

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 MIKROKONTROLER AT89S52

Mikrokontroler merupakan sistem komputer kecil yang biasa digunakan untuk sistem pengendali atau pengontrol yang dapat diprogram sesuai kebutuhan. Mikrokontroller memiliki 4KB *Flash Programmable dan Erasable Read Only Memory* (PEROM) didalamnya.

Mikrokontroler AT89S52 merupakan pengembangan dari mikrokontroler MCS-51. Mikrokontroler ini biasa disebut juga dengan mikrokomputer CMOS 8 bit dengan 8 Kbyte yang dapat diprogram sampai 1000 kali pemograman. Selain itu AT89S52 juga mempunyai kapasitas RAM sebesar 256 bytes, 32 saluran I/O, Watchdog timer, dua pointer data, tiga buah timer/counter 16-bit, Programmable UART (Serial Port). Memori Flash digunakan untuk menyimpan perintah (instruksi) berstandar MCS-51, sehingga memungkinkan mikrokontroler ini bekerja sendiri tanpa diperlukan tambahan chip lainnya (single chip operation), mode operasi keping tunggal yang tidak memerlukan external memory dan memori flashnya mampu diprogram hingga seribu kali. Hal lain yang menguntungkan adalah sistem pemograman menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan rangkaian yang rumit.

Sebuah mikrokontroler dapat berfungsi/bekerja, apabila telah terisi oleh program. Program terlebih dahulu dimasukan kedalam memori sesuai dengan

kebutuhan penggunaan pengontrolan yang diperlukan dan yang hendak dijalankan. Program yang dimasukkan kedalam mikrokontroler Atmel 89S52 adalah berupa file heksa (Hex File), dan program tersebut berisikan instruksi atau perintah untuk menjalankan sistem kontrol.

Mikrokontroler merupakan *single chip computer* yang memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi kontrol, Mikrokontroller berkembang dengan dua alasan utama, yaitu kebutuhan pasar (*market needed*) dan perkembangan teknologi baru¹. Dalam perkembangannya sampai saat ini, sudah banyak produk mikrokontroller yang telah diproduksi oleh berbagai perusahaan pembuat IC (*Integrated Circuit*) diantara salah satunya adalah jenis mikrokontroller yang digunakan dalam perancangan alat ini yaitu mikrokontroller seri 8052 yang dibuat oleh ATMEL, dengan kode produk AT89S52. Secara fisik, mikrokontroler AT89S52 mempunyai 40 pin, 32 pin diantaranya adalah pin untuk keperluan port masukan/keluaran. Satu port paralel terdiri dari 8 pin, dengan demikian 32 pin tersebut membentuk 4 buah portparalel, yang masing-masing dikenal dengan Port 0, Port1, Port2 dan Port3. Dengan keistimewaan di atas perancangan dengan menggunakan mikrokontroler AT89S52 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan komponen pendukung yang lebih banyak lagi.

¹ <http://onelka.wordpress.com/mikrokontroler-at89s52/>

2.1.1 Konfigurasi Pin AT89S52

Setiap pin (kaki) dari mikrkontroler AT89S51 mempunyai fungsi masing-masing fungsi. Arsitektur hardware mikrokontroller AT89S52 dari perspektif luar atau biasa disebut *pin out* digambarkan pada gambar 2.1 di bawah ini



Gambar 2.1 Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S52

Berikut adalah penjelasan mengenai fungsi dari tiap-tiap pin (kaki) yang ada pada mikrokontroller AT89S52.

a. Port 0

Merupakan *dual-purpose* port (port yang memiliki dua kegunaan). Pada disain yang minimum, port 0 digunakan sebagai port *Input/Output* (I/O).. Port 0 terdapat pada pin 32-39.

b. Port 1

Merupakan port yang hanya berfungsi sebagai port I/O (*Input/Output*). Port 1 terdapat pada pin 1-8

c. Port 2

Merupakan *dual-purpose* port. Pada desain minimum digunakan sebagai port I/O (*Input/Output*). Sedangkan pada desain lebih lanjut digunakan sebagai *high byte* dari *address* (alamat). Port 2 terdapat pada pin 21-28.

d. Port 3

Merupakan *dual-purpose port*. Selain sebagai port I/O (*Input/Output*), port 3 juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus tersebut diperlihatkan

Tabel 2.1 Data Port 3 pin 10 -17

No. Pin	Port Pin	Nama Port	Fungsi alternatif
10	P3.0	RXD	Menerima data untuk port serial
11	P3.1	TXD	Mengirim data untuk port serial
12	P3.2	$\overline{\text{INT}} 0$	Interrupt 0 eksternal
13	P3.3	$\overline{\text{INT}} 1$	Interrupt 1 eksternal
14	P3.4	T0	Timer 0 input eksternal
15	P3.5	T1	Timer 1 input eksternal
16	P3.6	$\overline{\text{WR}}$	Memori data eksternal write strobe
17	P3.7	$\overline{\text{RD}}$	Memori data eksternal read strobe

a. PSEN (*Program Store Enable*)

PSEN adalah sinyal kontrol yang mengizinkan untuk mengakses program (*code*) memori eksternal. Pin ini dihubungkan ke pin OE (*Output Enable*) dari EPROM. Sinyal PSEN akan “0” (*LOW*) pada tahap *fetch* (penjemputan) instruksi. PSEN akan selalu bernilai “1” (*HIGH*) pada pembacaan program memori internal. PSEN terdapat pada pin 29.

b. ALE (*Address Latch Enable*)

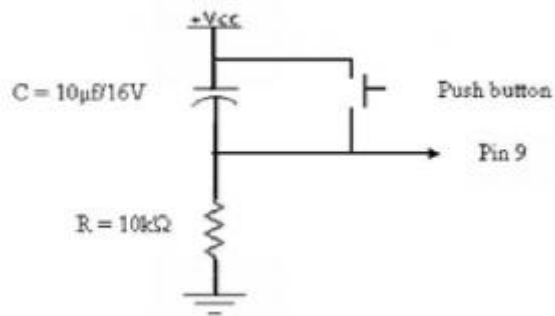
ALE digunakan untuk men-*demultiplex address* (alamat) dan data bus. ketika menggunakan program memori eksternal, port 0 akan berfungsi sebagai *address* (alamat) dan data bus. Pada setengah paruh pertama memori cycle ALE akan bernilai “1” (*HIGH*) sehingga mengizinkan penulisan *address* (alamat) pada register eksternal. Dan pada setengah paruh berikutnya akan bernilai “1” (*HIGH*) sehingga port 0 dapat digunakan sebagai data bus. ALE terdapat pada pin 30.

c. EA (*External Access*)

Jika EA diberi input “1” (*HIGH*), maka mikrokontroller menjalankan program memori internal saja. Jika EA diberi input “0” (*LOW*), maka AT89S52 menjalankan program memori eksternal (PSEN akan bernilai “0”). EA terdapat pada pin 31.

d. RST (Reset)

RST terdapat pada pin 9. Jika pada pin ini diberi input “1” (*HIGH*) selama minimal 2 *machine cycle*, maka sistem akan di-reset dan register internal AT89S52 akan berisi nilai *default* tertentu. Proses reset merupakan proses untuk mengembalikan sistem ke kondisi semula. Reset tidak mempengaruhi internal program memory. Reset terjadi jika pin RST bernilai high selama minimal dua siklus lalu kembali bernilai low. Power on reset merupakan proses reset yang berlangsung secara otomatis pada saat sistem pertama kali diberi suplai. Proses ini mempengaruhi semua register dan internal data memory. Untuk mendapatkan proses ini, maka pin RST harus diberi tambahan rangkaian seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.2. Rangkaian reset AT89S52

a. On-Chip oscillator

AT89S52 telah memiliki *on-chip oscillator* yang dapat bekerja jika *drive* menggunakan kristal. Tambahan kapasitor diperlukan untuk menstabilkan sistem. Nilai kristal yang biasa digunakan pada AT89S52 ini adalah 12 MHz. *On-chip oscillator* tidak hanya dapat di-*drive* dengan menggunakan kristal, tetapi juga dapat dengan menggunakan *TTL Oscillator*.

b. XTAL1

XTAL1 berfungsi sebagai masukan dari rangkaian osilasi mikrokontroler. XTAL1 terdapat pada ipin 19

c. XTAL2

XTAL2 berfungsi sebagai keluaran dari rangkaian osilasi mikrokontroler. XTAL2 terdapat pada pin 18

d. VCC

VCC merupakan masukan sumber tegangan positif bagi mikrokontroler yang terdapat pada pin 40.

Arsitektur dan Blok Diagram Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler AT89S52 dibangun berdasarkan arsitektur seperti ditunjukkan gambar dibawah ini. Seluruh bagian yang digambar pada gambar tersebut saling berhubungan melalui internal bus 8 bit menelusuri bagian serpih. Bus tersebut kemudian dihubungkan ke luar melalui input output port apabila memori atau ekspansi diperlukan.

Unit pengolah pusat (CPU) terdiri atas dua bagian, yaitu unit pengendali control unit (CU), serta unit aritmatika dan logika (ALU). Fungsi utama unit pengendali ini adalah mengambil, mengkode, dan melaksanakan urutan intruksi sebuah program yang tersimpan dalam memori, unit pengendali juga berfungsi untuk mengatur urutan operasi seluruh sistem. Unit pengendali atau CPU juga menghasilkan dan mengatur sinyal pengendali yang diperlukan untuk menyerempakkan operasi, juga aliran intruksi program. Aliran informasi pada bus-bus data dan bus alamat juga diatur oleh unit ini.

sampai dengan R7 yang diorganisasikan menjadi 4 *bank*. Pemilihan *bank* yang dilakukan dengan memberikan kombinasi logika pada register *Program Status Word*(PSW). Bagian berikutnya adalah mulai alamat 0x20 sampai dengan 0x2f sebanyak 128 bit merupakan lokasi memori yang dapat dimanipulasi perbit (*bit addressable*) juga dikenal dengan segment bit (BDATA). Bagian berikutnya adalah *general purpose RAM* mulai alamat 0x30 sampai dengan 0x7f.

Interuksi

Terdapat beberapa kelompok fungsi pada instruksi keluarga MCS – 52, yaitu:

1. 1. Instruksi Aritmatika

Kelompok intruksi ini melakukan operasi aritmatika seperti penjumlahan, pembagian, pengurangan.

Misalnya adalah: *add, mul, subb, inc dan dec*

Contohnya : `mov    a,#10h`

`Mov    b,#05h`

`Mul    ab`

`Mov a,#10h` artinya salin data 10h ke a

`Mov b,#05h` artinya salin data 05h ke b

Mul ab artinya kalikan nilai akumulator dengan nilai register b

1. 2. Instruksi Logika

Intruksi ini melakukan operasi logika seperti and, or, dan exor, clear

Misalnya adalah :*anl, orl, xrl, clr*

Contohnya : *clr p3.5*

Clr p3.5 artinya nolkan p3.5

1. 3. Instruksi Transfer Data

Kelompok instruksi ini digunakan untuk memindahkan data antara :

1. Register – register
2. Memori – memori
3. Register – memori
4. Interface – register
5. Interface – memori

2.2 Sensor Pendeteksi Antrian

Pedeteksi antrian terdisi terdiri dari rangkaian sensor InfraRed dan Photodiode.

InfraRed berfungsi untuk memancarkan sinar berupa cahaya Inframerah, selanjutnya

cahaya tersebut diterima oleh Photodiode. Resistansi photodiode akan semakin berkurang jika intensitas sinar InfraRed semakin banyak.

2.2.1 InfraRed

Infra merah (InfraRed) ialah sinar elektromagnet yang panjang gelombangnya lebih daripada cahaya nampak yaitu diantara 700 nm dan 1 mm. Sinar infra merah merupakan cahaya yang tidak tampak. Jika dilihat dengan spektroskop cahaya maka radiasi cahaya infra merah akan nampak pada spectrum elektromagnet dengan panjang gelombang di atas panjang gelombang cahaya merah. Dengan panjang gelombang ini maka cahaya infra merah ini akan tidak tampak oleh mata namun radiasi panas yang ditimbulkannya masih terasa/dideteksi. Infra merah dapat dibedakan menjadi tiga daerah yakni :

Near Infra Merah.....0,75 – 1,5 μm

Mid Infra Merah.....1,50 - 10 μm

Far Infra Merah.....10 - 100 μm

Contoh aplikasi sederhana untuk far InfraRed adalah terdapat pada alat – alat kesehatan. Sedangkan untuk mid InfraRed ada pada alat ini untuk pengirim sinyal modulasi, sedangkan near InfraRed digunakan untuk pencitraan pandangan malam seperti pada nightstcoop. Penggunaan infra merah sebagai media transmisi data mulai diaplikasikan pada berbagai peralatan seperti televisi, handphone sampai

pada transfer data pada PC. Media infra merah ini dapat digunakan baik untuk kontrol aplikasi lain maupun transmisi data². Sifat-sifat cahaya infra merah :

1. Tidak tampak manusia.
2. Tidak dapat menembus materi yang tidak tembus pandang.
3. Dapat ditimbulkan oleh komponen yang menghasilkan panas.

Komunikasi Infra Merah dilakukan dengan menggunakan dioda infra merah sebagai pemancar dan modul penerima infra merah sebagai penerimanya. Untuk jarak yang cukup jauh, kurang lebih tiga sampai lima meter, pancaran data infra merah harus dimodulasikan terlebih dahulu untuk menghindari kerusakan data akibat noise.

2.2.2 Photodioda

Photodioda adalah dioda yang bekerja berdasarkan intensitas cahaya, jika photodioda terkena cahaya maka photodioda bekerja seperti dioda pada umumnya, tetapi jika tidak mendapat cahaya maka photodioda akan berperan seperti resistor dengan nilai tahanan yang besar sehingga arus listrik tidak dapat mengalir.

² <http://www.google.co.id/tanya/thread?tid=1f54874d56257b9d>



Gambar 2.4 Photodioda

Photodioda merupakan sensor cahaya semikonduktor yang dapat mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Photodioda merupakan sebuah dioda dengan sambungan p-n yang dipengaruhi cahaya dalam kerjanya. Cahaya yang dapat dideteksi oleh photodioda ini mulai dari cahaya infra merah, cahaya tampak, ultra ungu sampai dengan sinar-X³.

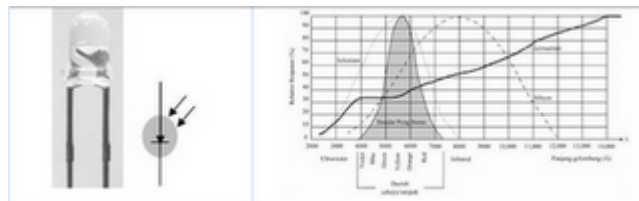
Prinsip kerja, karena photodioda terbuat dari semikonduktor p-n junction maka cahaya yang diserap oleh photodioda akan mengakibatkan terjadinya pergeseran foton yang akan menghasilkan pasangan electron-hole di kedua sisi dari sambungan. Ketika elektron-elektron yang dihasilkan itu masuk ke pita konduksi maka elektron-elektron itu akan mengalir ke arah positif sumber tegangan sedangkan hole yang dihasilkan mengalir ke arah negatif sumber tegangan sehingga arus akan mengalir di dalam

³ <http://diary-mybustanoel.blogspot.com/2012/04/photodioda.html>

rangkaian. Besarnya pasangan elektron ataupun hole yang dihasilkan tergantung dari besarnya intensitas cahaya yang diserap oleh photodiode.

Photodiodes dibuat dari semikonduktor dengan bahan yang populer adalah silicon (Si) atau galium arsenida (GaAs), dan yang lain meliputi InSb, InAs, PbSe. Material ini menyerap cahaya dengan karakteristik panjang gelombang mencakup: 2500 Å - 11000 Å untuk silicon, 8000 Å – 20,000 Å untuk GaAs. Ketika sebuah photon (satu satuan energi dalam cahaya) dari sumber cahaya diserap, hal tersebut membangkitkan suatu elektron dan menghasilkan sepasang pembawa muatan tunggal, sebuah elektron dan sebuah hole, di mana suatu hole adalah bagian dari kisi-kisi semikonduktor yang kehilangan elektron. Arah Arus yang melalui sebuah semikonduktor adalah kebalikan dengan gerak muatan pembawa. cara tersebut didalam sebuah photodiode digunakan untuk mengumpulkan photon - menyebabkan pembawa muatan (seperti arus atau tegangan) mengalir/terbentuk di bagian-bagian elektroda.

Photodiode digunakan sebagai penangkap gelombang cahaya yang dipancarkan oleh Infrared. Besarnya tegangan atau arus listrik yang dihasilkan oleh photodiode tergantung besar kecilnya radiasi yang dipancarkan oleh infrared.



Gambar 2.5 panjang gelombang yang dihasilkan oleh bahan photodiode

Photo dioda digunakan sebagai komponen pendeteksi ada tidaknya cahaya maupun dapat digunakan untuk membentuk sebuah alat ukur akurat yang dapat mendeteksi intensitas cahaya dibawah $1\text{pW}/\text{cm}^2$ sampai intensitas diatas $10\text{mW}/\text{cm}^2$. Photo dioda mempunyai resistansi yang rendah pada kondisi forward bias, kita dapat memanfaatkan photo dioda ini pada kondisi reverse bias dimana resistansi dari photo dioda akan turun seiring dengan intensitas cahaya yang masuk.



Gambar 2.6 Photodioda hitam

Dioda peka cahaya adalah jenis dioda yang berfungsi mendeteksi cahaya. Berbeda dengan dioda biasa, komponen elektronika ini akan mengubah menjadi arus listrik. Cahaya yang dapat dideteksi oleh dioda peka cahaya ini mulai dari cahaya inframerah, cahaya tampak, ultra ungu sampai dengan sinar-X. Aplikasi dioda peka cahaya mulai dari penghitung kendaraan di jalan umum secara otomatis, pengukur cahaya pada kamera serta beberapa peralatan di bidang medis.

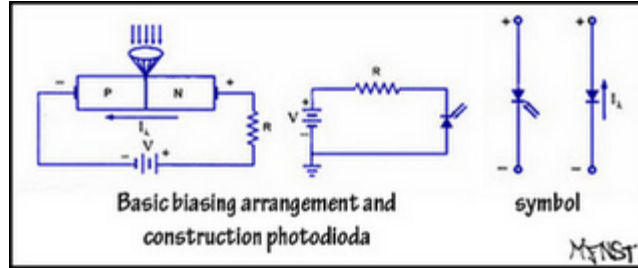
Alat yang mirip dengan dioda peka adalah transistor foto (phototransistor). Transistorfoto ini pada dasarnya adalah jenis transistor bipolar yang menggunakan kontak (junction) base-collector untuk menerima cahaya.



Gambar 2.7 phototransistor

Komponen ini mempunyai sensitivitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan dioda peka cahaya. Hal ini disebabkan karena electron yang ditimbulkan oleh foton cahaya pada junction ini diinjeksikan di bagian Base dan diperkuat di bagian kolektornya. Namun demikian, waktu respons dari transistor foto secara umum akan lebih lambat dari pada dioda peka cahaya.

Jika photo dioda tidak terkena cahaya, maka tidak ada arus yang mengalir ke rangkaian pembanding, jika photo dioda terkena cahaya maka photodiode akan bersifat sebagai tegangan, sehingga V_{cc} dan photo dioda tersusun seri, akibatnya terdapat arus yang mengalir ke rangkaian pembanding.



Gambar 2.8 Struktur Dioda

Sifat dari Photodiode adalah :

1. Jika terkena cahaya maka resistansi nya berkurang
2. Jika tidak terkena cahaya maka resistansi nya meningkat.

Kenapa Photodiode dipasang reverse?? Berdasarkan teori mengenai diode. Pada saat diode dipasang reverse, maka arus tidak akan mengalir karena hambatan yg sangat besar sekali. Jadi bisa dikatakan ini diode sebagai kondisi Open Circuit jika dianalogikan seperti sakelar. namun pada photodiode, hambatan yang besar tadi bisa menjadi kecil karena pengaruh cahaya yang masuk. Hal seperti ini bisa menyebabkan arus mengalir sehingga kondisi seperti ini bisa dikatakan sebagai Close Circuit jika dianalogikan seperti sakelar.

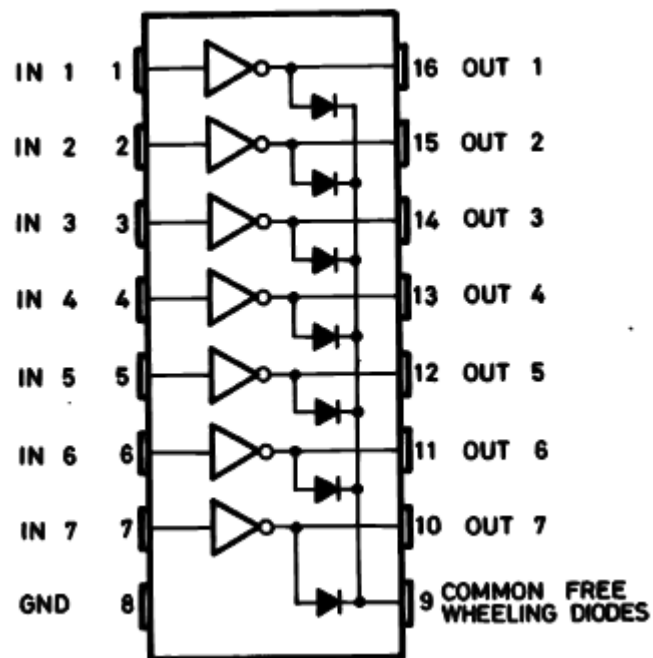
Photodiodes dibuat dari semikonduktor dengan bahan yang populer adalah silicon (Si) atau galium arsenida (GaAs), dan yang lain meliputi InSb, InAs, PbSe. Material ini menyerap cahaya dengan karakteristik panjang gelombang mencakup: $2500 \text{ \AA} - 11000 \text{ \AA}$ untuk silicon, $8000 \text{ \AA} - 20,000 \text{ \AA}$ untuk GaAs. Jika ada cahaya dengan energi photon yang cukup mengenai semikonduktor, maka photon akan diserap

sehingga menghasilkan elektron bebas dan hole. Apabila absorpsi terjadi pada daerah depletion, carrier ini akan terbawa dari junction oleh medan yang tercipta dari daerah tersebut dan menghasilkan arus. Pada photo diode, arus bergantung linier pada intensitas cahaya. Respons frekuensi bergantung pada bahan (Si 900nm, GaAs 1500nm, Ge 2000nm).

2.3 ULN 2003

ULN2003 adalah sebuah IC yang berupa darlington array sebanyak 7 buah. Outputnya dapat menjatuhkan arus sekitar 500 mA dan akan menahan paling sedikit 50 V hingga kondisi OFF. Outputnya bisa juga diparalel untuk kapabilitas load yang lebih tinggi. ULN2003 akan menahan paling sedikit 95 V hingga kondisi OFF. ULN2003 mempunyai resistor input serial yang dapat dipilih untuk operasi TTL atau CMOS 5V. ULN2003 dioperasikan dalam suhu antara -20°C sampai dengan +85°C. Fungsi IC ULN 2003 pada penelitian ini adalah sebagai driver untuk mencatu daya pada relay, karena keluaran dari AVR tidak dapat mencatu daya yang terdapat pada relay secara langsung. IC ULN2003 idealnya cocok untuk komunikasi sirkuit logic lowlevel dengan periferal bercabang. Berikut adalah gambar IC ULN 2003:

Bentuk fisik ULN2003 adalah IC DIP dengan *pin* 16, menyediakan saluran *driver* penggerak sebanyak 7 saluran, *pin* 9 adalah *common free* yang terhubung dengan dioda pembatas dalam hal ini dihubungkan ke Vcc. Setiap *pin* ULN mampu menyediakan arus sebesar 500 mA, sehingga dapat langsung dihubungkan dengan motor *stepper*. Berikut ini adalah Gambar 6 tata letak *pin* ULN2003.



Gambar 2.9 ULN2003

Kelebihan ULN 2003 yaitu

- Mempunyai penguatan 7 darlington.
- Tegangan keluaran 50V
- Keluarannya dapat diparalel dengan arus tinggi

Fitur IC Driver ULN2001/2/3 :

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS

- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS

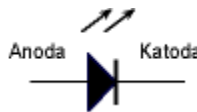
ULN2003 mempunyai konfigurasi transistor yang disebut Darlington Arrays. Ketika ULN2003 menerima tegangan kecil (bit nol), maka transistor akan berubah menjadi keadaan saturasi, sehingga arus ke ground menjadi terputus. Ketika diberi tegangan 5V (bit satu), maka transistor menjadi aktif sehingga arus ke ground tersambung, dan relay akan aktif.

Integrated Circuit (IC) ULN2003 adalah IC bertegangan tinggi, IC jenis ini dapat ditemukan dengan sangat mudah di toko-toko elektronik, IC ULN 2003 memiliki 7 pasang kaki-kaki yang berfungsi sebagai masukan dan keluaran sinyal, satu kaki yang berfungsi sebagai Ground, dan satu kaki Common. IC ini dapat meningkatkan tegangan yang dikirimkan melalui parallel port yang hanya beberapa mA menjadi 500mA, sedangkan tegangan puncak yang mampu ditingkatkan oleh IC ULN2003a adalah 600A. IC ULN 2003 sangat ideal untuk digunakan sebagai driver untuk mengendalikan gerakan Motor ataupun sebagai pembangkit tegangan pada sistem pemutus parasut robot untuk menjatuhkan paket bantuan ke daerah tertentu.

2.4 Light Emitting Dioda (LED)

LED adalah singkatan dari *Light Emitting Dioda*, merupakan komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya. LED merupakan produk temuan lain setelah dioda. Strukturnya juga sama dengan dioda, tetapi belakangan ditemukan bahwa elektron

yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya. LED dibuat agar lebih efisien jika mengeluarkan cahaya. Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, doping yang dipakai adalah gallium, arsenic dan phosphorus. Jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda pula⁴.



Gambar 2.10 Simbol LED

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

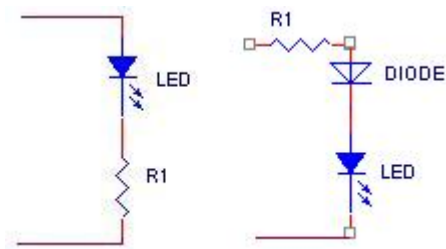
LED terbuat dari berbagai material setengah penghantar campuran seperti misalnya gallium arsenida fosfida (GaAsP), gallium fosfida (GaP), dan gallium aluminium arsenida (GaAsP). Karakteristiknya yaitu kalau diberi panjaran maju, pertemuannya mengeluarkan cahaya dan warna cahaya bergantung pada jenis dan kadar material pertemuan. Ketandasan cahaya berbanding lurus dengan arus maju yang mengalirinya. Dalam kondisi menghantar, tegangan maju pada LED merah

⁴ <http://www.scribd.com/doc/66638179/42/Light-Emiting-Dioda-LED>

adalah 1,6 sampai 2,2 volt, LED kuning 2,4 volt, LED hijau 2,7 volt. Sedangkan tegangan terbaik maksimum yang dibolehkan pada LED merah adalah 3 volt, LED kuning 5 volt, LED hijau 5 volt.

LED mengkonsumsi arus sangat kecil, awet dan kecil bentuknya (tidak makan tempat), selain itu terdapat keistimewaan tersendiri dari LED itu sendiri yaitu dapat memancarkan cahaya serta tidak memancarkan sinar infra merah (terkecuali yang memang sengaja dibuat seperti itu).

Cara pengoperasian LED yaitu :



Gambar 2.11 Cara pengoperasian LED