

SKRIPSI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM MONITORING KEAMANAN GEDUNG DENGAN TAMPILAN GRAFIS DAN PESAN SUARA BERBASIS PC



Disusun oleh :
ERIK YUDHI HERMAWAN
01.17.180

KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2009

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM MONITORING
KEAMANAN GEDUNG DENGAN TAMPILAN GRAFIS DAN
PESAN SUARA BERBASIS PC

SKRIPSI

*Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Elektronika*

Disusun Oleh :

ERIK YUDHI HERMAWAN

01.17.180

ITN

Mengetahui,
Ketua Jurusan T. Elektro S-1

Diperiksa Dan Disetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. E. Yudi Limpraptono, MT

NIP.Y. 1039500274

Ir. E. Yudi Limpraptono, MT

NIP.Y. 1039500274

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karangic, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama Mahasiswa : Erik Yudhi Hermawan
2. NIM : 01.17.180
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Elektronika
5. Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Sistem Monitoring
Keamanan Gedung Dengan Tampilan Grafis
Dan Pesan Suara Berbasis PC

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S1) pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 24 Maret 2009
Dengan Nilai : 73,4 (B)



Ketua

Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT
NIP.Y. 1028700163

Panitia Ujian Skripsi

Sekretaris

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y. 1039500274

Anggota Penguji

Penguji I

Joseph Dedy Irawan, ST, MT
NIP. 1039800324

Penguji II

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP. 1028400082

8. Seluruh rekan-rekan satu jurusan Teknik Elektronika S-1, khususnya rekan-rekan angkatan 2001.
9. Semua pihak yang telah banyak membantu hingga terselesainya Skripsi ini.

Penulis menyadari benar segala kekurangan yang ada pada penyusunan Skripsi ini. Oleh sebab itu penulis mengharapkan segala kritik dan saran demi kesempurnaan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak yang memerlukan.

Malang , Maret 2009

Penyusun

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM MONITORING KEAMANAN GEDUNG DENGAN TAMPILAN GRAFIS DAN PESAN SUARA BERBASIS PC

Erik Yudhi Hermawan
Teknik Elektro S-1 / Teknik Elektronika, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Nasional Malang.
Dosen Pembimbing : Ir. F. Yudi Limpraptono, MT

ABSTRAKSI

Dalam skripsi ini dibahas suatu perancangan dan pembuatan sistem monitoring keamanan gedung dengan tampilan grafis dan pesan suara berbasis PC. Dengan menggunakan sistem mikrokontroler, alat ini diharapkan dapat membuat suatu sistem monitoring keamanan yang otomatis dan efisien dibandingkan dengan sistem monitoring keamanan yang *konvensional*.

Mikrokontroler AT89C51 merupakan pengolah utama sistem. Dan sistem akan membaca dari sensor *reed switch* dan laser yang terpasang kemudian data tersebut diteruskan ke PC melalui komunikasi serial RS-232. Sebagai keluaran adalah monitor PC yang akan menampilkan denah dari gedung yang sudah dipasang sensor dan dimonitor tersebut akan menyala sebuah indikator bila sensor dalam keadaan aktif. Serta akan mengeluarkan suara peringatan yaitu "awas kondisi rumah berbahaya".

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa rangkaian sensor laser dan *reed switch* dapat bekerja dengan baik. Serta komunikasi antara mikrokontroler dengan personal computer dapat berjalan dengan baik pula. Hal tersebut dibuktikan pada pengujian alat bahwa ketika sensor dalam keadaan aktif atau pintu maupun jendela dalam keadaan dibuka maka indikator pada layar monitor akan berkedip dan akan muncul pesan suara yang berbunyi "awas kondisi rumah berbahaya".

Kata Kunci : AT89C51, RS-232, laser, *reed switch*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Mikrokontroler AT 89C51	5
2.1.1 Organisasi Memori MCU AT89C51	6
2.1.1.1 Memori Program	7
2.1.1.2 Memori Data	8
2.1.2 Konfigurasi Kaki-kaki MCU AT89C51	13
2.1.3 Metode Pengalamatan	16

2.1.4 Bahasa Assembler MCS-51	17
2.2 Laser	18
2.3 Resistor	20
2.4 Kapasitor	22
2.5 Reed Switch	23
2.6 Photodiode	23
2.7 Port Serial	24
2.7.1 Sistem Komunikasi Serial RS-232	24
2.7.2 Antar Muka Port SerialRS-232	27
2.7.3 Port Serial Pada MCU AT89C51	28
2.7.4 Mode Pada Port Serial	30
2.7.5 Timer Sebagai Pembangkit Baudrate	31
2.7.6 Baudrate Menggunakan Timer1	32
2.8 Bahasa Pemrograman Delphi	33
2.8.1 Mengenal IDF Delphi	33
2.8.2 Konstanta, Variabel, dan Tipe Data	34
2.8.3 Struktur Kontrol	34
2.8.4 Prosedur Dan Fungsi	35
2.8.5 Pengendalian Program Dengan Event	36
2.8.6 Properti	36
2.8.7 Form Dan Komponen Visual	36
2.8.8 Socket Pada Delphi	37

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT	39
3.1 Pendahuluan.....	39
3.2 Perencanaan Perangkat Keras.....	39
3.3 Mikrokontroler AT89C51 Sebagai Minimum Sistem.....	40
3.4 Perencanaan Rangkaian Sensor.....	43
3.5 Perencanaan Rangkaian RS-232.....	44
3.6 Perencanaan Perangkat Lunak.....	45
3.6.1 Flow Chart Mikrokontroler.....	46
3.6.2 Flow Chart PC.....	47
BAB IV PENGUJIAN ALAT	48
4.1 Pendahuluan.....	48
4.2 Pengujian Sistem Mikrokontroller.....	49
4.2.1 Tujuan.....	49
4.2.2 Peralatan yang Digunakan.....	49
4.2.3 Prosedur Pengujian.....	49
4.2.4 Hasil Pengujian.....	50
4.3 Pengujian Rangkaian Sensor Laser.....	50
4.3.1 Tujuan.....	50
4.3.2 Peralatan yang Digunakan.....	50
4.3.3 Prosedur Pengujian.....	51
4.3.4 Hasil Pengujian.....	52
4.4 Pengujian Rangkaian <i>Reed Switch</i>	53
4.4.1 Tujuan.....	53

4.4.2	Peralatan yang Digunakan.....	53
4.4.3	Prosedur Pengujian.....	53
4.4.4	Hasil Pengujian.....	55
4.5	Pengujian Rangkaian RS-232.....	56
4.5.1	Tujuan.....	56
4.5.2	Peralatan yang Digunakan.....	56
4.5.3	Prosedur Pengujian.....	56
4.5.4	Hasil Pengujian.....	58
4.6	Pengujian Rangkaian Keseluruhan.....	59
BAB V PENUTUP.....		63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Blok Diagram AT89C51	6
Gambar 2-2 Memori Program MCS-51	7
Gambar 2-3 Memori Data MCS-51	8
Gambar 2-4 Memori Data Eksternal	9
Gambar 2-5 Ruang Special Function Register	13
Gambar 2-6 Konfigurasi Kaki-kaki AT89C51	13
Gambar 2-7 Ring Sandi Pada Resistor	21
Gambar 2-8 Simbol Kapasitor	22
Gambar 2-9 Reed Switch	23
Gambar 2-10 Photo Dioda	24
Gambar 2-11 Konfigurasi Pin-Pin MAX232	25
Gambar 2-12 Blok Diagram MAX232	25
Gambar 2-13 Format Data Serial Asinkron	26
Gambar 2-14 Susunan Bit Dalam Register SCON	29
Gambar 2-15 Susunan Bit Register TMOD	31
Gambar 2-16 Susunan Bit Register TCON	32
Gambar 3-1 Diagram Blok Sistem	39
Gambar 3-2 Minimum Sistem Mikrokontroler AT89C51	41
Gambar 3-3 Rangkaian Pewaktuan	42
Gambar 3-4 Rangkaian Reset	43

Gambar 3-5 Rangkaian Sensor.....	43
Gambar 3-6 Rangkaian RS-232.....	45
Gambar 3-7 Flowchart Sistem Kerja Perangkat Lunak Pada Mikrokontroler	46
Gambar 3-8 Flowchart Sistem Kerja Perangkat Lunak Pada PC.....	47
Gambar 4-1 Rangkaian Pengujian Sensor Laser.....	51
Gambar 4-2 Pengujian Rangkaian Sensor Laser saat Tidak Terhalang.....	51
Gambar 4-3 Pengujian Rangkaian Sensor Laser saat Terhalang.....	52
Gambar 4-4 Pengujian Rangkaian Reed Switch.....	54
Gambar 4-5 Pengujian Rangkaian Reed Switch Saat Ada Medan Magnet.....	54
Gambar 4-6 Pengujian Rangkaian Reed Switch Saat Tidak Ada Medan Magnet.....	55
Gambar 4-7 Rangkaian Pengujian RS-232.....	57
Gambar 4-8 Diagram Blok Pengujian Keseluruhan Sistem.....	59
Gambar 4-9 Tampilan pada Layar Monitor dengan Menggunakan Program Delphi 6.0.....	60
Gambar 4-10 Tampilan pada Layar Monitor saat Sensor Laser dalam Keadaan Aktif.....	60
Gambar 4-11 Tampilan pada Layar Monitor saat Pintu Depan Terbuka.....	61
Gambar 4-12 Tampilan pada Layar Monitor saat Jendela Terbuka.....	61
Gambar 4-13 Tampilan pada Layar Monitor saat Pintu Belakang Terbuka.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1	Pembagian Alamat Pada SFR	12
Tabel 2-2	Karakteristik Laser	19
Tabel 2-3	Kode Warna Resistor	21
Tabel 2-4	Hubungan Pin Data Serial IC MAX232 Dan Fungsinya	27
Tabel 2-5	Hubungan Pin Dan Sinyal Pada Konektor DB9	27
Tabel 2-6	Address Register RS232	28
Tabel 2-7	Pemilihan Mode Port Serial	30
Tabel 2-8	Nilai SCON Untuk tiap Mode Serial	30
Tabel 2-9	Setting Mode TMOD	31
Tabel 2-10	Timer Sebagai Baudrate Generator	32
Tabel 3-1	Hubungan Pin Data Serial IC MAX232 Dan Fungsinya	45
Tabel 4-1	Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroller	50
Tabel 4-2	Hasil Pengukuran Tegangan Output pada Rangkaian Photodiode	52
Tabel 4-3	Hasil Pengukuran Tegangan Output Pada Rangkaian Reed Switch	55
Tabel 4-4	Hasil Pengujian Transfer Data Serial	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemakaian teknologi di bidang keamanan saat ini sudah banyak digunakan pada bangunan-bangunan atau gedung-gedung yang besar dimana penjagaan secara konvensional tidak memungkinkan dilakukan. Sistem keamanan yang terkontrol dan terpusat memungkinkan minimalnya penggunaan tenaga manusia dan bekerja 24 jam penuh dimana pemantauan secara visual dan non visual dapat dilakukan. Pada saat ini bahkan sistem keamanan yang terkomputerisasi dan terhubung secara network pada pusat-pusat keamanan seperti kantor polisi sudah banyak diaplikasikan pada gedung-gedung atau bangunan yang membutuhkan pengamanan tinggi, misalnya bank dan ATM.

Sebuah paket sistem keamanan yang dibutuhkan sebuah gedung biasanya memakan biaya yang sangat besar. Untuk perusahaan-perusahaan kecil hal tersebut sangatlah berat, hal tersebut menyebabkan banyaknya gedung-gedung di Indonesia tanpa dilengkapi sistem keamanan yang modern dan hanya ada pengamanan konvensional sehingga keamanan dari bangunan tersebut tidak optimal. Untuk hal ini penulis mencoba membangun sebuah sistem keamanan yang berinterface komputer dan berbasis mikrokontroler AT89C51. Diharapkan dengan dirancangnya sistem keamanan ini maka biaya pemasangan sebuah sistem keamanan dapat diminimalisir sekecil mungkin, bahkan sebuah rumah sederhana dapat dipasang sistem keamanan yang memadai.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang diuraikan dalam latar belakang, maka rumusan masalah dapat ditekankan pada:

1. Bagaimana mendesain dan membuat suatu sistem berbasis mikrokontroler AT89C51.
2. Bagaimana merancang rangkaian sensor yang digunakan penginderaan alat
3. Bagaimana merancang program mikrokontroler agar sistem yang di buat mampu bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

1.3 Tujuan

Tujuan secara umum dalam penyusunan skripsi ini adalah untuk merancang dan membuat sistem keamanan yang mampu mendeteksi bila ada seseorang yang masuk secara paksa dan dapat dipantau lewat monitor dengan menyalanya signal indikator pada monitor tersebut serta mengeluarkan pesan suara sebagai peringatan. Dan yang paling utama adalah bagaimana meminimalisasi biaya yang dibutuhkan untuk membangun sebuah sistem keamanan bangunan.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memberikan pembahasan yang jelas maka diberikan ruang lingkup pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Menggunakan Mikrokontroler AT89C51 sebagai pengendali utama.
-

2. Menggunakan bahasa pemrograman *Borland Delphi* sebagai program antar muka pada *Personal Computer*.
3. Sensor yang digunakan adalah *reed switch* dan sensor infra merah.

1.5 Metode Penulisan

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan skripsi ini meliputi:

1. Studi pustaka dan pengumpulan data
Mempelajari dasar-dasar teori cara kerja dari sistem mikrokontroller dan sensor
 2. Perencanaan dan pembuatan alat
Perencanaan dimulai dari perencanaan diagram blok desain sistem keamanan dilanjutkan dengan pembuatan alat.
 3. Pembahasan yang akan dilakukan pada pembuatan skripsi ini meliputi:
 - a. Cara kerja alat.
 - b. Interface program.
 - c. Jenis sensor.
 4. Pengujian alat
Pembahasan yang akan dilakukan untuk mengetahui kinerja, apakah alat yang telah dibuat bekerja dengan baik maupun tidak. Bagian yang perlu dicek adalah ketepatan kerja alat dengan interface.
 5. Pengambilan dan pengolahan data
Disini data akan diambil dari perubahan variabel terhadap kerja sensor.
-

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penyusunan skripsi meliputi:

BAB I Pendahuluan

Meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan metode penulisan.

BAB II Dasar Teori

Meliputi pengetahuan yang bersifat teori yang menunjang dalam penyusunan skripsi ini.

BAB III Perancangan Dan Pembuatan Alat

Dalam bab ini dibahas mengenai perancangan dan pembuatan alat, yang meliputi perancangan dan pembuatan rangkaian serta memberikan penjelasan setiap bagiannya.

BAB IV Pengujian Alat

Merupakan bab yang berisikan pembahasan tentang cara kerja alat, pengujian alat yang dibuat serta analisa data hasil pengujian.

BAB V Penutup

Merupakan bab terakhir yang berisikan tentang kesimpulan, saran-saran dari skripsi ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

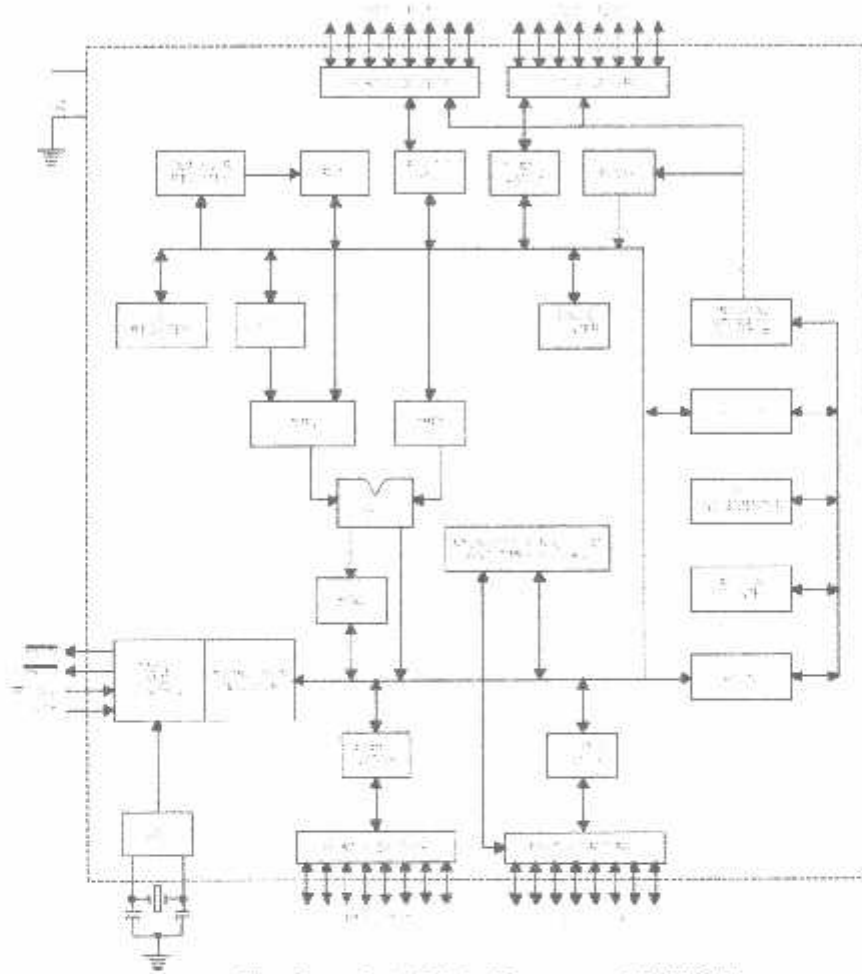
2.1 Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler AT89C51 merupakan versi CMOS dari 89C51 yaitu versi NMOS. NMOS merupakan kependekan dari *N-Channel Metal Oxide Silicon* dan kompatibel dengan MCS-51 mikrokomputer yang merupakan produksi dari ATMEL. Seri 89C51 terdiri dari beberapa jenis tingkat kecepatan mulai dari 12 MHz sampai dengan 24 MHz. Digunakan untuk beberapa keperluan mulai dari komersial, industri, otomotif, dan militer.

Arsitektur dari MCU 89C51 adalah sebagai berikut :

- 8 bit CPU (*Central Processing Unit*) dengan register A dan B.
- 16 bit *Program Counter* (PC) dengan *Data Pointer* (DPTR).
- 8 bit program status word (PSW).
- 8 bit stack pointer (SP).
- Internal EPROM dan ROM dari 0 sampai 4 Kb.
- 128 byte *Internal RAM*
 - ⇒ 4 register bank masing-masing 8 register.
 - ⇒ 16 byte yang dapat dialamatkan pada *bit level*.
 - ⇒ 80 *byte memory general purpose*.
- 32 pin *input/output* tersusun sebagai 4 port masing-masing 8 bit (P0 – P3).
- 2 × 16 bit timer (T0 dan T1).
- Data serial *receiver/transmitter full duplex* yaitu SBUF.

- *Control register* antara lain TCON, TMOD, SCON, PCON, IP dan IE.
- 2 eksternal dan 3 internal sumber *interrupt*.
- Rangkaian *oscillator* dan *clock*.



Gambar 2-1. Blok Diagram AT89C51

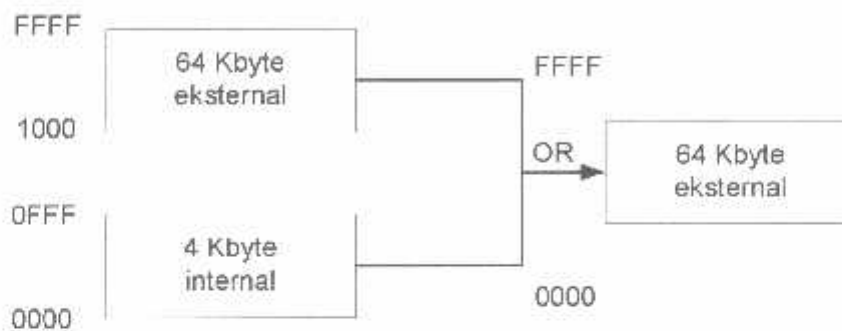
Sumber : Datasheet AT89C51

2.1.1 Organisasi Memori MCU AT89C51

Mikrokontroler keluarga MCS-51 memiliki memori program dan memori data yang terpisah. Pemisahan ini dilakukan secara logika sehingga CPU dapat

mengakses sampai 64 *Kbyte* memori program dan 64 *Kbyte* memori data. Lebar memori data internal adalah 8 bit dan 16 bit (register PC dan register DPTR).

2.1.1.1 Memori Program



Gambar 2-2. Memori Program MCS-51

Sumber : Advanced Microdevices, 1988,32.

Memori program menggunakan alamat sepanjang 64 *Kbyte* dengan 4 *Kybyte* (alamat \$0000 sampai dengan \$0FFF) yang merupakan memori internal sehingga 60 *Kbyte* merupakan memori eksternal. Dapat menggunakan 64 *Kbyte* memori eksternal sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar memori data.

Memori program merupakan tempat penyimpanan data permanen. Memori program lebih dikenal dengan nama *Read Only Memory* (ROM). Data dalam ROM tidak akan terhapus meskipun catu daya dimatikan atau dikenal sebagai sifat *non-volatile*. Karena sifatnya yang demikian ROM dapat digunakan untuk menyimpan program.

Ada beberapa tipe ROM, antara lain :

- ROM (*Read Only Memory*)

Merupakan memori yang sudah diprogram oleh pabrik (ROM murni).

- PROM (*Programmable Read Only Memory*)

Merupakan memori yang dapat diprogram oleh pemakai tetapi tidak dapat diprogram ulang.

- EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*)

Merupakan PROM yang dapat diulang. ROM ini juga terdapat pada mikrokontroler 8751, hal ini ditandai dengan adanya jendela kaca pada konstruksi IC 8751 yang digunakan untuk menghapus atau memperbaiki program yang sudah ada.

- EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*)

Pada prinsipnya hampir sama dengan EPROM, tetapi perbedaannya terletak pada pengosongan atau penghapusan program. Untuk EPROM dapat dihapus dengan menggunakan sinar *ultra violet*, sedangkan pada EEPROM pengisian program dapat dilakukan langsung atau menumpuk program lama dengan program yang baru. EEPROM lebih fleksibel dibandingkan EPROM.

2.1.1.2 Memori Data



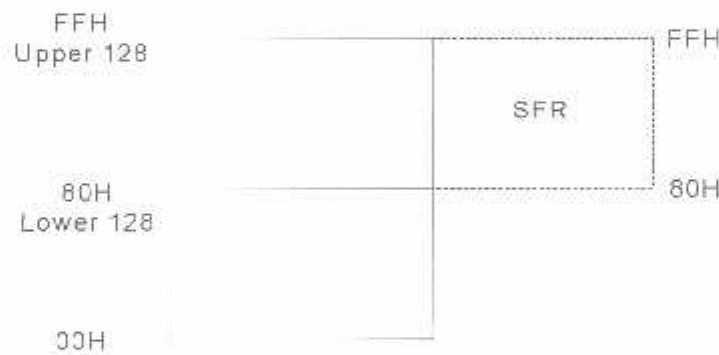
Gambar 2-3. Memori data MCS-51

Sumber : Advanced Microdevices, 1988,33.

Memori data merupakan tempat penyimpanan data yang bersifat sementara atau *volatile*. Dengan kata lain data akan hilang bila tidak dicatu. Memori data lebih dikenal dengan nama RAM (*Random Access Memory*), yaitu dapat dilakukan pembacaan dan penulisan data alamat yang tersedia.

Memori MCS-51 mempunyai 128 *bytes* RAM internal ditambah sejumlah register fungsi khusus atau *Special Function Register (SFR)*. (*Advanced Mikrodevices*, 1988:16). Selain mempunyai memori internal, MCU AT89C51 mempunyai memori eksternal yang memiliki pengalamatan sampai 64 *Kbytes*.

Pada keluarga mikrokontroller MCS-51, ruang memori data eksternal terbagi menjadi 3 blok yang disebut *lower 128*, *upper 128* dan ruang SFR, sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2-4. Memori Data Eksternal

Sumber : Advanced Microdevices, 1988, 16

Pada *lower 128* lokasi memori dibagi menjadi 3 bagian :

1. Register bank 0 – 3

Lokasi bank register dimulai dari alamat 00h – 1h yang terdiri dari 32 *bytes*. Register bank ini terdiri dari 4 buah register 8 bit yang dapat dipilih melalui pengaturan *program status word* register.

2. Bit Addressing

Terdiri dari 16 *bytes* yang dimulai dari 20h – 2fh. Masing-masing dari 128 bit lokasi ini dapat dialamati secara langsung yaitu dari \$00h sampai \$7fh.

3. Scratch Pad Area

Lokasi dari alamat \$30h sampai \$7fh atau sebanyak 80 *bytes* yang dapat digunakan sebagai alamat bagi RAM.

Pada 128 *bytes* atas (*upper* 128) ditempati oleh register yang mempunyai fungsi khusus yang disebut dengan *Special Function Register* (SFR). Ruang dari register fungsi khusus ini adalah dari 80h sampai FFh. Berikut ini adalah contoh isi vector alamat pada *Special Function Register*.

- Akumulator (Acc) atau register A dan register B.

Kedua register tersebut digunakan untuk operasi perkalian dan pembagian.

- *Program Status Word*

Register ini meliputi bit-bit . CY (*Carry*), AC (*Auxillary Carry*), FO sebagai flag, RS0 dan RS1 untuk pemilih register bank, OV (*Over Flow*), dan *parity flag*

- *Stack Pointer* (SP)

SP merupakan register yang digunakan untuk penunjuk alamat. Register ini berguna apabila digunakan suatu *routine* pada program utama.

- *Data Pointer High* (DPH) dan *Data Pointer Lower* (DPL)

DPTR adalah register yang digunakan untuk pengalamatan tidak langsung.

Register ini digunakan untuk mengakses memori program baik internal

maupun eksternal. DPTR dikontrol oleh 2 buah register 8 bit yaitu DPH dan DPL.

- *Port 0, Port 1, Port 2, Port 3*

Pada keluarga 8051 masing-masing *port* dapat dialamati langsung baik secara *byte* atau bit. Masing-masing *port* merupakan *port bi-directional (input/output)* :

1. *Port 0* digunakan sebagai pengalamatan memori dari luar.
2. *Port 1* digunakan sebagai I/O dari mikrokontroler.
3. *Port 2* digunakan sebagai pengalamatan memori dari luar.
4. *Port 3* berisi sinyal kontrol seperti *interrupt serial*, WR, dan RD.

- *Register Prioritas Interrupt (Interrupt Priority Register /IP).*

Merupakan register yang berisi bit-bit untuk mengaktifkan prioritas dari suatu *interrupt* yang ada pada mikrokontroler pada taraf yang diinginkan.

- *Interrupt Enable Register.*

Merupakan register yang berisi bit-bit untuk menghidupkan atau mematikan sumber-sumber *interrupt*.

- *Timer/Counter Control Register*

TCON merupakan register yang berisi bit-bit memulai atau menghentikan pencacah atau pewaktu.

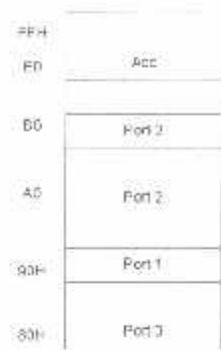
- *Serial Control Buffer*

Register ini digunakan untuk menampung data masukan (SBUF *in*) atau keluaran (SBUF *out*) dari *serial port*.

Tabel 2-1. Pembagian Alamat Pada SFR

Simbol	Nama	Alamat
Acc	Accumulator	0E0H
B	B register	0F0H
PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Pointer 2 bytes	
DPL	Low byte	82H
DPH	High byte	83H
P0	Port 0	80H
P1	Port 1	90H
P2	Port 2	0A0H
P3	Port 3	0B0H
IP	Interrupt Priority Control	0B8H
IE	Interrupt Enable Control	ABH
TMOD	T/C Mode Control	89H
TCON	T/C Control	88H
TH0	T/C 0 High Control	8CH
TL0	T/C 0 Low Control	8AH
TH1	T/C 1 High Control	8DH
TL1	T/C 1 Low Control	8BH
SCON	Serial Control	98H
SBUF	Serial Buffer	99H
PCON	Power Control	87H

Adapun diagram blok dari SFR adalah sebagai berikut :

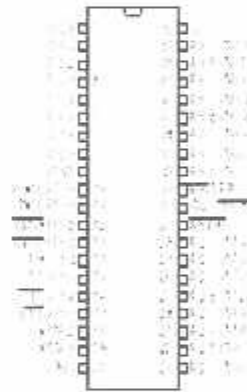


Gambar 2-5. Ruang *Special Function Register*

Sumber : Eksperimen dengan Mikrokontroler, 1999, 13

2.1.2 Konfigurasi Kaki-kaki MCU AT89C51

Berikut ini adalah bentuk fisik dari AT89C51,



Gambar 2-6. Bentuk fisik AT89C51

Sumber : Datasheet AT89C51

Fungsi-fungsi dari tiap-tiap pin sebagai berikut :

1. Vss

Dihubungkan dengan *ground* rangkaian atau media pentanahan.

2. *Vcc*

Dihubungkan dengan sumber tegangan + 5 V.

3. *Port 0 (P0.0 – P0.7)*

Port 0 merupakan *port* I/O 8 bit dua arah. *Port* ini digunakan sebagai multiplex bus alamat rendah dan bus data selama pengaksesan ke memori luar.

4. *Port 1 (P1.0 – P1.7)*

Port 1 dapat difungsikan sebagai masukan atau keluaran dan bekerja baik untuk operasi bit maupun *byte*, tergantung dari pengaturan program yang dibuat.

5. *Port 2 (P2.0 – P2.7)*

Port 2 dapat digunakan sebagai alamat bus baik *byte* tinggi selama adanya akses ke memori program atau memori data luar.

6. *Port 3 (P3.0 – P3.7)*

Port 3 mempunyai fungsi sebagai I/O juga mempunyai fungsi khusus sebagai berikut :

- RD (P3.7), sinyal pembacaan memori data luar.
 - WR (P3.6), sinyal penulisan memori data luar.
 - T1 (P3.5), masukan dari pewaktu/pencacah 1.
 - T0 (P3.4), masukan dari pewaktu/pencacah 0.
 - INT1 (P3.3), masukan interrupt 1.
 - INT0 (P3.2), masukan interrupt 0.
-

- TXD (P3.1), keluaran pengiriman data untuk serial *port* (*asynchronous*) atau sebagai keluaran *clock* (*sybchronous*).
 - RXD (P3.0), masukan data serial atau sebagai keluaran data.
 - RST/VPD, merupakan pin input yang aktif jika pin aktif tinggi selama dua siklus mesin maka ketika osilator bekerja akan mereset peralatan.
 - ALE (*Address Latch Enable*), pin ALE (aktif tinggi) mengeluarkan pulsa output untuk menyangga (*latch*) satu byte alamat rendah selama mengakses ke memori eksternal. ALE dapat mengendalikan 8 beban 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 frekuensi osilator dan dapat digunakan untuk *timing* eksternal atau untuk tujuan membuat *clock*.
 - PSEN (*Program Strobe Enable*). Pin ini aktif rendah yang merupakan *strobe* pembacaan ke program memori eksternal.
 - XTAL1, pin XTAL1 merupakan pin input ke penguat osilator pembalik dan XTAL2 merupakan pin output dari penguat osilator pembalik.
 - EA,VPP (*External Access/Programming Supply Voliage*), pin EA di Vcc agar 89C51 dapat mengakses kode mesin dari program memori.
-

2.1.3 Metode Pengalamatan

Metode pengalamatan yang digunakan pada MCS-51 terbagi menjadi dua jenis, yaitu pengalamatan langsung dan pengalamatan tidak langsung. (Moh. Ibnu Malik, 1997:36)

φ Pengalamatan Tak Langsung

Operasi pengalamatan tak langsung menunjukkan ke sebuah register yang berisi lokasi alamat memori yang akan digunakan dalam suatu operasi. Lokasi yang nyata tergantung dari isi register saat instruksi dijalankan. Untuk melakukan pengalamatan tak langsung digunakan simbol @. Misalnya :

- ADD A, @R0 : tambahkan isi R0 dengan Acc dan hasilnya di Acc
- DEC @R1 : kurangi isi dari alamat R1

φ Pengalamatan Langsung

Pengalamatan langsung dilakukan dengan memberikan nilai ke suatu register secara langsung. Untuk melakukan hal tersebut digunakan tanda #. Misalnya :

- MOV A,#01H : isi Acc dengan data 01H
- MOV DPTR,#19H : isi DPTR dengan data 19H

Pengalamatan data langsung dari 0 sampai 127 akan mengakses RAM internal, sedangkan pengalamatan dari 128 sampai 255 akan mengakses register perangkat keras. Misalnya :

- MOV P3,A : pindahkan isi Acc ke alamat *Port 3* (B0H)
 - INC 50 : naikkan lokasi 50 (desimal) dalam memori
-

2.1.4 Bahasa Assembler MCS-51

Bahasa assembler digunakan dalam setiap operasi CPU dalam bentuk bahasa simbol yang disusun berurutan dalam pernyataannya. Masing-masing pernyataan akan diterjemahkan ke dalam instruksi bahasa mesin atau sering disebut *operation code/opcode*. Dalam penulisan bahasa mesin ini, terdapat berbagai macam kelompok instruksi, diantaranya :

- Perpindahan Data

Instruksi ini digunakan untuk memindahkan data antar register, memori, register-memori, antar muka register dan antar muka memori.

Contonya : `MOV A,R0` : memindahkan isi register R0 ke Acc.

`MOV A,@R0` : memindahkan isi alamat R0 ke Acc.

- Operasi Aritmatika

Instruksi ini melaksanakan operasi aritmatika yang meliputi penjumlahan, pengurangan, perkalian, maupun pembagian.

Contohnya : `ADD A,#data` : menambah Acc dengan data

`ADC A,#data` : menambah Acc dengan data dan carry.

`INC R6` : menambah isi R6 dengan 1.

`DEC R7` : mengurangi isi R5 dengan 1.

`MUL AB` : mengalikan isi Acc dengan isi register B.

`DIV AB` : membagi isi Acc dengan isi register B.

- Operasi Percabangan

Instruksi ini mengubah urutan normal pelaksanaan suatu program untuk melaksanakan pada lain tempat yang kita perlukan pada saat itu.

Contohnya :

1. CJNE (*Compare Jump Not Equal*)

Instruksi ini membandingkan isi lokasi memori tertentu dengan isi Acc, jika sama instruksi ini selanjutnya akan dieksekusi. Jika tidak sama eksekusi akan kembali ke alamat kode yang telah ditunjuk.

2. JB (*Jump if Bit Set*)

Instruksi ini akan menguji suatu alamat bit isi satu, eksekusi akan menuju ke alamat kode dan jika tidak instruksi akan dilanjutkan.

3. JNB (*Jump if Bit Not Set*)

Instruksi ini menguji suatu alamat bit. Jika berisi 0 maka eksekusi akan menuju ke alamat kode. Jika berisi 1 maka instruksi selanjutnya yang akan dieksekusi.

2.2 Laser

Sejak penemuan laser di tahun 1960, laser banyak digunakan di berbagai bidang, karena sifat-sifat cahayanya yang luar biasa, yaitu benar-benar cahaya yang *monochromatik* (tidak dapat diuraikan), sifat koheren yang tinggi dan lurus (tidak menyebar). Kata laser adalah singkatan dari "*light amplification by the stimulated emission of radiation*", dan emisi yang dipancarkan adalah kunci utama kerja laser tersebut. Sinar laser mempunyai empat sifat yaitu :

1. Sinar Laser Merupakan Cahaya Yang Monokromatik

Cahaya tungsten, suatu spektrum kontinyu yang lebar, tidak dapat kita bandingkan cahaya dari garis yang dipilih dalam sebuah tabung gas

yang dibebaskan, namun dapat mempunyai panjang gelombang di daerah yang tampak yang ketepatannya mendeteksi satu bagian dari 10^6 .

2. Sinar Laser Merupakan Cahaya Yang Koheren

Panjang gelombang sinar laser mungkin dapat mencapai beberapa ratus kilo meter. Hal ini berarti bahwa daerah tepi suatu interfensi dapat diatur dengan menggabungkan dua sinar cahaya yang terpisah dimana panjang jalur dipisahkan oleh jarak tertentu.

3. Sinar Laser Adalah Lurus

Sebuah cahaya laser meninggalkan tepat sejajar karena pengaruh dari difraksi yang ditentukan oleh panjang gelombang dan diameter dari celah keluar.

4. Sinar Laser Dapat Difokuskan Dengan Tajam

Kemampuan ini berhubungan dengan sinar laser yang sejajar seperti halnya dengan cahaya bintang, ukuran dari titik fokus untuk cahaya laser hanya dibatasi oleh difraksi dan bukan oleh ukuran sumbernya. Kerapatan fluks energi sinar laser sekitar 10^{16} W/cm².

Tabel 2-2. Karakteristik Laser

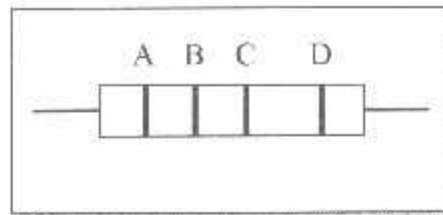
Gas Medium	Type	Peak Power	Pulse Duration	Wavelength
HeNe	gas	1 mW	cw	633 nm
Argon	gas	10 W	cw	488 nm
CO ₂	gas	200 W	cw	10.6 μm
CO ₂ TEA	gas	5 MW	20 ns	10.6 μm
GaAs	semikonduktor	10 mW	cw	840 nm

Ruby(QS)	solid-state	100 MW	10 ns	694 nm
Nd:YAG	solid-state	50 W	cw	10.6 μm
Nd:YAG(QS)	solid-state	50 MW	20 ns	10.6 μm
Nd:YAG(ML)	solid-state	2 kW	60 ps	10.6 μm
Nd:Glass	solid-state	100 TW	11 ps	10.6 μm
Rh6G(ML)	dye	10 kW	30 fs	600 nm
HF	chemical	50 MW	50 ns	3 μm
Ar ^{IV}	excimer	10 MW	20 ns	193 nm

Laser semikonduktor di modulasi pada frekuensi tinggi hanya dengan memodulasi arus biasanya. Karena kemungkinan sifatnya maka laser ini satu-satunya sumber yang sangat penting untuk komunikasi fiber optik. Panjang gelombang emisi lasernya antara 0.3 hingga lebih kecil dari 30 μm . GaAs adalah bahan utama untuk menghasilkan radiasi laser dan masih merupakan campuran gol III – V serta merupakan bahan yang paling luas dipelajari dan dikembangkan pemakaiannya.

2.3 Resistor

Resistor merupakan komponen positif yang dibuat untuk mendapatkan suatu hambatan tertentu. Resistor yang paling banyak digunakan terbuat dari karbon yang dilapiskan pada sebatang keramik. Resistor semacam ini disebut resistor film karbon. Resistor karbon menggunakan sandi warna yang dicat pada bahan resistor resistor untuk menyatakan nilai hambatan.



Gambar 2-7. Ring Sandi Pada Resistor

Sumber : Ibit hal 14

Tabel 2-3. Kode Warna Resistor

Warna	Satuan	Puluhan	Pengali	Toleransi
Hitam	0	-	1	-
Coklat	1	1	10	-
Merah	2	2	100	-
Jingga	3	3	1000	-
Kuning	4	4	10000	-
Hijau	5	5	100000	-
Biru	6	6	1000000	-
Ungu	7	7	10000000	-
Abu-abu	8	8	100000000	-
Putih	9	9	1000000000	-
Perak	-	-	0,01	10%
Emas	-	-	0,1	5%

Resistor dibuat dengan ukuran badan yang mencerminkan kemampuan bertahan terhadap daya lesap yang diterima jika dialiri arus listrik. Suatu resistor dengan hambatan (R) yang dialiri arus listrik arus (I) akan menerima daya lesap $P = I^2 \times R$. Daya ini akan menaikkan suhu resistor dan jika melebihi kemampuan daya (power rating) yang dihasilkan dapat menyebabkan kerusakan yang

permanen berupa perubahan nilai hambatan ataupun membuat resistor menjadi hangus.

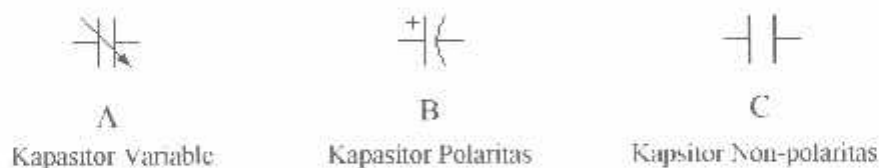
Rumus dari resistor adalah sebagai berikut.

$$\text{Hubungan seri: } R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\text{Hubungan parallel: } 1/R_{total} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n \dots \dots \dots (2.2)$$

2.4 Kapasitor

Pada dasarnya kapasitor merupakan alat penyimpan muatan listrik yang dibentuk dari dua permukaan (piringan) yang berhubungan, tetapi dipisahkan oleh suatu penyekat. Bila sebuah kapasitor dihubungkan dengan tegangan searah terjadilah antara-antara penghantar suatu selisih potensial (tegangan). Selisih suatu potensial ini diringi dengan pergeseran dari muatan listrik. Sehingga penghantar yang lain yang sama besarnya mendapat muatan negatif.



Gambar : 2-8. Simbol Kapasitor

Sumber : Ibit Hal 61

Kapasitas dari kapasitor dinyatakan dengan :

$$\text{Kapasitansi } C = \frac{Q}{V} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana : Q = Muatan (Coloumb)

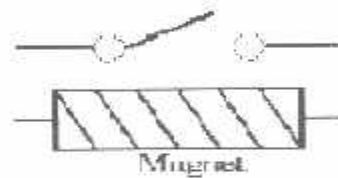
C = Kapasitansi (Farad)

V = Tegangan (Volt)

Kapasitas dari kapasitor dinyatakan dengan Farad (F) $1F = \frac{1C}{1V}$

2.5 Reed Switch

Reed switch adalah saklar kecil/lidi yang bekerja karena pengaruh medan magnet, cara kerja saklar ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2-9. Reed Switch

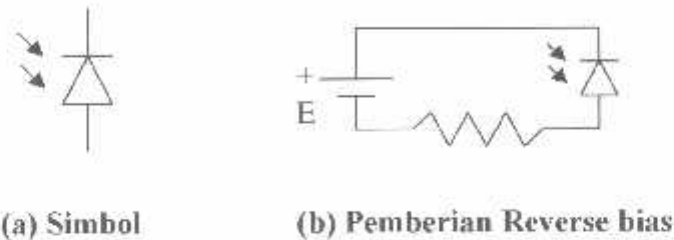
Sumber: Manual book Geotrack TD18

Saat saklar dijauhkan dengan magnet, maka saklar tersebut akan *normally open*, sebaliknya jika magnet didekatkan dengan saklar, maka akan *normally close*. Sehingga dengan mendekatkan dan menjauhkan magnet secara berkala, maka akan menghasilkan clock yang dapat dijadikan sensor.

2.6 Photodiode

Photodiode merupakan sambungan *pn* yang dirancang untuk beroperasi bila dibiaskan dalam arah terbalik, seperti yang tampak pada gambar 2-26 ketika energi cahaya dengan panjang gelombang yang benar jatuh pada sambungan PhotoDiode arus akan mengalir apabila sambungan dioda ini mendapatkan cahaya

dan arusnya sebanding dengan intensitas cahaya itu. Jika dioda tidak ada arus yang mengalir maka dioda dalam keadaan *Cut OFF* dan jika ada arus yang mengalir maka dioda dalam keadaan *saturasi*. Adapun symbol dari photodiode ini adalah sebagai berikut :



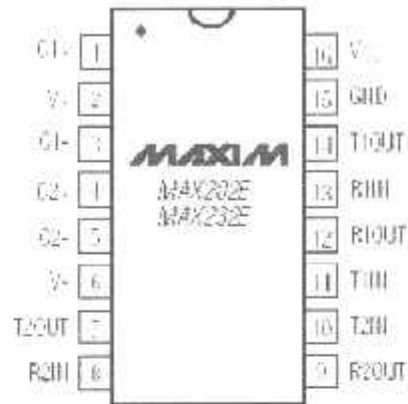
Gambar 2-10. Photo Dioda

Sumber: Vademckum Elektronika Edisi Kedua, 2001

2.7 Port Serial

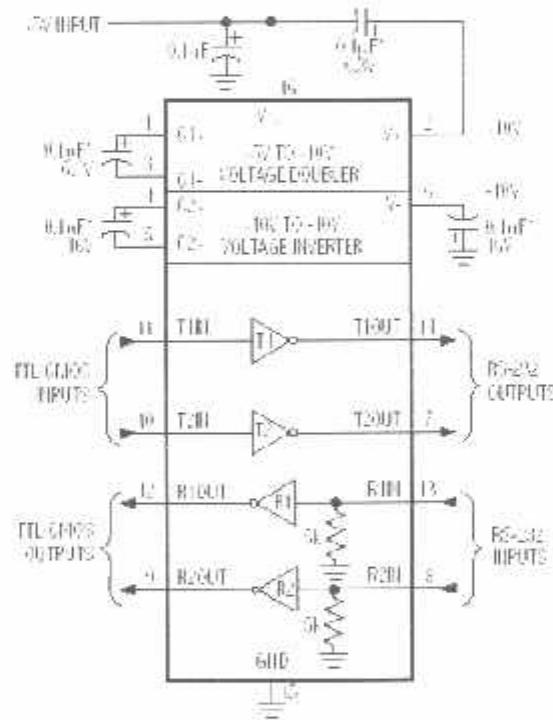
2.7.1 Sistem Komunikasi Serial RS-232

Untuk mengirimkan data dari AT89C51 ke PC (*Personal Computer*), digunakan port serial RS-232 yang terdapat pada PC, dimana pada port ini terdapat fungsi-fungsi untuk Tx (pengiriman data), Rx (penerimaan data) dan Tx/Rx (pemilihan mode Tx atau Rx). Untuk melakukan transfer data dari mikrokontroller ke PC digunakan IC MAX232, yang merupakan rangkaian terpadu untuk antarmuka komunikasi serial. Selain secara hardware, diperlukan pula inisialisasi secara software guna mendukung unjuk kerja komunikasi serial ini. Secara software terdapat empat buah register khusus yang harus diinisialisasikan, yaitu SMOD, IMOD, TCON, TH1, dan baudrate yang digunakan. Pertama akan dibahas secara hardware.



Gambar 2-11. Konfigurasi pin-pin MAX232

Sumber: Dallas Semiconductor MAXIM MAX232E Data Sheet



Gambar 2-12. Blok Diagram MAX232

Sumber: Dallas Semiconductor MAXIM MAX232E Data Sheet

Alat ini merupakan standar yang dipakai untuk mengirimkan aliran bit seri antar interface. Komunikasi serial dapat dibagi menjadi dua sifat dasar pola

komunikasi. Yang pertama adalah komunikasi asinkron, dimana pola-pola bit tertentu dipakai untuk memisahkan bit-bit karakter. Yang kedua adalah komunikasi seri sinkron, yang memungkinkan karakter dikirim secara berurutan, namun membutuhkan karakter sinkronisasi khusus pada awal setiap karakter dan karakter semu khusus untuk dikirimkan ketika tidak ada informasi yang sedang dikirim.

Format data serial asinkron dapat digambarkan seperti pada gambar 2-16. Sebelum informasi dikirimkan saluran harus berada pada posisi *high* (logic 1), yang disebut dengan kondisi *mark*. Transisi dari kondisi *mark* menuju kondisi *low* (*logic 0*) menunjukkan awal dari sebuah karakter. Bit pertama selalu *low* dan disebut bit start. Bit ini akan diikuti oleh 5 sampai 8 bit informasi dengan awal bit merupakan LSB dari karakter. Informasi dapat diikuti dengan parity bit bila diinginkan. Pemeriksaan parity adalah suatu metode khusus untuk memeriksa kesalahan transmisi yang dibedakan atas parity genap dan parity ganjil. Bit yang terakhir selalu *high* dan disebut dengan bit stop.



Gambar 2-13. Format Data Serial Asinkron

Sumber: Dallas Semiconductor MAXIM MAX232E Data Sheet

Hubungan antara nomor pin beserta fungsi dari pin yang terdapat pada IC MAX232 adalah sebagai berikut:

Tabel 2-4. Hubungan Pin Data Serial IC MAX232 dan Fungsinya

NOMOR PIN	FUNGSI	KETERANGAN
7	OUTPUT	TD, TRANSMIT DATA (PIN 2 DB9) KE PC
8	INPUT	RD, RECEIVE DATA (PIN 3 DB9) DARI PC
9	OUTPUT	CTS, CLEAR TO SEND KE μ C
10	INPUT	RTS, REQUEST TO SEND KE μ C

Untuk fungsi pin-pin pada DB9 dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2-5. Hubungan Pin dan Sinyal Pada Konektor DB9

NOMOR PIN	FUNGSI-FUNGSI SINYAL
1	DCD, DATA CARRIER DETECT
2	RD, RECEIVE DATA
3	TD, TRANSMIT DATA
4	DTR, DATA TERMINAL READY
5	SG, SIGNAL GROUND
6	DSR, DATA SET READY
7	RTS, REQUEST TO SEND
8	CTS, CLEAR TO SEND
9	RING INDICATOR

2.7.2 Antarmuka Port Serial RS232

Pada PC terdapat antarmuka untuk komunikasi data secara serial yang mengikuti standar antarmuka RS232. Antarmuka ini menggunakan rangkaian terintegrasi UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) INS 8250 atau persamaannya. PC mempunyai beberapa antarmuka serial, dan dua yang biasanya

dipakai dan paling penting adalah *primary asynchronous communication adaptor* (port COM1) dan *secondary asynchronous communication adaptor* (port COM2). Untuk jelasnya, alamat-alamat register yang digunakan pada UART 8250 adalah seperti terdapat pada tabel berikut.

Tabel 2-6. Address Register RS232

NAMA REGISTER	COM1	COM2
TX BUFFER	03F8H	02F8H
RX BUFFER	03F8H	02F8H
BAUD RATE DIVISOR LATCH LSB	03F8H	02F8H
BAUD RATE DIVISOR LATCH MSB	03F9H	02F9H
INTERUPT ENABLE REGISTER	039FH	02F9H
INTERUPT IDENTIFICATION REGISTER	03FAH	02FAH
LINE CONTROL REGISTER	03FBH	02FBH
MODEM CONTROL REGISTER	03FCH	02FCH
LINE STATUS REGISTER	03FDH	02FDH
MODEM STATUS REGISTER	03FEH	02FEH

Tx Buffer : berfungsi menampung dan menyimpan data yang akan dikirim keluar. Data ini dikirim oleh CPU ke Tx Buffer setelah memastikan diperbolehkannya melakukan pengiriman.

Rx Buffer : berfungsi menampung dan menyimpan data yang akan diterima. Data yang akan diterima lebih dahulu ditampung dalam Rx Buffer.

2.7.3 Port Serial Pada Mikrokontroller AT89C51

Mikrokontroller AT89c51 juga dilengkapi dengan port serial. Port serial memungkinkan kita mengirimkan data dalam format serial. Port serial dalam

AT89c51 memiliki sifat *full duplex*, yang berarti dapat mengirim dan menerima data secara bersamaan. Register penerima dan pengirim pada port serial diakses pada SBUF (*Serial Buffer*). Register pengontrol kerja port serial ini adalah SCON (*Serial Control*). Register ini berisikan bit-bit pemilihan mode kerja port serial, bit pengiriman dan penerimaan data serial (TB8 dan RB8). Bit-bit SCON didefinisikan sebagai berikut:

SCON – Serial Port Control Register

	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
RESET:	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 2-14. Susunan Bit Dalam Register SCON

Sumber: Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55

Keterangan :

- SM0 dan SM1 : untuk menentukan mode kerja dari port serial.
- SM2 : untuk aktivasi fitur multiprosesor pada mode 2 dan 3
- REN : receive enable, dipakai untuk mengaktifkan kemampuan port serial untuk menerima data. Pada mode 1, REN di set berlogika 1 agar kaki RxD (P3.0) mampu menerima data.
- TB8 : transmit bit 8
- RB8 : receive bit 8
- TI : transmit interrupt flag (SET bila pengiriman telah selesai, di CLR oleh software)
- RI : receive interrupt flag (SET bila penerimaan telah selesai, di CLR oleh software)

2.7.4 Mode Pada Port Serial

Port komunikasi serial yang ada pada mikrokontroler AT89S51 mempunyai pilihan mode yang dapat diatur dengan mengatur bit pada SM0 dan SM1 pada SCON sebagai berikut:

Tabel 2-7 Pemilihan Mode Port Serial

SM0	SM1	Mode	Keterangan	Baud Rate
0	0	0	Shift Register	Tetap (frek Osc/12)
0	1	1	8 bit UART	Bisa diubah-ubah (dengan Timer)
1	0	2	9 bit UART	Tetap ($f_{osc}/64$ atau $f_{osc}/32$)
1	1	3	9 bit UART	Bisa diubah-ubah (dengan Timer)

Keempat mode pengiriman ditandai oleh instruksi yang menggunakan SBUF sebagai register tujuan. Tabel dibawah ini memperlihatkan nilai yang diisikan pada SCON untuk masing-masing mode.

Tabel 2-8. Nilai SCON untuk Tiap Mode Serial

Mode	SCON	Variabel SM2
0	10H	
1	50H	Single Prosesor
2	90H	(SM2 = 0)
3	D0H	
0	-	
1	70H	Multi Prosesor
2	B0H	(SM2 = 1)
3	F0H	

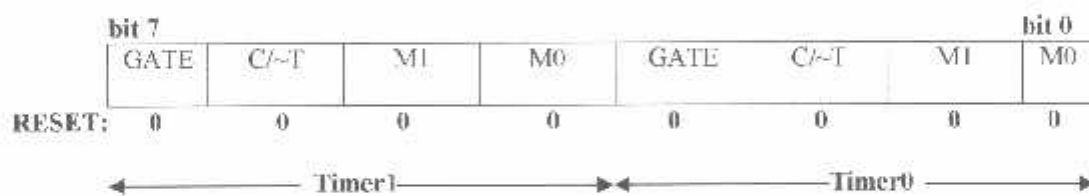
Pada skripsi ini digunakan mode 1, jadi mode lainnya tidak dibahas detail. Pada mode 1, data dikirim melalui kaki P3.1 (TxD) dan diterima pada kaki P3.0

(RxD), secara asinkron. Pada mode 1 ini, data dikirim/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. Yang berfungsi menerima bit stop adalah RB8 dalam register SCON. Kecepatan pengiriman data (baudrate) dapat diatur sesuai dengan keinginan. Mode 1 juga dikenal sebagai UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*).

2.7.5 Timer Sebagai Pembangkit Baudrate

Register TMOD dan register TCON merupakan register yang digunakan untuk mengatur kerja Timer0 dan Timer1. Susunan bit register TMOD dan TCON masing-masing ditunjukkan pada gambar 2.26 dan 2.27.

TMOD – Timer Mode Register



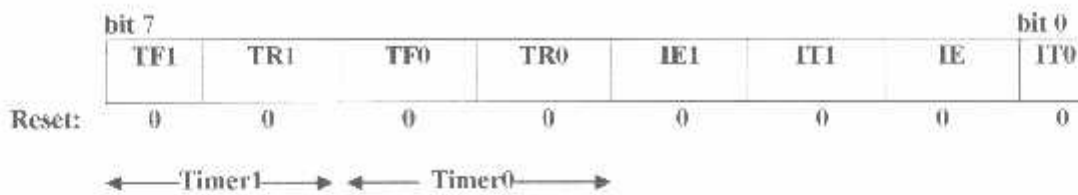
Gambar 2-15. Susunan Bit Register TMOD

Sumber : Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55

Tabel 2-9 Setting Mode TMOD

M1	M0	MODE
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

TCON – Timer Control Register



Gambar 2-16. Susunan Bit Register TCON

Sumber : Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55

2.7.6 Baudrate Menggunakan Timer1

Timer1 dapat digunakan sebagai pewaktu atau pencacah dalam sembarang 3 mode kerjanya. Timer1 biasanya dikonfigurasi sebagai pewaktu dalam mode isi-ulang otomatis dengan mengeset nibel atau 4 bit atas dari TMOD=0010B. Pada kasus ini baudratanya mengikuti persamaan:

$$\text{Baudrate} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{32} \times \frac{\text{frekwensikristal}}{12 \times [256 - \text{TH1}]}$$

Berikut ditunjukkan baudrate yang sering digunakan dengan memanfaatkan Timer1:

Tabel 2-10 Timer1 Sebagai Baudrate Generator

Baudrate	Foel	SMOD	Nilai Isi Ulang TH1	Baudrate Aktual	Error
9600	12,000 MHz	1	-7 (F9h)	8923	7%
2400	12,000 MHz	0	-13 (F3h)	2404	0.16%
1200	12,000 MHz	0	-26 (F6h)	1202	0.16%
19200	11,059 MHz	1	-3 (FDh)	19200	0%

9600	11,059 MHz	0	-3 (FDh)	9600	0%
2400	11,059 MHz	0	-12 (F4h)	2400	0%
1200	11,059 MHz	0	-24 (E8h)	1200	0%

Berdasarkan tabel 2.12 diatas maka terdapat empat kecepatan transfer data (baudrate) yang mempunyai nilai kesalahan sebesar 0%. Keempat kecepatan baudrate tersebut dapat dihasilkan oleh frekwensi kristal yang sama yaitu sebesar 11,059 MHz. Baudrate tertinggi yang dapat dihasilkan oleh frekwensi kristal ini adalah sebesar 19200 bit per second (bps) yaitu dengan mengaktifkan bit SMOD (SMOD = 1) pada register PCON. Bila bit SMOD dikondisikan pada bit *clear* (SMOD = 0) maka baudrate maksimum yang dapat dihasilkan oleh kristal 11,059 MHz adalah sebesar 9600 bps. Pada skripsi ini bit SMOD pada register PCON dikondisikan pada kondisi *clear* sehingga baudrate yang digunakan pada komunikasi serial dalam skripsi ini adalah sebesar 9600 bps, sebab dengan baudrate 9600 bps sudah mampu untuk melakukan proses pengiriman dan penerimaan paket data dengan baik.

2.8 Bahasa Pemrograman Delphi

2.8.1 Mengenal IDE Delphi

Delphi dikembangkan dari bahasa Pascal, sehingga rutin programnya memiliki banyak kesamaan dengan bahasa pemrograman Pascal. Pembahasan pada bagian ini meliputi objek-objek yang disediakan oleh Delphi.

2.8.2 Konstanta, Variabel, dan Tipe Data

Variabel dan konstanta digunakan untuk menyimpan nilai dari suatu perhitungan. Beda antara keduanya adalah data pada konstanta bersifat tetap (konstan) sementara data pada variable dapat berubah-ubah. Setiap variable dan konstanta memiliki nama dan sebuah tipe data untuk menentukan jenis data yang akan disimpannya.

2.8.3 Struktur Kontrol

Delphi memiliki berbagai jenis struktur kontrol yang secara prinsip hampir sama dengan bahasa pemrograman lain. Kesemuanya bisa dimasukkan kedalam dua buah kelompok struktur kontrol berikut ini.

Bernagai percabangan, digunakan untuk memilih salah satu dari berbagai pilihan yang disediakan. Keputusan diambil berdasarkan referensi terpenuhi atau tidaknya syarat kondisi yang ditetapkan oleh struktur kontroler tersebut. Yang masuk pada kelompok ini adalah **if. . .then. . .(Else)** dan **Case . . . of**.

Struktur pengulangan (looping) digunakan untuk mengulang pelaksanaan sebagai rutin program. Banyaknya pengulangan didasarkan pada terpenuhinya atau tidaknya syarat kondisi yang diterapkan struktur looping tersebut yang termasuk pada kelompok ini adalah struktur **repeat. . . until**, **while. . .do** dan **for. . .to. . .do**.

2.8.4 Prosedur dan Fungsi

Prosedur adalah bagian dari struktur yang sangat penting untuk mengoptimalkan penulisan program rutin. Ada dua jenis prosedur yang dikenal Dephli, yaitu *Sub Procedure* yaitu prosedur yang yang tidak akan mengembalikan suatu nilai. Untuk selanjutnya jenis prosedur ini disebut prosedur (*proceure*). Sementara itu satu jenis yang lain adalah *Function Procedure*: yaitu prosedur yang akan mengembalikan suatu nilai. Selanjutnya prosedur ini dikenal sebagai fungsi (*Function*).

Prosedur penulisan rutin program yang sistematis akan memerlukan bantuan prosedur lain. Prosedur ini sering juga disebut anak program mengingat jumlah blok perintah didalamnya memang sedikit disbanding dengan keseluruhan rutin program. Meskipun demikian, prosedur tidak bias digunakan tanpa ada program utamanya. Sebaliknya karena penulisan prosedur yang terpisah dari rutin utama program maka kita bisa memanggil berulang-ulang.

Prosedur dituliskan antara judul (program) dan awal rutin utama program (begin) Bagian pertama dari suatu prosedur adalah judul prosedur yang terdiri dari kata *procedure* dan diikuti nama spesifik yang ingin dikaitkan dengan prosedur tersebut. Setelah itu bagian judul adalah bagian dimana kita dapat menuliskan var, type, const dan sebuah prosedur lain didalam prosedur yang sedang kita buat. Yang terakhir adalah rutin prosedur yang terletak antara kata begin dan end.

2.8.5 Pengendalian Program Dengan Event

Saat kita bekerja dengan sebuah komputer (khususnya yang berbasis windows), ada banyak jenis event yang dapat terjadi. Sebagai contoh, penekanan tombol mouse, penekanan tombol keyboard, pergeseran mouse dan sebagainya. Dari contoh tersebut bisa disimpulkan bahwa arti event adalah aktifitas yang terjadi saat program dijalankan.

Masing-masing objek yang ada pada Delphi mempunyai beberapa event yang khusus sehingga tidak akan mungkin untuk membahas semua event tersebut

2.8.6 Properti

Masing-masing objek pada Delphi memiliki bagian yang dapat diatur yaitu property, yang mana menentukan identitas yang membangun objek tersebut. Pengaturan ini akan membantu kita untuk membedakan sebuah objek dengan objek lain pada proyek kita, meskipun sebenarnya dapat saja objek tersebut sejenis. Seperti juga dengan event, untuk mengatur property sebuah objek kita dapat mengaturnya dari Objek Inspector pada bagian Properties.

2.8.7 Form dan Komponen Visual

Jika kita bekerja dengan Delphi ada dua jenis objek yang sangat penting untuk dipelajari pertama kali yaitu form dan komponen visual. Form ini diibaratkan sebagai sebuah pondasi karena di atasnyalah kita akan meletakkan komponen visual maupun non-visual untuk membentuk tampilan (*user interface*) dari program yang kita buat.

2.8.8 Socket Pada Delphi

Dalam bagian ini akan dibahas komponen socket yang memungkinkan untuk menciptakan sebuah aplikasi yang dapat berkomunikasi dengan sistem lain menggunakan TCP/IP dan protocol yang berhubungan. Socket menyediakan hubungan berdasarkan protocol TCP/IP. Dengan menggunakan socket maka kita dapat berhubungan dengan mesin lain dengan menggunakan Delphi.

Socket menyediakan satu bagian yang dibutuhkan dalam jaringan untuk aplikasi *server* atau *client*. Sebelum menggunakan fasilitas *client* atau *server* maka harus dimengerti dulu aplikasi yang digunakan.

Hubungan socket dapat dibagi menjadi 3 tipe dasar yang menggambarkan bagaimana hubungan diinisialisasi dan dengan socket lokal apa akan dihubungkan.

Yang antara lain adalah :

- Hubungan *client*

Hubungan *client* menghubungkan sebuah socket *client* dalam sistem lokal ke socket *server* pada sebuah sistem jaringan. Hubungan *client* diinisialisasi oleh socket *client*. Pertama, socket *client* harus menggambarkan dengan *server* mana *client* socket akan dihubungkan. Socket *server* memelihara suatu antrian permintaan *client*, dan melengkapi hubungan sebagai mereka menemukan waktu. Ketika socket *server* menerima hubungan dari *client*, maka dia akan mengirim socket *client* diskripsi penuh dari socket *server* dengan siapa dia terhubung, dan hubungan akan dilengkapi dengan *client*.

- Hubungan mendengar

Soket *server* tidak menempatkan *client*. Sebagai gantinya, mereka menyediakan separuh hubungan pasif yang mendengarkan permintaan *client*. Soket *server* mengasosiasikan sebuah antrian dengan hubungan yang mereka dengar.

- Hubungan *server*

Hubungan *server* dibentuk oleh soket *server* ketika soket mendengar menerima sebuah permintaan *client*. Sebuah diskripsi dari soket *server* yang melengkapi hubungan pada *client* dikirim kepada *client* ketika *server* menerima sebuah hubungan atau panggilan. Hubungan dibentuk ketika soket *client* menerima diskripsi ini dan melengkapi hubungan.

BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Pendahuluan

Bab ini akan membahas tentang perencanaan dan pembuatan alat, sehingga akan menghasilkan alat seperti yang diharapkan.

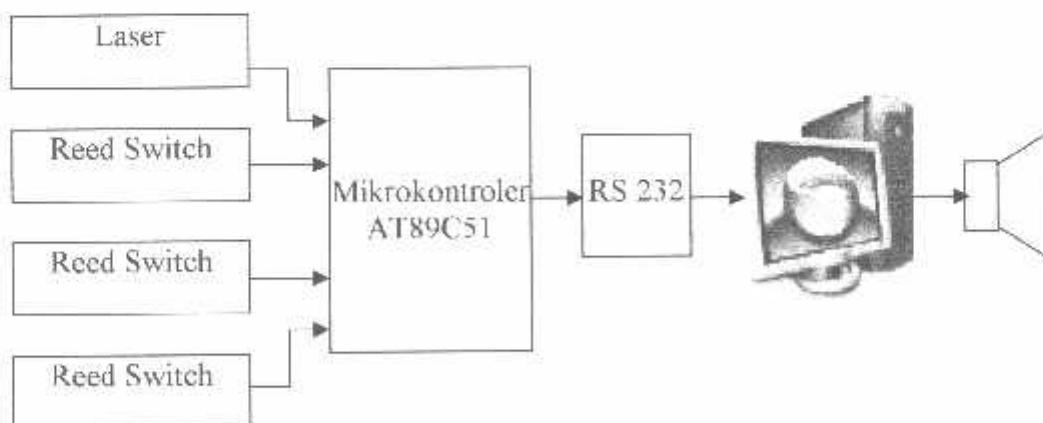
3.2 Perencanaan Perangkat Keras

Bagian ini menjelaskan tentang Perancangan Dan Pembuatan Sistem Monitoring Keamanan Gedung Dengan Tampilan Grafis Dan Pesan Suara Berbasis PC.

Secara Singkat Perangkat keras sistem ini terdiri beberapa bagian , yaitu :

1. Sistem Mikrokontroller AT89C51.
2. Rangkaian Sensor
3. RS-232

Sedangkan alur kerja dari sistem ini secara ringkas dapat diketahui dari blok diagram seperti yang terlihat pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3-1 Blok Diagram Sistem

Dari Gambar 3-1 dapat dijelaskan masing-masing blok diagram, yaitu.

1. Laser

Berfungsi sebagai sensor atau inputan data dimana nantinya akan bekerja jika ada yang menerobos masuk.

2. Reed Switch

Berfungsi sebagai sensor yang nantinya terpasang pada daun pintu maupun jendela.

3. Mikrokontroller

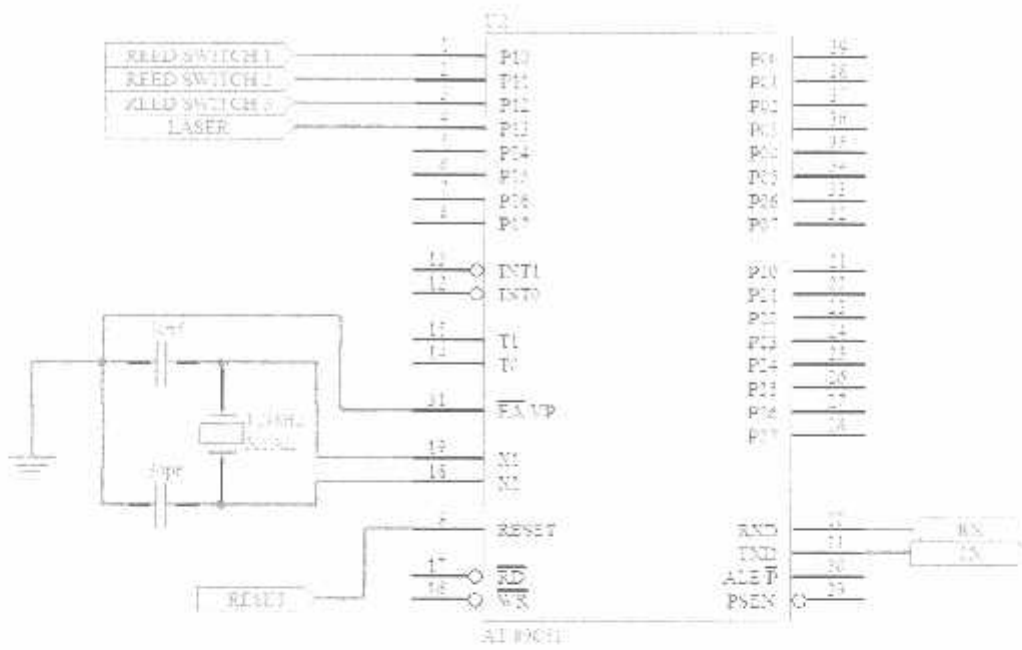
Merupakan kendali utama yang mempunyai fungsi utama yaitu mengontrol semua sistem pengolahan data dari sensor.

4. PC (Personal Computer)

Berfungsi sebagai penampil program *Delphi* yang nantinya tertampil secara grafis dari denah rumah atau gedung yang terpasangi sensor dan juga sebagai keluaran suara.

3.3 Mikrokontroller AT89C51 Sebagai Minimum Sistem

Rangkaian minimum mikrokontroller AT89C51 dan Pin yang digunakan dalam perencanaan alat ini ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 3-2 Minimum Sistem Mikrokontroler AT89C51

Rangkaian terintegrasi IC (*Integrated Circuit*) Mikrokontroler AT89C51 mempunyai 40 Pin, tetapi tidak semua Pin digunakan dalam rangkaian ini.

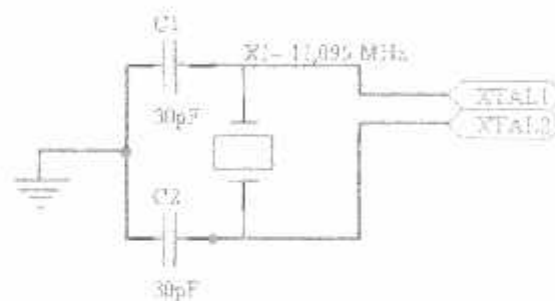
Mikrokontroler AT89C51 harus didukung oleh beberapa rangkaian lain agar dapat melakukan prosesnya, yaitu berupa rangkaian *clock* dan *reset*. Selain itu juga harus ditentukan penggunaan *port-port* nya dan sinyal-sinyal yang digunakan untuk mendukung proses yang akan dilakukan.

Hal itu adalah sebagai berikut:

- **Clock**

Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* (pewaktuan) yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Sistem ini menggunakan osilator *internal* yang sudah tersedia di dalam chip AT89C51.

Untuk menentukan frekuensi *osilator*nya cukup dengan menghubungkan kristal pada Pin XTAL1 dan XTAL2 serta dua buah kapasitor ke *ground*. Besar kapasitansinya disesuaikan dengan spesifikasi pada lembar data AT89C51 yaitu 30 pF. Pemilihan besar frekuensi kristal disesuaikan dengan pemilihan kecepatan yang diharapkan untuk transfer data melalui Pin serial *interface* AT89C51 tersebut. Lewat Gambar 3.4, memperlihatkan rangkaian pewaktu yang digunakan.

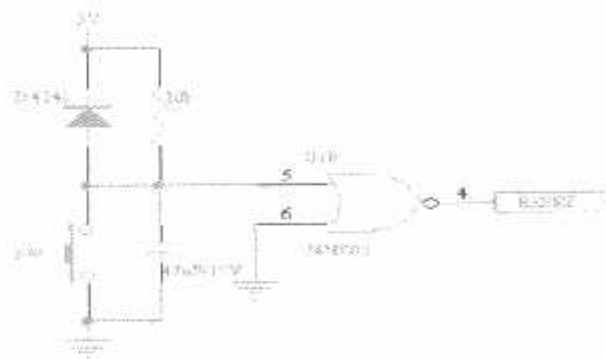


Gambar 3-3 Rangkaian Pewaktuan

- **Reset**

Untuk mereset mikrokontroler, Pin RST harus diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal *reset* pada saat awal catu daya dihidupkan, suatu *reset* otomatis dapat dilakukan dengan menghubungkan Pin RST ke rangkaian *Power-On Reset*, seperti dalam Gambar 3-3. Ketika catu daya dinyalakan, rangkaian akan menahan Pin RST dalam kondisi logika tinggi selama selang beberapa saat tergantung nilai kapasitor dan kecepatan pengisian muatannya. Pemberian catu daya pada mikrokontroler tanpa suatu sinyal *reset* dapat menyebabkan CPU memulai eksekusi instruksinya

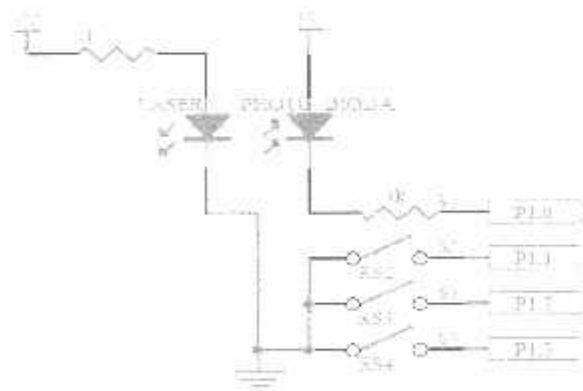
dari lokasi yang tak tertentu. Ini disebabkan karena Program *Counter* tidak terinisialisasi.



Gambar 3-4 Rangkaian Reset

3.4 Perancangan Rangkaian Sensor

Sensor yang dipakai adalah jenis Laser dan *Reed Switch*. *Reed Switch* ini akan *normally close* jika dipengaruhi medan magnet, akan *normally open* jika dijauhi medan magnet. Switch ini diletakkan di daun pintu dan jendela serta didekatkan dengan sebuah magnet yang terpasang di pintu dan jendela, sehingga apabila pintu atau jendela terbuka, maka magnet akan menjauh dan menyebabkan *Reed Switch* dalam kondisi *normally open*.



Gambar 3-5 Perancangan Rangkaian Sensor

3.5 Perencanaan Rangkaian RS-232

Pada perancangan alat ini menggunakan jalur serial Port untuk menghubungkan PC dengan alat. Pada port serial data dalam bentuk format serial sehingga dapat dikirim dengan cepat. Untuk melakukan proses komunikasi data antara Mikrokontroler dengan PC diperlukan syarat-syarat yang harus dipenuhi, yaitu pengaturan *baudrate* yang digunakan serta pengaturan secara perangkat lunak. Jenis data yang dikirim adalah dalam bentuk data biner (*bit per bit transfer*) dengan satuan *bandrate* untuk kecepatan proses transfernya.

Serial Control (SCON) merupakan register khusus pengontrol kerja port serial, diset untuk mentransmisikan 8 bit data UART (*Universal Asynchronous Receive Transmit*) yang merupakan standar komunikasi data dengan *baudrate* yang dapat diatur/variabel. Dari ketentuan diatas maka untuk SCON adalah 01010000b atau 50h. Mikrokontroler dibuat untuk mentransmisikan data dalam 9600 bps, penentuan *bandrate* tersebut dilakukan dengan pegesetan *timer/counter* 1 *high bit (TH1)* dengan ketentuan:

$$f_{\text{baud}} = \frac{2^{2096}}{32d} \times \frac{f_{\text{oscilator}}}{12d (256d - (TH1))}$$

$$TH1 = 256d \left[\frac{2^9}{3d} \times \frac{11,0592 \times 10^6}{12 \times 9600d} \right]$$

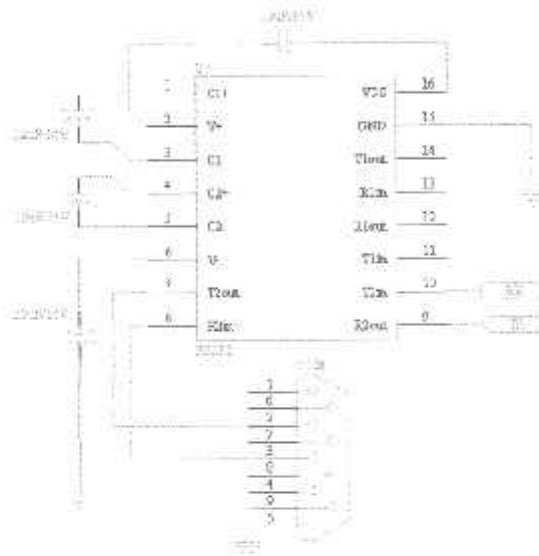
$$= 253d$$

$$= FDh$$

untuk menghubungkan antara rangkaian alat dengan PC (*Personal Computer*) digunakan RS-232 yang menggunakan IC MAX 232, gambar

rangkaian dapat dilihat pada gambar 5, dimana IC ini mempunyai 3 (tiga) mode kerja, yaitu:

1. Pengubah Tegangan
2. Pengirim/Pemancar Data
3. Penerima Data



Gambar 3-6 Rangkaian RS-232

Hubungan antara nomor pin beserta fungsi dari pin yang terdapat pada IC MAX 232 adalah sebagai berikut:

Tabel 3-1 Hubungan Pin Data Serial IC MAX 232 dan Fungsinya

NOMOR PIN	FUNGSI	KETERANGAN
7	Output	TD, pengirim data (pin 2 DB9) ke PC
8	Input	RD, penerima data (pin3 DB9) dari PC
9	Output	CTS, menghapus data terkirim ke μ C
10	Input	RTS, meminta kiriman dari μ C

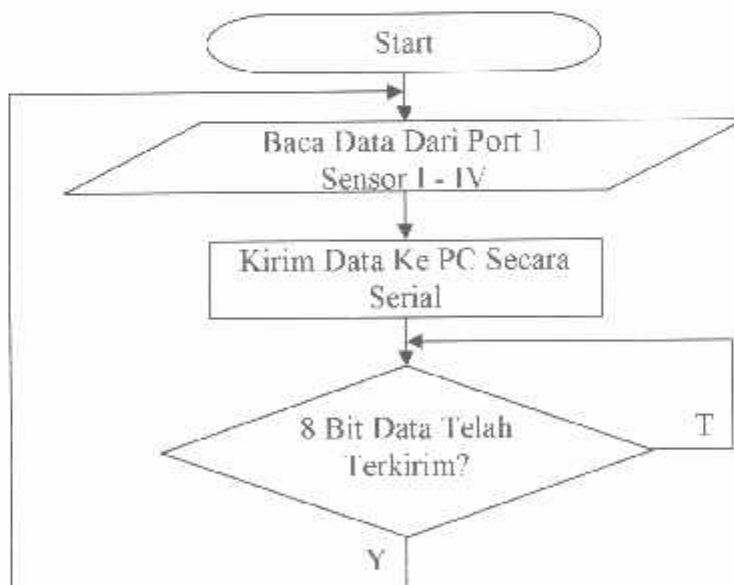
3.6 Perencanaan Perangkat Lunak

Perangkat lunak ini berdasarkan pengendali utama yaitu mikrokontroler AT89C51. Pembuatan perangkat lunak sistem aplikasi berdasarkan pada semua yang harus dikerjakan perangkat keras.

Untuk mikrokontroler AT89C51 bahasa yang digunakan adalah bahasa pemrograman *assembler* milik ATMEL. Sedangkan untuk pembuatan *visualisasi* pada komputer memakai software *Borland Delphi*. Pembuatan perangkat lunak harus melalui proses-proses uji coba secara *software* maupun secara *hardware*.

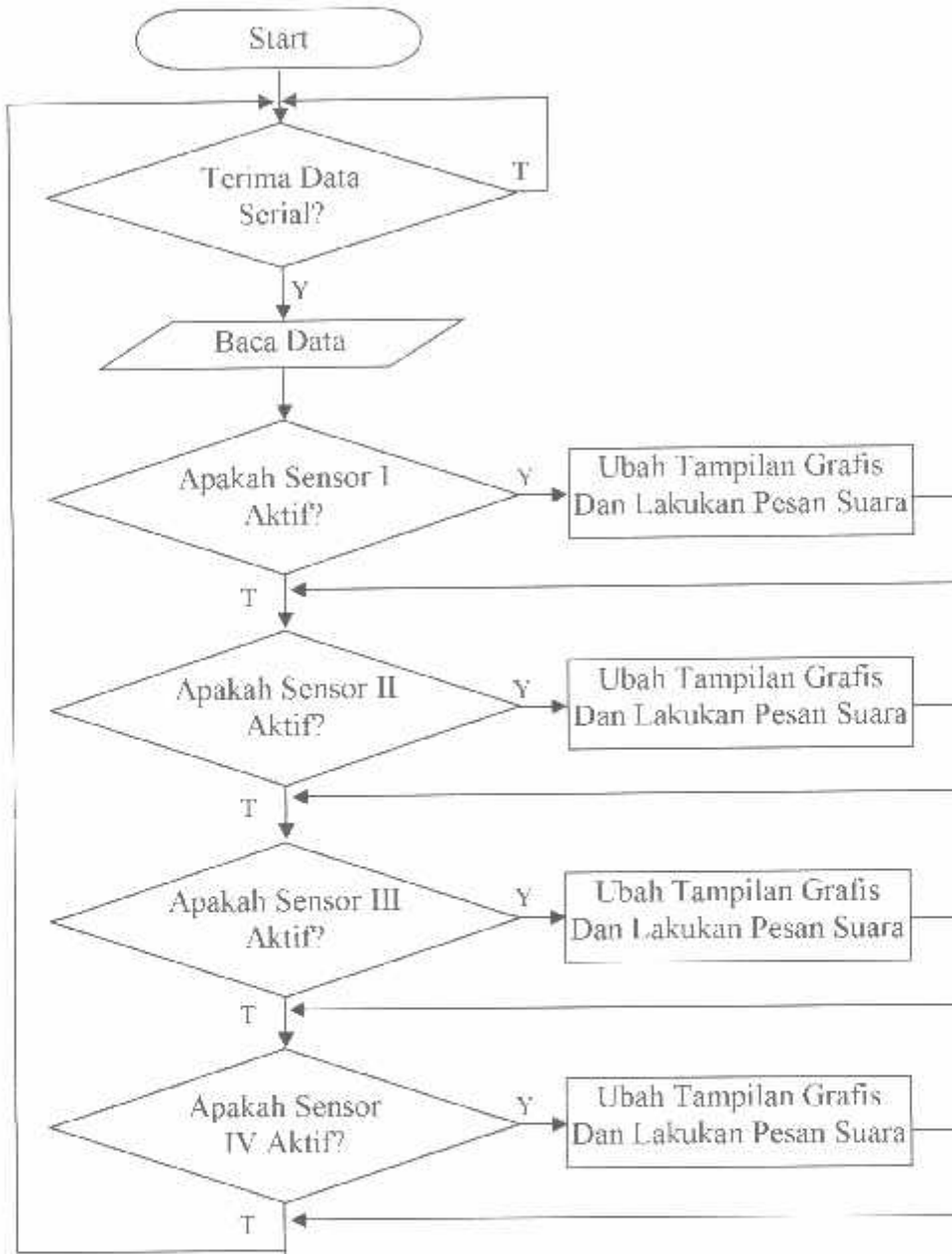
Secara garis besar, sistem kerja dari perangkat lunak dapat dilihat pada diagram alir seperti Gambar 3-11 di bawah ini:

3.6.1 Flow Chart Mikrokontroler



**Gambar 3-5 Flowchart Sistem Kerja Perangkat Lunak
Pada Mikrokontroler**

3.6.2 Flow Chart PC



Gambar 3-6 Flowchart Sistem Kerja Perangkat Lunak
Pada PC

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

4.1 Pendahuluan

Tahapan yang paling penting pada perancangan alat ini adalah pengujian. dari pengujian dapat diketahui apakah alat yang dibuat bekerja dengan baik atau masih kurang sempurna.

Pada bab ini akan dibahas tentang pengujian alat yang telah dirancang dengan tujuan agar perancangan dan pembuatan dengan hasil keperluan yang ada, dipandang dari segi perancangan *hardware* maupun *software* dapat sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Dengan diadakan pengujian alat, maka pada skripsi ini dapat membuktikan bahwa alat yang dibuat dapat berjalan sesuai dengan kondisi masukan yang ada, sehingga memberikan keluaran yang sesuai pula. Bagian-bagian yang diuji dari peralatan ini adalah :

1. Pengujian Mikrokontroler.
2. Pengujian Rangkaian Sensor Laser.
3. Pengujian Rangkaian Sensor *Reed Switch*.
4. Pengujian Rangkaian Serial RS-232.
5. Keseluruhan Sistem.

4.2 Pengujian Sistem Mikrokontroller

4.2.1 Tujuan

Untuk mengetahui kondisi awal dari mikrokontroller apakah sudah sesuai dengan yang direncanakan.

4.2.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Multimeter digital.*
2. *Catu daya 5V DC*
3. *Rangkaian minimum sistem mikrokontroller.*

4.2.3 Prosedur Pengujian

1. *Membuat program yang digunakan dalam pengujian mikrokontroller.*
2. *Program yang digunakan dalam pengujian mikrokontroller ini merupakan program sederhana dengan memasukkan bilangan 0FH dan F0H ke port 1.*
3. *Port 1 AT89C51. Program yang dibuat adalah sebagai berikut :*

```

ORG          0H
MULAI: MOV   P1, # 0FH          ;kondisi satu
        CALL DELAY
        MOV   P1, # F0H       ;kondisi dua
        CALL DELAY
        JMP   MULAI
DELAY:   MOV   RC, #0
DELAY1:  MOV   R5, #0CH
        DJNZ  R5, $
        DJNZ  R0, DELAY1
        END

```

4. *Memasang catu daya sebesar 5V.*
-

5. *Men-download* program diatas.
6. Mengamati keluaran pada *LED Display*.

4.2.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian mikrokontroller adalah sebagai berikut :

Tabel 4-1. Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroller

KONDISI	KELUARAN PADA LED DISPLAY							
	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
Satu	0	0	0	0	1	1	1	1
Dua	1	1	1	1	0	0	0	0

Sumber: Pengujian Alat

Pada saat *port 1* diberi bilangan 0FH, *LED* pada P1.0 sampai dengan P1.3 padam, dan *LED* pada P1.4 sampai P1.7 nyala. Ketika *port 1* diberi bilangan FOH, P1.0 sampai P1.3 nyala dan P1.4 sampai P1.7 padam. Kemudian program terus mengulang sehingga *LED* akan menyala dan padam secara bergantian.

4.3 Pengujian Rangkaian Sensor Laser

4.3.1 Tujuan

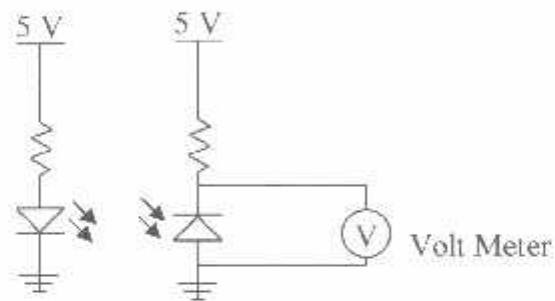
Untuk mengetahui apakah rangkaian sensor laser bekerja dengan baik dan mampu mengkondisikan keluarannya menjadi dua kondisi *High* dan *Low*.

4.3.2 Peralatan Yang Digunakan

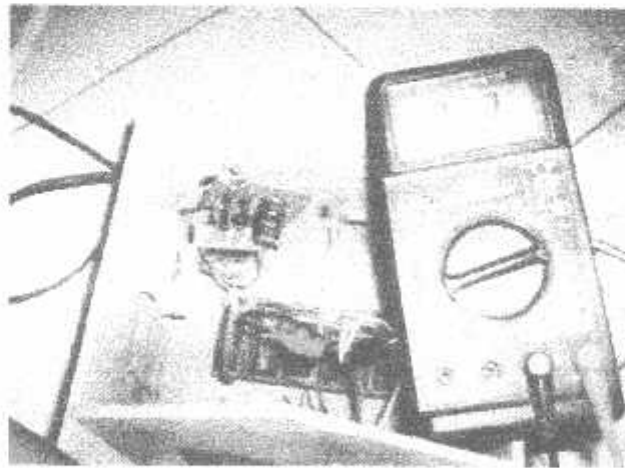
1. *Multimeter digital*.
2. Catu daya 5V DC.
3. Rangkaian sensor laser yang telah dirancang.

4.3.3 Prosedur Pengujian

1. Membuat dan merangkai rangkaian sensor laser sesuai dengan yang dirancang .
2. Menghubungkan rangkaian dengan catu daya sebesar 5 volt DC.
3. Mengukur besarnya arus dan tegangan dengan menggunakan *multimeter digital* pada keluaran rangkaian sensor laser.
4. Pengujian sensor dilakukan sesuai dengan gambar 4-1 berikut ini :



Gambar 4-1. Rangkaian Pengujian Sensor Laser



Gambar 4-2. Pengujian Rangkaian Sensor Laser Saat Tidak Terhalang



Gambar 4-3. Pengujian Rangkaian Sensor Laser Saat Terhalang

4.3.4 Hasil Pengujian

Tabel 4-2. Hasil Pengukuran Tegangan Output pada Rangkaian Photodioda

Sensor	Metode	Pengukuran (volt)	Kondisi
Photodioda	Langsung	Terhalang	High
		Tidak	Low

Sumber: Pengujian Alat

- **Analisa Hasil Pengujian**

Tabel 4-2 memperlihatkan keluaran tegangan pada rangkaian *photodioda* berdasarkan keadaan laser dalam kondisi terhalang dan tidak terhalang. Respon keluaran rangkaian *photodioda* menunjukkan fungsi yang sesuai dengan aplikasi yaitu memberikan respon yang sesuai ketika sinar laser mengenai *photodioda* (*low*) dan ketika sinar laser tidak mengenai *photodioda* (*high*).

- **Analisa Hasil Pengujian Rangkaian Photodioda**
 - Respon keluaran rangkaian *photodioda* menunjukkan fungsi yang sesuai dengan aplikasi yaitu memberikan respon yang sesuai ketika sinar laser mengenai *photodioda (low)* dan ketika sinar laser tidak mengenai *photodioda (high)*.
 - Keluaran rangkaian *photodioda* pada saat level *low* adalah 0.22 volt dan pada saat *high* adalah 4.32 volt, sesuai dengan *level* logika untuk masukan ke mikrokontroler.

4.4 Pengujian Rangkaian *Reed Switch*

4.4.1 Tujuan

Untuk Mengetahui apakah rangkaian sensor *reed switch* bekerja dengan baik dan mampu mengkondisikan keluarannya menjadi dua kondisi *High* dan *Low*.

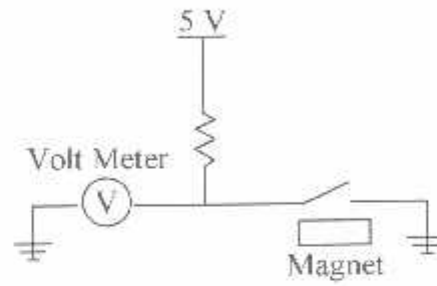
4.4.2 Peralatan Yang Digunakan

1. *Multimeter digital*.
2. *Catu daya 5V DC*.
3. Rangkaian *reed switch* yang telah dirancang

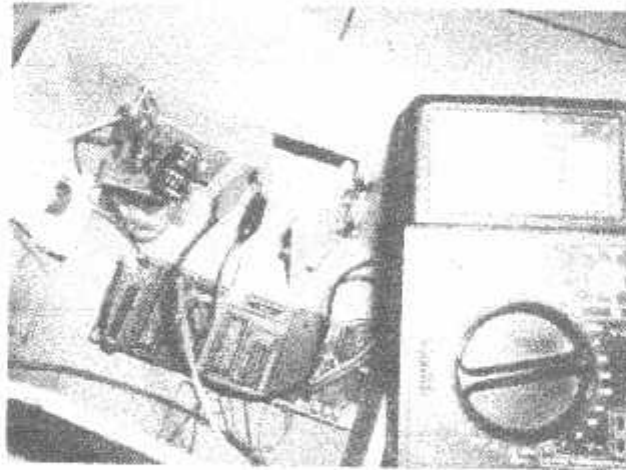
4.4.3 Prosedur Pengujian

1. Membuat dan merangkai rangkaian sensor *reed switch* sesuai dengan yang dirancang .
 2. Menghubungkan rangkaian dengan catu daya sebesar 5 volt DC.
-

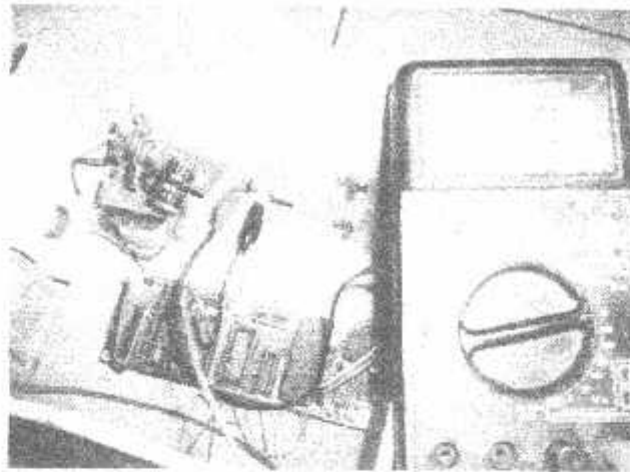
3. Mengukur besarnya arus dan tegangan dengan menggunakan *multimeter digital* pada keluaran rangkaian sensor *reed switch*.
4. Pengujian rangkaian sensor *reed switch* dilakukan sesuai dengan gambar 4-4 berikut ini :



Gambar 4-4. Pengujian Rangkaian *Reed Switch*



Gambar 4-5. Pengujian Rangkaian *Reed Switch* Saat Pintu Terbuka



Gambar 4-6. Pengujian Rangkaian *Reed Switch* Saat Pintu Tertutup

4.4.4 Hasil Pengujian

Tabel 4-3. Hasil Pengukuran Tegangan *Output* pada Rangkaian *Reed Switch*

Sensor	Kondisi Reed Switch	Pengukuran (volt)	Kondisi
Reed Switch	Tidak Ada Medan Magnet	4.37	High
	Ada Medan Magnet	0	Low

Sumber: Pengujian Alat

- **Analisa Hasil Pengujian**

Tabel 4-3 memperlihatkan keluaran tegangan pada rangkaian *reed switch* berdasarkan kondisi pintu dalam keadaan dibuka dan ditutup. Respon keluaran rangkaian *reed switch* menunjukkan fungsi yang sesuai dengan aplikasi yaitu memberikan respon yang sesuai ketika kondisi pintu dalam keadaan dibuka (*high*) dan dalam keadaan ditutup (*low*).

- **Analisa Hasil Pengujian Rangkaian Reed Switch**
 - Respon keluaran rangkaian *reed switch* menunjukkan fungsi yang sesuai dengan aplikasi yaitu memberikan respon yang sesuai ketika kondisi pintu dalam keadaan dibuka (*high*) dan dalam keadaan ditutup (*low*).
 - Keluaran rangkaian *reed switch* pada saat level *low* adalah 0 volt dan pada saat *high* adalah 4.32 volt, sesuai dengan *level* logika untuk masukan ke mikrokontroler.

4.5 Pengujian Rangkaian RS-232

4.5.1 Tujuan

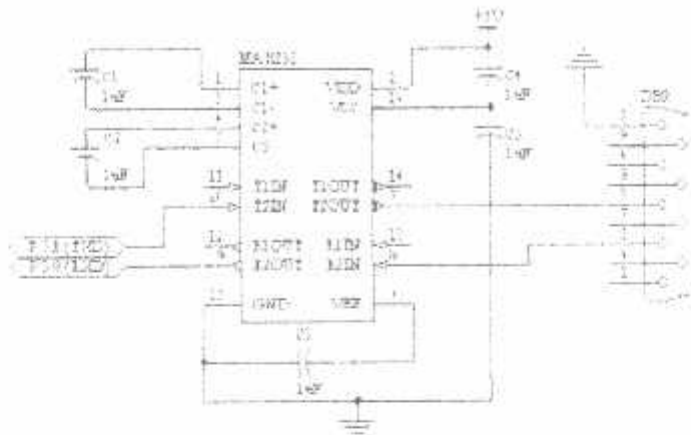
Untuk mengetahui apakah data yang terkirim dari MCU ke PC dapat diterima dengan benar dengan melakukan simulasi pada komputer.

4.5.2 Peralatan Yang Digunakan

1. Komputer.
2. Sistem mikrokontroler dengan antarmuka RS-232.
3. *Writer downloader*.

4.5.3 Prosedur Pengujian

1. Menyusun rangkaian seperti pada Gambar 4-7.
-



Gambar 4-7 Rangkaian Penguji RS-232

2. Membuat program *transfer* data pada sistem mikrokontroler. Dengan program tersebut komputer ingin mengirim data '1234567890' ke alat dan oleh alat akan dikembalikan lagi ke komputer.
3. *Download* program ke *Writer Downloader* dan eksekusi program.
4. Mencatat hasil yang terlihat dalam layar komputer.

```
#include <8051.h>
Void delay_lus (int n)
{
    int count;
    for (count=1;count<=n;count++)
    {
        _asm
            nop
        _endasm;
    }
}
Void delay_50ms (int n)
{
    int count;
    for (count=1;count<=n;count++)
    {
        TH0=0x3c;
        TL0=0xaf;
        TR0=1;
        While (TF0==0)
        TR0=0;
        TFO=0;
    }
}
Void tnat_timer_serial ()
```

```

TMOD=0x21;
TH1=0xf3;
SCON=0x52;
PCON=0x00;
TR1=1;
}
Void serial_transmit (char karakter)
{
    T1=0;
    SBUF=karakter;
    While (T1==0);
}
Void main ()
{
    code char nilai []="1234567890,";
    int i;
    i=init_timer_serial ();
    do
    {
        i=0;
        while (nilai (i) !=','');
        i++;
        delay_us (1);
    }
    delay_us (1);
} while (1);
}

```

4.5.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian *transfer* data serial ditunjukkan Tabel 4-4 dibawah ini:

Tabel 4-4. Hasil Pengujian Transfer Data Serial

RS-232			OUTPUT
INPUT	Low	0V	9,32V
	High	5V	-9,34V

Sumber: Pengujian Alat

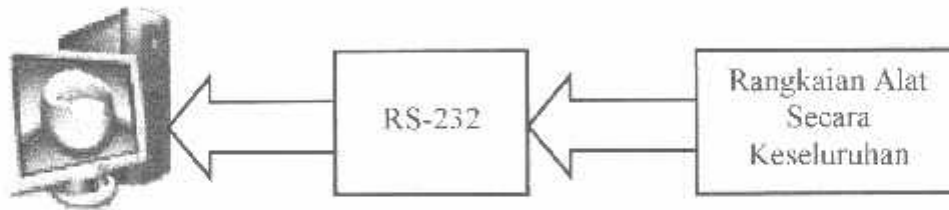
- **Analisa Hasil Pengujian**

Hasil pengujian dalam Tabel 4-4 diatas menunjukkan bahwa proses pengiriman data serial dengan menggunakan RS 232 ke alat telah benar dan sesuai.

4.6 Pengujian Rangkaian Keseluruhan

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

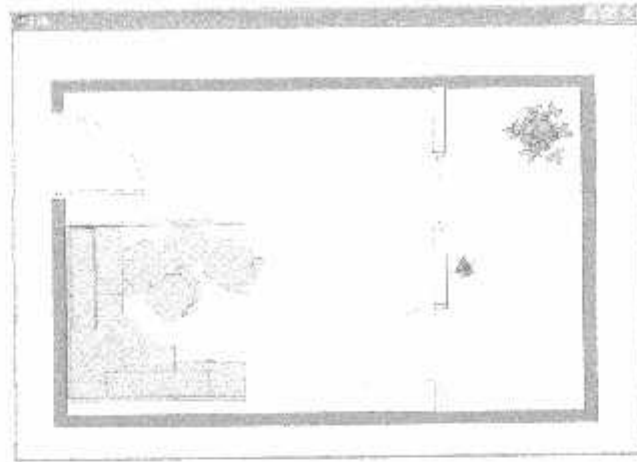
Rangkaian pengujian sistem disusun seperti pada gambar 4-2 berikut :



Gambar 4-8. Diagram Blok Pengujian Keseluruhan Sistem

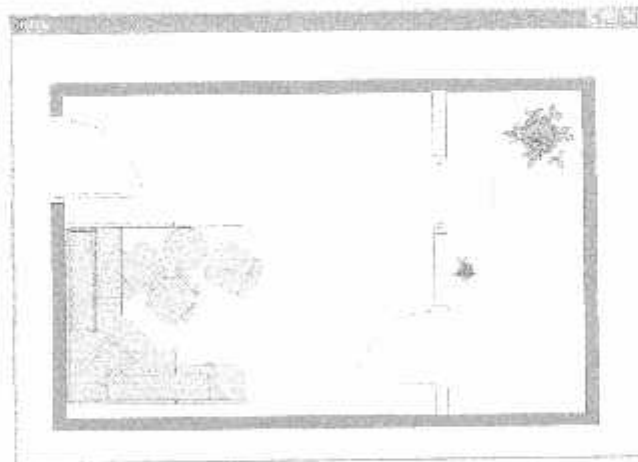
Adapun langkah-langkah pengujian sistem sesuai dengan gambar 4-7 adalah sebagai berikut:

1. Setelah PC diaktifkan maka kita harus mengklik *shortcut* program pada layar monitor kemudian akan dilakukan pengecekan terhadap *hardware*. Lihat gambar 4-9 :



Gambar 4-9. Tampilan pada Layar Monitor dengan Menggunakan Program Delphi 6.0

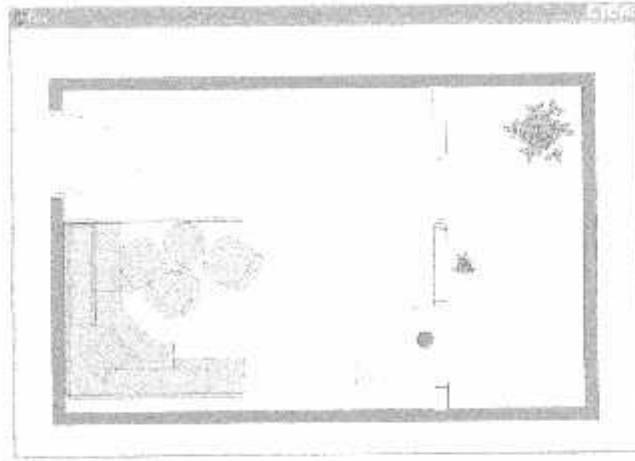
2. Jika sensor dalam keadaan aktif maka *indikator* pada layar monitor akan berkedip-kedip sesuai dengan sensor mana yang aktif dan akan mengeluarkan pesan suara yang berbunyi “awas kondisi rumah berbahaya”. Lihat gambar 4-10 :



Gambar 4-10. Tampilan pada Layar Monitor saat Sensor Laser dalam Keadaan Aktif

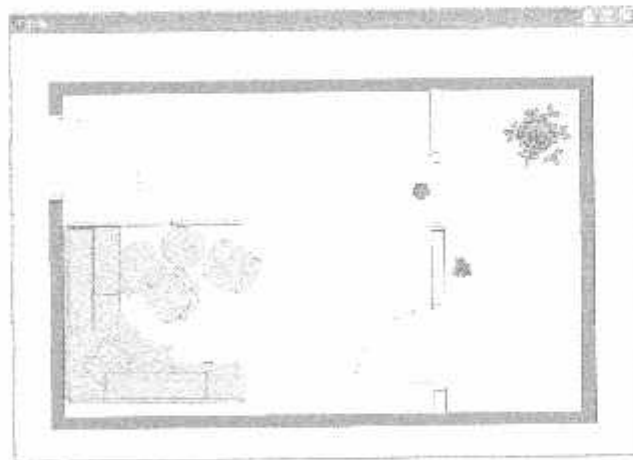
3. Jika pintu depan dalam keadaan terbuka maka *indikator* pada layar monitor akan berkedip-kedip sesuai dengan sensor mana yang aktif dan akan

mengeluarkan pesan suara yang berbunyi “awas kondisi rumah berbahaya”. Lihat gambar 4-11 :



Gambar 4-11. Tampilan pada Layar Monitor saat Pintu Depan Terbuka

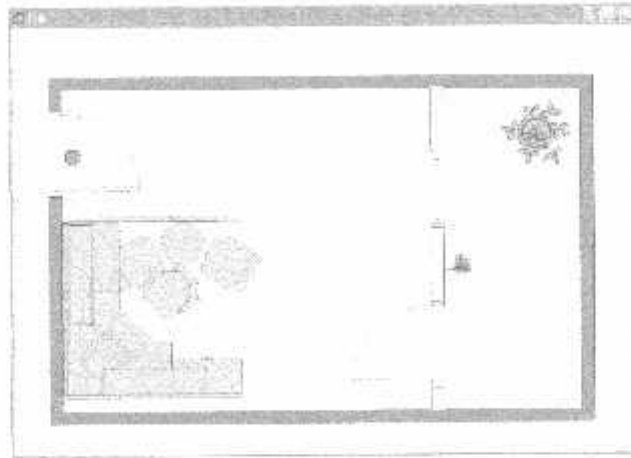
4. Jika jendela dalam keadaan terbuka maka *indikator* pada layar monitor akan berkedip-kedip sesuai dengan sensor mana yang aktif dan akan mengeluarkan pesan suara yang berbunyi “awas kondisi rumah berbahaya”. Lihat gambar 4-12 :



Gambar 4-12. Tampilan pada Layar Monitor saat Jendela Terbuka

5. Jika pintu belakang dalam keadaan terbuka maka *indikator* pada layar monitor akan berkedip-kedip sesuai dengan sensor mana yang aktif dan

akan mengeluarkan pesan suara yang berbunyi “awas kondisi rumah berbahaya”. Lihat gambar 4-13 :



Gambar 4-13. Tampilan pada Layar Monitor saat Pintu Belakang Terbuka

Dari semua pengujian yang dilakukan diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa keseluruhan sistem sudah dapat bekerja sesuai dengan yang telah direncanakan sebelumnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dilihat dari hasil pengujian alat, kami menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Mikrokontroller AT89C51 dapat digunakan sebagai Single Chip Controller dengan memanfaatkan RAM, EEPROM, dimana konmtroller tersebut digunakan sebagai pengolah data dan pengatur kerja dari keseluruhan sistem
2. Rangkaian sensor Laser dapat bekerja dengan baik hal tersebut dapat dibuktikan jika sensor laser aktif maka indikator pada layar monitor akan menyala dan speaker akan mengeluarkan pesan suara "awas kondisi rumah berbahaya".
3. Rangkaian sensor reed switch dapat bekerja dengan baik hal tersebut dapat dibuktikan jika sensor reed switch aktif maka indikator pada layar monitor akan menyala dan speaker akan mengeluarkan pesan suara "awas kondisi rumah berbahaya".
4. Komunikasi antara mikrokontroller dengan *Personal Computer* berjalan untuk melakukan otomatisasi pengambilan data dan animasi pada layar monitor.

5.2 Saran - Saran

Adapun saran-saran apabila alat ini digunakan pada aplikasi sesungguhnya adalah :

1. Sistem ini masih mempunyai banyak kekurangan yang sekiranya perlu diadakan penambahan-penambahan baik secara software maupun hardware.
 2. Dalam perluasan dan pengembangan alat yang dibuat ini dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan webcam serta dapat dikoneksikan ke kantor polisi terdekat.
 3. Komunikasi yang digunakan dari mikrokontroler yang semula menggunakan RS-232 dapat dikembangkan dengan menggunakan bluetooth maupun wifi
-

DAFTAR PUSTAKA

- Atmel, 1997, Flash Microcontroller Architectural Overview, Atmel Inc.,
(<http://www.atmel.com>), USA
- Ayala Kenneth, J, 1997, The Mikrokontroller 8051
- Ekō Putra, A, 2004, Belajar Mikrokontroller AT89C51/52/52, Gava Media,
Yogyakarta
- Malvino, 1994, Prinsip - Prinsip Elektronika, Erlangga, Jakarta
- Moh. Ibnu Malik & Anistardi, 1997, Bereksperimen Dengan Mikrokontroller
8031, Jakarta
- Tokheim, Roger L, 1995, Elektronika Digital, Erlangga, Jakarta
- Wasito S, 1985, Vademakum Elektronika, Gramedia, Jakarta
-



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Erik Yudhi Hermawan
NIM : 01.17.180
Masa Bimbingan : 16 Februari 2009 s/d 16 Agustus 2009
Judul : Perancangan Dan Pembuatan Sistem Monitoring
Keamanan Gedung Dengan Tampilan Grafis Dan
Pesan Suara Berbasis PC

No	Tanggal	Uraian Perbaikan	Paraf
1	24 Maret 2009	- Abstrak - Kesimpulan - Pengujian pada Mikrokontroler	
2	24 Maret 2009	- Abstrak - Latar Belakang - Daftar Pustaka	

Disetujui,

Penguji I

Joseph Dedy Irawan, ST, MT
NIP. 1039800324

Penguji II

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP. 1028400082



Mengetahui
Dosen Pembimbing

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y. 1039500274



LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika/Teknik Komputer & Informatika*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>EPK YUDHI HERMAWAN</u>	Nim: <u>0117180</u>								
2.	Waktu Pengajuan	Tanggal: <u>19</u> Bulan: <u>JANUARI</u> Tahun: <u>2009</u>								
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang**) <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">a. Sistem Tenaga Elektrik</td> <td style="width: 50%;">e. Elektronika & Komponen</td> </tr> <tr> <td>b. Energi & Konversi Energi</td> <td>f. Elektronika Digital & Komputer</td> </tr> <tr> <td>c. Tegangan Tinggi & Pengukuran</td> <td>g. Elektronika Komunikasi</td> </tr> <tr> <td>d. Sistem Kendali Industri</td> <td>h. lainnya</td> </tr> </table>		a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen	b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya
a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen									
b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer									
c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi									
d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya									
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen*) <u>J. F. Yudi Kimpraptono, MT</u>	Ketua Jurusan  <u>Jr. F. Yudi Kimpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274								
5.	Judul yang diajukan mahasiswa:	<u>Perancangan dan Pembuatan Sistem Pengamanan Gedung Dengan Penanalar Logis dan Desain Suara Berbasis PC</u>								
6.	Perubahan judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu								
7.	Catatan:	Disetujui Dosen  2009								
	Persetujuan Judul skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu									

Perhatian:

1. Formulir pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu
**) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Raya Karanglo Km. 2
MALANG

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1
Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Erik Yudhi Hermawan
Nim : 01.17.180
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika

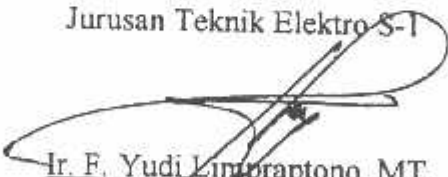
Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing, untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM PENGAMANAN
GEDUNG DENGAN PENAMPIL GRAFIS DAN PESAN SUARA
BERBASIS PC**

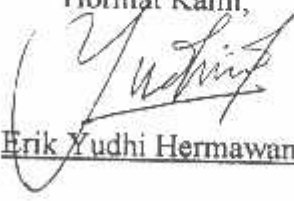
Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Tugas Akhir Sarjana Teknik.
Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Malang, 01 – 02 – 2009

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. 1039500274

Hormat Kami,


Erik Yudhi Hermawan

Form S-3a

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari Mahasiswa :

Nama : Erik Yudhi Hermawan

Nim : 01.17.180

Semester : XV

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Elektronika

Dengan ini menyatakan bersedia / ~~tidak bersedia~~ *)

Membimbing skripsi dari

Mahasiswa tersebut, dengan judul :

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM PENGAMANAN
GEDUNG DENGAN PENAMPIL GRAFIS DAN PESAN SUARA
BERBASIS PC**

Demikian Surat Pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, 01 – 02 – 2009

Kami yang Membuat Pernyataan,



Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
*NIP. 1039500274

Catatan :

Setelah disetujui agar Formulir ini
Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut

*)Coret yang tidak perlu

Form S-3b



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

KONSENTRASI		TEKNIK ELEKTRONIKA S1			
1.	Nama Mahasiswa	ERIK YUDHI HERMAWAN		NIM	01.17.180
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu		Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	16 Februari 2009			Seminar Lt. I
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang *)					
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Embedded System	i. Sistem Informasi		
	b. Konversi Energi	f. Antar Muka	j. Jaringan Komputer		
	c. Sistem Kendali	g. Elektronika Telekomunikasi	k. Web		
	d. Tegangan Tinggi	h. Elektronika Instrumentasi	l. Algoritma Cerdas		
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM PENGA- MINAN GEDUNG DENGAN PENAMPIL GRAFIS DAN PESAN SUARA BERBASIS PC			
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	MENYEMPURKAN KEAMARAN GEDUNG DENGAN TAMPILAN GRAFIS			
6.	Catatan :				
				
7.	Persetujuan Judul Skripsi				
	Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II		
	Mengetahui, Ketua Jurusan		Disetujui, Calon Dosen Pembimbing		
		Pembimbing I	Pembimbing II		
Ir. F. Yudi Limprapoto, M.I. NIP. Y. 1039500274					

Keterangan :

*) dilingkari a, b, c, sesuai dengan bidang keahlian



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

I (PESERO) MALANG
K NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 26 Pebruari 2009

Nomor : ITN- 759/7/TA /2009
Lampiran :
Perihal : Bimbingan Skripsi

Kepada : Yth. Sdr. IR. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT
Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi
untuk mahasiswa:

Nama : ERIK YUDI HERMAWAN
Nim : 01 17 180
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/i selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai
tanggal:

16 FEBRUARI 2009 s/d 16 AGUSTUS 2009

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian sarjana.
Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami ucapkan
terima kasih



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT *Fy*
NIP. Y. 7039500274

Tindakan:

1. Mahasiswa yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S-4a



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Raya Karanglo Km 2
Malang

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Erik Yudhi Hermawan
NIM : 01.17.180
Masa Bimbingan : 16 FEBRUARI 2009 S/D 16 AGUSTUS 2009
Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Sistem Monitoring Keamanan Gedung Dengan Tampilan Grafis Dan Pesan Suara Berbasis PC

NO	TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING
1.		Bab I ke	
2.		Bab II	
3.		Bab III	
4.		Bab IV + V	
5.		Kesimpulan + Lampiran	
6.		Copon akhir	
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang,
Dosen Pembimbing

Ir. Yudi Limpraptono, MT.

NIP.Y.1039500274

Form S-4B



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : ERIK YUDHI
NIM : 01.17.180
Perbaikan meliputi :

- 1) ABSTRAK
- 2) KESIMPULAN
- 3) REFERENSI

Malang,

200



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Erik Yudhi.
NIM : 0117180.
Perbaikan meliputi :

- Abstrak di perbaiki

- Latar belakang RUSTAKA?

Malang, 29 - 3 - 2009 .



(_____)

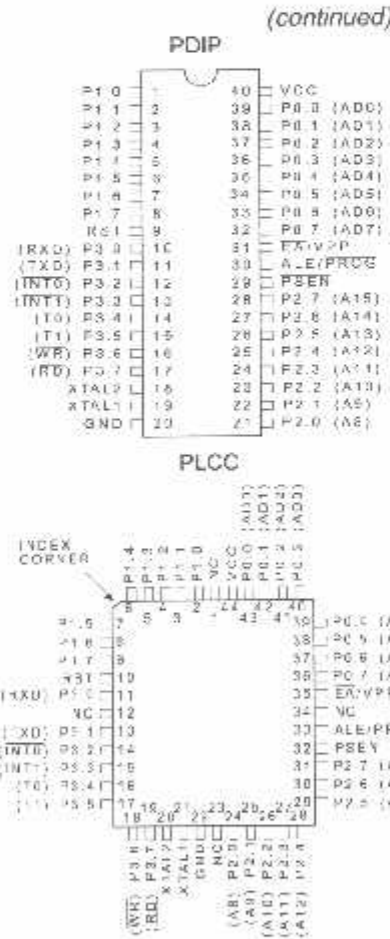
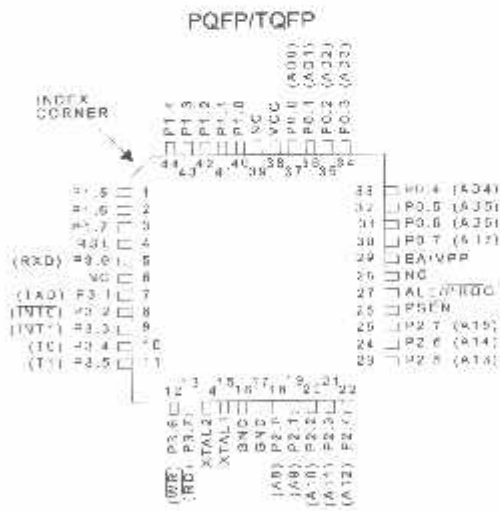
Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 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
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ 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 Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations



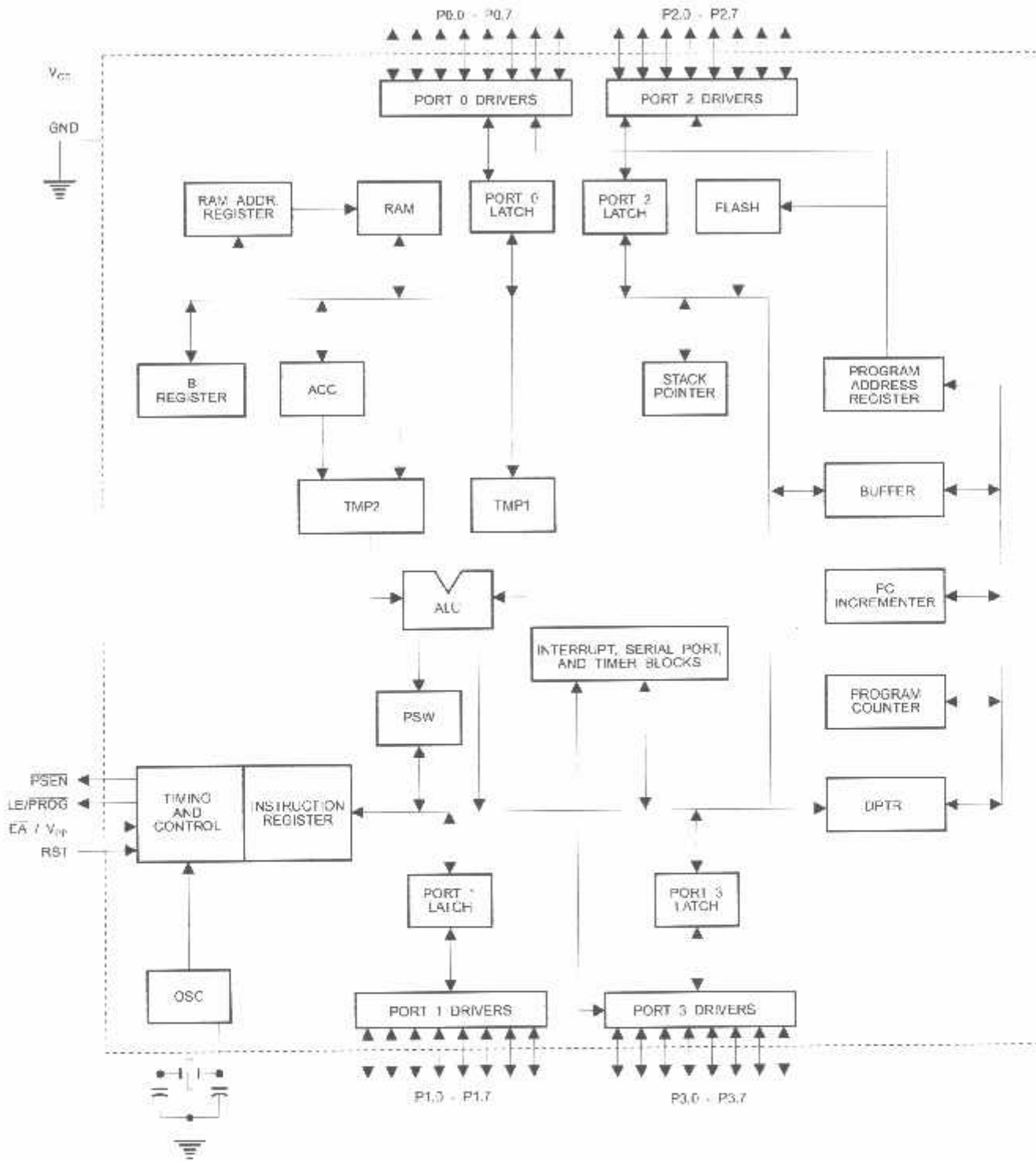
0265F-A-12/97



8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

Block Diagram



The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic in 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 hardware reset.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0

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

Port 0 may 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 pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. 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 pullups 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 pullups.

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

Port 2

Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. 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 pullups 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 pullups.

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 it uses strong internal pullups

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 bidirectional I/O port with internal pullups. 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 pullups 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 pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

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

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

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/PROG

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

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

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

PSEN

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$

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

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

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 2-volt V_{PP} .

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. 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 2. 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.

Idle Mode

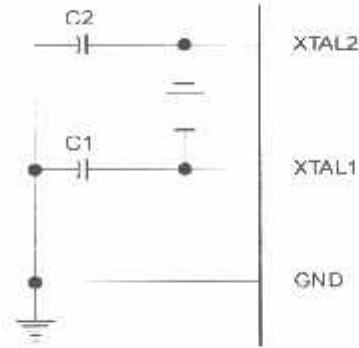
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware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

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

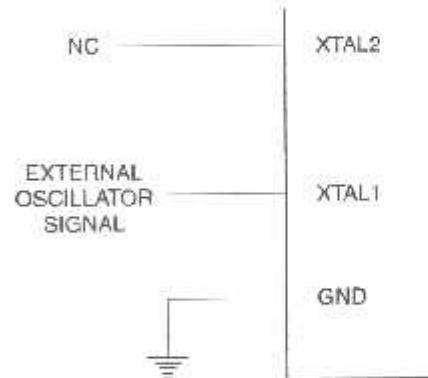
It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port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

Figure 1. Oscillator Connections



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

Figure 2. External Clock Drive Configuration



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. The only exit from power down is a hardware reset. 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.

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, EA is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled.

Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	$V_{PP} = 12V$	$V_{PP} = 5V$
Top-Side Mark	AT89C51 xxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the 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. It is necessary that the latched value of EA be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, 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 EA/ V_{PP} to 12V for the high-voltage programming mode.
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 1.5 ms. 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 AT89C51 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are 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{BSY} output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 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 on the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/PROG low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled up to a logic low. The values returned are as follows.

- {030H} = 1EH indicates manufactured by Atmel
- {031H} = 51H indicates 89C51
- {032H} = FFH indicates 12V programming
- {032H} = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

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

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

Flash Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE/PROG	EAV _{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data	H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	H	L		H/12V	H	H	H	H
				H/12V	H	H	L	L
				H/12V	H	L	H	L
Chip Erase	H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.

Figure 3. Programming the Flash

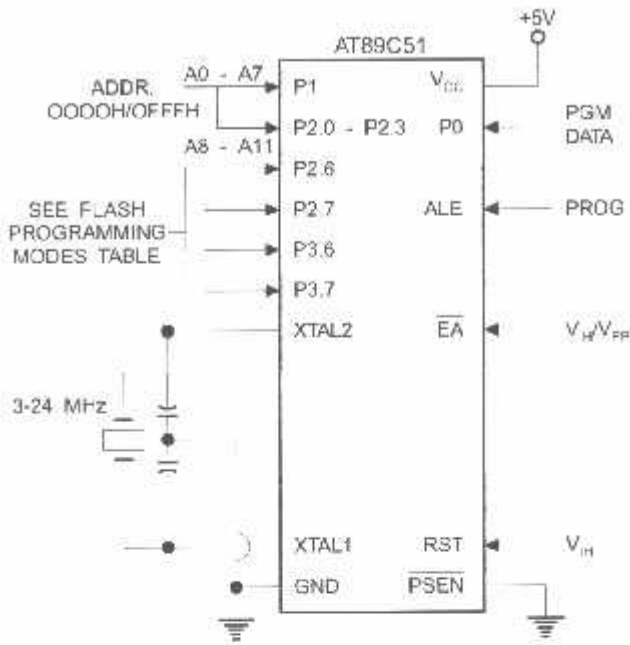
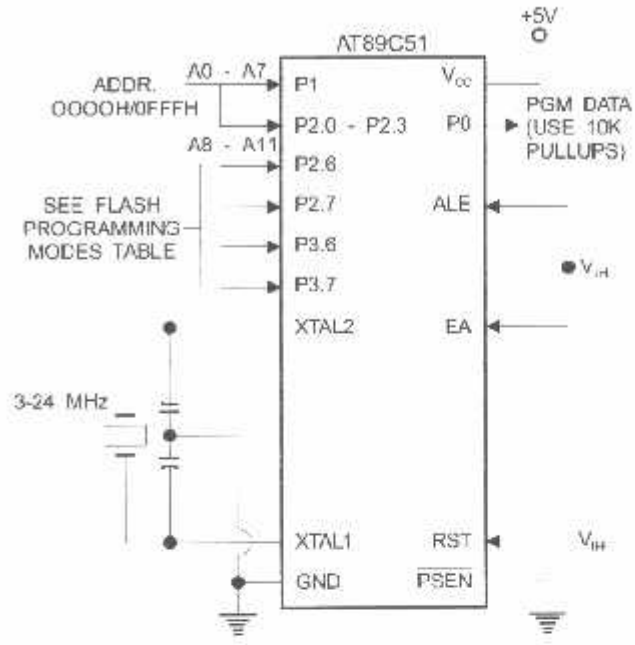


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

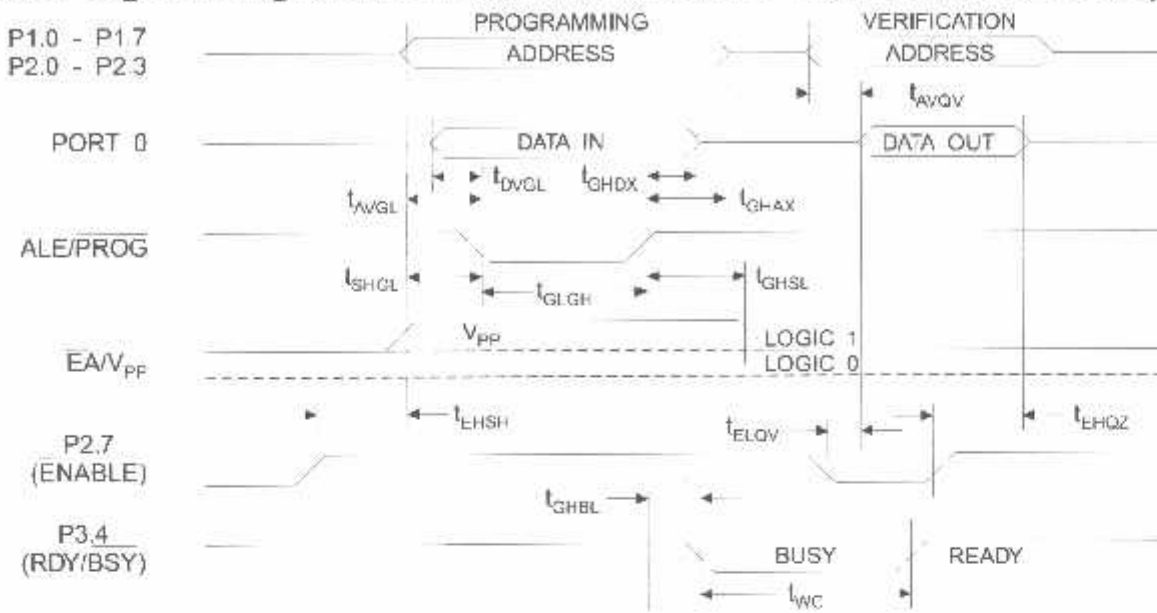
$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}, V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}^{(2)}$	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{SHAX}	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{ENRH}	P2.7 (ENABLE) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
$t_{GHSL}^{(1)}$	V_{PP} Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t_{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	μs
t_{AVOV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELOV}	ENABLE Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EMQZ}	Data Float After ENABLE	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{PSEN}}$ Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

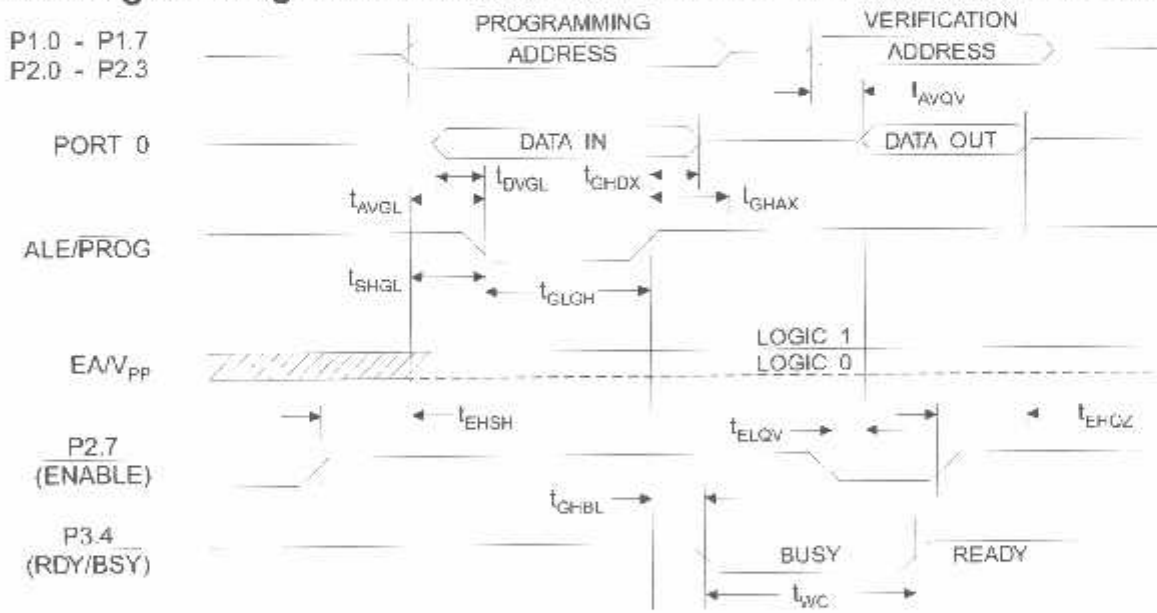
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.



Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode ($V_{PP} = 12V$)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode ($V_{PP} = 5V$)



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
DC 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.

DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$ (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low Voltage (\overline{EA})		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6\text{ mA}$		0.45	V
V_{OL2}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2\text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60\ \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25\ \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10\ \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	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
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current ⁽²⁾ (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{I1}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	$\text{k}\Omega$
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	μF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	μA
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	μA

Notes: 1. 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_{OI} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.





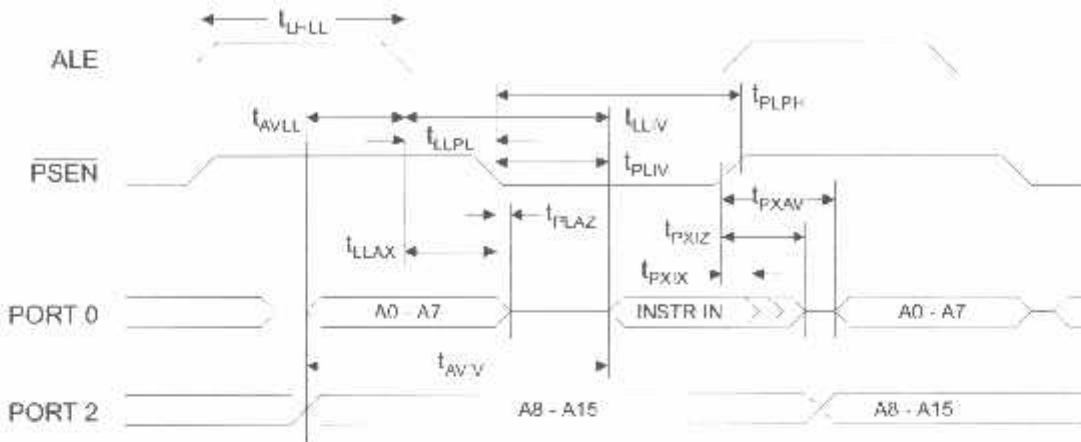
AC Characteristics

Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

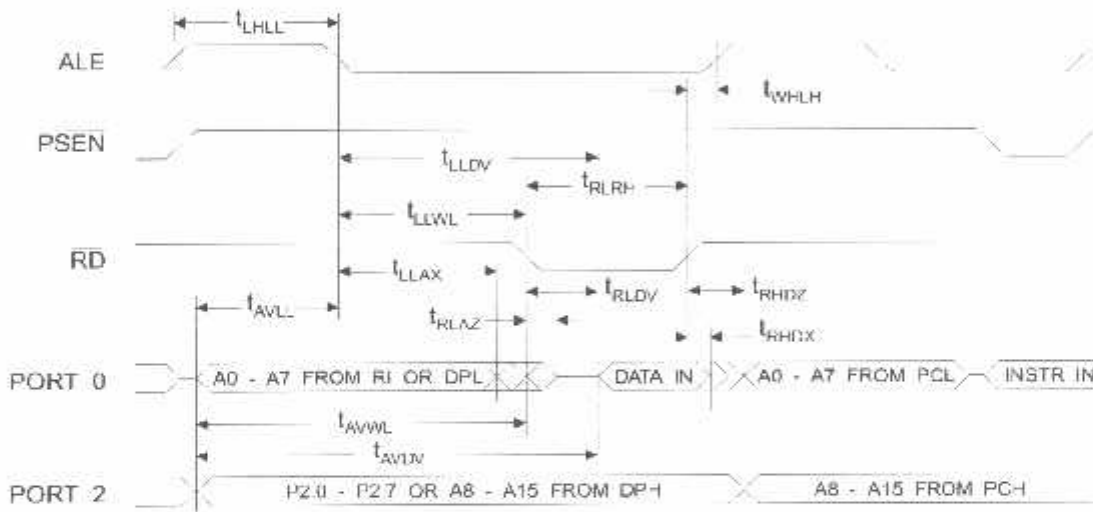
External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to PSEN Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{PLPH}	PSEN Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-20$		ns
t_{PLIV}	PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After PSEN	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After PSEN		59		$t_{CLCL}-10$	ns
t_{PXAV}	PSEN to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-55$	ns
t_{PLAZ}	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	RD Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{WLWH}	WR Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{RLDV}	RD Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After RD	0		0		ns
t_{RHDX}	Data Float After RD		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to RD or WR Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to RD or WR Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to WR Transition	23		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to WR High	433		$7t_{CLCL}-120$		ns
t_{WBOX}	Data Hold After WR	33		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{RLAZ}	RD Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	RD or WR High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-20$	$t_{CLCL}+25$	ns

External Program Memory Read Cycle



External Data Memory Read Cycle

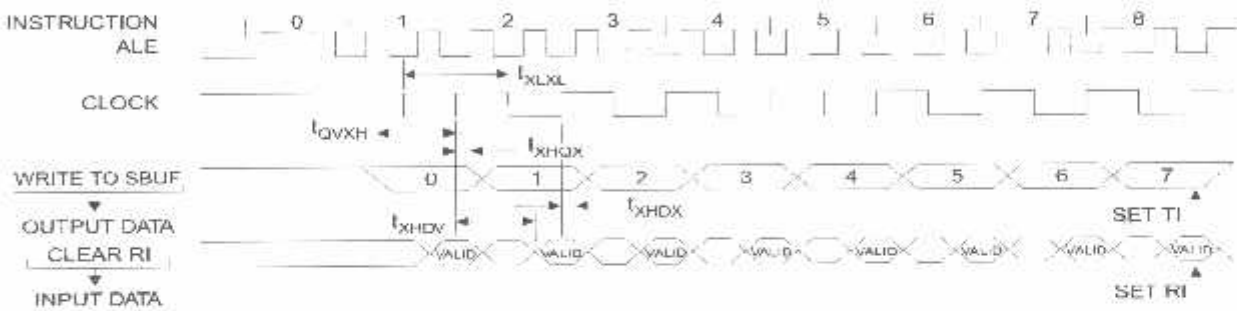


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

$V_{CC} = 5.0\text{ V} \pm 20\%$; Load Capacitance = 80 pF)

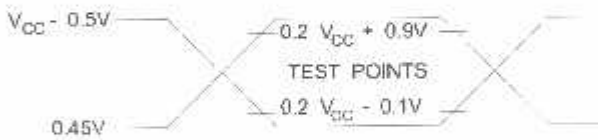
Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		μs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
t_{XHGX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-117$		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHGV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms



AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾

Float Waveforms⁽¹⁾



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at $V_{CC} - 0.5\text{V}$ 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.

Note: 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 100 mV change from the loaded V_{DH}/V_{OL} level occurs.



Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-12JC	44J	
		AT89C51-12PC	40P6	
		AT89C51-12QC	44Q	
		AT89C51-12AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-12JI	44J	
		AT89C51-12PI	40P6	
		AT89C51-12QI	44Q	
		AT89C51-12AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C51-12JA	44J	
		AT89C51-12PA	40P6	
		AT89C51-12QA	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-16JC	44J	
		AT89C51-16PC	40P6	
		AT89C51-16QC	44Q	
		AT89C51-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-16JI	44J	
		AT89C51-16PI	40P6	
		AT89C51-16QI	44Q	
		AT89C51-16AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C51-16JA	44J	
		AT89C51-16PA	40P6	
		AT89C51-16QA	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-20JC	44J	
		AT89C51-20PC	40P6	
		AT89C51-20QC	44Q	
		AT89C51-20AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-20JI	44J	
		AT89C51-20PI	40P6	
		AT89C51-20QI	44Q	

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	5V ± 20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-24JC	44J	
		AT89C51-24PC	44P6	
		AT89C51-24QC	44Q	
		AT89C51-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-24JI	44J	
		AT89C51-24PI	44P6	
		AT89C51-24QI	44Q	

Package Type	
44A	44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)



MAXIM**±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers****General Description**

The MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E line drivers/receivers are designed for RS-232 and V.28 communications in harsh environments. Each transmitter output and receiver input is protected against ±15kV electrostatic discharge (ESD) shocks, without latchup. The various combinations of features are outlined in the *Selection Guide*. The drivers and receivers for all ten devices meet all EIA/TIA-232E and CCITT V.28 specifications at data rates up to 120kbps when loaded in accordance with the EIA/TIA-232E specification.

The MAX211E/MAX213E/MAX241E are available in 28-pin SO packages, as well as a 28-pin SSOP that uses 60% less board space. The MAX202E/MAX232E come in 16-pin narrow SO, wide SO, and DIP packages. The MAX203E comes in a 20-pin DIP/SO package and needs no external charge-pump capacitors. The MAX205E comes in a 24-pin wide DIP package, and a 50-pin minitel extra charge-pump capacitors. The MAX206E/MAX207E/MAX208E come in 24-pin SO, SSOP, and narrow DIP packages. The MAX232E/MAX241E operate with four 1µF capacitors, while the MAX202E/MAX203E/MAX207E/MAX208E/MAX211E/MAX213E operate with four 0.1µF capacitors, further reducing cost and board space.

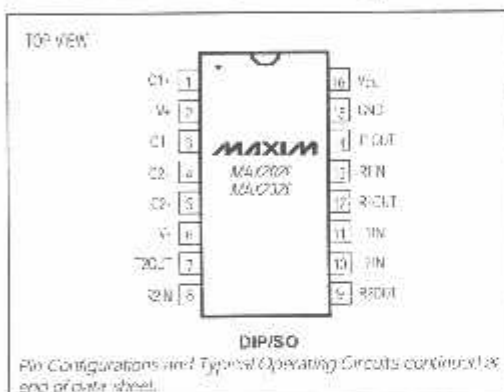
Applications

Network, Subnotebook, and Personal Computers
Battery-Powered Equipment
Land-Head Equipment

Ordering information appears at end of data sheet.

Features

- ♦ ESD Protection for RS-232 I/O Pins:
 - ±15kV—Human Body Model
 - ±8kV—IEC1000-4-2, Contact Discharge
 - ±15kV—IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge
- ♦ Latchup Free (unlike bipolar equivalents)
- ♦ Guaranteed 120kbps Data Rate—LapLink™ Compatible
- ♦ Guaranteed 3V/µs Min Slow Rate
- ♦ Operate from a Single +5V Power Supply

Pin Configurations**Selection Guide**

PART	No. of RS-232 DRIVERS	No. of RS-232 RECEIVERS	RECEIVERS ACTIVE IN SHUTDOWN	No. of EXTERNAL CAPACITORS	LOW-POWER SHUTDOWN	TTL THREE-STATE
MAX202E	2	2	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX203E	2	2	0	None	No	No
MAX205E	5	5	0	None	Yes	Yes
MAX206E	4	3	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX207E	5	3	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX208E	4	4	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX211E	4	5	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX213E	4	5	2	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX232E	2	2	0	4 (1µF)	No	No
MAX241E	4	5	0	4 (1µF)	Yes	Yes

LapLink is a registered trademark of Traveling Software, Inc.

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{CC}	0.3V to +6V
V ₊	V _{CC} - 0.3V to +4V
V ₋	-3.5V to -0.3V
Input Voltages	
T ₁ IN	0.3V to (V ₊ - 0.3V)
R ₁ IN	1.50V
Output Voltages	
T ₂ OUT	(V ₊ - 0.3V) to (V ₊ - 0.3V)
R ₂ OUT	-0.3V to (V _{CC} - 0.3V)
Short-Circuit Duration, T _{SDUT}	
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
16-Pin Plastic DIP (derate 1.053mW/°C above +70°C)	842mW
16-Pin Narrow SO (derate 9.70mW/°C above +70°C)	608mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	767mW
20-Pin Plastic DIP (derate 1.1mW/°C above +70°C)	889mW

20-Pin SO (derate 1.000mW/°C above +70°C)	800mW
24-Pin Narrow Plastic DIP (derate 1.55mW/°C above +70°C)	574mW
24-Pin Wide Plastic DIP (derate 14.29mW/°C above +70°C)	1.14W
24-Pin SO (derate 1.26mW/°C above +70°C)	941mW
24-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	640mW
28-Pin SO (derate 12.30mW/°C above +70°C)	1W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C)	752mW
Operating Temperature Range	
MAX202E	0°C to +70°C
MAX202E	0°C to +85°C
Storage Temperature Range	
each Temperature (withstanding 10sec)	-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 is the operational section of the specification is not implied. Exposure to absolute maximum conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V_{CC} = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C₁-C₄ = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C₁-C₄ = 1µF for MAX232E/241E; I_A = 1µA to I_{MAX} unless otherwise noted. Typical values are at I_A = -25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
DC CHARACTERISTICS						
V _{CC} Supply Current	I _{CC}	No. loads, T _A = +25°C	MAX202E/203E	5	15	mA
			MAX205E-208E	1	20	
			MAX211E/213E	14	20	
			MAX232E	5	15	
			MAX241E	7	15	
Shutdown Supply Current	I _{SD}	T _A = +25°C, T _{glitch}	MAX205E/206E	1	10	µA
			MAX211E/213E	1	10	
			MAX213E	15	50	
LOGIC						
Input Pull-up Current		T ₁ IN = 0V (MAX205E-208E/211E/213E/241E)		15	200	µA
Input Leakage Current		T ₁ IN = 0V to V _{CC} (MAX202E/203E/232E)			±10	µA
Input Threshold, Low	V _{IL}	T ₁ IN; EN, SHDN (MAX213E) or EN, SHDN (MAX205E/208E/211E/241E)			0.8	V
Input Threshold, High	V _{IH}	T ₁ IN	2.0			V
		EN, SHDN (MAX213E) or EN, SHDN (MAX205E-208E/211E/241E)	2.4			V
Output Voltage, Low	V _{OL}	R _{LOAD} = I _{OUT} = 5.2mA (MAX202E/205E/232E) or I _{OUT} = 1.8mA (MAX205E/208E/211E/213E/241E)			0.4	V
Output Voltage, High	V _{OH}	R _{LOAD} = I _{OUT} = -1.0mA	4.5	V _{CC} - 0.4		V
Output Leakage Current		EN = V _{CC} ; FN = 0V, 0V ≤ I _{OUT} ≤ V _{CC} ; MAX205E-208E/211E/213E/241E, outputs disabled		±0.05	±1.0	µA

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{CC} = +5V \pm 10\%$ for MAX202F/206F/208E/211E/213E/232F/241E; $V_{CC} = +5V \pm 5\%$ for MAX203F/205E/207E; $C_1, C_2 = 0.1\mu F$ for MAX202E/206E/208E/232F/23E, $C_1-C_4 = 1\mu F$ for MAX232E/241E. $I_A = 1mA$ to T_{MAX} unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
EIA/TIA-232E RECEIVER INPUTS							
Input Voltage Range			30		30	V	
Input Threshold (Low)		$T_A = +25^\circ C$ $V_{CC} = 5V$	All parts, normal operation	0.8	1.2	V	
			MAX205E, S1 IDN = 0V, FN = V_{CC}	0.6	1.5		
Input Threshold (High)		$T_A = +25^\circ C$ $V_{CC} = 5V$	All parts, normal operation		1.7	2.4	V
			MAX213E (R4, R5), SHDN = 0V, FN = V_{CC}		1.5	2.1	
Input Hysteresis		$V_{CC} = 5V$, no hysteresis in shutdown	0.2	0.5	1.0	V	
Input Resistance		$T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$	3	5	7	k Ω	
EIA/TIA-232E TRANSMITTER OUTPUTS							
Output Voltage Swing		All drivers loaded with 3k Ω to ground (Note 1)	1.5	1.9		V	
Output Resistance		$V_{CC} = V_A = V_B = 0V$, $V_{OUT} = +2V$	300			Ω	
Output Short-Circuit Current				+10	+50	mA	
TIMING CHARACTERISTICS							
Maximum Data Rate		$R_L = 3k\Omega$ to 7k Ω , $C_L = 50pF$ to 1000pF one transmitter switching	120			kbps	
Receiver Propagation Delay	TRD-R, TRH-R	$C_L = 150pF$	All parts, normal operation	0.5	10	ns	
			MAX213F (R4, R5), SHDN = 0V, FN = V_{CC}	4	40		
Receiver Output Enable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2		500		ns	
Receiver Output Disable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2		200		ns	
Transmitter Propagation Delay	TRD-T, TRH-T	$R_L = 3k\Omega$, $C_L = 2500pF$, all transmitters loaded		2		μs	
Transceiver Region Slew Rate		$T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$, $R_L = 3k\Omega$ to 7k Ω , $C_L = 50pF$ to 1000pF, measured from 3V to +3V or -3V to -3V, Figure 3	3	6	30	Vps	
ESD PERFORMANCE: TRANSMITTER OUTPUTS, RECEIVER INPUTS							
ESD Protection Voltage		Human Body Model		± 5		kV	
		IEC1000-4-2 Contact Discharge		± 8			
		IEC1000-4-2 Air-Gap Discharge		± 15			

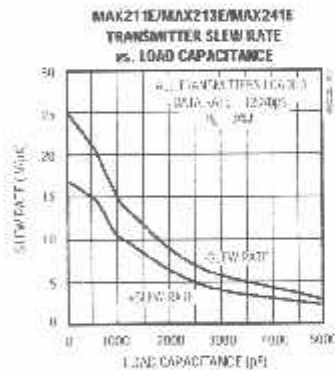
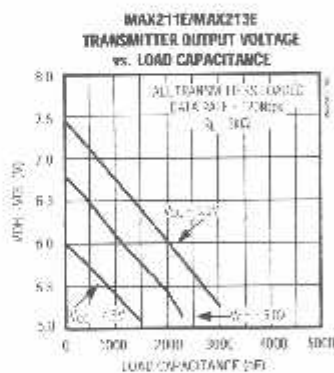
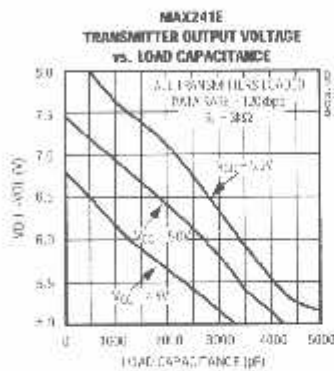
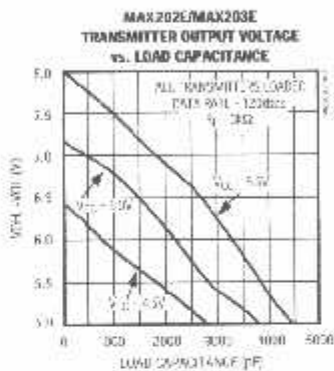
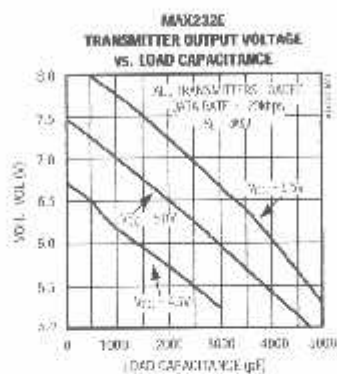
Note 1: MAX211FE tested with $V_{CC} = +5V \pm 5\%$

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Typical Operating Characteristics

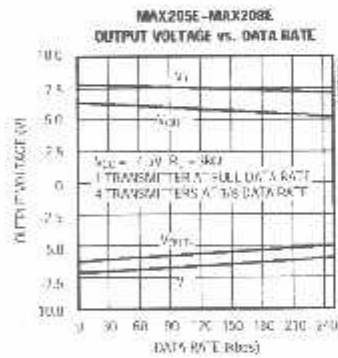
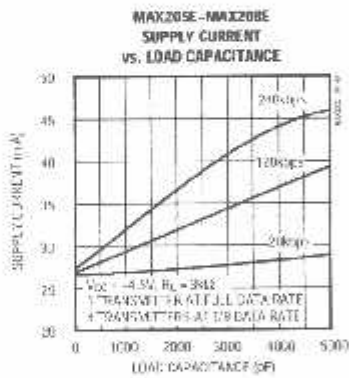
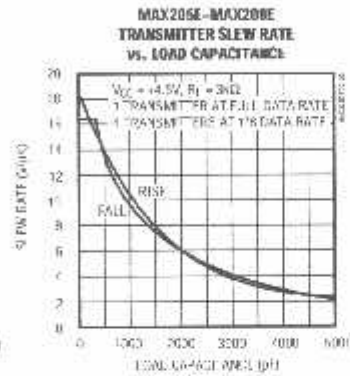
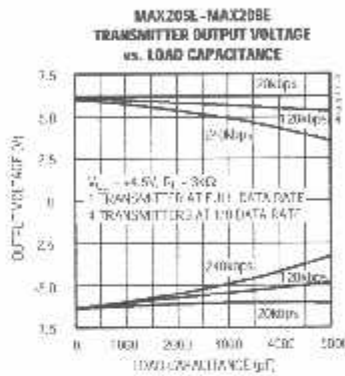
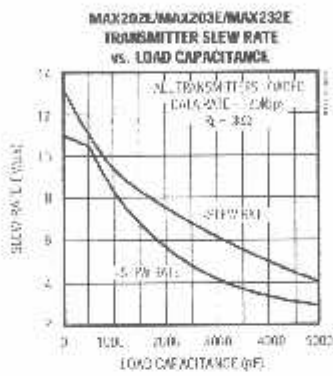
(Typical Operating Circuit, $V_{CC} = +5V$, $I_A = +25mA$, $T_{amb} = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Typical Operating Characteristics (continued)

(Typical Operating Conditions, $V_{CC} = +5V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



MAX2020E-MAX2130E, MAX2320E/MAX2410E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Descriptions

MAX202E/MAX232E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP/SO	LCC		
1, 3	2, 4	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor.
2	5	V+	+2V _{CC} voltage generated by the charge pump.
4, 5	6, 7	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor.
6	8	V-	-2V _{CC} voltage generated by the charge pump.
7, 14	9, 18	O ₁ , O ₂	RS-232 Driver Outputs.
8, 13	10, 17	R ₁ IN	RS-232 Receiver Inputs.
9, 12	12, 15	R ₂ OUT	RS-232 Receiver Outputs.
10, 11	13, 14	T ₁ IN	RS-232 Driver Inputs.
5	19	GND	Ground.
6	20	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage Input.
—	1, 6, 11, 16	N.C.	No Connect—not normally connected.

MAX203E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP	SO		
1, 2	1, 2	T ₁ IN	RS-232 Driver Inputs.
3, 20	3, 20	R ₁ OUT	RS-232 Receiver Outputs.
4, 19	4, 19	T ₂ IN	RS-232 Receiver Inputs.
5, 18	5, 18	R ₂ OUT	RS-232 Receiver Outputs.
6, 9	6, 9	GND	Ground.
7	7	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage Input.
8	13	C1+	Make no connection to this pin.
10, 16	11, 15	C2-	Connect pins together.
12, 17	10, 17	V-	-2V _{CC} voltage generated by the charge pump. Connect pins together.
15	14	C1-	Make no connection to this pin.
14	8	V+	+2V _{CC} voltage generated by the charge pump.
11, 15	12, 15	C2+	Connect pins together.

MAX205E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 4, 19	T ₁ OUT	RS-232 Driver Outputs.
5, 10, 15, 18, 24	R ₁ IN	RS-232 Receiver Inputs.
6, 9, 14, 17, 23	R ₂ OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
7, 8, 16, 18, 22	T ₂ IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
1	GND	Ground.
12	V _{CC}	+4.75V to +5.25V Supply Voltage.
20	EN	Receiver Enable—active low.
21	SHDN	Shutdown Control—active high.

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Descriptions (continued)

MAX206E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 20, 24	T _{OUT}	RS-232 Driver Outputs
4, 16, 23	R _{IN}	RS-232 Receiver Inputs
5, 7, 22	R _{OUT}	TTT CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 18, 19	T _{IN}	TTT CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
8	GND	Ground
9	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V _{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V _{CC} generated by the charge pump
20	EN	Receiver Enable—active low
21	SHDN	Shutdown Control—active high

MAX207E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 20, 24	T _{OUT}	RS-232 Driver Outputs
4, 16, 23	R _{IN}	RS-232 Receiver Inputs
5, 7, 22	R _{OUT}	TTT CMOS Receiver Output. All receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 18, 19, 23	T _{IN}	TTT CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
8	GND	Ground
9	V _{CC}	+4.75V to +5.25V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V _{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V _{CC} generated by the charge pump

MAX208E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 20, 24	T _{OUT}	RS-232 Driver Outputs
3, 7, 18, 23	R _{IN}	RS-232 Receiver Inputs
4, 6, 17, 22	R _{OUT}	TTT CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
5, 18, 19, 21	T _{IN}	TTT CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
8	GND	Ground
9	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V _{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V _{CC} generated by the charge pump

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Descriptions (continued)

MAX211E/MAX213E/MAX241E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 28	T _{OUT}	RS-232 Driver Outputs
4, 6, 19, 23, 27	R _{IN}	RS-232 Receiver Inputs
5, 8, 18, 22, 26	R _{OUT}	TTL/CMOS Receiver Outputs. For the MAX213E, receivers R4 and R5 are active in shutdown mode when $\overline{EN} = 1$. For the MAX211E and MAX241E, all receivers are inactive in shutdown.
3, 7, 20, 21	EN	TTL/CMOS Driver Inputs. Only the MAX211E, MAX213E, and MAX241E have internal pull-ups to V _{CC} .
10	GND	Ground
11	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
12, 14	C1+, C2+	Terminals for positive charge-pump capacitors
9	V+	+2V _{CC} voltage generated by the charge pump
15, 16	C2-, C1-	Terminals for negative charge-pump capacitors
17	V-	-2V _{CC} voltage generated by the charge pump
24	\overline{EN}	Receiver Enable—active low (MAX211E, MAX241E)
	EN	Receiver Enable—active high (MAX213E)
25	SHDN	Shutdown Control—active high (MAX211E, MAX241E)
	\overline{SHDN}	Shutdown Control—active low (MAX213E)

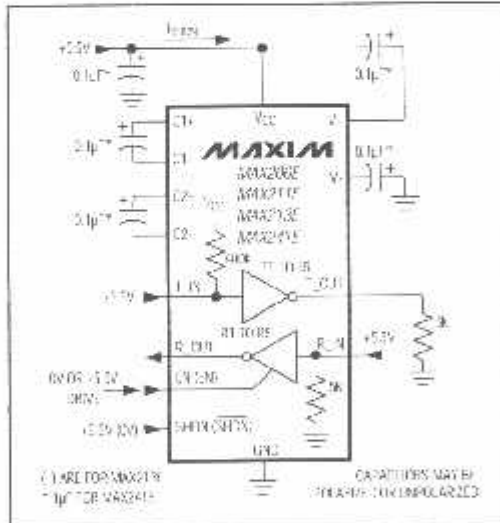


Figure 1. Shutdown-Current Test Circuit (MAX202E, MAX211E/MAX213E/MAX241E)

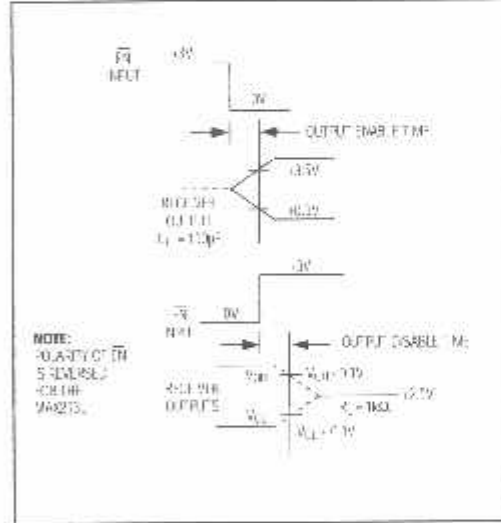


Figure 2. Receiver Output Profile and Misable Timing (MAX202E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E)

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

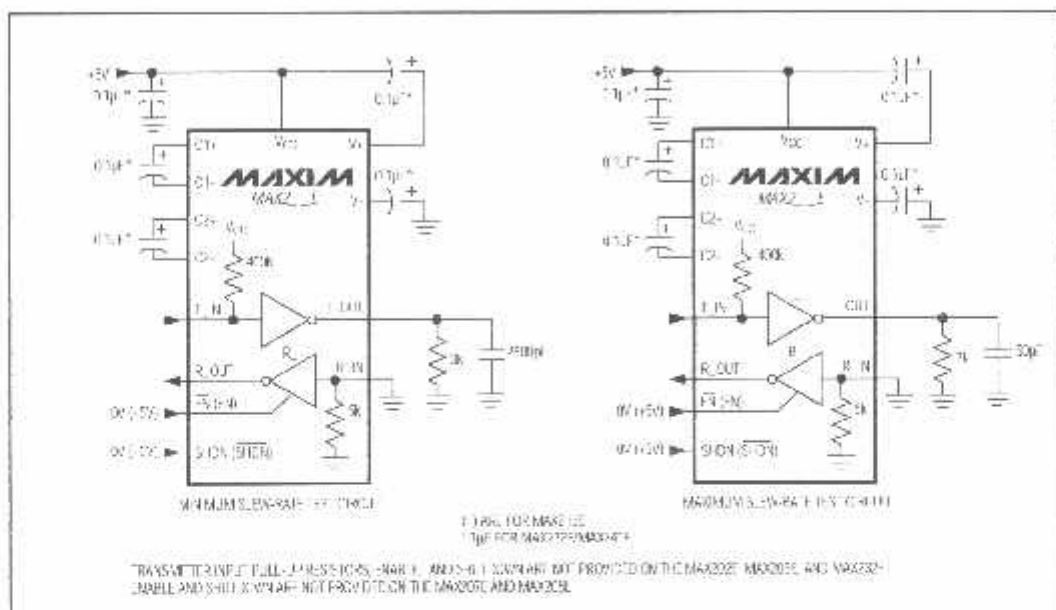


Figure 7. Transceiver Slow-Rate Circuit

Detailed Description

The MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E consist of three sections: charge-pump voltage converters, drivers (transmitters), and receivers. These L versions provide extra protection against ESD; they survive ±15kV discharges to the RS-232 inputs and outputs, tested using the Human Body Model. When tested according to IEC1000-4-2, they survive ±8kV contact discharges and ±15kV air-gap discharges. The rugged L versions are intended for use in harsh environments or applications where the RS-232 connection is frequently changed (such as notebook computers). The standard (non-L) MAX202E, MAX203E, MAX205E-MAX208E, MAX211E, MAX213E, MAX232E, and MAX241E are recommended for applications where cost is critical.

+5V to ±10V Dual Charge-Pump Voltage Converter

The 4.5V to ±10V conversion is performed by dual charge-pump voltage converters (Figure 4). The first charge-pump converter uses capacitor C1 to couple the +5V into +10V, storing the +10V on the output filter capacitor, C3. The second uses C2 to invert the +10V

into -10V, storing the -10V on the V- output filter capacitor, C4.

In shutdown mode, V+ is internally connected to VDD by a 1kΩ pull-down resistor, and V- is internally connected to ground by a 1kΩ pull-up resistor.

RS-232 Drivers

With VDD = +5V, the typical driver output voltage swing is ±10V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver. The output swing is guaranteed to meet LIA/TIA-232E and V.28 specifications that call for ±9V minimum output levels under worst-case conditions. These include a 3kΩ load, minimum VDD, and maximum operating temperature. The open-circuit output voltage swings from (V+ - 0.6V) to V-.

Input thresholds are CMOS/TTL compatible. The unused drivers' inputs on the MAX205E, MAX208E, MAX211E, MAX213E, and MAX241E can be left unconnected because 40kΩ pull-up resistors to VDD are included on-chip. Since all drivers insert the pull-up resistors, the unused drivers' outputs low. The MAX202E, MAX203E, and MAX232E do not have pull-up resistors on the transmitter inputs.

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

When in low-power shutdown mode, the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E driver outputs are turned off and draw only leakage currents—even if they are back-driven with voltages between 0V and 12V. Below 0.5V in shutdown, the transmitter output is diode-clamped to ground with a 1kΩ series impedance.

RS-232 Receivers

The receivers convert the RS-232 signals to CMOS logic output levels. The guaranteed 0.8V and 2.4V receiver input thresholds are significantly tighter than the 1.5V thresholds required by the EIA/TIA-232E specification. This allows the receiver inputs to respond to TTL/CMOS logic levels, as well as RS-232 levels.

The guaranteed 0.8V input low threshold results that receivers shorted to ground have a logic 1 output. The 5kΩ input resistance to ground ensures that a receiver with its input left open will also have a logic 1 output.

Receiver inputs have approximately 0.5V hysteresis. This provides clear output transitions—even with slow rise/fall-time signals with moderate amounts of noise and ringing.

In shutdown, the MAX213E's R4 and R5 receivers have no hysteresis.

Shutdown and Enable Control (MAX205E/MAX206E/MAX211E/ MAX213E/MAX241E)

In shutdown mode, the charge pumps are turned off, V_{-} is pulled down to V_{DD} , V_{+} is pulled to ground, and the transmitter outputs are disabled. This reduces supply current typically to 1μA (15μA for the MAX213E). The time required to exit shutdown is under 1ms, as shown in Figure 5.

Receivers

All MAX213E receivers, except R4 and R5, are put into a high impedance state in shutdown mode (see Tables 1a and 1b). The MAX213E's R4 and R5 receivers do function in shutdown mode. These two awake-in-shutdown receivers can monitor external activity while maintaining minimal power consumption.

The enable control is used to put the receiver outputs into a high impedance state, to allow wire-OR connection of two EIA/TIA-232L ports (or ports of different types) at the UART. It has no effect on the RS-232 drivers or the charge pumps.

Note: The enable control pin is active low for the MAX211E/MAX241E (EN), but is active high for the MAX213E (EN). The shutdown control pin is active high for the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX241E (SHDN), but is active low for the MAX213E (SITDN).

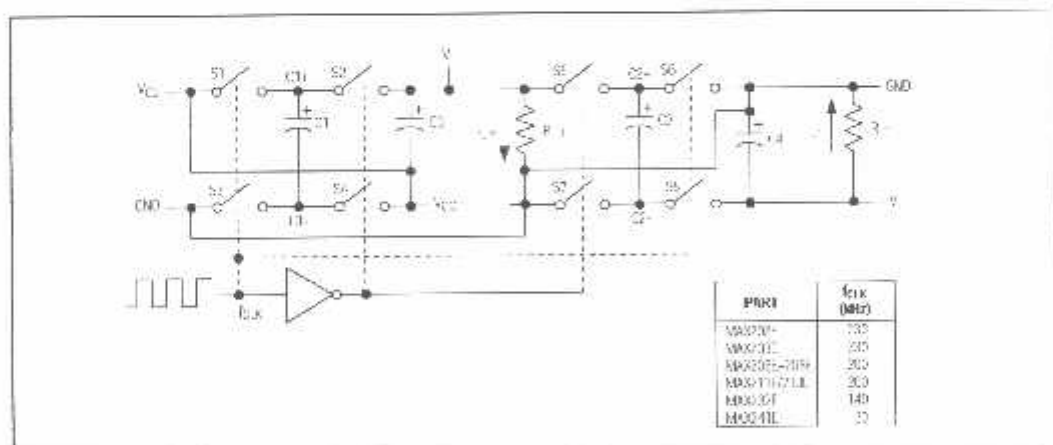


Figure 4. Charge-Pump Diagram

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

The MAX213E's receiver propagation delay is typically 0.5µs in normal operation; in shutdown mode, propagation delay increases to 1µs for both rising and falling transitions. The MAX213E's receiver inputs have approximately 0.5V hysteresis, except in shutdown when receivers RA and RB have no hysteresis.

When entering shutdown with receivers active, RA and RB are not valid until 80µs after SHDN is driven low. When coming out of shutdown, all receiver outputs are invalid until the charge pumps reach nominal voltage levels (less than 2ms when using 0.1µF capacitors).

±15kV ESD Protection

As with all Maxim devices, ESD-protection structures are incorporated on all pins to protect against electrostatic discharges encountered during handling and assembly. The driver outputs and receiver inputs have extra protection against static electricity. Maxim's engineers developed state-of-the-art structures to protect these pins against ESD of ±15kV without damage. The ESD structures withstand high ESD in all states: normal operation, shutdown, and powered down. After an ESD event, Maxim's E versions keep working without hiccup, whereas competing RS-232 products can latch and must be powered down to remove latchup.

ESD protection can be tested in various ways; the transmitter outputs and receiver inputs of this product family are characterized for protection to the following limits:

- 1) ±15kV using the Human Body Model;
- 2) ±8kV using the contact-discharge method specified in IEC1000-4-2;
- 3) ±15kV using IEC1000-4-2's 80-gan method.

ESD Test Conditions

ESD performance depends on a variety of conditions. Contact Maxim for a reliability report that documents test set-up, test methodology, and test results.

Human Body Model

Figure 6a shows the Human Body Model, and Figure 6b shows the current waveform it generates when discharged into a low impedance. This model consists of a 100pF capacitor charged to the ESD voltage of interest, which is then discharged into the test device through a 1.5kΩ resistor.



Figure 6. MAX211E V_t and V_t when Calling Shutdown (60pF capacitors)

Table 1a. MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX241E Control Pin Configurations

SHDN	EN	OPERATION STATUS	Tx	Rx
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All High-Z
1	X	Shutdown	All High-Z	All High-Z

X = Don't Care

Table 1b. MAX213E Control Pin Configurations

SHDN	EN	OPERATION STATUS	Tx 1-4	Rx	
				1,3	4,5
0	0	Shutdown	All High-Z	High-Z	High-Z
0	1	Shutdown	All High-Z	High-Z	Active
1	0	Normal Operation	All Active	High-Z	High-Z
1	-	Normal Operation	All Active	Active	Active

*Active = active with reduced performance

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

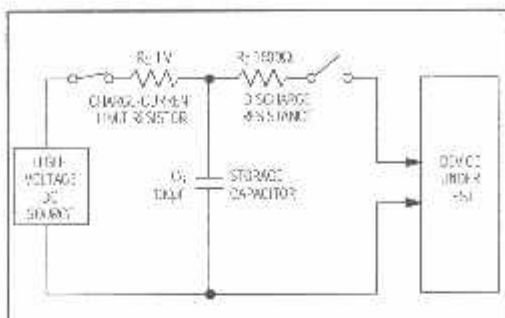


Figure 6a. Human Body ESD Test Model

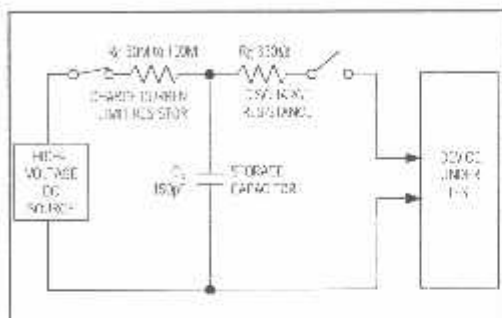


Figure 7a. IEC1000-4-2 ESD Test Model

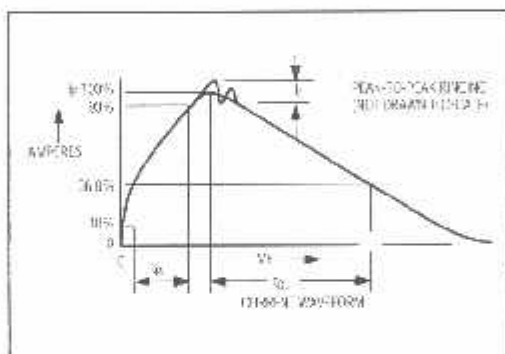


Figure 6c. Human Body Model Current Waveform

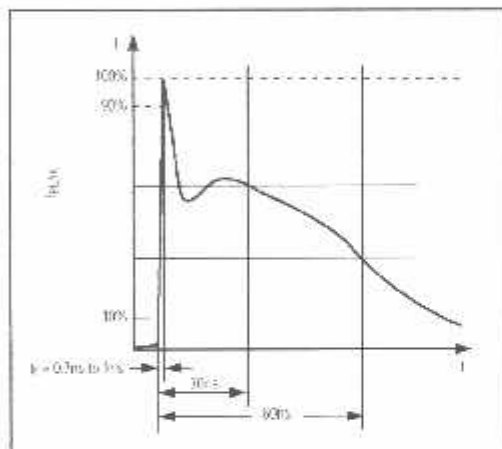


Figure 7c. IEC1000-4-2 ESD Geometric Current Waveform

IEC1000-4-2
The IEC1000-4-2 standard covers ESD testing and performance of finished equipment; it does not specifically refer to integrated circuits. The MAX202E/MAX203E-MAX213E, MAX232E/MAX241E help you design equipment that meets level 4 (the highest level) of IEC1000-4-2 without the need for additional ESD-protection components.

The major difference between tests done using the Human Body Model and IEC1000-4-2 is higher peak current in IEC1000-4-2, because series resistance is lower in the IEC1000-4-2 model. Hence, the ESD withstand voltage measured to IEC1000-4-2 is generally lower than that measured using the Human Body Model. Figure 7b shows the current waveform for the 8kV IEC1000-4-2 level-four ESD contact-discharge test.

The air-gap test involves approaching the device with a charged probe. The contact-discharge method connects the probe to the device before the probe is energized.

Machine Model

The Machine Model for ESD tests is a 1-pF, 200-pF storage capacitor and zero discharge resistance. Its objective is to emulate the stress caused by contact that occurs with handling and assembly during manufacturing. Of course, all chips require this protection during manufacturing, not just RS-232 inputs and outputs. Therefore, after PCB board assembly, the Machine Model is also relevant to I/O ports.

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Applications Information

Capacitor Selection

The capacitor type used for C1–C4 is not critical for proper operation. The MAX202L, MAX205–MAX208F, MAX211E, and MAX213E require 0.1µF capacitors, and the MAX232E and MAX241E require 1µF capacitors, although in all cases capacitors up to 10µF can be used without harm. Ceramic, aluminum-electrolytic, or tantalum capacitors are suggested for the 1µF capacitors, and ceramic dielectrics are suggested for the 0.1µF capacitors. When using the minimum recommended capacitor values, make sure the capacitance value does not degrade excessively as the operating temperature varies. If in doubt, use capacitors with a larger (e.g., 2x) nominal value. The capacitors' effective series resistance (ESR), which usually rises at low temperatures, influences the amount of ripple on V+ and V–.

Use larger capacitors (up to 10µF) to reduce the output impedance at V+ and V–. This can be useful when "stealing" power from V– or from V+. The MAX213E and MAX205L have internal charge-pump capacitors.

Bypass VDD to ground with at least 0.1µF. In applications sensitive to power-supply noise generated by the charge pumps, decouple VDD to ground with a

capacitor the same size as (or larger than) the charge-pump capacitors (C1–C4).

V+ and V– as Power Supplies

A small amount of power can be drawn from V+ and V–, although this will reduce both driver output swing and noise margins. Increasing the value of the charge-pump capacitors (up to 10µF) helps maintain performance when power is drawn from V+ or V–.

Driving Multiple Receivers

Each transmitter is designed to drive a single receiver. Transmitters can be paralleled to drive multiple receivers.

Driver Outputs when Exiting Shutdown

The driver outputs display no ringing or undesirable transients as they come out of shutdown.

High Data Rates

These transceivers maintain the RS-232 ±5.0V minimum driver output voltages at data rates of over 120kbps. For data rates above 120kbps, refer to the Transmitter Output Voltage vs. Load Capacitance graphs in the Typical Operating Characteristics. Communication at these high rates is easier if the capacitive loads on the transmitters are small (i.e., short cables are best).

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

Table 2. Summary of EIA/TIA-232E, V.28 Specifications

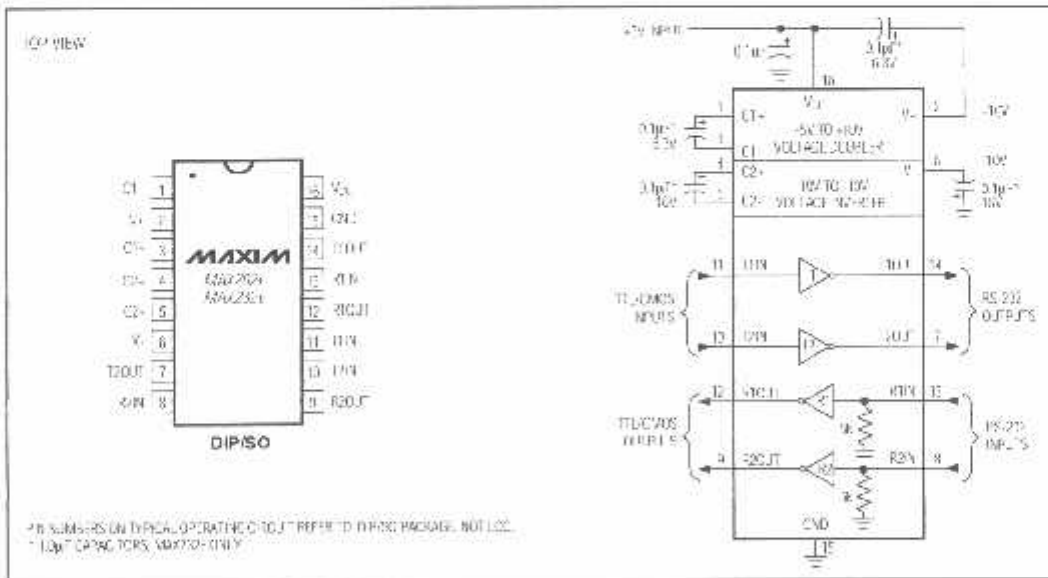
PARAMETER		CONDITIONS	EIA/TIA-232E, V.28 SPECIFICATIONS
Driver Output Voltage	0 Level	3kΩ to 7kΩ load	-5V to +15V
	1 Level	3kΩ to 7kΩ load	-5V to +15V
Driver Output Level, Max		No load	±25V
Data Rate		3kΩ ≤ R _L ≤ 7kΩ, C _L ≤ 2500pF	Up to 20kbps
Receiver Input Voltage	0 Level		-3V to +15V
	1 Level		-5V to +15V
Receiver Input Level			-25V
Instantaneous Slew Rate, Max		3kΩ ≤ R _L ≤ 7kΩ, C _L ≤ 2500pF	30V/µs
Driver Output Short-Circuit Current, Max			100mA
Transition Rate on Driver Output		V.28 EIA/TIA-232E	1ns or 3% of the period 4% of the period
Driver Output Resistance		-2V < V _{OUT} < +2V	500Ω

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Table 3. DB9 Cable Connections Commonly Used for EIA/TIAE-232E and V.24 Asynchronous Interfaces

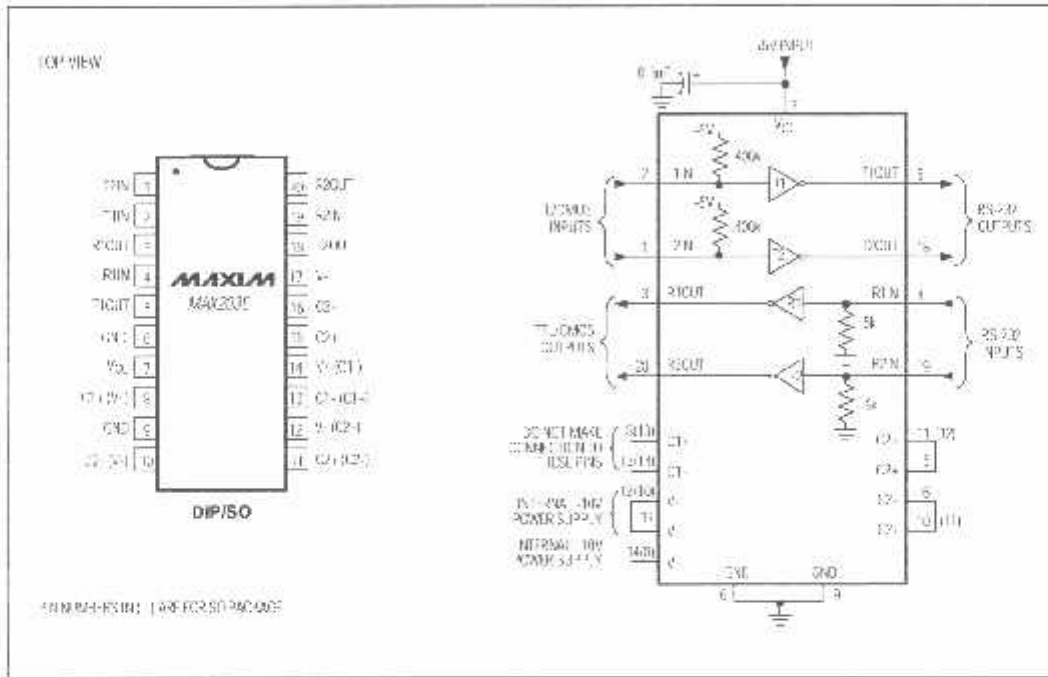
PIN	CONNECTION	
1	Received Line Signal Detector (sometimes called Carrier Detect, UCD)	Handshake from DCE
2	Receive Data (RD)	Data from DCE
3	Transmit Data (TD)	Data from DTE
4	Data Terminal Ready	Handshake from DTE
5	Signal Ground	Reference point for signals
6	Data Set Ready (DSR)	Handshake from DCE
7	Request to Send (RTS)	Handshake from DTE
8	Clear to Send (CTS)	Handshake from DCE
9	Ring Indicator	Handshake from DCE

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

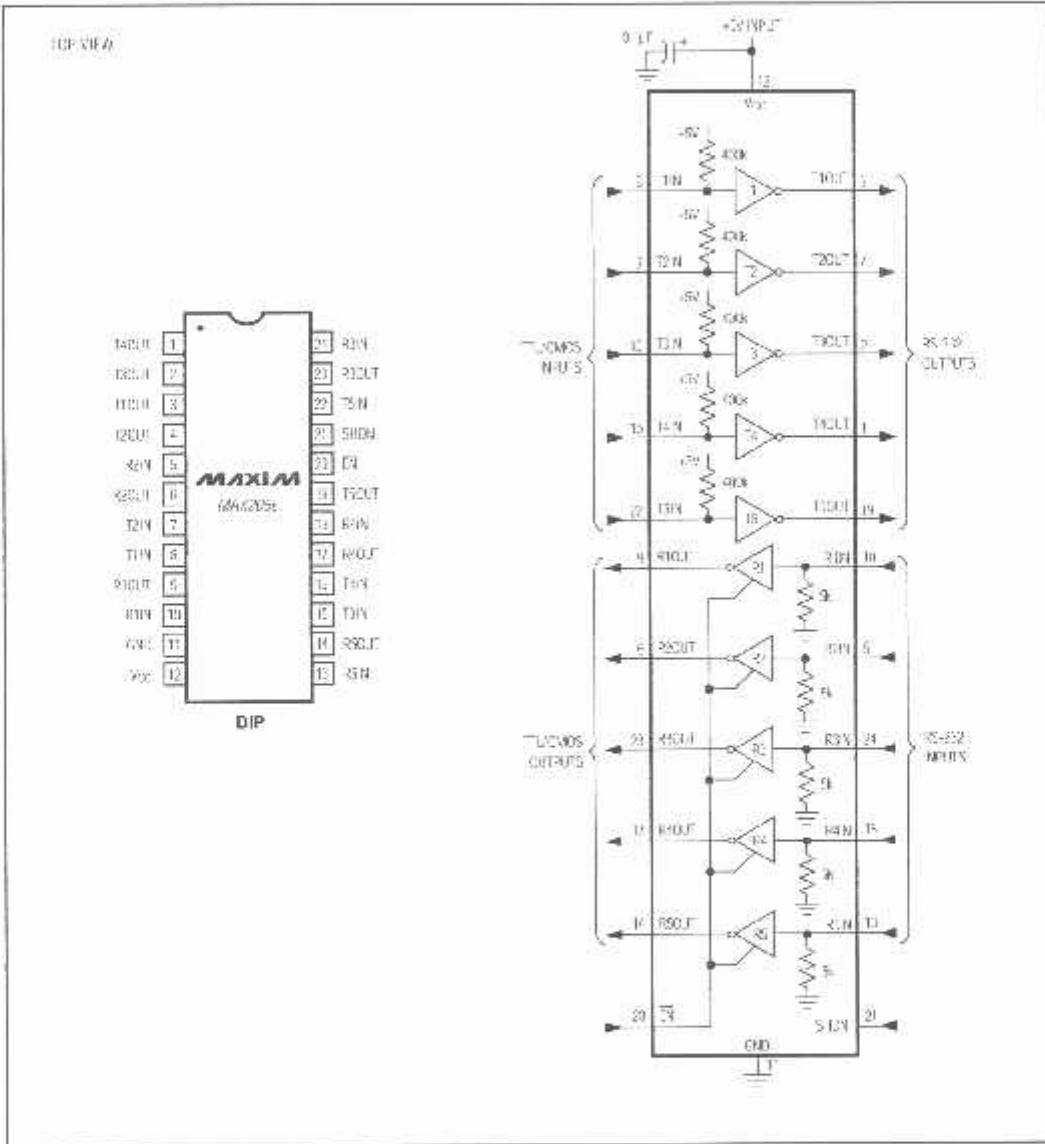


MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

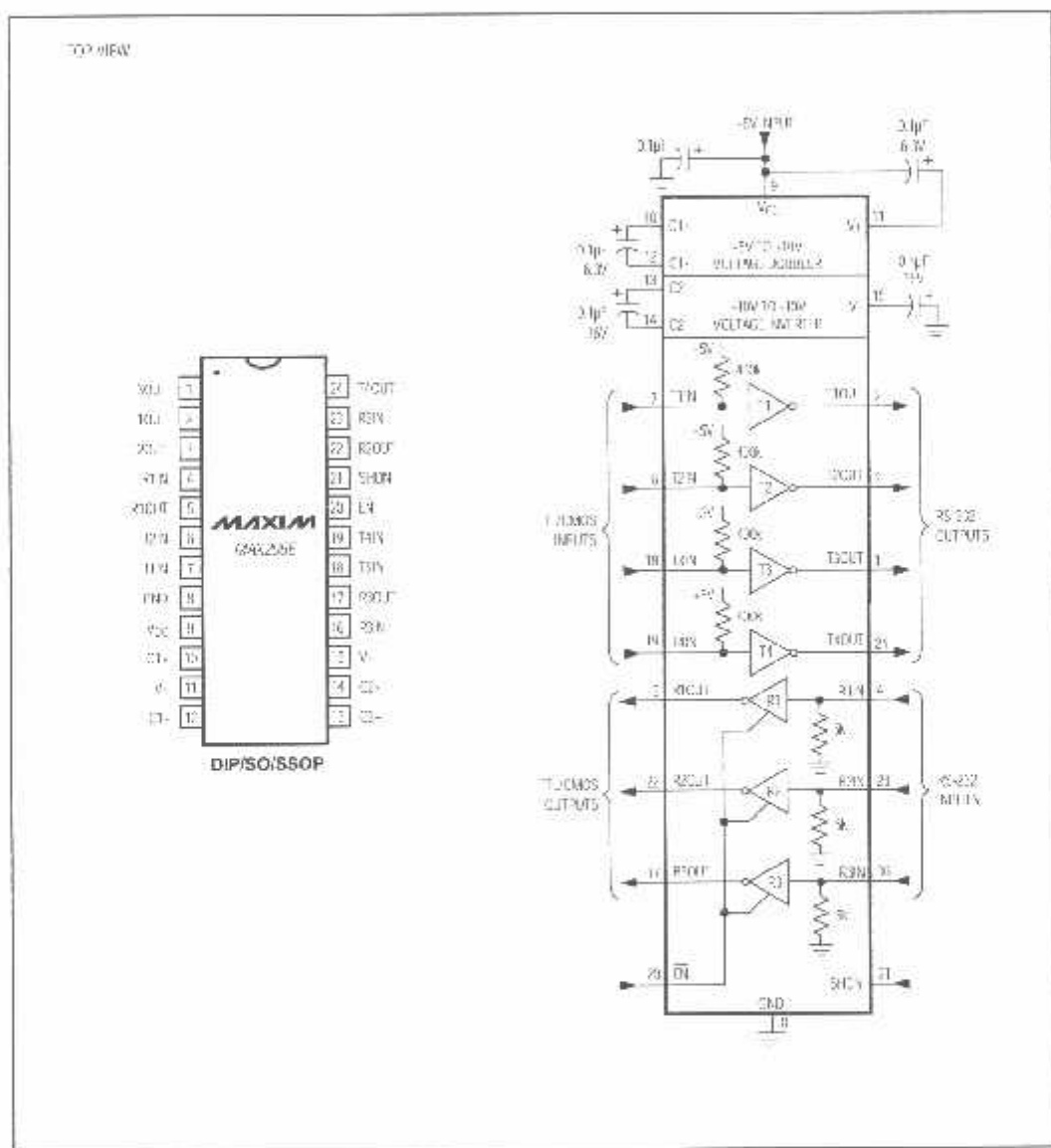
MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

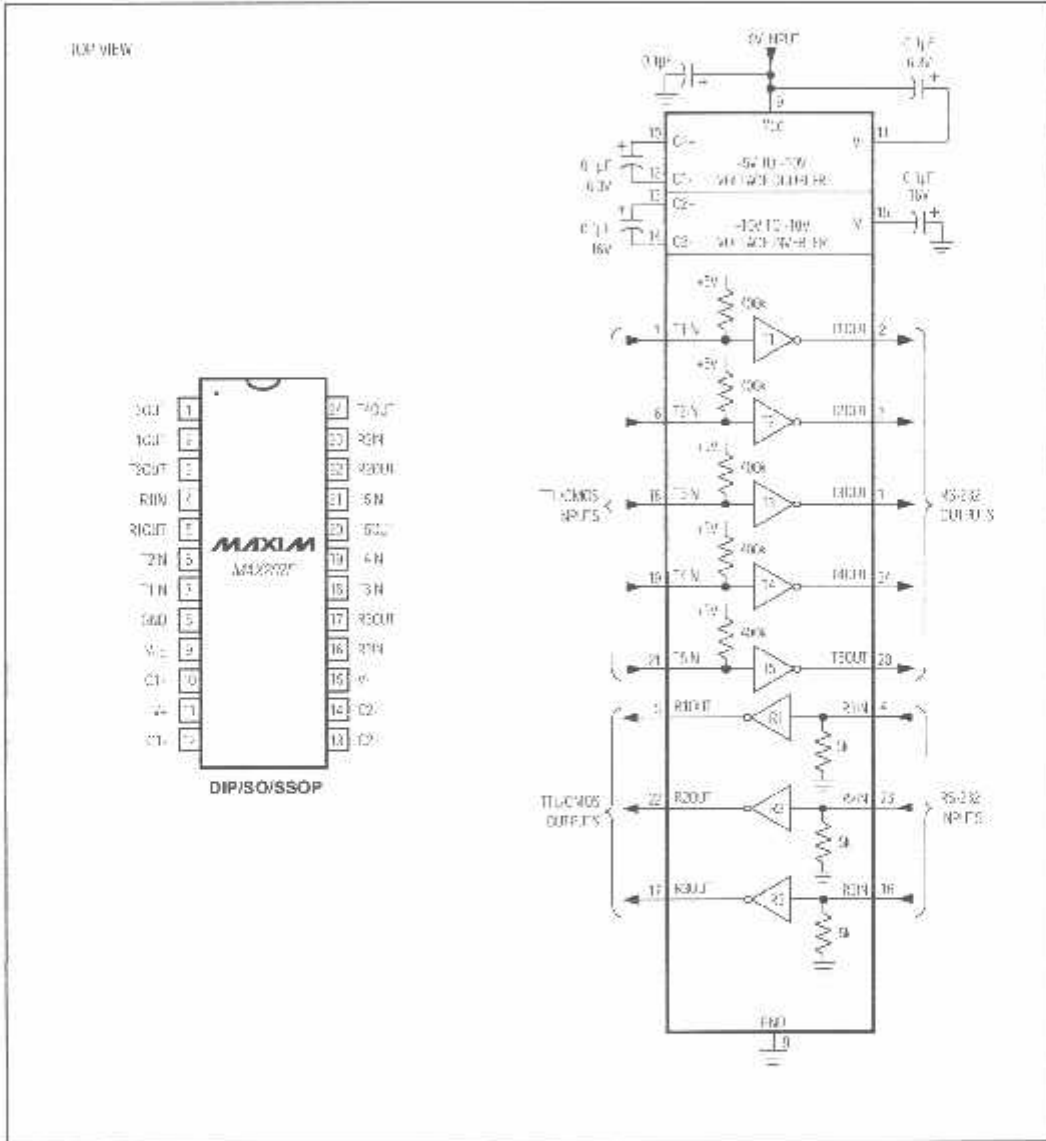


MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

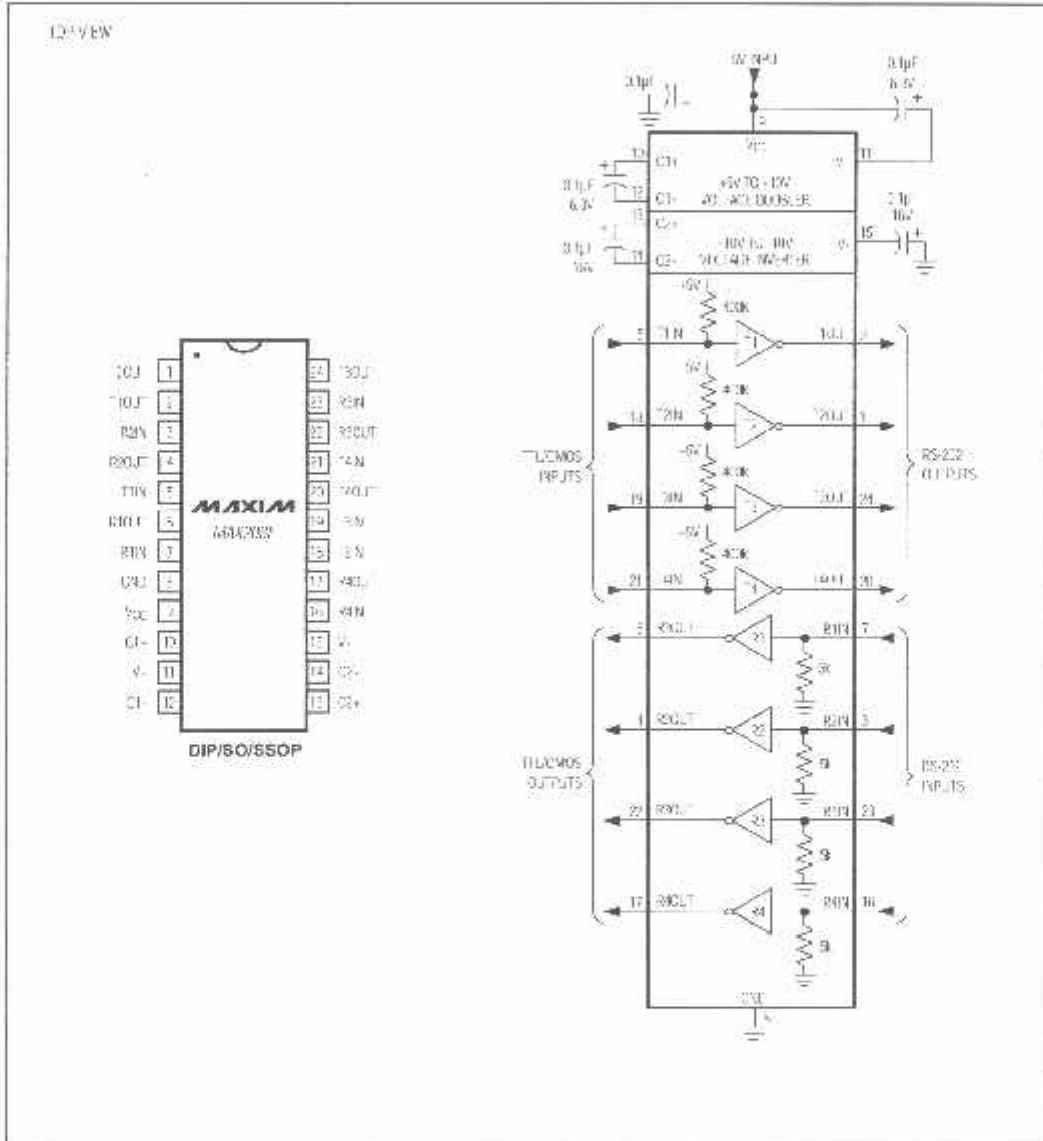
Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

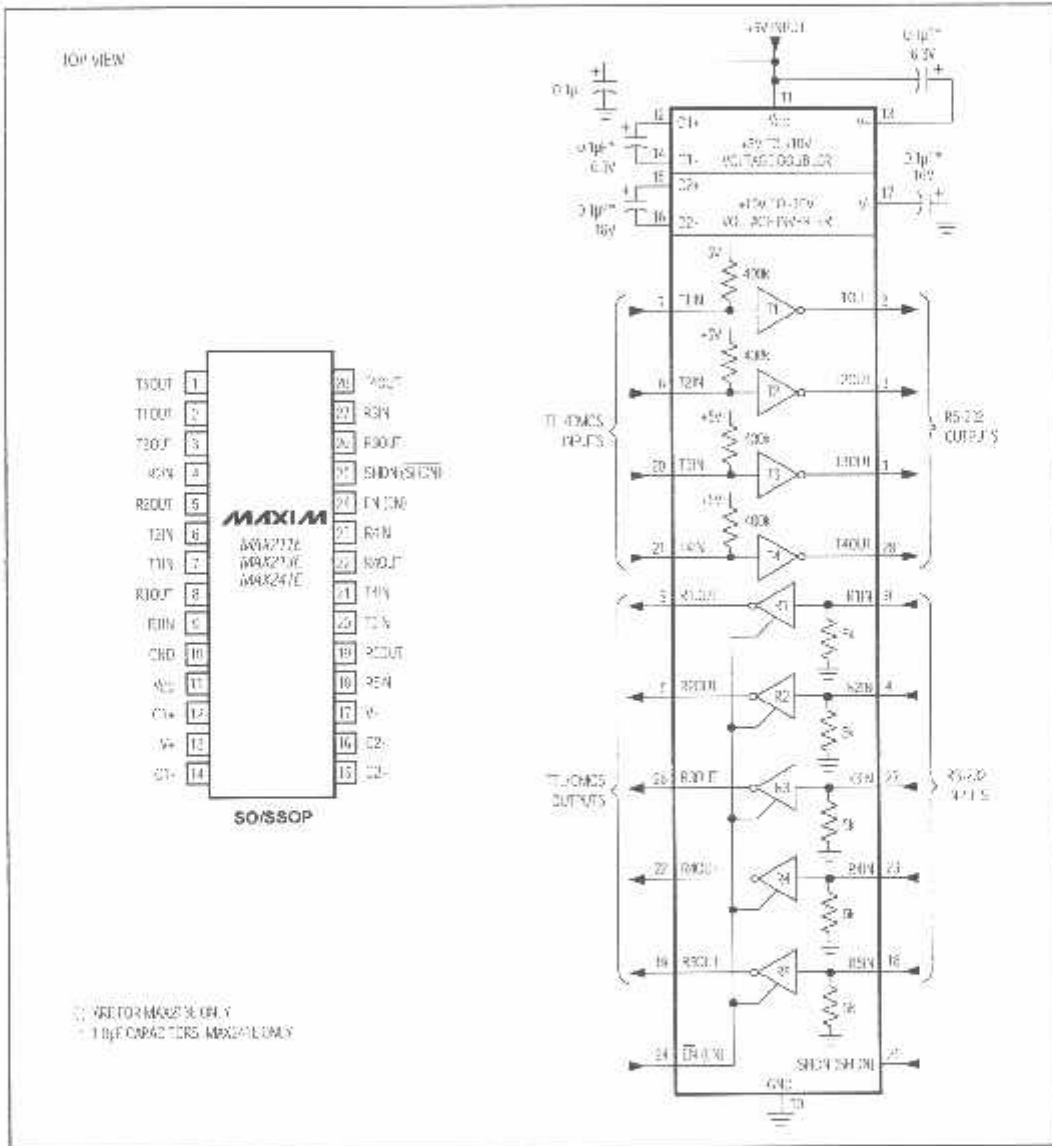
MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E



±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX202ECPF	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX202ECSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX202ECWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX202FC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX202EEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX202EESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX202EEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX203EC/P	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX203FC/WP	0°C to +70°C	20 SO
MAX203EEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX203EEWP	-40°C to +85°C	20 SO
MAX205EC/P	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX205EE/P	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX206ECNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX206ECWG	0°C to +70°C	24 SO
MAX206ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX206EEVG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX206EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX206EEVAG	-40°C to +85°C	24 SSOP
MAX207ECNO	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX207FC/WG	0°C to +70°C	24 SO
MAX207ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX207EEVG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX207EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX207EEVAG	-40°C to +85°C	24 SSOP

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX208ECNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX208ECWG	0°C to +70°C	24 SO
MAX208ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX208EEVG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX208EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX208EEVAG	-40°C to +85°C	24 SSOP
MAX211ECW	0°C to +70°C	28 SO
MAX211ECAL	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX211FFW	-40°C to +85°C	28 SO
MAX211FFAL	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX213ECW	0°C to +70°C	28 SO
MAX213ECAL	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX213EEW	-40°C to +85°C	28 SO
MAX213EEAL	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX232ECFF	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ECSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ECWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232FC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232EESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX241ECW	0°C to +70°C	28 SO
MAX241ECAL	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX241FFW	-40°C to +85°C	28 SO
MAX241FFAL	-40°C to +85°C	28 SSOP

*Dice are specified at TA = +25°C.

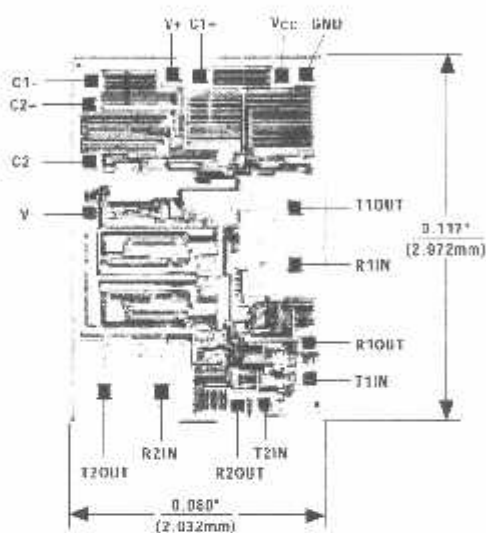
MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Chip Topographies

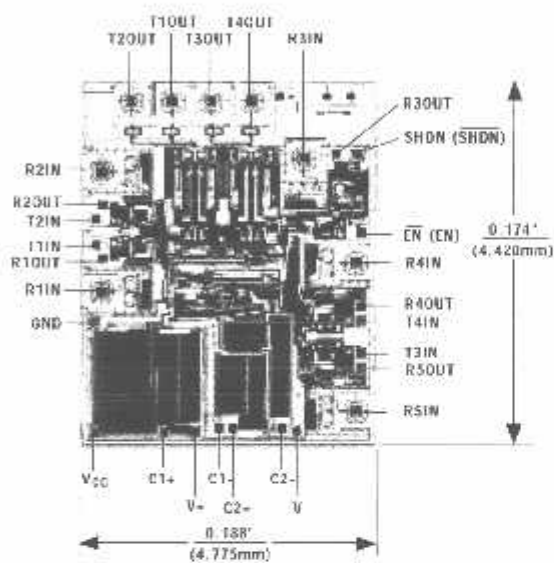
MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

MAX202E/MAX232E



TRANSISTOR COUNT: 323
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

MAX211E/MAX213E/MAX241E



© 1998 BY MAXIM INCORPORATED

TRANSISTOR COUNT: 642
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

Chip Information

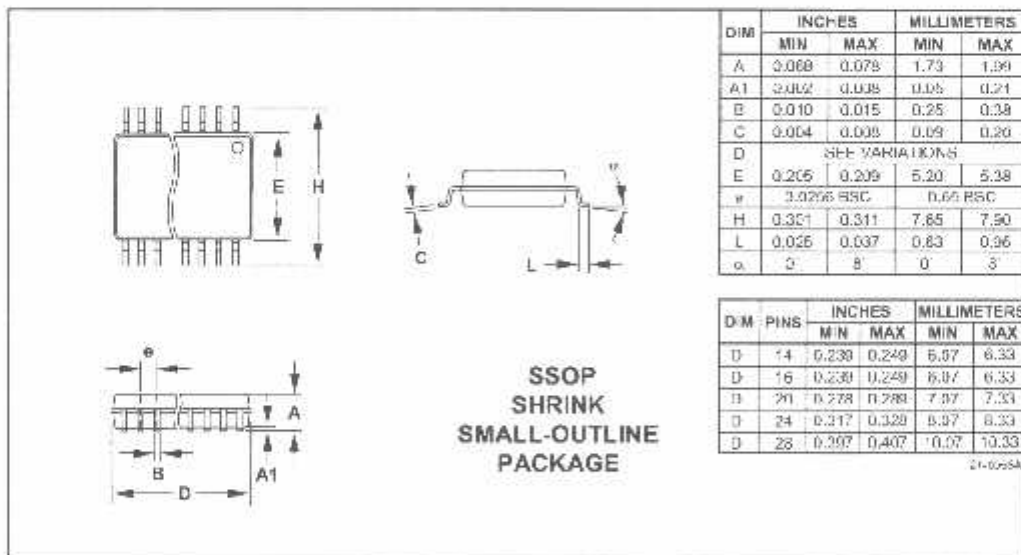
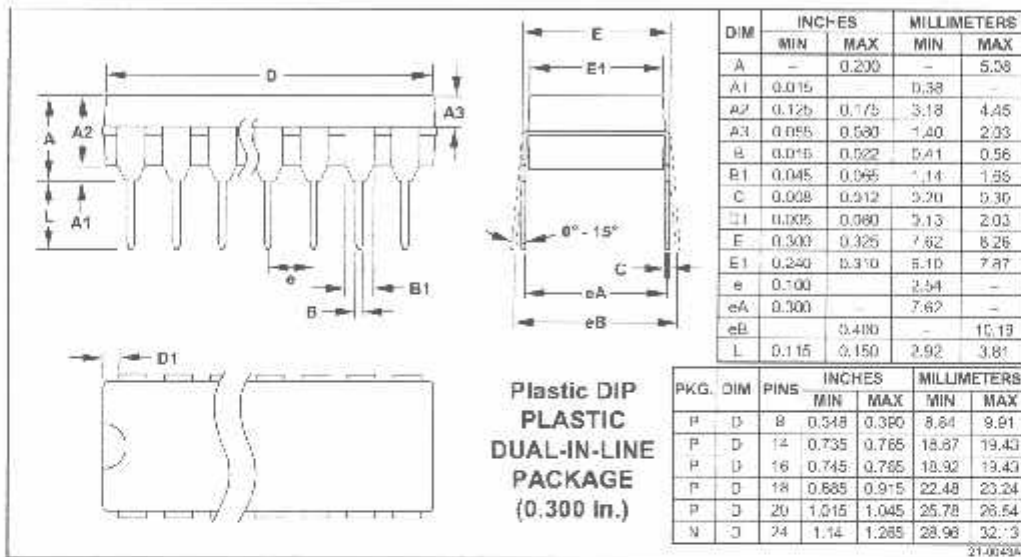
MAX205E/MAX206E/MAX207E/MAX208E

TRANSISTOR COUNT: 328
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

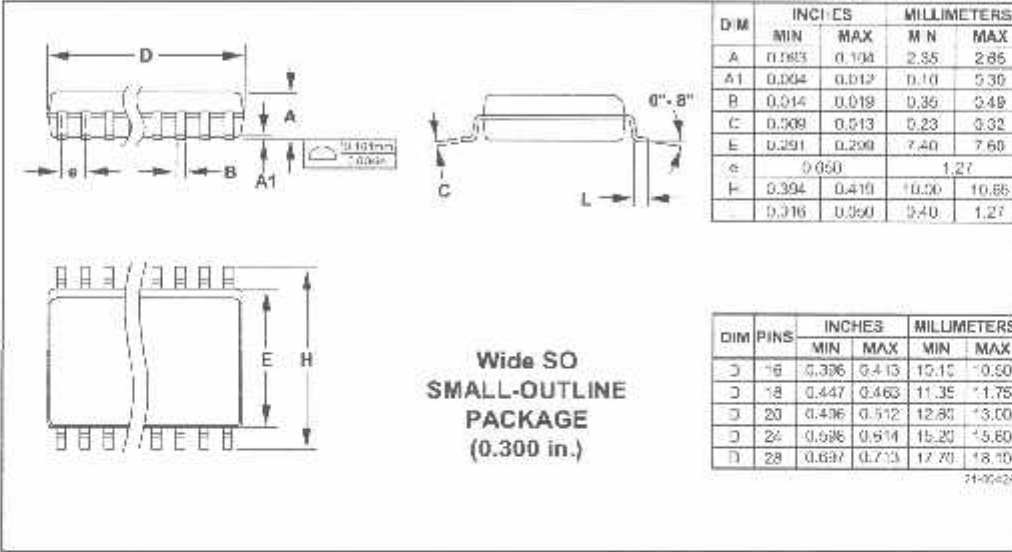
Package Information

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E



±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Package Information (continued)



Maxim cannot assume responsibility for use of any circuit other than circuitry specifically authorized in a Maxim product. All circuit names/numbers are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

24 Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600

© 1998 Maxim Integrated Products Printed USA MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products

Photodiode/Phototransistor Application Circuit

FUNDAMENTAL PHOTODIODE CIRCUITS

Figures 1 and 2 show the fundamental photodiode circuits.

The circuit shown in Figure 1 transforms a photocurrent produced by a photodiode without bias into a voltage. The output voltage (V_{OUT}) is given as $V_{OUT} = I_P \times R_L$. It is more or less proportional to the amount of incident light when $V_{OUT} < V_{OC}$. It can also be compressed logarithmically relative to the amount of incident light when V_{OUT} is near V_{OC} (V_{OC} is the open-terminal voltage of a photodiode).

Figure 1 (B) shows the operating point for a load resistor (R_L) without application of bias to the photodiode.

Figure 2 shows a circuit in which the photodiode is reverse-biased by V_{CC} and a photocurrent (I_P) is transformed into an output voltage. Also in this arrangement,

the V_{OUT} is given as $V_{OUT} = I_P \times R_L$. An output voltage proportional to the amount of incident light is obtained. The proportional region is expanded by the amount of V_{CC} {proportional region: $V_{OUT} < (V_{OC} + V_{CC})$ }. On the other hand, application of reverse bias to the photodiode causes the dark current (I_d) to increase, leaving a voltage of $I_d \times R_L$ when the light is interrupted, and this point should be noted in designing the circuit.

Figure 2 (B) shows the operating point for a load resistor R_L with reverse bias applied to the photodiode.

Features of a circuit used with a reverse-biased photodiode are:

- High-speed response
- Wide-proportional-range of output

Therefore, this circuit is generally used.

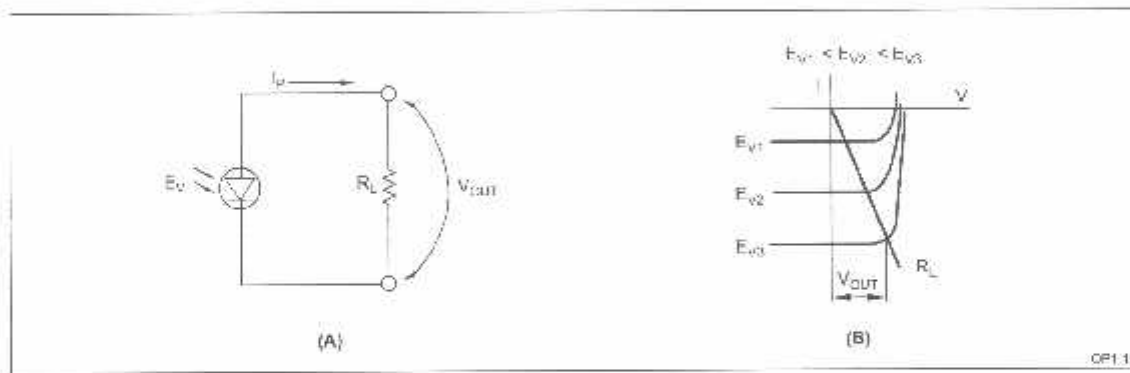


Figure 1. Fundamental Circuit of Photodiode (Without Bias)

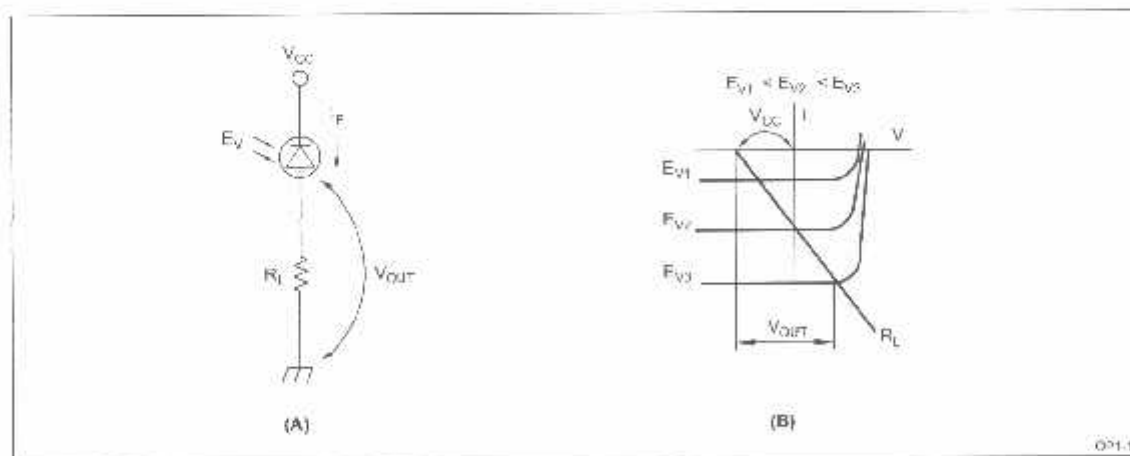


Figure 2. Fundamental Circuit of Photodiode (With Bias)

The response time is inversely proportional to the reverse bias voltage and is expressed as follows:

$$r = C_j \times R_L$$

$$C_j = A(V_D - V_R) \frac{1}{n}$$

C_j : junction capacitance of the photodiode

R_L : load resistor

V_D : diffusion potential (0.5 V - 0.9 V)

V_R : Reverse bias voltage (negative value)

n : 2 - 3

PHOTOCURRENT AMPLIFIER CIRCUIT USING THE TRANSISTOR OF PHOTODIODE

Figures 3 and 4 show photocurrent amplifiers using transistors.

The circuit shown in Figure 3 are most basic combinations of a photodiode and an amplifying transistor. In the arrangement of Figure 3 (A), the photocurrent produced by the photodiode causes the transistor (Tr_1) to decrease its output (V_{OUT}) from high to low. In the arrangement of Figure 3 (B), the photocurrent causes the V_{OUT} to increase from low to high. Resistor R_{BE} in the circuit is effective for suppressing the influence of dark current (I_D) and is chosen to meet the following conditions:

$$R_{BE} < V_{BD}/I_D$$

$$R_{BE} > V_{BE}/\{I_P - V_{CC}/(R_L \times h_{FE})\}$$

Figure 4 shows simple amplifiers utilizing negative feedback.

In the circuit of Figure 4 (A), the output (V_{OUT}) is given as:

$$V_{OUT} = I_P \times R_1 + I_B \times R_1 + V_{BE}$$

This arrangement provides a large output and relatively fast response.

The circuit of Figure 4 (B) has an additional transistor (Tr_2) to provide a larger output current.

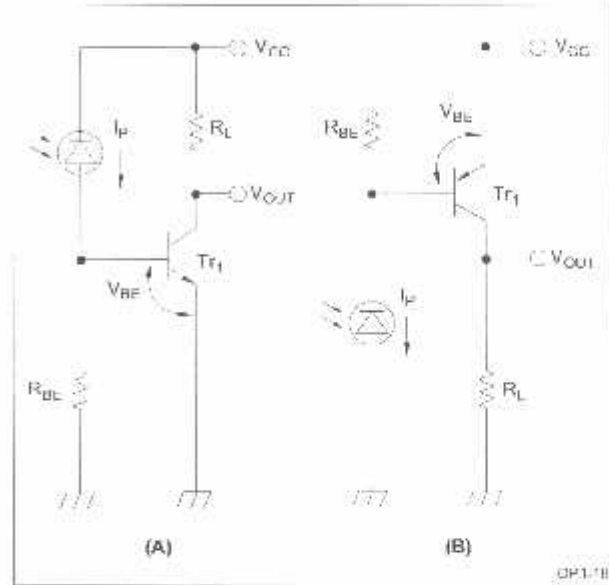


Figure 3. Photocurrent Amplifier Circuit using Transistor

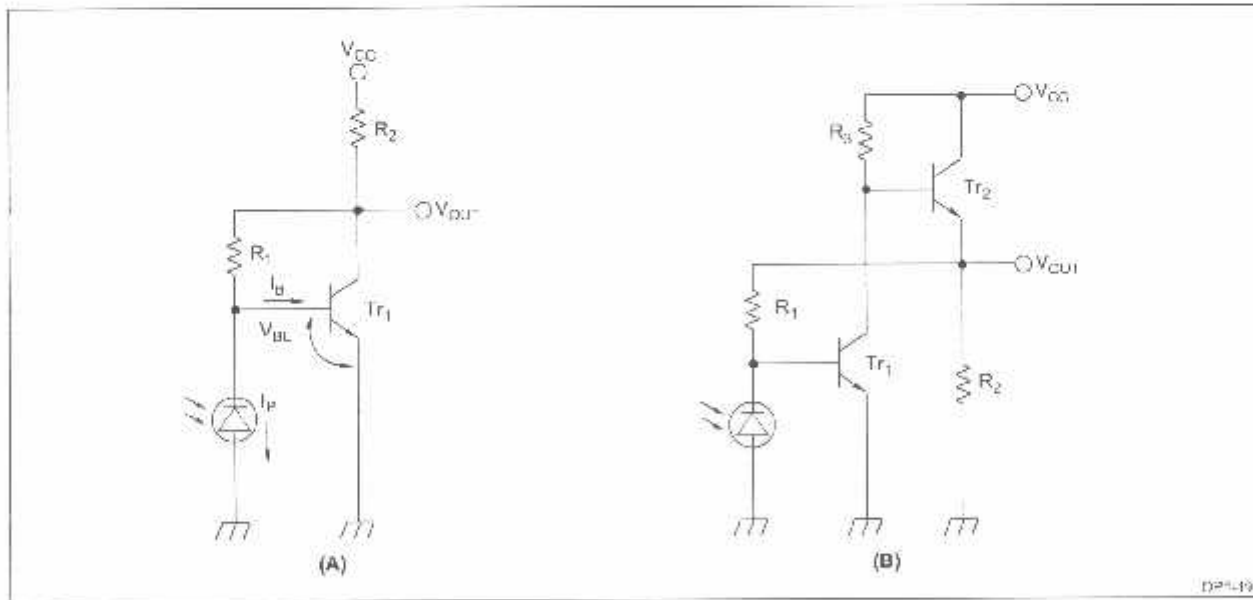


Figure 4. Photocurrent Amplifier Circuit with Negative Feedback

AMPLIFIER CIRCUIT USING OPERATIONAL AMPLIFIER

Figure 6 shows a photocurrent-voltage conversion circuit using an operational amplifier. The output voltage (V_{OUT}) is given as $V_{OUT} = I_F \times R_1$ ($I_F \equiv I_{SC}$). The arrangement utilizes the characteristics of an operational amplifier with two input terminals at about zero voltage to operate the photodiode without bias. The circuit provides an ideal short-circuit current (I_{SC}) in a wide operating range.

Figure 6 (B) shows the output voltage vs. radiant intensity characteristics. An arrangement with no bias and high impedance loading to the photodiode provides the following features:

- Less influence by dark current
- Wide linear range of the photocurrent relative to the radiant intensity

Figure 5 shows a logarithmic photocurrent amplifier using an operating amplifier. The circuit uses a logarithmic diode for the logarithmic conversion of photocurrent into an output voltage. In dealing with a very wide irradiation intensity range, linear amplification results in

a saturation of output because of the limited linear region of the operational amplifier, whereas logarithmic compression of the photocurrent prevents the saturation of output. With its wide measurement range, the logarithmic photocurrent amplifier is used for the exposure meter of cameras.

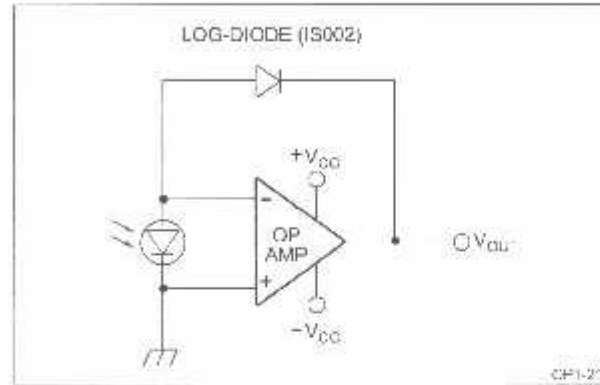


Figure 5. Logarithmic Photocurrent Amplifier using an Operational Amplifier

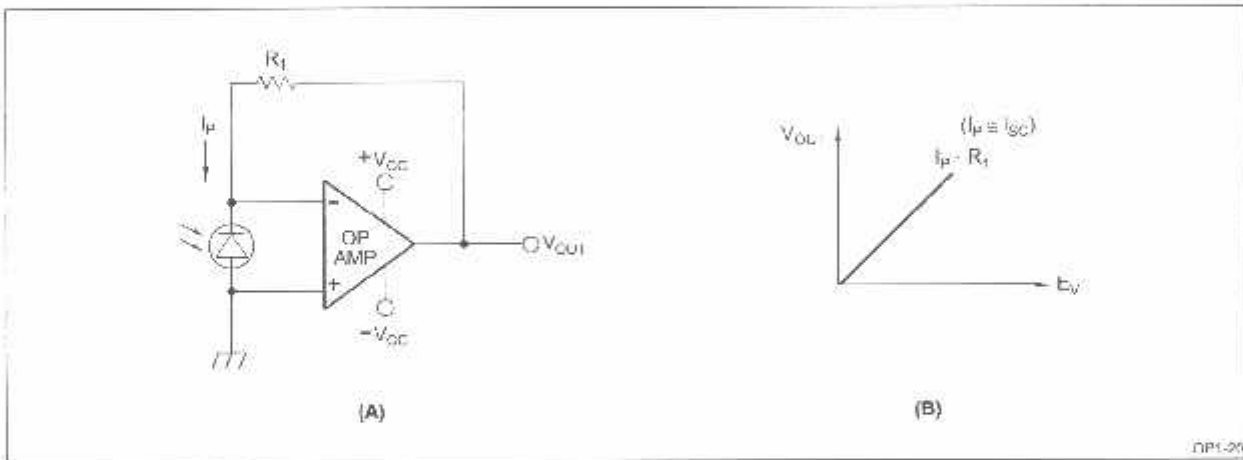


Figure 6. Photocurrent Amplifier using an Operational Amplifier (Without Bias)

LIGHT DETECTING CIRCUIT FOR MODULATED LIGHT INPUT

Figure 7 shows a light detecting circuit which uses an optical remote control to operate a television set, air conditioner, or other devices. Usually, the optical remote control is used in the sunlight or the illumination of a fluorescent lamp. To alleviate the influence of such a disturbing light, the circuit deals with pulse-modulation signals.

The circuit shown in Figure 7 detects the light input by differentiating the rising and falling edges of a pulse signal. To amplify a very small input signal, an FET providing a high input impedance is used.

COLOR SENSOR AMPLIFIER CIRCUIT

Figure 8 shows a color sensor amplifier using a semiconductor color sensor. Two short circuit currents (I_{SC1} , I_{SC2}) conducted by two photodiodes having different spectral sensitivities are compressed logarithmically and applied to a subtraction circuit which produces a differential output (V_{OUT}). The output voltage (V_{OUT}) is formulated as follows:

$$V_{OUT} = \frac{kT}{q} \times \log \left(\frac{I_{SC2}}{I_{SC1}} \right) \times A$$

Where A is the gain of the differential amplifier. The gain becomes $A = R_2/R_1$ when $R_1 = R_3$ and $R_2 = R_4$, then:

$$V_{OUT} = \frac{kT}{q} \times \log \left(\frac{I_{SC2}}{I_{SC1}} \right) \times \frac{R_2}{R_1}$$

The output signal of the semiconductor color sensor is extremely low level. Therefore, great care must be taken in dealing with the signal. For example, low-biased, low-drift operational amplifiers must be used, and possible current leaks of the surface of P.W.B. must be taken into account.

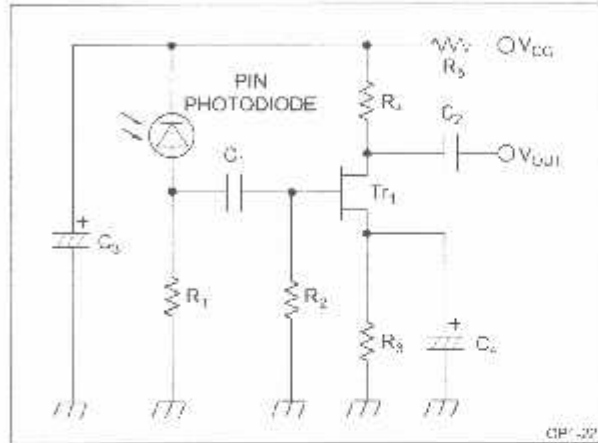


Figure 7. Light Detecting Circuit for Modulated Light Input PIN Photodiode

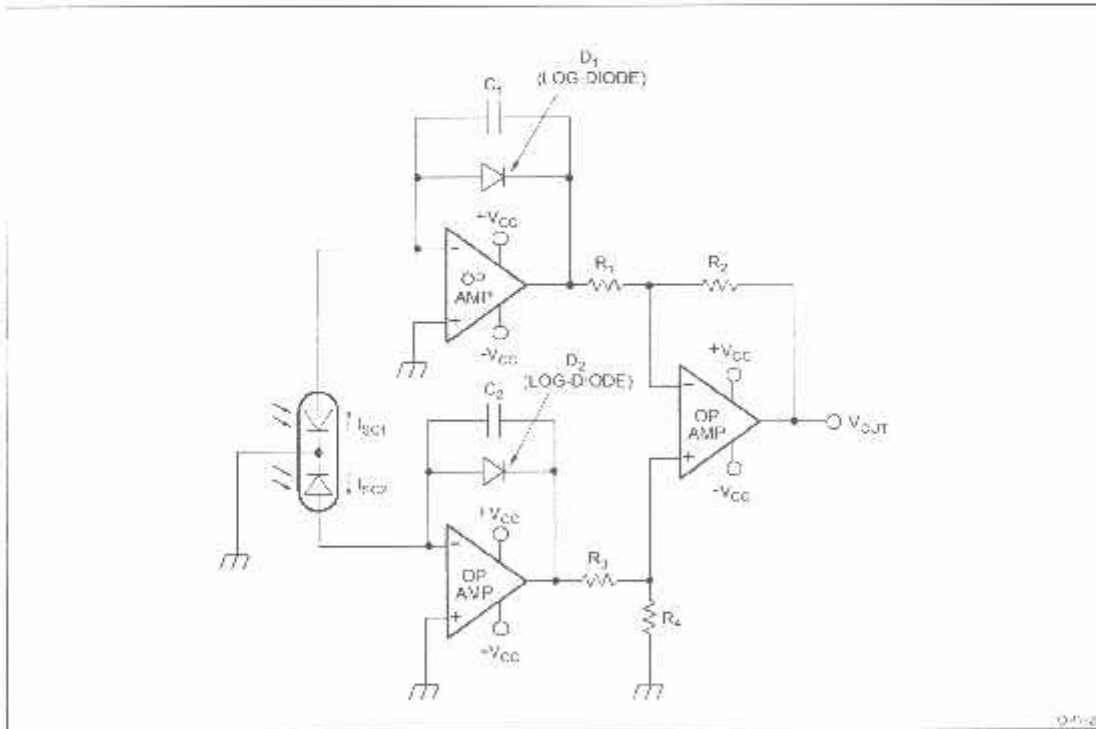


Figure 8. Color Sensor Amplifier Circuit

FUNDAMENTAL PHOTOTRANSISTOR CIRCUITS

Figures 9 and 10 show the fundamental phototransistor circuits. The circuit shown in Figure 9 (A) is a common-emitter amplifier. Light input at the base causes the output (V_{OUT}) to decrease from high to low. The circuit shown in Figure 9 (B) is a common-collector amplifier with an output (V_{OUT}) increasing from low to high in response to light input. For the circuits in Figure 9 to operate in the switching mode, the load resistor (R_L) should be set in relation with the collector current (I_C) as $V_{CC} < R_L \times I_C$.

The circuit shown Figure 10 (A) uses a phototransistor with a base terminal. A R_{BE} resistor connected between the base and emitter alleviates the influence of a dark current when operating at a high temperature. The circuit shown in Figure 10 (B) features a cascade connection of the grounded-base transistor (Tr_1) so that the phototransistor is virtually less loaded, thereby improving the response.

AMPLIFIER CIRCUIT USING TRANSISTOR

Figure 11 shows the transistor amplifiers used to amplify the collector current of the phototransistor using a transistor (Tr_1). The circuit in Figure 11 (A) increases the output from high to low in response to a light input. The value of resistor R_1 depends on the input light intensity, ambient temperature, response speed, etc., to meet the following conditions:

$$R_1 < V_{BE} / I_{CEO}, R_1 > V_{BE} / I_C$$

Where I_{CEO} is the dark current of phototransistor and I_C is the collector current.

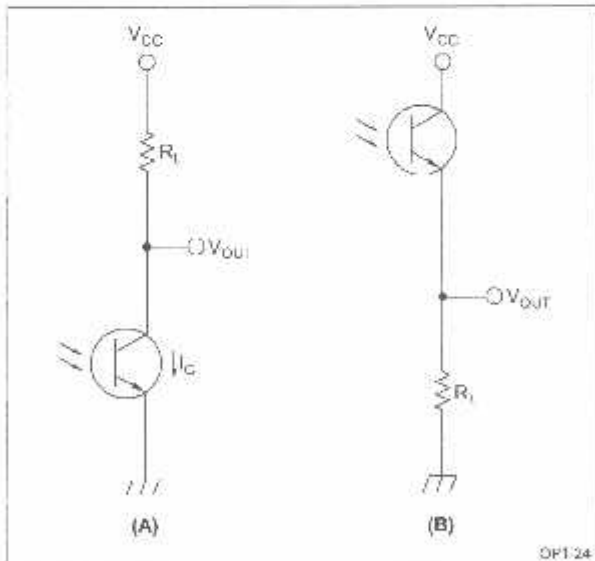


Figure 9. Fundamental Phototransistor Circuit (I)

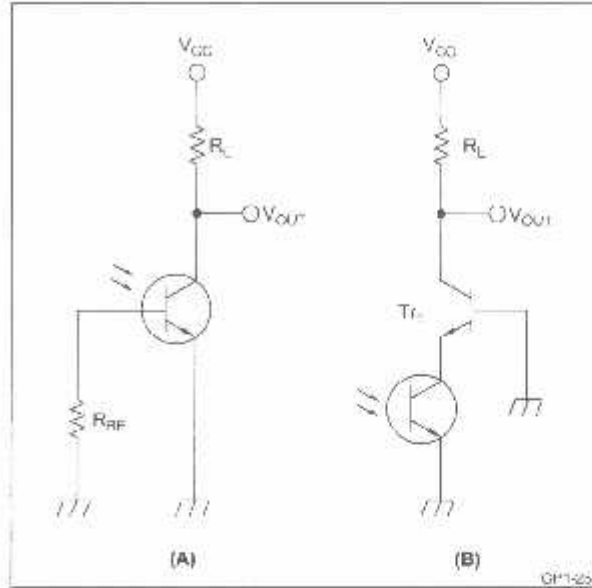


Figure 10. Fundamental Phototransistor Circuit (II)

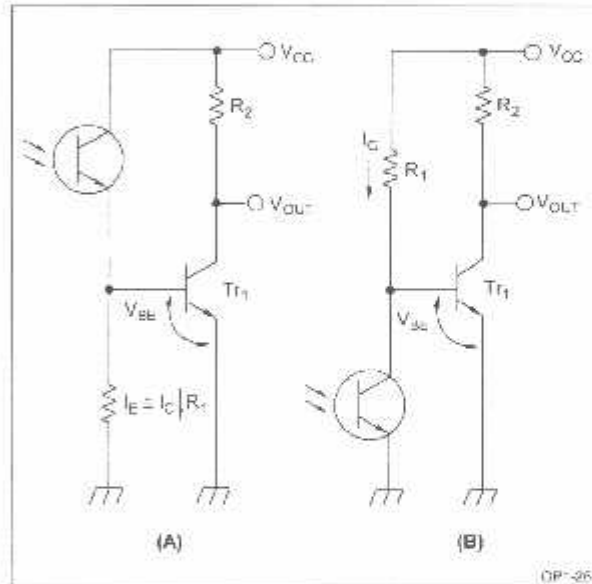


Figure 11. Amplifier Circuit using Transistor

MODULATED SIGNAL DETECTION CIRCUIT

Figure 12 shows the circuits used to detect a modulated signal such as an AC or pulse signal. The phototransistor has a base terminal with a fixed bias through resistors R_1 and R_2 . An R_4 emitter resistor maintains the DC output voltage constant. A modulated signal provides a base current through bypass capacitor C causing current amplification so that the signal is greatly amplified.

AMPLIFIER CIRCUIT USING OPERATIONAL AMPLIFIER

Figure 13 shows a current-voltage conversion circuit using an operational amplifier. Its output voltage (V_{OUT}) is expressed as $V_{OUT} = I_C \times R_1$.

The current-voltage conversion circuit for the phototransistor is basically identical to that of the photodiode, except that the phototransistor requires a bias. The circuit shown in Figure 13 (A) has a negative bias (-V) for the emitter against the virtually grounded collector potential. Figure 13 (B) shows the output voltage vs. irradiation intensity characteristics.

AUTO-STROBOSCOPE CIRCUIT

Figure 14 shows the auto-stroboscope circuit of the current cut type. This circuit is most frequently used because of advantages such as continuous light emission and lower battery power consumption.

When the switch is in the ON-state, the SCR_2 and SCR_3 turn on to discharge capacitor C_4 so that the xenon lamp is energized to emit light. The anode of the SCR_2 is then reverse-biased, causing it to turn off and light emission of the xenon lamp ceases. The irradiation time is set automatically in response to variations in the collector current of the phototransistor. This follows the intensity of reflected light from the object and the value of C_1 in the circuit. In other words, the irradiation time is long for a distant object, and short for a near object.

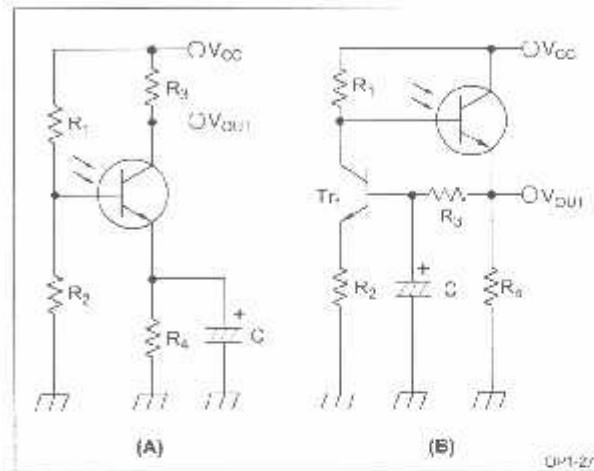


Figure 12. Modulated Signal Detection Circuit

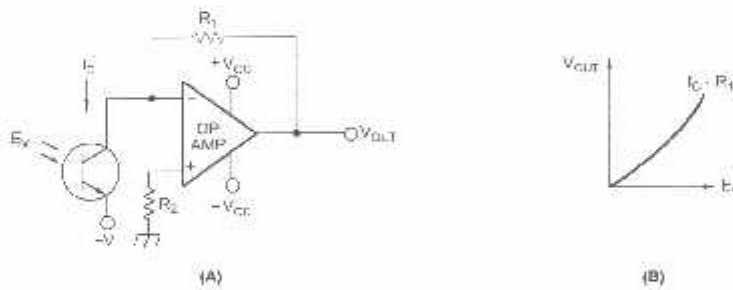


Figure 13. Amplifier Circuit using an Operational Amplifier

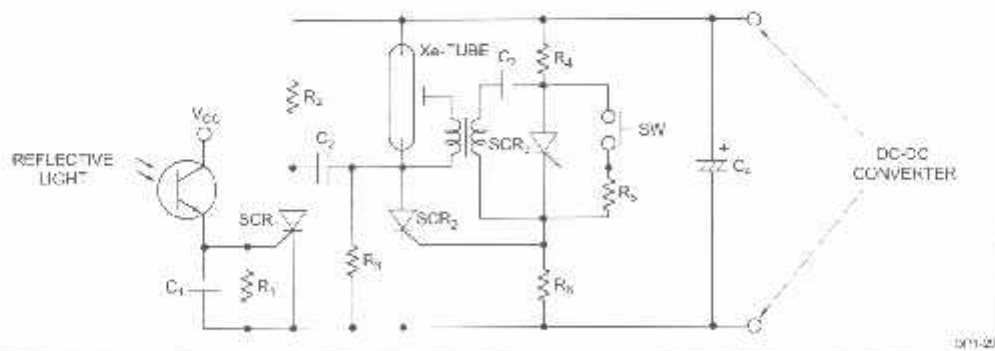


Figure 14. Auto-Stroboscope Circuit