

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT AUTO MOVING KAMERA DENGAN MIKROKONTROLLER AT89S51



Disusun Oleh :

NAMA : MAULANA

NIM : 04.52.212

**KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO D-III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
MARET 2008**

115

REDA BARST

THE PATENT AND TRADE MARK OFFICE
OF GREAT BRITAIN AND IRELAND

: 1910
APPLICANT: ABBAS
SIC. 22.00: 221

REGISTERED TRADE MARK
FOR THE WORDS "REDA BARST"
IN CONNECTION WITH THE
TRADE OF BAKING POWDER
AND FLOUR

**LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT
AUTO MOVING KAMERA DENGAN MIKROKONTROLLER AT89S51**

Disusun oleh :

Nama : Maulana

Nim : 04.52.212

Mengetahui

Ketua Program Studi

Teknik Elektro D-III

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing



Ir. Choirul Saleh, MT
NIP.Y. 1018 800 190

Ir. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y. 1039 500 274

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO D-III
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Maret 2008

ABSTRAK

Perencanaan dan Pembuatan Alat Auto Moving Kamera Dengan Mikrokontroller AT89S51

(Maulana, 0452212)

(Dosen Pembimbing : Ir. Yudi Limpraptono, MT)

Penggunaan PC semakin luas, aplikasi PC sebagai media penyaluran sinyal kontrol dan monitoring pun telah berkembang, diantaranya untuk mengawasi ujian yang sedang berlangsung, mengawasi salah satu ruang rumah yang dikehendaki, mengawasi situasi pabrik, dan lain sebagainya. Dalam sebuah rumah cerdas (*smart home*), sistem keamanan yang handal sangat diperlukan sebagai proteksi dan pendeteksi terhadap kejadian yang ada. Salah satu bagian dari sistem keamanan tersebut adalah adanya sistem monitoring ruang dan keadaan sekitar rumah.

Pada tugas akhir ini dipaparkan mengenai rancangan dan pembuatan sistem monitoring menggunakan motor stepper sebagai penggerak kamera dan infra merah sebagai pendeteksi adanya penyusupan. Sistem ini dibangun atas dua bagian utama yaitu rangkaian mikrokontroller beserta stepper dan sensor infra merah.

Sistem dapat mendeteksi adanya orang yang keluar masuk ruangan dan mengambil gambar secara otomatis. Sistem juga dapat melakukan aksi berupa pengontrolan arah kamera dan perekaman gambar secara manual, pembunyian alarm serta akan mengirimkan pesan singkat (SMS) keoperator secara otomatis.

Keyword : PC, RS-232, AT89S51, Infra Merah, Motor Stepper.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, serta perlindungan, pertolongan dan ridho-Nya kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya, serta tak terlupakan iringan salam dan sholawat bagi junjungan kami Nabi besar Muhammad SAW.

Dengan pengerahan segenap usaha, akhirnya kami dapat menyelesaikan tugas akhir kami yang berjudul :

“ PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT AUTO MOVING KAMERA DENGAN MIKROKONTROLLER AT89S51 “

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih pada :

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro D-III Institut Teknologi Nasional Malang
3. Bapak Ir. Yudi Limpraptono, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini adalah kewajiban bagi setiap mahasiswa Institut Teknologi Nasional Malang dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh kelulusan pada program Diploma III Jurusan Teknik Elektronika D-III di Institut Teknologi Nasional Malang.

Dengan terselesaikannya buku laporan tugas akhir ini, kami berharap semoga buku ini dapat membawa manfaat bagi pembaca umumnya dan juga bagi kami pada khususnya serta semua pihak yang berkepentingan. Kami menyadari bahwa kami adalah manusia biasa yang tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Untuk itu, kritik dan saran yang bersifat membangun kami harapkan untuk perbaikan selanjutnya.

Malang, Maret 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II : LANDASAN TEORI	6
2.1 Mikrokontroler AT89S51	6
2.2 Metode Komunikasi Data	13
2.3 Port Serial DB-9 dan RS-232	17
2.4 MAX 232	21
2.5 Motor Stepper.....	22

DAFTAR ISI

iii

i HALAMAN JUDUL

ii GAMBAR PERSETUJUAN

iii ABSTRAK

iv KATA PENGANTAR

v DAFTAR ISI

viii DAFTAR GAMBAR

xii DAFTAR TABEL

BAB I : PENDAHULUAN

1 1.1. Latar Belakang

2 1.2. Rumusan Masalah

2 1.3. Batasan Masalah

3 1.4. Tujuan dan Manfaat

3 1.5. Metodologi

4 1.6. Sistematika Penulisan

BAB II : LANDASAN TEORI

6 2.1. Mikrokontroler AT89C51

13 2.2. Metode Komunikasi Data

17 2.3. Port Serial DB-9 dan RS-232

21 2.4. MAX 232

22 2.5. Motor Stepper

2.6 Driver Motor Stepper	24
2.7 Transistor Sebagai Saklar	25
2.8 Dioda Infra Merah.....	27
2.9 Photodiode.....	28
2.10 Webcam	29
2.11 Telepon Seluler	30
2.11.1 Handphone SIEMENS	30
2.12 AT-Command	31
2.13 Format Data SMS	32
2.13.1 Prinsip Kerja SMS	32
2.13.2 PDU Untuk Kirim SMS ke SMS center.....	33
2.13.3 PDU Untuk SMS Terima dari SMS center	38
2.14 Borland Delphi	39
2.14.1 Struktur Data Delphi	40
2.14.2 Database Pada Delphi.....	41
BAB III : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT	43
3.1 Penentuan Spesifikasi Alat.....	43
3.2 Perencanaan Perangkat Keras	43
3.2.1 Rangkaian Kontrol Menggunakan AT89S51	45
3.2.2 Rangkaian Interface RS-232 dari Komputer Ke MCU	47
3.2.3 Rangkaian Driver Motor Stepper	48
3.2.4 Rangkaian Sensor Inframerah	49
3.2.4.1 Rangkaian Pemancar (<i>Transmitter</i>)	49

3.2.4.2 Rangkaian Penerima (<i>Receiver</i>)	50
3.3 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	53
3.3.1 Perancangan Perangkat Lunak Untuk Mikrokontroller	53
3.3.2 Perencanaan Perangkat Lunak Pada Program Delphi.	55
3.3.3 Algoritma Prinsip Kerja Kamera Secara Manual.....	57
BAB IV : PENGUJIAN ALAT	58
4.1 Pengujian Hardware.	58
4.1.1 Pengujian RS-232.....	58
4.1.2 Pengujian Driver Motor Stepper.	59
4.1.3 Unit Driver dan Motor Stepper	60
4.1.4 Pengujian Rangkaian Sensor Inframerah	61
4.1.5 Pengujian AT Command dan Format data SMS	64
4.2 Pengujian Software	66
4.2.1 Tahap Pertama.....	66
4.2.2 Tahap Kedua	67
4.2.3 Tahap Ketiga	68
BAB V : KESIMPULAN	72
5.1 Kesimpulan Alat.....	72
5.2 Saran	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Blok Diagram AT89S51.....	9
Gambar 2.2 Bentuk Fisik AT89S51	12
Gambar 2.3 Rangkaian Osilator	12
Gambar 2.4 Sinkronisasi Awal Akhir	14
Gambar 2.5 Alir Data Sinkron	15
Gambar 2.6 Hubungan Simflex	15
Gambar 2.7 Hubungan Half Duplex	16
Gambar 2.8 Hubungan Full Duplex	16
Gambar 2.9 Prinsip Dasar Port Serial	17
Gambar 2.10 DTE Device Connector	19
Gambar 2.11 DCE Device Connector	19
Gambar 2.12 Transfer Data Antara DTE dengan DCE	20
Gambar 2.13 Konfigurasi Pin dan Blok Diagram RS232	22
Gambar 2.14 Level Converter TTL ke RS232	22
Gambar 2.15 Motor Stepper.....	23
Gambar 2.16 IC Driver ULN 2003	24
Gambar 2.17 Internal IC ULN 2003	25
Gambar 2.18 Rangkaian Transistor Sebagai Saklar.....	26
Gambar 2.19 Titik jenuh dan Titik Putus Pada Garis Beban DC.....	26
Gambar 2.20 Simbol dari Dioda LED.....	28
Gambar 2.21 Simbol Dari Photo Dioda	29

Gambar 2.22 Kelompok Komponen dalam Database	42
Gambar 3.1 Perencanaan Blok Diagram Sistem	44
Gambar 3.2 Perencanaan Penempatan Alat	44
Gambar 3.3 Minimum Sistem AT 89S51.....	46
Gambar 3.4 Rangkain MAX232	47
Gambar 3.5 Gambar Rangkain ULN 2003.....	48
Gambar 3.6 Rangkaian Pemancar Infra Merah.....	49
Gambar 3.7 Rangkaian Penerima Infra Merah.....	50
Gambar 3.8 Flowchart Mikrokontroller	55
Gambar 3.9 Flowchart Dasar Program	56
Gambar 3.10 Flowchart Prinsip Kerja Kamera Secara Manual	57
Gambar 4.1 Gambar Ketika Belum Ada Data.....	59
Gambar 4.2 Gambar Sinyal Ketika Ada Data	59
Gambar 4.3 Prosedur percobaan driver motor stepper.....	60
Gambar 4.4 Prosedur Percobaan Sensor Infra merah.....	62
Gambar 4.5 Pengujian Port Infra Merah di titik A tidak terhalang benda	62
Gambar 4.6 Pengujian Port Infra Merah di titik A terhalang benda	62
Gambar 4.7 Pengujian Port Infra Merah di titik B tidak terhalang benda.	63
Gambar 4.8 Pengujian Port Infra Merah di titik B terhalang benda	63
Gambar 4.9 Blok diagram Pengujian Telepon Seluler.....	64
Gambar 4.10 Hasil Pengujian AT Command.....	65
Gambar 4.11 Tampilan Icon	66
Gambar 4.12 Form Capture Driver	67
Gambar 4.13 Memilih Port Koneksi Kontrol Stepper.....	67

Gambar 4.14 Memilih Port Koneksi HP	68
Gambar 4.15 Menu Utama Program	68
Gambar 4.16 Menu Utama Proses	69
Gambar 4.27 Form Tentang Penulis	71
Gambar 4.18 Alat Keseluruhan	71

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Deskripsi Pin DB-9 (male) dan Fungsinya	19
Tabel 2.2 Data Motor Stepper	24
Tabel 2.3 AT Command Pada SMS	32
Tabel 2.4 Beberapa Nomer SMS Center National Code.....	34
Tabel 2.5 Beberapa Nomer SMS Center International Code	34
Tabel 2.6 Skema 7 bit SMS Pada Telepon Seluler	37
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Port Mikrokontroler Menggerakkan Driver Stepper	60
Table 4.2 Hasil Pengujian dengan Pengamatan Gerakan Motor.....	61
Tabel 4.3 Tabel Pengujian Sensor Infra Merah.....	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Memantau keadaan pada suatu ruangan sehari 24 jam non stop merupakan hal yang tidak mungkin dilakukan oleh manusia tanpa bantuan suatu alat, apalagi dengan kesibukan yang dialami setiap hari. Hal ini dapat menyebabkan manusia lalai, padahal keamanan pada suatu ruangan (misal ruangan tempat penyimpanan barang berharga, garasi atau gudang) sangat diperlukan. Hal ini penting dilakukan untuk menghindari adanya hal-hal yang tidak diinginkan misalnya pencurian, pengrusakan dan hal-hal lain yang merugikan.

Dampak dari perkembangan pembangunan yang tidak diimbangi dengan sumber daya manusia yang handal akan mengakibatkan banyaknya pengangguran sehingga terjadi kesenjangan sosial dan mengakibatkan timbulnya berbagai macam aksi kejahatan atau aksi kriminalitas, contohnya seperti pembunuhan, pencurian, penjarahan dan aksi kejahatan lainnya. Hal semacam ini dapat menimbulkan keresahan di dalam kehidupan masyarakat.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, menyebabkan manusia tidak lepas dari penggunaan berbagai macam peralatan elektronika yang ada, baik itu perangkat keras maupun perangkat lunak. Hal ini dilakukan agar manusia merasa terbantu dengan hadirnya peralatan tersebut.

Pada perencanaan dan pembuatan alat auto moving kamera ini akan diaplikasikan pada suatu ruangan atau gudang tempat penyimpanan barang

berharga. Yang mana nantinya diharapkan dapat membantu megamati suatu ruangan yang dipantau dari penyusupan yaitu dengan cara mengambil gambar dimana hasilnya dapat digunakan untuk hal-hal yang diperlukan misalnya sebagai barang bukti.

Informasi yang ditangkap oleh sensor infrared akan digunakan sebagai inputan dari rangkaian mikrokontroller AT89S51. Output dari rangkaian mikrokontroller ini kemudian diteruskan pada motor stepper, yang akan menggerakkan kamera ketitik koordinat inputan infrared yang mendeteksi adanya penyusupan. Sebelumnya mikrokontroller telah terhubung melalui komunikasi serial RS-232 ke PC yang bertujuan untuk pengontrolan secara manual dan otomatis. selanjutnya pada waktu yang bersamaan alarm akan berbunyi kemudian kamera akan mengambil gambar dalam waktu beberapa-beberapa detik serta handphone akan mengirimkan pesan ke operator bahwa telah terjadi penyusupan.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah bagaimana dapat mengontrol dan memonitor keadaan suatu ruangan dengan menggunakan kamera web, stapper dan sensor infrared serta handphone.

Masalah yang harus diperhatikan adalah :

1. Bagaimana menentukan koordinat yang diterima stepper dari infrared.
2. Bagaimana merencanakan dan membuat perangkat keras dan perangkat lunak yang dapat mengendalikan sistem.

1.3. Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak meluas maka perlu adanya pembatasan-pembatasan permasalahan, yang mana meliputi :

1. Microkontroller AT 89S51, yang diaplikasikan pada sistem.
2. Komunikasi antara PC dengan mikrokontroller menggunakan RS-232.
3. Menggunakan satu buah kamera webcam dan satu stepper.
4. Empat infrared dan photodiode sebagai sensor masukan
5. Menggunakan miniatur ruangan empat pintu

1.4. Tujuan dan Manfaat

Tujuan pokok dari penulisan ini adalah merancang dan merealisasikan peralatan elektronika yang dapat digunakan dan diaplikasikan sebagai alat pemantau suatu ruangan yang mana dapat merekam video secara otomatis pada PC dengan inputan sensor inframerah dan handphone sebagai pengirim pesan adanya penyusupan. Sehingga sekalipun operator tidak ada ditempat dia dapat mengetahui adanya penyusupan dan dia dapat melihat rekaman yang telah diambil oleh kamera pada saat sebelumnya.

1.5. Metodologi

Untuk mencapai tujuan yang direncanakan, maka pada tugas akhir ini menggunakan metodologi sebagai berikut :

- Studi literatur, metode ini digunakan untuk mempelajari, mengkaji, dan mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan perancangan dan pembuatan alat pada tugas akhir ini.

- Perencanaan hardware dan software alat, mengadakan pemilihan komponen perangkat keras dan pemrograman yang digunakan untuk pembuatan alat dan penyusunan urutan kerja sistem.
- Pembuatan alat, merangkai komponen-komponen yang telah terpilih beserta perangkat keras pendukung lainnya.
- Pengujian alat, melakukan pengujian permodul untuk memastikan bahwa masing-masing modul telah bekerja dengan baik.

1.6. Sistematika Penulisan

Buku laporan proyek akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab, dimana masing-masing bab mempunyai kaitan satu sama lain, bab-bab tersebut yaitu:

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, dan sistematika penyusunan laporan tugas akhir.

BAB II : LANDASAN TEORI

Membahas tentang dasar teori sensor, pengkondisi sinyal (*signal condition*), mikrokontroler AT89S51 dan teori-teori lain yang menunjang perancangan tugas akhir ini.

BAB III : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini berisi tentang perencanaan suatu konponen perangkat keras beserta cara kerja rangkaian. Pada bab ini juga diuraika mengenai algoritma dan flowchart dari perangkat lunak dalam mengendalikan sistem pada rangkaian kontroler.

BAB IV : PENGUJIAN ALAT

Pada bab ini akan diuraikan tentang analisa alat dan melakukan pengujian apakah alat tersebut sudah sesuai dengan yang diharapkan.

BAB V : PENUTUP

Merupakan bab penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran saran untuk pengembangan dan penyempurnaan tugas akhir ini. Jika dimungkinkan untuk menyempurnakan laporan yang akan datang.

BAB II

LANDASAN TEORI

Landasan teori bertujuan untuk membantu agar dapat memahami suatu sistem, dimana landasan teori dapat dijadikan sebagai bahan acuan dalam perencanaan pembuatan alat. Dengan pertimbangan tersebut, maka landasan teori merupakan bagian penting yang harus dipahami sebagai acuan untuk pembahasan selanjutnya.

2.1. Mikrokontroller AT89S51

Mikrokontroller AT89S51 adalah anggota keluarga MCS-51. Port serial pada AT89S51 bersifat dupleks-penuh atau fullduplex, artinya port serial bisa menerima dan mengirim secara bersamaan. Selain itu juga memiliki penyangga penerima, artinya port serial mulai bisa menerima byte yang kedua sebelum byte pertama dibaca oleh register penerima (jika sampai byte yang kedua selesai diterima sedangkan byte pertama belum juga dibaca, maka salah satu byte akan hilang). Penerimaan dan pengiriman data port serial melalui register SBUF. Penulisan ke SBUF berarti mengisi register pengiriman SBUF sedangkan pembacaan dari SBUF berarti membaca register penerimaan Port serial pada AT89S51 bisa digunakan dalam 4 mode kerja yang berbeda. Dari 4 mode tersebut, 1 mode diantaranya bekerja secara sinkron dan 3 lainnya bekerja secara asinkron. Keempat mode kerja tersebut adalah :

- **Mode 0** : Mode ini bekerja secara sinkron, data serial dikirim dan diterima melalui kaki P3.0 (RxD), sedangkan kaki P3.1 (TxD) dipakai untuk menyalurkan detak pendorong data serial yang dibangkitkan AT89S51. Data dikirim/diterima 8 bit sekaligus, dimulai dari bit yang bobotnya paling kecil atau LSB (bit 0) dan diakhiri dengan bit yang bobotnya paling besar atau MSB (bit 7). Kecepatan pengiriman data (baudrate) adalah 1/12 frekuensi kristal yang digunakan.
- **Mode 1** : Pada mode ini tetap yaitu, data dikirim dan diterima melalui kaki P3.0 (RxD), secara asinkron (juga mode 2 dan 3). Pada Mode 1 data atau diterima 10 bit sekaligus, diawali dengan 1 bit start, disusul dengan 8 bit data yang dimulai dari bit yang bobotnya paling kecil (bit 0), diakhiri dengan 1 bit stop. Pada AT89S51 yang berfungsi sebagai penerima bit stop adalah RB8 dalam register SCON. Kecepatan pengiriman data (baud rate) bisa diatur sesuai dengan keperluan. Mode inilah (mode 2 dan 3) yang umum dikenal sebagai UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter).
- **Mode 2** : Data dikirim/diterima 11 bit sekaligus, diawali dengan 1 bit start, disusul 8 bit data yang dimulai dari bit yang bobotnya paling kecil (bit 0), kemudian bit ke 9 yang bias diatur lebih lanjut, diakhiri dengan 1 bit stop. Pada AT89S51 yang berfungsi sebagai penerima, bit 9 ditampung pada bit RB8 dalam register SCON, sedangkan bit stop diabaikan tidak ditampung. Kecepatan pengiriman data (baud rate) bisa dipilih antara 1/32 atau 1/64 frekuensi kristal yang digunakan.

- Mode 3 : mode ini sama dengan mode 2, hanya saja kecepatan pengiriman data (baud rate) bisa diatur sesuai dengan keperluan, seperti halnya Mode 1. Pada mode asinkron (mode 1, mode 2, mode 3), port AT89S51 bekerja secara fullduplex.

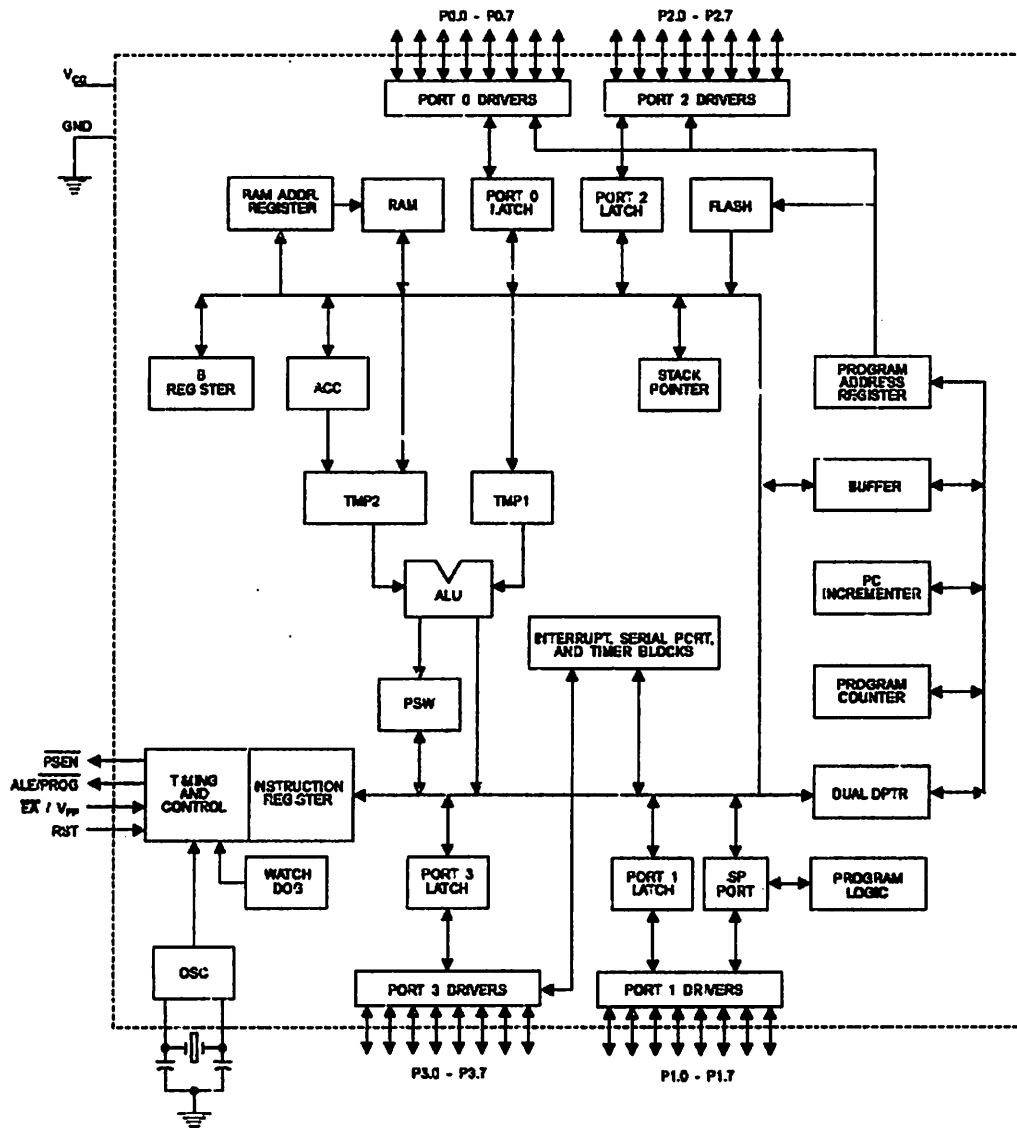
Struktur memori yang dimiliki oleh AT89S51 adalah sebagai berikut :

- RAM Internal, memori sebesar 128 byte yang biasanya digunakan untuk menyimpan variable atau data yang bersifat sementara.
- Special Function Register (Register Fungsi Khusus), memori yang berisi register-register yang mempunyai fungsi-fungsi khusus yang disediakan oleh mikrokontroler tersebut, seperti timer, serial dan lain-lain.
- Flash PEROM, memori yang digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi MCS-51.

Secara umum keistimewaan yang dimiliki oleh mikrokontroler AT89S51

adalah sebagai berikut:

- Sebuah CPU 8 bit yang termasuk ke dalam keluarga MCS-51.
- 4 Kbyte Reprogrammable Flash memory.
- Kapasitas RAM internal sebesar 128 byte.
- Empat buah programmable port I/O, masing-masing terdiri atas 8 buah jalur I/O.
- Dua buah pencacah (counter) atau pewaktu (timer) 16-bit.
- Kecepatan operasi hingga 24 MHz.
- Enam buah jalur selaan (interrupt).
- Sebuah port serial full duplex.



Gambar 2.1 Blok Diagram AT89S51 ^[4]

Berikut ini adalah bentuk fisik dan konfigurasi dari kaki-kaki pada MCU

AT89S51:

Fungsi dari tiap-tiap kaki adalah sebagai berikut:

1. GND

Dihubungkan dengan ground rangkaian.

2. VCC

Dihubungkan dengan sumber tegangan +5 Volt.

3. Port 0 (P0.0 – P0.7)

Port merupakan I/O 8 bit dua arah. Port ini dihubungkan sebagai multipleks bus alamat rendah dan bus data selama pengaksesan ke memory luar.

4. Port 1 (P1.0 – P1.7)

Port 1 dapat berfungsi sebagai input atau pun output dan bekerja baik untuk operasi bit maupun byte, tergantung dari pengaturan software.

5. Port 2 (P2.0 – P2.7)

Port dapat digunakan sebagai alamat bus byte tinggi selama adanya akses ke memory program luar atau memory data luar.

6. Port 3 (P3.0 – P3.7)

Port ini selain memiliki fungsi I/O juga mempunyai fungsi khusus sebagai berikut:

RD (P3.7) Sinyal pembaca memory data luar.

WR (P3.6) Sinyal penulisan memory data luar.

T1 (P3.5) Masukkan dari pewaktu atau pencacah 1.

T0 (P3.4) Masukkan dari pewaktu atau pencacah 0.

INT1 (P3.3) Masukkan interrupt 1.

INT0 (P3.2) Masukkan interrupt 0.

TXD (P3.1) Keluaran pengiriman data untuk serial port.

(Asynchronous) atau sebagai keluaran clock (Synchronous)

RXD (P3.0) Masukan penerimaan data serial (Synchronous)

7. RST / VPD

Merupakan pin input yang aktif tinggi, jika pin ini aktif tinggi selama 2 siklus mesin ketika oscilator bekerja akan mereset peralatan.

8. ALE (Address Lacth Enable)

Pin ALE (aktif tinggi) mengeluarkan pulsa output untuk melacth suatu byte alamat rendah selama mengakses ke memory eksternal. ALE dapat mengendalikan TTL. Pin ini juga merupakan input pulsa program yang aktif rendah selama pemrograman EPROM. Pada operasi normal, ALE dikeluarkan pada suatu kecepatan yang konstan yaitu 1/6 dari frekwensi oscilator, dan digunakan suatu timing eksternal atau untuk tujuan pengeclockan.

9. PSEN (Program Strobe Enable)

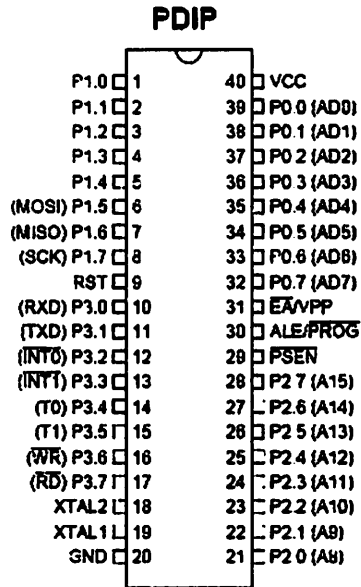
Pin ini aktif rendah yang merupakan Strobe pembacaan ke program Memory Eksternal.

10. XTAL 1 dan XTAL 2

Pin XTAL 1 merupakan pin input ke penguat oscilator pembalik dan pin XTAL 2 merupakan pin output dari penguat oscilator pembalik.

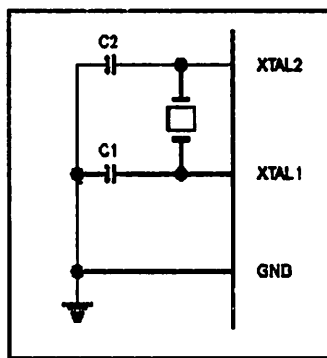
11. EA/VPP (External Access/programing supply voltage)

Pin EA harus dihold rendah secara external atau dihubungkan ke VCC agar 8951 dapat mengakses kode mesin dari program memory external dengan lokasi \$0000 sampai \$ 0FFF.



Gambar 2.2 Bentuk Fisik AT89S51 ^[4]

Mikrokontroler AT89S51 memiliki osilator internal (on chip oscillator) yang dapat digunakan sebagai sumber pewaktuan (clock) bagi CPU. Untuk menggunakan osilator internal diperlukan sebuah kristal atau resonator keramik antara pin XTAL1 dan pin XTAL2 dan sebuah kapasitor ke ground. Untuk kristalnya dapat digunakan kristal dengan frekuensi sampai dengan 24 MHz. Gambar berikut menunjukkan rangkaian osilator yang digunakan.



Gambar 2.3 Rangkaian Osilator ^[3]

2.2. Metode Komunikasi Data

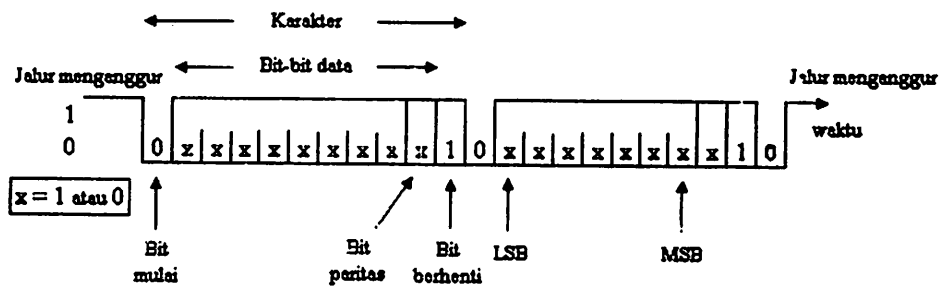
Akses data dengan menggunakan port serial memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan menggunakan port paralel. Kelemahan pada komunikasi paralel adalah banyaknya kabel yang harus terhubung. Hal ini menjadi tidak efisien bila kita menggabungkan alat ke komputer (*interfacing*) untuk jarak yang jauh. Oleh karena itu digunakan komunikasi serial untuk mengatasinya.

Pada komunikasi serial, data yang dikirim per bit (data tersebut antri), walaupun mempunyai kelemahan pengiriman data yang lebih lambat dibanding dengan komunikasi paralel, komunikasi serial bisa digunakan untuk jarak yang jauh.

Berdasarkan formatnya, pengiriman data komunikasi serial dibedakan menjadi dua bentuk yaitu :

1. Komunikasi Serial Asinkron

Pada pengiriman data asinkron (tak sinkron), setiap karakter dikirimkan sebagai satu kesatuan (*entity*) bebas, yang berarti bahwa waktu antara pengiriman bit terakhir dari sebuah karakter dan bit pertama dari karakter berikutnya tidak tetap. Pengiriman data tak sinkron lebih sederhana daripada pengiriman sinkron karena hanya isyarat data saja yang dikirimkan. Detak penerima dibangkitkan secara lokal di dalam penerima dan tetap dijaga agar sesuai dengan detak pengirim yang menggunakan bit awal (*start bit*) dan bit akhir (*stop bit*) yang dikirimkan dengan setiap karakter. Penyesuaian detak pengirim dan penerima terjadi per karakter.



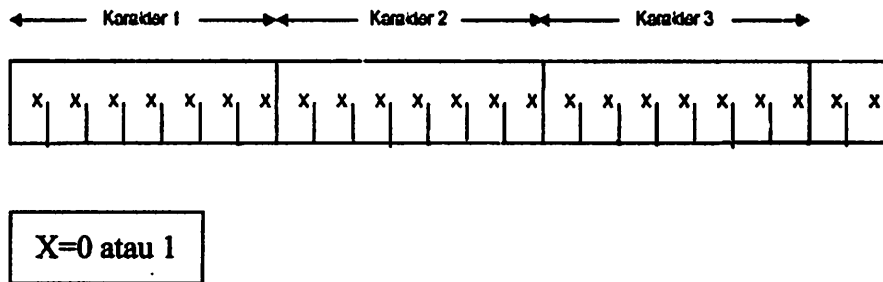
Gambar 2.4 Sinkronisasi Awal Akhir ^[2]

Gambar 2.9 menunjukkan sinkronisasi awal-akhir, bit awal dan akhir tidak membawa informasi, tetapi hanya menunjukkan awal dan akhir setiap karakter. Dari gambar dapat dilihat bahwa bit kedelapan disebut bit paritas, diikutsertakan dalam bentuk gelombang tersebut. Bit ini akan dipasang pada 1 atau 0 untuk meyakinkan cacah bit pada setiap karakter adalah genap untuk paritas genap, atau ganjil untuk paritas ganjil.

2. Komunikasi Serial Sinkron

Pada pengiriman data sinkron sejumlah blok data dikirimkan secara kontinyu tanpa bit awal atau akhir. Detak atau *clock* pada penerima dioperasikan secara kontinyu dan dikunci agar sesuai dengan detak pada pengirim. Untuk mendapat keadaan yang sesuai, informasi pendetakan harus dikirimkan lewat jalur bersama-sama dengan data dan memanfaatkan metode penyandian tertentu sehingga informasi pendetakan dapat diikutsertakan. Data secara kontinyu menunjukkan akan dikirimkan terus menerus tanpa adanya pembatas. Interval waktu antara bit terakhir dari suatu karakter dengan bit pertama dari karakter berikutnya adalah nol atau kelipatan bulat dari periode waktu yang diperlukan untuk mengirimkan sebuah karakter. Jika pada data yang dikirimkan terdapat pembatas, pengirim akan menambah *byte* tambahan untuk mengganti

pembatas tersebut. Sehingga tidak diperlukan adanya bit awal dan bit akhir. Gambar 2.10 menunjukkan aliran bit sinkron. Penerima harus memulai pencacahan pada tengah-tengah bit pertama dari karakter pertama, jika tidak akan timbul kesalahan pada isyarat yang diterima.



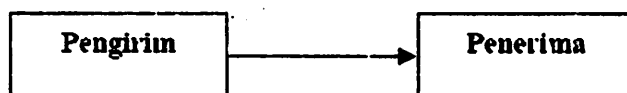
Gambar 2.5 Aliran Data Sinkron^[2]

Penerima harus memantau data yang diterima setiap bit sampai penerima mengenali pola karakter sinkronisasi. Sehingga penerima dapat mengetahui himpunan bit mana yang membentuk karakter yang pertama dikirimkan. Karakter berikutnya

Berdasarkan arah komunikasinya, pengiriman data serial dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Mode Komunikasi Simplex

Pada mode komunikasi *simplex* ini jalur komunikasi yang diberikan adalah satu arah. Dalam komunikasi, pengirim dan penerima adalah permanen, dimana pada pengirim adalah selalu mengirim data dan penerima selalu menerima data.



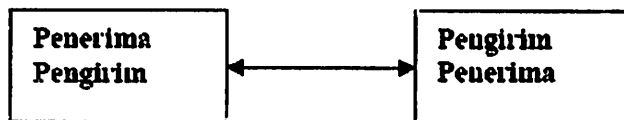
Gambar 2.6 Hubungan Simplex^[3]

2. Duplex

Komunikasi secara *duplex* adalah komunikasi yang dapat mengirimkan data dua arah. Pada sistem ini dibedakan menjadi dua yaitu *half duplex* dan *full duplex*.

a. Half duplex

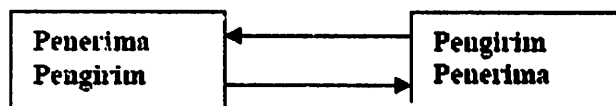
Mode ini komunikasi data dilakukan dalam dua arah, dimana masing-masing sebagai penerima atau sebagai pengirim data. Namun pada mode ini tidak dapat dilakukan secara bersamaan, melainkan bergantian (*two way alternative*). Jika salah satu sebagai pengirim maka yang lain adalah sebagai penerima, demikian juga sebaliknya.



Gambar 2.7 Hubungan Half Duplex ^[3]

b. Mode Komunikasi Full-Duplex

Mode komunikasi *full-duplex* pada prinsipnya sama dengan mode komunikasi *half-duplex*, bedanya adalah komunikasi dapat dilakukan dalam dua arah yang terjadi secara bersamaan.

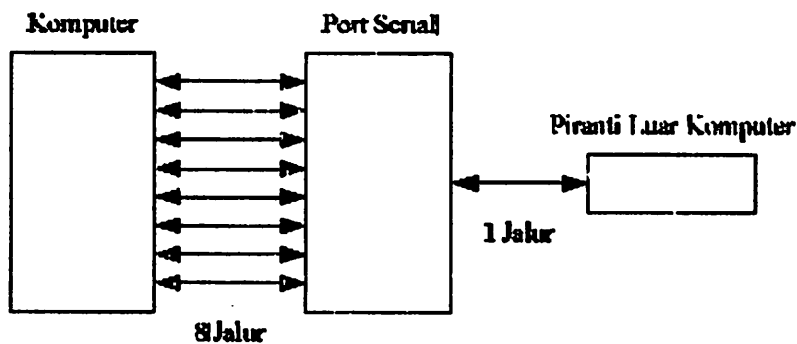


Gambar 2.8 Hubungan Full Duplex ^[3]

2.3. Port Serial DB-9 dan RS-232

Salah satu perangkat penunjang proses komunikasi data serial pada terminal komputer dengan dunia luar adalah port serial. Seperti halnya port paralel yang sering digunakan untuk keperluan interfacing, maka port serial juga merupakan gerbang I/O dari sebuah komputer. Hanya saja di dalam port serial akan dilakukan perubahan bentuk data paralel menjadi data serial pada jalur keluaran dan sebaliknya data serial menjadi data paralel pada jalur masukan.

Port serial adalah piranti untuk mengubah informasi paralel (datang dari komputer), menjadi informasi serial (pergi ke modem, saluran telepon, maupun media yang lain, misalnya kontroller). Demikian juga sebaliknya, mengubah data serial dari media luar komputer menjadi paralel data dalam komputer. Gambar dibawah menunjukkan Prinsip Dasar Port Serial.



Gambar 2.9 Prinsip Dasar Port Serial [3]

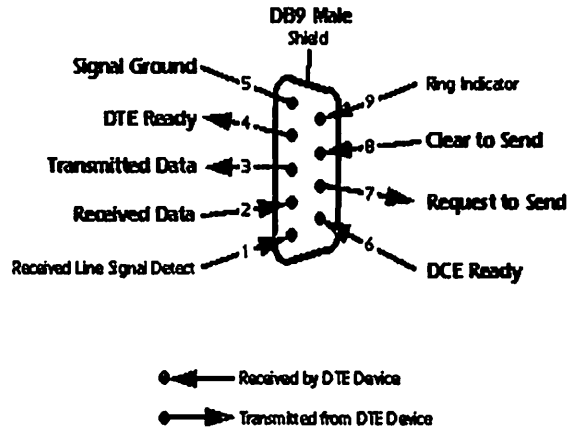
Jadi pada komunikasi serial hanya ada satu bit informasi yang ditransmisikan melalui port serial pada suatu saat. Dengan demikian secara otomatis hanya ada satu kabel yang diperlukan dalam proses transmisi data ini. Dikatakan pula bahwa komunikasi data secara serial memiliki kesederhanaan dalam hal pengkabelannya. Hal tersebut dapat terwujud tidak lain karena adanya port serial yang merupakan piranti dari sebuah komputer yang sanggup mengubah

bentuk data parallel menjadi data serial dan juga sebaliknya dari data serial menjadi data paralel.

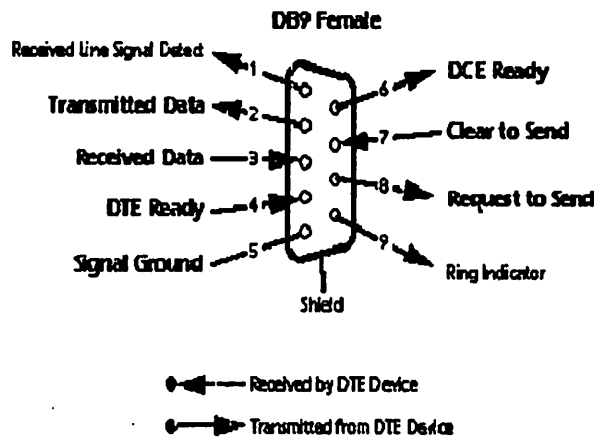
RS-232C merupakan salah satu standard interface dalam proses transfer data antar komputer terutama dalam bentuk serial transfer. RS- 232C merupakan kependekan dari Recommended Standard number 232 revision-C. Standard ini dibuat oleh Electronic Industry Association (EIA), untuk interface antara peralatan terminal data dan peralatan komunikasi data, dengan menggunakan data biner sebagai data yang ditransmisi. RS-232C adalah suatu serial data interface standar yang dikeluarkan oleh EIA. Standarisasi meliputi konektor, fungsi serta posisi tiap pin timing (pewaktu) dan level tegangan atau arus. Standar ini juga berisikan karakteristik sinyal listrik, karakteristik mekanik dari cara operasional rangkaian fungsional.

Dalam transmisi data, sinyal penanda adanya bit yang dikirim didefinisikan sebagai tegangan lebih dari -3 volt terhadap ground. Sebuah space didefinisikan sebagai tegangan yang lebih positif dari +3 volt terhadap ground. Sedangkan sinyal tidak didefinisikan bila diantara +3 volt dan -3 volt. Oleh karena itu, interfacing untuk level tegangan dari suatu sistem minimum yang mempunyai peralatan LSI komunikasi data serial menggunakan RS-232C sedikit mengalami kesulitan. Hal ini dikarenakan tegangan catu daya yang dipergunakan dalam sistem itu biasanya adalah single voltage +5 volt. Padahal keluaran RS-232 harus dapat mengeluarkan tegangan simetris (plus-minus). Sangat boros, apabila menggunakan tegangan catu simetris, tetapi hal ini dapat diatasi dengan menggunakan IC DC to DC Converter khusus seperti MAX 232. Konektor standard hubungan antara RS-232 ini menggunakan konektor DB-9

Proses transfer secara serial menggunakan RS-232 antara 2 buah terminal biasanya memerlukan sebuah DTE (*Data Terminal Equipment*) untuk masing-masing terminal, dan sebuah DCE (*Data Communicationn Equipment*).



Gambar 2.10 DTE Device Connector ^[2]



Gambar 2.11 DCE Device Connector ^[2]

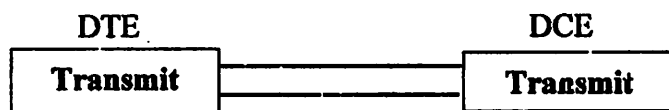
Data yang ditransfer dari satu terminal akan diterima oleh terminal lainnya, dan demikian juga sebaliknya melalui perangkat peralatan di atas. Tabel berikut menjelaskan deskripsi pin out untuk DB-9 dan fungsi masing-masing pin.

Tabel 2.1 Deskripsi Pin DB-9 (*male*) dan Fungsinya ^[2]

Pin	Singkatan	Keterangan	Fungsi
1	CD	<i>Carrier Detect</i>	Saat modem mendeteksi suatu 'carrier' dari modem lain (di tempat lain) maka

			sinyal ini akan diaktifkan.
2	RD	<i>Receive Data</i>	Untuk penerimaan data serial (RXD)
3	TD	<i>Transmit Data</i>	Untuk pengiriman data serial (TXD)
4	DTR	<i>Data Terminal Ready</i>	Kebalikan dari DSR, memberitahukan bahwa UART siap melakukan komunikasi
5	SG	<i>Signal Ground</i>	Ground
6	DSR	<i>Data Set Ready</i>	Memberitahu UART bahwa modem siap melakukan hubungan komunikasi
7	RTS	<i>Request To Send</i>	Sinyal untuk menginformasikan modem bahwa UART siap melakukan pertukaran data
8	CTS	<i>Clear To Send</i>	Digunakan untuk memberitahukan bahwa modem siap untuk melakukan pertukaran data
9	RI	<i>Ring Indikator</i>	Akan aktif jika modem mendeteksi adanya saluran telepon

Jenis data yang akan ditransfer adalah dalam bentuk data biner (bit per bit transfer) dengan satuan baud untuk kecepatan proses transfernya (bit per detik).



Gambar 2.12 Tranfer Data Antara DTE dengan DCE ^[2]

Konsep *interface* antara DTE dan DCE dilakukan dengan cara sebagai berikut

- Ketika DTE ingin mengirim data, sebuah protocol yaitu RTS dikirimkan untuk memberitahu DCE.
- Pada saat itu input RTS pada DCE menjadi aktif.

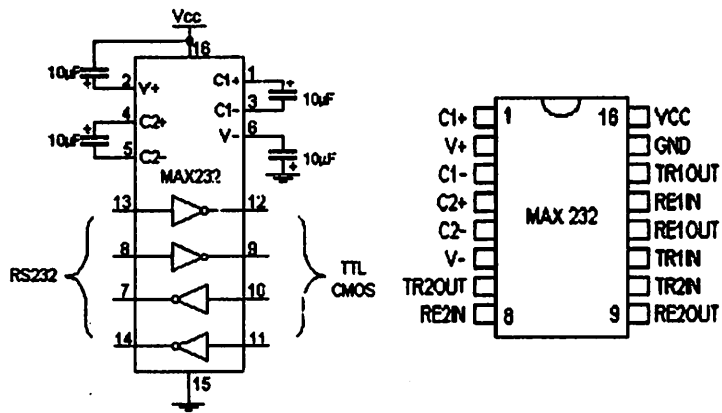
- Jika DCE mampu menerima data, maka ia akan membalasnya dengan mengirim CTS.
- Begitu DTE menerima balasan, input CTS-nya diaktifkan.
- Pengiriman data dilakukan melalui TxD.
- Penerimaan data dilakukan melalui RxD.
- Proses tersebut dilakukan secara berulang-ulang sampai semua data selesai ditransfer.

2.4. MAX 232

Saluran data pada port seri PC menggunakan standar RS232, dimana logic 0 (low) dinyatakan sebagai tegangan antara +3 Volt sampai +15 Volt dan logic 1 (high) dinyatakan sebagai tegangan antara -3 Volt sampai -15 Volt. Level tegangan ini tidak sesuai dengan level tegangan yang dipakai pada port seri mikrokontroler yang menggunakan standard TTL (Transistor Transistor Logic), yaitu level tegangan baku dalam rangkaian – rangkaian digital.

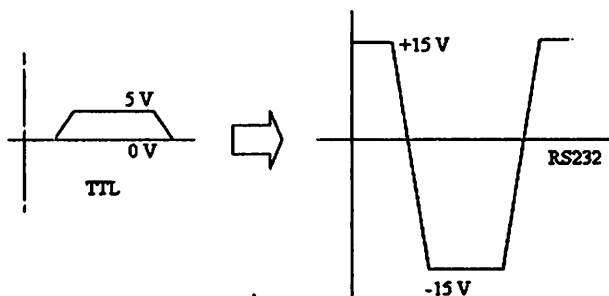
Dalam standar TTL logic 0 (low) dinyatakan sebagai tegangan antara 0 Volt sampai 0.8 Volt, dan logic 1 (high) dinyatakan sebagai tegangan antara 3,5 Volt sampai 5 Volt. Karena perbedaan tegangan tersebut, maka agar port seri PC tidak merusak port seri Mikrokontroler antara keduanya dipasang IC MAX232. Pada dasarnya IC ini hanya digunakann sebagai pengubah tegangan ke level TTL, tidak berfungsi sebagai pengkodean sinyal yang melewati RS232, dan juga tidak mengkonvesi data serial ke parallel.

Konverter RS-232 level akan menganggap tegangan antara +3 hingga +15 Volt sebagai tegangan ' 0 ' sedangkan tegangan -3 hingga -15 Volt dianggap



Gambar 2.13 Konfigurasi Pin dan Blok diagram RS 232 [5]

tegangan ' 1 ', level antara -3 hingga +3 tidak didefinisikan, sebab di daerah ini kemungkinan adalah noise. Level TTL diatas 2 Volt yang dianggap sebagai level ' 1 ' akan dikonversikan ke level RS232 yaitu sebesar -15 Volt, sedangkan level ' 0 ' TTL, yaitu tegangan di bawah 0.8 Volt, akan dikonversikan ke +15Volt, demikian juga pada konversi sebaliknya, level +3 hingga +15 Volt akan dikonversikan ke level TTL 5 Volt dan -3 hingga -15 Volt akan dikonversikan ke 0 Volt.



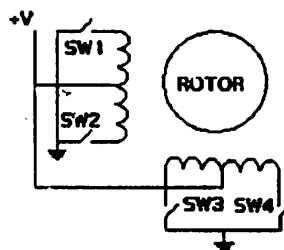
Gambar 2.14 Level Converter TTL Ke RS-232 [5]

2.5. Motor stepper

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper

bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Penggunaan motor stepper memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa. Keunggulannya antara lain adalah :

- Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.
- Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak
- Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi
- Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop dan berbalik (perputaran)
- Sangat realibel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC
- Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya
- Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas.



Gambar 2.15 Motor Stepper [6]

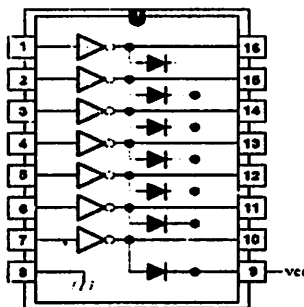
Inti motor (rotor) berupa magnet permanent dan stator terdiri dari empat kumparan yang dihubungkan dengan saklar. Dengan membuka menutupnya saklar sesuai dengan data pada tabel 2.1, maka kita dapat memutar inti motor dengan arah tertentu. Adapun urutan data yang harus diberikan ditunjukkan pada tabel 2.1 dibawah ini. Untuk arah putaran kebalikkannya, maka urutan data pada tabel 2.1 harus dibalik.

Tabel 2.2 Data Motor Stepper ^[6]

Step	SW1	SW2	SW3	SW4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

2.6. Driver Motor Stepper

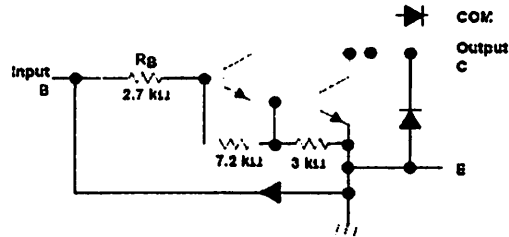
Sistem driver dalam pengendalian posisi kamera digunakan untuk menggerakkan motor stepper. Adapun sistem memiliki rangkaian seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.16 IC Driver ULN 2003 ^[2]

IC Driver ULN 2003 ini digunakan untuk mengaktifkan daripada motor stepper dimana driver tersebut memberi dan merubah arus secara berurutan dengan suatu respon. Dari gambar diatas bahwa masukan dan keluaran ada pada kaki pin tersebut.

Internal IC ULN 2083 adalah seperti terlihat pada Gambar 2.16 berikut ini:



Gambar 2.17 Internal IC ULN 2003 [2]

2.7. Transistor Sebagai Saklar

Cara yang paling mudah menggunakan sebuah transistor adalah sebagai saklar, artinya transistor dioperasikan pada salah satu dari saturasi atau *cut off*. Jika transistor berada pada titik saturasi, transistor tersebut seperti sebuah saklar yang tertutup dari kolektor ke emitor. Jika transistor *cut off* maka transistor akan seperti sebuah saklar yang terbuka.

Transistor yang difungsikan sebagai saklar diperlihatkan dalam Gambar 2.18. Pada rangkaian tersebut merupakan penjumlahan tegangan disekitar *loop input*, sehingga diperoleh persamaan:

$$I_B \cdot R_B + V_{BE} - V_{BB} = 0 \dots\dots\dots(2-8)$$

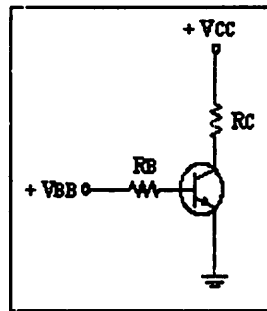
$$I_C \cdot R_C + V_{CE} - V_{CC} = 0 \dots\dots\dots(2-9)$$

Sehingga dengan persamaan (2-8) didapat persamaan untuk mengetahui besar arus pada kutub basis (I_B). Maka persamaan untuk arus pada basis dalam rangkaian transistor sebagai saklar adalah:

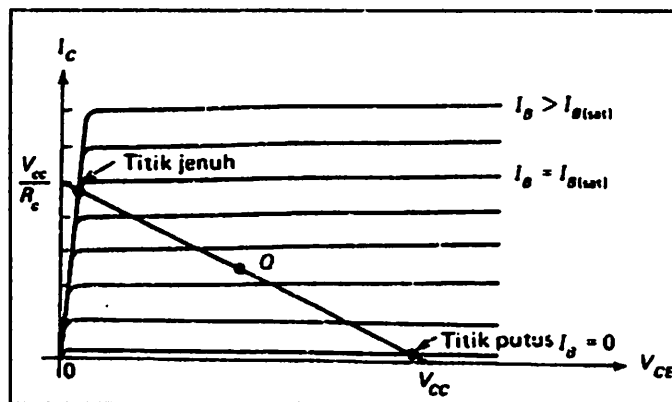
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \dots\dots\dots(2-10)$$

Jika arus basis lebih besar atau sama besar dengan I_B (sat), titik kerja Q berada pada ujung atas dari garis beban (Gambar 2.19). Dalam hal ini transistor

kelihatan seperti sebuah saklar yang tertutup. Sebaliknya jika arus basis nol, transistor bekerja pada ujung bawah dari garis beban, dan transistor kelihatan seperti sebuah saklar yang terbuka.



Gambar 2.18 Rangkaian transistor sebagai saklar ^[7]



Gambar 2.19 Titik jenuh dan titik putus pada garis beban dc ^[7]

Titik potong antara garis beban dc dan kurva $I_B = 0$ dikenal sebagai titik putus (*cutoff*). Pada titik ini, arus basis sama dengan nol, dan arus kolektor juga sangat kecil. Ternyata dalam keadaan ini, diode emiter tidak lagi mendapat prategangan maju dan fungsi normal dari transistor menjadi terhenti. Perhatikan bahwa titik putus dalam Gambar 2.10 sangat berdekatan dengan intersep datar dari garis beban dc.

Titik jenuh (*saturation*) adalah titik potong dengan kurva I_B pada ujung teratas dari garis beban dc. Untuk mudahnya, titik jenuh akan diberi koordinat $I_{C(sat)}$ dan $V_{CE(sat)}$. Arus kolektor pada titik ini ditentukan oleh

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{cc} - V_{ce(sat)}}{R_c} \dots\dots\dots (2-11)$$

Dari gambar 2.19 tampak jelas bahwa titik jenuh ini sangat berdekatan dengan sumbu tegak. Karena lazimnya $V_{CE(sat)}$ hanya berharga beberapa kali 0,1 V, persamaan diatas sering dituliskan dalam bentuk

$$I_{C(sat)} \cong \frac{V_{cc}}{R_c} \dots\dots\dots (2-12)$$

Arus basis yang menyebabkan kejenuhan ini diberikan oleh

$$I_{B(sat)} = \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{dc}} \dots\dots\dots(2-13)$$

Bila arus basis melebihi $I_{B(sat)}$, arus kolektor tidak dapat bertambah lagi karena diode kolektor tidak lagi berfungsi (tidak mendapat prategangan balik). Dengan kata lain, $I_{C(sat)}$ merupakan harga maksimum dari arus kolektor yang dapat dihasilkan oleh rangkaian dengan prategangan basis pada tegangan catu dan hambatan kolektor tertentu.

2.8. Dioda Infra Merah

Selain oleh matahari, cahaya dapat dibangkitkan oleh bahan semikonduktor yang disebut “electroluminescence”. Seperti pada dioda P-N junction, dioda infra merah ini bekerja pada kondisi tegangan maju.

Dioda infra merah ini terbuat dari bahan gallium arsenide (GaAs).dengan mengkombinasi kedua bahan tersebut akan terbentuk pita energi dengan muatan electron yang berbeda. Pada saat dioda infra merah diberi tegangan maju akan

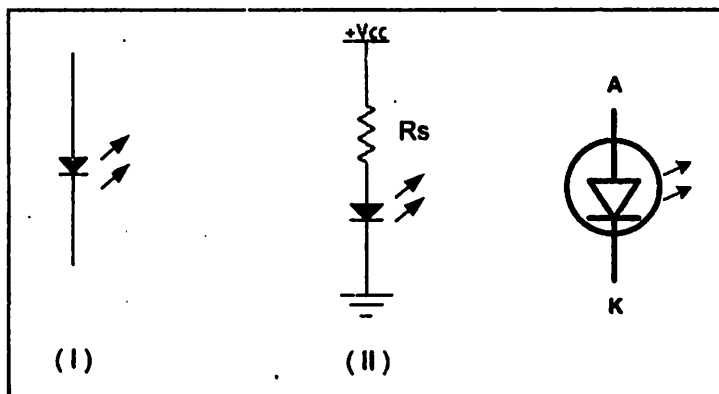
terjadi perpindahan elektron dari pita konduksi melewati junction dan jatuh kedalam hole pita valensi dan elektron mengeluarkan energi, pada dioda infra merah dipilih bahan gallium arsenide. energi yang dikeluarkan dalam bentuk cahaya lebih banyak dibanding panas sedangkan pada bahan silikon lebih banyak menghasilkan panas. Dan dioda yang tidak memancarkan cahaya contohnya dioda zener maupun dioda biasa. Lambang dan bentuk dari dioda infra merah tersebut dapat dilihat pada gambar berikut dibawah ini: Besar arus LED yang diberikan dalam contoh rangkaian Gambar 2.20 adalah :

$$I = \frac{V_{CC} - V_{IR}}{R_s} \dots\dots\dots(2-17)$$

$$R_s = \frac{V_{CC} - V_{IR}}{I} \dots\dots\dots(2-18)$$

$$V_{CC} = V_{fd} + I_{R1} R_1 \dots\dots\dots(2-19)$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{fd}}{I_{R1}} \dots\dots\dots(2-20)$$



Gambar 2.20 Simbol Dari Dioda Led^[1]

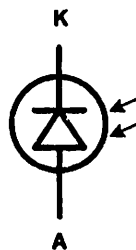
2.9. Photodioda

Photodioda ini merupakan sambungan substrat tipe N-P yang dirancang untuk beroperasi bila dibiaskan dalam arah terbalik. Dengan demikian tegangan

mundur ini akan memperluas daerah pengosongan. Perubahan pada daerah pengosongan ini merupakan prinsip kerja photodiode.

Ketika energi cahaya yang jatuh pada daerah pengosongan dan menembus daerah katoda, energi cahaya ini dapat menyebabkan electron keluar dari pita valensi dan masuk ke pita pita konduksi dan meninggalkan hole pada pita konduksi, dengan kata lain electron dan hole menempati daerah masing-masing.

Dengan kondisi di atas maka energi cahaya yang jatuh pada daerah pengosongan akan meniadakan sambungan. Daerah pengosongan yang semula menyekat arus ini akan berubah menghasilkan aliran arus elektron-hole. Simbol pada photodiode adalah sama dengan led hanya tanda panah masuk menuju diode. Berikut gambar dari photodiode tersebut :



Gambar 2.21 Simbol Dari PhotoDiode ^[1]

2.10. Webcam

Webcam adalah sebuah kamera yang digunakan untuk mengambil objek gambar secara benar dan nyata yang dibutuhkan untuk *image processing* , obyek diambil kemudian diolah menjadi data-data yang diinginkan di dalam komputer. webcam yang dipakai adalah merek I-tech yang mempunyai Spesifikasi dan features sebagai berikut :

- Defnition : 100k/300k/350k/400k/4520k pixels (640x480)

- CMOS chip tipe : color CMOS image sensor
- Microphone
- Hi-resolving power : 640x480
- Vidio format : 24 bit RGB
- Interface : USB
- Frame rate : 320x240 up to 30 frame/ sec (CIF)
- 640x480 up to 15 frame/ sec (VGA)
- Sensor size 4.86x3.64mm (kuadrat)
- S/N ratio < 48 dB
- Dynamic range < 72 dB
- Focus Range 5 cm-infinity
- Buit-in image compression
- Automatic white balance
- Automatic color compensated
- Dynamic image E-MAIL.
- Manual focus
- Shutter key

2.11. Telepon Seluler

Telepon Seluler (Ponsel) adalah suatu jenis telepon bergerak yang menggunakan teknologi *wireless* sebagai akses komunikasinya sehingga memudahkan seseorang untuk berkomunikasi dimanapun dan dalam kondisi apapun. Sebuah ponsel dapat mengirim dan menerima data suara menggunakan pemancar RF. Dengan adanya ponsel, maka komunikasi lebih mudah dan lebih

efisien. Seiring perkembangan teknologi di bidang *mobile* sistem, ponsel tidak hanya mengirim data suara tetapi juga data karakter yang biasa disebut SMS (*Short Message Service*). Disamping itu, pesatnya perkembangan teknologi saat ini menyebabkan ponsel tidak hanya dapat berkomunikasi antara sesama ponsel, tetapi juga dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler. Hal ini menyebabkan kita dapat melakukan transfer data antara ponsel dan mikrokontroler.

2.11.1 Handphone Siemens

Siemens merupakan salah satu merek ponsel yang dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler melalui port serial, sehingga suatu pentransferan data dapat terjadi antara mikrokontroler dengan ponsel merk Siemens tersebut. Melalui pentransferan data ini pengguna ponsel dapat mengirim atau menerima suatu pesan singkat (SMS). Untuk dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler, siemens dilengkapi dengan *internal* modem yang dapat mengenali *AT Command*.

2.12. AT Command

Komunikasi data antara telepon seluler dengan periperal lain seperti mikrokontroler dilakukan secara serial menggunakan perintah-perintah AT (*AT Command*). Dengan mengirimkan perintah-perintah AT yang spesifik dapat memerintahkan telepon seluler untuk melakukan apa yang kita inginkan.

Tabel berikut merupakan beberapa perintah-perintah AT yang digunakan untuk mengoperasikan SMS.

Tabel 2.3 AT Command pada SMS^[7]

Perintah	Fungsi
AT+CMGC	Mengirim sebuah perintah SMS
AT+CMGD	Menghapus sebuah SMS dalam SMS memori
AT+CMGF	SMS Format
AT+CMGL	Daftar SMS
AT+CMGR	Membaca dalam sebuah SMS
AT+CMGS	Mengirim sebuah SMS
AT+CSCA	Alamat dari pusat SMS servis

2.13. Format Data SMS

SMS (*Short Message Service*) merupakan sebuah mekanisme pengiriman pesan singkat melalui jaringan bergerak (*mobile network*). Panjang maksimum dari sebuah pesan singkat adalah 160 karakter, fasilitas ini disediakan oleh jaringan telepon seluler. Sebenarnya panjang pesan maksimum yang dapat dikirimkan melalui SMS adalah 140 karakter. Teknik ini bertumpu pada keadaan bahwa kode karakter ASCII alfanumerik yang mempunyai lebar data 7 bit (bit ke-7 selalu bernilai 0 sehingga bisa diabaikan). Teknik kompresi *septet to oktet* dilakukan dengan menyisipkan bit-bit LSB karakter selanjutnya ke dalam bit-bit MSB dari data sebelumnya secara berkesinambungan.

Ada dua cara pengiriman dan penerimaan SMS, yaitu dengan menggunakan mode teks dan mode PDU (*Protocol Data Unit*). Mode teks tidak terdapat pada beberapa telepon seluler, maka dalam tugas akhir ini digunakan pesan SMS dengan mode PDU dan tidak membahas mode yang lain. PDU berisi bilangan-bilangan heksadesimal yang terdiri atas: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.

2.13.1 Prinsip kerja SMS (*Short Message Service*)

Dibalik tampilan menu-menu SMS dalam telepon seluler sebenarnya adalah *AT Command* yang bertugas mengirim, menerima dan menghapus data dari dan ke *SMS centre*. *AT Command* tiap-tiap perangkat SMS bisa berbeda-beda tergantung dari jenis telepon seluler, akan tetapi pada dasarnya sama berdasarkan fungsinya. Data-data yang mengalir ke dan dari *SMS-centre* berbentuk PDU (*Protocol Data Unit*). PDU ini berisi bilangan-bilangan heksadesimal yang mencerminkan bahasa input output. PDU tersebut terdiri dari beberapa *header*. *Header* untuk mengirim SMS ke *SMS-centre* berbeda dengan SMS yang diterima dari *SMS-centre*.

2.13.2 PDU untuk kirim SMS ke *SMS-Centre*

Format PDU untuk mengirim SMS terdiri atas delapan *header*, yaitu sebagai berikut :

1. Nomor *SMS-Centre*

Header pertama ini terbagi atas tiga *subheader*, yaitu :

- a. Jumlah pasangan heksadesimal *SMS-Centre* dalam bilangan heksa.
- b. Kode *National/International*.
 - Untuk *National*, kode *subheader*-nya yaitu 81
 - Untuk *International*, kode *subheader*-nya yaitu 91
- c. Nomor *SMS-Centre*-nya sendiri, dalam pasangan heksa dibalik-balik. Jika tertinggal satu angka heksa yang tidak memiliki pasangan, angka tersebut akan dipasangkan dengan huruf F di depannya. Contoh: untuk nomor *SMS-Centre* Telkomsei dapat ditulis dengan 2 cara yaitu :
 - Cara 1, 0818445009 diubah menjadi:

- 1) 06 → ada 6 pasang
- 2) 81 → 1 pasang
- 3) 80-81-44-05-90 → 5 pasang

Total ada 6 pasang. Di gabung menjadi : **06818081440590**

- **Cara 2, 62818445009 diubah menjadi:**

- 1) 07 → ada 7 pasang
- 2) 9i → 1 pasang
- 3) 26-18-48-54-00-F9 → 6 pasang

Total ada 7 pasang. Digabung menjadi : **07912618485400F9**

Berikut ini beberapa nomor SMS-Centre operator seluler di Indonesia.

Tabel 2.4 Beberapa nomor SMS-Centre National Code ^[7]

No	Operator Seluler	SMS-Centre No	Kode PDU
1.	Telkomsel	0811000000	06818011000000
2.	Satelindo	0816124	0581806121F4
3.	Excelcom	0818445009	06818081440590
4.	Indosat-M3	0855000000	06818055000000

Tabel 2.5 Beberapa nomor SMS-Centre International Code ^[7]

No	Operator Seluler	SMS-Centre No	Kode PDU
1.	Telkomsel	62811000000	07912618010000F0
2.	Satelindo	62816124	059126181642
3.	Excelcom	62818445009	07912618485400F9
4.	Indosat-M3	62855000000	07912658050000F0

2. Tipe SMS

Untuk tipe SMS kirim = 1, jadi bilangan heksanya adalah 01 atau 11

3. Nomor Referensi

Nomor referensi ini dibiarkan dulu 0, jadi bilangan heksanya adalah 00.

Nomor referensi ini akan diberikan secara otomatis oleh ponsel tersebut.

4. Nomor Ponsel Penerima

Header ini juga terbagi menjadi 3 bagian :

- a. Jumlah bilangan desimal nomor ponsel yang dituju dalam bilangan heksa
- b. *National/International Code*
 - Untuk *National*, kode *subheader*-nya yaitu 81
 - Untuk *International*, kode *subheader*-nya yaitu 91
- c. Nomor ponsel yang dituju, dalam pasangan heksa dibalik. Jika tertinggal satu angka heksa atau tidak memiliki pasangan, angka tersebut dipasangkan dengan huruf F di depannya.

Contoh untuk nomor ponsel yang dituju 628129573337 dapat ditulis dengan dua cara, yaitu sebagai berikut :

- **Cara 1, 08129573337 diubah menjadi :**

- a. 0B → ada 11 angka
- b. 81
- c. 80-21-59-37-33-F7

Sehingga digabung menjadi : **0B818021593733F7**

- **Cara 2, 628129573337 diubah menjadi :**

- a. 0C → ada 12 angka
- b. 91
- c. 26-18-92-75-33-73

Sehingga digabungkan menjadi : **0C91261892753373**

5. Bentuk SMS, antara lain :

0 → 00 → dikirim sebagai SMS.

1 → 01 → dikirim sebagai *telex*.

2 → 02 → dikirim sebagai *fax*.

Dalam hal ini, untuk mengirim dalam bentuk SMS tentu saja harus memakai kode heksa 00.

6. Skema *Encoding Data I/O*

Ada dua skema, yaitu :

a. Skema 7 bit, ditandai dengan angka 0 → 00

b. Skema 8 bit, ditandai dengan angka lebih besar dari 0 kemudian diubah ke heksa.

Kebanyakan ponsel/SMS *Gateway* yang ada di pasaran sekarang menggunakan skema 7 bit sehingga kita menggunakan kode 00

7. Isi SMS

Header ini terdiri atas dua *subheader*, yaitu :

a. Panjang isi (jumlah huruf dari isi)

Misalnya : untuk kata “hello”, ada 5 huruf maka penulisannya 05

b. Isi berupa pasangan bilangan heksa

Untuk ponsel/SMS *gateway* berskema *encoding* 7 bit, jika mengetik suatu huruf dari keypadnya, berarti telah membuat 7 angka I/O berturutan. Skema 7 bit tersebut diperlihatkan pada **Tabel 2.5**.

Ada 2 langkah yang harus dilakukan untuk mengkonversikan isi SMS, yaitu:

1	1	1	0	14		β	.	>	N	Ü	n	ü
1	1	1	1	15			/	?	O		o	

Langkah Kedua:

```

      E      8
h  1 110  1000
      3      2
e  00 11  0010  1
      9      B
l  100 1  1011  00
      F      D
l  1111  1101  100
      0      6
o  0000  0 110  1111

```

Oleh karena total 7 bit x 5 huruf = 35 bit, sedangkan yang kita perlukan adalah 8 bit x 5 huruf = 40 bit, maka diperlukan 5 bit *dummy* (sisa) yang diisi dengan bilangan 0. Setiap 8 bit mewakili suatu pasangan heksa. Tiap 4 bit mewakili suatu angka heksa. Dengan demikian kata “hello” hasil konversinya menjadi E8329BFD06.

2.13.3 PDU untuk SMS Terima dari SMS-Centre

Terdapat 8 *header* untuk menerima SMS yang pada prinsipnya hampir sama dengan 8 *header* untuk mengirim SMS. *Header* tersebut meliputi:

1. Nomor SMS-Centre
2. Tipe SMS untuk SMS-terima = 4 menjadi 04
3. Nomor ponsel pengirim
4. Bentuk SMS

5. Skema *Encoding*
6. Tanggal dan waktu SMS di *SMS-Centre*

Diwakili oleh 12 bilangan heksa (6 pasangan) yang berarti : yy/mm/dd hh:mm:ss. Misalnya : 207022512380 yang berarti 02/07/22 15:32:08 atau 22 Juli 2002 15:32:08 WIB.

7. Batas waktu validitas, jika tidak dibatasi dilambangkan dengan 00
8. Isi SMS.

Contoh untuk kode PDU sebagai berikut 07912658050000F0,04,0C91265816107398,00,00,207022512380,00,05E8329BFD06. Dapat kita artikan sebagai berikut :

1. SMS tersebut dikirim lewat *SMS-Centre* : 62855000000.
2. SMS tersebut merupakan SMS terima.
3. SMS tersebut dikirim dari ponsel nomor 628561013789.
4. SMS tersebut diterima dalam bentuk SMS.
5. SMS tersebut memiliki skema *encoding* 7 bit.
6. SMS tersebut sampai di *SMS-Centre* pada tanggal 22-07-02, pukul : 15:32:08 WIB.
7. SMS tersebut tidak memiliki batas waktu valid.
8. SMS tersebut isinya adalah "hello".

2.14. Borland Delphi

Bahasa pemrograman Delphi dapat digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk perhitungan matematis, aplikasi perkantoran, aplikasi multimedia,

pembuatan aplikasi pengolah, aplikasi control industri sampai kepada aplikasi database.

Bahasa pemrograman Delphi disebut bahasa prosedural artinya bahasa yang digunakan mengikuti urutan tertentu (prosedur). Ada jenis pemrograman non-prosedural seperti pemrograman untuk kecerdasan buatan seperti bahasa Prolog. Delphi termasuk keluarga Visual sekelas Visual Basic, Visual C, artinya perintah-perintah untuk membuat objek dapat dilakukan secara visual. Pemrogram tinggal memilih objek apa yang ingin dimasukkan kedalam Form/Window, lalu tingkah laku objek tersebut saat menerima event/aksi tinggal dibuat programnya. Delphi merupakan bahasa berorientasi objek, artinya nama objek, properti dan *methode/procedure* dikemas menjadi satu kemasan (*encapsulate*).

Delphi adalah sebuah perangkat lunak (bahasa pemrograman) untuk membuat program/aplikasi komputer berbasis windows. Delphi merupakan bahasa pemrograman berbasis objek, artinya semua komponen yang ada merupakan objek-objek. Ciri sebuah objek adalah memiliki nama, property dan *methode/procedure*. Delphi disebut juga *visual programming* artinya komponen-komponen yang ada tidak hanya berupa teks (yang sebenarnya program kecil) tetapi muncul berupa gambar-gambar. Dengan menggunakan Delphi dapat diciptakan aplikasi *interfacing* dengan tampilan yang menarik dan atraktif bagi pengguna program hasil karya kita.

2.14.1 Struktur Data Delphi

Delphi memiliki struktur data yang merupakan tipe data tumpukan dan tipe data buatan dari pengembangan tipe data baku. Berikut adalah tipe data baku pada delphi :

- *Char*

Char adalah tipe data karakter yang memiliki panjang 1 byte (8 bit) yang dapat dipresentasikan dengan suatu nilai ordinal atau dalam bentuk *ASCII code* atau dalam bentuk suatu karakter biasa, sebagai contoh untuk menjelaskan karakter 'A' dapat direpresentasikan dalam bentuk #65 (*ASCII code*) atau dalam bentuk nilai ordinal 101 ekuivalen desimalnya.

- *String*

String adalah tipe data kumpulan dari karakter yang memiliki panjang 255 karakter, yang dapat dipresentasikan dalam bentuk *ASCII code* atau dalam bentuk suatu karakter biasa, sebagai contoh untuk menjelaskan string yang berisi 'AAA' dapat direpresentasikan dalam bentuk #65#65#65 (*ASCII code*). *String* juga dapat dikatakan larik (*array*) dari suatu karakter.

- *Integer*

Integer adalah tipe data numerik yang hanya dapat menampung bilangan bulat, *integer* memiliki jangkauan dari -32768 sampai 32768 dengan kapasitas 2 byte (16 bit).

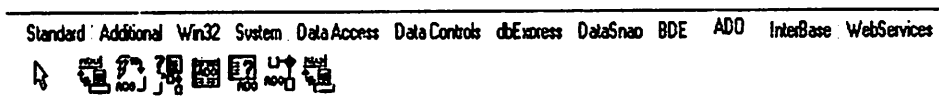
- *Real (floating point)*

Real adalah tipe data numerik yang dapat menampung bilangan bulat ataupun bilangan pecahan (*floating point*) dengan panjang bit 6 bit.

2.14.2 Database pada Delphi

Dukungan Perangkat lunak Delphi terhadap aplikasi database merupakan salah satu fitur kunci lingkungan pemrograman. Delphi

memberikan seperangkat komponen serta pelengkap lainnya sehingga pembuatan aplikasi database menjadi lebih mudah. Komponen-komponen database dikelompokkan dalam *Component pallette data acces data control* dan *BDE* serta *ADO*, seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.22 Kelompok Komponen dalam Database^[2]

- **Data Acces dan BDE (*Borland database engine*)**
Keuntungan menggunakan BDE integrasi yang sangat baik dengan Delphi. Elemen-elemen terdokumentasi dengan baik dan merupakan solusi terbaik untuk pengaksesan file database lokal seperti dBase dan paradok.
Banyak berperan pada penentuan sumber data seperti tabel, SQL, query maupun koneksivitasnya. Contoh komponen ini yaitu Table dan Datasource.
- **Data Control**
Lebih menekankan pada pengaturan data yang terpasang pada aplikasi seperti *DBLabel*, *DBNavigator*, *DBGrid*, *DBImage*, *DBMemo*, *DBEdit*, *DBCombobox* dan lain sebagainya.
- **ADO (*activeX data object*)**
Digunakan untuk komunikasi Program dengan Database MS Acces sehingga data yang dibuat dengan MS Acces akan dapat diintegrasikan dengan Delphi.

BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan membahas tentang perancangan dan pembuatan alat automoving kamera menggunakan mikrokontroller AT89S51. Perancangan sistem ini meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Untuk perangkat kerasnya meliputi sistem mikrokontroler AT89S51 yang dihubungkan dengan komputer, telepon seluler, rangkaian *driver* motor stepper, dan rangkaian sensor infra merah.

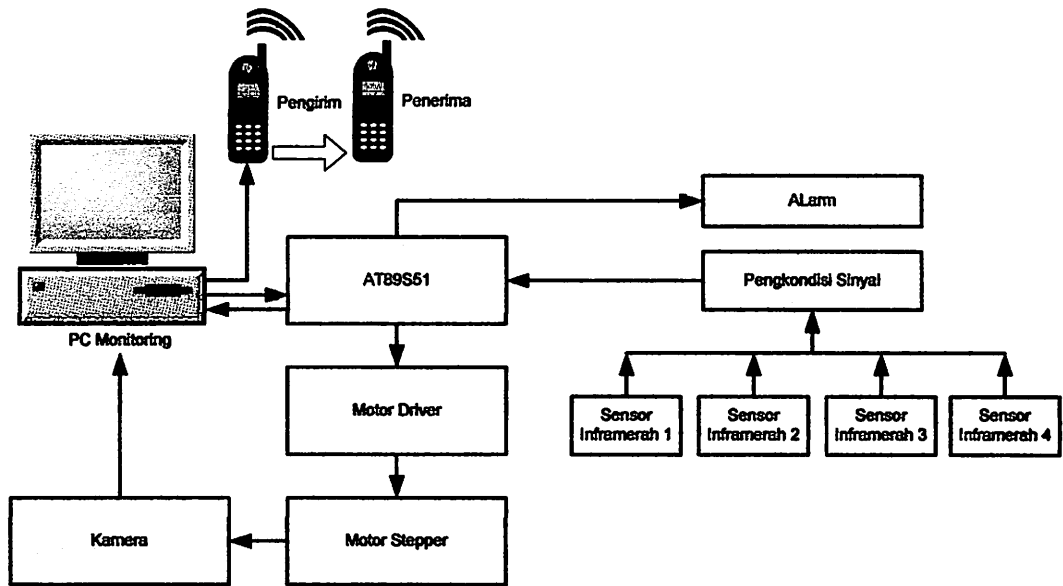
3.1 Penentuan spesifikasi alat

Dalam perancangan alat ini spesifikasi yang akan direalisasikan adalah sebagai berikut:

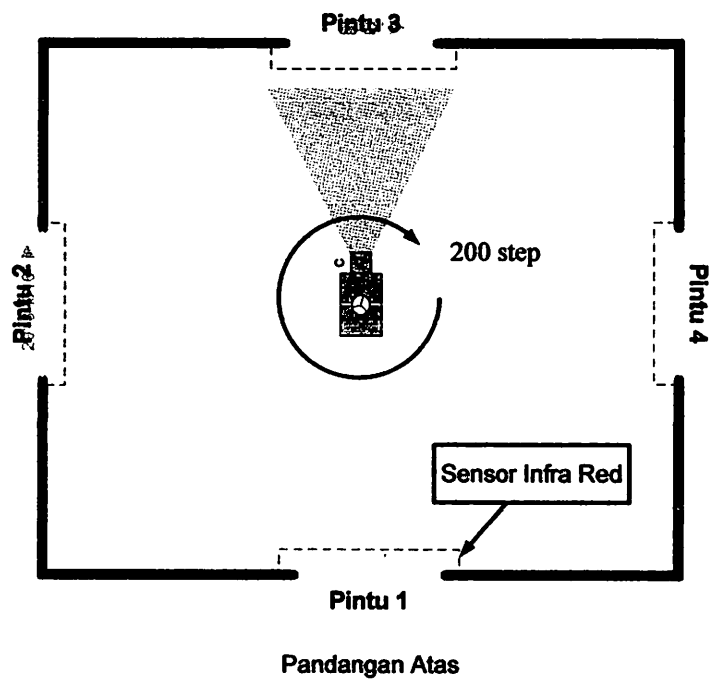
- Miniatur ruangan memiliki empat buah pintu sebagai contoh ruangan yang akan dipantau.
- 1 webcam dan motor stepper sebagai penggerak
- PC, HP dan mikrokontroler AT89S51
- 4 pasang LED infra merah dan photodiode yang digunakan sebagai sensor pendeteksi gerak

3.2 Perencanaan Perangkat Keras

Agar perancangan dan pembuatan alat dapat dilakukan sistematis dan terstruktur maka perlu dibuat blok diagram yang menjelaskan sistem yang dirancang. Blok diagram sistem ditunjukkan dalam Gambar 3.1



Gambar 3.1 Perencanaan Blok diagram system



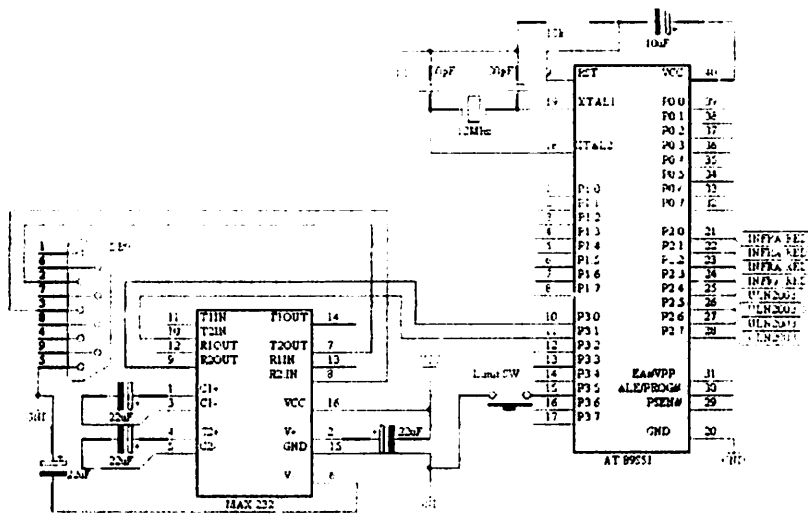
Gambar 3.2 Perencanaan penempatan alat

Sesuai dengan blok diagram dalam Gambar 3.1 tersebut maka peralatan yang dirancang antara lain:

- Unit PC dan Mikrokontroler AT89S51 sebagai pengendali utama
- Rangkaian sensor infra merah, digunakan untuk mendeteksi kondisi pintu
- Driver motor, berfungsi sebagai pengontrol motor stepper.
- Motor stepper berfungsi untuk mengendalikan kamera.
- Kamera, digunakan untuk mengawasi keadaan yang terjadi didalam ruangan.
- Ponsel berfungsi mengirimkan laporan berupa SMS kepada ponsel pemilik
- Alarm akan berbunyi bila sensor-sensor yang ada aktif atau mendeteksi penyusupan.

3.2.1 Rangkaian kontrol menggunakan AT89S51

Rangkaian minimum dari mikrokontroler AT89S51 Dengan rangkaian ini mikrokontroler dibuat sebagai sistem minimum menjadi pengontrol alat, disamping itu rangkaian ini dapat dibuat bermacam-macam alat dengan menambah sedikit komponen tambahan lainnya. Dari rangkaian tersebut yang berpengaruh terhadap kecepatan proses menjalankan program adalah kristal. Adapun rangkaiannya ditunjukkan seperti pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Minumum Sistem AT 89S51

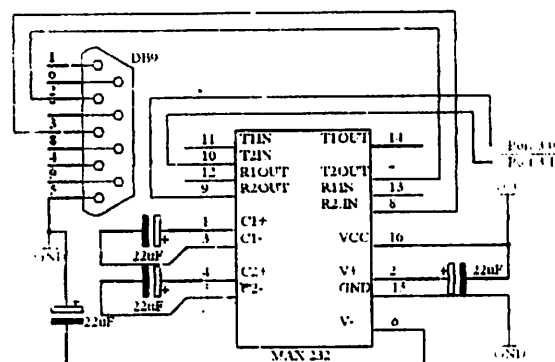
Agar sebuah mikrokontroler dapat bekerja sebagai pengontrol, maka kaki-kaki/port mikrokontroler dihubungkan dalam rangkaian-rangkaian eksternal. Dalam perancangan ini, port yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Port 2.0 sampai port 2.3 digunakan sebagai input sensor Infra Merah
2. Port 2.4 sampai port 2.7 digunakan sebagai output ke ULN 2003
3. Port 3.0 dan port 3.1 digunakan sebagai transfer data dari MAX232 ke MCU
4. Port 3.6 digunakan untuk limit switch
5. XTAL1 dan XTAL2 digunakan sebagai input dari rangkaian osilator kristal. Rangkaian osilator kristal terdiri dari kristal osilator 12 MHz, kapasitor C1 dan C2 yang masing-masing bernilai 30 pF, akan membangkitkan pulsa *clock* yang menjadi penggerak bagi seluruh operasi internal MCU.

6. VCC dihubungkan dengan tegangan sebesar +5V
7. GND dihubungkan ke *ground* catu daya.
8. Reset digunakan untuk mereset program kontrol MCU, dimana MCU memiliki masukan aktif *high*.

3.2.2 Rangkaian *interface* RS-232 dari Komputer ke MCU

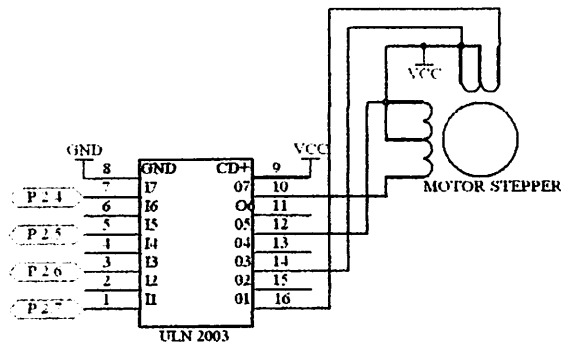
Karena port serial komputer tidak bekerja pada level tegangan TTL, melainkan level tegangan RS-232. Untuk itu diperlukan komponen tambahan yang berfungsi untuk mengkonversi level tegangan TTL ke level tegangan RS-232, begitu juga sebaliknya. Komponen yang digunakan adalah IC MAX232 yang memerlukan beberapa komponen tambahan berupa empat buah kapasitor yang nilainya adalah 22 μ F untuk seluruh kapasitor. MAX232 memiliki sepasang terminal masukan level tegangan TTL yang berkorespondensi dengan sepasang terminal keluaran level tegangan RS-232, juga sepasang terminal masukan level RS-232 yang berkorespondensi dengan sepasang terminal keluaran level tegangan TTL



Gambar 3.4 Rangkaian MAX232

3.2.3 Rangkain Driver Motor Stepper

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Di bawah ini adalah gambar dari rangkain driver motor stepper yang terdiri dari 1 buah IC ULN 2003 Sebagai drivernya.



Gambar 3.5 Rangkaian ULN 2003

Perhitungan Pembagian koordinat Pintu :

$$\triangleright \frac{360^\circ}{1,8^\circ} = 200 \text{ Step}$$

Jadi untuk penghitungan setiap pintu (4 pintu) adalah :

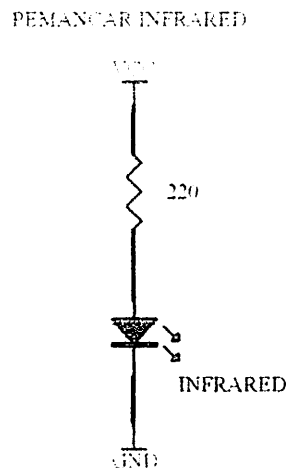
$$\triangleright \frac{200}{4} = 50 \text{ step.}$$

Jadi untuk setiap pintu terdiri dari 0, 50, 100 dan 150 Step .

3.2.4 Rangkaian Sensor Inframerah

3.2.4.1 Rangkaian Pemancar (*Transmitter*)

Rangkaian pemancar berfungsi untuk memancarkan sinar *infra red* dengan bantuan LED yang memancarkan *infra red* (IRED), yang nantinya diterima oleh rangkaian penerima *infra red*. Gambar 3.6 menunjukkan rangkaian pemancar *infra red*.



Gambar 3.6 Rangkaian pemancar infrared

Mengacu pada gambar rangkaian di atas, agar dioda infra merah dapat memancarkan sinar infra merah diperlukan arus sebesar 20 mA dan tegangan (V_{IR}) sebesar 1,2 Volt. Sesuai dengan persamaan (2-18) dapat dihitung besarnya R_s sebagai berikut :

$$R_s = \frac{V_{cc} - V_{IR}}{I}$$

$$R_s = \frac{5 - 1,2}{20 \times 10^{-3}}$$

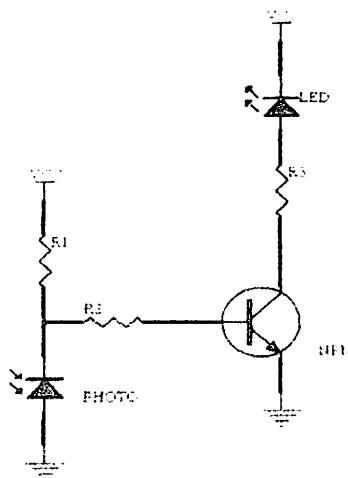
$$R_s = \frac{3,8}{20 \times 10^{-3}}$$

$$R_s = 190 \Omega \cong 220\Omega$$

Jadi resistor yang terpasang pada rangkaian pemancar adalah 220Ω .

3.2.4.2 Rangkaian Penerima (*Receiver*)

Rangkaian penerima berfungsi untuk menerima sinyal *infra red* dari pemancar *infra red*, sinyal *infra red* diterima oleh foto dioda dan digunakan untuk membias transistor yang difungsikan sebagai saklar (*switching*) yang mana output dari rangkaian ini berupa tegangan yang akan dikirimkan ke mikrokontroler. Gambar 3.7 menunjukkan rangkaian penerima *infra red*.



Gambar 3.7 Rangkaian penerima *infra red*

Karena transistor dioperasikan untuk saklar (*switching*) maka dioperasikan pada dua titik kerja, yaitu : pada titik saturasi atau pada titik sumbat (*cut off*). Jadi perhitungan nilai resistor yang terpasang pada rangkaian penerima sinyal *infra red* adalah sebagai berikut:

- **Kondisi Pertama, pada saat IR LED tidak terhalang benda**

Pada saat IR LED RX tidak terhalang dilakukan pengukuran untuk melihat arus. Arus itu memiliki nilai $I_{R1}=0,12mA$, Maka menurut persamaan (2-19):

$$V_{CC} = V_{fd} + I_{R1}R_1$$

Untuk rangkaian ini didesain V_{fd} adalah 2,4V

$$5 = 2,4 + I_{R1}R_1$$

Kemudian sesuai dengan persamaan (2-20):

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{fd}}{I_{R1}}$$

$$R_1 = \frac{5 - 2,4}{0,12mA}$$

$$R_1 = 21666\Omega \cong 22K\Omega$$

Ditentukan besar $R_3 = 820 \Omega$ dan $V_{CE} = 2,7$. Maka menurut persamaan (2-9) dan $R_3 = R_C$, nilai I_C adalah:

$$I_C \cdot R_C + V_{CE} - V_{CC} = 0$$

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

$$I_C = \frac{5 - 2,7}{820}$$

$$I_C = 2,8 \times 10^{-3} A$$

Dengan hfe minimum 60 maka dalam perancangan dapat digunakan hfe 100 agar transistor berkerja optimal dengan menggunakan persamaan (2-13) maka besar arus basis:

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

$$I_B = \frac{2,8 \times 10^{-3} A}{100}$$

$$= 0,028mA$$

Kemudian mencari nilai $R_2 = R_B$, sesuai dengan persamaan (2-10) yaitu :

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

$$V_{BB} = V_{fd}$$

$$V_{fd} = I_B R_2 + V_{BE}$$

$$I_B R_2 = V_{fd} - V_{BE}$$

$$R_2 = \frac{V_{fd} - V_{BE}}{I_B}$$

$$R_2 = \frac{2,4 - 0,7}{0,028mA}$$

$$R_2 = 60,71K\Omega$$

- **Kondisi kedua , pada saat IR LED terhalang benda**

Sesuai dengan persamaan (2-10) yaitu

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

$$V_{CC} = V_{BB}, R_B = R_1 + R_2$$

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

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

$$V_{CC} = I R_1 + I R_2 + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I R_1 + I R_2 + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I(R_1 + R_2) + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I(21,6K\Omega + 1,36K\Omega) + V_{BE}$$

$$I = I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{(21,6K\Omega + 60,71K\Omega)}$$

$$I = I_B = \frac{5 - 0,7}{(82,31K\Omega)}$$

$$I = I_B = 0,052mA$$

Sesuai dengan persamaan (2-13) maka didapatkan nilai I_C :

$$I_C = I_B \cdot h_{fe}$$

$$I_C = 0,052mA \times 100$$

$$I_C = 5,2mA$$

Maka nilai V_{CE} (nilai masukan ke mikrokontroler) menurut persamaan (2-9) adalah:

$$I_C \cdot R_C + V_{CE} - V_{CC} = 0$$

$$R_C = R_3$$

$$V_{CC} = I_C \cdot R_3 + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_3$$

$$V_{CE} = 5 - 5,2 \times 10^{-3} A \times 820 \Omega$$

$$V_{CE} = 5 - 4,264V$$

$$V_{CE} = 0,736V$$

3.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak diperlukan untuk mengatur kerja alat sehingga dapat mengendalikan sistem perangkat keras sesuai yang diharapkan. Perangkat lunak ditulis dalam bahasa program tertentu dan penulisannya sesuai dengan spesifikasi sistem yang telah ditentukan.

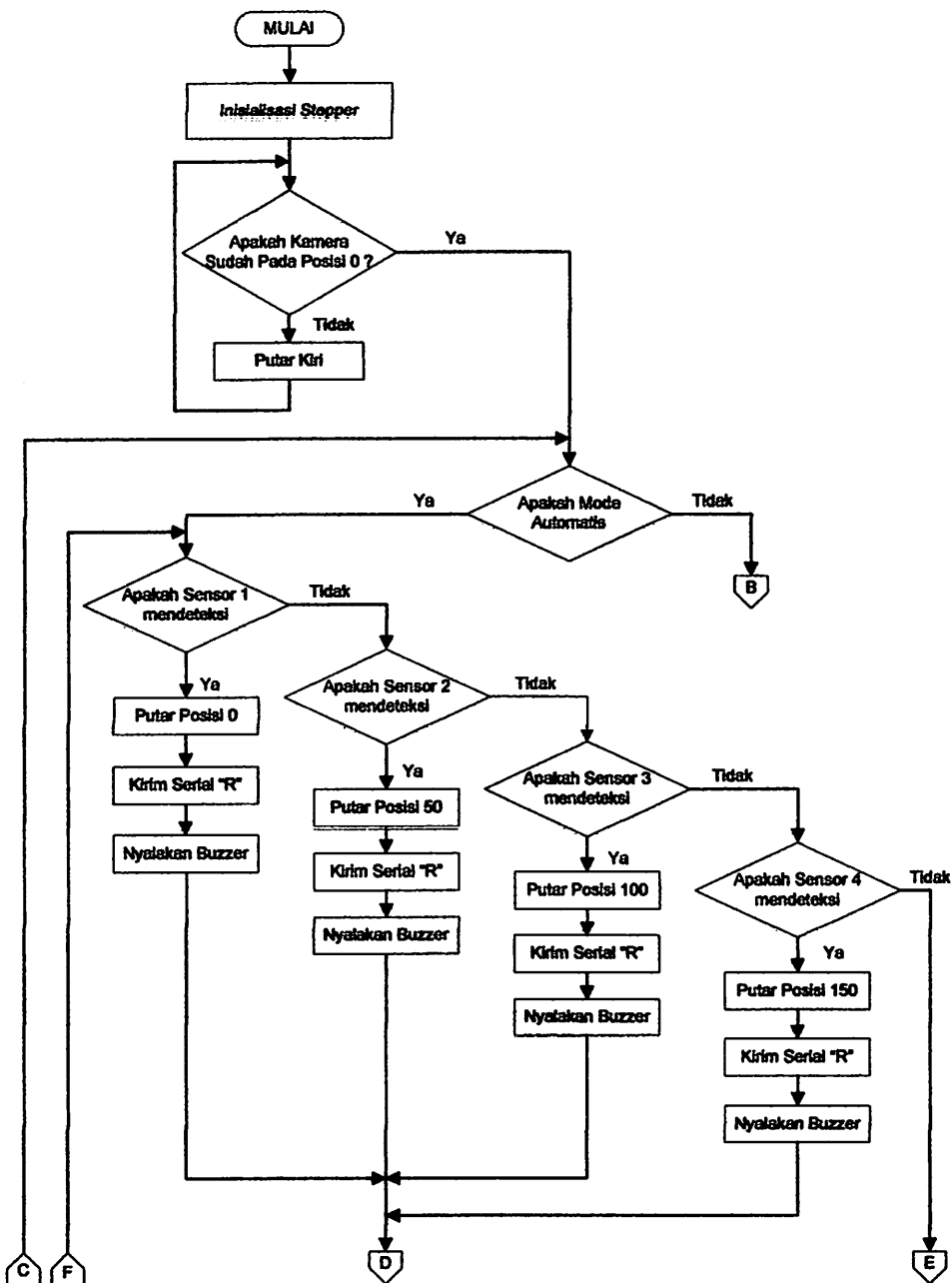
Untuk pemakaian mikrokontroler di dalam suatu sistem, perlu direncanakan perangkat lunak mikrokontroler yang dapat mengatur sistem tersebut. Perangkat lunak disini adalah pembuatan atau susunan perintah-perintah (program) di dalam memori yang akan dieksekusi oleh mikrokontroler.

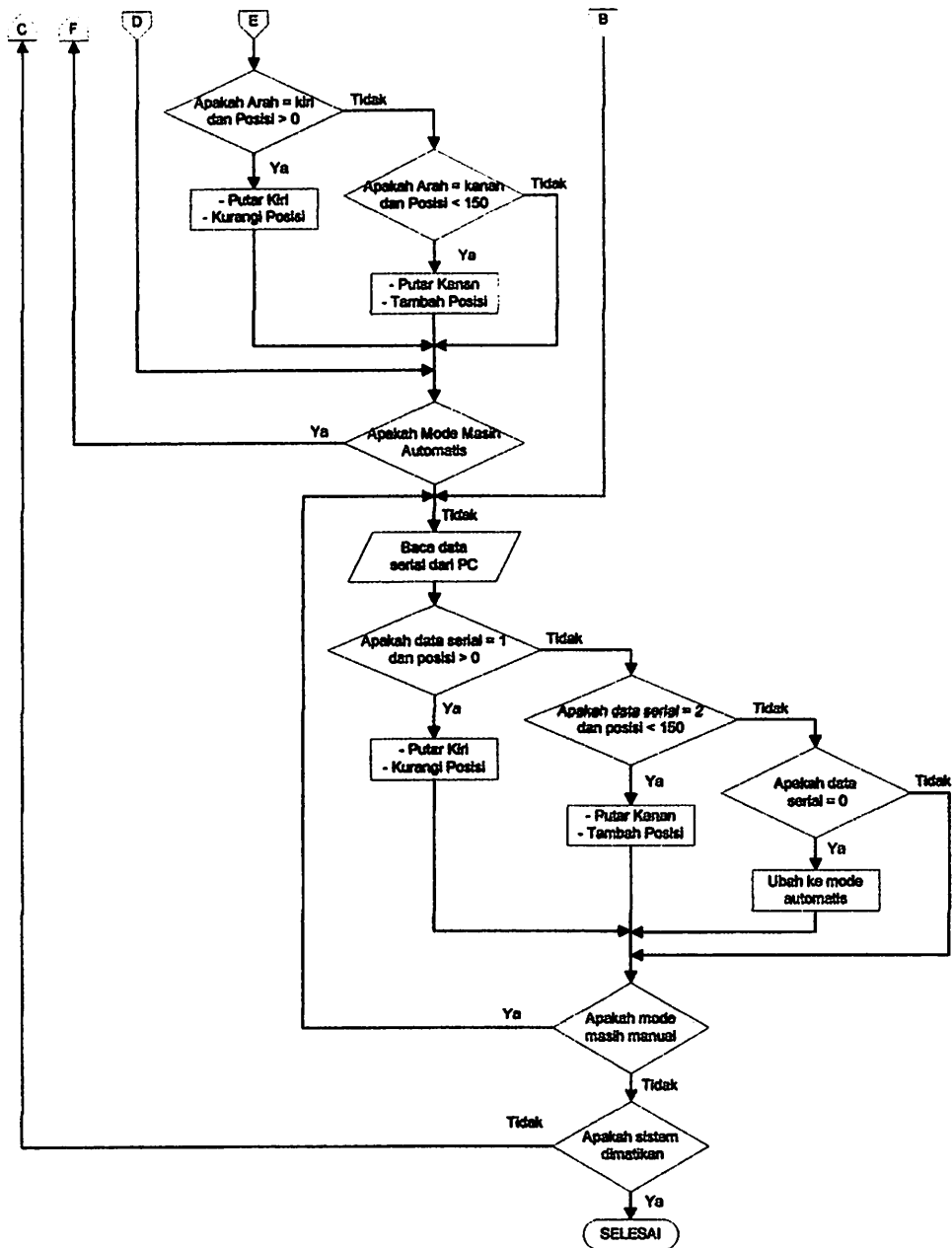
3.3.1 Perancangan Perangkat Lunak Untuk Mikrokontroler

Perangkat lunak ini mempunyai beberapa tugas yaitu :

- Pengontrolan arah putaran motor stepper.
- Penginisialisasian port serial pada mikrokontroller
- Pembacaan serial data yang dikirim dari PC.
- Melaksanakan perintah dari PC.

Representasi diagram alir dari alur logika diatas adalah sebagai berikut :





Gambar 3.8 Flowchart Mikrokontroler

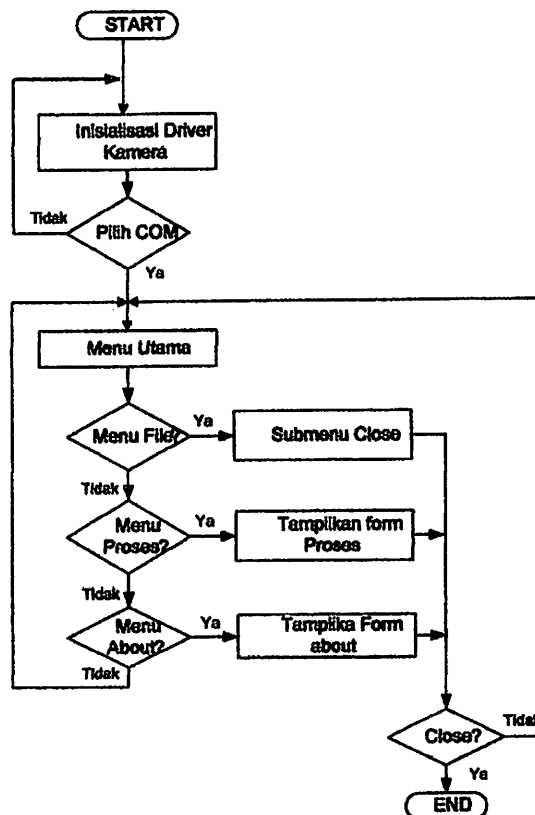
3.3.2 Perencanaan Perangkat Lunak Pada Program Delphi.

Algoritma program dapat dijelaskan dengan uraian langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pendeteksian driver kamera.

2. Memilih koneksi COM
3. Masuk menu utama program.
4. Apabila pilih menu file maka akan tampil submenu close apabila tidak maka lanjut ke menu lainnya. Apabila pilih submenu close maka program selesai dan jika tidak maka kembali ke menu utama program.
5. Apabila pilih menu proses maka form proses akan ditampilkan dan jika tidak maka tetap di menu utama program.
6. Apa bila memilih menu “tentang” maka akan ditampilkan form tentang penulis dan jika tidak maka tetap di menu utama program.
7. Selesai.

Representasi diagram alir dari alur logika diatas adalah sebagai berikut :



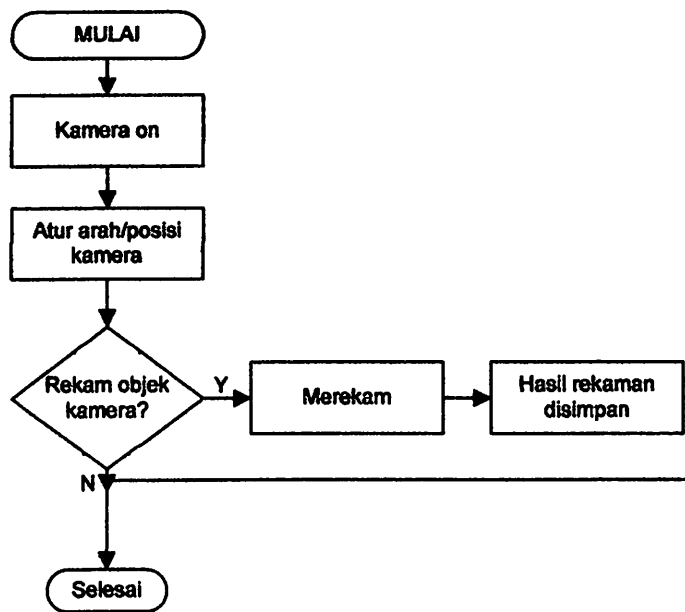
Gambar 3.9 Flowchart dasar program.

3.3.3 Algoritma Prinsip Kerja Kamera Secara Manual

Algoritma prinsip kerja kamera manual dapat dijelaskan dengan uraian langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mulai.
2. Kamera dalam keadaan on.
3. Atur arah kamera.
4. Apabila kamera merekam maka hasil rekaman akan tersimpan secara otomatis, jika tidak maka program selesai.

Representasi diagram alir dari alur logika diatas adalah sebagai berikut :



Gambar 3.10 Flowchart Prinsip Kerja Kamera Secara Manual

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

Untuk menghindari kesalahan-kesalahan yang terjadi pada peralatan elektronika, diperlukan suatu pengujian dan pengukuran pada peralatan yang direncanakan. Pengujian dilakukan dengan menguji tiap-tiap modul. Jika berjalan dengan baik, maka peralatan ini dianggap telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian terhadap *hardware*, *software* dan pengujian sistem secara keseluruhan.

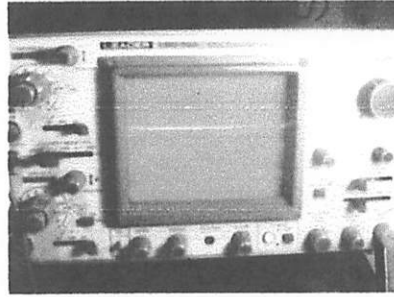
Secara umum dapat disimpulkan tujuan dari pengujian alat ini yaitu:

1. Mengetahui prinsip kerja dari masing-masing blok rangkaian.
2. Mempermudah pendataan spesifikasi alat.
3. Memudahkan perawatan dan perbaikan jika suatu saat terjadi kerusakan.

4.1 Pengujian *Hardware*

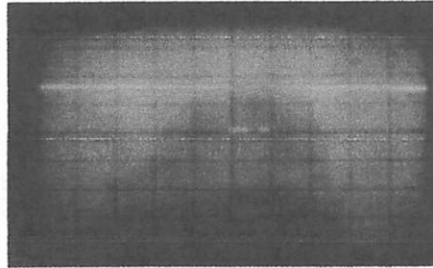
4.1.1 Pengujian RS 232

Pengujian RS 232 ini dilakukan untuk melihat adanya sinyal pada *transmitter* RS 232. Untuk melihat bentuk gelombang ini dilakukan dengan menggunakan osiloskop. Pengetesan ini dilakukan dengan mengirim karakter dari hyperterminal PC ke mikrokontroler, sehingga diperoleh gambar sebagai berikut :



Gambar 4.1 Gambar Ketika Belum Ada Data

Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa belum ada data yang terkirim dari PC ke mikrokontroller sehingga tampilan yang muncul pada layar osiloskop hanya sebuah sinyal berupa garis lurus saja.

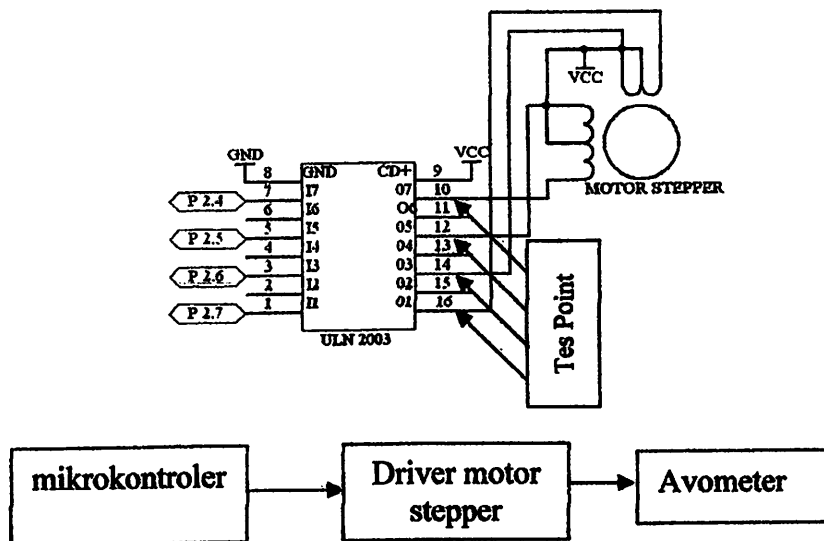


Gambar 4.2 Gambar Sinyal Ketika Ada Data

Gambar 4.2 adalah gambar ketika ada data yang terkirim dari PC ke mikrokontroller sehingga pada layar osiloskop akan muncul sebuah sinyal berupa garis putus-putus di bawah sinyal yang berbentuk garis lurus.

4.1.2 Pengujian Driver Motor Stepper

Pada pengujian Port Mikrokontroler digunakan driver motor stepper yang menggerakkan posisi kamera. Pengujian ini bertujuan untuk apakah driver motor stepper dapat berfungsi semestinya. Pengujian dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :



Gambar 4.3 *Prosedur Percobaan Driver Motor Stepper*

Tabel 4.1 *Hasil Pengujian Port Mikrokontroler Menggerakkan Driver Stepper*

Pin Driver	Tegangan	Arus
O1	12 V	160 mA
O3	12 V	160 mA
O5	12 V	158 mA
O7	12 V	159 mA

Pada pengujian Driver Motor Stepper diatas diketahui bahwa arus dan tegangan sesuai dengan hasil perancangan. Yaitu dengan tegangan 12 volt, arus yang mengalir sekitar 160 mA.

4.1.3 Unit Driver dan Motor Stepper

Unit driver dan motor stepper diuji dengan mengumpankan sinyal input standart TTL pada rangkaian driver dan mengamati gerakan motor.

Logika (sinyal) input dibuat bervariasi dengan urutan tertentu untuk menghasilkan gerakan langkah motor ke kanan dan ke kiri.

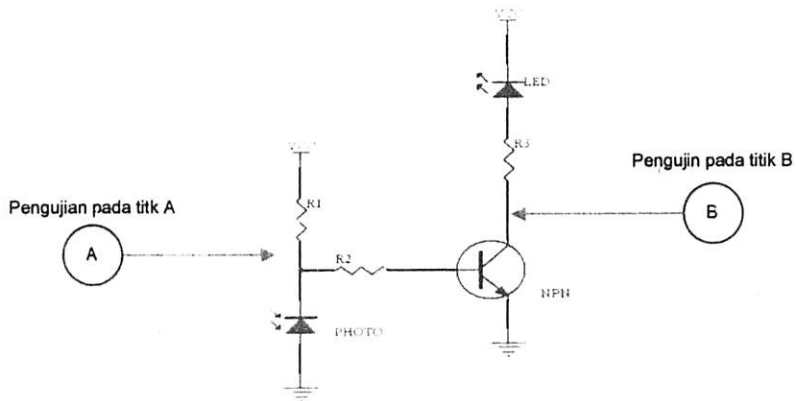
Sinyal standart TTL logika 0 diawali oleh tegangan 0 volt dan logika 1 diawali oleh tegangan 5 volt. Tegangan ini diperoleh dengan cara menghubungkan input ke *groud* (0) atau ke VCC (1).

Table 4.2 Hasil Pengujian dengan Pengamatan Gerakan Motor

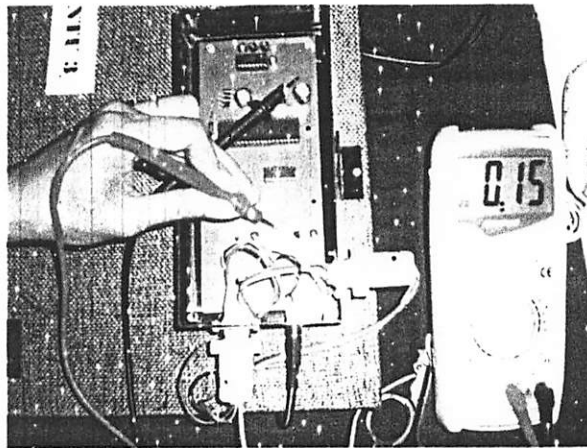
No Urut	Input				Output (Langkah)
	F1	F2	F3	F4	
1	0	0	0	1	Kanan
2	0	0	1	0	Kanan
3	0	1	0	0	Kanan
4	1	0	0	0	Kanan
5	1	0	0	0	Kiri
6	0	1	0	0	Kiri
7	0	0	1	0	Kiri
8	0	0	0	1	Kiri

4.1.4 Pengujian Rangkaian Sensor Infra Merah

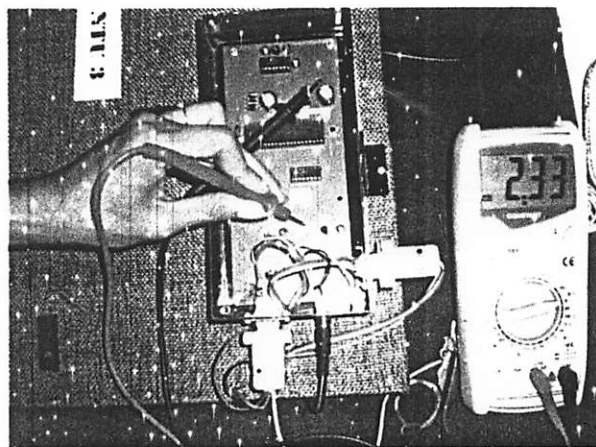
Pengujian sensor inframerah dilakukan untuk mengetahui apakah sensor inframerah sudah bekerja sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan pada dua keadaan yaitu keadaan pada saat terhalang benda dan tidak terhalang benda. Pengujian dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :



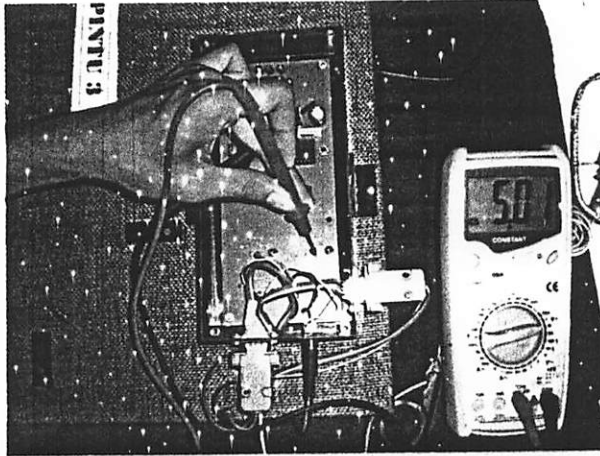
Gambar 4.4 *Prosedur Percobaan sensor infra merah*



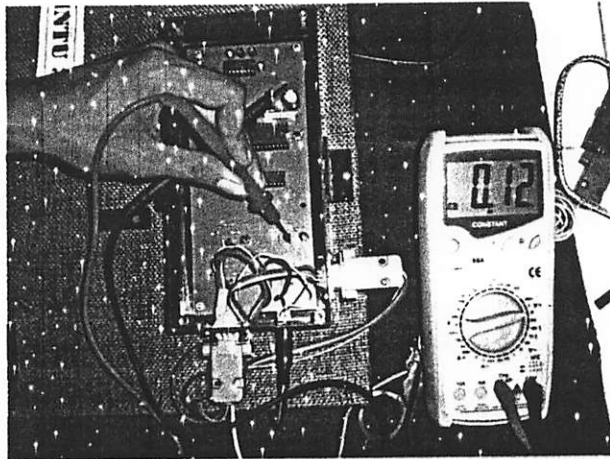
Gambar 4.5 *Pengujian Port infra merah pada titik A pada saat tidak terhalang benda*



Gambar 4.6 *Pengujian Port infra merah pada titik A pada saat terhalang benda*



Gambar 4.7 Pengujian Port infra merah pada titik B pada saat terhalang benda



Gambar 4.8 Pengujian Port infra merah pada titik B pada saat tidak terhalang benda

Tabel 4.3 Tabel pengujian sensor infra merah

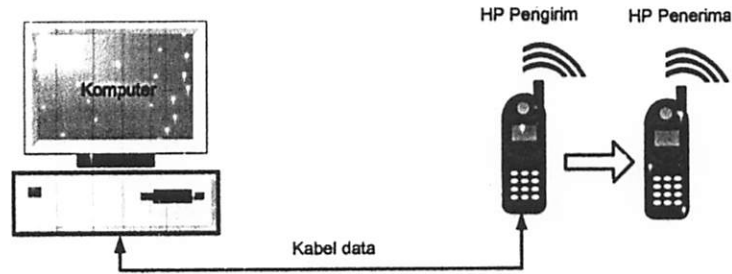
Kondisi sensor infra merah	Pengujian titik A	Pengujian titik B
Terhalang	0,15 Volt	5,01 Volt
Tidak Terhalang	2,33 Volt	0,12 Volt

Dari Tabel 4.3 terlihat hasil pengujian sesuai dengan yang direncanakan.. Jika keadaan photodiode menerima cahaya atau tidak terhalang maka berlogika low ("0") dan sebaliknya jika keadaan cahaya

photodiode terhalang atau terpotong maka berlogika high (“1”). Pada pengujian titik B dilihat bahwa ketika infra merah terhalang benda maka tegangannya adalah 5,01 volt atau logika “1”, hal ini sesuai dengan yang direncanakan yaitu digunakan sebagai masukan data untuk mikrokontroler.

4.1.5 Pengujian *AT Command* dan format data sms pada telepon seluler

Untuk menguji fungsi *AT Command* pada telepon seluler dan mengetahui data PDU yang dikirim dari telepon seluler ke ponsel pemilik atau operator ketika terjadi penyusupan. Maka dilakukan pengujian seperti dibawah ini.

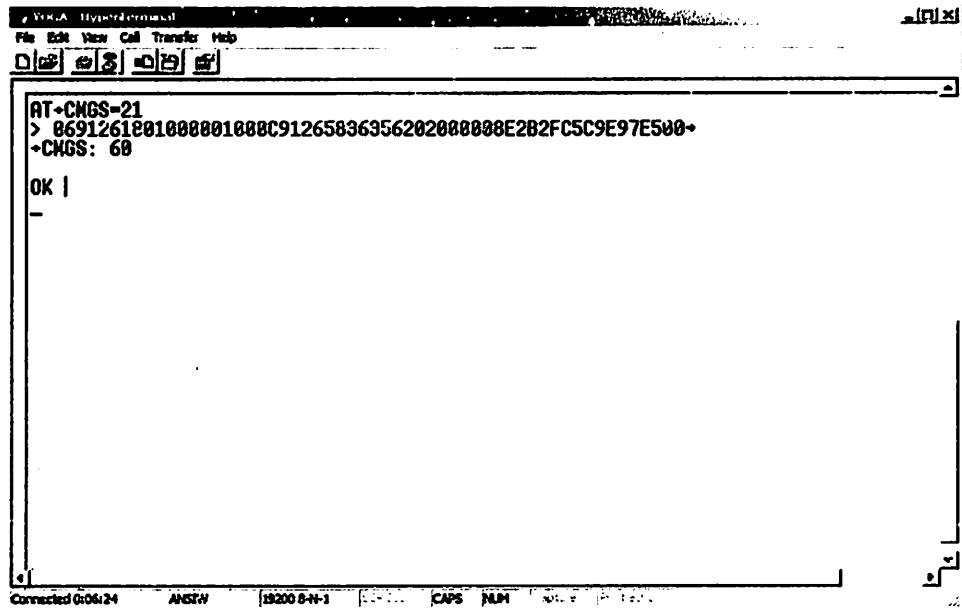


Gambar 4.9 Blok diagram pengujian telepon seluler

Langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- Hubungkan telepon seluler dengan komputer menggunakan kabel data serial
- Menjalankan program *Hyper Terminal*
- Melakukan *setting port* serial pada program *hyper terminal*
- Mengetik instruksi `AT+CMGS=21` untuk mengirim sms.

21 = jumlah pasangan heksa PDU sms dimulai setelah nomor *sms-centre* (maksimal 140)



```
AT+CMGS=21
> 0691261801000001000C91265836356202000000E2B2FC5C9E97E500
-CHGS: 60
OK |
```

Gambar 4.10 Hasil pengujian AT Command

Dari format data PDU yang diterima dapat dilihat ada delapan header didalamnya yaitu:

1. Nomor *sms-centre*, terdapat tiga *subheader*:
 - 06 = Jumlah pasangan heksa *sms-centre*
 - 91 = Kode internasional
 - 2618010000 = Nomor *sms-center* Telkomsel: 6281100000
2. Tipe sms:
 - Untuk *SEND* tipe *sms* = 1. Jadi bilangan heksanya adalah 01
3. Nomor referensi

Nomor referensi ini dibiarkan dulu 0, jadi bilangan heksanya adalah 00.

4. Nomor ponsel penerima, terdapat tiga *subheader*:
 - 0C = Jumlah bilangan decimal nomor pengirim (12 angka)
 - 91 = Kode internasional
 - 265836356202 = Nomor penerima (628563532620)
5. Bentuk sms:
 - 00 = Menandakan data dikirim sebagai sms.
6. Skema encoding:
 - 00 = Menandakan skema encoding menggunakan skema 7 bit.
7. Batas waktu validitas:
 - Agar sms kita pasti terkirim sampai ke ponsel penerima, sebaiknya kita tidak memberikan batasan waktu validnya.
8. Isi sms:
 - 08 = Jumlah karakter dari data yang dikirim
 - E2B2FC5C9E97E500 = bergeser (data yang dikirim)

4.2 Pengujian *Software*

Untuk pengujian perangkat lunak, ada beberapa fitur aplikasi yang akan diuji untuk mengetahui apakah fungsi dari pengendalian kamera webcam, motor stepper dan program secara keseluruhan berjalan dengan baik.

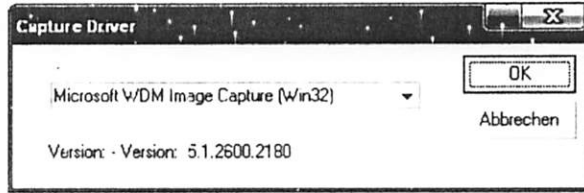
4.2.1 Tahap Pertama.

Dibawah ini adalah tampilan icon untuk mengeksekusi program.



Gambar 4.11 Tampilan Icon

Pada tahap awal pengekseskuan program, akan muncul form untuk memilih *driver* kamera seperti dibawah ini :



Gambar 4.12 Form Capture Driver

Pada Form ini akan muncul pilihan untuk menentukan driver webcam yang terdeteksi. Klik tombol OK apabila driver yang muncul sudah sesuai dengan driver yang terpasang. Jika terdapat lebih dari satu driver maka user dapat memilih driver kamera yang sesuai yaitu dengan cara klik pada tombol dropdown yang ada pada form.

4.2.2 Tahap Kedua

Setelah tombol OK pada form capture driver (Gambar 4.12) diklik, maka akan tampil form untuk memilih port koneksi kontrol stepper seperti pada gambar di bawah ini. Untuk memindah port COM yang sesuai dengan kontrol stepper yaitu dengan cara klik pada tombol dropdown yang ada pada form.



Gambar 4.13 Memeilih Port Koneksi Kontrol stepper

Setelah tombol OK pada form untuk memilih port koneksi kontrol stepper diklik (Gambar 4.13), maka selanjutnya akan tampil form untuk memilih port koneksi HP seperti pada gambar di bawah ini (Gambar 4.14). Untuk memindah port COM yang sesuai dengan port yang digunakan pada HP yaitu dengan cara klik pada tombol dropdown yang ada pada form.



Gambar 4.14 Memeilih Port Koneksi HP

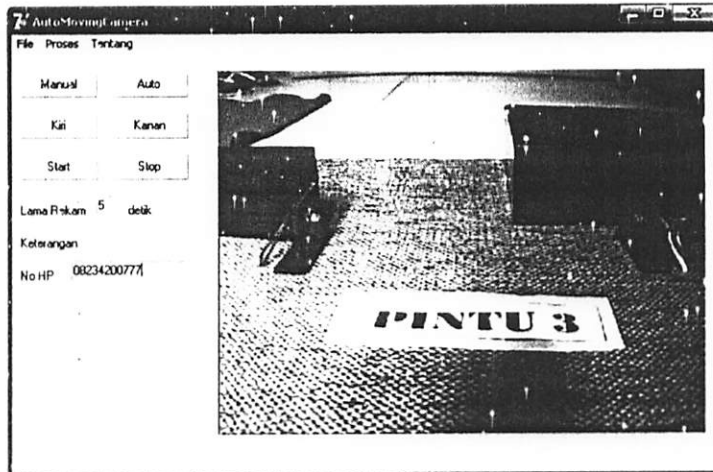
4.2.3 Tahap Ketiga.

Setelah tombol OK pada form sebelumnya (Gambar 4.13) diklik, maka akan tampil form menu utama seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.15 Menu Utama Program

Pada form di atas terdapat tiga buah menu yaitu menu file, proses dan tentang. Pada menu file terdapat submenu *close* yang berfungsi untuk menutup program. Sedangkan menu proses berfungsi untuk menampilkan fitur proses pengendalian kamera. Adapun tampilan dari fitur proses pengendalian kamera tampak seperti di bawah ini :



Gambar 4.16 Menu Utama Program

Pada form di atas, video streaming akan langsung aktif sehingga objek yang ditangkap kamera akan tampil pada form tersebut. Untuk mengatur arah posisi kamera, terdapat beberapa tombol kontrol yang akan mengendalikan arah perputaran motor stepper sebagai pemutar kamera.

Tekan tombol otomatis apabila menginginkan kamera berputar secara otomatis ke kiri dan ke kanan secara berulang-ulang dan merekam gambar pada saat infra merah terhalang benda dan menyimpannya. Pada mode ini komputer akan mengirimkan data serial ke mikrokontroler agar motor stepper bergerak atau berputar secara otomatis. Sedangkan infra merah akan memberikan masukan ke mikrokontroler dan dilanjutkan ke komputer untuk mengambil gambar jika infra merah terhalang oleh benda.

Sedangkan apabila diinginkan kamera berputar secara manual, maka tekan tombol manual. Dengan demikian komputer akan mengirimkan data serial pada mikrokontroller sehingga motor stepper bergerak atau berputar secara manual. Pada mode manual, arah perputaran motor stepper dapat dikendalikan ke kanan dan ke kiri secara manual.

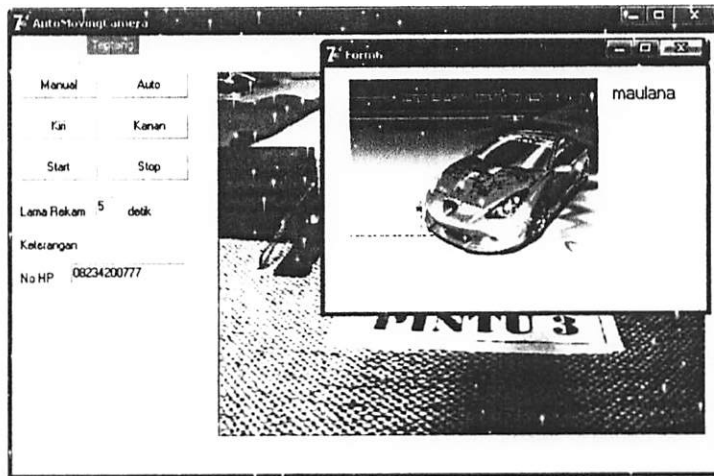
Untuk perputaran ke kanan secara manual maka klik tombol kanan sehingga komputer akan mengirimkan data serial='2' ke mikrokontroller yang akan menggerakkan motor stepper agar memutar kamera secara manual ke kanan. Sedangkan untuk perputaran ke arah kiri secara manual, komputer akan mengirimkan data serial='1' ke mikrokontroller ketika tombol kiri diklik. Sehingga motor akan berputar ke kiri secara manual.

Pada program di atas, juga terdapat fitur untuk merekam video secara manual. Untuk memulai proses perekaman, maka tekan tombol start. Sedangkan untuk menghentikan proses perekaman, maka tekan tombol stop sehingga proses perekaman video dihentikan dan kemudian secara otomatis hasil perekaman akan langsung tersimpan ke dalam folder file.

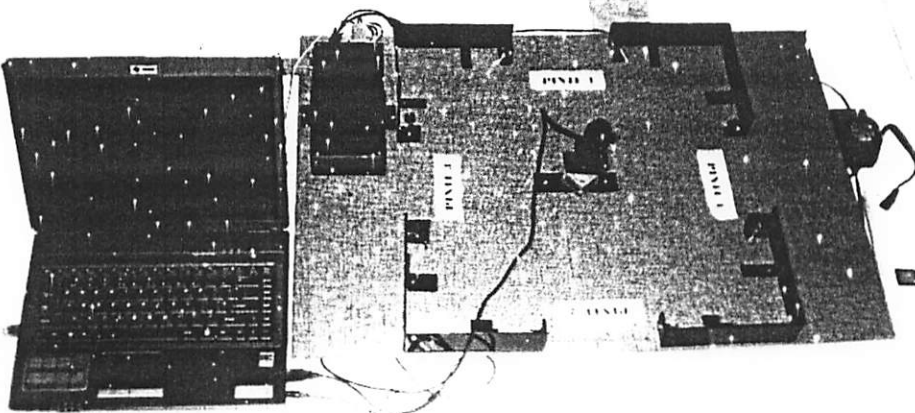
Untuk fitur pengirim sms secara otomatis ketika adanya penyusupan, maka sebelumnya harus ditentukan no HP atau no tujuan penerimanya. Ketika infra merah terhalang oleh benda, maka infra merah tersebut akan memberi masukan data untuk mikrokontroller dan data tersebut sebagai masukan untuk menjalankan program yang ada di mikrokontroller. Setelah program tersebut berjalan kemudian mikrokontroller akan mengirimkan data serial ke komputer yang

digunakan sebagai masukan untuk menjalankan program *AT Command* pengiriman SMS.

Menu “Tentang” adalah satu menu tambahan yang menampilkan form detail tentang penulis. Dibawah ini adalah gambar form tentang penulis.



Gambar 4.17 form tentang penulis



Gambar 4.18 Alat Keseluruhan

BAB V

PENUTUP

Setelah dilakukan pengujian alat, maka diperoleh beberapa kesimpulan dan saran yang diharapkan berguna untuk perbendaharaan ilmu dan teknologi serta bagi kelanjutan dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini.

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi dan analisa terhadap pembuatan perangkat keras (*Hardware*), maka dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Komunikasi data yang digunakan adalah komunikasi data serial RS-232, dimana proses inisialisasi baudrate dilakukan pada PC dan pada mikrokontroler. Kedua inisialisasi ini harus sama. Pada sistem ini digunakan baudrate sebesar 9600 bps untuk pengontrolan stepper dan 19200 untuk komunikasi komputer dengan HP.
2. Port mikrokontroler mengeluarkan data *logic high* 5 Volt dan *logic low* pada 0 Volt. Adapun hasil pengukuran yang menunjukkan *logic high* bernilai 4,95 adalah disebabkan adanya *error*.
3. Arus yang dihasilkan oleh driver motor stepper adalah sebesar 160 mA dan tegangan sebesar 12 volt, hal ini sesuai dengan perancangan karena telah mencukupi kebutuhan arus dan tegangan untuk menggerakkan motor stepper.

4. Motor stepper bekerja dengan logika (sinyal) yang inputnya dibuat bervariasi dengan urutan tertentu untuk menghasilkan gerakan langkah motor ke kanan dan ke kiri.
5. Tingkat kepekaan sensor infra merah dapat di atur dengan mengurangi atau menambah nilai tahanan R1 pada modul penerima (photo dioda). Semakin besar R1, maka semakin peka penerimaan sensornya.
6. Untuk menentukan koordinat atau pembagian stepper dapat dihitung dengan membagi 360 derajat terhadap 1,8 derajat, karena motor stepper yang di gunakan adalah 1,8 derajat untuk setiap stepnya. Karena hasil pembagian adalah 200 step, maka untuk menentukan koordianat 4 pintu, yaitu dengan membagi hasil perhitungan sebelumnya dengan perencanaan pintu yang akan dibuat.

5.2 SARAN

Untuk mengembangkan sistem yang telah dibuat ini, maka penyusun mencoba memberikan saran sebagai berikut :

1. Untuk putaran kamera diharapkan dapat berputar secara horisontal dan vertikal sehingga memungkinkan untuk memonitoring segala sudut ruangan.
2. Untuk panjang saluran diharapkan dapat melebihi 50 ft (panjang saluran max sesuai dengan standart RS-232).
3. Untuk kamera sebaiknya menggunakan CCTV agar hasil gambar lebih baik dan memungkinkan kabel dapat lebih panjang.
4. Diharapkan daerah yang diawasi tidak terlalu luas, dengan cara mengurangi jumlah pintu atau membatasi jumlah piutu menjadi dua saja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erwin Yulianus Kini, 2006, *Perancangan dan Pembuatan Pengaman Ruang dengan Kamera Pengintai dan Pintu Otomatis dengan Pc Berbasis Mikrokontroller At Mega 8535*, Malang, Skripsi Teknik Elektro S-1 ITN Malang.

- [2] Wisma Wulandari, 2007, *Perencanaan dan Pembuatan Alat Pengendali Kamera Menggunakan Aplikasi PC*, Malang, Tugas Akhir Teknik Elektronika D3 ITN Malang.

- [3] Rizqi Firmansyah, 2006, *Robot Pengelasan (Hardware)*, Surabaya, Proyek Akhir Politeknik Elektronika Surabaya.

- [4] <http://www.atmel.com/dyn/resources/at89s51.pdf>

- [5] <http://www.alldatasheet.com/icl232.pdf>

- [6] Buku panduan, 2006, *praktikum mikrokontroller*, Institut Teknologi Nasional, Malang.

- [7] Duanto Wahyu W dan Arie Irawan, 2006, *Perncanaan dan Pembuatan Sistem Pemantau Kondisi Pintu dan Pengendali Lampu Rumah Lewat SMS*, Malang, Proyek Akhir Politeknik Elektro Malang.



Institut Teknologi Nasional Malang
Fakultas Teknologi Industri
Jurusan Teknik Elektro D-III

Lembar Asistensi Bimbingan Tugas Akhir

Nama : MAULANA
NIM : 04.52.212
Jurusan : Teknik Elektronika D-III
Judul : Perencanaan dan Pembuatan Alat
Auto Moving Kamera Dengan Mikrokontroler AT89S51
Dosen Pembimbing : Ir. Yudi Lipraptono, MT

No	Tanggal	Asistensi	Paraf
1	18/2 08	Pengujian Alat	
2	20/2 08	Bab I	
3	20/2 08	Bab II	
4	25/2 08	Bab III	
5	28/2 08	Bab IV	
6	7/3 08.	Bab V	

Malang, Februari 2008

Ir. Yudi Lipraptono, MT
NIP 1039.700.274



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO D-III
MALANG

LEMBAR PERBAIKAN

Nama : Maulana
NIM : 04.52.212
Program Studi : Teknik Elektro D-III
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Tugas Akhir : Perencanaan dan Pembuatan Alat Auto Moving Kamera
Dengan Mikrokontroller AT89S51

No	Revisi	TTD
1.	Blok Diagram	
2	Pengujian Driver Motor Stepper	

Telah diperiksa / disetujui

(Ir. Choirul Saleh, MT)
Dosen Penguji I

(Yoseph Dedy Irawan ST, MT)
Dosen Penguji II

Mengetahui

(Ir. Yudi Limpraptono, MT)
Dosen Pembimbing



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO D-III
MALANG

BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO D-III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Maulana
NIM : 04.52.212
Program Studi : Teknik Elektro D-III
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Tugas Akhir : Perencanaan dan Pembuatan Alat Auto Moving Kamera Dengan Mikrokontroller AT89S51.

Dipertahankan Dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir jenjang Diploma Tiga (D-III) :

Pada Hari : Senin

Tanggal : 24 Maret 2008

Dengan Nilai : 83,25 (A)



(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
Ketua Majelis Penguji

Panitia Ujian Tugas Akhir

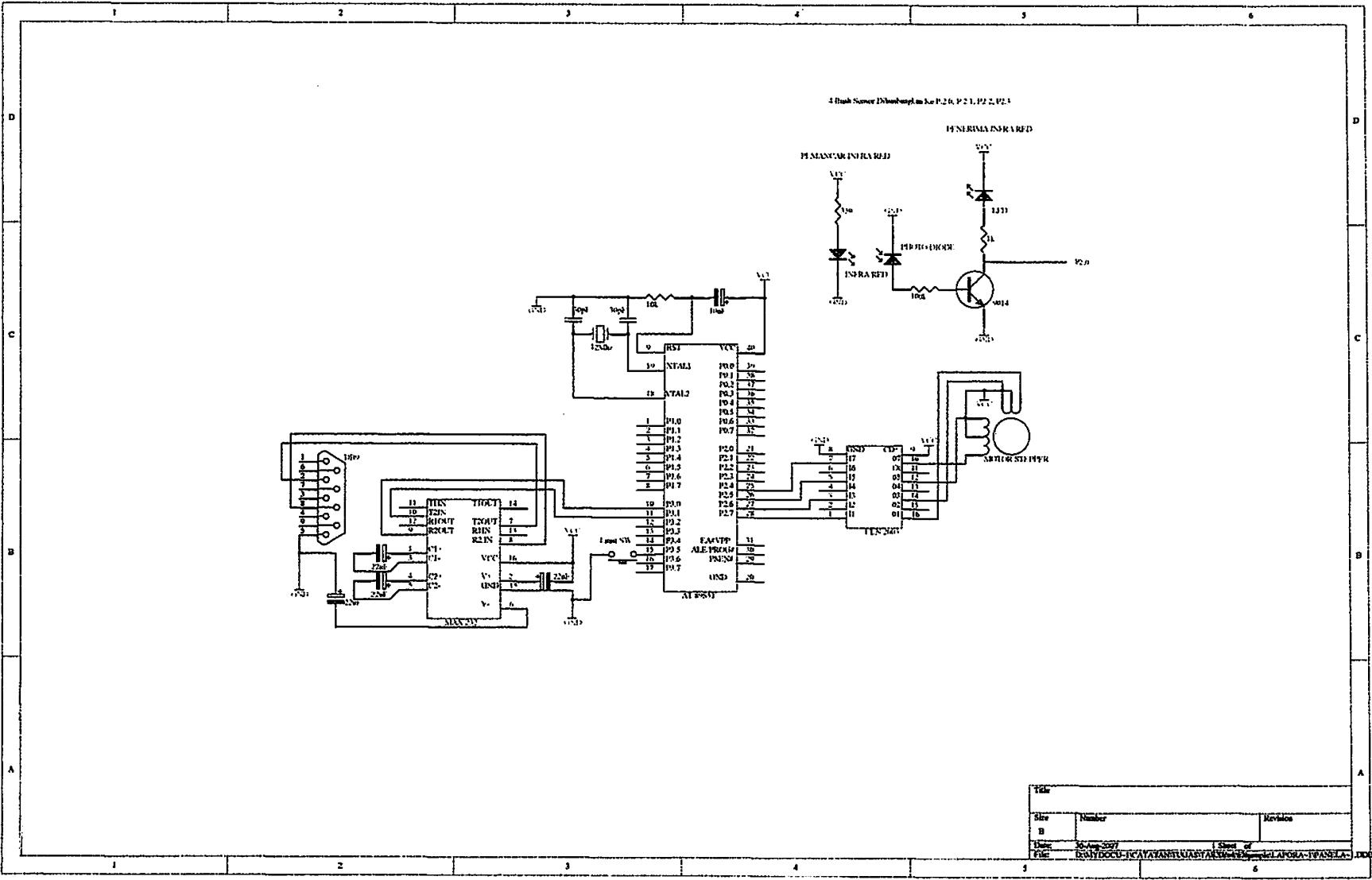
(Ir. H. Choirul Saleh, MT)
Sekretaris Majelis Penguji

Anggota Penguji

(Ir. H. Choirul Saleh, MT)
Anggota Penguji I

(Yoseph Dedy Irawan ST, MT)
Anggota Penguji II

Lampiran



Tgl		
Slr	Number	Revisi
B		
Disen	20/09/2021	1 Sheet of
File	D:\MICRO-PC\MYANHTUARYALDI\8085-8255\ALAPOLA-IPANILA-100	

ver_4

```
#include<8051.h>

#define port_steper      P2
#define pintu_depan     P2_0
#define pintu_kanan     P2_1
#define pintu_belakang  P2_2
#define pintu_kiri      P2_3
#define sensor_nol      P3_2
#define buzzer           P3_5
#define tes_port        P3_7
#define posisi_0        0
#define posisi_1        50
#define posisi_2        100
#define posisi_3        150

bit mode,arah,buzzer_oke;
unsigned char data_serial,nilai,posisi;

void delay_1us(int n)
{
    int count;

    for (count=1;count<=n;count++);
}

void delay_5ms(int n)
{
    int count;
    for (count=1;count<=n;count++)
    {
        TH0=0xEC;
        TL0=0x77;
        TR0=1;
        while(TF0==0);
        TR0=0;
        TF0=0;
    }
}

void init_timer_serial()
{
    /* Timer 1 mode 2 dan timer 0 mode 1 */
    /* Timer 1 digunakan untuk baudrate sebesar 9600 */
    TMOD=0x21;
    TH1=253;

    /* setting serial mode 8 bit dengan interrupt */
    SCON=0x52;
    PCON=0x00;

    /* Nyalakan timer 1 */
    TR1=1;
}

void putar_kanan(int n)
{
    if (nilai!=0x10) nilai=nilai>>1;
    else nilai=0x80;
    port_steper=0x0f|nilai;
    delay_5ms(n);
}
```

ver_4

```
void putar_kiri(int n)
{
    if (nilai!=0x80) nilai=nilai<<1;
    else nilai=0x10;
    port_steper=0x0f|nilai;
    delay_5ms(n);
}

unsigned char serial_receive()
{
    while(!RI);
    RI=0;
    return (SBUF);
}

void serial_transmit(char karakter)
{
    TI=0;
    SBUF=karakter;
    while(TI==0);
}

void SerialInterrupt (void) interrupt 4
{
    RI=0;
    data_serial=SBUF;
    if (data_serial=='M')
    {
        mode=1;
        EA=0;ES=0;
    }
    else if (data_serial=='S') buzzer_oke=1;
    else if ((buzzer_oke=1)&&(data_serial=='D'))
    {
        buzzer=1;
        buzzer_oke=0;
    }
    else;
    data_serial='A';
    RI=0;
}

void main()
{
    int i;

    /* periapan */
    port_steper=0x0f;
    init_timer_serial();
    nilai=0x80;
    while(sensor_nol!=0)putar_kiri(7);
    posisi=0;
    mode=0;
    arah=1;
    buzzer=1;
    buzzer_oke=0;
    tes_port=0;

    while (1)
    {
        EA=1;ES=1;
        while(mode==0)
        {
            if((pintu_depan==1)&&(pintu_kanan==0)&&(pintu_belakang==0)&&(pintu_kiri==0))
```

ver_4

```
{
    buzzer=0;
    tes_port=1;
    if (posisi>posisi_0)for (i=posisi;i>posisi_0;i--)
putar_kiri(1);
    posisi=posisi_0;
    serial_transmit('R');
    delay_5ms(1200);
    tes_port=0;
    arah=1;
}
else
if((pintu_depan==0)&&(pintu_kanan==1)&&(pintu_belakang==0)&&(pintu_ki
ri==0))
{
    buzzer=0;
    tes_port=1;
    if (posisi>posisi_1)for (i=posisi;i>posisi_1;i--)
putar_kiri(1);
    else if (posisi<posisi_1)for (i=posisi;i<posisi_1;i++)
putar_kanan(1);
    else;
    posisi=posisi_1;
    serial_transmit('R');
    delay_5ms(1200);
    tes_port=0;
}
else
if((pintu_depan==0)&&(pintu_kanan==0)&&(pintu_belakang==1)&&(pintu_ki
ri==0))
{
    buzzer=0;
    tes_port=1;
    if (posisi>posisi_2)for (i=posisi;i>posisi_2;i--)
putar_kiri(1);
    else if (posisi<posisi_2)for (i=posisi;i<posisi_2;i++)
putar_kanan(1);
    else;
    posisi=posisi_2;
    serial_transmit('R');
    delay_5ms(1200);
    tes_port=0;
}
else
if((pintu_depan==0)&&(pintu_kanan==0)&&(pintu_belakang==0)&&(pintu_ki
ri==1))
{
    buzzer=0;
    tes_port=1;
    if (posisi>posisi_3)for (i=posisi;i>posisi_3;i--)
putar_kiri(1);
    else if (posisi<posisi_3)for (i=posisi;i<posisi_3;i++)
putar_kanan(1);
    else;
    posisi=posisi_3;
    serial_transmit('R');
    delay_5ms(1200);
    tes_port=0;
    arah=0;
}
else
{
    if ((arah==0)&&(posisi>0))
    {
        putar_kiri(7);
        posisi--;
        if (posisi==0)arah=1;
    }
}
```

```

                                ver_4
else if ((arah==1)&&(posisi<150))
{
    putar_kanan(7);
    posisi++;
    if (posisi==150)arah=0;
}
else;
}
}
while(mode==1)
{
    data_serial=serial_receive();

    if ((data_serial=='1')&&(mode==1)&&(posisi>0))
    {
        putar_kiri(1);
        posisi--;
    }
    else if ((data_serial=='2')&&(mode==1)&&(posisi<150))
    {
        putar_kanan(1);
        posisi++;
    }
    else if (data_serial=='0') mode=0;
    else port_steper=0x0f;
}
}
}
}

```


Untitled

```
unit Unit1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
  Forms,
  Dialogs, DB, ADOdb, Menus, ExtCtrls, StdCtrls, CPort, tscap32_rt,
  Text2pdu;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Notebook1: TNotebook;
    MainMenu1: TMainMenu;
    File1: TMenuItem;
    close1: TMenuItem;
    ADOConnection1: TADOConnection;
    ADOQuery1: TADOQuery;
    ADOConnection2: TADOConnection;
    ADOQuery2: TADOQuery;
    lbciptat: TLabel;
    button: TImage;
    GroupBox1: TGroupBox;
    Label1: TLabel;
    edbt: TEdit;
    buton: TButton;
    lbpassciptat: TLabel;
    Label2: TLabel;
    ComPort1: TComPort;
    Proses1: TMenuItem;
    tsCap321: TtsCap32;
    tsCap32PopupMenu1: TtsCap32PopupMenu;
    tsCap32Dialogs1: TtsCap32Dialogs;
    BtnStartRekam: TButton;
    Timer1: TTimer;
    btnstoprekam: TButton;
    Label3: TLabel;
    Edtlamarekam: TEdit;
    Label4: TLabel;
    BtnManual: TButton;
    BtnKiri: TButton;
    BtnKanan: TButton;
    BtnAuto: TButton;
    Label5: TLabel;
    Edtnohp: TEdit;
    LblKet: TLabel;
    Label7: TLabel;
    btnmiscal: TButton;
    ComPort2: TComPort;
    Text2pdu1: TText2pdu;
    Tentang1: TMenuItem;
    Memo1: TMemo;
    Edit1: TEdit;
    Label6: TLabel;
    Label8: TLabel;
    procedure close1Click(Sender: TObject);
    procedure butonClick(Sender: TObject);
    procedure buttonClick(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure Proses1Click(Sender: TObject);
    procedure kirimMK(data:string);
    procedure kirim(str:string);

    procedure BtnManualClick(Sender: TObject);
    procedure BtnKiriClick(Sender: TObject);
    procedure BtnKananClick(Sender: TObject);
    procedure BtnAutoClick(Sender: TObject);
    procedure ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
  end;

end;
```

```

                                Untitled
    procedure kamera1Click(Sender: TObject);
    procedure BtnStartRekamClick(Sender: TObject);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure btnstoprekamClick(Sender: TObject);
    procedure btnmiscalClick(Sender: TObject);
    procedure KirimSms(No:String ;Isi:String );
    procedure Tentang1Click(Sender: TObject);
    procedure ComPort2RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;

Const CRLF = #13+#10;
      CTRZ = #26;

var
    Form1: TForm1;
    lamarekam,lamamiscal:integer;
    pducmgc: string;
    pdusms: TPDU;
    dtsms,sms: tsms;

implementation

uses Unit5, Unit3, Unit6, Unit4;

{$R *.dfm}

procedure TForm1.KirimSms(No:String ;Isi:String );
var Nonya, Isinya: string;
begin
// StatusBar1.SimpleText:='Mengirim SMS';
    Nonya:='0'+Copy(No,3,length(No)-1);
    Isinya:=Isi;
    pdusms:=Text2pdu1.texttosms('',Nonya,Isinya);
    ComPort2.WriteString('AT+CMGC='+IntToStr(pdusms.Panjang)+CRLF);
    Sleep(500);
    pducmgc:='00'+Copy(pdusms.PDU,5,length(pdusms.PDU));
    ComPort2.WriteString(pducmgc+CTRZ);
end;

procedure TForm1.kirimMK(data:string);
begin
ComPort1.WriteString(data);
end;

procedure TForm1.kirim(str:string);
begin
ComPort2.WriteString(str+CRLF);
//sleep(10000);
end;

procedure TForm1.close1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;

procedure TForm1.butonClick(Sender: TObject);
begin
DM5.g;
end;

procedure TForm1.buttonClick(Sender: TObject);

```

Untitled

```
begin
DM3.a;
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
Notebook1.ActivePage:='utama';
lamarekam:=0;
lamamiscal:=0;
Timer1.Enabled:=false;
tsCap32Dialogs1.DriverDlg:=true;
tscap321.Connected := Not tscap321.Connected;
ComPort1.ShowSetupDialog;
ComPort1.Open;
ComPort2.ShowSetupDialog;
ComPort2.Open;
end;

procedure TForm1.Proses1Click(Sender: TObject);
begin
Notebook1.ActivePage:='kamera';
end;

procedure TForm1.BtnManualClick(Sender: TObject);
begin
 kirimMK('M');
 BtnStartRekam.Visible := true;
 btnstoprekam.Visible := true;
end;

procedure TForm1.BtnKiriClick(Sender: TObject);
begin
 kirimMK('1');
end;

procedure TForm1.BtnKananClick(Sender: TObject);
begin
 kirimMK('2');
end;

procedure TForm1.BtnAutoClick(Sender: TObject);
begin
 kirimMK('O');
end;

procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var ldtserial:string;
begin
ComPort1.ReadStr(ldtserial,Count);

if ldtserial='R' then
begin
Lb1Ket.Caption:='proses perekaman';
BtnStartRekam.Click;
btnmiscal.Click;
Timer1.Enabled:=true;
end;

end;

procedure TForm1.kameralClick(Sender: TObject);
begin
Notebook1.ActivePage:='kamera';
end;

procedure TForm1.BtnStartRekamClick(Sender: TObject);
var frame,path:string;
begin
```

Untitled

```
frame:=
FormatDateTime('ddmmyyyy',date)+FormatDateTime('hhmmss',Time)+'.avi';
path:='file\'+'+frame;
LblKet.Caption:='proses perekaman';
tsCap321.Parameter.BufferFile:= path;

tsCap321.CapOrder := start;

Timer1.Enabled:=true;

end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
  Inc(lamarekam);
  if lamarekam=StrToInt(Edtlamarekam.Text) then
  begin
    lamarekam:=0;
    btnstoprekam.Click;
    //ShowMessage('stop');
  end;
end;

procedure TForm1.btnstoprekamClick(Sender: TObject);
begin
  tscap321.CapOrder := stop;

  Timer1.Enabled:=false;
  LblKet.Caption:='';
  //ShowMessage('d dan s');
  kirimMK('D');
  kirimMK('S');

end;

procedure TForm1.btnmiscalClick(Sender: TObject);
begin
  //kirim('atd'+ ' '+Edtnohp.Text+');
  //ShowMessage('ada');
  KirimSms(Edtnohp.Text,Edit1.Text);
  //Timer2.Enabled:=true;
end;

procedure TForm1.Tentang1Click(Sender: TObject);
begin
  form6.show;
end;

procedure TForm1.ComPort2RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var data:string;
begin
  ComPort2.ReadStr(data, count);
  Memo1.Text:=Memo1.Text+data;
end;

end.
```

Features

Compatible with MCS[®]-51 Products
4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
– Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
2.0V to 5.5V Operating Range
Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
Three-level Program Memory Lock
128 x 8-bit Internal RAM
32 Programmable I/O Lines
Two 16-bit Timer/Counters
Six 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
Fast Programming Time
Flexible ISP Programming (Byte and Page Mode)

Description

The 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 Atmel's 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 highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

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



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

AT89S51

2487B-MICRO-12/03



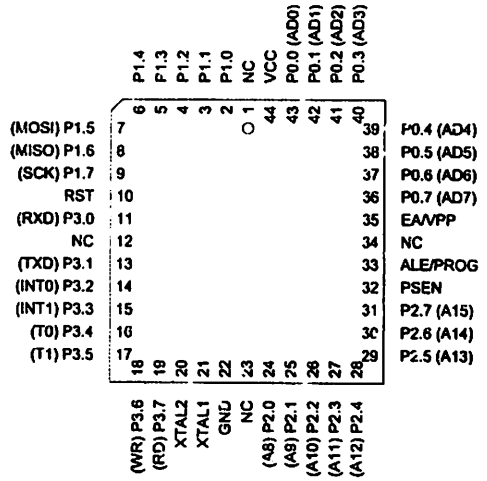


Pin Configurations

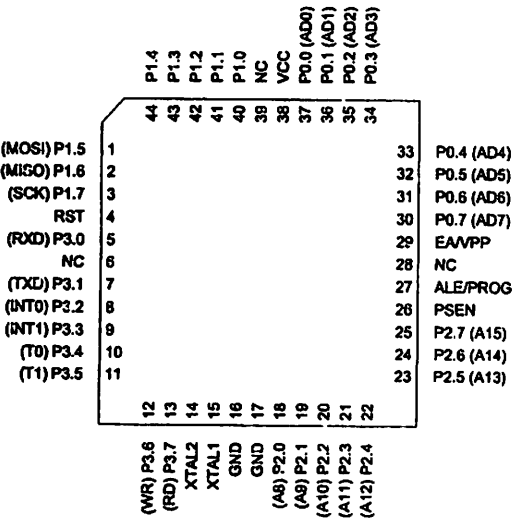
PDIP

P1.0	1	40	VCC
P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

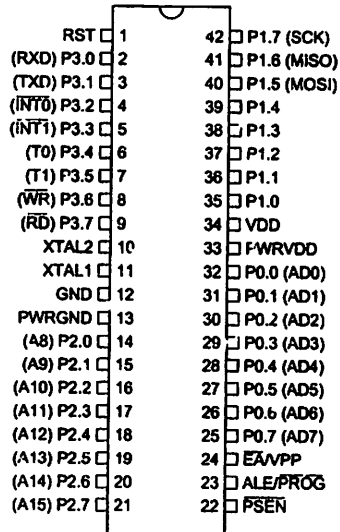
PLCC



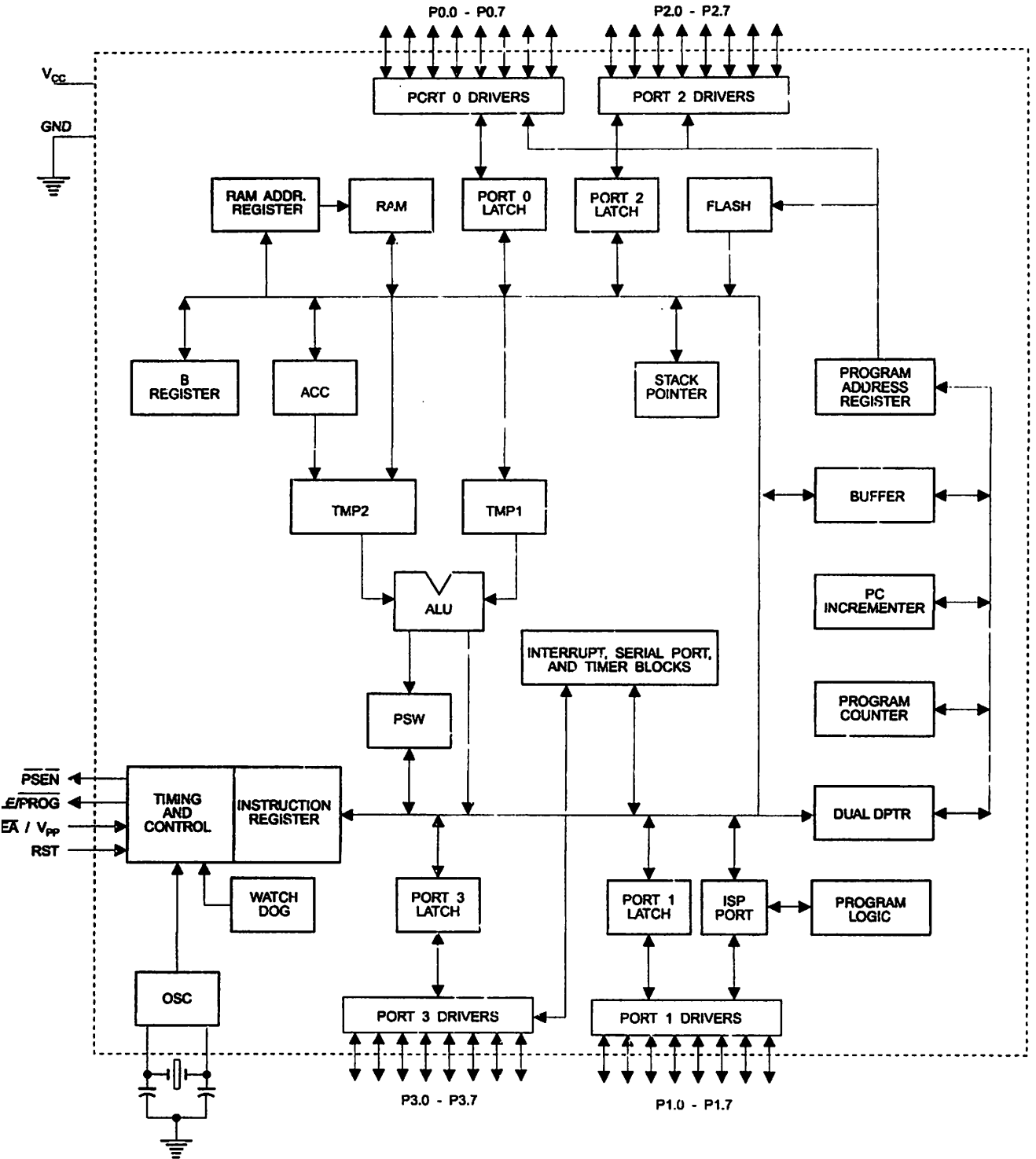
TQFP



PDIP



Block Diagram





Pin Description

- VCC** Supply voltage (all packages except 42-PDIP).
- VND** Ground (all packages except 42-PDIP; for 42-PDIP GND connects only the logic core and the embedded program memory).
- PWRVDD** Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the logic core and the embedded program memory.
- PWRVDD** Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers. The application board **MUST** connect both VDD and PWRVDD to the board supply voltage.
- PWRGND** Ground for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers. PWRGND and GND are weakly connected through the common silicon substrate, but not through any metal link. The application board **MUST** connect both GND and PWRGND to the board ground.

Port 0 Port 0 is an 8-bit open drain bi-directional 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 Port 1 is an 8-bit bi-directional 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_{IL}) 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 Port 2 is an 8-bit bi-directional 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_{IL}) 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 @ DPTR). 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

Port 3 is an 8-bit bi-directional 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_{IL}) 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	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	\overline{WR} (external data memory write strobe)
P3.7	\overline{RD} (external data memory read strobe)

RESET

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.

ALE/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 (\overline{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.

\overline{PSEN}

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

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

\overline{VPP}

External Access Enable. \overline{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{EA} will be internally latched on reset.

\overline{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.

OSC1

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

OSC2

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.

Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H								0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0				WDRST XXXXXXXX	0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XX00XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XX00000	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 = XXX00XX0B	
Not Bit Addressable								
	-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
Bit	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 rest 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	0
-	Reserved for future expansion							
DPS	Data Pointer Register Select							
	DPS							
	0	Selects DPTR Registers DP0L, DP0H						
	1	Selects DPTR Registers DP1L, DP1H						

Memory Organization

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.

Program Memory

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.

Data 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.

Watchdog Timer (one-time enabled with reset-out)

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.

Using the WDT

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

AT89S51

WDT During Power-down and 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 "Microcontrollers", then "8051-Architecture", then "Documentation", and "Other Documents". Open the Adobe® Acrobat® file "AT89 Series Hardware Description".

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 "Microcontrollers", then "8051-Architecture", then "Documentation", and "Other Documents". Open the Adobe Acrobat file "AT89 Series Hardware Description".

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 positions IE.6 and IE.5 are 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.





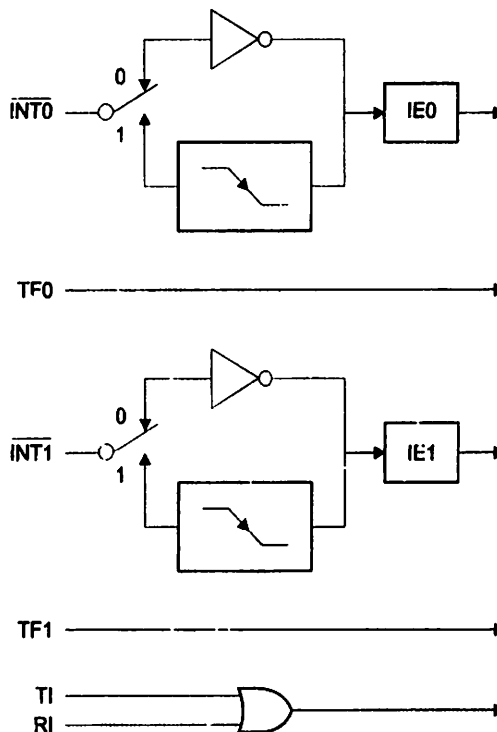
Table 4. Interrupt Enable (IE) Register

(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.

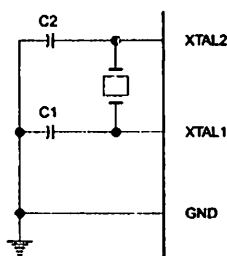
Figure 1. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

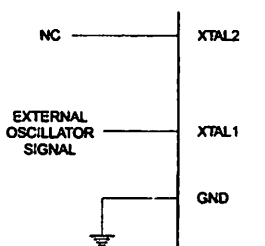
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected 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 (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

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	MOV _C 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.

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 Modes table (Table 7) and Figures 4 and 5. 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.

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 **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 000H, 100H, and 200H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
 (100H) = 51H indicates AT89S51
 (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/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 the Flash – Serial 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.

Serial Programming Algorithm

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.






Serial Programming Instruction Set

Programming Interface – 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.

Most major worldwide programming vendors offer worldwide support for the Atmel AT89 microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Table 7. Flash Programming Modes

Mode	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	
Write Code Data	5V	H	L	 ⁽²⁾	12V	L	H	H	H	H	D _{IN}	A11-8	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D _{OUT}	A11-8	A7-0
Write Lock Bit 1	5V	H	L	 ⁽³⁾	12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L	 ⁽³⁾	12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L	 ⁽³⁾	12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Read Lock Bits 2, 3	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Chip Erase	5V	H	L	 ⁽¹⁾	12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Read Atmel ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	0000	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	51H	0001	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	0010	00H

- Notes:
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.

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

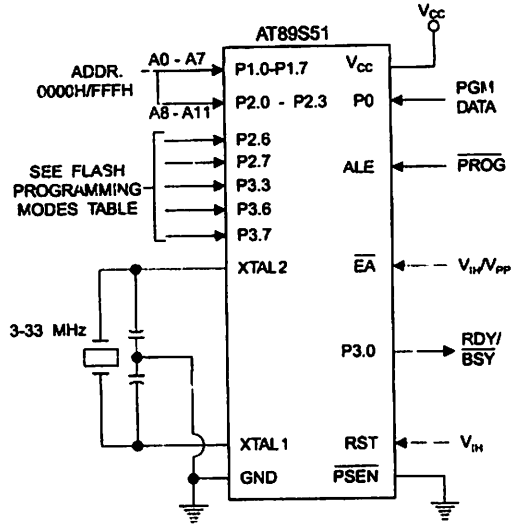
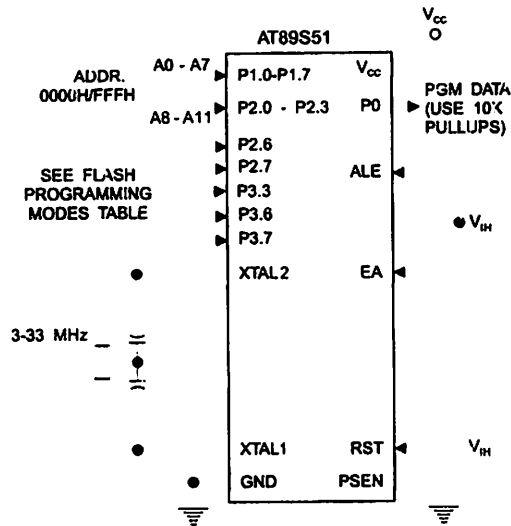


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)





Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

$T = 20^{\circ}\text{C to } 30^{\circ}\text{C}, V_{CC} = 4.5 \text{ to } 5.5\text{V}$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}	Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}	Programming Supply Current		10	mA
I_{CC}	V_{CC} Supply Current		30	mA
CLCL	Oscillator Frequency	3	33	MHz
t _{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{\text{CLCL}}$		
t _{GHAX}	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{\text{CLCL}}$		
t _{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{\text{CLCL}}$		
t _{GHDX}	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{\text{CLCL}}$		
t _{ESH}	P2.7 (ENABLE) High to V_{PP}	$48t_{\text{CLCL}}$		
t _{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
t _{GHSL}	V_{PP} Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t _{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	0.2	1	μs
t _{ELQV}	Address to Data Valid		$48t_{\text{CLCL}}$	
t _{ELQV}	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{\text{CLCL}}$	
t _{EHQZ}	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{\text{CLCL}}$	
t _{HBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t _{WC}	Byte Write Cycle Time		50	μs

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

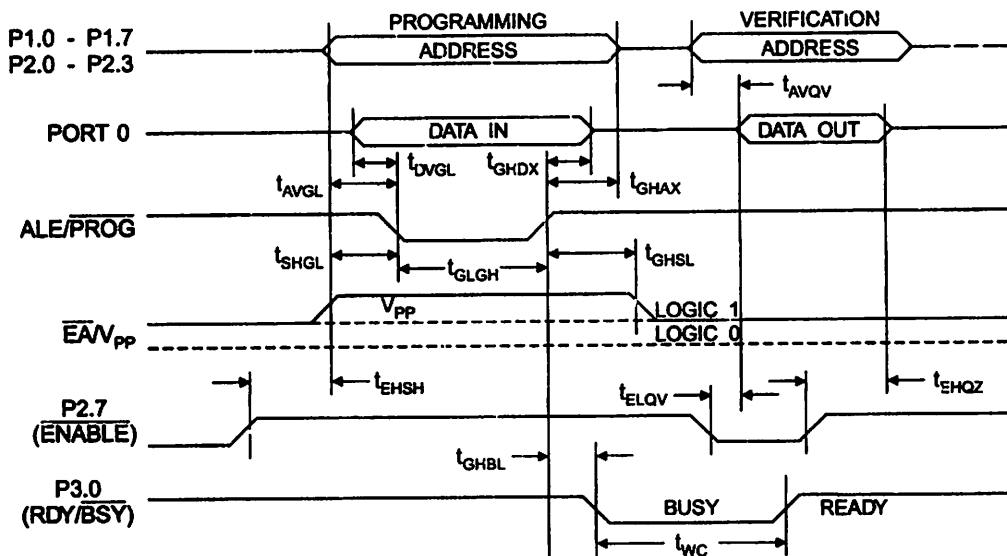
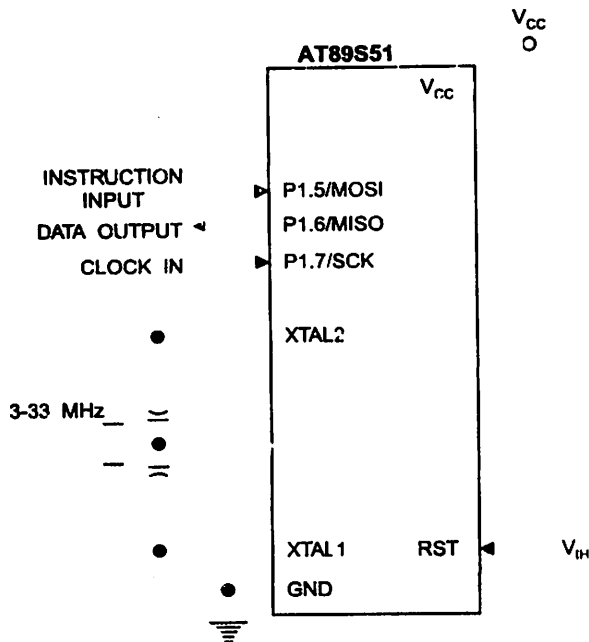


Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 8. Serial Programming Waveforms

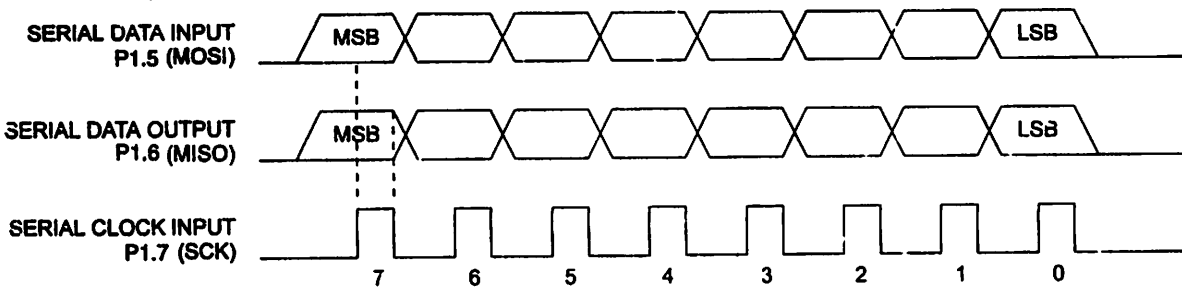




Table 8. Serial Programming Instruction Set

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 on MISO)	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits ⁽¹⁾	1010 1100	1110 00xx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (1).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xxxx LB3 LB2 LB1 LB0 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes	0010 1000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 xxx xxx0	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	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 A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

- Note: 1. 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 bit modes need 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

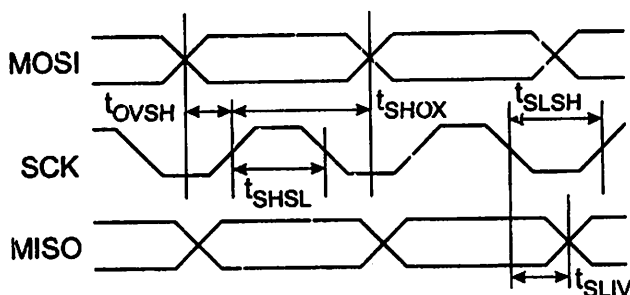


Table 9. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3		33	MHz
t_{CLCL}	Oscillator Period	30			ns
t_{SHSL}	SCK Pulse Width High	$8 t_{CLCL}$			ns
t_{SLSH}	SCK Pulse Width Low	$8 t_{CLCL}$			ns
t_{OVSH}	MOSI Setup to SCK High	t_{CLCL}			ns
t_{SHOX}	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLCL}$			ns
t_{SLIV}	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
t_{ERASE}	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
t_{SWC}	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLCL} + 400$	μs





Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
Maximum 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 \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
	Input Low Voltage (\overline{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, \overline{PSEN})	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, \overline{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, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RST	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

- Notes:
- 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.

C Characteristics

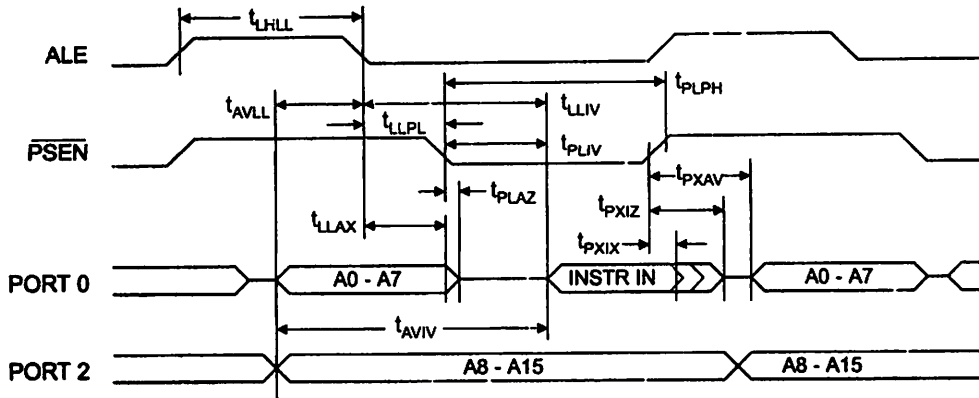
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, and $\overline{\text{PSEN}}$ = 100 pF; load capacitance for all other inputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

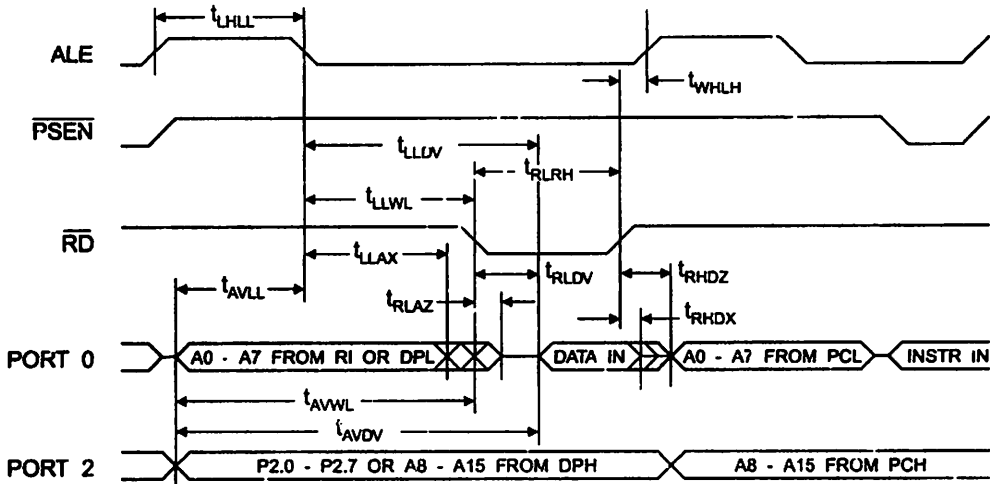
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{CLCL}	Oscillator Frequency			0	33	MHz
t_{HLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
t_{VLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{LAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{LV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
t_{LPL}	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{LPH}	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-45$		ns
t_{LV}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-60$	ns
t_{XIX}	Input Instruction Hold After $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
t_{XIZ}	Input Instruction Float After $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-25$	ns
t_{XAV}	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
t_{VV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-80$	ns
t_{LAZ}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{LRH}	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{LRH}	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{LDV}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
t_{HDX}	Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
t_{HDZ}	Data Float After $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
t_{LDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
t_{VDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
t_{LWL}	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
t_{VWL}	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
t_{VWX}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-30$		ns
t_{VWH}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-130$		ns
t_{HDX}	Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
t_{LAZ}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{HLH}	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-25$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns



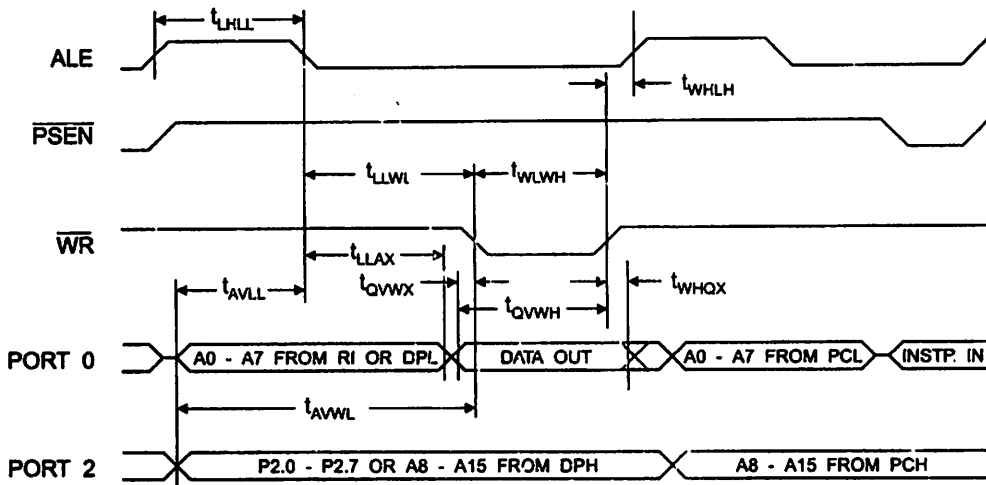
External Program Memory Read Cycle



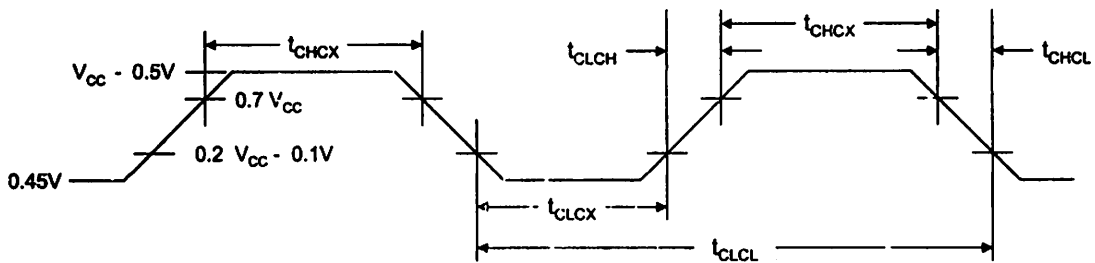
External Data Memory Read Cycle



Internal Data Memory Write Cycle



Internal Clock Drive Waveforms



Internal Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
t _{CLCL}	Oscillator Frequency	0	33	MHz
t _{CL}	Clock Period	30		ns
t _{CHCX}	High Time	12		ns
t _{CLCX}	Low Time	12		ns
t _{CLCH}	Rise Time		5	ns
t _{CLCL}	Fall Time		5	ns

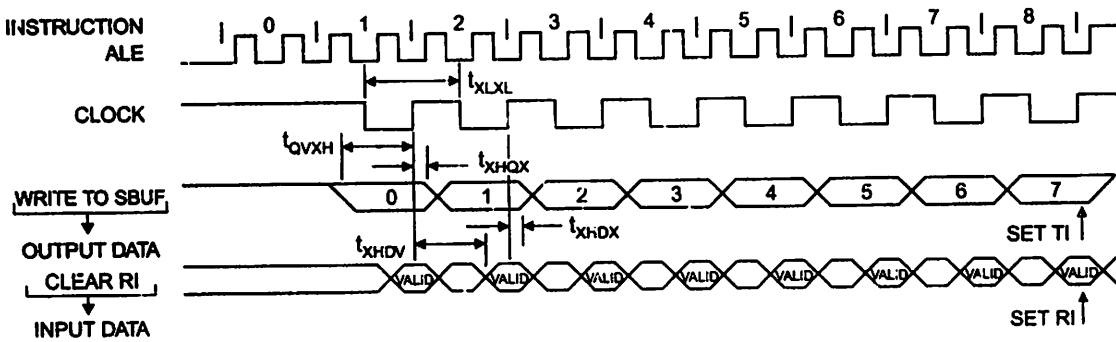


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

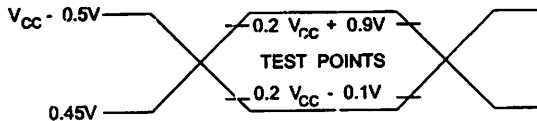
Values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.5V$ and Load Capacitance = 80 pF .

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

Shift Register Mode Timing Waveforms

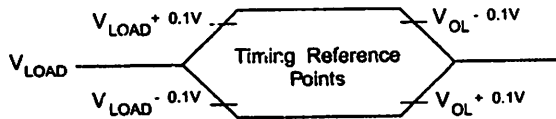


Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



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.

Load Waveforms⁽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 (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	4.0V to 5.5V	AT89S51-24AC AT89S51-24JC AT89S51-24PC AT89S51-24SC	44A 44J 40P6 42PS6	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89S51-24AI AT89S51-24JI AT89S51-24PI AT89S51-24SI	44A 44J 40P6 42PS6	Industrial (-40° C to 85° C)
33	4.5V to 5.5V	AT89S51-33AC AT89S51-33JC AT89S51-33PC AT89S51-33SC	44A 44J 40P6 42PS6	Commercial (0° C to 70° C)

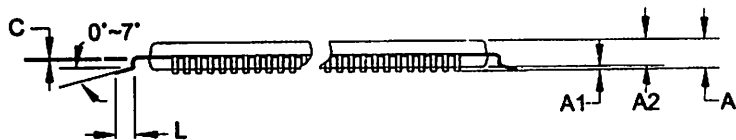
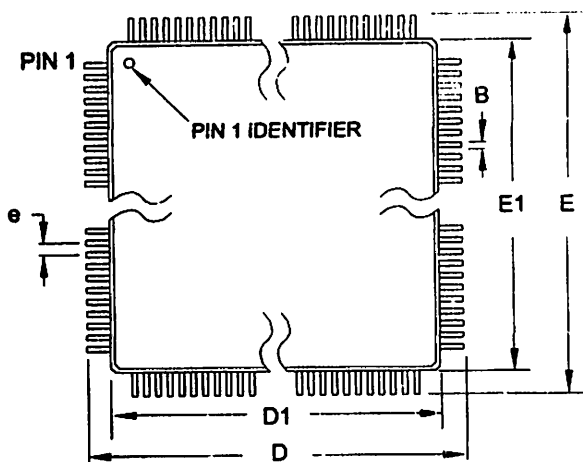
Package Type	
A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
PS6	42-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)





Packaging Information

44A - TQFP



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	1.20	
A1	0.05	-	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	11.75	12.00	12.25	
D1	9.90	10.00	10.10	Note 2
E	11.75	12.00	12.25	
E1	9.90	10.00	10.10	Note 2
B	0.30	-	0.45	
C	0.09	-	0.20	
L	0.45	-	0.75	
e	0.80 TYP			

- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation ACB.
 2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.
 3. Lead coplanarity is 0.10 mm maximum.

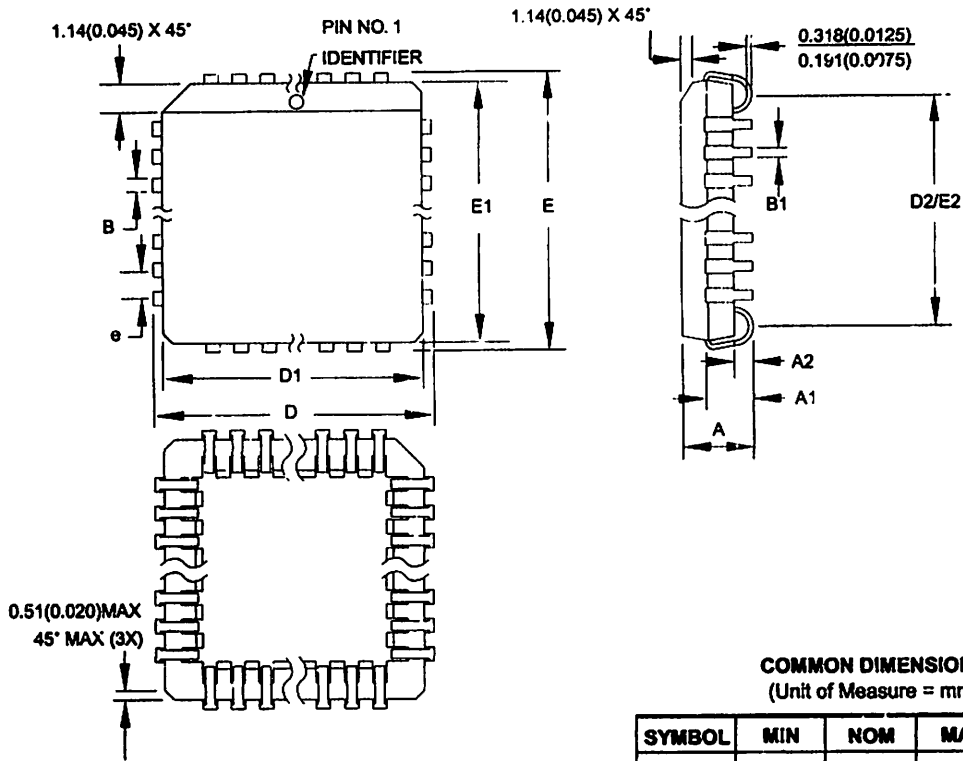
10/5/2001

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE	DRAWING NO.	REV.
	44A, 44-lead, 10 x 10 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness, 0.8 mm Lead Pitch, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)	44A	B

AT89S51

2487B-MICRO-12/03

PLCC




COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	4.191	-	4.572	
A1	2.286	-	3.048	
A2	0.508	-	-	
D	17.399	-	17.653	
D1	16.510	-	16.662	Note 2
E	17.399	-	17.653	
E1	16.510	-	16.662	Note 2
D2/E2	14.986	-	16.002	
B	0.660	-	0.813	
B1	0.330	-	0.533	
e	1.270 TYP			

- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-018, Variation AC.
 2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is .010" (0.254 mm) per side. Dimension D1 and E1 include mold mismatch and are measured at the extreme material condition at the upper or lower parting line.
 3. Lead coplanarity is 0.004" (0.102 mm) maximum.

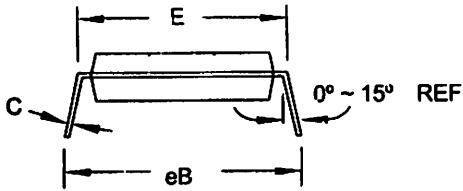
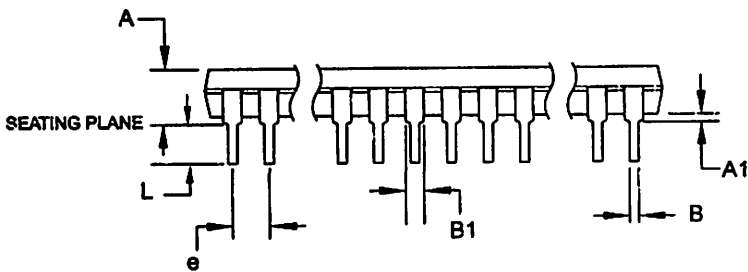
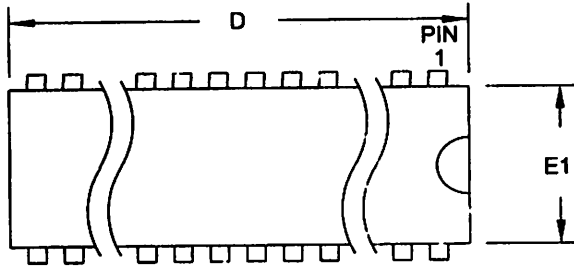
10/04/01

 2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE 44J, 44-lead, Plastic J-leded Chip Carrier (PLCC)	DRAWING NO. 44J	REV. B
---	---	---------------------------	------------------





40P6 - PDIP



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	1.826	
A1	0.381	-	-	
D	52.070	-	52.578	Note 2
E	15.240	-	15.875	
E1	13.462	-	13.970	Note 2
B	0.356	-	0.559	
B1	1.041	-	1.651	
L	3.048	-	3.556	
C	0.203	-	0.381	
eB	15.494	-	17.526	
e	2.540 TYP			

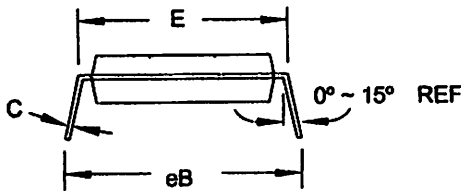
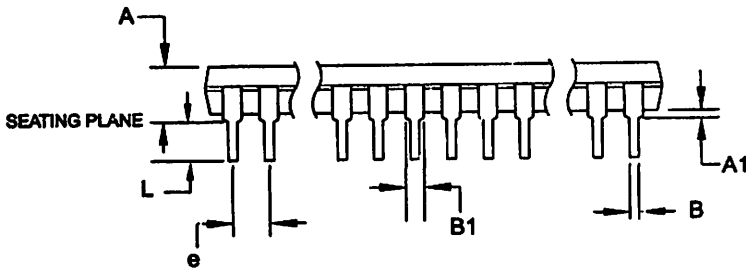
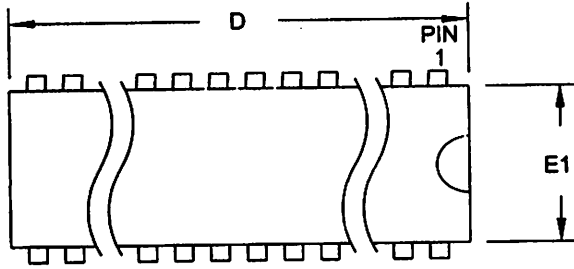
- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-011, Variation AC.
 2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion. Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

09/28/01

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE 40P6, 40-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)	DRAWING NO. 40P6	REV. B
--	---	----------------------------	------------------

AT89S51

PS6 - PDIP




COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	4.83	
A1	0.51	-	-	
D	36.70	-	36.96	Note 2
E	15.24	-	15.88	
E1	13.46	-	13.97	Note 2
B	0.38	-	0.56	
B1	0.76	-	1.27	
L	3.05	-	3.43	
C	0.20	-	0.30	
eB	-	-	18.55	
e	1.78 TYP			

- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-011, Variation AC.
 2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion. Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

11/6/03

 2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE 42PS6, 42-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)	DRAWING NO. 42PS6	REV. A
---	---	-----------------------------	------------------





Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 487-2600

Regional Headquarters

Europe
Atmel Sarl
Route des Arsenalux 41
Case Postale 80
CH-1705 Fribourg
Switzerland
Tel: (41) 26-426-5555
Fax: (41) 26-426-5500

Asia
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
7 Mody Road Tsimshatsui
East Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2721-9778
Fax: (852) 2722-1369

Japan
3F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
Tel: (81) 3-3523-3551
Fax: (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Memory

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 436-4314

Microcontrollers

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 436-4314

La Chantrerie
BP 70602
44306 Nantes Cedex 3, France
Tel: (33) 2-40-18-18-18
Fax: (33) 2-40-18-19-60

ASIC/ASSP/Smart Cards

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex, France
Tel: (33) 4-42-53-60-00
Fax: (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
Tel: 1(719) 576-3300
Fax: 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park
Maxwell Building
East Kilbride G75 0QR, Scotland
Tel: (44) 1355-803-000
Fax: (44) 1355-242-743

RF/Automotive

Theresienstrasse 2
Postfach 3535
74025 Heilbronn, Germany
Tel: (49) 71-31-67-0
Fax: (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
Tel: 1(719) 576-3300
Fax: 1(719) 540-1759

Biometrics/Imaging/Hi-Rel MPU/ High Speed Converters/RF Datacom

Avenue de Rochepleine
BP 123
38521 Saint-Egrève Cedex, France
Tel: (33) 4-76-58-30-00
Fax: (33) 4-76-58-34-80

Literature Requests
www.atmel.com/literature

Disclaimer: Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which 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 by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use in critical components in life support devices or systems.

© Atmel Corporation 2003. All rights reserved. Atmel® and combinations thereof are the registered trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. MCS® is a registered trademark of Intel Corporation. Adobe® and Acrobat® are the registered trademarks of Adobe Systems Inc. Other terms and product names may be the trademarks of others.

Printed on recycled paper.

2487B-MICRO-12/03

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

SLLS047G - FEBRUARY 1989 - REVISED AUGUST 1988

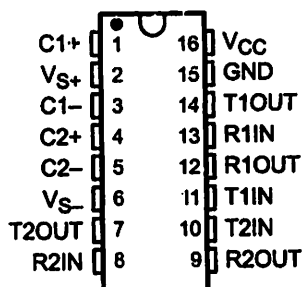
- Operates With Single 5-V Power Supply
- LinBICMOS™ Process Technology
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers
- ESD Protection Exceeds 2000 V Per MIL-STD-883, Method 3015
- Package Options include Plastic Small-Outline (D, DW) Packages and Standard Plastic (N) DIPs

description

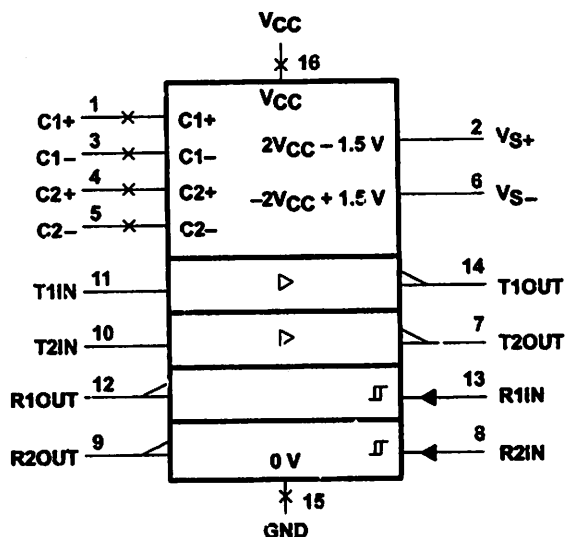
The MAX232 device is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

The MAX232 is characterized for operation from 0°C to 70°C. The MAX232I is characterized for operation from -40°C to 85°C.

D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



logic symbol



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

AVAILABLE OPTIONS

T _A	PACKAGED DEVICES		
	SMALL OUTLINE (D)	SMALL OUTLINE (DW)	PLASTIC DIP (N)
0°C to 70°C	MAX232D†	MAX232DW†	MAX232N
-40°C to 85°C	MAX232ID†	MAX232IDW†	MAX232IN

† This device is available taped and reeled by adding an R to the part number (i.e., MAX232DR).



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC and LinBICMOS are trademarks of Texas Instruments Incorporated.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1988, Texas Instruments Incorporated

MAX232, MAX232I

MAX232 EIA-232 DRIVER/RECEIVER

S047G - FEBRUARY 1989 - REVISED AUGUST 1998

Absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}	$V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_i : Driver	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_o : T1OUT, T2OUT	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	113°C/W
DW package	105°C/W
N package	78°C/W
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C

Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and normal operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

Recommended operating conditions

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH} (T1IN, T2IN)	2			V
Low-level input voltage, V_{IL} (T1IN, T2IN)			0.8	V
Receiver input voltage, R1IN, R2IN			± 30	V
Operating free-air temperature, T_A	MAX232	0	70	°C
	MAX232I	-40	85	



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

SLLS047G - FEBRUARY 1989 - REVISED AUGUST 1998

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
VOH	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	RL = 3 kΩ to GND	5	7		V
		R1OUT, R2OUT	I _{OH} = -1 mA	3.5			
VOL	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT	RL = 3 kΩ to GND		-7	-5	V
		R1OUT, R2OUT	I _{OL} = 3.2 mA			0.4	
VIT+	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	VCC = 5 V, TA = 25°C		1.7	2.4	V
VIT-	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	VCC = 5 V, TA = 25°C	0.8	1.2		V
Vhys	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN	VCC = 5 V	0.2	0.5	1	V
ri	Receiver input resistance	R1IN, R2IN	VCC = 5, TA = 25°C	3	5	7	kΩ
ro	Output resistance	T1OUT, T2OUT	V _{S+} = V _{S-} = 0, V _O = ±2 V	300			Ω
I _{OS} §	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	VCC = 5.5 V, V _O = 0		±10		mA
I _{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN	V _I = 0			200	μA
I _{CC}	Supply current		VCC = 5.5 V, TA = 25°C, All outputs open.		8	10	mA

† All typical values are at VCC = 5 V, TA = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

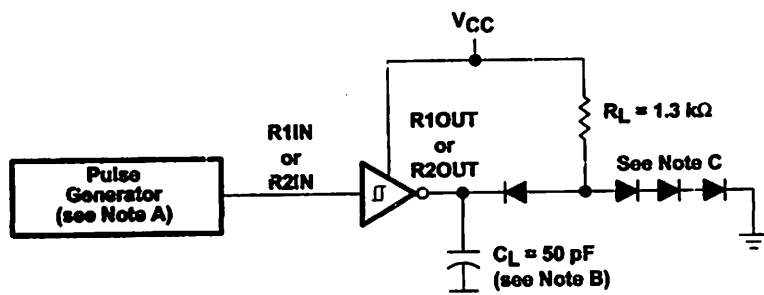
switching characteristics, VCC = 5 V, TA = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t _{PLH} (R)	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	See Figure 1		500		ns
t _{PHL} (R)	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	See Figure 1		500		ns
SR	Driver slew rate	RL = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/μs
SR(tr)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/μs

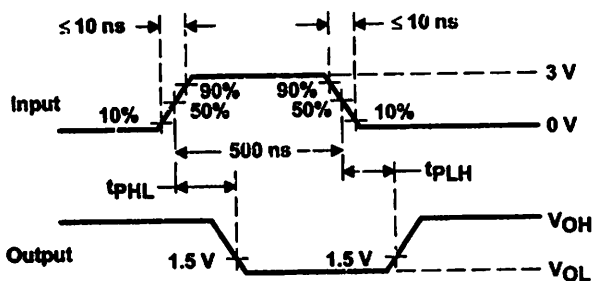


POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT

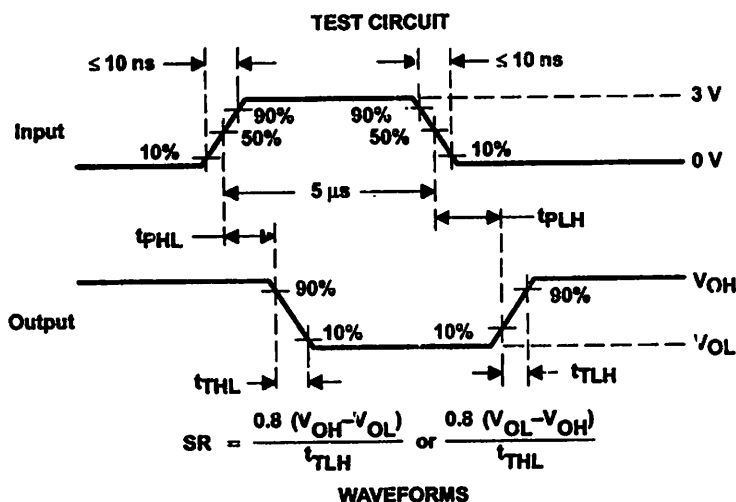
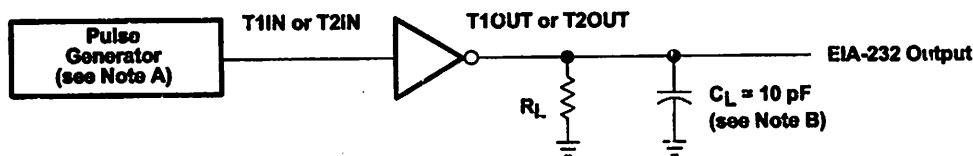


WAVEFORMS

- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_0 = 50 \Omega$, duty cycle $\le 50\%$.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.
 C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

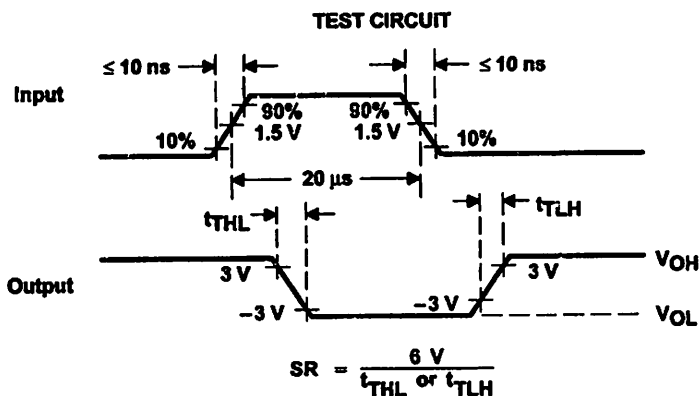
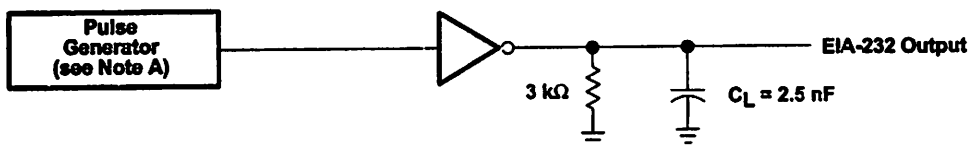
Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements (5- μ s input)



NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for t_{THL} and t_{TLH} Measurements (20- μ s input)

AX232, MAX232 UAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

S047G - FEBRUARY 1989 - REVISED AUGUST 1988

APPLICATION INFORMATION

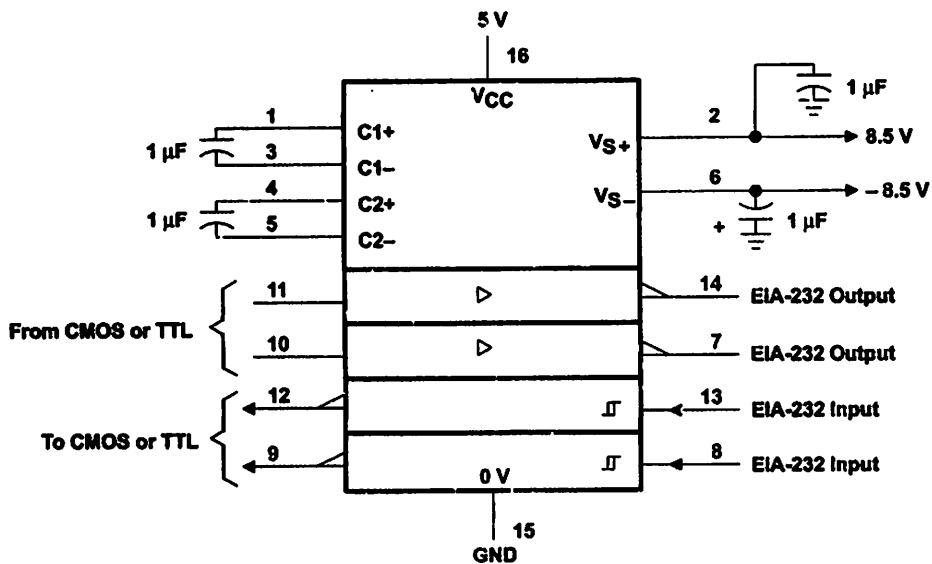


Figure 4. Typical Operating Circuit

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 955303 • DALLAS, TEXAS 75265

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY

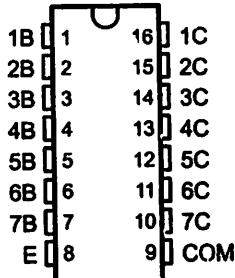
SLRS027G - DECEMBER 1978 - REVISED JUNE 2004

The ULN2001A is obsolete and is no longer supplied.

- 500-mA-Rated Collector Current (Single Output)
- High-Voltage Outputs . . . 50 V
- Output Clamp Diodes
- Inputs Compatible With Various Types of Logic
- Relay-Driver Applications

ULN2001A . . . D OR N PACKAGE
 ULN2002A . . . N PACKAGE
 ULN2003A . . . D, N, NS, OR PW PACKAGE
 ULN2004A . . . D, N, OR NS PACKAGE
 ULQ2003A, ULQ2004A . . . D OR N PACKAGE

(TOP VIEW)



description/ordering information

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, and ULQ2004A are high-voltage, high-current Darlington transistor arrays. Each consists of seven npn Darlington pairs that feature high-voltage outputs

with common-cathode clamp diodes for switching inductive loads. The collector-current rating of a single Darlington pair is 500 mA. The Darlington pairs can be paralleled for higher current capability. Applications include relay drivers, hammer drivers, lamp drivers, display drivers (LED and gas discharge), line drivers, and logic buffers. For 100-V (otherwise interchangeable) versions of the ULN2003A and ULN2004A, see the SN75468 and SN75469, respectively.

ORDERING INFORMATION

TA	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
-20°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	ULN2002AN	ULN2002AN
			ULN2003AN	ULN2003AN
			ULN2004AN	ULN2004AN
	SOIC (D)	Tube of 40	ULN2003AD	ULN2003A
			Reel of 2500	
		Reel of 2500	ULN2004AD	ULN2004A
			ULN2004ADR	
	SOP (NS)	Reel of 2000	ULN2003ANSR	ULN2003A
			ULN2004ANSR	ULN2004A
	TSSOP (PW)	Tube of 90	ULN2003APW	UN2003A
Reel of 2000		ULN2003APWR		
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 25	ULQ2003AN	ULQ2003A
			ULQ2004AN	ULQ2004AN
	SOIC (D)	Tube of 40	ULQ2003AD	ULQ2003A
		Reel of 2500	ULQ2003ADR	ULQ2003A
		Tube of 40	ULQ2004AD	ULQ2004A
		Reel of 2500	ULQ2004ADR	ULQ2004A

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated
 On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

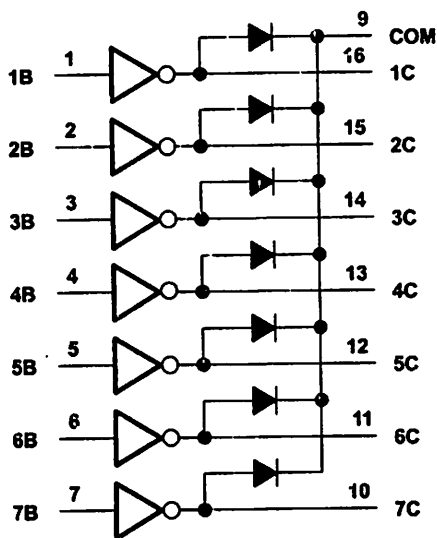
ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A
HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY
S027G - DECEMBER 1976 - REVISED JUNE 2004

The ULN2001A is obsolete
and is no longer supplied.

Description/ordering information (continued)

The ULN2001A is a general-purpose array and can be used with TTL and CMOS technologies. The ULN2002A is designed specifically for use with 14-V to 25-V PMOS devices. Each input of this device has a Zener diode and resistor in series to control the input current to a safe limit. The ULN2003A and ULQ2003A have a 2.7-k Ω series base resistor for each Darlington pair for operation directly with TTL or 5-V CMOS devices. The ULN2004A and ULQ2004A have a 10.5-k Ω series base resistor to allow operation directly from CMOS devices that use supply voltages of 6 V to 15 V. The required input current of the ULN/ULQ2004A is below that of the ULN/ULQ2003A, and the required voltage is less than that required by the ULN2002A.

Logic diagram

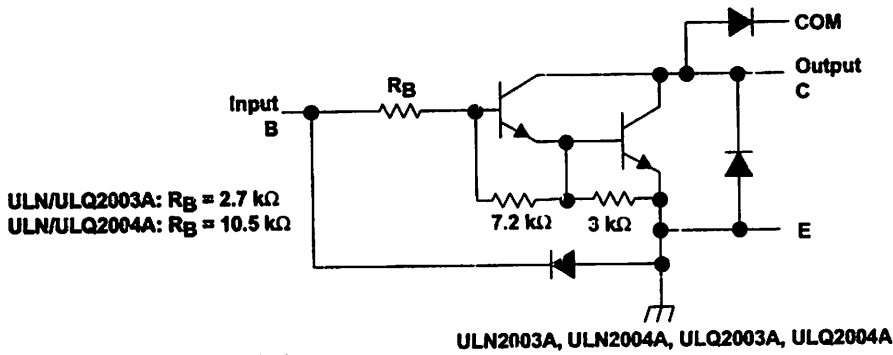
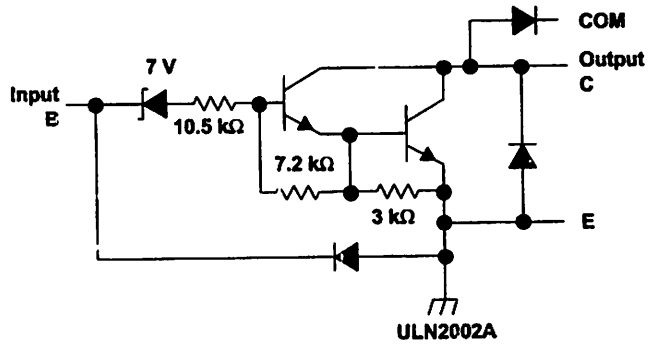
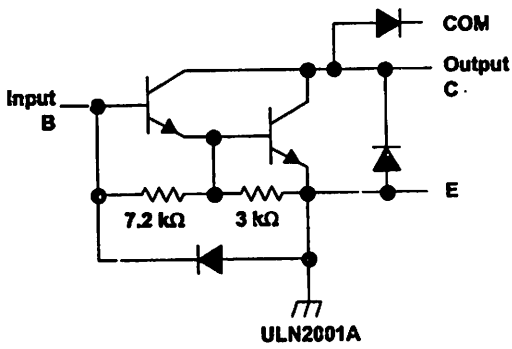


POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A
HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY
 SLRS027G - DECEMBER 1976 - REVISED JUNE 2004

The ULN2001A is obsolete and is no longer supplied.

schematics (each Darlington pair)



ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A

All resistor values shown are nominal.

ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A
GH-VOLTAGE HIGH-CURRENT
ARLINGTON TRANSISTOR ARRAY
 S027G - DECEMBER 1978 - REVISED JUNE 2004

The ULN2001A is obsolete and is no longer supplied.

Absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)†

Collector-emitter voltage	50 V
Clamp diode reverse voltage (see Note 1)	50 V
Input voltage, V_I (see Note 1)	30 V
Peak collector current (see Figures 14 and 15)	500 mA
Output clamp current, I_{OK}	500 mA
Total emitter-terminal current	-2.5 A
Operating free-air temperature range, T_A , ULN200xA	-20°C to 70°C
ULQ200xA	-40°C to 85°C
ULQ200xAT	-40°C to 105°C
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 2 and 3): D package	73°C/W
N package	67°C/W
NS package	64°C/W
PW package	108°C/W
Package thermal impedance, θ_{JC} (see Notes 4 and 5): D package	36°C/W
N package	54°C/W
Operating virtual junction temperature, T_J	150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
- All voltage values are with respect to the emitter/substrate terminal E, unless otherwise noted.
 - Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
 - The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.
 - Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JC} , and T_C . The maximum allowable power dissipation at any allowable case temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_C)/\theta_{JC}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
 - The package thermal impedance is calculated in accordance with MIL-STD-883.

Electrical characteristics, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS	ULN2001A			ULN2002A			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$I_{(on)}$ On-state input voltage	6	$V_{CE} = 2\text{ V}$, $I_C = 300\text{ mA}$						13	V
$V_{CE(sat)}$ Collector-emitter saturation voltage	5	$I_I = 250\ \mu\text{A}$, $I_C = 100\text{ mA}$	0.9	1.1	0.9	1.1			V
		$I_I = 350\ \mu\text{A}$, $I_C = 200\text{ mA}$	1	1.3	1	1.3			
		$I_I = 500\ \mu\text{A}$, $I_C = 350\text{ mA}$	1.2	1.6	1.2	1.6			
V_F Clamp forward voltage	8	$I_F = 350\text{ mA}$	1.7	2	1.7	2			V
I_{CEX} Collector cutoff current	1	$V_{CE} = 50\text{ V}$, $I_I = 0$			50	50			μA
	2	$V_{CE} = 50\text{ V}$, $T_A = 70^\circ\text{C}$, $V_I = 6\text{ V}$			100	100		500	
$I_{(off)}$ Off-state input current	3	$V_{CE} = 50\text{ V}$, $T_A = 70^\circ\text{C}$, $I_C = 500\ \mu\text{A}$	50	65	50	65			μA
I_I Input current	4	$V_I = 17\text{ V}$				0.82	1.25		mA
I_R Clamp reverse current	7	$V_R = 50\text{ V}$, $T_A = 70^\circ\text{C}$			100	100			μA
		$V_R = 50\text{ V}$			50	50			
β_{FE} Static forward-current transfer ratio	5	$V_{CE} = 2\text{ V}$, $I_C = 350\text{ mA}$	1000						
C_i Input capacitance		$V_I = 0$, $f = 1\text{ MHz}$		15	25	15	25		pF



ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A
HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY
 SLRS027G - DECEMBER 1976 - REVISED JUNE 2004

The ULN2001A is obsolete and is no longer supplied.

electrical characteristics, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted) (continued)

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS	ULN2003A			ULN2004A			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{I(on)}$ On-state input voltage	6	$V_{CE} = 2\text{ V}$	$I_C = 125\text{ mA}$					5	V
			$I_C = 200\text{ mA}$			2.4		6	
			$I_C = 250\text{ mA}$			2.7			
			$I_C = 275\text{ mA}$					7	
			$I_C = 300\text{ mA}$		3				
			$I_C = 350\text{ mA}$					8	
$V_{CE(sat)}$ Collector-emitter saturation voltage	5	$I_I = 250\ \mu\text{A}$, $I_C = 100\text{ mA}$	0.9	1.1		0.9	1.1	V	
		$I_I = 350\ \mu\text{A}$, $I_C = 200\text{ mA}$	1	1.3		1	1.3		
		$I_I = 500\ \mu\text{A}$, $I_C = 350\text{ mA}$	1.2	1.6		1.2	1.6		
I_{CEX} Collector cutoff current	1	$V_{CE} = 50\text{ V}$, $I_I = 0$			50		50	μA	
	2	$V_{CE} = 50\text{ V}$, $T_A = 70^\circ\text{C}$ $V_I = 1\text{ V}$			100		100		
V_F Clamp forward voltage	8	$I_F = 350\text{ mA}$		1.7	2		1.7	2	V
$I_{I(off)}$ Off-state input current	3	$V_{CE} = 50\text{ V}$, $I_C = 500\ \mu\text{A}$, $T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65		50	65	μA	
I_I Input current	4	$V_I = 3.85\text{ V}$		0.93	1.35				mA
		$V_I = 5\text{ V}$				0.35	0.5		
		$V_I = 12\text{ V}$				1	1.45		
I_R Clamp reverse current	7	$V_R = 50\text{ V}$			50		50	μA	
		$V_R = 50\text{ V}$, $T_A = 70^\circ\text{C}$			100		100		
C_I Input capacitance		$V_I = 0$, $f = 1\text{ MHz}$		15	25		15	25	pF



ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A
HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT
DRIVING TRANSISTOR ARRAY
 S027G - DECEMBER 1978 - REVISED JUNE 2004

The ULN2001A is obsolete
and is no longer supplied.

Electrical characteristics over recommended operating conditions (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS	ULQ2003A			ULQ2004A			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
(on) On-state input voltage	6	$V_{CE} = 2\text{ V}$	$I_C = 125\text{ mA}$					5	V
			$I_C = 200\text{ mA}$					6	
			$I_C = 250\text{ mA}$					2.7	
			$I_C = 275\text{ mA}$					2.9	
			$I_C = 300\text{ mA}$					3	
			$I_C = 350\text{ mA}$					8	
Collector-emitter saturation voltage	5	$I_I = 250\text{ }\mu\text{A}, I_C = 100\text{ mA}$		0.9	1.2		0.9	1.1	V
		$I_I = 350\text{ }\mu\text{A}, I_C = 200\text{ mA}$		1	1.4		1	1.3	
		$I_I = 500\text{ }\mu\text{A}, I_C = 350\text{ mA}$		1.2	1.7		1.2	1.6	
Collector cutoff current	1	$V_{CE} = 50\text{ V}, I_I = 0$						100	μA
	2	$V_{CE} = 50\text{ V}$	$I_I = 0$					100	
			$V_I = 1\text{ V}$					500	
Clamp forward voltage	8	$I_F = 350\text{ mA}$		1.7	2.3		1.7	2	V
Off-state input current	3	$V_{CE} = 50\text{ V}, I_C = 500\text{ }\mu\text{A}$		65		50	65		μA
Input current	4	$V_I = 3.85\text{ V}$		0.93	1.35				mA
		$V_I = 5\text{ V}$					0.35	0.5	
		$V_I = 12\text{ V}$					1	1.45	
Clamp reverse current	7	$V_R = 50\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$			100			50	μA
		$V_R = 50\text{ V}$			100			100	
Input capacitance		$V_I = 0, f = 1\text{ MHz}$		15	25		15	25	pF

Switching characteristics, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
PLH Propagation delay time, low- to high-level output	See Figure 9		0.25	1	μs
PHL Propagation delay time, high- to low-level output	See Figure 9		0.25	1	μs
VOH High-level output voltage after switching	$V_S = 50\text{ V}, I_O = 300\text{ mA}$, See Figure 10		$V_S - 20$		mV

Switching characteristics over recommended operating conditions (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	ULQ2003A, ULQ2004A			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
PLH Propagation delay time, low- to high-level output	See Figure 9		1	10	μs
PHL Propagation delay time, high- to low-level output	See Figure 9		1	10	μs
VOH High-level output voltage after switching	$V_S = 50\text{ V}, I_O = 300\text{ mA}$, See Figure 10		$V_S - 500$		mV



ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A
**HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT
 DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY**
 SLRS027G - DECEMBER 1976 - REVISED JUNE 2004

The ULN2001A is obsolete
 and is no longer supplied.

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

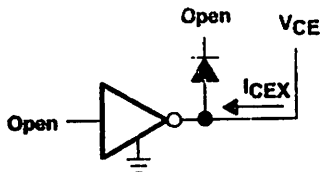


Figure 1. ICEX Test Circuit

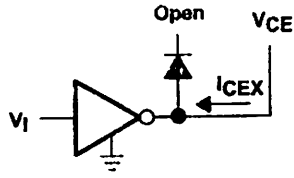


Figure 2. ICEX Test Circuit

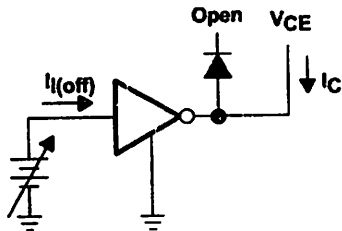


Figure 3. $I_{i(off)}$ Test Circuit

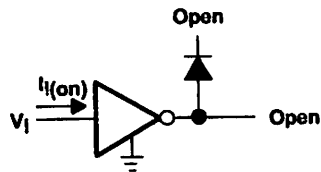
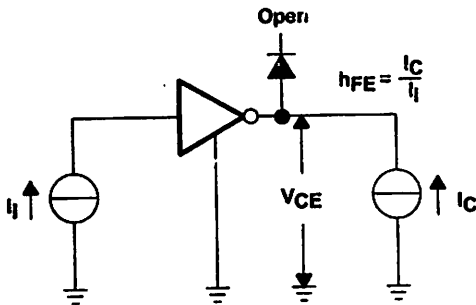


Figure 4. I_i Test Circuit



NOTE: I_i is fixed for measuring $V_{CE(sat)}$, variable for measuring h_{FE} .

Figure 5. h_{FE} , $V_{CE(sat)}$ Test Circuit

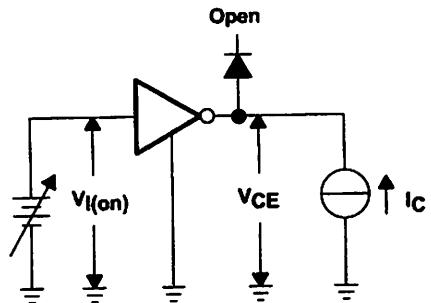


Figure 6. $V_{I(on)}$ Test Circuit

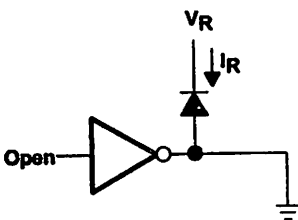


Figure 7. I_R Test Circuit

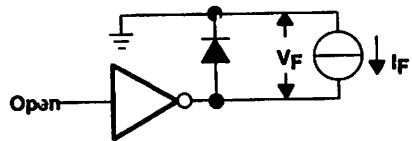
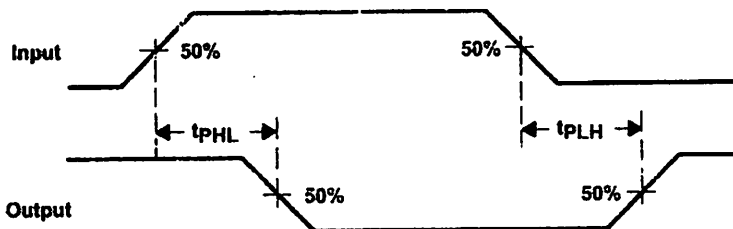


Figure 8. V_F Test Circuit

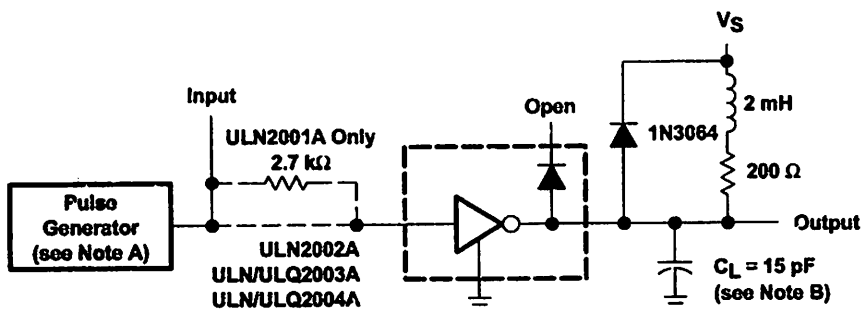
The ULN2001A is obsolete and is no longer supplied.

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

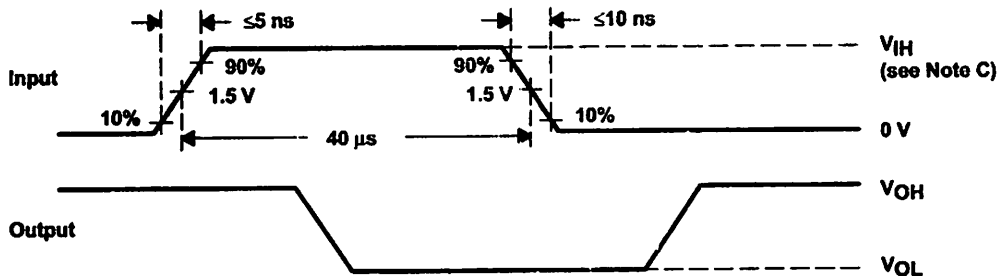


VOLTAGE WAVEFORMS

Figure 9. Propagation Delay-Time Waveforms



TEST CIRCUIT



VOLTAGE WAVEFORMS

- NOTES:**
- A. The pulse generator has the following characteristics: PRR = 12.5 kHz, $Z_O = 50 \Omega$.
 - B. C_L includes probe and jig capacitance.
 - C. For testing the ULN2001A, the ULN2003A, and the ULQ2003A, $V_{IH} = 3 \text{ V}$; for the ULN2002A, $V_{IH} = 15 \text{ V}$; for the ULN2004A and the ULQ2004A, $V_{IH} = 8 \text{ V}$.

Figure 10. Latch-Up Test Circuit and Voltage Waveforms

ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A
**HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT
 DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY**
 SLRS027G - DECEMBER 1976 - REVISED JUNE 2004

The ULN2001A is obsolete
 and is no longer supplied.

TYPICAL CHARACTERISTICS

**COLLECTOR-EMITTER
 SATURATION VOLTAGE
 VS
 COLLECTOR CURRENT
 (ONE DARLINGTON)**

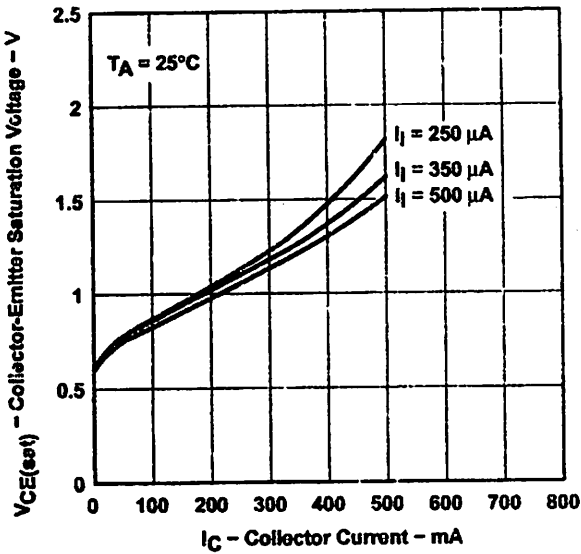


Figure 11

**COLLECTOR-EMITTER
 SATURATION VOLTAGE
 VS
 TOTAL COLLECTOR CURRENT
 (TWO DARLINGTONS IN PARALLEL)**

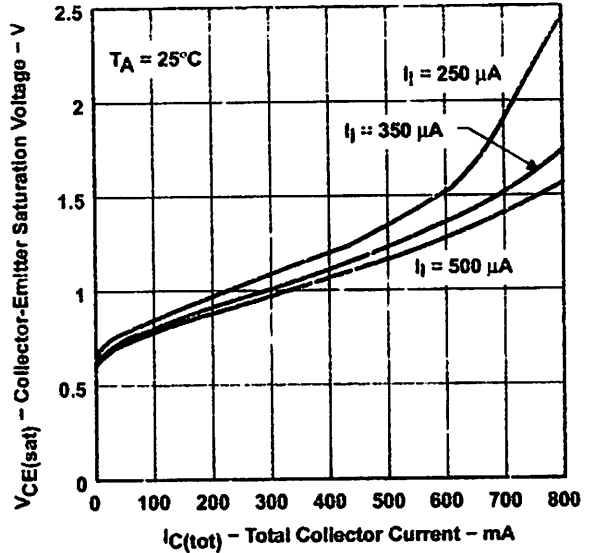


Figure 12

**COLLECTOR CURRENT
 VS
 INPUT CURRENT**

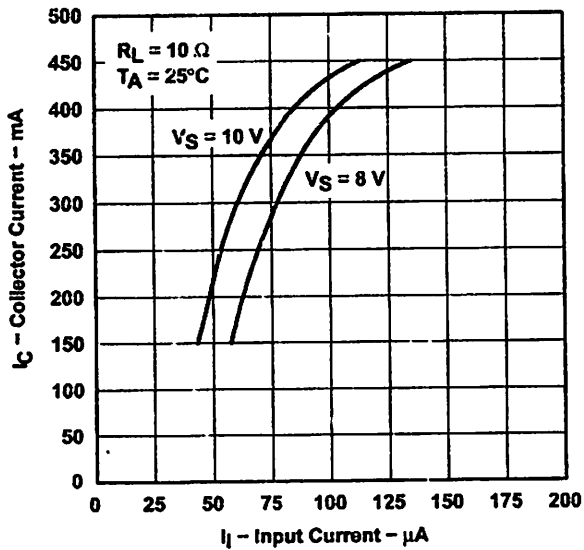


Figure 13



ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A
HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT
DRIVING TRANSISTOR ARRAY
 S027G - DECEMBER 1976 - REVISED JUNE 2004

The ULN2001A is obsolete
 and is no longer supplied.

THERMAL INFORMATION

D PACKAGE
MAXIMUM COLLECTOR CURRENT
vs
DUTY CYCLE

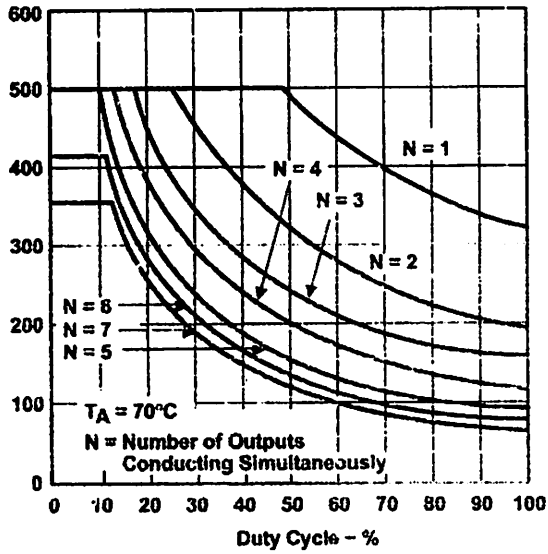


Figure 14

N PACKAGE
MAXIMUM COLLECTOR CURRENT
vs
DUTY CYCLE

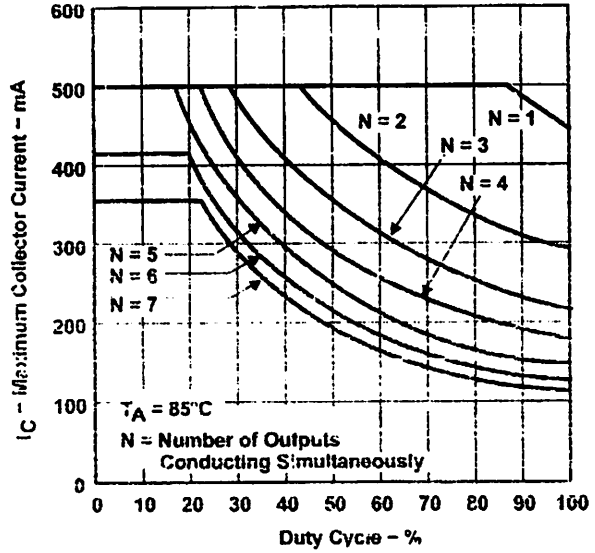


Figure 15



ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A
HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY
 SLRS027G - DECEMBER 1976 - REVISED JUNE 2004

The ULN2001A is obsolete and is no longer supplied.

APPLICATION INFORMATION

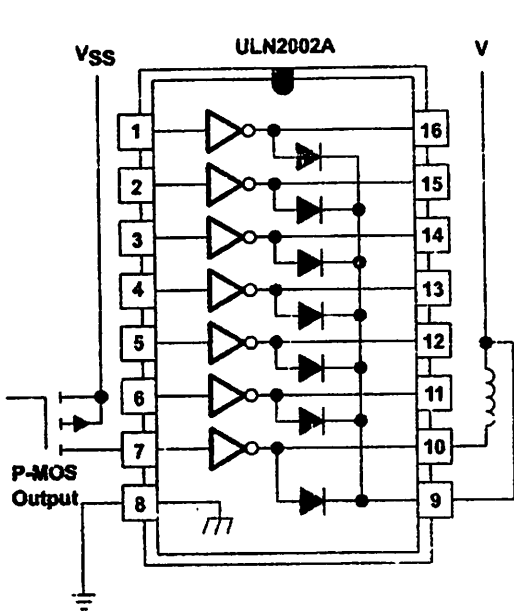


Figure 16. P-MOS to Load

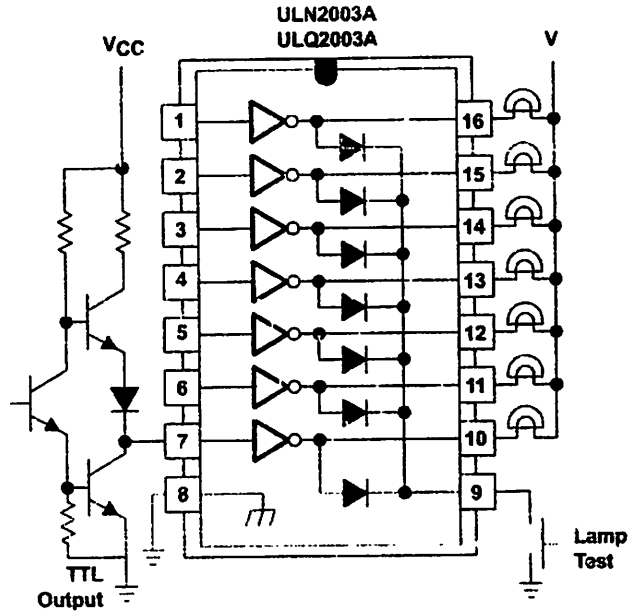


Figure 17. TTL to Load

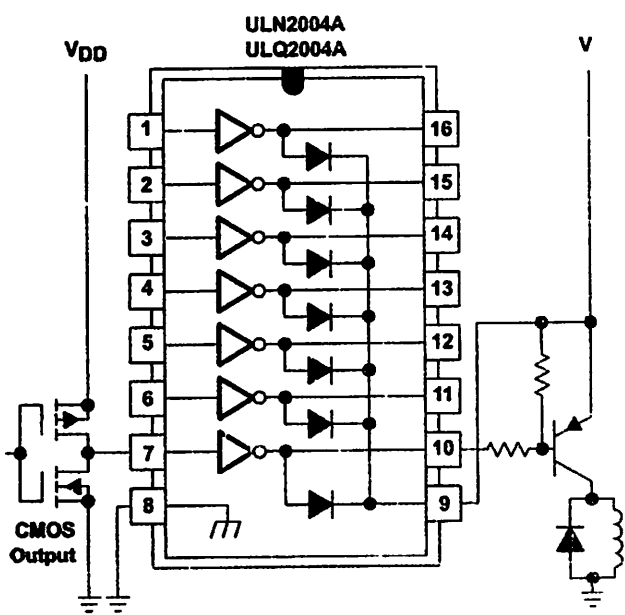


Figure 18. Buffer for Higher Current Loads

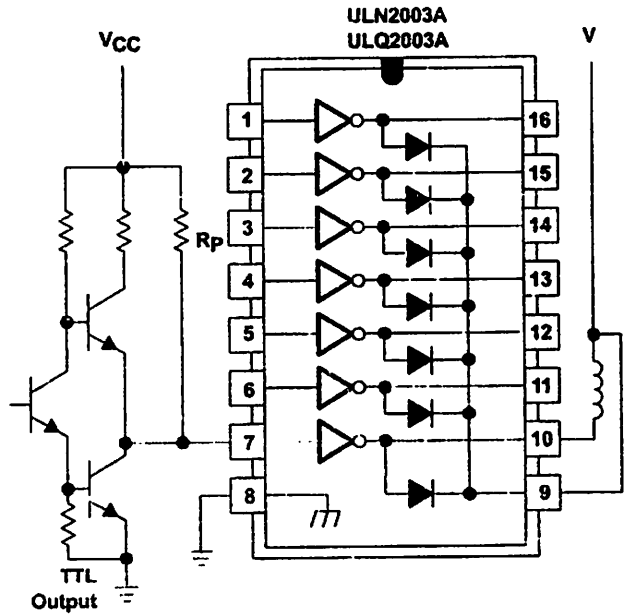
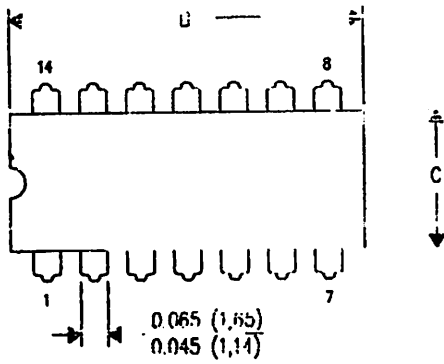


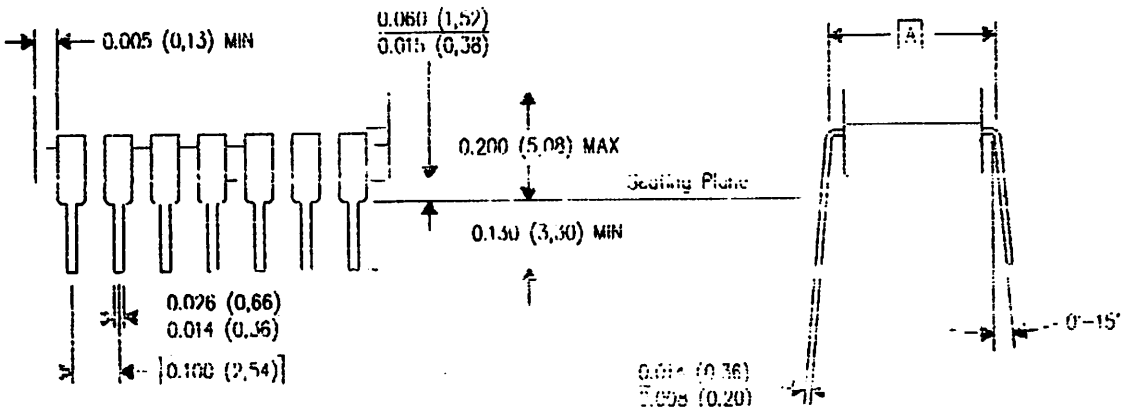
Figure 19. Use of Pullup Resistors to increase Drive Current

(R-GDIP-1**)
LEADS SHOWN

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE



DIM \ PINS **	14	16	18	20
A	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC
R MAX	0.785 (19,94)	.840 (21,34)	0.960 (24,34)	1.060 (26,92)
B MIN	---	---	---	---
C MAX	0.300 (7,62)	0.300 (7,62)	0.310 (7,87)	0.300 (7,62)
C MIN	0.245 (6,22)	0.245 (6,22)	0.270 (6,89)	0.245 (6,22)



4040085/A 0.5/03

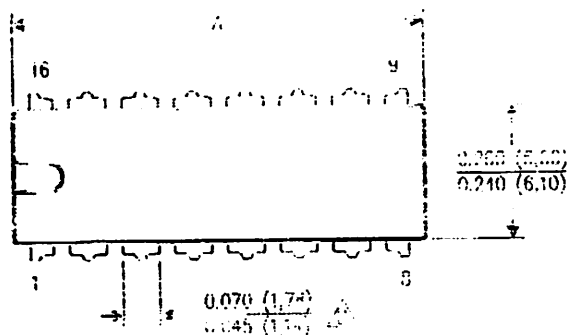
- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - This drawing is subject to change without notice.
 - This package is hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
 - Index point is provided on cap for terminal identification only on press ceramic glass frit seal only.
 - Cells within MIL STD 1835 GDIP1-14, GDIP1-16, GDIP1-18 and GDIP1-20.

MECHANICAL DATA

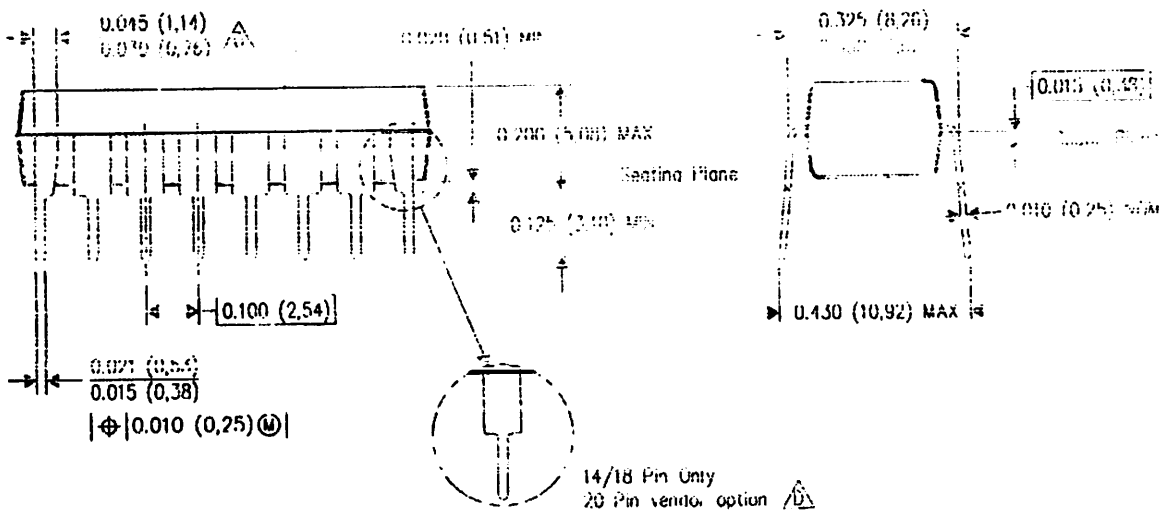
N (R-PDIP-T**)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE

MS-001 SHOWN



DIM	14	16	18	20
A MAX	0.775 (19.69)	0.775 (19.69)	0.920 (23.37)	1.060 (26.92)
A MIN	0.745 (18.92)	0.745 (18.92)	0.850 (21.59)	0.940 (23.88)
MS-001 VARIATION	AA	BB	AC	AD



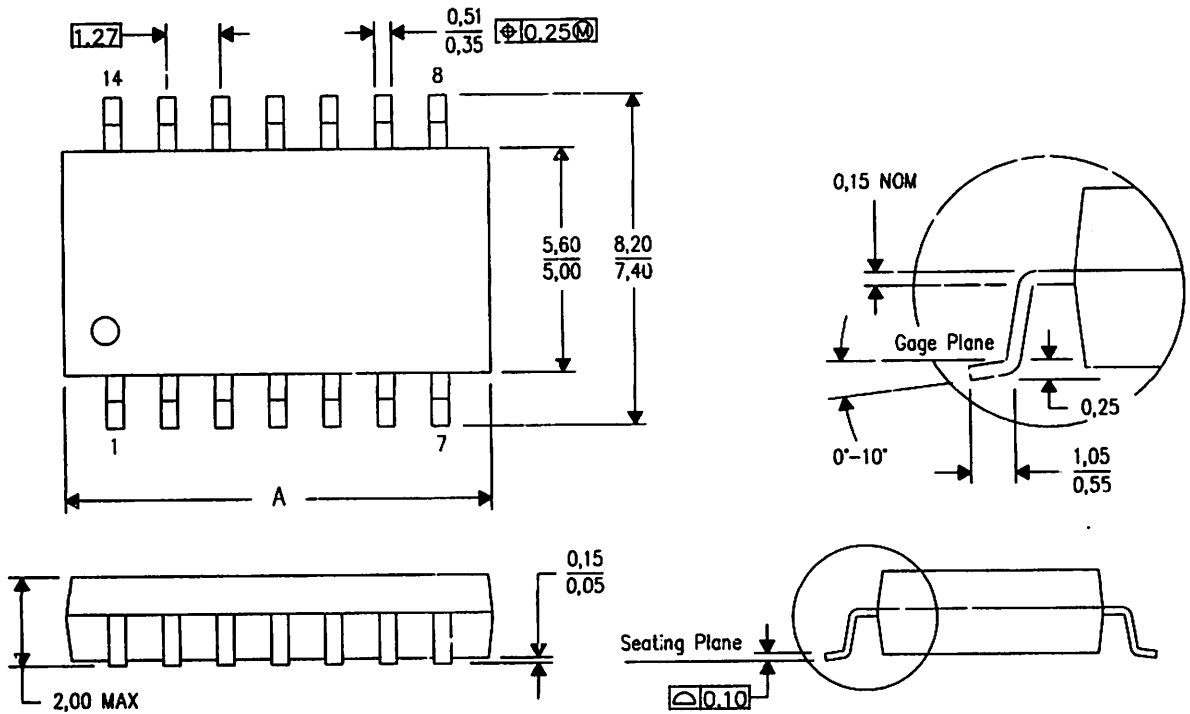
4040049/E 12/2002

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - Falls within JEDEC MS-001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
 - The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.

MECHANICAL DATA

NS (R-PDSO-G**)
14-PINS SHOWN

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



DIM	PINS **			
	14	16	20	24
A MAX	10,50	10,50	12,90	15,30
A MIN	9,90	9,90	12,30	14,70

4040062/C 03/03

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products		Applications	
Amplifiers	amplifier.ti.com	Audio	www.ti.com/audio
Data Converters	dataconverter.ti.com	Automotive	www.ti.com/automotive
DSP	dsp.ti.com	Broadband	www.ti.com/broadband
Interface	interface.ti.com	Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Logic	logic.ti.com	Military	www.ti.com/military
Power Mgmt	power.ti.com	Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Microcontrollers	microcontroller.ti.com	Security	www.ti.com/security
		Telephony	www.ti.com/telephony
		Video & Imaging	www.ti.com/video
		Wireless	www.ti.com/wireless

Mailing Address: Texas Instruments
Post Office Box 655303 Dallas, Texas 75265

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated