

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



**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGAMBIL  
GAMBAR OTOMATIS TERJADINYA PELANGGARAN  
LAMPU LALU LINTAS (TRAFFIC LIGHT) BERBASIS  
MC68HC11F1**

**SKRIPSI**

Disusun Oleh :  
**ADI ANUGERAH N.**  
NIM. 0017148

**SEPTEMBER 2005**

---

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGAMBIL  
GAMBAR OTOMATIS TERJADINYA PELANGGARAN  
LAMPU LALU LINTAS ( TRAFFIC LIGHT ) BERBASIS  
MC68HC11F1**

**SKRIPSI**

*Disusun dan Diajukan untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat Guna  
Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

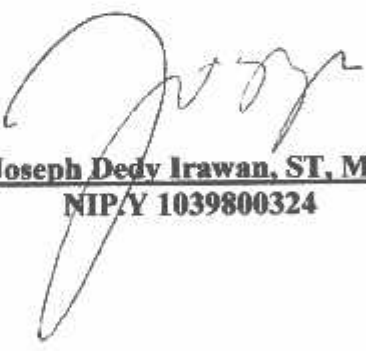
**Disusun Oleh :**

**Adi Anugerah N.**

**NIM. 0017148**

**Diperiksa dan Disetujui**

**Dosen Pembimbing**

  
**(Joseph Dedy Irawan, ST, MT)**  
**NIP/Y 1039800324**

**Mengetahui**  
**Ketua Jurusan Elektronika S-1**  
  
**(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)**  
**NIP. 1309500274**

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



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2  
MALANG

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : Adi Anugerah N.  
NIM : 00.17.148  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Pengambil  
Gambar Otomatis Terjadinya Pelanggaran  
Lampu Lalu Lintas ( traffic Light ) Berbasis  
MC68HC11F1

Dipertahankan dihadapan Team Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)  
pada :

Hari : Jum'at  
Tanggal : 7 Oktober 2005  
Dengan nilai : 78,3 (B+)



Ir. Mochtar Asroni, MSME  
Ketua

Panitia Ujian Skripsi



Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
Sekretaris

Anggota Penguji

Ir. Widodo Puji M., MT  
Penguji Pertama

Cahyo Crysdiyan, MSc  
Penguji Kedua

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang maha esa, yang telah melimpahkan rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul *Perencanaan Dan Pembutan Alat Pengambil Gambar Otomatis Terjadinya Pelanggaran Lampu Lalu Lintas ( Traffic Light ) Berbasis MC68HC11F1*. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan studi di Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada :

- Ir. F Yudi Limpraptono, MT., selaku ketua jurusan teknik elektro ITN Malang dan juga selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dalam penyusunan laporan ini.
- Seluruh pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu saran dan kritik guna memperbaiki laporan ini sangat diharapkan.

Akhir kata semoga laporan ini dapat berguna bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, September 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
ABSTRAKSI.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1. Latar Belakang .....	1
2. Permasalahan .....	2
3. Batasan Masalah .....	2
4. Tujuan .....	3
5. Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Tinjauan Umum Mikrokontroler MC68HC11F1 .....	5
2.1.1. Identifikasi Masing-Masing <i>Port</i> .....	8
2.1.2. Sinyal-Sinyal Kontrol .....	10
2.1.3. <i>Internal Register</i> MC68 HC11F1 .....	12
2.1.4. <i>Serial Communication Interface</i> .....	16
2.1.5. <i>Serial Peripheral Interface (SPI)</i> .....	19

2.1.6. <i>Interupt</i> .....	22
2.2. <i>Memory</i> .....	24
2.2.1. <i>Read Only Memory (ROM)</i> .....	24
2.2.2. <i>Random Access Memory (RAM)</i> .....	25
2.3. <i>Internal ADC</i> .....	26
2.4. <i>Digital to Analog Converter R-2R</i> .....	27
2.5. <i>Penguat Operasional</i> .....	30
2.5.1 <i>Komparator</i> .....	30
2.6 <i>Dioda</i> .....	31
2.7 <i>Tranduser</i> .....	32
2.7.1 <i>Led Infra Merah</i> .....	33
2.7.2 <i>Photo Detector</i> .....	33
2.8 <i>Motor Stepper</i> .....	35

### **BAB III PERANCANGAN ALAT**

3.1. <i>Umum</i> .....	37
3.2. <i>Rangkaian Mikrokontroller</i> .....	39
3.2.1 <i>Rangkaian Reset</i> .....	43
3.2.2 <i>Rangkaian Pembangkit Sinyal</i> .....	43
3.3. <i>Simulasi Traffic Light</i> .....	44
3.4. <i>Unit Sensor</i> .....	45
3.4.1 <i>Rangkaian Unit Pemancar</i> .....	46
3.4.2 <i>Rangkaian Unit Sensor Penerima</i> .....	47
3.5 <i>Penguat Sensor</i> .....	48

3.6 Driver Motor <i>Stepper</i> .....	49
3.7 Perencanaan Prototype .....	50
3.8 Perencanaan Perangkat Lunak.....	53
3.8.1 Struktur Program.....	53

#### **BAB IV PENGUJIAN ALAT**

4.1. Umum .....	55
4.2. Tujuan Pengujian.....	58
4.3. Pengujian Sub Sistem.....	58
4.3.1. Rangkaian Unit Sensor.....	48
4.3.2. Rangkaian Traffic Light.....	59
4.3.3 Rangkaian Penguat Sensor.....	59

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan .....	60
5.2. Saran .....	60

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Pin pada MC 68 HC 11 F1 .....	6
2.2 Diagram blok MC 68 HC 11 F1 .....	7
2.3 Internal Register .....	12
2.6 Blok Diagram Serial Peripheral Interface .....	21
2.7 Step tegangan ADC .....	27
2.8 Converter digital to analog R-2R .....	28
2.9 Komparator .....	30
2.10 Karakteristik Komparator .....	31
2.11 Rangkaian <i>LED</i> .....	32
2.12 Simol Photocell .....	43
2.12 Simbol Phototransistor .....	34
5.3 Bentuk fisik motor <i>stepper</i> .....	36
3.1 Diagram Blok .....	39
3.2 Rangkaian Perluasan Memori .....	41
3.3 Peta memori MC68HC11F1 .....	42
3.4 Rangkaian Pembangkit Sinyal .....	43
3.5 <i>Rangkaian Simulasi Traffic Light</i> .....	45
3.6 Rangkaian Unit Pengirim .....	46
3.7 Rangkaian Photodioda .....	47
3.8 Rangkaian Penguat Sensor .....	49



3.9 Rangkaian Motor <i>Stepper</i> .....	50
3.10 Gambar Jalan Perencanaan .....	52
3.11 Flowchart Program Utama.....	53
3.12 Flowchart Lampu Lalu Lintas .....	54
4.1 Gambar Traffic Light dan sensor .....	55
4.2 Gambar Alat Dan Kamera.....	56
4.3 Alat Keseluruhan.....	57
4.4 Program Pengambil Gambar.....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Mode Operasi .....	11
2.2. <i>Serial Peripheral Interface (SPI) Pins</i> .....	20
2.3. <i>Jenis-Jenis Interrupt</i> .....	23
2.4. Batasan Kondisi Logika Pada ADC .....	26
4.1. Pengukuran Sensor.....	58
4.2. Pengukuran Komparator .....	59

## ABSTRAKSI

### PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGAMBIL GAMBAR OTOMATIS TERJADINYA PELANGGARAN LAMPU LALU LINTAS ( TRAFFIC LIGHT ) BERBASIS MC68HC11F1

(Adi Anugerah N., 0017148, Teknik Elektronika S-1)  
(Dosen Pembimbing : Joseph Dedy Irawan ST, MT)

Kata Kunci : Traffic Light, MC68HC11F1.

Suatu alat pengambil gambar pelanggaran yang dapat memantau lalu lintas dan gambar tersebut disimpan pada *harddisk* pada PC, apabila terjadi pelanggaran pada program visual basic akan terdengar suara tand sebagai ada pelanggar. Operator dapat menjalankan tugasnya apabila ada pelanggaran.

Karena alasan tersebut dalam hal ini memanfaatkan mikrokontroler menjadi suatu alat bantu dan dengan bantuan *software* alat ini dapat diprogram menggunakan bahasa assembler dengan *freeware* khusus.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang maha esa, yang telah melimpahkan rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul *Perencanaan Dan Pembuatan Alat Pengambil Gambar Otomatis Terjadinya Pelanggaran Lampu Lalu Lintas ( Traffic Light ) Berbasis MC68HC11171*. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan studi di Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada :

- Ir. F Yudi Limpraptono, MT., selaku ketua jurusan teknik elektro ITN Malang dan juga selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dalam penyusunan laporan ini.
- Seluruh pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu saran dan kritik guna memperbaiki laporan ini sangat diharapkan.

Akhir kata semoga laporan ini dapat berguna bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, September 2005

Penulis

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang.

Teknologi mikroelektronika sebagai salah satu hasil dari perkembangan teknologi digital, dalam perkembangannya mulai banyak digunakan dalam kehidupan manusia. Perangkat-perangkat elektronika semakin mudah dijumpai dalam peralatan rumah tangga, perkantoran dan peralatan pabrik. Demikian pula halnya pada sistim komunikasi data, semakin banyak digunakan dengan harga yang terjangkau misalnya internet ataupun jaringan-jaringan yang dipasang pada peralatan komputer. Pada jaman sekarang ini perancangan digital yang tentunya tidak memerlukan ruang yang besar dan tempat yang banyak.

Dengan adanya perkembangan teknologi yang diikuti dengan semakin berkembangnya sarana transportasi yang menjadikan arus lalu lintas menjadi rumit, maka diperlukan penanganan khusus dalam hal peningkatan pengaturan lalu lintas khususnya didaerah traffic light. Hal ini dipandang perlu dilakukan dari pengaturan lalu lintas sarana transportasi untuk menjamin keselamatan bagi pengemudi maupun para pengguna jalan yang lain serta meningkatkan disiplin pengemudi kendaraan. Karena selama ini banyak terjadi kecelakaan yang diakibatkan oleh pengemudi kendaraan yang tidak mematuhi peraturan lalu lintas.

Dengan demikian maka pada saat ini perlu dilakukan pengawasan terhadap kendaraan yang melanggar peraturan lampu pengatur lalu lintas

dengan jalan memberi informasi yang otentik kepada pihak berwajib sebagai bukti pelanggaran. Hal tersebut juga bertujuan agar pengemudi lebih meningkatkan disiplin dalam mengemudikan kendaraannya.

## **2. Permasalahan.**

Permasalahan yang kami angkat dalam skripsi ini ialah :

1. Bagaimana merencanakan alat yang dapat mengambil gambar pelanggaran lalu lintas didaerah traffic light.
2. Bagaimana merencanakan dan membuat rangkaian pengkondisi sinyal sebagai penguat sinyal dari sensor ke mikrokontroller.
3. Membuat software dari mikrokontroller otomatisasi dari kamera.

## **3. Batasan Masalah.**

1. Perencanaan dan pembuatan perangkat lunak mikrokontroller MC68HC11F1.
2. Perencanaan pembuatan display untuk menampilkan hasil rekaman.
3. Pemasangan alat kendali perekaman yang dimaksud diutamakan pada desain persimpangan jalan dengan menggunakan pulau-pulau jalan.

## **4. Tujuan.**

Tujuan dari pembuatan skripsi ini dapat memonitor tentang pelanggaran pada lampu lalu lintas sehingga membantu pihak berwajib dalam melaksanakan disiplin lalu lintas, dan dapat membantu polantas memberikan bukti apabila ada

pelanggar yang tidak mau ditindak dan mengakui pelanggaran yang telah dilakukan.

## 5. Metodologi.

Metodologi penelitian yang dipakai dalam pembuatan skripsi ini adalah :

1. Studi Pustaka.
2. Perencanaan dan pembuatan perangkat keras.
3. Perancangan dan Pembuatan alat.
4. Pengujian dan analisa alat yang dibuat.
5. Penyusunan laporan skripsi.

## 6. Sistematika Penulisan

Adapun pembahasan Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

### **BAB I      Pendahuluan**

Bab ini membahas tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan.

### **BAB II     Landasan Teori**

Bab ini membahas tentang arsitektur mikrokontroler 68HC11F1 serta pemahaman mengenai bagian-bagian atau sistem yang mendukung perencanaan dan pembuatan alat.

**BAB III Perencanaan dan Pembuatan Alat**

Memuat Perancangan dan Pembuatan rangkaian yang diperlukan, cara kerja dan diagram sistematika rangkaian.

**BAB IV Hasil Pengujian dan Analisis**

Membahas mengenai uji coba sistem dan analisa rangkaian

**BAB V Penutup**

Berisi kesimpulan dari Perancangan dan Pembuatan alat serta saran untuk perbaikan dan kekurangan alat ini.



## B A B II

### LANDASAN TEORI

Dalam bab ini, penulis akan menguraikan tentang landasan teori yang menunjang perencanaan dan pembuatan alat pengambil gambar terjadinya pelanggaran lampu lalu lintas ( Traffic Light ) berbasis MC68HC11.

#### **2.3 Tinjauan Umum Mikrokontroler MC68HC11F1.**

Mikrokontroler 68HC11F1 adalah merupakan mikrokontroler 8 bit keluarga MC68HC11, yang pada dasarnya terdiri atas sistem bus utama yaitu: Address bus, data bus serta kontrol bus. Address bus merupakan jalur output dari mikrokontroler yang dihubungkan pada unit-unit memori dan I/O. Sedangkan data bus berfungsi untuk mengeluarkan data atau memasukkan data .

MC68HC11F1 ini memiliki 16 saluran alamat sehingga mampu mengalami memori sebanyak  $2^{16} = 65.535$  byte, sedangkan data bus terdiri atas 8 saluran data sehingga mampu untuk memberikan fasilitas masukan dan keluaran sebanyak  $2^8 = 256$  byte.

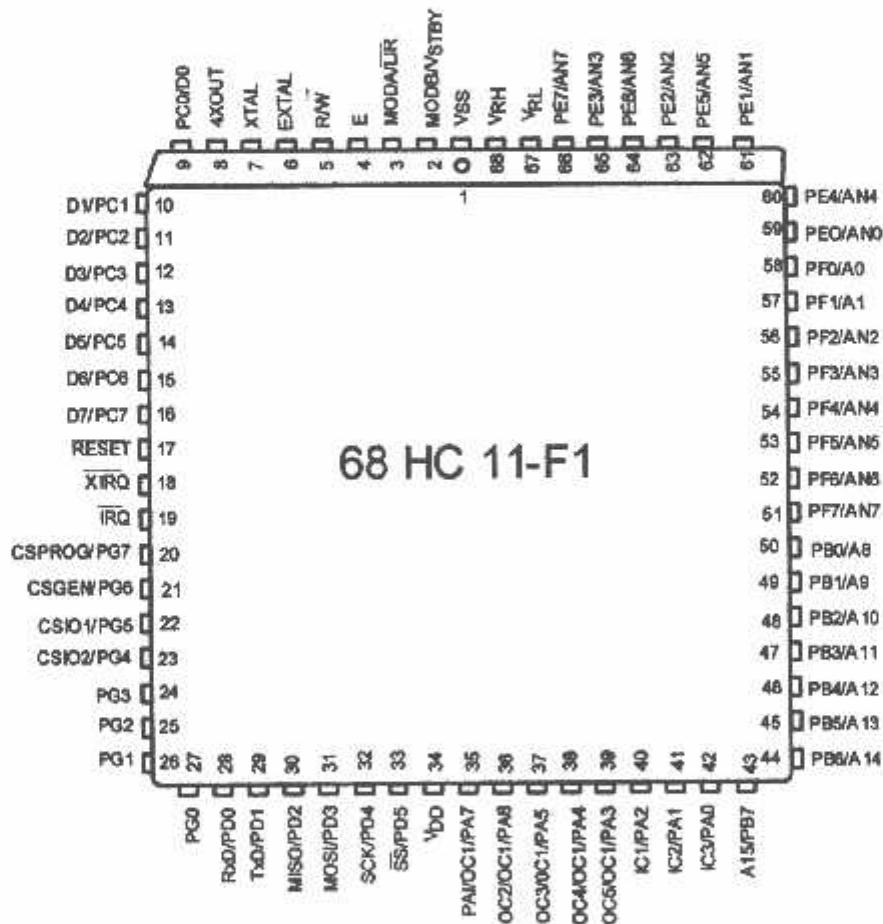
Dalam penggunaan yang mudah dan memori yang relatif kecil, maka mikrokontroler ini dapat dioperasikan dalam " *single chip mode* ", dengan cara menempatkan program pada EEPROM dan data temporeranya diletakkan dalam RAM.

Mikrokontroler 68HC11F1 ini memiliki total kapasitas untuk EEPROM sebanyak 512 byte dan RAM internalnya sebanyak 1 K byte. Sedangkan untuk keperluan serta fungsi-fungsi yang membutuhkan memori besar, program dan data dapat

ditempaikan pada eksternal memori, sehingga untuk keperluan tersebut mikrokontroler diterapkan pada mode perluasan "extended mode".

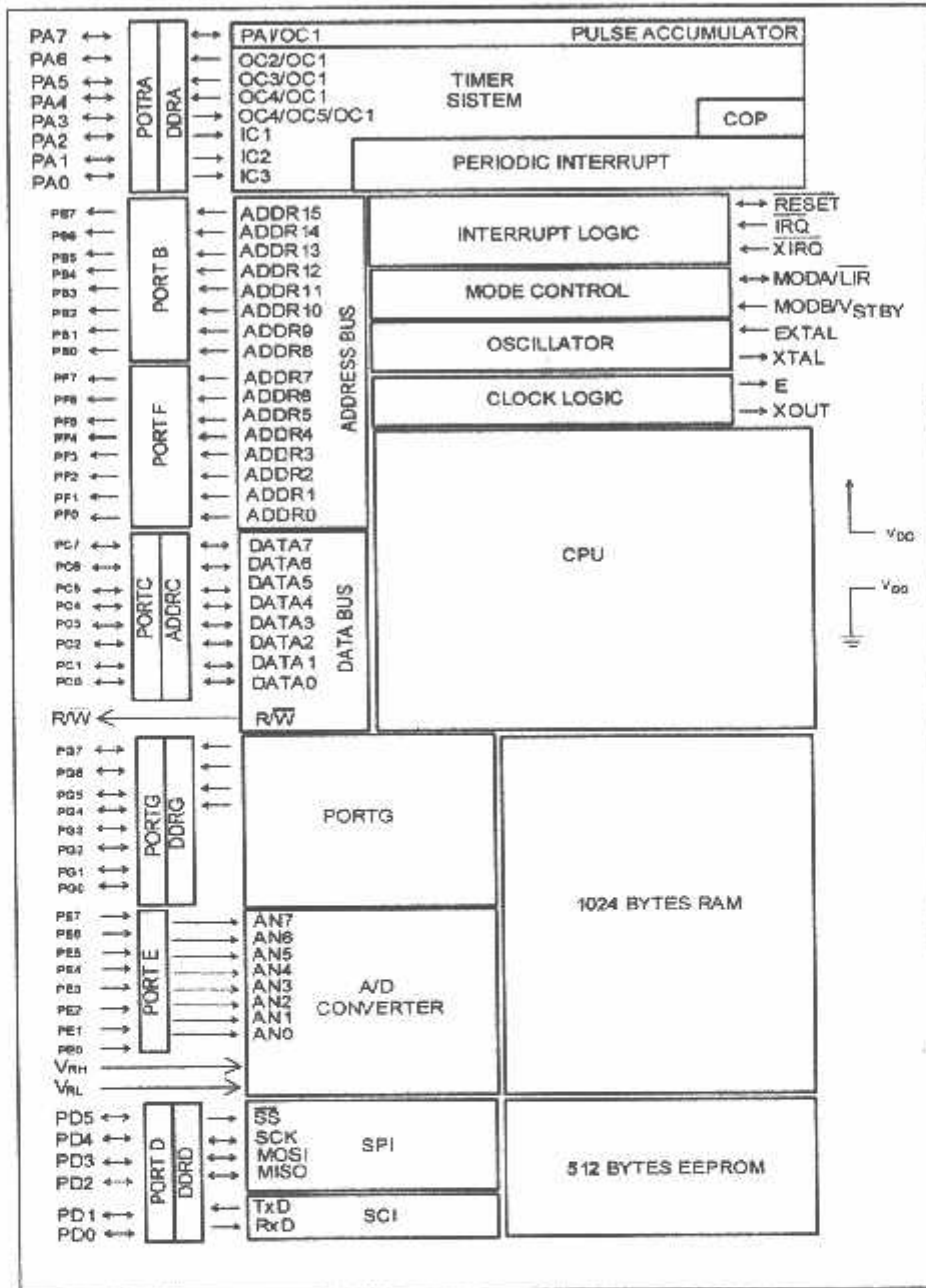
Pada mode ini akan dibentuk port-port alamat dan port-port data untuk keperluan perluasan kapasitas memori.

Bagian yang paling utama atau inti dari mikrokontroler adalah CPU ( *Central Processing Unit* ). CPU berfungsi menginterpretasikan program code, mengatur jalannya program serta melaksanakan operasi aritmatika dan operasi logika di dalam ALU (*Aritmatik Logic Unit*).



Gambar 2.1. Pin pada MC 68 HC 11- F1.

Sumber : Motorola MC 68 HC 11 *Reference Manual*



Gambar 2.2. Diagram blok MC 68 HC 11 - F1

Sumber : Motorola MC 68 HC 11 Reference Manual

### 2.1.1. Identifikasi Masing-Masing Port.

Port merupakan interfase digital yang digunakan untuk melayani keluar masuknya data. Pada umumnya dilengkapi dengan register yang digunakan untuk mengatur arah data pada masing-masing jalur bit, yang disebut: *Data Direction Register (DDR)*. Dengan memberikan harga atau fungsi logika pada setiap bit (“0” untuk masukan dan “1” untuk keluaran), pada DDR-nya. Maka masing-masing jalur bit dari 8 bit yang ada pada port dapat diarahkan sebagai jalur input/output

Adapun fungsi dari masing-masing port yang terdapat pada mikrokontroler MC 68 HC 11 – F1 adalah sebagai berikut:

#### ⇒ Port A

Port A adalah port 8 bit yang dapat difungsikan sebagai I/O dengan data register atau data direction register (DDRA) sebagai pengontrol arah dari masukan atau keluarannya. Pin-pin dari port A dapat berfungsi sebagai sistem timer.

#### ⇒ Port B

Port B adalah port 8 bit yang hanya untuk keperluan output data. Pada mode *expanded*, pin pada port B berfungsi untuk menyediakan alamat-alamat bit tinggi (A8 – A15) kepada *address bus*.

#### ⇒ Port C

Port C adalah port 8 bit yang dapat difungsikan sebagai I/O dengan data register atau data direction register (DDRC) sedang pada mode *expanded* port C dikonfigurasi sebagai data bus (D0 – D7).

#### ⇒ Port D.

Port D adalah port 6 bit yang berfungsi sebagai I/O, dan memiliki data register (PORT D) dan data direction register (DDRD).

Keluaran dari pin port D dapat digunakan untuk *Serial Communications Interface* (SCI) dan *Serial Peripheral Interface* (SPI).

- SCI (*Serial Communications Interface*) merupakan sebuah full duplex UART (*Universal Asynchronous Receiver Transfer*). Sistem ini dapat digunakan untuk koneksi dengan PC (*Personal Computer*).
- SPI (*Serial Peripheral Interface*) digunakan untuk komunikasi Interprocessor dalam multi master system. Ini juga dapat digunakan *Synchronous Communications* antar mikrokontroler dan peripheral devices seperti
  - LCD Driver.
  - A/D Converter
  - Mikroprosesor yang lain.

⇒ **Port**

Port E adalah port 8 bit untuk memasukkan sinyal analog yang akan diproses oleh CPU menjadi sinyal digital. Dengan menggunakan referensi atas ( $V_{rh}$ ) dan referensi bawah ( $V_{rl}$ ) dimana daerah tegangan analog dapat ditentukan sebagai acuan batas atas sinyal digital ( $\$FF$ ) dan batas bawah sinyal digital ( $\$00$ ). Sistem konversi dari analog ke digital menggunakan software yang terprogram sehingga dapat menghasilkan mode tertentu sesuai dengan kebutuhan kita.

⇒ **Port F**

⇒ **Port F**

Port F memiliki fungsi sebagai port output yang digunakan sebagai port pengalamatan pada bit-bit rendah (A0 – A7).

⇒ **Port G**

Port G merupakan port 8 bit yang memiliki fungsi seperti halnya pada port A yaitu dapat difungsikan sebagai input maupun output.

Melalui delapan bit bidirectional data bus pada port C, dapat memungkinkan mikrokontroler untuk ditulis atau disimpan (*write*) dimemori. Atau sebaliknya data pada memori (RAM, EPROM ) dapat dibaca (*read*) oleh MCU.

Melalui address bus pada port B dan port F, mikrokontroler akan menentukan ke alamat berapa pada memori, data harus ditulis dan dari alamat berapa pada memori data akan dibaca. Address bus MC 68 HC 11 – F1 ini dapat mengalami  $2^{16} = 64$  K byte.

### 2.5.1 Sinyal-Sinyal Kontrol.

Kontrol bus memiliki beberapa sinyal kontrol yang dimiliki fungsi masing-masing sebagai berikut:

1.  $\overline{R/W}$

Dalam proses pengetesan,  $\overline{R/W}$  menunjukkan dari proses transfer pada bus external, logika “1” pada pin ini menunjukkan bahwa MCU dalam keadaan membaca (*read cycle*). Dan logika “0” menunjukkan bahwa MCU dalam proses menulis (*write cycle*) dan tidak ada peralatan-peralatan eksternal yang didrive oleh data bus.  $\overline{R/W}$  mengendalikan pada kondisi low pada saat data sedang ditulis ke data

bus eksternal. R / W akan selalu low selama proses write pada data bus tetap berlangsung.

## 2. **RESET**

Reset menyebabkan stack counter menuju ke alamat \$FFFF, sehingga dapat mengendalikan program untuk melaksanakan program dari awal.

Secara umum dapat dituliskan 4 kejadian reset, yaitu pada:

1. Memberikan sinyal low pada kaki reset.
2. Power On Reset (POR).
3. Kegagalan clock monitor (10 KHz ke bawah).
4. Cop Watchdog-timer out.

## 3. **CLOCK**

Clock berfungsi untuk mensinkronkan beberapa proses yang mana referensi clocknya adalah seperempat dari frekuensi yang dipakai. Dimana pembangkit pulsanya diperoleh melalui rangkaian yang dipasang pada kaki EXTAL dan XTAL. Jadi besarnya frekuensi E-Clock adalah seperempat ( $\frac{1}{4}$ ) besarnya frekuensi rangkaian oscillatornya, dan E-Clock inilah yang digunakan sebagai referensi waktu.

## 4. **MODA / MODB**

MODA / MODB ini menunjukkan operasi yang dipakai oleh MC 68 HC 11-F1 selama proses reset, MCU akan melihat level dari logika

yang ditunjukkan pada pin MODA dan MODB yang menentukan dua mode normal atau mode spesial. Dengan pemilihan modenya seperti ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.1. Mode operasi.

INPUT		MODE
MODE A	MODE B	
1	0	Single- Chip
1	1	Expanded
0	0	Special Bootstrap
0	1	Special Test

Sumber : Motorola MC 68 HC 11 *Reference Manual*

#### 5. A / LIR

Apabila mikrokontroler dipakai atau digunakan dalam mode "single mode" maka pin ini dihubungkan ke ground. Sedangkan untuk penggunaan dalam "expanded mode" maka pin ini dihubungkan dengan resistor yang dipullup sehingga memberikan level high pada kaki MODA untuk memilih expanded mode.

#### 6. XIR

Pin ini digunakan untuk permintaan interrupt non maskable ke MCU.

Pada saat  $\overline{XIRQ}$  diberi sinyal low maka X bit pada CCR akan diset berlogika high (1)

#### 7. IRQ

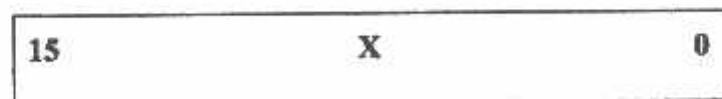
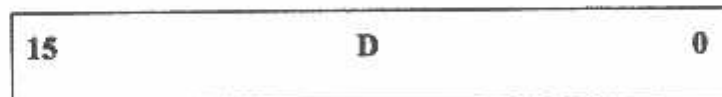
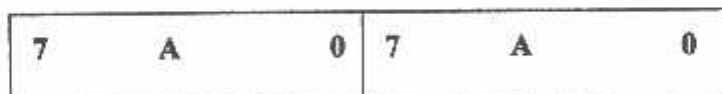


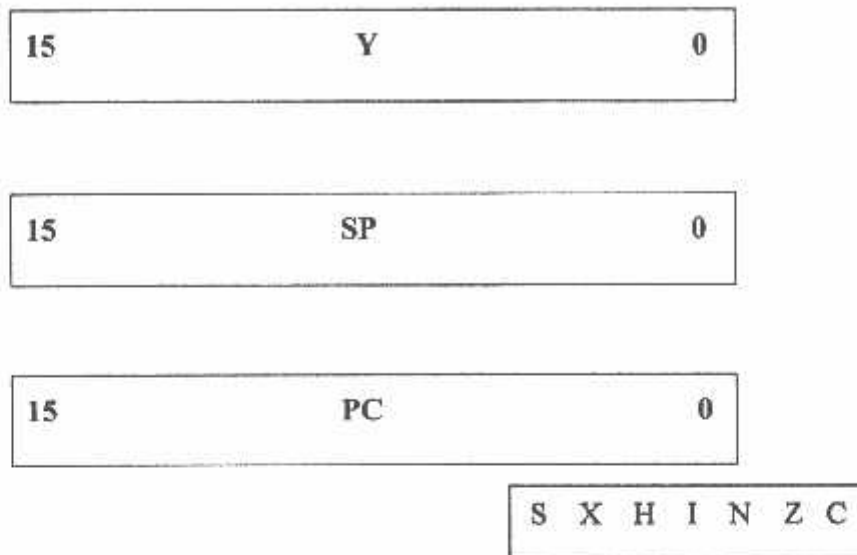
Pin ini digunakan untuk permintaan interupt ke MCU (*undirectional*). Adapun untuk mengaktifkan interupt ini adalah sesitif terhadap edge ( dari level high ke low ), dengan cara mengeset IRQE pada option register.

### 2.1.3. Internal Register MC68 HC11F1.

CPU merupakan uni pengolah data yang utama dalam sistem mikrokontroler. Mode pengalamatan serta instruction-instruction setbyang dipakai pada mode yang dipilih dalam sistem ( single / extended), diperlukan untuk mendukung ekspansi memory pada MCU. CPU dirancang untuk melayani semua peripheral , I/O dan lokasi memori yang sesuai dengan kemampuan dari mikrokontroler ini. MC68HC11F1 memiliki tujuh macam register yang dapat dipergunakan dalam proses akuisisi data, yaitu :

*Accumulator A, Accumulator B, Double Accumulator, Index Register X( IRX), Index Register Y (IRY), Stack Pointer (SP), Program Counter (PC) dan CCR (Conditional Code Register).*





Gambar 2.3. Internal register

Sumber : Motorola

Keterangan :

- |     |                   |     |          |
|-----|-------------------|-----|----------|
| S : | Stop Disable      | N : | Negatif  |
| X : | X – Interupt Mask | Z : | Zero     |
| H : | Half Carry        | V : | Overflow |
| I : | I-Interupt Mask   | C : | Carry    |

***Accumulator (A,B,Dan D)***

Accumulator A dan B adalah register delapan bit yang berfungsi sebagai penampung lintasan data yang menuju atau keluar dari ALU. Operasi – operasi aritmatika sebagian besar dilakukan pada accumulator ini, dan hasil dari operasi yang dilakukan atau dilaksanakan disimpan pada register ini juga.

Accumulator A dan B (masing-masing 1 byte) dapat digabungkan menjadi dua byte yang disebut Double Accumulator (AccumulatorD).

### ***Index Register X,Y***

Register ini adalah register 16 bit yang digunakan untuk mode pengalamatan terindex (indexed addressing mode). Kedua register ini dapat digunakan sebagai penyimpan data sementara.

### ***Program counter (PC)***

Program counter merupakan register 16 bit yang berfungsi untuk menyimpan alamat instruksi yang akan dilaksanakan selanjutnya. Untuk memulai pelaksanaan / eksekusi program, alamat dari instruksi pertama harus ditempatkan pada PC. Sedangkan CPU secara otomatis bertindak mengambil dan melaksanakan perintah sekaligus menurut urutan kenaikan alamat.

### ***Stack Pointer***

Stack pointer adalah penyimpan yang mempunyai konfigurasi seperti LIFO (*Last In First Out*) yang artinya data masuk pada stack terakhir yang dapat dikeluarkan kembali pertama-tama. *Stack* digunakan untuk pemanggilan program bagian atau menyimpan alamat instruksi berikutnya setelah program bagian selesai dilaksanakan, dan Push-Pull (menyimpan data sementara). Pada aplikasi inisialisasi dilakukan pertama kali.

### ***Condition Code Register (CCR)***

CCR berisi 5 - bit sebagai indikator status, 2 bit interrupt making dan 1 bit stop disable. Kedua bit status tersebut adalah H, N, Z, V dan C yang merefleksikan hasil operasi aritmatik dan operasi yang lainnya yang dilakukan pada CPU. Flag H digunakan untuk operasi aritmatik BCD,

sedangkan status bit pada flag N, Z V, dan C digunakan sebagai syarat untuk instruksi branching (percabangan).

Penjelasan untuk masing-masing bit adalah sebagai berikut:

- ***Carry / Borrow (C)***

Bit ini diset jika didalam operasi aritmatik yang telah dijalankan didalam ALU, dan hasil telah melebihi atau kurang dari daerah bilangan di dalam *ACCUMULTOR*, bit ini juga dipengaruhi oleh operasi shift dan rotate.

- ***Overflow***

Bit overflow diset jika dalam operasi aritmatik (bit tertinggi sebagai tanda) menghasilkan data yang melampaui bilangan yang ada.

- ***Zero (Z)***

Bit in9 diset jika hasil operasi aritmatik, operasi logika serta dalam manipulasi data yang telah dilaksanakan menghasilkan nilai nol.

- ***Negatif***

Jika hasil dari operasi aritmatik , logika serta manipulasi logika dan malipulasi data yang telah dilaksanakan hasilnya pada daerah negatif jika MSB adalah "1" maka pada bit ini diset = 1.

- ***Interrupt Mask (I)***

Bit ini dapat diset melalui software maupun hardware. Bit ini diberi logika "1" untuk mencegah atau menutup semua maskable interrupt. Sedangkan untuk melakukan semua maskable interrupt maka bit ini harus diset low.

- ***XIRQ Interrupt (X)***

Cara mengeset bit ini adalah melalui hardware (RESET atau XIRQ) dan dapat dihapus melalui instruksi transfer A ke CCR (TAP) atau return from interrupt (RTI).

- **Stop Disable (S)**

Pada saat bit ini diset "1" maka instruksi stop pada kondisi disable. Sedangkan cara mengesetnya melalui software.

- **Half Carry (H)**

Bit H akan diset bila terjadi carry antara bit ke 3 dan ke 4 didalam operasi penjumlahan. Bit ini biasanya digunakan pada kalkulasi dalam BCD.

#### 2.1.4. *Serial Communication Interface.*

*SCI* merupakan fasilitas yang dimiliki oleh mikrokontroler untuk keperluan komunikasi dengan komputer. *SCI* merupakan *Universal Asynchronous receiver Transiver (UART)*. *SCI* bagian penerima dan bagian pengirim terletak secara terpisah tetapi menggunakan format data dan bit rate yang sama. Adapun format data yang dipakai adalah:

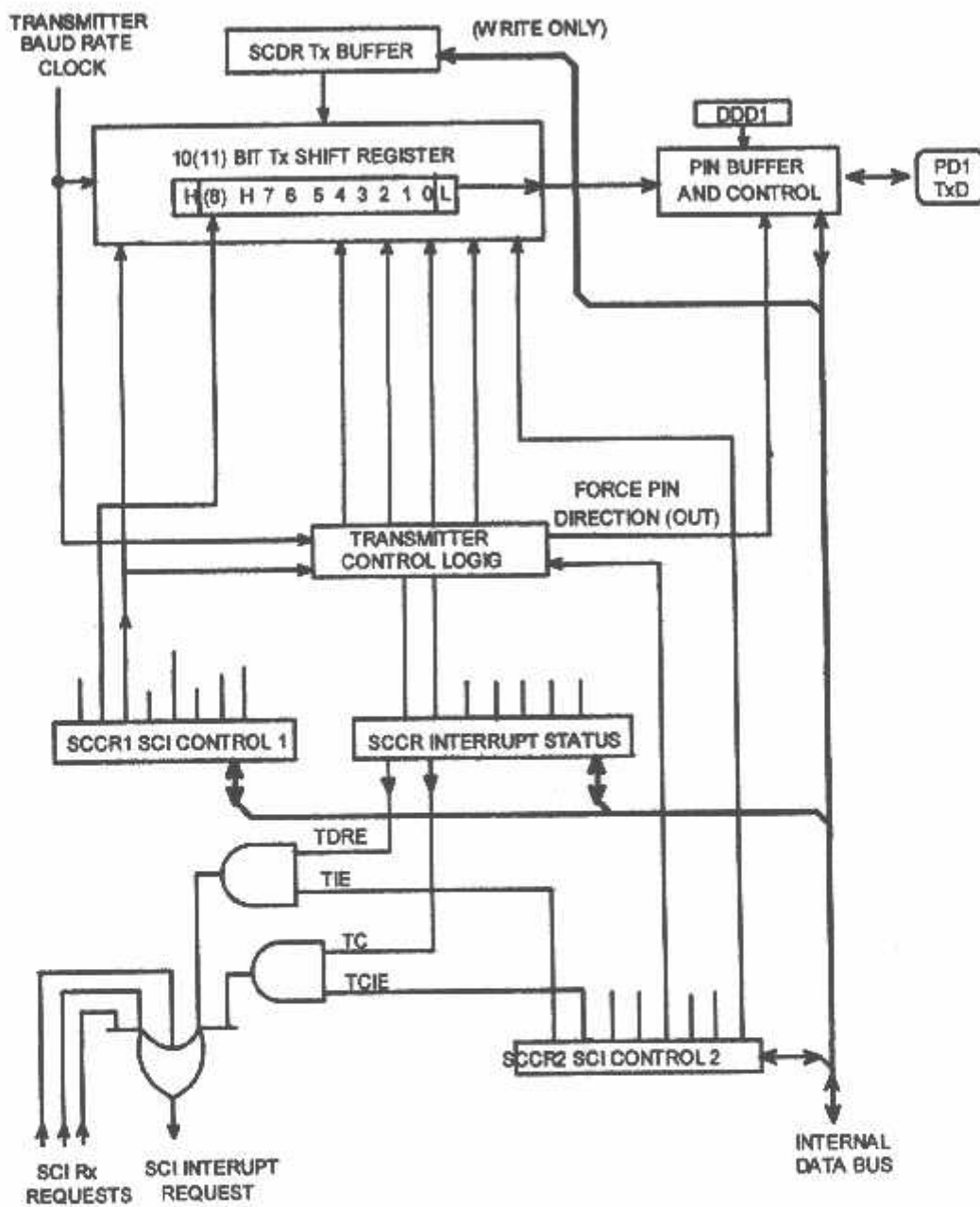
- Kondisi dari idle line pada saat mengirim maupun menerima data adalah dalam keadaan high.
- Start bit padam adalah logika nol pada saat mengirim maupun menerima pesan. Start bit ini merupakan awal dari karakter dari pesan.
- Data yang dikirim dan diterima pada awal / pertama adalah Least Significant Bit (LSB).
- Stop bit berlogika "1" digunakan untuk menunjukkan akhir dari sebuah frame. (Frame terdiri dari bit start, karakter-karakter dari bit data, dan bit stop)

*SCI* bagian pengirim, meliputi : paralel data transmit register (SCDR) dan sebuah *serial shift register*. Isi dari shift register hanya dapat ditulis oleh SCDR.

Double Buffer mengakibatkan data dapat digeser secara serial selama karakter yang lain menunggu di SCDR untuk selanjutnya ditransfer ke serial shift register. Keluaran dari serial shift register (SSR) dikirim ke TxD selama bit dari kontrol kirim (TE) pada serial communication control register (SCCR) telah diset. Untuk lebih jelasnya proses pengiriman pada

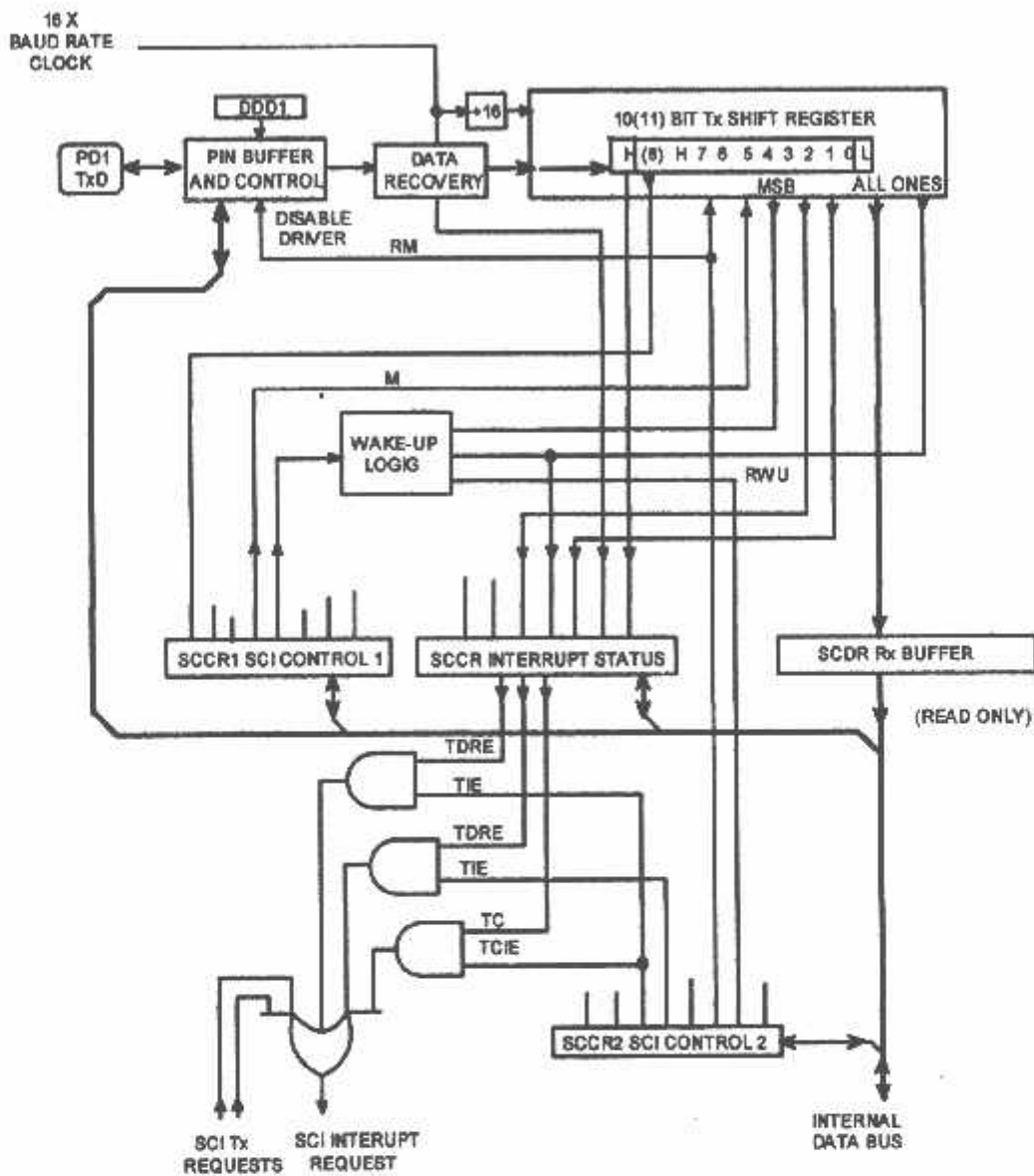
SCI tampak seperti Dalam Gambar 2.4. Blok diagram Pengirim SCI

berikut ini:



Gambar 2.4. Blok diagram pengirim SCI (SCI transmitter)

Sumber : Motorola Technical Data



Gambar 2.5. Blok diagram penerima SCI (*SCI receiver*)

Sumber : Motorola *Technical Data*

Proses pada bagian penerimaan pada SCI merupakan kebalikan dari urutan-urutan pada proses pengiriman. SSR menerima data dan mentransfernya ke Parallel Receiver Data Register (SCDR). Sebagai Complete Word, double buffer berfungsi untuk menggeser karakter secara serial, selama karakter yang lain



sedang menunggu untuk proses pada SCDR. Data recovery berfungsi untuk menentukan valid tidaknya data serial; yang dikirim. Data input disampel secara selektif untuk mengecek data yang diterima dan mengetes kebenaran data perbitnya. Untuk lebih jelasnya proses penerimaan pada SCI seperti tampak dalam Gambar 2 – 5 (BLOK DIAGRAM SCI RECEIVER) diatas.

#### **2.1.5. Serial Peripheral Interface (SPI).**

*Serial Peripheral Interface (SPI)* merupakan sub sistem yang terpisah dengan sistem komunikasi serial. Serial Peripheral Interface (SPI) ini menyebabkan MCU dapat berkomunikasi secara synchronous dengan peralatan – peralatan yang lainnya, seperti TTL shift register, LCD driver dan mikrokontroler yang lainnya. Dimana subsystem ini mempunyai *control register (SPCR)*, *statusregister (SPSR)* dan *data register (SPDR)*. Control register digunakan untuk mengontrol pemilihan data dari sub sistem, pemilihan interupt, serta pemilihan master atau slave mode operasi. Status register mempunyai data transfer complete flag (SPIF) dan dua buah flag untuk mendeteksi kesalahan. Data transfer flag terhapus dengan adanya pembacaan pada SPSR dan kemudian mengakses SPDR. Data register melayani untuk pengiriman maupun untuk penerimaan data. Inisialisasi yang utama adalah dengan mengadakan pengesetan bit pada port D data direction register (DDRD), dan kemudian pengesetan / inisialisasi pada control register(SPCR).

Konfigurasi dari SPI pin seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2. berikut ini:

Tabel 2.2. Serial Peripheral Interface (SPI) Pins

Port D pin	SPI Signal	Master Mode	Slave Mode
PD2	MISO(master in,save out)	Input	Output
PD3	MOSI(master out,save in)	Output	Input
PD4	SCK(Serial Clock)	Output	Input
PD5	SS(Slave select)	Output	Input

Sumber : Motorola

*Master In Slave Out* (MISO) adalah merupakan salah satu dari unidirectional serial data signal. Master In Slave Out ini adalah suatu masukan bagi master devaice dan sebagai keluaran dari slave devaice.

*Master Out Slave In* (MOSI) adalah merupakan Unidirectional serial data yang kedua. Master On Slave In ini adalah suatu output dari master device dan sebagai masukam bagi slave device.

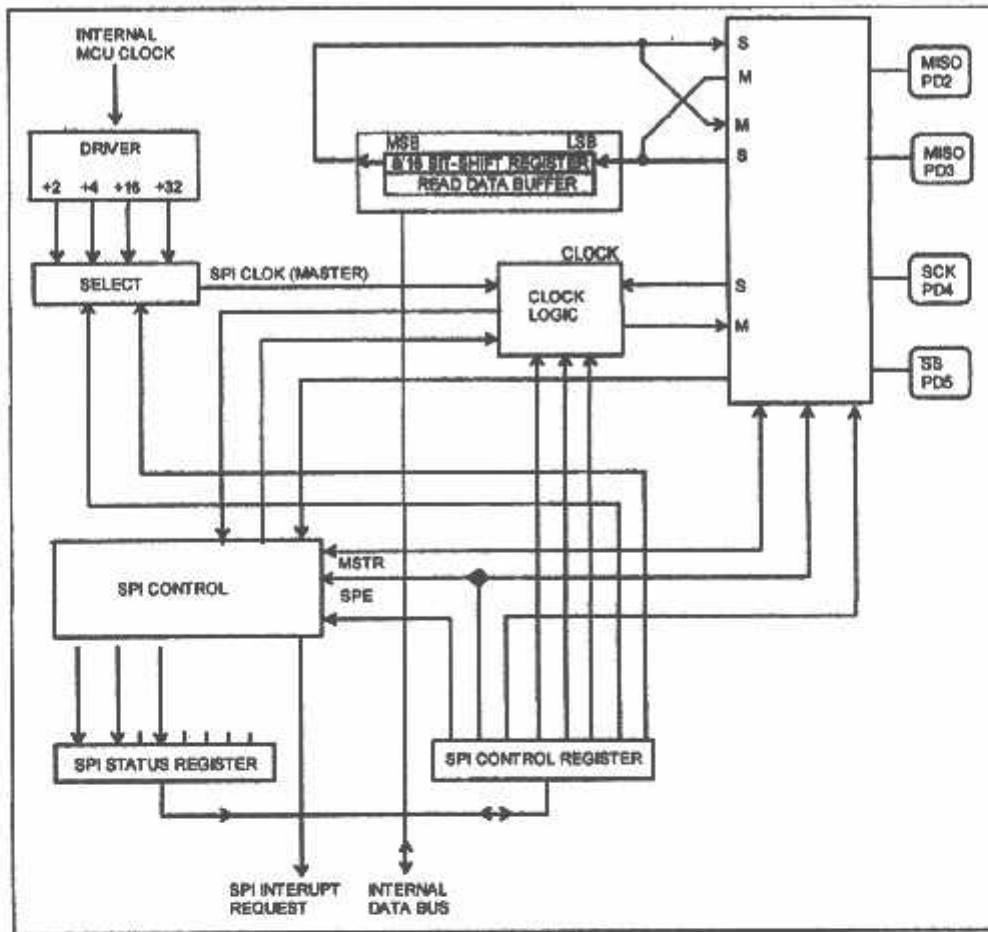
*Serial Clock* (SCK) merupakan suatu clock yang merupakan masukan bagi sive device yang dibangkitkan oleh master device dan clock ini adalah merupakan clock yang sinkron dengan perubahan data yang masuk atau keluar device melalui MOSI atau Miso line. Slave select (SS) merupakan input bagi slave device yang harus dinyatakan secara eksternal sebelum master device mengirim data ke slave device.

*Slave select* harus dalam kondisi low sebelum pemrosesan data dan harus tetap dalam kondisi low untuk beberapa waktu selama terjadinya proses.

Elemen terpenting dari SPI adalah blok yang terdiri dari shift register dan pembaca data buffer. Jika sistem dikonfigurasi sebagai master pengiriman akan dilakukan dengan menuliskan data ke dalam register, SPDR. Isi data dalam register ini secara otomatis akan ditransfer ke shift register. Hal ini akan membangkitkan clock delapan bit pulsa secara otomatis. Pada waktu ini, isi dari shift register akan digeser keluar melalui pin Master Out Slave In atau pin (MOSI).

Jika mikrokontroler dikonfigurasi sebagai slave device, maka akan terjadi perbedaan. Pada kondisi ini juga dilakukan dengan penulisan data pada shift register, SPDR. Yang kemudian pergeseran masuk dikirim secara otomatis ke shift register. Untuk clock pulsa dibangkitkan oleh master device, slave device menggeser keluar sebuah bit ke pin slave output atau pin (MISO). Pada keadaan komplit master dan slave mengerjakan hal-hal yang perlu dilakukan secara otomatis. Pada shift register data dikirimkan ke receiver data register, SPDR. SPI menanggapi status flag (SPIF) yang masuk di status register SPSR adalah pada kondisi set.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 2.6. Blok diagram SPI berikut :



Gambar 2.6. Blok diagram serial peripheral interface

Sumber : Motorola *Technical Data*

### 2.1.6. Interupt.

System interupt yang diberikan pada setiap Unit Mikrokontroler, akan menghentikan sementara jalannya program utama dan selanjutnya menuju pada program bagian. Segera setelah program bagian selesai di eksekusi atau dijalankan maka program kembali pada batas program utama yang disela dengan interrupt dan pada alamat ini pula program berikutnya dilanjutkan.

Setiap pemakai dapat menulis program khusus untuk setiap interrupt jika diperlukan. Ketika terjadi interrupt CPU dari mikrokontroler akan menanggapi secara sepat untuk melaksanakan rutin yang khusus oleh interrupt. Routin yng

khusus ini di sebut dengan *interrupt service routine*. Mikrokontroler menggunakan *interrupt* untuk tugas yang diprioritaskan dan tidak dapat ditunggu.

*Interrupt* dibagi menjadi dua yaitu *maskable interrupt* dan *non maskable intrrupt*. *Maskable intrrupt* adalah merupaka jenis *interrupt* bisa tidak dilayani permintaannya, dan hal ini bisa terjadi bit I pada *Condition Code Register* di set "0". Sedangkan *non maskable interupt* adalah jenis *interrupt* yang harus di layani permintaannya.

Untuk mengetahui secara lengkap macam-macam atau jenis-jenis *interupt* yang ada maka dapat diperhatikan sesuai dengan tabel 2.3. Jenis-jenis *interupt* berikut ini.

Tabel 2.3. Jenis – jenis *interrupt*

Vector Address	Interrupt Source	CCR Maskable Bit	Lokal Mask
FFC0, C1- FFD4, D5	Reserved	-	-
	SCI Serial System	I	
	• SCI Receive Data Register Full		TCIE
	• SCI Receiver Overrun		TIE
	• CSI Transmit Data Register Empty		ILIE
	• SCI Transmit Complete		RIE
	• SCI Idle Line Detect		REI
FFD8,D9	SPI Serial Transfer Complete	I	SPIE
FFDA,D8	Pulse Accumulator Input Edge	I	PAIE
FFDC,DD	Pulse Accumulator Overflo		PAOVI
FFDE,DF	Timer Overflo	I	TOI
FFE0,E1	Timer Input Capture 4/Output Compare 5	I	14/O5I
FFE2,E3	Timer Output Comppare 4	I	OC4I
FFE4,E5	Timer Output Comppare 3	I	OC3I
FFE6,E7	Timer Output Comppare 2	I	OC2I
FFE8,E9	Timer Output Comppare 1	I	OC1I
FFEA,EB	Timer Input Capter 3	I	IC3I
FFEC,ED	Timer Input Capter 2	I	IC2I
FFEE,EF	Timer Input Capter 1	I	IC1I

FFE0,F1	Real-Timer Interrupt	I	RTII
FFF2,F3	Parallel I/O Handshake $\overline{XRQ}$ (External Pin)	I	STAI None
FFF4,F5	$\overline{XIRQ}$ Pin	X	None
FFF6,F7	Software Interrupt	None	None
FFF8,F9	Illegal Opcode Trap	None	None
FFFA,FB	COP Failure	None	VOCOP
FFFC,FD	COP Clock Monitor Fail	None	CME
FFFE,FF	$\overline{RESET}$	None	None

Sumber : Motorola MC68HC11F1 *Technical Data*.

## 2.2. Memory

### 2.2.1. Read Only Memory (ROM).

Suatu ROM adalah memory yang menyimpan data secara permanen . Bila data kita tuliskan pada sebuah ROM atau kita sebut dengan mengisikan program kedalam ROM, maka sewaktu-waktu data tersebut dapat kita baca ulang ketika kita memerlukan data tersebut. Data tersimpan secara permanen maksudnya data tetap tersimpan walaupun catu tegangan pada ROM tersebut telah dimatikan.

Macam-macam Jenis ROM:

⇒ ROM (*Read Only Memori*).

Program yang tersimpam hanya dapat dibaca , berfungsi hanya sekali program dan tidak dapat diprogram ulang.

⇒ PROM (*Programable ROM*).

Diprogram dengan cara memutuskan hubungan sekering internal. Prom hanya dapat diprogram satukali dan tidak dapat diprogram ulang.

⇒ EPROM (*Erasable ROM*).

Diprogram dengan cara mengisi data suatu gerbang tersekat pada piranti.

Pada Eprom dapat dilakukan penghapusan data dengan cara memberikan penyinaran sinar ultraviolet melalui jendela kaca pada bagian atas IC, dan setelah dihapus dapat dilakukan pemrograman ulang.

⇒ EEPROM (*Electrically Erasable ROM*).

Diprogram dengan cara mengisi data suatu gerbang tersekat pada piranti.

Pada EEPROM dapat dilakukan penghapusan data secara listrik, dan setelah dihapus dapat dilakukan pemrograman ulang.

### 2.2.2. *Random Access Memory (RAM)*.

RAM (*Random Access Memory*) data pada setiap lokasi alamat memory manapun mudah dicapai dan dapat dipanggil secara acak. Terminologi RAM dipergunakan sebagai semikonduktor yang berguna untuk baca / tulis data (*R/WM, Read / Write Memory*).

RAM dipergunakan untuk menyimpan program dan data sementara. Isi dari lokasi alamat RAM dapat dibaca dan ditulis padanya bila dilakukan suatu eksekusi terhadap suatu program. Hal ini membutuhkan waktu siklus membaca dan menulis yang cepat dari RAM agar tidak memperlambat operasinya.

Kelemahan dari RAM adalah sifatnya yang volatile dan akan kehilangan data yang disimpan bila catu daya dimatikan. Namun beberapa RAM CMOS

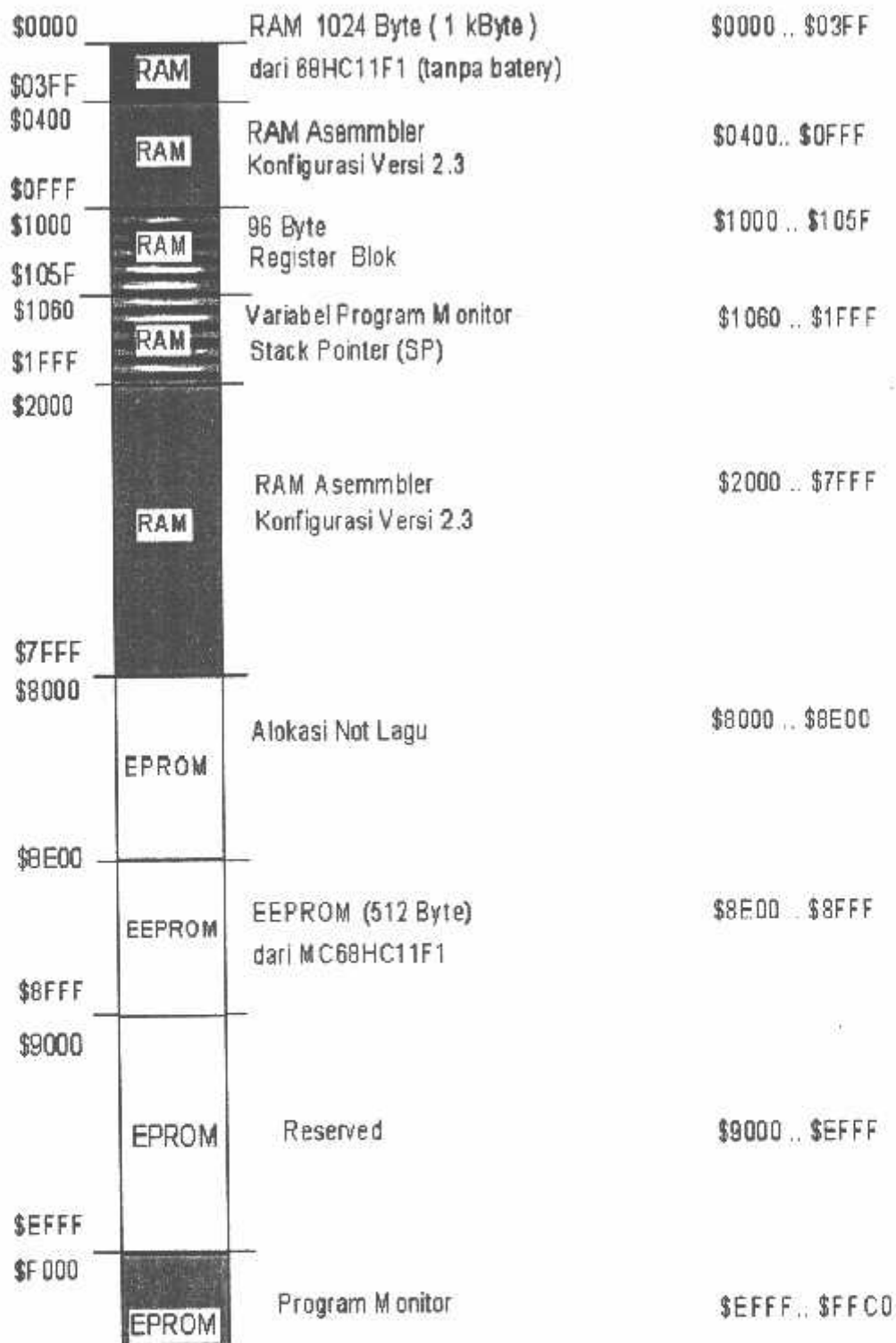


mempergunakan daya yang kecil dalam kondisi *stanby*, sehingga dapat dicatu oleh *battery* bila catu daya dimatikan.

Berdasarkan komponen penyusunnya RAM terdiri atas:

⇒ RAM Statik ( *SRAM* ). RAM Statik ini komponen penyusun utamanya adalah Flip-Flop. Pada RAM jenis ini data disimpan dalam suatu deretan Flip-Flop sehingga data tersebut dapat ditulis dan dibaca. Jika catu daya dimatikan maka data akan hilang.

⇒ RAM Dinamik ( *DRAM* ). RAM Dinamik ini komponen penyusun utamanya adalah Capacitor. Data yang tersimpan seperti model penyimpanan muatan pada suatu kapasitor dengan kapasitas kecil, sehingga data hanya tersimpan dalam waktu beberapa mili detik. Sebelum data hilang maka harus dilakukan suatu penyegaran muatan (Refresh). Jika catu daya dimatikan data akan hilang.



Gambar 2.7  
Memory Map

Untuk penggunaan memori eksternal dimulai dari alamat 2000 – 7FFFF, untuk sebelum alamat 2000 masih menggunakan memori internal.

### 2.3 Serial Komunikasi Mikrokontroller

Untuk melengkapi komunikasi asinkron, konksinya selalu menggunakan *interface* RS-232. Setiap komputer selalu menggunakan komunikasi standart untuk komunikasi serial. Port serial ini dapat digunakan untuk semua perangkat elektronik yang memakai komunikasi serial.

Level logika yang digunakan untuk RS-232 didapat dari *circuit* digital logic. Data logika yang dapat diterima ileoh RS-232 adalah 12 V untuk *logic* 0 dan -12 V untuk logika 1. Ini digunakan untuk standar spesifikasi voltase minimum dan maximum yang diperlukan untuk mengirim dan menerima data.

### 2.4 Penguat Operasional ( *Operational Amplifier* )

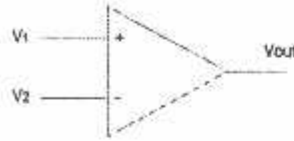
Penguat Kerja (*Operational Amplifier*) merupakan rangkaian elektronik yang dikemas dalam bentuk rangkaian terintegrasi sehingga mempunyai kelebihan antara lain mempunyai dimensi yang kecil, sumber daya kecil dan mudah dalam pemakaian. Oleh karena itu, penguat kerja banyak digunakan pada peralatan instrumentasi, komunikasi, audio dan lain-lain.

Penguat kerja mempunyai 2 terminal masukan (*Inverting* dan *Non-Inverting*) satu terminal keluaran. Karakteristik ideal penguat kerja adalah :

- Impedansi masukan tinggi.
- Impedansi keluaran rendah.
- Penguatan tegangan ( $A_v$ ) dan loop terbuka tinggi.
- Lebar pita (*Bandwidth*) lebar.

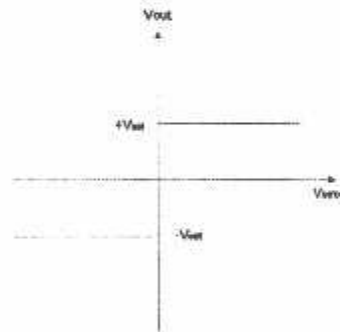
### 2.4.1 Komparator

Cara termudah untuk menggunakan suatu penguat operasional adalah loop terbuka ( tidak ada resistor umpan balik ), seperti terlihat pada gambar berikut :



**Gambar 2.9. Komparator**

Karena penguatan yang sangat tinggi dari penguat operasional mempunyai tegangan kesalahan yang sangat sedikit maka akan menimbulkan ayunan ( *swing* ) output maksimum. Misalnya, jika  $V_1$  lebih besar daripada  $V_2$ , tegangan kesalahan adalah positif dan tegangan output menuju ke harga maksimumnya. Di lain pihak, jika  $V_1$  kurang dari  $V_2$ , tegangan output berayun ke harga negatif maksimum.



**Gambar 2.10. Karakteristik Komparator**

Gambar diatas meringkaskan grafik ayun output maksimum. Tegangan kesalahan positif mendorong output ke  $+V_{sat}$  harga positif maksimum dari harga tegangan output. Tegangan kesalahan negatif tegangan output  $-V_{sat}$ . jika sebuah penguat operasional digunakan seperti ini, maka disebut komparator karena semua yang dapat dilakukannya adalah membandingkan  $V_1$  dengan  $V_2$  yang

menghasilkan output positif atau negatif, tergantung pada apakah  $V_1$  lebih besar atau lebih kecil daripada  $V_2$ .

Beberapa IC yang sering digunakan sebagai IC pembanding diantaranya adalah IC 111 ( militer ) atau IC 311 ( komersial ). IC tersebut telah dirancang dan dioptimalkan untuk penampilan unggul dalam pemakaian-pemakaian detektor taraf tegangan. Sebuah pembanding harus cepat, yaitu keluarannya harus menanggapi dengan cepat perubahan-perubahan pada masukannya. IC 311 jauh lebih cepat daripada IC 741 atau IC 301 meskipun tidak secepat seperti pembanding-pembanding kecepatan tinggi seperti IC 701 dan NE522.

## 2.5 Dioda

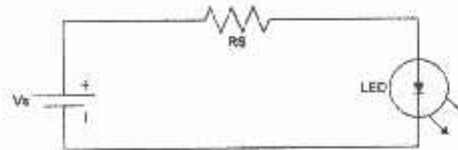
Pada dioda yang diberi tegangan maju ( *forward bias* ), elektron bebas melintasi junction dan jatuh ke dalam hole. Pada saat elektron-elektron jatuh dari pita konduksi ke pita valensi, mereka memancarkan energi. Pada dioda penyearah, energi keluar dalam bentuk panas. Tetapi pada LED ( *Light Emitting Diode* ), energi dipancarkan sebagai cahaya, sehingga LED sering disebut sebagai dioda bercahaya.

Dengan menggunakan unsur-unsur seperti galium, arsen dan fosfor, pabrik dapat membuat LED yang memancarkan warna merah, kuning, hijau ataupun inframerah. Kekuatan cahaya tergantung pada besarnya arus melaluinya. LED yang menghasilkan pancaran cahaya kelihatan dapat dipergunakan antara lain pada display peralatan, jam digital.

LED mempunyai penurunan tegangan lazimnya dari 1,5 volt – 2,5 volt dan arusnya antara 10 – 150 mA. Daya pancar LED tergantung dari arusnya. Cara

terbaik untuk mengendalikan pancaran ialah dengan menjalankan LED dari sumber arus atau dengan catu daya besar dan resistansi yang besar, sehingga didapatkan arus LED sebagai berikut :

$$I = \frac{V_s - V_d}{R_s}$$



Gambar 2.11 Rangkaian LED

### 2.5.1 LED Infra Merah

Transduser cahaya memilih LED infra merah sebagai sumber cahaya. LED infra merah merupakan bagian dari spektrum sinaran elektromagnet yang panjang gelombangnya antara 7500 angstrom ( $\text{\AA}$ ) hingga 1 mm, yaitu daerah kasat mata sampai daerah gelombang mikro. LED infra merah terbuat dari bahan Gallium Arsenide ( $\text{GaAs}$ ) dengan silikon yang mempunyai panjang gelombang berbeda-beda. LED infra merah secara kasar dapat digolongkan dalam panjang gelombang sebagai berikut :

- Infra merah muda (*near infrared*) : 0,75 – 3 mikrometer
- Infra merah madya (*medium infrared*) : 3 – 30 mikrometer
- Infra merah tua (*far infrared*) : 30 – 1000 mikrometer

### 2.5.2 Photo Detector

Photo detector digunakan sebagai penerima cahaya, karena photo detector mampu mendermudasikan sinyal – sinyal cahaya seperti mengubah variasi sinar

menjadi variasi tegangan sebelum dikuatkan dan diproses lebih lanjut. Yang termasuk photo detector adalah semua piranti elektronik yang mampu mendeteksi atau menanggapi tenaga cahaya. Macam-macam photo detector yang peka terhadap cahaya yaitu : photosel, phototransistor, dan photodiode.

Photosel merupakan transduser yang peka terhadap cahaya. Perubahan intensitas cahaya menyebabkan perubahan resistansi listriknya, perubahan resistansi ini akan dipakai untuk menghasilkan perubahan tegangan pada penguat sensor. Apabila *photocell* menerima banyak cahaya, maka resistansinya akan berkurang simbol *photocell* dalam rangkaian ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.12 Simbol Photocell

*Photocell* mempunyai dua titik terminal dan tanda panah di atasnya menunjukkan bahwa ia menerima cahaya yang diperlukan untuk pengoperasiannya. Nama lain *photocell* adalah resistor peka cahaya ( *Light Dependent Resistor* atau LDR ). Pada tempat yang gelap, resistansinya tinggi tetapi ditempat yang terang resistansinya turun hingga kurang dari 1000 kOhm.

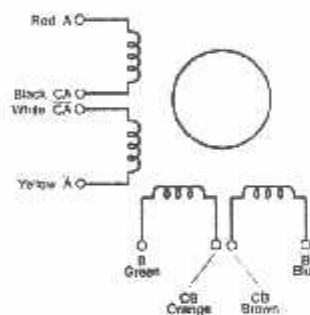
## 2.6 Motor Stepper.

*Motor Stepper* adalah motor DC yang memiliki gerak putar per step sesuai dengan derajat yang akan digunakan, untuk satu step adalah  $1,8^\circ$ . Disini motor stepper digunakan sebagai penggerak kamera. Jumlah semua putaran step motor adalah 200 dengan perputaran  $360^\circ$ .

Bentuk dasar dari motor stepper yang paling sederhana terdiri dari sebuah rotor, yang merupakan magnet permanent dan sebuah stator yang dililiti kumparan

sehingga dapat membentuk magnet listrik. Jika stator diberi arus listrik, sisi – sisi rotor akan membentuk kutub-kutub magnet. Jika magnet stator dan rotor sama maka magnet akan saling tolak menolak sehingga mengakibatkan rotor bergeser atau bergerak. Arah perputaran ini dapat dua arah, tergantung dari faktor motor stepper itu sendiri. Besarnya satu putaran adalah 360 derajat, jadi satu step motor stepper bergerak 1,8 derajat

Perhatikan motor stepper yang terdiri atas dua buah stator dengan sebuah rotor, prinsip kerja motor stepper ini sama dengan motor stepper yang terdiri atas sebuah rotor dan stator. Jika arah arus listrik dan arah rotor sedemikian rupa sehingga membentuk konfigurasi listrik magnet listrik seperti pada gambar, rotor akan berputar berlawanan arah dengan arah jarum jam.



Gambar 5.3 Bentuk Fisik Motor Stepper



## B A B III

### PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

#### 3.1 Umum

Pengaturan lalu lintas darat di daerah traffic light ( lampu pengatur lalu lintas ) sangat diperlukan untuk mendapat lalu lintas yang teratur dan kondisi lalu lintas yang lancar. Apabila hal tersebut dilanggar, dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas dan lalu lintas dapat mengalami kemacetan khususnya didaerah traffic light. Oleh karena itu direncanakan suatu alat penerima gambar otomatis terjadinya pelanggaran lalu lintas khususnya diderah traffic light dengan tujuan agar pengemudi lebih peraturan lalu lintas dan dengan demikian dapat mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas.

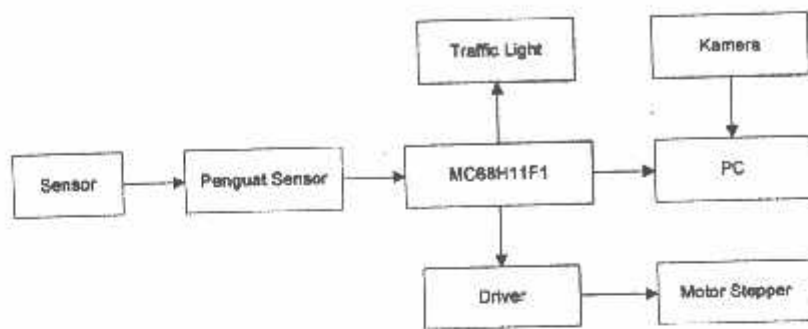
Perencanaan dan pembuatan alat penerima gambar otomatis terjadinya pelanggaran lampu lalu lintas disini berbasis MC68HC11F1. Secara garis besar perencanaan terdiri dari dua bagian yaitu perencanaan perangkat keras dan perencanaan perangkat alat lunak.

Perencanaan perangkat keras terdiri dari beberapa bagian yaitu : unit sensor dan penguat instrumentasi. Sedangkan perencanaan perangkat lunak berhubungan program yang akan mengontrol perangkat keras, dengan hal ini menggunakan bahasa assembler.

Secara umum prinsip kerja alat perekam otomatis pelanggaran lalu lintas adalah sebagai berikut :

- o Mikrokontroler MC68HC11F1 mengatur semua kerja dan kebutuhan yang diperlukan masing -- masing alat.
- o Motor stepper berfungsi sebagai penggerak kamera agar kamera dapat bergerak kekanan dan kekiri.
- o Kamera akan bergerak apabila lampu kuning menyala sebelum lampu merah menyala.
- o Pada sensor terdapat infra red sebagai pemancar dan photodiode sebagai penerima sinar dari infra red. Infra red disini akan aktif terus, mikrokontroler yang akan mengatur dan mengolah masukan dari photodiode.
- o Jika tidak penghalang, maka photodiode mempunyai hambatan yang kecil , jika infra red terhalang atau terputus, maka ia akan mengirim sinyal logika 0 ke mikrokontroler agar mikrokontroler mengaktifkan pengambil gambar melalui RS232 dan kemudian hasil rekaman akan disimpan pada komputer.

Untuk mendeskripsikan keseluruhan unit dan hubungan tiap unit yang mendukung perencanaan dan pembustan alat dapat dilihat pada diagram blok sebagai berikut :



Gambar 3.1

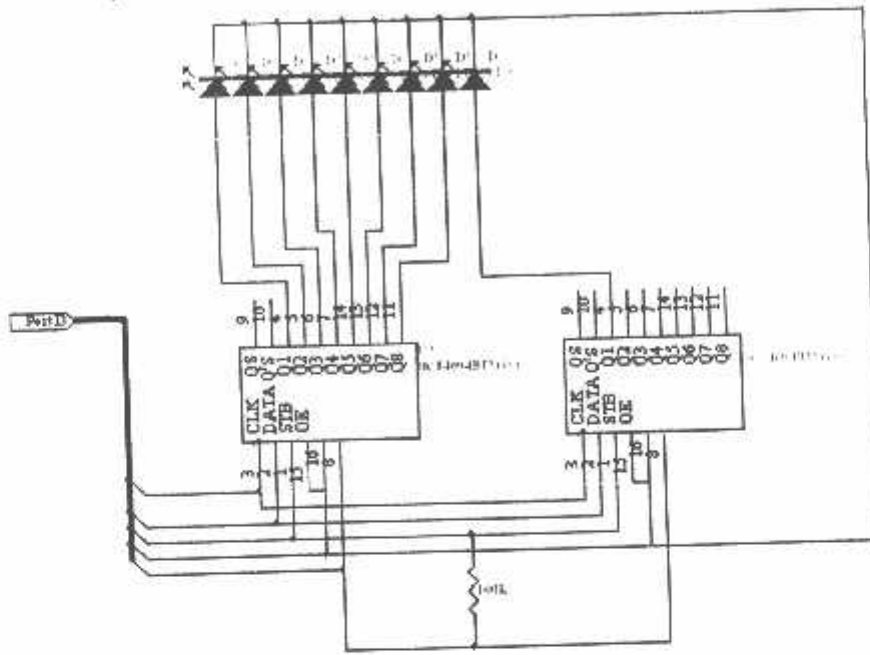
Diagram Blok Rangkaian

### 3.2 Simulasi *Traffic Light*

Lampu traffic light terletak pada port D, merupakan hasil output dari input Port G. Pada Port D terdapat IC SPI ( *Serial Peripheral Interface* ) yaitu IC 4094 yang dipasang secara paralel yang digunakan untuk simulasi *traffic light*. IC 4094 ini berfungsi sebagai pengubah aliran data dari bentuk *serial* ke dalam bentuk format *paralel*.

Dengan difungsikannya mikrokontroller sebagai *master*, data dari dalam ditransfer melalui MOSI ( *Master Output Slave Input* ) yang dihubungkan pada pin data pada *slave* (IC 4094). *Clock* dari master dihubungkan dengan pin *clock* pada *slave* serta pin (SS) dari *master* juga dihubungkan dengan *strobe* dari *slave* atau pada IC 4094.

Untuk mendukung keseluruhan unit dari simulasi lampu *traffic light* sebagai berikut :



Gambar 3.5

Rangkaian Simulasi *Traffic Light*

### 3.3 Unit Sensor

Fungsi dari unit sensor adalah untuk mendeteksi adanya gerakan benda yang melintasi sensor LED infra merah. Unit sensor yang dipakai dalam perencanaan dan pembuatan alat terdiri dari dari dua bagian yaitu bagian pemancar dan bagian penerima.

#### 3.3.1 Rangkaian Unit Pemancar

Rangkaian unit sensor pemancar dibentuk dari sebuah LED infra merah yang akan memancarkan gelombang atau sinar infra merah secara kontinyu. Gambar rangkaian unit sensor pemancar ditunjukkan pada gambar sebagai berikut



Gambar 3.6

### Rangkaian Unit Pengirim

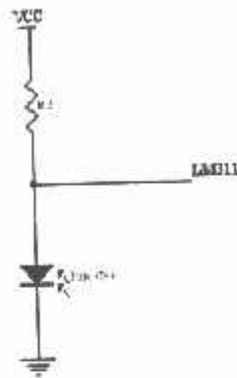
Besarnya tegangan yang dibutuhkan oleh LED infra red untuk bekerja secara normal adalah  $V_f = 1,5$  volt. Sedangkan arus yang mengalir pada LED infra red sebesar  $I_f = 15$  mA. Maka nilai resistansi R1 sebagai pembatas arus dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R1 &= \frac{V_{cc} - V_f}{I_f} \\
 &= \frac{5 - 1,5}{15 \times 10^{-3}} \\
 &= 233 \Omega
 \end{aligned}$$

Karena dipasaran  $233 \Omega$  tidak maka diganti dengan yang mendekati yaitu  $220 \Omega$

### 3.3.2 Rangkaian Unit Sensor Penerima

Rangkaian sensor penerima sebagai berikut :



Gambar 3.7

### Rangkaian Photodioda

Besarnya arus yang mengalir melalui *photodiode* adalah sebesar  $I_D = 10$  mA, dan tegangan kerja pada photodioda adalah  $V_D = 1,2$  volt. Dengan diketahui  $V_D$  dan  $I_D$  maka nilai resistansi  $R_2$  sebagai pembatas arus dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_{cc} = V_r + V_d$$

$$R_2 = \frac{V_{cc} - V_d}{I_d}$$

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

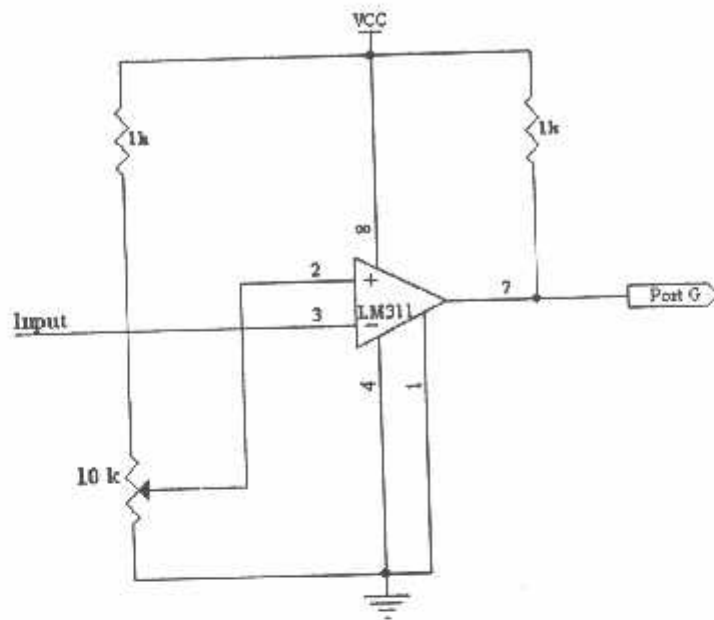
$$= 380 \Omega$$

Karena dipasaran  $380 \Omega$  tidak ada maka diganti dengan  $470 \Omega$

### 3.4 Penguat Sensor

Penguat sensor yang dipergunakan dalam perencanaan dan pembuatan alat adalah LM311. LM311 merupakan suatu pembanding yang sangat baik, karena keserbagunaannya, dapat menanggapi dengan cepat perubahan – perubahan pada masukannya. Keluaran IC 311 dirancang bukan untuk bolak – balik antara  $\pm V_{sat}$  melainkan dapat dirubah dengan mudah, misalnya jika ingin memperantarakan ke sebuah sistem dengan tegangan supply yang berbeda, maka dengan mudah menghubungkan keluarannya ke tegangan supply yang baru melalui tahanan yang sesuai.

Output dari photodiode diumpankan ke rangkaian penguat sensor yaitu sebagai penguat pembanding ( comparator ) yang terdiri dari sebuah IC LM311.  $R_1$  dan  $V_r$  merupakan tegangan yang dirancang supaya rangkaian ini tidak menyerap daya terlalu besar atau arus yang melewati dapat ditekan sekecil mungkin. Nilai  $R_3$  sesuai dengan *data sheet* sebesar  $1\text{ K}\Omega$ . Untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambr 3.8

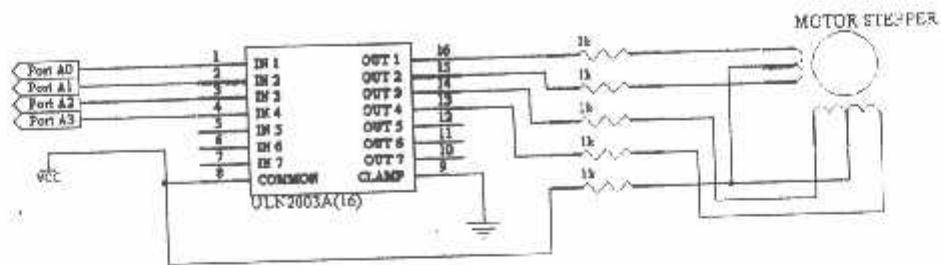
Rangkaian Penguat Sensor

### 3.5 Driver Motor Stepper

Untuk driver motor stepper menggunakan IC ULN2003A yang digunakan sebagai *buffer*.

Rangkaian driver diatas dapat bekerja apabila kaki 1 sampai kaki 7 diberi *input* logika "0", maka output pada kaki 10 sampai 16 akan mengeluarkan logika "1", sehingga motor *stepper* dapat berputar ke kanan dan kiri. Resistor pada rangkaian ini digunakan jika ada kemungkinan ada arus balik, sehingga IC dan PORT A tidak cepat rusak. Untuk lebih jelasnya dapat diliaht pada gambar 3.9 :





Gambar 3.9

### Rangkaian Motor Stepper

#### 3.6 Perencanaan Prototype

Protype yang direncanakan merupakan sistem alat pengambil gambar pelanggaran lalu lintas di traffic light ( lampu lalu lintas ) yang diletakkan di satu ruas jalan disertai dengan pengaturan lampu lalu lintas. Pada prinsipnya alat ini dapat diterapkan dipertigaan jalan.

Pada masing-masing ruas jalan berlaku ketentuan sebagai berikut :

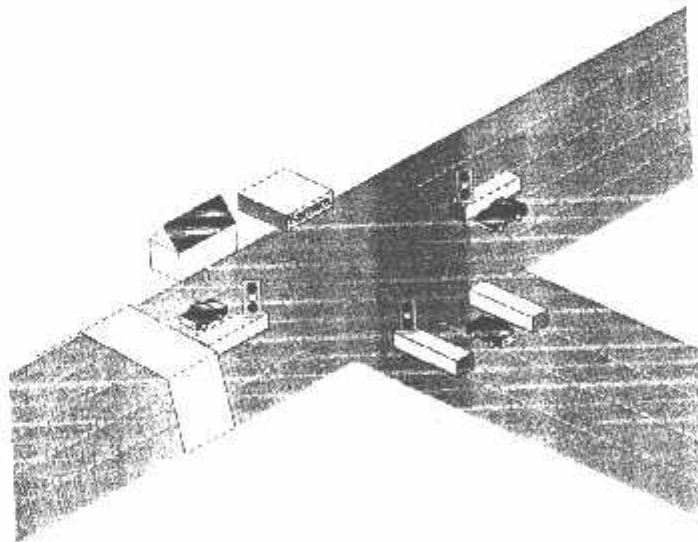
1. Kendaraan yang akan belok kiri bisa terus berjalan tanpa mengindahkan lampu lalu lintas yang dipasang.
2. Kendaraan yang berada di ruas sebelah kiri dapat langsung berjalan tanpa mengindahkan lampu lalu lintas.

Pada setiap ruas jalan akan dipasang sensor yang ditujukan untuk kendaraan yang akan belok kanan di ruas jalan kesatu dan kedua, sedangkan untuk ruas jalan ketiga hanya untuk kendaraan yang akan berjalan lurus. Selain sensor , juga dipasang lampu pengatur lalu lintas dengan 3 warna yaitu warna merah, warna kuning, warna hijau. Dimana warna merah kendaraan harus berhenti tepat dibelakang garis yang telah ditetapkan oleh pihak yang berwajib,

ketika lampu kuning menyala kendaraan harus siap-siap untuk berhenti dan ketika lampu hijau menyala kendaraan dapat langsung berjalan.

Pemasangan sensor ditempatkan tepat garis batas berhenti. Pada saat lampu hijau menyala, sensor yang terdapat disitu akan tetap aktif karena mikrokontroller yang mengatur semua data dari sensor. Mikrokontroller yang akan mengolah semua data yang dikirim oleh penerima. Apabila ada kendaraan yang melewati garis batas berhenti pada saat lampu merah, sensor akan terpotong dan kamera akan mengambil gambar atau merekam dan kemudian ditampilkan pada PC. Hasil gambar dapat disimpan pada PC sehingga sewaktu – dapat dilihat kembali.

Denah peletakan sensor pada ruas jalan seperti pada gambar berikut :



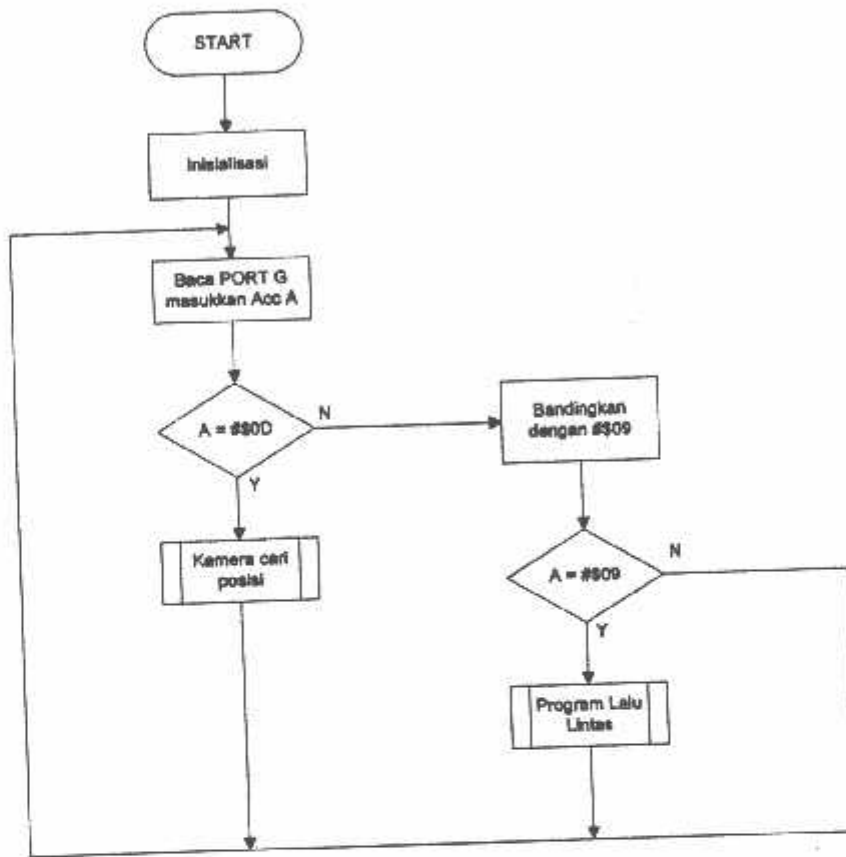
Gambar 3.10

Gambar jalan perencanaan

### 3.7 Perencanaan Perangkat Lunak

#### 3.7.1 Struktur Program

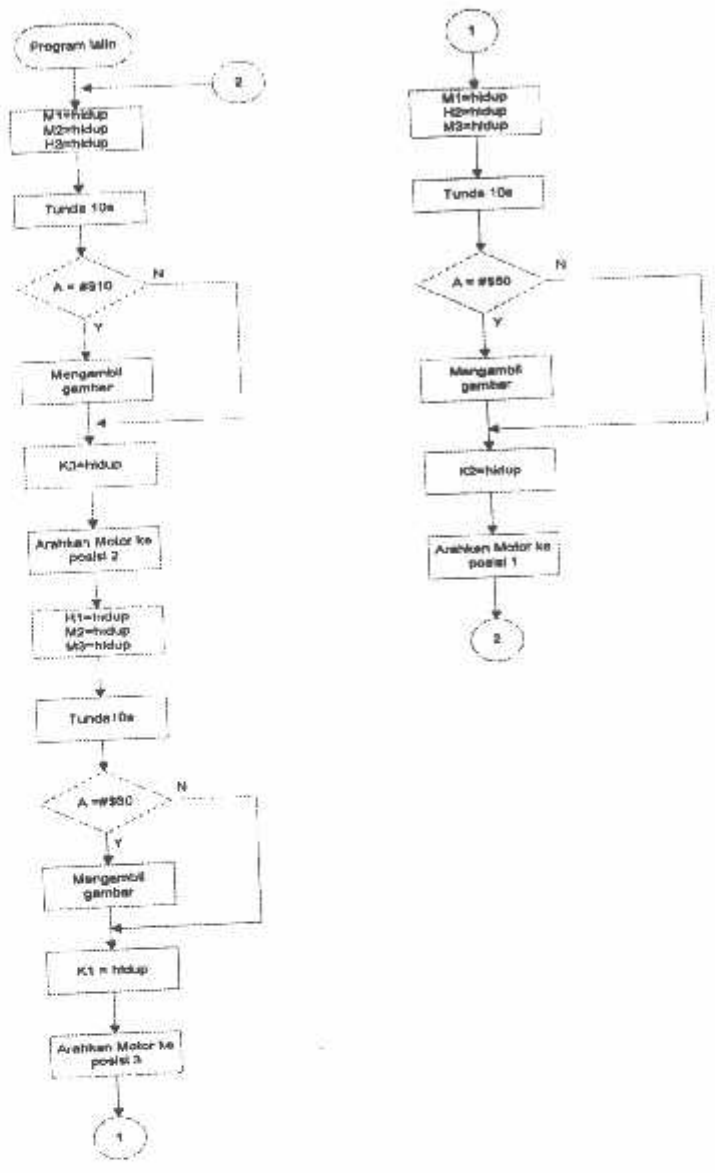
##### Struktur Program Utama



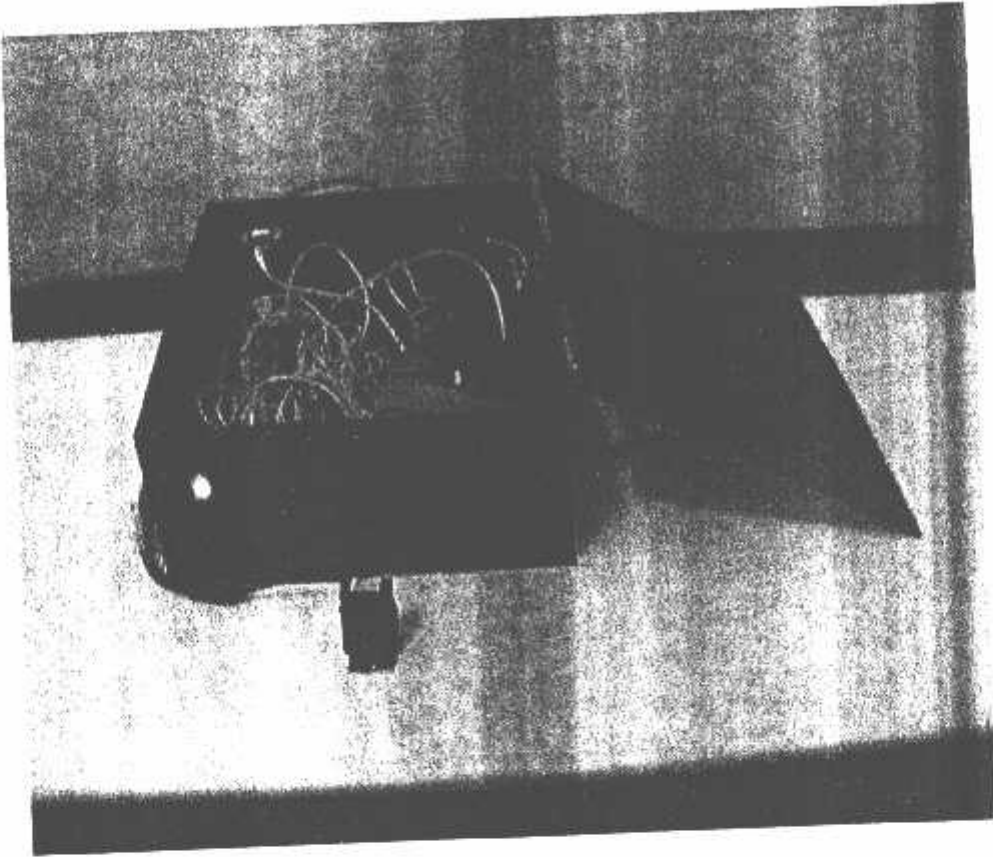
Gambar 3.11

Flowchart Program Utama

##### Sub Program Lalu Lintas

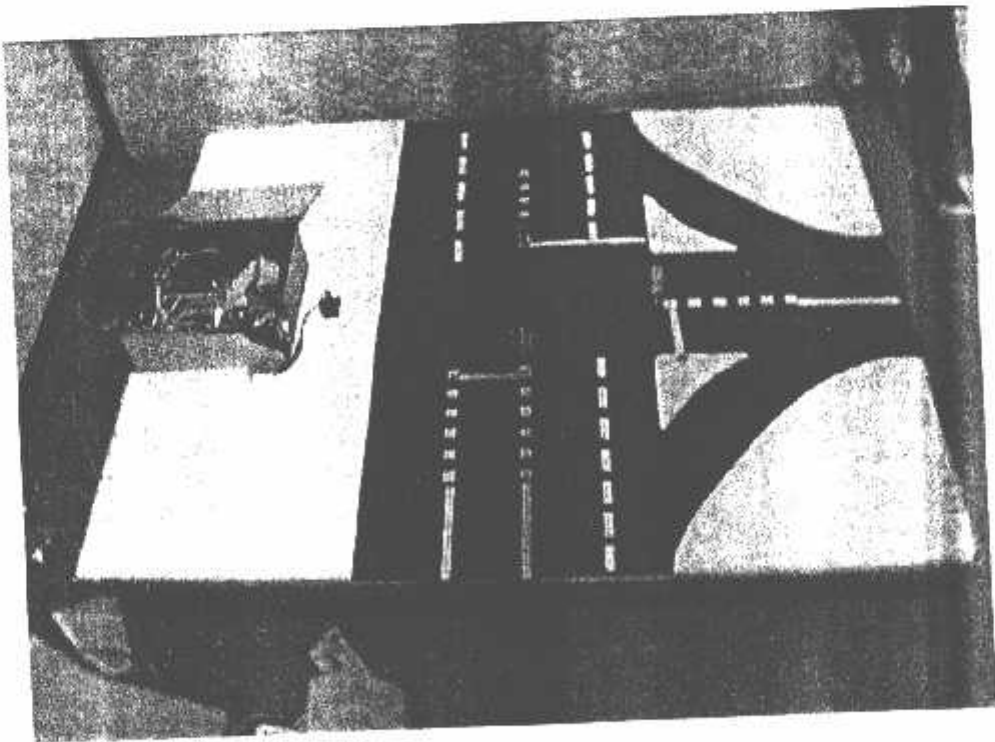


Gambar 3.12  
Flowchart Lampu Lalu Lintas

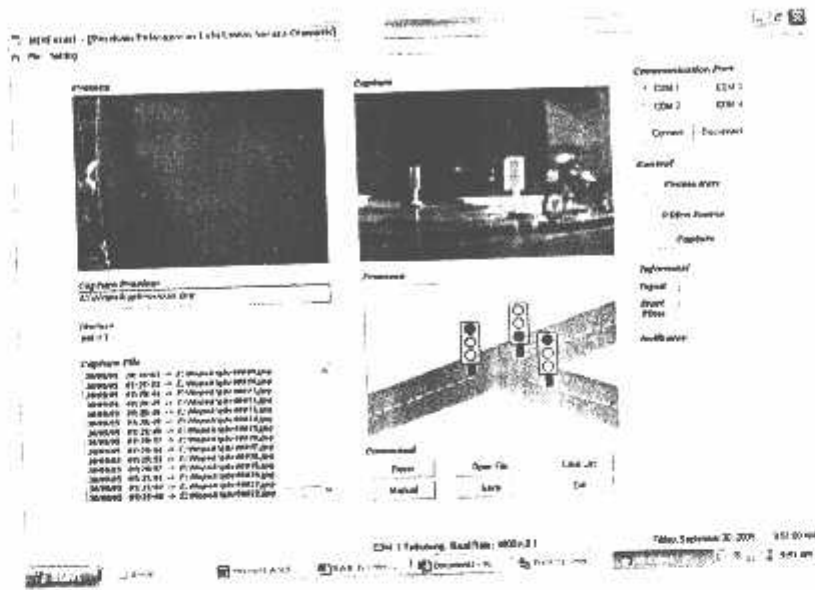


Gambar 4.2

Gambar Alat dan Kamera



Gambar 4.3  
Alat Keseluruhan



Gambar 4.4

Gambar Program Pengambil Gambar

## 4.2 Tujuan Pengujian

Pengujian pada alat yang kita rancang mempunyai tujuan sebagai berikut :

- o Mengetahui cara kerja unit sensor
- o Mengetahui cara kerja dari traffic light

## 4.3 Pengujian Sub Sistem

Pengujian sub sistem dimaksudkan untuk melihat cara kerja rangkaian setiap blok sehingga analisa yang dibuat akan mengurangi resiko kesalahan pada saat penggabungan rangkaian menjadi satu system yang terpadu. Blok – blok yang akan diuji sebagai berikut :

### 4.3.1 Rangkaian Unit Sensor

Unit sensor berupa led infra merah sebagai pengirim yang kontinyu dan sebuah photodiode sebagai penerima. Unit sensor berfungsi untuk mendeteksi

adanya gerakan yang melewati led infra merah, dalam hal ini adanya suatu sinar akan dipantulkan. Penerima unit sensor akan berkondisi high apabila tidak ada benda yang melewati infra merah. Jika ada benda yang melintasi infra merah, maka penerima unit sensor yang berupa photodiode akan berkondisi *low*.

**Tabel 4-1 Pengukuran Sensor**

Variabel yang diukur	Pemancar (Tx)	Penerima (Rx)	
		Low ('0')	High ('1')
Tegangan (V)	1,46 V	1,92	0,7

#### 4.3.2 Rangkaian *Traffic Light*

Unit *traffic light* terdiri dari 3 led berwarna merah, kuning, dan hijau yang masing-masing diberi resistansi sebesar 220  $\Omega$ , dan 2 buah IC 4094 yang berfungsi sebagai pengubah data dari bentuk serial kedalam bentuk format parallel.

#### 4.3.3 Rangkaian Penguat Sensor

Input dari penguat pembandingan (*comparator*) yang terdiri dari IC LM 311 beserta komponen penunjang berasal dari keluaran *photodiode* yang masuk ke rangkaian penguat sensor. Hasil pengujian rangkaian penguat sensor ditunjukkan pada table berikut ini :

**Tabel 4-2 Pengukuran Komparator**

Variabel yang diukur	Kondisi Input	
	Low ('0')	High ('1')
Tegangan ( V )	5,08	0,14

## BAB V

### PENUTUP

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

1. Penggunaan inframerah dan fotodiode harus fokus.
2. Jeda waktu antara pengambilan gambar dengan terputusnya koneksi sensor adalah 1 detik dikarenakan interval waktu pada visual basic.

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

1. Untuk pengembangan selanjutnya sebaiknya menggunakan 2 kamera bagi para peneliti selanjutnya
2. Penggunaan sensor sebaiknya menggunakan sensor yang lebih peka dan tidak terlalu terpengaruh pada sinar dari luar.
3. Sebaiknya Menggunakan kamera yang autofocus.
4. Penempatan kamera ditempat yang lebih tinggi dari mobil sehingga tidak mengganggu kamera untuk mengambil gambar.





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2  
MALANG

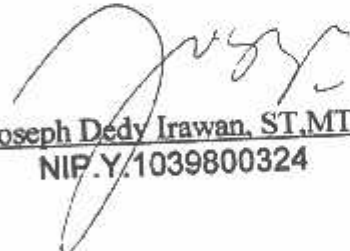
## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : ADI ANUGERAH N.  
2. Nim : 00.17.148  
3. Jurusan : Teknik Elektro (S-1)  
4. Konsentrasi : Teknik Elektronika  
5. Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat  
Pengambil Gambar Otomatis Terjadinya  
Pelanggaran Lampu Lalu Lintas ( Traffic  
Light ) Berbasis MC68HC11F1  
6. Tanggal Pengajuan Skripsi : 9 Juni 2005  
7. Selesai Menulis Skripsi : 01 September 2005  
8. Pembimbing : Joseph Dedy Irawan ST, MT  
9. Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 87 (B+)

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1  
  
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
NIP.Y.1039500274

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing

  
Joseph Dedy Irawan, ST, MT  
NIP.Y.1039800324



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2  
MALANG

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : ADI ANUGERAH N.  
2. Nim : 00.17.148  
3. Jurusan : Teknik Elektro (S-1)  
4. Konsentrasi : Teknik Elektronika  
5. Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat  
Pengambil Gambar Otomatis Terjadinya  
Pelanggaran Lampu Lalu Lintas ( Traffic  
Light ) Berbasis MC68HC11F1  
6. Tanggal Pengajuan Skripsi : 9 Juni 2005  
7. Selesai Menulis Skripsi : 01 September 2005  
8. Pembimbing : Joseph Dedy Irawan ST, MT  
9. Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 87 (B+)

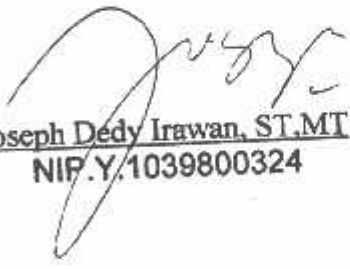
Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

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

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing

  
Joseph Dedy Irawan, ST, MT  
NIP.Y.1039800324



### FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro  
Konsentrasi Elektronika yang diselenggarakan pada :

Hari : Jum'at

Tanggal : 7 Oktober 2005

Telah dilakukan Perbaikan Skripsi Oleh :

1. Nama Mahasiswa : Adi Anugerah N.
2. NIM : 00.17.148
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Elektronika
5. Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Alat Pengambil Gambar Otomatis Terjadinya Pelanggaran Lampu Lalu Lintas ( Traffic Light ) Berbasis MC68HC11F1

Perbaikan meliputi :

No.	Materi Perbaikan	Paraf
1.	Gambar Skema Rangkaian Lengkap	
2.	Penjabaran Memory Addressing Mikrokontroller	
3.	Penjabaran serial komunikasi serial antara mikrokontroller dengan PC	
4.	Listing program visual basic	
5.	Membuat schematic bersih ( bukan hasil scan-an )	

Dosen Pembimbing

( Joseph Dedy Irawan, ST, MT )

Anggota Penguji

Ir. Widodo Rtni Mulyanto, MT  
Penguji Pertama

Ir. Cahyo Crysdiyan, MSc  
Penguji Kedua



### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : ADI ANUGERAH  
NIM : 0017148  
Perbaikan meliputi :

1. ~~Kejelasan~~ listing program VB.
2. ~~Kejelasan~~ gambar skema rangkaian kejelasan

Malang,

200

(  
Wilfredo P.M.)

# LM111/LM211/LM311 Voltage Comparator

## General Description

The LM111, LM211 and LM311 are voltage comparators that have input currents nearly a thousand times lower than devices like the LM106 or LM710. They are also designed to operate over a wider range of supply voltages: from standard  $\pm 15V$  op amp supplies down to the single 5V supply used for IC logic. Their output is compatible with RTL, DTL and TTL as well as MOS circuits. Further, they can drive lamps or relays, switching voltages up to 50V at currents as high as 50 mA.

Both the inputs and the outputs of the LM111, LM211 or the LM311 can be isolated from system ground, and the output can drive loads referred to ground, the positive supply or the negative supply. Offset balancing and strobe capability are provided and outputs can be wire OR'ed. Although slower than the LM106 and LM710 (200 ns response time vs

40 ns) the devices are also much less prone to spurious oscillations. The LM111 has the same pin configuration as the LM106 and LM710.

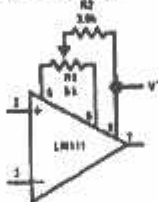
The LM211 is identical to the LM111, except that its performance is specified over a  $-25^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$  temperature range instead of  $-55^{\circ}C$  to  $+125^{\circ}C$ . The LM311 has a temperature range of  $0^{\circ}C$  to  $+70^{\circ}C$ .

## Features

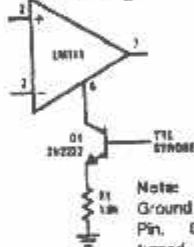
- Operates from single 5V supply
- Input current: 150 nA max. over temperature
- Offset current: 20 nA max. over temperature
- Differential input voltage range:  $\pm 30V$
- Power consumption: 135 mW at  $\pm 15V$

## Typical Applications\*\*

### Offset Balancing



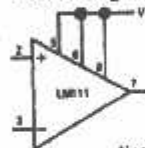
### Strobing



Note: Do Not Ground Strobe Pin. Output is turned off when current is pulled from Strobe Pin.

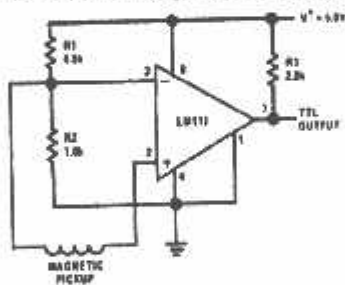
\*\*Note: Pin connections shown on schematic diagram and typical applications are for H08 metal can package.

### Increasing Input Stage Current\*

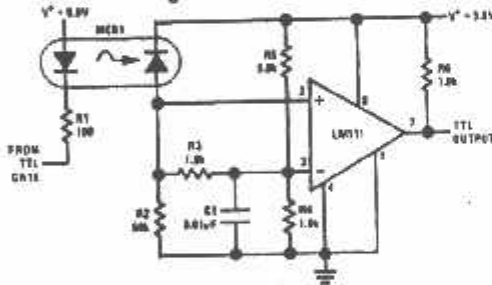


\*Increases typical common mode slew from  $7.0V/\mu s$  to  $18V/\mu s$ .

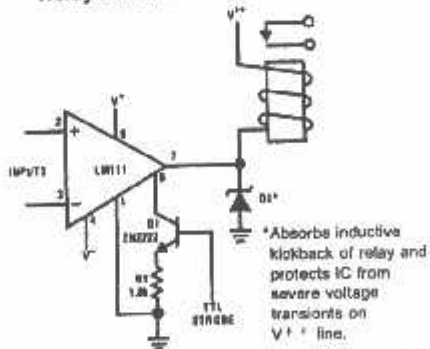
### Detector for Magnetic Transducer



### Digital Transmission Isolator



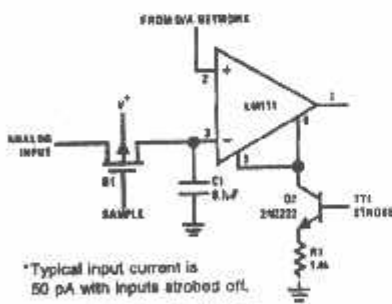
### Relay Driver with Strobe



\*Absorbs inductive kickback of relay and protects IC from severe voltage transients on  $V+$  line.

Note: Do Not Ground Strobe Pin.

### Strobing off Both Input\* and Output Stages



\*Typical input current is 50 pA with inputs strobed off.

Note: Do Not Ground Strobe Pin.

TL/H/5704-1

LM111/LM211/LM311 Voltage Comparator

## Absolute Maximum Ratings for the LM111/LM211

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 7)

Total Supply Voltage ( $V_{B4}$ )	36V
Output to Negative Supply Voltage ( $V_{74}$ )	50V
Ground to Negative Supply Voltage ( $V_{14}$ )	30V
Differential Input Voltage	$\pm 30V$
Input Voltage (Note 1)	$\pm 15V$
Output Short Circuit Duration	10 sec
Operating Temperature Range LM111	$-55^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$
LM211	$-25^{\circ}C$ to $85^{\circ}C$

Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	$260^{\circ}C$
Voltage at Strobe Pin	$V^{+} - 5V$
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	$260^{\circ}C$
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 seconds)	$215^{\circ}C$
Infrared (15 seconds)	$220^{\circ}C$
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.	
ESD Rating (Note 8)	300V

## Electrical Characteristics for the LM111 and LM211 (Note 3)

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Input Offset Voltage (Note 4)	$T_A = 25^{\circ}C, R_S \leq 50k$		0.7	3.0	mV
Input Offset Current	$T_A = 25^{\circ}C$		4.0	10	nA
Input Bias Current	$T_A = 25^{\circ}C$		60	100	nA
Voltage Gain	$T_A = 25^{\circ}C$	40	200		V/mV
Response Time (Note 5)	$T_A = 25^{\circ}C$		200		ns
Saturation Voltage	$V_{IN} \leq -5 mV, I_{OUT} = 50 mA$ $T_A = 25^{\circ}C$		0.75	1.5	V
Strobe ON Current (Note 6)	$T_A = 25^{\circ}C$		2.0	5.0	mA
Output Leakage Current	$V_{IN} \geq 5 mV, V_{OUT} = 35V$ $T_A = 25^{\circ}C, I_{STROBE} = 3 mA$		0.2	10	nA
Input Offset Voltage (Note 4)	$R_S \leq 50 k$			4.0	mV
Input Offset Current (Note 4)				20	nA
Input Bias Current				150	nA
Input Voltage Range	$V^{+} = 15V, V^{-} = -15V, Pin 7$ Pull-Up May Go To 5V	-14.5	13.6, 14.7	13.0	V
Saturation Voltage	$V^{+} \geq 4.5V, V^{-} = 0$ $V_{IN} \leq -6 mV, I_{OUT} \leq 8 mA$		0.23	0.4	V
Output Leakage Current	$V_{IN} \geq 5 mV, V_{OUT} = 35V$		0.1	0.5	$\mu A$
Positive Supply Current	$T_A = 25^{\circ}C$		5.1	6.0	mA
Negative Supply Current	$T_A = 25^{\circ}C$		4.1	5.0	mA

Note 1: This rating applies for  $\pm 15$  supplies. The positive input voltage limit is 30V above the negative supply. The negative input voltage limit is equal to the negative supply voltage or 30V below the positive supply, whichever is less.

Note 2: The maximum junction temperature of the LM111 is  $150^{\circ}C$ , while that of the LM211 is  $110^{\circ}C$ . For operating at elevated temperatures, devices in the H38 package must be derated based on a thermal resistance of  $165^{\circ}C/W$ , junction to ambient, or  $20^{\circ}C/W$ , junction to case. The thermal resistance of the dual-in-line package is  $110^{\circ}C/W$ , junction to ambient.

Note 3: These specifications apply for  $V_S = \pm 15V$  and Ground pin at ground, and  $-55^{\circ}C \leq T_A \leq 125^{\circ}C$ , unless otherwise stated. With the LM211, however, all temperature specifications are limited to  $-25^{\circ}C \leq T_A \leq 85^{\circ}C$ . The offset voltage, offset current and bias current specifications apply for any supply voltage from a single 5V supply up to  $\pm 15V$  supplies.

Note 4: The offset voltages and offset currents given are the maximum values required to drive the output within a volt of either supply with a 1 mA load. Thus, these parameters define an error band and take into account the worst-case effects of voltage gain and  $R_S$ .

Note 5: The response time specified (see definitions) is for a 100 mV input step with 5 mV overdrive.

Note 6: This specification gives the range of current which must be drawn from the strobe pin to ensure the output is properly disabled. Do not short the strobe pin to ground; it should be current driven at 3 to 5 mA.

Note 7: Refer to RETS111X for the LM111H, LM111J and LM111J-B military specifications.

Note 8: Human body model, 1.5 k $\Omega$  in series with 100 pF.

## Absolute Maximum Ratings for the LM311

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Total Supply Voltage ( $V_{S4}$ )	36V
Output to Negative Supply Voltage ( $V_{74}$ )	40V
Ground to Negative Supply Voltage ( $V_{14}$ )	30V
Differential Input Voltage	$\pm 30V$
Input Voltage (Note 1)	$\pm 15V$
Power Dissipation (Note 2)	500 mW
ESD Rating (Note 7)	300V

Output Short Circuit Duration	10 sec
Operating Temperature Range	0° to 70°C
Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Lead Temperature (soldering, 10 sec)	260°C
Voltage at Strobe Pin	$V^+ - 5V$
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

## Electrical Characteristics for the LM311 (Note 3)

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Input Offset Voltage (Note 4)	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $R_S \leq 50k$		2.0	7.5	mV
Input Offset Current (Note 4)	$T_A = 25^\circ\text{C}$		5.0	50	nA
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		100	250	nA
Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$	40	200		V/mV
Response Time (Note 5)	$T_A = 25^\circ\text{C}$		200		ns
Saturation Voltage	$V_{IN} \leq -10\text{ mV}$ , $I_{OUT} = 50\text{ mA}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$		0.75	1.5	V
Strobe ON Current (Note 6)	$T_A = 25^\circ\text{C}$		2.0	5.0	mA
Output Leakage Current	$V_{IN} \geq 10\text{ mV}$ , $V_{OUT} = 35V$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $I_{STROBE} = 3\text{ mA}$ $V^- = \text{Pin } 1 = -5V$		0.2	50	nA
Input Offset Voltage (Note 4)	$R_S \leq 50k$			10	mV
Input Offset Current (Note 4)				70	nA
Input Bias Current				300	nA
Input Voltage Range		-14.5	13.8, -14.7	13.0	V
Saturation Voltage	$V^+ \geq 4.5V$ , $V^- = 0$ $V_{IN} \leq -10\text{ mV}$ , $I_{OUT} \leq 8\text{ mA}$		0.23	0.4	V
Positive Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		5.1	7.5	mA
Negative Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		4.1	5.0	mA

Note 1: This rating applies for  $\pm 15V$  supplies. The positive input voltage limit is 30V above the negative supply. The negative input voltage limit is equal to the negative supply voltage or 30V below the positive supply, whichever is less.

Note 2: The maximum junction temperature of the LM311 is 110°C. For operating at elevated temperatures, devices in the H08 package must be derated based on a thermal resistance of 165°C/W, junction to ambient, or 20°C/W, junction to case. The thermal resistance of the dual-in-line package is 100°C/W, junction to ambient.

Note 3: These specifications apply for  $V_S = \pm 15V$  and Pin 1 at ground, and  $0^\circ\text{C} < T_A < +70^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified. The offset voltage, offset current and bias current specifications apply for any supply voltage from a single 5V supply up to  $\pm 15V$  supplies.

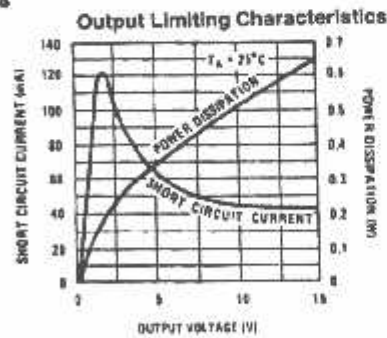
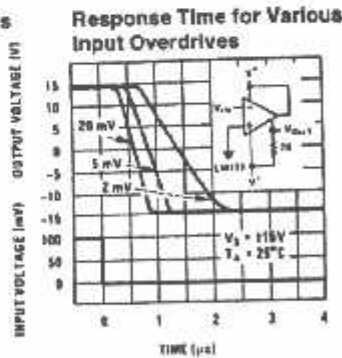
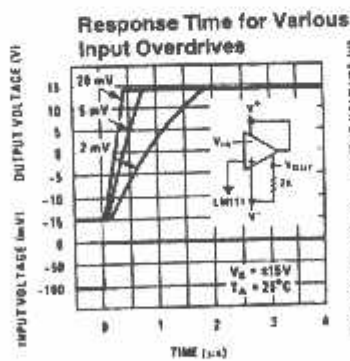
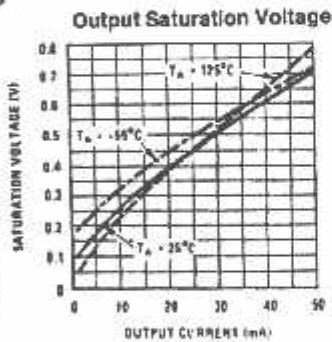
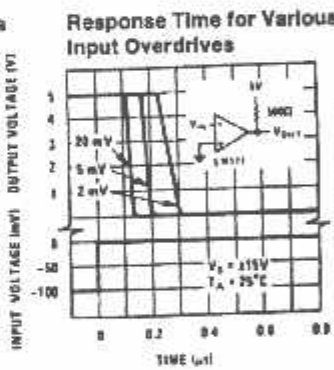
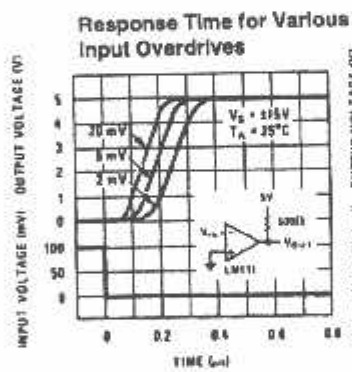
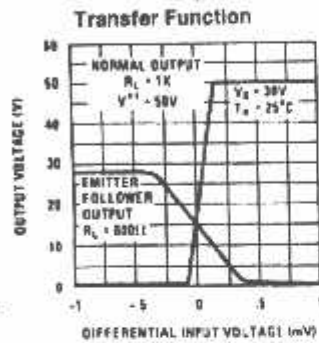
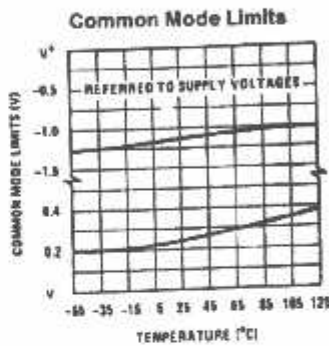
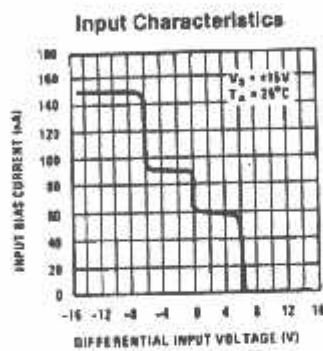
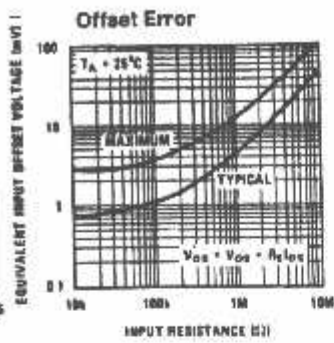
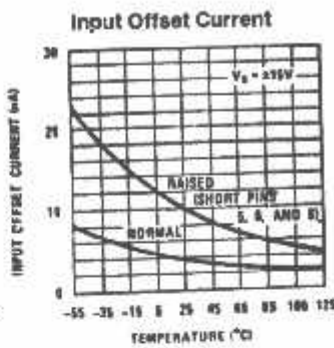
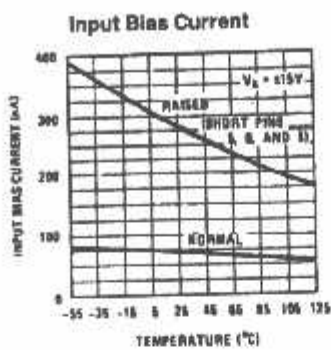
Note 4: The offset voltages and offset currents given are the maximum values required to drive the output within a volt of either supply with 1 mA load. Thus, these parameters define an error band and take into account the worst-case effects of voltage gain and  $R_F$ .

Note 5: The response time specified (see definitions) is for a 100 mV input step with 5 mV overdrive.

Note 6: This specification gives the range of current which must be drawn from the strobe pin to ensure the output is properly disabled. Do not short the strobe pin to ground; it should be current driven at 3 to 5 mA.

Note 7: Human body model, 1.5 k $\Omega$  in series with 100 pF.

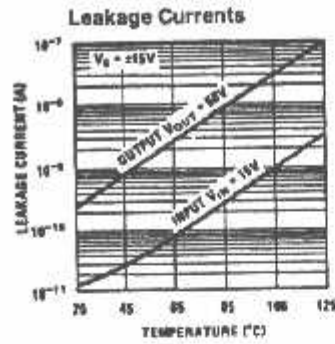
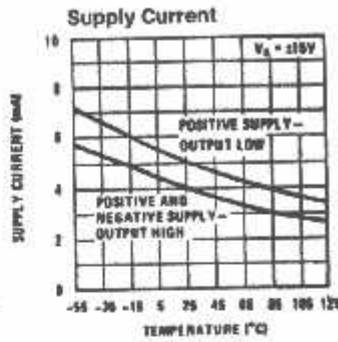
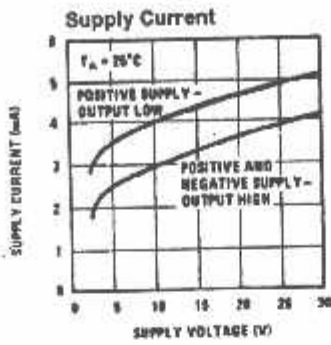
# LM111/LM211 Typical Performance Characteristics



TL/H/5704-E

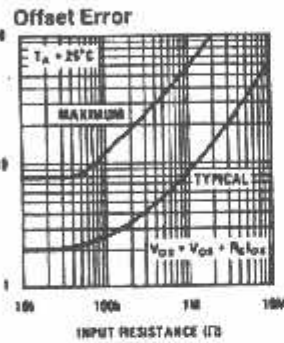
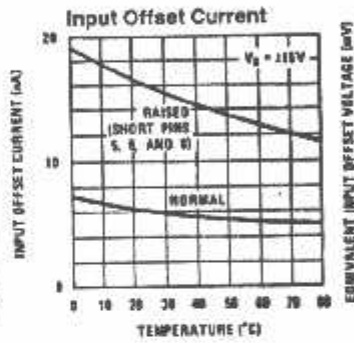
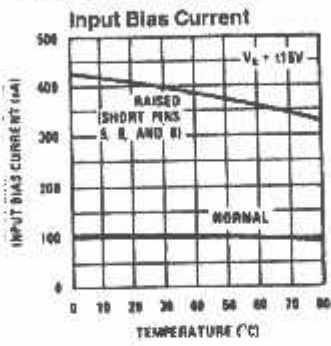


# LM111/LM211 Typical Performance Characteristics (Continued)

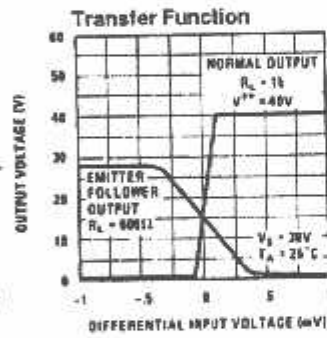
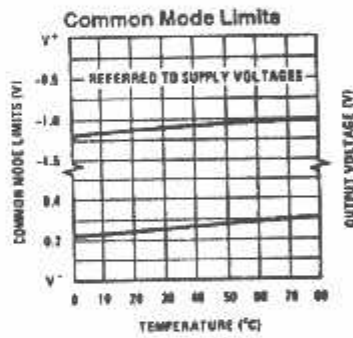
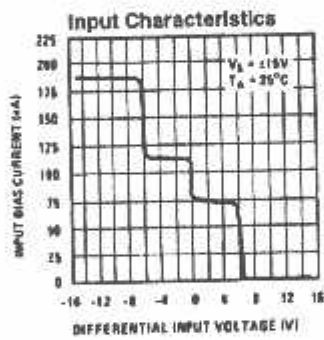


TL/H/5704-3

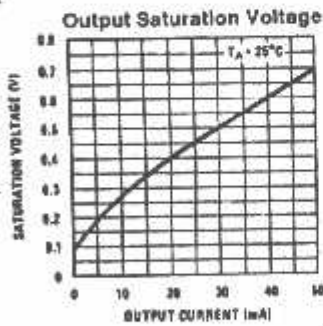
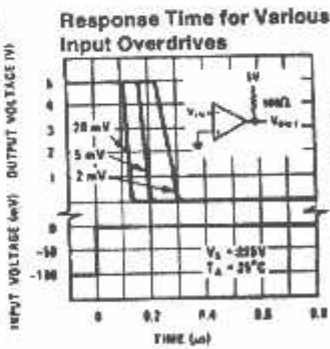
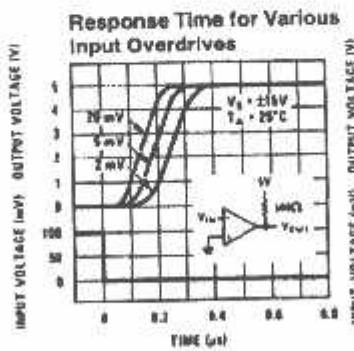
# LM311 Typical Performance Characteristics



TL/H/5704-6

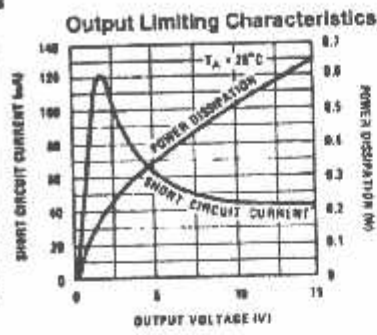
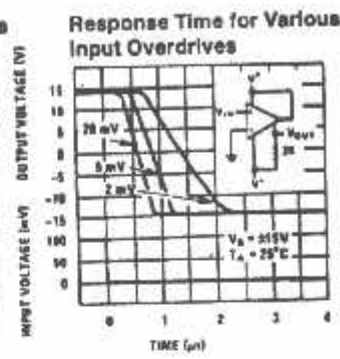
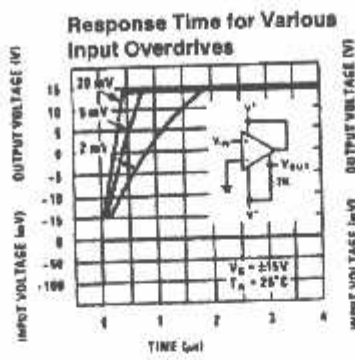


TL/H/5704-9

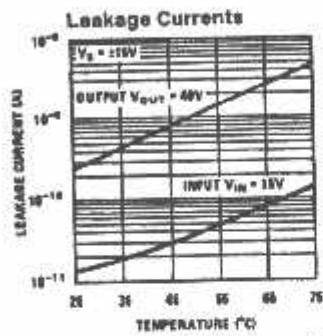
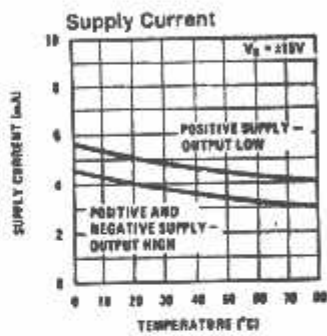
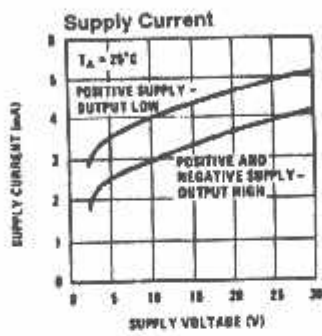


TL/H/5704-10

# LM311 Typical Performance Characteristics (Continued)



TL/H/5704-11



TL/H/5704-12

## Application Hints

### CIRCUIT TECHNIQUES FOR AVOIDING OSCILLATIONS IN COMPARATOR APPLICATIONS

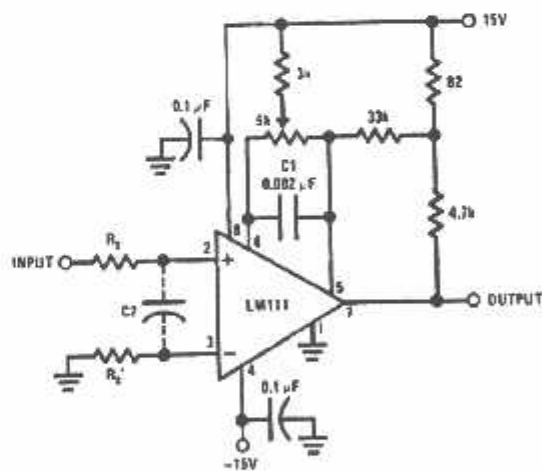
When a high-speed comparator such as the LM111 is used with fast input signals and low source impedances, the output response will normally be fast and stable, assuming that the power supplies have been bypassed (with  $0.1 \mu\text{F}$  disc capacitors), and that the output signal is routed well away from the inputs (pins 2 and 3) and also away from pins 5 and 6.

However, when the input signal is a voltage ramp or a slow sine wave, or if the signal source impedance is high ( $1 \text{ k}\Omega$  to  $100 \text{ k}\Omega$ ), the comparator may burst into oscillation near the crossing-point. This is due to the high gain and wide bandwidth of comparators like the LM111. To avoid oscillation or instability in such a usage, several precautions are recommended, as shown in *Figure 1* below.

1. The trim pins (pins 5 and 6) act as unwanted auxiliary inputs. If these pins are not connected to a trim-pot, they should be shorted together. If they are connected to a trim-pot, a  $0.01 \mu\text{F}$  capacitor C1 between pins 5 and 6 will minimize the susceptibility to AC coupling. A smaller capacitor is used if pin 5 is used for positive feedback as in *Figure 1*.
2. Certain sources will produce a cleaner comparator output waveform if a  $100 \text{ pF}$  to  $1000 \text{ pF}$  capacitor C2 is connected directly across the input pins.
3. When the signal source is applied through a resistive network,  $R_G$ , it is usually advantageous to choose an  $R_G'$  of substantially the same value, both for DC and for dynamic (AC) considerations. Carbon, tin-oxide, and metal-film resistors have all been used successfully in comparator input circuitry. Inductive wirewound resistors are not suitable.

4. When comparator circuits use input resistors (eg. summing resistors), their value and placement are particularly important. In all cases the body of the resistor should be close to the device or socket. In other words there should be very little lead length or printed-circuit foil run between comparator and resistor to radiate or pick up signals. The same applies to capacitors, pots, etc. For example, if  $R_G = 10 \text{ k}\Omega$ , as little as 5 inches of lead between the resistors and the input pins can result in oscillations that are very hard to damp. Twisting these input leads tightly is the only (second best) alternative to placing resistors close to the comparator.

5. Since feedback to almost any pin of a comparator can result in oscillation, the printed-circuit layout should be engineered thoughtfully. Preferably there should be a groundplane under the LM111 circuitry, for example, one side of a double-layer circuit card. Ground foil (or, positive supply or negative supply foil) should extend between the output and the inputs, to act as a guard. The foil connections for the inputs should be as small and compact as possible, and should be essentially surrounded by ground foil on all sides, to guard against capacitive coupling from any high-level signals (such as the output). If pins 5 and 6 are not used, they should be shorted together. If they are connected to a trim-pot, the trim-pot should be located, at most, a few inches away from the LM111, and the  $0.01 \mu\text{F}$  capacitor should be installed. If this capacitor cannot be used, a shielding printed-circuit foil may be advisable between pins 6 and 7. The power supply bypass capacitors should be located within a couple inches of the LM111. (Some other comparators require the power-supply bypass to be located immediately adjacent to the comparator.)



TL/H/5704-23

Pin connections shown are for LM111H in the H08 hermetic package

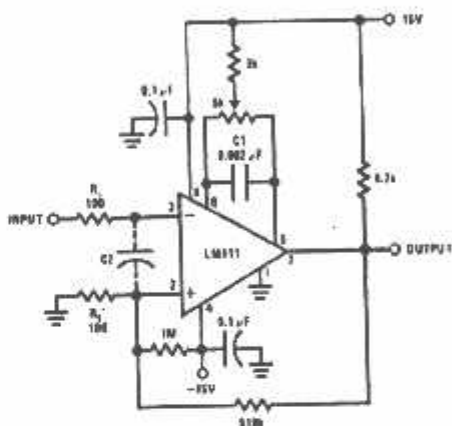
FIGURE 1. Improved Positive Feedback

## Application Hints (Continued)

6. It is a standard procedure to use hysteresis (positive feedback) around a comparator, to prevent oscillation, and to avoid excessive noise on the output because the comparator is a good amplifier for its own noise. In the circuit of Figure 2, the feedback from the output to the positive input will cause about 3 mV of hysteresis. However, if  $R_5$  is larger than  $100\Omega$ , such as  $50\text{ k}\Omega$ , it would not be reasonable to simply increase the value of the positive feedback resistor above  $510\text{ k}\Omega$ ; the circuit of Figure 3 could be used, but it is rather awkward. See the notes in paragraph 7 below.
7. When both inputs of the LM111 are connected to active signals, or if a high-impedance signal is driving the positive input of the LM111 so that positive feedback would be disruptive, the circuit of Figure 1 is ideal. The positive

feedback is to pin 5 (one of the offset adjustment pins). It is sufficient to cause 1 to 2 mV hysteresis and sharp transitions with input triangle waves from a few Hz to hundreds of kHz. The positive-feedback signal across the  $82\Omega$  resistor swings 240 mV below the positive supply. This signal is centered around the nominal voltage at pin 5, so this feedback does not add to the  $V_{OS}$  of the comparator. As much as 8 mV of  $V_{OS}$  can be trimmed out, using the  $5\text{ k}\Omega$  pot and  $3\text{ k}\Omega$  resistor as shown.

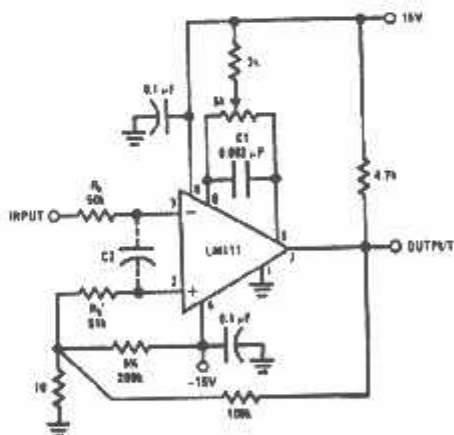
8. These application notes apply specifically to the LM111, LM211, LM311, and LF111 families of comparators, and are applicable to all high-speed comparators in general, (with the exception that not all comparators have trim pins).



TL/H/5704-30

Pin connections shown are for LM111H in the H08 hermetic package

FIGURE 2. Conventional Positive Feedback

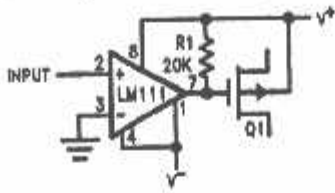


TL/H/5704-31

FIGURE 3. Positive Feedback with High Source Resistance

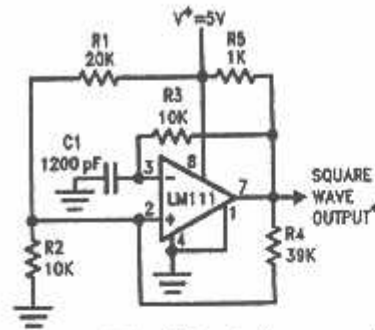
## Typical Applications (Continued) (Pin numbers refer to HO8 package)

### Zero Crossing Detector Driving MOS Switch



TL/H/5704-13

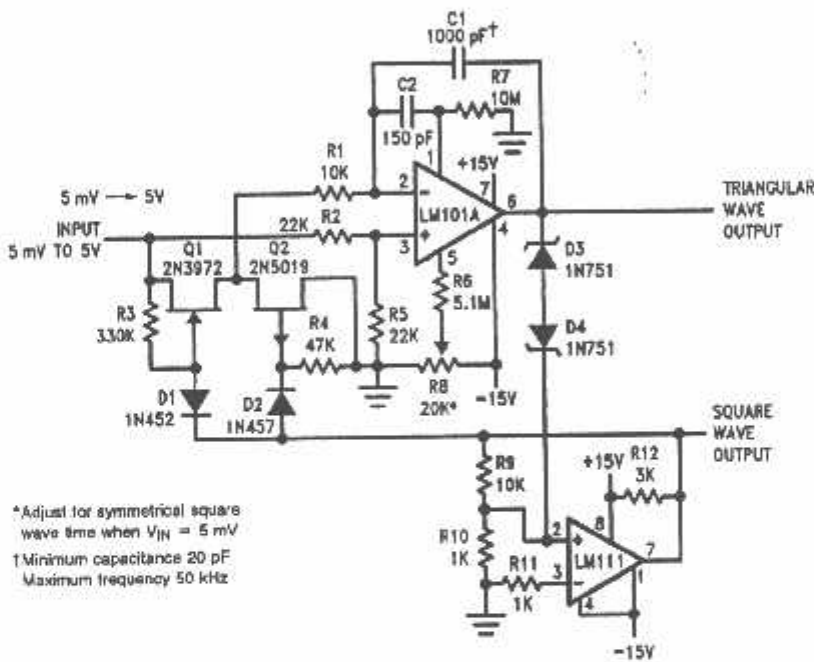
### 100 kHz Free Running Multivibrator



\*TTL or DTL fanout of two

TL/H/5704-14

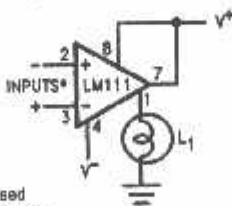
### 10 Hz to 10 kHz Voltage Controlled Oscillator



\*Adjust for symmetrical square wave time when  $V_{IH} = 5\text{ mV}$   
 †Minimum capacitance 20 pF  
 ‡Maximum frequency 50 kHz

TL/H/5704-15

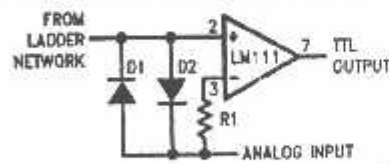
### Driving Ground-Referred Load



\*Input polarity is reversed when using pin 1 as output.

TL/H/5704-16

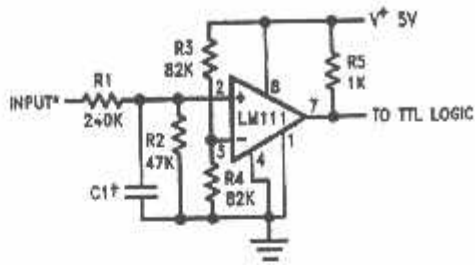
### Using Clamp Diodes to Improve Response



TL/H/5704-17

## Typical Applications (Continued) (Pin numbers refer to H08 package)

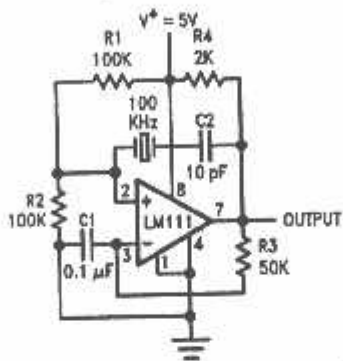
### TTL Interface with High Level Logic



\*Values shown are for a 0 to 30V logic swing and a 15V threshold.  
†May be added to control speed and reduce susceptibility to noise spikes.

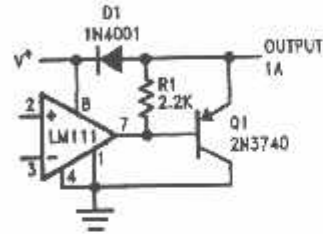
TL/H/5704-18

### Crystal Oscillator



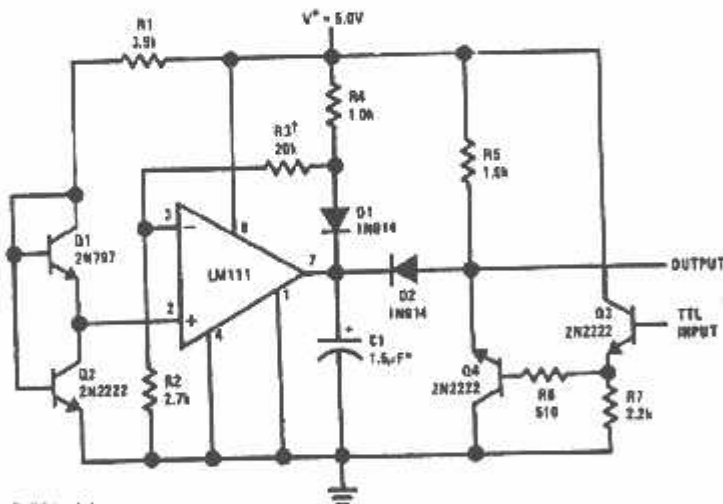
TL/H/5704-19

### Comparator and Solenoid Driver



TL/H/5704-20

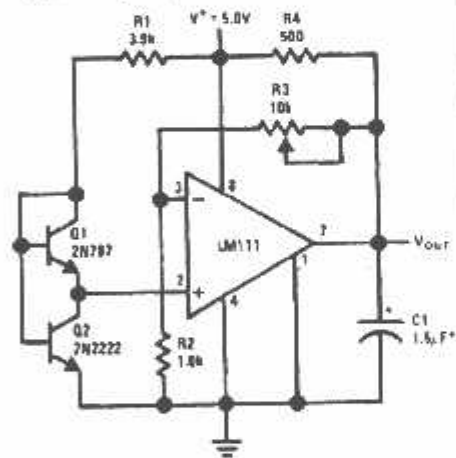
### Precision Squarer



\*Solid tantalum  
†Adjust to set clamp level

TL/H/5704-21

### Low Voltage Adjustable Reference Supply

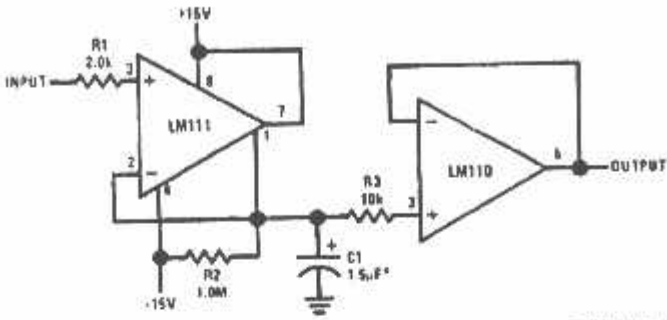


\*Solid tantalum

TL/H/5704-22

**Typical Applications** (Continued) (Pin numbers refer to H08 package)

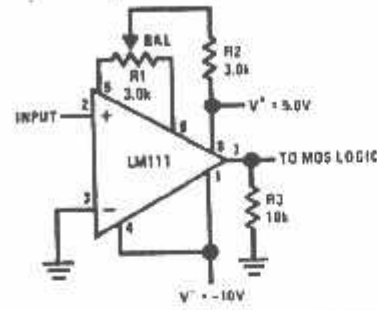
**Positive Peak Detector**



\*Solid tantalum

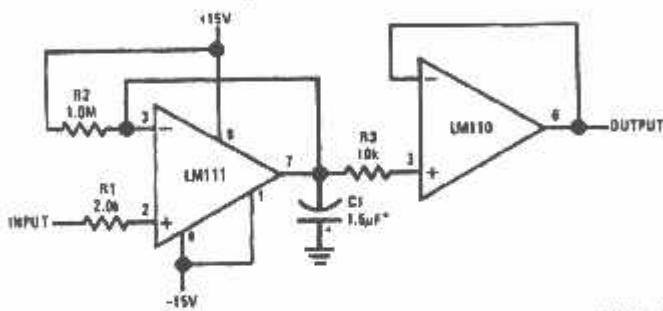
TL/H/5704-23

**Zero Crossing Detector Driving MOS Logic**



TL/H/5704-24

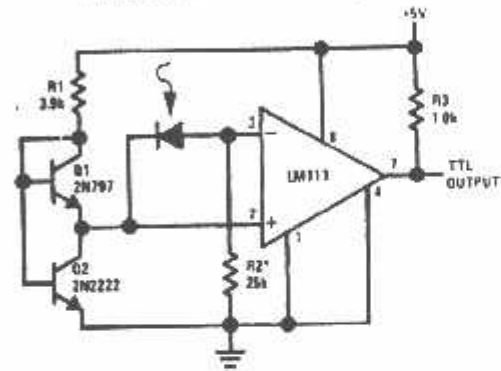
**Negative Peak Detector**



\*Solid tantalum

TL/H/5704-25

**Precision Photodiode Comparator**

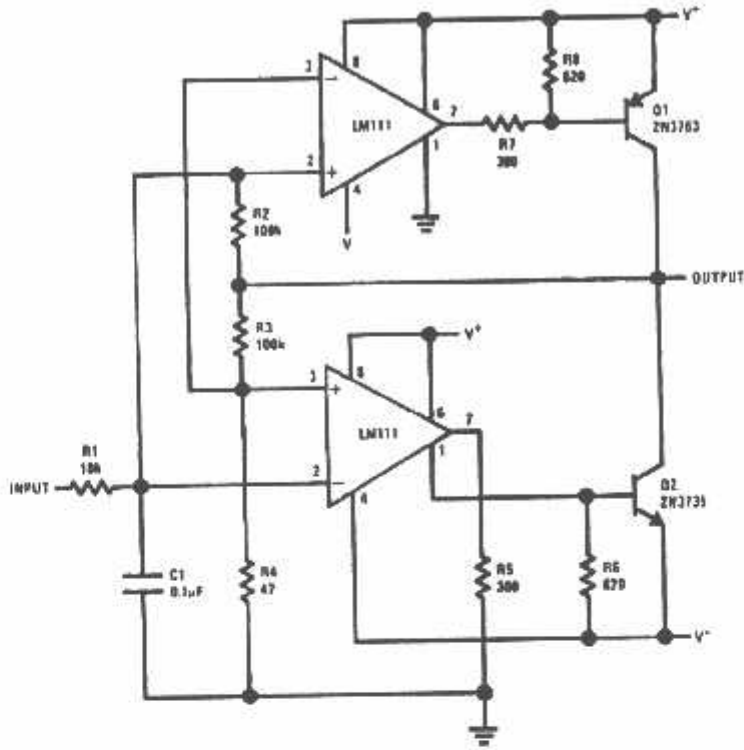


TL/H/5704-26

\*R2 sets the comparison level. At comparison, the photodiode has less than 5 mV across it, decreasing leakage by an order of magnitude.

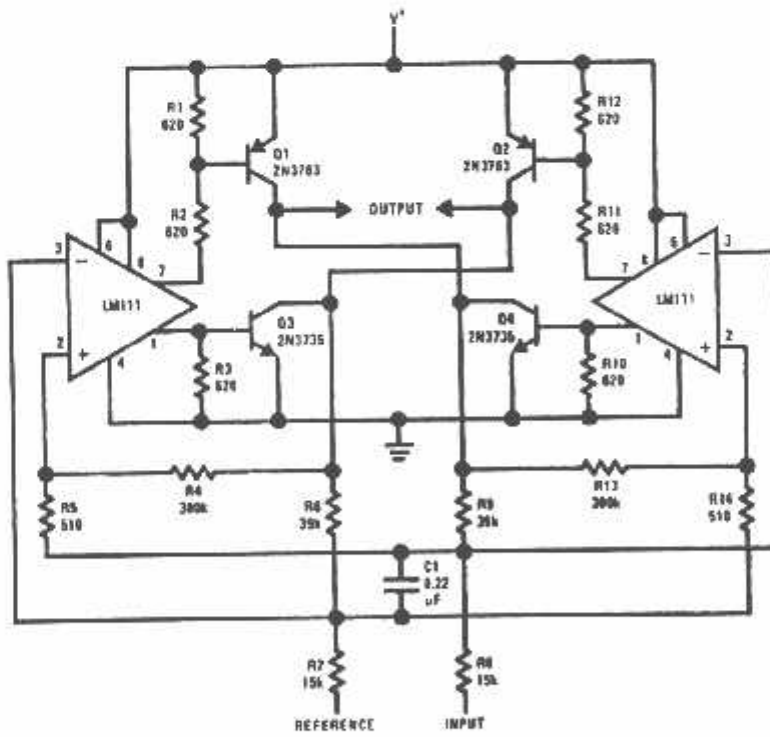
Typical Applications (Continued) (Pin numbers refer to H08 package)

Switching Power Amplifier



TL/H/5704-27

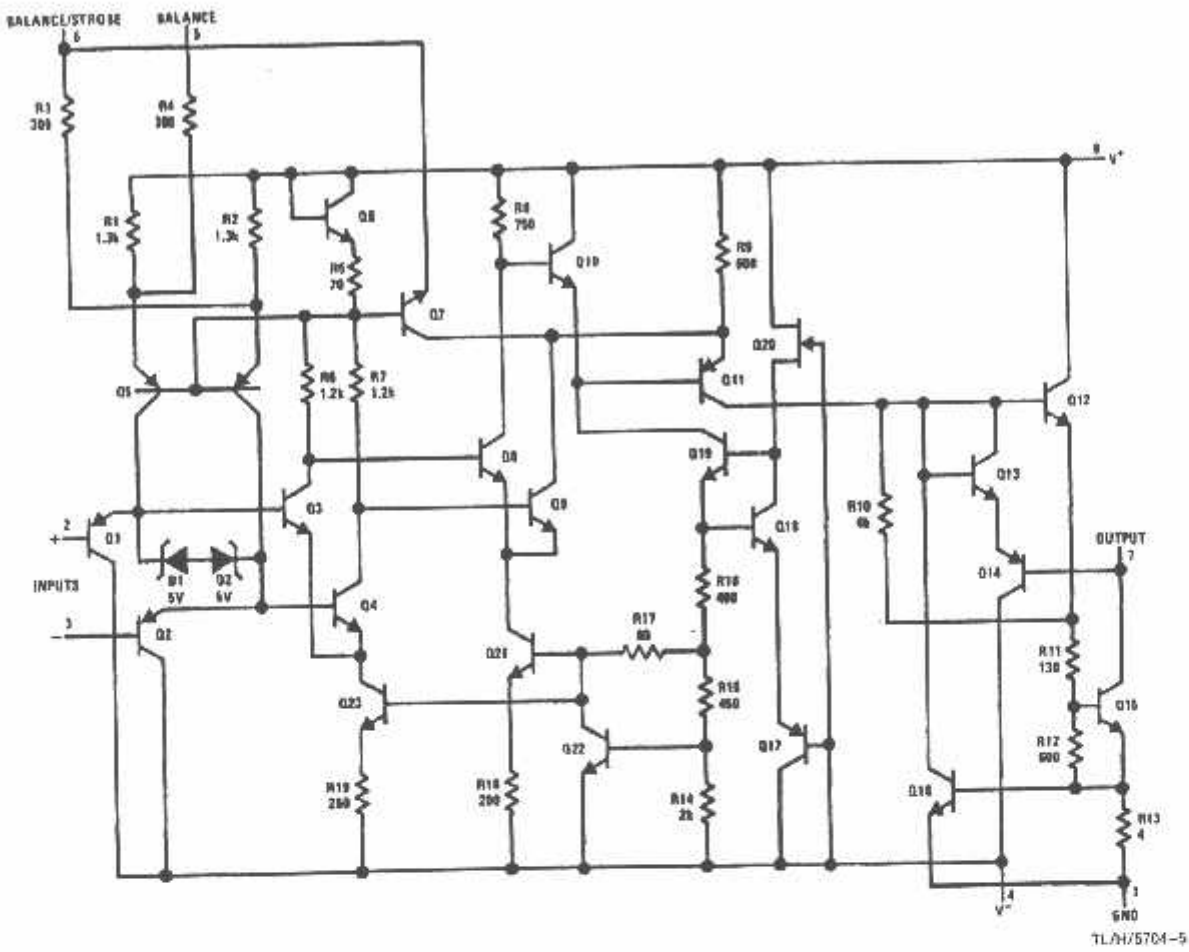
Switching Power Amplifier



TL/H/5704-28



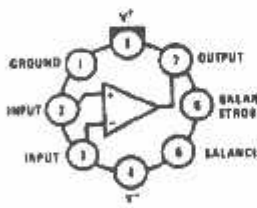
## Schematic Diagram\*\*



\*\*Pin connections shown on schematic diagram are for H08 package.

## Connection Diagrams\*

Metal Can Package

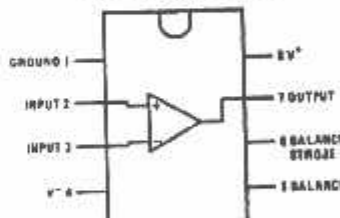


Top View

Note: Pin 4 connected to case

Order Number LM111H,  
LM111H/883\*, LM211H or LM311H  
See NS Package Number H08C

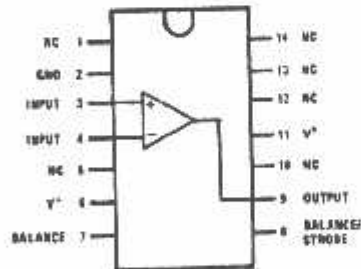
Dual-In-Line Package



Top View

Order Number LM111J-8, LM111J-  
8/883\*, LM211J-8, LM211M,  
LM311M or LM311N  
See NS Package Number J08A,  
M08A or N08E

Dual-In-Line Package

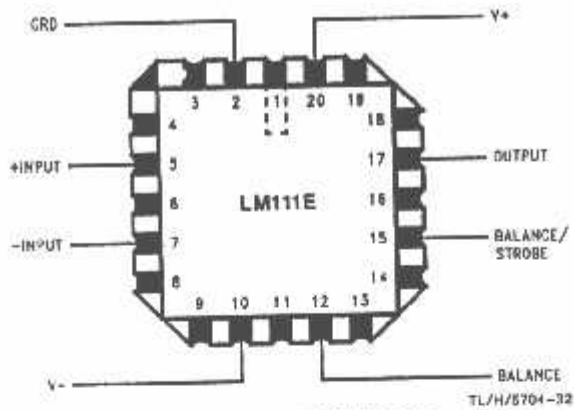


Top View

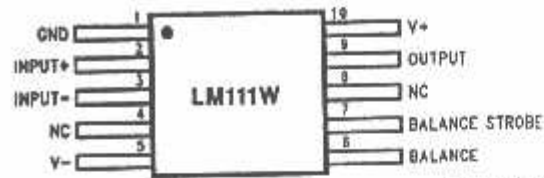
Order Number LM111J/883\* or  
LM311N-14  
See NS Package Number  
J14A or N14A

\*Also available per JM38510/10304

## Connection Diagrams (Continued)



Order Number LM111E/883  
See NS Package Number E20A

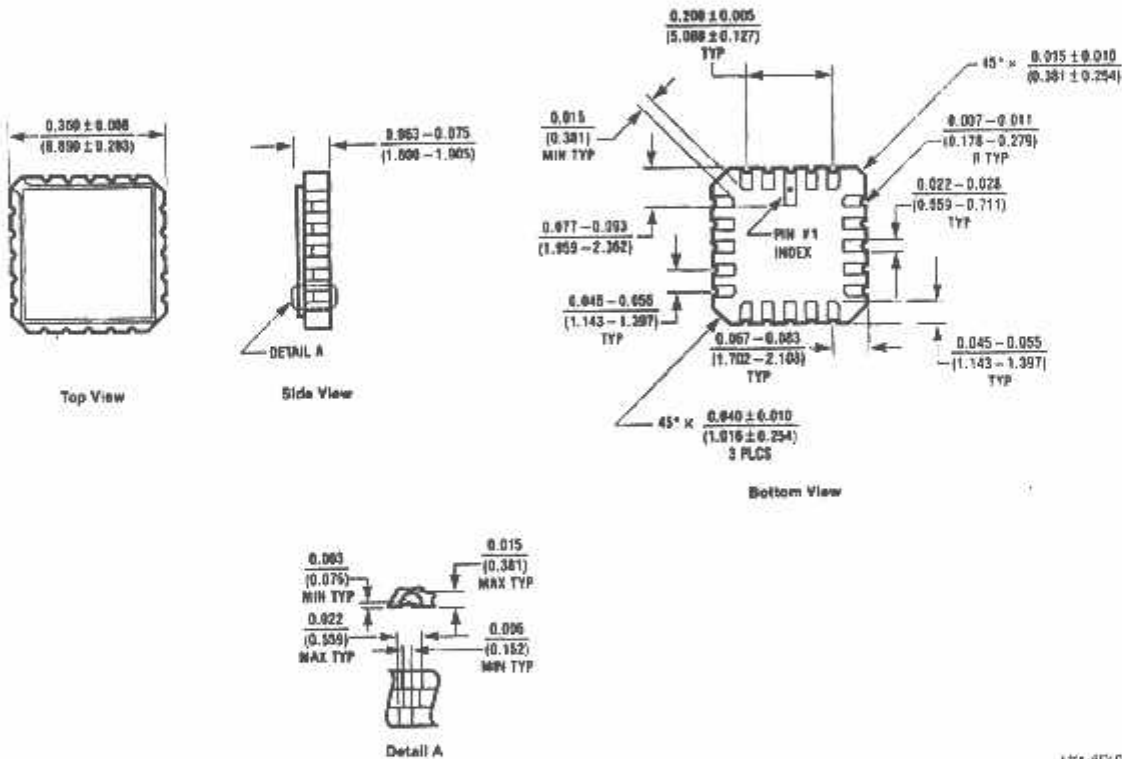


Order Number LM111W/883\*  
See NS Package Number W10A

TL/H/5704-33

\*Also available per JM38510/10G04

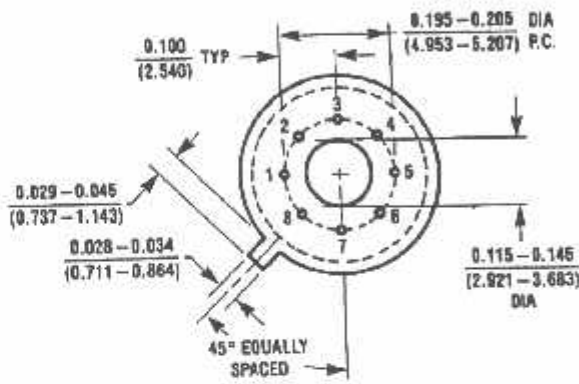
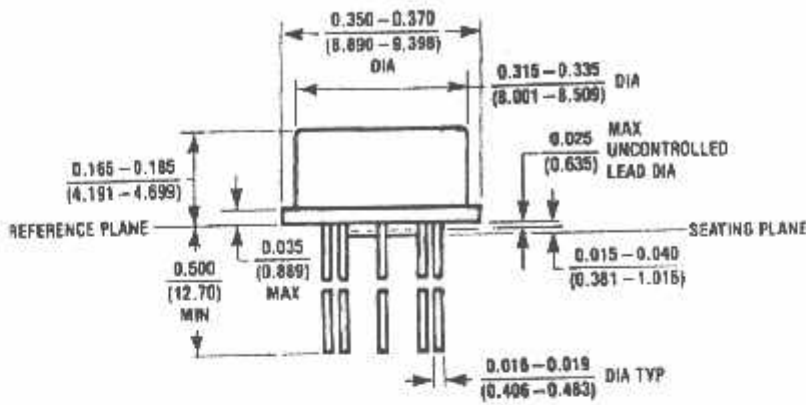
## Physical Dimensions inches (millimeters)



Order Number LM111E/883  
NS Package Number E20A

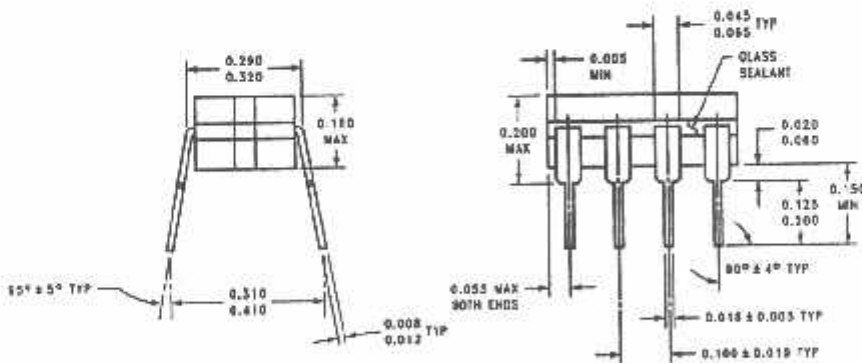
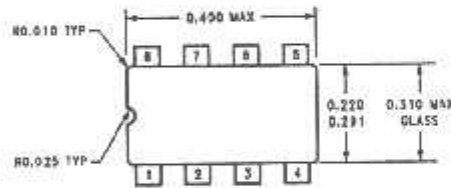
1-Pin-REV. D

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



H08C (REV E)

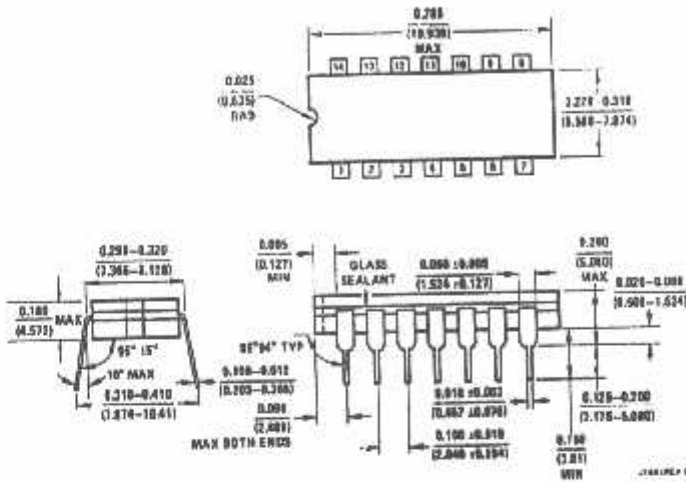
**Metal Can Package (H)**  
 Order Number LM111H, LM111H/883, LM211H or LM311H  
 NS Package Number H08C



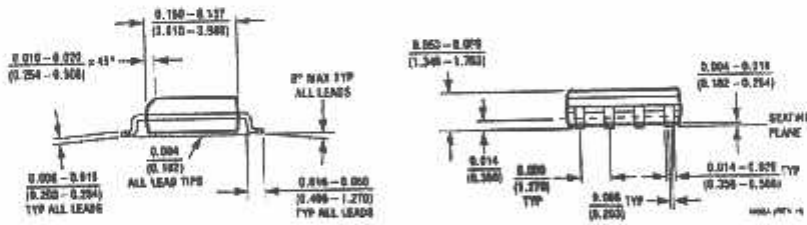
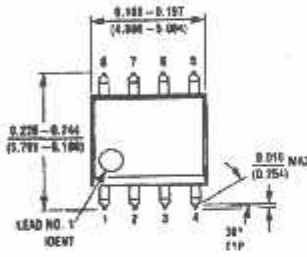
H08A (REV D)

**Cavity Dual-in-Line Package (J)**  
 Order Number LM111J-B, LM111J-B/883 or LM211J-B  
 NS Package Number J08A

**Physical Dimensions** inches (millimeters) (Continued)

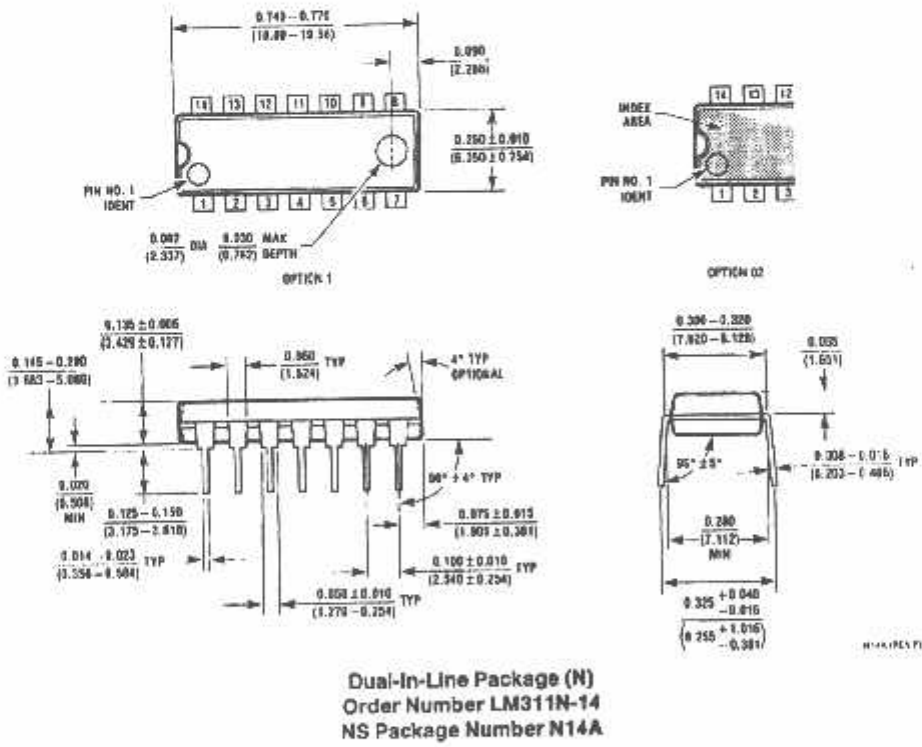
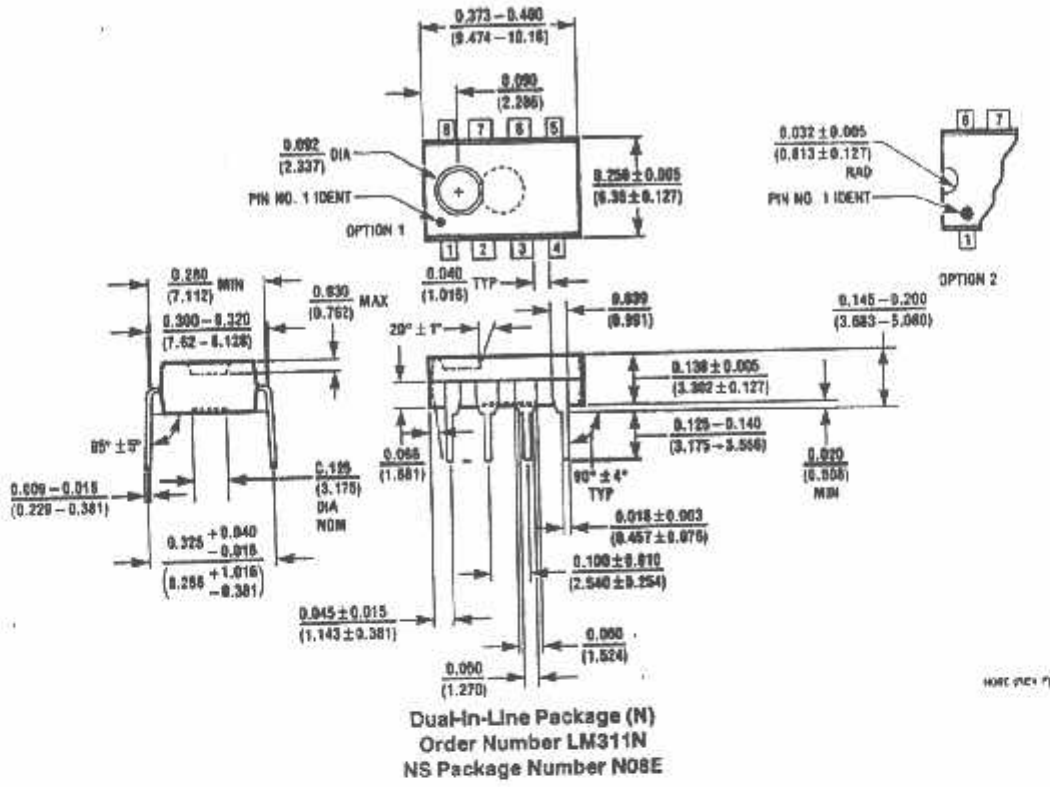


**Dual-In-Line Package (J)**  
**Order Number LM111J/883**  
**NS Package Number J14A**

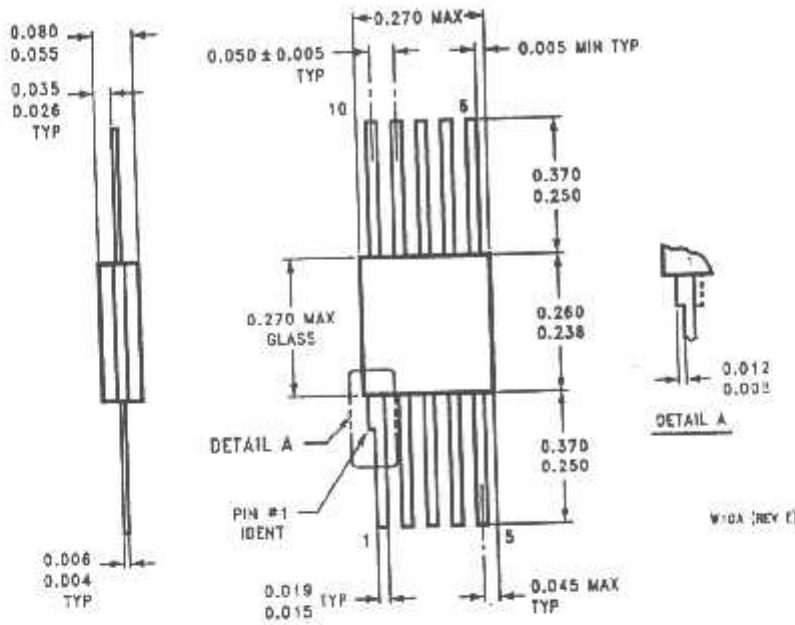


**Dual-In-Line Package (M)**  
**Order Number LM211M or LM311M**  
**NS Package Number M08A**

Physical Dimensions Inches (millimeters) (Continued)



Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)




Order Number LM111W/663  
NS Package Number W10A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

 <p><b>National Semiconductor Corporation</b> 1111 West Bardin Road Arlington, TX 76017 Tel: 1(800) 272-9959 Fax: 1(800) 797-7018</p>	<p><b>National Semiconductor Europe</b> Fax: (+49) 0-180-530 85 86 Email: cnjepe@levm2.nsc.com Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85 English Tel: (+49) 0-180-532 78 32 Français Tel: (+49) 0-160-532 33 58 Italiano Tel: (+49) 0-160-534 16 80</p>	<p><b>National Semiconductor Hong Kong Ltd.</b> 13th Floor, Straigt Block, Ocean Centre, 5 Canton Rd, Tsimshatsui, Kowloon Hong Kong Tel: (852) 2737-1600 Fax: (852) 2735-8960</p>	<p><b>National Semiconductor Japan Ltd.</b> Tel: 81-043-299-2309 Fax: 81-043-299-2408</p>
--	--	--	---

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described; no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change semiconductor and specifications.

## CD4094BC 8-Bit Shift Register/Latch with 3-STATE Outputs

### General Description

The CD4094BC consists of an 8-bit shift register and a 3-STATE 8-bit latch. Data is shifted serially through the shift register on the positive transition of the clock. The output of the last stage ( $Q_8$ ) can be used to cascade several devices. Data on the  $Q_8$  output is transferred to a second output,  $Q'_8$ , on the following negative clock edge.

The output of each stage of the shift register feeds a latch, which latches data on the negative edge of the STROBE input. When STROBE is HIGH, data propagates through

the latch to 3-STATE output gates. These gates are enabled when OUTPUT ENABLE is taken HIGH.

### Features

- Wide supply voltage range: 3.0V to 18V
- High noise immunity: 0.45  $V_{DD}$  (typ.)
- Low power TTL compatibility:  
Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- 3-STATE outputs

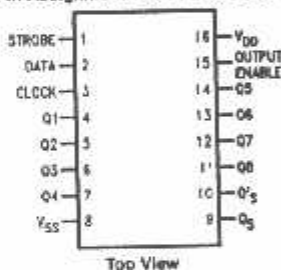
### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4094BCWM	M16B	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
CD4094BCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

### Connection Diagram

Pin Assignments for DIP and SOIC



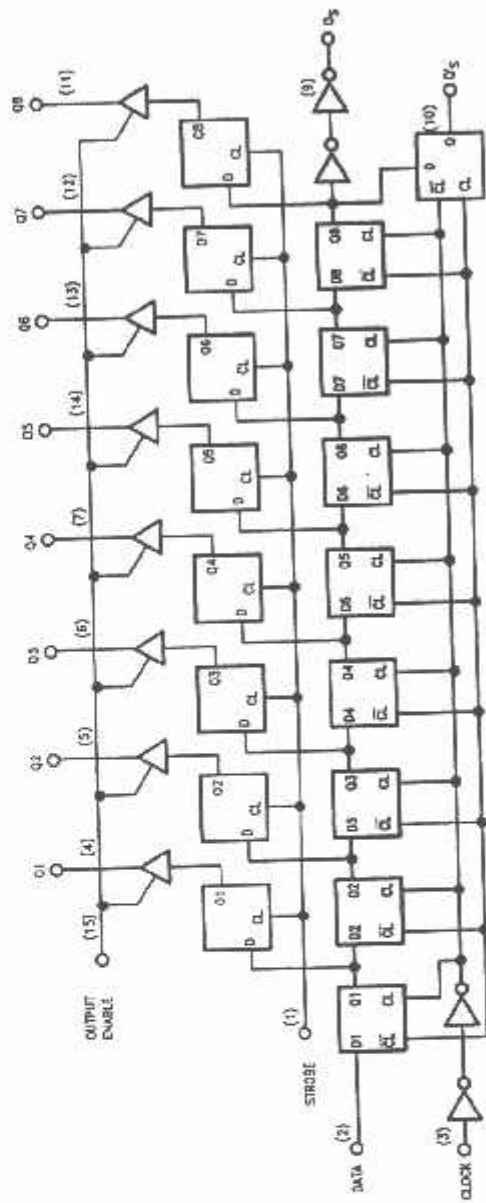
### Truth Table

Clock	Output Enable	Strobe	Data	Parallel Outputs		Serial Outputs	
				$Q_1$	$Q_N$	$Q_8$ (Note 1)	$Q'_1$
~	0	X	X	Hi-Z	Hi-Z	Q7	No Change
~	0	X	X	Hi-Z	Hi-Z	No Change	Q7
~	1	0	X	No Change	No Change	Q7	No Change
~	1	1	0	0	$Q_{N-1}$	Q7	No Change
~	1	1	1	1	$Q_{N-1}$	Q7	No Change
~	1	1	1	No Change	No Change	No Change	Q7

X = Don't Care  
~ = HIGH-to-LOW  
- = LOW-to-HIGH

Note 1: At the positive clock edge, information in the 7th shift register stage is transferred to  $Q_8$  and  $Q'_8$ .

Block Diagram





**Absolute Maximum Ratings** (Note 2)

(Note 3)

Supply Voltage ( $V_{DD}$ )	-0.5 to +18 $V_{DC}$
Input Voltage ( $V_{IN}$ )	-0.5 to $V_{DD}$ +0.5 $V_{DC}$
Storage Temperature Range ( $T_{STG}$ )	-65°C to +150°C
Power Dissipation ( $P_D$ )	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature ( $T_L$ )	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

**Recommended Operating Conditions** (Note 3)

DC Supply Voltage ( $V_{DD}$ )	+3.0 to +15 $V_{DC}$
Input Voltage ( $V_{IN}$ )	0 to $V_{DD}$ $V_{DC}$
Operating Temperature Range ( $T_A$ )	-40°C to +85°C

Note 2: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed; they are not meant to imply that the device should be operated at these limits. The tables of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provide conditions for actual device operation.

Note 3:  $V_{SS} = 0V$  unless otherwise specified.

**DC Electrical Characteristics** (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C		+85°C		Units	
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min		Max
$I_{DD}$	Quiescent Device Current	$V_{IN} = 5.0V$		20			20		150	$\mu A$
		$V_{DD} = 10V$		40			40		300	$\mu A$
		$V_{DD} = 15V$		80			80		600	$\mu A$
$V_{OL}$	LOW Level Output Voltage	$V_{DD} = 5.0V$		0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$		0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 15V$		0.05		0	0.05		0.05	V
$V_{OH}$	HIGH Level Output Voltage	$V_{DD} = 5.0V$	4.95		4.95	5.0		4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10.0		9.95		V
		$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95	15.0		14.95		V
$V_{IL}$	LOW Level Input Voltage	$V_{DD} = 5.0V, V_O = 0.8V$ or $4.5V$		1.5			1.5		1.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or $9.0V$		3.0			3.0		3.0	V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or $13.5V$		4.0			4.0		4.0	V
$V_{IH}$	HIGH Level Input Voltage	$V_{DD} = 5.0V, V_O = 0.5V$ or $4.5V$	3.5		3.5			3.5		V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or $9.0V$	7.0		7.0			7.0		V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or $13.5V$	11.0		11.0			11.0		V
$I_{OL}$	LOW Level Output Current (Note 4)	$V_{DD} = 5.0V, V_O = 0.4V$	0.62		0.44	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	3.8		3.0	8.8		2.4		mA
$I_{OH}$	HIGH Level Output Current (Note 4)	$V_{DD} = 5.0V, V_O = 4.6V$	-0.52		-0.44	0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.3		-1.1	2.25		-0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-3.6		-3.0	8.8		-2.4		mA
$I_{IN}$	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.3			-0.3		-1.0	$\mu A$
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.3			0.3		1.0	$\mu A$
$I_{OZ}$	3-STATE Output Leakage Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$ or $15V$		1			1		10	$\mu A$

Note 4:  $I_{OH}$  and  $I_{OL}$  are tested one output at a time.

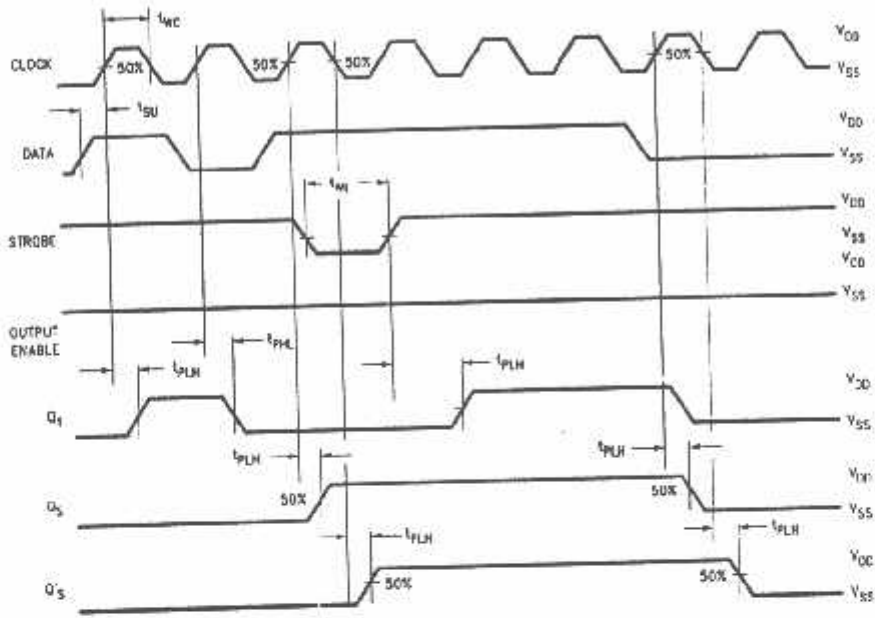
## AC Electrical Characteristics (Note 5)

 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $C_L = 50\text{ pF}$ 

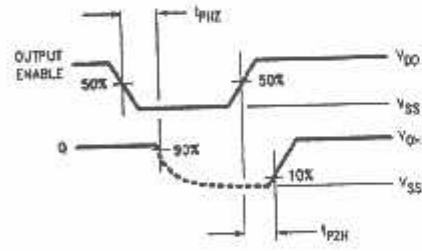
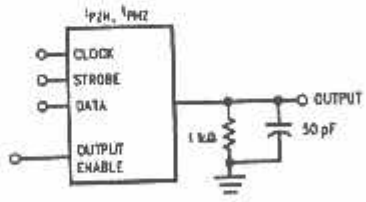
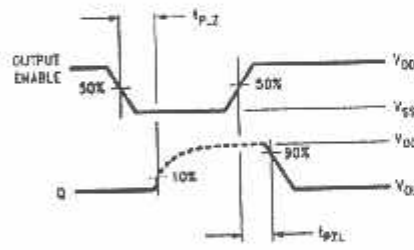
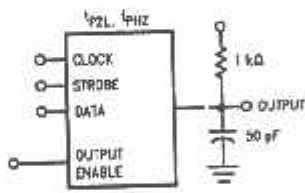
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$t_{PHL}$ , $t_{PLH}$	Propagation Delay Clock to $Q_3$	$V_{DD} = 5.0\text{V}$		300	800	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		125	250	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		95	190	ns
$t_{PL}$ , $t_{PH}$	Propagation Delay Clock to $Q_2$	$V_{DD} = 5.0\text{V}$		230	460	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		110	220	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		75	150	ns
$t_{PHL}$ , $t_{PLH}$	Propagation Delay Clock to Parallel Out	$V_{DD} = 5.0\text{V}$		420	840	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		195	390	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		135	270	ns
$t_{PHL}$ , $t_{PLH}$	Propagation Delay Strobe to Parallel Out	$V_{DD} = 5.0\text{V}$		290	580	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		145	290	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		100	200	ns
$t_{PHZ}$	Propagation Delay HIGH Level to HIGH Impedance	$V_{DD} = 5.0\text{V}$		140	280	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		75	150	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		55	110	ns
$t_{PLZ}$	Propagation Delay LOW Level to HIGH Impedance	$V_{DD} = 5.0\text{V}$		140	280	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		75	150	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		55	110	ns
$t_{HZH}$	Propagation Delay HIGH Impedance to HIGH Level	$V_{DD} = 5.0\text{V}$		140	280	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		75	150	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		55	110	ns
$t_{HZL}$	Propagation Delay HIGH Impedance to LOW Level	$V_{DD} = 5.0\text{V}$		140	280	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		75	150	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		55	110	ns
$t_{RHL}$ , $t_{RLH}$	Transition Time	$V_{DD} = 5.0\text{V}$		100	200	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		50	100	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		40	80	ns
$t_{SU}$	Set-Up Time Data to Clock	$V_{DD} = 5.0\text{V}$	80	40		ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$	40	20		ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$	20	10		ns
$t_r$ , $t_f$	Maximum Clock Rise and Fall Time	$V_{DD} = 5.0\text{V}$	1			ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$	1			ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$	1			ns
$t_{PC}$	Minimum Clock Pulse Width	$V_{DD} = 5.0\text{V}$	200	100		ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$	100	50		ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$	80	40		ns
$t_{PS}$	Minimum Strobe Pulse Width	$V_{DD} = 5.0\text{V}$	200	100		ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$	80	40		ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$	70	35		ns
$f_{max}$	Maximum Clock Frequency	$V_{DD} = 5.0\text{V}$	1.5	3.0		MHz
		$V_{DD} = 10\text{V}$	3.0	6.0		MHz
		$V_{DD} = 15\text{V}$	4.0	8.0		MHz
$C_{IN}$	Input Capacitance	Any Input		3.0	7.5	pF

Note 5: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

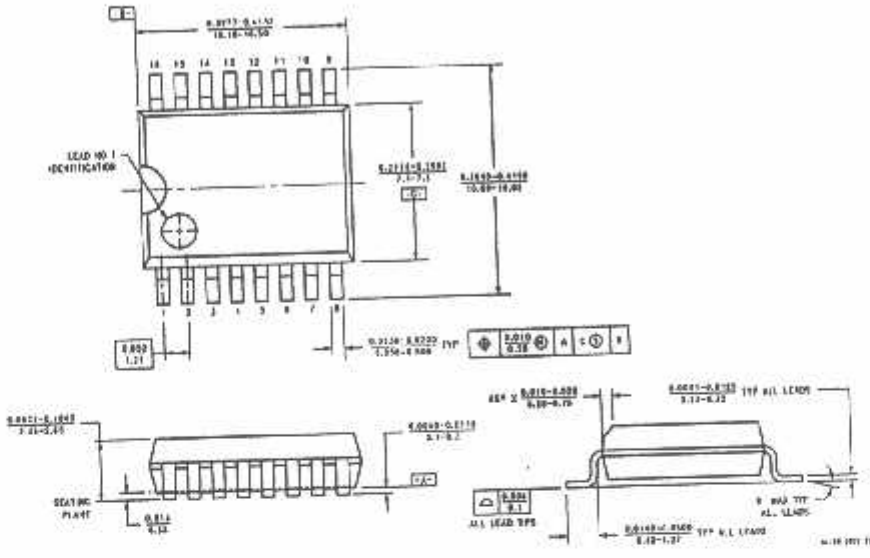
Timing Diagram



Test Circuits and Timing Diagrams for 3-STATE

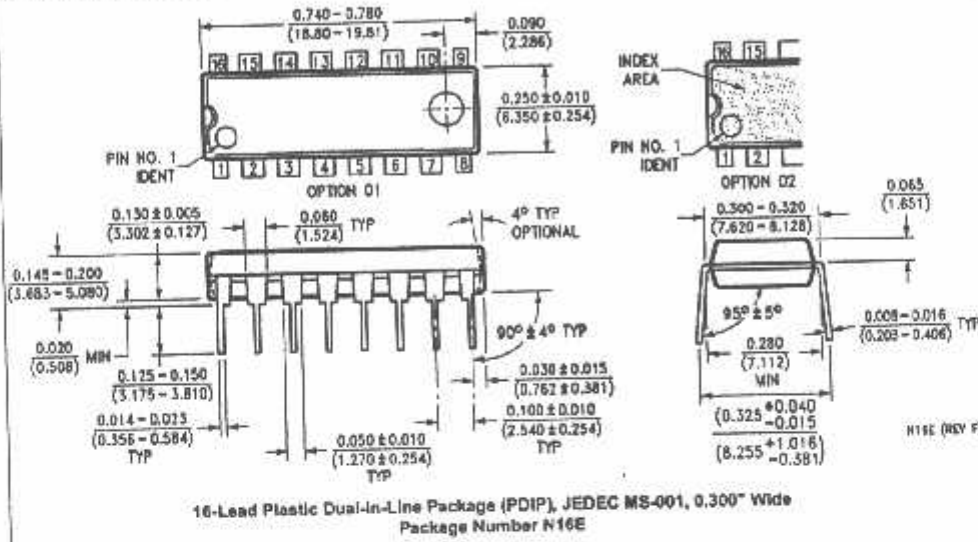


Physical Dimensions Inches (millimeters) unless otherwise noted



16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide M16B

Physical Dimensions Inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuit described in this data sheet for any application unless Fairchild specifically states otherwise. Fairchild reserves the right at any time without notice to change specifications and specifications.

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

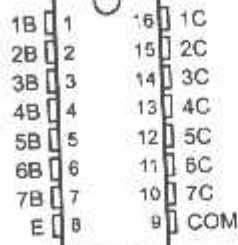
SLRS027F - DECEMBER 1976 - REVISED FEBRUARY 2003

The ULN2001A is obsolete and is no longer supplied.

- 500-mA-Rated Collector Current (Single Output)
- High-Voltage Outputs . . . 50 V
- Output Clamp Diodes
- Inputs Compatible With Various Types of Logic
- Relay-Driver Applications
- Designed to Be Interchangeable With Sprague ULN2001A Series

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

(TOP VIEW)



## description/ordering information

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, ULQ2003A, and ULQ2004A are high-voltage, high-current Darlington transistor arrays. Each consists of seven npn Darlington pairs that feature high-voltage outputs with common-cathode clamp diodes for switching inductive loads. The collector-current rating of a single Darlington pair is 500 mA. The Darlington pairs can be paralleled for higher current capability. Applications include relay drivers, hammer drivers, lamp drivers, display drivers (LED and gas discharge), line drivers, and logic buffers. For 100-V (otherwise interchangeable) versions of the ULN2003A and ULN2004A, see the SN75468 and SN75469, respectively.

## ORDERING INFORMATION

T <sub>A</sub>	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
-20°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	ULN2002AN	ULN2002AN
			ULN2003AN	ULN2003AN
			ULN2004AN	ULN2004AN
	SOIC (D)	Tube of 40	ULN2003AD	ULN2003A
			ULN2003ADR	
		Reel of 2500	ULN2004AD	ULN2004A
			ULN2004ADR	
	SOP (NS)	Reel of 2000	ULN2003ANSR	ULN2003A
ULN2004ANSR			ULN2004A	
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 25	ULQ2003AN	ULQ2003A
			ULQ2004AN	ULQ2004A
	SOIC (D)	Tube of 40	ULQ2003AD	ULQ2003A
			ULQ2003ADR	
		Reel of 2500	ULQ2004AD	ULQ2004A
			ULQ2004ADR	
			ULQ2004ADR	

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



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

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

**TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated

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

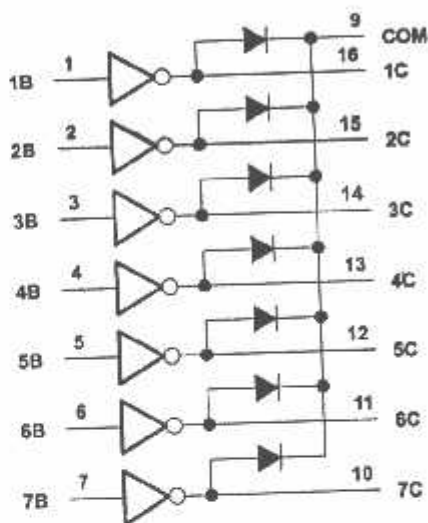
DS027F - DECEMBER 1976 - REVISED FEBRUARY 2003

The ULN2001A is obsolete  
and is no longer supplied.

**Description/ordering information (continued)**

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

**Logic diagram**



 **TEXAS**  
**INSTRUMENTS**

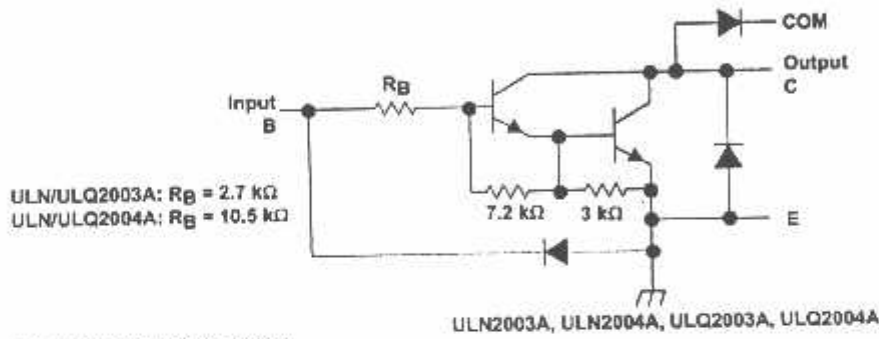
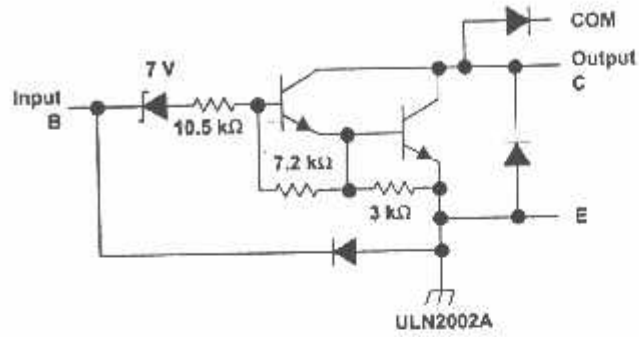
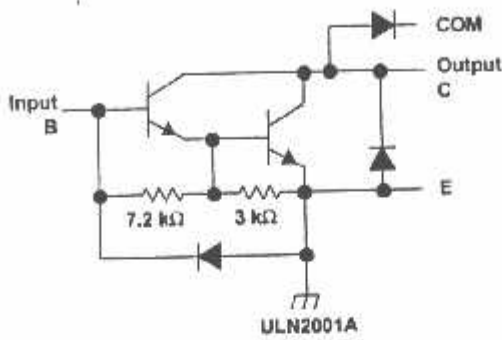
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

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

The ULN2001A is obsolete  
 and is no longer supplied.

SLRS027F - DECEMBER 1976 - REVISED FEBRUARY 2003

schematics (each Darlington pair)



All resistor values shown are nominal.

 **TEXAS  
 INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655333 • DALLAS, TEXAS 75285



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

The ULN2001A is obsolete  
 and is no longer supplied.

3LRS027F - DECEMBER 1979 - REVISED FEBRUARY 2003

electrical characteristics over recommended operating conditions (unless otherwise noted)

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

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

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

switching characteristics over recommended operating conditions (unless otherwise noted)

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



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

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

The ULN2001A is obsolete  
 and is no longer supplied.

SLRS027F - DECEMBER 1976 - REVISED FEBRUARY 2003

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

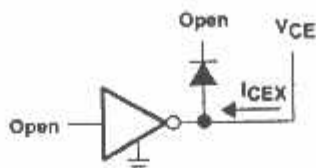


Figure 1. ICEX Test Circuit

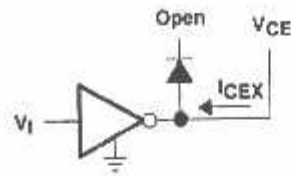


Figure 2. ICEX Test Circuit

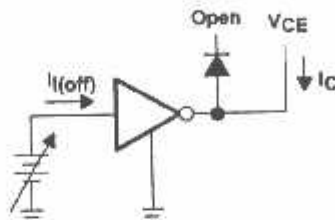


Figure 3.  $I_{j(off)}$  Test Circuit

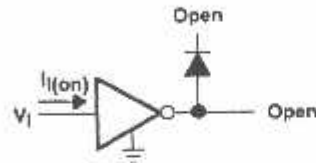
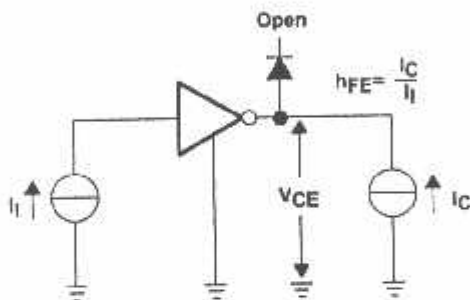


Figure 4.  $I_j$  Test Circuit



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

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

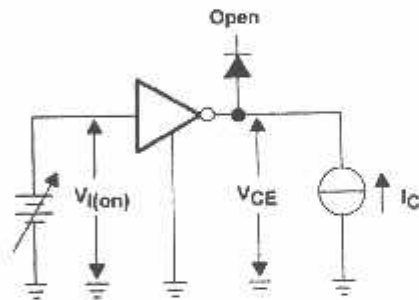


Figure 6.  $V_{I(on)}$  Test Circuit

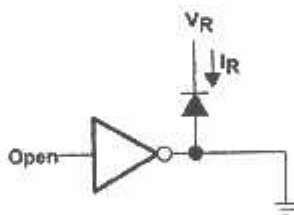


Figure 7.  $I_R$  Test Circuit

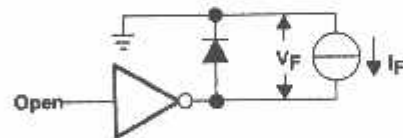


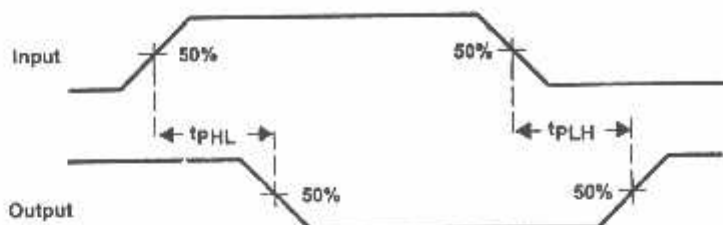
Figure 8.  $V_F$  Test Circuit

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

The ULN2001A is obsolete  
 and is no longer supplied.

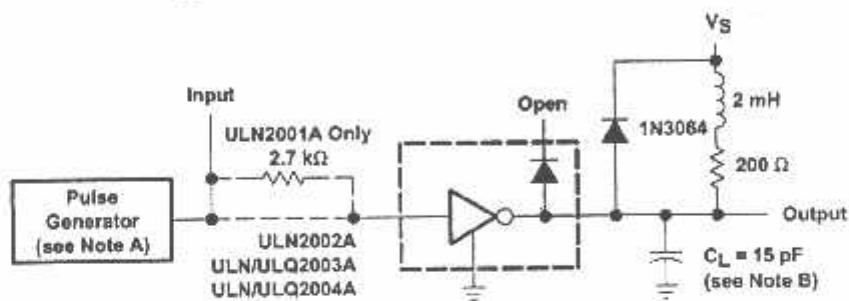
LRS027F - DECEMBER 1976 - REVISED FEBRUARY 2003

**PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION**

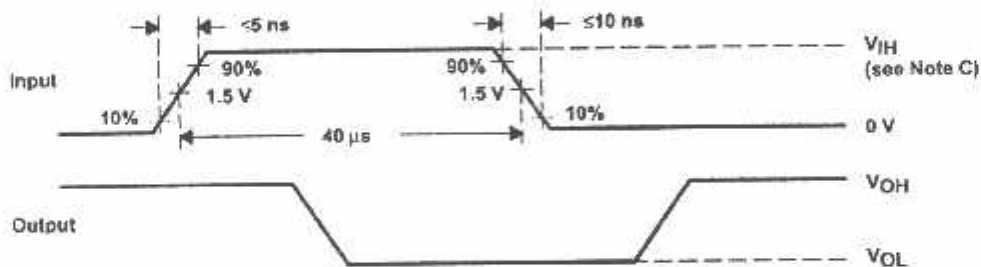


**VOLTAGE WAVEFORMS**

**Figure 9. Propagation Delay-Time Waveforms**



**TEST CIRCUIT**



**VOLTAGE WAVEFORMS**

- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: PRR = 12.5 kHz,  $Z_O = 50 \Omega$ .  
 B.  $C_L$  includes probe and jig capacitance.  
 C. For testing the ULN2001A, the ULN2003A, and the ULQ2003A,  $V_{IH} = 3 \text{ V}$ ; for the ULN2002A,  $V_{IH} = 13 \text{ V}$ ; for the ULN2004A and the ULQ2004A,  $V_{IH} = 8 \text{ V}$ .

**Figure 10. Latch-Up Test Circuit and Voltage Waveforms**



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

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

The ULN2001A is obsolete  
 and is no longer supplied.

SLRS027F - DECEMBER 1976 - REVISED FEBRUARY 2003

TYPICAL CHARACTERISTICS

COLLECTOR-EMITTER  
 SATURATION VOLTAGE  
 vs  
 COLLECTOR CURRENT  
 (ONE DARLINGTON)

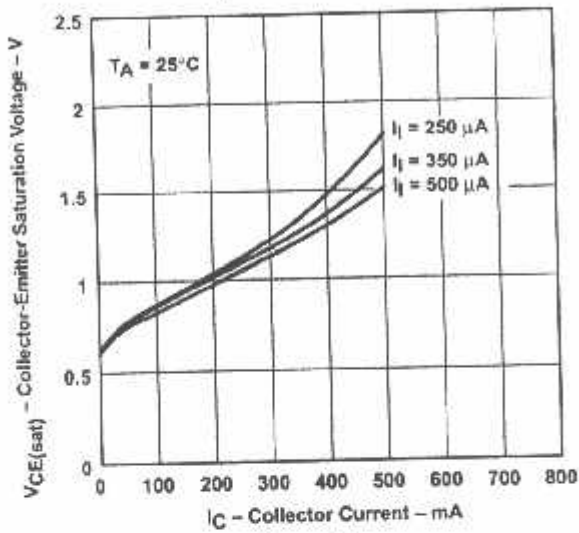


Figure 11

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

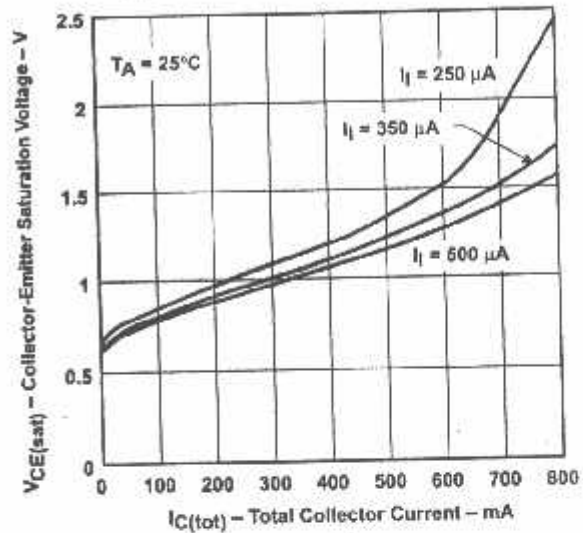


Figure 12

COLLECTOR CURRENT  
 vs  
 INPUT CURRENT

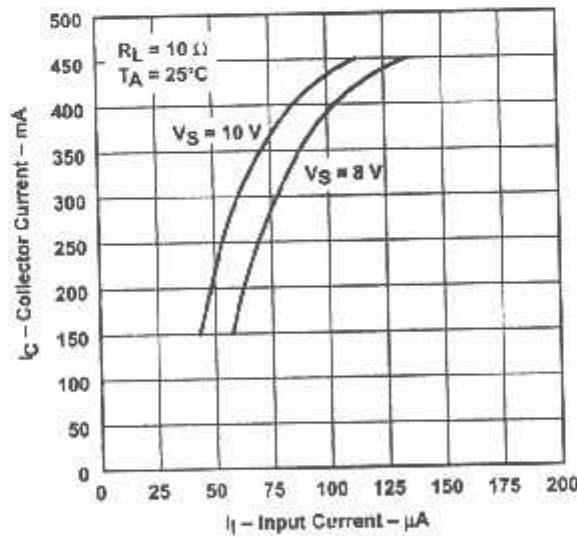


Figure 13

THERMAL INFORMATION

D PACKAGE  
 MAXIMUM COLLECTOR CURRENT  
 vs  
 DUTY CYCLE

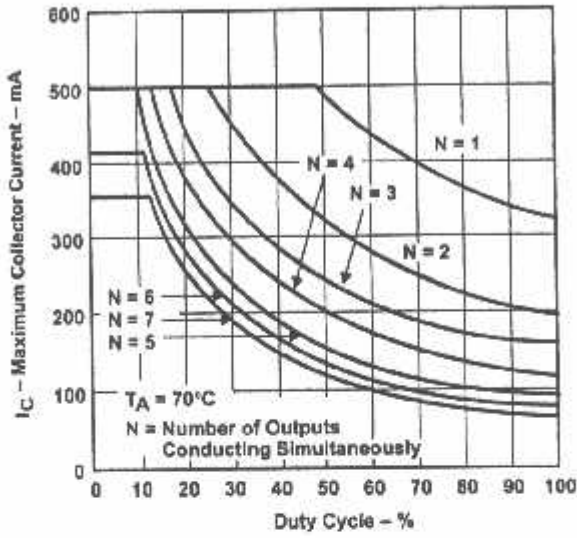


Figure 14

N PACKAGE  
 MAXIMUM COLLECTOR CURRENT  
 vs  
 DUTY CYCLE

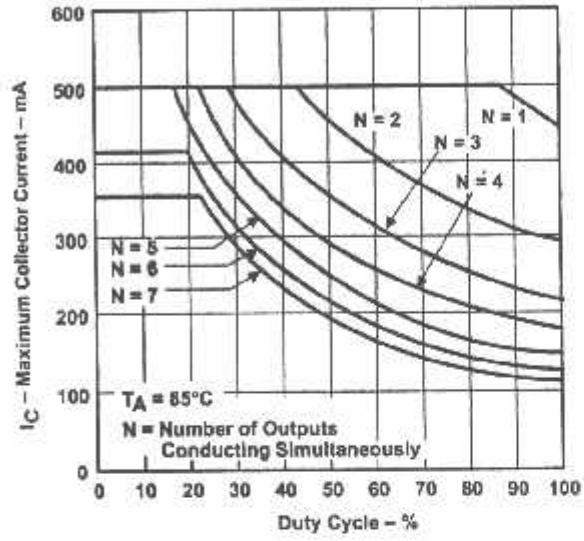


Figure 15

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

The ULN2001A is obsolete  
 and is no longer supplied.

SLRS027F - DECEMBER 1978 - REVISED FEBRUARY 2003

APPLICATION INFORMATION

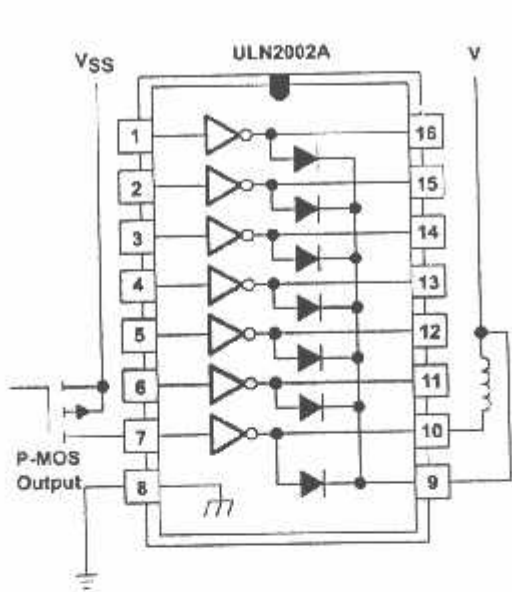


Figure 16. P-MOS to Load

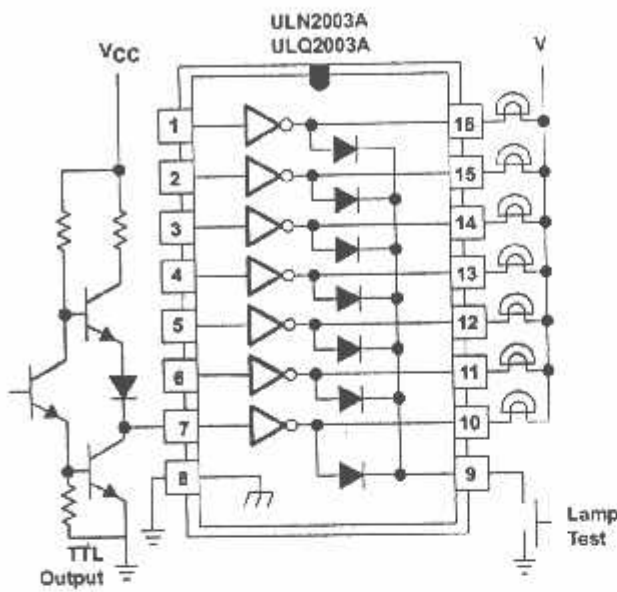


Figure 17. TTL to Load

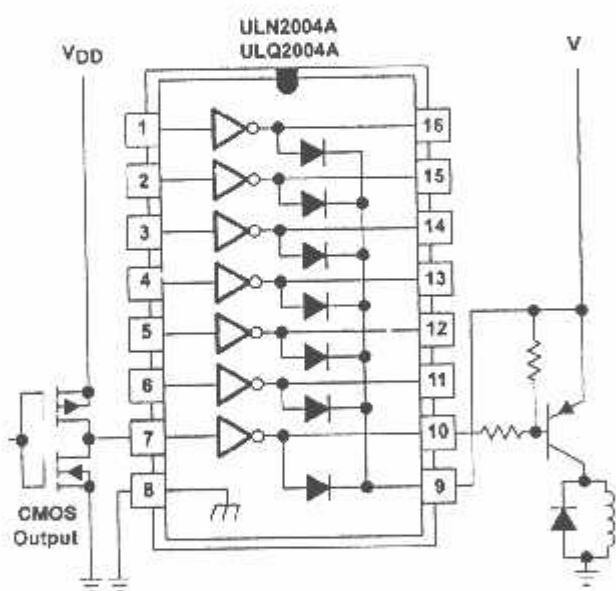


Figure 18. Buffer for Higher Current Loads

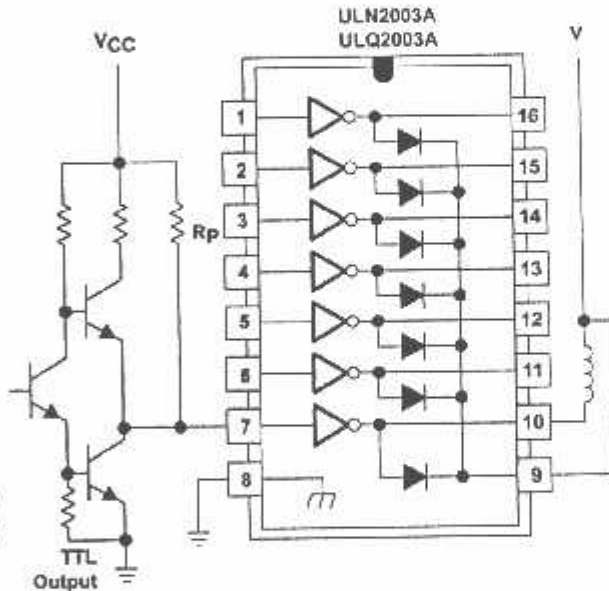


Figure 19. Use of Pullup Resistors  
 to Increase Drive Current

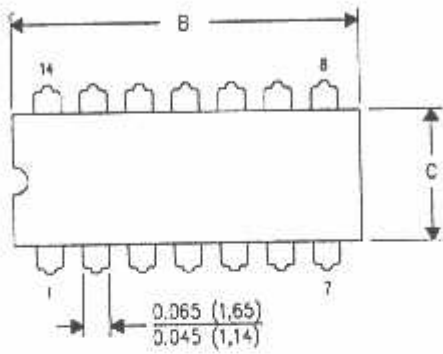


POST OFFICE BOX 655302 • DALLAS, TEXAS 75285

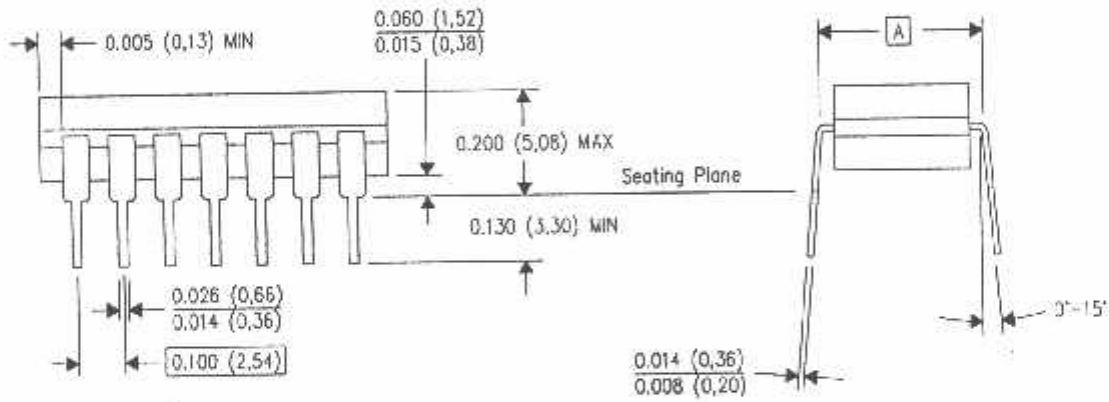
J (R-GDIP-T\*\*)

14 LEADS SHOWN

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE



DIM \ PINS **	14	16	18	20
A	0.300 (7.62) BSC	0.300 (7.62) BSC	0.300 (7.62) BSC	0.300 (7.62) BSC
B MAX	0.785 (19.94)	.840 (21.34)	0.960 (24.38)	1.050 (26.92)
B MIN	—	—	—	—
C MAX	0.300 (7.62)	0.300 (7.62)	0.310 (7.87)	0.300 (7.62)
C MIN	0.245 (6.22)	0.245 (6.22)	0.220 (5.59)	0.245 (6.22)



4040083/F 03/03

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
  - B. This drawing is subject to change without notice.
  - C. This package is hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
  - D. Index point is provided on cap for terminal identification only on press ceramic glass frit seal only.
  - E. Falls within MIL-STD-1835 GDIP1-T14, GDIP1-T16, GDIP1-T18 and GDIP1-T20.

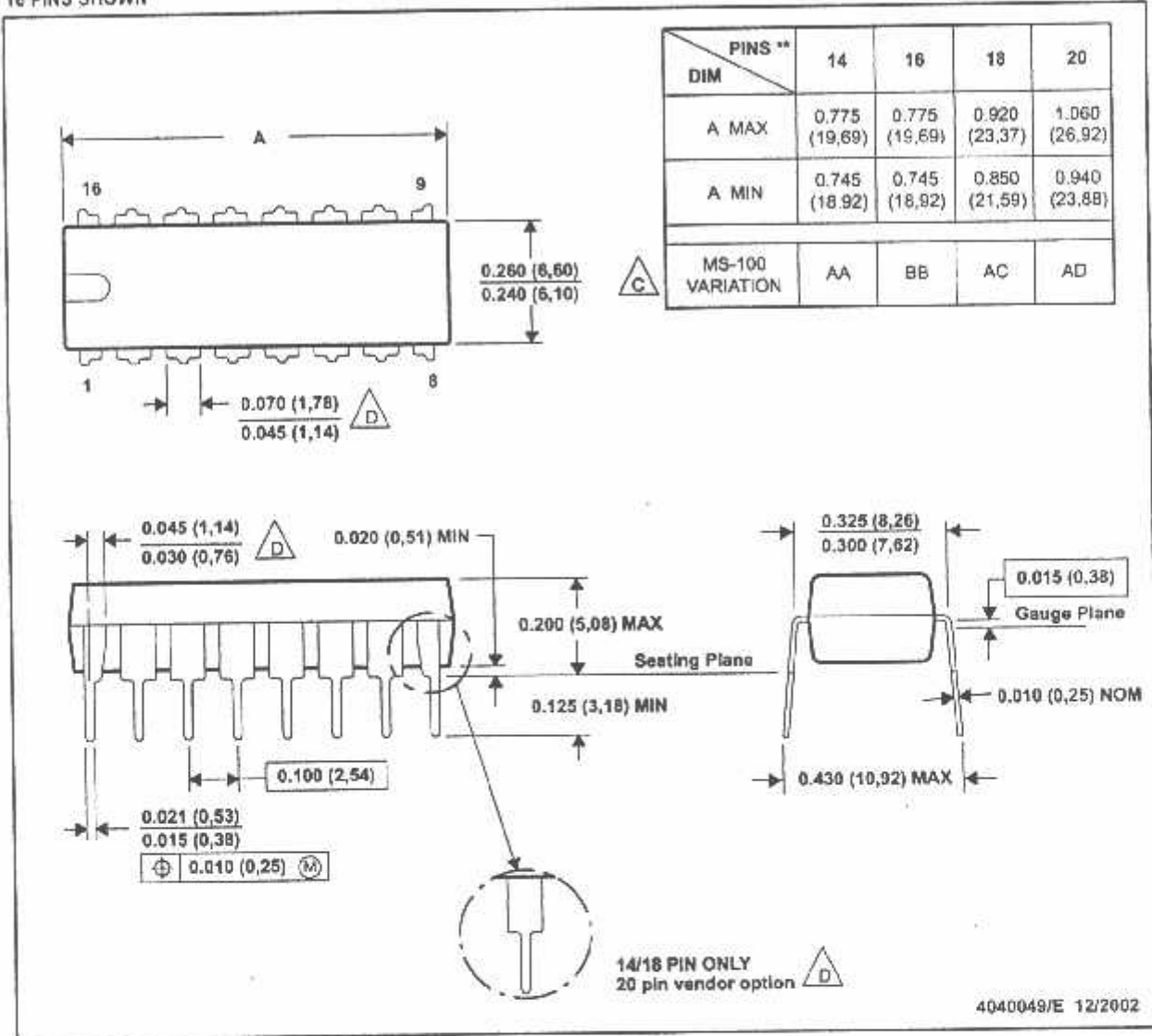
MECHANICAL

MPDI002C - JANUARY 1995 - REVISED DECEMBER 2002

N (R-PDIP-T\*\*)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE

16 PINS SHOWN



4040049/E 12/2002

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



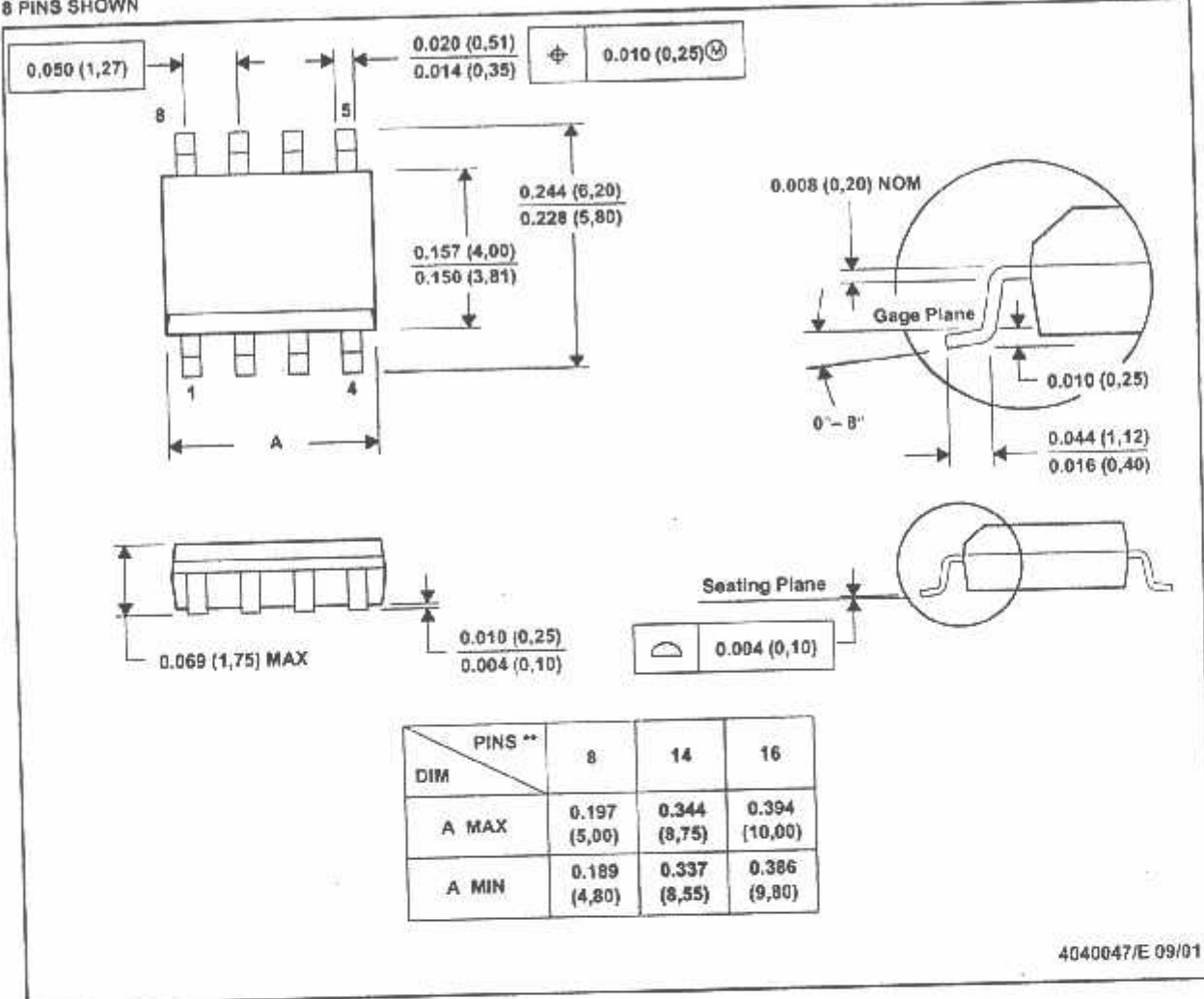
MECHANICAL DATA

MSOI002B - JANUARY 1995 - REVISED SEPTEMBER 2001

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE

D (R-PDSO-G\*\*)

8 PINS SHOWN

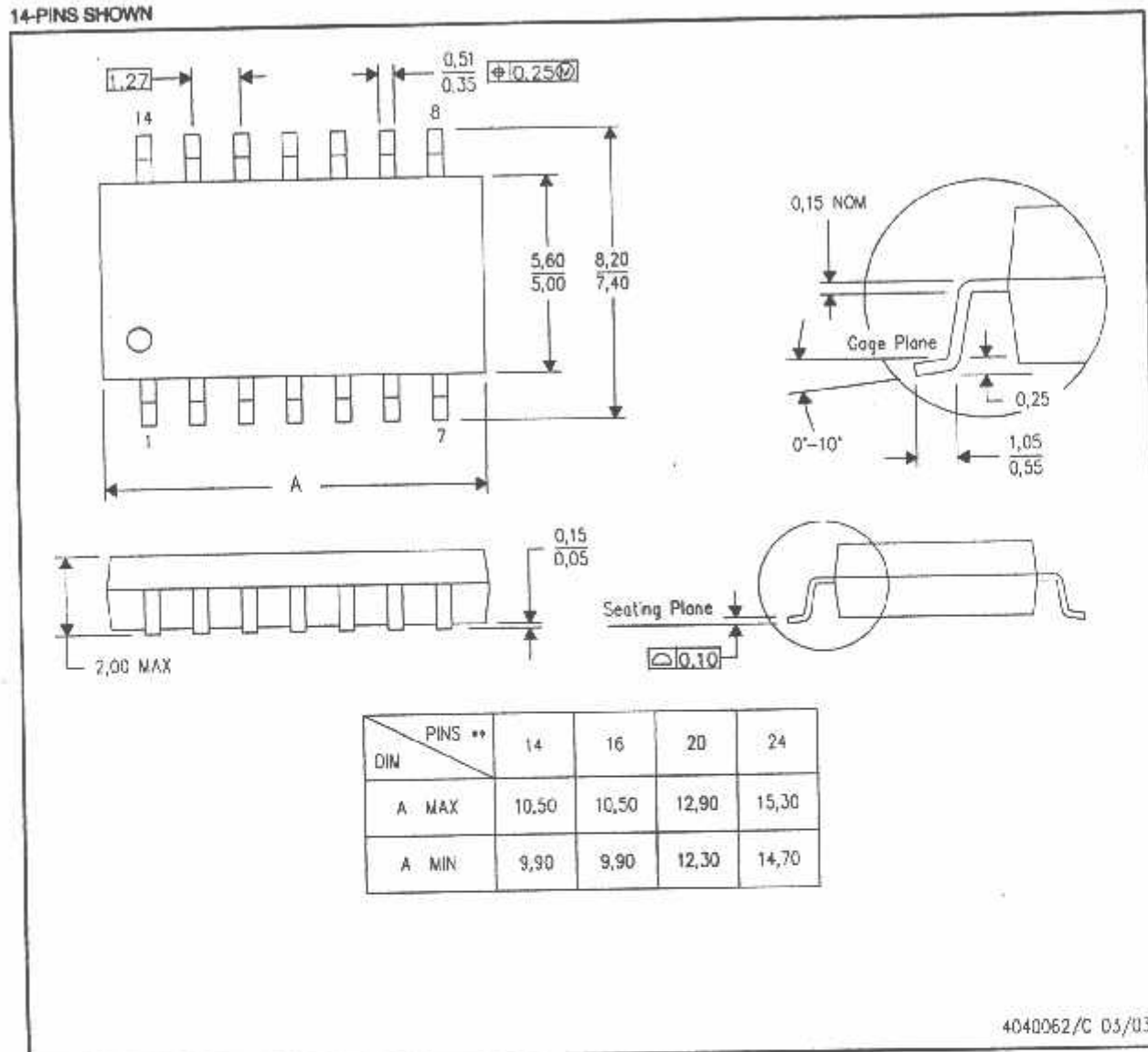


- NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).  
 B. This drawing is subject to change without notice.  
 C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0.006 (0.15).  
 D. Falls within JEDEC MS-012

# MECHANICAL DATA

## PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE

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



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

### IMPORTANT NOTICE

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

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

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

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

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

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

Mailing Address:

Texas Instruments  
Post Office Box 655303  
Dallas, Texas 75265

\*\*\*\*\*

\*  
\*  
\* Judul : PROGRAM OTOMATISASI PENGAMBIL GAMBAR  
\* PELANGGARAN DIDAEARAH TRAFFIC LIGHT  
\*

\*  
\* File :  
\* Funktion :  
\*  
\* Nama : Adi Anugerah N.  
\* Nim : 00.17148  
\*

\*\*\*\*\*

incl v\_myinc.inc Datei mit Definitionen einbinden  
org \$2000 Startadresse im RAM

\*\*\*\* Hauptprogramm \*\*\*\*\*

```
init jsr initial  
  
utama ldaa PORTG  
anda #$88  
cmpa #$88  
beq step  
jmp posisi  
jmp utama  
  
posisi jsr balik  
jmp utama  
  
step jsr l1  
jmp step
```

\*\*\*\* Program Bagian \*\*\*\*\*

\* Program Inisial PORT  
\* Input : Sensor Infra Motor (PG2,PG3,PG7)  
\* Input1: Sensor Lalu Lintas

\*\*\*\*\*  
\*  
initial ldaa #\$FF  
staa DDRA  
ldaa #\$00

```
    staa  DDRG
    ldaa  #%00111100
    staa  DDRD
    ldaa  #%01010011
    staa  SPCR
    rts
```

```
*****
**
```

```
* Program Cari Posisi
```

```
*****
**
```

```
cari  ldx  #20
loop1 jsr  kanan
      ldaa PORTG
      anda #$8C
      cmpa #$88
      beq  clear
      cmpa #$84
      beq  balik
      bne  loop1
```

```
balik ldx  #20
loop2 jsr  kiri
      ldaa PORTG
      anda #$8C
      cmpa #$88
      beq  clear
      cmpa #$0C
      beq  cari
      bne  loop2
```

```
clear ldaa #$00
      staa PORTA
      rts
```

```
*****
***
```

```
* Pgogram Lampu Lalu Lintas
```

```
*****
***
```

```
11  ldy  #db1
     LDAA 0,y
     JSR  KIRIM
     LDAA 1,y
```

```

        JSR    KIRIM

        ldaa  #5
ulang1 jsr   Tunda1s
        ldab  #'A
        jsr   Tulis_Byte
        jsr   baca1
        deca
        cmpa #0
        bne  ulang1
        beq  12

12      ldy   #db2
        LDAA 0,y
        JSR   KIRIM
        LDAA 1,y
        JSR   KIRIM

loop3   jsr   kiri
        ldab  PORTG
        andb  #$0C
        cmpb  #$0C
        beq   clr1
        bne  loop3
clr1    clr   PORTA

        ldaa  #3
ulang2  jsr   Tunda1s
        ldab  #'B
        jsr   Tulis_Byte
        jsr   baca1
        deca
        cmpa #0
        bne  ulang2
        beq  13

13      ldy   #db3
        LDAA 0,y
        JSR   KIRIM
        LDAA 1,y
        JSR   KIRIM

        ldaa  #5
ulang3  jsr   Tunda1s
        ldab  #'C
        jsr   Tulis_Byte

```

---

```

    jsr  baca2
    deca
    cmpa #0
    bne  ulang3
    beq  14

14   ldy  #db4
     LDAA 0,y
     JSR  KIRIM
     LDAA 1,y
     JSR  KIRIM

loop4 jsr  kanan
     ldab PORTG
     andb #$88
     cmpb #$88
     beq  clr2
     bne  loop4
clr2  clr  PORTA

     ldaa #3
ulang4 jsr  Tunda1s
     ldab #D
     jsr  Tulis_Byte
     jsr  baca2
     deca
     cmpa #0
     bne  ulang4
     beq  15

15   ldy  #db5
     LDAA 0,y
     JSR  KIRIM
     LDAA 1,y
     JSR  KIRIM

loop5 jsr  kanan
     ldab PORTG
     andb #$84
     cmpb #$84
     bne  loop5
     clr  PORTA

     ldaa #5
ulang5 jsr  Tunda1s
     ldab #E

```

---

```

    jsr    Tulis_Byte
    jsr    baca3
    deca
    cmpa  #0
    bne   ulang5
    beq   l6

16     ldy   #db6
        LDAA 0,y
        JSR  KIRIM
        LDAA 1,y
        JSR  KIRIM

        ldaa  #3
ulang6 jsr    Tunda1s
        ldab  #F
        jsr    Tulis_Byte
        jsr    baca3
        deca
        cmpa  #0
        bne   ulang6
        jsr    $F02A
        rts

KIRIM  clr   PORTD
        staa  SPDR
        ldx   #SPSR
        brclr ,x,#$80,*
        ldaa  #$20
        staa  PORTD
        rts

bacal  psha
        ldaa  PORTG
        anda  #$70
        cmpa  #$40
        beq   k2
        cmpa  #$60
        beq   k2
        cmpa  #$50
        beq   k2
        cmpa  #$30
        beq   k1
        jmp   k1

baca2  psha

```



```
ldaa PORTG
anda #$70
cmpa #$10
beq k2
cmpa #$50
beq k2
cmpa #$30
beq k2
cmpa #$60
beq k1
jmp k1
```

```
 Baca3 psha
ldaa PORTG
anda #$70
cmpa #$20
beq k2
cmpa #$60
beq k2
cmpa #$30
beq k2
cmpa #$50
beq k1
jmp k1
```

```
k1 ldab #'0
jsr Tulis_Byte
pula
rts
```

```
k2 ldab #'1
jsr Tulis_Byte
pula
rts
```

```
*****
* Program Motor Stepper
*****
```

```
kanan idx #10
LDAA #$09
STAA PORTA
JSR TundaXms
LDAA #$03
STAA PORTA
JSR TundaXms
```

---

```
LDAA #$06
STAA PORTA
JSR  TundaXms
LDAA #$0C
STAA PORTA
JSR  TundaXms
rts
```

```
kiri  ldx  #10
LDAA #$0C
STAA PORTA
JSR  TundaXms
LDAA #$06
STAA PORTA
JSR  TundaXms
LDAA #$03
STAA PORTA
JSR  TundaXms
LDAA #$09
STAA PORTA
JSR  TundaXms
rts
```

```
**** InterruptHandler *****
```

```
INT1
```

```
    rti
```

```
**** Konstanten FCB, FDB, FCC (EPROM) *****
```

```
db1  fcb  $01,$09
db2  fcb  $00,$89
db3  fcb  $00,$4C
db4  fcb  $00,$4A
db5  fcb  $00,$61
db6  fcb  $00,$51
```

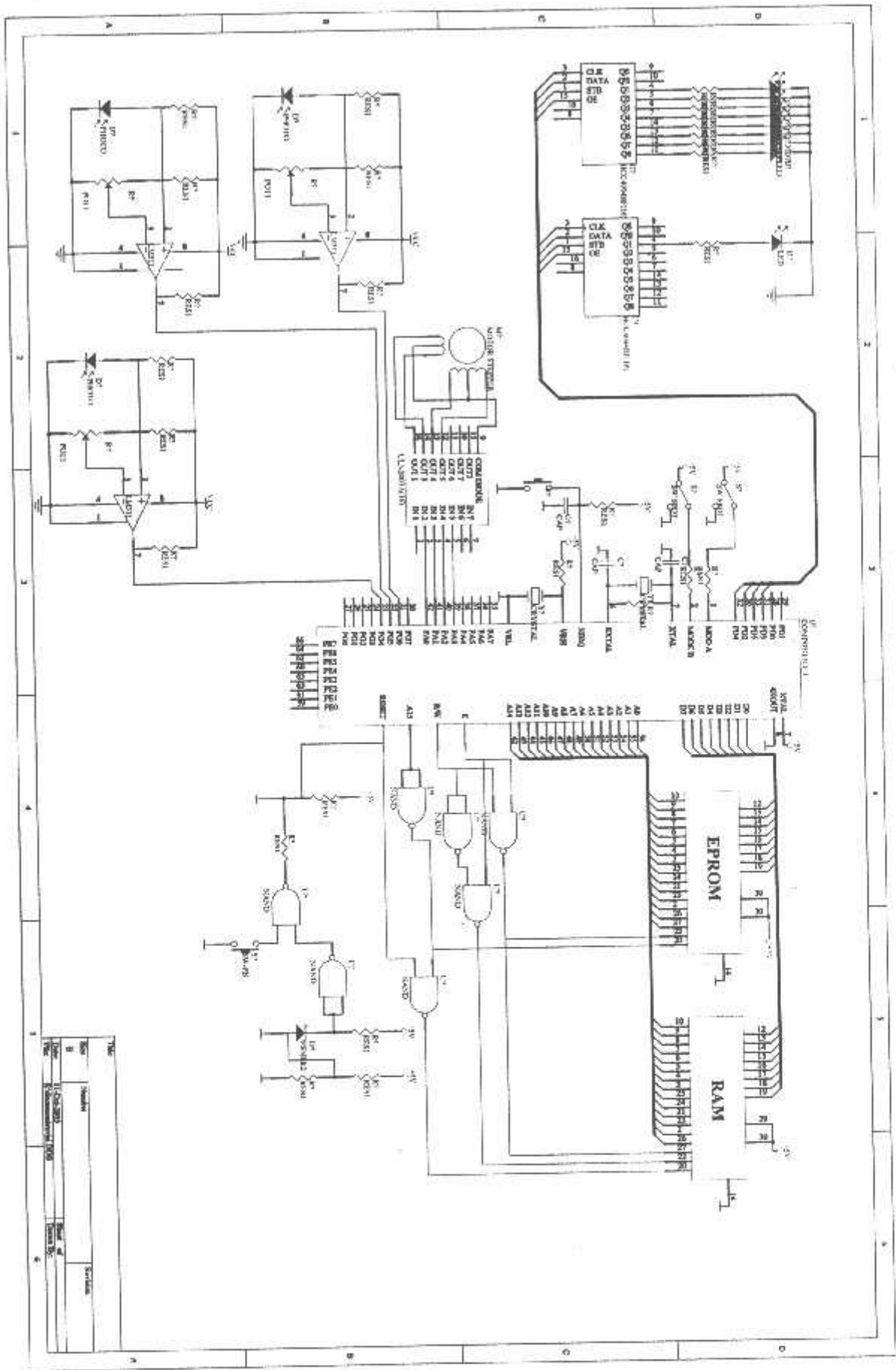
```
**** Variable RMB (RAM) *****
```

```
data  rmb  1
```

```
**** Ende *****
```

```
    end
```

---



TITLE	
NO.	1
REV.	1
DATE	1-15-2023
BY	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
CHECKED BY	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
DATE	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
APPROVED BY	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
DATE	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

# Visual Basic

---

```

Dim nama, k, r, hitung, click As Integer
Private Declare Function Beep Lib "kernel32" (ByVal dwFreq As Long, ByVal
dwDuration As Long) As Long
Private Sub Command1_Click()
Timer2.Enabled = True
Timer1.Enabled = True
Command1.Enabled = True
Command2.Enabled = True
Command3.Enabled = True
Command5.Enabled = True
Command6.Enabled = True
Command10.Enabled = True
Command11.Enabled = True
Command12.Enabled = True
Command13.Enabled = True
Option1.Enabled = True
Option2.Enabled = True
Option3.Enabled = True
Option4.Enabled = True
MDIForm1.StatusBar1.Panels(3) = "COM " + Str(MSComm1.CommPort) + "
Terhubung, Baud Rate : 4800,n,8,1"
On Error Resume Next
MSComm1.PortOpen = True
ezVidCap1.Visible = True
If Err Then
ezVidCap1.Visible = False
MsgBox "COM" + Str(MSComm1.CommPort) + " Tidak aktif silakan
menggunakan port lain"
Command3.Enabled = False
Command5.Enabled = False
Command6.Enabled = False
Timer1.Enabled = False
Command10.Enabled = False
Command11.Enabled = False
Command12.Enabled = False
Command13.Enabled = False
End If
End Sub

Private Sub Command10_Click()
Image2.Visible = True
Dim l, tampil As String
Dim hitung As Integer
l = Text3.text
hitung = l + 1
Text3.text = hitung
Save_Text App.Path + "\count.txt", Text3
tampil = "gbr" + Format(hitung, "#00000")

```

```

List1.AddItem Format(Str(Date), "dd/mm/yy") & " " + Format(Str(Time),
"hh:mm:ss") + " " + "-> " + App.Path & "\" + tampil & ".jpg"
Call SaveListBox(List1, App.Path + "\Record.txt")
On Error Resume Next
    Call ezVidCap1.SaveDIB(App.Path & "\" & tampil & ".jpg")
    If Err Then
        MsgBox "Capture Gagal", vbAbortRetryIgnore
    End If
    'Tampilkan Gambar
    For r = 1 To List1.ListCount
    p2 = Mid(List1.List(r - 1), 26, 60)
    Next r
    MDIForm1.Caption = p2
    On Error Resume Next
    Image2.Picture = LoadPicture(p2)
    If Err Then
    v = MsgBox("Tidak Ada Data Gambar " & "Pada Direktori " & App.Path,
vbInformation, "Lalu Lintas")
    End If
    Timer1.Enabled = True
End Sub

Private Sub Command11_Click()
ezVidCap1.ShowDlgVideoSource
End Sub

Private Sub Command12_Click()
ezVidCap1.CaptureVideo
End Sub

Private Sub Command13_Click()
ezVidCap1.CaptureAbort
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Command1.Enabled = True
On Error Resume Next
MSComm1.PortOpen = False
ezVidCap1.Visible = False
Timer1.Enabled = False
If Err Then
MsgBox "COM" + Str(MSComm1.CommPort) + " Tidak aktif "
End If
Command1.Enabled = True
Command2.Enabled = False
Command3.Enabled = False

```

---

```
Command5.Enabled = False
Command6.Enabled = False
Command10.Enabled = False
Command11.Enabled = False
Command12.Enabled = False
Command13.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
Text3.text = 0
Save_Text App.Path + "\count.txt", Text3
Text7.text = ""
Save_Text App.Path + "\Record.txt", Text7
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
Dim item As String
On Error Resume Next
Cmd1.DialogTitle = "Load File"
Cmd1.InitDir = App.Path & "\text"
Cmd1.Filter = "Text (*.txt)|*.txt"
Cmd1.ShowOpen
file = FreeFile
Open Cmd1.FileName For Input As file
If Err Then
Exit Sub
End If
Do Until (EOF(1) = True)
Input #file, item
List1.AddItem item
Loop
Close file
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()
Dim i, NumEntries As Integer
If List1.ListCount = 0 Then
MsgBox "Tidak Ada Data Di List Box!", vbExclamation, "List Box"
Exit Sub
End If
On Error Resume Next
Cmd1.DialogTitle = "Simpan Data"
Cmd1.Filter = "Text (*.txt)|*.txt"
Cmd1.ShowSave
file = FreeFile
NumEntries = List1.ListCount - 1
Open Cmd1.FileName For Output As file
```

---

```
If Err Then
Exit Sub
End If
For i = 0 To NumEntries
Write #file, List1.List(i)
Next i
Close file
If Err Then
Exit Sub
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command7_Click()
Image2.Visible = False
List1.Clear
List1.Refresh
End Sub
```

```
Private Sub Command8_Click()
psnkeluar = MsgBox("Keluar Aplikasi....?", vbOKCancel, "Konfirmasi")
If psnkeluar = vbOK Then
End
Else
If psnkeluar = vbCancel Then
Nopek.Show
End If
End If
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
Text2.text = Format(Time, "hh:mm:ss")
Text3.Visible = True
Load_Text App.Path + "\count.txt", Text3
Call LoadListBox(List1, App.Path + "\Record.txt")
Nopek.Caption = "Perekam Pelanggaran Lalu Lintas Secara Otomatis"
Frame1.Caption = "Communication Port"
Frame3.Caption = "Capture"
Frame4.Caption = "Capture File"
Frame6.Caption = "Record"
Frame7.Caption = "Capture Preview"
ezVidCap1.Visible = False
Option1.Caption = "COM 1"
Option2.Caption = "COM 2"
Option3.Caption = "COM 3"
Option4.Caption = "COM 4"
Command3.Caption = "Reset"
Command4.Caption = "Open File"
```

---



```
Command5.Caption = "Save"  
Command6.Caption = "Manual"  
Command7.Caption = "Clear List"  
Command8.Caption = "Exit"  
Command1.Caption = "Connect"  
Command2.Caption = "Disconnect"  
Command2.Enabled = False  
Command3.Enabled = False  
Command4.Enabled = True  
Command5.Enabled = False  
Command6.Enabled = False  
Command7.Enabled = True  
Command10.Enabled = False  
Command11.Enabled = False  
Command12.Enabled = False  
Command13.Enabled = False  
Frame8.Caption = "Command"  
Timer1.Enabled = False  
Timer2.Enabled = False  
Timer3.Enabled = False  
Timer5.Enabled = True  
Timer4.Enabled = False  
nama = 0  
click = 0  
End Sub
```

```
Private Sub List1_Click()  
Image2.Visible = True  
d1 = Mid(List1.text, 26, 60)  
Text1.text = d1  
On Error Resume Next  
Image2.Picture = LoadPicture(d1)  
If Err Then  
v = MsgBox("Tidak Ada Data Gambar " & "Pada Direktori " & App.Path,  
vbInformation, "Lalu Lintas")  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Option1_Click()  
MSComm1.CommPort = 1  
End Sub
```

```
Private Sub Option2_Click()  
MSComm1.CommPort = 2  
End Sub
```

```
Private Sub Option3_Click()  
MSComm1.CommPort = 3
```

---

End Sub

```
Private Sub Option4_Click()  
MSComm1.CommPort = 4  
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()  
d1 = MSComm1.Input  
Text4.text = d1  
If InStr(Text4.text, "A1") Or InStr(Text4.text, "B1") Or InStr(Text4.text, "C1")  
Or InStr(Text4.text, "D1") Or InStr(Text4.text, "E1") Or InStr(Text4.text, "F1")  
Then  
Image2.Visible = True  
Dim l, tampil As String  
Dim hitung As Integer  
l = Text3.text  
hitung = l + 1  
Text3.text = hitung  
Save_Text App.Path + "\count.txt", Text3  
tampil = "gbr" + Format(hitung, "#00000")  
List1.AddItem Format(Str(Date), "dd/mm/yy") & " " + Format(Str(Time),  
"hh:mm:ss") + " " + "-> " + App.Path & "\" + tampil & ".jpg"  
Call SaveListBox(List1, App.Path + "\Record.txt")  
On Error Resume Next  
Call ezVidCap1.SaveDIB(App.Path & "\" & tampil & ".jpg")  
If Err Then  
MsgBox "Capture Gagal", vbAbortRetryIgnore  
End If  
Tampilkan Gambar  
For r = 1 To List1.ListCount  
p2 = Mid(List1.List(r - 1), 26, 60)  
Next r  
MDIForm1.Caption = p2  
On Error Resume Next  
Image2.Picture = LoadPicture(p2)  
If Err Then  
v = MsgBox("Tidak Ada Data Gambar " & "Pada Direktori " & App.Path,  
vbInformation, "Lalu Lintas")  
End If  
Timer3.Enabled = True  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Timer2_Timer()  
If InStr(Text4.text, "A") Then  
Shape3(3).FillColor = &HC0C0FF  
Shape4(4).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(5).FillColor = &HC000&
```

```
Shape3(0).FillColor = &HFF&  
Shape4(0).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(1).FillColor = &HC0FFC0
```

```
Shape3(1).FillColor = &HFF&  
Shape4(2).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(3).FillColor = &HC0FFC0
```

End If

```
If InStr(Text4.text, "B") Then  
Shape3(3).FillColor = &HC0C0FF  
Shape4(4).FillColor = &HFFFF&  
Shape4(5).FillColor = &HC0FFC0
```

```
Shape3(0).FillColor = &HFF&  
Shape4(0).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(1).FillColor = &HC0FFC0
```

```
Shape3(1).FillColor = &HFF&  
Shape4(2).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(3).FillColor = &HC0FFC0
```

End If

```
If InStr(Text4.text, "C") Then  
Shape3(3).FillColor = &HFF&  
Shape4(4).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(5).FillColor = &HC0FFC0
```

```
Shape3(0).FillColor = &HC0C0FF  
Shape4(0).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(1).FillColor = &HC000&
```

```
Shape3(1).FillColor = &HFF&  
Shape4(2).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(3).FillColor = &HC0FFC0
```

End If

```
If InStr(Text4.text, "D") Then  
Shape3(3).FillColor = &HFF&  
Shape4(4).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(5).FillColor = &HC0FFC0
```

```
Shape3(0).FillColor = &HC0C0FF  
Shape4(0).FillColor = &HFFFF&  
Shape4(1).FillColor = &HC0FFC0
```

```
Shape3(1).FillColor = &HFF&
```

---

```
Shape4(2).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(3).FillColor = &HC0FFC0  
End If
```

```
If InStr(Text4.text, "E") Then  
Shape3(3).FillColor = &HFF&  
Shape4(4).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(5).FillColor = &HC0FFC0  
  
Shape3(0).FillColor = &HFF&  
Shape4(0).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(1).FillColor = &HC0FFC0  
  
Shape3(1).FillColor = &HC0C0FF  
Shape4(2).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(3).FillColor = &HC000&  
End If
```

```
If InStr(Text4.text, "F") Then  
Shape3(3).FillColor = &HFF&  
Shape4(4).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(5).FillColor = &HC0FFC0  
  
Shape3(0).FillColor = &HFF&  
Shape4(0).FillColor = &HC0C0&  
Shape4(1).FillColor = &HC0FFC0  
  
Shape3(1).FillColor = &HC0C0FF  
Shape4(2).FillColor = &HFFFF&  
Shape4(3).FillColor = &HC0FFC0  
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)  
psnkeluar = MsgBox("Keluar Aplikasi....?", vbOKCancel, "Konfirmasi")  
If psnkeluar = vbOK Then  
End  
Else  
If psnkeluar = vbCancel Then  
Nopek.Show  
End If  
End If  
End Sub  
Sub Load_Text(Path As String, Txt As TextBox)  
'Contoh: load_Text "c:\text.txt" text1  
On Error Resume Next  
Dim text As String, a As String
```

```

Open Path$ For Input As #1

Do While Not EOF(1)
    Line Input #1, a$
    text$ = text$ + a$ + Chr$(13) + Chr$(10)
Loop
Txt = text$
Close #1
End Sub
Public Sub LoadListBox(TheList As ListBox, Directory As String)
'Contoh: Call LoadListBox(list1, "C:\Temp\MyList.dat")
    Dim MyString As String
    On Error Resume Next
    Open Directory$ For Input As #1
    While Not EOF(1)
        Input #1, MyString$
        DoEvents
        TheList.AddItem MyString$
    Wend
    Close #1
End Sub
Sub Save_Text(Path As String, Txt As TextBox)
'Contoh:Save_Text "c:\text.txt", text1
    On Error Resume Next
    Open Path$ For Output As #1
    Print #1, Txt
    Close #1
End Sub

Public Sub SaveListBox(TheList As ListBox, Directory As String)
'Contoh: Call SaveListBox(list1, "C:\Temp\MyList.dat")
    Dim SaveList As Long
    On Error Resume Next
    Open Directory$ For Output As #1
    For SaveList& = 0 To List1.ListCount - 1
        Print #1, List1.List(SaveList&)
    Next SaveList&
    Close #1
End Sub

Private Sub Timer3_Timer()
'Alarm
For i = 0 To 5
    Beep 500, 100
    Beep 1000, 100
Next i
Timer3.Enabled = False
End Sub

```

---

```
Private Sub Timer5_Timer()  
Text5.text = Time  
Text6.text = Date  
End Sub
```



### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Aai Anugerah M  
N I M : 00.17.198  
Perbaikan meliputi :

① Make complete system schema (electronic schema).

② Describe memory addressing of MC


③ Describe MC system design

④ Describe serial communication between MC & PC.

⑤ Add PC program.

⑥ Make electronic schema become clear (kalian bisa scan-an keapkhajim)

Malang, 7 Oct 2005

  
(Cahyo Erydian)

---