BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroller dapat diartikan sebagai suatu komponen pengontrol dalam ukuran mikro yang tak ubahnya seperti sebuah komputer dalam ukuran mini, yang terdiri dari sebuah *Central Processing Unit* (CPU) sebagai pengolah data, memori untuk penyimpan data dan sarana input/output (I/O) yang terangkum dalam sebuah chip.

2.1.1 Dasar Mikrokontroller AT89S51

Mikrokontroller AT89S51 merupakan salah satu keluarga dari MSC-51 keluaran Atmel. Jenis mikrokontroller ini pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengolah data per bit ataupun data 8 bit secara bersamaan. Sebuah mikrokontroller dapat bekerja bila dalam mikrokontroller tersebut terdapat sebuah program yang berisi instruksi-instruksi yang akan digunakan untuk menjalankan sistem mikrokontroller tersebut. Instruksiinstruksi dari sebuah program pada tiap jenis mikrokontroller mempunyai beberapa perbedaan, misalnya saja instruksi pada mikrokontroller Atmel berbeda dengan instruksi pada mikrokontroller Motorola.

Pada prinsipnya program pada mikrokontroller dijalankan secara bertahap, jadi pada program itu sendiri terdapat beberapa set instruksi dan tiap instruksi itu dijalankan secara bertahap atau berurutan. Beberapa fasilitas yang dimiliki oleh mikrokontroller AT89S51 adalah sebagai berikut :

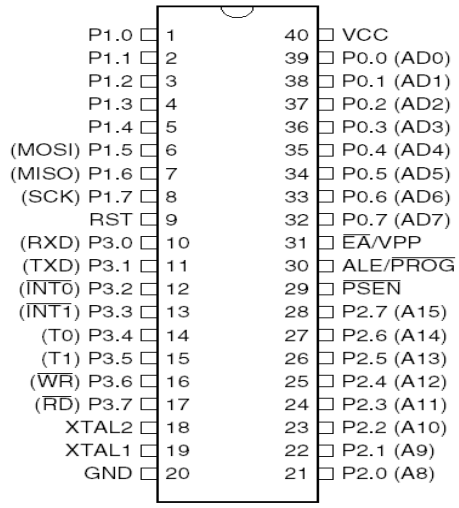
a. Sebuah Central Processing Unit 8 bit
b. Osilator internal dan rangkaian pewaktu
c. RAM internal 128 byte
d. Flash memori 4 Kbyte
e. Lima buah jalur interupsi (dua buah interupsi eksternal dan tiga buah interupsi internal)

f. Empat buah programmable port I/O yang masing-masing terdiri dari delapan buah jalur I/O

g. Sebuah port serial dengan kontrol serial *full duplex* UART

h. Kemampuan untuk melaksanakan operasi arithmatika dan operasi logika

i. Kecepatan dalam melaksanakan interuksi per siklus mikrodetik pada frekuensi 12 Mhz.



Gambar 2.1 Konfigurasi pin-pin Mikrokontroler AT89S51

Susunan pin pada mikrokontroller AT89S51 dapat dilihat pada gambar 2.1 diatas. Penjelasan untuk masing-masing pin dari mikrokontroller adalah sebagai berikut :

a. Vcc digunakan sebagai catu daya

b. GND digunakan sebagai ground

c. Port 0 merupakan port paralel 8 bit dua arah. Posisi *Low Significant Bit* (LSB) terletak pada pin 39 dan *Most Significant Bit* (MSB) terletak pada pin 32

d. Port 1 merupakan port paralel 8 bit dua arah. Posisi LSB terletak pada pin 1 dan MSB terletak pada pin 8

e. Port 2 merupakan port paralel 8 bit dua arah. Port ini mengirim byte alamat – alamat bila dilakukan pengaksesan memori eksternal. LSB terletak pada pin 21dan MSB terletak pada pin 28

f. Port 3 merupakan port paralel 8 bit dua arah. LSB terletak pada pin 10 dan MSB terletak pada pin 17. Port ini mempunyai beberapa fungsi khusus seperti tabel di bawah ini :

Tabel 2.1 Pin-pin khusus pada port 3 mikrokontroller AT89S51

Pin-Pin Pada Port 3	Fungsi Pengganti
P3.0	RXD (Port input srial
P3.1	TVD (Port Output Serial)
P3.2	INT0 (interupt eksternal 0)
P3.3	INT1 (interupt eksternal 1)
P3.4	T0 (input eksternal timer 0)
P3.5	T1 (input eksternal timer 1)
P3.6	WR perintah write pada memori eksternal
P3.7	RD perintah read pada memori eksternal

g. RST (*reset*) pada kondisi high akan aktif selama dua siklus.

h. ALE/PROG digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi.

i. PSEN (*Program Store Enable*) merupakan stobe pembacaan ke memori eksternal

j. Jika EA/VPP pada kondisi *low* maka mikrokontroller menjalankan instruksi-instruksi yang ada pada memori internal.

k. XTAL 1 sebagai masukan dari rangkaian osilator.

l. XTAL 2 sebagai keluaran dari rangkaian osilator.

2.1.2 Special Function Register (SFR)

Special Function Register (SFR) adalah register-register yang mempunyai fungsi khusus, di antaranya ada yang digunakan untuk mengatur input output data

dari mikrokontroller. Misalnya saja register P0, P1, P2, dan P3 digunakan sebagai register untuk menampung data input/output.

Pada *Special function register* terdapat beberapa alamat yang bisa dialamati secara bit dan ada yang tidak bisa dialamati secara bit. Pada Special Function Register yang bisa diamati secara bit, alamat pada digit keduanya adalah digit 0 atau 8, misalnya 80H, 88H, 90H, 98H, dan F8h. Special Function Register Akumulator adalah salah satunya yang sering dipakai untuk dialamati secara bit dan mempunyai alamat E0H, misalnya A.0, A.1, A.2, A.3, A.4, A.5, A.6, dan A.7.

Berikut ini adalah penjelasan secara singkat tentang SFR-SFR beserta fungsinya :

1. **Accumulator**

   Accumulator adalah merupakan register yang berfungsi untuk menyimpan data sementara. Register Accumulator ini sering digunakan dalam proses operasi aritmatika, logika,

2. **Register B**

   Register B dapat digunakan untuk proses aritmatika dan dapat juga difungsikan sebagai register biasa.

3. **Register Port**

   Pada register ini terdapat 4 buah yaitu register port 0, port 2, dan port 3. Register port ini digunakan sebagai sarana input/output untuk menyimpan data dari atau ke port untuk masing-masing P0, P1, P2, dan P3.

4. **Register Timer**

   Mikrokontroller AT89S51 mempunyai dua buah 16 bit *timer*, yaitu *Timer* 0 dan *Timer* 1 dibentuk oleh register TH0 dan TL0. Timer 1 dibentuk oleh register TH1 dan TL1. Perilaku dari register TH0, TH1, TL0 dan TL1 diatur oleh register TMOD dan register TCON. THx untuk *timer* High Byte dan TLx untuk *Timer Low* Byte yang keduanya dapat berfungsi sebagai *counter* maupun sebagai timer. Secara fisik timer juga merupakan rangkaian T Flip-flop yang dapat diaktifkan dan dinonaktifkan setiap saat. Perbedaan keduanya terletak pada sumber *clock* dan aplikasinya.

Timer mempunyai sumber *clock* dengan frekuensi tertentu yang sudah pasti sedangkan counter mendapat sumber clock dari pulsa yang hendak dihitung jumlahnya. Aplikasi dari timer atau pewaktu biasa digunakan untuk aplikasi menghitung lamanya suatu kejadian yang terjadi sedangkan counter atau penghitung biasa digunakan untuk aplikasi menghitung jumlah kejadian yang terjadi dalam periode tertentu.

Perioda waktu *timer/counter* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Sebagai *timer/counter* 8 bit

$$T = (255 - TLx) * \frac{12}{Frekiensi\ XTAL}\ \mu s$$

2. Sebagai timer/counter 16 bit

$$T = (65535 - THx\,TLx) * \frac{12}{Frekiensi\ XTAL}\ \mu s$$

Dimana : THx = isi register TH0 atau TH1

TLx = isi register TL0 atau TL1

5. Register Control

Ada beberapa register yang berisi bit-bit kontrol dan status untuk sistem interupsi, pencacah atau pewaktu, dan port serial, yaitu register-register IP (*Interrupt priority*), IE (*Interrupt Enable*), TMOD (*TimerMode*), TCON (*Timer Control*), SCON (*Serial Control*), dan PCON *(Power Control*).

a. Register IP digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sarana interupsi. IE.0 sampai IE.6 mengatur masing-masing sumber interupsi, sedangkan IE.7 mengatur interupsi secara keseluruhan. Jika IE.7 bernilai 0 maka sistem interupsi akan non aktif atau keadaan dari IE.0 sampai IE.6 tidak diperhatikan.
b. Register TMOD digunakan untuk mengatur mode kerja dari Timer 0 dan Timer 1. Dengan mengatur mode kerja timer, register ini dapat digunakan mengatur masing-masing timer untuk diatur menjadi timer 16 bit, timer 13 bit, atau timer 8 bit

yang dapat diiisi ulang secara otomatis. Selain itu, register ini juga dapat mengatur agar proses pencacah timer dapat dikendalikan melalui sinyal dari luar mikrokontroller.

c. Register TCON digunakan untuk memulai atau menghentikan proses pencacah timer, mengatur sinyal interupsi dari INT0 atau INT1, serta memantau apakah ada sinyal masuk ke INT0 atau INT1.
d. Register SCON digunakan untuk mengatur perilaku dari UART yang diantaranya memantau proses pengiriman dan penerimaan data seri.
e. Register PCON digunakan untuk pemakaian daya pada IC.

6. Program Status Word (PSW)

Register PSW ini berisi informasi status program yang mana masing-masing bit menunjukkan kondisi Central Processing Unit setelah operasi dijalankan.

7. Stack Pointer

Register Stack Pointer merupakan register 8 bit yang terletak pada alamat 81H yang mempunyai fungsi untuk menyimpan alamat data pada saat terjadi interrupt.

8. Data Pointer

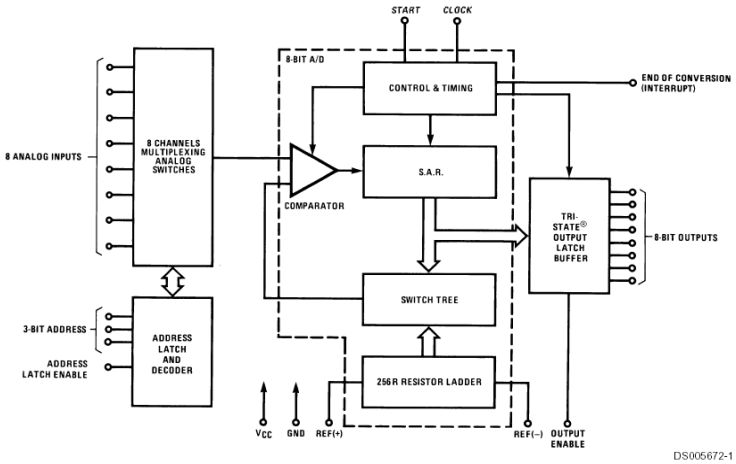
Register data pointer atau DPTR merupakan register 16 bit yang terdiri dari data pointer *high byte* (DPH) dan data pointer *low byte* (DPL).

9. Serial Data Buffer

Serial data buffer terletak pada lokasi 99H yang dibagi menjadi dua register yang terpisah, yaitu transmit buffer dan receiver buffer. Saat data disalin ke serial data buffer maka data sesungguhnya diterima dan diteruskan ke dan dari serial port.

2.2 ADC (Analog Converter To Digital) 0809

ADC0809 adalah IC pengubah tegangan analog menjadi digital dengan masukan berupa 8 kanal input yang dapat dipilih. IC ADC0809 dapat melakukan proses konversi secara terkontrol ataupun *free running*. ADC ini mempunyai ketelitian sebesar 1 bit LSB, untuk ketelitian yang lebih akurat ½ bit LSB, IC ini dapat digantikan dengan ADC0808 yang mempunyai konfigurasi pin sama persis dengan ADC0809. ADC0809 melakukan konversi tegangan analog ke digital dengan menggunakan metode SAR (*successive approximation register*) dengan resolusi 8 bit dan waktu konversi 100 uS.



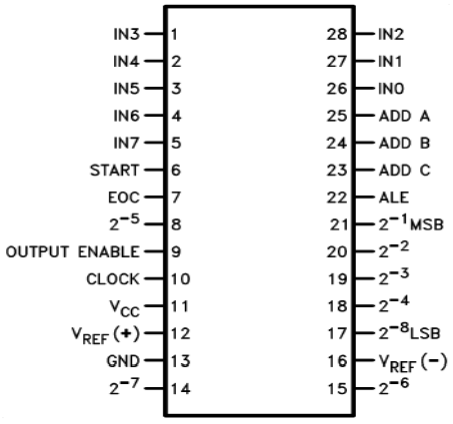
Gambar 2.2 Blok Diagram ADC (*analog to digital converter*)

Seperti yang terlihat pada gambar 1, ADC ini mempunyai 8 kanal saklar analog multipleks yang diatur oleh *Address Latch and Decoder* di mana multiplexer ini akan meneruskan sinyal analog tersebut ke bagian konversi tegangan. Pada mode terkontrol, proses konversi dilakukan setelah perintah start yaitu logika 1 pada kaki START diberikan. Kecepatan konversi tergantung dari frekuensi clock yang diberikan oleh rangkaian eksternal. Sedangkan hasil konversi dikirimkan ke Tri State Output Latch Buffer yang kompatibel dengan level TTL, yaitu sebuah buffer penahan yang bersifat tiga tingkat di mana tingkat pertama terjadi pada saat data hasil konversi masuk ke input dari bagian ini. Tingkat kedua saat data tersebut di *latch* (terjadi secara otomatis dalam IC ini setiap kali konversi) ke dalam buffer internalnya dan tingkat ketiga saat sinyal OE yang berlogika 1 diberikan ke kaki OE IC ini sehingga data yang ada dalam

buffer internal dikirim ke bagian output (D0…D7). Selama kaki OE masih berlogika 0 maka jalur output (D0…D7) bersifat *high impedance* (impedansi tinggi) sehingga pada suatu sistem yang kompleks, jalur ini masih dapat digunakan oleh komponen lain yang mempunyai kemampuan akses dengan menggunakan sistem bus.

Merupakan pengubah yang beroperasi dengan membandingkan masukan analog secara berurutan-urut terhadap tegangan referensi ADC yang dilakukan oleh register secara berulang-ulang, metode SAR untuk saat ini merupakan system yang tercepat de dalam melakukan ubahan, hal ini disebabkan didalam melakukan ubahan tidak tergantung pada besarnya masukan analog yang diubah.

Tipe ADC 0809 8 bit juga selain murah mudah didapat di pasaran dan banyak digunakan. ADC ini dirancang untuk bekerja bersama mikroprosesor, konfigurasi pin ADC 0809 antara lain memiliki 28 pin dengan fungsi masing-masing pin sesuai ditunjukan pada gambar dibawah ini. Adapun tergantung harga masukan.



Gambar 2.3 konfigurasi pin ADC 0809

Spesifikasi ADC 0809 adalah sebagai berikut :

1. Resolusi 8 bit, ralat linieritas < ± ½ LSB
2. Masukan analog 8 kanal, dipilih dengan teknik multiplexer
3. Keluaran 8 bit bersifat 3 state dan di latch
4. Model konversi adalah Successive Aproximation
5. Tidak perlu pengaturan tegangan nol dan tegangan maksimum

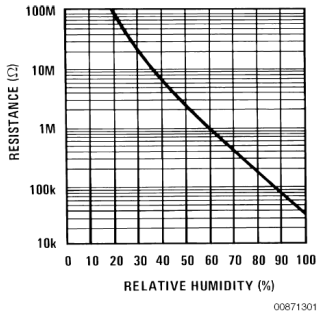
6. Waktu ukur 100 mikrodetik
7. Frekuensi detak kerja 10 s/d 1200 Khz

2.3 Kelembaban

Semakin tinggi udara, maka kemampuan udara untuk menyerap air berarti semakin tinggi kelembaban udaranya. Dalam udara yang ada disekitar ini tidak hanya mengandung Oksigen saja, tetapi juga mengandung gas-gas lain selain Oksigen, misalnya uap air. Semakin tinggi kadar uap air maka semakin lembab udara tersebut.

Dari semua parameter pada umumnya, kelembaban paling sedikit dipahami dan paling sukar untuk diukur. Metoda Pendeteksian Kelembaban elektronik yang paling umum, sekalipun sangat akurat, tidaklah jelas dan cenderung menjadi mahal dan kompleks.

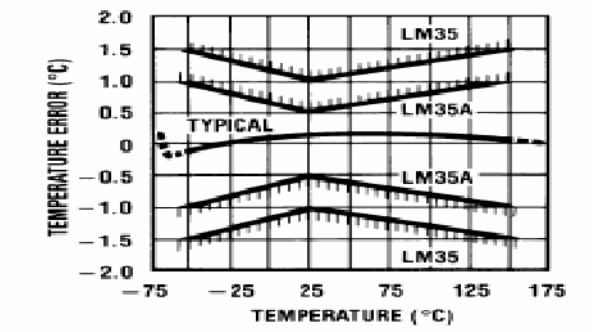
Walaupun tidak seakurat seperti metoda yang lain, respon sensor digambarkan oleh kurva (Gambar 2.4) menyediakan suatu *read out* kelembaban relatif langsung. Liniarisasi dari kurva ini mungkin terselesaikan dengan menggunakan logaritma nilai yang berlawanan dan memanfaatkan teknik pendekatan untuk memperkecil sisa *non-linear*. Pertimbangan lebih lanjut untuk sinyal kondisi adalah bahwa pabrikan menetapkan bahwa tidak diperlukan arus DC mengalir melalui sensor tersebut. Sensor ini adalah suatu styrene co-polymer yang secara kimia mempunyai suatu lapisan permukaan daya hambat bervariasi dengan kelembaban relatif. Sebab bagian kelembaban yang sensitive pada sensor ada di bagian permukaannya dan respon waktunya sangat cepat.



Gambar 2.4 Perbandingan resistansi (ohm) dengan RH (%)

2.4 Sensor Suhu LM35

LM 35 memiliki kelebihan-kelebihan diantaranya dikalibrasi langsung dalam celcius memiliki factor skala linear + 10.0 mV/°C, memiliki ketepatan 0,5°C pada suhu + 25°C seperti terlihat pada **gambar 2.5** jangkauan maksimal suhu antara 55° sampai +150°C cocok untuk aplikasi jarak jauh. Bekerja pada tegangan catu 4 sampai 30 Volt, memiliki arus drain kurang dari 60 uA, pemanasan sendiri yang lambat (*low self – heating*), 0,08°C di udara diam, ketidaklinearan hanya sekitar ±1_4°C dan memiliki impedansi keluaran yang kecil, 0,1 W untuk beban 1 mA

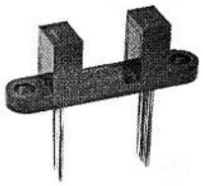


Gambar 2.5 Grafik Hubungan akurasi terhadap suhu untuk sensor LM 35

2.5 Optocoupler

Optocoupler merupakan gabungan photoemissive seperti LED (*light Emiter Diode*) dengan photo transistor silicon NPN yang dapat mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik

Optocoupler yang disusun dari led dan photo transistor arus input melalui led akan menimbulkan cahaya, cahaya ini akan mempengaruhi besaran kecilnya arus yang mengalir dari kolektor ke emiter photo transistor mencapai saturasi atau kondisi cut off.

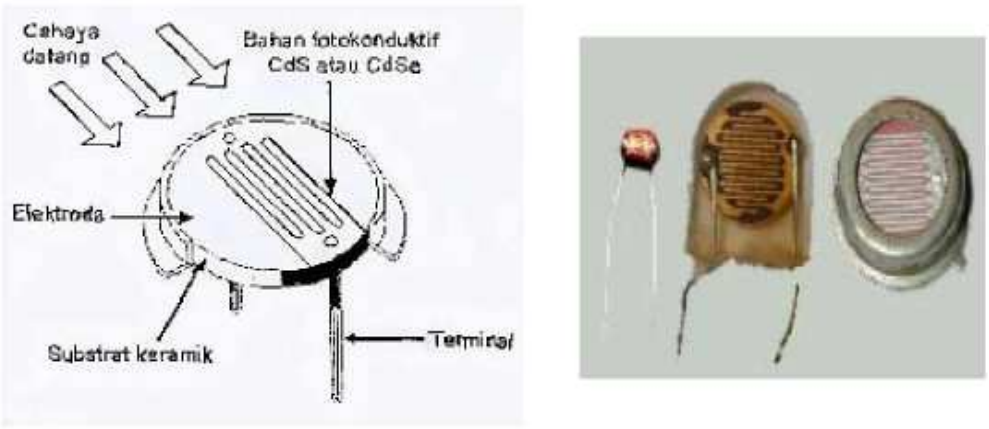


Gambar 2.6 Optocoupler

2.6 Light Dependent Resistor (LDR)

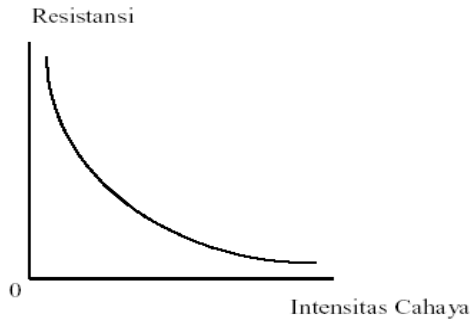
Light Dependent Resistor (LDR) adalah sebuah komponen elektronika yang mempunyai sifat seperti tahanan variabel. LDR dibuat dari bahan semikonduktor (yaitu bahan yang bukan konduktor dan bukan pula isolator), yang karakteristik listriknya berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenai permukaannya.

Kedua jenis bahan semikonduktor yang digunakan dalam pembuatan LDR adalah C*admium Sulfida* (CdS) dan *Cadmium Selenida* (CdSe). Kedua bahan ini mempunyai respon yang lamban terhadap perubahan intensitas cahaya. Untuk CdSe responnya sekitar 10 ms, dan Cds sekitar 100 ms. Perbedaan yang utama pada kedua bahan tersebut adalah kepekaannya terhadap panas yang berbeda, pada CdS lebih stabil untuk suhu ruang dari pada CdSe. Bahan-bahan ini juga paling sensitif terhadap cahaya dalam spektrum tampak, dengan panjang gelombang berkisar antara 400 nm sampai 750 nm, untuk CdS memuncak sekitar 600 nm dan untuk CdSe memuncak sekitar 720 nm. Hal ini memperlihatkan mengapa CdS lebih popular untuk rangkaian yang dikemudikan cahaya daripada CdSe, namun CdSe juga cukup peka pada beberapa daerah cahaya tampak. Gambar 2.6 (a) memperlihatkan penampang dalam LDR dan beberapa bentuk LDR diperlihatkan pada gambar 2.6 (b).



Gambar 2.7 (a) Penampang dalam LDR, (b) Bebarapa bentuk LDR

Prinsip kerja dari LDR adalah sebagai berikut, apabila seberkas cahaya mengenai permukaannya ternyata nilai tahanannya menjadi berkurang dan apabila ditempatkan dalam ruangan yang lebih gelap nilai tahanannya menjadi lebih besar. Jadi nilai tahanannya berbanding terbalik terhadap intensitas cahaya yang mengenainya. Umumnya pada keadaan gelap LDR mempunyai tahanan beberapa mega Ohm, sedangkan pada keadaan terang akan mempunyai tahanan beberapa ratus Ohm.



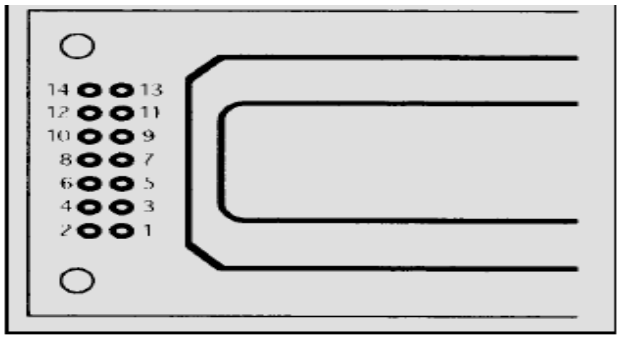
Gambar 2.8 Kurva karakteristik LDR terhadap cahaya tampak

Dengan karakteristik tersebut maka LDR dapat dimanfaatkan sebagai alat sensor cahaya dengan mengasumsikan bahwa objek yang di deteksi mempunyai intensitas cahaya yang cukup kuat untuk mempengaruhi nilai resistansi dari

komponen ini. Komponen ini akan mengeluarkan tegangan keluaran yang berubah-ubah sejalan dengan intensitas cahaya yang di terima, di mana sinyal ini dapat dijadikan sebagai sinyal masukan untuk keadaan cahaya dalam ruangan.

2.7 Licuid Crystal Dysplay (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan salah satu media tampilan yang sering digunakan seperti pada telepon seluler, kalkulator, jam, dan lain-lain. Berdasarkan tampilannya, LCD dibedakan menjadi beberapa macam seperti character dan graphic. Namun ada standarisasi yang cukup populer digunakan banyak *vendor* LCD, yaitu HD44780U, yang memiliki *chip* kontroler Hitachi 44780. LCD bertipe ini memungkinkan pemrogram untuk mengoperasikan komunikasi data secara 8 bit atau 4 bit. Jika menggunakan jalur data 4 bit akan ada 7 jalur data (3 untuk jalur kontrol & 4 untuk jalur data). Jika menggunakan jalur data 8 bit maka akan ada 11 jalur data (3 untuk jalur kontrol & 8 untuk jalur data). 3 jalur kontrol ke LCD ini adalah EN (*Enable*), RS (*Register Select*) dan R/W (*Read*/*Write*).



Gambar 2.9 Konfigurasi Fungsi pin LCD

Tabel 2.2 Deskripsi Pin LCD

Pin	Deskripsi
1	Ground (Vss)
2	Vcc (Vdd)
3	Pengatur kontras (Vee)
4	Instruction/Register Select (RS)
5	Read/Write LCD Registers (R/W)
6	Enable clock (E)
7-14	Data I/O Pins (D0,D1….D7)

Sebagaimana terlihat pada kolom deskripsi, interface LCD merupakan sebuah parallel bus, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8 bit dikirim ke LCD secara 4 atau 8 bit pada satu waktu. Jika mode 4 bit yang digunakan, maka 2 *nibble* data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8 bit (pertama dikirim 4 bit MSB lalu 4 bit LSB dengan pulsa clock EN setiap nibblenya). Jalur kontrol EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa mikrokontroller mengirimkan data ke LCD. Untuk mengirim data ke LCD program harus menset EN ke kondisi high (1) dan kemudian menset dua jalur kontrol lainnya (RS dan R/W) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus. Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus diset ke 0 dan tunggu beberapa saat (tergantung pada *datasheet* LCD), dan set EN kembali ke high (1). Ketika jalur RS berada dalam kondisi low (0), data yang dikirimkan ke LCD dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi kursor dll). Ketika RS dalam kondisi high atau 1, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan dilayar.

2.8 Komponen Instrumentasi

2.8.1 Regulator IC LM7805

Ic dengan tiga kaki yang digunakan sebagai komponen pendukung dari Vcc untuk menghasilkan tegangan 5 volt.

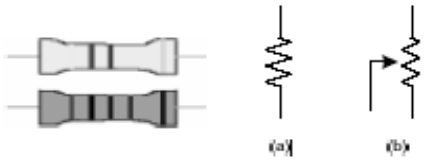
Tegangan pada transformator tidak selalu tetap atau berubah-ubah, agar transformator stabil maka ditambahkan IC regulator untuk menghasilkan tegangan 5 volt. Contoh LM7805 diperlihatkan oleh gambar 2.10



Gambar 2.10 IC LM7805

2.8.2 Resistor

Tipe resistor yang umum adalah berbentuk tabung dengan dua kaki tembaga dikiri dan kanan. Pada badannya terdapat lingkaran membentuk gelang kode warna untuk memudahkan pemakai mengenali besar resistansi tanpa harus mengukur besarnya dengan ohm meter.



Gambar 2.11 (a) Resistor dan simbol, (b) Simbol variabel resistor

2.8.3 Kapasitor

Kapasitor disebut juga Kondensator, yaitu komponen yang berfungsi untuk menyimpan muatan/tegangan listrik atau menahan arus searah. Kapasitor ELCO terbuat dari keping aluminium dan elektrolit yang dikandung dalam lembaran kertas berpori. Plat aluminium bersifat sebagai isolator dan elektrolit berfungsi sebagai konduktor. Kapasitor ELCO memiliki kekutuban atau polaritas yaitu tanda positif dan tanda negatif. Jika dalam pemasangan

kutub-kutub ELCO terbalik maka kapasitor akan rusak. Untuk satuan dari ELCO adalah mikro, kapasitor keramik adalah piko dan kapasitor milar adalah nano. Simbol dan contoh dari kapasitor diperlihatkan oleh gambar 2.12.



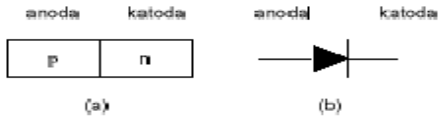
Gambar 2.12 (a) ELCO, (b) Kapasitor keramik dan (c) Kapasitor milar

2.8.4 Dioda

Dioda adalah suatu komponen elektronik yang dapat melewatkan arus pada satu arah saja. Ada berbagai macam dioda, yaitu dioda tabung, dioda sambungan *p-n*, dioda kontak titik (*point-contact diode*) dan sebagainya.

Dioda memegang peranan yang sangat penting dalam elektronika, diantaranya adalah untuk menghasilkan tegangan searah dari tegangan bolak-balik, untuk mengeset gelombang radio, untuk membuat berbagai bentuk sinyal gelombang, untuk mengatur tegangan searah agar tidak berubah dengan beban maupun dengan perubahan tegangan jala-jala (PLN), untuk saklar elektronik, LED, laser semikonduktor, mengeset gelombang mikro dan lain-lain.

Bentuk dioda yang lazim digunakan terdiri dari semikonduktor jenis p yang dibuat bersambung dengan semikonduktor jenis n. Secara skematis dioda diperlihatkan pada **gambar 2.13.**

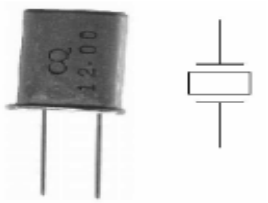


Gambar 2.13 (a) Susunan dioda sambungan P-N, (b) Simbol dioda

2.8.5 Kristal

Kristal merupakan pembangkit *clock* internal yang menentukan rentetan kondisi-kondisi (*state*) yang membentuk sebuah siklus mesin mikrokontroler. Siklus mesin tersebut diberi nomor S1 hingga S6, masing-masing kondisi panjangnya 2 periode osilator, dengan demikian satu siklus mesin paling lama dikerjakan

dalam 12 periode osilator atau 1µs. Bentuk dan simbol kristal diperlihatkan oleh **gambar 2.14.**



Gambar 2.14 Osilator Kristal