

# SKRIPSI

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UJI KADAR FORMALIN DALAM MAKANAN DENGAN TAMPILAN LCD BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51



Disusun Oleh :  
**EKO WAHYU PRIHANDOKO**  
NIM : 04. 12. 245

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

**APRIL 2009**

---

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT UJI KADAR FORMALIN DALAM MAKANAN DENGAN TAMPILAN LCD BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51

### SKRIPSI

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


Disusun Oleh :

**EKO WAHYU PRIHANDOKO**

**NIM : 04.12.245**

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

  
**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**  
NIP.P 1030100358

Mengetahui,

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 MALANG  
2009**



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

---

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Eko Wahyu Prihandoko  
NIM : 04.12.245  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Alat Uji Kadar Formalin Dalam Makanan Dengan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler AT89S51

Dipertahankan di hadapan majelis penguji Skripsi jenjang Strata satu ( S-1 ) pada :

Hari : Selasa  
Tanggal : 17 Maret 2009  
Dengan Nilai : 81,89 (A) *84*

**Ketua Majelis Penguji**

**(Ir. Sidik Noertjahjono, MT)**  
NIP.Y.1028700163

**Sekretaris Majelis Penguji**

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

**Penguji I**

**(I Komang Sumawirata, ST, MT)**  
NIP.1030100361

**Penguji II**

**(Irmalia S. Faradisa, ST, MT)**  
NIP. Y. 1030100365

---

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat, rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Perencanaan dan Pembuatan Alat Uji Kadar Formalin Dalam Makanan Dengan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler AT89S51" dengan lancar. Skripsi ini merupakan persyaratan kelulusan studi di jurusan Teknik Elektro S-1 konsentrasi Teknik Elektronika ITN Malang dan untuk mencapai gelar sarjana teknik.

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

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.  
Dan selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak dan ibu Dosen jurusan Teknik Elektro/Elektronika
6. Orangtua serta saudara-saudara kami yang telah memberikan doa restu, motivasi, semangat dan biaya.
7. Rekan-rekan di Jurusan teknik elektronika angkatan 2004 dan temen-temen se-kost an. Thanks bro.
8. Semua yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Penyusun telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam menyelesaikan laporan ini, untuk itu

penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Harapan penyusun semoga laporan ini memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan bagi pembaca.

Malang, Maret 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRAKSI</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Metode penulisan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Formalin.....	5
2.2 Pengujian Formalin .....	6
2.2.1 Uji Kualitatif Formalin .....	6
2.2.2 Uji Kuantitatif Formalin .....	7
2.3 Part-Per Million.....	9

2.4 Spektrofotometri .....	9
2.4.1 Instrumen Spektrofotometri.....	12
2.4.2 Sumber Cahaya.....	13
2.4.3 Pemilih Panjang Gelombang .....	13
2.4.4 Tempat Cuplikan.....	14
2.5 Sensor Warna TCS 230 .....	14
2.6 Mikrokontroler AT89S51 .....	19
2.6.1 Deskripsi Mikrokontroler AT89S51 .....	20
2.6.2 Struktur Memori .....	22
2.6.3 Pewaktu CPU .....	23
2.6.4 Interupsi.....	24
2.6.4.1 Interrupt Enable.....	26
2.6.4.2 Interrupt priority.....	26
2.6.5 Special Function Register.....	28
2.6.6 Reset.....	30
2.7 Liquid Crystal Display (LCD) .....	32
<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT .....</b>	<b>38</b>
3.1 Perancangan Perangkat keras.....	38
3.1.1 Prinsip Kerja Alat .....	40
3.1.2 Rangkaian Sensor TCS 230 .....	41
3.1.3 Rangkaian Reset .....	42
3.1.4 Perancangan Rangkaian LCD .....	43

3.1.5 Perancangan Minimum Sistem AT89S51 .....	46
3.2 Perancangan Perangkat lunak (Software).....	47
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA .....</b>	<b>49</b>
4.1 Pengujian Rangkaian LCD .....	49
4.1.1 Alat Dan Bahan .....	49
4.1.2 Langkah Pengujian .....	49
4.1.3 Hasil Pengujian.....	51
4.2 Pengujian Rangkaian Sensor Warna TCS 230.....	52
4.2.1 Alat Dan Bahan .....	52
4.2.2 Langkah Pengujian .....	52
4.2.3 Hasil Pengujian.....	54
4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem.....	56
4.3.1 Alat Dan Bahan .....	56
4.3.2 Langkah Pengujian .....	56
4.3.3 Hasil Pengujian.....	54
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>62</b>
5.1. Kesimpulan .....	62
5.2. Saran-saran.....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2-1	Spektrum Cahaya Tampak..... 11
2-2	Instrumen Spektrofotometri Secara Umum..... 12
2-3	Pin/kaki Sensor TCS 230..... 16
2-4	Bentuk Gelombang Dalam Pulsa Selama 1 detik ..... 17
2-5	Bentuk Gelombang Dalam Bentuk Pulsa selama 1 detik ..... 17
2-6	Bentuk Gelombang Selama 1 Periode $T = mS$ ..... 17
2-7	Sketsa Fisik dan Blok Fungsional TCS 230 ..... 18
2-8	Contoh Beberapa Sampel Warna Dan Komposisi RGB-nya..... 19
2-9	Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S51..... 20
2-10	Struktur Memori AT89S51 ..... 23
2-11	Rangkaian Osilator Internal..... 24
2-12	Rangkaian <i>Power On Reset</i> & Rangkaian ekivalen <i>Power On Reset</i> .. 30
2-13	Rangkaian LCD dan Konfigurasi Pin ..... 32
2-14	Diagram Blok LCD..... 32
3-1	Diagram Blok Sistem ..... 38
3-2	Perancangan Alat Pendeteksi Formalin..... 39
3-3	Perencanaan Rangkaian Sensor TCS 230..... 41
3-4	Perencanaan Rangkaian Reset ..... 43
3-5	Antarmuka LCD dengan mikrokontroler AT89S51..... 44
3-6	Perancangan Minimum Sistem AT89S51 ..... 46

3-7	Flow chart Program.....	48
4-1	Blok Diagram Pengujian Rangkaian I.CD .....	50
4-2	Hasil Pengujian Rangkaian LCD .....	51
4-3	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Sensor.....	53
4-4	Hasil Pengujian pada Sensor.....	54
4-5	Hasil Pengujian Tegangan Pada Sensor .....	54
4-6	Tampilan Led Pada Saat Kondisi Mati.....	55
4-7	Tampilan Led Pada Saat Kondisi Hidup .....	55
4-8	Sampel Makanan Yang Akan digunakan.....	59
4-9	Hasil Pengujian Alat dengan Sampel Makanan Mie .....	60
4-10	Hasil Pengujian Alat dengan Sampel Makanan Tahu.....	60
4-11	Hasil Pengujian Alat dengan Sampel Makanan Ikan Asin.....	61

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2-1 Hubungan Warna dan Panjang Gelombang.....	11
2-2 Skala Perbandingan TCS-230.....	14
2-3 Pin/Kaki pengatur filter warna.....	15
2-4 Pin/Kaki Sensor TCS-230 .....	15
2-5 Alamat Layanan Rutin Interupsi.....	25
2-6 Interrupt Enable.....	26
2-7 Interrupt Priority .....	27
2-8 Special Function Register .....	29
2-9 Fungsi Pin LCD .....	33
2-10 Instruksi Pada LCD .....	34
2-11 Tabel Seleksi Register.....	36
3-1 Fungsi penyemat LCD.....	45
4-1 Data Larutan Standar Formalin.....	56
4-2 Perbandingan Hasil Pengukuran .....	58
4-3 Tabel Prosentase Kesalahan .....	58

## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik</b>	<b>Halaman</b>
2-1 Sensor Module Color Response.....	16

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UJI KADAR FORMALIN  
DALAM MAKANAN DENGAN TAMPILAN LCD  
BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51**

**Eko Wahyu Prihandoko  
04.12.245**

**Jurusan Teknik Elektronika – Institut Teknologi Nasional Malang  
Jln. Raya Karanglo Km 2 Malang  
Kowd\_34@yahoo.com**

**Dosen Pembimbing : I. Ir.F.Yudi Limpraptono, MT.  
II. M.Ibrahim Ashari,ST,MT.**

**Kata Kunci** : Kadar Formalin, Mikrokontroller AT89S51, Sensor TCS 230

Rendahnya pengawasan penggunaan formalin, dan realisasi sanksi hukum terhadap produsen yang menggunakan formalin untuk makanan mengakibatkan masyarakat awam sulit untuk dapat membedakan makanan yang mengandung formalin. Karena hal itu secara akurat hanya dapat dilakukan di laboratorium.

Menurut penelitian, makanan yang mengandung formalin dibawah 1-25 ppm (part per million) masih dinyatakan kategori ringan, karena kandungan formalin akan hilang bila makanan tersebut direbus sampai mendidih. Sedangkan makanan yang mengandung formalin 25-50 ppm (part per million) dinyatakan dalam kategori sedang, kandungan formalin ini akan hilang apabila seseorang mengkonsumsi susu fermentasi (yogurt). Tetapi apabila seseorang mengkonsumsi makanan yang mengandung formalin lebih dari 50 ppm (part per million) akan berdampak kerusakan pada organ hati atau ginjal. Oleh karena itu, diperlukan alat yang dapat mendeteksi makanan yang mengandung formalin secara praktis tanpa harus dilakukan dilaboratorium. Sehingga kita dapat mendeteksi sendiri makanan yang akan dikonsumsi dan dapat mengetahui prosentase kandungan formalin dalam makanan dengan mudah. Alat ini di lengkapi dengan LCD sebagai penampil kadar formalin dalam makanan dalam bentuk ppm (Part Per Million).

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Keberadaan formalin dalam beberapa jenis makanan sebenarnya bukan hal baru. Namun kurangnya informasi atau sosialisasi mengenai bahaya zat tersebut dan sulitnya membedakan produk yang diawetkan dengan formalin boleh jadi sebagai salah satu penyebab masyarakat kita seperti tidak ambil peduli. Perilaku sebagian produsen yang tetap menggunakan formalin untuk mengawetkan produknya di sebabkan mudahnya memperoleh zat itu serta harganya yang relatif murah. Perilaku sebagian konsumen yang masih senang memilih produk yang awet dan murah di tenggarai juga menjadi penyebab lain, mengapa formalin masih digunakan dalam makanan.

Formalin sendiri merupakan nama dagang dari *Formaldehida* dalam air yang biasanya mengandung 10-15 persen *Metanol* untuk mencegah *polimerisasi*. Formalin kerap digunakan sebagai *disinfektan* untuk pembersih lantai, sebagai *germisida* dan *fungisida* pada tanaman dan sayuran, serta sebagai pembasmi serangga. Selain itu formalin juga difungsikan sebagai bahan pengeras jaringan dan untuk mengawetkan mayat.

Apabila formalin tercampur dalam makanan dalam dosis rendah, maka akan menyebabkan keracunan. Namun apabila tercampur dalam dosis tinggi, akan sangat membahayakan, karena hanya dalam beberapa jam saja akan menyebabkan seseorang yang memakannya akan kejang-kejang, kencing darah, muntah darah bahkan dapat berujung kematian.

Dari sisi regulasi, penggunaan formalin sebagai bahan pengawet makanan sebenarnya telah di larang sejak tahun 1982. Tata cara perniagaanya telah di atur dengan keputusan menteri perindustrian dan perdagangan Nomer 54/MPP/KEP/7/2000. Impor zat formalin hanya bisa di lakukan oleh para importir produsen yang di akui dirjen perdagangan luar negeri. Selain itu ijin mengimpor peruntukanya pun untuk kebutuhan sendiri. Namun, yang menjadi masalah adalah rendahnya pengawasan penggunaan formalin dan realisasi sanksi hukum terhadap produsen yang menggunakan untuk makanan. Sedangkan bagi masyarakat awam, untuk membedakan makanan yang menggunakan formalin tentu sangat sulit. Karena hal itu secara akurat hanya dapat di lakukan di laboratorium.

Oleh karena itu di perlukan alat yang dapat mendeteksi makanan yang mengandung formalin secara praktis tanpa harus dilakukan di laboratorium. Hal inilah yang melatarbelakangi perencanaan dan pembuatan alat uji kadar formalin dalam makanan sehingga kita dapat menguji sendiri makanan yang akan di konsumsi dan dapat mengetahui prosentase kandungan formalin dalam makanan dengan sangat praktis tanpa harus ke laboratorium.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Masalah yang akan di bahas dalam perencanaan dan pembuatan alat uji kadar formalin dalam makanan yaitu bagaimana merancang sebuah alat portable yang di lengkapi sensor **TCS 230**. Untuk mendeteksi perubahan warna larutan antara ekstrak makanan yang bereaksi dengan pelarut

pendeteksi Formalin pada suhu ruangan. Sehingga dapat diproses oleh MCU untuk di tampilkan dalam bentuk angka dengan satuan ppm ke display LCD.

### **1.3 Batasan Masalah**

Agar permasalahan yang di bahas tidak terlalu luas ,serta sistematis dan terarah, maka penulis hanya membatasi pembahasan pada hal-hal berikut:

1. Pengukuran pada sampel makanan menggunakan sensor warna TCS 230 dan outputnya berupa kadar formalin dalam ppm di LCD.
2. Pengolah data utama adalah mikrokontroler AT89S51.
3. Tidak Membahas catu daya atau power supply.
4. Makanan yang akan di uji hanya tahu, ikan asin, mie basah .
5. Tidak Membahas larutan lain yang terkandung dalam makanan.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk merencanakan dan membuat alat uji kadar formalin dalam makanan untuk memberikan informasi tentang kadar formalin dalam makanan . Sehingga dengan alat ini kita bisa mendeteksi kadar formalin lebih praktis tanpa harus ke laboratorium.

### **1.5 Metodologi**

Metodologi yang dipakai dalam pembuatan skripsi ini adalah:

1. Studi Literatur

Mencari referensi-referensi yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan alat yang akan dibuat.

2. Penelitian Lapangan

Melakukan penelitian secara langsung mengenai objek-objek yang berhubungan langsung dengan perencanaan alat yang akan dibuat.

3. Pengolahan Data

Mengolah Data dengan jalan membuat analisa dan menarik kesimpulan dari hasil pengujian yang ada.

### 1.6 Sistematika Pembahasan

**BAB I      Pendahuluan**

Menjelaskan tentang latar belakang, tujuan, permasalahan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

**BAB II     Teori Penunjang**

Membahas teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat uji kadar formalin dalam makanan.

**BAB III    Perencanaan Sistem**

Dalam Bab ini akan dibahas mengenai perencanaan dan pembuatan tugas akhir ini yang meliputi seluruh sistem ini baik itu perangkat keras maupun perangkat lunak sistem.

**BAB IV    Pengujian Sistem**

Dalam Bab ini membahas tentang pengujian dan hasil yang diperoleh dari sistem yang telah dibuat.

**BAB V     Kesimpulan dan Saran**

Dalam Bab ini berisi kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan dan pembuatan tugas akhir ini serta saran-saran guna menyempurnakan dan mengembangkan sistem lebih lanjut.



## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Formalin

Formalin atau *Formaldehyde/HCHO* merupakan larutan tidak berwarna dengan bau menyengat serta sangat mudah menyebabkan iritasi. Formalin yang beredar di pasaran menggunakan zat pelarut air dengan konsentrasi 36% - 37% dan biasanya menggunakan metanol sebesar 15% sebagai katalisator agar formalin tidak berubah menjadi zat lebih beracun yang disebut *paraformaldehyde*. Yang tidak diketahui oleh masyarakat, formalin yang sebenarnya merupakan senyawa organik yang banyak terdapat disekitar kita dan bahkan dapat kita temui di air hujan, sebagai disinfektan untuk rumah, perahu, gudang, kain, sebagai germisida dan fungisida tanaman dan buah-buahan. Pada umumnya formalin digunakan sebagai obat pembasmi hama untuk membunuh bakteri, virus, jamur dan benalu yang efektif pada konsentrasi tinggi. Dalam bidang farmasi formalin digunakan sebagai pendetoksifikasi toksin dalam faksin dan juga untuk obat penyakit kutil karena kemampuannya merusak protein.

Pada umumnya efek negatif formalin yang digunakan pada bahan tambahan pangan apabila dikonsumsi manusia bersifat tidak langsung. Artinya, gangguan terhadap kesehatan tidak dapat terlihat dalam waktu yang singkat. Umumnya gangguan kesehatan karena formalin bersifat menahun, kecuali apabila tercemar dalam jumlah banyak akan menyebabkan iritasi lambung dan kulit, muntah, diare, serta alergi. Gangguan kesehatan formalin

yang ringan adalah rasa terbakar pada tenggorokan, dan sakit kepala. Secara umum, kontak langsung dengan konsentrasi formaldehida, dalam bentuk larutan, sekitar 1-2% (10.000-20.000 mg/liter) mungkin untuk menyebabkan iritasi pada kulit. Tetapi, pada individu sangat perasa, kontak kulit yang menyebabkan infeksi kulit dapat terjadi pada konsentrasi formaldehid yang rendah, yaitu 0,003%(30 mg/liter).

## **2.2 Pengujian Formalin**

Beberapa cara pengujian formalin dalam makanan adalah sebagai berikut:

### **2.2.1 Uji Kualitatif Formalin**

#### **1. Metode Asam Kromatropat**

Langkah-langkah dalam pengujian kadar formalin pada makanan adalah sebagai berikut:

- **Persiapan Analisis :**

Mencampurkan 10 gram contoh dengan 50 ml air dengan cara menggerusnya dalam lumpang. Campuran di pindahkan ke dalam labu Kjedal dan di asamkan dengan  $H_3PO_4$ . Labu Kjedal di hubungkan dengan pendingin dan di suling. Hasil sulingan itu ditampung.

- **Pereaksi:**

Larutan jenuh asam 1,8 dihidroksinaflaten 3,6 disulfonat dalam  $H_2SO_4$  72%(kira-kira 500mg/100ml).

Cara Kerja:

Larutan pereaksi sebanyak 5ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 1ml larutan hasil sulingan sambil diaduk. Tabung reaksi dimasukkan ke dalam penagas air yang mendidih selama 15 menit dan amati perubahan yang terjadi. Adanya HCHO(formalin) ditunjukkan dengan adanya warna ungu terang sampai ungu tua. [Daftar Pustaka [1]]

## 2. Uji Herner - Fulton

Larutan Pereaksi yang di campur air boron jenuh(1 bagian) di tambahkan ke dalam larutan asam sulfat dingin dan susu segar bebas aldehid, maka adanya formaldehid ditunjukkan dengan adanya warna merah muda ungu. [Daftar Pustaka [1]]

### 2.2.2 Uji Kuantitatif Formalin

#### Metode Spektrofotometri

Langkah-langkah dalam pengujian kadar formalin pada makanan adalah sebagai berikut:

- Sampel makanan sebanyak 10 gram ditambahkan 100 ml asam tartrat dan kemudian disaring.
- Setelah disaring akan ditambahkan 10 ml barium karbonat 10% dan kemudian akan didestilasi.
- Hasil destilasi tersebut ditambahkan 50 ml sodium asetat 5%, 2 ml HCl 10% dan 25 ml larutan merkuri klorida. Setelah itu hasilnya dipanaskan selama 2 jam sehingga terbentuk endapan di penagas dengan suhu 80°-90°C.

- Endapan tersebut disaring dan dikeringkan pada suhu 105°C, sehingga didapatkan endapan kering.

Rumus perhitungan Formalin secara gravimetri:

$$\text{Formalin} = \frac{\text{Berat endapan} \times 0,972}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \quad (2.1)$$

### 3 Fehling

Langkah-langkah dalam pengujian kadar formalin pada makanan adalah sebagai berikut:

- Sampel dipanaskan hingga mendidih, setelah matang dipotong kecil-kecil dan di lumatkan hingga mendapat hasil yang halus dan cair.
- Hasilnya akan disaring dengan kertas penyaring.
- Kemudian larutan fehling akan diteteskan secara perlahan, setelah itu akan direbus kembali.
- Setelah beberapa menit kemudian, jika larutan yang mengandung formalin akan berubah warna menjadi ungu. Sedangkan yang tidak mengandung formalin tidak akan mengalami perubahan warna.

Saat ini ahli kimia sudah ada yang menemukan suatu reagen tertentu, untuk mendeteksi kadar formalin dalam makanan. Reagen tersebut cukup diteteskan sedikit demi sedikit pada makanan hingga makanan tersebut terendam oleh reagen.

Apabila diamati beberapa menit kemudian, bila dalam makanan tersebut berubah warna menjadi ungu kemerahan, maka makanan tersebut mengandung formalin, semakin pekat kadar formalin tersebut semakin pekat

pula warna ungu kemerahan hingga mendekati warna ungu kehitaman. Tetapi jika larutan dalam makanan tersebut tidak mengandung formalin, maka larutan tersebut berwarna kuning (sama seperti warna reagenya). [Daftar Pustaka [1]]

### 2.3 Part-Per Million (*ppm*)

Bagian per-juta (*bpj*), biasa disingkat *ppm* (*part-per million*) dalam bahasa Inggris adalah sebuah satuan untuk konsentrasi larutan dimana konsentrasi partikel yang dimaksud sangat kecil dibandingkan dengan partikel yang menjadi pelarutnya.

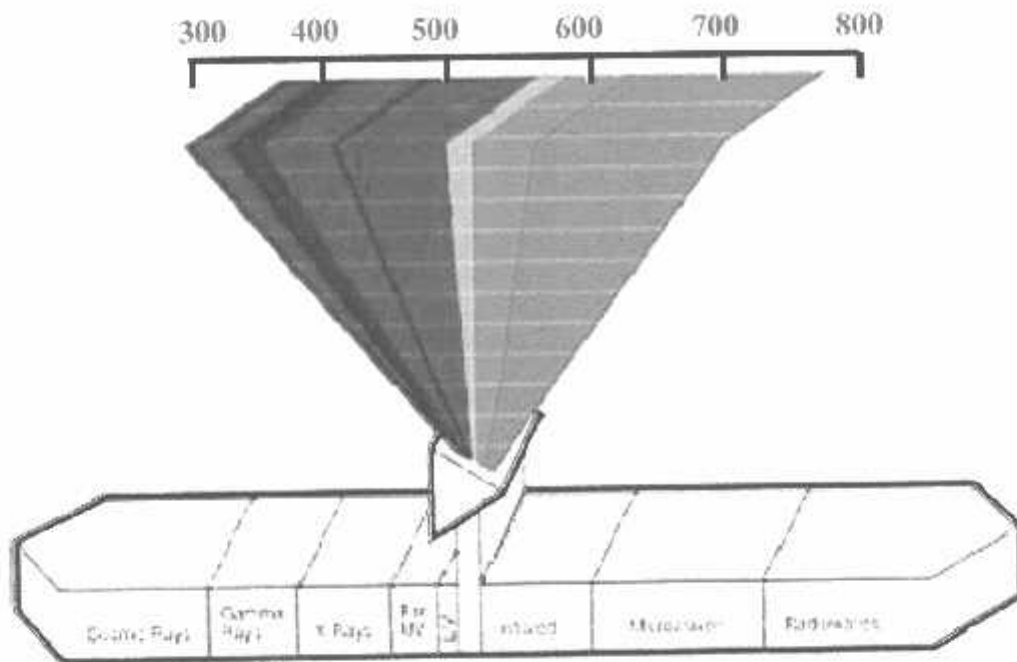
Satu *ppm* adalah konsentrasi dimana ada satu partikel di dalam setiap satu juta partikel pelarut. Ini dapat dibandingkan dengan 1 tetes tinta dalam 150 liter air, atau 1 detik dalam 280 jam. [Daftar Pustaka [4]]

### 2.4 Spektrofotometri

Spektrofotometri merupakan instrumen yang mempelajari interaksi antara atom atau molekul dengan radiasi elektromagnetik berdasarkan fakta bahwa substansi kimia secara selektif menghamburkan (*scatter*), menyerap (*absorb*) atau memancarkan (*emit*) energi elektromagnetik pada panjang gelombang yang berbeda-beda. Pada sebagian besar laboratorium, panjang gelombang yang digunakan dalam range ultraviolet (200-400 nm), sinar tampak (400-700 nm), atau cahaya yang mendekati inframerah (700-800 nm). Namun, sebagian besar instrumen dioperasikan dalam range panjang gelombang sinar tampak. Spektrofotometri terdiri atas spektrometer untuk menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang terseleksi serta suatu fotometer yaitu piranti untuk mengukur intensitas berkas monokromatik.

Bila cahaya jatuh pada suatu senyawa, maka sebagian dari cahaya tersebut akan diserap oleh molekul-molekul sesuai dengan struktur dari molekul itu sendiri. Setiap senyawa mempunyai tingkatan tenaga spesifik. Bila cahaya mempunyai tenaga yang sama dengan perbedaan tenaga antara tingkatan dasar dan tenaga tingkatan tereksitasi pada senyawa, maka elektron-elektron pada tingkatan dasar dieksitasikan ke tingkatan tereksitasi, dan sebagian tenaga yang sesuai dengan panjang gelombang ini akan diserap.

Cahaya merupakan salah satu bentuk gelombang elektromagnetik. Gambar 2.1 menunjukkan spektrum cahaya dalam spektrum gelombang elektromagnetik secara keseluruhan. Cahaya ultraviolet (UV) berada pada daerah panjang gelombang dari 100-380 nm. Cahaya tampak (*visible*) berada pada daerah panjang gelombang dari 380-700 nm seperti ditunjukkan dalam gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Spektrum warna cahaya tampak [Daftar Pustaka [2] ]

Cahaya yang dapat dilihat oleh manusia disebut cahaya tampak. Biasanya cahaya terlihat merupakan campuran dari cahaya yang mempunyai berbagai panjang gelombang, dari 400-700 nm. Tabel 2.1 menunjukkan hubungan warna dan panjang gelombang.

**Tabel 2.1** Hubungan Warna dan Panjang Gelombang [Daftar Pustaka [2] ]

Panjang Gelombang (nm)	Warna	
	Warna Primer	Warna Komplementer
400-435	Violet	Hijau Kekuningan
435-480	Biru	Kuning
480-490	Biru kehijauan	Jingga
490-500	Hijau kebiruan	Merah
500-560	Hijau	Ungu kemerahan
560-580	Hijau kekuningan	Ungu
595-610	Jingga	Biru kehijauan
610-680	Merah	Hijau kebiruan
680-700	Ungu kemerahan	Hijau

Spektrum warna kepekatan kadar formalin ditunjukkan pada range 680-700 nm. Semakin berwarna ungu kemerahan maka akan semakin pekat kadar formalin tersebut.

#### 2.4.1 Instrumen Spektrofotometri

Instrumen spektrofotometri merupakan instrumen yang titik beratnya pada pengukuran besaran cahaya dan sifat aneka ragam material dan obyek, bagaimana berinteraksi terhadap radiasi cahaya dan daerah cahaya tampak. Kualitas dasar yang termasuk dalam spektrofotometri adalah penyerapan (absorpsi cahaya), pantulan (refleksi cahaya), pembauran (emisi cahaya) dan penerusan (transmisi cahaya). Kualitas tersebut memberikan gambaran terhadap sifat-sifat zat yang di ukur (Khopkar, 1990). Secara garis besar konfigurasi suatu spektrofotometer ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Instrumentasi spektrofotometri secara umum. [Daftar Pustaka [2] ]

Keterangan :

SC – Sumber Cahaya

M = Monokromator

S = Sample

D = Detektor

PK = Pengkondisi Sinyal

A/D = Analog to Digital Converter



#### 2.4.2 Sumber Cahaya

Sumber cahaya berguna untuk memberikan radiasi dengan rentang panjang gelombang tertentu. Umumnya untuk rentang daerah sinar tampak digunakan sumber cahaya berupa lampu pijar, halogen maupun lampu tungsten. Sedangkan untuk daerah violet umumnya digunakan lampu hydrogen.

Pada perancangan alat ini sumber cahaya yang digunakan adalah sebuah LED berwarna putih yang memiliki intensitas cahaya cukup tinggi. Lampu LED ini akan memancarkan cahaya warna putih yang didalamnya spektrum warna dari formalin dengan panjang gelombang dominan pada 680-700 nm.[Daftar Pustaka [2] ]

#### 2.4.3 Pemilih Panjang Gelombang

Monokromator berfungsi untuk mengubah radiasi polikromatis yang dipancarkan oleh sumber radiasi menjadi radiasi monokromatis. Monokromator ini umumnya terdiri atas celah masuk (*entrance slit*), fiber optik, prisma (*prism*) atau kisi (*grating*), dan celah keluar (*exit slit*). Celah masuk berfungsi untuk masuknya cahaya yang berasal dari sumber radiasi, fiber optik berguna untuk menyerap warna komplementer agar sinar tampak yang diteruskan sinar yang warnanya sesuai dengan warna filter optik yang dipakai, prisma atau berfungsi mendispersi radiasi supaya didapatkan resolusi yang baik dari radiasi tersebut, celah keluar berfungsi untuk keluarnya cahaya dari monokromator menuju tempat cuplikan. [Daftar Pustaka [2] ]

#### 2.4.4 Tempat Cuplikan

Tempat cuplikan berfungsi untuk meletakkan wadah cuplikan (kuvet). Jadi cuplikan dimasukkan ke dalam wadah cuplikan (kuvet) dan diletakkan pada sample compartment untuk diukur kandungannya, dalam hal ini sampel harus dalam keadaan baik dan belum mengalami perubahan secara kimia, sehingga dapat diperoleh hasil pengukuran kandungan formalin yang akurat.

#### 2.5 Sensor Warna TCS-230

TCS-230 mempunyai suatu susunan photodetector yaitu merah, hijau dan biru. TCS-230 signal OE di kendalikan secara langsung oleh kode logika DPC (Diode Pemancar Cahaya) yang dapat beroperasi pada tegangan 2,7-5,5 Volt. Frekuensi output sebanding dengan intensitas warna yang dipilih. Frekuensi output bisa diskala dengan mengatur logika kaki selektor S0 dan S1. Penskalaan output dapat dilihat pada tabel 2.2:

**Tabel 2.2** Skala Pembanding TCS-230 [Daftar pustaka [3]]

S0	S1	Devide
0	0	Power Down
0	1	1:50
1	0	1: 5
1	1	1: 1

Sedangkan filter yang diaktifkan bisa diatur melalui kaki selektor S2 dan S3 dengan penjelasan pada tabel 2.3:

**Tabel 2.3** Pin/Kaki pengatur filter warna

S2	S3	Photodiode yang aktif
0	0	Pemfilter merah
0	1	Pemfilter biru
1	0	Tanpa filter
1	1	Pemfilter hijau

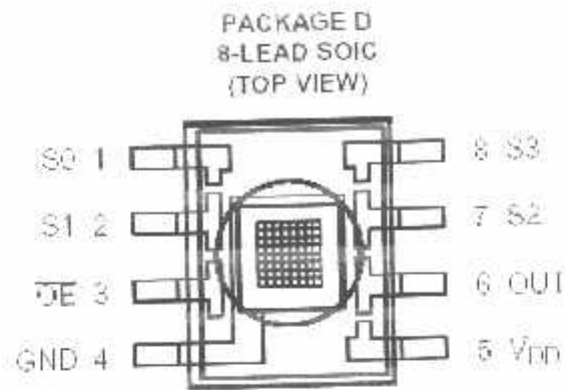
[Daftar pustaka [3] ]

Adapun fungsi masing-masing pin pada tabel 2.4 :

**Tabel 2.4** Pin/Kaki Sensor TCS-230

[Daftar pustaka [3] ]

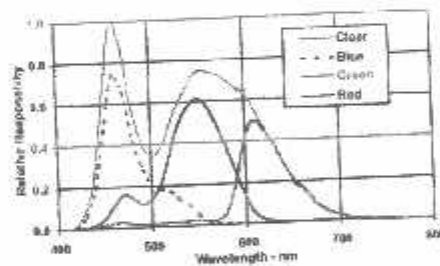
Pin	Sinyal	Deskripsi
1	GND	Ground Power Supply, Semua tegangan direfrensikan terhadap Ground
2	VDD	Tegangan Supply (2,7-5 Volt)
3	S1	Input pemilihan skala frekuensi output
4	S0	Input pemilihan skala frekuensi output
5	S2	Input pemilih filter yang diaktifkan
6	OE	Enable low
7	S3	Input pemilih filter yang diaktifkan
8	OUT	Frekuensi Output
9	LED	Control LED (Aktif LOW)
10	NC	No Conect



**Gambar 2.3** Pin/kaki Sensor TCS-230

[Daftar pustaka [3]]

TCS-230 mempunyai ukuran sensor 5,3mm dengan ketebalan 25mm. Untuk pengukuran semua variasi warna baik kasar maupun halus yang terdapat pada area warna merupakan rata-rata frekuensi warna yang diukur. Kombinasi warna yang ditangkap merupakan saringan dan emisi pancaran yang dapat dilihat pada grafik 2.1 :

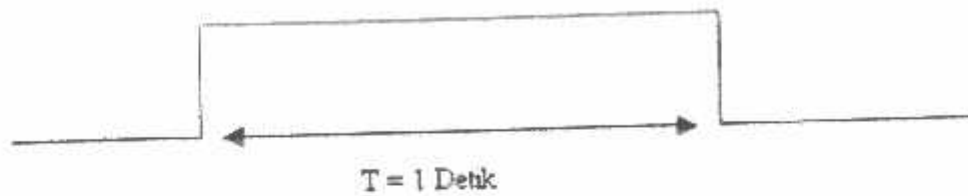


**Grafik 2.1** Sensor Module Color Response

[Daftar pustaka [3]]

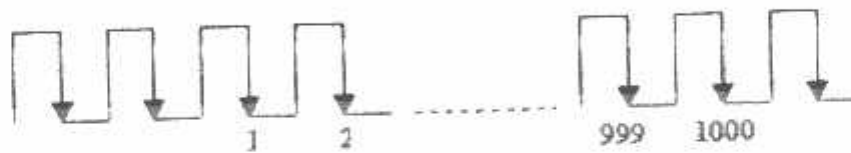
Sinyal yang dikirim dari sensor TCS-230 ke mikrokontroler berupa sinyal kotak atau dalam bentuk pulsa yang dikonversikan kedalam digital.

Untuk menghitung frekuensi output dengan membuat timer 1 detik, dan selama periode kita hitung berapa kali terjadi gelombang kotak. Sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 2.4:



**Gambar 2.4** Bentuk gelombang dalam pulsa selama 1 detik

[Daftar pustaka [3]]

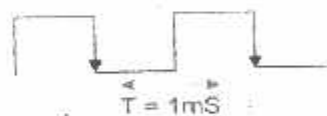


Setelah 1 detik terjadi 1000 gelombang.  
Maka frekuensinya 1000 Hz atau 1 KHz.

**Gambar 2.5** Bentuk gelombang dalam bentuk pulsa selama 1 detik.

[Daftar pustaka [3]]

Dalam satu detik terjadi 1000 gelombang, maka frekuensinya 1000 Hz atau 1KHz, dapat di cari dengan  $f=1/T$

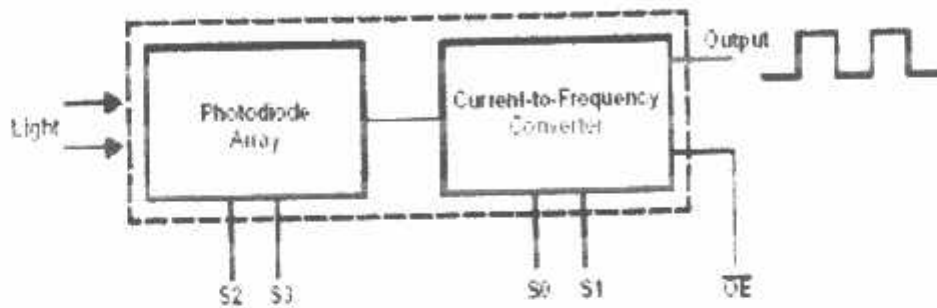


**Gambar 2.6** Bentuk gelombang selama 1 periode  $T = mS$

[Daftar pustaka [3]]

Berarti 1 gelombang penuh periodenya 1mS dengan frekuensinya  $1/1mS = 1000 \text{ Hz}$  atau 1KHz

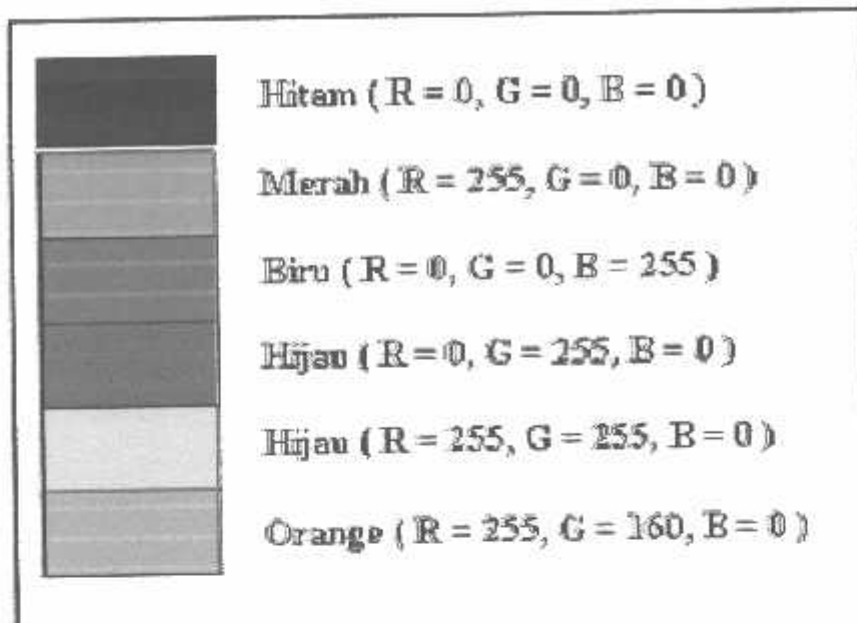
Frekuensi keluaran TCS-230 dapat dibaca dengan COUNT statement yang di tunjukkan sisi area yang diukur. TCS-230 adalah IC pengkonversi warna cahaya ke frekuensi. Ada dua komponen utama pembentuk IC ini, yaitu photodiode dan pengkonversi arus ke frekuensi, sebagaimana bisa dilihat pada gambar 2.7:



Gambar 2.7 Sketsa fisik dan blok fungsional TCS 230

[Daftar pustaka [31]]

Setiap warna dapat disusun dari warna dasar. Untuk cahaya, warna dasarnya adalah warna Merah, Hijau dan Biru, atau lebih dikenal dengan RGB. Gambar di bawah ini memperlihatkan beberapa sampel warna dan komposisi RGB-nya terskala 8 bit.



**Gambar 2.8**  
Contoh Beberapa Sampel warna dan komposisi RGB-nya

[Daftar pustaka [3] ]

Photodiode pada IC TCS230 disusun secara array 8x8 dengan konfigurasi: 16 photodiode untuk menfilter warna merah, 16 photodiode untuk memfilter warna hijau, 16 photodiode untuk memfilter warna biru, dan 16 photodiode tanpa filter.

## 2.6 Mikrokontroler AT89S51

AT89S51 adalah *mikrokontroller* keluaran Atmel dengan 4k *byte* Flash PEROM (*Programmable and Erasable Read Only Memory*), AT89S51 merupakan memori dengan teknologi *nonvolatile memory*, isi memori tersebut dapat diisi ulang ataupun dihapus berkali-kali.

Memori ini biasa digunakan untuk menyimpan instruksi (perintah) berstandar MCS-51 code sehingga memungkinkan *mikrokontroller* ini untuk bekerja dalam mode *single chip operation* (mode operasi keping tunggal) yang

tidak memerlukan *external memory* (memori luar) untuk menyimpan source code tersebut. Konfigurasi pin mikrokontroler AT89S51 ditunjukkan dalam Gambar 2.9:



**Gambar 2.9** Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S51 [Daftar Pustaka [51]]

### 2.6.1. Deskripsi Mikrokontroler AT89S51

- VCC (*power supply*)

- GND (*ground*)

- Port 0, yaitu pin p0.7..p0.0

Port 0 dapat berfungsi sebagai I/O biasa, *low order multiplex address/data* ataupun menerima kode byte pada saat *Flash Programming*. Pada saat sebagai I/O biasa port ini dapat memberikan *output sink* ke delapan buah masukan *Transistor Transistor Logic* (TTL) atau dapat diubah sebagai masukan dengan memberikan logika 1 pada port tersebut.

- Port 1, yaitu pin p1.0...p1.7

Port 1 berfungsi sebagai I/O biasa atau menerima *low order address bytes* selama pada saat *Flash Programming*. Port ini mempunyai internal pull up dan berfungsi sebagai masukan dengan memberikan logika 1. Sebagai *port* keluaran ini dapat memberikan *output sink* keempat buah masukan TTL.



fasilitas khusus port 1 ini adalah adanya *In-System Programming*, yaitu port 1.5 sebagai MOSI, port 1.6 sebagai MISO, port 1.7 sebagai SCK.

- Port 2, yaitu mulai pin p2.0...p2.7

Port 2 berfungsi sebagai I/O biasa atau *high order address*, pada saat mengakses memori secara 16 bit (*Movx @DPTR*). Pada saat mengakses memori secara 8 bit (*Mov @Rn*), port ini akan mengeluarkan sisi dari *Special Function Register*. Port ini mempunyai pull up dan berfungsi sebagai masukan dengan memberikan logika 1. Sebagai keluaran, port ini dapat memberikan *output sink* keempat buah masukan TTL.

- Pin 3.0, sebagai RXD (*Port Serial Input*).
- Pin 3.1, sebagai TXD (*Port Serial Output*).
- Pin 3.2, sebagai INT0 (*Port External Interrupt 0*).
- Pin 3.3, sebagai INT1 (*Port External Interrupt 1*).
- Pin 3.4, sebagai T0 (*Port External Timer 0*).
- Pin 3.5, sebagai T1 (*Port External Timer 1*).
- Pin 3.6, sebagai WR (*External Data Memory Write Strobe*).
- Pin 3.7, sebagai RD (*External Data Memory Read Strobe*).
- Pin 9, sebagai RST

*Reset* akan aktif dengan memberikan masukan *high* selama 2 cycle.

- Pin 30, sebagai ALE/PROG

Pin ini dapat berfungsi sebagai *Address Latch Enable (ALE)* yang me-latch *low byte address* pada saat mengakses memori external. Sedangkan pada saat Flash Programming (PROG) berfungsi sebagai *pulse input*. Pada operasi normal ALE akan mengeluarkan sinyal *clock* sebesar 1/16 frekwensi

*oscillator*, kecuali pada saat mengakses memori external. Sinyal *clock* pada saat ini dapat pula di disable dengan men-set bit 0 *Special Function Register*.

- Pin 29, sebagai PSEN

Pin ini berfungsi pada saat mengeksekusi program yang terletak pada memori eksternal. PSEN akan aktif dua kali setiap cycle.

- Pin 31, Sebagai EA/VPP

Pada kondisi low, pin ini akan berfungsi sebagai EA yaitu *mikrocontroller* akan menjalankan program yang ada pada memori eksternal setelah sistem di *reset*. Jika berkondisi *high*, pin ini akan berfungsi untuk menjalankan program yang ada pada memori internal. Pada saat Flash Programming pin ini akan mendapat tegangan 12 Volt (VPP).

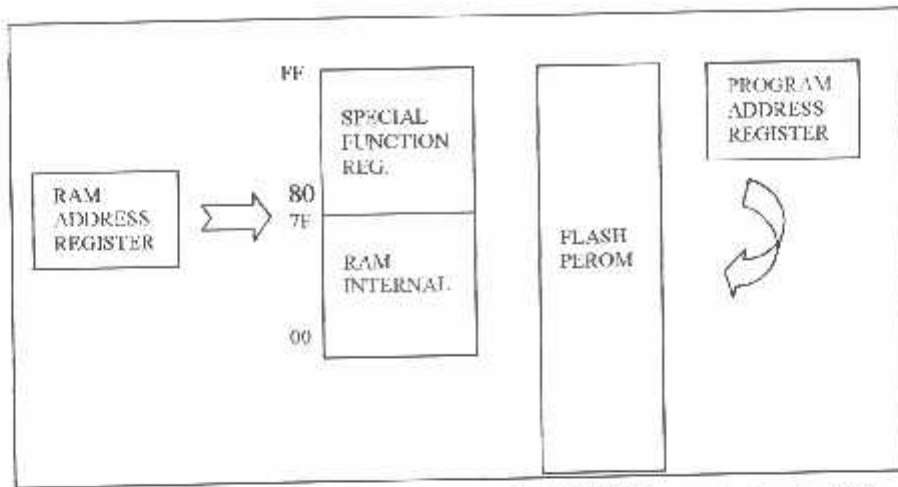
- Pin 19, sebagai XTALL1 (*Input Oscillator*).
- Pin 18, sebagai XTALL2 (*Output Oscillator*).

### 2.6.2 Struktur Memori

AT89S51 mempunyai stuktur memori yang terdiri atas :

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

MCS51

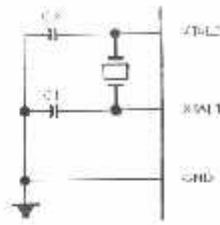


**Gambar 2.10** Struktur Memori AT89S51 [Daftar Pustaka [5] ]

AT89S51 mempunyai struktur memori yang terpisah antara RAM Internal dan Flash PEROM nya seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.10. RAM Internal dialamati oleh *RAM Address Register* (*Register* Alamat RAM) sedangkan *Flash PEROM* yang menyimpan perintah-perintah MCS-51 dialamti oleh *Program Address Register* (*Register* Alamat Program). Dengan adanya struktur memori yang terpisah tersebut, walaupun RAM Internal dan Flash PEROM mempunyai alamat yang sama, yaitu alamat 00, namun secara fisiknya kedua memori tidak saling berhubungan.

### 2.6.3 Pewaktuan CPU

Mikrokontroler AT89S51 memiliki osilator internal (*on chip oscillator*) yang dapat digunakan sebagai sumber *clock* bagi CPU. Untuk menggunakan osilator internal diperlukan sebuah kristal antara pena XTAL1 dan XTAL2 serta dua buah kapasitor ke *ground* seperti terlihat pada Gambar 2.11. Untuk kristalnya dapat digunakan frekuensi dari 6 sampai 12MHz, sedangkan untuk kapasitor dapat bernilai antara 27pF sampai 33pF.



Gambar 2.11 Rangkaian Osilator Internal. [Daftar Pustaka [5]]

#### 2.6.4 Interupsi

Apabila CPU (*Central Processing Unit*) dalam mikrokontroler AT89S51 sedang melaksanakan suatu program, pelaksanaan program tersebut dapat dihentikan sementara dengan adanya permintaan layanan interupsi. Apabila CPU (*Central Processing Unit*) mendapat permintaan layanan interupsi, *program counter* (PC) akan diisi alamat vektor interupsi. CPU (*Central Processing Unit*) kemudian melaksanakan rutin pelayanan interupsi mulai alamat tersebut. Bila rutin pelayanan interupsi selesai dilaksanakan, CPU (*Central Processing Unit*) AT89S51 kembali ke pelaksanaan program utama yang ditinggalkan.

Dalam mikrokontroler AT89S51 terdapat beberapa saluran interupsi.

Interupsi AT89S51 dibedakan dalam 2 jenis, yaitu:

1. Interupsi yang tak dapat dihalangi oleh perangkat lunak (*non maskable interrupt*), misalnya *reset*.
2. Interupsi yang dapat dihalangi oleh perangkat lunak (*maskable interrupt*).  
Contoh interupsi jenis ini adalah  $\overline{INT_0}$  dan  $\overline{INT_1}$  (eksternal) serta *Timer/counter* 0, *Timer/counter* 1, dan interupsi *port* serial (internal).

Instruksi RETI (*return from interrupt routine*) harus digunakan untuk kembali dari layanan rutin interupsi. Instruksi ini dipakai agar saluran interupsi kembali dapat dipakai. Alamat awal layanan rutin interupsi setiap sumber interupsi diperlihatkan dalam Tabel 2.5

**Tabel 2.5** Alamat layanan rutin interupsi

Nama	Lokasi	Alat interupsi
Reset	00H	<i>Power on reset</i>
$\overline{INT}_0$	03H	$\overline{INT}_0$
<i>Timer 0</i>	0BH	<i>Timer 0</i>
$\overline{INT}_1$	13H	$\overline{INT}_1$
<i>Timer 1</i>	1BH	<i>Timer 1</i>
Sint	23H	Port I/O serial

[Daftar Pustaka [5] ]

Mikrokontroler AT89S51 menyediakan 5 sumber interupsi: 2 interupsi eksternal, 2 interupsi *timer*, dan satu interupsi *port* serial. Interupsi eksternal  $\overline{INT}_0$  dan  $\overline{INT}_1$  masing-masing dapat diaktifkan berdasarkan level atau transisi, tergantung bit IT0 dan IT1 dalam TCON. Flag yang menghasilkan interupsi ini adalah bit dalam IE0 dan IE1 dalam TCON.

Interupsi *Timer 0* dan *Timer 1* dihasilkan oleh TF0 dan TF1. Interupsi *port* serial dihasilkan oleh logika OR dari RI dan TI.

Ada dua buah register yang mengontrol interupsi, yaitu IE (*interrupt enable*) dan IP (*interrupt priority*). Mikrokontroler AT89S51 tidak akan menanggapi permintaan interupsi jika suatu instruksi belum dilaksanakan secara lengkap.

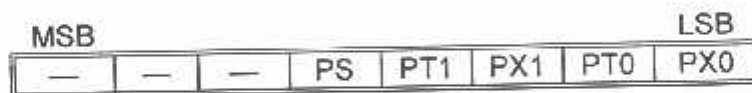


(*Special Function Register*) yang bernama IP (*interrupt priority*). Interupsi dengan prioritas rendah (*low priority*) dapat diinterupsi oleh interupsi yang memiliki prioritas lebih tinggi (*high priority*), tetapi tidak dapat diinterupsi oleh interupsi yang memiliki prioritas lebih rendah. Interupsi yang memiliki prioritas tertinggi tidak dapat diinterupsi oleh sumber interupsi yang lainnya.

Jika dua permintaan interupsi dengan tingkat prioritas yang berbeda diterima secara bersamaan, permintaan interupsi dengan prioritas tertinggi yang akan dilayani. Jika permintaan interupsi dengan prioritas yang sama diterima secara bersamaan, akan dilakukan *polling* untuk menentukan mana yang akan dilayani.

Masing-masing simbol, posisi, fungsi IP dijelaskan dalam Tabel 2.7.

Bit-bit pada IP adalah sebagai berikut:



**Tabel 2.7** Interrupt Priority

Simbol	Posisi	Fungsi
—	IP.7	Kosong
—	IP.6	Kosong
—	IP.5	Kosong
PS	IP.4	Bit prioritas interupsi port serial
PT1	IP.3	Bit prioritas interupsi <i>timer</i> 1
PX1	IP.2	Bit prioritas interupsi /INT 1
PT0	IP.1	Bit prioritas interupsi <i>timer</i> 0
PX0	IP.0	Bit prioritas interupsi /INT 0

[Daftar Pustaka [5]]

### 2.6.5. *Special Function Register*

SFR (*Special Function Register*) berisi register-register dengan fungsi tertentu. Beberapa fungsi SFR yang penting yaitu:

- *Accumulator* (ACC) merupakan register yang penting dalam operasi penambahan dan pengurangan,
- Register B merupakan register khusus yang berfungsi melayani operasi perkalian dan operasi pembagian.
- *Program Status Word* (PSW) berisi beberapa bit status yang menggambarkan keadaan CPU pada saat itu. PSW terdiri atas bit *carry*, *auxiliary carry*, dua bit pemilih bank, bendera *overflow*, bit paritas dan dua bendera yang dapat didefinisikan sendiri oleh pemakai.

*Stack Pointer* (SP) merupakan register 8 bit. Register SP digunakan dalam proses simpan dan ambil dari atau ke *stack*, dan dapat diletakkan pada alamat manapun pada RAM internal. Isi register ini ditambah sebelum data disimpan, menggunakan instruksi *PUSH* dan *CALL*. Walaupun *stack* bisa menempati lokasi dimana saja dalam RAM (*Random Acces Memory*), namun setelah adanya *reset*, register SP akan selalu diinisialisasikan pada alamat 07h, sehingga *stack* akan dimulai pada lokasi 08h. Sedangkan untuk pengurangan isi register SP menggunakan instruksi *POP*, yaitu untuk mentransfer data dari areal *stack* yang ditunjukkan oleh *Stack Pointer* ke operand tujuan sehingga menyebabkan *Stack Pointer* berkurang. Selanjutnya instruksi *RET* akan mengembalikan proses pelaksanaan program ke program utama dengan cara mengambil isi *stack* yang disimpan pada saat instruksi *CALL*, dan selanjutnya dimasukkan ke dalam PC (*Program Counter*). Masing-



masing register ditunjukkan dalam Tabel 2.8 yang meliputi simbol, nama, dan alamat, serta keadaannya dalam nilai biner pada saat terjadi *power-on reset*.

**Tabel 2.8** *Special Function Register*

Simbol	Nama	Alamat	<i>Power-on Reset</i>
ACC	Akumulator	E0h	0000 0000
B	Register B	F0h	0000 0000
PSW	Program Status Word	D0h	0000 0000
SP	Stack Pointer	81h	0000 0111
DPTR	Data Pointer 16 bit		
DPL	Data Pointer byte rendah	82h	0000 0000
DPH	Data Pointer byte tinggi	83h	0000 0000
P0	Port 0	80h	1111 1111
P1	Port 1	90h	1111 1111
P2	Port 2	A0h	1111 1111
P3	Port 3	B0h	1111 1111
IP	Interrupt Priority Control	B8h	xxx0 0000
IE	Interrupt Enable Control	A8h	0xx0 0000
TMOD	Timer/counter Mode Control	89h	0000 0000
TCON	Timer/counter Control	88h	0000 0000
TH0	Timer/counter 0 high byte	8Ch	0000 0000
TL0	Timer/counter 0 low byte	8Ah	0000 0000
TH1	Timer/counter 1 high byte	8Dh	0000 0000
TL1	Timer/counter 1 low byte	8Bh	0000 0000
SCON	Serial Control	98h	0000 0000
SBUF	Serial Data Buffer	99h	xxxx xxxx
PCON	Power Control	87h	0xxx xxxx

[Daftar Pustaka [5]]

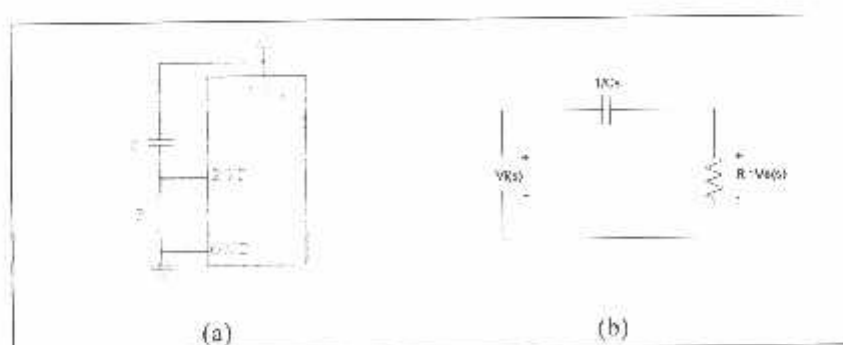
- *Data pointer* (DPTR) terdiri dari dua register, yaitu untuk *byte* rendah (*Data Pointer Low/DPL*) dan untuk *byte* tinggi (*Data Pointer High/DPH*).

Fungsinya adalah untuk menahan alamat 16 bit. DPTR dapat dimanipulasi sebagai register 16 bit atau sebagai dua buah register 8 bit.

- *Port 0* sampai *port 3* merupakan register yang berfungsi untuk membaca dan mengeluarkan data pada *port 0*, *1*, *2*, dan *3*. Masing-masing register ini dapat dialamti secara per-bit maupun per-byte.
- *Control register*, terdiri atas register yang mempunyai fungsi kontrol untuk mengontrol sistem intcrupsi, terdapat dua register khusus, yaitu register IP (*Interrupt Priority*) dan register IE (*Interrupt Enable*). Untuk mengontrol pelayanan *timer/control* terdapat register khusus yaitu register TMOD (*Timer/Counter Mode Control*) dan register TCON (*Timer/counter Control*), serta untuk pelayanan *port scrial* menggunakan register SCON (*serial port control*).

#### 2.6.6. Reset

Rangkaian *power on reset* diperlukan untuk mereset mikrokontroler secara otomatis setiap catu daya *on*. Gambar 2.12 menunjukkan rangkaian *power on reset*. Ketika catu daya diaktifkan, rangkaian *reset* menahan logika tinggi pin RST dengan jangka waktu yang ditentukan oleh besarnya pengisian muatan  $C$ , yang mana nilai jangka waktunya dihitung dengan persamaan 2.5



**Gambar 2.12** (a) Rangkaian *Power On Reset* (b) Rangkaian ekuivalen *Power On Reset* [Daftar Pustaka [5] ]

Rangkaian ekivalen seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.12 (b) didapatkan bahwa :

$$V_o(s) = \frac{R}{R + \frac{1}{Cs}} \cdot V_i(s) = \frac{RCs}{RCs + 1} \cdot V_i(s) \quad (2.2)$$

dengan tegangan  $V_i$  adalah tegangan  $V_{cc}$  yaitu 5V, dalam fungsi *Laplace* adalah  $5/s$ , sehingga;

$$V_o = \frac{RCs}{RCs + 1} \cdot \frac{5}{s} = \frac{RC}{RCs + 1} \cdot 5 = 5 \cdot \left( \frac{1}{s + \frac{1}{RC}} \right)$$

$$V_o = 5 \cdot e^{\left( \frac{t}{RC} \right)} \quad (2.3)$$

$$\frac{5}{V_o(t)} = e^{\frac{t}{RC}}$$

$$\ln\left(\frac{5}{V_o}\right) = \frac{t}{RC}$$

Maka,

$$t = R \cdot C \cdot \left( \ln \frac{5}{V_o} \right), \quad \text{atau,} \quad t = R \cdot C \cdot \frac{\left( \log \frac{5}{V_o} \right)}{\log e} \quad (2.4)$$

dengan nilai  $V_o$  adalah tegangan logika nominal yang diijinkan oleh pin RST (Atmel, 1997: 20), dimana:

$$V_o = 0,7 \times V_{cc} = 0,7 \times 5 \text{ volt} = 3,5 \text{ volt.}$$

Maka,

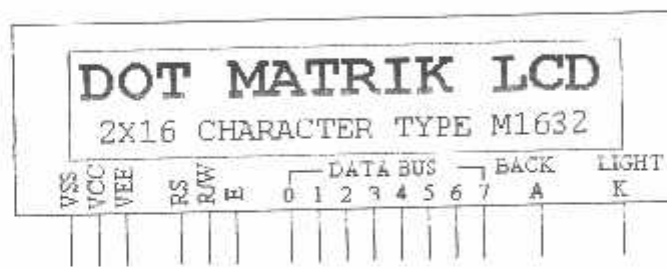
$$t = R \cdot C \cdot \frac{\left( \log \frac{5}{3,5} \right)}{\log e}, \text{ sehingga}$$

$$t = 0,357 \cdot R \cdot C \quad (2.5)$$

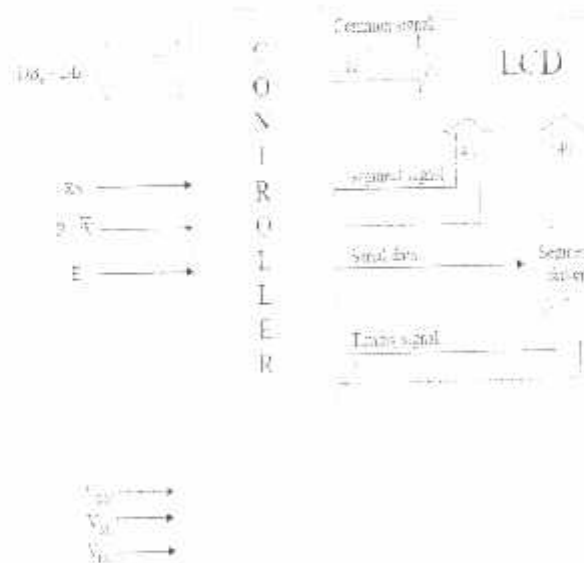
dengan R berkisar antara 50 k $\Omega$  sampai 300k  $\Omega$  (AT89S51 *Data Sheets*: 20)

## 2.7 Liquid Crystal Display (LCD)

Gambar rangkaian LCD dan konfigurasi pinnya serta diagram blok LCD dapat dilihat dalam Gambar 2.13 dan Gambar 2.14. Bus data LCD terhubung dengan bus data mikrokontroler. Karena LCD dioperasikan hanya menerima data, maka pin  $R/\bar{W}$  dihubungkan ke *ground*. RS dihubungkan dengan pin A0 dari bus alamat mikrokontroler. Untuk mengatur tingkat kecerahan LCD digunakan resistor variabel 1 k $\Omega$ . LCD yang digunakan adalah tipe M1632.



Gambar 2.13 Rangkaian LCD dan Konfigurasi Pin  
[Daftar Pustaka [6] ]



Gambar 2.14 Diagram Blok LCD  
[Daftar Pustaka [6] ]

Karakteristik LCD dot-matrik adalah sebagai berikut :

- 16 x 2 karakter dengan 5 x 7 dot-matrik dan *cursor*.
- Karakter generator ROM dengan 192 tipe karakter.
- Karakter generator RAM dengan 8 tipe karakter (untuk program *write*).
- 80 x 8 bit *display* data RAM.
- Dapat di-*interface*-kan dengan mikrokontroller 4 bit atau 8 bit.
- *Display* data RAM dan karakter generator RAM dapat dibaca dari mikrokontroller.
- Catu daya -5 Volt.
- Power on reset.
- Proses CMOS.
- Range temperatur operasi 0<sup>o</sup> sampai 50<sup>o</sup>C.
- Beberapa fungsi instruksi adalah display clear, cursor home, display on/off, cursor on/off, display character blink, cursor shift dan display shift.

Fungsi masing-masing pin LCD M1632 dapat dilihat dalam Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Fungsi Pin LCD

Nama Pin	Fungsi
D0-D7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan pada LCD.
Enable (E)	Sinyal operasi awal. Sinyal ini akan mengaktifkan data tulis atau baca.
R/W	Sinyal seleksi tulis dan baca: 0 = tulis dan 1 = baca
RS	Sinyal pemilih register internal: 0 = instruksi register (tulis), 1 = data register (tulis dan baca).
V <sub>EF</sub>	Untuk mengendalikan kecerahan LCD dengan mengubah-ubah nilai resistor variabel yang diumpangkan.

V <sub>cc</sub>	Tegangan sumber +5V
V <sub>ss</sub>	Terminal <i>ground</i>

[Daftar Pustaka [6] ]

Instruksi operasi pada LCD merupakan kombinasi bilangan biner yang melalui pin saluran data 8 bit (D0 – D7), pin seleksi register (RS) dan pin seleksi instruksi (R/W). Tabel 2.10 menunjukkan instruksi operasi pada LCD. Tabel 2.11 menunjukkan register-register yang akan dioperasikan.

**Tabel 2.10** Instruksi Pada LCD

No	INSTRUKSI	RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	<i>Display Clear</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Cursor Home</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	<i>Entry Mode Set</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	ID	S
4	<i>Display ON/OFF</i>	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
5	<i>Cursor Display Shift</i>	0	0	0	0	0	1	S <sub>C</sub>	R <sub>L</sub>		
6	<i>Function Set</i>		0	0	0	1	0				
7	<i>CGRAM Address Set</i>	0	0	0	1	A <sub>0</sub>					
8	<i>DDRAM Address Set</i>	0	0	1	A <sub>0</sub>						
9	<i>BF Address Read</i>	0	1	BF	A <sub>0</sub>						
10	<i>Data Write To CGRAM</i>	1	0	Write Data							
11	<i>Data Read From CGRAM</i>	1	1	Read Data							

[Daftar Pustaka [6] ]

Fungsi masing-masing instruksi adalah sebagai berikut :

1. *Display Clear* : membersihkan tampilan yang ada pada LCD dan mengembalikan kursor kembali ke posisi semula.
2. *Cursor home* : hanya membersihkan semua tampilan dan kursor kembali semula.
3. *Entry mode set* : layar beraksi sebagai tampilan tulis.

S = 1 / 0 : menggeser layar.

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

I / O = 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 : kursor *off*.

B = 1 : kursor berkedip-kedip.

B = 0 : kursor 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. *Function set*

DL = 1 : panjang data LCD pada 8 bit (DB7 – DB0).

DL = 0 : panjang data LCD pada 4 bit (DB7 – DB0).

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 × 10 atau 5 × 7 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*: menulis byte ke alamat terakhir RAM yang dipilih.

11. *Data read from CG RAM or DD RAM*: membaca byte dari alamat terakhir RAM yang dipilih.

**Tabel 2.11** Tabel Seleksi Register

RS	R/W	OPERASI
0	0	Seleksi IR, IR Write Display Clear
0	1	Busy Flag (DB 7), Address Counter (DB 0 – DB 7) Read
1	0	Seleksi DR, DR Write
1	1	Seleksi DR, DR Write

[Daftar Pustaka [6] ]

Kontroler dari LCD mempunyai 2 buah register 8-bit yaitu register instruksi (IR) dan register data (DR). IR menyimpan kode instruksi seperti *Display Clear*, *Cursor Shift* dan *Display Data* (DD RAM) serta *Character Generator* (CG RAM). DR dapat menyimpan data sementara untuk ditulis ke DD RAM atau CG RAM ataupun membaca data dari DD RAM atau CG RAM. Ketika data ditulis ke DD RAM atau CG RAM maka data pada DR secara otomatis menulis data ke DD RAM atau CG RAM. Akan tetapi, ketika data pada CG RAM atau DD RAM akan dibaca, alamat data yang diperlukan adalah data yang ditulis pada IR. Data yang dihasilkan akan dimasukkan melalui DR dan mikrokontroler akan membaca data dari DR.

*Busy flag* menunjukkan bahwa modul siap untuk menerima instruksi selanjutnya. Sebagaimana terlihat dalam Tabel register seleksi sinyal akan melalui DB 7, 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) 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* (DD RAM) pada LCD masing-masing *line* mempunyai range alamat tersendiri. Alamat itu diekspresikan dengan bilangan heksadesimal. Untuk *line* 1 alamat berkisar antara 00H – 0FH sedangkan untuk *line* 2 range alamat berkisar antara 40H – 4FH.

*Character Generator ROM* (CG ROM) mempunyai tipe dot matrik 5 x 7 dan pada LCD telah tersedia ROM sebagai pembangkit karakter dalam kode ASCII. *Character Generator RAM* (CG RAM) dipakai untuk pembuatan karakter tersendiri melalui program.

## BAB III

### PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini dibahas tentang perencanaan dan pembuatan alat dari sistem yang direncanakan. Perencanaan dari sistem dan pembuatan alat secara garis besar dapat dibagi menjadi 2 yaitu : perencanaan perangkat keras (*Hardware*) dan perencanaan perangkat lunak (*Software*).

#### 3.1 Perancangan Perangkat Keras ( Hardware )

Perencanaan suatu alat akan lebih efisien jika sebelum merencanakannya didahului dengan merencanakan diagram blok yang menggambarkan prinsip kerja rangkaian yang akan direncanakan secara keseluruhan. Secara garis besar prinsip kerja dari sistem Pendeteksi Formalin Dalam Makanan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 yang ditunjukkan pada gambar 3.1 :



**Gambar 3.1** Blok Diagram Perancangan Hardware

**Fungsi masing - masing diagram blok :**

- **Sensor TCS 230**

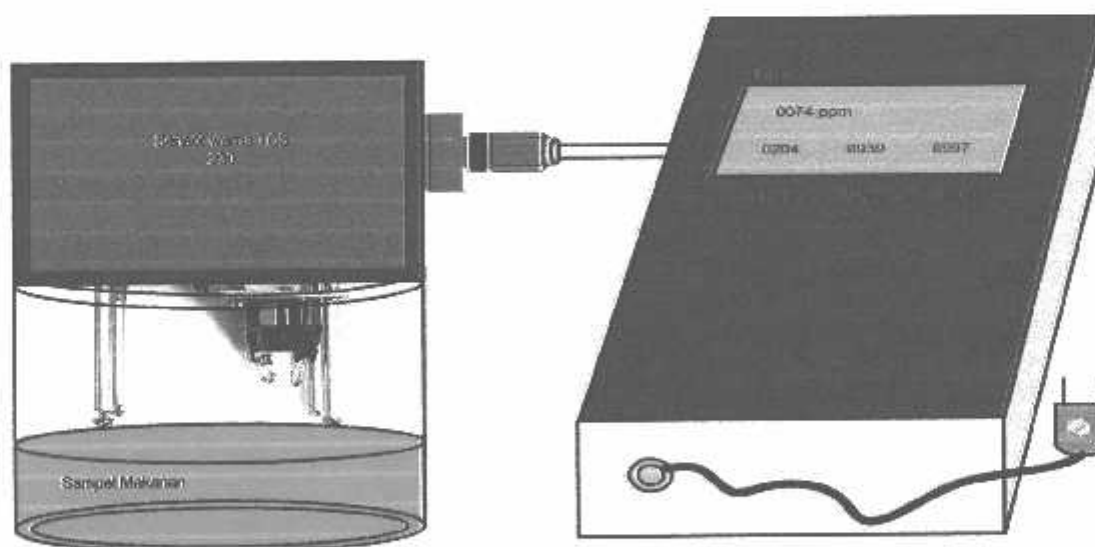
Berfungsi sebagai alat pendeteksi perubahan warna yang terjadi pada ekstrak makanan yang sudah di larutkan bersama FMR(Formalin Mine Range) sehingga dapat diproses oleh mikrokontroler.

- **LCD (Liquid Crystal Display)**

Berfungsi untuk menampilkan data berupa kadar formalin dengan satuan ppm.

- **Mikrokontroler**

Mikrokontroler yang digunakan disini memiliki fungsi yaitu mengolah data keluaran berupa sinyal kotak - kotak dari sensor TCS 230 menjadi satuan ppm (*part per million*) yang diinginkan. Dan memberikan instruksi pada LCD untuk menampilkan hasil berupa angka dalam satuan yang diinginkan. Gambar 3.2 menunjukkan perancangan alat pendeteksi formalin.

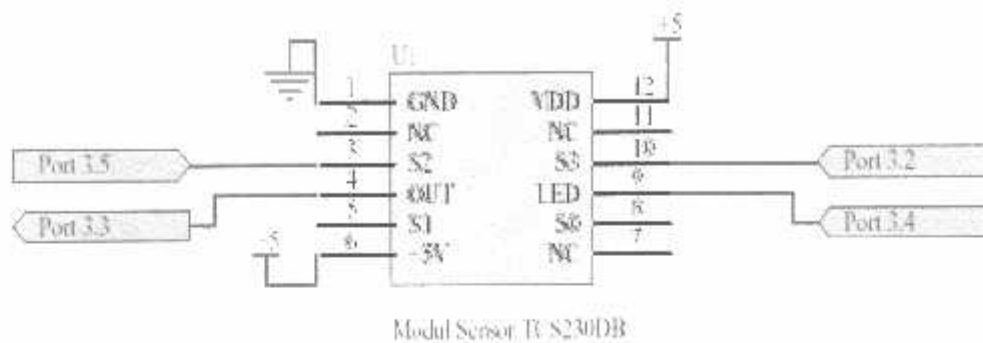


**Gambar 3.2** Perancangan Alat Pendeteksi Formalin

### 3.1.1 Prinsip Kerja Alat

Sebelum melakukan pengujian kadar formalin. Awalnya di buat ekstrak makanan yang di perkirakan mengandung formalin dengan mencampur bahan kimia berupa FMR(Formalin Mine Range) sebanyak tiga tetes dengan Aquades 50 ml, setelah itu campurkan antara ekstrak makanan dengan larutan FMR(Formalin Mine Range) tiga tetes dan Aquades 50 ml, lalu di masukkan dalam wadah penampungan dan tunggu 5 menit untuk mengetahui perubahan warna yang di hasilkan. Apabila makanan mengandung formalin maka warnanya merah atau keunguan dan kalau negatif akan terlihat warna kuning. Kemudian di uji menggunakan sensor warna TCS 230 D semakin pekat warna merah atau ungunya maka prosentase formalin semakin besar. Frekuensi yang keluar dari sensor berupa sinyal kotak, kemudian diproses oleh MCU. Data output dari mikrokontroler akan di terjemahkan oleh LCD. Data pada LCD akan mengeluarkan data informasi kadar formalin dalam makanan berupa angka dalam satuan ppm (*part per million*).

### 3.1.2 Rangkaian Sensor TCS 230



**Gambar 3.3** Perencanaan Rangkaian Modul Sensor TCS 230

Pada aplikasi ini menggunakan sensor warna TCS 230. Port 3.5 dan port 3.2 memilih atau mendeteksi warna, sehingga bisa di tampilkan pada LCD. Port 3.3 sebagai output dari sensor. Port 3.4 berfungsi sebagai memerintahkan led agar menyala. Photodiode akan mengeluarkan arus yang besarnya sebanding dengan kadar warna dasar cahaya yang menyimpannya. Arus ini kemudian dikonversikan menjadi sinyal kotak dengan frekuensi sebanding dengan besarnya arus. Frekuensi Output ini bisa diskala dengan mengatur kaki selektor S0 dan S1. Gambar 3.3 menunjukkan perencanaan rangkaian sensor TCS 230. Pengolahan keluaran sensor ke mikrokontroler AT89S51 dengan cara membaca pulsa yang di keluarkan sensor selama satu periode dengan begitu dapat diketahui bila satu periode pulsa semakin lebar maka keluaran frekuensi semakin besar dan begitu pula kadar ppm akan semakin besar dan sebaliknya.

### 3.1.3 Rangkaian Reset

Untuk me-*reset* mikrokontroler AT89S51, maka pin RST 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*.

Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi sebesar 12 MHz, maka satu periode dapat dihitung dari persamaan

$$T = \frac{1}{f_{KRYAL}} = \frac{1}{12 \times 10^6} \text{ s} = 8,33 \times 10^{-8} \text{ s}$$

Sehingga waktu minimal logika tinggi yang dibutuhkan untuk *mereset* mikrokontroler dapat dihitung menggunakan persamaan:

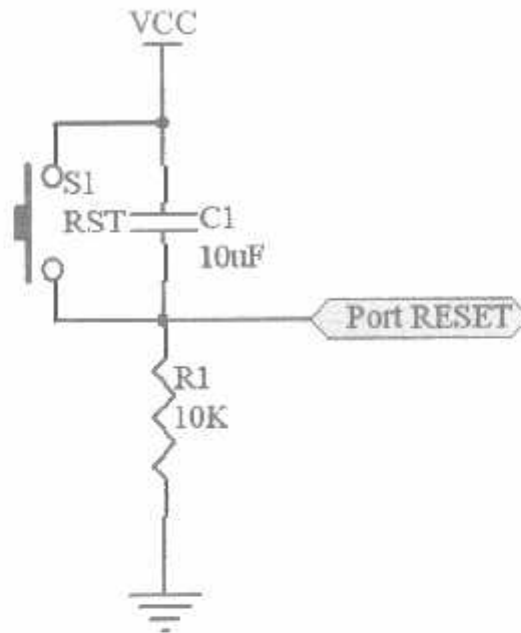
$$\begin{aligned} t_{\text{reset}(\text{min})} &= T \times \text{periode yang dibutuhkan} \\ &= 8,33 \times 10^{-8} \times 24 = 2 \mu\text{s} \\ &= 2 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Jadi mikrokontroler membutuhkan waktu minimal 2  $\mu\text{s}$  untuk *mereset*. Waktu minimal inilah yang dijadikan pedoman untuk menentukan nilai R dan C. Dari Persamaan (2-4) dengan menentukan nilai R = 10 k $\Omega$ , dan C = 10  $\mu\text{F}$ , maka:

$$t = 0,357 R.C = 0,357 \times 10000\Omega \times 10 \cdot 10^{-6} = 35,70 \text{ ms}$$

Jadi dengan nilai komponen R = 10 k $\Omega$ , dan C = 10  $\mu\text{F}$  dapat memenuhi syarat minimal untuk waktu yang dibutuhkan oleh mikrokontroler.

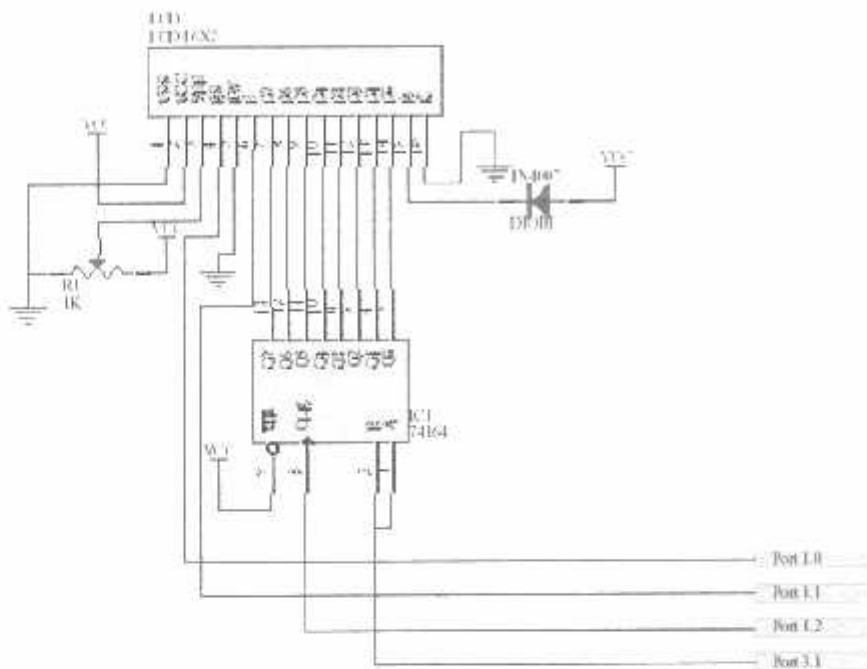
Rangkaian reset ditunjukkan dalam gambar 3.4 :



**Gambar 3.4** Perencanaan Rangkaian Reset

### 3.1.4 Perancangan Rangkaian LCD

Dalam aplikasi ini menggunakan sebuah layar LCD (*Liquid Crystal Display*) yaitu jenis *Seiko Instrument M1632* yang merupakan LCD dua baris dengan setiap barisnya terdiri 16 karakter dan menggunakan IC 74LS164 yang merupakan register geser 8 bit yang memiliki jalan masuk deret tergerbang. Gambar hubungan antara LCD, IC74LS164 dan mikrokontroler dapat dilihat dalam Gambar 3.5:



**Gambar 3.5** Antarmuka LCD dengan mikrokontroler AT89S51

LCD dot matrik ini membutuhkan sepuluh buah pin masukan/keluaran dari mikrokontroler dan IC 74164 Adapun dua buah pin yakni port 1.0 pada penyemat RS yang digunakan sebagai sinyal pemilih register dan port 1.1 pada penyemat Enable digunakan sebagai sinyal operasi awal, sinyal enable ini mengaktifkan data tulis atau baca oleh mikrokontroler, penyemat DB0-DB7 yang dihubungkan ke pin data IC74164 digunakan untuk menampilkan karakter yang dikehendaki oleh mikrokontroler. Ketika terdapat data pada jalur data, data tersebut akan ditahan dengan memberikan *clock* pin E pada LCD. Pin RS menentukan apakah data yang ditahan akan digunakan sebagai instruksi untuk mengatur *setting* tampilan pada LCD atau sebagai kode karakter yang diperlukan LCD untuk menampilkan suatu karakter. Sedangkan untuk pin R/W pada LCD dihubungkan ke *ground* karena dalam hal ini LCD hanya melakukan operasi write atau operasi menampilkan karakter.



Untuk pin  $V_{cc}$  pada LCD dihubungkan ke supply  $+V_{cc}$  dan  $V_{ss}$  dihubungkan ke *ground*. Pin  $V_{EE}$  beserta pin  $V_{cc}$  dan  $V_{ss}$  dihubungkan ke *trimmer potensio* atau kadang disebut dengan *trimpot*. *Trimpot* ini digunakan untuk mengatur kontras dari tampilan LCD dengan cara mengubah tegangan pada pin  $V_{EE}$ . Daftar tabel fungsi penyemat pada LCD dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

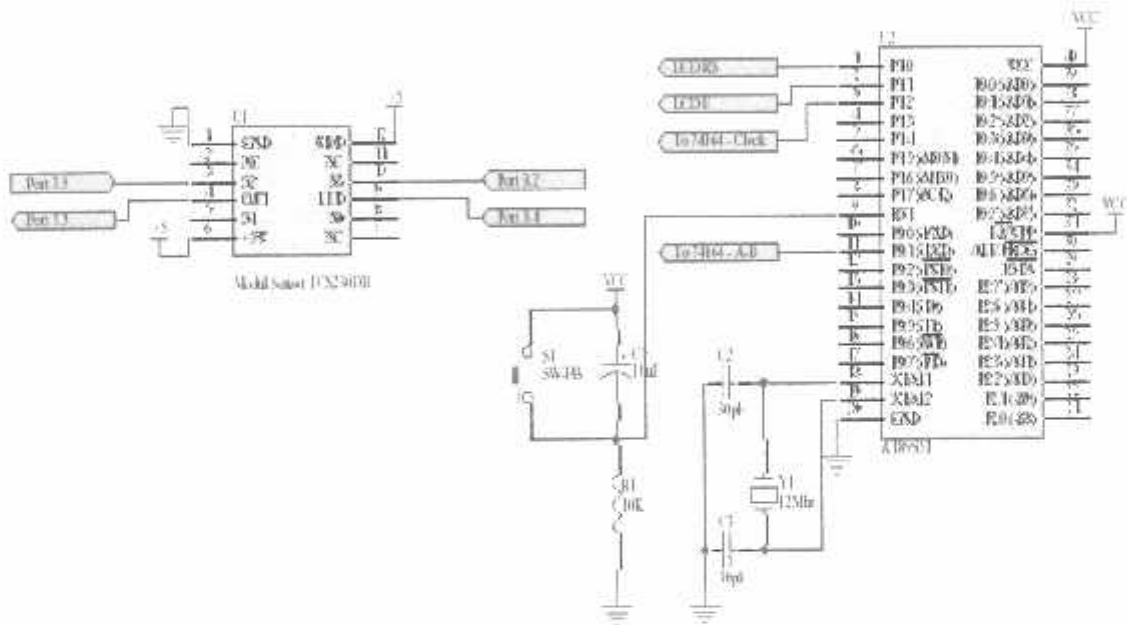
**Tabel 3.1.** Fungsi penyemat LCD

Penyemat	Fungsi
<b>DB0 – DB7</b>	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan di LCD.
<b>Enable</b>	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis atau baca.
<b>R/W</b>	Sinyal seleksi tulis atau baca 0: tulis 1: baca
<b>RS</b>	Sinyal pemilih <i>register</i> 0: masukan data 1: masukan instruksi

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa data yang terdapat pada jalur data selain dianggap sebagai kode karakter dapat digunakan sebagai suatu perintah instruksi untuk mengatur setting dari tampilan LCD. Cara pemakaian data antara sebagai instruksi dengan kode karakter berbeda. Perbedaan hanyalah keadaan pin RS ketika data yang ada di jalur data ditahan oleh LCD dengan memberikan *clock* pada pin E.

### 3.1.5 Perancangan minimum system AT89S51

Pada rangkaian kontrol ini komponen utamanya menggunakan mikrokontroler AT89S51. Sebagai tempat pengolahan data dan pengontrolan alat, pin-pin AT89S51 dihubungkan pada rangkaian pendukung membentuk suatu minimum sistem seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.6.



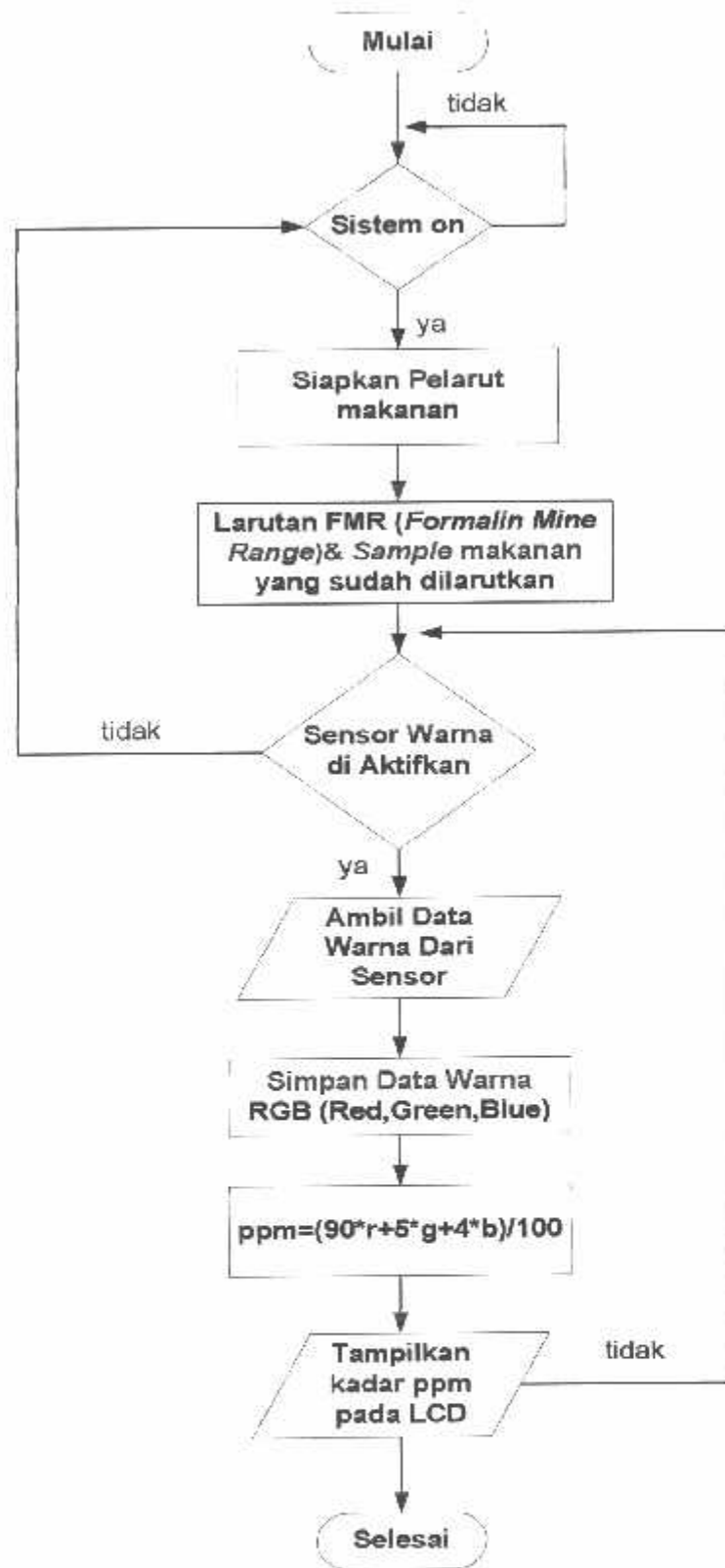
**Gambar 3.6** Perancangan Minimum Sistem AT89S51

Pin-pin mikrokontroler yang digunakan yaitu:

1. P1.0-P1.2 dan P3.1 sebagai jalur data yang dihubungkan ke modul penampil LCD
2. P3.5,P3.2 dan P3.4 sebagai jalur data komunikasi dengan mikrokontroler.  
P3.3 sebagai output dari sensor ke mikrokontroler
3. X1 dan X2 digunakan sebagai input dari rangkaian osilator kristal. Rangkaian osilator kristal terdiri dari kristal osilator 12 MHz, kapasitor C1 dan C2 yang masing-masing bernilai 30 pF, akan membangkitkan pulsa *clock* yang menjadi penggerak bagi seluruh operasi internal MCU.
4. VCC dihubungkan dengan tegangan sebesar +5V
5. GND dihubungkan ke *ground* catu daya.
6. Reset digunakan untuk mereset program kontrol MCU, dimana MCU memiliki masukan aktif *high*.

### 3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam perencanaan dan pembuatan alat akan dipaparkan dalam *flowchart* sistem secara keseluruhan. Pembuatan *software* hanya dilakukan pada mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman *Basic*. Diagram alir atau *Flowchart* program secara keseluruhan seperti pada gambar 3.7:



Gambar 3.7 Flow chart Program

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN DAN HASIL ANALISA**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sejauh mana peralatan dapat bekerja sesuai dengan perencanaan. Langkah pengujian dilakukan melalui 2 tahap, yakni pengujian pada setiap blok dan pengujian pada sistem keseluruhan. Tahap pertama dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana blok-blok rangkaian dapat berjalan, sedangkan tahap kedua dilakukan setelah diperoleh kepastian bahwa tiap blok rangkaian telah berjalan sesuai rencana.

#### **4.1. Pengujian Rangkaian LCD**

##### **4.1.1. Alat dan Bahan**

1. Rangkaian LCD
2. Rangkaian Mikrokontroler AT89S51
3. Catu daya 5 Volt

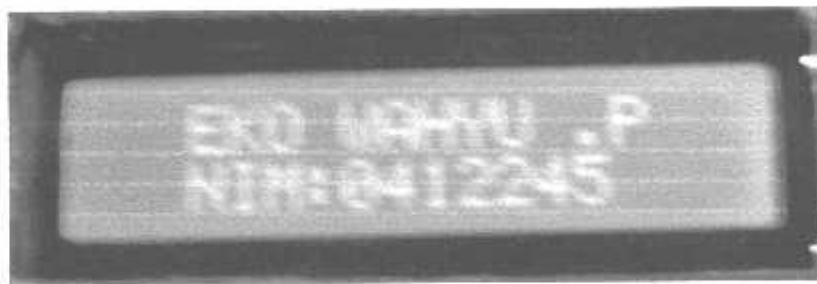
##### **4.1.2. Langkah Pengujian**

1. Mempersiapkan *software* mikrokontroler yang berfungsi untuk inisialisasi LCD dan menampilkan suatu kata-kata pada baris pertama bertuliskan "Eko Wahyu .P", baris kedua bertuliskan "Nim: 0412245".
2. Mengamati hasil pengujian.



#### 4.1.3. Hasil Pengujian

Setelah melakukan pengujian LCD diatas didapatkan tulisan “Eko Wahyu P” pada baris pertama dan “ Nim: 0412245” pada baris kedua . Dengan demikian setelah mengetahui hasil pengujian rangkaian LCD dapat disimpulkan bahwa rangkaian LCD tersebut telah berfungsi sesuai yang direncanakan.



**Gambar 4.2.** Hasil Pengujian Rangkaian LCD

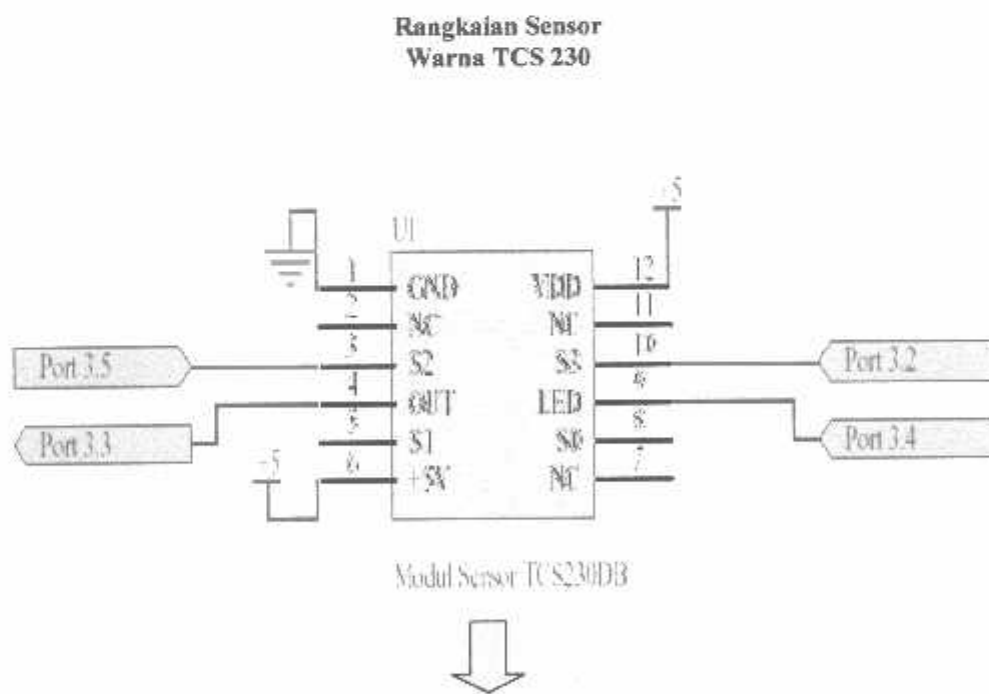
## 4.2. Pengujian Rangkaian Sensor Warna TCS 230

### 4.2.1. Alat dan Bahan

- 1 Rangkaian Sensor
- 2 Rangkaian Mikrokontroler AT89S51
- 3 Rangkaian LCD
- 4 Osiloskop
- 5 Catu daya 5 Volt

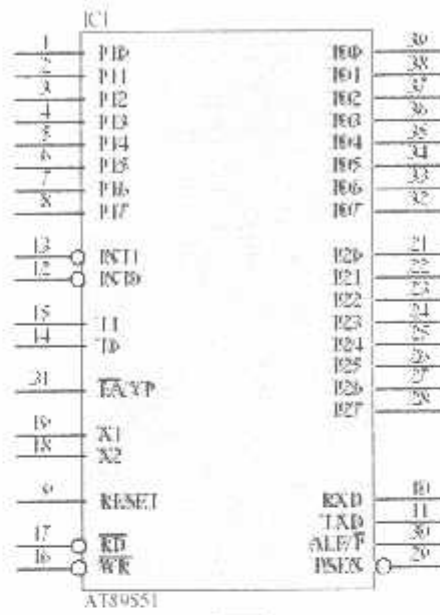
### 4.2.2. Langkah Pengujian

1. Mempersiapkan *software* mikrokontroler yang berfungsi untuk mengaktifkan sensor dan menampilkan pada LCD suatu angka dan kata pada baris pertama bertuliskan "9167 ppm", baris kedua bertuliskan "0412223".
2. Mengamati hasil pengujian.

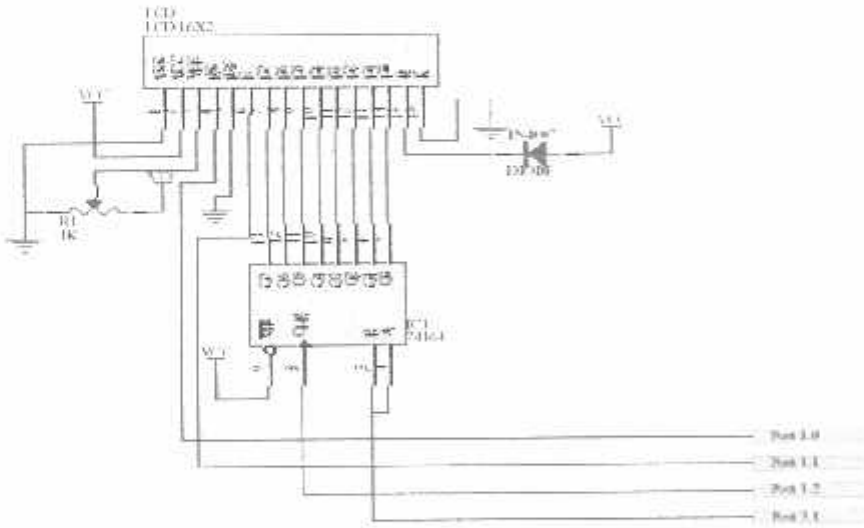




**Minimum Sistem  
AT89551**



**Rangkaian  
LCD**



**Gambar 4.3.** Blok Diagram Pengujian Rangkaian Sensor

#### 4.2.3. Hasil Pengujian

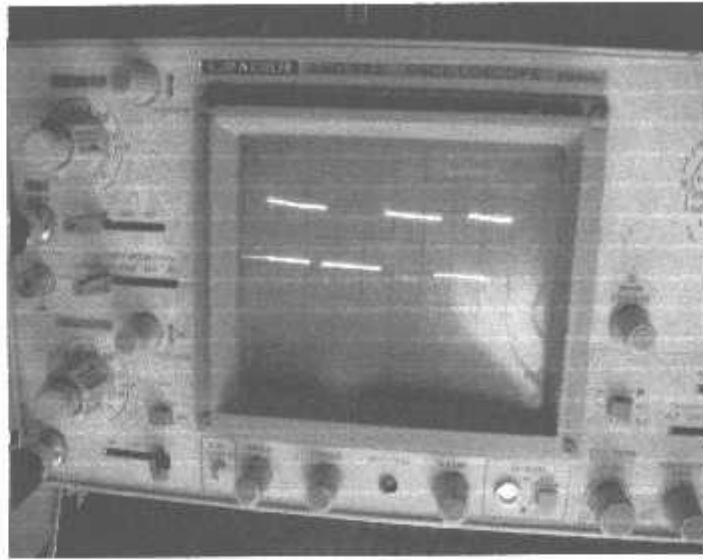
Setelah melakukan pengujian Sensor diatas didapatkan tulisan “0000 ppm” pada baris pertama dan “0092(Red) 0078(Green) 0072(blue)” pada baris kedua . Dengan demikian setelah mengetahui hasil pengujian rangkaian Sensor dapat disimpulkan bahwa rangkaian Sensor warna TCS tersebut telah berfungsi sesuai yang direncanakan.



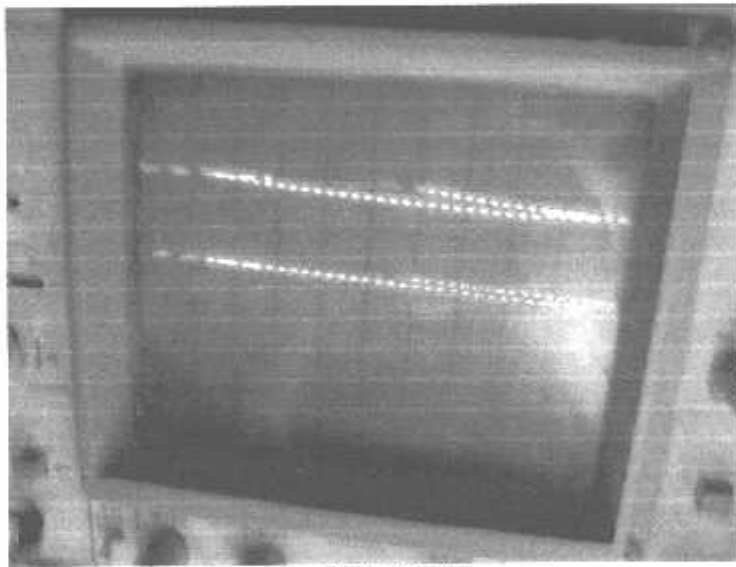
**Gambar 4.4** Hasil Pengujian pada Sensor



**Gambar 4.5** Hasil Pengujian Tegangan Pada Sensor



**Gambar 4.6** Tampilan Led Pada Saat Kondisi Mati



$t/div = 0,5 \text{ ms}$   
 $v/div = 2 \text{ v}$

**Gambar 4.7** Tampilan Led Pada Saat Kondisi Hidup

### 4.3. Pengujian Keseluruhan Sistem

#### 4.3.1. Alat dan Bahan

1. Larutan Sampel Makanan
2. Rangkaian Mikrokontroler AT89S51
3. Rangkaian LCD
4. Rangkaian Sensor TCS
5. Catu daya 5 Volt

#### 4.3.2. Langkah Pengujian

1. Siapkan sampel larutan dalam gelas ukur.
2. Tempatkan sensor diatas gelas ukur yang berisi larutan.
3. Menghubungkan data Sensor ke port 3.3, S2 ke port 3.5, S3 ke port 3.2 dan LED ke port 3.4
4. Menghubungkan data LCD ke port A dan B, CLK ke port 1.2, RS ke port 1.0, E ke port 1.1.
5. Mengamati hasil pengujian

#### 4.2.3. Hasil Pengujian

Hasil Pengujian Pada Laboratorium

**Tabel 4.1** Data Larutan Standar Formalin

No	Konsentrasi Larutan Standart Formalin (ppm) (X)	Absorban (Y)
1	10	0.044
2	20	0.104
3	40	0.18
4	60	0.32
5	80	0.426
6	100	0.623

Absorban : Hasil dari pengujian dengan Spektrofotometri.

Slop : Rata –rata hasil pengujian Estándar Formalin di laboratorium.

$$\begin{aligned} \text{Slop (a)} &= \frac{\sum X \cdot Y}{\sum X^2} \\ &= \frac{1 + 5,8 + 12 + 21,6 + 34,4 + 46}{100 + 400 + 1600 + 3600 + 6400 + 10000} \\ &= \frac{120,8}{22100} \\ &= 0,005466 \end{aligned}$$

- Hasil persentase dijadikan ppm = x1000
- Pengenceran = 50x atau 50 ml dengan Aquades

Rumus Presentase (hasil uji sample formalin)

$$\frac{\frac{ABSORBAN}{SLOP} \times PENGENCERAN \times 100\%}{BERAT(SAMPEL) \times 10^6}$$

1. Mic Basah

$$\begin{aligned} &= \frac{0,3}{0,00546} \times 50 \times 100\% \\ &= \frac{274725,27}{2500000} \\ &= 0,1098\% \text{ atau } 109 \text{ ppm} \end{aligned}$$

2. Ikan Asin 1

$$\begin{aligned} &= \frac{0,22}{0,00546} \times 50 \times 100\% \\ &= \frac{201465,202}{2500000} \\ &= 0,0805\% \text{ atau } 80,5 \text{ ppm} \end{aligned}$$

3 Tahu

$$\begin{aligned} &= \frac{0,21}{0,00546} \times 50 \times 100\% \\ &= \frac{192307,69}{2500000} \\ &= 0,07692\% \text{ atau } 76 \text{ ppm} \end{aligned}$$

**Tabel 4.2** Perbandingan Hasil Pengukuran

No	Sampel Makanan	Pengujian dengan Alat (ppm)	Pengujian Laboratorium (ppm)
1	Mie	105	109
2	Tahu	79	76
3	Ikan Asin	82	80,5

$$\% \text{ Kesalahan} = \left| \frac{\text{Perhitungan} - \text{Pengukuran}}{\text{Perhitungan}} \right| \times 100\%$$

$$1. \text{ Mie} = \left| \frac{109 - 105}{109} \times 100\% \right| = 3,67\%$$

$$2. \text{ Tahu} = \left| \frac{76 - 79}{76} \times 100\% \right| = 3,94\%$$

$$3. \text{ Ikan Asin} = \left| \frac{80,5 - 82}{80,5} \times 100\% \right| = 1,86\%$$

$$\% \text{ Kesalahan rata - rata} = \frac{\sum \% \text{ Kesalahan}}{n}$$

n = Banyaknya pengujian yang dilakukan

$$\% \text{ Kesalahan rata - rata} = \frac{\sum 3,67 + 3,94 + 1,86}{3} = 3,15\%$$

**Tabel 4.3** Tabel Prosentase Kesalahan

NO	Sampel Makanan	Prosentase eror Pengujian Dengan Alat
1	Mie	3,67%
2	Tahu	3,94%
3	Ikan Asin	1,86%
	n=3	<b>Rata-rata Error = 3,15%</b>

Dari hasil pengujian alat terhadap beberapa sampel makanan kemudian dibandingkan dengan pengujian laboratorium (spectrophotometer) sebagai alat pembanding. sehingga dapat dianalisa tingkat kesalahan (error) 3,15% dan tingkat ketelitian alat sebesar 96,8 % terhadap pengujian laboratorium (spectrophotometer).

### Beberapa contoh Sampel Makanan



**Gambar 4.8** Sampel Makanan Yang Akan digunakan

Dari Hasil Pengujian dengan Alat didapatkan sebagai berikut :

- Ikan Asin 1 Kadar formalinnya sebesar 74 ppm
- Ikan Asin 2 Kadar formalinnya sebesar 89 ppm
- Ikan Asin 3 Kadar formalinnya sebesar 80 ppm
- Ikan Asin 4 Kadar formalinnya sebesar 78 ppm

$$\text{Rata-rata} = \frac{74 + 89 + 80 + 78}{4} = 80,25 \text{ ppm}$$

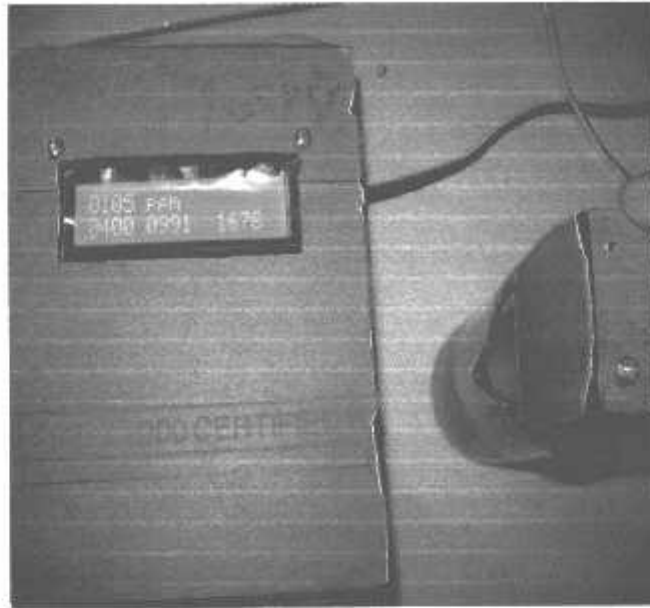
Jadi rata – rata kadar formalin dalam ikan asin di pasaran adalah 80,25 ppm

- Mie Basah 1 Kadar formalinnya sebesar 103 ppm
- Mie Basah 2 Kadar formalinnya sebesar 99 ppm

$$\text{Rata-rata} = \frac{103 + 99}{2} = 101 \text{ ppm}$$

Jadi rata – rata kadar formalin dalam mie basah di pasaran adalah 101 ppm

- Tahu Kadar formalinnya sebesar 79 ppm



**Gambar 4.9** Hasil Pengujian Alat dengan Sampel Makanan Mie



**Gambar 4.10** Hasil Pengujian Alat dengan Sampel Makanan Tahu





**Gambar 4.11** Hasil Pengujian Alat dengan Sampel Makanan Ikan Asin

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari pembuatan “Alat Uji Kadar Formalin Dalam Makanan” ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Makanan yang mengandung formalin apabila dicampur dengan zat pereaksi berupa FMR(Formalin Mine Range) akan berwarna kemerah-merahan. Warna tersebut akan linier sesuai dengan kepekatan formalin dalam makanan.
- 2) Untuk bisa menguji kadar formalin dalam ekstrak makanan, digunakan sensor Warna TCS 230. Sehingga dapat mendeteksi perubahan warna pada larutan sesuai dengan kadar formalin.
- 3) Data yang dihasilkan sensor berupa sinyal kotak langsung di proses oleh Mikrokontroler AT89S51, kemudian ditampilkan ke dalam display LCD agar bisa menampilkan karakter dalam format huruf dan angka.
- 4) Hasil akhir yang didapat dari realisasi alat. Alat uji kadar formalin ini bisa menghitung kadar formalin dengan tingkat akurasi 96,8 %. Sedangkan tingkat kesalahan (error) alat adalah 3,15 %.

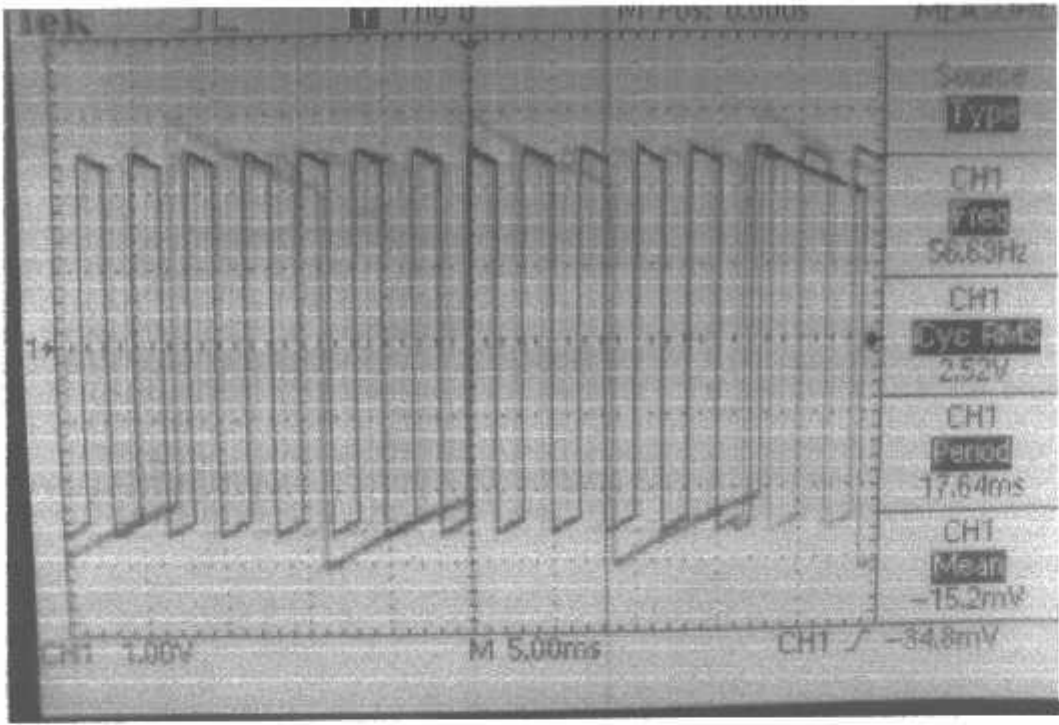
## 5.2 Saran

Beberapa saran yang penulis sampaikan untuk pengembangan perencanaan dan pembuatan alat uji kadar formalin dalam makanan adalah menggunakan wadah yang relatif besar untuk tempat mengambil data dari sampel makanan, sehingga keakuratan data lebih baik.

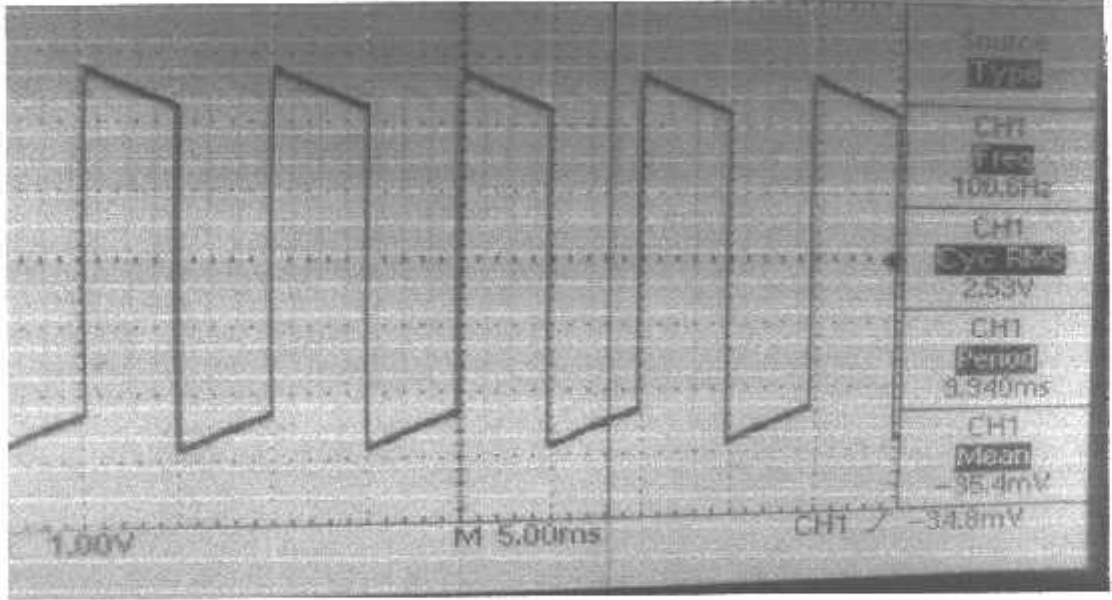
## Daftar Pustaka

- [ 1 ] CAHYADI, W.2008. *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*. Bandung. Penerbit Bumi Aksara.
- [ 2 ] <http://sentrabd.com/main/info/insight/cahaya.htm>. *Spektrofotometri*. 24 Januari 2009
- [ 3 ] [http://www.SensorWarna/Data/Sheet](http://www.SensorWarna>Data/Sheet). Desember.2008.
- [ 4 ]. Wikipedia.org.2009. Bagian per-juta tau ppm.  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Bagian\\_per\\_juta.htm](http://id.wikipedia.org/wiki/Bagian_per_juta.htm) .29 Januari.2009
- [ 5 ]. Atmel. 2003. *Microcontroller AT89S51*. Atmel Corporation.  
<http://www.atmel.com>
- [ 6 ] *LCD Module Manual, Data Sheet*. Januari. 2009

# LAMPIRAN



Gambar 1. Tampilan Dari Osiloskop Pada Saat ppm 0000



Gambar 2 Tampilan Dari Osiloskop Pada Saat ppm 0000

Range Frekuensi Pada Saat Pengambilan Sampel Makanan :

- Tahu :79 ppm = Batas bawah Frekuensi = 98,21 Hz  
Batas atas Frekuensi = 387,65 Hz
  - Mie: 105 ppm = Batas bawah Frekuensi = 184,4Hz  
Batas atas Frekuensi = 766,9 Hz
  - Ikan asin :82 ppm = Batas bawah Frekuensi = 100,1 Hz  
= Batas atas Frekuensi = 402,34 Hz
  - PPM 000 = Batas bawah Frekuensi = 56,69 Hz  
= Batas atas Frekuensi = 100,6 Hz
-



### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : EKO WAHYU PRIHARDIKO  
NIM : 0412255

- Perbaikan meliputi :
1. penulisan tabel 4.1 diletakkan diatas tabel
  2. rumusnya dijelaskan
  3. Data sheet ditengkap frekuensi dilengkapi dipelajaran hubnya utt pengetahuan ke mikroprosesor bab 2, 3, 4.

Malang, 17-03 2005.





### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : EKO WAHYU P.  
NIM : 0912245

Perbaikan meliputi

- \* Bab 3.3 : Gambar Sensor / Resistor dan Data Sheet
- \* Konsep pengaliran Caduan - Potensial
- \* Teori Caduan
- \* Hubungan Warna dgn Jukka !!

Malang, 17-02-2009

  
Hening S. S. A. E.



### FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Eko Wahyu Prihandoko  
NIM : 04.12.245  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul : Perancangan Dan Pembuatan Alat Uji Kadar  
Formalin Dalam Makanan Dengan Tampilan  
LCD Berbasis Mikrokontroler AT89S51  
Hari / Tanggal Ujian Skripsi : Selasa / 17 Maret 2009

No	Materi Perbaikan	Paraf
1	Gambar 3.3 Simbul Sensor(Sesuaikan dng data sheet)	
2	Konsep Pengukuran Kadar Formalin	
3	Teori Kadar	
4	Hubungan Warna dgn Frekuensi	

Disetujui,  
Penguji I

**I Komang Sumawirata, ST, MT.**  
NIP.1030100361

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

**M.Ibrahim Ashari,ST,MT**  
NIP.Y.1030100358



### FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Eko Wahyu Prihandoko  
NIM : 04.12.245  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul : Perancangan Dan Pembuatan Alat Uji Kadar  
Formalin Dalam Makanan Dengan Tampilan  
LCD Berbasis Mikrokontroler AT89S51  
Hari / Tanggal Ujian Skripsi : Selasa / 17 Maret 2009

No	Materi Perbaikan	Paraf
1	Penulisan Tabel 4.1 diletakkan diatas tabel	
2	Rumusnya dijelaskan	
3	Data Sheet Frekuensi dilengkapi	

Disetujui,  
**Penguji II**

**Irmalia S. Faradisa,ST,MT.**  
NIP.P.1030100365

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

**M. Ibrahim Ashari,ST,MT**  
NIP. 1030100358



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Eko Wahyu Prihandoko  
Nim : 04.12.245  
Masa Bimbingan : 5-Desember-2008 s/d 5-Juni-2009  
Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Alat Uji Kadar Formalin Dalam Makanan Dengan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler AT89S51

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	28/08/11	Bab 3 & 4 Revisi	
2	5/09/12	Bab 4 Revisi	
3	7/09/12	Bab 4 Revisi Flow chart	
4	18/09/12	Bab V OK	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,

Dosen pembimbing I

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
Nip. 1039500274

Form S-4b

**FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama : Eko Wahyu Prihandoko  
Nim : 04.12.245  
Masa Bimbingan : 5-Desember-2008 s/d 5-Juni-2009  
Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Alat Uji Kadar Formalin Dalam Makanan Dengan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler AT89S51

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	8/10/09	Bab 1 Revisi	[Signature]
2	13/10/09	Revisi Bab 2	[Signature]
3	16/10/09	Revisi Bab 3	[Signature]
4	17/10/09	Revisi Bab 1, 2 dan 3	[Signature]
5	18/10/09	acc bab 1, 2, 3	[Signature]
6		acc bab 4.5	[Signature]
7			
8			
9			
10			

Malang,

Dosen pembimbing II

M.Ibrahim Ashari, ST, MT  
Nip. 1030100358

Form S-4b



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG  
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA  
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

## LAPORAN HASIL ANALISA

1. Data konsumen :
  - Nama konsumen : Eko Wahyu P.
  - Instansi : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro ITN Malang.
  - Alamat : Jalan Candi Panggung No. 40
  - Telepon : 0341417102
  - Status : Mahasiswa
  - Keperluan analisis : Penelitian
2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen
3. Identifikasi sample
  - Nama Sampel : Tahu, Ikan Asin dan Mie Basah.
  - Wujud : Padat
  - Warna : Putih dan Kuning
  - Bau : Berbau
4. Prosedur analisa : Dari Lab. Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang
5. Penyampaian Laporan : Diambil Sendiri/langsung
6. Tanggal terima sampel : 22 Januari 2009
7. Data hasil analisa :

NO	Sampel	Berat (gram)	Absorban	Kadar Formalin (%)	Kadar Formalin (ppm)	Metode
1	Mie	2,5	0,3	0,1098	109,8	Spektrofotometri
2	Ikan Asin	2,5	0,18	0,0659	65,9	Spektrofotometri
3	Tahu	2,5	0,21	0,07692	76,9	Spektrofotometri

Tengetahui :  
Ketua

r. Sasangka Prasetyawan, MS.  
IP. 131 653 134

Malang, 30 Januari 2009  
Kalab. Biokimia,

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.  
NIP. 131 616 317



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 15 Desember 2008

Nomor : ITN- 525 /7/TA /2008  
Lampiran :  
Perihal : Bimbingan Skripsi

Kepada : Yth. Sdr. M. IBRAHIM ASHARI, ST, MT  
Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
di  
Malang

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

Nama : EKO WAHYU PRIHANDOKO  
Nim : 04122245  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika

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

**5 DESEMBER 2008 S/D 5 JUNI 2009**

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



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

Tindakan:

1. Mahasiswa yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S-4a



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 15 Desember 2008

Nomor : ITN- 524 /7/TA /2008  
Lampiran :  
Perihal : Bimbingan Skripsi

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

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

Nama : EKO WAHYU PRIHANDOKO  
Nim : 04122245  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika

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

5 DESEMBER 2008 S/D 5 JUNI 2009

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



Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-1

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

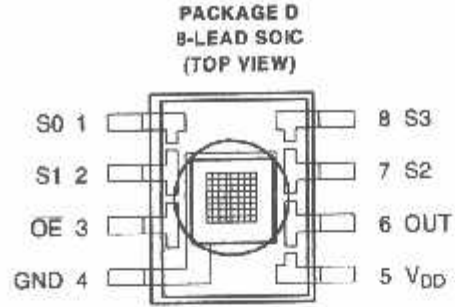
Tindasan:

1. Mahasiswa yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S-4a



- High-Resolution Conversion of Light Intensity to Frequency
- Programmable Color and Full-Scale Output Frequency
- Communicates Directly With a Microcontroller
- Single-Supply Operation (2.7 V to 5.5 V)
- Power Down Feature
- Nonlinearity Error Typically 0.2% at 50 kHz
- Stable 200 ppm/°C Temperature Coefficient
- Low-Profile Lead (Pb) Free and RoHS Compliant Surface-Mount Package

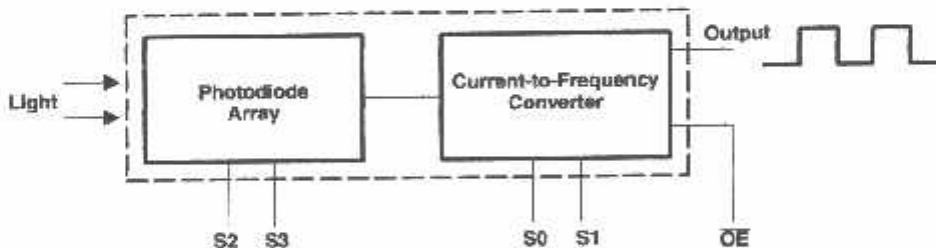


### Description

The TCS230 programmable color light-to-frequency converter combines configurable silicon photodiodes and a current-to-frequency converter on a single monolithic CMOS integrated circuit. The output is a square wave (50% duty cycle) with frequency directly proportional to light intensity (irradiance). The full-scale output frequency can be scaled by one of three preset values via two control input pins. Digital inputs and digital output allow direct interface to a microcontroller or other logic circuitry. Output enable (OE) places the output in the high-impedance state for multiple-unit sharing of a microcontroller input line.

The light-to-frequency converter reads an 8 x 8 array of photodiodes. Sixteen photodiodes have blue filters, 16 photodiodes have green filters, 16 photodiodes have red filters, and 16 photodiodes are clear with no filters. The four types (colors) of photodiodes are interdigitated to minimize the effect of non-uniformity of incident irradiance. All 16 photodiodes of the same color are connected in parallel and which type of photodiode the device uses during operation is pin-selectable. Photodiodes are 120 μm x 120 μm in size and are on 144-μm centers.

### Functional Block Diagram



# TCS230 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS046Q – JULY 2008

## Terminal Functions

TERMINAL NAME	NO.	I/O	DESCRIPTION
GND	4		Power supply ground. All voltages are referenced to GND.
OE	3	I	Enable for $f_o$ (active low).
OUT	6	O	Output frequency ( $f_o$ ).
S0, S1	1, 2	I	Output frequency scaling selection inputs.
S2, S3	7, 8	I	Photodiode type selection inputs.
V <sub>DD</sub>	5		Supply voltage

Table 1. Selectable Options

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING ( $f_o$ )	S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Power down	L	L	Red
L	H	2%	L	H	Blue
H	L	20%	H	L	Clear (no filter)
H	H	100%	H	H	Green

## Available Options

DEVICE	T <sub>A</sub>	PACKAGE - LEADS	PACKAGE DESIGNATOR	ORDERING NUMBER
TCS230	-40°C to 85°C	SOIC-8	D	TCS230D

## Absolute Maximum Ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V <sub>DD</sub> (see Note 1)	6 V
Input voltage range, all inputs, V <sub>I</sub>	-0.3 V to V <sub>DD</sub> + 0.3 V
Operating free-air temperature range, T <sub>A</sub> (see Note 2)	-40°C to 85°C
Storage temperature range (see Note 2)	-40°C to 85°C
Solder conditions in accordance with JEDEC J-STD-020A, maximum temperature (see Note 3)	260°C

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

- NOTES: 1. All voltage values are with respect to GND.  
 2. Long-term storage or operation above 70°C could cause package yellowing that will lower the sensitivity to wavelengths < 500nm.  
 3. The device may be hand soldered provided that heat is applied only to the solder pad and no contact is made between the tip of the solder iron and the device lead. The maximum time heat should be applied to the device is 5 seconds.

## Recommended Operating Conditions

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V <sub>DD</sub>	2.7	5	5.5	V
High-level input voltage, V <sub>IH</sub>	V <sub>DD</sub> = 2.7 V to 5.5 V		V <sub>DD</sub>	V
Low-level input voltage, V <sub>IL</sub>	V <sub>DD</sub> = 2.7 V to 5.5 V		0.8	V
Operating free-air temperature range, T <sub>A</sub>	-40		70	°C

Copyright © 2008, TAOS Inc.



**TAOS**  
www.taosinc.com

TEXAS  
ADVANCED  
OPTOELECTRONIC  
SOLUTIONS®

The LUMENOLOGY® Company

**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
 TAOS040Q - JULY 2008

**Electrical Characteristics at  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)**

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{OH}$	High-level output voltage	$I_{OH} = -4\text{ mA}$	4	4.5		V
$V_{OL}$	Low-level output voltage	$I_{OL} = 4\text{ mA}$		0.25	0.40	V
$I_{IH}$	High-level input current				5	$\mu\text{A}$
$I_{IL}$	Low-level input current				5	$\mu\text{A}$
$I_{DD}$	Supply current	Power-on mode		2	3	mA
		Power-down mode		7	15	$\mu\text{A}$
	Full-scale frequency (See Note 4)	$S0 = H, S1 = H$	500	600		kHz
		$S0 = H, S1 = L$	100	120		kHz
		$S0 = L, S1 = H$	10	12		kHz
	Temperature coefficient of responsivity	$\lambda \leq 600\text{ nm}, -25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$		$\pm 200$		ppm/ $^\circ\text{C}$
$k_{SVS}$	Supply voltage sensitivity	$V_{DD} = 5\text{ V} \pm 10\%$		$\pm 0.5$		%/V

NOTE 4: Full-scale frequency is the maximum operating frequency of the device without saturation.



# TCS230 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS046Q – JULY 2006

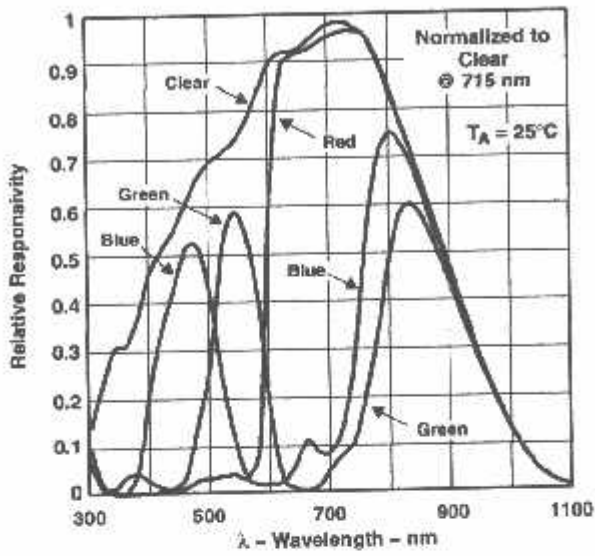
Operating Characteristics at  $V_{DD} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $S_0 = \text{H}$ ,  $S_1 = \text{H}$  (unless otherwise noted)  
(See Notes 5, 6, 7, 8, and 9).

PARAMETER	TEST CONDITIONS	CLEAR PHOTODIODE $S_2 = \text{H}, S_3 = \text{L}$			BLUE PHOTODIODE $S_2 = \text{L}, S_3 = \text{H}$			GREEN PHOTODIODE $S_2 = \text{H}, S_3 = \text{H}$			RED PHOTODIODE $S_2 = \text{L}, S_3 = \text{L}$			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$f_O$ Output frequency	$E_e = 47.2\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , $\lambda_p = 470\ \text{nm}$	16	20	24	11.2	16.4	21.6							kHz
	$E_e = 40.4\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , $\lambda_p = 524\ \text{nm}$	16	20	24				8	13.6	19.2				kHz
	$E_e = 34.6\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , $\lambda_p = 640\ \text{nm}$	16	20	24							14	19	24	kHz
$f_D$ Dark frequency	$E_e = 0$		2	12		2	12		2	12		2	12	Hz
$R_e$ Irradiance responsivity (Note 10)	$\lambda_p = 470\ \text{nm}$		424			348			81			26		Hz/ ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
	$\lambda_p = 524\ \text{nm}$		495			163			337			35		
	$\lambda_p = 565\ \text{nm}$		532			37			309			91		
	$\lambda_p = 640\ \text{nm}$		578			31			29			550		
Saturation irradiance (Note 11)	$\lambda_p = 470\ \text{nm}$		1410			1720								$\mu\text{W}/\text{cm}^2$
	$\lambda_p = 524\ \text{nm}$		1210						1760					
	$\lambda_p = 565\ \text{nm}$		1130						1940					
	$\lambda_p = 640\ \text{nm}$		1040									1090		
$R_v$ Illuminance responsivity (Note 12)	$\lambda_p = 470\ \text{nm}$		565			464			108			35		Hz/ lx
	$\lambda_p = 524\ \text{nm}$		95			31			65			7		
	$\lambda_p = 565\ \text{nm}$		89			6			52			15		
	$\lambda_p = 640\ \text{nm}$		373			20			19			355		
Nonlinearity (Note 13)	$f_O = 0$ to 5 kHz		$\pm 0.1$ %			$\pm 0.1$ %			$\pm 0.1$ %			$\pm 0.1$ %		% F.S.
	$f_O = 0$ to 50 kHz		$\pm 0.2$ %			$\pm 0.2$ %			$\pm 0.2$ %			$\pm 0.2$ %		% F.S.
	$f_O = 0$ to 500 kHz		$\pm 0.5$ %			$\pm 0.5$ %			$\pm 0.5$ %			$\pm 0.5$ %		% F.S.
Recovery from power down			100			100			100			100		$\mu\text{s}$
Response time to output enable (OE)			100			100			100			100		ns

- NOTES: 5. Optical measurements are made using small-angle incident radiation from a light-emitting diode (LED) optical source.  
6. The 470 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 470\ \text{nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 35\ \text{nm}$ , and luminous efficacy = 75 lm/W.  
7. The 524 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 524\ \text{nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 47\ \text{nm}$ , and luminous efficacy = 520 lm/W.  
8. The 565 nm input irradiance is supplied by a GaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 565\ \text{nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 28\ \text{nm}$ , and luminous efficacy = 595 lm/W.  
9. The 640 nm input irradiance is supplied by a AlInGaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 640\ \text{nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 17\ \text{nm}$ , and luminous efficacy = 155 lm/W.  
10. Irradiance responsivity  $R_e$  is characterized over the range from zero to 5 kHz.  
11. Saturation irradiance = (full-scale frequency)/(irradiance responsivity).  
12. Illuminance responsivity  $R_v$  is calculated from the irradiance responsivity by using the LED luminous efficacy values stated in notes 6, 7, 8, and 9, and using  $1\ \text{lx} = 1\ \text{lm}/\text{m}^2$ .  
13. Nonlinearity is defined as the deviation of  $f_O$  from a straight line between zero and full scale, expressed as a percent of full scale.

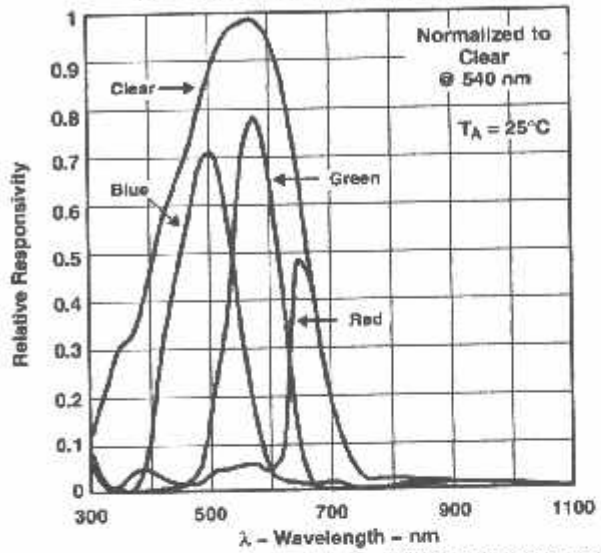
**TYPICAL CHARACTERISTICS**

**PHOTODIODE SPECTRAL RESPONSIVITY**



**Figure 1**

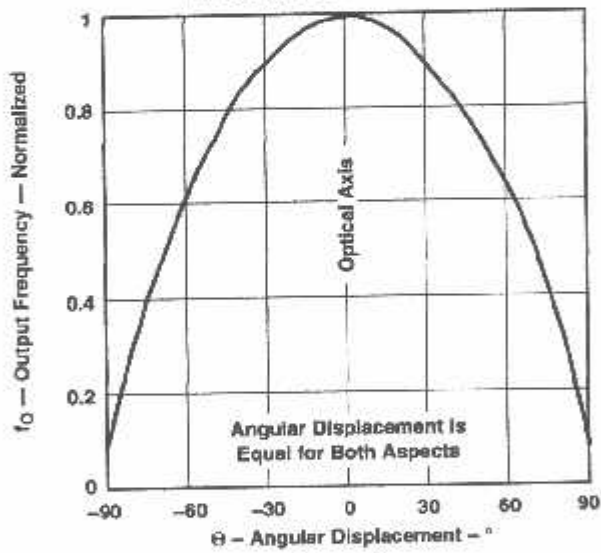
**PHOTODIODE SPECTRAL RESPONSIVITY WITH EXTERNAL IR-BLOCKING FILTER†**



† Typical IR filter examples include Schott BG18, Schott BG39, and Hoya CM500.

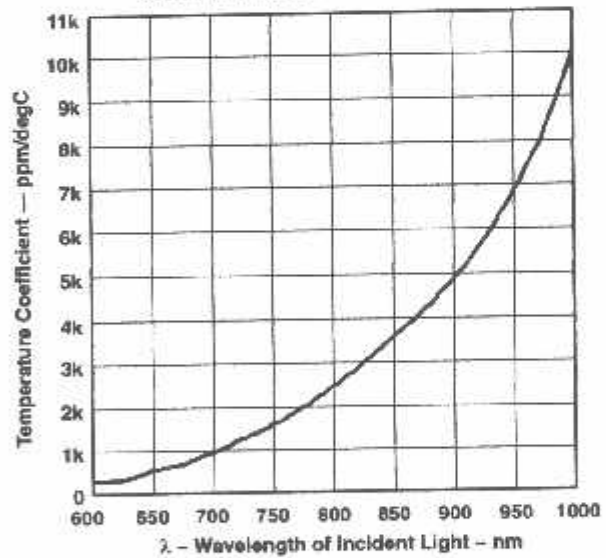
**Figure 2**

**NORMALIZED OUTPUT FREQUENCY vs. ANGULAR DISPLACEMENT**



**Figure 3**

**PHOTODIODE RESPONSIVITY TEMPERATURE COEFFICIENT vs. WAVELENGTH OF INCIDENT LIGHT**



**Figure 4**

# TCS230 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS046Q – JULY 2008

## APPLICATION INFORMATION

### Power supply considerations

Power-supply lines must be decoupled by a 0.01- $\mu$ F to 0.1- $\mu$ F capacitor with short leads mounted close to the device package.

### Input interface

A low-impedance electrical connection between the device  $\overline{OE}$  pin and the device GND pin is required for improved noise immunity.

### Output interface

The output of the device is designed to drive a standard TTL or CMOS logic input over short distances. If lines greater than 12 inches are used on the output, a buffer or line driver is recommended.

A high state on Output Enable (OE) places the output in a high-impedance state for multiple-unit sharing of a microcontroller input line.

Powering down the sensor using S0/S1 (L/L) will cause the output to be held in a low state. Because the output is held low, the sensor cannot be powered down in a multiple-unit configuration with a common OUTPUT pin.

### Photodiode type (color) selection

The type of photodiode (blue, green, red, or clear) used by the device is controlled by two logic inputs, S2 and S3 (see Table 1).

### Output frequency scaling

Output-frequency scaling is controlled by two logic inputs, S0 and S1. The internal light-to-frequency converter generates a fixed-pulsewidth pulse train. Scaling is accomplished by internally connecting the pulse-train output of the converter to a series of frequency dividers. Divided outputs are 50%-duty cycle square waves with relative frequency values of 100%, 20%, and 2%. Because division of the output frequency is accomplished by counting pulses of the principal internal frequency, the final-output period represents an average of the multiple periods of the principle frequency.

The output-scaling counter registers are cleared upon the next pulse of the principal frequency after any transition of the S0, S1, S2, S3, and  $\overline{OE}$  lines. The output goes high upon the next subsequent pulse of the principal frequency, beginning a new valid period. This minimizes the time delay between a change on the input lines and the resulting new output period. The response time to an input programming change or to an irradiance step change is one period of new frequency plus 1  $\mu$ s. The scaled output changes both the full-scale frequency and the dark frequency by the selected scale factor.

The frequency-scaling function allows the output range to be optimized for a variety of measurement techniques. The scaled-down outputs may be used where only a slower frequency counter is available, such as low-cost microcontroller, or where period measurement techniques are used.



## APPLICATION INFORMATION

### Measuring the frequency

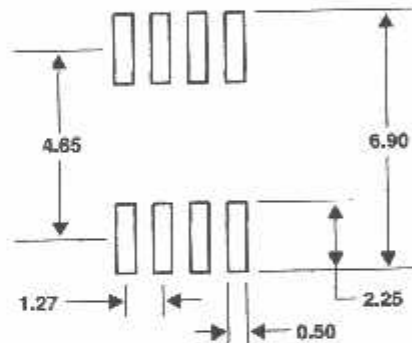
The choice of interface and measurement technique depends on the desired resolution and data acquisition rate. For maximum data-acquisition rate, period-measurement techniques are used.

Output data can be collected at a rate of twice the output frequency or one data point every microsecond for full-scale output. Period measurement requires the use of a fast reference clock with available resolution directly related to reference clock rate. Output scaling can be used to increase the resolution for a given clock rate or to maximize resolution as the light input changes. Period measurement is used to measure rapidly varying light levels or to make a very fast measurement of a constant light source.

Maximum resolution and accuracy may be obtained using frequency-measurement, pulse-accumulation, or integration techniques. Frequency measurements provide the added benefit of averaging out random- or high-frequency variations (jitter) resulting from noise in the light signal. Resolution is limited mainly by available counter registers and allowable measurement time. Frequency measurement is well suited for slowly varying or constant light levels and for reading average light levels over short periods of time. Integration (the accumulation of pulses over a very long period of time) can be used to measure exposure, the amount of light present in an area over a given time period.

### PCB Pad Layout

Suggested PCB pad layout guidelines for the D package are shown in Figure 5.



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.  
B. This drawing is subject to change without notice.

**Figure 5. Suggested D Package PCB Layout**

**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**

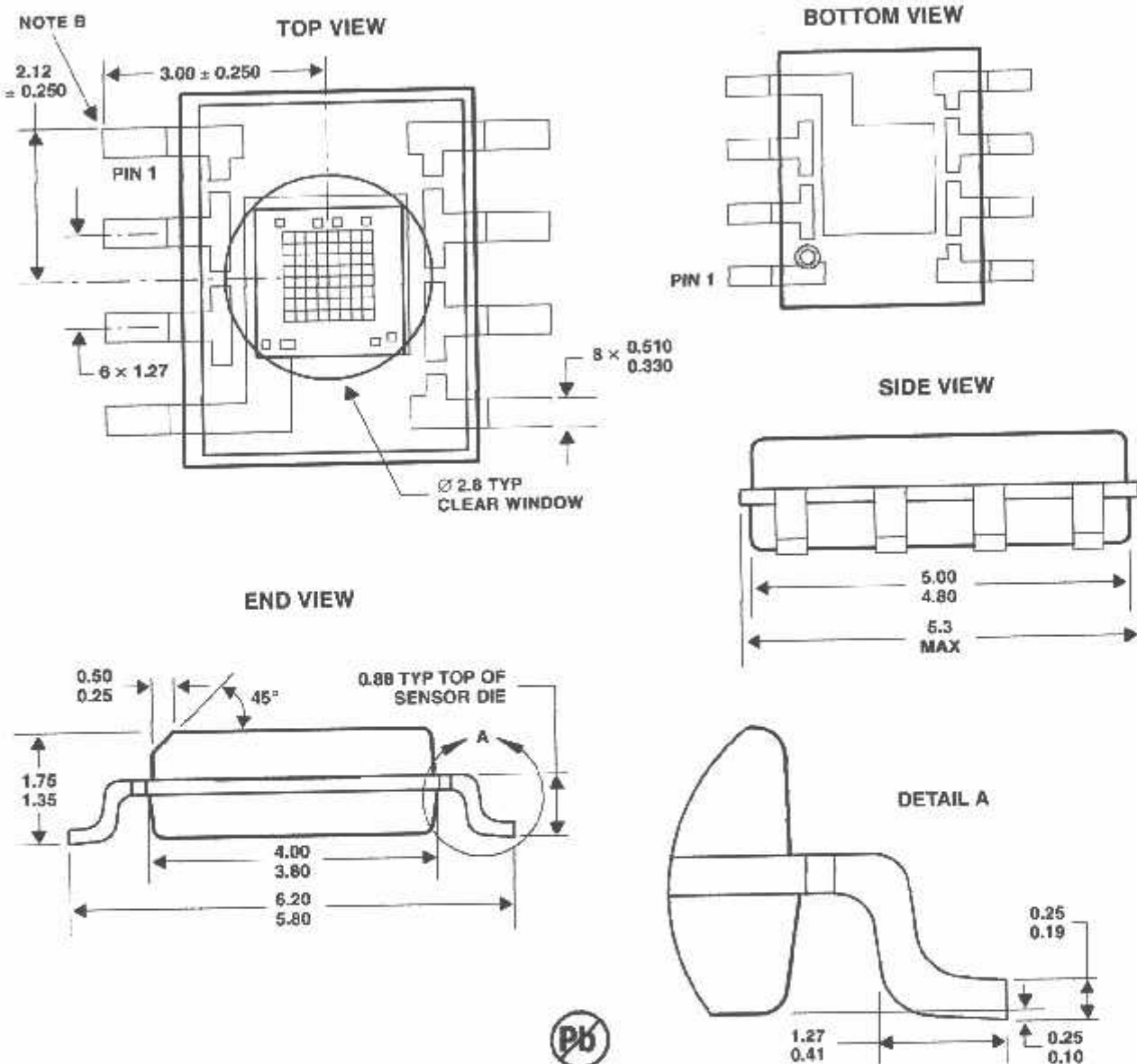
TAOS046Q - JULY 2008

**MECHANICAL INFORMATION**

This SOIC package consists of an integrated circuit mounted on a lead frame and encapsulated with an electrically nonconductive clear plastic compound. The TCS230 has an 8 × 8 array of photodiodes with a total size of 1.15 mm by 1.15 mm. The photodiodes are 120 μm × 120 μm in size and are positioned on 144 μm centers.

**PACKAGE D**

**PLASTIC SMALL-OUTLINE**



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.  
 B. The center of the 1.15-mm by 1.15-mm photo-active area is referenced to the upper left corner tip of the lead frame (Pin 1).  
 C. Package is molded with an electrically nonconductive clear plastic compound having an index of refraction of 1.55.  
 D. This drawing is subject to change without notice.

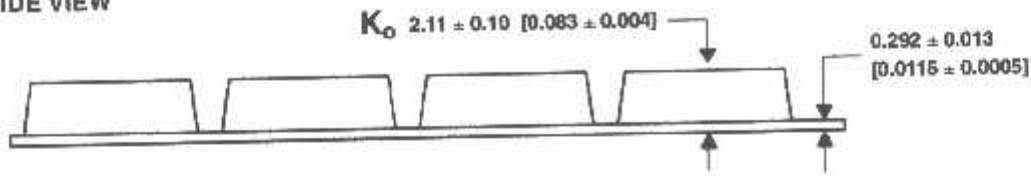
**Figure 6. Package D — Plastic Small Outline IC Packaging Configuration**



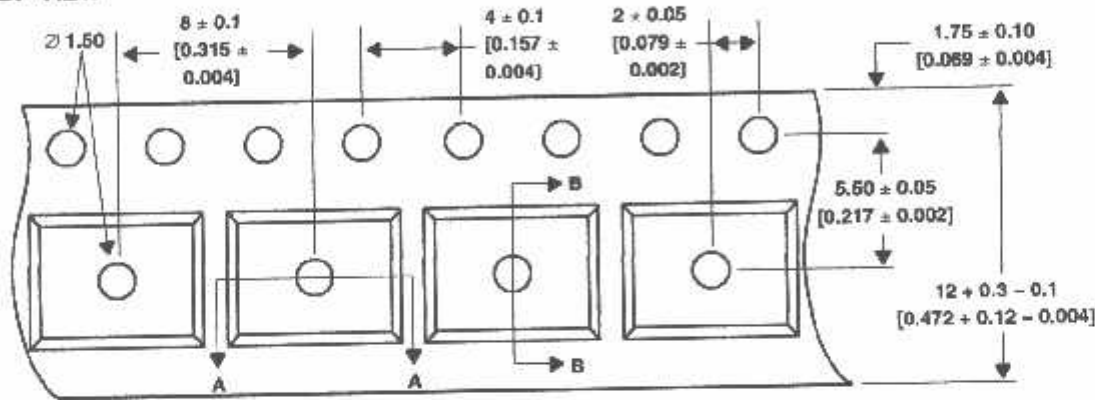


**MECHANICAL INFORMATION**

**SIDE VIEW**



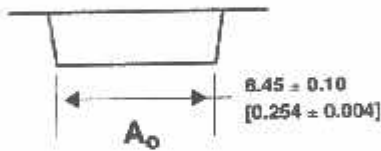
**TOP VIEW**



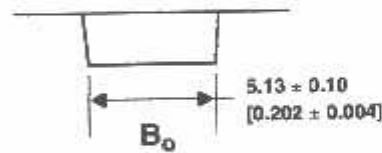
**END VIEW**



**DETAIL A**



**DETAIL B**



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters [inches].  
 B. The dimensions on this drawing are for illustrative purposes only. Dimensions of an actual carrier may vary slightly.  
 C. Symbols on drawing  $A_o$ ,  $B_o$ , and  $K_o$  are defined in ANSI EIA Standard 481-B 2001.  
 D. Each reel is 178 millimeters in diameter and contains 1000 parts.  
 E. TAOS packaging tape and reel conform to the requirements of EIA Standard 481-B.  
 F. This drawing is subject to change without notice.

**Figure 7. Package D Carrier Tape**

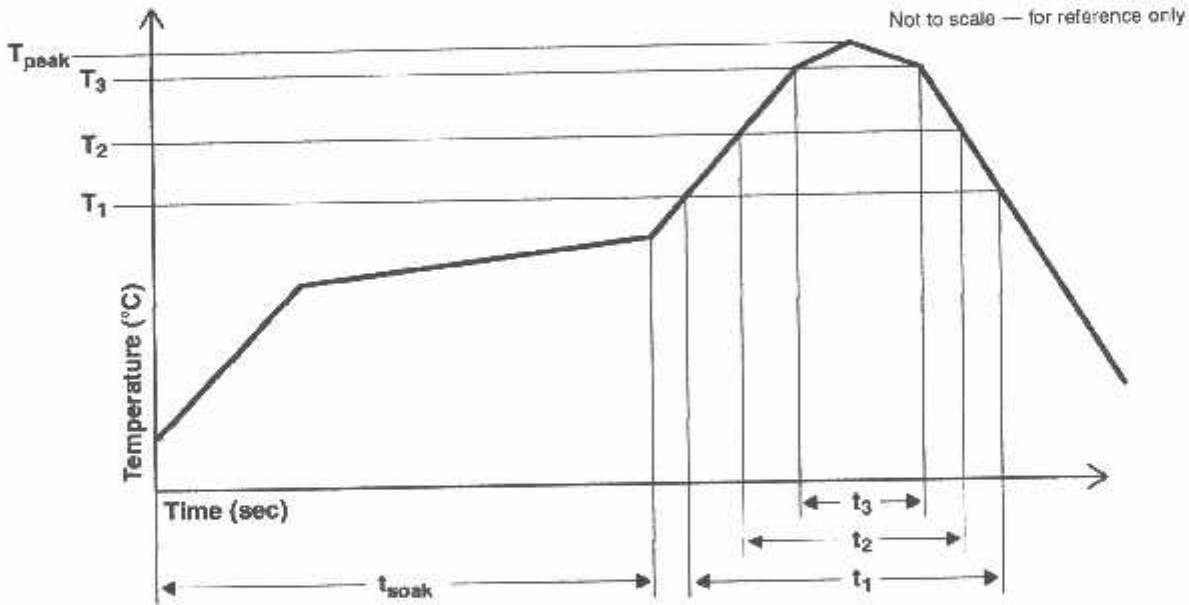
**MANUFACTURING INFORMATION**

The Plastic Small Outline IC package (D) has been tested and has demonstrated an ability to be reflow soldered to a PCB substrate.

The solder reflow profile describes the expected maximum heat exposure of components during the solder reflow process of product on a PCB. Temperature is measured on top of component. The component should be limited to a maximum of three passes through this solder reflow profile.

**Table 2. TCS230 Solder Reflow Profile**

PARAMETER	REFERENCE	TCS230
Average temperature gradient in preheating		2.5°C/sec
Soak time	$t_{soak}$	2 to 3 minutes
Time above 217°C	$t_1$	Max 60 sec
Time above 230°C	$t_2$	Max 50 sec
Time above $T_{peak} - 10^\circ\text{C}$	$t_3$	Max 10 sec
Peak temperature in reflow	$T_{peak}$	260°C (-0°C/+5°C)
Temperature gradient in cooling		Max -5°C/sec



**Figure 8. TCS230 Solder Reflow Profile Graph**



## Molsture Sensitivity

Optical characteristics of the device can be adversely affected during the soldering process by the release and vaporization of moisture that has been previously absorbed into the package molding compound. To prevent these adverse conditions, all devices shipped in carrier tape have been pre-baked and shipped in a sealed moisture-barrier bag. No further action is necessary if these devices are processed through solder reflow within 24 hours of the seal being broken on the moisture-barrier bag.

However, for all devices shipped in tubes or if the seal on the moisture barrier bag has been broken for 24 hours or longer, it is recommended that the following procedures be used to ensure the package molding compound contains the smallest amount of absorbed moisture possible.

### *For devices shipped in tubes:*

1. Remove devices from tubes
2. Bake devices for 4 hours, at 90°C
3. After cooling, load devices back into tubes
4. Perform solder reflow within 24 hours after bake

Bake only a quantity of devices that can be processed through solder reflow in 24 hours. Devices can be re-baked for 4 hours, at 90°C for a cumulative total of 12 hours (3 bakes for 4 hours at 90°C).

### *For devices shipped in carrier tape:*

1. Bake devices for 4 hours, at 90°C in the tape
2. Perform solder reflow within 24 hours after bake

Bake only a quantity of devices that can be processed through solder reflow in 24 hours. Devices can be re-baked for 4 hours in tape, at 90°C for a cumulative total of 12 hours (3 bakes for 4 hours at 90°C).



**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**

TAOS048Q – JULY 2008

**PRODUCTION DATA** — information in this document is current at publication date. Products conform to specifications in accordance with the terms of Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**LEAD-FREE (Pb-FREE) and GREEN STATEMENT**

**Pb-Free (RoHS)** TAOS' terms *Lead-Free* or *Pb-Free* mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TAOS Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

**Green (RoHS & no Sb/Br)** TAOS defines *Green* to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material).

**Important Information and Disclaimer** The information provided in this statement represents TAOS' knowledge and belief as of the date that it is provided. TAOS bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TAOS has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TAOS and TAOS suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

**NOTICE**

Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. (TAOS) reserves the right to make changes to the products contained in this document to improve performance or for any other purpose, or to discontinue them without notice. Customers are advised to contact TAOS to obtain the latest product information before placing orders or designing TAOS products into systems.

TAOS assumes no responsibility for the use of any products or circuits described in this document or customer product design, conveys no license, either expressed or implied, under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. TAOS further makes no claim as to the suitability of its products for any particular purpose, nor does TAOS assume any liability arising out of the use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages.

TEXAS ADVANCED OPTOELECTRONIC SOLUTIONS, INC. PRODUCTS ARE NOT DESIGNED OR INTENDED FOR USE IN CRITICAL APPLICATIONS IN WHICH THE FAILURE OR MALFUNCTION OF THE TAOS PRODUCT MAY RESULT IN PERSONAL INJURY OR DEATH. USE OF TAOS PRODUCTS IN LIFE SUPPORT SYSTEMS IS EXPRESSLY UNAUTHORIZED AND ANY SUCH USE BY A CUSTOMER IS COMPLETELY AT THE CUSTOMER'S RISK.

LUMENOLOGY, TAOS, the TAOS logo, and Texas Advanced Optoelectronic Solutions are registered trademarks of Texas Advanced Optoelectronic Solutions Incorporated.



---

## Features

- Compatible with MCS-51<sup>®</sup> Products
- 4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
  - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag
- Fast Programming Time
- Flexible ISP Programming (Byte and Page Mode)

## Description

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

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



---

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

---

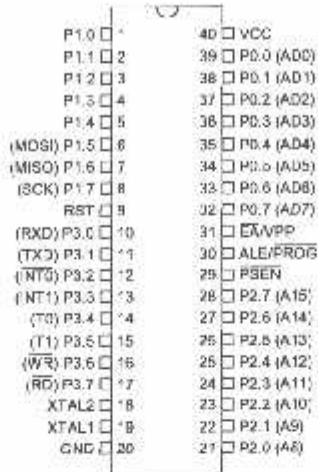
### AT89S51

Rev. 2437A-10/01

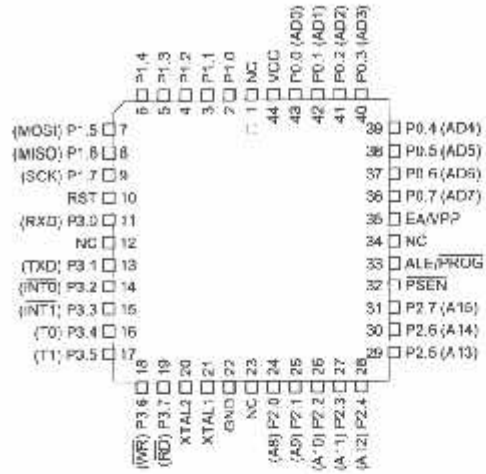


## in Configurations

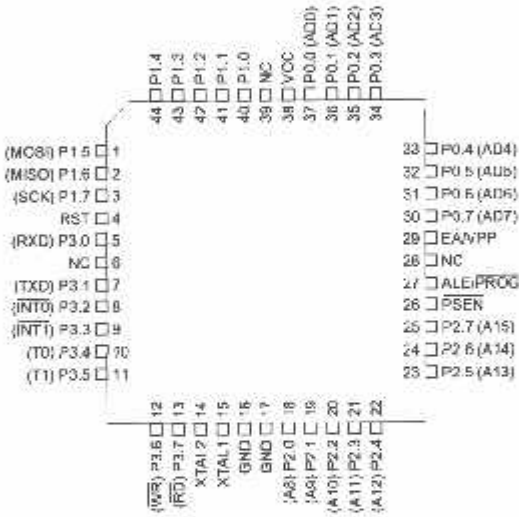
### PDIP



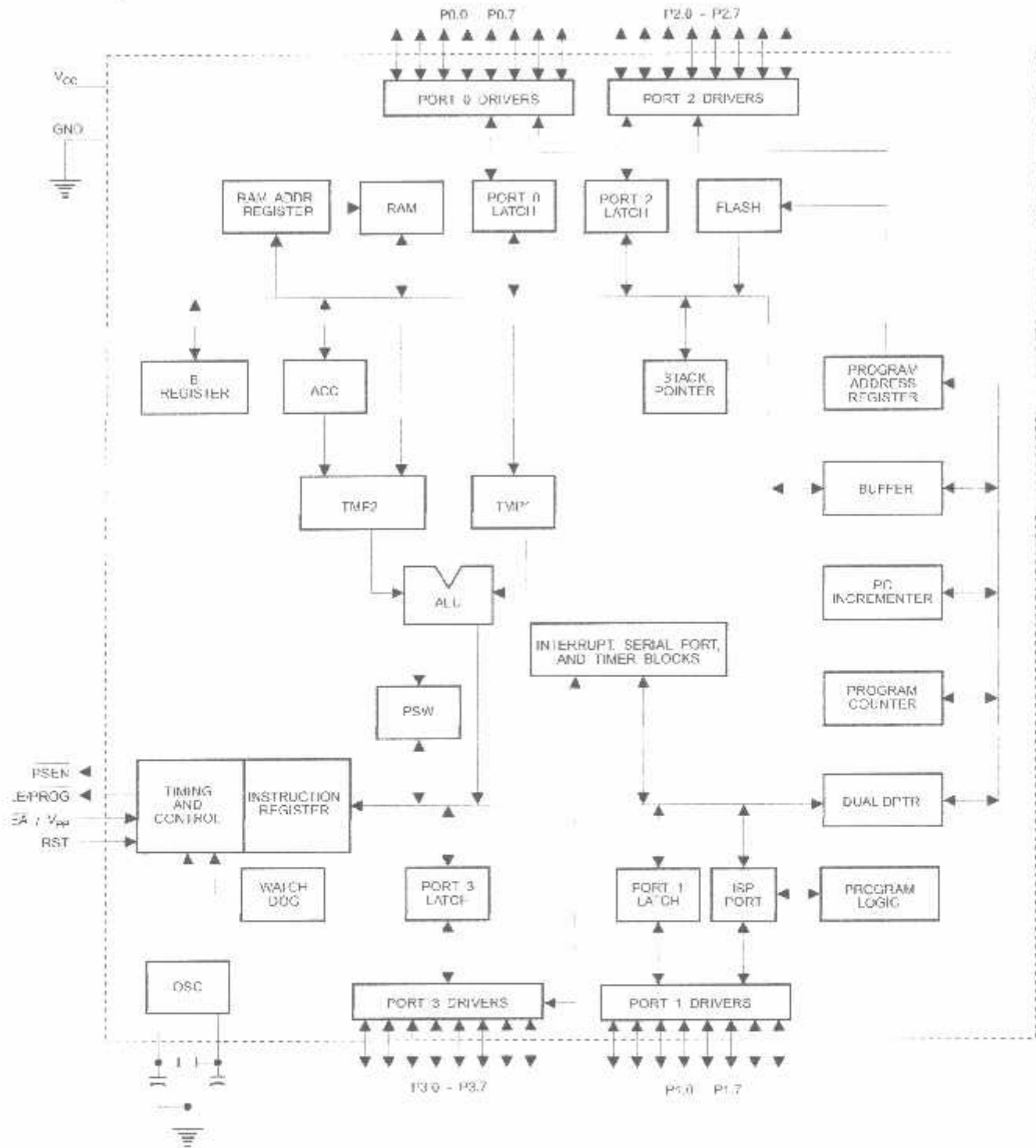
### PLCC



### TQFP



Block Diagram



## Pin Description

**V<sub>CC</sub>** Supply voltage.

**V<sub>ND</sub>** Ground.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

**$\overline{\text{E}}/\text{PROG}$**  Address Latch Enable (ALE) is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

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

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

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

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

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

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

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

**AL1** Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

**AL2** Output from the inverting oscillator amplifier

## Special Function Registers

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

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

Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H									0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000								0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0				WDTRST XXXXXXXXX		0A7H
098H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXX							09FH
090H	P1 11111111								08FH
088H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TLC 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX00XX0		08FH
080H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 0XXX0000	087H

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

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

**Table 2. AUXR: Auxiliary Register**

AUXR	Address = 8EH						Reset Value = XXX00XXDB	
Not Bit Addressable								
	-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
-	Reserved for future expansion.							
DISALE	Disable/Enable ALE							
	DISALE							
	Operating Mode							
	0	ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency						
	1	ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction						
DISRTO	Disable/Enable Reset out							
	DISRTO							
	0	Reset pin is driven High after WDT times out						
	1	Reset pin is input only						
WDIDLE	Disable/Enable WDT in IDLE mode							
	WDIDLE							
	0	WDT continues to count in IDLE mode						
	1	WDT halts counting in IDLE mode						

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



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

**Table 3.** AUXR1: Auxiliary Register 1

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

**Memory Organization**

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

**Program Memory**

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

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

**Data Memory**

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

**Watchdog Timer (enabled with reset-out)**

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

**Enabling the WDT**

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

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

## WDT During Power-down and Idle

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

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

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

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

## UART

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

## Timer 0 and 1

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

## Interrupts

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

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

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

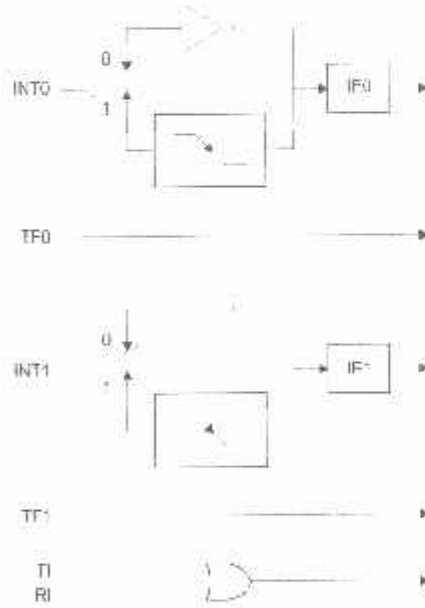
The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle.

**Table 4. Interrupt Enable (IE) Register**

(MSB)	(LSB)	
EA	ES ET1 EX1 ET0 EX0	
<p>Enable Bit = 1 enables the interrupt.</p> <p>Enable Bit = 0 disables the interrupt.</p>		
Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
-	IE.6	Reserved
-	IE.5	Reserved
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit

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

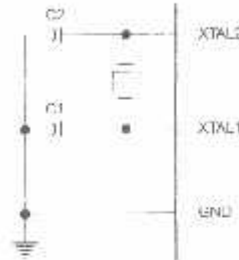
**Figure 1. Interrupt Sources**



**Oscillator characteristics**

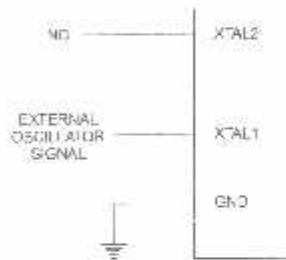
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected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

**Figure 2.** Oscillator Connections



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

**Figure 3.** External Clock Drive Configuration



**Idle Mode**

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

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

**Power-down Mode**

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



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

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

## Program Memory Lock Bits

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

**Table 6.** Lock Bit Protection Modes

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

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

## Programming the Flash – Parallel Mode

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

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

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

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

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



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

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

**Reading the Signature Bytes:** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 100H, and 200H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel  
 (100H) = 51H indicates 89S51  
 (200H) = 06H

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

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

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

## Programming the Flash – Serial Mode

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

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

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

## Serial Programming Algorithm

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

1. Power-up sequence:
  - Apply power between VCC and GND pins.
  - Set RST pin to "H".
  - If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 33 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.
2. Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 16.
3. The Code array is programmed one byte at a time in either the Byte or Page mode. The write cycle is self-timed and typically takes less than 0.5 ms at 5V.
4. Any memory location can be verified by using the Read instruction that returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal device operation.



Power-off sequence (if needed):

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

Set RST to "L".

Turn  $V_{CC}$  power off.

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

### Serial Programming Instruction Set

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

### Programming Interface – Parallel Mode

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

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

Table 7. Flash Programming Modes

Mode	$V_{CC}$	RST	PSEN	ALE/ PROG	$E_{A_i}$ $V_{PP}$	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	Address	
												P2.3-0	P1.7-0
Write Code Data	5V	H	L		12V	L	H	H	H	H	$D_{in}$	A11-8	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	$D_{out}$	A11-8	A7-0
Write Lock Bit 1	5V	H	L		12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L		12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L		12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Read Lock Bits 2, 3	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Chip Erase	5V	H	L		12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Read Atmel ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	0000	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	51H	0001	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	0010	00H

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

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

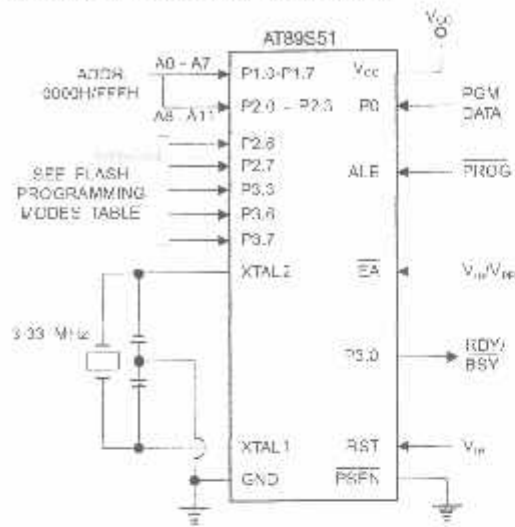
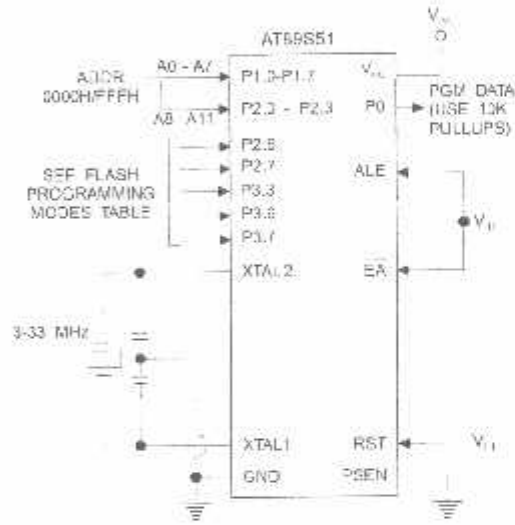


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



## Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

= 20°C to 30°C,  $V_{CC} = 4.5$  to  $5.5V$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}$	Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
$I_P$	Programming Supply Current		10	mA
$I_C$	$V_{CC}$ Supply Current		30	mA
$f_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	33	MHz
$t_{VGL}$	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{HAX}$	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{VGL}$	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{HDX}$	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{SH}$	P2.7 (ENABLE) High to $V_{PP}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{SH}$	$V_{PP}$ Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		$\mu s$
$t_{SH}$	$V_{PP}$ Hold After $\overline{PROG}$	10		$\mu s$
$t_{GH}$	$\overline{PROG}$ Width	0.2	1	$\mu s$
$t_{DV}$	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{DV}$	ENABLE Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{DZ}$	Data Float After ENABLE	0	$48t_{CLCL}$	
$t_{BL}$	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	$\mu s$
$t_{WC}$	Byte Write Cycle Time		50	$\mu s$

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

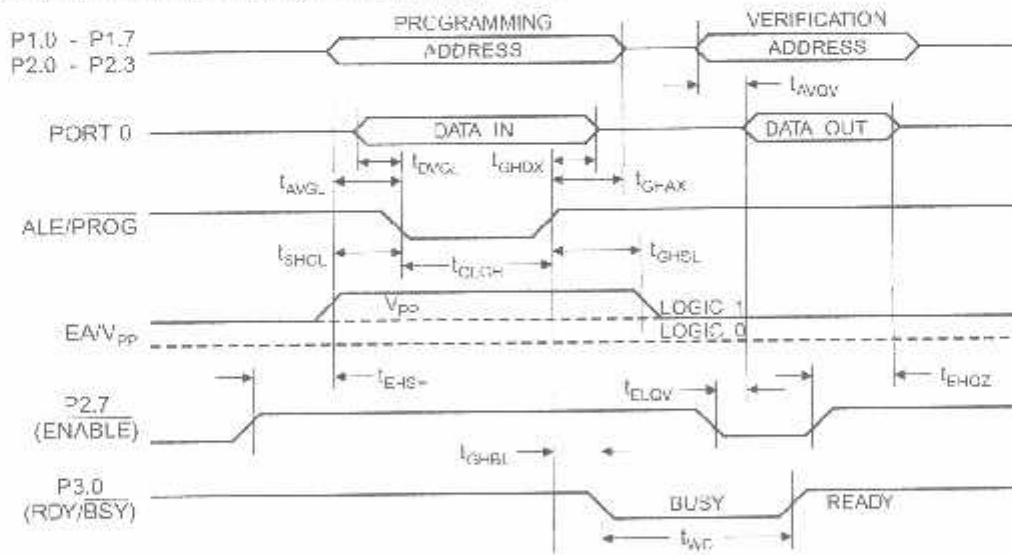
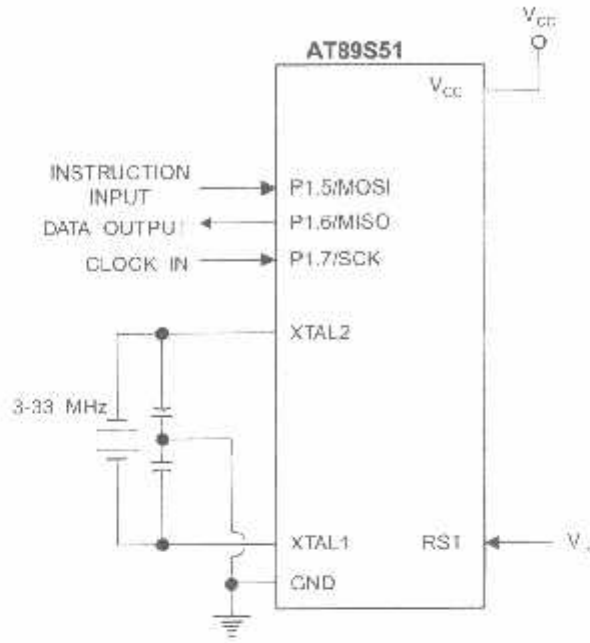
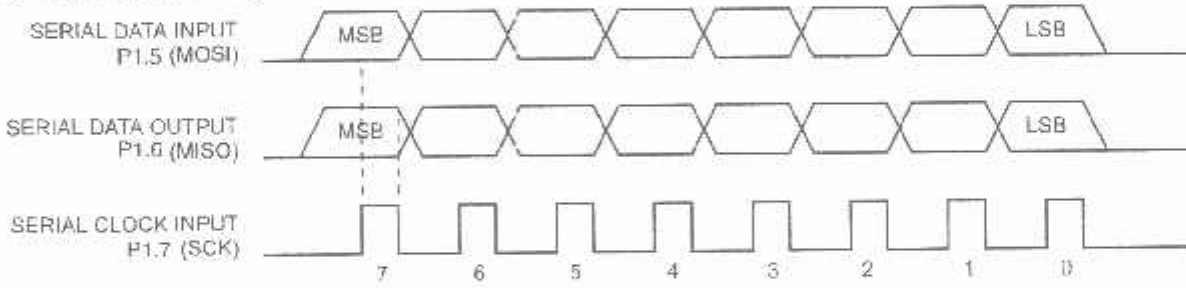


Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



**Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode**

Figure 8. Serial Programming Waveforms



**Table 8. Serial Programming Instruction Set**

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output)	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits <sup>(2)</sup>	1010 1100	1110 00 B1 B0	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx LB2 LB1 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a '1')
Read Signature Bytes <sup>(1)</sup>	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A2 A1	A0 xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxxx A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

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

2. B1 = 0, B2 = 0 → Mode 1, no lock protection

B1 = 0, B2 = 1 → Mode 2, lock bit 1 activated

B1 = 1, B2 = 0 → Mode 3, lock bit 2 activated

B1 = 1, B2 = 1 → Mode 4, lock bit 3 activated

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

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

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

Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

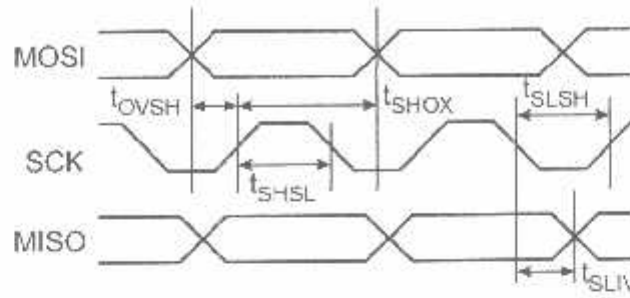


Table 9. Serial Programming Characteristics,  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$  (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0		33	MHz
$t_{CLCL}$	Oscillator Period	30			ns
$t_{SHSL}$	SCK Pulse Width High	$8 t_{CLCL}$			ns
$t_{SLSH}$	SCK Pulse Width Low	$8 t_{CLCL}$			ns
$t_{OVSH}$	MOSI Setup to SCK High	$t_{CLCL}$			ns
$t_{SHOX}$	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLCL}$			ns
$t_{SLIV}$	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
$t_{ERASE}$	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
$t_{SWC}$	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLCL} + 400$	$\mu\text{s}$

## Absolute Maximum Ratings\*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	5.6V
IO Output Current.....	15.0 mA

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

## C Characteristics

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

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units	
$V_L$	Input Low Voltage	(Except EA)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V	
$V_{L1}$	Input Low Voltage (EA)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V	
$V_H$	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V	
$V_{H1}$	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V	
$V_{OL}$	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V	
$V_{OL1}$	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V	
$V_{OH}$	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -50 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V	
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V	
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V	
$V_{OH1}$	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -300 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V	
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V	
		$I_{OH} = -30 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V	
$I_{IL}$	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	$\mu\text{A}$	
		Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	$\mu\text{A}$
		Input Leakage Current (Port 0, EA)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		$\pm 10$	$\mu\text{A}$
$R_{ST}$	Reset Pull-down Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$	
$C_{IO}$	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF	
$I_{DD}$	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA	
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA	
		Power-down Mode <sup>(2)</sup>	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	$\mu\text{A}$

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions,  $I_{OL}$  must be externally limited as follows:

- Maximum  $I_{OL}$  per port pin: 10 mA
- Maximum  $I_{OL}$  per 8-bit port:
  - Port 0: 26 mA
  - Ports 1, 2, 3: 15 mA
- Maximum total  $I_{OL}$  for all output pins: 71 mA
- If  $I_{OL}$  exceeds the test condition,  $V_{OL}$  may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum  $V_{CC}$  for Power-down is 2V.



**C Characteristics**

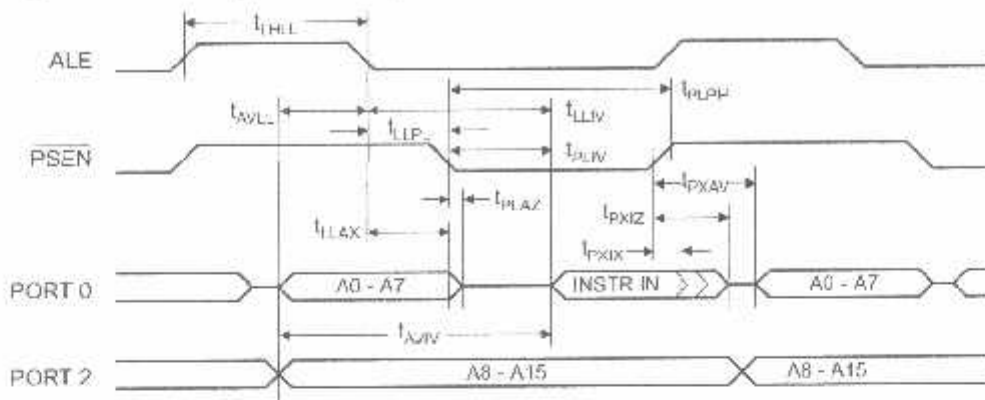
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ , and  $\overline{\text{PSEN}}$  = 100 pF; load capacitance for all other I/O pins = 80 pF.

**External Program and Data Memory Characteristics**

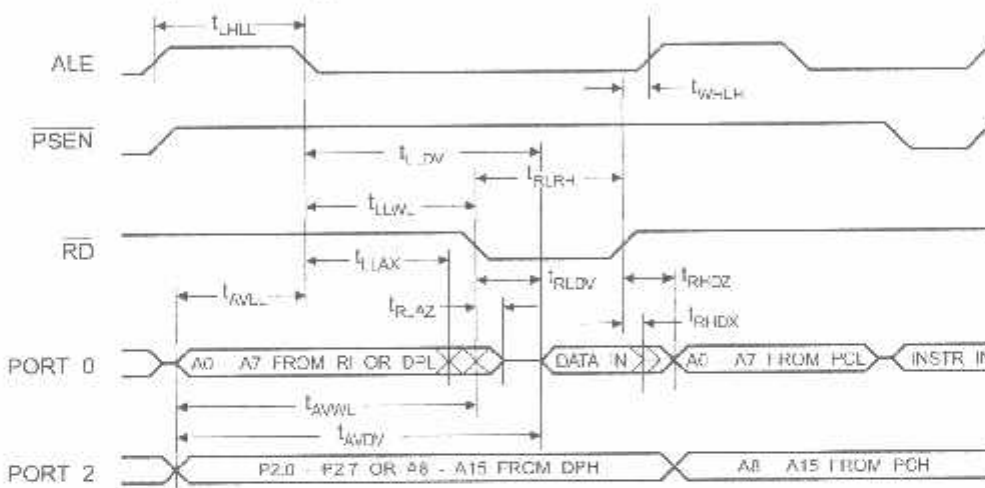
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	33	MHz
$t_{\text{HLL}}$	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
$t_{\text{VLL}}$	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{MAX}}$	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{IV}}$	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
$t_{\text{PL}}$	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{PH}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-45$		ns
$t_{\text{JV}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-60$	ns
$t_{\text{IX}}$	Input Instruction Hold After $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
$t_{\text{IZ}}$	Input Instruction Float After $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-25$	ns
$t_{\text{AV}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
$t_{\text{IV}}$	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-80$	ns
$t_{\text{AZ}}$	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
$t_{\text{RD}}$	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{WRH}}$	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{DV}}$	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
$t_{\text{DX}}$	Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
$t_{\text{DZ}}$	Data Float After $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
$t_{\text{DV}}$	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
$t_{\text{DV}}$	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
$t_{\text{WL}}$	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
$t_{\text{WL}}$	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
$t_{\text{WX}}$	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-30$		ns
$t_{\text{WH}}$	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-130$		ns
$t_{\text{DX}}$	Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-25$		ns
$t_{\text{AZ}}$	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
$t_{\text{LH}}$	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-25$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns



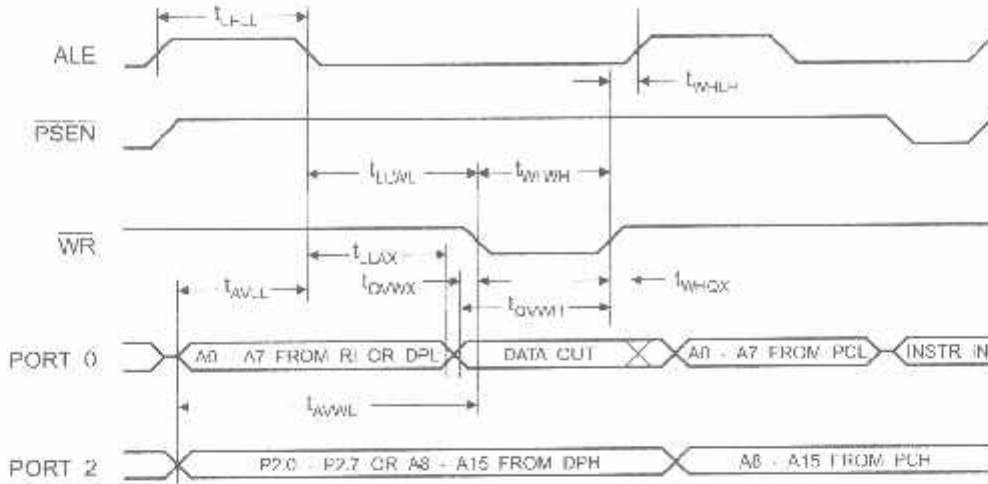
### External Program Memory Read Cycle



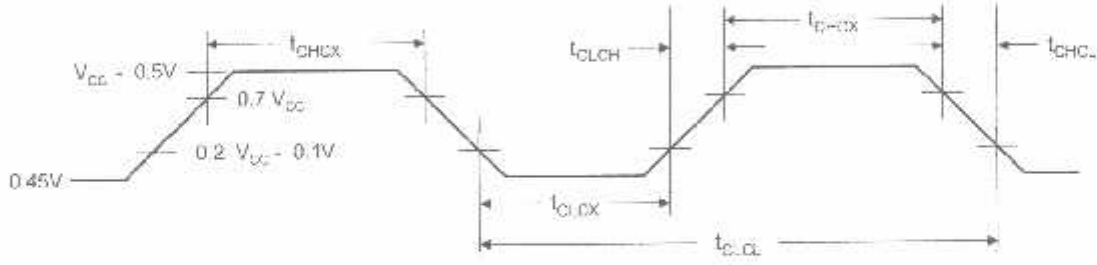
### External Data Memory Read Cycle



**External Data Memory Write Cycle**



**External Clock Drive Waveforms**



**External Clock Drive**

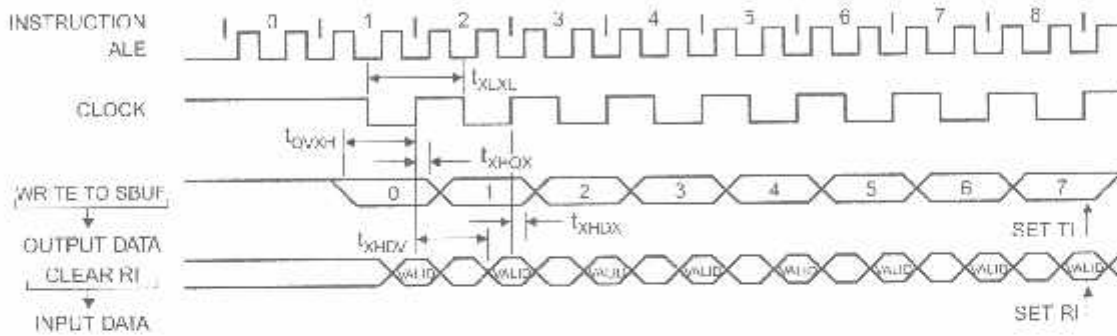
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$f_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	33	MHz
$T_{CL}$	Clock Period	30		ns
$t_{CHCX}$	High Time	12		ns
$t_{CLCX}$	Low Time	12		ns
$t_{CH}$	Rise Time		5	ns
$t_{CL}$	Fall Time		5	ns

## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

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

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

### Shift Register Mode Timing Waveforms



### Testing Input/Output Waveforms<sup>(1)</sup>



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

### Output Waveforms<sup>(1)</sup>



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

**Ordering Information**

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

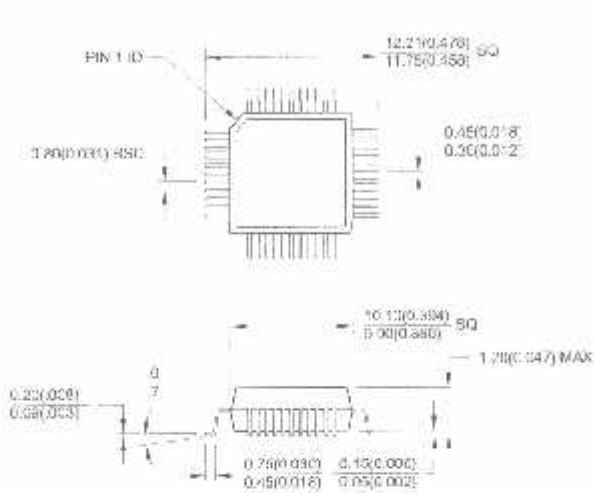
 = Preliminary Availability

Package Type	
<b>A</b>	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
<b>J</b>	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
<b>P6</b>	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)



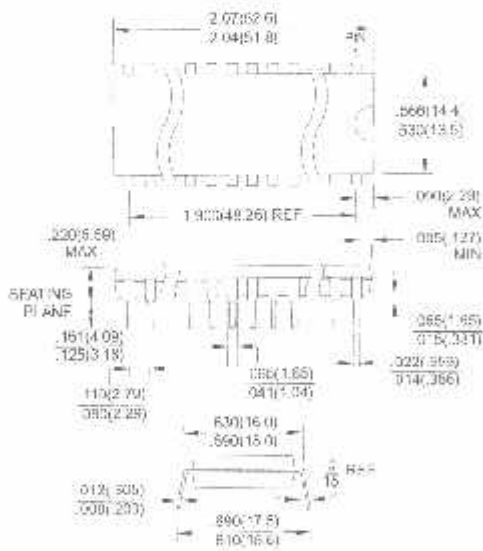
## Packaging Information

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

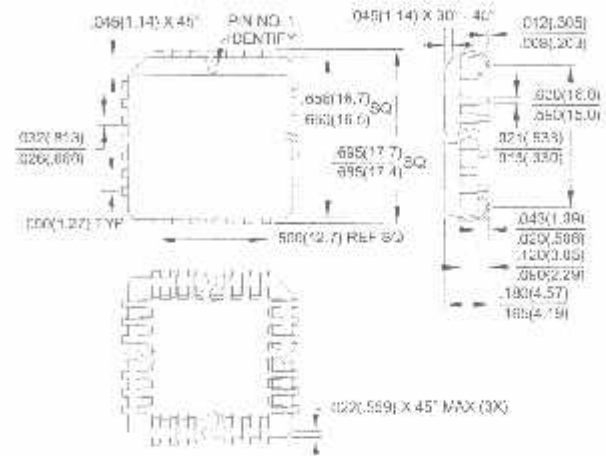


\*Controlling dimension: millimeters

**40P6, 40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)**  
 Dimensions in Inches and (Millimeters)  
 JEDEC STANDARD MS-011 AC



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





## Atmel Headquarters

**Corporate Headquarters**  
2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131  
TEL (408) 441-0311  
FAX (408) 487-2600

### Europe

Atmel SarL  
Route des Arsenaux 41  
Casa Postale 80  
CH-1705 Fribourg  
Switzerland  
TEL (41) 26-426-5555  
FAX (41) 26-426-5500

### Asia

Atmel Asia, Ltd.  
Room 1219  
Chinachem Golden Plaza  
77 Mody Road Tsimhatsui  
East Kowloon  
Hong Kong  
TEL (852) 2721-9778  
FAX (852) 2722-1369

### Japan

Atmel Japan K.K.  
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.  
1-24-8 Shinkawa  
Chuo-ku, Tokyo 104-0033  
Japan  
TEL (81) 3-3523-3551  
FAX (81) 3-3523-7581

## Atmel Product Operations

### Atmel Colorado Springs

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

### Atmel Grenoble

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

### Atmel Heilbronn

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

### Atmel Nantes

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

### Atmel Rousset

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

### Atmel Smart Card ICs

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

---

**e-mail**  
[literature@atmel.com](mailto:literature@atmel.com)

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

### Atmel Corporation 2001.

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

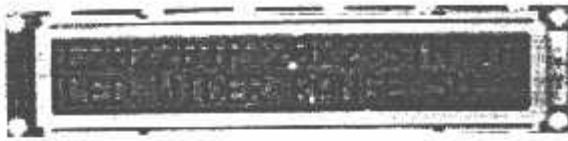
Atmel is the registered trademark of Atmel.

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

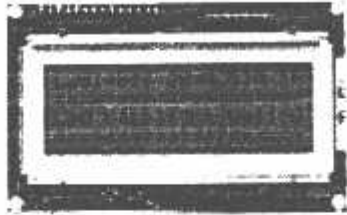


Printed on recycled paper.

2487A-10/01/xM



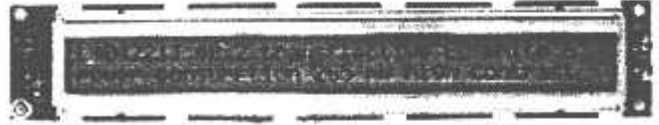
L2022



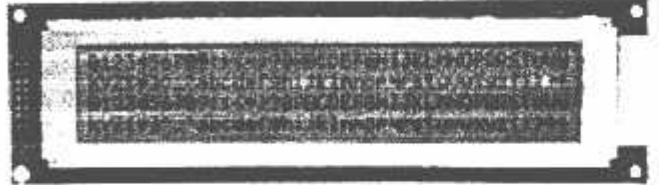
L2014



L2432



L4042



M4024

• SPECIFICATIONS :

Standard products

Products of optional specification

Character Format (character x line)		20 x 2	20 x 4	24 x 2	40 x 2	40 x 4
Model		L2022	L2014	L2432	L4042	M4024
Reflective		-	L201400J000S	L243200J000S	L404200J000S	M40240AS
EL backlight		-	L201421J000S	L243221J000S	L404221J000S	M40249DWS
LED backlight		-	L2014B1J000S	L2432B1J000S	L4042B1J000S	M40247DYS
Reflective (wide temp)		L202200P000S	L201400L000S	L243200L000S	L404200L000S	M40240CS
LED backlight (wide temp)		L2022B1P000S	L2014B1L000S	L2432B1L000S	L4042B1L000S	M40247JYS
Character font		5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor	5x7 dots + cursor
Module size (HxVxT) mm	Reflective	180,0 x 40,0 x 10,5	98,0 x 60,0 x 11,6	118,0 x 36,0 x 11,3	182,0 x 33,5 x 11,3	190,0 x 54,0 x 10,1
	EL backlight	180,0 x 40,0 x 10,5	98,0 x 60,0 x 11,6	118,0 x 36,0 x 11,3	182,0 x 33,5 x 11,3	190,0 x 54,0 x 10,1
	LED backlight	180,0 x 40,0 x 14,8	98,0 x 60,0 x 15,8	118,0 x 36,0 x 15,8	182,0 x 33,5 x 16,3	190,0 x 54,0 x 16,3
Viewing area (HxV) mm		149,0 x 23,0	76,0 x 25,2	94,5 x 17,8	154,4 x 15,8	147,0 x 29,5
Character size (HxV) mm *1		6,00 x 9,66	2,95 x 4,15	3,20 x 4,85	3,20 x 4,85	2,78 x 4,27
Dot size (HxV) mm		1,12 x 1,12	0,55 x 0,55	0,60 x 0,65	0,60 x 0,65	0,50 x 0,55
Power supply voltage (VDD-VSS) V		+5V	+5V	+5V	+5V	+5V
Current consumption (mA, typ)	IDD	4,2	2,9	2,5	3,0	8,0
	ILC *4	2,6	1,2	0,5	1,0	3,0
Driving method (duty)		1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
Built-in LSI		KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent	KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 KS0063 or equivalent	KS0066 MSM5839 or equivalent
Operating temperature (°C)	normal temp.	-	0 to +50	0 to +50	0 to +50	0 to +50
	wide temp. *2	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70
Storage temperature (°C)	normal temp.	-	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60	-20 to +60
	wide temp.	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80	-30 to +80
Weight (g, typ.)	Reflective	80	55	40	70	90
	EL backlight	-	60	45	75	105
	LED backlight	110	70	60	95	140
Inverters for EL	Model	-	5A	5A	5C	5D
	Power supply (V)	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0	+5.0
	current consumption (mA) *3	-	45	45	25	80
LED backlight	Forward current consumption (mA)	320	240	150	260	490
	Forward input voltage (V, typ.)	+4.1	+4.1	+4.1	+4.1	+4.1

\*1: Excluding cursor

\*2: With external temperature compensation

\*3: Including EL backlight

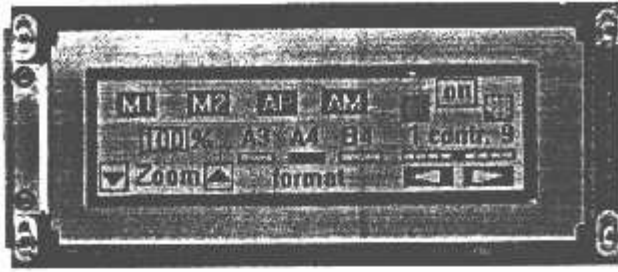
\*4: Based on normal temperature range

H: Horizontal

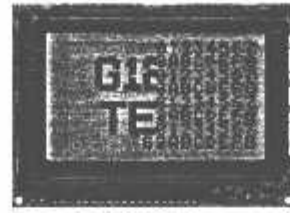
V: Vertical

T: Thickness (max)

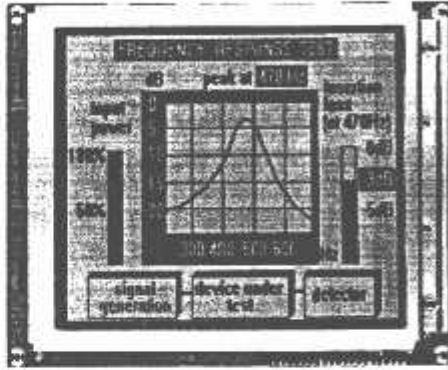




G2446



G1226



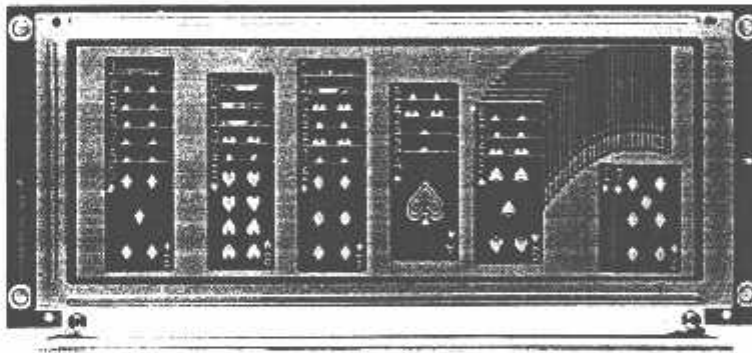
G321D



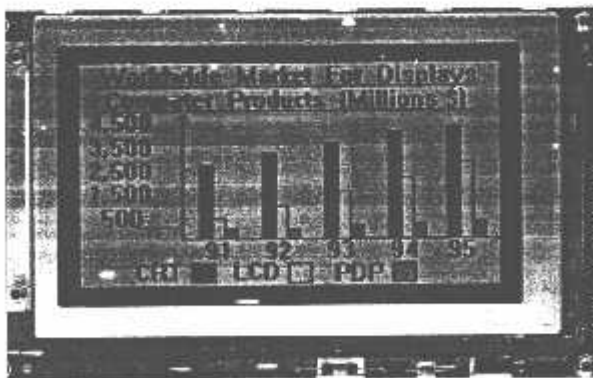
G1216



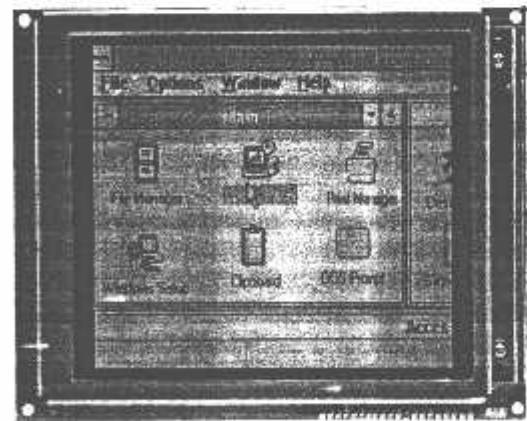
G1213



G649D



G242C



G324E

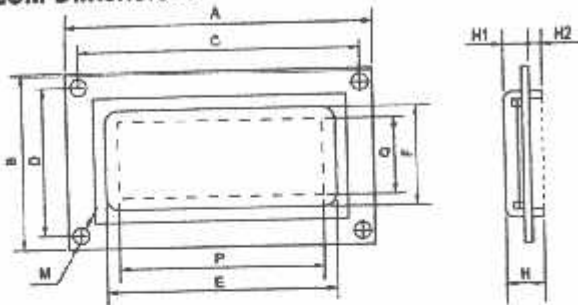
# CHECK LIST FOR CUSTOM DESIGNED LCD MODULE

1. Company \_\_\_\_\_ 2. Application \_\_\_\_\_ 3. Customer Specified Part No. \_\_\_\_\_

## 4. Design

New  Modified : Manufacturer \_\_\_\_\_, Part No. \_\_\_\_\_, Remarks \_\_\_\_\_  
 Equivalent: Manufacturer \_\_\_\_\_, Part No. \_\_\_\_\_, Remarks \_\_\_\_\_

## 5. LCM Dimensions



A x B : Module size \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
 E x F : Viewing area \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
 P x Q : Active display area \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
 C : Length between mounting holes \_\_\_\_\_ mm  
 D : Length between mounting holes \_\_\_\_\_ mm  
 M : Diameter of mounting hole \_\_\_\_\_ mm  
 H : Total thickness \_\_\_\_\_ mm  
 H1 : Upper thickness \_\_\_\_\_ mm  
 H2 : Lower thickness \_\_\_\_\_ mm

## 6. Display Contents

Character type: \_\_\_\_\_ characters \_\_\_\_\_ lines  
 Character font \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ dots + cursor  
 Character pitch \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
 Dot pitch \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
 Dot size \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
 Graphics (Full dot) type: \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ dots  
 Dot pitch \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
 Dot size \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ mm  
 Segment type: \_\_\_\_\_ digits \_\_\_\_\_ lines  
 Others \_\_\_\_\_

## 7. LCD Panel

Viewing angle:  6 o'clock  12 o'clock  \_\_\_\_\_ o'clock  
 Type:  TN  FSTN (Black and white)  
 STN ( Yellow green  Gray  Blue)  
 Chromaticity coordinates  
 ( \_\_\_\_\_ ≤ x ≤ \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ ≤ y ≤ \_\_\_\_\_ )  
 Positive type  Negative type  
 Reflective  Transflective  Transmissive  
 Others \_\_\_\_\_  
 Gray scale:  Yes \_\_\_\_\_ gray scale  No  
 Preferential specifications:  
 Response time  $t_{on}$  ms ( \_\_\_\_\_ °C)  $t_{off}$  ms ( \_\_\_\_\_ °C)  
 Viewing angle \_\_\_\_\_ deg. ( \_\_\_\_\_ °C)  Contrast ( \_\_\_\_\_ °C)  
 Others \_\_\_\_\_  
 LCD surface finishing:  
 Normal  Anti-glare \_\_\_\_\_  
 Polarizer color:  Normal (neutral gray)  Red  
 Green  Blue \_\_\_\_\_

## 8. Driving Method

Multiplexing: 1/ \_\_\_\_\_ duty, 1/ \_\_\_\_\_ bias  
 Frame frequency: \_\_\_\_\_ Hz

## 9. IC

LCD driver:  Specified  Unspecified  
 Segment driver \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)  
 Common driver \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)  
 Controller:  Internal  External  
 Type No. \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)  
 MPU:  Internal  External  
 Type No. \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)  
 RAM:  Internal  External  
 Type No. /Memory size \_\_\_\_\_ (Kbit) (Manufacturer \_\_\_\_\_)

## 10. Power Supply

Single power supply:  5V  \_\_\_\_\_ V  
 2 power supplies  
 For logic: ( $V_{DD}-V_{SS}$ ):  5V  \_\_\_\_\_ V  
 For LC drive: ( $V_{LC}-V_{SS}$ ):  \_\_\_\_\_ V

## 11. Temperature Compensation Circuit

Internal  External  Unnecessary  
 Compensation range:  0°C to 50°C  \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C

## 12. Current Consumption

For logic: typ. \_\_\_\_\_ mA, max. \_\_\_\_\_ mA  
 For LC drive: typ. \_\_\_\_\_ mA, max. \_\_\_\_\_ mA  
 Others ( \_\_\_\_\_ ): typ. \_\_\_\_\_ mA, max. \_\_\_\_\_ mA

## 13. Contrast Adjustment

Internal  External  Unnecessary  
 Method:  Temp. compensation circuit  Volume  \_\_\_\_\_

## 14. Temperature Range

Operating temperature range:  0°C to 50°C  \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C  
 Storage temperature range:  -20°C to 60°C  \_\_\_\_\_ °C to \_\_\_\_\_ °C

## 15. Input/Output Terminals

Specifying allocation:  Yes  No  
 Specifying position:  Yes  No

## 16. Weight

typ. \_\_\_\_\_ g, max. \_\_\_\_\_ g

## 17. Connector

Internal  External  Unnecessary  
 Type No. \_\_\_\_\_ (Manufacturer \_\_\_\_\_)

## 18. Backlight

Internal  External  Unnecessary  
 EL:  Green  White \_\_\_\_\_  
 LED:  Yellow green  Amber \_\_\_\_\_  
 CFL:  White \_\_\_\_\_  
 Incandescent lamp  Others \_\_\_\_\_  
 Backlight type  Edge backlight type  
 Brightness: \_\_\_\_\_ cd/m<sup>2</sup>  
 Inverter:  Internal  External  Unnecessary  
 Power supply voltage \_\_\_\_\_ V  
 Current consumption (backlight included) \_\_\_\_\_ mA  
 Brightness control:  Yes  No

## 19. Others

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## 20. Schedule

Estimate: \_\_\_\_\_  
 Sample: Delivery \_\_\_\_\_, Quantity: \_\_\_\_\_ pcs  
 Mass production: Target price: \_\_\_\_\_  
 Delivery \_\_\_\_\_, Total quantity: \_\_\_\_\_ pcs  
 Quantity per month \_\_\_\_\_ pcs