



**AUTOMATIC WEATHER STATION
PORTABLE**

TUGAS AKHIR

Untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada
Program Studi Diploma III Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang

Oleh

Septian Wibowo

5350308004

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2013**

PENGESAHAN

Tugas Akhir ini telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada hari Rabu tanggal 11 September 2013.

Panitia :

Ketua

Sekretaris

Tatyantoro Andrasto, S.T,M.T

Riana Defi Mahadji Putri, S.T, M.T.

NIP. 196803161999031001

NIP. 197609182005012001

Penguji I

Penguji II/Pembimbing

Drs.Sugeng Purbawanto, M.T

Drs. Sri Sukamta, M.Si

NIP. 195703281984031001

NIP. 195506061986031002

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Drs. Muhammad harlanu, M.Pd

NIP.19660215199021001

MOTTO

My life is my adventure
Don't look book from just a cover
Experience is the best teacher

PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tua tercinta yang senantiasa menyayangi dan mendukungku. Terima kasih atas do'a dan segala yang telah diberikan.

Kakak dan Adik tercinta yang selalu memberi semangat dan dorongan.

Teman-teman yang telah memberi semangat, dorongan dan dukungan.

Serta orang-orang yang senantiasa membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur tak lupa saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul “**Automatic Weather Station Portable** ” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Saya menyadari bahwa dalam pembuatan tugas akhir ini, keberhasilan bukan semata-mata diraih dengan sendirinya, melainkan berkat dorongan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya bermaksud menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pembuatan tugas akhir ini yang mungkin mana tidak bisa saya sebut namanya satu-persatu. Dengan penuh kerendahan hati, saya mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Prof. Dr. Fathur Rohman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd, Dekan Fakultas Teknik.
3. Drs.Suryono, M.T, Ketua Jurusan Teknik Elektro
4. Riana Defi Mahadji Putri, S.T, M.T. Kaprodi DIII Teknik Elektro
5. Drs. Sri Sukamta, M.Si selaku dosen pembimbing yg telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan tugas akhir.
6. Semua pihak yang tak dapat di sebutkan satu persatu,yang telah memberikan bantuan maupun dukungan moral.
7. Bapak Ibu tercinta yang telah mendoakan dan memberikan semangat.
8. Serta teman-teman yang telah memberikan bantuannya dan dukungan.

Saya menyadari dalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, oleh karena itu kritik dan saran yang mendukung sangat saya butuhkan sebagai upaya perbaikan dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Semarang,

Septian Wibowo

ABSTRAK

Septian Wibowo. 2013. “*Automatic Weather Station Portable*”. *Tugas Akhir*”, Diploma III Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang Riana Defi Mahadji Putri, S.T, M.T.

Kata kunci: *Automatic Weather Station Portable*, Pengukur Kecepatan, arah angin, suhu, Mikrokontroler

Pencatatan dan penghitungan kecepatan angin, arah angin, dan suhu yang kadang masih dilakukan secara manual menggunakan alat ukur dengan tingkat kepresisian rendah, sehingga sering terjadi ketidak tepatan pengukuran pada kecepatan angin, arah angin, dan suhu. Alternatif penyelesaian permasalahan ini adalah penggunaan Alat pengukur kecepatan angin, arah, dan suhu digital.

Tujuan dari alat ini adalah menaikkan unjuk kerja dari pengukur kecepatan angin, arah, dan suhu yang masih dilakukan secara manual dan manfaat dari alat ini untuk mengurangi kesalahan pencatatan dan penghitungan secara manual dan mempercepat informasi pengukuran pada kecepatan angin, arah dan, suhu tersebut. Metode yang dipakai adalah metode laboratoris, pengumpulan data, instrumen dan teknik analisis data. Laboratoris merupakan metode eksperimen atau uji coba beberapa literatur untuk mengetahui tingkat keberhasilan.

Pengumpulan data merupakan pencarian beberapa materi dan literatur penunjang pembuatan alat. Instrumen adalah pemakaian beberapa alat ukur sebagai patokan, standar dan kalibrasi alat. Terakhir teknik analisis data adalah uraian atau analisis pengujian alat berlandaskan teori-teori yang relevan.

Alat pengukur kecepatan angin, arah, dan suhu digital. merupakan inovasi dari alat pengukur kecepatan angin, arah, dan suhu konvensional. yang dapat menampilkan kecepatan angin, arah, dan suhu dengan hasil ukur yang lebih akurat, karena penghitungan dilakukan secara program memakai IC mikrokontroler ATmega8535 dan ditampilkan secara digital pada display LCD .

Pembacaan alat tersebut stabil terhadap beban yang sama dalam kurun waktu tertentu. Tingkat kesalahan pembacaan relatif kecil dan keakurasian penghitungan cukup tinggi. Kedepannya diharapkan alat dapat di padukan dengan sistem komputer untuk keperluan penyimpanan data dan proses analisis data.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan	3
E. Manfaat	3
BAB II PEMBAHASAN	4
A. Landasan Teori.....	4
1. Instrumentasi Dan Pengukuran	4
2. Angin	5
3. IC Digital	6
a. Karakteristik IC Digital jenis TTL	6
b. Pemicu <i>Schmitt</i>	7
4. Mikrokontroler Atmega 8535	10
a. Organisasi Memori	12
5. Sensor Optocoupler	14
6. Sensor Suhu Lm 35	17
a. Struktur Sensor LM35	17

b.	Karakteristik Sensor LM35	18
7.	<i>Liquid Crystal Display</i> (M1632).....	19
a.	Spesifikasi LCD M1632.....	20
B.	Metode atau Prosedur	22
1.	Metode Laboratoris	22
2.	Teknik Pengumpulan Data	23
3.	Instrumen	23
4.	Teknik Analisis Data	23
5.	Prosedur	24
a.	Diagram Blog Rangkaian	24
b.	Rangkaian Mikrokontroler Atmega8535	25
c.	Rangkaian Catu Daya	26
d.	Rangkaian Sensor Optocoupler	27
e.	Rangkaian Sensor Suhu Lm 35	28
f.	Penampil <i>Liquid Crystal Display</i> (M1632)	29
g.	Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroller	31
6.	Rancang Bangun Kecepatan Angin	33
C.	Pengujian Alat	35
D.	Pembahasan	39
	BAB III PENUTUP.....	40
A.	Kesimpulan	40
B.	Saran	40
	DAFTAR PUSTAKA	41
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

2.1	Konfigurasi IC TTL	7
2.2	Rangkaian dasar pemacu schmitt.....	8
2.3	Karakteristik pemacu schmitt	9
2.4	Konfigurasi penyemat ATmega8535.....	11
2.5	Peta Memori Atmega 8535	13
2.6	SRAM dalam organisasi memori ATmega8535	13
2.7	Optocoupler	16
2.8	Sensor Suhu LM 35	17
2.9	Penampang LCD tampak dari depan	20
2.10	Diagram Blok Rangkaian Pembuatan Alat	24
2.11	Sistem Minimum ATmega8535	26
2.12	Gambar Rangkaian Catu Daya.....	27
2.13	Gambar Rangkaian Sensor Optocoupler.....	28
2.14	Gambar Rangkaian Sensor Suhu Lm 35	29
2.15	Gambar Rangkaian Modul LCD	30
2.16	Flowchart Program	32
2.17	Poros Kincir	33
2.18	Detail poros kincir layout 1	33
2.19	Detail poros kincir layout 2.....	34
2.20	Foto jadi kincir kecepatan angin	34

2.21	Foto jadi arah angin	35
2.22	Foto hasil pengukuran arah dan suhu (pembanding)	36
2.23	Foto hasil pengukuran suhu dan arah.....	36
2.24	Foto hasil pengukuran kecepatan angin (Pembanding)	38
2.25	Foto hasil pengukuran kecepatan angin	38

DAFTAR TABEL

2.1 Penjelasan pin-pin LCD	20
2.2 Tabel Keterkaitan Pin LCD dan IC Mikrokontroler	21
2.3 Metode Eksperimen	23
2.4 Tabel hasil pengukuran arah	37
2.5 Tabel hasil pengukuran suhu.....	37
2.6 Tabel hasil pengukuran kecepatan angin	39

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Aktifitas pengukuran dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan pengetahuan secara eksak dan obyektif dari suatu obyek yang diukur. Pengetahuan eksak dalam arti pengetahuan tentang obyek secara kuantitatif, sedangkan obyektif mengandung arti hasil pengukuran yang diperoleh tidak bergantung pada sarana dan prasarana dalam pengukurannya atau dapat diterima secara umum.

Seiring dengan adanya aktifitas pengukuran tersebut maka dibutuhkan sarana alat ukur atau instrumentasi. Berkembangnya teknologi mengakibatkan beraneka ragam piranti piranti instrumentasi dibuat untuk satu macam obyek pengukuran, tentunya disertai dengan kelebihan dan kekurangan masing masing.

Kegiatan pengukuran dijumpai diberbagai bidang kehidupan, antara lain dalam pengukuran gejala gejala alam seperti misalnya angin. Angin merupakan salah satu gejala alam penting yang sering dijadikan obyek pengukuran. Ada banyak sektor kehidupan yang memerlukan informasi akurat mengenai cuaca. Misal disektor udara, pesawat terbang tidak berani terbang jika terdapat badai. Demikian pula para petani tembakau tidak berani menanam tembakau di musim hujan karena daun tembakau yang tergyur air hujan kualitasnya jelek. Tiga parameter angin yaitu kecepatan angin, arah angin, dan suhu dapat mempengaruhi keadaan cuaca disuatu tempat dan waktu tertentu. Hasil pengukuran kecepatan

angin, arah angin, dan suhu digabungkan dengan hasil pengukuran tekanan, kelembaban dan suhu udara dapat digunakan untuk memprediksikan cuaca.

Tugas pengukuran dan pencatatan gejala gejala yang berkaitan dengan cuaca merupakan kegiatan utama Stasiun Meteorologi Maritim, yaitu salah satu instansi pemerintah yang bernaung dibawah Departemen Perhubungan. Diantara tugas tersebut ialah pengukuran dan pencatatan kecepatan angin, arah angin, dan suhu.

Ada berbagai jenis alat yang dapat digunakan untuk mengukur kecepatan angin, arah angin, dan suhu mulai dari alat ukur dengan teknologi analog, digital, hingga alat ukur digital yang berbasis mikrokontroler. Khusus di Stasiun Meteorologi Maritim Semarang sudah menggunakan teknologi komputer, namun tidak semua stasiun pencatatan kecepatan angin, arah angin, dan suhu sudah menggunakan komputer. Pada Stasiun Meteorologi Maritim menerapkan salah satu alternatif cara untuk melakukan otomatisasi pencatatan kecepatan, arah angin, dan suhu yaitu dengan memanfaatkan kemampuan komputer untuk mengukur dan sekaligus mencatat dan menyimpan data kecepatan angin, arah angin, dan suhu. Dengan penyimpanan data secara terstruktur dalam bentuk berkas berkas komputer (*files*) maka dimungkinkan pengolahan dan analisis data untuk prakiraan cuaca.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan bagaimana unjuk kerja alat pengukur kecepatan angin, arah angin, dan suhu yang *portable*, murah, dan mampu menampilkan data secara *Real Time*?

C. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dari penyusunan tugas Akhir ini adalah kinerja alat *Automatic Weather Station Portable*, dalam mengukur kecepatan angin, arah angin, dan suhu lingkungan.

D. Tujuan

Dalam penelitian ini, tujuan yang diharapkan akan dicapai adalah untuk menghasilkan suatu alat pengukur kecepatan, arah angin yang *portable* handal dengan menggunakan mikrokontroller.

E. Manfaat

Beberapa manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi bagi peningkatan kemampuan peralatan stasiun Meteorologi Maritim Semarang serta bagi mahasiswa Universitas Negeri Semarang pada khususnya.
2. Meningkatkan potensi keilmuan instrumentasi elektronik dan meningkatkan serta mengembangkan industri peralatan elektronik pada umumnya.

BAB II

PEMBAHASAN

A. Landasan Teori

Ada beberapa teori yang berkaitan dengan alat pengukur kecepatan angin, arah angin, dan suhu. Teori-teori tentang pengukuran dalam alat ukur, kecepatan angin, arah angin, dan suhu serta beberapa teori elektronika dan komponen-komponennya yang mendukung pembuatan alat ukur kecepatan angin, arah angin, dan suhu. Penjelasan mengenai teori teori tersebut dijelaskan seperti dibawah ini.

1. Instrumen dan Pengukuran

Suatu instrumen didefinisikan sebagai suatu alat ukur yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran dari suatu kuantitas atau variabel. Suatu alat ukur supaya dapat digunakan untuk mengukur dikatakan mempunyai kualitas baik jika memenuhi sifat-sifat berikut ini:

a. Ketelitian (*accuracy*)

Harga terdekat suatu pembacaan instrumen mendekati harga sebenarnya dari variabel yang diukur, alat ukur yang baik mempunyai ketelitian yang tinggi. Ketelitian tinggi ditunjukkan oleh kemampuan alat ukur membaca skala terkecil dari variabel yang diukur. Semakin kecil skala yang dapat ditampilkan oleh alat ukur, semakin teliti alat ukur tersebut.

b. Ketepatan (*precision*)

Suatu ukuran kemampuan untuk mendapatkan suatu pengukuran yang serupa. Ketepatan merupakan suatu ukuran tingkatan yang menunjukkan perbedaan hasil pengukuran pada pengukuran-pengukuran yang dilakukan secara

berurutan. Semakin banyak pengukuran dengan hasil pengukuran yang sama, semakin tinggi ketepatan alat ukur tersebut.

c. Sensitivitas (*sensitivity*)

Perbandingan antara sinyal keluaran atau tanggapan instrumen terhadap perubahan masukan atau variabel yang diukur. Alat ukur dengan sensitivitas yang tinggi peka terhadap perubahan masukan dan akan cepat memberikan tanggapan berupa perubahan pada keluaran.

d. Resolusi (*resolution*)

Perubahan terkecil dalam nilai yang diukur oleh instrumen yang akan memberikan respon (tanggapan). Alat ukur dengan resolusi tinggi dapat memberikan tanggapan pada perubahan masukan walaupun perubahannya sedikit.

e. Kesalahan (*error*)

Penyimpangan variabel yang diukur dari nilai (harga) yang sebenarnya. Alat ukur yang baik mempunyai nilai kesalahan yang kecil.

2. Angin

Secara umum yang disebut angin adalah setiap gerakan udara relatif terhadap permukaan bumi. Dalam pengertian teknis, yang dimaksud dengan angin adalah setiap gerakan udara yang mendatar atau hampir mendatar.

Angin mempunyai arah dan kecepatan yang ditentukan oleh adanya perbedaan tekanan udara di permukaan bumi. Angin bertiup dari tempat bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah. Semakin besar perubahan tekanan udara semakin besar kecepatan angin. Angin dapat muncul karena berbagai faktor yaitu pengaruh panas matahari, pengaruh rotasi bumi, dan pengaruh *front* udara.

Sedangkan yang dimaksud dengan arah angin adalah arah dimana datangnya angin bertiup. Arah angin dinyatakan dalam derajat (skala dalam 360 bagian); 90° artinya angin timur, 180° artinya angin selatan, 270° artinya angin barat, 360° artinya angin utara. Arah angin dapat diwakili dengan nama mata arah angin 8 bagian.

3. IC Digital

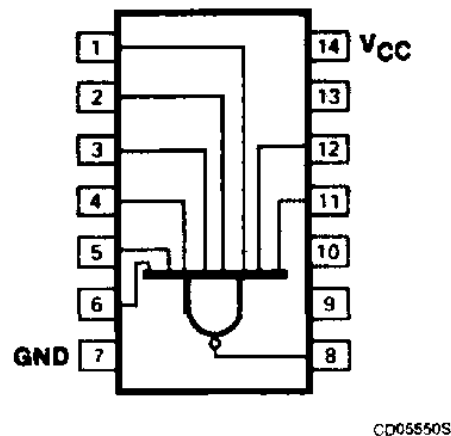
IC (*Integrated Circuit*) digital adalah sebuah komponen elektronika yang tersusun dari beberapa resistor, dioda dan transistor yang dikemas dalam sekeping bahan semikonduktor (*substrate*) yang berfungsi untuk melakukan proses logika digital. Komponen ini dibungkus dengan bahan pelindung yang terbuat dari plastik atau keramik dan pada sisi sisi pinggirnya terdapat pena-pena konduktor sebagai penghubung dengan komponen-komponen elektronika lainnya.

IC digital tidak dapat menangani arus maupun tegangan yang besar karena ukurannya yang kecil tidak dapat menahan panas yang berlebihan. IC digital juga tidak dapat bekerja dengan beberapa induktor, transformator, dan kapasitor yang ukurannya besar. IC digital hanya dapat bekerja dengan rangkaian yang memerlukan daya kecil, karena itulah IC digital hanya dapat melakukan pengolahan data.

a. IC TTL 74LS30N

IC TTL adalah IC yang banyak digunakan dalam rangkaian-rangkaian digital karena menggunakan sumber tegangan yang relatif rendah, yaitu antara 4,75 Volt sampai 5,25 Volt. Komponen utama IC TTL adalah beberapa transistor yang digabungkan sehingga membentuk dua keadaan (ON/OFF). Dengan mengendalikan kondisi ON/OFF transistor pada IC digital, dapat dibuat berbagai

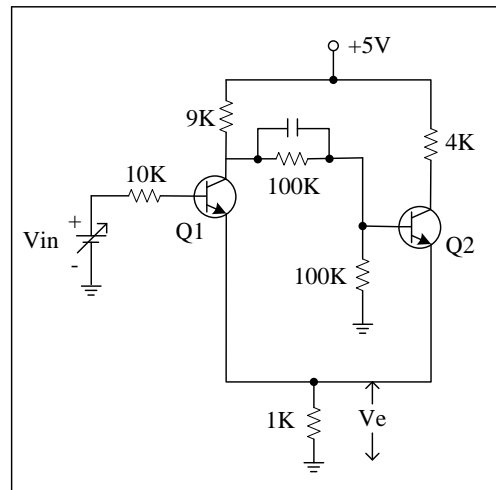
fungsi logika. ada tiga fungsi logika dasar yaitu AND, OR dan NOT. IC Gerbang logika untuk tipe TTL ditandai dengan kode 74 (seri 74xx, 741xx, 742xx, 743xx, 744xx). Konsumsi daya dari IC jenis TTL ini relatif besar. Pada IC jenis ini, untuk menghasilkan logika '1' diberikan tegangan 5 V, sedangkan untuk logika '0' diberikan tegangan 0 V batas batas tegangan untuk logika 0 dan logika 1 pada IC



Gambar 2.1 konfigurasi IC TTL

b. Pemicu *Schmitt*

Pemicu *schmitt* termasuk dalam kategori multivibrator bistabil, yakni multivibrator yang dapat tinggal pada salah satu diantara dua keadaannya secara tak terbatas. Rangkaian dasar pemicu *schmitt* ditunjukkan pada gambar 2.2.



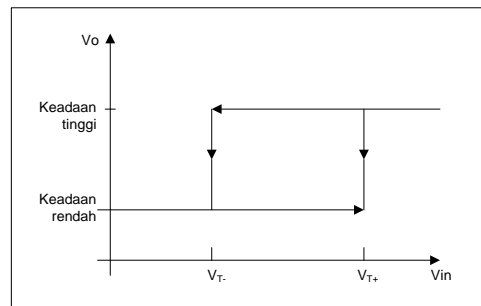
Gambar 2.2 Rangkaian dasar pemacu schmitt

Mula mula tegangan V_{in} 0V sehingga tidak ada arus basis yang mengalir pada Q1 dan tidak ada arus kolektor yang mengalir pada Q1. Basis Q2 dihubungkan ke pembagi tegangan yang dibentuk oleh tahanan tahanan 100K Ω . Tegangan ini cukup untuk menghidupkan basis dan menjenuhkan Q2 menyebabkan tegangan keluaran V_o dan tegangan emitor ke tanah V_e yang dihasilkan oleh resistor pembagi tegangan (1K Ω dan 4K Ω) adalah 1V.

Arus basis pada Q1 dapat mengalir jika tegangan masukan V_{in} lebih besar dari 1,7V (1V untuk melawan tegangan emitor dan 0,7V untuk V_{be}), akibatnya arus basis dan arus kolektor pada Q1 mengalir dan Q1 menjadi jenuh. Jenuhnya Q1 menyebabkan tidak ada arus kolektor pada Q2 dan Q2 menjadi terpancung. Kapasitor pengganggu mempercepat terpancungnya Q2 yang menyebabkan tegangan V_o menjadi 5V. tegangan V_e menjadi 0,5V yang dihasilkan dari pembagi tegangan resistor 1K Ω dan 9K Ω .

Setelah Q1 menjadi jenuh, Q1 dapat dibuat terpancung lagi dengan menurunkan tegangan V_{in} lebih kecil dari 1,2V (0,5V untuk melawan tegangan emitor dan 0,7V untuk V_{be}). Q1 yang terpancung menyebabkan Q2 jenuh dan

tegangan keluaran V_o menjadi 1V. proses perubahan tegangan dari 1V ke 5V atau kebalikannya ini berlangsung dengancepat dengan syarat tegangan V_{in} melewati ambang batas tegangan yang telah ditentukan seperti dijelaskan pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Karakteristik pemacu schmitt

Gambar 2.4 merupakan grafik karakteristik pada setiap pemacu *schmitt*.

Nilai V_{in} yang menyebabkan keluaran meloncat dari keadaan rendah ke tinggi disebut tegangan ambang menuju-positif (V_{T+}). Rangkaian gambar 2.4 mempunyai tegangan 1V untuk keadaan rendah dan 5V untuk keadaan tinggi. Besarnya V_{T+} adalah 1,7V ini berarti bahwa pada saat V_o berada pada keadaan rendah, besarnya V_{in} harus sedikit diatas 1,7V agar dapat berpindah ke keadaan tinggi.

V_{in} yang menyebabkan keluaran meloncat dari keadaan tinggi ke rendah disebut tegangan ambang menuju-negatif (V_{T-}). Besarnya V_{T-} adalah 1,2V ini berarti bahwa pada saat V_o berada pada keadaan tinggi, besarnya V_{in} harus sedikit dibawah 1,2V agar dapat berpindah ke keadaan rendah. Perbedaan antara kedua tegangan yang besarnya 0,5V disebut histeresis.

4. Mikrokontroler ATmega 8535

AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel yang diproduksi di Amerika Serikat, AVR merupakan mikrokontroler yang berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) dan 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*, dan beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI.

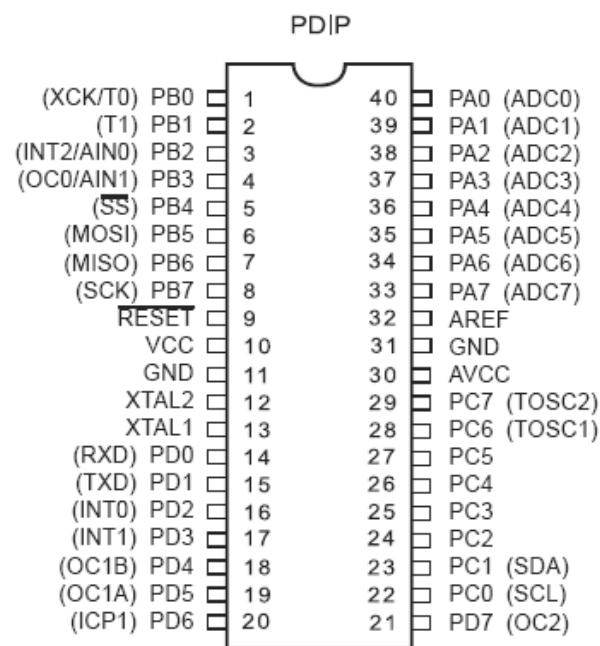
Beberapa kelebihan yang dimiliki AVR ATmega8535 antara lain:

- 1) Memiliki 130 macam intruksi
- 2) Memiliki 32 x 8 bit GPR (*General Purpose Registers*)
- 3) Terdapat memori *flash* yang terintegrasi dalam sistem, dapat diulang hingga 10000 kali
- 4) Memori sistem terprogram (ISP) 8Kbyte berjenis flash
- 5) Memiliki EEPROM 512 bit, penulisan dapat diulang hingga 100000 kali
- 6) Memiliki SRAM internal 512 bit
- 7) Memiliki kunci memori program untuk melindungi program
- 8) Terdapat dua buah pewaktu 8 bit timer/counter
- 9) Terdapat satu buah pewaktu 16 bit timer/counter
- 10) Memiliki RTC (*real timer counter*)
- 11) Terdapat empat channel PWM (*Pulse Width Modulator*)
- 12) Memiliki 10 bit ADC (*Analog digitl converter*)
- 13) Terdapat kanal UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) komunikasi serial
- 14) Memiliki pewaktu *Watchdog*
- 15) Terdapat master/slave SPI (*Serial Peripheral Interface*)

- 16) Memiliki komparator analog
- 17) Terdapat sumber penyela (interupsi) eksternal dan internal
- 18) Terdapat 32 jalur masukan dan
- 19) keluaran (I/O) yang dapat diprogram
- 20) Jangkauan operasi tegangan antara 2,7 volt sampai dengan 5,5 volt
- 21) Beroperasi statis penuh pada frekuensi 0 MHz sampai dengan 8 MHz

Konfigurasi Mikrokontroler ATmega8535

Konfigurasi dari ATmega8535 dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Konfigurasi pin ATmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 memiliki 40 pin untuk model PDIP, dan 44 pin untuk model TQFP dan PLCC. Nama-nama pin pada mikrokontroler ini adalah

1. VCC untuk tegangan pencatu daya positif.
2. GND untuk tegangan pencatu daya negatif.
3. PortA (PA0 - PA7) sebagai port Input/Output dan memiliki kemampuan lain yaitu sebagai input untuk ADC

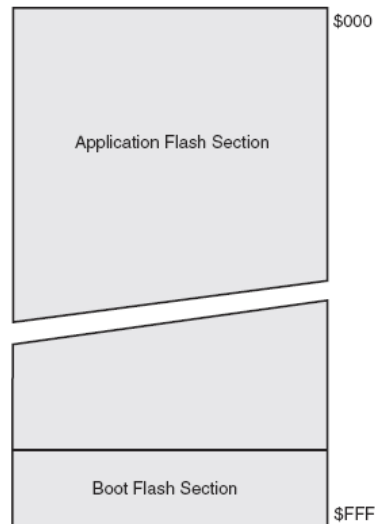
4. PortB (PB0 – PB7) sebagai port Input/Output dan juga memiliki kemampuan yang lain.
5. PortC (PC0 – PC7) sebagai port Input/Output untuk ATmega8535.
6. PortD (PD0 – PD7) sebagai port Input/Output dan juga memiliki kemampuan yang lain.
7. RESET untuk melakukan reset program dalam mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 untuk input pembangkit sinyal *clock*.
9. AVCC untuk pin masukan tegangan pencatu daya untuk ADC.
10. AREF untuk pin tegangan referensi ADC.

a. Organisasi Memori

Asitektur AVR memiliki dua ruang memori yaitu ruang data memori dan ruang program memori. Dan ditambah lagi yaitu memori EEPROM untuk menyimpan data. Ketiga memori ini linier dan reguler.

1) Memori Program

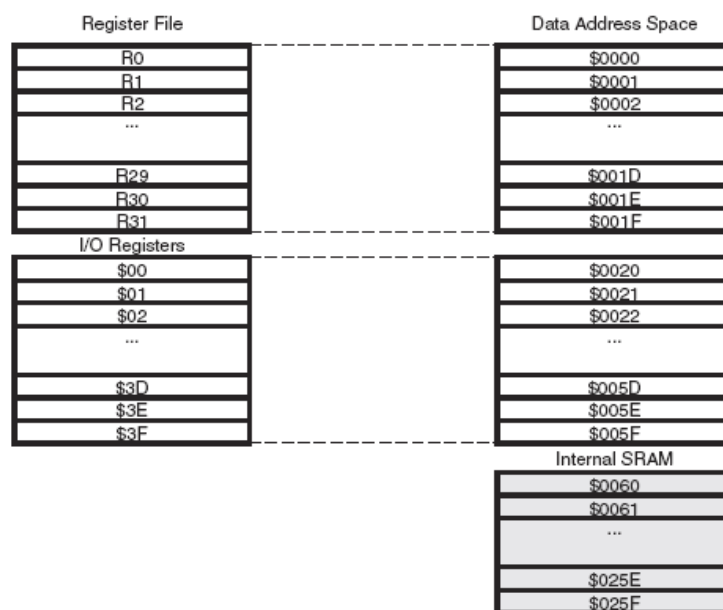
ATmega8535 memiliki kapasitas 8K byte On chip In system programmable flash memori untuk menyimpan program. Seperti semua instruktur AVR yaitu 16 atau 32 bits wide. Flash dikelompokkan menjadi 4K x 16. Untuk keamanan software, memori program flash dibagi menjadi dua bagian yaitu boot program dan aplikasi program.



Gambar 2.5 Peta Memori Atmega 8535

2) Memori Data SRAM

Pada ATmega8535 memiliki 608 alamat lokasi data memori yang digunakan untuk register file, memori I/O dan data internal SRAM. Dari 608 alamat lokasi, dibagi lagi menjadi dua bagian yaitu 96 lokasi alamat register file dan memori I/O dan selebihnya yaitu 512 lokasi alamat data internal SRAM.



Gambar 2.6 SRAM dalam organisasi memori ATmega8535

Pengalamatan memori data mencakup lima mode pengalamatan, yaitu mode langsung, mode tidak langsung, mode tidak langsung dengan penggeseran, mode tidak langsung dengan *pre-decrement*, dan mode tidak langsung dengan *post-increment*. Seluruh register GPR (*General Purpose Register*) dapat diakses menggunakan mode-mode pengalamatan tersebut.

3) EEPROM

ATmega8535 memiliki kapasitas EEPROM 512 byte. Untuk melakukan akses antara PC dengan EEPROM, terdapat tiga register penting yang berhubungan dengan EEPROM. Register tersebut adalah EEARH dan EEARL (EEPROM address register), EEDR (EEPROM Data Register), dan EECR (EEPROM Control Register).

5. Sensor Optocoupler

Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu transmitter dan receiver, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Biasanya optocoupler digunakan sebagai saklar elektrik, yang bekerja secara otomatis. Pada dasarnya optocoupler adalah suatu komponen penghubung (*coupling*) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optic. Optocoupler terdiri dari dua bagian yaitu:

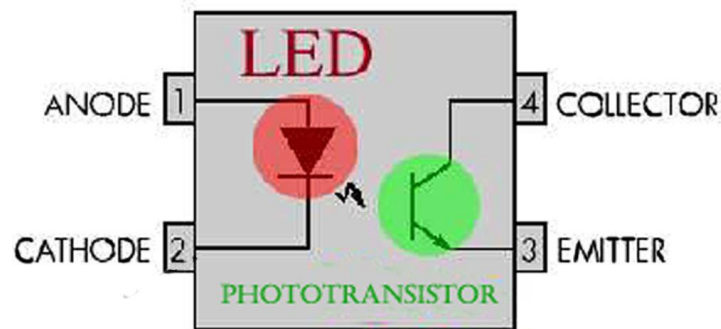
1. Pada transmitter dibangun dari sebuah LED infra merah. Jika dibandingkan dengan menggunakan LED biasa, LED infra merah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh LED infra merah tidak terlihat oleh mata telanjang.

2. Pada bagian receiver dibangun dengan dasar komponen photodiode. Photodiode merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spektrum infra merah. Karena spektrum inframerah mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka photodiode lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar infra merah. Oleh karena itu optocoupler dapat dikatakan sebagai gabungan dari LED infra merah dengan fototransistor yang terbungkus menjadi satu chips. Cahaya infra merah termasuk dalam gelombang elektromagnetik yang tidak tampak oleh mata telanjang. Sinar ini tidak tampak oleh mata karena mempunyai panjang gelombang ,berkas cahaya yang terlalu panjang bagi tanggapan mata manusia.

Ditinjau dari penggunaannya, fisik optocoupler dapat berbentuk bermacam-macam. Bila hanya digunakan untuk mengisolasi level tegangan atau data pada sisi *transmitter* dan sisi *receiver*, maka optocoupler ini biasanya dibuat dalam bentuk solid (tidak ada ruang antara LED dan photodiode). Sehingga sinyal listrik yang ada pada input dan output akan terisolasi. Dengan kata lain optocoupler ini digunakan sebagai optoisolator jenis IC. Prinsip kerja dari optocoupler adalah :

- a. Jika antara photodiode dan LED terhalang maka photodiode tersebut akan off sehingga output dari kolektor akan berlogika high.
- b. Sebaliknya jika antara photodiode dan LED tidak terhalang maka photodiode dan LED tidak terhalang maka photodiode tersebut akan on sehingga outputnya akan berlogika low.

Sebagai piranti elektronika yang berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian power dengan rangkaian kontrol. Komponen ini merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu on/off-nya. Opto berarti optic dan coupler berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa optocoupler merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya optic, opto-coupler termasuk dalam sensor, dimana terdiri dari dua bagian yaitu transmitter dan receiver. Dasar rangkaian dapat ditunjukkan seperti pada gambar di bawah ini:



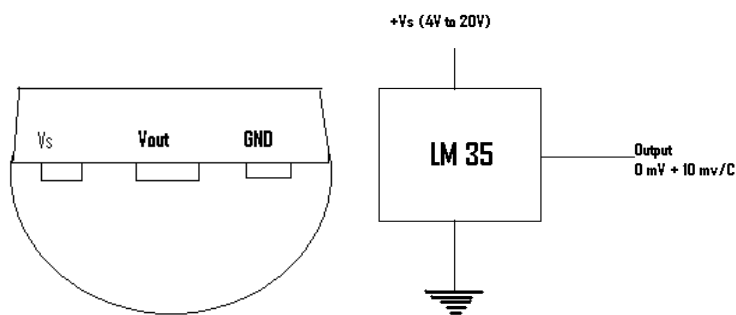
Gambar 2.7 Optocoupler

Sebagai pemancar atau transmitter dibangun dari sebuah LED infra merah untuk mendapatkan ketahanan yang lebih baik daripada menggunakan LED biasa. Sensor ini bisa digunakan sebagai isolator dari rangkaian tegangan rendah ke rangkaian tegangan tinggi. Selain itu juga bisa dipakai sebagai pendeteksi adanya penghalang antara *transmitter* dan *receiver* dengan memberi ruang uji di bagian tengah antara LED dengan photo transistor. Penggunaan ini bisa diterapkan untuk mendeteksi putaran motor atau mendeteksi lubang penanda disket pada disk drive komputer. Tapi pada alat yang penulis buat optocoupler untuk mendeteksi putaran.

6. Sensor Suhu LM 35

LM 35 merupakan sensor suhu yang mempunyai kemampuan untuk merubah suhu menjadi tegangan dengan perubahan yang linier yaitu sebesar 10 mV/°C. Bentuk fisik IC ini sangat mirip dengan transistor kecil dengan tiga buah pin yaitu sumber tegangan, ground dan output.

a. Struktur Sensor LM35



2.8 Gambar Sensor Suhu LM35

Gambar diatas menunjukkan bentuk dari LM35 tampak depan dan tampak bawah. 3 pin LM35 menunjukan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau V_{out} dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat *celcius* sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$V_{LM35} = \text{Suhu} * 10\text{ mV}$$

6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari 0,1 °C pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
8. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}$ °C.

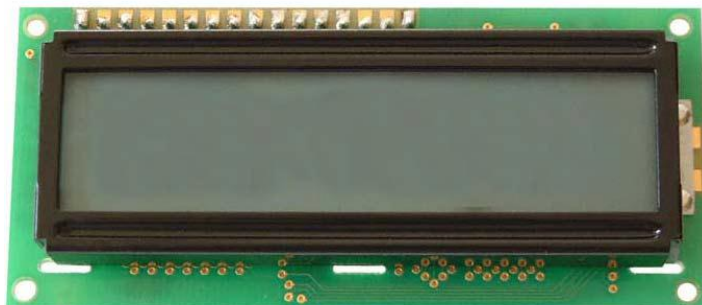
7. *Liquid Crystal Display (M1632)*

Modul *display* LCD dibuat dalam bentuk pengontrol LSI (*Large Scale Integration*), dimana pengontrol ini mempunyai dua register masing-masing 8-bit, yaitu *Instruction Register (IR)* dan *Data Register (DR)*. IR menyimpan kode-kode instruksi yang berupa: bersihkan layar, geser kursor, kursor kembali, kontrol display *ON/OFF* dan alamat informasi untuk *Display Data RAM (DDRAM)* dan *Character Generator (CGRAM)*. IR hanya dapat ditulis dari MPU. Register data (DR) kadang kala menyimpan data yang akan ditulis atau dibaca dari *DDRAM* atau *CGRAM*. Ketika alamat informasi ditulis dalam *IR*, data disimpan kedalam *DR* dari *DDRAM* atau *CGRAM*. Menggunakan sinyal *Register Selector (RS)*, dua register tersebut dapat terseleksi.

LCD *display module* M1632 terdiri dari dua bagian, yang pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf/angka. Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempel dibalik pada panel LCD, berfungsi mengatur tampilan LCD. Pemakaian LCD M1632 menjadi sederhana, sistem lain

cukup mengirimkan kode-kode ASCII dari informasi yang ditampilkan.

Gambar 2.9 memperlihatkan pin-pin LCD



Gambar 2.9 Penampang LCD tampak dari depan

Tabel 2.1 Penjelasan pin-pin LCD

No. Pin	Nama	Penjelasan
1	Vss	Catu daya Gnd 0 V
2	VDD	Catu daya + 5V
3	Vo	Untuk mengatur kekontrasan LCD
4	RS	Sinyal pemilih register, bila 0 sebagai data masukan, 1 sebagai instruksi masukan
5	R/W	Sinyal pemilih baca (R) atau tulis (W), 0 = tulis, 1 = baca
6	E	Untuk mengaktifkan sinyal instruksi
7-14	DB0 – DB7	Sebagai masukan atau keluaran data
15	A	Catu daya positif lampu belakang (<i>back light</i>)
16	K	Catu daya negatif (GND) lampu belakang (<i>back light</i>)

a. Spesifikasi LCD M1632

- 1) Tampilan 16 karakter 2 baris dengan matrik 5 x 7 + kursor.
- 2) ROM pembangkit karakter 192 jenis.
- 3) RAM pembangkit karakter 8 jenis (diprogram pemakai).

- 4) RAM data tampilan 80 x 8 bit (8 karakter).
- 5) *Duty ratio* 1/16.
- 6) RAM data tampilan dan RAM pembangkit karakter dapat dibaca dari unit mikroprosesor.
- 7) Beberapa fungsi perintah antara lain: penghapusan tampilan(*display clear*), posisi kursor awal (*cursor home*), tampilan karakter kedip(*display character blink*), penggeseran kursor (*cursor shift*), dan penggeseran tampilan (*display shift*).
- 8) Rangkaian pembangkit detak.
- 9) Rangkaian otomatis reset saat daya dinyalakan.
- 10) Catu daya tunggal + 5 volt.

Tabel 2.2 Tabel Keterkaitan Pin LCD dan IC Mikrokontroler

No Pin LCD	Pin LCD	Pin Mikrokontroler
1	VCC	+5V
2	GND	0V
3	VEE	Tegangan Kontras LCD
4	RS	Port C.0
5	R/W	0V
6	E	Port C.1
7	D0	-
8	D1	-
9	D2	-
10	D3	-

11	D4	Port C.4
12	D5	Port C.5
13	D6	Port C.6
14	D7	Port C.7
15	Anoda (Kabel coklat untuk LCD Hitachi)	Tegangan positif backlight
16	Katoda (Kabel merah untuk LCD Hitachi)	Tegangan negatif backlight

B. Metode atau Prosedur

Sesuai dengan tujuan perencanaan ini adalah membuat sebuah alat pengukur kecepatan angin, penunjuk arah mata angin, dan pengukur suhu. Cara yang digunakan adalah metode eksperimen laboratoris. Langkah-langkah tersebut meliputi perancangan, pembuatan, pengujian alat, dan analisa kerja alat.

1. Metode laboratoris

Metode eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen sekali tembak atau sering disebut *one shot case study*. Metode eksperimen ini mempunyai pola X,O dimana X adalah perlakuan dan O adalah tes akhir. Tabel 2.3 berikut adalah tabel bentuk metode eksperimen (Arikunto, 2002).

Tabel 2.3 Metode Eksperimen

X	O
Perencanaan dan pembuatan	Tingkat keberhasilan

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah observasi dan pengukuran. Observasi disini adalah melakukan pengamatan terhadap objek yang diuji, selanjutnya dari pengujian tersebut dilakukan pengukuran. Pengujian tersebut dimaksudkan untuk mengetahui kualitas alat yang direncanakan apakah sesuai yang direncanakan (target) atau tidak. Apabila sudah mendekati atau sesuai target, maka alat tersebut dapat dikatakan bagus. Target disini didasarkan pada perencanaan alat yang dibuat.

3. Instrumen

Instrumen adalah alat ukur yang digunakan untuk pengukuran dalam eksperimen. Alat-alat ukur yang digunakan harus mempunyai tingkat validitas yang tinggi artinya sebuah instrumen dikatakan valid apabila mampu mengukur secara tepat atau mendekati harga sesungguhnya. Selain valid, sebuah instrumen juga harus mempunyai tingkat realibilitas yang baik. Instrumen hanya dapat dipercaya bila data yang diperoleh sesuai dengan kenyataan.

4. Teknik analisis data

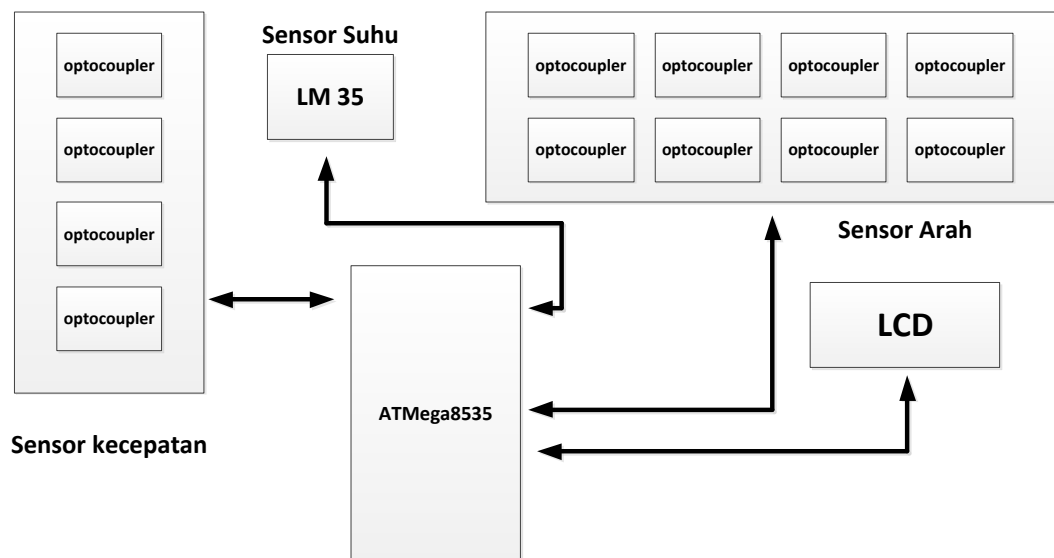
Pengukuran unjuk kerja alat ini bertujuan untuk mengetahui kualitas kerja apakah alat ini dapat bekerja sesuai dengan harapan dalam perancangan atau tidak. Teknik analisis data disini menggunakan analisis deskriptif yaitu membandingkan antara perhitungan perencanaan dengan pengukuran atau pengamatan pada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Apabila terjadi penyimpangan, maka akan dilakukan identifikasi dari penyimpangan tersebut.

5. Prosedur

a. Diagram Blok Rangkaian

Pendukung dalam memahami cara kerja sistem, maka dibuat diagram blok perancangan yang merupakan garis besar rangkaian alat pengukur kecepatan angin, penunjuk arah angin, dan pengukur suhu. Gambar 2.10 menunjukkan diagram blok perancangan alat pengukur kecepatan angin, penunjuk arah angin, dan pengukur suhu.



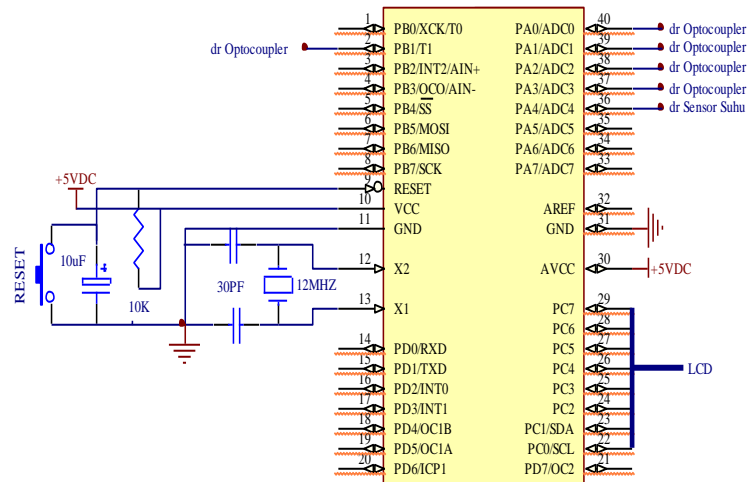
Gambar 2.10 Diagram Blok Rangkaian Pembuatan Alat

Alat pengukur kecepatan angin, penunjuk arah angin, dan pengukur suhu dapat menampilkan kecepatan angin dalam m/s, arah angin dalam derajat dan suhu ($^{\circ}$ Celcius) pada layar display LCD yang dipasang pada alat tersebut.

Data kecepatan angin dan arah angin didapat melalui sensor optocoupler, kemudian oleh mikrokontroler diproses sehingga menjadi data kecepatan dan arah angin. Data suhu didapat dari sensor suhu, kemudian oleh mikrokontroler diproses menjadi data digital dan dikonversi dalam satuan derajat celcius.

b. Rangkaian Mikrokontroler Atmega8535

Sistem minimum mikrokontroler dalam tugas akhir ini memakai IC mikrokontroler ATmega8535 sebagai IC utama pemroses data. Sistem mikrokontroler ATmega8535 ini terdiri dari kristal 11,0592 Mhz yang terhubung dengan pin 12 dan 13, serta kondensator bernilai bernilai 30pf dimana masing-masing kapasitor salah satu kakinya terhubung dengan ground. Fungsi dari rangkaian kristal ini sebagai pendukung rangkaian oscilator internal. Sistem minimum ini juga dilengkapi power on reset supaya terjadi reset sistem pada saat mikrokontroler dihidupkan. Gambar sistem minimum mikrokontroler ATmega8535 ditunjukkan seperti pada Gambar 2.11.

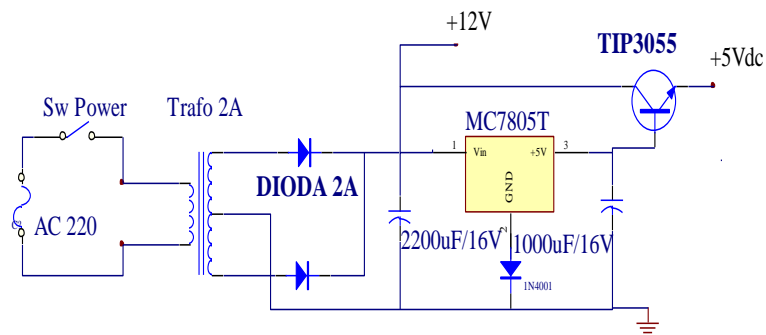


Gambar 2.11 Sistem Minimum ATmega8535

Sistem minimum ATmega8535 pada Gambar 2.11 menunjukkan bahwa konektor LCD terdapat pada port C mikrokontroler. Port A.0, A.1, A.2, dan A.2 terhubung dengan sensor optocoupler sebagai sensor penunjuk arah angin, port A.4 terhubung dengan sensor suhu, dan port B.1 terhubung dengan sensor optocoupler yang berfungsi sebagai sensor kecepatan angin.

c. Rangkaian Catu Daya

Catu daya yang akan dijelaskan adalah rangkaian catu daya untuk mencatu rangkaian sensor, mikrokontroler ATmega8535, dan display LCD yang digunakan pada tugas akhir. Gambar 2.12 menunjukkan gambar rangkaian catu daya DC yang besarnya 5V.



Gambar 2.12 Gambar Rangkaian Catu Daya

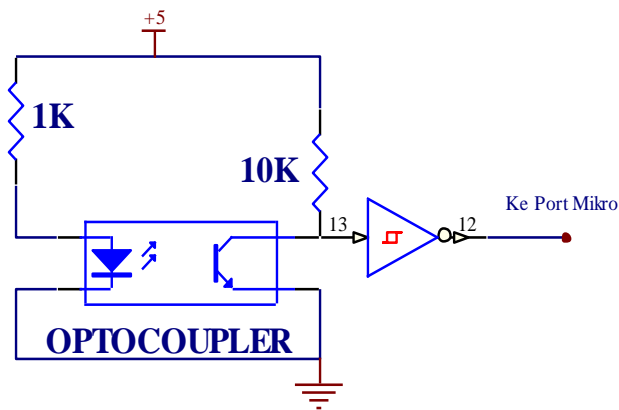
Catu daya pada perangkat menggunakan transformator penurun tegangan jenis CT, dioda penyearah, kapasitor, IC regulator, dan transistor jenis NPN. Sinyal AC yang berasal dari jala-jala PLN akan diturunkan tegangannya oleh transformator penurun tegangan dari 220V menjadi 12V, selanjutnya tegangan output transformator yang masih AC akan disearahkan oleh dioda penyearah. Hasil dari penyearahan tersebut masih memiliki tegangan *ripple*, selanjutnya untuk mengurangi tegangan *ripple* tersebut digunakan filter kapasitor. Tegangan keluaran dari filter akan diregulasi oleh IC regulator. Fungsi dari IC adalah untuk mendapatkan tegangan keluaran yang stabil sesuai dengan jenis IC-nya. Penggunaan transistor NPN bertujuan untuk membagi arus, sehingga arus akan masuk pada IC regulator dan juga masuk ke transistor sehingga akan mengurangi panas pada IC regulator, transistor ini biasa disebut transistor SPT (*serial pass transistor*).

d. Rangkaian Sensor Optocoupler

Optocoupler adalah penghubung elektrik dengan media penghubungnya menggunakan cahaya infra merah. Satu bagian adalah sebuah dioda infra merah yang akan membangkitkan cahaya infra merah, jika dioda

tersebut mendapat tegangan bias maju. Untuk mendapatkan tegangan bias maju pada dioda ini adalah dengan memberikan polaritas positif pada anoda dioda dan negatif pada katoda dioda yang mana pemberian tegangan bias ini harus diseri dengan resistor sehingga dioda tidak mendapatkan tegangan dan arus berlebih, sehingga tidak merusakkan dioda.

Output dari optocoupler ini yaitu ada kaki emitor dari transistor dihubungkan dengan resistor diseri dengan catu. Jika transistor mendapatkan cahaya infra merah dari dioda infra maka output emitor transistor akan *high* dan sebaliknya jika transistor tidak mendapatkan cahaya infra merah maka output emitor akan *low*.

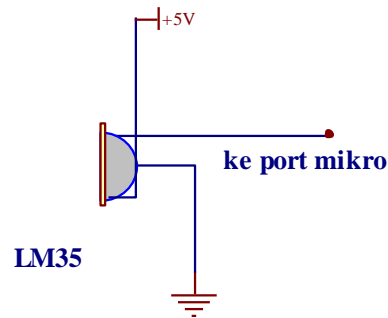


Gambar 2.13 Gambar Rangkaian Sensor Optocoupler

e. Rangkaian Sensor Suhu LM35

Modul Sensor Suhu LM35 pada aplikasi Pengukur Suhu, digunakan sebagai sumber masukan analog bagi mikrokontroler. Modul ini terdiri dari IC Sensor suhu LM35 yang berfungsi sebagai tahanan variabel yang nilai tahanannya dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Karakteristik dari sensor suhu LM35 ini adalah perubahan nilai tahanannya akan semakin besar apabila suhu lingkungannya semakin rendah dan nilai tahanannya akan menjadi kecil

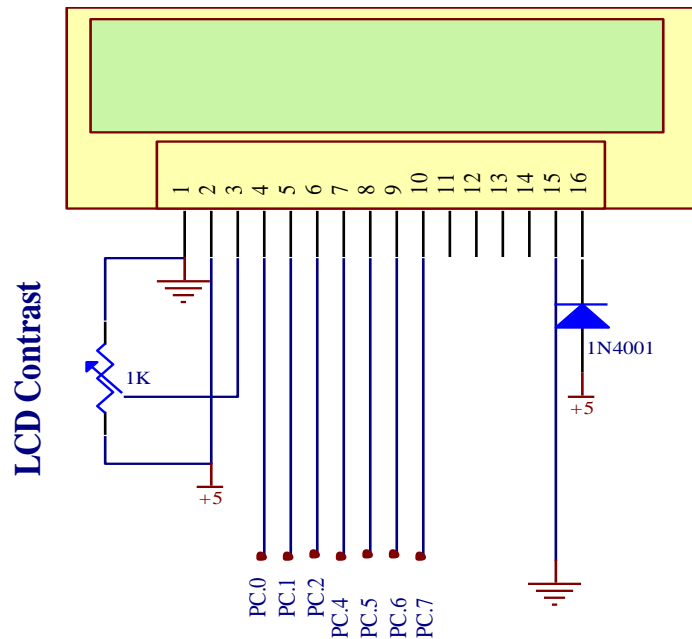
apabila suhu lingkungannya semakin tinggi. Perubahan suhu setiap 1°C akan mempengaruhi perubahan tegangan keluaran sensor sebesar 10mV, selain itu IC LM35 ini memiliki skala cakupan suhu yang luas yaitu berkisar antara suhu -55°C hingga 150°C. Adapun rangkaian modul Sensor Suhu LM35 diperlihatkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Gambar Rangkaian Sensor Suhu Lm 35

f. Penampil *Liquid Crystal Display* (LCD)

Modul LCD merupakan modul keluaran yang digunakan sebagai tampilan pada aplikasi pengukur kecepatan angin, penunjuk arah angin, dan pengukur suhu. Modul ini menggunakan LCD tipe M1632 yang mempunyai ukuran 2x16, maksudnya bahwa tampilan LCD mampu menampilkan 16 karakter dalam dua baris tampilan, sehingga tampilan yang dihasilkan sejumlah 32 karakter. Rangkaian Modul LCD diperlihatkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Gambar Rangkaian Modul LCD

Hubungan pin-pin pada rangkaian modul LCD adalah :

1. Pin 5v (pin 2) terhubung ke catu 5v dari sistem minimum mikrokontroler.
2. Pin Gnd → gnd dari mikro
3. Pin Enable (pin 6) terhubung ke port C.6 dari sistem minimum mikrokontroler.
4. Pin RS (pin 4) terhubung ke port C.0 dari sistem minimum mikrokontroler.
5. Pin D4-D7 terhubung ke port C.4-C.7 dari sistem minimum mikrokontroler.
6. Pin Vee (→ var resis – mengatur kontras LCD).

Data dikirimkan secara 4 bit dari pin DB4-DB7, melalui port kontrolnya yaitu port E dan port RS.

g. Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler

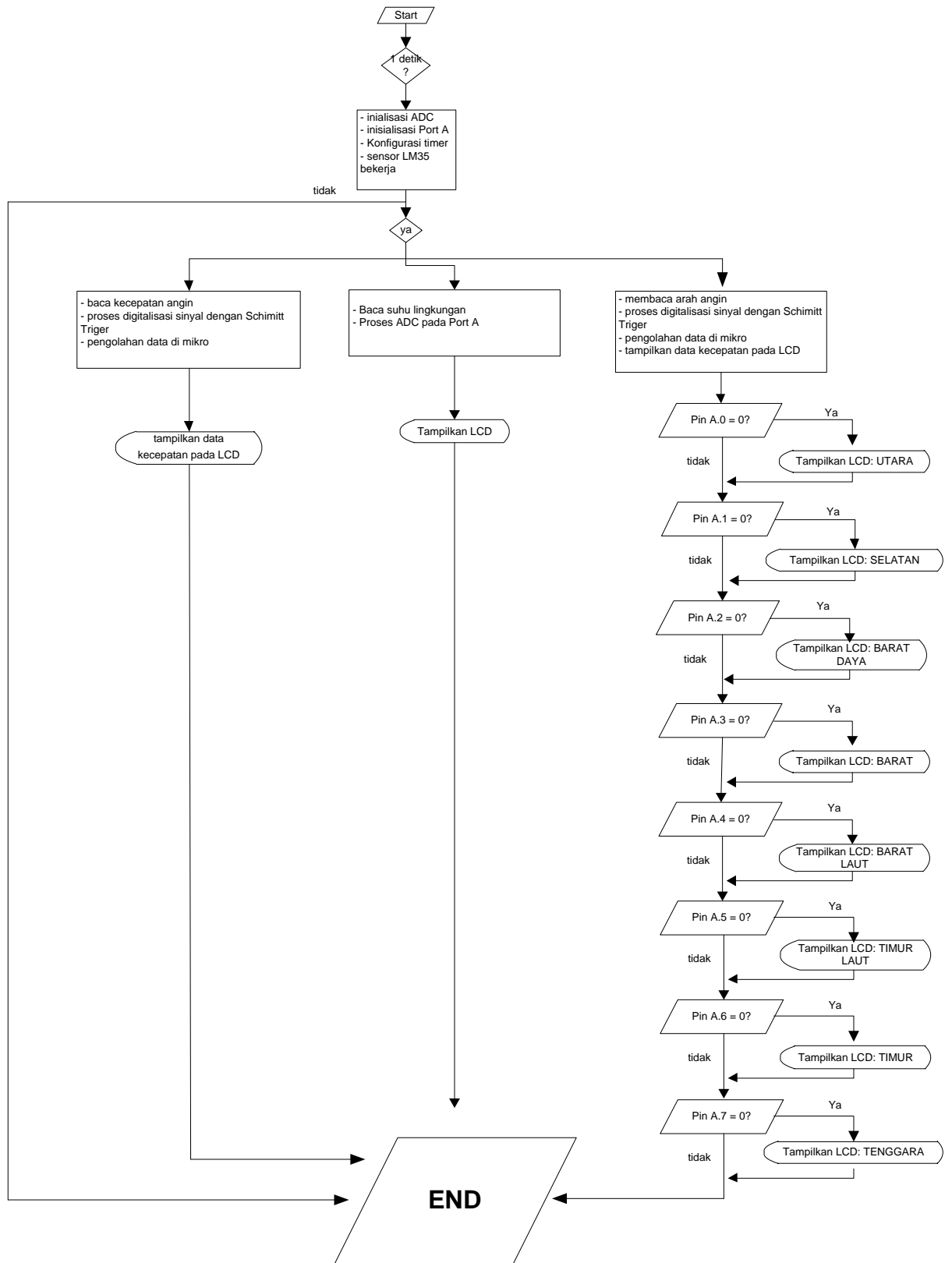
Perangkat lunak yang digunakan dalam mikrokontroler ATmega8535 dibuat menggunakan bahasa pemrograman basic. Perangkat lunak tersebut berfungsi untuk mengolah inputan yang diterima dari sensor menjadi output yang ditampilkan melalui LCD.

Gambar 2.16 merupakan *flowchart* program utama. Ketika program dijalankan, program akan langsung menghitung kecepatan angin, menunjukkan arah angin, dan menghitung suhu.

Program mengkonfigurasi timer dan counter, selanjutnya data kecepatan akan diambil dari port counter (portB.1) sehingga didapat data kecepatan. Apakah waktunya sudah satu detik, jika “ya” maka data kecepatan tersebut akan dikonversi sesuai rumus kecepatan dan didapatkan kecepatan angin dengan satuan m/s yang akan ditampilkan pada LCD.

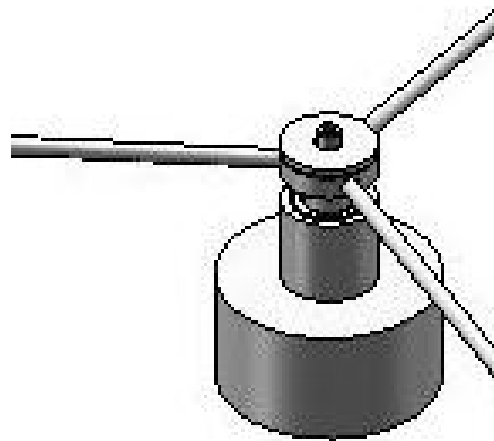
Data arah angin didapatkan dengan membaca kondisi portA.0, portA.1, portA.2, dan portA.3. Input dari portA.0 – portA.3 didapatkan dari sensor optocoupler, jika sensor optocoupler terhalang akan bernilai low (0), namun jika tidak terhalang akan bernilai high (1). Jika portA.0 bernilai 0, maka menunjukkan arah 0° . Jika portA.1 bernilai 0, maka menunjukkan arah 90° . Jika portA.2 bernilai 0, maka menunjukkan arah 180° . Jika portA.3 bernilai 0, maka menunjukkan arah 270° . Data arah tersebut kemudian ditampilkan ke LCD.

Data suhu didapatkan dari sensor suhu yang terhubung dengan portA.4 mikrokontroler. Mikrokontroler akan membaca data ADC tersebut, kemudian mengkonversi data ADC tersebut menjadi data suhu dalam satuan derajat celcius. Data suhu tersebut kemudian ditampilkan pada LCD.

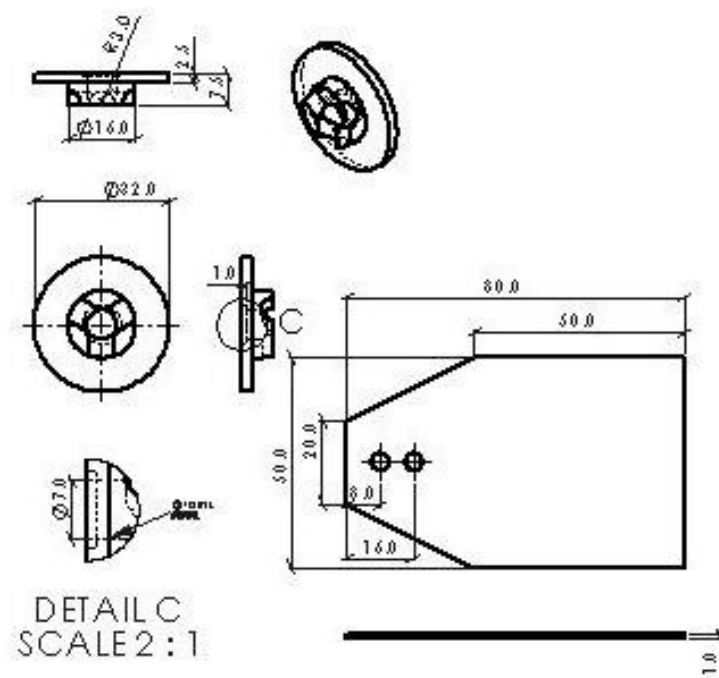


Gambar 2.16 Flowchart Program

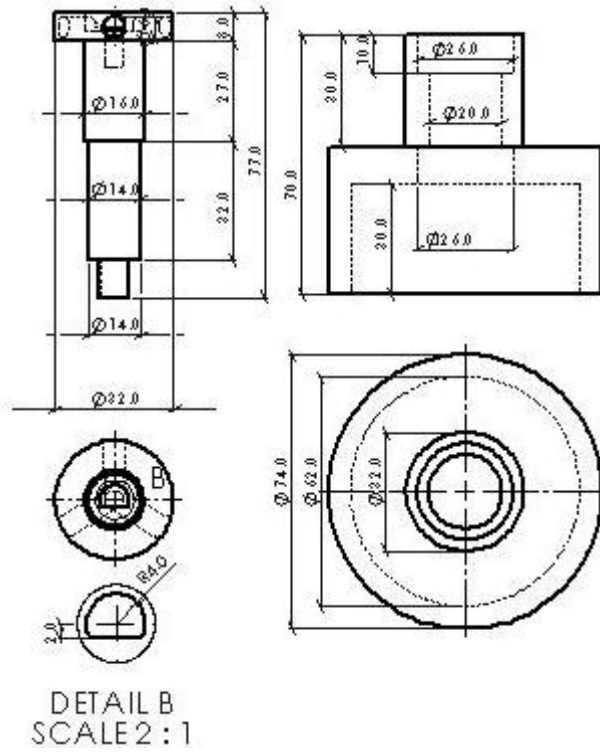
6. Rancang bangun pengukur kecepatan angin



Gambar 2.17 Poros Kincir



Gambar 2.18 Detail poros kincir layout 1



Gambar 2.19 Detail poros kincir layout 2



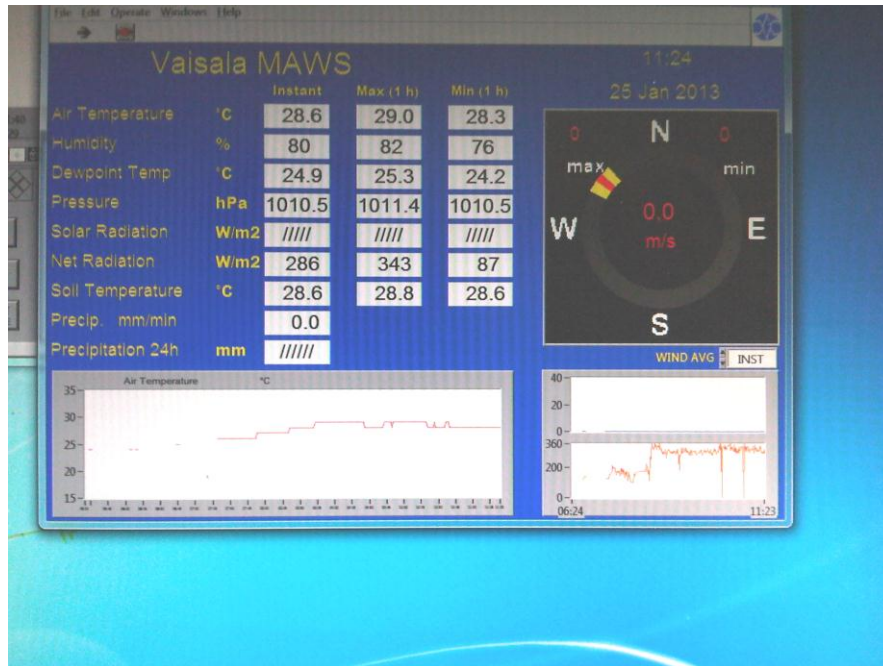
Gambar 2.20 Foto jadi kincir kecepatan angin



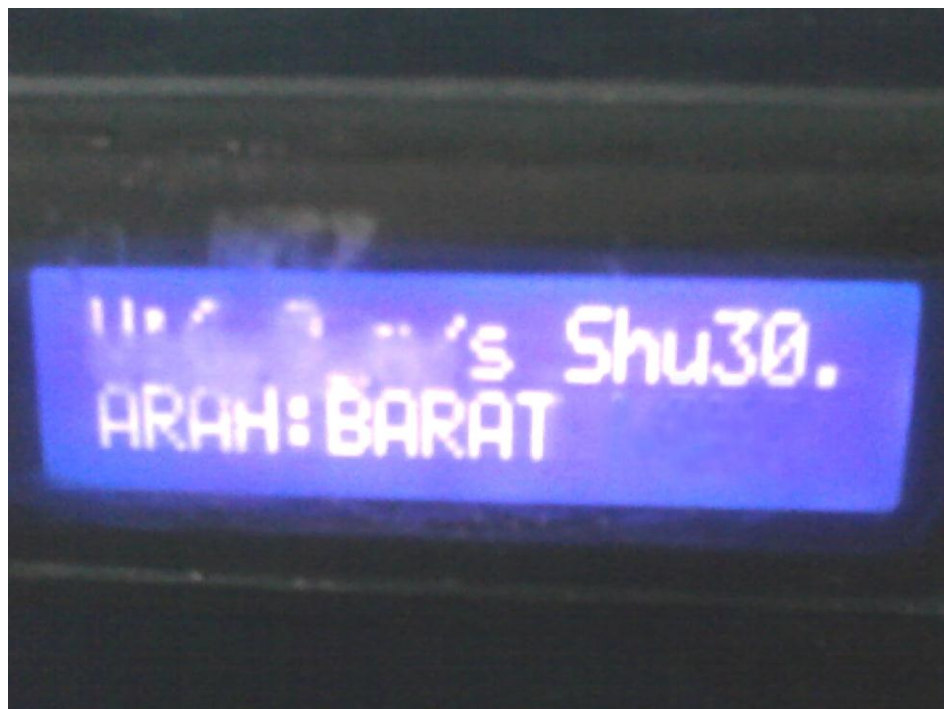
Gambar 2.21 Foto jadi arah angin

C. Pengujian Alat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kehandalan dari alat ukur Kecepatan dan suhu. parameter-parameter ukur seperti waktu respon, tingkat kesalahan dan keakurasian penghitungan. Pertama untuk mengetahui kehandalan dalam keakurasian dan tingkat kesalahan penghitungan hasil ukur serta kestabilan pembacaan data ukur maka alat dibandingkan dengan perangkat atau alat pembanding dari BMKG. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sensor sejajar dengan sensor dari alat pembanding. Pengujian suhu dilakukan didalam ruangan. Berikut adalah foto alat pengujian suhu.



Gambar 2.22 Foto hasil pengukuran arah dan suhu (pembanding)



Gambar 2.23 Foto hasil pengukuran suhu dan arah

Data hasil uji suhu seperti tercantum pada tabel dibawah ini.

2.4 Tabel hasil pengukuran arah

Tanggal Ukur	Alat Ukur Pembanding	Alat Ukur	Error %
28 Januari 2013	barat	barat	-
28 januari 2013	selatan	selatan	-
28 januari 2013	utara	utara	-

2.5 Tabel hasil pengukuran suhu

Tanggal Ukur	Alat Ukur Pembanding	Alat Ukur	Error %
28 Januari 2013	29°C	30 °C	4
28 januari 2013	30°C	31 °C	3,3
28 januari 2013	31°C	32 °C	3,2

Untuk pengujian kecepatan angin seperti juga pada pengujian suhu maka sensor kecepatan disejajarkan. Pengujian kecepatan angin juga dilakukan di dalam ruangan dengan sumber angin yang sama. Berikut foto alat pengujian kecepatan angin



Gambar 2.24 Foto hasil pengukuran kecepatan angin (Pemanding)



Gambar 2.25 Foto hasil pengukuran kecepatan angin

2.6 Tabel hasil pengukuran kecepatan angin

Tanggal Ukur	Alat Ukur Pembanding	Alat Ukur	Error %
28 Januari 2013	2,4m/s	2,3m/s	4,1
28 Januari 2013	3m/s	2.8m/s	7
28 Januari 2013	7m/s	6.9m/s	1,4

B. Pembahasan

Berdasarkan data-data yang telah diambil dalam pengujian pertama, dapat diketahui bahwa alat akan membaca kecepatan angin, arah angin dan besar suhu. Pengujian dilakukan beberapa kali. Pada pengujian yang pertama kali diamati tampilan layar LCD yang merupakan hasil ukur alat yaitu kecepatan angin arah angin dan juga suhu. Hasil ukur tadi kita catat beserta tampilan dari alat ukur pembanding. Pengujian yang pertama dengan keadaan angin yang kurang kencang dan suhu yang relatif lebih rendah. Dengan keadaan lingkungan seperti ini pengujian dilakukan pada saat senja atau malam hari. Pengujian beberapa jam dilakukan dengan keadaan angin yang kurang kencang dan suhu yang relatif lebih tinggi seperti pada saat siang hari. Pengujian dengan lingkungan yang berbeda-beda dimaksudkan untuk memastikan bahwa alat sudah mampu membaca setiap keadaan dari keadaan yang biasa sampai pada keadaan yang cukup ekstrim.

BAB III

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian alat dan analisis pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Pembacaan alat stabil terhadap keadaan-keadaan lingkungan yang berbeda-beda
2. Tingkat kesalahan pembacaan alat relatif kecil, dan keakurasian penghitungan alat cukup baik dibandingkan dengan alat ukur pembanding.

B. Saran

Melihat kinerja alat pada saat pengujian dan telah dipaparkan analisisnya pada pembahasan, berikut beberapa saran yang mungkin bisa meningkatkan kinerja alat kedepan.

1. Bahan pada pengukur kecepatan angin hedaknya di buat dari bahan yang lebih ringan.
2. Penggunaan mangkuk pada kecepatan angin lebih di percekung agar penangkapan angin lebih maksimal
3. Menyederhanakan alat agar lebih mudah di gunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Arifianto, B. 2009. *Modul Training Microcontroller for Beginner*. Diakses pada tanggal 5 Mei 2010 dari <http://www.max-tron.com>.

Arikunto, S. 2002. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: PT. Renika Cipta

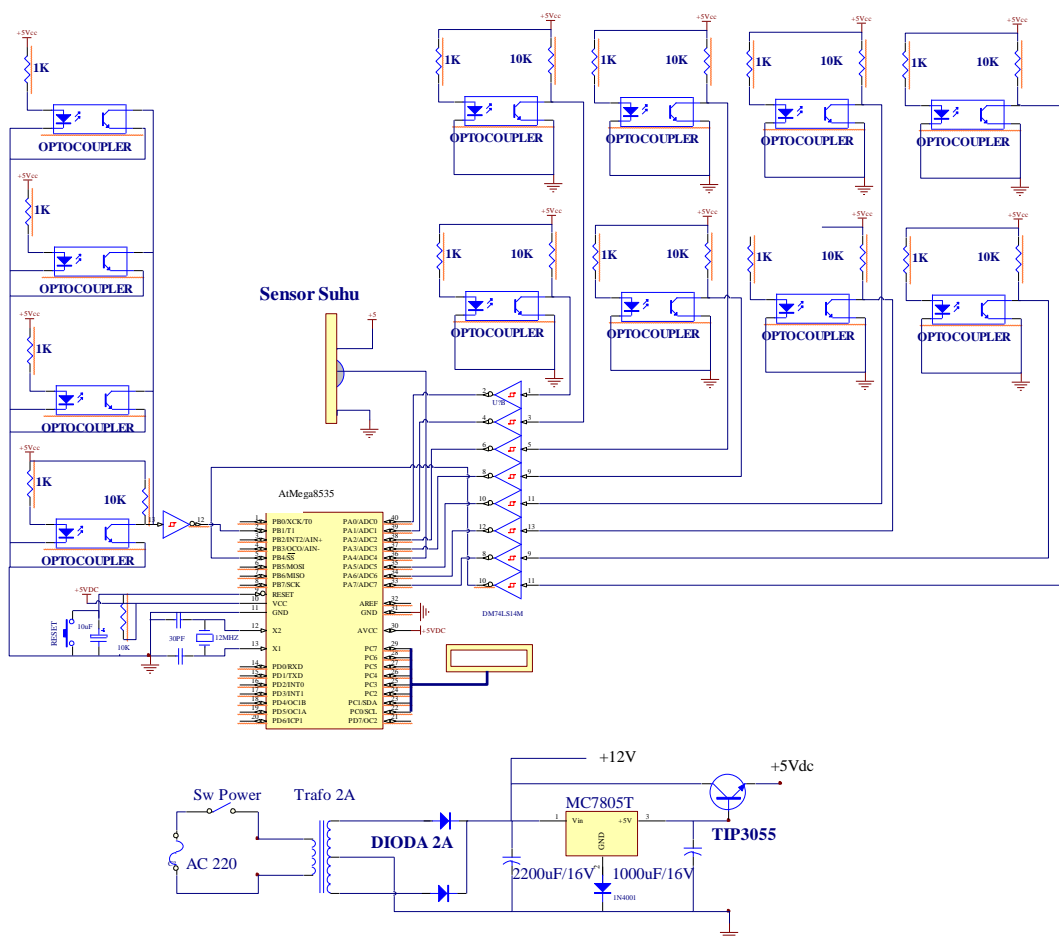
Fraden, Jacob. 2005. *Handbook of Modern Sensor*. Thermoscan, Inc : San Diego, California.

Wardhana, L. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535*

Zhanggischan, Zuhail. 2004. *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Jakarta: PT. Gramedia

LAMPIRAN

Gambar Rangkaian Keseluruhan



LISTING PROGRAM MIKROKONTROLLER

```
$regfile = "m8535def.dat"
```

```
$crystal = 11059200
```

```
Config Porta = Input
```

```
Config Portb = Input
```

```
'Deklarasi Konfigurasi LCD
```

```
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portc.4 , Db5 = Portc.5 ,  
Db6 = Portc.6 , Db7 = Portc.7 , E = Portc.2 , Rs =  
Portc.0
```

```
Config Lcd = 16 * 2
```

```
'Konfigurasi ADC
```

```
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference =  
Avcc
```

```
Dim Dlytmr0 As Word , Dtarah As Byte , Dtjrk As Byte ,  
Dispkec As Bit , Jarak As Single , Dtkec As Single , Kec  
As Word
```

```
Dim Dtkecs As String * 5 , Dtsuhu As Word , Suhu As  
Single , Shlalu As Single
```

```
Config Timer0 = Timer , Prescale = 64
```

```
Enable Timer0
```

```
Timer0 = 0
```

```
On Timer0 Rtnntmr0
```

```
Config Timer1 = Counter , Edge = Falling
```

```
Disable Timer1
```

```
Timer1 = 0
```

```
Enable Interrupts
```

```
Enable Timer0
```

```
Start Timer0
```

```
Upperline
```

```
Lcd "V:    m/s Shu: "
```

```
Lowerline
```

```
Lcd "ARAH:    "
```

```
Do
```



```
If Dtarah <> Pina Then
```

```
    Dtarah = Pina
```

```
    If Pina.0 = 0 Then
```

```
        Locate 2 , 6
```

```
        Lcd "UTARA      "
```

```
    End If
```

```
    If Pina.1 = 0 Then
```

```
        Locate 2 , 6
```

```
        Lcd "SELATAN   "
```

```
    End If
```

```
    If Pina.2 = 0 Then
```

```
        Locate 2 , 6
```

```
        Lcd "BARAT DAYA "
```

```
    End If
```

```
    If Pina.3 = 0 Then
```

```
        Locate 2 , 6
```

```
        Lcd "BARAT      "
```

```
    End If
```

```
    If Pina.5 = 0 Then
```

```
    Locate 2 , 6
    Lcd "TIMUR LAUT "
End If
```

```
If Pina.6 = 0 Then
    Locate 2 , 6
    Lcd "TIMUR      "
End If
```

```
If Pina.7 = 0 Then
    Locate 2 , 6
    Lcd "TENGGARA  "
End If
```

```
Else
```

```
    If Pinb.3 = 0 Then
        Locate 2 , 6
        Lcd "BARAT LAUT "
    End If
```

```
End If
```

```
If Dispkec = 1 Then
```

```
    Locate 1 , 3
```

```
    Lcd Dtkec
```

```
    Dispkec = 0
```

```
End If
```

```
Gosub Getdtsuhu
```

```
Locate 1 , 14
```

```
Lcd Suhu
```

```
Loop
```

```
End
```

```
'end program
```

```
'-----
```

```
Rtntmr0:
```

```
    Timer0 = 0
```

```
    Incr Dlytmr0
```

```
    If Dlytmr0 >= 675 Then
```

```
        Dlytmr0 = 0
```

```
Dtjrk = Timer1  
Dispkec = 1  
Timer1 = 0  
End If
```

```
Return
```

```
'-----
```

```
Getdtsuhu:
```

```
Dtsuhu = Getadc(4)
```

```
Suhu = 0.48 * Dtsuhu
```

```
Return
```

DATASHEET
ATMEGA8535

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

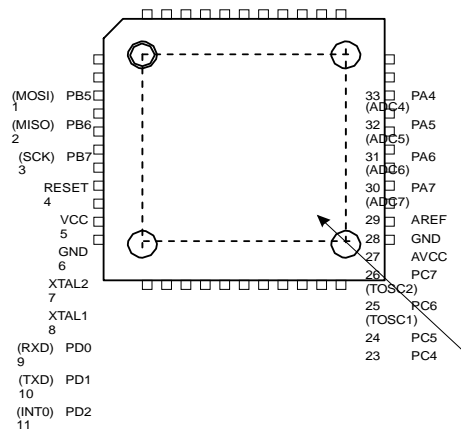


Pin Configurations

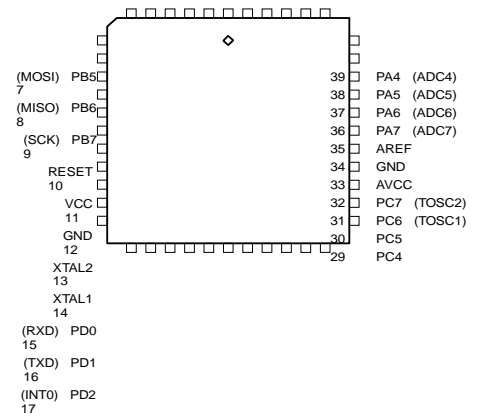
Figure 1. Pinout ATmega8535

PDIP	
(XCK/T0) PB0	1
(T1) PB1	2
(INT2/AIN0) PB2	3
(OC0/AIN1) PB3	4
(SS) PB4	5
(MOSI) PB5	6
(MISO) PB6	7
(SCK) PB7	8
RESET	9
VCC	10
GND	11
XTAL2	12
XTAL1	13
(RXD) PD0	14
(TXD) PD1	15
(INT0) PD2	16
(INT1) PD3	17
(OC1B) PD4	18
(OC1A) PD5	19
(ICP1) PD6	20
PA0 (ADC0)	40
PA1	39
(ADC1) PA2	38
(ADC2) PA3	37
(ADC3) PA4	36
(ADC4) PA5	35
(ADC5) PA6	34
(ADC6) PA7	33
(ADC7)	32
AREF	31
GND	30
AVCC	29
PC7	28
(TOSC2) PC6	27
(TOSC1) PC5	26
PC4	25
PC3	24
PC2	23
PC1	22
(SDA) PC0	21
(SCL) PD7	
(OC2)	

TQFP/MLF



PLCC



NOTE: MLF Bottom pad should be soldered to ground.

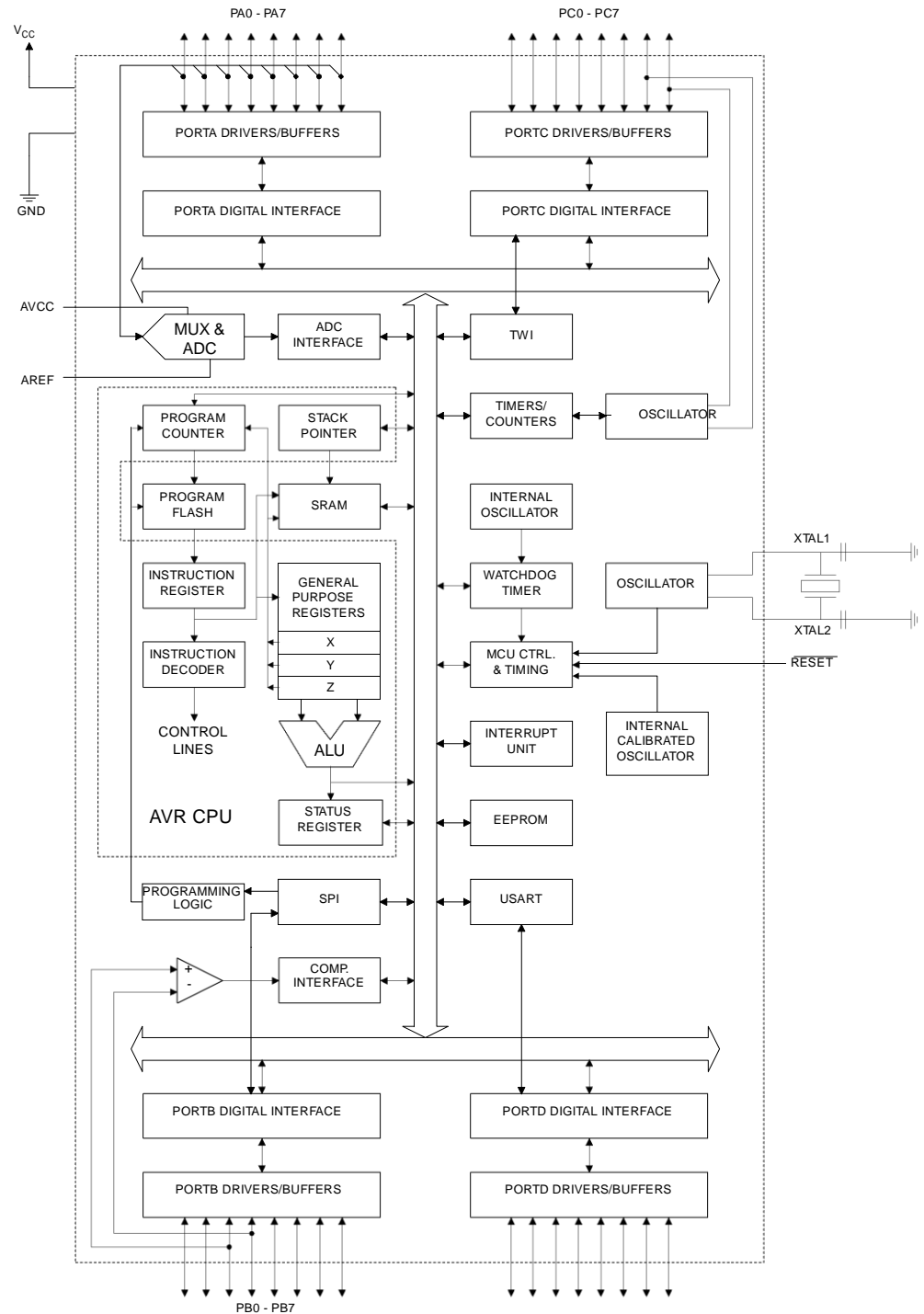
Disclaimer

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 5 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)	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 60.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 64.</p>
RESET	<p>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.</p>

XTAL1 operating circuit.	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock
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.

DATASHEET

LM35

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

FEATURES

- Calibrated Directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10 mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at +25°C)
- Rated for Full –55°C to +150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 to 30 V
- Less than 60-µA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Nonlinearity Only ±¼°C Typical
- Low Impedance Output, 0.1 W for 1 mA Load

DESCRIPTION

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, with an output voltage linearly proportional to the Centigrade temperature. Thus the LM35 has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¾°C over a full –55°C to +150°C temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 make interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 draws only 60 µA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a –55°C to +150°C temperature range, while the LM35C is rated for a –40°C to +110°C range (–10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

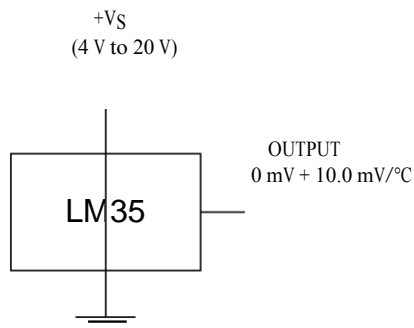
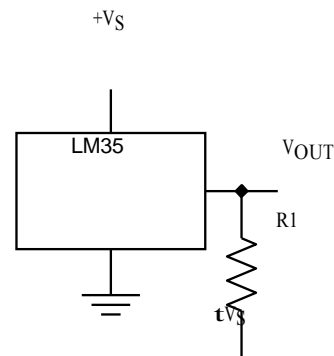


Figure 1. Basic Centigrade Temperature Sensor (+2°C to +150°C)



$$\begin{aligned} \text{Choose } R_1 &= -V_S / 50 \mu\text{A} \\ V_{\text{OUT}} &= 1500 \text{ mV at } 150^\circ\text{C} \\ V_{\text{OUT}} &= 250 \text{ mV at } 25^\circ\text{C} \\ V_{\text{OUT}} &= -550 \text{ mV at } -55^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Figure 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

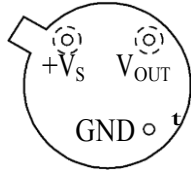




These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

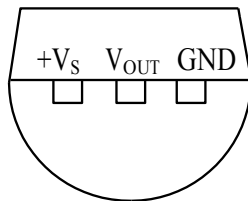
CONNECTION DIAGRAMS

**METAL CAN PACKAGE
TO (NDV)**

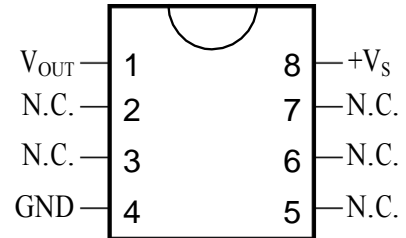


Case is connected to negative pin (GND)

**PLASTIC PACKAGE
TO-92 (LP)
BOTTOM VIEW**

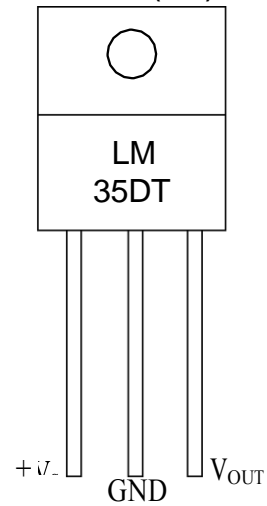


**SMALL-OUTLINE MOLDED PACKAGE
SOIC-8 (D)
TOP VIEW**



N.C. = No connection

**PLASTIC PACKAGE
TO-220 (NEB)**



Tab is connected to the negative pin (GND).

NOTE: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾⁽²⁾

		MIN	MAX	UNIT
Supply voltage		-0.2	35	V
Output voltage		-1	6	V
Output current			10	mA
Electrostatic discharge (ESD) susceptibility ⁽³⁾			2500	V
Storage temperature	TO Package	-60	180	°C
	TO-92 Package	-60	150	
	TO-220 Package	-65	150	
	SOIC-8 Package	-65	150	
Lead temperature	TO Package (soldering, 10 seconds)		300	°C
	TO-92 and TO-220 Package (soldering, 10 seconds)		260	
	SOIC Package	Infrared (15 seconds)	220	
		Vapor phase (60 seconds)	215	
Specified operating temperature range: T_{MIN} to T_{MAX} ⁽⁴⁾	LM35, LM35A	-55	150	°C
	LM35C, LM35CA	-40	110	
	LM35D	0	100	

- (1) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/ Distributors for availability aspecifications.
- (2) 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](#).
- (3) Human body model, 100 pF discharged through a 1.5-kW resistor.
- (4) 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-220 package is 90°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the [APPLICATIONS](#) section.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35A			LM35CA			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Accuracy ⁽⁵⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1	
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1		± 0.4	± 1		
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1		± 0.4		± 1.5	
Nonlinearity ⁽⁶⁾	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor gain (average slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10	+9.9, +10.1		+10		+9.9, +10.1	mV/°C
Load regulation ⁽⁷⁾ $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1		± 0.4	± 1		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3	± 0.5		± 3	
Line regulation ⁽⁷⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4 \text{ V} \leq V_S \leq 30 \text{ V}$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	

- (1) Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq 150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq 110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = 5 \text{ Vdc}$ and $I_{LOAD} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of [Figure 2](#). These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of [Figure 1](#). Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.
- (2) Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.
- (3) Tested Limits are ensured and 100% tested in production.
- (4) Design Limits are ensured (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.
- (5) Accuracy is defined as the error between the output voltage and 10 mV/°C times the case temperature of the device, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in °C).
- (6) Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the rated temperature range of the device.
- (7) 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.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾ (continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35A			LM35CA			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Quiescent current ⁽⁸⁾	$V_S = 5\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = 5\text{ V}$	105		131	91		114	
	$V_S = 30\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		
	$V_S = 30\text{ V}$	105.5		133	91.5		116	
Change of quiescent current ⁽⁷⁾	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}, 25^\circ\text{C}$	0.2	1		0.2	1		μA
	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}$	0.5		2	0.5		2	
Temperature coefficient of quiescent current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum temperature for rate accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2	+1.5		+2	$^\circ\text{C}$
Long term stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

(8) Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35			LM35C, LM35D			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Accuracy, LM35, LM35C ⁽⁵⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1		± 0.4	± 1		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2	
Accuracy, LM35D ⁽⁵⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2	
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2	
Nonlinearity ⁽⁶⁾	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor gain (average slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10	+9.8, +10.2		+10		+9.8, +10.2	$\text{mV}/^\circ\text{C}$
Load regulation ⁽⁷⁾ $0 \leq I_L \leq 1\text{ mA}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2		± 0.4	± 2		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5	± 0.5		± 5	
Line regulation ⁽⁷⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	

- (1) Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq 150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq 110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = 5\text{ Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50\text{ }\mu\text{A}$, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.
- (2) Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.
- (3) Tested Limits are ensured and 100% tested in production.
- (4) Design Limits are ensured (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.
- (5) Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{ mV}/^\circ\text{C}$ times the case temperature of the device, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).
- (6) Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the rated temperature range of the device.
- (7) 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.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾ (continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35			LM35C, LM35D			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Quiescent current ⁽⁸⁾	$V_S = 5\text{ V}$, 25°C	56	80		56	80		μA
	$V_S = 5\text{ V}$	105		158	91		138	
	$V_S = 30\text{ V}$, 25°C	56.2	82		56.2	82		
	$V_S = 30\text{ V}$	105.5		161	91.5		141	
Change of quiescent current ⁽⁹⁾	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}$, 25°C	0.2	2		0.2	2		μA
	$4\text{ V} \leq V_S \leq 30\text{ V}$	0.5		3	0.5		3	
Temperature coefficient of quiescent current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum temperature for rate accuracy	In circuit of Figure 1 , $I_L = 0$	+1.5		+2	+1.5		+2	°C
Long term stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

(8) Quiescent current is defined in the circuit of [Figure 1](#).

(9) 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.