

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



**Disusun Oleh:  
ARI INDRA HARYADI  
00.17249**

**MARET 2005**

ANALYSIS OF THE ECONOMIC IMPACT OF THE  
INTERNATIONAL INVESTMENT AGREEMENT  
ON THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF  
THE CARIBBEAN REGION

1982

INTERNATIONAL INVESTMENT AGREEMENT  
ON THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF  
THE CARIBBEAN REGION

1982

INTERNATIONAL INVESTMENT AGREEMENT

1982

INTERNATIONAL INVESTMENT AGREEMENT

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN  
ALAT PENGAMBIL TELUR AYAM  
BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51**

**SKRIPSI**


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

Disusun Oleh:  
**ARI INDRA HARYADI**  
**00.17249**



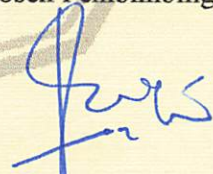
Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro-S1

  
(Ir. F. Yudi limpraptono, MT)  
NIP.P.103 950 0274

Telah Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing

  
(Ir. Eko Nurcahyo)  
NIP.P.102 870 0172

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



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

NAMA : ARI INDRA HARYADI  
NIM : 00 17249  
JURUSAN : TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI : ELEKTRONIKA  
JUDUL : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN  
ALAT PENGAMBIL TELUR AYAM  
BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Pada:

HARI : JUMAT  
TANGGAL : 1 APRIL 2005  
DENGAN NILAI : 79,95 ( B )

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**



(Ir. Mochtar Asroni, MSME)  
Ketua

(Ir. F. Yudi limpraptono, MT)  
Sekretaris

(Ir. F. Yudi limpraptono, MT)  
Penguji Pertama

(Joseph Dedy Irawan, ST, MT)  
Penguji Kedua



**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**

NAMA : ARIINDRA HARAYADI  
NIM : 0017219  
JURUSAN : TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI : ELEKTRONIKA  
JUDUL : PERAKAAN DAN PEMBUATAN  
ALAT PENGAMBIL TELUR AYAM  
BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51

Dipertahankan Disiapkan Mjldis Penguji jenjang S1 dan S2 (2-1) Badan

HARI : HUMAN  
TANGGAL : 1 APRIL 2002  
DEWAN NILAI : 79,02 (B)

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

(Dr. E. Yudi Limpanono, M.T.)  
Sekretaris

(Dr. Mochtar Asroni, M.Si) Keras

(Drs. H. Dedy Hewan, S.T., M.T.)  
Penguji Keras

(Dr. E. Yudi Limpanono, M.T.)  
Penguji Perantara

## ABSTRAKSI

Ari indra haryadi, 00.17249, “Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengambil Telur Ayam Berbasis Mikrokontroller AT89S51”, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Elektronika S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.

Dosen Pembimbing : Yth. Ir. Eko Nurcahyo

*Salah satu perkembangan Teknologi Elektronika adalah terobosan dan penemuan baru dalam bidang robotika. Dengan menggunakan mikrokontroller kita dapat membuat suatu sistem control yang praktis, cepat, tepat, ekonomis dan efisien. Teknologi ini dapat diaplikasikan disegala bidang. Disamping itu alat ini mudah didapat di pasaran dan harganya relatif murah. Dalam hal ini mikrokontroller akan diaplikasikan sebagai Alat Pengambil Telur Ayam berbasis mikrokontroller.*

*Peralatan ini dirancang khusus sesuai dengan kebutuhan dan pekerjaan yang akan dilakukannya. yaitu pada pengambilan telur khususnya telur ayam, Umumnya telur ayam penanganannya selalu dilakukan oleh tangan manusia, bertolak dari permasalahan tersebut, penulis ingin merancang dan membuat suatu alat yang bisa melakukan pekerjaan yaitu pengambilan telur ayam tanpa bantuan tangan manusia dimana alat tersebut bisa mencengkram dengan erat dan memindahkan telur tersebut tanpa memecahkannya karena terjatuh atau terlalu keras dalam pencengkraman.*

# ABSTRAKSI

Ani Indira Harjadi (0017240) - Perencanaan Dan Pembangunan Alat  
Pengaman Diri (APD) Berbasis Mikrokontroler AT89C51. Skripsi Jurusan  
Teknik Elektro 2-1. Konsentrasi Teknik Elektronika 2-1 Institut Teknologi  
Nasional Malang.  
Dosen Pembimbing : Yuli Eka Nurcahyo

Salah satu perkembangan teknologi elektronika adalah terdapatnya dan penerapan  
sistem dalam bidang robotika. Dengan menggunakan mikrokontroler kita dapat membuat  
sistem sistem control yang praktis, cepat, akurat dan efisien. Teknologi ini dapat  
diterapkan dalam berbagai bidang. Disamping itu akan ini menjadi langkah di penerapan dan  
penerapan robotika. Dalam hal ini mikrokontroler akan diaplikasikan sebagai alat  
pengaman diri (APD) yang berbasis mikrokontroler.

Peralatan ini dirancang khusus untuk dapat melindungi dan mencegah yang akan  
dibudayakan. Alat ini berfungsi untuk melindungi tubuh manusia dari bahaya yang akan  
penerapannya selain dibekali oleh sensor manusia, berfokus dari permasalahan tersebut.  
Perangkat ini menggunakan alat sensor yang akan mendeteksi bahaya yang akan terjadi  
penerapannya. Alat ini akan dapat bekerja secara otomatis dan terdapat juga  
memerlukan dengan cara menggunakan alat sensor yang akan mendeteksi bahaya yang  
terjadi atau terdapat bahaya dalam penerapannya.

Ya ALLAH

Terima kasih atas anugerah dan kesempatan yang KAU berikan kepadaku untuk menyelesaikan semua ini, hanya kepada-Mu aku meminta dan hanya kepada-Mu aku bersyukur

"Abah & Mama" andaikan ada kata yang lebih dari kata TERIMA KASIH maka arie yang akan mengucapkannya terlebih dahulu.

TERIMA KASIH Mama, Abah, My sister Novie & Winda.

You Are My Best Family

Thank's Yoelie Untuk Cinta, dan kasih sayang yang kau berikan juga senyummu yang slalu mewarnai hari-hariku, U Make My Life More Live.

Dan 4 Lina, Diana & Fitri, Thank's 4 Everything

Toex my friends khususnya Gede "Dex-Punk" terima kasih atas bantuannya, untuk "IdyAde & Achoo" semoga persahabatan ini selalu terjaga, dan anak-anak Kaluta20 dan Jupiter 6 terima kasih atas supportnya.

Dan kepada yang tidak dapat Arie sebutkan satu persatu terima kasih banyak, dan "Jangan Jaralah kalo kena tadapat pulang, jangan kada menagur, iya kada dangsanak?"

"Jangan Kamu awali dan jalani apa yang sudah kamu akhiri, dan jangan kamu akhiri apa yang sudah kamu awali dan jalani"

The Best Is

"Awali dengan hati, Jalani dengan nalar, dan akhiri dengan senyuman"

Arie\_TZ





PRERAKA

Penulis merasa sangat terhanyut dan terpesona oleh keindahan alam yang begitu indah dan menakutkan. Penulis berharap semoga buku ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pembaca.

"Buku ini adalah kumpulan dari berbagai pengalaman penulis yang telah penulis alami selama perjalanan. Penulis berharap semoga buku ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pembaca."  
Penulis,  
Yogyakarta, 2015

Penulis merasa sangat terhanyut dan terpesona oleh keindahan alam yang begitu indah dan menakutkan. Penulis berharap semoga buku ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pembaca.

Penulis merasa sangat terhanyut dan terpesona oleh keindahan alam yang begitu indah dan menakutkan. Penulis berharap semoga buku ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pembaca.

Penulis merasa sangat terhanyut dan terpesona oleh keindahan alam yang begitu indah dan menakutkan. Penulis berharap semoga buku ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pembaca.

Penulis merasa sangat terhanyut dan terpesona oleh keindahan alam yang begitu indah dan menakutkan. Penulis berharap semoga buku ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pembaca.

## **KATA PENGANTAR**

Dengan mengucapkan Puji dan Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGAMBIL TELUR AYAM BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51”** yang dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Elektronika.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bantuan dan bimbingan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Eko Nurcahyo selaku Dosen Pembimbing dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibunda tercinta atas doa, kasih sayang dan dukungannya selama ini yang tiada batasnya,, serta seluruh keluargaku atas semangat dan nasehat-nasehatnya dan juga sudah sangat menyayangiku.
6. Toex ‘Yoelie’ atas cinta, kesetiaan, kasih sayang, pengertian, pengorbanan dan dukungan yang tiada henti-hentinya

# KATA PENGANTAR

Dengan menggunakan Pijil dan Syukur Kelahiran Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGAMBIH TERBUKA AYAM BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51" yang dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Elektronika.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bantuan dan bimbingan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Abdulhamid Lohi, M.Si, selaku Dekan Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asoni, M.Si, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. E. Yudi Limparpano, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro 2-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Eko Nugentyo selaku Dosen Pembimbing dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibuanda tercinta atas doa, kasih sayang dan dukungannya selama ini yang tiada putus-putus serta seluruh keluarga atas semangat dan nasihat-nasihatnya dan juga setiap saatnya mengayunkan.
6. "Doc, Yolie", atas cinta, kesabaran, kasih sayang, pengertian, pengorbanan dan dukungan yang tiada henti-hentinya.

7. Seluruh teman-teman khususnya 'Dex-Punk' yang telah memberikan bantuannya sehingga tersusunnya skripsi ini menjadi lancar dan sukses.

Sebagai manusia yang tidak pernah lepas dari kesalahan, secara sadar mengakui bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Karena itu diharapkan kritik dan saran dari para pembaca terhadap skripsi ini sebagai bahan masukan untuk memperbaiki kelemahan yang terdapat pada skripsi ini agar bisa bermanfaat untuk masa yang akan datang.

Malang, Maret 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAKSI</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Metodologi Penulisan .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>6</b>
2.1. Konsep Dasar Otomatis (Robot).....	6
2.2. Sistem Kontrol .....	7
2.2.1. Sistem Kontrol Loop Terbuka .....	7
2.2.2. Sistem Kontrol Loop Tertutup .....	8

# DAFTAR ISI

i	.....	JUDUL
ii	.....	REVISI
iii	.....	ABSTRAKSI
iv	.....	KATA PENGANTAR
vi	.....	DAFTAR ISI
vii	.....	DAFTAR GAMBAR
viii	.....	DAFTAR TABEL

1	.....	BAB I PENDAHULUAN
1	.....	1.1. Latar Belakang
2	.....	1.2. Rumusan Masalah
3	.....	1.3. Tujuan
3	.....	1.4. Batasan Masalah
4	.....	1.5. Metodologi Penelitian
5	.....	1.6. Sistematika Penelitian

6	.....	BAB II LANDASAN TEORI
6	.....	2.1. Konsep Dasar Otomatis (Robot)
7	.....	2.2. Sistem Kontrol
7	.....	2.2.1. Sistem Kontrol Loop Terbuka
8	.....	2.2.2. Sistem Kontrol Loop Tertutup

2.3. Mekanisme Penggerak .....	9
2.4. End Effector .....	11
2.5. Mikrokontroler AT 89S51 .....	13
2.5.1 Struktur Mikrokontroler .....	13
2.5.2 Pin-pin Deskripsi .....	16
2.5.3 Wachdog Timer (WDT) .....	20
2.5.4 Dual DPTR (Data Pointer Register) .....	20
2.5.5 ISP Port .....	20
2.5.6 Data Memori EEPROM dan RAM .....	21
2.5.7 Spesial Function Register .....	22
2.5.7.1. Accumulator .....	24
2.5.7.2. Port .....	24
2.5.7.3. PSW (Program Status Word) .....	25
2.5.7.4. Register B .....	27
2.5.7.5. Stack Pointer .....	27
2.5.7.6. Data Pointer .....	27
2.5.7.7. Register Timer .....	28
2.5.7.8. Register Port Serial .....	28
2.5.7.9. Register Interupt .....	28
2.5.7.10. Register Kontrol Power .....	28
2.5.8 Sistem Interupt .....	29
2.5.8.1. Seting Interupsi .....	30
2.5.8.2. Prioritas Interupsi .....	31

2.5.9. Timer .....	33
2.5.9.1. Timer Sebagai Seting Waktu .....	34
2.5.9.2. Timer SFR .....	34
2.5.9.3. Mode Timer 16 Bit (Mode 1) .....	35
2.5.9.4. Mode Timer 8-Bit Auto Reload (Mode 2) .....	35
2.5.9.5. Mode Timer Split/Pencacah (Mode 3) .....	36
2.5.9.6. Pembacaan Status Timer.....	37
2.6. Sensor .....	38
2.6.1 Inframerah .....	38
2.6.2 LED inframerah.....	39
2.6.3 Photodiode .....	41
2.6.4 Limitswitch .....	42
2.7. Transistor.....	42
2.8 Komparator.....	44
2.9 Relay .....	46
2.10. Motor Arus Searah (Motor DC).....	48
2.11. Motor Penggerak DC .....	51
2.12 Komponen Sistem enggerak.....	53
2.12.1. Roda Gigi .....	53
2.12.2 Batang Ulimn .....	55
2.12.3. Belt dan Pulley .....	56
2.13. Sistem Pengalihan Torsi .....	57



<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN .....</b>	<b>59</b>
3.1. Umum .....	59
3.2. Cara Kerja Rangkaian .....	61
3.3. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras .....	62
3.3.1. Perancangan Mekanik .....	62
3.3.2. Perancangan Rangkaian Elektronika .....	69
3.3.2.1. Mikrokontroller AT89S51.....	69
3.3.2.1.1. Rangkaian Reset .....	71
3.3.2.1.2. Rangkaian Oscilator.....	71
3.3.2.2. Rangkaian Sensor Posisi .....	72
3.3.2.3. Penggerak Motor DC .....	73
3.4. Perancangan Perangkat Lunak .....	75
3.4.1. Diagram Alir .....	75
 <b>BAB IV PENGUJIAN DAN PENGUKURAN.....</b>	<b>83</b>
4.1. Pengujian dan Pengukuran Perangkat Elektronik.....	83
4.1.1. Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Sensor Benda .....	83
4.1.1.1. Tujuan Pengujian .....	83
4.1.1.2. Alat dan Bahan Yang Digunakan .....	84
4.1.1.3. Pelaksanaan Pengujian .....	84
4.1.1.4. Analisa Hasil Pengujian .....	84
4.1.2. Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Sensor Batas .....	85
4.1.2.1. Tujuan .....	85

**BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ..... 59**

3.1. Umum ..... 59

3.2. Cara Kerja Rangkaian ..... 61

3.3. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras ..... 62

3.3.1. Perancangan Mekanik ..... 62

3.3.2. Perancangan Rangkaian Elektronika ..... 69

3.3.2.1. Mikrokontroler AT89C51 ..... 69

3.3.2.1.1. Rangkaian Reser ..... 71

3.3.2.1.2. Rangkaian Oscilator ..... 71

3.3.2.2. Rangkaian Sensor Posisi ..... 72

3.3.2.3. Penggerak Motor DC ..... 73

3.4. Perancangan Perangkat Lunak ..... 75

3.4.1. Diagram Alir ..... 75

**BAB IV PENGUJIAN DAN PENGUKURAN ..... 83**

4.1. Pengujian dan Pengukuran Perangkat Elektronik ..... 83

4.1.1. Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Sensor Benda ..... 83

4.1.1.1. Tujuan Pengujian ..... 83

4.1.1.2. Alat dan Bahan Yang Digunakan ..... 84

4.1.1.3. Pelaksanaan Pengujian ..... 84

4.1.1.4. Analisa Hasil Pengujian ..... 84

4.1.2. Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Sensor Panas ..... 85

4.1.2.1. Tujuan ..... 85

4.1.2.2.	Alat dan Bahan Yang Digunakan .....	85
4.1.2.3.	Pelaksanaan Pengujian .....	86
4.1.2.4.	Analisa Hasil Pengujian .....	86
4.1.3.	Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Sensor Batas Buka .....	87
4.1.3.1.	Tujuan .....	87
4.1.3.2.	Alat dan Bahan Yang Digunakan .....	87
4.1.3.3.	Pelaksanaan Pengujian .....	87
4.1.3.4.	Analisa Hasil Pengujian .....	88
4.1.4.	Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Sensor Posisi .....	89
4.1.4.1.	Tujuan .....	89
4.1.4.2.	Alat dan Bahan Yang Digunakan .....	89
4.1.4.3.	Pelaksanaan Pengujian .....	89
4.1.4.4.	Analisa Hasil Pengujian .....	90
4.1.5.	Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Penggerak Motor DC .....	92
4.1.5.1.	Tujuan .....	92
4.1.5.2.	Alat dan Bahan Yang Digunakan .....	92
4.1.5.3.	Pelaksanaan Pengujian .....	93
4.1.5.4.	Analisa Hasil Pengujian .....	93
4.2.	Pengujian dan Pengukuran Kerja Sistem Alat pengambil Telur .....	94
4.2.1.	Pengujian Berat Maksimum.....	94
4.2.2.	Pengujian dan Pengukuran Kerja Sistem Alat pengambil Telur ....	94

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>101</b>
5.1. Kesimpulan.....	101
5.2. Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA.....	103
LAMPIRAN.....	104

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. Diagram Blok Untuk Kendali Loop Terbuka .....	8
Gambar 2-2. Diagram Blok Untuk Kendali Loop Tertutup.....	8
Gambar 2-3. Mekanisme Gerak Robot Secara Umum.....	10
Gambar 2-4. Koordinat Enam Derajat Kebebasan .....	11
Gambar 2-5. Blok Diagram Mikrokontroller.....	13
Gambar 2-6. Konfigurasi Pin-pin Mikrokontroller.....	15
Gambar 2-7. Bit-bit Port .....	25
Gambar 2-8. Bit-bit PSW.....	25
Gambar 2-9. Simbol Led Infra Merah.....	40
Gambar 2-10. Simbol Photo Dioda.....	41
Gambar 2-11 Simbol Limitswitch.....	42
Gambar 2-12. Rangkaian Transistor Sebagai Saklar .....	43
Gambar 2-13. Karakteristik Kerja Transistor.....	44
Gambar 2-14. Komparator .....	45
Gambar 2-15. Simbol Relay SPDT .....	47
Gambar 2-16. Bentuk Medan Magnet Permanen .....	49
Gambar 2-17. Bentuk Medan Dari Arus Listrik. ....	50
Gambar 2-18. Interaksi Kedua Medan Menghasilkan Gaya.....	50
Gambar 2-19. Konstruksi Mekanis Motor Arus Searah .....	51
Gambar 2-20. Rangkaian Penggerak Motor DC .....	53
Gambar 2-21 Tipe-tipe Gear .....	54
Gambar 2-22. Gear yang bertautan .....	54

Gambar 2-23. Batang Ulir dengan 1 Mur.....	56
Gambar 2-24 Sistem Belt dan Pulley.....	56
Gambar 2-25 Torsi Gaya Yang Bekerja Pada Pulley .....	57
Gambar 2-26 Sistem Pengalihan Kecepatan dan Torsi .....	58
Gambar 3-1. Diagram Blok Sistem Lengan Robot .....	60
Gambar 3-2. Konstruksi Mekanik Alat Pengambil Telur Ayam.....	63
Gambar 3-3. Roda Gigi Reduksi Dua Tingkat .....	64
Gambar 3-4. Lengan Dengan Sistem Ulir 1 Mur.....	65
Gambar 3.5. Lengan Dengan Sistem Rak/Rantai.....	67
Gambar 3-6. Sistem Penggerak Pencengkeram .....	68
Gambar 3-7. Konfigurasi Mikrokontroler AT89S51 .....	70
Gambar 3-8. Rangkaian Reset .....	71
Gambar 3-9. Rangkaian Oscilator Kristal.....	72
Gambar 3-10. Rangkaian Sensor Posisi (Inframerah).....	72
Gambar 3-11. Rangkaian Penggerak Motor DC .....	75
Gambar 4-1. Rangkaian Pengujian Sensor Benda .....	84
Gambar 4-2. Rangkaian Pengujian Sensor Batas Tekanan .....	86
Gambar 4-3. Rangkaian Pengujian Sensor Batas Buka .....	88
Gambar 4-4. Rangkaian Pengujian Sensor Posisi (Limitswitch).....	90
Gambar 4-5. Rangkaian Pengujian Sensor Posisi.....	93
Gambar 4-6. Alat Pengambil Telur Ayam.....	98
Gambar 4-7. Model Transmisi Yang Digunakan.....	100

56	Gambar 3-23. Batang Upr dengan 1 Mula
56	Gambar 3-24 Sistem Belt dan Pulley
57	Gambar 3-25 Torsi Gaya Yang Bekerja Pada Pulley
58	Gambar 3-26 Sistem Pengalihan Kecepatan dan Torsi
60	Gambar 3-1. Diagram Blok Sistem Dengan Robot
63	Gambar 3-2. Konstruksi Mekanik Alat Pengambil Telur Ayam
64	Gambar 3-3. Roda Gigi Reduksi Dua Tingkat
65	Gambar 3-4. Batang Dengan Sistem Upr 1 Mula
67	Gambar 3-5. Batang Dengan Sistem Kalkulasi
68	Gambar 3-6. Sistem Penggerak Pencangkam
70	Gambar 3-7. Konfigurasi Mikrokontroler AT89251
71	Gambar 3-8. Rangkaian Reser
72	Gambar 3-9. Rangkaian Oscilator Kristal
72	Gambar 3-10. Rangkaian Sensor Posisi (Inamcraft)
75	Gambar 3-11. Rangkaian Penggerak Motor DC
84	Gambar 4-1. Rangkaian Pengujian Sensor Benda
86	Gambar 4-2. Rangkaian Pengujian Sensor Batas Tekanan
88	Gambar 4-3. Rangkaian Pengujian Sensor Batas Heka
90	Gambar 4-4. Rangkaian Pengujian Sensor Posisi (Imitza/itcb)
93	Gambar 4-5. Rangkaian Pengujian Sensor Posisi
98	Gambar 4-6. Alat Pengambil Telur Ayam
100	Gambar 4-7. Model Transmisi Yang Digunakan

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Fungsi-fungsi Alternatif Port 1 .....	17
Tabel 2-2. Fungsi-fungsi Alternatif Port 3.....	18
Tabel 2-3. AT89S51 SFR Map dan Reset Value .....	23
Tabel 2-4. Konfigurasi Bit-bit SFR IE.....	30
Tabel 2-5. Konfigurasi Bit-bit SFR IP .....	32
Tabel 2-6. Daftar SFR Untuk Timer .....	34
Tabel 2-7. Perubahan Harga TL0.....	36
Tabel 4-1. Hasil Pengujian Sensor Benda Menggunakan Inframerah dan Photodiode .....	85
Tabel 4-2. Hasil Pengujian Sensor Batas Tekanan .....	87
Tabel 4-3. Hasil Pengujian Sensor Batas Buka .....	88
Tabel 4-4. Hasil Pengujian Sensor Posisi Menggunakan Inframerah, Photodiode dan Limitswitch .....	91
Tabel 4-5. Hasil Pengujian Drive Motor .....	94
Tabel 4-6 Hasil Pengujian Berat Maksimum .....	95
Tabel 4-7. Urutan Pengambilan dan Penaruhan Telur Ke Tempat 1 .....	96
Tabel 4-8. Urutan Pengambilan dan Penaruhan Telur Ke Tempat 2 .....	97



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sekarang ini telah menampakkan keunggulannya, dimana perkembangan tersebut terjadi ditandai dengan adanya penemuan teknologi baru. Penemuan teknologi baru tidak lepas dari penemuan-penemuan elemen lama yang dikombinasikan menjadi teknologi baru. Salah satu perkembangan teknologi elektronika adalah terobosan dan penemuan baru dalam bidang robotika. Dengan teknologi robotika dan mikrokontroler sebagai pengendali mampu membantu manusia dalam menyelesaikan pekerjaannya.

Dengan menggunakan mikrokontroler, kita dapat membuat suatu sistem kontrol yang praktis, cepat, tepat, ekonomis dan efisien juga mampu membuat peralatan menjadi otomatis yang hanya didukung oleh alat bantu seperti sensor-sensor untuk memberikan perintah kepada mikrokontroler. Disamping itu barangnya ini mudah didapat di pasaran dan harganya relatif murah.

Dalam bidang peternakan pengambilan telur khususnya telur ayam masih dilakukan secara manual oleh manusia dimana pekerjaan tersebut memerlukan waktu yang cukup lama dan juga mungkin akan terjadi kecelakaan seperti telur terlepas dari tangan dan jatuh sehingga pecah. Hal ini tentunya menurunkan efisiensi kerja dan sangat merugikan.

Telur merupakan benda yang sensitif dalam penanganannya, karena telur mudah pecah, apabila terlalu keras dalam pencengkramannya maka bisa pecah, begitu juga bila tidak kuat dalam pencengkramannya maka telur akan terlepas. Bertolak dari hal tersebut, maka penyusun merancang dan membuat suatu sistem yang dapat memproses prosedur dalam pengambilan barang khususnya telur ayam secara otomatis. Sistem ini menggunakan Mikrokontroller yang menggerakkan lengan robot sebagai pengambil telur ayam. Peralatan ini dirancang khusus sesuai dengan kebutuhan dan pekerjaan yang akan dilakukannya. Karena dalam pengambilan telur ayam, mungkin akan terjadi kesalahan bila dilakukan dengan tangan karena mungkin telur terlepas dan pecah maka alat inilah penggantinya, karena mempunyai keakuratan yang cukup tinggi disamping itu dilengkapi dengan sensor-sensor yang membuat lebih terjamin proses kerjanya sehingga kesalahan kerja dapat diminimalisir.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Skripsi ini diarahkan pada permasalahan mengenai :

1. Cara kerja alat ( cara pengambilan telur ).
2. Perancangan dan pembuatan alat serta rangkaiannya.
3. Pengaplikasian system mikrocontroller ke dalam peralatan yang dirancang.

### **1.3. Tujuan**

Tujuan penyusunan skripsi dengan judul “Perancangan dan Pembuatan Alat Pengambil Telur Ayam Berbasis Mikrokontroller AT89S51” ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari system lengan robot dengan titik berat pada perangkat-perangkat elektroniknya.
2. Mempelajari Mikrokontroller
3. Mengaplikasikan dan merealisasikan alat pengambil telur ayam dengan menggunakan lengan robot yang digerakkan mikrokontroller sehingga di harapkan dapat melakukan pencengkraman telur dengan sempurna (telur tidak pecah), memindahkannya ke tempat lain secara otomatis .

### **1.4. Batasan Masalah**

Agar permasalahan dalam skripsi ini tidak berkembang, karena keterbatasan pengetahuan, waktu dan biaya, juga untuk mempermudah dalam pembahasan dan penulisan, maka pembatasan masalah dibatasi pada:

1. Alat ini menggunakan motor DC sebagai penggerak yang dikendalikan dengan mikrokontroller.
2. Perangkat keras yang dirancang meliputi limit switch, sensor, driver motor, mikrokontroller.
3. Tidak membahas secara spesifik tentang ukuran mekanik.
4. Tidak membahas catu daya.
5. Tidak membahas masalah software secara detail.

6. Barang yang dicengkeram dan dipindahkan hanya berupa telur Ayam dan tidak membahas mengenai posisi telur.

### **1.5. Metodologi Penulisan**

Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Studi Pustaka

Bertujuan untuk mengumpulkan literature untuk penyusunan konsep dasar dalam menentukan formulasi pendukung.

2. Studi Lapangan

Bertujuan untuk mengumpulkan fakta-fakta yang menunjang pembuatan alat yang telah ada sebagai bahan acuan dalam mempertahankan argumentasi sesuai dengan yang disajikan dan melakukan pengujian terhadap alat yang dibuat.

3. Perancangan dan pembuatan alat

Bertujuan melakukan perancangan dan pembuatan alat sesuai dengan rencana yang telah disusun sebagai perwujudan dari penyusunan skripsi.

4. Pelaksanaan uji coba sistem

Melakukan uji coba alat yang telah dibuat apakah sesuai dengan perencanaannya dan melakukan perbaikan-perbaikan pada alat jika diperlukan.

5. penyusunan laporan Skripsi

Menyusun laporan tentang perancangan dan pembuatan alat yang telah dibuat sebagai pedoman pengembangan alat selanjutnya.

## **1.6. Sistematika Pembahasan**

Agar sistematis dan dapat mencapai pemahaman yang tepat maka skripsi ini disusun dalam beberapa bab, yaitu:

### **BABI Pendahuluan**

Meliputi Latar belakang, Rumusan masalah, Tujuan, Batasan masalah, Metodologi penulisan, dan Sistematika pembahasan.

### **BABII Landasan Teori**

Meliputi teori-teori yang menunjang atau mendukung dan melengkapi pemahaman keseluruhan alat yang dirancang.

### **BABIII Perencanaan Dan Pembuatan Alat**

Meliputi berbagai hal yang berkenaan dengan perancangan dan pembuatan perangkat keras maupun perangkat lunak.

### **BABIV Pengujian Alat**

Membahas mengenai uji coba system yang kemudian diamati, diukur, dan dianalisa guna kemungkinan penyempurnaan dan pengembangan alat.

### **BABV Penutup**

Meliputi kesimpulan dari proses perancangan, pembuatan, dan pengujian system serta saran-saran untuk penyempurnaan dan pengembangan alat lebih lanjut.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Konsep Dasar Otomatisasi (Robot)**

Kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi. Kontrol otomatis telah menjadi bagian yang penting dan terpadu dari proses-proses dalam pabrik dan industri modern misalnya control otomatis perlu sekali dalam kontrol numeric dari mesin alat-alat bantu di industri manufaktur. Ia juga perlu sekali dalam operasi industri seperti pengontrolan tekanan, suhu, kelembaban viskositas dan arus dalam industri proses.

Karena kemajuan dalam teori dan praktek control otomatis memberikan kemudahan dalam mendapatkan performansi dari system dinamik, mempertinggi kualitas dan menurunkan biaya produksi, mempertinggi laju produksi, meniadakan pekerjaan rutin dan membosankan yang harus dilakukan oleh manusia, dan sebagainya

Hasil karya pertama yang penting dalam control otomatis adalah governor sentrifugal untuk pengontrolan kecepatan mesin uap yang dibuat oleh James Watt pada abad ke delapanbelas. Hasil karya lain yaitu pada tahun 1922 oleh Minorsy yang membuat controller otomatis untuk pengemudian kapal dan menentukan cara untuk menentukan kestabilan dari persamaan differensial yang melukiskan system, dan lain sebagainya.

Sistem kontrol otomatis adalah system kontrol umpan balik dengan acuan masukan atau keluaran yang dikehendaki dapat konstan atau berubah secara perlahan sesuai dengan berjalannya waktu dan tugas utamanya adalah menjaga keluaran sebenarnya berada pada nilai yang dikehendaki dengan gangguan yang ada. Pada skripsi ini otomatisasi yang dilakukan menggunakan Lengan Robot sebagai penggeraknya

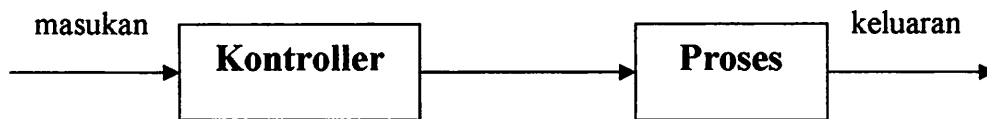
Istilah ROBOT pertama kali digunakan pada tahun 1921 oleh *karel capek* dalam bukunya yang berjudul CZECH. Robot sering digunakan untuk memperbaiki produktifitas. Robot dapat menangani pekerjaan yang monoton ataupun yang rumit tanpa kesalahan dalam operasi. Robot juga dapat bekerja dalam lingkungan yang tidak dapat ditoleransi oleh manusia. Robot biasanya harus menangani bagian-bagian mekanik yang mempunyai bentuk dan berat tertentu, jadi ia harus mempunyai paling sedikit sebuah lengan, sebuah pergelangan, dan sebuah tangan dan juga harus mempunyai sensor-sensor sebagai pendeteksi.

## **2.2 Sistem Kontrol**

### **2.2.1 Sistem Kontrol loop terbuka**

Sistem Kontrol loop terbuka ialah suatu system yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi control dengan system control loop terbuka, keluaran tidak dapat dibandingkan dengan masukan acuan, Jadi untuk tiap masukkan acuan berhubungan suatu kondisi operasi tertentu, sebagai akibat system tergantung dari kalibrasi. Dengan adanya gangguan system control loop

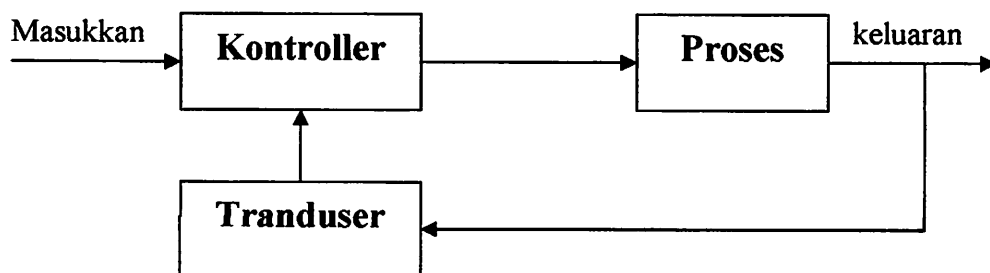
terbuka tidak dapat melaksanakan tugas seperti yang diharapkan. Sistem control loop terbuka dapat digunakan, hanya jika hubungan antara masukan dan keluaran diketahui dan tidak terdapat gangguan internal dan eksternal.



**Gambar 2-1. Diagram blok untuk kendali loop terbuka**  
(Sumber: Teknik Kontrol Automatik I, hal 7)

### 2.2.2 Sistem Kontrol loop tertutup

Sistem Kontrol loop tertutup seringkali disebut sebagai sistem kontrol Umpan Balik. Pada system control loop tertutup sinyal kesalahan yang bekerja, yaitu perbedaan antar sinyal masukan dan sinyal umpan balik disajikan ke kontroller sedemikian rupa untuk mengurangi kesalahan dan membawa keluaran system ke nilai yang dikehendaki. Istilah kontrol loop tertutup selalu berarti penggunaan aksi kontrol umpan balik untuk mengurangi kesalahan system.



**Gambar 2-2. Diagram blok untuk kendali loop tertutup**  
(Sumber: Teknik Kontrol Automatik I, hal 4)

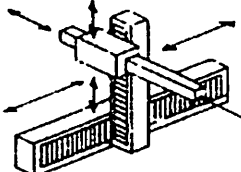
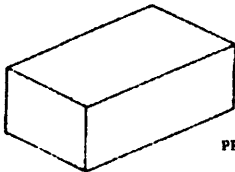
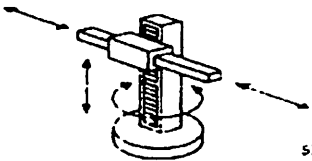
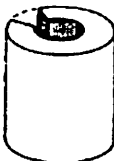
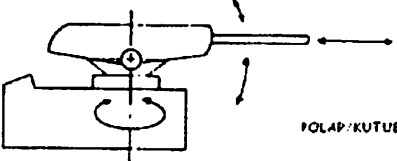

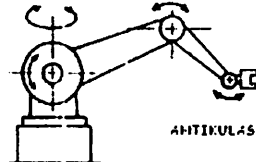
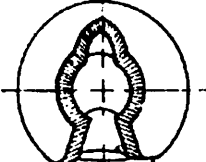
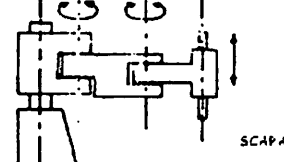
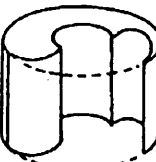
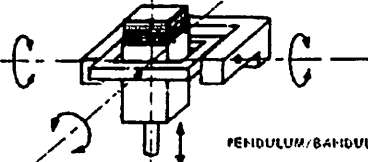
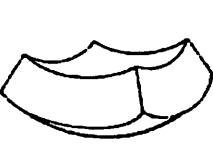
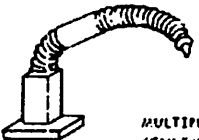
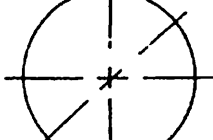


### 2.3 Mekanisme penggerak

Secara ideal robot dapat diprogram untuk melakukan pekerjaan apapun, namun karena kekomplekkanya maka robot biasanya dirancang hanya untuk suatu pekerjaan tertentu saja. Mekanisme gerak yang umum digunakan pada perancangan robot ada tujuh macam, yaitu :

1. **Sistem Cartesian** yaitu lengan robot yang memiliki lingkup kerja persegi panjang.
2. **Sistem Silinder** jenis ini hampir sama dengan Cartesian namun ia tidak memiliki gerakan sepanjang sumbu X sebagai gantinya lengan dapat berputar, ruang lingkupnya berupa silinder.
3. **Sistem Kutub** Sering juga disebut geometri bola, lingkup kerjanya berupa bagian permukaan dari bola.
4. **Sistem Antikulasi** yaitu jenis lengan robot yang mempunyai kemampuan maneuver paling besar, karena menyerupai lengan manusia.
5. **Sistem SCARA (selective compliant assembly robot arm)** Jenis ini persendian putar lengannya berotasi pada sumbu vertikalnya.
6. **Sistem Bandul** jenis lengan ini memiliki kecepatan dan akselerasi yang tinggi karena mempunyai sendi yang banyak, tapi ruang lingkupnya tidak bebas.
7. **Sistem Sendi/Ruas ganda** lengan ini memiliki fleksibilitas yang tinggi dan bisa membuat beberapa amplikasi jadi satu itu dikarenakan lingkup geraknya yang hampir-hampir bebas.

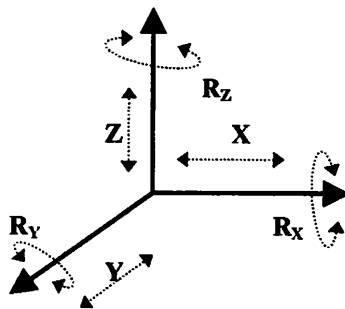
Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar dibawah ini :

KONFIGURASI	LINGKUP KERJA
 <p>CARTESI AH</p>	 <p>PERSEGI PANJANG</p>
 <p>SILINDER</p>	 <p>SILINDER</p>
 <p>POLAR/KUTUB</p>	 <p>SETENGAH BOLA</p>
 <p>ARTIKULASI</p>	 <p>BOLA</p>
 <p>SCAPA</p>	 <p>SILINDER</p>
 <p>PENDULUM/BANDUL</p>	 <p>SEBAGIAN DARI BOLA</p>
 <p>MULTIPLE-JOIN SEMBI/PUAS GAIWA</p>	 <p>BOLA PENUH</p>

Gambar 2-3. Mekanisme gerak robot secara umum  
(Sumber: Industrial Robotics, hal 25 )

Poros gerakan yang memungkinkan gerakan rotasi disebut persendian revolusi (revolusi joint) dan poros yang memungkinkan gerakan dalam garis lurus disebut persendian prismatic (Prismatic joint).

Derajat kebebasan adalah jumlah arah yang independent, dimana end effector dari sebuah robot (berupa tool/alat ataupun gripper/pencengkeram) dapat bergerak. Setiap benda padat maksimum memiliki enam derajat kebebasan tiga diantaranya ( $X, Y, Z$ ) mewakili sepanjang garis, dan tiga lainnya ( $R_x, R_y, R_z$ ) mewakili rotasi.



**Gambar 2-4. Koordinat enam derajat kebebasan**  
(Sumber: Robot dan Otomasi Industri, hal 89)

## 2.4 End Effector

Kecakapan robot sangat tergantung pada End Effektor yaitu piranti yang dipasang pada lengan robot yang dapat dibagi ke dalam 2 kelompok yaitu:

### a). Pencengkam (gripper)

Piranti ini digunakan sebagai pemegang atau penjepit sebuah object,

berdasarkan cara kerjanya pencengkeram dapat dibedakan menjadi :

1. **Pencengkraman Mekanik**

Pencengkraman jenis ini dapat dianalogikan dengan jari-jari manusia. Namun pada lengan robot tidak mempunyai sendi sebanyak jari-jari pada manusia.

2. **Pencengkraman Khusus**

Pencengkraman ini dirancang secara khusus untuk mengatasi masalah tertentu saja, misalnya pencengkraman untuk kertas, benda-benda dengan bentuk-bentuk khusus atau benda yang mudah pecah.

3. **Pencengkraman Hisap**

Pencengkraman jenis ini merupakan pencengkraman yang menggunakan prinsip hampa udara atau dapat juga dengan udara yang dimampatkan pada kantong yang terdapat pada ujung pencengkram.

4. **Pencengkraman Magnetik**

Pencengkraman jenis ini digunakan untuk mengangkat benda yang mengandung bahan logam.

**b). Peralatan (tool) atau Perkakas**

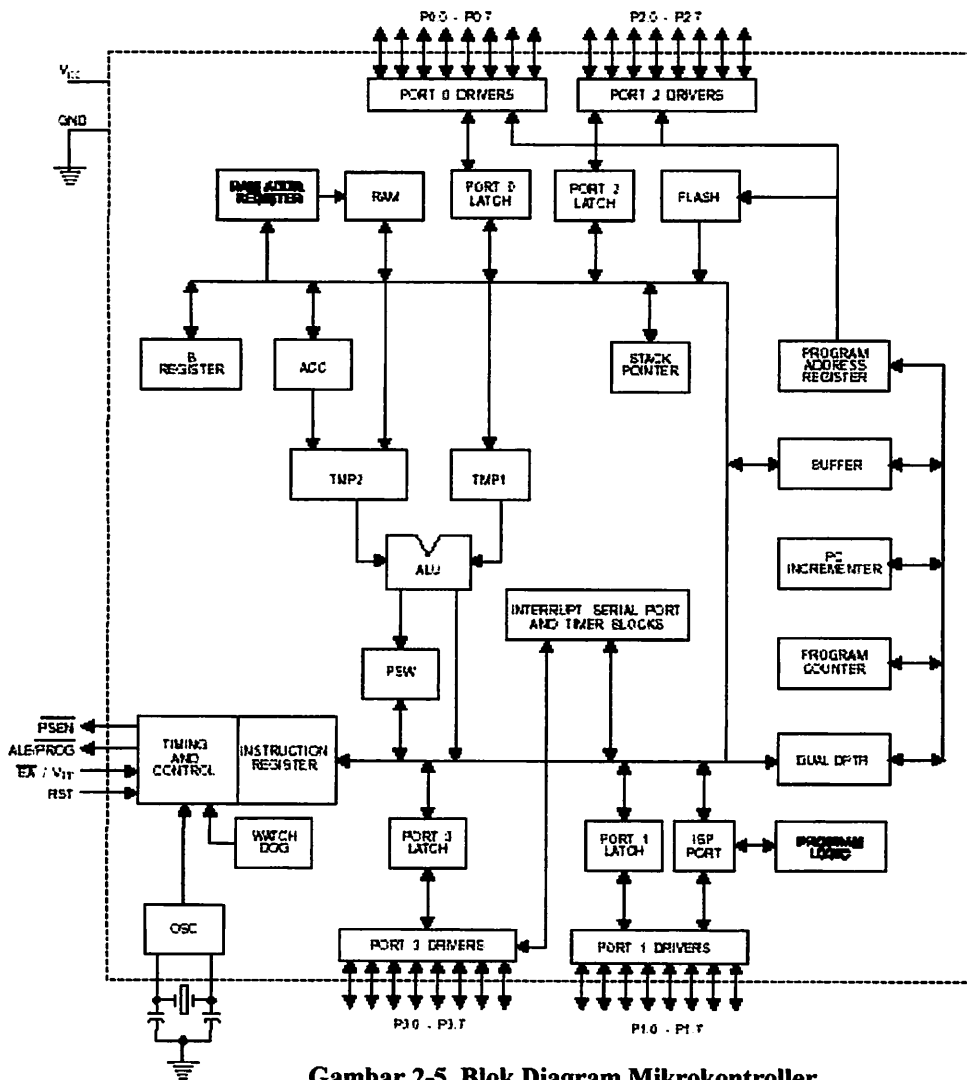
Piranti ini digunakan robot untuk melakukan operasi pada sebuah objek seperti mengelas, membor, menggerinda, menyemprot cat atau bahkan beberapa perkakas dipasang sekaligus.

## 2.5. Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 merupakan pengembangan dari mikrokontroler standar MCS-51. Karena merupakan pengembangan maka terdapat beberapa fitur tambahan yang tidak terdapat pada mikrokontroler MCS-51, maka mikrokontroler ini dapat menggantikan mikrokontroler MCS-51 tetapi tidak berlaku sebaliknya.

### 2.5.1. Struktur Mikrokontroler AT89S51

#### Block Diagram



Gambar 2-5. Blok Diagram Mikrokontroler (Sumber: WWW.ATMEL.COM)

AT89S51 adalah mikrokontroler keluaran Atmel dengan 4K byte flash PEROM ( Programable and Erasable Read Only Memory ), AT89S51 merupakan memori dengan teknologi nonvolatile memori yang artinya isi memori tersebut dapat diisi ulang ataupun dihapus berulang kali.

Memori ini biasa digunakan untuk menyimpan instruksi ( perintah ) berstandar MCS-51 code sehingga memungkinkan mikrokontroler ini untuk bekerja dalam mode Single Chip Operation ( memori luar ) untuk menyimpan source code tersebut.

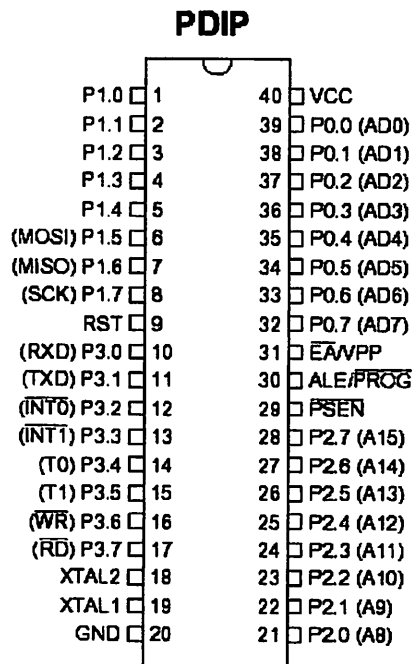
Adapun ciri-ciri dari mikrokontroller AT89S51 adalah :

- 128 x-bit Internal RAM
- 4K byte Flash memori program
- 2 Timer/Counter 16-bit
- Batas operasi 4V sampai 5,5V
- Fully Static Operation : 0Hz-33MHz
- 3 Level Program Memory Lock
- 32 Programmable I/O Lines
- 9 Sumber Interrupt
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low-power idle dan Power-down Mode
- Interrupt Recovery dari Power-down
- Programmable watchdog Timer

- Dual Data Pointer
- Power-off Flag
- Fast Programming Time
- Flexible ISP Programming (Byte dan page Mode)

Sebagai tambahan AT89S51 dirancang menggunakan logika yang statis untuk mode pengoperasian yang menuju ke frekwensi dasar dan pendukung terhadap dua software, serta dapat memilih model power savingnya. Mode idle akan berhenti ketika CPU sedang menjalankan RAM, Timer/Counter, Serial Port dan Interrupt System untuk terus melanjutkan fungsinya. Model power down akan menyimpan isi dari RAM tetapi akan memberhentikan ossilator dan akan menghentikan semua chip lain yang sedang berfungsi sampai terdapat adanya gangguan dari luar atau hardware di reset.

Konfigurasi kaki-kaki pin Mikrokontroler AT89S51 :



**Gambar 2-6. Konfigurasi Pin-pin Mikrokontroler**  
(Sumber: WWW.ATMEL.COM )

### 2.5.2. Pin-pin Deskripsi

**VCC** : Power Supply yang di hubungkan dengan sumber tegangan  $\pm 5$  volt

**GND** : Dihubungkan dengan ground

**Port 0** : Merupakan port input-output dua arah dan dikonfigurasi sebagai multioleks bus alamat rendah ( A0 –A7 ) dan data selama pengaksesan program memori dan data memori eksternal. Sebagai port keluaran masing-masing pin dapat menyerap arus sebesar 8 masukan TTL ( sekitar 3,8 mA ). Ketika diberikan logika '1' pada pin port 0 ini maka pin-pin port 0 ini akan dapat digunakan sebagai inputan berimpedansi tinggi. Port 0 juga dapat dikonfigurasi sebagai bus alamat/data selama proses pengaksesan data memori dan program eksternal. Jika digunakan dalam mode ini port 0 memiliki internal Pull Up.

**Port 1** : Port 1 berfungsi sebagai 8 bit I/O Bi-directional yang dilengkapi dengan internal Pull Up. Ketika diberikan logika '1' pin ini akan di Pull Up secara internal sehingga dapat digunakan sebagai input. Sebagai inputan jika pin-pin ini dihubungkan ke ground maka masing-masing pin ini dapat menghantarkan arus karena di Pull High secara internal. Port 1 juga menerima Low Order Address Bytes selama melakukan verifikasi program.

Pada port 1 di AT89S51 pin ini mempunyai alternatif seperti pada tabel berikut ini :



**Tabel 2-1 Fungsi-fungsi alternatif Port 1**

<b>Port Pin</b>	<b>Alternate Functions</b>
P1.5	MOSI ( Master Output Slave Input )
P1.6	MISO ( master Input Slave Output )
P1.7	SCK ( Serial Clock )

**Port 2** : Port 2 berfungsi sebagai 8 bit I/O Bi-Directional yang dilengkapi dengan internal Pull Up penyangga keluaran port 2 dapat memberikan atau menyerap arus empat masukan TTL ( sekitar 1,6 mA ). Jika diberikan logika '1' pada pin-pin port 2, maka masing-masing pin akan di Pull High secara internal sehingga dapat digunakan sebagai inputan. Sebagai inputan jika pin-pin port 2 dihubungkan ke ground ( di Pull Low ), maka masing-masing pin dapat menghantarkan arus di Pull High secara internal.

**Port 3** : Port 3 sebagai 8 bit I/O Bi-Directional yang dilengkapi dengan Pull Up internal. Penyangga keluaran port 3 dapat memberikan atau menyerap arus empat masukan TTL ( sekitar 1,6 mA ). Jika diberikan logika '1' pada pin-pin port 3, maka masing-masing pin akan di Pull High oleh Pull Up internal sehingga dapat digunakan sebagai inputan. Sebagai inputan, jika pin-pin port 3 dihubungkan ke ground, maka masing-masing kaki akan memberikan arus karena di Pull High secara internal.

Seperti Port 1, port 3 juga mempunyai fungsi-fungsi alternatif yang diberikan oleh AT89S51 seperti pada tabel berikut ini :

**Tabel 2-2 Fungsi-fungsi alternatif Port 3**

<b>Port Pin</b>	<b>Fungsi alternatif</b>
P3.0	RXD ( Serial Input Port )
P3.1	TXD ( serial Output Port )
P3.2	INT0 ( Eksternal Interrupt 0 )
P3.3	INT1 ( Eksternal Interrupt 1 )
P3.4	T0 ( Timer 0 Eksternal Input )
P3.5	T1 ( Timer 1 Eksternal Input )
P3.6	WR ( Eksternal Data Memory Write Strobe )
P3.7	RD ( Eksternal Data Memory Read Strobe )

**Reset** : Inputan reset akan memberikan logika high '1' pada pin ini dengan jangka waktu yang ditentukan oleh lamanya pengosongan data muatan kapasitor. Jangka waktu minimal adalah 2 siklus mesin ( 24 periode frekwensi clock ) ditambah waktu start On Osilator.

**ALE/PROG** : Keluaran ALE ( Adres Latch Enable ) menghasilkan pulsa-pulsa untuk menutup byte rendah ( Low Byte ) alamat selama mengakses memori eksternal. Pin ini juga berfungsi sebagai inputan pulsa program ( The Program Pulse Input ) atau PROG selama melakukan flash program. Pada operasi normal, ALE akan berpulsa

dengan laju 1/6 dari frekwensi kristal dan dapat digunakan sebagai pewaktuan ( Timing ) atau pendekatan ( Clocking ) rangkaian eksternal. Sebagai catatan ada sebuah pulsa yang dilewati selama pengaksesan memori data eksternal. Jika dikehendaki operasi ALE dapat dinonaktifkan dengan cara mengatur bit 0 dari SFR ( special Function Register ) lokasi 8Eh.

**PSEN** : PSEN ( Program Store Enable ) merupakan sinyal baca untuk memori program eksternal. Ketika mikrokontroler AT89S51 menjalankan kode dari program eksternal, PSEN akan diaktifkan sebanyak 2 kali per siklusnya, kecuali dua aktivasi PSEN dilompati ( diabaikan ) saat mengakses memori data eksternal.

**EA/VPP** : EA/VPP ( External Acces Enable ). EA harus selalu dihubungkan ke ground karena digunakan untuk mengakses eksternal memori dengan lokasi 0000H sampai FFFFH. EA juga harus dihubungkan ke vcc untuk menjalankan program secara internal.

**XTAL1** : Merupakan input ke penguat pembalik osilator dan ke rangkaian operasi clock internal.

**XTAL2** : Keluaran dari penguat pembalik osilator. Mikrokontroler AT89S51 memiliki rangkaian osilator internal dengan mengacu pada frekwensi referensi pada pin XTAL1 dan XTAL2.

### **2.5.3. Watchdog Timer (WDT)**

Fungsi dari WDT sebenarnya adalah untuk melakukan peresetan secara otomatis. Dimana dia akan mereset mikrokontroler jika mikrokontroler hang. Oleh sebab itu user harus selalu mereset WDT sebelum WDT mereset mikrokontroler jika WDT tidak direset oleh mikrokontroler dalam jangka waktu yang telah ditentukan maka secara otomatis WDT lah yang akan mereset mikrokontroler. WDT terdiri dari 14 bit counter dan Watchdog Timer Reset (WDTRST) SFR. WDT diset default untuk menonaktifkan reset yang ada. Tidak ada jalan lain untuk menonaktifkan WDT kecuali melalui reset (baik Hardware reset atau WDT Overflow reset). Jika WDT Overflow, itu akan membuat suatu keluaran Reset High di pin RST.

### **2.5.4. Dual DPTR (Data Pointer Register)**

DPTR sebenarnya digunakan untuk melakukan transaksi dengan memori eksternal. Ini dikarenakan dalam keluarga MCS-51 tidak dapat melakukan pemindahan data secara langsung dari RAM Internal dengan memori eksternal. Pemindahan data semacam ini memerlukan DPTR untuk memberitahukan dimana alamat tepatnya data akan dipindahkan dari RAM Internal atau dari RAM Internal ke Memori Eksternal. Perbedaan antara AT89C51 dengan AT89S51 adalah bahwa AT89S51 diberikan Dual DPTR sedangkan di AT89C51 hanya sebuah. Jadi untuk pengaksesan dari RAM Internal atau sebaliknya akan lebih cepat menggunakan AT 89S51.

### **2.5.5. ISP Port**

ISP Port digunakan untuk melakukan pemrograman secara langsung tanpa harus melepaskan IC dari tempatnya, cara ini digunakan agar lebih efisien pada waktu melakukan pemrograman. Jika terjadi kesalahan maka kita tidak perlu melepaskan IC tersebut untuk kembali memprogramnya di Downloader AT89S51.

### **2.5.6. Data Memori EEPROM dan RAM**

Untuk AT89S51 terdapat 4 byte dalam EEPROM untuk data dan 128 byte untuk RAM. Di bagian atas 128 byte RAM ditempati paralel untuk Special Function Register. Tetapi bagian atas 128 byte mempunyai alamat sama sebagai SFR, tetapi secara fisik terpisah dari SFR. Ketika suatu instruksi mengakses suatu penempatan internal diatas menunjukkan 7Fh dan alamat yang digunakan di dalam instruksi menetapkan apakah CPU mengakses yang bagian atas 128 byte RAM atau SFR. Instruksi yang digunakan langsung menunjukkan akses SFR.

Di dalam EEPROM data memori terpilih dengan pengaturan EEMEN di dalam WMCON yang terdaftar pada SFR dan alamat penempatannya adalah 96H, alamat EEPROM adalah dari 0000H sampai 7FFH. Dan selama EEPROM memprogram, yang dibaca dari EEPROM akan mengambil byte yang sedang ditulis dengan melengkapi MSB.

- ❖ RAM Internal, memori sebesar 128 byte yang biasanya digunakan untuk menyimpan variabel atau data yang bersifat sementara atau data akan hilang saat catu daya dimatikan.

- ❖ **Special Function Register ( Register Fungsi Khusus)**, memori yang berisi register-register yang mempunyai fungsi-fungsi khusus yang disediakan oleh mikrokontroler tersebut seperti timer, serial dan lain-lain.
- ❖ **Flash PEROM**, memori yang digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi MCS-51.

AT89S51 mempunyai struktur memori terpisah antara RAM Internal dan Flash PEROM-nya. Ram Internal dialamati oleh RAM Address Register (Register Alamat RAM) sedangkan Flash PEROM yang menyimpan perintah-perintah MCS-51 dialamati oleh Program Address Register (Register Alamat Program). Dengan adanya struktur memori yang terpisah tersebut, walaupun RAM Internal dan Flash PEROM mempunyai alamat awal yang sama yaitu 00, namun secara fisik kedua memori tersebut tidak saling berhubungan.

### **2.5.7. Special Function Registers**

Area memori AT89S51 disebut dengan special Function Register (SFR) seperti tabel 2-3.

**Tabel 2-3 AT89S51 SFR Map dan Reset Value**

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H								0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XXXX0000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX			WDRST XXXXXXXX		0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXXXXXXX	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XXXX000	87H

Tidak semua address diterapkan dalam bentuk chip. Akses pembacaan dari semua address akan diwujudkan dalam bentuk random data dan penulisan akses diwujudkan dalam bentuk (efek) tidak tentu.

AT89S51 mempunyai 21 Special Function Register (Register Fungsi Khusus) yang terletak antara alamat 80H hingga FFH. Beberapa dari register-register ini juga bisa dialamati dengan pengalamatan bit sehingga dapat

dioperasikan seperti yang ada pada RAM yang lokasinya dapat dialamatkan dengan pengalamatan bit.

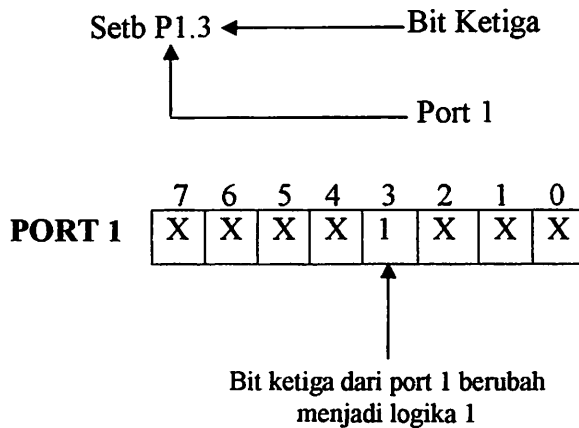
#### **2.5.7.1. Accumulator**

Register ini terletak pada alamat E0H. Hampir semua operasi aritmatik dan operasi logika selalu menggunakan register ini. Untuk proses pengambilan dan pengiriman data ke memori eksternal juga diperlukan register ini.

#### **2.5.7.2. Port**

AT89S51 mempunyai empat buah port, yaitu Port 0, Port 1, Port 2, dan Port 3 yang terletak pada alamat 80H, 90H, A0H dan B0H. Namun, jika digunakan eksternal memori ataupun fungsi-fungsi special seperti eksternal interrupt, serial ataupun eksternal timer, port 0, port 2 dan port 3 tidak dapat digunakan sebagai port dengan fungsi umum. Untuk itu port 1 yang dikhususkan untuk port dengan fungsi umum. Semua port ini dapat diakses dengan pengalamatan secara bit sehingga dapat dilakukan perubahan output pada tiap-tiap pin dari port ini tanpa mempengaruhi port-port yang lainnya. Sebagai contoh, jika dilakukan instruksi `setb P1.3`, maka bit ketiga dari port 1 akan berkondisi high (5V) tanpa mempengaruhi bit-bit yang lain pada port ini.





**Gambar 2-7. Bit-bit Port**  
(Sumber: WWW.ATMEL.COM)

### 2.5.7.3. PSW (Program Status Word)

Program Status Word atau PSW terletak pada alamat D0H yang terdiri atas beberapa bit sebagai berikut :

<b>PSW</b>	PSW.7	PSW.6	PSW.5	PSW.4	PSW.3	PSW.2	PSW.1	PSW.0
<b>D0H</b>	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P

**Gambar 2-8. Bit-bit PSW**  
(Sumber: WWW.ATMEL.COM)

#### ❖ Flag Carry

Flag Carry (terletak pada alamat D7H) mempunyai fungsi sebagai pendeteksi terjadinya kelebihan pada operasi penjumlahan atau terjadi pinjam (borrow) pada operasi pengurangan. Misalnya jika data pada akumulator adalah FFH dan dijumlahkan dengan bilangan satu atau lebih, akan terjadi kelebihan dan membuat carry menjadi set, sedangkan jika data

pada accumulator adalah 00H dan dikurangkan dengan bilangan satu atau lebih, maka akan terjadi peminjaman dan membuat carry juga menjadi set.

❖ **Flag Auxillary Carry**

Flag Auxillary Carry akan selalu set pada saat proses penjumlahan terjadi carry dari bit ketiga hingga bit keempat.

❖ **Flag 0**

Flag 0 digunakan untuk tujuan umum bergantung pada kebutuhan pemakai.

❖ **Bit Pemilih Register Bank**

Register Bank Select Bits (RS0 dan RS1) atau Bit Pemilih Register Bank digunakan untuk menentukan lokasi dari register Bank (R0 hingga R7) pada memori. RS0 dan RS1 selalu bernilai nol setiap kali system direset sehingga lokasi dari R0 hingga R7 akan berada dialamat 00H hingga 07H.

❖ **Flag Overflow**

Flag Overflow akan diset jika pada operasi aritmatik menghasilkan bilangan yang lebih besar daripada 128 atau lebih kecil dari -128.

❖ **Bit Pariti**

Bit Pariti akan diset jika jumlah bit 1 dalam accumulator adalah ganjil dan akan clear jika jumlah bit 1 dalam accumulator genap. Jika data dalam accumulator adalah 10101110b atau AEH pariti akan diset. Data AEH mempunyai 5 bit yang berkondisi 1 atau dapat disebut mempunyai bit 1 dalam jumlah yang ganjil. Bit pariti ini digunakan untuk proses yang berhubungan dengan serial port yaitu sebagai Check Sum.

#### **2.5.7.4. Register B**

Register B digunakan bersama accumulator untuk proses aritmatik selain dapat juga digunakan sebagai register biasa. Register ini juga bersifat Bit Addressable.

#### **2.5.7.5. Stack Pointer**

Stack Pointer merupakan sebuah register 8 bit yang terletak di alamat 81H. Isi dari Stack Pointer ini merupakan alamat dari data yang disimpan di stack. Stack Pointer dapat diedit atau dibiarkan saja mengikuti standar sesudah terjadi reset. Jika Stack Pointer diisi data 5FH, area untuk proses penyimpanan dan pengambilan data dari dan ke stack adalah sebesar 32 byte, yaitu antara 60H hingga 7FH karena AT89S51 mempunyai internal RAM sebesar 128 byte.

#### **2.5.7.6. Data Pointer Two Byte Register (DPTR)**

Data Pointer Two Byte Register atau DPTR merupakan register 16 bit dan terletak pada alamat 82H untuk DPL (Data Pointer Low) dan 83H untuk DPH (Data Pointer High). DPTR biasa digunakan untuk mengakses source code ataupun data yang terletak di memori eksternal.

#### **2.5.7.7. Register Timer**

AT89S51 mempunyai dua buah 16 bit Timer/Counter, yaitu Timer 0 dan Timer 1. Timer 0 terletak pada alamat 8AH untuk TL0 dan 8CH untuk TH0 dan Timer 1 terletak pada alamat 8BH untuk TL1 dan 8DH untuk TH1.

#### **2.5.7.8. Register Port Serial**

AT89S51 mempunyai sebuah on chip serial port (serial port dalam keping) yang dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan peralatan lain yang menggunakan serial port juga seperti modem, shift register dan lain-lain.

Buffer (penyangga) untuk proses pengiriman maupun pengambilan data terletak pada register SBUF, yaitu pada alamat 99H. Sedangkan untuk mengatur mode serial dapat dilakukan dengan mengubah dari SCON yang terletak pada alamat 98H.

#### **2.5.7.9. Register Interupt**

AT89S51 mempunyai lima buah interupsi dengan dua level prioritas interupsi. Interupsi akan selalu non aktif setiap kali system di reset. Register-register yang berhubungan dengan interrupt adalah Interrupt Enable Register (IE) atau register pengaktif interupsi pada alamat B8H.

#### **2.5.7.10. Register Kontrol Power**

Register ini terdiri atas SMOD yang digunakan untuk melipat dua baud rate dari port serial, dua buah bit untuk flag fungsi umum pada bit ketiga dan bit

kedua, Power Down (PD) bit dan idle (IDL) bit. Pada mode idle hubungan antara CPU dan internal clock terputus, namun kondisi port tetap pada kondisi terakhir. ALE dan PSEN menjadi high, timer masih tetap bekerja. Mode idle berakhir pada saat terjadi interupsi, reset atau kondisi-kondisi lain yang mereset IDL bit. Pada Mode Power Down oscillator dan semua fungsi berhenti, RAM tetap pada kondisi terakhir, begitupula dengan port dan ALE maupun PSEN akan berkondisi 0. Mode Power Down berakhir pada saat terjadi reset.

### **2.5.8. Sistem Interrupt**

AT89S51 mempunyai 5 buah sumber interupsi, 2 external interupsi ( INT0 dan INT1), 2 timer interupsi ( Timer 0 dan 1 ), dan serial port interupsi.

- ◆ INT0 : Interrupt pada P3.2 ( kaki 12 )
- ◆ INT1 : Interrupt P3.3 ( kaki 13 )
- ◆ Timer 0 : Timer pada P3.4 ( kaki 14 )
- ◆ Timer 1 : Timer pada P3.5 ( kaki 15 )
- ◆ Port serial : Jika pengiriman / penerimaan satu frame telah lengkap.

Saat terjadi interrupt mikrokontroller secara otomatis akan menuju ke subrutin pada alamat tersebut. Setelah interrupt servis selesai dikerjakan mikrokontroller akan mengerjakan program semula. Dua sumber eksternal adalah INT0 dan INT1, kedua interupsi eksternal akan aktif transisi tergantung isi IT0 dan IT1 pada register TCON. Interrupt T0 dan T1 aktif pada saat timer yang sesuai mengalami roll over. Interupsi serial dibangkitkan dengan melakukan operasi Or dan R1 dan T1. tiap-tiap sumber interupsi dapat enable atau disable.

### 2.5.8.1. Setting Interupsi

Pada saat pertama dihidupkan ( power on ), maka semua interupsi akan dimatikan. Meskipun bit TF0 diset ( interupsi timer 0 diaktifkan ), mikrokontroler AT89S51 tidak akan menjalankan interupsi. Sebuah program harus dibuat dan dijalankan untuk mengaktifkan dan mengkhususkan untuk interupsi yang diinginkan. Hal ini dapat dilakukan dengan konfigurasi SFR IE ( Interrupt Enable ) yang berada dialamat A8h. Adapun konfigurasi bit-bit yang mengatur enable dari konfigurasi interupsi tercantum pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2-4 Konfigurasi Bit-bit SFR IE**

Bit	Nama	Alamat	Fungsi
7	EA	Afh	Global enable/disable interupsi
6	-	Aeh	Tidak didefinisikan
5	-	Adh	Tidak didefinisikan
4	ES	Ach	Enable interupsi serial
3	ET1	Abh	Enable interupsi timer 1
2	EX1	Aah	Enable interupsi eksternal 1
1	ET0	A9h	Enable interupsi timer 0
0	EX0	A8h	Enable interupsi eksternal 0

Sebelum semua interupsi dijalankan, bit 7 dari SFR harus diset terlebih dahulu. Global enable disable interupsi ini menyebabkan semua interupsi enable ataupun disable. Jika bit 7 IE ini dinolkan, tidak akan ada satu interupsi pun yang

terjadi. Prosedur yang benar adalah dengan mengeset jenis interupsi yang diinginkan dan kemudian mengeset bit 7 IE, barulah interupsi akan berjalan dengan baik.

#### **2.5.8.2. Prioritas Interupsi**

Prioritas interupsi yang dimiliki mikrokontroler AT89S51 ada dua macam, yaitu prioritas tinggi dan prioritas rendah. Maka dapat ditentukan prioritas interupsi yang akan dikerjakan terlebih dahulu daripada interupsi-interupsi yang lainnya yang bekerja bersamaan pada saat itu. Sebagai contoh, interupsi timer 1 diaktifkan untuk secara otomatis memanggil sebuah rutin saat timer 1 mengalami kondisi overflow. Disamping itu, interupsi serial juga diaktifkan untuk memanggil suatu rutin saat ada sebuah karakter diterima dalam port serial. Dalam hal ini diinginkan penerimaan karakter dari port serial lebih penting daripada interupsi timer.

Jadi seandainya interupsi timer 1 sedang bekerja dan terjadi penerimaan karakter, maka rutin interupsi timer 1 tersebut akan diinterupsi oleh interupsi port serial dan akan ditunda sementara untuk mengerjakan rutin interupsi port serial ini. Setelah pengerjaan rutin interupsi serial selesai, maka kontrol program akan kembali ke rutin interupsi timer 1. Yang dikerjakan disini adalah mengeset prioritas interupsi serial lebih tinggi dahulu daripada prioritas interupsi timer. Prioritas interupsi ini dikontrol oleh SFR IO dengan alamat B8h yang memiliki konfigurasi bit-bit sebagaimana tercantum dalam tabel dibawah ini.

**Tabel 2-5 Konfigurasi Bit-bit SFR IP**

Bit	Nama	Alamat	Fungsi
7	-	-	Tidak terdefinisi
6	-	-	Tidak terdefinisi
5	-	-	Tidak terdefinisi
4	PS	BC	Prioritas interupsi serial
3	PT 1	BB	Prioritas interupsi timer 1
2	PX 1	BA	Prioritas interupsi eksternal 1
1	PT 0	B9	Prioritas interupsi timer 0
0	PX 0	B8	Prioritas interupsi eksternal 0

Pemakaian prioritas interupsi di atas mempunyai beberapa peraturan yang tercantum dibawah ini :

1. Interupsi yang lebih tinggi boleh menginterupsi interupsi yang lebih rendah.
2. Interupsi prioritas rendah boleh terjadi jika tidak ada interupsi yang sedang dijalankan.
3. Tidak ada interupsi yang menginterupsi interupsi yang lebih tinggi.

Jika dua interupsi terjadi pada waktu yang bersamaan, maka prioritas interupsi yang lebih tinggi akan dikerjakan terlebih dahulu. Apabila keduanya mempunyai prioritas yang sama, maka interupsi yang mempunyai polling akan dikerjakan terlebih dahulu.



Mikrokontroler AT89S51 secara otomatis akan menguji apakah sebuah interupsi visa terjadi setelah setiap interupsi dikerjakan. Pengecekan ini mengikuti suatu alur yang disebut dengan Polling Sequence dengan urutan :

1. Interupsi Eksternal 0
2. Interupsi Timer 0
3. Interupsi Eksternal 1
4. Interupsi Timer 1
5. Interupsi Seris

Hal ini berarti jika sebuah interupsi serial terjadi pada waktu yang bersamaan dengan interupsi eksternal 0, maka interupsi eksternal 0 akan dikerjakan terlebih dahulu, dan interupsi serial akan dikerjakan setelah interupsi eksternal 0 selesai dilakukan.

### **2.5.9. Timer**

Mikrokontroler AT89S51 mempunyai dua timer, keduanya bisa dikontrol, set baca dan konfigurasi secara sendiri-sendiri. Timer AT89S51 mempunyai tiga fungsi umu yaitu :

1. Dapat menghitung waktu antara dua kejadian ( event ).
2. Dapat menghitung sendiri jumlah kejadian.
3. Dapat membangkitkan baud rate untuk port serial.

Sebuah timer akan bekerja dengan mencacah ( trigger ), tidak tergantung fungsinya sebagai timer, counter ataupun generator baud rate yang oleh mikrokontroler akan ditambahkan satu pada timer tersebut.

### 2.5.9.1. Timer sebagai Setting Waktu

Fungsi utama sebuah timer adalah untuk mengukur waktu, dimana saat timer digunakan akan bertambah satu untuk satu siklus mesin. Setiap siklus mesin membutuhkan 12 pulsa kristal.

### 2.5.9.2. Timer SFR

Mikrokontroler AT89S51 mempunyai dua buah timer yaitu timer 0 dan timer 1. Yang kedua timer berbagi dua macam SFR, yaitu TMOD dan TCON yang mengontrol timer. Masing-masing timer mempunyai dua macam SFR yaitu TH0/TL0 untuk timer 0 dan TH1/TL1 untuk timer 1. Berikut ini adalah tabel SFR untuk timer :

**Tabel 2-6 Daftar SFR untuk Timer**

<b>Nama SFR</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Alamat</b>
TH0	Timer 0 High Byte	8Ch
TL0	Timer 0 Low Byte	8Ah
TH1	Timer 1 High byte	8Dh
TL1	Timer 1 Low Byte	8Bh
TCON	Timer Control	88h
TMOD	Timer Mode	89h

Timer 0 memiliki dua macam SFR yang eksklusif bagi dirinya, yaitu TH0 dan TL0 yang membentuk harga actual dari timer.

Timer 1 memiliki persamaan yang identik dengan timer 0, yang membedakan adalah SFR eksklusif yang dimilikinya yaitu TH1 dan TL1. Karena kedua timer ini mempunyai kapasitas 2 byte, maka harga maksimum yang bisa ditampung adalah 65.535. Apabila timer telah melampaui harga 65.535 akan mereset atau overflow dan kemudian akan kembali ke harga awal yaitu 0.

### **2.5.9.3. Mode Timer 16 Bit ( Mode 1 )**

Mode ini adalah timer 16 bit yang paling banyak digunakan, dimana fungsinya sama dengan timer 13 bit. Karena kemampuannya 16 bit, maka mode ini memiliki batas maksimum harga 65.535. Jadi jika timer diset dalam mode ini, akan menjadi nol setelah 65.535 siklus mesin.

### **2.5.9.4. Mode Timer 8-bit Auto Reload ( Mode 2 )**

Mode ini adalah timer 8 bit dengan kemampuan pengisian ulang ( auto reload ), dimana THx akan menyimpan harga awal counter dan TLx berfungsi sebagai timer 8-bit. TLx akan mulai mencacah dengan harga yang tersimpan pada THx, dan jika telah melampaui harga 255, akan reset dan kembali ke harga awal yang tersimpan di THx.

Jika dimisalkan TH0 menyimpan harga FDh dan TL0 harga aktualnya FEh, maka untuk beberapa siklus mesin akan didapatkan urutan perubahan harga sebagaimana tercantum dalam tabel dibawah ini :

**Tabel 2-7 Perubahan Harga TL0**

<b>Siklus Mesin</b>	<b>Harga TH0</b>	<b>Harga TL0</b>
1	FDh	FEh
2	FDh	FFh
3	FDh	FDh
4	FDh	FEh
5	FDh	FFh
6	FDh	FDh
7	FDh	FEh

Seperti yang tercantum dalam tabel untuk harga dari TH0 tidak mengalami perubahan, sehingga dalam mode 2 THx sebagai variabel yang menentukan waktu sedangkan RTLx adalah timer yang selalu mencacah secara konstan setiap siklus mesin. TLx akan mengalami overflow dan reset ke harga yang tersimpan dalam TH0. Keuntungan yang didapatkan karena fleksibilitas penentuan tenggang waktu dengan mengatur harga pada THx.

#### **2.5.9.5. Mode Timer Split/Pencacah ( Mode 3 )**

Mode ini merupakan mode yang mencacah/split. Apabila Timer 0 diset dalam mode 3, akan menjadi dua timer 8 bit yang berbeda. Timer 0 adalah TL0 dan Timer1 adalah TH0. Kedua-duanya akan mencacah dari 0 hingga 255 dan jika menemui kondisi overflow akan mereset ke nol. Saat Timer 0 dalam mode split,

Timer 1 bisa diset pada mode 0, 1 atau bahkan 2 secara normal. Mode ini hanya dipakai jika diperlukan dua timer 8-bit yang terpisah.

#### **2.5.9.6. Pembacaan Status Timer**

Pembacaan status timer dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan membaca harga aktual 16-bit dari timer, dan yang kedua dengan mendeteksi keadaan jika timer mengalami overflow. Jika timer yang digunakan adalah timer 8-bit, maka pembacaan akan lebih mudah.

Apabila timer yang digunakan adalah mode 13-bit atau 16-bit, maka akan menjadi lebih rumit.

Sebagai contoh :

Harga aktual low byte adalah 255 dan pembacaan high byte adalah 15. Seharusnya harga sebenarnya adalah high byte 14 dan low byte 255, karena saat membaca low byte sebesar 255, beberapa saat kemudian high byte akan bertambah satu, saat pembacaan menjadi meleset menjadi 256 hitungan, karena terletak pada high byte.

Solusinya adalah dengan membaca high byte terlebih dahulu dan kemudian membaca low byte, setelah itu high byte dibaca lagi dan kemudian dibandingkan dengan pembacaan semula, apabila ada perbedaan maka nilai yang dipakai adalah pembacaan high byte yang pertama.

Yang perlu diketahui adalah kapan saat timer reset menjadi nol, tidak diperdulikan berapa harga aktual dari timer, melainkan kapan saat timer overflow dan kembali menjadi nol. Pada saat timer menjadi overflow maka secara otomatis

mikrokontroler mengeset bit TFX dalam register TCON. Dengan cara ini maka dapat dibuat program untuk menentukan jeda waktu yang jelas.

## **2.6 Sensor**

Sensor adalah peralatan dimana informasi/data tentang situasi terakhir dari robot dikumpulkan untuk digunakan oleh mikrokontroler. Dalam robotika, sensor dibagi 2 katagori :

### **1. Sensor Internal**

Sensor ini digunakan untuk mengamati keadaan sambungan mekanik baik itu posisinya, kecepatannya dan juga akselerasinya. Sensor ini merupakan bagian dari mekanisme servo.

### **2. Sensor Eksternal**

Penggunaan sensor ini didasarkan pada keamanan robot dari kerusakan yang disebabkan oleh robot itu sendiri, dan sebagai alat penuntun dalam melaksanakan operasinya.

Ada banyak sekali jenis sensor yang digunakan dalam dunia robotika, salah satu yang dipakai dalam perancangan sistem lengan robot yang mempunyai tiga derajat kebebasan adalah:

#### **2.6.1. Infra Merah**

Untuk membahas sinyal inframerah, perlu kita ketahui terlebih dahulu sebagian kecil dari spectrum elektromagnetik yang mengandung sinyal infra merah. Spektrum elektromagnetik adalah kajian dari suatu bentuk materi yang

ditinjau dari sifat-sifat gelombangnya. Spektrum Elektromagnetik dimulai dari gelombang audio, gelombang radio, gelombang televisi, radar serta sampai mencapai infra merah dan sinyal tampak, kemudian menyusul ultra ungu, daerah sinyal X dan sinar Cosmic. Daerah sinyal infra merah terletak diatas daerah sinyal tampak, sinar tampak ini adalah sinar yang terlihat oleh mata manusia yang memiliki panjang gelombang kisaran 400nm-700nm.

Sifat dari spektrum dari infra merah tidak jauh berbeda dengan cahaya tampak, diantaranya yaitu: dapat memancarkan cahaya yang merupakan satu garis lurus dan dapat menembus benda transparan, serta dapat pula dipantulkan oleh benda yang memantulkan cahaya, misalnya cermin dan yang lainnya.

Beberapa keuntungan dalam penggunaan spektrum infra merah adalah:

1. Infra merah mempunyai panjang gelombang yang kecil pada daerah frekuensi tertentu dengan panjang gelombang lebih dari 700 nm
2. Pemancar infra merah membutuhkan sumber tegangan yang kecil.
3. Tidak mengganggu pemakaian udara untuk kepentingan umum sehingga tidak memerlukan ijin khusus.
4. Spektrum infra merah merupakan cahaya yang tidak tampak oleh mata sehingga dapat digunakan untuk keperluan rahasia.

#### **2.6.2. Light Emitting Dioda (LED) infra merah**

LED infra merah digunakan untuk menghasilkan radiasi infra merah. Prinsip dasar kerja LED infra merah, yaitu apabila pada anoda dan katodanya dibias forward, mengakibatkan electron dari pita konduksi melewati junction dan

jatuh kedalam hole pita valensi sehingga electron-elektron tersebut memancarkan energi. Pada LED biasa, energi yang dipancarkan berupa cahaya yang bisa dilihat oleh mata manusia, tetapi pada LED infra merah cahaya yang dipancarkan tidak tampak oleh mata.



**Gambar 2-9. Simbol Led Infra Merah**  
(Sumber: Vademekum Elektronika, hal 147)

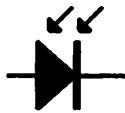
Intensitas cahaya yang dipancarkan LED tergantung dengan besar arus atau tegangan yang diberikan. LED mempunyai kemampuan dihidupkan dan dimatikan dengan cepat sehingga sesuai dipakai untuk pengiriman data informasi yang biasanya membutuhkan kecepatan tinggi, selain itu LED memiliki ketahanan hidup yang lama dan tahan terhadap guncangan (*solid state*)

Untuk menyalakan LED biasanya dikenakan arus maju pada operasi kontinyu, sedangkan pada operasi pulsa, LED dikenakan arus maju sesaat. Amplitudo dari arus maju sesaat ini disebut dengan arus puncak, makin sempit lebar arus puncak makin redup cahaya LED. Untuk mengatasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pertama dengan menaikkan arus puncak dan cara kedua adalah dengan menaikkan laju pengulangan (*Repetition Rate*), laju pengulangan menyatakan banyaknya pulsa yang dikenakan pada LED dalam satuan detik.



### 2.6.3. PhotoDioda

Photodioda yang peka terhadap cahaya infra merah mempunyai bentuk seperti dioda LED dan ada yang sudah terintegrasi bersama dengan satu komponen IC yaitu modul penerima infra merah (*infrared receiver module*) yang keluarannya sudah dalam bentuk sinyal digital. Pada prinsip dasar kerja photodioda yaitu pada keadaan normal Photodioda berlaku sebagai dioda biasa yang dapat mengantarkan arus listrik dari anoda ke katoda, namun mempunyai tahanan balik yang besar. Bila cahaya luar mengenai junction photodioda maka tahanan balik akan mengecil dan menimbulkan arus balik sehingga photodioda berlaku sebagai photodioda yang di pasang balik atau dibias reverse. Berikut adalah simbol dari photodioda:



**Gambar 2-10. Simbol Photo Dioda**  
(Sumber: Teori Rangkaian Elektronika, hal 117)

Semakin besar intensitas cahaya yang diterima maka semakin besar pula arus balik yang ditimbulkan, ini akibat energi foton (cahaya) diserap dalam suatu semi konduktor akan menghasilkan pasangan electron dan hole pada lapisan pengosongannya, electron-elektron akan menuju kesisi N dan hole-hole menuju kesisi P yang mengakibatkan arus balik pada photodiode

#### 2.6.4. Limit Switch

Limit Switch ini adalah suatu komponen detektor manual atau panic switch. Komponen ini merupakan yang paling sederhana sekali dimana dalam memperoleh respon dari luar sangat mudah dan hanya mempunyai dua posisi yaitu NO (normaly open) jika dalam posisi normal artinya tidak ada respon dari luar dia akan mempunyai kondisi terbuka (off), dan jikalau NC (normaly close) adalah dalam posisi normal dia akan berkondisi (on).

Limit Switch Merupakan peralatan mekanis yang dapat dipergunakan untuk menentukan posisi fisik dari peralatan. Jenis saklar ini akan aktif bila suatu level melebihi batasan yang telah ditetapkan atau keluar dari jangkauan yang ditentukan.



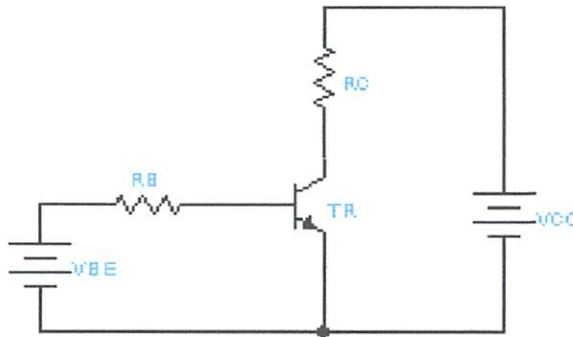
**Gambar 2-11. Simbol Limit switch**  
(Sumber: Teori Rangkaian Elektronika, hal 130)

#### 2.7. Transistor

Trasistor merupakan sebuah komponen semikonduktor yang banyak digunakan pada berbagai rangkaian elektronika baik sebagai rangkaian penguat maupun sebagai rangkaian saklar dan rangkaian lainnya.

Prinsip kerja dari transistor adalah akan ada arus yang mengalir diantara terminal kolektor-emitor ( $I_c$ ) apabila arus mengalir diantara terminal basis-emitor ( $I_b$ ). Jadi transistor harus dioperasikan didaerah linier agar diperoleh sinyal keluaran yang tidak cacat (distorsi). Untuk dapat mengoperasikan secara tepat,

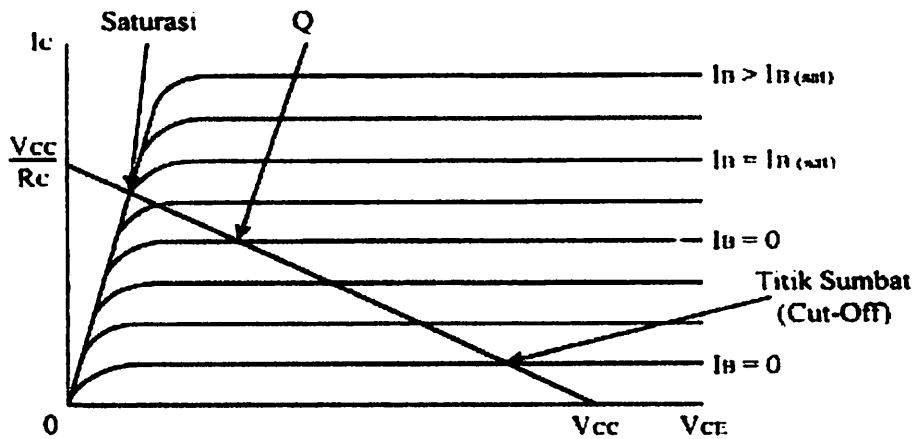
maka pengertian tentang titik kerja transistor amatlah penting serta harus dipahami dan dimengerti dengan benar.



**Gambar 2-12. Rangkaian Transistor Sebagai Saklar**  
(Sumber: Vademekum Elektronika, hal 184)

Garis beban akan memotong sekelompok kurva arus basis konstan  $I_B$  dengan  $I_B$  tertentu (yang diatur rangkaian bias), garis beban akan memotong kurva  $I_B$  tersebut dititik Q yang disebut dengan titik kerja transistor. Titik kerja ini menjadi kondisi awal dari pengoperasian transistor dimana transistor tersebut mempunyai tiga daerah kerja, yaitu: aktif (active), jenuh (saturation), dan tersumbat (cut-off).

Pada gambar dibawah dapat dilihat, titik dimana garis beban memotong kurva  $I_B = 0$  disebut sebagai titik sumbat (cut-off). Pada titik ini arus kolektor ( $I_C$ ) sangat kecil (hanya arus bocor) sehingga dapat diabaikan, pada keadaan seperti ini transistor kerja normal dan dapat dikatakan bahwa tegangan kolektor-emitor sama dengan ujung dari garis beban tersebut.



**Gambar 2-13. Karakteristik Kerja Transistor**  
 (Sumber: Vademekum Elektronika, hal 188)

Perpotongan garis beban kurva  $I_B = I_{B(sat)}$  disebut titik jenuh (saturation).

Pada titik ini arus kolektor maksimum atau dapat dikatakan bahwa arus kolektor sama dengan ujung dari garis beban.

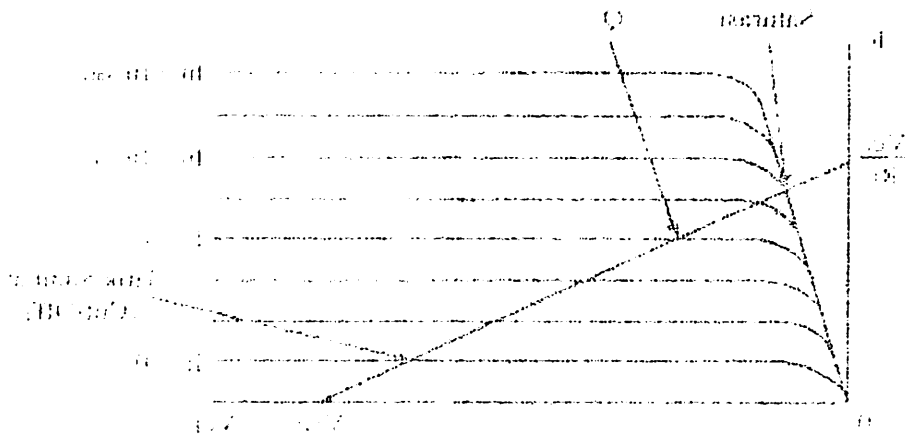
$$I_{c(sat)} = \frac{V_{cc}}{R_c} \dots\dots\dots 1$$

Jika arus basis  $I_B$  lebih kecil dari  $I_{B(sat)}$  maka transistor akan beroperasi pada daerah aktif, yaitu titik kerjanya terletak disepanjang garis beban.

Jadi dapat disimpulkan bahwa transistor bipolar bekerja sebagai sumber arus (penguat) dimana saja sepanjang garis beban, kecuali titik jenuh (saturation) atau titik sumbat (cut-off) dimana transistor sudah tidak lagi bekerja sebagai sumber arus (penguat) melainkan sebagai saklar (switch).

## 2.8. Komparator

Cara yang termudah untuk menggunakan suatu penguat operatif adalah loop terbuka ( tidak ada resistor umpan balik ), seperti diperlihatkan pada gambar



Gambar 2-13 Karakteristik Kirya Transistor  
(Sumber: Vademecum Elektronika, hal 188)

Perpotongan garis beban dengan  $I_c = I_{c(sat)}$  disebut titik jenuh (saturation). Pada titik ini arus kolektor maksimum yang dapat dikalikan bahwa arus kolektor sama dengan pting dari garis beban.

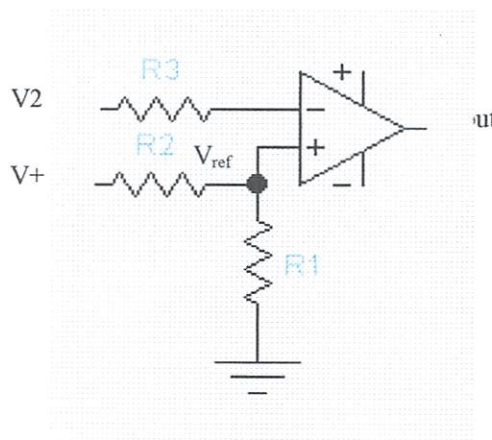
$$I_{c(sat)} = \frac{V_{cc}}{R_C}$$

Jika arus basis  $I_b$  lebih kecil dari  $I_{b(sat)}$  maka transistor akan beroperasi pada daerah aktif, yaitu titik kerjanya terletak disepanjang garis beban. Jadi dapat disimpulkan bahwa transistor bipolar bekerja sebagai sumber arus (penguat) dimana saja sepanjang garis beban kecuali titik jenuh (saturation) dan titik sumber (cut-off) dimana resistor sudah tidak lagi bekerja sebagai sumber arus (penguat) melainkan sebagai saklar (switch).

### 2.8. Komparator

Cara yang tradisional untuk menggunakan suatu program operasi adalah loop terbuka (tidak ada resistor umpan balik), seperti diperlihatkan pada gambar

2-14. Karena penguatan yang tinggi dari penguat operatif, tegangan kesalahan yang sedikit ( secara tipikal dalam mikrovolt ) menimbulkan ayunan ( swing ) output maksimum. Misalnya jika tegangan pada masukan (+) lebih besar dari tegangan Pada masukan (-), tegangan kesalahan adalah positif dan tegangan output menuju ke harga positif maksimumnya secara tipikal 1 sampai 2 volt kurang dari tegangan catu. Di pihak lain jika tegangan pada masukan (+) kurang dari tegangan pada masukan (-), tegangan output berayun ke harga negatif maksimum. Untuk lebih ringkasnya, tegangan kesalahan positif mendorong output ke  $+V_{sat}$ . Harga positif maksimum dari tegangan output. Tegangan kesalahan negatif menimbulkan tegangan output  $-V_{sat}$ . Jika sebuah penguat operatif digunakan seperti ini, maka disebut komparator karena semua yang dapat dilakukannya adalah membandingkan tegangan pada masukan (+) dengan tegangan pada masukan (-) yang menghasilkan output positif atau negatif jenuh, tergantung pada apakah tegangan pada masukan (=) lebih besar atau lebih kecil daripada tegangan pada masukan (-).



**Gambar 2-14. Komparator**  
(Sumber: Vademekum Elektronika, hal 369)

Tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) tergantung pada selisih tegangan ( $E_d$ ) antara tegangan masukan tak membalik ( $V_{ref}$ ) dan tegangan masukan pembalikannya ( $V_2$ ).

Selisih tegangan masukan ini dapat dicari dengan :

$$E_d = V_1 - V_2 \dots\dots\dots 2$$

$$V_{ref} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V \dots\dots\dots 3$$

$$R_3 = R_1 // \dots\dots\dots 4$$

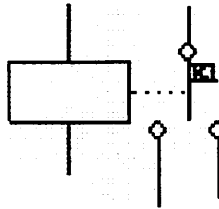
Dalam penerapan yang tak kritik  $R_3$  boleh ditiadakan.

Jika  $E_d$  positif, maka  $V_{out} = +V_{sat}$  dan jika  $E_d$  negatif maka  $V_{out} = -V_{sat}$ .

tapi perlu diingat bahwa  $V_{out}$  tidak akan melampaui  $+V_{sat}$  dan  $-V_{sat}$ .

## 2.9. Relay

Relay adalah komponen elektronika yang umumnya digunakan untuk menghidupkan rangkaian kontrol dan peralatan listrik lainnya yang menarik arus relatif kecil. Namun demikian relay dapat mengontrol tegangan dan arus yang lebih besar dengan menggunakan efek pengaturan. Efek pengaturan didapat dengan cara memanfaatkan tegangan kecil (5-24 V) untuk mengaktifkan koil dan relay. Kemudian koil tersebut digunakan untuk mengubah-ubah posisi kontak. Kontak pada relay dapat digunakan untuk mensaklar (switching) tegangan yang lebih besar sampai 400 Watt. Aliran arus yang digunakan untuk mengatur koil relay terpisah dari arus listrik yang dikontrol oleh kontak-kontak pada relay tersebut. Berikut merupakan gambar dari relay.



**Gambar 2-15. Simbul Relay SPDT**  
(Sumber: Vademekum Elektronika, hal 188)

Pada dasarnya relay dapat dikatakan sebagai kontak beban elektrik yang mengontrol suatu rangkaian elektrik dengan cara membuka dan menutup kontak pada rangkaian lain. Apabila kontak relay adalah Normaly Open (NO), maka akan terbuka bila relay tidak dialiri energi listrik. Sebaliknya, pada titik kontak relay yang tergolong Normaly Close (NC), akan tertutup bila relay tidak dialiri arus listrik. Pada kedua kondisi tersebut kontak-kontak pada relay akan berubah keadaannya apabila relay dialiri arus listrik.

Ada beberapa jenis susunan kontak relay dimana semuanya terisolasi terhadap arus listrik yang ada didalam kumparan. Jenis susunan kontak sebagai berikut :

- ❖ Normaly Open (normal terbuka)

Yaitu kontak-kontak tertutup pada saat kumparan relay dialiri listrik.

- ❖ Normaly Close (normal tertutup)

Yaitu kontak-kontak terbuka pada saat kumparan relay dialiri listrik.

Macam-macam relay :

1. SPST (Single Pin Single Terminal)

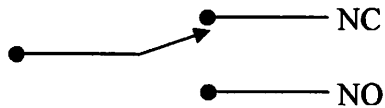
Simbol Relay SPST





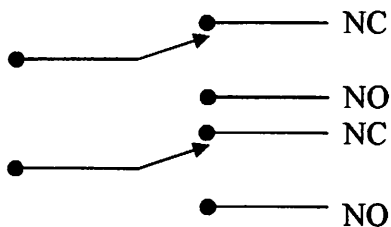
2. SPDT (Single Pin Dual Terminal)

Simbol Relay SPDT



3. DPDT (Dual Pin Dual Terminal)

Simbo Relay DPDT



**2.10. Motor Arus Searah (Motor DC)**

Motor adalah komponen yang terdiri dari lilitan/spoel dan magnet permanen, yang mana dia akan bergerak bila dialiri arus padanya. Jadi motor merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik/gerak. Prinsip kerja motor didasarkan pada induksi elektromagnetik dan momen kopel. Adapun bagian dari motor listrik adalah sebagai berikut :

1. Bagian yang tetap atau disebut stator.

Stator terdiri dari bahan magnet permanen artinya memiliki gaya magnet tetap.

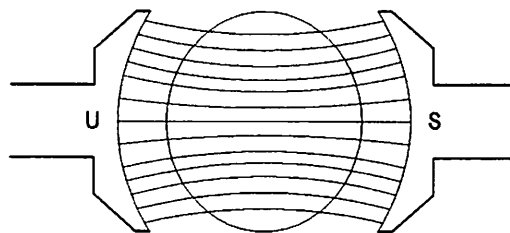
2. Bagian yang berputar atau disebut rotor.

Bagian ini merupakan coil/lilitan dimana arus listrik mengalir. Dengan mengalirkan arus listrik, maka menimbulkan medan listrik di sekitar lilitan.

Pada motor dc ini, jika bagian penghantar yang membawa arus searah ditempatkan dalam suatu medan magnet, maka penghantar tersebut akan menghasilkan medan magnet. Bila medan magnet yang dihasilkan sama dengan medan magnet permanennya, maka akan terjadi gaya tolak-menolak diantaranya dan rotor akan berputar. Kejadian ini akan terus berulang selama ada arus yang mengalir sehingga menghasilkan kecepatan putaran motor.

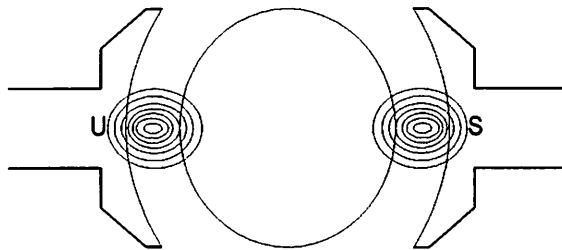
Prinsip kerja motor DC ditunjukkan berikut ini :

1. Pada gambar 2-16 ditunjukkan garis-garis gaya medan magnet (fluks) yang dihasilkan oleh kutub-kutub magnet permanen dan bagian ini disebut stator.



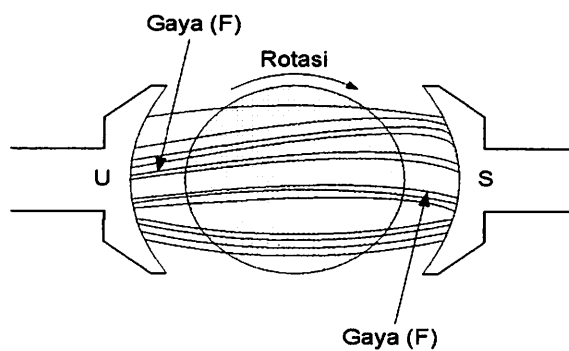
**Gambar 2-16. Bentuk Medan Magnet Permanen  
(Sumber: Elektronika Industri)**

2. Gambar 2-17 menunjukkan penghantar yang dialiri arus, maka pada bagian ini timbul medan magnet (garis-garis gaya/fluks) yang kemudian disebut rotor.



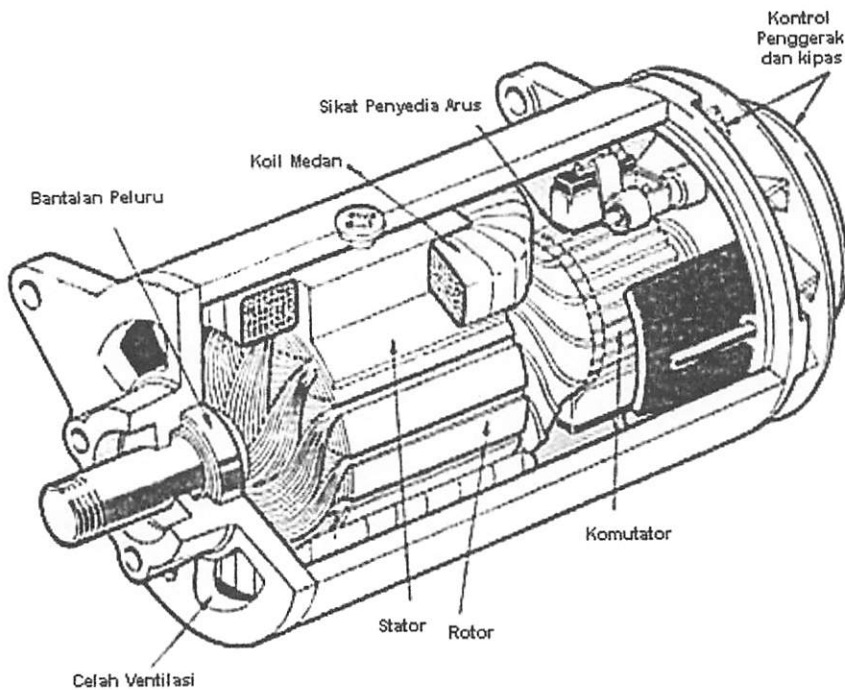
**Gambar 2-17. Bentuk Medan Dari Arus Listrik**  
(Sumber: Elektronika Industri)

3. Interaksi kedua medan dari gambar 2-16 dan 2-17 akan menimbulkan medan yang tidak seragam seperti terlihat pada gambar 2-18 sehingga timbul gaya tersebut akan menghasilkan torsi yang akan memutar jangkar.



**Gambar 2-18. Interaksi Kedua Medan Magnet Menghasilkan Gaya**  
(Sumber: Elektronika Industri)

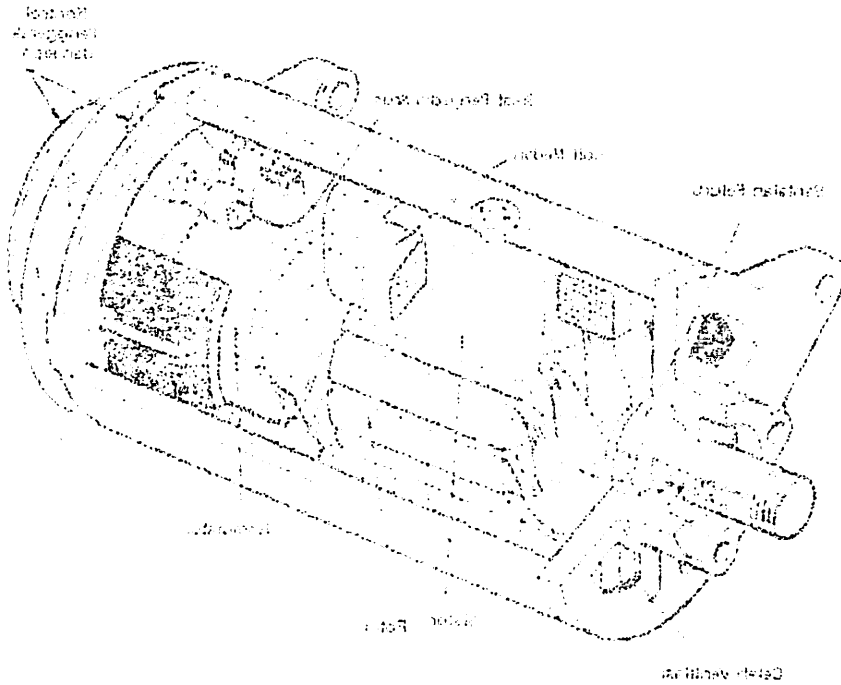
Arah dan garis-garis gaya (fluks) medan magnet yang dihasilkan oleh kutub ialah sebanding dengan arah arus yang dihasilkan pada penghantar dan arah dari gaya, saling tegak lurus serta menurut tangan kiri Flemming.



**Gambar 2-19. Konstruksi Mekanis Motor Arus Searah**  
 (Sumber: Robot dan Otomasi Industri hal, 114)

### 2.11. Penggerak Motor DC

Untuk menjalankan motor diperlukan arus yang cukup tinggi tetapi karena mikrokontroller mengeluarkan arus yang kecil dan tidak cukup untuk menggerakkan motor maka perlu tambahan pengendali yaitu driver motor. Pada perancangan driver penggerak motor DC digunakan sebuah transistor tipe C828 sebagai penguat arus untuk menggerakkan relay yang selanjutnya relay akan mengaktifkan motor. Relay akan menyambung apabila ada arus yang melewati kumparan, arus ini yang akan diatur oleh transistor, sedangkan transistor akan aktif apabila mendapat arus bias dari basis. Apabila ada arus bias dari basis, maka arus akan mengalir dari kolektor ke emitor. Pada saat arus kolektor mengalir maka arus dari sumber akan mengalir sehingga akan menggerakkan relay dan jika



Gambar 2-10. Konstruksi Mekanis Motor Aras Searah  
(Sumber: Laporan dan Observasi Industri hal. 114)

### 2.11. Penggerak Motor DC

Untuk menjalankan motor diperlukan arus yang cukup tinggi tetapi karena mikrokontroler mengeluarkan arus yang kecil dan tidak cukup untuk menjalankan motor maka perlu tambahan pengendali yaitu driver motor. Pada permasalahan driver penggerak motor DC digunakan sebuah transistor tipe C828 sebagai penguat arus untuk menggerakkan relay yang sebelumnya akan mengaktifkan motor. Relay akan menyambung apabila ada arus yang melewati kutubnya. Arus ini yang akan diantar oleh transistor sedangkan transistor akan aktif apabila mendapat arus bias dari basis. Apabila ada arus bias dari basis maka arus akan mengalir dari kolektor ke emitor. Lalu saat arus kolektor mengalir maka arus dari sumber akan mengalir sehingga akan menggerakkan relay dan jika

tidak ada arus bias yang mengalir maka tidak ada arus yang mengalir dari kolektor ke emitor sehingga relay tidak aktif. Driver yang dipakai adalah dua buah relay yang dihubungkan dengan transistor.

Pada rancangan alat ini, transistor yang digunakan adalah tipe C828 yang mempunyai hfe 130, sedangkan hambatan relay adalah sebesar 100 ohm dengan tegangan relay sebesar 12 volt, maka:

$$\frac{V_{relay}}{R_{relay}} = I_{relay} \dots\dots\dots 5$$

Oleh karena relay ini terhubung pada bagian kolektor dari Transistor, maka dapat dianggap:

$$I_c = I_{relay} \dots\dots\dots 6$$

Maka arus basis ( $I_b$ ) dapat ditentukan dengan persamaan:

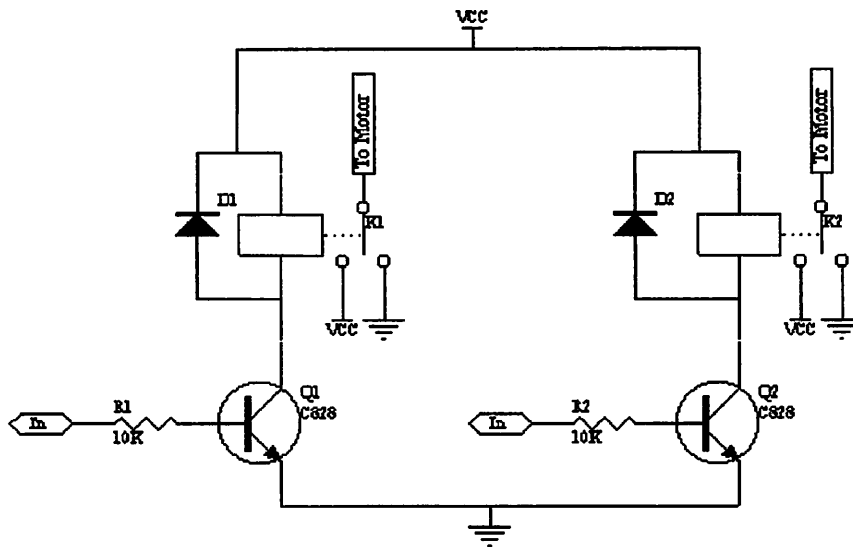
$$I_b = \frac{I_c}{H_{fe}} \dots\dots\dots 7$$

Dengan harga  $I_b$  yang sudah dihitung maka  $R_b$  dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$R_b = \frac{V_{Rb}}{I_b} = \frac{V_{cc} - V_{be(saturasi)}}{I_b} \dots\dots\dots 8$$

dimana:

- $V_{relay}$  : Tegangan relay
- $R_{relay}$  : Resistor dalam relay
- $I_{relay}$  : Arus relay
- $I_B$  : Arus Basis
- $R_B$  : Resistor pada basis

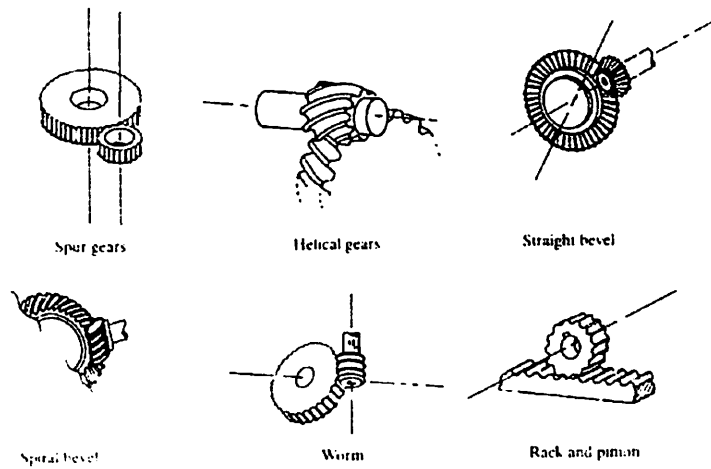


**Gambar 2-20. Rangkaian Penggerak Motor DC**  
(Sumber: Vademekum Elektronika, hal 186 )

## 2.12. Komponen Sistem Penggerak

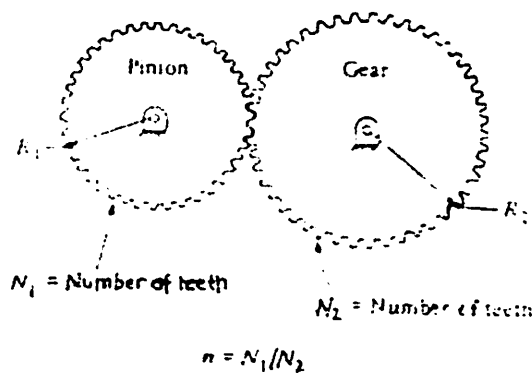
### 2.12.1 Roda Gigi

Roda gigi atau biasa kita kenal dengan gear merupakan piranti mekanik yang berfungsi untuk mengirimkan daya dari penggerak, dalam hal ini adalah motor stepper ke persendian lengan robot. Pada gambar dibawah diperlihatkan beberapa tipe gear yang saling bertautan.



**Gambar 2-21. Tipe-tipe Gear**  
 (Sumber: Industrial Robotics, hal 111 )

Tipe Roda gigi yang paling simpel dan murah untuk transmisi secara parallel adalah jenis “Spur Gear” (Rodagigi pacu) tapi ia tidak dapat membawa beban berat dan agak berisik. Gambar dibawah adalah ilustrasi dari roda gigi tersebut yang mana gear yang lebih kecil adalah gear penggerak dan yang lebih besar adalah gear pendamping.



**Gambar 2-22. Gear yang bertautan**  
 (Sumber: Industrial Robotics Tecnology, programming, and aplications, hal 81 )



Pada gear yang saling bertautan dikenal istilah rasio gear, yaitu perbandingan antara jumlah satu putaran penuh gear masukan dengan jumlah satu putaran gear keluaran. Rasio gear dapat juga dihitung dengan perbandingan jumlah masing-masing gear. Dibawah ini adalah persamaan untuk mengetahui rasio gear adalah:

$$n = \frac{N_1}{N_2}$$

Untuk Kecepatan Outputnya ialah

$$\omega_o = n \cdot \omega_{in}$$

dimana  $\omega_o$  adalah kecepatan output,  $\omega_{in}$  ialah kecepatan input dan  $n$  adalah gear ratio.

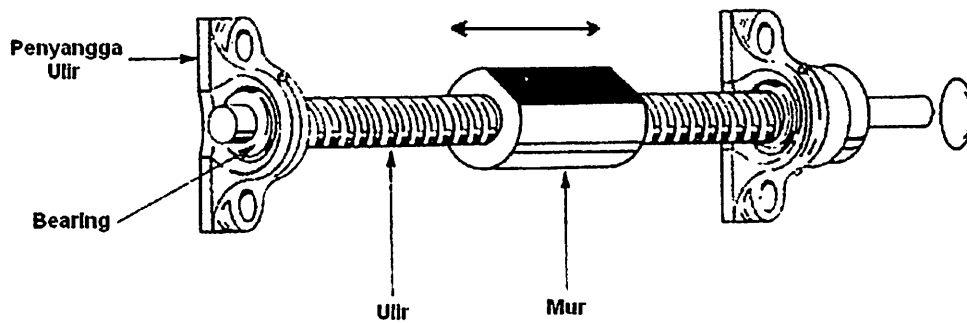
Dan torsi Outputnya adalah

$$T_o = \frac{T_{IN}}{n}$$

dimana  $T_o$  adalah torsi output,  $T_{IN}$  adalah torsi input dan  $n$  adalah gear ratio

### **2.12.2. Batang Ulir**

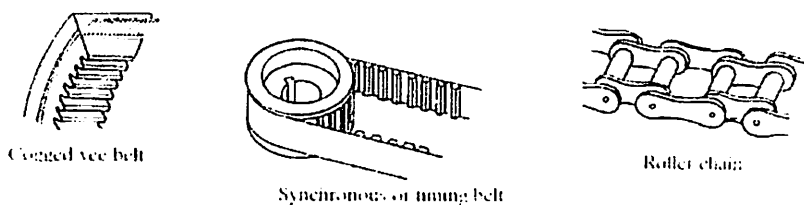
Gambar 2-22 menunjukkan sebuah batang besi yang berulir yang menggerakkan sebuah mur. Dalam konfigurasi ini besi tersebut berputar sehingga mur yang ada akan bergerak maju atau mundur yaitu bila berputar searah jarum jam mur akan mundur, dan sebaliknya jika berputar berlawanan jarum jam maka mur akan maju.



**Gambar 2-23. Batang Uilir Dengan 1 Mur**  
(Sumber Robotics Engineering, hal 130)

### 2.12.3. Belt dan Pulley

Sistem ini sangat banyak di pakai di dalam dunia robot, seperti Belt sinkron dan system rantai. Sistem ini sangat lugas dan memiliki efisiensi lebih sari 95%. Beberapa tipe pulley dapat dilihat di gambar bawah :



**Gambar 2-24. Sistem Belt dan pulley**  
(Sumber Industrial Robotic, hal 118)

*Cogged vee belt* tipe system ini mempunyai Torsi awal yang tinggi, dan baik digunakan pada kerja-kerja berat juga mempunyai kemampuan handling yang tinggi.

*Synchronous or timing belt* sistem ini gerigi antara input dan output harus sinkron, karena dalam system robot jangan ada slip yang terjadi. Sistem ini sangat efisien dalam pengendaliannya, memakai sedikit bearing, dan bias

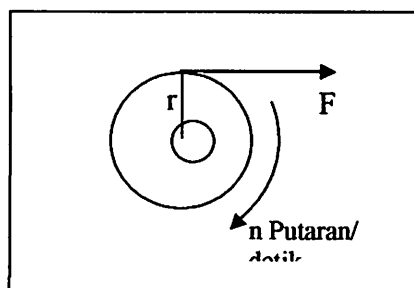
digunakan untuk beban berat. Penemuan modern pada system ini adalah membuat belt semakin hening, lebih kuat dan pergerakannya semakin lembut dan bisa sebagai pengganti pada system rantai.

**Roller Chain** atau Rantai umumnya lebih murah dibandingkan roda gigi, tapi daya angkutnya lebih lemah juga dalam umur hidupnya yang pendek dan dibandingkan dengan sistem belt yang daya angkutnya bagus juga umurnya panjang tapi masih lebih mahal. System rantai masih kalah, satu-satunya solusi memakai system ini karena harganya yang murah. Sistem rantai sangat populer di transmisi robot industri dan juga pada aplikasi-aplikasi teknik seperti pada system convoyer.

### 2.13. Sistem Pengalihan Torsi

Torsi adalah putaran atau pemuntiran suatu gaya terhadap suatu poros. Torsi dapat diukur dengan hasil kali gaya itu dengan jari-jari lingkaran dimana gaya tersebut bekerja.

Pada gambar 2-9 suatu pulley dengan jari-jari  $r$  meter bekerja suatu gaya  $F$  Newton yang menyebabkan pulley berputar dengan kecepatan  $n$  putaran perdetik.



Gambar 2-25. Gaya Yang Bekerja Pada Pulley  
(Sumber: Mesin Arus Searah, Hal 122)

torsi  $\tau = F \times r$  (newton meter) ..... 10

Usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut pada satu putaran adalah:

$F \times 2\pi r$  (joule) ..... 11

Daya yang dibangkitkan adalah:

$F \times 2\pi r \times n$  (joule / detik)..... 12

Keterangan:  $2\pi n =$  kecepatan sudut ( $\omega$ ) dalam rad/detik

$F \times r =$  torsi  $\tau$  ..... 13

Jadi daya yang dibangkitkan adalah:

$\tau \times \omega =$  (joule / detik)..... 14

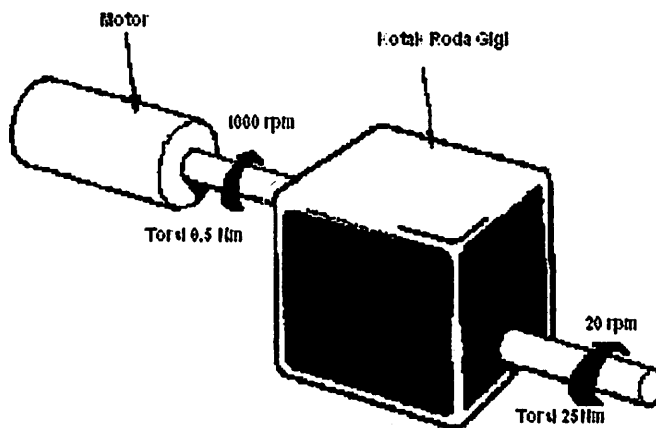
Apabila tidak ada tenaga yang hilang pada saat poros berputar maka dapat dikatakan bahwa:

$Torsi\ Keluaran \times rpm = Torsi\ masukan \times rpm$  ..... 15

Karena rasio roda gigi adalah:

$\frac{rpm\ masukan}{rpm\ keluaran}$  maka : ..... 16

$Torsi\ keluaran = Rasio\ roda\ gigi \times Torsi\ masukan$



Gambar 2-26. Sistem pengalihan kecepatan dan torsi  
(Sumber: Robot dan Otomasi Industri, hal 127)

## BAB III

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

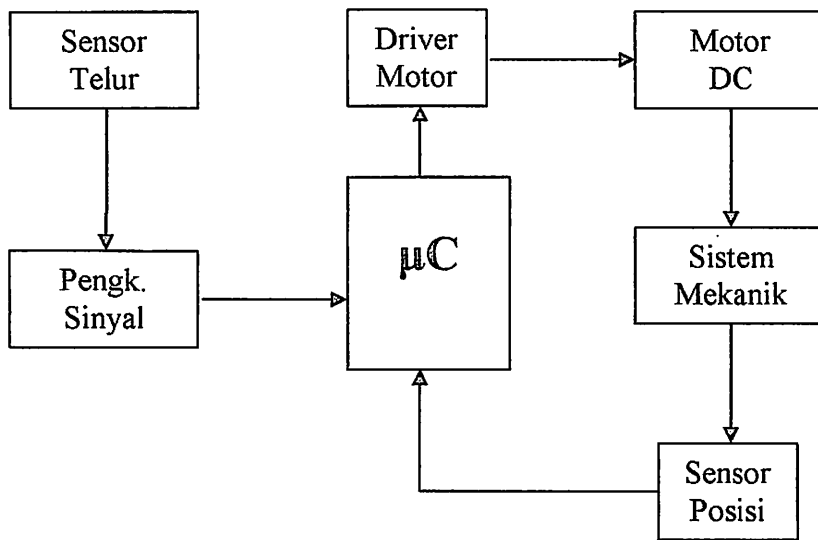
#### 3.1. Umum

Dalam skripsi ini akan dirancang suatu alat pengambil telur otomatis yang berupa sebuah lengan robot yang mekanisme sistemnya ialah system **silinder**. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan dan pembuatan perangkat keras yang meliputi kontruksi mekanik, rangkaian elektronik, dan perangkat lunak dengan menggunakan mikrokontroler AT89S51.

Secara garis besar, Alat pengambil telur otomatis yang berupa sebuah lengan robot ini mempunyai tiga bagian yaitu:

1. Bagian Bawah yang pergerakannya dapat berputar sebanyak  $90^\circ$ .
2. Bagian Lengan Belakang yang menjulur kedepan dimana pergerakannya dapat maju dan mundur sejauh 10 cm.
3. Bagian Lengan Depan yang menjulur ke Bawah dimana pergerakannya dapat ke atas dan ke bawah sejauh 12 cm.
4. Bagian End Effektor yang mampu mencengkram dengan lebar sekitar 12cm.

Perancangan alat ini menggunakan sistem loop tertutup dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar diagram blok sistem lengan robot dengan tiga derajat kebebasan dibawah ini:



**Gambar 3-1. Diagram blok sistem lengan robot**

Fungsi masing-masing blok adalah sebagai berikut:

- Sensor telur

Sebagai pendeteksi kondisi pada pencengkeram, apabila pada pencengkeram terdapat telur yang menghalangi sensor maka secara otomatis pencengkeram akan menjepit telur tersebut.

- Pengk. Sinyal

Sebagai pengkondisi sinyal dari sensor karena arus yang dihasilkan kecil dan tarap tegangan yang kurang stabil maka perlu ditambahkan komponen untuk mendapatkan hasil yang baik.

- Driver Motor DC

Pada rangkaian driver digunakan untuk mengendalikan motor karena arus yang dihasilkan dari mikrocontroller tidak cukup untuk menggerakkan motor.

- Motor DC

Sebagai penggerak mekanik secara keseluruhan.

- Sensor posisi

Sebagai petunjuk untuk mengetahui posisi akhir lengan (motor berhenti berputar/bekerja)..

- Mikrokontroller

Sebagai pusat pengolah data masukan dari sensor, limit switch, control jalan dan control tangan, jika data sesuai maka mikrokontroller akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan driver motor untuk selanjutnya motor berutar.

### **3.2. Cara Kerja Rangkaian**

Pada prinsipnya alat ini bekerja sebagai pengambil barang khususnya telur ayam dari tempatnya ke tempat lain. Ketika sensor 1 mendeteksi adanya telur ayam, maka dengan segera Mikrokontroller menginstruksikan lengan robot untuk turun ke bawah, mencengkeram telur ayam, mengangkat dan bergerak berputar ke sebelah kiri  $90^{\circ}$  kemudian meletakkan telur ayam tersebut pada tempatnya. Apabila ada telur lagi (sensor 1 mendeteksi lagi) maka lengan robot akan bergerak kembali sama seperti di atas yaitu lengan robot akan turun ke bawah, mencengkeram telur ayam, mengangkat dan bergerak berputar ke sebelah kiri  $90^{\circ}$  kemudian meletakkan telur ayam (seperti kegiatan sebelumnya) tetapi meletakkan telur ayam di tempat ke 2, kegiatan itu akan terus berjalan selama ada telur yang terdeteksi sensor di tempat telur.

Lengan robot ini bisa berjalan secara otomatis dan juga secara manual, tergantung dari keperluan yang akan dilakukan.

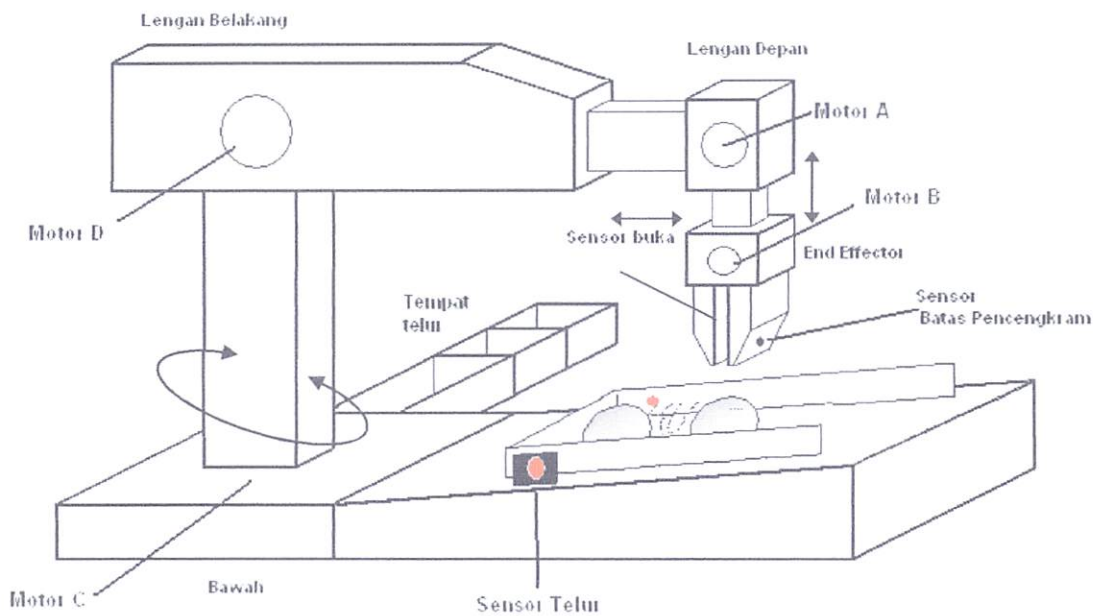
### **3.3. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras**

#### **3.3.1. Perancangan Mekanik**

Perancangan mekanik lengan alat pengambil telur otomatis yang berupa sebuah lengan robot dibuat sedemikian rupa dengan menggunakan bahan aluminium dengan berbagai ukuran dan beberapa pipa besi sebagai sumbunya, seperti tampak pada gambar 3-2.

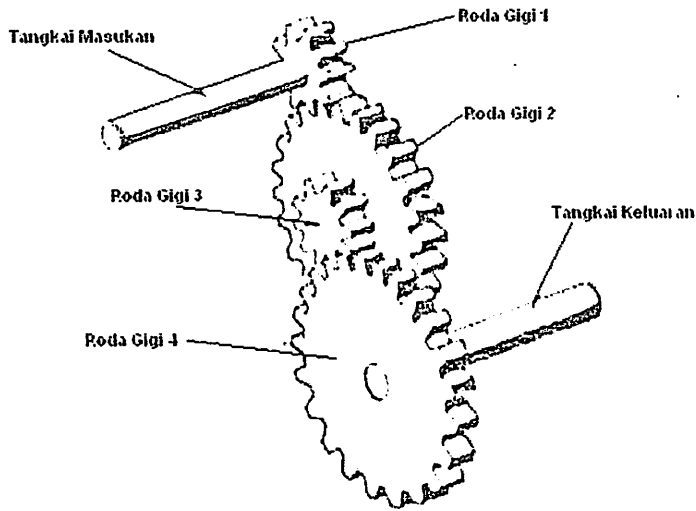
Lengan robot dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian pangkal lengan yang memiliki sumbu putar 90 derajat dengan posisi awal terletak pada 0 derajat dari titik maksimum kiri dan kanan, bagian lengan yang mempunyai dua bagian, yaitu depan dan belakang yang bergerak secara terpisah dengan penggerak sendiri-sendiri dimana bagian belakang bergerak maju-mundur sejauh 10 cm dan bagian depan bergerak naik-turun sejauh 12 cm . Dan yang terakhir adalah bagian end effector yang dipasangkan sebuah pencengkram yang mampu memegang benda dengan berat maksimum 500 gram dan lebar maksimum 12 cm.





**Gambar 3-2. Konstruksi mekanik Alat Pengambil Telur Otomatis**

Untuk menggerakkan bagian pangkal yaitu dengan menggunakan motor arus searah yang didalamnya sudah disertai dengan gear box dengan sepuluh buah roda gigi yang direduksi lima tingkat, yang berfungsi untuk memperoleh torsi yang tinggi dengan kecepatan yang rendah untuk mampu memutar lengan robot. Tetapi untuk mendapatkan putaran yang lambat maka harus ditambah dengan gigi yang direduksi dengan dua tingkatan.



**Gambar 3-3. Roda gigi reduksi dua tingkat**

Dengan menggunakan persamaan reduksi roda gigi maka dapat dihitung rasio secara keseluruhan dengan:

$$ratio = \frac{(gigi \text{ pada gear } 4)}{(gigi \text{ pada gear } 3)} \times \frac{(gigi \text{ pada gear } 2)}{(gigi \text{ pada gear } 1)}$$

$$rasio \text{ gigi bantu} = \frac{(58)}{(14)} \times \frac{(48)}{(22)} = 8,6$$

jadi rasio keseluruhan adalah = 8,6:1

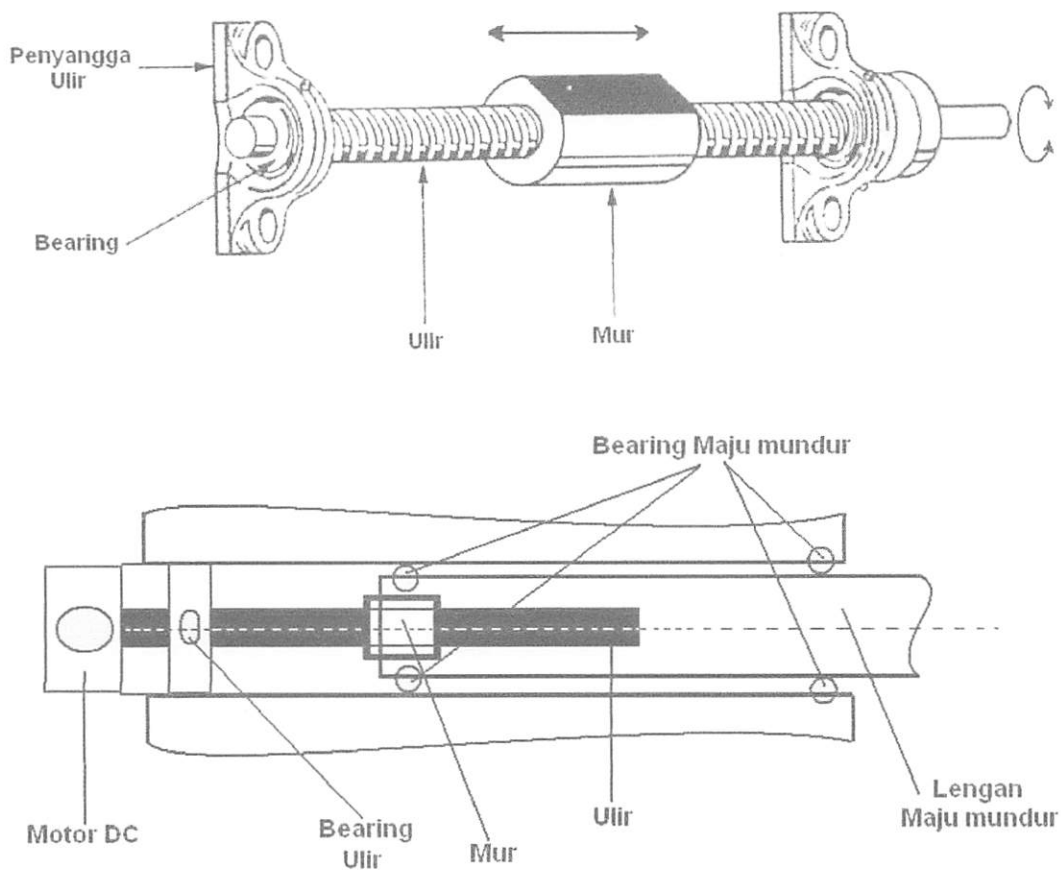
Untuk menggerakkan lengan robot maka perlu direncanakan besar tenaga motor, berat yang di pikul oleh bagian bawah seberat 5 kg, diameter dari gear yang ada pada motor 2 cm, dan kecepatan putaran motor 200 rpm. maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$Torsi = F \times r \quad F = gaya = m \times a \quad a = 10 \text{ ms}^{-2} \quad r = \text{jari-jari(m)}$$

$$= (5 \times 10) \times 0,01 = 0,5 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Daya mekanik} &= \text{Torsi} \times \omega & \omega &= 2 \pi N & N &= \text{kecepatan putaran} \\
 &= 0,5 \times 2 \times 3,14 \times 200 \\
 &= 628 \text{ watt} = 628 / 746 = 0,84 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Pada bagian yang kedua yaitu lengan robot Bagian Depan prinsip kerjanya menggunakan system ulir, penggerak dari bagian lengan dengan menggunakan motor arus searah yang didalamnya sudah terdapat gear box dengan empat tingkatan. Karena untuk menggerakkan Lengan ke depan-belakang tidak diperlukan torsi yang besar maka tangkai keluaran langsung di sambungkan ke batang Ulir sehingga mur bisa berputar dengan bebas..



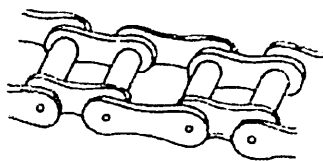
Gambar 3-4. Lengan dengan system Ulir 1 Mur

Untuk bergerak maju mundur maka perlu direncanakan besar tenaga motor, berat yang di pikul oleh bagian lengan belakang seberat 2,5 kg, diameter dari gear yang ada pada motor 2 cm, dan kecepatan putaran motor 200 rpm. maka dapat dihitung sebagai berikut:

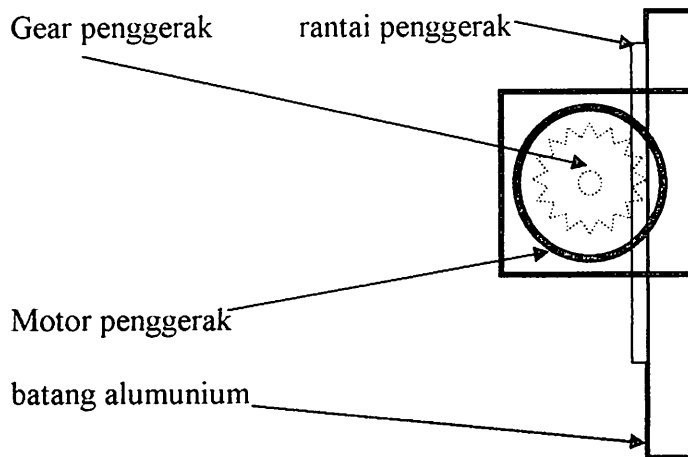
$$\begin{aligned}
 \text{Torsi} &= F \times r & F &= \text{gaya} = m \times a \\
 & & a &= 10 \text{ ms}^{-2} \quad r = \text{jari-jari(m)} \\
 &= (2,5 \times 10) \times 0,01 = 0,25 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Daya mekanik} &= \text{Torsi} \times \omega & \omega &= 2 \pi N & N &= \text{kecepatan putaran} \\
 &= 0,25 \times 2 \times 3,14 \times 200 \\
 &= 314 \text{ watt} = 314 / 746 = 0,42 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Pada bagian yang ketiga yaitu lengan robot Bagian belakang prinsip kerjanya menggunakan system Rak/Rantai, penggerak dari bagian lengan dengan menggunakan motor arus searah yang didalamnya sudah terdapat gear box dengan empat tingkatan. Karena untuk menggerakkan Lengan ke atas-bawah tidak diperlukan torsi yang besar maka tangkai keluaran yang sudah berroda gigi langsung di sambungkan ke rantai yang dipasang pada batang alumunium sebagai batang naik turun



Roller chain

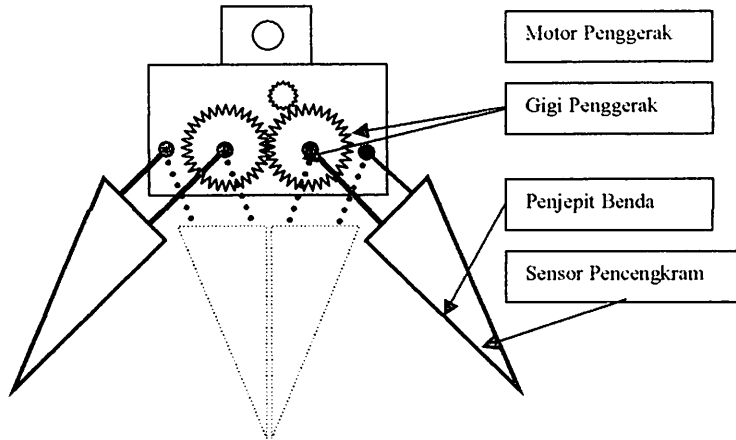


**Gambar 3-5. Lengan dengan system rak/rantai**

Untuk menggerakkan lengan robot turun naik maka perlu direncanakan besar tenaga motor, berat yang di pikul oleh bagian lengan depan seberat 1 kg, diameter dari gear yang ada pada motor 2 cm, dan kecepatan putaran motor 200 rpm. maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi} &= F \times r & F &= \text{gaya} = m \times a \\
 & & a &= 10 \text{ ms}^{-2} \quad r = \text{jari-jari(m)} \\
 &= (1 \times 10) \times 0,01 = 0,1 \text{ Nm} \\
 \text{Daya mekanik} &= \text{Torsi} \times \omega & \omega &= 2 \pi N & N &= \text{kecepatan putaran} \\
 &= 0,1 \times 2 \times 3,14 \times 200 \\
 &= 125,6 \text{ watt} = 125,6 / 746 = 0,17 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Pada bagian yang terakhir yaitu bagian end effector yang dipasang sebuah pencengkram yang terdiri dari dua buah telapak penjepit yang terbuat dari aluminium yang dibentuk dan dipasang sedemikian rupa yang tampak seperti pada gambar dibawah



Gambar 3-6. Sistem penggerak pencengkram

Pada posisi awal pencengkram dikondisikan pada posisi terbuka, apabila sensor sudah mendeteksi adanya benda maka secara otomatis pencengkram akan menutup sampai batas tertentu yang akan disesuaikan oleh limit switch.

Untuk menggerakkan pencengkram maka perlu direncanakan besar tenaga motor, berat yang di pikul oleh bagian pencengkramh seberat 0,3 kg, diameter dari gear yang ada pada motor 2 cm, dan kecepatan putaran motor 200 rpm. maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi} &= F \times r & F = \text{gaya} = m \times a \\
 & & a = 10 \text{ ms}^{-2} \quad r = \text{jari-jari(m)} \\
 &= (0,3 \times 10) \times 0,01 = 0,03 \text{ Nm} \\
 \text{Daya mekanik} &= \text{Torsi} \times \omega & \omega = 2 \pi N & N = \text{kecepatan putaran} \\
 &= 0,03 \times 2 \times 3,14 \times 200 \\
 &= 37,68 \text{ watt} = 37,68 / 746 = 0,05 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

### **3.3.2. Perancangan Rangkaian Elektronika**

Rangkaian elektronika yang dibuat adalah mikrokontroller sebagai pusat kontrol dengan menggunakan seri AT89S51, Rangkaian penggerak motor DC, dan rangkaian sensor sebagai pembatas gerakan dan sensor posisi lengan robot.

#### **3.3.2.1. Mikrokontroller AT89S51**

Mikrokontroller ini termasuk dalam keluarga MCS-51 yang bermanfaat dibidang komputasi, industri dan komunikasi. Mikrokontroller selain mempunyai CPU juga dilengkapi dengan memori yang merupakan kelengkapan dari system minimum mikrokontroller, dengan kata lain mikrokontroller dapat disebut sebagai single chip mikrokomputer (SCM).

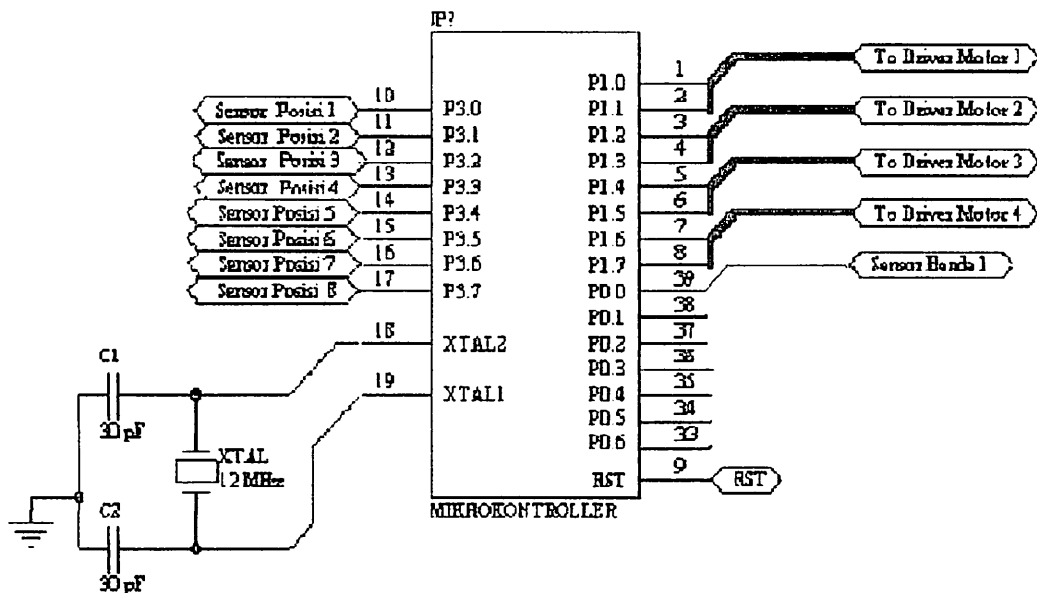
Mikrokontroller AT89S51 membutuhkan daya rendah, tapi memiliki performa yang tinggi dan merupakan mikrokomputer 8 bit yang dilengkapi 4 KB EEPROM dan 128 byte RAM internal. Dalam system mikrokontroller terdapat dua hal yang paling mendasar yaitu: perangkat lunak dan perangkat keras yang keduanya saling mendukung.

Adapun ciri-ciri dari mikrokontroller AT89S51 adalah :

- ♦ 128 x-bit Internal RAM
- ♦ 4K byte Flash memori program
- ♦ 2 Timer/Counter 16-bit
- ♦ Batas operasi 4V sampai 5,5V
- ♦ Fully Static Operation : 0Hz-33MHz
- ♦ 3 Level Program Memory Lock

- ♦ 32 Programmable I/O Lines
- ♦ 9 Sumber Interrupt
- ♦ Programmable UART Serial Channel
- ♦ SPI Serial Interface
- ♦ Low-power idle dan Power-down Mode
- ♦ Interrupt Recovery dari Power-down
- ♦ Programmable watchdog Timer
- ♦ Dual Data Pointer
- ♦ Power-off Flag
- ♦ Fast Programming Time
- ♦ Flexible ISP Programming (Byte Dan page Mode)

### Konfigurasi Pin

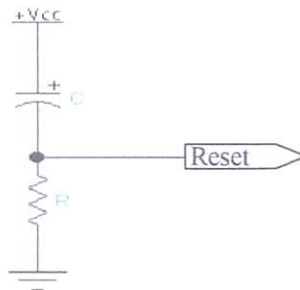


**Gambar 3-7. Konfigurasi Mikrokontroler AT89S51**



### 3.3.2.1.1. Rangkaian Reset

Rangkaian *reset* digunakan untuk mereset mikrokontroler AT89S51, rangkaian *reset* ini diperlukan agar mikrokontroler AT89S51 dapat direset otomatis pada saat pertama kali *power* diaktifkan, atau disebut *power on reset*. Keadaan ini diperoleh apabila pin RESET diberi logika 1(High) dalam beberapa selang waktu. Rangkaian RESET yang dipergunakan adalah seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3-8. Rangkaian Reset

### 3.3.2.1.2. Rangkaian Oscilator

Rangkaian Oscilator berfungsi sebagai sumber *clock signal* pada AT89S51. kristal yang terpasang menggunakan frekuensi 12 MHz, sementara nilai kapasitansi C2 dan C1 sebesar 30 PF.

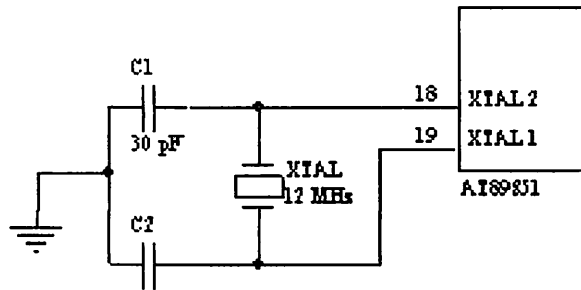
Dalam rangkaian ini kristal yang dipakai mempunyai harga 12 MHz maka program akan dijalankan setiap langkahnya selama  $1\mu s$ . siklus itu diambil berdasarkan ketentuan mikrokontroler AT89S51 yaitu 12 clock = 1 siklus mesin, sedangkan frekuensi yang dipakai 12 MHz, jadi waktu yang diperlukan dalam 1 siklus mesin adalah  $T = 1\mu s$ .

Uraianya:

$$F = 12 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{12 \cdot 10^6}$$

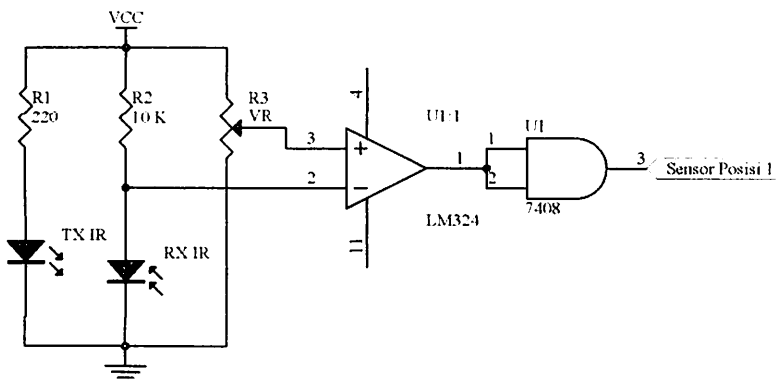
Jadi satu siklus mesin = 12 T, sehingga  $T = \frac{12}{12 \cdot 10^6} = 1 \mu s$



**Gambar 3-9. Rangkaian Oscilator Kristal**

### 3.3.2.2. Rangkaian Sensor Posisi

Sensor posisi digunakan untuk mengetahui posisi lengan robot yang kemudian mikrokontroler akan memproses data-datanya. Pada perancangan ini sensor yang dipakai adalah dengan menggunakan infra merah. Rangkaian sensor posisi dengan menggunakan infra merah adalah seperti gambar dibawah:



**Gambar 3- 10 . Rangkaian Sensor Posisi inframerah**

Dari data book di dapat data sebagai berikut:

I inframerah = 20 mA     $V_{cc} = 5$  Volt     $V_{inframerah} = 1,2$  Volt     $I_c = 0,5$

Untuk menentukan nilai resistor yang membatasi pada inframerah ialah

$$R_1 = \frac{V_{cc} - V_{inred}}{I_{led}} = \frac{5 - 1,2}{20 \times 10^{-3}} = 190 \Omega$$

Karena di pasaran tidak ada maka nilai terdekatnya yaitu 220  $\Omega$

Untuk menentukan nilai resistor dari receiver inframerah ialah

$$R_2 = \frac{V_{cc}}{I_c} = \frac{5}{0,5 \times 10^{-3}} = 10 \text{ K}\Omega$$

Keluaran dari rangkaian sensor posisi dengan menggunakan infra merah belum tentu menghasilkan nilai logika yang akurat. Untuk menanggulangi hal tersebut, maka diperlukan rangkaian komparator dimana komparator akan mengeluarkan tegangan berbentuk logika *high* atau *low* hanya dengan melakukan selisih tegangan antara masukan tak membalik dengan masukan membaliknya. Selain selisih tegangan masukan rangkaian komparator juga dipengaruhi oleh jarak antara penerima (photo dioda) dengan pemancar (LED infra merah). Dengan demikian akan dilengkapi dengan tegangan referensi yang diletakan pada kaki 2 dari LM324. jika diketahui :  $R_1 = 150 \Omega$      $R_2 = 4700 \Omega$

$$V_{ref} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{cc} = \frac{150}{150 + 4700} 5 = 0,16 \text{ V}$$

### 3.3.2.3. Penggerak Motor DC

Untuk menjalankan motor diperlukan arus yang cukup tinggi tetapi karena mikrokontroler mengeluarkan arus yang kecil yang tidak cukup untuk menggerakkan motor maka perlu tambahan pengendali yaitu driver motor. Driver

yang dipakai adalah dua buah relay yang dihubungkan dengan transistor, untuk menjalankan relay diperlukan arus yang cukup, untuk itu maka diperlukan sebuah transistor yang memiliki penguatan arus yang cukup besar untuk dapat menggerakkan relay.

Pada rancangan alat ini, transistor yang digunakan adalah tipe C828 yang mempunyai hfe 130, sedangkan hambatan relay adalah sebesar 100 ohm dengan tegangan relay sebesar 6 volt, maka:

$$\frac{V_{relay}}{R_{relay}} = I_{relay}$$

$$\frac{6 \text{ volt}}{100 \Omega} = 0.06 \text{ A}$$

Oleh karena relay ini terhubung pada bagian kolektor dari Transistor C828, maka dapat dianggap:

$$I_c = I_{relay} = 0.06 \text{ A}$$

Jika  $H_{fe}$  C828 = 130 ( data book)

$$I_c = 0.06 \text{ A}$$

Maka arus basis ( $I_b$ ) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$I_b = \frac{I_c}{H_{fe}}$$
$$= \frac{0.06 \text{ A}}{130} = 0.46 \text{ mA}$$

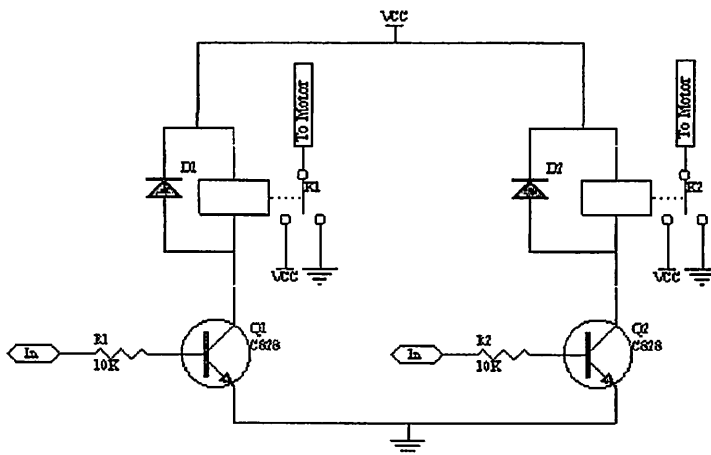
Dengan harga  $I_b$  sebesar 0.46 mA, maka harga  $R_b$  dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$R_b = \frac{V_{Rb}}{I_b} = \frac{V_{cc} - V_{be}(\text{saturasi})}{I_b}$$

$$= 6 \frac{12 - 0.7}{0.46 \times 10^{-3}}$$

$$= 11,5K\Omega$$

Karena harga resistor 11.5 KΩ tidak ada dipasaran maka digunakan nilai pendekatan sebesar 10 KΩ

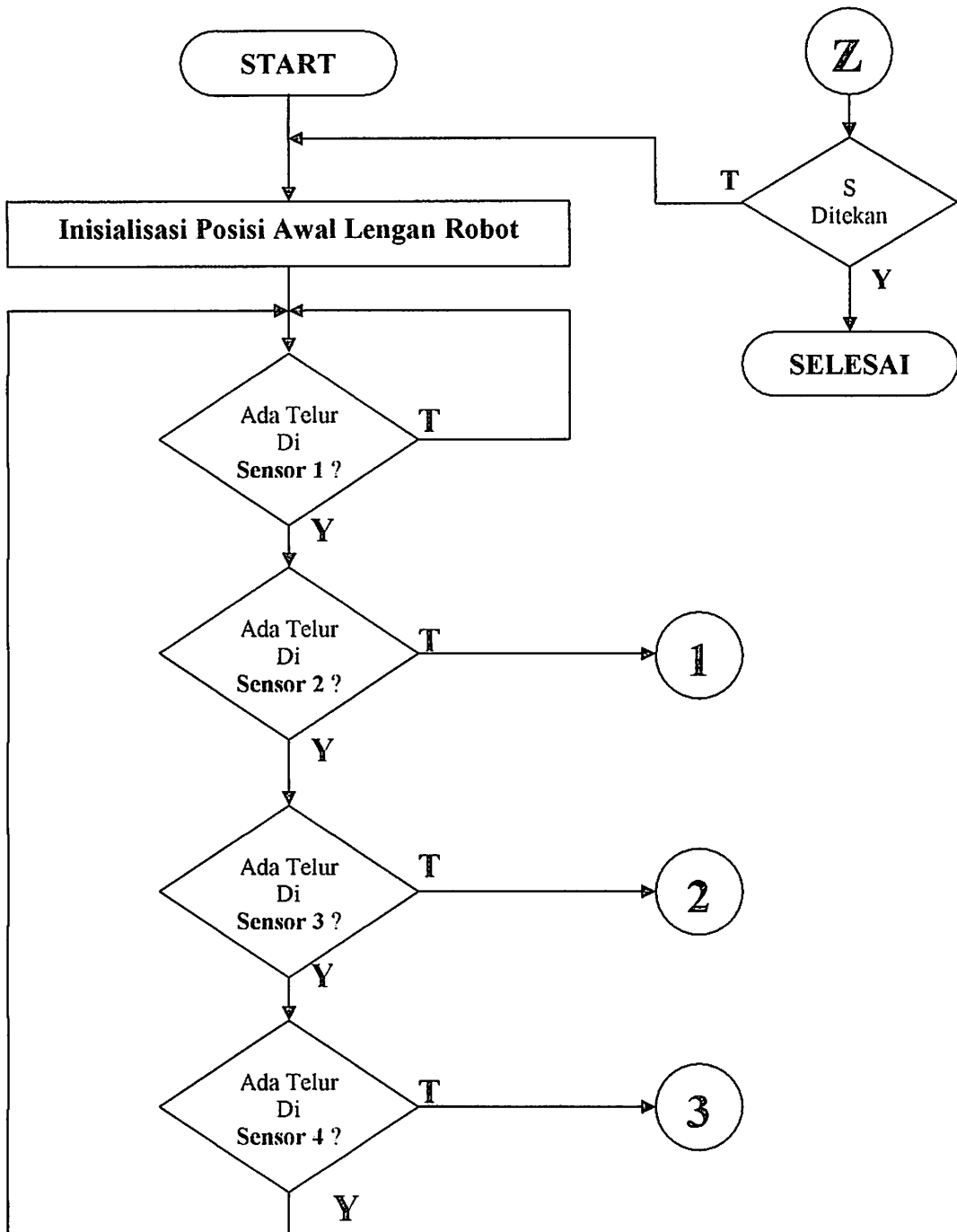


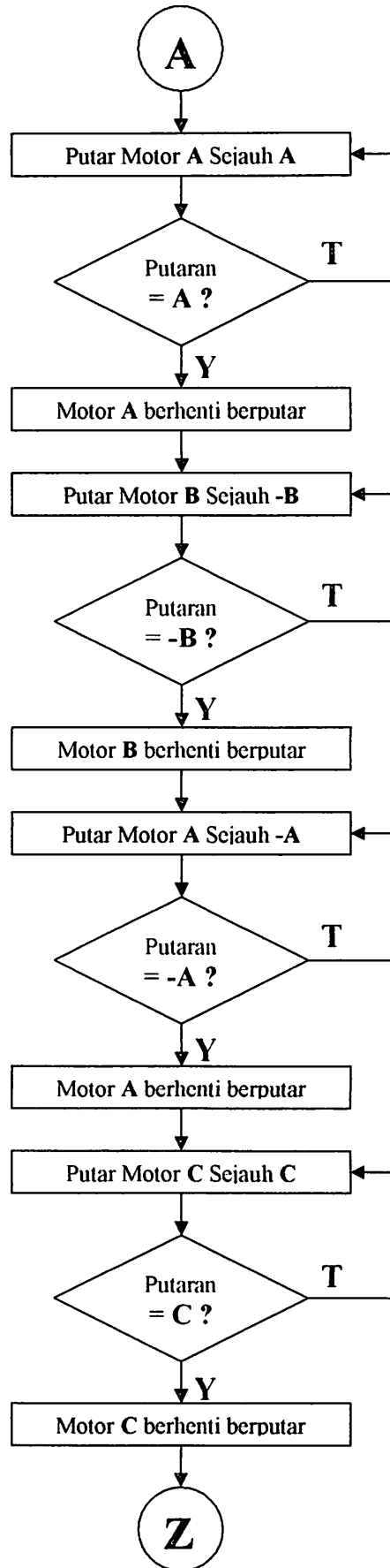
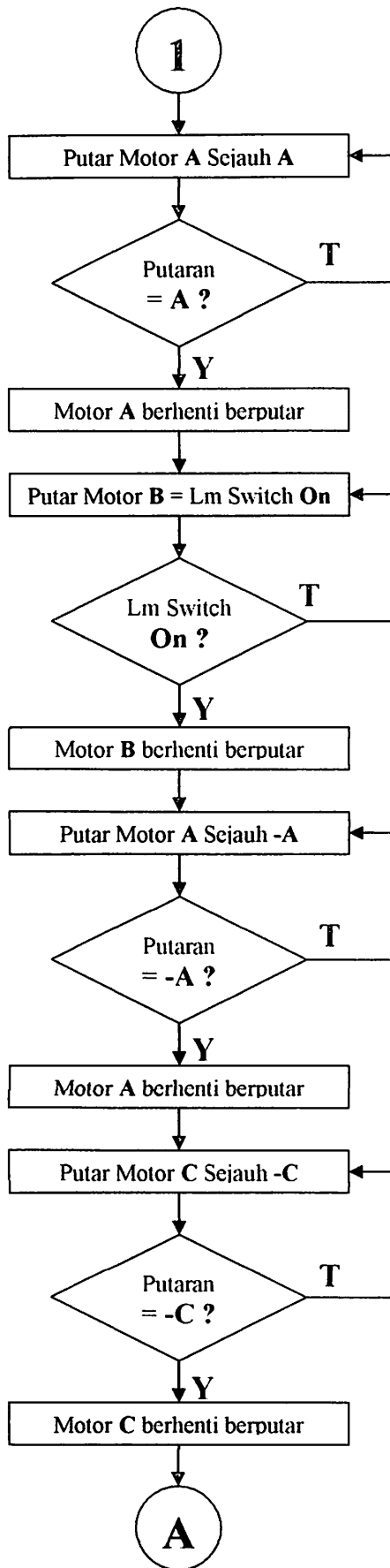
Gambar 3-11. Rangkaian Penggerak Motor DC

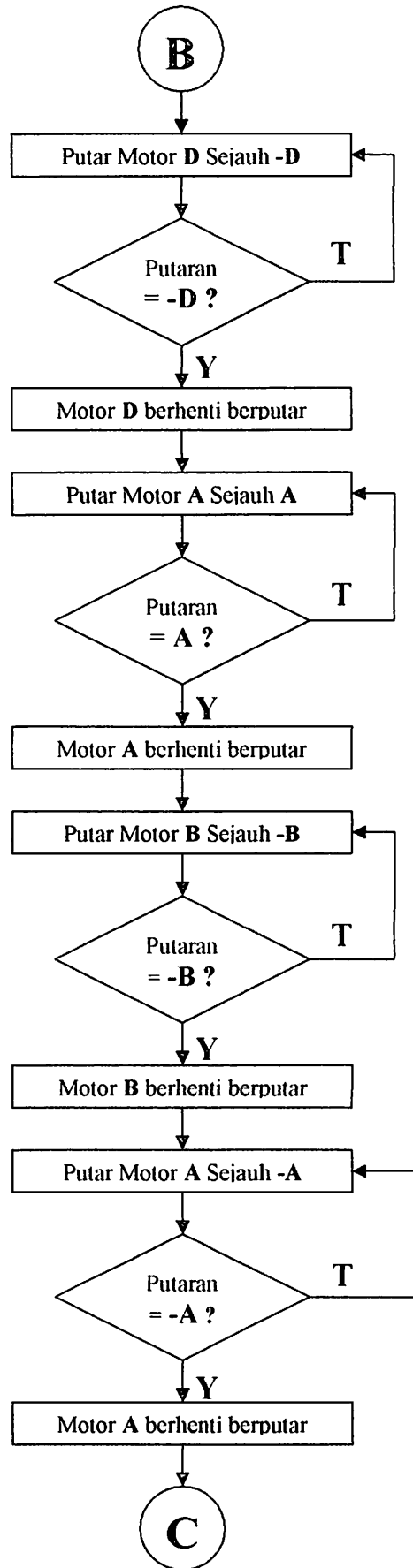
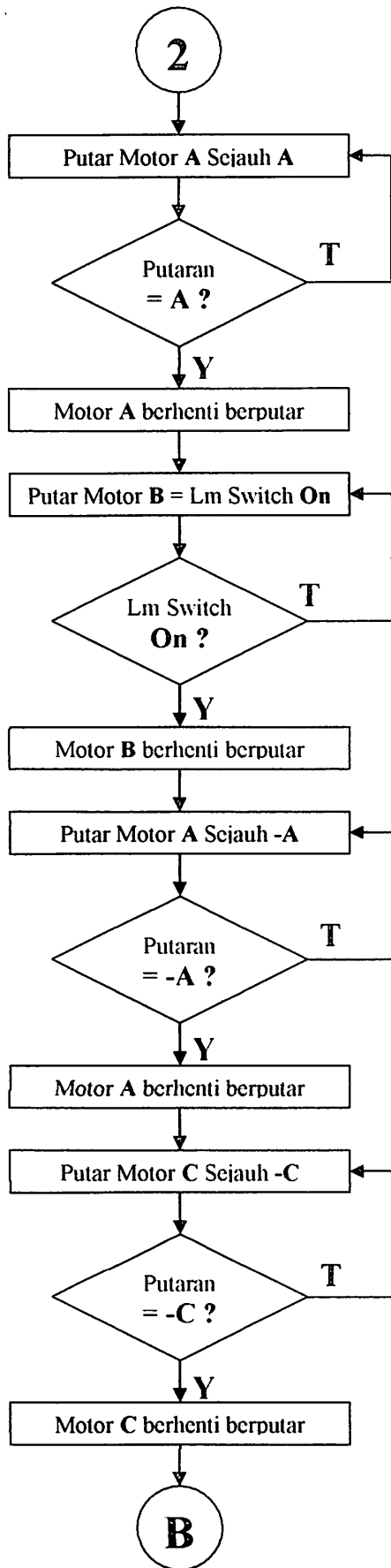
### 3.3. Perencanaan Perangkat Lunak

#### 3.3.1. Diagram Alir

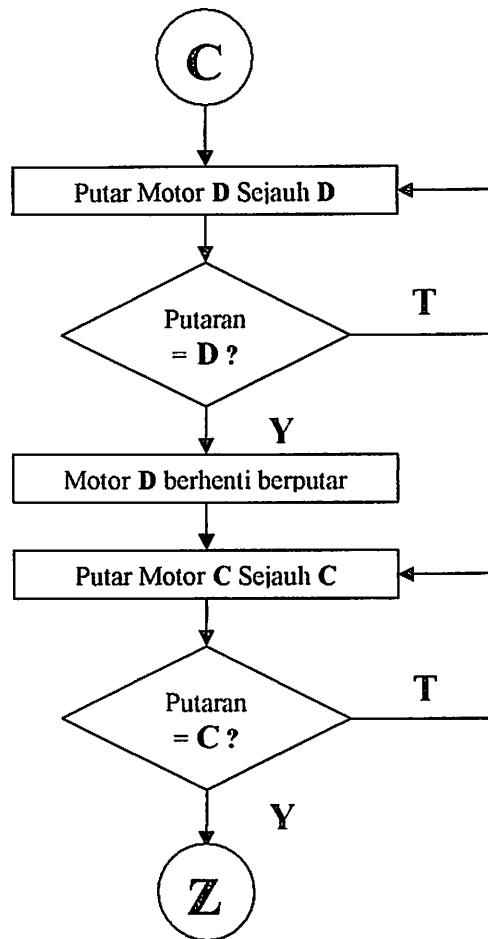
Diagram alir merupakan blok-blok dan simbol-simbol yang menggambarkan urutan program yang dirancang. Setiap blok berisi perintah (instruksi) yang harus dilaksanakan oleh mikrokontroler selama proses berlangsung. Dibawah ini adalah gambar diagram alir untuk satu gerakan dari Alat pengambil telur otomatis yang berupa sebuah lengan robot

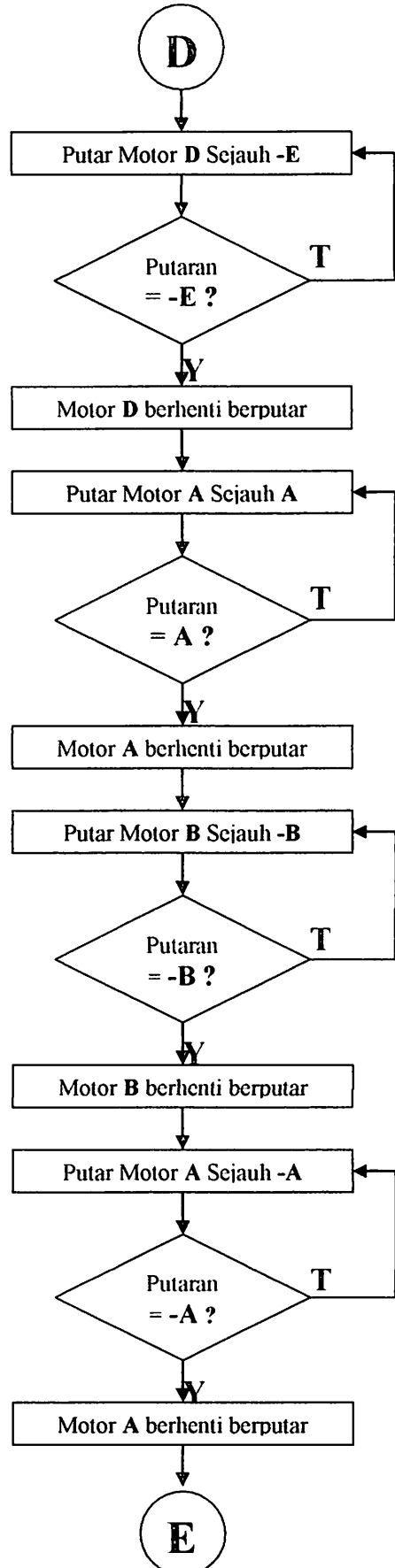
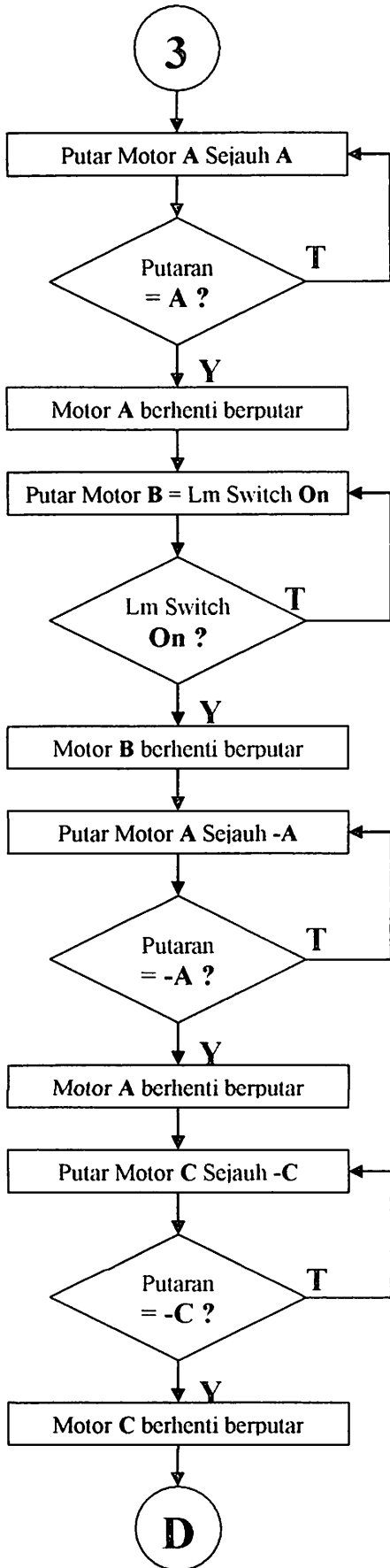


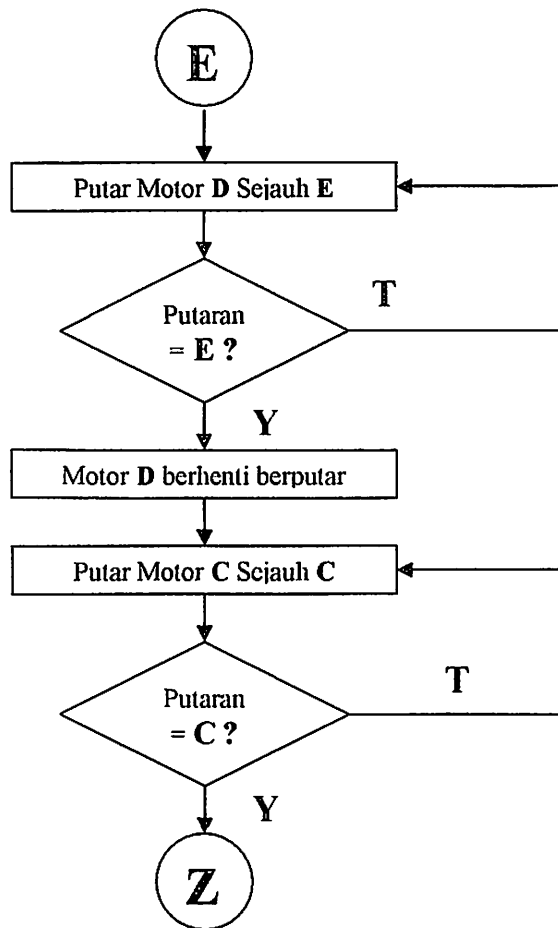












## \* **Penjelasan Blok Diagram**

- **Motor A** gerakannya adalah ke **BAWAH** dan ke **ATAS**

Sejauh **A** maksudnya adalah **turun ke bawah**

Sejauh - **A** maksudnya adalah **naik ke atas**

- **Motor B** gerakannya adalah **MENCENKRAM & MELEPAS TELUR**

Sejauh **B/Limit Switch On** maksudnya adalah **Mencengkeram telur**

Sejauh - **B** maksudnya adalah **Melepas telur** sampai batas bukaan.

- **Motor C** gerakannya adalah ke **KIRI** dan ke **KANAN**

Sejauh **C** maksudnya adalah **Berputar ke kiri 90 °**

Sejauh - **C** maksudnya adalah **Berputar ke Kanan 90 °**

- **Motor D** gerakannya adalah **MAJU** dan **MUNDUR**

Sejauh - **D** maksudnya adalah **Maju Sampai Di atas tempat Telur ke 2**

Sejauh **D** maksudnya adalah **Mundur ke posisi Awal**

( diatas Tempat Telur 1)

Sejauh - **E** maksudnya adalah **Maju Sampai Di atas tempat Telur ke 3**

Sejauh **E** maksudnya adalah **Mundur ke posisi Awal**

( diatas Tempat Telur 1)

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN DAN PENGUKURAN**

Dari perancangan dan pembuatan alat pada bab III didapatkan hasil pengujian dan pengukuran pada bab IV berikut ini. Adapun pengujian dan pengukuran alat meliputi:

1. Pengujian dan pengukuran perangkat elektronik
  - Pengujian dan pengukuran rangkaian sensor benda
  - Pengujian dan pengukuran rangkaian sensor batas tekanan
  - Pengujian dan pengukuran rangkaian sensor batas buka
  - Pengujian dan pengukuran rangkaian sensor posisi
  - Pengujian dan pengukuran rangkaian driver motor
2. pengujian dan pengukuran kerja sistem lengan robot.

#### **4.1. Pengujian dan Pengukuran Perangkat Elektronik**

##### **4.1.1. Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Sensor Benda**

###### **4.1.1.1. Tujuan Pengujian**

Untuk mengetahui apakah rangkaian sensor benda (infra merah) ini dapat bekerja sebagai mana yang diinginkan.

Pengujian dan pengukuran rangkaian sensor benda ini meliputi:

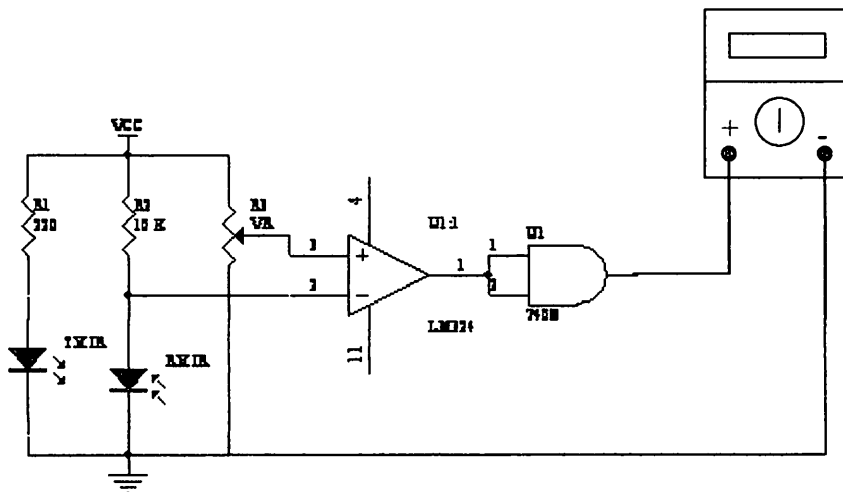
1. Rangkaian sumber cahaya infra merah
2. Rangkaian penerima sinar infra merah

#### 4.1.1.2. Alat dan Bahan Yang Digunakan

1. Rangkaian sensor benda yang terdiri dari infra merah dan photodioda.
2. voltmeter digital.
3. Catu daya.

#### 4.1.1.3. Pelaksanaan Pengujian

1. Merangkai rangkaian sensor benda seperti pada gambar 4-1.
2. Menghubungkan dengan catu daya
3. Menghubungkan output rangkaian sensor benda dengan voltmeter.



Gambar 4-1. Rangkaian Pengujian Sensor Benda

#### 4.1.1.4. Analisa Hasil Pengujian

Dari rangkaian sensor benda ini akan diperoleh suatu nilai tegangan yang mewakili kondisi “high” dan “low” yang akan digunakan sebagai inputan bagi mikrokontroller. Infra merah sebagai pemancar akan memancarkan cahaya yang mana cahaya tersebut akan diterima oleh photodioda yang dipasang berimpit dengan infra merah dengan jarak lima centimeter. Dan ketika dalam kondisi

terhalang maupun tidak terhalang, photo dioda akan selalu memberikan suatu nilai tegangan yang diukur dengan menggunakan voltmeter yang kemudian akan ditanggapi oleh mikrokontroller sebagai suatu inputan. Ketika infra merah terhalang oleh telur, maka photodioda akan memberika logika “low” pada mikrokontroller yang ditandai dengan matinya led indikator yang dihubungkan dengan output komparator. Apabila diantara infra merah dan photodioda tidak terdapat penghalang maka led akan nyala dan memberikan logika “high” bagi inputan mikrokontroller.

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian dari sensor posisi yang terdiri atas infra merah dan photodioda yang diukur pada output dari komparator dengan menggunakan voltmeter digital.

**Tabel 4-1. Hasil Pengujian Sensor Benda Menggunakan infra merah dan Photodioda.**

Kondisi	$V_{out}$ (Volt)	$V_{ref}$ (V)
Ada Telur	0.03	0,15
Tidak ada Telur	4,54	0,15

#### 4.1.2. Pengujian Dan Pengukuran Rangkaian Sensor Batas Tekanan

##### 4.1.2.1. Tujuan Pengujian

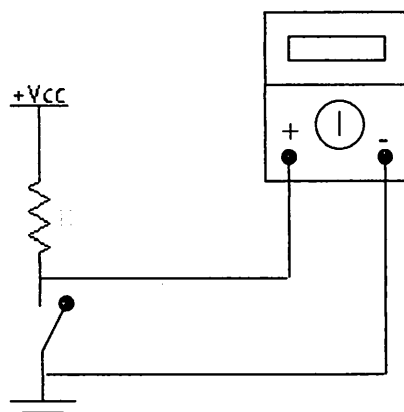
Untuk mengetahui apakah rangkaian sensor batas tekanan ini dapat bekerja sebagai mana yang diinginkan.

#### 4.1.2.2. Alat dan Bahan Yang Digunakan

1. Rangkaian sensor batas tekanan dengan menggunakan limit switch.
2. voltmeter digital.
3. Catu daya.

#### 4.1.2.3. Pelaksanaan Pengujian

1. Merangkai rangkaian sensor batas tekanan seperti pada gambar 4-2.
2. Menghubungkan dengan catu daya
3. Menghubungkan output rangkaian sensor batas tekanan dengan voltmeter.



**Gambar 4-2. Rangkaian Pengujian Sensor Batas Tekanan**

#### 4.1.2.4. Analisa Hasil Pengujian

Dari rangkaian sensor batas tekanan ini akan diperoleh suatu nilai tegangan yang mewakili kondisi “high” dan “low” yang akan digunakan sebagai inputan bagi mikrokontroller. Pengujian dan pengukuran rangkaian sensor pembatas tekanan ini terdiri dari limit switch dengan catu daya 5 volt dan sebuah resistor sebagai pembatas arus yang masuk kemikrokontroller. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar diatas.



Berikut ini adalah tabel hasil pengujian dari sensor posisi yang terdiri atas infra merah dan photodiode yang diukur pada output dari sensor pembatas tekanan dengan menggunakan voltmeter digital.

**Tabel 4-2. Hasil Pengujian Sensor Batas Tekanan**

<b>Kondisi</b>	<b>V<sub>out</sub> (Volt)</b>
Tanpa Tekanan	4.6
Ada tekanan	0.01

#### **4.1.3. Pengujian Dan Pengukuran Rangkaian Sensor Batas Buka**

##### **4.1.3.1. Tujuan Pengujian**

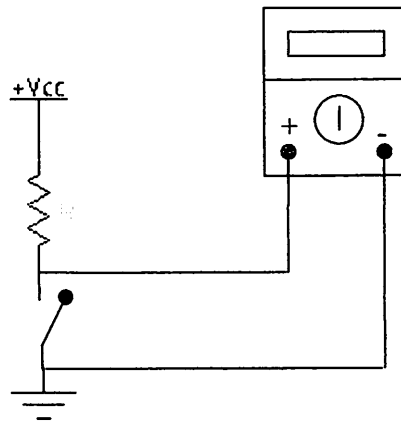
Untuk mengetahui apakah rangkaian sensor batas buka ini dapat bekerja sebagai mana yang diinginkan.

##### **4.1.3.2. Alat dan Bahan Yang Digunakan**

1. Rangkaian sensor batas buka dengan menggunakan limit switch.
2. voltmeter digital.
3. Catu daya.

##### **4.1.3.3. Pelaksanaan Pengujian**

1. Merangkai rangkaian sensor batas buka seperti pada gambar 4-3.
2. Menghubungkan dengan catu daya
3. Menghubungkan output rangkaian sensor batas buka dengan voltmeter.



**Gambar 4-3. Rangkaian Pengujian Sensor Batas Buka**

#### 4.1.3.4. Analisa Hasil Pengujian

Dari rangkaian sensor batas buka ini akan diperoleh suatu nilai tegangan yang mewakili kondisi “high” dan “low” yang akan digunakan sebagai inputan bagi mikrokontroller. Pengujian dan pengukuran rangkaian sensor batas buka ini terdiri dari limit switch dengan catu daya 5 volt dan sebuah resistor sebagai pembatas arus yang masuk kemikrokontroller. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar.

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian dari sensor batas buka yang terdiri atas limit switch dan resistor yang diukur pada output dari sensor pembatas buka dengan menggunakan voltmeter digital.

**Tabel 4-3. Hasil Pengujian Sensor Batas Buka**

Kondisi	V <sub>out</sub> (Volt)
Tanpa Tekanan	4.6
Ada tekanan	0,01

#### **4.1.4. Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Sensor Posisi**

##### **4.1.4.1. Tujuan Pengujian**

Untuk mengetahui apakah rangkaian sensor posisi (infra merah dan limit switch) ini dapat bekerja sebagai mana yang diinginkan.

Pengujian dan pengukuran rangkaian sensor benda ini meliputi:

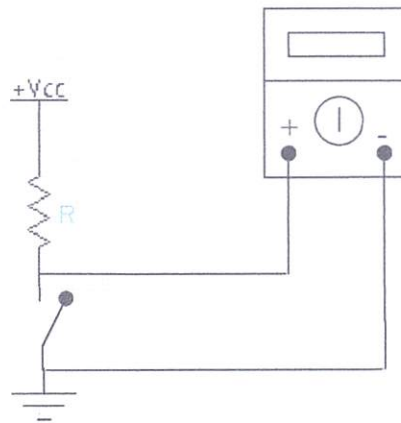
1. Rangkaian sumber cahaya infra merah
2. Rangkaian penerima sinar infra merah
3. rangkaian sensor dengan limitswitch.

##### **4.1.4.2. Alat dan Bahan Yang Digunakan**

1. Rangkaian sensor posisi yang terdiri dari infra merah dan photodiode.
2. Rangkaian sensor posisi dengan limitswitch
3. voltmeter digital.
4. Catu daya.

##### **4.1.4.3. Pelaksanaan Pengujian**

1. Merangkai rangkaian sensor posisi seperti pada gambar 4-4 (untuk inframerah dan photodiode).
2. Merangkai rangkaian sensor posisi seperti pada gambar 4-5 (untuk limit switch)
3. Menghubungkan dengan catu daya
4. Menghubungkan output rangkaian sensor posisi dengan voltmeter.



**Gambar 4-5. Rangkaian Pengujian Sensor Posisi (Limitswitch)**

#### **4.1.4.4. Analisa Hasil Pengujian**

Dari rangkaian sensor posisi inframerah & photodiode, akan diperoleh suatu nilai tegangan yang mewakili kondisi “high” dan “low” yang akan digunakan sebagai inputan bagi mikrokontroller. Infra merah sebagai pemancar akan memancarkan cahaya yang mana cahaya tersebut akan diterima oleh photodiode yang berimpit dengan infra merah dengan jarak tertentu. Dan ketika dalam kondisi terhalang maupun tidak terhalang, photo diode akan selalu memberikan suatu nilai tegangan yang diukur dengan menggunakan voltmeter yang kemudian akan ditanggapi oleh mikrokontroller sebagai suatu inputan. Ketika infra merah terhalang, maka photodiode akan memberikan logika “low” pada mikrokontroller yang ditandai dengan matinya led indikator yang dihubungkan dengan output komparator. Apabila diantara infra merah dan photodiode tidak terdapat penghalang maka led akan nyala dan memberikan logika “high” bagi inputan mikrokontroller.

Dan dari rangkaian sensor posisi dengan limitswitch sebagai sensornya diperoleh suatu nilai tegangan yang mewakili kondisi “high” dan “low” yang akan digunakan sebagai inputan bagi mikrokontroler. Pengujian dan pengukuran rangkaian sensor batas buka ini terdiri dari limit switch dengan catu daya 5 volt dan sebuah resistor sebagai pembatas arus yang masuk ke mikrokontroler.

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian dari sensor posisi yang terdiri atas infra merah dan photodiode yang diukur voltmeter digital.

**Tabel 4-4. Hasil Pengujian Sensor Posisi Menggunakan infra merah Photodiode dan Limitswitch.**

Sensor Posisi	Kondisi Sensor Posisi	V <sub>out</sub> (Volt)
Sensor 1 (limitswitch)	Tanpa Tekanan	4.6
	Ada tekanan	0,01
Sensor 2 (limitswitch)	Tanpa Tekanan	4.6
	Ada tekanan	0,01
Sensor 3 (limitswitch)	Tanpa Tekanan	4.6
	Ada tekanan	0,01
Sensor 4 (limitswitch)	Tanpa Tekanan	4.6
	Ada tekanan	0,01
Sensor 5 (limitswitch)	Tanpa Tekanan	4.6
	Ada tekanan	0,01
Sensor 6 (limitswitch)	Tanpa Tekanan	4.6
	Ada tekanan	0,01

## 4.1.5. Pengujian dan Pengukuran Rangkaian Driver Motor

### 4.1.5.1. Tujuan Pengujian

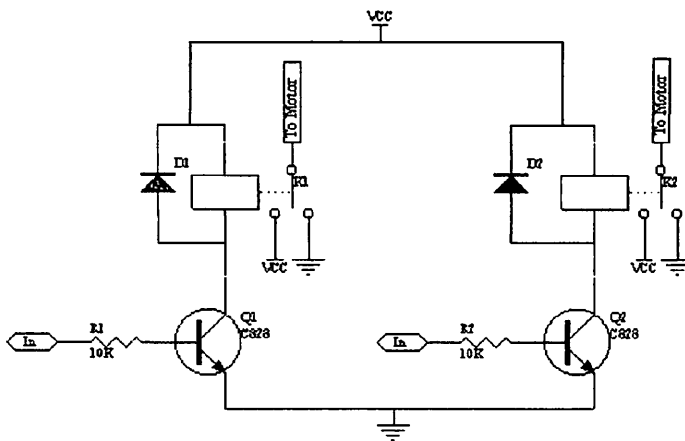
Untuk mengetahui apakah rangkaian driver motor ini dapat bekerja sebagai mana yang diinginkan.

### 4.1.5.2. Alat dan Bahan Yang Digunakan

1. Rangkaian driver motor .
2. voltmeter digital.
3. Catu daya.

### 4.1.5.3. Pelaksanaan Pengujian

1. Merangkai rangkaian driver motor seperti pada gambar 4-5.
2. Menghubungkan dengan catu daya
3. Menghubungkan output rangkaian driver motor dengan voltmeter.



Gambar 4-6. Rangkaian Pengujian Sensor Posisi

#### 4.1.5.4. Analisa Hasil Pengujian

Pengujian rangkaian driver motor dengan menggunakan dua buah relay yang dipasang sedemikian rupa yang tampak pada gambar dibawah, pengujian rangkaian motor DC dilakukan dengan cara menghubungkan inputan driver motor dengan logika “0” dan logika “1”.

Dengan melihat skematik rangkaian yang telah dibuat, maka dapat dilihat bahwa driver motor akan aktif jika diberikan logika “1” (+5) dan akan tidak aktif jika diberikan logika “0” (0 V). untuk driver motor ini, pengujian dengan cara seperti ini dapat diketahui apakah motor bekerja sesuai dengan yang diharapkan atau tidak.

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian dari driver motor adalah sebagai berikut:

**Tabel 4-5. Hasil Pengujian Driver Motor**

<b>Driver ke</b>	<b>Input</b>	<b>Input</b>	<b>Kondisi</b>
<b>Driver 1-5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>Motor On</b>
	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>Motor On</b>
	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Motor Off</b>

## 4.2. Pengujian dan Pengukuran Kerja Sistem Alat Pengambil Telur

### 4.2.1. Pengujian Berat Maksimum

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan barang berupa timbangan kuningan yang bervariasi beratnya dari 10 gram sampai 500 gram.

**Tabel 4-6. Hasil Pengujian Berat Maksimum**

<b>BERAT (Gram)</b>	<b>KONDISI GRIPPER</b>
<b>10</b>	<b>MAMPU mengangkat</b>
<b>25</b>	<b>MAMPU mengangkat</b>
<b>50</b>	<b>MAMPU mengangkat</b>
<b>100</b>	<b>MAMPU mengangkat</b>
<b>250</b>	<b>MAMPU mengangkat</b>
<b>500</b>	<b>TIDAK MAMPU mengangkat</b>

### 4.2.2. Pengujian dan Pengukuran Kerja Sistem Alat Pengambil Telur

Pengujian dan pengukuran kerja sistem Alat Pengambil Telur secara otomatis meliputi perbandingan keadaan masukan dari sensor cahaya dan sensor posisi serta keluarannya pada penggerak lengan robot.

Untuk mengaktifkan lengan robot secara otomatis, saklar power harus diaktifkan (ON), dan posisi dari lengan harus diset pada posisi yang sudah ditentukan. Di bawah ini akan diberikan Tabel urutan kerja dari sistem lengan robot yang bekerja secara otomatis.



**Tabel 4-7 Tabel Urutan Pengambilan dan penaruhan telur ke tempat 1**

SENSOR	POSISI									
	awal	turun	Ceng kram	naik	Ke kiri	turun	lepas	naik	Ke kanan	awal
<b>Buka</b>	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
<b>Batas</b>	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
<b>1 (naik)</b>	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
<b>2 (turun)</b>	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
<b>3 (kiri)</b>	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
<b>4 (kanan)</b>	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
<b>5 (Belakang)</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>6 (tengah)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>7 (depan)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Benda 1</b>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

**Tabel 4-8 Tabel Urutan Pengambilan dan Penaruhan Telur ke Tempat 2**

Sen sor	POSISI											
	awal	turun	Ceng kram	naik	Ke kiri	Ke depan	Tu run	lepas	Naik	Ke belak kang	Ke kanan	awal
Buka	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Batas	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1 naik	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
2 turun	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
3 kiri	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
4 kanan	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
5 blakang	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
6 depan	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Benda 1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

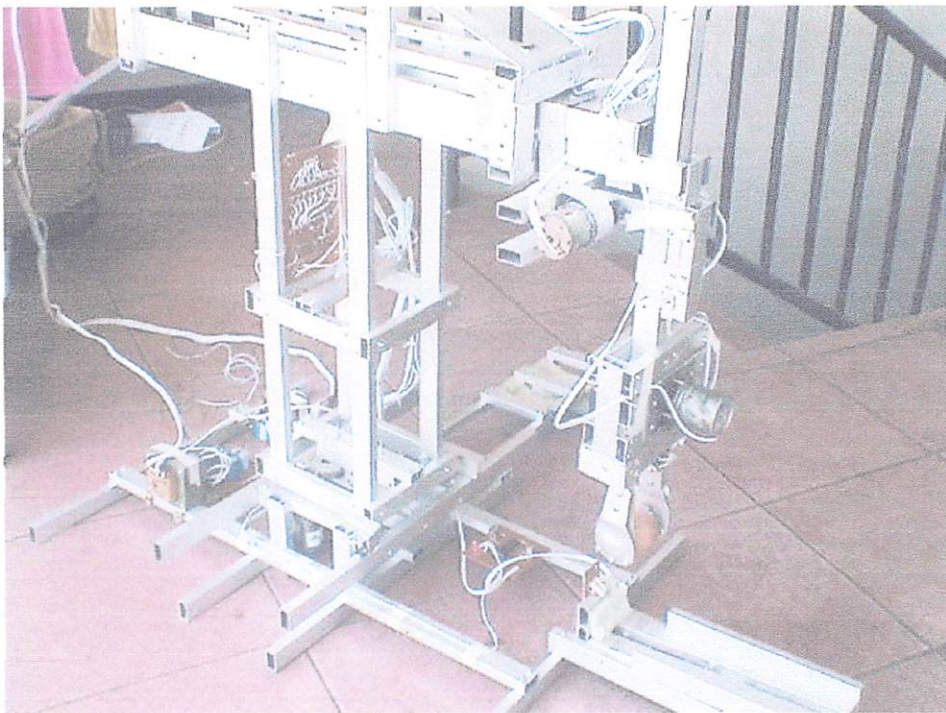
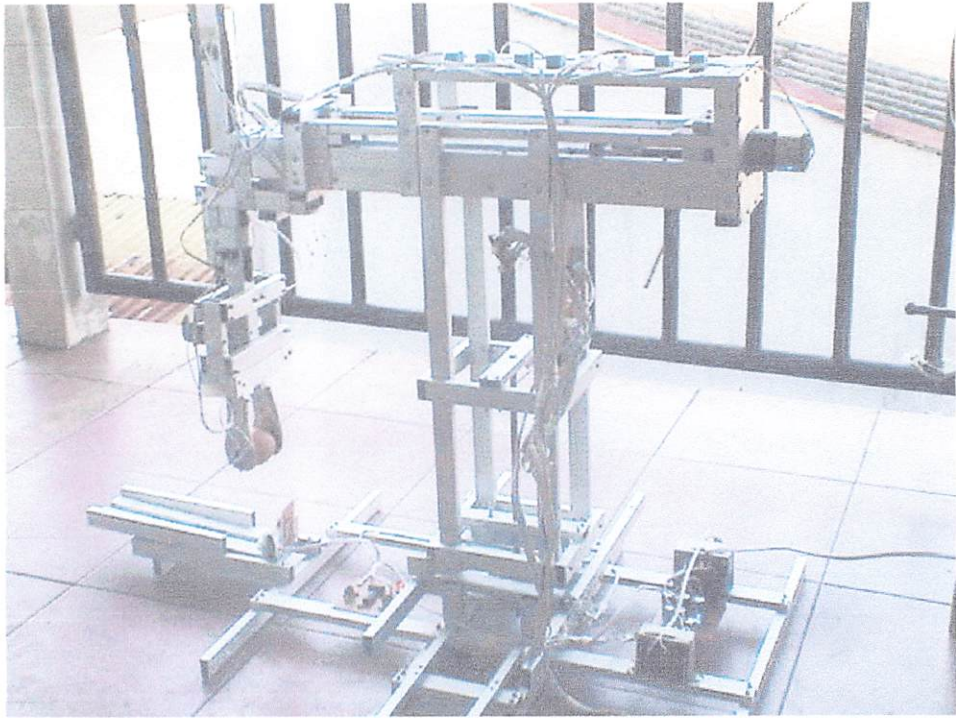
Keterangan : Nilai 0 & 1 adalah nilai logika dari sensor yang berhubungan dengan posisi dari alat

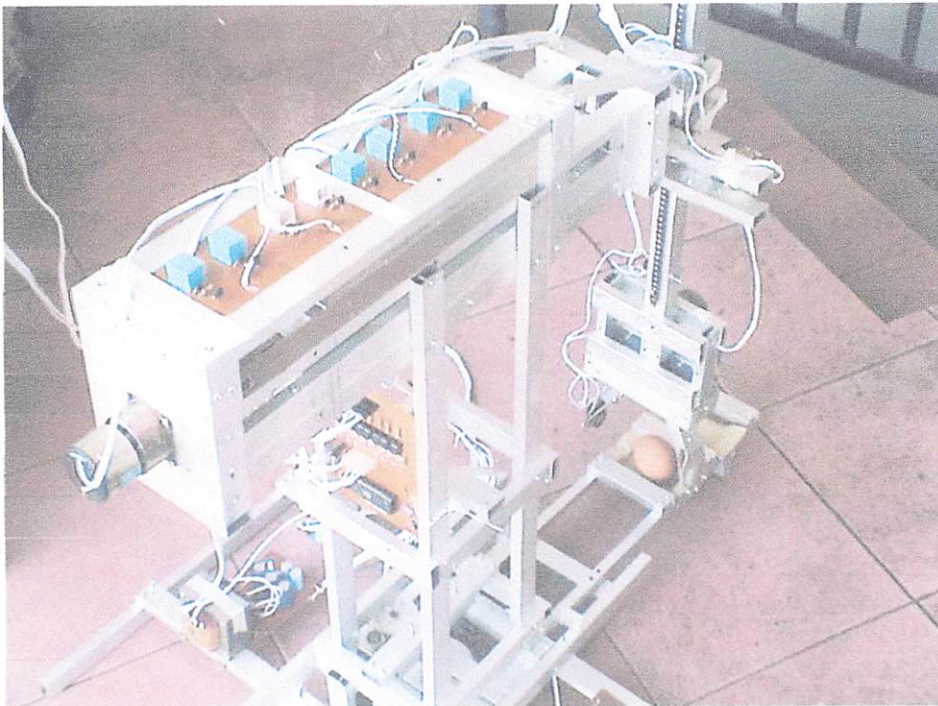
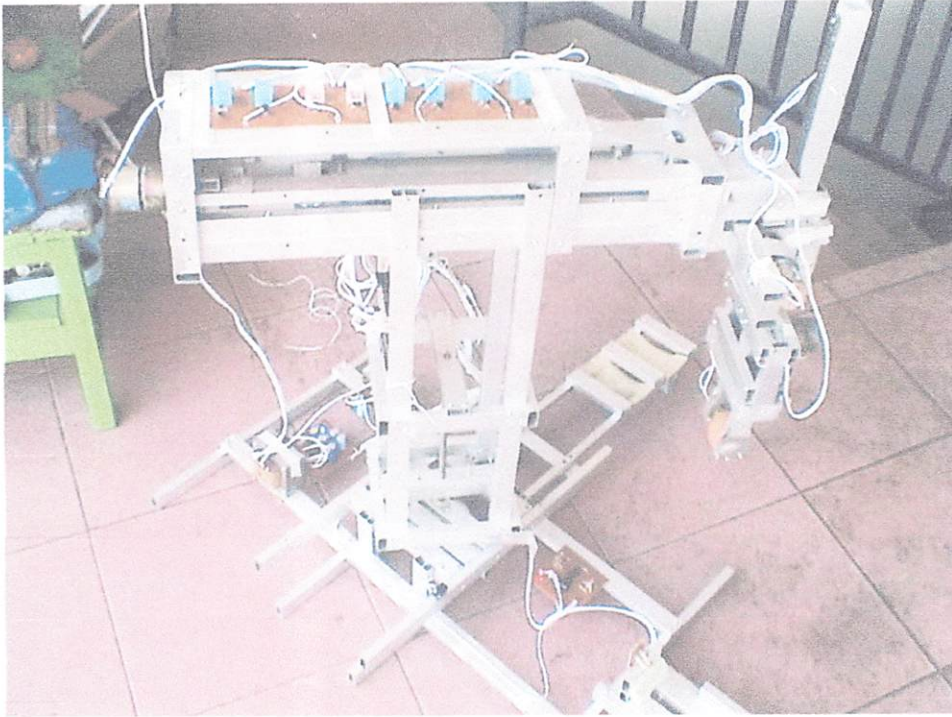
Tabel 4-8 Tabel Urutan Pengambilan dan Penentuan Teori ke Tempat 2

Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	Zona	POSISI								
												Ke kanan	Ke belah kanan	Naik	Idapak	Tn	Ke depan	Ke kiri	Ke samping	Zona
Buka	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Batas	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 naik	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2 turun	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

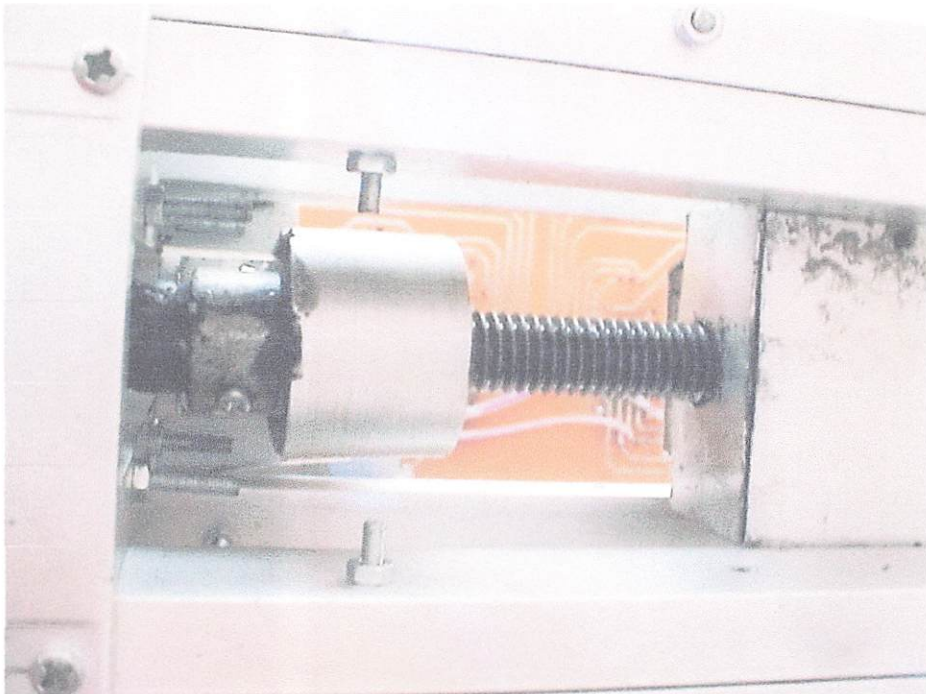
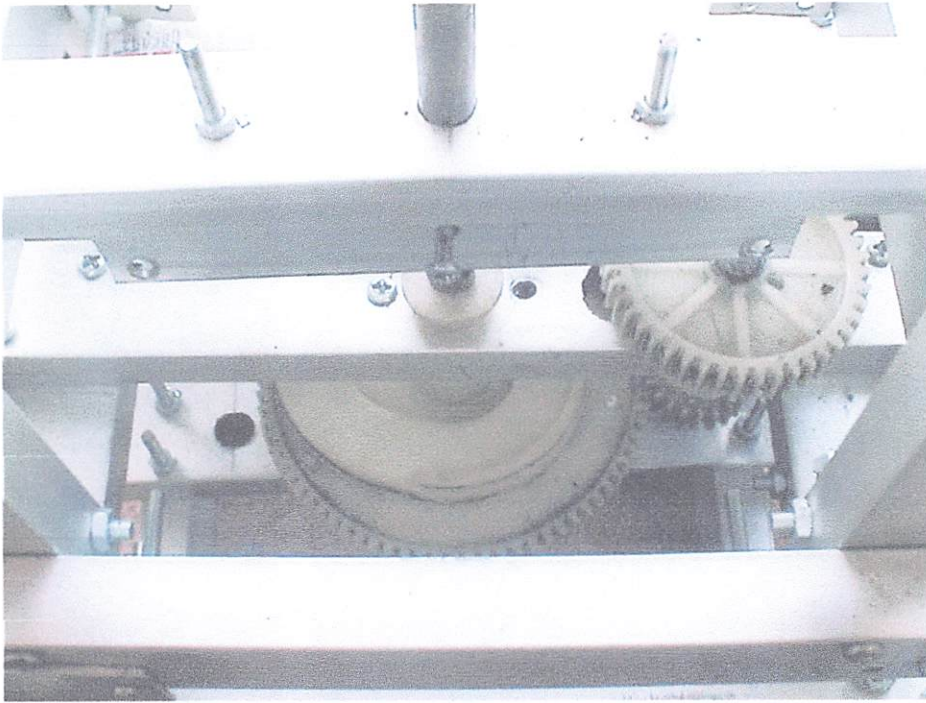
Keterangan : Nilai 0 & 1 adalah nilai logika dari sensor yang dibutuhkan dengan

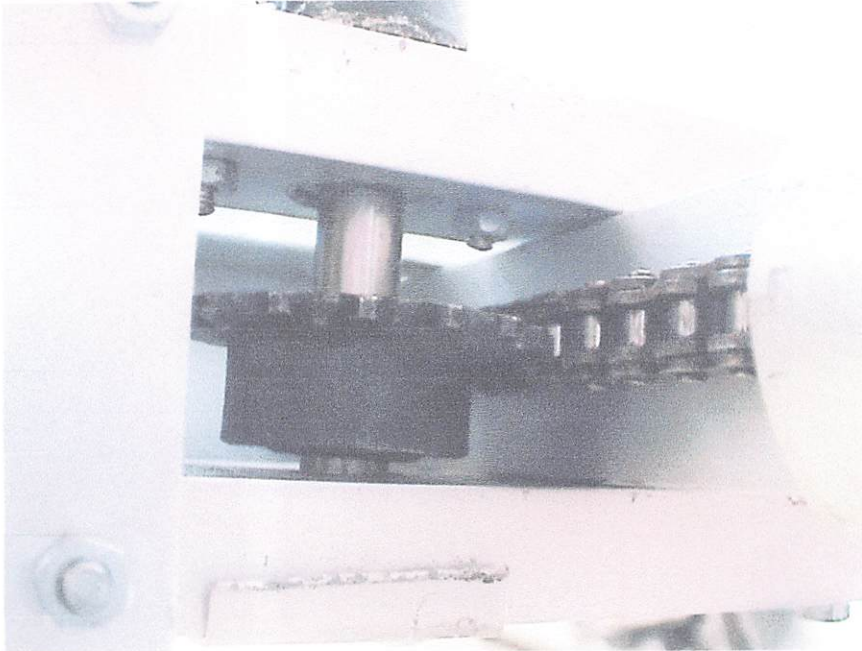
posisi dan aksi





**Gambar 4-6. Alat Pengambil Telur Ayam**





**Gambar 4-7. Model Transmisi Yang Digunakan**

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil pengujian dan pengukuran Alat Pengambil Telur Ayam ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat pengambil telur ini mempunyai 4 poros gerakan tetapi dan derajat kebebasannya ada 3 yaitu maju-mundur, atas-bawah, dan berputar. Karena pada gripper jenis gerakannya sama dengan gerakan di Lengan yaitu vertikal.
2. Pada pengujian alat selisih dari nilai pengujian antara sensor yang satu dengan yang lain sangat kecil sehingga diambil nilai rata-rata yaitu  
Sensor infrared & photodiode saat tidak terhalang  $V_{out}$ nya 4,6 volt dan saat terhalang  $V_{out}$ nya 0,35 mVolt.  
Pada sensor limitswitch  $V_{out}$  saat tertekan ialah 0,01 Volt dan saat tidak ada tekanan  $V_{out}$ nya sebesar 4,6 Volt
3. Pada pengujian sistem lengan robot terdapat ketidak sesuaian posisi perhentian lengan robot dengan yang direncanakan, hal ini disebabkan pembuatan mekanik yang kurang sempurna.
4. Pada saat percobaan alat secara otomatis intensitas cahaya yang ada disekitar alat sangat mempengaruhi proses kerjanya. Dan agar semua



induksi magnetic tidak mempengaruhi proses kerja system maka di pasang kapasitor seharga 100 nF yang digroundkan.

5. Kemampuan alat dalam mengangkat benda hanya dengan berat maksimal 250 gram dan untuk selebihnya dapat merubah bentuk pencengkeram agar dapat mengangkat benda yang lebih berat.

## 5.2. Saran

1. Dengan menambahkan derajat kebebasan dan poros gerakan akan memberikan sistem lengan robot akan mempunyai lebih banyak gerakan dan dapat bekerja dengan lebih sempurna.
2. Penyempurnaan sistem mekanis dengan menggunakan bahan yang lebih ringan dan kuat akan dapat diterapkan dalam industri.
3. Agar alat ini dapat lebih fleksibel (mudah diatur dalam gerakannya), maka disarankan agar memakai encoder disk yang di padukan dengan infrared dan photodiode sebagai sensornya sehingga sudut-sudut gerakan dapat mudah ditentukan.
4. Untuk kesempurnaan alat ini maka system mekanik di rubah agar bisa melakukan penaruhan telur dalam posisi yang baik yaitu berdiri dengan ujung lancip diatas, atau dalam posisi yang bisa diatur-sesuai keinginan. Dan pada tempat penaruhannya di pasang sensor – sensor yang bisa lebih membuat otomatis alat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. **302 Rangkaian Elektronika**, Penerbit PT. Elek Media Komputindo Kelompok Gramedia-Jakarta, 1988.
2. D Sharon, J Harstein, G Yantian, **Robot Dan Otomasi Industri** , Penerbit PT Elek Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta, 1992.
3. Gordon M. Mair, ” **Industrial robotics** “, Prentice Hall International First Published, 1988.
4. Katsuhiko Ogata, “ **Teknik Kontrol Otomatik** “, University Of Minnesota, 1996.
5. Mikell P. Groover, Mitchell Weiss, Roger N. Nagel, Nicholas G. Odrey, “**Industrial Robot Technologi, Programing, and Applications**”, McGraw-Hill Book Company, 1986.
6. Paulus Andi Nalwan, **Teknik Antarmuka Dan Pemrograman Mikrokontroller AT89C51**. Penerbit PT Elek Media Komputindo, Jakarta, 2003.
7. Richard D. Klafter, Thomas A. Chmielewski, Michael Negin, **Robotic Engineering An Integrated Approach**, Prentice-Hal International Editions, 1989.
8. Wasito, S.. **Vademekum Elektronika**. Edisi Kedua, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1984

LAMPIRAN



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang 23-Oct-2004

Nomor : ITN-110/7 TA.GJL/2005  
Lampiran :  
Perihal : Bimbingan Skripsi

Kepada : Yth. Sdr. Ir. **Eko Nurcahyo**  
Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
di  
Malang

Dengan hormat,  
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi  
untuk mahasiswa:

Nama : Ari Indra Haryadi  
Nim : 0017249  
Semester : IX  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya  
kepada Saudara/i selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai  
tanggal:

2-Feb-2005 s/d 5-Aug-2005

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana.  
Demikian agar maklum, atas perhatian dan bantuannya kami ucapkan  
banyak terima kasih.



**Ir. I Made Wartana, MT**  
NIP 131 991 182

Form S-4a



## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : Ari Indra Haryadi
2. NIM : 00 17 249
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Progam Studi : Elektronika
5. Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN  
PEMBUATAN ALAT PENGAMBIL  
TELUR AYAM BERBASIS  
MIKROKONTROLLER AT89S51
6. Tanggal Pengajuan Skripsi : 20 Desember 2004
7. Selesai Pengajuan Skripsi : 29 Maret 2005
8. Pembimbing : Ir. Eko Nurcahyo
9. Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 90 (sembilan puluh)

Malang, 29 Maret 2005,

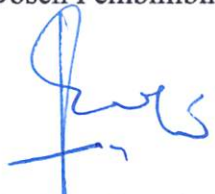
Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro-S1

(Ir. F. Yudi limpraptono, MT)  
NIP.P.103 950 0274

Telah Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing

  
(Ir. Eko Nurcahyo)  
NIP.P.102.870.0172



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Ari Indra Haryadi  
Nim : 0017249  
Masa Bimbingan : 2-Feb-2005 s/d 5-Aug-2005  
Judul Skripsi : Perencanaan dan pembuatan alat pengambil telur ayam otomatis berbasis Mikrokontroller AT89S51

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	02-02-2005	Ace judul	f
2.	05-02-2005	Ace BAB I	f
3.	09-02-2005	BAB II : teori panjang + bens <sup>2</sup>	f.
4.	19-02-2005	Ace BAB II.	f
5.	24-02-2005	BAB III : lebih tinggi utra sensor	f
6.	27-02-2005	Ace BAB III.	f
7.	05-03-2005	Ace uji sensor.	f.
8.	17-03-2005	halusin alat	f.
9.	22-03-2005	Ace uji uji sistem	f
10.			

Malang, 22-03-2005

Dosen Pembimbing

  
Ir. Eko Nurcahyo

Form. S-4a



## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : ARI INDIRA  
NIM :  
Perbaikan meliputi : 0017249

1) GEMO ALAT

2) PENGOJIAN BEKAT MAX

3) BLOK DIAGRAM

Malang, 1 - 4 - 2005

( 203074 0504 )



## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : *Asi Zulien Haryadi*  
N I M : *00172109*  
Perbaikan meliputi :

- ① *Penyajian Rangkaian Kompensator-*
- ② *Harus menyelesaikan program*

Malang,

200





## FORMULIR PERBAIKAN UJIAN SKRIPSI

Nama : Ari Indra Haryadi  
Nim : 00 17249  
Masa Bimbingan : 2-Feb-2005 s/d 5-Agu-2005  
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Alat Pengambil Telur  
Ayam Berbasis Mikrokontroller AT89S51

N0	Tanggal	Uraian	Paraf Penguji
1	15-04-2005	Demo Alat	
2	16-04-2005	Pengujian Berat Maksimal	
3	16-04-2005	Blok Diagram	
4	16-04-2005	Pengujian Rangkaian Komparator	
5	16-04-2005	Penyelesaian Program	

Penguji Pertama

(Ir. F. Yudi Jimpraptono, MT)  
NIP.P.103 950 0274

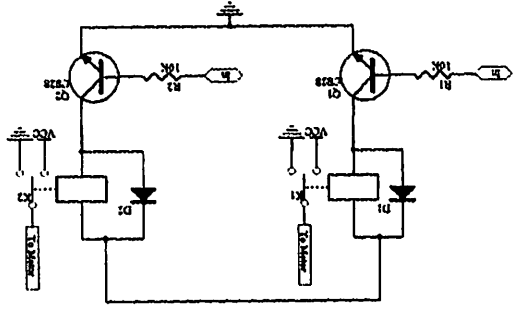
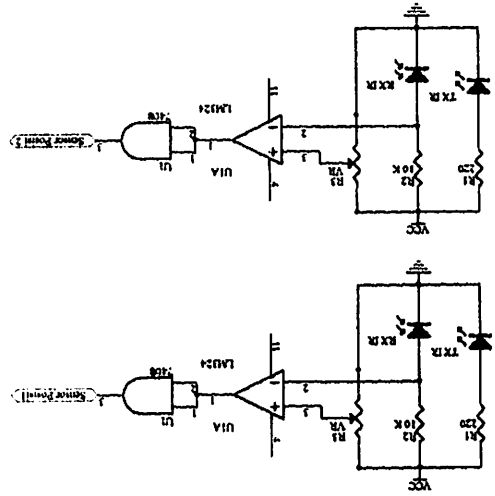
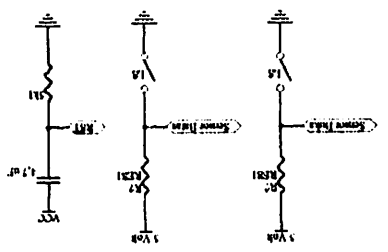
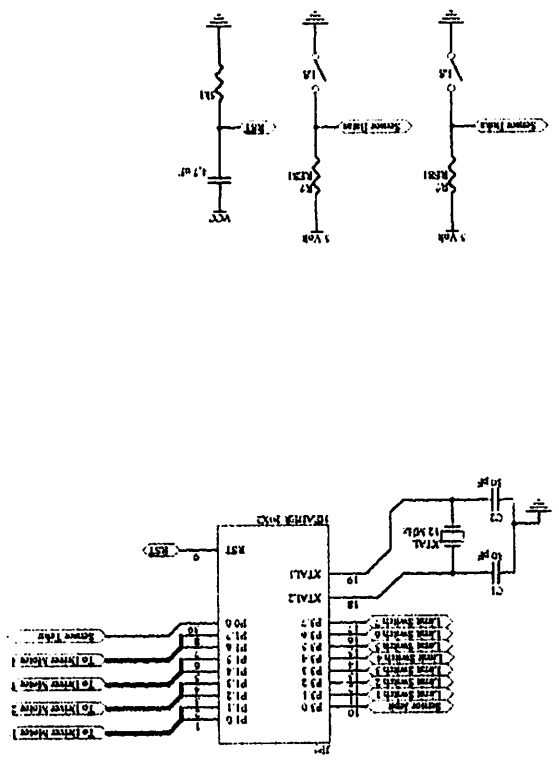
Penguji Kedua

(Joseph Dedy Irawan, ST, MT)  
NIP.P.103 980 0324

Dosen Pembimbing

(Ir. Eko Nurcahyo)  
NIP.P.102.870.0172

Rev	Description	Date	By
1	Issue 1	1977	...



```

ORG      0H

MULAI:
  JB     P0.0,MULAI
  MOV    P1,#10H      ;TURUN
  SJMP   MULAI1
  RET

MULAI1:
  MOV    A,P3
  CJNE  A,#95H,MULAI1
  MOV    P1,#40H      ;JEPIT
  SJMP   MULAI2
  RET

MULAI2:
  MOV    A,P3
  CJNE  A,#96H,MULAI2
  MOV    P1,#20H      ;NAIK
  SJMP   MULAI3
  RET

MULAI3:
  MOV    A,P3
  CJNE  A,#9AH,MULAI3
  MOV    P1,#01H      ;KIRI
  SJMP   MULAI4
  RET

MULAI4:
  MOV    A,P3
  CJNE  A,#5AH,MULAI4
  MOV    P1,#11H      ;TURUN
  SJMP   MULAI5
  RET

MULAI5:
  MOV    A,P3
  CJNE  A,#56H,MULAI5
  MOV    P1,#81H      ;BUKA
  SJMP   MULAI6
  RET

MULAI6:
  MOV    A,P3
  CJNE  A,#55H,MULAI6
  MOV    P1,#20H      ;NAIK
  SJMP   MULAI7
  RET

MULAI7:
  MOV    A,P3
  CJNE  A,#59H,MULAI7
  MOV    P1,#02H      ;KANAN
  SJMP   MULAI8
  RET

MULAI8:
  MOV    A,P3

```

```

CJNE    A, #99H, MULAI8
MOV     P1, #02H
SJMP   MULAI9
RET

MULAI9:
JB      PC.0, MULAI9
MOV     P1, #10H           ;TURUN1
SJMP   MULAI10
RET

MULAI10:
MOV     A, P3
CJNE   A, #00H, MULAI10
MOV     P1, #40H           ;TUTUP1
SJMP   MULAI11
RET

MULAI11:
MOV     A, P3
CJNE   A, #96H, MULAI11
MOV     P1, #20H           ;NAIK1
SJMP   MULAI12
RET

MULAI12:
MOV     A, P3
CJNE   A, #9AH, MULAI12
MOV     P1, #01H           ;KIRI1
JMP    MULAI13
RET

MULAI13:
MOV     A, P3
CJNE   A, #5AH, MULAI13
MOV     P1, #05H           ;MAJU
JMP    MULAI14
RET

MULAI14:
MOV     A, P3
CJNE   A, #6AH, MULAI14
MOV     P1, #10H           ;TURUN1
JMP    MULAI15
RET

MULAI15:
MOV     A, P3
CJNE   A, #66H, MULAI15
MOV     P1, #80H           ;BUKAI
JMP    MULAI16
RET

MULAI16:
MOV     A, P3
CJNE   A, #65H, MULAI16
MOV     P1, #20H           ;NAIK1
JMP    MULAI17
RET

```

```
MULAI17:
MOV      A, P3
CJNE    A, #69H, MULAI17
MOV      P1, #08H      ;MUNDUR
JMP     MULAI18
RET

MULAI18:
MOV      A, P3
CJNE    A, #59H, MULAI18
MOV      P1, #02H      ;KANANI
JMP     MULAI19
RET

MULAI19:
MOV      A, P3
CJNE    A, #99H, MULAI19
MOV      P1, #02H
JMP     MULAI
RET
END
```

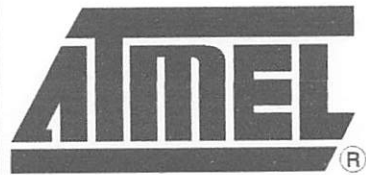
## Features

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

## Description

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.

AT89S51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of internal RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, two 16-bit timer/counters, a five- or two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and logic circuitry. In addition, the AT89S51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. 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

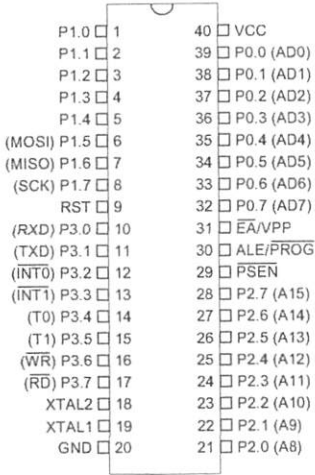
### AT89S51



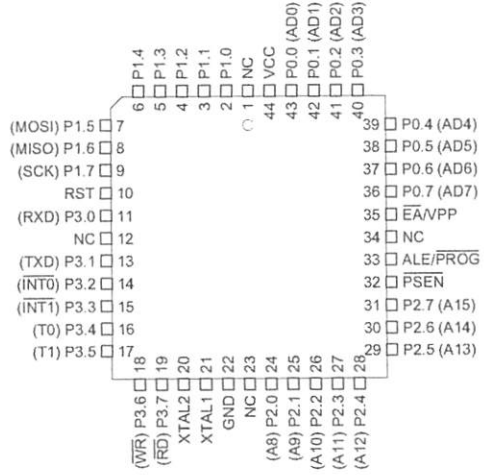


# Configurations

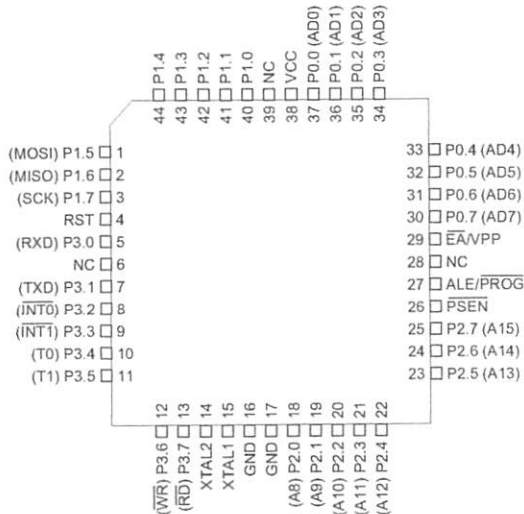
## PDIP



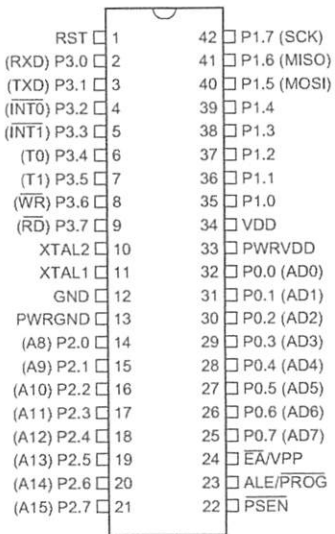
## PLCC



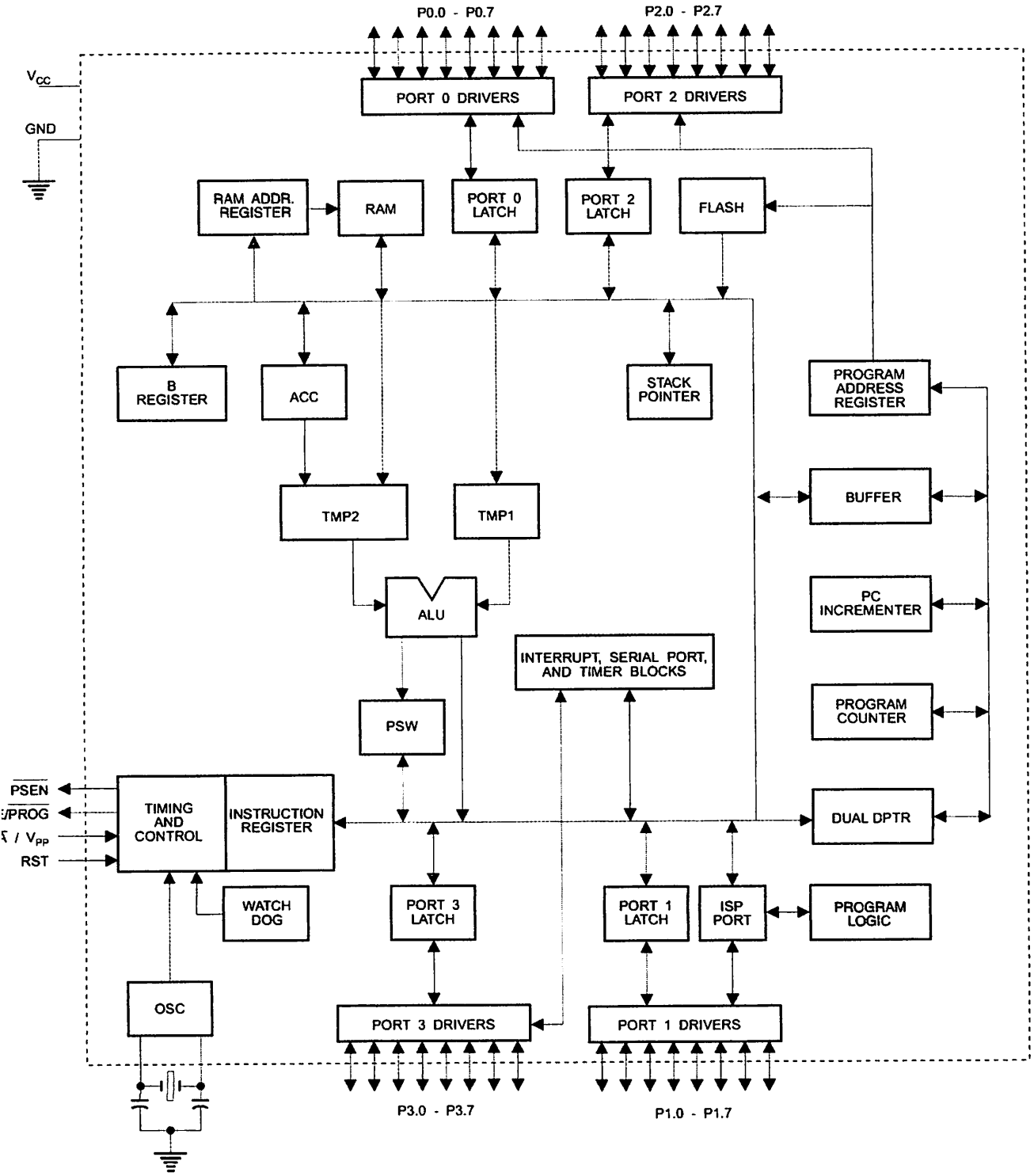
## TQFP



## PDIP



Block Diagram







## Description

**VCC** Supply voltage (all packages except 42-PDIP).

**VDD** Ground (all packages except 42-PDIP; for 42-PDIP GND connects only the logic core and the embedded program memory).

**VDD2** Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the logic core and the embedded program memory.

**PWRVDD** Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers. The application board **MUST** connect both VDD and PWRVDD to the board supply voltage.

**PWRGND** Ground for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers. PWRGND and GND are weakly connected through the common silicon substrate, but not through any metal link. The application board **MUST** connect both GND and PWRGND to the board ground.

**Port 0** Port 0 is an 8-bit open drain bi-directional 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** Port 1 is an 8-bit bi-directional 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** Port 2 is an 8-bit bi-directional 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.

t 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional 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	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

T

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.

$\overline{ALE}/\overline{PROG}$

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 ( $\overline{PROG}$ ) 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.

$\overline{PSEN}$

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

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

$\overline{VPP}$

External Access Enable.  $\overline{EA}$  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,  $\overline{EA}$  will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$  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.

AL1

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

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

F8H								0FFH
F0H	B 00000000							0F7H
E8H								0EFH
E0H	ACC 00000000							0E7H
D8H								0DFH
D0H	PSW 00000000							0D7H
C8H								0CFH
C0H								0C7H
B8H	IP XX000000							0BFH
B0H	P3 11111111							0B7H
A8H	IE 0X000000							0AFH
A0H	P2 11111111	AUXR1 XXXXXX0				WDTRST XXXXXXXX		0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX0XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 0000111	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								
	-	-	-	-	-	-	DPS	
Bit	7	6	5	4	3	2	1	
-	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 Set-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.

## Configuring 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 "Microcontrollers", then "8051-Architecture", then "Documentation", and "Other Documents". Open the Adobe® Acrobat® file "AT89 Series Hardware Description".

## 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 "Microcontrollers", then "8051-Architecture", then "Documentation", and "Other Documents". Open the Adobe Acrobat file "AT89 Series Hardware Description".

## Interrupts

The AT89S51 has a total of five interrupt vectors: two external interrupts ( $\overline{\text{INT0}}$  and  $\overline{\text{INT1}}$ ), 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 positions IE.6 and IE.5 are 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

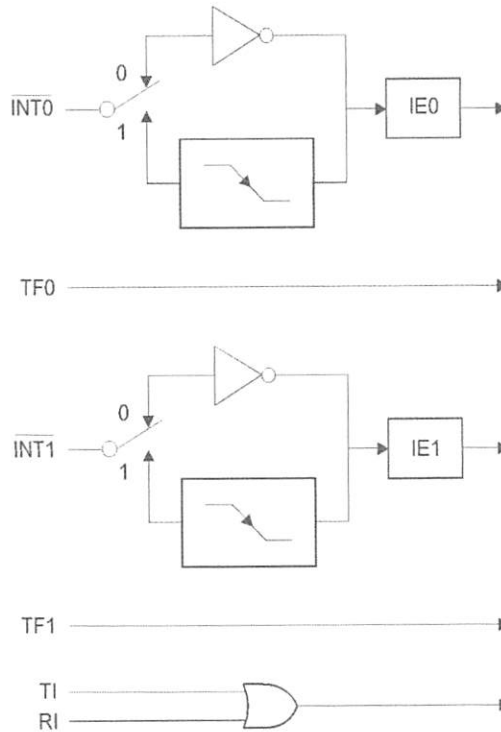
(MSB)				(LSB)			
EA	–	–	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
Enable Bit = 1 enables the interrupt.							
Enable Bit = 0 disables the interrupt.							

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.

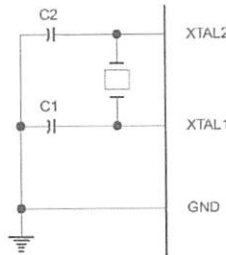
**Figure 1.** Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

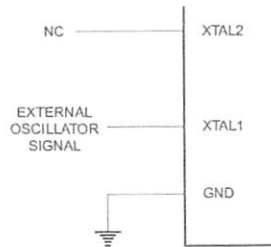
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected 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 (INT0 or INT1). Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V<sub>CC</sub> 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

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.

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 Modes table (Table 7) and Figures 4 and 5. 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/ $\overline{PROG}$  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  $\mu$ 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  $\overline{Data}$  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.  $\overline{Data}$  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 RDY/ $\overline{\text{BSY}}$  output signal. P3.0 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate  $\overline{\text{BUSY}}$ . P3.0 is pulled high again when programming is done to indicate 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 AT89S51  
 (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 ALE/ $\overline{\text{PROG}}$  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 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.

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

## Serial Programming Instruction Set

## 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.

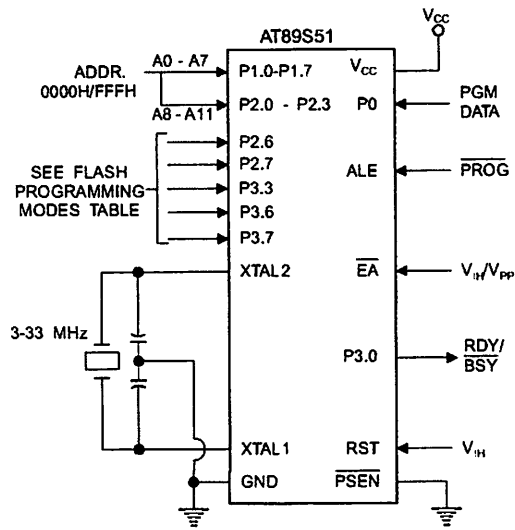
Most major worldwide programming vendors offer worldwide support for the Atmel AT89 microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Table 7. Flash Programming Modes

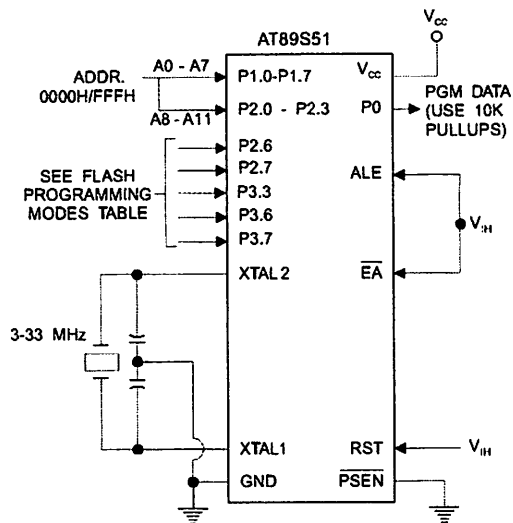
Mode	$V_{CC}$	RST	$\overline{PSEN}$	ALE/ PROG	$\overline{EA}/$ $V_{PP}$	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.3-0	P1.7-0
												Address	
Write Code Data	5V	H	L		12V	L	H	H	H	H	$D_{IN}$	A11-8	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	$D_{OUT}$	A11-8	A7-0
Write Lock Bit 1	5V	H	L		12V	H	H	H	H	H	X	X	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 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  $\overline{PROG}$  pulse is 200 ns - 500 ns for Chip Erase.
  2. Each  $\overline{PROG}$  pulse is 200 ns - 500 ns for Write Code Data.
  3. Each  $\overline{PROG}$  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)

Temperature: 20°C to 30°C,  $V_{CC} = 4.5$  to  $5.5V$

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
$f_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	33	MHz
$t_{AVGL}$	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{GHAX}$	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{DVGL}$	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
$t_{GHDX}$	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{EHS}$	P2.7 ( $\overline{ENABLE}$ ) High to $V_{PP}$	$48t_{CLCL}$		
$t_{SHGL}$	$V_{PP}$ Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		$\mu s$
$t_{GHS}$	$V_{PP}$ Hold After $\overline{PROG}$	10		$\mu s$
$t_{GLGH}$	$\overline{PROG}$ Width	0.2	1	$\mu s$
$t_{AVQV}$	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{EHQZ}$	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
$t_{ELQZ}$	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
$t_{GHL}$	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	$\mu s$
$t_{WC}$	Byte Write Cycle Time		50	$\mu s$

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

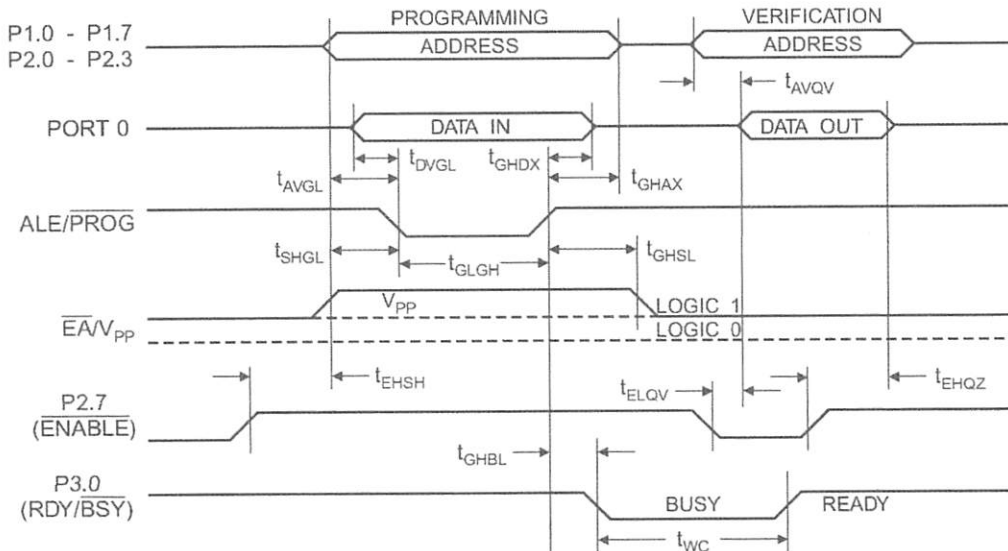
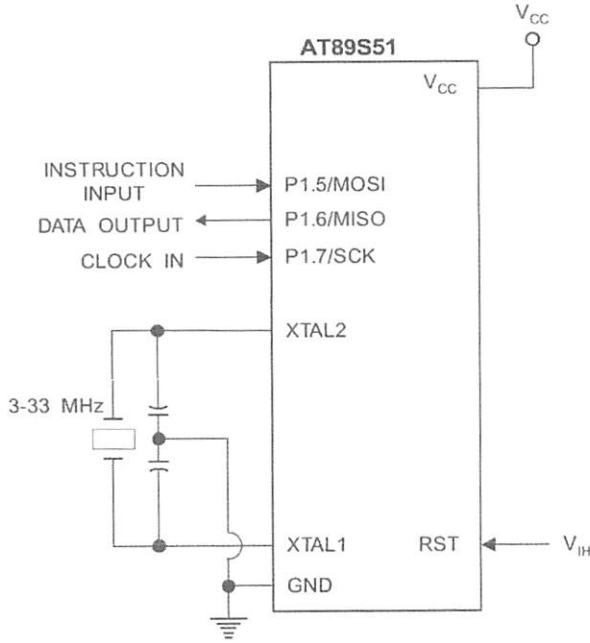


Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 8. Serial Programming Waveforms

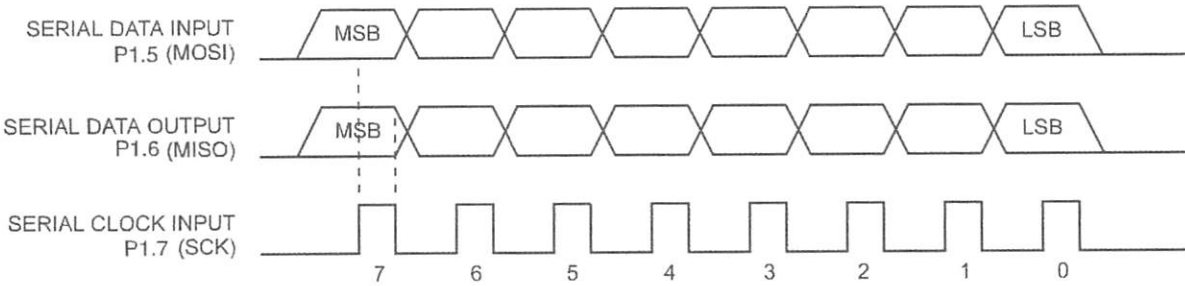




Table 8. Serial Programming Instruction Set

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 on MISO)	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 A9 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 A9 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 <sup>(1)</sup>	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (1).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xxx LB3 LB2 LB1 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes	0010 1000	xxxx A11 A10 A9 A8	A7 xxx xxx0	Signature Byte	Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxxx A11 A10 A9 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 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

- Note: 1. 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 bit modes need 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

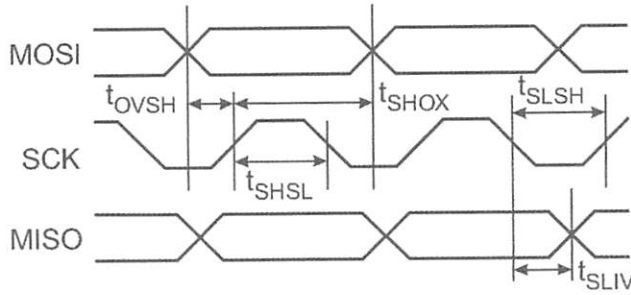


Table 9. Serial Programming Characteristics,  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$  (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3		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			$64 t_{CLCL} + 400$	$\mu\text{s}$







## 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
V <sub>CC</sub> 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<sub>A</sub> = -40°C to 85°C and V<sub>CC</sub> = 4.0V to 5.5V, unless otherwise noted.

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

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

**Characteristics**

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ , and  $\overline{\text{PSEN}}$  = 100 pF; load capacitance for all other ports = 80 pF.

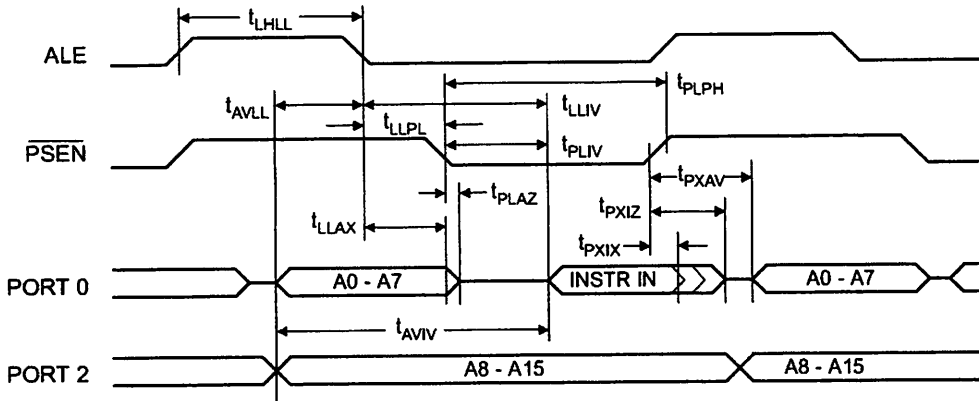
**Internal Program and Data Memory Characteristics**

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

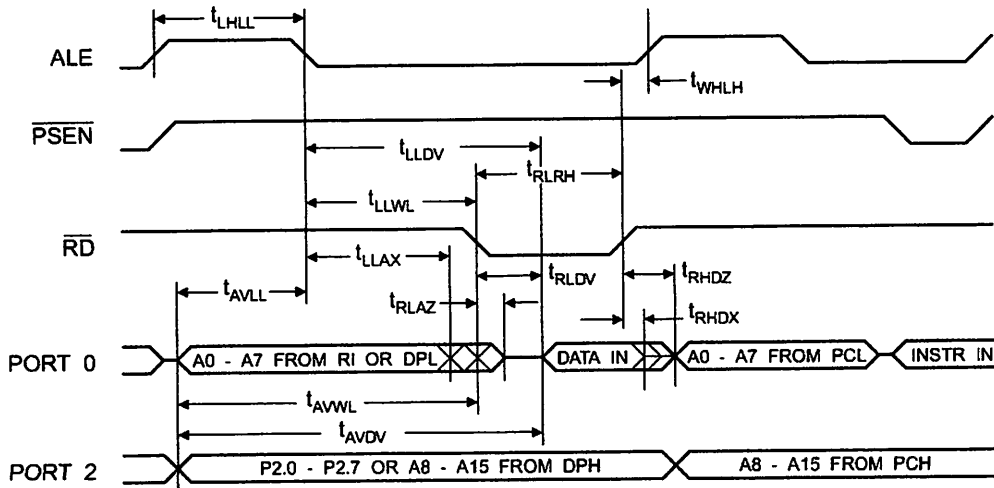




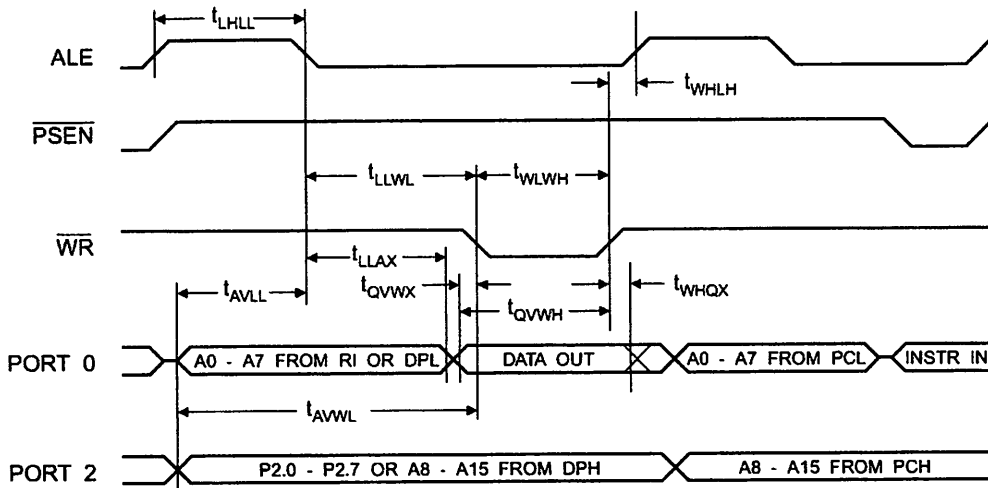
## Internal Program Memory Read Cycle



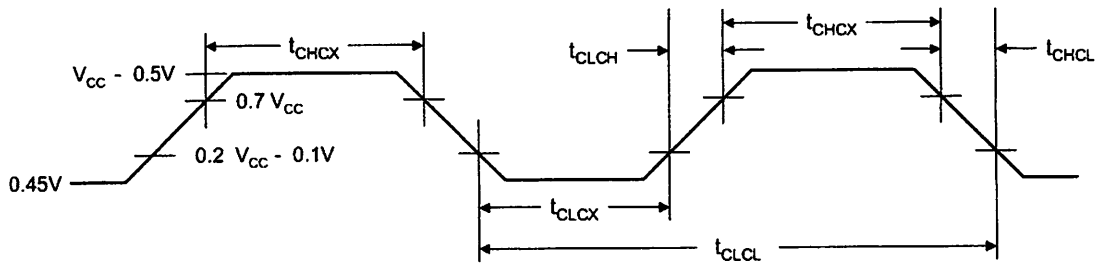
## Internal Data Memory Read Cycle



Internal Data Memory Write Cycle



Internal Clock Drive Waveforms



Internal Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
CLCL	Oscillator Frequency	0	33	MHz
CL	Clock Period	30		ns
CHCX	High Time	12		ns
CLCX	Low Time	12		ns
CH	Rise Time		5	ns
CL	Fall Time		5	ns



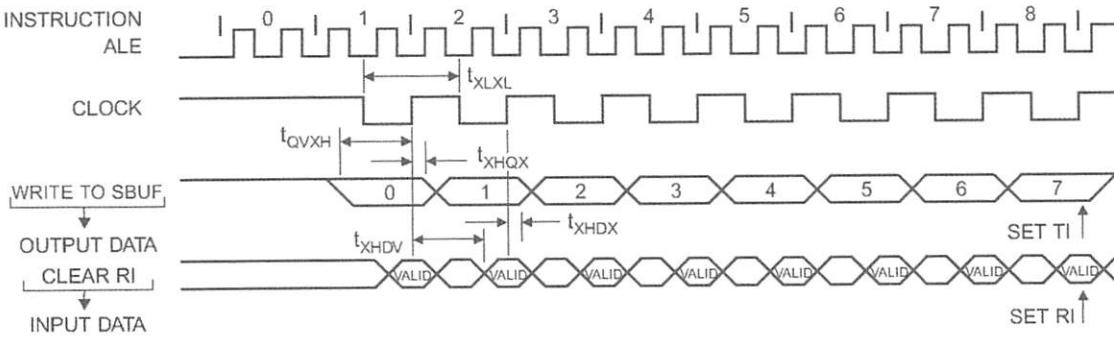


## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

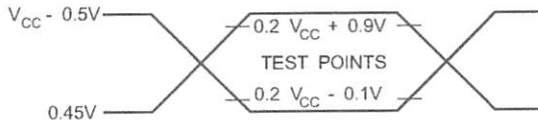
Values in this table are valid for  $V_{CC} = 4.0V$  to  $5.5V$  and Load Capacitance =  $80\text{ pF}$ .

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

## Shift Register Mode Timing Waveforms



## AC Testing Input/Output Waveforms<sup>(1)</sup>



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  $V_{IH}$  min. for a logic 1 and  $V_{IL}$  max. for a logic 0.

## Output Waveforms<sup>(1)</sup>



1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a  $100\text{ mV}$  change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a  $100\text{ mV}$  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	
		AT89S51-24SC	42PS6	
		AT89S51-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
		AT89S51-24JI	44J	
		AT89S51-24PI	40P6	
		AT89S51-24SI	42PS6	
33	4.5V to 5.5V	AT89S51-33AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)
		AT89S51-33JC	44J	
		AT89S51-33PC	40P6	
		AT89S51-33SC	42PS6	

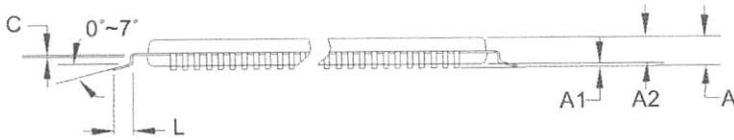
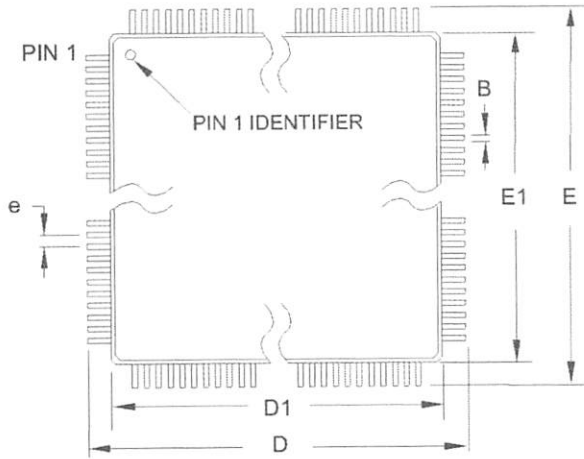
Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
42PS6	42-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)





# Packaging Information

44A – TQFP



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

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

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

10/5/2001

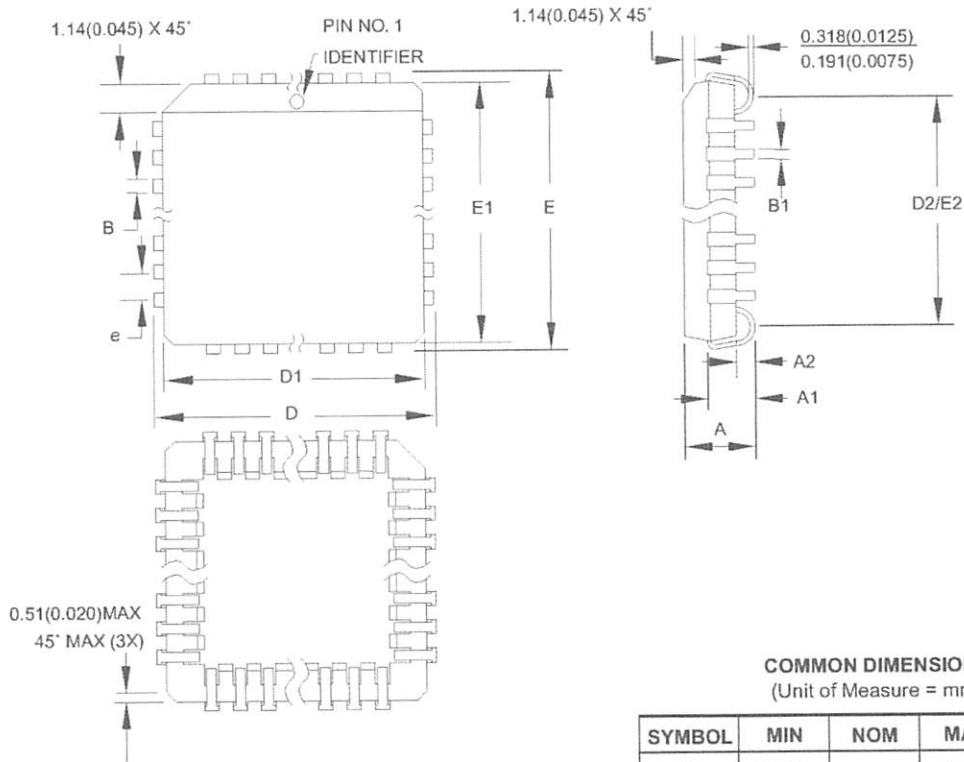
**ATMEL** 2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131

**TITLE**  
44A, 44-lead, 10 x 10 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness,  
0.8 mm Lead Pitch, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)

**DRAWING NO.** 44A  
**REV.** B

**AT89S51**

2487B-MICRO-12/03




COMMON DIMENSIONS  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	4.191	-	4.572	
A1	2.286	-	3.048	
A2	0.508	-	-	
D	17.399	-	17.653	
D1	16.510	-	16.662	Note 2
E	17.399	-	17.653	
E1	16.510	-	16.662	Note 2
D2/E2	14.986	-	16.002	
B	0.660	-	0.813	
B1	0.330	-	0.533	
e	1.270 TYP			

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

10/04/01

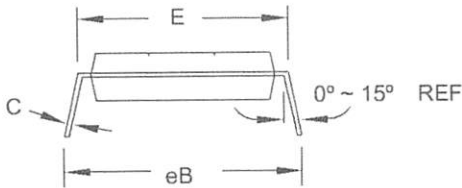
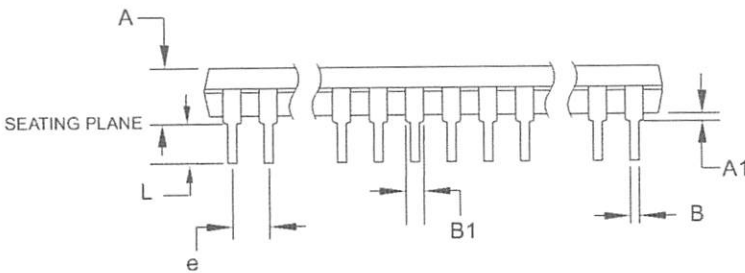
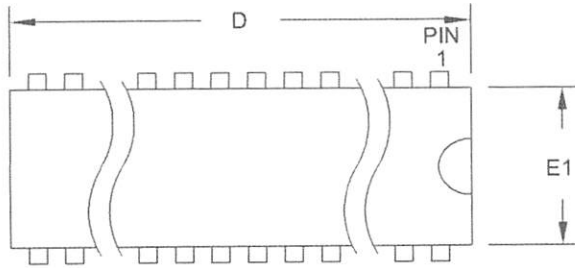
 2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	<b>TITLE</b> 44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)	<b>DRAWING NO.</b> 44J	<b>REV.</b> B
---	--	---------------------------	------------------







P6 – PDIP



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

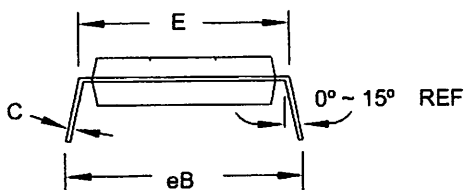
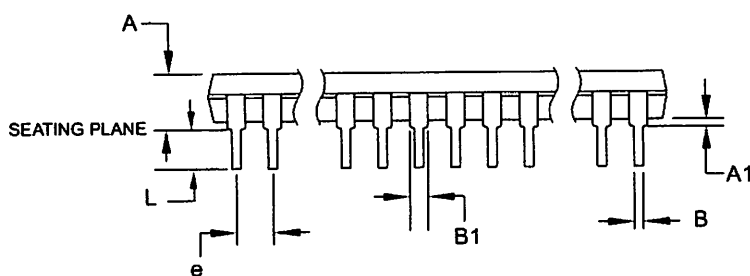
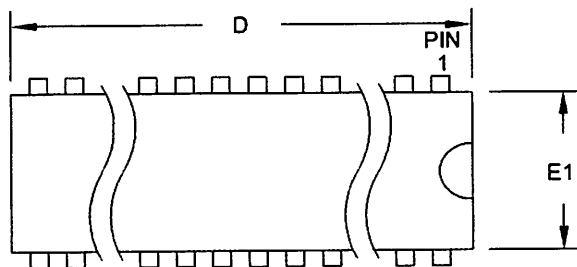
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	4.826	
A1	0.381	-	-	
D	52.070	-	52.578	Note 2
E	15.240	-	15.875	
E1	13.462	-	13.970	Note 2
B	0.356	-	0.559	
B1	1.041	-	1.651	
L	3.048	-	3.556	
C	0.203	-	0.381	
eB	15.494	-	17.526	
e	2.540 TYP			

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

09/28/01

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	<b>TITLE</b> <b>40P6, 40-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual          Inline Package (PDIP)</b>	<b>DRAWING NO.</b> 40P6	<b>REV.</b> B
--	---	----------------------------	------------------

42PS6 – PDIP




COMMON DIMENSIONS  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	4.83	
A1	0.51	-	-	
D	36.70	-	36.96	Note 2
E	15.24	-	15.88	
E1	13.46	-	13.97	Note 2
B	0.38	-	0.56	
B1	0.76	-	1.27	
L	3.05	-	3.43	
C	0.20	-	0.30	
eB	-	-	18.55	
e	1.78 TYP			

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

11/6/03

 2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	<b>TITLE</b> 42PS6, 42-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)	<b>DRAWING NO.</b>	<b>REV.</b>
		42PS6	A



## Atmel Corporation

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

## Regional Headquarters

### Europe

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

### Asia

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

### Japan

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

## Atmel Operations

### Memory

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

### Microcontrollers

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

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

### ASIC/ASSP/Smart Cards

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

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

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

### RF/Automotive

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

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

### Biometrics/Imaging/Hi-Rel MPU/ High Speed Converters/RF Datacom

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

---

### Literature Requests

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

Disclaimer: 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 in critical components in life support devices or systems.

Atmel Corporation 2003. All rights reserved. Atmel® and combinations thereof are the registered trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. MCS® is a registered trademark of Intel Corporation. Adobe® and Acrobat® are the registered trademarks of Adobe Systems Inc. Other terms and product names may be the trademarks of others.



Printed on recycled paper.

2487B-MICRO-12/03

# LM124/LM224/LM324/LM2902

## Low Power Quad Operational Amplifiers

### General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional  $\pm 15V$  power supplies.

### Unique Characteristics

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

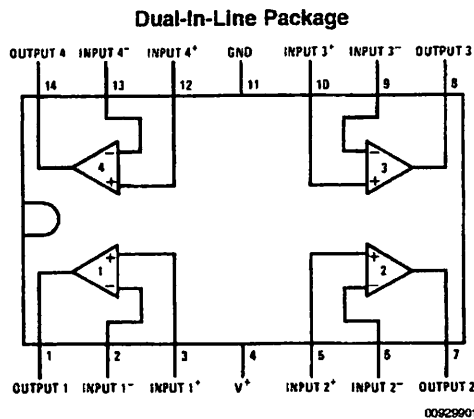
### Advantages

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

### Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:  
Single supply 3V to 32V  
or dual supplies  $\pm 1.5V$  to  $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700  $\mu A$ )—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to  $V^+ - 1.5V$

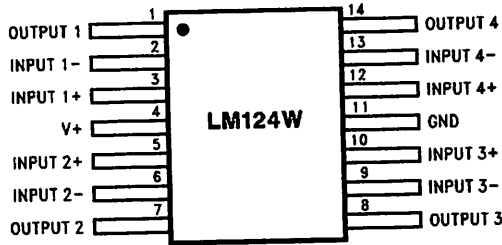
### Connection Diagrams



#### Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M, LM2902MX, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N LM124AJRQML and LM124AJRQMLV (Note 3)  
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

## Connection Diagrams (Continued)



00929933

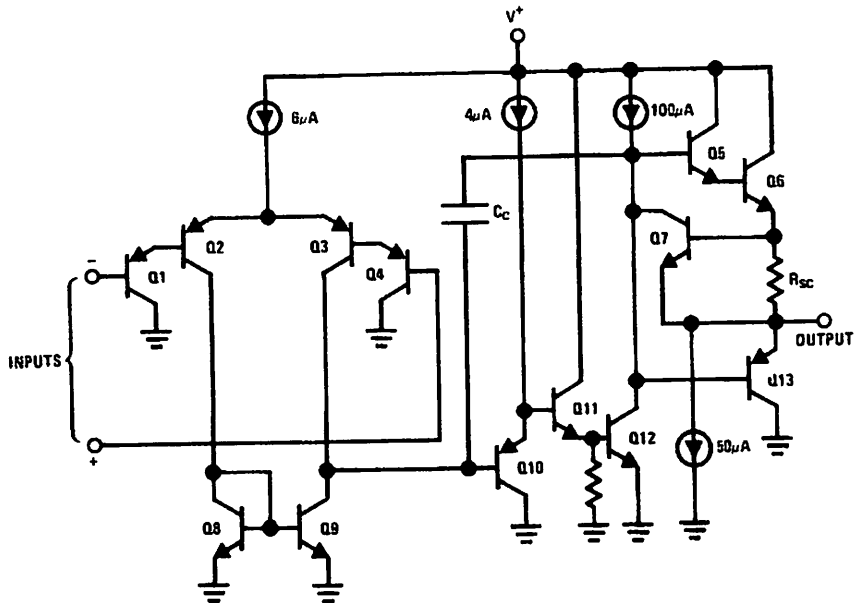
Order Number LM124AW/883, LM124AWG/883, LM124W/883 or LM124WG/883  
 LM124AWRQML and LM124AWRQMLV(Note 3)  
 See NS Package Number W14B  
 LM124AWGRQML and LM124AWGRQMLV(Note 3)  
 See NS Package Number WG14A

Note 1: LM124A available per JM38510/11006

Note 2: LM124 available per JM38510/11005

Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device

## Schematic Diagram (Each Amplifier)



00929902

**Absolute Maximum Ratings** (Note 12)

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

Distributors for availability and specifications.

	LM124/LM224/LM324	LM2902
	LM124A/LM224A/LM324A	
Supply Voltage, $V^+$	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Input Current ( $V_{IN} < -0.3V$ ) (Note 6)	50 mA	50 mA
Power Dissipation (Note 4)		
Molded DIP	1130 mW	1130 mW
Cavity DIP	1260 mW	1260 mW
Small Outline Package	800 mW	800 mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 5) $V^+ \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous -40°C to +85°C
Operating Temperature Range		
LM324/LM324A	0°C to +70°C	
LM224/LM224A	-25°C to +85°C	
LM124/LM124A	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 13)	250V	250V

**Electrical Characteristics**

$V^+ = +5.0V$ , (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$		1	2		1	3		2	3	mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ , $V_{CM} = 0V$ , $T_A = 25^\circ C$		20	50		40	80		45	100	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ , $V_{CM} = 0V$ , $T_A = 25^\circ C$		2	10		2	15		5	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = 30V$ , (LM2902, $V^+ = 26V$ ), $T_A = 25^\circ C$		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2902 $V^+ = 26V$ ) $V^+ = 5V$										mA
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V$ , $R_L \geq 2k\Omega$ , ( $V_O = 1V$ to $11V$ ), $T_A = 25^\circ C$		50	100		50	100		25	100	V/mV
Common-Mode	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$ ,		70	85		70	85		65	85	dB

**Electrical Characteristics** (Continued)V<sup>+</sup> = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Rejection Ratio	T <sub>A</sub> = 25°C										
Power Supply Rejection Ratio	V <sup>+</sup> = 5V to 30V (LM2902, V <sup>+</sup> = 5V to 26V), T <sub>A</sub> = 25°C	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	f = 1 kHz to 20 kHz, T <sub>A</sub> = 25°C (Input Referred)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 2V, T <sub>A</sub> = 25°C	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 2V, T <sub>A</sub> = 25°C	10	20		10	20		10	20		
	Sink V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = 1V, V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 200 mV, T <sub>A</sub> = 25°C	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	(Note 5) V <sup>+</sup> = 15V, T <sub>A</sub> = 25°C		40	60		40	60		40	60	mA
Input Offset Voltage	(Note 8)			4			4			5	mV
V <sub>OS</sub> Drift	R <sub>S</sub> = 0Ω		7	20		7	20		7	30	μV/°C
Input Offset Current	I <sub>IN(+)</sub> - I <sub>IN(-)</sub> , V <sub>CM</sub> = 0V			30			30			75	nA
I <sub>OS</sub> Drift	R <sub>S</sub> = 0Ω		10	200		10	200		10	300	pA/°C
Input Bias Current	I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub>		40	100		40	100		40	200	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V <sup>+</sup> = +30V (LM2902, V <sup>+</sup> = 26V)	0		V <sup>+</sup> -2	0		V <sup>+</sup> -2	0		V <sup>+</sup> -2	V
Large Signal Voltage Gain	V <sup>+</sup> = +15V (V <sub>O</sub> Swing = 1V to 11V) R <sub>L</sub> ≥ 2 kΩ		25			25			15		V/mV
Output Voltage Swing	V <sub>OH</sub> V <sup>+</sup> = 30V (LM2902, V <sup>+</sup> = 26V)		26			26			26		V
	R <sub>L</sub> = 2 kΩ										
	V <sub>OL</sub> V <sup>+</sup> = 5V, R <sub>L</sub> = 10 kΩ		5	20		5	20		5	20	mV
Output Current	Source V <sub>O</sub> = 2V		10	20		10	20		10	20	mA
	Sink V <sub>IN</sub> <sup>-</sup> = +1V, V <sub>IN</sub> <sup>+</sup> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V		10	15		5	8		5	8	

**Electrical Characteristics**V<sup>+</sup> = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) T <sub>A</sub> = 25°C		2	5		2	7		2	7	mV
Input Bias Current (Note 9)	I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub> , V <sub>CM</sub> = 0V, T <sub>A</sub> = 25°C		45	150		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub> , V <sub>CM</sub> = 0V, T <sub>A</sub> = 25°C		3	30		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V <sup>+</sup> = 30V, (LM2902, V <sup>+</sup> = 26V), T <sub>A</sub> = 25°C	0		V <sup>+</sup> -1.5	0		V <sup>+</sup> -1.5	0		V <sup>+</sup> -1.5	V

**Electrical Characteristics** (Continued)V<sup>+</sup> = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter		Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Supply Current		Over Full Temperature Range R <sub>L</sub> = ∞ On All Op Amps V <sup>+</sup> = 30V (LM2902 V <sup>+</sup> = 26V) V <sup>-</sup> = 5V		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
				0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2	
Large Signal Voltage Gain		V <sup>+</sup> = 15V, R <sub>L</sub> ≥ 2kΩ, (V <sub>O</sub> = 1V to 11V), T <sub>A</sub> = 25°C	50	100		25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio		DC, V <sub>CM</sub> = 0V to V <sup>+</sup> - 1.5V, T <sub>A</sub> = 25°C	70	85		65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio		V <sup>+</sup> = 5V to 30V (LM2902, V <sup>+</sup> = 5V to 26V), T <sub>A</sub> = 25°C	65	100		65	100		50	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)		f = 1 kHz to 20 kHz, T <sub>A</sub> = 25°C (Input Referred)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source	V <sub>IN+</sub> = 1V, V <sub>IN-</sub> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 2V, T <sub>A</sub> = 25°C	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink	V <sub>IN-</sub> = 1V, V <sub>IN+</sub> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 2V, T <sub>A</sub> = 25°C	10	20		10	20		10	20		
			V <sub>IN-</sub> = 1V, V <sub>IN+</sub> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V, V <sub>O</sub> = 200 mV, T <sub>A</sub> = 25°C	12	50		12	50		12	50	
Short Circuit to Ground		(Note 5) V <sup>+</sup> = 15V, T <sub>A</sub> = 25°C		40	60		40	60		40	60	mA
Output Offset Voltage		(Note 8)			7			9			10	mV
OS Drift		R <sub>S</sub> = 0Ω			7			7			7	μV/°C
Output Offset Current		I <sub>IN(+)</sub> - I <sub>IN(-)</sub> , V <sub>CM</sub> = 0V			100			150			45 200	nA
OS Drift		R <sub>S</sub> = 0Ω			10			10			10	pA/°C
Output Bias Current		I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub>			40 300			40 500			40 500	nA
Output Common-Mode Voltage Range (Note 3)		V <sup>+</sup> = +30V (LM2902, V <sup>+</sup> = 26V)	0		V <sup>+</sup> -2	0		V <sup>+</sup> -2	0		V <sup>+</sup> -2	V
Large Signal Voltage Gain		V <sup>+</sup> = +15V (V <sub>O</sub> Swing = 1V to 11V) R <sub>L</sub> ≥ 2 kΩ		25			15			15		V/mV
Output Voltage Swing	V <sub>OH</sub>	V <sup>+</sup> = 30V					26			22		V
		(LM2902, V <sup>+</sup> = 26V)					27 28			23 24		
	V <sub>OL</sub>	V <sup>+</sup> = 5V, R <sub>L</sub> = 10 kΩ		5	20		5	20		5	100	mV
Output Current	Source	V <sub>O</sub> = 2V					10 20			10 20		mA
	Sink	V <sub>IN+</sub> = +1V, V <sub>IN-</sub> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V					5 8			5 8		
		V <sub>IN-</sub> = +1V, V <sub>IN+</sub> = 0V, V <sup>+</sup> = 15V					5 8			5 8		

**Note 4:** For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 88°C/W which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate of to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

**Note 5:** Short circuits from the output to V<sup>+</sup> can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V<sup>+</sup>. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

**Note 6:** This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action



## Electrical Characteristics (Continued)

on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the  $V^+$  voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than  $-0.3V$  (at  $25^\circ C$ ).

**Note 7:** These specifications are limited to  $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$  for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to  $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$ , the LM324/LM324A temperature specifications are limited to  $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$ , and the LM2902 specifications are limited to  $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$ .

**Note 8:**  $V_O \approx 1.4V$ ,  $R_S = 0\Omega$  with  $V^+$  from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to  $V^+ - 1.5V$ ) for LM2902,  $V^+$  from 5V to 26V.

**Note 9:** The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

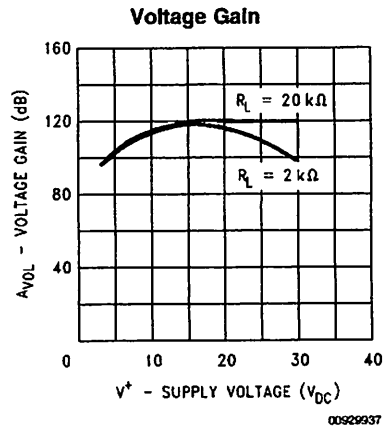
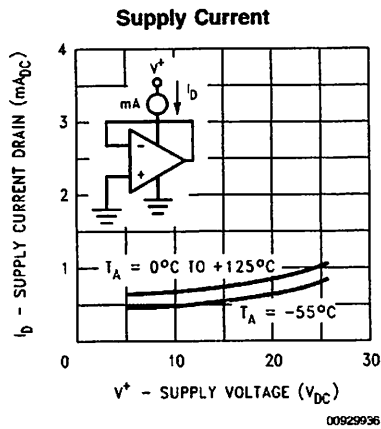
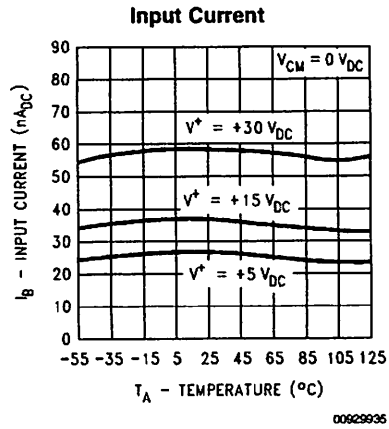
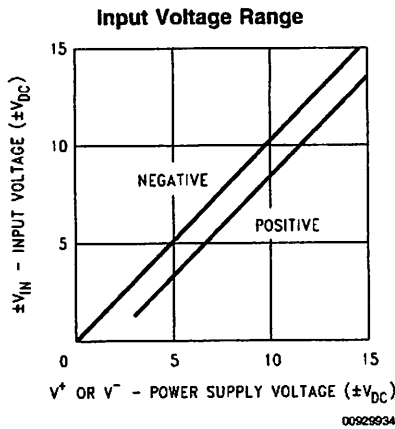
**Note 10:** The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at  $25^\circ C$ ). The upper end of the common-mode voltage range is  $V^+ - 1.5V$  (at  $25^\circ C$ ), but either or both inputs can go to +32V without damage (+26V for LM2902), independent of the magnitude of  $V^+$ .

**Note 11:** Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

**Note 12:** Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

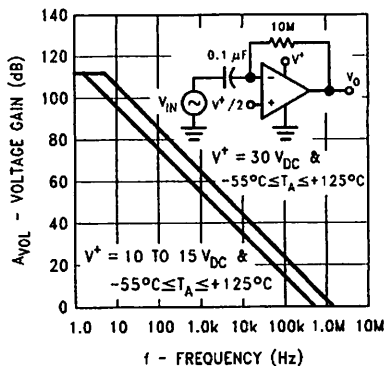
**Note 13:** Human body model, 1.5 k $\Omega$  in series with 100 pF.

## Typical Performance Characteristics



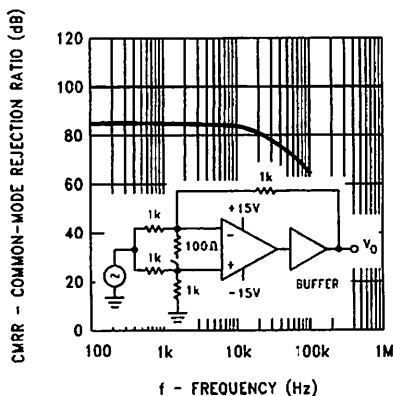
Typical Performance Characteristics (Continued)

Open Loop Frequency Response



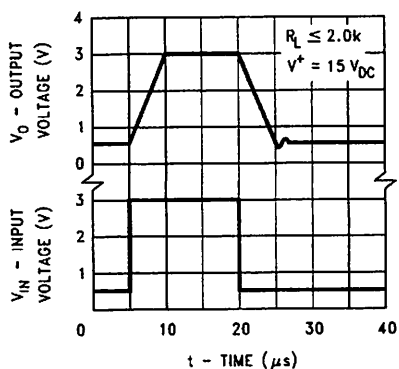
00929938

Common Mode Rejection Ratio



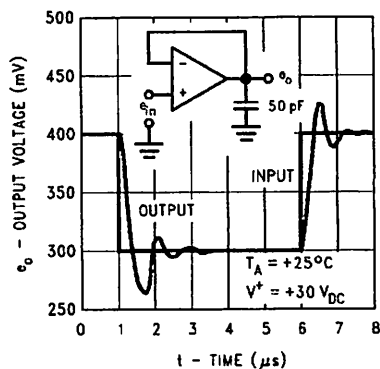
00929939

Voltage Follower Pulse Response



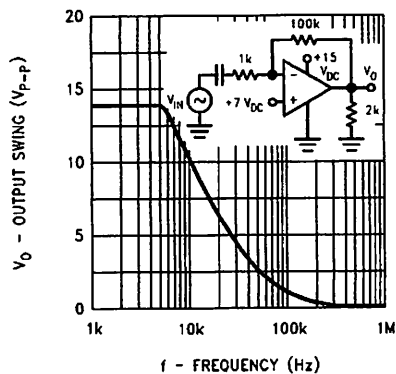
00929940

Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)



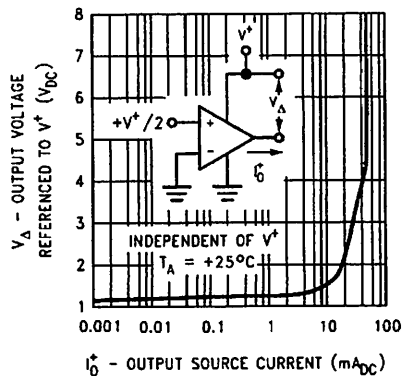
00929941

Large Signal Frequency Response



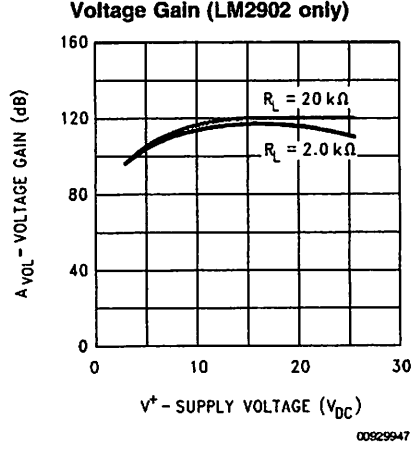
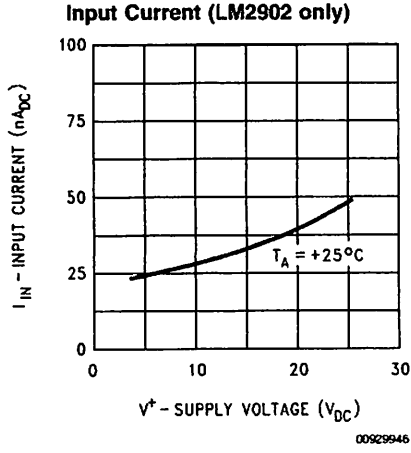
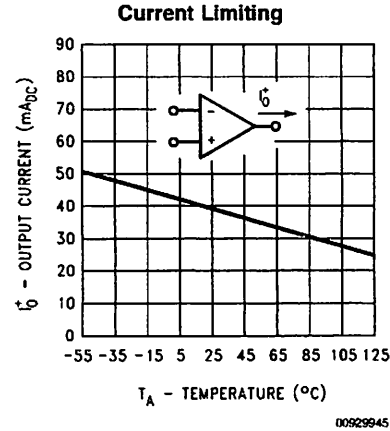
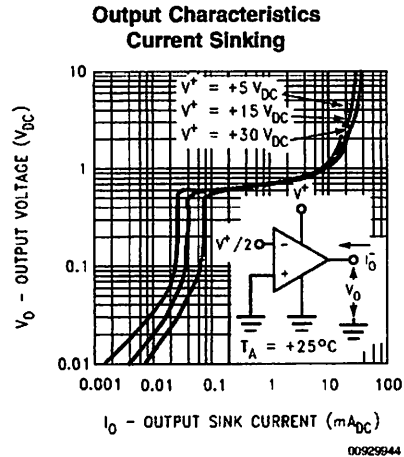
00929942

Output Characteristics Current Sourcing



00929943

Typical Performance Characteristics (Continued)



Application Hints

The LM124 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of 0  $V_{DC}$ . These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At 25 $^\circ C$  amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of 2.3  $V_{DC}$ .

The pinouts of the package have been designed to simplify PC board layouts. Inverting inputs are adjacent to outputs for all of the amplifiers and the outputs have also been placed at the corners of the package (pins 1, 7, 8, and 14).

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

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than  $V^+$  without damaging the device. Protection

should be provided to prevent the input voltages from going negative more than  $-0.3 V_{DC}$  (at 25 $^\circ C$ ). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

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

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion.

Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

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

## Application Hints (Continued)

The bias network of the LM124 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from  $3 V_{DC}$  to  $30 V_{DC}$ .

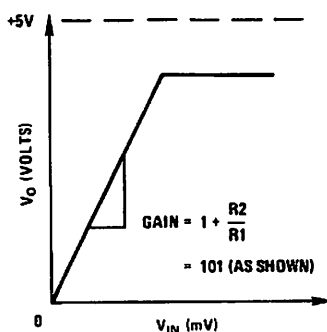
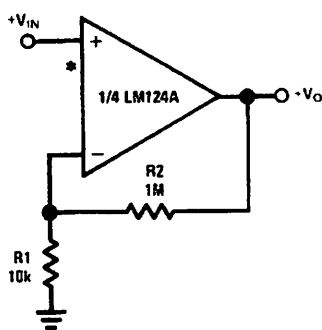
Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of

output source current which is available at  $25^{\circ}C$  provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

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

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

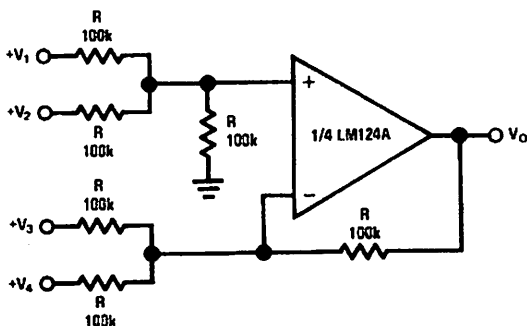
### Non-Inverting DC Gain (0V Input = 0V Output)



00929905

R not needed due to temperature independent  $I_{IN}$

### DC Summing Amplifier ( $V_{IN's} \geq 0 V_{DC}$ and $V_O \geq V_{DC}$ )

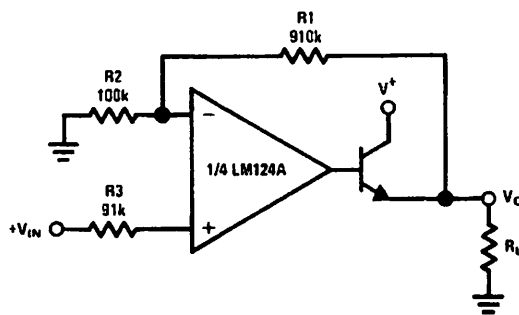


00929906

Where:  $V_O = V_1 + V_2 - V_3 - V_4$

$(V_1 + V_2) \geq (V_3 + V_4)$  to keep  $V_O > 0 V_{DC}$

### Power Amplifier



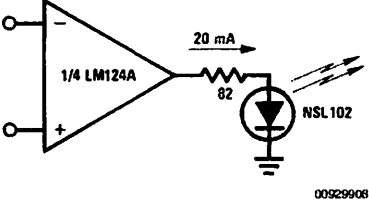
00929907

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

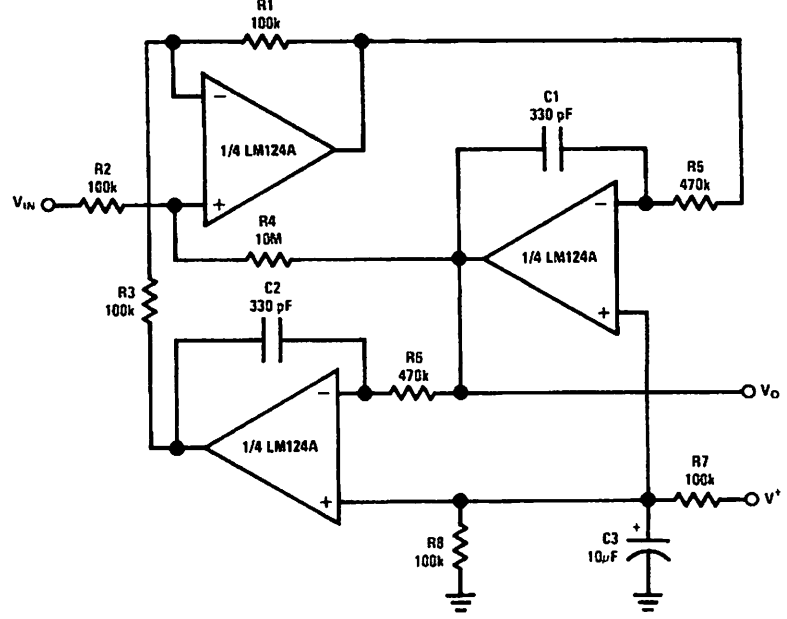
$A_V = 10$

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

LED Driver

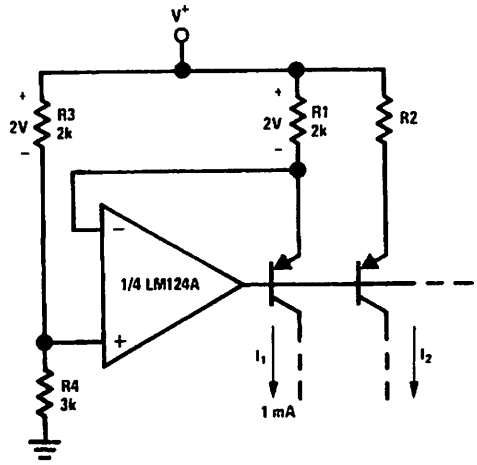


"BI-QUAD" RC Active Bandpass Filter



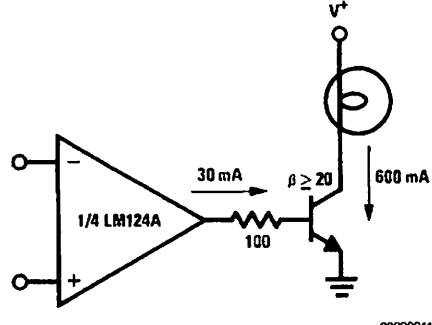
$f_o = 1 \text{ kHz}$   
 $Q = 50$   
 $A_V = 100 \text{ (40 dB)}$

Fixed Current Sources



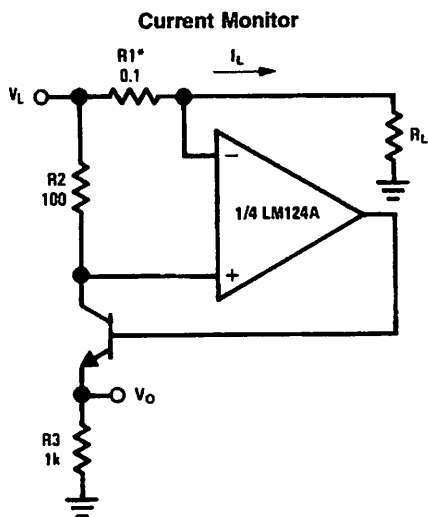
$$I_2 = \left(\frac{R1}{R2}\right) I_1$$

Lamp Driver



# Typical Single-Supply Applications

( $V^+ = 5.0 V_{OC}$ ) (Continued)

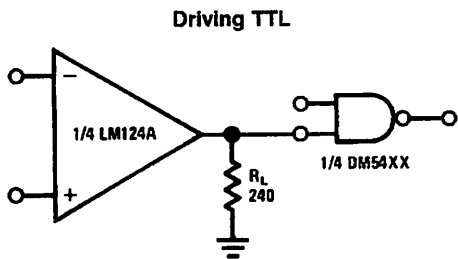


00929912

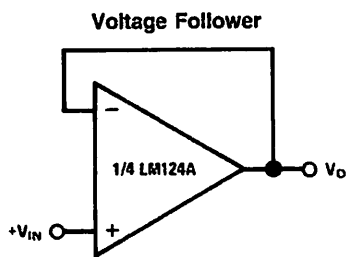
$$V_O = \frac{1V(I_L)}{1A}$$

$$V_L \leq V^+ - 2V$$

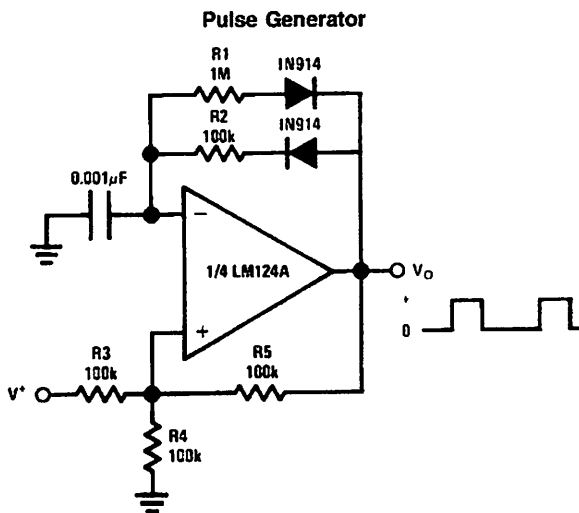
(Increase R1 for  $I_L$  small)



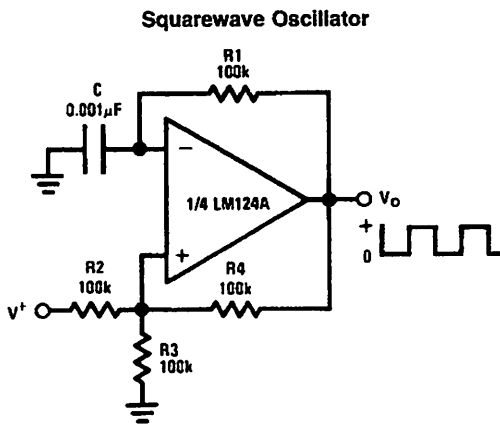
00929913



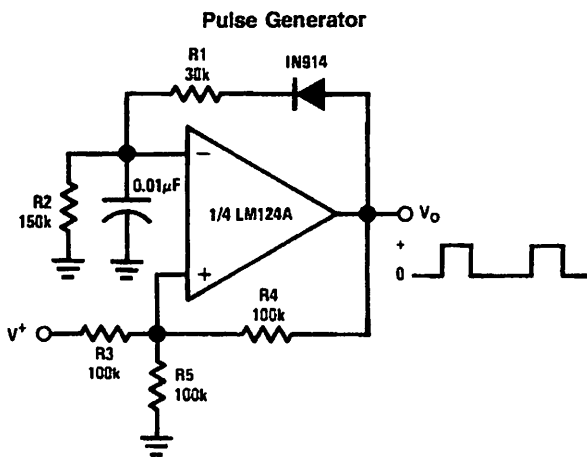
00929914



00929915



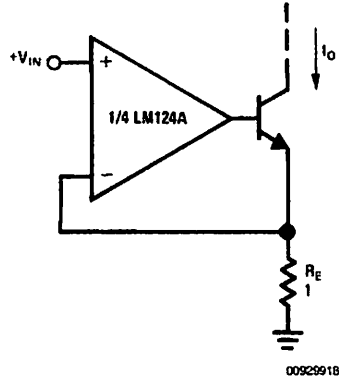
00929916



00929917

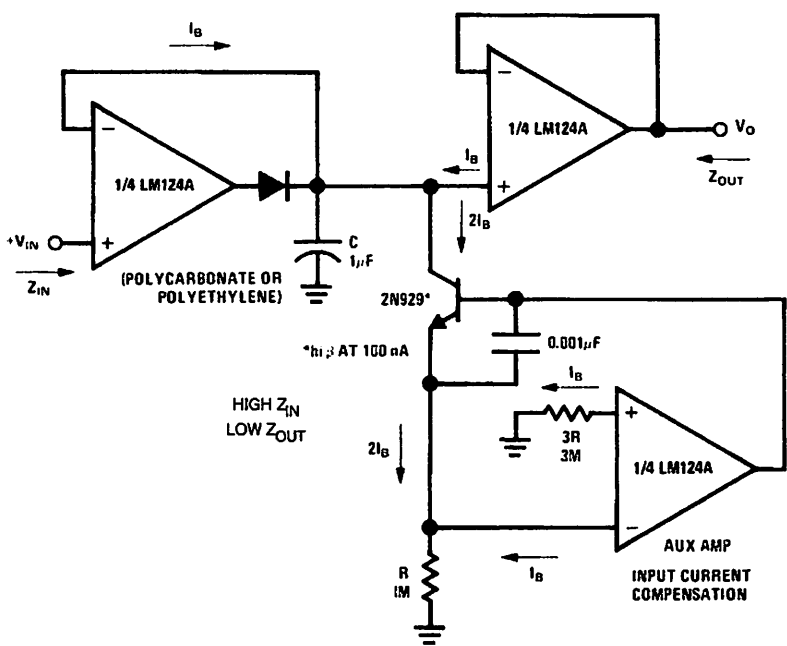
Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

High Compliance Current Sink



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

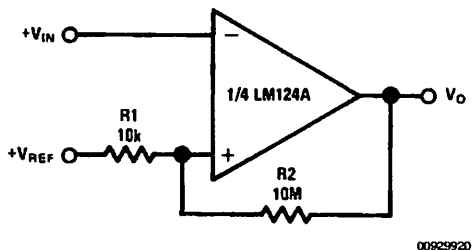
Low Drift Peak Detector



00929919

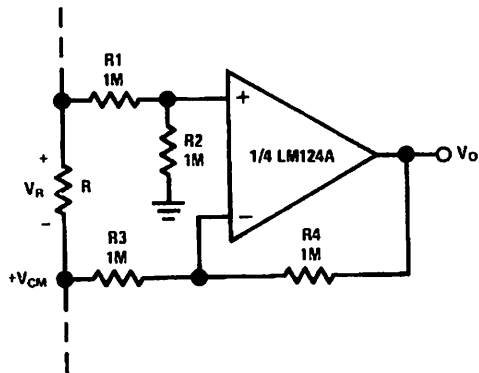
Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

Comparator with Hysteresis



00929920

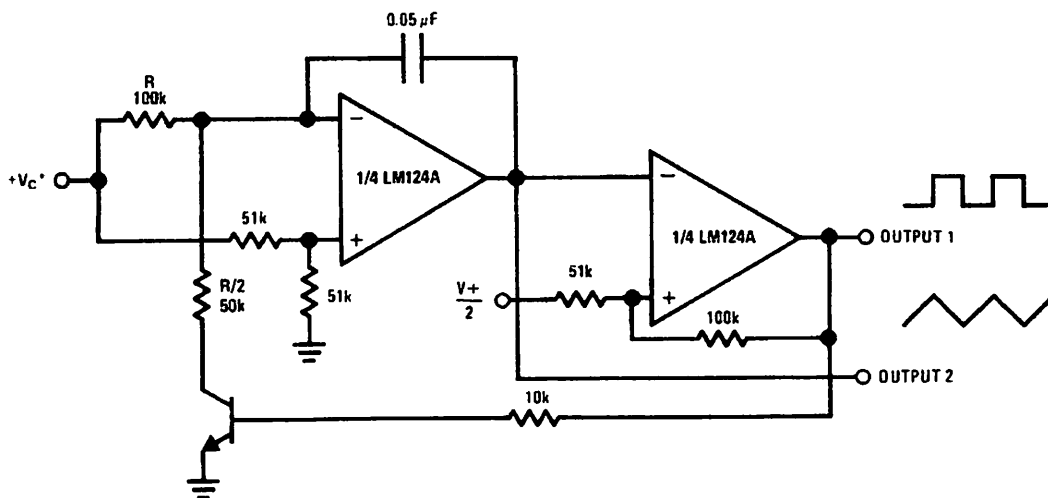
Ground Referencing a Differential Input Signal



00929921

$V_O = V_R$

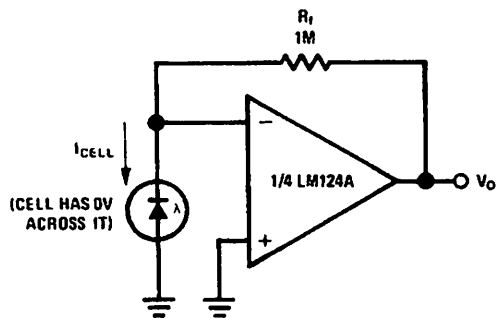
Voltage Controlled Oscillator Circuit



00929922

Wide control voltage range:  $0 V_{DC} \leq V_C \leq 2 (V^+ - 1.5 V_{DC})$

Photo Voltaic-Cell Amplifier

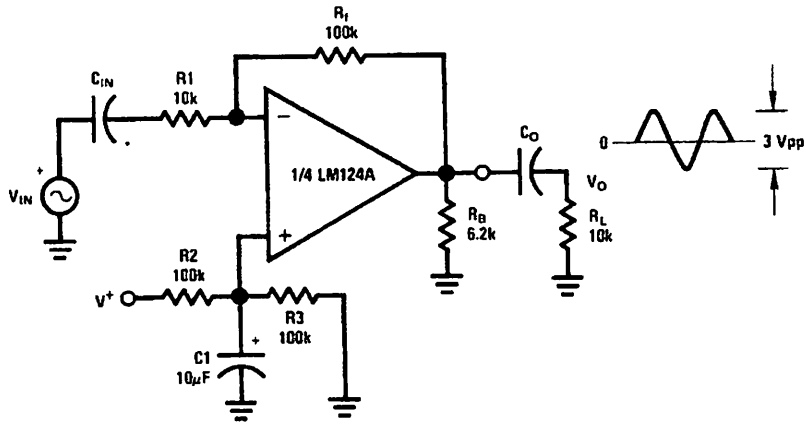


00929923



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

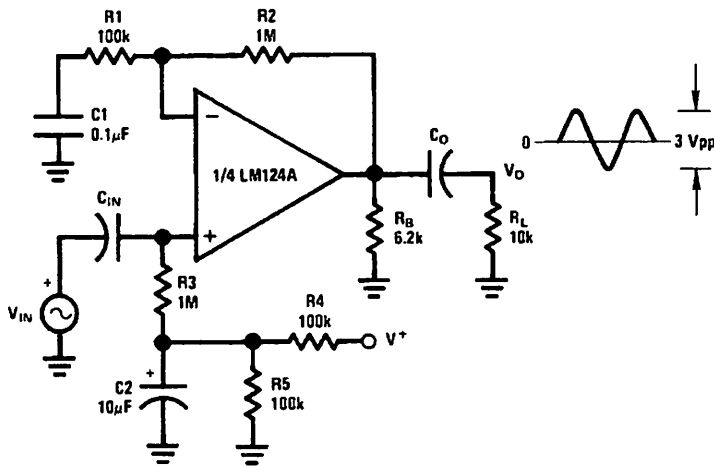
AC Coupled Inverting Amplifier



00929924

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

AC Coupled Non-Inverting Amplifier



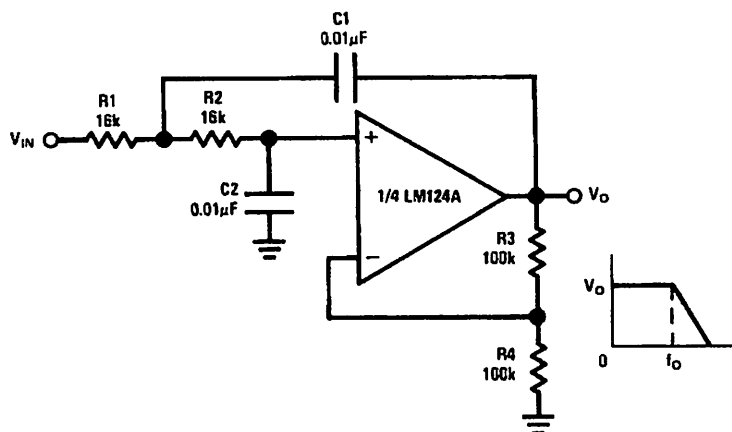
00929925

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

$$A_V = 11 \text{ (As shown)}$$

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

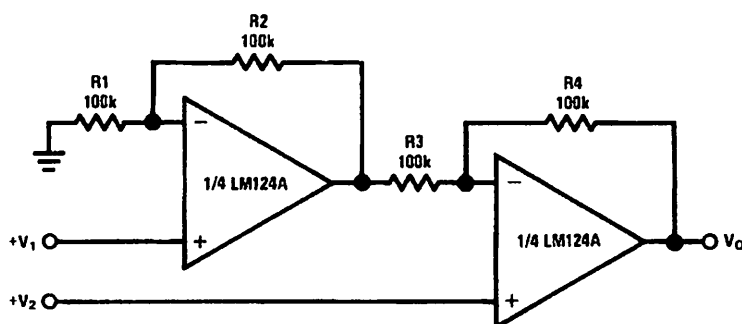
DC Coupled Low-Pass RC Active Filter



00929925

$f_D = 1 \text{ kHz}$   
 $\beta = 1$   
 $\gamma_V = 2$

High Input Z, DC Differential Amplifier



00929927

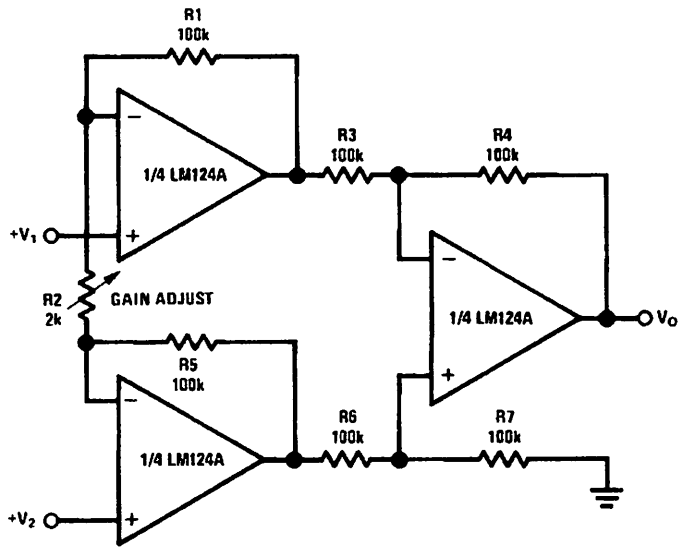
For  $\frac{R1}{R2} = \frac{R4}{R3}$  (CMRR depends on this resistor ratio match)

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

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

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

High Input Z Adjustable-Gain DC Instrumentation Amplifier



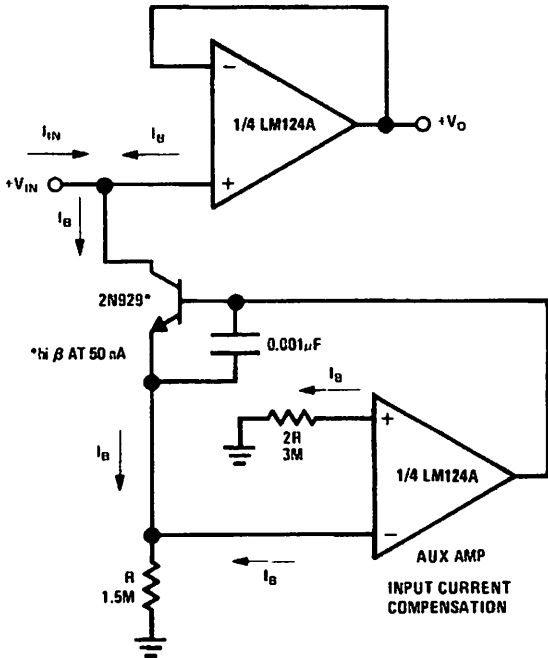
00929926

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

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

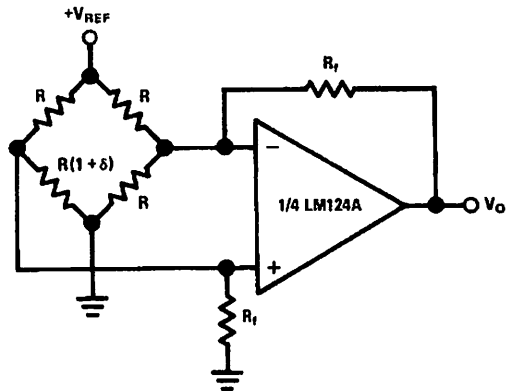
As shown  $V_O = 101 (V_2 - V_1)$

Using Symmetrical Amplifiers to Reduce Input Current (General Concept)



00929929

Bridge Current Amplifier



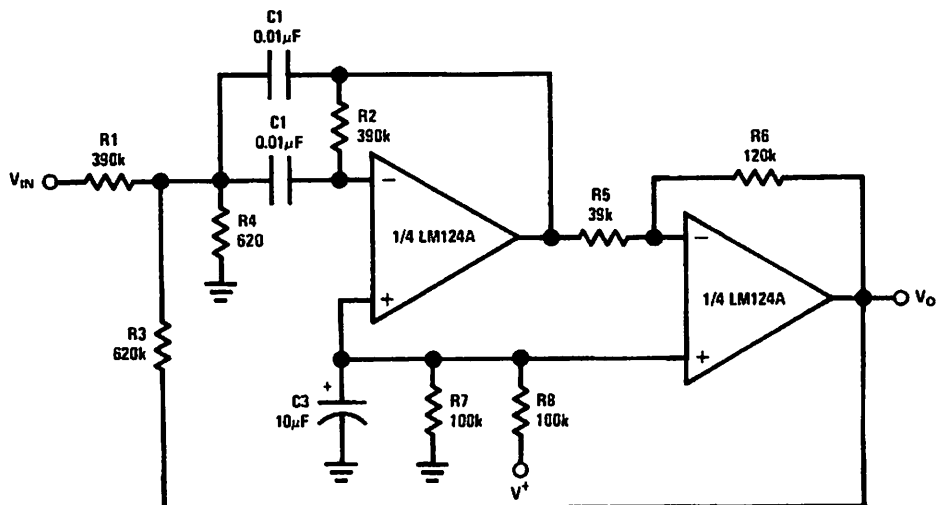
00929930

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

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

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

Bandpass Active Filter

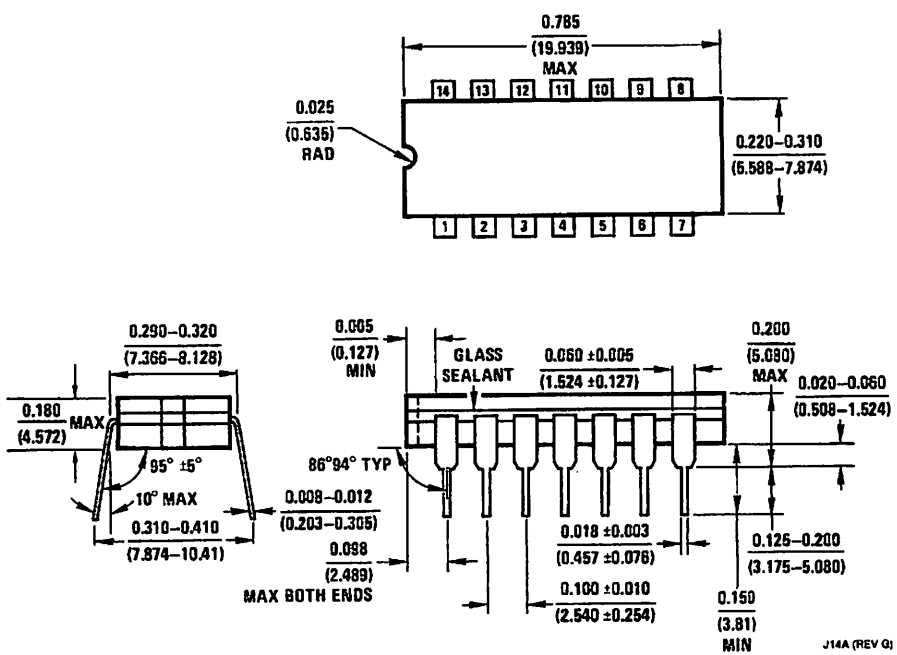


00929931

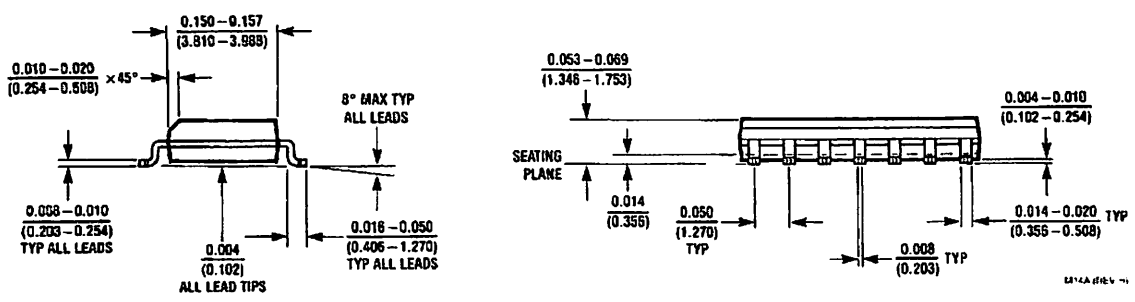
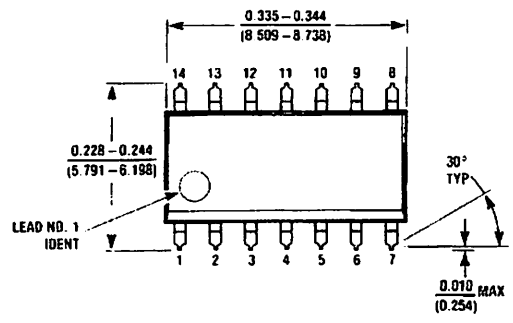
$f_0 = 1 \text{ kHz}$   
 $Q = 25$

LM124/LM224/LM324/LM2902

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

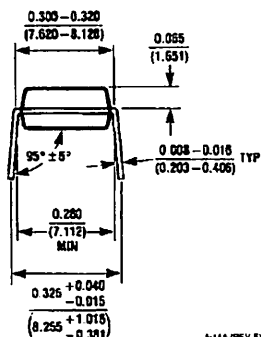
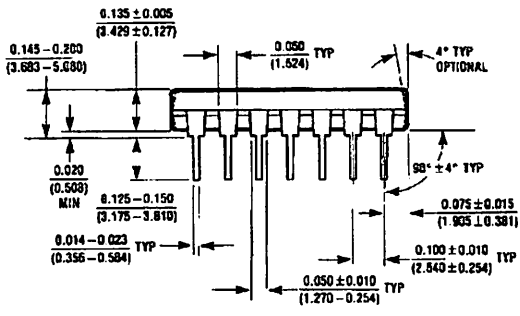
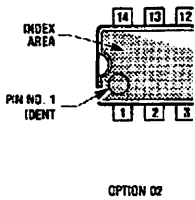
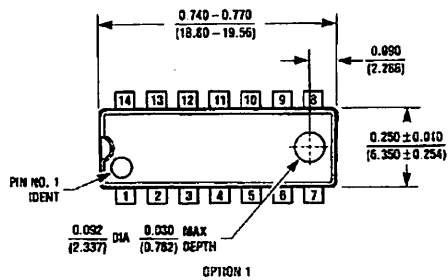


**Ceramic Dual-In-Line Package (J)**  
 Order Number JL124ABCA, JL124BCA, JL124ASCA, JL124SCA, LM124J,  
 LM124AJ, LM124AJ/883, LM124J/883, LM224J, LM224AJ or LM324J  
 NS Package Number J14A

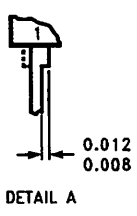
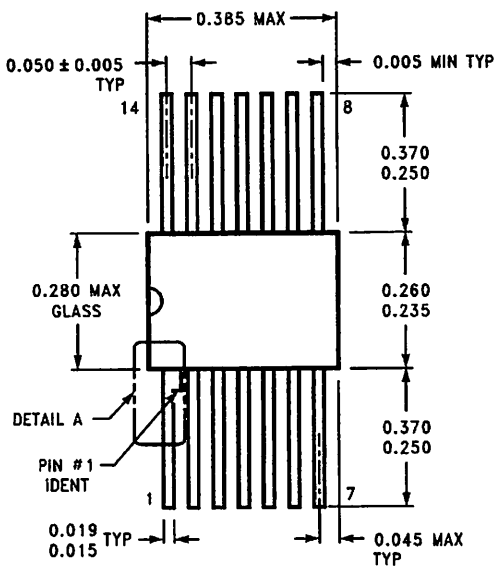
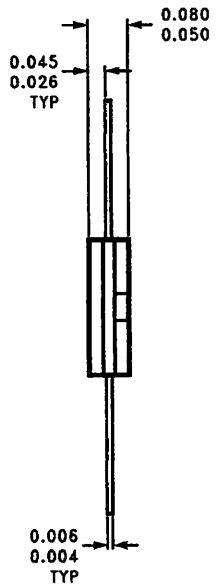


**MX S.O. Package (M)**  
 Order Number LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M or LM2902MX  
 NS Package Number M14A

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

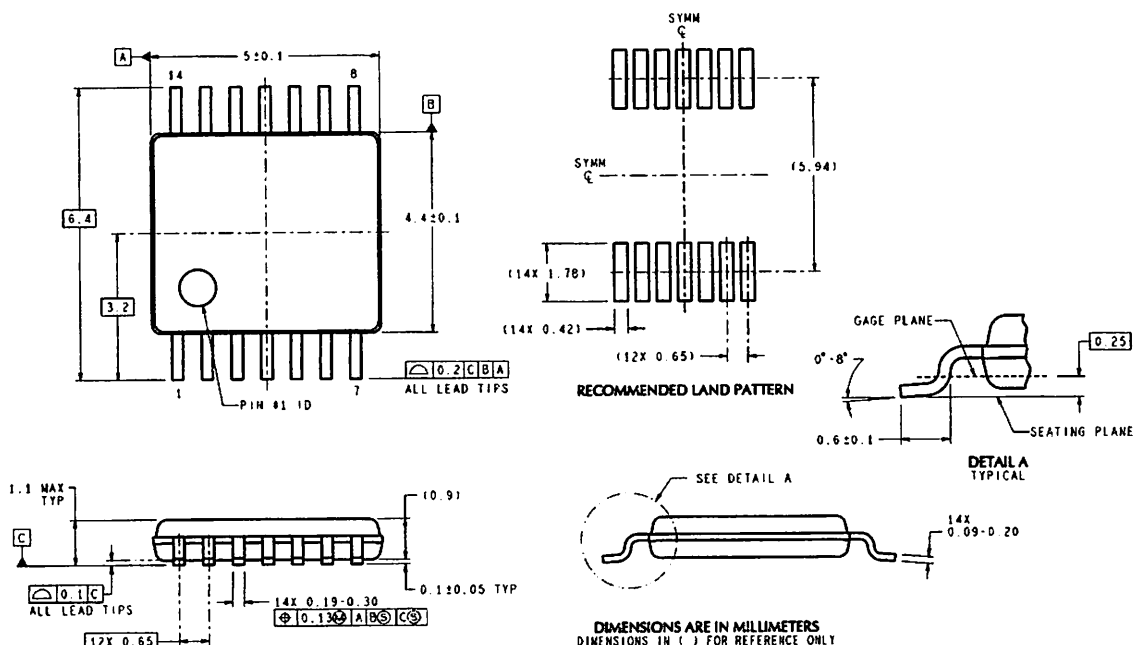


**Molded Dual-In-Line Package (N)**  
**Order Number LM324N, LM324AN or LM2902N**  
**NS Package Number N14A**



**Ceramic Flatpak Package**  
**Order Number JL124ABDA, JL124ABZA, JL124ASDA, JL124BDA, JL124BZA,**  
**JL124SDA, LM124AW/883, LM124AWG/883, LM124W/883 or LM124WG/883**  
**NS Package Number W14B**

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



MTC14 (Rev D)

**14-Pin TSSOP**  
**Order Number LM324MT or LM324MTX**  
**NS Package Number MTC14**

**LIFE SUPPORT POLICY**

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

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

**BANNED SUBSTANCE COMPLIANCE**

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

**National Semiconductor**  
**Americas Customer Support Center**  
 Email: [naw.feedback@nsc.com](mailto:naw.feedback@nsc.com)  
 Tel: 1-800-272-8959  
[www.national.com](http://www.national.com)

**National Semiconductor**  
**Europe Customer Support Center**  
 Fax: +49 (0) 180-530 85 86  
 Email: [europe.support@nsc.com](mailto:europe.support@nsc.com)  
 Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208  
 English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171  
 Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

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

**National Semiconductor**  
**Japan Customer Support Center**  
 Fax: 81-3-5639-7507  
 Email: [jpn.feedback@nsc.com](mailto:jpn.feedback@nsc.com)  
 Tel: 81-3-5639-7560