

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

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGONTROL
POMPA OLI PADA SEPEDA MOTOR DUA LANGKAH
DENGAN FUZZY LOGIC MENGGUNAKAN MODUL
"FUZZY REFERENT UNIT AND KNOWLEDGE BASE"
(IC AT89S51)**

S K R I P S I

Disusun Oleh :

EKO SETYO MUTAMAMI

NIM : 97 17 106

MARET 2005

DEPARTMENT OF COMMERCE
BUREAU OF MANUFACTURES
BUREAU OF STANDARDS
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS

DEPARTMENT OF COMMERCE
BUREAU OF MANUFACTURES
BUREAU OF STANDARDS
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
(1935)

1935

1935

1935

1935

1935

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL POMPA
OLI PADA SEPEDA MOTOR (DUA LANGKAH) DENGAN
FUZZY LOGIC MENGGUNAKAN MODUL
“ FUZZY REFERENT UNIT AND KNOWLEDGE BASE “
(IC AT89S51)**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

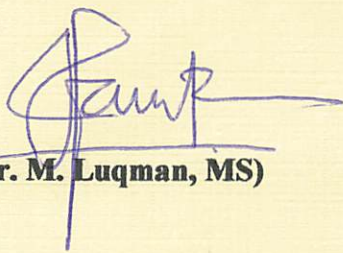
Nama :Eko Setyo Mutamami

Nim : 97.17.106

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1


(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)

Diperiksa dan Disetujui
Dosen Pembimbing


(Ir. M. Luqman, MS)

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

ИЗДАНИЕ ЛЕКЦИОНОВ ИСТОРИИ МАШИНЫ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЛЕЖАЩЕГО
ТРАКТОРА ЛЕКЦИОНОВ 2-1
КОМПЛЕКТ ЛЕКЦИОНОВ

(И. Е. Лекции 2-1)

(И. Е. Лекции 2-1)

Лекции 2-1
История

Лекции 2-1
История

История 2-1
Лекции 2-1

История 2-1

История 2-1
Лекции 2-1

История 2-1

(И. Е. Лекции 2-1)

« ИСТОРИЯ МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЛЕЖАЩЕГО
ТРАКТОРА ЛЕКЦИОНОВ 2-1
КОМПЛЕКТ ЛЕКЦИОНОВ (И. Е. ЛЕКЦИИ 2-1) ЛЕКЦИИ
ИСТОРИИ МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЛЕЖАЩЕГО ТРАКТОРА ЛЕКЦИОНОВ 2-1

ИСТОРИЯ МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЛЕЖАЩЕГО ТРАКТОРА ЛЕКЦИОНОВ 2-1



BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : Eko Setyo Mutamami
Nim : 97.17.106
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : Perancangan dan pembuatan Pengontrol Pompa Oli Pada Sepeda Motor (Dua Langkah) Dengan Fuzzy Logic Menggunakan Modul " Fuzzy Referent Unit Dan Knowledge Base" (IC AT89S51)

Dipertahankan dihadapan team penguji skripsi jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 30 Maret 2005
Dengan Nilai : 76,7 (B)



Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(Ir. Muchtar Asroni, MT)

Sekretaris

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)

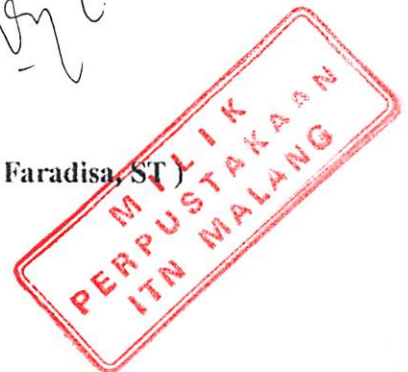
Anggota Penguji

Penguji I

(Ir. Eko Nurcahyo)

Penguji II

(Irmalia Suryani Faradisa, ST)





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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

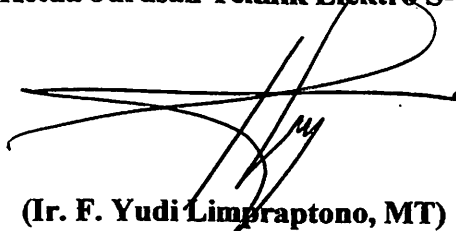
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : Eko Setyo Mutamami
Nim : 97.17.106
Jurusan : Teknik Elektro (S-1)
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : **Perancangan dan pembuatan Pengontrol
Pompa Oli Pada Sepeda Motor (Dua Langkah)
Dengan Fuzzy Logic Menggunakan Modul
“Fuzzy Referent Unit Dan Knowledge Base“
(IC AT89S51)**

Pembimbing : Ir. M. Luqman,MS
Telah Dievaluasi Dengan
Nilai (Dengan Angka) : Tujuh Puluh Delapan (78)

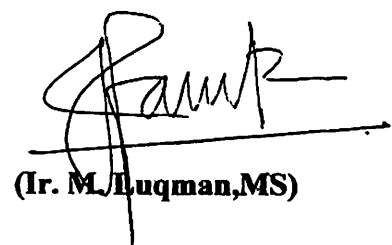
Malang, Maret 2005

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)

Diperiksa dan Disetujui
Dosen Pembimbing



(Ir. M. Luqman,MS)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan segenap daya dan upaya aku selesaikan penulisan tugas akhir ini, walaupun harus melewati 1999 cobaan dan 33 rintangan, namun semua itu ada hikmah yang tersirat yang membentuk kepribadian penulis menjadi gak mudah menyerah dan lebih tahan menghadapi cobaan hidup. Untuk itu ku persembahkan tugas akhir ini kepada :

1. Kepada **ALLAH SWT**, yang telah membimbing hambanya yang penuh khilaf ini dapat melewati cobaan hidup. Sebab sekeras apapun usaha hambamu ini tanpa *rahmad* dan *hidayah* dari *Mu* akanlah sia-sia belaka. Maka, hambamu ini hanya berucap “ **ALHAMDULILLAH** “ dan *syujud syukur* di hadap **MU**.
2. Kepada kedua orang tuaku “ **SUKONO+UMI SANGIDAH, IMAM BASUNI+ ISMIATI** “, *maafkan* anakmu ini, karena kuliahnya molor terlalu banyak dan terima kasih atas dorongan materiil dan spirituilnya serta segalanya yang tak akan ada kata – kata yang sanggup mewakilinya.
3. Adik adikku tersayang, **Tono** “ mugo2 cepet oleh kerjo sing tetap yo leee! “, **Nurila** “ sekolah e cepet di marek ne ben cepet dipanggil **Bu Bidan**”. **Yudi, Nur, Erna** “ aku gak iso ngomong maneh! Sukses kabeh apa yang kamu cita-citakan! *Amien....*”.

4. Untuk semua keluargaku baik yang ada di : Modangan, bendogerit, jati lengger, kemirahan, pucung. Terima kasih atas dorongan, motivasi dan pelajaran hakekat kehidupannya.
5. Untuk mbah-mbah ku semua, terima kasih doa dan pelajaran “ **ungguh**”nya.
6. Untuk ‘**IFA**’ terima kasih telah mewarnai dunia ku dengan coretan-coretan indah penuh warna dan mendorong ku untuk menjadi laki-laki sejati yang tidak mudah menyerah akan keadaan, “ *cium sayang selalu* “ buat mu serta seiring doa “ **Smoga Kesuksesan selalu menyertaimu ! Amien** “.
7. Untuk **Aisha**” terimakasih telah mau luangkan waktu temeni aku dikala badai kehidupan menerpaku, karena dorongan mu, aku sanggup bertahan.
8. Untuk keponakanku “**jemblung**” ‘ semoga dpat bertahan hidup dijakarta’, **Koirul, pam, mujahidin, bujel, brodin, samsul, topan, p-man, gendut** “ suwun telah mau tak repoti, tuk kelengkapan penulisan skipsi ini.
9. Temen-temen semua yang mungkin tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Keluarga Belida” ‘**Tante**, swn menghiburku dengan keceriaanmu’. **P-man**, ‘ojo kapok kapok ngutang I duwit’, **gendut**, ‘luwih sabar ya ngadepi aku’, **yudi**, ‘swn atas segala bantuane dalam saya menyelesaikan masalah’.”. keluarga singosari, “ ‘**tul kiyo**, kapan BESBES lagi’, **Kcong**, ‘STW cong! Sikat ae!’, **Iir**, ‘cepatan mari pisan, selak ganok kancane!’, **Uun**, ‘mugo2 cepetan oleh kerjo sing enak!’”. Keluarga joyogrand, **haris,mbak nita** “ ‘oga2 sampek kaken2-ninen2’”, **dwi,meg** “ Eyip.....Orip.....”.

Ami. “ kunam e yok opo?”. **Brodin** “ swn ngewangi program e”, topan “ swn printer e”. **samsul+arta** “ produksi terus”, **Idung,** “ kapan rabi le?”. **nana+Cmut**” moga2 sampek kaken2-ninen2! *AMIEN* “. **Pairi+teh neneng**” kapan punya momongan nich?”, **Ari penyot**” swn mo nemeni ngobrol ketika aku ruwet!”. Dan temen temen yang menemani aku baik suka maupun duka yang tidak aku sebutkan, bukan aku lupa, semua akan kekal abadi ktsimpan rapi dalam hati.

ABSTRAKSI

Alat transportasi, dewasa ini banyak mengalami perkembangan yang sangat mengagumkan. Terutama kendaraan bermotor, banyak varian – varian baru yang ditawarkan oleh produsen yang semuanya menawarkan kepada konsumen dengan fasilitas – fasilitas baru serta keunggulannya. Pada intinya semua produsen akan menawarkan kenyamanan dalam berkendara serta tingkat efisiensi yang lebih baik dari teknologi generasi pendahulunya.

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis merancang alat yang akan mengontrol jalannya pompa oli samping yang selama ini mengurangi tingkat kenyamanan pengendara sepeda motor dua langkah. Terutama pergelangan tangan cepat pegal karena tarikan gas yang berat, selain itu apabila perjalanan jauh, sepeda motor harus sering istirahat karena mesin sudah panas.

Dengan penulisan tugas akhir ini, diharapkan dengan pengaplikasian mikrokontroller yang berbasis *fuzzy logic*, masalah diatas dapat ditekan seminim mungkin sehingga tingkat kenyamanan dalam berkendara pada sepeda motor dua langkah meningkat.

Akan tetapi pembuatan alat ini belum sempurna sehingga apabila diterapkan pada sepeda motor belum bisa dilakukan. Mengingat dalam penempatan sensor sulit dilakukan karena tidak tersedianya tempat pada sepeda motor.

ABSTRAKSI

Alat transportasi dewasa ini banyak mengalami perkembangan yang sangat mengagumkan. Terutama kendaraan bermotor, banyak varian – varian baru yang ditawarkan oleh produsen yang semuanya menawarkan kepada konsumen dengan fasilitas – fasilitas baru serta kemunggalannya. Pada akhirnya semua produsen akan menawarkan kenyamanan dalam berkendara serta tingkat efisiensi yang lebih baik dari teknologi generasi sebelumnya.

Pada penelitian tugas akhir ini penulis merancang alat yang akan mengontrol jalannya pompa oli samping yang selama ini menggunakan tingkat kenyamanan berkendara sepeda motor dan langkah. Terutama perjalanan tanpa beban pedal karena tarikan gas yang berat, selain itu apabila perjalanan jauh, sepeda motor harus sering istirahat karena mesin sudah panas.

Dengan penelitian tugas akhir ini diharapkan dengan pengaplikasian mikrokontroler yang berbasis *Atmega 8535*, masalah diatas dapat dipecahkan sehingga tingkat kenyamanan dalam berkendara pada sepeda motor dan langkah meningkat.

Akan tetapi kemampuan alat ini belum sempurna sehingga apabila diterapkan pada sepeda motor belum bisa dilakukan. Mengingat dalam kemampuan sensor sulit dilakukan karena tidak terdapat tempat pada sepeda motor.

DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAKSI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Alasan Pemilihan Judul.....	3
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Sistematika Pembahasan.....	5

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1. Pompa Oli Samping.....	8
2.2. Teori Dasar Fuzzy.....	9
2.2.1. Fuzzy Set.....	10
2.2.2. Operasi Fuzzy Set.....	11
2.2.3. Struktur Dasar Kontrol Fuzzy.....	14
2.2.4. Desain Rule – Rule Kontrol Fuzzy.....	17
2.2.5. Fuzzifikasi.....	19
2.2.5.1. Penentuan Fuzzy Label.....	21
2.2.5.2. Penentuan Nilai – Nilai Fuzzy Label.....	23
2.2.5.3. Input Membership Funtion.....	23
2.2.5.4. Bentuk Membership Funtion AL220.....	23

2.2.5.5. Rule Evaluation	24
2.2.6. Defuzzification.....	29
2.2.6.1. Mean Of Maximum (MOM) Method.....	30
2.2.6.2. Centre Of Area (COA) Method.....	31
2.2.6.3. Metode Defuzzification AL 220.....	34
2.3. Mikrokontrol AT89S51.....	34
2.3.1. Definisi Pin	36
2.3.2. Karakteristik Oksilator	40
2.3.3. Idle Mode.....	41
2.3.4. Power Down Mode.....	42
2.3.5. Organisasi Memori	42
2.3.5.1. Internal Program Memori.....	42
2.3.5.2. Data Memori.....	43
2.4. Motor DC	44
2.4.1. Prinsip Dasar Motor Arus Searah	44
2.4.2. Torsi	45
2.4.3. Cara Memutar – Balik Arah Putaran Motor Arus Searah...	45
2.4.4. Motor Stepper	46
2.5. Liquid Cristal Display (LCD)	47
2.5.1. Instruksi Operasi	49
2.5.1.1. Operasi Dasar.....	49
2.5.1.2. Fungsi – Fungsi Terminal Dan Instruksi.....	51
2.6. Sensor Putaran.....	51
2.6.1. Optocoupler	53
2.7. Transistor Sebagai Saklar Elektonik	54
2.8. Op – Amp	55
2.8.1. Penguat Pembalik	55
2.8.2. Penguat Tak Membalik	57

BAB III PERENCANAAN ALAT

3.1. Umum	59
3.1.1. Prinsip Kerja Alat.....	60
3.2. Perencanaan Perangkat Keras	62
3.2.1. Sensor Suhu.....	62

3.2.2. Sensor Rpm.....	67
3.2.3. Modul Fuzzy Referent Unit End Knowledge Base	71
3.2.3.1. Fuzzyfication.....	72
3.2.3.2. Evaluation Rule	76
3.2.3.3. Defuzzyfication	82
3.2.4. Mikrokontroler AT89S51	86
3.2.5. ADC 0808	87
3.2.6. Driver Motor Stepper	89
3.2.7. Display	90
3.3. Perancangan Perangkat Lunak	91

BAB IV PENGUJIAN DAN PENGUKURAN ALAT

4.1. Pendahuluan	101
4.2. Pengujian Subsistem	102
4.2.1. Pengujian Rangkaian Perangkat Keras.....	102
4.2.1.1. Pengujian Rangkaian sensor Suhu	102
4.2.1.2. Pengujian rangkaian Sensor RPM	106
4.2.1.3. Pengujian ADC 0808.....	108
4.2.1.4. Pengujian Rangkaian Driver Motor Stepper	111
4.3. Pengujian Rangkaian Keseluruhan.....	112
4.4. Penempatan Alat Pada Sepeda Motor.....	115
4.5. Pengujian Perangkat Lunak	120

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan126
5.2. Saran.....127

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
2-1. Diagram Alur Aliran Oli Samping Dan Bensin	7
2-2. Fuzzy Set Dan Membership Funtion	10
2-3. Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy	12
2-4. FLC Close Loop Control System	15
2-5. Fuzzy Logic Procesing	17
2-6. Proses Fuzzifikasi.....	19
2-7. Contoh Input Membership Funtion	20
2-8. Bentuk – Bentuk Umum Membership Funtion	21
2-9. Point Slop Representation	22
2-10. Bentuk Membership Funtion AL220.....	24
2-11. Contoh Fuzzy Rule Dan Bagian – Bagiannya	25
2-12. Contoh Matrik Rule	27
2-13. Contoh Evaluation Degree Of Membership Funtion.....	28
2-14. Proses Defuzzification	30
2-15. Pemotongan Pada Output Membership Funtion	31
2-16. Proses Defuzzifikasi Bentuk Singleton.....	33
2-17. Konfigurasi Pin – Pin AT 89S51.....	35
2-18. (a). Oksilator Koneksi. (b). Ekternal Clock Drive Konfigurasi	41
2-19. Organisasi Program Memori.....	43
2-20. Prinsip Kerja MotorStepper.....	47
2-21. Rangkaian Sensor Putaran.....	52
2-22. Transistor Sebagai Saklar	54
2-23. Op-Amp Sebagai Penguat Membalik	56
2-24. Op-Amp sebagai Penguat Tak Membalik	58
3-1. Blok Diagram Pengendali Pompa Oli.....	58
3-2. Rencana Letak Sensor Suhu, RPM Dan Modul Fuzzy Pada Sepeda Motor RC 100.....	59
3-3. Rangkaian Sensor Suhu	66

3 – 4. Rangkaian Sensor RPM.....	70
3 - 5. Diagram Blok IC AL220.....	71
3 – 6. Rangkaian IC AT89S51	87
3 – 7. Rangkaian ADC 0808.....	88
3 – 8. Rangkaian Driver Motor Stepper.....	90
3 – 9. Rangkaian LCD.....	91
3 – 10. Flowchart Alat Pengontrol Pompa Oli samping	97
3 – 11. Flowchart Karna Fuzzy	99
4 - 1. Pengujian Rangkaian Sensor Suhu	103
4 – 2. Pengujian Rangkaian LM 386 Sebagai Penguat 3x	104
4 – 3. Pengujian Rangkaian LM 386 Sebagai Penguat Diffrensial.....	105
4 – 4. Blok Pengujian Rangkaian Sensor RPM	107
4 – 5. Pengujian Rangkaian ADC 0808	109
4 – 6. Diagram blok Rangkaian Pengujian Motor Stepper	111
4 – 7. Blok Pengujian Rangkaian Keseluruhan	113
4 – 8. Prototipe Alat Yang Akan Diuji.....	113
4 – 9. Penempatan Modul Fuzzy dan LCD	116
4 – 10. Penempatan LM 35	117
4 – 11. Penempatan Sensor RPM.....	117
4 – 12. Penempatan Motor Stepper	118
4 – 13. Penentuan Masukan Dan Keluaran Program Fuzzy.....	120
4 – 14. Tampilan Input Membership Funtion Suhu	121
4 – 15. Membership Funtion PWTime	122

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
2 – 1. Port 3 Spesial Fungsional	38
2 – 2. Konfigurasi PIN – PIN LCD	48
2 – 3. Register Seleksi.....	49
2 – 4. Fungsi terminal Pada LCD.....	51
3 – 1. Sistim Pengubahan Data Dari Analog Ke Digital Pada ADC 0808.	89
4 – 1. Hasil Perbandingan Perhitungan Dan Pengukuran LM 35.....	104
4 – 2. Hasil Perbandingan Perhitungan Dan Pengukuran Pada LM 386 Sebagai Penguat 3x.....	105
4 – 3. Hasil Perbandingan Perhitungan Dan Pengukuran Pada LM 386 Sebagai Penguat Diffrensial	106
4 – 4. Data Output Dari Sensor Optocoupler	107
4 – 5. Data Output Dari Data ADC 0808.....	110
4 – 6. Hasil Pengujian Rangkaian Motor Stepper Common-Ground	112
4 – 7. Hasil Pengamatan Terhadap Sistem.....	114

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi ALLAH SWT, yang telah memberi *Rahmat* serta *Hidayah* sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul : **“ PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGONTROL POMPA OLI SAMPING PADA SEPEDA MOTOR DUA LANGKAH DENGAN MODUL FUZZY REFERENT UNIT AND KNOWLAGE BASE (IC AT89S51)”**

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan program S-1 elektronika dilingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

Kelancaran dalam penulisan tugas akhir ini tak lepas dari bantuan semua pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi tingginya kepada:

1. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MT selaku dekan FTI
2. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku ketua jurusan elektro
3. Ibu Ir. Mimien Mustikawati selaku SEKJUR elektronika serta Mbak ELLA selaku STAF KAJUR elektronika, yang sabar ya mbak! Maaf ngrepoti terus.
4. Bapak Ir. M. Luqman, MS selaku dosen pembimbing, terima kasih atas motivasi dan kesabarannya.
5. Kedua orang tuaku (bapak dan ibu, baik yang di Bendogerit maupun di modangan) yang telah memberikan dorongan materiil maupun spiritual yang tak terhingga dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

- 1) yang tak terhitungnya dijamin menyelenggarakan perusahaan (uang akhri ini)
- 2) modifikasi) yang tetap mempertahankan identitas nasional perusahaan
- 3) kesatuan orang (saham) dan itu baik yang di Bendaharasi maupun di
- 4) moneter dan kesatuanannya
- 5) Babak II: UU. Perekonomian VII sebagai dosen pembimbing, terutama kesepuluh
- 6) bababod (sangat)
- 7) EITTY sebagai SYVE (KALIB) elektronik, yang sangat ya (sangat) (sangat)
- 8) itu (KALIB) sebagai SEKURIS elektronik serta (sangat)
- 9) Babak III: UU. Perekonomian VIII sebagai kesepuluh (sangat)
- 10) Babak IV: Mochtar Kusnoo VII sebagai dosen (sangat)

berperannya yang sebenarnya (sangat) (sangat)

berpik: Dalam kesempitan ini berusaha menghasilkan banyak (sangat) kesepuluh dan
Keterbatasan dijamin perusahaan (sangat) akhri ini tak lepas dari (sangat) semua
elektronika dihidupkannya (sangat) Teknologi Nasional (sangat)

(sangat) akhri ini dijamin (sangat) sangat (sangat) kelengkapan program 2-1

(IC 718821)

BERSEKUTUAN MODUL EKSTRA BERSEKUTUAN DITILAH KEMUNGKINAN BUNGE
BOSIANY OPI SYMBING BUNGE BERSEKUTUAN MOTOLOK DEY (sangat)

(sangat) : BERSEKUTUANYA DUA BERSEKUTUANYA (sangat) BERSEKUTUANYA

Motokoy (sangat) berusaha dijamin menyelenggarakan perusahaan (sangat) akhri dengan
sangat (sangat) baik (sangat) (sangat) yang tetap mempertahankan (sangat) serta

KALIB BERSEKUTUANYA

6. Bapak ibu **SOEJANI**, terima kasih atas motivasi dan doanya, bapak ibu **“Pucung”** terimakasih atas dorongan semangatnya.
7. OM **“ gindul”** terima kasih telah mendengarkan *keluh kesahku* dalam penyelesaian penulisan tugas akhir ini, suwun banget!
8. **“ IFA”** dan Nana + Cmut, terima kasih telah mendorong aku untuk segera keluar dari Malang.

Untuk kesempurnaan dari penulisan tugas akhir ini, penulis mengharapkan masukan dan saran sehingga nantinya bisa dikembangkan lebih lanjut dan bisa bermanfaat bagi pembaca.

Malang, April 2005

Penulis

6. Bapak ibu **SOLIANI**, terima kasih atas motivasi dan doa nya, bapak ibu "Pucung" terima kasih atas dorongan semangatnya.
7. OM "Ginjal" terima kasih telah mengabdikan keluh kesahku dalam penyelesaian penulisan tugas akhir ini, semoga bergej!
8. "TIA" dan Nana + Citra, terima kasih telah mendorong aku untuk segera keluar dari Malang.

Untuk kesempatan dan penulisan tugas akhir ini, penulis mengucapkan masukan dan saran sehingga nantinya bisa dikembangkan lebih lanjut dan bisa bermanfaat bagi pembaca.

Malang, April 2002

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PENGESAHAN	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
ABSTRAKSI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Alasan Pemilihan Judul	3
1.3. Tujuan	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Sistematika Pembahasan	5
BAB II TEORI PENUNJANG	
2.1. Pompa Oli Samping	8
2.2. Teori Dasar Fuzzy	9
2.2.1. Fuzzy Set	10
2.2.2. Operasi Fuzzy Set	11
2.2.3. Struktur Dasar Kontrol Fuzzy	14
2.2.4. Desain Rule – Rule Kontrol Fuzzy	17
2.2.5. Fuzzifikasi	19
2.2.5.1. Penentuan Fuzzy Label	21
2.2.5.2. Penentuan Nilai – Nilai Fuzzy Label	23
2.2.5.3. Input Membership Funtion	23
2.2.5.4. Bentuk Membership Funtion AL220	23

DAFTAR ISI

iii

i.....LEMBAR PENGESAHAN

ii.....BERITA ACARA LULUS SKRIPSI

iii.....LEMBAR PERSEMBAHAN

v.....ABSTRAKSI

vi.....KATA PENGANTAR

viii.....DAFTAR ISI

x.....DAFTAR GAMBAR

xii.....DAFTAR TABEL

BAB I PENDAHULUAN

1.....1.1. Latar Belakang

3.....1.2. Alasan Pemilihan Judul

4.....1.3. Tujuan

4.....1.4. Batasan Masalah

5.....1.5. Sistematika Pembahasan

BAB II TEORI PENUNJANG

8.....2.1. Pompa Oli Samping

9.....2.2. Teori Dasar Fuzzy

10.....2.2.1. Fuzzy Set

11.....2.2.2. Operasi Fuzzy Set

14.....2.2.3. Struktur Dasar Kontrol Fuzzy

17.....2.2.4. Desain Rule – Rule Kontrol Fuzzy

19.....2.2.5. Fuzzifikasi

21.....2.2.5.1. Penentuan Fuzzy Label

23.....2.2.5.2. Penentuan Nilai – Nilai Fuzzy Label

23.....2.2.5.3. Input Membership Function

23.....2.2.5.4. Bentuk Membership Function $\mu_{A1}(x)$

2.2.5.5. Rule Evaluation	24
2.2.6. Defuzzification.....	29
2.2.6.1. Mean Of Maximum (MOM) Method.....	30
2.2.6.2. Centre Of Area (COA) Method.....	31
2.2.6.3. Metode Defuzzification AL 220.....	34
2.3. Mikrokontrol AT89S51	34
2.3.1. Definisi Pin	36
2.3.2. Karakteristik Oksilator	40
2.3.3. Idle Mode.....	41
2.3.4. Power Down Mode.....	42
2.3.5. Organisasi Memori	42
2.3.5.1. Internal Program Memori.....	42
2.3.5.2. Data Memori.....	43
2.4. Motor DC	44
2.4.1. Prinsip Dasar Motor Arus Searah.....	44
2.4.2. Torsi.....	45
2.4.3. Cara Memutar – Balik Arah Putaran Motor Arus Searah...	45
2.4.4. Motor Stepper	46
2.5. Liquid Cristal Display (LCD).....	47
2.5.1. Instruksi Operasi	49
2.5.1.1. Operasi Dasar.....	49
2.5.1.2. Fungsi – Fungsi Terminal Dan Instruksi.....	51
2.6. Sensor Putaran.....	51
2.6.1. Optocoupler.....	53
2.7. Transistor Sebagai Saklar Elektonik	54
2.8. Op – Amp.....	55
2.8.1. Penguat Pembalik	55
2.8.2. Penguat Tak Membalik	57

BAB III PERENCANAAN ALAT

3.1. Umum.....	59
3.1.1. Prinsip Kerja Alat.....	60
3.2. Perencanaan Perangkat Keras	62
3.2.1. Sensor Suhu.....	62

2.2.5.5. Role Evaluation	34
2.2.6. Deconvolution	35
2.2.6.1. Mean Of Maximum (MOM) Method	36
2.2.6.2. Centre Of Area (COA) Method	31
2.2.6.3. Method Deconvolution At 220	34
2.3. Mikrokontrol AT89C51	34
2.3.1. Definisi Pin	36
2.3.2. Karakteristik Okelator	40
2.3.3. Idle Mode	41
2.3.4. Power Down Mode	42
2.3.5. Organisasi Memori	43
2.3.5.1. Internal Program Memory	43
2.3.5.2. Data Memory	43
2.4. Motor DC	44
2.4.1. Prinsip Dasar Motor Arus Searah	44
2.4.2. Torzi	45
2.4.3. Cara Memutar – Balik Arus Putaran Motor Arus Searah	45
2.4.4. Motor Stepper	46
2.5. Liquid Crystal Display (LCD)	47
2.5.1. Instruksi Operasi	49
2.5.1.1. Operasi Dasar	49
2.5.1.2. Fungsi – Fungsi Terminal Dan Instruksi	51
2.6. Sensor Batuman	51
2.6.1. Photocoupler	53
2.7. Transistor Sebagai Saklar Elektronik	54
2.8. Op – Amp	55
2.8.1. Pengant Pembalik	55
2.8.2. Pengant Tak Pembalik	57

BAB III PERENCANAAN ALAT

3.1. Umum	59
3.1.1. Prinsip Kerja Alat	60
3.2. Perencanaan Perangkat Keras	62
3.2.1. Sensor Suhu	62

3.2.2. Sensor RPM.....	67
3.2.3. Modul Fuzzy Referent Unit And Knowledge Base.....	71
3.2.3.1. Mikrokontrol AT89S51	72
3.2.3.2. ADC 0808.....	73
3.2.4. Driver Motor Stepper	75
3.2.5. Display	77
3.3. Perencanaan Perangkat Lunak.....	78

BAB IV PENGUJIAN DAN PENGUKURAN ALAT

4.1. Pendahuluan	85
4.2. Pengujian Subsystem.....	86
4.2.1. Pengujian Rangkaian Perangkat Keras	86
4.2.1.1. Pengujian Rangkaian Sensor Suhu.....	86
4.2.1.2. Pengujian Rangkaian Sensor RPM	90
4.2.1.3. Pengujian ADC 0808.....	92
4.2.1.4. Pengujian Rangkaian Driver Motor Stepper.....	95
4.3. Pengujian Rangkaian Keseluruhan.....	96
4.4. Penepatan Alat Pada Sepeda Motor.....	99
4.5. Pengujian Perangkat Lunak.....	104

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	110
5.2. Saran.....	111

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

3.2.2. Sensor RPM.....	67
3.2.3. Modul Proxy Reference Unit And Knowledge Base.....	71
3.2.3.1. Mikrokontroler AT89C51.....	72
3.2.3.2. ADC 0808.....	73
3.2.4. Driver Motor Stepper.....	75
3.2.5. Display.....	77
3.3. Perencanaan Perangkat Lunak.....	78

BAB IV PENELITIAN DAN PENGUJIAN ALAT

4.1. Pendahuluan.....	82
4.2. Penelitian Substansi.....	86
4.2.1. Penelitian Rangkaian Perangkat Keras.....	86
4.2.1.1. Penelitian Rangkaian Sensor Suhu.....	86
4.2.1.2. Penelitian Rangkaian Sensor RPM.....	90
4.2.1.3. Penelitian ADC 0808.....	92
4.2.1.4. Penelitian Rangkaian Driver Motor Stepper.....	95
4.3. Penelitian Rangkaian Keseluruhan.....	96
4.4. Penguji Alat Pada Speed Motor.....	99
4.5. Penelitian Perangkat Lunak.....	104

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	110
5.2. Saran.....	111

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
2-1. Diagram Alur Aliran Oli Samping Dan Bensin.....	7
2-2. Fuzzy Set Dan Membership Funtion.....	10
2-3. Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy.....	12
2-4. FLC Close Loop Control System.....	15
2-5. Fuzzy Logic Procesing.....	17
2-6. Proses Fuzzifikasi.....	19
2-7. Contoh Input Membership Funtion.....	20
2-8. Bentuk – Bentuk Umum Membership Funtion.....	21
2-9. Point Slop Representation.....	22
2-10. Bentuk Membership Funtion AL220.....	24
2-11. Contoh Fuzzy Rule Dan Bagian – Bagiannya.....	25
2-12. Contoh Matrik Rule.....	27
2-13. Contoh Evaluation Degree Of Membership Funtion.....	28
2-14. Proses Defuzzification.....	30
2-15. Pemotongan Pada Output Membership Funtion.....	31
2-16. Proses Defuzzifikasi Bentuk Singleton.....	33
2-17. Konfigurasi Pin – Pin AT 89S51.....	35
2-18. (a). Oksilator Koneksi. (b). Ekternal Clock Drive Konfigurasi.....	41
2-19. Organisasi Program Memori.....	43
2-20. Prinsip Kerja MotorStepper.....	47
2-21. Rangkaian Sensor Putaran.....	52
2-22. Transistor Sebagai Saklar.....	54
2-23. Op-Amp Sebagai Penguat Membalik.....	56
2-24. Op-Amp sebagai Penguat Tak Membalik.....	58
3-1. Blok Diagram Pengendali Pompa Oli.....	58
3-2. Rencana Letak Sensor Suhu, RPM Dan Modul Fuzzy Pada Sepeda Motor RC 100.....	59
3-3. Rangkaian Sensor Suhu.....	66

3-3' Կանգնան շարժ. շարժ	22
շարժ. մուտ. ԿՏ 100	20
3-3' Կեսան Լուր շարժ. շարժ ԿՏ1 Եւ Մուտ Լուր Բազ	
3-1' Եւր Եւրան Եւրան Եւրան Օր	28
3-24' Օր-Կար շարժ. Եւրան Լուր Մուտ	28
3-23' Օր-Կար շարժ. Եւրան Մուտ	29
3-22' Լուրան շարժ. շարժ	24
3-21' Կանգնան շարժ. Բազ	25
3-20' Եւրան Լուր Մուտ	41
3-19' Օրան Եւրան Մուտ	43
3-18' (Բ) Օրան Եւրան (Բ) Եւրան Օր Եւր Կոնդուր	43
3-17' Կոնդուր Եւր – Եւր ԿՏ 20221	22
3-16' Եւր Եւրան Եւր Եւր Եւրան	33
3-12' Եւրան Եւր Եւր Եւրան	34
3-14' Եւր Եւրան	30
3-13' Եւր Եւրան Եւր Եւր Եւրան	38
3-13' Եւր Եւր Եւր	52
3-11' Եւր Եւր Եւր Եւր Եւր – Եւրան	52
3-10' Եւր Եւրան Եւր Եւր Եւր	57
3-8' Եւր Եւր Եւր	55
3-8' Եւր – Եւր Եւր Եւր Եւր	51
3-3' Եւր Եւր Եւր Եւր Եւր	30
3-6' Եւր Եւր	16
3-2' Եւր Եւր	12
3-4' Եւր Եւր Եւր Եւր Եւր	12
3-3' Եւր Եւր Եւր Եւր Եւր	13
3-3' Եւր Եւր Եւր Եւր Եւր	10
3-1' Եւր Եւր Եւր Եւր Եւր Եւր	1

Շարժ.

ԿՏ

ԵՎԼԱՆ ՇԱՐՅԱՆ

3-4. Rangkaian Sensor RPM	70
3-5. Diagram Blok IC AL220.....	71
3-6. Rangkaian IC AT 89S51	73
3-7. Rangkaian ADC 0808	74
3-8. Rangkaian Driver Motor Stepper.....	76
3-9. Rangkaian LCD	77
3-10. Flowchart	83
4-1. Pengujian Rangkaian Sensor Suhu	85
4-2. pengujian Rangkaian LM 386 Sebagai Penguat 3x.....	87
4-3. Pengujian Rangkaian LM 386 Sebagai Penguat Diffrensial.....	88
4-4. Blok Pengujian Rangkaian Sensor RPM	90
4-5. Pengujian Rangkaian ADC 0808	93
4-6. Diagram Blok Pengujian Rangkaian Motor Stepper	94
4-7. Blok Pengujian Sistem Keseluruhan	97
4-8. Prototipe Yang Akan Diuji.....	97
4-9. Penempatan Modul Fuzzy Dan LCD.....	100
4-10. Penempatan LM 35	101
4-11- Penempatan Sensor RPM	101
4-12. Penempatan Motor Stepper.....	102
4-13. Penentuan masukan dan Keluaran Program Fuzzy	104
4-14. Gambar Tampilan Input membership Funtion Suhu.....	105
4-15. Membership Funtion PWTime.....	106

3-4	Rangkaian Sensor RPM	70
3-5	Diagram Blok IC A1250	71
3-6	Rangkaian IC AT 89251	73
3-7	Rangkaian ADC 0808	74
3-8	Rangkaian Driver Motor Stepper	76
3-9	Rangkaian LCD	77
3-10	Flowchart	83
4-1	Pengujian Rangkaian Sensor Suhu	85
4-2	Pengujian Rangkaian IAI 386 Sebagai Pengant 3x	87
4-3	Pengujian Rangkaian IAI 386 Sebagai Pengant Differensial	88
4-4	Blok Pengujian Rangkaian Sensor RPM	90
4-5	Pengujian Rangkaian ADC 0808	92
4-6	Diagram Blok Pengujian Rangkaian Motor Stepper	94
4-7	Blok Pengujian Sistem Keseluruhan	97
4-8	Prototipe Yang Akan Diuji	97
4-9	Pemetaan Modul Pkxy Dan LCD	100
4-10	Pemetaan IAI 386	101
4-11	Pemetaan Sensor RPM	101
4-12	Pemetaan Motor Stepper	102
4-13	Pencarian masalah dan Kelemahan Program Pkxy	104
4-14	Gambar Tambahan untuk membership function suhu	105
4-15	Membership Function Fuzzy	106

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
2-1. Port 3 Spesial Fungsional	38
2-2. Konfigurasi Pin – Pin LCD	48
2-3. Register Seleksi	49
2-4. Fungsi terminal Pada LCD	51
3-1. Sistim Pengubahan Data Dari Analog Ke Digital Pada ADC 0808	75
4-1. Hasil Perbandingan Perhitungan Dan Pengukuran Rangkaian LM 35	87
4-2. Hasil Perbandingan Perhitungan Dan Pengukuran pada LM 386 Sebagai Penguat 3 X	83
4-3. Hasil Perbandingan Perhitungan Dan Pengukuran Pada LM 386 Sebagai Penguat Diffrensial.....	89
4-4. Data Output Dari Sensor Optocoupler	90
4-5. Data Output Dari ADC 0808.....	93
4-6. Hasil Pengujian Rangkaian Motor Stepper Common Ground.....	95

DAFTAR TABEL

Tabel	Isi
2-1.	Port 3 Spesial Fungsional..... 38
2-2.	Konfigurasi Pin – Pin LCD..... 48
2-3.	Register Seleksi..... 49
2-4.	Fungsi terminal Pada LCD..... 51
3-1.	Sistem Pengubahan Data Dari Analog Ke Digital Pada ADC 0808..... 75
4-1.	Hasil Perbandingan Pertimbangan Dan Pengukuran Rangkaian LM 35..... 87
4-2.	Hasil Perbandingan Pertimbangan Dan Pengukuran pada LM 386 Sebagai Pengukur 3 X..... 83
4-3.	Hasil Perbandingan Pertimbangan Dan Pengukuran Pada LM 386 Sebagai Pengukur Differensial..... 89
4-4.	Data Output Dari Sensor Photocoupler..... 90
4-7.	Data Output Dari ADC 0808..... 93
4-6.	Hasil Pengujian Rangkaian Motor Stepper Common Ground..... 95

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Keterkaitan antara perkembangan teknologi terutama dibidang elektronika dengan industri otomotif sangat erat sekali. Kalau ditinjau kembali kebelakang memang teknologi lama mempunyai banyak kelemahan terutama masalah efisiensi dan keakuratan serta untuk melakukan perbaikan dibutuhkan perasaan yang kuat. Pesatnya perkembangan dibidang elektronika dapat mengatasi masalah masalah yang timbul dari teknologi lama. Sebagaimana yang akan dibahas dalam perencanaan dan pembuatan alat pengontrol pompa oli samping pada sepeda motor dua langkah ini.

Pompa oli samping pada sepeda motor dua langkah merupakan komponen yang sangat vital peranannya. Jika seandainya pompa oli samping tidak bekerja dengan baik maka suplai oli samping ke mesin tidak lancar. Ketidak lancaran suplai oli samping ini bisa mengakibatkan mesin cepat panas dan yang lebih parah lagi sepeda motor akan macet.

Pada umumnya pompa oli pada sepeda motor dua langkah dijalankan bersamaan dengan kabel gas, sehingga apabila mengendarai sepeda motor pada jalan datar atau jalan menanjak tidak akan menjadi masalah, akan tetapi bila jalan yang dilalui sepeda motor menurun maka dengan sendirinya pengendara akan menutup atau mengurangi gasnya. Pengurangan gas ini berarti pula pengurangan suplai oli samping ke mesin, sementara itu putaran mesin tinggi karena menahan

sepeda motor pada kondisi jalan menurun. Hal ini juga bisa menyebabkan sepeda macet karena kekurangan oli samping pada mesin.

Untuk memperoleh kenyamanan dalam berkendara serta menjaga agar perawatan sepeda motor menjadi lebih mudah maka diperlukan suatu alat yang dapat melakukan kontrol terhadap oli samping yang disuplaikan kemesin berdasarkan putaran motor tiap menitnya (RPM).

Dengan digantinya kontrol pompa oli samping dari yang semula diikutkan dengan kawat gas dengan yang diikutkan putaran mesin tiap menitnya diharapkan kelelahan pergelangan tangan pengendara dapat ditekan seminim mungkin. Hal ini berdasarkan kondisi dilapangan yang ada, pada semua kendaraan dua langkah pengaturan pompa oli diikutkan dengan tarikkan gas, sehingga tarikan gas terasa berat.

Selain itu apabila berkendara keluar kota atau kondisi mesin panas maka peranan sensor suhu sangat fital yaitu memberikan informasi kemodul fuzzy agar menambahkan suplai oli kemesin, sehingga gesekan antara piston dengan blok mesin dapat ditekan seminim mungkin. Perlu diketahui penambahan oli ini tidak akan menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan motor jadi tidak mempunyai tenaga sebab penambahannya dilakukan pada saat kondisi mesin panas. Dan keuntungan yang diperoleh adalah memperpanjang masa *over heat* pada mesin, sebab jika mesin sudah *over heat* maka sepeda motor harus istirahat jika tidak istirahat maka sepeda motor tersebut tidak akan mempunyai tenaga untuk melanjutkan perjalanan.

Dalam rencana percobaan dilapangan, penulis menggunakan sepeda motor Susuki RC 80, tahun perakitan 1985. Dengan dicobanya alat pada sepeda motor secara langsung, diharapkan alat yang nantinya dibuat dapat menggantikan sisem lama yang dianggap kurang baik.

1.2 ALASAN PEMILIHAN JUDUL

Seperti yang telah dijelaskan pada latar belakang diatas, maka judul ini dipilih karena melihat kondisi di lapangan bahwa perawatan mesin sepeda motor khususnya dua langkah akan ditentukan oleh suplai oli samping kemesin. Sebab apabila suplai oli samping tidak lancar, maka piston akan sering macet dan piston cepat tergores sehingga kompresi akan bocor. Kalau sudah demikian pistonnya harus segera di ganti, sementara harga suku cadang saat ini terus naik dan mahal.

Selain dalam hal kemudahan dalam perawatan, pengendara diwaktu melakukan perjalanan keluar kota akan terhindar dari macetnya mesin dari akibat kekurangan oli samping. Serta perlu diketahui bahwa untuk melakukan perjalanan keluar kota menggunakan kendaraan dua langkah seringkali apabila mesin sudah panas, pengendara sering menambahkan oli samping pada tangki bensin, ini dimaksudkan untuk penambahan masa over heat mesin. Dan saat mesin dingin pada umumnya sepeda motor dua langkah sulit untuk distarter akibat adanya penimbunan oli samping di ruang bakar. Penyebab penimbunan ini bisa terjadi karena, yang pertama adalah terjadinya kebocoran valve yang ada pada pompa oli. Penyebab kedua adalah karena terlalu banyak oli samping yang dipompakan,

sehingga diwaktu mesin dimatikan diruang bakar masih tersisa oli samping yang tidak terbakar bersamaan dengan bensin.

1.3 TUJUAN

1. Menerapkan teori yang sudah di dapat pada bangku kuliah untuk membuat sebuah alat yang dapat membantu pengguna sepeda motor dua langkah.
2. Merancang sebuah sistem yang berfungsi baik, ringkas, tepat guna serta dengan biaya produksi yang relatif murah.
3. Mengaplikasikan program *Fuzzy Logic Controller* dengan modul *Fuzzy Referent Unit* dan *Knowledge Base* sebagai kontrol motor stepper untuk mengatur pompa oli samping.
4. Untuk memenuhi persyaratan dalam ujian akhir sebagai salah satu syarat kelulusan pada jurusan teknik elektro, program studi elektronika di Institut Teknologi Nasional Malang.

1.4 BATASAN MASALAH

1. Tidak membahas modul *Fuzzy referent unit* dan *knowledge base* tetapi ditekankan pada teknik perancangan program fuzzy logic menggunakan IC AT 89S51.
2. Range suhu yang dideteksi 0°C-150°C.
3. Range kecepatan putaran mesin yang dideteksi 0-12000 RPM.
4. Model yang dirancang dalam prototipe
5. Pengujian dilakukan pada prototipe.

6. Tidak membahas power supply.
7. Tidak menjelaskan proses pembakaran bahan bakar di ruang bakar.

1.5 SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Untuk mempermudah pembaca untuk membaca serta mengerti dari isi laporan tugas akhir ini, maka tugas akhir ini dibagi dalam beberapa bagian yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah, alasan pemilihan judul, tujuan, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

BAB II TEORI DASAR

Berisi tentang teori dasar yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan alat.

BAB III PERANCANGAN ALAT

Berisi tentang perancangan dan pembuatan alat, baik perancangan *hardware* maupun *software*.

BAB IV PENGUJIAN ALAT

Berisi tentang pengujian peralatan, analisa hasil pengujian dan pengoperasian alat.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dari alat yang telah dibuat dan disertai dengan saran untuk dikembangkan lebih baik.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1. Pompa Oli

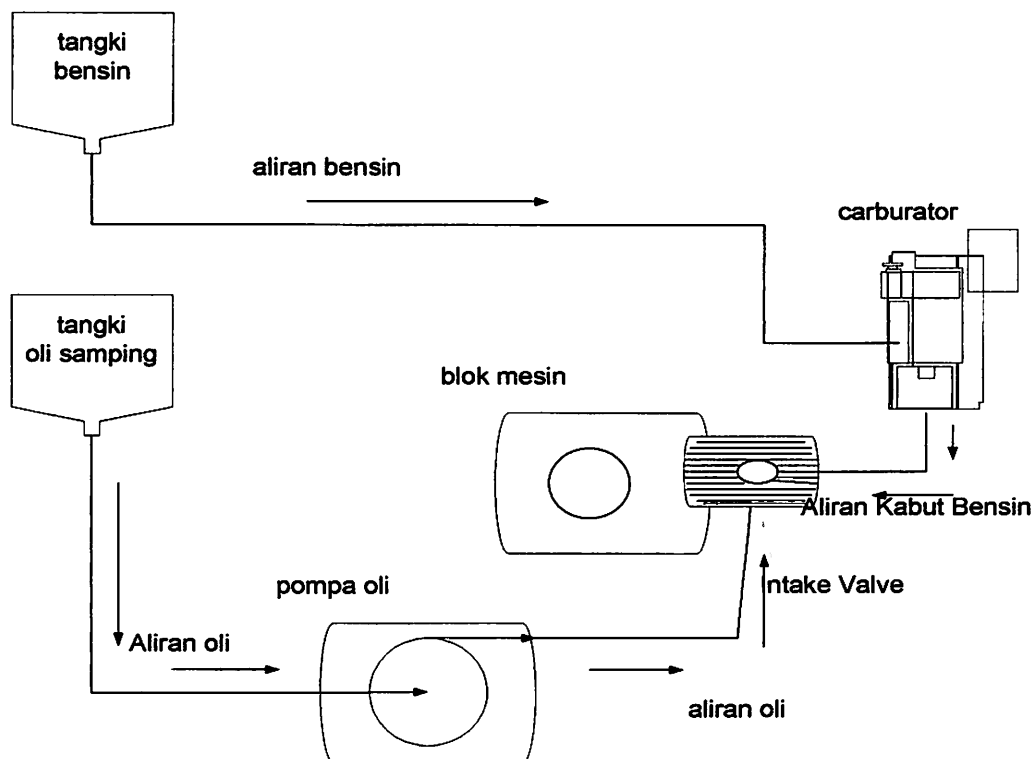
Oli mempunyai fungsi yang sangat besar bagi kendaraan bermotor. Oli secara umum berfungsi untuk mengurangi gaya gesek dan mengurangi panas yang timbul atau dengan kata lain peredam panas, sehingga dengan peredaran oli yang baik dan lancar, maka dapat memperpanjang masa aus suku cadang dan juga servis mesin. Pada sepeda motor dua langkah menggunakan dua macam oli yaitu, oli samping dan oli mesin.

Oli samping dipompa oleh pompa oli kemudian disalurkan bersama-sama dengan bahan bakar (bensin). Kekurangan oli samping menyebabkan piston panas dan memuai sehingga piston akan macet, sedangkan apabila kelebihan oli samping, memang piston akan awet tetapi piston mudah kotor dan berkerak, selain itu pembakaran tidak berlangsung sempurna serta tenaga yang dihasilkan tidak maksimal.

Pada umumnya, untuk mengatur banyak sedikitnya oli samping yang keluar untuk dicampur dengan bensin, pompa oli dijalankan bersamaan dengan pengaturan kabel gas. Pada waktu kabel gas ditarik maka kabel yang ada pada pompa oli juga akan tertarik. Seperti halnya kran air semakin dibuka lebar, air yang keluar juga semakin banyak. Demikian halnya dengan pompa oli, semakin kabel gas tertarik semakin lebar valve yang terbuka sehingga oli samping yang keluar juga semakin banyak.

Pada sistem ini mempunyai beberapa kekurangan, antara lain pengaturan gas menjadi lebih berat sehingga pergelangan tangan pengendara akan lebih cepat lelah. Selain itu apabila kendaraan digunakan pada jalan yang menurun, maka pengendara akan secara reflek menurunkan gasnya, sementara itu putaran mesin tinggi, dengan kondisi yang demikian seharusnya suplai oli samping tidak berkurang. Akan tetapi penurunan gas juga berarti pengurangan suplai oli samping kemesin, hal ini apabila dibiarkan berlangsung lama bisa mengakibatkan piston macet.

Kebutuhan oli samping untuk sepeda motor standart sekitar 20 mL untuk setiap 1 Liter bensinnya.



Gambar 2-1. Diagram Alur Aliran Oli Samping Dan Bensin

Dari gambar dapat dijelaskan sebagai berikut : Dari Tangki oli samping , oli turun ke pompa oli tanpa dihisap oleh pompa sehingga letak dari tangki oli lebih tinggi. Pompa oli bekerja berdasarkan RPM. Ujung salah satu dari pompa oli terhubung dengan gigi transfer pada putaran mesin menggunakan perbandingan gigi yang telah diperhitungkan sehingga putaran pompa oli tidak terlalu tinggi akan tetapi sudah mewakili dari kecepatan putaran mesin.

Sedangkkn ujung satunya terdapat penyetelan keluaran banyak sedikitnya oli yang mau dipompa keluar. Penyetelan ini bersifat tetap, sedangkan pengaturan yang tidak bersifat tetap, diatur dengan tarikan kabel yang diikutkan dengan kabel gas.

Selanjutnya oli samping akan dipompa menuju intake valve guna melumasi seker dan bandul serta sebagian lagi ikut masuk keruang bakar. Demikian seterusnya.

2.2. Teori Dasar Fuzzy

Pada teori konvensional suatu item merupakan anggota himpunan atau bukan anggota himpunan. Pada aljabar Boole nilai yang dimungkinkan terbatas "0" dan "1", atau model pernyataan biasa yaitu hitam atau putih. Konsep tersebut memang efektif menyelesaikan masalah pada kebanyakan sistem kontrol PID pada mikrocontroller atau mikroprosesor. Pada konsep *Fuzzy Logic* suatu item tidak hanya berarti "0" dan "1", akan tetapi mengijinkan nilai interval 0 dan 1 sehingga tidak lagi pernyataan benar atau salah, sehingga menjadi agak tersamar misalnya pernyataan sangat dingin, dingin, hangat, panas.

Konsep dasar logika fuzzy dapat dimisalkan pada suatu kasus. Jika seorang dokter sulit menarik kesimpulan, ketika mengevaluasi apakah pasien menderita demam yang tinggi atau demam biasa. Secara psikologi diperlihatkan bahwa dokter dapat membandingkan sakit pasien dengan dua model. Model yang pertama, demam tinggi pasien disimpulkan dari: wajah pucat, keringat, dan menggigil. Model kedua disimpulkan dari semua yang tidak nampak dari gejala tersebut. Secara teori konvensional, demam yang tinggi dapat dijabarkan secara matematis dari nilai temperatur tubuh. Misalnya batas demam tinggi adalah temperatur diatas 102°F dan dibawah 102°F tidak merupakan demam tinggi. Hal ini berbeda dengan konsep fuzzy nilai 102°F tidak mutlak batas demam yang tinggi. Dapat juga nilai 102,7°F belum dikatakan demam tinggi karena kekuatan fisik manusia, sehingga tanda-tanda demam tinggi belum nampak.

2.2.1. Fuzzy set

Teori fuzzy set identik dengan fuzzy set yang terdefinisi sebagai suatu *universe of discourse*. Fuzzy set secara umum merupakan suatu konsep himpunan (union) biasa yaitu suatu universe of discourse (U). Fuzzy set ditentukan oleh membership function dengan jarak interval 0 dan 1.

U adalah gabungan dari suatu item yang dinantikan $\{\mu\}$. Seperti pada gambar 2. 1. Fuzzy set (F) dalam universe of discourse U digolongkan oleh membership function (μ) atau secara matematik:

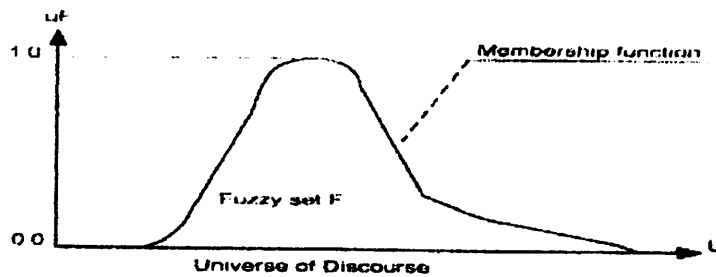
$$F = \{(u, \mu_F(u)) \mid \mu \in U\}$$

Ketika U tetap, F adalah

$$F = \int u \mu_F(U) / U$$

Ketika berlawanan

$$F = \sum \mu_F(U_i) / U_i$$



Gambar 2-2. Fuzzy Set dan Membership Function

Support set dari fuzzy set F adalah crisp input dari seluruh point u dalam U atau $\mu_F(u) > 0$ elemen μ dalam U pada $\mu_F(u) = 0,5$ dikatakan crossover point, sedangkan fuzzy set yang didukung oleh single point dalam U dapat dikatakan fuzzy singleton.

α - cut dari fuzzy set F , dengan label F_α adalah himpunan crisp dari seluruh point u seperti dimodelkan $\mu_F(u) \geq \alpha$. Sebagai catatan pada α - cut yang hilang atau tidak digunakan adalah nilai membership dibawah α .

2.2.2. Operasi Fuzzy set

Dasar operasi dari fuzzy set dapat didefinisikan antara lain:

- AND (intersection)
- OR (Union)
- NOT (Complement)

AND (intersection)

AND atau intersection / irisan adalah dua himpunan Fuzzy A dan B dimana himpunan fuzzy dan membership function sebagai berikut:

$$\mu_{A \cap B}(u) = \min \{ \mu_A(u), \mu_B(u) \} \text{ untuk semua } \mu \in U$$

OR (Union)

Gabungan atau OR adalah dua buah fuzzy set A dan B dengan membership function $\mu_{A \cup B}(u)$ diberikan persamaan:

$$\mu_{A \cup B}(u) = \max \{ \mu_A(u), \mu_B(u) \} \text{ untuk } \mu \in U$$

NOT (Complement)

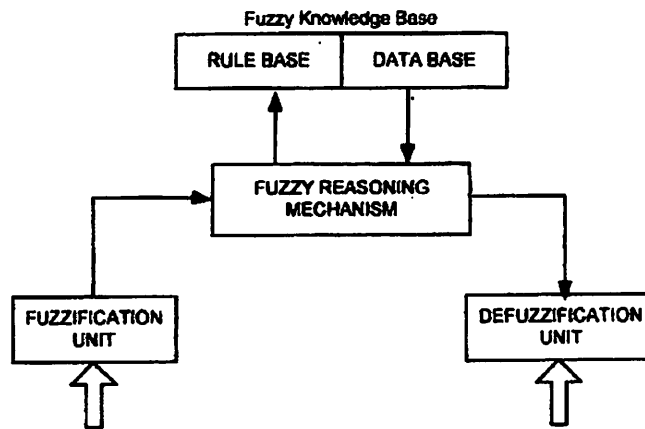
Komplement didefinisikan:

$$\mu_{A'}(u) = 1 - \mu_A(u) \text{ untuk } \mu \in U$$

2.2.3. Struktur dasar controller Logika Fuzzy

Elemen utama dari dasar Controller logika fuzzy adalah:

- Fuzzyfication unit
- Fuzzy logic reasoning unit
- Knowledge base, terdiri atas:
 - ❖ Rule base, berupa rule-rule yang menghubungkan antara input fuzzy dan output fuzzy
 - ❖ Data base, menentukan membership function dari fuzzy set
- Defuzzification Unit



Gambar 2-3. Struktur dasar controller logika fuzzy

variabel dari system ada dua yaitu:

- Variabel input (E) yang diukur dari proses kontrol
- Variabel output (U) yang digunakan untuk inengontrol proses

Harga aktual yang menjadi input controller secara umum adalah crisp.

Crisp adalah nilai kebenaran, atau nilai input yang sebenarnya.

Secara garis besar di sini akan disinggung mengenai proses fuzzy logic yang nanti akan diuraikan tersendiri dalam sub bab. Untuk setiap input data crisp, strategi fuzzifikasi dasar yang merupakan langkah pertama dari fuzzy logic mempunyai urutan sebagai berikut:

- Mengambil harga crisp dari variabel input
- Menentukan harga crisp dari variabel input dari universe of discourse
- Mengubah data yang dipetakan menjadi membeship function

Untuk memperoleh output diperlukan proses defuzzifikasi yang merupakan bagian akhir dari proses fuzzy dan akan diperoleh harga *crisp output*.

Rule base terdiri dari rule-rule yang mengatur system yang mempunyai format '**IF-THEN**'. Misalnya untuk satu input dan satu output Controller logika fuzzy dapat dinyatakan sebagai:

Rule I IF x adalah PB THEN y adalah NB

Dimana : x adalah variabel input

Y adalah variabel output

PB adalah fuzzy set untuk x

NB adalah fuzzy set untuk y

Fuzzy knowledge base merupakan dua type statis dan dinamis. *Fuzzy knowledge base* dinamis mempunyai kemampuan belajar atau mengatur sendiri kerja controller logika fuzzy.

Model fuzzy logic reasoning menggunakan logika fuzzy yang mempunyai kedekatan dengan logika mengambil keputusan manusia. Fuzzy logic reasoning menghasilkan keputusan fuzzy (fuzzy inference) melalui kontrol fuzzy dengan mengevaluasi knowledge base untuk setiap input fuzzy.

Selama proses keputusan fuzzy, terjadi operasi berikut untuk setiap fuzzy rule.

- Menentukan derajat yang sesuai antar input fuzzy dan fuzzy set yang didefinisikan untuk setiap variable input system.
- Mengambil harga fire strength perhitungan setiap rule berdasarkan kepada derajat dan operasi radikal yang digunakan (misal AND, OR) pada variable input pada bagian antecedent

- Untuk keputusan fuzzy harga titik (point value fuzzy inference) diperoleh satu harga fire strength untuk setiap rule
- Untuk keputusan fuzzy harga interval diperoleh dua harga fire strength: batas atas dan batas bawah
- Memperoleh harga output controller berdasarkan harga *fire strength* yang telah dihitung dan menentukan *fuzzy set* untuk setiap variable output. Harga kontrol *crisp* akhir didapatkan baik dengan memilih atau menggabungkan harga output kontrol serta tergantung pada strategi *defuzzification* yang dipilih.

2.2.4. Desain rule-rule kontrol fuzzy

- **Sumber dari rule-rule fuzzy**
 - *Domain expert's experience*
Sampai pada saat ini semua controller logika fuzzy didesain berdasarkan keahlian atau pengalaman membuatnya.
 - **Pembuatan model aksi kontrol**
Dalam kebanyakan kontrol system hubungan input output tidak diketahul dengan cukup teliti dalam mengerjakan teori klasik untuk model dan simulasi system kontrol. Keberhasilan sistem kontrol ditetapkan oleh banyaknya model matem4tik system kontrol.
 - *Fuzzy modelling*
Fuzzy modelling adalah skema kualitas model dari system yang dikontrol oleh banyaknya kuantitas fuzzy. Pada dasarnya model

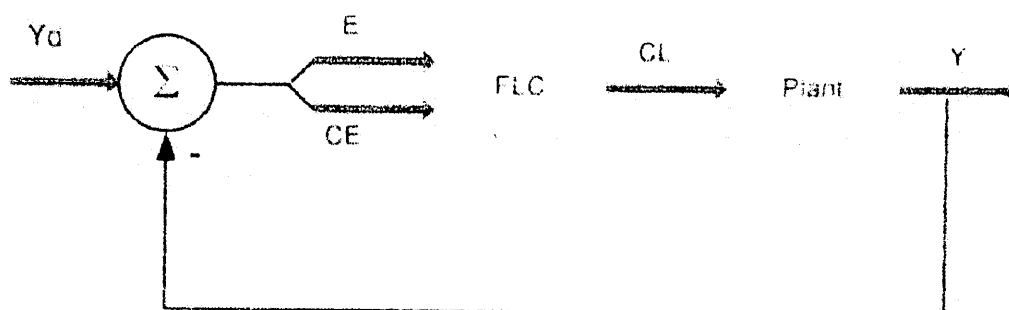
fuzzy dapat dibuat dari *rule-rule fuzzy* yang menghasilkan kemampuan maksimal dari system kontrol.

- *Self organizing / learning*

System kontrol fuzzy dapat dibuat dengan menggunakan simulasi pikiran manusia yang diimplementasikan dalam rule-rule system kontrol fuzzy.

- **Pendekatan Heuristic**

Pendekatan heuristic sangat tergantung pada kemampuan sistem dalam menangani permasalahan-permasalahan yang dihadapi. Dalam close loop system seperti yang terlihat pada gambar 2.3. berikut, dimana input variable dari fuzzy logic adalah error (E) dan perubahan error (CE), output dari FLC adalah perubahan dari proses input (CI).



Gambar 2-4. FLC Close loop control system

Prinsip untuk membuat rule-rule fuzzy kontrol dalam proses kontrol dapat ditunjukkan sebagai berikut:

- Jika input memiliki nilai yang diinginkan tanpa adanya perubahan error atau $CE = 0$ maka output FLC adalah konstan.
- Jika output berbeda dari nilai yang diinginkan, aksi kontrol tergantung pada tanda dan nilai error dan perubahannya. Jika kondisi error seperti itu dapat dibetulkan secepatnya oleh aksi kontrol itu sendiri.

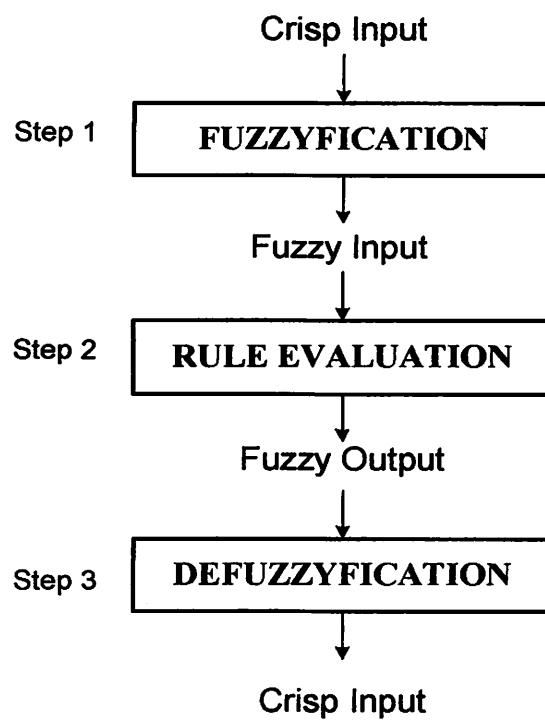
- **Pendekatan Deterministic**

Pendekatan deterministic secara sistem ditetapkan struktur linguistic atau parameter rule-rule kontrol fuzzy yang dapat memenuhi obyektivitas kontrol dan batasan-batasan. Batasan teknik yang ditawarkan:

- Metode pemeriksaan logic untuk memasukkan proses data input-output ke dalam rule-rule kontrol fuzzy.
- Pendekatan model fuzzy. Untuk proses model atau aksi kontrol dari operator manusia. Menggunakan metode ini, identifikasi struktur dan identifikasi parameter ditampilkan oleh manipulasi input dan melihat data output dan model fuzzy ditetapkan untuk proses. Metode fuzzy clustering selalu digunakan untuk menemukan jalan rule-rule dan untuk partisi spasi input.

Ada tiga langkah pokok dalam menentukan Fuzzy Logic Processing yaitu:

- Fuzzification
- Rule Evaluation
- Defuzzification



Gambar 2-5. Fuzzy Logic Processing

2.2.5. Fuzzyfikasi

Fuzzifikasi adalah pemetaan data input pada fuzzy set. Data umumnya crisp. Data setelah dipetakan diubah menjadi bahasa yang sesuai sebagai label fuzzy set. Proses tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$X = \text{Fuzzifier}(x_0)$$

Dimana: x_0 adalah vector dari harga crisp dari satu variable input

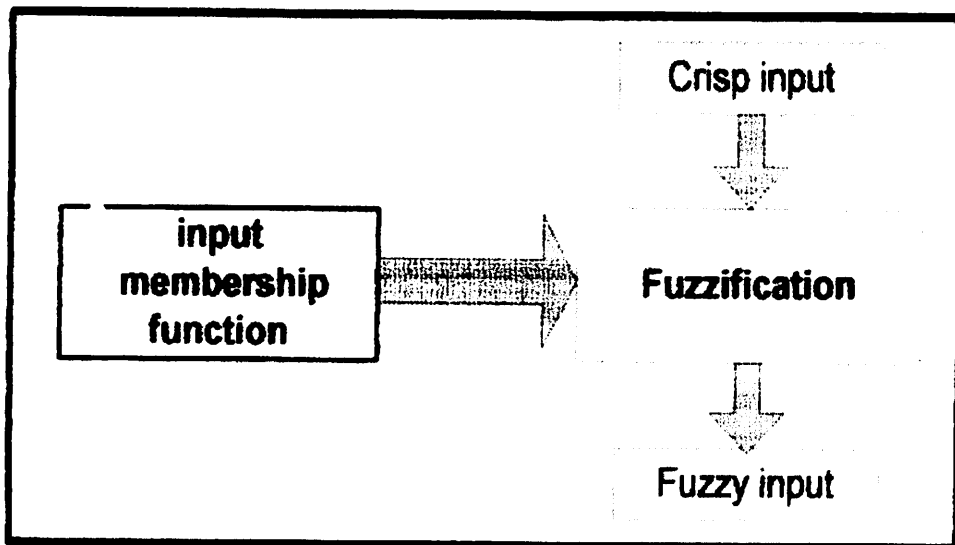
Fuzzifier adalah operator fuzzifikasi yang menyebabkan pemetaan harga crisp dari fuzzy set.

Ada beberapa strategi fuzzifikasi, termasuk fuzzy singleton, fuzzy number, dan hybrid fuzzy/random number:

1. **Fuzzy singleton.** Dalam dunia kontrol nyata, input umumnya dihasilkan oleh sensor dan berharga crisp. Ada kemudahan dengan memperlakukan suatu harga input tertentu sebagai fuzzy singleton yaitu harga crisp yang diperoleh diubah dalam fuzzy singleton pada universe of discourse tertentu. Dalam hal ini, input X_0 diinterpretasikan sebagai fuzzy set yang membership function $\mu_A(x)$ sama dengan nol kecuali pada titik x_0 dimana $\mu_A(x_0) = 1$. Strategi secara luas digunakan pada aplikasi controller logika fuzzy karena natural dan mudah diimplementasikan.
2. **Fuzzy number** adalah pengembangan dari interval keyakinan (interval out of confidence). Suatu bilangan fuzzy R adalah subset fuzzy R yang konveks dan normal. Bilangan acak didefinisikan dalam probabilitas dan termasuk dalam teori pengukuran. Suatu variable acak adalah data obyektif, sedangkan bilangan fuzzy adalah data subyektif. Merupakan evaluasi dan bukan pengukuran. Jika data yang diamati terganggu oleh noise acak, suatu operator fuzzifikasi dapat mengubahnya menjadi bilangan fuzzy. Dengan cara ini, efisiensi perhitungan dapat ditingkatkan karena bilangan fuzzy lebih mudah dimanipulasi dari bilangan acak.

3. **Hybrid fuzzy/random number.** Gabungan antara bilangan fuzzy dan bilangan acak yang digunakan untuk menyatakan suatu data yang difuzzy-kan. Dimanfaatkan dalam pengukuran yang melibatkan pertimbangan statistic.

Syarat utama untuk mengubah crisp input menjadi fuzzy input adalah menentukan membership function untuk tiap input.



Gambar 2-6. Proses Fuzzyfikasi

Ada beberapa langkah dalam proses fuizzifikasi yaitu:

2.2.5.1. Penentuan fuzzy label

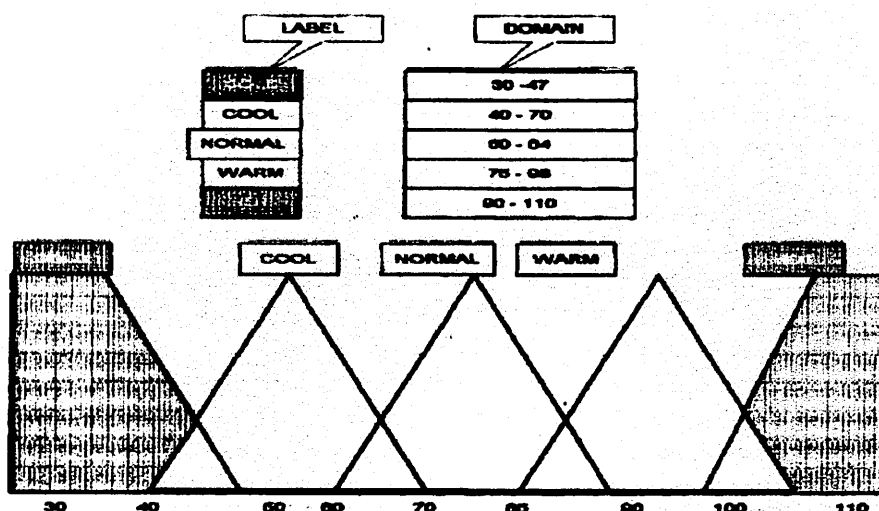
Menentukan fuzzy label pada universe of discouse dari tiap crisp input sebagai contoh untuk scrip input dari jarak (distance) dapat ditentukan dalam fuzzy label terdiri dari:

- dekat
- agak dekat
- medium
- agak jauh
- jauh

Misalnya dalam kontrol fuzzy logic ada satu crisp input (pada incubator):

Suhu dibagi dingin, agak dingin, hangat, agak panas, panas.

Dingin, agak dingin, hangat, agak panas, panas dinamakan Fuzzy label. Secara umum banyaknya fuzzy label akan menentukan resolusi system tersebut. Semakin banyak fuzzy label akan semakin tinggi resolusi sistem kontrol atau pengaturannya semakin halus. Tetapi ada kerugiannya, dengan banyaknya fuzzy label mengakibatkan juga banyaknya pemakaian waktu, sehingga penentuannya harus balance dengan fuzzy set dan simetris.

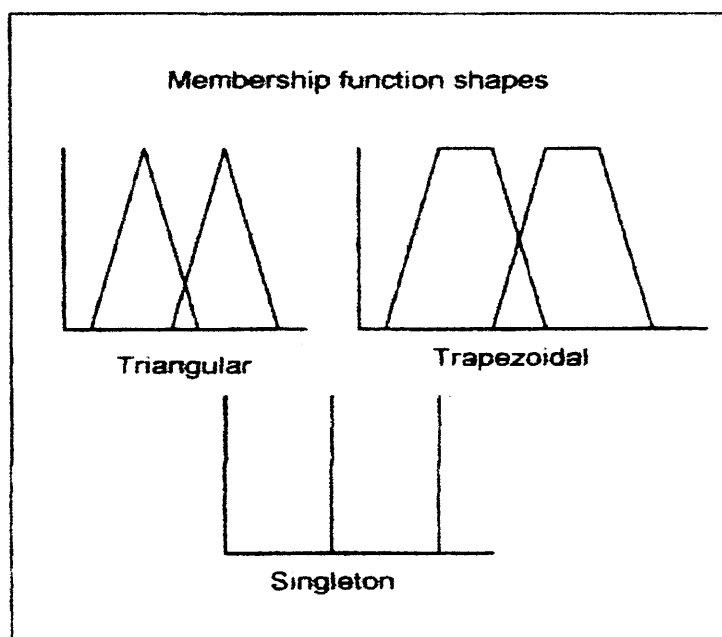


Gambar 2-7. Contoh Input Membership Function

2.2.5.2. Penentuan nilai-nilai fuzzy label

Penentuan nilai-nilai fuzzy label harus sesuai dengan universe of discourse dari crisp input, misalnya suatu crisp input texture adalah tegangan input ADC. Karena texture disensor oleh transducer yang mempunyai variable output OV-SV. Pada universe of discourse (voltage).

Ada beberapa bentuk dari membership function yang telah ditentukan label dan nilainya. Perlu diketahui bentuk membership function akan berpengaruh dengan proses fuzzy.



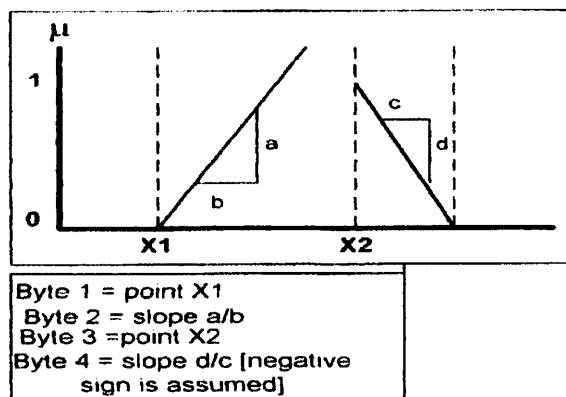
Gambar 2-8. Bentuk- bentuk umum *membership function*

Dari ketiga bentuk tersebut, biasanya bentuk *singleton* digunakan sebagai bentuk *output membership function*, karena bentuknya yang sederhana sehingga mudah diproses oleh mikrokontroler atau mikroprosesor dan membuat algoritma

defuzzifikasi menjadi sederhana. Ada beberapa metode untuk mengkonversi *membership function* pada mikrokontroller, yaitu:

1. Point Slope Representation

Metode ini memberikan waktu proses yang cepat dan ruang memori yang sedikit pada mikrokontroller atau mikroprosesor. Bentuk *membership function* dapat diwakili atau dikonversi dalam empat *bytes*, sebagai berikut:



Gambar 2-9. Point Slope Representation

Byte ke-1 adalah nilai dari x_1 pada *universe of discourse*

Byte ke-2 adalah merupakan nilai kemiringan atau gradien sisi pertama $\left[\frac{a}{b} \right]$

Byte ke-3 adalah nilai dari x_2 pada *universe of discourse*

Byte ke-4 merupakan nilai kemiringan atau gradien sisi kedua $\left[\frac{c}{d} \right]$

2. *Look up Table Representation*

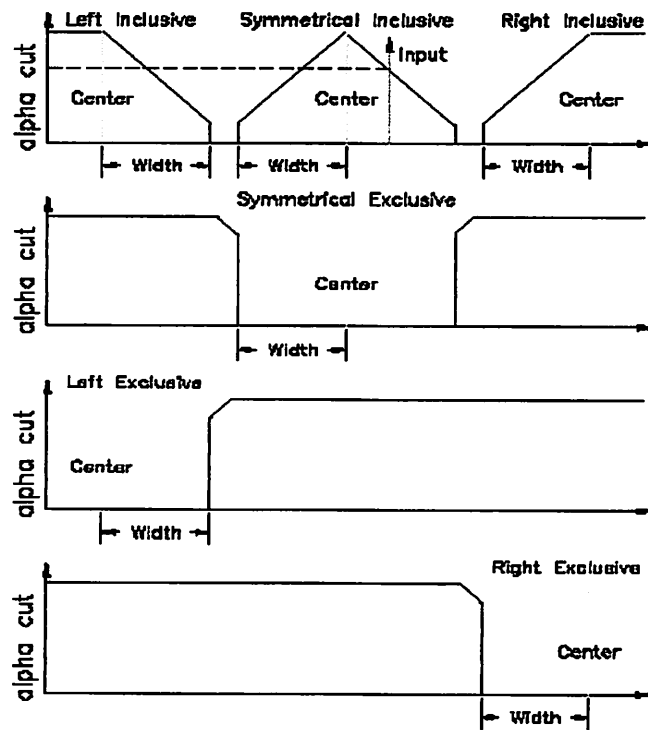
Metode ini tepat digunakan untuk mengkonversi bentuk membership function yang berubah-ubah. Metode ini merupakan metode konversi yang cepat tetapi banyak menghabiskan memori. Banyaknya pemakaian memori tergantung bentuk membership function itu sendiri. Sebagai tambahan, bentuk yang berubah-ubah ini akan memakan banyak waktu pada *Defuzzifikasi*, jika mikrokontroller menggunakan metode *Centre Of Gravity (COG)*. Metode COG ini akan dibahas pada sub bab Defuzzifikasi.

2.2.5.3. Input membership function

Berfungsi untuk menentukan *degree of membership* untuk setiap input. Dimana *degree of membership* dapat ditunjukkan pada fuzzy set misalnya pada crisp input texture nilai tegangan dua buah fuzzy label yaitu *biasa dan agak halus*.

2.2.5.4. Bentuk Membership Function AL220

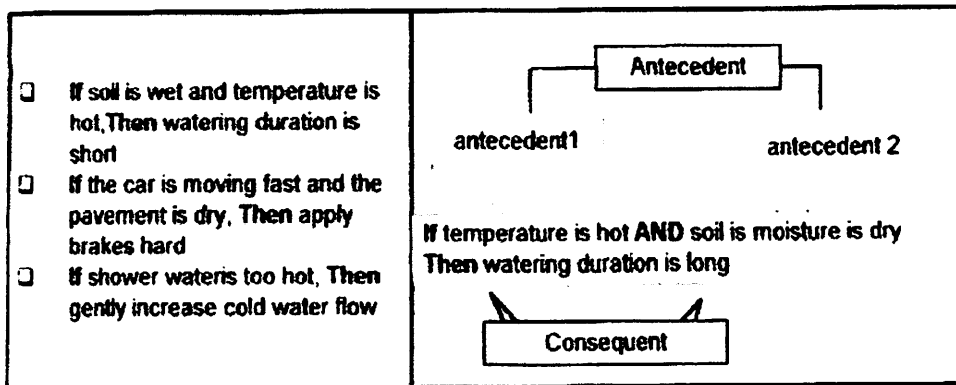
Pada pemrograman IC a1220 mempunyai 7 membership function yang bisa diprogram sehingga memudahkan pemakai untuk memilih yang sesuai dengan kontrol yang diinginkan. Bentuk-bentuk membership function seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2-10. Bentuk *membership function* A1220

2.2.5.5. Rule Evaluation

Proses fuzzy menggunakan Rules untuk menentukan aksi kontrol sebagai respon dari input system. *Rule Evaluation* dapat juga disebut *Fuzzy Inference*. *Fuzzy Rules* berupa statement "IF-THAN" yang menyatakan aksi yang akan dilakukan sebagai respon dari variasi fuzzy input sebagai contoh:



Gambar 2-11. Contoh fuzzy rules dan bagian-bagiannya

Jika *Fuzzy rules* mempunyai lebih dari satu *antecedent* atau mempunyai lebih dari satu *consequent* maka antara *antecedent* atau *consequent* yang satu dengan yang lain diberi penghubung yang disebut *fuzzy operator*. Pada contoh gambar 2.9, rules mempunyai fuzzy operator "AND".

Dalam *fuzzy logic reasoning* ada dua tipe dari *fuzzy inference rule* yang dinamakan *Generalized Modus Ponens* (GMP) dan *Generalised Modus Tollens* (GMT). Modus ponens yang dikatakan sebagai indirect reasoning.

Dengan fuzzy set yang dinotasikan A, A', B' dan variable linguistic dinotasikan x, y maka GMP dan GMT dapat diekspresikan seperti ini:

GMP : Alasan 1 (Knowledge): IF x is A THEN y is B

Alasan 2 (fact) x is A

Consequent y is B

Sedangkan consequent B' dapat dinotasikan

$$B' = A' \circ R$$

Dimana : R adalah Fuzzy relation dari implikasi IF A THEN B 0 adalah operator komposisi A' adalah fuzzy set dimana mungkin merupakan bentuk A, sangat A, lebih atau kurang A, bukan A.

GMT : Alasan 1 (Knowledge) : IF x is A THEN is B

Alasan 2 (fact) y is B'

Consequent x is A'

Consequent A' dinyatakan

$$A' = R \circ B'$$

Langkah-langkah rule evaluation:

1. Rule inference (penentuan rule)

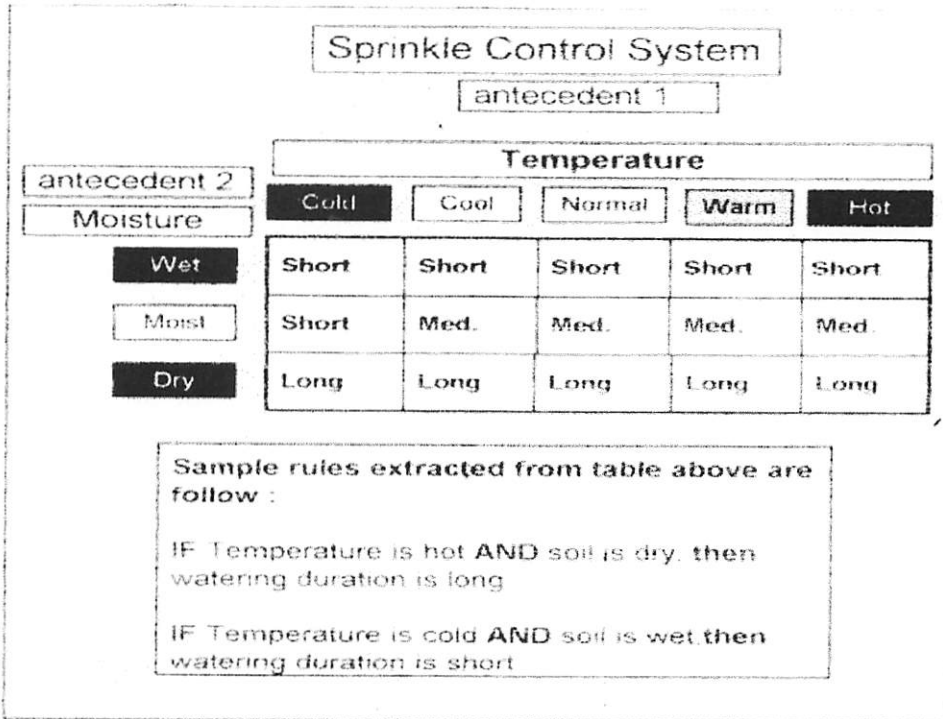
Dengan menggunakan matrik rule

2. Pengevaluasian Relevansi dari tiap antecedent, dibuat garis vertikal melalui crisp input (x-value) yang diinginkan lalu dibuat garis horizontal untuk menentukan *degree of membership function* (y-value) mulai dari perpotongan garis vertikal tersebut dengan membership function ke sumbu y sebagai contoh dapat dilihat gambar 2.1 1.

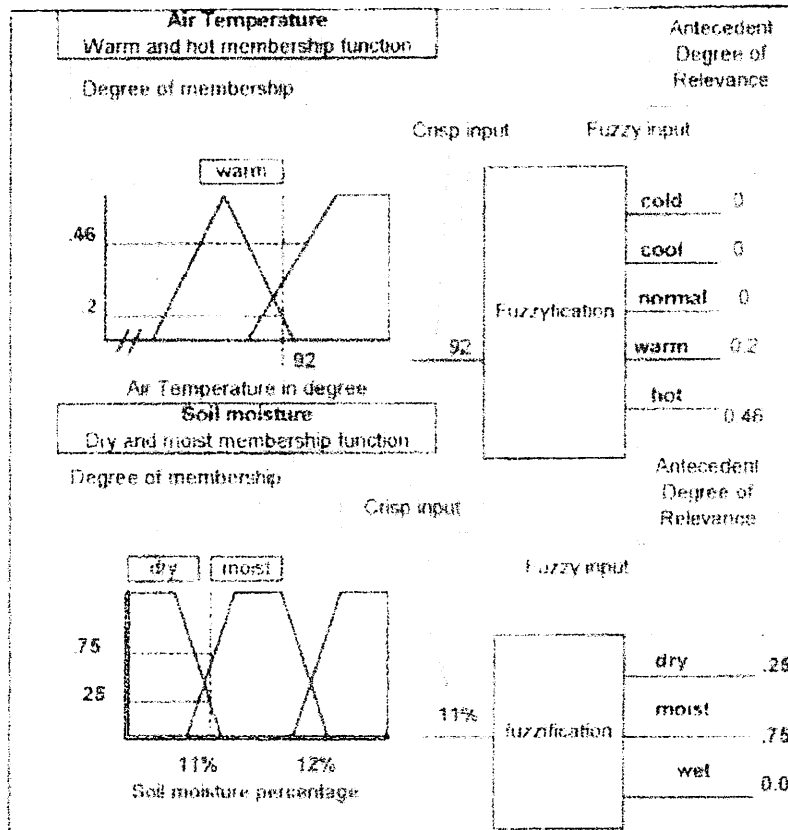
3. Penentuan *Rule's strength*

Dalam penentuan *rule's strength* harus diperhatikan pemakaian fuzzy operator. Ada dua operator utama seperti telah diuraikan yaitu "AND" (intersection) dan "OR" (union). Untuk operator "AND" nilai minimum dari *truth value of anteceden* yang akan dipilih untuk menentukan rule's of strength secara global. Untuk operator "OR" nilai

maksimum dari *truth value of antecedent* yang akan dipilih untuk menentukan rule's of antecedent secara global.



Gambar 2-12. Contoh Matrik Rule



Gambar 2-13. Contoh Evaluasi Degree of Membership Function

Contoh:

Rule: If suhu is hot (0,46) And tanah is dry (0.25), Then waktu siram long

Rule tersebut mempunyai rule's strength = 0.25

Direkomendasikan, operator yang digunakan adalah operator AND. Jika digunakan operator OR, diusahakan dikonversi ke operator And.

- Menentukan fuzzy output dengan membandingkan rule's strength dari seluruh rule yang menyatakan consequent label yang sama.

Contoh

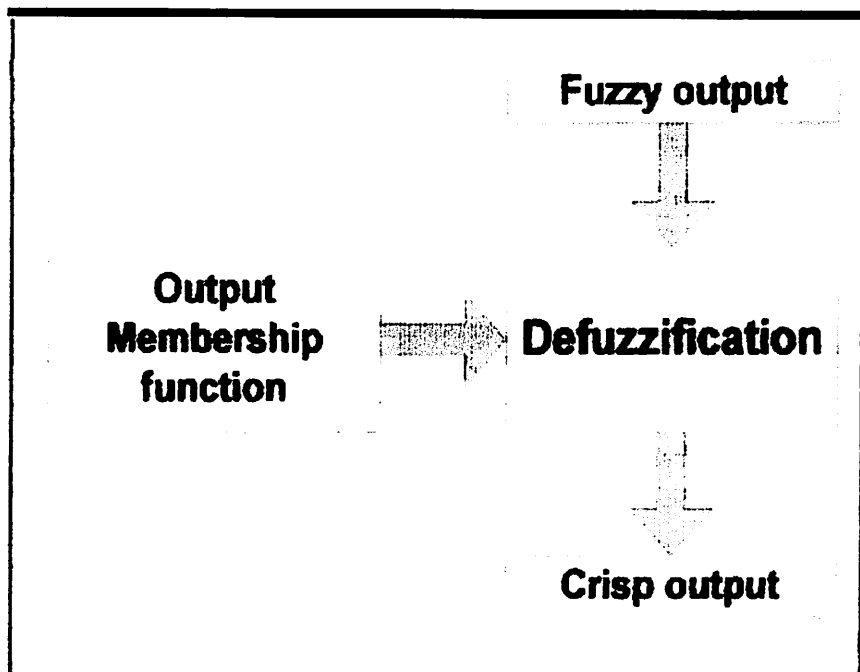
(i) waktu "long" (0.25) dan "medium" (0.4)

(ii) waktu "long" (0.65) dan "medium" (0.3)

Jika ada sekumpulan rule yang mempunyai dua output misalnya "long" dan "medium", maka fuzzy output ditentukan oleh nilai maksimum rule's strength dari seluruh rule yang mengakibatkan output yang sama. Dari contoh diatas maka nilai long yang dipakai "long" (0.6) dan "medium" (0.4). metode rule evaluation yang digunakan disebut min-max inference. Karena metode ini mengambil nilai minimum dari antecedents untuk menentukan rule's strength dan mengambil nilai dari rule's strength tiap consequent untuk menentukan fungsi output.

2.2.6. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses pemetaan dari aksi kontrol ketentuan fuzzy ke bagian aksi kontrol non fuzzy atau crisp output. Atau dengan kata lain mengimplementasikan suatu rule evaluation proses fuzzifikasi kedalam suatu crisp output.dari fuzzy processing. Strategi yang selalu digunakan dalam defuzzifikasi adalah metode *Mean of Maximum (MOM)* dan *Center of Area (COA)/Center of Gravity (COG)*



Gambar 2-14. Proses Defuzzyfikasi

2.2.6.1. Mean of Maximum (MOM) Method

Proses Defuzzifikasi Mean of Maximum sering disebut defuzzifikasi tinggi (Height Defuzzification). Strategi MOM membangkitkan aksi kontrol yang menampilkan harga rata-rata dari seluruh harga kontrol dengan membership function mencapai maksimum.

Harga kontrol defuzzifikasi W untuk system MISO (Multi Input Single Output) ditentukan:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n a_i H_i W_i}{\sum_{i=1}^n a_i H_i}$$

Dimana : n banyaknya rule

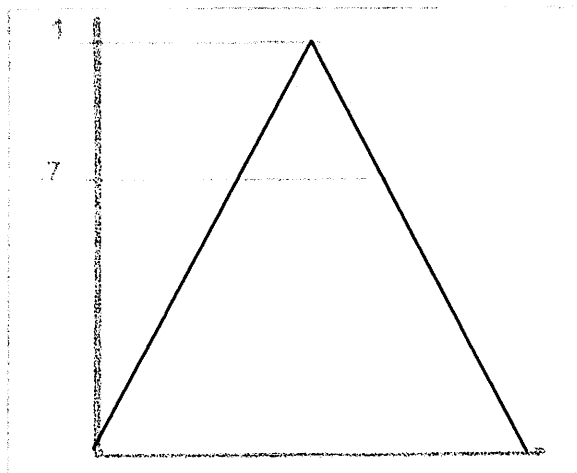
α_i adalah harga fire strength rule ke- i

H_i adalah harga crisp tinggi maksimum membership function fuzzy set yang didefinisikan untuk output rule ke- i

W_i adalah titik dimana harga crisp pada output universe of discourse.

2.2.6.2. Centre of Area (COA) Method

Metode Centre of Area menghasilkan Centre of Gravity (COG) dari setiap kemungkinan harga output kontrol. Ada beberapa langkah yang perlu diperhatikan pada proses defuzzifikasi. Perlunya pembahasan atau mengubah nilai output membership function dari nilai fuzzy output diambil nilai terbesar dari rule's strength tiap consequent. Teknik defuzzifikasi seperti ini dapat dilihat pada gambar



Output membership function is "clipped" at the value of the fuzzy output

Gambar 2-15. Pemotongan pada output membership function

Dari gambar tersebut nilai fuzzy output = 0.7, maka output membership function akan dipotong dan hasil pemotongan itu ditunjukkan pada gambar dengan garis. Pemotongan membership function ini disebut Lamda-cut (λ -cut). Ini berfungsi untuk membatasi kebenaran maksimum dari membership function atau daerah fuzzy (fuzzy region)

$$\mu_A(X) = \min(\mu_A(X), \lambda\text{-cut})$$

Setelah adanya pembatasan output membership function maka diperlukan lagi suatu balanced point atau titik seimbang yang merupakan Crisp output. Cara menghitung nilai seimbang ini adalah dengan menggunakan rumus Centre of Gravity (COG)

$$\text{Diskrit : COG} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \mu_S(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_S(y_i)}$$

$$\text{Analog : COG} = \frac{\int_a^b \mu x \cdot x dx}{\int_a^b \mu x dx}$$

Dimana n = jumlah consequent pada fuzzy region (s)

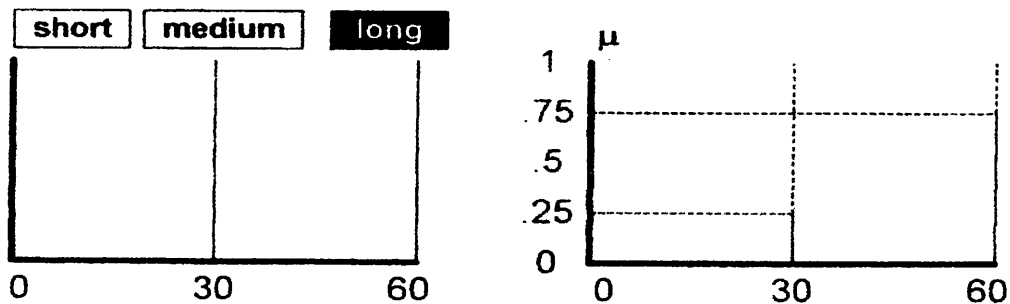
Y_i = nilai crisp ke -1

$gs(y_i)$ = membership grade dari consequent ke-1

Ada beberapa bentuk output membership function antara lain triangular dan trapezoidal dan mempunyai rumus yang berbeda dengan output membership function bentuk singleton. Membership function untuk fuzzy singleton mempunyai rumus:

$$\text{COG} = \frac{\sum_i (\text{Fuzzyoutput})x(\text{Singleton})}{\sum_i (\text{Fuzzyoutput})}$$

Contoh : suatu output membership function dari suatu *Universe of Discourse* lama penyiraman mempunyai tiga buah output membership function yaitu: *short*, *medium*, *long* seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2-16. Proses Deffuzyfikasi bentuk singleton

Berdasarkan gambar didapatkan perpotongan universe of discourse dan fungsi μ_x didapatkan nilai output membership function 0.30, 60 dan fungsi μ_x adalah : 0, 0.25, 0.75 yang merupakan rule degree of truth dari rumus COG untuk fuzzy singleton adalah:

$$\text{COG} = \frac{(0 \times 0,00) + (30 \times 0,25) + (60 \times 0,75)}{(0 + 0,25 + 0,75)}$$

$$\text{COG} = 52.5$$

Jadi Crisp output = 52.5

Berdasarkan uraian diatas, metode COG ada dua yaitu

1. COG untuk arbitrary (bentuk berubah-ubah) termasuk bentuk output membership function triangular dan trapezoidal, mempunyai keuntungan yaitu output yang dihasilkan akan lebih konstan.

2. COG untuk singleton output membership function mempunyai keuntungan yaitu: perhitungannya sederhana dan cocok digunakan untuk mikrokontroller dengan fasilitas ROM yang kecil seperti misalnya AT89S51.

2.2.6.3. Metode Defuzzyfikasi AL220

Metode defuzzyfikasi menyebabkan beberapa aksi rule yang menang untuk drive output AL220 mempunyai dua metode defuzzyfikasi yaitu "Immediate" dan "Accumulate".

- Immediate Mode : Fungsinya seperti "lookup table" dimana aksinya langsung ke output
- Accumulate Mode : Increment atau Decrement output sekarang dengan memperhatikan aksi.output sebelumnya.

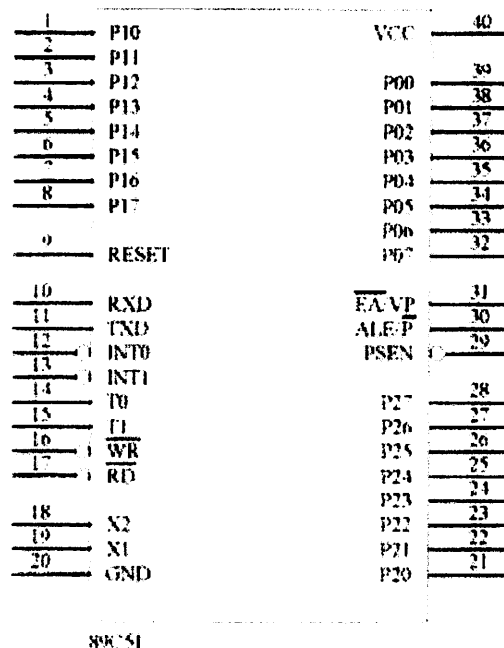
2.3. Mikrokontroller AT89S51

AT89S51 merupakan mikrokontroller yang kompatibel dengan keluarga mikrokontroller MCS-51. Mikrokontroller produksi dari ATMEL mempunyai konfigurasi sebagai berikut :

- 8 bit CPU (Central Processing Unit) dengan register A dan B.
- 16 bit PC (Program Counter) dan DPTR (Data Pointer).
- 8 bit PSW (Program Status Word).
- 8 bit SP (Stack Pointer).
- Internal Flash Programmable and Erasable Read Only

- Memory (PEROM) sebesar 4 Kbyte.
- 128 Byte internal RAM.
- 4 Register Bank masing-masing berisi 8 Register.
- 16 Byte yang dapat diamati pada bit level
- 32 pin I/O tersusun sebagai 4 port @ 8 bit

AT89S51 mempunyai dua buah power-saving mode yang dapat diatur melalui software, yaitu : IDLE Mode, yang akan menghentikan CPU sedangkan RAM, Timer/Counter, Serial port dan interrupt system tetap berfungsi. POWER DOWN Mode, yang akan menyimpan isi RAM tetapi menahan oscillator untuk tidak mengaktifkan fungsi-fungsi chip yang lain sampai terjadi reset secara hardware berikutnya.



Gambar 2-17. Konfigurasi Pin-Pin AT89S51
** sumber : Data Sheet A T89S51*

2.3.1. Definisi Pin.

VCC

Sumber Tegangan

GND

Ground

PORT 0

Port 0 merupakan bidirectional I/O port 8-bit dengan konfigurasi open drain. Setiap output port dapat menahan 8 buah TTL input. Saat logika "1" diberikan ke pin port 0 ini, maka pin tersebut dapat digunakan sebagai low order address/data bus yang termultipleks selama terjadi pengaksesan program dan data memory eksternal. Pada mode ini P0 memiliki internal pull-up. Port ini juga menerima kode selama flash programming, dan mengeluarkan byte kode tersebut selama verifikasi program. Pull-up eksternal diperlukan pada saat verifikasi program ini berlangsung.

PORT 1

Port ini merupakan bidirectional I/O port 8-bit dengan pullup internal. Setiap buffer output port 1 dapat menahan/memberikan (sink/source) arus kepada 4 buah TTL input. Saat logika "1" diberikan ke pin port 1 ini, maka pin tersebut akan diberi pull-high oleh internal pull-up dapat digunakan sebagai pin input. Sebagai input, port 1 pin

yang diberi pull-low secara eksternal akan memberikan arus (IIL) dikarenakan adanya internal pull-up. Port 1 juga menerima low-order address byte selama Flash Programming verifikasi program.

PORT 2

Port 2 merupakan bidirectional I/O port 8-bit dengan internal pull-up. Setiap buffer output port 2 dapat menahan/memberikan (sink/source) arus kepada 4 buah TTL input. Saat logika "1" diberikan ke pin port 2 ini, maka pin tersebut akan diberi pull-high oleh internal pull-up dapat digunakan sebagai pin input. Sebagai input, port 2 ini pin yang diberi pull-low secara eksternal akan memberikan arus (IIL) dikarenakan adanya internal pull-up. Port 2 juga menerima high-order address byte selama terjadi Latch dari program memory eksternal menggunakan pengalamatan 16-bit (MOV @DPTR). Pada aplikasi ini port 2 akan memberikan pull-up internal saat menghasilkan logika "1". Selama terjadi pengaksesan data yang menggunakan pengalamatan 8-bit (MOVX @RI), Port 2 mengeluarkan isi dari Special Function Register (SFR) P2. Port 2, juga menerima high-order address byte dan beberapa sinyal kontrol selama Flash Programming dan verifikasi program.

PORT 3

Port 3 merupakan bidirectional I/O port 8-bit dengan pull-up internal. Setiap buffer output port 3 dapat menahan/memberikan (sink/source) arus kepada 4 buah TTL input. Saat logika "1" diberikan

ke pin port 3 ini, maka pin tersebut akan diberi pull-high oleh internal pull-up dapat digunakan sebagai pin input. Sebagai input port 3 pin yang diberi pull-low secara eksternal akan memberikan arus (IIL) dikarenakan adanya internal pull-up. Port3 juga menyediakan beberapa fungsi dari special feature AT89S51 sebagai berikut:

**Tabel 2-1.
Port 3 Special Function**

Port Pin	Fungsi Alternatif
P3. 0	RXD (Serial input port)
P3.1	TXD (Serial output port)
P3.2	INT0 (External InterruptO)
P3.3	TO (Timer 0 External Input)
P3.4	TO (Timer 0 External Input)
P3.5	TI (Timer 1 External Input)
P3.6	WR (External data memory write strobe)
P3.7	RD (External data memory read strobe)

Port 3 juga menerima beberapa sinyal kontrol untuk Flash Programming dan verifikasi program.

RST

Reset input. Sinyal "high" pada pin ini selama dua machine cycle pada saat oscillator bekerja akan me-reset AT89C51.

ALE/PROG

Address Latch Enable akan mengeluarkan pulsa untuk menahan bit rendah sebuah alamat selama mengakses memory eksternal. Pin ini juga merupakan input pulsa bagi program (PROG) selama mengakses memory eksternal. Sebagai catatan, bagaimanapun, satu pulsa ALE akan diloncati selama terjadi pengaksesan data memory eksternal. Apabila diinginkan, operasi ALE dapat di-disabel dengan memberikan set bit 0 pada SFR lokasi 8Eh. Dengan bit "set", ALE akan aktif hanya selama instruksi MOVX atau MOVC. Jika tidak, pin ini akan dipull-high dengan lemah. Pengesetan bit ALE-Disable ini tidak mempengaruhi apabila mikrokontroler berada pada kondisi eksternal execution mode.

PSEN

Program Store Enable, merupakan sebuah read strobe untuk eksternal, program memory. Saat AT89S51 sedang mengeksekusi kode dari program memory eksternal, PSEN akan diaktifkan dua kali setiap machine cycle, dengan pengecualian bahwa pengaktifan PSEN akan diloncati setiap pengaksesan data memory eksternal.

EA/VP

External Acces Enable, EA harus dihubungkan ke GND untuk membuat AT89S51 mengambil kode dari lokasi program memory eksternal yang dimulai dari alamat 0000h sampai FFFFH. Catatan,

bagaimanapun apabila lock-bit 1 diprogram, maka EA akan secara internal ditahan saat reset. EA harus dihubungkan ke VCC untuk eksekusi program internal. Pin ini juga akan menerima Tegangan Programing 12-volt (Vpp) selama flash Programing untuk IC yang memerlukan 12-volt Vpp.

XTAL 1

Merupakan input bagi penguat oscillator inverting dan rangkaian pengoperasi internal clock.

XTAL 2

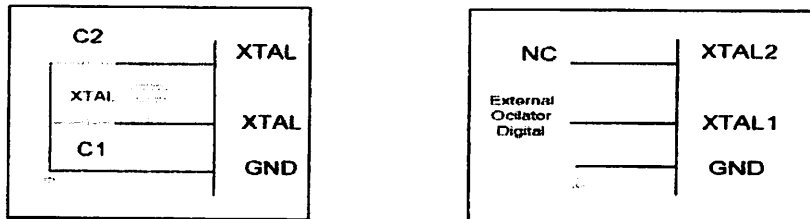
Merupakan output dari penguat oscillator inverting.

2.3.2. Karakteristik Oscillator

XTAL 1 dan XTAL 2 secara berurutan merupakan input dan output, dari sebuah inverting amplifier yang dapat dikonfigurasi penggunaannya sebagai on-chip oscillator seperti ditunjukkan oleh gambar dibawah ini. Baik menggunakan sebuah crystal quartz maupun resonator keramik.

Untuk memberikan AT89S51 dari sumber clock eksternal, maka pin XTAL 2 dibiarkan tidak terhubung dan XTAL 1 dihubungkan seperti pada gambar befflwt. Rangkaian ini tidak memerlukan duty-cycle dari setiap sinyal clock external, karena input bagi masukan rangkaian clock internal langsung

dihubungkan ke Flip-Flop pembagi dua, tetapi spesifikasi nilai tegangan pada saat tinggi rendah, maksimum dan minimumnya diberikan.



a) *Oscillator Connection*

b) *External Clock Drive Configuration*

Gambar 2-18. (a) Oscillator Connection (b) External Clock Drive Konfiguration

Sumber : Data Sheet AT89S51

2.3.3. IDLE Mode

Pada IDLE Mode, CPU akan 'menidurkan' dirinya sendiri. Sementara semua peripheral on-chip tetap aktif. Mode ini diaktifkan secara software. Isi dari on-chip RAM dan semua SFR tetap tidak berubah selama mode ini, Idle Mode diakhiri oleh semua interrupt enable atau oleh reset hardware. Perlu dicatat bahwa jika Idle Mode diakhiri oleh reset hardware maka device akan menganggap sebuah eksekusi program normalnya. Dari saat dimana program tersebut ditinggalkan hingga dua machine cycle sebelum algoritma rereset internal mengambil alih. Pada saat ini on-chip hardware akan menghalangi akses ke internal RAM tetapi tidak menghalangi akses ke internal RAM tetapi tidak menghalangi akses ke-port lain.

Untuk menghindari terjadinya kemungkinan penulisan yang tidak diinginkan ke port pin pada saat Idle Mode diakhiri oleh reset, maka instruksi yang mengikuti pengakhiran mode ini janganlah salah satu dari intruksi untuk menulis ke pin port atau eksternal memory.

2.3.4. Power Down Mode

Pada power down mode, oscillator distop dan insruksi yang mengaktifkan Power Down adalah insruksi terakhir yang dieksekusi. On-chip RAM dan SFR akan tetap nilainya hingga Power Down Mode diakhiri. Untuk mengakhiri Power Down Mode hanya bisa dilakukan dengan hard ware reset.

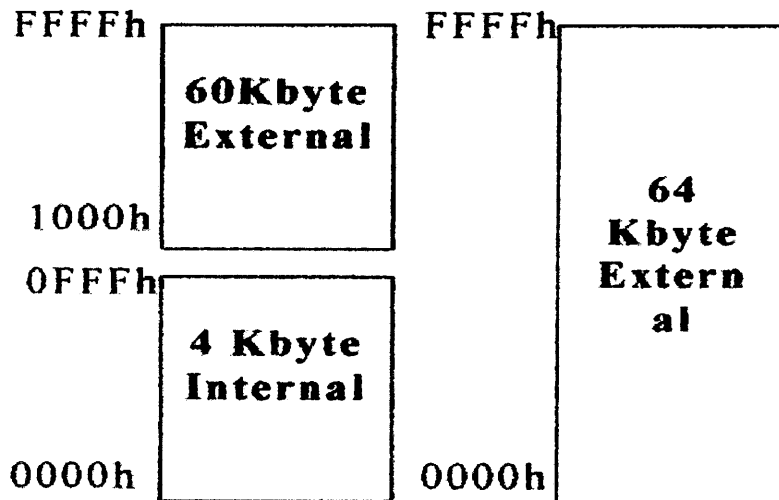
Reset akan mendefinisi ulang SFR tetapi tidak mengubah onchip RAM. Reset seharusnya tidak boleh diaktifkan sebelum VCC dikembalikan pada level operasi normal dan harus tetap aktif selama mungkin untuk membuat oscillator restart:dan stabil.

2.3.5. Organisasi Memory

Didalam AT89S51 telah dibedakan antara program memory dan data memory.

2.3.5.1. Internal Program Memory

AT89S51 memiliki internal program memory 4 Kbyte dan dapat diekspan menjadi 64 Kbyte. Secara otomatis jika address program lebih besar dari OFFH akan mengeksekusi address byte dari eksttensi program memory.



Gambar 2-19. Organisasi Program Memory
 3)Intel, Microcontroller Hand Book, Hal 8.2

2.3.5.2. Data Memory

Untuk data memory di bagi menjadi dua bagian yaitu data memory yang dapat diakses secara direct addressing (SFR) dan diakses secara direct dan indirect. Untuk alamat bawah yang pertama yaitu 000h sampai 7FFh sebanyak 128 byte terbagi dalam tiga bagian besar berdasarkan kegunaannya sebagai berikut

a. Register bank 0-3

Lokasi register bank dimulai dari 00h-1Fh yang terdiri dari 32 byte. Register bank ini terdiri dari 4 buah @ 8 byte yang dapat dipilih melalui pengaturan RSO dan RSI yang merupakan byte ke-3 dari program status word register.

b. Bit addressable

Terdiri dari 16 byte yang dimulai dari 20h-7Fh. Masing-masing dari 128 bit lokasi ini dapat dialamati secara langsung.

Antarmuka Paralel (Parallel Interface), dan Antarmuka Seri (Serial Interface). Selain ke-empat bagian utama tersebut diperlukan juga Decoding untuk mengaktifkan salah satu dari bagian utama port ekspansi (ekspansi port) digunakan untuk mengembangkan Elkit01 menjadi system yang lebih besar.

2.4. Motor DC

Motor arus searah (DC) adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran rotor.

Dalam kehidupan sehari-hari pemakaian motor arus searah sering dijumpai dimana-mana. Sebagai contoh adalah motor yang dipasang pada starter mobil, mainan anak-anak, tape recorder dan lain sebagainya. Sedangkan pada pabrik-pabrik, motor arus searah dapat dijumpai pada elevator, conveyor dan sebagainya.

2.4.1. Prinsip Dasar Motor Arus Searah

Prinsip dasar dari motor arus searah adalah, kalau sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S), maka pada kawat tersebut akan bekerja suatu gaya yang akan menggerakkan kawat tersebut. Arah gerak dari kawat tersebut dapat ditentukan dengan *Kaidah Tangan Kiri* yang berbunyi sebagai

berikut : “Apabila tangan kiri dibiarkan terbuka dan diletakkan diantara kutub Utara dan kutub Selatan, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub Utara menembus telapak tangan kiri dan arus didalam kawat mengalir searah dengan keempat jari, maka kawat tersebut akan mendapat gaya yang jatuhnya sesuai dengan ibu jari” Adapun besarnya gaya yang bekerja pada kawat tersebut dapat dirumuskan :

$$F = B.L.I \text{ Newton}$$

Dimana, B = kerapatan flugs magnet (weber)

L = panjang penghantar (meter)

I = arus listrik (ampere)

Pada motor arus searah (DC) kumparan rotornya tidak hanya satu, tetapi terdiri dari kumparan dan komutator yang banyak dengan maksud untuk mendapatkan torsi yang kuat dan terus menerus.

2.4.2. Torsi.

Yang dimaksud dengan torsi adalah putaran atau pemuntiran dari suatu gaya terhadap suatu poros. Ini diukur dengan hasil kali gaya itu dengan jari-jari lingkaran dimana gaya tersebut bekerja.

2.4.3. Cara memutar-balik arah putaran motor arus searah

Untuk membalik arah putaran motor arus searah, dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- membalik arah arus jangkar, sedangkan arah arus penguat tetap.
- membalik arah arus penguat, sedang arah arus jangkar tetap.

Jika kedua-duanya (arah arus jangkar dan arah arus penguat), maka putaran motor akan tetap (tidak dapat membalik).

2.4.4. Motor Stepper

Motor stepper atau motor langkah adalah motor listrik yang dirancang untuk penggunaan pada sistem kontrol digital langsung (direct digital control), seperti mikrokomputer.

Motor stepper berputar dengan tahanan (step) yang tetap dari satu posisi yang satu ke posisi yang lain. Besar pergeseran step tergantung dari konstruksi motor. Besar tahapan ini disebut dengan derajat / step atau step angle (SA), angka ini berkisar : 1,8 – 2,5 – 3,75 – 7,5 – 15 dan 30⁰.

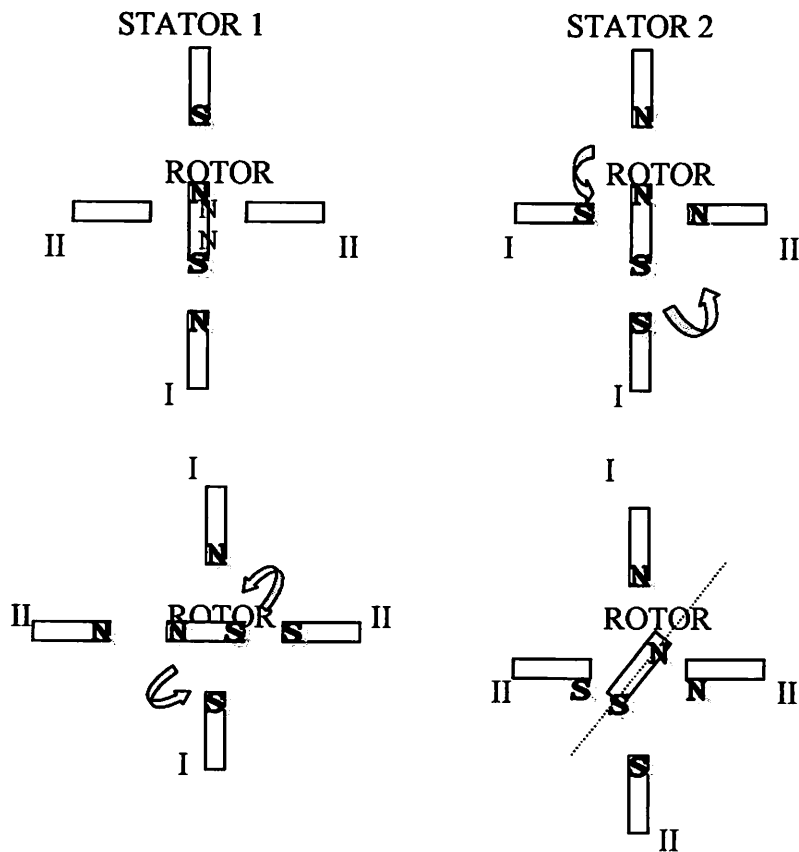
Step Angle (SA) berhubungan dengan jumlah gigi (teeth) dari jumlah stator (N_S) dan rotor (N_R).

$$\text{Step Angle} = 360^{\circ} \frac{(N_S - N_R)}{(N_S \cdot N_R)}$$

$$\text{Jlh Step / Rev} = \frac{(N_S \cdot N_R)}{(N_S - N_R)}$$

$$\text{Jlh Step.Rev} = \frac{360^{\circ}}{\text{Step Angle}}$$

Untuk mempermudah memahami prinsip kerja motor stepper, anggap motor memiliki 2 kutub dan statornya 4 kutub. Prinsip utama berbagai tipe motor stepper pada umumnya sama, dan prinsip kerjanya dapat dianalisa dengan bantuan gambar di bawah ini :



Gambar 2-20. Prinsip Kerja Motor Stepper
 Sumber : Dasar Tenaga Listrik, Penerbit ITB Bandung

2.5. Liquid Cristal Display (LCD)

Liquid Cristal Display, merupakan suatu bentuk kristal cair yang akan beremulasi apabila dikenakan tegangan kepadanya. Bagian tampilan ini berupa dot matrik sehingga jenis huruf yang mampu ditampilkan akan lebih banyak dan lebih baik resolusinya jika dibanding dengan seven segment atau 16 segment.

LCD tipe M1632 memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

1. LCD ini terdiri 32 karakter dengan 2 baris masing-masing 16 karakter dengan displaydot matrik 5x7.
2. Karakter generator ROM dengan 192 tipe karakter.
3. Karakter generator RAM dengan 8 tipe karakter.
4. 80x8 bit display data RAM.
5. Dapat dinterfacekan ke MPU 8 atau 4.
6. Dilengkapi fungsi tambahan : display clear, cursor home, display On/Off, cursor On/Off, display character blink, cursor shif, display shif.
7. Internal data.
8. Internal otomatis, reset pada saat power On.
9. + 5 volt PSU tunggal.

Tabel 2-2.
Konfigurasi Pin-pin

No.	Symbol	Level	Function
1	Vss	-	0 (Ground)
2	Vcc	-	5 V + 10%
3	Vee	-	LCD Drive
4	Rs	H/L	H : Data Input H : Instruction Input
5	R/W	H/L	H : Read L : Write
6	E	H	Enable signal
7-14	DB0-DB7	H/L	Data Bus

Liquid adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah controller CMOS di dalamnya. Controller tersebut sebagai pembangkit dari karakter ROM/RAM dan display data RAM.

Semua fungsi tampilan dikontrol oleh suatu instruksi dan modul LCD dapat dengan mudah untuk diinterfacekan dengan suatu inti mikroprosesor/mikrokontroler. Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul ini berupa bus data yang masih termutiplek dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Sementara pengendalian dot matrik LCD dilakukan secara internal oleh controller yang sudah ada pada modul LCD.

2.5.1 Instruksi Operasi

2.5.1.1 Operasi Dasar

Register

Controller dari LCD mempunyai 2 buah register 8 bit yaitu register instruksi (IR) dan register data (DR). IR menyimpan instruksi seperti display clear, cursor shift dan display data (DD RAM) serta character generator (CG RSM). DR menyimpan data untuk ditulis di DD RAM atau CG RAM ataupun membaca data dari DD RAM atau CG RAM. Ketika data ditulis ke DD RAM atau CG RAM maka DR secara otomatis menulis data ke DD RAM atau CG RAM. Ketika data pada DD RAM atau CG RAM akan dibaca maka alamat data ditulis pada IR sedangkan data akan dimasukkan melalui DR dan mikroprosesor membaca data dari DR.

Tabel 2-3.
Register Seleksi
Sumber : El- Tech Electronic, 1987:48

S	R / W	OPERASI
0	0	Seleksi IR, IR Write Display Clear
0	1	Busy Flag
1	0	Seleksi DR, DR write
1	1	Seleksi DR, DR read

Busy Flag

Busy flag menunjukkan bahwa module siap untuk menerima instruksi selanjutnya. Sebagaimana terlihat pada tabel register seleksi sinyal akan melalui DB 7. Jika RS = 0 dan RW = 1. Jika bernilai 1 maka modul sedang melakukan kerja internal dan instruksi tidak akan dapat diterima. Oleh karena itu status dari flag harus diperiksa sebelum melaksanakan instruksi selanjutnya.

Address Counter

AC menunjukkan lokasi memori dalam modul LCD. Pemilihan lokasi alamat itu diberikan lewat register instruksi (IR).

Display Data RAM (DD RAM)

Pada LCD masing-masing line mempunyai range alamat tersendiri. Alamat itu diekspresikan dengan bilangan Hexadecimal. Untuk line 1 range alamat berkisar antara 00H-0FH, sedangkan untuk line 2 range alamat berkisar antara 40H-4FH.

Charakter General ROM (CG ROM)

CG ROM mempunyai type dot matrik 5 x 7. Dimana pada LCD telah sedia ROM sebagai pembangkit karakter dalam kode ASCII.

Charakter Generator RAM (CG RAM)

CG RAM dipakai untuk pembuatan karakter tersendiri melalui program.

2.5.1.2 Fungsi- fungsi terminal dan instruksi

Pada tabel dibawah ini ditunjukkan fungsi-fungsi dan intruksi dari terminal pada LCD.

Tabel 2-4.
Tabel Fungsi Terminal pada LCD

Sumber: El Tech Electronic, 1987:50

Nama Sinyal	NO. Term	I / O	Tujuan	Fungsi
DB0-DB3	4	I / O	MPU	Sebagai lalu lintas data dan instruksi ke dan dari MPU, lower byte
DB4- DB7	4	I / O	MPU	Sebagai lalu lintas data dan instruksi ke dan dari MPU, lower byte
E	1	1	MPU	Sinyal Start (read/write)
R / W	1	1	MPU	Sinyal seleksi instruksi 0 : Write I : Read
RS	1	1	MPU	Sinyal seleksi register 0 : instruksi Register Busy Flag &@(read)
Nama Sinyal	NO. Term	I / O	Tujuan	Fungsi
Nama Sinyal	NO. Term	I / O	Tujuan	Fungsi
VSS	1	-	PSU	Ground Terminal : 0 Volt

2.6. Sensor Putaran

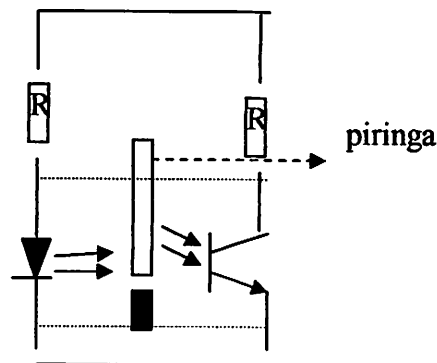
Sensor putaran yang dipakai sebagai sensor inframerah terdiri dari sebuah perangkat pemancar (*transmitter*) cahaya yang dibangun dari sebuah Led dan perangkat penerima (*receiver*) yang dibuat dari fototransistor.

Led infra merah memancarkan cahaya pada spektrum cahaya infra merah yang mempunyai panjang gelombang lebih kurang 910 nano meter. Spektrum cahaya pada bidang cahaya infra merah ini mempunyai level panas

yang paling tinggi diantara sinar-sinar yang lainnya, walau tidak tampak oleh mata dan efek fotolistrik yang terkuat.

Fototransistor sebenarnya cukup peka terhadap level cahaya tampak yang jatuh padanya pada keadaan umum. prinsip kerja dari fototransistor adalah, apabila seberkas sinar jatuh kepermukaan fototransistor dengan level yang cukup, maka akan terjadi kejenuhan yang akan mengakibatkan resistansi antara kaki kolektor emittor mengecil.

Pada gambar 2 .20 dibawah ini menunjukkan sebuah rangkaian yang dapat digunakan sebagai sensor putaran.



Gambar 2-21. Rangkaian Sensor Putaran

(Sumber : Albert Paul Malvino, Ph.D, Prinsip-prinsip Elektronika)

Pada gambar diatas terlihat antara LED dan fototransistor terdapat daerah kosong yang berfungsi sebagai sensor untuk menghalangi atau melewatkan cahaya dari pemancar LED dengan cara memberikan suatu sekat tidak tembus cahaya. Bila cahaya dari LED terhalang, maka fototransistor tidak bekerja (*Off*) dan begitu juga sebaliknya, jika LED tidak terhalang maka fototransistor akan bekerja (*On*).

2.6.1. Optocoupler

Optocoupler juga dikenal dengan optoisolator, suatu elektronik yang berfungsi sebagai penghubung antar sistem yang satu dengan yang lain, dimana kedua sistem akan berhubungan jika ada cahaya yang dipancarkan oleh LED dan diterima oleh basis dari transistor yang identik sebagai phototransistor. Besarnya arus yang mengalir dari kolektor ke emitor tergantung dari intensitas cahaya yang diterima, juga untuk mengatur perpindahan informasi dari tegangan rendah ke tegangan tinggi atau sebaliknya. Pada rangkaian isolasi tegangan yang tinggi antara sinyal masukan dan keluaran. Dalam penerapannya, optocoupler dapat menggantikan relay atau trafo pada rangkaian digital.

Prinsip kerja optocoupler berdasarkan pancaran cahaya LED yang mengenai penerima peka cahaya, misalnya fotodiode atau fototransistor.

Karakteristik dari optocoupler sebagai berikut :

1. CTR (Current transfer ratio), yaitu perbandingan antara arus masukan pada LED dengan arus keluaran pada transistor.
 I_{CO} : arus kolektor emitor pada suatu basis terbuka.
 I_F : arus maju LED.
2. Tegangan isolasi (V_{iso}) adalah tegangan maximum yang diperbolehkan antara masukan dan keluaran biasanya antara 500 – 5 K.
3. V_{ce} tegangan maksimum pada keluaran, biasanya antara 30 – 70 Volt.
4. I_F arus maksimum pada LED, biasanya antara 40 – 100 mA.
5. Waktu naik atau turun (rise/fall) fototransistor keluaran, biasanya antara 2 – 5 detik.

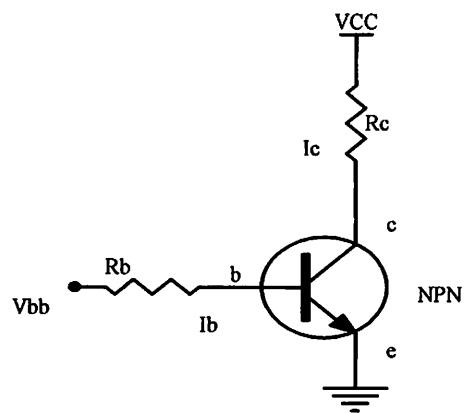
2.7. Transistor Sebagai Saklar Elektronika

Suatu transistor bila ingin digunakan sebagai saklar elektronika (connect) maka harus dioperasikan dalam keadaan saturasi. Pada keadaan ini tegangan antara kaki kolektor dan emitor dianggap 0 Volt (ideal) atau $V_{CE} \approx 0$ Volt. Persamaan-persamaan yang dapat digunakan dalam perhitungan yaitu :

$$V_{bb} = I_b \cdot R_b + V_{be}$$

$$H_{fe} = \frac{I_c}{I_b}$$

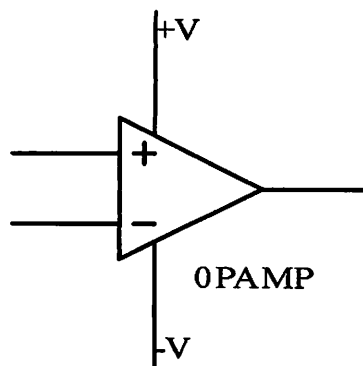
$$V_{cc} = I_c \times R_c$$



Gambar 2-22. Transistor Sebagai Saklar

2.8. OP AMP

OP AMP sangat luwes dan mudah diterapkan untuk berbagai keperluan dan murah harganya. Tidak saja sebagai umpan balik negatif (feedback amplifier), melainkan juga pembentukan gelombang, penapisan (filtering) serta operasi matematika. Masukan disalah satu jalan masuk adalah terhadap jalan masuk yang lain bukan terhadap bumi atau salah satu saluran catuan.

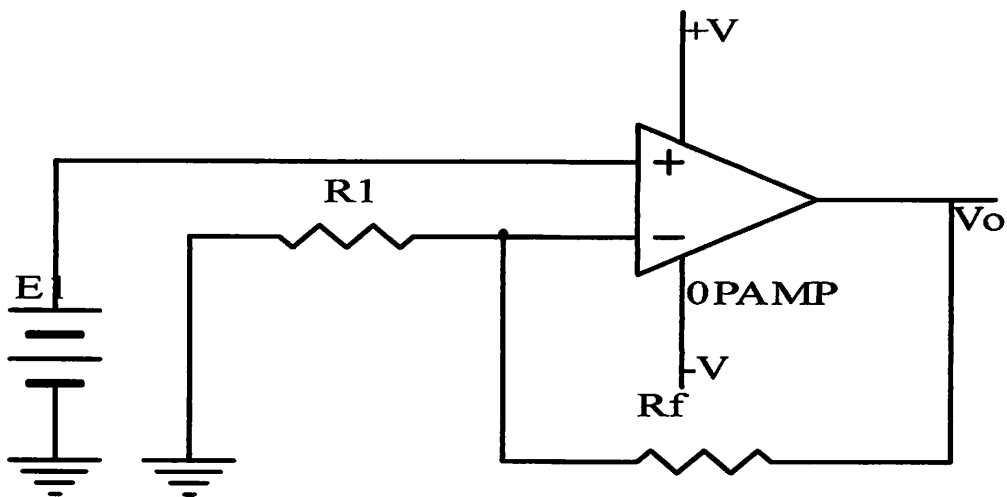


Gambar 2-23. Rangkaian OP AMP

2.8.1. OP AMP Sebagai Penguat

2.8.1.1. Penguat Pembalik

Dalam metode penggunaan OP AMP sebagai penguat, banyak mempunyai kelebihan. Penguatan yang dilakukan dapat berupa DC maupun AC, Impedansi masukan tinggi akan tetapi Impedansi keluaran rendah dan arus pada beban tetap atau konstan.



Gambar 2-24. OP AMP sebagai Penguat pembalik

Dari gambar, dapat dijelaskan bahwa tegangan positif E diterapkan melalui tahanan masukan R_1 ke masukan (-) op amp-nya. Umpan balik negatif dibuat oleh tahanan umpan balik R_f . Tegangan antara masukan (+) dan (-) pada dasarnya sama dengan 0 V. Karenanya terminal masukan (-) juga 0 V, juga potensial ground yang berada pada masukan (-) nya. Untuk ini, masukan (-) nya dikatakan ada pada ground semu.

Karena ujung R_1 yang satu ada di E dan yang lain ada di 0 V, penurunan tegangan melalui R_1 adalah E_1 . arus I yang melalui R_1 di dapat dari hukum ohm:

$$I = \frac{E_1}{R_1}$$

Seluruh arus masukan I mengalir melalui R_f , karena jumlah yang dialirkan oleh terminal masukan (-) nya dapat diabaikan. Sebagai catatan bahwa arus yang melalui R_f ditentukan oleh R_1 dan E_1 , dan bukan oleh R_f , V_f , atau op amp nya.

Penurunan tegangan yang melauai R_f adalah $I \cdot (R_f)$, atau

$$V_{Rf} = I \times R_f$$

$$= \frac{E_1}{R_1} R_f$$

Untuk tegangan keluaran V_o adalah:

$$V_o = -E_1 \frac{R_f}{R_1}$$

Sedangkan penguatan yang didapat adalah:

$$A = \frac{V_o}{E_1} = - \frac{R_f}{R_1}$$

Tanda minus dalam persamaan memperlihatkan bahwa polaritas keluaran V_o terbalik terhadap E . Untuk itu penguatan dengan sistem ini disebut penguat pembalik.

2.8.1.2. Penguat Tak Membalik

dikatakan penguat tak membalik karena tegangan keluarannya V_o , mempunyai polaritas yang sama dengan dengan tegangan masukan E_i . Tahanan masukan dari penguat pembalik adalah R_i , tetapi tahanan masukan dari penguat tak membalik luar biasa besarnya, biasanya melebihi $100M\Omega$. Karena tegangan antara pasak (+) dan pasak (-) dari op amp secara praktis 0, kedua pasak tersebut berada pada potensial E_i yang sama. Karenanya, E_i tampak melintasi R_i . E_i menyebabkan arus I mengalir seperti diberikan oleh:

$$I = \frac{E_1}{R_1}$$

Penurunan tegangan yang melau R_f adalah $I \cdot (R_f)$, atau

$$V_{Rf} = I \times R_f$$

$$= \frac{R_f}{R_1} E_i$$

Untuk tegangan keluaran V_o adalah:

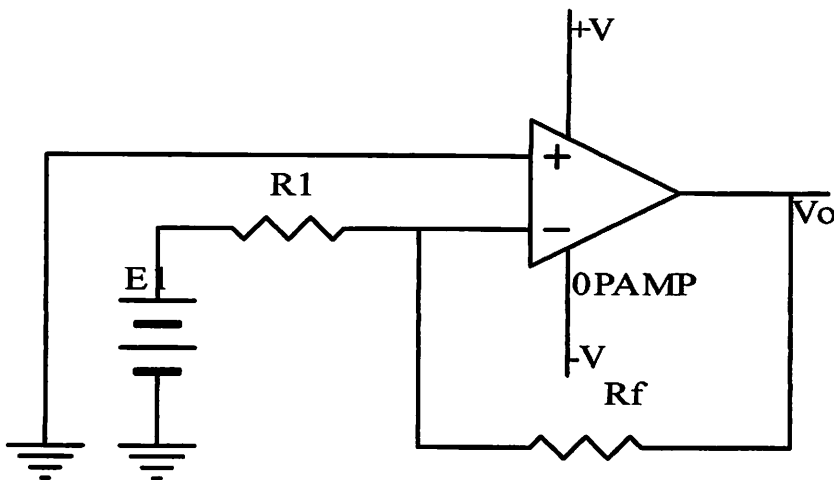
$$V_o = E_i + \frac{R_f}{R_1} E_i$$

Atau

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) E_i$$

Sedangkan penguatan yang didapat adalah:

$$A = \frac{V_o}{E_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$



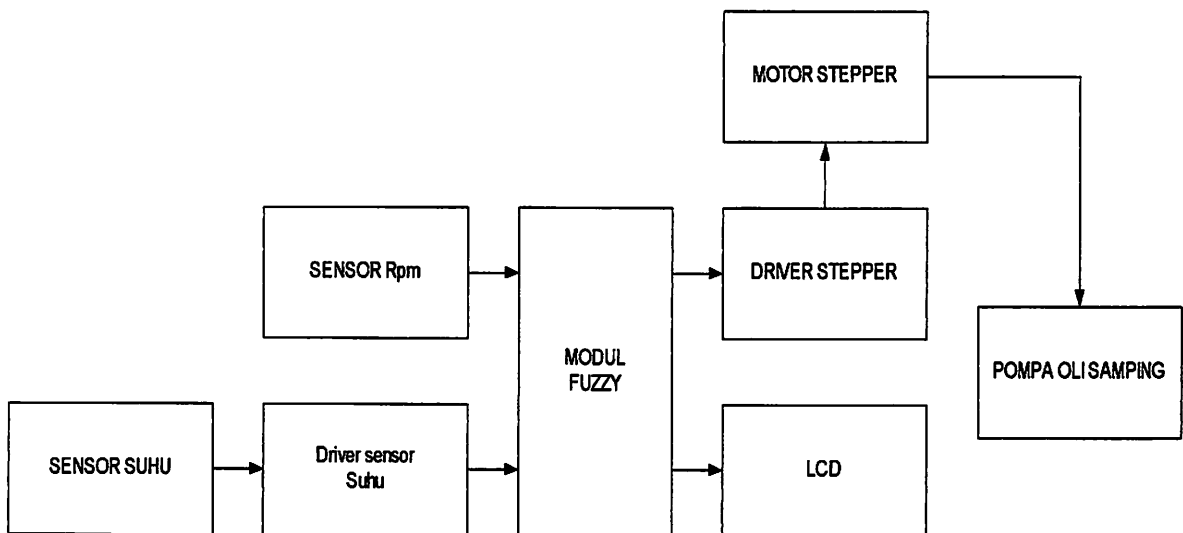
Gambar 2-25. Rangkaian OP AMP sebagai penguat tak membalik

BAB III

PERENCANAAN ALAT

3.1. Umum

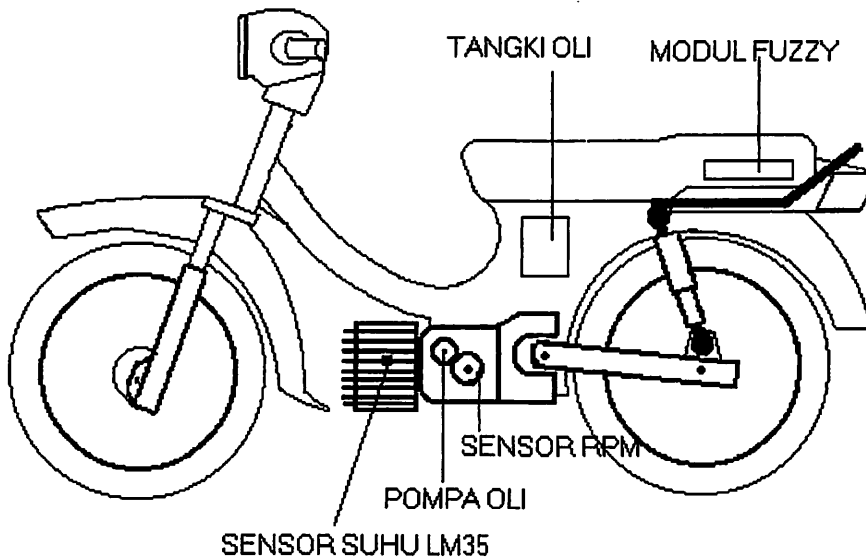
Pada pokok bahasan ini, akan dibahas pembuatan kontrol pompa oli samping, mulai dari perangkat keras dan perangkat lunaknya. Dalam perencanaan ini, baik dalam perencanaan perangkat keras maupun perencanaan perangkat lunak dikaji secara teori sehingga dalam pelaksanaan pengujian alat dapat dicapai hasil yang maksimum. Berikut diagram blok dari keseluruhan alat yang akan dibuat :



Gambar 3-1. Blok Diagram Pengendali Pompa Oli.

**Sumber : Rangkaian pengujian*

3.1.1. Prinsip Kerja Alat



Gambar 3 – 2. Rencana Letak Sensor Suhu Dan RPM Serta Modul Fuzzy Pada Sepeda Motor RC 100

**Sumber : Rangkaian pengujian*

Sensor RPM mendeteksi putaran mesin, pada sepeda motor bebek dua langkah RPMnya antara 0 – 12000 RPM. Dengan menggunakan transistor NPN C945 yang berfungsi sebagai saklar, maka didapatkan signal digital. Prinsip kerja dari saklar ini adalah membangkitkan logic “0” dan “1”. Dikatakan berlogic “0” apabila tegangan yang masuk ke AT89S51 antara 0 V- 0,3 V, sebaliknya apabila tegangan yang masuk ke AT89S51 antara 0,3 V-5 V dikatakan berlogic “1”.

Sensor suhu akan mendeteksi suhu yang ada pada block mesin, sensor suhu yang digunakan dalam perancangan ini adalah LM35. untuk penempatannya diletakkan pada kisi-kisi dari blok mesin. Sementara itu range suhu yang diukur adalah 80 °C – 150 °C, dengan alasan penambahan oli samping pada sistem ini dimulai pada suhu 80 °C . Tingkat kepresisian dari LM35 adalah 0,5 °C untuk setiap kenaikan suhu 25 °C.

Signal analog yang didapat dari range suhu antara 80 °C sampai 150 °C yaitu, dari kenaikan suhu pada blok mesin akan ditambah 10 mV/°C. Jadi signal analog yang diumpankan ke op-amp LM386 untuk dikuatkan adalah 0 mV dan akan ditambah 10 mV untuk kenaikan suhu per satu derajat celcius.

Ada dua op-amp dalam perancangan ini. Op-amp pertama berfungsi sebagai penguat, yaitu menguatkan signal analog ($0 \text{ mV} + 10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$) dari LM35. sedangkan op-amp yang kedua berfungsi sebagai pengurang atau lebih tepatnya sebagai pembuat nol. Sebagai contoh apabila suhu dari LM 35 adalah 80 °C, maka tegangan yang keluar adalah 0.8 mV. Keluaran dari LM 35 mengalami penguatan sebesar 3 kali, maka besarnya tegangan LM setelah mengalami penguatan sebesar 1.6 mV. Tegangan referensi diset dengan potensiometer sebesar 1,6 mV. Maka tegangan output dari op-amp yang diumpankan ke ADC 0808 sebesar 0 V.

Modul fuzzy mempunyai dua bagian pokok, yaitu: ADC 0808 dan mikro kontrol AT89S51. Rangkaian ADC diperlukan untuk membaca masukan crist input Fuzzy dari input analog input. ADC 0808 di hubungkan ke sensor suhu yang menghasilkan perubahan analog sedang pada microcontroller bekerja dengan sistem digital maka diperlukan pengkonversi analog to digital.

Disini kami menggunakan ADC type 0808 karena mudah didapatkan juga mempunyai 8 masukan pengkonversiannya menggunakan model SAC (successive Approximation ADC) yaitu ADC jenis pendekatan bertingkat ADC type ini mempunyai waktu konversi konstan dan lebih cepat dibanding type tracking ADC

Mikrokontrol AT89S51 akan mengolah data masukan yang berupa suhu dan RPM dengan proses karnel fuzzy (fuzzification, rule evaluation,

defuzzification) menjadi keluaran yang akan mengontrol motor stepper guna menjalankan pompa oli pada sepeda motor dua langkah.

Untuk memonitor kecepatan dari putaran mesin, LCD yang akan memvisualisasikan.

3.2. Perencanaan Perangkat Keras

Perangkat keras yang dimaksudkan adalah perangkat yang akan mendukung dalam pengontrolan pompa oli selain bahasa pemrograman. Peralatan yang dimaksud adalah sebagai berikut :

3.2.2. Sensor Suhu

Untuk pemakaian di lapangan, sensor suhu (LM 35) ditempatkan pada blok mesin, yaitu pada kisi-kisi atau sirip-sirip. Penempatan LM 35 pada daerah tersebut sudah dianggap mewakili dari panasnya blok mesin. Dengan mengendarai sepeda motor RC 80 dengan lama perjalanan 2 jam perjalanan dan dengan kecepatan rata-rata 80 Km/jam, suhu pada blok mesin hanya mencapai 98 derajat celcius. Sehingga perancang memilih LM 35 yang dianggap sudah mengatasi masalah suhu, sebab dari data sheet LM 35 dapat membaca pada range suhu antara 0 – 150 derajat celcius.

Sensor suhu akan mendeteksi suhu yang ada pada block mesin, sensor suhu yang digunakan dalam perancangan ini adalah LM35. untuk penempatannya diletakkan pada kisi-kisi dari blok mesin. Sementara itu range suhu yang diukur

80 °C sampai 150 °C yaitu, dari kenaikan suhu pada blok mesin akan ditambah 10 mV/°C.

Signal analog yang didapat dari range suhu antara 80 °C sampai 150 °C yaitu, dari kenaikan suhu pada blok mesin akan ditambah 10 mV/°C. Jadi signal analog yang diumpankan ke op-amp LM386 untuk dikuatkan adalah 0 mV dan akan ditambah 10 mV untuk kenaikan suhu per satu derajat celcius.

Ada dua op-amp dalam perancangan ini. Op-amp pertama berfungsi sebagai penguat, yaitu menguatkan signal analog ($0 \text{ mV} + 10 \text{ mV/}^\circ\text{C}$) dari LM35. sedangkan op-amp yang kedua berfungsi sebagai pengurang atau lebih tepatnya sebagai pembuat nol.

Dengan satu keping IC dan menambah satu resistor Pull-Up (R_{up}) sudah dapat dioperasikan untuk mensensor suhu pada blok mesin.

Karakteristik dari IC LM 35 pada saat suhu 80 °C tegangan output sebesar 0,8 Volt. Sedangkan nilai R pull-up ditentukan oleh kuat arus yang mengalir dan tegangan sumber. Dalam perencanaan sensor ini tegangan sumber yang digunakan sebesar +12 Volt dengan I_o sebesar 1mA, maka dapat dicari nilai R pull-up sebagai berikut :

Diketahui :

$$V_{cc} = 12 \text{ V}$$

$$I_o = 1 \text{ mA}$$

Maka :

$$R_{up} = \frac{V_{cc}}{I_o}$$

$$R_{up} = \frac{12V}{1mA}$$

$$R_{up} = 12K\Omega$$

Pada perancangan pengontrol pompa oli ini, LM35 berfungsi untuk memberitahukan kepada mikrokontrol AT89S51 pada saat suhu 80°C perlu adanya penambahan oli samping yang dipompakan sebesar 5 mL. Jadi pada saat itu output tegangan pada IC LM 35 sebesar :

$$V_o = [C \times V_c]$$

Dimana

V_o = Tegangan output total

C = Kenaikan derajat saat itu

V_c = Kenaikan tegangan per-derajat celcius = 10mV

Jadi tegangan output total saat 80°C adalah :

$$V_o = [80^\circ C \times 10mA/^\circ C]$$

$$V_o = 800mV$$

$$V_o = 0,8 V$$

Sementara itu untuk menguatkan tegangan yang dihasilkan oleh LM 35 diperlukan sebuah rangkaian op-amp yang akan menghasilkan penguatan sebesar 3 X. Dalam perancangan ini menggunakan op-amp dengan tipe LM 326. dengan menggunakan rumus:

$$A_f = \frac{R_f}{R_1} + 1$$

Maka dapat dicari R_f . dalam perancangan ini R_f sengaja dipilih jenis resistor yang dapat di set sehingga mempermudah untuk memenuhi penguatan sebesar 3X. Sementara itu R_1 ditentukan nilainya sebesar 6K8. dengan menggunakan rumus diperoleh harga R_f sebesar:

$$A_f = \frac{R_f}{R_1} + 1$$

$$3 = \frac{R_f}{6K8} + 1$$

$$R_f = 13K6$$

Karena sistem pengaturan pompa oli ini akan dilakukan penambahan oli samping pada saat suhu pada blok mesin sebesar 80°C, maka diperlukan lagi sebuah op-amp yang berfungsi sebagai penguat defrensial yang nantinya akan membuat nol. Untuk membuat nol ini dengan cara mengeset tegangan referensi sama dengan tegangan hasil penguatan yang didapat dari keluaran LM 35. op-amp yang digunakan sama yaitu LM 326. penguatan yang diinginkan adalah sebesar satu kali. Dengan menggunakan rumus dasar dari op-amp maka didapat :

R_1 dan R_f ditentukan sebesar 68K.

$$R_f = 68 K$$

$$R_1 = 68 K$$

$$A = \frac{R_f}{R_1}$$

$$= \frac{68K}{68K}$$

$$= 1 X$$

Sebagai contoh apabila suhu dari LM 35 adalah 80 °C, maka tegangan yang keluar adalah 0.8 mV. Keluaran dari LM 35 mengalami penguatan sebesar 3 kali, maka besarnya tegangan LM setelah mengalami penguatan sebesar 1.6 mV. Untuk V_o dapat dicari dengan rumus:

$$V_o = A(E_1 - E_2)$$

Dimana:

V_o = tegangan keluaran

A = besar penguatan

E_1 = tegangan keluaran dari LM 35

E_2 = tegangan referensi

Maka tegangan output pada suhu 80 °C adalah:

$$V_o = A(E_1 - E_2)$$

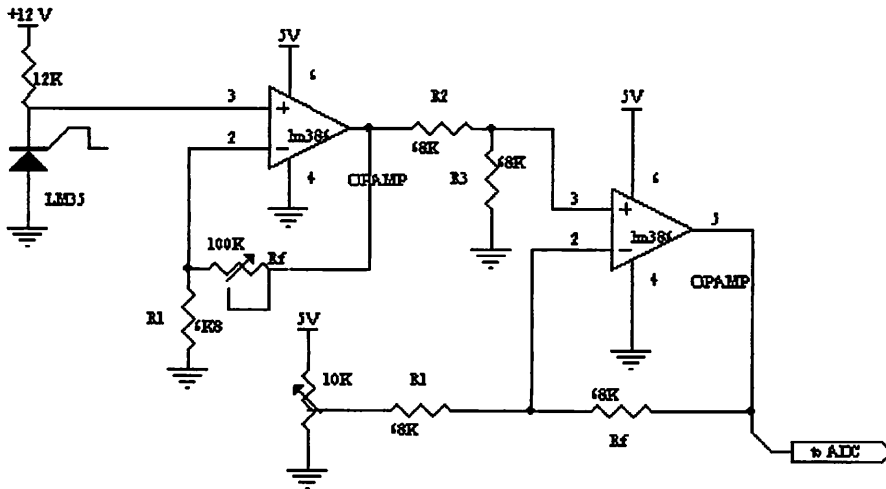
$$0 = 1(1,6 - E_2)$$

$$E_2 = 1,6 \text{ V}$$

Untuk membuat tegangan referensi sebesar 1,6 V maka dipasang potensiometer sebesar 10 K.

Tegangan referensi diset dengan potensiometer sebesar 1,6 mV. Maka tegangan output dari op-amp yang diumpankan ke ADC 0808 sebesar 0 V. Pengurangan ini dimaksudkan supaya tegangan maksimum dari LM 35 yang masuk tidak melebihi tegangan maksimum modul fuzzy sebesar 5 V.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar rangkaian berikut :



Gambar 3 -3. Rangkaian Sensor Suhu
**Sumber : Rangkaian pengujian*

3.2.3. Sensor RPM

Perencanaan dari sensor RPM menggunakan optocoupler yang berbentuk IC. Untuk penempatan optocoupler, perancang menempatkan sensor ini pada magnet pengapian.

Range RPM yang diukur antara 0 – 12000 RPM. Ini berfungsi agar tegangan dan arus mesin yang besar dapat terpisah dari rangkaian modul fuzzy.

Untuk merancang sensor ini diperlukan sebuah saklar otomatis yang akan memberikan signal yang berlogic '1' maupun yang berlogic '0'. Sebagai saklar tersebut dipilih transistor NPN dengan tipe C945. output dari saklar ini, apabila logic '1', maka keluaran tegangan dari transistor harus $0.3\text{ V} > 5\text{ V}$. Sedang untuk logic '0', tegangan keluaran dari transistor harus $0\text{ V} > 0.3\text{ V}$. Keadaan diatas dapat dicapai karena adanya optokoupler, yang pada prinsipnya apabila

cahaya led dari optocoupler terhalang maka kondisi transistor akan saturation dan demikian sebaliknya transistor akan cut off.

Untuk membatasi tegangan pada led dipasang resistor yang besarnya dapat dicari dengan rumus :

$$R_d = \frac{V_{cc} - V_{led}}{I_{led}}$$

Dari data sheet:

$$I_{led} = 50\text{mA}$$

$$V_{led} = 1,5\text{ V}$$

$$V_{cc} = 5\text{V}$$

Maka akan didapat R_d sebesar :

$$R_d = \frac{5\text{V} - 1,5\text{V}}{50\text{mA}} = 70\ \Omega$$

Karena dipasaran nilai sebesar ini tidak ada maka diganti dengan $100\ \Omega$.

Transistor yang bekerja sebagai switch merupakan pertukaran kondisi kerja, yaitu dari kondisi kerja *cutt off* ke kondisi *saturation*, dan sebaliknya. Transistor bekerja berdasarkan sinyal masukan yang dikirimkan oleh optocoupler, sinyal dilewatkan oleh resistor yang digunakan untuk membatasi arus basis pada transistor. Jika transistor mendapat logika "1" atau *high* maka transistor akan mendapatkan arus dan akan ada arus bias dari basis, sehingga transistor akan *saturation* atau "*on*" dan arus akan mengalir dari kolektor ke emitor. Sedangkan arus kolektor tersebut didapat dari sumber tegangan V_{cc} sebesar 5 Volt. Pada saat arus kolektor mengalir maka arus dari sumber akan

mengalir sehingga akan memancarkan pulsa. Apabila transistor mendapatkan logika “0” atau *low* maka transistor tidak akan mendapatkan arus, sehingga tidak ada arus bias dari basis dan transistor akan *cutt off* atau “*off*” berarti tidak akan ada arus yang mengalir dari kolektor ke emitor ini berarti bahwa optocoupler dalam kondisi mati.

Selanjutnya merancang saklar dari transistor. Untuk menentukan apakah transistor adalah *saturation* atau *cut off*, maka harus ditentukan lebih dahulu arus bias pada basis (*I_b*). Arus *I_b* dapat ditentukan dengan menggunakan Hukum Kirchoff dibawah ini :

$$- V_{cc} + R_b \cdot I_b + V_{be} = 0 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$- V_{cc} + R_c \cdot I_c + V_{ce} = 0 \dots\dots\dots (3.2)$$

Dari persamaan 3.1 dan 3.2, didapat Rumus untuk mencari *I_b*, *I_c* dan *I_{b_{min}}*

$$\begin{aligned} I_b &= \frac{V_{cc} - V_{be}}{R_b} \\ I_c &= \frac{V_{cc} - V_{ce}}{R_c} \\ I_{b_{\min}} &= \frac{I_c}{h_{fe}} \end{aligned}$$

Dimana untuk *R pull up* telah ditentukan nilainya sebesar 10K *ohm*, *V_{cc}* adalah 5 *volt*, *V_{ce}* sebesar 0.3 *volt*, *h_{fe}* sebesar 100 dan *V_{be}* adalah 0.7 *volt*.

Jadi untuk mencari *I_b*, adalah :

$$I_b = \frac{5 - 0,7}{10000} = 0,43 \text{ mA}$$

$$I_c = \frac{5 - 0,3}{100} = 47 \text{ mA}$$

$$I_{b_{\min}} = \frac{0,0047}{100} = 4,7 \mu\text{A}$$

Apabila :

$I_b > I_{b_{\min}}$ maka V_{ce} akan *saturation* dan switch menutup (transistor *on*).

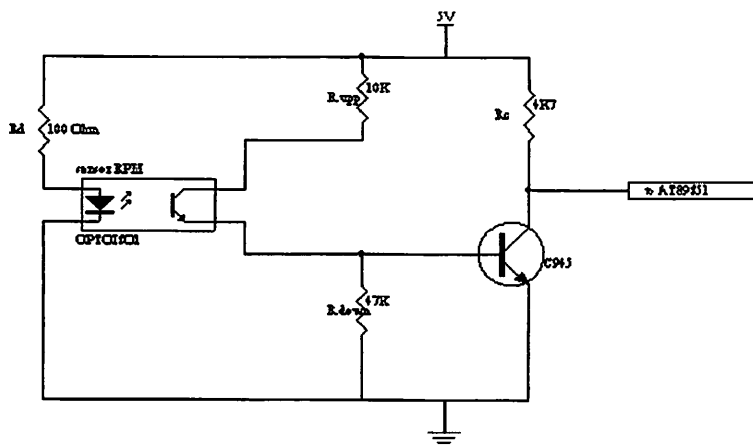
$I_b < I_{b_{\min}}$ maka V_{ce} akan *cutt off* dan switch membuka (transistor *off*).

Resistor sebesar 47 K dipasang sebagai resistor pull down, dimaksudkan supaya tegangan dalam kondisi benar – benar *low*.

Pada saat transistor dalam keadaan *saturation*, maka drop tegangan adalah :
 $5 \text{ V} - (0,43 \text{ mA} \times 10 \text{ K Ohm}) = 5 \text{ V} - 4,3 \text{ V} = 0,7 \text{ Volt}$

Dimana tegangan tersebut masih dalam level logic '1'.

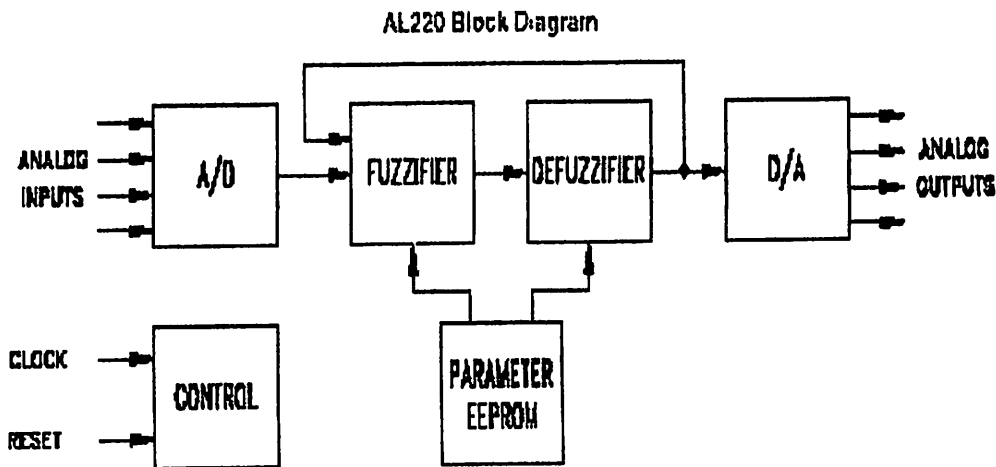
gambar dari rangkaian sensor RPM tampak dibawah ini :



Gambar 3 - 4. Rangkaian Sensor RPM
 *Sumber : Rangkaian pengujian

3.2.3. Modul *Fuzzy Referent Unit* dan *Knowledge Base*

Untuk modul fuzzy ini tidak dijelaskan secara mendetail, namun sebagai gambaran tentang modul ini, penulis akan menjelaskan garis besarnya saja. Berikut blok diagram dari *fuzzy referent unit* dan *knowledge base* :



Gambar 3-5. Diagram Blok IC AL220

Dari Diagram Blok diatas dapat dijelaskan bahwa modul ini memang dirancang semirip mungkin dengan IC AL220 yang langka dipasaran dan tak terjangkau harganya bagi kalangan mahasiswa yang ingin menggunakan program Fuzzy logic sebagai sarana untuk praktek.

Untuk perancangan software kernel fuzzy ini kami menggunakan pemrograman dengan menggunakan bahasa mesin assembler yang kompatibel dengan keluarga MCS 51 dalam kernel ini mempunyai 3 bagian

1. Fuzzyfication
2. Evolution Rule
3. Defuzzyfication

3.2.3.1. Fuzzyfication

Dalam software ini kita bertujuan untuk merubah dari crisp input yang di baca dari dac dirubah ke derajat keanggotaannya terhadap membership function dari tiap input atau output, untuk memudah pemrogramannya kita membagi dalam dua bagian yaitu mencek keanggotaannya mengambil nilai derajat keanggotaannya, dibawah ini program untuk mencek keanggotaannya terhadap membership type *symmetrical inclusive*

Assembler:

FuzzyFication :

```
Cek_keanggotaan: mov  data - fuzzy,#0h
                  mov  a,type
cek_anggota_1: cjne  a,#typeSI,cek_anggota_2
                  jmp   anggota_SI
cek_anggota_2: c'ne  a,1typeLI,cek_anggota_3
                  jmp   anggota LI
cek_anggota_3: cjne  a,#typeRI,cek_anggota_4
                  jmp   anggota_RI
cek_anggota_4: c'jne a,#typeSE,cek_anggota_5
                  jmp   anggota_SE
cek_anggota_5: cjne  a,#typeLE,cek_anggota_6
                  jmp   anggota_LE
cek anggota 6: cjne  a,#typeRE,Type error
```

```

        jmp    anggota_RE
Type_error:  Ret
Anggota_SI:  clr    c
            Mov  a,center
            subb a,lebar    ;center - lebar = a
            cjne a,center,cek1    ;jika center > a = c : set
            jmp  cek1a
cek1:      jc    cek1a    ;jika benar center > a = cek1
            mov  a,#0
cek1a:     cjne a,data_in,cek2    ;jika data_in > a = c : set
            jmp  benar_A_SI_L
cek2:      jc    ceklab    ;jika benar data_in > a = cek3
            jmp  bukan_A_SI
ceklab:    mov  a,center
            cjne a,data_in,cek2ab ;jika data_in > a = c : set
            jmp  benar_A_SI_L
cek2ab:    jnc   benar_A_SI_L    ;jika benar data_in > a = cek3
            mov  a,center
            add  a,lebar    ;center + lebar = a
            cjne a,center,cek3b    ;jika center > a = c : set
            jmp  cek3a
cek3b:     jnc   cek3a    ;jika benar a > center = cek3a
            mov  a,#0ffh

```

```

cek3a:  cjne  a,data_in,cek4  ;jika data_in > a = c : set
        jmp  benar_Λ_SI_R

cek4:   cjne  bukan_A_SI    ;jika benar data in > a == cek5

benar_Λ_SI_R: jmp  Fuzzifier_SI_R
benar_Λ_SI_L: jmp  Fuzzifier_SI_L
bukan_Λ_SI:   ret

```

Dapat di jelaskan dalam potongan program diatas, dalam rutin diatas terdiri atas dua bagian yaitu bagian kiri dan kanan ini sengaja kami buat untuk memudahkan dalam proses fuzzification dan selanjutnya jika crisp input termasuk anggota symmetrical inclusive maka akan melocat ke label Fuzzifer_SI_R atau Fuzzifer_SI_L dan program untuk fazzification sebagai berikut:

Assembler:

```

Fuzzifier_SI_R:  clr    c
                 mov    a,data_in
                 subb   a,center    ;data_in - center = jml step
                 cjne   a,#0,not_nol
                 mov    data_fuzzy,#nilai_max
                 ret

not_nol:         mov    r0,a    ;simpan jml step ke R0
                 mov    a,#nilai-max

lagi 1:         clr    c

```

```

        subb    a,#step      ;kurangi sebanyak jml step
        djnz   r0,lagi1
        mov    data_fuzzy,a
        ret

Fuzzifier_SI_L:  clr     c

                mov    a,Center

                subb   a,data_in      ;center – data_in = jml step

                cjnc  a,#0,not_nol2

                mov    data_fuzzy,#nilai_max

                ret

not_nol2:  mov    r0,a          ;simpan jml step ke R0

                mov    a,#nilai_max

lagi2:     clr     c

                subb   a,#step      ;kurangi sebanyak jml step

                djnz   r0,lagi2

                mov    data_fuzzy,a

                ret

```

pada program fuzzification kami menggunakan system tangga dimana nilai dari perbedaan antara *crisp input* dengan *center* digunakan untuk menghitung derajat keanggotaannya dapat di contohkan sebai berikut:

$data_in$ (crisp input) = 70

$center$ (MF) = 60 hex

maka program pertama akan menghitung selisih diantaranya

$$R0 = (\text{data_in} - \text{center}) = 70 - 60 = 10$$

Dari nilai R0 ini di gunakan untuk menghitung derajat keanggotaannya dengan cara

$$\text{Data_fuzzy} = (63 - (\text{RO} * \text{step} (63 - (10 * 1))) = 53$$

Setelah nilai didapat data disimpan dalam RAM dengan alamat label "data_fuzzy", dalam perancangan derajat keanggotaannya antara 0 sampai 63 dan *step* (konstata pengurang = 1) ini berhubungan dengan nilai lebar maximal membership function adalah 63, untuk rutin fuzzification label *_L* juga sama cuma berbeda awal program yaitu $R0 = (\text{center} - \text{data_in})$ untuk mendapatkan selisih guna penghitungan nilai derajat keanggotaan. Untuk proses fuzzyfication type yang lain mempunyai dasar yang sama dalam mengambil nilai derajat keanggotaannya yaitu menggunakan system tangga.

3.2.3.2. Evolution Rule

Ini merupakan program yang terbilang rumit karena mempunyai fungsi membandingkan dari tiap list rule untuk diambil yang terbesar dari nilai yang terkecil, ini dikenal dengan MAX of MIN yang selanjutnya mengambil yang menang dari tiap output untuk dikerjakan di bawah ini rutin program untuk *Evolution Rule*

Assembler:

Evolution_Rules:

```

        clr    akhir_rules

        mov    data_function,#0

        mov    nilai_Function 1 #0

        mov    data_rule_lama,#0

        mov    out_lama,#0h

cir    out_lama_terisi

        mov    dptr,#0C180h    ;Awal_Rules

awal_rule:    mov    data-A-lama,#0ffh

Cek_rul3:    movx   a,@dptr        ;baca data rules dari EEPROM

        inc    dptr

        mov    Anticendent,a ;Simpan di var Anticendent

        anl   a,# 1 0000000b

        cjne  a,#80h,Cek_rul1    ;Cek apa MSB = 1 akhir rules

        setb  akhir_rules

        imp   end_Out_sama

Cek_rul1:    mov    a,Anticendent

        anl   a,#01000000b

        cjne  a,#40h,Cek_rul2    ;Cek apa MSB 2 = 1 akhir anticendent

        imp   Function

Cek-rul2:    mov    a,Anticendent

        ani   a,#00100000b

        cjne  a,#0,out_as_input

Cek-rul2a:   mov    a,Anticendent

```

```

anl    a,#00011000b

rr     a

rr     a

rr     a

inc    a

mov    r0,a    ;simpan No input di R0

mov    a,#87h    ;batas atas 87h - 8h = 7Fh

lagi5: clr    c

        subb    a,#8h

        djnz    R0,lagi5

        mov    r0,a    ;simpan nilai input di R0

        mov    a,Anticendent

        anl    a,#00000111b    ;cek nilai membership Funtion

        mov    r1,a    .0 - 7h = 8 MF

        mov    a,r0

        clr    c

        subb    a,r1    ;bts atas ĩnput – No_MF = adrres dt

        mov    r0,a

        mov    a,@r0

        cjne    a,data_A_lama,Cek_rul4    ;data_lama>dataru c : set

        jmp    Cek_rul3

Cek-rul4: jnc    Cek_rul3

        mov    data_A_lama,a    ;Jika data_lama > data baru

```

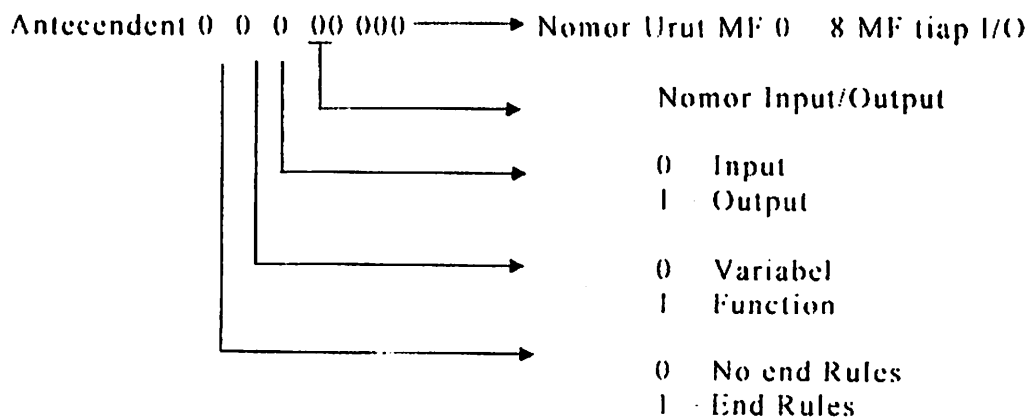


```

        jmp    Cek_rul3        ;ambil terkecil
out_as_input:
        mov    a,Anticendent
        anl    a,#00011000b
        rr    a
        rr    a
        rr    a
        inc   a
        mov    r0,a           ;simpan No input di R0
        mov    a,#awal - out - fuzzy    ;batas atas 67h - 8h = 5Fh
        jmp    lagi5

```

Dari program di atas dapat di jelaskan, untuk proses pertama yaitu program mengambil parameter-parameter yang dimiliki tiap list rule karena tiap rule mempunyai satu sampai tiga anticendent pada umumnya tiap anticendent disimpan dalam nilai biner kedalam EEPROM dengan format sebagai berikut:



Setelah parameter di ambil kemudian dari parameter tersebut di gunakan untuk pengalamatan di RAM tempat nilai Fuzzy input di simpan, nilai ini nanti yang akan di bandingkan dengan nilai fuzzy input dari antecedent yang lain

```

mov    a,@r0
cjne   a,data_A_lama,Cek_rul4;jika data > data_baru c : set
jmp    Cek_rul3
Cek-rul4: jnc    Cek-rul3
mov    data_A_lama,a    ;jika data-lama > data baru
jmp    Cek_rul3        ;ambil terkecil

```

untuk diambil yang terkecil setelah semua list rule selesai mangambil nilai yang terkecil . maka selanjutnya proses membandingkan nilai tiap rule yang terkecil untuk mangambil nilai yang terbesar untuk menentukan yang menang dan yang akan di jalankan, rutin programnya sebagai berikut:

assembler:

```

banding_out:  mov    a,Anticendent
              anl    a,#00000011b
              cjne   a,out_lama,End_Out_sama
isi-data-funt: mov    a,data_A_lama
              cjne   a,data_rule_lama,Cek_rul7
              jmp    Cek_rul6
Cek-rul7:    jc     Cek-rul6

```

```

mov data_rule_lama,a
mov data function,Anticident
movx a,@dptr ;baca data rules dari EEPROM
mov nilai-Function,a ;Simpan nilai Function
Cek-rul6: inc dptr ;untuk ke rule berikutnya
mov buffer_dph,dph
mov buffer_dpl,dpl
jmp awal_rule

```

Dari seluruh proses Evolution rule diatas bisa kami jelaskan dengan contoh sebagai berikut:

1. if Monitor is Zero and PWtime is Reset Then LinOut + 0

$$32 \quad \text{and} \quad 50 \quad = \quad 32$$

2. if Monitor is LLow and PWtime is Reset Then LinOut + 10

$$10 \quad \text{and} \quad 50 \quad = \quad 10$$

3. if Monitor is MLow and PWtime is Reset Then LinOut + 5

$$30 \quad \text{and} \quad 50 \quad = \quad 30$$

maka Max of Min dari 32,10,30 = 30 sehingga yang akan dieksekusi yaitu rule ke 1 dan program akan menjalankan "LinOut + 0" ini akan dijalankan di program defuzzyfication

3.2.3.3. Defuzzyfication

Pada proses ini program harus bisa melakukan proses defuzzyfication seperti pada mode A1220 yaitu ada dua mode Immediate Mode Accumulate Mode. Untuk proses defuzzyfikasi mode Immediate rutin program sebagai berikut:

Assembler:

End_Out_sama:

```

    elr    out_lama_terisi
    mov    a,data_rule_lama
    cjne   a,#0h,bs_jlnkan
    jmp    isi_dptra

```

```

bs_jlnkan:  mov    a,data_function
            anl    a,#00001100b    ;baca type function
            rr     a
            rr     a
            cjne  a,#F_immediate,cekF2
            mov   a,data_function
            anl   a,400000011b
            cjne  a,#out_1,cekout_12
            mov   a,nilai_Function    ;baca data_nilai_F dari EEPROM
            mov   data_out1,a

```

```

        jmp    Kirim_dac
cekout_12:  cjne   a,#out_2,cekout_13
            mov    a,nilai_Function    ;baca data_nilai_F dari EEPROM
            mov    data_out2,a
            jmp    Kirim_dac
cekout_13:  cjne   a,#out_3,cekout_14
            mov    a,nilai_Function    ;baca data_nilai F dari EEPROM
            mov    data_out3,a
            jmp    Kirim_dac`
cekout_14:  cjne   a,#out_4,udah
            mov    a,nilai_Function    ;baca data_nilai F dari EEPROM
            mov    data_out4,a
udah:      jmp    Kirim_dac

```

Dari program diatas pertama program membaca parameter dari nilai function kemudian di bandingkan dengan konstata " *F - imediate*" jika ini sama maka melanjutkan ke program dibawahnya, dari program di bawahnya nilai rule yang menang akan di keluarkan ke ouput sesuai dengan parameter data Function. Selanjutnya jika program meloncat ke cekF2 maka program akan melakukan defuzzyfication Accumulate Mode. Disini program dibagi atas 2 bagian agar memudahkan dalam pemrogramannya serta pemahamannya pertama bagian Accumulate type "+" dan Type "-", program di bawah ini akan menambah nilai ouput yang terdahulu dengan nilai tetap, rutin programnya sebagai berikut:

Assembler:

```

cekF2:  cjne a,#F_Accum_Inc,cekF3
        mov a,data_function
        ani a,#00000011b
        cjne a,#out_1,cekout2
        mov a,nilai_Function      ;baca data_nilai F dari EEPROM
        mov b,a
        mov a,data_out 1
        add a,b
        inc lngs_isi
        mov a, #0ffh
lngs_isi:  mov          data_out 1,a
        jmp Kirim_dac

```

Dari potongan program di atas pertama akan mengecek apa data sama dengan konstanta label "F-Accum-Inc" jika sama selanjutnya membandingkan outputnya dengan "Out 1" juga sama akan menambahkan nilai output terdahulu dengan nilai rule yang menang, ini dikerjakan oleh instruksi sebagai berikut:

```

        mov a,nilai_Function      ;baca data_nilai F dari EEPROM
        mov b,a
        mov a,data_out1

```

```
add a,b
```

pada rutin program diatas hanya potongan dari 4 rutin output untuk lebih lengkapnya program bisa dilihat di lampiran software.

Selajutnya jika program meloncat ke label "Cek-F3" maka akan menuju ke rutin Accumulate type "-" sebagai berikut:

```
cekF3:    cjne    a,#F_Accum_Dec,cekF4
          mov     a,data_function
          anl     a,#00000011b
          cjne   a,#out_1,cekout_D2
          mov     a,nilai_Function ;baca data-nilai F dari EEPROM
          mov     b,a
          mov     a,data_out1
          clr     c
          subb   a,b
          jnc    bs_lsg
          mov     a,#0
bs_lsg:   mov     data_out1,a
          jmp    Kirim_dac
```

Pada program diatas prinsip sama dengan Accumulate type cuma yang berbeda pada program ini pada intruksi:

subb a,b

ini berfungsi untuk mengurangi nilai lama output dengan nilai rule yang menang dan kedua dari akhir rutin yaitu mengirimkan kea DAC untuk merubah data digital ke analog intruksinya: jmp Kirim DAC

Semua rutin-rutin diatas merupakan bagian-bagian yang terpenting dari kernel fuzzy yang kita rancang. Rutin-rutin diatas tadi akan dipanggil oleh program utama untuk mengerjakan proses Fuzzyfication, Evolution Rules dan Defuzzyfication.

Selain itu diperlukan juga program tambahan yang akan menampilkan suhu, RPM serta berapa banyak step yang dilakukan motor stepper pada LCD.

Dalam perancangan pengendali pompa oli samping pada sepeda motor dua langkah ini, pada prinsipnya dibagi dalam dua bagian, yaitu:

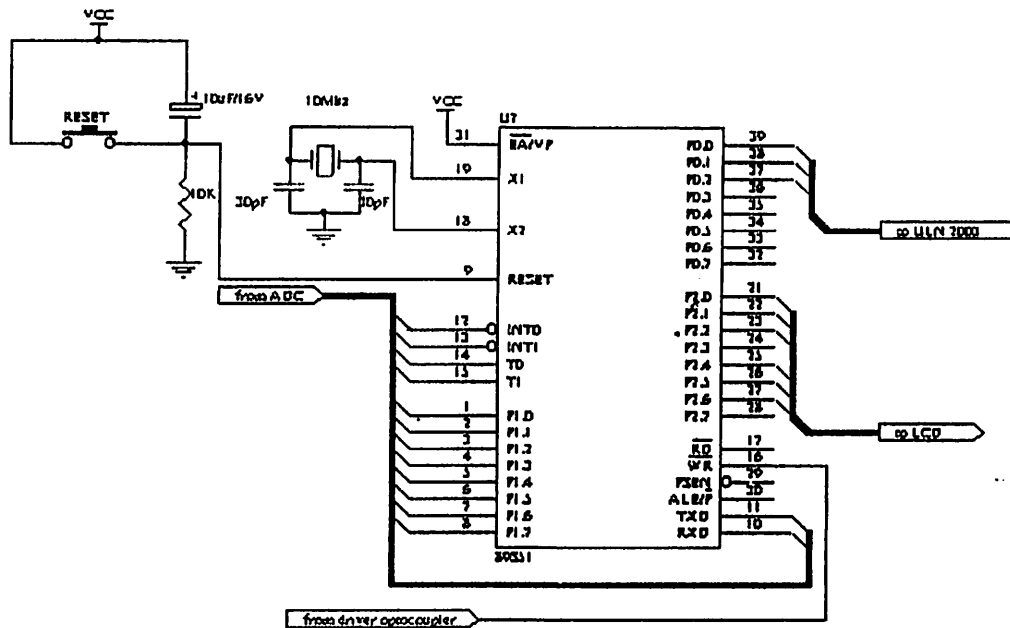
1. Mikrokontroller AT89S51.
2. ADC0808.

Sengaja dalam perancangan ini tidak memakai DAC, karena keluaran dari mikrokontroller AT69S51 sudah berupa besaran analog, sehingga pemakaian DAC dipandang kurang efektif

3.2.3.4. Mikrokontroller AT89S51.

Microcontroller pada alat ini tidak dapat bekerja sendiri masih membutuhkan komponen-komponen lain. Komponen-komponen tersebut saling berhubungan secara *HardWare* juga harus terhubung secara *Software*. Hubungan

antara IC AT89S51 dengan rangkaian pendukungnya ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3 - 6. Rangkaian IC AT89S51
*Sumber : Rangkaian pengujian

Kristal yang dipakai disini 30 Mhz dan K tanpa di set K = 1 timer yang digunakan Timer1 mode Auto Reload 8 bit

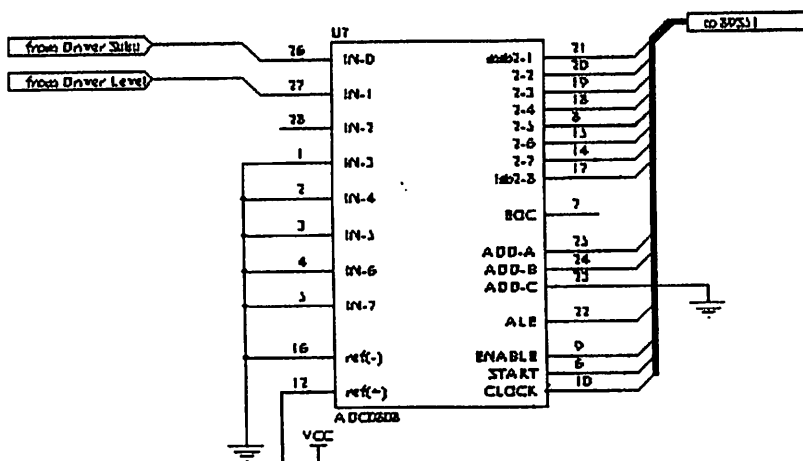
3.2.3.5. ADC 0808

ADC 0808 berfungsi sebagai pengubah data analog inputan ke data biner yang bisa di proses Microcontroller

Rangkaian ADC diperlukan untuk membaca masukan *crisp* input Fuzzy dari input suhu, IC LM 35 sebagai sensor suhu dalam perancangan ini menghasilkan signal analog dari hasil pengukuran suhu pada blok mesin sepeda

motor, yaitu setiap kenaikan satu derajat celcius sebesar 10mV. Sementara mikrokontroller AT89S51 bekerja pada sistem digital, sehingga diperlukan pengkonversian data suhu yang berupa signal analog ke digital.

Disini kami menggunakan ADC type 0808 karena mudah didapatkan juga mempunyai 8 input pengkonversiannya menggunakan model SAC (successive Approximation ADC) yaitu ADC jenis pendekatan bertingkat, ADC type ini mempunyai waktu konversi konstan dan lebih cepat dibanding type Tracking ADC, berikut hubungan ADC 0808 dengan perangkat lainnya :



Gambar 3 - 7. Rangkaian ADC 0808

**Sumber : Rangkaian pengujian*

Dengan menggunakan rumus dapat diketahui proses perubahan dari signal analog yang berasal dari sensor suhu.

Diketahui :

$$8 \text{ bit} = 2^8$$

$$= 256$$

$$V_{\max} = 5 \text{ V}$$

Maka tegangan untuk tiap 1 bit :

$$= \frac{5}{256} = 1.95 \text{ mV}$$

Sebagai gambaran kasar dari sistem yang ada pada ADC 0808 dapat dilihat pada tabel 3 – 1 dibawah ini :

Tabel 3 -1
Sistem pengubahan data dari analog ke digital pada ADC 0808

V_{in} (V)	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	des	hex
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	1	1	0	0	1	25	19
1	0	0	1	1	0	0	1	1	51	33
1.5	0	1	0	0	1	1	0	0	76	4C
2	0	1	1	0	0	1	1	0	102	66
2.5	1	0	0	0	0	0	0	0	125	80
3	1	0	0	1	1	0	0	1	153	99
3.5	1	0	1	1	0	0	1	1	179	B3
4	1	1	0	0	1	1	0	1	225	CD
4.5	1	1	1	0	0	1	1	0	230	E6

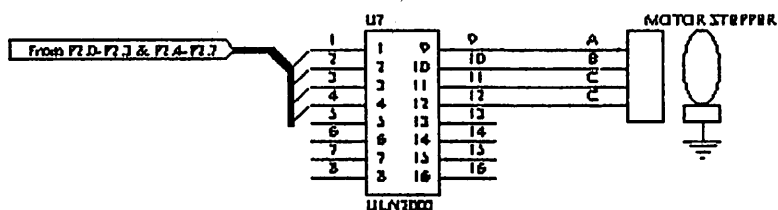
**Sumber : Rangkaian pengujian*

3.2.7. Driver Motor Stepper

Driver motor stepper ini dirancang menggunakan IC ULN 2003, dimana IC ini memiliki kemampuan tegangan output yang tinggi yaitu 30 V-95 V,

dengan arus tiap outputnya sebesar 500mA. Karena jenis motor stepper yang digunakan adalah unipolar dengan 5 atau 6 kabel. Dimana kabel nomer 1,2,3,4 adalah input A,B,C,D, sedangkan 5 dan 6 adalah Common.

Cara menjalankan motor stepper adalah dengan menghidupkan salah satu dari inputnya secara bergantian dan berurutan, searah jarum jam atau berlawanan dengan jarum jam, arah tersebut mempengaruhi pada arah rotor-nya. Selang waktu dari perpindahan hidup dan matinya akan menentukan tingkat kecepatan dari putaran motor stepper tersebut. Gambar dari driver dan hubungannya dengan motor dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3 - 8. Rangkaian Driver Motor Stepper

**Sumber : Rangkaian pengujian*

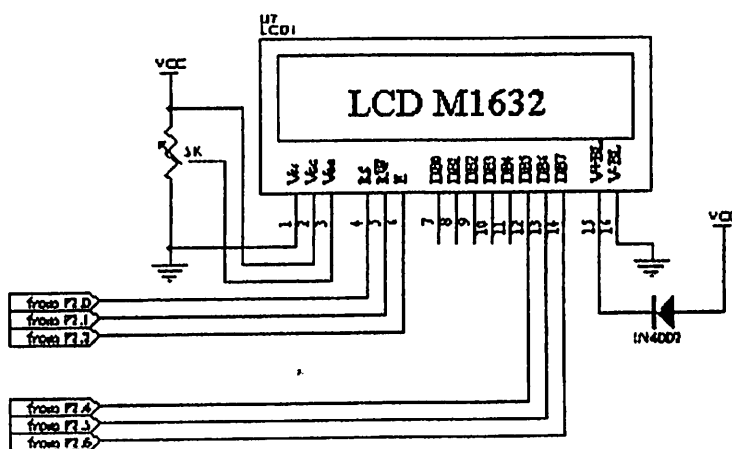
3.2.6. Display

LCD TM1632ABC digunakan untuk menampilkan RPM, dimaksudkan sebagai sarana untuk pengujian prototipe, apakah perencanaan alat yang dibuat

sudah berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau belum. Untuk itu LCD TM1632ABC akan menempati alamat A000H-A0001H pada IC AT 89S51..

Dengan bantuan perangkat lunak yang dibuat, dapat ditampilkan karakter yang diinginkan pada layar tampilan,yaitu dengan mengendalikan pada E,R/W dan RS.

Gambar dari rangkaian LCD TM1632ABC, Diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3 - 9. Rangkaian LCD
*Sumber : Rangkaian pengujian

Dioda yang dipasang pada VCC dimaksudkan sebagai pembatas tegangan yang masuk pada V-BL, sebab tegangan maksimum pada V-BL adalah 5 V. Dioda germanium sendiri menyerap tegangan sebesar 0,3 V, sehingga tegangan yang masuk pada V-BL sebesar 4,7 V. Sehingga LCD dalam kondisi aman dari kelebihan tegangan dan diharapkan LCD lebih awet.

Sementara itu potensiometer sebesar 5 K Ω dimaksudkan guna mengatur kecerahan dari pada layar LCD.

3.3. Perencanaan Perangkat Lunak

Dalam pokok bahasan ini, perancang akan menggambarkan flowchart yang merupakan garis besar dari pada bahasa Program fuzzy yang akan di isikan ke IC AT89S51. berikut cara kerjanya:

Program dari pengaturan pompa oli akan start ketika ada tegangan yang masuk, ini berarti bahwa posisi kunci kontak sepeda motor harus dalam posisi ON. Dengan ON-nya kunci kontak sepeda motor maka piranti pengontrol pompa oli akan mendapatkan suplai tegangan dari aki.

Setelah semua piranti pengontrol pompa oli mendapatkan suplai tegangan, dilanjutkan dengan inisialisasi LCD. Ini sialisasi LCD ini juga dapat dikatakan sebagai pengenalan piranti pengontrol pompa oli baik yang terhubung secara software maupun hardware serta akan menunjukkan bahwa semua piranti pengontrol pompa oli siap untuk proses selanjutnya.

Selanjutnya adalah penentuan setpoint. *Setpoint* disini adalah *setpoint* untuk masukan suhu. Perlu diketahui bahwa suhu dalam perancangan ini dimaksudkan untuk penambahan oli samping secara otomatis. Dalam keadaan sepeda motor standart penggunaan oli samping adalah 20 mL untuk setiap 1 L bensin. Sedangkan diwaktu mesin panas atau penggunaan jarak jauh lebih bagus kalau oli samping ditambah. Untuk itu pada suhu blok mesin 80 °C suplai oli samping akan ditambah sebesar 5 mL. Jadi bisa dikatakan *setpoint* suhu ada pada suhu 80 °C.

AT89S51 akan membaca hasil pengubahan signal analog ke digital oleh ADC 0808 dari sensor suhu yaitu LM 35 yang telah di driver oleh 2 op-amp LM286. Untuk pembacaan putaran mesin (RPM) dilakukan mikrokontroller

langsung pada kaki 16 AT89S51. Hal ini disebabkan hasil dari driver sudah berbentuk digital sehingga tidak perlu lagi masuk ke ADC 0808 untuk diubah ke signal digital. Ini karena peranan transistor C945 yang berfungsi sebagai saklar elektronik yang membangkitkan signal digital yaitu *high* dan *low*.

Untuk mengetahui berapa suhu dan kecepatan putaran mesin dapat dilakukan oleh LCD. Tampilan suhu dan rpm pada LCD karena kaki kaki LCD 12, 13, 14 mendapat masukan dari kaki-kaki mikrokontroller berturut-turut adalah 26, 27, 28.

Suhu dan rpm sebagai variabel masukan harus diisikan ke *crisp input* untuk diproses dengan *karnel fuzzy*. *Crist input* merupakan nilai sebenarnya dan tegas dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh sensor, baik sensor suhu maupun sensor RPM.

Dari *crisp input* yang diperoleh dari pengukuran, kemudian akan dapat di buat *Membership Function* (fungsi keanggotaan). Fungsi keanggotaan ini akan mendefinisikan *fuzzy set* dengan mentransformasikan atau memetakan masukan *crisp* dari domainnya ke derajat keanggotaannya.

Setelah *membership function* dibuat, selanjutnya penentuan **label**. Yaitu nama deskriptif yang digunakan untuk mengidentifikasi sebuah fungsi keanggotaan. Label untuk suhu pada perancangan ini adalah: dingin, hangat, panas, sangat panas. Sedangkan untuk RPM labelnya adalah : lambat, sedang, cepat, sangat cepat.

Selanjutnya penentuan *degree of membership function* (derajat keanggotaan) yaitu derajat dimana nilai *crisp* cocok dengan keanggotaan (dari '0'

sampai dengan '1'). Disini derajat keanggotaan juga mengacu sebagai tingkat keanggotaan, nilai kebenaran atau masukan fuzzy.

Scope (domain) atau lingkup merupakan lebar fungsi keanggotaan. Jangkauan konsep, biasanya berupa bilangan, tempat dimana fungsi keanggotaan dipetakan. Dalam perancangan ini domain dari *fuzzy set* (fungsi keanggotaan) adalah 0 °C sampai 110 °C dan lingkungannya adalah 20 °C.

Daerah batasan crisp adalah jangkauan seluruh nilai yang mungkin dapat diamplikasikan pada variabel sistem atau sering disebut daerah semesta keseluruhan dari *crisp input*. Dari perancangan daerah batasan crisp adalah : untuk suhu antara 0 °C sampai 110 °C, sedangkan untuk RPM antara 0 Rpm sampai 12000 Rpm.

Untuk selanjutnya proses dilanjutkan oleh *karnel fuzzy*, yang meliputi :

1. *Fuzzification* yaitu proses pengubahan *input* yang berupa *variabel crisp* menjadi *variabel fuzzy* (fuzzy input). Fuzzifikasi akan mengambil nilai *input crisp* secara *real time*, seperti pembacaan suhu dan mengkombinasikan dengan fungsi keanggotaan (membership function) yang tersimpan untuk menghasilkan masukan fuzzy. Sebagai contoh masukan crisp 50 °C akan ditransformasikan menjadi hangat dalam bentuk fuzzy dan 400 Rpm akan ditransformasikan menjadi lambat dan lain sebagainya.
2. *Ruler Evaluation*, dalam evaluasi rule ini prosesor fuzzy menggunakan aturan aturan *linguistic* untuk menentukan aksi kontrol apa yang harus dilakukan dalam merespon nilai masukan yang diberikan. Aturan yang bersifat *linguistic* ini mempunyai bentuk " *IF.....Then.....* ". sebagai contoh :

IF suhu IS panas AND Rpm IS cepat THEN oli yang dikeluarkan sangat banyak .

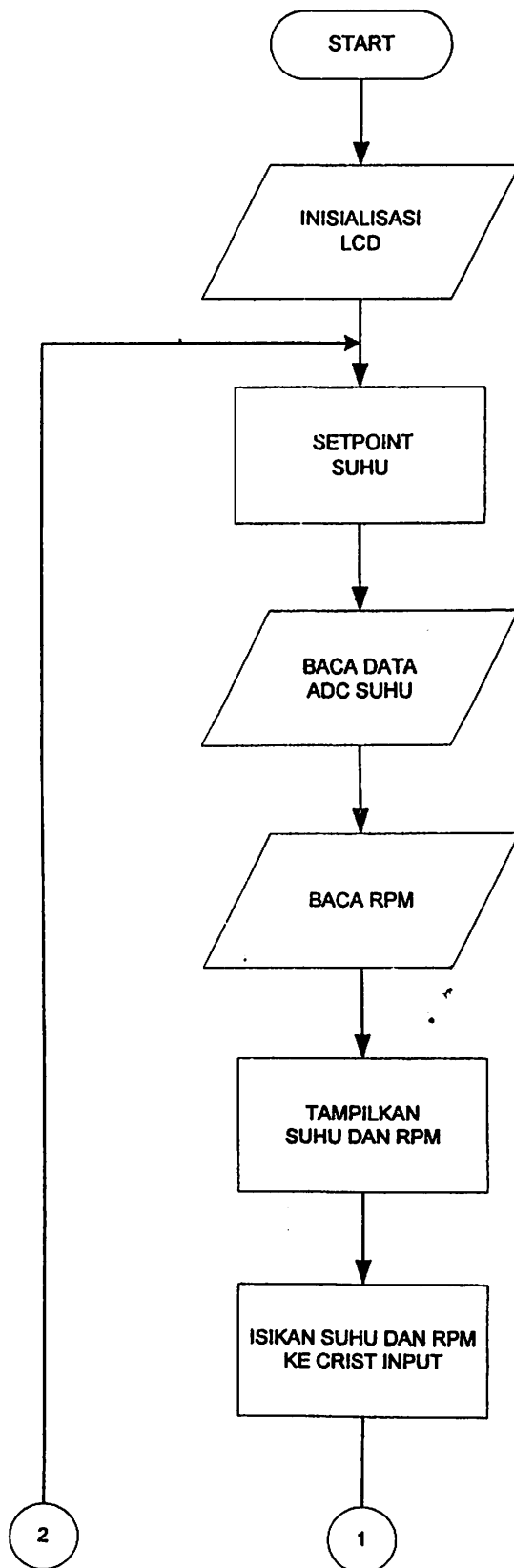
IF suhu IS dingin AND Rpm IS lambat THEN oli yang keluar sangat sedikit. Dan seterusnya.

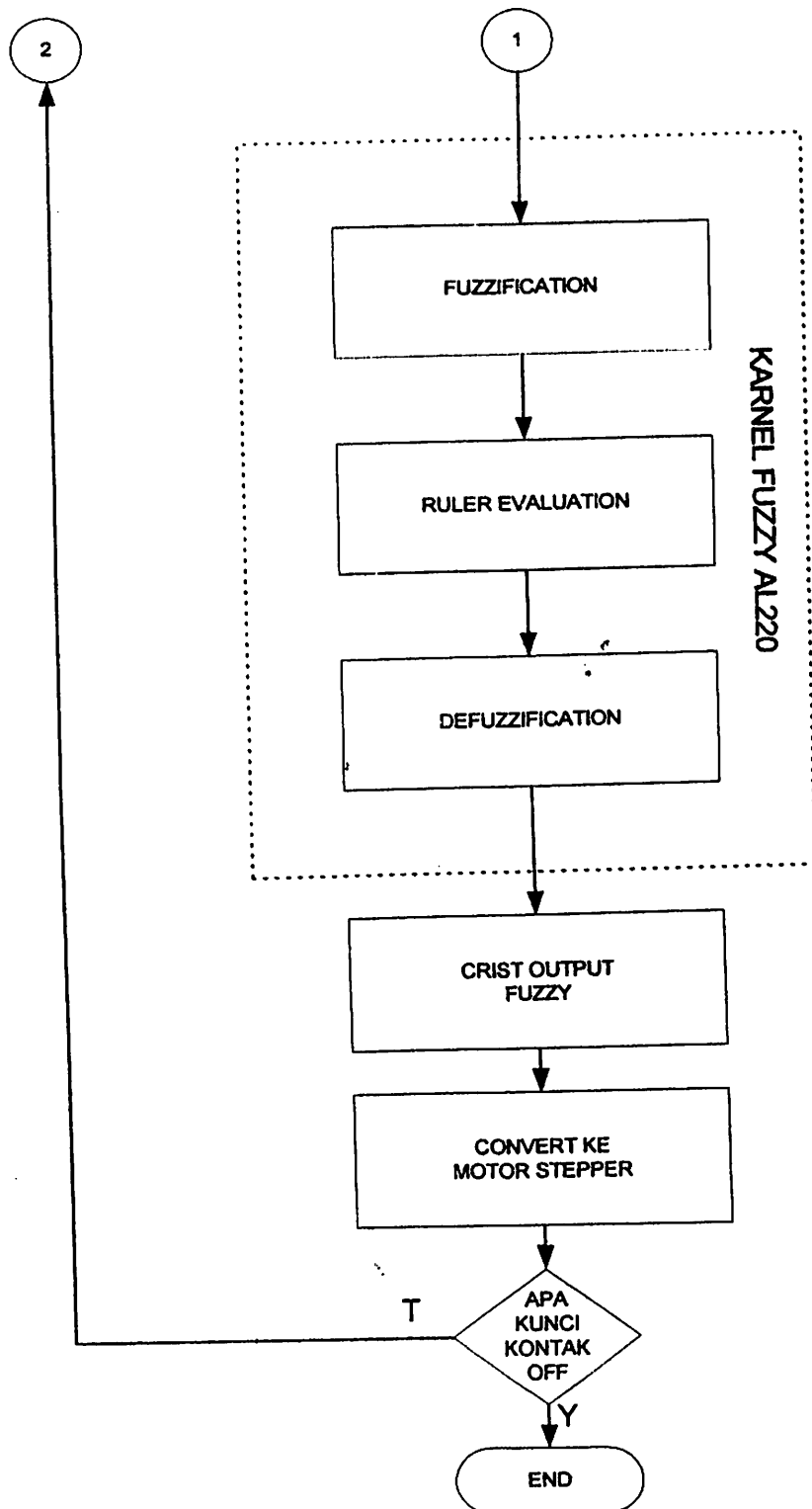
Metode evaluasi rule adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi aturan yang digunakan, dalam hal ini menggunakan metode MAX or MIN sesuai yang digunakan oleh fuzzy logic controller AL220, konsep dari metode ini adalah mencari nilai minimum pada setiap rule, kemudian dicari nilai maksimum dari kumpulan rule yang berkorelasi dengan satu kejadian output. Nilai minimum dari setiap rule merupakan derajat ke-fuzzy-an rule tersebut, sedangkan nilai maksimum dari nilai minimum dari himpunan rule yang berkorelasi menggambarkan kejadian yang paling dapat “dipercaya” karena mempunyai derajat ke-fuzzy-an paling tinggi.

3. *Defuzzification*, pada tahap ini terjadi proses perubahan variabel fuzzy yang terbentuk dari proses rule evaluation menjadi *variabel crisp*. Proses ini merupakan tahap akhir dari proses logika fuzzy yang mengubah *output fuzzy* menjadi *output crisp*.

Proses selanjutnya yaitu pengolahan *crisp output* yang dihasilkan dari proses sebelumnya untuk dapat diconvert ke motor stepper. sebelum terjadi proses looping atau pengulangan proses fuzzy akan ada decision yaitu pertanyaan apakah kunci kontak sepeda motor dimatikan, apabila “Y” maka proses kontrol pompa oli akan berakhir. Sebaliknya jika kunci kontak sepeda tidak dalam keadaan mati

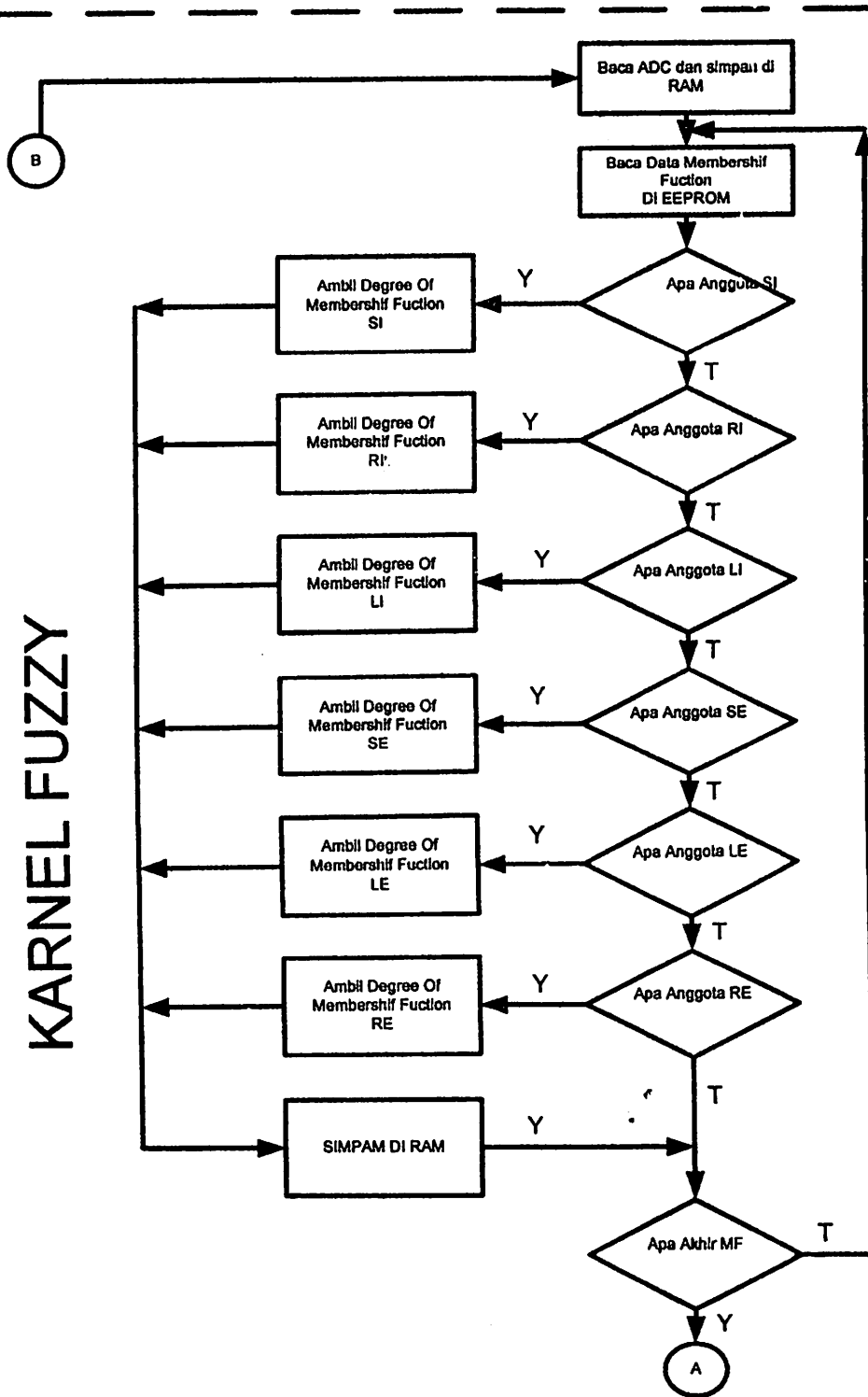
maka proses looping akan terjadi, yaitu pengulangan proses dari awal *up date* dari masukan yang masuk..Untuk lebih jelasnya dapat dilihat flowchart dibawah ini:

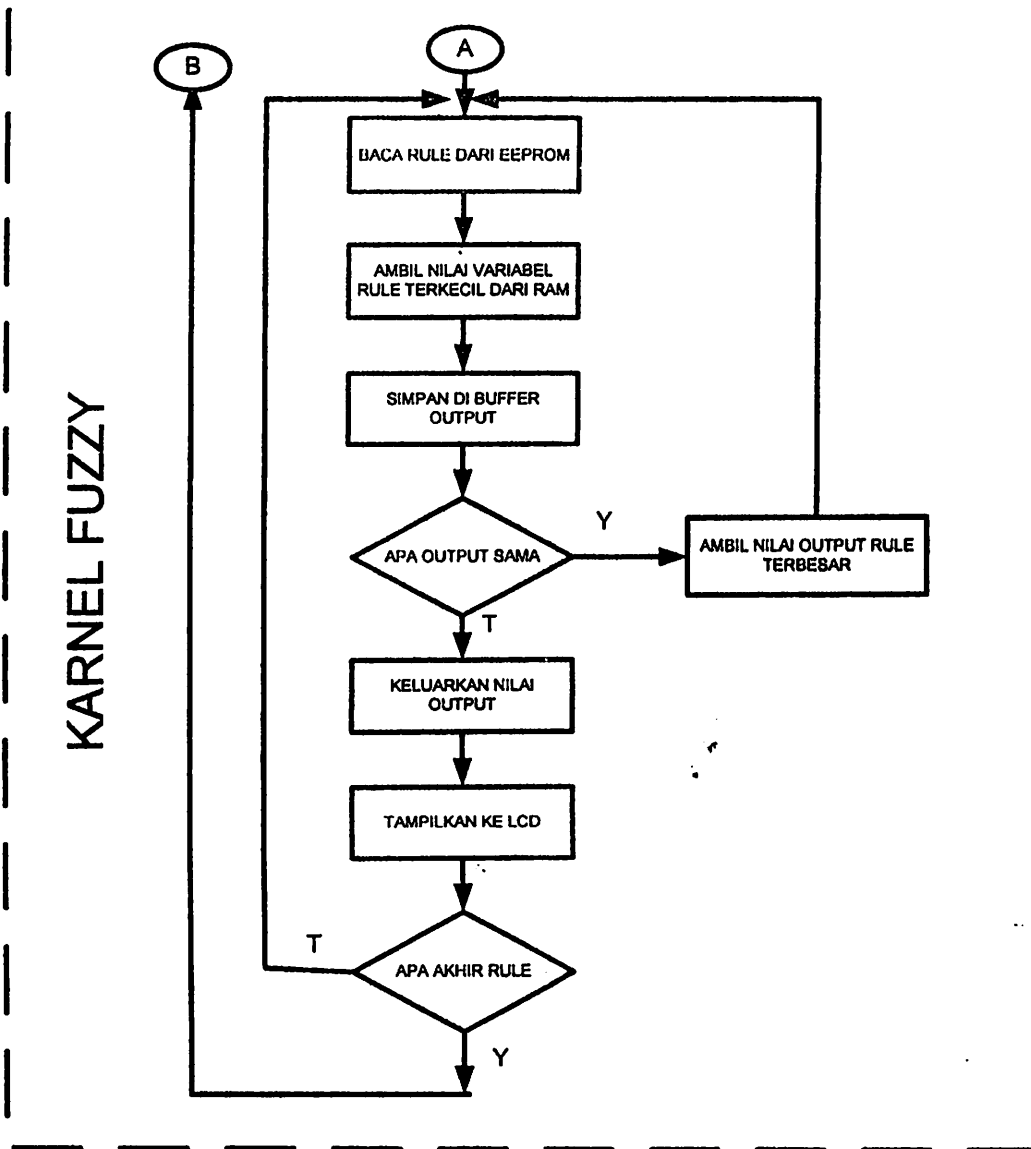




Gambar 3.10. Flowchart

KARNEL FUZZY





Gambar 3.11. Flowchart Karna Fuzzy

BAB IV

PENGUJIAN DAN PENGUKURAN ALAT

4.1 Pendahuluan

Setelah dilakukan pembuatan alat (rangkaian) yang merupakan penerapan dari perencanaan, tindakan selanjutnya adalah menguji serta mengukur alat tersebut lalu menganalisanya. Tujuannya adalah untuk melihat sampai dimana keberhasilan pembuatan alat dan mengetahui apakah kemampuan kerja dari rangkaian dimana telah sesuai dengan yang diinginkan.

Untuk pengukuran dilakukan pada setiap rangkaian agar tidak terjadi kesulitan dalam menganalisanya. Hasil dari pengukuran akan dibandingkan dengan hasil perhitungan yang sudah ada dalam bab sebelumnya. Adapun rangkaian-rangkaian yang diukur meliputi:

1. Rangkaian sensor suhu dengan drivernya
2. Rangkaian sensor RPM
3. Rangkaian ADC 0808
4. Rangkaian driver motor stepper

Pada penganalisaan alat, akan ada perbedaan atau selisih antara hasil pengukuran dari hasil pengujian alat pada setiap rangkaian dalam system. Bila selisihnya tidak terlalu besar maka hal ini masih ditoleransi dan dinyatakan alat telah berhasil sesuai dengan perencanaan dan perancangan.

Beberapa penyebab terjadinya selisih hasil pengukuran dengan hasil perhitungan adalah:

1. Adanya pembulatan angka pada pembacaan alat ukur.
2. Kekurang telitian membaca alat ukur saat pengukuran.
3. Penggunaan komponen yang tidak memiliki nilai tidak sesuai (toleransi nilai komponen).
4. Kesalahan internal pada alat ukur.

4.2. Pengujian Sub Sistem

Pengujian masing-masing sub system dimasukkan untuk melihat cara rangkaian setiap blok sehingga dapat mengurangi resiko kesalahan pada saat pengintegrasian rangkaian. Dalam pengujian sub system dibagi dalam dua kelompok, yaitu:

1. Pengujian Rangkaian Perangkat Keras.

2. Pengujian perangkat Lunak

4.2.1. Pengujian Rangkaian Perangkat Keras

Dalam pengujian rangkaian perangkat keras ini akan menguji dari perangkat keras yang telah dirancang guna memastikan bahwa, baik fungsi maupun hasilnya sesuai dengan yang diinginkan perancang.

4.2.1.1. Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

a. Tujuan :

Sensor LM 35 adalah suatu sensor suhu dengan kalibrasi derajat celcius, namun demikian perlu adanya pengujian terhadap alat yang telah dibuat. Dalam pengujian ini dapatkah IC LM 35 mendeteksi kenaikan suhu pada mesin (luar). Yaitu pada sirip – sirip mesin. Selain itu juga menguji rangkaian

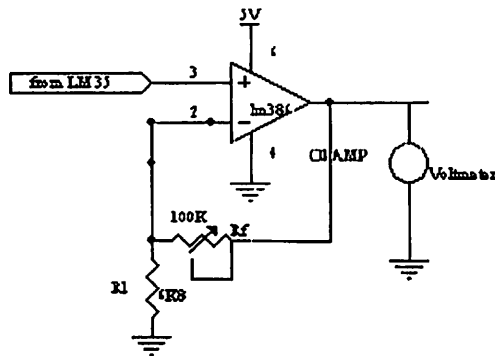
1.1. Data hasil pengujian rangkaian suhu LM 35:

Tabel 4 – 1.
Hasil Perbandingan Perhitungan Dan Pengujian Rangkaian LM 35

SUHU (°C)	DARI DATA SHEET (V)	DARI HASIL PENGUKURAN (V)
80	0.8	0.81
85	0.85	0.846
90	0.9	0.91
95	0.95	0.952
100	1	1.01

*Sumber : Data hasil pengujian

2. Rangkaian op-amp sebagai penguat dengan penguatan 3 X



Gambar 4 – 2. Rangkaian Pengujian LM 386 Sebagai Penguat

*Sumber : Rangkaian pengujian

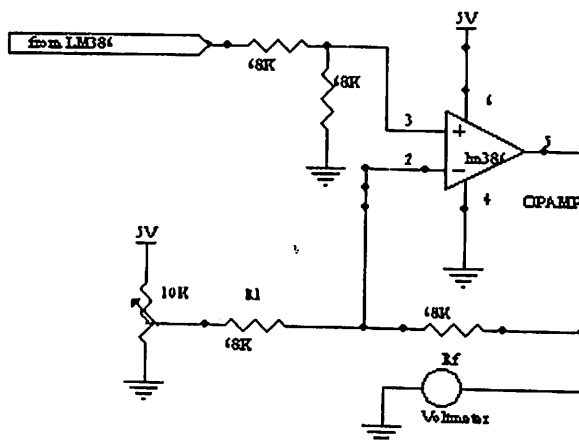
2.1. Data hasil pengukuran

Tabel 4 – 2
Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan pada LM 386 Sebagai Penguat

SUHU (°C)	HASIL PERHITUNGAN (V)	HASIL PENGUJIAN (V)
80	2.4	2.36
85	2.55	2.54
90	2.7	2.68
95	2.85	2.87
100	3	3.03

*Sumber : Rangkaian pengujian

3. Rangkaian op-amp sebagai penguat difrensial



Gambar 4 -3. Rangkaian Pengujian LM 386 Sebagai Penguat Difrensial

*Sumber : Rangkaian pengujian

3.1. Data hasil pengukuran

Tabel 4 – 3
Hasil Perbandingan Hasil Perhitungan Dan Pengujian pada LM 386
Sebagai Penguat difrensial

SUHU (°C)	HASIL PENGHITUNGAN (V)	HASIL PENGUJIAN (V)
80	0	0
85	0.15	0.14
90	0.3	0.31
95	0.45	0.46
100	0.6	0.58

*Sumber : Rangkaian pengujian

d. Analisis :

Pada pengujian rangkaian sensor suhu dapat disimpulkan, yaitu dengan IC LM 35 beserta rangkaian pendukungnya yang berupa dua buah IC opamp LM 386 yang masing masing mempunyai fungsi yang berbeda. Baik yang berfungsi sebagai penguat dengan penguatan 3 X maupun yang berfungsi sebagai penguat integrasi dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Sehingga untuk masukan suhu pada ADC 0808 sesuai dengan yang telah diinginkan perancang.

4.2.1.2. Pengujian Rangkaian Sensor RPM

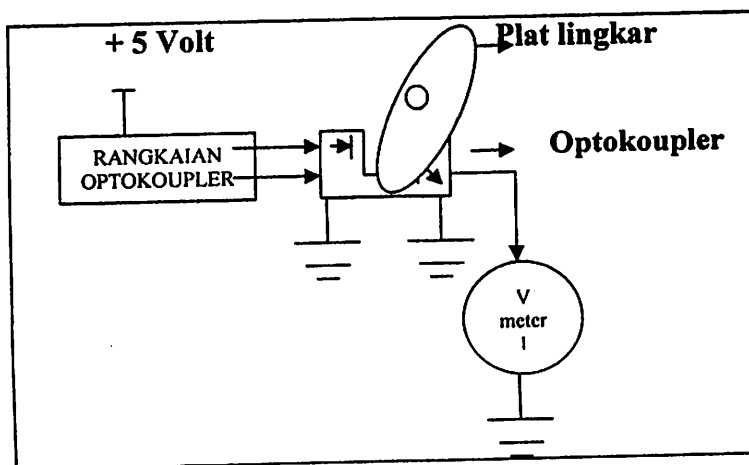
a. Tujuan :

Untuk mengetahui data output yang diberikan optokoupler saat membaca putaran mesin.

b. Alat dan bahan

- Sumber tegangan DC + 5 Volt
- Volt meter analog
- Plat melingkar dengan satu lubang dipinggir

c. Gambar blok rangkaian pengujian optokoupler :



Gambar 4 – 4. Blok Pengujian Rangkaian Sensor Rpm
*Sumber : Rangkaian pengujian

d. Data hasil pengujian :

Tabel 4 - 4
Data Output Dari Sensor Optokoupler

No	Plat Hitam	Volt Meter	Logic	Ket
1	Di Celah	4.7 Volt	1	Transistor Saturation
2	Di Luar	0,29 Volt	0	Transistor Cut off

*Sumber : Data pengujian

e. Analisis :

Dengan mengamati tingkah laku optokoupler maka, dapat disimpulkan bahwa celah saat terhalang plat melingkar sebagai simulasi, maka cahaya led pada optocoupler tidak diterima oleh penerima pada optocoupler, hal ini menyebabkan hambatan pada penerima optocoupler sangat besar. Sehingga tegangan akan mengalir dari Vcc ke Rc. Dengan demikian data output pada kolektor berlogika high (1) dan sebaliknya. Ketika cahaya led dapat diterima dengan baik oleh penerima pada optocoupler maka hambatan pada optocoupler kecil. Maka tegangan dari Vcc akan melewati Rp (10 Kohm) dan akhirnya akan di tanahkan oleh Rdown (47 Kohm). Dengan demikian maka transistor dalam kondisi *cut off* dan data output akan berlogika *low* ("0")

4.2.1.3. Pengujian ADC 0808

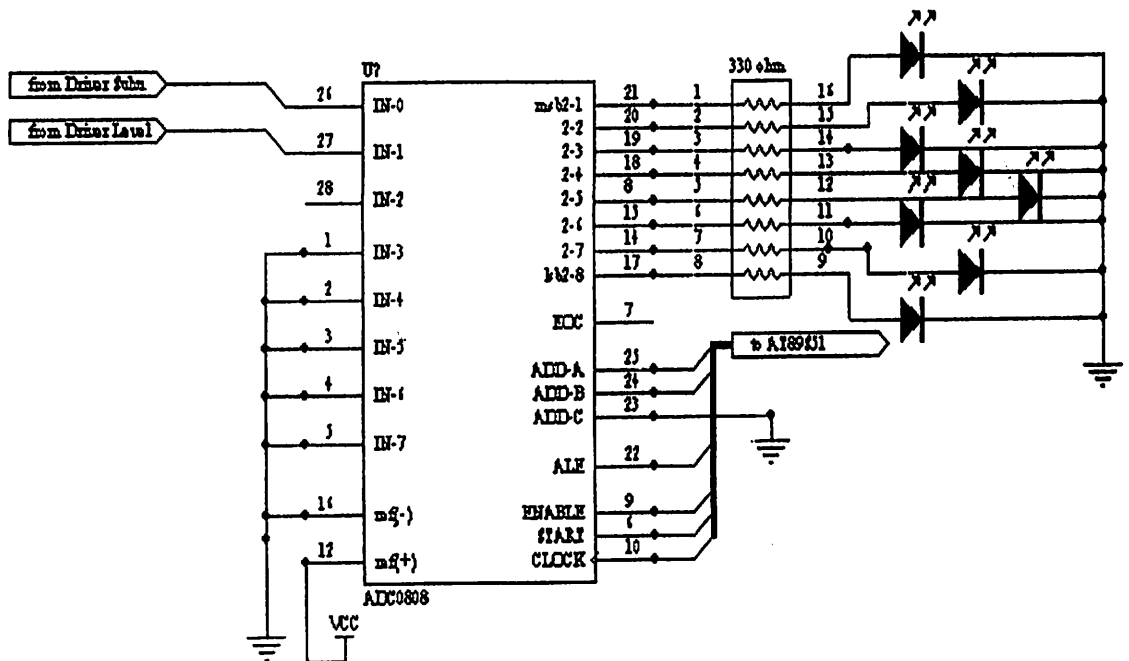
a. Tujuan :

Untuk mengetahui hasil konversi tegangan analog menjadi bentuk tegangan digital (high dan low).

b. Alat dan bahan :

- Sumber tegangan DC + 5 Volt
- Volt meter analog
- 8 LED dengan resistor pembagi tegangan 330 Ohm
- Variabel tegangan input

c. Gambar rangkaian pengujian :



Gambar 4 – 5. Pengujian Rangkaian ADC 0808

*Sumber : Rangkaian pengujian

d. Data hasil pengujian :

Tabel 4 - 5
Data Output Dari ADC 0808

Vin (Volt)	Keluaran ADC							Kesalahan (%)
	Perhitungan			Hex	Pengukuran			
	D7-D4	D3-D0	Des		D7-D4	D3-D0	Des	
1,999	1111	1111	255	FFH	1111	1111	255	0
1,86	1110	1110	238	EEH	1110	1111	239	0,4
1,723	1101	1100	220	DCH	1101	1100	220	0
1,57	1100	1000	200	C8H	1100	1011	203	1,5
1,47	1011	1100	188	BCH	1011	1110	190	1,06
1,266	1010	0010	162	A2H	1010	0000	160	1,23
1,209	1001	1010	154	9AH	1001	1011	155	0,65
1,112	1000	1110	142	8EH	1000	1110	142	0
0,986	0111	1110	126	7EH	0111	1110	126	0
0,866	0110	1110	110	6EH	0110	1110	110	0
0,734	0101	1110	94	5EH	0101	1110	94	0
0,616	0100	1101	77	4DH	0100	0000	64	16,88
0,488	0011	1110	62	3EH	0011	0000	48	22,58
0,362	0010	1110	46	2EH	0010	0000	32	30,43
0,243	0001	1111	31	1FH	0001	1111	31	0
0,117	0000	1110	14	0EH	0000	1111	15	7,1
0,004	0000	0000	0	00H	0000	0000	0	0
E total								81,83

*Sumber : Data pengujian

Keterangan:

Vin = Tegangan input ADC

D7-D4 = Keluaran D7, D6, D5, D4 (MSB)

D3-D0 = Keluaran D3, D2, D1, D0 (LSB)

Des = Keluaran dalam bentuk decimal

e. Analisis :

Pada percobaan ini kesalahan (*error*) masih dapat diabaikan, jika kesalahan tersebut berada pada keluaran D₀-D₃. Dari pengamatan yang dilakukan, dapat diketahui besar kesalahan totalnya (E_{total}). Jika N adalah jumlah percobaan, maka kesalahan rata-ratanya ($E_{rata-rata}$) adalah;

$$E_{rata-rata} = \frac{\Sigma E}{N}$$

$$E_{rata-rata} = \frac{\Sigma 81,83\%}{17} = 4,81\%$$

$E = (\text{Banyaknya kesalahan/banyaknya percobaan}) \times 100\%$

Untuk keluaran D₀-D₃ besar kesalahannya adalah sebesar;

$$E = 9/17 \times 100\% = 52,94\%$$

4.2.1.4. Pengujian Rangkaian Driver Motor Stepper

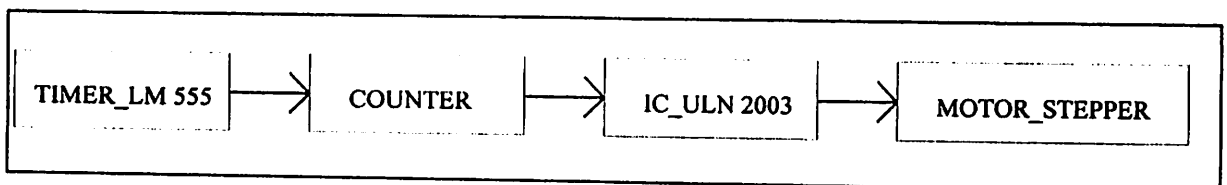
a. Tujuan :

Dalam pengujian ini bertujuan untuk melihat perputaran dan kekuatan motor stepper, yang dikendalikan oleh system kontrol untuk menggerakkan pompa olie.

b. Alat dan bahan :

- Sumber tegangan DC + 5 Volt & 12 Volt
- Volt meter analog
- Pompa olie
- System control

c. Gambar blok pengujian motor stepper :



Gambar 4 – 6. Pengujian Rangkaian Motor Stepper

*Sumber : Rangkaian pengujian

d. Data hasil Pengujian :

Tabel 4 - 6
Hasil Pengujian Rangkaian Motor Stepper Comon Ground

No	Kecepatan	Data	Vout ULN				Keterangan
			D	C	B	A	
1	5000 rpm	0001	0,0 V	0,0 V	0,0 V	11,3 V	Satu step kekiri
2	5000 rpm	0010	0,0 V	0,0 V	11,3 V	0,0 V	Satu step kekiri
3	5000 rpm	0100	0,0 V	11,3 V	0,0 V	0,0 V	Satu step kekiri
4	5000 rpm	1000	11,3 V	0,0 V	0,0 V	0,0 V	Satu step kekiri
5	-	0000	0,0 V	0,0 V	0,0 V	0,0 V	Diam (mati)
6	8000 rpm	1000	10,5	0,0 V	0,0 V	0,0 V	Satu step kekanan

*Sumber : Data hasil pengujian

e. Analisis :

Dalam pengujian rangkaian driver motor stepper memiliki dua cara untuk pengujiannya yaitu: menentukan *comon* graound atau *comon* Vcc, jika *comon* ground maka yang digeser logic "1" dari empat input dan sebaliknya jika *comon* Vcc maka yang digeser logic "0" dari empat input-nya.

4.3. Pengujian Sistem Keseluruhan

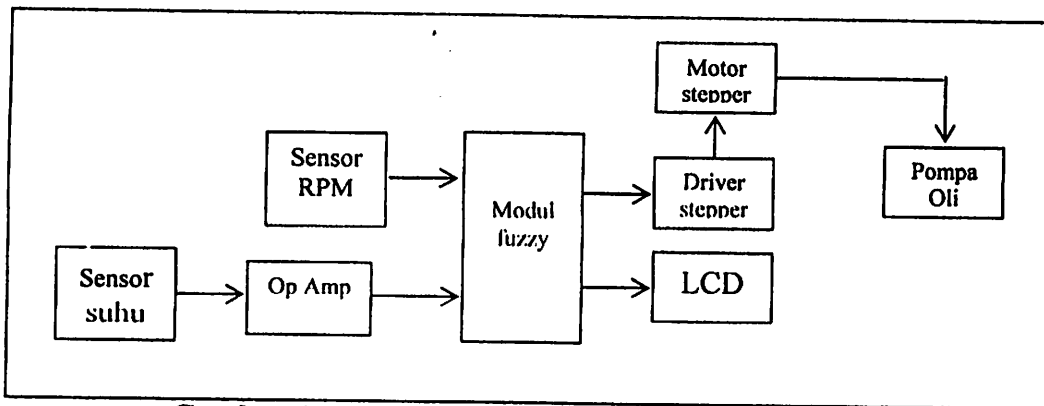
a. Tujuan :

Tujuan dari pengujian system secara keseluruhan inilah yang menentukan berhasil atau tidaknya suatu alat kontrol injeksi olie mesin motor dua tak, dan sejauh mana kepresisian suatu alat yang dibuat berdasarkan perbandingan terhadap alat yang sudah ada atau alat yang konvensional. Untuk itu pengujian keseluruhan antara hardware dan software ini dilakukan.

b. Alat dan bahan :

- Sumber tegangan +12 & 5 Volt DC
- Volt meter digital
- Olie
- Blok rangkaian pengujian keseluruhan

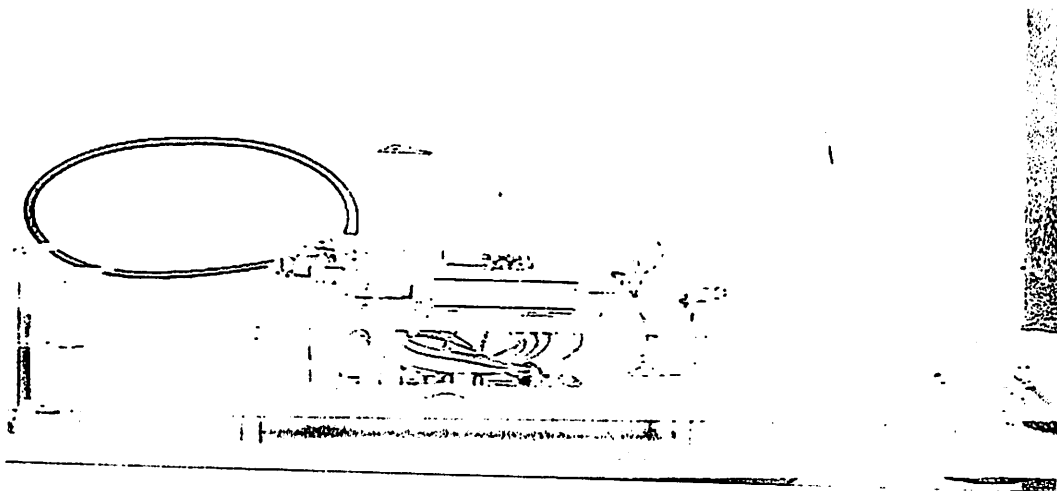
c. Blok rangkaian pengujian keseluruhan:



Gambar 4-7. Blok Pengujian Sistem Keseluruhan

*Sumber : Rangkaian keseluruhan pengujian

d. Gambar Prototipe Yang Akan Diuji



Gambar 5 – 8. Prototipe Yang Akan Diuji

e. Data hasil pengamatan:

a. Hasil Pengamatan Pada Motor Stepper

Setelah melakukan tes terhadap modul rangkaian pengontrol pompa oli samping, perancang mengamati perilaku dari motor stepper. Ketika modul dijalankan motor stepper berputar seiring dengan penambahan kecepatan mesin (RPM). Setelah suhu pada blok mesin mencapai suhu 80°C dengan RPM tetap, motor stepper memutarnya bertambah.

b. Data Hasil Percobaan

dalam data hasil percobaan, perancang menyajikan data yang berupa hasil keluaran oli samping yang dipompa oleh pompa oli. Dalam menampung oli yang keluar, perancang mengambil waktu 15 menit untuk setiap sampelnya dan dengan RPM yang tetap. Berikut tabel hasil percobaanya:

Tabel 4-7
Hasil Pengamatan Terhadap Sistem

No	Rpm (menit)	Suhu (°C)	Stepper	±Volume (cc)
1	2200	50	ON	19
2	4600	60	ON	18
3	5040	70	ON	17
4	7950	80	ON	21
5	8700	90	ON	25

*Sumber : Data hasil pengujian

f. Analisis:

Sampailah pada tahap akhir dari penyusunan suatu skripsi yaitu pengujian system secara keseluruhan mulai dari perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) sekaligus tanggap system terhadap kenaikan olie dan suhu mesin. Ada beberapa pengujian diatas yang dapat disimpulkan bahwa seluruh system yang dirancang mampu berkerja seperti yang diharapkan. Dimulai dari mikrokontroller sebagai penggerak kontrol utama dapat membaca data yang di masukkan dari optokoupler dan ADC 0808 dan menampilkanya pada display LCD. Data akan diolah sedemikian rupa dalam software untuk kemudian menggerakkan motor stepper sebagai penggerak pompa olie. Mikrokontroller dalam melakukan pengontrolan bertumpu pada suhu mesin ($^{\circ}\text{C}$) dan kecepatan (Rpm). Bila salah satu dari kedua masukan terdeteksi naik, untuk suhu diatas 80°C dan Rpm lebih besar dari 5000 Rpm, maka kecepatan motor stepper dipercepat secara pelan – pelan seiring dari kondisi panas Mesin. Tetapi bila kondisi normal, dalam artian kondisi mesin panasnya tidak mencapai 80°C , maka motor stepper kecepatannya standart, sehingga pompa oli akan memompa oli samping standart dari pabrik.

4.4. Penempatan Alat Pada Sepeda Motor

a. Tujuan

Dalam pengujian alat secara keseluruhan didapatkan hasil yang memuaskan, yaitu hasil yang dicapai sesuai dengan yang diinginkan perancang. Untuk itu pengujian selanjutnya, untuk membuktikan bahwa alat yang telah dirancang dapat diterapkan pada sepeda motor

b. Alat Dan Bahan

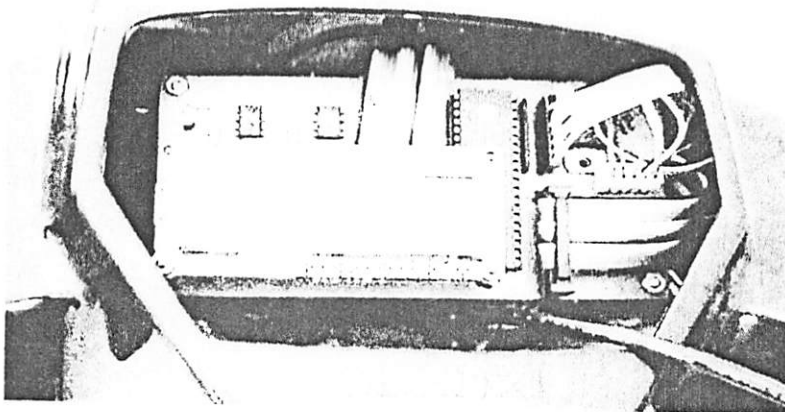
- Sepeda Motor Dua Langkah (RC 80)
- Modul Fuzzy Sebagai Kontrol Utama
- Sensor RPM
- Sensor Suhu
- LCD

c. Penempatan Pada Sepeda Motor

1. Penempatan Modul Fuzzy Dan LCD

Dalam perancangan ini sengaja perancang menempatkan LCD dan modul fuzzy sebagai control utama di spidometer , mengingat fungsi dari LCD yang menampilkan RPM dan suhu sehingga pengendara dapat mengetahui RPM dan suhu pada waktu mengendarai. Sementara modul fuzzy juga ada di tempatkan pada spidometer, karena jarak terdekat dari semua sensor ada pada tempat itu.

Berikut gambar dari penempatan LCD dan Modul Fuzzy:

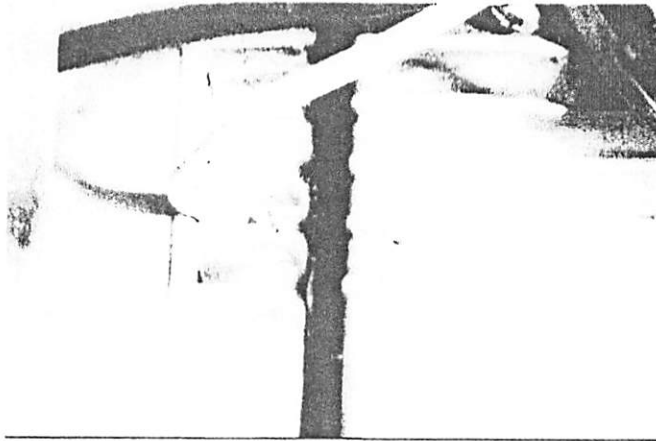


Gambar 4-9. Penempatan Modul Fuzzy Dan LCD

2. Penempatan Sensor Suhu

LM 35 sebagai sensor suhu di tempatkan pada kisi – kisi mesin.

Berikut gambar penempatan LM 35 pada kisi – kisi mesin:



Gambar 4-10. Penempatan LM 35 Pada kisi – kisi Mesin

3. Penempatan Sensor RPM

Optocoupler yang akan menghitung kecepatan RPM dari putaran mesin diletakkan pada magnet pengapian. Berikut gambar dari letak optocoupler:



Gambar 4-11. Penempatan Sensor RPM

4. Penempatan Motor Stepper

Motor stepper yang fungsi utamanya adalah menambahkan suplai oli samping jika kondisi pada kisi – kisi mesin sudah mencapai 80°C. berikut gambar dari letak motor stepper:



Gambar 4-12. Penempatan Motor Stepper

d. Analisa

Berikut adalah analisa dari masing masing penempatan:

1. menempatkan LCD dan modul fuzzy pada speedometer adalah jalan terbaik, karena meninjau letak dari keseluruhan sensor tidak terlalu jauh, jika penempatan modul terlalu jauh dari sensor sebagai signal masukan ditakutkan hasil dari pengukuran setiap sensor akan mengalami gangguan atau tidak presisi seperti yang diharapkan. Akan tetapi ini harus mengorbankan speedometer, selain itu modul fuzzy dan LCD harus benar – benar terlindungi dari air, sementara resiko untuk kena air, terutama air hujan sangat tinggi. Jadi supaya benar – benar aman, modul fuzzy dan LCD harus di bungkus lagi supaya air tidak dapat masuk.

2. Untuk penempatan LM 35 sebagai sensor suhu tidak mengalami masalah, karena LM35 tidak memerlukan perlakuan khusus, akan tetapi jarak dari kisi – kisi mesin ke modul fuzzy memerlukan pengkabelan yang panjang. Hal ini juga akan merugikan dari kepresisian dari LM 35 sebagai masukan suhu ke modul fuzzy.
3. Pada magnit pengapian sebenarnya merupakan tempat yang sesuai untuk menempatkan optocoupler, akan tetapi pada magnit pengapian ini tidak ada ruang untuk menempatkan optocoupler, jadi perancang kesulitan untuk memasang optocoupler pada tempat ini.
4. untuk pemasangan motor stepper perancang tidak mengalami kesulitan dan dapat menemukan ruang yang tidak mengganggu dari kerja semua komponen sepeda motor. Yang jadi masalah perancang belum bisa menemukan kawat yang cocok untuk menarik pompa oli guna menambahkan oli samping pada saat suhu pada blok mesin sudah mencapai suhu 80°C . kalau menggunakan kabel gas, kabel tersebut terlalu kaku sehingga motor stepper tidak dapat bekerja.

4.5. Pengujian Perangkat Lunak

a. Tujuan :

Dari pengujian perangkat lunak diharapkan dalam pengujian keseluruhan system nantinya dapat diperoleh hasil yang benar benar sesuai dengan yang diharapkan. Perangkat lunak disini penting peranannya karena merupakan otak dari keseluruhan system dan sangat menentukan hasil akhir dari perancangan system pengendali pompa oli samping.

a.1. Gambar input – Output

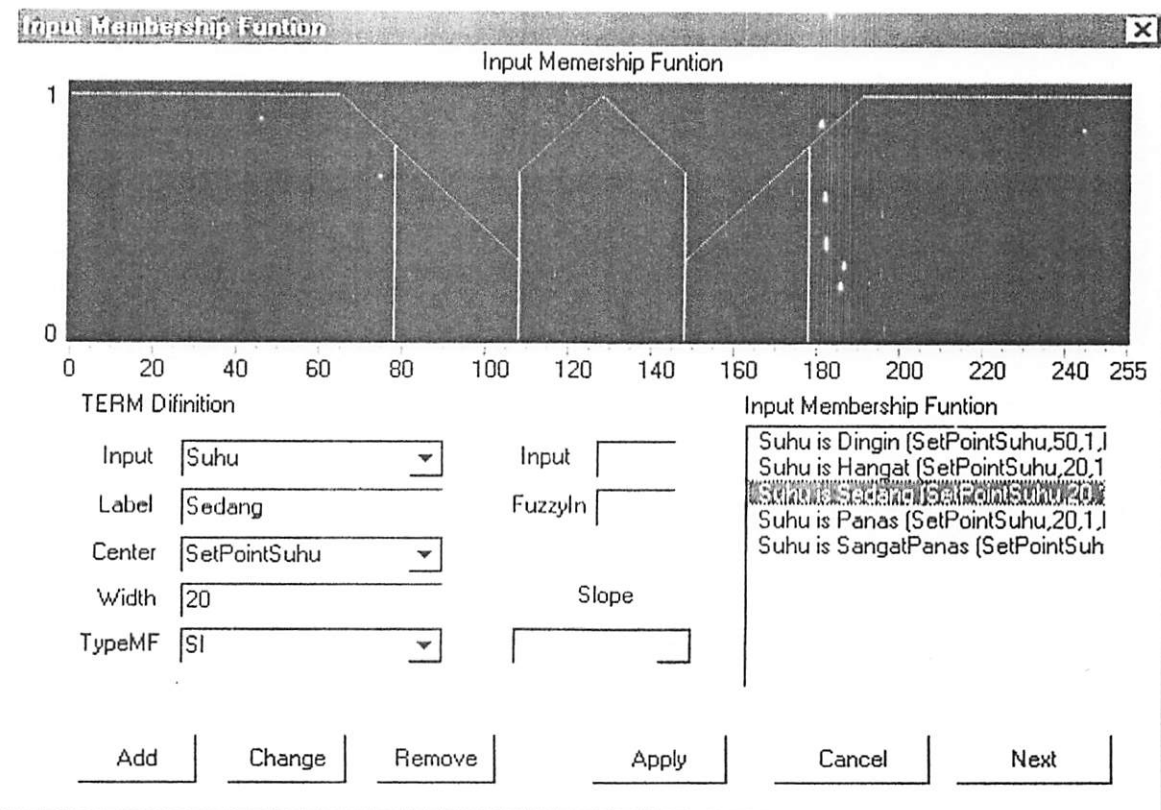
The image shows a dialog box titled "Input/Output". The main instruction reads: "Masukan Nama Input dan Outputnya Maksimal 4 Maukan dan 4 Ouputan". Below this, there are two columns of text. The left column is labeled "Crist Input" and lists "suhu", "RPM", and "PWTime". The right column is labeled "Crist Output" and lists "Motor Stepper". At the bottom of the dialog box, there are three buttons: "Cancel", "Apply", and "Next".

Gambar 4-13. Penentuan Masukan Dan keluaran Program Fuzzy

a.i. Penjelasan gambar

dari gambar diatas dapat diuraikan bahwa sebelum sebelum menentukan membership function terlebih dulu memasukan input yang dijadikan data untuk diolah oleh fuzzy. Setalah input dimasukan selanjutnya keluarannya.

a.2. Gambar Input Membership Funtion Suhu



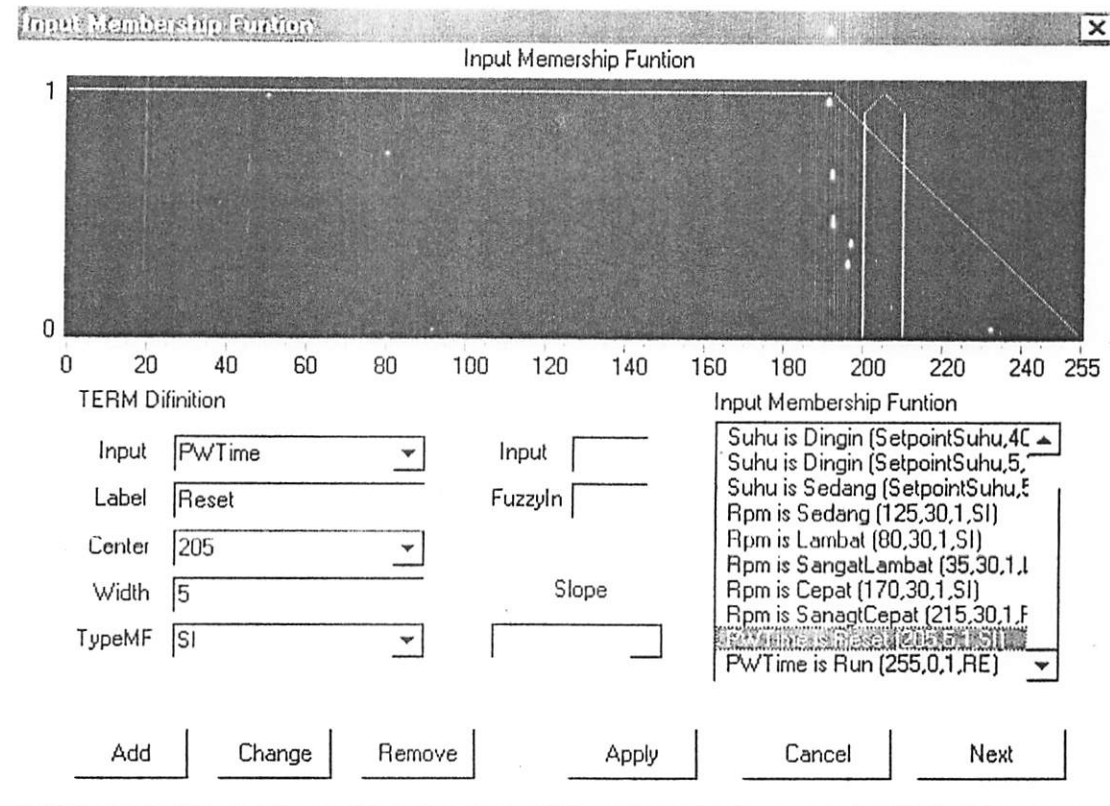
Gambar 4 -14. Gambar Tampilan Input Membership Funtion Suhu

*Sumber : Data hasil pengujian

a.2. Penjelasan Gambar

Dari gambar diatas, maka terlebih dahulu memasukan suhu sebagai masukan yang harus di control. Dalam penentuan label suhu dibagi dalam lima label, yaitu: dingin, hangat, sedang, panas, sangat panas. Penentuan *Setpoint* dimaksudkan, apabila suhu dibawah setpoint maka pompa oli akan mengurangi penambahan oli samping, sementara sebaliknya apabila suhu diatas setpoint maka pompa oli akan menambah jumlah oli samping yang harus dipompakan.

a.3. gambar Input Membership Funtion PW Time



Gambar 4 – 14. Gambar Input Membership Funtion PW Time

*Sumber : Data hasil pengujian

a.4. Penjelasan Gambar

PW Time sebagai saklar secara bahasa pemrograman yang menentukan apakah motor stepper dalam keadaan *Run* atau *Reset* dengan melihat kondisi dari Rpm mesin .

a.5. Rule Dari Keseluruhan Sistem Pengatur Pompa Oli Samping***Fuzzy Referent Unit And Knowledge With AT89C51***

*

Suhu

SetpointSuhu

EndIn

Stepper

PWTime

EndOut

Membership Function

Suhu is Dingin (SetpointSuhu,50,1,RE)

Suhu is Hangat (SetpointSuhu,20,1,RE)

Suhu is Sedang (SetpointSuhu,20,1,SI)

Suhu is Panas (SetpointSuhu,20,1,LE)

Suhu is SangatPanas (SetpointSuhu,50,1,LE)

PWTime is Reset (205,5,1,SI)

PWTime is Run (255,0,1,RE)

EndMF

Fuzzy Rules

If PWTime is Reset and Suhu is Dingin Then Stepper = 10

If PWTime is Reset and Suhu is Hangat Then Stepper = 20

If PWTime is Reset and Suhu is Sedang Then Stepper = 30

If PWTime is Reset and Suhu is Panas Then Stepper = 40

If PWTime is Reset and Suhu is SangatPanas Then Stepper = 50

If PWTime is Run Then PWTime + 5

If PWTime is Reset Then PWTime = 5 #

End Rules

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari keseluruhan tahap perencanaan dan pembuatan alat pengatur pompa oli samping kendaraan bermotor 2 langkah berdasarkan RPM mesin dan panas mesin yang dilengkapi indicator RPM dan suhu dapat disimpulkan:

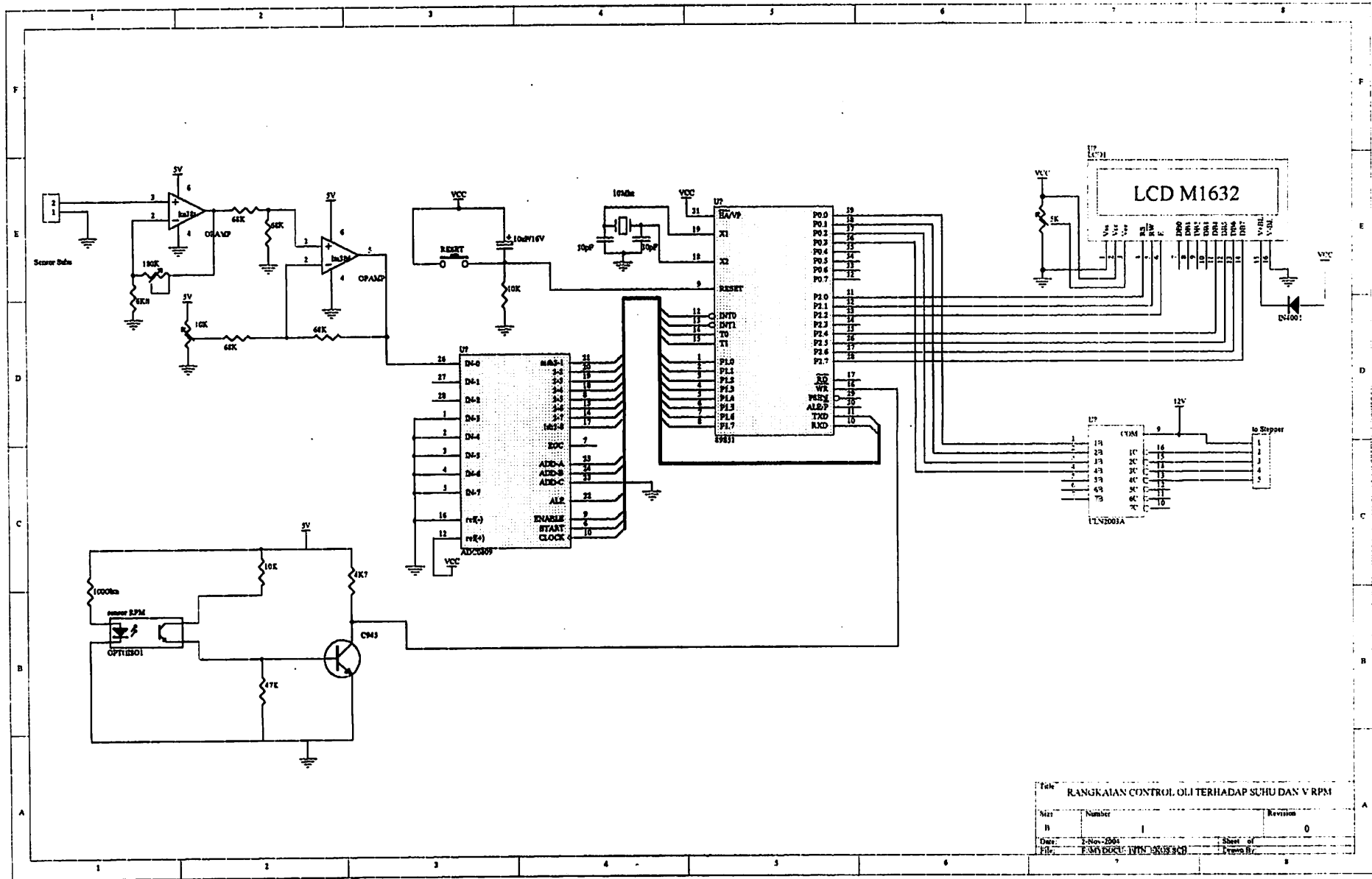
1. Pemakaian *fuzzy logic controller* pada pengaturan pompa oli samping ternyata terbukti tidak efisien. Karena pemakaian oli samping jadi tambah boros dari keadaan standart, ini disebabkan karena penambahan oli samping pada saat suhu 80°C sebesar 5 mL.
2. Untuk penempatan sensor dan perangkat control diperlukan ruang yang nantinya harus mengorbankan salah satu fungsi dari onderdil sepeda motor tersebut.
3. Dengan sulitnya memasang perangkat sensor dan panjangnya pengkabelan, pemakaian pengatur pompa oli samping pada sepeda motor secara nyata sulit dilakukan. Dan pengujian hanya dapat dilakukan pada *prototipe* saja.
4. pemakaian *fuzzy logic controller* pada pompa oli samping dapat memperpanjang masa *over heat* mesin. Serta pergelangan tangan pengendara tidak cepat lelah. Hal ini disebabkan karena tarikan kabel gas jadi lebih ringan.
5. Keluaran oli samping dengan menggunakan *fuzzy logic controller* pada suhu mesin 80°C dapat linier.

5.2. Saran

1. Agar peralatan yang dirancang berjalan sesuai dengan apa yang direncanakan maka dalam pemilihan komponen gunakanlah komponen yang mempunyai kualitas yang baik dan sedekat mungkin dengan nilai yang ada dalam perancangan.
2. Karena phototransistor peka terhadap cahaya maka peletakan sensor putaran sangat mempengaruhi kerja dari sensor putaran. Agar cahaya luar tidak mengenai phototransistor, maka jarak optokoupler terhadap piringan dibuat sedekat mungkin.
3. Untuk pengembangan lebih lanjut sebaiknya catu daya dibuat terpisah dengan catu daya pada kendaraan bermotor sehingga jika terjadi masalah dengan catu daya pada motor system ini masih dapat bekerja sebab sering terjadi aki sebagai sumber tegangan DC mengalami gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Atmel Corporation AT 89S51 : 8-bit Microcontroller with 4 K Byte flash,2000.
2. Malvino, Albert Paul PhD, Prinsip- Prinsip Elektronika, Edisi kedua, Alih bahasa: Hanapi Gunawan, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1992.
3. Malik, Moh. Ibnu dan Anistardi, Bereksperimen dengan Mikrokontroller 8031, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1997.
4. Data Shet, Motorola, 6- DIP Optosilators Transistor Output
5. Vedomekum Elektronika, Warsito



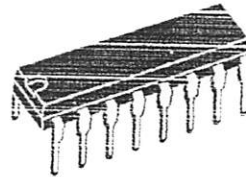
File: RANGKAIAN CONTROL OLI TERHADAP SUHU DAN V RPM			
No:	Number	Revision	
11	1	0	
Date:	1-Nov-2004	Sheet of	
File:	F:\M\DOC\1\VN-0003.CAD	From Bc	



ULN2001A-ULN2002A ULN2003A-ULN2004A

SEVEN DARLINGTON ARRAYS

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



DIP16

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



SO16

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

DESCRIPTION

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

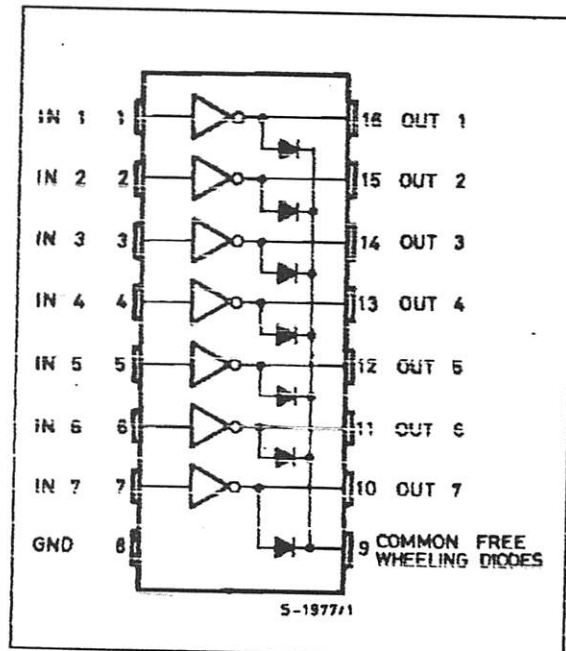
The four versions interface to all common logic families :

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

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

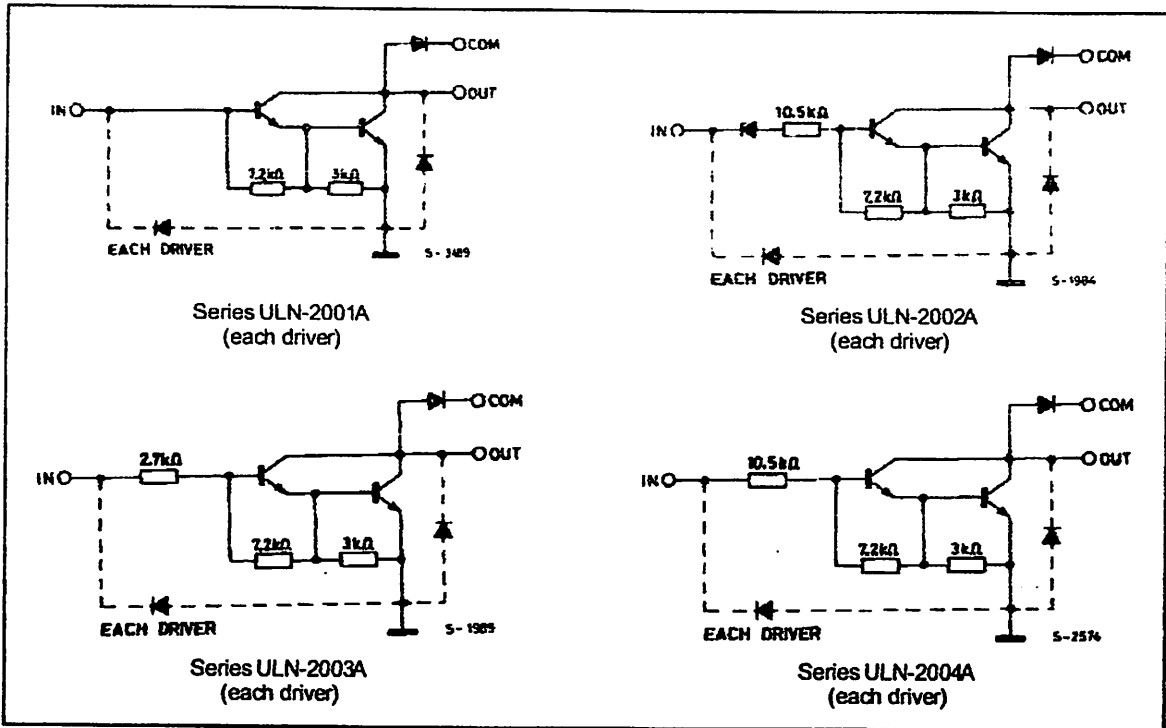
The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

PIN CONNECTION



ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

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

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	DIP16	SO16	Unit
$R_{th j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 70	100	°C/W

ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

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

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CFX}	Output Leakage Current	$V_{CF} = 50\text{V}$ $T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$, $V_{CE} = 50\text{V}$			50 100	μA μA	1a 1a
		$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$ for ULN2002A $V_{CE} = 50\text{V}$, $V_i = 6\text{V}$			500	μA	1b
		for ULN2004A $V_{CE} = 50\text{V}$, $V_i = 1\text{V}$			500	μA	1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 100\text{mA}$, $I_B = 250\mu\text{A}$		0.9	1.1	V	2
		$I_C = 200\text{mA}$, $I_B = 350\mu\text{A}$		1.1	1.3	V	2
		$I_C = 350\text{mA}$, $I_B = 500\mu\text{A}$		1.3	1.6	V	2
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2002A, $V_i = 17\text{V}$		0.82	1.25	mA	3
		for ULN2003A, $V_i = 3.85\text{V}$		0.93	1.35	mA	3
		for ULN2004A, $V_i = 5\text{V}$		0.35	0.5	mA	3
		$V_i = 12\text{V}$		1	1.45	mA	3
$I_{i(off)}$	Input Current	$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$, $I_C = 500\mu\text{A}$	50	65		μA	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}$ for ULN2002A $I_C = 300\text{mA}$			13	V	5
		for ULN2003A $I_C = 200\text{mA}$			2.4		
		$I_C = 250\text{mA}$			2.7		
		$I_C = 300\text{mA}$			3		
		for ULN2004A $I_C = 125\text{mA}$			5		
		$I_C = 200\text{mA}$			6		
		$I_C = 275\text{mA}$			7		
		$I_C = 350\text{mA}$			8		
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2001A $V_{CE} = 2\text{V}$, $I_C = 350\text{mA}$	1000				2
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	
I_R	Clamp Diode Leakage Current	$V_R = 50\text{V}$ $T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$, $V_R = 50\text{V}$			50 100	μA μA	6 6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	$I_F = 350\text{mA}$		1.7	2	V	7

LM386

Low Voltage Audio Power Amplifier

General Description

The LM386 is a power amplifier designed for use in low voltage consumer applications. The gain is internally set to 20 to keep external part count low, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 1 and 8 will increase the gain to any value from 20 to 200.

The inputs are ground referenced while the output automatically biases to one-half the supply voltage. The quiescent power drain is only 24 milliwatts when operating from a 6 volt supply, making the LM386 ideal for battery operation.

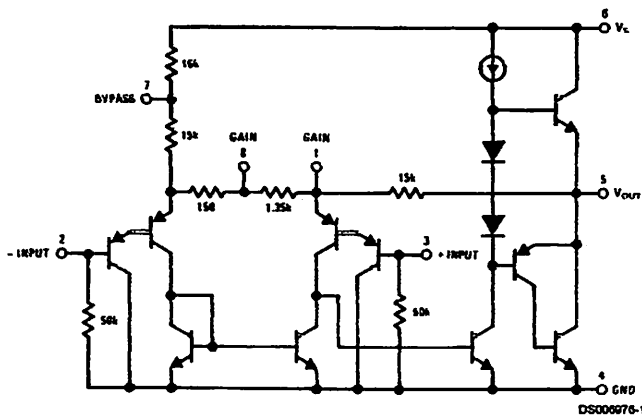
Features

- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range: 4V–12V or 5V–18V
- Low quiescent current drain: 4mA
- Voltage gains from 20 to 200
- Ground referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion: 0.2% ($A_V = 20$, $V_S = 6V$, $R_L = 8\Omega$, $P_O = 125mW$, $f = 1kHz$)
- Available in 8 pin MSOP package

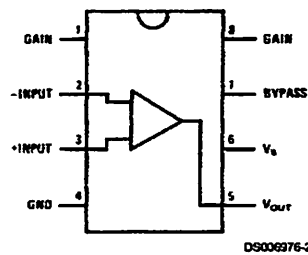
Applications

- AM-FM radio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Intercoms
- TV sound systems
- Line drivers
- Ultrasonic drivers
- Small servo drivers
- Power converters

Equivalent Schematic and Connection Diagrams



Small Outline,
Molded Mini Small Outline,
and Dual-In-Line Packages



Top View

Order Number LM386M-1,
LM386MM-1, LM386N-1,
LM386N-3 or LM386N-4
See NS Package Number
M08A, MUA08A or N08E

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

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

Supply Voltage (LM386N-1, -3, LM386M-1)	15V
Supply Voltage (LM386N-4)	22V
Package Dissipation (Note 3) (LM386N)	1.25W
(LM386M)	0.73W
(LM386MM-1)	0.595W
Input Voltage	$\pm 0.4V$
Storage Temperature	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$
Operating Temperature	$0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$
Junction Temperature	$+150^{\circ}C$
Soldering Information	

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec)	$+260^{\circ}C$
Small Outline Package (SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 sec)	$+215^{\circ}C$
Infrared (15 sec)	$+220^{\circ}C$
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.	
Thermal Resistance	
θ_{JC} (DIP)	$37^{\circ}C/W$
θ_{JA} (DIP)	$107^{\circ}C/W$
θ_{JC} (SO Package)	$35^{\circ}C/W$
θ_{JA} (SO Package)	$172^{\circ}C/W$
θ_{JA} (MSOP)	$210^{\circ}C/W$
θ_{JC} (MSOP)	$56^{\circ}C/W$

Electrical Characteristics (Notes 1, 2) $T_A = 25^{\circ}C$

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage (V_S) LM386N-1, -3, LM386M-1, LM386MM-1 LM386N-4		4 5		12 18	V V
Quiescent Current (I_Q)	$V_S = 6V, V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power (P_{OUT}) LM386N-1, LM386M-1, LM386MM-1 LM386N-3 LM386N-4	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$ $V_S = 9V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$ $V_S = 16V, R_L = 32\Omega, THD = 10\%$	250 500 700	325 700 1000		mW mW mW
Voltage Gain (A_v)	$V_S = 6V, f = 1\text{ kHz}$ 10 μF from Pin 1 to 8		26 46		dB dB
Bandwidth (BW)	$V_S = 6V$, Pins 1 and 8 Open		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, P_{OUT} = 125\text{ mW}$ $f = 1\text{ kHz}$, Pins 1 and 8 Open		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_S = 6V, f = 1\text{ kHz}, C_{BYPASS} = 10\ \mu F$ Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance (R_{IN})			50		k Ω
Input Bias Current (I_{BIAS})	$V_S = 6V$, Pins 2 and 3 Open		250		nA

Note 1: All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

Note 3: For operation in ambient temperatures above $25^{\circ}C$, the device must be derated based on a $150^{\circ}C$ maximum junction temperature and 1) a thermal resistance of $107^{\circ}C/W$ junction to ambient for the dual-in-line package and 2) a thermal resistance of $170^{\circ}C/W$ for the small outline package.

Application Hints

GAIN CONTROL

To make the LM386 a more versatile amplifier, two pins (1 and 8) are provided for gain control. With pins 1 and 8 open the 1.35 k Ω resistor sets the gain at 20 (26 dB). If a capacitor is put from pin 1 to 8, bypassing the 1.35 k Ω resistor, the gain will go up to 200 (46 dB). If a resistor is placed in series with the capacitor, the gain can be set to any value from 20 to 200. Gain control can also be done by capacitively coupling a resistor (or FET) from pin 1 to ground.

Additional external components can be placed in parallel with the internal feedback resistors to tailor the gain and frequency response for individual applications. For example, we can compensate poor speaker bass response by frequency shaping the feedback path. This is done with a series RC from pin 1 to 5 (paralleling the internal 15 k Ω resistor). For 6 dB effective bass boost: $R = 15$ k Ω , the lowest value for good stable operation is $R = 10$ k Ω if pin 8 is open. If pins 1 and 8 are bypassed then R as low as 2 k Ω can be used. This restriction is because the amplifier is only compensated for closed-loop gains greater than 9.

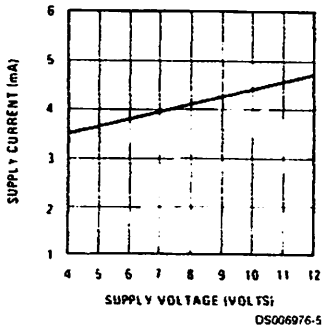
INPUT BIASING

The schematic shows that both inputs are biased to ground with a 50 k Ω resistor. The base current of the input transistors is about 250 nA, so the inputs are at about 12.5 mV when left open. If the dc source resistance driving the LM386 is higher than 250 k Ω it will contribute very little additional offset (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). If the dc source resistance is less than 10 k Ω , then shorting the unused input to ground will keep the offset low (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). For dc source resistances between these values we can eliminate excess offset by putting a resistor from the unused input to ground, equal in value to the dc source resistance. Of course all offset problems are eliminated if the input is capacitively coupled.

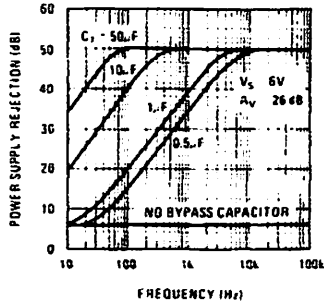
When using the LM386 with higher gains (bypassing the 1.35 k Ω resistor between pins 1 and 8) it is necessary to bypass the unused input, preventing degradation of gain and possible instabilities. This is done with a 0.1 μ F capacitor or a short to ground depending on the dc source resistance on the driven input.

Typical Performance Characteristics

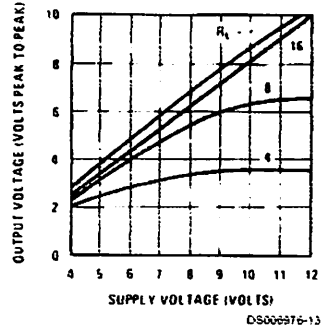
Quiescent Supply Current vs Supply Voltage



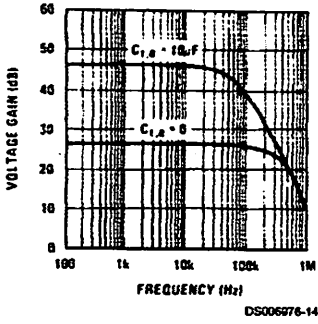
Power Supply Rejection Ratio (Referred to the Output) vs Frequency



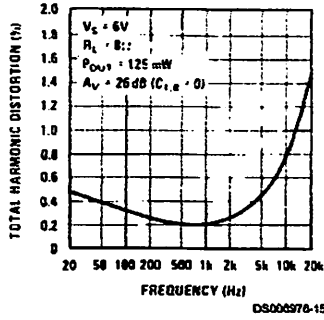
Peak-to-Peak Output Voltage Swing vs Supply Voltage



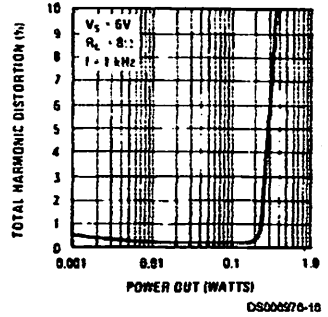
Voltage Gain vs Frequency



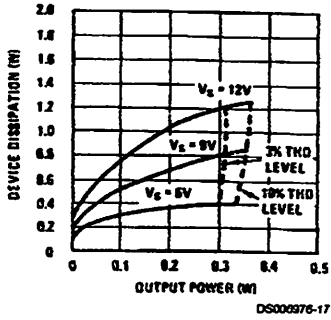
Distortion vs Frequency



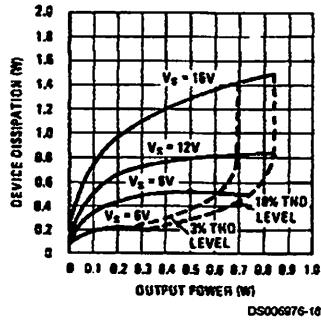
Distortion vs Output Power



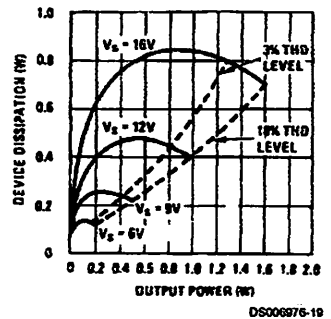
Device Dissipation vs Output Power—4Ω Load



Device Dissipation vs Output Power—8Ω Load



Device Dissipation vs Output Power—16Ω Load



LM35

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

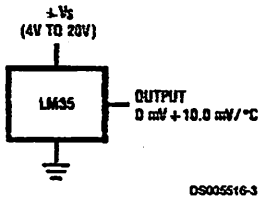
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 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 $60\ \mu\text{A}$ 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° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged 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-220 package.

Features

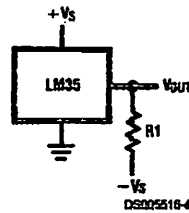
- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from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

Typical Applications



DS005516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



DS005516-4

Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +260\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

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	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°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	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 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)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 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	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5 \text{ V}, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5 \text{ V}$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30 \text{ V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30 \text{ V}$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4 \text{ V} \leq V_S \leq 30 \text{ V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4 \text{ V} \leq V_S \leq 30 \text{ V}$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	μA/°C
Minimum Temperature Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

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

Note 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 $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, 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.

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-220 package is 90°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

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 $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ 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.

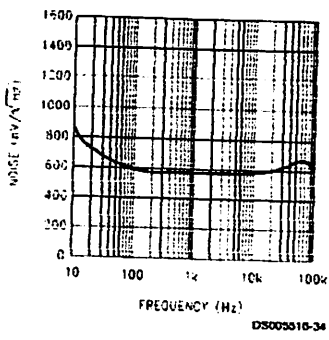
Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5 \text{ k}\Omega$ resistor.

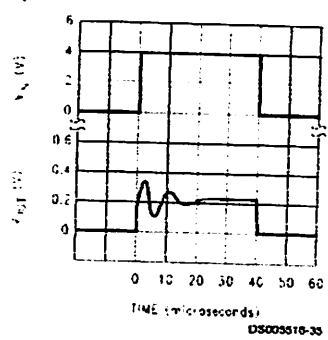
Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

Typical Performance Characteristics (Continued)

Noise Voltage



Start-Up Response



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- 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 varnishes 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 light-weight 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, θ_{JA})

	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-220 no heat sink
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	90°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	50°C/W	70°C/W	105°C/W	50°C/W	25°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)	

*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 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar

Features

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

Description

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

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



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

AT89S51

Preliminary

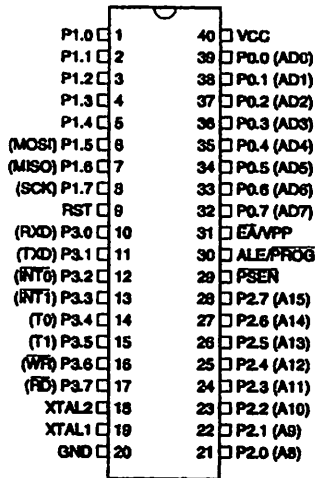
Rev. 2487A-10/01



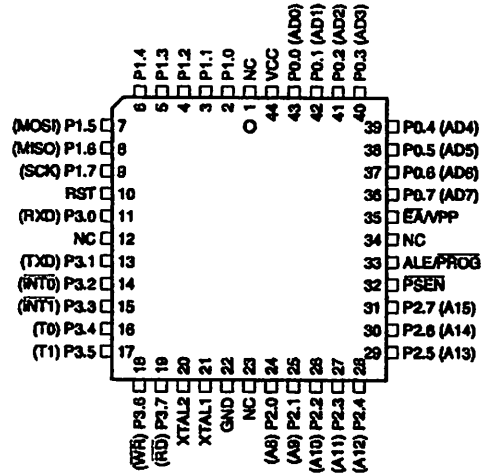


Pin Configurations

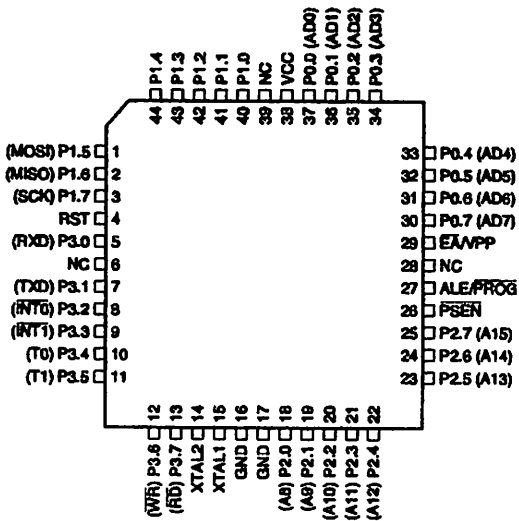
PDIP



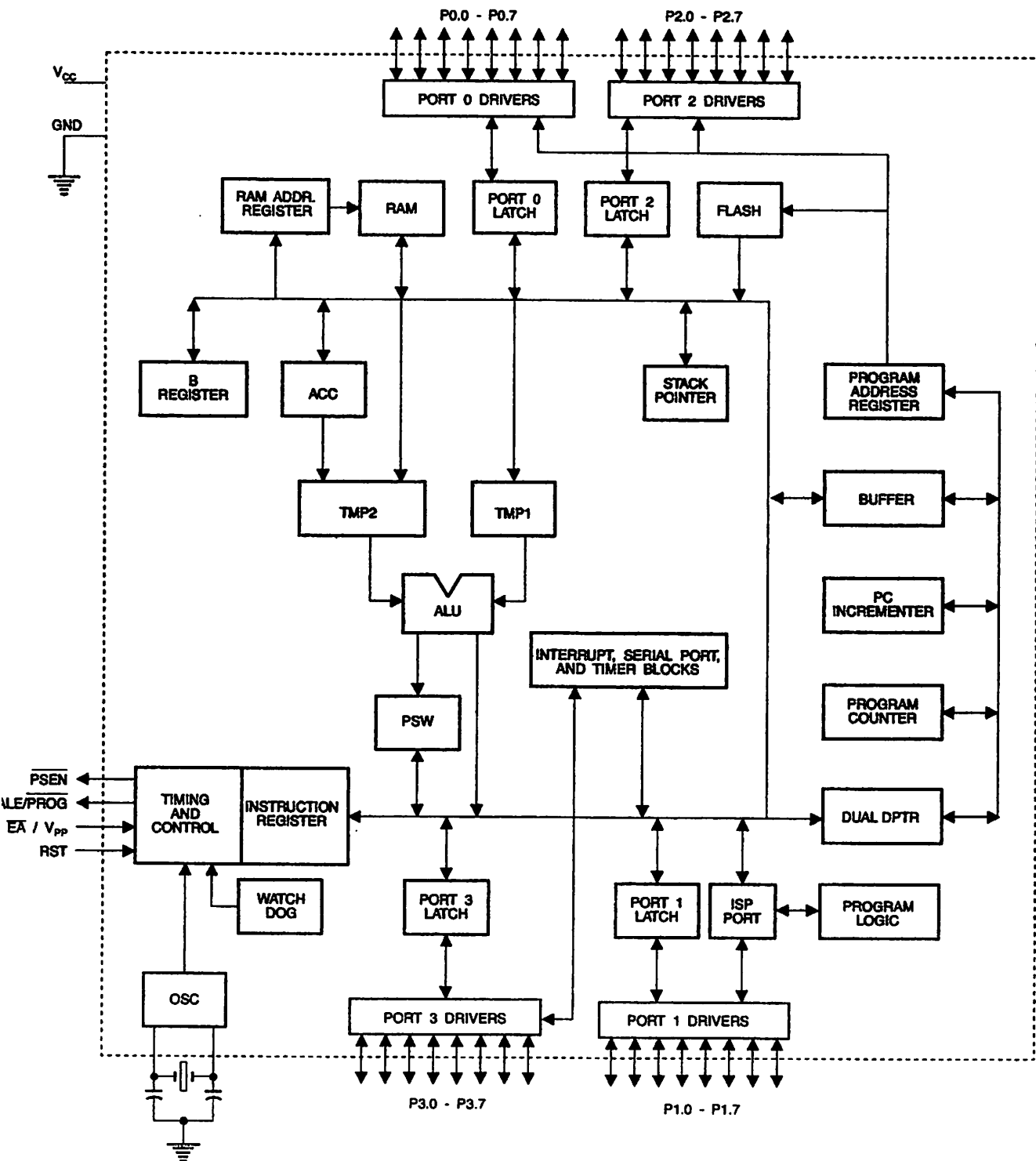
PLCC



TQFP



Block Diagram





Pin Description

V_{CC} Supply voltage.

GND Ground.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ST

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

LE/PROG

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

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

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

 $\overline{\text{SEN}}$

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

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

 $\overline{\text{VPP}}$

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

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

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

 $\overline{\text{AL1}}$

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

 $\overline{\text{AL2}}$

Output from the inverting oscillator amplifier





Special Function Registers

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

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

Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H								0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX0				WDTRST XXXXXXXXX	0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXXXXXXX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XXX0000	87H

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

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

Table 2. AUXR: Auxiliary Register

AUXR		Address = 8EH					Reset Value = XXX00XX0B		
Not Bit Addressable									
		-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
-		Reserved for future expansion							
DISALE		Disable/Enable ALE							
		DISALE Operating Mode							
	0	ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency							
	1	ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction							
DISRTO		Disable/Enable Reset out							
		DISRTO							
	0	Reset pin is driven High after WDT times out							
	1	Reset pin is input only							
WDIDLE		Disable/Enable WDT in IDLE mode							
		WDIDLE							
	0	WDT continues to count in IDLE mode							
	1	WDT halts counting in IDLE mode							

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





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

Table 3. AUXR1: Auxiliary Register 1

AUXR1								
Address = A2H								
Reset Value = XXXXXX0B								
Not Bit Addressable								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	DPS
	-	-	-	-	-	-	-	
-	Reserved for future expansion							
DPS	Data Pointer Register Select							
	DPS							
	0	Selects DPTR Registers DP0L, DP0H						
	1	Selects DPTR Registers DP1L, DP1H						

Memory Organization

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

Program Memory

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

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

Data Memory

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

Watchdog Timer Enabled with Reset-out

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

Using the WDT

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

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

WDT During Power-down and Idle

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

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

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

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

UART

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

Timer 0 and 1

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

Interrupts

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

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

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

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



Table 4. Interrupt Enable (IE) Register

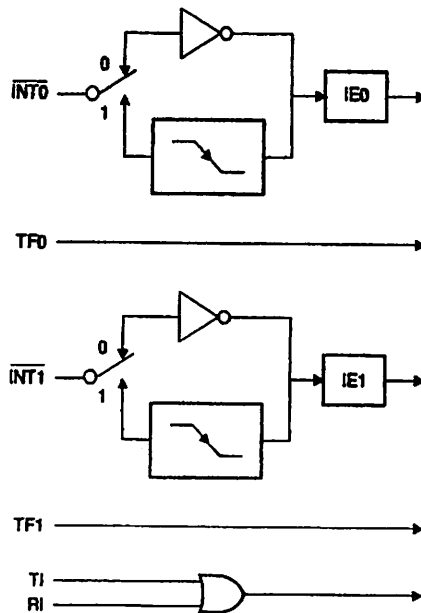
(MSB)				(LSB)			
EA	-	-	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Enable Bit = 1 enables the interrupt.
 Enable Bit = 0 disables the interrupt.

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
-	IE.6	Reserved
-	IE.5	Reserved
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit

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

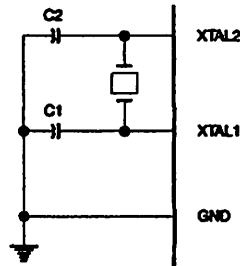
Figure 1. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

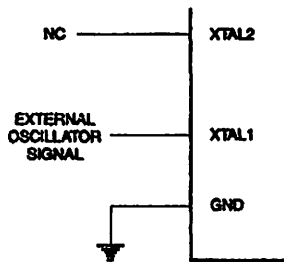
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected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

Figure 2. Oscillator Connections



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

Figure 3. External Clock Drive Configuration



Idle Mode

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

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

Power-down Mode

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





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

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

rogram
emory Lock
its

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

Table 6. Lock Bit Protection Modes

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

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

rogramming
e Flash –
arallel Mode

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Programming the Flash – Serial Mode

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

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

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

Serial Programming Algorithm

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

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





Power-off sequence (if needed):

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

Set RST to "L".

Turn V_{CC} power off.

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

Serial Programming Instruction Set

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

Programming Interface – Parallel Mode

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

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

Table 7. Flash Programming Modes

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

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

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

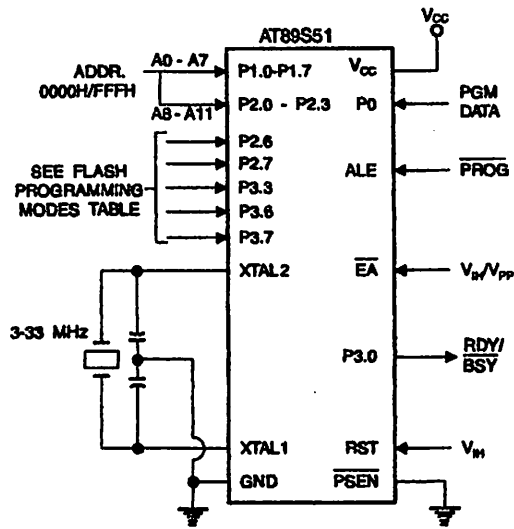
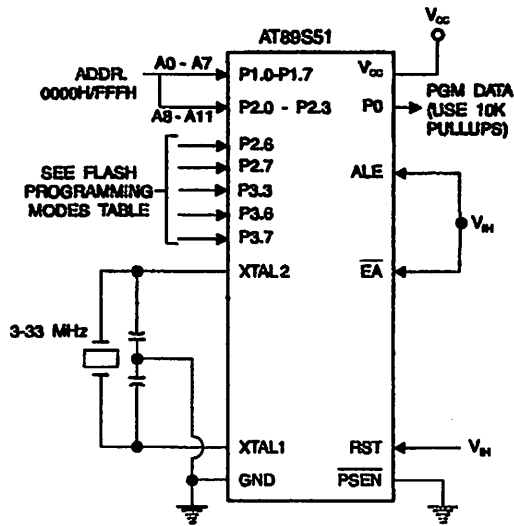


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)





Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

$T_A = 20^\circ\text{C to } 30^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 4.5 \text{ to } 5.5\text{V}$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}	Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}	Programming Supply Current		10	mA
I_{CC}	V_{CC} Supply Current		30	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	33	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHS}	P2.7 (ENABLE) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
t_{GHSL}	V_{PP} Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t_{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	0.2	1	μs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	ENABLE Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHOZ}	Data Float After ENABLE	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to BUSY Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		50	μs

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

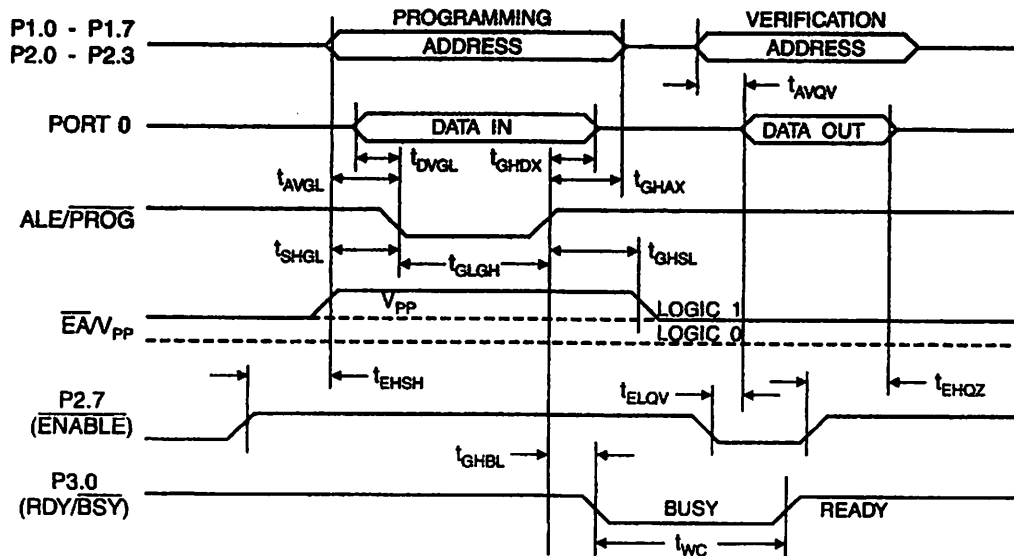
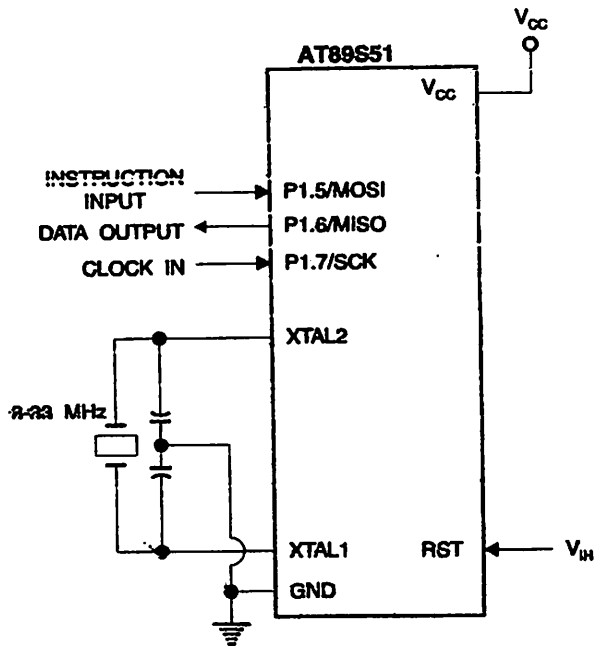
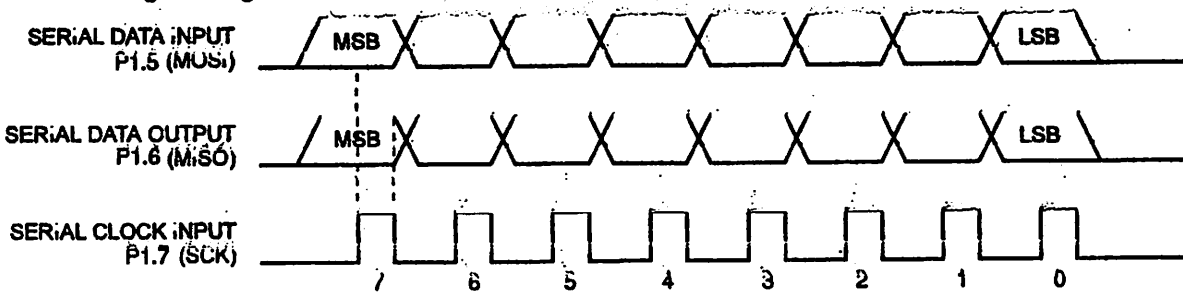


Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 8. Serial Programming Waveforms





8. Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output)	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxxx A11 A10 A8 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxxx A11 A10 A8 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits ⁽²⁾	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx LB3 LB2 LB1 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes ⁽¹⁾	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A1	A0 xxx xxxx	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx A11 A10 A8 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxxx A11 A10 A8 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

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

2. B1 = 0, B2 = 0 → Mode 1, no lock protection
- B1 = 0, B2 = 1 → Mode 2, lock bit 1 activated
- B1 = 1, B2 = 0 → Mode 3, lock bit 2 activated
- B1 = 1, B2 = 1 → Mode 4, lock bit 3 activated



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

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

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

Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

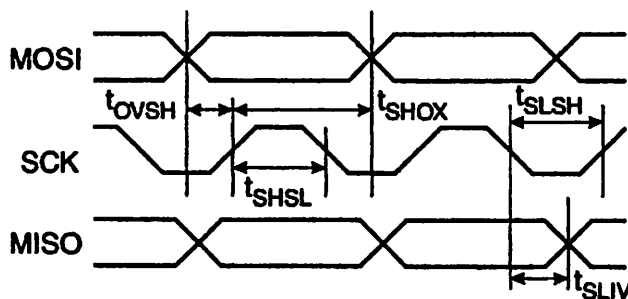


Table 9. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

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



Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin With Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
Output Current.....	15.0 mA

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

Characteristics

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

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
	Input Low Voltage	(Except EA)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
	Input Low Voltage ($\overline{\text{EA}}$)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, $\overline{\text{PSEN}}$)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{\text{PSEN}}$)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
	Input Leakage Current (Port 0, EA)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RST	Reset Pulldown Resistor		50	300	K Ω
	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	μA

- Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
 Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
 Maximum I_{OL} per 8-bit port:
 Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA
 Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
 If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
- Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

AT89S51

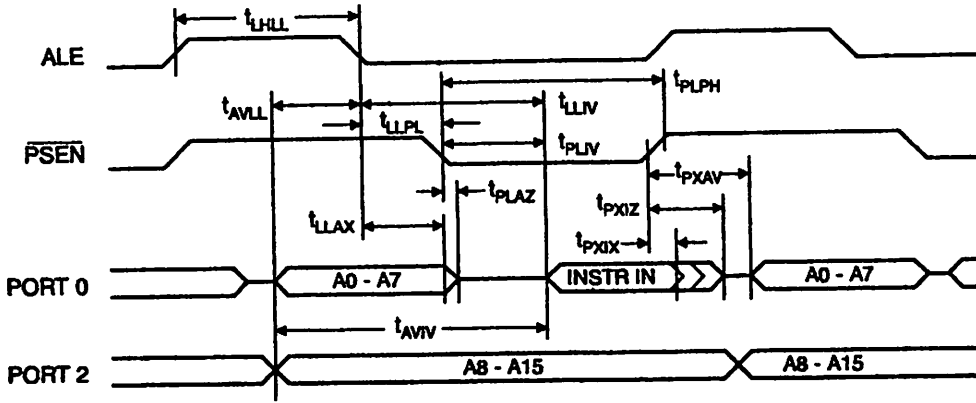
Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; load capacitance for all other ports = 80 pF.

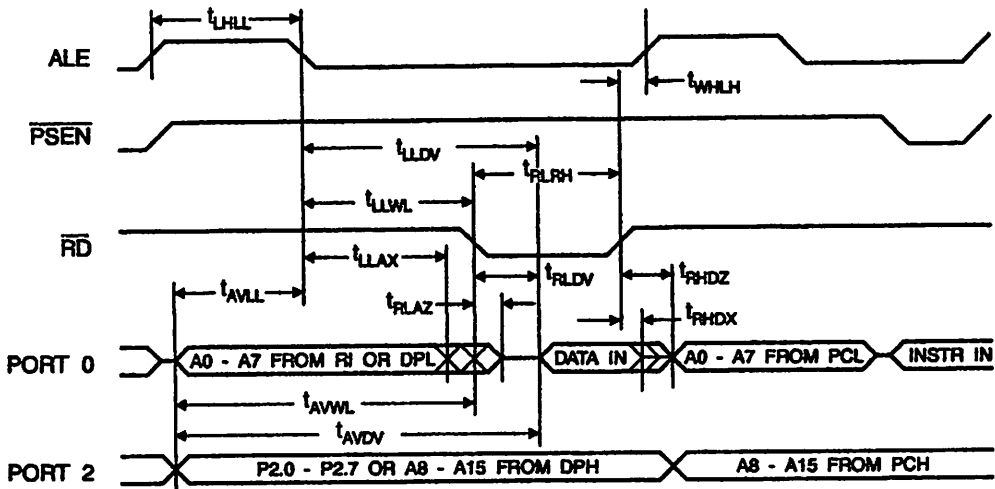
Internal Program and Data Memory Characteristics

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

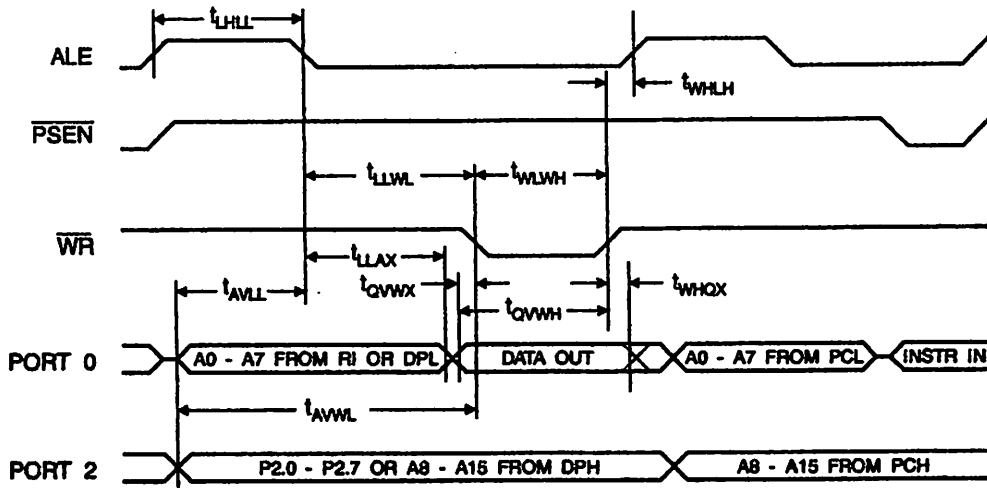
Internal Program Memory Read Cycle



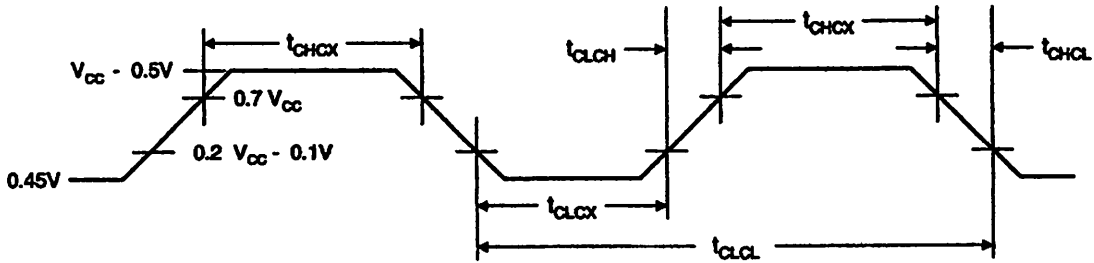
Internal Data Memory Read Cycle



Internal Data Memory Write Cycle



Internal Clock Drive Waveforms



Internal Clock Drive

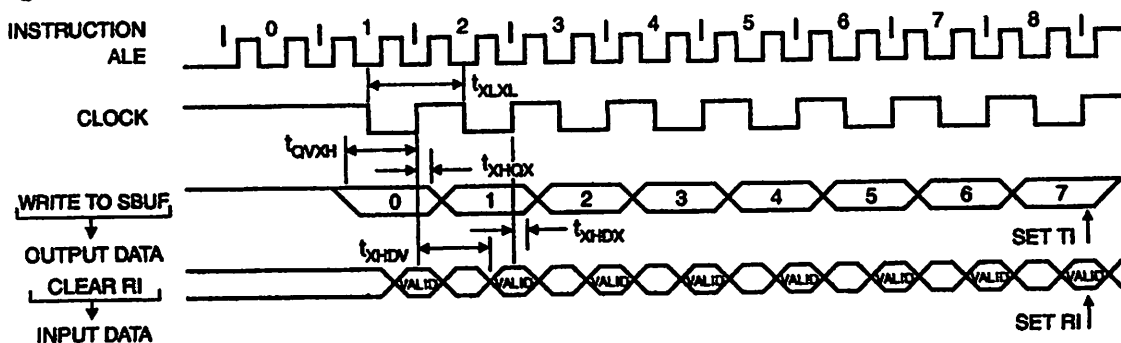
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
t_{CLCL}	Oscillator Frequency	0	33	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	30		ns
t_{CHCX}	High Time	12		ns
t_{CLCX}	Low Time	12		ns
t_{CLCH}	Rise Time		5	ns
t_{CHCL}	Fall Time		5	ns

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

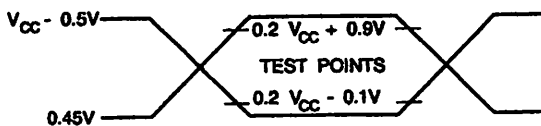
Values in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.5V$ and Load Capacitance = 80 pF .

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

Shift Register Mode Timing Waveforms

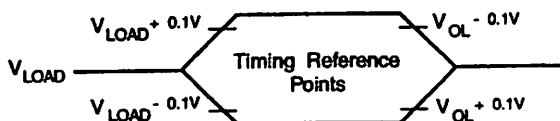


Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



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

Output Waveforms⁽¹⁾



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

Ordering Information

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

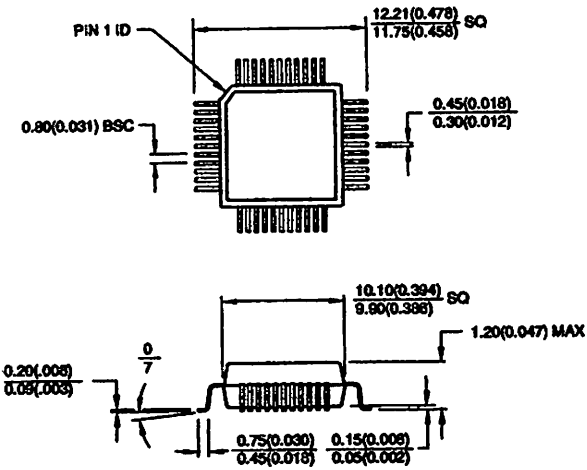
 = Preliminary Availability

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



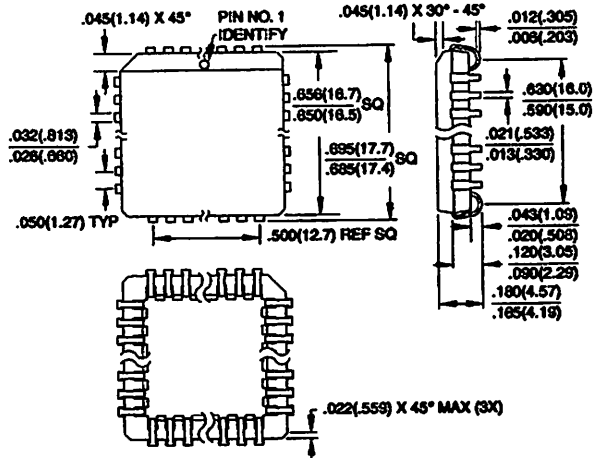
Packaging Information

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

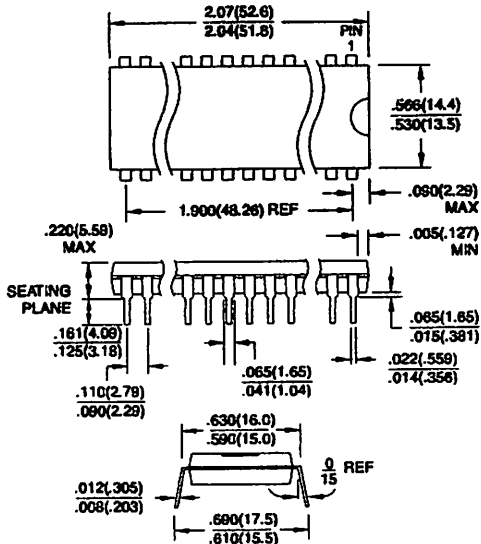


*Controlling dimension: millimeters

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



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





Atmel Headquarters

Corporate Headquarters

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

Europe

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

Asia

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

Japan

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

Atmel Product Operations

Atmel Colorado Springs

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

Atmel Grenoble

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

Atmel Heilbronn

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

Atmel Nantes

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

Atmel Rousset

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

Atmel Smart Card ICs

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

e-mail
literature@atmel.com

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

© Atmel Corporation 2001.

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

ATMEL® is the registered trademark of Atmel.

MCS-51® is the registered trademark of Intel Corporation. Terms and product names in this document may be trademarks of others.

 Printed on recycled paper.

2487A-10/01/xM

ADC0808/ADC0809

8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8-single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE[®] outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

Features

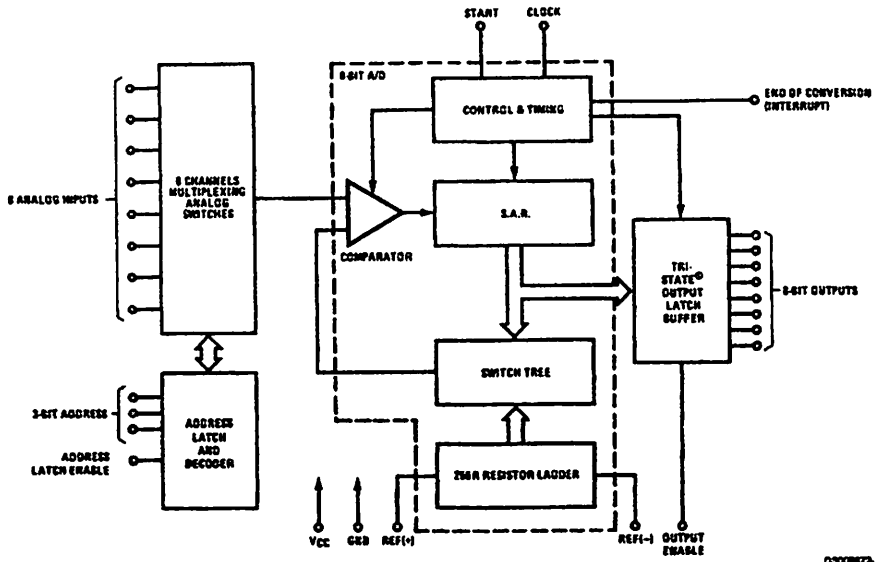
- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

Key Specifications

- Resolution: 8 Bits
- Total Unadjusted Error: $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- Single Supply: 5 V_{DC}
- Low Power: 15 mW
- Conversion Time: 100 μ s

TRI-STATE[®] is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

Block Diagram



See Ordering Information

000073-1

Absolute Maximum Ratings (Notes 1, 2)

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

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin	-0.3V to ($V_{CC}+0.3V$)
Except Control Inputs	
Voltage at Control Inputs	-0.3V to +15V
(START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C

Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 8)	400V

Operating Conditions (Notes 1, 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0808CJ	-55°C $\leq T_A \leq$ 125°C
ADC0808CCJ, ADC0808CCN,	
ADC0809CCN	-40°C $\leq T_A \leq$ 85°C
ADC0808CCV, ADC0809CCV	-40°C $\leq T_A \leq$ 85°C
Range of V_{CC} (Note 1)	4.5 V_{DC} to 6.0 V_{DC}

Electrical Characteristics

Converter Specifications: $V_{CC}=5V$, $V_{DC}=V_{REF+}$, $V_{REF-}=GND$, $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ and $f_{CLK}=640$ kHz unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C T_{MIN} to T_{MAX}			$\pm 1/2$ $\pm 3/4$	LSB LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C T_{MIN} to T_{MAX}			± 1 $\pm 1 1/4$	LSB LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		k Ω
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	GND-0.10		$V_{CC}+0.10$	V_{DC}
$V_{REF(+)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V_{CC}	$V_{CC}+0.1$	V
$\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		$V_{CC}/2-0.1$	$V_{CC}/2$	$V_{CC}/2+0.1$	V
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
I_{IN}	Comparator Input Current	$f_c=640$ kHz, (Note 6)	-2	± 0.5	2	μA

Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V $\leq V_{CC} \leq$ 5.5V, -55°C $\leq T_A \leq$ 125°C unless otherwise noted
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75V $\leq V_{CC} \leq$ 5.25V, -40°C $\leq T_A \leq$ 85°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ANALOG MULTIPLEXER						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$, $V_{IN}=5V$, $T_A=25^\circ\text{C}$ T_{MIN} to T_{MAX}		10	200 1.0	nA μA
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$, $V_{IN}=0$, $T_A=25^\circ\text{C}$ T_{MIN} to T_{MAX}	-200 -1.0	-10		nA μA
CONTROL INPUTS						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage				$V_{CC}-1.5$	V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control inputs)	$V_{IN}=15V$			1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control inputs)	$V_{IN}=0$	-1.0			μA
I_{CC}	Supply Current	$f_{CLK}=640$ kHz		0.3	3.0	mA

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V ≤ V_{CC} ≤ 5.5V, -55°C ≤ T_A ≤ +125°C unless otherwise noted
 ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75V ≤ V_{CC} ≤ 5.25V, -40°C ≤ T_A ≤ +85°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
V _{OUT(1)}	Logical '1' Output Voltage	I _O = -360 μA	V _{CC} - 0.4			V
V _{OUT(0)}	Logical '0' Output Voltage	I _O = 1.6 mA			0.45	V
V _{OUT(0)}	Logical '0' Output Voltage EOC	I _O = 1.2 mA			0.45	V
I _{OUT}	TRI-STATE Output Current	V _O = 5V V _O = 0	-3		3	μA μA

Electrical Characteristics

Timing Specifications V_{CC} = V_{REF(+)} = 5V, V_{REF(-)} = GND, t_r = t_f = 20 ns and T_A = 25°C unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t _{MS}	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t _{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t _s	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
t _H	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
t _D	Analog MUX Delay Time From ALE	R ₀ = 0Ω (Figure 5)		1	2.5	μs
t _{HL} , t _{HO}	OE Control to Q Logic State	C _L = 50 pF, R _L = 10k (Figure 6)		125	250	ns
t _{HL} , t _{OH}	OE Control to Hi-Z	C _L = 10 pF, R _L = 10k (Figure 6)		125	250	ns
t _C	Conversion Time	f _C = 640 kHz, (Figure 5) (Note 7)	90	100	116	μs
f _C	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t _{EOC}	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		8 ± 2	μs Clock Periods
C _{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C _{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs		10	15	pF

Note 1: 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 specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to GND and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC}.

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0V_{DC} to 5V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.900 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See Figure 2. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 13.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure 4 NO 737; fig NS0592). See paragraph 4.0.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Functional Description

Multiplexer. The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table 1 shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE 1.

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

CONVERTER CHARACTERISTICS

The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached $+1/2$ LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

Functional Description (Continued)

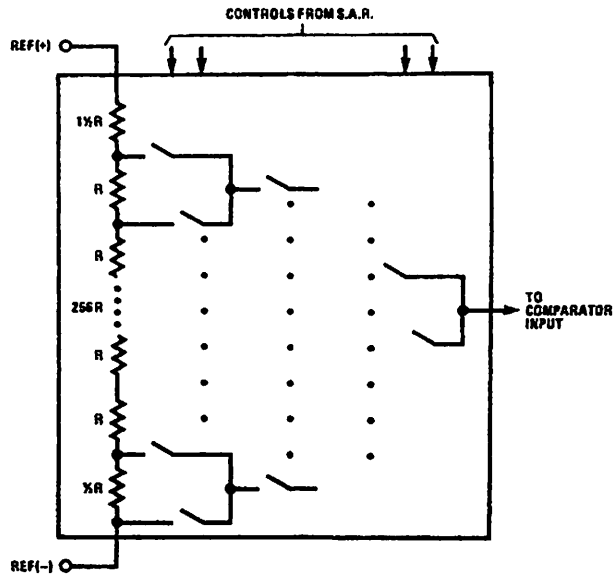
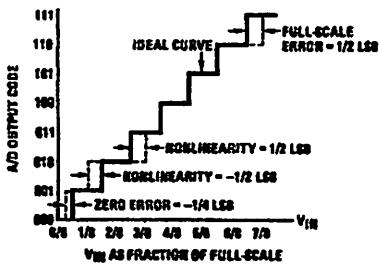


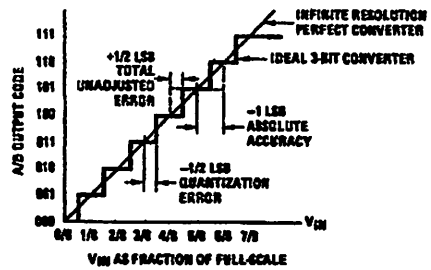
FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

DS000872-2



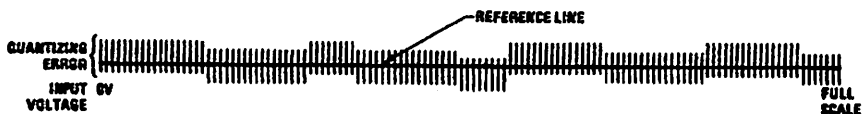
DS000872-13

FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve



DS000872-14

FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

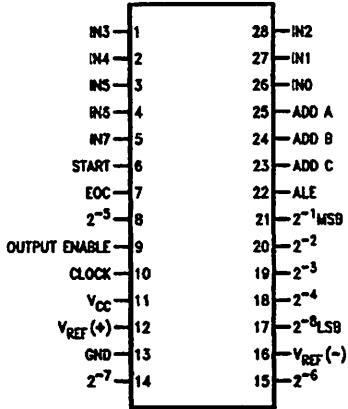


DS000872-15

FIGURE 4. Typical Error Curve

Connection Diagrams

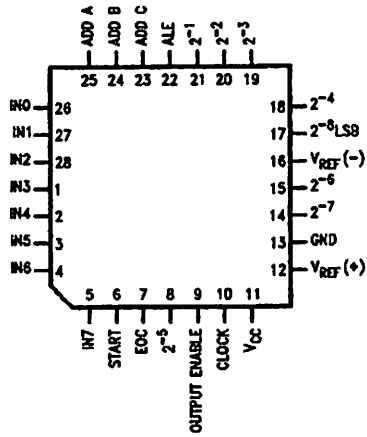
Dual-In-Line Package



03000672-11

Order Number ADC0808CCN, ADC0809CCN,
ADC0808CCJ or ADC0808CJ
See NS Package J28A or N28A

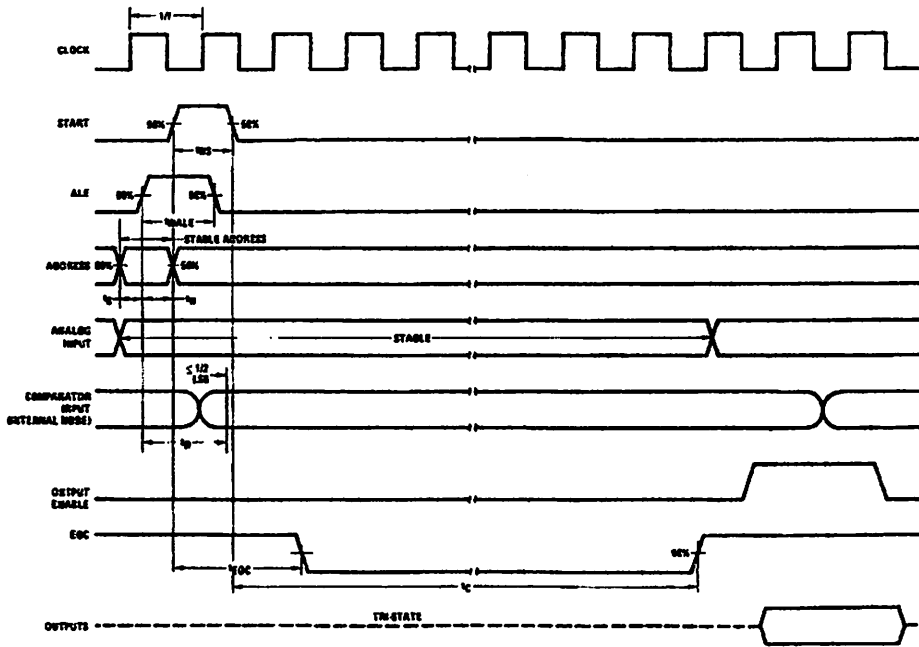
Molded Chip Carrier Package



03000672-12

Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
See NS Package V28A

Timing Diagram



03000672-4

FIGURE 6.

Typical Performance Characteristics

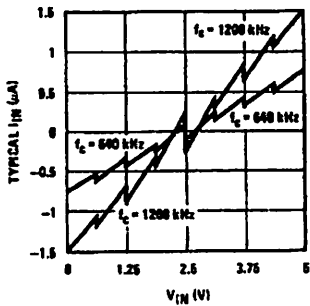


FIGURE 6. Comparator I_{IN} vs V_{IN}
($V_{CC}=V_{REF}=5V$)

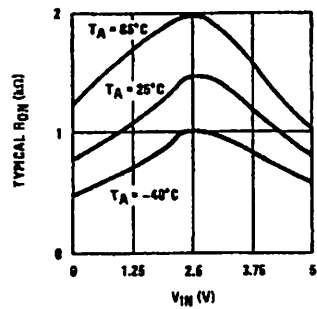


FIGURE 7. Multiplexer R_{ON} vs V_{IN}
($V_{CC}=V_{REF}=5V$)

TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams

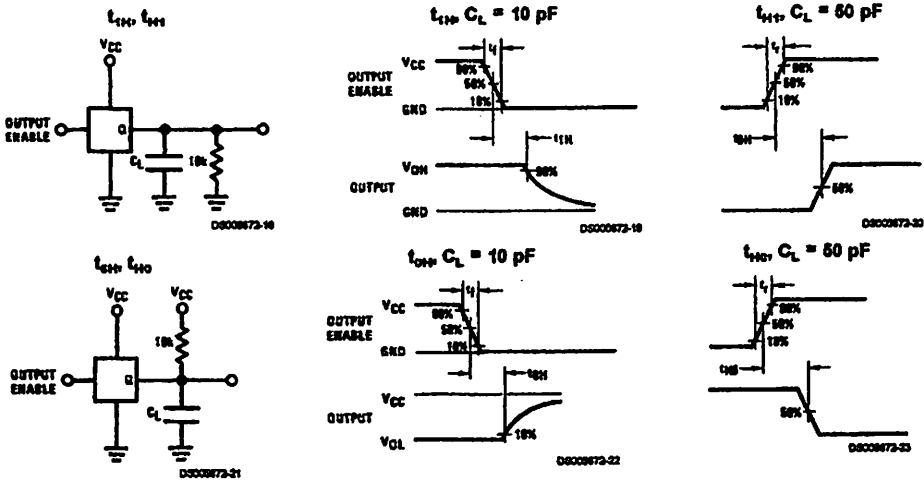


FIGURE 8.

Applications Information

OPERATION

1.0 RATIOMETRIC CONVERSION

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratiometric conversion systems. In ratiometric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_{fs} - V_Z} = \frac{D_X}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad (1)$$

V_{IN} = input voltage into the ADC0808

V_{fs} = Full-scale voltage

V_Z = Zero voltage

D_X = Data point being measured

D_{MAX} = Maximum data limit

D_{MIN} = Minimum data limit

A good example of a ratiometric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (Figure 8).

Ratiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are

Applications Information (Continued)

suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a system reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if $V_{CC} = V_{REF} = 5.12V$, then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected into 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

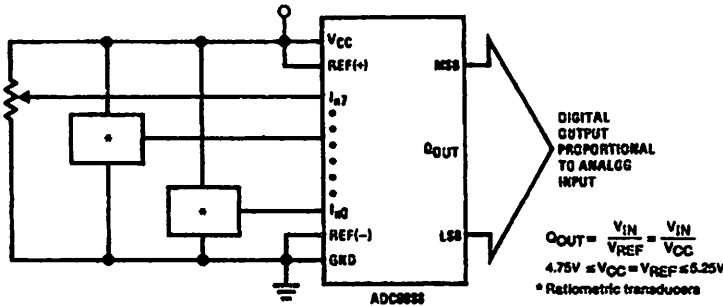


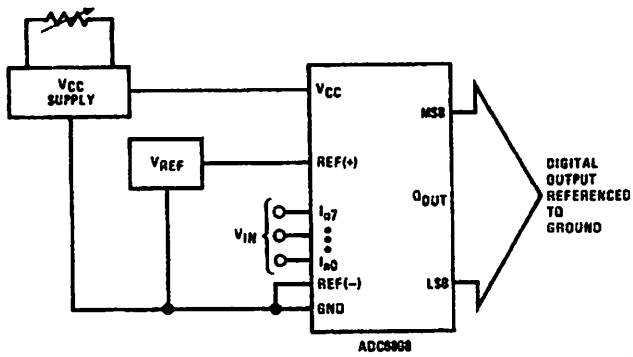
FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

DS30087A-7

The ADC0808 needs less than a milliamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In Figure 11 a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the milliamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in Figure 12. The LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10 μF output capacitor.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed V_{CC} and ground, respectively, but they can be symmetrically less than V_{CC} and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In Figure 13, a 2.5V reference is symmetrically centered about $V_{CC}/2$ since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.

Applications Information (Continued)

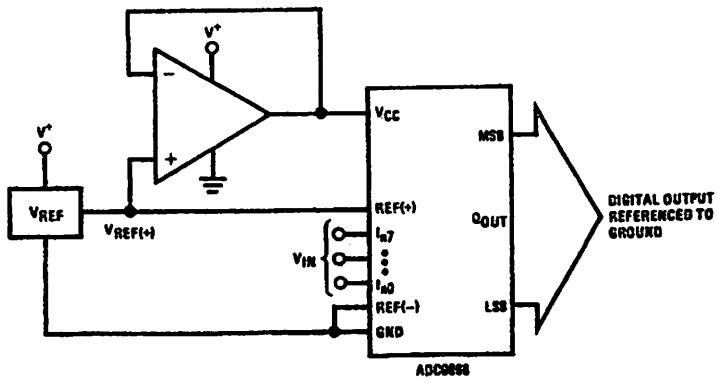


$$Q_{OUT} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

$$4.75V \leq V_{CC} = V_{REF} \leq 5.25V$$

DS000873-24

FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply



$$Q_{OUT} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

$$4.75V \leq V_{CC} = V_{REF} \leq 5.25V$$

DS000873-25

FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating V_{CC} Supply

Applications Information (Continued)

4.0 ANALOG COMPARATOR INPUTS

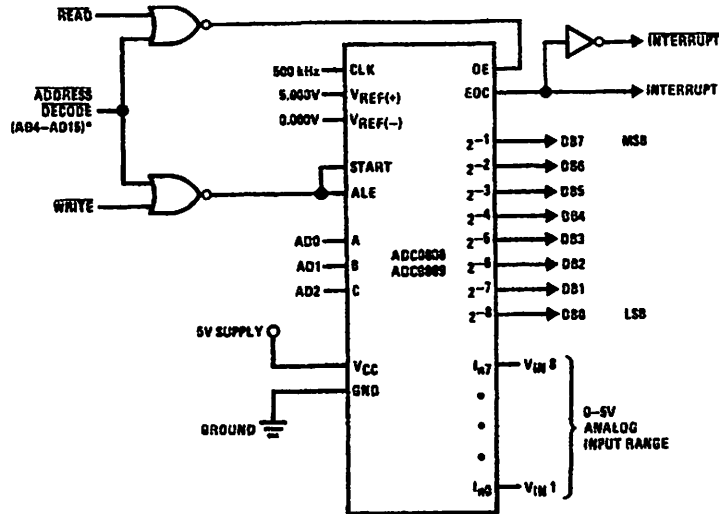
The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

The average value of the comparator input current varies directly with clock frequency and with V_{IN} as shown in Figure 6.

If no filter capacitors are used at the analog inputs and the signal source impedances are low, the comparator input current should not introduce converter errors, as the transient created by the capacitance discharge will die out before the comparator output is strobed.

If input filter capacitors are desired for noise reduction and signal conditioning they will tend to average out the dynamic comparator input current. It will then take on the characteristics of a DC bias current whose effect can be predicted conventionally.

Typical Application



DS00072-10

*Address latches needed for 8085 and SCMP interfacing the ADC0808 to a microprocessor

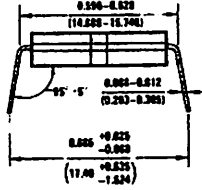
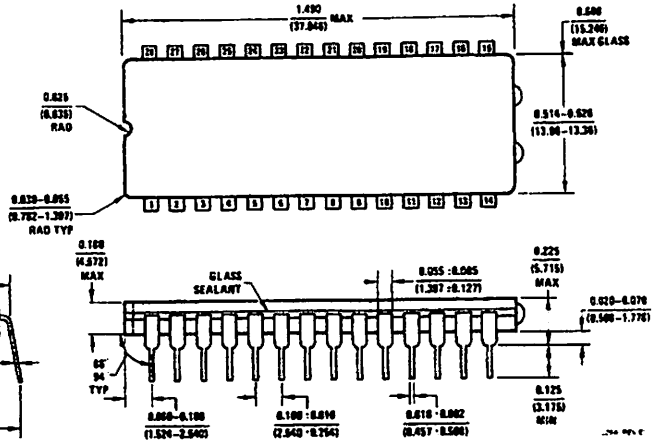
MICROPROCESSOR INTERFACE TABLE

PROCESSOR	READ	WRITE	INTERRUPT (COMMENT)
8080	MEMR	MEMW	INTR (Thru RST Circuit)
8085	RD	WR	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	RD	WR	INT (Thru RST Circuit, Mode 0)
SCMP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
6800	VMA-φ2-R/W	VMA-φ-R/W	IRQA or IRQB (Thru PIA)

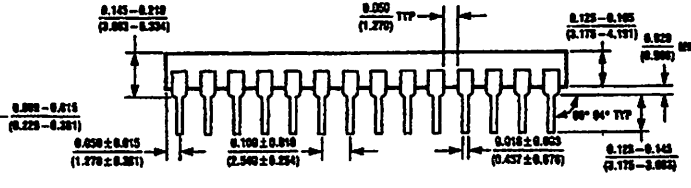
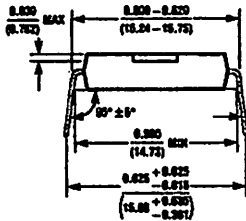
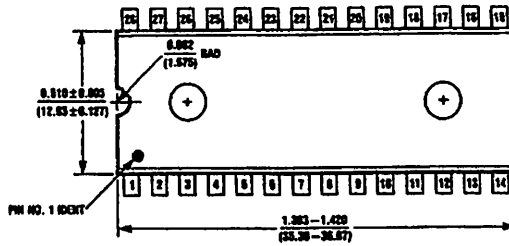
Ordering Information

TEMPERATURE RANGE		-40°C to +85°C			-55°C to +125°C
Error	±½ LSB Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCV	ADC0808CCJ	ADC0808CJ
	±1 LSB Unadjusted	ADC0809CCN	ADC0809CCV		
Package Outline		N28A Molded DIP	V28A Molded Chip Carrier	J28A Ceramic DIP	J28A Ceramic DIP

Physical Dimensions Inches (millimeters) unless otherwise noted

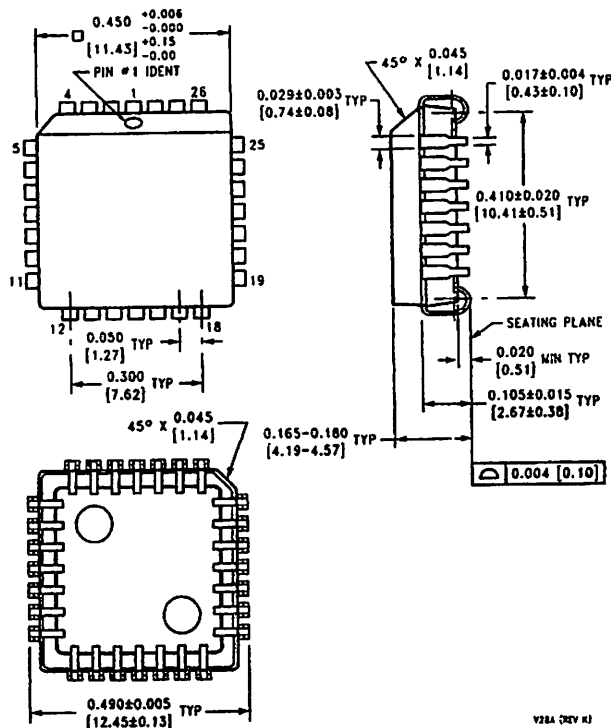


Ceramic Dual-in-Line Package (J)
 Order Number ADC0808CCJ or ADC0808CJ
 NS Package Number J28A



Molded Dual-in-Line Package (N)
 Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN
 NS Package Number N28B

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



Molded Chip Carrier (V)
Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
NS Package Number V28A

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 in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Corporation
 Americas
 Tel: 1-800-272-9959
 Fax: 1-800-737-7018
 Email: support@nec.com

National Semiconductor Europe
 Fax: +49 (0) 1 80-530 65 66
 Email: europe.support@nec.com
 Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 65 66
 English Tel: +49 (0) 1 80-532 75 32
 Français Tel: +49 (0) 1 80-532 63 56
 Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

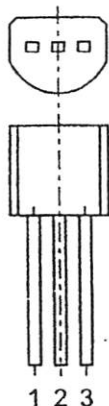
National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
 Tel: 65-2544466
 Fax: 65-2504466
 Email: asa.support@nec.com

National Semiconductor Japan Ltd.
 Tel: 81-3-5620-6175
 Fax: 81-3-5620-6179

www.national.com

TO-92 Plastic-Encapsulate Transistors

C945 TRANSISTOR(NPN)



TO-92

- 1. EMITTER
- 2. COLLECTOR
- 3. BASE

FEATURES

Power dissipation

P_{CM} : 0.4W ($T_{amb}=25^{\circ}C$)

Collector current

I_{CM} : 0.15 A

Collector-base voltage

$V_{(BR)CBO}$: 60 V

Operating and storage junction temperature range

T_J, T_{sig} : $-55^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$

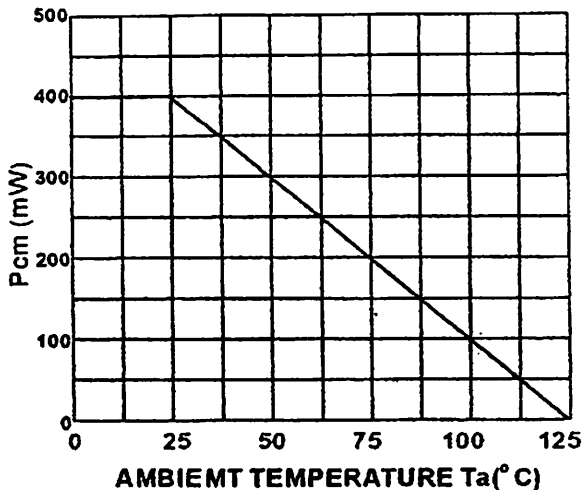
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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

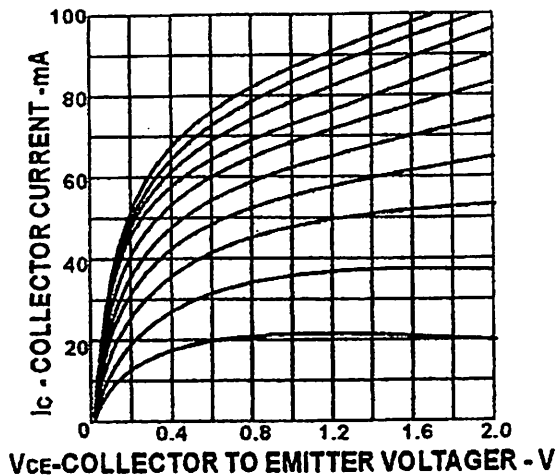
Parameter	Symbol	Test conditions	MIN	MAX	UNIT
Collector-base breakdown voltage	$V_{(BR)CBO}$	$I_C = 1000 \mu A, I_E = 0$	60		V
Collector-emitter breakdown voltage	$V_{(BR)CEO}$	$I_C = 0.1 mA, I_B = 0$	50		V
Emitter-base breakdown voltage	$V_{(BR)EBO}$	$I_E = 100 \mu A, I_C = 0$	5		V
Collector cut-off current	I_{CBO}	$V_{CB} = 60 V, I_E = 0$		0.1	μA
Collector cut-off current	I_{CER}	$V_{CE} = 55 V, R = 10 M\Omega$		0.1	μA
Emitter cut-off current	I_{EBO}	$V_{EB} = 5 V, I_C = 0$		0.1	μA
DC current gain	$h_{FE(1)}$	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA$	70	700	
	$h_{FE(2)}$	$V_{CE} = 6 V, I_C = 0.1 mA$	40		
Collector-emitter saturation voltage	V_{CEsat}	$I_C = 100 mA, I_B = 10 mA$		0.3	V
Base-emitter saturation voltage	V_{BEsat}	$I_C = 100 mA, I_B = 10 mA$		1	V
Base-emitter voltage	V_{BE}	$I_E = 310 mA$		1.4	V
Transition frequency	f_T	$V_{CE} = 6 V, I_C = 10 mA$ $f = 30 MHz$	150		MHz

CLASSIFICATION OF $h_{FE(1)}$

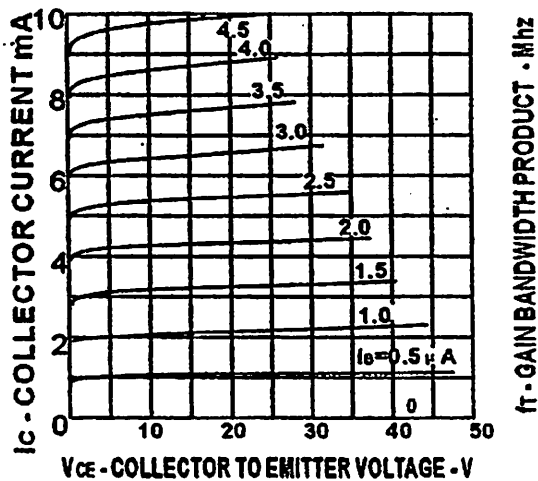
TOTAL Power Dissipation vs AMBIENT Temperature



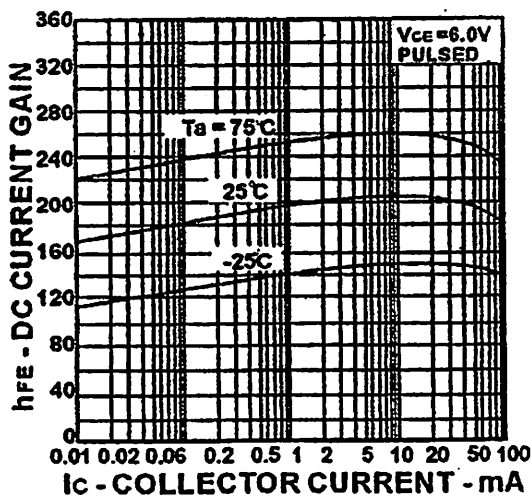
COLLECTOR CURRENT vs COLLECTOR TO EMITTER VOLTAGE



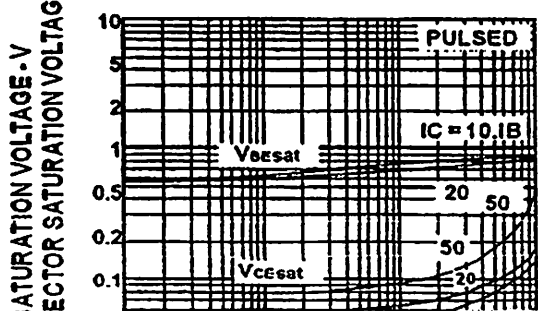
COLLECTOR CURRENT vs. COLLECTOR TO EMITTER VOLTAGE



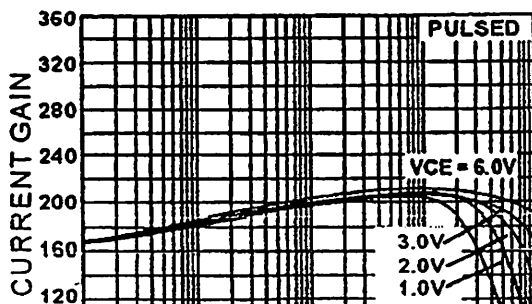
DC CURRNT GAIN vs. COLLECTOR CURRENT



COLLECTOR AND BADE SATURATION VOLTAGE vs. COLLECTOR CURRENT



DC CURRENT GAIN vs. COLLECTOR CURRENT





PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro
Konsentrasi T. Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi

Nama : Eko Setyo Mutamami
Nim : 97.17.106
Masa Bimbingan : 3 April 2004 s/d 4 Oktober 2005
Judul Skripsi : Perancangan dan pembuatan Pengontrol Pompa
Oli Pada Sepeda Motor (Dua Langkah) Dengan
Fuzzy Logic Menggunakan Modul "Fuzzy Referent
Unit Dan Knowledge Base" (IC AT89S51)

Perbaikan Meliputi :

No.	Tanggal	Uraian	Parap Bimbingan
1.	30 - 03 - 2005	-	
2.	30 - 03 - 2005	1. Penjelasan Prinsip Dasar AT 89S51 Berfungsi Sebagai Fuzzy. 2. Peragaan Alat	

Disetujui,

Penguji I

(Ir. Eko Nurcahyo)

Penguji II

(Irmalia Suryani Faradisa, ST)

Mengetahui Dosen Pembimbing

(Ir. M. Luqman, MS)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
M A L A N G

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Eko Setyo M.
Nim : 9717106
Masa Bimbingan : 3-Apr-2004 s/d 4-Oct-2004
Judul Skripsi : Perencanaan dan pembuatan pengontrol oli pada sepeda motor (dua langkah) dengan Fuzzy Logic menggunakan modul "Fuzzy Referent Unit dan Knowledge Base" (ICAT89S51)

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	27/04	Bab 2; bab 3 dan bab 5. - bab 2: bagian mesin sepeda motor	
2.		Uraian bab 2 dan bab 3.	
3.		- bab 3: skema sistem kontrol oli - bab 4: (Fuzzy) kontrol	
4.	3/11/04	Bab 3; ada perbaikan pd desain alat.	
5.	11/10/2005	Bab 3; Seminar base bab 4 & bab 5 dulu	
6.	22/10/2005	Bab 4: pengujian pd sepeda motor Riel belum.	
7.		- masalah seminar diperbaiki	
8.	28/10/05	Bab 4; dan bab 5.	
9.			
10.			

Malang, 200

Dosen Pembimbing

Ir. M. Luqman, MS