

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGIRIM  
INFORMASI SISTEM KEAMANAN RUKO  
VIA JARINGAN TELEPON BERBASIS  
MIKROKONTROLER ATMEGA 8535**



**SKRIPSI**

*Disusun Oleh :*  
**SURYA HADI**  
**01.17.125**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S - 1  
KONSENTRASI ELEKTRONIKA  
SEPTEMBER 2006**

---

# LEMBAR PERSETUJUAN



## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGIRIM INFORMASI SISTEM KEAMANAN RUKO VIA JARINGAN TELEPON BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA8535

### SKRIPSI

*Disusun Dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)*

Disusun oleh:

**SURYA HADI**  
NIM: 01.17.125

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

  
**(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)**  
NIP.Y.103 950 0274

Dosen Pembimbing II

  
**(Ir. Mimien Mustikawati)**  
NIP.Y. 103 000 0352



Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

  
**(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)**  
NIP.Y. 103 950 0274

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
2006**

## ABSTRAKSI

**SURYA HADI, 2006. Judul “Perancangan dan Pembuatan Alat Pengirim Informasi Sistem Keamanan Ruko Via Jaringan Telepon Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535”, Skripsi Jurusan Teknik Elektro Strata 1, Program Studi Teknik Elektronika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.**

**Dosen Pembimbing I Ir. Yudi Limpraptono, MT.**

**Dosen Pembimbing II Ir. Mimien Mustikawati..**

---

Kata kunci : Keamanan, Telepon, RS485, LCD, Mikrokontroler

Alat pengirim informasi sistem keamanan ini adalah alat untuk mengetahui status atau kondisi keamanan pada sebuah ruko dengan menggunakan media jaringan telepon sebagai pengirim informasinya.

Pada alat ini digunakan 3 macam sensor yaitu sensor PIR (*Passive Infra Red*) yang diletakkan di dalam ruko, sensor *limit switch* yang diletakkan pada pintu dan jendela dan Sensor Suhu LM35 Untuk mendeteksi Kebakaran, Sensor mendeteksi adanya sinyal yang kemudian akan mengaktifkan mikrokontroler ATmega8535(utama). Mikrokontroler akan melakukan proses eksekusi instruksi untuk pengontrolan.

Setup pesawat telepon dihubungkan dengan sentral telepon. Pada saat handset telepon diangkat (*off hook*) akan menyebabkan rangkaian telepon tersambung dengan sentral, tetapi rangkaian bel telepon selalu dalam keadaan terhubung ke sentral. Apabila handset diangkat menyebabkan kontak buka tutup berada pada posisi atas (*off hook*) sehingga rangkaian pesawat telepon terhubung dengan sentral dan rangkaian bel terputus dari sentral. Dengan adanya proses ini sekaligus memberi tahu pada sentral bahwa seseorang berusaha untuk membuat suatu hubungan telepon. Sentral akan mengirimkan nada panggil (*dial tone*) dengan frekuensi 425 Hz secara kontinyu.

Apabila salah satu atau beberapa sensor yang dipasang aktif, maka mikrokontroler ATmega8535(utama) akan aktif dan menghubungi nomor telepon yang telah di set, sekaligus mengirim data menggunakan media RS485 ke mikrokontroler ATmega8535(LCD) untuk ditampilkan pada display menggunakan LCD (*Liquid Crystal Display*) yang berisi status alarm yang aktif. Dan bila dalam beberapa kali panggilan (sesuai ketentuan program) telepon tidak diangkat (*on hook*) maka mikrokontroler ATmega8535(utama) akan membunyikan alarm yang terpasang di ruko, sedangkan apabila telepon diangkat (*off hook*), mikrokontroler ATmega8535(utama) akan mengirimkan tone tanda bahaya.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah serta segala karunia-Nya, akhirnya penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Perancangan dan Pembuatan Alat Pengirim Informasi Sistem Keamanan Ruko Via Jaringan Telepon Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535”**. Laporan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan kelulusan Srata I Jurusan Teknik Elektro Program Studi Elektronika, Institut Teknologi Nasional Malang.

Keberhasilan penyusunan laporan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan segala kemudahan sehingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ayah dan Ibu, Mbak, Adek-adekku dan MAS-ku atas dukungan moril dan spiritual serta do'a restunya.
3. Bapak Prof.Dr.Ir.Abraham Lomi, MSEE , Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
4. Bapak Ir. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1
5. Bapak Ir. Yudi Limpraptono, MT, selaku Dosen Pembimbing I  
Ibu Ir.Mimien Mustikawati , selaku Dosen Pembimbing II
6. Teman-teman yang telah membantu terselesainya skripsi ini.

Dengan segala itikad, kemampuan dan saran yang ada, laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya. Namun karena keterbatasan waktu dan faktor lain yang dihadapi sehingga menyebabkan laporan skripsi ini tidak lepas dari banyaknya kekurangan. Karena itu sejumlah koreksi dan masukan konstruktif diperlukan guna kesempurnaan laporan skripsi ini. Semoga laporan skripsi dari pemikiran sederhana ini akan menjadi cikal bakal dari karya yang lebih inovatif dan dapat bermanfaat untuk semua orang.

Malang, April 2006

Penyusun



## DAFTAR ISI

	<b>Hal.</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	i
<b>ABSTRAKSI</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Metodologi .....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1. <i>Passive Infra Red</i> (PIR).....	5
2.2. <i>Limit Switch</i> .....	7
2.3. Sensor Suhu LM35 .....	9
2.4. Mikrokontroler ATMEGA8535 .....	10
2.4.1. Arsitektur .....	10
2.4.2. Memori Program (Flash Rom) .....	15
2.4.3. Memori Data.....	16
2.4.3.1. Register Serba Guna ( <i>GPWR</i> ) .....	16
2.4.3.2. Register I/O .....	18
2.4.3.3 SRAM Internal dan Eksternal .....	21
2.4.4. Reset dan intrupsi .....	22
2.4.5. Timer/ counter .....	24

2.4.6. Watchdog Timer .....	26
2.4.7. <i>EEPROM</i> .....	27
2.4.8. <i>Pembandingan Tegangan (Analog Komparator)</i> .....	28
2.4.9. Port-Port I/O .....	29
2.4.10. Osilator Kristal .....	31
2.5. DTMF .....	32
2.5.1. Enkoder DTMF TP 5088 .....	32
2.5.2. Dekoder DTMF MT8870 .....	36
2.6. Telepon .....	42
2.6.1. Pensinyalan Telepon .....	44
2.6.1.1. Memulai Panggilan .....	44
2.6.1.2. Pengiriman Nomor .....	45
2.7. RS485 .....	45
2.6.1. Sistem Komunikasi RS485 .....	45
2.8. LCD .....	48
2.8.1. Instruksi Operasi .....	51
2.8.2. Operasi Dasar .....	52
2.8.3. Sinyal <i>Interface</i> M1632 .....	54
2.9. Buzzer .....	56
2.10. Op-Amp .....	57
2.10.1. Inverting Amplifier .....	57
2.10.2. Non Inverting Amplifier .....	59

### **BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT**

3.1. Umum .....	61
3.2. Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Keras .....	65
3.2.1. Sistem Mikrokontroler ATMEGA8535 .....	65
3.2.1.1. Rangkaian <i>Clock</i> .....	69
3.2.1.2. Rangkaian <i>Reset</i> .....	70
3.2.2. Rangkaian DTMF .....	72
3.2.2.1. Rangkaian DTMF TP5088 (DTMF Transmitter) .....	72
3.2.2.2. Rangkaian DTMF MT8870 (DTMF Receiver) .....	73
3.2.2.2.1. Rangkaian Dekoder .....	74
3.2.3. LM567 (Detektor 425 Hz) .....	78
3.2.4. Rangkaian <i>Hook</i> .....	79
3.2.5. Serial Komunikasi RS485 .....	80
3.2.6. LCD M1632 .....	81
3.2.7. Rangkaian Sensor LM35 .....	82
3.2.8. Driver Buzzer .....	85
3.3. Perencanaan Perangkat Lunak .....	86

### **BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN PEMBAHASAN HASIL**

4.1. Pengujian Dekoder dan Enkoder DTMF .....	93
4.1.1. Tujuan .....	93
4.1.2. Peralatan Yang Digunakan .....	93
4.1.3. Langkah Pengujian .....	93
4.1.4. Hasil Pengujian .....	94
4.2. Pengujian Komunikasi Serial RS485 .....	96
4.2.1. Tujuan .....	96
4.2.2. Peralatan Yang Digunakan .....	96
4.2.3. Langkah Pengujian .....	96
4.2.4. Hasil Pengujian .....	98
4.3. Pengujian Rangkaian <i>Hook</i> .....	101
4.3.1. Tujuan .....	101
4.3.2. Peralatan Yang Digunakan .....	101

4.3.3. Langkah Pengujian .....	102
4.3.4. Hasil Pengujian.....	102
4.4. Pengujian Detektor <i>Tone</i> .....	103
4.4.1. Tujuan.....	103
4.4.2. Peralatan Yang Digunakan.....	103
4.4.3. Langkah Pengujian .....	104
4.4.4. Hasil Pengujian.....	104
4.5. Pengujian PIR ( <i>Passive Infra Red</i> ).....	108
4.5.1. Tujuan.....	108
4.5.2. Peralatan Yang Digunakan.....	108
4.5.3. Langkah Pengujian .....	108
4.5.4. Hasil Pengujian.....	109
4.6. Pengujian Sensor Suhu dengan Rangkaian Komparator.....	110
4.6.1. Tujuan.....	110
4.6.2. Peralatan Yang Digunakan.....	110
4.6.3. Langkah Pengujian .....	110
4.6.4. Hasil Pengujian.....	110
4.7. Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	111
4.7.1. Tujuan.....	111
4.7.2. Peralatan Yang Digunakan.....	111
4.7.3. Langkah Pengujian .....	111
4.7.4. Hasil Pengujian.....	112
4.8. Pengujian Keseluruhan Sistem.....	113
4.9. Kesalahan Relatif Pada Setiap Pengujian.....	116
4.9.1. Pengujian Dekoder dan Enkoder DTMF .....	116
4.9.2. Pengujian Serial Komunikasi RS485.....	116
4.9.3. Pengujian Rangkaian <i>Hook</i> .....	117
4.9.4. Pengujian Detektor <i>Tone</i> .....	117
4.9.5. Pengujian PIR ( <i>Passive Infra Red</i> ).....	118
4.9.6. Pengujian Rangkaian Catu Daya .....	118
4.10. Kesalahan Relatif Keseluruhan Sistem .....	119

<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b>	
5.1.	Kesimpulan .....	120
5.2.	Saran.....	121
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	122
<b>LAMPIRAN</b>	.....	123

## DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1. Gambar PIR (a) Tampak Bawah, (b) Tampak Samping dan (c) Tampak Atas .....	6
Gambar 2.2. Bentuk Fisik Passive Infra Red .....	7
Gambar 2.3. Simbol <i>Limit Switch</i> .....	8
Gambar 2.4. a)Simbol b) dan c)Bentuk Fisik <i>Limit Switch</i> .....	8
Gambar 2.5. Diskripsi Pin LM35 .....	9
Gambar 2.6. Konfigurasi Pin-pin ATMEGA8535 .....	10
Gambar 2.7. Arsitektur AVR ATMEGA8535 .....	12
Gambar 2.8. Blok Diagram AVR ATMEGA8535.....	13
Gambar 2.9. Memory MAPS .....	15
Gambar 2.10. Register Serbaguna.....	16
Gambar 2.11. Register X,Y dan Z.....	17
Gambar 2.12. Setatus Register .....	18
Gambar 2.13. Stake Pointer.....	20
Gambar 2.14. Map Memory Data .....	21
Gambar 2.15. Timer/counter prescaler.....	25
Gambar 2.16. Blok Diagram Timer/Counter .....	25
Gambar 2.17. Watch Dog Timer .....	26
Gambar 2.18. Blok Diagram Komparator.....	29
Gambar 2.19. Koneksi Osilator.....	31
Gambar 2.20. Konfigurasi Drive Eksternal Clock .....	32
Gambar 2.21 Konfigurasi Pin TP5088 .....	34
Gambar 2.22 Diagram Internal TP5088 .....	36
Gambar 2.23 Konfigurasi Pin MT8870.....	37
Gambar 2.24 Diagram Blok Internal MT8870.....	40
Gambar 2.25. Matrik <i>Keyboard</i> DTMF .....	41
Gambar 2.26. Pesawat Telepon Jenis Tombol Tekan .....	43
Gambar 2.27. Pengaturan Tombol Tekan Menurut Standar CCIT .....	45
Gambar 2.28. Konfigurasi Pin RS485.....	47

Gambar 2.29. Blok Diagram LCD .....	50
Gambar 2.30. Liquid Cristal Display .....	55
Gambar 2.31. Mengirim / Mengambil Data Ke/Dari M1632 .....	56
Gambar 2.32. Gambar Rangkaian Dalam Buzzer .....	57
Gambar 2.33. Gambar Penguat Inverting.....	58
Gambar 2.34. Gambar Non Penguat Inverting.....	60
Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem .....	62
Gambar 3.2. Perencanaan Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA8535 .....	66
Gambar 3.3 Perencanaan Rangkaian Mikro ATMEGA8535 .....	68
Gambar 3.4. Perencanaan Rangkaian <i>Clock</i> pada Mikrokontroler ATMga8535 ...	69
Gambar 3.5. Perencanaan Rangkaian <i>Reset</i> pada Mikrokontroler ATMGA8535 ..	71
Gambar 3.6. Perencanaan Rangkaian DTMF Generator.....	73
Gambar 3.7. Perencanaan Rangkaian Lengkap Dekoder Sistem Penerima .....	75
Gambar 3.8. Konfigurasi Masukan MT8870 .....	75
Gambar 3.9. Rangkaian Basic Steering.....	76
Gambar 3.10. Perencanaan Detektor 425 Hz .....	78
Gambar 3.11. Perencanaan Rangkaian <i>Hook</i> Semu .....	79
Gambar 3.12. Perencanaan Rangkaian RS485.....	81
Gambar 3.13. Perencanaan Rangkaian Display LCD .....	82
Gambar 3.14 Rangkaian Sensor Suhu LM35 Dengan Komparator .....	83
Gambar 3.15 Rangkaian Driver Buzzer .....	85
Gambar 3.16. Diagram Alir Secara Umum.....	88
Gambar 3.17. Diagram Alir Program Mikrokontroler Utama .....	91
Gambar 3.16. Diagram Alir Program Mikrokontroler Pada Monitoring Satpam .....	92
Gambar 4.1. Blok Diagram Pengujian Dekoder dan Enkoder DTMF .....	94
Gambar 4.2. Rangkaian Pengujian Dekoder dan Enkoder DTMF.....	94
Gambar 4.3. Foto Pengujian Enkoder dan Dekoder DTMF .....	96
Gambar 4.4. Rangkaian Pengujian (a) Tegangan dan (b) Arus Pada RS485 .....	97
Gambar 4.5. Foto Pengujian Tegangan Kaki A dan B (pengirim) dan Kaki 1 (penerima) Pada IC RS485 .....	100
Gambar 4.6. Foto Pengujian Arus Pada Kaki A dan B (pengirim) Pada IC RS485 .....	101



Gambar 4.7.	Rangkaian Pengujian <i>Hook</i> .....	102
Gambar 4.8.	Foto Pengujian Arus Basis .....	103
Gambar 4.9.	Rangkaian Pengujian Detektor <i>Tone</i> .....	104
Gambar 4.10.	Bentuk Gelombang Saat Ada Nada Pilih ( <i>Tone</i> ) Pada Saluran Telepon Dengan Frekuensi 425 Hz .....	105
Gambar 4.11.	Bentuk Gelombang Saat Terjadi Dial .....	106
Gambar 4.12.	Bentuk Gelombang Saat Terjadi Panggilan Ke Nomor Tujuan.....	106
Gambar 4.13.	(a) Foto Pengujian Tegangan Pada Saat Ada Dering dan (b) Foto Pengujian Tegangan Pada Saat Tidak Ada Dering .....	107
Gambar 4.14.	Rangkaian Pengujian Modul PIR.....	108
Gambar 4.15.	Bentuk Gelombang Keluaran Modul PIR Saat Ada Pergerakan Selama Setengah ( $\frac{1}{2}$ ) Detik .....	109
Gambar 4.16	Pengujian Rangkaian Komparator.....	110
Gambar 4.17.	Rangkaian Pengujian Catu Daya .....	111
Gambar 4.18.	Foto Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	112
Gambar 4.19.	Blok Diagram Pengujian Keseluruhan Sistem .....	113
Gambar 4.20.	Tampilan Liquid Crystal Display .....	115

## DAFTAR TABEL

	<b>Hal.</b>
Tabel 2.1.	Reset dan Vektor Interupsi ..... 23
Tabel 2.2.	Watchdog timer prescale select..... 27
Tabel 2.3.	Konfigurasi tone Dialing Dan Angka..... 33
Tabel 2.4.	Tabel Kebenaran DTMF Dekoder MT8870..... 41
Tabel 2.5.	Fungsi Tiap Pin LCD ..... 51
Tabel 2.6.	Instruksi Pada LCD ..... 51
Tabel 2.7.	Pemilihan <i>Register</i> Pada LCD..... 54
Tabel 4.1.	Hasil Pengujian Dekoder dan Enkoder (DTMF)..... 94
Tabel 4.2.	Hasil Pengujian Tegangan IC RS485 ..... 98
Tabel 4.3.	Hasil Pengujian Arus IC RS485 ..... 98
Tabel 4.4.	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Hook</i> ..... 102
Tabel 4.5.	Tabel Pengujian Tegangan Pada Saluran Telepon ..... 108
Tabel 4.6	Data Hasil Pengukuran Rangkaian Sensor Suhu LM35..... 110
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya ..... 112

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Dunia elektronika adalah dunia teknologi yang sangat luas, yang selalu berkembang dari waktu ke waktu. Seiring dengan perkembangannya banyak hal di dunia ini yang dapat dilakukan oleh dunia elektronika. Dari hal-hal yang bersifat rumit hingga yang sederhana seperti yang ada pada kehidupan sehari-hari.

Informasi merupakan salah satu hal yang sangat penting. Terlebih dalam era globalisasi yang semakin maju, hal ini sangat dibutuhkan agar dapat menunjang kelancaran kemajuan dalam segala bidang industri, salah satunya adalah bidang elektronika.

Salah satu bentuk penerapan tersebut adalah dengan adanya suatu alat yang dapat menyampaikan informasi mengenai sistem keamanan. Dengan adanya informasi tersebut, akan mudah untuk mengetahui kondisi yang terjadi, khususnya jika terjadi pencurian.

Dengan menggunakan mikrokontroler sebagai unit pengendali yang dikontrol secara elektris, maka alat penyampai informasi ini memberi kelebihan-kelebihan. Diantaranya adalah sistem keamanan dengan cara yang efisien dan praktis. Sehingga akan mempermudah pengawasan baik itu keamanan rumah/ruko maupun gedung perkantoran.

---

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem kendali yang berbasis Mikrokontroler yang meliputi cara kerja dan sistem interfacenya dengan komponen input dan output.
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem pada mikrokontroler yang diinterfacekan dengan komponen input dan output.
3. Bagaimana merancang blok diagram perangkat keras (*hardware*) yang direncanakan.
4. Bagaimana merancang perangkat lunak (*software*) untuk mengontrol perangkat keras yang telah direncanakan.
5. Bagaimana pengujian rangkaian berdasarkan blok diagram yang telah direncanakan.

## 1.3. Batasan Masalah

Dalam penyusunan skripsi ini diperlukan suatu batasan masalah agar tidak menyimpang dari ruang lingkup yang akan dibahas. Adapun batasan masalahnya adalah :

1. Tidak membahas hal-hal yang berhubungan dengan sentral telepon.
  2. Tidak membahas komponen internal telepon secara mendetail.
  3. Pada sistem ini digunakan sistem telepon DTMF.
  4. Telepon yang digunakan sebagai media adalah telepon rumah.
  5. Tidak membahas *power supply* (catu daya).
-

6. Tidak membahas bila listrik padam.

#### 1.4. Tujuan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Merancang dan membuat alat Pengirim Informasi Sistem Keamanan Ruko Via Jaringan Telepon.
2. Memanfaatkan saluran telepon untuk pengontrolan dan pengoptimalan sistem keamanan ruko yang terhubung dengan jaringan telepon secara otomatis.

#### 1.5. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam skripsi ini adalah :

1. Studi literatur

Pengumpulan data-data mengenai karakteristik komponen yang dipakai. Data tersebut merupakan data sekunder yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam perencanaan alat.

2. Perancangan dan Pembuatan Alat

Penyusunan skripsi ini dilakukan dengan perencanaan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) sesuai keperluan Mikrokontroler.

3. Pengujian Alat

Dilakukan untuk mengetahui apakah alat telah bekerja sesuai dengan perencanaan.

---

## 1.6. Sistematika Penulisan

### Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, dan sistematika penulisan.

### Bab II Landasan Teori

Pada bab ini dibahas tentang teori-teori yang menunjang dalam perencanaan dan pembuatan alat.

### Bab III Perencanaan Dan Pembuatan Alat

Pada bab ini dibahas tentang perencanaan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

### Bab IV Pengujian Alat Dan Pembahasan Hasil

Pada bab ini dibahas tentang proses serta hasil dari pengujian alat.

### Bab V Penutup

Pada bab ini akan disampaikan kesimpulan dari perencanaan dan pembuatan serta pengujian alat.

---





## BAB II

### LANDASAN TEORI

Bab ini akan menguraikan tentang dasar-dasar teori yang dapat membantu untuk memahami suatu sistem. Disamping itu juga dapat dijadikan sebagai bahan acuan yang menunjang dalam perencanaan dan pembuatan alat.

#### 2.1. *Passive Infra Red (PIR)*

Sensor ini merupakan salah satu jenis dari sensor *pyroelectric* yang terbuat dari material berupa kristal yang dapat menghasilkan muatan elektrik pada permukaannya ketika ada radiasi. Dimana radiasi yang dimaksud disini adalah radiasi infra merah. Radiasi ini berbentuk gelombang dengan panjang gelombang yang lebih panjang dari gelombang cahaya yang dapat ditangkap oleh mata manusia. Radiasi infra merah tidak bisa dilihat tetapi dapat dideteksi.

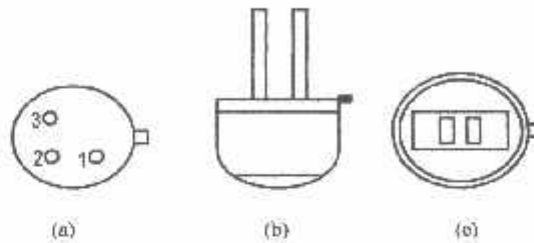
Objek yang menghasilkan panas juga menghasilkan radiasi infra merah dimana objek tersebut meliputi manusia, hewan dan benda apa saja yang menghasilkan panas dengan panjang gelombang sebesar  $9,4 \mu\text{m}$ . Oleh karena itu sensor *passive infra red* ini bekerja dengan cara mendeteksi radiasi yang dipancarkan oleh tubuh manusia, hal ini disebabkan karena manusia juga menghasilkan panas.

Dengan sumber panas sebagai *inputan* maka akan menyebabkan kristal yang terdapat dalam sensor mengalami perubahan beban, dimana perubahan ini akan ditangkap oleh FET sensitif yang sudah ada dalam sensor ini.

Dengan tingkat sensitivitas yang tinggi dapat menyebabkan sensor ini dapat mendeteksi berbagai jenis radiasi panas, oleh karena itu pada sensor ini ditambahkan

---

filter yang dapat menyaring gelombang hingga  $8-14\ \mu\text{m}$ , sehingga dapat bekerja lebih sensitif dalam mendeteksi radiasi yang berasal dari tubuh manusia.



**Gambar 2.1. Gambar PIR<sup>[12]</sup>**  
**(A) Tampak Bawah, (B) Tampak Samping Dan (C) Tampak Atas**

Gambar diatas menunjukkan bentuk dari *passive infra red* dimana sensor ini juga dilengkapi dengan dua elemen perasa. Adapun sensor ini bekerja dengan spesifikasi antara lain :

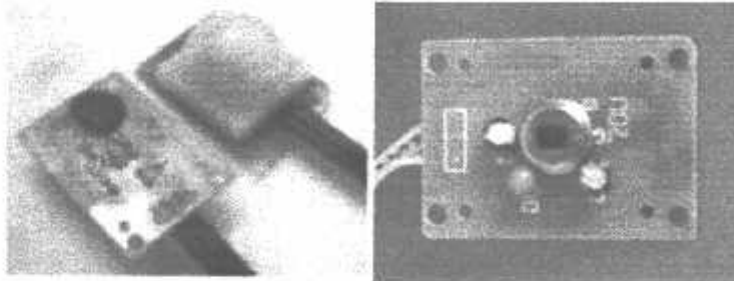
1. Modul sensor berukuran kecil yaitu sekitar  $25 \times 35\ \text{mm}$ .
2. Tegangan operasi 4-15 volt.
3. Arus  $440\ \mu\text{A}$  pada tegangan 5 volt.
4. Mempunyai sensitivitas yang tinggi.
5. Temperatur operasi antara  $-20^{\circ}$  -  $50^{\circ}$  Celcius.

Tetapi sensor ini juga mempunyai beberapa kelemahan sehingga tidak dapat digunakan antara lain :

1. Dalam kondisi cuaca yang terlalu sering berubah secara drastis.
2. Dalam tempat yang mempunyai tingkat guncangan tinggi.
3. Dalam tempat yang dilapisi dengan bahan seperti kaca sehingga sinar infra merah tidak dapat menembusnya.

4. Terkena sinar matahari secara langsung.
5. Terkena secara langsung dengan uap atau udara panas dari alat pemanas.

Selain itu pada sensor ini dilengkapi juga dengan lensa *fresnel* berbentuk cembung yang dipasang dibagian atasnya, berfungsi sebagai pemendar sinar infra merah. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 2.2. Bentuk Fisik Passive Infra Red <sup>[12]</sup>**

Panjang gelombang pemendaran atau pemancaran sinar infra merah yang dilakukan oleh lensa ini berkisar antara 8-14  $\mu\text{m}$ , dimana dimaksudkan agar lebih sensitif dalam mendeteksi radiasi yang dipancarkan oleh manusia. Lensa ini berdiameter 1 inchi dengan permukaan yang halus dan dapat pula dilapisi dengan karet silikon agar tahan terhadap air.

## 2.2. *Limit switch*

*Limit switch* merupakan sebuah saklar yang bekerja karena ada suatu sentuhan atau gesekan. *Limit switch* mempunyai beberapa bagian antara penungkit dan roda penjulung yang merupakan bagian mekanik yang jika tersentuh oleh suatu benda atau mekanisasi lain, maka *limit switch* akan *on* dan lalu menggerakkan lengan pengungkit dalam suatu kontak.

Ada beberapa tipe *limit switch* yaitu :

1. NO (*Normally Open*)
2. NC (*Normally Closed*)

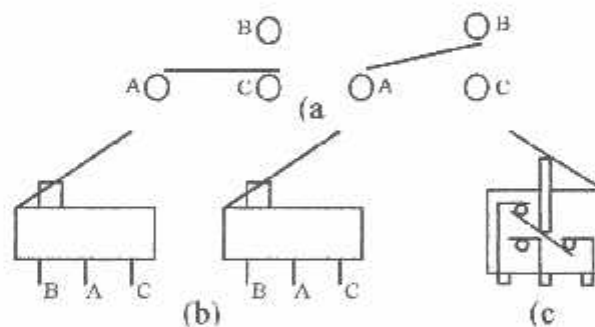
*Limit* yang merupakan kontak NO berfungsi sebagai penghubung sedangkan yang kontak NC berfungsi sebagai pemutus.

Adapun simbol dari limit switch atau push button sebagai berikut :



**Gambar 2.3. Simbol *Limit Switch*** <sup>[8]</sup>

Sedangkan jenis *limit switch* yang digunakan dalam peralatan ini adalah yang terlihat seperti di bawah ini :

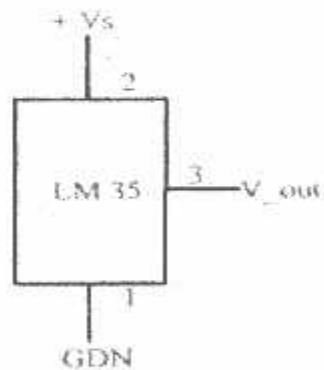


**Gambar 2.4. a) Simbol b) dan c) Bentuk Fisik *Limit Switch*** <sup>[8]</sup>

*Limit switch* ini biasanya digunakan dan ditempatkan sesuai dengan kebutuhan dan keadaan benda yang bersangkutan dan harus memperhitungkan jarak benda agar dapat mengontrol kerja dari *Limit switch* tersebut.

### 2.3. Sensor Suhu LM35

Seperti halnya sensor kelembaban udara, sensor suhu merupakan transducer yang dapat merubah suatu besaran kedalam bentuk besaran lainnya. Dalam pengukuran elektronika suatu besaran fisik (non elektrik) yang akan dibaca harus diubah menjadi besaran listrik terlebih dahulu. Salah satu dari banyak transducer yakni IC LM35 yang berfungsi untuk mengubah suatu besaran panas (suhu) menjadi besaran listrik dengan batas kemampuan pengukuran terhadap suhu ( $-55^{\circ}\text{C}$  sampai  $150^{\circ}\text{C}$ ). Keakurasian LM35 sangat tinggi, yaitu dapat membaca setiap penurunan maupun kenaikan suhu tiap  $1^{\circ}\text{C}$  dengan tegangan *output* 10m Volt. Merangkai LM35 menjadi sebuah sensor yang dapat membaca setiap perubahan sangat lah mudah , seperti yang ada dalam *data sheet National Application*. Bentuk komponen dan deskripsi pin LM35 ditunjukkan pada gambar 2.5 :

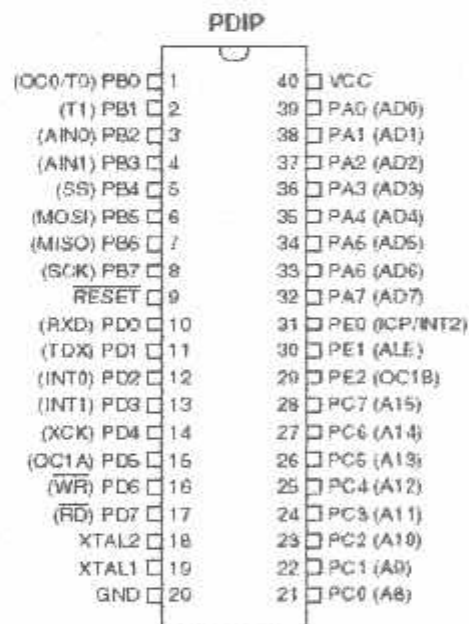


Gambar 2.5 Deskripsi Pin LM35<sup>[9]</sup>

## 2.4. Mikrokontroler AVR ATmega8535

### 2.4.1. Arsitektur

AVR ATmega8535 adalah mikrokontroler 8-bit CMOS, low-power yang berdasarkan pada bentuk arsitektur AVR RISC (*Reduced Instruction Set Computer*), yang hampir semua instruksinya selesai dikerjakan dalam satu siklus clock. AVR ATmega8535 menggunakan instruksi tunggal (*Single Clock Cycle*), yaitu sistem mikrokontroler yang frekuensi kerja dalam chip sama dengan frekuensi kristal untuk osilator tanpa memerlukan rangkaian pembagi frekuensi setelah osilator yang diperlukan untuk memperoleh perbedaan fase dari clock, sehingga AVR 12 kali lebih cepat dibanding MCS51.



Gambar 2.6

Konfigurasi Pin ATmega8535<sup>[10]</sup>

Berbagai karakteristik yang tersedia dalam IC ATmega8535 adalah sebagai berikut:

- 8K bytes In-System Programmable Flash
- 512 bytes EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*)
- 512 bytes SRAM (*Static Random Access Memory*)
- 32 jalur I/O general-purpose
- 32 general-purpose working register
- Timer/Counter yang fleksibel dengan mode pembandingan
- Interupsi internal dan eksternal
- Pemrograman serial UART (*Universal Asynchronous Receiver and Transmitter*)
- Serial Port SPI (*Serial Peripheral Interface*)

ATmega8535 mempunyai dua buah power-save mode yang dapat diatur melalui software, yaitu:

➤ Idle Mode

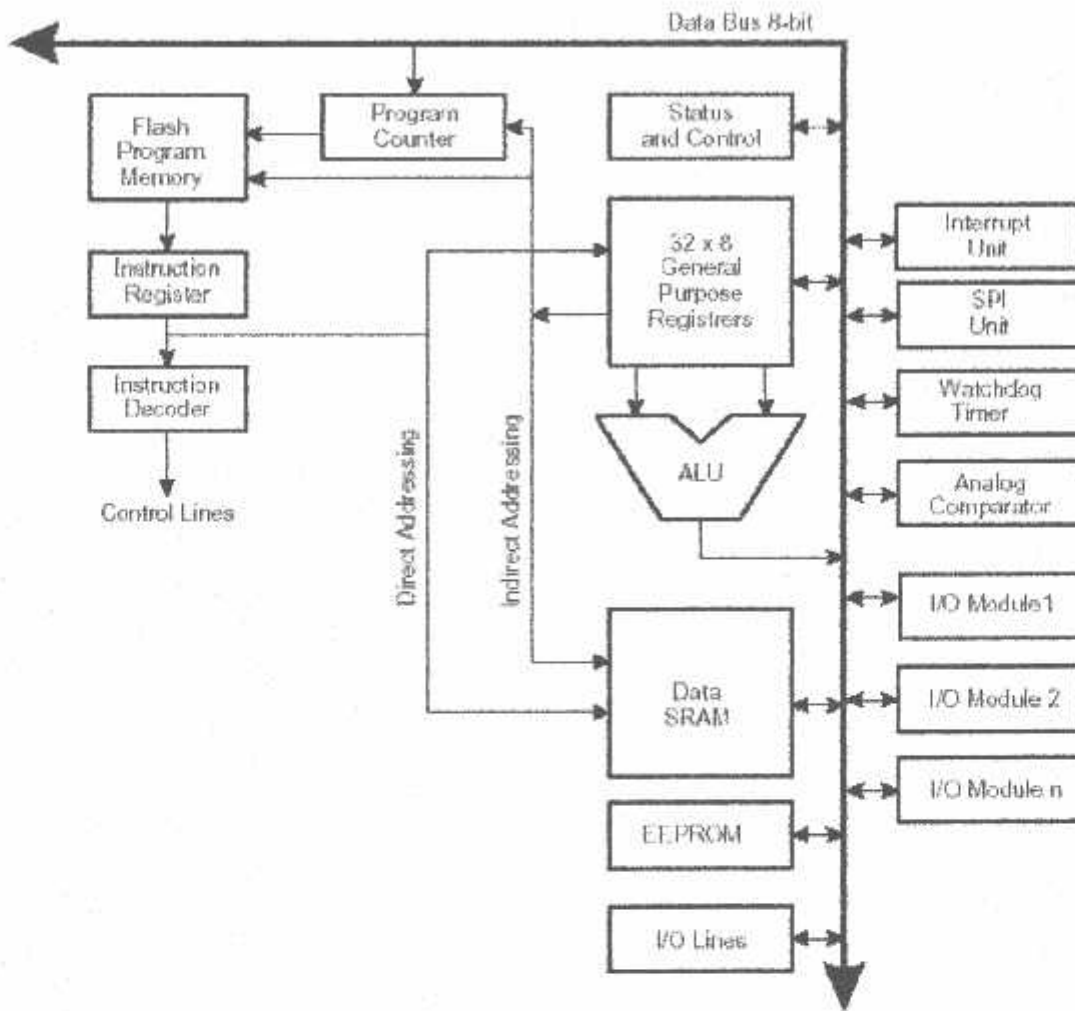
Menghentikan CPU sementara SRAM, Timer/ Counter, port SPI, dan sistem tetap berfungsi.

➤ Power-Down Mode

Menyimpan isi register dan menahan osilator untuk tidak mengaktifkan fungsi-fungsi chip yang lain sampai terjadi reset atau interupsi dari luar.

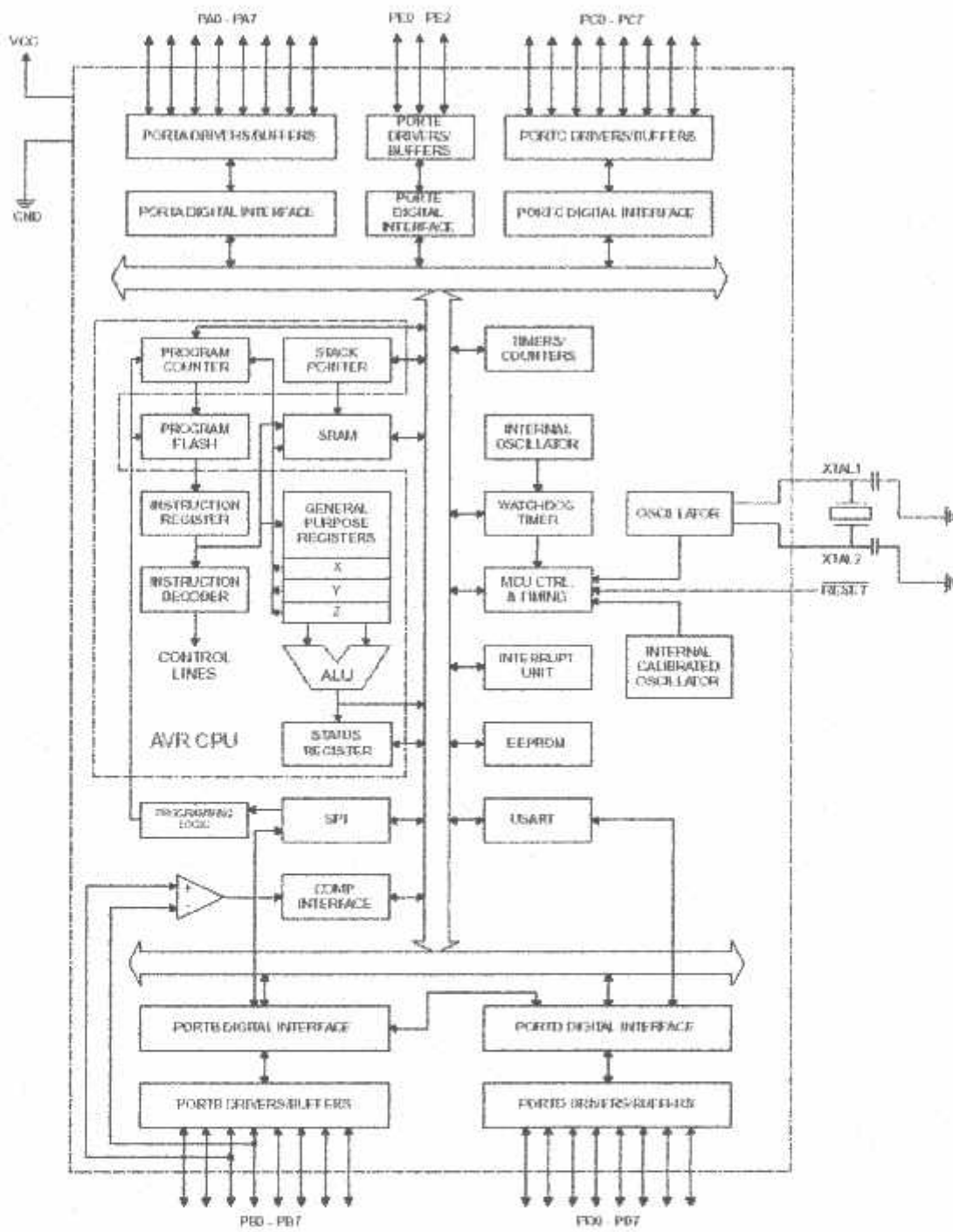
---





Gambar 2.7

Arsitektur AVR ATmega8535<sup>[10]</sup>



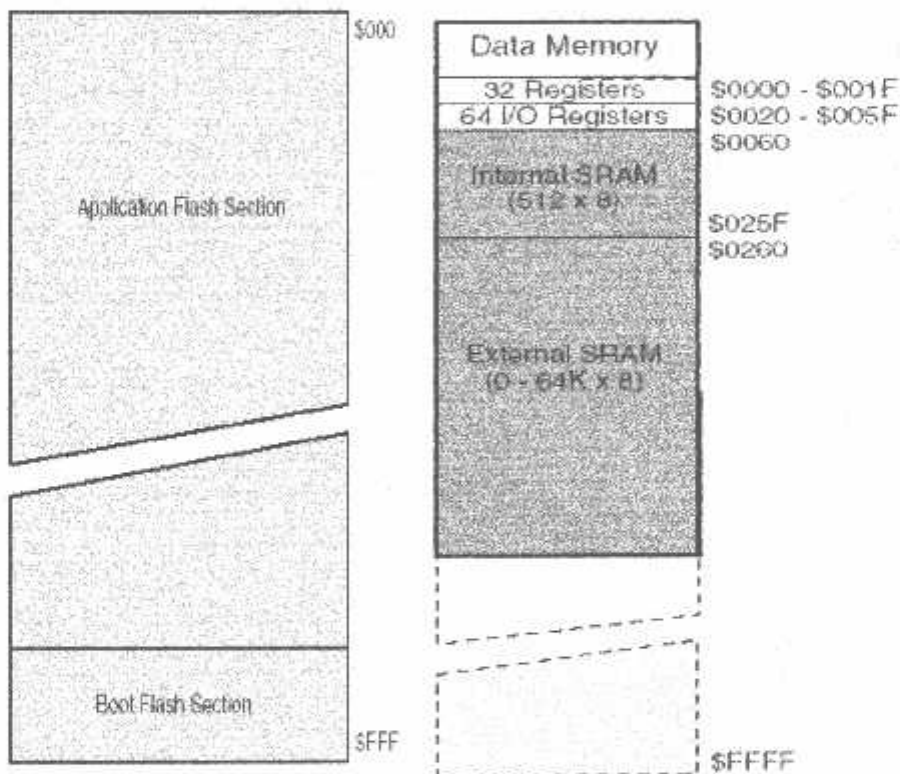
Gambar 2.8

Blok Diagram AVR ATmega8535 [10]

pada alamat yang diminta ke dalam pengunci alamat selama siklus akses pertama dan kaki AD0-AD7 digunakan pada siklus yang kedua.

AVR dibangun atas dasar arsitektur Harvard, dimana program dan data ditempatkan pada memori yang berlainan dengan cara menyediakan saluran data untuk memori-program yang terpisah dari saluran data untuk memori-data.

#### 2.4.2. Memori Program (Flash ROM)



**Gambar 2.9**  
**Memory Maps <sup>[10]</sup>**

Memori program AVR ATmega8535 disusun sebagai sistem memori-program 4K x 16 bit, yang dinomori mulai dari \$0000 sampai \$0FFF seperti terlihat

pada gambar 2.10. memori program pada ATmega8535 menggunakan Programmable Flash Program memory, tidak ada fasilitas untuk menambah memori program di luar chip ATmega8535.

Memori program tersebut dapat diisi ulang lewat saluran SPI (*Serial Peripheral Interface*) yang hanya memerlukan 3 jalur sinyal ditambah sebuah ground. Pengisian flash memori tersebut cukup menggunakan tegangan +5 volt, sehingga rangkaian pengisi memori-program sangat sederhana bahkan bisa dibuat dengan sistem ISP (*In-System Programming*), yaitu pengisian memori program langsung pada rangkaian peralatan tanpa menggunakan alat khusus untuk mengisi memori-program.

### 2.4.3. Memori Data

#### 2.4.3.1. Register Serba Guna (*General Purpose Working Register*)

	7	0	Addr.	
General Purpose Working Registers	R0		\$00	
	R1		\$01	
	R2		\$02	
	...			
	R13		\$0D	
	R14		\$0E	
	R15		\$0F	
	R16		\$10	
	R17		\$11	
	...			
	R28		\$1A	X-register Low Byte
	R27		\$1B	X-register High Byte
	R28		\$1C	Y-register Low Byte
	R29		\$1D	Y-register High Byte
	R30		\$1E	Z-register Low Byte
	R31		\$1F	Z-register High Byte

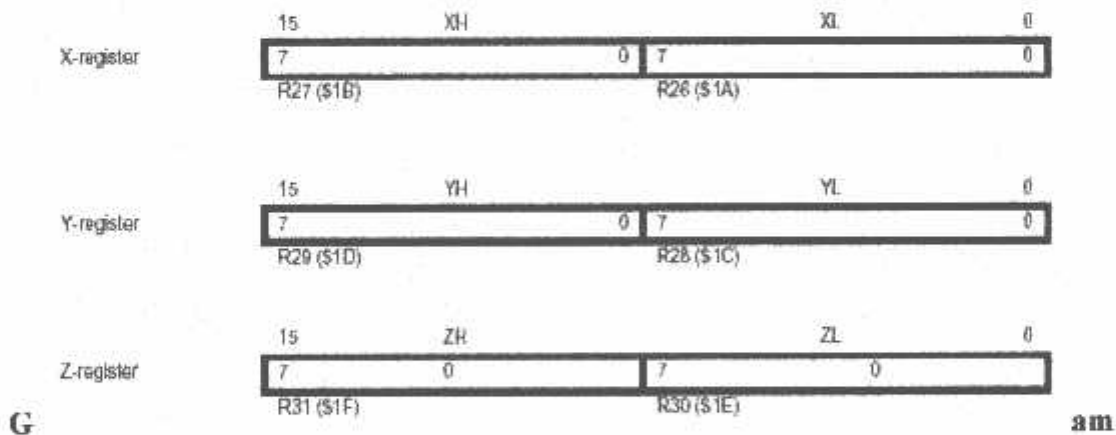
**Gambar 2.10**  
**Register Serba Guna<sup>[10]</sup>**

AVR ATmega8535 mempunyai 32 register serbaguna yang masing-masing berkapasitas 8 bit, menempati memori-data dengan nomor \$0000 sampai \$001F yang disebut sebagai R0 sampai R31. Semua register serba guna memiliki kemampuan

yang hampir simetris, semuanya bisa berfungsi sebagai akumulator sehingga bisa melakukan proses menunjang kerja ALU dengan sangat baik dan menghasilkan kecepatan kerja yang sangat tinggi.

Register-register tersebut dipecah menjadi 2 bagian, bagian pertama R0...R15, dan bagian kedua R16...R31. Instruksi-instruksi yang bekerja dengan bilangan konstanta (*immediate data*), misalnya instruksi SBCI, SUBI, CPI, ANDI, ORI dan LDI hanya bisa dipakai pada register bagian kedua R16...R31.

Register serba guna R0 dan R16...R31 memiliki kemampuan tambahan. R0 dipakai sebagai register penampung data dalam instruksi LPM (*Load Program Memory*). R26 dan R27, R28 dan R29 serta R30 dan R31 bisa dipasangkan untuk membentuk register 16 bit, pasangan-pasangan register ini dinamakan sebagai Register X, Register Y dan Register Z seperti pada gambar di bawah ini:



bar 2.11

### Register X, Y dan Z <sup>[10]</sup>

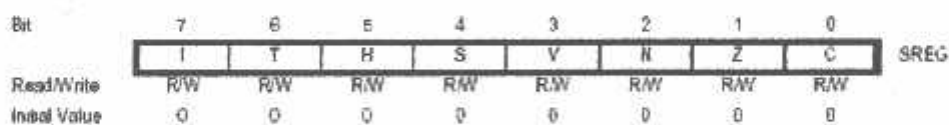
Pasangan register tersebut untuk mengamati memori data (16 bit *memory address register*), dipakai dalam instruksi-instruksi yang bekerja pada memori-data.

Khusus register, selain dipakai untuk operasi memori-data bisa pula dipakai untuk mengambil data konstanta yang disimpan dalam memori-program. Instruksi untuk keperluan ini adalah instruksi LPM.

#### 2.4.3.2. Register I/O

AVR ATmega8535 mempunyai 64 register I/O yang masing-masing berkapasitas 8 bit, menempati memori-data dengan nomor \$0020 sampai \$005F. Selain bisa dikenali dengan nomor memori-data tersebut ke-64 register ini bisa dikenali pula dengan nomor register I/O dari nomor \$00 sampai \$3F. Dalam praktek register I/O ini lebih dikenal sebagai I/O dengan instruksi IN atau OUT dari pada sebagai memori data biasa. Register untuk timer 8 bit ditempatkan di memori data nomor \$0052 dan \$0053, dan untuk *watchdog timer* ditempatkan di \$0041.

Selain untuk tempat register I/O, sebagian memori-data nomor \$0020 sampai \$005F dipakai untuk menyimpan informasi prosesor dan pengaturan kerja prosesor. Misalnya memori-data nomor \$005F dipakai sebagai *Status Register* (SREG) yang bertugas untuk menampung petanda (*Flags*) dari hasil kerja ALU. SREG didefinisikan sebagai:



Gambar 2.12

Status Register<sup>[10]</sup>

- Bit7-1: *Global Interrupt Enable*

- Bit0-C: *Carry Flag*

Bit-C mengindikasikan carry pada operasi aritmatika atau logika.

Memori data \$005D (\$3D) dan \$005E (\$3E) dipakai *Stack Pointer* (SP) register yang bertugas untuk mencatat nomor memori data yang dipakai sebagai stack.

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	SP15	SP14	SP13	SP12	SP11	SP10	SP9	SP8	SPH
	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	SPL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Gambar 2.13**

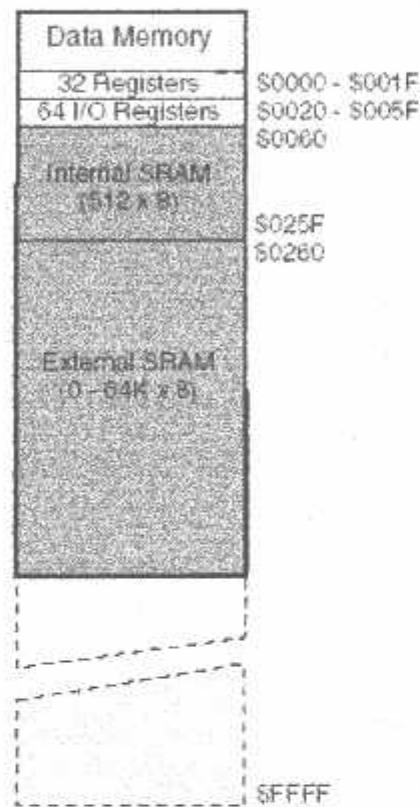
### Stack Pointer<sup>[10]</sup>

SP dikurangi 1 ketika data dimasukkan ke stack dengan instruksi PUSH dan dikurangi 2 ketika alamat dimasukkan ke stack dengan *subroutine call* dan interupsi. SP akan ditambah 1 ketika data dikeluarkan dari stack dengan instruksi POP dan ditambah 2 ketika alamat dikeluarkan dari stack dengan return dari subroutine RET atau return dari interupsi RETL.

#### 2.4.3.3. SRAM Internal dan Eksternal



Seluruh data untuk memori data terdiri dari 8 jalur, menghubungkan register serbaguna, register I/O dan memori data internal maupun eksternal menjadi satu yang membentuk sistem memori 8 bit. Sistem memori-data ini dibentuk dengan SRAM (*Static Random Access Memory*), seperti terlihat pada gambar 2.15.



**Gambar 2.14**

**Map Memori Data <sup>[10]</sup>**

AVR ATmega8535 memiliki 512 x 8 bit internal SRAM yang bebas dipakai untuk berbagai macam keperluan. Internal SRAM ini selain dipakai untuk menyimpan data sementara, juga dipakai stack untuk menyimpan nilai terakhir *program counter* (PC) sebelum AVR menjalankan subrutin atau melayani permintaan interupsi.

ATmega8535 memiliki kemampuan untuk menambah memori data di luar chip (eksternal SRAM). Kapasitas SRAM eksternal yang dipasang maksimal sebesar 64K byte, dengan pengertian nomor-nomor SRAM yang sudah dipakai di dalam chip (internal SRAM) tidak lagi dikenali sebagai SRAM eksternal. Pada gambar 2.15 3SRAM internal ditempatkan sampai pada nomor \$025F, dalam hal ini SRAM eksternal akan dikenali mulai dari nomor \$0260 sampai \$FFFF.

#### **2.4.4. Reset dan Interupsi**

ATmega8535 menyediakan 12 sumber interupsi yang berbeda. Interupsi-interupsi tersebut dan vektor pemisah reset masing-masing memiliki vektor pemisah program dalam memori program. Semua interupsi yang ditentukan oleh bit pengaktif individual harus di set pada logic 1 (high) bersama bit-1 pada status register untuk mengaktifkan perintah interupsi.

Alamat terendah dalam ruang memori-program secara otomatis didefinisikan sebagai Reset dan Vektor Interupsi. Daftar reset dan vektor interupsi secara lengkap ditunjukkan pada table di bawah ini:

---

**Tabel 2.1**  
**Reset dan Vektor**  
**Interupsi<sup>[10]</sup>**

Vector No.	Program Address <sup>(2)</sup>	Source	Interrupt Definition
1	\$000 <sup>(1)</sup>	RESET	External Pin, Power-on Reset, Brown-out Reset and Watchdog Reset
2	\$001	INT0	External Interrupt Request 0
3	\$002	INT1	External Interrupt Request 1
4	\$003	TIMER1 CAPT	Timer/Counter1 Capture Event
5	\$004	TIMER1 COMPA	Timer/Counter1 Compare Match A
6	\$005	TIMER1 COMPB	Timer/Counter1 Compare Match B
7	\$006	TIMER1 OVF	Timer/Counter1 Overflow
8	\$007	TIMER0 OVF	Timer/Counter0 Overflow
9	\$008	SPI, STC	Serial Transfer Complete
10	\$009	USART, RXC	USART, Rx Complete
11	\$00A	USART, UDRE	USART Data Register Empty
12	\$00B	USART, TXC	USART, Tx Complete
13	\$00C	ANA_COMP	Analog Comparator
14	\$00D	INT2	External Interrupt Request 2
15	\$00E	TIMER0 COMP	Timer/Counter0 Compare Match
16	\$00F	EE_RDY	EEPROM Ready
17	\$010	SPM_RDY	Store Program memory Ready

Tabel di atas juga membatasi tingkat prioritas dari interupsi yang berbeda. Alamat terendah merupakan prioritas tertinggi, reset merupakan prioritas tertinggi dan selanjutnya adalah INT0 (*External Interrupt Request 0*). Interupsi eksternal dipicu (*trigger*) oleh pin INT1 dan INT0. Interupsi akan aktif jika pin INT1/INT0 dikonfigurasi sebagai output.

ATmega8535 memiliki 3 sumber Reset yaitu:

1. Power-On Reset

MCU akan di reset secara otomatis jika tegangan catu daya lebih rendah dari tegangan ambang batas reset (Power-On Reset Threshold- $V_{POT}$ ). Tegangan  $V_{POT}$  berkisar antara 0.4 sampai 1.0.

## 2. External Reset

MCU akan di reset jika kaki RESET bernilai '0' dalam waktu lebih lama dari 50 ns.

## 3. Watchdog Reset

Jika sistem Watchdog diaktifkan, MCU akan di reset jika dalam batas waktu yang ditentukan Watchdog timer tidak juga diaktifkan.

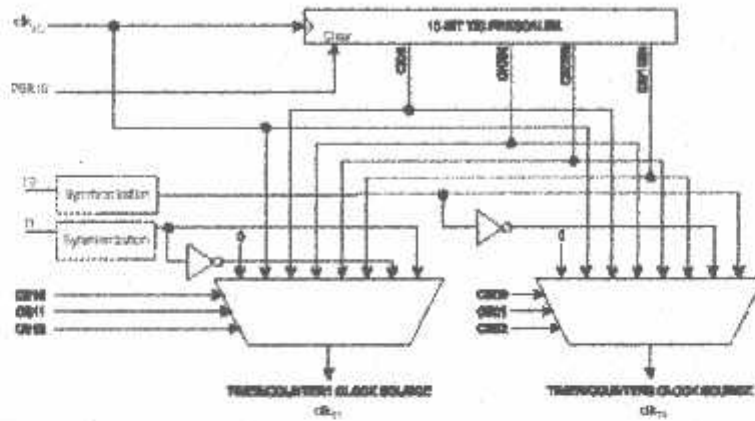
### 2.4.5. Timer/Counter 0

Timer/counter 0 (TCNT0) merupakan pencacah biner 8 bit, ditempatkan sebagai register I/O dengan nomor 32. TCNT0 bisa dipakai sebagai timer maupun sebagai counter, tergantung pada sumber sinyal yang dipakai untuk menggerakannya. Sebagai timer sinyal penggerakannya berasal dari osilator kristal atau frekuensi yang diturunkan dari osilator kristal. Terdapat 5 frekuensi osilator kristal yang bisa dipilih yaitu CK, CK/8, CK/64, CK/256, atau CK/1024.

Sebagai counter sinyal yang dipakai sebagai penggerak berasal dari luar chip yang disalurkan melalui pin T0 dari IC ATmega8535. frekuensi luar yang masuk ke pin T0 dilewatkan oleh sebuah inverter, sehingga bisa dipilih fase yang sesuai untuk menggerakkan pencacah biner. TCCR0 (*Timer/Counter 0 Control Register*) pada register I/O nomor \$33 digunakan untuk menentukan apakah TCNT0 bekerja sebagai

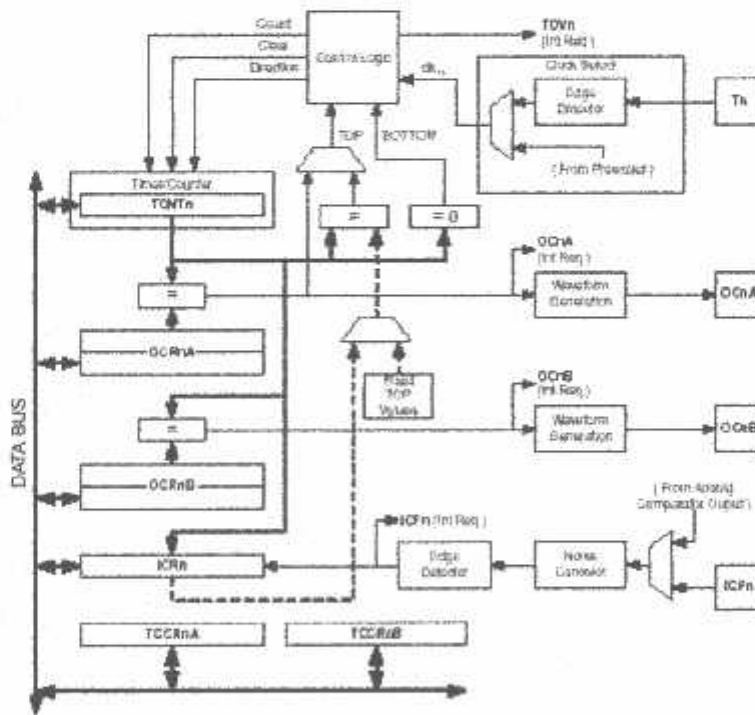
---

timer atau sebagai counter dan sekaligus untuk menghentikan atau menjalankan pencacahan TCNT0.



Gambar 2.15

Timer/Counter Prescaler [10]

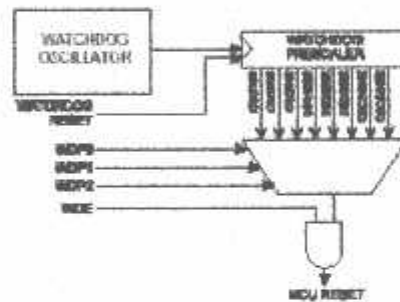


Gambar 2.16

Blok Diagram Timer/Counter [10]

#### 2.4.6. Watchdog Timer

Watchdog timer adalah sarana yang disediakan di dalam chip untuk mereset AVR secara otomatis jika sistem tidak dapat dikendalikan. Jika sistem watchdog diaktifkan, secara periodik AVR akan di reset oleh pencacah watchdog (*Watchdog Prescaler*). Untuk memperlancar kerja sistem maka pencacah watchdog selalu di reset lewat perangkat lunak sebelum sempat mereset AVR, dengan demikian selama program pengendali AVR bekerja dengan normal dan bisa mereset pencacah watchdog maka sistem akan bekerja dengan normal, jika tidak pencacah watchdog akan mereset AVR.



Gambar 2.17

Watchdog Timer <sup>[10]</sup>

**Tabel 2.2**  
**Watchdog Timer Prescale Select** <sup>[10]</sup>

WDP2	WDP1	WDP0	Number of WDT Oscillator Cycles	Typical Time-out at $V_{CC} = 3.0V$	Typical Time-out at $V_{CC} = 5.0V$
0	0	0	16K (16,384)	17.1 ms	16.9 ms
0	0	1	32K (32,768)	34.3 ms	32.5 ms
0	1	0	84K (85,536)	88.5 ms	65 ms
0	1	1	128K (131,072)	0.14 s	0.13 s
1	0	0	256K (262,144)	0.27 s	0.26 s
1	0	1	512K (524,288)	0.55 s	0.52 s
1	1	0	1,024K (1,048,576)	1.1 s	1.0 s
1	1	1	2,048K (2,097,152)	2.2 s	2.1 s

Seperti terlihat pada gambar 2.18, pencacah watchdog merupakan sebuah pencacah biner 11 bit yang digerakkan dengan sebuah rangkaian osilator dalam chip AVR, frekuensi osilator berubah pada tegangan catu daya AVR yang berlainan, tidak bisa diatur lebih lanjut. Tegangan catu daya 5 volt menghasilkan frekuensi 1 MHz, dan frekuensi pada tegangan 3 volt sebesar 350 KHz.

8 keluaran flip-flop pembentuk pencacah watchdog disalurkan ke rangkaian multiplex yang berfungsi sebagai pemilih periode watchdog, sehingga dengan mudah bisa diatur periode waktu pencacah watchdog mereset AVR lewat sinyal pada keluaran rangkaian multiplex. Keluaran rangkaian multiplex sebelum dipakai sebagai sinyal reset AVR dikendalikan dengan sebuah gerbang AND, untuk mengatur aktifitas *Watchdog Timer*.

#### 2.4.7. EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*)

EEPROM dalam AVR dikatakan sebagai memori-data khusus, karena saluran data, saluran alamat bahkan sinyal kontrol untuk EEPROM terpisah dari saluran data, saluran alamat dan sinyal kontrol untuk SRAM dan register I/O, meskipun sama-sama berada dalam satu chip.

EEPROM dapat ditulis ulang sampai 100.000 kali, waktu yang diperlukan untuk mengganti isi satu byte EEPROM berkisar antara 2.5 ms - 4 ms. Agar pengisian EEPROM dapat dilakukan dengan baik, sediakan sinyal yang menandai proses pengisian sudah selesai. Sesaat setelah EEPROM diisi, AVR akan berhenti bekerja selama 2 siklus clock. Hal ini juga terjadi saat setelah EEPROM dibaca isinya, AVR akan berhenti bekerja selama 4 siklus clock.

Dari segi pemrograman EEPROM merupakan perangkat register I/O yang terdiri dari 3 bagian yaitu:

- EECR (*EEPROM Control Register*), yang ditempatkan di register I/O nomor \$1C berfungsi untuk membangkitkan perintah mengisi EEPROM atau membaca isi EEPROM.
- EEDR (*EEPROM Data Register*), ditempatkan di register I/O nomor 1D, diperlakukan sebagai pengganti saluran data.
- EEAR (*EEPROM Address Register*), ditempatkan di register I/O nomor \$1E, diperlakukan sebagai pengganti saluran alamat yang terdiri dari EEARH (*EEAR High Byte-Register* I/O nomor \$1E) dan EEARL (*EEAR Low Byte-Register* I/O nomor \$1F).

#### **2.4.8. Pembanding Tegangan (*Analog Comparator*)**

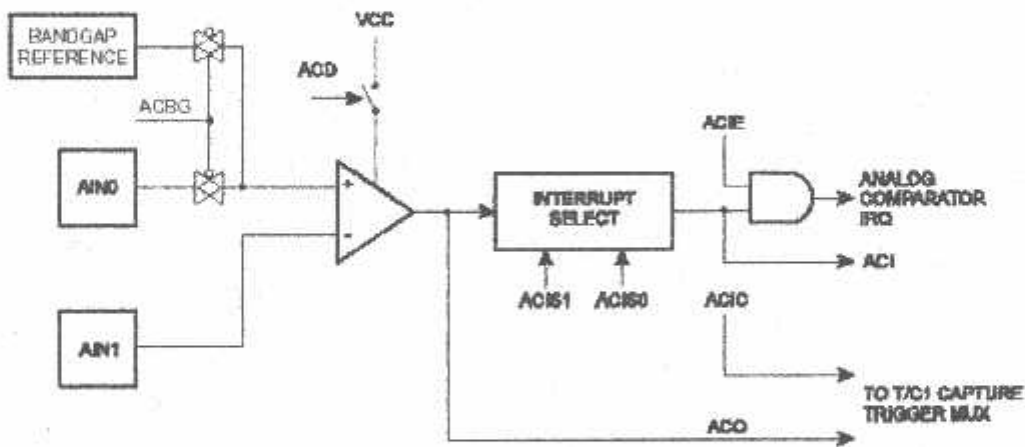
Pembanding tegangan AVR dibentuk dengan sebuah OpAmp (*Operasional Amplifier*) yang ditempatkan di dalam chip, input V+ dari OpAmp dihubungkan dengan kaki PB2 (AIN0), input V- dihubungkan dengan kaki PB3 (AIN1). Sedangkan output OpAmp tidak dihubungkan keluar chip, sehingga OpAmp tersebut

---



hanya berfungsi sebagai pembanding tegangan, tidak bisa dipakai sebagai penguat karena tidak dipasangkan resistor antara output dan inputnya sebagai komponen *feedback*.

Tegangan AIN0 dan AIN1 selalu dibandingkan oleh OpAmp, jika tegangan pada AIN0 lebih positif dari AIN1 maka output OpAmp bernilai '1', sebaliknya jika tegangan pada AIN1 lebih positif dari AIN0 maka output OpAmp bernilai '0'. Keadaan output OpAmp bisa dipakai untuk membangkitkan sinyal permintaan layanan interupsi. Sinyal ini dibangkitkan saat output OpAmp berubah dari '0' ke '1', atau sebaliknya.



Gambar 2.18

### Blok Diagram Analog Komparator <sup>[10]</sup>

#### 2.4.9. Port-Port I/O

Semua port pada AVR memiliki kebenaran fungsional *read-modify-write* ketika digunakan sebagai port I/O umum. Ini berarti bahwa arah dari satu pin port

dapat diubah tanpa bermaksud mengubah arah dari pin yang lain dengan instruksi SBI dan CBI.

➤ Port A

Tiga lokasi alamat memori I/O dilokasikan pada port A, masing-masing adalah register data-Port A, \$1B (\$3B), register data *direction* (register pengarah data)-DDRA, \$1A (\$3A), dan pin input port A-PIN A, \$19 (\$39). Pin-pin port A memiliki fungsi alternatif yang terhubung pada pilihan data eksternal SRAM. Port A dapat dikonfigurasi menjadi multiplexed low order alamat/data bus selama akses ke data memori eksternal. (blok diagram dapat dilihat pada lampiran).

➤ Port B

Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port D, masing-masing adalah register data-PORTB, \$18 (\$38), register pengarah data-DDRB, \$17 (\$37), dan pin input port B-PINB, \$16 (\$36). (Blok diagram port B dan fungsi alternative pinnya dapat dilihat pada lampiran).

➤ Port C

Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port C, masing-masing adalah register data-PORTC, \$15 (\$35), register pengarah data-DDRC, \$14 (\$34), dan pin input port C-PINC, \$13 (\$33). (Blok diagram skematik dapat dilihat pada lampiran).

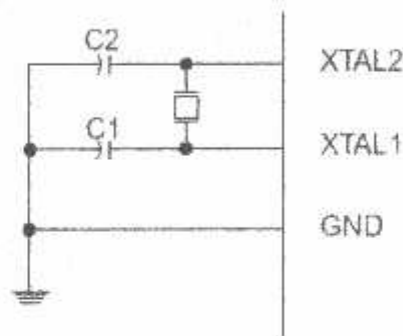
➤ Port D

Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port D, masing-masing adalah register data-PORTD, \$12 (\$32), register pengarah data-DDRD, \$11

(\$31), dan pin input port D-PIND, \$10 (\$30). (Blok diagram skematik port D dan fungsi alternatif pinnya dapat dilihat pada lampiran).

#### 2.4.10. Osilator Kristal

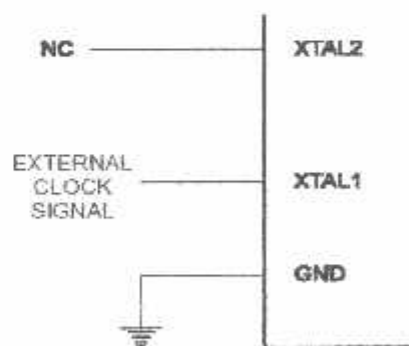
XTAL1 dan XTAL2 adalah input dan output dari inverting amplifier yang dapat dikonfigurasi untuk digunakan sebagai osilator di dalam chip.



Gambar 2.19

Koneksi Osilator <sup>[10]</sup>

Untuk menjalankan dari sumber clock eksternal XTAL2 tidak terhubung ke XTAL1 seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.20

Konfigurasi Drive External Clock <sup>[10]</sup>

## 2.5. DTMF

DTMF (*Dual Tone Multi Frequency*) merupakan sistem signaling dengan frekuensi ganda. Dalam sistem ini signal tersusun atas sebuah kombinasi dari dua buah frekuensi yang dipilih satu demi satu dari tiap frekuensi dari dua kelompok frekuensi (lebih tinggi atau lebih rendah). Frekuensi tersebut masing-masing dialokasikan dan berhubungan dengan sebuah angka atau sebuah kode. Sebuah angka akan mewakili penggabungan dua *tone* tersebut.

Dibandingkan pada sistem penomoran telepon, kelebihan DTMF ini adalah :

- a. Waktu putar pada sistem penomoran telepon dapat dikurangi.
- b. Operasi putar disederhanakan menjadi sistem tekan.
- c. Mengurangi kesalahan dalam pemanggilan.
- d. Signal frekuensi suara dipakai sehingga dapat digunakan untuk banyak jenis pemakaian.

Dalam DTMF, setiap angka dinyatakan oleh kombinasi dua frekuensi atas dan bawah seperti pada tabel berikut :

**Tabel 2.3. Konfigurasi *Tone Dialing* Dan Angka <sup>[16]</sup>**

<i>Low Group</i> (Hz)	<i>High Group</i> (Hz)			
	1209	1336	1447	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

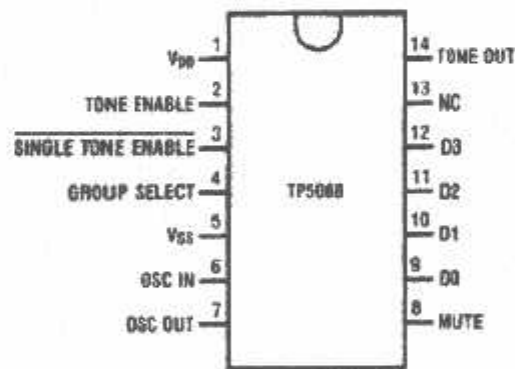
### 2.5.1. Enkoder DTMF TP 5088

Dalam rangkaian terintegrasi, enkoder *tone* banyak terdapat di pasaran. Salah satunya adalah IC TP5088. Enkoder DTMF TP5088 merupakan jenis IC

CMOS yang dapat menghasilkan *tone-dialing* yang dalam aplikasinya biasa digunakan pada hubungan telepon. IC ini dapat dikontrol oleh mikrokontroler.

Enkoder TP5088 atau DTMF generator menggunakan referensi kristal 3.57545 Mhz untuk menghasilkan sinyal sinusoida dengan frekuensi yang berbeda-beda. Tegangan keluaran dari pin 14 berupa sinyal tangga sinusoida yang merupakan kombinasi dua buah frekuensi dasar. Frekuensi tersebut dibandingkan oleh osilator kristal. Sedangkan untuk konversi digital ke analog dilakukan secara *internal*. Untuk penyesuaian spesifikasi DTMF, stabilitas frekuensi dari pembangkit nada dalam IC ini tidak diperlukan lagi.

Data *input* yang berupa 4 buah data biner akan dikodekan secara langsung tanpa memerlukan konversi untuk mensimulasikan *input keyboard* yang dibutuhkan oleh pembangkit DTMF. Konfigurasi pin pada IC TP5088 dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.21. Konfigurasi pin TP5088 <sup>[16]</sup>

Secara keseluruhan, penjelasan kaki-kaki TP5088 adalah :

- V<sub>DD</sub> dan V<sub>SS</sub>

Merupakan kaki penyemat catu daya, V<sub>DD</sub> dihubungkan dengan catu daya positif dan V<sub>SS</sub> pada *ground*.

- *OSC IN dan OSC OUT*

Kaki ini dihubungkan dengan kristal atau sumber osilator dari luar. Nilai kristal yang digunakan biasanya sebesar 3,579545 MHz.

- *TONE ENABLE*

Masukan ini mempunyai sebuah resistor *pull-up internal*. Ketika *tone enable* dalam kondisi *low*, osilator akan dihentikan sehingga *tone generator* dan keluaran transistor mati. Perubahan logika '0' ke logika '1' pada *tone enable* menahan data dari  $D_0 - D_5$ . Osilator akan mulai bekerja dan *tone generator* kontinu sampai *tone enable* kembali ke keadaan *low*.

- *MUTE*

Keluaran ini berfungsi untuk mengalirkan arus ke  $V_{SS}$  pada saat *tone enable* dalam kondisi *low* dan tidak ada *tone* yang dibangkitkan. Pin ini berlogika '0' pada saat *tone enable high*.

- $D_0, D_1, D_2, D_3$

Kaki ini merupakan masukan untuk data biner yang dikodekan, yang ditahan pada sisi naik oleh *tone enable*.

- *TONE OUT*

Keluaran ini merupakan *open emitter* dari transistor NPN, kolektor secara *internal* dihubungkan ke  $V_{DD}$ . Ketika beban resistor eksternal dihubungkan *tone out* ke  $V_{SS}$ , maka tegangan pada kaki ini merupakan penjumlahan dari grup *tone low* dan *high*. Pada saat tidak membangkitkan *tone output*, transistor ini mati.

- *SINGLE TONE ENABLE*

Masukan ini mempunyai resistor *pull-up internal*. Pada keadaan normal kaki ini dihubungkan ke kaki  $V_{DD}$ .

- *GROUP SELECT*

Kaki ini digunakan untuk menyeleksi *group* frekuensi atas atau bawah, ketika perangkat ini dalam *mode tone* tunggal.

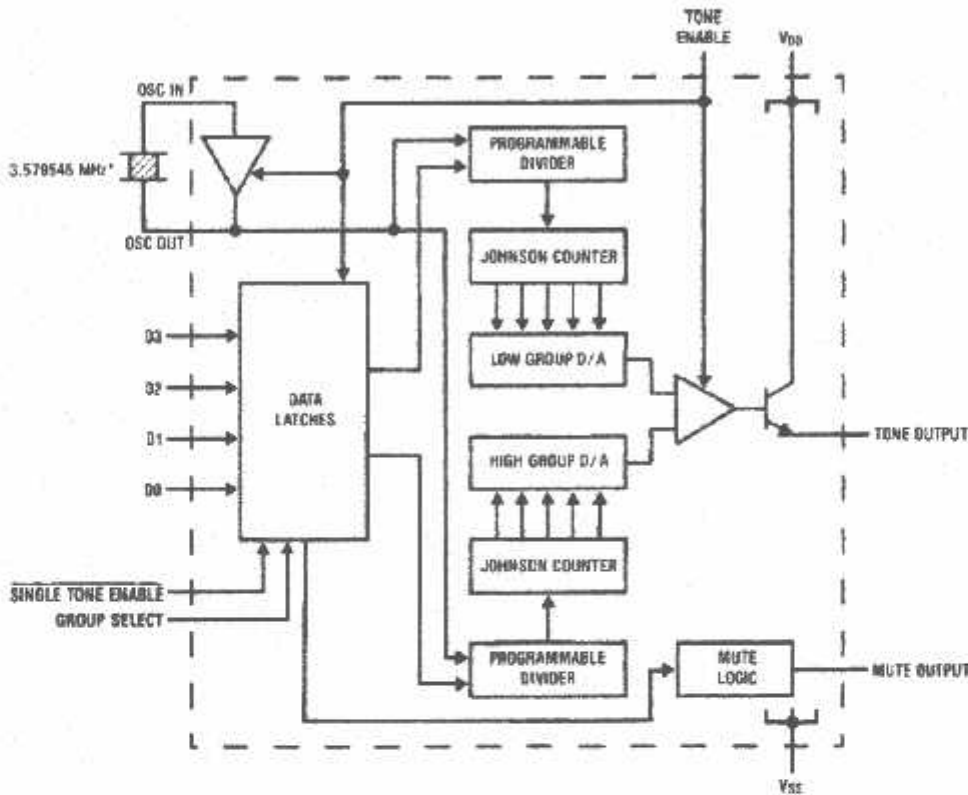
Akan dijelaskan bagaimana cara menghubungkan pin-pin tersebut secara mekanis ataupun elektronis. Pengaturan masukan (kondisi *high* atau *low*) sepenuhnya diatur secara *internal* oleh IC tersebut. Pin 6 dan pin 7 sebagai masukan dari osilator kristal 3.579545 Mhz yang digunakan untuk membangkitkan frekuensi. Kristal tidak akan membangkitkan nada atau frekuensi bila tidak ada masukan *high* pada *inputnya*. Pin 8 sebagai *mute out* merupakan gerbang CMOS yang terhubung ke V- bila D0-D3 tidak ada masukan dan akan terhubung ke V+ bila sebaliknya. Pin 14 sebagai *tone output* terhubung secara *internal* ke emitor transistor NPN dan kolektor ke catu positif. Masukan dari transistor ini adalah *op-amp* yang menggabungkan nada dari frekuensi atas dan frekuensi bawah bersamaan.

Level dari nada ganda yang dibangkitkan merupakan jumlah dari masing-masing nada tunggal frekuensi atas dan bawah juga dikontrol oleh referensi *internal* dan tidak tergantung dari variasi tegangan suplay. Penggunaan IC TP5088 yang berfungsi untuk membangkitkan sinyal DTMF ini dapat diganti dengan IC555. IC555 ini berfungsi sebagai *multivibrator astable* yang akan menghasilkan nada DTMF dari frekuensi *low group* dan frekuensi *high group*. IC TP5088 mempunyai sebuah data *latches* yang berfungsi menahan data untuk sementara. Karena IC555 tidak

---

mempunyai data *latches*, maka digunakan sebuah multiplexser (*Time Division Multiplexing*) untuk menahan data sementara.

Blok diagram dari IC TP5088 seperti terlihat pada gambar 2.13 :



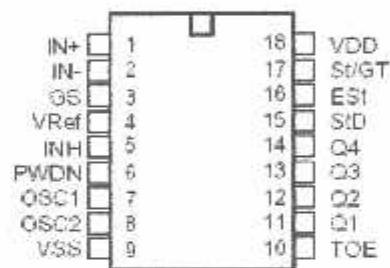
Gambar 2.22. Diagram *Internal* TP5088 <sup>[16]</sup>

### 2.5.2. Dekoder DTMF MT8870

Dekoder DTMF merupakan rangkaian yang dapat merespon kode-kode sinyal DTMF ke dalam kode biner. Bentuk sinyal yang dikodekan ke biner dapat didayagunakan untuk keperluan eksternal yang cukup efektif. Pada sistem komputer, perbandingan RAM dan ROM-nya besar yang artinya program ini telah tersedia dalam bentuk rangkaian integrasi yaitu MT8870.



MT8870 merupakan rangkaian yang didalamnya dilengkapi dengan filter yang menggunakan teknik *switched* kapasitor untuk membedakan pasangan frekuensi yang masuk. Sedangkan untuk dekoder digunakan teknik pencacahan secara digital untuk mendeteksi dan mengkode 16 buah pasangan frekuensi DTMF menjadi kode biner 4 bit. Selain itu, MT8870 juga dilengkapi dengan rangkaian-rangkaian *internal* penguat differensial, *clock oscillator* dan sebuah rangkaian *latch 3-state* pada bagian *output*. Dengan tambahan rangkain *internal* tersebut, maka jumlah rangkaian eksternal membentuk sebuah dekoder sehingga DTMF yang lengkap dapat dikurangi. Di bawah ini akan digambarkan konfigurasi dekoder DTMF :



**Gambar 2.23. Konfigurasi pin MT8870** <sup>[15]</sup>

Adapun penjelasan kaki penyemat MT8870 adalah sebagai berikut :

- *Non inverting Op-Amp* (IN+)
 

Sinyal masuk melalui kaki ini apabila tidak diperlukan pembalikan fasa.
- *Inverting Op-amp* (IN-)
 

Sinyal masuk melalui kaki ini apabila diperlukan pembalikan fasa.
- *GS (Gain Select)*

Kaki ini berfungsi sebagai pemilihan penguatan sinyal. Apabila memerlukan penguatan, maka diperlukan sebuah resistor yang dihubungkan ke kaki ini.

- Vref

Tegangan referensi, nominal  $\frac{1}{2}$  VDD digunakan sebagai bias *input*.

- INH (*Inhibit*)

Kaki ini diperlukan dalam mendeteksi nada DTMF yang mewakili karakter A, B, C, dan D. Bila diberikan logika *high*, akan dapat mendeteksi karakter tersebut tetapi bila diberikan logika *low*, karakter tersebut tidak bisa terdeteksi.

- PWDN (*Power Down*)

Kaki ini diberikan logika *high* supaya daya yang diperlukan ditekan serendah-rendahnya pada saat keadaan menerima sinyal (*standby mode*). Kerja osilator dan penyaring pada saat *standby* akan dihentikan.

- OSC1 dan OSC2

Pin ini dihubungkan dengan kristal sebesar 3,579545 MHz. OSC1 merupakan *clock input* dan OSC2 merupakan *clock output*.

- V<sub>SS</sub> dan V<sub>DD</sub>

Merupakan pin catu daya. V<sub>SS</sub> dihubungkan dengan *ground* dan V<sub>DD</sub> dihubungkan dengan catu daya positif.

- St/GT [*Steering Input/ GuardTime Output (Bidirectional)*]

Tegangan yang dideteksi oleh St lebih besar dari tegangan V<sub>TS1</sub> menyebabkan perangkat mencatat pasangan nada yang telah terdeteksi

---

dan memperbarui keluaran *latch*. Apabila kurang dari tegangan  $V_{Tst}$  akan membebaskan perangkat untuk menerima pasangan nada baru. Keluaran GT berfungsi untuk *mereset* konstanta waktu rangkaian *steering*, kondisi tersebut menyebabkan berfungsinya kembali ESt dan tegangan pada St.

- ESt (*Early Steering Output*)

Kaki ini mengeluarkan logika *high*, apabila bagian digital algoritma dalam IC ini mendeteksi pasangan nada-nada DTMF (sinyal kondisi). Bila sinyal tersebut hilang seketika, akan menyebabkan ESt kembali menuju logika *low*.

- StD (*Delayed Steering*)

Bila pada masukan terdeteksi nada-nada DTMF, maka kaki ini akan mengeluarkan logika *high* dan bila tidak terdeteksi nada tersebut akan mengeluarkan logika *low*.

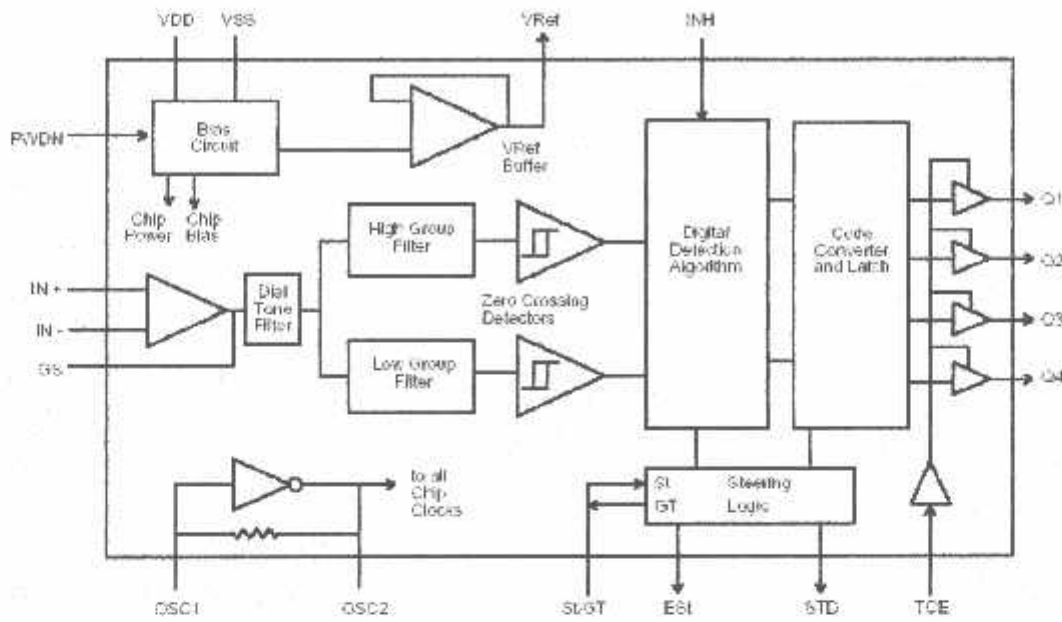
- Q<sub>1</sub> – Q<sub>4</sub>

*Output* data yang akan dikeluarkan.

- TOE (*Three State Output Enable*)

Kaki ini berfungsi untuk mengendalikan data keluaran Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, dan Q<sub>4</sub>. bila diberikan logika *high* maka Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> dan Q<sub>4</sub> akan mengeluarkan data dan bila diberikan logika *low* maka impedansinya akan tinggi.

Blok diagram dari IC MT8870 seperti terlihat pada gambar 2.15 :



Gambar 2.24. Diagram Blok *Internal MT8870* <sup>[15]</sup>

IC MT8870 memerlukan komponen luar untuk dapat menerima nada-nada DTMF. Komponen tersebut digunakan sebagai penguat masukan, *clock oscillator*, dan rangkaian kendali.

Keterangan :

$t_{GTA}$  = waktu pengosongan (*guard time absent*) dalam detik

$t_{GTP}$  = waktu pengisian (*guard time present* dalam detik )

R = tahanan dalam ohm

C – kapasitor dalam farad

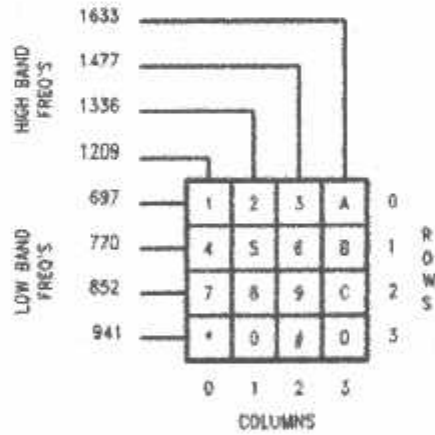
VDD = catu daya dalam volt

$V_{TSt}$  = tegangan ambang St dalam volt

Fungsi dan pengaruh TOE, INH, dan EST terhadap data keluaran Q1, Q2, Q3 dan Q4 dapat terlihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2.4. Tabel Kebenaran DTMF Dekoder MT8870 <sup>[15]</sup>

DIGIT	TOE	INH	EST	Q1	Q2	Q3	Q4
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
75	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
A	H	H	L	Undetected the <i>output</i> code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

Gambar 2.25. Matrik Keyboard DTMF <sup>[16]</sup>

## 2.6. Telepon

Pada saat ini, sistem komunikasi telepon sudah berkembang dengan pesat. Sistem telepon merupakan bagian dari sistem komunikasi yang berfungsi sebagai media pengirim dan sekaligus media penerima. Pengaturan sistem komunikasi dilakukan sentral telepon dan kondisi telepon akan diketahui dari keadaan telepon, apabila gagang telepon terangkat (*off hook*) maka hubungan sentral telepon tersambung dan apabila gagang telepon diletakkan (*on hook*) maka hubungan sentral terputus.

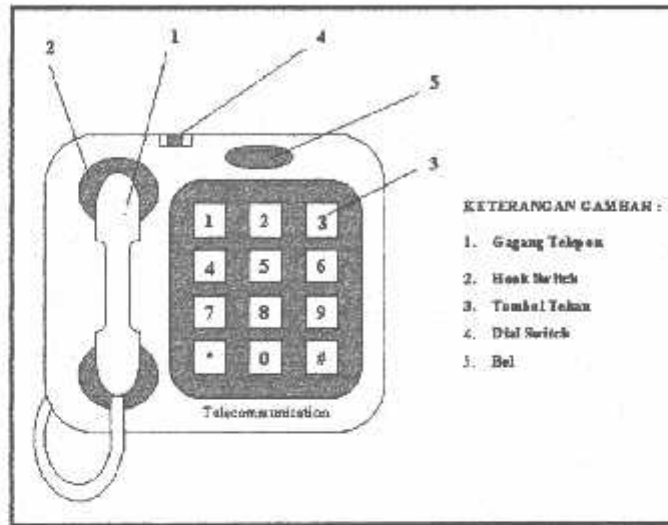
Untuk berkomunikasi antar pesawat telepon diperlukan pensinyalan yang menandai kondisi-kondisi komunikasi yang sedang berlangsung. Sinyal yang dikirim akan memberi tahu tentang adanya panggilan atau tentang kondisi terminal lain yang sedang dipanggil. Pada sistem telepon otomatis sinyal yang dikirim akan langsung mengoperasikan alat-alat penghubung saluran pada lokasi sentral, sehingga tidak diperlukan seorang operator. Pemanggilan dari pelanggan dengan mengirimkan informasi yang berupa nomor telepon ke sentral untuk memanggil pelanggan lain disebut dialing.

Saat ini, berdasarkan pada cara untuk memanggil pelanggan lain, pesawat telepon kabel dibedakan menjadi dua, yaitu jenis dial putar dan tombol tekan. Jenis tombol tekan dibedakan lagi menjadi dua yaitu tombol tekan isyarat DC dan tombol tekan yang memakai sistem DTMF.

Pesawat telepon pada umumnya terdiri dari

1. Gagang telepon (*handset*).
  2. Saklar buka tutup (*switch-hook*).
-

3. Pemilihan nomor ( *dialer* ), bisa berupa roda pilih atau tombol tekan.
4. Bel ( *ringer* ).



**Gambar 2.26. Pesawat Telepon Jenis Tombol Tekan** <sup>191</sup>

*Handset* terdiri dari *receiver* (berupa speaker untuk mendengarkan suara dari lawan bicara) dan *transmitter* (berupa mikropon untuk mengirim suara ke lawan bicara). *Handset* juga berfungsi untuk menahan saklar buka tutup supaya tetap berada pada kedudukannya.

Saklar buka tutup merupakan saklar penghubung dan pemutus hubungan antara rangkaian pesawat telepon dengan saluran ke sentralnya. Pemilihan nomor, bisa berupa roda pilih atau tombol tekan, berfungsi untuk mengirim nomor telepon terpanggil ke sentralnya.

Rangkaian bicara dasar mempunyai fasilitas nada bel, penghasil nada *tone*, saklar buka tutup, saklar *hook*, rangkaian mikropon dan rangkaian speaker. Apabila pada saluran telepon terdapat tegangan sebesar 78-90 Vpp maka tegangan tersebut akan membangkitkan nada bel dengan frekuensi 425 Hz selama satu detik hidup dan

empat detik mati. Nada bel akan terus berbunyi sampai akhirnya *switch hook* diangkat (*off hook*) atau sampai pada batas tertentu yang ditetapkan oleh sentral. Pada saat *off hook* saklar ke bel akan terputus sehingga nada bel akan mati dan saklar yang menghubungkan saluran ke rangkaian telepon akan terhubung. Pada awalnya saluran tidak langsung terhubung ke rangkaian telepon dengan maksud untuk menghindarkan tegangan bel masuk ke rangkaian dan untuk membuat *loop* terbuka antara saluran dan rangkaian. Suara yang dilewatkan saluran telepon dari sentral oleh speaker telepon diubah menjadi suara dan suara oleh mikropon diubah menjadi listrik untuk disalurkan ke sentral telepon.

### **2.6.1. Pensinyalan Telepon**

Pensinyalan telepon memberikan gambaran tentang proses hubungan melalui telepon.

#### **2.6.1.1. Memulai Panggilan**

Pemanggilan dimulai dengan mengangkat *handset* dari kedudukannya. Kondisi ini disebut *off-hook* dimana rangkaian pesawat telepon menjadi terhubung dengan sentral. Hal ini menyebabkan arus DC baterai sentral mengalir dari sentral ke pesawat pemanggil. Adanya arus yang mengalir ini dideteksi oleh sentral. Selanjutnya sentral mengirim nada panggil (*dial tone*) ke pesawat pemanggil yang memberitahukan ke pemanggil bahwa sentral siap untuk menerima sebuah nomor telepon yang akan dikirimkan oleh pemanggil.

---



### 2.6.1.2. Pengiriman Nomor

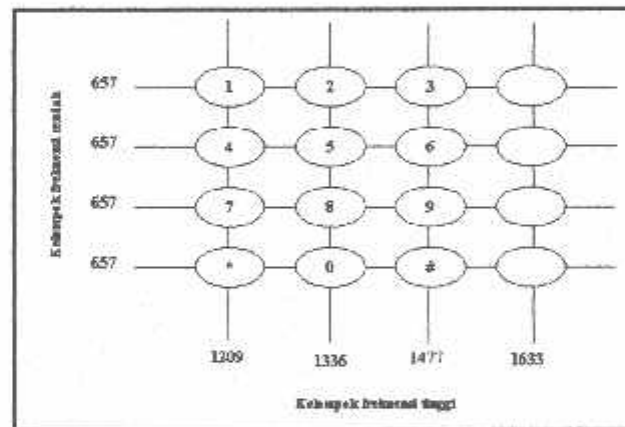
Ada 2 jenis pengiriman nomor, yaitu:

#### 1. Dialing dengan pulsa.

Pada sistem ini pulsa dikirim ke sentral melalui roda pilih atau tombol tekan yang menghasilkan pulsa. Kontak dalam pesawat membuka dan menutup sesuai dengan nomor yang ditekan.

#### 2. Dialing dengan nada.

Penekanan terhadap suatu tombol pada pesawat telepon akan menghasilkan suatu kombinasi frekuensi ke sentral. Sistem ini disebut sistem *DTMF* (*Dual Tone Multi Frequency*) ditunjukkan pada gambar 2.18, dimana sistem tersebut digunakan pada skripsi ini.



Gambar 2.27. Pengaturan Tombol Tekan Menurut Standar CCIT<sup>[9]</sup>

## 2.7. RS485

### 2.7.1. Sistem Komunikasi RS485

Standar RS485 diterapkan oleh *Electronic Industry Association* (EIA) dan *Telecommunication Industry Association* (TIA) pada tahun 1983. Standar RS485 hanya membicarakan karakteristik sinyal dalam transmisi data secara *Balanced*

*Digital Multipoint System*. Jadi jauh lebih sederhana dibanding dengan standar RS232 yang sinyalnya ditunjukkan oleh level tegangan dengan acuan ke *ground*. Setiap sinyal dihubungkan ke sebuah kabel bersama dengan sinyal *ground*.

RS485 merupakan kabel komunikasi serial yang bisa mencapai jarak sekitar 1200 m dengan kecepatan lebih dari 1 Megabit/detik, dan pada jarak yang lebih pendek kecepatan transmisi RS485 sekitar 10 Megabit/detik.

Pada RS485 menggunakan saluran ganda (*Differential atau Balanced Data Transmission*). Transmisi ini memakai satu pasang kabel untuk mengirim satu sinyal, informasi logika ditafsirkan dari beda tegangan antara dua utas kabel saluran. Tegangan pada kedua utas kabel saluran selalu berlawanan, saat satu kabel bertegangan tinggi maka kabel yang lain bertegangan rendah, demikian pula sebaliknya. Rangkaian penerima sinyal membandingkan tegangan kedua kabel saluran, level logika pada bagian *output* ditentukan oleh kabel mana yang lebih positif. Walaupun *Balanced Data Transmission* lebih rumit, tapi mempunyai sifat yang sangat kebal terhadap gangguan listrik sehingga bisa dipakai untuk menyalurkan data lebih jauh dengan kecepatan lebih tinggi.

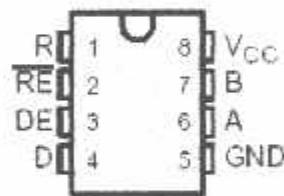
Meskipun demikian, saluran ganda tidak dipakai untuk transmisi yang memerlukan banyak saluran mengingat RS485 memakai kabel jauh lebih banyak sehingga mahal. Untuk penghematan kabel, bahkan saluran ganda sering dipakai untuk saluran *Half Duplex* yaitu saluran dua arah secara bergantian yang hanya menggunakan satu pasang kabel, bisa dipakai untuk menghubungkan *line generator* dan banyak *line receiver* menjadi satu, sistem ini disebut sebagai komunikasi *multidrop (Multipoint Communication)*.

---

Dalam sistem RS485, membutuhkan sebuah I/O *driver* dengan *differential output* dan sebuah I/O *receiver* dengan *differential input*. Noise dan interferensi dikenakan ke saluran transmisi. Bagaimanapun juga karena sinyal dikirimkan melalui sebuah kabel *twisted pair*, perbandingan tegangan (antara A dan B) dari interferensi hampir 0. Mengacu ke fungsi *differential penguat input* RS485 dari penerima, interferensi ini dieliminasi.

Pada *interface* RS485, setiap sinyal menggunakan satu *twisted pair* (TP) *line*. Kecepatan datanya bisa mencapai 10 Mbps dengan panjang kabel sampai 1 Km. *Interface* RS485 digunakan untuk komunikasi *mutlipoint*. Standar RS485 mendukung *Balanced Transmission Line* untuk dibagi dalam saluran yang jumlahnya banyak atau *model multipoint (multidrop)*. Karena alasan tersebut maka digunakan RS485 sebagai media transmisi.

Secara umum bagian *interface* RS485 yang menggunakan IC MAX485 dapat ditunjukkan seperti gambar berikut :



**Gambar 2.28 Konfigurasi Pin RS485 <sup>[17]</sup>**

Keuntungan menggunakan sinyal secara *differential* ini adalah kualitas sinyal pada saluran dapat terkontrol dengan baik. *Noise* dapat dikurangi pada sistem *differential* ini, dan pengaruh dari *ground* dapat dihindari apabila saluran *ground* tidak digunakan untuk membawa sinyal informasi.

## 2.8. LCD

*Liquid Crystal Display* atau LCD merupakan komponen optoelektronik yaitu komponen yang bekerja atau dipengaruhi oleh sinar (optolistrik), komponen pembangkit cahaya (*light emitting*) dan komponen-komponen yang akan mengubah sinar. LCD terbuat dari bahan kristal cair yang merupakan suatu komponen organik dan mempunyai sifat optik seperti benda padat meskipun bahan tetap cair.

Sel kristal cair terdiri dari selapis bahan kristal cair yang diapit antara dua kaca tipis yang transparan. Antara dua lembar kaca tersebut diberi bahan kristal cair (*liquid crystal*) yang tembus cahaya. Permukaan luar dari masing-masing keping kaca mempunyai lapisan penghantar tembus cahaya seperti oksida timah (*tin oxide*) atau oksida indium (*indium oxide*). Sel mempunyai ketebalan sekitar  $1 \times 10^{-5}$  meter dan diisi dengan kristal cair.

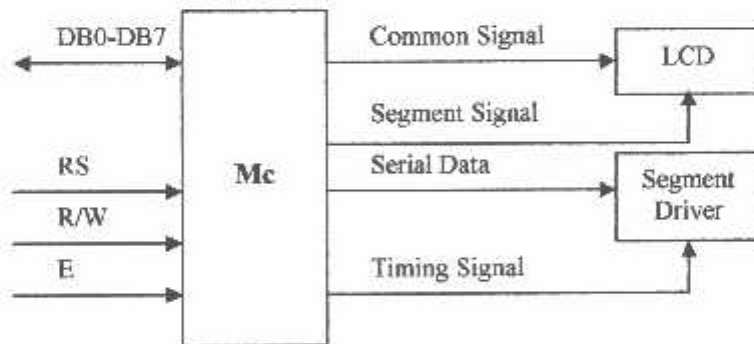
Karena sel-sel kristal cair merefleksikan cahaya dan bukan membangkitkan cahaya maka konsumsi daya yang dibutuhkan relatif rendah. Energi yang dipergunakan hanya untuk mengaktifkan kristal cair. Pada dasarnya LCD bekerja pada tegangan rendah (3 – 15 Vrms), frekuensi rendah (25 – 60 Hz) sinyal AC dan memakai arus listrik yang sangat kecil (25 - 300  $\mu$ A). LCD seringkali ditata sebagai tampilan *seven segment* untuk menampilkan angka tetapi juga memiliki keistimewaan lain, yaitu kemampuan untuk menampilkan karakter dan berbagai macam simbol.

Salah satu jenis LCD diantaranya adalah LCD M1632, suatu jenis piranti dengan konsumsi daya yang rendah, disusun dari dot matrik dan dikontrol oleh ROM atau RAM generator karakter dan RAM data display. Pengontrolan utamanya adalah pada ROM generator dan display data RAM yang menghasilkan kode ASCII jika

---

padanya diberikan *input* ASCII. Untuk dapat difungsikan dengan baik maka perlu diperhatikan proses analisis yang telah ditentukan oleh pabrik pembuatnya. Timing penganalisan sangat dipertimbangkan, karena jika meleset sampai ordo *milisecon* maka dapat dipastikan LCD tidak dapat berfungsi.

LCD Display Module M1632 buatan Seiko Instrument Inc. ini terdiri dari dua bagian, yang pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf/angka. Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempelkan dibalik pada panel LCD, berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi M1632 dengan mikrokontroler yang memakai tampilan LCD itu. Dengan demikian pemakaian M1632 menjadi sederhana, sistem lain yang M1632 cukup mengirimkan kode-kode ASCII dari informasi yang ditampilkan seperti layaknya memakai sebuah printer.



**Gambar 2.29. Blok Diagram LCD** <sup>[13]</sup>

Adapun karakteristik dari LCD M1632 antara lain :

- Dengan 16 karakter – 2 baris dalam bentuk dotmatrik 5x7 dan cursor
- *Duty ratio* 1/16
- Memiliki ROM pembangkitan karakter untuk 192 jenis karakter

- RAM untuk data display sebanyak 80x8 bit
- Dapat dirangkai dengan MPU 8 bit/4 bit
- RAM data display dan RAM pembangkit karakter dapat dibaca oleh MPU
- Memiliki fungsi instruksi antara lain *display on/off*, *Cursor on/off*, *display karakter blink*, *cursor shift* dan *display shift*
- Memiliki rangkaian osilator sendiri
- Catu tegangan tunggal yaitu  $\pm 5$  V
- Memiliki rangkaian *reset* otomatis pada catu daya yang dihidupkan
- Temperatur operasi  $0^{\circ}$  -  $50^{\circ}$

LCD memiliki 16 pin, masing-masing memiliki fungsi sebagai berikut :

**Tabel 2.5. Fungsi Tiap Pin LCD<sup>[13]</sup>**

No. Pin	Symbol	Level	Fungsi	
1	V <sub>SS</sub>	-	Power Supply	0 V (GND)
2	V <sub>CC</sub>	-		5 V $\pm$ 10%
3	V <sub>EE</sub>	-		For LCD Drive
4	RS	H/L	Sinyal seleksi register H ; Data Input [register data (write/read)] L ; Instruction Input [register instruksi (write), busy flag dan address counter (read)]	
5	R/W	H/L	H ; Read L ; Write	
6	E	H	Enable Signal [sinyal penanda mulai operasi, aktif saat operasi write atau read]	
7	DB0	H/L	4 bit bus data lower 2 arah, dapat dibaca atau ditulis terhadap mikrokontroler	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L	4 bit bus data upper 2 arah, dapat dibaca atau ditulis terhadap mikrokontroler, DB7 juga sebagai busy flag	
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	V+BL	-	Back Light Supply	4 - 4,2 V 50 - 200 mA
16	V-BL	-		0 V (GND)

### 2.8.1. Instruksi Operasi

Tabel 2.6. Instruksi Pada LCD <sup>[13]</sup>

Instruksi	RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Display Clear	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cursor Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	L/D	S
Display On/Off	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
Cursor Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*
Function Set	0	0	0	0	1	DL	1	*	*	*
CG RAM Address Set	0	0	0	1	A <sub>CG</sub>					
DD RAM Address Set	0	0	1	A <sub>DD</sub>						
BF/Address Read	0	1	BF	AC						
Data Write to CG RAM	1	0	Write Data							
Data Read from CG RAM	1	1	Read Data							

\*Invalid Bit

A<sub>CG</sub> : CG RAM Address dan A<sub>DD</sub>

DD RAM Address

Pada LCD juga terdapat instruksi – instruksi sebagai berikut :

#### 1. Display clear

Membersihkan tampilan yang ada pada LCD serta menyimpan, sedangkan kursor kembali ke posisi semula.

#### 2. Cursor home

Hanya membersihkan tampilan dan kursor kembali ke semula.

#### 3. Empty Mode Set : layar beraksi sebagai tampilan tulis.

S : 1/0 = menggeser layar.

1/0 : 1 = kursor bergerak ke kanan dan layar bergerak ke kiri.

1/0 : 0 = kursor bergerak ke kiri dan layar bergerak ke kanan

#### 4. Display On/Off Control.

D : 1 = layar on

D : 0 = layar off

C : 1 = kursor on

C : 0 = *cursor off*

B : 1 = *cursor berkedip-kedip*

B : 0 = *cursor tidak berkedip – kedip*

#### 5. *Cursor Display Shift*

S/C : 1 = *LCD diidentifikasi sebagai layar*

S/C : 0 = *LCD diidentifikasi sebagai kursor*

R/L : 1 = *menggeser satu spasi ke kanan*

R/L : 0 = *menggeser satu spasi ke kiri*

#### 6. *Fuction Set*

DL : 1 = *panjang data LCD pada 8 bit*

DL : 0 = *panjang data LCD pada 4 bit*

*Bit upper ditransfer terlebih dahulu kemudian diikuti dengan 4 bit lower.*

N : 1/0 = *LCD menggunakan 2 atau 1 baris karakter*

P : 1/0 = *LCD menggunakan 5 x 10 dot matrik*

7. *CG RAM address set* : *menulis alamat RAM ke karakter*

8. *DD RAM address set* : *menulis alamat RAM ke tampilan*

9. *BF/address set* : *BF = 1/0, LCD dalam keadaan sibuk atau tidak sibuk.*

10. *Data write to CG RAM or DD RAM* : *membaca byte dari alamat terakhir RAM yang dipilih.*

### 2.8.2. Operasi Dasar

- *Register*

Kontrol dari LCD memiliki 2 buah *register 8 bit* yaitu *register instruksi (IR)* dan *register data (DR)*. IR memiliki instruksi seperti *display*, *clear*, *cursor*

---



shift dan display data (DD RAM) serta karakter (CG RAM). DR menyimpan data untuk ditulis ke DD RAM ataupun membaca data dari DD RAM dan CG RAM. Ketika data ditulis ke DD RAM atau CG RAM maka DR secara otomatis menulis data ke DD RAM atau CG RAM. Ketika data pada CG RAM atau DD RAM akan dibaca maka alamat data ditulis pada IR. Sedangkan data akan dimasukkan melalui DR sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler.

**Tabel 2.7. Pemilihan Register Pada LCD** <sup>[13]</sup>

RS	RW	Operasi
0	0	Seleksi IR, IR Write Display Clear
0	1	Busy Flag (DB7), @ Counter (DB0-DB7) Read
1	0	Seleksi DR, DR Write
1	1	Seleksi DR, DR Read

- *Busy Flag*

*Busy Flag* menunjukkan bahwa modul siap untuk menerima instruksi selanjutnya sebagaimana terlihat pada tabel diatas. *Register* seleksi sinyal akan melalui DB7 jika RS=0 dan R/W=1. Jika bernilai 1 maka sedang melakukan kerja *internal* dan instruksi tidak akan dapat diterima, oleh karena itu status dari *flag* harus diperiksa sebelum melaksanakan instruksi selanjutnya.

- *Address Counter (AC)*

AC menunjukkan lokasi memori dalam modul LCD. Pemilihan lokasi alamat lewat Ac diberikan lewat *register* instruksi (IR) ketika data pada A, maka AC secara otomatis menaikkan atau menurunkan alamat tergantung dari *Entry Mode Set*.

- Display Data RAM

Pada LCD, masing-masing *line* memiliki *range* alamat tersendiri. Alamat itu diekspresikan dengan bilangan hexadesimal. Untuk *line* 1 *range* alamat berkisar antara  $40_H$ - $4F_H$ .

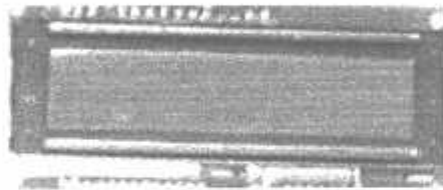
- Character Generator ROM (CG ROM)

CG ROM memiliki tipe dot matrik  $5 \times 7$ , dimana pada LCD telah tersedian ROM sebagai pembangkit karakter dalam kode ASCII.

- Character Generator RAM (CG RAM)

CG RAM dipakai untuk pembuatan karakter tersendiri melalui program.

Adapun bentuk fisik dari LCD M1632 adalah pada gambar berikut :



**Gambar 2.30. Liquid Crystal Display** <sup>[13]</sup>

### 2.8.3. Sinyal *Interface* M1632

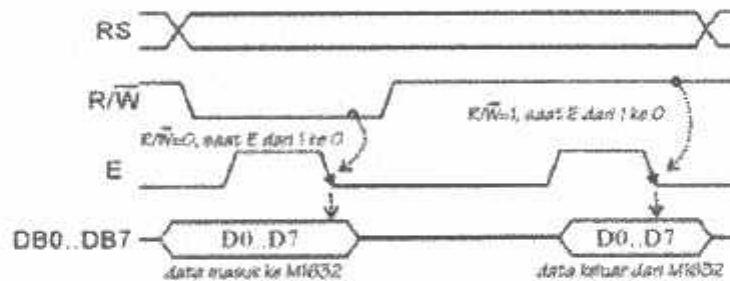
Untuk berhubungan dengan mikrokontroler pemakai, M1632 dilengkapi dengan 8 jalur data (DB0 - DB7) yang dipakai untuk menyalurkan kode ASCII maupun perintah pengatur kerjanya M1632. Selain itu dilengkapi pula dengan E, R/W dan RS seperti layaknya komponen yang kompatibel dengan mikroprosesor.

Kombinasi lainnya E dan  $\overline{R/W}$  merupakan sinyal standar pada komponen buatan Motorola. Sebaliknya sinyal-sinyal dari MCS51 merupakan sinyal khas Intel dengan kombinasi sinyal WR dan RD.

RS, singkatan dari *Register Select*, dipakai untuk membedakan jenis data yang dikirim ke M1632, kalau RS=0 data yang dikirim adalah perintah untuk mengatur kerja M1632, sebaliknya kalau RS=1 data yang dikirim adalah kode ASCII yang ditampilkan.

Demikian pula saat pengambilan data, saat RS=0 data yang diambil dari M1632 merupakan data status yang mewakili aktivitas M1632, dan saat RS=1 maka data yang diambil merupakan kode ASCII dari data yang ditampilkan.

Proses mengirim/mengambil data ke/dari M1632 bisa dijabarkan sebagai berikut :



**Gambar 2.31 Mengirim/Mengambil Data Ke/Dari M1632** <sup>(13)</sup>

1. RS harus dipersiapkan dulu, untuk menentukan jenis data seperti yang telah dibicarakan di atas.
2.  $\overline{R/W}$  di-nol-kan untuk menandakan akan diadakan pengiriman data ke M1632. Data yang akan dikirim disiapkan di DB0..DB7, sesaat kemudian sinyal E di-satu-kan dan di-nol-kan kembali. Sinyal E merupakan sinyal sinkronisasi, saat E berubah dari 1 menjadi 0 data di DB0 .. DB7 diterima oleh M1632.

3. Untuk mengambil data dari M1632 sinyal  $R/\overline{W}$  di-satu-kan, menyusul sinyal E di-satu-kan. Pada saat E menjadi 1, M1632 akan meletakkan datanya di DB0 .. DB7, data ini harus diambil sebelum sinyal E di-nol-kan kembali.

## 2.9 Buzzer

Fungsi dari buzzer adalah sama seperti speaker , yaitu untuk menghasilkan suara,namun buzzer hanya mampu untuk menghasilkan suara dalam berfrekuensi tinggi dan rendah. Gambar dibawah ini memperlihatkan rangkaian dalam dari suatu buzzer.



**2.32 . Gambar Rangkaian Dalam Buzzer<sup>[20]</sup>**

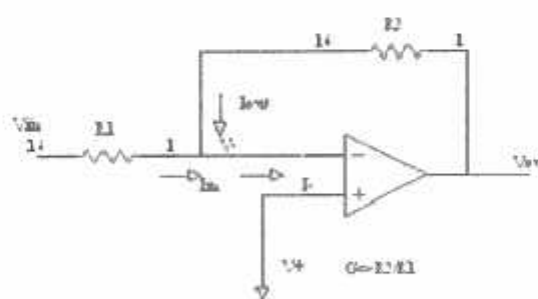
Rangkaian dalam Buzzer merupakan komponen yang berisikan lilitan dan 3 batang kawat yang berbentuk seperti switch. Apabila arus dialirkan ,maka kumparan akan menghasilkan medan magnetik, sehingga menarik kawat (K3), dan memutuskan kawat (K2) dengan kawat (K1), tetapi kalau arus dimatikan , maka kumparan akan kehilangan medan magnetnya sehingga kawat K3 akan terlepas dari kumparan, dan kawat K2 berhubungan dengan K1 . Buzzerbiasa dipakai pada alat-alat ringan yang membutuhkan daya kecil.

## 2.10. OP-AMP

*Operational Amplifier* atau di singkat **op-amp** merupakan salah satu komponen analog yang populer digunakan dalam berbagai aplikasi rangkaian elektronika. Aplikasi op-amp populer yang paling sering dibuat antara lain adalah rangkaian inverter, non-inverter, integrator dan diferensiator. Pada pokok bahasan kali ini akan dipaparkan beberapa aplikasi op-amp yang paling dasar, dimana rangkaian *feedback* (umpan balik) negatif memegang peranan penting. Secara umum, umpan balik positif akan menghasilkan osilasi sedangkan umpan balik negatif menghasilkan penguatan yang dapat terukur.

### 2.10.1 Inverting Amplifier.

Rangkaian dasar penguat inverting adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, dimana sinyal masukannya dibuat melalui input inverting. Seperti tersirat pada namanya, pembaca tentu sudah menduga bahwa fase keluaran dari penguat inverting ini akan selalu berbalikan dengan inputnya. Pada rangkaian ini, umpan balik negatif dibangun melalui resistor R2.



2.33 Gambar Penguat Inverting<sup>(21)</sup>

Input non-inverting pada rangkaian ini dihubungkan ke ground, atau  $V_- = 0$  dengan mengingat dan menimbang aturan 1 (lihat aturan 1), maka akan dipenuhi  $V_- = V_+ = 0$ . Karena nilainya = 0 namun tidak terhubung langsung ke ground, input Op-amp  $V_-$  pada rangkaian ini dinamakan *virtual ground*. Dengan fakta ini, dapat dihitung tegangan jepit pada  $R_1$  adalah  $V_{in} - V_- = V_{in}$  dan tegangan jepit pada resistor  $R_2$  adalah  $V_{out}$ . Kemudian dengan menggunakan aturan 2, di ketahui bahwa :

$I_{in} + I_{out} = I_- = 0$ , Karena menurut aturan 2, arus masukan op-amp adalah 0.

$$I_{in} + I_{out} = V_{in}/R_1 + V_{out}/R_2 = 0$$

Selanjutnya

$$V_{out}/R_2 = -V_{in}/R_1 \dots \text{atau}$$

$$V_{out}/V_{in} = -R_2/R_1$$

Jika penguatan  $G$  dideferensialkan sebagai perbandingan tegangan keluran terhadap tegangan masukan, maka dapat ditulis (1)

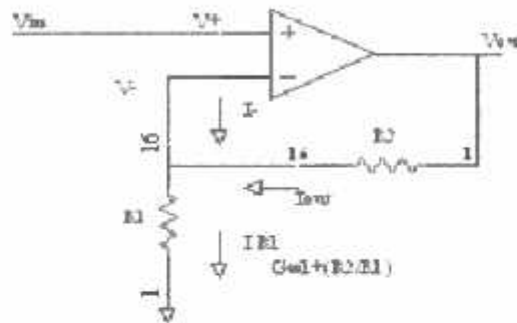
$$G = V_{out}/V_{in} = -R_2/R_1 \dots (1)$$

Impedansi rangkaian inverting didefenisikan sebagai impedansi input dari sinyal masukan terhadap ground. Karena input inverting (-) pada rangkaian ini diketahui adalah 0 (*virtual ground*) maka impedansi rangkaian ini tentu saja adalah  $Z_{in} = R_1$ .

### 2.10.2. Non Inverting Amplifier .

Prinsip utama rangkaian penguat *non-inverting* adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar 2 berikut ini. Seperti namanya, penguat ini memiliki masukan yang dibuat melalui input non-inverting. Dengan demikian tegangan

keluran rangkaian ini akan satu fasa dengan tegangan inputnya . Untuk menganalisa rangkaian penguat op-amp non inverting , caranya sama seperti menganalisa rangkaian inverting.



2.34 Gambar Non Penguat Inverting<sup>[21]</sup>

Dengan menggunakan aturan 1 dan aturan 2, kita uraikan dulu beberapa fakta yang ada , antara lain :

$$V_{in} = V_{+}$$

$$V_{+} = V_{-} = V_{out} - V_{in} \dots\dots \text{Lihat aturan (1)}$$

Dari sini ketahui tegangan jepit pada  $R_2$  adalah  $V_{out} - V_{-} = V_{out} - V_{in}$ , atau  $I_{out} = (V_{out} - V_{in}) / R_2$ . Lalu tegangan jepit pada  $R_1$  adalah  $V_{-} = V_{in}$ , yang berarti arus  $I_{R1} = V_{in} / R_1$ .

Hukum Kirchof pada titik input inverting merupakan fakta yang mengatakan bahwa :

$$I_{out} + I_{(-)} = I_{R1}$$

Aturan 2 mengatakan bahwa  $I_{(-)} = 0$  dan jika di substitusikan ke rumus yang sebelumnya , maka diperoleh

$$I_{out} = I_{R1} \text{ dan jika di tulis dengan tegangan jepit masing-masing maka diperoleh}$$

$(V_{out} - V_{in}) / R_2 = V_{in} / R_1$  = yang kemudian dapat disederhanakan menjadi :

$$V_{out} - V_{in} (1 + R_2 / R_1)$$

Jika penguatan G adalah perbandingan tegangan keluaran terhadap tegangan masukan , maka didapat penguatan Op- amp non – inverting :

$$G = V_{out} / V_{in} = 1 + (R_2 / R_1) \dots \dots (2)$$

Impedansi untuk rangkaian Op-amp non Inverting adalah impedansi dari input non-inverting op-amp tersebut . Dari datasheet, LM741 diketahui memiliki impedansi input  $Z_{in} = 10^8$  to  $10^{12}$  Ohm

---



## BAB III

### PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

#### 3.1. Umum

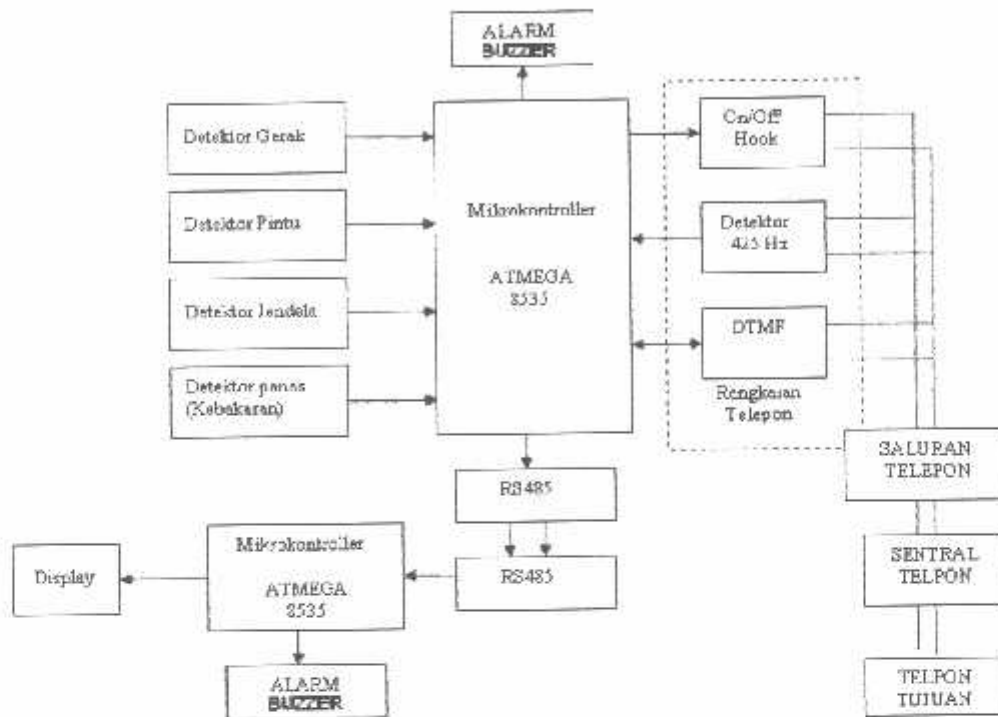
Pada bab ini akan dibahas mengenai Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengirim Informasi Sistem Keamanan Ruko Via Jaringan Telepon Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535. Perancangan dan pembuatan alat tersebut meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak sebagai sistem pengontrol yang digunakan.

Pada perancangan perangkat keras diperlukan alat atau rangkaian penunjang antara lain rangkaian mikrokontroler Atmega 8535, DTMF (TP5088 dan MT8870), LM567, *Relay Hook*, LM35, RS485, dan LCD. Sedangkan perangkat lunak berupa program *software* sebagai pengendali dari cara kerja perangkat keras yang telah dirancang.

---

Adapun blok diagram sistem dari alat yang akan dirancang adalah sebagai

berikut :



**Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem**

Keterangan blok diagram :

1. Sensor

Yang terdiri dari sensor gerak, pintu dan jendela masing-masing menggunakan sensor PIR (*passive infra red*), LM35, serta *limit switch* untuk memberikan *input* pada mikrokontroler.

2. Mikrokontroler Atmega 8535

Untuk memproses sinyal atau data yang masuk dan mengeksekusi instruksi yang akan dijalankan oleh sistem, dan mengirimnya menuju ke rangkaian telepon.

3. *On/Off Hook*

3. *On/Off Hook*

Untuk mengkondisikan telepon apakah dalam keadaan terangkat (*off hook*) atau diletakkan (*on hook*)

4. Detektor 425 Hz

Untuk mendeteksi adanya sambungan telepon yang masuk pada rangkaian telepon. Serta untuk mengetahui apakah pesawat telepon dalam keadaan *on hook* atau *off hook*.

5. DTMF (*Dual Tone Multi Frekuensi*)

Untuk menghasilkan suatu nada untuk memilih nomor, dengan sistem signaling frekuensi ganda. Sinyalnya tersusun atas sebuah kombinasi dari dua buah frekuensi yang dipilih satu demi satu untuk kemudian dialokasikan dan berhubungan dengan sebuah angka atau kode.

6. Saluran telepon

Media *output* dan *feedback* dari sistem yang dirancang.

7. RS485

Media pengiriman data status alarm ke LCD

8. Mikrokontroler Atmega 8535(2) untuk LCD

Untuk mengontrol tampilan LCD yang dipergunakan untuk display status alarm yang dikirim melalui RS485.

9. Display

Sebagai tampilan status alarm pada ruko.

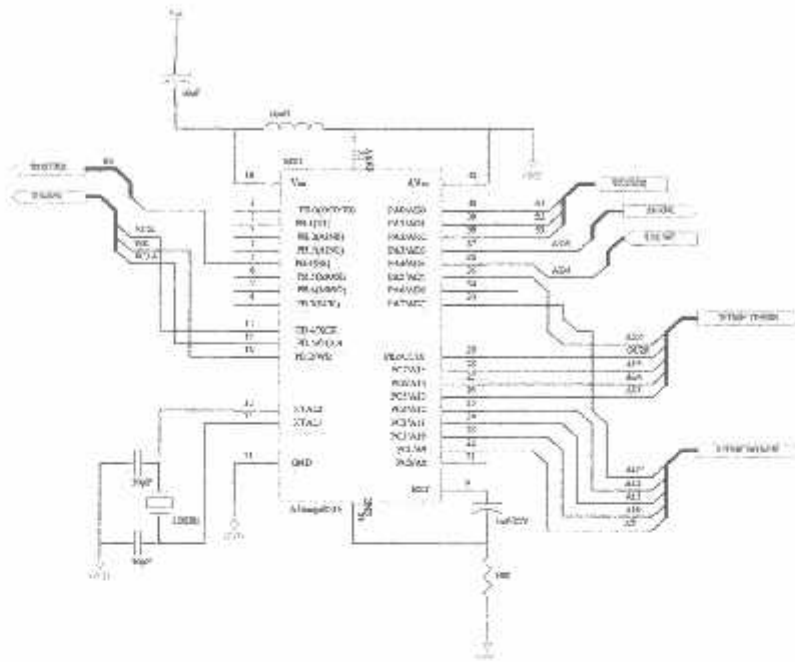
---

Prinsip kerja diagram blok :

Sensor terdeteksi ada yang aktif, kemudian akan mengaktifkan mikrokontroler Atmega8535. Mikrokontroler akan melakukan proses eksekusi instruksi untuk pengontrolan.

Apabila salah satu atau beberapa sensor yang dipasang aktif, maka mikrokontroler Atmega 8535 akan aktif dan menghubungi nomor telepon yang telah di set, sekaligus mengirim data menggunakan media RS485 ke mikrokontroler Atmega 8535 pada LCD untuk ditampilkan pada display yang berisi status alarm yang aktif disertai bunyi alarm. Bila dalam beberapa kali panggilan (sesuai ketentuan program) telepon tidak diangkat (*on hook*) maka mikrokontroler Atmega 8535 akan mengaktifkan alarm yang terpasang di ruko, sedangkan apabila telepon diangkat (*off hook*), mikrokontroler Atmega 8535 akan mengirimkan *tone* tanda bahaya.

Untuk proses hubungan telepon; setup pesawat telepon dihubungkan dengan sentral telepon. Pada saat handset telepon diangkat (*off hook*) akan menyebabkan rangkaian telepon tersambung dengan sentral, tetapi rangkaian bel telepon selalu dalam keadaan terhubung ke sentral. Apabila handset diangkat menyebabkan kontak buka tutup berada pada posisi atas (*off hook*) sehingga rangkaian pesawat telepon terhubung dengan sentral dan rangkaian bel terputus dari sentral. Dengan adanya proses ini sekaligus memberi tahu pada sentral bahwa seseorang berusaha untuk membuat suatu hubungan telepon. Sentral akan mengirimkan nada panggil (*dial tone*) dengan frekuensi 425 Hz secara kontinyu.

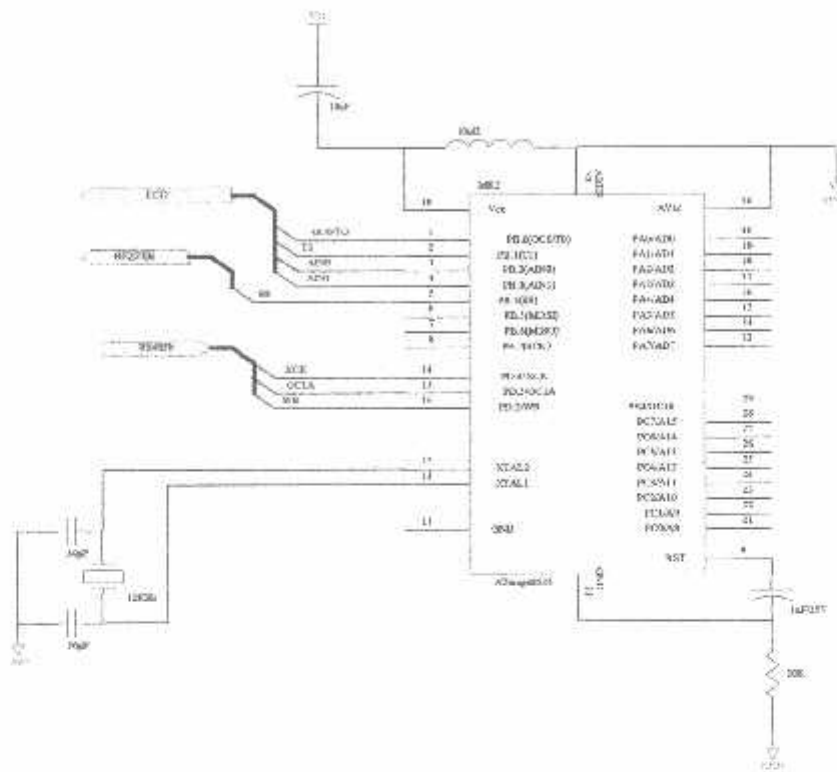


**Gambar 3.2. Perencanaan Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535**

Port-port yang digunakan dalam sistem adalah:

- Pin 14-16 (PD.4,PD.5,PD.2/XCK,OC1A danWR) digunakan untuk RS485a sebagai sisi keluaran yang akan dihubungkan ke RS485b sebagai sisi masukan pada mikrokontroler ATmega8535(2)
- Pin 40-38 (PA.0 – PA.2/AD0,AD1 dan AD2 ) digunakan sebagai *input* dari sensor, dimana terdiri dari tiga sensor yaitu dua sensor *Limit Switch* dan satu sensor *Passive Infra Red* . Jika salah satu sensor mendeteksi adanya sinyal maka sensor akan mengirimkan logika *high* ke mikrokontroler.
- Pin35, 29-26 (PA.5 PC.5/OC18-A13) digunakan sebagai keluaran. Port ini merupakan 4 bit data masukan bagi DTMF TP5088. Dan PA.5 (AD5) difungsikan sebagai keluaran untuk ke *Tone Enable*.

- Pin 33, 22-25 (PC.4 – PC.1/A12-A9) digunakan sebagai keluaran. Port ini merupakan 4 bit data masukan bagi DTMF MT8870. Sedangkan PA.7 (AD7) difungsikan sebagai keluaran untuk ke StD
  - Pin 37 (PA.3/AD3) dihubungkan ke *HOOK*
  - Pin 36 (PA.4/AD4) dihubungkan ke LM567.
  - Pin 12, 13 (XTAL1 dan XTAL2) digunakan untuk *clock*.
  - Pin 9 (*RESET*), *reset* aktif tinggi yang terhubung dengan rangkaian *power on reset* dan jika diaktifkan akan *mereset* mikrokontroler.
  - Pin 5 (PB.4/SS) digunakan sebagai keluaran untuk buzzer
  - Pin 11 (GND) digunakan sebagai *ground*.
  - Pin 10 ( $V_{CC}$ ) digunakan sebagai tegangan sumber.
-



**Gambar 3.3. Perencanaan Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535(2)**

Port-port yang digunakan dalam sistem adalah:

- Pin 12,13 (XTAL 2 dan XTAL1) digunakan untuk *clock*.
- Pin 5 (PB.4/SS) digunakan sebagai *output* untuk rangkaian Buzzer yang berfungsi sebagai alarm.
- Pin 14,15,16 (P3.0, P3.1/RXD, TXD) digunakan untuk RS485b sebagai sisi masukan dari keluaran RS485a pada mikrokontroler ATmega8535 (1)
- Pin 1 , 2 , 3 , 4(PB.0– PB3)digunakan sebagai keluaran bagi IC LCD
- Pin 9 (RST), *reset* aktif tinggi yang terhubung dengan rangkaian *power on reset* dan jika diaktifkan akan *mereset* mikrokontroler.
- Pin 11(GND) digunakan sebagai *ground*.

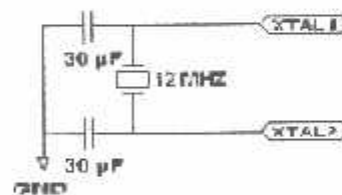
- Pin 10 ( $V_{CC}$ ) digunakan sebagai tegangan sumber.

### 3.2.1.1. Rangkaian Pewaktu (*Clock*)

Kecepatan proses yang diperlukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock*(pewaktu) yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Pada Mikrokontroler ATmega8535 memiliki internal *clock* generator yang berfungsi sebagai sumber *clock* yang diperlukan. Untuk sistem *clock*nya dipasang kristal dan resonator keramik yang berfungsi sebagai pembangkit *clock* osilator yang ada pada mikrokontroler.

Rangkaian ini terdiri dari dua buah kapasitor dan sebuah kristal dengan dua buah. Untuk mengendalikan frekuensi osilatornya cukup dengan menghubungkan kristal pada pin 12 (XTAL1) dan pin 13 (XTAL2) serta dua buah kapasitor ke *ground*.

Dalam minimum sistem ini menggunakan kristal 12 Mhz dan  $C1=C2$  sebesar 30pF. Dengan rangkaian sebagai berikut :



**Gambar 3.4. Perencanaan Rangkaian *Clock*(pewaktu) pada Mikrokontroler ATmega8535**

Dengan menggunakan nilai kristal dan kapasitor diatas maka dapat dihitung waktu yang diperlukan untuk satu siklus mesin.



Diketahui :  $F = 12 \text{ Mhz}$

$$T = \frac{1}{f} \quad (3-1)$$

Sehingga :

$$T = \frac{1}{12 \text{ Mhz}} = \frac{1}{12} \mu\text{s}$$

Maka untuk satu siklus mesin dari mikrokontroler ATmega8535 adalah sebesar :

$$T_m = 12 \times T$$

$$T_m = 12 \times \frac{1}{12} \mu\text{s} = 1 \mu\text{s}$$

$$T_m = 1 \mu\text{s}$$

### 3.2.1.2. Rangkaian Reset

Rangkaian *reset* dalam mikrokontroler ATmega8535 akan melakukan *reset* setelah catu daya dihidupkan. Pada saat kondisi *reset* maka faktor *reset* pada alamat 0000H akan dituju oleh mikrokontroler ATmega8535 (dalam hal ini program *counter*) agar program yang terdapat didalam mikrokontroler kembali ke kondisi semula atau dengan kata lain mikrokontroler mengakses awal dari program yang telah diisi didalamnya. Untuk *mereset* mikrokontroler Atmega8535, maka pin *RESET* diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal *reset*, kapasitor dihubungkan dengan  $V_{CC}$  dan sebuah resistor yang dihubungkan ke *ground*. Besarnya nilai tahanan dan kapasitor pada rangkaian *reset* akan menentukan lamanya waktu pulsa *reset*.

Rangkaian ini terbentuk oleh komponen R dan C yang sudah ditetapkan oleh ATMEL. Nilai R yang dipakai adalah  $1\text{ K}\Omega$  dan untuk C sebesar  $1\mu\text{F}$ .

$$F_0 = \frac{1}{1,1 \cdot RC} \quad (3-2)$$

$$F_0 = \frac{1}{1,1 \cdot 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}}$$

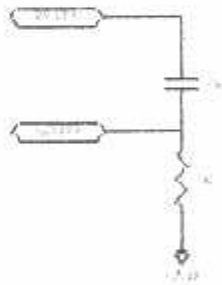
$$F_0 = 90,9 \text{ Hz.}$$

Maka periode *clock* =  $\frac{1}{F_0}$

$$T = \frac{1}{90,9}$$

$$T = 0,011 \text{ detik}$$

Rangkaian *reset* ditunjukkan dalam gambar dibawah ini sebagai berikut :



**Gambar 3.5. Perencanaan Rangkaian Reset pada Mikrokontroler ATmega8535**

### 3.2.2. Rangkaian DTMF

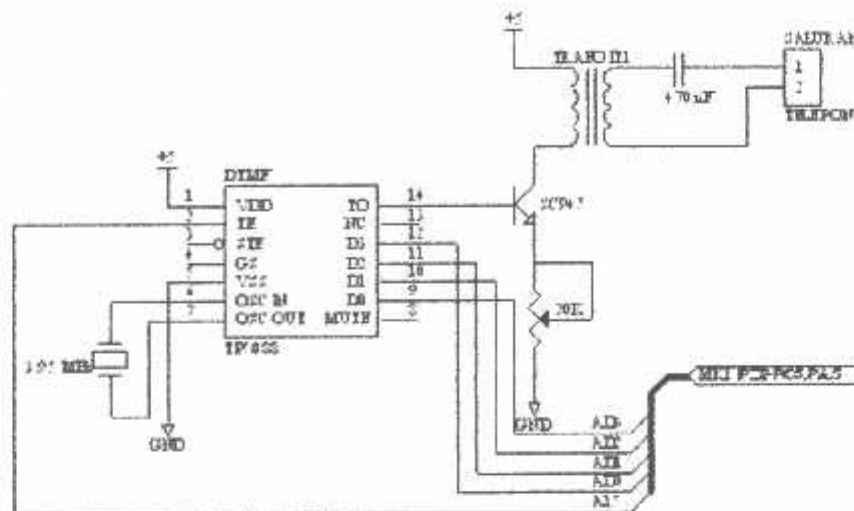
#### 3.2.2.1. Rangkaian DTMF TP5088 (DTMF Transmitter)

Rangkaian DTMF Generator ini menggunakan IC TP5088 yang merupakan jenis IC DTMF yang dapat menghasilkan *tone input* dari IC berupa data biner 4-bit yang selanjutnya akan dikodekan menjadi sinyal DTMF tergantung kode yang dimasukkan.

Kode biner 4-bit akan dikodekan menjadi kode *tone* dan dikirimkan pada saat *Tone Enable*-nya dalam keadaan *high*, sehingga *clock* yang berasal dari osilator kristal 3,95MHz akan aktif dan IC akan menghasilkan *tone* sampai *Tone Enable low* kembali. Pada saat merubah kode biner 4-bit pada *input*, *tone input* tidak akan berubah apabila *Tone Enable* nya tetap dalam keadaan *high*, oleh karena itu harus diubah dalam keadaan *low*. Dan pada saat tidak membangkitkan *tone*, *tone output* transistor ini mati. Jadi pembacaan terhadap *input* akan dimulai pada saat transisi *Tone Enable* dari *low* ke *high*.

*Inputan* D0-D3 dan *Tone Enable* (TE) adalah berupa *outputan* dari mikrokontroler (pin 28, dan pin 36-39).

---



**Gambar 3.6. Perencanaan Rangkaian DTMF Generator**

### 3.2.2.2. Rangkaian DTMF MT8870 (DTMF Receiver)

Rangkaian DTMF *Receiver* digunakan untuk mendekode sinyal-sinyal DTMF menjadi kode biner 4-bit. Dalam perencanaan ini dipilih rangkaian dekoder yang menggunakan IC MT8870 dari MITTEL karena hanya memerlukan rangkaian eksternal yang sedikit. Pada MT8870 terdapat XTAL 3.95 MHz, kapasitor C5 sebesar 100nF yang digunakan sebagai filter untuk menentukan waktu minimal dalam mengenali nada DTMF yang diterima, rangkaian penguat sinyal masukan dibentuk dengan sebuah kapasitor C6 sebesar 100nF dan dua buah resistor R4, R5 masing-masing sebesar 100K $\Omega$ .

IC ini menghasilkan kode biner hasil terjemahan dari sinyal DTMF yang masuk. Rangkaian ini menggunakan osilator kristal 3,95 MHz sebagai *clocknya*. Sebagai sinyal pengaktif IC ini digunakan TOE, apabila dalam kondisi *low* maka IC akan mempunyai impedansi yang tinggi pada *outputnya*, sedangkan pada saat TOE

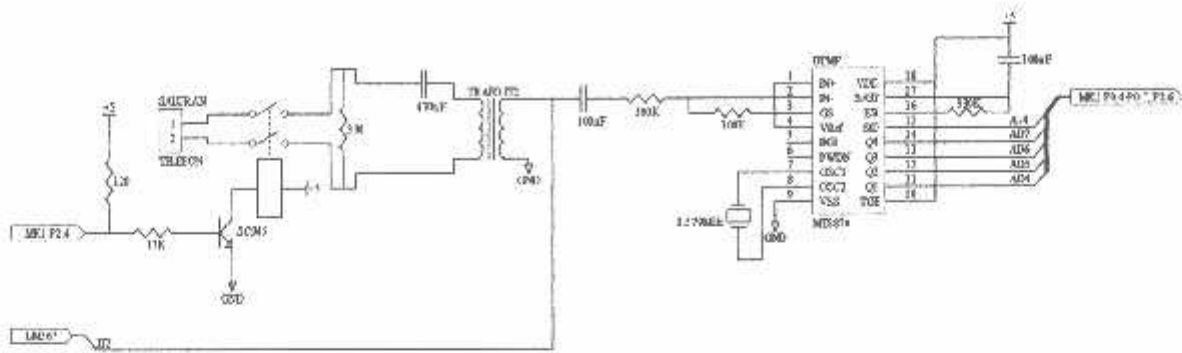
dalam kondisi *high* maka IC akan aktif dan akan menterjemahkan sinyal DTMF yang masuk. Sedangkan *input* dimasukkan pada *input inverting* dengan penguatan satu kali, hal ini dapat diketahui dari nilai  $R_{in}$  dan  $R_f$  yang dimasukkan ke pin GS sebagai feed back. Sebagai indikator adanya sinyal yang masuk maka StD akan berlogika *high* dan data biner 4-bit akan keluar dari IC ini, dan *low* bila tidak ada sinyal yang masuk sehingga sinyal *output* akan terkunci dan data tidak akan keluar dari pin Q0-Q3. Data biner ini merupakan masukan ke mikrokontroler.

Sebagai *interface* antara saluran telepon dengan rangkaian yang ada dalam sistem ini digunakan sebuah transformator (TT) agar sinyal DC yang tidak diharapkan tidak ikut masuk dan juga sebagai penyesuai impedansi.

#### 3.2.2.2.1. Rangkaian Dekoder

MT8870 ini adalah sebuah penerima DTMF yang lengkap dan terintegrasi dengan *bandsplit filter* dan fungsi digital dekode. Pada bagian filter digunakan teknik pensaklaran kapasitor untuk *high filter group* dan *low filter group*, dekode ini menggunakan teknik pencacahan digital sebagai pendeteksi dan mendekodekan 16 buah pasangan nada DTMF menjadi kode biner 4 bit. Penambahan komponen luar dapat dikurangi karena pada MT8870 ini telah dilengkapi dengan *differential input amplifier*, *clock oscillator* dan *latched three state bus interface*.

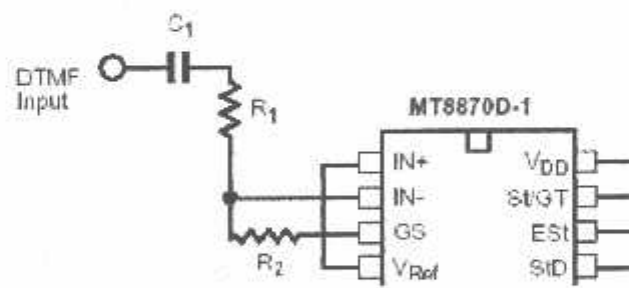
Berikut ini adalah rangkaian lengkap dari dekode DTMF sebagai penerima:



**Gambar 3.7. Perencanaan Rangkaian Lengkap Dekoder Sistem Penerima**

Masukan sinyal DTMF yang didekodekan terdiri dari data yang menyebabkan data tersebut dikunci (*latch*) keluarannya pada *output register*. Data yang telah di *latch* akan tetap kondisinya sampai terdeteksinya sinyal pasangan *tone*.

Konfigurasi rangkaian *input* terlihat pada gambar 3.7. Besar penguatan tegangan ditentukan oleh nilai  $R_F$  ( $R_2$ ) dan  $R_{IN}$  ( $R_1$ ).

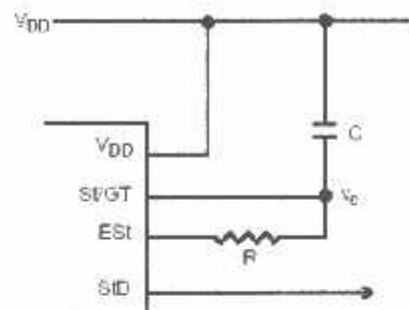


**Gambar 3.8. Konfigurasi Masukan MT8870<sup>[15]</sup>**

Dipilih penguatan tegangan satu kali dengan mengatur kombinasi  $R_4$  dan  $R_5$ . Dengan  $R_4 = R_f$  dan  $R_5 = R_{in}$ . Pengaturan penguatan dapat dilakukan dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 A_V &= R_F / R_{IN} && (3-3) \\
 &= 100K / 100K \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Rangkaian *basic steering* yaitu rangkaian untuk mengecek keabsahan *tone* dengan menggunakan konstanta waktu. Rangkaianya diperlihatkan pada gambar berikut :



**Gambar 3.9. Rangkaian Basic Steering** <sup>[15]</sup>

$$t_{GTA} = (R.C) \ln (V_{DD}/V_{Tst}) \quad (3-4)$$

$$t_{GTP} = (R.C) \ln [V_{DD}/(V_{DD} - V_{Tst})] \quad (3-5)$$

Persamaan 3-4 digunakan untuk menentukan waktu yang diperlukan penerima DTMF untuk mendeteksi nada baru. Persamaan 3-5 digunakan untuk menentukan lama waktu yang diperlukan penerima DTMF antara nada yang ditekan atau dilepas.

Keterangan :

$t_{OTA}$  = waktu yang diperlukan penerima DTMF untuk mendeteksi nada baru (detik)

$t_{GTP}$  = waktu yang diperlukan penerima DTMF antara nada yang ditekan atau dilepas (detik)

$V_{DD}$  = tegangan catu positif (V)

$V_{Tst}$  = tegangan *threshold* ketika data keluar (*output*) *latch* diubah (V)

Berikut adalah penjelasan dari gambar rangkaian *basic steering*. Diketahui pada saat kondisi normal jika terminal Est *low*, kapasitor C mengisi penuh dengan

memberikan tegangan 0 Volt kepada terminal St/GT. Ketika menerima pasangan *tone* yang sesuai terminal ESt naik dan mengizinkan kapasitor C untuk mengosongkan muatannya melalui resistor R, yang akan menaikkan tegangan pada terminal St/GT. Ketika tegangan  $V_{TS}$  sama dengan tegangan pada terminal St/GT, maka akan diberikan sinyal yang sesuai. Ketika pasangan *tone* lenyap maka terminal ESt kembali *low*, dan kapasitor C mengisi muatan melalui resistor R yang mengurangi tegangan pada terminal St/GT. Kemudian  $V_{TS}$  kembali *low* seperti yang terjadi pada terminal StD yang kehilangan pasangan *tone*-nya.

Jika diketahui:

$$T_{rec} \text{ (pada datasheet)} = 40 \text{ ms}$$

$$\text{Nilai } C = 100 \text{ nF}$$

Maka, untuk menentukan harga resistor R yang terpasang diantara terminal *Est* dan *St/GT* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R &= \frac{t_{rec}}{C} && (3-6) \\ &= \frac{40}{0,1} \\ &= 400 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

Nilai R dari perhitungan didapatkan sebesar 400 K $\Omega$ , sedangkan pada perancangan digunakan resistor 330 K $\Omega$  karena di pasaran nilai resistor yang mendekati 400 K $\Omega$  adalah 330 K $\Omega$ .

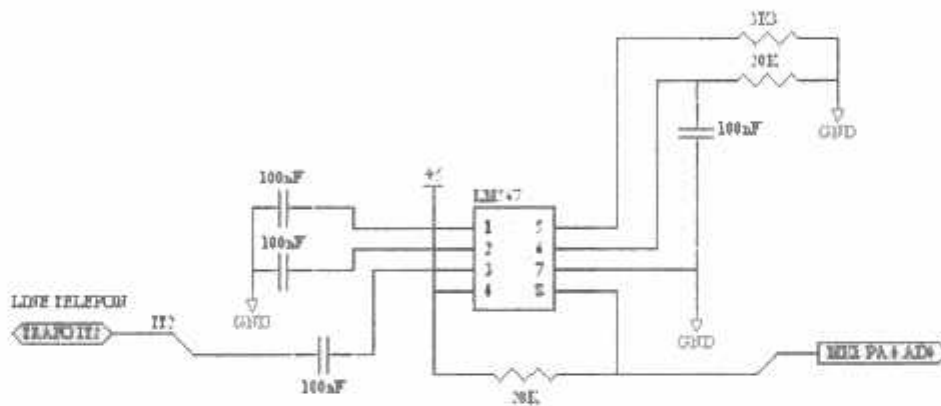
Untuk mendapatkan pasangan nada DTMF terbaik maka DTMF dekoder harus didesain untuk memperoleh sebuah pasangan nada yang diakui benar, untuk menerima urutan-urutan digit dari pasangan nada DTMFnya. Oleh karena itu



pengaturan guard-time berfungsi untuk menghasilkan kekebalan *noise* (derau) dan kestabilan *talk-off* untuk memperoleh kebutuhan sistem yang akurat.

### 3.2.3. LM567 (Detektor 425 Hz)

Detektor 425 Hz adalah bagian yang berfungsi untuk mengetahui apakah pesawat telepon dalam keadaan *on-hook* (handset diletakkan) atau *off-hook* (handset diangkat).



Gambar 3.10. Perencanaan Detektor 425 Hz

Pada perencanaan ini digunakan *tone* dekoder LM567. Untuk frekuensi tengah dari *tone* dekoder mempunyai persamaan frekuensi yang mempunyai persamaan dibawah ini :

$$f_0 = \frac{1}{1,1 \cdot R_1 \cdot C_1} \quad (3-7)$$

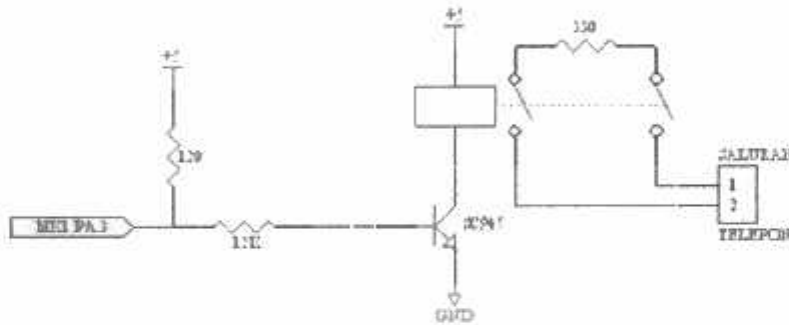
dimana dalam rangkaian disebutkan sebagai  $R_{10}=20K\Omega$  dan  $C_8=100nF$ , sehingga dapat diketahui nilai frekuensinya :

$$f_0 = \frac{1}{1,1 \cdot 20 \times 10^3 \cdot 100 \times 10^{-9}} = 454,54 \text{ Hz}$$

### 3.2.4. Rangkaian *Hook*

Rangkaian *hook* semu berupa resistor sebesar  $600\Omega$ . Resistor ini dianalogikan sebagai pengganti rangkaian telepon karena besarnya impedansi pesawat telepon kurang lebih  $600\Omega$ . Pada saat *relay* on, pada rangkaian akan terhubung dengan line sentral sedangkan saat *relay* off, rangkaian tersambung *hook* semu.

Pada rangkaian biasanya dipilih sebesar  $600\Omega$  atau yang mendekati nilai tersebut.



**Gambar 3.11. Perencanaan Rangkaian *Hook* Semu**

Pada perancangan ini digunakan resistor *hook* semu sebagai pengganti rangkaian telepon sebesar  $330\Omega$  dan catu daya sebesar 5 volt. Sedangkan transistor yang digunakan adalah SC945 dengan nilai Hfe tipikal sebesar 100, dan tahanan *relay* sebesar  $165\Omega$  sehingga :

$$\begin{aligned}
 I_c &= \frac{V_{cc}}{R_c} && (3-8) \\
 &= \frac{5}{165} \\
 &= 0,03 \text{ A}
 \end{aligned}$$

dapat dicari arus basisnya :

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{I_C}{H_{fe}} & (3-9) \\ &= \frac{0,03}{100} \\ &= 0,3 \text{ mA} \end{aligned}$$

dengan demikian  $R_B$  dapat dicari dengan persamaan :

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_B}{R_B} & (3-10) \\ R_B &= \frac{V_B - V_{BE}}{I_B} \\ &= \frac{5 - 0,7}{0,3 \times 10^{-3}} \\ &= 14333,33 \Omega = 14,33 \text{ K} \Omega \end{aligned}$$

Pada perancangan ini digunakan nilai  $R_B$  yang mendekati nilai tersebut yaitu  $12 \text{ K} \Omega$ .

### 3.2.5. Serial Komunikasi RS485

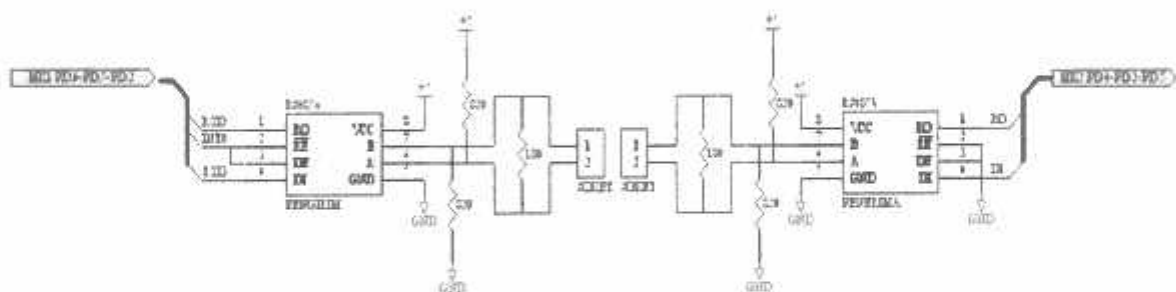
Dalam rangkaian RS485 pada sisi master dan slave ujung yang terjauh terdapat resistor dengan nilai  $180 \Omega$ . Resistor ini disebut resistor terminasi yang berguna untuk menjaga impedansi saluran, dimana dimaksudkan untuk mengurangi gelombang pantul dalam saluran yang sering terjadi pada transmisi dengan kecepatan tinggi. Resistor ini berguna juga untuk menjaga impedansi karakteristik saluran tetap *matching*.

Pada saat pergantian aktivitas *Line Generator Master* dan *Slave*, bisa terjadi satu saat secara bersamaan semua *Line Generator* tidak aktif, akibatnya saluran

menjadi mengambang dan keadaan logika dari saluran tidak menentu. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut, pada saluran ditambahkan dua buah resistor masing-masing bernilai  $82 \Omega$ , resistor yang terhubung ke A dihubungkan ke +5 volt dan resistor yang terhubung ke B dihubungkan ke *ground*, dengan cara seperti ini jika semua *Line Generator* tidak aktif bisa dipastikan saluran dalam keadaan '1'.

Untuk pin RE dihubungkan singkat sehingga dapat berfungsi sebagai penerima dan pengirim data. Jika pin DE/RE diberi logika 1, maka akan berfungsi sebagai pengirim data, sebaliknya jika pin DE/RE diberi logika rendah maka akan berfungsi sebagai penerima data (*receiver*).

Gambar rangkaian RS485 seperti ditunjukkan dalam gambar berikut :



**Gambar 3.12. Perencanaan Rangkaian RS485**

### 3.2.6. Rangkaian LCD

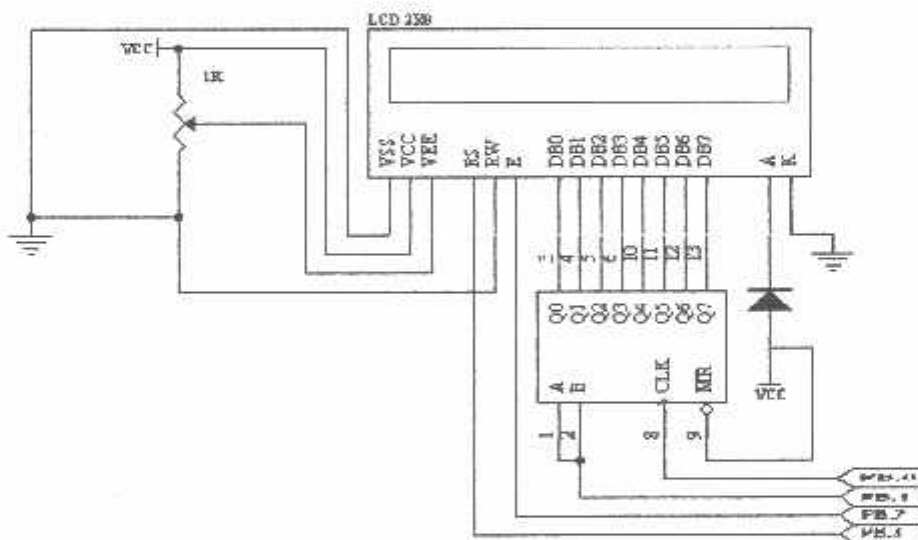
Rangkaian LCD dot matrik  $2 \times 16$  karakter ini adalah komponen *display* yang umum digunakan. *Display* LCD  $2 \times 16$  ini memiliki ROM sebagai penyimpanan karakter sebanyak 192 buah. Sebelum mengoperasikan LCD sebagai penampil karakter, terlebih dahulu ditentukan format penulisan LCD.

Dalam penulisan format LCD terada beberapa aturan yang diberikan oleh pabrik pembuatnya (dalam data sheet) yaitu:

1. Menentukan jalur bit data yang akan digunakan.

2. Membersihkan layar *display* dari dari karakter *blank*.
3. Menentukan alamat baris pertama dan baris ke dua.
4. Dalam penulisan karakter menggunakan *cursor* atau tidak

Jika penginisialisasian sudah selesai, langkah selanjutnya adalah menulis karakter yang diinginkan. Misalnya tampilan yang diinginkan adalah "123", maka format data yang ditansfer ke jalur data adalah format data BCD angka 123 yang masing-masing disertai data posisi baris. Data yang dikirim ke LCD cukup satu kali, selanjutnya data akan terus tampil berulang-ulang oleh LCD itu sendiri selama tidak ada instruksi untuk membersihkan layar. Hubungan pin data dengan dengan pin control LCD dengan MCU ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



**Gambar 3.13. Perencanaan Rangkaian Display LCD**

### 3.2.7. Rangkaian Sensor LM35

*Tranduser* merupakan komponen yang digunakan untuk merubah suatu besaran tertentu kedalam bentuk besaran lainnya (*Elektrik*). Dalam pengukuran elektronika suatu besaran yang bukan besaran listrik harus dirubah menjadi besaran



Untuk menentukan nilai tegangan referensi pada masukan tak membalik (+) pada rangkaian komparator, agar tegangan *output* komparator membalik logik '0' sehingga dapat mengintrupsi mikrokontroller. Pengaturan dilakukan pada saat suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dengan tegangan *output* Lm35  $40 \times 10\text{mV} = 400\text{mV}$ , sehingga tegangan referensi ( $V_{\text{ref}}$ ) diseting sebesar :

Dengan :

$$V_{\text{in}} (-) : 400 \text{ mV (saat suhu } 40^{\circ}\text{C)}$$

$$V_{\text{out}} : 0 \text{ Volt}$$

$$A : \text{open loop (} A = \infty \text{)}$$

Maka :

$$V^{+} - V^{-} = \Delta V$$

$$\Delta V \times A = V_{\text{out}}$$

$$\Delta V = \frac{V_{\text{out}}}{A} = \frac{0\text{V}}{\infty} = 0 \text{ Volt}$$

$$V^{+} = V_{\text{ref}} - \Delta V + V^{-}$$

$$= 0\text{V} + (400\text{mV})$$

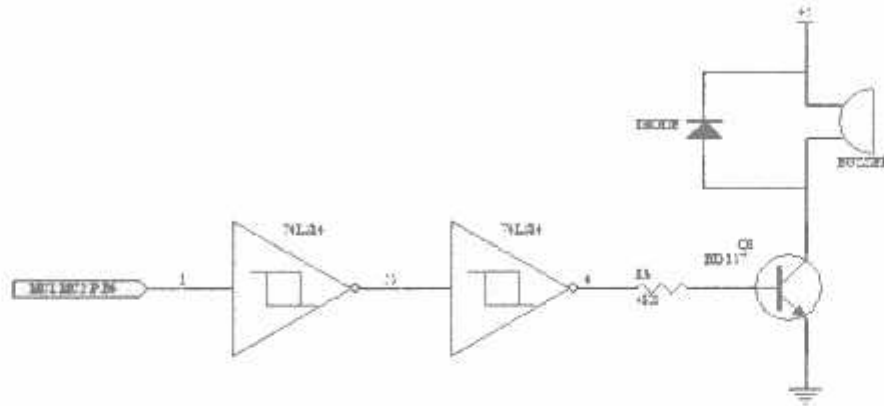
$$= + 400\text{mVolt} = \text{diatas } 400\text{mV}$$

Penggunaan resistor variabel sebesar  $50\text{K}\Omega$ , Untuk memperkecil arus masukan. Dengan melihat analisa diatas dapat disimpulkan, saat suhu diatas  $40^{\circ}\text{C}$   $V_{\text{out}} = \text{logic '0'}$  (adanya kebakaran), sedangkan saat suhu turun dibawah  $40^{\circ}\text{C} = \text{logic '1'}$  (aman).

---

### 3.2.8. Driver Buzzer :

Untuk menyalakan Buzzer diperlukan rangkaian driver untuk menyalakan Buzzer . Sehingga perlu penguat arus seperti terlihat pada gambar dibawah :



Gambar 3.15 Rangkaian Driver buzzer<sup>[17]</sup>

Keluran dari mikrokontroller dilewatkan terlebih dahulu ke IC Schmit trigger inverter yang diaplikasikan sebagai rangkaian penyangga dan memperbaiki bentuk gelombang persegi. Keluaran dari IC 74LS14 ini diinputkan ke basis transistor melalui tahanan basis untuk mengaktifkan transistor. Untuk menghitung analisa rangkaian driver relay adalah sebagai berikut :

Dari data sheet transistor BD 137 dan data pengukuran diperoleh :

$$Hfe = 40 \quad ; \quad Vcc = 5 \text{ volt}$$

$$Vbe = 0,6 \text{ Volt} \quad ; \quad Rbuzzer = 180 \Omega$$

Maka besarnya arus yang dibutuhkan :

$$I_{\text{relay}} = \frac{Vcc}{R_{\text{relay}}} = \frac{5\text{Volt}}{180\Omega} = 27,78\text{mA}$$

Arus basis  $I_b$  dan tahanan basis  $R_b$  yang diperlukan :

$$I_c = I_b \cdot Hfe$$



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

$$I_b = \frac{27,78mA}{40}$$

$$I_b = 0,69 \text{ ma}$$

$$R_b = \frac{V_{cc} - V_{be}}{I_b}$$

$$R_b = \frac{5 - 0,6}{0,69mA} = 6,38 \text{ k}\Omega$$

Pada aplikasinya nilai resistansi diatas tidak terdapat dipasaran, Oleh karena itu untuk mendapatkan nilai resistansi yang mendekati nilai  $R_b$  diatas maka resistor  $R_b$  dipasang secara seri dimana nilai resistansi totalnya adalah sebagai berikut:  $R_b =$

$$6800 \Omega / 6K8$$

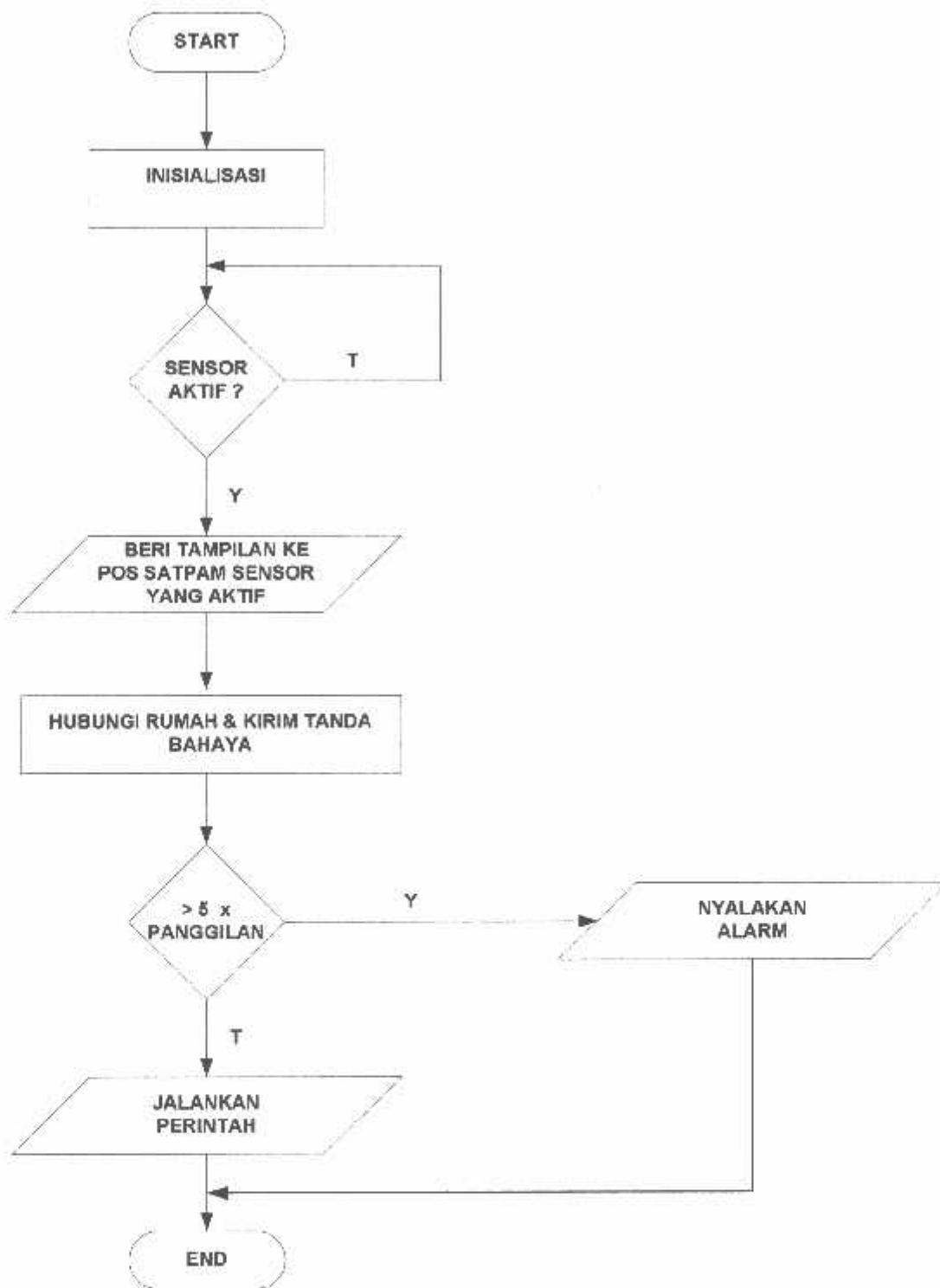
### 3.3. Perencanaan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak diperlukan untuk menjalankan sistem sesuai yang kita harapkan. Untuk pemakaian mikrokontroler didalam suatu sistem, perlu direncanakan perangkat lunak yang dapat mengatur sistem tersebut. Perangkat lunak disini adalah susunan perintah-perintah (program) didalam memori yang harus dilaksanakan oleh mikrokontroler.

Dalam mikrokontroler memori merupakan fasilitas utama karena disini disimpan perintah-perintah yang harus dikerjakan. Memori disini dapat dibedakan menurut fungsinya menjadi memori program dan memori data. Menurut letaknya

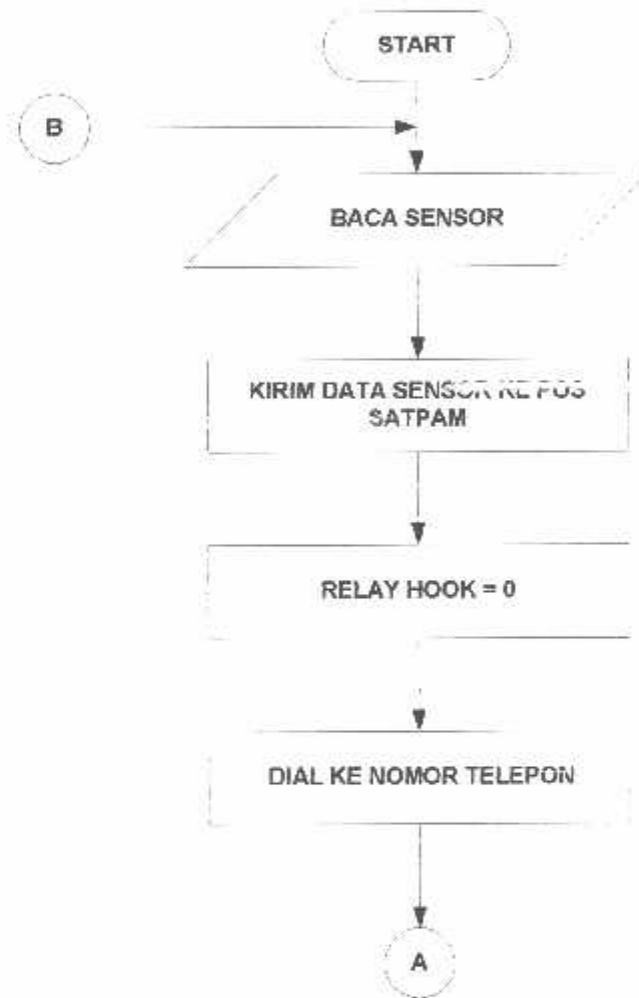
memori dapat dibedakan menjadi memori dalam dan memori luar. Memori dalam adalah memori yang disediakan didalam mikrokontroler itu sendiri. Memori luar adalah memori tambahan dari luar mikrokontroler. Memori ini diberikan bila memori didalam mikrokontroler tidak mencukupi untuk menampung semua program dan data. Perencanaan perangkat lunak (*software*) didasarkan perencanaan perangkat keras yang telah dibuat sebelumnya, untuk mendapatkan sistem kerja yang diharapkan *software* dari alat tersebut terdapat di bagian lampiran dan diagram alir (*flowchart*) dari alat tersebut adalah sebagai berikut:

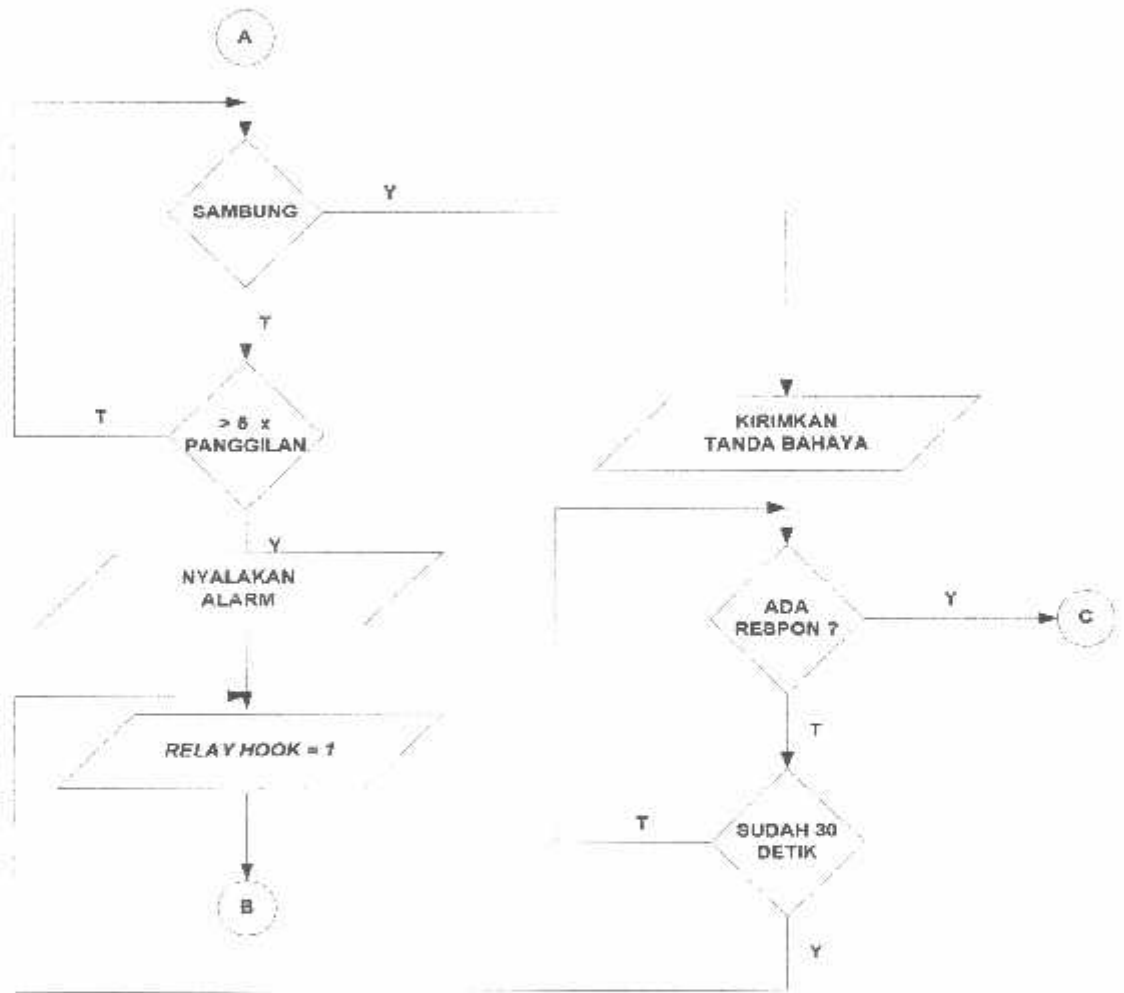
---

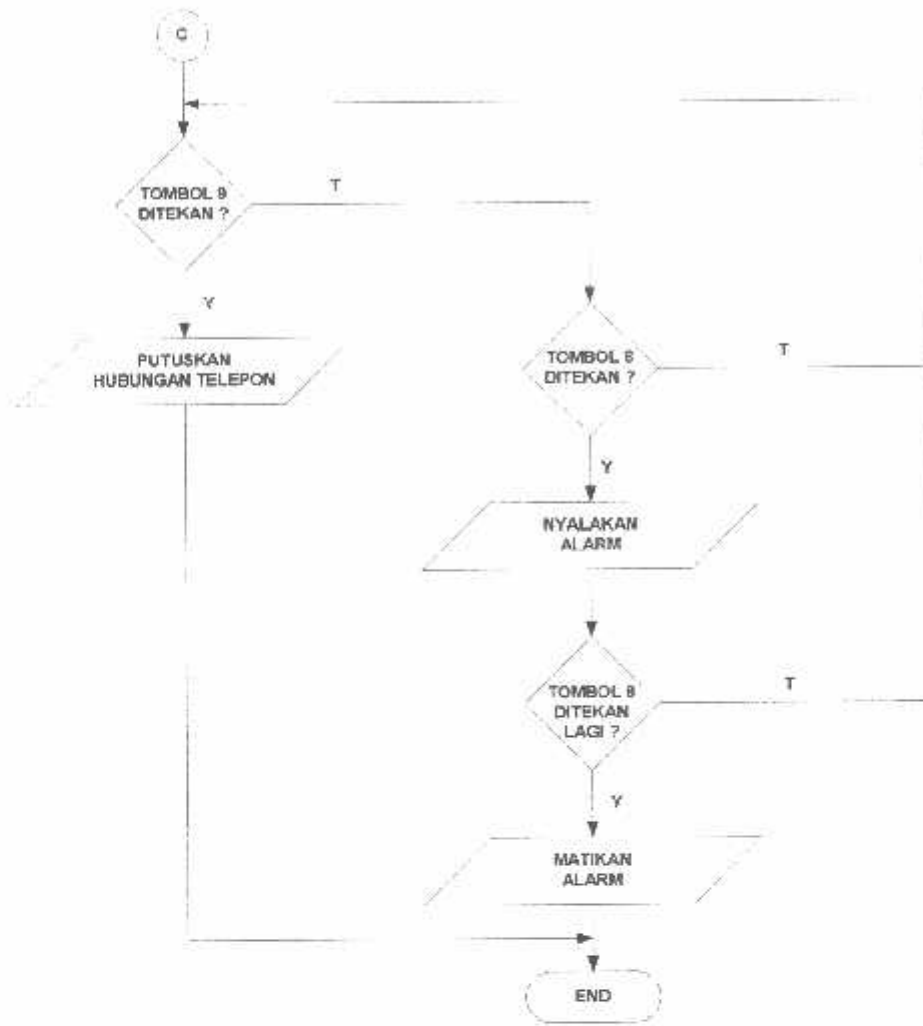


Gambar 3.16. Diagram Alir Secara Umum

Adapun diagram alir dari program mikrokontroler ATmega8535(1) sebagai berikut :

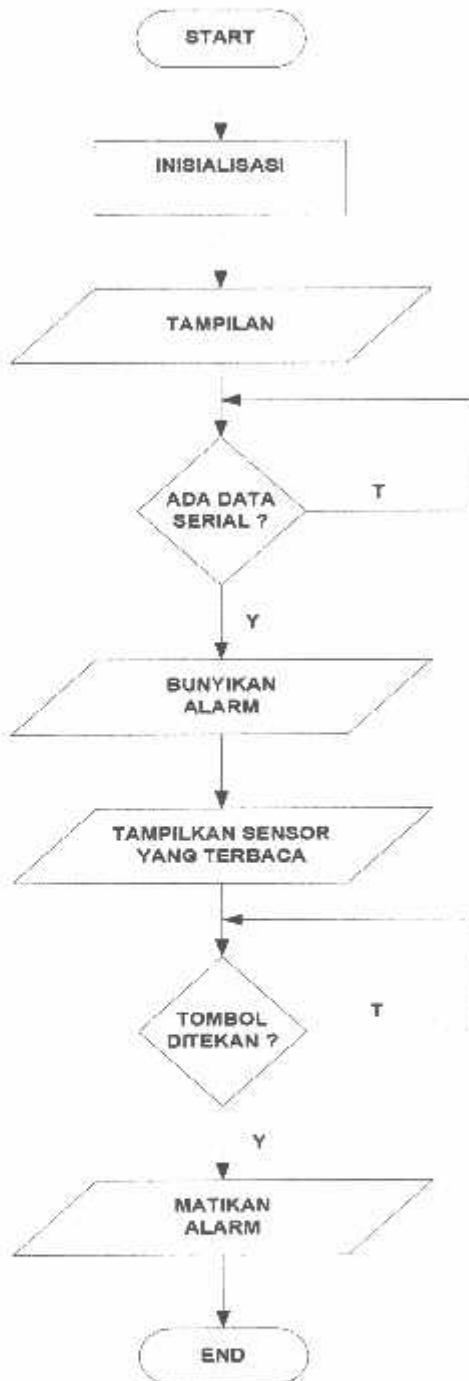






Gambar 3.17. Diagram Alir Program Mikrokontroler Utama

Dan diagram alir dari program mikrokontroler ATmega8535(2) adalah sebagai berikut :



Gambar 3.18. Diagram Alir Program Mikrokontroler Pada Monitoring Satpam

## BAB IV

### PENGUJIAN ALAT DAN PEMBAHASAN HASIL

#### 4.1. Pengujian Dekoder dan Enkoder DTMF

##### 4.1.1. Tujuan

Untuk mengetahui pengiriman dan penerimaan data antara masukan biner pada TP5088 dan keluaran biner pada MT8870 (dekoder).

##### 4.1.2. Peralatan Yang Digunakan

- a. Rangkaian *Tone* Enkoder TP5088
- b. Rangkaian *Tone* Dekoder MT8870
- c. LED (Light Emiting Diode)
- d. Dipswitch (saklar)
- e. Catu daya 5V

##### 4.1.3. Langkah Pengujian

1. Menyusun rangkaian sesuai dengan gambar 4.1
2. Memberi kombinasi logika biner pada dipswitch sebagai masukan untuk TP5088.
3. Mengamati dan mencatat kondisi Led sebagai keluaran dari MT8870..

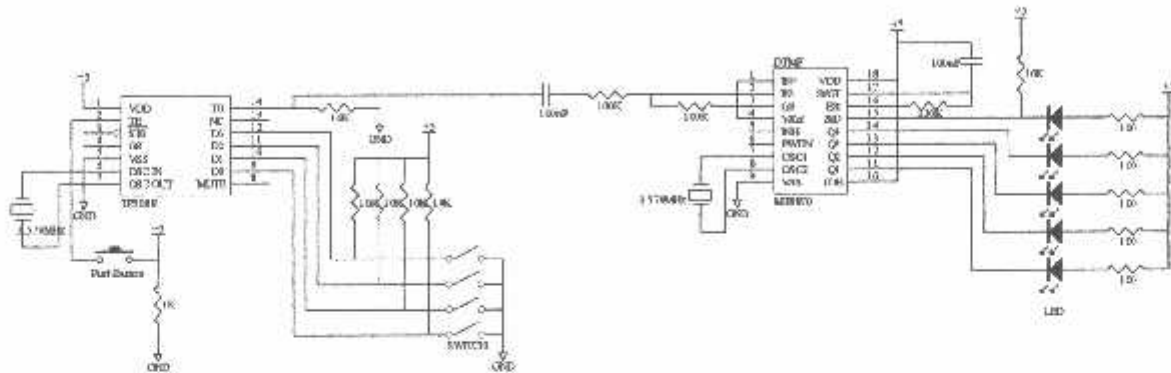
Rangkaian pengujian dapat digambarkan pada gambar berikut :

---





Gambar 4.1. Blok Diagram Pengujian Dekoder dan Enkoder DTMF

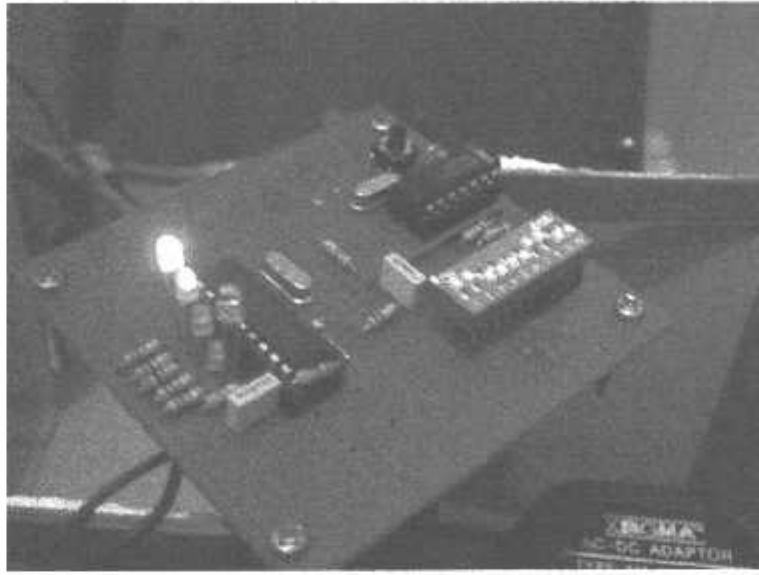


Gambar 4.2. Rangkaian Pengujian Dekoder dan Enkoder DTMF

4.1.4. Hasil Pengujian

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Dekoder dan Enkoder (DTMF)

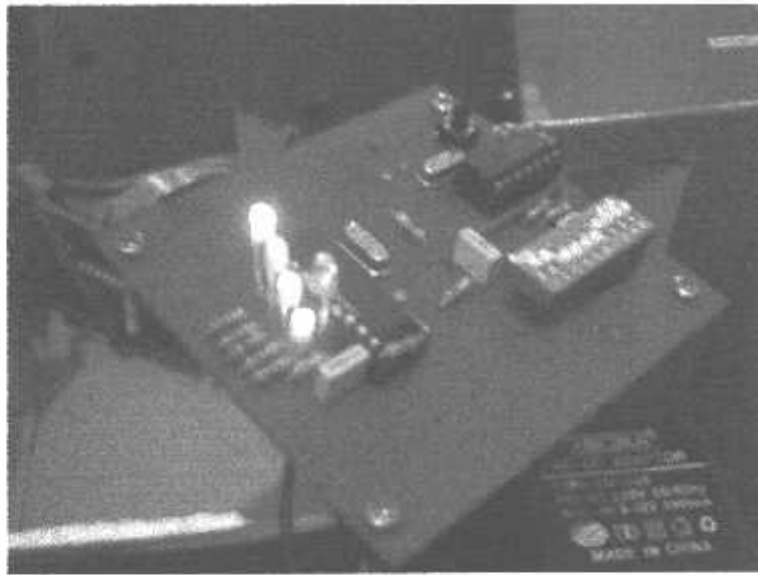
Tegangan Input (V)	Switch Enkoder			LED Dekoder			
	MSB		LSB	MSB			LSB
5,20	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	1
	0	0	1	0	0	0	1
	0	0	1	1	0	0	1
	0	1	0	0	0	1	0
	0	1	0	1	0	1	0
	0	1	1	0	0	1	1
	0	1	1	1	0	1	1
	1	0	0	0	1	0	0
	1	0	0	1	1	0	0
	1	0	1	0	1	0	1
	1	0	1	1	1	0	1
	1	1	0	0	1	1	0
	1	1	0	1	1	1	0
	1	1	1	0	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.3. Foto Pengujian Enkoder dan Dekoder DTMF**

## **4.2. Pengujian Komunikasi Serial RS485**

### **4.2.1. Tujuan**

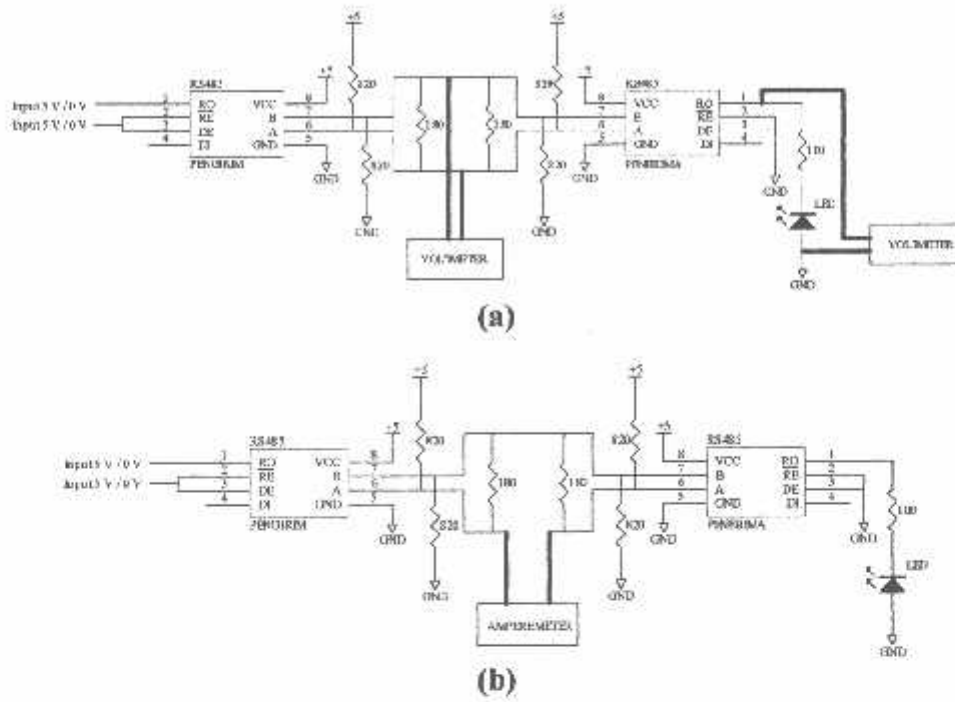
Pengujian RS485 dilakukan untuk mengetahui tegangan pin A dan B pada IC pengirim dan tegangan pada pin 1 pada IC penerima.

### **4.2.2. Peralatan Yang Digunakan**

- a. Rangkaian RS485
- b. Catu daya
- c. Multimeter Digital

### **4.2.3. Langkah Pengujian**

1. Menyusun rangkaian sesuai dengan gambar 4.4.



**Gambar 4.4. Rangkaian Pengujian (a) Tegangan dan (b) Arus Pada RS485**

2. Memberikan masukan logika 1 atau 0 pada kaki 4 dari IC pengirim, dan mengukur selisih tegangan pada keluaran kaki A dan B.
3. Dengan cara yang sama seperti langkah nomor 2 kemudian mengukur tegangan kaki 1 pada IC penerima.
4. Untuk mengukur arus, memberikan masukan logika 1 atau 0 pada kaki 4 sebagai masukan dari IC pengirim dan mengukur arus pada kaki A/B.

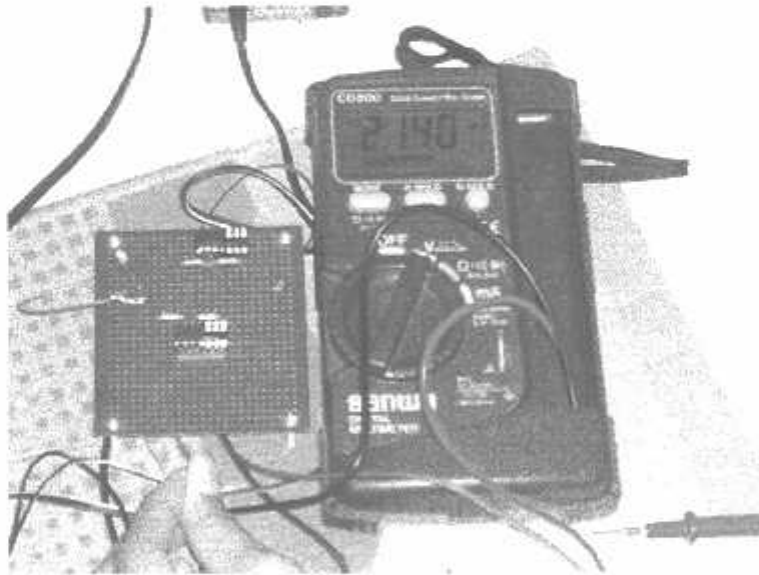
## 4.2.4. Hasil Pengujian

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Tegangan IC RS485

Tegangan Input (V)	Logika Pada IC Pengirim Kaki 4	Tegangan Kaki A dan B (V)	Tegangan Pada IC Penerima (V)	Kondisi LED
			Kaki 1	
4,7	1	2,152	2,878	Nyala
	0	- 2,427	0,152	Mati
4,7	1	2,140	2,905	Nyala
	0	- 2,526	0,151	Mati

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Arus IC RS485

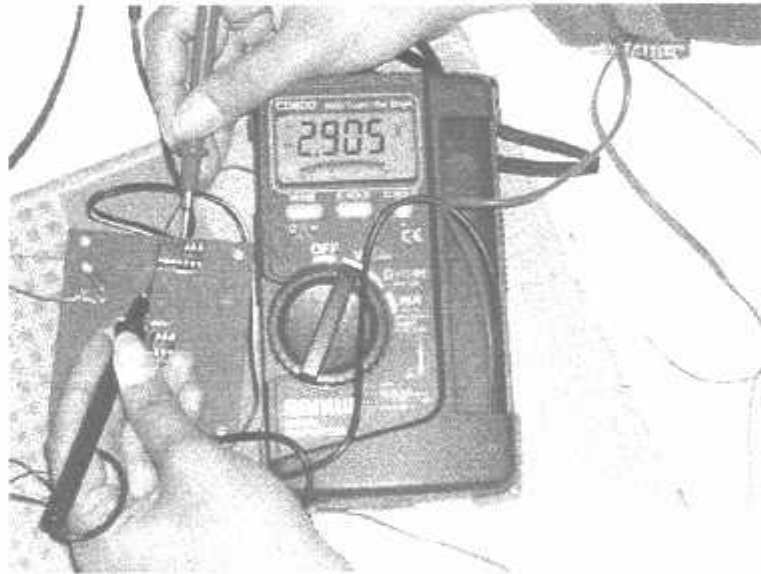
Tegangan Input (V)	Logika Pada IC Pengirim Kaki 4	Arus Kaki A dan B (mA)	Kondisi LED
4,7	1	10,89	Nyala
	0	- 12,06	Mati
4,7	1	10,27	Nyala
	0	- 11,63	Mati



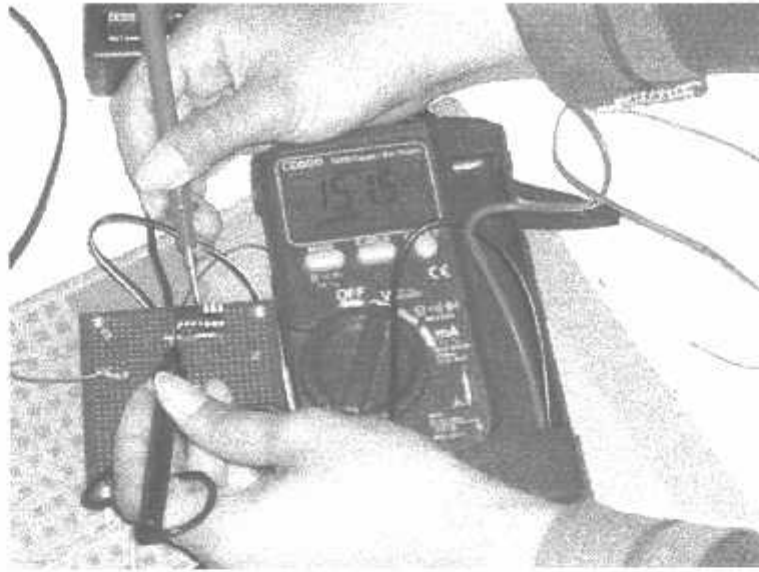
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 4.5. Foto Pengujian Tegangan Kaki A dan B (pengirim) dan Kaki 1 (penerima) Pada IC RS485**



(a)



(b)

**Gambar 4.6. Foto Pengujian Arus Pada Kaki A dan B (pengirim) Pada IC RS485**

### 4.3. Pengujian Rangkaian *Hook*

#### 4.3.1. Tujuan

Untuk mengetahui apakah rangkaian sudah terhubung ke saluran telepon atau belum dengan mengukur arus yang masuk ke kaki basis transistor C945.

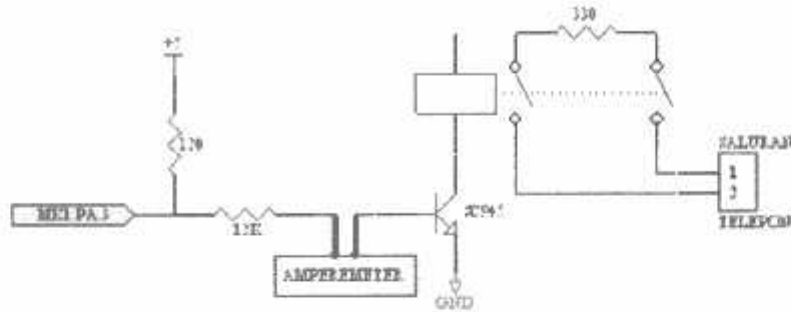
#### 4.3.2. Peralatan Yang Digunakan

- a. Rangkaian *Hook*
- b. Multimeter Digital
- c. Telepon
- d. Catu daya 5 V dc



### 4.3.3. Langkah Pengujian

1. Membuat rangkaian seperti gambar 4.7.



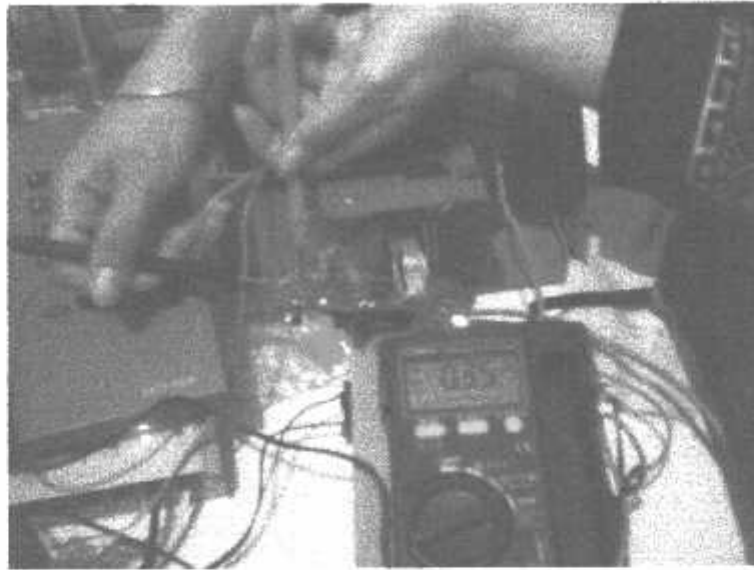
**Gambar 4.7. Rangkaian Pengujian Hook**

2. Menghubungkan rangkaian ke saluran telepon.
3. Mengaktifkan salah satu sensor.
4. Mengukur arus basis ( $I_b$ ).

### 4.3.4. Hasil Pengujian

**Tabel 4.4. Hasil Pengujian Rangkaian Hook**

Hasil Perhitungan	Hasil Pengukuran
$I_b = 0,3 \text{ mA}$	$I_b = 0,34 \text{ mA}$
	$I_b = 0,37 \text{ mA}$
	$I_b = 0,33 \text{ mA}$
	$I_b = 0,35 \text{ mA}$
	$I_b = 0,36 \text{ mA}$
<b>Rata-rata Hasil Pengukuran</b>	$I_b = 0,35 \text{ mA}$



**Gambar 4.8. Foto Pengujian Arus Basis**

#### **4.4. Pengujian Detektor *Tone***

##### **4.4.1. Tujuan**

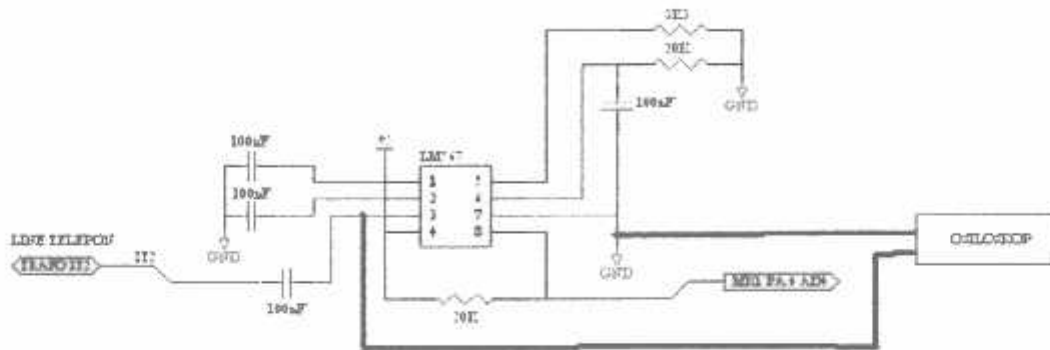
Untuk mengetahui apakah ada *tone* (nada pilih) pada saluran telepon untuk selanjutnya dipakai oleh mikrokontroler ATMEGA8535 untuk mendial nomor yang dituju pada saat ada alarm.

##### **4.4.2. Peralatan Yang Digunakan**

- a. Osiloskop
  - b. Rangkaian detektor 425 Hz IC LM567
  - c. Multimeter Digital
  - d. Catu daya 5 V dc
  - e. Telepon
-

#### 4.4.3. Langkah Pengujian

1. Membuat rangkaian seperti gambar 4.9.

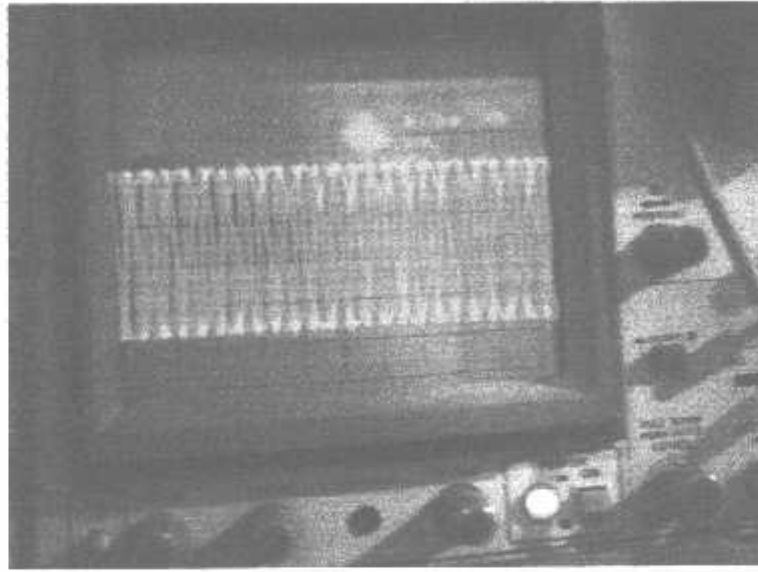


**Gambar 4.9. Rangkaian Pengujian Detektor *Tone***

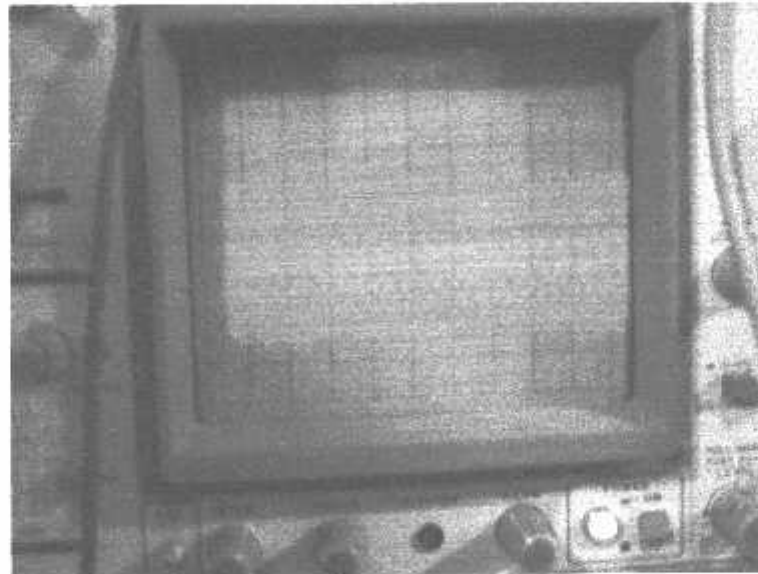
2. Menghubungkan rangkaian ke saluran telepon.
3. Menghubungkan kaki 3 IC 567 pada probe (+) osiloskop dan probe (-) pada ground.
4. Mengaktifkan salah satu sensor.
5. Mengukur tegangan pada keluaran saluran telepon.

#### 4.4.4. Hasil Pengujian

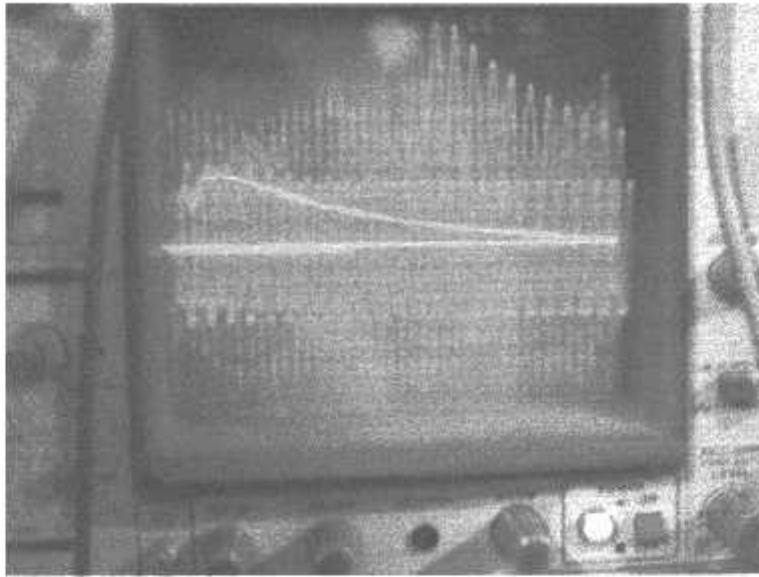
1. Pada saat sensor aktif akan memberikan masukan ke mikrokontroler dan selanjutnya akan membias transistor pada rangkaian *hook* untuk menghubungkan IC 567 dan rangkaian telepon ke saluran telepon.
2. Proses ini menghasilkan beberapa bentuk gelombang yang dapat dilihat pada osiloskop. Bentuk gelombang tersebut antara lain sebagai berikut :



**Gambar 4.10. Bentuk Gelombang Saat Ada Nada Pilih (*Tone*)  
Pada Saluran Telepon Dengan Frekuensi 425 Hz**

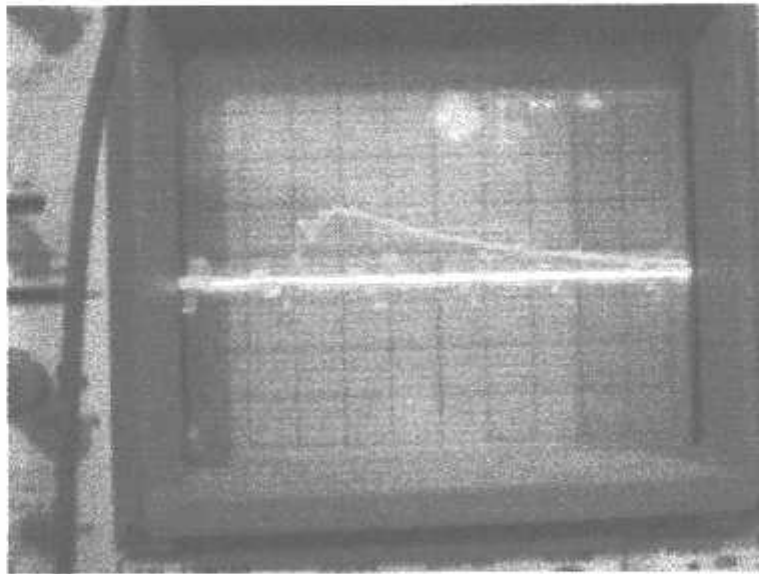


**(a)**



(b)

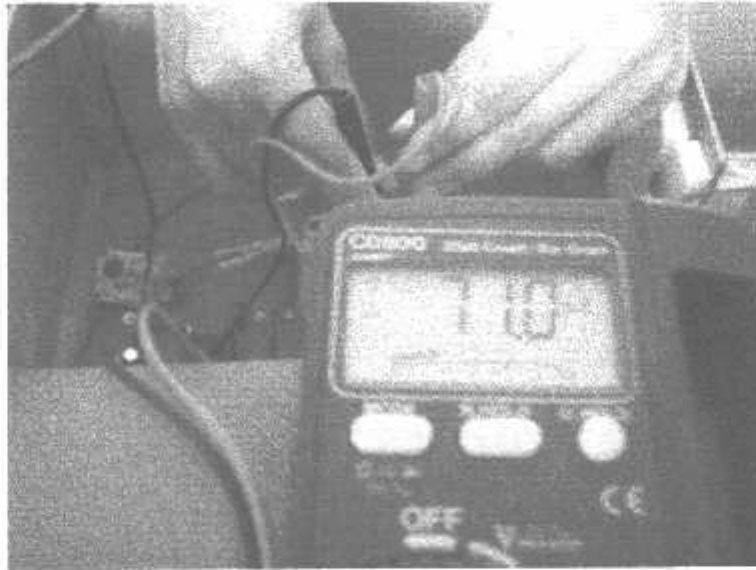
**Gambar 4.11. (a) (b) Bentuk Gelombang Saat Terjadi Dial  
(pengiriman nomor yang tersimpan di mikrokontroler pengontrol)**



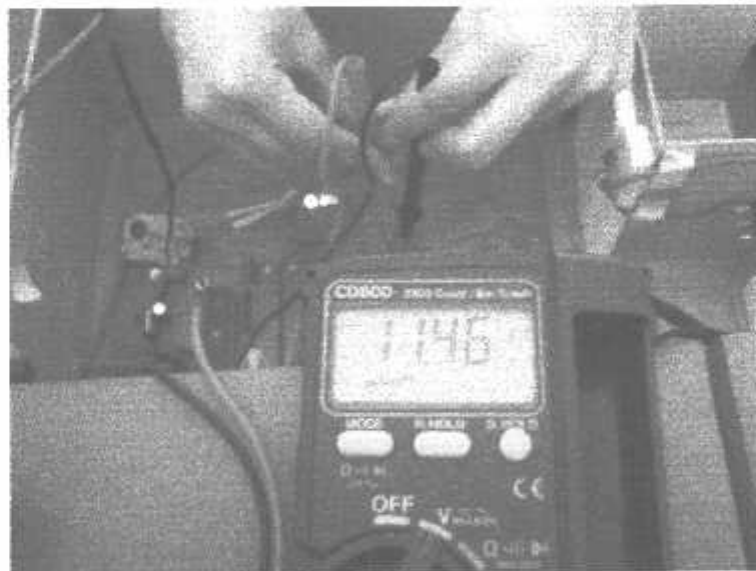
**Gambar 4.12. Bentuk Gelombang Saat Terjadi Panggilan Ke Nomor Tujuan**

---

3. Mengukur tegangan pada saluran telepon.



(a)



(b)

**Gambar 4.13. (a) Foto Pengujian Tegangan Pada Saat Ada Dering, (b) Foto Pengujian Tegangan Pada Saat Tidak Ada Dering**

Tabel 4.5. Tabel Pengujian Tegangan Pada Saluran Telepon

Tegangan Input (V)	Ada Dering (V)	Tidak Ada Dering (V)
5	0,071	-11,46
	- 0,071	11,46
	0,092	- 11,58
	- 0,092	11,58

Ket : Hasil tersebut tergantung penempatan probe multimeter

#### 4.5. Pengujian PIR (*Passive Infra Red*)

##### 4.5.1. Tujuan

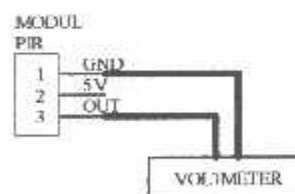
Untuk mengetahui respon sinyal pada saat ada obyek yang bergerak.

##### 4.5.2. Peralatan Yang Digunakan

- Multimeter Digital
- Modul PIR
- Osiloskop
- Catu daya 5 V dc

##### 4.5.3. Langkah Pengujian

- Membuat rangkaian seperti gambar 4.14.

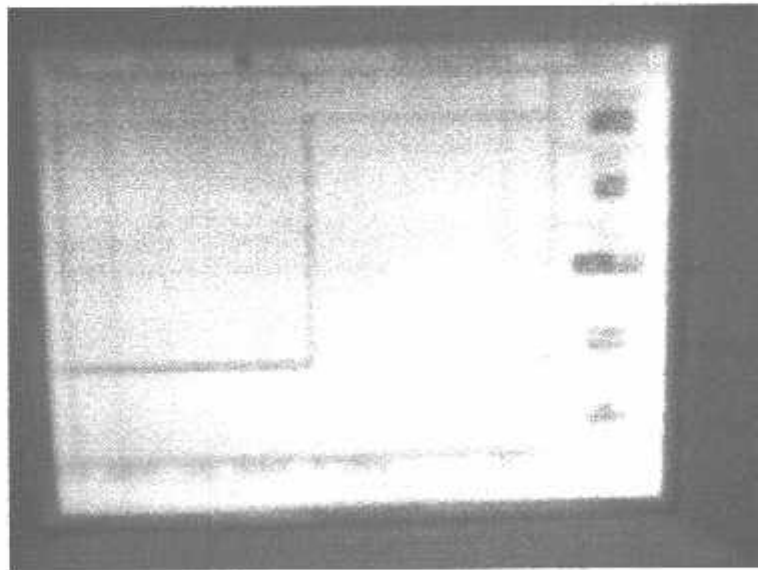


Gambar 4.14. Rangkaian Pengujian Modul PIR

2. Memberi tegangan 5 volt pada input modul PIR.
3. Mengukur tegangan pada output modul PIR saat ada obyek bergerak.
4. Mengamati bentuk gelombang dan respon sinyal pada osiloskop dari keluaran modul PIR.

#### 4.5.4. Hasil Pengujian

1. Saat tidak ada gerakan bentuk gelombang landai
2. Tegangan keluaran dari modul PIR pada saat ada obyek bergerak adalah 5 V dc, selama setengah ( $\frac{1}{2}$ ) detik.
3. Bentuk gelombang pada osiloskop dari keluaran modul PIR saat ada gerakan mengalami kenaikan sesaat (logika high) selama setengah ( $\frac{1}{2}$ ) detik yang digunakan untuk memberikan input (high) ke mikrokontroler pengontrol.



**Gambar 4.15. Bentuk Gelombang Keluaran Modul PIR  
Saat Ada Pergerakan Selama Setengah ( $\frac{1}{2}$ ) Detik**



Tabel 4.6 Tabel Hasil Pengujian Respon Dengan Variabel Terhadap Jarak

Jarak Objek Terhadap Sensor		Respon Sensor
Tinggi (m)	Panjang (m)	
0,5	1	Baik
0,5	1,5	
0,5	2	
1	2,5	
1	3	
1,5	3,5	
1,5	4	
2	4,5	
2	6	
2,5	6,5	
3	7	

#### 4.6. Pengujian Sensor Suhu(LM35) dengan Rangkaian Komparator

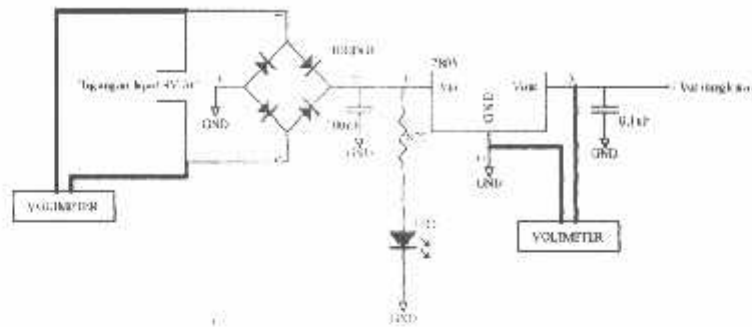
##### 4.6.1. Tujuan

Untuk mengetahui respon IC LM35 dalam membedakan kenaikan suhu ruangan akibat kebakaran dengan kenaikan suhu di lingkungan.

##### 4.6.2. Peralatan Yang Digunakan

- a. Catu daya +5 Volt DC
- b. Voltmeter analog
- c. Panas (api)
- d. Rangkaian Pengujian





Gambar 4.17. Rangkaian Pengujian Catu Daya

#### 4.7.4. Hasil Pengujian

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya

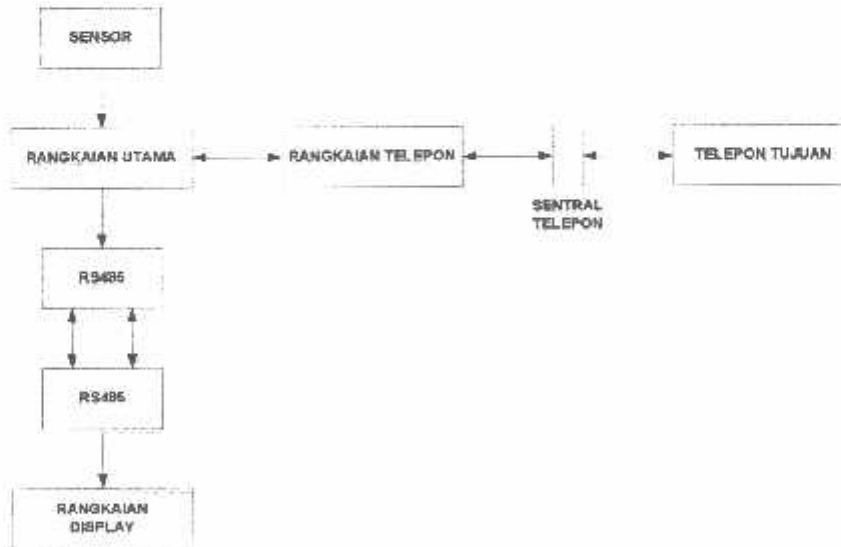
Tegangan Input (V)	Tegangan Sebelum Regulator (V)	Tegangan Keluaran Regulator (V)
9,15	9,15	4,82
		4,85
		4,81
		4,82
		4,80
Rata-rata Tegangan Keluaran Regulator		4,82



**Gambar 4.18. Foto Pengujian Rangkaian Catu Daya**

#### 4.8. Pengujian Keseluruhan Sistem

Bertujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja seperti yang diharapkan atau tidak, khususnya dalam hal pengiriman informasi yang akan dikirim baik melalui jaringan telepon maupun melalui komunikasi RS485.



**Gambar 4.19. Blok Diagram Pengujian Keseluruhan Sistem**

Sensor terdeteksi ada yang aktif, kemudian akan memberikan masukan high pada mikrokontroler ATmega8535(1) Setelah itu, akan dilakukan proses eksekusi instruksi untuk menghubungi nomor telepon yang telah di set melalui saluran telepon, sekaligus mengirim data menggunakan media RS485 ke mikrokontroler ATmega8535(2) untuk ditampilkan pada display yang terdapat pada pos satpam yang berisi status sensor yang aktif.

Ketika telepon diangkat (*off hook*), mikrokontroler ATmega8535(1) akan mengirimkan informasi berupa tone tanda bahaya untuk mengindikasikan bahwa sistem yang ada pada ruko mendeteksi sesuatu, si penerima telepon dapat mengirimkan instruksi kembali ke mikrokontroler ATmega8535(1) dengan menekan tombol (keypad) telepon yaitu :

- Untuk penekanan angka 8, mikrokontroler ATmega8535(1) akan mengaktifkan alarm pada ruko, dan untuk mematikan alarm dengan menekan angka 8 kembali.
- Untuk penekanan angka 9, mikrokontroler ATmega8535(1) akan memutuskan hubungan pada saluran telepon, sehingga pengiriman tone tanda bahaya dapat diakhiri.

Bila dalam beberapa kali panggilan (sesuai ketentuan program yaitu 5 kali panggilan) telepon tidak diangkat (*on hook*) maka mikrokontroler ATmega8535(1) secara otomatis akan mengaktifkan alarm yang terpasang di ruko.

Untuk pengiriman informasi dengan menggunakan IC RS485, data keluaran dari mikrokontroler ATmega8535(1) dikirim melalui RS485 untuk kemudian diolah

---

oleh mikrokontroler ATmega8535(2), dan ditampilkan dengan LCD (*Liquid Crystal Display*) mengenai status sensor yang aktif dengan tampilan berupa :

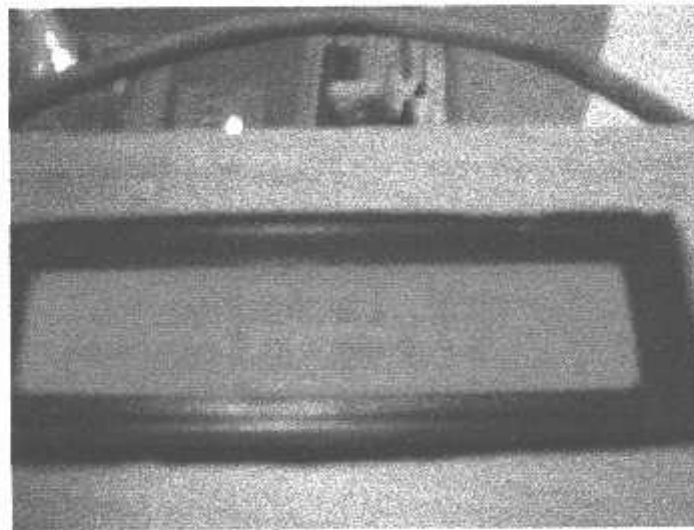
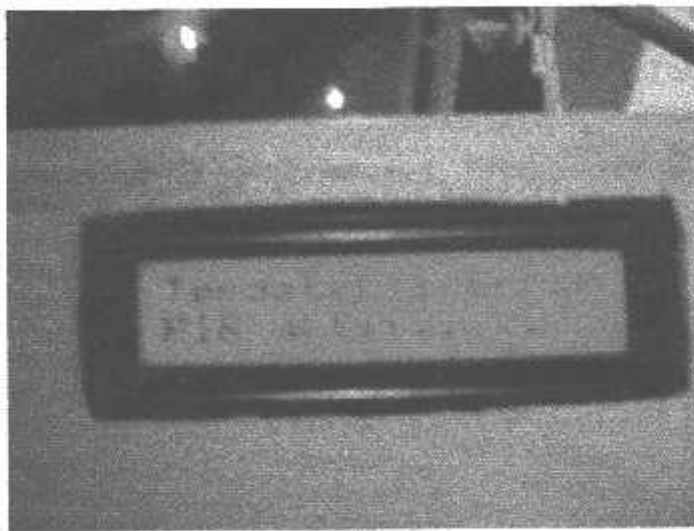
**“Terdeteksi Error, PIR Aktif”**

**“Terdeteksi Error, Jendela Aktif”**

atau

**“Terdeteksi Error, Pintu Aktif”**

**“Terdeteksi Error, Kebakaran”**



**Gambar 4.19. Tampilan Liquid Crystal Display**

Informasi yang dikirimkan menuju pos satpam juga disertai dengan pengaktifan alarm yang ada pada pos satpam

#### 4.9. Kesalahan Relatif Pada Setiap Pengujian

Kesalahan rata-rata akan menjadikan tendensi pada setiap hasil pengukuran yang dilakukan. Oleh sebab itu untuk mencari kesalahan relatif tiap data yang diambil maka dipakai rumus :

$$Kr = \left| \frac{X - \bar{X}}{\bar{X}} \right| \times 100\%$$

Dimana :

Kr = kesalahan relatif

X = nilai yang diperoleh dari perhitungan/perancangan

$\bar{X}$  = nilai yang diperoleh dari pengujian

##### 4.9.7. Pengujian Dekoder dan Enkoder DTMF

Dari hasil pengujian tidak terdapat *error*. Masukan biner pada TP5088 (enkoder) akan menghasilkan keluaran biner yang sama pada MT8870 (dekoder). Karena apabila terjadi kesalahan pendekodean data antara IC TP5088 dan MT8870 akan berakibat pada proses pemanggilan nomor yang tujuan.

##### 4.9.7. Pengujian Serial Komunikasi RS485

Dari hasil pengujian tidak terdapat *error*, karena tegangan yang diukur adalah selisih tegangan antara kaki A dan B pada IC RS485. Pada datasheet diketahui range tegangan kaki A dan B antara  $\geq 0,2$  V dan  $\leq -0,2$  V, sehingga hasil pengujian ini masih dalam range tegangan yang ditetapkan oleh pabrik..

#### 4.9.7. Pengujian Rangkaian *Hook*

Dari hasil pengujian didapatkan :

Hasil Perhitungan	Rata-rata Hasil Pengukuran
$I_b = 0,3$ mA	$I_b = 0,35$ mA

Sehingga kesalahan relatifnya dapat diketahui yaitu :

$$\begin{aligned} K_r &= \left| \frac{X - \bar{X}}{\bar{X}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{0,3 - 0,35}{0,35} \times 100\% \\ &= 14,28\% \end{aligned}$$

Dengan mengetahui kesalahan relatif yang ada, maka prosentase keakuratan pada rangkaian *hook* yang dirancang dalam skripsi ini yaitu  $100\% - 14,28\% = 85,72\%$

#### 4.9.7. Pengujian Detektor *Tone*

Pengujian ini hanya untuk memastikan apakah rangkaian sudah terhubung ke saluran telepon yang nantinya akan digunakan oleh mikrokontroler untuk mendial nomor tujuan apabila terjadi gangguan pada sensor. Sedangkan hasil pengukuran tegangan pada saluran telepon sudah merupakan ketetapan dari perangkat sentral



telepon yang ada dan jarak antara sentral telepon dan subscriber (pelanggan) akan mempengaruhi besar kecilnya tegangan pada saluran telepon. Standar tegangan pada saluran telepon adalah sebesar 48 V (pada kondisi *on-hook*) dan sebesar 6-9 V (pada kondisi *off-hook*).

#### 4.9.7. Pengujian PIR (*Passive Infra Red*)

Dari hasil pengujian, tidak dapat diamati perubahan tegangan ketika sensor mendeteksi adanya gerakan karena perubahan tegangan tersebut hanya dalam waktu sekitar  $\frac{1}{2}$  detik saja. Dan ketika tegangan kembali stabil, keluaran sensor ini tetap bernilai 5 volt seperti tegangan masukan dari catu daya.

#### 4.9.6 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35

Pada pengujian rangkaian sensor suhu ini dapat disimpulkan ,yaitu dengan menggunakan sensor suhu *type* IC LM35 mampu mendeteksi perbedaan suhu ruangan kondisi normal dan berbahaya akibat kebakaran dengan nilai keakurasian tinggi ( $1^{\circ}\text{C} = 10\text{mV}$ ).

#### 4.9.7. Pengujian Rangkaian Catu Daya

Dari hasil pengujian didapatkan :

Tegangan Pada Perancangan (V)	Tegangan Pada Pengukuran (V)
5	4,82

Sehingga kesalahan relatifnya dapat diketahui :

$$\begin{aligned}
 Kr &= \left| \frac{X - \bar{X}}{\bar{X}} \right| \times 100\% \\
 &= \frac{5 - 4,82}{4,82} \times 100\% \\
 &= 3,73\%
 \end{aligned}$$

Dengan mengetahui kesalahan relatif yang ada, maka prosentase keakuratan pada rangkaian catu daya yang dirancang dalam skripsi ini yaitu  $100\% - 3,73\% = 96,26\%$ .

#### 4.10. Kesalahan Relatif Keseluruhan Sistem

Dari setiap pengujian yang telah dilakukan, rata-rata kesalahan relatif keseluruhan sistem yang dirancang, yaitu :

$$\text{Mean} = \frac{\sum Kr}{n}$$

Dimana :

$$\sum Kr = \text{Jumlah Kesalahan Relatif}$$

$$n = \text{Banyaknya data}$$

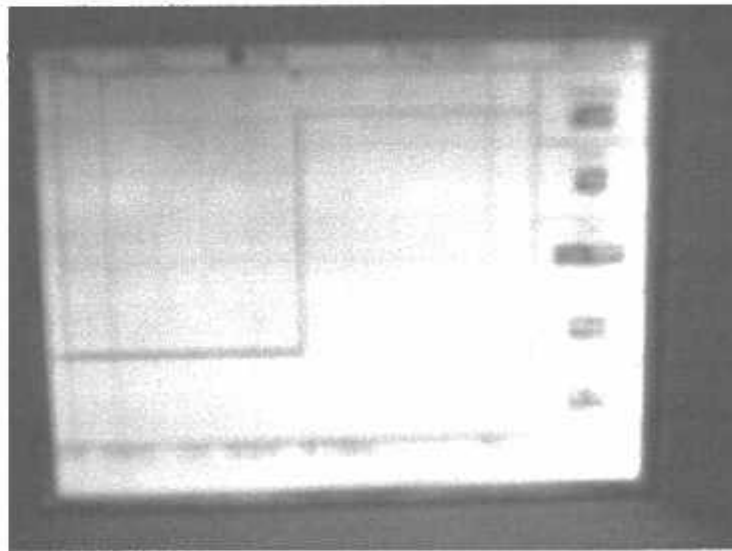
$$\begin{aligned}
 \text{Mean} &= \frac{18,01}{2} \\
 &= 9,005\%
 \end{aligned}$$

Sehingga prosentase keakuratan kerja alat yang dirancang adalah  $100\% - 9,005\% = 90,995\%$ .

2. Memberi tegangan 5 volt pada input modul PIR.
3. Mengukur tegangan pada output modul PIR saat ada obyek bergerak.
4. Mengamati bentuk gelombang dan respon sinyal pada osiloskop dari keluaran modul PIR.

#### 4.5.4. Hasil Pengujian

1. Saat tidak ada gerakan bentuk gelombang landai
2. Tegangan keluaran dari modul PIR pada saat ada obyek bergerak adalah 5 V dc, selama setengah ( $\frac{1}{2}$ ) detik.
3. Bentuk gelombang pada osiloskop dari keluaran modul PIR saat ada gerakan mengalami kenaikan sesaat (logika high) selama setengah ( $\frac{1}{2}$ ) detik yang digunakan untuk memberikan input (high) ke mikrokontroler pengontrol.



**Gambar 4.15. Bentuk Gelombang Keluaran Modul PIR  
Saat Ada Pergerakan Selama Setengah ( $\frac{1}{2}$ ) Detik**

Tabel 4.6 Tabel Hasil Pengujian Respon Dengan Variabel Terhadap Jarak

Jarak Objek Terhadap Sensor		Respon Sensor
Tinggi (m)	Panjang (m)	
0,5	1	Baik
0,5	1,5	
0,5	2	
1	2,5	
1	3	
1,5	3,5	
1,5	4	
2	4,5	
2	6	
2,5	6,5	
3	7	

#### 4.6. Pengujian Sensor Suhu(LM35) dengan Rangkaian Komparator

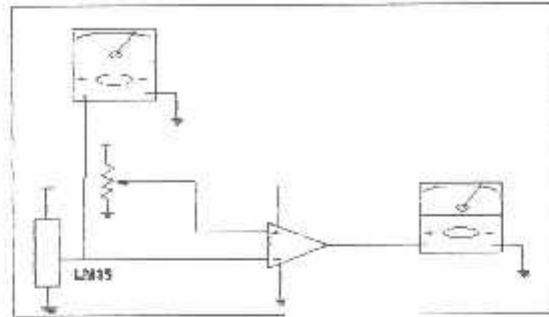
##### 4.6.1. Tujuan

Untuk mengetahui respon IC LM35 dalam membedakan kenaikan suhu ruangan akibat kebakaran dengan kenaikan suhu di lingkungan.

##### 4.6.2. Peralatan Yang Digunakan

- a. Catu daya +5Volt DC
- b. Voltmeter analog
- c. Panas (api)
- d. Rangkaian Pengujian

### 4.6.3 Langkah Pengujian



Gambar 4.16. Pengujian Rangkaian Komparator

### 4.6.4. Hasil Pengujian

Tabel 4.7 Data Hasil Pengukuran Rangkaian Sensor Suhu LM35

No	Suhu ( $^{\circ}$ C) Thermometer	Tegangan Output LM35	Tegangan Referensi	$V_o$ =Op-Amp (Logic)	Ketrengan Pendeteksian
1	26 $^{\circ}$ C	260,2mV	400mV	'1'	Normal
2	29 $^{\circ}$ C	290,6mV	400mV	'1'	Normal
3	35 $^{\circ}$ C	340,8mV	400mV	'1'	Normal
4	45 $^{\circ}$ C	450,6mV	400mV	'0'	Berbahaya

### 4.7. Pengujian Rangkaian Catu Daya

#### 4.7.1. Tujuan

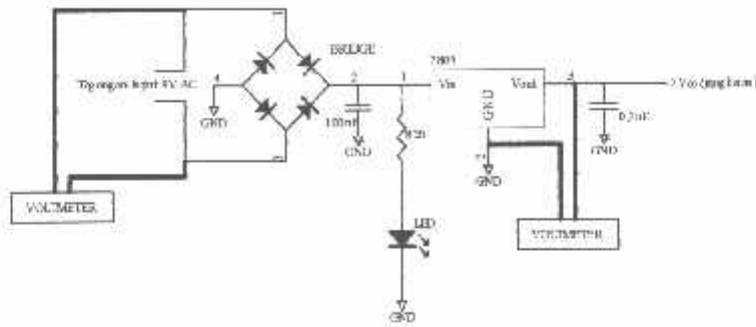
Untuk mengetahui nilai tegangan keluaran dari regulator tegangan.

#### 4.7.2. Peralatan Yang Digunakan

- Rangkaian catu daya
- Multimeter Digital
- Catu daya 5 V dc

#### 4.7.3. Langkah Pengujian

- Membuat rangkaian seperti gambar 4.19.



**Gambar 4.17. Rangkaian Pengujian Catu Daya**

#### 4.7.4. Hasil Pengujian

**Tabel 4.8 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya**

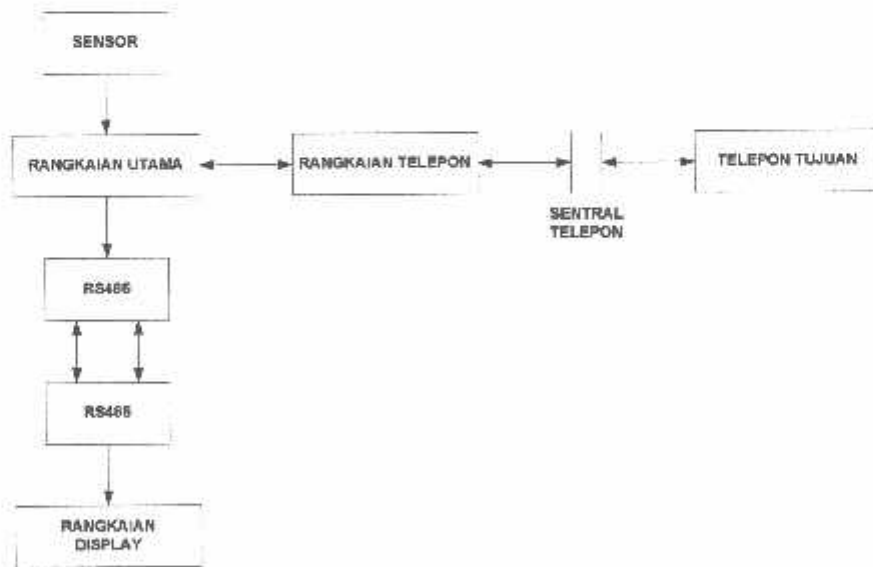
Tegangan Input (V)	Tegangan Sebelum Regulator (V)	Tegangan Keluaran Regulator (V)
9,15	9,15	4,82
		4,85
		4,81
		4,82
		4,80
<b>Rata-rata Tegangan Keluaran Regulator</b>		<b>4,82</b>



**Gambar 4.18. Foto Pengujian Rangkaian Catu Daya**

#### 4.8. Pengujian Keseluruhan Sistem

Bertujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja seperti yang diharapkan atau tidak, khususnya dalam hal pengiriman informasi yang akan dikirim baik melalui jaringan telepon maupun melalui komunikasi RS485.



**Gambar 4.19. Blok Diagram Pengujian Keseluruhan Sistem**

Sensor terdeteksi ada yang aktif, kemudian akan memberikan masukan *high* pada mikrokontroler ATmega8535(1). Setelah itu, akan dilakukan proses eksekusi instruksi untuk menghubungi nomor telepon yang telah di set melalui saluran telepon, sekaligus mengirim data menggunakan media RS485 ke mikrokontroler ATmega8535(2) untuk ditampilkan pada display yang terdapat pada pos satpam yang berisi status sensor yang aktif.

Ketika telepon diangkat (*off hook*), mikrokontroler ATmega8535(1) akan mengirimkan informasi berupa tone tanda bahaya untuk mengindikasikan bahwa sistem yang ada pada ruko mendeteksi sesuatu, si penerima telepon dapat mengirimkan instruksi kembali ke mikrokontroler ATmega8535(1) dengan menekan tombol (keypad) telepon yaitu :

- Untuk penekanan angka 8, mikrokontroler ATmega8535(1) akan mengaktifkan alarm pada ruko, dan untuk mematikan alarm dengan menekan angka 8 kembali.
- Untuk penekanan angka 9, mikrokontroler ATmega8535(1) akan memutuskan hubungan pada saluran telepon, sehingga pengiriman tone tanda bahaya dapat diakhiri.

Bila dalam beberapa kali panggilan (sesuai ketentuan program yaitu 5 kali panggilan) telepon tidak diangkat (*on hook*) maka mikrokontroler ATmega8535(1) secara otomatis akan mengaktifkan alarm yang terpasang di ruko.

Untuk pengiriman informasi dengan menggunakan IC RS485, data keluaran dari mikrokontroler ATmega8535(1) dikirim melalui RS485 untuk kemudian diolah

---



oleh mikrokontroler ATmega8535(2), dan ditampilkan dengan LCD (*Liquid Crystal Display*) mengenai status sensor yang aktif dengan tampilan berupa :

**“Terdeteksi Error, PIR Aktif”**

**“Terdeteksi Error, Jendela Aktif”**

atau

**“Terdeteksi Error, Pintu Aktif”**

**“Terdeteksi Error, Kebakaran”**



**Gambar 4.19. Tampilan Liquid Crystal Display**

Informasi yang dikirimkan menuju pos satpam juga disertai dengan pengaktifan alarm yang ada pada pos satpam.

#### 4.9. Kesalahan Relatif Pada Setiap Pengujian

Kesalahan rata-rata akan menjadikan tendensi pada setiap hasil pengukuran yang dilakukan. Oleh sebab itu untuk mencari kesalahan relatif tiap data yang diambil maka dipakai rumus :

$$Kr = \left| \frac{X - \bar{X}}{\bar{X}} \right| \times 100\%$$

Dimana :

Kr = kesalahan relatif

X = nilai yang diperoleh dari perhitungan/perancangan

$\bar{X}$  = nilai yang diperoleh dari pengujian

##### 4.9.7. Pengujian Dekoder dan Enkoder DTMF

Dari hasil pengujian tidak terdapat *error*. Masukan biner pada TP5088 (enkoder) akan menghasilkan keluaran biner yang sama pada MT8870 (dekoder). Karena apabila terjadi kesalahan pendekodean data antara IC TP5088 dan MT8870 akan berakibat pada proses pemanggilan nomor yang tujuan.

##### 4.9.7. Pengujian Serial Komunikasi RS485

Dari hasil pengujian tidak terdapat *error*, karena tegangan yang diukur adalah selisih tegangan antara kaki A dan B pada IC RS485. Pada datasheet diketahui range tegangan kaki A dan B antara  $\geq 0,2$  V dan  $\leq -0,2$  V, sehingga hasil pengujian ini masih dalam range tegangan yang ditetapkan oleh pabrik..

#### 4.9.7. Pengujian Rangkaian *Hook*

Dari hasil pengujian didapatkan :

Hasil Perhitungan	Rata-rata Hasil Pengukuran
$I_b = 0,3$ mA	$I_b = 0,35$ mA

Sehingga kesalahan relatifnya dapat diketahui yaitu :

$$\begin{aligned} K_r &= \left| \frac{X - \bar{X}}{X} \right| \times 100\% \\ &= \frac{0,3 - 0,35}{0,35} \times 100\% \\ &= 14,28\% \end{aligned}$$

Dengan mengetahui kesalahan relatif yang ada, maka prosentase keakuratan pada rangkaian *hook* yang dirancang dalam skripsi ini yaitu  $100\% - 14,28\% = 85,72\%$

#### 4.9.7. Pengujian Detektor *Tone*

Pengujian ini hanya untuk memastikan apakah rangkaian sudah terhubung ke saluran telepon yang nantinya akan digunakan oleh mikrokontroler untuk mendial nomor tujuan apabila terjadi gangguan pada sensor. Sedangkan hasil pengukuran tegangan pada saluran telepon sudah merupakan ketetapan dari perangkat sentral

telepon yang ada dan jarak antara sentral telepon dan subscriber (pelanggan) akan mempengaruhi besar kecilnya tegangan pada saluran telepon. Standar tegangan pada saluran telepon adalah sebesar 48 V (pada kondisi *on-hook*) dan sebesar 6-9 V (pada kondisi *off-hook*).

#### 4.9.7. Pengujian PIR (*Passive Infra Red*)

Dari hasil pengujian, tidak dapat diamati perubahan tegangan ketika sensor mendeteksi adanya gerakan karena perubahan tegangan tersebut hanya dalam waktu sekitar  $\frac{1}{2}$  detik saja. Dan ketika tegangan kembali stabil, keluaran sensor ini tetap bernilai 5 volt seperti tegangan masukan dari catu daya.

#### 4.9.6 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35

Pada pengujian rangkaian sensor suhu ini dapat disimpulkan ,yaitu dengan menggunakan sensor suhu *type* IC LM35 mampu mendeteksi perbedaan suhu ruangan kondisi normal dan berbahaya akibat kebakaran dengan nilai keakurasian tinggi ( $1^{\circ}\text{C} = 10\text{mV}$ ).

#### 4.9.7. Pengujian Rangkaian Catu Daya

Dari hasil pengujian didapatkan :

Tegangan Pada Perancangan (V)	Tegangan Pada Pengukuran (V)
5	4,82

Sehingga kesalahan relatifnya dapat diketahui :

$$\begin{aligned}
 Kr &= \left| \frac{X - \bar{X}}{\bar{X}} \right| \times 100\% \\
 &= \frac{5 - 4,82}{4,82} \times 100\% \\
 &= 3,73\%
 \end{aligned}$$

Dengan mengetahui kesalahan relatif yang ada, maka prosentase keakuratan pada rangkaian catu daya yang dirancang dalam skripsi ini yaitu  $100\% - 3,73\% = 96,26\%$ .

#### 4.10. Kesalahan Relatif Keseluruhan Sistem

Dari setiap pengujian yang telah dilakukan, rata-rata kesalahan relatif keseluruhan sistem yang dirancang, yaitu :

$$\text{Mean} = \frac{\sum Kr}{n}$$

Dimana :

$\sum Kr$  = Jumlah Kesalahan Relatif

$n$  = Banyaknya data

$$\begin{aligned}
 \text{Mean} &= \frac{18,01}{2} \\
 &= 9,005\%
 \end{aligned}$$

Sehingga prosentase keakuratan kerja alat yang dirancang adalah  $100\% - 9,005\% = 90,995\%$ .

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pembuatan alat telah diadakan pengujian, sehingga dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sensor Passive Infra Red mendeteksi objek manusia dengan jangkauan sejauh 5 meter dan tinggi jangkauan sepanjang 2 meter.
  2. Sinyal yang dikirimkan dari alat yang ada pada ruko terkirim ke rumah melalui telepon berbentuk kode tone (DTMF tone), dan telepon yang ada pada rumah dapat mengirimkan feedback berupa perintah yang akan dikirim kembali ke mikrokontroler yang ada pada ruko untuk mengaktifkan alarm atau untuk menghentikan pengiriman tone tanda bahaya (pemutusan hubungan telepon).
  3. Informasi yang dikirimkan dari alat menuju pos satpam diterima dalam tampilan LCD untuk sensor yang aktif, disertai bunyi alarm.
  4. Dari pengujian yang telah dilakukan, kesalahan relatif keseluruhan sistem adalah 9,005 %, sehingga prosentase keakuratan kerja alat yang dirancang ini adalah 90,995 %.
  5. Sensor Suhu dapat mendeteksi perubahan dari kenaikan suhu yang diakibatkan kebakaran dalam ruangan pada suhu 40<sup>0</sup>C dikondisikan dalam keadaan berbahaya.
-

## 5.2. Saran

Untuk pengembangan alat ini lebih lanjut dapat ditambahkan dengan inovasi yang lebih jauh mengenai :

1. Penambahan ISD (*Information Storage Device*) sebagai penampil suara untuk informasi mengenai keamanan ruko yang dikirimkan melalui saluran telepon, sehingga dapat diketahui dengan lebih jelas mengenai status keamanan pada ruko.
  2. Tampilan Pada LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk monitoring satpam dapat ditambahkan dengan nama serta nomor ruko, untuk pengawasan ruko lebih dari satu (banyak).
-

## DAFTAR PUSTAKA

- <sup>[1]</sup>Andi Nalwan, Paulus, Teknik Antar Muka dan Pemrograman Mikrokontroler ATMEGA8535, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2003.
- <sup>[2]</sup>Budioko, Totok, Belajar Dengan Mudah dan Cepat Pemrograman Bahasa C Dengan SDCC (Small Device C Compiler) Pada Mikrokontroler ATMEGA8535 Teori, Simulasi dan Aplikasi, Gava Media, Yogyakarta, 2005.
- <sup>[3]</sup>Eko Putra, Agfianto, Belajar Mikrokontroler ATMEGA8535 (Teori dan Aplikasi), Gava Media, Yogyakarta, 2002.
- <sup>[4]</sup>Ibnu Malik, Moh, Belajar Mikrokontroller ATMEGA8535, Edisi Pertama, Gava Media, Yogyakarta, 2003.
- <sup>[5]</sup>Ibnu Malik, Moh dan Anistardi, Bereksperimen dengan Mikrontroller ATMEGA8535 , PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1997.
- <sup>[6]</sup>Raras, Anggono, Komponen dan Rangkaian Elektronika, Cetakan Pertama, Karya Utama, Jakarta, 1986.
- <sup>[7]</sup>Roddy, Dennis dan Coolen, John (Kamal Idris), Komunikasi Elektronika, Jilid Dua Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta, 1984.
- <sup>[8]</sup>S, Wasito, Vademekum Elektronika, Edisi Kedua, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1984.
- <sup>[9]</sup>Suhana dan Shoji, Shigeki, Buku Pegangan Teknik Telekomunikasi, Cetakan Keenam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1994.
- <sup>[10]</sup>Atmel, Datasheet Book.
- <sup>[11]</sup>B & B Electronics Mfg Corporation, Datasheet Book.
-



**L  
A  
M  
P  
I  
R  
A  
N**

---



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

---

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama : SURYA HADI
2. NIM : 01.17.125
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Elektronika
5. Judul Skripsi : **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGIRIM INFORMASI SISTEM KEAMANAN RUKO VIA JARINGAN TELEPON BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535.**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :  
**Hari** : Sabtu  
**Tanggal** : 23 September 2006  
**Dengan Nilai** : 74,3 (B+)

**Panitia Ujian Skripsi**



**Ketua**

**Ir. Mochtar Asroni, MSME**  
NIP. Y. 1018100036

**Sekretaris**

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

**Anggota Penguji**

**Penguji I**

**Joseph Dedy Irawan ST, MT**

**Penguji II**

**M. Ashar, ST, MT**

---



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

---

### LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Surya Hadi  
NIM : 01.17.125  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : **“Perencanaan Dan Pembuatan Alat Pengirim Informasi Sistem Keamanan Ruko VIA Jaringan Telepon Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535”**  
Mulai Bimbingan Skripsi : 10 Juni 2006  
Selesai Bimbingan Skripsi : 10 Desember 2006  
Dosen Pembimbing : Ir.F. Yudi Limpraptono,MT  
Dengan Nilai : 80 *f*

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
NIPY. 1039500274

Disetujui  
Dosen Pembimbing

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
NIPY. 1039500274

---



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

---

**LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Surya Hadi  
NIM : 01.17.125  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : **"Perencanaan Dan Pembuatan Alat Pengirim  
Informasi Sistem Keamanan Ruko VIA Jaringan  
Telepon Berbasis Mikrokontroller ATMEGA  
8535"**  
Mulai Bimbingan Skripsi : 10 Juni 2006  
Selesai Bimbingan Skripsi : 10 Desember 2006  
Dosen Pembimbing : Ir. Mimien Mustikawati  
Dengan Nilai : 80 %

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT

NIPY. 1039500274

Disetujui

Dosen Pembimbing

Ir. Mimien Mustikawati

NIPY. 1030000352

---



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

**LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

Dari hasil ujian skripsi jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1), yang diselenggarakan pada:

Hari : Sabtu  
Tanggal : 23 September 2006

Telah dilakukan perbaikan oleh:

Nama : Surya Hadi  
N.I.M : 01.17.125  
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1  
Konsentrasi : ELEKTRONIKA  
Judul Skripsi : **"PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGIRIM  
INFORMASI SISTEM KEAMANAN RUKO VIA  
JARINGAN TELEPON BERBASIS MIKROKONTROLER  
ATMEGA 8535"**

Perbaikan meliputi:

No.	Materi Perbaikan	Paraf Penguji
1.	flowChart	
2.	Blok Diagram	

**Disetujui**  
Penguji

Joseph Dedy Irawan ST,MT  
NIP. Y.1029800324

**Mengetahui**  
Dosen Pembimbing

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



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

**LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

Dari hasil ujian skripsi jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1), yang diselenggarakan pada:

Hari : Sabtu  
Tanggal : 23 September 2006

Telah dilakukan perbaikan oleh:

Nama : Surya Hadi  
N.I.M : 01.17.125  
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1  
Konsentrasi : ELEKTRONIKA  
Judul Skripsi : **"PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGIRIM  
INFORMASI SISTEM KEAMANAN RUKO VIA  
JARINGAN TELEPON BERBASIS  
MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535**

Perbaikan meliputi:

No.	Materi Perbaikan	Paraf Penguji
1.	Gambar 3.2 , 3.3 , 3.4	
2.	FlowChart System	
3	Kesimpulan.	

**Disetujui  
Penguji**

M. Ashar, ST., MT.

**Mengetahui  
Dosen Pembimbing**

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



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

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1), yang diselenggarakan pada:

Hari : Sabtu  
Tanggal : 23 September 2006

Telah dilakukan perbaikan oleh:

Nama : Surya Hadi  
N.I.M : 01.17.125  
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1  
Konsentrasi : ELEKTRONIKA  
Judul Skripsi : "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGIRIM  
INFORMASI SISTEM KEAMANAN RUKO VIA  
JARINGAN TELEPON BERBASIS MIKROKONTROLER  
ATMEGA 8535"

Perbaikan meliputi:

No.	Materi Perbaikan	Paraf Penguji
1.	FlowChart	
2.	Blok Diagram	

Disetujui  
Penguji

Joseph Dedy Irawan ST,MT  
NIP. X 1029800324

Mengetahui  
Dosen Pembimbing

Ir. Mimien Mustikawati  
NIPY. 1030000352



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

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1), yang diselenggarakan pada:

Hari : Sabtu

Tanggal : 23 September 2006

Telah dilakukan perbaikan oleh:

Nama : Surya Hadi

N.I.M : 01.17.125

Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : ELEKTRONIKA

Judul Skripsi : "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGIRIM  
INFORMASI SISTEM KEAMANAN RUKO VIA  
JARINGAN TELEPON BERBASIS  
MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535

Perbaikan meliputi:

No.	Materi Perbaikan	Paraf Penguji
1.	Gambar 3.2 , 3.3 , 3.4	
2.	FlowChart System	
3	Kesimpulan.	

Disetujui  
Penguji

M. Ashar, ST., MT.

Mengetahui  
Dosen Pembimbing

Ir. Mimien Mustikawati

NIPY. 1030000352





**FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI**

NAMA : Surya Hadi  
NIM : 01.17.125  
Masa Bimbingan : 28 Juli 2006 – 28 Januari 2007  
Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengirim Informasi Sistem  
Keamanan Ruko Via Jaringan Telepon Berbasis Mikrocontroller  
ATMEGA8535

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	5/9 2006	Bab I & Bab II	
2.		Bab III	
3.		Bab IV	
4.		Bemo	
5.		Bab V	
6.		Penyusunan Kesimpulan	
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, .....  
Dosen Pembimbing

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



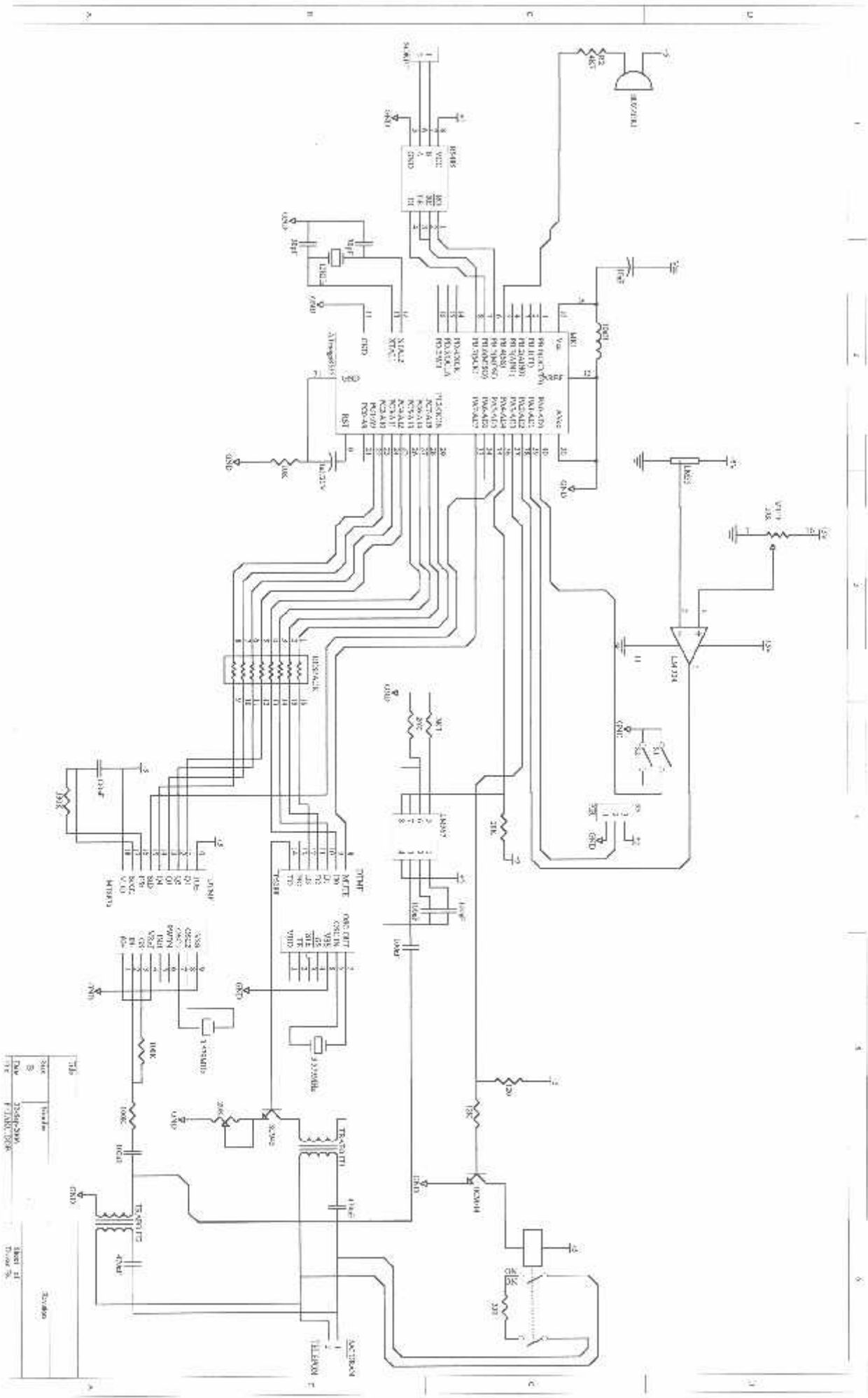
### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

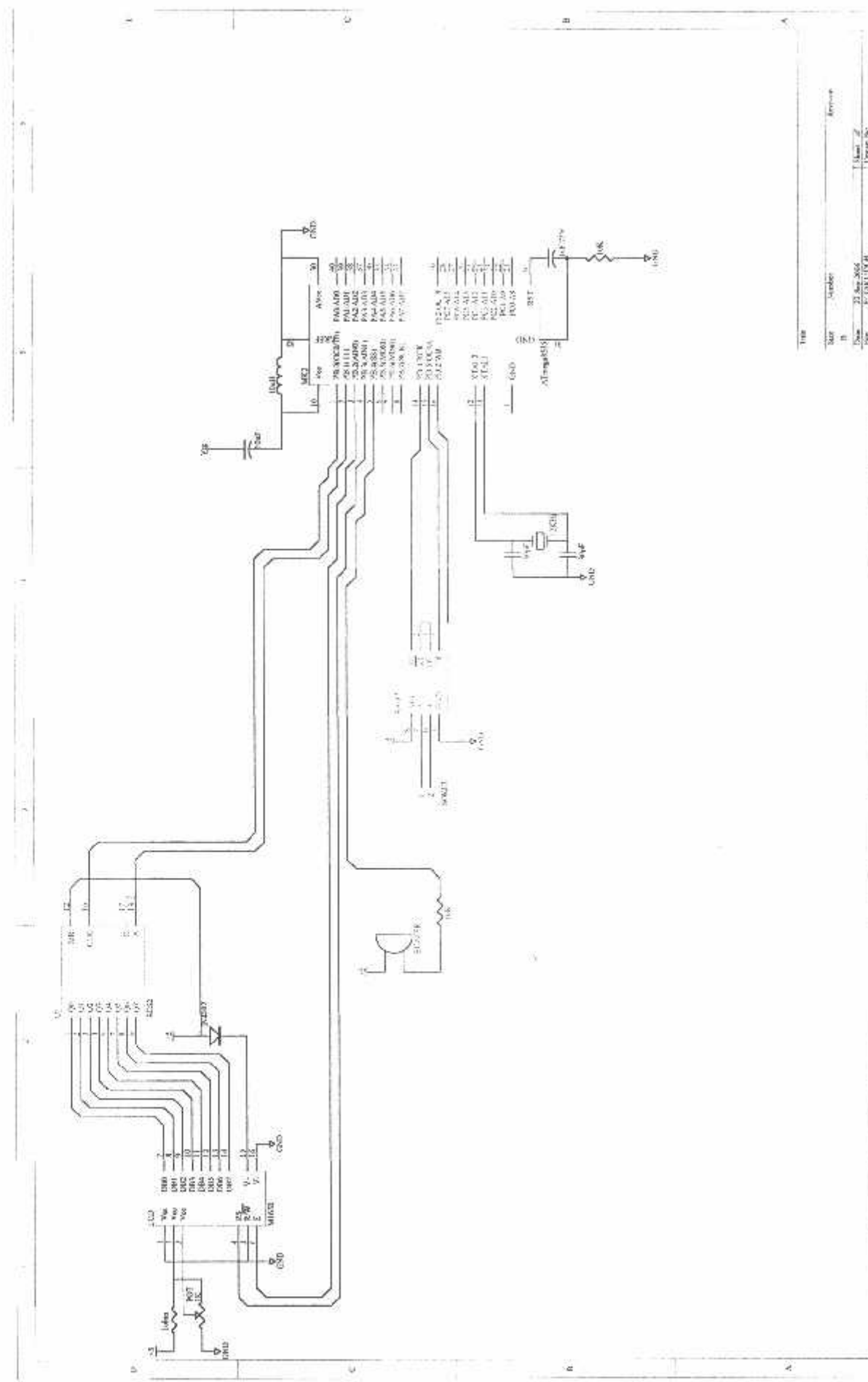
NAMA : Surya Hadi  
NIM : 01.17.125  
Masa Bimbingan : 28 Juli 2006 – 28 Januari 2007  
Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengirim Informasi Sistem  
Keamanan Ruko Via Jaringan Telepon Berbasis Mikrocontroller  
ATMEGA8535

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.		Bab III direvisi	
2.		Bab II	
3.		Bab I	
4.		Bab IV	
5.		Bab V	
6.		Seminar hasil	
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, .....  
Dosen Pembimbing

Ir. Mimien Mustikawati  
NIP. Y.1030000352





Year	Number	Revision
1954	25	1
1954	26	2
1954	27	3
1954	28	4
1954	29	5
1954	30	6
1954	31	7
1954	32	8
1954	33	9
1954	34	10
1954	35	11
1954	36	12
1954	37	13
1954	38	14
1954	39	15
1954	40	16
1954	41	17
1954	42	18
1954	43	19
1954	44	20
1954	45	21
1954	46	22
1954	47	23
1954	48	24
1954	49	25
1954	50	26
1954	51	27
1954	52	28
1954	53	29
1954	54	30
1954	55	31
1954	56	32
1954	57	33
1954	58	34
1954	59	35
1954	60	36
1954	61	37
1954	62	38
1954	63	39
1954	64	40
1954	65	41
1954	66	42
1954	67	43
1954	68	44
1954	69	45
1954	70	46
1954	71	47
1954	72	48
1954	73	49
1954	74	50
1954	75	51
1954	76	52
1954	77	53
1954	78	54
1954	79	55
1954	80	56
1954	81	57
1954	82	58
1954	83	59
1954	84	60
1954	85	61
1954	86	62
1954	87	63
1954	88	64
1954	89	65
1954	90	66
1954	91	67
1954	92	68
1954	93	69
1954	94	70
1954	95	71
1954	96	72
1954	97	73
1954	98	74
1954	99	75
1954	100	76
1954	101	77
1954	102	78
1954	103	79
1954	104	80
1954	105	81
1954	106	82
1954	107	83
1954	108	84
1954	109	85
1954	110	86
1954	111	87
1954	112	88
1954	113	89
1954	114	90
1954	115	91
1954	116	92
1954	117	93
1954	118	94
1954	119	95
1954	120	96
1954	121	97
1954	122	98
1954	123	99
1954	124	100

Title \_\_\_\_\_  
 Date \_\_\_\_\_  
 Drawn by \_\_\_\_\_  
 Checked by \_\_\_\_\_  
 Approved by \_\_\_\_\_

master1.c

/\*\*\*\*\*\*

```
Project      :
Version     :
Date        : 10/08/2006
Author      :
Company     :
Comments    :
```

```
Chip type   : ATmega8535L
Program type : Application
Clock frequency : 4,000000 MHz
Memory model : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size : 128
```

NC	1	40		Gerak
NC	2	39		Pintu
NC	3	38		Kebakaran
NC	4	37		Hook
NC	5	36		Tone In
NC	6	35		Ring
NC	7	34		Tone Out
NC	8	33		STD
Reset	9	32		
Vcc	10	31		
Gnd	11	30		
Xtal	12	29	PORTC.7	D0
TP5088				
Xtal	13	28		D1 TP5088
Rxd	14	27		D2 TP5088
Txd	15	26		D3 TP5088
Control 485	16	25		D0 MT8870
NC	17	24		D1 MT8870
NC	18	23		D2 MT8870
NC	19	22	PORTC.0	D3
MT8870				
NC	20	21		NC

\*\*\*\*\*/

```
#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
#include "Serial.c"

#define TOIE1 2
#define FALSE 0
#define TRUE 1

#define Sensor_PIR PINA.2
#define Sensor_Pintu PINA.1
#define Sensor_Kebakaran PINA.0
#define Hook PORTA.3
#define Tone425 PINA.4
#define ToneOut PORTA.6
#define STD PINA.7
#define pin_alarm PORTB.4 //output
#define LedKedip PORTB.2 //output

#define PORT_Sensor PINA
#define PIR_Aktif 'A'
#define Pintu_Aktif 'B'
```

```

master1.c
#define Kebakaran_Aktif 'C'
#define Normal 'D'

char Dibalik[] = {0x00, 0x08, 0x04, 0x0C, 0x02, 0x0A, 0x06, 0x0E,
                  0x01, 0x09, 0x05, 0x0D, 0x03, 0x0B, 0x07, 0x0F};

unsigned int tick, CekTimerTone, TimerToneHi, TimeoutTunggu, tek;
unsigned char mode, timer_alarm, jumlahpanggilan, pernahnambah,
              jeniserror;
bit          saklar_alarm, pernahtekan;

/* FUNCTION PROTOTYPE */
void init_port();
void timer1_init(void);
char baca_DTMF();
void tulis_DTMF(char dt);
void tulis_DTMF1(char dt);

void Cek_Sensor();
void CekLine();
void TestToneLo();
void TestToneHi();
void Conected();
void PlanB();

interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
    TCNT1H = 0xF0; //setup
    TCNT1L = 0x60;
    CekTimerTone++;
    TimerToneHi++;
    TimeoutTunggu++;
    tek++;
    if (++tick > 500)
    {
        tick = 0;
        LedKedip = !LedKedip;
    }
    if (saklar_alarm)
    {
        if (++timer_alarm >= 200)
        {
            timer_alarm = 0;
            pin_alarm = !pin_alarm;
        }
    }
}

void main(void)
{
    init_port();
    timer1_init();
    USART_Init();
    Hook = FALSE;
    delay_ms(1000);
    #asm("sei");
    while (1)
    {
        if ((Tone425 == 0) && (pernahnambah == 0) && (tek >= 500))
        {
            pernahnambah = 1;
            jumlahpanggilan++;
        }
    }
}

```

```

if (Tone425==1)
{
    pernahambah=0;
    tek=0;
}
//PORTB=mode;
switch (mode)
{
    case 0 : Cek_Sensor();
            break;
    case 1 : CekLine();
            break;
    case 2 : TestToneLo();
            break;
    case 3 : TestToneHi();
            break;
    case 4 : Conected();
            break;
    case 5 : PlanB();
            break;
    default : mode=0;
            break;
}
}

void init_port()
{
    DDRA.0 = 0; //input dari sensor gerak
    PORTA.0 = 1; //internal pullup enable

    DDRA.1 = 0; //input dari sensor pintu
    PORTA.1 = 1; //internal pullup enable

    DDRA.2 = 0; //input dari sensor Kebakaran
    PORTA.2 = 1; //internal pullup enable

    DDRA.3 = 1; //output ke relay

    DDRA.4 = 0; //input dari nada 425
    PORTA.4 = 1;

    DDRA.6 = 1; //output ke Tone Out TP5088

    DDRA.7 = 0; //input dari STD MT8870
    PORTA.7 = 0; //internal pullup disable = 3state

    DDRC = 0xF0; // 0000iiii
    DDRB = 0xFF; // output
}

void timer1_init(void)
{
    TCCR1B = 0x00; //stop
    TCNT1H = 0xF0; //setup
    TCNT1L = 0x60;
    TCCR1A = 0x00;
    TCCR1B = 0x01; //start Timer
    TIMSK |= (1<<TOIE1); //set 8-bit Timer/Counter1 Overflow Interrupt
    Enable
}

char baca_DTMF()
{
    return Dibalik[( PINC & 0x0F )];
}

```

```

}

void tulis_DTMF(char dt)
{
    char tmp;

    ToneOut = FALSE;
    tmp = ( Dibalik[dt] << 4 ) ;
    PORTC = tmp;
    delay_ms(10);
    ToneOut = TRUE;
    delay_ms(200);
    ToneOut = FALSE;
    delay_ms(200);
}

void tulis_DTMF1(char dt)
{
    char tmp;

    ToneOut = FALSE;
    tmp = ( Dibalik[dt] << 4 ) ;
    PORTC = tmp;
    delay_ms(10);
    ToneOut = TRUE;
    delay_ms(70);
    ToneOut = FALSE;
    delay_ms(70);
}

void Cek_Sensor(void)
{
    pin_alarm=TRUE;
    if ( ( PORT_Sensor & 0x07 ) != 0x01)
    {
        if (Sensor_PIR==TRUE)
            jeniserror = PIR_Aktif;
        else if (Sensor_Pintu==TRUE)
            jeniserror = Pintu_Aktif;
        else if (Sensor_Kebakaran==FALSE)
            jeniserror = Kebakaran_Aktif;

        USART_Send( (PINA & 0x07) | 0x40);
        delay_ms(1500);
        Hook = TRUE; //Hook diangkat
        delay_ms(1500);
        tulis_DTMF(12);
        tulis_DTMF(6);
        jumlahpanggilan=0;
        CekTimerTone=0;
        mode=1;
    }
    else
    {
        saklar_alarm= FALSE;//alarm mati
        ToneOut = FALSE;//enable TP5088 mati
        Hook = FALSE;//Hook ditutup
        jeniserror = Normal;
    }
}

void CekLine()
{
    if(Tone425)
    {
        if( CekTimerTone >= 10000 )
        {
            Hook = FALSE;

```



```

                                master1.c
                                mode = 5;
                                }
                                }
                                else
                                {
                                    mode = 2;
                                    jumlahpanggilan= 0;
                                }
                                }

void TestToneLo()
{
    if(!Tone425)
    {
        TimerToneHi=0;
    }
    else
    {
        TimerToneHi=0;
        mode = 3; //cek tone hi
    }
}

void TestToneHi()
{
    char i;
    if (jumlahpanggilan>=5) mode=5;
    if(Tone425)
    {
        if(TimerToneHi >= 5100)
        {
            if (jeniserror==PIR_Aktif)
            {
                for(i=0;i<20;i++)
                {
                    tulis_DTMF1(1);
                    tulis_DTMF1(9);
                }
            }
            else if (jeniserror==Pintu_Aktif)
            {
                for(i=0;i<20;i++)
                {
                    tulis_DTMF1(9);
                }
            }
            else if (jeniserror==Kebakaran_Aktif)
            {
                for(i=0;i<20;i++)
                {
                    tulis_DTMF1(1);
                    tulis_DTMF1(2);
                    tulis_DTMF1(3);
                }
            }
            mode = 4;
            TimeOutTunggu=0;
        }
    }
    else
    {
        mode=2;
    }
}

void Conected()

```

master1.c

```
{
char tmp;
  if(TimeOutTunggu>=20000)
  {
    mode=0;
  }
  if(STD)
  {
    TimeOutTunggu=0;
    if (!pernahtekan)
    {
      pernahtekan=TRUE;
      tmp=baca_DTMF();
      if(tmp == 9) mode=0;
      else if (tmp==8) saklar_alarm=!saklar_alarm;
    }
  }
  else pernahtekan=FALSE;
}

void PlanB()
{
  saklar_alarm= TRUE; //alarm hidup
  Hook=FALSE;
}
```

## Slave1.c

```

#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
#include "AVLCDSER.C"
#include "Serial.C"

#define FALSE 0
#define TRUE 1

/* Variable Definition */
unsigned int tick;

unsigned char tock,tuck,dataserial,timer_alarm;

bit switch_alarm;

/* Interfacec Definition */
#define tombol_reset PINC.0 //input
#define pin_alarm PORTB.4 //output
#define pin_led_kedip PORTB.7 //output

/* TEXT DEFINITION */
char text_Monitoring_Disp[] = "Monitoring Disp";
char text_Suryo_Hadi[] = "- Suryo Hadi -";
char text_Terdeteksi_Error[] = "Terdeteksi Error";
char text_PIR_aktif[] = "PIR aktif.....!";
char text_kebakaran_aktif[] = "Kebakaran.....!";
char text_Pintu_aktif[] = "Pintu aktif....!";

/* FUNCTION PROTOTYPE */
void timer1_init(void);
void PORT_Init(void);

interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
    TCNT1H = 0xF0; //setup
    TCNT1L = 0x60;
    if (switch_alarm)
    {
        if (++timer_alarm >=200)
        {
            timer_alarm=0;
            pin_alarm=!pin_alarm;
        }
    }

    if (++tick>=500)
    {
        tick=0;
        if (++tuck >'Z') tuck = 'A';
        pin_led_kedip=!pin_led_kedip;
        //USART_Send(tuck);
    }
}

void main()
{

```

```
delay_ms(500);
PORT_Init();
USART_Init();
LCD_Init();
LCD_Clear();
timer1_init();
asm("sei");
switch_alarm=FALSE;
dataserial=255;
Printxy(1,1,text_Monitoring_Disp);
Printxy(1,2,text_Suryo_Hadi);
pin_alarm=TRUE;
PORTD.2=FALSE;
while(1)
{
    dataserial=USART_Receive();

    if (dataserial ==93)
    {
        Printxy(1,1,text_Terdeteksi_Error);
        Printxy(1,2,text_PIR_aktif);
        switch_alarm=TRUE; //hidupkan alarm
    }
    else if (dataserial ==94)
    {
        Printxy(1,1,text_Terdeteksi_Error);
        Printxy(1,2,text_Pintu_aktif);
        switch_alarm=TRUE; //hidupkan alarm
    }
    else
    {
        Printxy(1,1,text_Terdeteksi_Error);
        Printxy(1,2,text_Kebakaran_aktif);
        switch_alarm=TRUE; //hidupkan alarm
    }
    while(tombol_reset);
    switch_alarm=FALSE; //matikan alarm
    pin_alarm=TRUE;
    Printxy(1,1,text_Monitoring_Disp);
    Printxy(1,2,text_Suryo_Hadi);
}
}

void timer1_init(void)
{
    TCCR1B = 0x00; //stop
    TCNT1H = 0xF0; //setup
    TCNT1L = 0x60;
    TCCR1A = 0x00;
    TCCR1B = 0x01; //start Timer
    TIMSK = 0x04;
}

void PORT_Init(void)
{
    DDRB =0xFF;
    DDRC.0 =FALSE; // dir input
    PORTC.0 =TRUE; // internal pullup
    DDRD.2 =TRUE;
}
```

## slave1.c

```

#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
#include "AVLCDSER.C"
#include "Serial.C"

#define FALSE 0
#define TRUE 1

/* Variable Definition */
unsigned int tick;

unsigned char tuck,tuck,dataserial,timer_alarm;

bit switch_alarm;

/* Interfacec Definition */
#define tombol_reset PINC.0 //input
#define pin_alarm PORTB.4 //output
#define pin_led_kedip PORTB.7 //output

/* TEXT DEFINITION */
char text_Monitoring_Disp[] = "Monitoring Disp";
char text_Suryo_Hadi[] = "- Suryo Hadi -";
char text_Terdeteksi_Error[] = "Terdeteksi Error";
char text_PIR_aktif[] = "PIR aktif.....! ";
char text_Kebakaran_aktif[] = "kebakaran.....!";
char text_Pintu_aktif[] = "Pintu aktif.....!";

/* FUNCTION PROTOTYPE */
void timer1_init(void);
void PORT_Init(void);

interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
    TCNT1H = 0xF0; //setup
    TCNT1L = 0x60;
    if (switch_alarm)
    {
        if (++timer_alarm >=200)
        {
            timer_alarm=0;
            pin_alarm=!pin_alarm;
        }
    }

    if (++tick>=500)
    {
        tick=0;
        if (++tuck >'Z') tuck = 'A';
        pin_led_kedip=!pin_led_kedip;
        //USART_Send(tuck);
    }
}

void main()
{

```

```
delay_ms(500);
PORT_Init();
USART_Init();
LCD_Init();
LCD_Clear();
timer1_init();
asm("sei");
switch_alarm=FALSE;
dataserial=255;
Printxy(1,1,text_Monitoring_Displ);
Printxy(1,2,text_Suryo_Hadi);
pin_alarm=TRUE;
PORTD.2=FALSE;
while(1)
{
    dataserial=USART_Receive();

    if (dataserial ==93)
    {
        Printxy(1,1,text_Terdeteksi_Error);
        Printxy(1,2,text_PIR_aktif);
        switch_alarm=TRUE; //hidupkan alarm
    }
    else if (dataserial ==94)
    {
        Printxy(1,1,text_Terdeteksi_Error);
        Printxy(1,2,text_Pintu_aktif);
        switch_alarm=TRUE; //hidupkan alarm
    }
    else
    {
        Printxy(1,1,text_Terdeteksi_Error);
        Printxy(1,2,text_Kebakaran_aktif);
        switch_alarm=TRUE; //hidupkan alarm
    }
    while(tombol_reset);
    switch_alarm=FALSE; //matikan alarm
    pin_alarm=TRUE;
    Printxy(1,1,text_Monitoring_Displ);
    Printxy(1,2,text_Suryo_Hadi);
}
}

void timer1_init(void)
{
    TCCR1B = 0x00; //stop
    TCNT1H = 0xF0; //setup
    TCNT1L = 0x60;
    TCCR1A = 0x00;
    TCCR1B = 0x01; //start Timer
    TIMSK = 0x04;
}

void PORT_Init(void)
{
    DDRB = 0xFF;
    DDRC.0 =FALSE; // dir input
    PORTC.0 =TRUE; // internal pullup
    DDRD.2 =TRUE;
}
```

```
#ifndef __AVLCDSER_C
#define __AVLCDSER_C

#define LCD_RS PORTB.0
#define LCD_CS PORTB.1
#define LCD_CT PORTB.2
#define LCD_DT PORTB.3

void dly()
{
    int i;
    for(i=0;i<100;i++);
}

void LCD_Command(char Input_Data)
{
    char k;
    char Buffer;
    LCD_RS = 0;
    LCD_CT = 0;
    dly();
    for (k=0;k<8;k++)
    {
        Buffer= Input_Data >> k;
        if((Buffer & 0x01)== 0) LCD_DT = 0;
        else LCD_DT = 1;
        LCD_CT = 1;
        dly();
        LCD_CT = 0;
        dly();
    }
    LCD_CS = 1;
    dly();
    LCD_CS = 0;
    dly();
}

void LCD_Data(char Input_Data)
{
    char k;
    char Buffer;
    LCD_RS = 1;
    LCD_CT = 0;
    dly();
    for (k=0;k<8;k++)
    {
        Buffer= Input_Data >> k;
        if((Buffer & 0x01)== 0) LCD_DT = 0;
        else LCD_DT = 1;
        LCD_CT = 1;
        dly();
        LCD_CT = 0;
        dly();
    }
    LCD_CS = 1;
    dly();
    LCD_CS = 0;
    dly();
}

void LCD_clear()
{
    int i;
    LCD_Command(0x01);
    for(i=0;i<1200;i++){;}
}
```

avlcdser.c

```
}  
void Gotoxy(unsigned char x,unsigned char y)  
{  
    if (y==1) LCD_Command(0x80 + (x-1));  
    else      LCD_Command(0xC0 + (x-1));  
}  
void Printxy(unsigned char x,unsigned char y, unsigned char *text)  
{  
    Gotoxy(x,y);          // Set cursor position  
    while( *text )        // while not end of text  
    {  
        LCD_Data(*text++); // Write character and increment position  
    }  
    return;  
}  
  
void LCD_Init()  
{  
    LCD_Command(0x38);  
    LCD_Command(0x0E);  
    LCD_Command(0x06);  
    return;  
}  
#endif
```



---

## Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
  - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
    - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - 512 Bytes EEPROM
    - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 512 Bytes Internal SRAM
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
  - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
  - 0 - 16 MHz for ATmega8535



---

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

---

**ATmega8535  
ATmega8535L**

Rev. 2502G-AVR-04/05





When using the SEI instruction to enable interrupts, the instruction following SEI will be executed before any pending interrupts, as shown in this example.

Assembly Code Example
<pre>sei ; set global interrupt enable sleep ; enter sleep, waiting for interrupt ; note: will enter sleep before any pending ; interrupt(s)</pre>
C Code Example
<pre>_SEI(); /* set global interrupt enable */ _SLEEP(); /* enter sleep, waiting for interrupt */ /* note: will enter sleep before any pending interrupt(s) */</pre>

### Interrupt Response Time

The interrupt execution response for all the enabled AVR interrupts is four clock cycles minimum. After four clock cycles, the Program Vector address for the actual interrupt handling routine is executed. During this four clock cycle period, the Program Counter is pushed onto the Stack. The Vector is normally a jump to the interrupt routine, and this jump takes three clock cycles. If an interrupt occurs during execution of a multi-cycle instruction, this instruction is completed before the interrupt is served. If an interrupt occurs when the MCU is in sleep mode, the interrupt execution response time is increased by four clock cycles. This increase comes in addition to the start-up time from the selected sleep mode.

A return from an interrupt handling routine takes four clock cycles. During these four clock cycles, the Program Counter (two bytes) is popped back from the Stack, the Stack Pointer is incremented by two, and the I-bit in SREG is set.

**AVR ATmega8535  
Memories**

This section describes the different memories in the ATmega8535. The AVR architecture has two main memory spaces, the Data Memory and the Program Memory space. In addition, the ATmega8535 features an EEPROM Memory for data storage. All three memory spaces are linear and regular.

**In-System  
Reprogrammable Flash  
Program Memory**

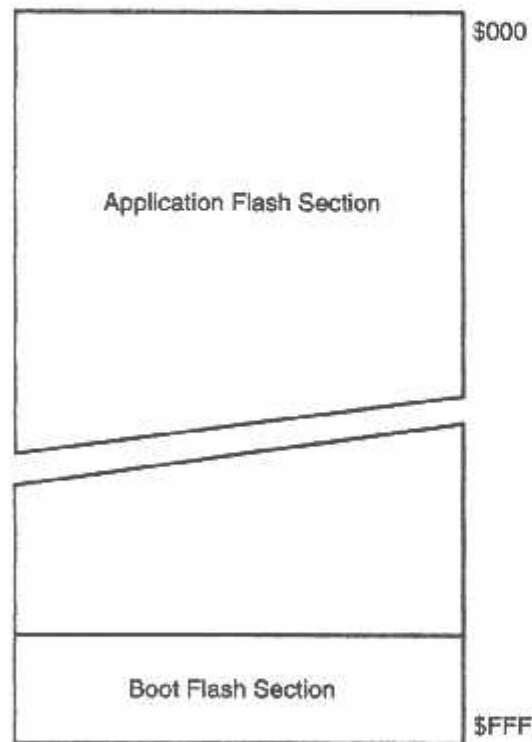
The ATmega8535 contains 8K bytes On-chip In-System Reprogrammable Flash memory for program storage. Since all AVR instructions are 16 or 32 bits wide, the Flash is organized as 4K x 16. For software security, the Flash Program memory space is divided into two sections, Boot Program section and Application Program section.

The Flash memory has an endurance of at least 10,000 write/erase cycles. The ATmega8535 Program Counter (PC) is 12 bits wide, thus addressing the 4K program memory locations. The operation of Boot Program section and associated Boot Lock bits for software protection are described in detail in "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on page 222. "Memory Programming" on page 235 contains a detailed description on Flash Programming in SPI or Parallel Programming mode.

Constant tables can be allocated within the entire program memory address space (see the LPM – Load Program Memory Instruction description).

Timing diagrams for instruction fetch and execution are presented in "Instruction Execution Timing" on page 12.

**Figure 6.** Program Memory Map



## SRAM Data Memory

Figure 9 shows how the ATmega8535 SRAM Memory is organized.

The 608 Data Memory locations address the Register File, the I/O Memory, and the internal data SRAM. The first 96 locations address the Register File and I/O Memory, and the next 512 locations address the internal data SRAM.

The five different addressing modes for the data memory cover: Direct, Indirect with Displacement, Indirect, Indirect with Pre-decrement, and Indirect with Post-increment. In the Register File, registers R26 to R31 feature the indirect addressing pointer registers.

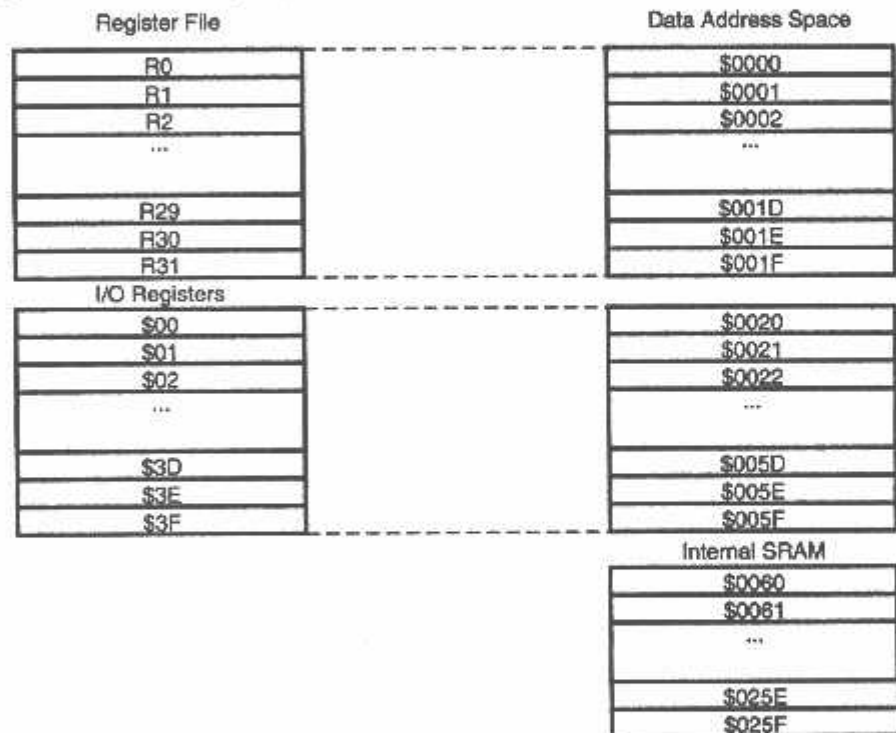
The direct addressing reaches the entire data space.

The Indirect with Displacement mode reaches 63 address locations from the base address given by the Y- or Z-register.

When using register indirect addressing modes with automatic pre-decrement and post-increment, the address registers X, Y, and Z are decremented or incremented.

The 32 general purpose working registers, 64 I/O Registers, and the 512 bytes of Internal data SRAM in the ATmega8535 are all accessible through all these addressing modes. The Register File is described in "General Purpose Register File" on page 10.

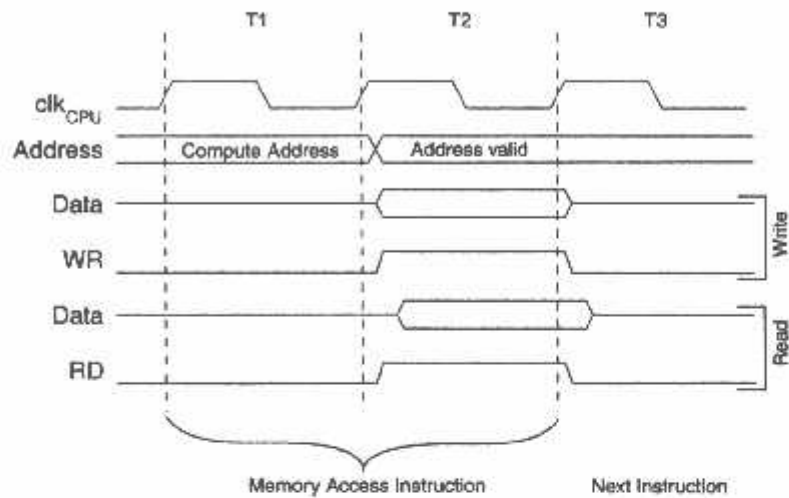
**Figure 9. Data Memory Map**



## Data Memory Access Times

This section describes the general access timing concepts for internal memory access. The internal data SRAM access is performed in two  $\text{clk}_{\text{CPU}}$  cycles as described in Figure 10.

Figure 10. On-chip Data SRAM Access Cycles



## EEPROM Data Memory

The ATmega8535 contains 512 bytes of data EEPROM memory. It is organized as a separate data space, in which single bytes can be read and written. The EEPROM has an endurance of at least 100,000 write/erase cycles. The access between the EEPROM and the CPU is described in the following, specifying the EEPROM Address Registers, the EEPROM Data Register, and the EEPROM Control Register.

"Memory Programming" on page 235 contains a detailed description on EEPROM Programming in SPI or Parallel Programming mode.

## EEPROM Read/Write Access

The EEPROM Access Registers are accessible in the I/O space.

The write access time for the EEPROM is given in Table 1. A self-timing function, however, lets the user software detect when the next byte can be written. If the user code contains instructions that write the EEPROM, some precautions must be taken. In heavily filtered power supplies,  $V_{\text{CC}}$  is likely to rise or fall slowly on Power-up/down. This causes the device, for some period of time, to run at a voltage lower than specified as minimum for the clock frequency used, see "Preventing EEPROM Corruption" on page 21 for details on how to avoid problems in these situations.

In order to prevent unintentional EEPROM writes, a specific write procedure must be followed. Refer to the description of the EEPROM Control Register for details on this.

When the EEPROM is read, the CPU is halted for four clock cycles before the next instruction is executed. When the EEPROM is written, the CPU is halted for two clock cycles before the next instruction is executed.

### The EEPROM Address Register – EEARH and EEARL

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	–	–	–	–	–	–	–	EEAR8	EEARH
	EEAR7	EEAR6	EEAR5	EEAR4	EEAR3	EEAR2	EEAR1	EEAR0	EEARL
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	X	
	X	X	X	X	X	X	X	X	

- **Bits 15..9 – Res: Reserved Bits**

These bits are reserved bits in the ATmega8535 and will always read as zero.

- **Bits 8..0 – EEAR8..0: EEPROM Address**

The EEPROM Address Registers – EEARH and EEARL specify the EEPROM address in the 512 bytes EEPROM space. The EEPROM data bytes are addressed linearly between 0 and 511. The initial value of EEAR is undefined. A proper value must be written before the EEPROM may be accessed.

### The EEPROM Data Register – EEDR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	MSB							LSB	EEDR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bits 7..0 – EEDR7..0: EEPROM Data**

For the EEPROM write operation, the EEDR Register contains the data to be written to the EEPROM in the address given by the EEAR Register. For the EEPROM read operation, the EEDR contains the data read out from the EEPROM at the address given by EEAR.

### The EEPROM Control Register – EECR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	–	–	–	–	EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	EECR
Read/Write	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	X	0	

- **Bits 7..4 – Res: Reserved Bits**

These bits are reserved bits in the ATmega8535 and will always read as zero.

- **Bit 3 – EERIE: EEPROM Ready Interrupt Enable**

Writing EERIE to one enables the EEPROM Ready Interrupt if the I-bit in SREG is set. Writing EERIE to zero disables the interrupt. The EEPROM Ready interrupt generates a constant interrupt when EEWE is cleared.

- **Bit 2 – EEMWE: EEPROM Master Write Enable**

The EEMWE bit determines whether setting EEWE to one causes the EEPROM to be written. When EEMWE is set, setting EEWE within four clock cycles will write data to the EEPROM at the selected address. If EEMWE is zero, setting EEWE will have no effect. When EEMWE has been written to one by software, hardware clears the bit to zero after four clock cycles. See the description of the EEWE bit for an EEPROM write procedure.

- **Bit 1 – EEWE: EEPROM Write Enable**

The EEPROM Write Enable Signal EEWE is the write strobe to the EEPROM. When address and data are correctly set up, the EEWE bit must be written to one to write the

value into the EEPROM. The EEMWE bit must be written to one before a logical one is written to EEWB, otherwise no EEPROM write takes place. The following procedure should be followed when writing the EEPROM (the order of steps 3 and 4 is not essential):

1. Wait until EEWB becomes zero.
2. Wait until SPEN in SPMCR becomes zero.
3. Write new EEPROM address to EEAR (optional).
4. Write new EEPROM data to EEDR (optional).
5. Write a logical one to the EEMWE bit while writing a zero to EEWB in EECR.
6. Within four clock cycles after setting EEMWE, write a logical one to EEWB.

The EEPROM can not be programmed during a CPU write to the Flash memory. The software must check that the Flash programming is completed before initiating a new EEPROM write. Step 2 is only relevant if the software contains a Boot Loader allowing the CPU to program the Flash. If the Flash is never updated by the CPU, step 2 can be omitted. See "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on page 222 for details about Boot programming.

**Caution:** An interrupt between step 5 and step 6 will make the write cycle fail, since the EEPROM Master Write Enable will time-out. If an interrupt routine accessing the EEPROM is interrupting another EEPROM access, the EEAR or EEDR Register will be modified, causing the interrupted EEPROM access to fail. It is recommended to have the Global Interrupt Flag cleared during all the steps to avoid these problems.

When the write access time has elapsed, the EEWB bit is cleared by hardware. The user software can poll this bit and wait for a zero before writing the next byte. When EEWB has been set, the CPU is halted for two cycles before the next instruction is executed.

• **Bit 0 – EERE: EEPROM Read Enable**

The EEPROM Read Enable Signal EERE is the read strobe to the EEPROM. When the correct address is set up in the EEAR Register, the EERE bit must be written to a logic one to trigger the EEPROM read. The EEPROM read access takes one instruction, and the requested data is available immediately. When the EEPROM is read, the CPU is halted for four cycles before the next instruction is executed.

The user should poll the EEWB bit before starting the read operation. If a write operation is in progress, it is neither possible to read the EEPROM, nor to change the EEAR Register.

The calibrated Oscillator is used to time the EEPROM accesses. Table 1 lists the typical programming time for EEPROM access from the CPU.

**Table 1. EEPROM Programming Time**

Symbol	Number of Calibrated RC Oscillator Cycles <sup>(1)</sup>	Typ Programming Time
EEPROM Write (from CPU)	8448	8.4 ms

Note: 1. Uses 1 MHz clock, independent of CKSEL Fuse settings.



The following code examples show one assembly and one C function for writing to the EEPROM. The examples assume that interrupts are controlled (e.g., by disabling interrupts globally) so that no interrupts will occur during execution of these functions. The examples also assume that no Flash Boot Loader is present in the software. If such code is present, the EEPROM write function must also wait for any ongoing SPM command to finish.

#### Assembly Code Example

```

EEPROM_write:
    ; Wait for completion of previous write
    sbic EECR,EEWE
    rjmp EEPROM_write
    ; Set up address (r18:r17) in address register
    out  EEARH, r18
    out  EEARL, r17
    ; Write data (r16) to Data Register
    out  EEDR,r16
    ; Write logical one to EEMWE
    sbi  EECR,EEMWE
    ; Start eeprom write by setting EEWE
    sbi  EECR,EEWE
    ret
    
```

#### C Code Example

```

void EEPROM_write(unsigned int uiAddress, unsigned char ucData)
{
    /* Wait for completion of previous write */
    while(EECR & (1<<EEWE))
        ;
    /* Set up Address and Data Registers */
    EEAR = uiAddress;
    EEDR = ucData;
    /* Write logical one to EEMWE */
    EECR |= (1<<EEMWE);
    /* Start eeprom write by setting EEWE */
    EECR |= (1<<EEWE);
}
    
```



The next code examples show assembly and C functions for reading the EEPROM. The examples assume that interrupts are controlled so that no interrupts will occur during execution of these functions.

Assembly Code Example
<pre> EEPROM_read:     ; Wait for completion of previous write     sbic EECR,EEWE     rjmp EEPROM_read     ; Set up address (r18:r17) in Address Register     out  EEARH, r18     out  EEARL, r17     ; Start eeprom read by writing EERE     sbi  EECR,EERE     ; Read data from Data Register     in   r16,EEDR     ret         </pre>
C Code Example
<pre> unsigned char EEPROM_read(unsigned int uiAddress) {     /* Wait for completion of previous write */     while((EECR &amp; (1&lt;&lt;EEWE))         ;     /* Set up Address Register */     EEAR = uiAddress;     /* Start eeprom read by writing EERE */     EECR  = (1&lt;&lt;EERE);     /* Return data from Data Register */     return EEDR; }         </pre>

### EEPROM Write During Power-down Sleep Mode

When entering Power-down sleep mode while an EEPROM write operation is active, the EEPROM write operation will continue, and will complete before the write access time has passed. However, when the write operation is completed, the Oscillator continues running, and as a consequence, the device does not enter Power-down entirely. It is therefore recommended to verify that the EEPROM write operation is completed before entering Power-down.

### Preventing EEPROM Corruption

During periods of low  $V_{CC}$ , the EEPROM data can be corrupted because the supply voltage is too low for the CPU and the EEPROM to operate properly. These issues are the same as for board level systems using EEPROM and the same design solutions should be applied.

An EEPROM data corruption can be caused by two situations when the voltage is too low. First, a regular write sequence to the EEPROM requires a minimum voltage to operate correctly. Secondly, the CPU itself can execute instructions incorrectly, if the supply voltage is too low.



EEPROM data corruption can easily be avoided by following this design recommendation:

Keep the AVR RESET active (low) during periods of insufficient power supply voltage. This can be done by enabling the internal Brown-out Detector (BOD). If the detection level of the internal BOD does not match the needed detection level, an external low  $V_{CC}$  Reset Protection circuit can be used. If a reset occurs while a write operation is in progress, the write operation will be completed provided that the power supply voltage is sufficient.

## I/O Memory

The I/O space definition of the ATmega8535 is shown in page 297.

All ATmega8535 I/Os and peripherals are placed in the I/O space. The I/O locations are accessed by the IN and OUT instructions, transferring data between the 32 general purpose working registers and the I/O space. I/O Registers within the address range 0x00 - 0x1F are directly bit-accessible using the SBI and CBI instructions. In these registers, the value of single bits can be checked by using the SBIS and SBIC instructions. Refer to the Instruction set section for more details. When using the I/O specific commands IN and OUT, the I/O addresses 0x00 - 0x3F must be used. When addressing I/O Registers as data space using LD and ST instructions, 0x20 must be added to these addresses.

For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.

Some of the status flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.

The I/O and peripherals control registers are explained in later sections.



## Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer

The sequence for changing the Watchdog Timer configuration differs slightly between the three safety levels. Separate procedures are described for each level.

### Safety Level 0

This mode is compatible with the Watchdog operation found in AT90S8535. The Watchdog Timer is initially disabled, but can be enabled by writing the WDE bit to 1 without any restriction. The Time-out period can be changed at any time without restriction. To disable an enabled Watchdog Timer and/or changing the Watchdog Time-out, the following procedure must be followed:

1. In the same operation, write a logic one to WDCE and WDE. A logic one must be written to WDE regardless of the previous value of the WDE bit.
2. Within the next four clock cycles, in the same operation, write the WDE and WDP bits as desired, but with the WDCE bit cleared.

### Safety Level 1

In this mode, the Watchdog Timer is initially disabled, but can be enabled by writing the WDE bit to 1 without any restriction. A timed sequence is needed when changing the Watchdog Time-out period or disabling an enabled Watchdog Timer. To disable an enabled Watchdog Timer and/or changing the Watchdog Time-out, the following procedure must be followed:

1. In the same operation, write a logic one to WDCE and WDE. A logic one must be written to WDE regardless of the previous value of the WDE bit.
2. Within the next four clock cycles, in the same operation, write the WDE and WDP bits as desired, but with the WDCE bit cleared.

### Safety Level 2

In this mode, the Watchdog Timer is always enabled, and the WDE bit will always read as one. A timed sequence is needed when changing the Watchdog Time-out period. To change the Watchdog Time-out, the following procedure must be followed:

1. In the same operation, write a logical one to WDCE and WDE. Even though the WDE always is set, the WDE must be written to one to start the timed sequence.
2. Within the next four clock cycles, in the same operation, write the WDP bits as desired, but with the WDCE bit cleared. The value written to the WDE bit is irrelevant.

## Interrupts

This section describes the specifics of the interrupt handling as performed in ATmega8535. For a general explanation of the AVR interrupt handling, refer to "Reset and Interrupt Handling" on page 12.

### Interrupt Vectors in ATmega8535

**Table 19.** Reset and Interrupt Vectors

Vector No.	Program Address <sup>(2)</sup>	Source	Interrupt Definition
1	0x000 <sup>(1)</sup>	RESET	External Pin, Power-on Reset, Brown-out Reset and Watchdog Reset
2	0x001	INT0	External Interrupt Request 0
3	0x002	INT1	External Interrupt Request 1
4	0x003	TIMER2 COMP	Timer/Counter2 Compare Match
5	0x004	TIMER2 OVF	Timer/Counter2 Overflow
6	0x005	TIMER1 CAPT	Timer/Counter1 Capture Event
7	0x006	TIMER1 COMPA	Timer/Counter1 Compare Match A
8	0x007	TIMER1 COMPB	Timer/Counter1 Compare Match B
9	0x008	TIMER1 OVF	Timer/Counter1 Overflow
10	0x009	TIMER0 OVF	Timer/Counter0 Overflow
11	0x00A	SPI, STC	Serial Transfer Complete
12	0x00B	USART, RXC	USART, Rx Complete
13	0x00C	USART, UDRE	USART Data Register Empty
14	0x00D	USART, TXC	USART, Tx Complete
15	0x00E	ADC	ADC Conversion Complete
16	0x00F	EE_RDY	EEPROM Ready
17	0x010	ANA_COMP	Analog Comparator
18	0x011	TWI	Two-wire Serial Interface
19	0x012	INT2	External Interrupt Request 2
20	0x013	TIMER0 COMP	Timer/Counter0 Compare Match
21	0x014	SPM_RDY	Store Program Memory Ready

- Notes:
1. When the BOOTRST Fuse is programmed, the device will jump to the Boot Loader address at reset, see "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on page 222.
  2. When the IVSEL bit in GICR is set, Interrupt Vectors will be moved to the start of the Boot Flash section. The address of each Interrupt Vector will then be the address in this table added to the start address of the Boot Flash section.

Table 20 shows reset and Interrupt Vectors placement for the various combinations of BOOTRST and IVSEL settings. If the program never enables an interrupt source, the Interrupt Vectors are not used, and regular program code can be placed at these locations. This is also the case if the Reset Vector is in the Application section while the Interrupt Vectors are in the Boot section or vice versa.

**Table 20. Reset and Interrupt Vectors Placement**

BOOTRST <sup>(1)</sup>	IVSEL	Reset Address	Interrupt Vectors Start Address
1	0	0x0000	0x0001
1	1	0x0000	Boot Reset Address + 0x0001
0	0	Boot Reset Address	0x0001
0	1	Boot Reset Address	Boot Reset Address + 0x0001

Note: 1. The Boot Reset Address is shown in Table 93 on page 233. For the BOOTRST Fuse "1" means unprogrammed while "0" means programmed.

The most typical and general program setup for the Reset and Interrupt Vector Addresses in ATmega8535 is:

```

AddressLabels Code Comments
0x000 rjmp RESET ; Reset Handler
0x001 rjmp EXT_INT0 ; IRQ0 Handler
0x002 rjmp EXT_INT1 ; IRQ1 Handler
0x003 rjmp TIM2_COMP ; Timer2 Compare Handler
0x004 rjmp TIM2_OVF ; Timer2 Overflow Handler
0x005 rjmp TIM1_CAPT ; Timer1 Capture Handler
0x006 rjmp TIM1_COMPA ; Timer1 Compare A Handler
0x007 rjmp TIM1_COMPB ; Timer1 Compare B Handler
0x008 rjmp TIM1_OVF ; Timer1 Overflow Handler
0x009 rjmp TIM0_OVF ; Timer0 Overflow Handler
0x00A rjmp SPI_STC ; SPI Transfer Complete Handler
0x00B rjmp USART_RXC ; USART RX Complete Handler
0x00C rjmp USART_UDRE ; UDR Empty Handler
0x00D rjmp USART_TXC ; USART TX Complete Handler
0x00E rjmp ADC ; ADC Conversion Complete Handler
0x00F rjmp EE_RDY ; EEPROM Ready Handler
0x010 rjmp ANA_COMP ; Analog Comparator Handler
0x011 rjmp TWSI ; Two-wire Serial Interface Handler
0x012 rjmp EXT_INT2 ; IRQ2 Handler
0x013 rjmp TIM0_COMP ; Timer0 Compare Handler
0x014 rjmp SPM_RDY ; Store Program Memory Ready Handler
;
0x015 RESET: ldi r16,high(RAMEND) ; Main program start
0x016 out SPH,r16 ; Set Stack Pointer to top of RAM
0x017 ldi r16,low(RAMEND)
0x018 out SPL,r16
0x019 sei ; Enable interrupts
0x020 <instr> xxx
... ..

```

When the BOOTRST Fuse is unprogrammed, the Boot section size set to 2K bytes and the IVSEL bit in the GICR Register is set before any interrupts are enabled, the most typical and general program setup for the Reset and Interrupt Vector Addresses is:

AddressLabels	Code	Comments
0x000 RESET:	ldi r16,high(RAMEND)	; Main program start
0x001	out SPH,r16	; Set Stack Pointer to top of RAM
0x002	ldi r16,low(RAMEND)	
0x003	out SPL,r16	
0x004	sei	; Enable interrupts
0x005	<instr> xxx	
:		
.org 0xC01		
0xC01	rjmp EXT_INT0	; IRQ0 Handler
0xC02	rjmp EXT_INT1	; IRQ1 Handler
... ..	..	;
0xC14	rjmp SPM_RDY	; Store Program Memory Ready Handler

When the BOTRST Fuse is programmed and the Boot section size set to 2K bytes, the most typical and general program setup for the Reset and Interrupt Vector Addresses is:

AddressLabels	Code	Comments
.org 0x001		
0x001	rjmp EXT_INT0	; IRQ0 Handler
0x002	rjmp EXT_INT1	; IRQ1 Handler
... ..	..	;
0x014	rjmp SPM_RDY	; Store Program Memory Ready Handler
:		
.org 0xC00		
0xC00 RESET:	ldi r16,high(RAMEND)	; Main program start
0xC01	out SPH,r16	; Set Stack Pointer to top of RAM
0xC02	ldi r16,low(RAMEND)	
0xC03	out SPL,r16	
0xC04	sei	; Enable interrupts
0xC05	<instr> xxx	

When the BOTRST Fuse is programmed, the Boot section size set to 2K bytes and the IVSEL bit in the GICR Register is set before any interrupts are enabled, the most typical and general program setup for the Reset and Interrupt Vector Addresses is:

AddressLabels	Code	Comments
.org 0xC00		
0xC00	rjmp RESET	; Reset handler
0xC01	rjmp EXT_INT0	; IRQ0 Handler
0xC02	rjmp EXT_INT1	; IRQ1 Handler
... ..	..	;
0xC14	rjmp SPM_RDY	; Store Program Memory Ready Handler
:		
0xC15 RESET:	ldi r16,high(RAMEND)	; Main program start
0xC16	out SPH,r16	; Set Stack Pointer to top of RAM
0xC17	ldi r16,low(RAMEND)	
0xC18	out SPL,r16	
0xC19	sei	; Enable interrupts
0xC20	<instr> xxx	

## Moving Interrupts Between Application and Boot Space

### General Interrupt Control Register – GICR

The General Interrupt Control Register controls the placement of the Interrupt Vector table.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INT1	INT0	INT2	–	–	–	IVSEL	IVCE	GICR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

#### • Bit 1 – IVSEL: Interrupt Vector Select

When the IVSEL bit is cleared (zero), the Interrupt Vectors are placed at the start of the Flash memory. When this bit is set (one), the Interrupt Vectors are moved to the beginning of the Boot Loader section of the Flash. The actual address of the start of the Boot Flash section is determined by the BOOTSZ Fuses. Refer to the section "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on page 222 for details. To avoid unintentional changes of Interrupt Vector tables, a special write procedure must be followed to change the IVSEL bit:

1. Write the Interrupt Vector Change Enable (IVCE) bit to one.
2. Within four cycles, write the desired value to IVSEL while writing a zero to IVCE.

Interrupts will automatically be disabled while this sequence is executed. Interrupts are disabled in the cycle IVCE is set, and they remain disabled until after the instruction following the write to IVSEL. If IVSEL is not written, interrupts remain disabled for four cycles. The I-bit in the Status Register is unaffected by the automatic disabling.

**Note:** If Interrupt Vectors are placed in the Boot Loader section and Boot Lock bit BLB02 is programmed, Interrupts are disabled while executing from the Application section. If Interrupt Vectors are placed in the Application section and Boot Lock bit BLB12 is programmed, interrupts are disabled while executing from the Boot Loader section. Refer to the section "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on page 222 for details on Boot Lock bits.

#### • Bit 0 – IVCE: Interrupt Vector Change Enable

The IVCE bit must be written to logic one to enable change of the IVSEL bit. IVCE is cleared by hardware four cycles after it is written or when IVSEL is written. Setting the IVCE bit will disable interrupts, as explained in the IVSEL description above. See Code Example below.



# Networks for Monitoring and Control Using an RS-485 interface

Jan Axelson

August 21, 1995

## 1 Introduction

This article was taken from the MICROCOMPUTER JOURNAL, the JULY/AUGUST issue, published in 1995 and starting on page 27. It is a good article covering the RS-232, RS-423, RS-423 serial communication standards in general and the RS-485 in detail. It has been converted to Postscript to make it easier to transmit electronically.

## 2 Background

One computer can certainly do a lot on its own, and two computers linked together can do even more. Even so, some jobs call for a network of three or more computers linked together, issuing commands, sending replies and, in general, exchanging information with each other.

A network is a solution when you need both of the following: computer intelligence to make decisions, gather data or control objects or systems in a variety of locations and the ability for each location to communicate with at least one other location. The computers in a network can be any type. For example, they may all be personal computers, or all microcontrollers or just about any combination of computing devices you can think of. For example, an environmental-control network might have a series of microcontrollers or single-board computers to monitor and control temperature, humidity and other variables, with one personal computer to keep track of all of it and permit users to monitor the system and adjust or modify its operation.



In this article, I begin a two-part series to show you how to build and program a simple network of personal computers, microcontrollers or a combination of the two. The network uses an RS-485 serial link that permits up to 32 devices (or nodes) to connect over a single pair of wires. (By adding repeaters and control logic, you can have more than 32 devices.)

You can use the example network as a building block for a specific application, whether it's gathering data from remote sensors, controlling remote systems or whatever it is you need to accomplish. This type of link is also useful if you have just two devices but need to transmit over distances of up to 4,000 feet.

### 3 Serial Standards

To begin, let's take a look at RS-485 and how it compares with the more common RS-232 scheme. We'll look briefly at some other serial interface standards as well.

Serial standards describe interfaces for transferring information in serial format, or one bit at time in single file. In contrast, a parallel interface transfers multiple bits simultaneously. All other things being equal, a parallel interface is faster because it carries more information at the same time. However, because of the expense of the extra conductors required to carry all of the bits, parallel links usually aren't practical over long distances.

Table 1 compares four serial interface standards. All are developed and published by the Electronics Industries Association (EIA), with more recent versions developed jointly with the Telecommunications Industries Association (TIA). These are trade associations sponsored by businesses in the electronics and telecommunications industries. To reflect its origin, the official name for what's popularly known as RS-485 is actually EIA-485.

Copies of the standards are available from Global Engineering for 40 to 55 each. However, you can often find the information you need, including practical tips the standards often leave out, in the application notes from the makers of RS-485 interface chips. Two such sources are National Semiconductor's Interface: Line Drivers and Receivers' and Texas Instruments' Data Transmission Circuits data books.

**RS-232** is used for communicating between just two devices, over distances of 50 feet or less, though you can stretch this at lower bit rates. Just

about every IBM-compatible personal computer has an RS-232 port. (See the November/December 1994 and January/February 1995 issues of Micro-Computer Journal for more on RS-232 links.)

**RS-485** has several advantages over RS-232. With it, you can have up to 32 driver/receiver units on a link. A link can be as long as 4,000 feet, or 3/4 of a mile. Over shorter distances, transmission speeds can be as great as 10M bits/second. And RS-485 drivers and receivers are inexpensive and require just a 5-volt dc supply in contrast to RS-232's minimum requirement of +5-volt outputs. RS-423 is similar to RS-232, but it permits up to 10 receivers to connect to one driver, or generator. Like RS485, RS-422 can transmit over long distances, but like RS-423, it's intended for use with just one driver and up to 10 receivers.

In this article, I focus on the RS485 interface, since it's the only one of those mentioned that permits multiple drivers and receivers in a link.

## 4 Inside RS-485

An RS-485 link employs balanced lines, which means that each signal has two conductors, and the signal on the second conductor equals the negative of that on the first. An RS-485 receiver responds to the voltage difference between the two conductors. Another term for this type of measurement is differential measurement.

Specification	RS-232	RS-423	RS-422	RS-485
Transmission Mode	Unbalanced	Unbalanced	Balanced	Balanced
Maximum Cable Length*	50 Feet	100 Feet	4,000 Feet	4,000 Feet
Maximum Transmission Speed	20K Bits/Second**	100K Bits/Second	10M Bits/Second	10M Bits/Second
Minimum Driver Output	±5 Volts	±3.6 Volts	±2 Volts	±1.5 Volts
Maximum Driver Output	+15 Volts	±6 Volts	±5 Volts	±5 Volts
Receiver Sensitivity	±3 Volts	±0.7 Volts	±0.2 Volts	±0.2 Volt
Maximum Drivers	1	1	1	32
Maximum Receivers	1	10	10	32
Driver Load (Ohms)	3,000 to 7,000 Ohms	450 Ohms Minimum	100 Ohms Minimum	60 Ohms Minimum

\*100K Bits/Second: Nonstandard; 115K-Bit Chips Available

Table 1: Comparison of four serial interface standards

In contrast, RS-232 uses unbalanced lines in which each signal has just one conductor and the receiver responds to the voltage difference between this conductor and a common ground conductor used by all signals. Another term for this type of measurement is single-ended.

Balanced lines have a couple of advantages over unbalanced ones. One is that noise (voltage spikes, oscillations or interference in general) tends to cancel out.

In an unbalanced line, a signal's return current in the ground conductor can generate noise at the receiver. In a balanced line, the differential signals generate two equal but opposite return currents. Since the currents add up to zero, for all practical purposes, there's no return current to cause problems.

Another advantage to balanced lines is that they're immune (within limits) to differences in ground potential between nodes. In a network that has long lines, the ground potential may vary as much as several volts from one node to another. But a differential measurement doesn't care about this difference, since it measures only the voltage between the two signal conductors.

Use of balanced lines is the main reason why RS-485 can transmit so much farther than RS-232.

Many RS-485 links use inexpensive twisted-pair cable, which consists of two insulated conductors that spiral around each other every inch or so. Radio Shack sells AWG 22 stranded twisted-pair cable as "alarm conductor." The simple act of twisting together the conductors tends to cancel any noise the lines pick up due to electromagnetic interference.

Although RS-485 interfaces normally use a 5-volt power supply, the logic levels at the drivers and receivers aren't standard 5-volt TTL or CMOS voltages. The two signals are designated A and B. For a valid output, the voltage difference between A and B can be as small as 1.5 volts, although a 5-volt difference is typical. If terminal A is at least 1.5 volts more-positive than terminal B, the output is a logic 0. And if terminal A is at least 1.5 volts more-negative than terminal B, the output is a logic 1. If the difference is less than 1.5 volts, the output is undefined.

At the RS485 receiver, the difference between the A and B inputs needs to be just 0.2 volt for a valid logic level. If A is at least 0.2 volt more-positive than B, the receiver sees a logic "0", and if B is at least 0.2 volt more-positive than A, the receiver sees a logic "1". If the difference between A and B is less than 0.2 volt, the logic level is undefined.

The difference between the voltage requirements at the driver and receiver means that the signal can attenuate as much as 1.3 volts along the net-

work conductors for the receiver to still recognize it properly. If the driver generates a 5-volt difference, the margin is even greater, at 4.8 volts.

## 5 RS-485 Chips

An easy way to create an RS-485 interface is to use one or more of the available RS-485 chips. One series, the 7517x, is available from

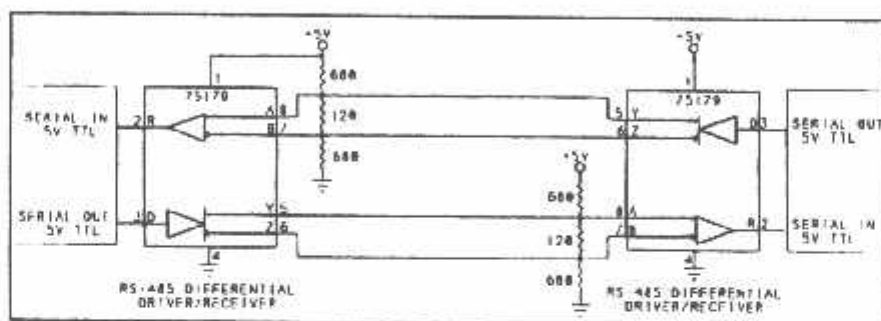


Figure 1: A full-duplex RS-485 link requires a pair of conductors in each direction.

Texas Instruments, National Semiconductor and Motorola. The 9517x series is similar. Maxim Semiconductor has come out with its MAX48x series. The chips are available from many parts sources. Parts catalogs may list them under Linear or Interface chips.

The 75179 contains one driver and one receiver in a single package. The driver translates 5-volt TTL signals to RS-485, and the receiver translates RS-485 signals back to 5-volt TTL. With a pair of driver/receiver chips, you can create a full-duplex link that can carry data in both directions simultaneously, as Fig. 1 illustrates.

Many RS-485 links are half-duplex, wherein each node can both send and receive data but can't do both simultaneously. Although RS-232 links are typically full-duplex, there are some good reasons why you might use half duplex operation for RS-485.

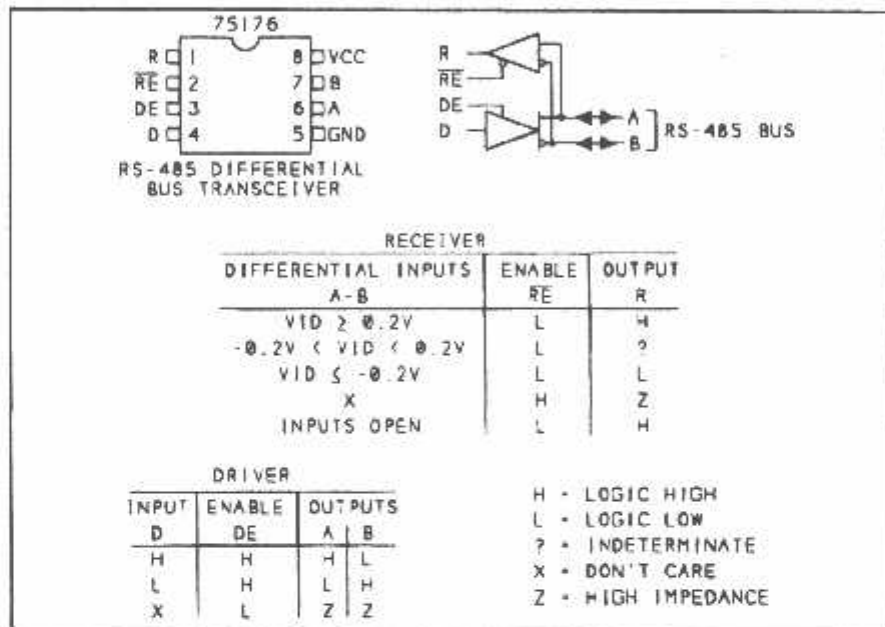


Figure 2: The 75176 chip contains an RS-485 xmitter, receiver, direction control and two-pin RS-485 interface.

In a link between just two devices, full-duplex is convenient because each device can transmit at any time without concern for which device its turn it is. But with many nodes in the link, there's no guarantee that a signal path will be free, and figuring out when it's okay to use each of two signal paths just adds more complications. So if you have three or more nodes, it's simpler to have just one signal path and permit only one node at a time to transmit.

Also, a half-duplex link is less expensive to implement because you need just two signal conductors to carry data in both directions, rather than a pair of conductors for each direction. Over short distances, a couple of extra conductors is no big deal, but if you're going 100 or 1,000 feet, costs begin to add up.

For a half-duplex link, you can use a transceiver chip like the 75176, the pinout for which is given in Fig. 2. This chip includes one RS-485 driver, one receiver and an enable input for each. Since the driver is enabled by a logic-high signal and the receiver is enabled by a logic-low signal, you can use the same signal to control both, and only one will be on at a time.

Alternatives to the 75176 are the MAX481 and MAX483. The 75176 can operate as fast as 10M bits/second, while the MAX481 is guaranteed only to 2.5 M bits/second, and the MAX483 to 0.25 M bits/second. National also makes a DS3695 transceiver chip that's similar to the 75176. All of these chips have the same pinout.

Many RS-485 links operate at 9,600 bits per second at most. For these, you can use any of the above chips. Slower devices reduce the likelihood of transmission errors caused by signal reflections on the cable. If you don't need high-speed performance, slower chips will do the job and may help to avoid trouble.

All of the transceivers listed protect themselves with current limiting and thermal shutdown. Without this protection, if two or more drivers in the network turn on at once, component damaging currents could result.

Current limiting restricts the output of the RS-485 drivers to 250 mA. If an output continues to source or sink high current, the chip will heat up and the thermal shutdown circuits will eventually switch the output to a high impedance state. Of course, this makes the output unusable until it cools down, but at least the components will survive.

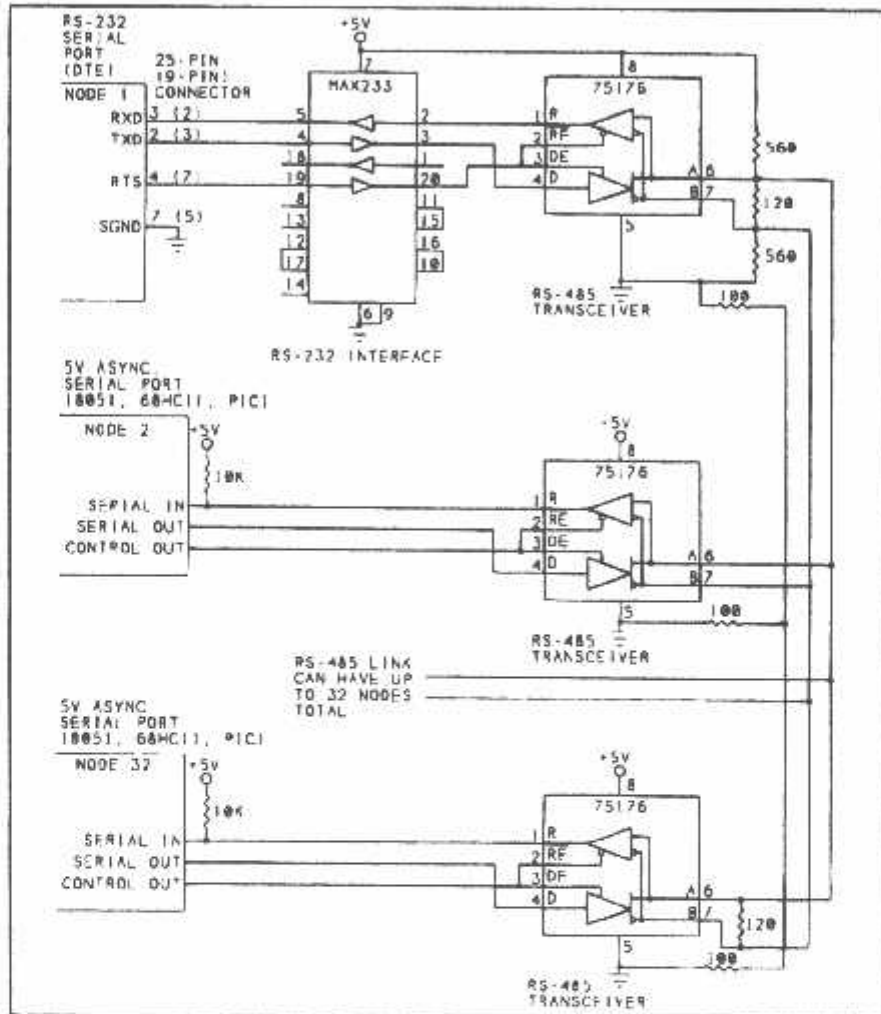


Figure 3: A RS-485 link can connect up to 32 nodes along the same pair of conductors.

## 6 Network Circuits

Shown in Fig. 3 are circuits for an RS-485 network that can connect up to 32 personal computers and microcontrollers in any combination. A third conductor provides a ground reference. Each node can be a personal computer, microcontroller or any device that has a serial port.

On a personal computer, you have two options for creating an RS-485 port. You can buy an expansion card with an RS-485 port on it, or you can add an external device that converts one of the RS-232 ports to RS-485. If you decide to convert from RS-232, there are two options in this case as well. One is to buy a converter that plugs into the RS-232 connector. The other is to make your own. The Sources box in this article lists suppliers for RS-485 cards and converters.

To make your own converter, you must first translate between the RS232 voltages and 5-volt TTL levels. You can use any of the many converter chips now available for this. Figure 3 uses a MAX233, which also re-inverts the signals inverted by the personal computer's RS-232 interface.

The port interface uses three RS-232 lines. TXD transmits data, RXD receives data and RTS controls the direction of data in the '176.

The TTL side of the 75LS 176 connects to the MAX233. When RTS is low, pins 2 and 3 of the '176 are high and TXD can transmit data to the RS485 link. When RTS is high, pins 2 and 3 of the '176 are low and RXD can receive data from the RS-485 link.

For a microcontroller interface, the circuits are even simpler. Most microcontrollers—including the 8051, 68HC11 and some PICs—have built-in asynchronous serial ports, with programming instructions for reading from and writing to the port. The ports use 5-volt logic, not RS-232 voltages. For an RS-485 interface, this saves you the trouble of having to convert back to 5-volt levels. Some microcontroller boards have an RS485 interface built into them.

In Fig. 3, the transmit, receive and control pins connect directly to the '176. Microcontrollers don't normally have a dedicated RTS pin, but you can use any port output and control it directly in your program.

A pull-up resistor at the microcontroller's serial input holds the input high when the node is transmitting and the receiver's output is off, or in high-impedance state. You don't need the pull-up resistor if your microcon



troller's port has an internal pull-up (as on the 8051) or if the receiver drives an input to a MAX233 or other RS-232 interface chip.

Proper control of RTS can be one of the trickiest parts of getting a half duplex network up and running. In short, when a driver is transmitting, RTS must remain low until the driver is finished sending, and RTS must then switch high before the answering node begins to send a response. You can control RTS in software or add circuits to automatically switch the control line when a node is transmitting.

## 7 Wiring tips

Unlike the case with the RS-232 standard, RS-485 doesn't specify an interface connector, signal functions or pin assignments. These are left for you to designate. Keep the two signal conductors (A and B) adjacent to each other on any connector you use. In twisted-pair cable, the A and B conductors for a signal should, of course, be in the same pair.

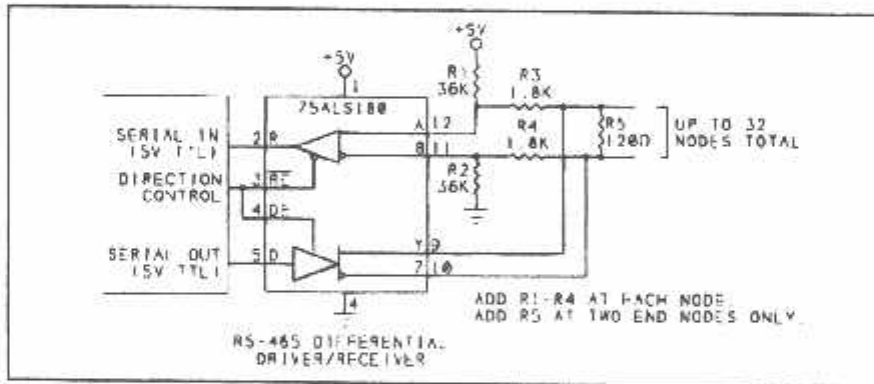


Figure 4: The 75ALS180 driver/receiver with four-conductors.

The 75ALS180 driver/receiver has a four-conductor RS-485 interface that enables you to add short-circuit protection to the receiver with resistors R3 and R4. Be careful not to transpose the network conductors. Connect all of the A pins to one conductor and all of the B pins to the other conductor. Connect each node as close as possible to the network conductors. If you use

a stub—a separate pair of conductors that connects a node to the network—keep its conductors as short as possible.

On all but the shortest links, you should treat the RS-485 cable as a transmission line. When the conductors are short and frequencies are low, you can consider a conductor to be a perfect ROS-ohm connection. But a transmission line behaves differently from an ordinary short conductor. A transmission line has a characteristic impedance, which is a resistive value that varies with the conductors' diameter, spacing and type of insulation, but it doesn't vary with conductor length.

The theory and math behind transmission-line behavior can be a little forbidding, but the main thing to remember is that a transmission line should always terminate in a load equal to its characteristic impedance. You do this by connecting a resistor equal to the characteristic impedance across the inputs at the receiver at each end of the link. No matter how many nodes are in the network, you should have just two termination resistors, one at the receiver at each end of the network.

With proper termination, the entire signal at the receiver is applied across the termination resistor. A slight impedance mismatch won't hurt anything. However, with a gross mismatch, a large part of the signal will reflect back to the driver and then back to the receiver, which may then interpret the reflection as valid signal on the line.

Line reflections are more of a problem when the edge speed, or rise and fall times, of the driver's output are very short. Edge speed isn't related to bit rate, or number of bits transmitted per second. Instead, the critical factor is how fast the voltage changes when the logic levels switch.

A 300-bps link that uses a highspeed driver will be more likely to have reflections than a 19,200-bps link that uses a slower driver. (But a link that uses a slower bit rate will be more likely to ignore reflections, because the reflections occur after a voltage transition and the serial port reads the logic levels in the middle of the bit. With a slower bit rate, the bits are wider.)

The slew rate given in the driver's data sheet specifies the rate of voltage change at the output. The lower the slew rate, the slower the edge speed.

For AWG 24 stranded twisted-pair cable, the characteristic impedance is around 120 ohms. Therefore, a proper termination would be a 120-ohm resistor across terminals A and B at each end of the link. RS-485 drivers must be able to drive a total termination resistance of 60 ohms. On a

halfduplex line, the two 120-ohm resistors in parallel are equivalent to 60 ohms.. Consequently, it's best not to use anything smaller than 120 ohms to terminate a half-duplex line.

All conductors also have a set resistance per foot, which becomes significant only if the conductors are very long. AWG 24 stranded wire has a resistance of about 25 ohms per 1,000 feet, which is separate from the conductor's characteristic impedance.

Another concern in an RS-485 network is ensuring that all receivers see a valid logic 0 when no drivers are active in the link. When this occurs, the signal level at a receiver's inputs is undefined. This could cause transmission errors as the receiver detects unintended signal levels or transitions.

Most RS-485 chips include a failsafe feature that's supposed to hold input A more-positive than input B when no signal is applied to the receiver. The problem is that fail-safe circuits don't work when you add termination resistors.

Fail-safe circuits typically consist of an internal 100,000-ohm pull-up resistance at input A and a matching pull-down resistance at input B. When you add the termination resistors, the resulting voltage divider brings the voltages at the two inputs very close, with less than the required 0.2-volt difference between them.

Fortunately, there's a solution. Figure 3 adds two additional resistors: a 560-ohm resistor from input A to +5 volts and a matching resistor from input B to ground. This arrangement holds terminal A about 0.25 volt more-positive than terminal B. In turn, this causes pin 1 to be high when no drivers in the link are active and still allows any driver to pull low terminal A.

One set of resistors at one end of the link biases the entire network. You don't need biasing resistors if your network always has an active driver.

Although RS-485 signals themselves don't use a ground reference, all nodes should have a common ground connection, unless the network conductors are optically isolated. There are two ways to achieve the ground connection. One is to connect the transceivers signal-ground pin to an earth ground at each node. The other way is to add a third conductor in the network cable. At each node, this conductor connects through a

100-ohm resistor to the transceiver's ground pin. The resistor protects the circuits by limiting currents that may develop in the ground conductor.

**Alternate Interfaces** If your network travels through an electrically noisy environment, optical isolation might be worth the trouble and expense it takes to implement it. With optical isolation, the network conductors connect optically, not electrically, to each node, thus eliminating the need for a common ground conductor. An easy way to isolate a network is with Maxim's MAX1480. This 28-pin chip actually contains its own transformer for power-supply isolation, plus optical isolators for the signal lines. Although the eight-pin transceiver chips like the 75176 are easy to use and inexpensive to purchase, Fig. 4 illustrates an alternate interface, which I've adapted from a circuit in Texas Instruments' data book. This circuit adds resistors that protect the network from damage if the network conductors should short circuit, or accidentally connect directly to each other. Like the 75176, the 75ALS180 contains a driver/receiver pair and an enable line for each. But the RS-485 side of the chip has four conductors instead of two. You can use the '176 in a full-duplex link, but the circuit illustrated in Fig. 4 is a half-duplex node, with the two-conductor interface created by tying together the driver and receiver pairs. In Fig. 4, only the two end nodes should have termination resistor R5, but all nodes have R1 through R4. Resistors R1 and R2 bias the line to a logic 0 if no driver is active, and resistors R3 and R4 protect the receiver and ensure that its inputs remain biased even if the line is shorted. If the network has fewer than 32 nodes, you can reduce the values of R1 through R4 by multiplying each by half the total number of nodes in the network. For example, with just two nodes, the value of R1 and R2 would be 2,200 ohms the value of and R3 and R4 would be 110 ohms. Since some signal voltage does drop across R3 and R4, reducing the values of these resistors means that the receiver's inputs will see a larger signal. The RS-485 standard specifies that you can have up to 32 unit loads, or driver/receiver pairs. But what can you do if you need more than 32 nodes? The answer is to use a repeater circuit, which regenerates the RS-485 signals and allows you to add up to 32 more nodes. You can also use a repeater to extend the length of a network to beyond 4,000 leer.

Figure 5 shows a network with a repeater circuit that contains one 75177 and one 75178 repeater chip. Like the transceivers, the repeaters each have a control input that determines the direction of signal flow through the chip. The '177's input is active-high, and the '178's is active-low. In a half-duplex link, you have to control the repeater's direction. For example, you might want the repeater to follow the direction of a master, or controlling, node in the network. To do so, you can use the same signal to control both

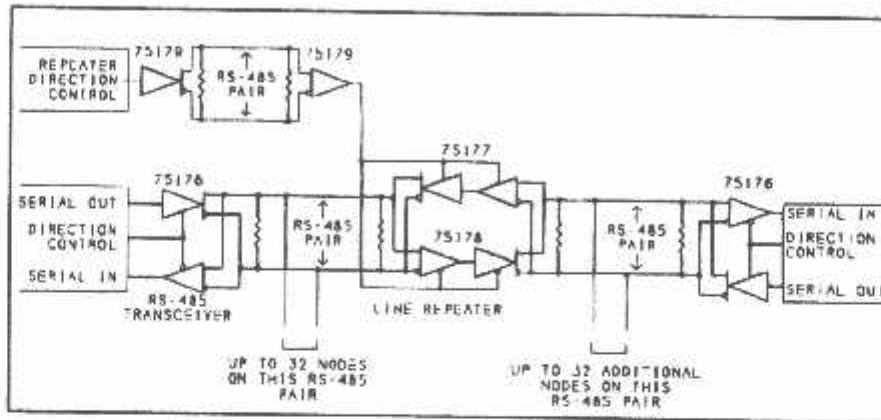


Figure 5: Using a line repeater.

the master node and the repeater. If the repeater is far from the master node, however, you may have to wire the direction-control signal as another RS-485 signal, as Fig. 5 illustrates.

## 8 Information & Part sources:

RS-485 Adapters B&B Electronics PO Box 1040 Ottawa, IL 61350 Tel.: 815-434-0846; fax: 815-434-7094

RS-485 Boards ComputerBoards 125 High St. Mansfield, MA 02048 Tel.: 508-261-1123; fax: 508-261-1094

RS-485 and Other EIA Standards Global Engineering Documents 15 Inverness Way E. Englewood, CO 80112-5704 Tel.: 800-624-3974 or 303-792-2181; fax: 303-790-0730

RS-485 Boards Keithley Metrabyte 440 Myles Standish Blvd. Taunton, MA 02780 Tel.: 508-880-3000; fax: 508-880-0179

RS-485 Chips Maxim Integrated Products 120 San Gabriel Dr. Sunnyvale, CA 94086 Tel.: 1-800-998-8800 or 408-737-7600

RS-485 Chips x8640 Motorola Semiconductor Products PO Box 20912 Phoenix, AZ 85036 Tel.: 1-800-521-6274

RS-485 Chips National Semiconductor Corp. 2900 Semiconductor Dr. PO Box 58090 Santa Clara, CA 95052-8090 Tel.: 800-272-9959 or 408-721-5000

RS-485 Adapters Personal Computing Tools 90 Industrial Park Rd. Hingham, MA 02043 Tel.: 7-6728 or 617-740-0120; fax: 617740-2728

RS-485 Adapters and Software RE Smith 4311 Tylersville Rd. Hamilton, OH 45011 Tel.: 513-874-4796; fax: 513-874-1236

RS-485 Chips Texas Instruments Literature Response Ctr. PO Box 809066 Dallas, TX 75380-9066 Tel.: 800-477-8924

## 9 Moving On:

Next time around, I'll have a special article on computer-based test equipment for electronics. However, after that, I'll return to RS-485 with an exploration of network programming.

Send your comments, suggestions, etc. to me by e-mail at [janaxel@aol.com](mailto:janaxel@aol.com), or by mail at Lakeview Research, 2209 Winnebago St., Madison, WI 53704.

Jan Axelson (last page 36 / MICROCOMPUTER JOURNAL / July/August 1995

## TP5088 DTMF Generator for Binary Data

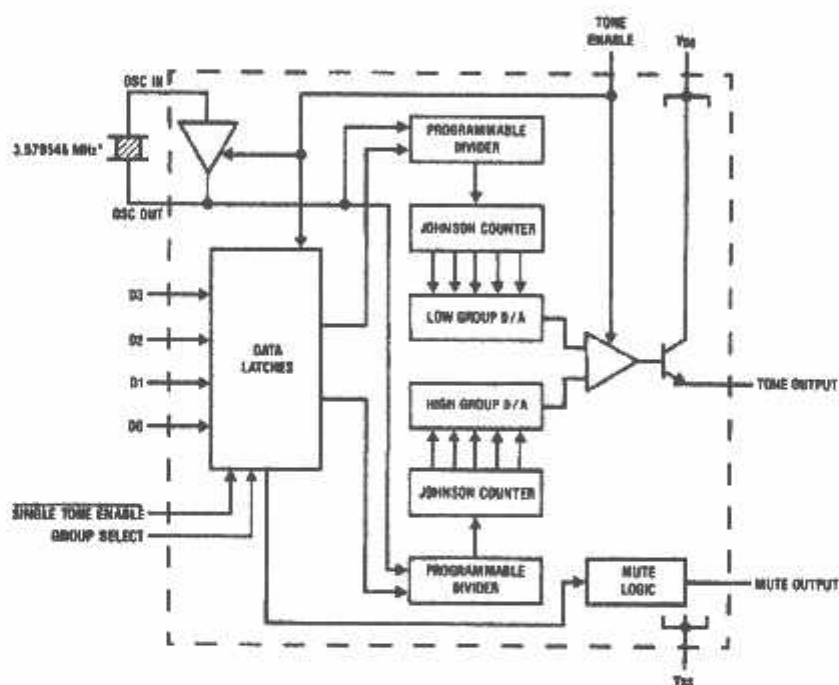
### General Description

This CMOS device provides low cost tone-dialing capability in microprocessor-controlled telephone applications. 4-bit binary data is decoded directly, without the need for conversion to simulated keyboard inputs required by standard DTMF generators. With the TONE ENABLE input low, the oscillator is inhibited and the device is in a low power idle mode. On the low-to-high transition of TONE ENABLE, data is latched into the device and the selected tone pair from the standard DTMF frequencies is generated. An open-drain N-channel transistor provides a MUTE output during tone generation.

### Features

- Direct microprocessor interface
- Binary data inputs with latches
- Generates 16 standard tone pairs
- On-chip 3.579545 MHz crystal-controlled oscillator
- Better than 0.64% frequency accuracy
- High group pre-emphasis
- Low harmonic distortion
- MUTE output interfaces to speech network
- Low power idle mode
- 3.5V–5V operation

### Block Diagram



\*Crystal Specification: Parallel Resonant 3.579545 MHz,  $R_g \leq 150\Omega$ ,  $L = 100$  nH,  $C_0 = 5$  pF,  $C_1 = 0.02$  pF.

TL91/0004-1

## Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ( $V_{DD} - V_{SS}$ )	12V
MUTE Voltage	12V
Maximum Voltage at Any Other Pin	$V_{DD} + 0.3V$ to $V_{SS} - 0.3V$

Operating Temperature, $T_A$	-30°C to +70°C
Storage Temperature	-55°C to +150°C
Maximum Power Dissipation	500 mW

## Electrical Characteristics

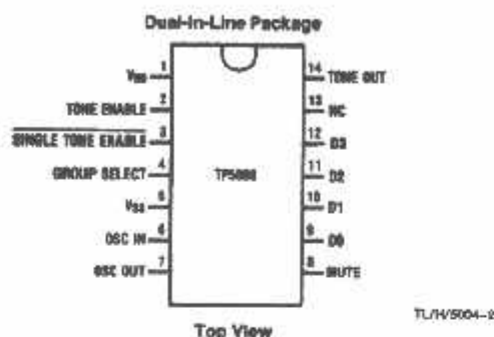
Unless otherwise noted, limits printed in **BOLD** characters are guaranteed for  $V_{DD} = 3.5V$  to  $8V$ ,  $T_A = 0^\circ C$  to  $+70^\circ C$  by correlation with 100% electrical testing at  $T_A = 25^\circ C$ . All other limits are assured by correlation with other production tests and/or product design and characterization.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Minimum Supply Voltage, $V_{DD}$ (min)	Generating Tones	<b>3.5</b>			V
Minimum Supply Voltage for Data Input, TONE ENABLE and MUTE Logic Functions		2			V
Operating Current Idle	$R_L = \infty$ , D0-D3 Open		55	<b>350</b>	$\mu A$
Generating Tones	$V_{DD} = 3.5V$ , Mute Open		1.5	<b>2.8</b>	mA
Input Pull-Up Resistance D0-D3			100		k $\Omega$
TONE ENABLE			50		k $\Omega$
Input Low Level TONE ENABLE, D0-D3				<b>0.2 <math>V_{DD}</math></b>	V
Input High Level TONE ENABLE, D0-D3		<b>0.8 <math>V_{DD}</math></b>			V
MUTE OUT Sink Current (TONE ENABLE LOW)	$V_{DD} = 3.5V$ $V_o = 0.5V$	<b>0.4</b>			mA
MUTE OUT Leakage Current (TONE ENABLE HIGH)	$V_{DD} = 3.5V$ $V_o = V_{DD}$		1		$\mu A$
Output Amplitudes Low Group	$R_L = 240 \Omega$ $V_{DD} = 3.5V$	<b>130</b>	170	<b>220</b>	mVrms
High Group	$T_A = 25^\circ C$	<b>180</b>	230	<b>310</b>	mVrms
Mean Output DC Offset	$V_{DD} = 3.5V$ $V_{DD} = 8V$		1.2 3.6		V
High Group Pre-Emphasis		<b>2.2</b>	2.7	<b>3.2</b>	dB
Dual Tone/Total Harmonic Distortion Ratio	1 MHz Bandwidth, $V_{DD} = 5V$ $R_L = 240 \Omega$	<b>-20</b>			dB
Start-Up Time (to 90% Amplitude), $t_{OSC}$			4		ms
Data Set-Up Time, $t_S$ (Figure 2)	$V_{DD} = 5V$	100			ns
Data Hold Time, $t_H$	$V_{DD} = 5V$	280			ns
Data Duration $t_W$	$V_{DD} = 5V$	600			ns

Note 1:  $R_L$  is the external load resistor connected from TONE OUT to  $V_{SS}$ .



## Connection Diagram



Order Number TP5088WM or TP5088N  
See MS Package M14B or N14A

## Functional Description

With the TONE ENABLE pin pulled low, the device is in a low power idle mode, with the oscillator inhibited and the output transistor turned off. Data on inputs D0–D3 is ignored until a rising transition on TONE ENABLE. Data meeting the timing specifications is latched in, the oscillator and output stage are enabled, and tone generation begins. The decoded data sets the high group and low group programmable counters to the appropriate divide ratios. These counters sequence two ratioed-capacitor D/A converters through a series of 28 equal duration steps per sine wave cycle. On-chip regulators ensure good stability of tone amplitudes with variations in supply voltage and temperature. The two tones are summed by a mixer amplifier, with pre-emphasis applied to the high group tone. The output is an NPN emitter-follower requiring the addition of an external load resistor to  $V_{SS}$ .

Table I shows the accuracies of the tone output frequencies and Table II is the Functional Truth Table.

TABLE I. Output Frequency Accuracy

Tone Group	Standard DTMF (Hz)	Tone Output Frequency	% Deviation from Standard
Low Group	697	694.8	-0.32
	770	770.1	+0.02
	$f_L$	852.4	+0.03
	941	940.0	-0.11
High Group	1209	1208.0	-0.24
	1336	1331.7	-0.32
	$f_H$	1486.5	+0.54
	1633	1639.0	+0.37

## Pin Descriptions

**V<sub>DD</sub> (Pin 1):** This is the positive supply to the device, referenced to  $V_{SS}$ . The collector of the TONE OUT transistor is also connected to this pin.

**V<sub>SS</sub> (Pin 5):** This is the negative voltage supply. All voltages are referenced to this pin.

**OSC IN, OSC OUT (Pins 6 and 7):** All tone generation timing is derived from the on-chip oscillator circuit. A low-cost

3.579545 MHz A-cut crystal (NTSC TV color-burst) is needed between pins 6 and 7. Load capacitors and a feedback resistor are included on-chip for good start-up and stability. The oscillator is stopped when the TONE ENABLE input is pulled to logic low.

**TONE ENABLE Input (Pin 2):** This input has an internal pull-up resistor. When TONE ENABLE is pulled to logic low, the oscillator is inhibited and the tone generators and output transistor are turned off. A low to high transition on TONE ENABLE latches in data from D0–D3. The oscillator starts, and tone generation continues until TONE ENABLE is pulled low again.

**MUTE (Pin 8):** This output is an open-drain N-channel device that sinks current to  $V_{SS}$  when TONE ENABLE is low and no tones are being generated. The device turns off when TONE ENABLE is high.

**D0, D1, D2, D3 (Pins 9, 10, 11, 12):** These are the inputs for binary-coded data, which is latched in on the rising edge of TONE ENABLE. Data must meet the timing specifications of Figure 2. At all other times these inputs are ignored and may be multiplexed with other system functions.

**TONE OUT (Pin 14):** This output is the open emitter of an NPN transistor, the collector of which is connected internally to  $V_{DD}$ . When an external load resistor is connected from TONE OUT to  $V_{SS}$ , the output voltage on this pin is the sum of the high and low group tones superimposed on a DC offset. When not generating tones, this output transistor is turned off to minimize the device idle current.

**SINGLE TONE ENABLE (Pin 3):** This input has an internal pull-up resistor. When pulled to  $V_{SS}$ , the device is in single tone mode and only a single tone will be generated at pin 14 (for testing purposes). For normal operation, leave this pin open-circuit or pull to  $V_{DD}$ .

**GROUP SELECT (Pin 4):** This pin is used to select the high group or low group frequency when the device is in single tone mode. It has an internal pull-up resistor. Leaving this pin open-circuit or pulling it to  $V_{DD}$  will generate the high group, while pulling to  $V_{SS}$  will generate the low group frequency at the TONE OUT pin.

TABLE II. Functional Truth Table

Keyboard Equivalent	Data Inputs				TONE ENABLE	TONES OUT		MUTE
	D3	D2	D1	D0		$f_L$ (Hz)	$f_H$ (Hz)	
X	X	X	X	X	0	0V	0V	0V
1	0	0	0	1	~	697	1209	O/C
2	0	0	1	0	~	697	1336	O/C
3	0	0	1	1	~	697	1477	O/C
4	0	1	0	0	~	770	1209	O/C
5	0	1	0	1	~	770	1336	O/C
6	0	1	1	0	~	770	1477	O/C
7	0	1	1	1	~	852	1209	O/C
8	1	0	0	0	~	852	1336	O/C
9	1	0	0	1	~	852	1477	O/C
0	1	0	1	0	~	941	1336	O/C
*	1	0	1	1	~	941	1209	O/C
+	1	1	0	0	~	941	1477	O/C
A	1	1	0	1	~	697	1633	O/C
B	1	1	1	0	~	770	1633	O/C
C	1	1	1	1	~	852	1633	O/C
D	0	0	0	0	~	941	1633	O/C

Timing Diagram

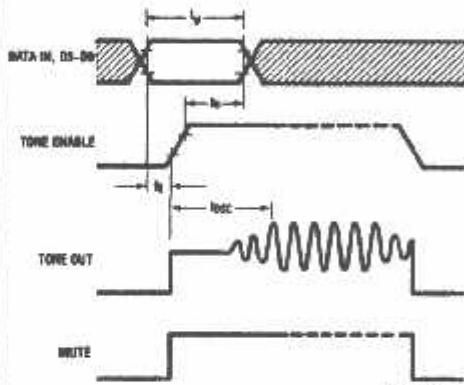
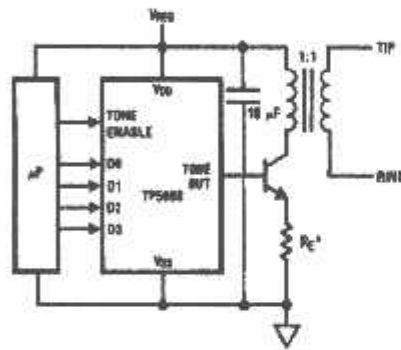


FIGURE 2

TL14/5004-3

Typical Application

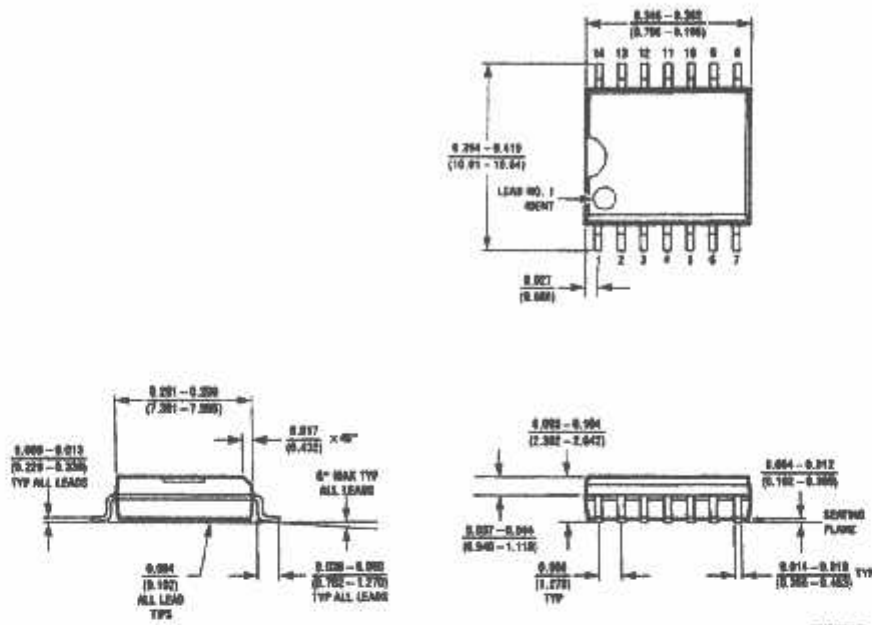


\*Adjust  $R_f$  for desired tone amplitude.

FIGURE 3

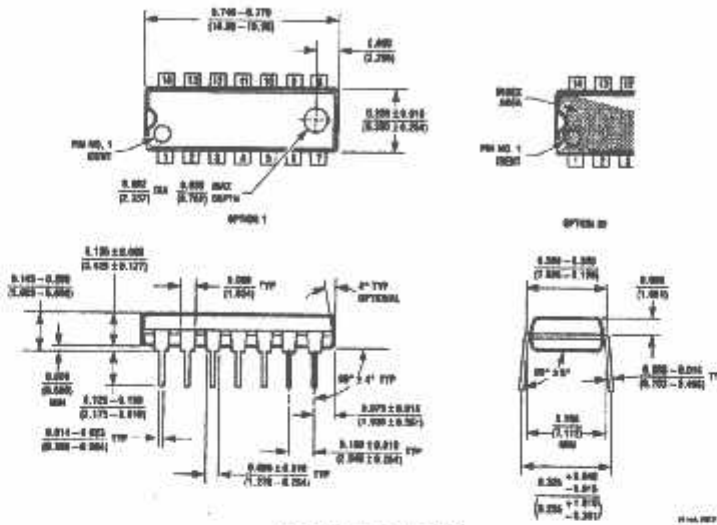
TL14/5004-4

**Physical Dimensions** Inches (millimeters)



Order Number TP5068WM  
NS Package Number M14B

**Physical Dimensions** inches (millimeters) (Continued)



Molded Dual-In-Line (N)  
Order Number TP5088N  
NS Package Number N14A

**LIFE SUPPORT POLICY**

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

<p><b>National Semiconductor Corporation</b> 1111 West Bardin Road Arlington, TX 78017 Tel: 1(800) 272-8008 Fax: 1(800) 737-7015</p>	<p><b>National Semiconductor Europe</b> Fax: (+49) 0-180-530 85 86 E-mail: <a href="mailto:cs@jgs@tvm2.nsc.com">cs@jgs@tvm2.nsc.com</a> Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85 English Tel: (+49) 0-180-532 78 32 Francaise Tel: (+49) 0-180-532 80 68 Italiano Tel: (+49) 0-180-534 10 80</p>	<p><b>National Semiconductor Hong Kong Ltd.</b> 13th Floor, Straight Street, Ocean Centre, 5 Canton Rd. Tsimshatsui, Kowloon Hong Kong Tel: (852) 2737-1000 Fax: (852) 2736-0060</p>	<p><b>National Semiconductor Japan Ltd.</b> Tel: 01-043-290-2309 Fax: 01-043-290-2308</p>
--	--	--	---

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

**Features**

- Complete DTMF Receiver
- Low power consumption
- Internal gain setting amplifier
- Adjustable guard time
- Central office quality
- Power-down mode
- Inhibit mode
- Backward compatible with MT8870C/MT8870C-1

ISSUE 5

March 1997

**Ordering Information**

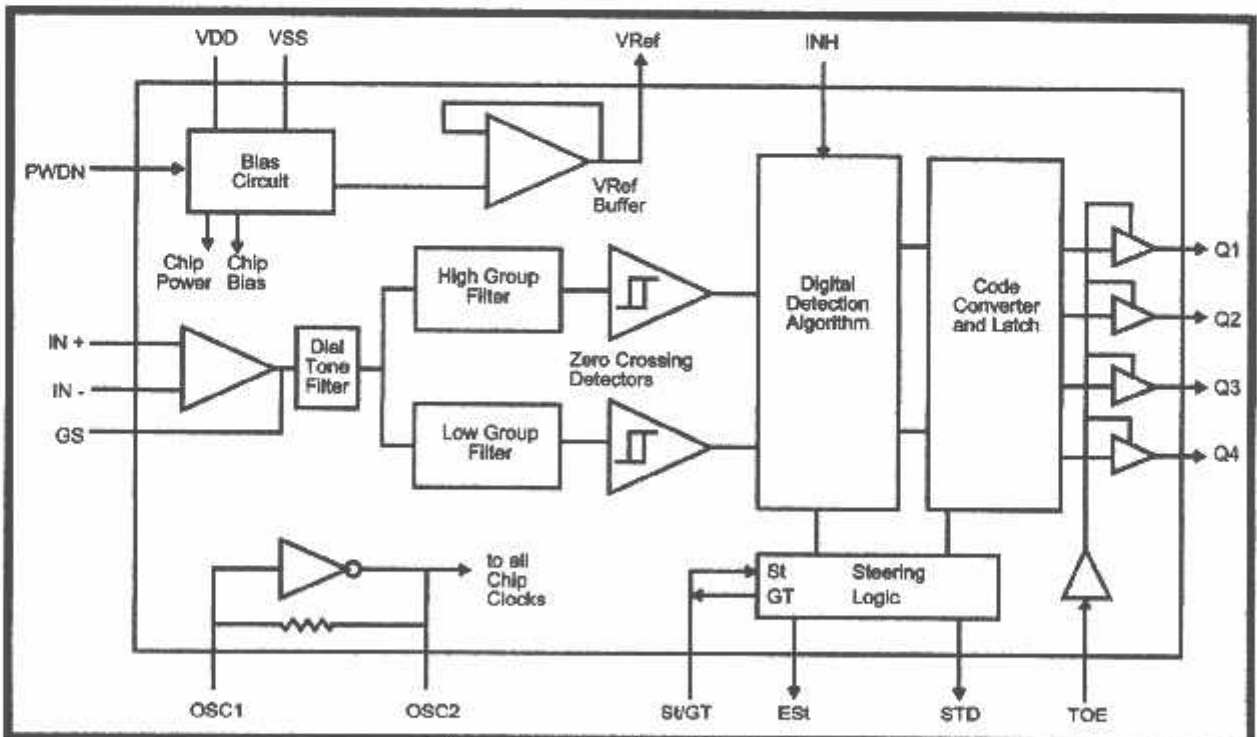
MT8870DE/DE-1	18 Pin Plastic DIP
MT8870DS/DS-1	18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1	20 Pin SSOP
-40 °C to +85 °C	

**Description**

The MT8870D/MT8870D-1 is a complete DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions. The filter section uses switched capacitor techniques for high and low group filters; the decoder uses digital counting techniques to detect and decode all 16 DTMF tone-pairs into a 4-bit code. External component count is minimized by on chip provision of a differential input amplifier, clock oscillator and latched three-state bus interface.

**Applications**

- Receiver system for British Telecom (BT) or CEPT Spec (MT8870D-1)
- Paging systems
- Repeater systems/mobile radio
- Credit card systems
- Remote control
- Personal computers
- Telephone answering machine


**Figure 1 - Functional Block Diagram**

# MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

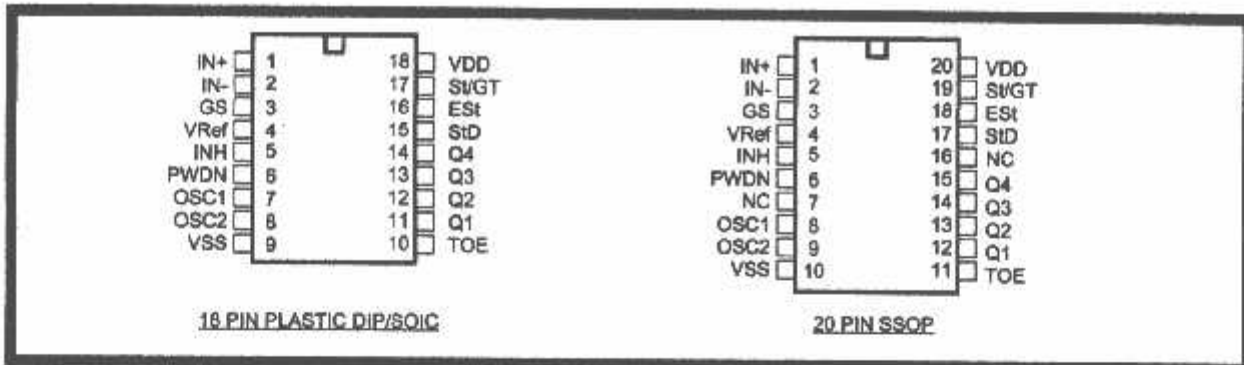


Figure 2 - Pin Connections

## Pin Description

Pin #		Name	Description
18	20		
1	1	IN+	Non-Inverting Op-Amp (Input).
2	2	IN-	Inverting Op-Amp (Input).
3	3	GS	Gain Select. Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	V <sub>Ref</sub>	Reference Voltage (Output). Nominally V <sub>DD</sub> /2 is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 6 and Fig. 10).
5	5	INH	Inhibit (Input). Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	6	PWDN	Power Down (Input). Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	8	OSC1	Clock (Input).
8	9	OSC2	Clock (Output). A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	10	V <sub>SS</sub>	Ground (Input). 0V typical.
10	11	TOE	Three State Output Enable (Input). Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	12-15	Q1-Q4	Three State Data (Output). When enabled by TOE, provide the code corresponding to the last valid tone-pair received (see Table 1). When TOE is logic low, the data outputs are high impedance.
15	17	StD	Delayed Steering (Output). Presents a logic high when a received tone-pair has been registered and the output latch updated; returns to logic low when the voltage on St/GT falls below V <sub>TSt</sub> .
16	18	EST	Early Steering (Output). Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause EST to return to a logic low.
17	19	St/GT	Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional. A voltage greater than V <sub>TSt</sub> detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V <sub>TSt</sub> frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of EST and the voltage on St.
18	20	V <sub>DD</sub>	Positive power supply (Input). +5V typical.
	7, 16	NC	No Connection.

**Functional Description**

The MT8870D/MT8870D-1 monolithic DTMF receiver offers small size, low power consumption and high performance. Its architecture consists of a bandsplit filter section, which separates the high and low group tones, followed by a digital counting section which verifies the frequency and duration of the received tones before passing the corresponding code to the output bus.

**Filter Section**

Separation of the low-group and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies. The filter section also incorporates notches at 350 and 440 Hz for exceptional dial tone rejection (see Figure 3). Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

**Decoder Section**

Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone simulation by extraneous signals such as voice while

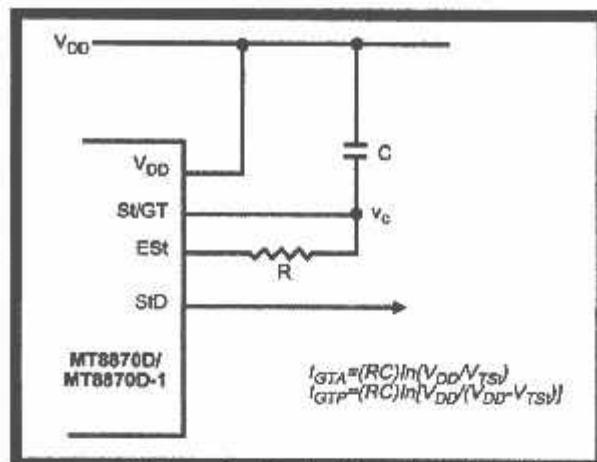


Figure 4 - Basic Steering Circuit

providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (EST) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause EST to assume an inactive state (see "Steering Circuit").

**Steering Circuit**

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by EST. A logic high on EST causes v<sub>c</sub> (see Figure 4) to rise as the capacitor discharges. Provided signal

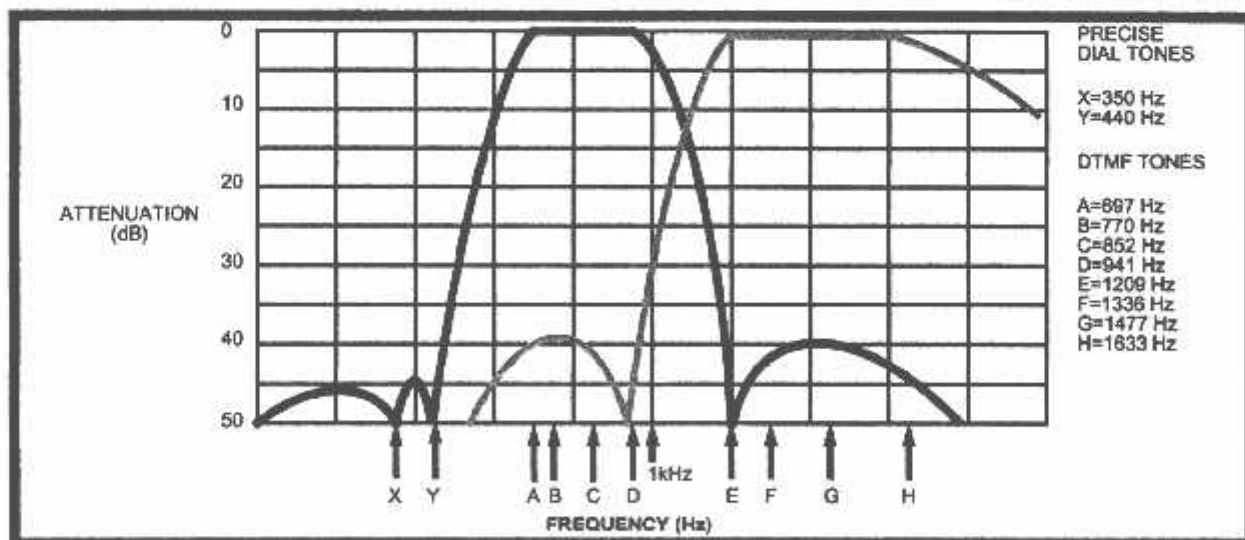


Figure 3 - Filter Response



# MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

condition is maintained (EST remains high) for the validation period ( $t_{GTP}$ ),  $v_c$  reaches the threshold ( $V_{TSt}$ ) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the output latch. At this point the GT output is activated and drives  $v_c$  to  $V_{DD}$ . GT continues to drive high as long as EST remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag (StD) goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

## Guard Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering circuit shown in Figure 4 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC} = t_{DP} + t_{GTP}$$

$$t_{ID} = t_{DA} + t_{GTA}$$

The value of  $t_{DP}$  is a device parameter (see Figure 11) and  $t_{REC}$  is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 nF is

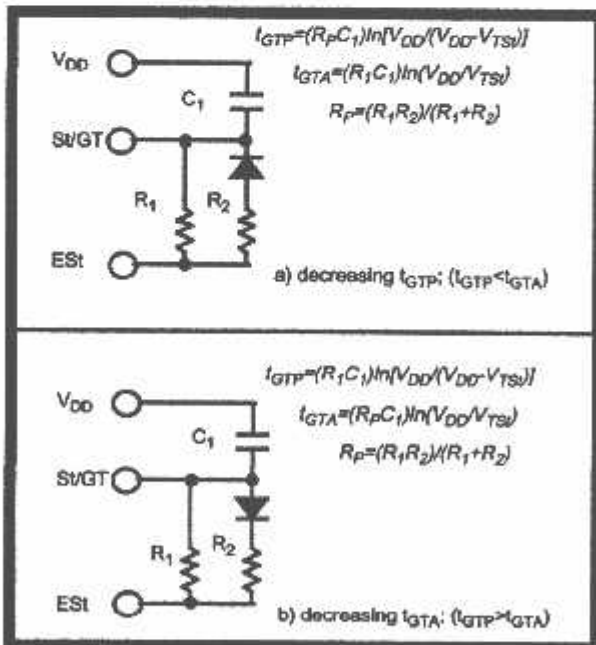


Figure 5 - Guard Time Adjustment

Digit	TOE	INH	EST	Q <sub>4</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
A	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

Table 1. Functional Decode Table

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE  
X= DON'T CARE

recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present ( $t_{GTP}$ ) and tone absent ( $t_{GTA}$ ). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity. Increasing  $t_{REC}$  improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short  $t_{REC}$  with a long  $t_{DP}$  would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 5.



**Power-down and Inhibit Mode**

A logic high applied to pin 6 (PWDN) will power down the device to minimize the power consumption in a standby mode. It stops the oscillator and the functions of the filters.

Inhibit mode is enabled by a logic high input to the pin 5 (INH). It inhibits the detection of tones representing characters A, B, C, and D. The output code will remain the same as the previous detected code (see Table 1).

**Differential Input Configuration**

The input arrangement of the MT8870D/MT8870D-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source ( $V_{Ref}$ ) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 10 with the op-amp connected for unity gain and  $V_{Ref}$  biasing the input at  $\frac{1}{2}V_{DD}$ . Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor  $R_5$ .

**Crystal Oscillator**

The internal clock circuit is completed with the addition of an external 3.579545 MHz crystal and is normally connected as shown in Figure 10 (Single-Ended Input Configuration). However, it is possible to configure several MT8870D/MT8870D-1 devices employing only a single oscillator crystal. The oscillator output of the first device in the chain is coupled through a 30 pF capacitor to the oscillator input (OSC1) of the next device. Subsequent devices are connected in a similar fashion. Refer to Figure 7 for details. The problems associated with unbalanced loading are not a concern with the arrangement shown, i.e., precision balancing capacitors are not required.

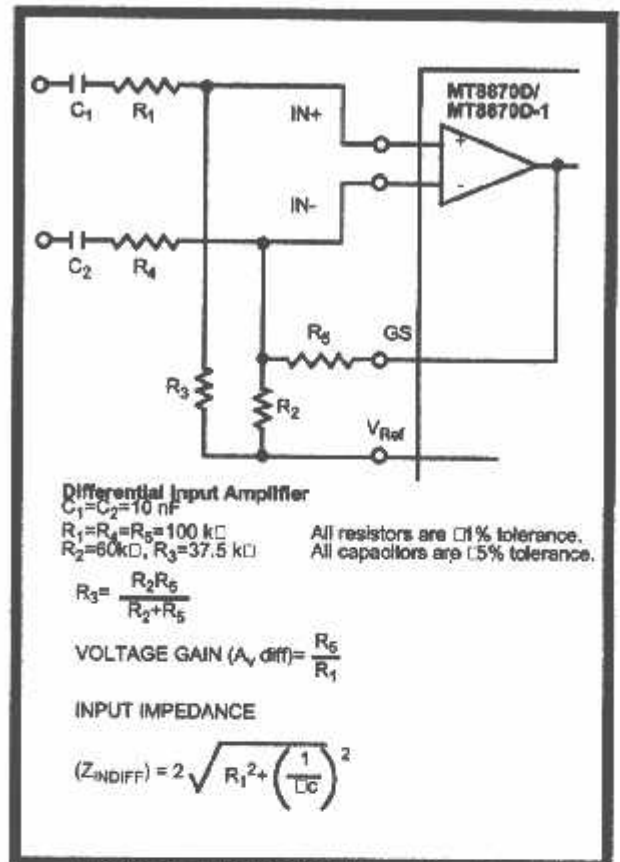


Figure 6 - Differential Input Configuration

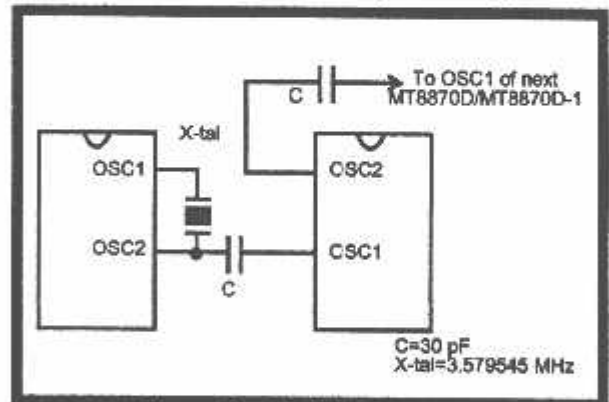


Figure 7 - Oscillator Connection

Parameter	Unit	Resonator
R1	Ohms	10.752
L1	mH	.432
C1	pF	4.984
C0	pF	37.915
Qm	-	896.37
Lf	%	±0.2%

Table 2. Recommended Resonator Specifications  
Note: Qm=quality factor of RLC model, i.e., 1/2QR1C1.

# MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

## Applications

### RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 9 illustrates the use of MT8870D-1 device in a typical receiver system. BT Spec defines the input signals less than -34 dBm as the non-operate level. This condition can be attained by choosing a suitable values of  $R_1$  and  $R_2$  to provide 3 dB attenuation, such that -34 dBm input signal will correspond to -37 dBm at the gain setting pin GS of MT8870D-1. As shown in the diagram, the component values of  $R_3$  and  $C_2$  are the guard time requirements when the total component tolerance is 6%. For better performance, it is recommended to use the non-symmetric guard time circuit in Fig. 8.

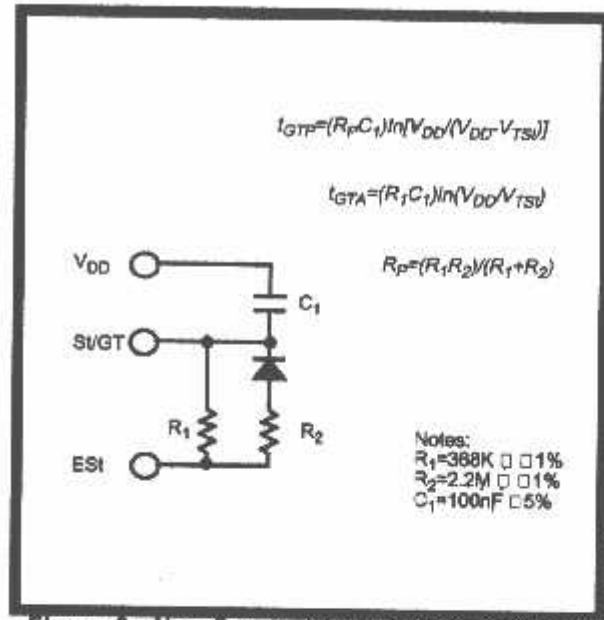


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

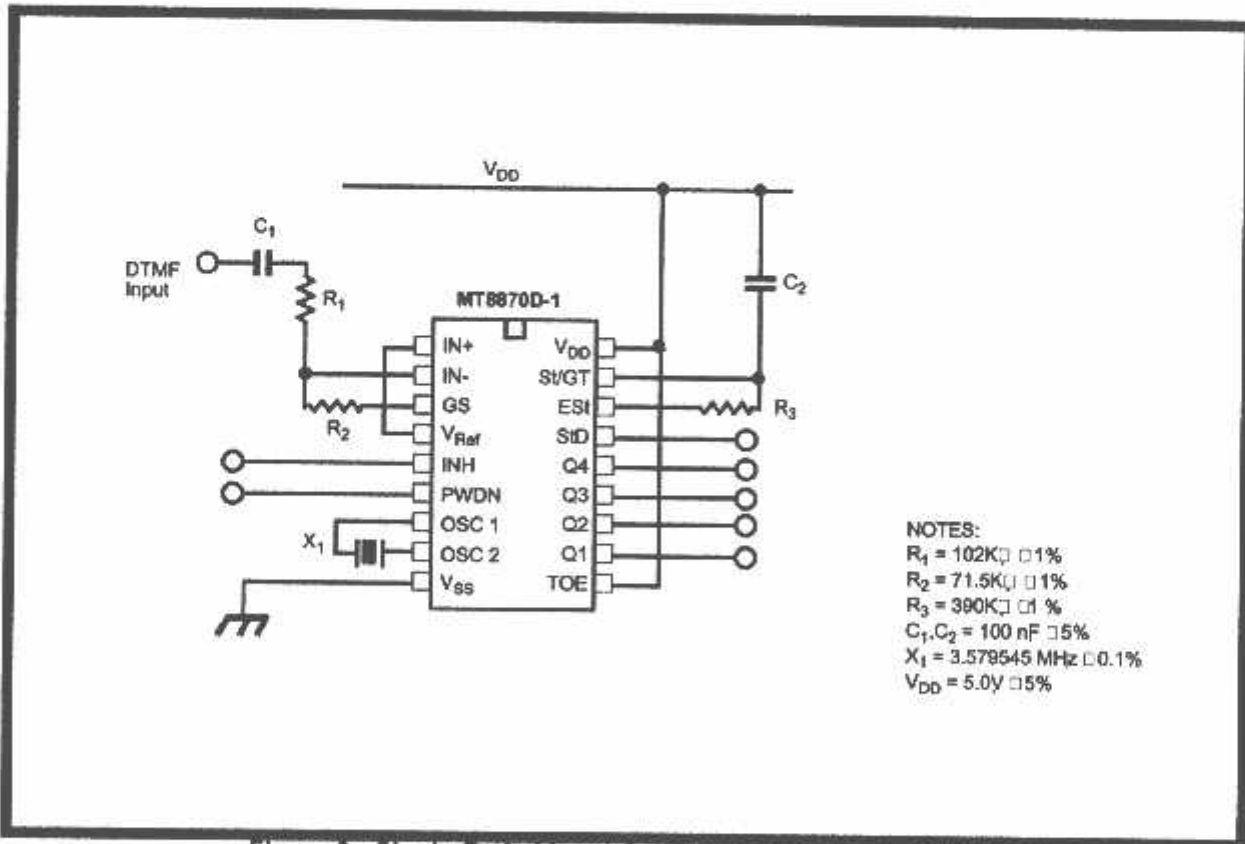


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

**Absolute Maximum Ratings†**

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V <sub>DD</sub>		7	V
2	Voltage on any pin	V <sub>I</sub>	V <sub>SS</sub> -0.3	V <sub>DD</sub> +0.3	V
3	Current at any pin (other than supply)	I <sub>I</sub>		10	mA
4	Storage temperature	T <sub>STG</sub>	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P <sub>D</sub>		500	mW

† Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied. Derate above 75 °C at 16 mW / °C. All leads soldered to board.

**Recommended Operating Conditions -** Voltages are with respect to ground (V<sub>SS</sub>) unless otherwise stated.

	Parameter	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	DC Power Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	4.75	5.0	5.25	V	
2	Operating Temperature	T <sub>O</sub>	-40		+85	°C	
3	Crystal/Clock Frequency	f <sub>c</sub>		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq. Tolerance	Δf <sub>c</sub>		±0.1		%	

‡ Typical figures are at 25 °C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

**DC Electrical Characteristics -** V<sub>DD</sub>=5.0V(±5%), V<sub>SS</sub>=0V, -40°C □ T<sub>O</sub> □ +85°C, unless otherwise stated.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1 2 3	S U P P L Y	Standby supply current	I <sub>DDQ</sub>		10	25	μA	PWDN=V <sub>DD</sub>
		Operating supply current	I <sub>DD</sub>		3.0	9.0	mA	
		Power consumption	P <sub>O</sub>		15		mW	f <sub>c</sub> =3.579545 MHz
4 5 6 7 8	I N P U T S	High level input	V <sub>IH</sub>	3.5			V	V <sub>DD</sub> =5.0V
		Low level input voltage	V <sub>IL</sub>			1.5	V	V <sub>DD</sub> =5.0V
		Input leakage current	I <sub>IH/IL</sub>		0.1		μA	V <sub>IN</sub> =V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub>
		Pull up (source) current	I <sub>SO</sub>		7.5	20	μA	TOE (pin 10)=0, V <sub>DD</sub> =5.0V
		Pull down (sink) current	I <sub>SI</sub>		15	45	μA	I <sub>NH</sub> =5.0V, PWDN=5.0V, V <sub>DD</sub> =5.0V
		Input impedance (IN+, IN-)	R <sub>IN</sub>		10		MΩ	@ 1 kHz
9		Steering threshold voltage	V <sub>TSt</sub>	2.2	2.4	2.5	V	V <sub>DD</sub> = 5.0V
11 12 13 14 15	O U T P U T S	Low level output voltage	V <sub>OL</sub>			V <sub>SS</sub> +0.03	V	No load
		High level output voltage	V <sub>OH</sub>	V <sub>DD</sub> -0.03			V	No load
		Output low (sink) current	I <sub>OL</sub>	1.0	2.5		mA	V <sub>OUT</sub> =0.4 V
		Output high (source) current	I <sub>OH</sub>	0.4	0.8		mA	V <sub>OUT</sub> =4.6 V
		V <sub>Ref</sub> output voltage	V <sub>Ref</sub>	2.3	2.5	2.7	V	No load, V <sub>DD</sub> = 5.0V
16		V <sub>Ref</sub> output resistance	R <sub>OR</sub>		1		kΩ	

‡ Typical figures are at 25 °C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

# MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

**Operating Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V \pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$ , unless otherwise stated.  
**Gain Setting Amplifier**

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	$I_{IN}$			100	nA	$V_{SS} \leq V_{IN} \leq V_{DD}$
2	Input resistance	$R_{IN}$	10			M $\Omega$	
3	Input offset voltage	$V_{OS}$			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	0.75 V $\leq V_{IN} \leq$ 4.25 V biased at $V_{Ref}=2.5$ V
6	DC open loop voltage gain	$A_{VOL}$	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	$f_C$	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	$V_O$	4.0			$V_{pp}$	Load $\leq$ 100 k $\Omega$ to $V_{SS}$ @ GS
9	Maximum capacitive load (GS)	$C_L$			100	pF	
10	Resistive load (GS)	$R_L$			50	k $\Omega$	
11	Common mode range	$V_{CM}$	2.5			$V_{pp}$	No Load

**MT8870D AC Electrical Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V \pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$ , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29		+1	dBm	1,2,3,5,6,9
			27.5		869	mV <sub>RMS</sub>	1,2,3,5,6,9
2	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
3	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
4	Frequency deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2$ Hz				2,3,5,9
5	Frequency deviation reject		$\leq 3.5\%$				2,3,5,9
6	Third tone tolerance			-16		dB	2,3,4,5,9,10
7	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
8	Dial tone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11

<sup>‡</sup> Typical figures are at 25  $^{\circ}C$  and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

**\*NOTES**

1. dBm= decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration= 40 ms, tone pause= 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by  $\pm 1.5\% \pm 2$  Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz)  $\pm 2\%$ .
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. Guaranteed by design and characterization.

**MT8870D-1 AC Electrical Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V \pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$ , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-31		+1	dBm	Tested at $V_{DD}=5.0V$ 1,2,3,5,6,9
			21.8		869	mV <sub>RMS</sub>	
2	Input Signal Level Reject		-37			dBm	Tested at $V_{DD}=5.0V$ 1,2,3,5,6,9
			10.9			mV <sub>RMS</sub>	
3	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
4	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
5	Frequency deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2$ Hz				2,3,5,9
6	Frequency deviation reject		$\pm 3.5\%$				2,3,5,9
7	Third zone tolerance			-18.5		dB	2,3,4,5,9,12
8	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
9	Dial tone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11

<sup>‡</sup> Typical figures are at 25 °C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

**\*NOTES**

1. dBm= decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration= 40 ms, tone pause= 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by  $\pm 1.5\% \pm 2$  Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz ) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz)  $\pm 2\%$ .
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. Referenced to Fig. 10 Input DTMF tone level at -25dBm (-28dBm at GS Pin) interference frequency range between 480-3400Hz.
13. Guaranteed by design and characterization.

# MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

**AC Electrical Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V \pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Conditions
T I M I N G	Tone present detect time	$t_{DP}$	5	11	14	ms	Note 1
	Tone absent detect time	$t_{DA}$	0.5	4	8.5	ms	Note 1
	Tone duration accept	$t_{REC}$			40	ms	Note 2
	Tone duration reject	$t_{\overline{REC}}$	20			ms	Note 2
	Interdigit pause accept	$t_{ID}$			40	ms	Note 2
	Interdigit pause reject	$t_{DO}$	20			ms	Note 2
O U T P U T S	Propagation delay (St to Q)	$t_{pQ}$		8	11	ns	TOE= $V_{DD}$
	Propagation delay (St to StD)	$t_{pStD}$		12	16	ns	TOE= $V_{DD}$
	Output data set up (Q to StD)	$t_{QStD}$		3.4		ns	TOE= $V_{DD}$
	Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	$t_{pTE}$		50		ns	load of 10 k $\Omega$ , 50 pF
	Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	$t_{pTD}$		300		ns	load of 10 k $\Omega$ , 50 pF
P D W N	Power-up time	$t_{PU}$		30		ms	Note 3
	Power-down time	$t_{PD}$		20		ms	
14	Crystal/clock frequency	$f_C$	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
C L O C K	Clock input rise time	$t_{LHCL}$			110	ns	Ext. clock
	Clock input fall time	$t_{HLCL}$			110	ns	Ext. clock
	Clock input duty cycle	DC <sub>CL</sub>	40	50	60	%	Ext. clock
	Capacitive load (OSC2)	$C_{LO}$			30	pF	

<sup>‡</sup> Typical figures are at 25<sup>o</sup>C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

**\*NOTES:**

- Used for guard-time calculation purposes only.
- These, user adjustable parameters, are not device specifications. The adjustable settings of these minimums and maximums are recommendations based upon network requirements.
- With valid tone present at input,  $t_{PU}$  equals time from PDWN going low until EST going high.

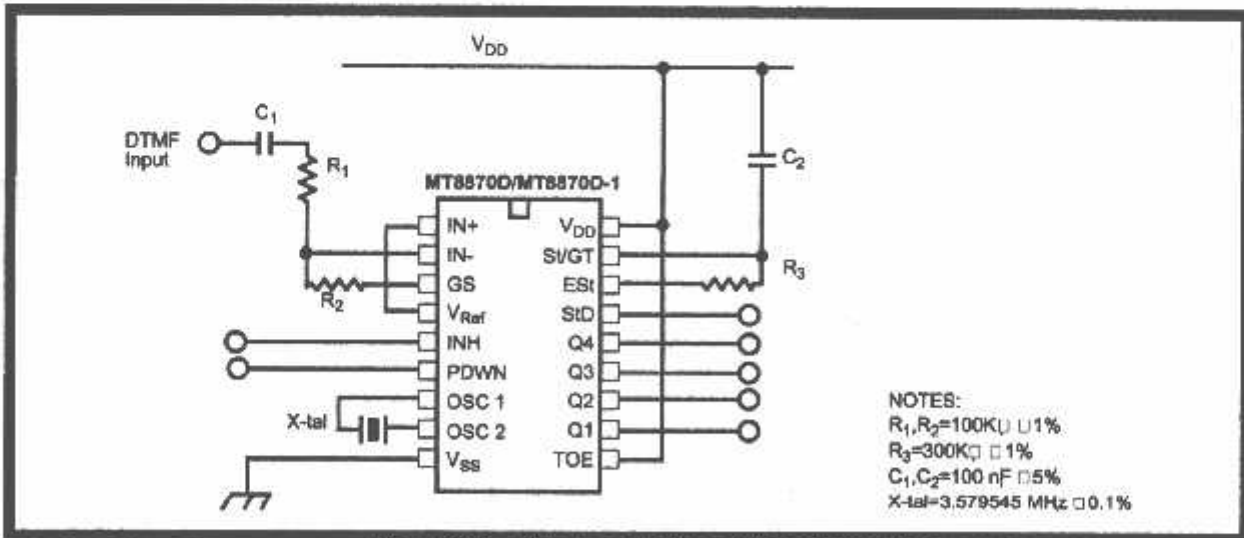


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration



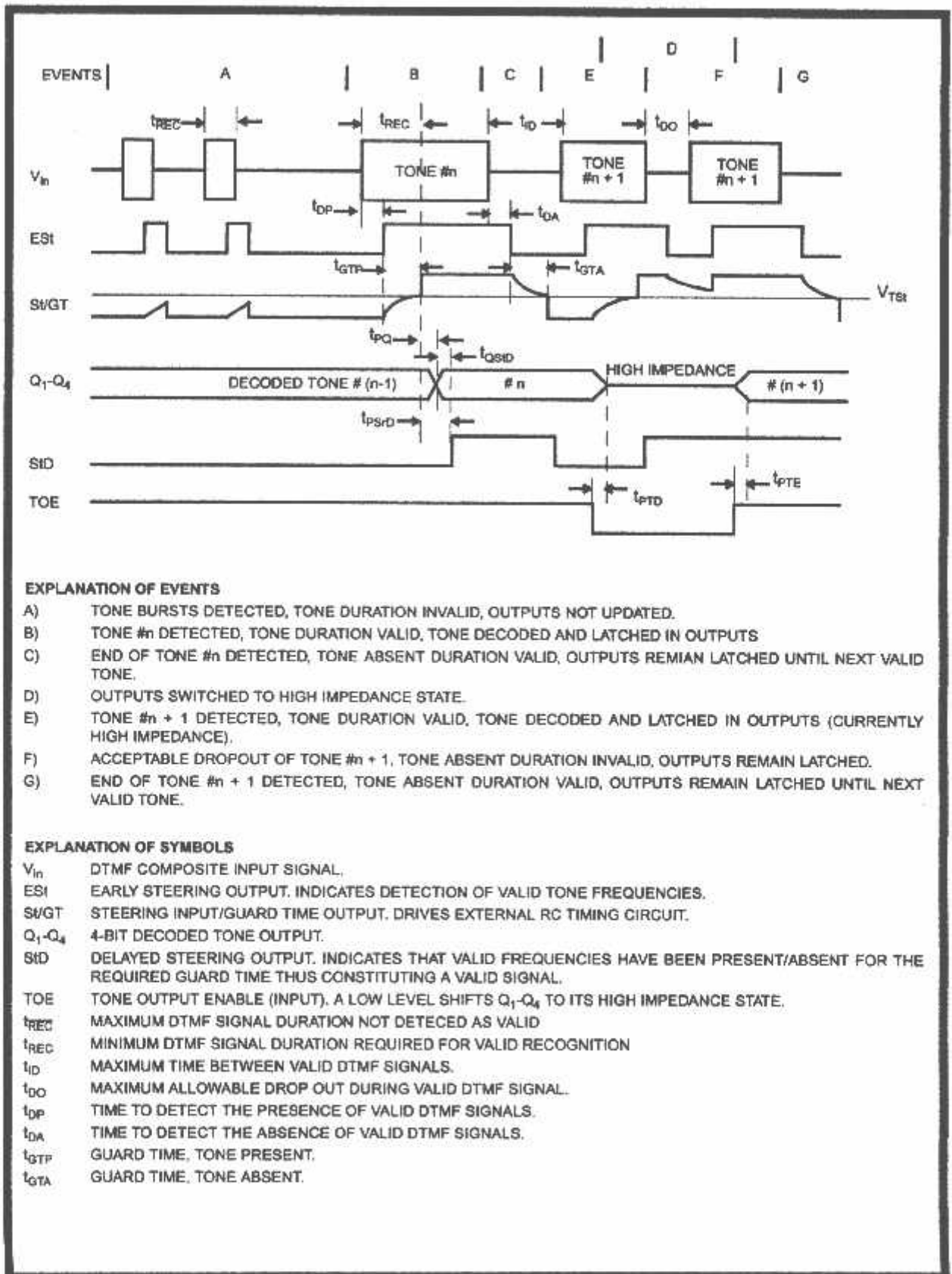


Figure 11 - Timing Diagram

# MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

---

Notes:



## KC7783R PIR Module Low Cost version

This is a low cost version for PIR module series from COMedia Ltd. It is designed for cost sensitive consumer product. Except the IC package format, all the mechanical and electrical spec is same as KC7783.

### Features:

- IC soft package by dice bonding technique
- Small size: 25 x 35mm
- Bull lens is included as standard configuration
- 3 leads flat cable for easy connection
- 4 mounting holes on board
- High Sensitivity
- High immunity to RFI
- Power up delay to prevent from false triggering
- Output High for direct connect to control panel



### Specification

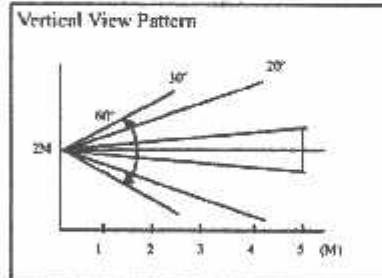
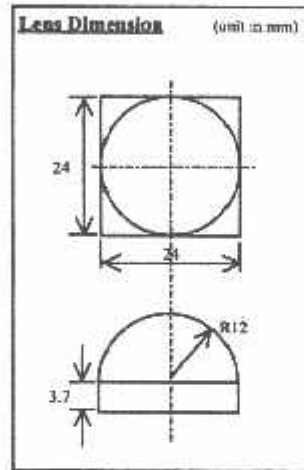
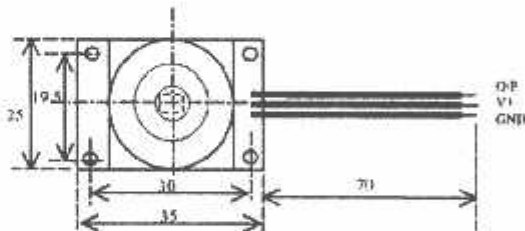
	Min	Typ	Max	Unit
Operation Voltage	4.7	5	12	V
Standby Current ( no load)		300		μA
Output Pulse Width	0.5			Sec
Output High Voltage		5		V
Detection Range		5		M
Operation Temperature	-20	25	50	°C
Humidity Range			95	%

Note: 1. All other features and specification, please refer to KC7783B  
2. Minimum output pulse width can be customer specified.

### Standard Configuration

PIR controller	KC7783B in dice form
PIR Sensor	RE20013 by NICERA
Lens	Bull lens of 60° detection angle
Connector	3 leads flat cable, Power, GND, O/P

### Mechanical Dimension



### Application Note:

1. The PIR sensor is sensitive to the temperature change and therefore to prevent from operating the module in rapid environmental temperature changes, strong shock or vibration. Don't expose to the direct sun light or headlights of automobile. Don't expose to direct wind from heater or air conditioner.
2. This module is designed for indoor use. If using in outdoor, make sure to apply suitable supplemental optical filter and drop-proof, anti-dew construction
3. Detection range might be varied in different environmental temperature condition.

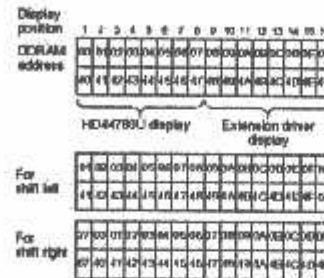
## M1632 MODULE LCD 16 X 2 BARIS (M1632)

### Deskripsi

M1632 adalah merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya yang rendah. Modul ini dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD Mikrokontroler HD44780 buatan Hitachi yang berfungsi sebagai pengendali LCD ini mempunyai CGRAM (Character Generator Read Only Memory), CGRAM (Character Generator Random Access Memory) DDRAM (Display Data Random Access Memory).

### DDRAM

DDRAM adalah merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan berada. Contoh, ur karakter 'A' atau 41H yang ditulis pada alamat 00, maka karakter tersebut akan tampil pada baris pertama dan kolom pertama dari LCD. Apabila karakter tersebut ditulis di alamat 40, maka karakter tersebut akan tampil pada baris kedua kolom pertama dari LCD.



Gambar 1  
DDRAM M1632 (diambil dari data sheet HD44780)

### CGRAM

CGRAM adalah merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter di mana jika karakter dapat diubah-ubah sesuai keinginan. Namun memori ini akan hilang saat power supply tidak aktif, sehingga pola karakter akan hilang.

### CGROM

CGROM adalah merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter di mana jika tersebut sudah ditentukan secara permanen dari HD44780 sehingga pengguna tidak dapat mengubahnya. Namun karena ROM bersifat permanen, maka pola karakter tersebut tidak akan hilang walaupun power supply tidak aktif.

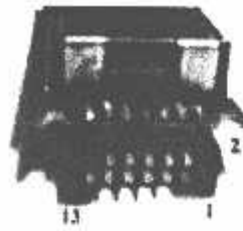
Pada gambar 2, tampak terlihat pola-pola karakter yang tersimpan dalam lokasi-lokasi tertentu dalam CGROM. Pada saat HD44780 akan menampilkan data 41H yang tersimpan pada DDRAM, maka HD44780 akan mengambil data di alamat 41H (0100 0001) yang ada pada CGROM yaitu pola karakter A.

	000	001	010	011	100	101	110	111	000	001	010	011	100	101	110	111
00000000	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00000001	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00000010	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00000011	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00000100	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00000101	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00000110	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00000111	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00001000	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00001001	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00001010	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00001011	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00001100	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00001101	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00001110	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?
00001111	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	=	>	?

Gambar 2  
Hubungan antara CGROM dan DDRAM (diambil dari data sheet HD44780)

Pin Out

No	Nama Pin	Deskripsi
1	VCC	+5V
2	GND	0V
3	VEE	Tegangan Kontras LCD
4	RS	Register Select, 0 = Register Perintah, 1 = Register I
5	R/W	1 = Read, 0 = Write
6	E	Enable Clock LCD, logika 1 setiap kali pengiriman : pembacaan data
7	D0	Data Bus 0
8	D1	Data Bus 1
9	D2	Data Bus 2
10	D3	Data Bus 3
11	D4	Data Bus 4
12	D5	Data Bus 5
13	D6	Data Bus 6
14	D7	Data Bus 7
15	Anoda (Kabel coklat untuk LCD Hitachi)	Tegangan positif backlight
16	Katoda (Kabel merah untuk LCD Hitachi)	Tegangan negatif backlight



Gambar 3  
Pin Out M1632 LCD Hitachi



Gambar 4  
Pin Out LCD M1632 Standard

**Register**

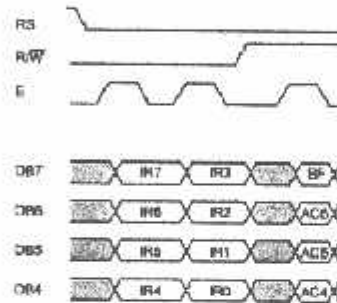
HD44780, mempunyai dua buah Register yang aksesnya diatur dengan menggunakan kaki. Pada saat RS berlogika 0, maka register yang diakses adalah Register Perintah dan pada saat RS berlogika 1, maka register yang diakses adalah Register Data.

**Register Perintah**

Register ini adalah register di mana perintah-perintah dari mikrokontroler ke HD44780 pada proses penulisan data atau tempat status dari HD44780 dapat dibaca pada saat pembacaan data.

**Penulisan Data ke Register Perintah**

Penulisan data ke Register Perintah dilakukan dengan tujuan mengatur tampilan LCD, inisialisasi dan mengatur Address Counter maupun Address Data. Gambar 5 menunjukkan proses penulisan data register perintah dengan menggunakan mode 4 bit interface. Kondisi RS berlogika 0 menunjukkan ab data ke Register Perintah. RW berlogika 0 yang menunjukkan proses penulisan data akan dilakukan. Nibble tinggi (bit 7 sampai bit 4) terlebih dahulu dikirimkan dengan diawali pulsa logika 1 pada E Clock. Kemudian Nibble rendah (bit 3 sampai bit 0) dikirimkan dengan diawali pulsa logika 1 pada E Clock. Untuk mode 8 bit interface, proses penulisan dapat langsung dilakukan secara 8 bit (bit 7 ... bit 0) diawali sebuah pulsa logika 1 pada E Clock.



Gambar 5  
Timing diagram Penulisan Data ke Register Perintah Mode 4 bit Interface

Tabel 1  
Perintah-perintah M1632

Perintah	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Deskripsi
Input Display	0	0	0	0	0	0	0	1	Hapus Display dan DDRAM
Posisi Awal	0	0	0	0	0	0	1	X	Set Alamat DDRAM di 0
Set Mode	0	0	0	0	0	1	1/0	0	Atur arah pergerakan cursor dan display

Display On/OFF	0	0	0	0	1	D	C	B	Atur display (D) On/OFF, cursor ON/OFF, Blinking (B)
Geser Cursor/Display	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X	Geser Cursor atau display tanpa merubah alamat DDRAM
Set Fungsi	0	0	1	DL	N	F	X	X	Atur panjang data, jumlah baris, jumlah kolom, dan font karakter
Set CGRAM	Alamat	0	1	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	Data dapat dibaca atau ditulis ke alamat diatur
Set DDRAM	Alamat	1	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	Data dapat dibaca atau ditulis ke alamat diatur

X = diabaikan

I/D 1=Increment, 0=Decrement

S 0=Display tidak geser

S/C 1=Display Shift, 0=Geser Cursor

R/L 1=Geser Kiri, 0=Geser Kanan

DL 1=8 bit, 0=4bit

N 1=2 baris, 0=1 baris

F 1=5x10, 0=5x8

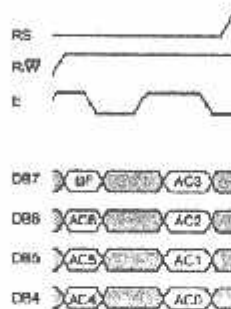
D 0=Display OFF, 1=Display ON

C 0=Cursor OFF, 1=Cursor ON

B 0=Blinking OFF, 1=Blinking ON

#### Pembacaan Data dari Register Perintah

Proses pembacaan data pada register perintah biasa digunakan untuk melihat status busy dari LCD atau membaca Address Counter. RS diatur pada logika 0 untuk akses ke Register Perintah, R/W diatur pada logika 1 yang menunjukkan proses pembacaan data. 4 bit nibble tinggi dibaca dengan diawali pulsa logika 1 pada E Clock dan kemudian 4 bit nibble rendah dibaca dengan diawali pulsa logika 1 pada E Clock. Untuk Mode 8 bit interface, pembacaan 8 bit (nibble tinggi dan rendah) dilakukan sekaligus dengan diawali sebuah pulsa logika 1 pada E Clock.



Gambar 6

Timing Diagram Pembacaan Register Perintah Mode 4 bit Interface

#### Register Data

Register ini adalah register di mana mikrokontroler dapat menuliskan atau membaca data ke/dari DDRAM. Penulisan data pada register ini akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

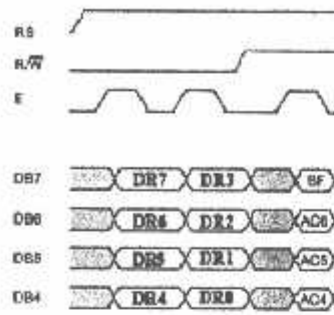
#### Penulisan Data ke Register Data

Penulisan data pada Register Data dilakukan untuk mengirimkan data yang akan ditampilkan pada LCD. Proses diawali dengan adanya logika 1 pada RS yang menunjukkan akses ke Register Data, kondisi R/W diatur pada logika 0 yang menunjukkan proses penulisan data. Data 4 bit nibble tinggi (bit 7 hingga

DELTA ELECTRONIC

<http://www.delta-electronic.com>

bit 4) dikirim dengan diawali pulsa logika 1 pada sinyal E Clock dan kemudian diikuti 4 bit nibble rendah (bit 3 hingga bit 0) yang juga diawali pulsa logika 1 pada sinyal E Clock.

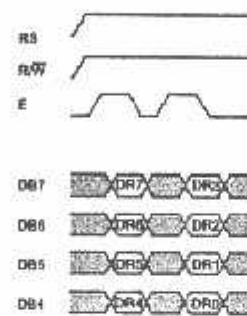


Gambar 7

Timing Diagram Penulisan Data ke Register Data Mode 4 bit Interface

**Pembacaan Data dari Register Data**

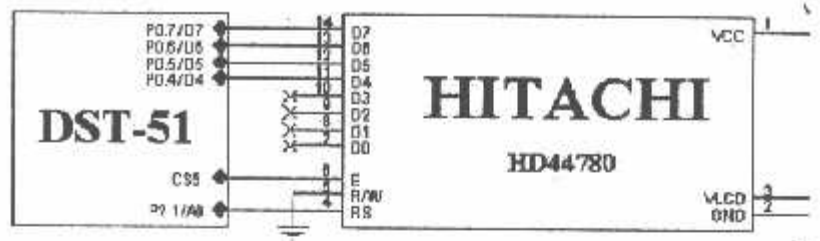
Pembacaan data dari Register Data dilakukan untuk membaca kembali data yang tampil p LCD. Proses dilakukan dengan mengatur RS pada logika 1 yang menunjukkan adanya akses ke Regi Data. Kondisi R/W diatur pada logika tinggi yang menunjukkan adanya proses pembacaan data. Data 4 nibble tinggi (bit 7 hingga bit 4) dibaca dengan diawali adanya pulsa logika 1 pada E Clock dan dilanjut dengan data 4 bit nibble rendah (bit 3 hingga bit 0) yang juga diawali dengan pulsa logika 1 pada E Clock



Gambar 8

Timing Diagram Pembacaan Data dari Register Data Mode 4 bit Interface

Antar muka LCD dengan mikrokontroler



Gambar 9  
Antar muka dengan Modul DST-51



Gambar 10  
Antar Muka dengan Modul SC-51 atau AT8951

**Program**

Rutin-rutin Program untuk DST-51 yang diassembly dengan ALDS atau ASM51

Rutin-rutin Program untuk SC-51/AT8951 yang diassembly dengan ALDS atau ASM51

Rutin delay yang diassembly dengan ALDS atau ASM51

Datasheet HD44780

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## Single Supply Quad Operational Amplifiers

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V (LM224, LM324, LM324A)
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation

**MAXIMUM RATINGS** ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM224 LM324, LM324A	LM2902, LM2902V	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	$V_{CC}$ $V_{CC}, V_{EE}$	32 $\pm 16$	26 $\pm 13$	Vdc
Input Differential Voltage Range (Note 1)	$V_{IDR}$	$\pm 32$	$\pm 26$	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	$V_{ICR}$	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	$t_{SC}$	Continuous		
Junction Temperature	$T_J$	150		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-65 to +150		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	$T_A$	-25 to +85 0 to +70	-40 to +105 -40 to +125	$^\circ\text{C}$

1. Split Power Supplies.



**ON Semiconductor®**

<http://onsemi.com>



PDIP-14  
N SUFFIX  
CASE 648

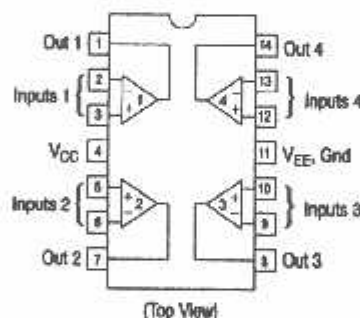


SO-14  
D SUFFIX  
CASE 751A



TSSOP-14  
DTB SUFFIX  
CASE 948G

### PIN CONNECTIONS



### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 9 of this data sheet.

### DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 10 of this data sheet.



## LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ ,  $V_{EE} = \text{Gnd}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0\text{ V to }30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $V_{ICR} = 0\text{ V to}$ $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 0\ \Omega$ . $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ (Note 2) $T_A = T_{\text{low}}$ (Note 2)	$V_{IO}$	-	2.0	5.0	-	2.0	3.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Notes 2 and 4)	$L_{VIO}/T$	-	7.0	-	-	7.0	30	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 2)	$I_{IO}$	-	3.0	30	-	5.0	30	-	5.0	50	-	5.0	50	-	5.0	50	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Notes 2 and 4)	$L_{IIO}/T$	-	10	-	-	10	300	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 2)	$I_{IB}$	-	-90	-150	-	-45	-100	-	-90	-250	-	-90	-250	-	-90	-250	nA
Input Common Mode Voltage Range (Note 3) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V) $T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 2)	$V_{ICR}$	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	24.3	0	-	24.3	V
Differential Input Voltage Range	$V_{IDR}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	-	-	$V_{CC}$	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ , for Large $V_O$ Swing $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}$ (Note 2)	$A_{VOL}$	50	100	-	25	100	-	25	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
Channel Separation $10\text{ kHz} \leq f \leq 20\text{ kHz}$ , Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection, $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	CMR	70	85	-	65	70	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	50	100	-	dB

2. LM224:  $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$   
 LM324/LM324A:  $T_{\text{low}} = 0^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +70^\circ\text{C}$   
 LM2902:  $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +105^\circ\text{C}$   
 LM2902V & NCV2902:  $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{high}} = +125^\circ\text{C}$   
 NCV2902 is qualified for automotive use.

3. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is  $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ .
4. Guaranteed by design.

## LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ ,  $V_{EE} = \text{Gnd}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage— High Limit ( $T_A = T_{\text{High}}$ to $T_{\text{Low}}$ ) (Note 5) $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (28 V for LM2902, V), $R_L = 10\text{ k}\Omega$	$V_{OH}$	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	V
Output Voltage— Low Limit, $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $T_A = T_{\text{High}}$ to $T_{\text{Low}}$ (Note 5)	$V_{OL}$	—	5.0	20	—	5.0	20	—	5.0	20	—	5.0	100	—	5.0	100	mV
Output Source Current ( $V_{IO} = +1.0\text{ V}$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ ) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{High}}$ to $T_{\text{Low}}$ (Note 5)	$I_{O+}$	20	40	—	20	40	—	20	40	—	20	40	—	20	40	—	mA
Output Sink Current ( $V_{IO} = -1.0\text{ V}$ , $V_{CC} = 15\text{ V}$ ) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{High}}$ to $T_{\text{Low}}$ (Note 5) ( $V_{IO} = -1.0\text{ V}$ , $V_O = 200\text{ mV}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ )	$I_{O-}$	10	20	—	10	20	—	10	20	—	10	20	—	10	20	—	mA
Output Short Circuit to Ground (Note 6)	$I_{SC}$	—	40	60	—	40	60	—	40	60	—	40	60	—	40	60	mA
Power Supply Current ( $T_A = T_{\text{High}}$ to $T_{\text{Low}}$ ) (Note 5) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $V_O = 0\text{ V}$ , $R_L = \infty$ $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ , $V_O = 0\text{ V}$ , $R_L = \infty$	$I_{CC}$	—	—	3.0	—	1.4	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	mA
		—	—	1.2	—	0.7	1.2	—	—	1.2	—	—	1.2	—	—	1.2	

5. LM224:  $T_{\text{Low}} = -25^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{High}} = +85^\circ\text{C}$   
 LM324/LM324A:  $T_{\text{Low}} = 0^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{High}} = +70^\circ\text{C}$   
 LM2902:  $T_{\text{Low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{High}} = +105^\circ\text{C}$   
 LM2902V & NCV2902:  $T_{\text{Low}} = -40^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{High}} = +125^\circ\text{C}$   
 NCV2902 is qualified for automotive use.

6. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is  $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ .

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

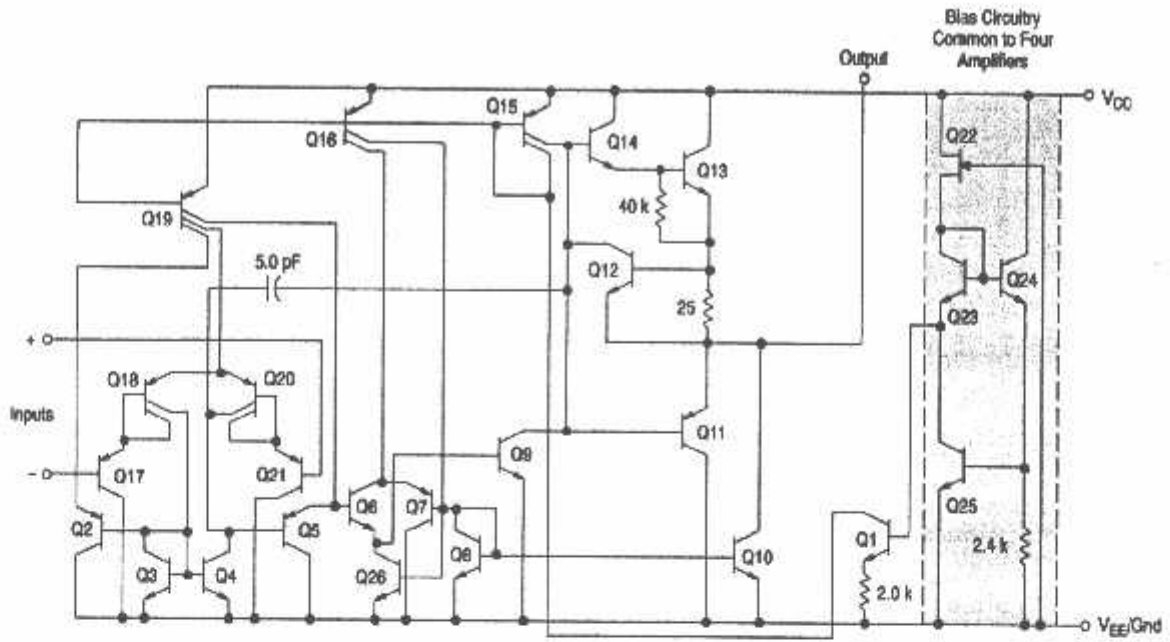
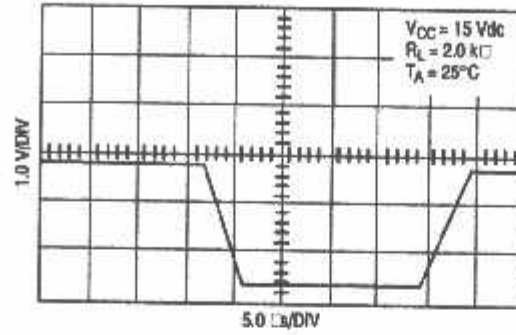


Figure 1. Representative Circuit Diagram  
(One-Fourth of Circuit Shown)

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

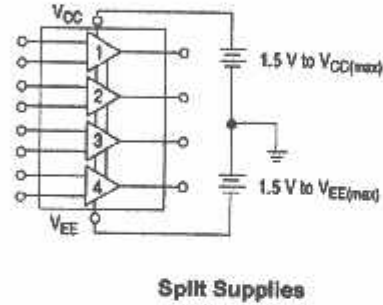
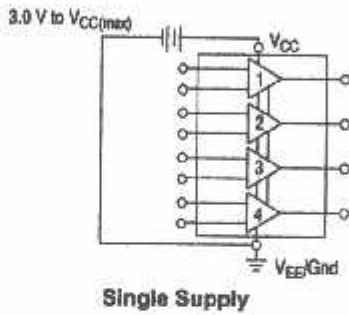
## CIRCUIT DESCRIPTION

The LM324 series is made using four internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.



**Figure 2. Large Signal Voltage Follower Response**

Each amplifier is biased from an internal-voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.



**Figure 3.**

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

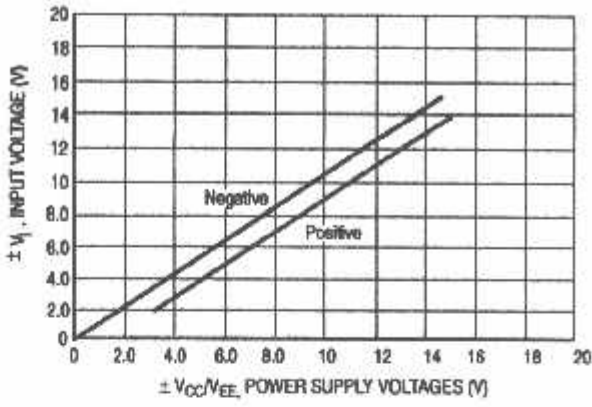


Figure 4. Input Voltage Range

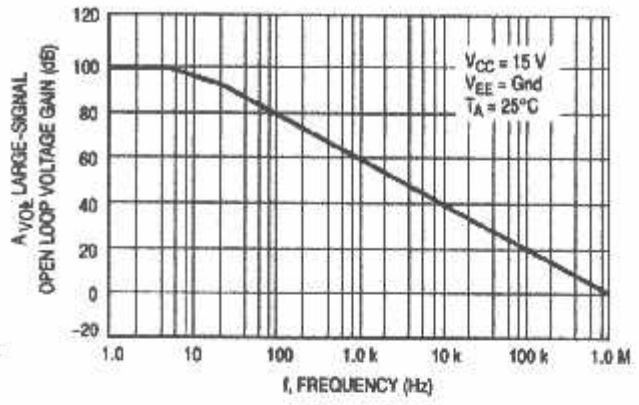


Figure 5. Open Loop Frequency

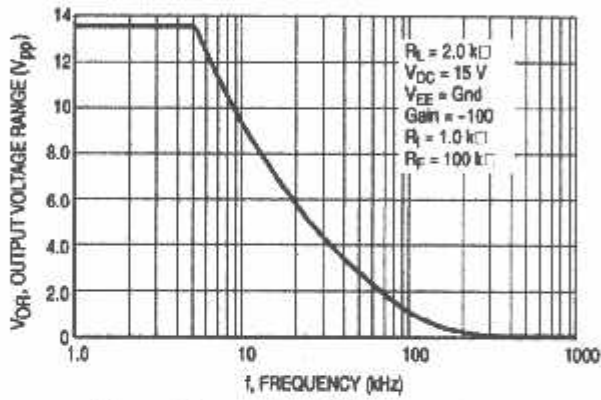


Figure 6. Large-Signal Frequency Response

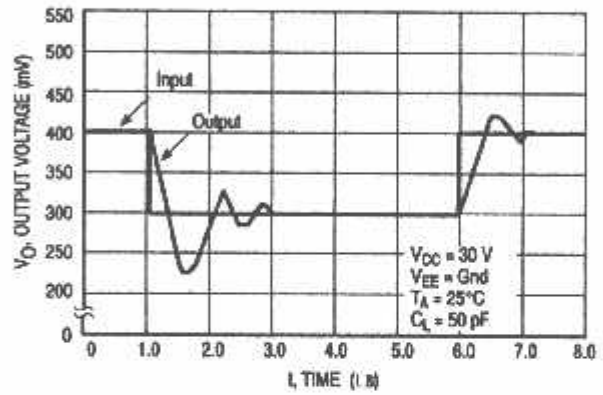


Figure 7. Small-Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

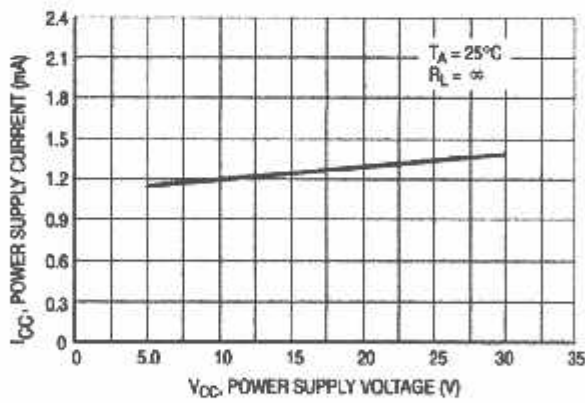


Figure 8. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

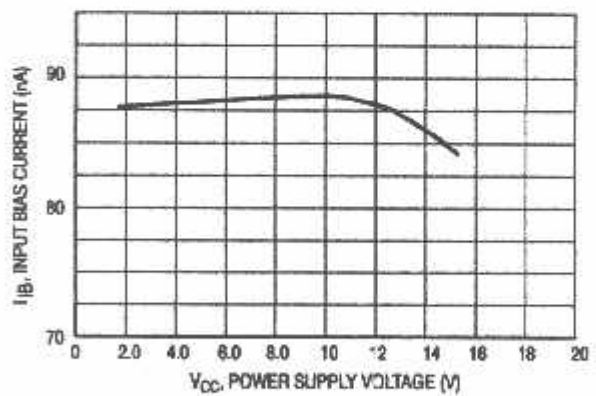


Figure 9. Input Bias Current versus Power Supply Voltage

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

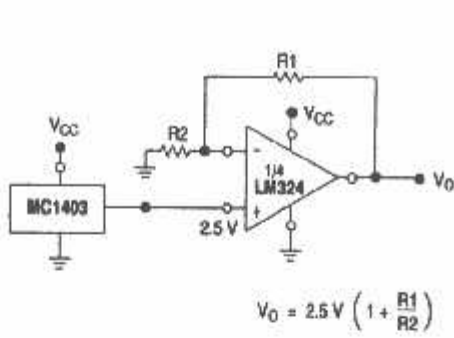


Figure 10. Voltage Reference

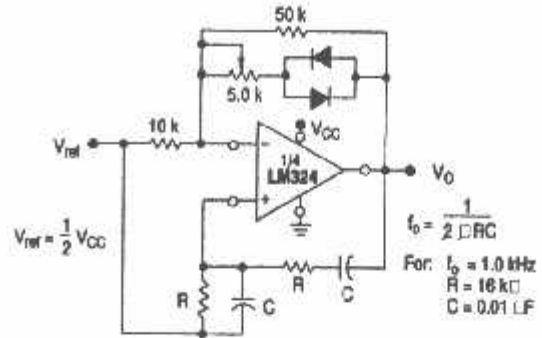


Figure 11. Wien Bridge Oscillator

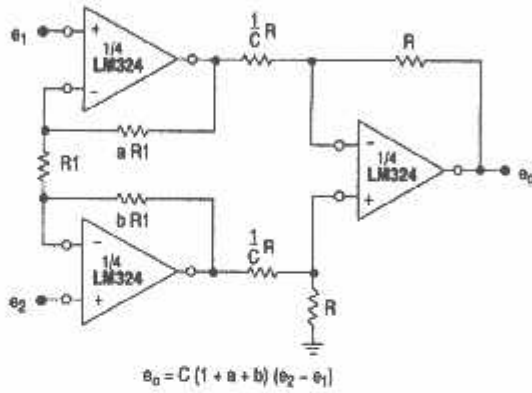


Figure 12. High Impedance Differential Amplifier

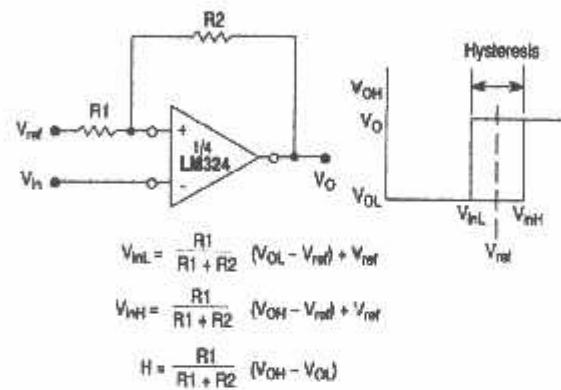


Figure 13. Comparator with Hysteresis

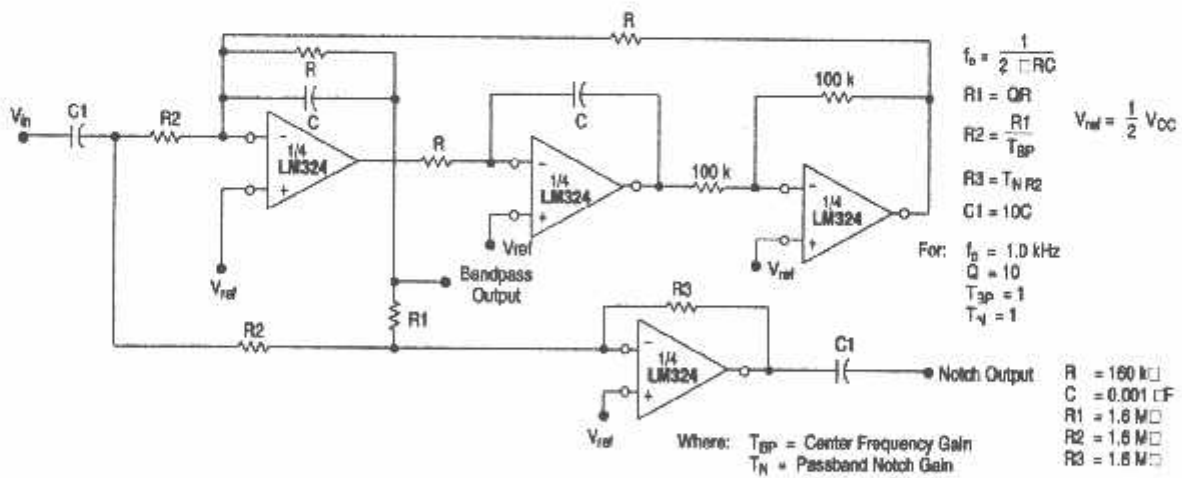


Figure 14. Bi-Quad Filter

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

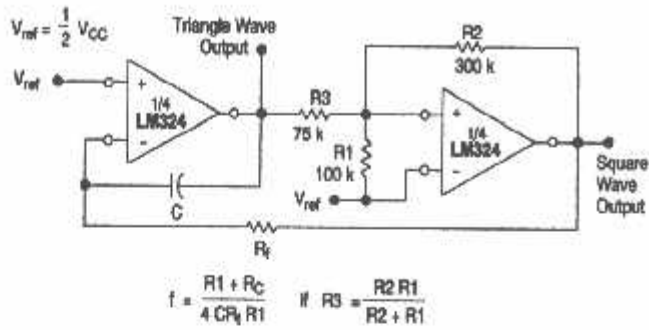


Figure 15. Function Generator

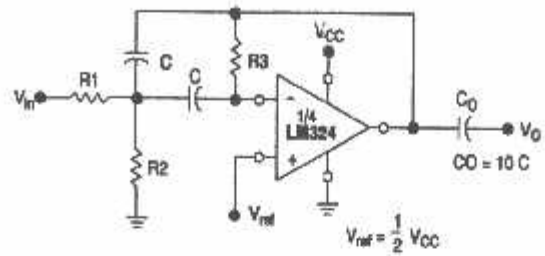


Figure 16. Multiple Feedback Bandpass Filter

Given:  $f_0$  = center frequency  
 $A(f_0)$  = gain at center frequency

Choose value  $f_0, C$

Then:  $R3 = \frac{Q}{f_0 C}$

$R1 = \frac{R3}{2 A(f_0)}$

$R2 = \frac{R1 R3}{4Q^2 R1 - R3}$

For less than 10% error from operational amplifier,  $\frac{Q_0 f_0}{BW} < 0.1$   
 where  $f_0$  and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

ORDERING INFORMATION

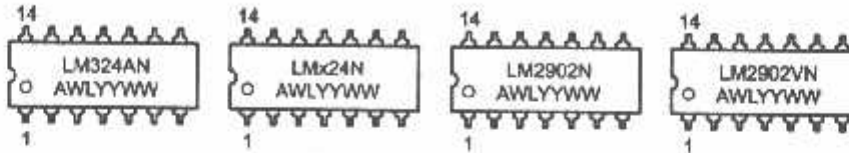
Device	Package	Operating Temperature Range	Shipping
LM224D	SO-14	-25° to +85°C	55 Units/Reel
LM224DR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM224DTB	TSSOP-14		96 Units/Reel
LM224DTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM224N	PDIP-14		25 Units/Reel
LM324D	SO-14	0° to +70°C	55 Units/Reel
LM324DR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM324DTB	TSSOP-14		96 Units/Reel
LM324DTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM324N	PDIP-14		25 Units/Reel
LM324AD	SO-14		55 Units/Reel
LM324ADR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM324ADTB	TSSOP-14		96 Units/Reel
LM324ADTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM324AN	PDIP-14		25 Units/Reel
LM2902D	SO-14		-40° to +105°C
LM2902DR2	SO-14	2500 Tape & Reel	
LM2902DTB	TSSOP-14	96 Units/Reel	
LM2902DTBR2	TSSOP-14	2500 Tape & Reel	
LM2902N	PDIP-14	25 Units/Reel	
LM2902VD	SO-14	-40° to +125°C	55 Units/Reel
LM2902VDR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM2902VDTB	TSSOP-14		96 Units/Reel
LM2902VDTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM2902VN	PDIP-14		25 Units/Reel
NCV2902DR2	SO-14		2500 Tape & Reel



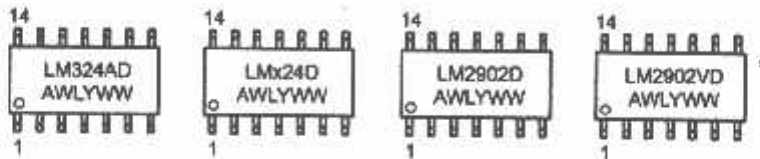
LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

MARKING DIAGRAMS

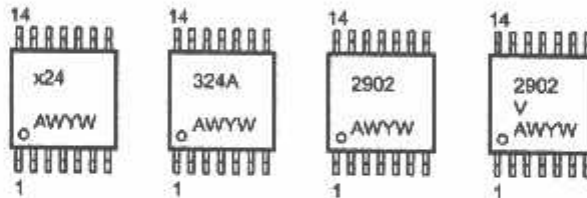
PDIP-14  
N SUFFIX  
CASE 646



SO-14  
D SUFFIX  
CASE 751A



TSSOP-14  
DTB SUFFIX  
CASE 948G



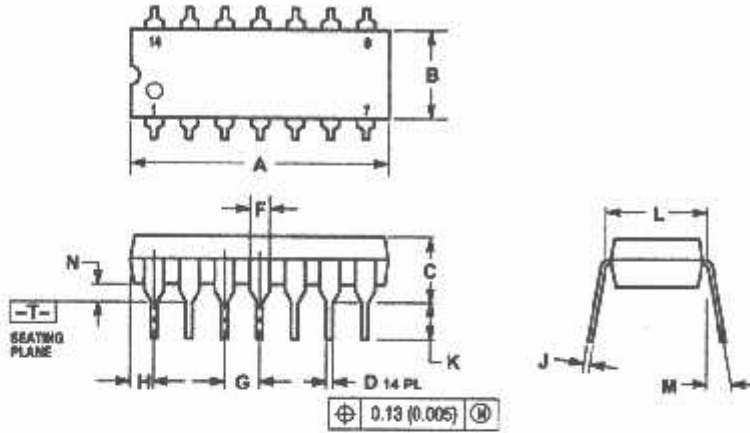
x = 2 or 3  
A = Assembly Location  
WL = Wafer Lot  
YY, Y = Year  
WW, W = Work Week

\*This marking diagram also applies to NCV2902.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

PACKAGE DIMENSIONS

PDIP-14  
N SUFFIX  
CASE 646-06  
ISSUE M

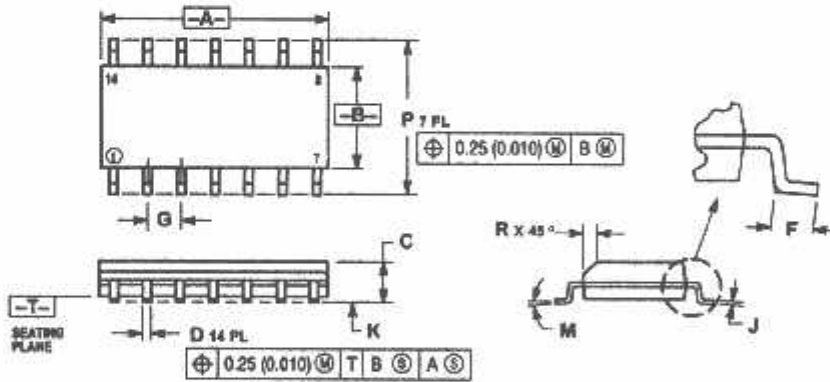


NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.729	18.18	18.50
B	0.240	0.250	6.10	6.35
C	0.145	0.160	3.68	4.06
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.056	1.32	1.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.290	0.310	7.37	7.87
M		10°		10°
N	0.015	0.030	0.38	0.76

SO-14  
D SUFFIX  
CASE 751A-03  
ISSUE F



NOTES:

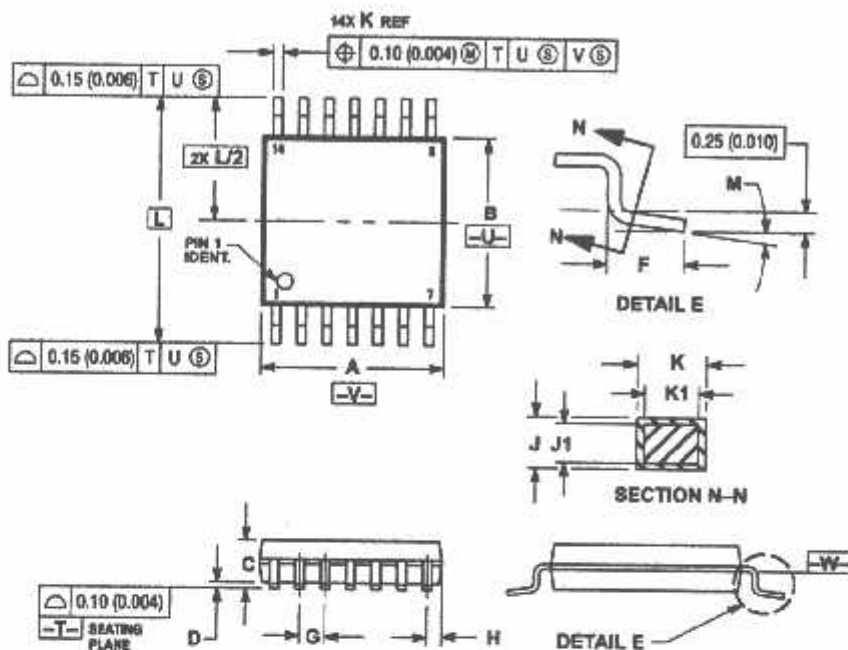
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	6.55	6.75	0.257	0.264
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.069
D	0.38	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.20	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

# LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

## PACKAGE DIMENSIONS

TSSOP-14  
DTB SUFFIX  
CASE 948G-01  
ISSUE O



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
  3. DIMENSION A DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
  4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION. INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.25 (0.010) PER SIDE.
  5. DIMENSION K DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.08 (0.003) TOTAL IN EXCESS OF THE K DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
  6. TERMINAL NUMBERS ARE SHOWN FOR REFERENCE ONLY.
  7. DIMENSION A AND B ARE TO BE DETERMINED AT DATUM PLANE -W-.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.80	5.10	0.189	0.200
B	4.90	4.90	0.193	0.177
C	---	1.50	---	0.047
D	0.05	0.15	0.002	0.006
F	0.50	0.75	0.020	0.030
G	0.65 BSC	---	0.026 BSC	---
H	0.50	0.80	0.020	0.031
J	0.08	0.20	0.004	0.008
J1	0.08	0.18	0.004	0.007
K	0.12	0.30	0.007	0.012
K1	0.10	0.25	0.007	0.010
L	0.40 BSC	---	0.016 BSC	---
M	0°	8°	0°	8°

ON Semiconductor and are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

### PUBLICATION ORDERING INFORMATION

Literature Fulfillment:  
Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA  
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
Email: ONB@hibbardco.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center  
4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-0031  
Phone: 81-3-5740-2700  
Email: r14525@onsemi.com

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

LM324/D

## LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^\circ\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10$  with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

### Features

- Calibrated directly in  $^\circ\text{Celsius}$  (Centigrade)
- Linear  $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$  scale factor
- $0.5^\circ\text{C}$  accuracy guaranteeable (at  $+25^\circ\text{C}$ )
- Rated for full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for  $1\ \text{mA}$  load

### Typical Applications

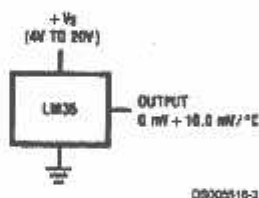
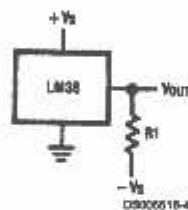


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor  
( $+2^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ )

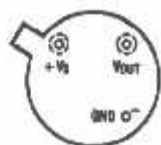


Choose  $R_1 = -V_b/50\ \mu\text{A}$   
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

## Connection Diagrams

**TO-46  
Metal Can Package\***



**BOTTOM VIEW**  
DS005516-1

\*Case is connected to negative pin (GND)

**Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH**

**See NS Package Number H03H**

**TO-92  
Plastic Package**

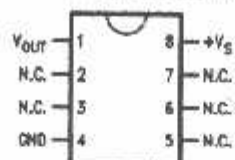


**BOTTOM VIEW**  
DS005516-2

**Order Number LM35CZ,  
LM35CAZ or LM35DZ**

**See NS Package Number Z03A**

**SO-8  
Small Outline Molded Package**

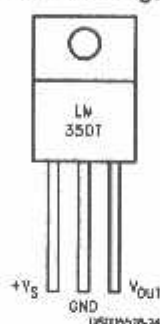


DS005516-21

N.C. = No Connection

**Top View**  
**Order Number LM35DM**  
**See NS Package Number M08A**

**TO-220  
Plastic Package\***



DS005516-24

\*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

**Order Number LM35DT**  
**See NS Package Number TA03F**

**Absolute Maximum Ratings** (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package,	
(Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$ (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

**Electrical Characteristics**

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$		$\pm 1.0$	°C
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		°C
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$		$\pm 1.5$	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.18$		$\pm 0.35$	$\pm 0.15$		$\pm 0.3$	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$+10.0$	$+9.9,$ $+10.1$		$+10.0$		$+9.9,$ $+10.1$	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		mV/V
	$4V \leq V_B \leq 30V$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_B = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_B = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_B = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_B = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_B \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_B \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.5$	$+0.39$		$+0.5$	μA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			°C

## Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.5$			$\pm 0.5$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.8$	$\pm 1.5$		$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$\pm 0.8$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				$\pm 0.6$	$\pm 1.5$		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.3$		$\pm 0.5$	$\pm 0.2$		$\pm 0.5$	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$+10.0$	$+9.8,$ $+10.2$		$+10.0$		$+9.8,$ $+10.2$	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.5$		$\pm 5.0$	$\pm 0.5$		$\pm 5.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	$\pm 0.02$		$\pm 0.2$	$\pm 0.02$		$\pm 0.2$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	90		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5\text{V}$	<b>105</b>		<b>158</b>	<b>91</b>		<b>138</b>	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	92		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}$	<b>105.5</b>		<b>161</b>	<b>91.5</b>		<b>141</b>	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		$\mu\text{A}$
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	<b>0.5</b>		<b>3.0</b>	<b>0.5</b>		<b>3.0</b>	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.7$	$+0.39$		$+0.7$	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^\circ\text{C}$

**Note 1:** Unless otherwise noted, these specifications apply:  $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$  for the LM35 and LM35A;  $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$  for the LM35C and LM35CA; and  $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 100^\circ\text{C}$  for the LM35D.  $V_S = +5\text{Vdc}$  and  $I_{\text{LOAD}} = 60 \mu\text{A}$ , in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from  $+2^\circ\text{C}$  to  $T_{\text{MAX}}$  in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

**Note 2:** Thermal resistance of the TO-46 package is  $400^\circ\text{C}/\text{W}$ , junction to ambient, and  $24^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to case. Thermal resistance of the TO-62 package is  $180^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is  $220^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is  $90^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

**Note 3:** Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

**Note 4:** Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

**Note 5:** Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

**Note 6:** Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

**Note 7:** Accuracy is defined as the error between the output voltage and  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$  times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in  $^\circ\text{C}$ ).

**Note 8:** Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

**Note 9:** Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

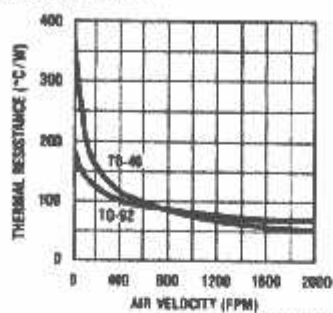
**Note 10:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

**Note 11:** Human body model,  $100 \mu\text{F}$  discharged through a  $1.5 \text{ k}\Omega$  resistor.

**Note 12:** See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

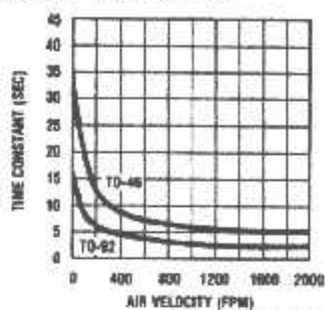
## Typical Performance Characteristics

**Thermal Resistance  
Junction to Air**



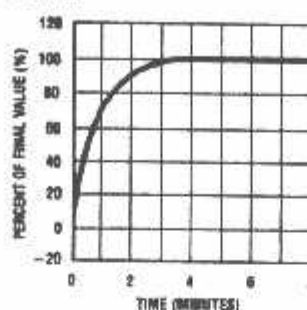
DS005616-25

**Thermal Time Constant**



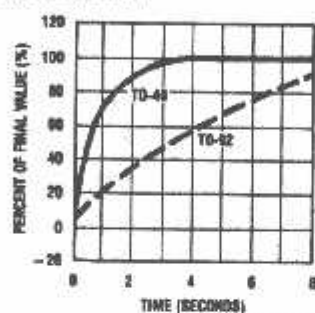
DS005616-26

**Thermal Response  
in Still Air**



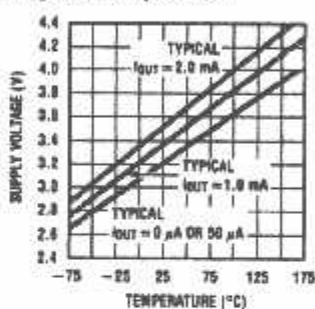
DS005616-27

**Thermal Response in  
Stirred Oil Bath**



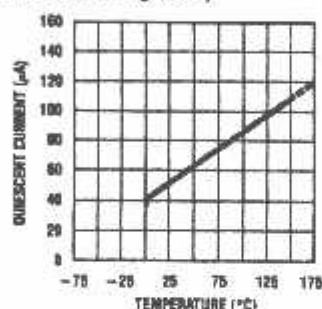
DS005616-28

**Minimum Supply  
Voltage vs. Temperature**



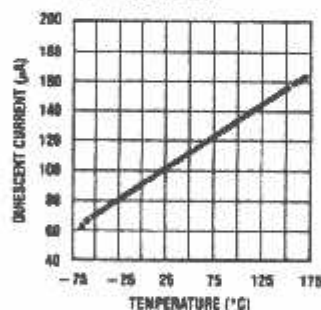
DS005616-29

**Quiescent Current  
vs. Temperature  
(In Circuit of Figure 1.)**



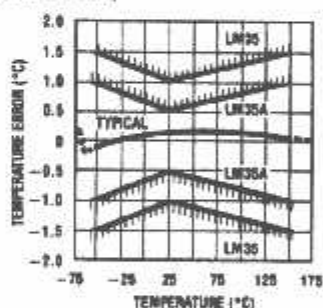
DS005616-30

**Quiescent Current  
vs. Temperature  
(In Circuit of Figure 2.)**



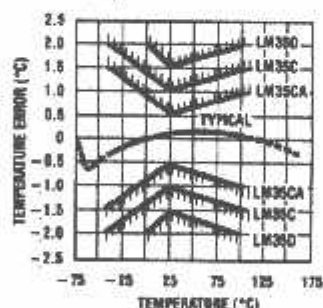
DS005616-31

**Accuracy vs. Temperature  
(Guaranteed)**



DS005616-32

**Accuracy vs. Temperature  
(Guaranteed)**

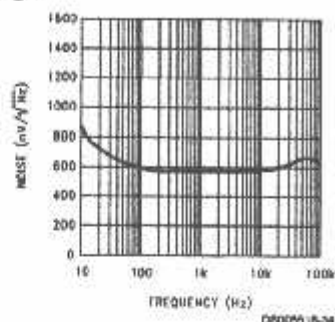


DS005616-33

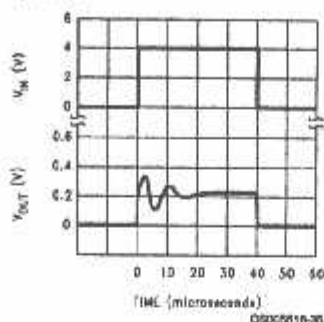


## Typical Performance Characteristics (Continued)

### Noise Voltage



### Start-Up Response



## Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature; if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small light-weight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature.

## Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance, $\theta_{JA}$ )

	TO-46, no heat sink	TO-46*, small heat fin	TO-92, no heat sink	TO-92**, small heat fin	SO-8 no heat sink	SO-8**, small heat fin	TO-220 no heat sink
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	30°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	28°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W			
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W			
(Clamped to metal, infinite heat sink)		(24°C/W)				(55°C/W)	

\*Wakefield type 201 or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

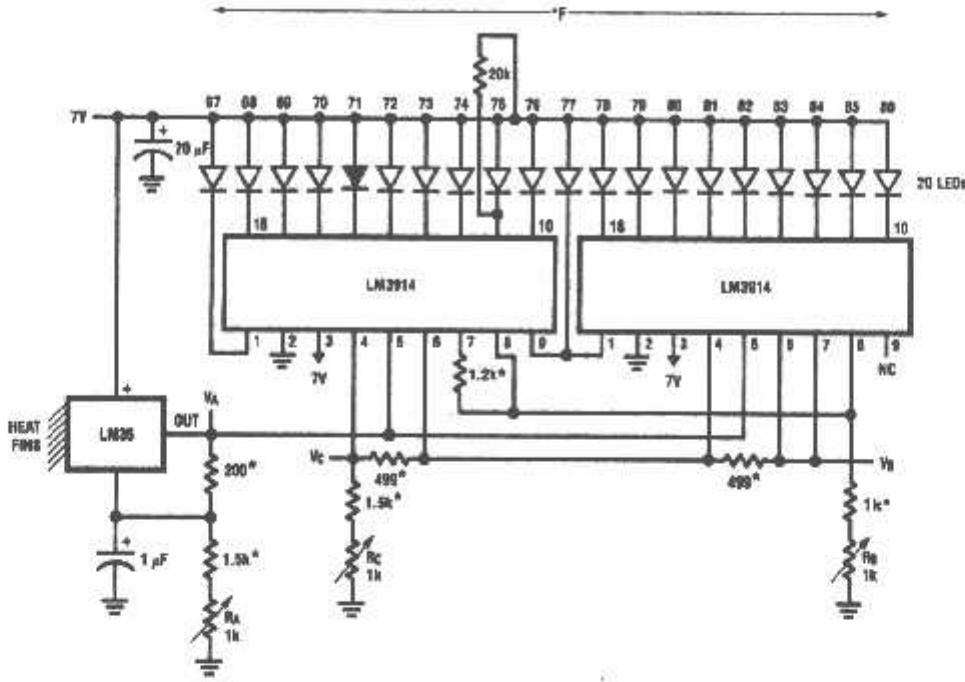
\*\*TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.





Typical Applications (Continued)

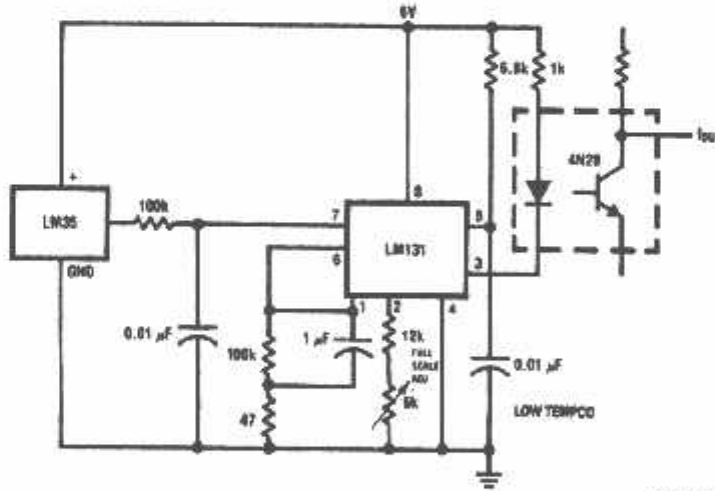
LM35



DS00516-14

\*=1% or 2% film resistor  
 Trim  $R_B$  for  $V_B=3.075V$   
 Trim  $R_C$  for  $V_C=1.955V$   
 Trim  $R_A$  for  $V_A=0.075V + 100mV/C \times T_{ambient}$   
 Example,  $V_A=2.275V$  at  $22^\circ C$

FIGURE 15. Bar-Graph Temperature Display (Dot Mode)



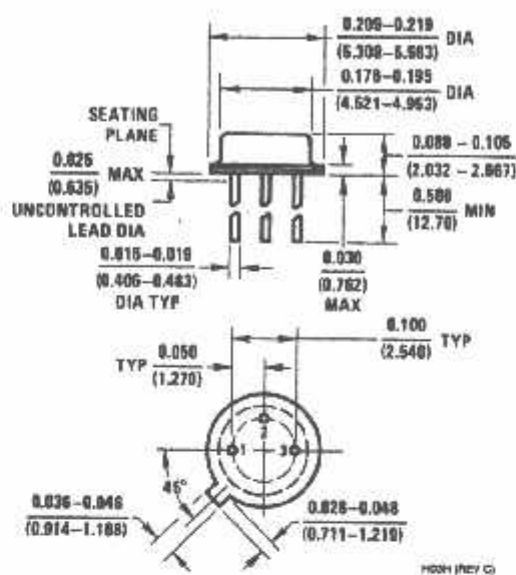
DS00516-15

FIGURE 16. LM35 With Voltage-To-Frequency Converter And Isolated Output (2°C to +150°C; 20 Hz to 1500 Hz)

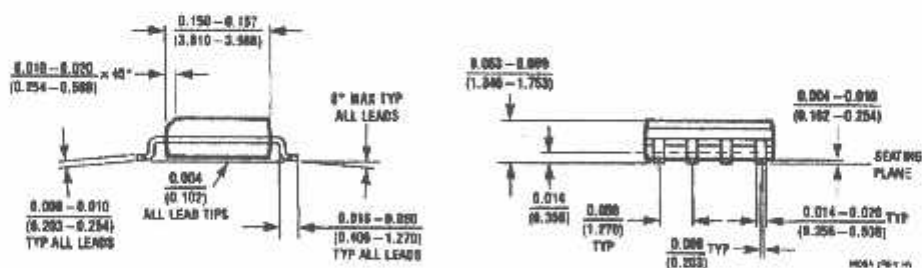
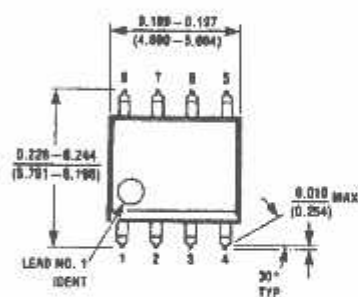


# Physical Dimensions

inches (millimeters) unless otherwise noted

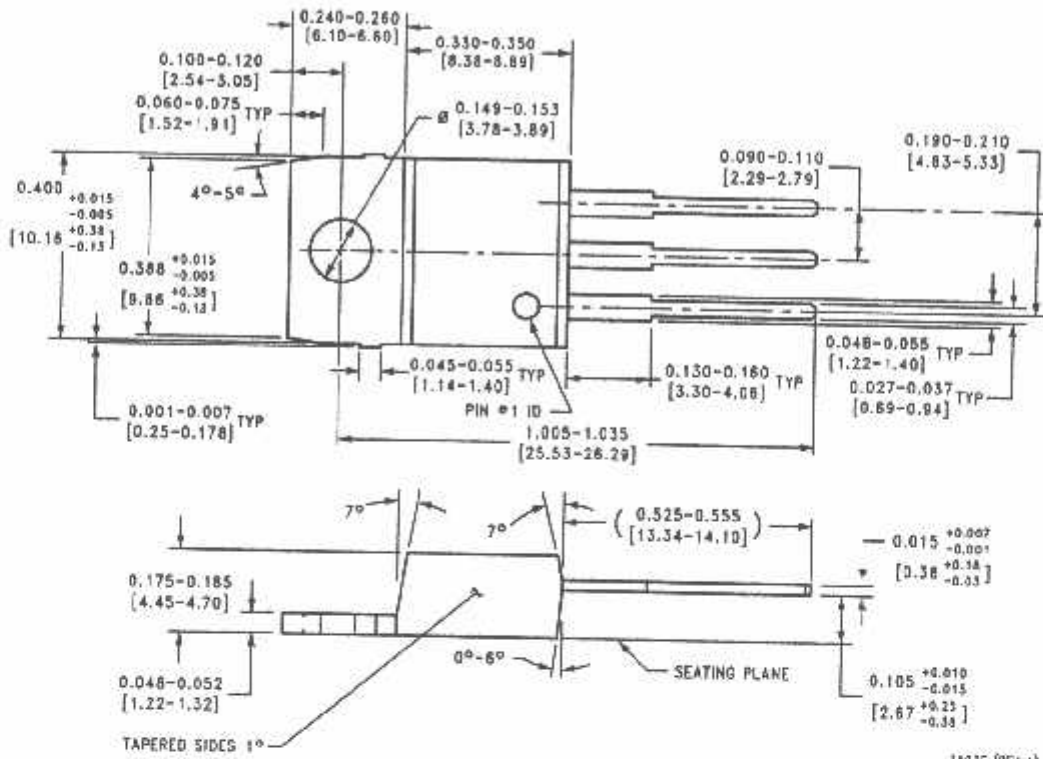


**TO-46 Metal Can Package (H)**  
 Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH,  
 LM35CAH, or LM35DH  
 NS Package Number H03H



**SO-8 Molded Small Outline Package (M)**  
 Order Number LM35DM  
 NS Package Number M08A

# Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Power Package TO-220 (T)  
Order Number LM35DT  
NS Package Number TA03F

1A03F (REV A)