

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENYEMPROT HAMA PADA TANAMAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER AT89S51



Disusun Oleh :

Nama : WAHYU SETYA BUDI

Nim : 03.52.021

**KONSENTRASI ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D -III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2007**

3001

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL SURABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
TEKNIK TEKNIK ELEKTRO D - III
KONSELING DAN BINA MASA DEPAN

NO : 02'23'031

NAMA : MURNI SELVA RUDI

ALAMAT : ...

INSTRUKSI PENYUSUNAN

UNTUK PENYUSUNAN

REVISI DAN PENYUSUNAN

TEKNIK

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENYEMPROT HAMA PADA TANAMAN MENGUNAKAN MIKROKONTROLER AT89S51

TUGAS AKHIR

*Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Teknik
Energi Listrik Diploma - III (D - III)*

Disusun Oleh :

NAMA : WAHYU SETYA BUDI
NIM : 03.52.021



Mengetahui,
Ketua jurusan Teknik Elektro D-III

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

(Ir. H. Choirul Saleh, MT)

(Ir. Taufik Hidayat, MT)

KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DIPLOMA III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
SEPTEMBER 2007

ABSTRAKS

Perencanaan dan Pembuatan Alat Penyemprot Hama pada Tanaman Menggunakan Mikrokontroler AT89S51

(Wahyu Setya Budi, 03.52.021, Teknik Elektro D-III / Energi Listrik)
(Dosen Pembimbing : Ir. Taufik Hidayat, MT)

Kata kunci : Mikrokontroler AT89S51, sensor air batas bawah, buzzer, motor

Penggunaan mikrokontroler AT89S51 sebagai unit-unit kendali sudah sangat luas, hal ini dikarenakan peralatan-peralatan yang terkontrol dengan mikrokontroler memberikan kemudahan-kemudahan dalam penggunaannya. Seperti halnya alat penyemprot hama, ide ini muncul ketika mengamati proses kerja dari alat penyemprot hama yang manual dimana waktu dan tenaga untuk menyelesaikan pekerjaan cukup lama dan besar. Tujuan dari pembuatan alat ini adalah untuk mempercepat proses penyemprotan sehingga didapatkan waktu yang tidak terlalu lama dan tenaga yang dibutuhkan tidak terlalu besar.

Perencanaan dan pembahasan alat yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah bersifat praktis yaitu perencanaan dan pembuatan alat yang mengarah pada pembuatan alat secara nyata. Awal pembahasan ini dimulai dengan membahas masing-masing rangkaian tersebut, kemudian diikuti dengan perencanaan dan pembuatan perangkat lunak maupun alat. Proses pengaturannya adalah pada sensor air batas bawah yang mendeteksi ketinggian air didalam tangki dimana hasil dari sensor air batas bawah atau outputnya berupa tegangan, tegangan tersebut dikuatkan dan diubah kedalam bentuk tegangan digital yang selanjutnya akan diproses oleh mikrokontroler. Dari proses tersebut bila sensor air batas bawah berlogika 1 / high maka motor akan bekerja dan bila sensor air batas bawah berlogika 0 / low maka buzzer akan berbunyi sehingga motor akan berhenti bekerja.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran-Mu Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan dan Pembuatan Alat Penyemprot Hama Pada Tanaman Menggunakan Mikrokontroler AT89S51” ini dengan lancar. Tugas Akhir ini merupakan persyaratan kelulusan Studi di Jurusan Teknik Elektro D-III Konsentrasi Teknik Energi Listrik ITN Malang.

Keberhasilan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penyusun menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku dekan FTI ITN Malang
3. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro DIII.
4. Bapak Ir. Taufik Hidayat, MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
5. Terima kasih Kepada seluruh Dosen ITN, yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat bagi kami.
6. Bapak dan Ibu serta saudara-saudara kami yang telah memberikan do'a restu, dorongan, semangat, dan biaya.
7. Teman-teman se-angkatan 2003 Teknik Energi Listrik DIII dan Teknik Elektronika DIII.
8. Semua yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam menyelesaikan laporan ini. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Malang, September 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAKSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metodologi Pembahasan	3
1.6. Sistematika Pembahasan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1. Mikrokontroler AT89S51	5
2.1.1. Pendahuluan	5
2.1.2. Perangkat keras mikrokontroler AT89S51	6
2.1.3. Konfigurasi Pena-Pena Mikrokontroller AT89S51	7
2.1.4. Karakteristik <i>Oscillator Inverting</i>	10
2.1.5. Organisasi Memory	11

2.1.5.1. Program Memory	11
2.1.5.2. Data Memori	12
2.1.6. SFR (<i>Special Function Register</i>)	13
2.1.7. Sistem Interupsi	15
2.2. Relay DC	17
2.3. Accumulator	19
2.3.1. Pengertian Umum.....	19
2.3.2. Konstruksi Accumulator.....	19
2.3.3. Proses kimia pada waktu pengisian accu.....	20
2.3.4. Proses kimia pada waktu pengosongan accu	21
2.3.5. Randemen accu	22
2.3.6. Resistansi dalam sebuah accu (Rd).....	22
2.4. Diode Emisi Cahaya (Light Emitting Diode, LED).....	23
2.5. Resistor.....	25
2.6. Kapasitor	27
2.7. Saklar.....	27
2.8. Motor DC	28
2.8.1. Motor Arus Searah (Motor DC).....	28
2.8.2. Prinsip Dasar Motor Arus Searah (Motor DC).....	29
2.9. Buzzer	30
2.10. Driver	31

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT	32
3.1. Blok Diagram Rangkaian.....	32
3.2. Perencanaan Port Mikrokontroler AT89S51.....	35
3.2.1. Rangkaian <i>Reset</i>	37
3.2.2. Rangkaian <i>Clock</i>	38
3.3. Perencanaan Rangkaian <i>Driver</i>	39
3.4. Perencanaan Rangkaian <i>Buzzer</i>	40
3.5. Kapasitas Accumulator	42
3.6. Perencanaan Perangkat lunak.....	44
BAB IV PENGUJIAN ALAT.....	45
4.1. Prinsip Kerja Alat.....	45
4.2. Pengujian Sensor.....	46
4.3. Pengujian <i>Driver</i>	49
4.4. Pengujian Software	50
4.5. Spesifikasi Alat	51
4.6. Pengujian sistem keseluruhan.....	53
BAB V PENUTUP.....	55
5.1. Kesimpulan.....	55
5.2. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

2.1	Diagram Blok Mikrokontroler AT89S51.....	7
2.2	Konfigurasi Pena-Pena AT89S51	8
2.3	Karakteristik <i>Oscillator</i>	11
2.4	Denah Memori Data	12
2.5	Sumber Intrupsi	16
2.6	Macam-macam relay	18
2.7	Bentuk fisik dan konstruksi LED beserta simbolnya.....	24
2.8	Gambar Kaidah Tangan Kiri	30
2.9	Simbol Buzzer.....	31
3.1	Blok diagram rangkaian.....	32
3.2	Rangkaian <i>reset</i>	37
3.3	Rangkaian <i>Clock</i>	37
3.4	Rangkaian <i>Driver</i>	38
3.5	Rangkaian buzzer dan indikator.....	40
3.6	Flow chat perangkat lunak.....	43
4.1	Rangkaian pengujian sensor.....	46
4.2	Pengujian Rangkaian <i>D.iver</i>	47

DAFTAR TABEL

2.1	Port ISP Header	9
2.2	Fungsi Khusus Pada Port 1	9
2.3	Special Function Register.....	14
2.4	Tegangan LED yang dibedakan atas jenis warna	25
2.5	Daftar nilai kode warna resistor	26
4-1	Data hasil Percobaan Pengukuran sensor.....	46
4-2	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Driver</i>	47
4-3	Data hasil percobaan pengujian Software.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kita ketahui bahwa perkembangan teknologi saat ini semakin pesat, khususnya dibidang pertanian. Teknologi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan manusia, mulai dari teknologi yang sederhana sampai teknologi yang lebih canggih. Hal ini dikarenakan suatu kebudayaan atau pemikiran manusia yang semakin maju.

Oleh karena itu, adanya usaha-usaha untuk meningkatkan kemajuan teknologi dibidang pertanian. Salah satunya adalah pada alat semprot pembasmi hama pada tanaman, yang sebelumnya dirancang secara manual kini dapat dirancang kembali menjadi otomatis.

Ide ini muncul ketika mengamati proses kerja dari alat penyemprot hama yang manual dimana tenaga untuk menggerakkan tuas dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut cukup besar dan lama sehingga dibutuhkan suatu alat yang proses pekerjaannya membutuhkan waktu yang tidak terlalu lama sehingga dapat memudahkan dan mempercepat proses pekerjaan tersebut.

Pada dasarnya, alat semprot pembasmi hama secara otomatis akan mengoptimalkan kerja sehingga dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas kerja yang maksimal. Pengontrolan yang dilakukan pada proses penyemprotan menggunakan mikrokontroler AT89S51 adalah pengaturan motor DC, pengaturan

buzzer, pengaturan sensor level air. Sehingga hasil yang didapat pada saat proses penyemprotan sesuai dengan yang diharapkan.

1.2. Rumusan Masalah.

Rumusan masalah pada penyusunan tugas akhir ini ditekankan pada :

- Bagaimana merencanakan serta membuat alat pengontrolan pada proses penyemprot hama secara *otomatis*.
- Bagaimana mengimplementasikan Mikrokontroler dengan menggunakan IC AT89S51.
- Bagaimana mengimplementasikan alat tersebut pada bidang pertanian.

1.3. Tujuan.

Membuat dan merancang alat penyemprot hama pada tanaman secara otomatis dimana alat penyemprot hama yang ada dipasaran masih bersifat manual. Sehingga dapat meminimalisasi waktu dan tenaga saat proses penyemprot hama secara otomatis.

1.4. Batasan Masalah.

Agar permasalahan yang diangkat tidak meluas dan lebih fokus serta menghindari salah persepsi dan pengertian tentang perancangan alat maka dalam hal ini penulis membatasi perancangan alat ini dari segi :

- a. Alat yang dibuat menggunakan mikrokontroler diimplementasikan dengan menggunakan IC AT89S51.
- b. Konstruksi dari alat penyemprot hama memanfaatkan barang yang sudah ada dipasaran yang bersifat manual.
- c. Ditekankan pada sistem kerja alat penyemprot hama.

- d. Tidak membahas Box dan mekanik yang digunakan secara detail.
- e. Tidak membahas secara detail accumulator dan proses pengisian.
- f. Tidak membahas secara detail tentang cara kerja *power supply*.

1.5. Metodologi penelitian.

Metode penelitian yang digunakan dalam perencanaan dan pembuatan laporan Tugas Akhir ini adalah :

1. Metoda kepustakaan, yaitu penulis melakukan studi literatur tentang permasalahan yang ada melalui perpustakaan, dan internet
2. Metoda percobaan, yaitu penulis melakukan berbagai percobaan yang berkaitan dengan peralatan.
3. Metoda perencanaan dan perancangan alat, yaitu penulis membuat alat dengan menggabungkan berbagai data dan rangkaian yang penulis dapatkan.
4. Metoda pengujian, yaitu penulis melakukan pengujian alat dan kemudian dapat mengambil kesimpulan dari hasil pengujian tersebut.

1.6. Sistematika pembahasan

Sistematika pembahasan dalam tugas akhir ini terdiri dari 5 bab, yaitu :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang permasalahan, batasan masalah, tujuan pembahasan, metodologi pembahasan, dan sistematika pembahasan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Berisi landasan teori yang berhubungan dengan pembuat. alat.

BAB III : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Membahas tentang perencanaan dan pembuatan alat secara keseluruhan.

BAB IV : PENGUJIAN ALAT

Membahas tentang proses pengujian alat yang terdiri dari peralatan yang digunakan, langkah kerja dan analisa hasil pengujian

BAB V : PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

LANDASAN TEORI

Bab ini akan menguraikan tentang dasar-dasar teori yang menunjang dalam perencanaan alat penyemprot hama pada tanaman. Uraian teori dalam bab ini meliputi teori IC AT89S51, driver, relay, motor DC, accu dan perangkat pendukung lainnya.

2.1. Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 merupakan suatu chip yang dilengkapi dengan berbagai macam alat kontrol yang terdapat memori maupun input output. Untuk pembahasan lebih lanjut tentang mikrokontroler AT89S51 dapat diuraikan sebagai berikut :

2.1.1. Pendahuluan

Perbedaan mendasar antara mikrokontroller dan mikroprosesor terletak pada kelengkapan isinya yaitu mikrokontroller sudah dilengkapi dengan berbagai macam alat kontrol selain memiliki CPU juga dilengkapi memori (ROM & RAM) maupun input output yang merupakan kelengkapan minimum sistem sedangkan mikroprosesor kesemuanya itu tidak dimiliki secara internal melainkan terpisah sebuah mikrokontroller dapat dikatakan sebagai mikrokomputer dalam keping tunggal (*Single Chip Microcomputer*) yang dapat berdiri sendiri.

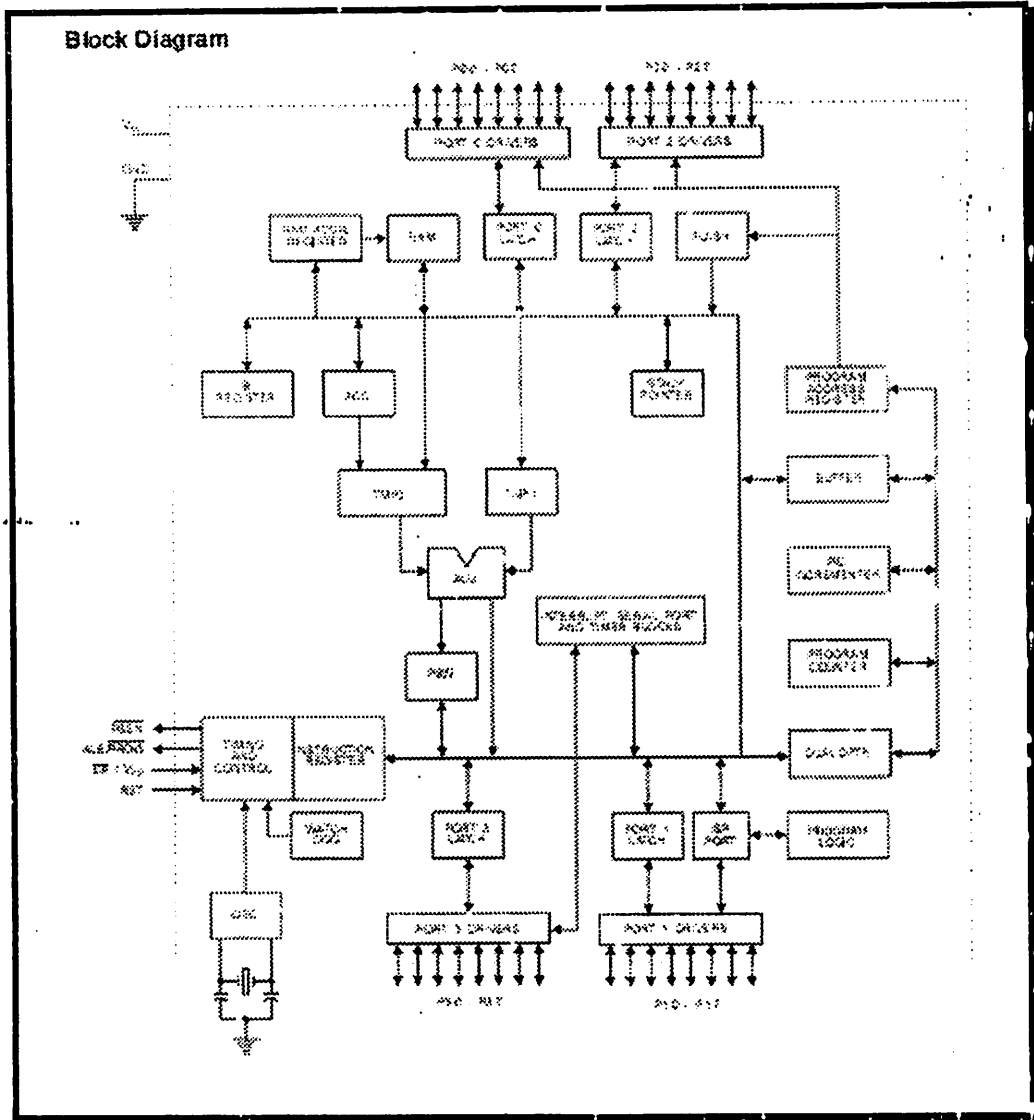
memori dapat diprogram dalam sistem atau menggunakan programmer *Nonvolatile* Memory konvensional. Dalam sistem mikrokontroler terdapat dua hal yang mendasar, yaitu: perangkat lunak dan perangkat keras yang keduanya saling terkait dan mendukung.

2.1.2. Perangkat keras mikrokontroler AT89S51

Secara umum Mikrokontroler AT89S51 memiliki :

- CPU 8 bit termasuk keluarga MCS-51
- 4 Kb Flash memory
- 128 byte Internal RAM
- 32 buah Port I/O, masing-masing terdiri atas 8 jalur I/O
- 2 Timer / counter 16 bit
- 2 Serial Port Full Duplex
- 2 DPTR (*Data pointer*)
- *System Interrupt* dengan 2 sumber *Interrupt* eksternal dan 4 sumber *Interrupt* internal.
- Fleksibel ISP Programming

Dengan keistimewaan diatas pembuatan alat menggunakan AT89S51 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Adapun blok diagram dari Mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut:

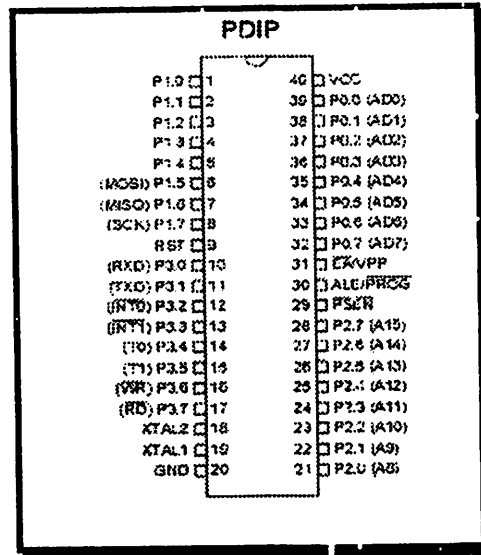


Gambar 2.1. Diagram Blok Mikrokontroler AT89S51

Sumber : Datasheet AT89S51 : 3

2.1.3. Konfigurasi Pena-Pena Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 terdiri dari 40 pin dengan konfigurasi sebagai Berikut :



Gambar 2-2. Konfigurasi Pena-Pena AT89S51

Sumber : Datasheet AT89S51 : 2

Fungsi tiap-tiap pin-nya adalah sebagai berikut :

- VCC (Supply tegangan), pin 40
- GND (*Ground*), pin 20
- Port 0, pin 32 – 39

Merupakan port input-output dua arah, tanpa internal pull-up dan dikonfigurasi sebagai multiplex bus alamat rendah ($A_0 - A_7$) dan data selama pengaksesan memory eksternal. Setiap pin-nya dapat mengendalikan langsung 8 beban TTL. Port0 juga menerima dan mengeluarkan *code byte* selama proses pemrograman dan verifikasi ROM/EEPROM internal.

- Port 1, pin 1 - 8

Merupakan port input-output dua arah dengan internal pull-up yang dapat mengendalikan beban 4 TTL secara langsung dan mempunyai kegunaan lain yaitu sebagai port ISP header.

Tabel 2.1 Port ISP Header

Port Pin	Alternate Functions
P1.5	MOSI (used for In-System Programming)
P1.6	MISO (used for In-System Programming)
P1.7	SCK (used for In-System Programming)

Sumber : Datasheet AT89S51

- Port 2, pin 21 - 28
Merupakan port input-output dengan internal pull-up. Mengeluarkan alamat tinggi selama pengambilan program memory eksternal.
- Port 3, pin 10 - 17
Merupakan port input-output dengan internal pull-up, dimana Port 3 juga memiliki fungsi khusus dan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2-2 Fungsi Khusus Pada Port 1

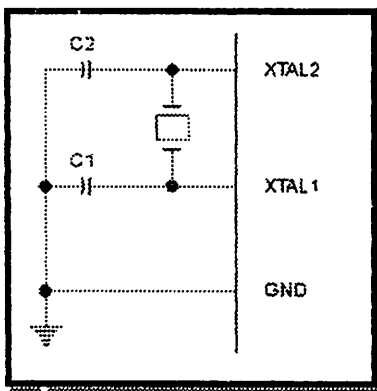
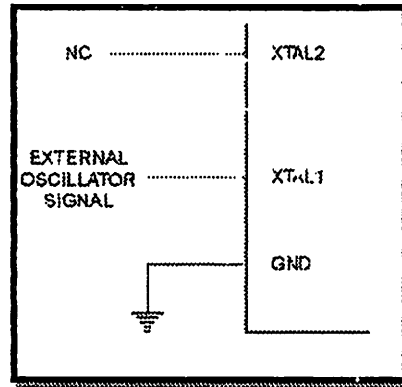
Simbol	Posisi	Nama dan arti
/RD	P3.7	<i>External data memori read strobe</i>
/WR	P3.6	<i>External data memori write strobe</i>
T1	P3.5	<i>Timer / counter 1 external input</i>
T0	P3.4	<i>Timer / counter 0 external input</i>
/INT1	P1.3	<i>External interrupt 1</i>
/INT0	P1.2	<i>External interrupt 0</i>
TXD	P1.1	<i>Serial data output port</i>
RXD	P1.0	<i>Serial data input port</i>

- RST (*Reset*), pin 9
Input Reset merupakan reset master untuk AT89S51.
- ALE/ Prog (*Address Latch Enable*), pin 30
Digunakan untuk memberikan sinyal *latch* pada alamat rendah pada multipleks *bus address* dan data.

- PSEN (*Program Store Enable*), pin 29
Merupakan sinyal pengontrol yang memperbolehkan program memori eksternal masuk ke dalam bus.
- EA / VPP (*External Access*), pin 31
Dapat diberikan logika rendah (*Ground*) atau logika tinggi (+5V). Jika diberikan logika tinggi maka mikrokontroler akan mengakses program dari ROM internal (*EEPROM / Flash Memory*), dan jika diberikan logika rendah maka mikrokontroler akan mengakses program dari memori eksternal.
- X-TAL 1 dan X-TAL 2, pin 19,18
Kaki ini dihubungkan dengan kristal bila menggunakan *osilator internal*. XTAL 1 merupakan *input inverting osilator amplifier* sedangkan XTAL 2 merupakan *output inverting osilator amplifier*.

2.1.4. Karakteristik *Oscillator Inverting*

XTAL 1 dan XTAL 2 secara berurutan merupakan *input* dan *output* dari sebuah *inverting amplifier* yang dapat dikonfigurasi penggunaannya sebagai *on chip oscillator* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-3a dibawah ini. XTAL 1 dan XTAL 2 ini dapat menggunakan sebuah *kristal quartz* maupun *resonator keramik*.

a) *Oscillator Connector*b) *External Clock Configuration***Gambar 2-3.** Karakteristik *Oscillator*

Sumber : Datasheet AT89S51 : 11

Untuk memberikan AT89S51 sumber *clock external*. Maka pin XTAL 2 dibiarkan tidak terhubung dan XTAL 1 dihubungkan dengan sumber *clock eksternal* seperti pada gambar 2-3b.

2.1.5. Organisasi Memory

Mikrokontoller AT89S51 memiliki ruang alamat memori data dan memori program yang terpisah. Pemisahan memori program dan memori data tersebut membolehkan memori data diakses dengan alamat 8-bit, sehingga dapat dengan cepat dan mudah disimpan dan dimanipulasi oleh CPU 8-bit. Namun demikian, alamat memori data 16-bit bisa juga dihasilkan melalui register DPTR.

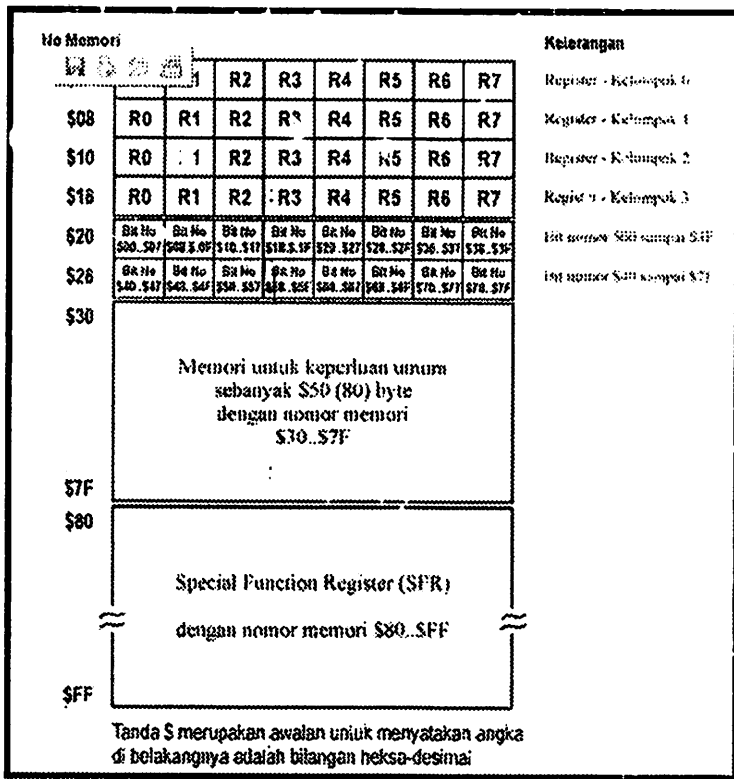
2.1.5.1. Program Memory

Program memori hanya dapat dibaca dan tidak dapat ditulis. Disini tersimpan program yang akan dijalankan oleh AT89S51 dan data-data konstanta. Sinyal pembacaan EPROM eksternal adalah dari pin-PSEN. Pada AT89S51 ada dua tipe organisasi memori dari program memori, yaitu :

- Pengaksesan program memori sebagian berasal dari internal EPROM yang menempati alamat terendah dan alamat berikutnya dari EPROM eksternal. Sebagai contoh alamat 4 Kbyte program memori terendah adalah ROM internal dan alamat berikutnya adalah pada EPROM.
- Pengaksesan program memori yang semuanya dari eksternal EPROM.

2.1.5.2 Data Memori

Data memori menempati alamat yang terpisah dari program memori. Data memori merupakan tempat penyimpanan data variabel, operasi *stuck* dan sebagainya. Data memori dapat dibaca dan ditulis. Sinyal pembacaan untuk emsternal RAM berasal dari pin -RD dan untuk penulisan berasal dari pin -RW. Peta data memori digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2-4. Denah Memori Data

Sumbar : www.ALDS.edu.com

Alamat 00H-FFH merupakan alamat dari internal RAM yang dapat dialamati dalam dua mode. Pada alamat 00H-7FH dapat dialamati dalam *mode direct* maupun *indirect addressing*. Alamat 80H-FFH hanya dapat dialamati dalam *mode direct addressing*. Diluar alat tersebut merupakan alamat eksternal RAM. 32 byte terendah data memori terbagi atas 4 buah bank yang masing-masing terdiri atas 8 buah register. Kombinasi dari bank ini ditentukan oleh register PSW. Register-register tersebut adalah R0 sampai R7 yang menempati alamat 00H-1FH. Diatasnya merupakan segmen bit *addressable* yang besarnya 16 byte, menempati alamat 20H sampai 2FH. Alamat berikutnya yaitu mulai 30H sampai 7FH dapat dipakai sebagai data RAM.

Setelah kondisi reset, kondisi baku register SP (*stack pointer*) akan menuju alamat 07H dan begitu program dijalankan isi register SP akan ditambah 1 (menunjuk ke alamat 08H). Dan ini merupakan register bank 1 register R0. Bila memakai lebih dari satu bank register maka SP harus diinisialisasikan kelokasi yang lain.

2.1.6. SFR (*Special Function Register*)

Register Fungsi Khusus (*Special Function Register*) terletak pada 128 byte bagian atas memori data internal dan berisi register-register untuk pelayanan latch port, timer, program status words, control peripheral, dan sebagainya. Alamat register fungsi khusus ditunjukkan pada tabel 2-3

Tabel 2-3. Special Function Register

Simbol	Nama Register	Alamat
ACC	Accumulator	E0H
B	Register B	F0H
PSW	Program Status Word	D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Pointer	
DPL	Bit Rendah	82H
DPH	Bit Tinggi	83H
P0	Port 0	80H
P1	Port 1	90H
P2	Port 2	A0H
P3	Port 3	B0H
IP	Interrupt Priority Control	D8H
IE	Interrupt Enable Control	A8H
TMOD	Timer/Counter Mode Control	89H
TCON	Timer/Counter Control	88H
TH0	Timer/Counter High 0	8CH
TL0	Timer/Counter Low 0	8AH
TH1	Timer/Counter High 1	8DH
TL1	Timer/Counter Low 1	8BH
SCON	Serial Control	98H
SBUF	Serial Data Buffer	99H
PCON	Power Control	87H

Beberapa macam register fungsi khusus yang sering digunakan adalah sebagai berikut ini :

- *Accumulator* (ACC) merupakan register untuk penambahan dan pengurangan. Perintah *mnemonic* untuk mengakses akumulator disederhanakan sebagai A.
- *Register R* merupakan register khusus yang berfungsi melayani operasi perkalian dan pembagian.
- *Stack Pointer* (SP) merupakan register 8 bit yang dapat diletakkan di alamat manapun pada RAM internal.

- 2 *Data Pointer* (DPTR) terdiri dari dua register, yaitu untuk byte tinggi (*Data Pointer High*, DPH) dan byte rendah (*Data Pointer Low*, DPL) yang berfungsi untuk mengunci alamat 16 bit.
- *Port 0* sampai *Port 3* merupakan register yang berfungsi untuk membaca dan mengeluarkan data pada port 0, 1, 2, 3. Masing-masing register ini dapat di alamat per-byte maupun per-bit.
- *Control Register* terdiri dari register yang mempunyai fungsi kontrol. Untuk mengontrol sistem interupsi, terdapat dua register khusus, yaitu register IP (*Interrupt Priority*) dan register IE (*Interrupt Enable*). Untuk mengontrol pelayanan timer/counter terdapat register khusus, yaitu register TCON (*timer/counter control*) serta pelayanan port serial menggunakan register *SCON* (*Serial Port Control*).

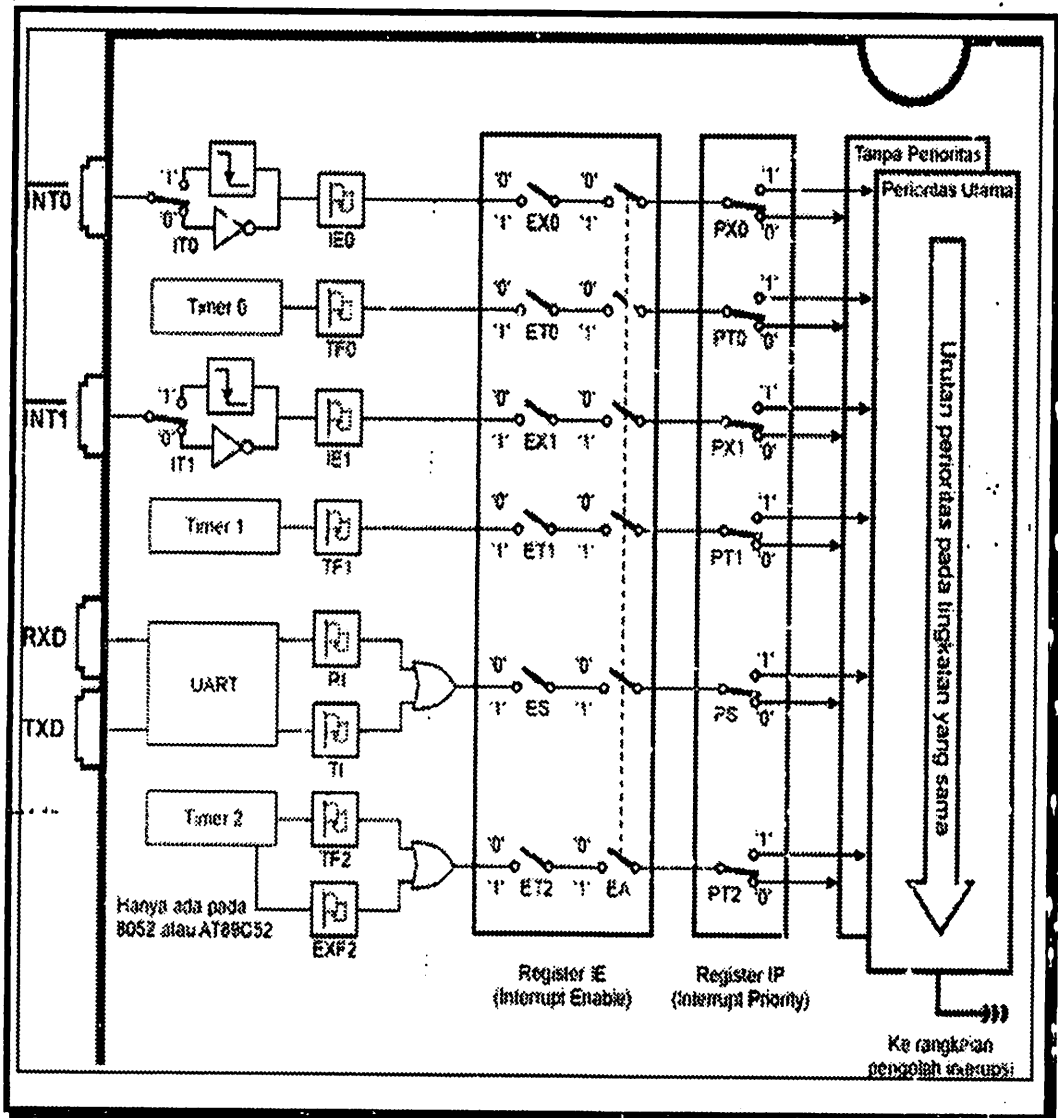
2.1.7. Sistem Interupsi

Mikrokontroler AT89S51 mempunyai 5 buah sumber interupsi yang dapat membangkitkan permintaan interupsi, yaitu INT0, INT1, T0, T1 dan Port Serial. Saat terjadinya interupsi mikrokontroler secara otomatis akan menuju ke subrutin pada alamat tersebut. Setelah interupsi selesai dikerjakan, mikrokontroler akan mengerjakan program semula. Tiap-tiap sumber interupsi dapat *enable* atau *disable* secara software.

Tingkat prioritas semua sumber *interrupt* dapat diprogram sendiri-sendiri dengan *set* atau *clear* bit pada (*Interrupt Priority*). Jika dua permintaan interupsi dengan tingkat prioritas yang berbeda diterima secara bersamaan, permintaan interupsi dengan prioritas tertinggi yang akan dilayani. Jika

permintaan interupsi dengan prioritas yang sama diterima bersamaan, akan dilakukan polling untuk menentukan mana yang akan dilayani.

Kedudukan saklar dalam gambar dibawah ini menggambarkan kedudukan awal setelah MCS51 di-reset. Gambar ini sangat membantu saat penulisan program menyangkut interupsi MCS51.



Gambar 2.5. Sumber Intrupsi

Sumber : www.alds.edu.com

2.2. Relay DC

Relay DC adalah suatu saklar yang menggunakan prinsip kerja elektro magnetik dimana kumparan magnetnya dialiri arus searah sehingga menimbulkan medan magnet yang digunakan untuk menarik kontak-kontaknya. Susunan konstruksi sebuah relay DC terdiri dari sebuah kumparan magnet dan beberapa kontak yang terpasang satu poros dengan kumparan magnet tersebut. Kontak-kontak relay DC terdiri atas 2 macam kontak, yaitu :

- Kontak NO (Normally Open), yaitu kontak yang pada saat relay belum diberi arus kondisinya dalam keadaan terbuka (tidak terhubung).
- Kontak NC (Normally Close), yaitu kontak yang pada saat relay belum diberi arus kondisinya tertutup (terhubung).

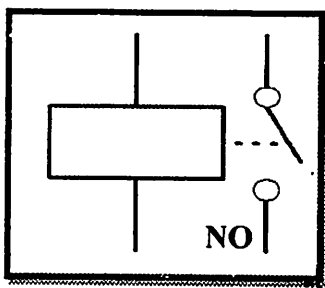
Cara Kerja Relay :

Dalam memutuskan dan menghubungkan kontak antara dua komponen kontak pada relay digerakkan oleh fluks yang timbul akibat adanya magnet listrik jadi fluksi inilah yang menghubungkan atau memutuskan kontak dan antara komponen dengan bagian saklar tidak ada hubungan listrik.

Macam-macam Relay :

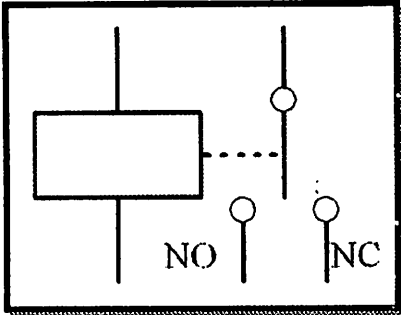
1. SPST (Single pin Single Terminal)

Simbolnya :



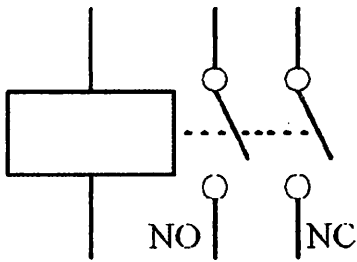
2. SPDT (Single Pin Dual Terminal)

Simbolnya :



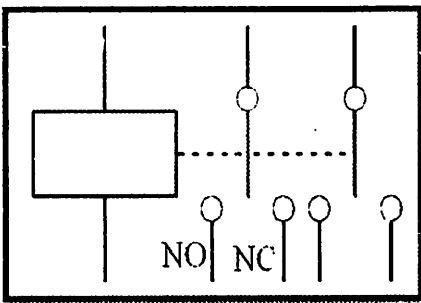
3. DPST (Dual Pin Single Terminal)

Simbolnya :



4. DPDT (Dual Pin Dual Terminal)

Simbolnya :



Gambar 2.6. Macam-macam relay

2.3. Accumulator

Pada dasarnya accumulator adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat penyimpanan listrik sementara, dimana setiap sel pada accumulator membangkitkan tenaga listrik. Kapasitas accumulator dapat diukur dengan jumlah Ampere-jam (Ah). Untuk pembahasan lebih lanjut tentang accumulator dapat dilihat pada pembahasan sebagai berikut :

2.3.1. Pengertian Umum

Perkataan accumulator atau accu berasal dari kata accumulere yang berarti mengumpulkan atau menyimpan. Secara garis besar, bekerjanya accu adalah sebagai berikut :

- a. Pengisian : accu dihubungkan dengan generator DC, tenaga listrik dari dinamo dirubah menjadi tenaga kimia didalam accu dan kemudian disimpan didalamnya.
- b. Pengosongan : accu dihubungkan dengan pemakai, tenaga kimia dalam accu dirubah menjadi tenaga listrik yang masuk ke pemakai.

2.3.2. Konstruksi Accumulator

Accumulator terdiri dari beberapa sel, dimana untuk setiap sel membangkitkan tenaga listrik. Setiap sel terdiri dari beberapa pelat, lempeng pemisah (separator) dan elektrolit.

a. Pelat-pelat

Pelat-pelat tersebut terbuat dari campuran timah hitam dengan antimon (liad antimony) yang berbentuk kerangka kisi-kisi (gridframe) dalam kerangka kisi-kisi ini diisi bahan aktif, untuk pelat negative (-) bahan aktifnya berupa Gray Sponge Lead (Porous Lead) Pb. Jumlah pelat-pelat

negatif untuk setiap selnya dibuat lebih banyak (ganjil) dan pelat-pelat positif selalu genap.

b. Separator

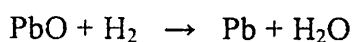
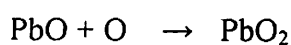
Separator dibuat dari serat gelas atau bahan non konduktor lainnya, separator ini untuk memisahkan pelat positif dan pelat negatif agar jangan sampai terjadi hubung singkat. Pada separator terdapat lubang-lubang dan alur yang halus untuk sirkulasi elektrolit.

c. Elektrolis

Elektrolis merupakan campuran antara air suling 60,8% dengan asam belerang 39,2% dengan berat jenis 1,26 dalam kondisi accumulator terisi penuh pada suhu 20⁰C atau pada daerah yang dingin dan tegangan terbuka accumulator sesuai dengan nilai 2,7 volt per-sel. Berat jenis terendah adalah 1,2 yang setara dengan sel 1,83 volt, berat jenis 1,26 mempunyai pengertian bahwa cairan elektrolit sebanyak 1 liter mempunyai berat sebesar 1,26 kg dan apabila pelat-pelat positif dengan negatif terendam dalam elektrolit maka bahan-bahan aktif yang ada pada pelat dan elektrolit akan timbul reaksi kimia sehingga membangkitkan tenaga listrik.

2.3.3. Proses kimia pada waktu pengisian accu

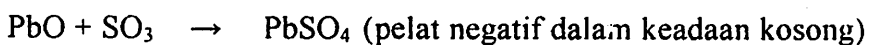
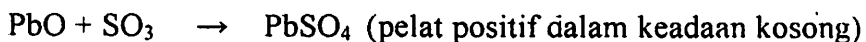
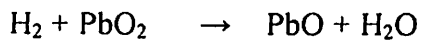
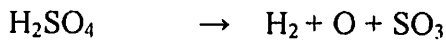
Terjadinya proses elektrolisa yang menyebabkan ion-ion O bergerak ke anoda dan ion-ion H₂ ke katoda. Reaksi kimianya sebagai berikut :



Air (H_2O) akan masuk kedalam elektrolit, akibatnya kedua electrode PbO yang tadinya tidak mempunyai GGL sekarang menjadi dua jenis logam yang berbeda GGL-nya.

2.3.4. Proses kimia pada waktu pengosongan accu

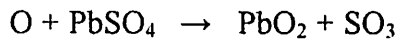
Accu yang siap dipakai mempunyai kutub positif dan kutub negatif. Mengosongkan accu berarti mengeluarkan arus listrik dari accu, bila kutub-kutub accu dihubungkan dengan pemakai (berupa lampu) maka arus listrik akan mengalir didalam lampu tersebut. Aliran tersebut dinamakan arus pengosongan accu, didalam elektrolit terjadi proses elektrolisa yang menyebabkan ion-ion H_2 bergerak ke pelat positif dan ion-ion O ke pelat negatif.



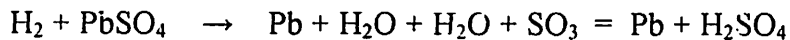
Selama proses pengosongan, terjadi 2 hal penting :

- a. Kutub positif direduksi menjadi PbO. PbO ini menarik asam belerang hingga menjadi PbSO_4 .
- b. Kutub negatif dioksidir menjadi PbO. PbO ini menarik asam belerang hingga menjadi PbSO_4 .

Bila accu yang sudah kosong diisi kembali maka terjadilah proses kimia dalam arti terbalik dari urutan diatas, elektrolisa terjadi hingga H_2 dan O didalam elektrolit terpisah. Ion O pergi ke kutub positif dan mengoksidir kutub itu menjadi PbO_2 dan sisa asam :



PbO₂ adalah susunan pelat negatif dalam keadaan terisi sedangkan SO₃ masuk kembali kedalam elektrolit, ion H₂ mereduksi pelat negatif menjadi Pb dan asam belerang :



Pb adalah susunan pelat negatif dalam keadaan terisi sedangkan asam belerang H₂SO₄ masuk kembali kedalam elektrolit.

Selama proses pengisian ini, terjadi 2 hal penting :

- a. Kutub positif dioksidir menjadi PbO₂ dan asam sisa SO₃ terlepas dari pelat positif, lalu kembali kedalam elektrolit.
- b. Kutub negatif direduksi menjadi Pb dan sisa asam SO₃ terlepas dari pelat negatif, lalu kembali kedalam elektrolit.

2.3.5. Randemen accu

Kapasitas accu diukur dengan jumlah Ampere-jam (Ah) yang dapat dikeluarkan accu (selama pengosongan accu). Randemen accu adalah perbandingan Ah yang dikeluarkan dengan Ah yang diterima accu.

Rumus :

$$\eta = \text{Ah yang dikeluarkan} / \text{Ah yang diterima}$$

2.3.6. Resistansi dalam sebuah accu (Rd)

Ketika terminal accumulator dihubungkan dengan rangkaian luar dengan resistansi R ohm, arus I ampere akan mengalir. Arus ini juga mengalir di dalam baterai. Resistansi total adalah resistansi rangkaian luar ditambah resistansi sel accumulator.

Berdasarkan hukum Ohm :

$$I = \frac{E}{RE + RC}$$

Dimana E adalah tegangan accumulator atau tegangan terbuka accumulator, R_F adalah resistansi luar dan R_C adalah resistansi dalam.

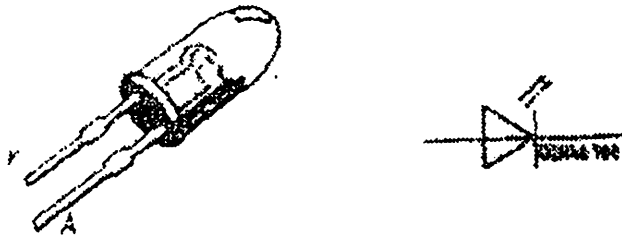
Resistansi dalam dari sebuah accumulator dipengaruhi temperatur, harga pengosongan dan desain sel. Resistansi dalam bertambah dengan menurunnya temperatur dan tingkat pengosongan serta berkurang selama proses pengisian. Resistansi dalam accumulator adalah sangat rendah jika dibandingkan dengan resistansi luar. Misalnya, sebuah accumulator 12 V dengan nominal 40 Ampere per jam yang mempunyai resistansi dalam sekitar 0,017 Ohm.

2.4. Diode Emisi Cahaya (Light Emitting Diode, LED)

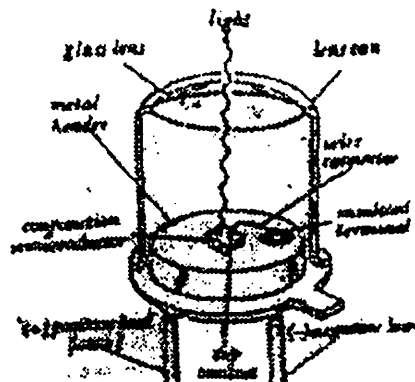
Dioda emisi cahaya atau LED dikenal juga dengan nama solid state lamp adalah merupakan piranti elektronik gabungan antara elektronik dengan optic sehingga disebut sebagai piranti "Optoelectronic".

Penggunaan LED dapat dibagi tiga kategori umum, yaitu :

- a. Sebagai lampu indikator.
- b. Untuk transmisi signal cahaya yang dimodulasikan dalam suatu jarak tertentu.
- c. Sebagai penggandeng rangkaian elektronik yang masing-masing terisolir secara total.



Gambar 2.45. Bangun-fisik dan simbol LED



Gambar 2.7 Bentuk fisik dan konstruksi LED beserta simbolnya

Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan LED adalah gallium (GaAsP) atau gallium phosphida (GaP) yang dikotori guna memperoleh bahan semikonduktor tipe P dan N. bahan-bahan dasar diatas akan memancarkan cahaya dengan warna yang berbeda.

Bahan GaAs memancarkan cahaya infra merah, bahan GaAsP memancarkan cahaya merah atau kuning sedangkan bahan GaP memancarkan cahaya merah atau hijau.

Adapun prinsip kerja LED adalah sebagai berikut :

Jika LED ini diberi tegangan arah maju (forward), maka electron bebas dari daerah N akan menembus sambungan dan berekombinasi dengan hole didaerah P. karena electron bebas mempunyai tenaga yang lebih tinggi maka pada saat berekombinasi tersebut dia akan melepaskan sejumlah energi yang dipancarkan dalam bentuk panas dan cahaya.

Seperti layaknya piranti elektronik lainnya LED juga mempunyai nilai atau besaran yang terbatas. Tegangan maju LED pada umumnya dibedakan atas jenis warna seperti diperlihatkan pada table 2-3.

Tabel 2-4 Tegangan LED yang dibedakan atas jenis warna

Warna	Tegangan maju
Merah	1,8 V
Orange	2,0 V
Kuning	2,1 V
Hijau	2,2 V

Sedangkan besarnya arus maju untuk suatu LED yang standart adalah sekitar 20 mA, oleh karena itu dalam penggunaannya LED ini sering dihubungkan seri dengan resistor sebagai pengaman arus lebih.

Jika LED digunakan sebagai indicator cahaya dalam suatu rangkaian bolak-balik, maka biasanya LED dihubung paralel dengan sebuah dioda penyearah secara terbalik. Untuk memperoleh ketajaman (intensitas) cahaya yang baik, harga resistor yang digunakan adalah setengah dari harga penggunaan pada rangkaian arus searah.

2.5. Resistor

Resistor merupakan komponen yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi rangkaian elektronika. Kegunaan utama resistor adalah sebagai penghambat arus listrik dan pembagi tegangan suatu rangkaian.

Bahan dasar resistor terbuat dari karbon yang memiliki tahanan jenis yang besar. Jenis resistor terdiri dari :

- a. Resistor yang memiliki tahanan tetap (fixed resistor).
- b. Resistor yang nilai tahanannya dapat diubah (variable resistor).
- c. Resistor yang nilai tahanannya dipengaruhi oleh cahaya (Light Dependent Resistor, LDR).
- d. Resistor yang nilai tahanannya dipengaruhi oleh temperature (Negative Positive Temperature Coefficient, NTC / PTC).
- e. Resistor yang nilai tahanannya dipengaruhi oleh tegangan (Voltage Dependent Resistor, VDR).

Pada bab ini kami hanya membahas tahanan yang mempunyai tahanan tetap dan tahanan yang dapat diubah. Satuan untuk resistor adalah Ohm disingkat menjadi (Ω). Nilai tahanan karbon ditentukan oleh gelang-gelang warna yang ditetapkan melalui satuan aturan. Berikut ini dijelaskan nilai-nilai tiap kode warna yang ditulis dalam tabel.

Tabel 2-5 Daftar nilai kode warna resistor

Kode warna	Gelang I	Gelang II	Gelang III	Gelang IV (Toleransi)
Hitam	0	0	-	0%
Coklat	1	1	00	1%
Merah	2	2	000	2%
Jingga	3	3	0000	3%
Kuning	4	4	00000	4%
Hijau	5	5	000000	-
Biru	6	6	0000000	6%
Ungu	7	7	00000000	7%
Abu-abu	8	8	000000000	8%
Putih	9	9	0000000000	9%
Emas	-	0,1	0,1	5%
Perak	-	0,01	0,01	10%
Tak berwarna	-	-	-	20%

2.6. Kapasitor

Kapasitor adalah salah satu komponen elektronik pasif yang berfungsi sebagai penyimpan muatan listrik, satuan kapasitor adalah Farad dimana 1 Farad dapat didefinisikan sebagai “Banyaknya muatan yang tersimpan dalam kapasitor tersebut apabila dipasang pada tegangan 1 Volt selama periode waktu 1 detik”.

Satuan-satuan lain kapasitor yang umum dipakai adalah :

$$\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ Farad}$$

$$\text{nF} = 10^{-9} \text{ Farad}$$

$$\text{pF} = 10^{-12} \text{ Farad}$$

Kegunaan kapasitor antara lain :

- a. Meratakan arus listrik dari power supply.
- b. Menahan arus listrik DC.
- c. Meneruskan arus listrik AC.

Didalam kapasitor terdiri dari dua buah pelat dimana ditengahnya dipasang dielektrikum yang berfungsi untuk menyimpan muatan. Bahan dielektrikum dapat terbuat dari elektrolit, mika, kertas, keramik dan mylar.

2.7. Saklar

Saklar adalah sebuah komponen manual yang terdiri dari mekanis yang dapat digunakan untuk menghubungkan arus listrik sebagai masukan pada suatu rangkaian. Saklar-saklar mekanis diklasifikasikan menurut jumlah kutub dan arah serta kemampuan hantar arus kontak-kontaknya.

Macam-macam saklar manual :

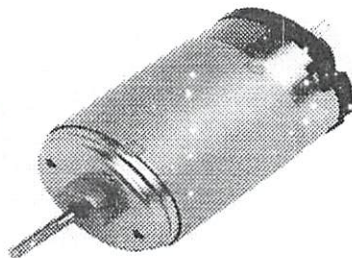
- a. SPST (Single Pole Single Throw) mempunyai satu kutub dan satu arah hubung.
- b. SPDT (Single Pole Double Throw) mempunyai satu kutub dan dua arah hubung.
- c. DPST (Double Pole Single Throw) mempunyai dua kutub dan satu arah hubung.
- d. DPDT (Double Pole Double Throw) mempunyai dua kutub dan dua arah hubung.
- e. TPST (Three Pole Single Throw) mempunyai tiga kutub dan satu arah hubung.
- f. TPDT (Three Pole Double Throw) mempunyai tiga kutub dan dua arah hubung.
- g. Saklar Rotari, mempunyai satu kutub atau lebih dengan arah hubung lebih dari satu.
- h. Push Button Switch atau tombol tekan adalah suatu saklar yang pengoperasiannya diaktifkan dengan tekanan.

Macam-macam saklar diatas diklasifikasi pemakaiannya adalah untuk control manual, tidak digunakan untuk suatu sistem otomatisasi rangkaian. Untuk sistem otomatisasi rangkaian dipakai saklar yang konstruksinya dipilih atas dasar fungsi apa yang dikontrol.

2.8. Motor DC

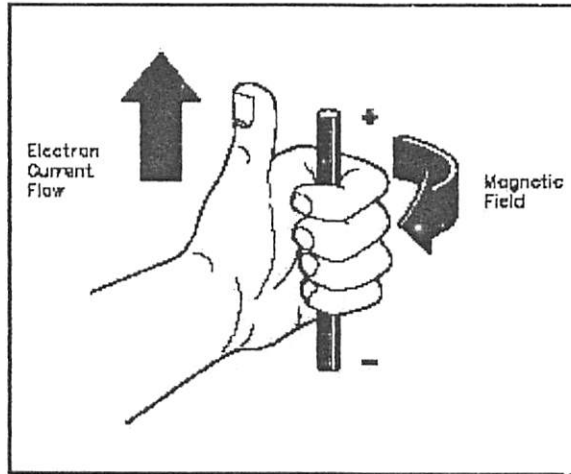
Motor arus searah (DC) adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga mekanik dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran rotor. Dalam kehidupan sehari-hari motor arus searah sering dijumpai di mana-mana. Sebagai contoh adalah motor yang di pasang pada *starter* mobil, mainan anak-anak, *tape recorder* dan lain sebagainya. Sedangkan pada pabrik-pabrik, motor arus searah dapat dijumpai pada *elevator*, *conveyor* dan sebagainya.

Prinsip dasar dari motor arus searah adalah kalau sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S), maka pada kawat tersebut akan bekerja suatu gaya yang akan menggerakkan kawat tersebut. Arah gerak dari kawat tersebut dapat ditentukan dengan “ Kaidah Tangan Kiri “ yang berbunyi sebagai berikut : “ Apabila tangan kiri dibiarkan terbuka dan diletakkan diantara kutub utara dan kutub selatan, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus di dalam kawat mengalir searah dengan keempat jari, maka kawat tersebut akan mendapat gaya yang jatuhnya sesuai dengan ibu jari “seperti pada gambar”



Gambar 2-8. Motor DC

Sumber: www.globalspec.com



Gambar 2.9 Gambar Kaidah Tangan Kiri

Sumber : www.globalspec.com

Adapun besarnya gaya yang bekerja pada kawat tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = B \times I \times L \text{ (Newton)}$$

dimana :

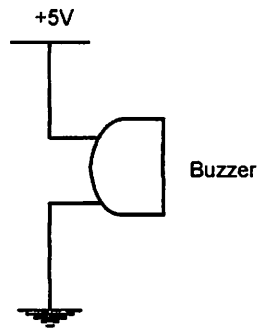
B = kerapatan *fluks* magnet (*Weber*)

L = Panjang penghantar (*meter*)

I = Arus listrik (*Ampere*)

2.9. Buzzer

Buzzer adalah piranti elektromagnet yang mengeluarkan bunyi oleh getarnya armature sebagai tanda isyarat. Getaran yang dihasilkan mempunyai amplitude yang kecil dan berfrekuensi sekitar ± 10 kHz sehingga terdengar nyaring. Itulah yang membedakan buzzer dengan speaker atau sirine seperti yang dikenal luas.



Gambar 2.10 Simbol Buzzer

2.10. Driver

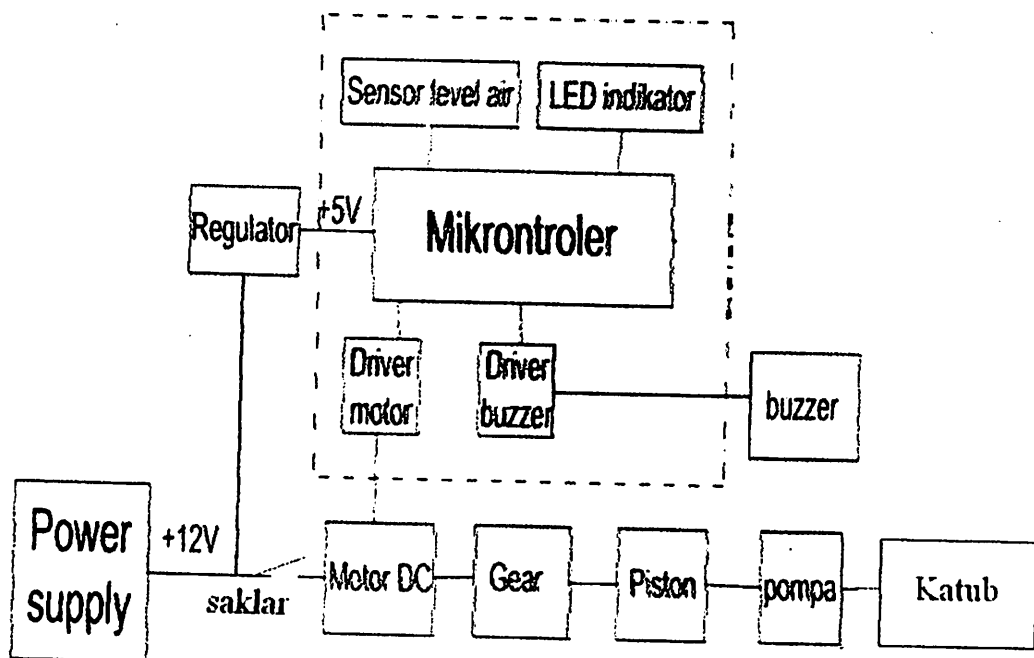
Driver adalah suatu rangkaian yang berfungsi sebagai penguat sinyal dengan komponen utama berupa transistor. Yang utama dari rangkaian driver adalah penguatan arus. Driver disini digunakan untuk menguatkan arus keluaran dari gerbang-gerbang logika yang relatif rendah. Sedang beban dari driver adalah relay. Setelah kita mengetahui besarnya arus dan tegangan yang dibutuhkan oleh relay maka kita harus mengetahui karakteristik transistor yang akan digunakan sebagai driver.

BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Diagram Blok Rangkaian

Setiap pembuatan alat dibutuhkan suatu perencanaan dan rancangan rangkaian tiap bagian (blok) yang sangat dibutuhkan agar bagian rangkaian satu dengan yang lain dapat dihubungkan menjadi rangkaian terpadu seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 diagram Blok rangkaian

Penjelasan dari masing-masing blok adalah sebagai berikut:

1. Accumulator sebagai sumber listrik untuk menggerakkan sistem dan motor.
2. Regulator tegangan sebagai menurunkan tegangan aki dari 12 Volt menjadi 5 Volt pada tegangan sistem.
3. Motor DC sebagai penggerak gear yang terhubung pada piston supaya gear berputar.
4. Gear sebagai penggerak piston.
5. Piston digunakan sebagai pendorong pompa untuk menekan air dan penarik pompa untuk menghisap air.
6. Pompa sebagai penghisap air dari katub bawah, menekan air ke katub atas.
7. Mikrokontroler AT89S51 sebagai pengolah data dari keseluruhan sistem. Mikrokontroler ini mempunyai internal Rom 4 Kbyte, 4 port I/O 8 bit dan bekerja dengan tegangan supply 5 Volt.
8. Rangkaian driver berfungsi sebagai penguat arus keluaran sistem mikrokontroler AT89S51, sehingga dapat menggerakkan relay.
9. Sensor level air sebagai alat pengukur ketinggian air.
10. LED indikator sebagai lampu penanda yang dihubungkan pada sensor level air
11. Buzzer sebagai piranti elektromagnet yang mengeluarkan bunyi oleh getarnya armature sebagai tanda isyarat.
12. Katub sebagai alat pembuka dan penutup saluran air.

Prinsip kerja :

Mula-mula tekan tombol ON maka lampu indikator yang ada pada mikrokontroler akan menyala yang menandakan bahwa mikrokontroler tersebut telah bekerja, setelah itu mikrokontroler akan menghidupkan motor DC untuk bekerja menggerakkan gear yang terhubung pada piston. Pada saat gear bergerak maka piston juga akan bergerak maju dan mundur sesuai dengan putaran gear.

Piston yang bergerak maju dan mundur dihubungkan pada pompa yang sistem bekerjanya sama dengan piston, yaitu maju dan mundur tetapi berbedanya pada fungsinya dimana piston digunakan sebagai pendorong dan penarik pompa sedangkan pada pompa itu sendiri digunakan sebagai penghisap air dan menekan air keluar. Disini keluarnya air diatur oleh katub.

Didalam tangki terdapat sensor level air yang digunakan untuk menandakan apakah air yang ada didalam tangki masih penuh atau hampir habis, sehingga saat air tidak menyentuh tiap sensor level air dan air juga tidak menyentuh sensor air batas bawah maka buzzer akan aktif yang menandakan bahwa sebentar lagi air akan habis dan buzzer tersebut memberi perintah pada mikrokontroler untuk mematikan motor.

Air yang berada didalam pipa akan keluar bila katub pembuangan air dibuka dan bila katub pembuangan air ditutup maka air akan tertekan didalam pipa sehingga menghasilkan tekanan kembali.

3.2. Perencanaan Port Mikrokontroler AT89S51.

Dalam hal ini Perencanaan port pada minimum sistem AT89S51 adalah sebagai berikut :

1. EA / Vpp

Dihubungkan dengan sumber +5 Volt

2. Port 0

Merupakan Bus alamat rendah. Alamat P0.0 - P0.7 digunakan sebagai *display running led*.

3. Port 1

Merupakan port I/O dua arah dengan *internal pull-up*, digunakan sebagai data input dari sensor level air di dalam tangki.

4. Port 2

Alamat pada P2.1 digunakan untuk inputan sensor batas bawah air.

5. Port 3

Merupakan port dengan alamat tinggi. Pada P3.3 digunakan sebagai inputan driver motor sedangkan pada P3.4 digunakan sebagai inputan driver buzzer dan P3.5 digunakan sebagai indikator driver buzzer.

6. RST (*Reset*)

Sebagai input reset master AT89S51

7. X1 dan X2

Dihubungkan dengan rangkaian *clock* minimum sistem

8. GND (*Ground*)

Dihubungkan dengan negatif dari *supply* tegangan.

9. ALE/Prog dan PSEN

3.2.1. Rangkaian *Reset*.

Rangkaian *reset* bertujuan agar mikrokontroler dapat melakukan proses dari awal jika terjadi kerancuan yang diakibatkan oleh banyak hal, seperti kelebihan arus, perubahan tegangan, dan lain lain. Rangkaian *reset* untuk mikrokontroler AT89S51 direncanakan agar mempunyai kemampuan *power on reset* yaitu *reset* yang terjadi ketika sistem dinyalakan untuk pertama kali.

Perencanaan rangkaian *reset* adalah sebagai berikut :

Diketahui $V_{ih}(\text{min}) = 2,5 \text{ Volt}$, $I_h(\text{min}) = 500 \text{ uA}$, $t(\text{min}) = 100\text{ms}$

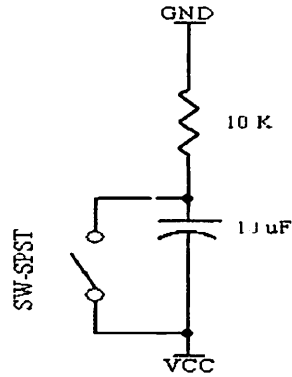
Maka :

$$\begin{aligned} R(\text{min}) &= \frac{V_{ih}}{I_h} \\ &= \frac{2,5}{5 \times 10^{-4}} \\ &= 5 \times 10^3 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned} t(\text{min}) &= 5 \times C \times R \\ C &= \frac{10^{-1}}{5 \times 5 \cdot 10^3} \\ &= 4 \text{ uF} \end{aligned}$$

Karena Resistor 5 Kohm dan Capacitor 4 uF tidak ada, maka untuk R dipilih 10 Kohm dan C dipilih 10 uF. Gambar dari rangkaian *reset* adalah sebagai berikut

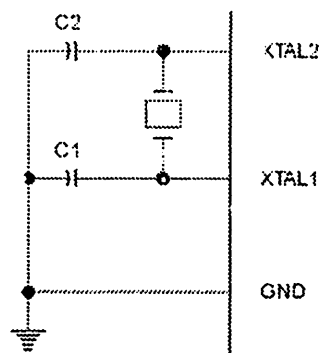


Gambar 3.2. Rangkaian reset

Sumber : Datasheet AT89S51

3.2.2. Rangkaian Clock.

Mikrokontroler AT89S51 ini memiliki *internal clock generator* yang berfungsi sebagai sumber *clock*, tetapi masih memerlukan rangkaian tambahan untuk membangkitkan clock tersebut. Rangkaian ini terdiri dari dua kapasitor dan sebuah kristal 12 Mhz. C1 dan C2 yang memiliki besaran 30pF – 40pF untuk kristal, sedangkan yang memiliki besaran 30pF – 50pF untuk keramik *resonator*. Dalam perencanaan rangkaian mikrokontroler digunakan kapasitor 30pF.

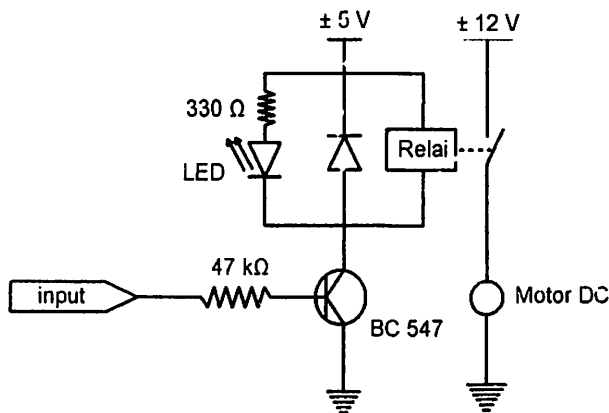


Gambar 3.3. Rangkaian Clock

Sumber : Datasheet AT89S51 : 11

3.3. Perencanaan rangkaian *Driver*

Didalam perencanaan ini hal yang perlu diperhatikan adalah memilih media penghubung yang dapat dikontrol melalui suatu rangkaian pengendali, media penghubung yang digunakan dalam rangkaian ini berupa relay ON (Normally Open). Relay yang digunakan merupakan relay 5 Volt dengan resistansi 130 Ω , sedangkan transistor yang dipilih merupakan tipe NPN yang mempunyai β_{dc} 420. Dioda yang dihubungkan melintasi relay, disini dimaksudkan untuk melindungi transistor dari tegangan kejut yang ditimbulkan oleh kumparan relay. Untuk dapat mengetahui rangkaian ini bekerja sebagai mana mestinya dipergunakan sebuah LED (Light Emiting Diode) sebagai indikator. Untuk lebih jelasnya, rangkaian driver tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.4. Rangkaian *Driver*

Led yang digunakan mempunyai arus bias maju (I_f) sebesar 10 mA dan tegangan 2 Volt. Supaya Led mampu bekerja dan tidak putus maka harus ditambahkan resistor yang dihubungkan secara seri, sehingga nilai resistor tersebut adalah :

$$R_{Led} = \frac{V_{cc} - V_{led}}{I_{led}} = \frac{5 - 2}{0.01} = \frac{3}{0.01} = 300\Omega$$

Pada perencanaan ini resistor akan dipasang 330 Ω karena menyesuaikan harga yang ada dipasaran.

Transistor driver yang digunakan adalah tipe BC547C yang mempunyai β_{dc} 420, sedangkan hambatan relay sebesar 130 Ω dengan tegangan relay sebesar 5 Volt. Maka menentukan arus relay adalah :

$$I_{relay} = \frac{V_{cc}}{R_{relay}} = \frac{5}{130} = 38mA$$

Karena $I_{relay} = I_c$, maka untuk mencari I_b adalah

$$I_b = \frac{I_c}{\beta_{dc}} = \frac{0,038}{420} = 9,1 \times 10^{-5} A$$

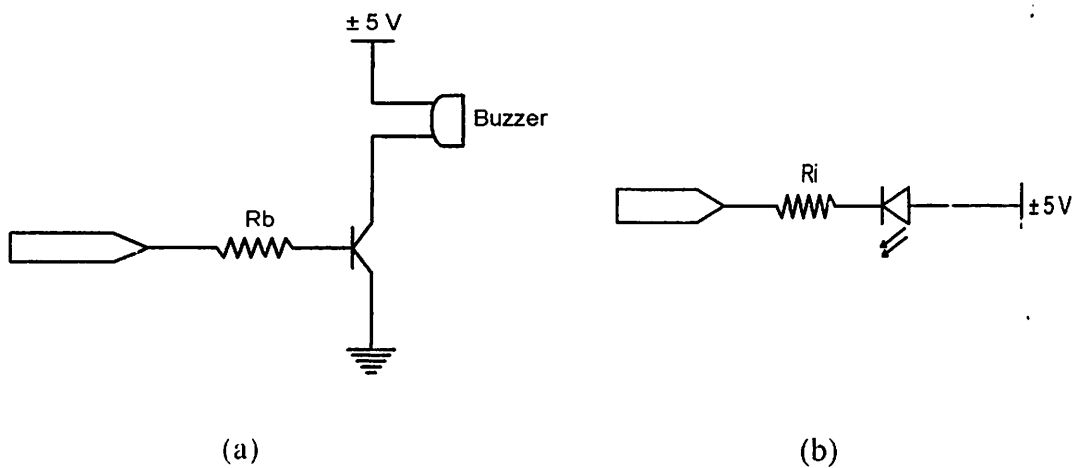
Sehingga nilai R_b adalah

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{V_{hh} - V_{be}}{I_b} \\ &= \frac{5 - 0,7}{9,1 \times 10^{-5}} \\ &= \frac{4,3}{9,1 \times 10^{-5}} \\ &= 47253 \Omega \end{aligned}$$

Untuk V_{be} 0,7 Volt karena transistor tersebut terbuat dari bahan silikon, jadi R_b nya adalah 47253 Ω maka tahanan yang dipasang pada rangkaian adalah 47 k Ω .

3.4. Perencanaan rangkaian *Buzzer*

Rangkaian buzzer berfungsi sebagai pemberitahuan bilamana air telah melewati sensor batas bawah air yang ada di dalam tangki atau air telah habis, rangkaian buzzer dibangun dari sebuah transistor NPN type C9014 yang berfungsi sebagai switch, sebuah buzzer 5 Volt dan sebuah resistor. Rangkaian lampu indikator dibangun dari sebuah led dan sebuah resistor seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 3.5. a.) Rangkaian buzzer dan b.) Indikator

Diketahui :

$$H_{fe} (9014) = 250$$

$$V_{bb} = 5 \text{ Volt}$$

$$V_{ce \text{ on}} = 0,2 \text{ Volt}$$

$$V_{be \text{ on}} = 0,7 \text{ Volt}$$

$$V_{cc} = 5 \text{ Volt}$$

$$I_{\text{ buzzer}} = 100 \text{ mA}$$

Maka :

$$I_b = \frac{I_c}{H_{fe}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{100mA}{250} \\
 &= 400 \mu A \\
 R_b &= \frac{(V_{bb} - V_{be})}{I_b} \\
 &= \frac{(5 - 0,7)}{400 \mu A} \\
 &= 10750 \Omega \approx 10 \text{ k} \Omega
 \end{aligned}$$

Tahanan rangkaian indikator (R_i) dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui :

$$V_{led} = 1,6 \text{ Volt}$$

$$I_{max} = 20 \text{ mA}$$

Direncanakan arus yang melewati LED sebesar 15 mA, maka :

$$\begin{aligned}
 V_{bb} - V_{R_i} - V_{led} &= 0 \\
 V_{bb} - (I \times R_i) - V_{led} &= 0 \\
 R_i &= \frac{(V_{bb} - V_{led})}{I} \\
 &= \frac{(5 - 1,6)}{15mA} \\
 &= 226,67 \Omega \approx 220 \Omega
 \end{aligned}$$

3.5. Kapasitas Accumulator

Dalam memilih accumulator sebagai sumber daya listrik untuk tugas tertentu, banyak faktor yang harus dipertimbangkan. Apakah accumulator portable ataukah stasioner, ukuran, berat dan aplikasinya. Spesifikasi listrik menunjukkan bahwa tegangan sistem menentukan jumlah sel dalam accumulator dan waktu serta arus pengisian menentukan kapasitasnya. Kapasitas accumulator dinyatakan dalam ampere jam atau ampere hour (Ah) atau wattjam (Wh). Untuk Ampere hour (Ah), arus dalam ampere dan waktu pengisian dalam jam. Sebuah accumulator dengan kapasitas 100 (Ah) pada harga 10 jam dapat menyediakan 10 A untuk 10 jam. Pengosongan yang melebihi 10 A, kapasitas accumulator yang disediakan akan kurang dari 100 Ah.

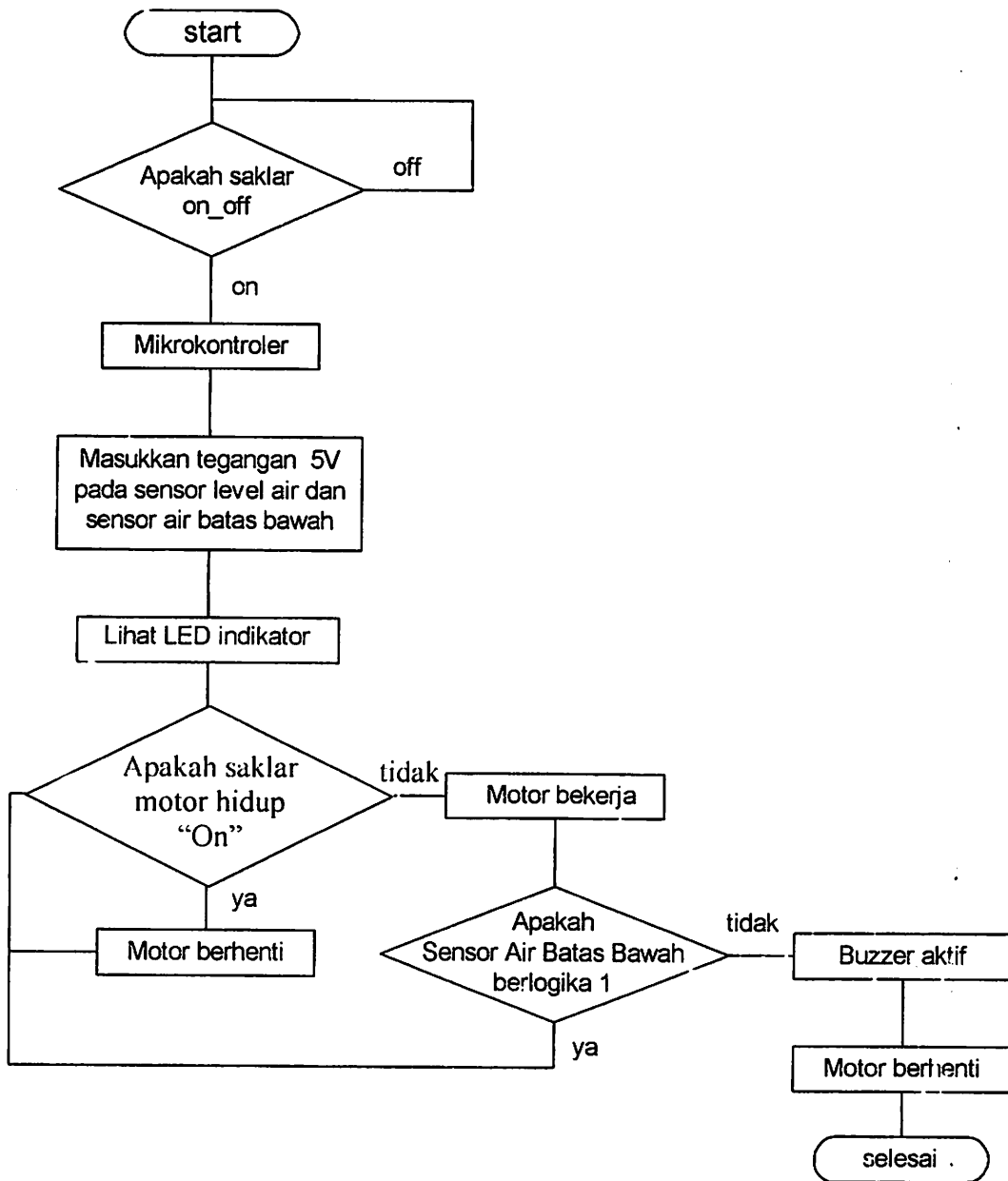
Hasil dari tegangan rata-rata pengosongan dan kapasitas ampere jam akan memberikan kapasitas watt perjam dari suatu accumulator. Misalnya sebuah baterai dengan kapasitas nominal 100 Ampere jam. Pada pengosongan selama 10 jam harga tegangan pengosongan perselnya adalah 1,94 Volt, maka harga kapasitas watt jamnya adalah $100 \times 1,94$ atau 194 wattjam per sel. Untuk harga nominal watt jam biasanya diambil 2 Volt per sel untuk tegangan pengosongan rata-rata. Accumulator pada alat ini sangat vital kegunaannya yaitu sebagai sumber utama penyimpanan energi listrik yang digunakan untuk sumber penggerak rangkaian kontrol dan motor DC. Accumulator yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Merk : YUASA

Tegangan : 12 Volt

Kapasitas : 5 Ah

3.6. Perencanaan Perangkat Lunak



Gambar 3.7. Flow chat perangkat lunak

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

4.1. Prinsip Kerja Alat

Alat ini bekerja menurut sensor level air yang diproses oleh mikrokontroler AT89S51, sebagai sensor untuk penggerak awal motor DC pada saat pengoperasian alat adalah sensor level air batas bawah yang terpasang paling bawah dari susunan sensor level air agar supaya pada saat air masih penuh atau permukaan air berada diatas sensor level air batas bawah maka sensor level air batas bawah berlogika “1” atau high dan memberi perintah pada mikrokontroler supaya motor bekerja.

Sedangkan pada saat permukaan air berada dibawah sensor level air batas bawah maka sensor ini akan berlogika “0” sehingga akan memberi perintah mikrokontroler supaya motor berhenti bekerja. Akan tetapi pada saat proses bekerjanya alat, tiba-tiba motor berhenti bekerja maka kemungkinannya adalah sensor saklar yang terpasang pada pipa keluaran berlogika “1” sehingga motor harus berhenti bekerja karena tekanan air yang dipompa oleh motor telah mengaktifkan sensor saklar untuk memberi perintah mikrokontroler supaya motor berhenti bekerja meskipun sensor level air batas bawah berlogika “1” atau high.

Jika tekanan air didalam pipa telah berkurang atau sensor saklar berlogika “0” maka sensor saklar akan memberi perintah mikrokontroler supaya motor kembali bekerja.

Dalam rangkaian pengujian alat tersebut, pada bab ini akan diuraikan sejumlah pengukuran dan percobaan yang dilakukan untuk mengetahui kerja alat tersebut secara keseluruhan. Bagian-bagian yang diuji adalah :

1. Pengujian sensor
2. Pengujian motor DC
3. Pengujian driver
4. Pengujian Software

4.2. Pengujian Sensor

Tujuan pengujian sensor ini adalah untuk mengetahui apakah sensor sudah benar-benar bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang direncanakan, yaitu sebagai sinyal masukan untuk mikrokontroler.

Rangkaian pengujian sensor ini dapat dilihat pada gambar 4.1, dari gambar tersebut dapat kita ketahui bahwa komponen yang kita pakai untuk menguji sensor adalah sebagai berikut :

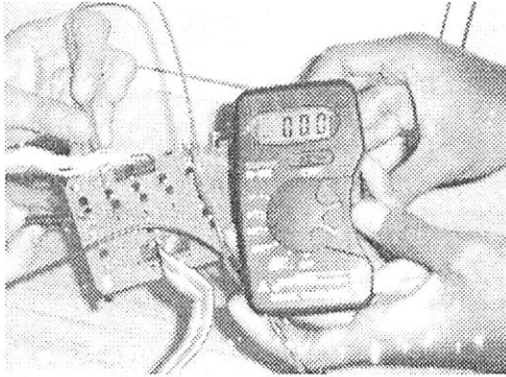
- Multimeter digital
- Sensor Level Air

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :

Untuk sensor level air ;

- Mengatur saklar multimeter pada posisi ohm meter. Apakah multimeter ada fasilitas buzzer maka dapat digunakan supaya pengujian sensor ini lebih mudah.
- Menghubungkan multimeter dengan sensor level air.

- ☞ Mengamati dan mencatat hasil pengujian, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4-1.
- ☞ Membuat analisa apakah nantinya sensor ini dapat bekerja dengan baik



Sensor level air aktif



Sensor level air tidak aktif

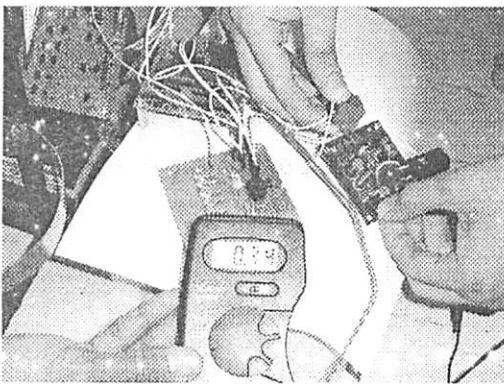
Gambar 4-1. Rangkaian pengujian sensor**Tabel 4.1.** Data hasil Percobaan Pengukuran sensor

No	Hasil yang direncanakan	Hasil yang diperoleh
1.	Pada saat sensor level air berada dibawah permukaan air maka saat diukur menggunakan multimeter, angka yang ditunjukkan adalah "0" karena sensor level air terhubung dengan air yang telah dialiri arus listrik oleh mikrokontroler.	Multimeter menunjukkan angka "0" dan buzzer pada rangkaian mikrokontroler tidak berbunyi.
2.	Jika sensor level air berada diatas permukaan air maka saat diukur menggunakan multimeter, angka yang ditunjukkan adalah "1" karena sensor level air tidak terhubung dengan air	Multimeter menunjukkan angka "1" karena sensor level air tidak terhubung dengan air

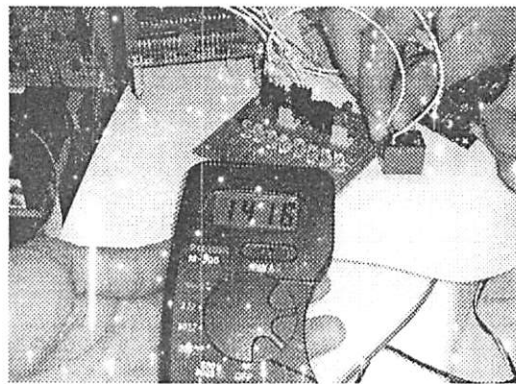
Dari tabel 4-1 dapat diketahui bahwa saklar (sensor) sudah berjalan dengan baik dan untuk sensor level air juga bekerja dengan baik.

4.3. Pengujian *Driver*

Tujuan pengujian rangkaian *driver* adalah untuk mendapatkan tegangan keluaran dari *driver* tersebut, apakah mampu berfungsi untuk menggerakkan / mengendalikan relay. Dibawah ini gambar proses pengujian *drive*.



Rangkaian driver aktif



Rangkaian driver tidak aktif

Gambar 4.2. Pengujian Rangkaian Driver

Data hasil pengujian rangkaian *driver* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Rangkaian *Driver*

Input Driver (volt)	Output driver(Volt)	Kondisi relay
0	0.34	NO
5	14.10	NC

Keterangan alat yang digunakan:

- Multimeter digital
- Catu daya 5 volt
- Rangkaian Driver

NC (*normally closed*)

NO (*normally open*)

4.4. Pengujian Software

Tujuan pengujian software adalah untuk mengetahui kerja software dalam mengakses MCU AT89S51 dalam melakukan fungsinya sebagai pengontrol motor DC.

Peralatan yang digunakan didalam pengujian software adalah :

- ✘ PC (Personal Komputer).
- ✘ Rangkaian yang sudah jadi
- ✘ Serial EEPROM
- ✘ Kabel penghubung.

Langkah-langkah Pengujian software adalah sebagai berikut :

- ☞ Mendownload program ke MCU AT89S51.
- ☞ Mengaktifkan power .
- ☞ Mengamati tampilan pada lead apakah sesuai dengan yang direncanakan.
- ☞ Membuat analisa apakah alat ini bekerja dengan baik.

Tabel 4-4. Data hasil percobaan pengujian Software

Hasil yang direncanakan	Hasil yang diperoleh
Mikrokontroler dapat menerima masukan dari rangkaian sensor dan mengelolanya menjadi keluaran berupa LED dan motor DC.	Mikrokontroler dapat menampilkan karakter berupa nyala LED dan mengatur kerja motor DC sesuai dengan yang direncanakan.

Dari tabel 4-4 dapat diketahui bahwa software dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang direncanakan yaitu software dapat mengeluarkan karakter berupa nyala LED dan mengatur kerja motor DC sesuai dengan yang direncanakan.

4.5. Spesifikasi Alat

1. Mikrokontroler AT89S51 sebagai pengolah data masukan menjadi data keluaran IC 7805 sebagai regulator rangkaian.
2. LED sebagai indikator Level air.
3. Relay yang menggunakan 12 V.
4. Motor DC sebagai penggerak piston.

4.7. Pengujian sistem keseluruhan

Tujuan dari pengujian sistem keseluruhan adalah untuk mengetahui cara kerja piranti setelah perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan secara bersama-sama. Pengujian sistem secara keseluruhan diuji atas beberapa tahap berdasarkan tampilan menu dan mengikuti diagram alir atau flow chat dalam perencanaan pada bab III.

Tahap-tahap sistem secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan piranti dan memastikan bahwa catu daya telah terpasang dengan benar.
- Memasang sensor level air didalam tangki dan saklar (sensor) pada pipa keluaran.
- Menyalakan piranti yang telah direncanakan dan dibuat.
- Menyalakan rangkaian yang telah dipasang dengan sensor.
- Setelah LED menyala yang menandakan posisi air yang diukur oleh sensor level air maka motor akan bekerja.

Sensor level air batas bawah berfungsi sebagai sensor untuk penggerak awal motor pada saat mengoperasikan alat dan pada saat proses bekerjanya alat, tiba-tiba motor berhenti bekerja maka kemungkinannya adalah sensor saklar yang terpasang pada pipa keluaran berlogika "1" sehingga motor harus berhenti bekerja karena tekanan air yang dipompa oleh motor telah mengaktifkan sensor saklar untuk memberi perintah mikrokontroler supaya motor berhenti bekerja meskipun sensor level air batas bawah berlogika "1" atau high.

Jika tekanan air didalam pipa telah berkurang atau sensor saklar berlogika "0" maka sensor saklar akan memberi perintah mikrokontroler supaya motor kembali bekerja.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari Perencanaan dan Pembuatan Alat Penyemprot Hama Pada Tanaman Menggunakan Mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut:

1. Proses pengaturan motor adalah pada sensor air batas bawah, yang mendeteksi ketinggian air dimana sensor air batas bawah outputnya berupa tegangan yang dikuatkan dan diubah menjadi tegangan digital.
2. Dari proses pengaturan tersebut bila sensor air batas bawah berlogika "1" / high maka motor akan bekerja untuk memompa air dan bila sensor air batas bawah berlogika "0" / low maka buzzer akan aktif, disini buzzer digunakan sebagai alat penanda yang berupa suara. Selanjutnya motor akan berhenti bekerja untuk memompa air.
3. Data hasil pengujian rangkaian *driver* dapat diketahui bahwa output *driver* pada saat aktif adalah 0.34 V dengan inputan dari mikrokontroler 5 V dan pada saat *driver* tidak aktif adalah 14.10 V untuk *driver* tidak aktif dengan inputan dari mikrokontroler 0 V untuk *driver* aktif.
4. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, Mikrokontroler dapat menerima masukan dari rangkaian sensor dan mengelolanya menjadi keluaran berupa inputan tampilan LED serta mengatur kerja motor DC sesuai dengan yang direncanakan..

5.2. Saran-saran

1. Bila digunakan secara terus menerus penggunaan motor, maka yang terjadi adalah accumulator akan cepat habis.
2. Diharapkan dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor tekanan pada outputan sehingga dapat mengatur kapan motor harus bekerja dan kapan motor harus berhenti bekerja.
3. Dalam penggunaan alat penyemprot hama menggunakan mikrokontroler AT89S51 perlu ditambahkan LCD *display* sebagai pengganti LED dan perlu ditambahkan proteksi pada motor sebagai pengaman motor DC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Data Sheet Mikrokontroler AT89S51. *Atmel Corp*
- [2]. F. Suryatmo, Teknik Listrik Arus Searah, BUMI PERKASA, Jakarta
- [3]. KF Ibrahim, *Teknik Digital*, ANDI, Yogyakarta.
- [4]. Zuhail, *Dasar Teknik Listrik*, ITB, Bandung.
- [5]. Paulus Andi Nalwan, *Panduan Praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, Elex Media Komputindo, Jakarta
- [6]. www.globalspec.com
- [7]. www.delta-electronic.com
- [8]. www.alldatasheet.com
- [9]. www.alds.edu.com



LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama : WAHYU SETYA BUDI
Nim : 03.52.021
Judul : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT
PENYEMPROT HAMA PADA TANAMAN
MENGUNAKAN MIKROKONTROLER AT89S51

No	Tanggal	Materi	Paraf
1	10 April 07	Selesai Bab III, tentang rancangan alat, lengkap dengan spektrumnya.	
2	20 Mei 07	Lanjutan Bab IV. pembuatan alat. Lengkapi penyusunan alat.	
3	2 Juli 07	Selesai kompilasi bantukan Bab II dan Bab IV, membuat daftar isinya.	
4	5 Agustus 07	Lanjutan Bab II, teori kelaya mendukung Bab III. Saja.	
5	15 September 07	Ace menyelesaikan ujian TA	

Malang, 15 Sept 2007
Mengetahui Dosen Pembimbing

(Ir. Taufik Hidayat, MT)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRONIKA D-III
KONSENTRASI ELEKTRONIKA MALANG

**BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Wahyu Setya Budi
NIM : 0352021
Jurusan : Teknik Elektro DIII
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Tugas Akhir : Perencanaan dan Pembuatan Alat
Penyemprot Hama Pada Tanaman
Menggunakan Mikrokontroler AT89S51.

Dihadapan dihadapan majelis Tugas Akhir Jenjang Diploma III (D-III) pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 22 September 2007
Dengan Nilai : 82,50

Panitia Ujian Tugas Akhir

Ketua

Sekretaris

Ir.Mochtar Asroni, MSME
NIP.P.1018100036

Ir. Choirul Shaleh, MT
NIP.P.1018800190

Anggota Penguji

Penguji I

Penguji II

Ir. Teguh Herbasuki, MT

Ir. M. Abdul Hamid, MT



FORMULIR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Dari hasil ujian komprehensif Jenjang Diploma III (D-III) Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Energi Listrik yang diselenggarakan pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 22 September 2007

Telah dilakukan perbaikan Tugas Akhir oleh :

Nama : Wahyu Setya Budi
NIM : 0352021
Jurusan : Teknik Elektro D-III
Konsentrasi : Energi Listrik
Judul : Perencanaan dan Pembuatan Alat Penyemprot Hama Pada Tanaman Menggunakan Mikrokontroler AT89S51.

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1	Tujuan	
2	Kesimpulan seyogyanya diambil dari pengujian (hasil pengujian) dan disesuaikan dengan tujuan	
3	Diagram Blok	

Penguji I

Ir. Teguh Herbasuki, MT

Penguji II

Ir. M. Abdul Hamid, MT

Mengetahui
Dosen Pembimbing

Ir. Taufik Hidayat, MT

LAMPIRAN

```

driver_motor          bit      P3.3
driver_buzzer        bit      P3.4
indikator_buzzer     bit      P3.5
saklar_tekanan       bit      P2.0
sensor_air_bts_bwh   bit      P2.1
;
; =====
; Port 1 Masukan Sensor Level Air
; Port 0 Indikator Level Air
; =====
Org      00h
; =====
      Mov      P3,#00h
; =====

```

Status_Level_Air:

```

      mov      A,P1
      cjne    A,#0ffh,led_7
      mov     P0,#0ffh
      jmp     Status_Bts_Bawah
led_7:
      cjne    A,#7fh,led_6
      mov     P0,#7fh
      jmp     Status_Bts_Bawah
led_6:
      cjne    A,#3fh,led_5
      mov     P0,#3fh
      jmp     Status_Bts_Bawah
led_5:
      cjne    A,#1fh,led_4
      mov     P0,#1fh
      jmp     Status_Bts_Bawah
led_4:
      cjne    A,#0fh,led_3
      mov     P0,#0fh
      jmp     Status_Bts_Bawah
led_3:
      cjne    A,#07h,led_2
      mov     P0,#07h
      jmp     Status_Bts_Bawah
led_2:
      cjne    A,#03h,led_1
      mov     P0,#03h
      jmp     Status_Bts_Bawah
led_1:
      cjne    A,#01h,Led_0
      mov     P0,#01h
      jmp     Status_Bts_Bawah
led_0:
      cjne    A,#00h,Status_Bts_Bawah
      mov     P0,#00h
      jmp     Status_Bts_Bawah

Status_Bts_Bawah:
      jb      sensor_air_bts_bwh,motor_mati2
      jmp     Status_Tekanan

Status_Tekanan:
      jnb     saklar_tekanan,Motor_Mati
      setb    Driver_Motor
      jmp     Status_Level_Air

Motor_Mati:
      clr     Driver_Motor
      jmp     Status_Level_Air

```

Motor_mati2:

Setb	Driver_buzzer
setb	indikator_buzzer
Clr	Driver_Motor
Jmp	Status_Level_Air

end

Features

- Compatible with MCS-51® Products
- 4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
- Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- V_{CC} to 5.5V Operating Range
- Low Power Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Two-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 8 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Five Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Two Data Pointers
- Power-off Flag
- Short Programming Time
- Optional In-System Programming (Byte and Page Mode)

Description

AT89S51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 4K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using advanced high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S51 is a powerful microcontroller which provides a cost-effective and flexible solution to many embedded control applications.

AT89S51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of internal RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, two 16-bit timer/counters, a five-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and support circuitry. In addition, the AT89S51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM content but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external reset or hardware reset.



8-bit Microcontroller with 4K Bytes In-System Programmable Flash

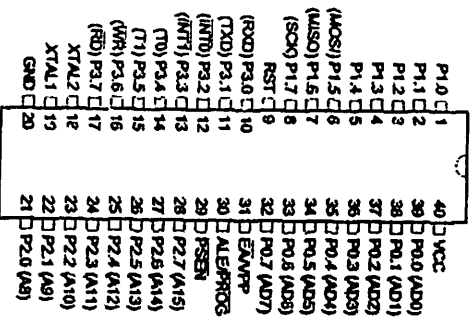
AT89S51



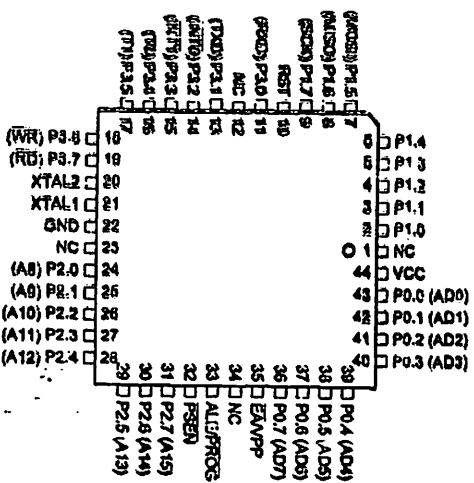


Configurations

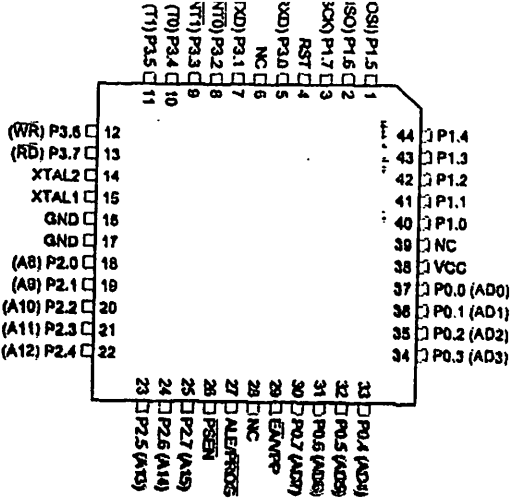
PDIP



PLCC

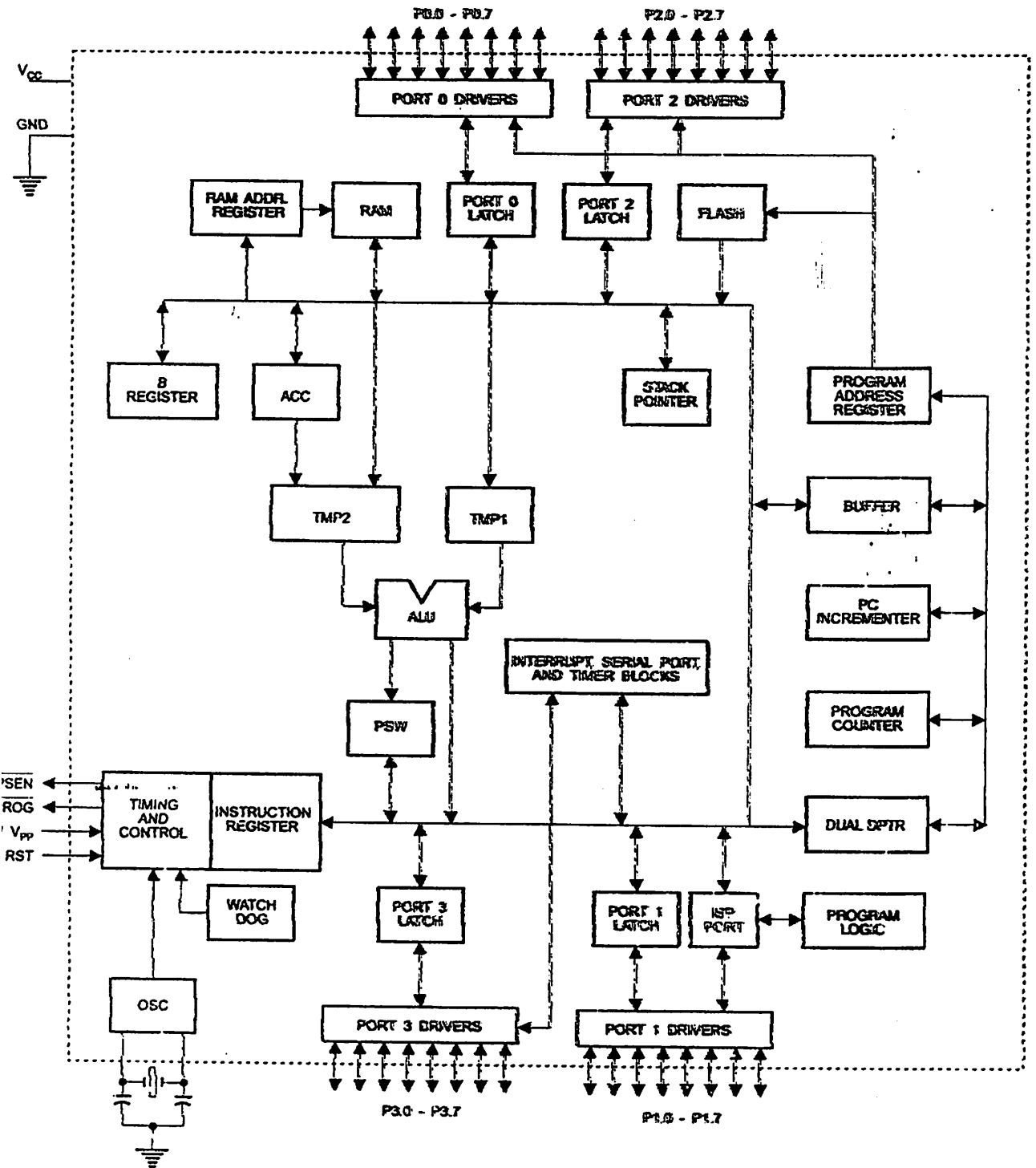


TQFP



AT89S51

Block Diagram





Description

Supply voltage.

Ground.

Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pull-ups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pull-ups are required during program verification.

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{OL}) because of the internal pull-ups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.5	MOSI (used for In-System Programming)
P1.6	MISO (used for In-System Programming)
P1.7	SCK (used for In-System Programming)

Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{OL}) because of the internal pull-ups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DFTR). In this application, Port 2 uses strong internal pull-ups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{OL}) because of the pull-ups.

Port 3 receives some control signals for Flash programming and verification.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S51, as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. This pin drives High for 98 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISRTO, the RESET HIGH out feature is enabled.

PROG

Address Latch Enable (ALE) is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

P

Program Store Enable ($\overline{\text{PSEN}}$) is the read strobe to external program memory.

When the AT89S51 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

PP

External Access Enable. $\overline{\text{EA}}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{\text{EA}}$ will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming.

1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

2

Output from the inverting oscillator amplifier



Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

								0FFH
B 0000C300								0F7H
								0EFH
ACC 00000000								0E7H
								0DFH
PSW 00000000								0D7H
								0CFH
								0C7H
IP XX000000								0BFH
P3 11111111								0B7H
IE 0X000000								0AFH
P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0				WDRST XXXXXXXXX		0A7H
SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXX							9FH
P1 11111111								97H
TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXXXXXXX0		8FH
P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 00000000	87H

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Interrupt Registers: The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the five interrupt sources in the IP register.

Table 2. AUXR: Auxiliary Register

AUXR		Address = 8EH				Reset Value = XXX0XX0B		
Not Bit Addressable								
Bit	-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
	7	6	5	4	3	2	1	0
-	Reserved for future expansion							
DISALE	Disable/Enable ALE							
	DISALE							
	Operating Mode							
	0	ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency						
	1	ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction						
DISRTO	Disable/Enable Reset out							
	DISRTO							
	0	Reset pin is driven High after WDT times out						
	1	Reset pin is input only						
WDIDLE	Disable/Enable WDT in IDLE mode							
	WDIDLE							
	0	WDT continues to count in IDLE mode						
	1	WDT halts counting in IDLE mode						

Dual Data Pointer Registers: To facilitate accessing both internal and external data memory, two banks of 16-bit Data Pointer Registers are provided: DP0 at SFR address locations 82H-83H and DP1 at 84H-85H. Bit DPS = 0 in SFR AUXR1 selects DP0 and DPS = 1 selects DP1. The user should always initialize the DPS bit to the appropriate value before accessing the respective Data Pointer Register.





Power Off Flag: The Power Off Flag (POF) is located at bit 4 (PCON.4) in the PCON SFR. POF is set to "1" during power up. It can be set and reset under software control and is not affected by reset.

Table 3. AUXR1: Auxiliary Register 1

AUXR1							
Address = A2H							
Reset Value = XXXXXXX0B							
Not Bit Addressable							
	-	-	-	-	-	-	DPS
Bit	7	6	5	4	3	2	1
-	Reserved for future expansion						
DPS	Data Pointer Register Select						
	DPS						
0	Selects DPTR Registers DP0L, DP0H						
1	Selects DPTR Registers DP1L, DP1H						

MCS-51 devices have a separate address space for Program and Data Memory. Up to 64K bytes each of external Program and Data Memory can be addressed.

If the \overline{EA} pin is connected to GND, all program fetches are directed to external memory.

On the AT89S51, if \overline{EA} is connected to V_{CC} , program fetches to addresses 0000H through FFFH are directed to internal memory and fetches to addresses 1000H through FFFFH are directed to external memory.

The AT89S51 implements 128 bytes of on-chip RAM. The 128 bytes are accessible via direct and indirect addressing modes. Stack operations are examples of indirect addressing, so the 128 bytes of data RAM are available as stack space.

The WDT is intended as a recovery method in situations where the CPU may be subjected to software upsets. The WDT consists of a 14-bit counter and the Watchdog Timer Reset (WDTRST) SFR. The WDT is defaulted to disable from exiting reset. To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. The WDT timeout period is dependent on the external clock frequency. There is no way to disable the WDT except through reset (either hardware reset or WDT overflow reset). When WDT overflows, it will drive an output RESET HIGH pulse at the RST pin.

To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, the user needs to service it by writing 01EH and 0E1H to WDTRST to avoid a WDT overflow. The 14-bit counter overflows when it reaches 16383 (3FFFH), and this will reset the device. When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. This means the user must reset the WDT at least every 16383 machine cycles. To reset the WDT the user must write 01EH and 0E1H to WDTRST. WDTRST is a write-only register. The WDT counter cannot be read or written. When WDT overflows, it will generate an output RESET pulse at the RST pin. The RESET pulse duration is $98 \times TOSC$, where $TOSC = 1/FOSC$. To make the best use of the WDT, it

AT89S51

should be serviced in those sections of code that will periodically be executed within the time required to prevent a WDT reset.

T During Power-down Idle

In Power-down mode the oscillator stops, which means the WDT also stops. While in Power-down mode, the user does not need to service the WDT. There are two methods of exiting Power-down mode: by a hardware reset or via a level-activated external interrupt, which is enabled prior to entering Power-down mode. When Power-down is exited with hardware reset, servicing the WDT should occur as it normally does whenever the AT89S51 is reset. Exiting Power-down with an interrupt is significantly different. The interrupt is held low long enough for the oscillator to stabilize. When the interrupt is brought high, the interrupt is serviced. To prevent the WDT from resetting the device while the interrupt pin is held low, the WDT is not started until the interrupt is pulled high. It is suggested that the WDT be reset during the interrupt service for the interrupt used to exit Power-down mode.

To ensure that the WDT does not overflow within a few states of exiting Power-down, it is best to reset the WDT just before entering Power-down mode.

Before going into the IDLE mode, the WDIDLE bit in SFR AUXR is used to determine whether the WDT continues to count if enabled. The WDT keeps counting during IDLE (WDIDLE bit = 0) as the default state. To prevent the WDT from resetting the AT89S51 while in IDLE mode, the user should always set up a timer that will periodically exit IDLE, service the WDT, and reenter IDLE mode.

With WDIDLE bit enabled, the WDT will stop to count in IDLE mode and resumes the count upon exit from IDLE.

UART

The UART in the AT89S51 operates the same way as the UART in the AT89C51. For further information on the UART operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S51 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51. For further information on the timers' operation, refer to the ATMEL Web site (<http://www.atmel.com>). From the home page, select 'Products', then '8051-Architecture Flash Microcontroller', then 'Product Overview'.

Interrupts

The AT89S51 has a total of five interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), two timer interrupts (Timers 0 and 1), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 1.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table 4 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89S51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle.



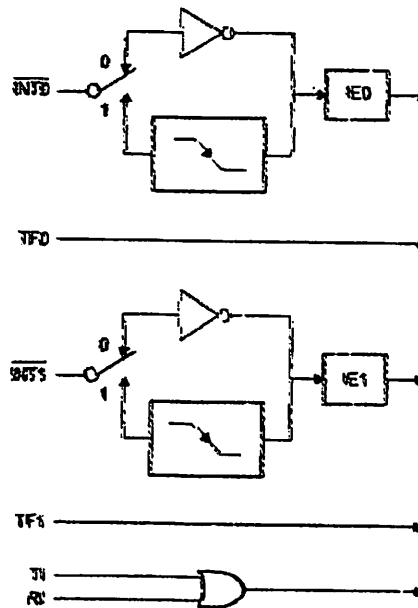
Table 4. Interrupt Enable (IE) Register

(MSB)			(LSB)				
EA	-	-	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
Enable Bit = 1 enables the interrupt.							
Enable Bit = 0 disables the interrupt.							

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
-	IE.6	Reserved
-	IE.5	Reserved
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit

User software should never write 1s to reserved bits, because they may be used in future AT89 products.

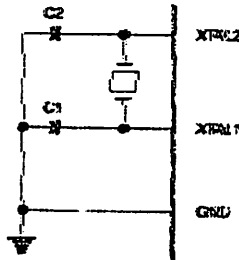
Figure 1. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

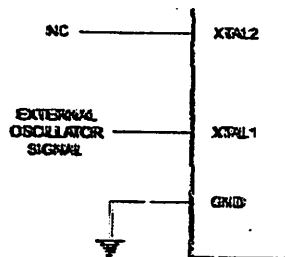
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 3. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Figure 2. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals = 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 3. External Clock Drive Configuration



Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special function registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

Power-down Mode

In the Power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes Power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the Power-down mode is terminated. Exit from Power-down mode can be initiated either by a hardware reset or by activation of an enabled external interrupt into INT0 or INT1. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.





Table 5. Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

gram
nory Lock

The AT89S51 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

Table 6. Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MONC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, \overline{EA} is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the \overline{EA} pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value and holds that value until reset is activated. The latched value of \overline{EA} must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

programming
Flash –
parallel Mode

The AT89S51 is shipped with the on-chip Flash memory array ready to be programmed. The programming interface needs a high-voltage (12-volt) program enable signal and is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89S51 code memory array is programmed byte-by-byte.

Programming Algorithm: Before programming the AT89S51, the address, data, and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 13 and 14. To program the AT89S51, take the following steps:

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise \overline{EA}/V_{PP} to 12V.
5. Pulse ALE/ \overline{PROG} once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 50 μ s. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89S51 features Data Polling to indicate the end of a byte write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P0.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

AT39S51

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/ $\overline{\text{BSY}}$ output signal. P3.0 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate $\overline{\text{BUSY}}$. P3.0 is pulled high again when programming is done to indicate $\overline{\text{READY}}$.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The status of the individual lock bits can be verified directly by reading them back.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 00H, 100H, and 200H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(00H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
 (100H) = 51H indicates 89S51
 (200H) = 06H

Chip Erase: In the parallel programming mode, a chip erase operation is initiated by using the proper combination of control signals and by pulsing ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ low for a duration of 200 ns - 500 ns.

In the serial programming mode, a chip erase operation is initiated by issuing the Chip Erase instruction. In this mode, chip erase is self-timed and takes about 500 ms.

During chip erase, a serial read from any address location will return 00H at the data output.

Programming Flash – al Mode

The Code memory array can be programmed using the serial ISP interface while RST is pulled to V_{CC} . The serial interface consists of pins SCK, MOSI (input) and MISO (output). After RST is set high, the Programming Enable instruction needs to be executed first before other operations can be executed. Before a reprogramming sequence can occur, a Chip Erase operation is required.

The Chip Erase operation turns the content of every memory location in the Code array into FFH.

Either an external system clock can be supplied at pin XTAL1 or a crystal needs to be connected across pins XTAL1 and XTAL2. The maximum serial clock (SCK) frequency should be less than 1/16 of the crystal frequency. With a 33 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 2 MHz.

Programming rithm

To program and verify the AT89S51 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

1. Power-up sequence:

Apply power between VCC and GND pins.

Set RST pin to "H".

If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 33 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.

2. Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 16.
3. The Code array is programmed one byte at a time in either the Byte or Page mode. The write cycle is self-timed and typically takes less than 0.5 ms at 5V.
4. Any memory location can be verified by using the Read instruction that returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal device operation.





Power-off sequence (if needed):

Set XTAL1 to "L" (if a crystal is not used).

Set RST to "L".

Turn V_{CC} power off.

Data Polling: The Data Polling feature is also available in the serial mode. In this mode, during a write cycle an attempted read of the last byte written will result in the complement of the MSB of the serial output byte on MISO.

The Instruction Set for Serial Programming follows a 4-byte protocol and is shown in Table 8 on page 18.

al
ramming
uction Set

ramming
rface –
parallel Mode

Every code byte in the Flash array can be programmed by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

7. Flash Programming Modes

	V_{CC}	RST	PSEN	ALE/ PROG	EA/ V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.3-0	P1.7-0
												Address	
Code Data	5V	H	L		12V	L	H	H	H	H	D_{out}	A11-6	A7-0
Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D_{out}	A11-8	A7-0
Lock Bit 1	5V	H	L		12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Lock Bit 2	5V	H	L		12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Lock Bit 3	5V	H	L		12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Lock Bits	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Erase	5V	H	L		12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Atmel ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	0000	00H
Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	51H	0001	00H
Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	05H	0010	00H

1. Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Chip Erase.
2. Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Write Code Data.
3. Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Write Lock Bits.
4. RDY/BSY signal is output on P3.0 during programming.
5. X = don't care.

AT89S51

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

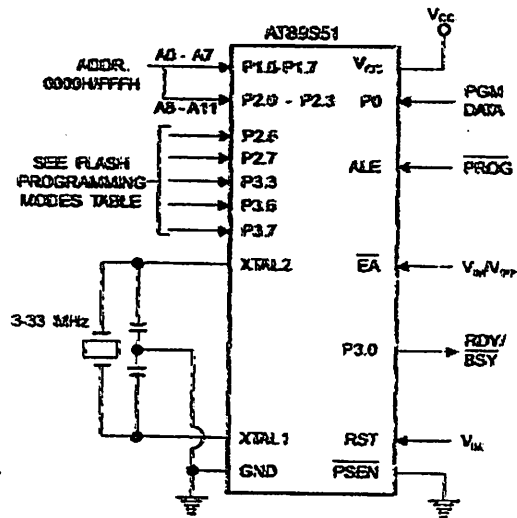
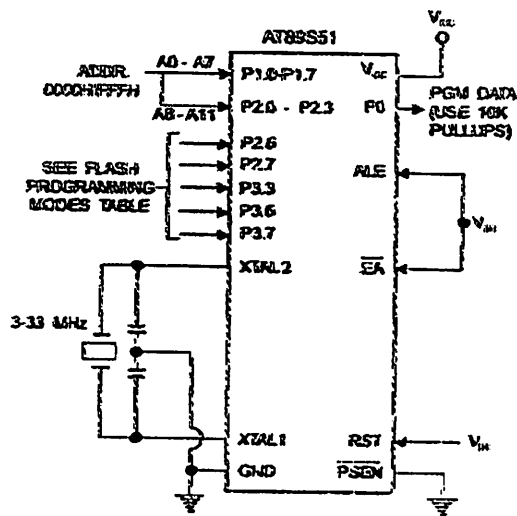


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



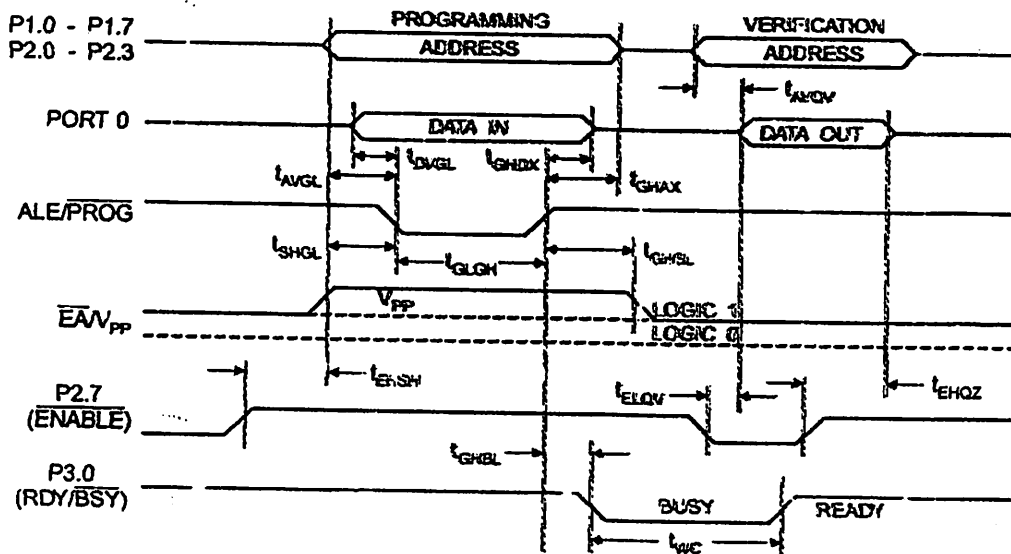


h Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

0°C to 30°C, $V_{CC} = 4.5$ to $5.5V$

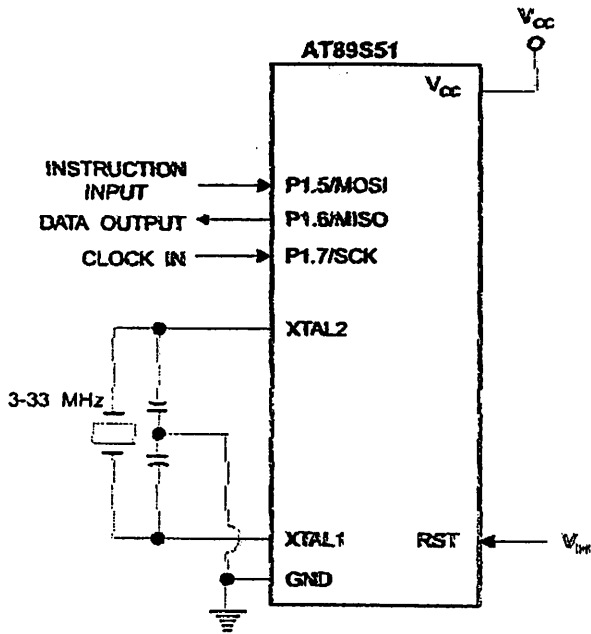
Parameter	Min	Max	Units
Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
Programming Supply Current		10	mA
V_{CC} Supply Current		30	mA
Oscillator Frequency	3	33	MHz
Address Setup to \overline{PROG} Low	$48t_{CLCL}$		
Address Hold After \overline{PROG}	$48t_{CLCL}$		
Data Setup to \overline{PROG} Low	$48t_{CLCL}$		
Data Hold After \overline{PROG}	$48t_{CLCL}$		
P2.7 (ENABLE) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
V_{PP} Setup to \overline{PROG} Low	10		μs
V_{PP} Hold After \overline{PROG}	10		μs
\overline{PROG} Width	0.2	1	μs
Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
ENABLE Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
Data Float After ENABLE	0	$48t_{CLCL}$	
\overline{PROG} High to \overline{BUSY} Low		1.0	μs
Byte Write Cycle Time		50	μs

6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode



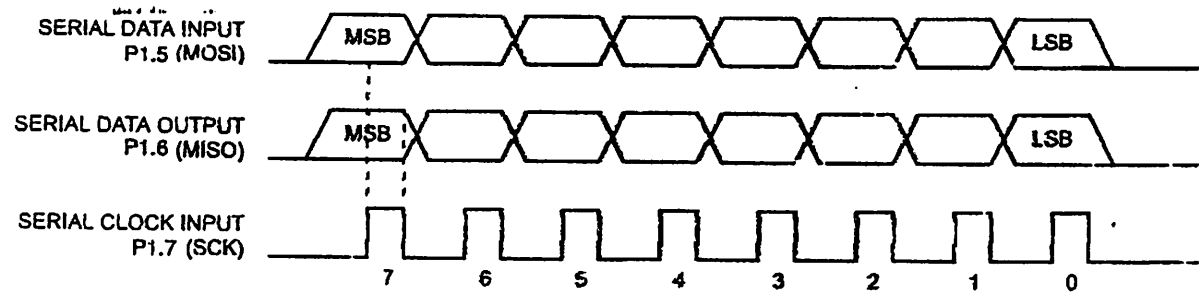
AT89S51

7. Flash Memory Serial Downloading



8. Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

8. Serial Programming Waveforms





8. Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output)	Enable Serial Programming while RST is high
Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxxx A1 A2 AB	A0 A1 A2 AB	A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 AA AB	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx A1 A2 AB	A0 A1 A2 AB	A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 AA AB	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits ⁽²⁾	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx B1 B2 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes ⁽¹⁾	0010 1000	xxx A5 A6 A7 A8	A9 xxxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx A1 A2 AB	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxxx A1 A2 AB	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes).

1. The signature bytes are not readable in Lock Bit Modes 3 and 4.

2. B1 = 0, B2 = 0 → Mode 1, no lock protection
 B1 = 0, B2 = 1 → Mode 2, lock bit 1 activated
 B1 = 1, B2 = 0 → Mode 3, lock bit 2 activated
 B1 = 1, B2 = 1 → Mode 4, lock bit 3 activated

Each of the lock bits needs to be activated sequentially before Mode 4 can be executed.

After Reset signal is high, SCK should be low for at least 64 system clocks before it goes high to clock in the enable data bytes. No pulsing of Reset signal is necessary. SCK should be no faster than 1/16 of the system clock at XTAL1.

For Page Read/Write, the data always starts from byte 0 to 255. After the command byte and upper address byte are latched, each byte thereafter is treated as data until all 256 bytes are shifted in/out. Then the next instruction will be ready to be decoded.

Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

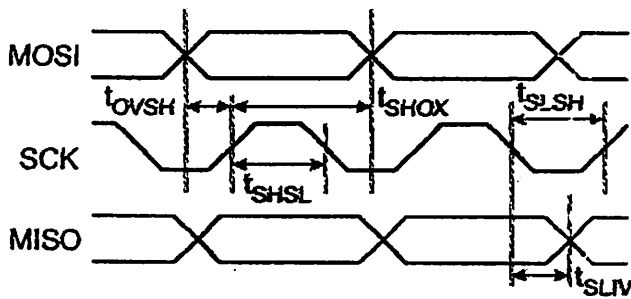


Table 9. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
f_{CLK}	Oscillator Frequency	0		33	MHz
T_{CLK}	Oscillator Period	30			ns
t_{SL}	SCK Pulse Width High	$8 t_{CLK}$			ns
t_{SH}	SCK Pulse Width Low	$8 t_{CLK}$			ns
t_{SH}	MOSI Setup to SCK High	t_{CLK}			ns
t_{HOX}	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLK}$			ns
t_{SLV}	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
t_{ASE}	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
t_{WC}	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLK} + 400$	μs





Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
Output Current.....	15.0 mA

NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Characteristics

Values shown in this table are valid for $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C and $V_{CC} = 4.0\text{V}$ to 5.5V , unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
	Input Low Voltage	(Except EA)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
	Input Low Voltage (EA)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
	Input Leakage Current (Port 0, EA)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
	Reset Pulldown Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	μA

- Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
 Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
 Maximum I_{OL} per 8-bit port:
 Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA
 Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
 If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
- Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

AT89S51

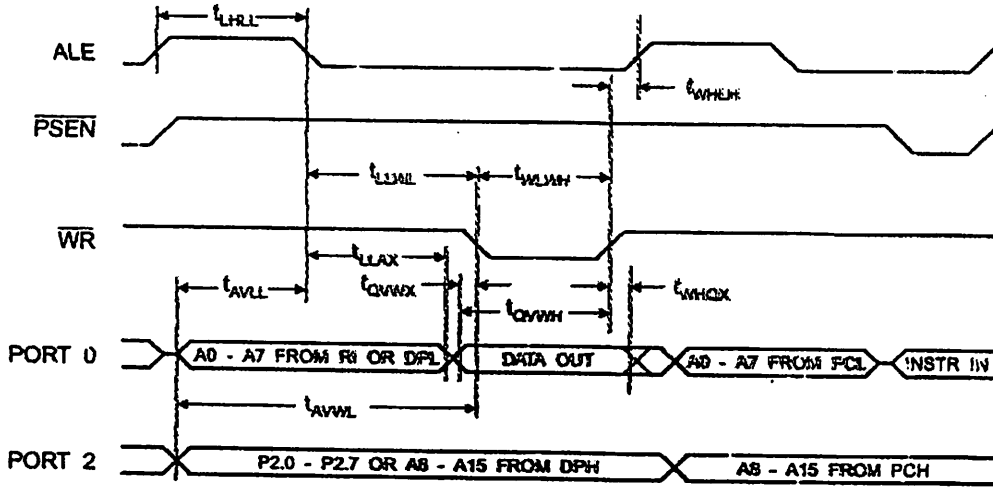
Characteristics

Operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; load capacitance for all other ports = 80 pF.

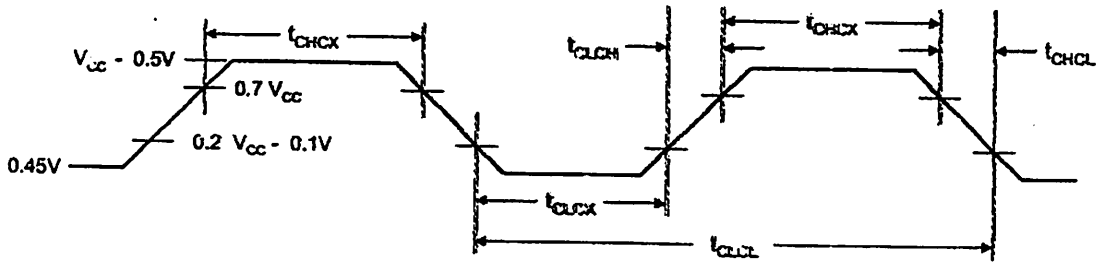
Internal Program and Data Memory Characteristics

No.	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
	Oscillator Frequency			0	33	MHz
	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLL}-40$		ns
	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLL}-25$		ns
	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLL}-25$		ns
	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLL}-85$	ns
	ALE Low to PSEN Low	43		$t_{CLL}-25$		ns
	PSEN Pulse Width	205		$3t_{CLL}-45$		ns
	PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLL}-60$	ns
	Input Instruction Hold After PSEN	0		0		ns
	Input Instruction Float After PSEN		59		$t_{CLL}-25$	ns
	PSEN to Address Valid	75		$t_{CLL}-8$		ns
	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLL}-80$	ns
	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
	\overline{RD} Pulse Width	400		$6t_{CLL}-100$		ns
	\overline{WR} Pulse Width	400		$6t_{CLL}-100$		ns
	\overline{RD} Low to Valid Data In		252		$5t_{CLL}-90$	ns
	Data Hold After \overline{RD}	0		0		ns
	Data Float After \overline{RD}		97		$2t_{CLL}-28$	ns
	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLL}-150$	ns
	Address to Valid Data In		565		$9t_{CLL}-165$	ns
	ALE Low to \overline{RD} or \overline{WR} Low	200	300	$3t_{CLL}-50$	$3t_{CLL}+50$	ns
	Address to \overline{RD} or \overline{WR} Low	203		$4t_{CLL}-75$		ns
	Data Valid to \overline{WR} Transition	23		$t_{CLL}-30$		ns
	Data Valid to \overline{WR} High	433		$7t_{CLL}-130$		ns
	Data Hold After \overline{WR}	33		$t_{CLL}-25$		ns
	\overline{RD} Low to Address Float		0		0	ns
	\overline{RD} or \overline{WR} High to ALE High	43	123	$t_{CLL}-25$	$t_{CLL}+25$	ns

Internal Data Memory Write Cycle



Internal Clock Drive Waveforms



Internal Clock Drive

Parameter	Min	Max	Units
Oscillator Frequency	0	33	MHz
Clock Period	30		ns
High Time	12		ns
Low Time	12		ns
Rise Time		5	ns
Fall Time		5	ns



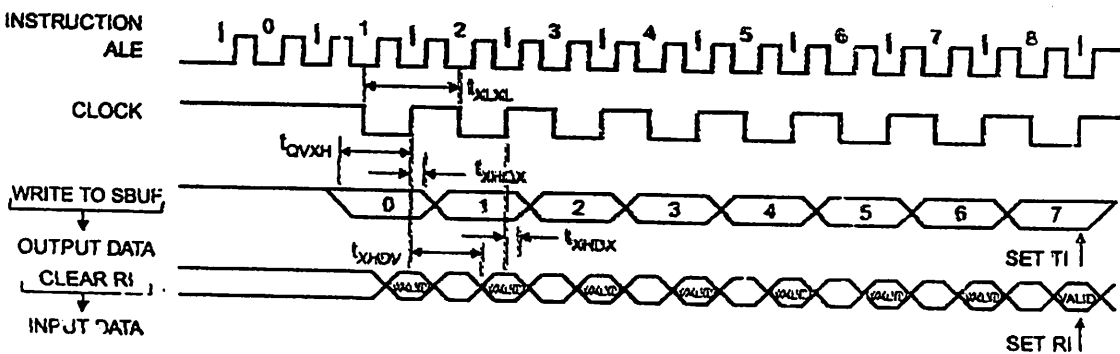


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

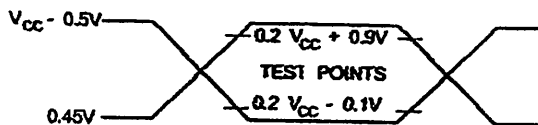
Values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.5V$ and Load Capacitance = 80 pF .

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		μs
	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL} - 133$		ns
	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL} - 80$		ns
	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL} - 133$	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms



Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



1. AC Inputs during testing are driven at $V_{CC} - 0.5V$ for a logic 1 and $0.45V$ for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Timing Reference Points⁽¹⁾



1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH} / V_{OL} level occurs.

Ordering Information

Speed (Hz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range	
24	4.0V to 5.5V	AT89S51-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89S51-24JC	44J		
		AT89S51-24PC	40P6		
		AT 39S51-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)	
			AT89S51-24JI		44J
			AT89S51-24PI		40P6
33	4.5V to 5.5V	AT89S51-33AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89S51-33JC	44J		
		AT89S51-33PC	40P6		

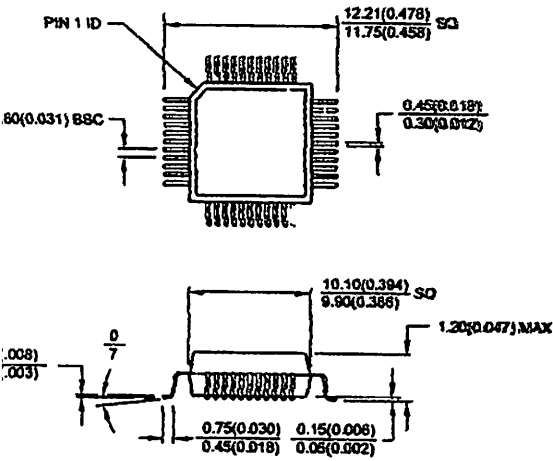
 = Preliminary Availability

Package Type
44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)



aging Information

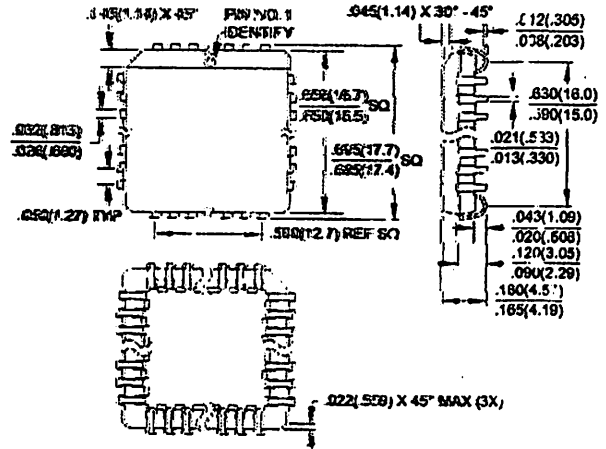
44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
 Dimensions in Millimeters and (Inches)*



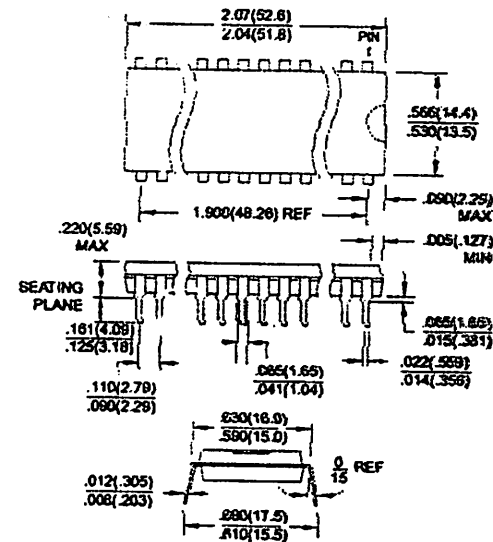
Controlling dimension: millimeters

44J, 44-lead, Plastic J-headed Chip Carrier (PLCC)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)

44J, 44-lead, Plastic J-headed Chip Carrier (PLCC)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)



44P, 40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)
 JEDEC STANDARD MS-011 AC





Atmel Headquarters

Corporate Headquarters
5 Orchard Parkway
Folsom, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Atmel Sarl
Site des Arsenaux 41
Case Postale 80
CH-1705 Fribourg
Switzerland
TEL (41) 26-426-5555
FAX (41) 26-426-5500

Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Nathan Golden Plaza
100 Mody Road Tsimshatsui
Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Atmel Japan K.K.
Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-8 Shinkawa
Chiyoda-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Product Operations

Atmel Colorado Springs
1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Grenoble
Avenue de Rochepleine
BP 123
38521 Saint-Egreve Cedex, France
TEL (33) 4-7658-3000
FAX (33) 4-7658-3480

Atmel Heilbronn
Theresianstrasse 2
POB 3535
D-74025 Heilbronn, Germany
TEL (49) 71 31 67 25 94
FAX (49) 71 31 67 24 23

Atmel Nantes
La Chanterie
BP 70602
44306 Nantes Cedex 3, France
TEL (33) 0 2 40 18 18 18
FAX (33) 0 2 40 18 19 60

Atmel Rousset
Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex, France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

Atmel Smart Card ICs
Scottish Enterprise Technology Park
East Kilbride, Scotland G75 0QR
TEL (44) 1355-357-000
FAX (44) 1355-242-743

e-mail
literature@atmel.com

Web Site
<http://www.atmel.com>

Atmel Corporation 2001.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors that may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Atmel is the registered trademark of Atmel.

Intel is the registered trademark of Intel Corporation. Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

2487A-10/01/xM

Description

- General purpose application
- Switching application

Features

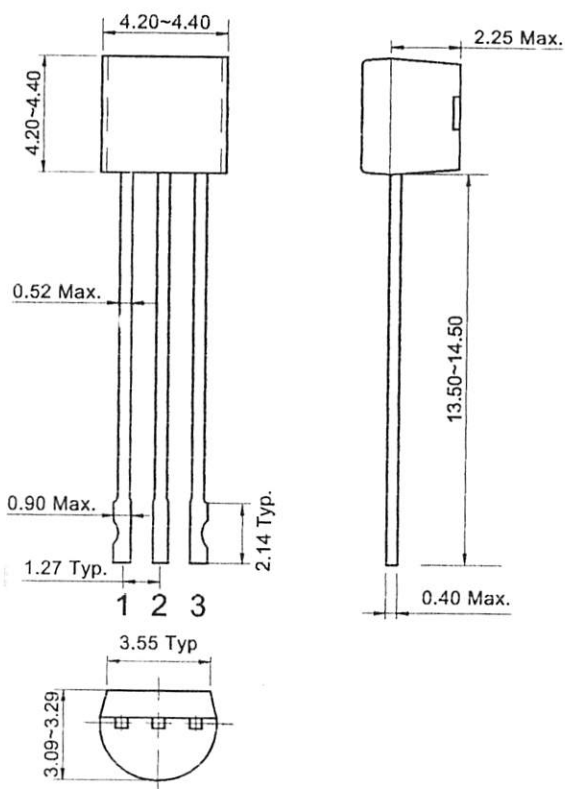
- Excellent h_{FE} linearity : $h_{FE}(I_C=0.1 \text{ mA}) / h_{FE}(I_C=2 \text{ mA}) = 0.95(\text{Typ.})$
- Complementary pair with STA9015N

Ordering Information

Type NO.	Marking	Package Code
STC9014N	STC9014	TO-92N

Outline Dimensions

unit : mm



PIN Connections

1. Emitter
2. Base
3. Collector

Absolute Maximum Ratings

(Ta=25°C)

Characteristic	Symbol	Rating	Unit
Collector-base voltage	V_{CBO}	60	V
Collector-emitter voltage	V_{CEO}	50	V
Emitter-base voltage	V_{EBO}	5	V
Collector current	I_C	150	mA
Collector power dissipation	P_C	500	mW
Junction temperature	T_J	150	°C
Storage temperature range	T_{stg}	-55~150	°C

Electrical Characteristics

(Ta=25°C)

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Collector-emitter breakdown voltage	BV_{CEO}	$I_C=1mA, I_B=0$	50	-	-	V
Collector cut-off current	I_{CBO}	$V_{CB}=60V, I_E=0$	-	-	50	nA
Emitter cut-off current	I_{EBO}	$V_{EB}=5V, I_C=0$	-	-	100	nA
DC current gain	h_{FE}^*	$V_{CE}=5V, I_C=1mA$	100	-	1000	-
Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C=100mA, I_B=10mA$	-	0.1	0.25	V
Base-emitter voltage	V_{BE}	$V_{CE}=5V, I_C=1mA$	-	0.65	0.85	V
Transition frequency	f_T	$V_{CE}=10V, I_C=10mA$	-	200	-	MHz
Collector output capacitance	C_{ob}	$V_{CB}=10V, I_E=0, f=1MHz$	-	2	-	pF

* : h_{FE} rank ' B : 100 ~ 300, C : 200 ~ 600, D : 400 ~ 1000.

Electrical Characteristic Curves

Fig. 1 $P_C - T_a$

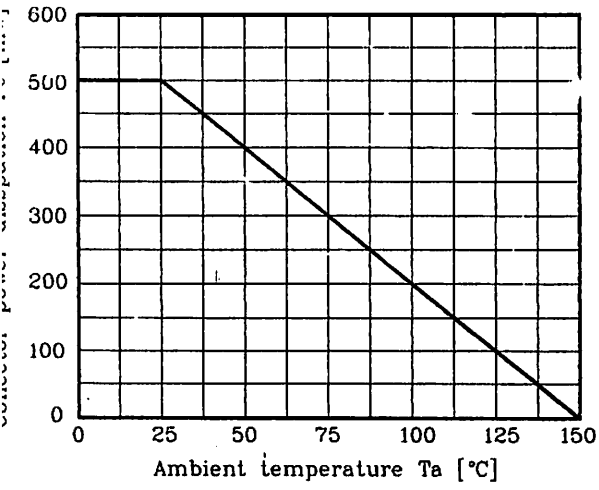


Fig. 2 $I_C - V_{BE}$

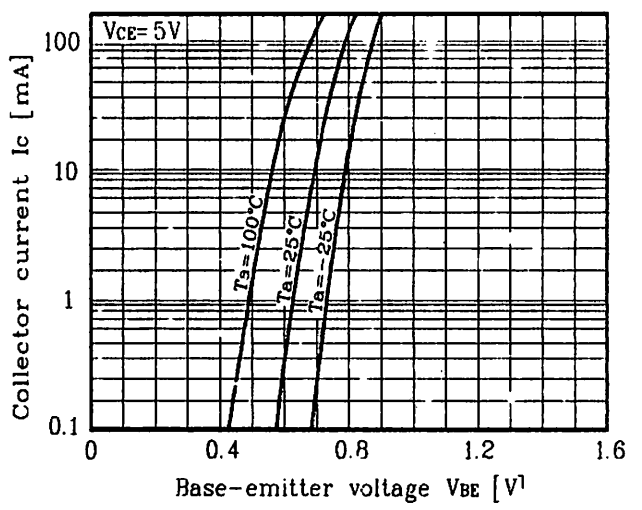


Fig. 3 $I_C - V_{CE}$

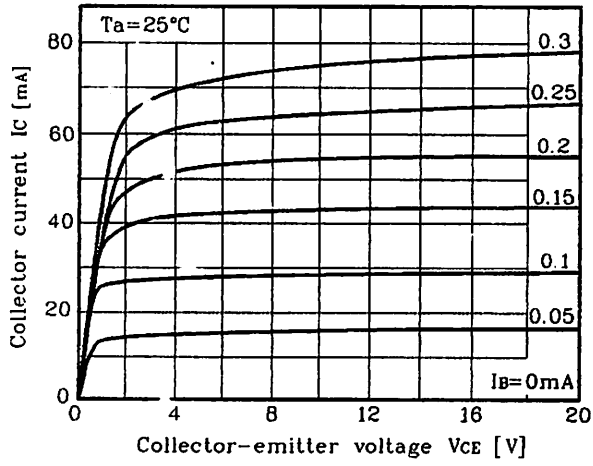


Fig. 4 $V_{CE(sat)} - I_C$

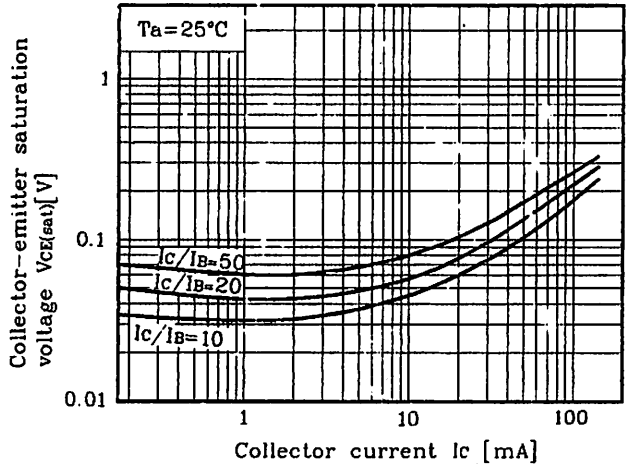


Fig. 5 $h_{FE} - I_C$

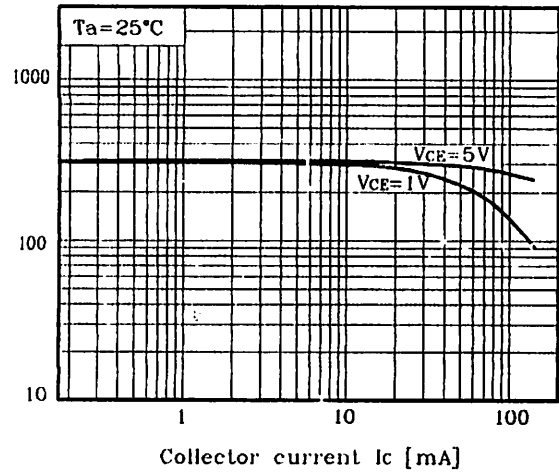
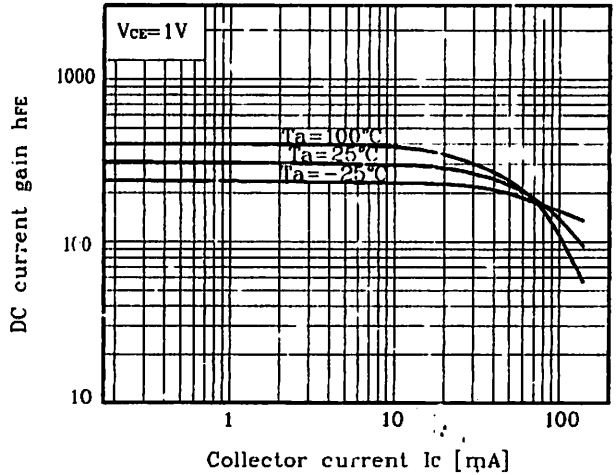


Fig. 6 $h_{FE} - I_C$



The AUK Corp. products are intended for the use as components in general electronic equipment (Office and communication equipment, measuring equipment, home appliance, etc.).

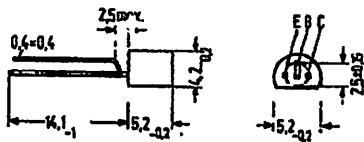
Please make sure that you consult with us before you use these AUK Corp. products in equipments which require high quality and / or reliability, and in equipments which could have major impact to the welfare of human life(atomic energy control, airplane, spaceship, transportation, combustion control, all types of safety device, etc.). AUK Corp. cannot accept liability to any damage which may occur in case these AUK Corp. products were used in the mentioned equipments without prior consultation with AUK Corp..

Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice.

BC 546, BC 547, BC 548, BC 549 and BC 550 are epitaxial NPN silicon planar transistors in TO 92 plastic packages (10 A 3 DIN 41868). They are intended for use in AF input and driver stages (BC 549; BC 550 for low-noise input stages) and as complementary transistors to BC 558, BC 557, BC 558, BC 559 and BC 560.

Type	Ordering code
BC 546 ¹⁾	Q82702-C887
BC 546 VI	Q82702-C887-V3
BC 546 A	Q82702-C887-V1
BC 546 B	Q82702-C887-V2
BC 547 ¹⁾	Q82702-C888
BC 547 VI	Q82702-C888-V3
BC 547 A	Q82702-C888-V1
BC 547 B	Q82702-C888-V2
BC 548 ¹⁾	Q82702-C889
BC 548 VI	Q82702-C889-V4
BC 548 A	Q82702-C889-V1
BC 548 B	Q82702-C889-V2
BC 548 C	Q82702-C889-V3

Type	Ordering code
BC 549 ¹⁾	Q82702-C890
BC 549 B	Q82702-C890-V1
BC 549 C	Q82702-C890-V2
BC 550 ¹⁾	Q82702-C891
BC 550 B	Q82702-C891-V1
BC 550 C	Q82702-C891-V2



Mounting instruction: Fixing hole dia 0.8
 Approx. weight 0.28 g
 Dimensions in mm

Maximum ratings

	BC 546	BC 547	BC 548	BC 549	BC 550		
Collector-base voltage	V _{CB0}	80	60	30	30	50	V
Collector-emitter voltage	V _{CES}	80	60	30	30	50	V
Collector-emitter voltage	V _{CEO}	85	45	30	30	45	V
Emitter-base voltage	V _{EB0}	8	6	6	5	5	V
Collector current	I _C	100	100	100	100	100	mA
Collector peak current	I _{CM}	200	200	200	200	200	mA
Base peak current	I _{BM}	200	200	200	200	200	mA
Emitter-peak current	I _{EM}	200	200	200	200	200	mA
Junction temperature	T _j	150	150	150	150	150	°C
Storage temperature range	T _{stg}	-65 to +150					°C
Total power dissipation (T _{amb} = 25°C)	P _{tot}	500	500	500	500	500	mW

Thermal resistance

Junction to ambient air	R _{thJA}	≤250	≤250	≤250	≤250	≤250	K/W
Junction to case	R _{thJC}	≤150	≤150	≤150	≤150	≤150	K/W

¹⁾ If the order does not include any exact indication of the current amplification group desired, a transistor of a current amplification group just available from stock will be delivered.

Static characteristics ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$)

The transistors are grouped in accordance with the DC current gain h_{FE} and are marked by A, B, and C. At $V_{CE} = 5\text{ V}$ and the collector currents tabulated below the following static characteristics apply.

Type	BC 546 BC 547 BC 548	BC 546 BC 547 BC 548	BC 546 BC 547, BC 549 BC 548, BC 550	BC 548, BC 549, BC 550
h_{FE} group	VI	A	B	C
I_C mA	h_{FE} I_C/I_B	h_{FE} I_C/I_B	h_{FE} I_C/I_B	h_{FE} I_C/I_B
0.01		80	150	270
2	110 (75 to 150)	180 (110 to 220)	290 (200 to 450)	500 (420 to 800)
100		120	200	400

Collector cutoff current ($V_{CBO} = 30\text{ V}$)	I_{CBO}	≤ 15	nA
Collector cutoff current ($V_{CBO} = 30\text{ V}$; $T_{amb} = 150^{\circ}\text{C}$)	I_{CBO}	≤ 5	μA
Collector-emitter saturation voltage ($I_C = 10\text{ mA}$; $I_B = 0.5\text{ mA}$)	V_{CEsat}	90 (<250)	mV
($I_C = 100\text{ mA}$; $I_B = 5\text{ mA}$)	V_{CEsat}	200 (<600)	mV
($I_C = 10\text{ mA}$) ¹⁾	V_{CEsat}	300 (<600)	mV
Base-emitter saturation voltage ²⁾ ($I_C = 10\text{ mA}$; $I_B = 0.5\text{ mA}$)	V_{BEsat}	700	mV
($I_C = 100\text{ mA}$; $I_B = 5\text{ mA}$)	V_{BEsat}	900	mV
Base-emitter voltage ($V_{CE} = 5\text{ V}$; $I_C = 2\text{ mA}$)	V_{BE}	860 (680 to 700)	mV
Base-emitter voltage ($V_{CE} = 5\text{ V}$; $I_C = 10\text{ mA}$)	V_{BE}	<720	mV

1) For the characteristic which passes through the point $I_C = 11\text{ mA}$; $V_{CE} = 1\text{ V}$ at constant base current.

2) $\frac{\Delta V_{BEsat}}{\Delta T}$ approx. = 1.7 mV/K; $\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T}$ approx. = -2 mV/K

Dynamic characteristics ($T_{amb} = 25^{\circ}C$)		BC 546 BC 547 BC 548	BC 549	BC 550	
Transition frequency ($V_{CE} = 5 V; I_C = 10 mA; f = 100 MHz$)					
f_T		300	300	300	MHz
Collector-base capacitance ($V_{CBO} = 10 V; f = 1 MHz$)					
C_{CBO}		2.5 (<4.5)	2.5 (<4.5)	2.5 (<4.5)	pF
Emitter-base capacitance ($V_{EBO} = 0.5 V; f = 1 MHz$)					
C_{EBO}		9	9	9	pF
Noise figure ($V_{CE} = 5 V; I_C = 200 \mu A; R_g = 2 k\Omega;$ $f = 1 kHz; \Delta f = 200 Hz$)					
NF		2 (<10)	1.2 (<4)	1 (<4)	dB
Equivalent noise voltage ($V_{CE} = 5 V; I_C = 200 \mu A; R_g = 2 k\Omega;$ $f = 10 to 50 Hz; T_{amb} = 25^{\circ}C$)					
E_n		-	<0.135	<0.135	μV

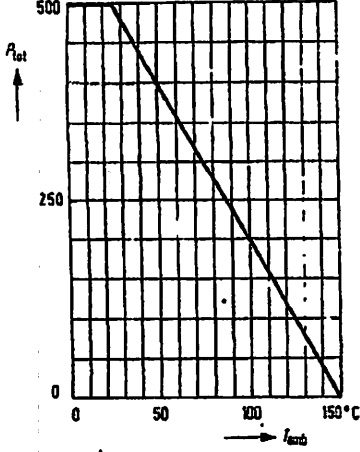
Dynamic characteristics ($T_{amb} = 25^{\circ}C$)
 $I_C = 2 mA; V_{CE} = 5 V; f = 1 kHz$

Type	BC 546 BC 547 BC 548	BC 546 BC 547 BC 548	BC 546 BC 547, BC 549 BC 548, BC 550	BC 548, BC 549, BC 550	
h_{FE} group	VI	A	B	C	
h_{11e}	1.2 (0.4 to 2.2)	2.7 (1.6 to 4.5)	4.5 (3.2 to 8.5)	8.7 (6 to 18)	k Ω
h_{r2e}	2.5	1.5	2	3	10^{-4}
h_{21e}	110	220	330	600	-
h_{22e}	20 (<40)	18 (<30)	30 (<60)	60 (<110)	μS

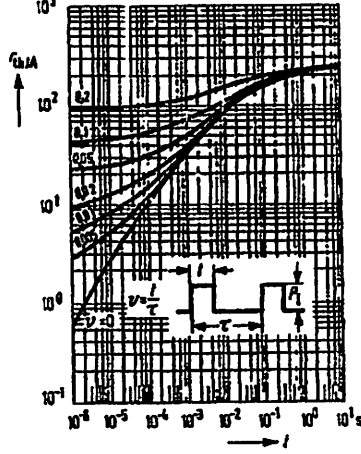
T-29-21

Total perm. power dissipation
versus temperature
 $P_{tot} = f(T_{amb})$

mW BC 546, BC 547, BC 548, BC 549, BC 550

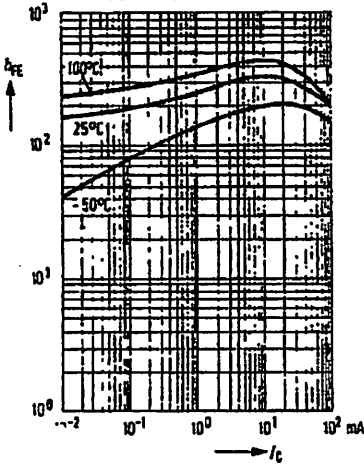


Permissible pulse load
 $i_{c,IA} = f(t, \tau) = \text{parameter}$
BC 546, BC 547, BC 548, BC 549, BC 550



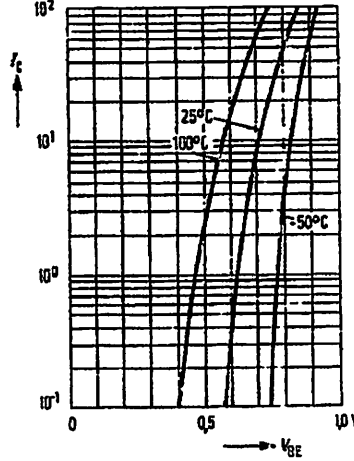
DC current gain $h_{FE} = f(I_C)$
 $V_{CE} = 6 \text{ V}; T_{amb} = \text{parameter}$
(common-emitter configuration)

BC 546 B, BC 547 B, BC 548 B,
BC 549 B, BC 550 B

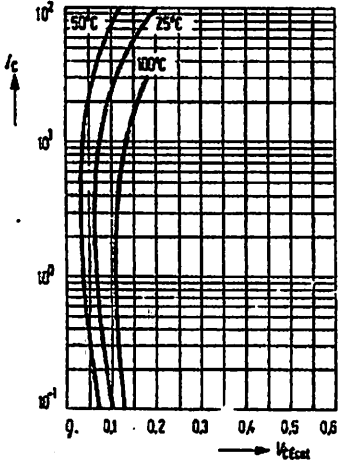


Collector current $I_C = f(V_{BE})$
 $V_{CE} = 6 \text{ V}$
(common-emitter configuration)

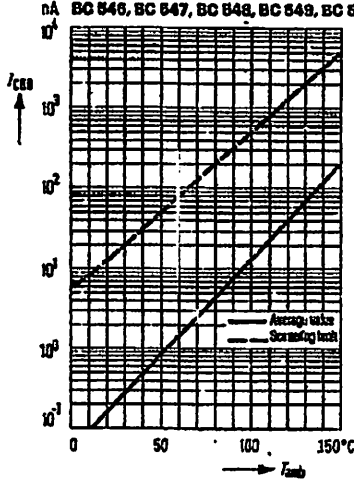
BC 546, BC 547, BC 548, BC 549, BC 550



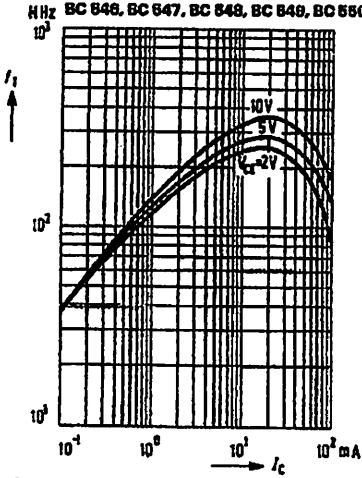
Collector-emitter saturation voltage
 $V_{CEsat} = f(I_C); h_{FE} = 20;$
 $T_{amb} = \text{parameter}$
 (common-emitter configuration)
 BC 546, BC 547, BC 548, BC 549, BC 550



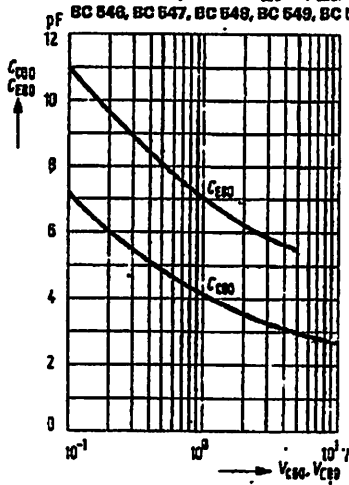
Collector-cutoff current versus temperature
 $I_{CBO} = f(T_{amb})$ for max. permissible reverse voltage
 BC 546, BC 547, BC 548, BC 549, BC 550



Transition frequency $f_T = f(I_C)$
 $V_{CE} = \text{parameter}; T_{amb} = 25^\circ\text{C}$
 BC 546, BC 547, BC 548, BC 549, BC 550



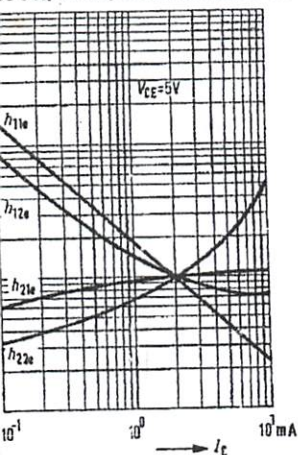
Collector-base capacitance $C_{CB0} = f(V_{CB0})$
 Emitter-base capacitance $C_{EB0} = f(V_{EB0})$
 BC 546, BC 547, BC 548, BC 549, BC 550



h-parameter versus collector current

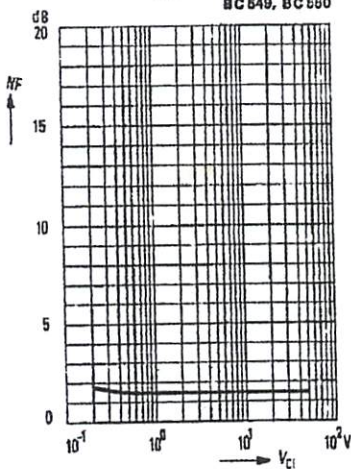
$$h_{fe} = \frac{h_{fe}(I_C)}{h_{fe}(I_C = 2 \text{ mA})} = f(I_C)$$

BC 546, BC 547, BC 548, BC 549, BC 550



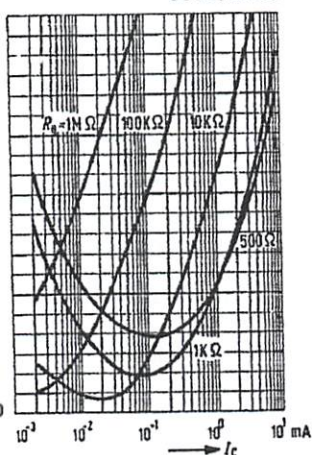
Noise figure $NF = f(V_{CE})$
 $I_C = 0.2 \text{ mA}; R_g = 2 \text{ k}\Omega; f = 1 \text{ kHz}$
 $\Delta f = 200 \text{ Hz}; T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

BC 549, BC 550



Noise figure $NF = f(I_C)$
 $V_{CE} = 5 \text{ V}; f = 1 \text{ kHz}$

BC 549, BC 550



Noise figure $NF = f(I_C)$
 $V_{CE} = 5 \text{ V}; f = 120 \text{ Hz}$

BC 549, BC 550

