

**Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan
Sensor Kelembaban Berbasis Mikrokontroler ATmega8535**

PROYEK AKHIR

*Diajukan kepada Tim Penguji Proyek Akhir Jurusan Teknik Elektronika sebagai
salah satu persyaratan Guna memperoleh Gelar Ahli Madya*



**Oleh
FIKA JULIANTI
NIM.1108835.2011**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2015**

PERSETUJUAN PROYEK AKHIR

**PERANCANGAN ALAT PENYIRAM TANAMAN OTOMATIS
MENGUNAKAN SENSOR KELEMBABAN BERBASIS
MIKROKONTROLER ATMEGA8535**

NAMA : Fika Julianti
NIM : 1108835
Program Studi : Teknik Elektronika D3
Jurusan : Teknik Elektronika
Fakultas : Teknik

Padang, 05 Agustus 2015

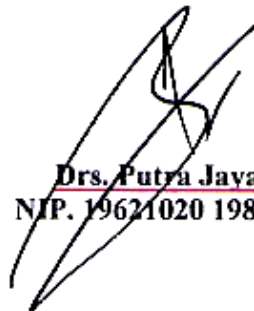
Disetujui Oleh

Pembimbing,



Khairi Budayawan, S.Pd, M.Sc
NIP. 19760810 200312 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektronika
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang



Drs. Putra Jaya, M.T.
NIP. 19621020 198602 1 001

PENGESAHAN
Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji
Proyek Akhir Program Studi Teknik Elektronika
Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Judul : Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomati
Menggunakan Sensor Kelembaban Berbasis
Mikrokontroler Atmega8535

Nama : Fika Julianti

NIM : 1108835

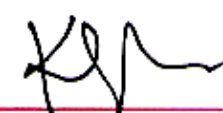
Program Studi : Teknik Elektronika D3

Jurusan : Teknik Elektronika

Fakultas : Teknik

Padang, 05 Agustus 2015

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Thamrin, S.Pd, MT	1. 
2. Anggota	: Khairi Budayawan, S.Pd, M.Sc	2. 
3. Anggota	: Drs. Yusri Abdul Hamid	3. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa Proyek Akhir ini benar-benar karya Saya sendiri. Sepanjang pengetahuan Saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya tulis yang lazim.

Padang, Agustus 2015

Yang Menyatakan



Rika Julianti

1108835/2011

ABSTRAK

Fika Julianti : Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Berbasis Mikrokontroler ATmega8535

Teknologi membuat segala sesuatu yang dilakukan 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. Begitu pula dengan aktivitas manusia semakin meningkat sehingga menyebabkan manusia sering meninggalkan rumah. Dengan kesibukan dalam beraktivitas tersebut, seseorang akan mengalami kesulitan berinteraksi dengan peralatan yang ada di rumah. Misalnya tanaman yang ada di teras rumah. Sebelum berkembangnya teknologi, penyiraman tanaman dilakukan secara manual yaitu dengan menyiram pagi dan sore. Cara ini mempunyai kelemahan yaitu jika pemilik rumah tidak pulang maka tanaman tidak disiram, jika tanaman sering tidak disiram maka akan menyebabkan tanaman itu layu dan akhirnya mati. Oleh karena itu diciptakanlah penyiram tanaman otomatis.

Untuk merancang dan membuat penyiram tanaman otomatis ini digunakan sensor Moisture dan sensor LM35. Data yang diterima oleh masing-masing sensor akan diproses oleh mikroprosesor ATmega8535.

Dari hasil Proyek Akhir ini pemilik rumah tidak perlu menyiram tanaman karena pompa akan hidup dan menyiram tanaman jika sensor mendeteksi kekurangan kelembaban air pada tanaman.

Keyword: Mikrokontroler ATmega8535, sensor Moisture, sensor LM35.

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah meninggikan derajat orang-orang yang beriman dan berilmu pengetahuan, atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul **“Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Berbasis Mikrokontroler ATmega8535”**. Selanjutnya salawat beserta salam semoga disampaikan Allah SWT kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan dalam setiap sikap dan tindakan sebagai seorang muslim.

Pembuatan Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Diplomat Tiga (D3) Jurusan Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Penyelesaian Proyek Akhir ini tidak terlepas dari bantuan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat diselesaikan segala hambatan dan rintangan yang dihadapi, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Syahril, ST, MSCE, Phd selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Putra Jaya, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Yasdinul Huda, S.Pd, M.T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

4. Ibu Titi Sriwahyuni, S.Pd, M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektronika D3 Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Khairi Budayawan, S.Pd, M.Sc, selaku Penasehat Akademis dan pembimbing yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.
6. Bapak Thamrin, S.Pd, MT. selaku penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyelesaian proyek akhir ini.
7. Bapak Drs. Yusri Abdul Hamid selaku penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyelesaian proyek akhir ini.
8. Seluruh Staf Pengajar, Pegawai beserta Teknisi Labor Jurusan Teknik Elektronika.
9. Orang tua dan kakak-kakak yang telah banyak memotifasi dan selalu memberi dorongan serta kasih sayang kepada penulis selama pembuatan Proyek Akhir ini.
10. Rekan - rekan mahasiswa Teknik Elektronika angkatan 2011 dan 2012, terimakasih atas persahabatan dan kekompakan yang telah menambah semangat penulis.
11. Pihak- pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga segala motifasi, dorongan, dan bantuan serta bimbingan yang diberikan menjadi amal jariah dan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Penulis mengharapkan kepada pembaca untuk memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Proyek Akhir ini, dan juga Proyek Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak dan bernilai ibadah di sisi Allah SWT.

Padang, Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
Latar Belakang.....	1
Identifikasi Masalah.....	3
Batasan Masalah	4
Rumusan Masalah.....	4
Tujuan	4
Manfaat	5
BAB II LANDASAN TEORI	
Pengenalan Tanaman <i>Aglaonema</i>	6
Mikrokontroler 8535.....	8
Sensor Suhu LM35	23
Sensor Moisture	24
<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	25
A.....	Cat
u Daya (<i>Power Supply</i>)	27
Rangkaian Driver	28
Washer Pump 12 volt DC	29

Saklar	30
LED.....	30
 BAB III METODOLOGI PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
Perancangan Alat	32
Prinsip Kerja Sistem	33
Proses Perancangan Perangkat Keras	34
Proses Pembuatan Alat	36
 BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	
Pengujian Alat.....	39
Pengujian Fungsi Kerja Alat.....	46
Analisis	47
 BAB V PENUTU	
Kesimpulan	48
Saran	48
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Memori Program	11
2. Peta Memori Data	12
3. Bentuk fisik ATmega8535	12
4. Arsitektur Mikrokontroler ATmega8535	16
5. Konfigurasi pin ATmega8535	20
6. Rangkaian sensor LM35	23
7. Modul dan Prob sensor moisture	25
8. Tampilan LCD	26
9. Modul Liquid Crystal Display	26
10. Bentuk fisik catu daya.....	27
11. Bentuk fisik relay	29
12. Washer pump	29
13. Saklar on/off.....	30
14. LED	30
15. Blok Diagram Penyiram Tanaman.....	32
16. Rangkaian LCD 16x2	35
17. Rangkaian Keseluruhan	36
18. Skema Rangkaian Keseluruhan	40
19. Skema Rangkaian <i>Power Supply</i>	40
20. Rangkaian Sistem Minimum Atmega8535	41
21. Grafik Suhu	43

22.Skema Rangkaian Sensor Moisture	44
23.Grafik kelembaban tanah	45
24.Alat Keseluruhan	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.Hasil pengukuran pada rangkaian <i>Power Supply</i>	41
2.Pengukuran Tegangan Mikrokontroler ATMega8535.....	42
3.Hasil pengujian tampilan suhu	42
4.Hasil pengujian kelembaban	45
5.Pengkondisian	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1.Datasheet Atmega8535	
2.Datasheet LM35	
3.Pemeriksaan kadar air	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, banyak teknologi canggih yang dikembangkan untuk membantu dan meringankan beban manusia dalam melakukan pekerjaannya sehari-hari. Salah satu teknologi tersebut adalah sistem sensor dan mikrokontroler yang di aplikasikan ke berbagai alat-alat instrumentasi diseluruh bidang kehidupan. Dalam pembuatan instrument yang berteknologi canggih membutuhkan biaya yang mahal, terutama dalam hal pengadaan sensor dan mikrokontroler yang digunakan tapi faktor tersebut tidak menjadi penghalang untuk menciptakan sesuatu yang baru dalam dunia teknologi ini. Instrumen dalam bidang kehidupan memiliki jenis yang bermacam-macam, diantaranya adalah pengukur tinggi otomatis, pendeteksi kebocoran gas dan lain-lain.

Teknologi elektronika pun banyak dikembangkan dalam budidaya tanaman. Pertumbuhan suatu tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu cahaya, pupuk, temperature, kelembaban tanah dan kadar air. Diantara beberapa faktor tersebut yang paling penting adalah air dan kelembaban tanah. Dalam konteks budidaya tanaman, kelembaban tanah dipengaruhi tingginya kadar air, semakin banyak air yang berada di tanah maka akan menyebabkan tingginya kelembaban tanah tersebut. Kelembaban yang berlebihan ini akan

mengakibatkan akar tanaman menyerap banyak air dan lebih cepat busuk, sedangkan kekurangan kelembaban pada tanah menyebabkan akar tanaman kekurangan air sehingga pertumbuhan tanaman tidak optimal. Penyiraman yang dilakukan selama ini kurang optimal dikarenakan air yang diberikan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan. Hal ini menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak maksimal.

Menurut Sintia (2008) setiap tanaman memiliki kelembaban tanah yang berbeda-beda. Contohnya tanaman yang memerlukan air yang cukup tapi tidak berlebihan untuk tumbuh dalam kondisi yang sehat yaitu *Aglaonema* atau sering disebut ratu daun. Nama *aglaonema* berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari kata “*aglaos*” dan “*nema/nematos*” yang artinya terang/mengkilap.

Salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi masalah yang disebabkan karena kelebihan atau kekurangan air pada tanaman yaitu dengan cara memanfaatkan alat penyiraman tanaman dengan sistem otomatis. Yaitu penyiraman otomatis ini menggunakan parameter keadaan kelembaban tanah dengan memanfaatkan teknologi sensor sebagai input data dan digunakan untuk mengetahui keadaan kelembaban tanah. Data suhu dan kelembaban dari tanaman tersebut akan ditransfer kedalam mikrokontroler yang selanjutnya akan di program oleh *software*.

Mikrokontroler digunakan untuk mengontrol suatu proses atau aspek-aspek dari lingkungan. Mikrokontroler akan bekerja sesuai dengan program

yang diberikan padanya. Sensor akan memberikan data pada mikrokontroler untuk diolah, keluaran dari mikrokontroler akan digunakan untuk mengaktifkan driver relay pompa. Proses nyala dan matinya pompa akan ditentukan oleh keluaran dari driver relay. Saat lahan kering atau kadar air tanahnya kurang maka alat ini akan otomatis menyiram hingga pada saat kadar air itu cukup maka secara otomatis pompa air itu akan mati. Dengan pemanfaatan sensor kelembaban serta penggunaan mikrokontroler yang telah diprogram, akan bekerja sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat mengurangi terjadinya kekurangan dan kelebihan air dalam melakukan penyiraman pada tanaman.

Bertitik tolak dari fenomena diatas penulis tertarik untuk membuat proyek akhir dengan judul **“Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Berbasis Mikrokontroler ATmega8535”**. Sedangkan bagian *software* dibuat oleh Nella Renovick, NIM:1102145 dengan judul **“Pembuatan Program Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Berbasis Mikrokontroler ATmega8535”**

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka permasalahan dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Penyiram tanaman yang ada pada saat ini masih manual.

2. Penyiraman yang dilakukan selama ini kurang optimal dikarenakan air yang diberikan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman.
3. Penyiraman tanaman masih kurang efisien karena masih kurangnya menggunakan penyiraman tanaman dengan kondisi tingkat kelembaban yang dibutuhkan oleh tanaman.

C. Batasan Masalah

Sesuai dengan uraian identifikasi masalah yang telah dikemukakan, maka batasan masalah dalam Proyek Akhir ini dibatasi sebagai berikut:

1. Perancangan alat pendeteksi kelembaban tanah untuk tanaman menggunakan Mikrokontroler Atmega8535.
2. Menggunakan sensor untuk menentukan hidup matinya pompa.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut: *“Bagaimana merancang alat untuk penyiram tanaman berbasis mikrokontroler Atmega8535”*.

E. Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan dan penulisan proyek akhir ini adalah:

1. Dapat terbentuknya alat pendeteksi kelembaban tanah untuk tanaman menggunakan Mikrokontroler Atmega8535.

2. Dapat terbentuknya alat penyiram tanaman yang hidup dan matinya pompa tergantung kelembaban yang dibutuhkan tanaman.

F. Manfaat

Manfaat dari pembuatan proyek akhir ini adalah:

1. Sistem penyiraman tanaman otomatis lebih efisien dan lebih mempersingkat waktu dalam penyiraman tanaman.
2. Memudahkan manusia untuk melakukan penyiraman tanaman berdasarkan tingkat kelembaban tanah.
3. Dapat digunakan untuk melakukan penyiraman untuk berbagai jenis tanaman dengan tingkat kelembaban yang berbeda-beda.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Pengenalan Tanaman *Aglaonema*

Aglaonema atau Sri Rejeki adalah Ratu Tanaman Hias, karena penampilannya yang mempesona dan juga tanaman hias pembawa keberuntungan. *Aglaonema* termasuk tanaman hias yang mempunyai daya tarik utama terletak pada keindahan daun-daunnya (Anonim,2008).

Adapun morfologi tanaman hias *aglaonema* terdiri dari cirri-ciri sebagai berikut:

1. Akar

Tanaman *aglaonema* adalah tanaman monokotil atau berbiji tunggal, memiliki akar serabut yang berfungsi sebagai pencari pakan di dalam tanah dan menompang tanaman. Akar *aglaonema* berwarna putih dan gemuk (berair) jika tanaman dalam kondisi sehat. Jika dalam keadaan sakit, akar tanaman akan berwarna coklat dan kurus. (Anonim,2008).

2. Batang

Aglaonema memiliki batang yang relative pendek yang berwarna putih, hijau atau merah. Batangnya berbuku-buku, cenderung berair dan tidak berkayu (Anonim,2008).

3. Daun

Bentuk daunnya agak bervariasi, dari oval, oval tak beraturan, oval dengan ujung lancip. Daunnya tipis, tetapi memiliki tekstur yang kaku.

Umumnya daun *aglaonema* berwarna hijau bercorak atau bertotol-totol dengan berbagai gradasi.

Tangkainya yang relative lebih kecil dibandingkan dengan luas permukaan daun dan berpelah yang saling bertaut menutup batang tanaman, yang menyebabkan orang sering mengira kalau *aglaonema* tidak memiliki batang (Anonim,2008).

4. Iklim

Sifat dari tanaman *aglaonema* beragam, ada yang dapat terkena sinar matahari dan ada juga yang harus ternaungi, sebagian *aglaonema* dapat hidup di tempat lembab dan sebagian lagi di tempat sedikit kering, tanaman *aglaonema* tergolong bandel, mudah dirawat dan cocok dijadikan tanaman indoor, apalagi *aglaonema* terkenal dengan motif daunnya yang indah (Anonim,2008).

Syarat yang harus dipenuhi untuk mendapatkan pertumbuhan *aglaonema* yang optimal adalah lokasi, cahaya, kelembaban dan suhu. Lokasi yang ideal untuk merawat *aglaonema* adalah daerah yang berketinggian 300-400 m diatas permukaan laut, namun tidak menutup kemungkinan juga dapat tumbuh baik di dataran rendah, sesuai habitatnya *aglaonema* menyukai lokasi yang teduh dengan pencahayaan terbatas, intensitas sinar matahari berkisar antara 10-30%. Kelembaban yang cocok untuk merawat *aglaonema* adalah sekitar 50 – 70%, di kisaran itu tanaman

tumbuh baik, lebih dari 75% dapat menyebabkan tumbuhnya cendawan pada media tanam.

B. Mikrokontroler 8535

Dalam pembuatan alat penyiram tanaman otomatis ini menggunakan mikrokontroler ATmega8535.

1. Fitur ATmega 8535

Kapabilitas detail dari ATmega8535 adalah sebagai berikut:

- a. System mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16MHz.
- b. Kapabilitas memori Flas 8KB, SRAM sebesar 512 byte, dan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 byte.
- c. ADC Internal dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 saluran.
- d. Portal komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
- e. Enam pilihan mode *sleep* menghemat penggunaan daya listrik.

2. Struktur Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah *chip* tunggal mikrokomputer, yang lebih cocok untuk kontrol dan otomatisasi mesin dan proses. Mikrokontroler memiliki *Central Processing Unit* (CPU), memori, *port input / output* (I/O), *timer* dan *counter*, *analog-to-digital converter* (ADC), *digital-to-analog*

converter (DAC), *port serial*, *interrupt logic*, osilator sirkuit dan lain sebagainya. Penggunaan mikrokontroler tidak hanya mengurangi biaya otomatisasi tetapi juga memberikan fleksibilitas lebih. Perangkat dapat diprogram untuk membuat system cerdas.

3. **Arsitektur ATmega8535**

Menurut Afrie Setiawan (2011:1) “mikrokontroler produksi ATMEL telah mengeluarkan teknologi mikrokontroler terbaru jenis AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) yang menggunakan teknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) dengan keunggulan lebih banyak dibandingkan pendahulunya, yaitu mikrokontroler jenis MSC”.

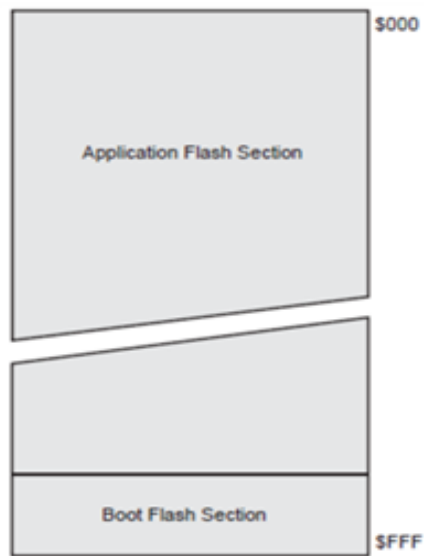
Mikrokontroler ATmega8535 merupakan mikrokontroler 8-bit teknologi CMOS dengan konsumsi daya rendah yang berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Arsitektur RISC merupakan arsitektur dimana set instruksinya dikurangi dari segi ukurannya dan kompleksitas mode pengalamatannya. Pada awal era industry computer, bahasa pemrograman masih menggunakan kode mesin dan bahasa assembly. Untuk mempermudah dalam pemrograman, para programmer kemudian mengembangkan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang mudah dipahami manusia. Namun akibatnya, instruksi yang ada semakin kompleks dan membutuhkan lebih banyak memori. Dan tentu saja siklus eksekusi instruksinya menjadi semakin lama. Dalam AVR dengan

arsitektur RISC 8bit, semua instruksi berukuran 16 bit sebagian besar dieksekusi dalam 1 siklus clock.

ATMega8535 memiliki dua jenis memori yaitu memori data dan memori program ditambah satu fitur tambahan yaitu memori program penyimpan data.

a. Memori Program

ATMega8535 memiliki *On-Chip In-System Reprogrammable Flash Memory* untuk menyimpan program. Untuk alasan keamanan, program memori dibagi menjadi dua yaitu *Boot Flash Section* dan *Application Flash Section*. *Boot Flash Section* digunakan untuk menyimpan program *Boot Loader*, yaitu program yang harus dijalankan pada saat AVR reset atau pertama kali diaktifkan. *Application Flash Section* digunakan untuk menyimpan program aplikasi yang dibuat oleh user, AVR tidak dapat menjalankan program aplikasi ini sebelum menjalankan *Boot Leader*. Besarnya memori *Boot Flash Section* dapat deprogram dari 128 word sampai 1024 word, tergantung setting pada konfigurasi bit di register BOOTSZ. Jika *Boot Leader* diproteksi, maka program pada *Application Flash Section* juga sudah aman.



Gambar 1. Peta Memori Program
(Lingga,2006:5)

b. Memori Data

Memori data dibagi menjadi tiga yaitu:

- 1) Terdapat 32 register keperluan umum (*general purpose register*-GPR bisa disebut register file didalam teknologi RISC)
- 2) Terdapat 64 register untuk keperluan *input/output* (I/O register)
- 3) Terdapat 512 byte SRAM internal. Selain itu terdapat pula EEPROM 512 byte sebagai memori data yang terpisah dengan system *addres* register, data register, dan *control* register yang dibuat khusus untuk EEPROM.

Register File		Data Address Space
R0		\$0000
R1		\$0001
R2		\$0002
...		...
R29		\$001D
R30		\$001E
R31		\$001F
I/O Register		
\$00		\$0020
\$01		\$0021
\$02		\$0022
...		...
\$3D		\$005D
\$3E		\$005E
\$3F		\$005F
		Internal Sram
		\$0060
		\$0061
		...
		\$025E
		\$025F

Gambar 2. Peta Memori Data
(Sumardi,2013:10)

4. Mikrokontroler ATMega8535



Gambar 3. Bentuk fisik ATMega8535
(Afrie,2011:4)

Menurut Afrie Setiawan (2011:1) “teknologi mikroprosesor telah mengalami perkembangan. Hal sama terjadi pada teknologi mikrokontroler”. Jika pada mikroprosesor terdahulu menggunakan teknologi CISC seperti prosesor Intel 386/486 maka pada mikrokontroler produksi ATMEL adalah jenis MCS (AT89C51, AT89S51, dan AT89S52).

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) yang ditingkatkan. 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 UART, programmable Watchdog Timer, dan mode power saving. Mempunyai ADC dan PWM internal, AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk deprogram ulang dalam system menggunakan hubungan serial SPI.

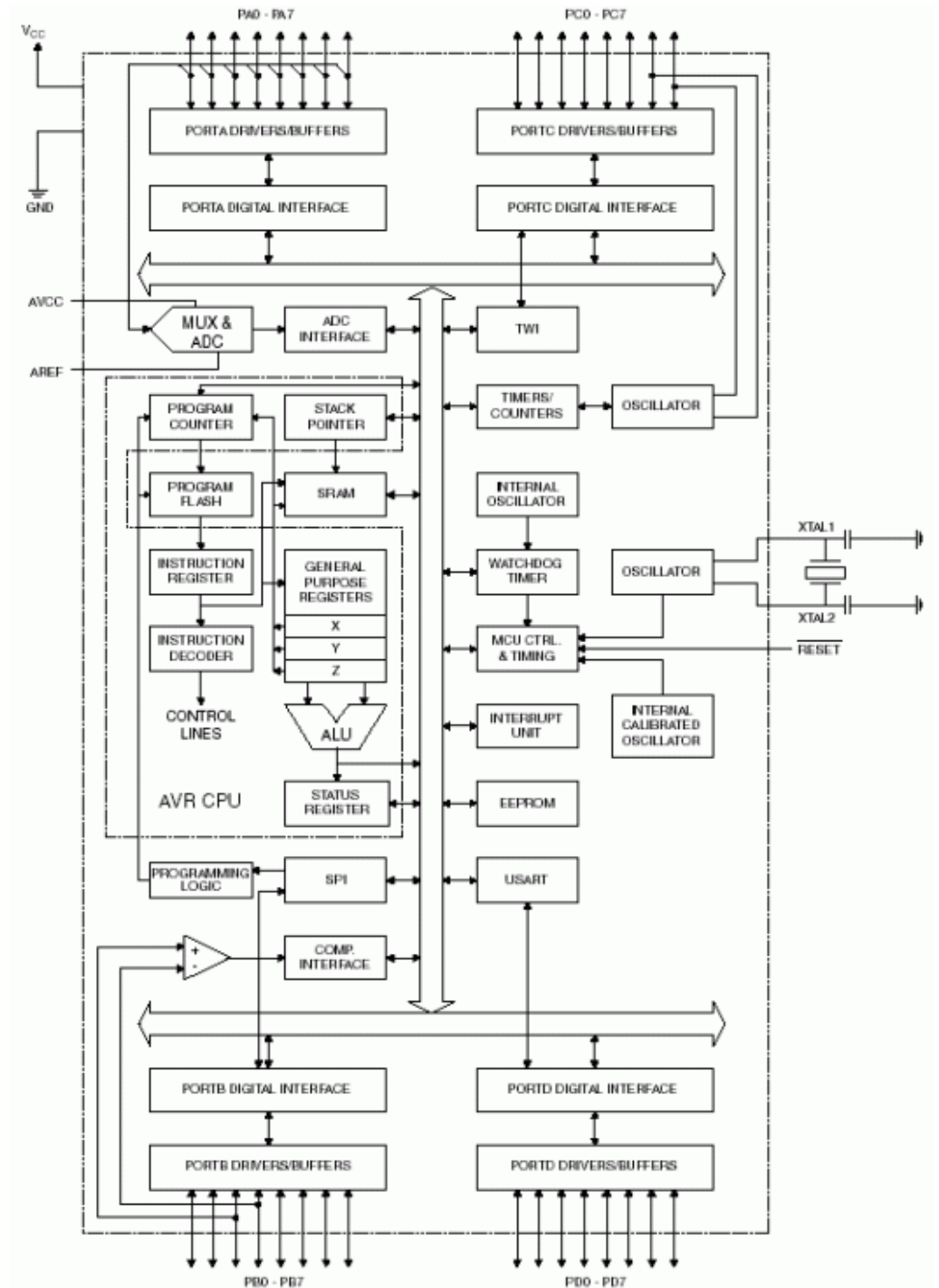
Beberapa tahun terakhir, mikrokontroler sangat banyak digunakan terutama dalam pengontrolan robot. Seiring perkembangan elektronika, mikrokontroler dibuat semakin kompak dengan bahasa pemrograman yang juga ikut berubah. Salah satunya adalah mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) ATmega8535 yang menggunakan teknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computing*) dimana program berjalan lebih cepat karena hanya membutuhkan satu siklus clock untuk mengeksekusi

satu instruksi program. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu kelas ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dan segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama.

Mikrokontroler AVR ATmega8535 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega8535 telah dilengkapi dengan ADC internal, EEPROM internal, Timer/ Counter, PWM, analog comparator, dll. Sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini belajar mikrokontroler keluarga AVR dengan lebih mudah dan efisien, serta dapat mengembangkan kreatifitas penggunaan mikrokontroler ATmega8535. Fitur-fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ATmega8535 adalah sebagai berikut:

- a. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu port A, port B, port C, dan port D.
- b. ADC internal sebanyak 8 saluran.
- c. Tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan pembandingan.
- d. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
- e. SRAM sebesar 512 byte.
- f. Memori Flash sebesar 8 kb dengan kemampuan Read While Write.
- g. Port antarmuka SPI.
- h. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat deprogram saat operasi.

- i. Antarmuka komparator analog.
- j. Port USART untuk komunikasi serial.
- k. System mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
- l. Dan lain-lainnya.



Gambar 4. Arsitektur Mikrokontroler ATmega8535

(Afrie,2011:6)

5. Konstruksi ATmega8535

Menurut Afrie Setiawan (2011:7) “mikrokontroler ATmega8535 memiliki 3 jenis memori, yaitu memori program, memori data dan memori EEPROM. Ketiganya memiliki ruang sendiri dan terpisah.

a. Memori program

ATmega8535 memiliki kapasitas memori program sebesar 8 Kbyte yang terpetakan dari alamat 0000h – 0FFFh dimana masing-masing alamat memiliki lebar data 16 bit. Memori program ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian program *boot* dan bagian program aplikasi.

b. Memori data

ATmega8535 memiliki kapasitas memori data sebesar 608 byte yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu register serba guna, register I/O dan SRAM. ATmega8535 memiliki 32 byte register serba guna, 64 byte register I/O yang dapat diakses sebagai bagian dari memori RAM (menggunakan instruksi LD atau ST) atau dapat juga diakses sebagai I/O (menggunakan instruksi IN atau OUT), dan 512 byte digunakan untuk memori data SRAM.

c. Memori EEPROM

ATmega8535 memiliki memori EEPROM sebesar 512 byte yang terpisah dari memori program maupun memori data. Memori EEPROM ini hanya dapat diakses dengan menggunakan register-register I/O yaitu EEPROM *Address*, register EEPROM *Data*, dan

register *EEPROM Control*. Untuk mengakses memori EEPROM ini diperlukan seperti mengakses data eksternal, sehingga waktu eksekusinya relative lebih lama bila dibandingkan dengan mengakses data dari SRAM.

ATMega8535 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan fasilitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC ATMega8535 dapat dikonfigurasi, baik secara *singleended* input maupun *differentialinput*. Selain itu, ADC ATMega8535 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.

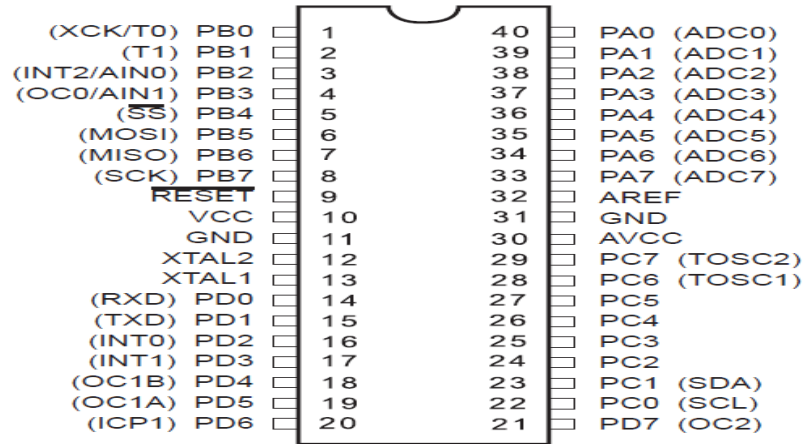
ATMege8535 memiliki 3 modul timer yang terdiri dari 2 buah timer/ counter 8 bit dan 1 buah timer/ counter 16 bit. Ketiga modul timer/ counter ini dapat diatur dalam mode yang berbeda secara individu dan tidak saling mempengaruhi satu sama lain. Selain itu, timer/ counter juga dapat difungsikan sebagai sumber interupsi. Masing-masing timer/ counter ini memiliki register tertentu yang digunakan untuk mengatur mode dan cara kerjanya.

Serial Peripheral Interface (SPI) merupakan salah satu mode komunikasi serial synchronous kecepatan tinggi yang dimiliki oleh ATMega8535. *Universal Synchronous and Asynchrnous Serial*

Receiver and Transmitter (USART) juga merupakan salah satu mode komunikasi serial yang dimiliki oleh ATmega8535. USART merupakan komunikasi yang memiliki fleksibilitas tinggi, yang dapat digunakan untuk melakukan transfer data baik antar mikrokontroler maupun dengan modul-modul eksternal termasuk PC yang memiliki fitur UART.

USART memungkinkan transmisi data baik secara *synchronous* maupun *asynchronous*, sehingga dengan memiliki USART pasti kompatibel dengan UART. Pada ATmega8535, secara umum pengaturan mode *synchronous* maupun *asynchronous* adalah sama. Perbedaannya hanyalah terletak pada sumber *clock* saja. Jika pada mode *asynchronous* masing-masing peripheral memiliki sumber *clock* sendiri, maka pada mode *synchronous* hanya ada satu sumber *clock* yang digunakan secara bersama-sama. Dengan demikian, secara *hardware* untuk mode *asynchronous* hanya membutuhkan 2 pin yaitu TXD dan RXD, sedangkan untuk mode *synchronous* harus 3 pin yaitu TXD, RXD dan XCK.

6. Pin-pin pada Mikrokontroler ATmega8535



Gambar 5. Konfigurasi pin ATmega8535

(Afrie,2011:4)

Konfigurasi pin ATmega8535 dengan kemasan 40 pin DIP (*Dual Inline Package*) dapat dilihat pada gambar 6. Dari gambar di atas dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing pin ATmega8535 sebagai berikut:

a. Pin 1-8 adalah Port B (PortB0...PortB7)

Port B adalah port I/O 8-bit bi-directional dengan resistor-resistor internal pull-up. Buffer output port B mempunyai karakteristik drive yang simetris dengan kemampuan keduanya sink dan source yang tinggi. Sebagai input, port B yang mempunyai pull eksternal yang rendah akan menjadi sumber arus jika resistor-resistor pull-up diaktifkan. Pin-pin port B adalah tristate ketika kondisi *reset* menjadi aktif sekalipun *clock* tidak aktif.

b. Pin 9 adalah RESET

Sebuah low level pulsa yang lebih lama dari pada lebar pulsa minimum pada pin ini akan menghasilkan reset meskipun clock tidak berjalan.

- c. Pin 10 adalah VCC

VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya.

- d. Pin 11 adalah GND

GND merupakan Pin Ground

- e. Pin 12 adalah XTAL2

XTAL2 merupakan output dari inverting penguat oscillator.

- f. Pin 13 XTAL1

XTAL1 merupakan input inverting penguat Oscilator dan input internal clock operasi rangkaian.

- g. Pin 14-21 adalah Port D (PortD0...PortD7)

Port D adalah port I/O 8-bit bi-directional dengan resistor-resistor internal pull-up. Buffer output port D mempunyai karakteristik drive yang simetris dengan kemampuan keduanya sink dan source yang tinggi. Sebagai input, port D yang mempunyai pull eksternal yang rendah akan menjadi sumber arus jika resistor-resistor pull-up diaktifkan. Pin-pin port D adalah tri-state ketika kondisi reset menjadi aktif sekalipun clock tidak aktif.

- h. Pin 22-29 adalah Port C (PortC0...PortC7)

Port C adalah port I/O 8-bit bi-directional dengan resistor-resistor internal pull-up. Buffer output port C mempunyai karakteristik drive yang simetris dengan kemampuan keduanya sink dan source yang tinggi. Sebagai input, port C yang mempunyai pull eksternal yang rendah akan menjadi sumber arus jika resistor-resistor pull-up diaktifkan. Pin-pin port C adalah tri-state ketika kondisi reset menjadi aktif sekalipun clock tidak aktif. Jika antarmuka JTAG enable, resistor-resistor pull-up pada pin-pin PC5(TDI), PC3(TMS), PC2(TCK) akan diaktifkan sekalipun terjadi reset.

i. Pin 30 adalah AVCC

Pin supply tegangan untuk PortA dan A/D converter. Sebaliknya eksternalnya dihubungkan ke VCC meskipun ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan seharusnya dihubungkan ke VCC melalui low pas filter.

j. Pin 32 adalah AREF

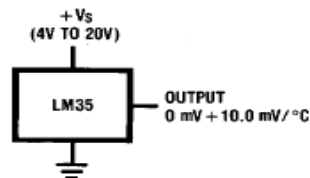
AREF merupakan pin referensi analog A/D converter.

k. Pin 33-40 adalah Port A (PortA0...PortA7)

l. merupakan pin input/output dua arah dan pin masukan ADC. Port A sebagai input analog ke A/D konverter. Port A juga sebagai 8-bit bi-directional port I/O, jika A/D konverter tidak digunakan. Pin-pin port dapat menyediakan resistor-resistor internal pull-up. Ketika port A digunakan sebagai input dan pull eksternal yang rendah akan

menjadi sumber arus jika resistor-resistor pull-up diaktifkan. Pin-pin port A adalah tri-state ketika kondisi reset menjadi aktif sekalipun clock tidak aktif.

C. Sensor Suhu LM35



Gambar 6. Rangkaian sensor LM35

Menurut Afrie Setiawan (2011:28) "Sensor suhu LM35 merupakan sensor solid state yang dapat mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik berupa tegangan". IC LM35 merupakan suhu dimana tegangan keluarannya proposional linear untuk suhu dalam $^{\circ}\text{C}$, mempunyai perubahan keluaran secara linear dan juga dapat dikalibrasi. Koefisien dari IC LM35 tidaklah seperti sebuah resistor NTC (*Negative Temperature Coeffisient*), karna tidaklah mungkin untuk mendapatkan suatu jangkauan suhu yang lebar, apabila menggunakan sebuah resistor NTC.

Sensor LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan keluaran impedansi yang rendah dan linearitas yang tinggi dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjut.

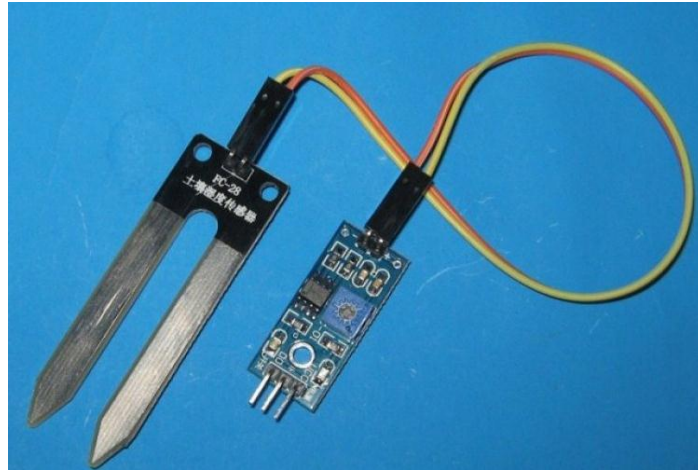
Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35:

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan factor skala linier antara tegangan dan suhu $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam selcius.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu $0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25°C .
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55°C sampai $+150^{\circ}\text{C}$.
4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari $60 \mu\text{A}$.
6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari $0,1^{\circ}\text{C}$ pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah, yaitu $0,1 \text{ W}$ untuk beban 1mA .

D. Sensor Moisture

Sensor ini digunakan untuk membaca kadar air dalam tanah dalam 2 kondisi output. Yaitu AO dan DO, AO adalah Analog Output yaitu output dengan keluaran tegangan, sedangkan DO adalah Digital Output yaitu output dengan kondisi digital 1 dan 0. Untuk mendapatkan pembacaan kadar air dengan batasan persentase, digunakan AO (Analog Digital) dan dikalkulasikan sedemikian rupa sehingga menjadi nilai 100%. Sensor bekerja dengan tegangan input $3,3 \text{ VDC} - 5 \text{ VDC}$, sensor memiliki prob sebagai media pembaca untuk ditancapkan kedalam tanah. Prob berupa lempengan tembaga yang berfungsi menghantarkan air jika terdapat di dalam tanah. Prob berupa lempengan tembaga yang berfungsi menghantarkan air jika air terdapat

didalam tanah yang diukur. Jika terdapat air sebagai penghantar tegangan, data pembacaan akan diterjemahkan oleh IC Modul



Gambar 7. Modul dan Prob sensor moisture

E. LCD

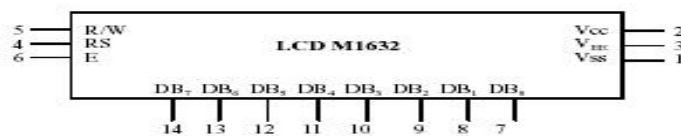
Liquid Crystal Display adalah salah satu bentuk keluaran yang paling jelas dan mudah dimengerti. Pada umumnya dipasaran ada dua jenis LCD, yaitu grafik dan teks. LCD yang digunakan pada pembuatan alat penyiram tanaman ini adalah LCD teks. Sesuai dengan namanya LCD ini dikhususkan untuk menampilkan teks tanpa harus mengatur masing-masing titik pada LCD jenis ini. LCD ini biasanya memiliki prosesor terintegrasi didalamnya sehingga memudahkan penampilan dengan cukup mengirimkan kode ascii karakter yang bersangkutan. LCD teks yang umumnya terdapat di pasaran memiliki 1-2 baris, ada yang mencapai 4 bahkan 8 baris namun jarang ditemui, dengan masing-masing baris terdiri dari 8,16, atau 20 karakter.

LCD yang digunakan pada penyiram tanaman ini adalah jenis LCD M1632 yang merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD.



Gambar 8. Tampilan LCD

(Afrie,2011:24)



Gambar 9. Modul Liquid Crystal Display

(Afrie,2011:25)

LCD type M1632 mempunyai 2 baris dengan masing-masing baris 16 karakter. Tiap karakter berukuran 5x7 dot matrix. LCD ini bekerja pada suhu 0 – 50 derajat Celcius

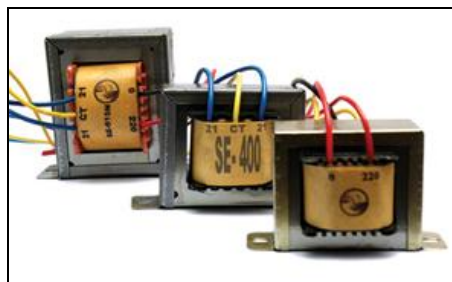
Fungsi pin-pin pada Liquid Crystal Display:

1. Pin 1 merupakan common ground dari LCD dan cip pengendalinya.
Pin ini harus dihubungkan ke GND dari catu daya yang digunakan.
2. Pin 2 merupakan suplay daya ke LCD. Tegangannya dapat diatur untuk mengolah kontras dari LCD ini.
3. Pin 3 merupakan suplay daya ke chip pengendali LCD. Pada percobaan ini digunakan 5 V yang diambil dari system minimum yang digunakan.

4. Pin 4 adalah pin untuk memilih register yang dituju, apakah register data maupun register instruksi.
5. Pin 5 untuk memilih arah aliran data.
6. Pin 6 adalah pendekatan pengiriman data.
7. Pin 7 -14 adalah pin data.
8. Pin 15 dan 16 merupakan catu daya untuk led backlight.

F. Catu Daya (*Power Supply*)

Catu daya adalah suatu system filter penyearah (*rectifier-filter*) yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC murni. Rangkaian catu daya memberikan supply tegangan pada alat pengendali. Rangkaian catu daya mendapatkan sumber tegangan dari PLN sebesar 220 volt AC. Ada dua macam catu daya, yaitu catu daya tegangan tetap dan catu daya variable. Catu daya tegangan tetap adalah catu daya yang tegangan keluarannya tetap dan tidak bisa diatur. Catu daya variable merupakan catu daya yang tegangan keluarannya dapat diubah/diatur. Salah satu bentuk fisik catu daya ditampilkan pada gambar 10:



Gambar 10. Bentuk fisik catu daya

Secara umum catu daya memiliki komponen-komponen sebagai berikut:

1. Transformator step down yaitu transformator penurunan tegangan dari 220 volt AC ke tegangan beberapa volt yang ditetapkan.
2. Diode bridge atau jembatan diode yaitu komponen elektronika yang berfungsi merubah tegangan AC ke DC, biasanya terdiri dari 4 buah dioda.
3. 2 buah kapasitor dalam hal ini dipakai kapasitor jenis ELCO. Kapasitor ini berfungsi penyaringan atau menfilter agar tegangan yang dihasilkan rata murni.
4. IC voltage regulator (IC pengatur tegangan). IC ini ada 2 jenis yaitu untuk tegangan positif 78xx dan untuk tegangan negative 79xx. Pada rangkaian power supply di atas dipakai IC 7805 akan menghasilkan outputnya positif 5V dan IC 7812 tegangan 12 VDC.

G. Rangkaian Driver

Relay adalah salah satu komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi didekatnya. Ketika batang besi dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada batang besi sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar akan terbuka.

Penggunaan relay perlu memperhatikan tegangan pengontrolnya serta kekuatan relay men-switch arus/tegangan. Biasanya ukurannya tertera pada body relay. Misalnya relay 5VDC/2 A 220V, artinya tegangan yang diperlukan sebagai pengontrolnya adalah 5VoltDC dan mampu men-switch arus listrik (maksimal) sebesar 2 ampere pada tegangan 220 Volt.



Gambar11. Bentuk fisik relay

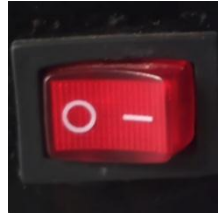
H. Washer Pump 12 volt DC

Washer pump adalah pompa air pada kendaraan sebagai pembersih kaca yang bekerja selaras dengan wiper. Pada alat ini, washer pump digunakan sebagai mesin untuk menyemburkan air dari sumbernya pada pot tanaman. Washer pump bekerja dengan tegangan 12 volt DC dengan arus 2A.



Gambar 12. Washer pump

I. Saklar



Gambar 13. Saklar on/off

Saklar *switch* berfungsi sebagai pemutus dan penghubung . ketika kondisi saklar off (*open circuit*) maka arus listrik yang tadinya mengalir melalui saklar akan terputus, demikian juga sebaliknya yakni jika kondisi saklar on (*close circuit*) maka arus listrik akan kembali mengalir melewati saklar tersebut. Saklar digunakan untuk arus lwmah sehingga batas maksimal arus listrik diperbolehkan lebih kecil dan bentuk fisiknya pun relative lebih kecil.

J. LED



Gambar 14. LED

Light Emitting Diode atau dering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. Warna-warna cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakan. LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang didopling sehingga menciptakan junction P dan N.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dalam pembuatan penyiram tanaman otomatis dengan sensor kelembaban berbasis mikrokontroller Atmega8535 ini dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Air meresap saat setelah proses penyemprotan memerlukan jeda waktu sesuai jenis dan kegemburan tanah.
2. Setelah mengamati proses penyiraman, terkadang air meresap terlalu lama dan menyebabkan air menggenang dan lama terbaca oleh sensor moisture.
3. Alat ini mampu bekerja normal dan sesuai dengan perancangan pada tanah yang mudah meresap air.

B. Saran

Sebagai saran untuk pengembangan lebih lanjut, agar mesin ini dapat bekerja lebih optimal ada beberapa hal antara lain :

1. Agar alat dapat bekerja optimal, gunakan tanah yang mudah meresap air agar sensor mudah membaca kelembaban tanah.
2. Agar penyiraman tanaman sesuai dengan kebutuhan tanaman, gunakan referensi dari ilmu tumbuhan, karena proses fotosintesis tidak hanya dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrie Setiawan. 2011, *Mikrokontroler Atmega8535 dan Atmega16 Menggunakan BASCOM-AVR*. Yogyakarta: Andi
- Blocher, Richard. 2004. *Dasar Elektronika*. Yogyakarta: Andi
- Lingga.(2006).Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535. Yogyakarta :Andi
- Usman. 2008. *Teknik Antarmuka + Pemrograman Mikrokontroler AT89S52*. Yogyakarta: Andi
- Syahrul. 2014. *Pemrograman Mikrokontroler AVR Bahasa Assembly dan C*. Bandung: Informatika Bandung.
- Sintia. 2008. *Dasar Kebutuhan Air Pada Tanaman*. Jakarta
- UNP. 2011. *Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi Universitas Negeri Padang*: Padang
- _____, Datasheet Mikrokontroler ATmega8535, http://atmel.com/dyn/resource/prod_coc2502.pdf , diakses 1 juli 2015
- _____, Datasheet LM35, <http://alldatasheet/img/d/LM35z.pdf> diakses 1 juli 2015
- _____, <http://pesonatanamanhias.blogspot.com/2014/11/panduan-lengkap-budidaya-tanaman-hias-daun-aglaonema.html>, diakses 30 juli 2015
- _____, Anonim, 2008 <http://Unyit's> flowers blogspot.com. diakses 6 juli 2015

Features

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



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

ATmega8535
ATmega8535L

Summary

2502KS-AVR-10/06

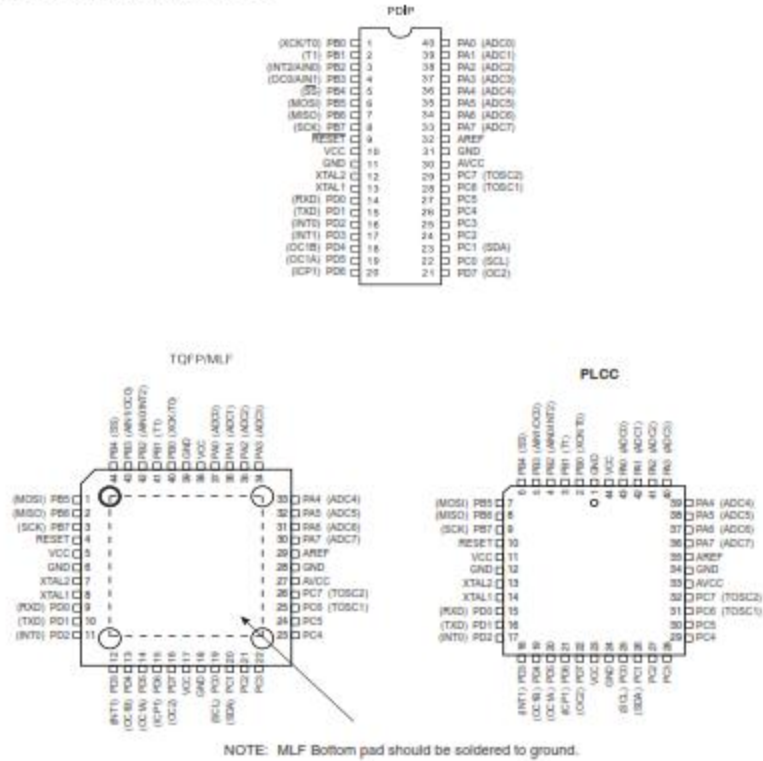


Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at www.atmel.com.



Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



Disclaimer

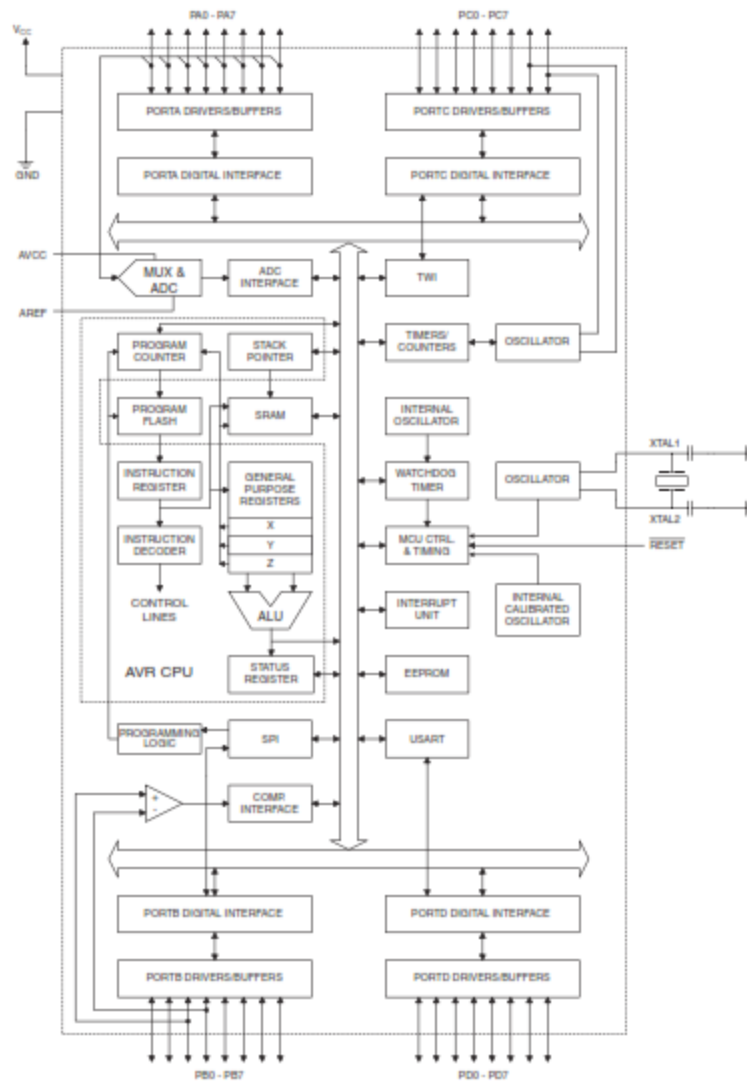
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega8535 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the ATmega8535 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8535 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 512 bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain in TQFP package, a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the asynchronous timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8535 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8535 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

AT90S8535 Compatibility

The ATmega8535 provides all the features of the AT90S8535. In addition, several new features are added. The ATmega8535 is backward compatible with AT90S8535 in most cases. However, some incompatibilities between the two microcontrollers exist. To solve this problem, an AT90S8535 compatibility mode can be selected by programming the S8535C fuse. ATmega8535 is pin compatible with AT90S8535, and can replace the AT90S8535 on current Printed Circuit Boards. However, the location of fuse bits and the electrical characteristics differs between the two devices.

AT90S8535 Compatibility Mode

Programming the S8535C fuse will change the following functionality:

- The timed sequence for changing the Watchdog Time-out period is disabled. See "Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer" on page 45 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 146 for details.

Pin Descriptions

V_{CC}	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter. 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.
Port B (PB7..PB0)	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. Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 60.
Port C (PC7..PC0)	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.
Port D (PD7..PD0)	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. Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 64.
RESET	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.
XTAL1	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the inverting Oscillator amplifier.
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V _{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V _{CC} through a low-pass filter.
AREF	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
0x3F (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)	ICR1	INT1	INT0	INT2	—	—	—	IVSEL	IVCE	49, 69
0x3A (0x5A)	IFR	INTF1	INTF0	INTF2	—	—	—	—	—	70
0x39 (0x59)	TMRK	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	85, 115, 133
0x38 (0x58)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	85, 115, 134
0x37 (0x57)	SPMCR	SPME	RWWSB	—	RWWSRE	BLSET	PQWRT	PQERS	SPMEN	225
0x36 (0x56)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWNC	TWEN	—	TWE	181
0x35 (0x55)	MCUCR	SM0	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	32, 68
0x34 (0x54)	MCUCSR	—	ISC2	—	—	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	40, 69
0x33 (0x53)	TCCR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	83
0x32 (0x52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								85
0x31 (0x51)	OSCAL	Oscillator Calibration Register								30
0x30 (0x50)	SPICR	ADTS2	ADTS1	ADTS0	—	ACME	PUD	PSR2	PSR10	59, 85, 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	128
0x24 (0x44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								130
0x23 (0x43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								131
0x22 (0x42)	ASR	—	—	—	—	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	131
0x21 (0x41)	WDTCSR	—	—	—	—	WDCE	WDE	WDFR	WDPR	42
0x20 ⁽¹⁾ (0x40 ⁽¹⁾)	UBRRH	URSEL	—	—	—	—	—	UBRR[11:8]		169
	UCSR0	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCS21	UCS20	UCPOL	167
0x1F (0x3F)	FEARH	—	—	—	—	—	—	—	FEARS	19
0x1E (0x3E)	FEARL	EEPROM Address Register Low Byte								19
0x1D (0x3D)	EEDR	EEPROM Data Register								19
0x1C (0x3C)	EEDR	—	—	—	—	—	EERIE	EEMWE	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	DOC7	DOC6	DOC5	DOC4	DOC3	DOC2	DOC1	DOC0	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)	DDRD	DDO7	DDO6	DDO5	DDO4	DDO3	DDO2	DDO1	DDO0	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	—	—	—	—	—	SP2X	143
0x0D (0x2D)	SPCR	SPIE	SPE	DCRD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	141
0x0C (0x2C)	UDR	USART I/O Data Register								164
0x0B (0x2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	FE	U2X	MPCM	165
0x0A (0x2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCS22	RXB8	TXB8	166
0x09 (0x29)	UBRRH	USART Baud Rate Register Low Byte								169
0x08 (0x28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	203
0x07 (0x27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	219
0x06 (0x26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	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	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TW0CE	183
0x01 (0x21)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	—	TWPS1	TWPS0	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
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
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
ADW	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	Rd, 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
SBW	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	$Rd \leftarrow \text{OnPP} - Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow \text{On00} - Rd$	Z,C,N,V,H	1
BSR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \wedge (\text{OnPP} - K)$	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
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow \text{OnFF}$	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	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
JMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
LMF		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	$\text{if } (Rd \wedge Rr) \text{ PC} \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	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
SBSC	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
SBRSC	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
SP	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
SPS	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
SBSC	s, k	Branch if Status Flag Set	$\text{if } (SREG[s] = 1) \text{ then PC} \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRSC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	$\text{if } (SREG[s] = 0) \text{ then PC} \leftarrow PC + k + 1$	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
BSIF	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
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	$Rd \leftarrow Rr$	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	$Rd \leftarrow Rr$	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	$R0 \leftarrow (Z)$	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
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P.b	Set Bit in I/O Register	$IO(P.b) \leftarrow 1$	None	2
CBI	P.b	Clear Bit in I/O Register	$IO(P.b) \leftarrow 0$	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	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), n=0..5$	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
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
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 Debugger Only	None	N/A

Ordering Information

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

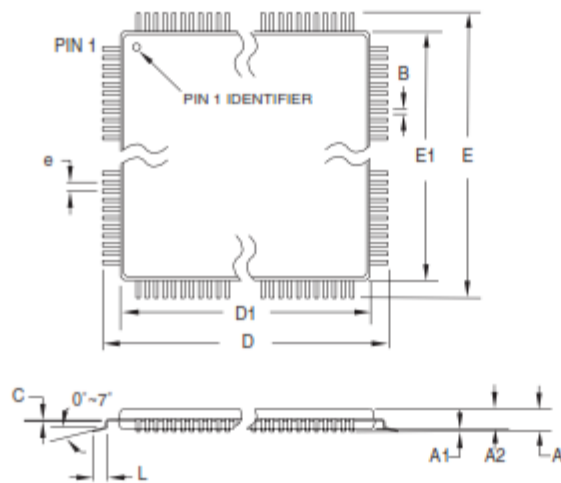
Note: 1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
2. Pb-free packaging alternative, complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free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

Package Type	
44A	44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
44M1-A	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

TITLE

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)

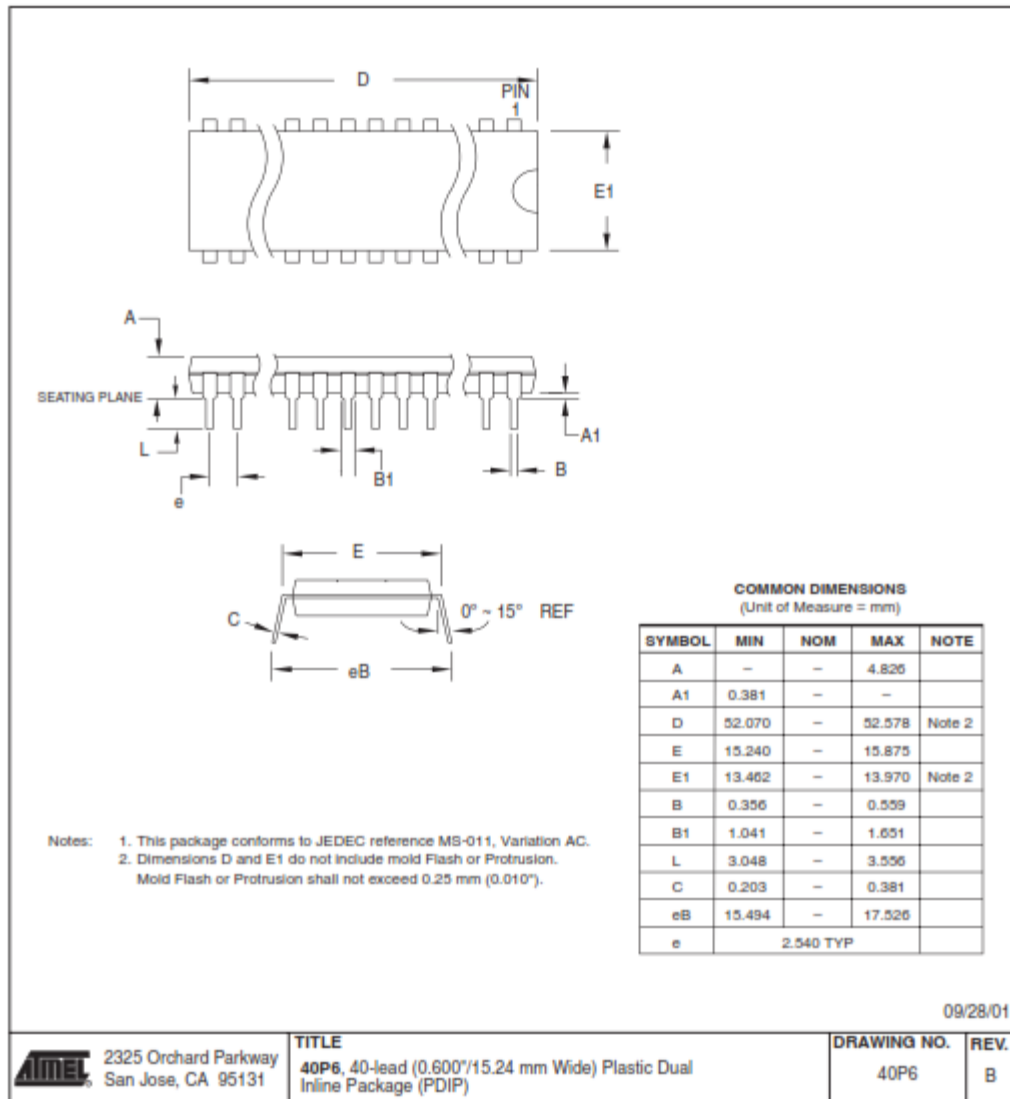
DRAWING NO.

44A

REV.

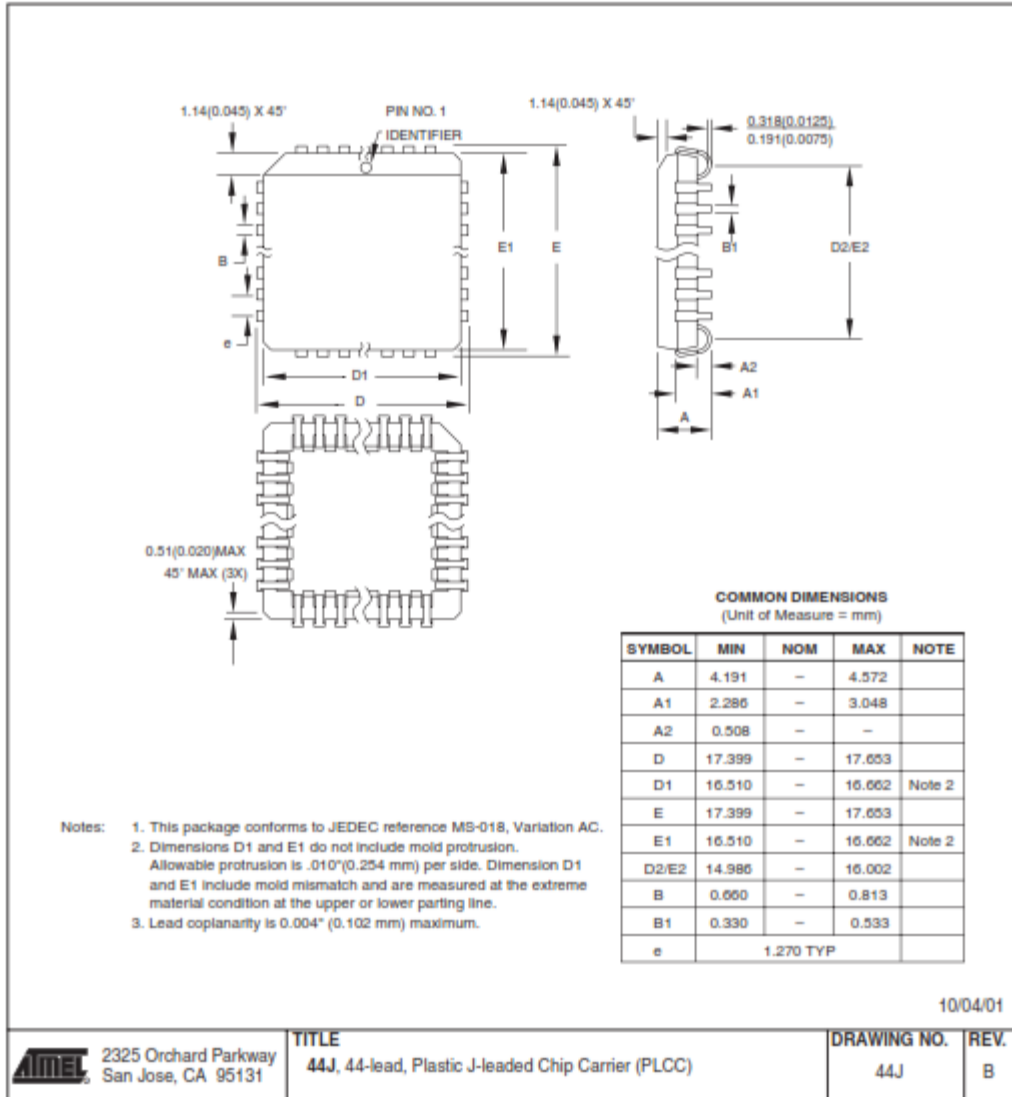
B

40P6

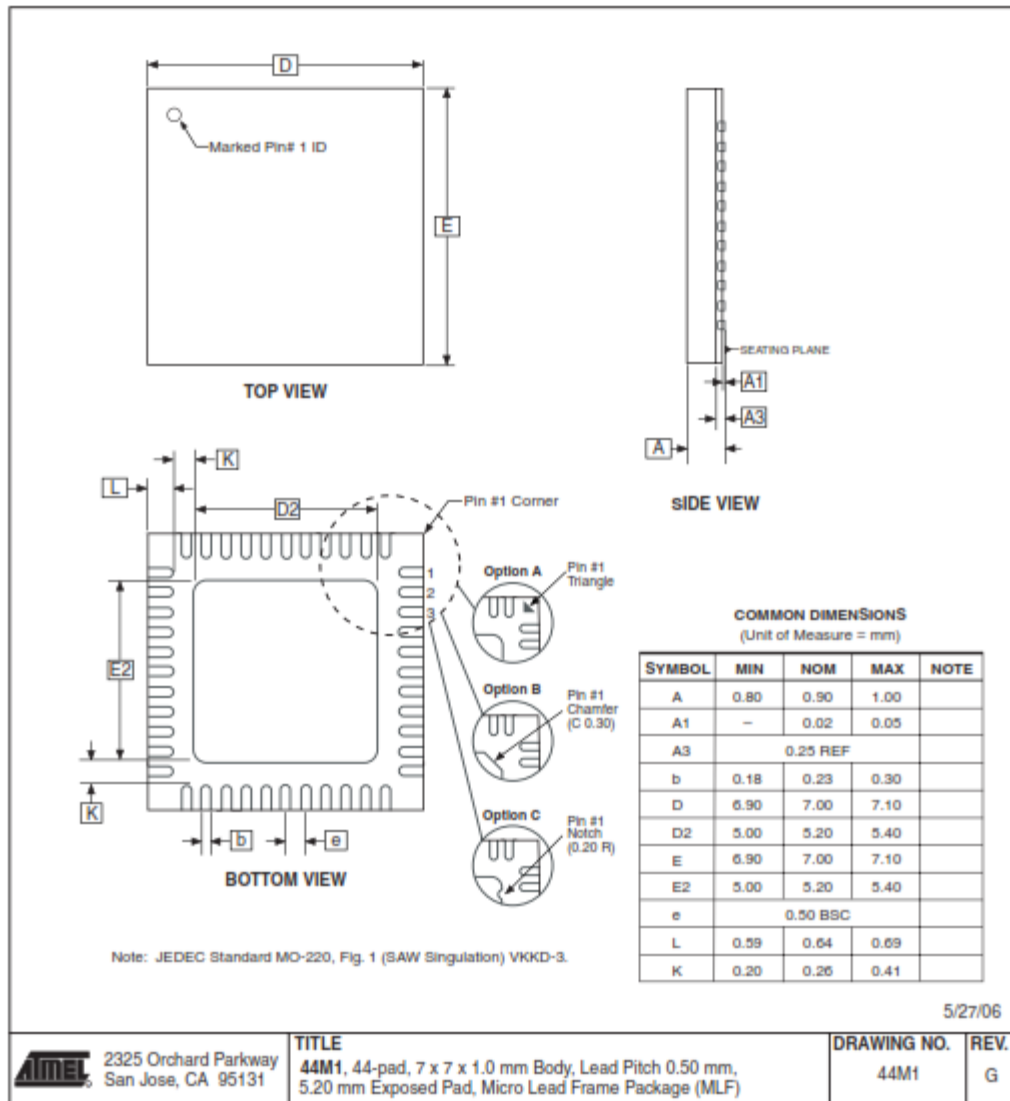




44J



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.

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

- 1. Changed the Endurance on the Flash to 10,000 Write/Erase Cycles.



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 Arsenaux 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 Chanterrie
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

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.

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

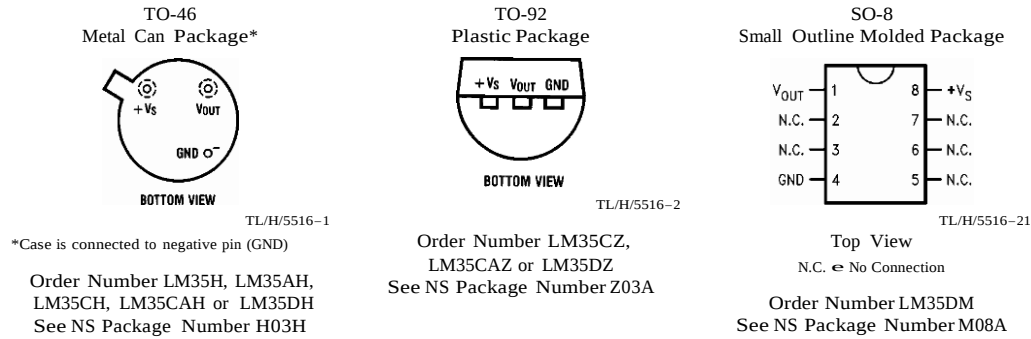
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in $^{\circ}\text{K}$, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ at room temperature and $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ over a full -55°C to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only 60 μA from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55°C to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40°C to $+110^{\circ}\text{C}$ range ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ with improved accuracy). The LM35 series is

available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

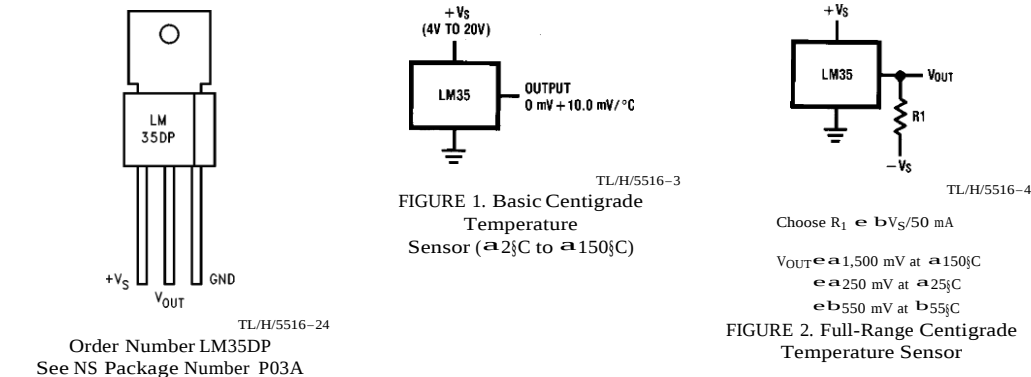
Features

- ✓ Calibrated directly in $^{\circ}\text{C}$ (Centigrade)
- ✓ Linear $\pm 10.0 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ scale factor
- ✓ 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^{\circ}\text{C}$)
- ✓ Rated for full -55°C to $+150^{\circ}\text{C}$ range
- ✓ Suitable for remote applications
- ✓ Low cost due to wafer-level trimming
- ✓ Operates from 4 to 30 volts
- ✓ Less than 60 μA current drain
- ✓ Low self-heating, 0.08°C in still air
- ✓ Nonlinearity only $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ typical
- ✓ Low impedance output, 0.1 X for 1 mA load

Connection Diagrams



Typical Applications



Absolute Maximum Ratings (Note 10)

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

Supply Voltage	a 35V to b 0.2V
Output Voltage	a 6V to b 1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp., TO-46 Package,	b 60°C to a 180°C
TO-92 Package,	b 60°C to a 150°C
SO-8 Package,	b 65°C to a 150°C
TO-202 Package,	b 65°C to a 150°C

Lead Temp.:

TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C
TO-92 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
TO-202 Package, (Soldering, 10 seconds)	a 230°C

SO Package (Note 12):

Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T _{MIN} to T _{MAX}	
(Note 2)	
LM35, LM35A	b 55°C to a 150°C
LM35C, LM35CA	b 40°C to a 110°C
LM35D	0°C to a 100°C

Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	T _A e a 25°C	g 0.2	g 0.5		g 0.2	g 0.5		°C
	T _A e b 10°C	g 0.3			g 0.3		g 1.0	°C
	T _A e T _{MAX}	g 0.4	g 1.0		g 0.4	g 1.0		°C
	T _A e T _{MIN}	g 0.4	g 1.0		g 0.4		g 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	T _{MIN} ≤ T _A ≤ T _{MAX}	g 0.18		g 0.35	g 0.15		g 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	T _{MIN} ≤ T _A ≤ T _{MAX}	a 10.0	a 9.9, a 10.1		a 10.0		a 9.9, a 10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) 0 ≤ I _L ≤ 1 mA	T _A e a 25°C	g 0.4	g 1.0		g 0.4	g 1.0		mV/mA
	T _{MIN} ≤ T _A ≤ T _{MAX}	g 0.5		g 3.0	g 0.5		g 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	T _A e a 25°C	g 0.01	g 0.05		g 0.01	g 0.05		mV/V
	4V ≤ V _S ≤ 30V	g 0.02		g 0.1	g 0.02		g 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	V _S e a 5V, a 25°C	56	67		56	67		mA
	V _S e a 5V	105		131	91		114	mA
	V _S e a 30V, a 25°C	56.2	68		56.2	68		mA
	V _S e a 30V	105.5		133	91.5		116	mA
Change of Quiescent Current (Note 3)	4V ≤ V _S ≤ 30V, a 25°C	0.2	1.0		0.2	1.0		mA
	4V ≤ V _S ≤ 30V	0.5		2.0	0.5		2.0	mA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		a 0.39		a 0.5	a 0.39		a 0.5	mA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, I _L e 0	a 1.5		a 2.0	a 1.5		a 2.0	°C
Long Term Stability	T _J e T _{MAX} , for 1000 hours	g 0.08			g 0.08			°C

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: **b**55°C ≤ T_J ≤ **a**150°C for the LM35 and LM35A; **b**40°C ≤ T_J ≤ **a**110°C for the LM35C and LM35CA; and 0°C ≤ T_J ≤ **a**100°C for the LM35D. V_S **e** **a**5Vdc and I_{LOAD} **e** 50 mA, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from **a**2°C to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is 400°C/W, junction to ambient, and 24°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-202 package is 85°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6) (Continued)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$	g 0.4	g 1.0		g 0.4	g 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A \leq 10^\circ\text{C}$	g 0.5			g 0.5		g 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A \leq T_{MAX}$	g 0.8	g 1.5		g 0.8		g 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A \leq T_{MIN}$	g 0.8		g 1.5	g 0.8		g 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$				g 0.6	g 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A \leq T_{MAX}$				g 0.9		g 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A \leq T_{MIN}$				g 0.9		g 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	g 0.3		g 0.5	g 0.2		g 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	a 10.0	a 9.8, a 10.2		a 10.0		a 9.8, a 10.2	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$	g 0.4	g 2.0		g 0.4	g 2.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	g 0.5		g 5.0	g 0.5		g 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$	g 0.01	g 0.1		g 0.01	g 0.1		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	g 0.02		g 0.2	g 0.02		g 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S \leq 5V, 25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		mA
	$V_S \leq 5V$	105		158	91		138	mA
	$V_S \leq 30V, 25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		mA
	$V_S \leq 30V$	105.5		161	91.5		141	mA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, 25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		mA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		3.0	0.5		3.0	mA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		a 0.39		a 0.7	a 0.39		a 0.7	mA/ $^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L \leq 0$	a 1.5		a 2.0	a 1.5		a 2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J \leq T_{MAX}$, for 1000 hours	g 0.08			g 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and 10mv/ $^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

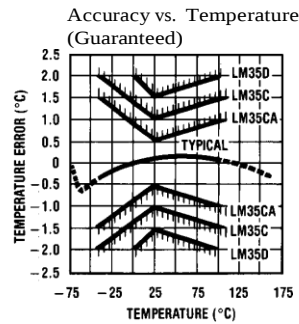
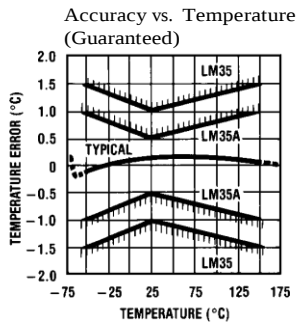
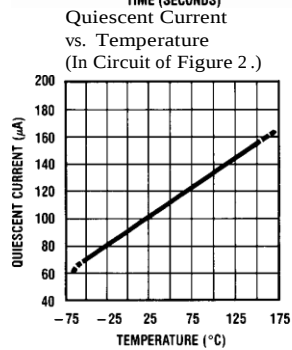
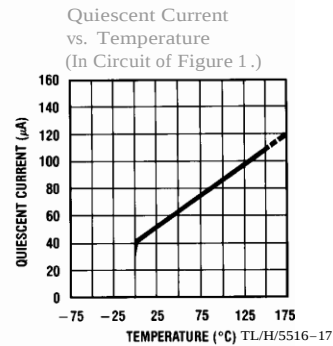
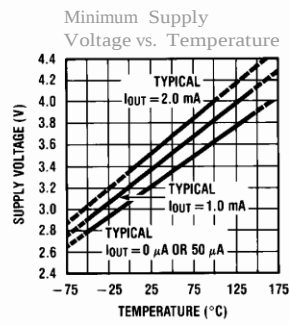
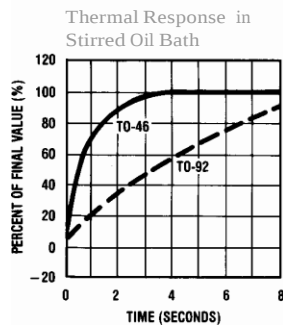
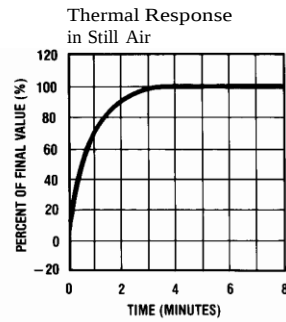
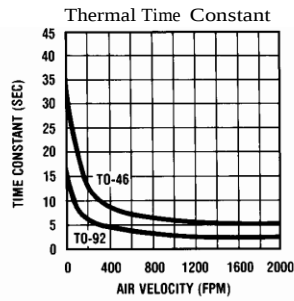
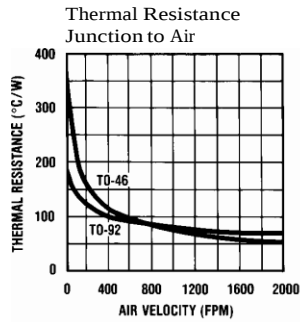
Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

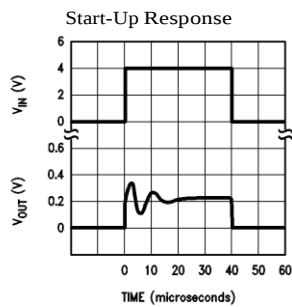
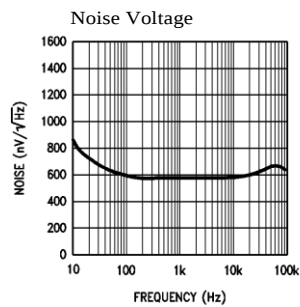
Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kX resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

Typical Performance Characteristics



TL/H/5516-18



TL/H/5516-22

Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature; if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V_B terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and var-nishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small lightweight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature.

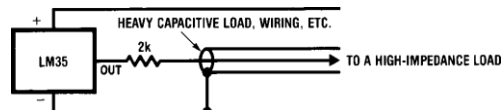
Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance)

	TO-46, no heat sink	TO-46, small heat fin*	TO-92, no heat sink	TO-92, small heat fin**	SO-8 no heat sink	SO-8 small heat fin**	TO-202 no heat sink	TO-202 *** small heat fin
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	85°C/W	60°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	25°C/W	40°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W				
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W				
(Clamped to metal, Infinite heat sink)	(24°C/W)				(55°C/W)		(23°C/W)	

* Wakefield type 201, or 1× disc of 0.020× sheet brass, soldered to case, or similar.

** TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1× square of (/16× printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

Typical Applications (Continued)



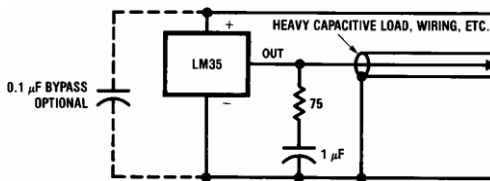
TL/H/5516-19

FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load

CAPACITIVE LOADS

Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pf without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see Figure 3. Or you can improve the tolerance of capacitance with a series R-C damper from output to ground; see Figure 4.

When the LM35 is applied with a 200X load resistor as shown in Figure 5, 6, or 8, it is relatively immune to wiring



TL/H/5516-20

FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as with any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by intense electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with arcing brushes, SCR transients, etc, as its wiring can act as a receiving antenna and its internal junctions can act as rectifiers. For best results in such cases, a bypass capacitor from V_{IN} to ground and a series R-C damper such as 75X in series with 0.2 or 1 mF from output to ground are often useful. These are shown in Figures 13, 14, and 16.

Typical Applications (Continued)

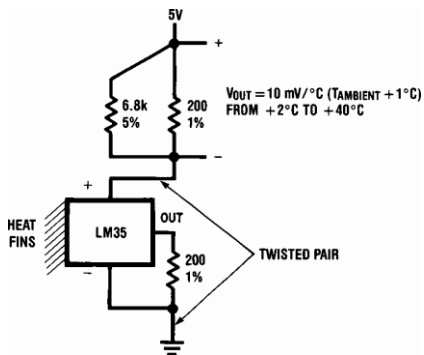


FIGURE 5. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Grounded Sensor)

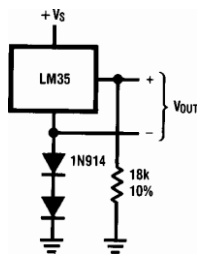


FIGURE 7. Temperature Sensor, Single Supply, b_{55} to a_{150} C

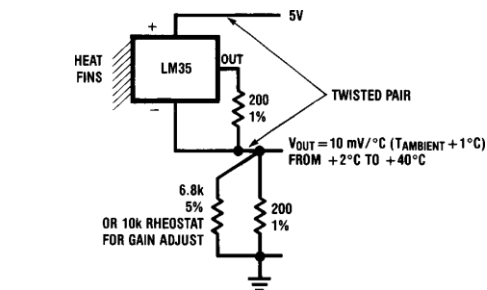


FIGURE 6. Two-Wire Remote Temperature Sensor
(Output Referred to Ground)

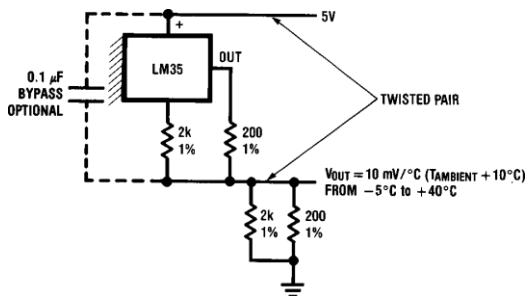
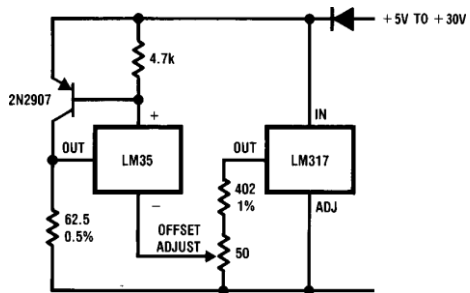
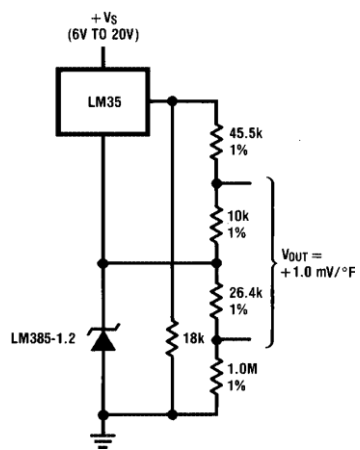


FIGURE 8. Two-Wire Remote Temperature Sensor
(Output Referred to Ground)

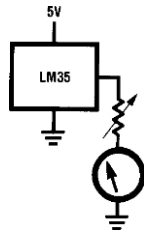


TL/H/5516-9
FIGURE 9. 4-To-20 mA Current Source (0°C to a 100°C)



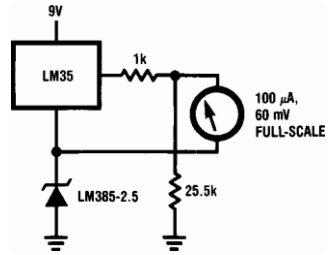
TL/H/5516-10
FIGURE 10. Fahrenheit Thermometer

Typical Applications (Continued)



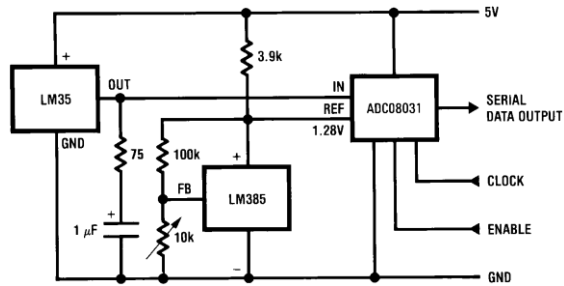
TL/H/5516-11

FIGURE 11. Centigrade Thermometer (Analog Meter)



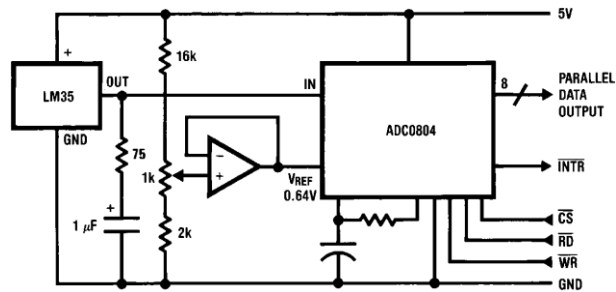
TL/H/5516-12

FIGURE 12. Expanded Scale Thermometer
(50° to 80° Fahrenheit, for Example Shown)



TL/H/5516-13

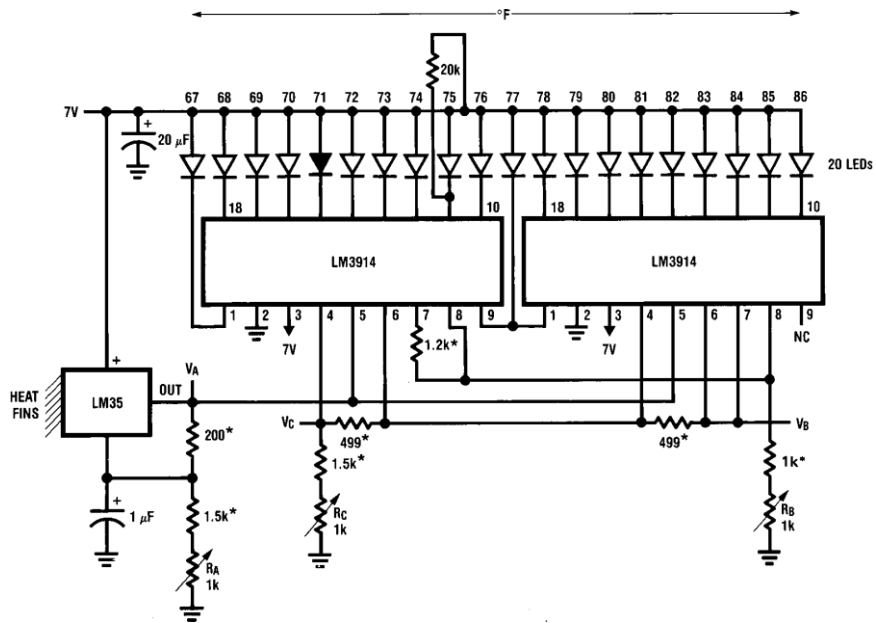
FIGURE 13. Temperature To Digital Converter (Serial Output) (±128°C Full Scale)



TL/H/5516-14

FIGURE 14. Temperature To Digital Converter (Parallel TRI-STATE Outputs for
Standard Data Bus to mP Interface) (128°C Full Scale)

Typical Applications (Continued)



*e 1% or 2% film resistor
 -Trim R_B for V_B e 3.075V
 -Trim R_C for V_C e 1.955V
 -Trim R_A for V_A e 0.075V a 100mV/°C e $T_{ambient}$
 -Example, V_A e 2.275V at 22°C

TL/H/5516-16

FIGURE 15. Bar-Graph Temperature Display (Dot Mode)

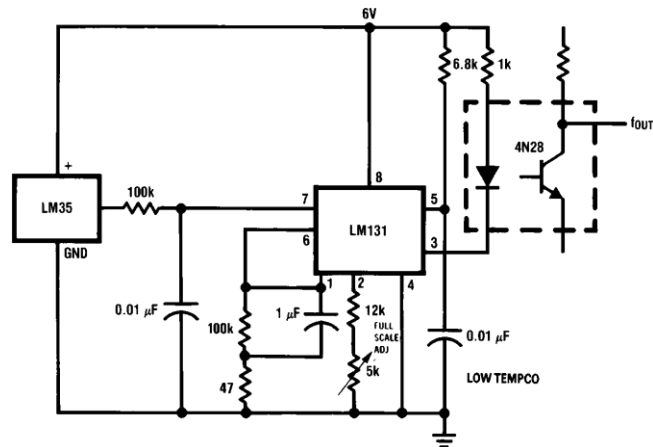
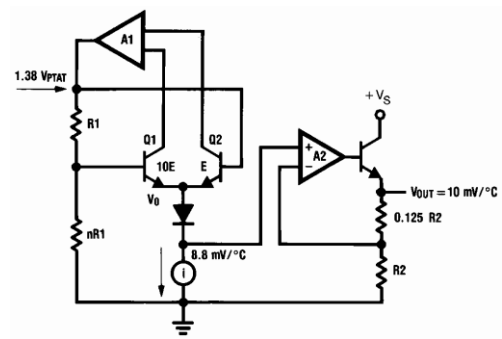


FIGURE 16. LM35 With Voltage-To-Frequency Converter And Isolated Output
 (2°C to a 150°C; 20 Hz to 1500 Hz)

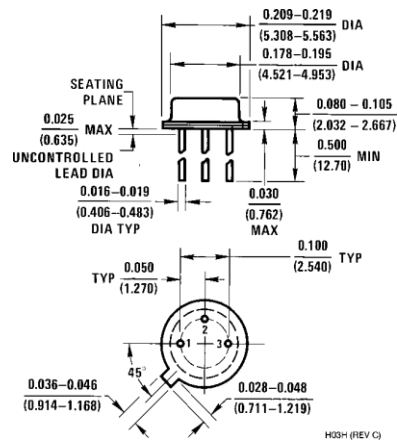
TL/H/5516-15

Block Diagram

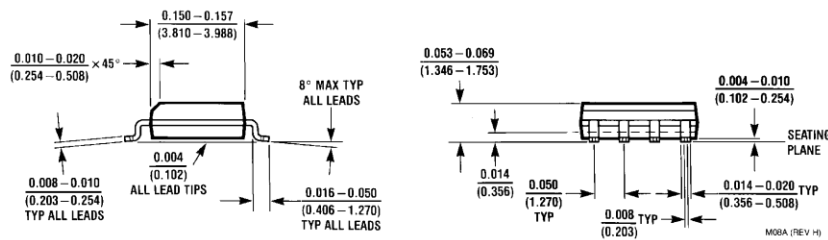
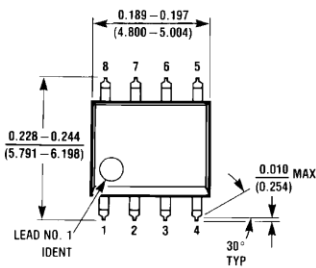


TL/H/5516-23

Physical Dimensions inches (millimeters)

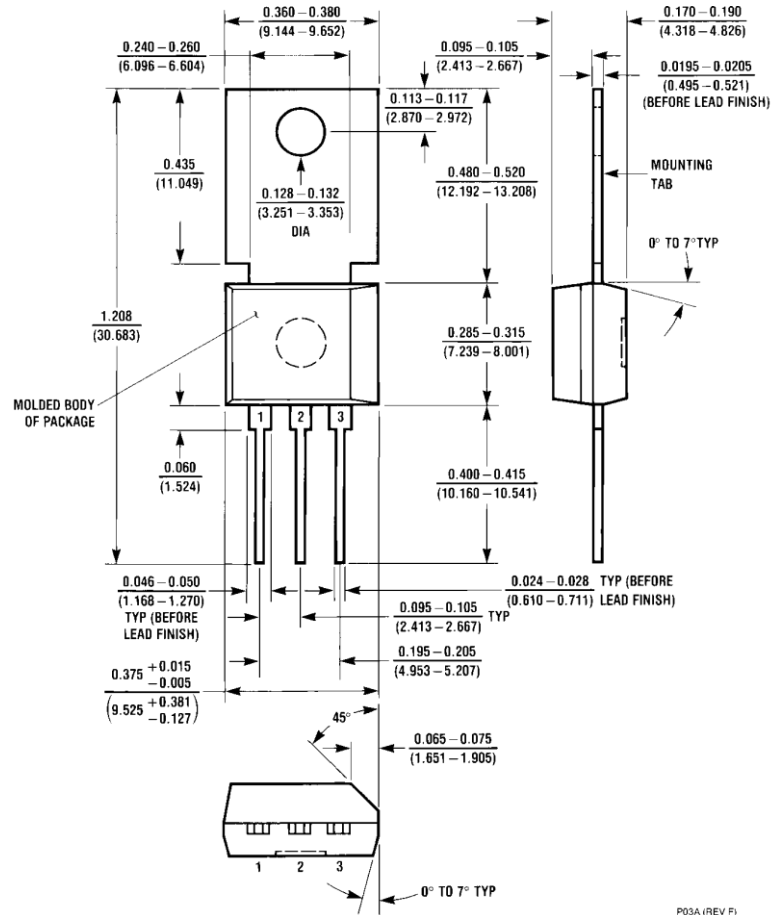


TO-46 Metal Can Package (H)
Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH,
LM35CAH, or LM35DH
NS Package Number H03H



SO-8 Molded Small Outline Package (M)
Order Number LM35DM
NS Package Number M08A

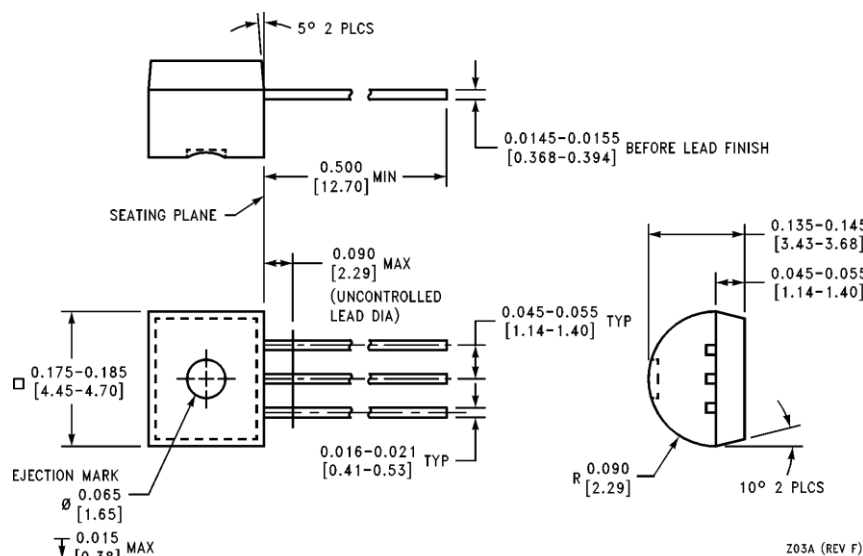
Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



Power Package TO-202 (P)
Order Number LM35DP
NS Package Number P03A

P03A (REV F)

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



TO-92 Plastic Package (Z)
Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
NS Package Number Z03A

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

National Semiconductor Corporation 2900 Semiconductor Drive P.O. Box 58090 Santa Clara, CA 95052-8090 Tel: (800) 272-9959 TWX: (910) 339-9240	National Semiconductor GmbH Livvy-Gargan-Str. 10 D-82256 Furstenfeldbruck Germany Tel: (81-41) 35-0 Telex: 527649 Fax: (81-41) 35-1	National Semiconductor Japan Ltd. Sumitomo Chemical Engineering Center Bldg. 7F 1-7-1, Nakase, Mihama-Ku Chiba-City, Chiba Prefecture 261 Tel: (043) 299-2300 Fax: (043) 299-2500	National Semiconductor Hong Kong Ltd. 13th Floor, Straight Block, Ocean Centre, 5 Canton Rd. Tsimshatsui, Kowloon Hong Kong Tel: (852) 2737-1600 Fax: (852) 2736-9960	National Semicondutores Do Brazil Ltda. Rue Deputado Lacorda Franco 120-3A Sao Paulo-SP Brazil 05418-000 Tel: (55-11) 212-5066 Telex: 391-1131931 NSBR BR Fax: (55-11) 212-1181	National Semiconductor (Australia) Pty. Ltd. Building 16 Business Park Drive Monash Business Park Nottingham, Melbourne Victoria 3168 Australia Tel: (3) 558-9999 Fax: (3) 558-9998
--	--	--	--	--	--

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.



Kementrian dan Kebudayaan Republik Indonesia

Laboratorium Mekanika Tanah

Fakultas Teknik Universitas Andalas

Kampus Limau Manis, PADANG 25163 Telp. 0751 - 72664 Fax. 0751 - 72566

PEMERIKSAAN KADAR AIR ASLI

NATURAL WATER CONTENT TEST

ASTM D 2216-51

Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : -

No. Sampel : -

Kedalaman : -

Tanggal : 28 Juli 2015

Dikerjakan : SML Crew's

Diperiksa : Hendri Gusti Putra, M.T

NO. CONTOH / KONTAINER		w (20 tetes)	w (40 tetes)	w (60 tetes)
KEDALAMAN	m			
BERAT KONTAINER + TANAH BASAH	gram	40	41,9	42,7
BERAT KONTAINER + T. KERING	gram	37,8	37,5	37,9
BERAT KONTAINER	gram	8,6	8,8	8,9
BERAT AIR	gram	2,2	4,4	4,8
BERAT TANAH KERING	gram	29,2	28,7	29
KADAR AIR	%	7,534	15,331	16,552
KADAR AIR RATA-RATA	%	13,139		

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FT- UA



Kementrian dan Kebudayaan Republik Indonesia

Laboratorium Mekanika Tanah

Fakultas Teknik Universitas Andalas

Kampus Limau Manis, PADANG 25163 Telp. 0751 - 72664 Fax. 0751 - 72566

PEMERIKSAAN KADAR AIR ASLI

NATURAL WATER CONTENT TEST

ASTM D 2216-51

Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : -

No. Sampel : -

Kedalaman : -

Tanggal : 28 Juli 2015

Dikerjakan : SML Crew's

Diperiksa : Hendri Gusti Putra, M.T

NO. CONTOH / KONTAINER		w (80 tetes)	w (100 tetes)	w (120 tetes)
KEDALAMAN	m			
BERAT KONTAINER + TANAH BASAH	gram	43,7	45,2	47
BERAT KONTAINER + T. KERING	gram	37,7	37,7	37,8
BERAT KONTAINER	gram	8,7	8,8	8,7
BERAT AIR	gram	6	7,5	9,2
BERAT TANAH KERING	gram	29	28,9	29,1
KADAR AIR	%	20,690	25,952	31,615
KADAR AIR RATA-RATA	%	26,085		

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FT- UA

RESUME PENGUJIAN LABORATORIUM

Nama Proyek	Lokasi	Boring Hole	Kedalaman	Pengujian yang Dilakukan	Parameter		Satuan
Tugas Akhir	-	-	-	Kadar Air	w (20 tetes)	7,534	%
					w (40 tetes)	15,331	%
					w (60 tetes)	16,552	%
					w (80 tetes)	20,690	%
					w (100 tetes)	25,952	%
					w (120 tetes)	31,615	%