

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENAKAR GULA  
OTOMATIS DILENGKAPI DENGAN PENCETAK STRUK  
PEMBELIAN BERBASIS  
MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535**

**SKRIPSI**



**Disusun oleh :  
FAHMI FIRMANSYAH  
NIM. 09.12.904**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2012**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENAKAR GULA OTOMATIS DILENGKAPI DENGAN PENCETAK STRUK PEMBELIAN BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535

### SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

**FAHMI FIRMANSYAH**  
NIM : 09.12.904

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

  
**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
NIP.Y.1018800189

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

  
**(Irmalia Suryani Faradisa, ST, MT)**  
NIP.P 103.0100.365

Dosen Pembimbing II

  
**(Sotyo Hadi, ST)**  
NIP.Y 1039700309

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2012**

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fahmi Firmansyah  
NIM : 09.12.904  
Program Studi : Teknik Elektro – S1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 2012

Yang membuat Pernyataan,



**Fahmi Firmansyah**  
NIM : 09.12.904

## ABSTRAK

### PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENJUAL GULA OTOMATIS DILENGKAPI DENGAN PENCETAK STRUK PEMBELIAN BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535

Fahmi Firmansyah (09.12.904)

Dosen pembimbing I : Irmalia Suryani Faradisa, ST.MT

Dosen pembimbing II : Sotyohadi, ST

Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Elektronika  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang  
E-mail : mee\_fm@yahoo.com

Sistem penjualan gula pasir pada saat ini yaitu menakar dan menimbang terlebih dahulu atau dalam bentuk kemasan yang disediakan atau siap saji dan dibungkus rapi tetapi itu untuk jumlah tertentu Untuk timbul sebuah ide untuk membuat suatu alat penakar gula otomatis dengan menggunakan mikrokontroler Atmega8535 dilengkapi dengan pencetak struk pembelian. sistem penjualan gula ini diharapkan mampu melayani konsumen pembeli gula pasir secara otomatis dengan program yang disediakan untuk lebih mempermudah dalam pengoperasiannya dan memberi kepuasan pada pembeli.

Dengan sistem penjualan seperti itu diharapkan akan lebih membantu baik pihak pembeli maupun pihak penjual karena pihak pembeli dapat melayani dirinya sendiri secara bebas dan cepat. Sedangkan bagi pihak penjual akan meringankan tugasnya dan dapat memberikan pelayanan secara optimal tanpa menguras tenaga serta pikiran, karena alat tersebut juga memberikan informasi berapa jumlah gula pasir dan harga yang harus dibayar oleh konsumen.

Dalam perancangan penakar gula ini digunakan sebuah rangkaian mikrokontroler ATMEGA 8535 yang berfungsi untuk mengatur dan mengolah data dari beberapa komponen seperti sensor berat loadcell, rangkaian pengkondisi sinyal, LCD (Liquid Crystal Display), RTC (Real Time Clock), EEPROM (Electrically Erasable and Programmable – Read Only memory) dan keypad.

Nilai kesalahan rata-rata pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor berat adalah 5,72%; sedangkan nilai kesalahan rata-rata pengujian alat secara keseluruhan adalah 1,74 %.

***Kata kunci:*** *loadcell, struk Pembelian, Mikrokontroler ATMEGA 8535*

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENAKAR GULA OTOMATIS DILENGKAPI DENGAN PENCETAK STRUK PEMBELIAN BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535”** dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Elektronika ITN Malang.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir.Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ibu Irmalia Suryani Faradisa, ST, MT selaku Dosen Pembimbing satu Tugas Skripsi.
5. Bapak Sotyohadi, ST selaku Dosen Pembimbing dua Tugas Skripsi.
6. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan yang tidak kami sebutkan satu-persatu,

Kami ucapkan banyak terima kasih atas bantuannya dalam proses pembuatan Skripsi yang telah saya kerjakan, begitu juga dengan penyelesaian laporan ini.

Usaha ini telah kami lakukan semaksimal mungkin, namun jika ada kekurangan dan kejanggalan dalam penyusunan, kami mohon saran dan kritik yang sifatnya membangun. Begitu juga sangat kami perlukan untuk menambah kesempurnaan laporan ini dan dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, 26 Juli 2012

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	1
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	2
1.5. Metode Penelitian .....	2
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1. Mikrokontroler ATmega 8535 .....	5
2.1.1. Pengenalan Mikrokontroler .....	5
2.1.2. Fungsi Pin ATmega 8535 .....	6
2.1.3. Arsitektur Mikrokontroler ATmega 8535 .....	8
2.2. Load Cell .....	10
2.3. Pengkondisi Sinyal .....	12
2.3.1. Penguat Deferensial .....	14
2.3.2. Penguat Penyangga .....	15
2.3.3. Penguat Instrumentasi .....	17
2.4. RTC DS1307 .....	17
2.5. LCD .....	18
2.6. Keypad .....	20
2.7. Motor DC .....	22
2.8. Relay .....	23
2.8. Printer LX-800 .....	25

<b>BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN .....</b>	<b>27</b>
3.1. Spesifikasi alat .....	27
3.2. Perencanaan Sistem .....	27
3.3. Prinsip Kerja Sistem.....	29
3.4. Perancangan Perangkat keras .....	30
3.4.1. Perancangan Sensor Load Cell .....	30
3.4.2. Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal .....	31
3.4.3. Perancangan Mikrokontroller .....	33
3.4.4. Perancangan ADC .....	34
3.4.5. Perancangan Rangkaian RTC .....	35
3.4.6. Perancangan Antarmuka Modul LCD.....	36
3.4.7. Perancangan Antarmuka Keypad.....	36
3.4.8. perancangan Driver motor .....	37
3.5. Perancangan Perangkat Lunak .....	38
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1. Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal .....	42
4.1.1. Tujuan Pengujian .....	42
4.1.2. Peralatan Pengujian .....	42
4.1.3. Prosedur Pengujian .....	42
4.1.4. Hasil Pengujian .....	43
4.2. Pengujian Antarmuka Keypad .....	46
4.2.1. Tujuan Pengujian .....	46
4.2.2. Peralatan Pengujian .....	46
4.2.3. Prosedur Pengujian.....	46
4.2.4. Hasil Pengujian.....	47
4.3. Pengujian Antarmuka Modul LCD .....	48
4.3.1. Tujuan Pengujian .....	48
4.3.2. Peralatan Pengujian .....	48
4.3.3. Prosedur Pengujian.....	48
4.3.4. Hasil Pengujian.....	49
4.4. Pengujian Rangkaian RTC .....	50
4.4.1. Tujuan Pengujian .....	50

4.4.2. Peralatan Pengujian .....	50
4.4.3. Prosedur Pengujian.....	50
4.4.4. Hasil Pengujian.....	51
4.5. Pengujian Port Paralel .....	51
4.5.1. Tujuan Pengujian .....	51
4.5.2. Peralatan Pengujian .....	51
4.5.3. Prosedur Pengujian.....	52
4.5.4. Hasil Pengujian.....	52
4.6. Pengujian Sistem Keseluruhan .....	53
4.6.1. Tujuan Pengujian .....	53
4.6.2. Peralatan Pengujian .....	53
4.6.3. Prosedur Pengujian.....	53
4.6.4. Hasil Pengujian.....	54
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>56</b>
5.1. Kesimpulan .....	56
5.2. Saran-Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>59</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pin ATMEGA 8535 .....	4
Gambar 2.2. Blok diagram ATMEGA8535 .....	5
Gambar 2.3. Arsitektur ATMEGA8535 .....	6
Gambar 2.4. Strain Gauge.....	8
Gambar 2.5. Jembatan wheatstone.....	9
Gambar 2.6. Load cell single point.....	10
Gambar 2.7. Penguat operational .....	13
Gambar 2.8. Penguat differensial .....	14
Gambar 2.9. Penguat penyangga .....	16
Gambar 2.10. Penguat instrumentasi .....	17
Gambar 2.11. Konfigurasi pin RTC DS1307.....	19
Gambar 2.12. Konfigurasi pin LCD.....	19
Gambar 2.13. Proses scanning Keypad matriks 4X4.....	20
Gambar 2.14. Motor DC .....	21
Gambar 2.15. Arah gaya pada motor DC.....	23
Gambar 2.16. Skema <i>relay</i> elektromekanik.....	26
Gambar 2.17. Relay jenis Single Pole Double Throw (SPDT).....	25
Gambar 2.18. Sistem control berbasis <i>relay</i> .....	25
Gambar 2.19. Printer Epson LX-800 .....	26
Gambar 3.1. Diagram Blok Keseluruhan Sistem.....	35
Gambar 3.2. Prototype alat .....	38
Gambar 3.3. Rangkaian sensor loadcell.....	
Gambar 3.4. Rangkaian Penguat instrumentasi .....	40
Gambar 3.5. Penggunaan Port mikrokontroller .....	40
Gambar 3.6. Rangkaian RTC .....	41
Gambar 3.7. Antarmuka Modul LCD .....	41
Gambar 3.8. Perancangan Keypad .....	42
Gambar 3.9. Antarmua keypad .....	43
Gambar 3.10. Driver motor .....	43
Gambar 3.11. Diagram Alir Program Utama .....	44

Gambar 4.1. Diagram Blok Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal .....	48
Gambar 4.2. Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal .....	50
Gambar 4.3. Diagram Pngujian Antarmuka Keypad .....	51
Gambar 4.4. Diagram Blok Pengujian Antarmuka Modul LCD .....	53
Gambar 4.5. Hasil Pengujian Antarmuka Modul LCD .....	53
Gambar 4.6. Diagram Blok Pengujian Rangkaian RTC .....	55
Gambar 4.7. Hasil Pengujian Rangkaian RTC .....	55
Gambar 4.8. Diagram Blok Pengujian Antarmuka Port Paralel .....	57
Gambar 4.9. Slip Pembayaran pembelian gula .....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Fungsi alternatif <i>port A</i> .....	6
Tabel 2.2. Fungsi alternatif <i>port B</i> .....	7
Tabel 2.3. Fungsi alternatif <i>port C</i> .....	7
Tabel 2.4. Fungsi alternatif <i>port D</i> .....	8
Tabel 2.5. Tabel Alamat Register RTC.....	18
Tabel 2.6. Tabel Fungsi Pin-pin Modul LCD .....	20
Tabel 4.1. Hasil pengukuran Load cell .....	43
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal .....	44
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Antarmuka Keypad.....	47
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Rangkaian RTC .....	51
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan .....	54

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latarbelakang**

Teknologi membuat segala sesuatu yang dilakukan agar menjadi lebih mudah. Manusia selalu berusaha untuk menciptakan sesuatu yang dapat mempermudah aktivitasnya, hal inilah yang mendorong perkembangan teknologi yang telah banyak menghasilkan alat sebagai piranti untuk mempermudah kegiatan manusia bahkan menggantikan peran manusia dalam suatu fungsi tertentu. Teknologi memegang peran penting di era modernisasi seperti pada saat ini, dimana teknologi telah menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Perkembangan teknologi saat ini telah merambah ke segala aspek kehidupan hingga saat ini seolah kita dimanjakan oleh adanya alat-alat yang dapat memberikan kemudahan.

Pada umumnya, yang masih perlu kita kembangkan adalah sistem penjualan konvensional menggunakan tenaga manusia, kejadian seperti ini dapat kita jumpai misalnya pada sistem penjualan gula pasir. Sistem penjualan gula pasir pada saat ini yaitu menakar dan menimbang terlebih dahulu atau dalam bentuk kemasan yang disediakan atau siap saji dan dibungkus rapi tetapi itu untuk jumlah tertentu.

Berdasarkan uraian diatas, timbul sebuah ide untuk membuat suatu alat penakar gula otomatis dengan menggunakan mikrokontroler Atmega8535 dilengkapi dengan pencetak struk pembelian. sistem penjualan gula ini diharapkan mampu melayani konsumen pembeli gula pasir secara otomatis dengan program yang disediakan untuk lebih mempermudah dalam pengoperasiannya dan memberi kepuasan pada pembeli. Dengan sistem penjualan seperti itu diharapkan akan lebih membantu baik pihak pembeli maupun pihak penjual karena pihak pembeli dapat melayani dirinya sendiri secara bebas dan cepat. Sedangkan bagi pihak penjual akan meringankan tugasnya dan dapat memberikan pelayanan secara optimal tanpa menguras tenaga serta pikiran, karena alat tersebut juga memberikan informasi berapa jumlah gula pasir dan harga yang harus dibayar oleh konsumen.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang diatas dapat diperoleh permasalahan yang timbul diantaranya yaitu :

1. Bagaimana merencanakan dan membuat alat hardware dan software dari **Perencanaan dan Pembuatan Alat Penakar Gula Otomatis dilengkapi Dengan Struk Pembelian berbasis Mikrokontroller ATMEGA 8535**
2. Bagaimana cara merancang mikrokontroller sebagai pengontrol dan mengendalikan pengeluaran gula pasir yang diperlukan secara cepat, tepat dan akurat

### **1.3 Batasan masalah**

Untuk mencapai tujuan penyelesaian skripsi ini secara maksimal, maka diperlukan batasan masalah yang diharapkan agar permasalahan tidak meluas dan tetap fokus pada tujuan utama. Adapun batasan-batasan masalah pada tugas akhir ini yaitu :

1. Tidak membahas mekanik dalam proses penakaran gula
2. Kapasitas persediaan di tabung penampungan maksimal sebesar 20 kg
3. Pembelian kelipatan 500 gram dan maksimal pembelian sebesar 2500 gram

### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari pembuatan alat ini adalah :

1. Merancang dan membuat alat yang digunakan untuk melayani konsumen atau pembeli gula pasir secara otomatis.
2. Efisiensi alat, dengan menggunakan alat penjual gula pasir otomatis dapat lebih tepat dan akurat

### **1.5 Metode Pembahasan**

Adapun metode-metode yang diambil untuk pemecahan masalah meliputi :

1. Studi literatur  
Mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang telah ada, yang berhubungan dengan pembahasan masalah.
2. Perencanaan dan pembuatan alat  
Membuat digram blok rangkaian yang sesuai dengan rencana kerja, yang kemudian direalisasikan dengan masalah perencanaan dan pembuatan berdasarkan diagram blok rangkaian yang telah disusun.
3. Studi analisa alat

### **Bab III : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT**

Berisi mengenai tahap-tahap **Perencanaan dan Pembuatan Alat Penakar Gula Pasir Otomatis Dilengkapi Dengan Struk Pembelian berbasis Mikrokontroller ATMEGA 8535**. Hal ini meliputi perancangan arsitektur hardware dan pembuatan software aplikasi.

### **Bab IV : PENGUJIAN SISTEM**

Membahas tentang pengujian system untuk mengetahui apakah alat yang telah dirancang dan dibuat berjalan seperti yang telah direncanakan.

### **Bab V : PENUTUP**

Merupakan bagian akhir dari laporan yang terdiri dari kesimpulan dan saran.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Mikrokontroler ATMEGA8535

##### 2.1.1 Pengenalan Mikrokontroler ATMEGA8535

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 *register general-purpose*, timer/counter fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt* internal dan eksternal, *serial USART*, *Programmable Watchdog Timer*, dan mode *power saving*.

Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai In-System Programmable Flash on-chip yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI.

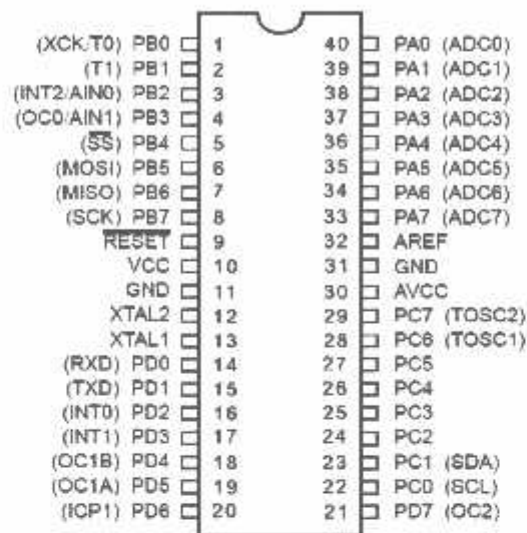
ATMEGA8535 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya-rendah berbasis arsitektur RISC yang ditingkatkan. Kebanyakan instruksi dikerjakan satu siklus *clock*, ATMEGA8535 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.

Mikrokontroler ATMEGA8535 memiliki fitur-fitur utama antara lain sebagai berikut:

1. 130 macam instruksi,
2. 32 x 8 bit General Purpose Register,
3. Memori program Flash pada ROM 8K,
4. Memori data SRAM 512 Byte,
5. Memori EEPROM 512 Byte,
6. Jalur I/O 32 pin,
7. Timer/counter 3 kanal,
8. 8-channel, 10-bit ADC,
9. *Output* PWM 4 kanal,
10. Enam mode sleep
11. Serial I/O menggunakan USART,
12. komparator analog.

## 2.1.2 Fungsi Pin Mikrokontroler ATMEGA8535

Susunan pin-pin dari IC mikrokontroler ATMEGA8535 diperlihatkan pada gambar 2-1. IC ini tersusun dari 40 pin yang memiliki beberapa fungsi tertentu.



Gambar 2.1 pin ATMEGA 8535

Penjelasan dari masing-masing pin adalah sebagai berikut:

**VCC** *Power supply.*

**GND** *Ground.*

**Port A (PA7..PA0)** Merupakan *input* analog untuk ADC, jika tidak digunakan *port A* dapat berfungsi sebagai 8-bit bidirectional *I/O port*, kaki *port* sudah tersedia resistor Pull-up internal (dipilih untuk masing-masing bit).

Fungsi alternatif *port A* antara lain:

Tabel 2.1 Fungsi alternatif *port A*

Pin Port A	Fungsi Alternatif
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)
PA6	ADC6 (ADC input channel 6)
PA5	ADC5 (ADC input channel 5)
PA4	ADC4 (ADC input channel 4)
PA3	ADC3 (ADC input channel 3)
PA2	ADC2 (ADC input channel 2)
PA1	ADC1 (ADC input channel 1)
PA0	ADC0 (ADC input channel 0)



**Port B (PB7..PB0)**

*Port B* merupakan *port I/O* 8-bit bi-directional. Pin-pin pada *port* ini dapat diberi resistor pull-up internal secara individual.

*Port B* juga mempunyai fungsi alternatif antara lain:

Tabel 2.2 Fungsi Alternatif *port B*

Pin	Fungsi Alternatif
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO ( SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB5	MOSI ( SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB4	SS (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter 0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter 1 External Counter Input)
PB0	T0 (Timer/Counter 0 External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)

**Port C (PC7..PC0)**

*Port C* merupakan *I/O* 8 bit dua arah dengan resistor pull up internal. *Port* ini mampu menyediakan arus hingga 20mA sehingga dapat langsung menggerakkan LED dari mikrokontroler ini. Dua bit dari *port C* ini (PC7..PC6) dapat digunakan sebagai osilator dari *Timer/Counter2*. *Port* ini akan tristate apabila reset diaktifkan.

*Port C* mempunyai fungsi alternatif lain seperti berikut:

Tabel 2.3 Fungsi Alternatif *Port C*

Pin	Fungsi Alternatif
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PB1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PB0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)

**Port D (PD7..PD0)**

*Port D* merupakan *I/O* 8 bit dua arah dengan resistor pull up internal . *Port* ini mampu menyediakan arus hingga 20mA sehingga dapat langsung menggerakkan LED dari mikrokontroler ini. *Port* ini akan tristate apabila reset diaktifkan.

*Port D* ini juga digunakan sebagai register fungsi khusus:

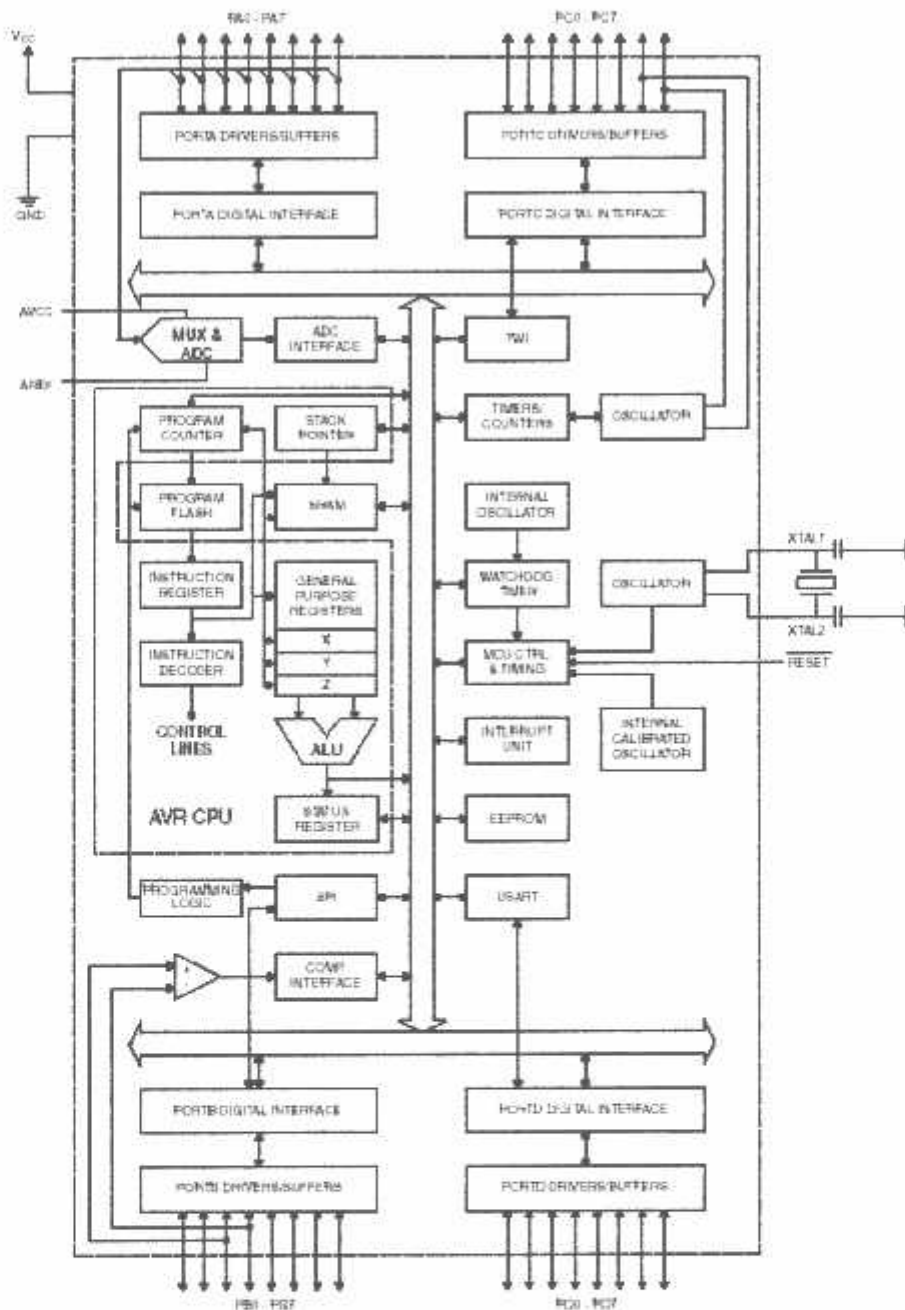
Tabel 2.4 Fungsi Alternatif *port D*

Pin	Fungsi Alternatif
PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output).
PD6	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin).
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output).
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output).
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input).
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input).
PD1	TXD (USART Output Pin).
PD0	RXD (USART Input Pin).

<b>RESET'</b>	Merupakan pin <i>input</i> yang aktif rendah, jika pin ini aktif rendah selama minimal 50ns ketika osilator bekerja akan mereset peralatan.
<b>XTAL1</b>	<i>Input</i> bagi <i>inverting osilator amplifier</i> dan <i>input</i> bagi <i>clock</i> internal.
<b>XTAL2</b>	<i>Output inverting osilator amplifier</i>
<b>AVCC</b>	AVCC adalah sumber tegangan +5 Volt untuk <i>Port A</i> dan untuk ADC internal. Meskipun ADC internal tidak digunakan pin ini tetap harus dihubungkan dengan sumber tegangan +5 Volt.
<b>AREF</b>	AREF adalah <i>input</i> analog tegangan referensi untuk ADC internal. Untuk pengoperasian ADC internal, <i>range</i> tegangan antara 2V sampai AVCC harus dihubungkan ke pin ini.

### 2.1.3 Arsitektur Mikrokontroler ATMEGA8535

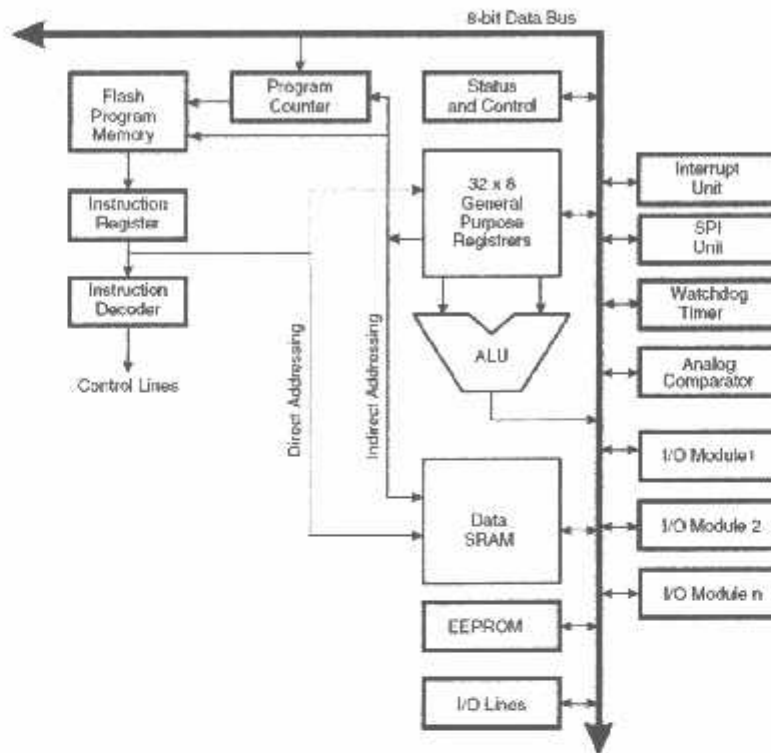
Seperti yang diungkapkan diatas bahwa mikrokontroler ATMEGA8535 merupakan mikrokontroler CMOS dengan daya rendah yang memiliki arsitektur AVR RISC 8-bit. Arsitektur ini mendukung kemampuan untuk melaksanakan eksekusi instruksi hanya dalam siklus *clock* osilator. Hal ini sangat cocok untuk mendesain suatu sistem aplikasi yang cepat dan hemat daya. AVR ini memiliki fitur untuk menghemat konsumsi daya, yaitu dengan menggunakan *mode sleep*. *Mode sleep* pada mikrokontroler ATMEGA8535 ada enam macam, yaitu *mode idle*, *mode ADC Noise Reduction*, *mode Power-save*, *mode Power-down*, *mode Standby* dan *mode Extended Standby*.



Gambar 2.2 Blok diagram ATMEGA8535

Mikrokontroler AVR memiliki model arsitektur Harvard, dimana memori dan bus untuk program dan data dipisahkan. Dalam arsitektur AVR, seluruh 32 register umum yang ada terhubung langsung ke ALU prosesor. Hal inilah yang membuat AVR begitu cepat dalam mengeksekusi instruksi. Dalam satu siklus *clock*, terdapat dua register independen yang dapat diakses oleh satu instruksi. Teknik yang digunakan adalah *fetch during execution* atau memegang sambil mengerjakan. Hal ini berarti, dua operan dibaca dari dua register, dilakukan eksekusi operasi, dan hasilnya disimpan

kembali dalam salah satu register, semuanya dilakukan hanya dalam satu siklus *clock*.  
 Arsitektur AVR ATMEGA8535 ditunjukkan dalam gambar berikut:



Gambar 2.3 Arsitektur ATMEGA8535

## 2.2 Load Cell

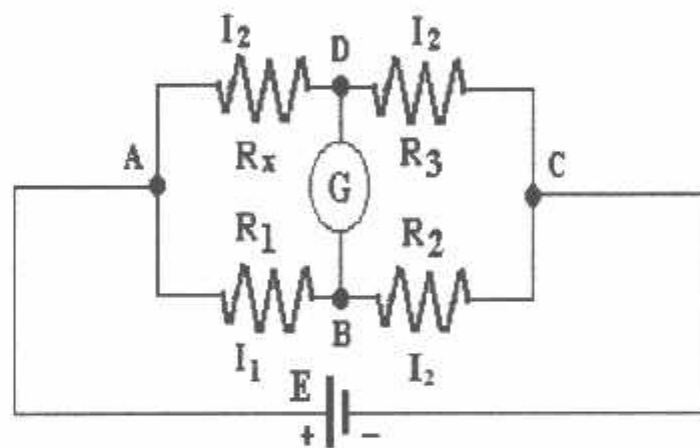
Load Cell sering digunakan pada setiap pengukuran berat secara elektronik. Load Cell dikategorikan sebagai sensor gaya. Sensor ini berfungsi merubah besaran berat atau gaya menjadi sinyal listrik dalam bentuk tegangan.

Load cell sendiri di bentuk dari transduser atau sensor tekanan yang disebut *strain gauge*. *strain gauge* terdiri dari kawat panjang yang sangat halus yang ditunen bolak-balik didalam suatu dalam kotak dan diletakkan diatas selembar kertas atau plastik. Kawat ini mempunyai resistansi tertentu. Jika kita meregangkan kawat, Kawat akan berkurang diameter atau luas penampangnya, sehingga akan meningkatkan Resistansi. Demikian juga untuk Sebaliknya juga sama, Jika kawat kita tekan/kompres, diameternya akan meningkat dan Resistansinya menurun.



Gambar 2.4 Strain Gauge

Sebuah load cell biasanya terdiri dari strain gauge yang disusun menjadi jembatan wheatstone. Sehingga diharapkan jika ada peregangan / penekanan pada strain gauge melalui rangkaian jembatan wheatstone Load cell mengeluarkan sinyal listrik berupa tegangan.



Gambar 2.5 Jembatan wheatstone

Load cell yang digunakan dalam pembuatan penakar gula otomatis ini menggunakan load cell tipe single point Loadcell kapasitas 5 kg.



Gambar 2.6 Load cell single point

*Load cell* ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Rated capacity-R.C.( $E_{max}$ ) : 5 kg
- Rated Output-R.O : 0.5 mV/V
- Rated output tolerance :  $10 \pm \% \text{ mV/V}$
- Zero balance :  $0.4 \pm \text{ mV/V}$
- Total error :  $0.1 \pm \% \text{ of rated output}$
- Temperature effect on zero : N/A
- Temperature effect on output : N/A
- Temp. range, compensated :  $-10 \text{ to } +40 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temp. range, safe :  $-20 \text{ to } +70 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Maximum safe central overload : 150 % of R.C
- Ultimate central overload : 3000 % of R.C
- Excitation, recommended : 5 Vdc or Vac rms
- Excitation maximum : 15 Vdc or Vac rms
- Input impedance :  $350 \pm 50 \text{ ohms}$
- Output impedance :  $350 \pm 50 \text{ ohms}$
- Platform size (max) : 200 x 200mm
- Construction : Aluminium
- Insulation Resistance :  $>2000 \text{ Mega-ohm}$
- Recommended torque : 2.0 N\*m

### 2.3 Pengkondisi Sinyal

Di dalam sistem kontrol sering kali keluaran dari sensor nilainya tidak sesuai yang diharapkan yaitu nilainya mudah untuk diolah. Oleh karena itu perlu adanya pengolah sinyal agar sinyal keluaran dari sensor dapat kita olah terlebih dahulu agar keluarannya seperti yang diharapkan. Penguat operasional atau sering disebut op-amp (*Operational Amplifier*) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk memperkuat sinyal arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC). Pada prinsipnya penguat operasional hanya bekerja sebagai penguat sinyal bukan penguat daya. Penguat operasional terdiri atas transistor, resistor dan kapasitor yang dirangkai dan dikemas dalam rangkaian

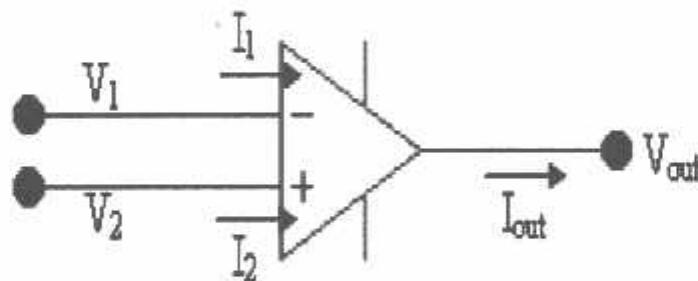
terpadu (*integrated circuit*). Simbol op-amp ditunjukkan pada gambar di bawah ini.  $V_{in}$  merupakan masukan sinyal,  $V_{out}$  keluaran sinyal,  $A$  besar penguatan dan  $V_{CC}$  sumber tegangan.

Dalam analisa rangkaian penguat operational maka pendekatan yang paling baik adalah dengan menganggapnya sebagai rangkaian yang ideal.

Suatu penguat operational yang ideal mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- Penguat tegangan untuk open loop  $A_v = \infty$
- Impedansi masukan  $Z_i = \infty$
- Bandwitch =  $\infty$
- Keseimbangan sempurna :  $V_o = 0$ , jika  $V_1 = V_2$
- Karakteristik tidak terpengaruh oleh temperature

Sebuah penguat operational secara umum dan sederhana dapat diwakili oleh Gambar 2.7 yang menunjukkan karakteristik penguat ini.



Gambar 2.7 Penguat operational

Dari gambar 2.7, tegangan keluar untuk *open loop* diperoleh melalui rumus sebagai berikut :

$$V_{out} = Ad(V_2 - V_1)$$

Dalam pengertian penguat operational ideal penguatan open loop tak terhingga ( $Ad = \infty$ ) maka

$$V_2 - V_1 = \frac{V_{out}}{Ad} = \frac{V_{out}}{\infty} = 0$$

Sehingga diperoleh :

$$V_1 = V_2$$

Sedangkan arus yang mengalir melalui kedua masukan sebagai berikut :

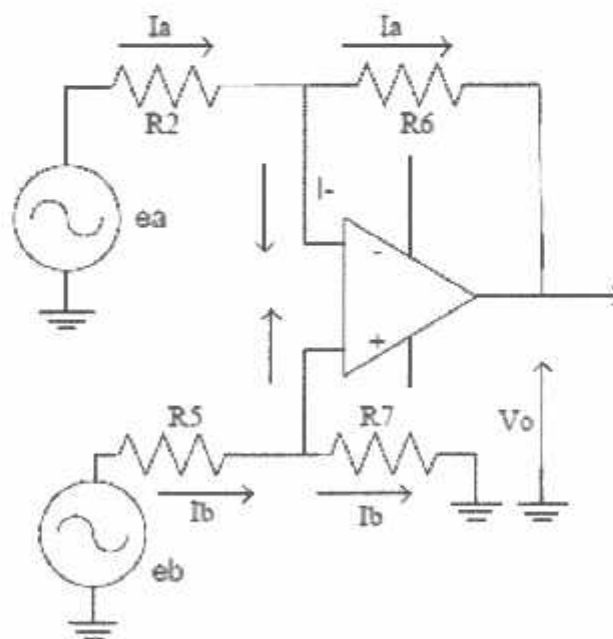
$$I_1 = \frac{V_1}{Z_1} \text{ dan } I_2 = \frac{V_2}{Z_2}, \text{ karena } Z_1 = \infty, \text{ maka}$$

$$I_1 = 0, I_2 = 0$$

Dari perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa ketika keluaran penguat operasional berada dalam jangkauan kelinieran, maka kedua masukan mempunyai tegangan yang sama. Sedangkan arus yang masuk pada kedua masukannya bernilai nol.

### 2.3.1 Penguat Diferensial

Penguat diferensial berguna untuk memperkuat sinyal-sinyal kecil yang terpendam menjadi sinyal yang jauh lebih besar. Cara kerja penguat diferensial adalah sebagai berikut. Sebagaimana terlihat dalam gambar 2.8, terdapat empat buah resistor dan sebuah Op Amp membentuk sebuah penguat diferensial.



Gambar 2.8 Penguat Diferensial



Oleh karena Hambatan masukan differential dari op-amp amat tinggi maka dapat dianggap:

$$I_a = I_a' \text{ dan } I_b = I_b'$$

Dengan menggunakan hukum Kirchoff kita peroleh :

$$e_a - V_o = (R_2 + R_6)I_a$$

$$e_b - 0 = (R_5 + R_7)I_b$$

selanjutnya kita gunakan suatu sifat op-amp yang lain yaitu bahwa masukan inverting dan non inverting ada dalam keadaan hubung singkat virtual oleh sebab ini

$$V_o = -I_a R_6 + I_b R_7$$

dari ketiga persamaan ini kita peroleh ;

$$V_o = -I_a R_6 + I_b R_7 \quad V_o = \frac{R_7}{R_5 + R_7} e_b - (e_a - V_o) \frac{R_6}{R_2 + R_6}$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_6}{R_2}\right) \left(\frac{R_7}{R_5 + R_7} e_b - \frac{R_6}{R_2 + R_6} e_a\right)$$

agar tegangan  $V_o$  sebanding dengan selisih tegangan isyarat masukan maka harus dibuat agar :

$$\frac{R_7}{R_5 + R_7} = \frac{R_6}{R_2 + R_6} \text{ atau } \frac{R_5}{R_7} = \frac{R_2}{R_6}$$

sebaiknya digunakan  $R_5 = R_2$  dan  $R_7 = R_6$  maka .

$$V_o = \left(1 + \frac{R_6}{R_2}\right) \frac{R_6}{R_2 + R_6} (e_b - e_a)$$

$$V_o = -\frac{R_6}{R_2} (e_a - e_b)$$

Jadi,

$$A_{v, diff} = \frac{V_o}{e_a - e_b} = \frac{R_6}{R_2}$$

### 2.3.2. Penguat Penyangga

Dengan penambahan penguat penyangga seperti dalam gambar 2.9 maka perubahan penguat dapat dilakukan dengan penyetelan sebuah resistor variable saja. Sedangkan pada penguat diferensial dasar diperlukan setidaknya dua buah resistor variabel untuk memperbesar gain penguat. Karena beda tegangan kedua masukan pada

Op Amp besarnya 0 V, maka masing-masing tegangan di titik 3 dan 4 adalah sama dengan  $V_{i1}$  dan  $V_{i2}$  terhadap ground.

$$V_3 = V_{i1} \text{ dan } V_4 = V_{i2}$$

Sehingga tegangan pada  $R_2$  adalah  $V_{i1} - V_{i2}$ . Bila  $R_1 = R_3 = R$  dan  $R_2 = aR$  maka  $R_2$  adalah tahanan variabel yang digunakan untuk menyetel gainnya. Bila  $V_{i1}$  lebih besar dari  $V_{i2}$  maka arus akan mengalir melalui  $R_2$  sebesar

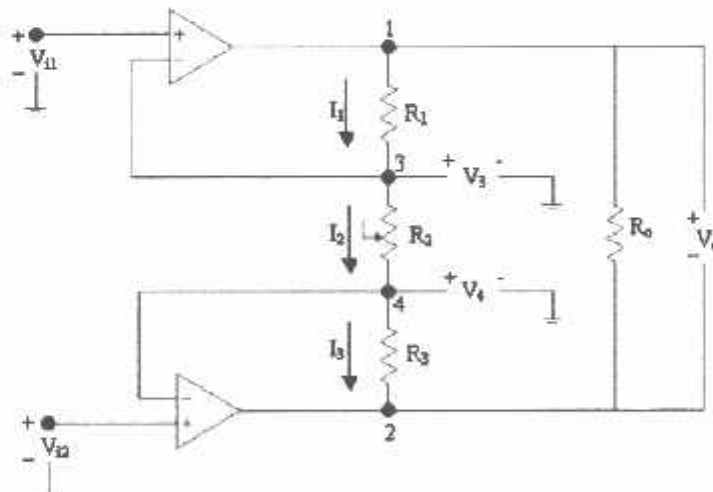
$$I = \frac{V_{i1} - V_{i2}}{aR}$$

Arus ini mengalir melalui kedua tahanan  $R_1$  dan  $R_3$ , dan dengan demikian tegangan yang terdapat pada  $R_0$  adalah.

$$V_o = (V_{i1} - V_{i2}) + \frac{2(V_{i1} - V_{i2})}{a}$$

$$V_o = (V_{i1} - V_{i2}) \left( 1 + \frac{2}{a} \right)$$

$$\text{dengan } a = \frac{aR}{R} = \frac{R_2}{R_1}$$



Gambar 2.9 Penguat penyangga

Sehingga didapatkan penguat sebesar :

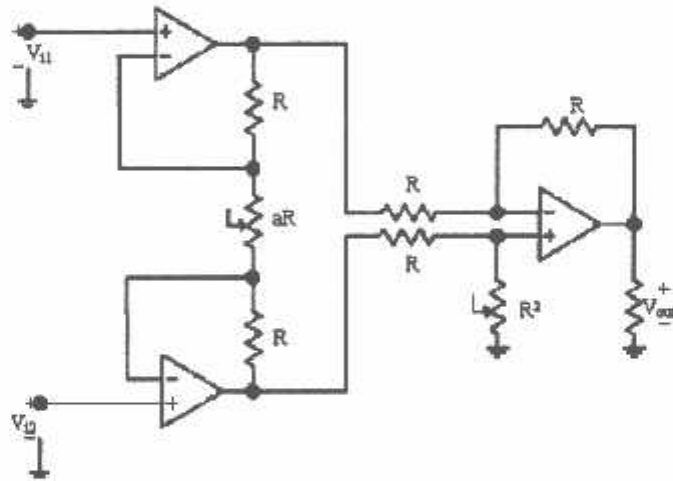
$$A_d = \frac{V_o}{V_{i1} - V_{i2}} = \left( 1 + \frac{2}{a} \right)$$

$$A_d = \left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right)$$

### 2.3.3. Penguat Instrumentasi

Salah satu penguat yang paling bermanfaat, cermat dan serbaguna adalah penguat instrumentasi. Penguat instrumentasi adalah sebuah penguat penyangga yang dihubungkan dengan sebuah penguat diferensial dasar seperti terlihat dalam gambar 2.10

Penguat diferensial dengan R yang sama menghasilkan gain sebesar 1 namun dalam praktek tahanan variable  $R_2$  perlu diberikan untuk menyeimbangkan setiap tegangan mode bersama.



Gambar 2.10 Penguat Instrumentasi

Dengan demikian karena Penguat Instrumentasi terdiri dari Rangkaian penyangga dan Rangkain penguat Differential maka didapat penghitungan :

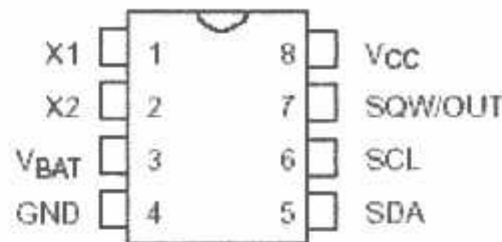
$$V_{out} = (V_{11} - V_{12}) \left(1 + \frac{2}{a}\right) \left(\frac{R_f}{R_i}\right) \quad (2.11)$$

$$\text{dengan } a = \frac{aR}{R} \quad (2.12)$$

## 2.4 RTC DS1307

DS1307 merupakan sebuah IC RTC ( *Real Time Clock* ) yang dapat merekam dan memberikan informasi waktu secara lengkap mulai dari informasi detik, menit, jam,

tanggal, bulan, hingga tahun. Konfigurasi pin RTC DS1307 ditunjukkan dalam Gambar 2.19.



Gambar 2.11 Konfigurasi pin RTC DS1307

Berbagai fitur yang disediakan IC iniantara lain :

- Perhitungan RTC mulai dari detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu dan tahun.
- RAM internal sebesar 56 byte.
- Antarmuka serial I<sup>2</sup>C.
- Sinyal keluaran dalam bentuk gelombang kotak terprogram.
- Konsumsi daya kurang dari 500 nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator.

Informasi penanggalan dan waktu diperoleh dengan pembacaan byte register yang sesuai. Alamat register RTC ditunjukkan dalam table 2.4 Penanggalan dan waktu di set dengan penulisan byte register yang sesuai. Isi dari register penanggalan dan waktu adalah dalam format binary-coded (BCD).

Tabel 2.5 Tabel Alamat Register RTC

ADDRESS	BR7	BR6	BR5	BR4	BR3	BR2	BR1	BR0	FUNCTION	RANGE
00H	CH	10 Seconds			Seconds			Seconds	00-59	
01H	0	10 Minutes			Minutes			Minutes	00-59	
02H	0	12	10 Hour	10 Hour	Hours			Hours	1-12 -AM/PM 00-23	
		24	PM/AM							
03H	0	0	0	0	0	DAY		Day	01-07	
04H	0	0	10 Date		Date			Date	01-31	
05H	0	0	0	10 Month	Month			Month	01-12	
06H	10 Year			Year			year	00-99		
07H	OUT	0	0	SQWVE	0	0	RS1	RS0	Control	—
08H-3FH									RAM 56 x 8	00H-FFH

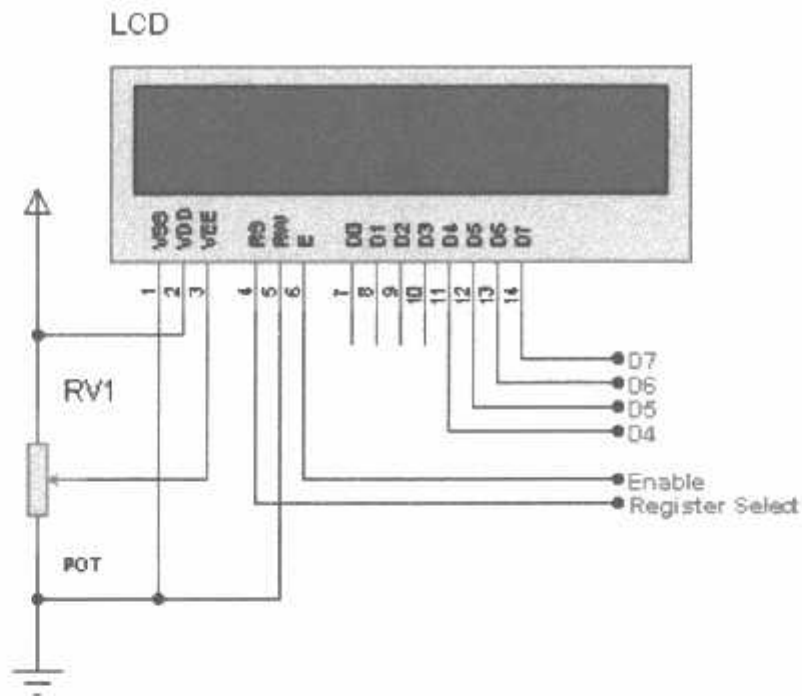
## 2.5 LCD

Modul LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis penampilan yang digunakan untuk menampilkan angka, karakter atau bahkan angka. Modul LCD terdiri atas tumpukan tipis atau sel dari dua lembar kaca dengan pinggiran yang tertutup rapat. Di antara dua lembar kaca tersebut diberi bahan kristal cair (*liquid Crystal*) yang tembus cahaya dimana kaca tersebut akan beremulsi apabila diberi tegangan. Bus data modul LCD terhubung dengan bus data mikrokontroler.

LCD pada alat ini digunakan untuk menampilkan informasi pilihan menu, informasi berat benda dalam satuan gram serta informasi tanggal penimbangan. LCD yang digunakan bertipe M1632. Spesifikasi LCD ini adalah sebagai berikut:

- Menampilkan 16 karakter pada tiap baris
- Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter,
- Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter,
- Tegangan catu 5 volt dan temperature operasi 0-50<sup>0</sup>C,
- Otomatis *reset* pada saat dihidupkan,

*Liquid* adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah modul *controller* CMOS didalamnya. *Controller* tersebut sebagai pembangkit karakter ROM/RAM dan tampilan data RAM. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh suatu unit mikrokontroler. Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul ini berupa data bus yang masih termultipleks dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Pengendalian dot matrik LCD dilakukan secara internal oleh *controller* yang sudah ada pada modul LCD. *Display* data RAM (DD RAM) pada modul LCD masing-masing *line* mempunyai *range* alamat tersendiri. Alamat itu diekspresikan dengan bilangan heksadesimal. Untuk *line* 1 alamat berkisar antara 00H - 0FH sedangkan untuk *line* 2 berkisar antara 40H - 4Fh. Konfigurasi pin LCD M1632 ditunjukkan dalam Gambar 2.23.



Gambar 2.12 Konfigurasi Pin LCD M1632

Fungsi masing-masing pin modul LCD M1632 dijelaskan pada Tabel 2.4.

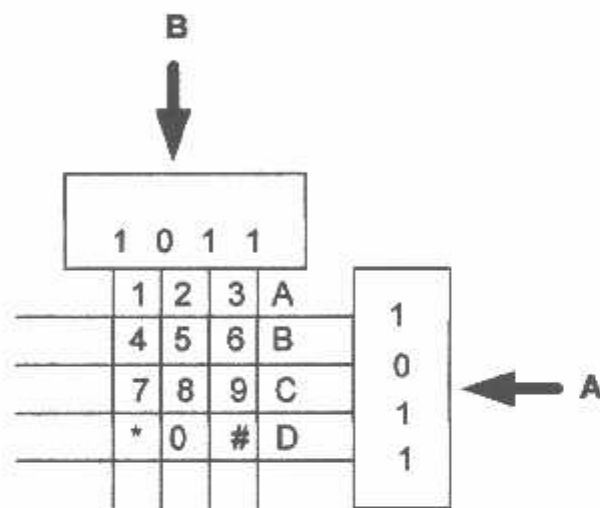
Tabel 2.6 Tabel Fungsi Pin-pin Modul LCD

Pin LCD	Fungsi	Keterangan
1	VCC	+ 5 v
2	GND	0 v
3	VEE	Pengaturan Contras LCD (vr 10 k)
4	RS	Register Selec
5	R/W	Read/write
6	E	Enable clock
7	Data 0	Data Bus 0
8	Data 1	Data Bus 1
9	Data 2	Data Bus 2
10	Data 3	Data Bus 3
11	Data 4	Data Bus 4
12	Data 5	Data Bus 5
13	Data 6	Data Bus 6
14	Data 7	Data Bus 7
15	VCC	+ 5 v
16	GND	0 v

## 2.6 Keypad

Key Pad disini digunakan untuk memasukkan data yang diinginkan, proses scanning matrik keypad pada dasarnya mendecoder penekanan suatu tombol dengan konfigurasi matrik. Diumpamakan Port B dioperasikan sebagai Output scanning bagian

kolom. Scanning dilakukan secara berurutan dari kolom paling kiri sampai kolom paling kanan, Kolom yang aktif akan berada pada kondisi low. Untuk mengetahui ada tidaknya tombol ditekan, Maka harus dilakukan pembacaan terhadap port (Diumpamakan port A) yang dioperasikan sebagai input dari setiap baris pada kolom yang sedang aktif. Jika tidak ada tombol ditekan semua kondisi baris akan high karena karena dipull-up oleh resistor pull-up ke Vcc. Jika salah satu baris tombol ditekan maka tombol tersebut terletak pada kolom yang sedang aktif, Kondisi baris yang terbaca pada port A adalah low. Hal ini dapat dijelaskan pada gambar berikut :



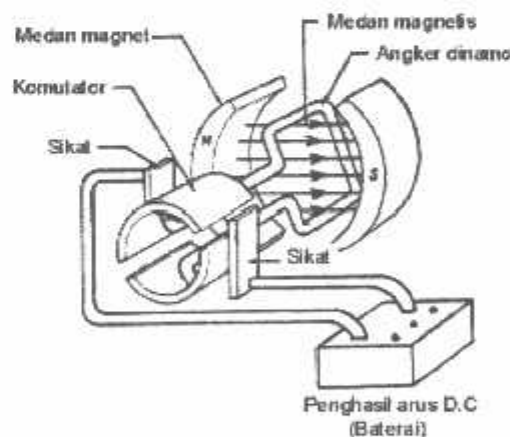
Gambar 2.13 Proses scanning Keypad matriks 4X4

Diumpamakan pin Y1-Y4 sebagai row dan pin X1-X4 sebagai colom. yaitu apabila salah satu pin misalnya Y1 terhubung dengan X1 maka data outnya akan 0 sedangkan untuk Y1 dengan X2 data outnya akan 1. Diumpamakan tombol 5 ditekan, Maka pada proses kerjanya port B dikirim data 0111. Dalam keadaan ini dilakukan pembacaan pada port A dan hasil yang diperoleh adalah 1111. ini berarti tidak ada tombol yang ditekan pada kolom paling kiri. Selanjutnya pada port B dikirim data 1011 dan dilakukan pembacaan dari port A. Hasil diperoleh dari pembacaan tersebut yaitu 1011. Ini berarti ada tombol yang ditekan pada kolom kedua baris kedua. Melalui software yang dibuat dapat diketahui kode dari tombol yang ditekan. Untuk menghindari pembacaan yang salah karena adanya dua tombol atau lebih yang ditekan bersamaan, maka proses scanning dilakukan terhadap seluruh tombol keypad dan penghitungan jumlah tombol yang ditekan.

## 2.7 Motor DC

Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bias berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.



Gambar 2.14 Motor DC

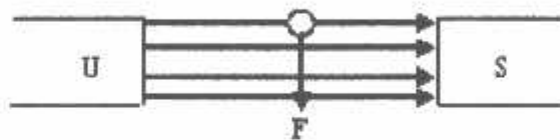
Pada motor arus searah, medan magnet akan di hasilkan oleh kumparan medan dengan kerapatan *fluks* sebesar  $B$  bila kumparan jangkar yang di lingkupi medan magnet dari kumparan medan yang di aliri arus  $I$  dan panjang efektif konduktor ( $L$ ), maka akan dihasilkan satu gaya  $F$  sebesar :



$$F = BIL \dots\dots\dots (2.2)^1$$

Arah gaya ini ditentukan oleh aturan tangan kiri, dengan ibu jari, jari telunjuk, dan jari tengah saling tegak lurus menunjukkan masing-masing arah  $F$ ,  $B$  dan  $I$ . Persamaan (2.3) merupakan prinsip dari sebuah motor arus searah, dimana terjadi proses perubahan energi listrik ( $I$ ) menjadi energi mekanik ( $F$ ). Bila motor DC memiliki jari-jari sepanjang  $r$ , maka kopel yang dibandingkan adalah :

$$T = Fr = BILr \dots\dots\dots (2.3)^2$$



Gambar 2.15. Arah gaya pada motor DC

Pada saat gaya  $F$  dibandingkan, konduktor bergerak didalam medan magnet dan menimbulkan gaya gerak listrik yang merupakan reaksi lawan terhadap tegangan penyebabnya. Agar proses konversi energi mekanik dapat berlangsung, tegangan sumber harus lebih besar dari gerak lawan.

## 2.8 Relay

*Relay* adalah komponen elektronika yang terdiri dari sebuah lilitan kawat (kumparan/koil) yang terlilit pada suatu inti besi lunak. Jika kumparan dialiri oleh arus listrik, maka inti besi akan menjadi magnet. *Relay* merupakan alat untuk membuka dan menutup kontak secara elektrik dengan tujuan menghubungkan fungsi dari rangkaian satu dengan rangkaian yang lainnya.

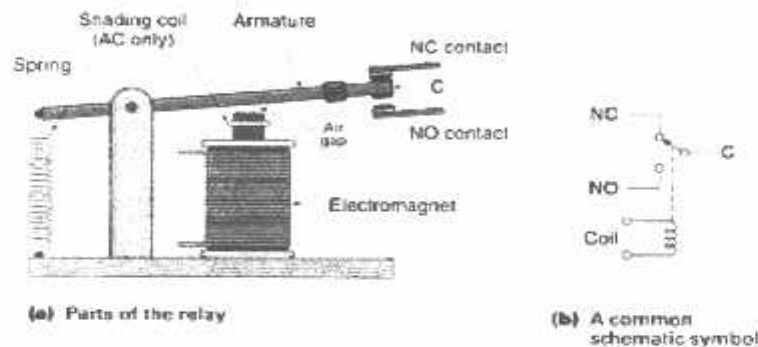
Kontak-kontak yang ada pada relay ada dua macam, yaitu *Normally Open* (relay yang kontaknya terbuka pada saat belum ada arus yang melalui kumparan dan tertutup pada saat ada arus) dan *Normally Closed* (relay yang kontaknya tertutup pada saat belum ada arus yang melalui kumparan dan terbuka pada saat ada arus).

Keuntungan memakai *relay* umumnya terletak pada pengaturan *switching*-nya, sehingga terjadi isolasi antara rangkaian catu daya rendah dengan catu daya beban yang

tinggi yang akan diputus dan disambung. Kerugian relay umumnya terjadi tanggapan waktu yang *relative* lambat saat ON/OFF.

Cara kerja relay adalah sebagai berikut :

Jika ada arus yang masuk melalui kumparan, maka pada kumparan tersebut akan menghasilkan induksi magnet. Induksi magnet tersebut akan menarik pegas kontak, yang akan merubah posisi awalnya menjadi terhubung ke bagian yang lain. Setelah arus terhenti maka tidak ada induksi sehingga kontak kembali pada semula.



Gambar 2.16 Skema *relay* elektromekanik

### Jenis – Jenis Relay

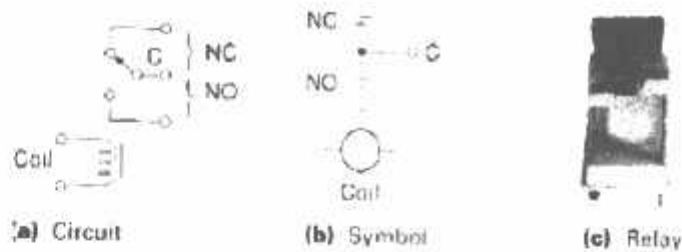
*Relay* dibedakan berdasar pole dan throw yang dimilikinya. Berikut definisi pole dan throw:

1. *Pole* : banyaknya kontak yang dimiliki oleh *relay*.
2. *Throw* : banyaknya kondisi (*state*) yang mungkin dimiliki kontak.

Berikut ini penggolongan *relay* berdasar jumlah *pole* dan *throw* :

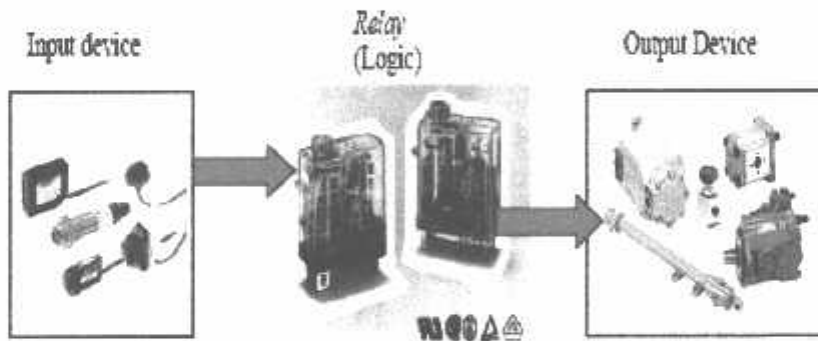
1. SPST (*Single Pole Single Throw*)
2. DPST (*Double Pole Single Throw*)
3. SPDT (*Single Pole Double Throw*)
4. DPDT (*Double Pole Double Throw*)
5. 3PDT (*Three Pole Double Throw*)
6. 4PDT (*Four Pole Double Throw*)

Berikut ini rangkaian dan simbol macam-macam *relay* tersebut.



Gambar 2.17 Relay jenis Single Pole Double Throw (SPDT)

Sistem kendali dengan *relay* ini mempunyai *input device* (misalnya: berbagai macam sensor, *switch*, dan lain-lain) dan *output device* (misalnya : motor, pompa, lampu, dan lain-lain). Dalam rangkaian logikanya, masing-masing *input*, *output*, dan semua komponen yang dipakai mengikuti *standard* khusus yang unik dan telah ditetapkan secara internasional.



Gambar 2.18 Sistem control berbasis *relay*

Sebagai pengendali, *relay* dapat mengatur komponen-komponen lain yang membentuk suatu sistem kendali di industri, di antaranya : *switch*, *timer*, *counter*, *sequencer*, dan lain-lain.

## 2.9 Printer LX-800

Printer yang digunakan dalam penelitian ini adalah printer tipe Epson LX-800 yang merupakan printer dot matrik, yakni sebuah printer yang menggunakan jarum dan pita sebagai alat pencetak atau hasil gambar dan tulisan (seperti mesin ketik). Printer Epson LX-800 merupakan contoh printer yang mempunyai 9 pin, dengan kualitas cetakan tergantung pada jumlah jarum (pin) pada kepala cetaknya (*head print*). Printer Epson LX-800 ditunjukkan dalam Gambar 2.23.



Gambar 2.19 Printer Epson LX-800

Beberapa keunggulan dari pinter Epson LX-800 adalah sebagai berikut:

- Kecepatan *prosesing* input data 64 kb.
- Mampu mencetak 337 karakter per-detik (12-CPI).
- Efisiensi optimum print-out yaitu 5 part forms (1 original + 4 kopi).
- Komunika data menggunakan USB, interface serial port dan parallel port.
- Tidak memerlukan sebuah driver.
- Memiliki kecepatan cetak yang relatife tinggi.

Sepesifikasi produk printer Epson LX-800 adalah sebagai berikut:

- Model : Epson LX-800.
- RAM memory installed size 64 kb.
- Printer teknologi Dot-matrik.
- Media size maximum 10 minx 22 in, Roll (8.5).
- Resolusi printer horizontal maksimum 240 Dot per inci.
- Resolusi printer vertical maksimum 144 Dot per inci.
- Maximum print speed (black and white): 337.
- Minimum system requirements: Microsoft Windows NT 4.0, Microsoft windows 95/98, Mikrosoft Windows 3.1, Mikrosoft Windows 2000, Mikrosoft Windows NT 3.5.
- Printer interface : Paralel, serial, USB.

## **BAB III**

### **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN**

Pada bab ini membahas mengenai perencanaan sistem, prinsip kerja sistem, perancangan perangkat keras (*hardware*), dan perancangan perangkat lunak (*software*).

Masing-masing bagian tersebut disusun dengan pemilihan beberapa jenis komponen dengan fungsi sesuai dengan perancangan, sehingga akan dihasilkan suatu bentuk bagian dengan fungsi sesuai dengan perancangan yang dilakukan di awal.

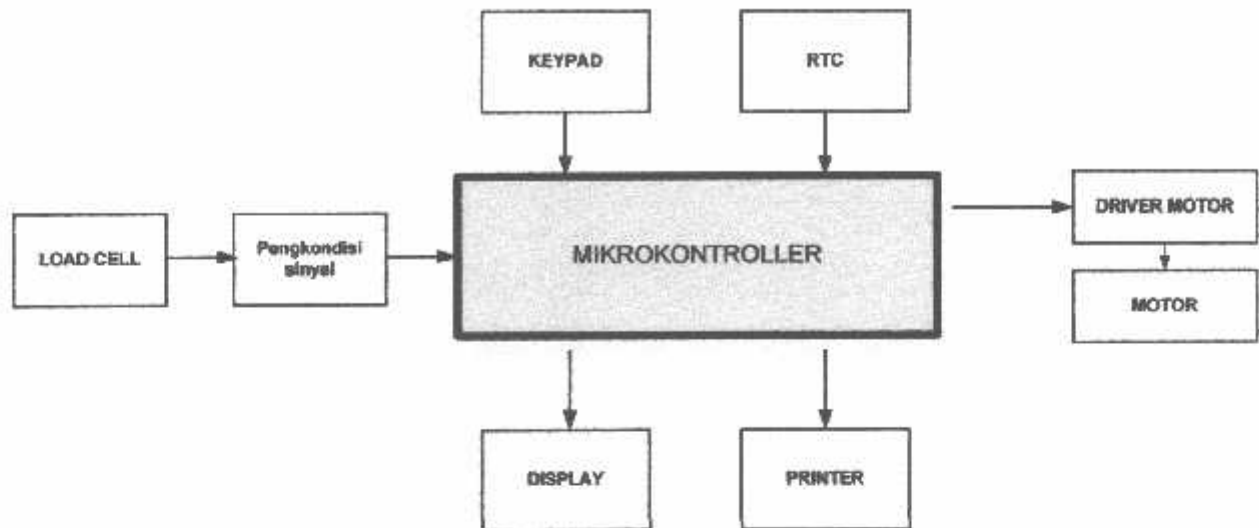
#### **3.1 Spesifikasi Alat**

Spesifikasi alat ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- 1) Kapasitas bejana penampungan sebesar 20 Kg
- 2) Pembelian minimal 500 gram dan maksimal 2500 gram
- 3) Menggunakan LCD 16 x 2 sebagai tampilan;
- 4) Menggunakan keypad 4 x 4 sebagai media untuk memilih menu;
- 5) Menggunakan printer Epson LX-800 sebagai media pencetak sertifikat;
- 6) Mikrokontroler ATMEGA8535 sebagai pengolah data dan pusat kontrol;

#### **3.2 Perencanaan Sistem**

Diagram blok sistem merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan dan pembuatan alat ini, karena dari diagram blok dapat diketahui prinsip kerja keseluruhan rangkaian. Tujuan lain diagram blok ini adalah memudahkan proses perancangan dan pembuatan pada masing-masing bagian, sehingga akan terbentuk suatu sistem yang sesuai dengan perancangan sebelumnya.



Gambar 3.1 Diagram Blok Keseluruhan Sistem

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan secara umum mengenai bagian-bagian yang menyusun keseluruhan sistem dari alat ini antara lain:

- 1) Mikrokontroller sebagai pusat pengontrol dari semua rangkaian, mikrokontroller yang dipakai adalah mikrokontroller ATmega 8535, merupakan mikrokontroller keluarga AVR yang mempunyai kapasitas flash memori 8 KB. AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Mempunyai Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D dan mempunyai Port ADC 8 channel 10 bit.
- 2) *Load cell (Single Point Loadcell type 1002)*  
*Load cell* sebagai sensor berat yang berfungsi untuk mendeteksi berat dari gula yang dikeluarkan.
- 3) Pengkondisi Sinyal  
 Pengkondisi sinyal digunakan untuk menguatkan sinyal analog yang berasal dari keluaran sensor berat yang terdiri dari rangkaian penguat instrumentasi (*Instrumentation Amplifier*).
- 4) RTC DS1307 (*Real Time Clock*)  
 RTC berfungsi untuk memberikan informasi waktu (detik, menit, jam, tanggal, bulan, dan tahun) secara kontinyu ke mikrokontroler.
- 5) LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD diinginkan sebagai tampilan menu pilihan dan informasi hasil penimbangan dan informasi yang diperlukan lainnya

6) Keypad

Keypad berfungsi sebagai media untuk memilih menu yang akan ditampilkan ke *display* (LCD) dan sebagai *entry* berat gula yang diinginkan.

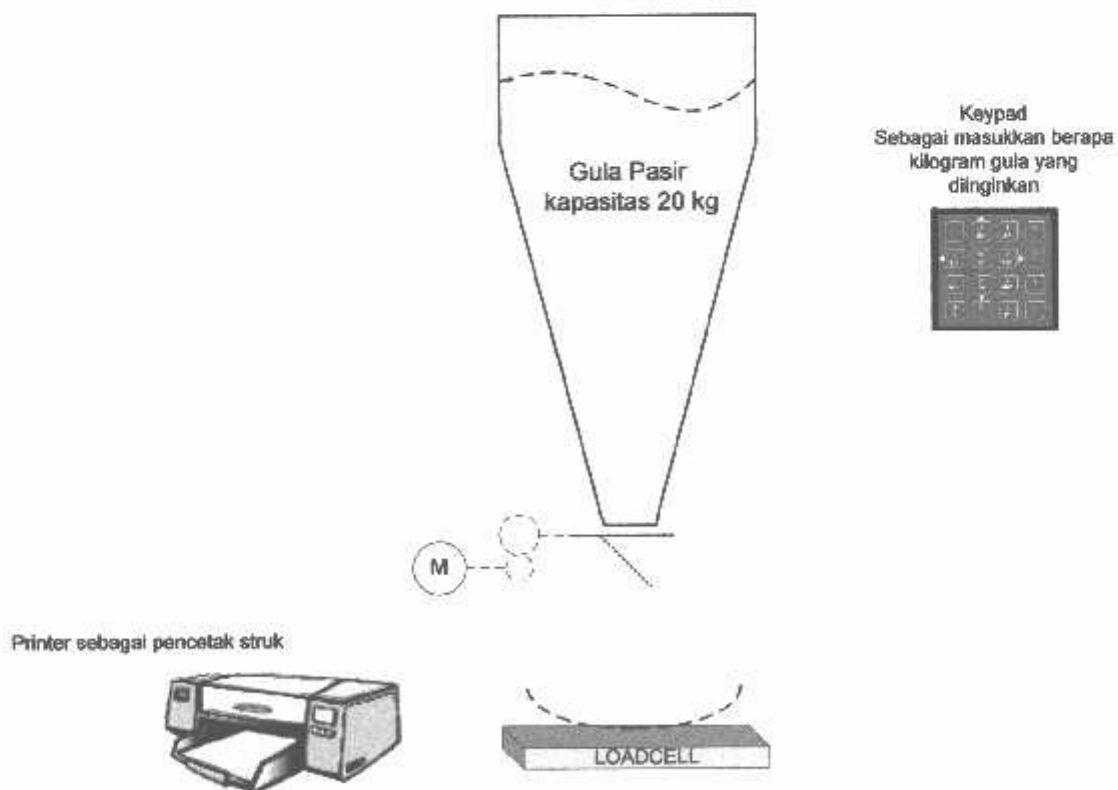
7) Driver Motor

Driver motor adalah rangkaian yang menghubungkan antara MCU dengan motor, karena motor membutuhkan arus yang cukup besar maka dibuatlah driver motor yang terdiri dari relay dan IC ULN 2003.

8) Printer (*Epson LX800*)

Printer berfungsi sebagai media untuk mencetak data hasil proses penimbangan sekaligus hasil cetakan tersebut difungsikan sebagai slip pembayaran.

### 3.3 Prinsip Kerja Sistem



Gambar 3.2 Prototype alat

Keypad berfungsi sebagai masukan, bagi penjual keypad digunakan untuk pengesetan waktu, harga dan perubahan persediaan gula pasir, bagi pembeli keypad digunakan untuk memasukkan berapa kilogram gula pasir yang akan dibeli. Setelah pembeli menentukan pilihan berapa kilogram yang diinginkan, mikrokontroller akan memproses dengan cara membuka katup untuk menuangkan gula pasir sampai berat yang ditunjukkan loadcell sama dengan angka yang dimasukkan oleh pembeli. Setelah katup menutup mikrokontroller akan memerintahkan printer untuk mencetak struk pembelian.

### 3.4 Perancangan Perangkat Keras (*hardware*)

Perancangan dari masing-masing bagian dapat diuraikan sebagai berikut:

- Bagian *load cell*;
- Bagian rangkaian pengkondisi sinyal;
- Bagian rangkaian mikrokontroler;
- Bagian rangkaian RTC;
- Bagian antarmuka modul LCD;
- Bagian antarmuka keypad;
- Bagian driver motor

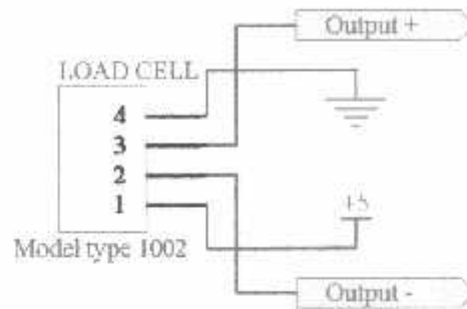
#### 3.4.1 Perancangan Sensor load cell

Pada *datasheet load cell singlepoint 5 kg* ditunjukkan bahwa *load cell* memiliki *Rated Output* sebesar 0.5 mV/V dan *excitation recommended* sebesar 5 Vdc.

$$\begin{aligned}V_{out} &= \text{output sensitivity} \times \text{excitation maksimum} \\ &= 0,5 \text{ mV} \times 5 \text{ Vdc} \\ &= 2,5 \text{ mV}\end{aligned}$$

Jadi pada berat 5 Kg, tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) *load cell* sebesar 2.5 mV. Tegangan keluaran ini sangat kecil, sehingga harus dikuatkan terlebih dahulu oleh rangkaian pengkondisi sinyal.





Gambar 3.3 Rangkaian sensor Loadcell

### 3.4.2 Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Karena tegangan keluaran dari *load cell* waktu tanpa beban sebesar 0,5 mV, dan pada saat berat maximum 5 Kg sebesar 2,5 mV. Maka dibuatlah sebuah pengkondisi sinyal berupa Penguat Instrumentasi yang mana sinyal ini akan bisa dibaca oleh mikrokontoler dengan tegangan reff maksimal sebesar 5 Vdc. Untuk menentukan penguatannya sebagai berikut :

$$A(\text{penguatan}) = \frac{V_{ref}}{V_{out \text{ sensor}}} \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} A(\text{penguatan}) &= \frac{5V}{2,5mV} \\ &= 2000 \text{ kali} \end{aligned}$$

Jadi diperlukan penguatan sebesar 2000 kali agar data maximum internal ADC AVR 1023. Dalam perancangan ini rangkaian pengkondisi sinyal terdiri dari rangkaian penguat instrumentasi (*instrumentation amplifier*). Rangkaian penguat instrumentasi disusun dari tiga buah op-amp dan beberapa tahanan. Rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 3.4.

Rangkaian penguat instrumentasi dalam dibentuk oleh rangkaian penguat diferensial dan rangkaian penguat penyangga. Penguatan (*gain*) penguat instrumentasi dapat diatur melalui tahanan  $R_0$ . agar dapat penguatan seperti yang kita di inginkan, dalam perancangan ini digunakan nilai tahanan sebesar  $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$ ,  $R_i = 220 \Omega$ ,  $R_f = 50 \text{ K}\Omega$ . Sedangkan untuk mengetahui nilai tahanan  $R_0$  dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut:

$$V_o = (V_2 - V_1) \left( 1 + \frac{2R_1}{R_0} \right) \left( \frac{R_f}{R_i} \right) \quad (3.1)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left(1 + \frac{2R_1}{R_0}\right) \left(\frac{R_f}{R_i}\right) \quad (3.2)$$

Untuk mencari besarnya  $R_0$  pada rangkaian penguat instrumentasi dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_{out} = (V_{in1} - V_{in2}) \left(1 + \frac{2R_1}{R_0}\right) \left(\frac{R_f}{R_i}\right)$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left(1 + \frac{2R_1}{R_0}\right) \left(\frac{R_f}{R_i}\right)$$

$$A = \left(1 + \frac{2R_1}{R_0}\right) \left(\frac{R_f}{R_i}\right)$$

$$2000 = \left(1 + \frac{2 \times 100.000}{R_0}\right) \left(\frac{50.000}{220}\right)$$

$$2000 = \left(1 + \frac{2 \times 100000}{R_0}\right) (227,27)$$

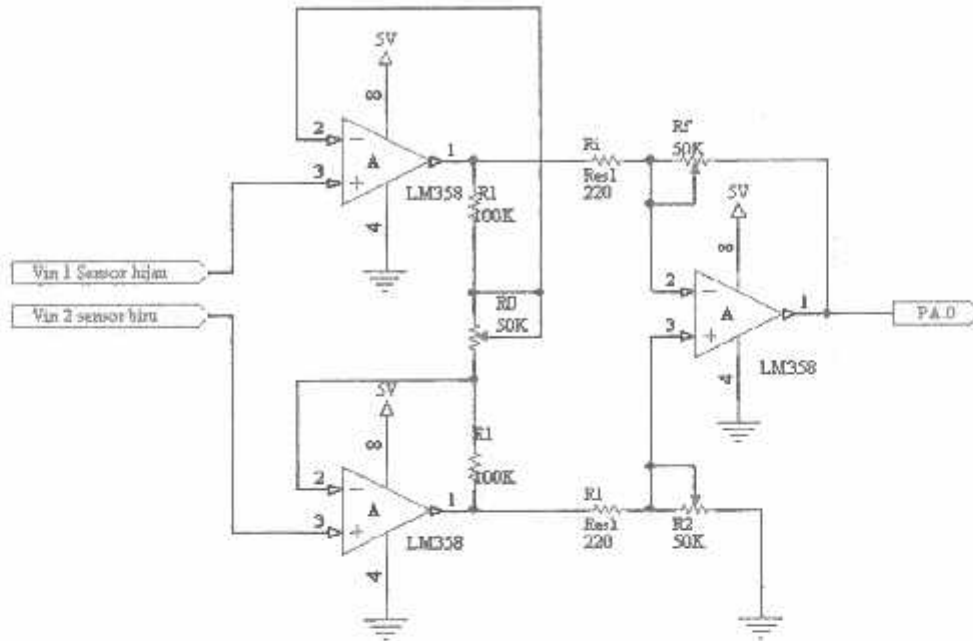
$$\frac{2000}{227,27} = \frac{1 + 200.000}{R_0}$$

$$8,8 = 1 + \frac{200.000}{R_0}$$

$$R_0 = \frac{200.000}{7,8}$$

$$R_0 = 25641,025 \ \Omega$$

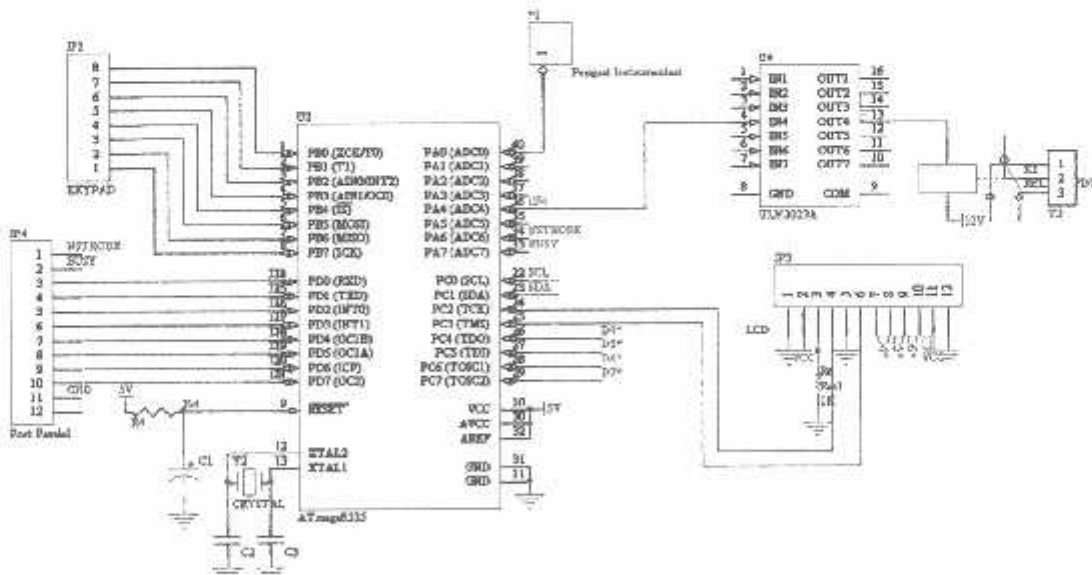
Dari perhitungan di atas diperoleh  $R_0$  sebesar 25641,025  $\Omega$ . Karena nilai tahanan 25641,025  $\Omega$  tidak ada di pasaran, maka digunakan resistor variabel 50K $\Omega$ .



Gambar 3.4 Rangkaian Penguat Instrumentasi

### 3.4.3 Perancangan Mikrokontroller

Hampir semua port digunakan dalam sistem ini. Konfigurasi I/O ditunjukkan pada gambar dibawah ini



Gambar 3.5 Penggunaan Port Mikrokontroller

Interkoneksi Port Mikrokontroller adalah sebagai be

- Port A0 : digunakan sebagai inputan dari Pc.
- Port A4 : digunakan untuk output menggerak

- Port A6 : dihubungkan ke motor
- Port A6 : digunakan sebagai nstrobe Port paralel
- Port A7 : digunakan sebagai busy Port paralel
- Port B0 – B7 : digunakan sebagai input dari keypad
- Port C2 – C7 : digunakan untuk display LCD
- Port D0 – D7 : digunakan sebagai data ke Port paralel

Jalur reset memiliki resistor pull-up internal berukuran 100K-500K ohm. Secara teori, resistor pull-up tersebut berfungsi menahan pin reset pada logika high dan tidak mengambang.

Pada lingkungan dengan noise yang tinggi, maka resistor pull-up internal saja tidaklah cukup. Adanya spike dapat menyebabkan munculnya sinyal reset yang tidak diinginkan. Oleh karena itu perlu adanya rangkaian eksternal yang secara aktif menjaga kondisi pin reset tetap high, maka dibuatlah rangkaian external reset untuk mengkondisikan reset berlogika high. Resistor pull-up dapat berukuran sembarang, akan tetapi sebaiknya tidak lebih besar dari ukuran resistor pull-up internal. Nilai ukuran yang dapat digunakan adalah antara 4K7 ohm hingga 10K ohm. Untuk dapat lebih meredam noise dan spike, maka ditambahkan kapasitor C1 dengan ukuran 10 $\mu$ F

Kristal yang dipakai sebesar 12 MHz untuk menghitung waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan sebuah instruksi, dengan cara mencari jumlah siklus mesin (C) dari instruksi:

$$T_{instruksi} = \frac{Cx12}{frekuensi\_kristal}$$

Sehingga untuk frekuensi kristal 12 MHz dalam satu kali instruksi atau 1 cycle:

$$\begin{aligned} T_{instruksi} &= \frac{Cx12}{frekuensi\_kristal} \\ &= \frac{1x12}{12MHz} = 1\mu s \end{aligned}$$

#### 3.4.4 Perancangan ADC

Pada perancangan pengubah analog ke digital, ADC yang digunakan adalah ADC Internal pada mikrokontroller 10-bit. V<sub>reff</sub> menunjukkan referensi

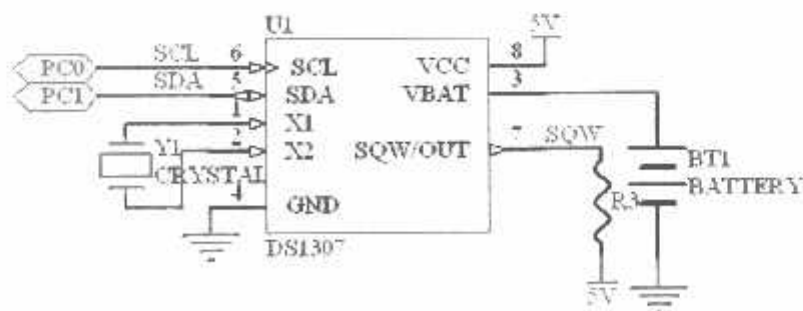
maksimum dimana masukan sinyal analog yang mempunyai tegangan sebesar  $V_{ref}$  akan diubah ke dalam data digital  $1111111111_2$ . ADC ini dirancang pada skala penuh untuk sebesar 5 V sehingga diperlukan tegangan referensi sebesar 5 V. Karena ADC internal mempunyai span sebesar 1024 dalam mengubah sinyal analog ke digital maka resolusi setiap langkah (step) adalah :

$$\begin{aligned} \text{Resolusi} &= \frac{\text{input max}(\text{fullscale})}{1024} & (3.1) \\ &= \frac{5V}{1024} \\ &= 4,89 \text{ mV} \end{aligned}$$

Load cell yang dipakai sebagai sensor berat mempunyai spesifikasi maksimal sebesar 5 kg dengan tegangan eksitasi sebesar 5 Vdc. Jadi bisa disimpulkan bahwa resolusi berat untuk bisa merubah tiap step sebesar 4,89 gram

### 3.4.5 Perancangan Rangkaian RTC

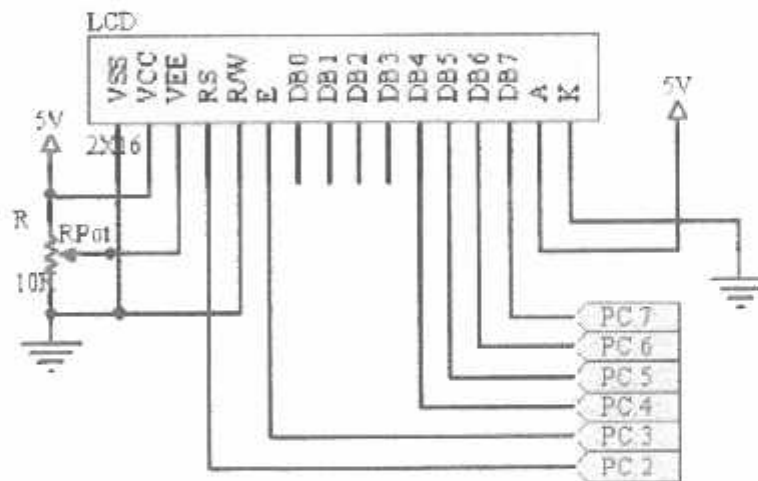
Dalam perancangan ini RTC (*Real Time Clock*) digunakan untuk memberikan informasi waktu. RTC yang digunakan adalah RTC DS1307. IC RTC ini memiliki dua buah catu daya. Pin VCC dihubungkan ke catu daya utama 5 V dan pin  $V_{BAT}$  dihubungkan dengan baterai 3 V.  $V_{BAT}$  berfungsi untuk memelihara kerja dari IC DS1307 jika catu daya utama tidak mampu untuk mencatu atau alat dimatikan. Pin X1 dan X2 dihubungkan dengan kristal 32,768 kHz untuk memberikan frekuensi yang sesuai. Sedangkan pin SDA terhubung dengan PC.6 mikrokontroler dan pin SCL terhubung dengan PC.5 mikrokontroler. Rangkaian RTC DS1307 ditunjukkan dalam Gambar 3.6



Gambar 3.6 Rangkaian RTC DS1307

### 3.4.6 Perancangan Antarmuka Modul LCD

Penggunaan LCD dalam perancangan ini untuk menampilkan data berat, data harga serta informasi waktu. LCD yang digunakan adalah LCD dengan tipe M1632 (16 x 2). Bus data LCD (DB4-DB7) terhubung dengan port mikrokontroler (PC.4-PC.7). LCD dioperasikan untuk menerima data, maka pin R/W dihubungkan dengan *ground*. Sedangkan pin RS dihubungkan dengan PC.2 mikrokontroler dan pin E LCD dihubungkan ke PC.3 mikrokontroler. Pengaturan tingkat kecerahan LCD dilakukan dengan mengubah resistor variabel 10 k $\Omega$  pada pin VEE LCD, sedangkan untuk mencatu lampu latar LCD, pin 15 (anoda) LCD dihubungkan ke catu daya 5V dan pin 16 (katoda) LCD dihubungkan ke *ground*. Antarmuka modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 3.6

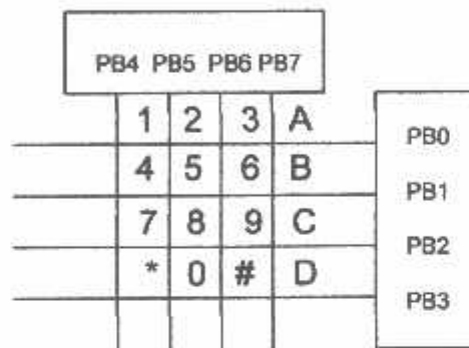


Gambar 3.7 Rangkaian LCD

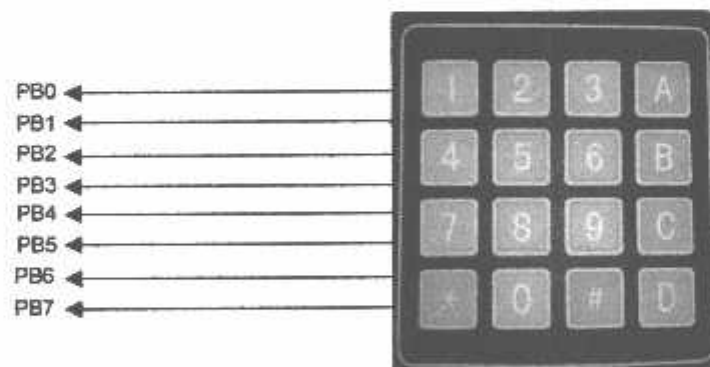
### 3.4.7 Perancangan Antarmuka Keypad

Dalam perancangan ini keypad berfungsi sebagai media untuk memasukkan harga dan memilih menu yang akan ditampilkan ke LCD. Keypad yang digunakan adalah keypad matrik 4x4, keypad matrik ini bekerja menggunakan metode *scanning* pada lajur kolom dan lajur baris. Jika terdeteksi adanya persambungan antara baris dan kolom yang valid, maka mikrokontroler akan mengkodekan baris dan kolom yang aktif menjadi data *biner*. Apabila ada yang sesuai, maka mikrokontroler akan melakukan instruksi sesuai dengan data yang dimasukkan dari keypad. Untuk lajur baris B<sub>0</sub> – B<sub>3</sub> keypad dihubungkan dengan port PB.0 – PB.3 mikrokontroler dan lajur kolom K<sub>0</sub> – K<sub>3</sub> keypad

dihubungkan ke port PB.4 – PB.7 mikrokontroler. Antarmuka keypad ditunjukkan dalam Gambar 3.9



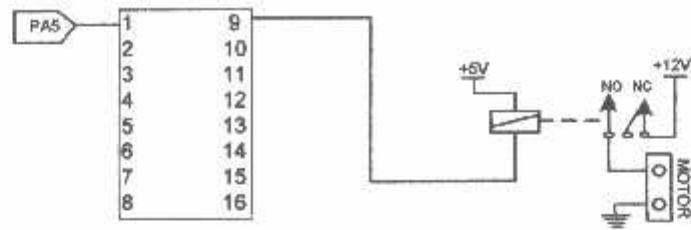
Gambar 3.8 Perancangan Keypad



Gambar 3.9 Antarmuka Keypad

### 3.4.8 Perancangan driver motor

Dalam perencanaan driver *motor*, digunakan jenis *relay* DC 12 volt dengan arus kontaktor 5 Ampere. *Relay* ini digunakan untuk pengaturan saklar *on / off* motor katup, melalui port MCU, sedangkan sebagai driver relay menggunakan IC ULN 2003. Kontak relay NO dihubungkan ke motor diharapkan ketika MCU memberikan logika High pada IC ULN2003 relay aktif dan motor akan berputar. berikut ini adalah perancangan rangkaian Driver motor

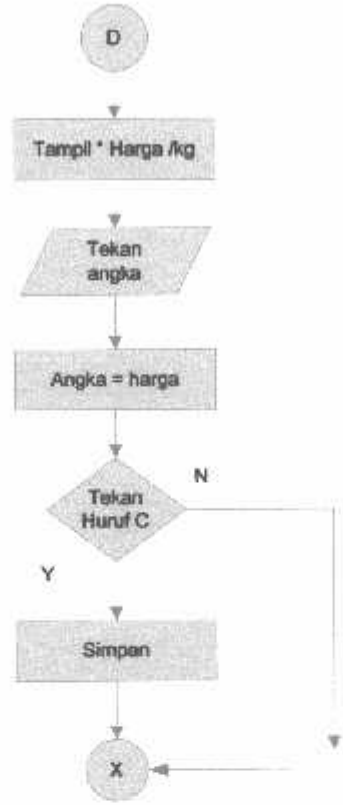
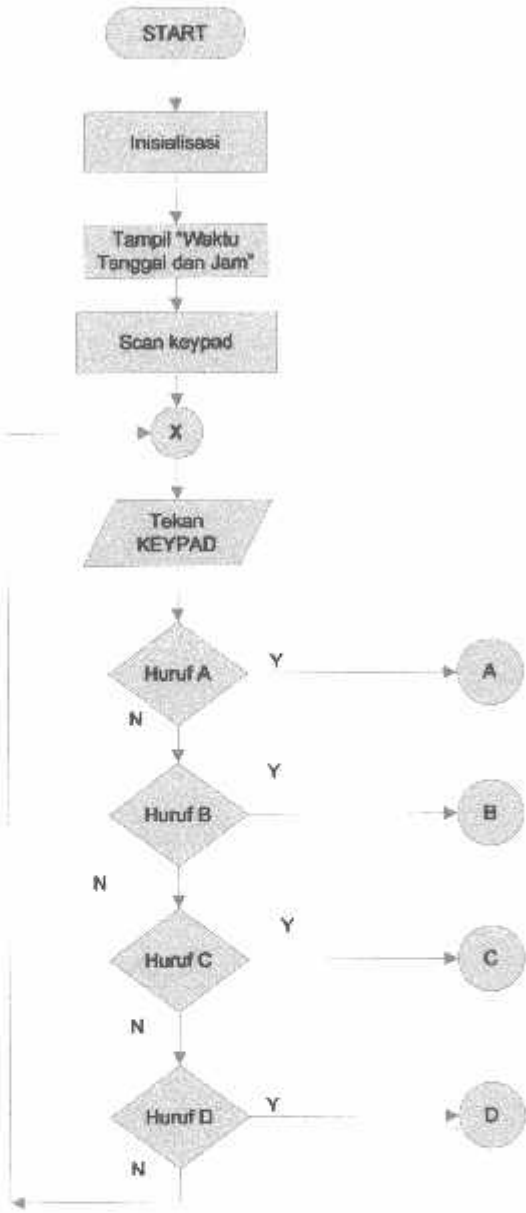


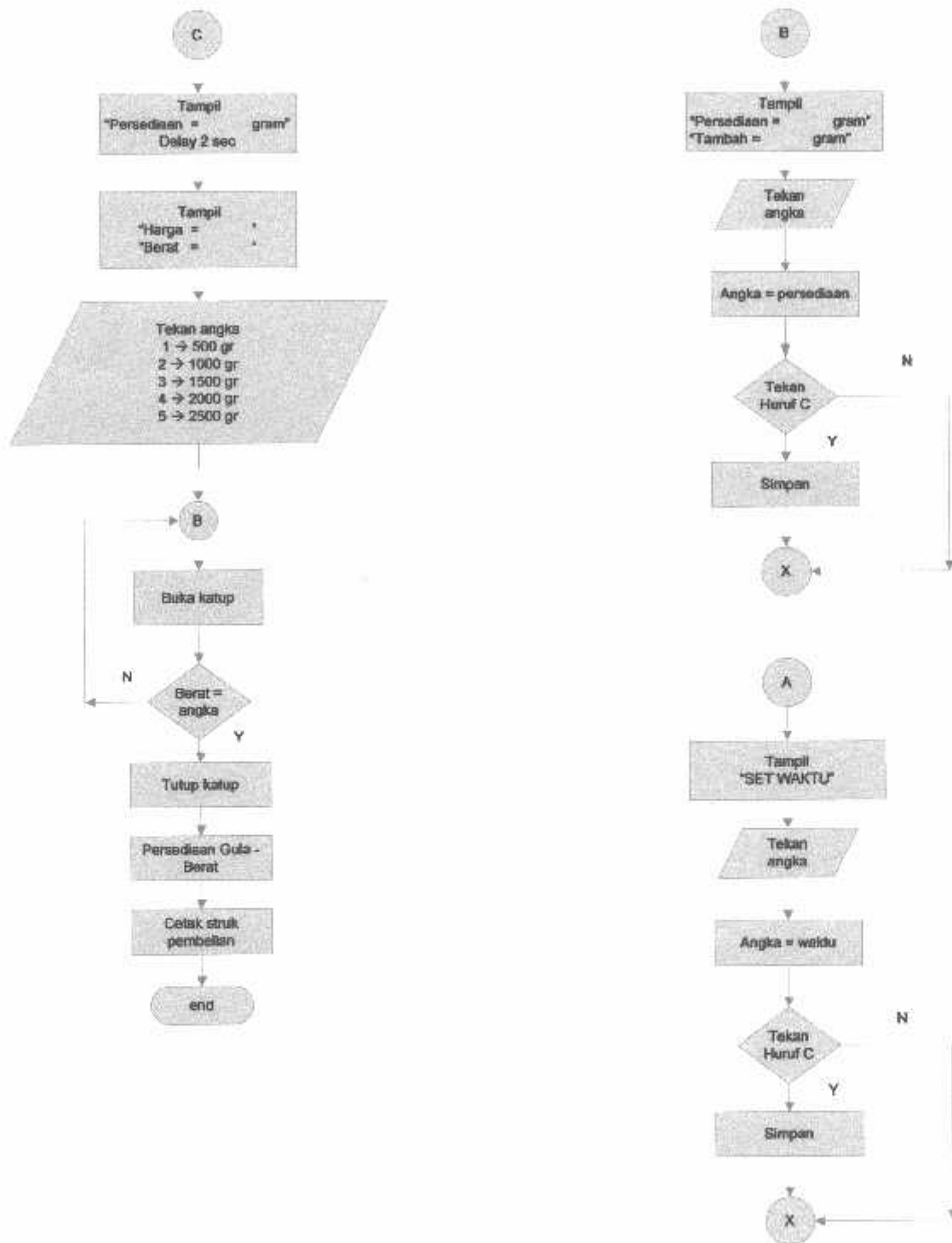
Gambar 3.10 Rangkaian driver motor

### 3.5 Perancangan Perangkat Lunak (*software*)

Perangkat lunak yang dirancang dengan menggunakan bahasa *bascom* mikrokontroler ATMega 8535. Untuk memberikan gambaran umum jalannya program dan memudahkan pembuatan perangkat lunak, maka dibuat diagram alir yang menunjukkan jalannya program. Diagram alir program utama ditunjukkan dalam Gambar 3.11







Gambar 3.11 Diagram Alir Program Utama

Ketika catu daya diaktifkan, LCD akan menampilkan informasi Waktu Tanggal dan Jam, selanjutnya mikrokontroller akan melakukan *scan* keypad. Scan keypad ini berfungsi untuk memilih menu yang akan dijalankan. Menu

yang ada dalam *software* mikrokontroler ini ada 4 macam, dengan menekan keypad huruf **A**, **B**, **C** dan **D**

**A** = Menu bagi penjual untuk melakukan pengesetan Waktu tanggal dan jam

**B** = Menu bagi penjual untuk melakukan pengesetan Persediaan gula setelah melakukan pengisian gula.

**C** = Menu bagi Pembeli untuk memasukkan berapa jumlah gula yang akan dibeli.

Angka 1 = 500 gram

Angka 2 = 1000 gram

Angka 3 = 1500 gram

Angka 4 = 2000 gram

Angka 5 = 2500 gram

Setelah pembeli menentukan pilihan berapa kilogram yang diinginkan, mikrokontroller akan memproses dengan cara membuka katup untuk menuangkan gula pasir sampai berat yang ditunjukkan loadcell sama dengan angka yang dimasukkan oleh pembeli. Setelah katup menutup mikrokontroller akan memerintahkan printer untuk mencetak struk pembelian.

**D** = Menu bagi penjual untuk melakukan pengesetan Harga tiap kilogram.

## BAB IV

### PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas pengujian alat yang telah dirancang dan direalisasikan. Pengujian dilakukan Untuk mengetahui apakah rangkaian elektronik, dan program bekerja sesuai harapan dan untuk mengetahui cara kerja masing-masing blok apakah sesuai dengan yang diharapkan.

Pengujian yang dilakukan antara lain:

- Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal;
- Pengujian antarmuka keypad;
- Pengujian antarmuka LCD;
- Pengujian rangkaian RTC;
- Pengujian sistem secara keseluruhan.

Perhitungan persentase kesalahan serta kesalahan rata-rata menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{kesalahan (error)} = \left| \frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{perhitungan}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{kesalahan (error) rata-rata} = \left| \frac{\text{jumlah kesalahan}(\%)}{\text{banyaknya pengujian yang dilakukan}} \right| \times 100\%$$

#### 4.1. Pengujian Rangkaian Pengkondisian Sinyal

##### 4.1.1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis ketepatan rangkaian pengkondisi sinyal sensor berat dalam merespon perubahan berat.

##### 4.1.2. Peralatan Pengujian

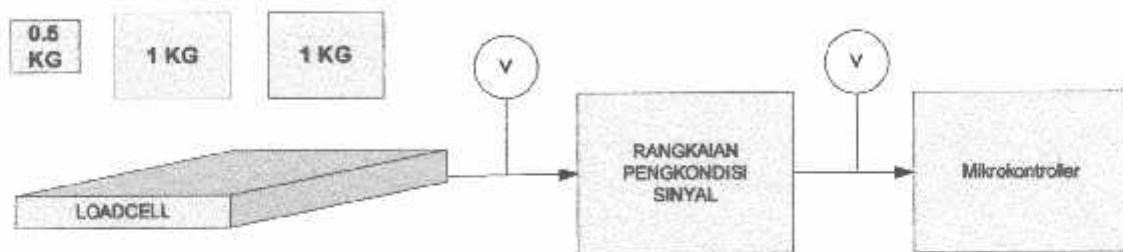
Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Catu daya +5 volt.
- Load cell
- Rangkaian pengkondisi sinyal.
- Multimeter digital.

##### 4.1.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian. Diagram blok pengujian rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 4.2
- Memberi catu daya pada rangkaian .
- Memberikan beban pada loadcell.
- Mengukur keluaran dari loadcell
- Mengukur keluaran pengkondisi sinyal dengan multimeter.
- Mengamati dan mencatat data yang terukur pada multimeter.

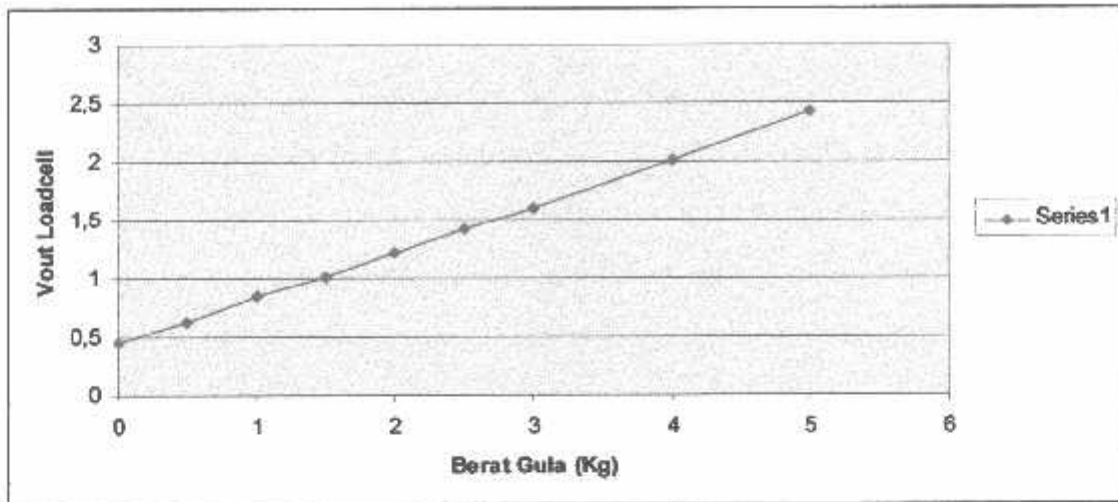


Gambar 4.1 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

#### 4.1.4. Hasil Pengujian

Hasil pengukuran Load cell dengan diberi beban ditunjukkan oleh tabel 4.1

Berat	$V_{out}$ (mV) Penghitungan	$V_{out}$ (mV) Pengukuran	% Kesalahan (Error)
0	0.5	0.46	8
0.5	0.7	0.63	7.1
1	0.9	0.85	5.5
1.5	1.1	1.02	7.2
2	1.3	1.22	6.1
2.5	1.5	1.42	5.3
3	1.7	1.6	5.8
4	2.1	2.02	3.8
5	2.5	2.43	2.8
Rata-rata error %			5.73



Dilihat dari grafik antara Berat gula dan keluaran tegangan (Vout) dari loadcell, menunjukkan bahwa linear jadi dapat disimpulkan bahwa vout loadcell sebanding dengan berat gula yang akan ditimbang.

Untuk mencari nilai persentase kesalahan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Kesalahan (error)} &= \left| \frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{perhitungan}} \right| \times 100\% \\
 &= \left| \frac{2.5 - 2.43}{2.5} \right| \times 100\% \\
 &= 2.8 \%
 \end{aligned}$$

Sedangkan persentase error rata-rata diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kesalahan} &= \frac{\sum \% \text{kesalahan}}{\text{banyaknya pengujian}} \\
 &= \frac{51,6\%}{9} \\
 &= 5,73 \%
 \end{aligned}$$

Jadi, rata-rata error pada pengukuran loadcell dengan diberi beban adalah sebesar 5,73 %

Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor berat ditunjukkan dalam Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Berat

BERAT (Kg)	Penguatan (Gain)	V <sub>out</sub> (V)		% Kesalahan (Error)
		Perhitungan	Pengukuran	
0	2000	1	1.028	2.8
0.5	2000	1.4	1.389	0.77
1	2000	1.8	1.72	6.6
1.5	2000	2.2	2.17	1.36
2	2000	2.6	2.532	2.6
2.5	2000	3.0	2.92	2.67
3	2000	3.4	3.298	3
4	2000	4.2	4.103	2.3
5	2000	5	4.875	2.5
kesalahan rata – rata %				2.73

Analisa perhitungan untuk Berat sebesar 5 Kg

Diketahui ;

loadcell rated output = 0.5 mV/V

Tegangan Eksitasi = 5 V

Tegangan Maksimal = 0,5 mV X 5 Vdc  
= 2,5 mV

Penguatan pengkondisi sinyal sebesar 2000 kali, jadi keluaran dari pengkondisi sinyal dengan berat 5 Kg sebesar 2.5 mV X 2000 = 5000 mV

Untuk mencari nilai persentase kesalahan dilakukan perhitungan sebagai berikut;

$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan (error)} &= \left| \frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{perhitungan}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{5 - 4.875}{5} \right| \times 100\% \\ &= 2.1 \% \end{aligned}$$

Sedangkan persentase kesalahan rata-rata diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{ kesalahan} &= \frac{\sum \% \text{kesalahan}}{\text{banyaknya pengujian}} \\ &= \frac{24.6\%}{9} \\ &= 2.73\%\end{aligned}$$

Jadi, persentase error rata – rata dalam pengujian rangkaian pengkondisi sinyal berat adalah sebesar 2.73%



**Gambar 4.2 Hasil Pengujian Rangkaian Pengkomdisi Sinyal**

## **4.2. Pengujian Antarmuka Keypad**

### **4.2.1. Tujuan Pengujian**

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis bahwa keypad dapat digunakan sebagai media memilih menu dan *entry* harga.

### **4.2.2. Peralatan Pengujian**

Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

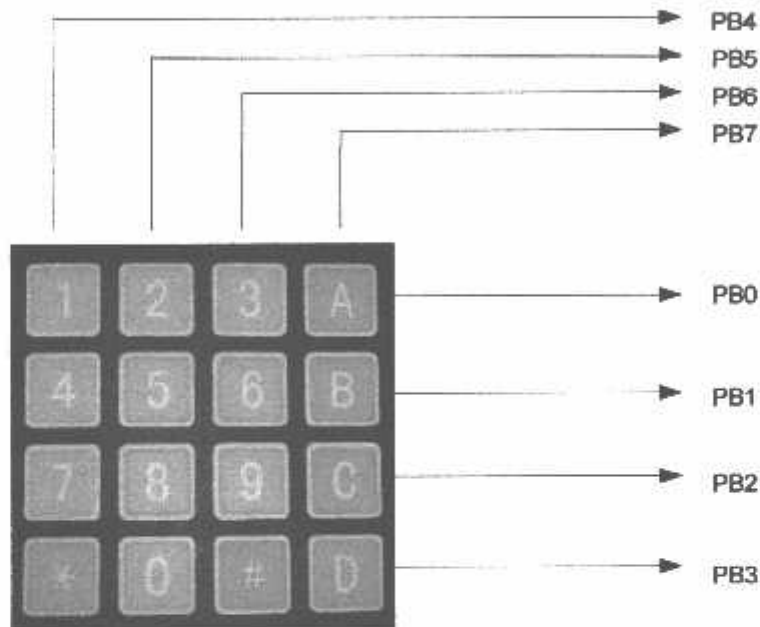
- Catu daya 5 volt.
- Minimum sistem mikrokontroler ATmega 8535.
- Keypad 4x4.

### **4.2.3. Prosedur Pengujian**

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:



- Menyusun rangkaian pengujian antarmuka keypad sesuai dengan diagram blok pengujian. Diagram blok pengujian antarmuka keypad ditunjukkan dalam Gambar 4.3.
- Memberi catu daya pada rangkaian pengujian.
- Menekan tombol keypad satu per satu.
- Mengamati keluaran dari setiap penekanan tombol keypad diukur dengan multimeter



Gambar 4.3 Diagram Blok Pengujian Antarmuka Keypad

Pengujian antarmuka keypad dilakukan dengan memberi logika pada lajur baris dan mengecek pada lajur kolom. Pada pengujian ini dilakukan penamaan untuk lajur baris diberikan nama B1, B2, B3, B4; sedangkan lajur kolom diberi nama K1, K2, K3, K4. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam pengujian antarmuka keypad. Jika tombol '1' pada keypad ditekan, maka pada baris B1 dan kolom K1 berlogika 0 yang artinya lajur baris 1 *diset* logika 0 dan pada lajur kolom setelah *discan* menunjukkan logika 0 pada kolom 1.

#### 4.2.4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian yang diperoleh adalah semua data penekanan tombol keypad dapat ditampilkan dengan benar melalui pengukuran dengan multimeter di tiap poin. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa keypad dapat bekerja atau

berfungsi dengan baik sesuai dengan perancangan. Hasil pengujian antarmuka keypad ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Antarmuka Keypad

Cek				Set				Routine	Keterangan
K4	K3	K2	K1	B4	B3	B2	B1		
1	1	1	1	1	1	1	0	Set Baris 1	
1	1	1	0	1	1	1	0	Cek Kolom	1
1	1	0	1	1	1	1	0	Cek Kolom	2
1	0	1	1	1	1	1	0	Cek Kolom	3
0	1	1	1	1	1	1	0	Cek Kolom	A
1	1	1	1	1	1	0	1	Set Baris 2	
1	1	1	0	1	1	0	1	Cek Kolom	4
1	1	0	1	1	1	0	1	Cek Kolom	5
1	0	1	1	1	1	0	1	Cek Kolom	6
0	1	1	1	1	1	0	1	Cek Kolom	B
1	1	1	1	1	0	1	1	Set Baris 3	
1	1	1	0	1	0	1	1	Cek Kolom	7
1	1	0	1	1	0	1	1	Cek Kolom	8
1	0	1	1	1	0	1	1	Cek Kolom	9
0	1	1	1	1	0	1	1	Cek Kolom	C
1	1	1	1	0	1	1	1	Set Baris 4	
1	1	1	0	0	1	1	1	Cek Kolom	*
1	1	0	1	0	1	1	1	Cek Kolom	0
1	0	1	1	0	1	1	1	Cek Kolom	#
0	1	1	1	0	1	1	1	Cek Kolom	D

### 4.3. Pengujian Antarmuka Modul LCD

#### 4.3.1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis *port 0* mikrokontroler dapat mengirim data ke LCD sesuai dengan program yang dibuat dan untuk mengetahui keberhasilan LCD dalam menampilkan data karakter.

#### 4.3.2. Peralatan Pengujian

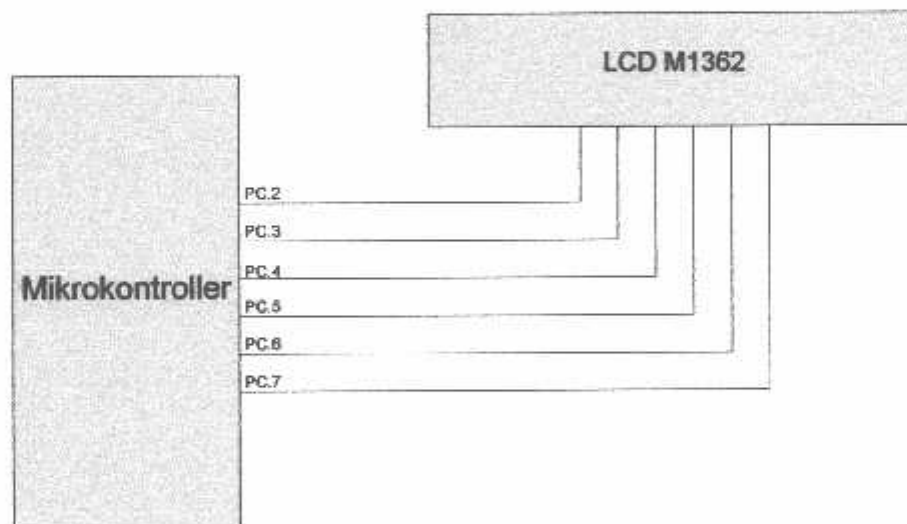
Perlitan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Catu daya +5 volt;
- Minimum sistem mikrokontroler ATmega 8535;
- Satu buah LCD

#### 4.3.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan blok pengujian. Diagram blok pengujian antarmuka modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 4.4 ;
- Memberikan catu daya pada rangkaian pengujian;
- Membuat program untuk menampilkan data karakter huruf "Fahmi Firmansyah" pada baris pertama dan karakter angka "0912904" pada baris kedua pada LCD;
- Mengamati data karakter yang ditampilkan pada LCD.



Gambar 4.4 Diagram Blok Pengujian Antarmuka Modul LCD

#### 4.3.4. Hasil Pengujian

Pada layar LCD tampil huruf "Fahmi F" pada baris pertama dan tampil angka "0912904" pada baris kedua. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa LCD dapat menampilkan data karakter dengan baik. Hasil pengujian antarmuka modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



**Gambar 4.5 Hasil Pengujian Antarmuka Modul LCD**

#### **4.4. Pengujian Antarmuka Modul RTC**

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

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis keberhasilan RTC dalam membaca dan mengirim data pada mikrokontroler.

##### **4.4.2. Peralatan Pengujian**

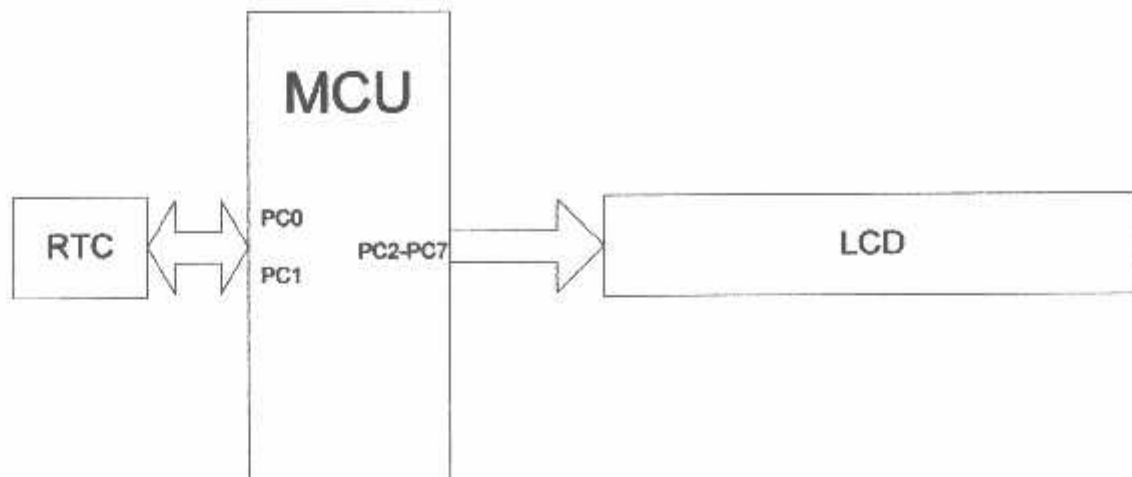
Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Catu daya +5 volt;
- Minimum sistem mikrokontroler ATmega 8535;
- RTC DS1307;
- LCD 16x2;
- Jam Digital.

##### **4.4.3. Prosedur Pengujian**

Langkah-langkah dalam pengujian rangkaian ini adalah:

- Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian rangkaian RTC. Diagram blok pengujian rangkaian RTC ditunjukkan dalam Gambar 4.6.
- Memberikan catu daya pada rangkaian pengujian.
- Membuat program pengujian pada mikrokontroler.
- Menjalankan *software* uji coba.
- Mengamati informasi waktu yang ditampilkan pada LCD dan membandingkan dengan informasi waktu pada jam tangan digital.



Gambar 4.6 Diagram Blok Pengujian Rangkaian RTC

#### 4.4.4. Hasil Pengujian

Informasi waktu yang ditampilkan pada *display* LCD dibandingkan dengan informasi waktu jam digital. Dari hasil pengujian menunjukkan informasi waktu dari RTC yang ditampilkan pada LCD sesuai dengan informasi waktu pada jam tangan digital, sehingga dapat disimpulkan bahwa rangkaian RTC dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Tabel hasil pengujian rangkaian RTC ditunjukkan dalam Tabel 4.3

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Rangkaian RTC

No.	Jam Tangan Digital	Jam pada LCD
1.	23:17:51	23:17:51
2.	23:20:37	23:20:37
3.	23:22:03	23:22:03
4.	23:24:23	23:24:23
5.	23:26:02	23:26:02



Gambar 4.7 Hasil Pengujian Rangkain RTC

## 4.5. Pengujian Port Paralel

### 4.5.1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis keberhasilan port sebagai media antarmuka mikrokontroler dengan *Printer Epson LX800*.

### 4.5.2. Peralatan Pengujian

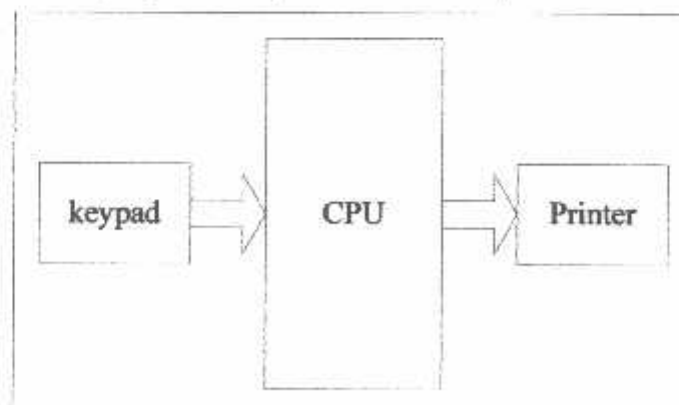
Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Minimum sistem mikrokontroler ATMEGA8535;
- Keypad 4x4,
- Konektor DB25,
- *Printer Epson LX800*,
- Kertas,
- Catu daya 5V dan 220V

### 4.5.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian. Diagram blok pengujian antarmuka port paralel ditunjukkan dalam Gambar 4.8 .
- Memberi catu daya pada rangkaian pengujian.
- Memasang kertas pada printer.
- Menghubungkan port PD.0-PD.7 mikrokontroler dengan port paralel pin 2 – pin 9; port PC.6 mikrokontroler dengan pin 1 (*strobe*); dan port PC.7 mikrokontroler dengan pin 11 (*busy*).
- Menghubungkan port PB.0-PB.3 mikrokontroler dengan keypad.
- Memasukkan data karakter ASCII ke mikrokontroler melalui keypad.
- Mengamati data yang tercetak pada kertas hasil pencetakan dari *printer*.

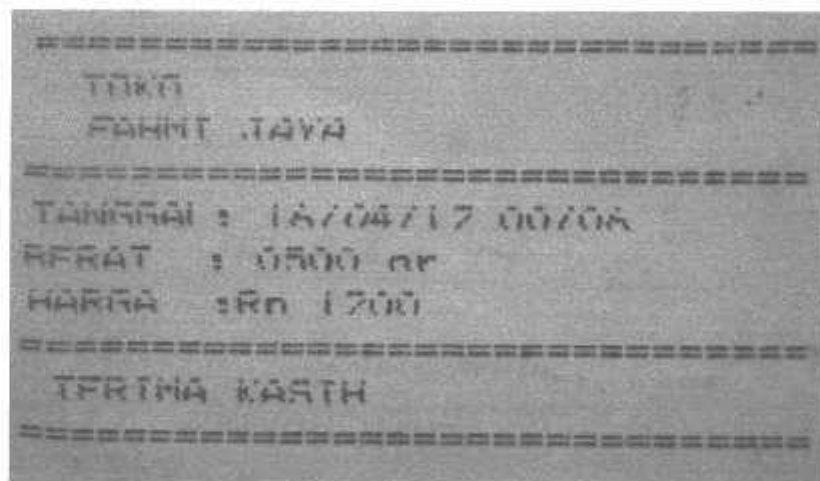


Gambar 4.8 Diagram Blok Pengujian Antarmuka Port Paralel

#### 4.5.4. Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian antarmuka port paralel ditunjukkan pada tabel. Data dimasukkan dengan keypad memakai kode ASCII ke mikrokontroler dan mikrokontroler memberi sinyal *strobe*, kemudian data dari mikrokontroler dikirim ke *printer* melalui port paralel. Data karakter yang dikirim oleh mikrokontroler tersebut disimpan dan diterima oleh *printer*. Sedangkan jika diberikan data 0Dh, maka *printer* akan mencetak karakter yang telah disimpan. Dan jika diberikan data 0Ah maka *printer* meletakkan hasil cetakan pada baris selanjutnya. Saat *printer* mencetak data, *printer* juga mengirim sinyal *busy* ke mikrokontroler.

Hasil *print-out* dari percobaan masukan keypad kemudian diolah oleh



Gambar 4.9 Slip Pembayaran Pembelian Gula

#### 4.6. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

##### 4.6.1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis apakah sistem yang telah dibuat mampu bekerja sesuai dengan perancangan, baik perancangan perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*).

##### 4.6.2. Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Sumber tegangan AC 220V;
- Alat penakar gula;
- Gula 5 Kg;
- Printer;

- Kertas pembayaran

#### 4.6.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menghubungkan alat penakar gula dengan printer;
- Memberi catu daya pada alat dan printer;
- Menjalankan perangkat lunak yang telah dibuat;
- Menjalankan alat dengan menekan keypad berapa kilogram gula yang diinginkan
- Mengamati dan mencatat data hasil penimbangan

#### 4.6.4. Hasil Pengujian

Data hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 4.5

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Timbangan Alat Secara Keseluruhan

Percobaan	Berat (kg) Permintaan	Timbangan Alat (kg)	Timbangan Referensi (Kg)	Kesalahan (%)
1.	0.5	0.5	0.48	4
2.	0.5	0.5	0.49	2
3.	1	1	1.02	2
4.	1	1	1.01	1
5.	1.5	1,5	1.48	1.3
6.	1.5	1,5	1.51	0.7
7.	2	2	2.02	1
8.	2	2	2.06	3
9.	2.5	2.5	2.55	2
10.	2.5	2.5	2.51	0.4
<b>Kesalahan rata-rata (%)</b>				<b>1.74</b>

Analisis dilakukan dengan menghitung persentase kesalahan hasil penimbangan menggunakan timbangan digital dengan hasil penimbangan menggunakan timbangan alat. Persentase kesalahan terbesar dari pengujian alat secara keseluruhan dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{|\text{timbangan digital} - \text{timbangan alat}|}{\text{timbangan digital}} \times 100\%$$



$$= \left( \frac{2.5 - 2.55}{2.5} \right) \times 100\%$$

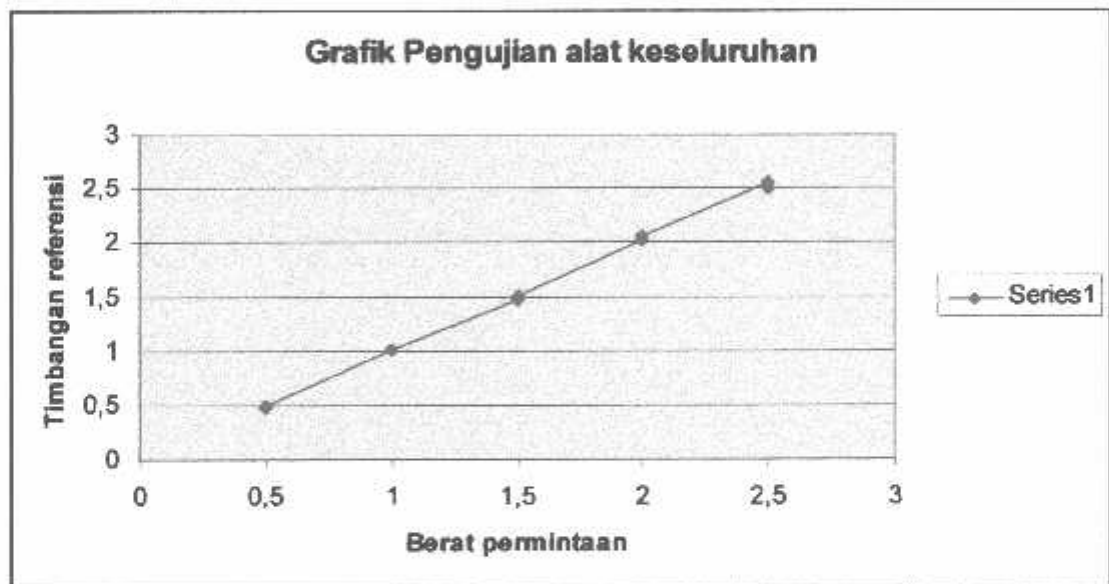
$$= 2\%$$

Sedangkan persentase kesalahan rata-rata diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{\sum \% \text{kesalahan}}{\text{banyaknya pengujian}}$$

$$= \frac{17.4\%}{10}$$

$$= 1.74\%$$



Berdasarkan data hasil pengujian secara keseluruhan dapat diambil kesimpulan bahwa timbangan alat berfungsi dengan baik sesuai dengan perancangan. Timbangan alat mampu mengukur berat gula, mampu menghitung jumlah total harga yang harus dibayar, dan mampu mencetak slip pembayaran. Sehingga bisa dikatakan alat ini siap untuk dipergunakan oleh khalayak umum.

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan baik pengujian per blok rangkaian maupun pengujian sistem secara keseluruhan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dalam penelitian ini, sensor berat yang dipakai adalah loadcell dengan tipe single point 1002 5Kg, yang mempunyai rated output 0.5mV/V. Setelah dilakukan pengukuran diperoleh nilai persentase error terkecil sebesar 2.8 %. Dan error terbesar sebesar 8 %, dengan error rata – rata 5.73 %
- 2) Rangkaian pengkondisi sinyal dibentuk dari tiga buah op-amp dan beberapa tahanan yang membentuk sebuah rangkaian penguat instrumentasi. Hasil dari pengujian rangkaian pengkondisi sinyal diperoleh nilai persentase error terkecil sebesar 0,77% dan error terbesar sebesar 6.6%. dengan error rata – rata 2.73%
- 3) Dalam pengujian alat secara keseluruhan diperoleh nilai persentase error terkecil sebesar 0.4 % pada berat 2.5 kg dan error terbesar sebesar 4 % pada berat 0.5 kg serta nilai error rata-rata sebesar 1.74 %.

### 5.2. Saran

Dalam pengembangan alat lebih lanjut diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Untuk mendapatkan hasil yang baik dalam perancangan pada alat, sebaiknya menggunakan komponen-komponen yang memiliki karakteristik yang lebih baik, sehingga dapat mengurangi persentase error waktu pengukuran.
- 2) Penggunaan kertas slip pembayaran sebaiknya menggunakan kertas yang ada simbol atau logo dari toko yang bersangkutan.
- 3) Penggunaan ADC yang lebih tinggi (jumlah bit), akan diperoleh tingkat ketelitian yang lebih baik.
- 4) Alat pencetak slip pembayaran dapat digantikan dengan *printer* yang lebih kecil agar lebih *portabel*.

- 5) untuk mendapatkan hasil yang baik dalam sistem mekanik, sebaiknya menggunakan sistem mekanik bertipe ulir.

## DAFTAR PUSTAKA

- 1) **Winoto, Ardi.** *Mikrokontroler AVR ATmega8/16/32/8535 dan Pemograman dengan Bahasa C pada WinAVR*, Penerbit Informatika Bandung 2010.
- 2) **Blocher, Richard.** *Dasar Elektronika*, Penerbit Andi, Yogyakarta 2003.
- 3) **Nalwan, Andi P.** *Panduan Praktis penggunaan dan Antarmuka Modul LCD M1632*, Penerbit PT Elex Media Komputindo, Jakarta 2004.
- 4) **Wardhana, Lingga.** *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535*. Yogyakarta: Penerbit ANDI 2006
- 5) **Gofur, Abdul.** *Perencanaan Dan Pembuatan Timbangan Digital Untuk Menimbang Perhiasan Emas Dilengkapi Dengan Pencetak Slip Pembayaran Perhiasan. Skripsi Teknik elektronika ITN 2011.*
- 6) <http://file.upi.edu/Direktori/FPTK/JUR. PEND. TEKNIK ELEKTRO/195912311985031-JAJA KUSTIJA/Modul 8-14 sistem instrumentasi.pdf> (diakses 16 februari 2012)
- 7) <http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/DS1307.pdf> (diakses 10 juli 2012)
- 8) <http://www.atmel.com> (diakses 10 januari 2012)
- 9) <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/DS1307.html> (diakses 10 juli 2011)
- 10) <http://kk.mercubuana.ac.id/files/13020-8-886267064764.pdf> (diakses 22 september 2011)
- 11) <http://www.scribd.com/doc/91921284/DCMotorPaperandQA> ( diakses 12 maret 2012)

## LAMPIRAN

---



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

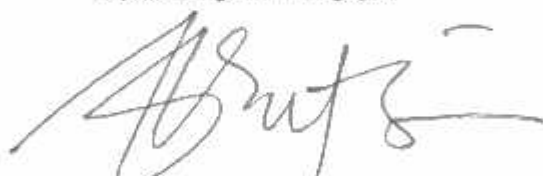
NAMA : FAHMI FIRMANSYAH  
NIM : 09.12.904  
JURUSAN : Teknik Elektro S-1  
KONSENTRASI : Teknik Elektronika  
MASA BIMBINGAN : Semester Genap  
JUDUL : **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENAKAR  
GULA OTOMATIS DILENGKAPI DENGAN PENCETAK  
STRUK PEMBELIAN BERBASIS MIKROKONTROLLER  
ATMEGA 8535**

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

Hari : Kamis  
Tanggal : 2 Agustus 2012  
Dengan Nilai : (80,7) A<sub>2</sub>


**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

Ketua Majelis Penguji,



Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP. Y.1018800189


Sekretaris Majelis Penguji,



Dr. Eng. Aryuanto S, ST, MT  
NIP. Y.1030800417

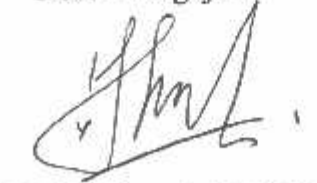
**ANGGOTA PENGUJI**

Dosen Penguji I



Dr. Eng. Aryuanto S, ST, MT  
NIP. Y.1030800417

Dosen Penguji II



Yuli Wahyuni, ST, MT  
NIP.P.1031200456



## FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

Nama : Fahmi Firmansyah  
Nim : 09.12.904  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Masa Bimbingan : Semester Genap  
Judul Skripsi : **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENAKAR GULA OTOMATIS DILENGKAPI DENGAN PENCETAK STRUK PEMBELIAN BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535**

No	Penguji	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	Penguji I	02 Agustus 2012	<ul style="list-style-type: none"><li>Gambar/layout mekanisme buka / tutup keluar gula &amp; motor penggerak</li><li>Kondisi awal berat gula perlu dirancang untuk mempermudah proses penjualan</li></ul>	
2	Penguji II	02 Agustus 2012	<ul style="list-style-type: none"><li>Kesimpulan → kurang error</li></ul>	

Disetujui:

Penguji I

Dr. Eng. Arvianto Soetedjo, ST, MT  
NIP.Y.1030800417

Penguji II

Yuli Wahyuni, ST, MT  
NIP.P.1031200456

Mengetahui:

Dosen Pembimbing I

Irmalia Suryani F, ST, MT  
NIP.P.1030000365

Dosen Pembimbing II

(Sotyohadi, ST)  
NIP.Y 1039700309



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Fahmi Firmansyah  
NIM : 0912909  
Perbaikan melalui

Kondisi <sup>awal</sup> ~~awal~~ <sup>awal</sup> harus perlu dirinci  
seperti untuk mempermudah proses perbaikan.

- Gambar / skema / layout p mekanisme harus  
terdapat kebaruan & mata pungguk  
perlu di tampilkan. (dimensi, dll)

Malang, 21/8/12

  
Ayuanto





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Fahmi Firmansyah  
NIM : 09190904  
Perbaikan melalui :

① kesimpulannya -> Error

Malang, 9 - Agustus 2019

  
(Zul Wahyuni)



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : FAHMI FIRMANSYAH  
Nim : 09.12.904  
Masa Bimbingan : 29 NOVEMBER 2011 s/d 29 MEI 2012 *2012*  
Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENAKAR GULA  
OTOMATIS DILENGKAPI DENGAN PENCETAK STRUK  
PEMBELIAN BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535

NO.	TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING
1.	14 Mei 2012	Revisi : Prinsip kerja + prototype - Ket. loadcell dr bab 3 dipindah bab 2. - Gambar RTC, keypad, perancangan mikro.	
2.	4 Juni 2012	- Revisi : Pengkondisi sinyal bab 2,3 - Perancang pengkondisi sinyal - Gambar LCD, keypad, driver motor.	
3.	5 Juni 2012	- Revisi Perancangan Mikrokontroler. Reset, <del>clock</del> - Revisi Bab 4, Pembuatan Bab 5	
4.	7 Juni 2012	- Revisi Bab 4 : - kesimpulan tiap percobaan - Revisi Bab 5 : - kesimpulan & saran.	
5.	8 Juni 2012	- Mafalat Seminar hasil	
6.		Ace ujian kompre	
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang,

Dosen Pembimbing I

Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.  
NIP.P. 1030000365



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : FAHMI FIRMANSYAH  
Nim : 09.12.904  
Masa Bimbingan : 29 NOVEMBER 2011 s/d 29 MEI 2012 *BY*  
Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENAKAR GULA  
OTOMATIS DILENGKAPI DENGAN PENCETAK STRUK  
PEMBELIAN BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535

NO.	TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING
1.	5 Mei 2012	Bab I Pendahuluan.	<i>fahmi</i>
2.	29 Mei 2012	Bab II Landasan teori	<i>fahmi</i>
3.	6 Juni 2012	Bab III & IV	<i>fahmi</i>
4.	8 Juni 2012	Bab V & bab VI	<i>fahmi</i>
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang,

Dosen Pembimbing II

SOTYOHADI, ST  
NIP.Y 1039700309



## PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangguh dibawah ini :

Nama : Fahmi Firmansyah  
 NIM : 0912909  
 Semester : IX  
 Fakultas : Teknologi Industri  
 Jurusan : Teknik Elektro S-1  
 Konsentrasi : **TEKNIK ELEKTRONIKA** ✓  
**TEKNIK ENERGI LISTRIK**  
**TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA**  
**TEKNIK KOMPUTER**  
**TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Alamat : Jl. Maspati 89, Tambakrejo, Jombang

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat **SKRIPSI Tingkat Sarjana**. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan **SKRIPSI** adalah sebagai berikut :

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan Laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh mata kuliah  $\geq 134$  sks dengan  $IPK \geq 2$  dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas  
Recording Teknik Elektro

Malang, 21 Oktober 2010  
Pemohon

(.....)  
Fahmi Firmansyah

(.....)  
Fahmi Firmansyah

Disetujui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Mengetahui  
Dosen Wali

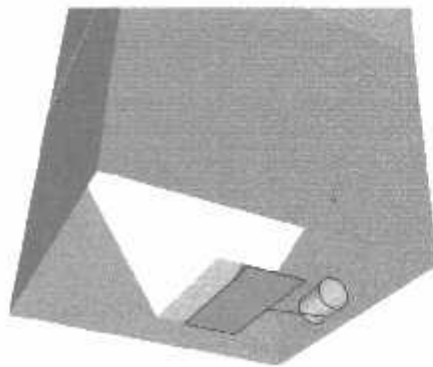
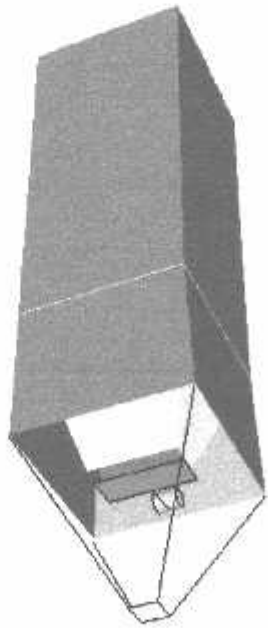
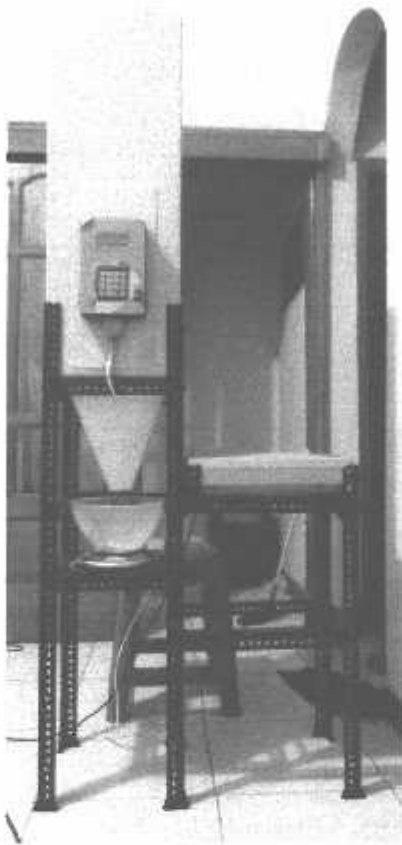
(.....)  
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP. Y. 1018800189

(.....)

Catatan :

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

1.  $IPK = \frac{447}{132} = 3.39 \rightarrow \frac{465}{138} = 3.37$
2.  $13.2$
3.  $- PSD - \text{System Audio Video (MC)}$



Struktur dalam

**Pin Descriptions**

<b>V<sub>CC</sub></b>	Digital supply voltage.
<b>GND</b>	Ground.
<b>Port A (PA7..PA0)</b>	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
<b>Port B (PB7..PB0)</b>	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 60.</p>
<b>Port C (PC7..PC0)</b>	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
<b>Port D (PD7..PD0)</b>	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 64.</p>
<b><u>RESET</u></b>	Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.
<b>XTAL1</b>	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
<b>XTAL2</b>	Output from the inverting Oscillator amplifier.
<b>AVCC</b>	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V <sub>CC</sub> , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V <sub>CC</sub> through a low-pass filter.
<b>AREF</b>	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.





## Resources

A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on <http://www.atmel.com/avr>.

## **About Code Examples**

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.





## Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x2F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	10
0x3E (0x5E)	SPH	-	-	-	-	-	-	SP9	SP8	12
0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	12
0x3C (0x5C)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register								85
0x3B (0x5B)	GCR	INT1	INT0	INT2	-	-	-	IVSEL	IVCE	49, 69
0x3A (0x5A)	GIFR	INTF1	INTF0	INTF2	-	-	-	-	-	70
0x39 (0x59)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	85, 115, 133
0x38 (0x58)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	86, 116, 134
0x37 (0x57)	SPMCR	SPMIE	RWWSB	-	RWWSRE	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN	229
0x36 (0x56)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	-	TWIE	181
0x35 (0x55)	MCUCR	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	32, 68
0x34 (0x54)	MCUCSR	-	ISC2	-	-	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	40, 69
0x33 (0x53)	YCRR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	83
0x32 (0x52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								65
0x31 (0x51)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								30
0x30 (0x50)	SPOR	ADTS2	ADTS1	ADTS0	-	ACME	PUD	PSP2	PSR10	59, 86, 135, 203, 223
0x2F (0x4F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	110
0x2E (0x4E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	113
0x2D (0x4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 - Counter Register High Byte								114
0x2C (0x4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 - Counter Register Low Byte								114
0x2B (0x4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 - Output Compare Register A High Byte								114
0x2A (0x4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 - Output Compare Register A Low Byte								114
0x29 (0x49)	OCR1BH	Timer/Counter1 - Output Compare Register B High Byte								114
0x28 (0x48)	OCR1BL	Timer/Counter1 - Output Compare Register B Low Byte								114
0x27 (0x47)	ICR1H	Timer/Counter1 - Input Capture Register High Byte								114
0x26 (0x46)	ICR1L	Timer/Counter1 - Input Capture Register Low Byte								114
0x25 (0x45)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	126
0x24 (0x44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								130
0x23 (0x43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								131
0x22 (0x42)	ASSR	-	-	-	-	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	131
0x21 (0x41)	WDTCR	-	-	-	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	42
0x20 <sup>(1)</sup> (0x40) <sup>(1)</sup>	UBRRH	URSEL	-	-	-	-	UBRR[11:8]		-	189
	UCSRB	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	LCSZ1	LCSZ0	UCPOL	187
0x1F (0x3F)	EEARH	-	-	-	-	-	-	-	EEARB	19
0x1E (0x3E)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								19
0x1D (0x3D)	EEDR	EEPROM Data Register								19
0x1C (0x3C)	EEDR	-	-	-	-	EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	19
0x1B (0x3B)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	66
0x1A (0x3A)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	66
0x19 (0x39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	66
0x18 (0x38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	66
0x17 (0x37)	DDRB	DOB7	DOB6	DOB5	DOB4	DOB3	DOB2	DOB1	DOB0	66
0x16 (0x36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	67
0x15 (0x35)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	67
0x14 (0x34)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	67
0x13 (0x33)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	67
0x12 (0x32)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	67
0x11 (0x31)	DDPD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	67
0x10 (0x30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	67
0x0F (0x2F)	SPDR	SPI Data Register								143
0x0E (0x2E)	SPSR	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	SPIZK	143
0x0D (0x2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	141
0x0C (0x2C)	UDR	USART I/O Data Register								164
0x0B (0x2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	165
0x0A (0x2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	LCSZ2	RXB8	TXB8	166
0x09 (0x29)	UBRRL	USART Baud Rate Register Low Byte								169
0x08 (0x28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	AC1	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	203
0x07 (0x27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	219
0x06 (0x26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADIF	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	221
0x05 (0x25)	ADCH	ADC Data Register High Byte								222
0x04 (0x24)	ADCL	ADC Data Register Low Byte								222
0x03 (0x23)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								183
0x02 (0x22)	TWAR	TWA8	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	183
0x01 (0x21)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	-	TWSP1	TWSP0	183

## Register Summary (Continued)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x00 (0x20)	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register								181

- Notes:
1. Refer to the USART description for details on how to access UBRRH and UCSRC.
  2. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
  3. Some of the status flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.





## Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
<b>ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS</b>					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z, C, N, V, H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z, C, N, V, H	1
ADIW	Rd, K	Add Immediate to Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL + K$	Z, C, N, V, S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z, C, N, V, H	1
SUBI	Rr, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z, C, N, V, H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z, C, N, V, H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z, C, N, V, H	1
SBIBW	Rd, K	Subtract Immediate from Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL - K$	Z, C, N, V, S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \wedge Rr$	Z, N, V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \wedge K$	Z, N, V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z, N, V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z, N, V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z, N, V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow 0xFF - Rd$	Z, C, N, V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow 0x00 - Rd$	Z, C, N, V, H	1
SBR	Rd, K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z, N, V	1
CBR	Rd, K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \wedge (\text{0xFF} - K)$	Z, N, V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z, N, V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z, N, V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \wedge Rd$	Z, N, V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z, N, V	1
SEI	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow 0xFF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z, C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z, C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z, C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z, C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z, C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z, C	2
<b>BRANCH INSTRUCTIONS</b>					
RAMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
LMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow \text{STACK}$	None	4
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow \text{STACK}$	I	4
CPSE	Rd, Rr	Compare, Skip if Equal	$\text{if } (Rd = Rr) \text{ PC} \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
CP	Rd, Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N, V, C, H	1
CPC	Rd, Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N, V, C, H	1
CPI	Rd, K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N, V, C, H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	$\text{if } (Rr(b)=0) \text{ PC} \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	$\text{if } (Rr(b)=1) \text{ PC} \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	$\text{if } (P(b)=0) \text{ PC} \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	$\text{if } (P(b)=1) \text{ PC} \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	$\text{if } (\text{SREG}(s) = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	$\text{if } (\text{SREG}(s) = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BREQ	k	Branch if Equal	$\text{if } (Z = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRNE	k	Branch if Not Equal	$\text{if } (Z = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCS	k	Branch if Carry Set	$\text{if } (C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	$\text{if } (C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	$\text{if } (C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLO	k	Branch if Lower	$\text{if } (C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRMI	k	Branch if Minus	$\text{if } (N = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRPL	k	Branch if Plus	$\text{if } (N = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	$\text{if } (N \oplus V = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	$\text{if } (N \oplus V = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	$\text{if } (H = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	$\text{if } (H = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	$\text{if } (T = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	$\text{if } (T = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	$\text{if } (V = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	$\text{if } (V = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	$\text{if } (I = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	$\text{if } (I = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
<b>DATA TRANSFER INSTRUCTIONS</b>					

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	$Rd \leftarrow Rr$	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	$Rd+1:Rd \leftarrow Rr+1:Rr$	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	$Rd \leftarrow K$	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	$Rd \leftarrow (X)$	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (X), X \leftarrow X + 1$	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X - 1, Rd \leftarrow (X)$	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Y)$	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Y), Y \leftarrow Y + 1$	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y - 1, Rd \leftarrow (Y)$	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Y + q)$	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Z)$	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z + 1$	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z - 1, Rd \leftarrow (Z)$	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Z + q)$	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	$Rd \leftarrow (k)$	None	2
ST	X, Rr	Store indirect	$(X) \leftarrow Rr$	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(X) \leftarrow Rr, X \leftarrow X + 1$	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X - 1, (X) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Y, Rr	Store indirect	$(Y) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(Y) \leftarrow Rr, Y \leftarrow Y + 1$	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y - 1, (Y) \leftarrow Rr$	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	$(Y + q) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Z, Rr	Store indirect	$(Z) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(Z) \leftarrow Rr, Z \leftarrow Z + 1$	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z - 1, (Z) \leftarrow Rr$	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	$(Z + q) \leftarrow Rr$	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	$(k) \leftarrow Rr$	None	2
LPM		Load Program Memory	$Rd \leftarrow (Z)$	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	$Rd \leftarrow (Z)$	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z + 1$	None	3
SPM		Store Program Memory	$(Z) \leftarrow R1:R0$	None	-
IN	Rd, P	In Port	$Rd \leftarrow P$	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	$P \leftarrow Rr$	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	$STACK \leftarrow Rr$	None	2
POP	Rd	Pop Register from Stack	$Rd \leftarrow STACK$	None	2
<b>BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS</b>					
SBI	P, b	Set Bit in I/O Register	$I/O(P, b) \leftarrow 1$	None	2
CBI	P, b	Clear Bit in I/O Register	$I/O(P, b) \leftarrow 0$	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	$Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), Rd(0) \leftarrow 0$	Z, C, N, V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), Rd(7) \leftarrow 0$	Z, C, N, V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	$Rd(0) \leftarrow C, Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), C \leftarrow Rd(7)$	Z, C, N, V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	$Rd(7) \leftarrow C, Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), C \leftarrow Rd(0)$	Z, C, N, V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), n=0..6$	Z, C, N, V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	$Rd(3..0) \leftrightarrow Rd(7..4), Rd(7..4) \leftrightarrow Rd(3..0)$	None	1
BSET	s	Flag Set	$SREG(s) \leftarrow 1$	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	$SREG(s) \leftarrow 0$	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	$T \leftarrow Rr(b)$	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	$Rd(b) \leftarrow T$	None	1
SEC		Set Carry	$C \leftarrow 1$	C	1
CLC		Clear Carry	$C \leftarrow 0$	C	1
SEN		Set Negative Flag	$N \leftarrow 1$	N	1
CLN		Clear Negative Flag	$N \leftarrow 0$	N	1
SEZ		Set Zero Flag	$Z \leftarrow 1$	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	$Z \leftarrow 0$	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	$I \leftarrow 1$	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	$I \leftarrow 0$	I	1
SES		Set Signed Test Flag	$S \leftarrow 1$	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	$S \leftarrow 0$	S	1
SEV		Set Two's Complement Overflow	$V \leftarrow 1$	V	1
CLV		Clear Two's Complement Overflow	$V \leftarrow 0$	V	1
SET		Set T in SREG	$T \leftarrow 1$	T	1
CLT		Clear T in SREG	$T \leftarrow 0$	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 1$	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 0$	H	1
<b>MCU CONTROL INSTRUCTIONS</b>					
NOP		No Operation		None	1



Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/Timer)	None	1
BREAK		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A

## Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package <sup>(1)</sup>	Operation Range			
8	2.7 - 5.5V	ATmega8535L-8AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)			
		ATmega8535L-8PC	40P6				
		ATmega8535L-8JC	44J				
		ATmega8535L-8MC	44M1				
		ATmega8535L-8AI	44A		Industrial (-40°C to 85°C)		
		ATmega8535L-8PI	40P6				
		ATmega8535L-8JI	44J				
		ATmega8535L-8MI	44M1				
	ATmega8535L-8AU <sup>(2)</sup>	44A					
	ATmega8535L-8PU <sup>(2)</sup>	40P6					
	4.5 - 5.5V	ATmega8535L-8JU <sup>(2)</sup>	44J	Industrial (-40°C to 85°C)			
		ATmega8535L-8MU <sup>(2)</sup>	44M1				
		16	4.5 - 5.5V		ATmega8535-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
					ATmega8535-16PC	40P6	
ATmega8535-16JC					44J		
ATmega8535-16MC					44M1		
16	4.5 - 5.5V	ATmega8535-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)			
		ATmega8535-16PI	40P6				
		ATmega8535-16JI	44J				
		ATmega8535-16MI	44M1				
		ATmega8535-16AU <sup>(2)</sup>	44A				
		ATmega8535-16PU <sup>(2)</sup>	40P6				
		ATmega8535-16JU <sup>(2)</sup>	44J				
		ATmega8535-16MU <sup>(2)</sup>	44M1				

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
  2. Pb-free packaging alternative, complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.

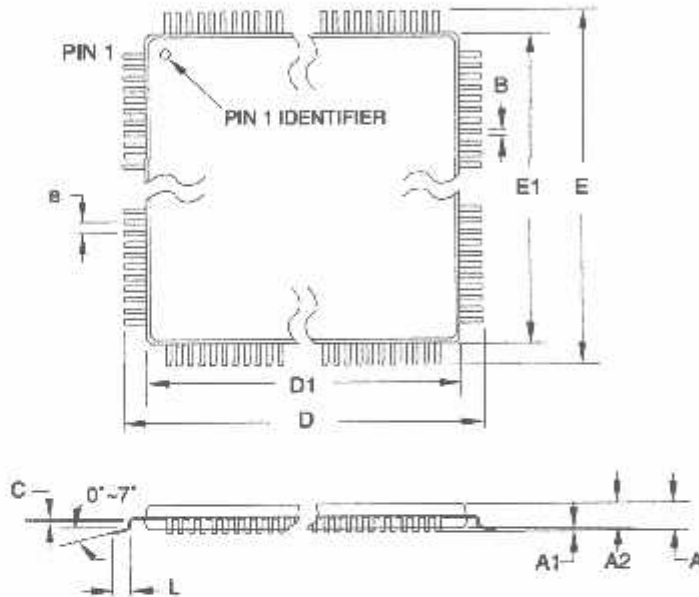
### Package Type

<b>44A</b>	44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
<b>40P6</b>	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
<b>44J</b>	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
<b>44M1-A</b>	44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm body, lead pitch 0.50 mm, Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)



# Packaging Information

44A



**COMMON DIMENSIONS**  
(Unit of Measure = mm)

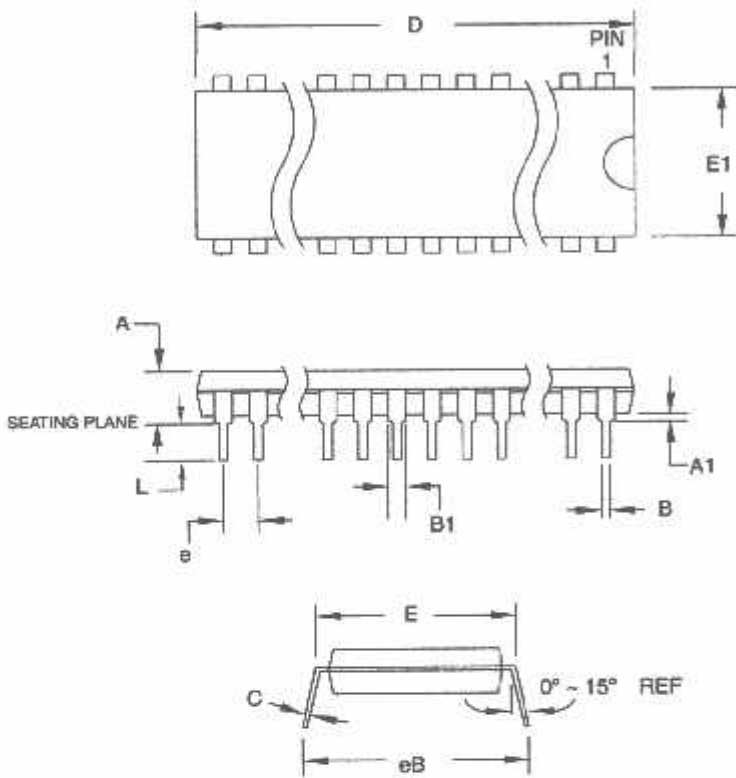
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	1.20	
A1	0.05	-	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	11.75	12.00	12.25	
D1	9.90	10.00	10.10	Note 2
E	11.75	12.00	12.25	
E1	9.90	10.00	10.10	Note 2
B	0.30	-	0.45	
C	0.09	-	0.20	
L	0.45	-	0.75	
e	0.80 TYP			

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

10/5/2001

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

40P6



COMMON DIMENSIONS  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	4.826	
A1	0.361	-	-	
D	52.070	-	52.578	Note 2
E	15.240	-	15.875	
E1	13.462	-	13.970	Note 2
B	0.356	-	0.559	
B1	1.041	-	1.851	
L	3.048	-	3.556	
C	0.203	-	0.361	
eB	15.494	-	17.526	
e	2.540 TYP			

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

09/28/01



2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131

TITLE

40P6, 40-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual In-line Package (PDIP)

DRAWING NO.

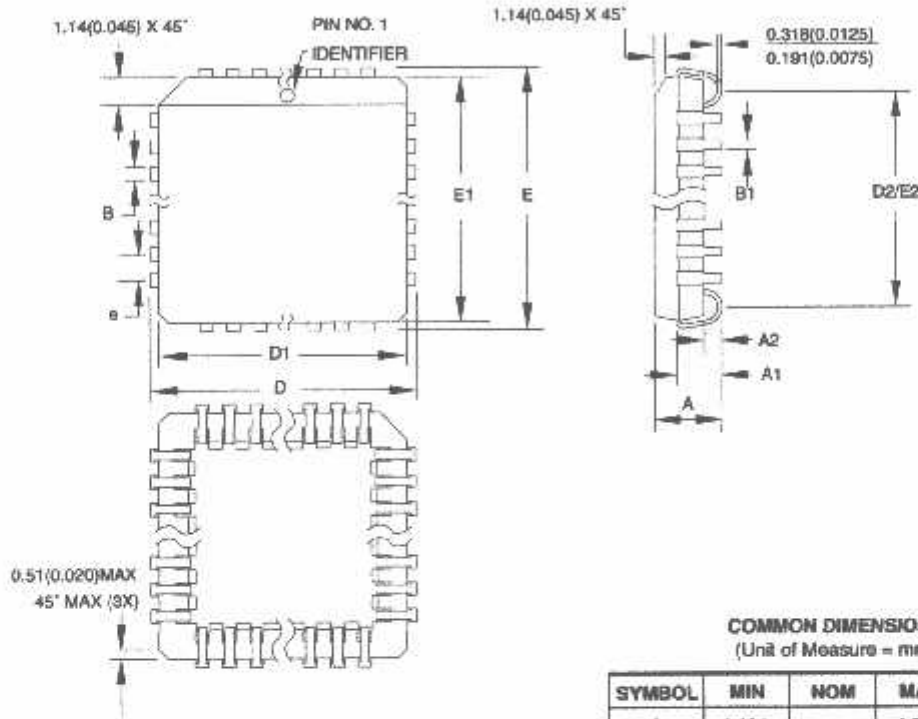
40P6

REV.

B







**COMMON DIMENSIONS**  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	4.191	-	4.572	
A1	2.286	-	3.048	
A2	0.508	-	-	
D	17.399	-	17.853	
D1	16.510	-	16.662	Note 2
E	17.399	-	17.653	
E1	16.510	-	16.662	Note 2
D2/E2	14.986	-	16.002	
B	0.680	-	0.813	
B1	0.330	-	0.533	
e	1.270 TYP			

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

10/04/01

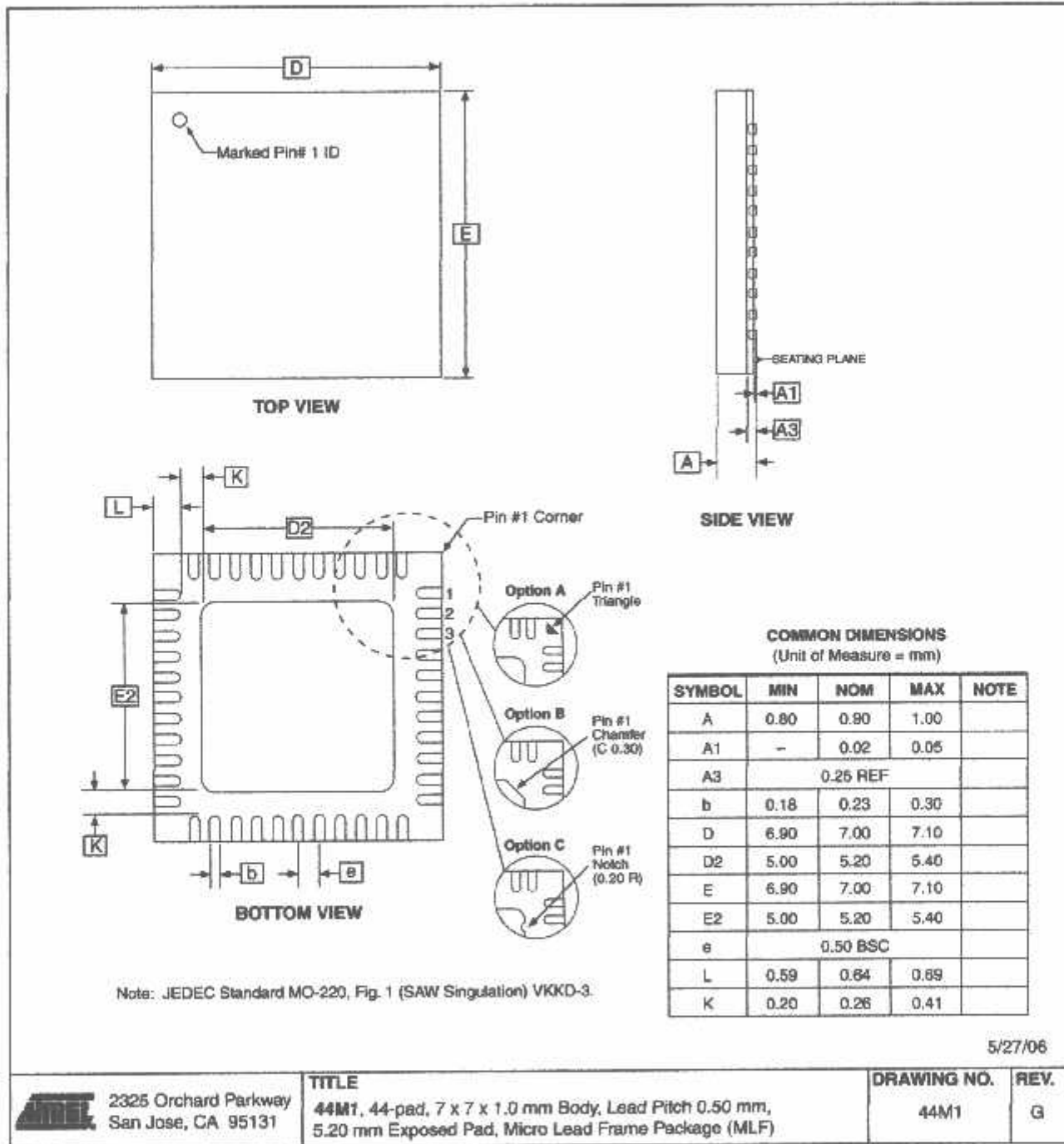


2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131

**TITLE**  
44J, 44-lead, Plastic J-Headed Chip Carrier (PLCC)

<b>DRAWING NO.</b>	<b>REV.</b>
44J	B

44M1-A





## Errata

### ATmega8535 Rev. A and B

The revision letter refer to the device revision.

- First Analog Comparator conversion may be delayed
- Asynchronous Oscillator does not stop in Power-down

#### 1. First Analog Comparator conversion may be delayed

If the device is powered by a slow rising  $V_{CC}$ , the first Analog Comparator conversion will take longer than expected on some devices.

##### **Problem Fix/Workaround**

When the device has been powered or reset, disable then enable the Analog Comparator before the first conversion.

#### 2. Asynchronous Oscillator does not stop in Power-down

The asynchronous oscillator does not stop when entering Power-down mode. This leads to higher power consumption than expected.

##### **Problem Fix/Workaround**

Manually disable the asynchronous timer before entering Power-down.

## Datasheet Revision History

Please note that the referring page numbers in this section are referring to this document. The referring revision in this section are referring to the document revision.

**Changes from Rev. 2502J- 08/06 to Rev. 2502K- 10/06**

1. Updated TOP/BOTTOM description for all Timer/Counters Fast PWM mode.
2. Updated "Errata" on page 18.

**Changes from Rev. 2502I- 06/06 to Rev. 2502J- 08/06**

1. Updated "Ordering Information" on page 13.

**Changes from Rev. 2502H- 04/06 to Rev. 2502I- 06/06**

1. Updated code example "USART Initialization" on page 150.

**Changes from Rev. 2502G- 04/05 to Rev. 2502H- 04/06**

1. Added "Resources" on page 6.
2. Updated Table 7 on page 29, Table 17 on page 42 and Table 111 on page 258.
3. Updated "Serial Peripheral Interface – SPI" on page 136.
4. Updated note in "Bit Rate Generator Unit" on page 180.

**Changes from Rev. 2502F- 06/04 to Rev. 2502G- 04/05**

1. Removed "Preliminary" and TBD's.
2. Updated Table 37 on page 69 and Table 113 on page 261.
3. Updated "Electrical Characteristics" on page 255.
4. Updated "Ordering Information" on page 13.

**Changes from Rev. 2502E-12/03 to Rev. 2502G-06/04**

1. MLF-package alternative changed to "Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package QFN/MLF".

**Changes from Rev. 2502E-12/03 to Rev. 2502F-06/04**

1. Updated "Reset Characteristics" on page 37.
2. Updated SPH in "Stack Pointer" on page 12.
3. Updated C code in "USART Initialization" on page 150.
4. Updated "Errata" on page 18.

**Changes from Rev. 2502D-09/03 to Rev. 2502E-12/03**

1. Updated "Calibrated Internal RC Oscillator" on page 29.
2. Added section "Errata" on page 18.



**Changes from Rev.  
2502C-04/03 to Rev.  
2502D-09/03**

1. Removed "Advance Information" and some TBD's from the datasheet.
2. Added note to "Pinout ATmega8535" on page 2.
3. Updated "Reset Characteristics" on page 37.
4. Updated "Absolute Maximum Ratings" and "DC Characteristics" in "Electrical Characteristics" on page 255.
5. Updated Table 111 on page 258.
6. Updated "ADC Characteristics" on page 263.
7. Updated "ATmega8535 Typical Characteristics" on page 266.
8. Removed CALL and JMP instructions from code examples and "Instruction Set Summary" on page 10.

**Changes from Rev.  
2502B-09/02 to Rev.  
2502C-04/03**

1. Updated "Packaging Information" on page 14.
2. Updated Figure 1 on page 2, Figure 84 on page 179, Figure 85 on page 185, Figure 87 on page 191, Figure 98 on page 207.
3. Added the section "EEPROM Write During Power-down Sleep Mode" on page 22.
4. Removed the references to the application notes "Multi-purpose Oscillator" and "32 kHz Crystal Oscillator", which do not exist.
5. Updated code examples on page 44.
6. Removed ADHSM bit.
7. Renamed Port D pin ICP to ICP1. See "Alternate Functions of Port D" on page 64.
8. Added information about PWM symmetry for Timer 0 on page 79 and Timer 2 on page 126.
9. Updated Table 68 on page 169, Table 75 on page 190, Table 76 on page 193, Table 77 on page 196, Table 108 on page 253, Table 113 on page 261.
10. Updated description on "Bit 5 – TWSTA: TWI START Condition Bit" on page 182.
11. Updated the description in "Filling the Temporary Buffer (Page Loading)" and "Performing a Page Write" on page 231.
12. Removed the section description in "SPI Serial Programming Characteristics" on page 254.
13. Updated "Electrical Characteristics" on page 255.

- 14. Updated "ADC Characteristics" on page 263.
- 14. Updated "Register Summary" on page 8.
- 15. Various Timer 1 corrections.
- 16. Added WD\_FUSE period in Table 108 on page 253.
- 1. Changed the Endurance on the Flash to 10,000 Write/Erase Cycles.

**Changes from Rev.  
2502A-06/02 to Rev.  
2502B-09/02**





## Atmel Corporation

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

## Regional Headquarters

### Europe

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

### Asia

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

### Japan

9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.  
1-24-8 Shinkawa  
Chuo-ku, Tokyo 104-0033  
Japan  
Tel: (81) 3-3523-3551  
Fax: (81) 3-3523-7581

## Atmel Operations

### Memory

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

### Microcontrollers

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

### La Chantellerie

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

### ASIC/ASSP/Smart Cards

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

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

### Scottish Enterprise Technology Park

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

### RF/Automotive

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

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

### Biometrics/Imaging/Hi-Rel MPU/

### High Speed Converters/RF Datacom

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

---

### Literature Requests

[www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)

**Disclaimer:** The information in this document is provided in connection with Atmel products. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property right is granted by this document or in connection with the sale of Atmel products. EXCEPT AS SET FORTH IN ATMEL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE LOCATED ON ATMEL'S WEB SITE, ATMEL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER AND DISCLAIMS ANY EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY WARRANTY RELATING TO ITS PRODUCTS INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR NON-INFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL ATMEL BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE, SPECIAL OR INCIDENTAL DAMAGES (INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, DAMAGES FOR LOSS OF PROFITS, BUSINESS INTERRUPTION, OR LOSS OF INFORMATION) ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THIS DOCUMENT, EVEN IF ATMEL HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. Atmel makes no representations or warranties with respect to the accuracy or completeness of the contents of this document and reserves the right to make changes to specifications and product descriptions at any time without notice. Atmel does not make any commitment to update the information contained herein. Atmel's products are not intended, authorized, or warranted for use as components in applications intended to support or sustain life.

© 2006 Atmel Corporation. All rights reserved. Atmel®, logo and combinations thereof, Everywhere You Are®, AVR®, and others are the trademarks or registered trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Other terms and product names may be trademarks of others.



# ULN2001A-ULN2002A ULN2003A-ULN2004A

## SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT

### DESCRIPTION

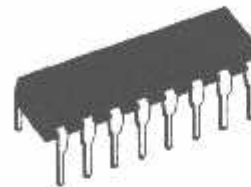
The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

The four versions interface to all common logic families :

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6-15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal print-heads and high power buffers.

The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.



DIP16

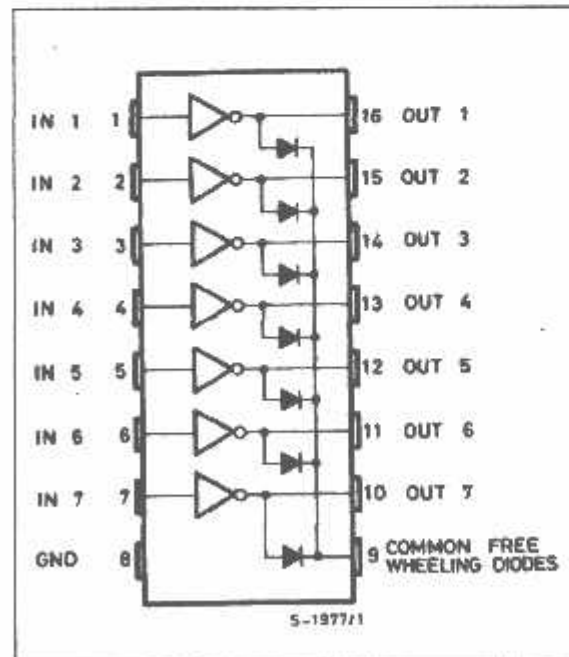
ORDERING NUMBERS: ULN2001A/2A/3A/4A



SO16

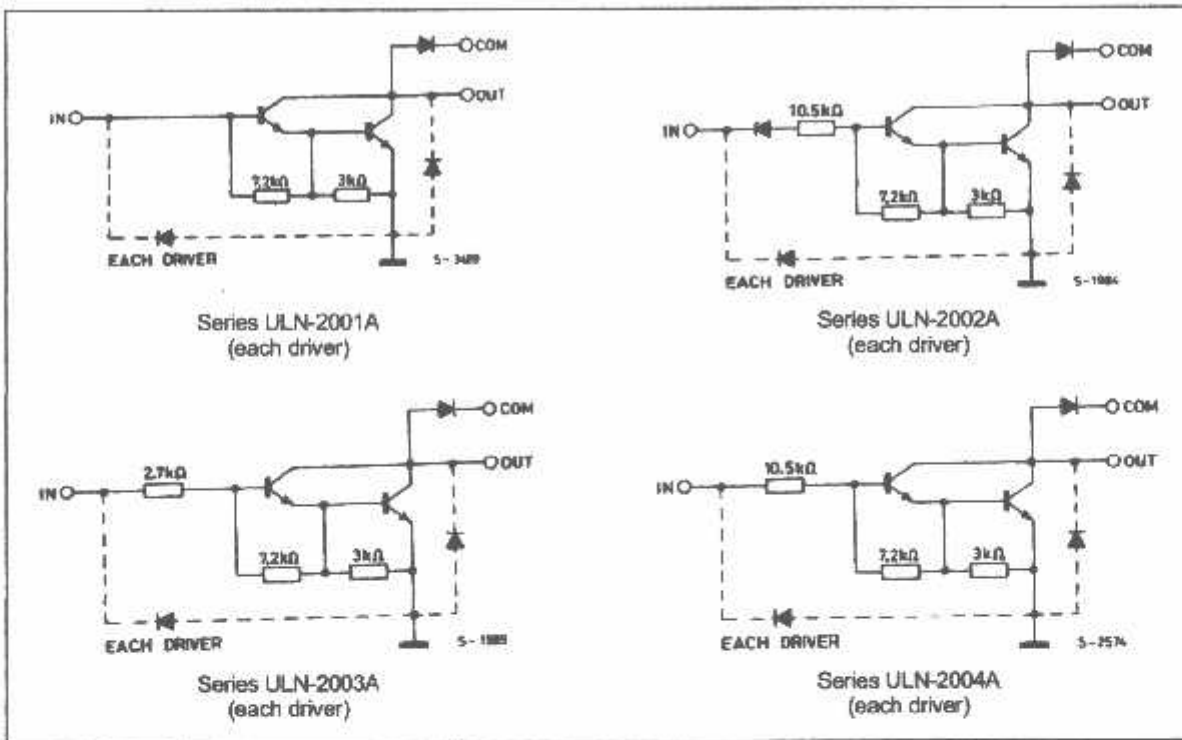
ORDERING NUMBERS: ULN2001D/2D/3D/4D

### PIN CONNECTION





**SCHEMATIC DIAGRAM**



**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_o$	Output Voltage	50	V
$V_{in}$	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
$I_c$	Continuous Collector Current	500	mA
$I_b$	Continuous Base Current	25	mA
$T_{amb}$	Operating Ambient Temperature Range	-20 to 85	°C
$T_{stg}$	Storage Temperature Range	-55 to 150	°C
$T_j$	Junction Temperature	150	°C

**THERMAL DATA**

Symbol	Parameter	DIP16	SO16	Unit
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 70	120	°C/W

ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.	
$I_{CEX}$	Output Leakage Current	$V_{CE} = 50\text{V}$			50	$\mu\text{A}$	1a	
		$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}, V_{CE} = 50\text{V}$			100	$\mu\text{A}$	1a	
		$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$ for ULN2002A $V_{CE} = 50\text{V}, V_i = 6\text{V}$			500	$\mu\text{A}$	1b	
		for ULN2004A $V_{CE} = 50\text{V}, V_i = 1\text{V}$			500	$\mu\text{A}$	1b	
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 250\mu\text{A}$		0.9	1.1	V	2	
		$I_C = 200\text{mA}, I_B = 350\mu\text{A}$		1.1	1.3	V	2	
		$I_C = 350\text{mA}, I_B = 500\mu\text{A}$		1.3	1.6	V	2	
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2002A, $V_i = 17\text{V}$		0.82	1.25	mA	3	
		for ULN2003A, $V_i = 3.85\text{V}$		0.93	1.35	mA	3	
		for ULN2004A, $V_i = 5\text{V}$		0.35	0.5	mA	3	
		$V_i = 12\text{V}$		1	1.45	mA	3	
$I_{i(off)}$	Input Current	$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}, I_C = 500\mu\text{A}$	50	65		$\mu\text{A}$	4	
$V_{i(on)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}$ for ULN2002A $I_C = 300\text{mA}$			13		V	5
		for ULN2003A $I_C = 200\text{mA}$			2.4			
		$I_C = 250\text{mA}$			2.7			
		$I_C = 300\text{mA}$			3			
		for ULN2004A $I_C = 125\text{mA}$			5			
		$I_C = 200\text{mA}$			6			
$h_{FE}$	DC Forward Current Gain	for ULN2001A $V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 350\text{mA}$	1000					2
$C_i$	Input Capacitance			15	25	pF		
$t_{PLH}$	Turn-on Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	$\mu\text{s}$		
$t_{PHL}$	Turn-off Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	$\mu\text{s}$		
$I_R$	Clamp Diode Leakage Current	$V_R = 50\text{V}$			50	$\mu\text{A}$	6	
		$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}, V_R = 50\text{V}$			100	$\mu\text{A}$	6	
$V_F$	Clamp Diode Forward Voltage	$I_F = 350\text{mA}$		1.7	2	V	7	

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

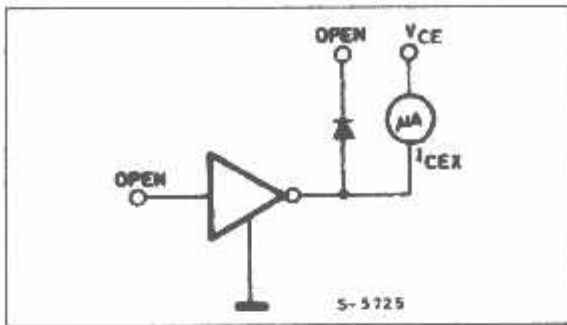


Figure 1b.

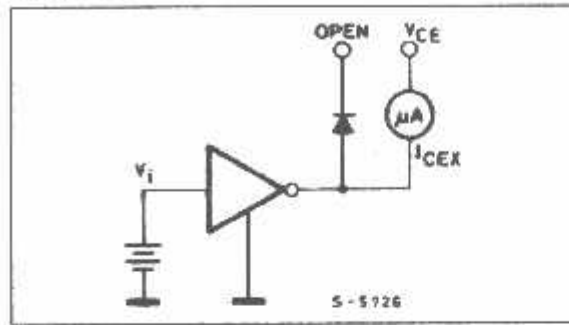


Figure 2.

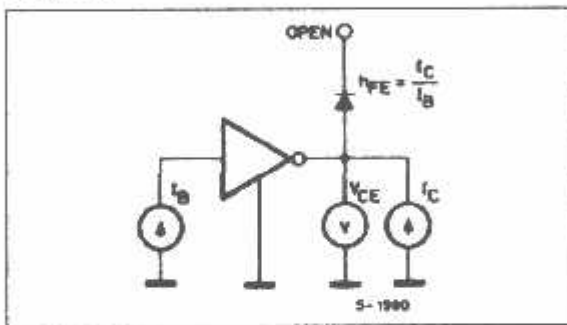


Figure 3.

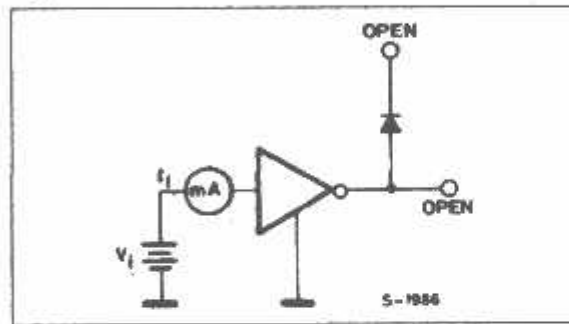


Figure 4.

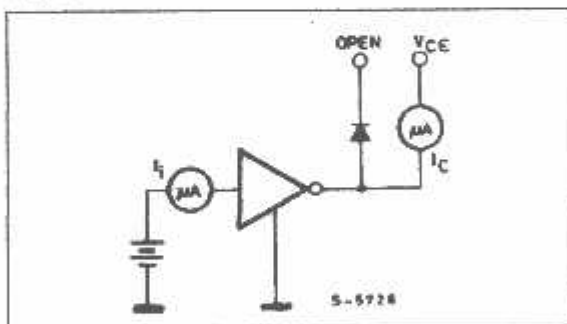


Figure 5.

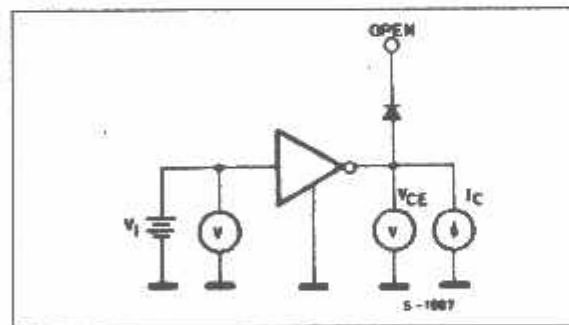


Figure 6.

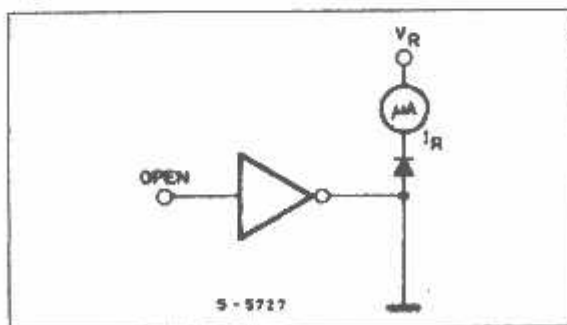


Figure 7.

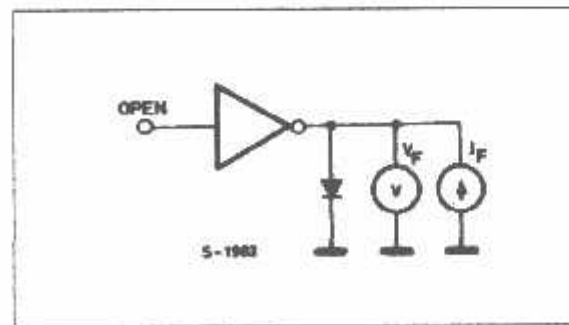


Figure 8: Collector Current versus Input Current

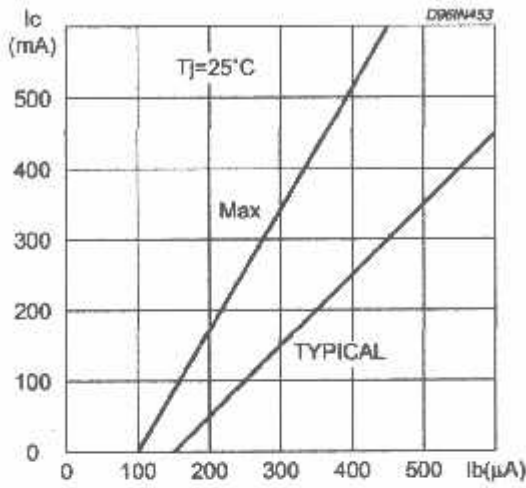


Figure 9: Collector Current versus Saturation Voltage

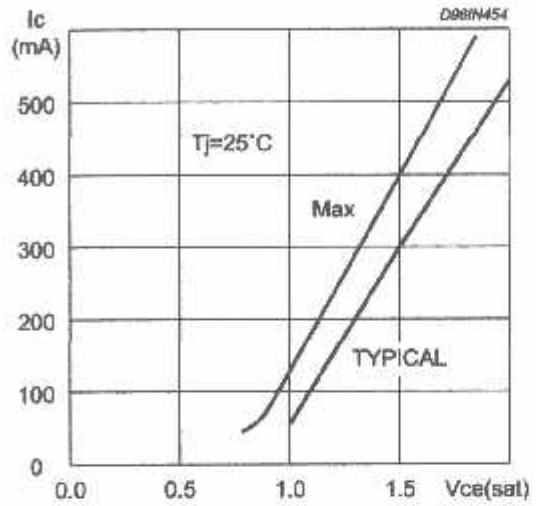


Figure 10: Peak Collector Current versus Duty Cycle

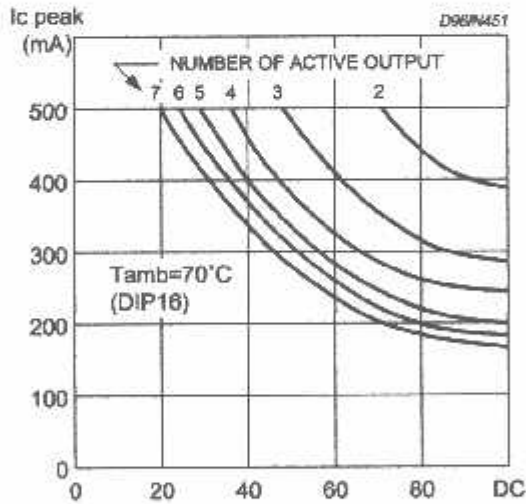
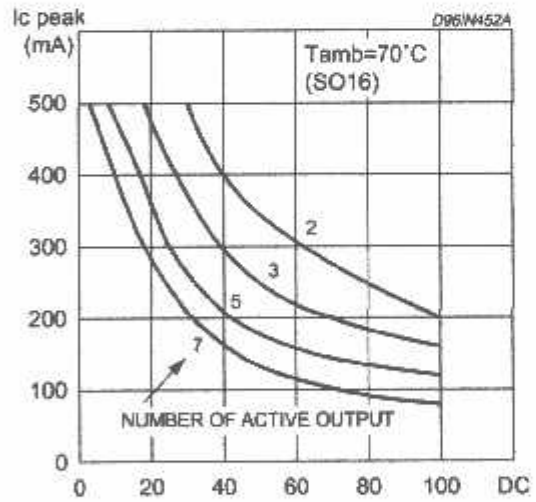



Figure 11: Peak Collector Current versus Duty Cycle

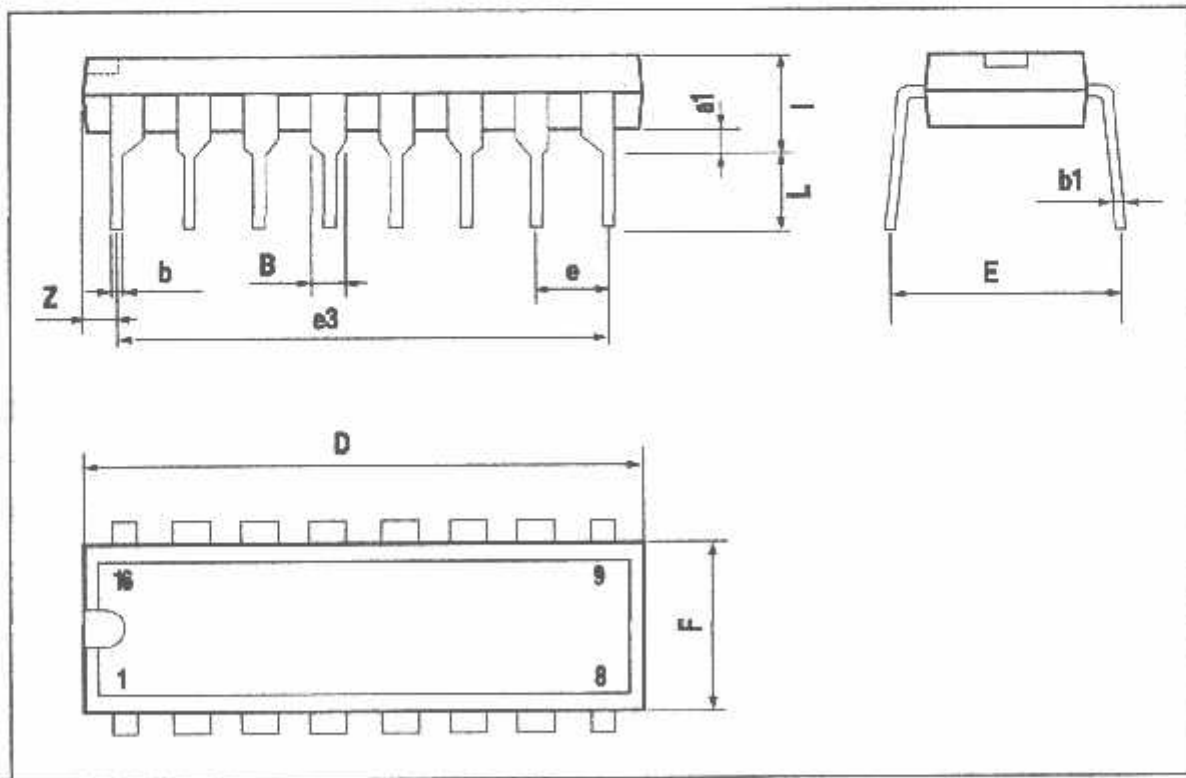


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.336	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
l			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050

**OUTLINE AND MECHANICAL DATA**



**DIP16**



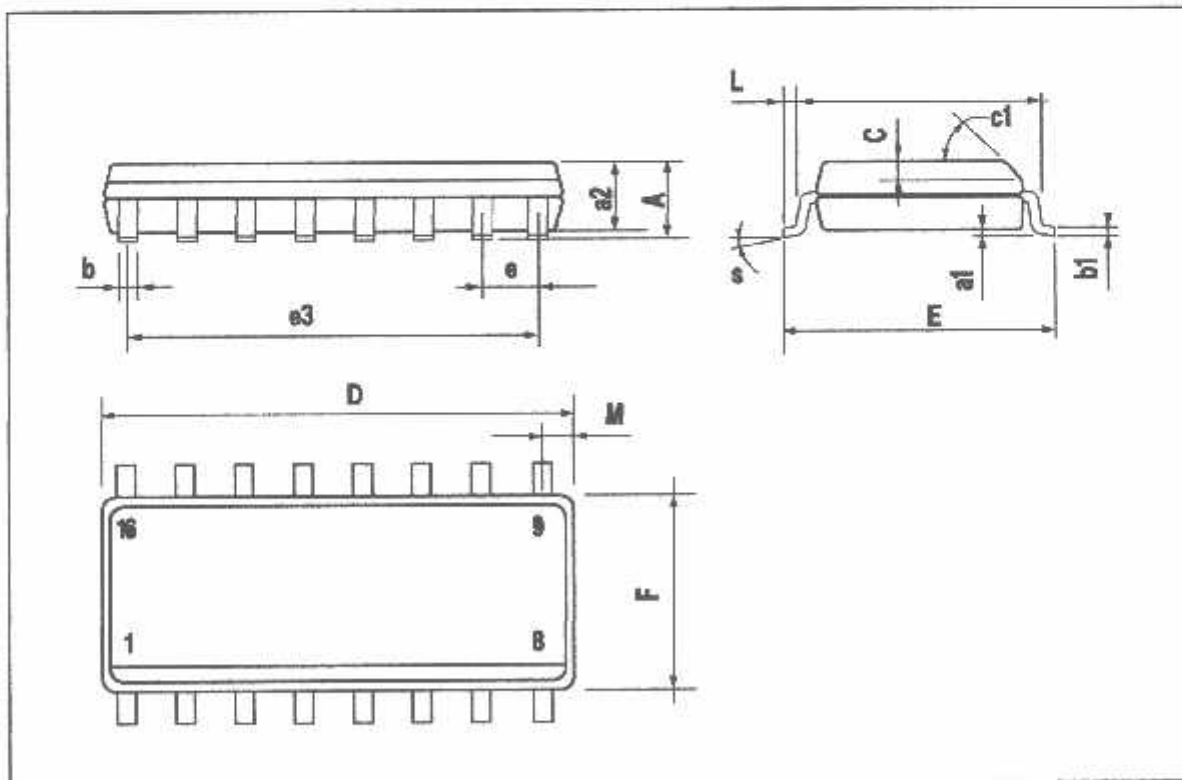
DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.009
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1	45° (typ.)					
D (1)	9.8		10	0.386		0.394
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F (1)	3.8		4	0.150		0.157
G	4.6		5.3	0.181		0.209
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.62			0.024
S	8° (max.)					

**OUTLINE AND MECHANICAL DATA**



**SO16 Narrow**

(1) D and F do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15mm (.006inch).



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics  
© 2002 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved  
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco -  
Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.  
<http://www.st.com>

This datasheet has been download from:

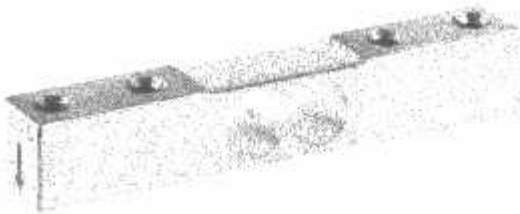
[www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com)

Datasheets for electronics components.

---



## Aluminum Single Point Load Cell



### FEATURES

- Capacities 0.5 - 5kg for 350 ohm
- Capacities 5 - 20kg for 1000 ohm
- Aluminum construction
- Single point 200 x 200mm platform
- IP66 protection

### DESCRIPTION

Model 1002 is a very small, low capacity, aluminum single point load cell, equally suitable for simple weighing scales or for industrial measurement and medical applications.

The Model 1002 has the advantage of very small size. It is therefore both versatile and easy to use in a wide variety of industrial measurement applications.

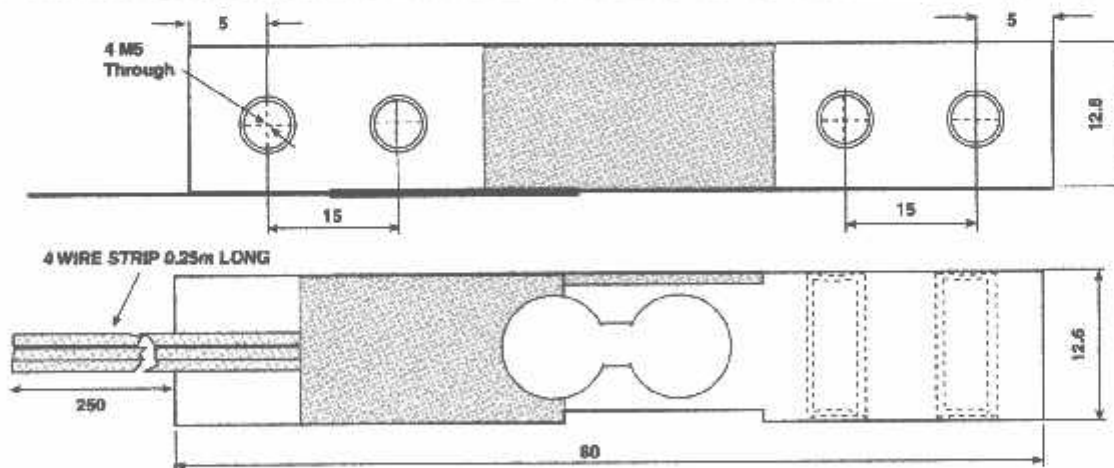
Optional 1000 ohm strain gages are particularly suitable for connection to battery-powered equipment (designated Model 1002-K).

Typical applications include packing machines, filling machines, weaving machines, industrial process control, and low-force medical applications, as well as small-platform weighing.

### APPLICATIONS

- Small scales
- Grocery scales

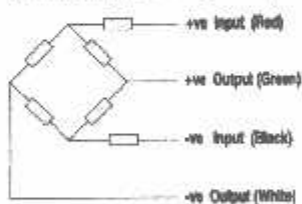
### OUTLINE DIMENSIONS in mm



**SPECIFICATIONS**

PARAMETER	VALUE		UNIT
	1002	1002-K	
Model	1002	1002-K	
Accuracy class	Non-Approved		
Maximum no. of intervals (n)	1000		
Rated capacity-R.C. ( $E_{max}$ )	0.5, 1, 2, 3, 5	5, 8, 15, 20	kg
Rated output-R.O.	0.5	1.5	mV/V
Rated output tolerance	10		±% mV/V
Zero balance	0.4	0.2	±mV/V
Zero Return, 30 min.	0.050		±% of applied load
Total Error	0.1		±% of rated output
Temperature effect on zero	N/A		±% of rated output/°C
Temperature effect on output	N/A		±% of load/°C
Eccentric loading error	0.16		±% of rated load/cm
Temperature range, compensated	-10 to +40		°C
Temperature range, safe	-20 to +70		°C
Maximum safe central overload	150		% of R.C.
Ultimate central overload	300		% of R.C.
Excitation, recommended	5		Vdc or Vac rms
Excitation, maximum	15		Vdc or Vac rms
Input impedance	350±50	1000±50	Ohms
Output impedance	350±50	1000±50	Ohms
Insulation resistance	>2000		Mega-Ohms
Cable length	0.25		m
Cable type	4 wire, PVC		Standard
Construction	Aluminum		
Environmental protection	IP66		
Platform size (max)	200 x 200		mm
Recommended torque	2		N*m

**Wiring Schematic Diagram**  
(Balanced bridge configuration)



### Disclaimer

ALL PRODUCTS, PRODUCT SPECIFICATIONS AND DATA ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE.

Vishay Precision Group, Inc., its affiliates, agents, and employees, and all persons acting on its or their behalf (collectively, "Vishay Precision Group"), disclaim any and all liability for any errors, inaccuracies or incompleteness contained herein or in any other disclosure relating to any product.

The product specifications do not expand or otherwise modify Vishay Precision Group's terms and conditions of purchase, including but not limited to, the warranty expressed therein.

Vishay Precision Group makes no warranty, representation or guarantee other than as set forth in the terms and conditions of purchase. **To the maximum extent permitted by applicable law, Vishay Precision Group disclaims (i) any and all liability arising out of the application or use of any product, (ii) any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages, and (iii) any and all implied warranties, including warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.**

Information provided in datasheets and/or specifications may vary from actual results in different applications and performance may vary over time. Statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Vishay Precision Group's knowledge of typical requirements that are often placed on Vishay Precision Group products. It is the customer's responsibility to validate that a particular product with the properties described in the product specification is suitable for use in a particular application.

No license, express, implied, or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document, or by any conduct of Vishay Precision Group.

The products shown herein are not designed for use in life-saving or life-sustaining applications unless otherwise expressly indicated. Customers using or selling Vishay Precision Group products not expressly indicated for use in such applications do so entirely at their own risk and agree to fully indemnify Vishay Precision Group for any damages arising or resulting from such use or sale. Please contact authorized Vishay Precision Group personnel to obtain written terms and conditions regarding products designed for such applications.

Product names and markings noted herein may be trademarks of their respective owners.

## LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

### General Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional  $\pm 15V$  power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

### Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

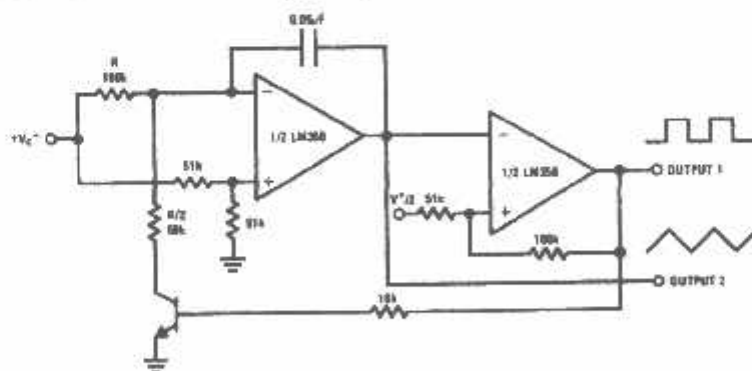
### Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and  $V_{OUT}$  also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

### Features

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package, (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
  - Single supply: 3V to 32V
  - or dual supplies:  $\pm 1.5V$  to  $\pm 16V$
- Very low supply current drain (500  $\mu A$ ) — essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing

### Voltage Controlled Oscillator (VCO)



0077823

**Absolute Maximum Ratings** (Note 9)

If Military/Aerospace specified devices are required,  
please contact the National Semiconductor Sales Office/

Distributors for availability and specifications.

	LM158/LM258/LM358	LM2904
	LM158A/LM258A/LM358A	
Supply Voltage, $V^+$	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 1)		
Molded DIP	830 mW	830 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (M)	530 mW	530 mW
micro SMD	435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2)		
$V^+ \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Input Current ( $V_{IN} < -0.3V$ ) (Note 3)	50 mA	50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, DIP (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Lead Temperature, Metal Can (Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 10)	250V	250V

**Electrical Characteristics**

$V^+ = +5.0V$ , unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), $T_A = 25^\circ C$	1	2		2	3		2	5		mV
Input Bias Current	$I_{IN(-)}$ or $I_{IN(+)}$ , $T_A = 25^\circ C$ , $V_{CM} = 0V$ , (Note 6)	20	50		45	100		45	150		nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$ , $V_{CM} = 0V$ , $T_A = 25^\circ C$	2	10		5	30		3	30		nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30V$ , (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$ ), $T_A = 25^\circ C$	0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$		V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2904 $V^+ = 26V$ ) $V^- = 5V$	1	2		1	2		1	2		mA
		0.5	1.2		0.5	1.2		0.5	1.2		mA

## Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$ , unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), $T_A = 25^\circ C$		2	7		2	7	mV
Input Bias Current	$I_{IN(-)}$ or $I_{IN(+)}$ , $T_A = 25^\circ C$ , $V_{CM} = 0V$ , (Note 6)		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$ , $V_{CM} = 0V$ , $T_A = 25^\circ C$		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30V$ , (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$ ), $T_A = 25^\circ C$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2904 $V^+ = 26V$ ) $V^+ = 5V$		1 0.5	2 1.2		1 0.5	2 1.2	mA mA

## Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$ , (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V$ , $T_A = 25^\circ C$ , $R_L \geq 2 k\Omega$ , (For $V_O = 1V$ to $11V$ )	50	100		25	100		50	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	$T_A = 25^\circ C$ , $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$	70	85		65	85		70	85		dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2904, $V^+ = 5V$ to $26V$ ), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1 kHz$ to $20 kHz$ , $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred), (Note 8)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V$ , $V_{IN}^- = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $V_O = 2V$ , $T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink $V_{IN}^- = 1V$ , $V_{IN}^+ = 0V$ , $V^+ = 15V$ , $T_A = 25^\circ C$ , $V_O = 2V$	10	20		10	20		10	20		mA
	$V_{IN}^- = 1V$ , $V_{IN}^+ = 0V$ , $T_A = 25^\circ C$ , $V_O = 200 mV$ , $V^+ = 15V$	12	50		12	50		12	50		$\mu A$
Short Circuit to Ground	$T_A = 25^\circ C$ , (Note 2), $V^+ = 15V$	40	60		40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage	(Note 5)		4			5			7		mV
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$		7	15		7	20		7		$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$		30			75			100		nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$		10	200		10	300		10		$pA/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		40	100		40	200		40	300	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30 V$ , (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$ )	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	V

**Electrical Characteristics** (Continued) $V^+ = +5.0V$ , (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ ( $V_O = 1V$ to $11V$ ) $R_L \geq 2 k\Omega$	25			15			25			V/mV
Output Voltage Swing	$V_{OH}$ $V^+ = +30V$ (LM2904, $V^+ = 26V$ ) $R_L = 2 k\Omega$	26			26			26			V
		$R_L = 10 k\Omega$			27 28			27 28			V
	$V_{OL}$ $V^+ = 5V, R_L = 10 k\Omega$	5 20			5 20			5 20			mV
Output Current	Source $V_{IN}^+ = +1V, V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V$	10 20			10 20			10 20			mA
	Sink $V_{IN}^- = +1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V$	10 15			5 8			5 8			mA

**Electrical Characteristics** $V^+ = +5.0V$ , (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V, T_A = 25^\circ C,$ $R_L \geq 2 k\Omega$ , (For $V_O = 1V$ to $11V$ )	25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	$T_A = 25^\circ C,$ $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$	65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2904, $V^+ = 5V$ to $26V$ ), $T_A = 25^\circ C$	65	100		50	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1 kHz$ to $20 kHz, T_A = 25^\circ C$ (Input Referred), (Note 8)	-120			-120			dB
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V,$ $V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V,$ $V_O = 2V, T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		mA
	Sink $V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V$ $V^+ = 15V, T_A = 25^\circ C,$ $V_O = 2V$	10	20		10	20		mA
	$V_{IN}^- = 1V,$ $V_{IN}^+ = 0V$ $T_A = 25^\circ C, V_O = 200 mV,$ $V^+ = 15V$	12	50		12	50		$\mu A$
Short Circuit to Ground	$T_A = 25^\circ C$ , (Note 2), $V^+ = 15V$	40 60			40 60			mA
Input Offset Voltage	(Note 5)	9			10			mV
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$	7			7			$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$	150			45 200			nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$	10			10			$pA/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$	40 500			40 500			nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30V$ , (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$ )	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	V

**Electrical Characteristics** (Continued) $V^+ = +5.0V$ , (Note 4), unless otherwise stated

Parameter		Conditions	LM358			LM2904			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain		$V^+ = +15V$ ( $V_O = 1V$ to $11V$ ) $R_L \geq 2 k\Omega$	15			15			V/mV
Output Voltage Swing	$V_{OH}$	$V^+ = +30V$ (LM2904, $V^+ = 26V$ )	$R_L = 2 k\Omega$ 26			22			V
	$V_{OL}$	$V^+ = 5V, R_L = 10 k\Omega$	$R_L = 10 k\Omega$ 27 28			23 24			V
Output Current		Source $V_{IN}^+ = +1V, V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V$	10 20			10 20			mA
		Sink $V_{IN}^- = +1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V$	5 8			5 8			mA

**Note 1:** For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated based on a +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W for MDIP, 182°C/W for Metal Can, 188°C/W for Small Outline package, and 230°C/W for micro SMD, which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of both amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

**Note 2:** Short circuits from the output to  $V^-$  can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of  $V^-$ . At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

**Note 3:** This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the  $V^+$  voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than -0.3V (at 25°C).

**Note 4:** These specifications are limited to  $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$  for the LM158/LM158A. With the LM258/LM258A, all temperature specifications are limited to  $-25^\circ C \leq T_A \leq -85^\circ C$ , the LM358/LM358A temperature specifications are limited to  $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$ , and the LM2904 specifications are limited to  $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$ .

**Note 5:**  $V_O = 1.4V, R_E = 0\Omega$  with  $V^+$  from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to  $V^+ - 1.5V$ ) at 25°C. For LM2904,  $V^+$  from 5V to 26V.

**Note 6:** The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

**Note 7:** The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at 25°C). The upper end of the common-mode voltage range is  $V^+ - 1.5V$  (at 25°C), but either or both inputs can go to +32V without damage (+26V for LM2904), independent of the magnitude of  $V^+$ .

**Note 8:** Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as the type of capacitance increases at higher frequencies.

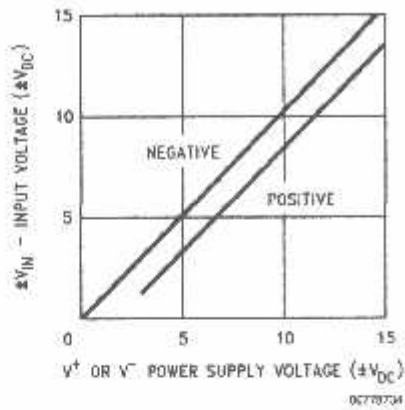
**Note 9:** Refer to RETS158AX for LM158A military specifications and to RETS158X for LM158 military specifications.

**Note 10:** Human body model, 1.5 k $\Omega$  in series with 100 pF.

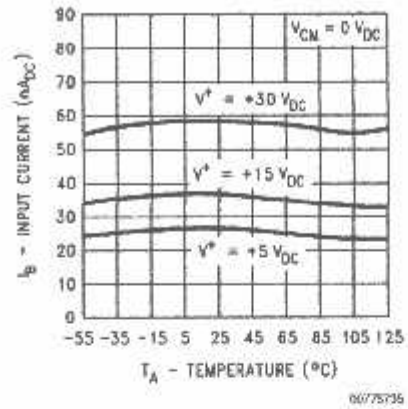


## Typical Performance Characteristics

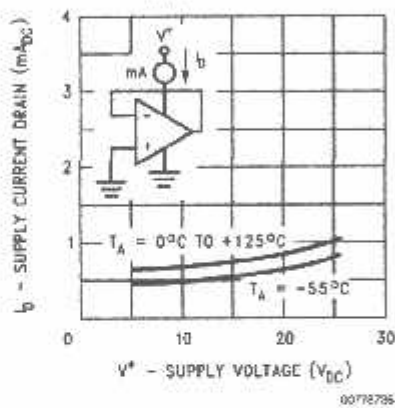
Input Voltage Range



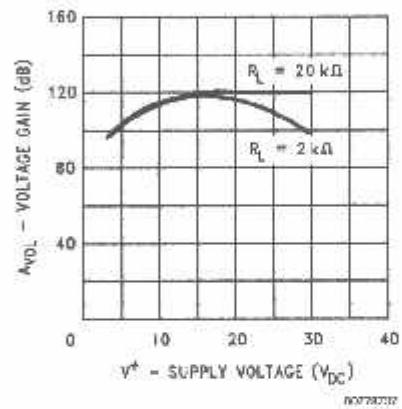
Input Current



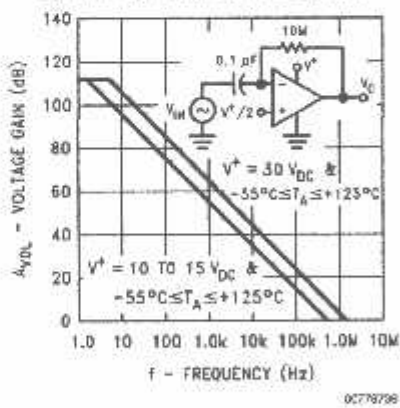
Supply Current



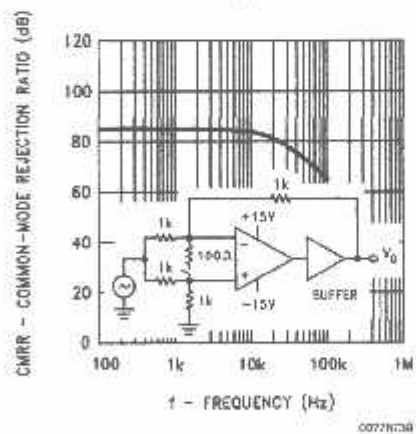
Voltage Gain



Open Loop Frequency Response

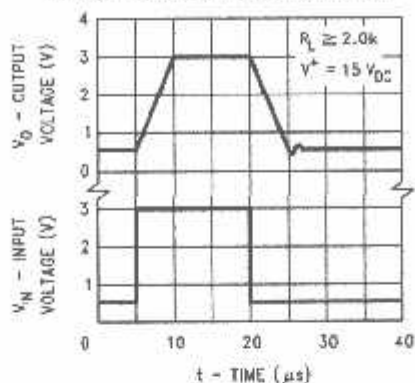


Common-Mode Rejection Ratio



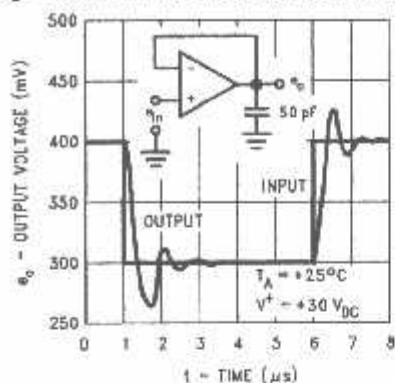
## Typical Performance Characteristics (Continued)

**Voltage Follower Pulse Response**



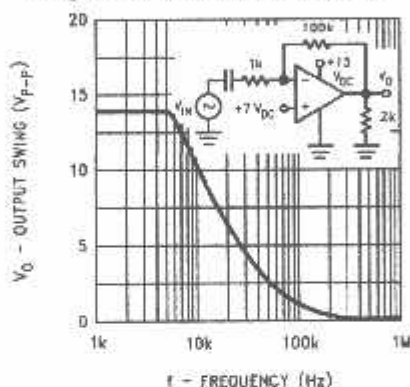
00778740

**Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)**



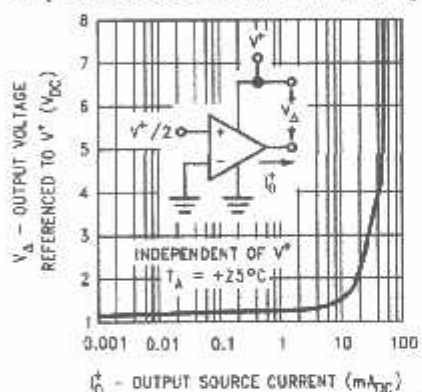
00778741

**Large Signal Frequency Response**



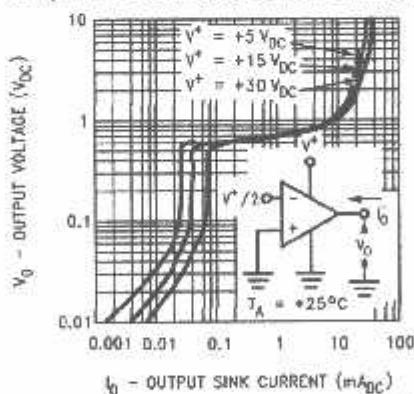
00778742

**Output Characteristics Current Sourcing**



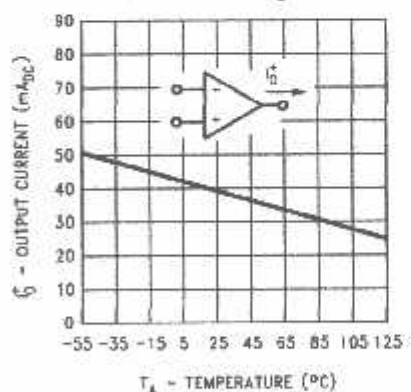
00778743

**Output Characteristics Current Sinking**



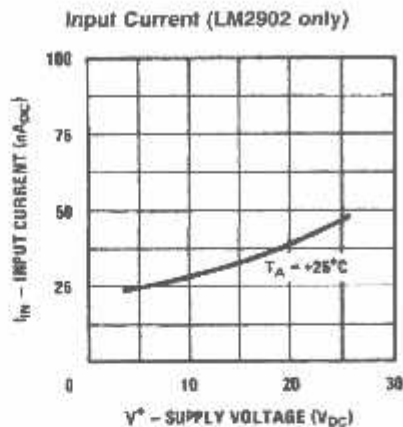
00778744

**Current Limiting**

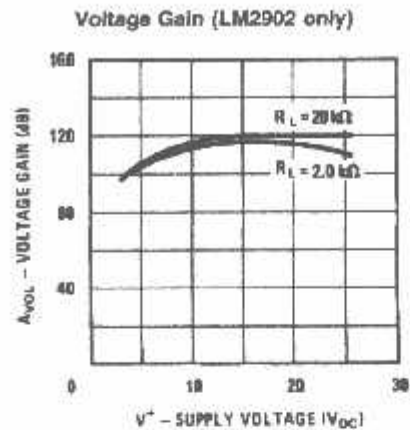


00778745

## Typical Performance Characteristics (Continued)



007/28746



007/28747

### Application Hints

The LM158 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of  $0 V_{DC}$ . These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At  $25^\circ\text{C}$  amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of  $2.3 V_{DC}$ .

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than  $V^+$  without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than  $-0.3 V_{DC}$  (at  $25^\circ\text{C}$ ). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply current drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion. Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

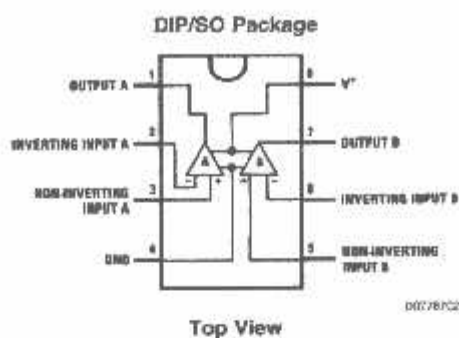
Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of 50 pF can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

The bias network of the LM158 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of  $3 V_{DC}$  to  $30 V_{DC}$ .

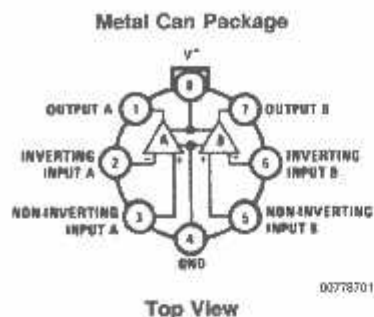
Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of output source current which is available at  $25^\circ\text{C}$  provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of  $V^+/2$ ) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

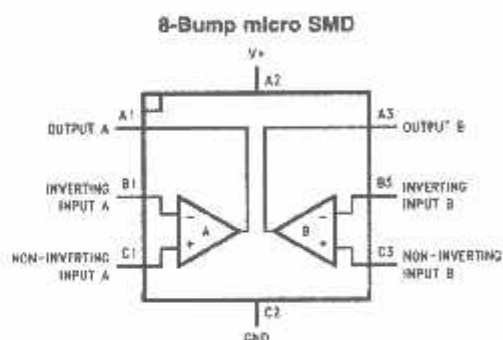
## Connection Diagrams



Top View

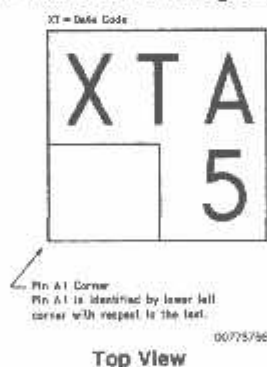


Top View



Top View  
(Bump Side Down)

### LM358BP micro SMD Marking Orientation



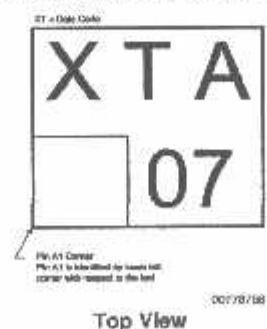
Top View

### LM2904BP micro SMD Marking Orientation



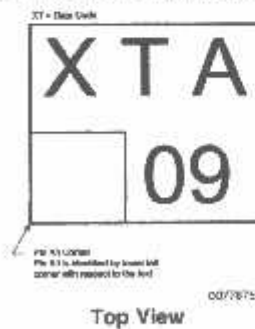
Top View

### LM358TP micro SMD Marking Orientation



Top View

### LM2904TP micro SMD Marking Orientation



Top View

## Ordering Information

Package	Temperature Range				NSC Drawing
	-55°C to 125°C	-25°C to 85°C	0°C to 70°C	-40°C to 85°C	
SO-8			LM358AM LM358AMX LM358M LM358MX	LM2904M LM2904MX	M08A
8-Pin Molded DIP			LM358AN LM358N	LM2904N	N08E
8-Pin Ceramic DIP	LM158AJ/883(Note 11) LM158J/883(Note 11) LM158J LM158AJLQML(Note 12) LM158AJQMLV(Note 12)				J08A
TO-5, 8-Pin Metal Can	LM158AH/883(Note 11) LM158H/883(Note 11) LM158AH LM158H LM158AHLQML(Note 12) LM158AHLQMLV(Note 12)	LM258H	LM358H		H08C
8-Bump micro SMD			LM358BP LM358BPX	LM2904IBP LM2904IBPX	BPA08AAB 0.85 mm Thick
8-Bump micro SMD Lead Free			LM358TP LM358TPX	LM2904ITP LM2904ITPX	TPA08AAA 0.50 mm Thick
14-Pin Ceramic SOIC	LM158AWG/883				WG10A

Note 11: LM158 is available per SMD #5962-8771001

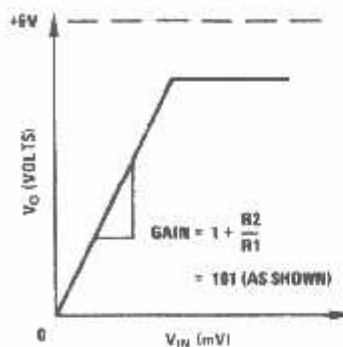
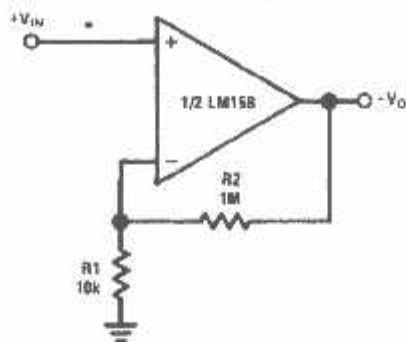
LM158A is available per SMD #5962-8771002

Note 12: See STD MII DWG 5952L87710 for Radiation Tolerant Devices

## Typical Single-Supply Applications

( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ )

### Non-Inverting DC Gain (0V Output)

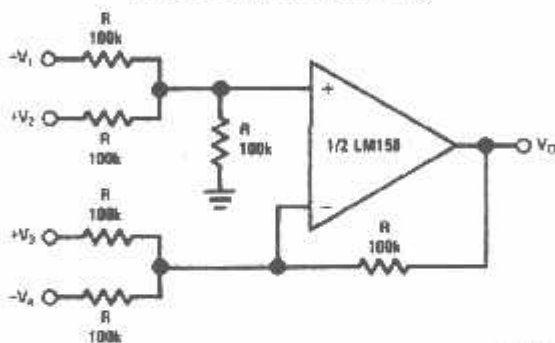


\*R1 not needed due to temperature independent  $I_{B-}$

00728706

00728707

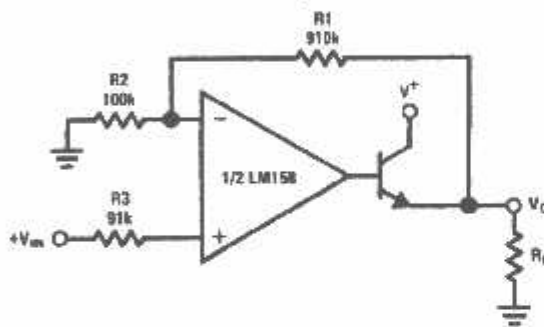
### DC Summing Amplifier ( $V_{INs} \geq 0 V_{DC}$ and $V_O \geq 0 V_{DC}$ )



Where:  $V_O = V_1 + V_2 - V_3 - V_4$   
 $|V_1 + V_2| \geq (V_3 + V_4)$  to keep  $V_O > 0 V_{DC}$

00728708

### Power Amplifier

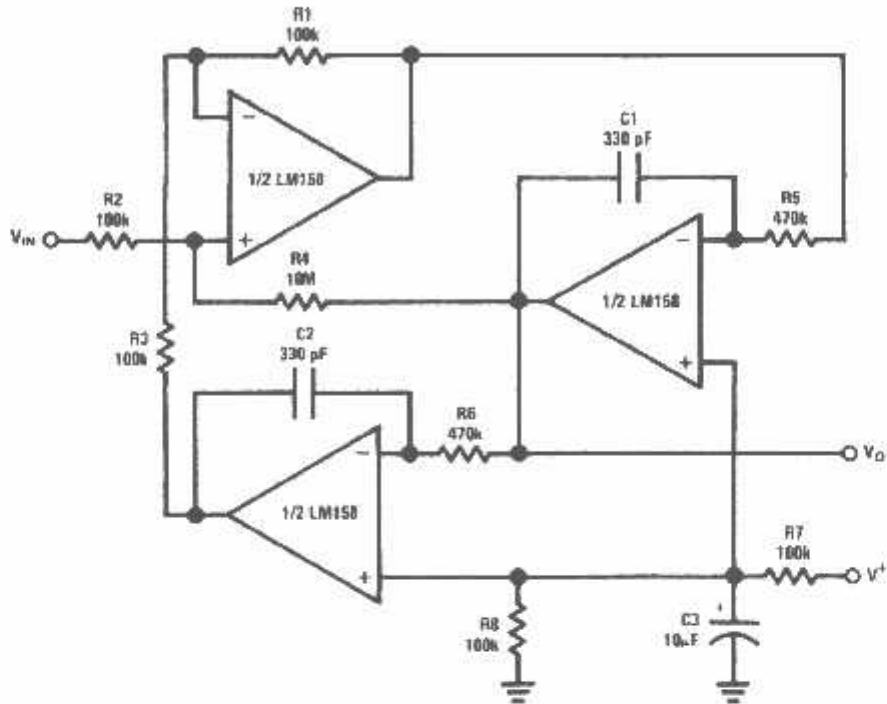


$V_O = 0 V_{DC}$  for  $V_{IN} = 0 V_{DC}$   
 $A_V = 10$

00728709

Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

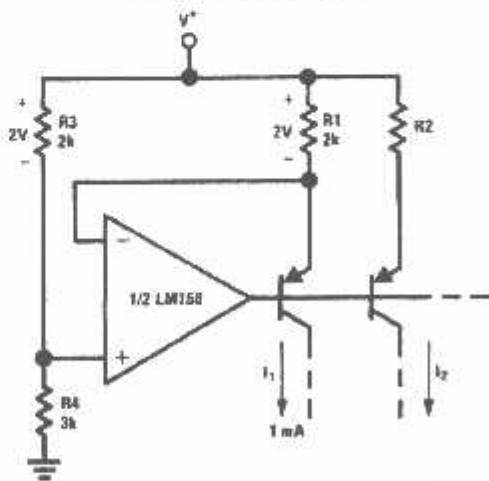
"BI-QUAD" RC Active Bandpass Filter



00776710

$f_c = 1 \text{ kHz}$   
 $Q = 50$   
 $A_v = 100 \text{ (40 dB)}$

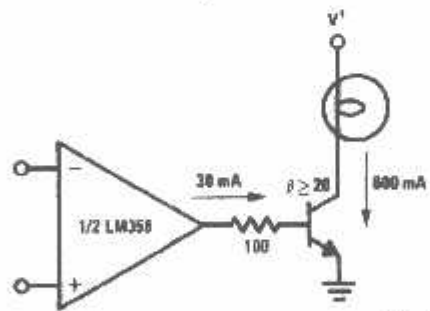
Fixed Current Sources



00776711

$$I_2 = \left( \frac{R1}{R2} \right) I_1$$

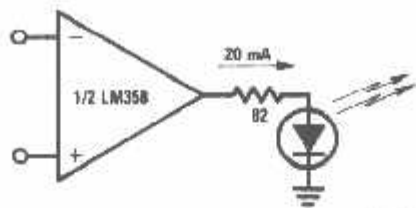
Lamp Driver



00776712

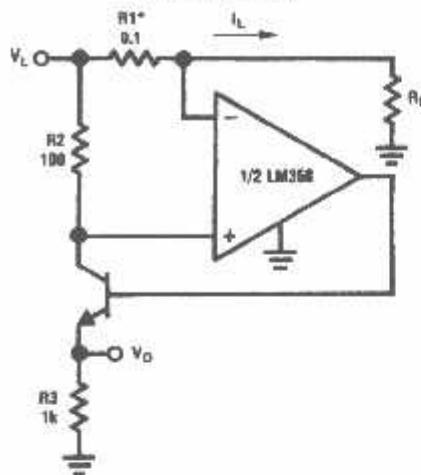
Typical Single-Supply Applications ( $V^- = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

LED Driver



00775713

Current Monitor

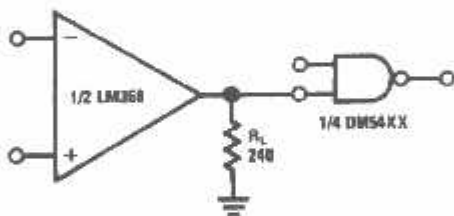


00775714

$$V_O = \frac{1V(I_L)}{1A}$$

\*(Increase  $\Pi 1$  for  $I_L$  small)  
 $V_L \leq V^- - 2V$

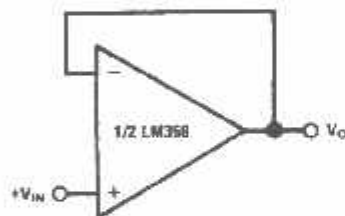
Driving TTL



00775715

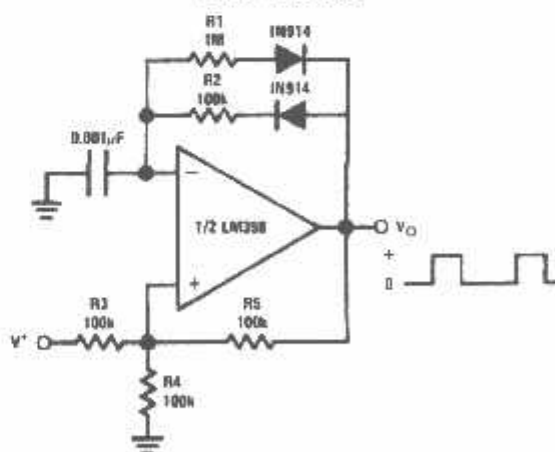
$$V_O = V_{IN}$$

Voltage Follower



00775717

Pulse Generator

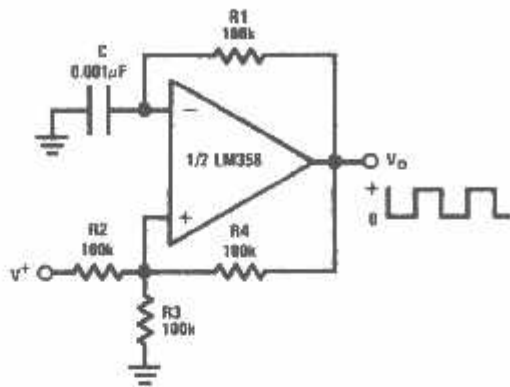


00775716



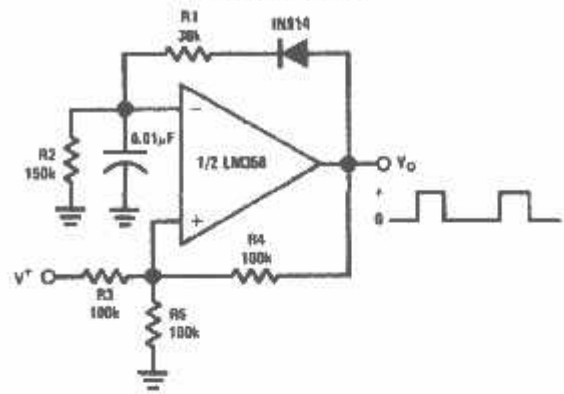
Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{OC}$ ) (Continued)

Squarewave Oscillator



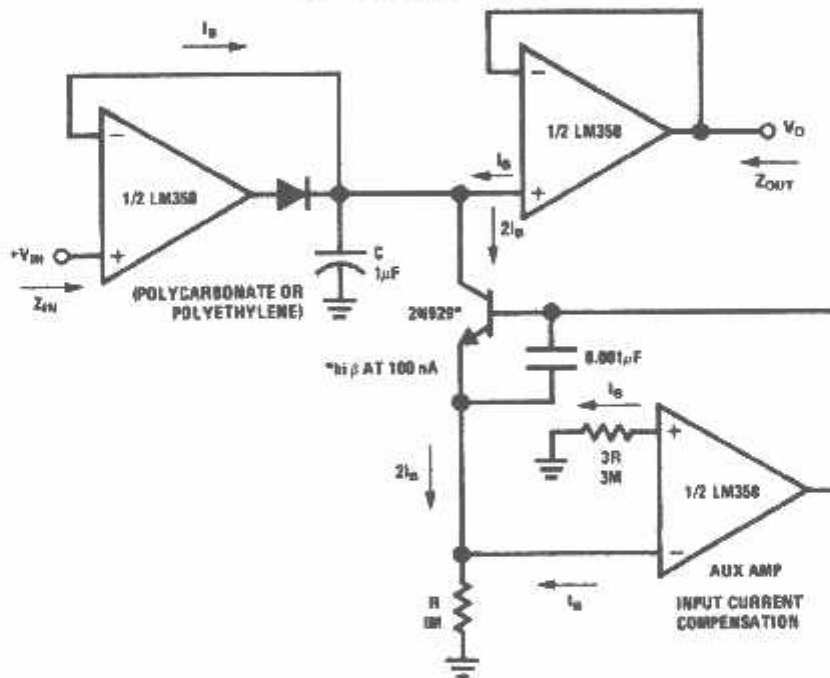
00778718

Pulse Generator



00778719

Low Drift Peak Detector

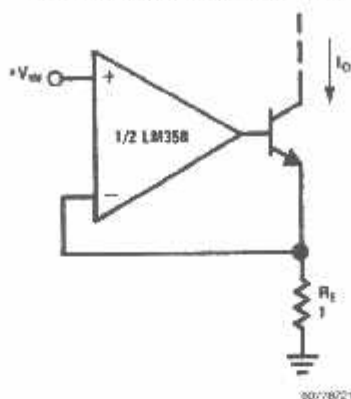


00778720

HIGH  $Z_{IN}$   
LOW  $Z_{OUT}$

Typical Single-Supply Applications ( $V^- = 5.0 V_{CC}$ ) (Continued)

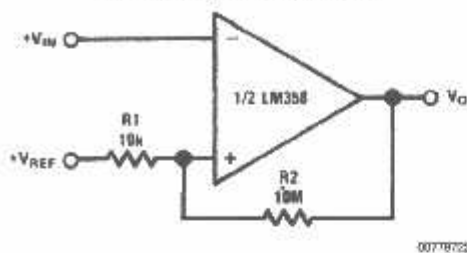
High Compliance Current Sink



00778721

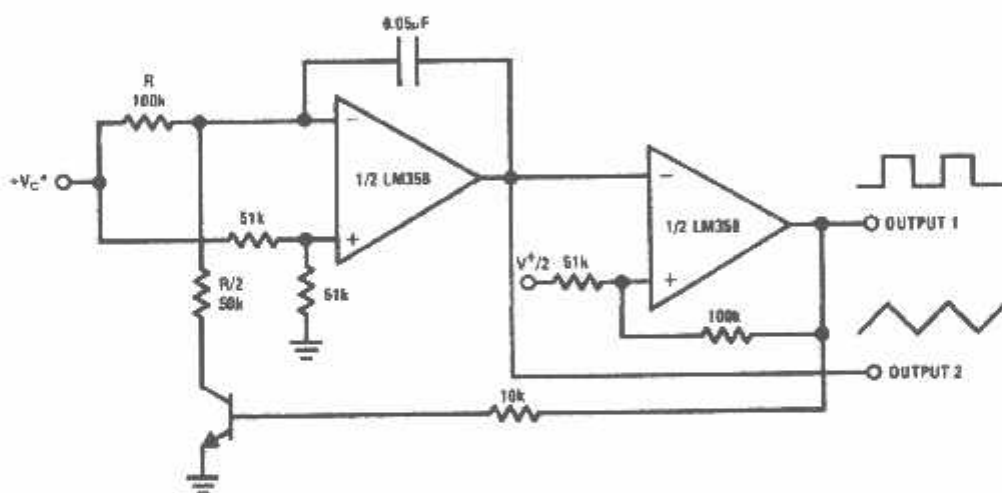
$I_O = 1 \text{ amp/volt } V_{IN}$   
(Increase  $R_E$  for  $I_O$  small)

Comparator with Hysteresis



00778722

Voltage Controlled Oscillator (VCO)

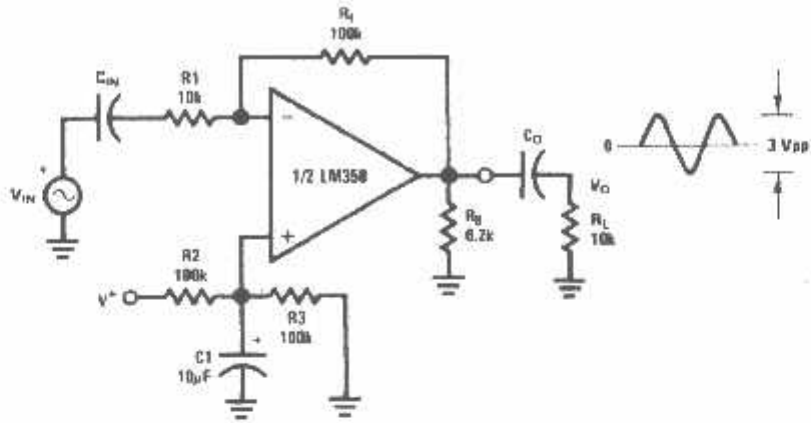


00778723

\*WIDE CONTROL VOLTAGE RANGE:  $0 V_{CC} \leq V_C \leq 2 (V^+ - 1.5V_{DC})$

Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

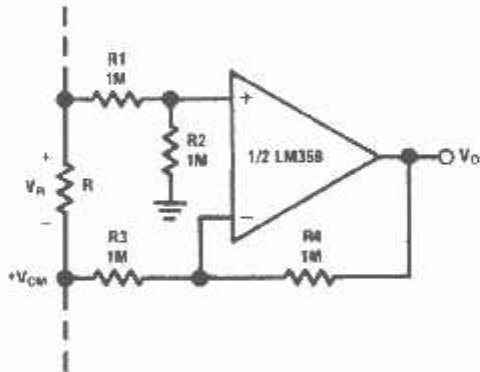
AC Coupled Inverting Amplifier



00770734

$$A_V = \frac{R_f}{R_1} \text{ (As shown, } A_V = 10 \text{)}$$

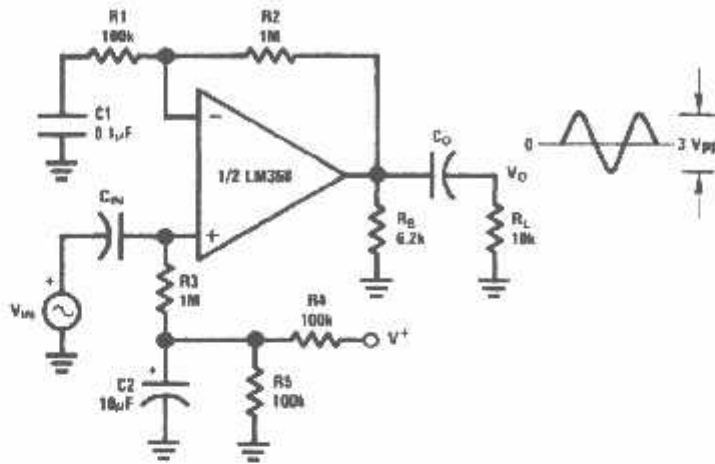
Ground Referencing a Differential Input Signal



00770725

Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

AC Coupled Non-Inverting Amplifier

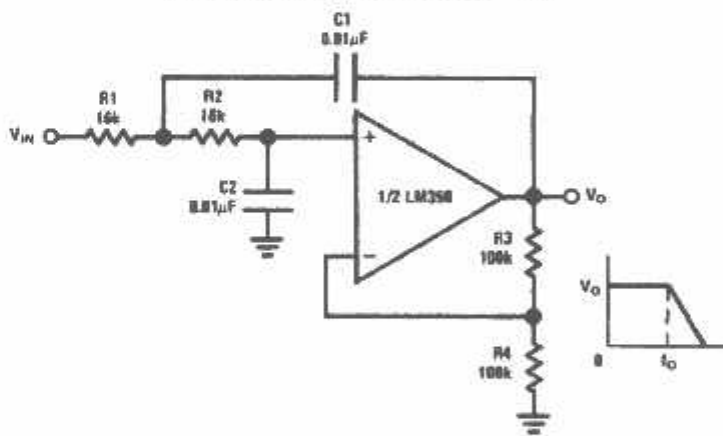


00775725

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$A_v = 11$  (As Shown)

DC Coupled Low-Pass RC Active Filter

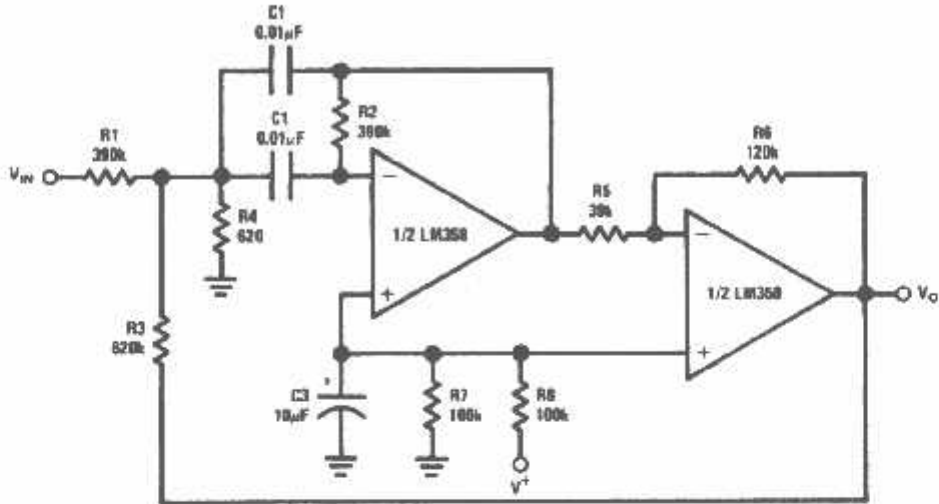


00778727

$f_0 = 1 \text{ kHz}$   
 $Q = 1$   
 $A_v = 2$

Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{CC}$ ) (Continued)

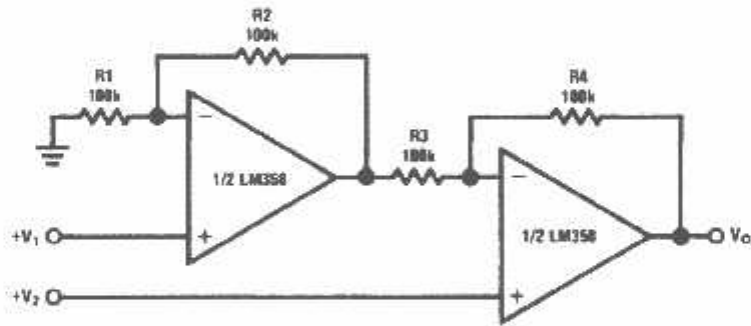
Bandpass Active Filter



$f_0 = 1 \text{ kHz}$   
 $Q = 25$

00778728

High Input Z, DC Differential Amplifier



00778729

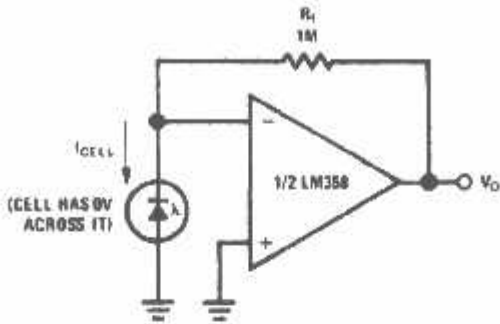
For  $\frac{R1}{R2} = \frac{R4}{R3}$  (CMRR depends on this resistor ratio match)

$$V_O = 1 + \frac{R4}{R3} (V_2 - V_1)$$

As Shown:  $V_O = 2 (V_2 - V_1)$

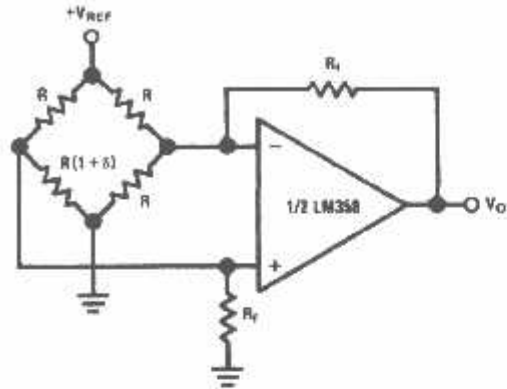
Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

Photo Voltaic-Cell Amplifier



00770730

Bridge Current Amplifier

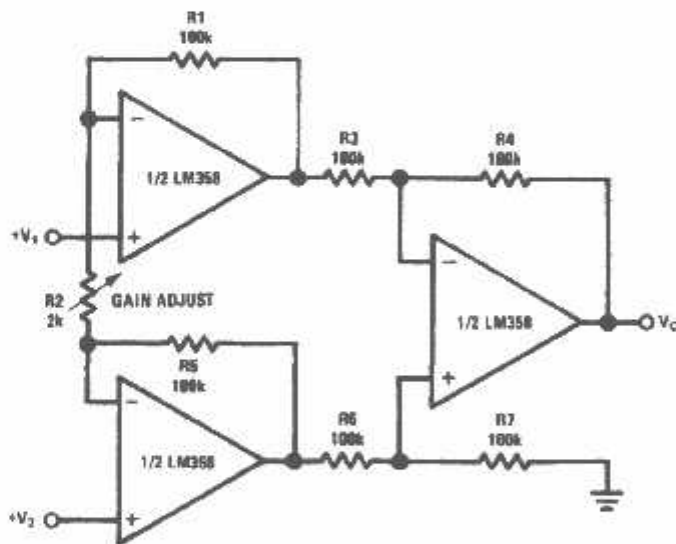


00770730

For  $\delta \ll 1$  and  $R_f \gg R$

$$V_O = V_{REF} \left( \frac{\delta}{2} \right) \frac{R_f}{R}$$

High Input Z Adjustable-Gain DC Instrumentation Amplifier



0078731

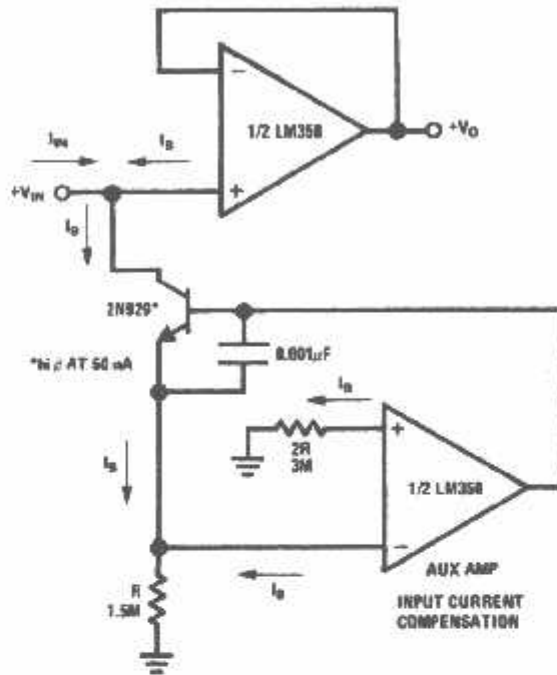
If  $R1 = R5$  &  $R3 = R4 = R6 = R7$  (CMRR depends on match)

$$V_O = 1 + \frac{2R1}{R2} (V_2 - V_1)$$

As shown  $V_O = 101 (V_2 - V_1)$

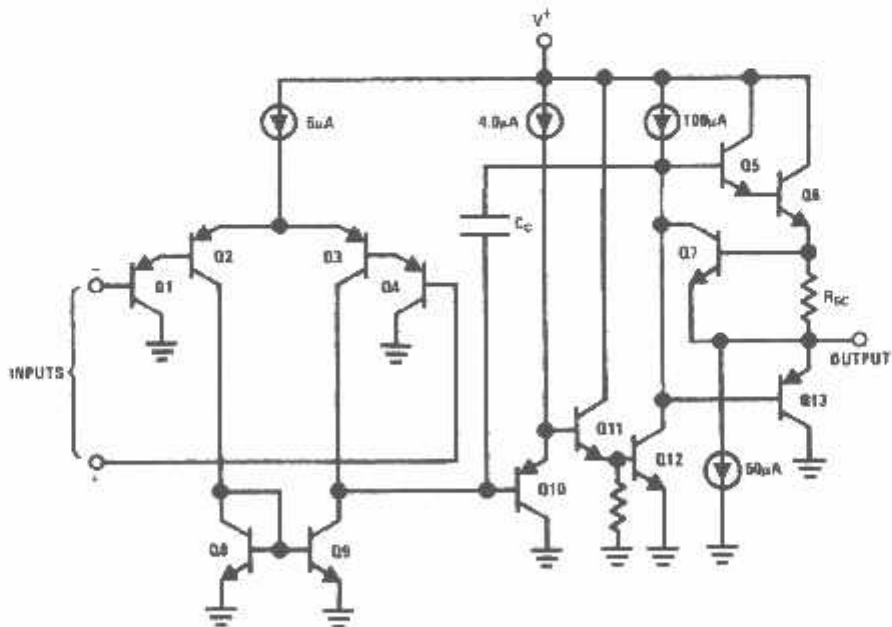
**Typical Single-Supply Applications** ( $V^- = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

Using Symmetrical Amplifiers to Reduce Input Current (General Concept)



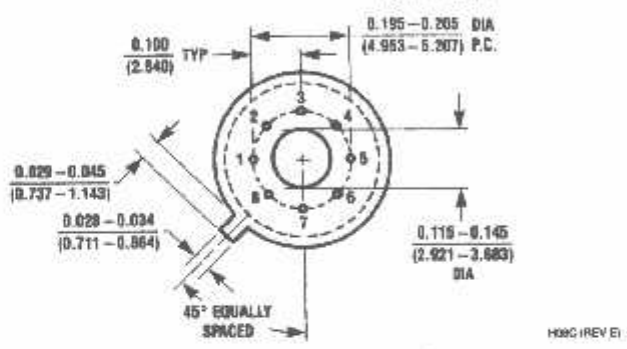
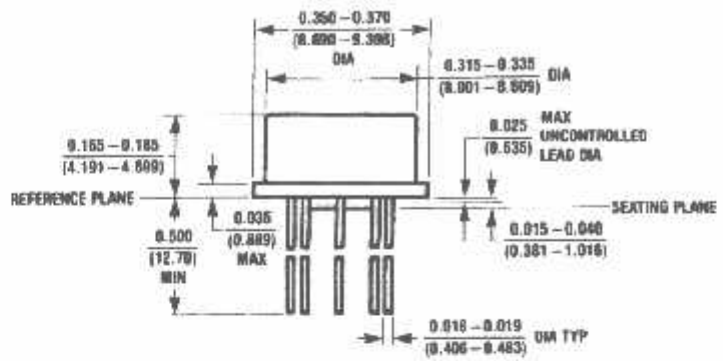
00776732

**Schematic Diagram** (Each Amplifier)

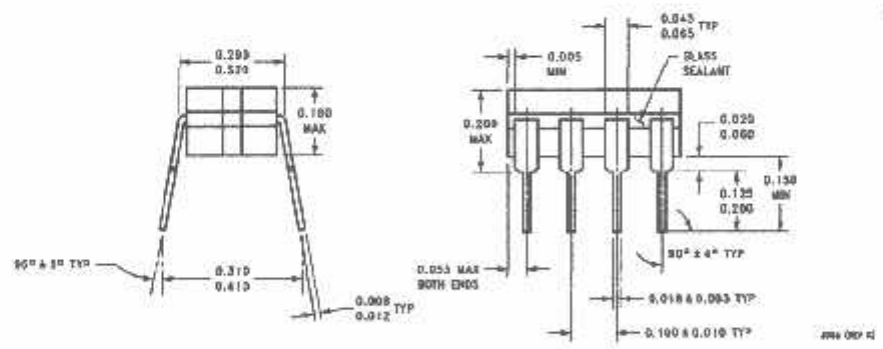
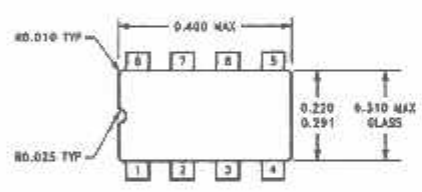


00776703

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



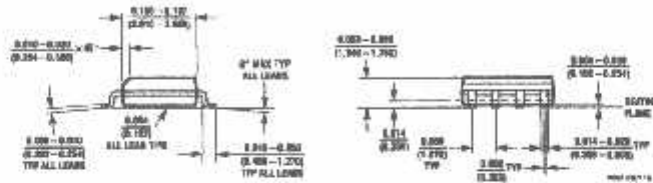
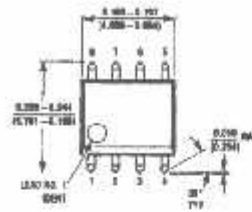
**Metal Can Package (H)**  
NS Package Number H08C



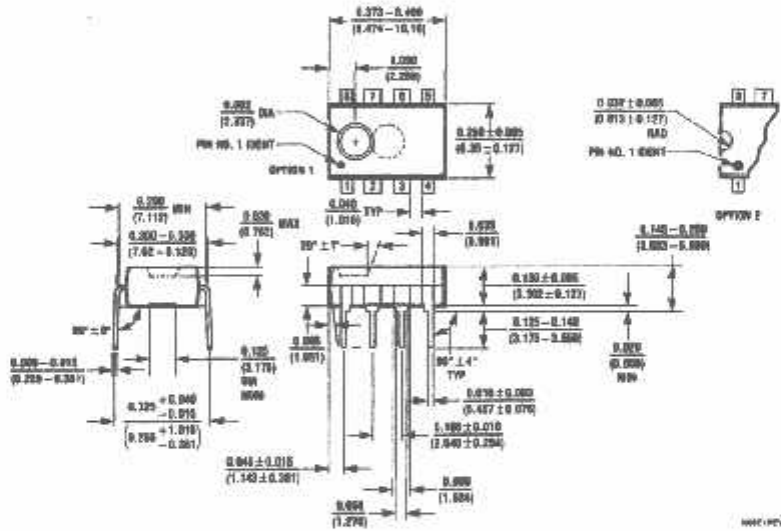
**Cerdip Package (J)**  
NS Package Number J08A



**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

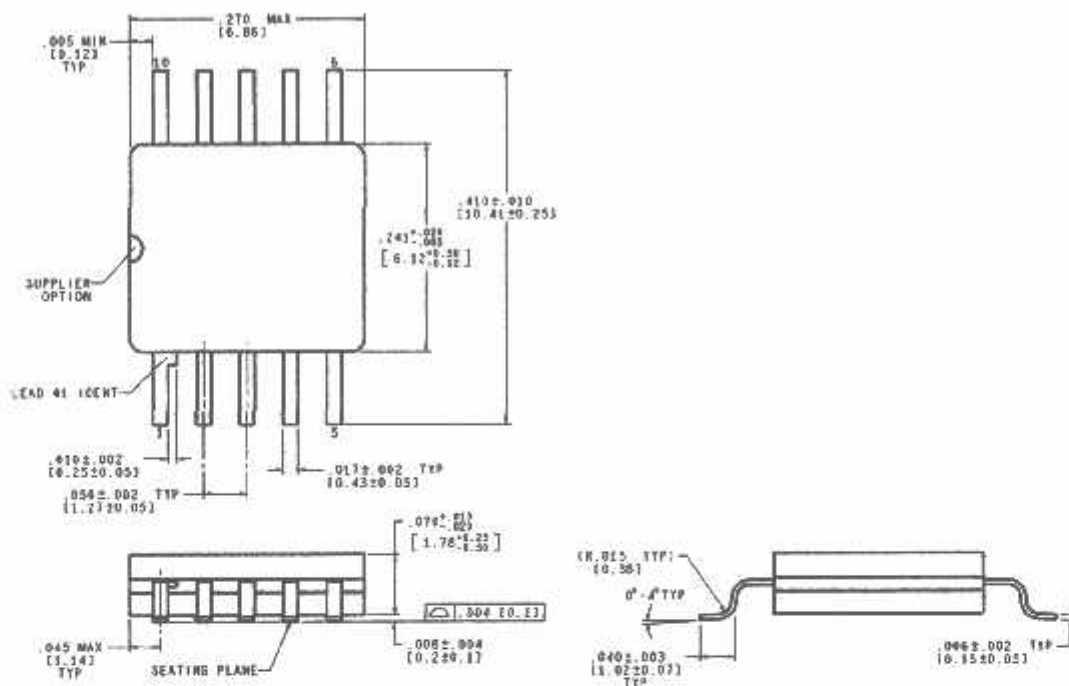


**SOIC Package (M)**  
NS Package Number M08A



**Molded Dip Package (N)**  
NS Package Number N08E

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

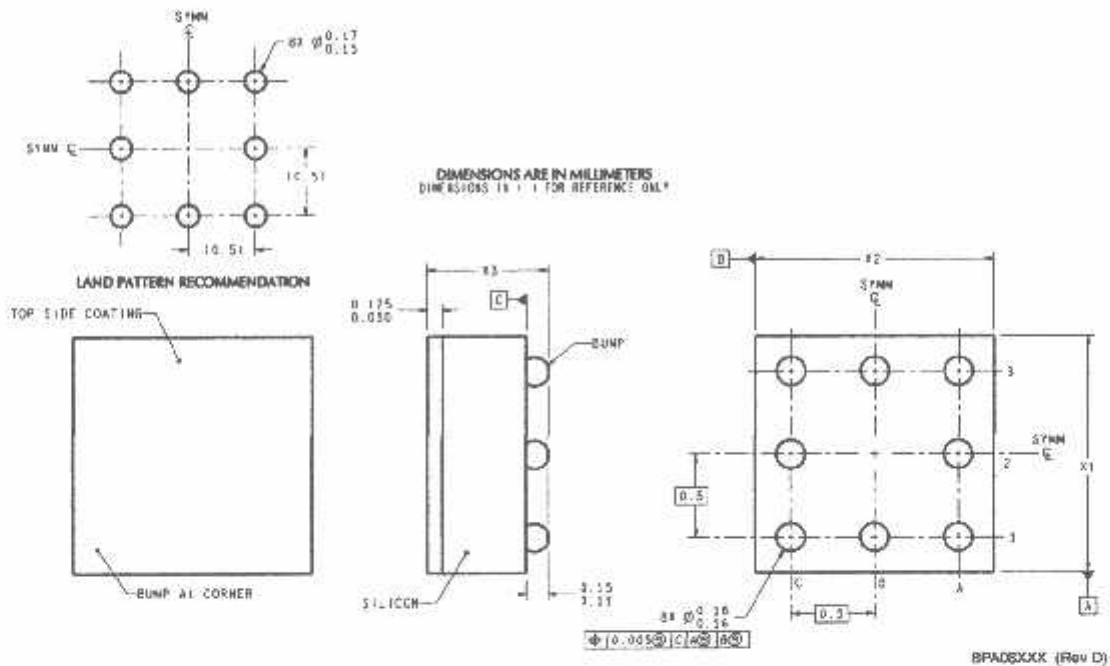


CONTROLLING DIMENSION IS INCH  
VALUES IN [ ] ARE MILLIMETERS

WG10A (Rev. C)

Order Number LM158AWG/883  
NS Package Number WG10A

## Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

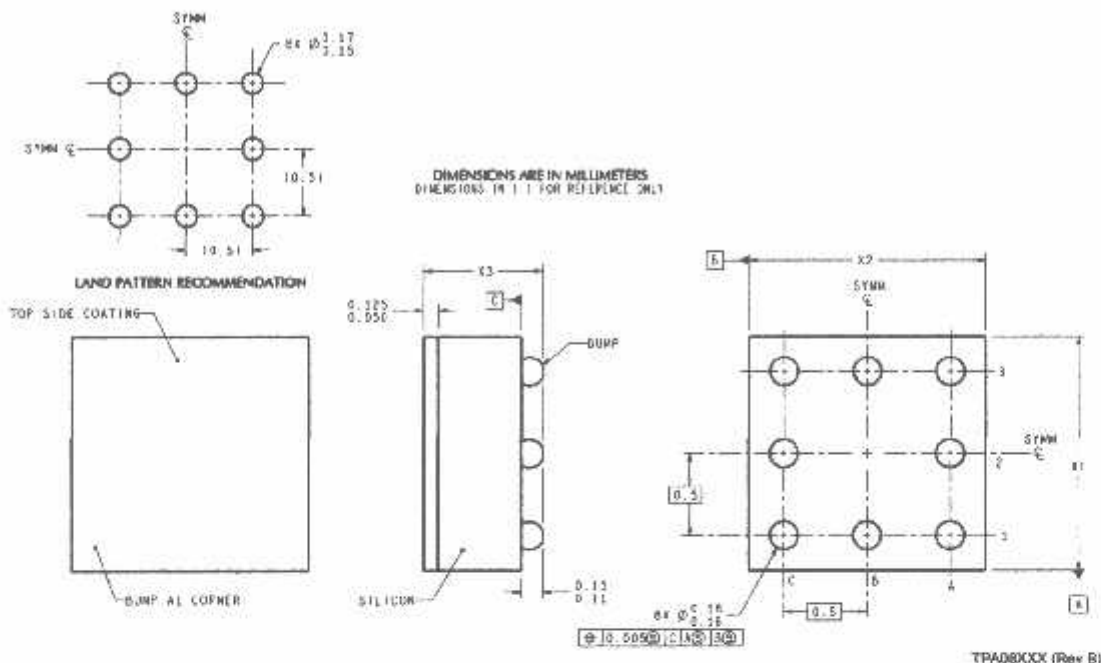


NOTES: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

1. EPOXY COATING
2. 63Sn37Pb EUTECTIC BUMP
3. RECOMMEND NON-SOLDER MASK DEFINED LANDING PAD.
4. PIN A1 IS ESTABLISHED BY LOWER LEFT CORNER WITH RESPECT TO TEXT ORIENTATION REMAINING PINS ARE NUMBERED COUNTERCLOCKWISE.
5. XXX IN DRAWING NUMBER REPRESENTS PACKAGE SIZE VARIATION WHERE  $X_1$  IS PACKAGE WIDTH,  $X_2$  IS PACKAGE LENGTH AND  $X_3$  IS PACKAGE HEIGHT.
6. REFERENCE JEDEC REGISTRATION MO-211, VARIATION BC.

**8-Bump micro SMD**  
**NS Package Number BPA08AAB**  
 $X_1 = 1.285$   $X_2 = 1.285$   $X_3 = 0.850$

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



NOTES: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

1. EPOXY COATING
2. RECOMMEND NON-SOLDER MASK DEFINED LANDING PAD
3. PIN A1 IS ESTABLISHED BY LOWER LEFT CORNER WITH RESPECT TO TEXT ORIENTATION REMAINING PINS ARE NUMBERED COUNTERCLOCKWISE.
4. XXX IN DRAWING NUMBER REPRESENTS PACKAGE SIZE VARIATION WHERE  $X_1$  IS PACKAGE WIDTH,  $X_2$  IS PACKAGE LENGTH AND  $X_3$  IS PACKAGE HEIGHT.
5. REFERENCE JEDEC REGISTRATION MO-211, VARIATION BC.

**8-Bump micro SMD Lead Free  
NS Package Number TPA08AAA  
 $X_1 = 1.285$   $X_2 = 1.285$   $X_3 = 0.500$**

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

For the most current product information visit us at [www.national.com](http://www.national.com).

**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 AND GENERAL COUNSEL 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.

**BANNED SUBSTANCE COMPLIANCE**

National Semiconductor manufactures products and uses packing materials that meet the provisions of the Customer Products Stewardship Specification (CSP-9-111C2) and the Banned Substances and Materials of Interest Specification (CSP-9-111S2) and contain no "Banned Substances" as defined in CSP-9-111S2.

Leadfree products are RoHS compliant.

**National Semiconductor**  
Americas Customer  
Support Center  
Email: [nw.feedback@nsc.com](mailto:nw.feedback@nsc.com)  
Tel: 1-800-272-9959

**National Semiconductor**  
Europe Customer Support Center  
Fax: +49 (0) 190-530 85 06  
Email: [europa.support@nsc.com](mailto:europa.support@nsc.com)  
Deutsch Tel: +49 (0) 63 9508 6208  
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171  
Français Tel: +33 (0) 1 41 87 8790

**National Semiconductor**  
Asia Pacific Customer  
Support Center  
Email: [ap.support@nsc.com](mailto:ap.support@nsc.com)

**National Semiconductor**  
Japan Customer Support Center  
Fax: 81-3-5680-7507  
Email: [jpr.feedback@nsc.com](mailto:jpr.feedback@nsc.com)  
Tel: 81-3-5680-7500

[www.national.com](http://www.national.com)

## FEATURES

- Real time clock counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap year compensation valid up to 2100
- 56 byte nonvolatile RAM for data storage
- 2-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500 nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range -40°C to +85°C
- Available in 8-pin DIP or SOIC
- Recognized by Underwriters Laboratory

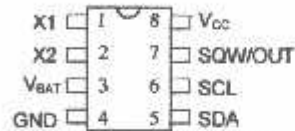
## ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP
DS1307Z	8-Pin SOIC (150 mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

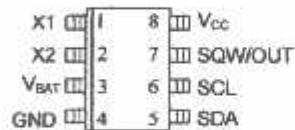
## DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real Time Clock is a low power, full BCD clock/calendar plus 56 bytes of nonvolatile SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with less than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit which detects power failures and automatically switches to the battery supply.

## PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300 mil)



DS1307Z 8-Pin SOIC (150 mil)

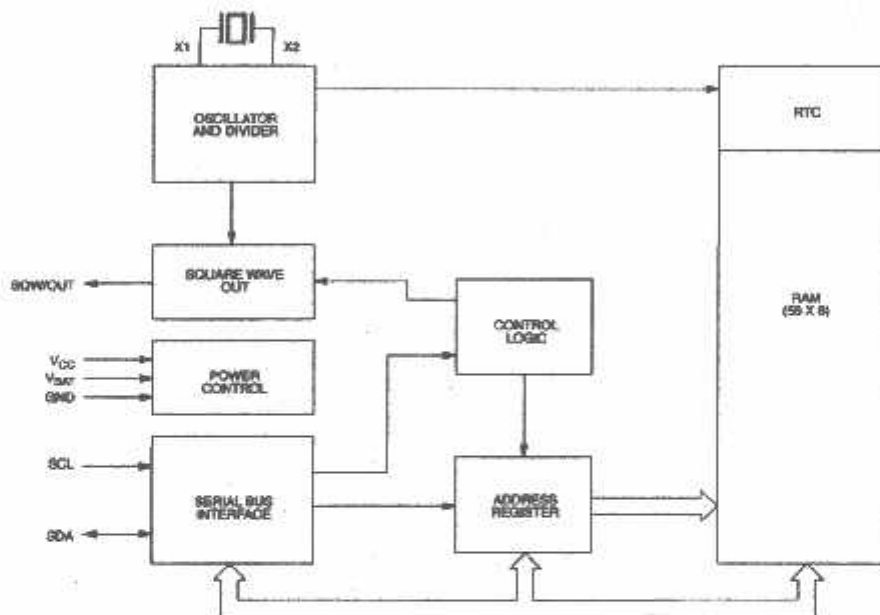
## PIN DESCRIPTION

V <sub>CC</sub>	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768 kHz Crystal Connection
V <sub>BAT</sub>	- +3V Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square wave/Output Driver

## OPERATION

The DS1307 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When  $V_{CC}$  falls below  $1.25 \times V_{BAT}$  the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When  $V_{CC}$  falls below  $V_{BAT}$  the device switches into a low current battery backup mode. Upon power up, the device switches from battery to  $V_{CC}$  when  $V_{CC}$  is greater than  $V_{BAT} + 0.2V$  and recognizes inputs when  $V_{CC}$  is greater than  $1.25 \times V_{BAT}$ . The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the Serial Real Time Clock.

DS1307 BLOCK DIAGRAM Figure 1



## SIGNAL DESCRIPTIONS

**$V_{CC}$ , GND** - DC power is provided to the device on these pins.  $V_{CC}$  is the +5 volt input. When 5 volts is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a 3-volt battery is connected to the device and  $V_{CC}$  is below  $1.25 \times V_{BAT}$ , reads and writes are inhibited. However, the Timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. As  $V_{CC}$  falls below  $V_{BAT}$  the RAM and timekeeper are switched over to the external power supply (nominal 3.0V DC) at  $V_{BAT}$ .

**$V_{BAT}$**  - Battery input for any standard 3-volt lithium cell or other energy source. Battery voltage must be held between 2.0 and 3.5 volts for proper operation. The nominal write protect trip point voltage at which access to the real time clock and user RAM is denied is set by the internal circuitry as  $1.25 \times V_{BAT}$  nominal. A lithium battery with 48 mAhr or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power at 25 degrees C.

**SCL (Serial Clock Input)** - SCL is used to synchronize data movement on the serial interface.

**SDA (Serial Data Input/Output)** - SDA is the input/output pin for the 2-wire serial interface. The SDA pin is open drain which requires an external pullup resistor.

**SQW/OUT (Square Wave/ Output Driver)** - When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square wave frequencies (1 Hz, 4 kHz, 8 kHz, 32 kHz). The SQW/OUT pin is open drain which requires an external pullup resistor. SQW/OUT will operate with either Vcc or Vbat applied.

**X1, X2** - Connections for a standard 32.768 kHz quartz crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (CL) of 12.5 pF.

For more information on crystal selection and crystal layout considerations, please consult Application Note 58, "Crystal Considerations with Dallas Real Time Clocks." The DS1307 can also be driven by an external 32.768 kHz oscillator. In this configuration, the X1 pin is connected to the external oscillator signal and the X2 pin is floated.

Please review Application Note 95, "Interfacing the DS1307 with a 8051-Compatible Microcontroller" for additional information.

## RTC AND RAM ADDRESS MAP

The address map for the RTC and RAM registers of the DS1307 is shown in Figure 2. The real time clock registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multi-byte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

### DS1307 ADDRESS MAP Figure 2

00H	SECONDS
	MINUTES
	HOURS
	DAY
	DATE
	MONTH
	YEAR
07H	CONTROL
08H	RAM
3FH	56 x 8

## CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. The real time clock registers are illustrated in Figure 3. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the Binary-Coded Decimal (BCD) format. Bit 7 of Register 0 is the Clock Halt (CH) bit. When this bit is set to a 1, the oscillator is disabled. When cleared to a 0, the oscillator is enabled.

**Please note that the initial power on state of all registers is not defined. Therefore it is important to enable the oscillator (CH bit=0) during initial configuration.**

The DS1307 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12- or 24-hour mode select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10 hour bit (20-23 hours).

On a 2-wire START, the current time is transferred to a second set of registers. The time information is read from these secondary registers, while the clock may continue to run. This eliminates the need to re-read the registers in case of an update of the main registers during a read.

### DS1307 TIMEKEEPER REGISTERS Figure 3

		BIT7               BIT0									
00H	CH	10 SECONDS				SECONDS				00-59	
	X	10 MINUTES				MINUTES				00-59	
X	12 24	10 HR AP		10 HR		HOURS				01-12 00-23	
		X	X	X	X	X	DAY				1-7
X	X	10 DATE				DATE				01-28/29 01-30 01-31	
X	X	X	10 MONTH		MONTH				01-12		
		10 YEAR				YEAR				00-99	
07H	OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS0			

### CONTROL REGISTER

The DS1307 Control Register is used to control the operation of the SQW/OUT pin.

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS0

**OUT (Output control):** This bit controls the output level of the SQW/OUT pin when the square wave output is disabled. If SQWE=0, the logic level on the SQW/OUT pin is 1 if OUT=1 and is 0 if OUT=0.

**SQWE (Square Wave Enable):** This bit, when set to a logic 1, will enable the oscillator output. The frequency of the square wave output depends upon the value of the RS0 and RS1 bits.

**RS (Rate Select):** These bits control the frequency of the square wave output when the square wave output has been enabled. Table 1 lists the square wave frequencies that can be selected with the RS bits.

### SQUAREWAVE OUTPUT FREQUENCY Table 1

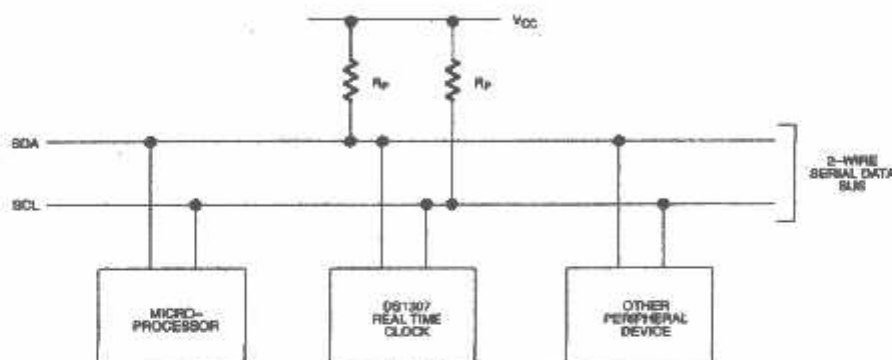
RS1	RS0	SQW OUTPUT FREQUENCY
0	0	1 Hz
0	1	4.096 kHz
1	0	8.192 kHz
1	1	32.768 kHz



## 2-WIRE SERIAL DATA BUS

The DS1307 supports a bi-directional 2-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter and a device receiving data as a receiver. The device that controls the message is called a master. The devices that are controlled by the master are referred to as slaves. The bus must be controlled by a master device which generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions. The DS1307 operates as a slave on the 2-wire bus. A typical bus configuration using this 2-wire protocol is shown in Figure 4.

### TYPICAL 2-WIRE BUS CONFIGURATION Figure 4



Figures 5, 6, and 7 detail how data is transferred on the 2-wire bus.

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is HIGH. Changes in the data line while the clock line is high will be interpreted as control signals.

Accordingly, the following bus conditions have been defined:

**Bus not busy:** Both data and clock lines remain HIGH.

**Start data transfer:** A change in the state of the data line, from HIGH to LOW, while the clock is HIGH, defines a START condition.

**Stop data transfer:** A change in the state of the data line, from LOW to HIGH, while the clock line is HIGH, defines the STOP condition.

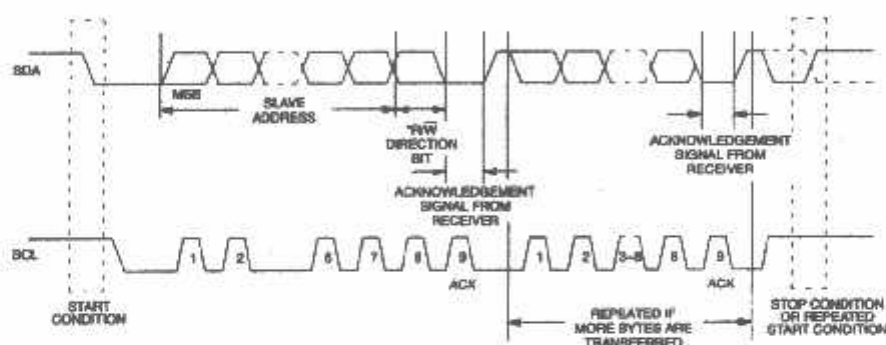
**Data valid:** The state of the data line represents valid data when, after a START condition, the data line is stable for the duration of the HIGH period of the clock signal. The data on the line must be changed during the LOW period of the clock signal. There is one clock pulse per bit of data.

Each data transfer is initiated with a START condition and terminated with a STOP condition. The number of data bytes transferred between START and STOP conditions is not limited, and is determined by the master device. The information is transferred byte-wise and each receiver acknowledges with a ninth bit. Within the 2-wire bus specifications a regular mode (100 kHz clock rate) and a fast mode (400 kHz clock rate) are defined. The DS1307 operates in the regular mode (100 kHz) only.

**Acknowledge:** Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an acknowledge after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this acknowledge bit.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. A master must signal an end of data to the slave by not generating an acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave must leave the data line HIGH to enable the master to generate the STOP condition.

## DATA TRANSFER ON 2-WIRE SERIAL BUS Figure 5



Depending upon the state of the R/ $\bar{w}$  bit, two types of data transfer are possible:

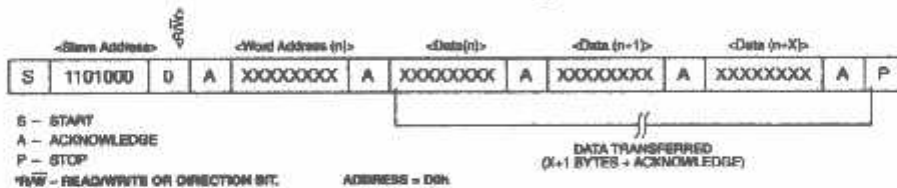
1. **Data transfer from a master transmitter to a slave receiver.** The first byte transmitted by the master is the slave address. Next follows a number of data bytes. The slave returns an acknowledge bit after each received byte. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.
2. **Data transfer from a slave transmitter to a master receiver.** The first byte (the slave address) is transmitted by the master. The slave then returns an acknowledge bit. This is followed by the slave transmitting a number of data bytes. The master returns an acknowledge bit after all received bytes other than the last byte. At the end of the last received byte, a 'not acknowledge' is returned.

The master device generates all of the serial clock pulses and the START and STOP conditions. A transfer is ended with a STOP condition or with a repeated START condition. Since a repeated START condition is also the beginning of the next serial transfer, the bus will not be released. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

The DS1307 may operate in the following two modes:

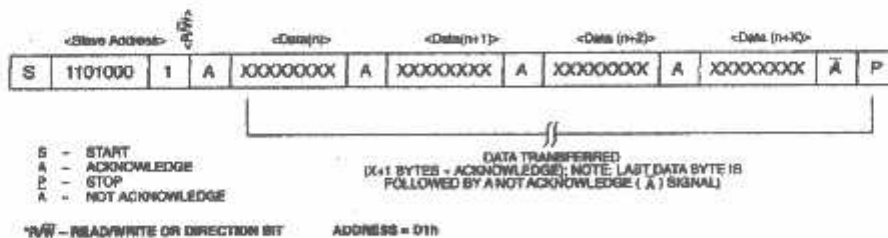
1. **Slave receiver mode (DS1307 write mode):** Serial data and clock are received through SDA and SCL. After each byte is received an acknowledge bit is transmitted. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer. Address recognition is performed by hardware after reception of the slave address and \*direction bit (See Figure 6). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7 bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the \*direction bit ( $\overline{R/W}$ ) which, for a write, is a 0. After receiving and decoding the address byte the device outputs an acknowledge on the SDA line. After the DS1307 acknowledges the slave address + write bit, the master transmits a register address to the DS1307. This will set the register pointer on the DS1307. The master will then begin transmitting each byte of data with the DS1307 acknowledging each byte received. The master will generate a stop condition to terminate the data write.

### DATA WRITE - SLAVE RECEIVER MODE Figure 6



2. **Slave transmitter mode (DS1307 read mode):** The first byte is received and handled as in the slave receiver mode. However, in this mode, the \*direction bit will indicate that the transfer direction is reversed. Serial data is transmitted on SDA by the DS1307 while the serial clock is input on SCL. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer (See Figure 7). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7-bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the \*direction bit ( $\overline{R/W}$ ) which, for a read, is a 1. After receiving and decoding the address byte the device inputs an acknowledge on the SDA line. The DS1307 then begins to transmit data starting with the register address pointed to by the register pointer. If the register pointer is not written to before the initiation of a read mode the first address that is read is the last one stored in the register pointer. The DS1307 must receive a Not Acknowledge to end a read.

### DATA READ - SLAVE TRANSMITTER MODE Figure 7



**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS\***

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +7.0V
Operating Temperature	0°C to 70°C (-40°C to 85°C for industrial)
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds DIP See JPC/JEDEC Standard J-STD-020A for Surface Mount Devices

\* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

**RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS**

(0°C to 70°C or -40°C to +85°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	4.5	5.0	5.5	V	1
Logic 1	V <sub>IH</sub>	2.2		V <sub>CC</sub> +0.3	V	1
Logic 0	V <sub>IL</sub>	-0.3		+0.8	V	1
V <sub>BAT</sub> Battery Voltage	V <sub>BAT</sub>	2.0		3.5	V	1

**DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS**(0°C to 70°C or -40°C to +85°C; V<sub>CC</sub>=4.5V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage	I <sub>LI</sub>			1	μA	10
I/O Leakage	I <sub>LO</sub>			1	μA	11
Logic 0 Output	V <sub>OL</sub>			0.4	V	2
Active Supply Current	I <sub>CCA</sub>			1.5	mA	9
Standby Current	I <sub>CCS</sub>			200	μA	3
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I <sub>BAT1</sub>		300	500	nA	4
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32 kHz)	I <sub>BAT2</sub>		480	800	nA	4

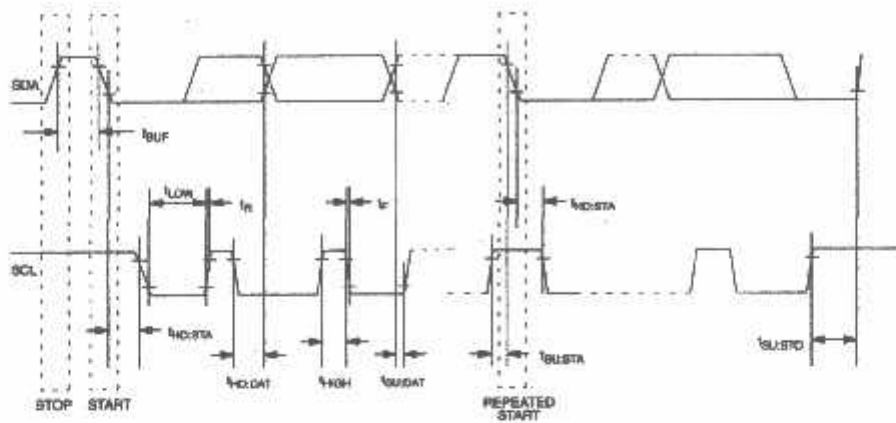
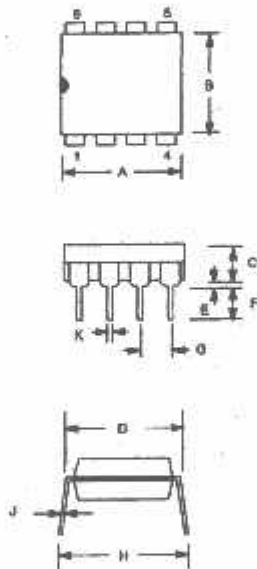
**AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS**(0°C to 70°C or -40°C to +85°C;  $V_{CC}=4.5V$  to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
SCL Clock Frequency	$f_{SCL}$	0		100	kHz	
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	$t_{BUF}$	4.7			$\mu s$	
Hold Time (Repeated) START Condition	$t_{HD:STA}$	4.0			$\mu s$	5
LOW Period of SCL Clock	$t_{LOW}$	4.7			$\mu s$	
HIGH Period of SCL Clock	$t_{HIGH}$	4.0			$\mu s$	
Set-up Time for a Repeated START Condition	$t_{SU:STA}$	4.7			$\mu s$	
Data Hold Time	$t_{HD:DAT}$	0			$\mu s$	6, 7
Data Set-up Time	$t_{SU:DAT}$	250			ns	
Rise Time of Both SDA and SCL Signals	$t_R$			1000	ns	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals	$t_F$			300	ns	
Set-up Time for STOP Condition	$t_{SU:STO}$	4.7			$\mu s$	
Capacitive Load for each Bus Line	$C_B$			400	pF	8
I/O Capacitance	$C_{I/O}$		10		pF	
Crystal Specified Load Capacitance			12.5		pF	

**NOTES:**

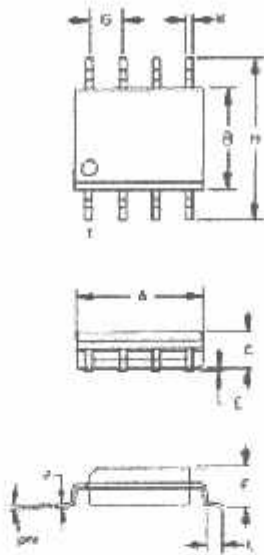
- All voltages are referenced to ground.
- Logic zero voltages are specified at a sink current of 5 mA at  $V_{CC}=4.5V$ ,  $V_{OL}=GND$  for capacitive loads.
- $I_{CCS}$  specified with  $V_{CC}=5.0V$  and SDA, SCL=5.0V.
- $V_{CC}=0V$ ,  $V_{BAT}=3V$ .
- After this period, the first clock pulse is generated.
- A device must internally provide a hold time of at least 300 ns for the SDA signal (referred to the  $V_{IHMIN}$  of the SCL signal) in order to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.
- The maximum  $t_{HD:DAT}$  has only to be met if the device does not stretch the LOW period ( $t_{LOW}$ ) of the SCL signal.
- $C_B$  - total capacitance of one bus line in pF.
- $I_{CCA}$  - SCL clocking at max frequency = 100 kHz.
- SCL only.
- SDA and SQW/OUT

## TIMING DIAGRAM Figure 8


**DS1307 64 X 8 SERIAL REAL TIME CLOCK  
8-PIN DIP MECHANICAL DIMENSIONS**


PKG	8-PIN	
DIM	MIN	MAX
A IN.	0.360	0.400
MM	9.14	10.16
B IN.	0.240	0.280
MM	6.10	6.80
C IN.	0.120	0.140
MM	3.05	3.56
D IN.	0.300	0.325
MM	7.62	8.26
E IN.	0.015	0.040
MM	0.38	1.02
F IN.	0.120	0.140
MM	3.04	3.56
G IN.	0.090	0.110
MM	2.29	2.79
H IN.	0.320	0.370
MM	8.13	9.40
J IN.	0.008	0.012
MM	0.20	0.30
K IN.	0.015	0.021
MM	0.38	0.53

**DS1307Z 64 X 8 SERIAL REAL TIME CLOCK  
8-PIN SOIC (150-MIL) MECHANICAL DIMENSIONS**



PKG	8-PIN (150 MIL)	
	MIN	MAX
A IN.	0.188	0.196
MM	4.78	4.98
B IN.	0.150	0.158
MM	3.81	4.01
C IN.	0.048	0.062
MM	1.22	1.57
E IN.	0.004	0.010
MM	0.10	0.25
F IN.	0.053	0.069
MM	1.35	1.75
G IN.	0.050 BSC	
MM	1.27 BSC	
H IN.	0.230	0.244
MM	5.84	6.20
J IN.	0.007	0.011
MM	0.18	0.28
K IN.	0.012	0.020
MM	0.30	0.51
L IN.	0.016	0.050
MM	0.41	1.27
phi	0°	8°

56-G2008-001

