

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE PENETRAL pH PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BERBASIS MIKROKONTROLER

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

FAJAR CAHYA NUGRAHA
NIM. 0510632014-63

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2009**

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE
PENETRAL pH PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BERBASIS
MIKROKONTROLER**



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

FAJAR CAHYA NUGRAHA
NIM. 0510632014-63

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh
Dosen Pembimbing

Ir. M. Julius St., MS
NIP. 19540720 198203 1 002

Ir. Nurussa'adah , MT
NIP. 19680706 199203 2 001



PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PROTOTYPE PENETRAL pH PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BERBASIS MIKROKONTROLER

Disusun oleh:

FAJAR CAHYA NUGRAHA
NIM. 0510632014-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 14 Agustus 2009

DOSEN PENGUJI

Adharul Muttaqin, ST., MT.
NIP. 19760121 200501 1 001

M. Rifan, ST., MT.
NIP. 19710301 200012 1 001

Panca Mudjirahardjo, ST., MT.
NIP. 19700329 200012 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Heru Nurwasito, M. Kom.
NIP. 19650402 199002 1 001



PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Perencanaan dan Pembuatan Prototipe Penetral pH Pada Pengolahan Limbah Cair Berbasis Mikrokontroler". Pengajuan skripsi ini merupakan persyaratan yang wajib ditempuh untuk meraih gelar Sarjana Teknik. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis berharap semoga ada pengembangan untuk dapat menyempurnakan tugas akhir ini, dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang memerlukannya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. M. Julius St.MS., selaku Pembimbing I
2. Ibu Ir. Nurussa'adah, selaku Pembimbing II

Yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan Laporan skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih atas bantuan dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Universitas Brawijaya, kepada :

1. Bapak Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
2. Bapak Ir. Rudy Yuwono, M.Sc., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro
3. Bapak Ir. M. Julius St.MS., selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Bidang Elektronika
4. Bapak Adharul Muttaqin, ST., MT., selaku dosen penguji yang telah memberi masukan, kritik dan saran membangun bagi penulis.
5. Bapak M. Rifan, ST., MT., selaku dosen penguji yang telah memberi masukan, kritik dan saran membangun bagi penulis.
6. Bapak Panca Mudjirahardjo, ST., MT., selaku dosen penguji yang telah memberi masukan, kritik dan saran membangun bagi penulis.
7. Bapak Gaguk Asmungi, ST., MT., selaku dosen saksi yang telah memberi masukan, kritik dan saran membangun bagi penulis.
8. Seluruh Dosen, Laboran, dan Staf pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya
9. Seluruh mahasiswa Teknik Elektro dan seluruh pihak yang membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
10. Terimakasih yang tak terhingga untuk keluargaku yang senantiasa memberikan pengertian, perhatian, kasih sayang, dan doa.

Akhir kata, penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya. Amin

Malang, Agustus 2009
Penulis,

ABSTRAK

Fajar Cahya Nugraha. 0510632014-63. 2009. *Perancangan dan Pembuatan Prototipe Penetral pH pada Pengolahan Limbah Cair Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Pembimbing: Ir. M. Julius St., MS dan Ir. Nurussa'adah, MT.

Dengan semakin majunya perkembangan industrialisasi. Maka permasalahan lingkungan hidup pun juga meningkat. Salah satunya adalah permasalahan penetralan pH limbah cair.

Penetralan pH limbah cair banyak yang masih menggunakan cara manual sehingga dibutuhkan suatu alat yang dapat menetralkan pH limbah cair secara otomatis dan efisien. Alat ini terdiri dari pH meter, sensor ketinggian air, sensor kekeruhan air, mikrokontroler AT89C51, *selonoid valve* dan motor DC. Alat ini dapat menetralkan pH limbah cair secara otomatis dan meminimalisasi konsentrasi zat asam maupun basa limbah cair. Penetralan dilakukan dengan bantuan larutan asam maupun basa. Jika limbah cair industri bersifat asam, maka larutan yang dibutuhkan untuk menetralkan pH limbah tersebut adalah dengan larutan basa.

Dengan bantuan *selonoid valve*, mikrokontroler bekerja membuka dan menutup saluran air limbah dan penetral untuk mengolah pH limbah cair sampai netral. Setelah limbah cair netral dan air limbah tidak keruh, maka mikrokontroler akan memberikan perintah untuk membuka katup saluran pembuangan limbah cair.

Kata kunci: Pengolahan Limbah Cair



DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Air Limbah	4
2.2 Kekeruhan Air	5
2.3 Teori Asam dan Basa	5
2.3.1 Teori Arrhenius	5
2.3.2 Teori Bronsted-Lowry	6
2.4 pH Meter	7
2.5 Mikrokontroler	8
2.6 <i>Phototransistor</i>	11
2.7 Op-Amp Sebagai Komparator	14
2.8 <i>Relay</i>	14
2.9 Motor DC	15
2.10 <i>Seloid Valve</i>	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Studi Literatur	17
3.2 Penentuan Spesifikasi Alat	17
3.2 Perancangan dan Pembuatan Alat	17

3.3	Pengujian dan Analisis Rangkaian	19
3.4	Pengambilan Kesimpulan	20

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

4.1	Spesifikasi Alat	21
4.2	Blok Diagram Sistem	22
4.3	Prinsip Kerja	23
4.4	Perancangan dan Pembuatan Alat	24
4.4.1	Perancangan Prototipe	25
4.4.2	Perancangan Sensor dan pH meter	25
4.4.2.1	Perancangan pH meter	25
4.4.2.2	Perancangan Sensor Ketinggian dan Kekeruhan Air	26
4.4.3	Perancangan <i>Driver</i> Sensor dan pH meter	28
4.4.3.1	Perancangan <i>Driver</i> pH meter	28
4.4.3.2	Perancangan <i>Driver Phototransistor</i>	28
4.4.4	Perancangan Mikrokontroler AT89C51	29
4.4.5	Perancangan <i>Driver</i> Motor DC	32
4.4.6	Perancangan <i>Driver Solenoid Valve</i>	32
4.4.7	Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler	33

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT

5.1	Pengujian Rangkaian Sensor Ketinggian Air	36
5.1.1	Tujuan	36
5.1.2	Peralatan Pengujian	36
5.1.3	Prosedur Pengujian	36
5.1.4	Hasil Pengujian	38
5.2	Pengujian Rangkaian Sensor Kekeruhan Air	38
5.2.1	Tujuan	38
5.2.2	Peralatan Pengujian	38
5.2.3	Prosedur Pengujian	39
5.2.4	Hasil Pengujian	40
5.3	Pengujian pH Meter	40
5.3.1	Tujuan	40



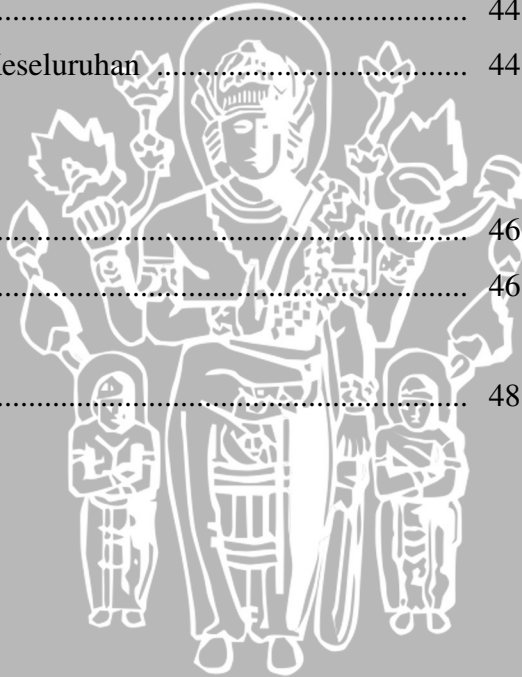
5.3.2	Peralatan Pengujian	40
5.3.3	Prosedur Pengujian	41
5.3.4	Hasil Pengujian	41
5.4	Pengujian <i>Driver Selonoid Valve</i>	42
5.4.1	Tujuan	42
5.4.2	Peralatan Pengujian	42
5.4.3	Prosedur Pengujian	42
5.4.4	Hasil Pengujian	43
5.5	Pengujian <i>Driver Motor DC</i>	43
5.5.1	Tujuan	43
5.5.2	Peralatan Pengujian	43
5.5.3	Prosedur Pengujian	43
5.5.4	Hasil Pengujian	44
5.6	Pengujian Sistem Secara Keseluruhan	44

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpulan	46
6.2	Saran	46

DAFTAR PUSTAKA	48
-----------------------------	----

LAMPIRAN

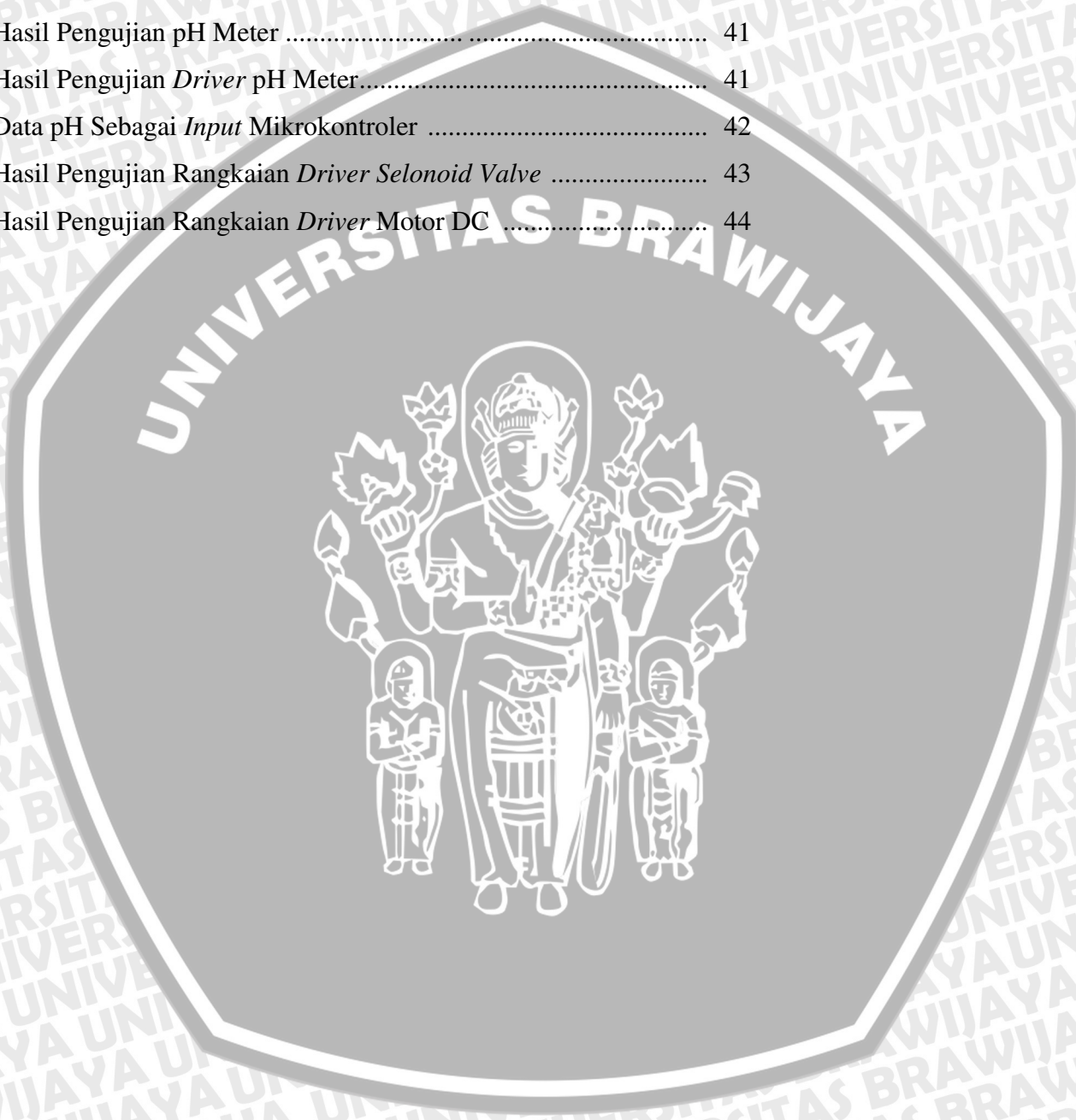


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	pH Meter Model HI 96107	8
Gambar 2.2	Konfigurasi Pin AT89C51	9
Gambar 2.3	Rangkaian Penguat <i>Common Emitter</i>	12
Gambar 2.4	Rangkaian Sensor Cahaya	13
Gambar 2.5	Rangkaian <i>Driver</i> Sensor	14
Gambar 2.6	<i>Relay</i>	15
Gambar 2.7	Bentuk Dasar Motor DC	15
Gambar 2.8	Bentuk <i>Selonoid Valve</i> 24 Volt	16
Gambar 4.1	Blok Diagram Sistem	22
Gambar 4.2	Prototipe Tempat Pengolahan Limbah Cair	25
Gambar 4.3	Konfigurasi Pin ICL7126CPLZ	26
Gambar 4.4	Rangkaian Sensor Ketinggian dan Kekeruhan Air	26
Gambar 4.5	Rangkaian <i>Driver</i> pH Meter	28
Gambar 4.6	Rangkaian <i>Driver</i> Sensor Ketinggian dan Kekeruhan Air	28
Gambar 4.7	Rangkaian Mikrokontroler	30
Gambar 4.8	Rangkaian Osilator	31
Gambar 4.9	Rangkaian <i>Reset</i>	31
Gambar 4.10	Rangkaian <i>Driver</i> Motor DC	32
Gambar 4.11	Rangkaian <i>Driver</i> <i>Selonoid Valve</i>	32
Gambar 4.12	Diagram Alir Program Utama	34
Gambar 5.1	Rangkain Sensor dan <i>Driver</i>	37
Gambar 5.2	Rangkain Sensor Ketinggian Air dan Mekanik 1	37
Gambar 5.3	Rangkain Sensor Ketinggian Air dan Mekanik 2	37
Gambar 5.4	Rangkain Sensor Ketinggian Air dan Mekanik 3	38
Gambar 5.5	Rangkain Sensor dan <i>Driver</i>	39
Gambar 5.6	Mekanik	39
Gambar 5.7	Rangkain Kekeruhan Air dan Mekanik	40
Gambar 5.8	Rangkaian <i>Driver</i> <i>Selonoid Valve</i>	43
Gambar 5.9	Rangkaian <i>Driver</i> Motor DC	44
Gambar 5.10	Rangkaian Keseluruhan	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fungsi Port 3.....	10
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Ketinggian Air.....	38
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Kekeruhan Air.....	40
Tabel 5.3	Hasil Pengujian pH Meter	41
Tabel 5.4	Hasil Pengujian <i>Driver</i> pH Meter.....	41
Tabel 5.5	Data pH Sebagai <i>Input</i> Mikrokontroler	42
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Driver Solenoid Valve</i>	43
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Driver Motor DC</i>	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Rangkaian Keseluruhan	50
Lampiran 2	Listing Program	51
Lampiran 3	Foto Alat.....	55
Lampiran 4	<i>Data Sheet</i> Komponen dan Referensi Penunjang	



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan dan kemajuan teknologi saat ini sangat pesat termasuk dibidang elektronika. Kehadiran teknologi baru diharapkan dapat memberikan kemudahan dalam segala bidang, sehingga proses-proses yang dikerjakan secara manual dapat dilakukan secara otomatis, cepat, akurat dan efisien.

Sedangkan permasalahan lingkungan hidup akan terus muncul secara serius diberbagai pelosok bumi sepanjang penduduk bumi tidak segera memikirkan dan mengusahakan keselamatan dan keseimbangan lingkungan. Demikian juga di Indonesia, permasalahan lingkungan hidup seolah-olah seperti dibiarkan menggelembung sejalan dengan intensitas pertumbuhan industri, walaupun industrialisasi itu sendiri sedang menjadi prioritas dalam pembangunan. Tidak kecil jumlah korban ataupun kerugian yang justru terpaksa ditanggung oleh masyarakat luas tanpa ada kompensasi yang sebanding dari pihak industri.

Salah satunya adalah pengolahan limbah. Diantaranya adalah limbah cair pada industri yang mengandung zat-zat berbahaya harus dilakukan penanganan khusus sehingga kandungannya bisa di minimalisasi. karena zat-zat berbahaya tersebut dapat mematikan fungsi mikro organisme yang berfungsi menguraikan senyawa-senyawa di dalam air limbah. Penanganan limbah cair industri ini biasanya dilakukan secara kimiawi dengan menambahkan zat-zat kimia yang bisa mengeliminasi zat-zat yang berbahaya.

Pengolahan limbah cair secara manual ternyata kurang praktis dan kurang efisien. Sedangkan pengolahan secara elektronika diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih baik, praktis, cepat, akurat dan efisien. Salah satu bagian dari pengolahan limbah cair adalah penetralan pH limbah cair.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dapat disusun dengan mengacu pada latar belakang permasalahan di atas yaitu sebagai berikut :

- 1) Bagaimana membuat alat yang dapat menetralkan pH limbah cair secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler.
- 2) Bagaimana mendesain tempat penampungan dan tempat penetralan limbah cair

1.3. Batasan Masalah

Penulis akan membatasi pembahasan permasalahan yang ada untuk menjaga agar tidak melebar masalah yang dibahas. Permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

- 1) Sensor *phototransistor* sebagai sensor ketinggian dan kekeruhan air.
- 2) pH meter digunakan sensor pH untuk mengukur pH limbah.
- 3) Mikrokontroler sebagai pengolah data.
- 4) Hanya membahas perancangan dan prototipe alat dalam penetralan pH limbah cair.

[Type text]

5). Limbah cair bersifat asam atau basa.

1.4. Tujuan

Tujuan perencanaan dan pembuatan alat ini yang berjudul “*Perencanaan dan Pembuatan Prototipe Penetral pH Pada Pengolahan Limbah Cair Berbasis Mikrokontroler*” yang mengacu pada ilustrasi permasalahan di atas adalah dapat membuat alat yang dapat mengolah limbah cair dan meminimalisasi konsentrasi zat asam maupun basa limbah cair senetral mungkin.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Bab I : Menjelaskan tentang Latar Belakang Permasalahan, Rumusan dan Pembatasan Masalah, serta Tujuan.
- Bab II : Menjelaskan tentang teori dasar yang berisi tentang penjelasan air limbah, kekeruhan air, teori asam dan basa, pH meter, mikrokontroler, *phototransistor*, op-amp sebagai komparator, *relay*, motor DC, *selonoid valve*.
- Bab III : Menjelaskan tentang metodologi penelitian, perancangan dan pembuatan alat dan cara pengujian alat.
- Bab IV : Menjelaskan tentang blok diagram perancangan dan pembuatan alat yang meliputi prinsip kerja, spesifikasi alat, perancangan *hardware*, dan perancangan *software*.
- Bab V : Menjelaskan tentang pengujian dan analisa yang meliputi pengujian tiap-tiap bagian dan pengujian secara keseluruhan
- Bab VI : Memberikan kesimpulan dan saran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penjelasan dan uraian teori penunjang yang digunakan dalam tugas akhir ini sangat diperlukan untuk mempermudah pemahaman tentang cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan alat ini.

Teori-teori penunjang yang dijelaskan dalam bab ini meliputi:

1. Air limbah
2. Kekeruhan air
3. Teori asam dan basa
4. pH meter
5. Mikrokontroler
6. *Phototransistor*
7. Op-amp sebagai komparator
8. *Relay*
9. Motor DC
10. *Solenoid valve*

2.1. Air Limbah

Air limbah adalah air kotor dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta pembuangan lainnya; dengan demikian air pembuangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum.

Air limbah berasal dari dua jenis sumber yaitu air limbah rumah tangga dan air limbah industri. Secara umum didalam limbah rumah tangga tidak terkandung zat-zat berbahaya, sedangkan didalam limbah industri harus dibedakan antara limbah yang mengandung zat-zat yang berbahaya dan yang tidak.

Untuk yang mengandung zat-zat yang berbahaya harus dilakukan penanganan khusus sehingga kandungannya bisa di minimalisasi karena zat-zat berbahaya itu bisa memetikan fungsi mikro organisme yang berfungsi menguraikan senyawa-senyawa di dalam air limbah. Penanganan limbah industri ini biasanya dilakukan secara kimiawi dengan menambahkan zat-zat kimia yang bisa mengeliminasi zat-zat yang berbahaya.

2.2. Kekeruhan Air

Air keruh adalah air yang tidak jernih tetapi kotor dalam arti kata penembusan cahaya terhalang. Kekeruhan air disebabkan adanya bahan-bahan organik dan non-organik yang menghalangi cahaya dalam air. Bahan-bahan seperti lumpur, koloid, plankton dapat menyebabkan air menjadi keruh. Kekeruhan air diukur dari jumlah cahaya yang dapat ditembus. Tingkat kekeruhan air berbeda-beda tergantung pada jumlah bahan-bahan

[Type text]

yang ada di dalamnya. Tingkat kekeruhan tidak boleh melebihi 1000 unit *NTU* (*Nephelometric Turbidity Unit*). (Nurmawati,2004)

2.3. Teori Asam dan Basa

2.3.1. Teori Arrhenius

Asam adalah zat yang menghasilkan ion hidrogen dalam larutan. Sedangkan basa adalah zat yang menghasilkan ion hidroksida dalam larutan.

Penetralkan terjadi karena ion hidrogen dan ion hidroksida bereaksi untuk menghasilkan air.



Asam hidroklorida (asam klorida) dinetralkan oleh kedua larutan natrium hidroksida dan larutan amonia. Pada kedua kasus tersebut, kita akan memperoleh larutan tak berwarna yang dapat kita kristalisasi untuk mendapatkan garam berwarna putih - baik itu natrium klorida maupun amonium klorida. Keduanya jelas merupakan reaksi yang sangat mirip. Persamaan lengkapnya adalah:



Pada kasus natrium hidroksida, ion hidrogen dari asam bereaksi dengan ion hidroksida dari natrium hidroksida sejalan dengan teori Arrhenius. Akan tetapi, pada kasus amonia, tidak muncul ion hidroksida sedikit pun. Kita bisa memahami hal ini dengan mengatakan bahwa amonia bereaksi dengan air yang melarutkan amonia tersebut untuk menghasilkan ion amonium dan ion hidroksida:



Pada larutan amonia encer yang khas, sekitar 99% sisa amonia ada dalam bentuk molekul amonia. Meskipun demikian, pada reaksi tersebut terdapat ion hidroksida, dan kita dapat menyelipkan ion hidroksida ini ke dalam teori Arrhenius. Akan tetapi, reaksi yang sama juga terjadi antara gas amonia dan gas hidrogen klorida.



Pada kasus ini, tidak terdapat ion hidrogen atau ion hidroksida dalam larutan karena bukan merupakan suatu larutan. Teori Arrhenius tidak menghitung reaksi ini sebagai reaksi asam-basa, meskipun pada faktanya reaksi tersebut menghasilkan produk yang sama seperti ketika dua zat tersebut berada dalam larutan.

2.3.2. Teori Bronsted-Lowry

Asam adalah donor proton (ion hidrogen). Sedangkan basa adalah akseptor proton (ion hidrogen). Teori Bronsted-Lowry tidak berlawanan dengan teori Arrhenius. Teori Bronsted-Lowry merupakan perluasan teori Arrhenius. Ion hidroksida tetap berlaku sebagai basa karena ion hidroksida menerima ion hidrogen dari asam dan membentuk air.

[Type text]

Asam menghasilkan ion hidrogen dalam larutan karena asam bereaksi dengan molekul air melalui pemberian sebuah proton pada molekul air.

Ketika gas hidrogen klorida dilarutkan dalam air untuk menghasilkan asam hidroklorida, molekul hidrogen klorida memberikan sebuah proton (sebuah ion hidrogen) ke molekul air. Ikatan koordinasi terbentuk antara satu pasangan mandiri pada oksigen dan hidrogen dari HCl. Menghasilkan ion hidroksonium, H_3O^+ .



Ketika asam yang terdapat dalam larutan bereaksi dengan basa, yang berfungsi sebagai asam sebenarnya adalah ion hidroksonium. Sebagai contoh, proton ditransferkan dari ion hidroksonium ke ion hidroksida untuk mendapatkan air.



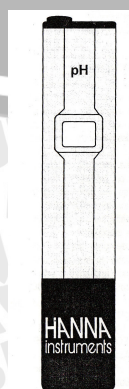
Tampilan elektron terluar, tetapi mengabaikan elektron pada bagian yang lebih dalam. Adalah sesuatu hal yang penting untuk mengatakan bahwa meskipun kita berbicara tentang ion hidrogen dalam suatu larutan, $\text{H}^+(\text{aq})$, sebenarnya kita sedang membicarakan ion hidroksonium.

2.4. pH Meter

pH meter model HI96107 ini diproduksi oleh Hanna Instruments dengan spesifikasi sebagai berikut:

Range	: 0,0 sampai 14,0 pH
Resolusi	: 0,1 pH
Akurasi (pada suhu 20°C)	: -0,1 pH
Kalibrasi	: manual
Dapat digunakan pada suhu	: 0 sampai 50°C (32 sampai 122°F)
Catu daya	: 3 x 1,5V alkaline
Life	: 150 jam dalam penggunaan
Dimensi	: 150 x 30 x 21 mm
Berat	: 70 gram

Gambar 2.1 menunjukkan bentuk fisik pH meter model HI96107.



Gambar 2.1 pH Meter Model HI 96107

Sumber: www.hannainst.com

[Type text]

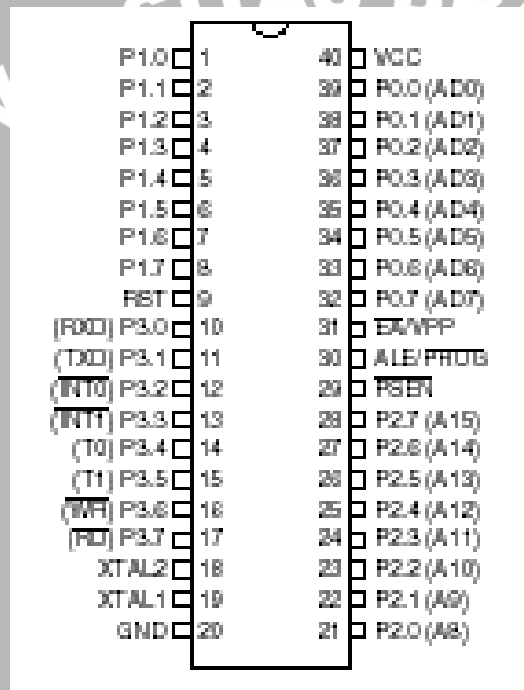
2.5. Mikrokontroler

Mikrokontroler AT89C51 termasuk salah satu jenis mikrokontroler keluarga MCS 51 yang dikemas dalam kemasan standart DIP (*Dual In Line Package*) 40 pin yang mempunyai konfigurasi tersendiri. Mikrokontroler ini diproduksi oleh ATMEL dengan karakteristik yang benar benar sesuai dengan mikrokontroler produksi INTEL.

Arsitektur dan organisasi dari MCU ini adalah identik dengan MCU 8751 dengan perbedaan penggunaan UV EPROM pada MCU 8751 diganti dengan EEPROM pada MCU AT89C51. Paulus Andi Nalwan,2003,20.

Pada dasarnya mikrokontroler ini adalah terdiri dari mikroprosesor, timer, counter, perangkat I/O dan internal memori. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah di desain dalam bentuk chip tunggal.

Konfigurasi mikrokontroler AT89C51 digolongkan menjadi pin sumber tegangan, pin osilator, pin kontrol, pin I/O, pin untuk proses interupsi luar. Gambar 2.2 menunjukkan konfigurasi pin AT89C51.



Gambar 2.2 Konfigurasi Pin AT89C51

Sumber : www.atmel.com/atmel/acrobat/doc0265.pdf

Konfigurasi kaki – kaki AT89C51:

1) Port 0

Port 0 adalah sebuah port 8 bit *open drain* dua arah. Jika port 0 sebagai *output*, maka pada kondisi rendah mampu menyerap arus sebanyak 8 unit load input TTL dengan label LS.

Jika diinginkan port 0 sebagai *input*, maka logika “1” harus dituliskan terlebih dahulu untuk membuat kondisi *float*, sehingga membuat port input berada pada kondisi impedansi tinggi.

Port 0 juga dimultipleks sebagai *address low* dan *data bus* selama mengakses eksternal program (RAM) dan data memori (ROM). Dalam pemakaian ini, pada saat port 0 memberikan logika “1” diperlukan eksternal *pull up* yang besar, dan pada logika “0” dapat menyerap arus sebanyak 8 unit load *input* TTL.

2) Port 1

[Type text]

Port 1 adalah terminal *input/output* dua arah dengan *pull up* internal *buffer*. *Output* port 1 dapat menyerap sumber arus sebanyak 4 unit load input TTL dengan label LS. Jika port 1 digunakan sebagai *input*, logika “1” harus dituliskan pada *latch* untuk membuat FET pada kondisi OFF, sehingga rangkaian eksternal dapat memberikan logika “0” atau logika “1”.

3) Port 2

Port 2 dapat digunakan sebagai *input* atau *output* seperti pada port 1. Alternatif lain port 2 dapat digunakan sebagai *address bus high byte* pada saat mengakses memori eksternal.

4) Port 3

Port 3 adalah terminal *input/output* dua arah 8 bit dengan internal *pull up*. *Buffer output* port 3 dapat menyerap atau sebagai sumber arus sebanyak 4 unit load *input* TTL dengan label LS. Jika port 3 digunakan sebagai *input*, logika “1” harus dituliskan pada *latch* untuk membuat FET dalam kondisi OFF, sehingga rangkaian eksternal dapat memberikan logika “0” atau logika “1”. Tabel 2.1 menunjukkan fungsi port 3.

Tabel 2.1 Fungsi port 3

Port Pin	Fungsi Alternatif
Port 3.0	RXD (Serial <i>Input</i> Data)
Port 3.1	TXD (Serial <i>Output</i> Data)
Port 3.2	INT0 (External Interrupt 0)
Port 3.3	INT1 (External Interrupt 1)
Port 3.4	T0 (Timer 1 External <i>Input</i>)
Port 3.5	T1 (Timer 1 External <i>Input</i>)
Port 3.6	WR (External Data Memori Write <i>Strobe</i>)
Port 3.7	RD (External Data Memori Read <i>Strobe</i>)

Sumber : www.atmel.com/atmel/acrobat/doc0265.pdf

5) RST

IC AT89x051 hanya memerlukan tambahan 3 kapasitor, 1 resistor dan 1 kristal serta catu daya 5 volt. Kapasitor 10 μ F dan Resistor 10K Ω dipakai untuk membentuk rangkaian reset, dengan adanya rangkaian reset ini AT89x051 otomatis direset begitu rangkaian menerima catu daya. X-tal dengan frekuensi maksimum 24 MHz dan 2 kapasitor 30 pF dipakai untuk melengkapi rangkaian *oscillator* pembentuk *clock* yang menentukan kecepatan kerja mikrokontroler. Selama *oscillator* bekerja mereset *device*, maka pin ini akan tinggi selama 2 *machine cycle*.

6) ALE / PROG

Address Latch Enable untuk menahan bit rendah dari *address* selama mengakses memori *external*. Pada operasi normal, ALE memancarkan pulsa secara konstan deretan pulsa dengan kecepatan 1/6 frekuensi *oscillator* dan biasanya digunakan untuk pewaktu eksternal atau *clock*. Sebagai catatan bahwa satu pulsa ALE meloncat setiap akses memori data *external*.

Operasi ALE didisablekan dengan mengeset bit 0 melalui SFR pada lokasi 8EH. Dengan mengeset bit ini maka ALE akan aktif jika diberikan instruksi MOVX atau MOVC. Mengeset *disable* bit pada ALE tidak akan berpengaruh pada mikrokontroler jika mikrokontroler berada dalam keadaan mode eksekusi.

[Type text]

7) PSEN

Program Store Enable ini membaca *strobe* untuk program memori *external*. PSEN aktif selama 2 siklus mesin, kecuali 2 aktifikasi PSEN meloncat selama setiap akses ke data memori eksternal.

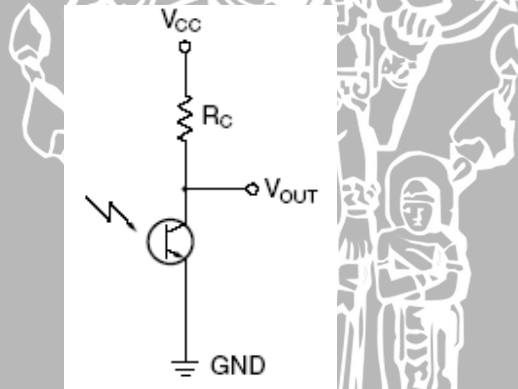
8) EA

External Access Enable secara eksternal harus disambungkan ke logika “0” jika diinginkan mikrokontroler menjadi *enable* untuk mengambil kode mesin dari program memori eksternal pada lokasi 0000 – 000FH (dalam tipe 8032 dan 8052).

2.6. Phototransistor

Di dalam www.fairchildsemi.com, rangkaian penguat *comon emitter* dengan menggunakan *phototransistor* akan menghasilkan *output* dari transisi rendah ke transisi tinggi ketika *phototransistor* tersebut mendeteksi cahaya pada *range infrared*, panjang *range* cahaya dari *infrared* berkisar antara 700 nm (nano meter) sampai 1100 nm.

Output dihasilkan dengan menghubungkan resistor antara tegangan *supply* dengan pin kolektor dari komponen. Tegangan *output* membaca terminal dari *colector*. Ini disebut rangkaian penguat karena arus yang dihasilkan oleh komponen ketika cahaya dideteksi sangat kecil. Namun *phototransistor* mempunyai penguat sendiri di dalamnya. Gambar 2.3 menunjukkan rangkaian penguat *common emitter*.



Gambar 2.3 Rangkaian Penguat *Common Emitter*.

Sumber: www.fairchildsemi.com

Pada gambar 2.3 *phototransistor* dapat digunakan dalam dua mode, mode aktif dan mode *switch*. Operasi dalam mode aktif berarti bahwa *phototransistor* menghasilkan respon yang tepat untuk menerima cahaya sampai diatas *level* cahaya yang memungkinkan.

Ketika cahaya melewati batas *levelnya*, *phototransistor* akan saturasi dan *outputnya* tidak akan bertambah walaupun *level* cahayanya bertambah. Mode ini berguna dalam aplikasi yang dibutuhkan untuk mendeteksi dua *level* dari *input* untuk dibandingkan.

Operasi dalam mode *switch* berarti bahwa *phototransistor* akan ber kondisi *off (cutt off)* atau *on* (saturasi) pada saat merespon cahaya. Mode ini berguna ketika *output* digital dibutuhkan untuk mendeteksi obyek. Dengan mengatur resistor beban pada rangkaian diatas, maka kita dapat memilih mode yang diinginkan. Nilai yang benar untuk resistor beban dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

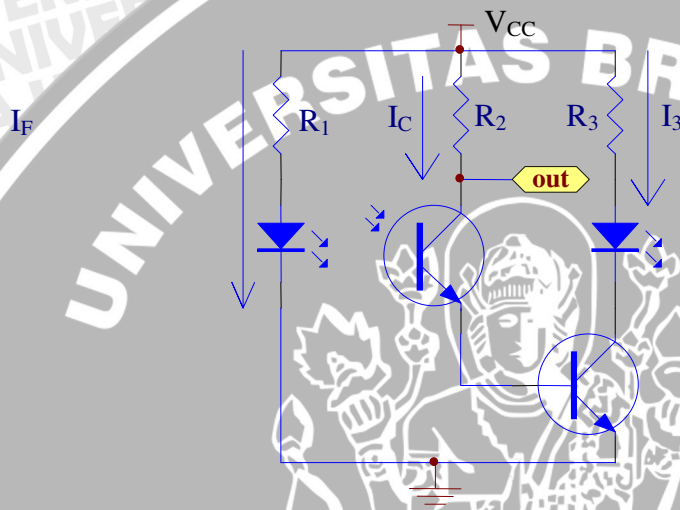
[Type text]

$$\text{Mode aktif : } V_{CC} > R_1 \cdot I_{CC}$$

$$\text{Mode switch : } V_{CC} < R_1 \cdot I_{CC}$$

Nilai tipikal untuk R_1 adalah 5 K Ω atau lebih besar untuk *phototransistor* yang dioperasikan pada mode *switch*. Pada mode ini untuk *level* tegangan *output high* seharusnya hampir sama dengan V_{CC} , dan untuk tagangan *output level low* adalah kurang dari 0,8 V.

Phototransistor yang dipakai adalah jenis *phototransistor* SFH 300 dan dioperasikan dalam mode *switch*. Sensor cahaya yang digunakan adalah sensor yang menggunakan *phototransistor* dengan rangkaian seperti pada gambar 2.4 Gambar 2.4 menunjukkan rangkaian sensor cahaya.



Gambar 2.4 Rangkain sensor cahaya.
Sumber: Pengarang

$$V_{CC} = V_{R1} + V_{LED} \quad (2.1a)$$

$$R_1 = \left(\frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_F} \right) \quad (2.1b)$$

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{CE(foto)} + v_{BE} \quad (2.2a)$$

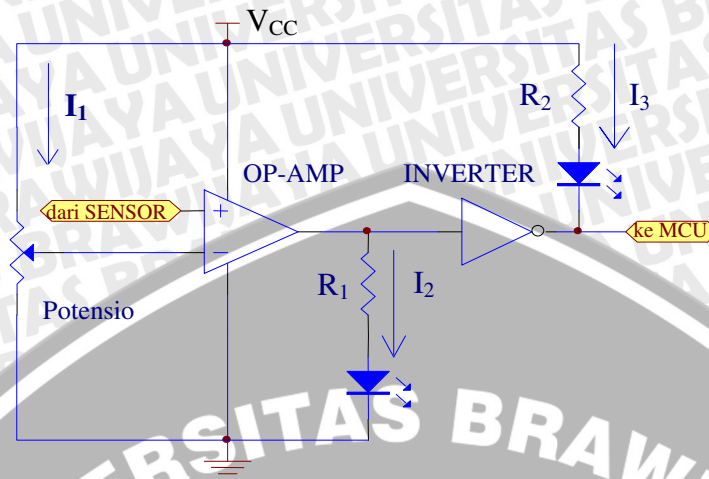
$$R_2 = \left(\frac{V_{CC} - V_{CE(sat-foto)} - V_{BE}}{I_{C(on)}} \right) \quad (2.2b)$$

$$V_{CC} = V_{R3} + V_{LED} + V_{CE} \quad (2.3a)$$

$$R_3 = \left(\frac{V_{CC} - V_{LED} - V_{CE}}{I_3} \right) \quad (2.3b)$$

2.7. Op-Amp Sebagai Komparator

Gambar 2.5 menunjukkan rangkaian Op Amp sebagai komparator.



Gambar 2.5 Rangkaian *Driver Sensor*
Sumeber www.optekinc.com

$$R_1 = \frac{(V_{out} - V_{LED})}{I_2} \quad (2.4)$$

$$R_2 = \frac{(V_{CC} - V_{LED})}{I_3} \quad (2.5)$$

V_{ref} (tegangan referensi) pada rangkaian adalah tegangan yang berasal dari potensiometer dan tegangan input (V_{in}) yang berubah-ubah adalah tegangan yang berasal dari sensor. Jika V_{in} lebih besar dari V_{ref} , maka tegangan output dari opamp adalah menuju ke harga positif maksimumnya secara tipikal 1 sampai 2 V kurang dari tegangan catu. Dan jika V_{in} lebih kecil dari V_{ref} maka tegangan output akan menuju ke tegangan negatif, sesuai dengan range tegangan yang diberikan untuk catu maksimumnya, inilah yang disebut sebagai komparator yaitu membandingkan tegangan V_{ref} dan V_{in} . (Malvino Hanapi Gunawan, 1981:530).

2.8. Relay

Relay adalah komponen elektronika yang terdiri dari sebuah lilitan kawat (kumparan atau koil) yang terlilit pada sebuah besi lunak yang digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan kontak antara rangkaian satu dengan yang lain. Jika kumparan dialiri arus listrik maka inti besi akan menjadi magnet dan menarik pegas sehingga ada kontak yang terhubung dan yang terputus.

Beberapa macam kontak pada *relay* adalah:

- 1) *Normally Open* (NO) adalah pin kaki *relay* yang tidak terhubung dengan induk *relay* pada saat *relay off*.
- 2) *Normally close* (NC) adalah pin kaki *relay* yang terhubung dengan induk *relay* pada saat *relay off*.

Salah satu jenis *relay* ditunjukkan dalam Gambar 2.6.

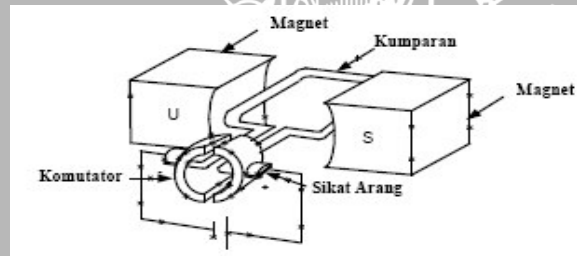


Gambar 2.6 Relay

Sumber: www.kpsec.freeuk.com

2.9. Motor DC

Dalam sistem motor DC arus medan magnet menentukan arus putaran motor. Motor DC mempunyai magnet permanen dan memberikan medan magnet yang tetap. Armatur yang terdiri atas kumparan terlilit pada inti besi berputar dalam medan magnet dan dirangkai dengan komutator. Arus yang lewat melalui komutator diambil dari sikat. Untuk mengubah arah putaran motor dapat dilakukan dengan menukar kutub-kutub catu daya DC. Gambar 2.7 memperlihatkan bentuk dasar motor DC dua kutub yang terdiri dari kumparan berbentuk segi empat yang dialiri arus dan dua komutator yang terpasang pada poros yang terisolasi, sehingga menyebabkan kumparan berputar diantara kutub-kutub magnetnya.



Gambar 2.7 Bentuk Dasar Motor DC

Sumber: Joelianto, 1997

2.10. Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan suatu saluran yang memiliki katup yang akan terbuka atau tertutup bila diberikan tegangan catu daya. Gambar 2.8 memperlihatkan bentuk solenoid valve 24 volt.



Gambar 2.8 Bentuk Solenoid Valve 24 Volt

Sumber: www.lesman.com

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode penelitian yang dilakukan dalam Perencanaan dan Pembuatan Prototipe Penetral pH Pada Pengolahan Limbah Cair Berbasis Mikrokontroler. Perancangan ini mengacu pada rumusan masalah yang telah dibuat sebelumnya. Metodologi yang digunakan secara umum adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data berupa studi literatur
2. Perancangan sistem
3. Pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak
4. Pengujian alat dan analisis hasil pengujian
5. Pengambilan kesimpulan dan saran

3.1. Studi Literatur

Bentuk kajian awal metode penelitian dilakukan dengan studi literatur agar dapat memperoleh hasil yang optimal. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dasar tentang segala sesuatu yang mendukung perencanaan dan pembuatan prototipe pengolahan limbah cair berbasis mikrokontroler. Pembuatan alat ini menggunakan referensi dari buku-buku maupun artikel dari internet untuk mengetahui karakteristik komponen, prinsip kerja serta teori yang menunjang.

3.2. Penentuan Spesifikasi Alat

Studi literatur dipelajari kemudian dari permasalahan yang ada, dibuat spesifikasi alat yang akan dibuat. Penentuan spesifikasi alat dilakukan untuk memudahkan melakukan perancangan dan pembuatan alat serta memberikan informasi tentang kemampuan alat.

3.3. Perancangan dan Pembuatan alat

Tahap setelah penentuan spesifikasi alat adalah perancangan alat. Langkah-langkah yang dilakukan dalam perancangan meliputi penentuan spesifikasi sistem yang akan dirancang, penyusunan blok diagram sistem untuk mempermudah pemahaman tentang alur kerja dari alat yang akan dibuat, pembuatan skema rangkaian dan perhitungan besaran-besaran listriknya. Tahap berikutnya adalah perhitungan dan perancangan tiap-tiap blok rangkaian, kemudian dilakukan analisis dan perhitungan untuk mencapai hasil yang optimal dari komponen yang digunakan dan disesuaikan dengan komponen yang ada di pasaran.

Perancangan dan pembuatan alat ini dibagi menjadi dua bagian utama yaitu sebagai berikut:

a) Perangkat Keras

1. Perancangan prototipe

Langkah-langkah perancangan mekanik adalah sebagai berikut:

[Type text]

- ✦ Merancang prototipe tempat penampungan dan penetralan limbah.

2. Perancangan sensor

Langkah-langkah perancangan sensor adalah sebagai berikut:

- ✦ Pemilihan pH meter yang akan digunakan.
- ✦ Pemilihan sensor *phototransistor* sebagai sensor cahaya.

3. Perancangan rangkaian *driver*

Langkah-langkah perancangan rangkaian pengkondisi sinyal adalah sebagai berikut:

- ✦ Menentukan rangkaian *driver* sensor yang akan digunakan dari sensor ke mikrokontroler.
- ✦ Menentukan rangkaian *driver* pH meter, dimana *output driver* akan digunakan sebagai *input* mikrokontroler.
- ✦ Menentukan rangkaian *driver* *selonoid valve* dan *driver* motor DC yang akan digunakan dari mikrokontroler.

4. Perancangan sistem mikrokontroler AT89C51

Langkah-langkah perancangan sistem mikrokontroler AT89C51 adalah sebagai berikut:

- ✦ Pembuatan diagram blok sistem.
- ✦ Menentukan pin dari mikrokontroler AT89C51 yang digunakan.

b) Perangkat Lunak

- ✦ Pembuatan *flowchart* dan perangkat lunak
flowchart dan perangkat lunak dibuat agar mikrokontroler dapat berfungsi sesuai dengan perencanaan sebelumnya. Penulisan perangkat lunak menggunakan program assembler.

3.4. Pengujian dan Analisis Rangkaian

Tingkat keberhasilan sistem dan kesesuaian perencanaan dapat diketahui dengan dilakukan pengujian rangkaian. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok secara keseluruhan. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Rangkaian Sensor

- ✦ Pengujian Rangkaian *Phototransistor*.

Pengujian rangkaian *phototransistor* bertujuan untuk mengetahui respon sensor dalam merespon perubahan cahaya untuk mengukur ketinggian dan kekeruhan air limbah.

- ✦ Pengujian pH Meter.

Pengujian pH meter bertujuan untuk mengetahui perubahan bit data ICL7126CPLZ yang terdapat pada rangkaian pH meter.

2. Pengujian Rangkaian *Driver* Sensor Cahaya dan *Driver* pH Meter

[Type text]

Pengujian rangkaian *driver* sensor dilakukan dengan memberikan perubahan intensitas cahaya pada *phototransistor*. Kemudian tegangan keluarannya diukur menggunakan multimeter, apakah keluaran *driver* dapat memenuhi logika *high* dan *low* pada saat sensor *phototransistor* mengalami perubahan intensitas cahaya.

Untuk pengujian rangkaian *driver* pH meter dilakukan dengan cara memberikan kalibrasi pH meter. Kemudian tegangan keluarannya diukur menggunakan multimeter, apakah keluaran bit data *driver* dapat memenuhi logika *high* dan *low* yang sesuai.

3. Pengujian Mikrokontroler AT89C51

Pengujian sistem mikrokontroler adalah untuk mengetahui bahwa mikrokontroler dapat berfungsi sesuai dengan program yang dibuat.

4. Pengujian Rangkaian *Driver Solenoid Valve* dan *Driver Motor DC*

Pengujian rangkaian ini dilakukan dengan memberikan tegangan *output* mikrokontroler *high* dan tegangan *output low* untuk mengaktifkan atau mematikan *relay*.

Pengujian yang dilakukan akan menghasilkan data-data yang nantinya dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan perencanaan. Analisis dilakukan terhadap masing-masing pengujian blok, perangkat lunak serta keseluruhan sistem.

3.5. Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan berdasarkan dari hasil perealisasi dan pengujian alat sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah. Saran diberikan setelah melihat adanya kekurangan dalam sistem yang telah dibuat, dengan harapan agar nantinya alat ini dapat dikembangkan lebih baik.

BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini menjelaskan mengenai spesifikasi alat, blok diagram sistem, prinsip kerja alat serta dua bagian utama yaitu bagian perencanaan perangkat keras dan bagian perancangan perangkat lunak. Bagian perancangan perangkat keras terbagi lagi menjadi 4 bagian (blok) yang terpisah yaitu bagian sensor dan pH meter, *driver* sensor dan pH meter, bagian mikrokontroler sebagai pengolah data, *driver* motor DC dan *driver selonoid valve*. Masing-masing bagian tersebut disusun dengan pemilihan beberapa jenis komponen dengan fungsi sesuai dengan perencanaan, sehingga nantinya akan dihasilkan satu bentuk bagian (blok) dengan fungsi sesuai dengan perancangan yang dilakukan di awal. Bagian perancangan perangkat lunak akan menjelaskan tentang perancangan pembuatan diagram alir program.

4.1. Spesifikasi Alat

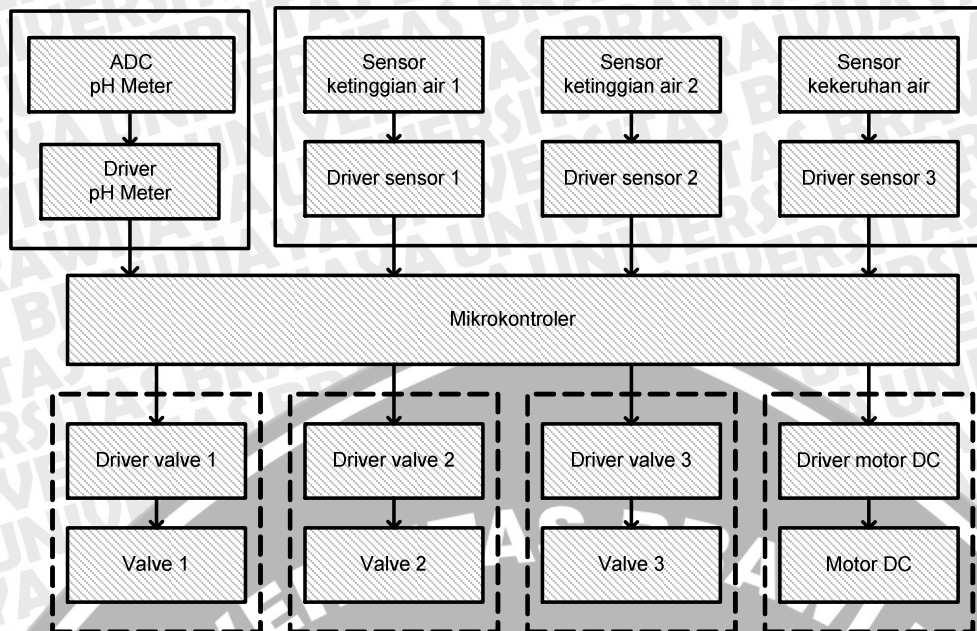
Perancangan alat ini mempunyai beberapa spesifikasi diantaranya :

- 1) Alat berupa prototipe.
- 2) Alat ini mengatur sistem pengolahan limbah cair yang bersifat asam.
- 3) Prototipe tempat penampungan limbah terdapat 4 kolam. Yaitu kolam limbah cair asam, kolam penetral, kolam penetralan dan kolam akhir.
- 4) Menggunakan *selonoid valve* sebagai pembuka dan penutup keran air.
- 5) Menggunakan motor DC sebagai pengaduk cairan limbah.
- 6) Menggunakan *phototransistor* sebagai sensor ketinggian dan kejernihan air.
- 7) Menggunakan pH meter sebagai sensor pH.
- 8) Menggunakan Mikrokontroler AT89C51 sebagai pengolah data.
- 9) Catu daya yang digunakan adalah catu daya 5 volt, 12 volt dan 24 volt.

4.2. Blok Diagram Sistem

Diagram blok sistem merupakan salah satu bagian terpenting dalam perencanaan dan pembuatan prototipe penetral pH pada pengolahan limbah cair berbasis mikrokontroler ini, karena dari diagram blok dapat diketahui cara kerja (prinsip kerja) keseluruhan rangkaian.

Tujuan lain blok diagram ini adalah memudahkan proses perancangan dan pembuatan pada masing-masing bagian, sehingga akan terbentuk suatu sistem yang sesuai dengan perancangan sebelumnya. Blok diagram sistem ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem
Sumber : Perancangan

Berdasarkan Blok diagram di atas dapat dijelaskan secara universal mengenai bagian-bagian yang menyusun keseluruhan sistem dari alat ini di antaranya :

1) **ADC pH Meter**

pH Meter yang digunakan dalam alat ini adalah model HI 96107 yang diproduksi oleh Hanna Instruments. pH meter ini memiliki manual kalibrasi dan memiliki LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai tampilan nilai pH cairan yang diukur. ADC yang digunakan pH meter ini ICL7126CPLZ.

2) **Driver pH Meter**

Driver pH Meter menggunakan komponen gerbang NAND 7400.

3) **Sensor Ketinggian dan Sensor Kekeruhan air**

Sensor ketinggian ke-1, sensor ketinggian ke-2 dan sensor kekeruhan air menggunakan *phototransistor*.

4) **Driver Phototransistor**

Driver phototransistor menggunakan komponen transistor dan LM324 sebagai komparator dilengkapi dengan LED sebagai indikator.

5) **MCU**

MCU yang digunakan adalah AT89C51. Mikrokontroler ini memiliki beberapa fungsi di antaranya membaca pH meter dan *phototransistor*. Kemudian digunakan untuk mengolah data digital *driver* pH meter dan mengolah data *driver phototransistor*, memberikan instruksi pada *driver* motor DC dan *driver* *selonoid valve*.

6) **Driver Motor DC**

Driver motor DC menggunakan transistor dan *relay* 12 V.

7) **Motor DC**

[Type text]

Motor DC yang digunakan menggunakan *power supply* 5 V.

8) *Driver Selonoid Valve*

Driver valve menggunakan transistor dan *relay* 12 V

9) *Selonoid Valve*

Selonoid valve yang digunakan adalah *selonoid valve two way* yang menggunakan catu daya 24 volt DC.

4.3. Prinsip kerja

Alat ini digunakan untuk mengolah limbah cair dimana mekanisme pengolahannya dilakukan secara otomatis. Ketika alat dinyalakan, maka mikrokontroler memberikan instruksi untuk menutup semua keran air.

Kemudian mikrokontroler akan membaca ketinggian air pada tempat pengolahan limbah cair apakah tempat pengolahan limbah cair sudah berisi dengan air limbah cair apa belum.

Jika Tempat pengolahan limbah cair belum terisi dengan limbah cair atau belum memenuhi ketinggian yang diharapkan, maka keran tempat penampung limbah cair dibuka sampai ketinggian air pada tempat pengolahan limbah cair terpenuhi. Saat ketinggian air pada tempat pengolahan limbah cair terpenuhi, mikrokontroler melakukan pembacaan pH pada tempat pengolahan limbah cair apakah sudah netral. Jika pH limbah pada tempat pengolahan belum netral, maka keran penetral dibuka sampai sensor pH mencapai pH yang diharapkan sambil melakukan pengadukan air pada tempat pengolahan limbah cair dengan menggunakan bantuan motor DC.

Saat kondisi pH air limbah pada tempat pengolahan limbah cair telah tercapai sesuai dengan yang diharapkan, maka motor DC pengaduk dimatikan dan keran penetral ditutup. Kemudian mikrokontroler melakukan pembacaan kondisi air tempat pengolahan limbah cair sudah jernih apa belum, jika sudah jernih maka keran pembuangan dibuka sampai tempat pengolahan limbah cair kosong. Setelah tempat pengolahan limbah cair kosong, maka keran limbah cair dibuka kembali sampai ketinggian yang diharapkan. Kemudian proses akan diulang lagi seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

4.4. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan dari masing-masing blok dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Perancangan bagian perangkat keras (*hardware*) meliputi:

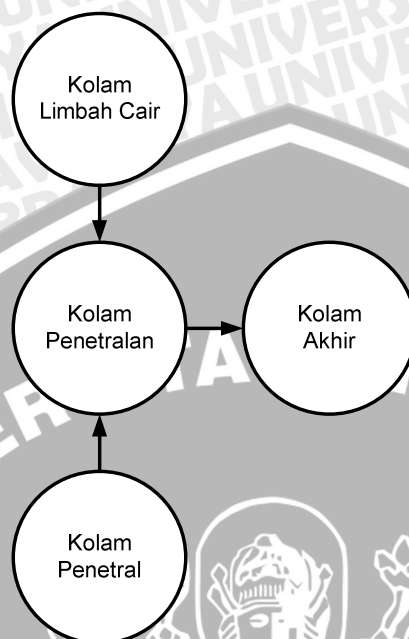
- a) Bentuk dimensi prototipe tempat pengolahan limbah cair
- b) Bagian sensor dan pH meter
- c) Bagian *driver* sensor dan pH meter
- d) Bagian mikrokontroler AT89C51
- e) Bagian *driver* motor DC
- f) Bagian *driver selonoid valve*

2) Perancangan bagian perangkat lunak.

[Type text]

4.4.1. Perancangan Prototipe

Perancangan prototipe tempat pengolahan limbah cair terbuat dari bahan plastik. Bentuk prototipe tempat pengolahan limbah cair dapat dilihat dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Prototipe Tempat Pengolahan Limbah Cair
Sumber: Perancangan

4.4.2 Perancangan Sensor dan pH Meter

4.4.2.1 Perancangan pH Meter

Perancangan ini menggunakan pH meter model SI HI96107. Data *output* ICL7126CPLZ digunakan oleh pH meter untuk menampilkan data pada LCD pH meter.

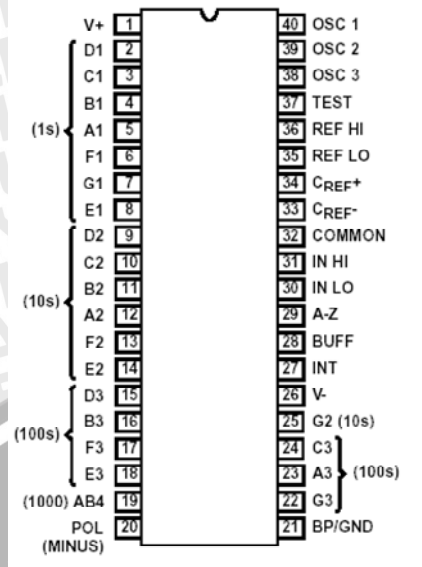
Pin A1 sampai dengan G1 pada ICL7126CPLZ tidak digunakan untuk menampilkan data dari pH meter.

Pin A2 sampai dengan G2 pada ICL7126CPLZ digunakan untuk menampilkan angka nol sampai dengan angka 9

Pin A3 sampai dengan G3 pada ICL7126CPLZ digunakan untuk menampilkan angka nol sampai dengan angka 9.

Pin AB4 ICL7126CPLZ digunakan untuk menampilkan angka 1 dan BP ICL7126CPLZ sebagai *trigger* untuk menampilkan data. Gambar 4.3 menunjukkan konfigurasi pin ICL7126CPLZ.

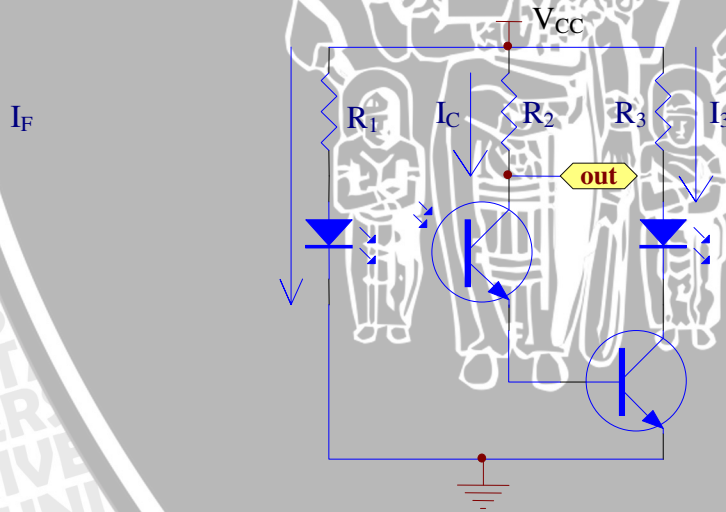
[Type text]



Gambar 4.3 Konfigurasi Pin ICL7126CPLZ
Sumber : www.intersil.com

4.4.2.2 Perancangan Sensor Ketinggian dan Kekeruhan Air

Perancangan ini menggunakan sensor *phototransistor* sebagai sensor cahaya. Gambar 4.4 menunjukkan rangkaian sensor ketinggian dan kekeruhan air.



Gambar 4.4 Rangkaian Sensor Ketinggian dan Kekeruhan Air
Sumber : Perancangan

- $$R_1 = \frac{(V_{CC} - V_{LED})}{I_F}$$

Dengan direncanakan I_F adalah 10 mA maka di dapat

$$R_1 = \frac{(5V - 1,5V)}{10 \times 10^{-3} A}$$

$$R_1 = \frac{3,5}{10^{-2}}$$

[Type text]

$R_1 = 350 \Omega$, sehingga digunakan nilai $R_1 = 330 \Omega$.

- $$R_2 = \frac{(V_{CC} - V_{CE-SAT(FOTO)} - V_{BE})}{I_{C(ON)}}$$

$I_{C(ON)}$ dibatasi hanya sampai 0,5 mA, karena rangkaian *phototransistor* dengan common emitor (www.optekinc.com), maka nilai

$$R_2 = \frac{(5 - 0,1 - 0,7)}{0,5 \times 10^{-3}}$$

$$R_2 = \frac{4,2V}{0,5 \times 10^{-3}}$$

$$R_2 \approx 10 K\Omega$$

- $$R_3 = \frac{(V_{CC} - V_{LED} - V_{CE})}{I_1}$$

Dengan $I_1 = I_C$ pada BD139 yaitu menurut data sheet agar β_{dc} min 25, $I_C = 5mA$, dan $V_{CE} = 2V$

$$R_3 = \frac{(5 - 1,5 - 2)}{5 \times 10^{-3}}$$

$$R_3 = 300 \Omega$$

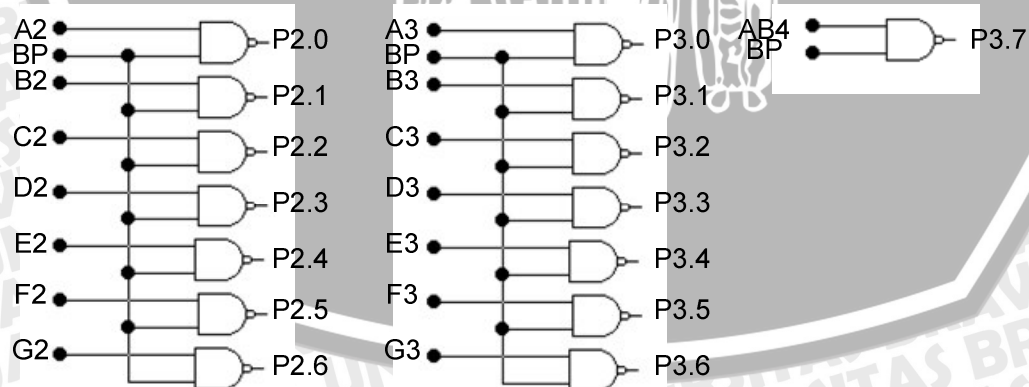
Rangkaian ini direncanakan sebagai sensor untuk sensor ketinggian air dan sensor kekeruhan air.

4.4.3. Perancangan *Driver* Sensor dan pH Meter

4.4.3.1. Perancangan *Driver* pH Meter

Dengan menggunakan gerbang NAND 7400, data pH meter dapat dijadikan sebagai *input* mikrokontroler.

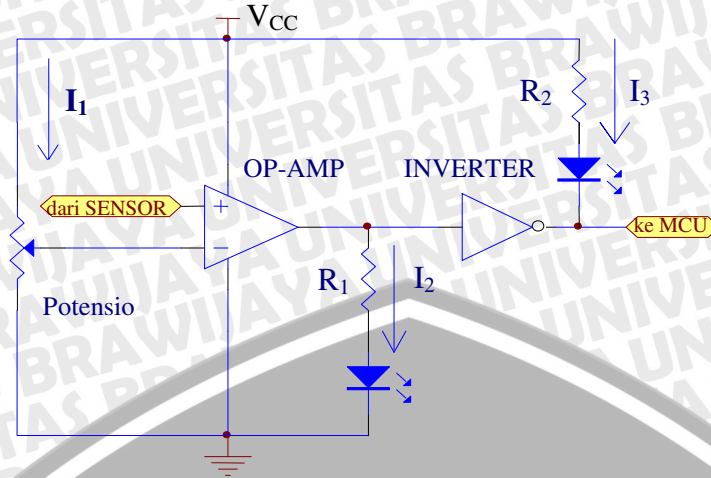
Gambar 4.5 menunjukkan rangkaian *driver* pH meter.



Gambar 4.5 Rangkain *Driver* pH Meter
Sumber: Perancangan

4.4.3.2. Perancangan *Driver Phototransistor*

Dengan menggunakan LM324 sebagai komparator dan gerbang not untuk menjadikan *output* dari sensor berlogika 1 atau logika 0 sehingga dapat dijadikan *input* untuk mikrokontroler. Gambar 4.6 menunjukkan rangkaian *driver* sensor ketinggian dan kekeruhan air.



Gambar 4.6 Rangkaian *Driver* Sensor Ketinggian dan Kekeruhan Air
Sumber : Perancangan

- $R_{POT} = 20k \Omega$

- $$R_1 = \frac{(V_{OUT} - V_{LED})}{I_2}$$

Dengan I_2 direncanakan adalah 5 mA dan V_{OUT} dari op-amp adalah V_{OH} dari LM324 yaitu 3,5V maka didapat

$$R_1 = \frac{(3,5V - 1,5V)}{5 \times 10^{-3}}$$

$$R_1 = \frac{2}{5 \times 10^{-3}}$$

$$R_1 = 0,4 \times 10^3$$

$R_1 = 400 \Omega$, sehingga digunakan $R_1 = 330 \Omega$

- $$R_2 = \frac{(V_{CC} - V_{LED})}{I_3}$$

Dengan I_3 di rancang 10 mA maka

$$R_2 = \frac{(5V - 1,5V)}{10^{-2} A}$$

$$R_2 = \frac{3,5V}{10^{-2} A}$$

$R_2 = 350 \Omega$, sehingga digunakan $R_2 = 330 \Omega$

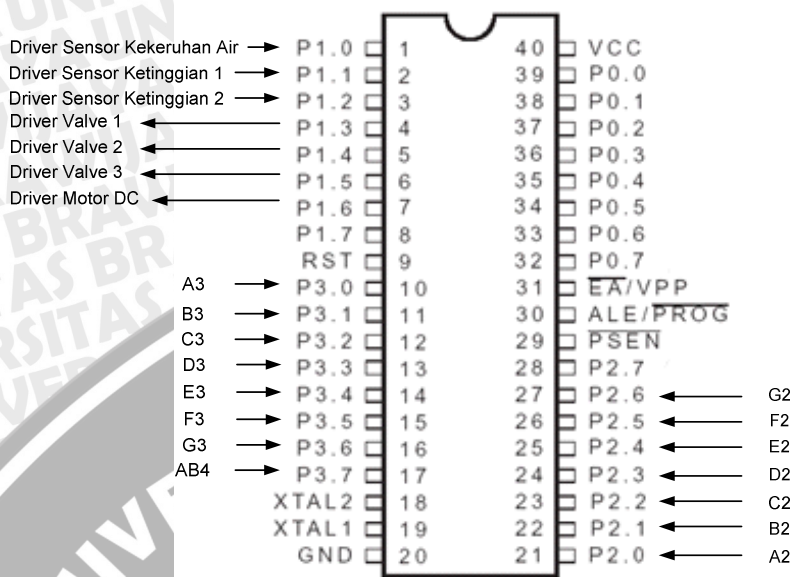
Rangkaian ini direncanakan sebagai *driver* sensor ketinggian air dan kekeruhan air.

4.4.4. Perancangan Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler yang digunakan dalam rangkain adalah mikrokontroler tipe AT89C51 yang merupakan keluarga MCS-51 yang dikemas dalam kemasan standart DIP (*Dual In Line Package*) 40 pin yang mempunyai konfigurasi tersendiri. Pemilihan mikrokontroler jenis ini karena mudah diperoleh dipasaran. Sebagai otak

[Type text]

pengolahan data dan pengontrolan alat, pin-pin AT89C51 dihubungkan pada rangkaian pendukung membentuk suatu system seperti terlihat dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Rangkaian Mikrokontroler
Sumber: Perancangan

Pin-pin mikrokontroler yang digunakan yaitu:

1) Port 1

P1.0 digunakan untuk membaca sensor kekeruhan air.

P1.1 digunakan untuk membaca sensor ketinggian air ke-1.

P1.2 digunakan untuk membaca sensor ketinggian air ke-2.

P1.3 digunakan untuk *driver valve* 1.

P1.4 digunakan untuk *driver valve* 2.

P1.5 digunakan untuk *driver valve* 3.

P1.6 digunakan untuk *driver* motor DC.

2) Port 2

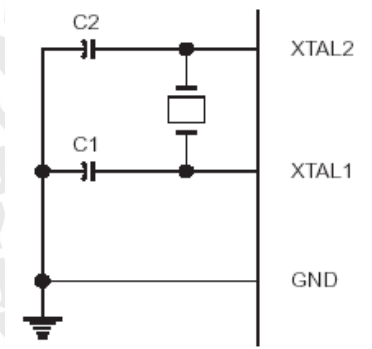
Port 2 digunakan untuk membaca data A2 sampai G2 dari pH meter.

3) Port 3

Port 3 digunakan untuk membaca data A3 sampai G3 dan AB4 dari pH meter.

4) XTAL 1 dan XTAL 2

Dengan frekuensi maksimum 24 MHz dan 2 kapasitor 30 pF dipakai untuk melengkapi rangkaian osilator pembentuk *clock* yang menentukan kecepatan kerja mikrokontroler. Penambahan rangkaian eksternal dari osilator ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Rangkaian Osilator

Sumber: www.atmel.com/atmel/acrobat/doc0265.pdf

5) V_{CC}

V_{CC} dihubungkan dengan tegangan catu daya sebesar +5V.

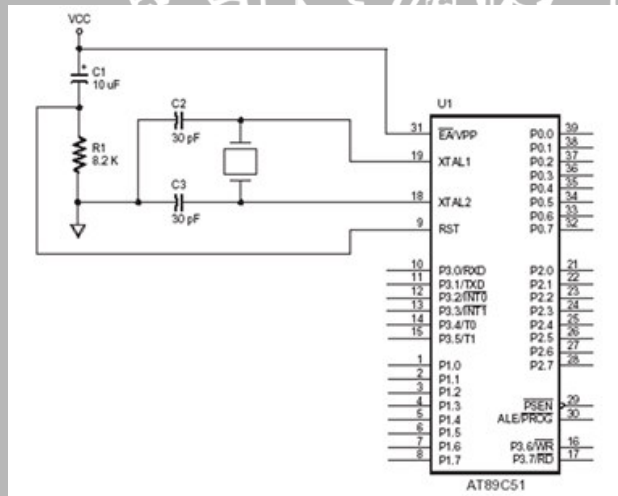
6) GND

GND ihubungkan ke *ground* catu daya.

7) *Reset*

Rangkaian *reset* diperlukan untuk mereset mikrokontroler secara otomatis setiap kali catu daya dinyalakan. Hal ini akan mereset program sehingga perintah program diakses mulai pada alamat awal.

Kapasitor 10 μF dan Resistor 8,2k Ω dipakai untuk membentuk rangkaian *reset*.

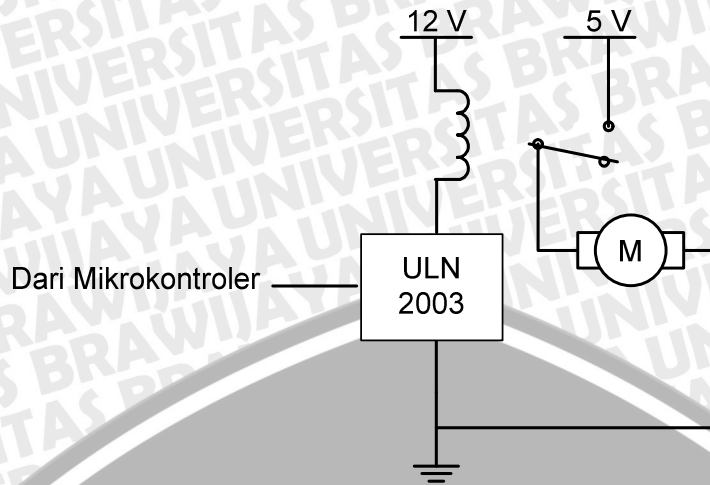


Gambar 4.9 Rangkain *Reset*

Sumber: Perancang

4.4.5. Perancangan *Driver* Motor DC

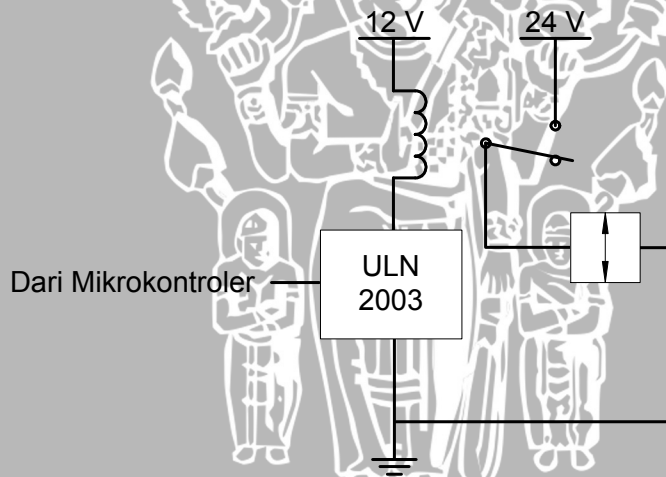
Driver motor DC adalah berupa ULN2003 dan *relay* 12 V yang digunakan untuk mendriver motor DC setelah mendapat input dari MCU. Gambar 4.10 menunjukkan rangkaian *driver* motor DC.



Gambar 4.10 Rangkaian Driver Motor DC
Sumber: Perancangan

4.4.6. Perancangan Driver Solenoid Valve

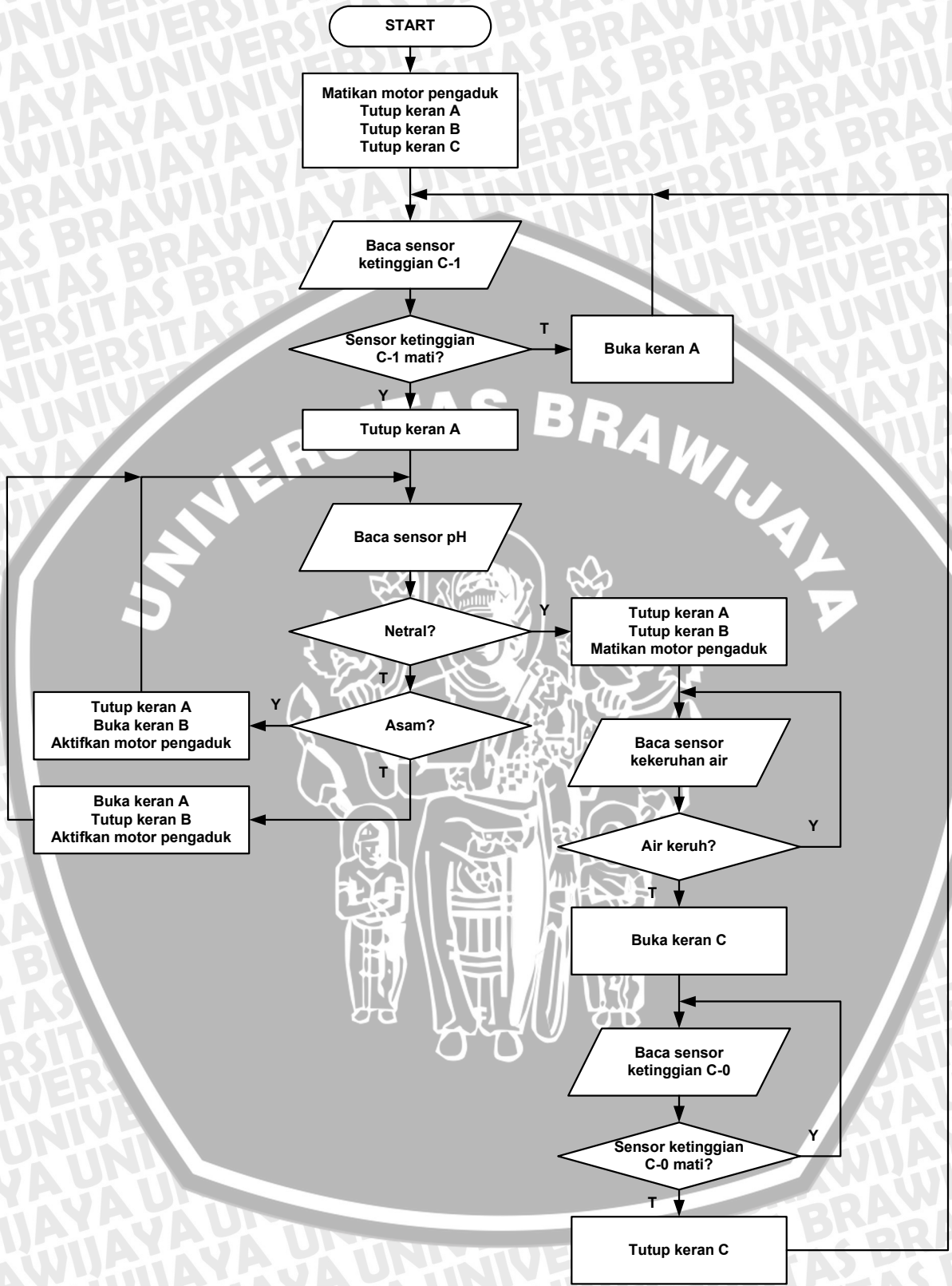
Driver solenoid valve adalah berupa ULN2003 dan relay 12 V yang digunakan untuk mendriver motor DC setelah mendapat input dari MCU. Gambar 4.11 menunjukkan rangkaian driver solenoid valve.



Gambar 4.11 Rangkaian Driver Solenoid Valve
Sumber: Perancangan

4.4.7. Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler

Perangkat lunak yang dirancang dengan menggunakan bahasa assembler mikrokontroler MCS-51. Untuk memberikan gambaran umum jalannya program dan memudahkan pembuatan perangkat lunak, maka dibuat flowchart yang menunjukkan jalannya program. Gambar 4.12 menunjukkan diagram alir program utama.



Gambar 4.12 Diagram Alir Program Utama

Sumber: Perancangan



BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT

Tujuan pengujian alat ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan dengan cara menguji rangkaian setiap blok secara terpisah. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk mempermudah analisis apabila alat ini tidak bekerja sesuai dengan perancangan.

Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu secara perangkat keras dan perangkat lunak. Pengujian perangkat keras dilakukan melalui pemeriksaan sambungan pengawatan dan pengukuran dengan alat-alat ukur. Pengujian perangkat lunak dilakukan melalui pembuatan *software* dan hasilnya diamati dengan bantuan alat peraga atau melalui alat ukur. Blok-blok yang diuji adalah:

- ✦ Pengujian rangkaian sensor ketinggian air
- ✦ Pengujian rangkaian sensor kekeruhan air
- ✦ Pengujian rangkaian Ph meter
- ✦ Pengujian rangkaian *driver* motor DC
- ✦ Pengujian rangkaian *driver* *selonoid valve*
- ✦ Pengujian sistem secara keseluruhan

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

$$\% \text{ Kesalahan (perhitungan)} = \left| \frac{\text{Perhitungan} - \text{Pengukuran}}{\text{Perhitungan}} \right| \times 100\% \quad (5.1)$$

$$\% \text{ Kesalahan rata-rata} = \frac{\sum \% \text{ Kesalahan}}{n} \quad (5.2)$$

n = Banyaknya pengujian yang dilakukan

5.1. Pengujian Rangkaian Sensor Ketinggian Air

5.1.1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketepatan sensor ketinggian air dalam merespon perubahan ketinggian air di tempat penetralan limbah cair yaitu dengan mengukur tegangan pada titik-titik tertentu.

Pengujian rangkaian sensor ketinggian air menggunakan multimeter.

5.1.2. Peralatan pengujian

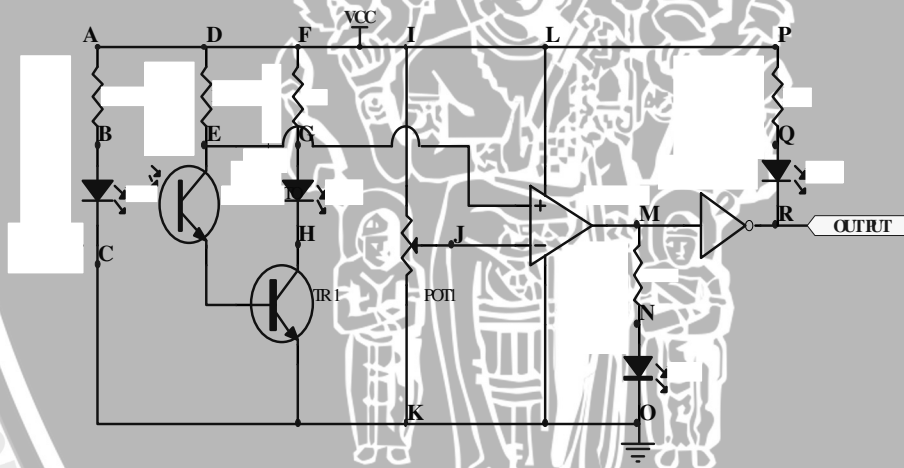
- ✦ Catu daya DC 5 V
- ✦ *Phototransistor* sebagai sensor ketinggian air

[Type text]

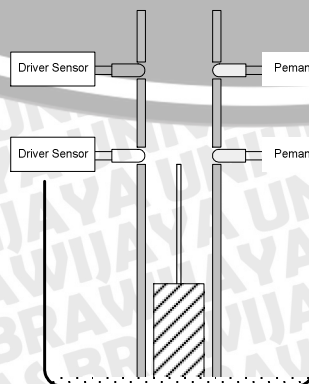
- ✦ Rangkaian *driver* sensor
- ✦ Pelampung air
- ✦ Bak air berisi air
- ✦ Multimeter

5.1.3. Prosedur Pengujian

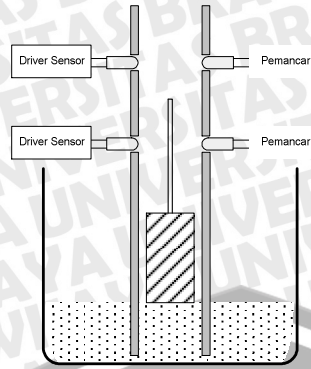
- ✦ Menyusun rangkaian sensor dan *driver* sesuai dengan gambar yang ditunjukkan dalam Gambar 5.1.
- ✦ Menyusun rangkaian dan mekanik sesuai dengan gambar yang ditunjukkan dalam Gambar 5.2.
- ✦ Mengkalibrasi R_{POT} untuk mengatur sensitivitas *phototransistor*.
- ✦ Mengukur tegangan pada rangkain dengan menggunakan multimeter.
- ✦ Memasukkan air atau mengurangi air ke dalam bak air sedikit demi sedikit sampai sensor terhalang oleh pelampung air seperti yang ditunjukan dalam Gambar 5.3.
- ✦ Mengukur tegangan pada rangkain dengan menggunakan multimeter.
- ✦ Memasukkan air atau mengurangi air ke dalam bak air sedikit demi sedikit sampai sensor terhalang oleh pelampung air seperti yang ditunjukan dalam Gambar 5.4.
- ✦ Mengukur tegangan pada rangkain dengan menggunakan multimeter.



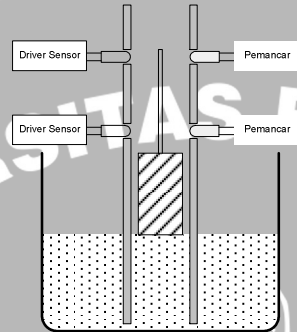
Gambar 5.1 Rangkaian Sensor dan *Driver*



Gambar 5.2 Rangkaian Sensor Ketinggian Air dan Mekanik 1



Gambar 5.3 Rangkaian Sensor Ketinggian Air dan Mekanik 2



Gambar 5.4 Rangkaian Sensor Ketinggian Air dan Mekanik 3

5.1.4. Hasil Pengujian

Data hasil keluaran sensor ketinggian air pada tiap *test point* ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Ketinggian Air

NO	SENSOR	Tegangan (volt)									
		V _{AB}	V _{DE}	V _{FG}	V _{MN}	V _{PQ}	V _{BC}	V _{GH}	V _{NO}	V _{QR}	V _{JK}
1.	ON	3,5	3,8	2,4	1,05	2,28	1,5	2,25	1,94	2	2,5
2.	OFF	3,5	0.05	0.07	0	0	1,5	2	0,71	-	2,5
3	ON	3,5	3,8	2,4	1,05	2,28	1,5	2,25	1,94	2	2,5
4	OFF	3,5	0.05	0.07	0	0	1,5	2	0,71	-	2,5

5.2. Pengujian Rangkaian Sensor Kekeruhan Air

5.2.1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketepatan sensor kekeruhan air dalam merespon perubahan intensitas cahaya di dalam air pada tempat pengolahan limbah cair yaitu dengan mengukur tegangan pada titik-titik tertentu. Pengujian rangkaian sensor ketinggian air menggunakan multimeter.

5.2.2. Peralatan Pengujian

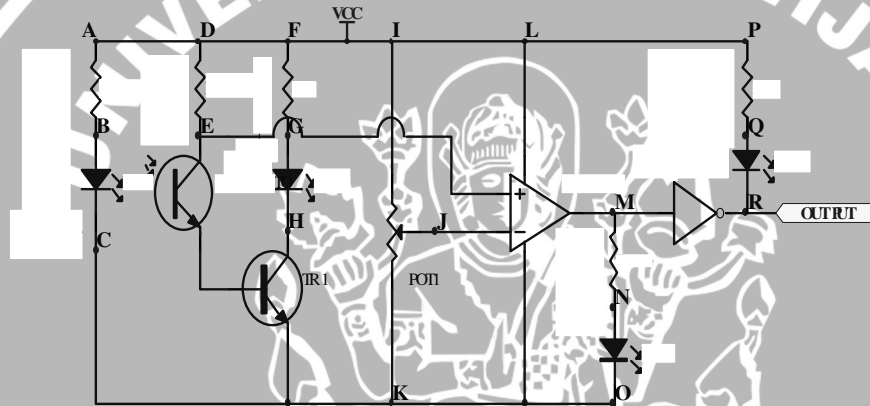
- ✦ Catu daya DC 5 V
- ✦ Phototransistor sebagai sensor kekeruhan air
- ✦ Rangkaian driver sensor
- ✦ Bak air
- ✦ Air mineral 1 gelas plastik 330ml
- ✦ Bubuk deterjen 1 bungkus

[Type text]

- ✦ Sendok teh 1
- ✦ Multimeter

5.2.3. Prosedur Pengujian

- ✦ Menyusun rangkaian sensor dan *driver* sesuai dengan gambar yang ditunjukkan dalam Gambar 5.5.
- ✦ Menyusun mekanik sesuai dengan gambar yang ditunjukkan dalam Gambar 5.6.
- ✦ Menyusun rangkaian dan mekanik sesuai dengan gambar yang ditunjukkan dalam Gambar 5.7 dengan memasukkan air yang jernih ke dalam bak air.
- ✦ Mengkalibrasi R_{POT} untuk mengatur sensitivitas *phototransistor*.
- ✦ Mengukur keluaran yang berupa tegangan dengan multimeter.
- ✦ Memasukkan deterjen ke dalam gelas air mineral sedikit demi sedikit.
- ✦ Mengukur keluaran yang berupa tegangan dengan multimeter.

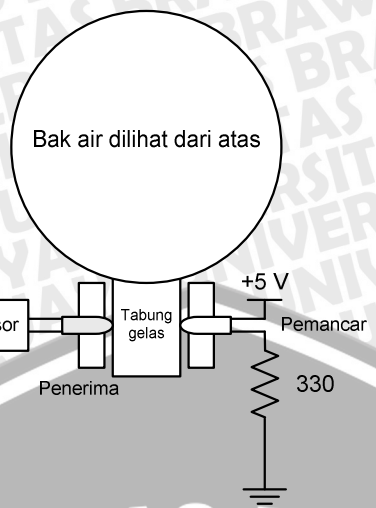


Gambar 5.5 Rangkaian Sensor dan *Driver*

Bak air dari samping

Tabung gelas

Gambar 5.6 Mekanik



Gambar 5.7 Rangkaian Kekeruhan Air dan Mekanik

5.2.4. Hasil Pengujian

Data hasil keluaran sensor kekeruhan air pada tiap *test point* ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Kekeruhan Air

NO	Kondisi Air	Sensor	Tegangan (volt)									
			V _{AB}	V _{DE}	V _{FG}	V _{MN}	V _{PQ}	V _{BC}	V _{GH}	V _{NO}	V _{QR}	V _{JK}
1.	Bersih	ON	3,5	3,8	2,4	1,05	2,28	1,5	2,25	1,94	2	2,5
2.	Keruh	OFF	3,5	0,05	0,07	0	0	1,5	2	0,71	-	2,5

- ✦ Bersih = air mineral murni.
- ✦ Keruh = air mineral 330 ml ditambah deterjen sebesar ±0,5 mg.

5.3. Pengujian pH Meter

5.3.1. Tujuan

Tujuan pengujian pH meter adalah untuk mengetahui tegangan *output* ICL7126CPLZ setiap adanya perubahan digit pada LCD pH meter.

5.3.2. Peralatan Pengujian

- ✦ pH meter.
- ✦ *Logic probe*.

5.3.3. Prosedur Pengujian

- ✦ Menyalakan pH meter. Kemudian mengkalibrasi R_{POT} yang terdapat pada pH meter. Mengukur tegangan *output* A2 sampai dengan G2, A3 sampai dengan G3, AB4 dan BP ICL7126CPLZ pada pH meter.
- ✦ Mengkalibrasi kembali R_{POT} yang terdapat pada pH meter sampai tampilan LCD pH meter berubah. Mengukur tegangan *output* A2 sampai dengan G2, A3 sampai dengan G3, AB4 dan BP ICL7126CPLZ pada pH meter.

5.3.4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian pH meter dan *driver* pH meter ditunjukkan dalam Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian pH Meter

No.	ICL7126CPLZ																LCD
	BP	AB4	G3	F3	E3	D3	C3	B3	A3	G2	F2	E2	D2	C2	B2	A2	pH Meter
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.0
2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1.0
3	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	2.1
4	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	3.1
5	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	4.3
6	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	5.3
7	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	6.4
8	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	7.4
9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	8.5
10	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	9.5
12	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10.6
13	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	11.7
14	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.8
15	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	13.9
16	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	14.0
17	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabel 5.4 Hasil Pengujian *Driver* pH Meter

No.	BP	A	Output Inverter
1	0	0	1
2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	0

Output inverter akan digunakan sebagai data *input* mikrokontroler. Tabel 5.5 menunjukkan data hexa desimal pH meter.

Tabel 5.5 Data pH Sebagai *Input* Mikrokontroler

No.	LCD pH Meter	pH (hexa desimal)
1	0	3F
2	1	06
3	2	5B
4	3	4F
5	4	66
6	5	6D
7	6	7D
8	7	07
9	8	7F
10	9	6F
11	10	BF

12	11	86
13	12	DB
14	13	CF
15	14	E6

5.4. Pengujian Driver Solenoid Valve

5.4.1. Tujuan

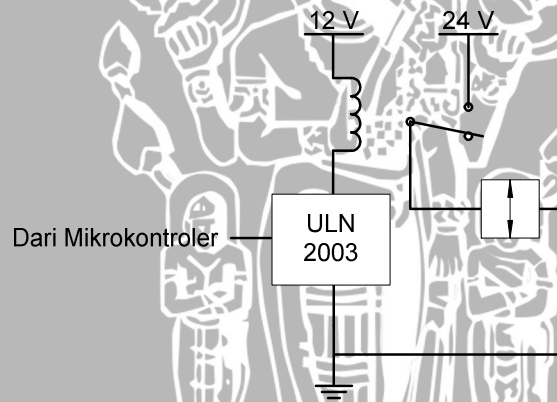
Pengujian *driver solenoid valve* adalah untuk mengetahui bahwa *driver* dapat berfungsi untuk mengaktifkan maupun mematikan *solenoid valve*.

5.4.2. Peralatan Pengujian

- ✦ Catu daya DC +5 volt, +12 volt dan +24 volt.
- ✦ *Solenoid valve*.

5.4.3. Prosedur Pengujian

- ✦ Menyusun rangkaian sesuai dengan gambar rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 5.8.
- ✦ Memberikan masukan *driver* dengan tagangan logika *high* dan *low*.
- ✦ Amati perubahan pada *solenoid valve* setiap terjadi perubahan masukan dari *driver*.



Gambar 5.8 Pengujian Rangkaian *Driver Solenoid Valve*

5.4.4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian berupa aktif atau tidaknya *relay* dan terbuka atau tertutupnya pintu *solenoid valve*. Hasil pengujian sensor ketinggian air ditunjukkan dalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Rangkaian *Driver Solenoid Valve*

MCU	<i>Relay</i>	<i>Solenoid Valve</i>
<i>High</i>	<i>ON</i>	Terbuka
<i>Low</i>	<i>OFF</i>	Tertutup

5.5. Pengujian Driver Motor DC

5.5.1. Tujuan

[Type text]

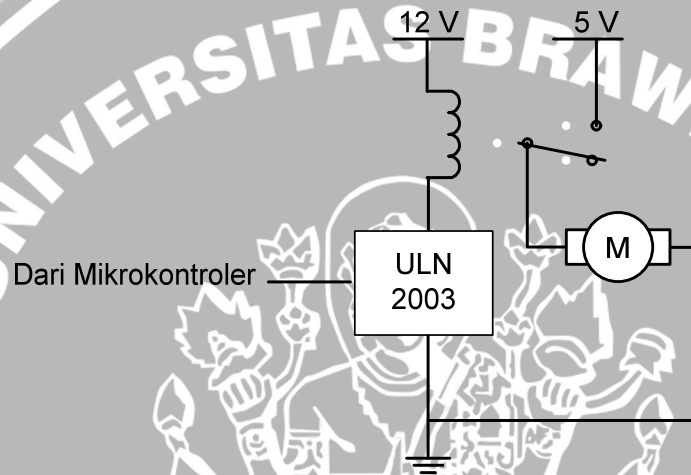
Pengujian *driver* motor DC adalah untuk mengetahui bahwa *driver* dapat berfungsi untuk mengaktifkan maupun mematikan motor DC.

5.5.2. Peralatan Pengujian

- ✦ Catu daya DC +5 volt dan +12 volt.
- ✦ Motor DC.

5.5.3. Prosedur Pengujian

- ✦ Menyusun rangkaian sesuai dengan gambar rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 5.9.
- ✦ Memberikan masukan *driver* dengan menekan tombol saklar.
- ✦ Amati perubahan pada motor DC setiap terjadi perubahan masukan dari *driver*.



Gambar 5.9 Pengujian Rangkaian *Driver* Motor DC

5.5.4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian berupa aktif atau tidaknya *relay* dan berputar atau tidaknya motor DC. Hasil pengujian sensor kekeruhan air ditunjukkan dalam Tabel 5.7:

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Rangkaian *Driver* Motor DC

MCU	<i>Relay</i>	Motor DC
<i>High</i>	<i>ON</i>	<i>ON</i>
<i>Low</i>	<i>OFF</i>	<i>OFF</i>

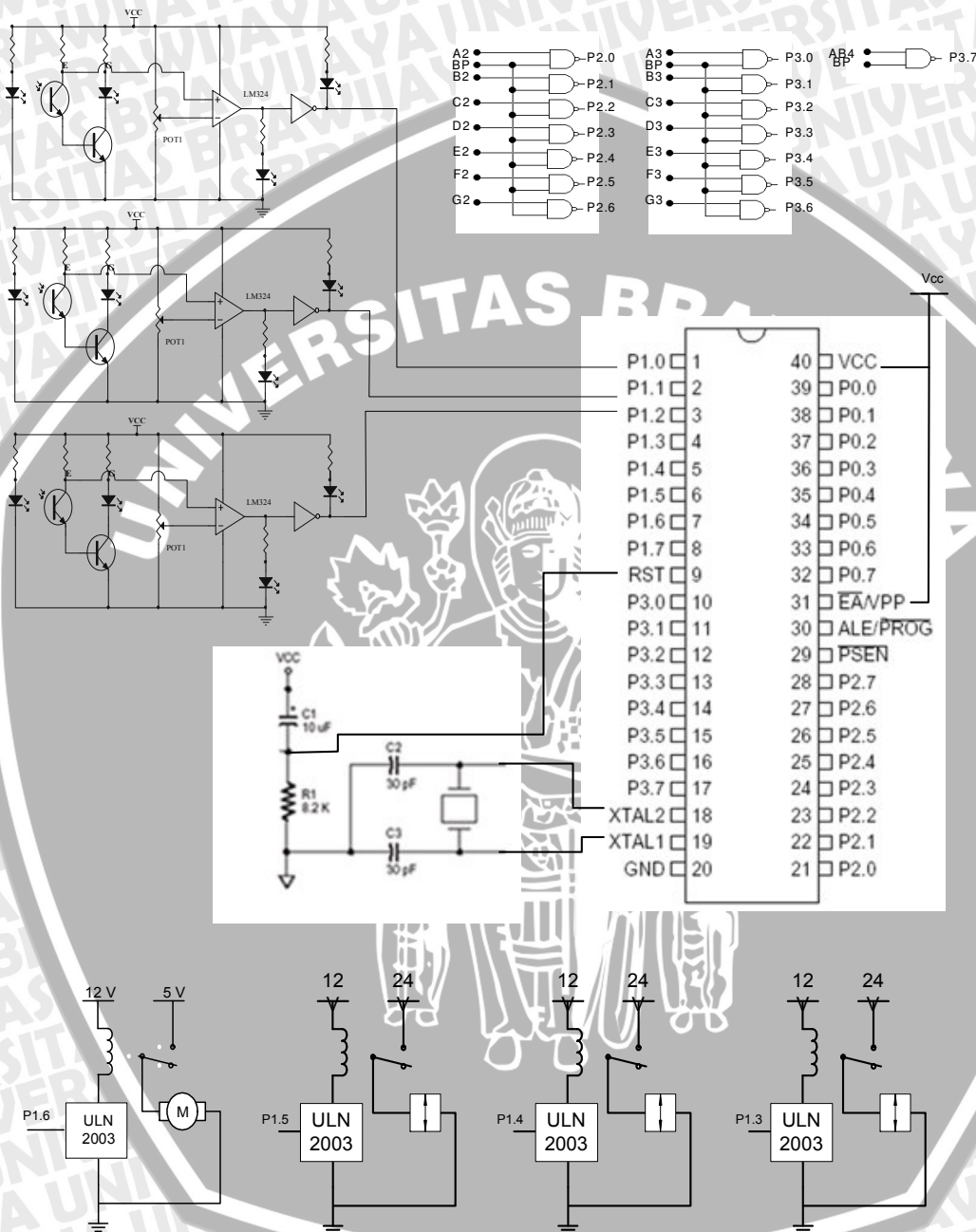
5.6. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian dan pengamatan yang dilakukan untuk keseluruhan sistem dilakukan dengan menghubungkan keseluruhan perangkat keras dan perangkat lunak yang terdapat pada sistem mikrokontroler.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah perancangan alat telah berfungsi dengan baik.

Pengujian secara keseluruhan dilakukan dengan menghubungkan peralatan seperti Gambar 5.10. Pengujian alat dilakukan dengan cara memasukkan pH meter ke dalam tempat penetralan.

Output dari setiap *driver phototransistor* dan pH meter menjadi *input* mikrokontroler yang kemudian akan diolah agar pH limbah cair dalam tempat penetralan menjadi netral dengan cara mengaktifkan *driver-driver solenoid valve* dan *driver motor DC*.



Gambar 5.10 Rangkaian Keseluruhan

Dari hasil pengujian secara keseluruhan, rangkaian dan program dapat berjalan dengan semestinya, meskipun terkadang masih terjadi kesalahan setiap kali *relay* aktif yang menimbulkan *bouncing*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari perencanaan dan pembuatan prototipe penetral pH pada pengolahan limbah cair berbasis mikrokontroler.

5.1 Kesimpulan

Dari penulisan skripsi yang telah dilakukan serta melalui pengujian alat maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Berdasarkan hasil pengujian alat, *phototransistor* dapat digunakan sebagai sensor ketinggian air dan kekeruhan air.
- 2) Berdasarkan hasil pengujian alat, penetralan pH cair dapat dilakukan secara otomatis dengan bantuan mikrokontroler untuk membuka dan menutup katup-katup saluran air.
- 3) Berdasarkan hasil pengujian alat, pH akhir limbah cair berkisar antara 7,0 sampai dengan 7,9.
- 4) Berdasarkan hasil pengujian alat pH meter, pH meter model HI96107 produk Hanna Instruments dapat digunakan sebagai sensor pH yang ekonomis.

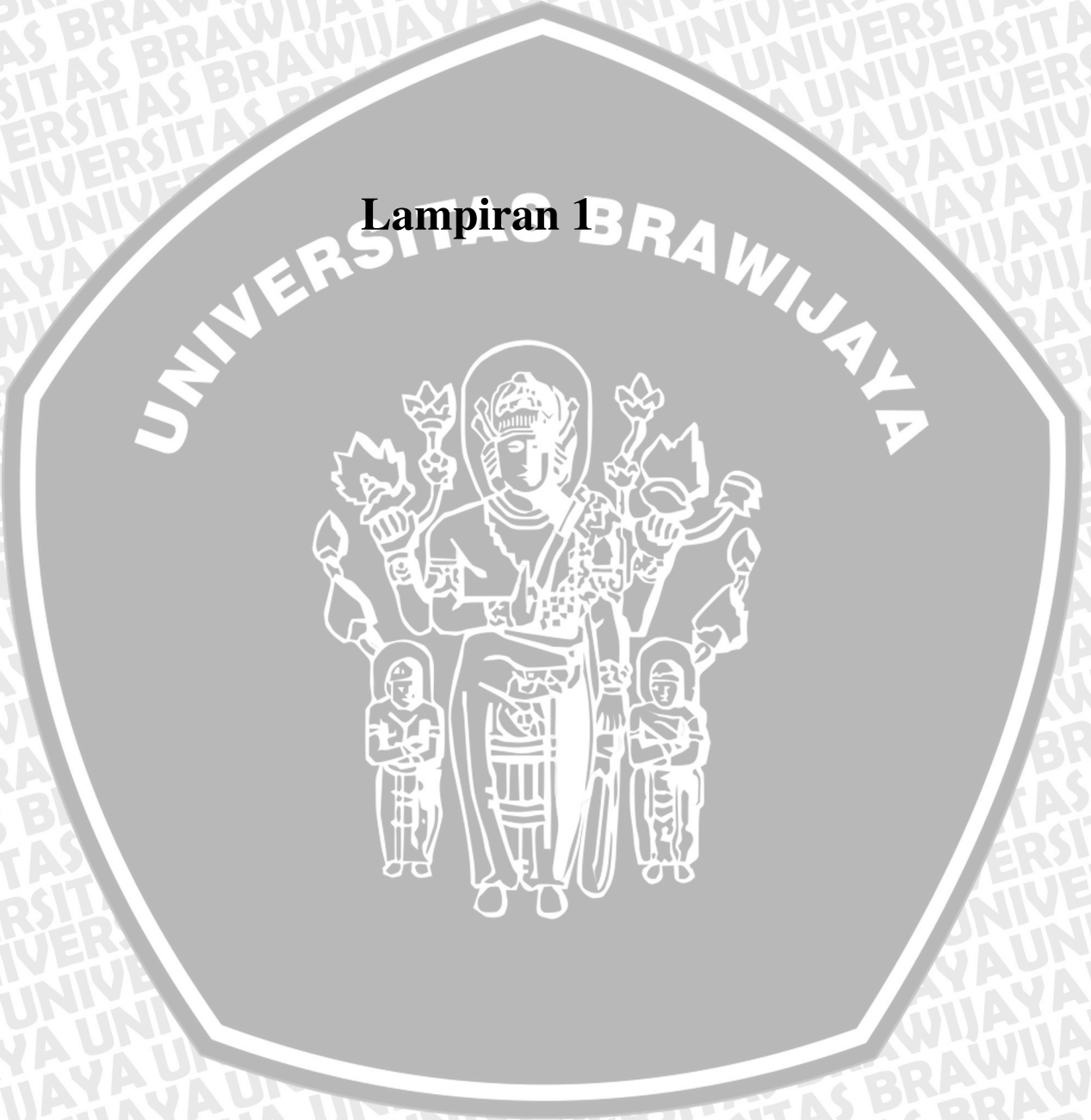
5.2 Saran

Dalam perencanaan dan pembuatan prototipe penetral pH pada pengolahan limbah cair berbasis mikrokontroler ini terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan untuk disempurnakan. Hal tersebut berupa:

- 1) Untuk meminimalisasi terjadinya hubung singkat dan untuk mempermudah menganalisa, lebih baik gunakan *layout* PCB.
- 2) Alat ini dapat dikembangkan dengan menambah sensor suhu, dengan suhu netral 38°C sampai 40°C.
- 3) Alat ini dapat dikembangkan dengan menambah sensor bau, dan sensor warna.
- 4) Alat ini dapat dikembangkan dengan menambah sensor untuk mengatasi *chemical oxygen demand* (COD), dengan kadar COD netral 100 sampai 300 (mg/L).
- 5) Alat ini dapat dikembangkan dengan menambah sensor untuk mengatasi *biochemical oxygen demand* (BOD), dengan kadar BOD netral 50 sampai 150 (mg/L).

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Lutfi. 2009. *Sumber-sumber Terjadinya Pencemaran*. Indonesia: http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-lingkungan/pencemaran_lingkungan/sumber-sumber-terjadinya-pencemaran/ (diakses tanggal 3 april 2009)
- _____. 2009. *Sumber dan Bahan Pencemar Air*. Indonesia: http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-lingkungan/pencemaran-air/sumber-dan-bahan-pencemar-air/ (diakses tanggal 3 april 2009)
- _____. 2009. *Pengertian Pencemaran*. Indonesia: http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-lingkungan/pencemaran_lingkungan/pengertian-pencemaran/ (diakses tanggal 3 april 2009)
- Atmel. 2000. *AT89C51*. Amerika Utara: <http://www.atmel.com/atmel/acrobat/doc0265.pdf> (diakses tanggal 3 april 2009)
- Coughlin, Robert F. 1982. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*. Jakarta: Erlangga
- Jim, Clark. 2007. *Teori Asam-Basa*. Indonesia: http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia_dasar/asam_dan_basa/teori-asam-basa (diakses tanggal 3 april 2009)
- _____. 2009. *Basa Kuat dan Basa Lemah*. Indonesia: http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia_fisika1/kesetimbangan_asam_basa/basa_kuat_dan_basa_lemah/ (diakses tanggal 3 april 2009)
- Malvino, Albert Paul. 1981. *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Edisi Kedua, Cetakan Ketiga, terjemahan Hanapi Gunawan. Jakarta: Erlangga
- _____. 1994. *Prinsip-Prinsip dan Penerapan Digital*. Edisi Ketiga, terjemahan Irwan Wijaya. Jakarta: Erlangga
- National, Semiconductor. 1994. *LM741 Operational Amplifier*. Hongkong: www.national.com/ds/LM/LM741.pdf (diakses tanggal 3 april 2009)
- Nurmawati. 2004. *Air Sisa*. Malaysia: www.efka.utm.my/thesis/images/3PSM/2004/4JKAS/Part1/NURMAWATIAA000820D04TT2.doc (diakses tanggal 7 april 2009)
- Wahab. 2004. *Air Mentah*. Malaysia: www.efka.utm.my/thesis/images/3PSM/2004/2JHH/Part1/WAHABSX010489AWJ12D03TT2.doc (diakses tanggal 7 april 2009)
- Yoshito, Takeuchi. 2008. *Pembentukan konsep asam dan basa*. http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia_dasar/asam_dan_basa/pembentukan-konsep-asam-dan-basa/ (diakses tanggal 3 april 2009)



Lampiran 1

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 2



[Type text]

```
;sensor indikator keruh p1.0  
;sensor level low p1.1  
;sensor level high p1.2  
;valve asam p1.3  
;valve basa p1.4  
;valve netral p1.5  
;driver motor DCpengaduk P1.6  
;seven segment  
;p2 = satuan  
;p3 = puluhan
```

```
org 0h  
ljmp start
```

start:

```
clr p1.3  
clr p1.4  
clr p1.5  
clr p1.6
```

```
call delay  
call delay
```

prog_utama:

```
call tunggu_isi_asam  
call baca_ph  
call kondisi_netral  
call Drain_Netral  
sjmp prog_utama
```

tunggu_isi_asam:

```
jnb p1.2,isi  
clr p1.3  
call delay  
call delay  
call delay  
setb p1.6  
call ldelay  
call ldelay  
call ldelay  
clr p1.6  
call delay  
ret
```

isi:

```
setb p1.3  
call delay  
sjmp tunggu_isi_asam
```

baca_ph:

```
mov a,p3  
call data_segmen  
call delay  
cjne a,#7h,lebih_kecil  
ret
```

lebih_kecil:

```
jc kondisi_asam ;lebih kecil
```

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



[Type text]

```

sjmp kondisi_basa ;lebih besar
kondisi_asam:
setb p1.4 ;ditambah larutan basa
call delay
call delay
call delay
call delay
call delay
call delay
clr p1.4
call delay
setb p1.6
call ldelay
clr p1.6
call delay
ljmp baca_ph

```

```

kondisi_basa:
setb p1.3 ;ditambah larutan asam
call delay
call delay
call delay
call delay
call delay
clr p1.3
call delay
setb p1.6
call ldelay
clr p1.6
call delay
ljmp baca_ph

```

```

Kondisi_netral:
clr p1.3
clr p1.4
clr p1.5
clr p1.6

call delay
setb p1.6
call ldelay
call ldelay
clr p1.6
call ldelay
ret

```

```

; baca kekeruhan
; buang limbah netral

```

```

Drain_Netral:
jnb p1.0,$
call delay
setb p1.5
acall delay
jb p1.1,$
acall delay
acall delay
acall delay
clr p1.5
ret
; data segmen

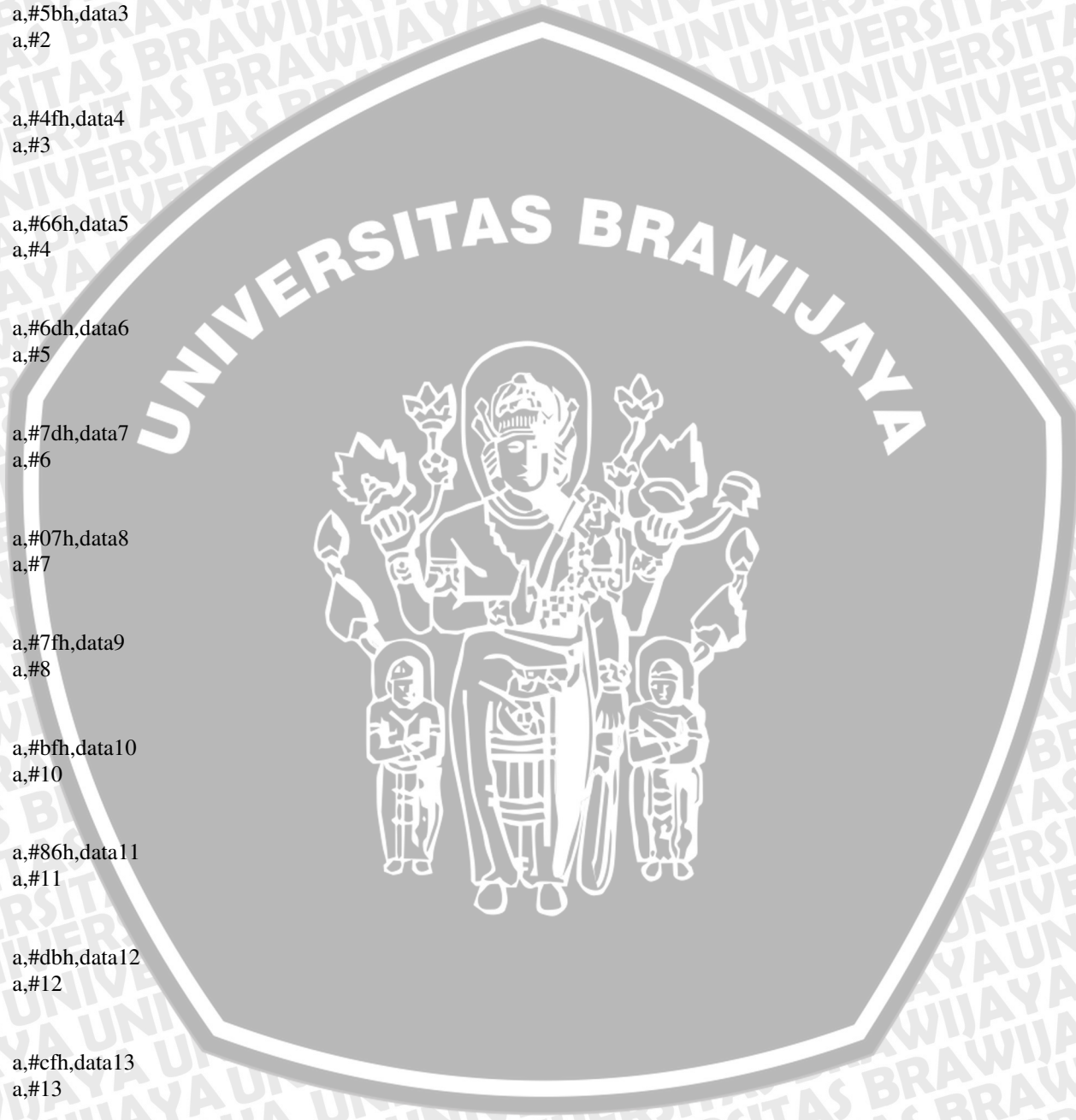
```

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



[Type text]

```
data_segmen:
  cjne  a,#3fh,data1
  mov   a,#0
  ret
data1:
  cjne  a,#06h,data2
  mov   a,#1
  ret
data2:
  cjne  a,#5bh,data3
  mov   a,#2
  ret
data3:
  cjne  a,#4fh,data4
  mov   a,#3
  ret
data4:
  cjne  a,#66h,data5
  mov   a,#4
  ret
data5:
  cjne  a,#6dh,data6
  mov   a,#5
  ret
data6:
  cjne  a,#7dh,data7
  mov   a,#6
  ret
data7:
  cjne  a,#07h,data8
  mov   a,#7
  ret
data8:
  cjne  a,#7fh,data9
  mov   a,#8
  ret
data9:
  cjne  a,#bfh,data10
  mov   a,#10
  ret
data10:
  cjne  a,#86h,data11
  mov   a,#11
  ret
data11:
  cjne  a,#dbh,data12
  mov   a,#12
  ret
data12:
  cjne  a,#cfh,data13
  mov   a,#13
  ret
data13:
  cjne  a,#e6h, data_segmen
  mov   a,#14
  ret
ldelay:
  mov   r5,#10
ldel:
  call  delay
  djnz r5,ldel
  ret
```



[Type text]

delay:

mov R7,#200

delay1:

mov R6,#100

djnz R6,\$

djnz R7,delay1

ret

end

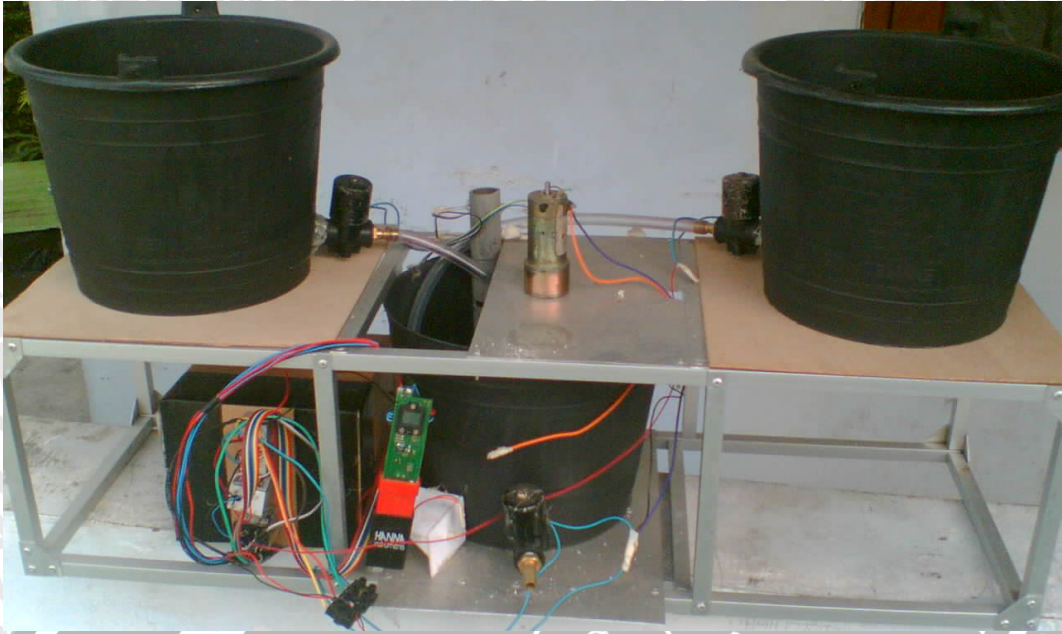


UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 3



[Type text]



Gambar Foto Alat



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 4



[Type text]

Features

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

Description

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

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

Pin Configurations

PDIP

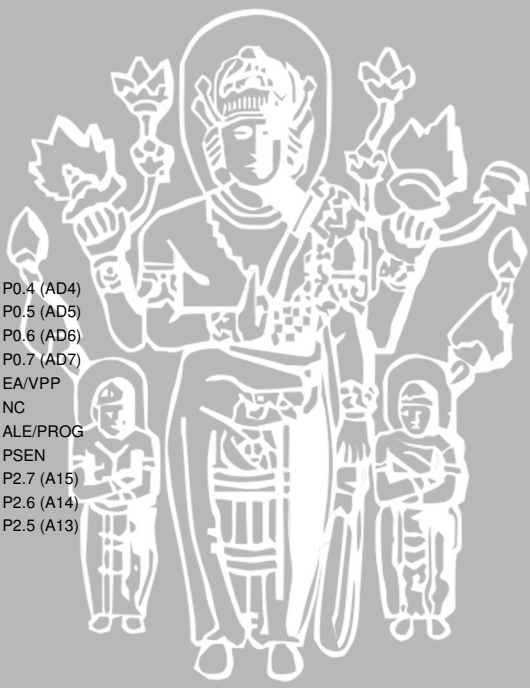
P1.0	1	40	VCC
P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

PLCC

P1.4	6	44	VCC
P1.3	5	43	P0.0 (AD0)
P1.2	4	42	P0.1 (AD1)
P1.1	3	41	P0.2 (AD2)
P1.0	2	40	P0.3 (AD3)
NC	1	39	P0.4 (AD4)
(MOSI) P1.5	7	38	P0.5 (AD5)
(MISO) P1.6	8	37	P0.6 (AD6)
(SCK) P1.7	9	36	P0.7 (AD7)
RST	10	35	EA/VPP
(RXD) P3.0	11	34	NC
NC	12	33	ALE/PROG
(TXD) P3.1	13	32	PSEN
(INT0) P3.2	14	31	P2.7 (A15)
(INT1) P3.3	15	30	P2.6 (A14)
(T0) P3.4	16	29	P2.5 (A13)
(T1) P3.5	17	28	P2.4 (A12)
(WR) P3.6	18	27	P2.3 (A11)
(RD) P3.7	19	26	P2.2 (A10)
XTAL2	20	25	P2.1 (A9)
XTAL1	21	24	P2.0 (A8)
GND	22	23	NC
NC	23	22	NC
(A8) P2.0	24	21	NC
(A9) P2.1	25	20	NC
(A10) P2.2	26	19	NC
(A11) P2.3	27	18	NC
(A12) P2.4	28	17	NC

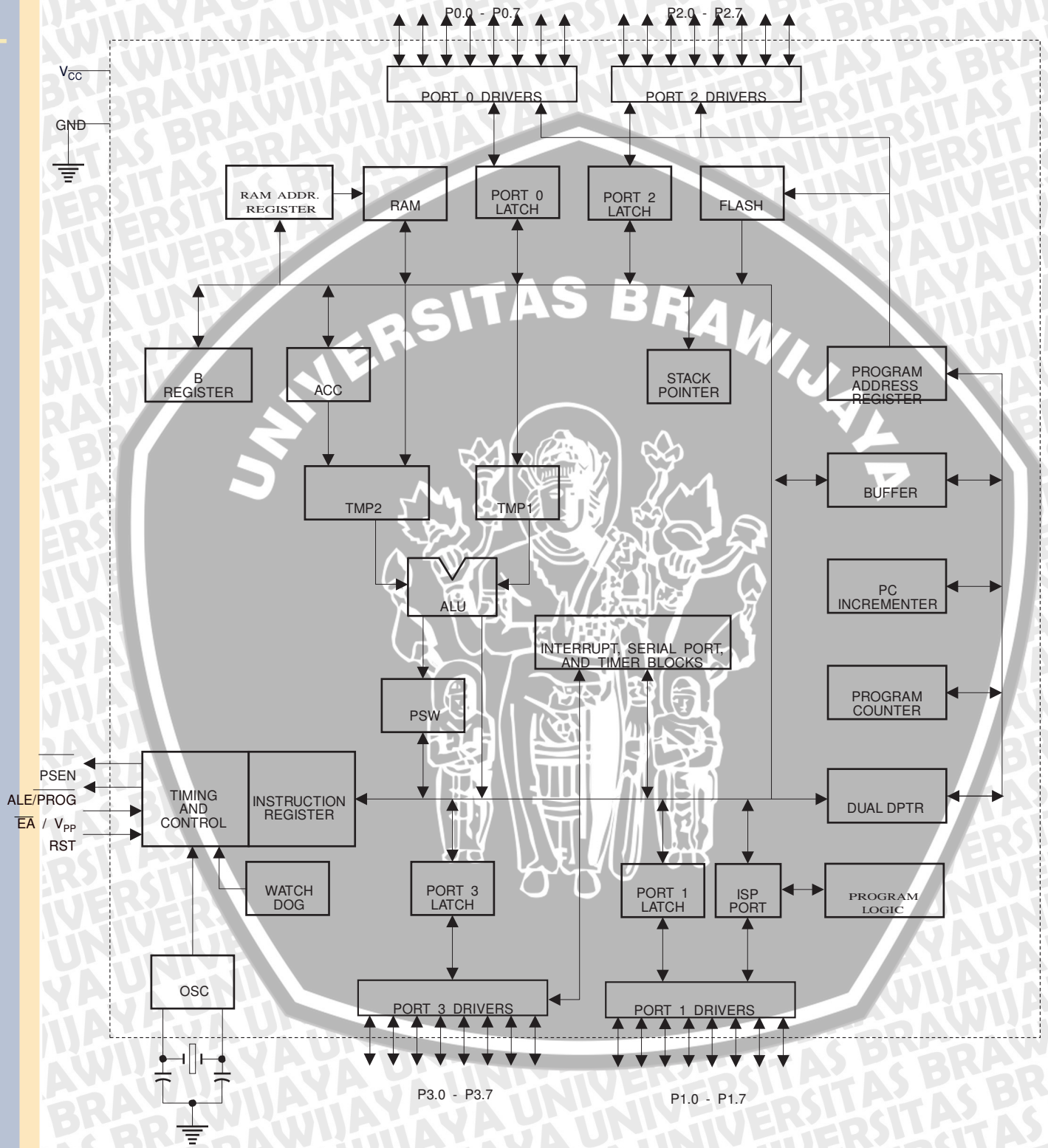
TQFP

44	P1.4	33	P0.4 (AD4)
43	P1.3	32	P0.5 (AD5)
42	P1.2	31	P0.6 (AD6)
41	P1.1	30	P0.7 (AD7)
40	P1.0	29	EA/VPP
39	NC	28	NC
38	VCC	27	ALE/PROG
37	P0.0 (AD0)	26	PSEN
36	P0.1 (AD1)	25	P2.7 (A15)
35	P0.2 (AD2)	24	P2.6 (A14)
34	P0.3 (AD3)	23	P2.5 (A13)
(MOSI) P1.5	1		
(MISO) P1.6	2		
(SCK) P1.7	3		
RST	4		
(RXD) P3.0	5		
NC	6		
(TXD) P3.1	7		
(INT0) P3.2	8		
(INT1) P3.3	9		
(T0) P3.4	10		
(T1) P3.5	11		
(WR) P3.6	12		
(RD) P3.7	13		
XTAL2	14		
XTAL1	15		
GND	16		
GND	17		
(A8) P2.0	18		
(A9) P2.1	19		
(A10) P2.2	20		
(A11) P2.3	21		
(A12) P2.4	22		



[Type text]

Block Diagram



Pin Description

VCC Supply voltage.

GND Ground.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[Type text]

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

RST

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.

ALE/PROG

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

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

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

PSEN

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

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

EA/VPP

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

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

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

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier



Special Function Registers

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

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

Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H								0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111	AUXR1 XXXXXXXX0				WDTRST 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 XXX00XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XXX0000	87H

[Type text]

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 reset under software control and is not affected by reset.

Table 3. AUXR1: Auxiliary Register 1

AUXR1								
Address = A2H								
								Reset Value = XXXXXXX0B
Not Bit Addressable								
	–	–	–	–	–	–	–	DPS
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
–	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 (One-time Enabled with Reset-out)

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

Using the WDT

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



[Type text]

WDT During Power-down and Idle

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

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

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

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

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

UART

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

Timer 0 and 1

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

Interrupts

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

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

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

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

Table 4. Interrupt Enable (IE) Register

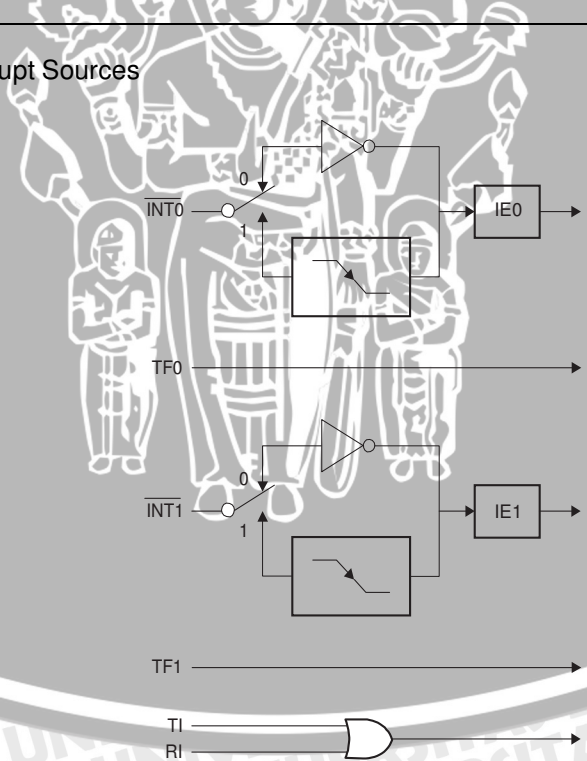
(MSB)				(LSB)			
EA	–	–	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

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

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

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

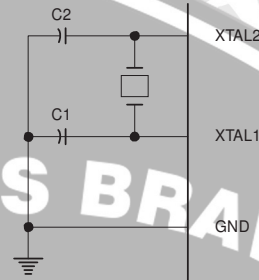
Figure 1. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

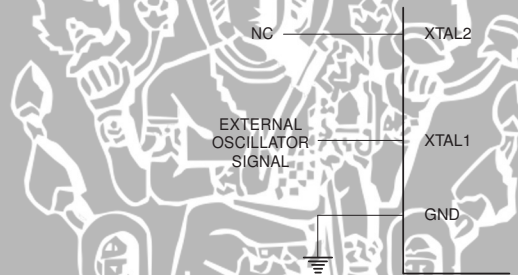
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 2. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected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

Figure 2. Oscillator Connections



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

Figure 3. External Clock Drive Configuration



Idle Mode

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

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

Power-down Mode

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

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

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

Program Memory Lock Bits

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, 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.

Programming the Flash – Parallel Mode

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

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

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

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

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



[Type text]

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.0 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate 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 89S51
- (200H) = 06H

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

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

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

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.

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.

Programming the Flash – Serial Mode

Serial Programming Algorithm



Power-off sequence (if needed):

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

Set RST to “L”.

Turn V_{CC} power off.

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

Serial Programming Instruction Set






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

Programming Interface – Parallel Mode

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

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

Table 7. Flash Programming Modes

Mode	V_{CC}	RST	PSEN	ALE/ PROG	EA/ V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.3-0	P1.7-0
												Address	
Write Code Data	5V	H	L	 ⁽²⁾	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	 ⁽³⁾	12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L	 ⁽³⁾	12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L	 ⁽³⁾	12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Read Lock Bits 1, 2, 3	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Chip Erase	5V	H	L	 ⁽¹⁾	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 PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Chip Erase.
 2. Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Write Code Data.
 3. Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Write Lock Bits.
 4. RDY/BSY signal is output on P3.0 during programming.
 5. X = don't care.

Figure 4. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

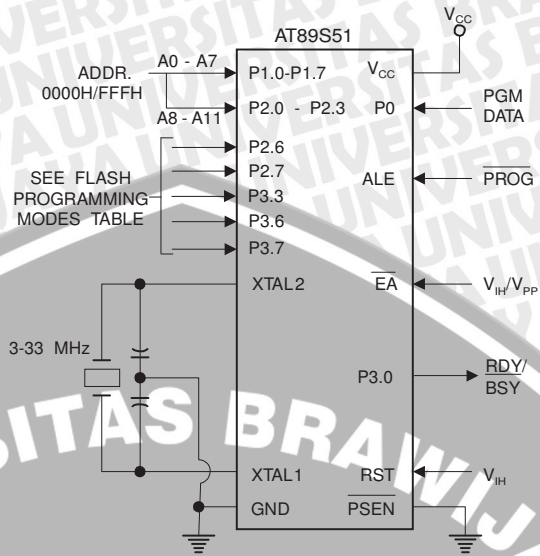
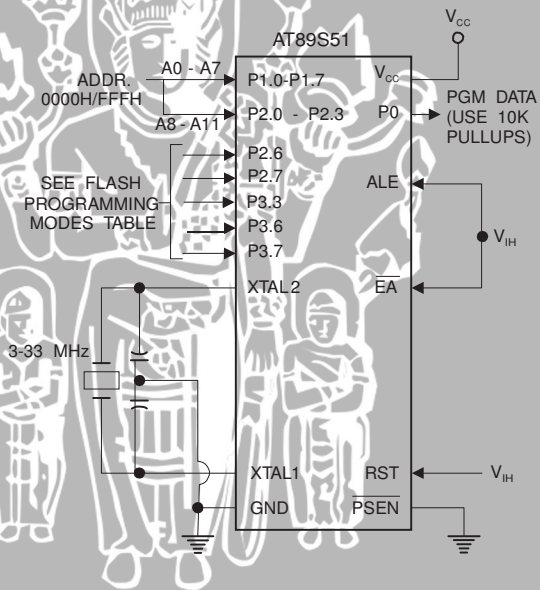


Figure 5. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)

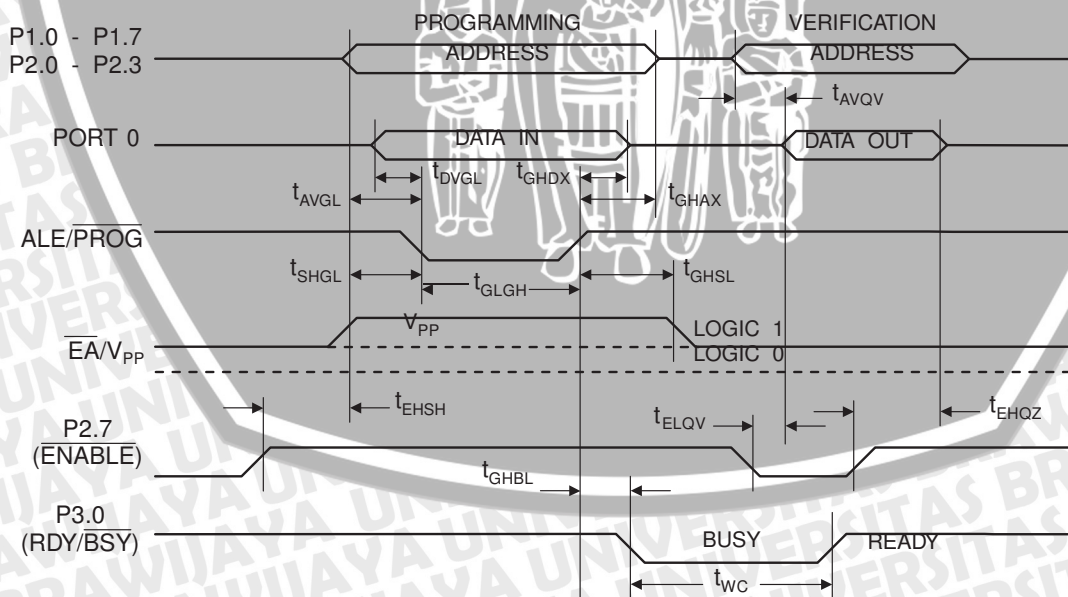


Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

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

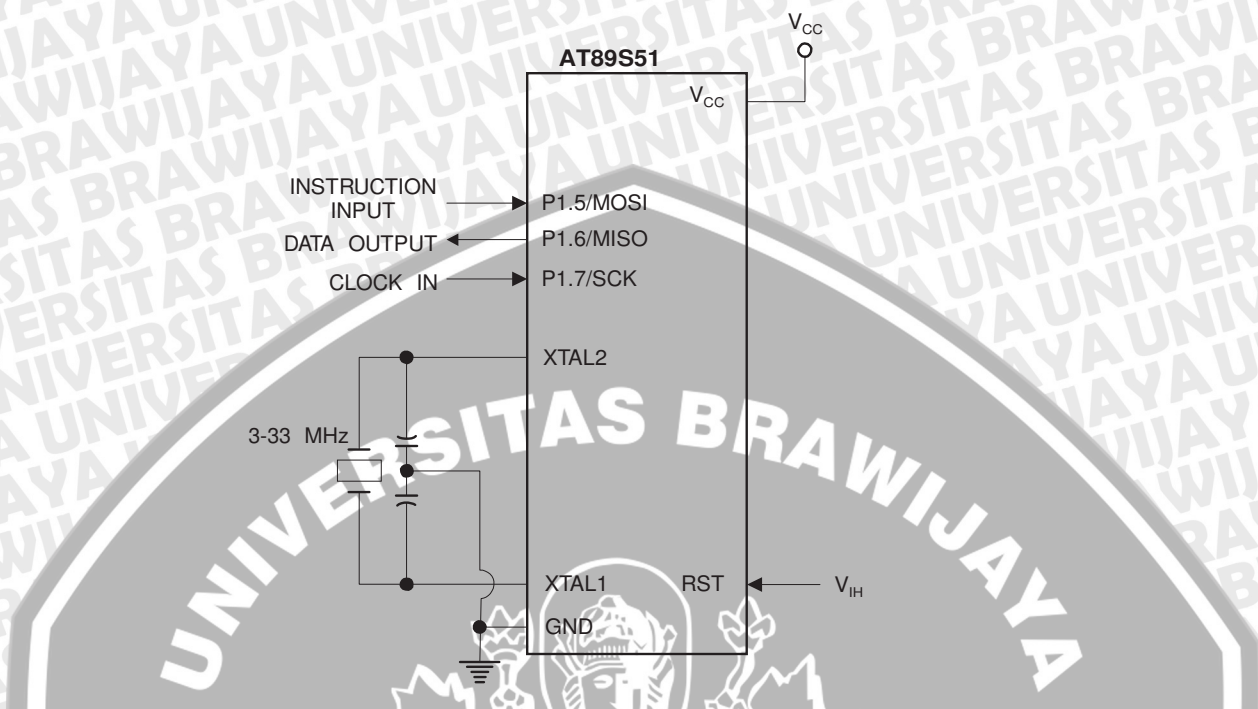
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}	Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}	Programming Supply Current		10	mA
I_{CC}	V_{CC} Supply Current		30	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	33	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to PROG Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After PROG	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}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

Figure 6. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode



[Type text]

Figure 7. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 8. Serial Programming Waveforms

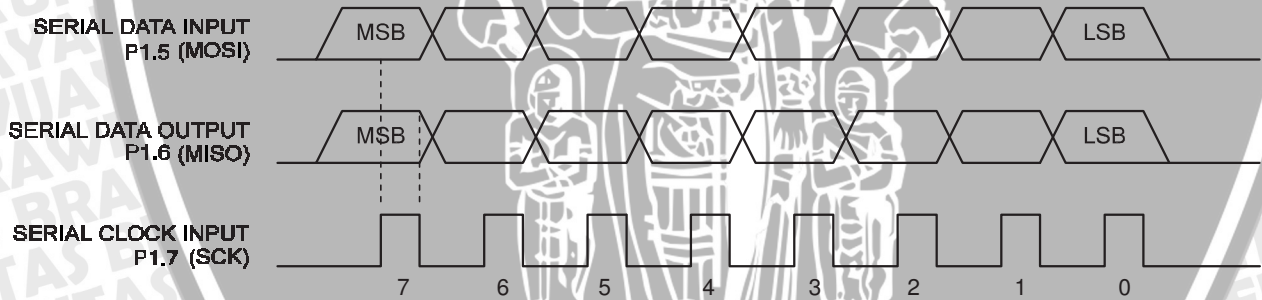


Table 8. Serial Programming Instruction Set

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)	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 ⁽²⁾	1010 1100	1110 00 B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (2).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xx LB3 LB2 LB1 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes ⁽¹⁾	0010 1000	xxx A5 A4 A3 A2 A1	A0 xxx xxxx	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)

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

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

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

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

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

[Type text]

Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

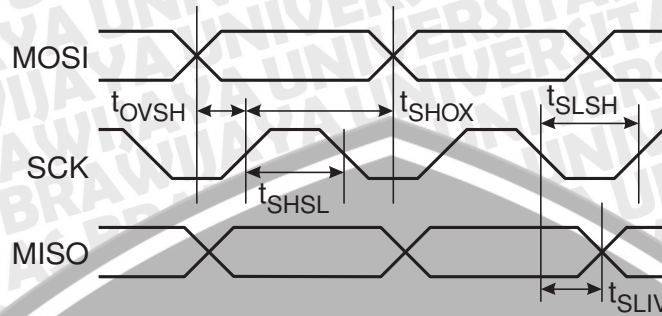


Table 9. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

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

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
DC 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.

DC Characteristics

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

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except EA)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low Voltage (EA)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, EA)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	K Ω
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
		Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:

- Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
- Maximum I_{OL} per 8-bit port:
- Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA
- Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

- 2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

[Type text]

AC Characteristics

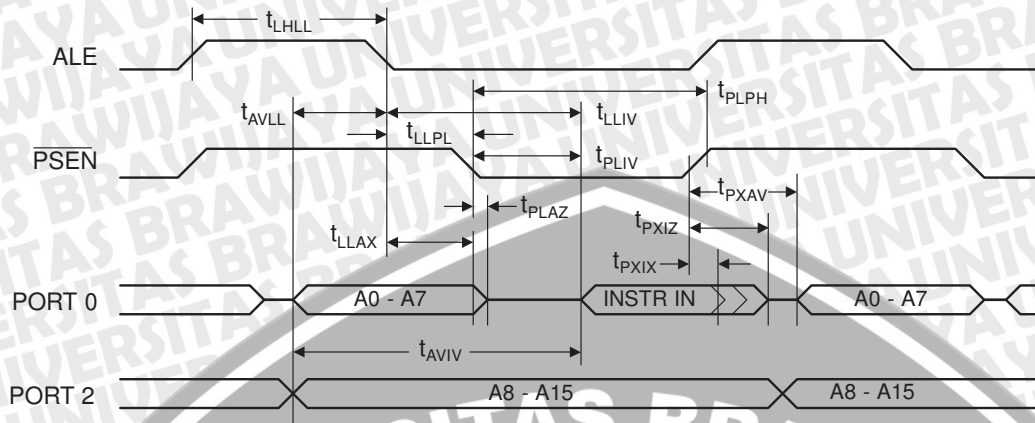
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

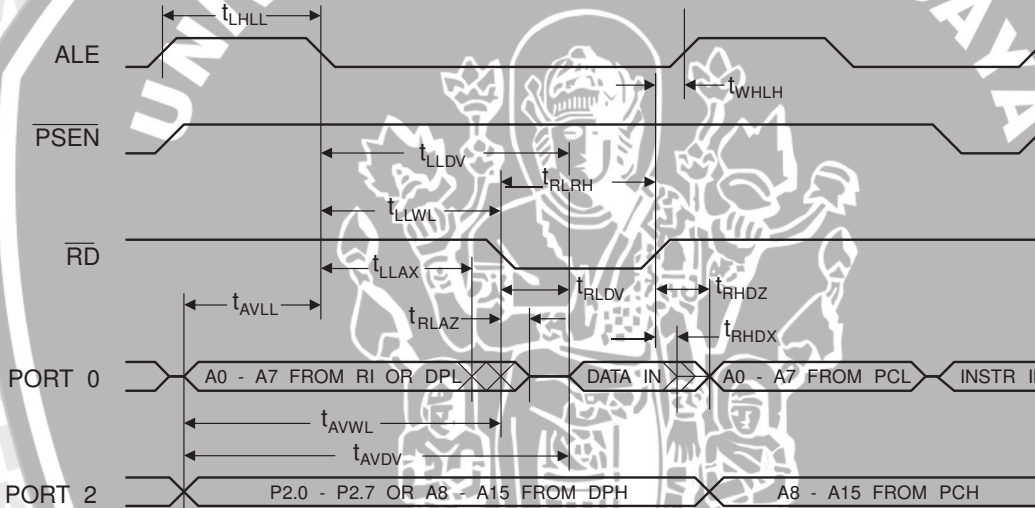
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	33	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-25$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-25$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to PSEN Low	43		$t_{CLCL}-25$		ns
t_{PLPH}	PSEN Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-45$		ns
t_{PLIV}	PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-60$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After PSEN	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After PSEN		59		$t_{CLCL}-25$	ns
t_{PXAV}	PSEN to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-80$	ns
t_{PLAZ}	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	RD Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{WLWH}	WR Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{RLDV}	RD Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After RD	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After RD		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to RD or WR Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to RD or WR Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to WR Transition	23		$t_{CLCL}-30$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to WR High	433		$7t_{CLCL}-130$		ns
t_{WHQX}	Data Hold After WR	33		$t_{CLCL}-25$		ns
t_{RLAZ}	RD Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	RD or WR High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-25$	$t_{CLCL}+25$	ns

[Type text]

External Program Memory Read Cycle

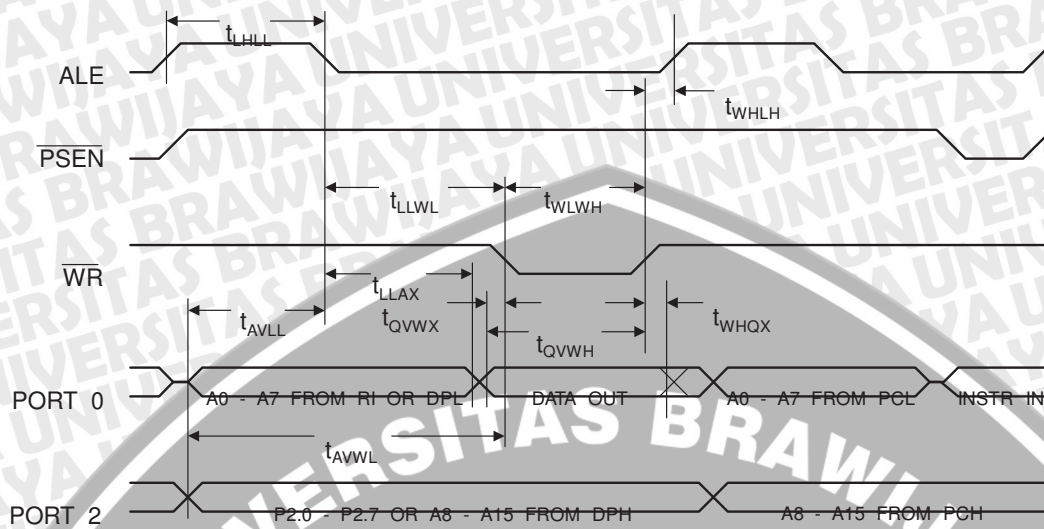


External Data Memory Read Cycle

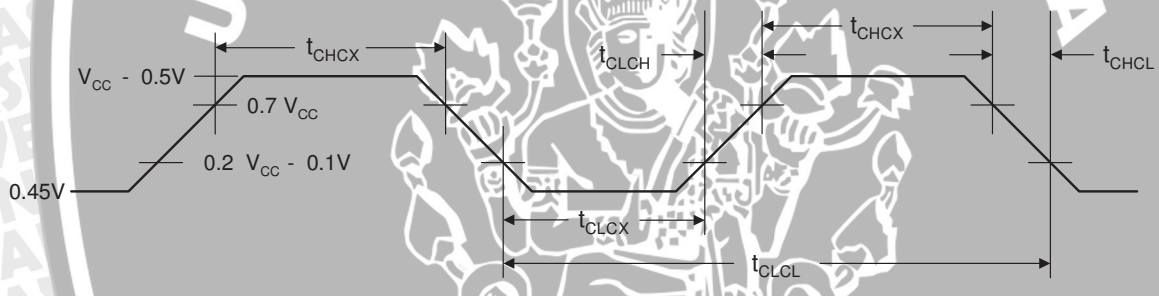


[Type text]

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	33	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	30		ns
t_{CHCX}	High Time	12		ns
t_{CHCL}	Low Time	12		ns
t_{CLCX}	Rise Time		5	ns
t_{CLCL}	Fall Time		5	ns

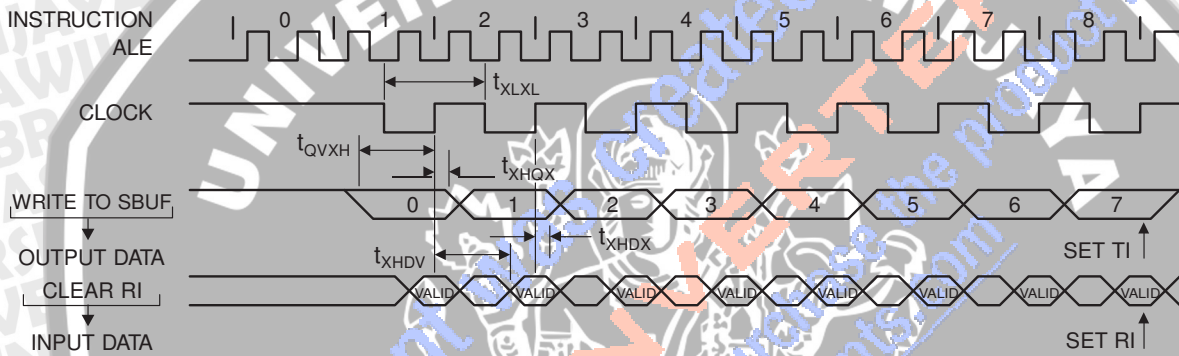


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

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

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

Shift Register Mode Timing Waveforms

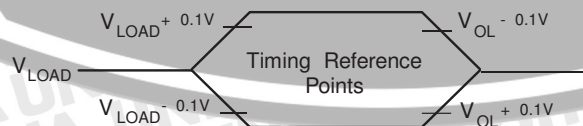


AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



Note: 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.

Float Waveforms⁽¹⁾



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

Ordering Information

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

 = Preliminary Availability

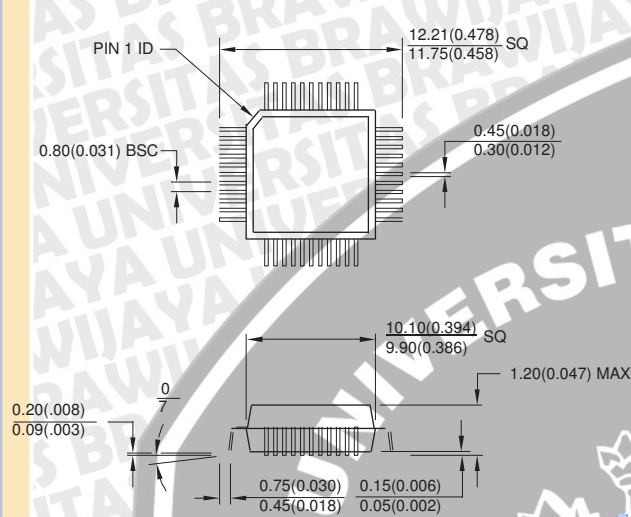


Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)



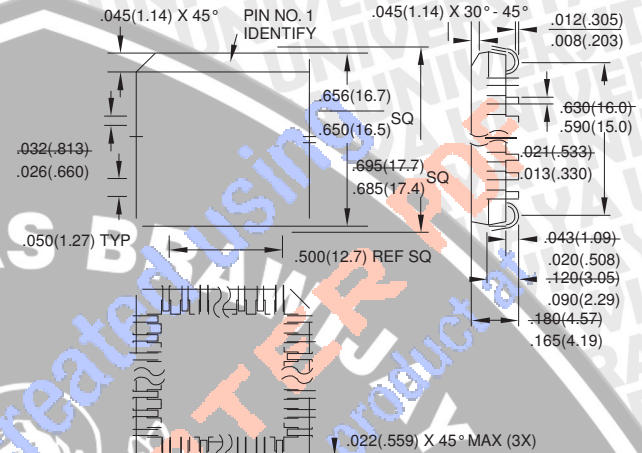
Packaging Information

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

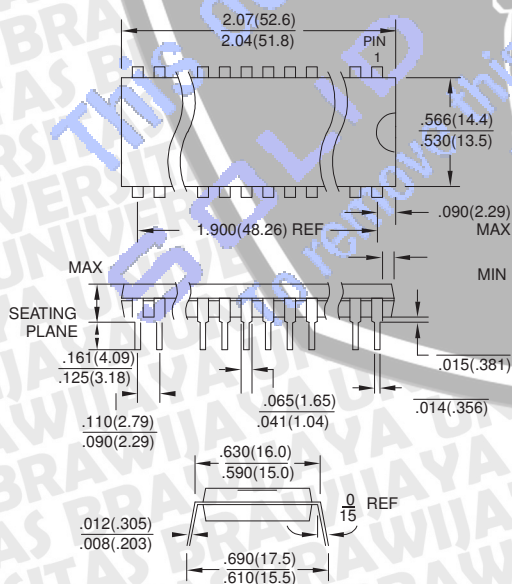


*Controlling dimension: millimeters

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



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





Atmel Headquarters

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

Europe

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

Asia

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

Japan

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

Atmel Product Operations

Atmel Colorado Springs

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

Atmel Grenoble

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

Atmel Heilbronn

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

Atmel Nantes

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

Atmel Rousset

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

Atmel Smart Card ICs

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



[Type text]

e-mail
literature@atmel.com

Web Site
http://www.atmel.com

©
A
t
m
e
l
C
o
r
p
o
r
a
t
i
o
n
2
0
0
1



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

**LM324,
LM324A,
LM224, LM2902,
LM2902V,
NCV2902**

Single Supply Quad Operational Amplifiers

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuited Protected Outputs

ATMEL® is the registered trademark of Atmel.

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

Printed on recycled paper.

2487A-10/01/xM



[Type text]

- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V (LM224, LM324, LM324A)
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation

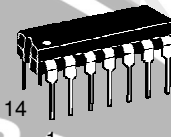


ON Semiconductor®

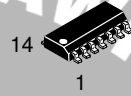
<http://onsemi.com>

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

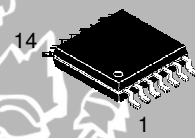
Rating	Symbol	LM224 LM324, LM324A	LM2902, LM2902V	Unit
Power Supply Voltages				Vdc
Single Supply	V_{CC}	32	26	
Split Supplies	V_{CC}, V_{EE}	± 16	± 13	
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 32	± 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t _{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150		°C
Operating Ambient Temperature Range	T_A			°C
LM224		-25 to +85		
LM324, 324A		0 to +70		
LM2902			-40 to +105	
LM2902V, NCV2902			-40 to +125	



PDIP-14
N SUFFIX
CASE 646

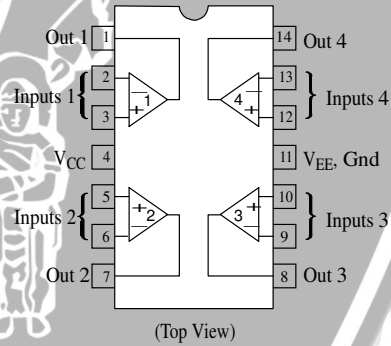


SO-14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP-14
DTB SUFFIX
CASE 948G

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 9 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 10 of this data sheet.

1. Split Power Supplies.

[Type text]

1

Publication Order Number:

LM324/D



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V _{CC} = 5.0 V to 30 V (26 V for LM2902, V), V _{ICR} = 0 V to V _{CC} -1.7 V, V _O = 1.4 V, R _S = 0 T _A = 25°C T _A = T _{high} (Note 2) T _A = T _{low} (Note 2)	V _{IO}	–	2.0	5.0	–	2.0	3.0	–	2.0	7.0	–	2.0	7.0	–	2.0	7.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage T _A = T _{high} to T _{low} (Notes 2 and 4)	V _{IO} / T	–	7.0	–	–	7.0	30	–	7.0	–	–	7.0	–	–	7.0	–	V/°C
Input Offset Current T _A = T _{high} to T _{low} (Note 2)	I _{IO}	–	3.0	30	–	5.0	30	–	5.0	50	–	5.0	50	–	5.0	50	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current T _A = T _{high} to T _{low} (Notes 2 and 4)	I _{IO} / T	–	10	–	–	10	300	–	10	–	–	10	–	–	10	–	pA/°C
Input Bias Current T _A = T _{high} to T _{low} (Note 2)	I _{IB}	–	–90	–150	–	–45	–100	–	–90	–250	–	–90	–250	–	–90	–250	nA
Input Common Mode Voltage Range (Note 3) V _{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V) T _A = +25°C T _A = T _{high} to T _{low} (Note 2)	V _{ICR}	0	–	28.3	0	–	28.3	0	–	28.3	0	–	24.3	0	–	24.3	V
Differential Input Voltage Range	V _{IDR}	–	–	V _{CC}	–	–	V _{CC}	–	–	V _{CC}	–	–	V _{CC}	–	–	V _{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain R _L = 2.0 k , V _{CC} = 15 V, for Large V _O Swing T _A = T _{high} to T _{low} (Note 2)	A _{VOL}	50	100	–	25	100	–	25	100	–	25	100	–	25	100	–	V/mV
Channel Separation 10 kHz δ f δ 20 kHz, Input Referenced	CS	–	–120	–	–	–120	–	–	–120	–	–	–120	–	–	–120	–	dB
Common Mode Rejection, R _S δ 10 k	CMR	70	85	–	65	70	–	65	70	–	50	70	–	50	70	–	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	–	65	100	–	65	100	–	50	100	–	50	100	–	dB

- LM224: T_{low} = –25°C, T_{high} = +85°C
LM324/LM324A: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
LM2902: T_{low} = –40°C, T_{high} = +105°C
LM2902V & NCV2902: T_{low} = –40°C, T_{high} = +125°C
NCV2902 is qualified for automotive use.

- The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} –1.7 V.
- Guaranteed by design.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage— High Limit (T _A = T _{high} to T _{low}) (Note 5) V _{CC} = 5.0 V, R _L = 2.0 k _Ω , T _A = 25°C V _{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), R _L = 2.0 k _Ω V _{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), R _L = 10 k _Ω	V _{OH}	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	3.3	3.5	—	V
Output Voltage— Low Limit, V _{CC} = 5.0 V, R _L = 10 k _Ω , T _A = T _{high} to T _{low} (Note 5)	V _{OL}	—	5.0	20	—	5.0	20	—	5.0	20	—	5.0	100	—	5.0	100	mV
Output Source Current (V _{ID} = +1.0 V, V _{CC} = 15 V) T _A = 25°C T _A = T _{high} to T _{low} (Note 5)	I _{O+}	20	40	—	20	40	—	20	40	—	20	40	—	20	40	—	mA
Output Sink Current (V _{ID} = -1.0 V, V _{CC} = 15 V) T _A = 25°C T _A = T _{high} to T _{low} (Note 5) (V _{ID} = -1.0 V, V _O = 200 mV, T _A = 25°C)	I _{O-}	10	20	—	10	20	—	10	20	—	10	20	—	10	20	—	mA
Output Short Circuit to Ground (Note 6)	I _{SC}	—	40	60	—	40	60	—	40	60	—	40	60	—	40	60	mA
Power Supply Current (T _A = T _{high} to T _{low}) (Note 5) V _{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), V _O = 0 V, R _L = V _{CC} = 5.0 V, V _O = 0 V, R _L =	I _{CC}	—	—	3.0	—	1.4	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	mA
		—	—	1.2	—	0.7	1.2	—	—	1.2	—	—	1.2	—	—	1.2	mA

5. LM224: T_{low} = -25°C, T_{high} = +85°C
 LM324/LM324A: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
 LM2902: T_{low} = -40°C, T_{high} = +105°C
 LM2902V & NCV2902: T_{low} = -40°C, T_{high} = +125°C
 NCV2902 is qualified for automotive use.

6. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} - 1.7 V.

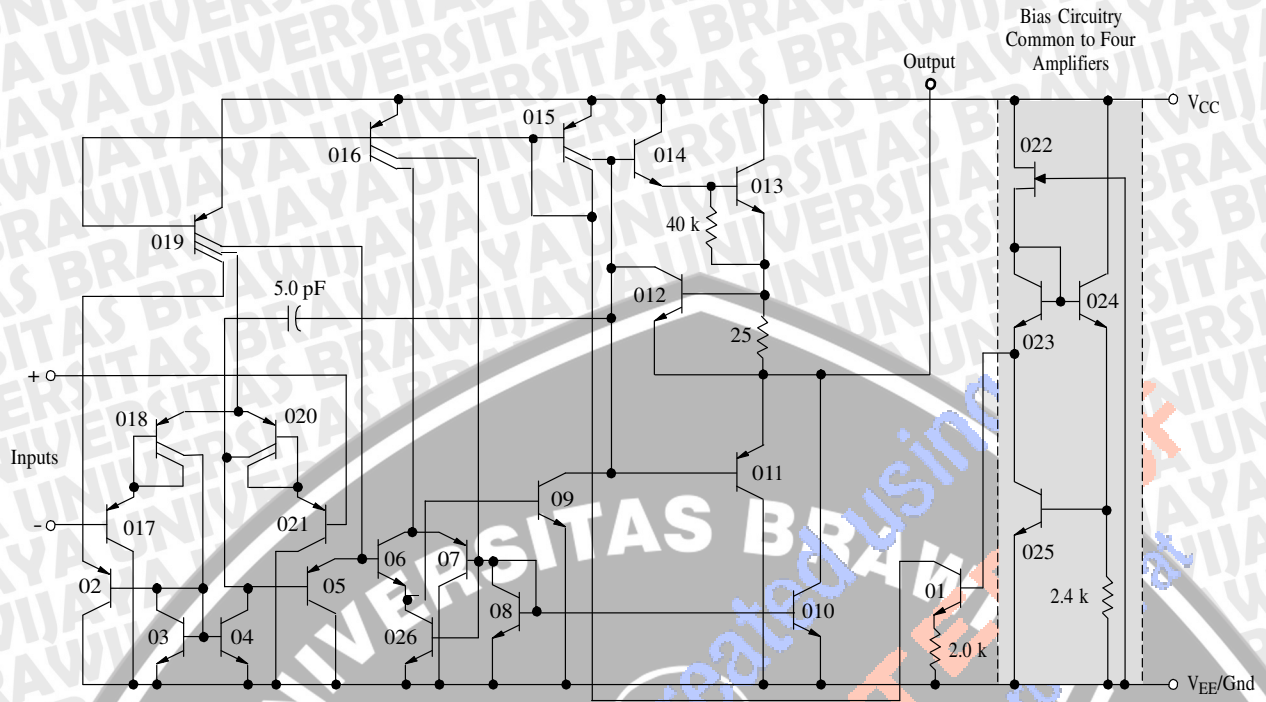


Figure 1. Representative Circuit Diagram
(One-Fourth of Circuit Shown)

CIRCUIT DESCRIPTION

The LM324 series is made using four internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

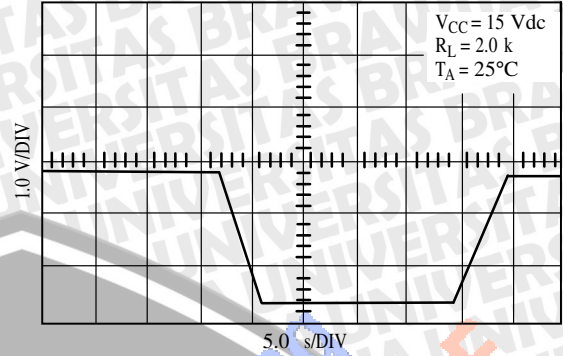


Figure 2. Large Signal Voltage Follower Response

Each amplifier is biased from an internal-voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.



Figure 3.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

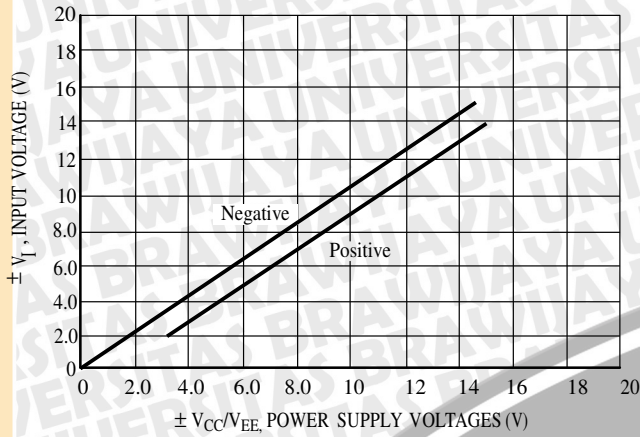


Figure 4. Input Voltage Range

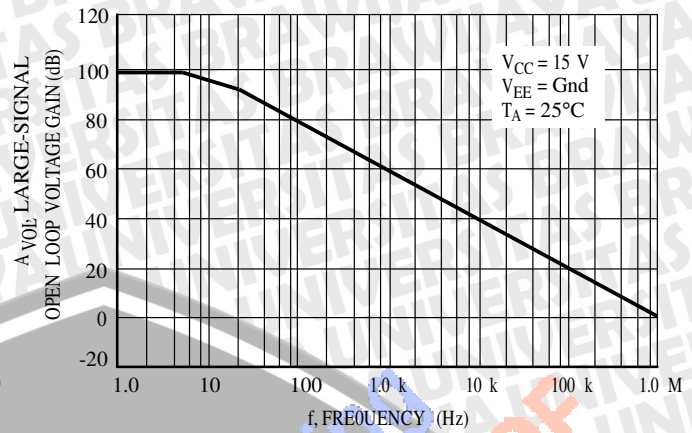


Figure 5. Open Loop Frequency

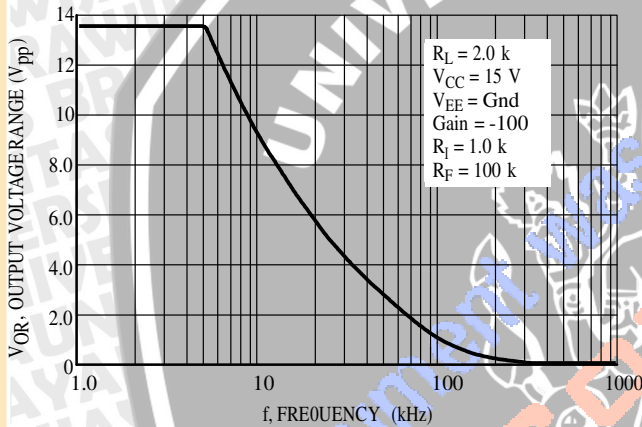


Figure 6. Large-Signal Frequency Response

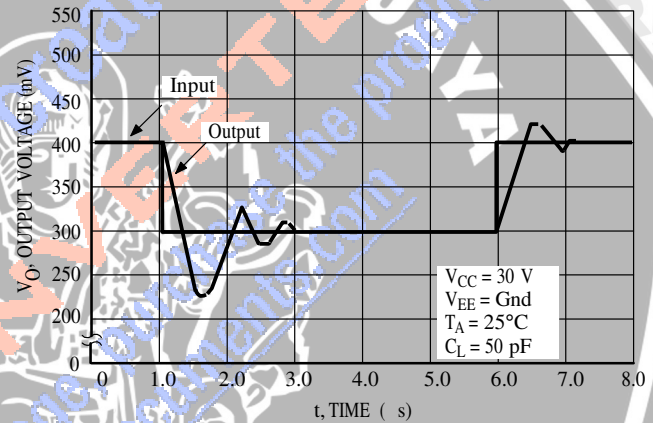


Figure 7. Small-Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

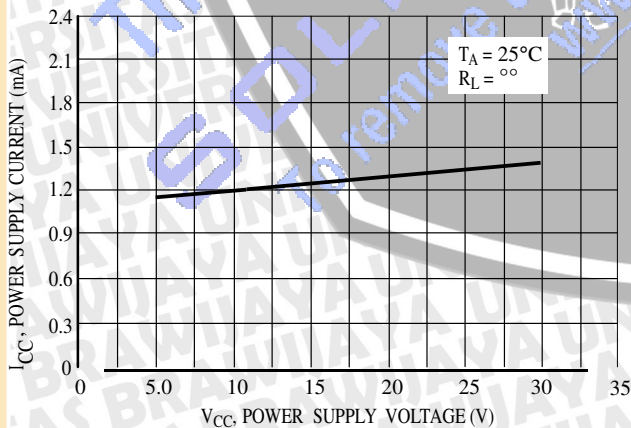


Figure 8. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

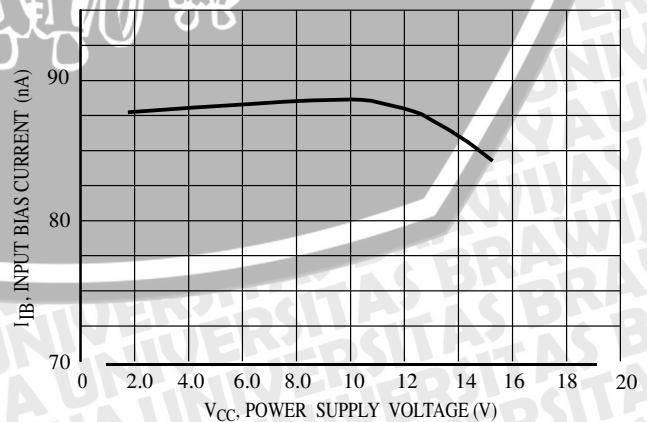


Figure 9. Input Bias Current versus Power Supply Voltage

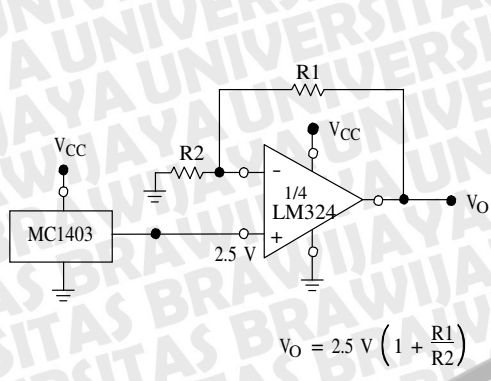


Figure 10. Voltage Reference

$$V_O = 2.5 V \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

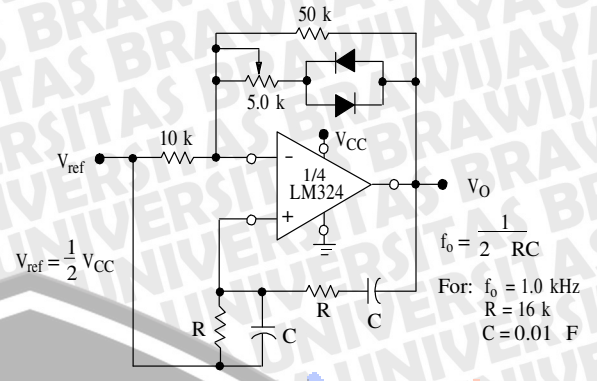


Figure 11. Wien Bridge Oscillator

$$f_o = \frac{1}{2 RC}$$

For: $f_o = 1.0 \text{ kHz}$
 $R = 16 \text{ k}$
 $C = 0.01 \text{ F}$

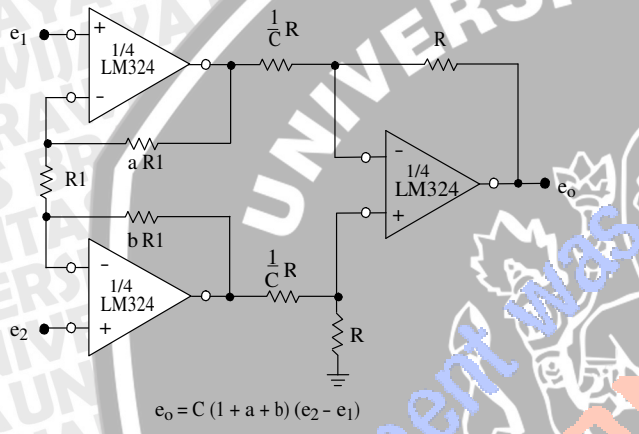


Figure 12. High Impedance Differential Amplifier

$$e_o = C(1 + a + b)(e_2 - e_1)$$

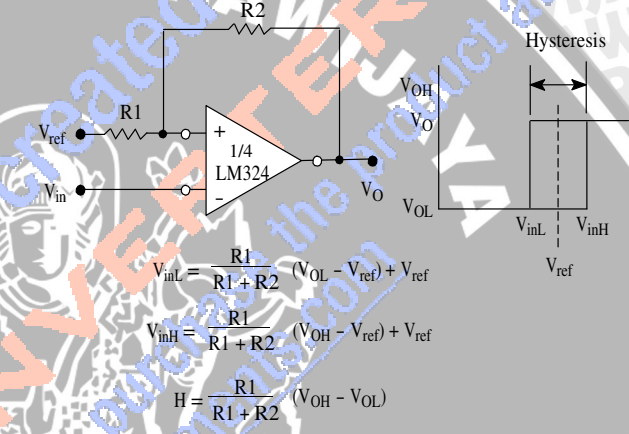


Figure 13. Comparator with Hysteresis

$$V_{inL} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OL} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$V_{inH} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$H = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{OL})$$

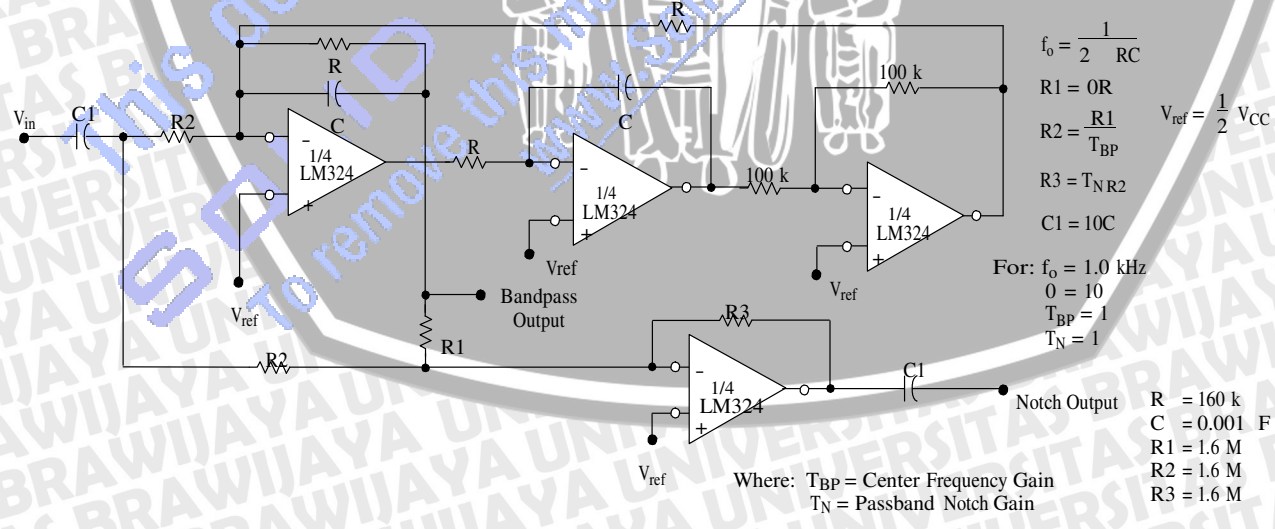


Figure 14. Bi-Quad Filter

$$f_o = \frac{1}{2 RC}$$

$$V_{ref} = \frac{1}{2} V_{CC}$$

For: $f_o = 1.0 \text{ kHz}$
 $0 = 10$
 $T_{BP} = 1$
 $T_N = 1$

$R = 160 \text{ k}$
 $C = 0.001 \text{ F}$
 $R_1 = 1.6 \text{ M}$
 $R_2 = 1.6 \text{ M}$
 $R_3 = 1.6 \text{ M}$

Where: T_{BP} = Center Frequency Gain
 T_N = Passband Notch Gain

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

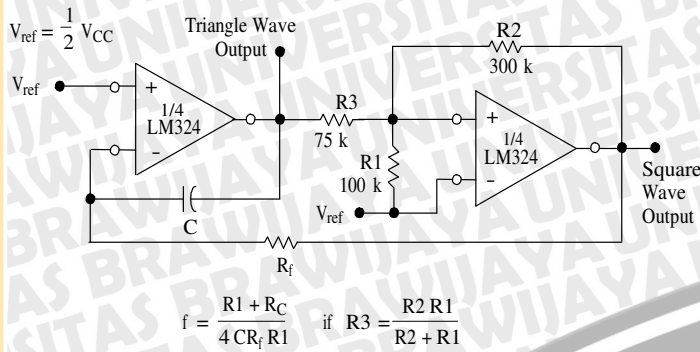


Figure 15. Function Generator

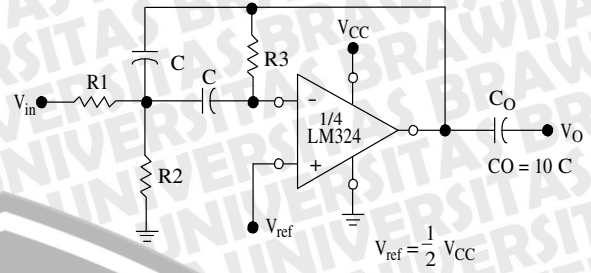


Figure 16. Multiple Feedback Bandpass Filter

Given: f_o = center frequency

$A(f_o)$ = gain at center frequency

Choose value f_o, C

Then: $R3 = \frac{O}{f_o C}$

$R1 = \frac{R3}{2A(f_o)}$

$R2 = \frac{R1 R3}{40^2 R1 - R3}$

For less than 10% error from operational amplifier, $\frac{O_o f_o}{BW} < 0.1$

where f_o and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

ORDERING INFORMATION

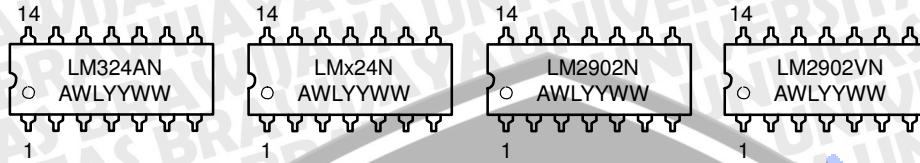
Device	Package	Operating Temperature Range	Shipping
LM224D	SO-14	-25° to +85°C	55 Units/Rail
LM224DR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM224DTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM224DTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM224N	PDIP-14	0° to +70°C	25 Units/Rail
LM324D	SO-14		55 Units/Rail
LM324DR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM324DTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM324DTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM324N	PDIP-14		25 Units/Rail
LM324AD	SO-14		55 Units/Rail
LM324ADR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM324ADTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM324ADTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM324AN	PDIP-14		25 Units/Rail
LM2902D	SO-14		-40° to +105°C
LM2902DR2	SO-14	2500 Tape & Reel	
LM2902DTB	TSSOP-14	96 Units/Rail	
LM2902DTBR2	TSSOP-14	2500 Tape & Reel	
LM2902N	PDIP-14	-40° to +125°C	25 Units/Rail
LM2902VD	SO-14		55 Units/Rail
LM2902VDR2	SO-14		2500 Tape & Reel
LM2902VDTB	TSSOP-14		96 Units/Rail
LM2902VDTBR2	TSSOP-14		2500 Tape & Reel
LM2902VN	PDIP-14		25 Units/Rail
NCV2902DR2	SO-14		2500 Tape & Reel

This document is created using SOLIDWORKS. To remove this message, purchase the package at www.SolidDocuments.com

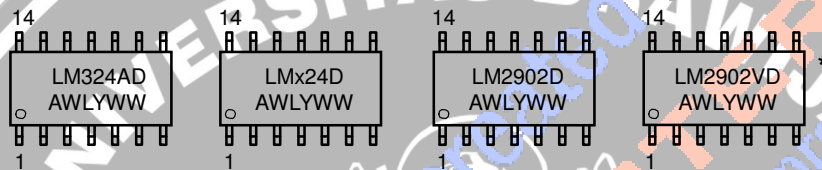
LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

MARKING DIAGRAMS

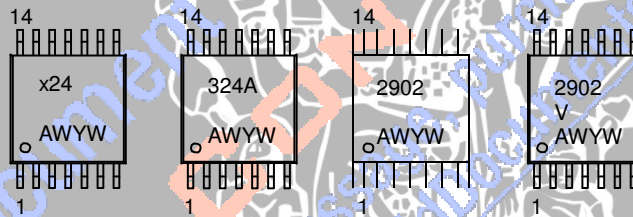
PDIP-14
N SUFFIX
CASE 646



SO-14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP-14
DTB SUFFIX
CASE 948G



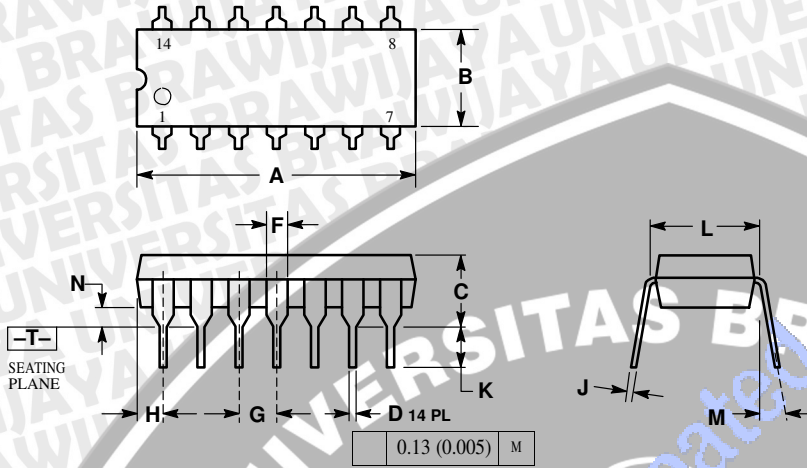
- x = 2 or 3
- A = Assembly Location
- WL = Wafer Lot
- YY, Y = Year
- WW, W = Work Week

*This marking diagram also applies to NCV2902.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

PACKAGE DIMENSIONS

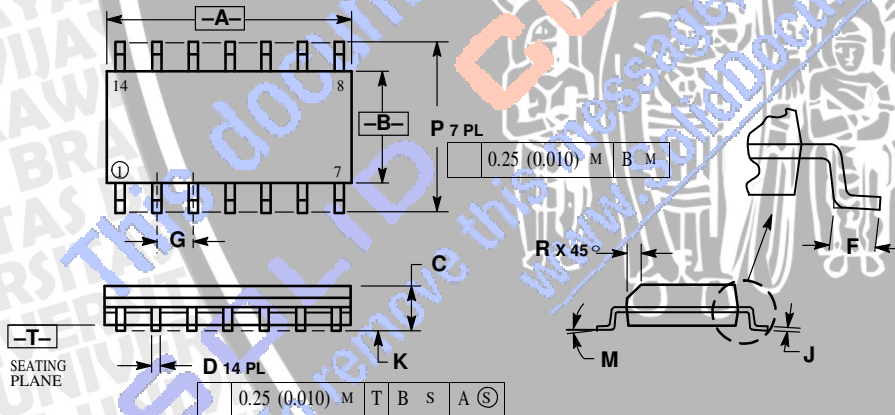
PDIP-14
N SUFFIX
CASE 646-06
ISSUE M



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	18.80
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.290	0.310	7.37	7.87
M	---	10	---	10
N	0.015	0.039	0.38	1.01

SO-14
D SUFFIX
CASE 751A-03
ISSUE F



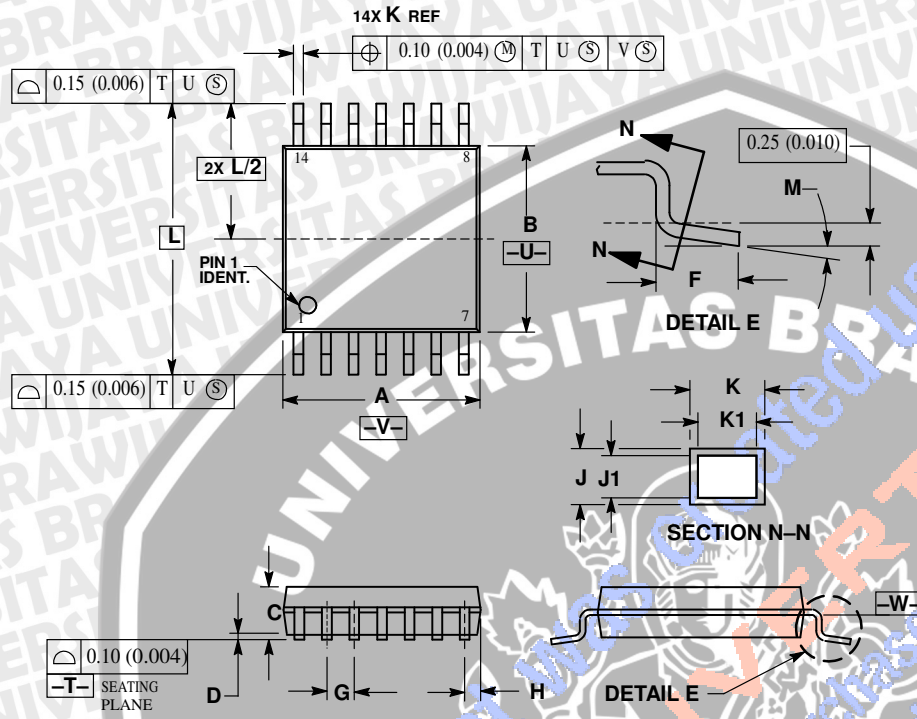
- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
 5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0	7	0	7
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

PACKAGE DIMENSIONS

TSSOP-14
DTB SUFFIX
CASE 948G-01
ISSUE O



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSION A DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION. INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.25 (0.010) PER SIDE.
5. DIMENSION K DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.08 (0.003) TOTAL IN EXCESS OF THE K DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
6. TERMINAL NUMBERS ARE SHOWN FOR REFERENCE ONLY.
7. DIMENSION A AND B ARE TO BE DETERMINED AT DATUM PLANE -W-

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.90	5.10	0.193	0.200
B	4.30	4.50	0.169	0.177
C	---	1.20	---	0.047
D	0.05	0.15	0.002	0.006
F	0.50	0.75	0.020	0.030
G	0.65 BSC		0.026 BSC	
H	0.50	0.60	0.020	0.024
J	0.09	0.20	0.004	0.008
J1	0.09	0.16	0.004	0.006
K	0.19	0.30	0.007	0.012
K1	0.19	0.25	0.007	0.010
L	6.40 BSC		0.252 BSC	
M	0	8	0	8

ON Semiconductor and are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

PACKAGE DIMENSIONS

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

Literature Fulfillment:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA

Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada Email: ONlit@hibbertco.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free USA/Canada



This document was created using
SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at
www.SolidConverter.com



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

PACKAGE DIMENSIONS

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center
4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-0031
Phone: 81-3-5740-2700
Email: r14525@onsemi.com

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local Sales Representative.



This document was created using
SOLID CONVERTER PDF
To remove this message, purchase the product at
www.SolidDocuments.com

