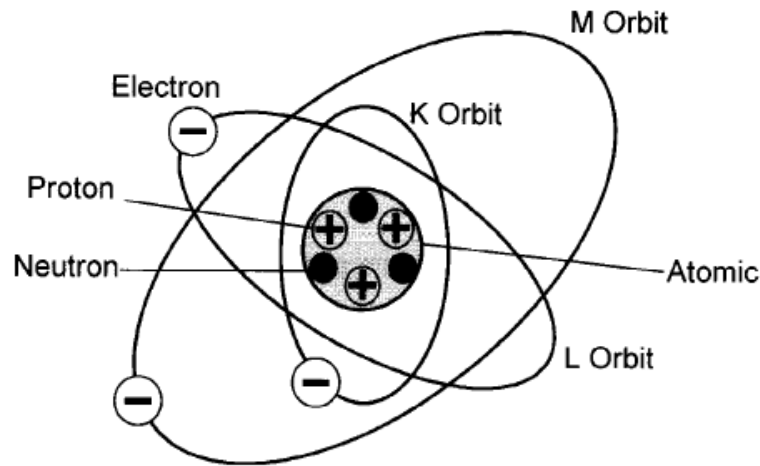


## SEMIKONDUKTOR

### 1. Komposisi dan inti Kelistrikan

Setiap benda terdiri dari molekul-molekul dimana dalam pergerakannya secara kimia merupakan gabungan atom-atom yang konstan.

Example: water molecule ( $H_2O$ ) = two hydrogen atoms ( $H_2$ ) + one oxygen atom (O)



**Atom relationship model**

Seperti pada gambar diatas, elektron-elektron bergerak dengan cepat disekitar inti atom, mengelilingi orbitnya, seperti bumi dan planet-planet yang mengitari matahari. Hanya sejumlah elektron tertentu yang dapat keluar orbitnya (K: 2, L: 8, M: 18, . . .) dan setiap elemen memiliki karakter jumlah elektron (contoh. hydrogen 1, carbon 6, oxygen 8,...).

Umumnya inti atom memiliki muatan listrik positif (+) dan elektron memiliki muatan listrik negatif (-) dan keduanya memiliki sifat saling tarik menarik satu sama lainnya sehingga atom menjadi netral (jumlah muatan positif = jumlah muatan negatif). Dikarenakan gaya tarik menarik dari inti atom terhadap elektron yang berada diluar orbit (valence electron) atau yang paling lemah, maka elektron tersebut mudah lepas dari orbitnya karena pengaruh luar (seperti panas, kelistrikan, cahaya dsb.) sehingga bisa pindah ke orbit lainnya, Elektron-elektron yang keluar dari orbit tersebut disebut dengan elektron bebas, dan merupakan inti dari listrik. Perpindahan elektron bebas tersebut selanjutnya menjadi arus listrik. Jadi pergerakan elektron bebas ini merupakan aliran arus listrik.

### 2. Conductor & nonconductor

Bila material kelistrikan dikelompokkan, maka akan terdapat tiga kelompok yaitu; Conductor yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik, Nonconductor yaitu meterial yang tidak menghantarkan listrik dan Semiconductor merupakan material yang memliki daya hantar menengah yaitu diantara conductor dan nonconductor.

Karakteristiknya ditentukan oleh konfigurasi elektronik berdasarkan struktur material atom.

**1) Conductor:**

Conductor dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Banyak logam yang dapat menghantarkan arus listrik dan elektron dengan baik. Urutan conductor dari yang paling baik adalah sebagai berikut:

perak\_ tembaga\_ emas\_ aluminium \_ tungsten \_ seng \_ nickel \_ dst

**2) Nonconductor:**

Tidak dapat menghantarkan arus listrik. Nonconductor disebut juga dengan insulator karena electron bebas tidak mudah dialirkan oleh material tersebut seperti; keramik, gelas, karet, plastik, kayu, dst.

**3) Semiconductor:**

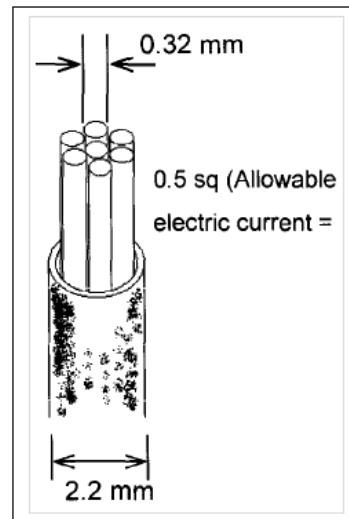
Semiconductor memiliki karakteristik menengah diantara conductor dan nonconductor. Yang termasuk material semiconductor adalah; silicon (Si), germanium (Ge), selenium (Se) dan sebagainya, yang banyak digunakan pada komponen electronic.

Untuk wiring mobil , dipakai tipe multiserat yang di dalamnya terdapat berisi kabel tembaga. Ketebalan kawatnya ditentukan oleh besarnya arus listrik yang dialirkan, beban, kontinuitas, temperatur dan sebagainya. Semakin besar arus listriknya, maka semakin besar kawat yang digunakan dan waktu mengalirkannya juga semakin lama, kawat listrik yang lebih kecil juga bisa dipakai.

Tabel Spesifikasi umumnya adalah sebaga berikut:

General Specification Table

Luas (mm)	Strand Diameter	No. of Strands	Electric Wire OD	Allowable Current (A)
0.5	0.32	7	2.2	9
0.85	0.32	11	2.4	12
1.25	0.32	16`	2.7	15
2	0.32	26	3.1	20
3	0.32	41	3.8	27
5	0.32	65	4.6	37
8	0.45	50	5.5	47
15	0.45	{8 <sup>8</sup> 4	7.0	59
20	0.8	41	8.2	84



## 4. Semiconductor

### 4.1 Apakah itu semiconductor?

Ada material conductor yang dapat menghantarkan arus listrik dan material nonconductor tidak dapat menghantarkan arus listrik. Dan semiconductor yang merupakan material diantara conductor dan insulator. Artinya arus listrik tidak mudah mengalir seperti pada conductor dan tidak sulit seperti pada nonconductor. Semiconductor adalah material yang mempunyai karakter kelistrikan khusus.

### 4.2 Material Semiconductor

Tahanan secara khusus pada tembaga yang digunakan sebagai conductor listrikan adalah  $10^{-6}$   $\Omega$  cm yang merupakan tahanan paling rendah, meskipun tahanan pada Ni-Cr yang digunakan sebagai kabel hambatan adalah  $10^{-4}$   $\Omega$  cm, karena itulah material ini disebut dengan conductor karena keduanya dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Bila tahanannya lebih dari  $10^0$   $\Omega$  cm maka kecil sekali arus yang dapat dihantarkan olehnya sehingga material tersebut digunakan sebagai insulator. Diantara material conductor dan insulator ada yang tidak tergolong conductor dan nonconductor, yang disebut dengan semiconductor, diantaranya adalah germanium dan silicon digunakan dalam pembuatan diode dan transistor.

State	Specific Resistance	Material
Conductor	$10^6$	Silver, copper
		Platinum
	$10^4$	Nichrome
		Carbon electrode
	$10^{-2}$	
Semiconductor		Pyrite
	1	
		Germanium
	$10^2$	
		Silicon
	$10^4$	
	$10^6$	Copper dioxide
	$10^8$	
	$10^0$	Bakelite
Nonconductor	$10^{-2}$	
	$10^{-3}$	Mica, diamond
	$10^{14}$	
	$10^5$	Glass
	$10^6$	
	$10^8$	Quartz glass

Semiconductor dapat menjadi conductor atau nonconductor tergantung dari kondisinya (hubungan antara tegangan , arus listrik, tempertur dan sebagainya). Element utama yang paling banyak digunakan adalah silicon (Si) dan germanium (Ge), dan conductor yang tingkat kemurniannya tinggi disebut dengan intrinsic semiconductor. Silicon dan germanium sebenarnya mempunyai empat elektron yang berada di luar orbitnya. Yaitu struktur krinstal elektron, bentuknya menjadi atom yang memiliki empat elektron dengan pasangan atomnya. Karena ikatan pasangannya, material ini menjadi insulator listrik dan memiliki nilai listrik kecil, sehingga tidak dapat digunakan sendiri sebagai meterial semiconductor. Oleh karena itu bahan ini digunakan sebagai bentuk semiconductor impurity dengan menambahkan sedikit element atom lain pada intrinsic atom ini pada valence 4.

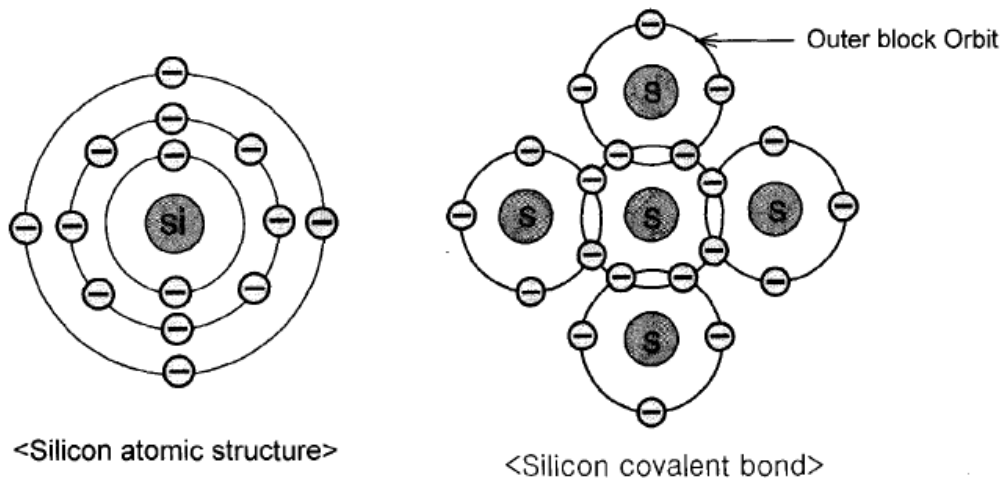
### 4.3 Klasifikasi semiconductor

Semiconductor umumnya terdiri dari dua bentuk. Yaitu intrinsic semiconductor yang berisi impurity di dalam material kristalnya dan impurity semiconductor yang perlu penambahan impurity ke dalam intrinsic semiconductor agar konduktivitasnya meningkat. Secara umum diode dan transistor termasuk dalam semiconductor impurity. Semiconductor impurity juga dikelompokkan dalam dua bagian yaitu tergantung dari penambahan impurity materialnya.

Fungsi material impurity di dalam semiconductor adalah untuk ;

- Menambahkan jumlah elektron bebas di dalam semiconductor
- Menambah hole di dalam semiconductor.

Jadi diantara semiconductor impurity, yang impurity-nya ditambah guna menambah electron bebasnya, disebut dengan negatif semiconductor, dan penambahan impurity dengan menambah hole disebut dengan positif semiconductor.



### 4.3.1 Intrinsic Semiconductor

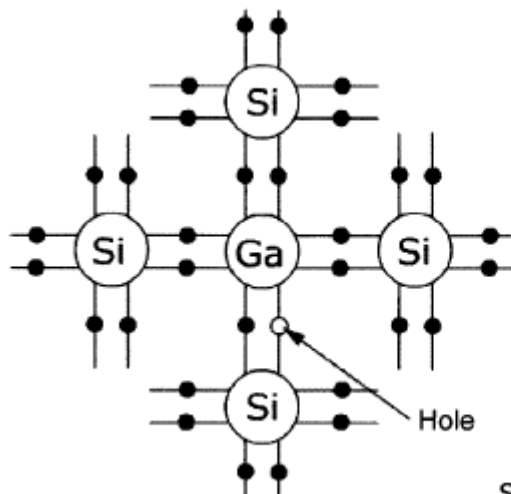
- Intrinsic semiconductor tidak terdiri dari material impurity di keseluruhan struktur cristalnya.
- Intrinsic semiconductor murni ditemukan sekitar 99.999999999 % (lebih dari sepuluh angka -sembilan) dengan 11 angka sembilan.
- Contohnya germanium dan silicon tergolong dalam jenis ini.

### 4.3.2 Semi conductor impurity

- Semiconductor impurity ini ditambahkan material impurity secara khusus ke dalam semicondutor intrinsic, gunanya untuk meningkatkan daya hantar.
- Umumnya semiconductor yang digunakan pada diode atau transistor tergolong pada semiconductor impurity.
- Klasifikasi semiconductor impurity
  - a. Semiconductor tipe N adalah penambahan impurity untuk meningkatkan jumlah electron pada semiconductor.
  - b. Semiconductor tipe P adalah penambahan impurity untuk meningkatkan jumlah hole pada semiconductor.

#### 1) Semiconductor tipe P

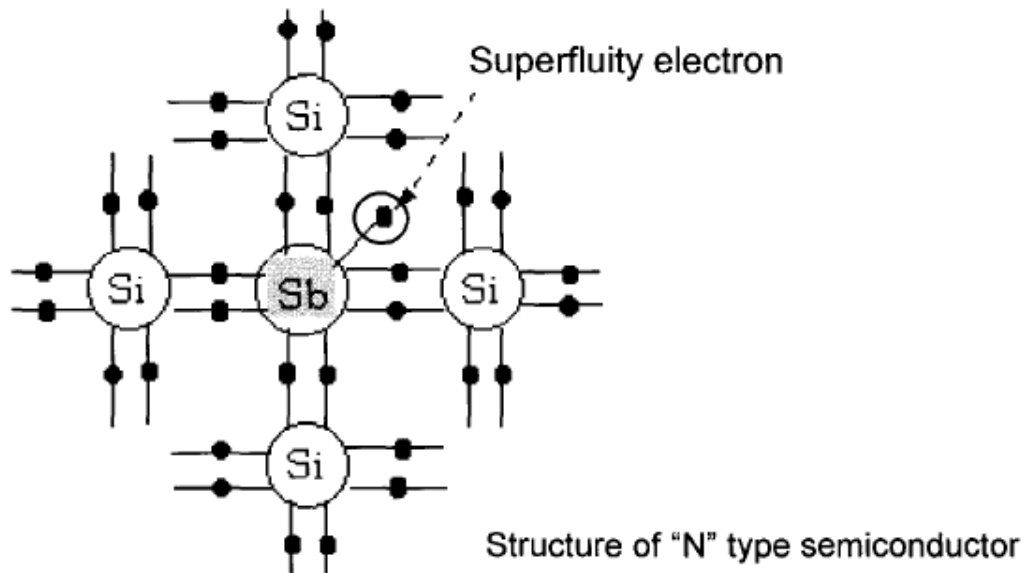
Semiconductor ini dibuat dengan penambahan bahan (Ga : gallium; In :phosporous; B: boron)Memiliki tiga valence electron intrinsic semiconductor. Melalui empat lapisan luar electron yang dimilikinya, bila kedua jenis material ini bertemu satu dengan lainnya, maka atom silicon dari kedua jenis atom tidak ini tidak bisa berbagi electron, sehingga arus listrik dapat mengalir dengan mudah dimana lowongan ini disebut hole. Tipe semiconductor ini biasa disebut dengan P (positive) karena diasumsikan muatan listriknya adalah positif karena elektronnya lebih sedikit. Saat mendapat tegangan, electron mengisi sisi hole kemudian hole tersebut secara terus menerus bergerak menurun. Arus listriknya mengalir melalui hole yang ada di dalam semiconductor tipe P ini.



Structure of "P" type semiconductor

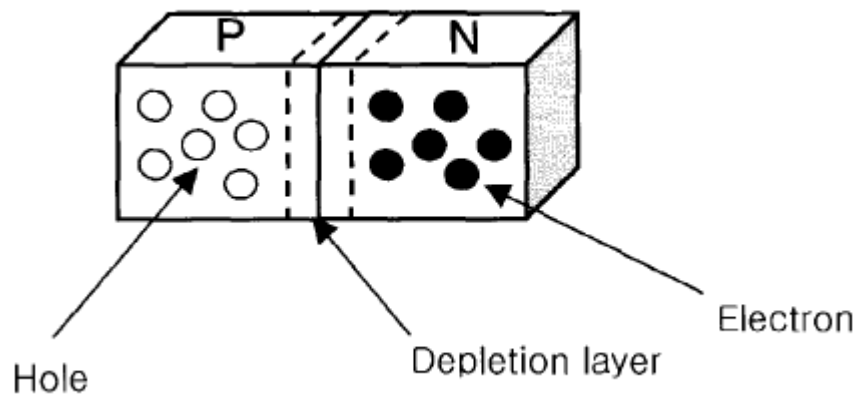
## 2) Semiconductor tipe N

Semiconductor ini dibuat dengan menambahkan material (P: phosphorus; As: arsenic; Sb: antimony) memiliki 5 lapisan luar electron dalam intrinsic semiconductor. Bila lima valensi element ini ditambahkan untuk mengikat dengan silicon, maka satu electron tetap bertahan sebagai kelebihan di dalam octet, sehingga daya hantar electron tersebut bisa baik melalui gerak bebas elektron yang tertinggal. Semiconductor ini disebut dengan tipe N (negatif) karena arus listriknya diasumsikan adalah negatif. Arus listrik ini mengalir melalui semiconductor tipe N (penghantar : elektron).



## 3) P-N Junction (persimpangan antara P-N)

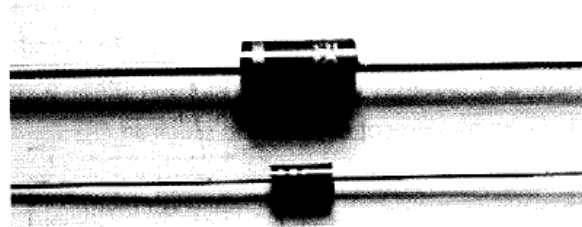
Bila semiconductor tipe P dan N secara kimiawi dibatasi satu dengan lainnya, maka dibuat persamaan dimana tidak ada carrier (penghantar) seperti hole dan electron bebas ditahan bersama di bagian sempit dari permukaan persimpangan (junction). Permukaan junction ini disebut dengan depletion layer, dan semiconductor yang dipisah disebut dengan PN junction semiconductor atau diode. Maka muatan listrik yang ada dari perbedaan polaritas satu sama lainnya, menghasilkan sedikit potensial listrik, disebut dengan electric potential barrier.



## 5. Diode (Diode untuk penyearah sirkuit)

### 5.1 Uraian umum Diode

Diode adalah bagian komponen semiconductor yang berfungsi mengalirkan arus listrik dalam satu arah. Seperti telah dikatakan sebelumnya, semiconductor disebut demikian berdasarkan ciri khasnya. Walaupun transistor juga termasuk dalam jenis semiconductor, diode secara khusus diperuntukan untuk arus listrik yang mengalir dalam satu arah. Silicon paling banyak digunakan sebagai material semiconductor, selain itu juga ada bahan germanium dan selenium.

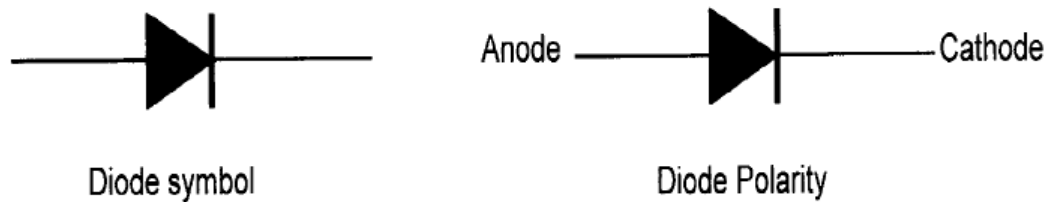


### 5.2 Fungsi diode dan simbol

Fungsi utama diode adalah menyearahkan arus listrik untuk mengalir hanya dalam satu arah. Juga banyak digunakan untuk fungsi lainnya sebagai berikut :

- Digunakan sebagai penyearah arus listrik yaitu mengubah arus bolak balik menjadi arus searah pada sistem pengisian.
- Digunakan sebagai pendeteksi untuk menangkap signal frequency radio.
- Digunakan pada switch pengatur arus listrik ON/OFF
- Mencegah arus balik
- Melindungi sirkuit

Selain itu diode digunakan secara luas dengan berbagai ukuran sesuai macam dan kegunaannya.

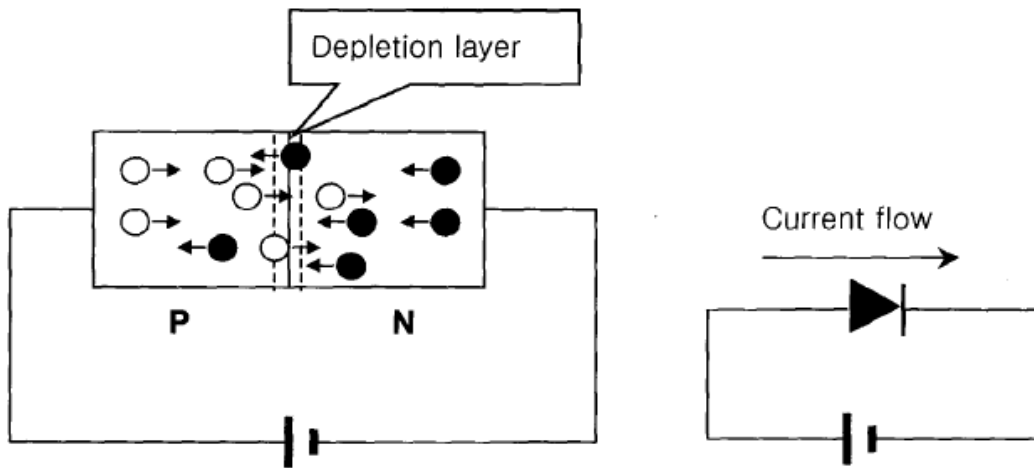


### 5.3 Cara kerja diode

- Diode arah maju untuk penyearah depan
- Diode arah mundur untuk penyearah belakang

#### 5.3.1 Diode arah maju untuk penyearah depan

Diode jenis ini dibuat dengan dua terminal pada kedua sisinya yaitu P-N junction semiconductor dengan karakteristik mengalirkan arus listrik hanya dalam satu arah. Pada arah depan sesuai dengan gambar dibawah bila tegangan positive (+) dipasang pada semiconductor jenis P dan tegangan negative (-) dipasang pada semiconductor tipe N, maka hole dan electron berlawanan pada sumber listrik kemudian potensi pemisah perbedaan listrik rendah dan juga lapisan deplesi juga dikecilkan. Akibatnya hole dan electron memungkinkan bergerak bersebrangan melewati permukaan junction. Arus listrik mengalir bersamaan dengan pergerakan hole dan electron. Sirkuit diode arah maju Lampu menyala karena diode dihubungkan sesuai dengan arah arus listrik.



<Occasion that supply forward voltage / Electric current is flowing>

#### 5.3.2 Diode arah mundur untuk penyearah belakang

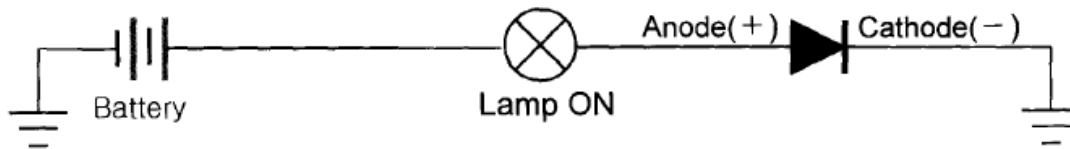
Mari kita lihat pemasangan arah tagangan negative (-) pada semiconductor tipe P dan tegangan positive (+) pada semiconductor tipe N. Kemudian semiconductor P di



hubungkan dengan sumber tegangan negative (-), sebaliknya semiconductor N dihubungkan dengan sumber tegangan positive (+). Akibatnya pembatas potensial meningkat dan secara bersamaan lapisan deplesi juga melebar sehingga electron tidak dapat bergerak melewati antara kedua jenis semiconductor. Akibatnya arus listrik tidak dapat mengalir.

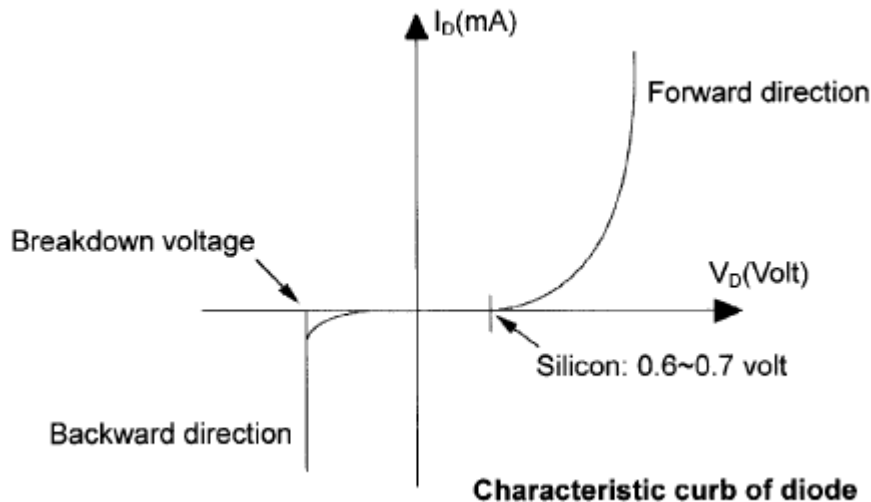
Sirkuit diode arah balik.

Lampu tidak menyala karena diode dihubungkan berlawanan arah arus listrik seperti pada gambar dibawah ini.



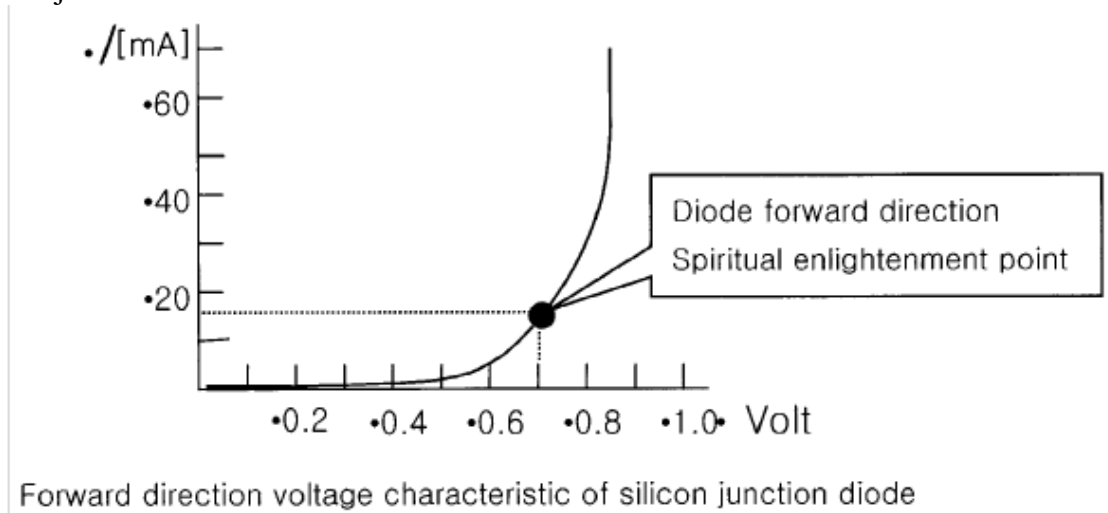
#### 5.4 Karakteristik diode

Karakteristik diode dapat diketahui dengan cara sebagai berikut; saat tegangan secara bertahap dinaikkan dari 0 V, maka arus listrik akan mengalir secara tiba-tiba sehingga menghasilkan tegangan khusus. Arus listrik dapat mengalir hanya bila tegangan yang diberikan kira-kira lebih dari 0.6~0.7 V (Ge diode: 0.30.4 V). Dan bila tegangan diberikan dengan arah berbalik, maka arus listrik tidak dapat mengalir pada tegangan khusus yang lebih lebih tinggi, tapi secara tiba-tiba mengalir pada tegangan tertentu. Tegangan pada kondisi ini disebut dengan tegangan breakdown. Diode bisa rusak apabila dihubungkan dengan arah terbalik dan mendapat tegangan break down.



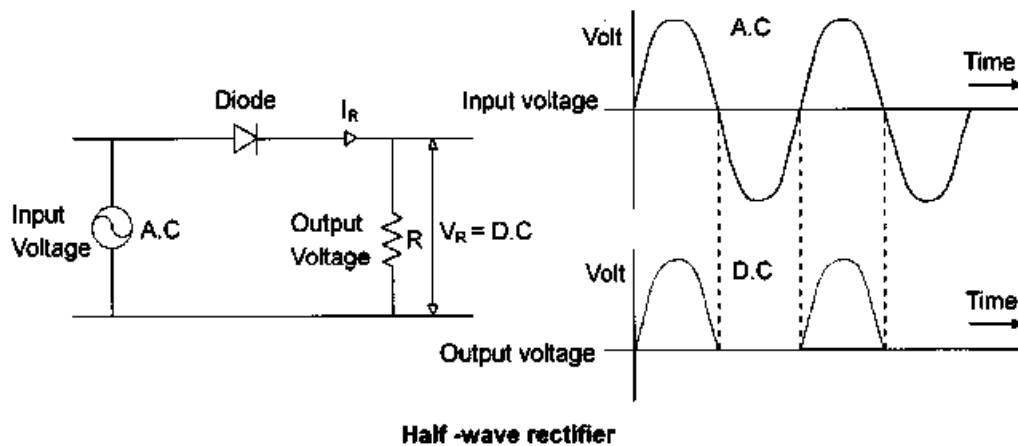
#### Karakteristik tegangan-arus

Grafik karakteristik diode arah tegangan-arus maju: arus diode mengalir ke tegangan kerja apabila tegangan majunya dibawah 0.7 V \_ aliran arus micro : diode tidak bisa bekerja apabila ambang batas bias majunya 0.7 V \_ arus kerja dioda mengalir : diode bekerja.



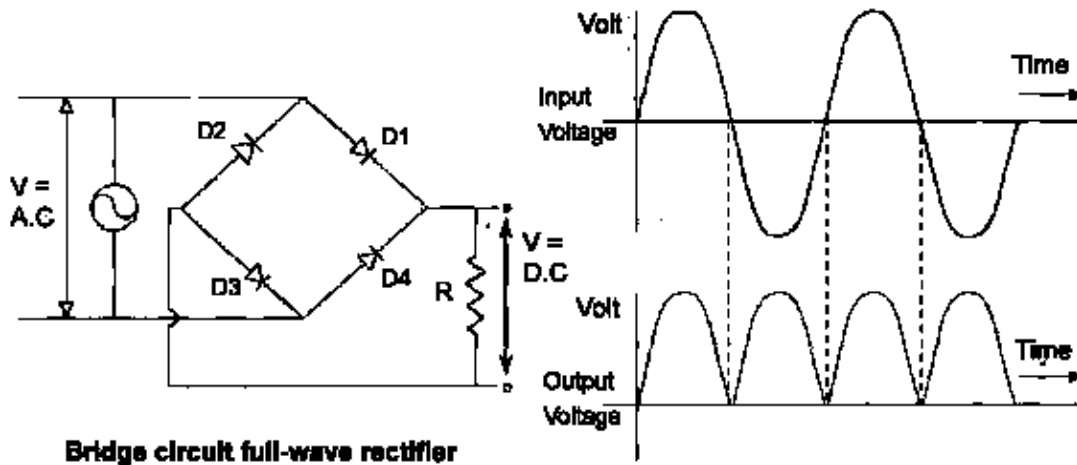
### 5.5 Kerja penyearah diode

Arus bolak balik dapat disearahkan dengan menggunakan karakteristik arus listrik dengan diode yang hanya mengalir dalam satu arah. Sirkuit penyearah secara luas dikategorikan kedalam dua jenis yaitu sirkuit penyearah setengah gelombang dan sirkuit penyearah gelombang penuh.



### 5.5. Sirkuit penyearah setengah gelombang (1 Half -wave rectifier circuit)

sirkuit penyearah setengah gelombang bekerja sebagai berikut; Saat di berikan tegangan arus bolak-balik, pada saat tersebut saat sinyal positive (+) masuk, arus listrik mengalir kearah depan, namun apabila sinyal yang masuk adalah negatif (-) maka arus listrik tidak dapat mengalir karena arahnya terbalik. Sirkuit yang hanya mengalirkan arus listrik dalam satu sisi disebut dengan sirkuit penyearah setengah gelombang.



### 5.5.1 Sirkuit penyearah gelombang penuh (Full-wave rectifier circuit)

Berikutnya adalah sirkuit penyearah gelombang penuh yaitu saat diberikan arus bolak-balik, arus listrik akan mengalir melalui D1 dan D4 pada saat signal arus listrik setengah gelombang tersebut dirubah menjadi positive (+) sementara ketika arus setengah gelombang mengalir melalui D2 dan D3 adalah negative (-). Jenis sirkuit yang mengalirkan arus listrik pada kedua sisinya setengah gelombang disebut sirkuit penyearah gelombang penuh. (Walaupun secara sederhana disini diperlihatkan penyearah gelombang penuh dengan menggunakan perantara, ada juga penyearah gelombang penuh menggunakan transformer center tap, Sirkuit voltage rectifier ganda dan lainnya).

### 5.6 Contoh diode yang digunakan pada kelistrikan mobil (Alternator rectifier)

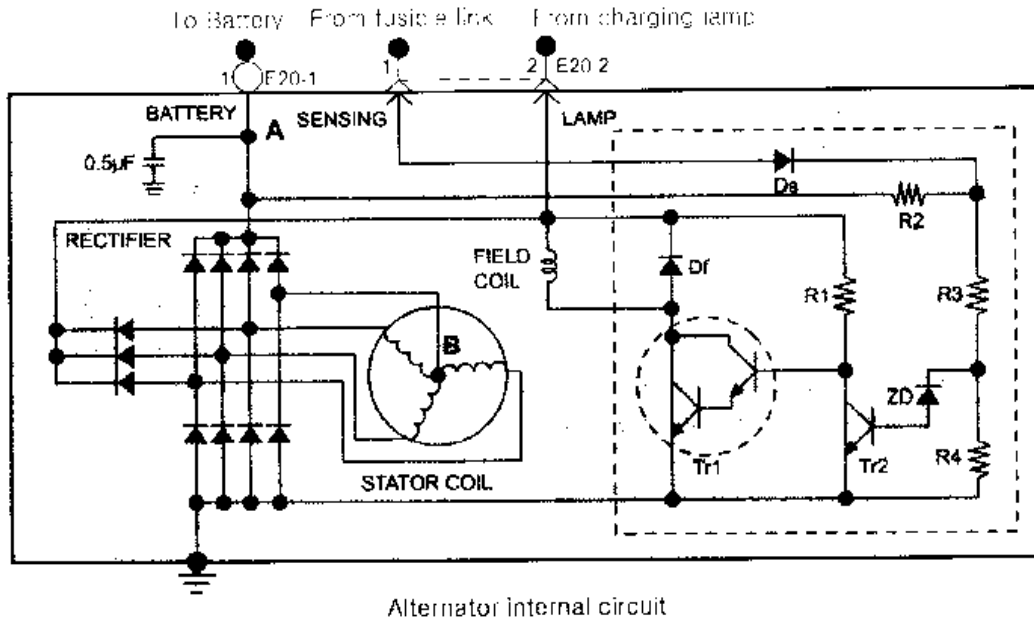
Tegangan AC yang dihasilkan dari stator coil dirubah menjadi tegangan DC melewati diode.

Tegangan A : DC 13.7 volts

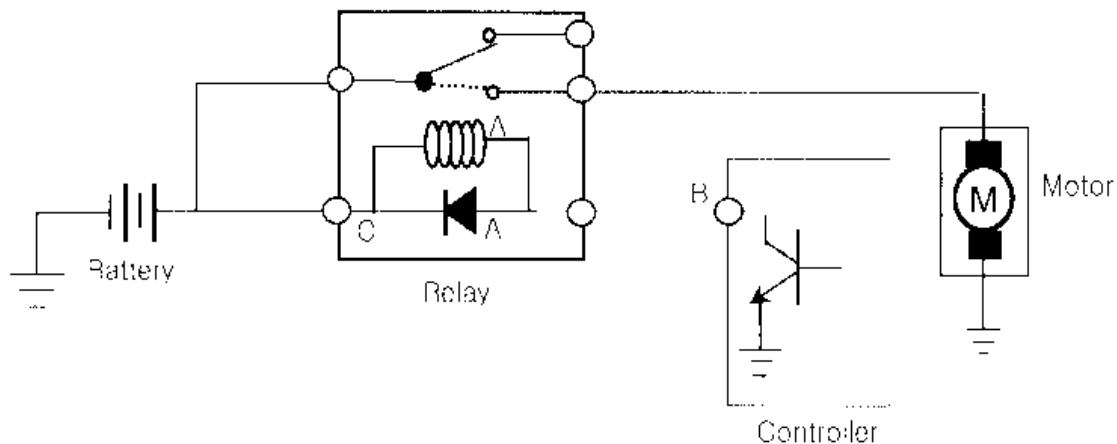
Tegangan B: AC dari ujung kumparan ke ujung kumparan adalah  $13.7 \text{ volts} \times 2 = 27.4 \text{ volts}$ .

Tegangan output B dihasilkan dengan polaritas + setelah melalui diode, tegangan yang dihasilkan adalah  $\frac{1}{2}$  dari 27.4 V.

Yaitu setelah tegangan DC lewat ke arah depan, diode menjadi output sesuai dengan tegangan yang hilang.



Diode dipasang pada relay untuk mencegah gaya balik atau back electromotif.

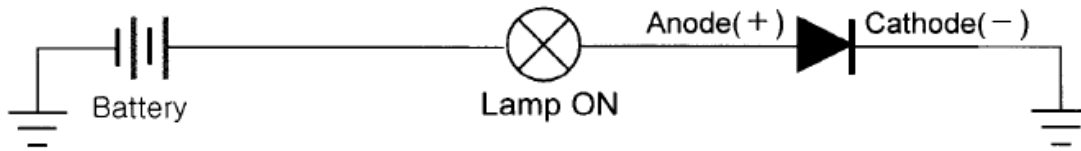


Diode dipasang pada relay untuk mencegah agar tegangan tidak naik-turun:

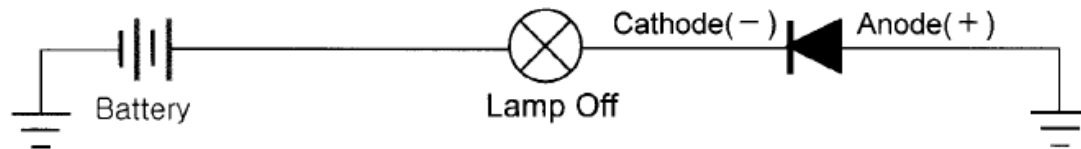
- 1) Saat power transistor On, coil relay menjadi induksi electromagnetic.
- 2) Motor bekerja saat relay dipindah ke On.
- 3) Bila power transistor off, tegangan tertingginya sekitar 80 volts yang dihasilkan secara instant antara terminal A dan B , dan sesuai dengan hukum Lenz maka tegangannya menjadi tegangan positif.
- 4) Bila tegangan tertinggi 80 volt tersebut mengalir pada controller maka akan mengakibatkan kerusakan pada controller tersebut.
- 5) Untuk mencegah hal tersebut, maka relay dipasang diode untuk mengalihkan tegangan tinggi dari A-B ke A - C melewati diode dan dinetralkan untuk mencegah kerusakan pada controller.

**Pemasangan diode pada sirkuit dengan arah arus mengalir maju dan mundur.**

### Forward bias direction connection



### Backward bias direction connection



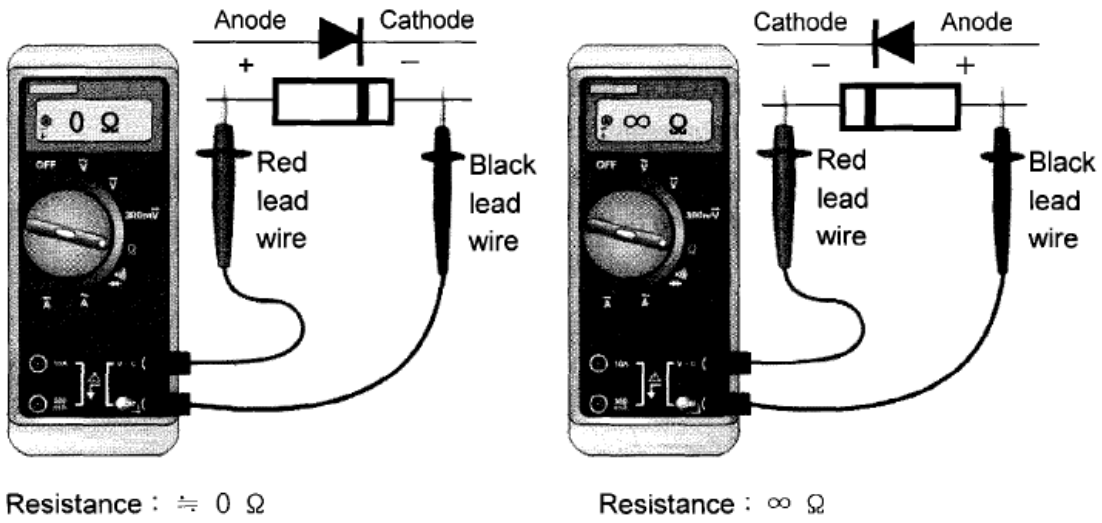
## 5.6 Metode pemeriksaan diode dengan menggunakan multi-meter

Bila kita sudah pahami bahwa diode merupakan PN junction semiconductor dimana arus listrik hanya mengalir dalam satu arah, maka kita dapat menentukan apakah diode tersebut bagus atau rusak berdasarkan keterangan sebagai berikut.

### 5.7.1 Memeriksa diode menggunakan Digital Multi-Meter

- 1) Pilih mode sesuai dengan resistant diode dengan memutar switch digital meter.
- 2) Disebut normal bila nilai resistansinya kecil saat probe kabel merah dihubungkan dengan diode anode (+) dan probe kabel hitam dihubungkan dengan cathode (-).
- 3) Dan juga dikatakan bagus bila resistansinya besar bila pemasangan probe dibalik.
  - **Kondisi short:** normal bila nilai resistansi mendekati 0 ohm saat diukur pada arah sesuai dengan arah arus listrik dan kebalikan arah arus listrik.
  - **Kondisi Open :** normal bila nilai resistansi mendekati ohm tak terhingga saat diukur dengan arah arus listrik dan kebalikan arah arus listrik.

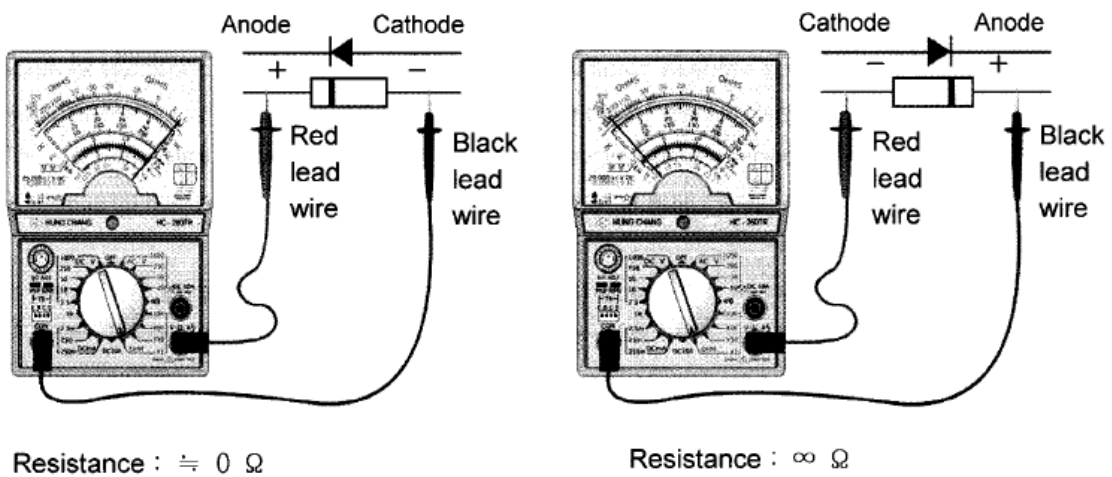
**When checking by using digital multi meter = Normal condition**



### 5.7.2 Memeriksa dengan menggunakan Analog Multi-Meter

1. Pilih tingkat resistan (range x 100 dengan memutar select switch analog multi meter).
2. Disebut normal bila nilai resistansinya kecil saat probe kabel merah dihubungkan dengan diode anode (+) dan probe kabel hitam dihubungkan dengan cathode (-).
3. Dan juga dikatakan bagus bila resistansinya besar bila pemasangan probe dibalik.
  - Kondisi short: normal bila nilai resistan mendekati 0 ohm saat diukur pada arah sesuai dengan arah arus listrik dan kebalikan arah arus listrik.
  - Kondisi Open : normal bila nilai resistan mendekati ohm takterhingga saat diukur dengan arah arus listrik dan kebalikan arah arus listrik.

**When checking by using analog multi meter = Normal condition**

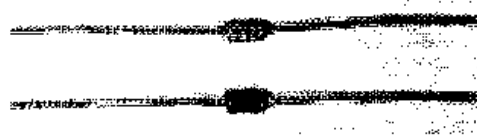


## 6. Semiconductor diode khusus

Diode digunakan untuk berbagai kegunaan seperti penyearah tegangan, pengatur tegangan, dan bahkan berbagai produk penerangan. Berikut uraian singkat beberapa tipe diode yang dapat anda pahami.

### 6.1 Zener diode

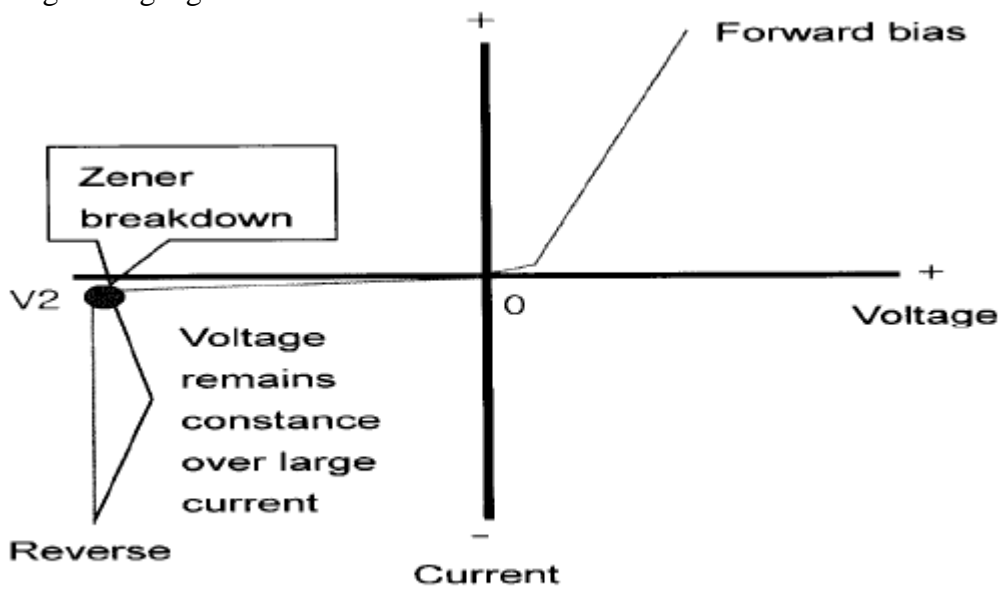
#### 1) Symbol Zener diode



#### 2) karakteristik Zener diode

Saat diode zener dibiaskan ke arah depan, maka akan bereaksi seperti diode arah balik atau switch tertutup. Namun demikian, zener diode memiliki keunikan yaitu dapat mengalirkan arus listrik kebalikan arah, sehingga berbeda dengan diode biasa.

Zener diode dapat mengalirkan arus listrik dengan tegangan bervariasi. Jumlah tegangan yang dikehendaki mengalir secara terbalik tergantung jenis zener diode yang dipilih. Beberapa tipe pembalik tegangan tersebut adalah: 2.4V, 5.1V, 6.0V, 9.1V, 12.V, dan sebagainya. Pada bagian ujung dengan simbol garis miring, saat diberikan tegangan meningkat, arus listrik yang mengalir pun akan meningkat. Aliran kecil arus balik ini dapat mengalir sampai diode mencapai breakdown point,  $V_2$  pada gambar. Pada breakdown point zener, zener diode dapat mempertahankan tegangan secara tetap meskipun tegangan kerjanya naik-turun. Karena alasan inilah, diode zener dipakai untuk mengatur tegangan.



Zener diode characteristic

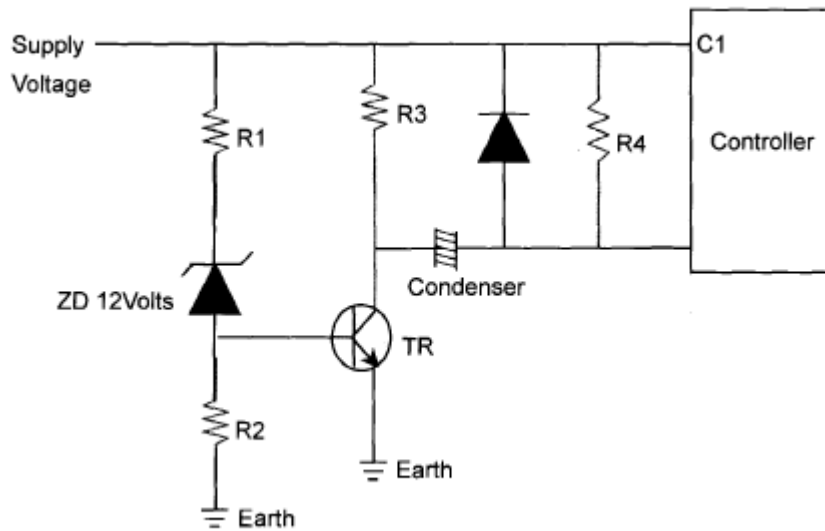
### 3) Penggunaan zener diode

Zener diode adalah suatu alat yang dapat digunakan sebagai regulator (pengatur) tegangan.

### 4) Contoh sirkuit yang menggunakan zener diode.

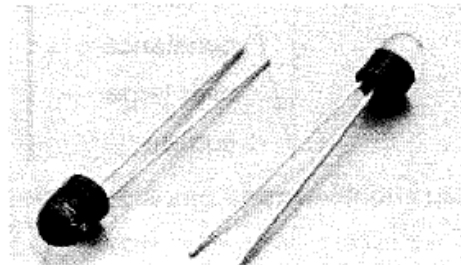
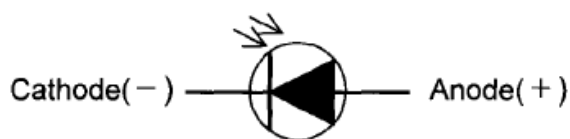
- Zener diode breakdown voltage sirkuit berikut adalah 12 V.
- Suplai tegangan controller melalui C1 pada sirkuit berikut tidak akan melebihi 12 V. Bila suplai tegangan melebihi 12 V maka akan dialihkan ke ground melalui zener diode.

Jadi, dikarenakan arus dibedakan melalui ground untuk tegangan diatas 12 Vol, tegangan diatas 12 volt tidak dialirkan ke controller.



## 6.2 Photo diode

### 1) Simbol Photo diode



### 2) Karakteristik Photo diode

Arus listrik mengalir bila diberikan cahaya pada permukaan PN junction surface dimana anode dihubungkan dengan tegangan (+) dan cathode (-) dengan nilai tegangan tertentu. Dan bila tingkat cahaya penyinaran dirubah, arus listrik berubah sesuai dengan banyaknya cahaya. Pembatas potensi listrik dibuat dalam permukaan PN junction dan menjadi lebih besar bila tegangan yang diberikan dibalik kemudian menjadi insulator. Bila cahaya diberikan pada permukaan PN junction kondisi ini berpengaruh, perubahan

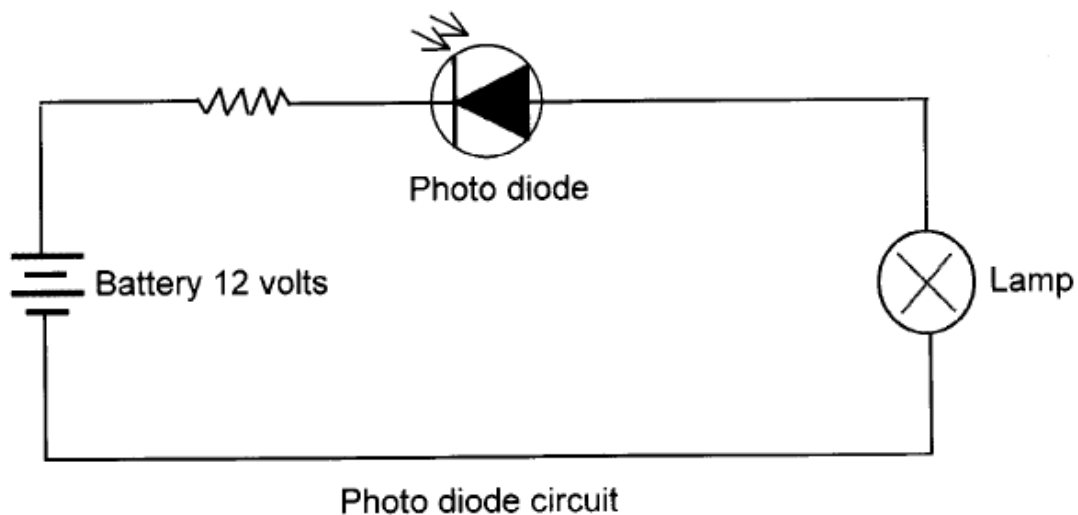


meningkat pada permukaan junction. Secara spontan electron dan hole diaktifkan oleh energi cahaya cukup lama dari luar dengan positive (+) ion pada sisi N side dan negative (-) ion pada sisi P. Hole dan electron bebas dipisahkan dari sepanjang gerakan spontan ion-ion kemudian arus listrik tersebut mengalir. Diode tersebut digunakan pada sirkuit perubahan cahaya.

Dimana bila tegangan yang diberikan tetap konstan, arus listrik mengalir pada sirkuit sesuai dengan kekuatan cahaya yang diterima oleh element.

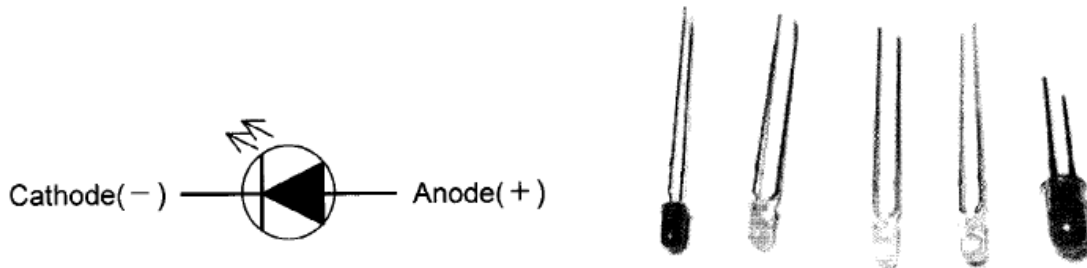
### 3) Contoh sirkuit yang menggunakan photo diode

- Photo diode dihubungkan dengan arah balik pada sirkuit berikut.
- Bila cahaya menyinari photo diode, kemudian tegangan baterai diberikan, lampu menyala.
- Ini banyak digunakan sebagai kontak sirkuit.



## 6.3 LED (Light emitting diode)

### 1) Simbol Light Emitting diode.



### 2) Karakteristik Light emitting diode

Diode ini mengeluarkan cahaya sebagai akibat dari mengalirnya arus listrik, Sisi anode diberi tegangan (+) dan sisi kathode diberi tegangan (-) searah diode PN junction. Karakteristiknya adalah sebagai berikut:

- Diode ini lebih tahan lama dan pemakaian tenaga listrik lebih rendah dibanding dengan lampu pijar.
- Respon lebih cepat.
- Diode ini akan menyala walau tegangan 2-3 V.

- Pemakaian tenaga rendah (sekitar 0.05 W),
- Respon perubahan ON dan OFF cepat (dengan satuan seper sejuta detik).
- Dengan berbagai warna penyalaaan seperti, merah, hijau, kuning dan lain-lain. Sesuai dengan material semiconductor.

3) Contoh sirkuit yang menggunakan zener diode

- Pada sirkuit berikut bila switch tertutup, kemudian arus listrik mengalir kemudian LED menyala.
- Seperti penggunaan resistance, ini digunakan untuk menurunkan tegangan yang diberikan pada LED.

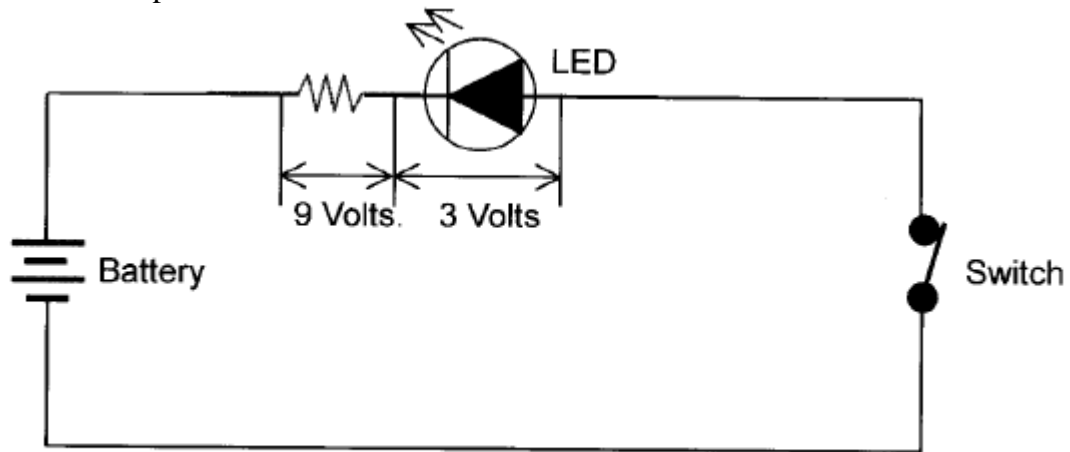
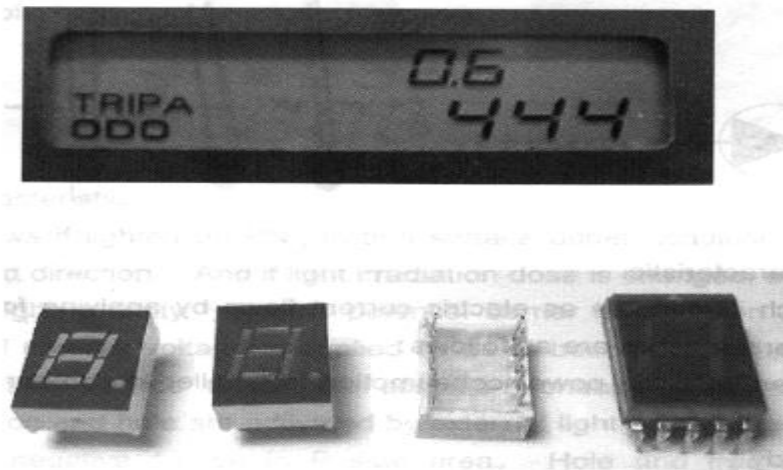


Photo diode circuit

4) Trip computer display menggunakan LED



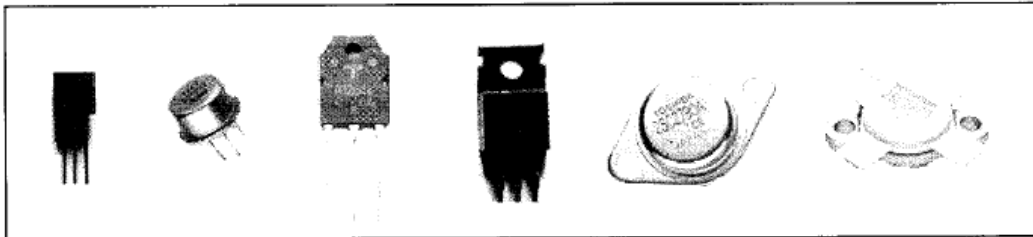
## 7. Transistor

### 7.1 Apakah transistor?

Dilihat dari namanya transistor adalah berfungsi untuk menyalurkan arus listrik yang besar dengan penggerak arus yang kecil. Transistor terdiri dari dua tipe yaitu; tipe transistor PNP adalah dimana lapisan tipe N semiconductor dalam cristal semiconductor telah disisipkan diantaradua semoconductor tipe P sebaliknya transistor tipe NPN adalah lapisan semiconductor

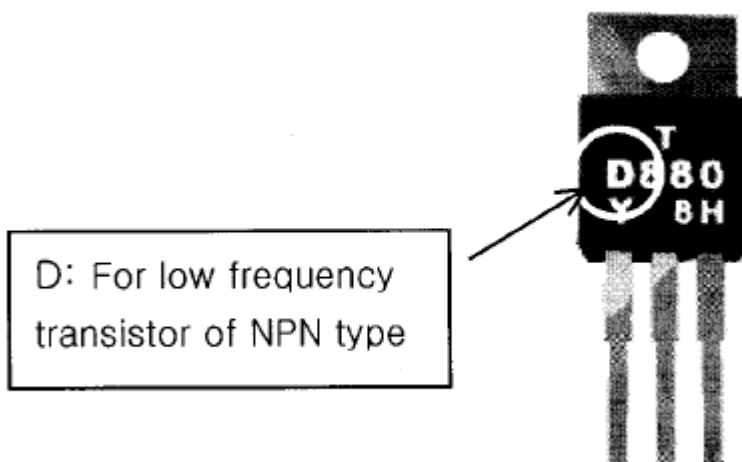
Tipe P disisipkan diantara dua semiconductor tipe N. Untuk simbol semiconductor, dinamakan E terminal emitter , dinamakan B terminal Base dan C untuk terminal collector.

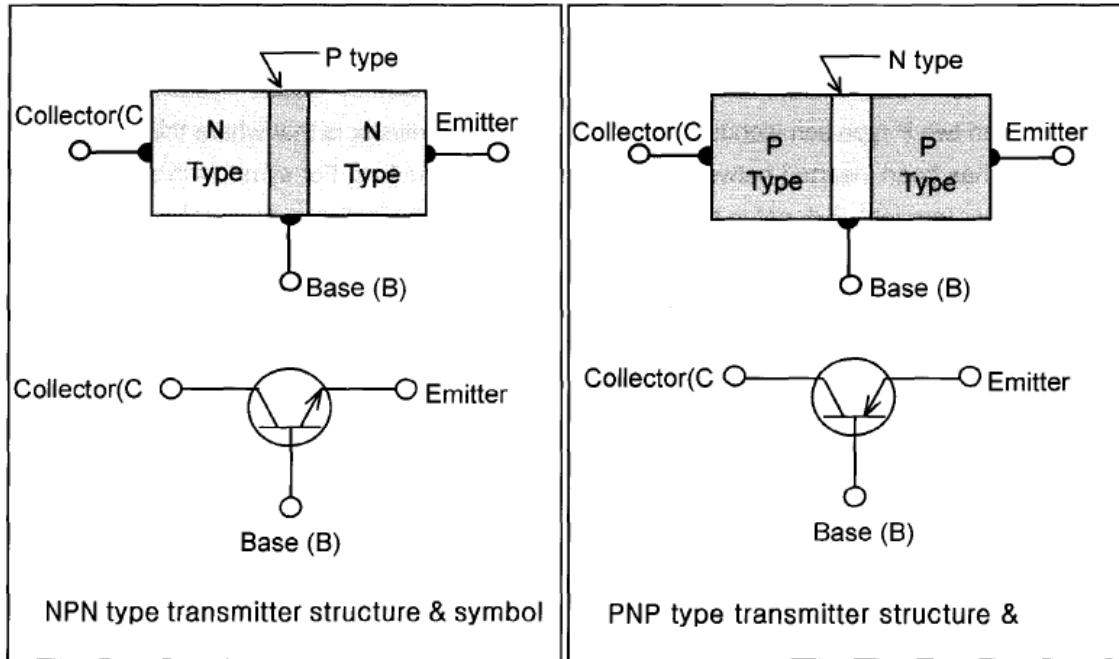
#### Each Part Symbol and Sorts of Transistor



Transistor sesuai dengan kesepakatan asosiasi dibagi dalam tipe PNP dan NPN. Transistor dibuat tergantung dari tipe dan kegunaannya. Adapun nama-namanya adalah sebagai berikut:

- 2SAx x x ----- Tipe PNP untuk transistor dengan frequency tinggi,
- 2SBx x x ----- Tipe PNP untuk transistor frekwency rendah,
- 2SCx x x ----- Tipe transistor NPN untuk frekwensi tinggi,
- 2SDx x x ----- Untuk tipe transistor NPN dengan frekwensi rendah.

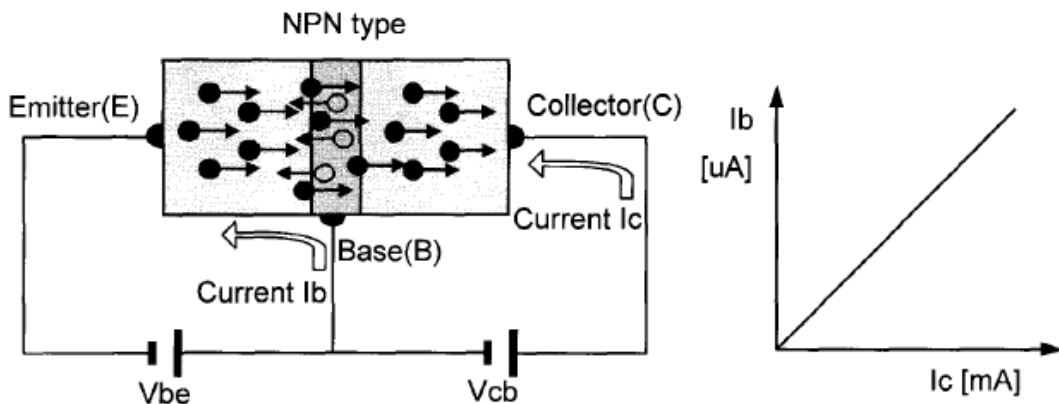




## 7.2 Prinsip kerja transistor

### 7.2.1 Prinsip kerja dasar transistor tipe NPN

Tipe transistor ini di dihubungkan berlawanan dengan tipe PNP; tapi pada tipe NPN ini, seperti tampak pada gambar dibawah, sedikit hole disuplai dari kutub positive pada sumber listrik sehingga hal ini dapat membuat sedikit bagian arus pada Arus dasar (base current)  $I_B$  . dan elektron yang datang dari emitter yang tidak bisa bersatu dengan base hole, bergerak ke sisi collector berkat  $V_{CB}$  sehingga membuat arus collector  $I_C$  . Umumnya 95-98 % jumlah arus emmitter  $I_E$  menjadi  $I_C$  dan sisanya 2-5 % menjadi  $I_B$ .



Forward bias of NPN type transmitter:  
Emitter's electron most moves by collector

<Base electric current and collector electric current>

## 7.2.2 Prinsip kerja dasar transistor tipe PNP.

Bila tegangan  $V_{BE}$  arah maju diberikan antara emitter dan base, maka potensi penghalang listrik antara permukaan PN junction menjadi rendah. Dan pada tipe P sisi emitter, terdapat banyak hole dihasilkan karena konsentrasi material murni telah di tingkatkan. Dan seperti untuk base sisi N, dikarenakan sisi ini sangat tipis sehingga konsentrasi material murni menjadi lebih rendah, hanya ada beberapa electron saja. Maka hole-hole dalam emitter melintasi potensial pemisah listrik dan masuk membaaur kemudian lenyap tertimbun komponen yang terdapat pada base electron. Namun dikarenakan beberapa electron tersebut secara terus-menerus mendapat arus negative "-", maka akan membentuk aliran arus listrik  $I_B$  rendah.

Bila tegangan arah balik  $V_{CB}$  diberikan diantara base dan collector, maka rintangan potensi listrik pada permukaan PN junction ditingkatkan, sehingga arus listrik tidak dapat mengalir antara base dan collector. Hole-hole yang tidak dapat bersatu dengan elektron-elektron pada base tapi dari emitter sekarang bergerak ke sisi collector berkat  $V_{CB}$ . Hal ini membentuk arus collector  $I_c$ . Holes emitter secara bertahap diberikan arus dari kutub positive sehingga arus listrik  $I_c$  mengalir pada emitter. Maka arus listrik dalam jumlah besar  $I_E$  menjadi  $I_c$  tapi sangat kecil porsinya menjadi arus  $I_B$  base.

## 7.2.3 Penguatan fungsi transistor

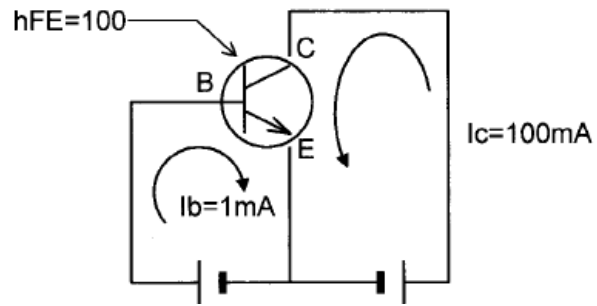
Seperti yang telah kita bahas pada 'Prinsip dasar', jumlah electron (tidak kurang dari 95 %) mengalir ke collector tapi hanya beberapa electron-electron (tidak lebih dari 5 %) bergabung dengan hole pada base. Arah arus listrik dan arus elektron biasanya berlawanan ditentukan secara berlawanan saat arus emitter mengalir  $I_c$ , dipisahkan didalam collector arus  $I_C$  dan arus base  $I_B$ , persamaannya adalah sebagai berikut.

$$I_E - I_B + I_C = I_E = I_B + I_C$$

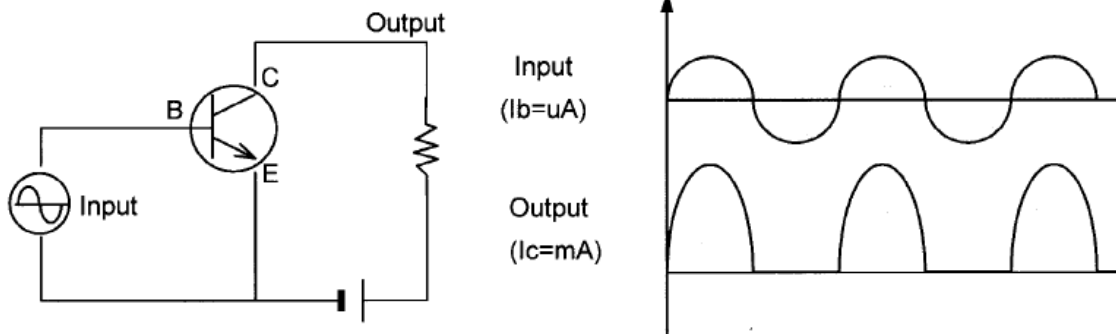
Seperti berikut, arus listrik besar collector kemungkinan dikurangi dengan arus listrik kecil dari base sehingga disebut amplifikasi arus listrik dimana hubungannya perbandingan antara  $I_B$  dan  $I_c$  disebut faktor amplifikasi arus ( $h_{FE}$ ). Untuk contoh perhitungan, bila  $I_B$  adalah 1 mA dan  $I_c$  adalah 100 mA kemudian  $h_{FE}$  adalah 100.

Yaitu transistor yang dapat memperkuat input signal hingga 100 kali. (penguatan arus listrik transistor beragam tergantung dari kegunaan, jenis dan lain sebagainya).

$$hFE = \frac{I_C}{I_B} = \frac{100}{1} = 100$$



Sementara itu dalam bagaimana menggunakan transistor, ada tiga metode ground pada ground emitter, ground base dan ground collector diantara metode ground emitter seperti sirkuit diatas adalah yang paling banyak digunakan.



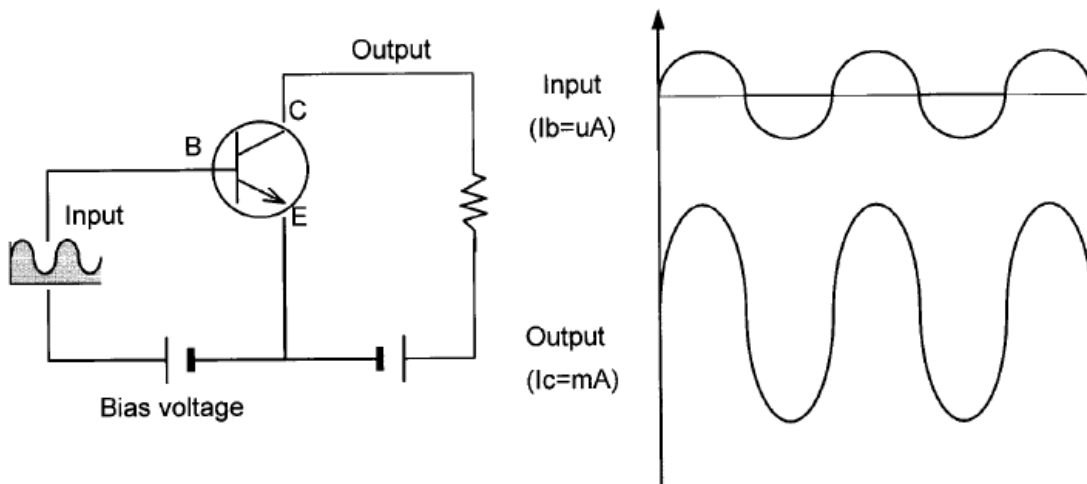
Dan secara umum arti penguatan tersebut terdapat pada komponen arus bolak-balik, yang akan kita bahas pada contoh berikut:

Dalam sirkuit yang diperlihatkan pada gambar ini, Bila sinyal AC diberikan antara base dan emitter, maka arus base  $I_B$  mengalir hanya dalam satu arah (sama seperti diode). arus collector  $I_C$ , juga muncul sebagai output dimana betuknya diperkuat hanya dalam setengah gelombang. Artinya transistor tidak bekerja selama negative (-) setengah siklus dikarenakan arah antara antara base dan emitter berbalik.

Coba kita gunakan arus DC antara base dan emitter. Bila arus AC di berikan pada DC, komponen AC dipasang pada DC kemudian untuk mengetahuinya dapat dilihat seperti pada gambar dibawah.



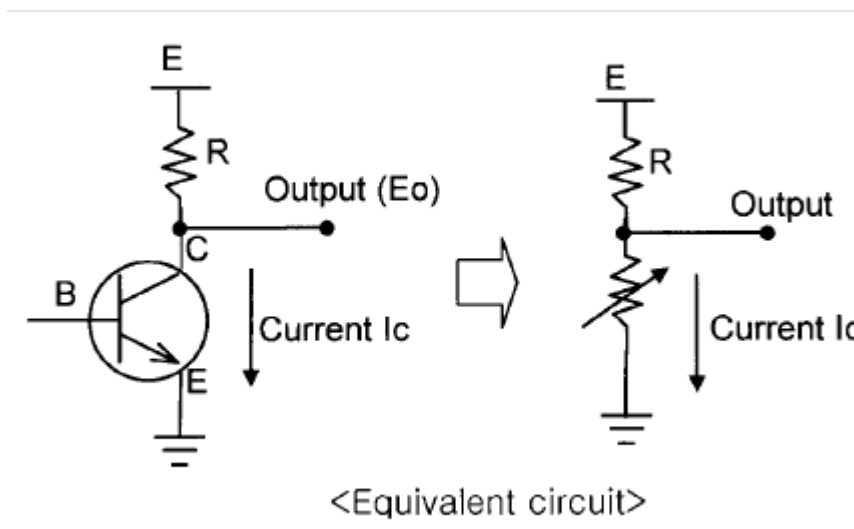
Tegangan pada saat ini disebut dengan tegangan bias. Adapun untuk pertama kali kita dapat melihat secara lengkap waveform output penguatan. Juga kita bisa mendapatkan penguatan waveform AC hanya bila kita membuang komponen DC dengan cara menghubungkan condenser pada terminal output.

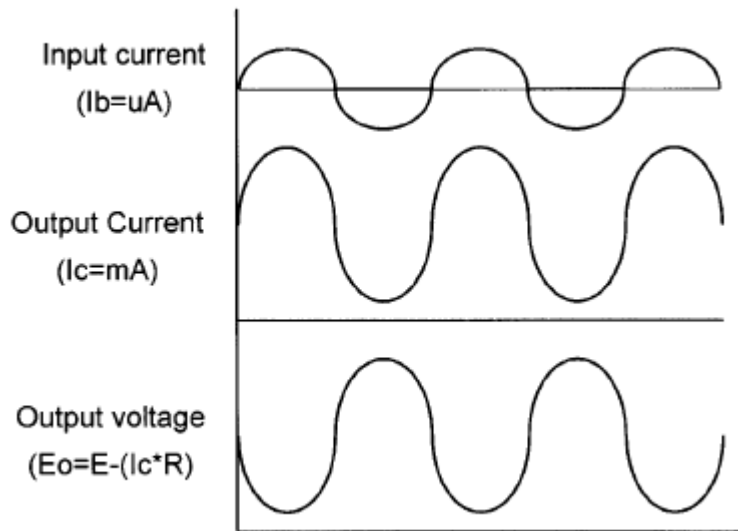


Untuk menghindari kesulitan dalam penggunaan suplai dua jenis kelistrikan dikarenakan tegangan bias, seperti tergambar pada sirkuit, sirkuit sebenarnya menggunakan berbagai bentuk agar bisa sesuai tujuannya seperti misalnya arus listrik bias feedback, fixed bias menggunakan resistan, condenser dan lain sebagainya. Pada sumber penghasil kelistrikan dihubungkan pada output terminal.

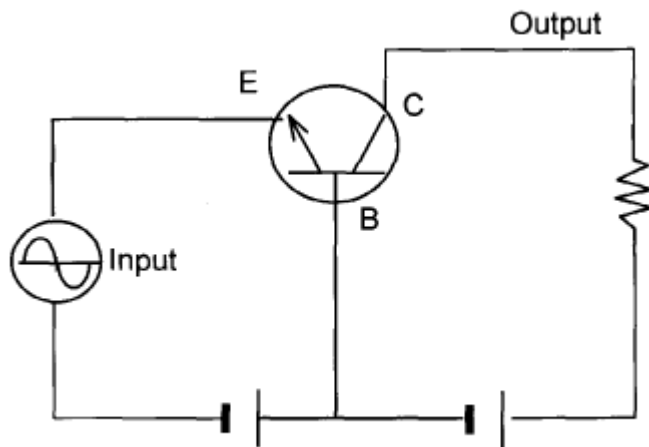
\* Sebagai catatan, ada batasan area dimana arus listrik collector tidak naik lagi walaupun arus base transistor terus ditingkatkan, sehingga disebut dengan daerah jenuh. Sebenarnya aksi penguatan transistor dilakukan hanya pada area khusus dimana arus collector naik sesuai dengan kenaikan arus base dan disebut area aktif.

Kita telah mempelajari penguatan arus dan sekarang mari kita berpikir mengenai penguatan tegangan. Sesuai penjelasan diatas, telah dijelaskan dimana variasi collector disesuaikan dengan arus base. Mari kita lihat sebuah variable resistor yang dipakai untuk mengontrol arus listrik dan kemudian kita ikuti persamaan sirkuitnya.





Pada kondisi seperti diatas, tegangan output dalam bentuk gelombang dasar input diperlihatkan secara terbalik seperti dapat dilihat pada gambar. Dan dijelaskan sebagai total tegangan  $E =$  voltage drop antara collector dan emitter ( $E_o$ ) + penurunan tegangan dikarenakan adanya tahanan  $R$  ( $I_c \times R$ ). Artinya, bila arus listrik  $I_c$  meningkat, tegangan akan turun dikarenakan adanya resisten,  $R$  juga meningkat sehingga tegangan output  $E_o$  menurun. (Output voltage  $E_o = E - (I_c \times R)$ ) ke emitter.



<Base earth circuit

Selanjutnya kita pelajari metode ground base dan ground collector dengan aksi perpindahan transistor.

### Sirkuit ground base.

Metode ground base adalah tipe sirkuit seperti diperlihatkan pada gambar diatas, menjadikan base sebagai ground dan memberikan input signal ke emitter. Bila tidak terdapat perbedaan potensial antara emitter dan base, maka arus emitter tidak dapat mengalir, begitu juga dengan arus listrik pada collector tidak bisa mengalir dimana tegangan yang diberikan melalui resisten arahnya terbalik. Bila tegangan searah diberikan



antara emitter dan base seperti tampak pada gambar sirkuit, maka arus collector dapat mengalir melalui resistan.

Pada kasus ini, karena jumlah arus base dan arus collector adalah sama dengan arus emitter, maka perbandingan arus collector dengan arus emitter adalah dibawah 1, sehingga arus listrik tidak diperkuat. Untuk tegangan yang diperkuat, bila kita umpamakan sebagai contoh 10mA dialirkan pada emitter, kemudian 1 mA dan 9mA dialirkan pada base dan collector secara spontan maka tegangan akan menurun secara drastis melalui resistan, di dalam collector itu adalah output. Maka perhitungannya menjadi  $9\text{mA} \times \text{resistance [k}\Omega\text{]} = \text{tegangan output}$  sehingga ada penguatan tegangan pada input signal.

### Sirkuit ground Collector

Metode ground collector adalah tipe yang diperlihatkan pada gambar yang menjadikan collector sebagai ground, mengirim input signal ke base dan mengirimkan output dari emitter. Pada sirkuit ground emitter, arus collector sangat beragam tergantung dari arus base, sementara itu nilai variasi beban resistan yang dihubungkan pada collector tidak berpengaruh kuat pada arus listrik. Namun pada sirkuit ground collector, dikarenakan tegangan arah maju diberikan antara emitter dan base untuk sirkuit output, maka arus emitter (dari collector ke emitter) mengalir untuk diberikan beban resistannya. Maka arus emitter dikontrol oleh arus base kecil, begitu juga arus emitter bervariasi berdasarkan variasi tahanannya. Seperti diatas, kita telah mempelajari tiga tipe metode ground sesuai terminal yang biasa digunakan. Diantara ketiganya kebanyakan yang dipakai adalah metode ground emitter, tabel rangkumannya adalah sebagai berikut:

#### Karakteristik metode ground

Item	Emitter Earth	Base Earth	Collector Earth
Electric current	Circuit	Circuit	Circuit
Amplification degree	High	Low	Mid
Voltage amplification	High	Mid	Low
Electric power amplification	High	Mid	Low
Input impedance	Mid	Low	High
Output impedance	Mid	High	Low
Phase of output to input	Antiphase	Inphase	Inphase
High frequency characteristics	Bad	Best	Good

#### Item Emitter Earth Base Earth Collector Earth

Untuk memahami sirkuit penguat yang menggunakan transmitter sirkuitnya adalah sebagai berikut:

#### Cara kerja sirkuit

# Resistan 1 R1' Merubah transistor base NPN dan bias yang diperbolehkan untuk emitter sampai 3 volt. Ini adalah resistansi pemberi tegangan.

- o Variable resistor adalah bagian dari pengatur tegangan bias transistor NPN dengan nilai 0~3 volt.

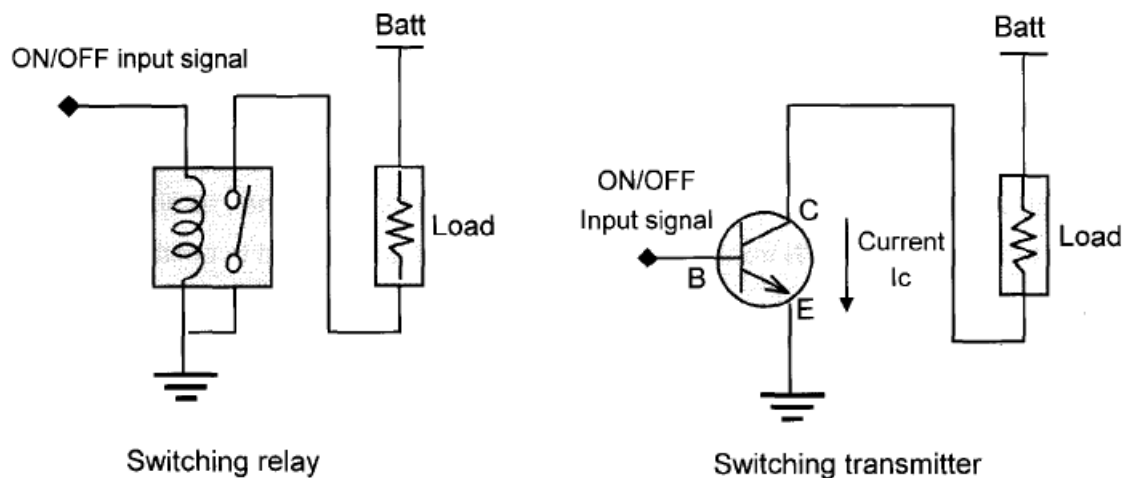
- Dengan demikian base transistor dan tegangan biasnya akan tinggi bila variable angka tahanannya tinggi, apabila angkanya rendah maka tegangan biasnya menjadi rendah.
- Jadi mengalirnya sejumlah arus listrik pada collector dan emitter tergantung pada tegangan bias.
- Karena itu dapat mengatur jumlah putaran motor tergantung dari posisi tahanannya yang melewati seperti pada arus listrik motor oleh oleh perubahan tegangan bias.

$$I_E = I_B + I_C \qquad h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

$h_{FE}$ : Tingkat penguatan arus listrik,  $I_B$ : Arus base,  $I_C$ : Arus Collector)

### 7.2.3 Fungsi switch pada transistor

Pada penjelasan aksi penguatan sebelumnya, telah kita pelajari bahwa bila ada listrik antara emitter dan collector, maka arus base  $I_B$  akan mengalir. Artinya reaksi itu akan terjadi apabila kita berikan arus base sampai titik tertinggi dimana arus listrik tidak dapat naik lagi. (namun demikian pada sirkuit signal kecil atau perlengkapan rumah, biasanya dipakai aksi penguatan tidak pada area jenuh. tapi pada area aktif.) dengan kondisi ini kita dapat menghidupkan atau mematikan sirkuit antara emitter dan collector dengan menghidupkan atau mematikan arus base  $I_B$ . reaksi ini disebut dengan aksi kontak switch transistor diantara aksi penguat transistor. Kita dapat membuat sirkuit pengganti seperti relay bila menggunakan kontak switch transistor seperti tampak pada gambar.



Arus base transistor cocok dengan arus pemancing relay sehingga transistor bisa bereaksi seperti relay tanpa menggunakan kontak mekanik seperti pada kontak relay. Dan apabila beban meningkat arus listrik  $I_C$  juga meningkat, Sedangkan , saat kita tidak bisa memberikan arus yang cukup pada transistor, maka kita dapat menggunakan penguat arus

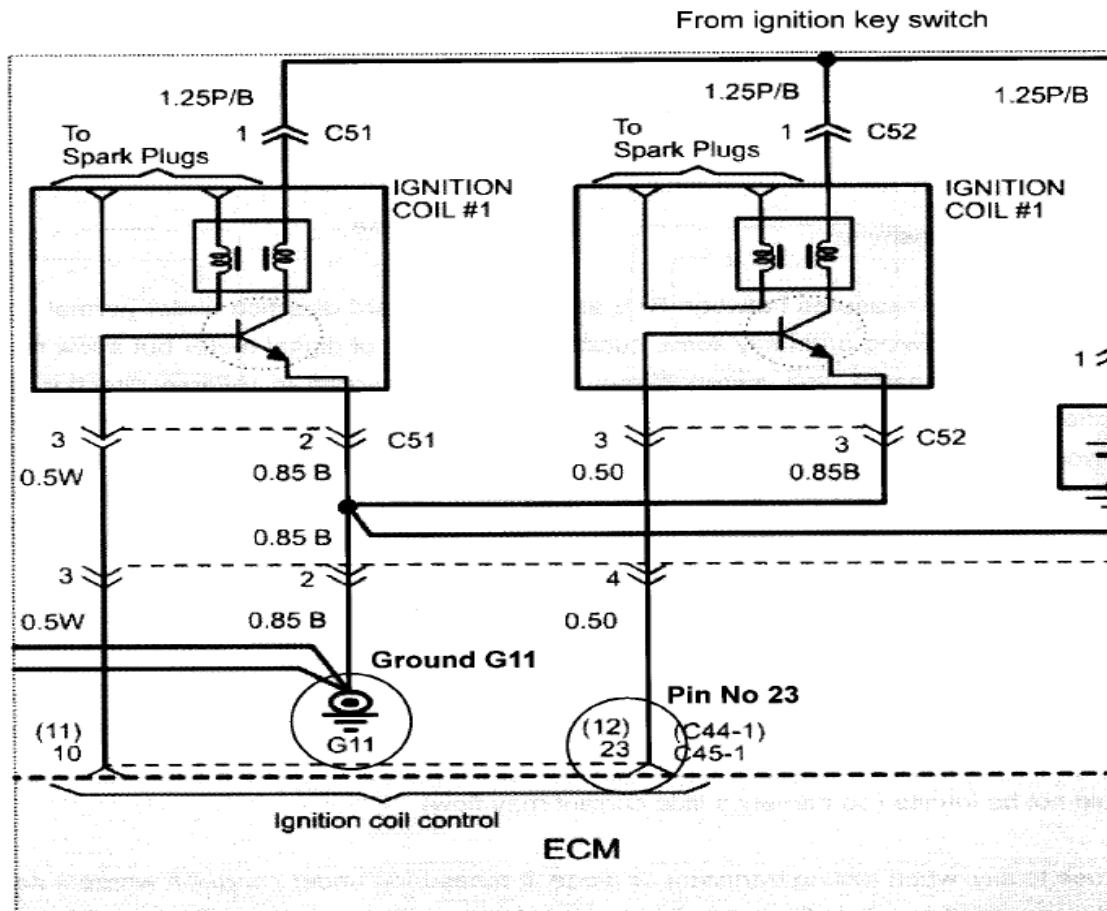
listrik dengan menyusun transistor dalam beberapa tingkatan sesuai dengan kapasitas beban.

Keuntungan Aksi kontak switch pada transistor ke relay

- Kecepatan pengalihan (switching) lebih cepat (kurang lebih seribu kali perdetik).
- Kerja transistor stabil dan tidak tersendat-sendat saat on/ off kontak point seperti pada relay, karena cara kerja transistor bukan secara mekanis. Ukurannya lebih kecil dan pemakaian arus listriknya juga sedikit, daya tahannya juga lebih lama di banding dengan relay mekanis.

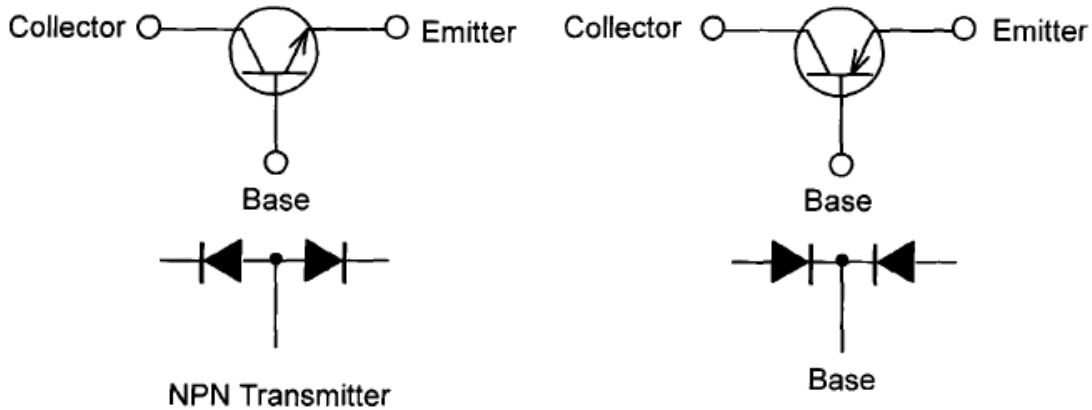
### Untuk mengetahui sirkuit pengalihan transistor.

1. Pada sirkuit berikut, saat ignition switch ON, maka ignition coil mendapat power
2. Bila diberikan tegangan ke TR Base dari ECM melalui Pin No23, arus listrik mengalir dari ignition coil ke transistor dan ground G11.
3. Sekali lagi base power pada ECM saat arus coil dimatikan karena koneksi antara collector dan emitter terputus, dan pada coil sekunder dihasilkan tegangan.



### 7.3 Menentukan bagus atau rusaknya transistor

Seperti terlihat pada gambar, akan menjadi lebih baik jika kita transistor telah dihubungkan dengan komponen emitter dan base, dipertimbangkan sebagai diode PN junction dan bagian komponen base dan collector dianggap sebagai diode lainnya.



1. Saat diukur dengan multi-meter antara B-E dan B-C arahnya sesuai dengan kondisi normal, maka ada aliran arus listrik (akan terlihat beberapa ratus mV bila menggunakan digital meter tapi nilai resistannya tinggi bila digunakan meter analog). Sebaliknya bila diukur dalam arah kebalikannya, maka tidak ada sedikitpun aliran arus listriknya, sehingga hanya sedikit perubahan yang terlihat pada indikator multi-meter.

2. Selanjutnya apabila juga diukur interval E-C searah maju dan searah mundur dengan mengukur rod, maka akan ada sedikit perubahan pada indikator multi meter pada keduanya, karena kasus timbal baliknya tidak dielektifikasikan untuk keduanya. Padahal dalam beberapa kasus, tergantung pada hubungan transistor dan karakteristik saat positif (+) rod dihubungkan pada collector dan negatif (-) rod dihubungkan pada emitter (dalam hal NPN, tapi secara terbalik bila PNP), Kelaran nilai resistan mungkin ditunjukan walaupun ini akan tidak terbatas (kemudian mungkin sedikit arus listrik akan mengalir).

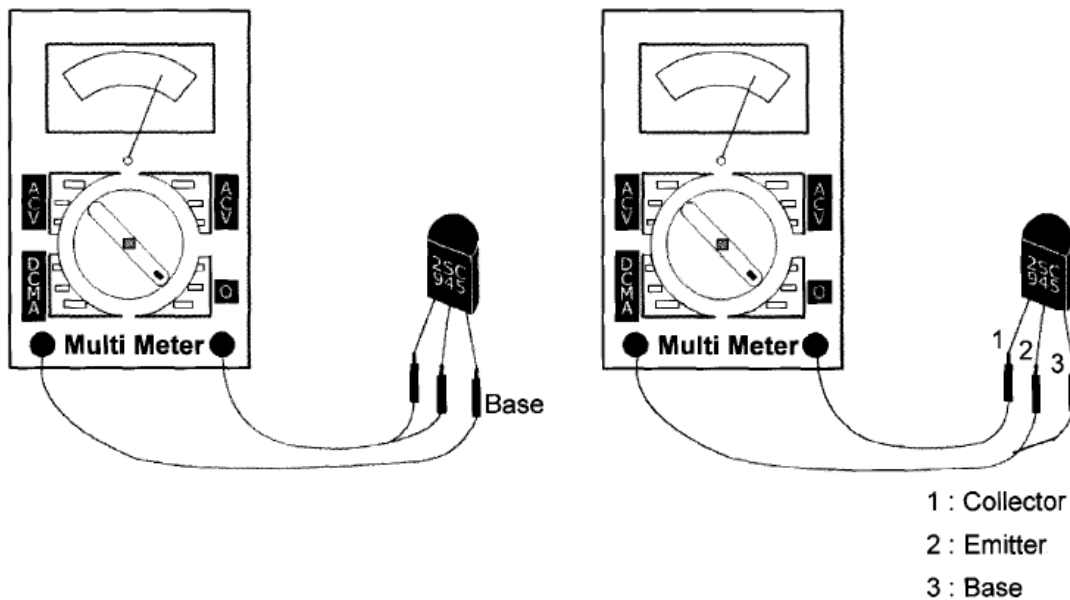
Referensi, untuk mengetes transistor atau diode, bila pengukuran pada kondisi dimana setelah dihubungkan pada sirkuit, kemungkinan akan dipengaruhi oleh tahanan di dalam sirkuit, lebih baik pengukuran di lakukan secara terpisah dari sirkuit. Dan untuk hal dimana transistor atau diode rusak, maka akan ditunjukan dalam grafik hubungan singkat.

#### Perbedaan polaritas transistor

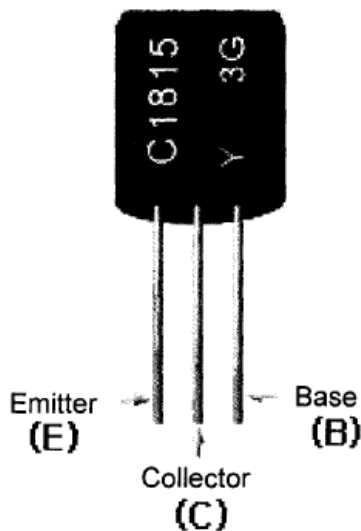
##### 1. Menggunakan multi-meter analog.

- Posisikan mode switch Analog multi meter pada skala 8100 atau R1000 dengan ukuran yang akan diukur.
- Hubungkan ujung kabel (probe) pada masing-masing pin transistor. Kemudian hubungkan dua terminal kiri transistor secara bersamaan menggunakan ujung lainnya.

- Pada kondisi ini ,arahnya menjadi searah jarum jam , dimana resistan mendekati OS2, ujung kabel hitam berhubungan menjadi jalur base pada transmitter NPN dan kabel merah menjadi jalur base pada transmitter PNP.
- Bila anda set switch mode pada 81000 pada tester sirkuit, Hasil dalam arah searah jarum jam setelah diukur dua pin lainnya secara bersamaan hubungan ujung kabel merah menjadi collector pada NPN dan ujung kabel hitam menjadi collector pada PNP.

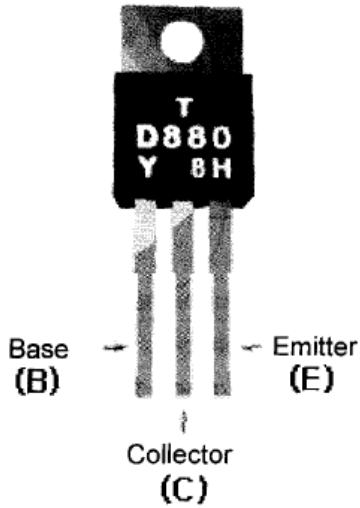


2. Untuk mencari polaritas dengan menggunakan ujung kawat transistor, bisa dilihat dari cetakan kode komponen seperti tampak pada gambar.



In case of 2SC1815 transistor (NPN type transistor for high frequency)

- Right side lead : Base
- Center side lead : Collector
- Left side lead : Emitter

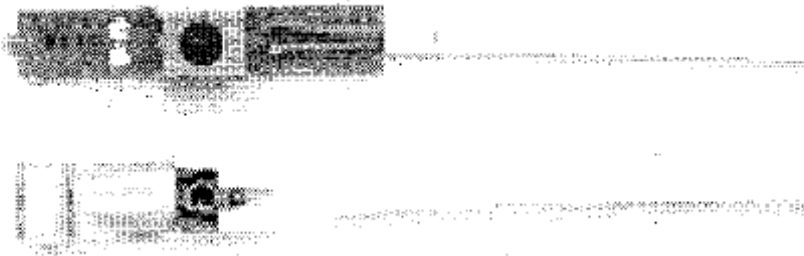


In case of 2SD880 transistor (NPN type transistor for high frequency)

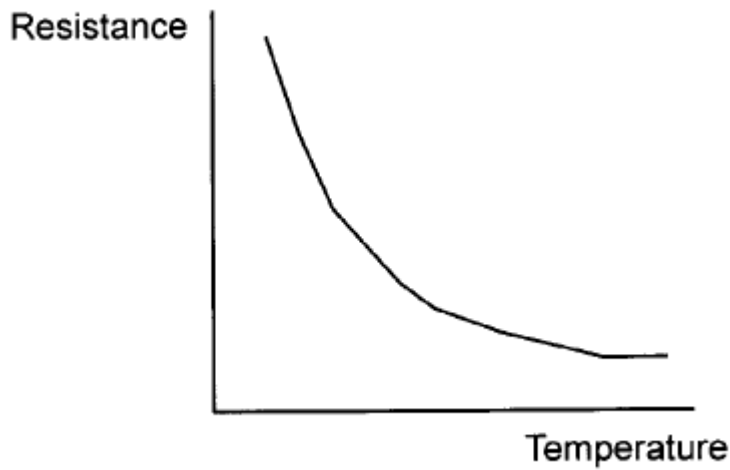
- Right side lead : Emitter
- Center side lead : Collector
- Left side lead : Base

## 8. Thermistor

Untuk elemen semikonduktor yang menggunakan resistansi berubah-ubah sesuai dengan perubahan temperatur, ada dua macam yaitu NTC thermistor dan PTC thermistor.

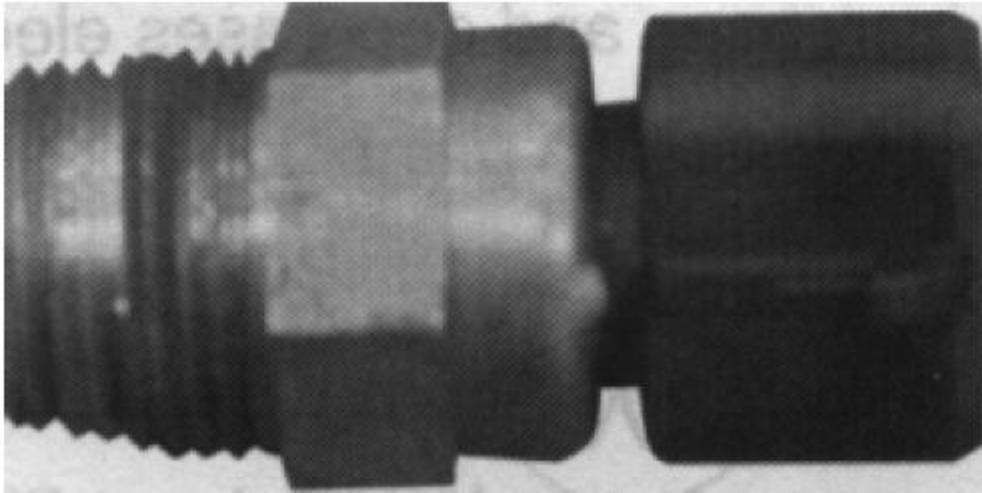


### 8.1 Karakteristik NTC (Negative Temperature Coefficient) thermistor)



Bila temperatur naik, tahanan akan turun

- Thermister banyak digunakan pada komponen mobil sebagai berikut:  
Engine coolant temperature sensor, Air intake temperature sensor, dan Low fuel-warning sensor



**Engine coolant temperature sensor**

- Berikut adalah sirkuit PTC thermister

Tegangan bias transistor NPN akan tergantung pada thermistor NTC seperti pada sirkuit berikut, bila temperatur naik, tegangan antara base dan emitter naik. Sehingga TR tidak ON dan lampu menyala.

## **8.2 PTC (Positive Temperature Coefficient thermistor)**

- Karakteristik

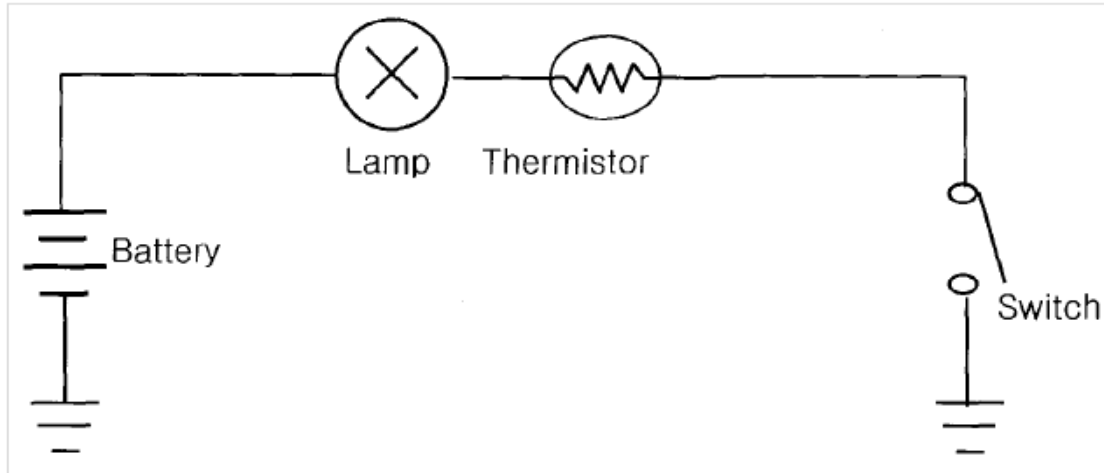
Bila temperatur naik, resistansi akan naik

- Pemakaian pada kendaraan

Central door lock actuator

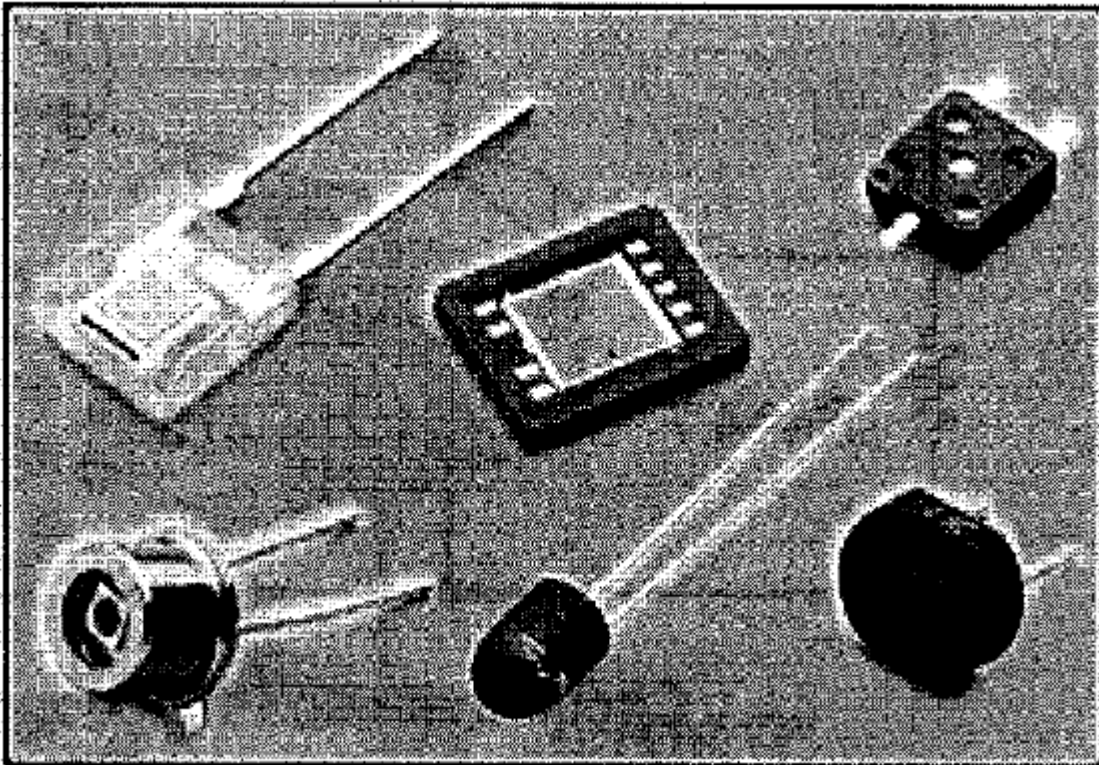
- Untuk memahami sirkuit yang dipakai NTC thermistor

Pada sirkuit berikut, lampu akan menyala saat switch ON. Bila arus yang lewat ke lampu berlebihan, maka panas akibat arus berlebihan mempengaruhi thermistor, sehingga mengakibatkan resistansi pada thermistor naik dan arus listrik berkurang, Karena itu hindari arus yang berlebihan di dalam sirkuit.



### 9. Photoconductive cell

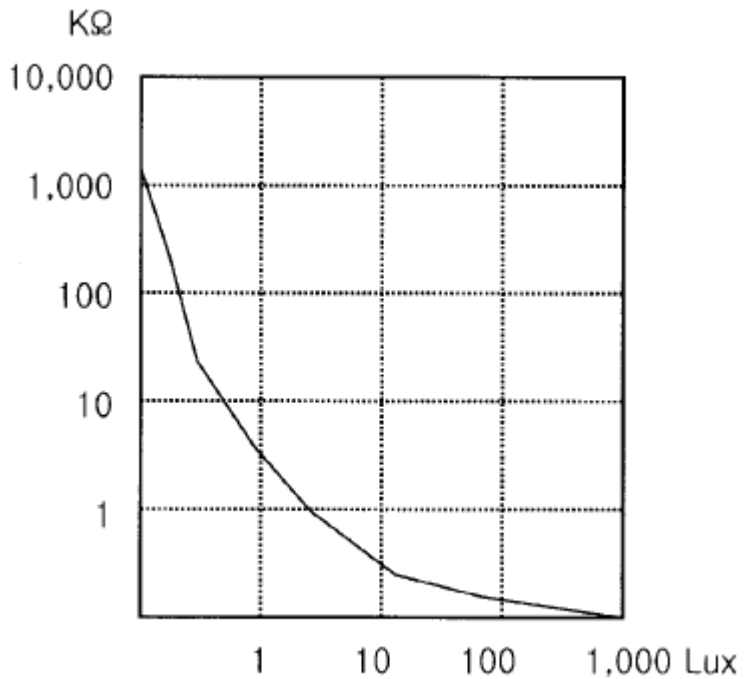
Sesuai dengan tingkat keterangan cahaya, nilai tahanan akan berubah-ubah. (bertambah atau berkurang). Material yang menerima cahayanya adalah Cds (Cadmium sulfide) dan CdSe (Cadmium selenide)



- Karakteristik

bila tingkat keterangan cahaya tinggi maka tahananannya akan turun, cirinya adalah tahanan takan naik apabila penerangannya redup.

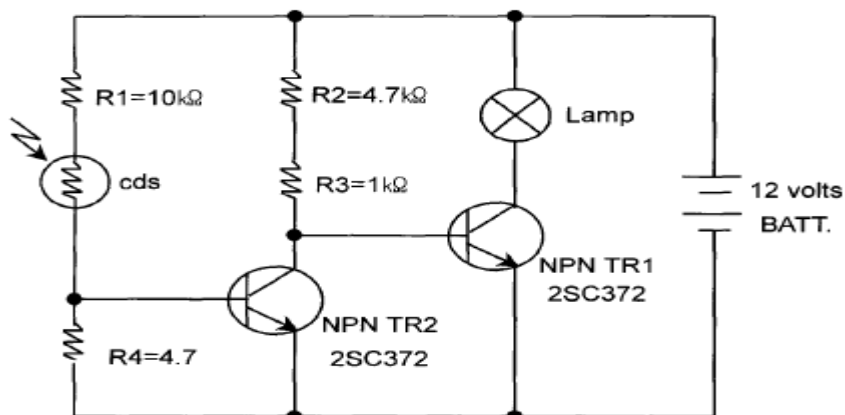




- Pemakaian pada kendaraan  
Auto light sensor, FATC air conditioning system

- Untuk memahami sirkuit yang menggunakan CDS ;

- 1) Bila transmitter q ON, lampu menjadi ON.
- 2) Untuk TR1 ON, TR2 harus ON
- 3) Kerja TR2 ON tergantung dari nilai tahanan cds.
- 4) Bila CDS menerima cahaya terang, TR2 akan ON dikarenakan tegangan bias R2 naik
- 5) Bila jumlah cahaya menurun, tegangan bias TR2 akan menurun, dikarenakan tahanan cds naik dan lampu off.



Circuit that use Photoconductive cell

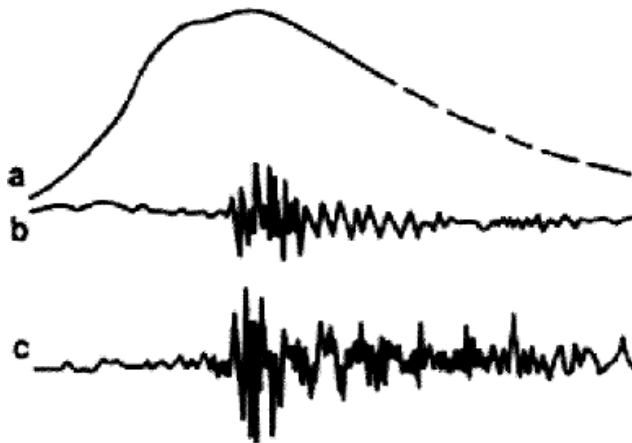
## 10. Elemen ekektrik Piezo



### Knock sensor

Bila menerima tekanan, dan ada gaya electromagnet, kemudian tegangan diberikan, maka ada sesuai kualitas khusus yang menyebabkan terjadinya transformasi.

- \_ Material : Titan acid, Barium
- \_ Penggunaan pada kendaraan: Knock Sensor
- \_ Knock sensor waveform

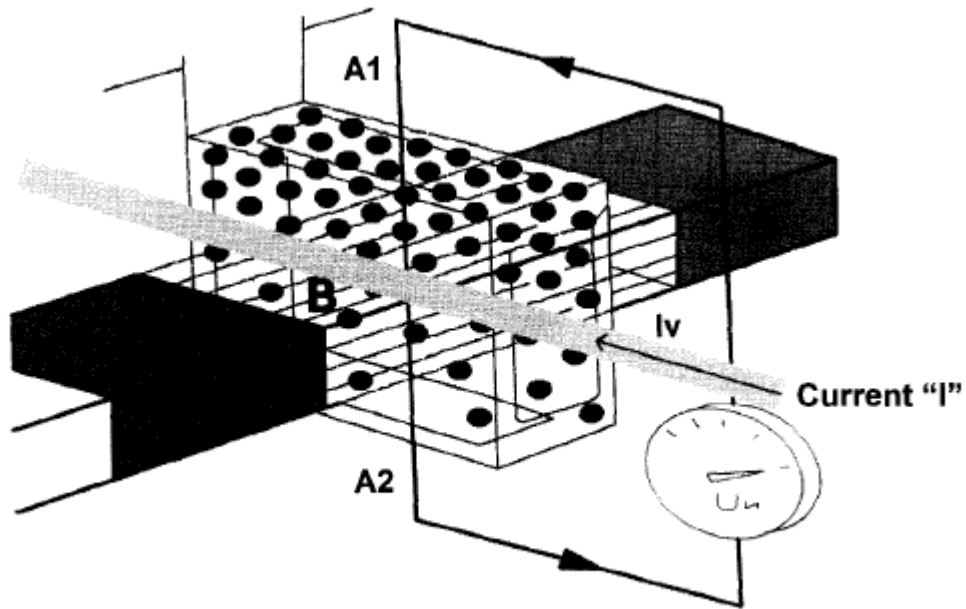


- a. Cylinder Pressure Signal
- b. Filtered Cylinder Pressure Signal
- c. Knock Sensor Signal

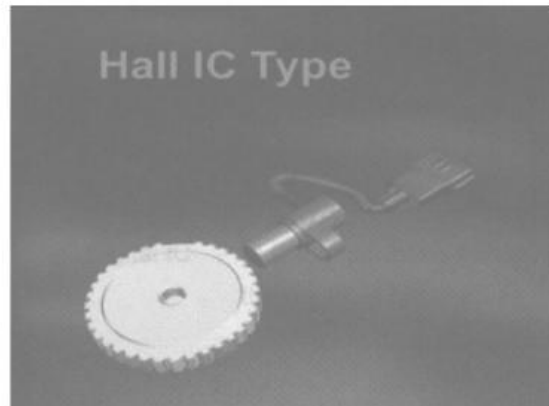
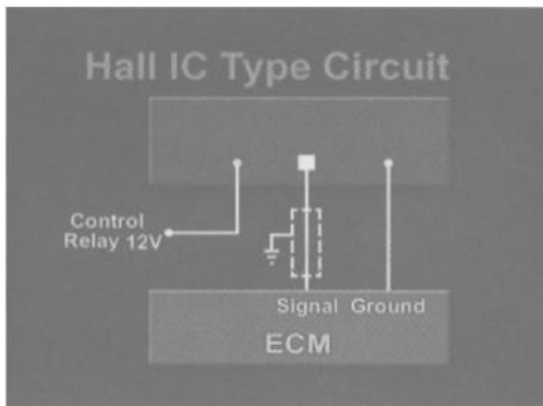
## 11. Hall effect

Saat anda menempatkan hall IC pada medan magnet dengan posisi terpusat dengan aliran arus listrik, maka pada kedua ujung hall IC akan menghasilkan tegangan.

Pada gambar berikut, bila anda letakkan penghantar pada medan magnet dan dialirkan arus listrik melalui penghantar ini, maka A1 dan A2 akan mengasilkan tegangan output.

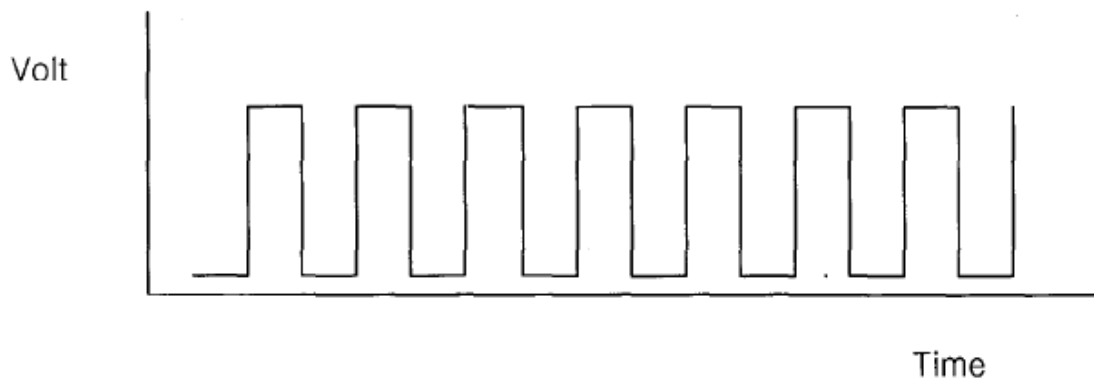


Bila anda simulasikan medan magnet kemudian tegangan output antara A1 dan A2 menjadi on/off.



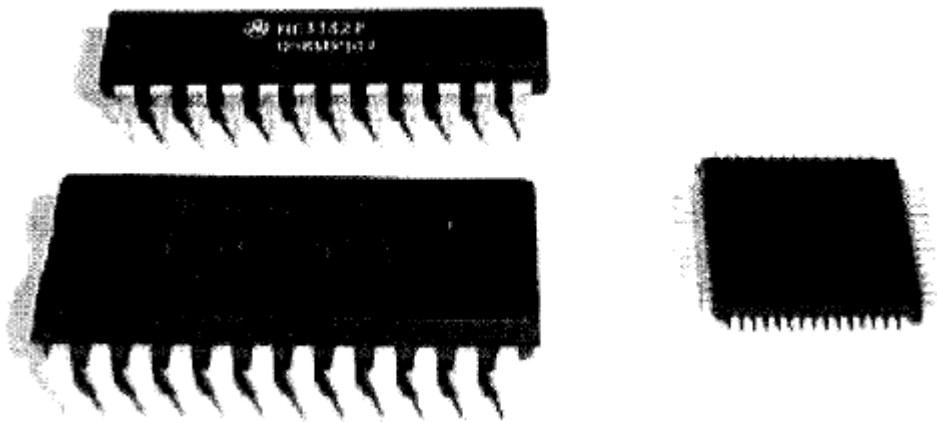
Saat tone wheel merusak medan magnet, maka tegangan output antara A1 dan A2 seperti pada gambar, akan ON. Saat tone wheel tersebut mencapai posisi center tanpa merusak medan magnet, maka tegangan output voltage akan off.

- Penggunaan pada kendaraan
- CMP sensor, CKP sensor, Speed sensor dan lai sebagainya
- Signal waveform



## 12. Integrated Circuit (I.C)

12.1 Integrated circuit umumnya adalah terdiri dari beberapa komponen semiconductor yang dirangkai menjadi satu dengan ukuran yang sangat kecil, atau IC terdiri dari beberapa ratus komponen seperti resistors, transistor dan element-element lain yang dirakit dalam kesatuan yang utuh, dan berfungsi sebagai perangkat tunggal. Untuk membaca sirkuit yang menggunakan IC, akan sangat penting sekali untuk mengetahui kondisi kerja diagram atau tabel. Berikutnya akan di jelaskan bagaimana membaca sirkuit yang menggunakan IC dengan benar.



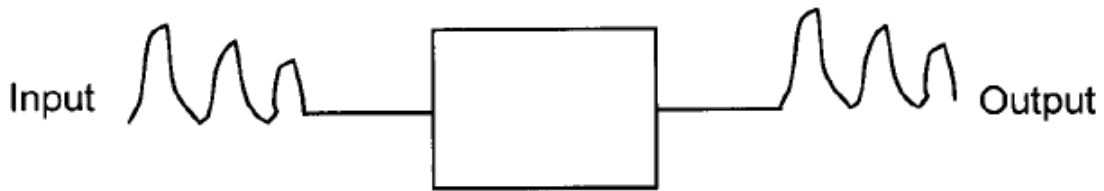
### Jenis-jenis IC

Digolongkan berdasarkan skala Integrasinya

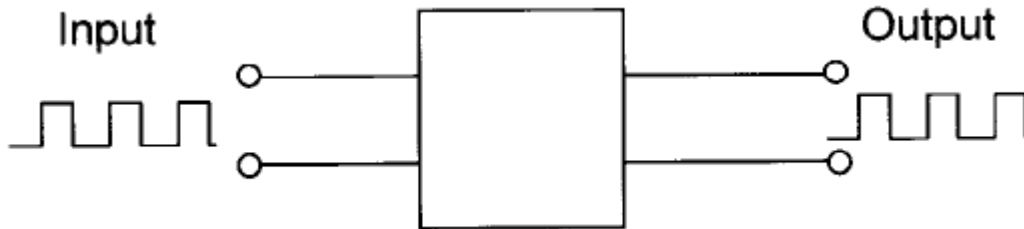
- SSI (Small Scale Integrated Circuit) : kurang dari 100 element
- MSI (Medium Scale Integrated Circuit) : 100 sampai 1,000 element
- LSI (Large Scale Integrated Circuit) : 1,000 sampai 100,000 element
- VLSI (Very Large Scale Integrated Circuit) : 100,000 atau lebih element

Digolongkan berdasarkan pemakaian dan strukturnya.

**Analog IC** I.C ini menguatkan atau mengontrol banyaknya pulsa analog (kwantitas secara terus-menerus). Output signal selalu berubah secara linier dengan signal input. Tipe IC ini kebanyakan digunakan dalam bentuk sirkuit analog.



**Digital IC** I.C yang hanya melakukan peralihan saja (switching). Tergantung dari kondisi sinyal input ON/OFF, output-nya didapat sebagai sinyal switching ON/OFF. Kelebihan I.C.



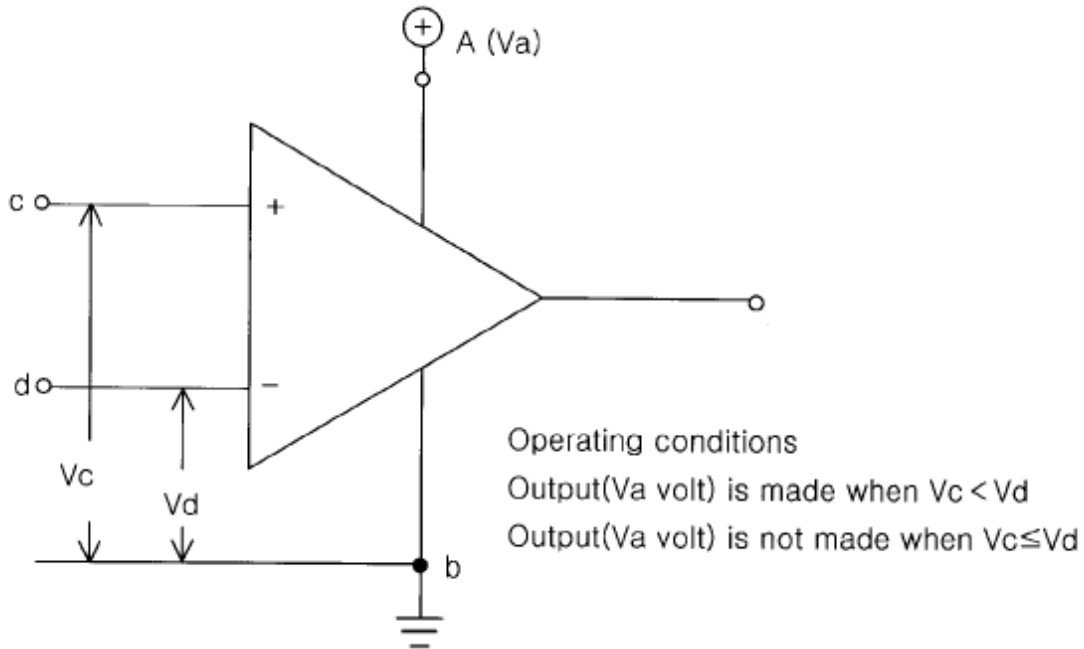
- Ukurannya berkurang dengan meminimalkan rangkaian.
- Kemampuannya tinggi berkat struktur yang terintegrasi
- Harganya murah karna produksinya banyak
- Hemat tegangan

## 12.2 Analog LC

IC yang diperlihatkan disini salah satunya disebut comparator. Pada gambar berikut, "a" adalah terminal power supply dan "b" adalah terminal ground, keduanya digunakan untuk supply power ke comparator agar bisa bekerja, namun tidak secara langsung berhubungan dengan operasionalnya.

Pada gambar dibawah komparator membandingkan potensi terminal c dan terminal d, memberikan output  $v_a$ [v] hanya pada terminal e, saat potensial pada titik c lebih tinggi dibanding titik d.

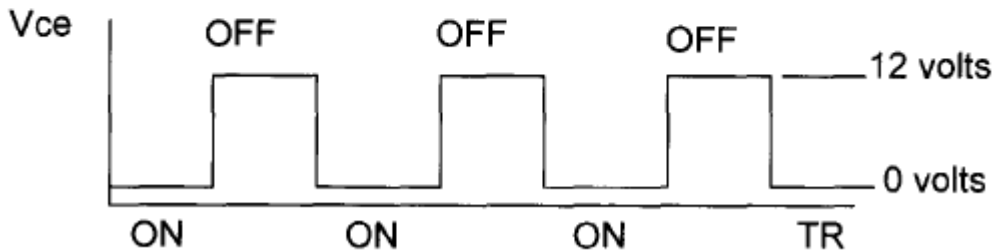
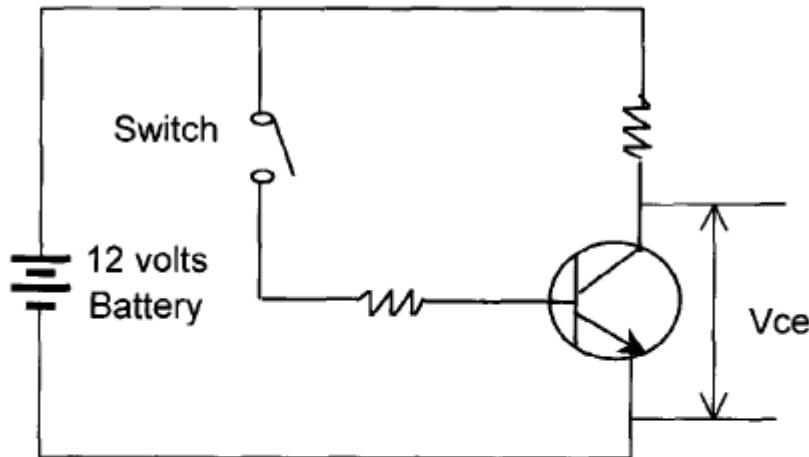
Dari dua input tegangan, hanya satu yang tetap konstant dan disebut referensi sebagai tegangan referensi dan satunya lagi yang berubah-ubah disebut dengan tegangan komparasi dimana dari kedua input tegangan referensi itu dapat diketahui dari sirkuit yang dihubungkan ke comparator



### 12.3 Digital LC

#### Logic circuit

Sirkuit digital menggunakan dua signal yaitu; signal dengan tegangan tinggi High voltage (H) dan signal dengan tegangan rendah low voltage (L) atau presence signal atau absence signal. Sesuai dengan haril konverensi, kedua signal itu disimbolkan dengan "1" dan "0". Contohnya pada saat transistor off, Vce adalah 12V maka status tegangan tersebut di ambil sebagai "1". Saat switch dipindah ke ON maka transistor akan ON, Vce menjadi 0V maka status tersebut diambil sebagai "0". Sirkuit digital berbeda dengan analog, dimana berbagai informasi diekpresikan hanya oleh dua status yaitu "1" atau "0". Logic sirkuit adalah sebuah sirkuit yang menghasilkan output "1" atau "0" saat kombinasi input signal "1" dan "0" diberikan.



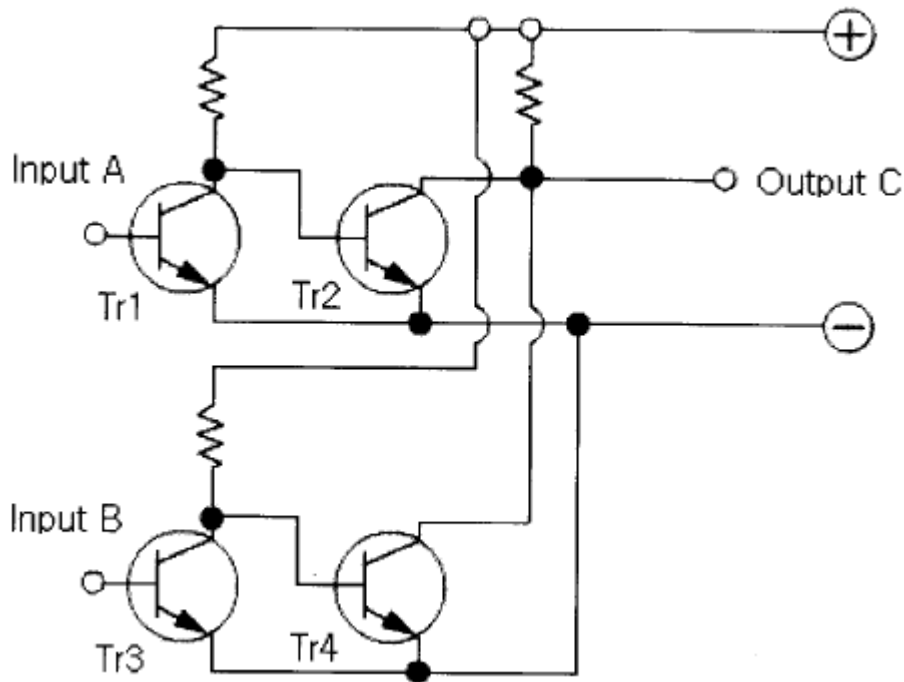
## 12.4 Berbagai macam logic circuit

### 12.4.1 AND circuit (logical product)

Cara kerja AND adalah cara kerja yang mengeluarkan hasil apabila semua kondisi terpenuhi seperti "brake warning lamp menyala bila ignition switch ON dan parking brake switch ON". Artinya, Sirkuit AND adalah sirkuit dimana signal output menjadi "1" saat semua input signalnya "1".

Representation	Actual Circuit	Logic Symbol	Input/Output relation		
			A	B	C
<p>SWA SWB ("1" when switch is ON)</p>	<p>+B Output Input</p>	<p>A Input B Output C</p>	1	1	1
			1	0	0
			0	1	0
			0	0	0

Gambar dibawah ini adalah salah satu contoh sirkuit AND yang menggunakan transistor. Saat kedua input signal A and B adalah 1(H), tegangan 1(H) didapat pada output C. Untuk menjadikan output C high, maka diperlukan kedua transistor Tr2 menjadi off dan untuk kedua transistor ini menjadi off, maka Tr1 dan Tr3 harus on, dan untuk Tr1 dan Tr3 agar menjadi On, maka tegangan high (H) harus diberikan pada input A dan B sehingga arus base bisa mengalir pada kedua transistor.



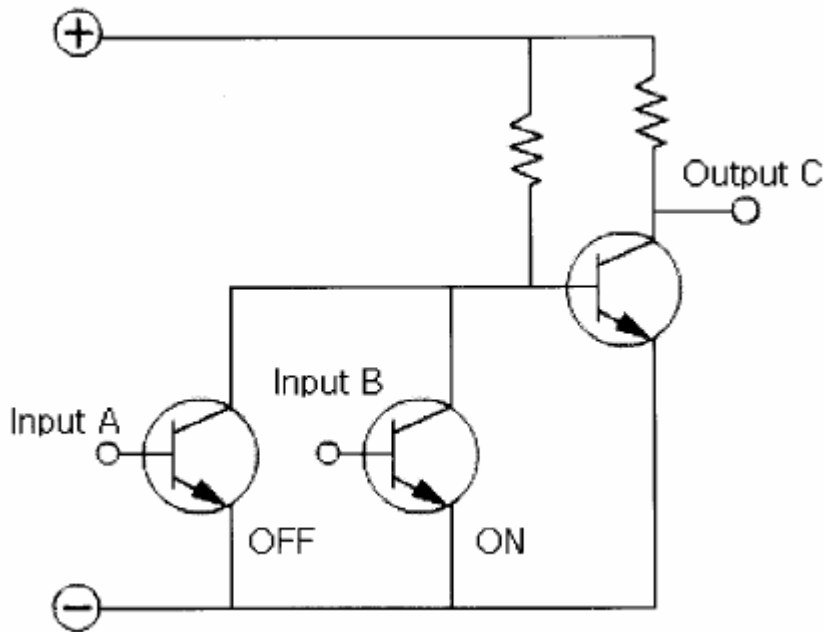
### 12.4.2 OR circuit (logical sum)

cara kerja dari sirkuit OR adalah apabila paling sedikit satu kondisi diantara beberapa kondisi terpenuhi seperti misalnya "Saat ada pintu yang dibuka, indicator lamp door ajar akan menyala". Artinya, sirkuit OR adalah suatu sirkuit dimana outputnya menjadi "1" apabila salah satu signal inputnya "1". Bertolak belakang dengan sirkuit AND yang akan mengeluarkan output "1" apabila semua inputnya adalah "1", sirkuit OR dapat diibaratkan sebagai suatu sirkuit dimana output-nya akan "0" apabila semua inputnya adalah "0".

Representation	Actual Circuit	Logic Symbol	Input/Output relation		
			A	B	C
			1	1	1
			1	0	1
			0	1	1
			0	0	0

Gambar berikut adalah satu contoh sirkuit OR yang menggunakan transistor. Saat salah satu input A atau input B adalah "1" maka output C menjadi "1".





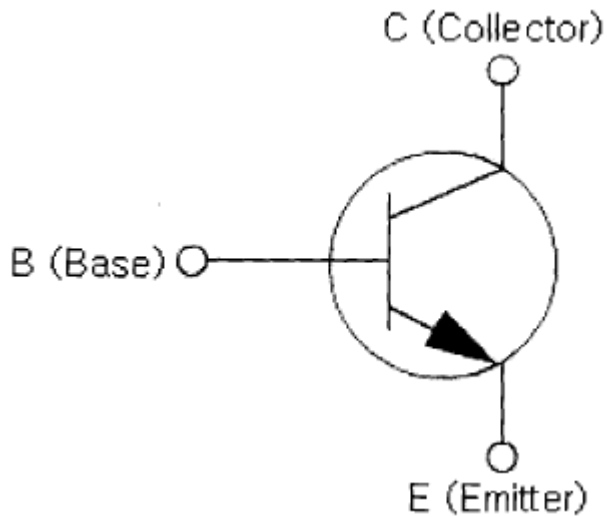
### 12.4.3 NOT Circuit (negation)

Sirkuit NOT adalah sirkuit dimana output-nya adalah kebalikan dari input, maka saat input signalnya "1", outputnya akan "0" atau sebaliknya. Karena itulah sirkuit NOT kadang kala disebut juga dengan inverter.

Representation	Actual Circuit	Logic Symbol	Input/Output relation		
			A	B	C
<p>When switch is pressed (1), Output is turned off (0)</p>		<p>A Input      B Output</p>	1	1	1
			1	0	1
			0	1	1
			0	0	0

Catatan :

Hubungan antara transistor base voltage (VBE) dan tegangan collector (VCE) adalah NOT. Artinya saat tegangan base tinggi, transistor akan on dan tegangan collector menjadi rendah. Sebaliknya, saat tegangan base rendah, transistor akan off dan tegangan collector menjadi tinggi.



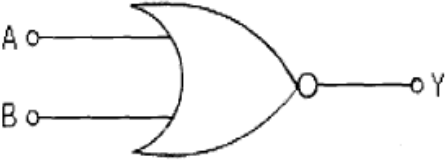
#### 12.4.4 Sirkuit NAND dan NOR

Sirkuit NAND adalah sirkuit AND yang diikuti dengan sirkuit NOT oleh karena itu sirkuit ini disebut dengan NAND (artinya NOT + AND)

Logic Symbol	Input/Output relation		
	Input		Output
	A	B	Y
	L	L	H
	L	H	H
	H	L	H
	H	H	L

#### 12.4.5 Sirkuit NOR

adalah sirkuit OR yang diikuti dengan sirkuit NOT. Pada sirkuit lainnya, outputnya adalah kebalikan dari sirkuit AND atau OR.

Logic Symbol	Input/Output relation		
	Input		Output
	A	B	Y
	L	L	H
	L	H	L
	H	L	L
	H	H	L

### 13. Microcomputer (Komputer kecil)

Microcomputer adalah jenis dari komputer. Mari kita lihat kembali secara singkat sejarah perkembangan computer. Komputer pertama pernah diproduksi dalam bentuk mekanikas menggunakan gear dan komponen mekanikas lainnya, berikutnya menggunakan alat kelistrikan menggunakan relay dan generasi selanjutnya adalah elektronik komputer yang menggunakan tabung hampa. Komputer elektronik menggunakan tabung hampa yang cukup besar yang memenuhi hampir seluruh ruangan di dalam gedung, dengan jumlah tabung yang digunakan bisa mencapai 20,000 tabung. Tabung hampa tersebut kemudian diganti dengan transistor dan kemudian menggunakan integrated circuits (IC). Tingkat integrasi (penggabungan) IC ini kemudian menjadi meningkat dengan pesat, dengan pengembangan LSI (large scale integration) dan VLSI (very large scale integration), perangkat komputer juga berubah dari tipe vacuum (ruang hampa) menjadi tipe transistor kemudian menjadi IC dan selanjutnya menjadi LSI, dengan ukuran yang lebih kecil.

#### Lahirnya microcomputer

Dalam pengembangannya komputer ini dibuat lebih kompak dan canggih, Setiap rancangan berubah mengikuti aturan LSI, yang mengeluarkan banyak biaya dan waktu. Masalah ini telah diatasi dengan penggunaan LSI yang bisa merubah fungsi internal melalui program. Artinya, dengan LSI, kita dapat merubah program untuk mengembangkan perhitungan baru. Karena itulah dengan LSI semua fungsi internal dapat dengan leluasa dirubah oleh modifikasi program pada microcomputer. Dengan kata lain microcomputer adalah LSI dengan fungsi sebagai berikut.

#### 13.1 Tiga element microcomputer

Microcomputer terdiri dari tiga element utama yaitu CPU (central processing unit) memory dan I/O (input/output unit)

#### 13.2 I/O unit (Input / output unit)

Melalui unit ini, microcomputer dapat berkomunikasi dengan unit luar (sensor, switch, actuator, dan sebagainya) contohnya jumlah udara masuk adalah input untuk

microcomputer sebagai sinyal sensor dan hasil hitungannya oleh CPU adalah output, seperti jumlah injeksi bahan bakar.

### **13.3 Memory**

Memori gunanya untuk menyimpan program (mengeset operasional, penilaian, perubahan data, dsb), data (tegangan referensi untuk ECU perbandingan udara dan bahan bakar) dan sinyal yang merupakan input masukan bagi CPU dalam melakukan penghitungan. Memori umumnya dibagi dalam dua bagian yaitu :

#### **13.4 ROM (Read Only Memory)**

Memori yang hanya dapat membaca saja. Untuk microcomputer yang dipakai pada automotive, hanya satu program tetap yang dipakai, karena alasan inilah program secara permanent disimpan di dalam ROM. ROM tidak bisa terhapus. Bersisi data atau program permanen yang tidak akan hilang walaupun power dimatikan. Karena itu ROM merupakan alat penyimpanan program yang baik.

#### **13.5 RAM (Random Access Memory)**

Memori dapat dibaca dan ditulis. Kebanyakan dipakai untuk menyimpan data secara sementara. Normalnya data bisa dihapus dan isi yang tersimpan di dalamnya dapat hilang apabila bila power mati.

Catatan : ada juga RAM yang tidak dapat dihapus yaitu yang disebut dengan NVRAM, misalnya dipakai pada electronic odometer.

#### **13.6 CPU (Central Processing Unit)**

adalah bagian computer yang melakukan eksekusi, penelaahan dan merubah data berdasarkan program yang tersimpan di dalam memori.

Sebagai contoh sensor O<sub>2</sub> sensor pada ECM, saat signal tegangan mendeteksi perbandingan udara bahan bakar mencapai batas I/O, CPU akan memprosesnya sesuai dengan program yang tersimpan dalam memori. CPU membandingkan signal ini dengan signal tegangan referensi yang tersimpan dalam memori, apabila signalnya lebih tinggi dari acuan, artinya perbandingan udara/bahan bakar sedang tinggi, maka diputuskan untuk menurunkan durasi injeksi melalui I/O. dan selanjutnya I/O mengirimkan signal ini (ke injector) sehingga jumlah injeksi bahan bakarnya dikurangi.

#### **13.7 Tipe microcomputer**

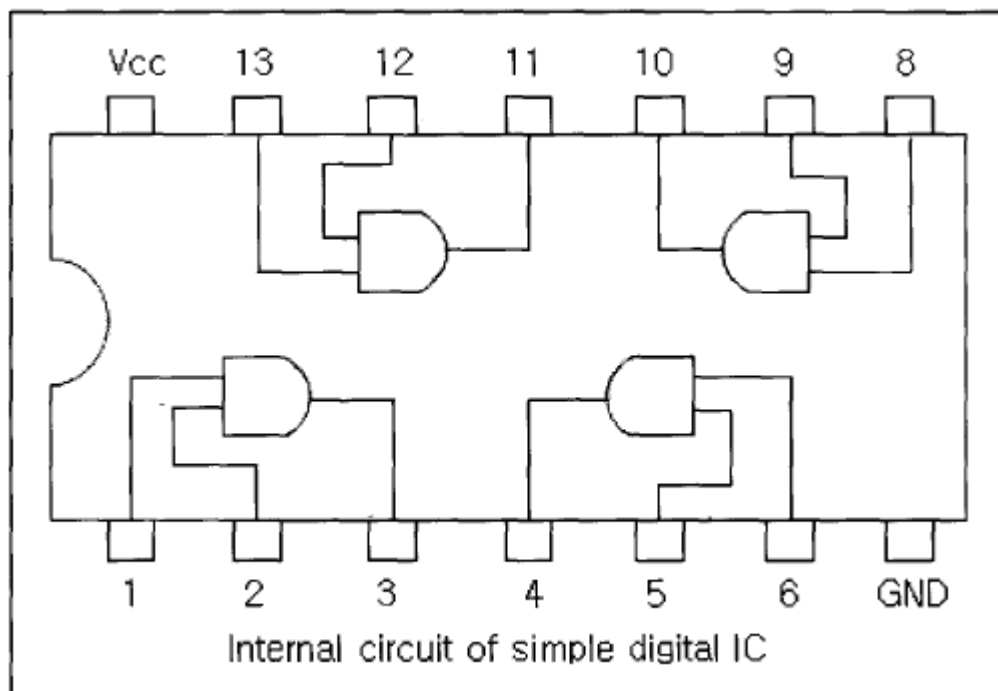
Microcomputer dapat dipisahkan menjadi dua golongan, berdasarkan pemisahan ketika elemen LSI atau semua elemen diimplementasikan oleh sinyal LSI. Tipe terdahulu disebut dengan multi chip microcomputer dan tipe terakhir disebut dengan one chip microcomputer. Microcomputers yang banyak dipakai pada kendaraan sekarang adalah golongan terakhir.

### 13.8 Dasar pengoperasian microcomputer

Dasar pengoperasian suatu microcomputer adalah penambahan dan pengurangan jumlah binary dan sirkuit internalnya biasanya adalah logic circuit. Artinya microcomputer adalah suatu digital IC dan sirkuit internalnya dapat diwakili dengan simbol logic. Sirkuit microcomputer untuk aplikasi automotive sangat rumit, namun cukup mudah untuk dipahami jika kita mempunyai dasar pengetahuan logika pada sirkuit.

Catatan : Nomor Binary

Nomor binary hanya terdiri dari dua nomor yaitu 0 dan 1. Kedua nomor ini mempunyai arti tersendiri seperti halnya pada dua sinyal logic circuit. Dengan kata lain, microcomputer adalah suatu digital IC yang memproses data binary oleh logic circuit.



### 13.9 Microcomputer dalam system

#### 13.9.1 Digunakan sebagai pengatur

dalam sistem yang dibentuk oleh transistor, IC, LSI dan komponen individual lainnya, microcomputer dikenal sebagai pengatur. Misalnya seperti pada TV dan radio serta peralatan listrik dan elektronik lainnya.

#### 13.9.2 Digunakan sebagai komputer

Penggunaannya ditekankan pada fungsi penghitungan. Yang termasuk dalam kategori ini adalah PC dan word processor.

#### 13.9.3 Gabungan dari pengatur dan komputer

Pemakaian microcomputer tidak hanya mengontrol mesin secara sederhana, namun pengontrolan secara maksimal . yaitu microcomputer menilai kondisi

perubahan secara konstan dan mengontrol mesin secara benar. Microcomputer yang dipakai pada mobil adalah termasuk dalam kategori ini.

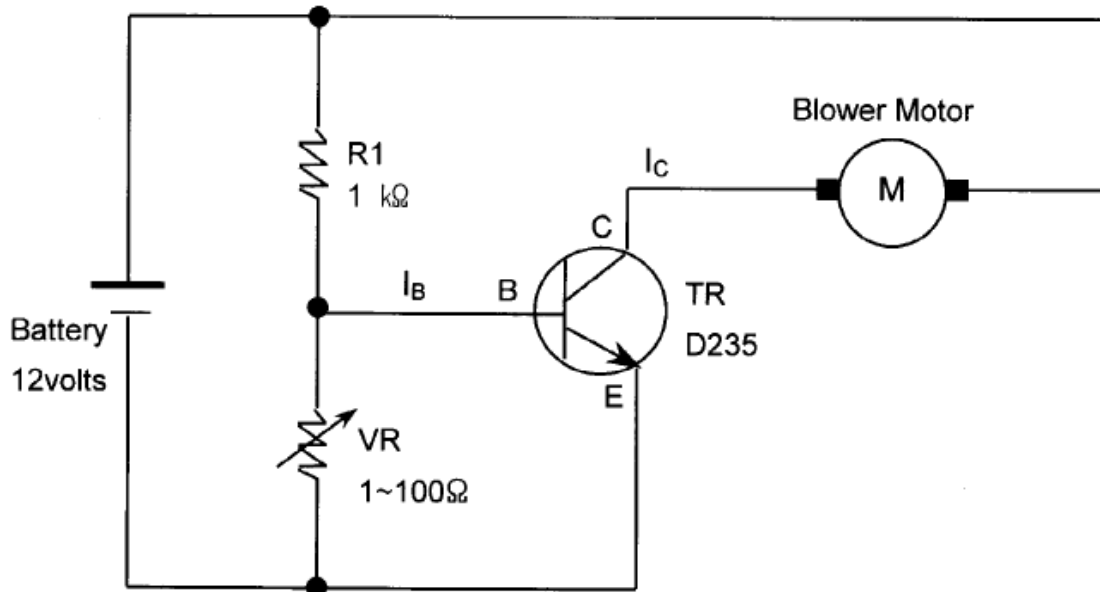
#### 13.9.4 Contoh aplikasi

Salah satu contoh pemakaian microcomputers pada kendaraan adalah ECM. Unit komputer dari ECM ini dapat menghitung suplai bahan bakar secara tepat ke engine.

Sinyal dari sensor adalah merupakan masukan melalui unit I/O kemudian dihitung oleh CPU sesuai dengan program yang tersimpan di dalam ROM. Di dalam memory (RAM), data dan hasil hitungan disimpan untuk sementara waktu.

### 14. Untuk memahami sirkuit electronic

#### Blower motor speed control circuit



Simbol listrik

Kuantitas	Unit	Simbol
Current	Ampere	A
Voltage	Volt	V
Electric Resistance	Ohm	$\Omega$
Conductivity	Mho	
Quantity of electricity	Coulomb	C
	Ampere-hour	Ah
Electric power	Watt	W
Work of electricity	Joule	J
	Watt-hour	Wh
Static capacitance	Farad	F
Electromagnetic induction Coefficient	Henry	H
Magnetic flux	Weber	Wb
Magnetic field intensity	Ampere-turn	AT/m
Magnetic force	Meter	
Magneto motive force	Ampere-turn	AT
Frequency	Hertz	Hz
Sound level	Phon	P
Attenuation or gain	Decibel	dB

Akar pangkat	Satuan ukur	Simbol
$10^6$	Mega atau Meg	M
$10^3$	Kilo	K
$10^1$	Deci	d
$10^{-2}$	Centi	c.
$10^{-3}$	Mili	Mm
$10^{-6}$	Micro	
$10^{-9}$	Nano	n.
$10^{-12}$	Pico or Micro	p.

PREFIX	SYMBOL	RELATION TO BASIC UNIT	EXAMPLE
MEGA	M	1 000 000	$8 \text{ M}\Omega = 8\,000\,000\Omega$
KILO	K	1 000	$20 \text{ Kv} = 20\,000 \text{ V}$
MILLI	m	.001	$500 \text{ mV} = .5 \text{ V}$
MICRO	$\mu$	.000 000 001	$500 \mu\text{A} = .000 5 \text{ A}$
NANO	n	.000 000 001	$20 \text{ nV} = .000 000 02 \text{ V}$
PICO	p	.000 000 000 001	$20 \text{ pV} = .000 000 000 02 \text{ V}$

