mA}$, semasa V_{CB} ditambahkan dari kosong, arus I_C akan bertambah dengan cepat pada mulanya. Apabila V_{CB} ditambahkan lagi kepada beberapa volt, arus I_C telah menjadi hampir tetap. Lebih banyak V_{CB} ditambahkan lagi, didapati arus I_C masih tidak berubah dan nilainya kurang sedikit dari nilai I_E .
4. Dengan menetapkan arus I_E pada beberapa nilai, dan mengukur arus I_C untuk setiap nilai V_{CB} , satu set lengkuk ciri keluaran boleh diperolehi.

3.4.1.2 Kiraan –Kiraan Mudah Untuk Konfigurasi Transistor Common Base



1. Dengan menggunakan Hukum Kirchoff Voltan dan Hukum Ohm, litar masukan mempunyai persamaan seperti berikut :-

$$\begin{aligned} V_{EE} &= V_{RE} + V_{BE} \\ &= I_E R_E + V_{BE} \end{aligned}$$

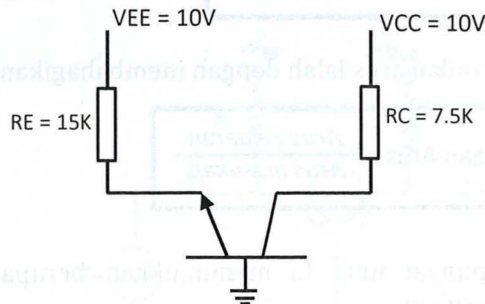
$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

2. Diketahui bahawa arus I_C yang mengalir di litar bernilai hanya kurang sedikit dari arus Emmitter (95 -99%) malahan kadang-kadang hampir sama.

3. Dengan menggunakan Hukum Kirchoff Voltan dan Hukum Ohm, litar keluaran mempunyai persamaan seperti berikut :-

$$\begin{aligned} V_{CC} &= V_{RC} + V_{CB} \\ &= I_{C}R_{C} + V_{CB} \\ V_{CB} &= V_{CC} - I_{C}R_{C} \end{aligned}$$

Contoh 1



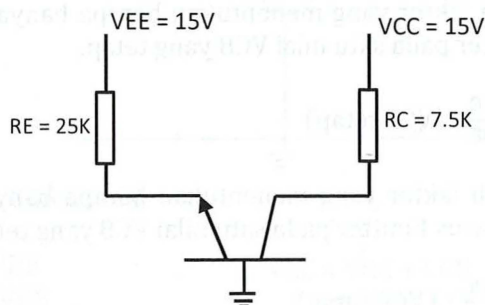
Kirakan I_C dan V_{CB} jika transistor adalah jenis silikon dan $I_C = 95\%$ daripada I_E

$$\begin{aligned} V_{EE} &= V_{RE} + V_{BE} \\ &= I_E R_E + V_{BE} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_E &= \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E} \\ I_E &= \frac{10 - 0.7}{15K} \\ &= 0.62mA \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CC} &= V_{RC} + V_{CB} \\ &= I_C R_C + V_{CB} \\ V_{CB} &= V_{CC} - I_C R_C \\ &= 10 - (0.62mA \times 7.5K) \\ &= 5.35V \end{aligned}$$

Contoh 2



Dengan menganggap $I_C = 98\%$ I_E , kirakan nilai R_C supaya $V_{CB} = 8V$. Transistor yang digunakan adalah jenis germanium.

Litar Masukan

$$\begin{aligned} V_{EE} &= V_{RE} + V_{EB} \\ &= I_E R_E + V_{EB} \end{aligned}$$

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{EB}}{R_E}$$

$$\begin{aligned} I_E &= \frac{15 - 0.3}{25K} \\ &= 0.588mA \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= 98\% I_E \\ &= 0.98 \times I_E \\ &= 0.98 \times 0.588mA \\ &= 0.576mA \end{aligned}$$

Litar Keluaran

$$\begin{aligned} V_{CC} &= V_{RC} + V_{CB} \\ &= I_C R_C + V_{CB} \end{aligned}$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CB}}{I_C}$$

$$R_C = \frac{15 - 8}{0.576mA}$$

$$= 3.48K\Omega$$

3.4.1.3 Gandaan Arus Dan Faktor α

1. Gandaan dalam konsep amplifier bermaksud perbandingan antara unit keluaran dengan unit masukan.

$$\text{Gandaan} = \frac{\text{unit keluaran}}{\text{unit masukan}}$$

2. Untuk mendapatkan gandaan arus ialah dengan membahagikan arus keluaran dengan arus masukan

$$\text{Gandaan Arus} = \frac{\text{Arus keluaran}}{\text{Arus masukan}}$$

3. Gandaan tidak mempunyai unit. Ia menunjukkan berapa kali keluaran lebih besar berbanding dengan masukan.
4. Bagi litar Common Base, arus keluaran ialah I_C dan arus masukan ialah I_E . Oleh kerana nilai I_C sentiasa lebih rendah dari I_E , maka gandaan arus bagi litar Common Base adalah sentiasa kurang dari 1.

$$\Delta I = \frac{I_C}{I_E}$$

5. Jika diberi $I_E = 2\text{mA}$ dan $I_C = 1.95\text{mA}$, maka gandaan arus adalah :-

$$\Delta I = \frac{1.95\text{mA}}{2\text{mA}}$$

$$= 0.975$$

6. Faktor gandaan arus bagi konfigurasi Common Base dipanggil faktor alpha (α)
7. Alpha (α) a.t adalah faktor yang menentukan berapa banyak arus collector mengalir pada satu nilai arus Emitter pada satu nilai VCB yang tetap.

$$\alpha \text{ (A.T)} = \frac{I_C}{I_E} \text{ (VCB tetap)}$$

8. Alpha (α) a.u adalah faktor yang menentukan berapa banyak arus collector berubah jika berlaku perubahan arus Emitter pada satu nilai VCB yang tetap.

$$\alpha \text{ (A.U)} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \text{ (VCB tetap)}$$

9. Sebagai contoh, satu transistor Common Base mengalirkan arus collector 0.98mA , ketika arus Emitter 1.0mA . Apabila arus Emitter berubah menjadi 1.05mA , didapati arus collector juga telah berubah kepada 1.028mA . Kirakan α (a.t) dan α (a.u)

$$\alpha \text{ (a.t)} = \frac{0.98\text{mA}}{1.0\text{mA}} \text{ (VCB tetap)}$$

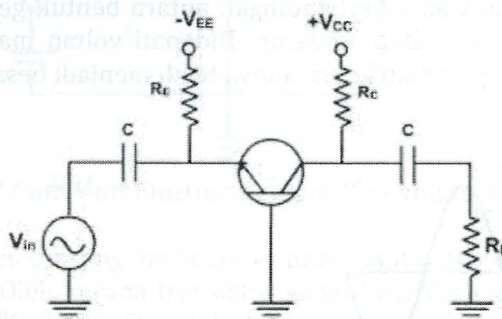
$$= 0.98$$

$$\alpha \text{ (a.u)} = \frac{(1.028 - 0.98)\text{mA}}{(1.05 - 1.0)\text{mA}} \text{ (VCB tetap)}$$

$$= 0.96$$

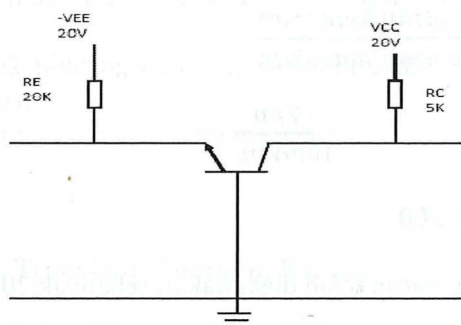
3.4.1.4 Common Base Amplifier

1. Sekiranya transistor Common Base hendak dijadikan sebagai amplfier, voltan isyarat au mestilah dikenakan antara cantuman E-B, manakala voltan keluaran pula akan diambil diantara cantuman C-B.
2. Rajah 3.8 menunjukkan litar amplfier Common Base diberi voltan masukan 10mVpp dari sebuah penjana isyarat.



Rajah 3.8: Common Base Amplifier

3. Kapasitor C dikenali sebagai kapasitor penjodoh yang berfungsi untuk menghalang voltan at dari melaluinya dan hanya membenarkan arus au sahaja.
4. Sebelum isyarat au dikenakan pada litar, transistor telahpun beroperasi kerana voltan pincang yang betul telahpun diberikan kepada transistor tersebut. Litar seperti di bawah diperolehi.



Dengan mengabaikan V_{EB} dan I_B ,

$$\begin{aligned} V_{EE} &= V_{RE} + V_{BE} \\ &= I_{RE} + V_{BE} \end{aligned}$$

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

$$I_E = \frac{20 - 0}{20K}$$

$$I_E = 1mA$$

$$I_E = I_C = 1mA$$

$$\begin{aligned} V_{CC} &= V_{RC} + V_{CB} \\ &= I_{CRC} + V_{CB} \end{aligned}$$

$$V_{CB} = V_{CC} - I_{CRC}$$

$$= 20 - 1mA (5K)$$

$$= 15V$$

5. Apabila isyarat masukan diberikan kepada litar, semasa separuh kitar positif (5mVp), voltan pincang hadapan berkurangan kerana masukan positif itu telah menyebabkan emitter (bahan N) menjadi kurang negatif. Oleh itu arus I_E berkurang. Katakan $I_E = I_C = 0.8mA$,

$$V_{CB} = V_{CC} - I_{CRC}$$

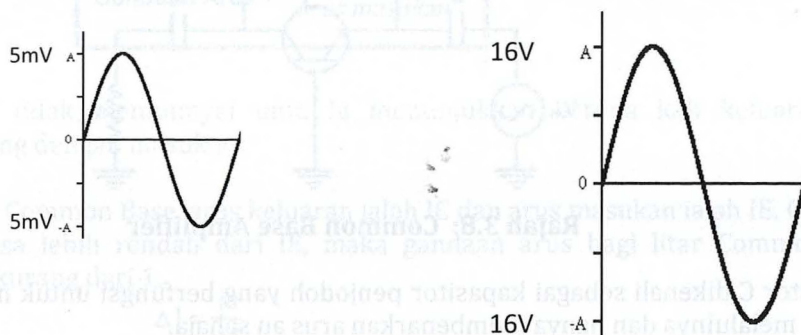
$$= 20 - 0.8mA (5K)$$

$$= 16V \text{ (VCB menjadi lebih positif daripada VCB yang asal)}$$

- Semasa separuh kitar negatif pula (5mVp), voltan pincang hadapan bertambah kerana masukan negatif itu telah menyebabkan Emitter (bahan N) menjadi lebih negatif. Oleh itu arus IE bertambah. Katakan $I_E = I_C = 1.2\text{mA}$,

$$\begin{aligned} V_{CB} &= V_{CC} - I_C R_C \\ &= 20 - 1.2\text{ mA} (5\text{K}) \\ &= 14\text{V} \text{ (VCB menjadi kurang positif daripada VCB yang asal)} \end{aligned}$$

- Rajah 3.9 menunjukkan perbandingan antara bentuk gelombang voltan masukan dengan bentuk gelombang voltan keluaran. Didapati voltan masukan dan voltan keluaran tidak berbeza fasa tetapi voltan keluarannya telah menjadi besar.



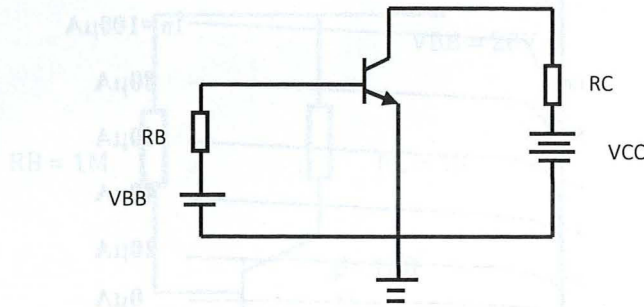
Rajah 3.9: Perbandingan antara input signal dan output signal.

$$\begin{aligned} \text{Gandaan voltan, } \Delta V &= \frac{\text{voltan keluaran}}{\text{voltan masukan}} \\ &= \frac{2V_{pp}}{10mV_{pp}} \\ &= 200 \end{aligned}$$

Ini bermakna voltan keluaran telah digandakan sebanyak 200 kali dari voltan masukan.

3.4.2 Common Emitter

1. Bagi konfigurasi ini, Emitter menjadi sepunya atau neutral kepada litar Base (masukan) dan litar Collector (keluaran). Rajah 3.10 menunjukkan maksud sambungan tersebut.

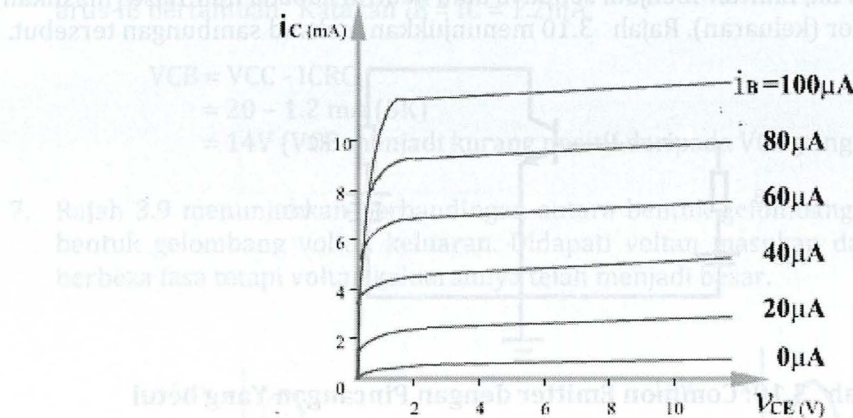


Rajah 3.10: Common Emitter dengan Pincangan Yang betul

2. VBB memberikan voltan pincang hadapan kepada cantuman EB. Collector menerima voltan positif dari VCC. Oleh kerana transistor yang digunakan adalah transistor NPN, ini menyebabkan cantuman Collector-Base telah mendapat pincang songsang.
3. Litar masukan diambil dari terminal Base dan Emitter. Ianya terdiri daripada
 - VBB – voltan untuk pincang hadapan cantuman EB
 - RB – Perintang untuk menghadkan arus dan memastikan cantuman EB tidak rosak
 - VBE – voltan susut melintangi cantuman EB
 - IB – arus masukan
4. Litar keluaran pula diambil dari terminal Collector dan Emitter. Litar ini terdiri daripada
 - VCC – voltan untuk pincang songsang cantuman CB
 - RC – Perintang beban
 - VCE – voltan susut melintangi cantuman CE
 - IC – arus keluaran

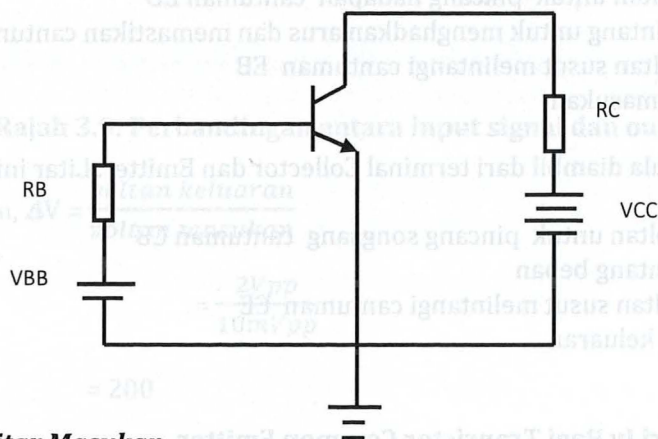
3.4.2.1 Lengkok Ciri Iv Bagi Transistor Common Emitter.

1. Nilai IB adalah sangat kecil dan biasanya dalam beberapa microampere sahaja. Jika voltan VBB dinaikkan bagi tujuan menambahkan voltan pincang hadapan cantuman EB, arus IB akan meningkat.
2. Bagi memahami lengkok ciri keluaran (IV) Common Emitter, katakanlah VBB dilaraskan sehingga IB bernilai $20\mu\text{A}$ dan VCE yang pada mulanya bernilai 0 dinaikkan nilainya sedikit demi sedikit. Didapati arus IC akan bertambah dengan kadar yang cepat dan selepas itu IC menjadi hampir tetap. Kenaikan nilai VCE seterusnya tidak memberikan kenaikan dalam IC iaitu IC menjadi tetap.
3. Dengan menetapkan nilai IB kepada beberapa nilai yang tertentu dan mengukur nilai IC pada setiap nilai VCE, maka satu set lengkok ciri keluaran (lengkok ciri IV) diperolehi.



Rajah 3.11: Lengkuk ciri IV Common Emitter

3.4.2.2 Kiraan –Kiraan Mudah Untuk Tatarajah Common Emitter



Persamaan Litar Masukan

Dengan menggunakan Hukum Kirchoff Voltan dan Hukum Ohm, litar masukan mempunyai persamaan seperti berikut:-

$$V_{BB} = V_{RB} + V_{BE}$$

$$= I_{BR} + V_{BE}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

Persamaan Litar Keluaran

Dengan menggunakan Hukum Kirchoff Voltan dan Hukum Ohm, litar keluaran mempunyai persamaan seperti berikut:-

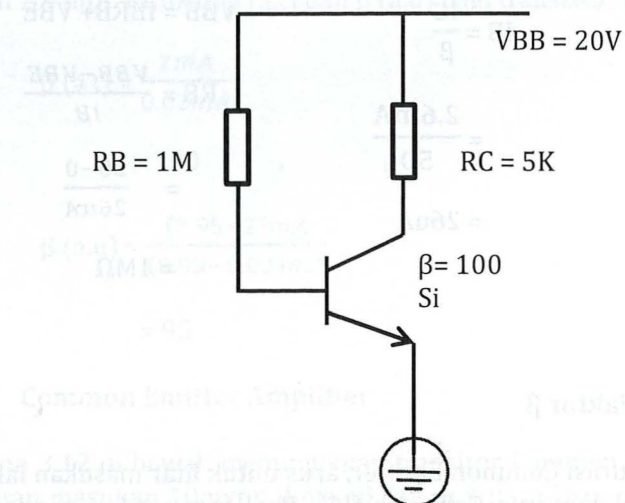
$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

$$V_{CC} = I_{CR} + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_{CR}$$

Contoh 1

Merujuk kepada litar di bawah, Kira I_B , I_C dan V_{CE}



$$V_{BB} = V_{RB} + V_{BE}$$
$$= I_B R_B + V_{BE}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$$= \frac{20 - 0.7}{1M}$$

$$= 1.93\mu A$$

$$I_C = \beta I_B$$
$$= 100(1.93\mu A)$$

$$= 1.93mA$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$$

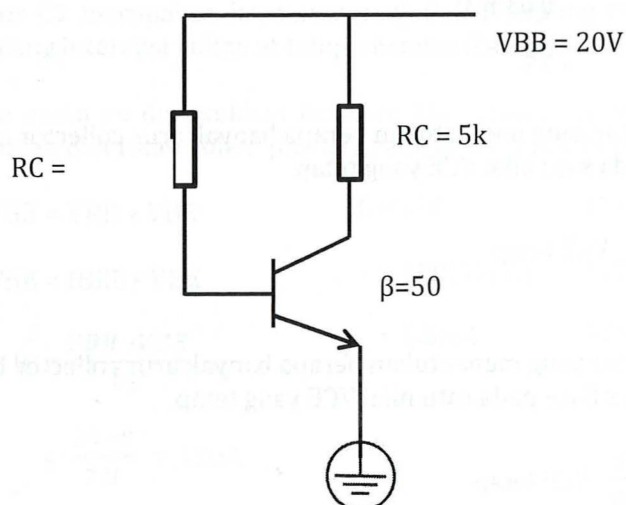
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

$$= 20 - (1.93mA)(5K)$$

$$= 10.35V$$

Contoh 2

Merujuk kepada litar di bawah, jika $\beta = 50$ dan dengan mengabaikan V_{BE} , kirakan nilai R_B yang boleh menyebabkan $V_{CE} = 7V$



$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{BB} = V_{RB} + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$

$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B}$$

$$= \frac{20 - 7}{5K}$$

$$= \frac{2.6mA}{50}$$

$$= \frac{20 - 0.7}{26\mu A}$$

$$I_C = 2.6mA$$

$$= 1M\Omega$$

3.4.2.3 Gandaan Arus Dan Faktor β

1. Bagi litar transistor konfigurasi Common Emitter, arus untuk litar masukan ialah arus Base (I_B) dan arus keluaran adalah arus Collector (I_C). Bagi mengetahui gandaan arus bagi sesuatu litar transistor ialah dengan membahagikan arus keluaran dengan arus masukan.
2. Oleh itu gandaan arus bagi transistor konfigurasi Common Emitter;

$$\text{Gandaan Arus, } \Delta I = \frac{\text{Arus keluaran}}{\text{Arus masukan}}$$

$$= \frac{I_C}{I_B}$$

3. Oleh kerana nilai I_C nilainya jauh lebih besar dari nilai I_B , maka gandaan arus bagi litar Common Emitter juga adalah besar. Sebagai contoh jika $I_B = 0.04mA$ yang menyebabkan $I_C = 3mA$, gandaan arus adalah:

$$\text{Gandaan Arus, } \Delta I = \frac{\text{Arus keluaran}}{\text{Arus masukan}}$$

$$= \frac{I_C}{I_B}$$

$$= \frac{3mA}{0.04mA}$$

$$= 75$$

4. Beta (β) a.t adalah faktor yang menentukan berapa banyak arus collector mengalir pada satu nilai arus base pada satu nilai VCE yang tetap.

$$\beta \text{ (a.t)} = \frac{I_C}{I_B} \text{ VCE tetap}$$

5. Beta (β) a.u adalah faktor yang menentukan berapa banyak arus collector berubah jika berlaku perubahan arus Base pada satu nilai VCE yang tetap.

$$\beta \text{ (a.u)} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \text{ VCE tetap}$$

Contoh

Satu transistor Common Emitter mengalirkan arus collector 2 mA ketika arus Base 0.02mA. Kemudian apabila arus Base berubah menjadi 0.03mA, didapati arus collector juga berubah menjadi 2.95mA. Kirakan β (a.t) dan β (a.u) bagi transistor tersebut.

$$\beta \text{ (a.t)} = \frac{2\text{mA}}{0.02\text{mA}}$$

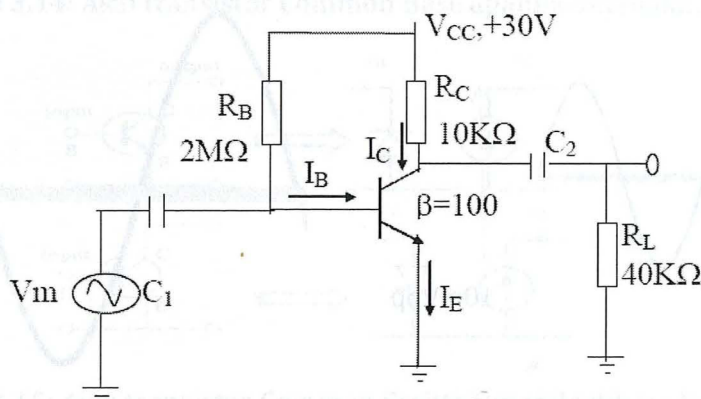
$$= 100$$

$$\beta \text{ (a.u)} = \frac{(2.95-2)\text{mA}}{(0.03-0.02)\text{mA}}$$

$$= 95$$

3.4.2.4 Common Emitter Amplifier

1. Rajah 3.12 di bawah menunjukkan transistor Common Emitter sebagai amplifiervoltan au. Voltan masukan 10mvpp dimasukkan di antara Base dengan Emitter dan voltan keluaran diambil di antara Collector dengan Emitter.
2. Sekiranya transistor Common Emitter hendak dijadikan sebagai amplifiervoltan isyarat au mestilah dikenakan antara cantuman E-B, manakala voltan keluaran pula akan diambil diantara cantuman C-E.



Rajah 3.12: Common Emitter Amplifier

3. Kapasitor C1 merupakan kapasitor penjodoh (coupling capacitor) yang berfungsi untuk menghalang interaksi voltan at tetapi memberikan laluan kepada voltan au.
4. Sebelum votan au dimasukkan kedalam litar, transistor telah terlebih dahulu beroperasi kerana telah diberikan voltan pincang yang betul. Jika kiraan dibuat, $I_B = 15\mu\text{A}$

$$V_{BB} = V_{RB} + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

$$V_{BB} = I_{BRB} + V_{BE}$$

$$= 100(15\mu\text{A})$$

$$V_{CC} = I_{CRC} + V_{CE}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$$= 1.5\text{mA}$$

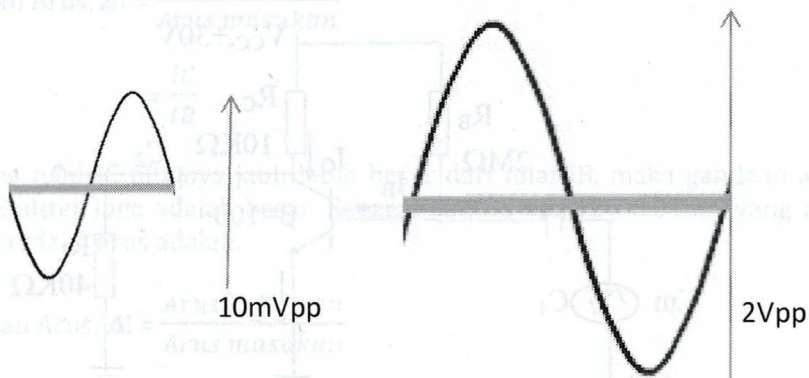
$$V_{CE} = V_{CC} - I_{CRC}$$

$$= 30 - 1.5\text{mA} (10\text{K})$$

$$= \frac{30-0}{2\text{M}} = 15\mu\text{A}$$

$$= 15\text{V}$$

5. Apabila isyarat masukan separuh kitar positif dikenakan pada litar (5mvp) ia akan menyebabkan pincang depan transistor bertambah kerana masukan positif telah menyebabkan Base (bahan P) menjadi lebih positif. Ini akan menyebabkan IB meningkat. Peningkatan IB akan menyebabkan IC turut meningkat kerana $IC = \beta IB$. Katakan $IC = 1.7mA$
6. Peningkatan nilai IC akan meyebabkan voltan yang susut merentasi RC meningkat . VCE akan merosot dari 15V kepada 14 V ($VCE = VCC - ICRC$). Voltan dikatakan kurang positif atau semakin negatif. Kesimpulannya, dengan voltan masukan pada ayunan setengah kitar positif (positive half cycle) akan menyebabkan voltan keluaran menjadi negatif
7. Apabila isyarat masukan separuh kitar negatif (-5mvp) dikenakan pada litar,ia akan menyebabkan pincang depan transistor berkurang kerana masukan positif telah menyebabkan Base (bahan P) menjadi lebih negatif. Ini akan menyebabkan IB berkurang. Penurunan IB akan menyebabkan IC turut berkurang kerana $IC = \beta IB$. Katakan $IC = 1.3mA$.
8. Penurunan nilai IC akan meyebabkan voltan yang susut merentasi RC menurun. VCE akan meningkat dari 15V kepada 17V ($VCE = VCC - ICRC$). Voltan dikatakan lebih positif. Kesimpulannya, dengan voltan masukan pada ayunan setengah kitar positif (positive half cycle) akan menyebabkan voltan keluaran menjadi positif
9. Rajah 3.13 menunjukkan perbandingan antara bentuk gelombang voltan masukan dengan bentuk gelombang voltan keluaran. Didapati voltan masukan dan voltan keluaran adalah berbeza fasa dan voltan keluarannya telah menjadi besar.



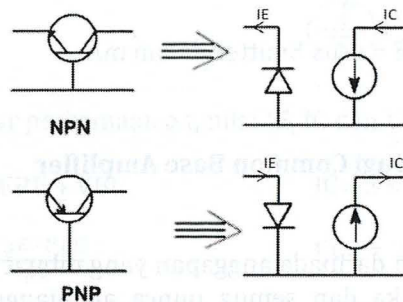
Rajah 3.13: Perbandingan antara input signal dan output signal.

$$\begin{aligned}
 \text{Gandaan voltan, } \Delta V &= \frac{\text{Voltan Keluaran}}{\text{Voltan masukan}} \\
 &= \frac{2V_{pp}}{10mV_{pp}} \\
 &= 200
 \end{aligned}$$

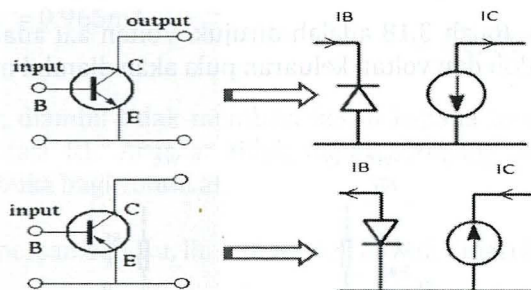
Ini bermakna voltan keluaran telah digandakan sebanyak 200 kali dari voltan masukan.

3.5 LITAR SETARA TRANSISTOR

1. Apabila sesuatu transistor digunakan sebagai amplifler, ianya akan menerima voltan au yang kecil sebagai masukan. Sementara pada bahagian keluaranya diharapkan dapat menghasilkan suatu keluaran yang besar nilainya.
2. Litar setara transistor yang akan dikaji merupakan gambaran kelakuan sesuatu transistor terhadap voltan a.t dan gambaran kelakuan sesuatu transistor terhadap voltan au.
3. Apabila transistor dikenakan voltan arus terus (a.t) maka transistor boleh digambarkan seperti litar di bawah dimana :-
 - Diod Emitter berlagak seperti diod unggul yang dipincang hadapan.
 - Diod Collector akan berlagak sebagai punca arus.

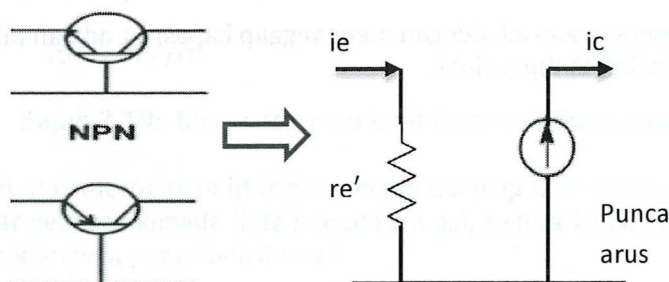


Rajah 3.14: Aksi transistor Common Base apabila dikenakan voltan a.t

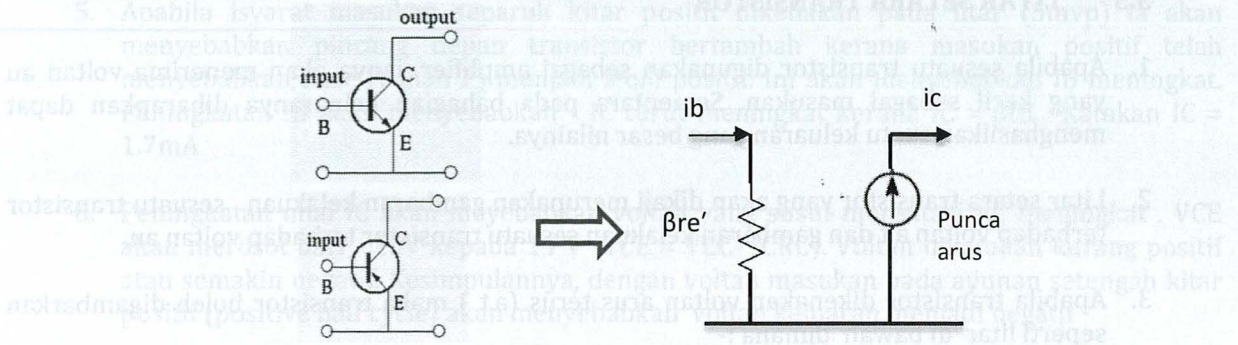


Rajah 3.15: Aksi transistor Common Emitter apabila dikenakan voltan a.t

4. Apabila transistor dikenakan voltan a.u maka transistor boleh digambarkan seperti litar di bawah di mana:-
 - Diod Emitter bertindak sebagai perintang au
 - Diod collector bertindak sebagai punca arus



Rajah 3.16: Aksi transistor Common Base apabila dikenakan voltan a.u

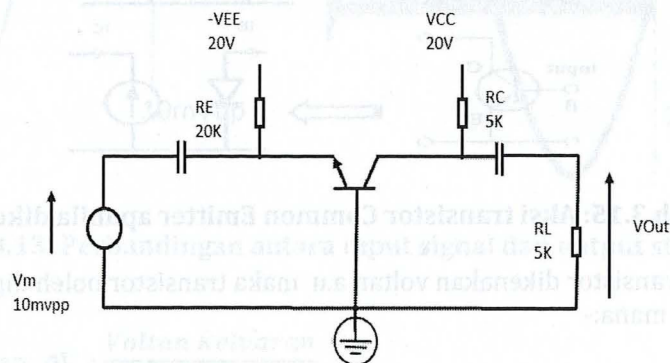


Rajah 3.17: Aksi transistor Common Emitter apabila dikenakan voltan a.u

$$r_{e'} = \frac{25mV}{I_E} \quad \text{dimana } I_E = \text{ arus Emitter dalam mA.}$$

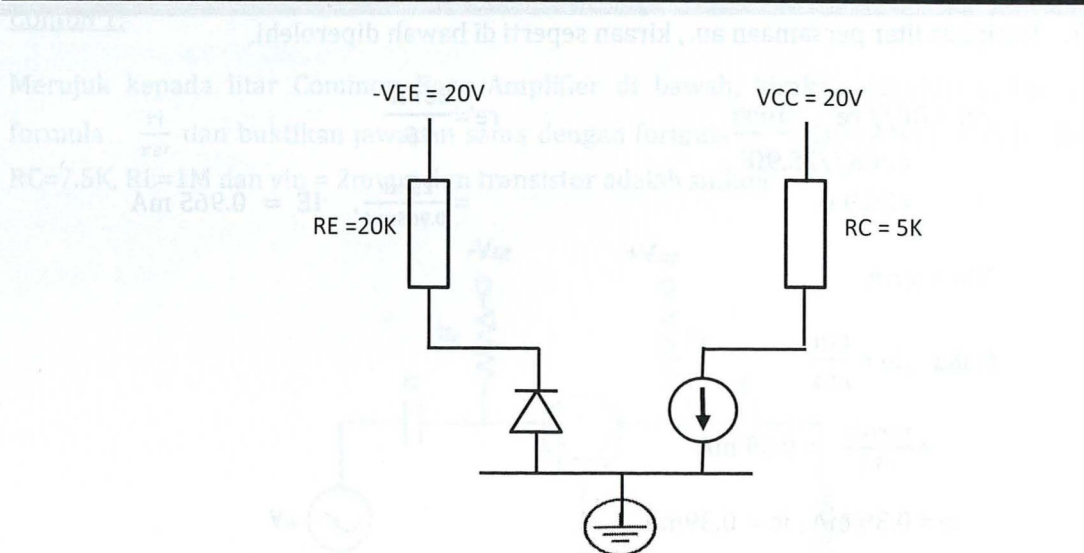
3.5.1 Litar Setara AT Dan AU Bagi Common Base Amplifier

1. Bagi litar persamaan at, selain daripada anggapan yang dibuat ke atas transistor, kapasitor juga akan dianggap litar buka dan semua punca au dianggap dipintaskan ke neutral sementara bagi litar a.u pula kapasitor akan dianggap terpintas dan semua punca a.t terpintas ke neutral.
2. Bagi tujuan kefahaman, Rajah 3.18 adalah dirujuk. Voltan a.u adalah 10mVpp. C1 an C2 adalah kapasitor penjodoh dan voltan keluaran pula akan diambil merentas perintang RL.



Rajah 3.18: Common Base Amplifier

3. Daripada litar persamaan a.t, dengan menganggap kapasitor adalah dilitar buka, maka litar seperti di bawah boleh diperolehi.



Daripada litar persamaan a.t, nilai I_E , I_C dan V_C boleh dikira. (anggap $V_{BE}=0.7$)

$$V_{EE} = I_E R_E + V_{BE}$$

$$I_C = I_E = 0.965\text{mA}$$

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

$$= \frac{20 - 0.7}{20\text{K}}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

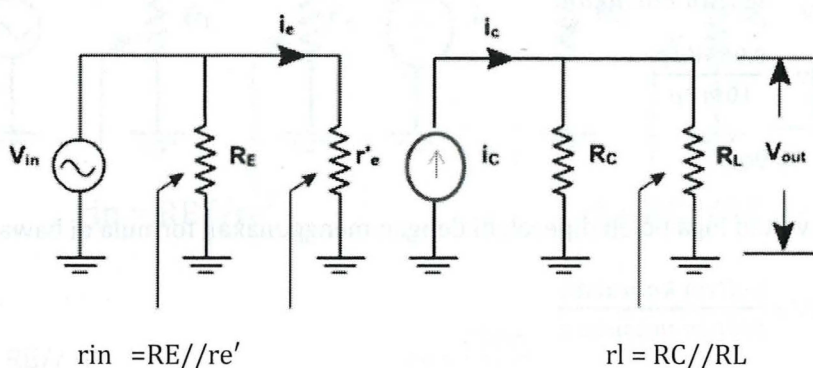
$$= 0.965\text{mA}$$

$$= 20 - [0.965\text{mA} (5\text{K})]$$

$$= 4.825\text{V}$$

4. Nilai V_{CE} yang diambil tidak memberi kesan kepada terminal keluaran kerana keluaran diambil merentasi R_L . Arus at tidak dapat mengalir melalui R_L kerana kapasitor C_2 dianggap litar buka bagi voltan at.

5. Daripada litar persamaan a.u, litar seperti di bawah diperolehi.



Rajah 3.19: Litar setara au bagi Common Base Amplifier

6. Rajah 3.19 di atas merupakan litar persamaan a.u bagi litar Common Base Amplifier. Bagi menukar litar sebenar kepada litar persamaan a.u, semua kapasitor telah di pintaskan ke nuetral, demikian juga punca bekalan a.t.

7. Daripada litar persamaan au. , kiraan seperti di bawah diperolehi.

$$\begin{aligned} r_{in} &= R_E // r_{e'} \\ &= 20K // 25.9\Omega \\ &= 25.9\Omega \end{aligned} \quad \begin{aligned} r_{e'} &= \frac{25mV}{I_E} \\ &= \frac{25mV}{0.965mA}, \quad I_E = 0.965mA \end{aligned}$$

$$V_{in} = i_{e} r_{in}$$

$$\text{Maka, } i_e = \frac{v_{in}}{r_{in}}$$

$$= \frac{10mV_p}{25.9} = 0.39mA$$

$$i_e = 0.39mA; i_c = 0.39mA$$

Perintang-perintang RC dan RL adalah selari menyebabkan jumlah rintangan beban yang dihadapi oleh a.u adalah $2.5K\Omega$

$$r_L = R_C // R_L$$

$$\begin{aligned} &= 5K // 5K \\ &= 2.5K\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Didapati, } V_k &= i_c r_L \\ &= 0.39mA \times 5K\Omega \\ &= 0.965V_{pp} \end{aligned}$$

Oleh itu, gandaan bagi litar ini diperolehi dengan membandingkan magnitud voltan keluaran dengan voltan masukan, iaitu;

$$\Delta v = \frac{\text{Voltan keluaran}}{\text{voltan masukan}}$$

$$\Delta v = \frac{0.965V_{pp}}{10mV_p}$$

$$= 96.5$$

Gandaan voltan juga boleh diperolehi dengan menggunakan formula di bawah,

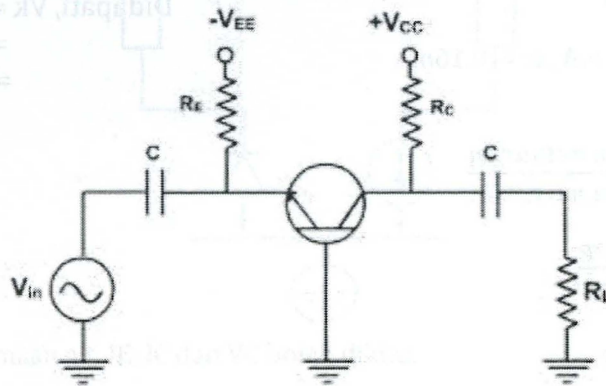
$$\Delta V = \frac{\text{voltan keluaran}}{\text{voltan masukan}}$$

$$= \frac{i_c r_L}{i_{e} r_{e'}}$$

$$= \frac{r_L}{r_{e'}}$$

Contoh 1:

Merujuk kepada litar Common Base Amplifier di bawah, kirakan gandaan voltan dengan formula $\frac{r_l}{r_{e'}}$ dan buktikan jawapan sama dengan formula $\frac{v_{out}}{v_{in}}$. Diberi $V_{EE} = -30V$, $R_E = 15K$, $R_C = 7.5K$, $R_L = 1M$ dan $v_{in} = 2mV_{pp}$ dan transistor adalah silikon.



Daripada litar persamaan a.t, I_E , I_C dan V_C boleh dikira.

$$V_{EE} = I_E R_E + V_{BE}$$

$$I_C = I_E = 1.95mA$$

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

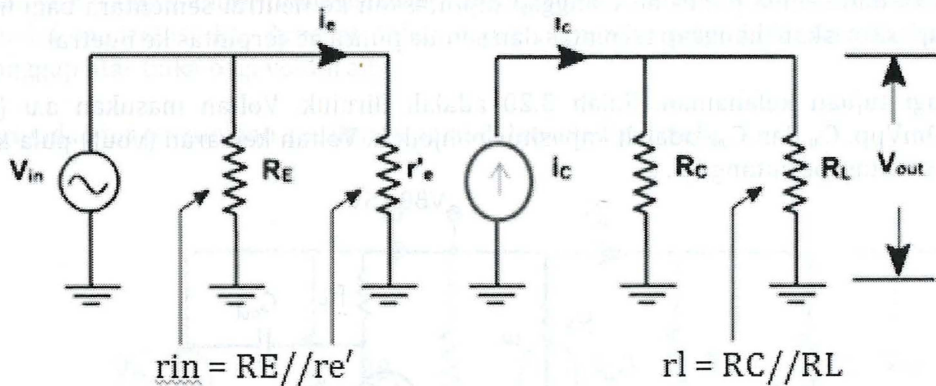
$$= \frac{30 - 0.7}{15K}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

$$= 30 - [1.95mA (7.5K)]$$

$$= 1.95mA$$

$$= 15.35V$$



$$r_{in} = R_E // r_{e'}$$

$$r_{e'} = \frac{25mV}{I_E}$$

$$= 15K // 12.8\Omega$$

$$= \frac{25mV}{1.95mA} \text{ Diketahui, } I_E = 1.95mA$$

$$= 12.8\Omega$$

$$= 12.8\Omega$$

$$V_{in} = i_{er}in$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } i_e &= \frac{v_{in}}{r_{in}} \\ &= \frac{2mV_{pp}}{12.8} = 0.16 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$i_e = 0.16 \text{ mA}; i_c = 0.16 \text{ mA}$$

$$\Delta v = \frac{\text{Voltan keluaran}}{\text{voltan masukan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta v &= \frac{1.19V_{pp}}{2mV_{pp}} \\ &= 596 \end{aligned}$$

$$\text{Gandaan voltan menggunakan formula } \Delta v = \frac{r_l}{r_{e'}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{7444}{12.8} \\ &= 582 \end{aligned}$$

$$r_L = R_C // R_L$$

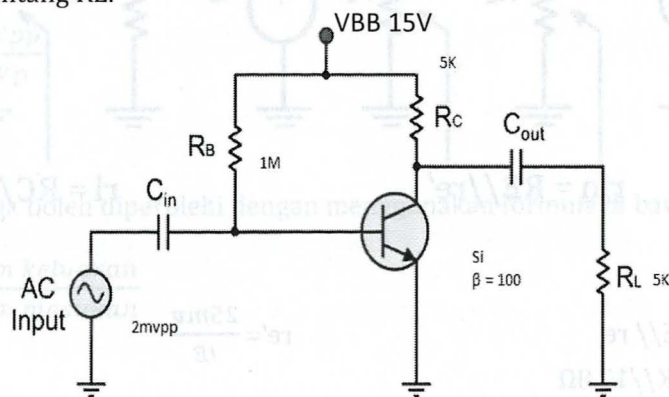
$$\begin{aligned} &= 7.5K // 1M \\ &= 7444\Omega \end{aligned}$$

$$\text{Didapati, } V_k = i_c r_L$$

$$\begin{aligned} &= 0.16 \text{ mA} \times 7444\Omega \\ &= 1.19 V_{pp} \end{aligned}$$

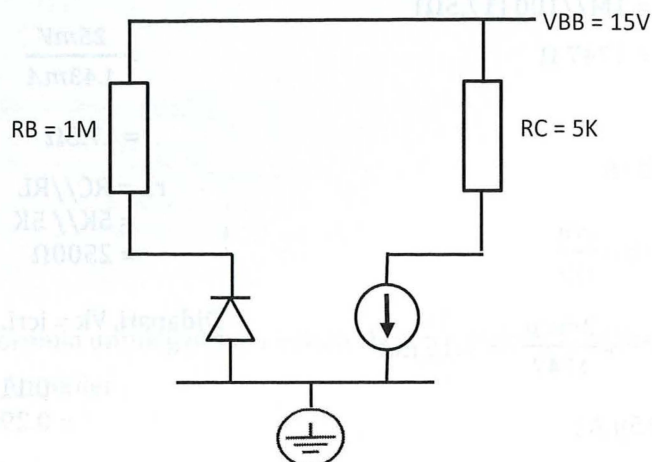
3.5.2 Litar Setara A.T Dan A.U Bagi Common Emitter Amplifier

1. Bagi menganalisa Common Emitter Amplifier, anggapan yang sama dibuat seperti analisa litar Common Base Amplifier dimana bagi litar persamaan at, kapasitor akan dianggap litar buka dan semua punca au dianggap dipintaskan ke neutral sementara bagi litar au pula kapasitor akan dianggap terpintas dan semua punca at terpintas ke nuetral.
2. Bagi tujuan kefahaman, Rajah 3.20 adalah dirujuk. Voltan masukan a.u (v_{in}) adalah 10mVpp. C_{in} dan C_{out} adalah kapasitor penjodoh. Voltan keluaran (v_{out}) pula akan diambil merentasi perintang R_L .



Rajah 3.20: Common Emitter Amplifier

3. Daripada litar persamaan at, dengan menganggap C_{in} dan C_{out} adalah dilitar buka, maka litar seperti di bawah boleh diperolehi.



Daripada litar persamaan a.t, I_E , I_C dan V_C boleh dikira.

$$V_{BB} = V_{RB} + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE}$$

$$= 100(14.3\mu A)$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$$= 1.43\text{mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

$$= 15 - [1.43\text{mA}(5K)]$$

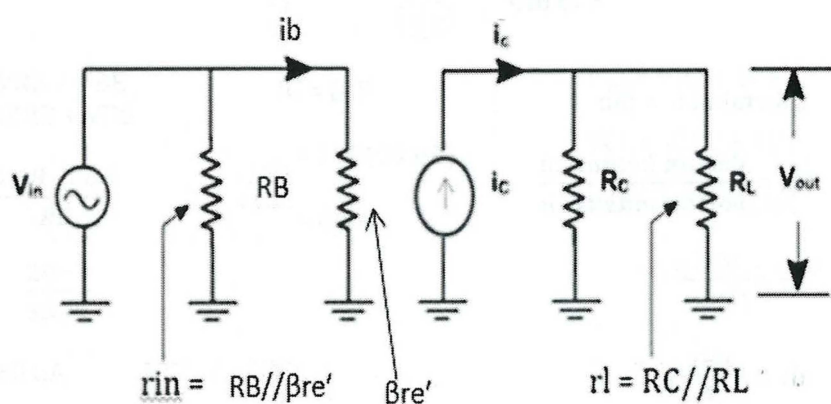
$$= \frac{15 - 0.7}{1M}$$

$$= 7.85\text{V}$$

$$= 14.3\mu A$$

4. Nilai V_{CE} yang diambil tidak memberi kesan kepada terminal keluaran kerana keluaran diambil merentasi R_L . Arus at tidak dapat mengalir melalui R_L kerana kapasitor C_2 dianggap litar buka bagi voltan a.t.

5. Daripada litar persamaan a.u, litar seperti di bawah diperolehi.



$$\begin{aligned} r_{in} &= R_B // \beta r_{e'} \\ &= 1M // 100 (17.5\Omega) \\ &= 1747 \Omega \end{aligned}$$

$$V_{in} = i_{brin}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } i_b &= \frac{v_{in}}{r_{in}} \\ &= \frac{2mV_p}{1747} = 0.16 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$i_b = 1.15 \mu A ;$$

$$\begin{aligned} i_c &= \beta i_b \\ &= 100(1.15 \mu A) \\ &= 0.115 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\Delta v = \frac{\text{Voltan keluaran}}{\text{voltan masukan}}$$

$$\Delta v = \frac{0.29V_{pp}}{2mV_p} = 144$$

$$\begin{aligned} r_{e'} &= \frac{25mV}{I_E} \\ &= \frac{25mV}{1.43mA} \end{aligned}$$

$$= 17.5\Omega \quad \text{Diketahui, } I_E = 1.43 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} r_L &= R_C // R_L \\ &= 5K // 5K \\ &= 2500\Omega \end{aligned}$$

$$\text{Didapati, } V_k = i_c r_L$$

$$\begin{aligned} &= 0.115 \text{ mA} \times 2500\Omega \\ &= 0.29V_{pp} \end{aligned}$$

6. Bagi litar Common Emitter Amplifier, gandaan voltan juga boleh dikira dengan formula $v = \frac{r_L}{r_{e'}}$. Ini dapat dibuktikan seperti penyelesaian di bawah.

$$\Delta v = \frac{\text{Voltan keluaran}}{\text{voltan masukan}}$$

$$\begin{aligned} V_k &= i_c r_L; & v_m &= i_{brin} \\ & & &= i_b \beta r_{e'} \end{aligned}$$

$$\text{Diketahui } i_c = \beta i_b$$

$$\Delta v = \frac{\text{Voltan keluaran}}{\text{voltan masukan}}$$

$$\Delta v = \frac{i_c r_L}{i_{brin}}$$

$$\Delta v = \frac{i_c r_L}{i_b \beta r_{e'}}$$

$$\Delta v = \frac{i_c r_L}{i_c r_{e'}}$$

$$\Delta v = \frac{r_L}{r_{e'}}$$

7. Dari contoh kiraan tadi, jika gandaan voltan dikira menggunakan formula ini, maka gandaan voltan

$$\Delta v = \frac{r_l}{r_{e'}}$$

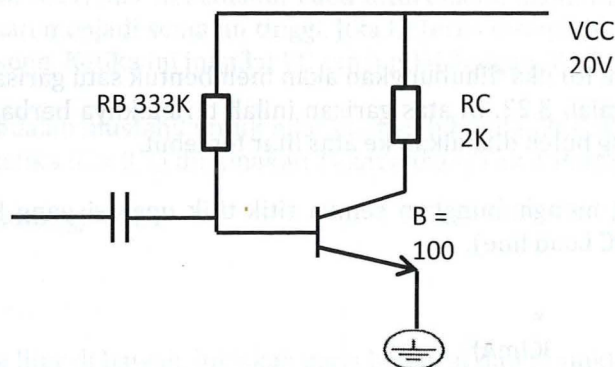
$$\begin{aligned}\Delta v &= \frac{2500}{17.5} \\ &= 143\end{aligned}$$

8. Kesimpulannya, formula untuk gandaan voltan $\Delta v = \frac{r_l}{r_{e'}}$, boleh digunakan untuk tatarajah Common Emitter Amplifier.

3.6 GARIS BEBAN AT (DC LOAD LINE)

3.6.1 Titik Operasi A.T.

1. Apabila sesuatu transistor telah diberikan voltan pincang yang betul, maka ia akan beroperasi. Transistor tersebut akan mengalirkan arus Collector (I_C) dan arus ini dinamakan arus operasi. (Quinscent Point atau Operating point)
2. Merujuk kepada rajah di bawah, dengan mengabaikan nilai V_{BE} , dan menganggap $\beta = 100$,



$$\begin{aligned}V_{BB} &= V_{RB} + V_{BE} \\ V_{BB} &= I_{B}R_B + V_{BE}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_B &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \\ &= \frac{20 - 0}{333K} \\ &= 60 \mu A\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_C &= \beta I_B \\ &= 100(60 \mu A) \\ &= 6mA\end{aligned}$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

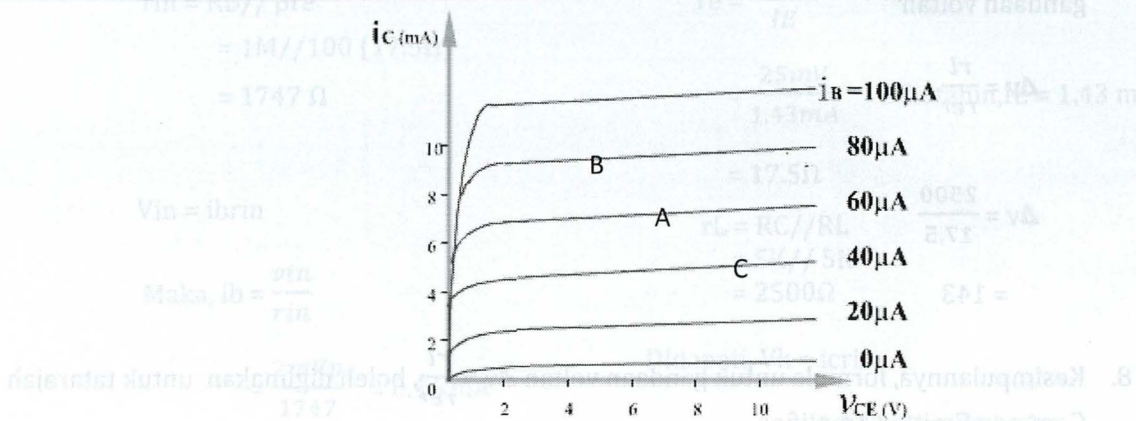
$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

$$= 20 - [6mA(2K)]$$

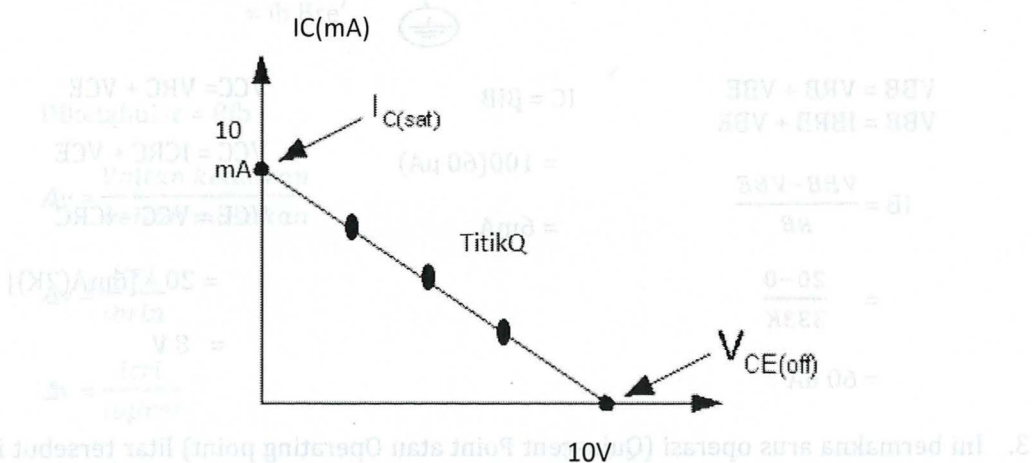
$$= 8V$$

3. Ini bermakna arus operasi (Quinscent Point atau Operating point) litar tersebut ialah 6mA dan arus ini menyebabkan $V_{CE} = 8V$.
4. Jika nilai I_B , I_C dan V_C diplotkan diatas suatu graf lengkok ciri I-V bagi litar berkenaan diperoleh seperti di bawah.



Rajah 3.21: Gerak Lengkok-ciri I-V Pemungut dan Titik-Q

- Titik A itu bermaksud, jika I_B litar itu $60\mu A$, maka I_C nya menjadi $6mA$ (arus operasi) dan V_C litar itu menjadi $8V$.
- Jika sekiranya I_B menjadi $80\mu A$, maka tentulah I_C akan menjadi $8mA$ ($\beta = 100$) dan jika kiraan-kiraan dibuat, akan didapati V_C nya menjadi $6V$ seperti yang ditunjukkan pada titik B.
- Seterusnya, jika dikehendaki nilai V_C litar berkenaan bernilai $12V$, kiraan-kiraan akan mendapati I_C mestilah bernilai $4mA$ dan I_B pula mesti dijadikan kepada $40\mu A$ seperti pada titik C.
- Titik-titik A, B, dan C itu jika dihubungkan akan membentuk satu garisan lurus, seperti yang ditunjukkan pada rajah 3.22. Di atas garisan inilah terletakinya berbagai-bagai kedudukan titik operasi a.t. yang boleh dilakukan ke atas litar tersebut.
- Garisan lurus yang menghubungkan semua titik-titik operasi yang boleh itu dinamakan Garis Beban A.T. (DC Load line).



Rajah 3.22: Garis Beban A.T.

3.6.2 Takat Tepu (Saturation Point)

1. Melalui rajah 3.21, jika I_B semakin cuba ditinggikan, maka I_C akan turut menjadi tinggi, tetapi V_C akan menjadi semakin rendah. Jika I_B terus ditinggikan, ini boleh menyebabkan V_C menjadi 0V. Ketika ini I_C akan menjadi 10mA. Selepas dari ini adalah mustahil bagi V_C untuk menjadi lebih rendah dari 0V.
2. Jadi, ini bermakna arus pemungut I_C yang paling maksimum yang boleh dialirkan oleh litar berkenaan ialah 10mA. Takat di mana arus pemungut maksima dinamakan Takat Tepu yang biasanya ditulis I_C (tepu). Pada rajah 3.22 ditunjukkan nilai $I_C=10\text{mA}$ adalah merupakan takat tepu litar berkenaan.
3. Jika diperhatikan pada takat tepu, V_C adalah 0V. Ini bermakna arus maksima telah menjadikan voltan yang susut merentasi R_L sama nilainya dengan V_{CC} . Oleh itu, I_C (tepu) sesuatu litar boleh dikira dengan formula seperti berikut :-

$$I_C (\text{tepu}) = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

4. I_C (tepu) adalah arus collector yang paling yang maksima yang boleh mengalir dalam litar. I_C pada titik Q pula ialah arus collector yang mengalir apabila transistor telah diberi pincangan yang diperlukan.

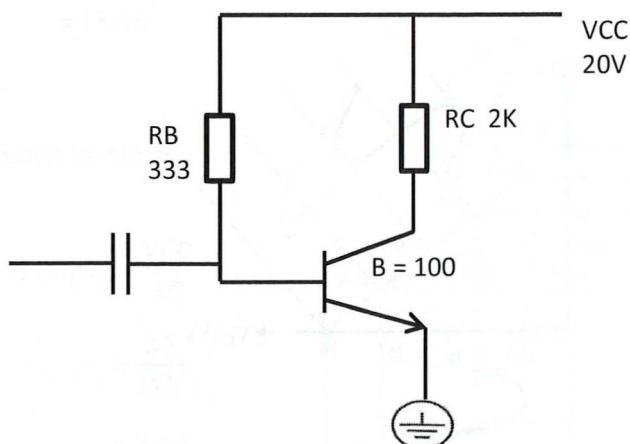
3.6.3 Takat Potong /Takat alihan (Cut Off Point)

1. Melalui rajah 3.21, jika I_B semakin cuba diturunkan, maka I_C akan turut menjadi rendah, tetapi V_C akan menjadi semakin tinggi. Jika I_B terus direndahkan akan menyebabkan nilai I_C menjadi kosong. Ketika ini nilai V_C sama nilai dengan V_{CC} .
2. Selepas ini adalah mustahil untuk nilai V_C melebihi nilai V_{CC} . Takat dimana nilai $V_C = V_{CC}$ iaitu pada ketika $I_C = 0$, ia dinamakan Takat alihan/Takat Potong atau ditulis sebagai,

$$V_C (\text{potong}) = V_{CC}$$

Contoh 1:

Merujuk kepada litar di bawah, lukiskan garis beban at dan tunjukkan juga titik Q.



$$V_{BB} = V_{RB} + V_{BE}$$

$$V_{BB} = I_{BR}R_B + V_{BE}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$$= \frac{20 - 0}{333K}$$

$$= 60 \mu A$$

$$I_C (\text{tepu}) = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$= \frac{20}{2K} = 10 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$= 100(60 \mu A)$$

$$= 6 \text{ mA}$$

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

$$= 20 \text{ V}$$

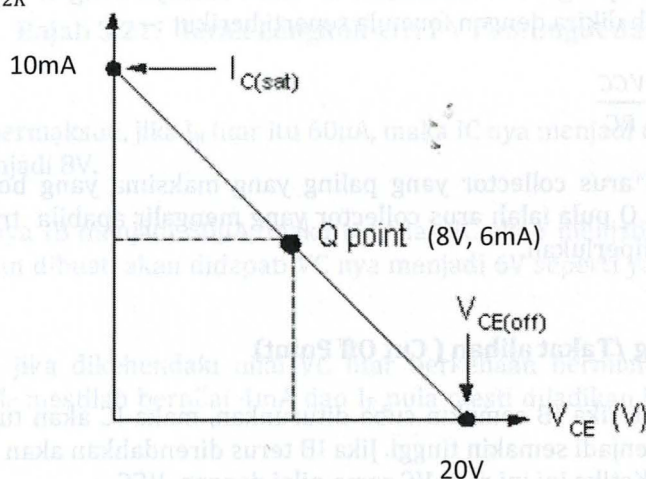
$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

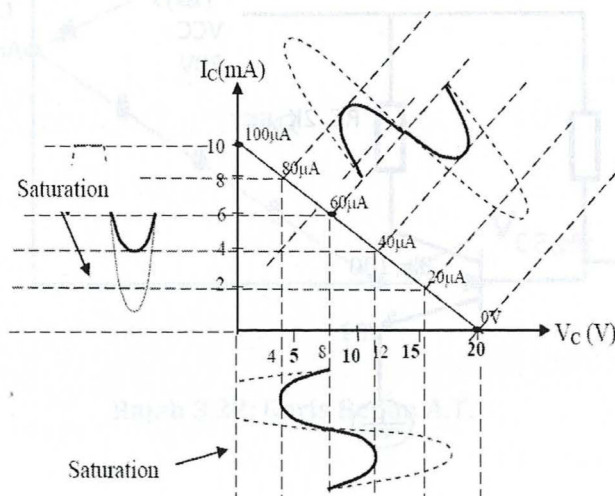
$$= 20 - [6 \text{ mA}(2K)]$$

$$= 8 \text{ V}$$



3.7 GARIS BEBAN AU (AC LOAD LINE)

1. Salah satu faktor yang boleh mengubah nilai I_B ialah voltan isyarat masukan. Oleh itu nilai voltan masukan mestilah tidak terlalu besar hingga menyebabkan I_B terlalu besar ayunannya.
2. Jika v_m terlalu besar, ianya akan meyebabkan sebahagian daripada isyarat keluaran terpotong dan akan menghasilkan herotan (distortion) seperti yang ditunjukkan seperti rajah di bawah.



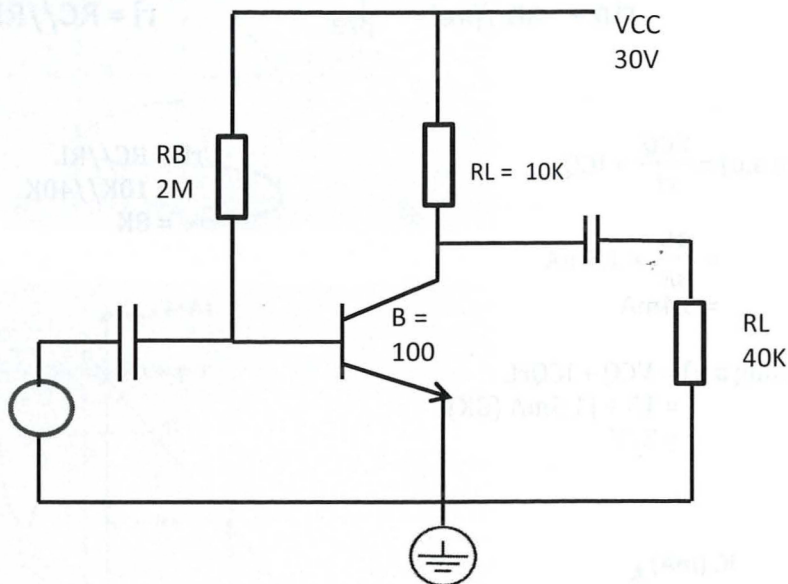
3. Formula-formula untuk mendapatkan takat tepu dan takat alihan adalah seperti berikut:

$$I_C (\text{tepu a.u}) = \frac{V_{CQ}}{r_l} + I_{CQ}$$

$$V_C (\text{alih a.u}) = V_{CQ} + I_{CQ}r_L$$

Contoh 1

Merujuk kepada rajah di bawah, lukiskan garis beban at dan au bagi litar tersebut. Tunjukkan juga titik Q. Anggap $V_{BE} = 0V$.



$$V_{BB} = V_{RB} + V_{BE}$$

$$V_{BB} = I_{B}R_B + V_{BE}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$$= \frac{30 - 0}{20M}$$

$$= 15 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$= 100(15 \mu A)$$

$$= 1.5mA$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

$$V_{CC} = I_{C}R_C + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_{C}R_C$$

$$= 30 - [1.5mA (10K)]$$

$$= 15 V$$

Garis beban at

$$I_C (\text{tepu}) = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

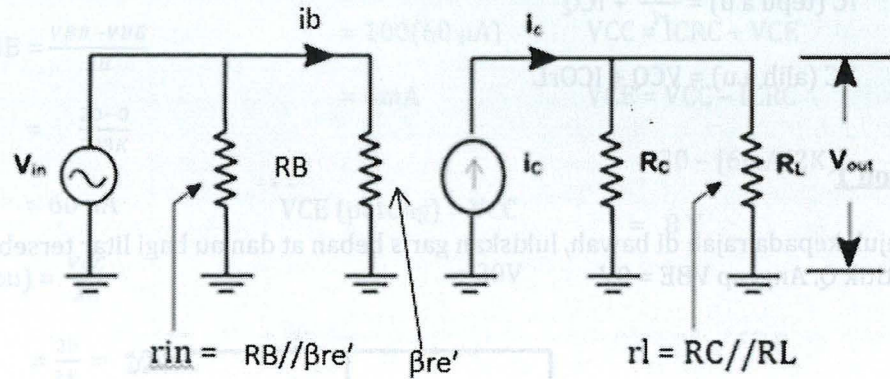
$$= \frac{30}{10K}$$

$$= 3mA$$

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

$$= 30V$$

Garis beban a.u



$$I_C (\text{tepu a.u}) = \frac{V_{CQ}}{r_l} + I_{CQ}$$

$$= \frac{15}{8K} + 1.5\text{mA}$$

$$= 3.4\text{mA}$$

$$r_L = R_C // R_L$$

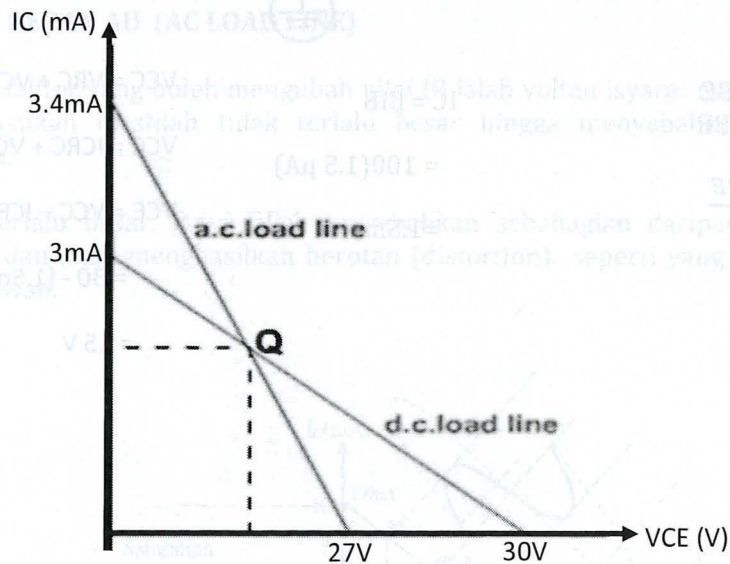
$$= 10K // 40K$$

$$= 8K$$

$$V_C (\text{potong a.u}) = V_{CQ} + I_{CQ} r_L$$

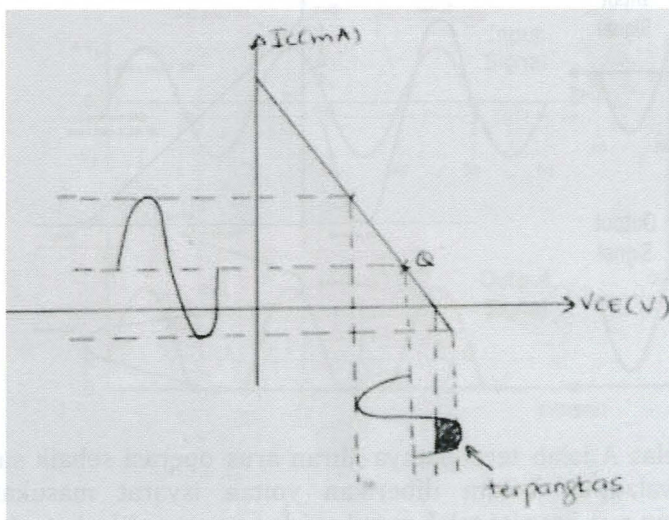
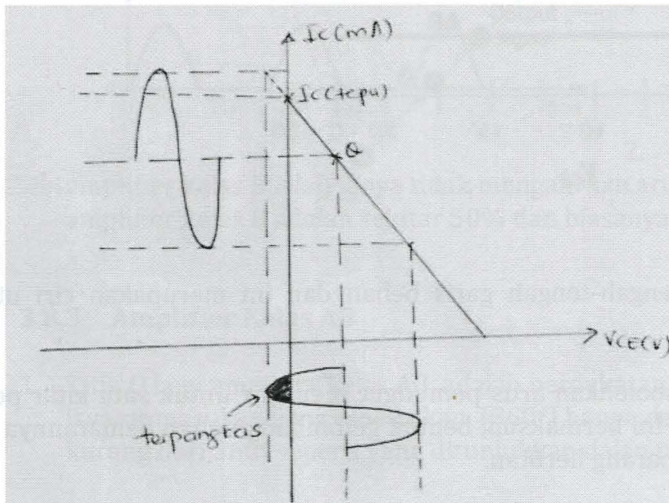
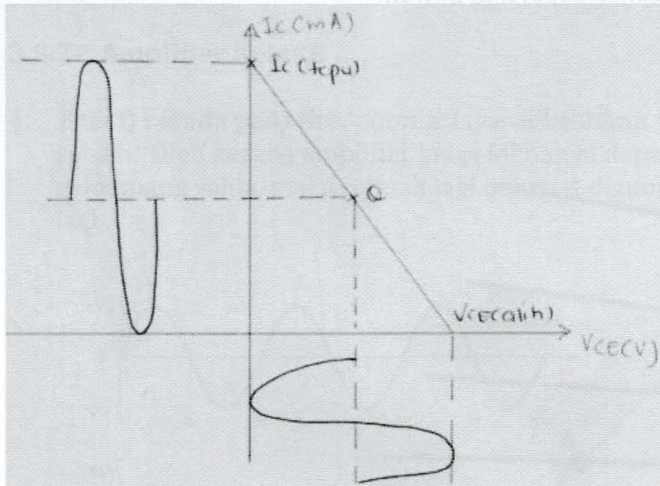
$$= 15 + [1.5\text{mA} (8K)]$$

$$= 27V$$



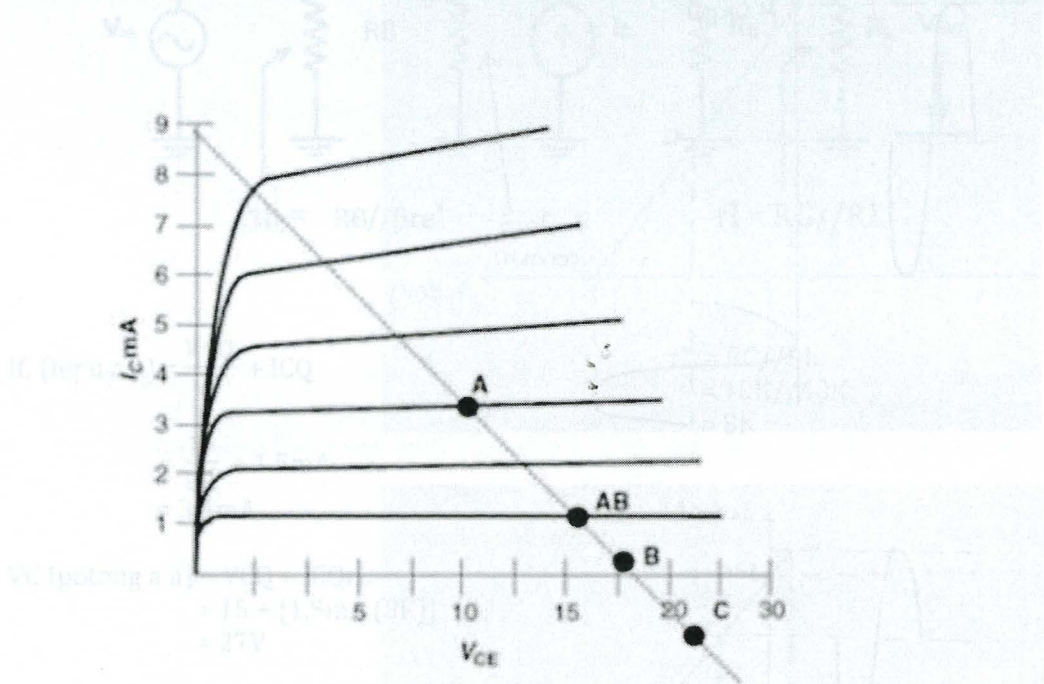
3.7.1 Kedudukan Titik Q dan kesannya terhadap Voltan keluaran

Kedudukan titik Q (titik operasi) akan menentukan nilai voltan maksima tanpa herotan seperti yang ditunjukkan di dalam gambarajah di bawah.



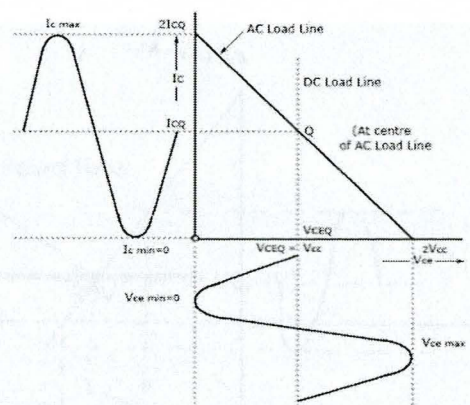
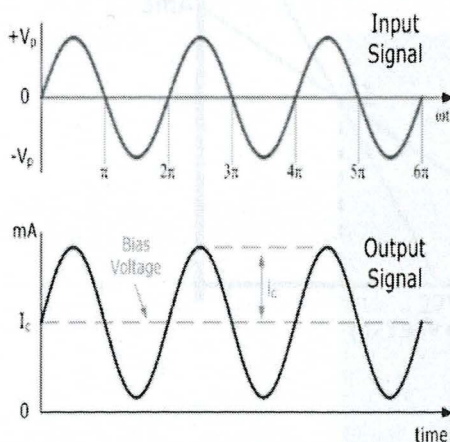
3.8 KELAS - KELAS AMPLIFIER

1. Kedudukan titik Q di atas garis beban akan menentukan kelas sesuatu amplifier. Secara amnya amplifier boleh dikelaskan kepada 4 kelas iaitu Amplifier Kelas A, Kelas B, Kelas AB dan Kelas C seperti yang ditunjukkan seperti di bawah.



3.8.1 Amplifier Kelas A

1. Kedudukan titik Q adalah ditengah-tengah garis beban dan ini merupakan ciri utama amplifier kelas A.
2. Operasi amplifier kelas A membolehkan arus pemungut mengalir untuk satu kitar penuh voltan isyarat masukan (360°). Ini bermaksud, bentuk gelombang voltan keluarannya juga lengkap satu kitar tanpa ada sebarang herotan.

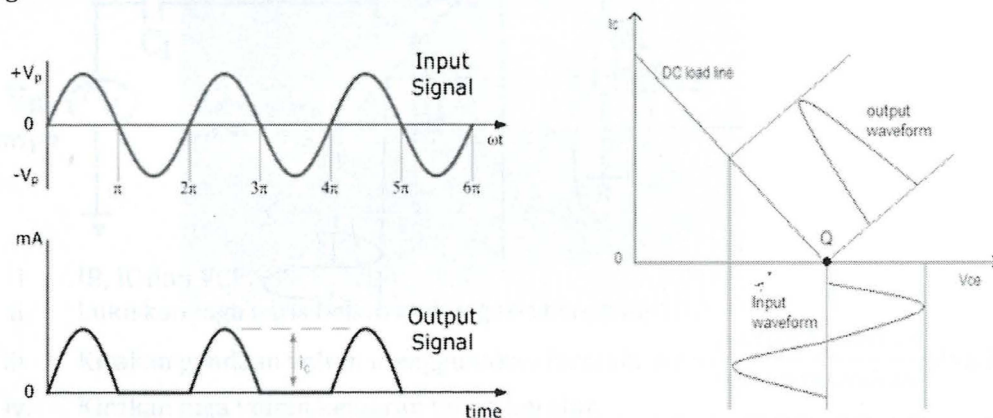


3. Antara keburukan amplifier kelas A ialah terdapatnya aliran arus operasi sebaik sahaja menerima voltan pincang, walaupun belum diberikan voltan isyarat masukan. Ini bermakna, tanpa isyarat masukan pun litar ini telah membazirkan arusnya. Jika bateri yang digunakan sebagai sumber bekalan kuasa maka hayat bateri itu pendek.

4. Kecekapan amplifier kelas A adalah rendah iaitu sekitar 25%. Amplifier kelas A biasanya digunakan apabila litar perlu mengandungan keseluruhan kitar voltan isyarat masukan dengan pengandaan yang besar tanpa berlaku heraton isyarat seperti di dalam sistem audio dan video.

3.8.2 Amplifier Kelas B

1. Titik Q berada pada titik potong. Isyarat keluaran yang didapati hanyalah setengah kitar sahaja. Oleh kerana amplifier kelas ini hanya dapat mengendalikan setengah kitar gelombang sahja, maka sebuah lagi penguat digunakan bagi mengendalikan separuh kitar lagi.



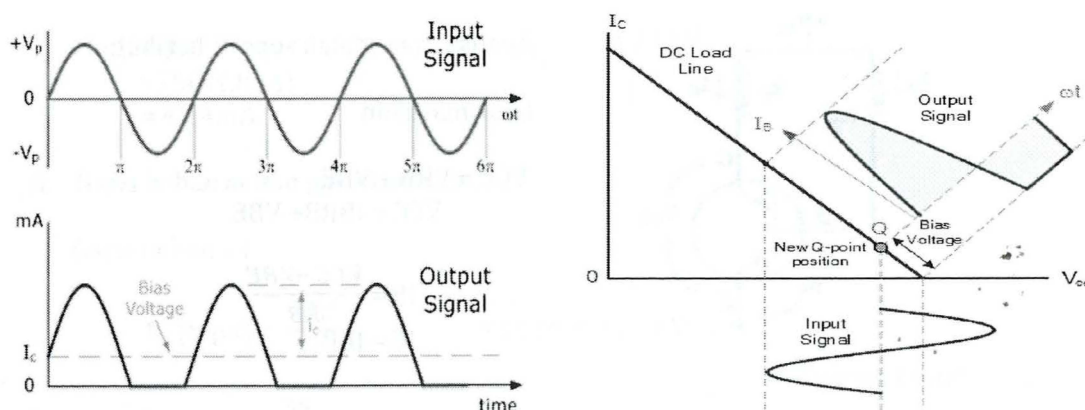
2.

Kebaikan

amplifier kelas B ialah ianya tidak mengalirkan arus jika tiada isyarat masukan. Kecekapan amplifier kelas B adalah sekitar 50% dan biasanya digunakan diperingkat keluaran audio.

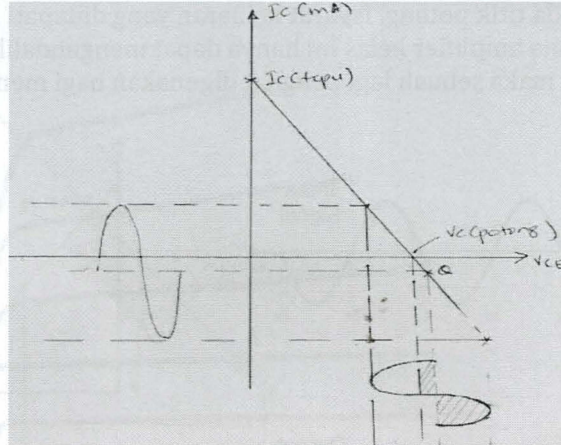
3.8.3 Amplifier Kelas AB

1. Titik Q bagi amplifier kelas AB adalah berdekatan dengan takat potong. Satu kitar penuh isyarat masukan yang dibekalkan (360°) hanya dapat menghasilkan lebih dari 180° tetapi kurang dari 360° seperti yang ditunjukkan dalam rajah di bawah.



3.8.4 Amplifier Kelas C

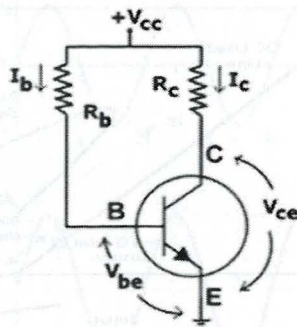
1. Kedudukan titik Q berada diluar titik potong, oleh itu hanya sebahagian dari isyarat masukan sahaja yang digandakan. Herotan adalah 60 % dan kecekapan adalah 75% dimana ia hanya akan mengalirkan arus apabila ada isyarat.
2. Digunakan Penguat Tuner RF (Tuner RF Amplifier) dimana frekuensi yang tidak diperlukan akan ditapis.



3.9 TEKNIK MEMINCANG TRANSISTOR

1. Ada beberapa kaedah digunakan untuk memincang transistor iaitu :-
 - i. Pincang Tetap (Fixed bias)
 - ii. Pincang Tapak Dengan Suapbalik Pengeluar
 - iii. Pincang Pembahagi Voltan (Voltage divider bias)
 - iv. Pincang Tapak Dengan Suapbalik Pemungut

3.9.1 Pincang Tetap (Fixed bias)



Analisa litar adalah seperti berikut:-

Litar masukan

$$V_{CC} = V_{RB} + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE}$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$I_C = \beta I_B$$

Litar keluaran

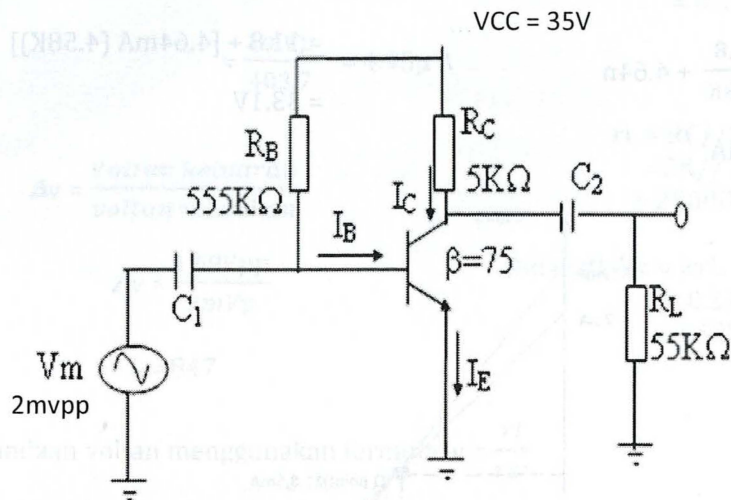
$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

Contoh 1

Berdasarkan kepada litar di bawah, kirakan:-



- I_B , I_C dan V_{CE} .
- Lukiskan juga garis beban at dan garis beban au
- Kirakan gandaan voltan menggunakan formula $A_v = \frac{\text{voltan keluaran}}{\text{voltan masukan}}$ dan $A_v = \frac{r_l}{r_{e'}}$
- Kirakan juga voltan keluaran tanpa herotan

Pengiraan:

- $V_{CC} = V_{RB} + V_{BE}$
 $V_{CC} = I_{BRB} + V_{BE}$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$= \frac{35 - 0.7}{555K}$$

$$= 61.8 \mu A$$

$$\begin{aligned} I_C &= \beta I_B \\ &= 75(61.8 \mu A) \\ &= 4.64 mA \end{aligned}$$

Litar keluaran

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

$$= 35 - [4.64 mA (5K)]$$

$$= 11.8V$$

- Garis beban at dan garis beban au

Garis beban a.t

$$I_C (\text{tepu}) = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$= \frac{35}{5K}$$

$$= 7mA$$

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

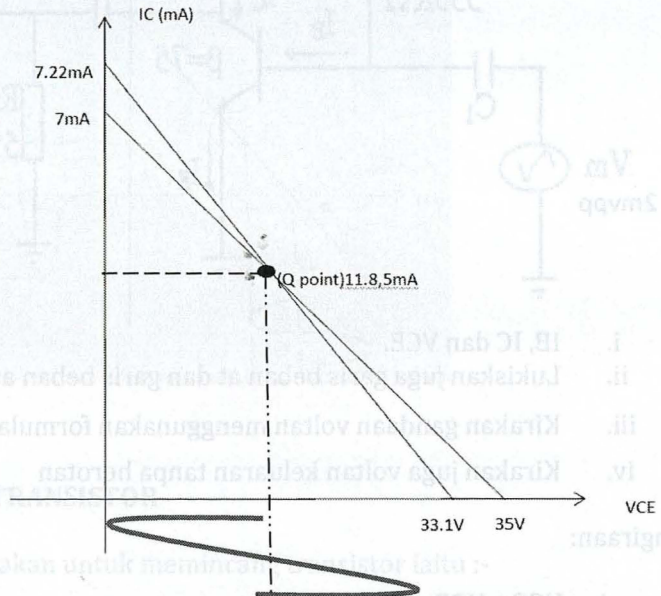
$$= 35V$$

Garis beban a.u

$$\begin{aligned} I_C (\text{tepu a.u}) &= \frac{V_{CQ}}{r_l} + I_{CQ} \\ &= \frac{11.8}{4.58K} + 4.64n \\ &= 7.22mA \\ &= 7.2mA \end{aligned}$$

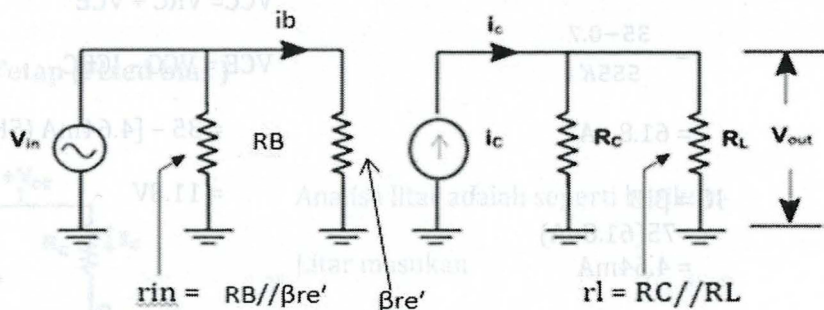
$$\begin{aligned} V_C (\text{potong a.u}) &= V_{CQ} + I_{CQ}r_L \\ &= 11.8 + [4.64mA (4.58K)] \\ &= 33.1V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_L &= R_C // R_L \\ &= 5K // 55K \\ &= 4.58K \end{aligned}$$



Voltan keluaran tanpa herotan = $2 (11.8) = 23.6V_{pp}$

iii. Gandaan voltan



$$\begin{aligned} r_{in} &= R_B // \beta r_{e'} \\ &= 555K // 75 (5.39\Omega) \\ &= 403.7 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{e'} &= \frac{25mV}{I_E} \\ &= \frac{25mV}{4.64mA} \\ &= 5.39\Omega \end{aligned}$$

Diketahui, $I_E = 4.64$ mA

$$V_{in} = i_{b} r_{in}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } i_b &= \frac{v_{in}}{r_{in}} \\ &= \frac{2mV_p}{403.7} = 4.95 \mu A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_c &= \beta i_b \\ &= 75(4.95 \mu A) \\ &= 0.37 mA \end{aligned}$$

$$\Delta v = \frac{\text{Voltan keluaran}}{\text{voltan masukan}}$$

$$\Delta v = \frac{1.69V_{pp}}{2mV_p}$$

$$= 847$$

$$\begin{aligned} r_L &= R_C // R_L \\ &= 5K // 5K \\ &= 2500 \Omega \end{aligned}$$

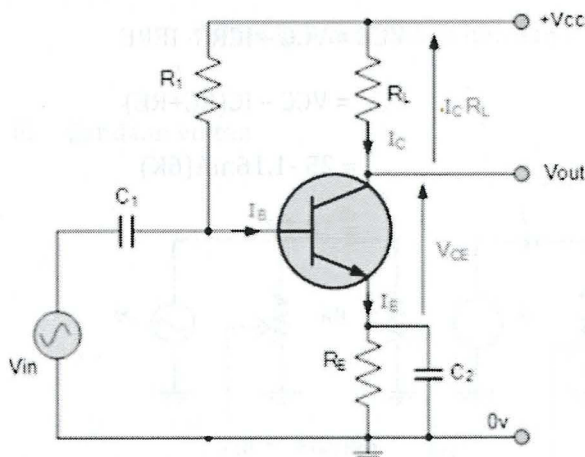
$$\begin{aligned} \text{Didapati, } V_k &= i_c r_L \\ &= 0.37 mA \times 4.58K \Omega \\ &= 1.69V_{pp} \end{aligned}$$

Gandaan voltan menggunakan formula $v = \frac{r_l}{r_{e'}}$

$$\Delta v = \frac{4.58K}{5.39}$$

$$= 849$$

3.9.2 Pincang Tapak Dengan Suapbalik Pengeluar



Analisa litar adalah seperti berikut:-

Litar masukan

$$\begin{aligned} V_{CC} &= V_{RB} + V_{BE} + V_{RE} \\ V_{CC} &= I_{BRB} + V_{BE} + I_{ERE} \\ &= I_{BRB} + V_{BE} + I_{CRE} \\ &= I_{BRB} + V_{BE} + \beta I_{BRE} \\ &= I_B(R_B + \beta R_E) + V_{BE} \end{aligned}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + \beta R_E}$$

$$I_C = \beta I_B$$

Litar keluaran

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE} + V_{RE}$$

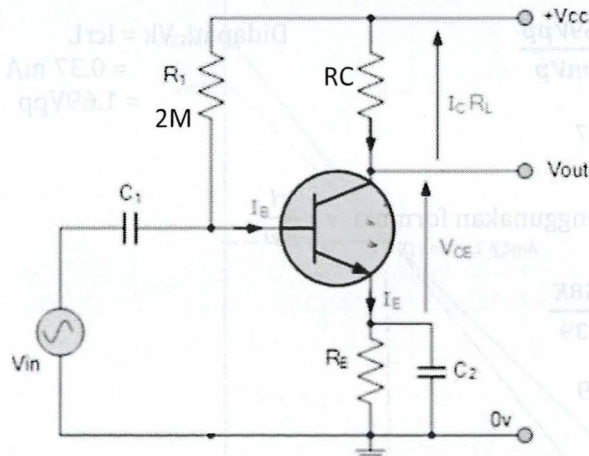
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

$$= V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

Contoh 1

Berdasarkan kepada litar di bawah, jika $V_{CC} = 25\text{ V}$, $R_1 = 2\text{ M}\Omega$, $R_E = 1\text{ k}\Omega$, $R_C = 5\text{ k}\Omega$ dan anggap $V_{BE} = 0.7\text{ V}$, $v_{in} = 2\text{ mVpp}$ serta $\beta = 100$, kirakan:-

- I_B , I_C dan V_{CE} .
- Lukiskan juga garis beban at dan garis beban au
- Kirakan gandaan voltan menggunakan formula $A_v = \frac{\text{voltan keluaran}}{\text{voltan masukan}}$ dan $A_v = \frac{r_l}{r_{e1}}$
- Kirakan juga voltan keluaran tanpa herotan



$$\begin{aligned}
 \text{i. } V_{CC} &= V_{RB} + V_{BE} + V_{RE} \\
 V_{CC} &= I_{BRB} + V_{BE} + I_{ERE} \\
 &= I_{BRB} + V_{BE} + I_{CRE} \\
 &= I_{BRB} + V_{BE} + \beta I_{BRE} \\
 &= I_B(R_B + \beta R_E) + V_{BE}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta R_E} \\
 &= \frac{25 - 0.7}{2\text{M} + 100(1\text{K})} \\
 &= 11.6\mu\text{A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_C &= \beta I_B \\
 &= 100(11.6\mu\text{A}) \\
 &= 1.16\text{mA}
 \end{aligned}$$

Litar keluaran

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE} + V_{RE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

$$= V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

$$= 25 - 1.16\text{mA}(6\text{K})$$

$$= 18.1\text{V}$$

- Garis beban at dan garis beban au

Garis beban a.t

$$I_C (\text{tepu}) = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

$$= \frac{25}{6\text{K}}$$

$$= 4.2\text{mA}$$

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

$$= 25\text{V}$$

$$I_C (\text{tepu a.u}) = \frac{V_{CQ}}{r_L} + I_{CQ}$$

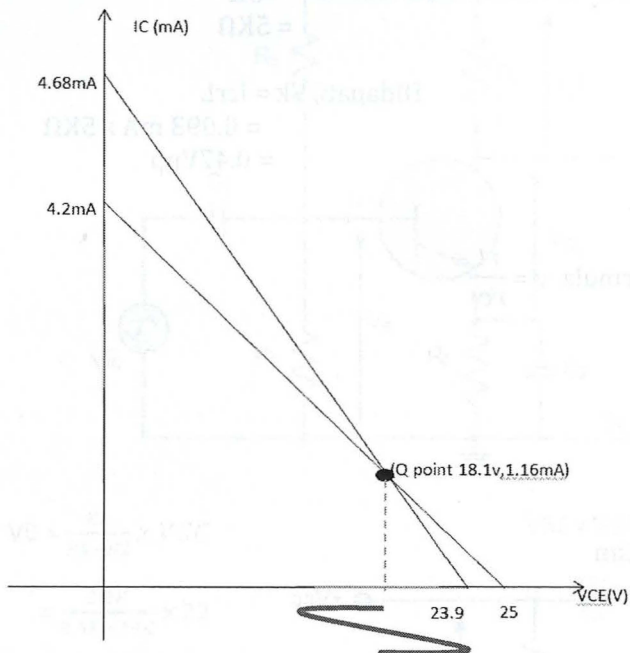
$$= \frac{18.1}{5K} + 1.16\text{mA}$$

$$= 4.68\text{mA}$$

$$V_C (\text{potong a.u}) = V_{CQ} + I_{CQ}r_L$$

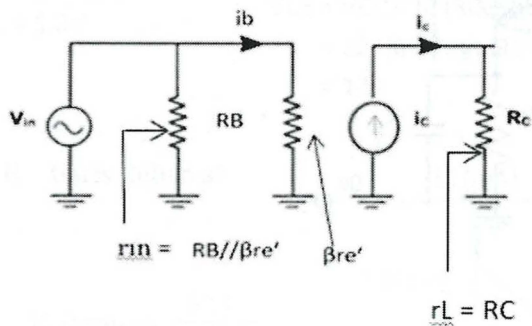
$$= 18.1 + [1.16\text{mA} (5K)]$$

$$= 23.9\text{V}$$



Voltan keluaran tanpa herotan = 2 (5.8)=11.6Vpp

iii. Gandaan voltan



$$r_{in} = R_B // \beta r_{e'}$$

$$= 2M // 100 (21.5\Omega)$$

$$= 2148 \Omega$$

$$r_{e'} = \frac{25\text{mV}}{I_E}$$

$$= \frac{25\text{mV}}{1.16\text{mA}}$$

$$= 21.5\Omega$$

Diketahui, $I_E = 1.16 \text{ mA}$

$$V_{in} = i_{brin}$$

$$\text{Maka, } i_b = \frac{v_{in}}{r_{in}}$$

$$= \frac{2mV_{pp}}{2148} = 0.93\mu A$$

$$\Delta v = \frac{\text{Voltan keluaran}}{\text{voltan masukan}}$$

$$\Delta v = \frac{0.47V_{pp}}{2mV_{pp}}$$

$$= 233$$

$$\begin{aligned} i_c &= \beta i_b \\ &= 100(0.93\mu A) \\ &= 0.093mA \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_L &= R_C \\ &= 5K \\ &= 5K\Omega \end{aligned}$$

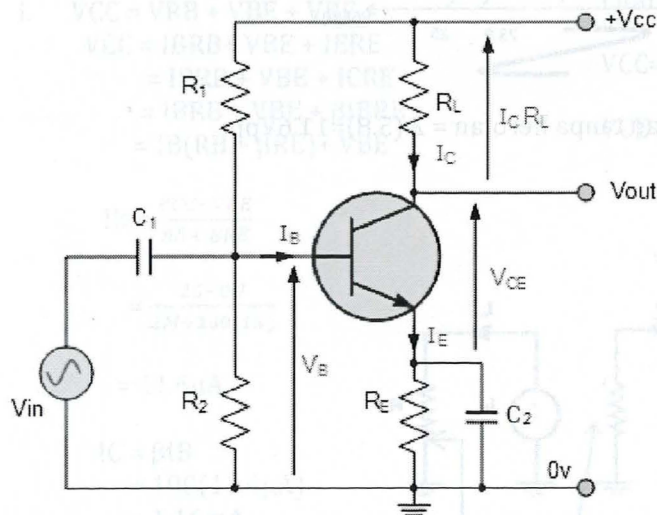
$$\begin{aligned} \text{Didapati, } V_k &= i_c r_L \\ &= 0.093mA \times 5K\Omega \\ &= 0.47V_{pp} \end{aligned}$$

Gandaan voltan menggunakan formula $v = \frac{r_l}{r_{e'}}$

$$\Delta v = \frac{5K}{21.5}$$

$$= 233$$

3.9.3 Pincang Pembahagi voltan



Analisa litar masukan

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC}$$

$$V_B = V_{BE} + V_{RE}$$

$$V_{RE} = V_B - V_{BE}$$

$$V_{RE} = I_{RE} R_E$$

$$I_E = \frac{V_{RE}}{R_E}$$

Anggap $I_E = I_C$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE} + V_{RE}$$

$$= I_C R_C + V_{CE} + I_{RE} R_E$$

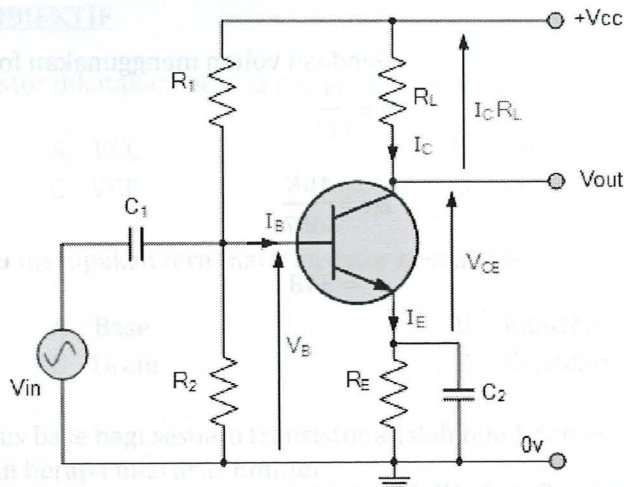
$$V_{CC} = I_C (R_C + R_E) + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

Contoh 1

Berdasarkan kepada rajah di bawah, diberi $V_{CC} = 22V$, $R_1 = 39K\Omega$, $R_2 = 3.9K\Omega$, $R_C = 10K\Omega$, $R_E = 1.5K\Omega$, $V_{in} = 2mV_{pp}$, $V_{BE} = 0.7V$ dan $\beta = 150$. Kirakan:-

- I_C , I_E , V_C dan V_{CE}
- Lukiskan garis beban at
- Gandaan voltan



$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC}$$

$$= \frac{3.9K}{3.9K + 39K} \times 22$$

$$= 2V$$

$$V_{RE} = I_E R_E$$

$$I_E = \frac{V_{RE}}{R_E} = \frac{1.3}{1.5K} = 0.87mA$$

$$\text{Anggap } I_E = I_C$$

$$V_B = V_{BE} + V_{RE}$$

$$V_{RE} = V_B - V_{BE}$$

$$= 2 - 0.7V$$

$$= 1.3V$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE} + V_{RE}$$

$$= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

$$= 22 - [0.87mA (10K + 1.5K)]$$

$$= 12V$$

$$V_C = V_{CC} - V_{RC}$$

$$= V_{CC} - I_C R_C$$

$$= 22 - [0.87mA (10K)]$$

$$= 13.3V$$

- Garis Beban at

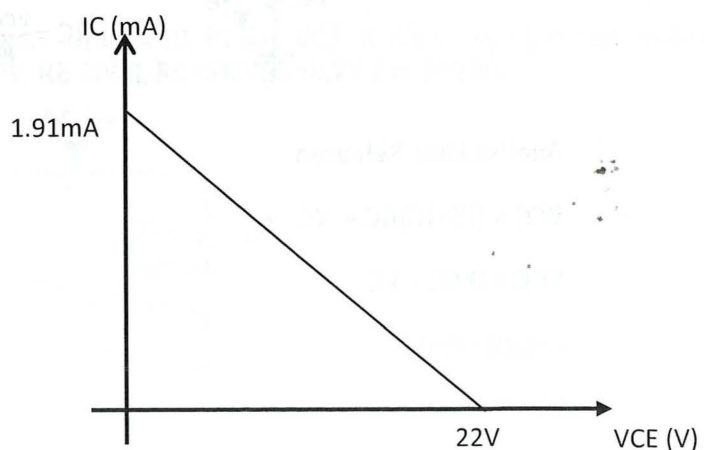
$$I_C (\text{tepu}) = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

$$= \frac{22}{1.5K + 10K}$$

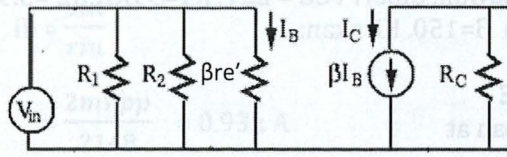
$$= 1.91mA$$

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

$$= 22V$$



iv. Gandaan voltan



$$r_e' = \frac{25mV}{I_E}$$

$$= \frac{25mV}{0.87mA}$$

$$= 28.7\Omega$$

$$r_l = R_C = 10K\Omega$$

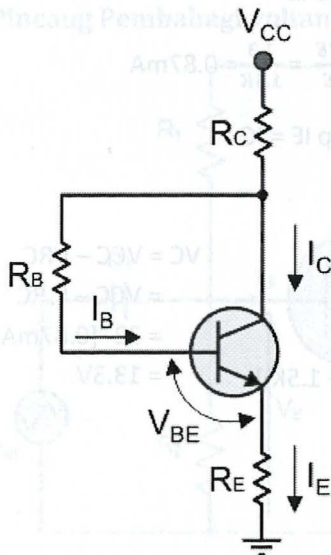
Gandaan voltan menggunakan formula

$$v = \frac{r_l}{r_e'}$$

$$\Delta v = \frac{10K}{28.7}$$

$$= 348$$

3.9.4 Pincang Tapak Dengan Suapbalik Pemungut



Analisa Litar Masukan

$$V_{CC} = (I_B + I_C)R_C + I_B R_B + V_{BE}$$

$$= I_E R_C + I_B R_B + V_{BE}$$

$$\text{Anggap } I_E = I_C \text{ dan } I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$V_{CC} = I_C R_C + \frac{I_C}{\beta} R_B + V_{BE}$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_C \left(R_C + \frac{R_B}{\beta} \right)$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_B}{\beta}}$$

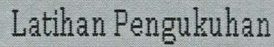
Analisa Litar Keluaran

$$V_{CC} = (I_B + I_C)R_C + V_C$$

$$V_{CC} = I_E R_C + V_C$$

$$\text{Anggap } I_E = I_C$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$



D 0.94uA

RUJUKAN

B.L.Theraja (2007), Basic Electronic Solid State, India: S.Chand & Company Ltd.

Howard M.Berlin(1992), Experiments in Electronic Devices ,3rd Edition, USA: Mac Millan.

Joseph J. Carr (1993), Electronic Devices, USA: Mac Millan & Mc Graw Hill.

Stan Amos & Mike James (2000), Principle of Transistor Circuits,Great Britain, Newness.

S.O.Pillai (1991), Solid State Electronic Engineering Materials, India, Miley Eastern.

Thomas L. Floyd (1999), Electronic Devices , 5th Ed , Columbia : Prentice Hall.

[What is Hydrogen]. Diambil pada Disember 5, 2013, Daripada <http://study.com/academy/lesson/what-is-hydrogen-formula-production-uses.html>

[Gallery For Silicon Electron].Diambil pada Disember 5, 2013, Daripada <http://imgarcade.com/1/silicon-electrons/>

[Doping Semiconductor]. Diambil pada Disember 5, 2013, Daripada [https://en.wikipedia.org/wiki/Doping_\(semiconductor\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Doping_(semiconductor))

[How Diodes and Rectifiers Operate] Diambil pada Disember 5, 2013, <http://www.bristolwatch.com/electronics/diodes.html>

[Diodes Symbols] Diambil pada Disember 5, 2013, <http://www.clipartbest.com/diode-symbols.html>

[What is Diodes- PN Junction Diodes] Diambil pada Disember 5, 2013, <http://www.clipartbest.com/diode-symbols.html>

[Diodes Symbols] Diambil pada Disember 5, 2013, http://www.radio-electronics.com/info/data/semicond/diodes/pn_junction-diodes-basic_tutorial/php

[Rectifier Circuits] Diambil pada Mac 14 , 2014 , http://www.Amateur-radio-wiki.net/index.php?title=Rectifier_Circuits

[Clippers Circuit] Diambil pada Mei 5 , 2014, <http://www.daenotes.com/electronics/digital-electronics/clipper-circuits>

[Automotive Technology Study] Diambil pada Mei 5, 2014, http://lrandas.com/P2_session_4-4.html.

[Power Supply] Diambil pada Jun 17 , 2014, <http://www.cdagro.com/general/ep1.html>

[Transistor Symbols] Diambil pada 15 Ogos , 2014, <http://www.galleryhip.com/transistor-symbols-schemmatics.html>

[Bipolar Junctions Transistor] Diambil pada Ogos 15, 2014, <http://fourier.eng.hmc.edu/e84/lectures/ch4/node3.html>

00027826

TARIKH DIPULANGKAN
(DATE DUE)



ISBN 978-967-5677-47-2



9789675677472