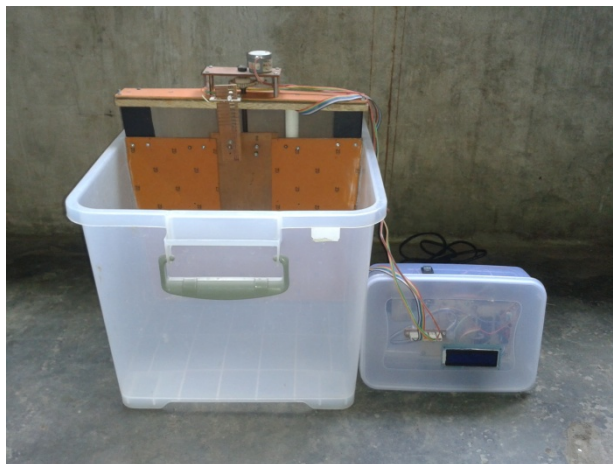




**PROTOTIPE PINTU BENDUNGAN OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER
ATMEGA 16**

PROYEK AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta untuk
Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh
Gelar Ahli Madya Teknik



**OLEH:
SAFRUDIN BUDI UTOMO DWI HARTANTO
NIM. 09507131011**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2012

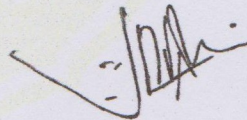
PERSETUJUAN

Proyek akhir yang berjudul “ **PROTOTYPE PINTU BENDUNGAN OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16** ” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta,

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Proyek
Akhir

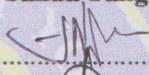




Totok Sukardiyono, M.T.
NIP. 19670930 199303 1 005

PENGESAHAN

Proyek akhir yang berjudul “ **PROTOTYPE PINTU BENDUNGAN OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16** ” ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 28 November 2012 dan dinyatakan lulus.

Dewan Penguji

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Totok Sukardiyono, M.T.	Ketua Penguji		13/12 ¹²
Dra. Umi Rochayati, M.T.	Sekretaris Penguji		13/12
Yuniar Indrihapsari, M.Eng	Penguji		5/11/2012

Yogyakarta, November 2012

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,




Dr. Moch. Bruri Triyono

NIP. 19560216 198603 1 003

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Yogyakarta, 7 November 2012

Yang Menyatakan,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Safrudin Budi Utomo Dwi Hartanto', written over a horizontal line.

Safrudin Budi Utomo Dwi Hartanto
NIM. 09507131011

LEMBAR PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini penulis persembahkan pada :

1. Kedua orang tua saya tercinta yaitu Bp. Trisno Budi Utomo dan Ibu Sarjinh yang telah merawat dan membesarkan dengan penuh kasih sayang serta member semangat dan senantiasa berdoa untuk keselamatan dan kebahagiaanku.
2. Kakak dan adik saya, Ika Budi Utami Ningsih dan Erna Budi Utami Setia Rini yang selalu memberiku dukungan dan semangat.
3. Seluruh keluarga besar yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan moral maupun material sehingga semuanya menjadi lebih baik.
4. Seluruh teman-teman kelas B Teknik Elektronika 2009, semua kenangan bersama kalian tidak akan pernah aku lupakan.
5. Galang, Prama, Hudha, Ucil, Anggi, Rino dan teman-teman sepeda yang selalu memberikan hiburan disaat sedang banyak masalah.
6. Komputerku dan sepedaku yang sudah menemani selama perjuanganku.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian proyek akhir ini.

MOTTO

*Tiadaanya keyakinanlah yang membuat orang takut menghadapi tantangan,
dan saya percaya pada diri saya sendiri.*

*Kebanggaan kita yang terbesar adalah bukan tidak pernah gagal, tetapi bangkit
kembali setiap kali kita jatuh.*

**Makhluk Lenah Kiri Telah Bernomorosa Jadi Kupu – Kupu Baja
(Captai Jack)**

PROYEK AKHIR

PROTOTYPE PINTU BENDUNGAN OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16

Oleh: Safrudin Budi Utomo Dwi Hartanto
09507131011

ABSTRAK

Penulisan proyek akhir ini bertujuan untuk membangun prototipe sistem yang berfungsi mengendalikan proses buka-tutup pintu bendungan secara otomatis. Pembuatan alat ini juga untuk memberikan informasi ketinggian air di dalam bendungan.

Prototipe pintu bendungan otomatis berbasis ATmega 16 merupakan alat yang dirancang khusus sebagai simulasi pintu bendungan otomatis. Alat ini akan bekerja sesuai dengan kondisi level air. Saat level air naik maka pintu bendungan akan membuka secara otomatis dan pintu akan menutup saat ketinggian air turun. Metode yang digunakan dalam membangun prototipe pintu bendungan otomatis berbasis ATmega 16 ini menggunakan metode rancang bangun yang terdiri atas beberapa tahap, yaitu: (1) Identifikasi kebutuhan, (2) Analisis Kebutuhan, (3) Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, (4) Pembuatan alat, (5) Pengujian Alat dan (6) Pengoperasian Alat. Perangkat keras terdiri dari (1) Sistem minimum ATmega16 sebagai pengendali utama, (2) Sensor ketinggian air (*water level control*) sebagai pendeteksi ketinggian air, (3) Sensor cahaya *infrared* dan *photodiode* sebagai pendeteksi ketinggian pintu bendungan, (4) Motor DC sebagai penggerak pintu bendungan dan (4) LCD sebagai penampil ketinggian air dan ketinggian pintu bendungan.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa alat prototipe pintu bendungan otomatis berbasis ATmega 16 ini dapat bekerja dengan baik sesuai dengan prinsip kerja yang dirancang. Unjuk kerja alat ini diamati dengan melihat kondisi sensor yang terkena air. Jika kondisi air dalam bendungan naik menuju kondisi maximum, maka motor akan bergerak “membuka” pintu bendungan secara bertahap sesuai kondisi air yang ada dalam bak penampungan. Jika kondisi air dalam bendungan turun menuju kondisi minimum, maka motor akan bergerak “menutup” pintu bendungan secara bertahap sesuai kondisi air yang ada dalam bak penampungan dan keterangan tinggi pintu dan tinggi air akan ditampilkan di LCD. Terdapat rata-rata *presentase error* sebesar 0,15 %.

Kata Kunci :Pintu bendungan, Sensor ketinggian air, LCD, ATmega16

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir yang berjudul “Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega16”. Tujuan dari penyusunan Proyek Akhir ini adalah sebagai syarat kelulusan pada program studi Teknik Elektronika D3 Universitas Negeri Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan dorongan dari semua pihak, maka penulisan laporan Tugas Akhir ini tidak akan lancar. Oleh karena itu pada kesempatan ini, izinkanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Trisno Budi Utomo dan Ibu Sarjinah yang selalu memberikan semangat dan doa-doanya.
2. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Drs. Muhammad Munir, M.Pd selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika.
4. Bapak Drs. Djoko Santoso, M.Pd. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektronika dan Koordinator Proyek Akhir.
5. Bapak Totok Sukardiyono M.T, selaku Pembimbing.

6. Seluruh Dosen dan Karyawan di Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Yang telah mendidik dan memotivasi selama kuliah di UNY.
7. Keluarga besar yang telah memberikan kasih sayang dan motivasi selama ini .
8. Irwan, Rian, Taufiq dan teman-teman kost lainya terimakasih atas bantuannya.
9. Teman-teman mahasiswa Teknik Elektronika UNY angkatan 2009
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini.

Akhirnya disadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Proyek Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga saran, masukan, dan kritik sangat diperlukan demi kesempurnaan, dan semoga penyusunan Proyek Akhir ini dapat memberikan kontribusi bagi semua pihak.

Yogyakarta, 20 November 2012

Safrudin Budi Utomo Dwi Hartanto

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan	5
F. Manfaat	6
G. Keaslian Gagasan	7

BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Bendungan	9
B. IC Regulator Tegangan LM 7805	17
C. <i>Infrared</i>	18
D. <i>Photodiode</i>	19
E. Transistor	20
F. Mikrokontroler AVR ATmega16	21
1. Arsitektur Mikrokontroler AVR ATmega16.....	21
2. Fitur ATmega16	22
3. Konfigurasi Pin ATmega16.....	25
4. I/O Port	26
5. Peta Memori	32
G. LCD (<i>liquid crystal display</i>)	34
H. Motor DC.....	36
I. Perangkat Lunak (<i>software</i>)	37

BAB III KONSEP RANCANGAN

A. Identifikasi Kebutuhan	41
B. Analisis Kebutuhan	41
C. Blok Diagram Rangkaian.....	42
D. Perancangan Sistem	43
1. Rangkaian Catu Daya	43
2. Rangkaian <i>Water Level Control</i>	45
3. Rangkaian sensor cahaya	46

4. Rangkaian sistem minimum ATmega16.....	46
5. Rangkaian <i>driver</i> motor DC.....	47
E. Langkah Pembuatan Alat	49
F. Perangkat Lunak	53
1. Program.....	53
2. Perancangan <i>Flowchart</i>	55
G. Spesifikasi Alat.....	56
H. Pengujian Alat.....	58
1. Uji fungsional	58
2. Uji unjuk kerja	58
I. Pengoperasian Alat	58

BAB IV PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian	59
1. Pengujian Tegangan	59
2. Pengujian Sensor <i>Water Level Control</i>	61
3. Pengujian Sensor Cahaya	61
4. Pengujian <i>Driver</i> Motor DC	61
5. Pengujian LCD	62
6. Pengujian Seluruh Sistem.....	63
B. Pembahasan	66
1. Perangkat Keras (<i>hardware</i>).....	66
a. Sensor <i>Water Level Control</i>	66
b. Sensor Cahaya	66

c. <i>H-Bridge Driver</i> Motor DC.....	66
d. <i>Liquid Crystal Display</i>	66
2. <i>Software</i>	67
C. Cara Kerja Prototipe Pintu Bendungan	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	76
B. Keterbatasan Alat	77
B. Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Fungsi Tambahan (<i>Alternate Functions</i>) PORTB	30
Tabel 2. Fungsi Tambahan (<i>Alternate Functions</i>) PORTD	31
Tabel 3. Fungsi Tambahan (<i>Alternate Functions</i>) PORTA	31
Tabel 4. Fungsi Tambahan (<i>Alternate Functions</i>) PORTC	31
Tabel 5. Deskripsi Pin-Pin LCD	35
Tabel 6. Tipe - tipe Data	39
Tabel 7. Instruksi dasar Bascom AVR.....	40
Tabel 8. Pengukuran <i>regulator</i> tegangan LM7812 dan LM7805	59
Tabel 9. Pengukuran pada rangkaian mikrokontroler	60
Tabel 10. Pengukuran pada rangkaian <i>driver</i> motor	60
Tabel 11. Pengujian sensor ketinggian air (<i>Water Level Control</i>).....	61
Table 13. Pengujian sensor Cahaya	61
Table 14. Pengujian <i>Driver</i> Motor dan Motor DC.....	61
Tabel 15. Pengujian kerja LCD.....	62
Tabel 17. Pengukuran sistem secara keseluruhan.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bendungan.....	9
Gambar 2. Badan Bendungan	10
Gambar 3. Pondasi Bendungan.....	11
Gambar 4. Pintu Bendungan	12
Gambar 5. <i>Hoist</i>	12
Gambar 6. <i>Bulkhead gates</i>	14
Gambar 7. <i>Hinged crest gates</i>	15
Gambar 8. <i>Radial gates</i>	15
Gambar 9. <i>Roller gates</i>	16
Gambar 10. Rangkaian Catu Daya.....	17
Gambar 11. Gambar PIN diagram IC LM7805	17
Gambar 12. Simbol <i>Infrared</i>	18
Gambar 13. Simbol dan Bentuk fisik dari Photodiode	19
Gambar 14. Simbol tipe transistor	20
Gambar 15. Transistor TIP31, TIP32 dan BD139	21
Gambar 16. Blok Diagram AVR ATmega16	23
Gambar 17. Konfigurasi Pin ATmega 16	25
Gambar 18. Peta Program memori.....	32
Gambar 19. Peta Data Memori.....	33
Gambar 20. Mode Koneksi LCD 4 Bit	35
Gambar 21. Konfigurasi pin ATmega16.....	36
Gambar 22. Motor DC	37

Gambar 23. Rangkaian Skematik Motor DC	37
Gambar 24. Tampilan Jendela Program BASCOM-AVR	38
Gambar 25. Blok Diagram Rangkaian	42
Gambar 26. Rangkaian Catu Daya.....	44
Gambar 27. Rangkaian <i>Water Level Control</i>	45
Gambar 28. Rangkaian Sensor Cahaya.....	46
Gambar 29. Rangkaian sistem minimum ATmega16.....	47
Gambar 30. Rangkaian <i>H-Bridge</i> dengan Transistor.....	48
Gambar 31. Boks tampak atas.....	51
Gambar 32. Boks tampak samping	51
Gambar 33. Prototipe tampak dari samping.....	52
Gambar 34. Prototipe tampak dari belakang.....	52
Gambar 35. Pengaturan Chip Pada Bascom AVR.....	53
Gambar 36. Pengaturan <i>Comunication</i> Pada Bascom AVR	54
Gambar 37. Pengaturan LCD Pada Bascom AVR.....	54
Gambar 38. <i>Flowchart</i>	55
Gambar 39. Sambungan <i>Flowchart</i> Gambar 38.	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Sheet LM78XX	79
Lampiran 2. Data Sheet Transistor TIP31 dan TIP32.....	92
Lampiran 3. Data Sheet Transistor BD139	96
Lampiran 5. Data Sheet Transistor BC140	99
Lampiran 6. Data Sheet ATmega16	105
Lampiran 7. Program	118
Lampiran 8. Rangkaian Keseluruhan.....	122
Lampiran 9. Layout Dan PCB Rangkaian.....	123
Lampiran 10. Cara Pengoperasian Alat	126

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Teknologi sebagai hasil peradaban manusia yang semakin maju dirasakan sangat membantu dan mempermudah manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya di zaman modern seperti sekarang ini. Berbagai macam penemuan merambah berbagai aspek kehidupan manusia mulai dari transportasi, telekomunikasi, komputer, kedokteran, pertanian, sampai dunia industri yang semakin canggih.

Banyak penduduk yang memanfaatkan bendungan untuk PLTA, penyimpanan air, perairan, pertanian, mencegah banjir dan lain-lain. Bendungan sudah menjadi suatu alternatif yang digunakan masyarakat untuk mendukung kegiatan-kegiatan tersebut. Setiap bendungan terdapat pintu air yang harus dibuka dan ditutup sesuai dengan keadaan air di dalam bendungan tersebut. Pintu air dari zaman dahulu sampai zaman modern ini sangat bermanfaat.

Pintu air dibedakan menjadi tiga macam berdasarkan cara pengoperasiannya. Pintu air dengan pengoperasian secara manual, pintu air dengan pengoperasian semi otomatis dan pintu air dengan pengoperasian *full* otomatis. Penggunaan pintu air secara manual sering kita jumpai pada pengaturan irigasi pada persawahan dan aliran dengan tekanan kecil. Untuk penggunaan pintu air semi otomatis banyak digunakan pada

bendungan yang bertekanan tinggi. Sedangkan untuk pintu air *full* otomatis digunakan untuk pengendalian banjir pada bangunan pelimpah pada suatu bendungan bertekanan tinggi dan bekerja apabila debit air melebihi batas tertentu akan membuka sendiri secara otomatis.

Buka tutup pintu air otomatis merupakan bangunan berserta instalasinya yang berfungsi membuka, mengatur dan menutup aliran air yang masuk ke bendungan atau waduk, berdasarkan level ketinggian air pada hulu bendungan. Keadaan air yang ada di bendungan pun dapat berubah-ubah dalam periode waktu yang tidak menentu. Dengan melihat kondisi sekarang ini cuaca tidak dapat ditebak. Hujan dan badai angin sering datang dengan cepat dan bersamaan. Serta hujan yang terjadi di hulu yang mengakibatkan aliran air yang besar. Pembukaan dan penutupan pintu bendungan yang menggunakan tenaga manusia menyebabkan kurangnya penjagaan bendungan yang kurang maksimal. Faktor kelalaian penjaga (*Human Error*) juga dapat menyebabkan hal yang tidak diinginkan. Sangatlah penting adanya alat yang dapat membuka, mengatur dan menutup aliran air pada bendungan yang dapat bekerja sewaktu-waktu dengan cepat dengan gerakan membuka, mengatur dan menutup sendiri secara otomatis. Dengan perkembangan teknologi mikroprosesor/mikrokontroler, muncul sebuah gagasan untuk membuat pintu bendungan tersebut menjadi otomatis karena perubahan volume air yang selalu berubah-ubah dalam periode waktu yang tidak menentu.

Maka dari itu dirancanglah sebuah alat dengan teknologi yang sedang berkembang saat ini, sehingga dapat membantu pengoperasian pembukaan dan penutupan pintu bendungan secara otomatis berbasis mikrokontroler ATmega16. Alat ini menggunakan prinsip kerja *Water Level Control* untuk pendeteksi ketinggian air atau sebagai sensor ketinggian air. Dengan alat ini maka bendungan bisa terjaga dengan maksimal dan memudahkan untuk proses pembukaan dan penutupan pintu bendungan. Dengan menambahkan tampilan LCD (*Liquid Crystal Display*) di alat ini untuk menunjukkan informasi ketinggian air yang terdapat pada bendungan.

Berdasarkan masalah yang terjadi, maka satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan merancang “Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega16”. Sehingga dengan adanya alat ini, diharapkan dapat membantu dan mempermudah pembukaan dan penutupan pintu bendungan.

B. Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang, maka dapat dibuat suatu identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Perancangan alat pengoperasian pembukaan dan penutupan pintu bendungan yang mampu bekerja secara otomatis berbasis mikrokontroler ATmega16.
2. Kurang maksimalnya penjagaan dalam membuka dan menutup pintu bendungan dengan menggunakan seorang penjaga.

3. Kurang maksimalnya pembukaan dan penutupan pintu bendungan terhadap tingkat volume air yang selalu berubah-ubah dalam periode waktu yang tidak menentu.
4. Belum digunakannya LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk memperjelas informasi ketinggian air yang ada di bendungan.
5. Penggunaan prinsip kerja *Water Level Control* pendeteksi ketinggian air atau sebagai sensor ketinggian air.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, perlu adanya batasan masalah sehingga ruang lingkup masalah menjadi lebih jelas. adapun batasan masalah yang diambil yaitu pembuatan prototipe sistem pintu bendungan otomatis berbasis mikrokontroler ATmega16, yang menggunakan prinsip kerja *Water Level Control* untuk mendeteksi ketinggian air atau sebagai sensor ketinggian air dan LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai media penampil ketinggian air.

Digunakannya ATmega 16 sebagai mikrokontroler karena ATmega16 memiliki port yang cukup untuk digunakan sebagai input dan output. ATmega 16 juga dapat digunakan untuk mengatur perputaran motor DC. LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai media penampil ketinggian air karena LCD dapat menampilkan bentuk huruf dan angka dengan jelas dibandingkan dengan alat *display* lainnya. Sedangkan bentuk prototipe pintu bendungan ini meniru struktur dari jenis *Bulkhead gates*.

D. Rumusan Masalah

Dari identifikasi yang ada, maka dapat ditarik beberapa rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimana merancang *hardware* prototipe pintu bendungan otomatis berbasis Mikrokontroler ATmega 16?
2. Bagaimana mengaplikasikan *software* prototipe pintu bendungan otomatis berbasis Mikrokontroler ATmega 16?
3. Bagaimana unjuk kerja prototipe pintu bendungan otomatis berbasis Mikrokontroler ATmega 16?

E. Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan protoptipe prototipe pintu bendungan otomatis berbasis Mikrokontroler ATmega 16 yaitu:

1. Merealisasikan rancangan *hardware* prototipe pintu bendungan otomatis berbasis Mikrokontroler ATmega 16.
2. Merealisasikan rancangan *software* prototipe pintu bendungan otomatis berbasis Mikrokontroler ATmega 16.
3. Mengetahui unjuk kerja prototipe pintu bendungan otomatis berbasis Mikrokontroler ATmega 16.

F. Manfaat

Pembuatan proyek akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi mahasiswa, lembaga pendidikan, dan industri. Adapun manfaat yang diharapkan dari pembuatan tugas akhir ini antara lain :

1. Bagi mahasiswa
 - a. Untuk mengaplikasikan ilmu yang didapat selama di bangku kuliah dan menerapkan ilmunya secara nyata.
 - b. Dapat digunakan sebagai bahan referensi atau pembelajaran dan penambah wawasan tentang aplikasi *Water Level Control* berbasis mikrokontroler khususnya ATmega 16 serta sebagai kajian untuk pengembangan selanjutnya.
2. Bagi jurusan
 - a. Sebagai wujud dari perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK).
 - b. Sebagai parameter kualitas dan kuantitas lulusan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bagi Dunia Usaha dan Industri
 - a. Dapat digunakan sebagai pengembangan produk elektronika yang dapat diaplikasikan sebagai pintu bendungan yang berjalan secara otomatis.
 - b. Sebagai alat bantu pembuka dan penutup pintu bendungan saat tidak ada penjaga yang bertugas.

G. Keaslian Gagasan

Karya tugas akhir ini asli dari gagasan pribadi yang terinspirasi dari banyaknya pintu bendungan yang masih dijalankan secara manual. Dengan alat ini dapat menanggulangi kelalaian penjaga (*Human Error*) dan membantu dalam mempercepat pengaturan pembukaan atau penutupan pintu bendungan sesuai dengan tingkat ketinggian air.

Adapun alat yang hampir sama dengan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tugas Akhir Prototipe Sistem Pengendali Kanal Air Dengan Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535 yang dikerjakan oleh Rudy Hermawan dan Dzulfikar Akmaludin dari Universitas STIMIK AMIKOM Yogyakarta. Kekurangan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:
 - a. Masih memakai ATmega 8535 untuk sistem mikrokontroler
 - b. Belum adanya LCD yang menampilkan dengan jelas ketinggian air pada bendungan/waduk tersebut.
 - c. Masih menggunakan saklar atau *switch* sebagai sensor ketinggian air sehingga memerlukan tongkat alumunium yang panjang bertipe “rel” untuk menggerakkan saklar.

Sedangkan kelebihan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sudah menggunakan ATmega 16.
 - b. Sudah menggunakan LCD sebagai penampil ketinggian air dalam bendungan.
 - c. Menggunakan Sensor Ketinggian Air (Water Level Control).
2. Tugas Akhir Sistem Pengendali Pintu Air dengan Menggunakan Komputer Berbasis ATmega8535 yang dikerjakan oleh Paundra dan Akuwan S dari Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Kekurangan Alat ini adalah belum menggunakan motor DC tapi menggunakan motor *steper* dan belum menggunakan LCD dan sensor air. Perbedaan dengan alat yang saya buat adalah alat saya menggunakan ATmega16, menggunakan LCD, menggunakan motor DC dan menggunakan sensor air.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Bendungan

Bendungan adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Sering kali bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah pembangkit listrik tenaga air. Kebanyakan dam juga memiliki bagian yang disebut pintu air untuk membuang air yang tidak diinginkan secara bertahap atau berkelanjutan.

(<http://jahus-civil-engineers.com/2010/01/bendungan-dam.html>).



Gambar 1. Gambar Bendungan
(<http://www.google.co.id/http://palembang.tribunnews.com/>)

Fungsi bendungan menurut M. Jahus Jarzani:

1. Sebagai pembangkit listrik

Listrik tenaga air adalah sumber utama listrik di dunia. Banyak negara memiliki sungai dengan aliran air yang memadai dan dapat dibendung.

2. Untuk menstabilkan aliran air /irigasi.

Bendungan sering digunakan untuk mengontrol dan menstabilkan aliran air untuk pertanian dan irigasi. Bendungan dapat membantu menstabilkan atau mengembalikan tingkat air danau. Bendungan dapat digunakan untuk menyimpan air yang membantu kebutuhan manusia secara langsung.

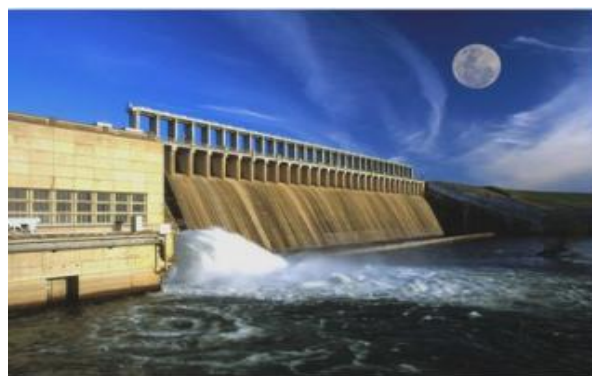
3. Untuk mencegah banjir

Bendungan diciptakan untuk pengendalian banjir.

Komponen Bendungan

1. Badan bendungan (*body of dams*)

Adalah tubuh bendungan yang berfungsi sebagai penghalang air. Bendungan umumnya memiliki tujuan untuk menahan air, sedangkan struktur lain seperti pintu air atau tanggul digunakan untuk mengelola atau mencegah aliran air ke dalam daerah tanah yang spesifik.



Gambar 2. Badan Bendungan
<http://gustavesp.wordpress.com>

2. Pondasi (*foundation*).

Adalah bagian dari bendungan yang berfungsi untuk menjaga kokohnya bendungan.



Gambar 3. Pondasi Bendungan
<http://gustavesp.wordpress.com>

3. Pintu air (*gates*)

Digunakan untuk mengatur, membuka dan menutup aliran air di saluran baik yang terbuka maupun tertutup. Bagian yang penting dari pintu air adalah :

a. Daun pintu (*gate leaf*)

Adalah bagian dari pintu air yang menahan tekanan air dan dapat digerakkan untuk membuka , mengatur dan menutup aliran air.

b. Rangka pengatur arah gerakan (*guide frame*)

Adalah alur dari baja atau besi yang dipasang masuk ke dalam beton yang digunakan untuk menjaga agar gerakan dari daun pintu sesuai dengan yang direncanakan.



Gambar 4. Pintu Air

<http://gustavesp.wordpress.com>

c. Angker (*anchorage*)

Adalah baja atau besi yang ditanam di dalam beton dan digunakan untuk menahan rangka pengatur arah gerakan agar dapat memindahkan muatan dari pintu air ke dalam konstruksi beton.

d. *Hoist*

Adalah alat untuk menggerakkan daun pintu air agar dapat dibuka dan ditutup dengan mudah.



Gambar 5. *Hoist*

<http://gustavesp.wordpress.com>

Berdasarkan cara pengoperasiannya, pintu air dibedakan menjadi 3 macam, yaitu :

1. Pintu Air Manual

Penggunaan pintu air secara manual sering kita jumpai pada pengaturan irigasi pada persawahan dan aliran dengan tekanan kecil. Pintu air manual ini masih memerlukan tenaga manusia untuk mengatur aliran air dengan menutup dan membuka pintu air ini.

2. Pintu Air Semi Otomatis

Penggunaan pintu air semi otomatis banyak digunakan pada bendungan yang bertekanan tinggi. Pintu air semi biasanya menggunakan sistem hidrolik untuk membuka dan menutup pintu air, sehingga masih menggunakan tenaga manusia untuk mengontrolnya.

3. Pintu Air Otomatis

Pintu air *full* otomatis digunakan untuk pengendalian banjir pada bangunan pelimpah pada suatu bendungan bertekanan tinggi. Pintu akan bekerja apabila debit air melebihi batas tertentu akan membuka sendiri secara otomatis.

Buka tutup pintu air otomatis merupakan bangunan berserta instalasinya yang berfungsi mengatur aliran air yang masuk ke bendungan atau waduk, berdasarkan level ketinggian air pada hulu bendungan. Dengan melihat kondisi sekarang ini cuaca tidak dapat ditebak. Hujan dan badai angin sering datang dengan cepat dan

bersamaan. Serta hujan yang terjadi di hulu yang mengakibatkan aliran air yang besar, sangatlah penting adanya alat yang dapat membuka dan menutup aliran air pada bendungan yang dapat bekerja sewaktu-waktu dengan cepat dengan gerakan membuka, mengatur dan menutup sendiri secara otomatis.

Selain itu, pintu air juga sering disebut dengan *floodgate*. Berdasarkan jenisnya, pintu air dibedakan menjadi 6, yaitu :

1. *Bulkhead gates*

Bulkhead gates adalah dinding vertikal dengan bagian yang bisa digerakkan ataupun tidak bisa digerakkan. Bagian yang bergerak dapat diangkat untuk membiarkan air lewat di bawahnya (sama seperti *sluice gate*).



Gambar 6. *Bulkhead gates*
<http://gustavesp.wordpress.com>

2. *Hinged crest gates.*

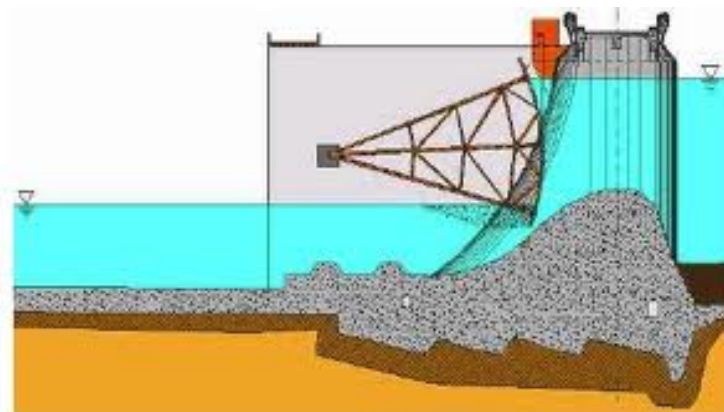
Hinged crest gates adalah bagian dinding yang dapat digerakkan dari vertikal ke horisontal tergantung dari tinggi bendungan. Bangunan ini dikontrol dengan tenaga hidrolik.



Gambar 7. *Hinged crest gates*
<http://gustavesp.wordpress.com>

3. *Radial gates*

Radial gates adalah bagian yang dapat berputar (*rotary*) terdiri dari bagian berbentuk silindris. Bangunan ini dapat berputar secara vertikal maupun horisontal. Salah satu jenisnya adalah *tainter gates*. *Tainter gates* didisain untuk mengangkat ke atas dan membiarkan air lewat di bawahnya. Bangunan ini dapat menutup sendiri berdasarkan beratnya.



Gambar 8. *Radial gates*
<http://gustavesp.wordpress.com>

4. *Drum Gates*

Drum gates adalah sebuah bangunan yang dapat mengambang di air dengan membiarkan air masuk ke *flotation chamber* sehingga bangunan ini akan mengambang dan menaikkan puncak *spillway*.

5. *Roller gates*

Roller gates merupakan silinder yang besar yang diangkat dengan menggunakan rantai.



Gambar 9. *Roller gates*

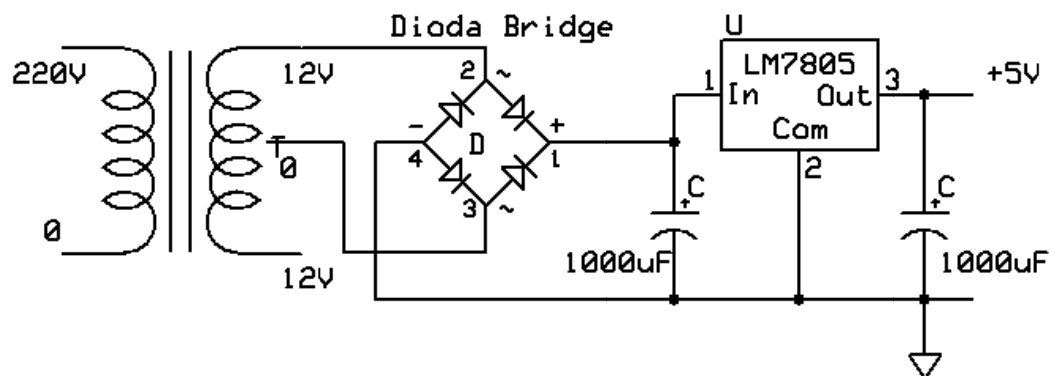
<http://gustavesp.wordpress.com>

Dari kelima jenis-jenis pintu bendungan di atas, prototipe ini meniru dari jenis *Bulkhead gates*. Sehingga untuk jenis-jenis pintu bendungan yang lain dapat dikembangkan lagi.

B. IC Regulator Tegangan LM 7805

IC LM7805 adalah IC penyetabil tegangan 5 Volt DC yang memiliki kemampuan arus keluaran sampai 1 Ampere. Pada kemasan IC ini terdapat tiga kaki yaitu kaki pertama sebagai *input*, kaki kedua (tengah) sebagai kaki *ground* dan kaki ketiga sebagai *output* atau tegangan stabil 5 Volt.

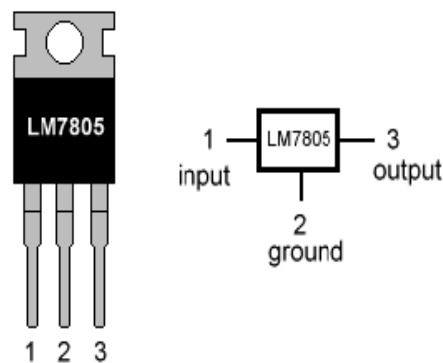
(<http://rangkaianelektronika.net/search/ic-regulator-7805>)



Gambar 10. Rangkaian Catu Daya

Pada gambar 11 adalah gambar PIN out diagram dari IC LM7805:

LM7805 PINOUT DIAGRAM



Gambar 11. Gambar PIN diagram IC LM 7805
(<http://powersupplycircuit.net/lm7805.html>)

Pada badan kemasan IC ini terdapat besi yang berfungsi sebagai pendingin karena tegangan atau arus yang dikeluarkan oleh IC ini sangat dipengaruhi perubahan suhu komponen IC ini.

C. *Infrared*

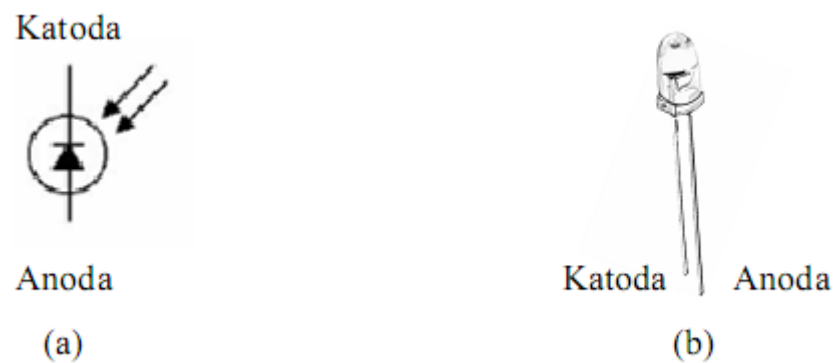
LED *Infrared* (LED inframerah) adalah suatu jenis *diode* yang terbuat dari bahan *Gallium* (Ga), *Arsen* (As), dan *fosfor* (P) yang apabila diberi tegangan maju maka arus majunya akan membangkitkan cahaya pada pertemuan PN-nya. Tegangan maju antara anoda-katoda berkisar antara 1,5 V – 2 V, sedangkan arus majunya berkisar antara 5 mA – 20 mA. Cahaya yang dibangkitkan oleh LED Infra merah adalah cahaya yang tidak dapat dilihat oleh mata. Led infra merah memancarkan cahaya pada *spectrum* infra merah dengan panjang gelombang $\lambda=940$ nm. *Spectrum* cahaya infra merah ini mempunyai level panas yang paling tinggi diantara sinar-sinar yang lain walaupun tidak tampak oleh mata dan mempunyai efek fotolistrik yang terkuat . Energi yang dihasilkan oleh LED infra merah tidak seluruhnya diubah menjadi bentuk energi cahaya, melainkan dalam bentuk panas sebagian.



Gambar 12. Simbol *Infrared*

D. Photodiode

Photodiode merupakan salah satu jenis dioda yang mempunyai fungsi khusus, yaitu sebagai komponen Optoelektronik. Optoelektronik adalah teknologi yang mengkombinasikan optik dan elektronik. Photodiode adalah salah satu komponen yang dibuat untuk berfungsi paling baik berdasarkan kepekaannya terhadap cahaya. Saat energi cahaya mengenai permukaan Photodiode, akan dapat menghasilkan elektron bebas. Makin besar intensitas cahaya yang mengenai permukaan Photodiode, makin besar arus balik dioda. Cahaya yang datang menghasilkan elektron bebas dan lubang. Semakin kuat cahaya, maka semakin besar jumlah pembawa minoritas dan semakin besar arus balik. Panah yang mengarah ke dalam melambangkan cahaya yang datang.



Gambar 13. (a) Simbol dari Photodiode (b) Bentuk fisik dari Photodiode

Dari Gambar 12 (b) menunjukkan bahwa kaki yang paling pendek adalah kaki katoda atau kaki negatif, sedangkan kaki yang panjang adalah kaki anoda atau kaki positif.

E. Transistor

Transistor adalah komponen elektronika yang mempunyai tiga buah terminal. Terminal itu disebut emitor, basis, dan kolektor. Transistor seakan-akan dibentuk dari penggabungan dua buah dioda. Dioda satu dengan yang lain saling digabungkan dengan cara menyambungkan salah satu sisi dioda yang senama. Dengan cara penggabungan seperti ini dapat diperoleh satu buah transistor.

Transistor mempunyai 3 kaki. Anak panah yang terdapat di dalam simbol menunjukkan arah arus yang melalui transistor. Simbol tipe transistor dapat dilihat pada gambar 11:



Gambar 14. Simbol tipe transistor
(repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/18326/.../Chapter%20II.pdf)

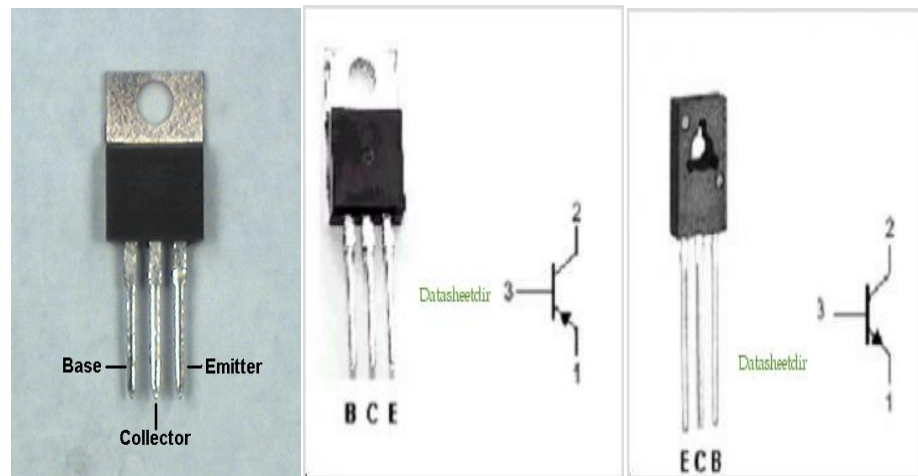
Keterangan :

C = kolektor

E = *emitter*

B = basis

Pada alat ini digunakan transistor TIP31 yang tipenya NPN, transistor BD139 yang tipenya NPN dan transistor TIP32 yang tipenya PNP untuk membentuk rangkaian *H-Bridge Driver* Motor DC. Ketiga transistor tersebut berfungsi seperti saklar otomatis. Gambar 12 menunjukkan bentuk fisik transistor TIP31, TIP32 dan BD139:



Gambar 15. Transistor TIP31(kiri), TIP32 (tengah) dan BD139 (kanan)

F. Mikrokontroler AVR

1. Arsitektur ATmega 16

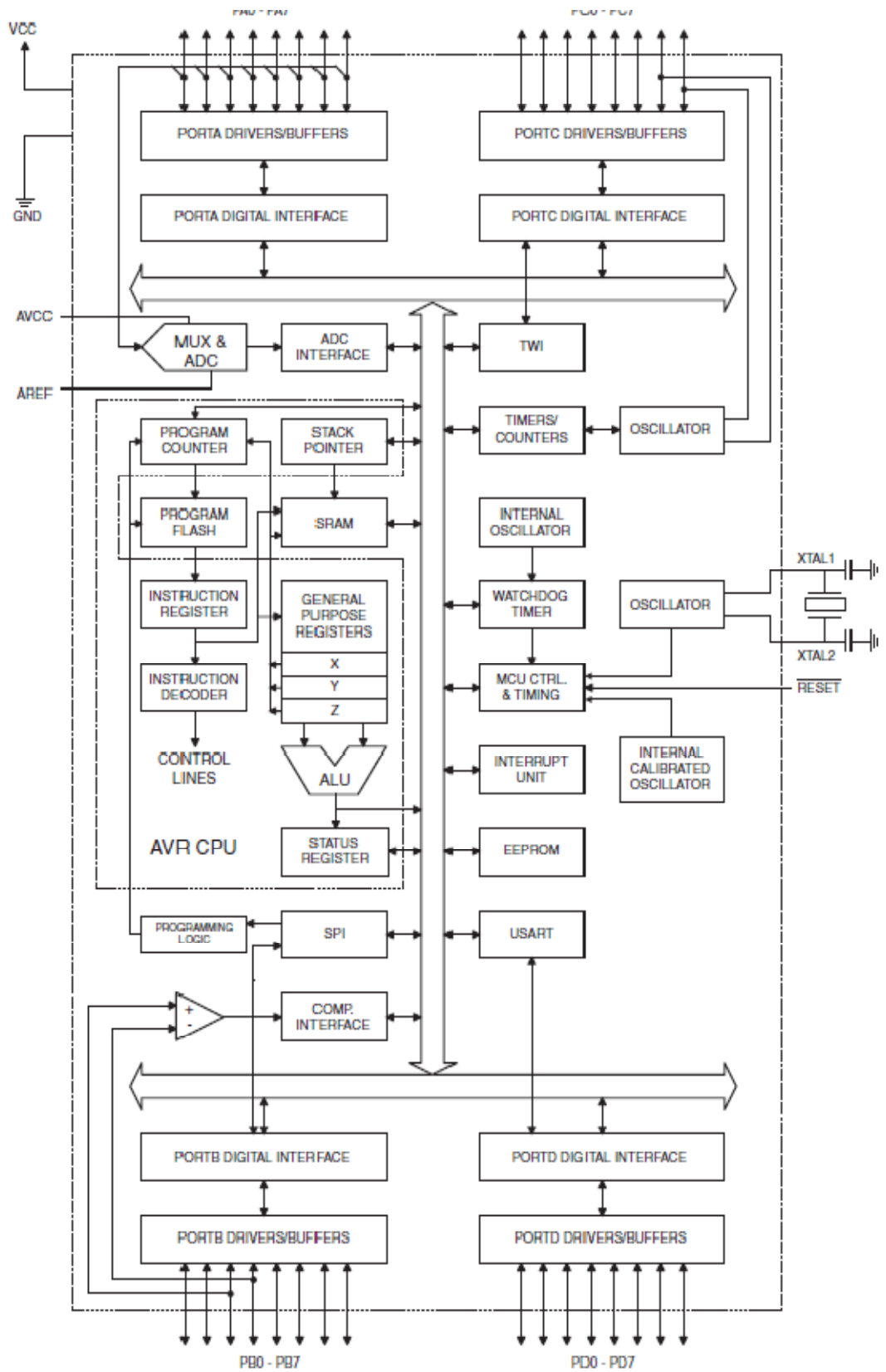
Mikrokontroler dapat dianalogikan seperti sebuah sistem komputer yang dikemas dalam sebuah chip. Dalam sebuah chip mikrokontroler sudah terdapat kebutuhan minimal agar mikroprosesor dapat bekerja, yaitu meliputi mikroprosesor, ROM, RAM, I/O, dan *clock* seperti yang dimiliki sebuah Personal Komputer (PC).

Karena ATmega 16 memiliki 32 PORT I/O yang sudah memadai untuk digunakan pada prototipe pintu bendungan otomatis ini dan ATmega 16 juga lebih murah dari pada ATmega 8535. Sehingga digunakan ATmega 16 ini untuk memroses input dan output pada prototipe pintu bendungan ini. (<http://www.atmel.com/>)

2. Fitur ATmega 16

Fitur – fitur yang dimiliki ATmega16 sebagai berikut :

- a.) Mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah.
- b.) Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16MHz.
- c.) Memiliki kapasitas *Flash* memori 16KByte, EEPROM 512 Byte dan SRAM 1 KByte.



Gambar 16. Blok Diagram AVR ATmega16

(<http://www.atmel.com/>)

- d.) Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
- e.) CPU yang terdiri atas 32 buah *register*.
- f.) Unit interupsi *internal* dan *eksternal*.
- g.) *Port* USART untuk komunikasi serial.
- h.) Fitur *peripheral*
- Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan pembandingan.
 - a.) 2 (dua) buah *Timer/Counter* 8 bit dengan *Prescaler* terpisah dan *Mode Compare*.
 - b.) 1 (satu) buah *Timer/Counter* 16 bit dengan *prescaler* terpisah, *Mode Compare*, dan *Mode Capture*.
 - *Real Time Counter* dengan *Oscillator* tersendiri.
 - 4 *channel* PMW
 - 8 *channel*, 10-bit ADC
 - a.) 8 *Single-ended Channel*
 - b.) 7 *Diferential Channel* hanya pada kemasan TQFP
 - c.) 2 *Diferential Channel* dengan *Programmable Gain* 1x, 10x, atau 200x.
 - *Byte-oriental Two-wire Serial Interface*
 - *Programmable* Serial USART
 - Antarmuka SPI
 - *Watchdog Timer* dengan *oscillator internal*.
 - *On-chip Analog Comparator*.

3. Konfigurasi Pin Atmega 16

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

Gambar 17. Konfigurasi Pin ATmega 16
(<http://www.atmel.com/>)

Konfigurasi pin ATmega16 dengan kemasan 40 pin DIP (*Dual In-line Package*) dapat dilihat pada gambar 17. Dari gambar 17 dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing pin ATmega 16 sebagai berikut :

VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya.

GND merupakan pin Ground.

Port B : (PB7 - PB0) port B merupakan Port I/O 8-bit *bi-directional* (dua arah) dengan resistor *pull-up internal* secara individual. Selain sebagai Port I/O ,Port B juga memiliki fungsi alternatif (Tabel 1)

Port D: (PD7 - PD0) port D merupakan Port I/O 8-bit *bi-directional* (dua arah) dengan resistor *pull-up internal* secara individual. Selain sebagai port I/O ,Port D juga memiliki fungsi alternative (Tabel 2)

Port A: (PA7 - PA0) sebagai masukan analog untuk ADC. Port A juga bisa digunakan sebagai 8-bit I/O port jika A/D Converter tidak digunakan dan masing – masing pin I/O memiliki *internal pullup*. Pemilihan portA sebagai input analog atau sebagai Analog to Digital Converter (ADC) bisa dilakukan melalui pemrograman. (Tabel 3).

Port C: (PD7 - PD0) port D merupakan port I/O 8-bit *bi-directional* (dua arah) dengan resistor *pull-up internal* secara individual. Selain sebagai port I/O , Port D juga memiliki fungsi alternatif (Tabel 4).

RESET: merupakan input reset yang bekerja pada level rendah (*active low*) selama minimal 1,5us.

XTAL1:Input ke penguat *inverting* oscillator dan input ke *internal. clock*

XTAL2 Output dari penguat *inverting* oscillator.

AVCC merupakan catu daya yang digunakan sebagai masukan analog ADC yang terhubung ke port A.

AREF merupakan tegangan referensi analog untuk ADC.

4. I/O PORT

Semua Port I/O keluarga AVR bersifat *bi-directional* (dua arah) pada saat berfungsi sebagai port I/O digital. Bahkan masing – masing pin dapat dikonfigurasi tanpa mempengaruhi pin lainnya.

Port D data register

Dit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PORTD								
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Register Portx digunakan untuk 2 keperluan yaitu untuk jalur output atau untuk mengaktifkan resistor *pullup*.

1) Portx berfungsi sebagai output jika $DDR_x = 1$ maka :

Port_{xn} = 1 maka pin P_{xn} akan berlogika *high*.

Port_{xn} = 0 maka pin P_{xn} akan berlogika *low*.

2) Portx berfungsi untuk mengaktifkan resistor *pullup* jika

$DDR_x = 0$ maka :

Port_{xn} = 1 maka pin P_{xn} sebagai pin *input* dengan resistor *pull up*.

Port_{xn} = 0 maka pin P_{xn} sebagai *output* tanpa resistor *pull up*.

b) DDRX (*Data Direction Register*)

Register DDR_x digunakan untuk memilih arah pin. Jika $DDR_x = 1$ maka P_{xn} sebagai pin *output*, Jika $DDR_x = 0$ maka P_{xn} sebagai *input*.

Port B Input Pins Address

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PINB7 PINB6 PINB5 PINB4 PINB3 PINB2 PINB1 PINB0								PINB
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Port C Input Pins Address

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PINC7 PINC6 PINC5 PINC4 PINC3 PINC2 PINC1 PINC0								PINC
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Port D Input Pins Address

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PIND7 PIND6 PIND5 PIND4 PIND3 PIND2 PIND1 PIND0								PIND
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Setiap Port I/O bersifat bi-directional atau dua arah dan masing – masing Port juga memiliki fungsi tambahan (*Alternate Functions*)

Tabel 1. Fungsi Tambahan (*Alternate Function*) PORTB

Port Pin	Alternate Functions
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB4	\overline{SS} (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 (Timer/Counter0 External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)

Tabel 2. Fungsi Tambahan (*Alternate Functions*) PORTD

Port Pin	Alternate Function
PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)
PD6	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

Tabel 3. Fungsi Tambahan (*Alternate Functions*) PORTA

Port Pin	Alternate Function
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)
PA6	ADC6 (ADC input channel 6)
PA5	ADC5 (ADC input channel 5)
PA4	ADC4 (ADC input channel 4)
PA3	ADC3 (ADC input channel 3)
PA2	ADC2 (ADC input channel 2)
PA1	ADC1 (ADC input channel 1)
PA0	ADC0 (ADC input channel 0)

Tabel 4. Fungsi Tambahan (*Alternate Functions*) PORTC

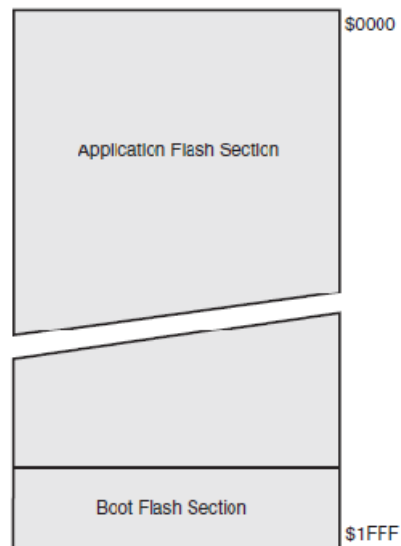
Port Pin	Alternate Function
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC5	TDI (JTAG Test Data In)
PC4	TDO (JTAG Test Data Out)
PC3	TMS (JTAG Test Mode Select)
PC2	TCK (JTAG Test Clock)
PC1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)

5. Peta Memori

a) Memori Flash

ATmega16 memiliki *On-Chip In-System Reprogrammable Flash* Memori untuk menyimpan program. Untuk alasan keamanan, program memori dibagi menjadi dua bagian yaitu *Boot Flash Section* dan *Application Flash Section*. *Boot Flash Section* digunakan untuk menyimpan program *Boot Loader*, yaitu program yang harus dijalankan pada saat AVR *reset* atau pertamakali diaktifkan.

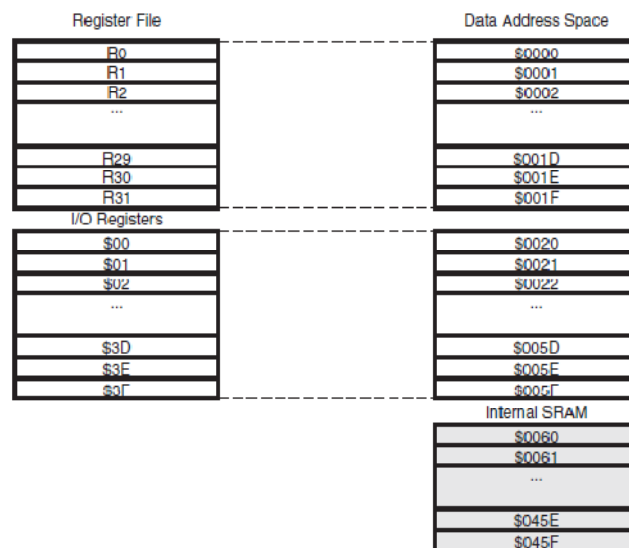
Application Flash Section digunakan untuk menyimpan program aplikasi yang dibuat *user*. AVR tidak dapat menjalankan program aplikasi ini sebelum menjalankan program *Boot Loader*.



Gambar 18. Peta Program memori
(<http://www.atmel.com/>)

b) Memori Data

Gambar 19 menunjukkan peta memori SRAM pada ATmega16. Terdapat 1120 lokasi *address* data memori. 96 lokasi *address* digunakan untuk *Register File* dan *I/O Memory*, selanjutnya 1024 lokasi *address* lainnya digunakan untuk internal data SRAM. *Register File* terdiri dari 32 *General Purpose Register* (GPR), *I/O register* terdiri dari 64 *register*.



Gambar 19. Peta Data Memori
(<http://www.atmel.com/>)

Dalam organisasi memori AVR, 32 register serbaguna (GPR) menempati *space* data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$30. Sedangkan *register-register* khusus untuk penanganan I/O dan control terhadap mikrokontroler, menempati 64 alamat berikutnya merupakan register I/O khusus digunakan untuk melakukan pengaturan fungsi terhadap berbagai perihal mikrokontroler seperti

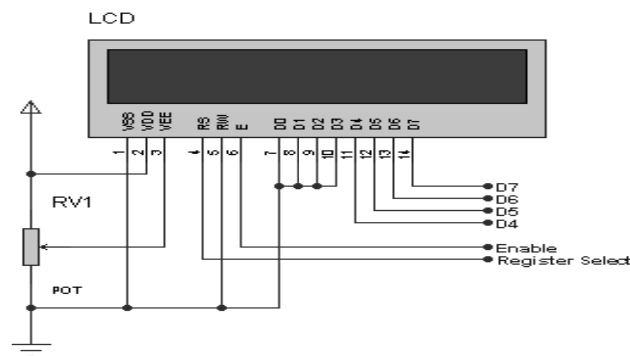
control register, timer/counter, fungsi-fungsi I/O, ADC, USART, SPI, EEPROM dan sebagainya.. Alamat berikutnya digunakan untuk SRAM (*Static Random Access Memory*) 1 KB.

c) Memory EEPROM

ATmega16 memiliki memori EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 byte yang terpisah dari memori program maupun memori data. Memori EEPROM bisa digunakan untuk menyimpan data yang dapat bertahan atau tersimpan walaupun mikrokontroler tanpa tegangan catu daya atau tahan terhadap gangguan catu daya. Memori EEPROM ini hanya bisa diakses dengan menggunakan *register I/O*

G. *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul ini dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD. Mikrokontroler HD44780 buatan Hitachi yang berfungsi sebagai pengendali LCD memiliki CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*), dan DDRAM (*Display Data Random Access Memory*).



Gambar 20. Mode Koneksi LCD 4 Bit
(<http://www.edaboard.com/thread203169.html>)

Tabel 5. Deskripsi Pin-Pin LCD M1632

Pin No.	Symbol	Level	Description
1	VSS	0V	Ground
2	VDD	5V	Supply voltage for logic
3	VO	(Variable)	Operating voltage for LCD
4	RS	H/L	H : Data, L : Instruction code
5	R/W	H/L	H : Read, L : Write
6	E	H, H->L	Chip Enable signal
7	DB0	H/L	Data bit 0
8	DB1	H/L	Data bit 1
9	DB2	H/L	Data bit 2
10	DB3	H/L	Data bit 3
11	DB4	H/L	Data bit 4
12	DB5	H/L	Data bit 5
13	DB6	H/L	Data bit 6
14	DB7	H/L	Data bit 7
15	A	4,2 – 4,6 V	LED +
16	K	0V	LED -

DDRAM merupakan memori yang menunjukkan tempat karakter akan ditampilkan. *Contoh*, karakter “L” atau 4CH yang ditulis pada alamat 00, karakter tersebut akan tampil pada baris pertama kolom pertama dari LCD. Apabila karakter tersebut ditulis pada alamat 40, maka karakter tersebut akan tampil pada baris kedua kolom pertama dari LCD.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

Gambar 21. Data Address DDRAM

CGRAM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter. Dengan CGRAM, *user* dapat membuat sendiri format karakter yang diinginkan.

CGROM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut sudah ditentukan secara permanen dari HD44780. (Sumber : Heri Andrianto,2008).

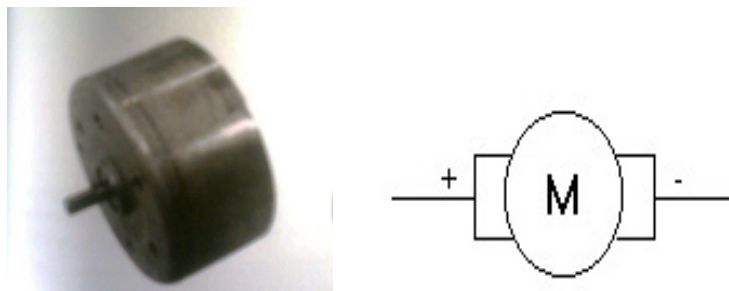
H. Motor DC

Pada umumnya motor diklasifikasikan menurut jenis power yang di gunakan (AC dan DC) dan prinsip kerja motor merubah energi listrik menjadi energi mekanik. Pada setiap motor akan terdapat dua bagian yaitu bagian yang bergerak (*rotor*), dan bagian tak bergerak (*stator*). *Rotor* bisa terdiri atas jangkar, magnet permanen, bodi, dan lain-lain. Setiap motor bisa berbeda spesifikasi *rotor* dan *stator*nya tergantung pabrik yang membuatnya.

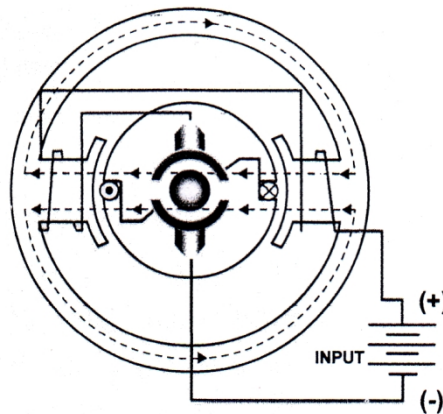
Pada motor *DC*, jenis penguatan medan akan membedakan antara satu jenis dengan yang lainnya. Sedangkan kontruksi jangkarnya (*stator*) tidak berpengaruh dalam menentukan jenis motor. Motor *DC* dapat diklasifikasikan menurut metode penguatan medan antara lain Motor *DC*

Seri, Motor *DC Shunt*, dan Motor *DC Coumpound*, yang masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda.

Motor DC dapat berputar searah jarum jam (CW) maupun berlawanan arah jarum jam (CCW). Selain itu kecepatan putarannya dapat diatur menggunakan PWM, berikut ini gambar motor DC :



Gambar 22. Motor DC dan Simbol Motor DC



Gambar 23. Rangkaian Skematik Motor DC

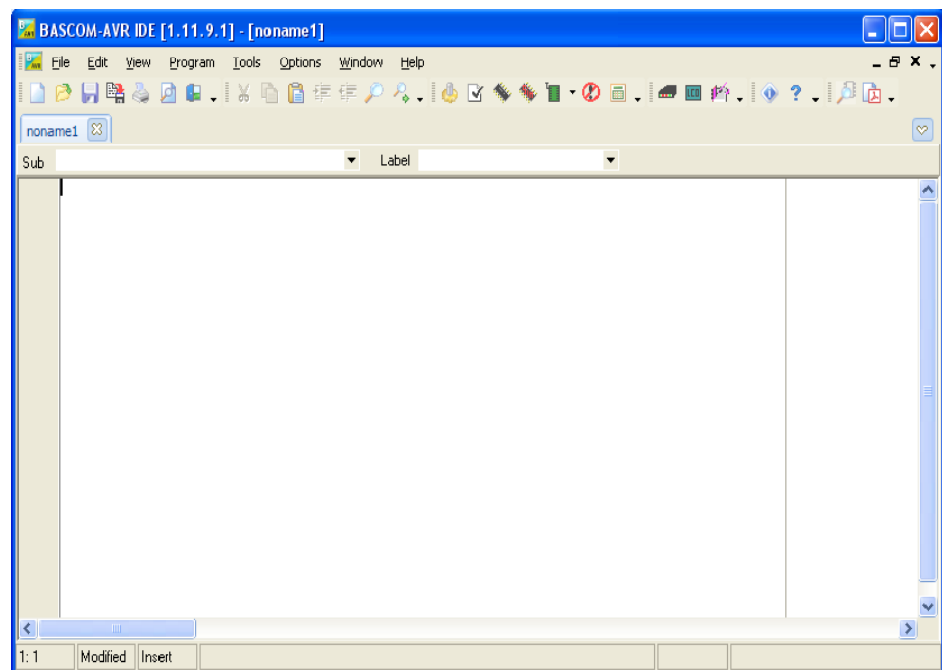
I. Perangkat Lunak (*Software*)

1. Bascom Avr

BASCOM-AVR adalah program *basic compiler* berbasis windows untuk mikrokontroler keluarga AVR merupakan pemrograman dengan bahasa tingkat tinggi ” *BASIC* ” yang dikembangkan dan dikeluarkan

oleh MCS elektronika sehingga dapat dengan mudah dimengerti atau diterjemahkan. Dalam program BASCOM-AVR terdapat beberapa kemudahan, untuk membuat program *software* ATmega 16, seperti program simulasi yang sangat berguna untuk melihat, simulasi hasil program yang telah kita buat, sebelum program tersebut kita *download* ke IC atau ke mikrokontroler. (<https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/bascom-avr-adalah/>)

Ketika program BASCOM-AVR dijalankan dengan mengklik icon BASCOM-AVR, maka jendela berikut akan tampil :



Gambar 24. Tampilan Jendela Program BASCOM-AVR
(<https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/bascom-avr-adalah/>)

BASCOM-AVR menyediakan pilihan yang dapat mensimulasikan program. Program simulasi ini bertujuan untuk menguji suatu aplikasi yang dibuat dengan pergerakan LED yang ada pada layar simulasi dan

dapat juga langsung dilihat pada LCD, jika kita membuat aplikasi yang berhubungan dengan LCD.

2. Tipe data

Tipe data merupakan bagian program yang paling penting karena akan mempengaruhi setiap instruksi yang digunakan. Dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Tipe-tipe data

NO	Tipe	Nomor Pin	Jangkauan
1	<i>Bit</i>	1	0 atau 1
2	<i>Byte</i>	2	0-255
3	<i>Integer</i>	3	-32,768-32,767
4	<i>Word</i>	4	0-65535
5	<i>Long</i>	5	-2147483648-2147483647
6	<i>Single</i>	6	$1.5 \times 10^{(-45)} - 3.4 \times 10^{38}$
7	<i>Double</i>	7	$5.0 \times 10^{324} - 1.7 \times 10$

3. Deklarasi

Deklarasi diperlukan bila programmer akan menggunakan pengenalan (*indentifier*) dalam program. *Identifier* dapat berupa variabel, kostanta dan fungsi.

4. Operator

Terdapat lima operator dalam Bahasa Basic yaitu operator penugasan, operator aritmatika, operator perbandingan, operator logika dan operator bitwise. Setiap operator memiliki fungsi masing-masing sesuai dengan nama operator yang akan digunakan.

5. Komentar Program

Komentar program diperlukan untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman suatu program.

6. Penyeleksaian Kondisi

Penyeleksaian kondisi digunakan untuk membandingkan dan mengarahkan alur suatu proses program. Struktur kondisi yang dapat digunakan diantaranya “*If.*”, “*If..Else*”, dan “*Case*”

7. Perulangan

Dalam Bahasa Basic tersedia suatu fasilitas yang digunakan untuk melakukan proses yang berulang-ulang sebanyak nilai yang telah ditentukan sebelumnya. Struktur pengulangan tersebut mempunyai bentuk yang bermacam-macam seperti “*While*”, “*Do..Loop*” dan “*For*”.

Berikut ini beberapa instruksi-instruksi dasar yang dapat digunakan pada mikrokontroler ATmega16.

Tabel 7. Instruksi dasar Bascom AVR

Instruksi	Keterangan
<i>DO....LOOP</i>	Perulangan
<i>GOSUB</i>	Memanggil Prosedur
<i>IF....THEN</i>	Percabangan
<i>FOR....NEXT</i>	Perulangan
<i>WAIT</i>	Waktu Tunda Detik
<i>WAITMS</i>	Waktu Tunda Mili Detik
<i>WAITUS</i>	Waktu Tunda Micro Detik
<i>GOTO</i>	Loncat Kealamat Memori
<i>SELECT....CASE</i>	Percabangan

BAB III

KONSEP RANCANGAN

A. Identifikasi Kebutuhan

Untuk merancang suatu system ini harus diperhatikan berbagai macam kebutuhan komponen yaitu:

1. Dibutuhkannya sistem pendeteksi ketinggian atau kedalaman air.
2. Dibutuhkannya komponen pengendali ATmega16 yang mengendalikan rangkaian dari sistem.
3. Dibutuhkannya sistem untuk mengendalikan putaran motor DC.
4. Dibutuhkan Motor DC sebagai penggerak pintu bendungan.
5. Dibutuhkannya sistem untuk mendeteksi ketinggian pintu bendungan.
6. Dibutuhkannya *power supply* untuk mendukung kerja sistem tersebut.
7. Dibutuhkannya media penampil untuk menampilkan kondisi ketinggian air.

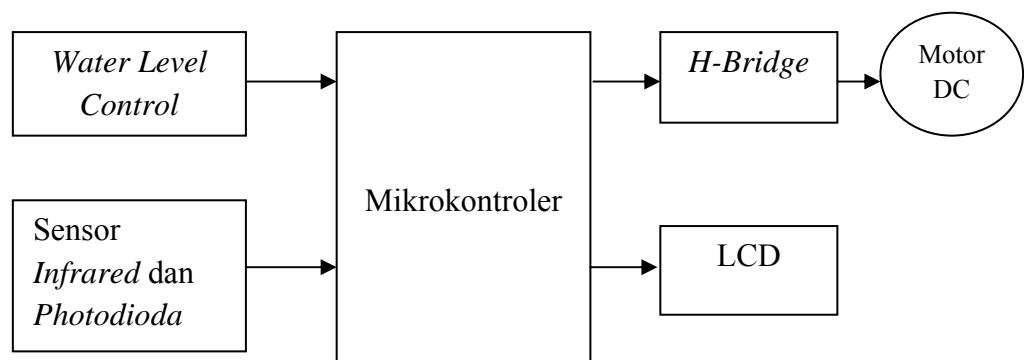
B. Analisis Kebutuhan

Berdasarkan identifikasi kebutuhan di atas, maka diperoleh beberapa analisis kebutuhan terhadap sistem yang akan dirancang adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian Water Level Control sebagai sistem pendeteksi kedalaman atau ketinggian air dalam bendungan sehingga dapat mendeteksi tingkat kedalaman air dalam bendungan.
2. Sistem minimum ATmega16 sebagai pengendali dari rangkaian.

3. Rangkaian H Bridge sebagai *driver*/pengendali motor DC.
4. Motor DC sebagai alat penggerak pintu bendungan.
5. Menggunakan sensor *infrared* dan *photodiode* untuk mendeteksi ketinggian pintu bendungan.
6. Menggunakan *regulator power supply* dengan spesifikasi *output* DC +5 V dan +12 V dari *input* 220 AC.
7. Menggunakan sebuah LCD 16x2 sebagai penampil tinggi permukaan air.

C. Blok Diagram Rangkaian



Gambar 25. Blok Diagram Rangkaian

Pada Gambar 25 dapat dilihat bagaimana proses yang dilakukan pada simulasi alat sirkulasi air berbasis mikrokontroler Atmega16:

1. *Water Level Control* merupakan sensor ketinggian air yang digunakan untuk mengukur tinggi permukaan air di dalam bendungan.

2. Rangkaian Sensor Cahaya menggunakan *Infrared* dan *Photodiode* digunakan untuk mendeteksi dan mengatur ketinggian pintu bendungan saat membuka dan menutup.
3. Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat pengolah data dan pusat pengendali sistem.
4. *Driver* motor ini memiliki fungsi sebagai saklar dimana pada rangkaianannya menggunakan transistor dengan output 12 VDC.
5. Motor merupakan penggerak pintu air untuk membuka dan menutup.
6. LCD berfungsi sebagai penampil status pintu dan tinggi permukaan air.

Berdasarkan Gambar 24 dapat dijelaskan bagaimana cara kerja dari simulasi alat sirkulasi air berbasis mikrokontroler ATmega 16, yaitu inputan dari *water level control* yang terletak pada bendungan, kemudian oleh mikrokontroler tegangan keluaran dari *water level control* diolah dengan mikrokontroler. Setelah data di dalam mikrokontroler sudah diolah, melalui *driver* motor sebagai saklar kemudian menggerakkan motor dan informasi ditampilkan oleh LCD.

D. Perancangan Sistem

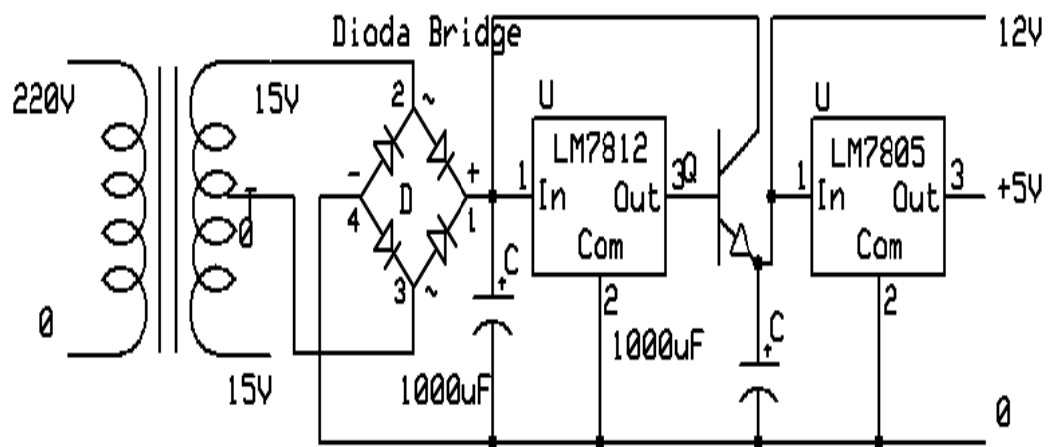
Perancangan pada alat ini terdapat empat buah blok rangkaian yaitu blok rangkaian catu daya, blok rangkaian sistem minimum, blok rangkaian *driver* motor dan blok rangkaian *water level control*.

1. Rangkaian catu daya.

Perangkat elektronika mestinya dicatu oleh suplai arus searah DC (*direct current*) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Baterai

atau accu adalah sumber catu daya DC yang paling baik, namun sumber dari baterai tidaklah cukup untuk aplikasi yang membutuhkan catu daya lebih besar. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC (alternating current) dari pembangkit tenaga listrik, untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC.

Seperti halnya pada perancangan Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis ATmega16, alat tersebut membutuhkan *power supply* yang telah diregulasi agar kenaikan dan penurunan tegangan dari sumber tegangan awal atau Perusahaan Listrik Negara (PLN) tidak terlalu mempengaruhi kinerja dari alat tersebut. Gambar *power supply* yang telah diregulasi pada Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis ATmega 16 ditunjukkan dalam gambar 25:



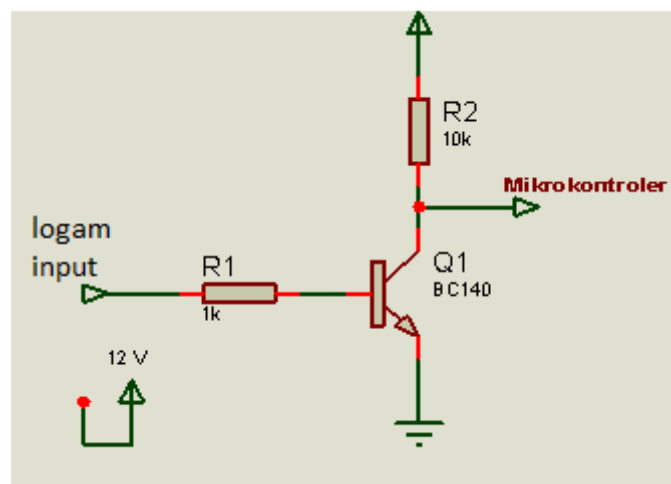
Gambar 26. Rangkaian Catu Daya

Gambar 26 terdiri atas dua buah dioda yang berfungsi untuk mengubah dari tegangan AC ke tegangan DC, kemudian tegangan

melewati sebuah kapasitor yang difungsikan supaya keluaran gelombang yang dihasilkan akan lebih halus dan dua buah IC regulator yaitu 7812 yang terpasang digunakan sebagai penyetabil tegangan.

2. Rangkaian *Water Level Control*

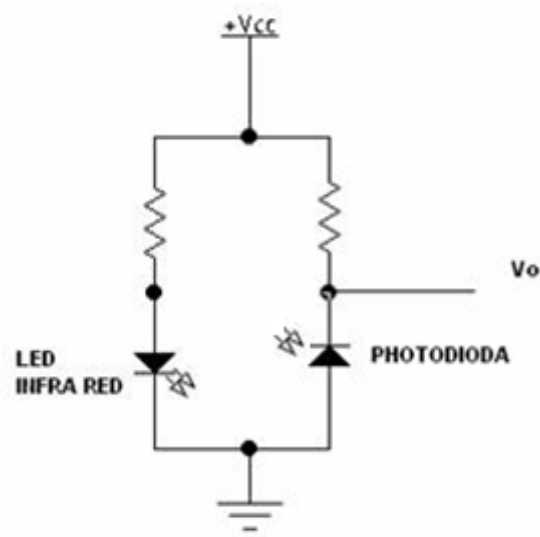
Rangkaian ini menggunakan komponen Transistor BC 140, Resistor $1\text{K}\Omega$ dan Resistor $10\text{K}\Omega$. Di bawah ini adalah gambar rangkaian *Water Level Control*:



Gambar 27. Rangkaian *Water Level Control*

Pada rangkaian ini memakai sumber tegangan 12 V DC dan 5 V DC. Rangkaian ini bekerja saat logam *input* menerima tegangan 12 V. Saat air menyentuh logam *input*, transistor akan mendapatkan tegangan *trigger* yang menyebabkan transistor bekerja sebagai saklar otomatis. Saat transistor itu bekerja *output* dari transistor itu akan berlogika 0 yang akan dijadikan *input* mikrokontroler.

3. Rangkaian sensor cahaya menggunakan *infrared* dan *photodiode*



Gambar 28. Rangkaian Sensor Cahaya

Pada rangkaian ini berfungsi untuk membantu mendeteksi ketinggian pintu bendungan. Tegangan *output* yang dihasilkan pada rangkaian ini digunakan sebagai sinyal *input* untuk ATmega 16.

4. Rangkaian sistem minimum ATmega16

Sistem minimum merupakan otak dari rangkaian yang dapat di program sesuai yang kita inginkan. Rangkaian Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega 16 terdapat dua puluh tiga I/O yang berfungsi sebagai berikut:

a. Port A

Port A digunakan sebagai *input* dari sensor *infrared* dan *photodiode*.

b. Port B

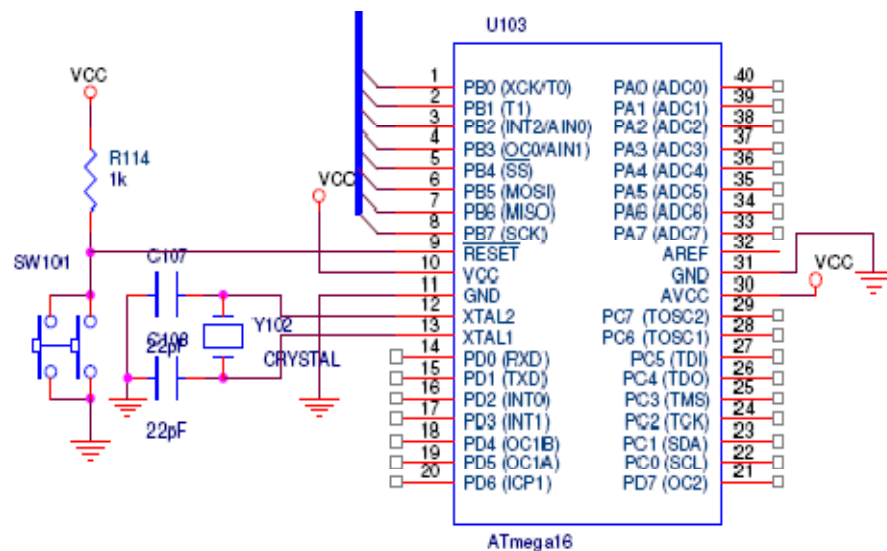
Port B digunakan untuk men-*download* program dari Bascom AVR sekaligus sebagai *output* LCD.

c. Port C

Port C digunakan sebagai *input* dari sensor ketinggian air (*Water Level Control*)

d. Port D

Port D digunakan sebagai *output* untuk sinyal motor DC, berikut ini gambar 28 rangkaian sistem minimum ATmega16:

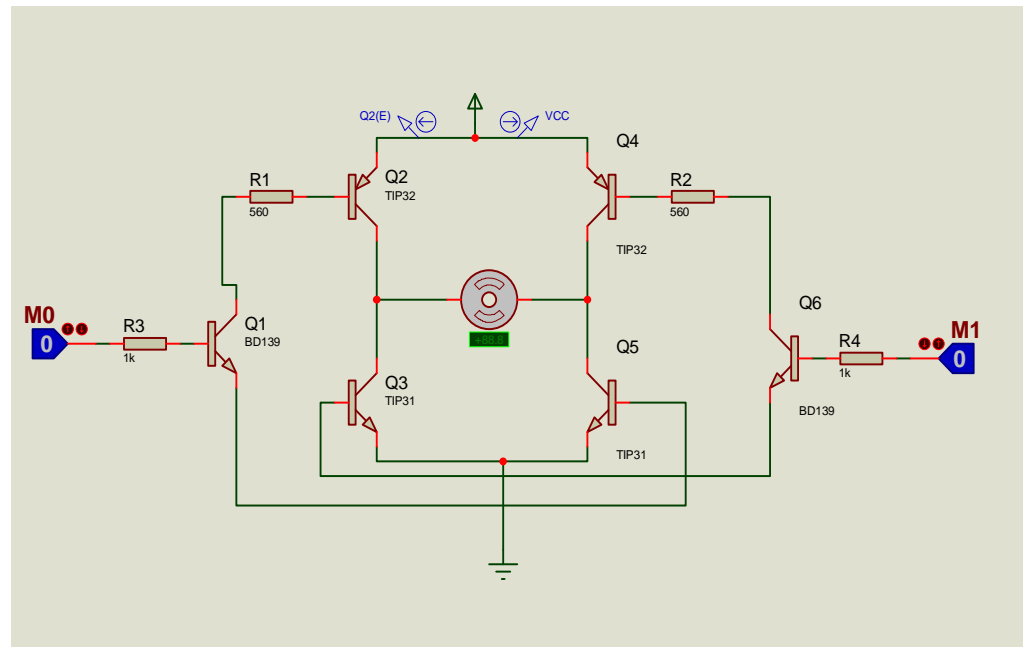


Gambar 29. Rangkaian sistem minimum ATmega16

5. Rangkaian *driver* motor

H-bridge adalah sebuah perangkat keras berupa rangkaian yang berfungsi untuk menggerakkan motor. Rangkaian ini dapat mengatur putaran motor DC. Rangkaian ini membantu untuk memutar motor searah jarum jam, berlawanan arah jarum jam dan memnghentikan

putaran motor. Rangkaian ini diberi nama *H-bridge* karena bentuk rangkaiannya yang menyerupai huruf H seperti pada gambar 26:



Gambar 30. Rangkaian *H-Bridge* dengan Transistor

Berikut ini adalah cara kerja dari rangkaian *H-Bridge* untuk mengendalikan arah putaran motor DC:

- a. Saat M0 dan M1 mendapatkan input 0 maka Q1 dan Q6 tidak mendapatkan *trigger* tegangan sehingga arus dan tegangan tidak mengalir menuju motor DC yang menyebabkan motor tidak berputar atau dalam keadaan berhenti.
- b. Saat M0 mendapatkan input 0 dan M1 mendapatkan input 1 maka Q1 akan *OFF* dan Q6 akan *ON*. Karena Q6 *ON* maka Q3 dan Q4 juga akan *ON* sehingga motor DC akan berputar ke kanan atau searah jarum jam.

- c. Saat M0 mendapatkan input 1 dan M1 mendapatkan input 0 maka Q 1 akan *ON* dan Q6 akan *OFF*. Karena Q1 *ON* maka Q2 dan Q5 juga akan *ON* sehingga motor DC akan berputar ke kiri atau berlawanan arah jarum jam.
- d. Saat M0 mendapatkan input 1 dan M1 mendapatkan input 1 maka Q 1 dan Q6 akan *ON*. Karena Q1 dan Q6 *ON* maka menyebabkan arus mengalir ke semua rangkaian dan menyebabkan pengereman pada motor DC.

E. Langkah Pembuatan Alat

Langkah pembuatan alat pada proyek akhir ini terdiri dari pelarutan PCB, pemasangan komponen pada PCB, pemasangan rangkaian pada *box*.

1. Pembuatan PCB

a. Pembuatan *layout* PCB

Langkah awal pembuatan PCB adalah menggambar rangkaian dan *layout* dengan perangkat lunak ISIS dan ARES Profesional. Hasil penggambaran *layout* PCB dapat dilihat pada lampiran.

b. Penyablonan PCB

Setelah *layout* selesai dibuat maka langkah selanjutnya yaitu menyablonkan *layout* ke PCB polos. Proses penyablonan dilakukan dengan cara :

- 1) Mencetak *layout* pada kertas glossi.

2) Desain *layout* yang sudah dicetak pada kertas *glossi* disablonkan ke PCB dengan cara disetrika selama kurang lebih 10 menit.

Setelah gambar *layout* menempel pada PCB maka hilangkan kertas yang menempel pada PCB dengan air sampai bersih.

c. Pelarutan dan pengeboran PCB

Langkah selanjutnya yaitu melarutkan PCB dengan cairan *Feri Chloride* hingga jalur rangkaian terbentuk. Kemudian setelah jalur terbentuk mengangkat PCB dari cairan *Feri Chloride* dan membersihkannya dengan air. Setelah bersih PCB dibor sesuai dengan titik-titik yang telah ditentukan.

2. Pemasangan Komponen

Memasang seluruh komponen yang terdapat pada rangkaian dengan urutan:

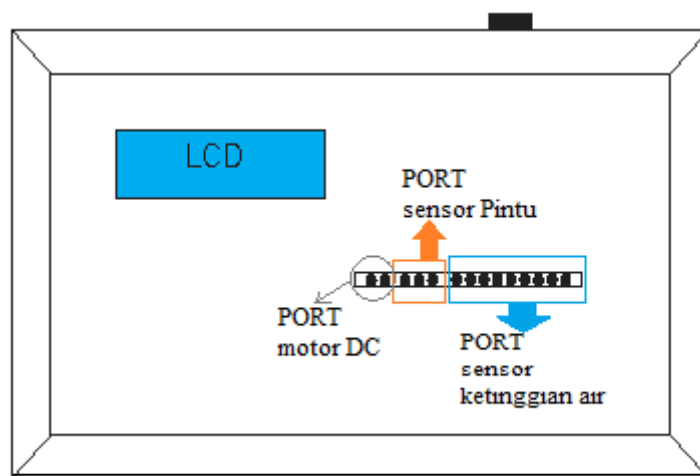
- a. Menyiapkan komponen yang dibutuhkan.
- b. Memasang komponen dari ukuran paling kecil terlebih dahulu.
- c. Menyolder kaki komponen sampai semua komponen terpasang.

Menguji rangkaian apakah sudah dapat bekerja dengan baik atau belum.

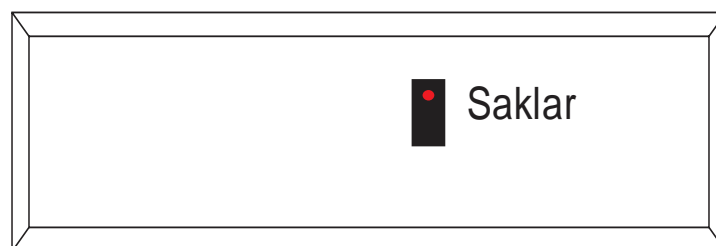
3. Pembuatan Boks

Ukuran boks plastik yang sudah ada dengan ukuran:

- a. Panjang: 22,5 cm
- b. Lebar : 15 cm
- c. Tinggi : 6 cm



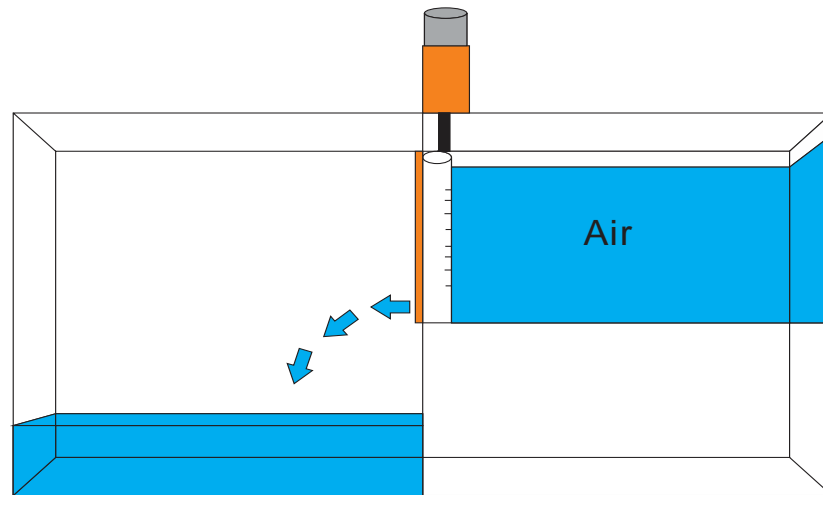
Gambar 31. Boks tampak Atas



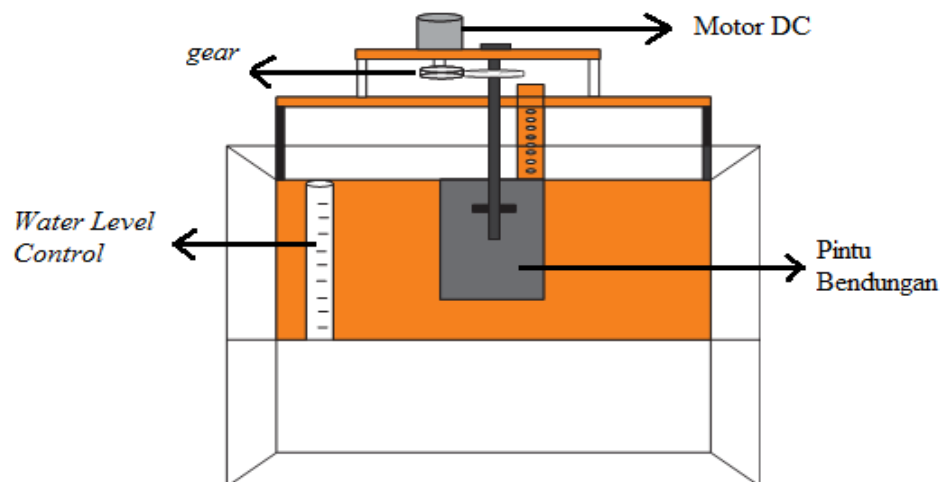
Gambar 32. Boks tampak samping

4. Pembuatan Prototipe

Prototipe ini terbuat dari bahan plastik yang sudah tersedia dengan menambahkan sekat dan pintu bendungan.



Gambar 33. Prototipe Pintu Bendungan *Bulkhead gates* tampak dari samping



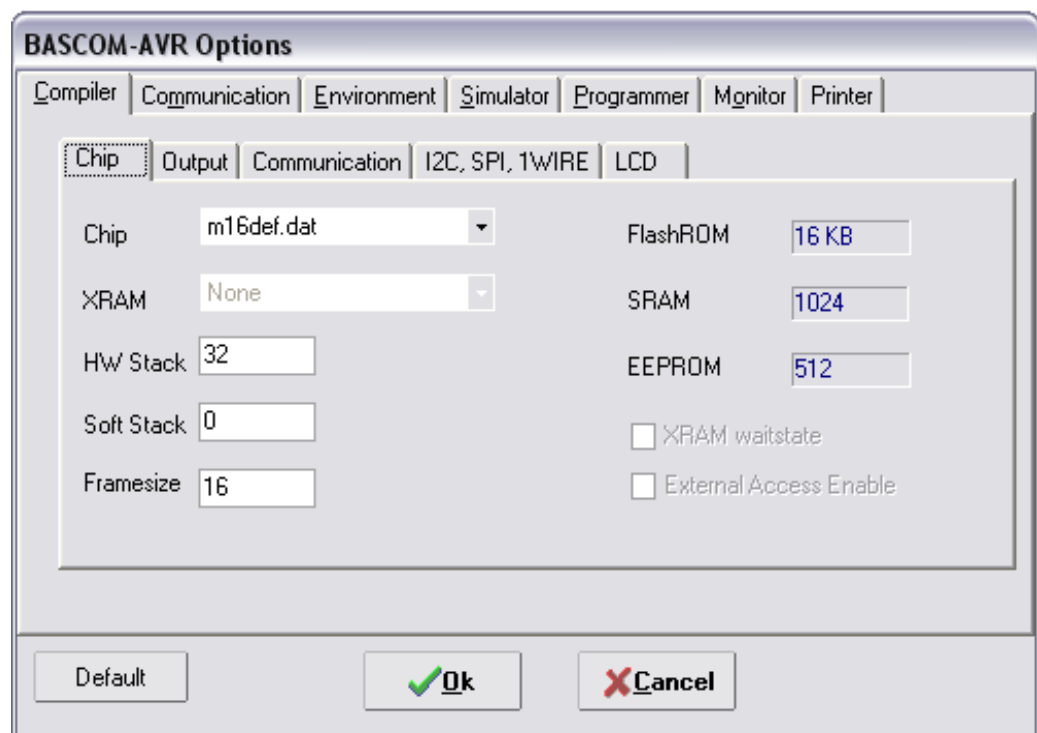
Gambar 34. Prototipe Pintu Bendungan *Bulkhead gates* tampak dari belakang

F. Perangkat Lunak

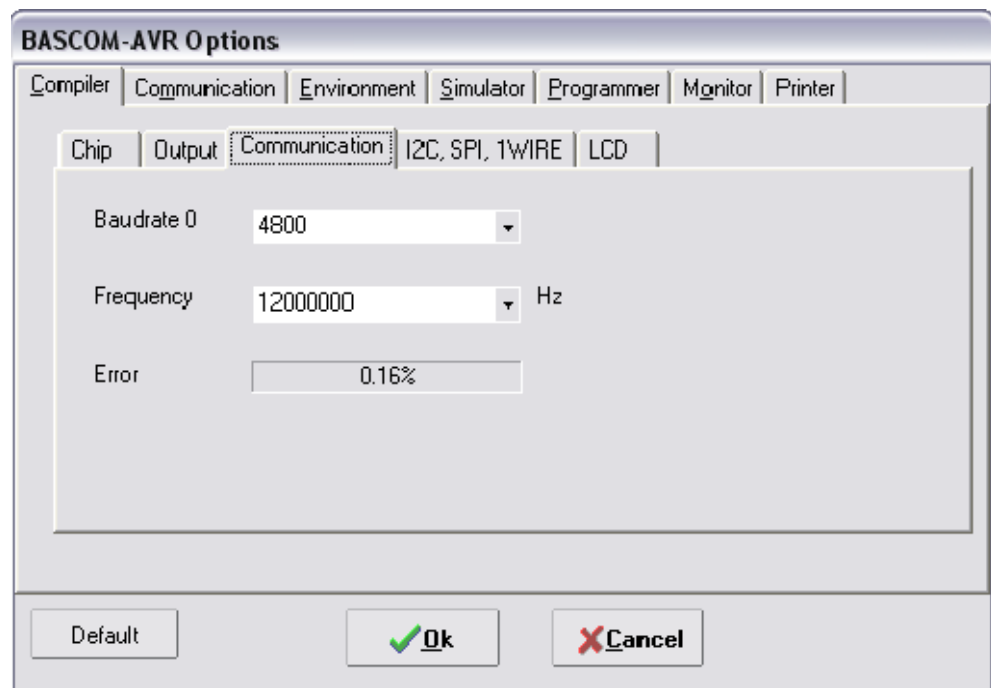
1. Program

Sebelum menulis program tentunya ada beberapa pengaturan yang harus dilakukan. Bascom AVR *options* merupakan form pengaturan yang akan menyesuaikan antara program yang dibuat dengan mikrokontroler yang sebenarnya. Dengan menentukan pengaturan, maka programmer tidak perlu mendeklarasikan kembali nilai-nilai yang telah ditentukan.

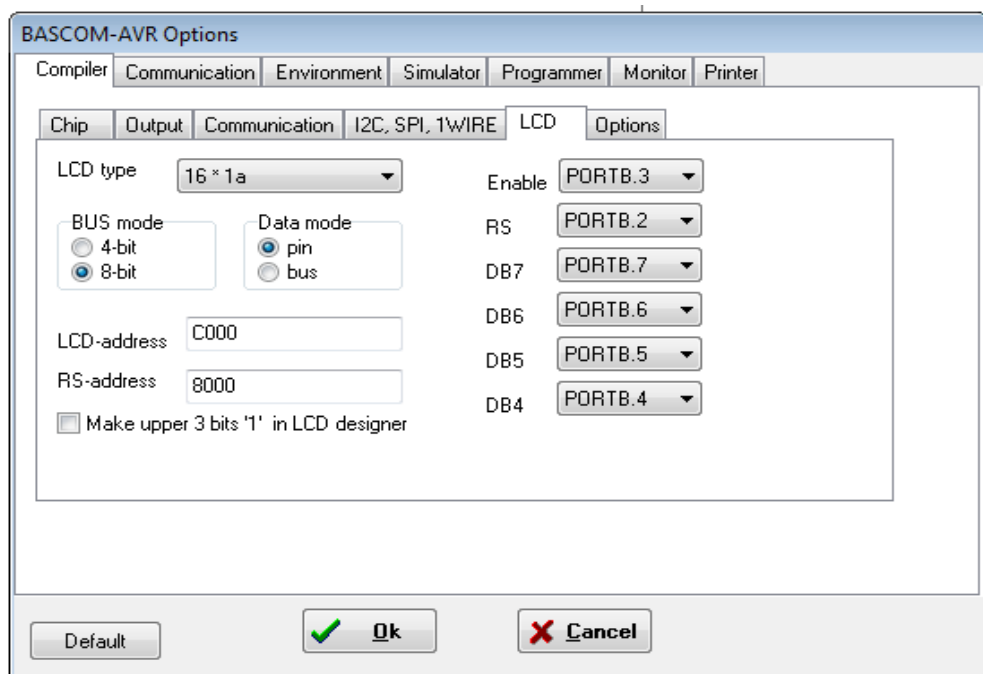
Salah satu pengaturan yang harus ditentukan adalah *compiler*:



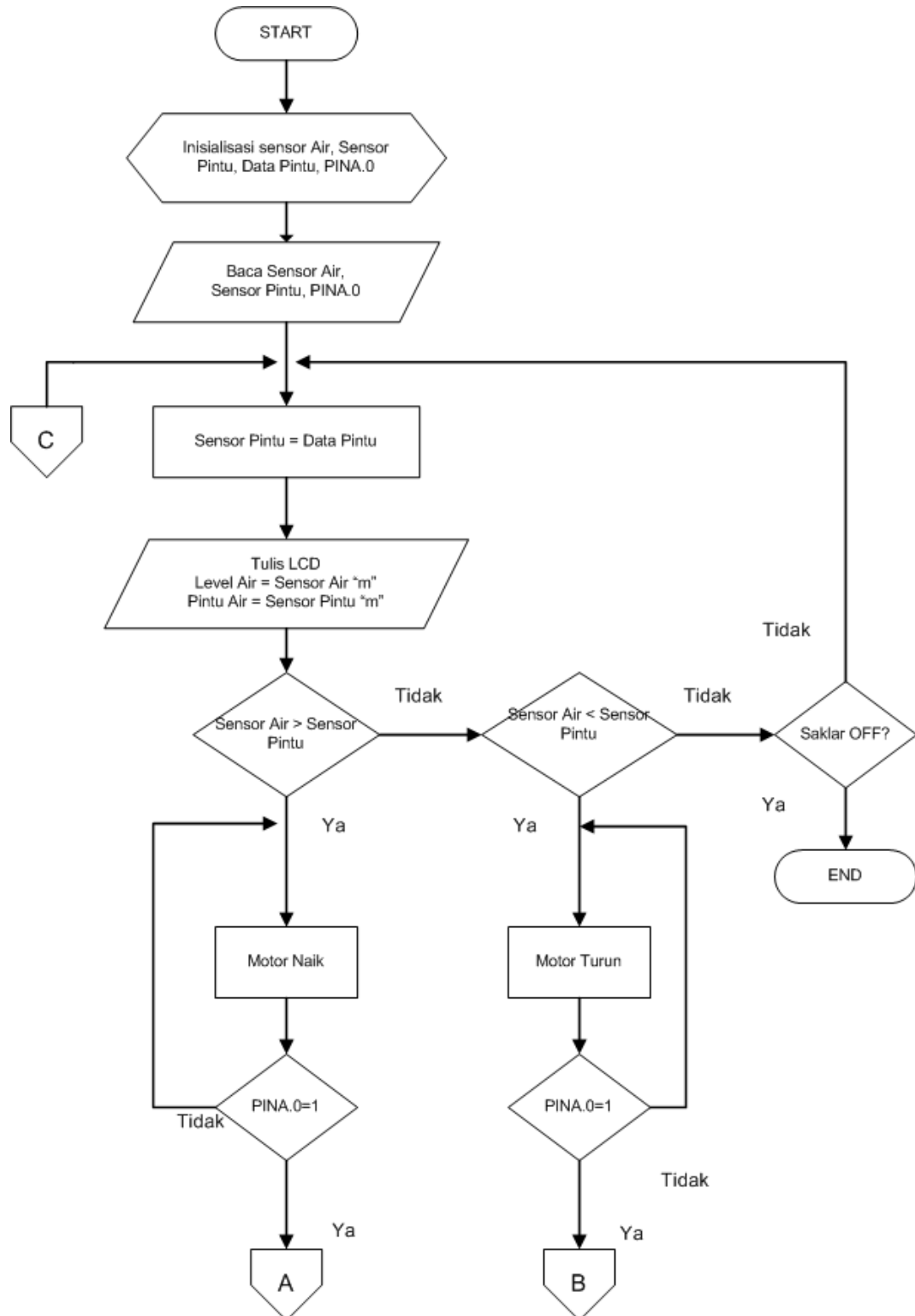
Gambar 35. Pengaturan Chip Pada Bascom AVR

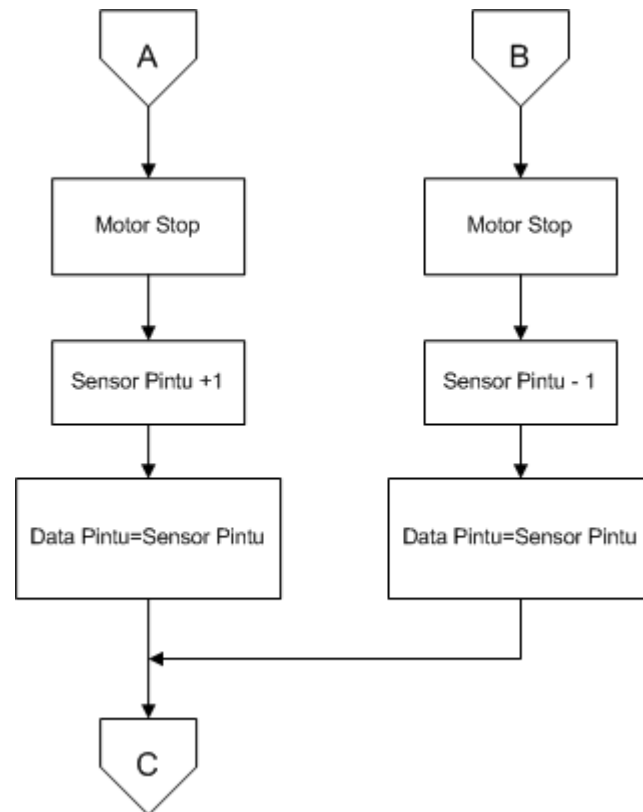


Gambar 36. Pengaturan *Communication* Pada Bascom AVR



Gambar 37. Pengaturan LCD Pada Bascom AVR

2. Perancangan *Flowchart*Gambar 38. *Flowchart*



Gambar 39. Sambungan *Flowchart* Gambar 27.

G. Spesifikasi Alat

Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis ATmega 16 mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Bahan pembuatan prototipe pintu bendungan ini menggunakan boks plastik dan PCB.
2. Jenis pintu bendungan yang dicontoh adalah jenis pintu bendungan *bulkhead gates*.
3. Unit masukan
 - a. Sensor air (*Water Level Control*) untuk mengetahui kedalaman atau ketinggian air dalam bendungan.

- b. Sensor *Photodiode* dan *Infrared* untuk mengatur ketinggian pintu bendungan saat menutup dan membuka.
2. Sistem pengendali yang digunakan adalah ATmega 16.
3. Unit Keluaran
 - a. Motor DC untuk membuka dan menutup pintu air.
 - b. LCD untuk menampilkan ketinggian air dan posisi dari pintu air.
4. Tegangan rangkaian yang digunakan adalah 5 VDC dan 12 VDC.
5. Prototipe pintu bendungan otomatis berbasis ATmega16 ini akan melakukan kerjanya untuk menggerakkan pintu bendungan secara otomatis berdasarkan level air. Pintu bendungan akan membuka bertahap sesuai keadaan air yang ada di dalam bendungan. Saat air mulai naik secara bertahap dari titik minimum menuju titik maksimum, maka pintu bendungan akan membuka secara bertahap dari titik minimum sampai titik maksimum dengan ketinggian pintu yang ditentukan. Demikian pula sebaliknya, saat air dalam bendungan mulai surut dari titik maksimum menuju titik minimum, maka pintu bendungan akan menutup secara bertahap dari titik maksimum menuju maksimum dengan ketinggian pintu yang ditentukan.

H. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mendapatkan data penelitian. Dalam pengujian alat ini dilakukan dengan dua pengujian, yaitu :

1. Uji fungsional

Pengujian ini dilakukan dengan cara menguji setiap bagian alat berdasarkan karakteristik dan fungsi masing-masing. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah setiap bagian dari perangkat telah bekerja sesuai dengan fungsi dan keinginan.

2. Uji unjuk kerja

Pengujian unjuk kerja alat dilakukan dengan cara melihat unjuk kerja alat. Hal-hal yang perlu diamati antara lain : rangkaian sistem minimum, rangkaian *Water Level Control*, Rangkaian sensor *infrared* dan *photodiode*, rangkaian *H-Bridge* dan LCD. Dari pengujian ini akan diketahui kinerja dari alat yang dibuat.

I. Pengoperasian Alat

Pengoperasian alat ini dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Pastikan alat terhubung dengan tegangan AC 220v dan sudah distabilkan menjadi 5 v dengan adaptor dan ic regulator 7805 lalu tekan tombol saklar untuk menghidupkan.
2. Hubungkan sensor ketinggian air (*Water Level Control*), sensor cahaya menggunakan photodiode, dan motor DC ke port mikrokontroler.
3. Masukkan air ke dalam bak penampungan.

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari pengujian dan pembahasan adalah untuk mengetahui kinerja alat baik secara per bagian blok rangkaian maupun sistem keseluruhan apakah sudah seperti yang diharapkan atau belum. Pengujian ini meliputi :

A. Hasil Pengujian

1. Pengujian Tegangan.
 - a. Pengujian Tegangan Catu Daya

Tabel 8. Pengukuran *regulator* tegangan LM7812 dan LM7805

No	Pengukuran	V in (V)	V output (V)	
			LM7812	LM7805
1	Tanpa Beban	15	12	4.9
2	Dengan Beban	15	11.8	4.8

Hasil dari pengukuran tegangan *regulator* untuk keluaran dari IC regulator LM7812 adalah 12 V pada saat tanpa beban dan saat dengan beban tegangan keluaran menjadi 11.8 V, sehingga memiliki presentase *error* 0,2 %. Sedangkan tegangan keluaran yang dihasilkan IC regulator LM7805 adalah 4,9 V pada saat tanpa beban dan saat dengan beban tegangan keluaran menjadi 4.8 V, sehingga memiliki presentase *error* 0,1 %.

b. Pengujian Tegangan Mikrokontroler

Tabel 9. Pengukuran pada rangkaian mikrokontroler

No	V in (V)	V output (V)	
		Tanpa beban	Dengan beban
1	4.8	4.8	4.7

Hasil dari pengukuran tegangan keluaran mikrokontroler adalah 4.8 V pada saat tanpa beban dan saat dengan beban tegangan keluaran menjadi 4.7 V, sehingga memiliki presentase *error* 0,1 %.

c. Pengujian Motor DC

Tabel 10. Pengukuran pada rangkaian *driver* motor

No	V in (V)	V output (V)	
		Tanpa beban	Dengan beban
1	12	12	11.8

Hasil dari pengukuran tegangan keluaran mikrokontroler adalah 12 V pada saat tanpa beban dan saat dengan beban tegangan keluaran menjadi 11.8 V, sehingga memiliki presentase *error* 0,2 %.

Setelah mendapatkan pengukuran tegangan pada rangkaian didapatkan jumlah presentase error 0,6% dan rata-rata persentase error menjadi 0,15%.

2. Pengujian Sensor Ketinggian Air (*Water Level Control*)

Tabel 11. Pengujian sensor ketinggian air (*Water Level Control*)

No.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Ketinggian Air (m)
1	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	< 1
2	On	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off	1 - <2
3	On	On	Off	Off	Off	Off	Off	Off	2 - <3
4	On	On	On	Off	Off	Off	Off	Off	3 - <4
5	On	On	On	On	Off	Off	Off	Off	4 - <5
6	On	On	On	On	On	Off	Off	Off	5 - <6
7	On	On	On	On	On	On	Off	Off	6 - <7
8	On	On	On	On	On	On	On	Off	7 - <8
9	On	On	On	On	On	On	On	On	8

3. Pengujian Sensor Cahaya *Infrared* dan *Photodiode*

Tabel 12. Pengujian sensor *Infrared* dan *Photodiode*

No.	Keadaan Photodiode	Keterangan
1	Tidak terkena infrared	Off
2	Terkena infrared	On

4. Pengujian Rangkaian *Driver* motor DC dan Motor DC

Tabel 13. Pengujian Rangkaian *Driver* motor DC dan Motor DC

No.	Port D6	Port D7	Putaran Motor DC	Keterangan
1	0	0	Berhenti	Berhenti
2	0	1	Searah Jarum Jam	Naik
3	1	0	Berlawanan Jarum Jam	Turun
4	1	1	Pengereman	-

5. Pengujian LCD

LCD pada alat ini berfungsi sebagai penampil yang menunjukkan ketinggian air dan ketinggian pintu bendungan. Untuk mengetahui LCD bekerja dengan benar atau tidak, maka diperlukan sebuah pengujian terhadap LCD. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukan air kedalam penampungan air yang telah disediakan, kemudian mengamati tampilan LCD. berikut ini adalah hasil dari pengujian kerja LCD.

Tabel 14. Pengujian kerja LCD

No.	Ketinggian Air (m)	Tampilan LCD
1	>1	Tinggi Air = 0 m Tinggi Pintu = 0 m
2	1 - >2	Tinggi Air = 1 m Tinggi Pintu = 0.1 m
3	2 - >3	Tinggi Air = 2 m Tinggi Pintu = 0.2 m
4	3 - >4	Tinggi Air = 3 m Tinggi Pintu = 0.3 m
5	4 - >5	Tinggi Air = 4 m Tinggi Pintu = 0.4 m
6	5 - >6	Tinggi Air = 5 m Tinggi Pintu = 0.5 m
7	6 - >7	Tinggi Air = 6 m Tinggi Pintu = 0.6 m
8	7 - >8	Tinggi Air = 7 m Tinggi Pintu = 0.7 m
9	8	Tinggi Air = 8 m Tinggi Pintu = 0.8 m

B. Pembahasan

1. *Hardware*

a. *Sensor Ketinggian Air (Water Level Control)*

Sensor Ketinggian Air (*Water Level Control*) dapat mendeteksi ketinggian air maksimal meter. Saat sensor Ketinggian Air (*Water Level Control*) aktif, maka secara otomatis mikrokontroler akan mengaktifkan dan mengontrol putaran motor DC untuk membuka dan menutup pintu bendungan.

b. *Sensor Cahaya Infrared dan Photodiode*

Sensor cahaya menggunakan infrared dan photodiode ini difungsikan untuk membantu mendeteksi ketinggian pintu bendungan. Saat Photodiode terkena cahaya dari infrared maka sensor ini akan aktif, maka secara otomatis mikrokontroler akan menghentikan putaran motor DC sehingga pintu berhenti tepat pada ketinggian yang sudah diatur sebelumnya.

c. *H-Bridge Driver Motor DC dan Motor DC*

H-Bridge Driver Motor DC dan motor DC ini berjalan dengan yang diharapkan. Itu ditunjukkan motor DC dapat berputar searah jarum jam, berputar berlawanan arah jarum dan berhenti sesuai dengan yang diperintahkan oleh mikrokontroler.

d. *LCD*

LCD dapat berjalan dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Itu semua di tunjukan LCD mampu menampilkan

karakter-karakter yang diperintahkan oleh mikro diantaranya mampu menampilkan ketinggian air dan ketinggian pintu.

2. *Software*

Bahasa pemrograman BASIC dikenal di seluruh dunia sebagai bahasa pemrograman handal, cepat, mudah dan tergolong kedalam bahasa pemrograman tingkat tinggi. Bahasa BASIC adalah salah satu bahasa pemrograman yang banyak digunakan untuk aplikasi mikrokontroler karena kemudahan dan kompatibel terhadap mikrokontroler jenis AVR dan didukung oleh *compiler software* berupa BASCOM-AVR. Setiap bahasa pemrograman mempunyai standar penulisan program. Konstruksi dari program bahasa BASIC harus mengikuti aturan sebagai berikut:

a. **Definisi prosesor**

Prosesor adalah pendefinisian seri chip mikrokontroler yang akan digunakan dalam program. Penulisan dalam program sebagai berikut :

```
$regfile = "m16def. dat"
```

Baris ini menyatakan bahwa chip yang digunakan adalah keluarga AVR ATmega dengan seri 16.

b. **Definisi Pemrosesan Awal (*Preprocessor*)**

Preprocessor membaca simbol-simbol khusus di dalam kode yang disebut pengarah preprocessor yang dimasukkan didalam program compiler untuk mengompilasi program. Penulisan preprocessor dalam program ini adalah sebagai berikut :

\$crystal = 12000000 ' menggunakan crystal clock 12 MHz

\$baud = 9600 ' komunikasi serial dengan baudrate 9600

c. Definisi *variable*

Variabel adalah suatu pengenal (*identifier*) yang digunakan untuk mewakili suatu nilai tertentu di dalam proses program yang dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan. Nama dari *variable* terserah sesuai dengan yang diinginkan namun hal yang terpenting adalah setiap variabel diharuskan :

1. Terdiri dari gabungan huruf dan angka dengan karakter pertama harus berupa huruf, max 32 karakter.
2. Tidak boleh mengandung spasi atau symbol-simbol khusus seperti : \$, ?, %, #, !, &, *, (,), -, +, = dan lain sebagainya kecuali *underscore*.
3. Deklarasi sangat diperlukan bila akan menggunakan pengenal (*identifier*) dalam suatu program.

d. Deklarasi Variabel

Bentuk umum pendeklarasian suatu variable adalah **Dim**
nama_variabel AS tipe_data

Contoh : *Dim x As Integer ' deklarasi x bertipe integer*

e. Deklarasi Konstanta

Dalam Bahasa Basic konstanta di deklarasikan langsung.

Contohnya : *S = "Hello world" ' Assign string*

f. Deklarasi Fungsi

Fungsi merupakan bagian yang terpisah dari program dan dapat dipanggil di manapun di dalam program. Fungsi dalam Bahasa Basic ada yang sudah disediakan sebagai fungsi pustaka seperti print, input data dan untuk menggunakannya tidak perlu dideklarasikan.

g. Deklarasi buatan

Fungsi yang perlu dideklarasikan terlebih dahulu adalah fungsi yang dibuat oleh programmer. Bentuk umum deklarasi sebuah fungsi adalah :

Sub Test (byval variabel As type)

Contohnya : **Sub Pwm(byval Kiri As Integer , Byval Kanan As Integer**

h. Operator

Operator Penugasan

Operator Penugasan (*Assignment operator*) dalam Bahasa Basic berupa “=”.

Operator Aritmatika

* : untuk perkalian

/ : untuk pembagian

+ : untuk penambahan

- : untuk pengurangan

% : untuk sisa pembagian (modulus)

Operator Hubungan (Perbandingan)

Operator hubungan digunakan untuk membandingkan hubungan dua buah operand atau sebuah nilai / variable, misalnya :

= *'Equality X = Y*

< *'Less than X < Y*

> *'Greater than X > Y*

<= *'Less than or equal to X <= Y*

>= *'Greater than or equal to X >= Y*

Operator Logika

Operator logika digunakan untuk membandingkan logika hasil dari operator-operator hubungan. Operator logika ada empat macam, yaitu :

NOT 'Logical complement

AND 'Conjunction

OR 'Disjunction

XOR 'Exclusive or

Operator Bitwise

Operator bitwise digunakan untuk memanipulasi bit dari data yang ada di memori. Operator bitwise dalam Bahasa Basic :

Shift A, Left, 2 : Pergeseran bit ke kiri

Shift A, Right, 2 : Pergeseran bit ke kanan

Rotate A, Left, 2 : Putar bit ke kiri

Rotate A, right, 2 : Putar bit ke kanan

i. Pernyataan Kondisional (*IF-THEN – END IF*)

Pernyataan ini digunakan untuk melakukan pengambilan keputusan terhadap dua buah bahkan lebih kemungkinan untuk melakukan suatu blok pernyataan atau tidak. Konstruksi penulisan pernyataan *IF-THEN-ELSE-END IF* pada bahasa BASIC ialah sebagai berikut:

IF pernyataan kondisi 1 THEN

'blok pernyataan 1 yang dikerjakan bila kondisi 1 terpenuhi

IF pernyataan kondisi 2 THEN

'blok pernyataan 2 yang dikerjakan bila kondisi 2 terpenuhi

IF pernyataan kondisi 3 THEN

'blok pernyataan 3 yang dikerjakan bila kondisi 3 terpenuhi

Setiap penggunaan pernyataan *IF-THEN* harus diakhiri dengan perintah *END IF* sebagai akhir dari pernyataan kondisional.

j. Pernyataan Kondisional (*SELECT-CASE-END SELECT*)

Pernyataan ini digunakan untuk melakukan pengambilan keputusan terhadap banyak kondisi. Konstruksi penulisan pernyataan *SELECT-CASE-END SELECT* pada bahasa BASIC ialah sebagai berikut:

SELECT CASE var

CASE 'kondisi1 : 'blok perintah1

CASE 'kondisi2 : 'blok perintah2

CASE 'kondisi3 : 'blok perintah3

CASE 'kondisi4' : 'blok perintah4

CASE 'kondisi5' : 'blok perintah5

CASE 'kondisi'n' : 'blok perintah'n'

END SELECT 'akhir dari pernyataan SELECT CA

k. Fungsi utama

```

Dim Nilai_adc As Byte , Channel As Byte //deklarasi
variabel untuk menyimpan pemrosesan data.
Channel = 0
Cursor Off Noblink // untuk menyembunyikan cursor di
LCD
Cls // untuk menghapus karakter LCD
Lcd "Simulasi Kendali" // tampilan pada LCD
Lowerline // untuk menampilkan karakter lcd di baris
bawanya
Lcd " Pintu Air "
Wait 2 // menunggu waktu 2 detik
Sensor_pintu = Data_pintu
Do // perintah untuk perulangan yang digunakan untuk
melakukan perulangan program selama kondisi telah
terpenuhi
Gosub Cek_sensor
Cls
Gosub Tampilan
If Sensor_air > Sensor_pintu Then // menguji dua
keadaan (benar ataupun salah) dan menentukan tindakan
sesuai dengan keinginan
M1 = 0 //Input Motor 1 = 0
M2 = 1 // input Motor 2= 1
Waitms 300 // delay waktu 300 mili detik
Do
If Pina.0=1 Then
M1 = 0
M2 = 0
End If
Loop
Incr Sensor_pintu // perintah untuk menambah 1 pada
data yang di tunjukkan.
Elseif Sensor_air < Sensor_pintu Then
M1 = 1
M2 = 0
Waitms 300// menunggu waktu 300 mili detik
Do
If Pina.0=1 Then
M1 = 0
M2 = 0
End If
Loop

Decr Sensor_pintu // perintah untuk mengurangi 1 pada
data di tunjukkan.

```

```

End If
Data_pintu = Sensor_pintu
Waits 200
Loop
End // 'end proses
Return
Motor_run:
If Motor = Naik Then
M1 = 0
M2 = 1
Elseif Motor = Turun Then
M1 = 1
M2 = 0
Elseif Motor = Berhenti Then
M1 = 0
M2 = 0
End If
Return
Cek_sensor:
Select Case Pinc // Pernyataan ini digunakan
untuk melakukan pengambilan keputusan terhadap banyak
kondisi .
Case &B11111111 : Sensor_air = 0
Case &B11111110 : Sensor_air = 1
Case &B11111100 : Sensor_air = 2
Case &B11111000 : Sensor_air = 3
Case &B11110000 : Sensor_air = 4
Case &B11100000 : Sensor_air = 5
Case &B11000000 : Sensor_air = 6
Case &B10000000 : Sensor_air = 7
Case &B00000000 : Sensor_air = 8
End Select
Return
Tampilan:
Lcd "Level Air : " ; Sensor_air ; " m"
Lowerline
' Lcd Nilai_adc
Lcd "Pintu Air : " ; Sensor_pintu ; " m"
Return

```

C. Cara Kerja Prototipe Pintu Bendungan

Alat spul ini bekerja berdasarkan perintah dari satu buah mikrokontroler ATmega16 yang bertugas menerima masukan dari sensor air, sensor infra merah dan mengatur putaran motor DC. Sensor ketinggian air berfungsi membaca keadaan ketinggian air dalam bak penampungan. Sensor infra merah dan *photodiode* berfungsi membaca dan mengatur ketinggian pintu. Setelah alat dihidupkan maka alat bekerja sesuai dengan program yang telah dibuat. Sebelum bak penampungan air belum terisi air maka pintu air akan dalam kondisi tertutup dan informasi keadaan

air maupun pintu akan ditampilkan di LCD. Setelah bak penampungan air diisi dengan air maka mikrokontroler ATmega16 akan mengatur putaran motor DC sehingga pintu akan naik. Pintu air akan membuka dan menutup *step* demi *step* sesuai kondisi air yang ada di bak penampungan. Saat kondisi air yang terus bertambah menuju titik maksimum maka kondisi pintu akan membuka dengan bertahap menuju titik maksimum. Sedangkan saat air mulai menurun, kondisi pintu akan bertahap turun sampai kondisi pintu minimum atau kembali menutup kembali.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis ATmega 16, maka dapat disimpulkan:

1. Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis ATmega16, dirancang dari perangkat keras (*hardware*), yaitu:
 - a. ATmega16 sebagai *input* dan *output*.
 - b. Sebuah motor DC yang berfungsi sebagai penggerak pintu air.
 - c. *Water Level Control* yang berfungsi sebagai sensor ketinggian air.
 - d. *Infrared* dan *photodiode* yang berfungsi sebagai sensor ketinggian pintu.
 - e. Menggunakan bahan plastik yang sudah tersedia sebagai bahan dasar pembuatan prototipe.

Berdasarkan hasil pengujian, alat ini sudah dapat bekerja sebagai pintu bendungan otomatis.

2. Perangkat lunak (*software*) yang diaplikasikan dalam sistem ini adalah program yang dibangun dengan bahasa Bascom AVR. Berdasarkan pengujian perangkat lunak ini sudah dapat bekerja dengan baik untuk menggerakkan motor dan menampilkan informasi ketinggian air pada LCD.
3. Unjuk kerja Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis ATmega16 secara keseluruhan sudah sesuai dengan fungsi yang diterapkan, yaitu saat sensor air terkena air maka pintu bendungan membuka dan berhenti sesuai

dengan jarak yang sudah ditentukan dan pintu akan menutup saat sensor air tidak lagi terkena air dan berhenti sesuai dengan jarak yang ditentukan.

4. Dari hasil pengukuran tegangan pada rangkaian saat diberi beban dan saat tanpa diberi beban terdapat rata-rata presentase error 0,15 %. Pada pengujian sensor ketinggian air, sensor infrared dan motor DC dapat bekerja dengan baik sesuai dengan pencenaan.

B. Keterbatasan Alat

Alat yang telah dibuat ini masih mempunyai beberapa keterbatasan, antara lain:

1. Pintu air masih bocor.
2. Sensor yang terpasang masih menggunakan *Water Level Control*.
3. Motor yang terpasang masih memiliki torsi yang kecil.

C. Saran

Bedasarkan keterbatasan kemampuan dan waktu, penulis mengakui adanya kekurangan dalam alat yang dibuat ini, maka penulis menyarankan sebagai berikut:

1. Untuk pengaplikasian sebenarnya, motor DC diganti menggunakan motor dengan daya yang besar disesuaikan daya gerak pintu air yang sebenarnya.
2. Untuk penggunaan sensor diganti dengan sensor yang lebih sederhana atau lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto Heri. (2008). *Mode Koneksi LCD*. Bandung: Informatika Bandung
- Anonim. (2009). Jenis-Jenis Pintu Pengendali Banjir (Flood Gate). Diambil tanggal 1 April 2012 dari <http://gustavesp.wordpress.com/2009/02/17/jenis-jenis-pintu-pengendali-banjir-flood-gate/>
- Anonim. (2010). Rangkaian Regulator LM7805. Diambil tanggal 11 Juni 2011 dari <http://rangkaiaelektronika.net/search/ic-regulator-7805>
- Anonim. (2010). Transistor. Diambil tanggal 11 Juni 2011 dari repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/18326/.../Chapter%20II.pdf
- Anonim. (2011). 3-Terminal *Positive Voltage Regulators*. Diambil pada tanggal 17 Maret 2012, dari : <http://www.national.com/mpf/LM/LM78M05.html>
- Atmel Corporation. 2003. *8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash ATmega16 ATmega16L Preliminary*. Diambil pada tanggal 04 Maret 2012, dari : <http://www.alldatasheet.com>.
- Fahmizal.(2010). Bascom AVR.diambil tanggal 02 Februari 2012, dari <https://fahmizaleeits.wordpress.com>
- Hermawan Rudy dan Akmaludin Dzulfikar. Tugas Akhir Prototipe Sistem Pengendali Kanal Air Dengan Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535. Yogyakarta : Fakultas Informatika STIMIK AMIKOM Yogyakarta.
- Muhamad Jahus Jarzani. (2010). Pengertian dan Fungsi Bendungan. Diambil tanggal 12 April 2011 dari <http://jahus-civil-engineers.com/2010/01/-bendungan-dam.html>
- Paulus Andi Nalwan. (2004). *AN-0012 Jenis-jenis Motor*, Diambil tanggal 02 Februari 2012, dari <http://www.robotindonesia.com>
- Paundra dan Akuwan S. Tugas Akhir Sistem Pengendali Pintu Air Dengan Menggunakan Komputer Berbasis Mikrokontroler ATmega8535. Surabaya : Politeknik Elektronika, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Tim penyusun. 2011. Pendoman proyek Akhir. Fakultas Teknik UNY

LAMPIRAN

Lampiran IC LM78XX



UNISONIC TECHNOLOGIES CO., LTD

LM78XX

LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

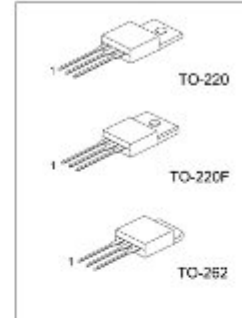
3-TERMINAL 1A POSITIVE VOLTAGE REGULATOR

■ DESCRIPTION

The UTC LM78XX family is monolithic fixed voltage regulator integrated circuit. They are suitable for applications that required supply current up to 1 A.

■ FEATURES

- * Output current up to 1A
- * Fixed output voltage of 5V, 6V, 7V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V and 24V available
- * Thermal overload shutdown protection
- * Short circuit current limiting
- * Output transistor SOA protection



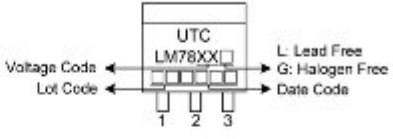
■ ORDERING INFORMATION

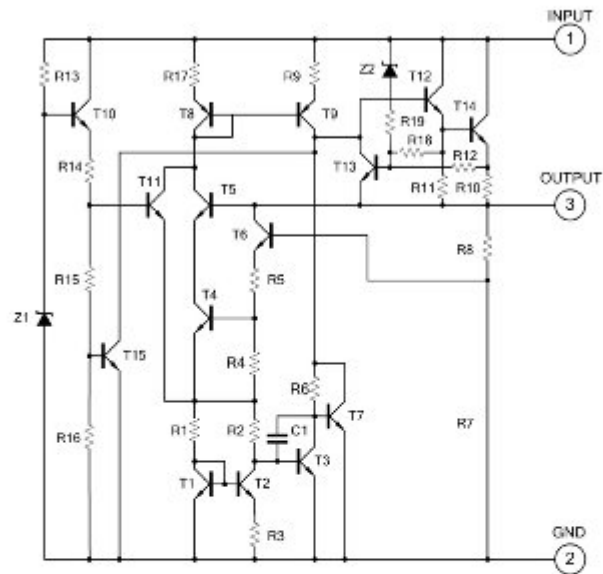
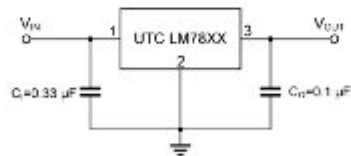
Ordering Number		Package	Pin Assignment			Packing
Lead Free	Halogen Free		1	2	3	
LM78XXL-TA3-T	LM78XXG-TA3-T	TO-220	I	G	O	Tube
LM78XXL-TF3-T	LM78XXG-TF3-T	TO-220F	I	G	O	Tube
LM78XXL-T2Q-T	LM78XXG-T2Q-T	TO-262	I	G	O	Tube

Note: Pin Assignment: O: Output G: GND I: Input

<p>LM78XXL-TA3-T</p> <p>(1) Packing Type (2) Package Type (3) Lead Free (4) Output Voltage Code</p>	<p>(1) T: Tube (2) TA3: TO-220, TF3: TO-220F, T2Q: TO-262 (3) G: Halogen Free, L: Lead Free (4) XX: refer to Marking Information</p>
---	--

LM78XX**LINEAR INTEGRATED CIRCUIT****MARKING INFORMATION**

PACKAGE	VOLTAGE CODE	MARKING
TO-220 TO-220F TO-262	05: 5.0 V 06: 6.0 V 07: 7.0 V 08: 8.0 V 09: 9.0 V 10: 10 V 12: 12 V 15: 15 V 18: 18 V 24: 24 V	 <p>L: Lead Free G: Halogen Free Date Code</p>

LM78XX**LINEAR INTEGRATED CIRCUIT**■ **TEST CIRCUIT**■ **APPLICATION CIRCUIT**

Note 1: To specify an output voltage, substitute voltage value for 'XX'.

2: Bypass capacitors are recommended for optimum stability and transient response and should be located as close as possible to the regulators.

LM78XX**LINEAR INTEGRATED CIRCUIT****■ ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS** (Dissipating torques above range applies unless otherwise specified)

PARAMETER	SYMBOL	RATING	UNIT
Input voltage	$V_{in} = 5-18V$	55	V
	$V_{in} = 20V$	40	V
Output Current	I_{out}	1	A
Power Dissipation	P_D	Internally Limited	W
Operating Junction Temperature	T_{jop}	-20 to +100	°C
Storage Temperature	T_{stg}	-55 to +100	°C

Note: Absolute maximum ratings are those values beyond which the device could be permanently damaged. Absolute maximum ratings are stress ratings only and functional device operation is not implied.

■ THERMAL DATA

PARAMETER	SYMBOL	RATING	UNIT
Junction to Ambient	θ_{JA}	65	°C/W
Junction to Case	θ_{JC}	5	°C/W

■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($I_{out} = 0.5A$, $T_j = 0^\circ C \sim 25^\circ C$, $C = 0.33\mu F$, $C_o = 0.1\mu F$ unless otherwise specified)(Note 1)

For UTC LM7805 ($V_o = 5.0V$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_{out}	$T_j = 25^\circ C, I_{out} = 5mA \sim 1.0A$	4.80	5.0	5.20	V
		$V_{in} = 7.5V \sim 20V$ $I_{out} = 5mA \sim 1.0A, P_D \leq 15W$	4.75		5.25	V
Dropout Voltage	V_D	$T_j = 25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	ΔV_{out}	$T_j = 25^\circ C, I_{out} = 5mA \sim 1.0A$			50	mV
		$T_j = 25^\circ C, I_{out} = 0.25A \sim 0.75A$			25	mV
Line Regulation	ΔV_{out}	$V_{in} = 7V \sim 25V, T_j = 25^\circ C$			50	mV
		$V_{in} = 7.5V \sim 20V, T_j = 25^\circ C, I_{out} = 1.0A$			50	mV
Quiescent Current	I_{qu}	$T_j = 25^\circ C, I_{out} = 1.0A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_{qu}	$V_{in} = 7.5V \sim 20V$			1.0	mA
		$I_{out} = 5mA \sim 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	e_n	10Hz to 100kHz		40		μV
Temperature Coefficient of V_o	$\Delta V_o / \Delta T$	$I_{out} = 5mA$		-0.6		mV/°C
Ripple Rejection	RR	$V_{in} = 8V \sim 18V, f = 120Hz, T_j = 25^\circ C$	82	80		dB
Peak Output Current	$I_{out(pk)}$	$T_j = 25^\circ C$		1.6		A
Short-Circuit Current	I_{sc}	$V_{in} = 8V, T_j = 25^\circ C$		200		mA



LM78XX

LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS(Cont.)

For UTC LM7805 ($V_O = 5.0V$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	Typ	MAX	UNIT
Output Voltage	V_{O1}	$T_c = 25^\circ\text{C}, I_{O1} = 5\text{mA} \sim 1.0\text{A}$	5.76	6.0	6.24	V
		$V_i = 8.0V \sim 21V$ $I_{O1} = 5\text{mA} \sim 1.0\text{A}, P_{D1} \leq 5W$	5.70		6.30	V
Dropout Voltage	V_D	$T_c = 25^\circ\text{C}$		2.0		V
Load Regulation	ΔV_{O1}	$T_c = 25^\circ\text{C}, I_{O1} = 5\text{mA} \sim 1.0\text{A}$			80	mV
		$T_c = 25^\circ\text{C}, I_{O1} = 0.05\text{A} \sim 0.75\text{A}$			30	mV
Line Regulation	ΔV_{O1}	$V_i = 8V \sim 25V, T_c = 25^\circ\text{C}$			80	mV
		$V_i = 8.5V \sim 21V, T_c = 25^\circ\text{C}, I_{O1} = 1.0\text{A}$			80	mV
Quiescent Current	I_Q	$T_c = 25^\circ\text{C}, I_{O1} \leq 1.0\text{A}$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_i = 8.0V \sim 21V$ $I_{O1} = 5\text{mA} \sim 1.0\text{A}$			1.0	mA
Output Noise Voltage	e_n	10Hz to 100kHz		40		μV
Temperature Coefficient of V_O	$\Delta V_O/T$	$I_{O1} = 5\text{mA}$		-0.7		mV/°C
Ripple Rejection	RR	$V_i = 8V \sim 19V, f = 120\text{Hz}, T_c = 25^\circ\text{C}$	59	75		dB
Peak Output Current	I_{OP}	$T_c = 25^\circ\text{C}$			1.8	A
Short-Circuit Current	I_{SC}	$V_i = 8.0V, T_c = 25^\circ\text{C}$			250	mA

For UTC LM7807 ($V_O = 7.5V$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	Typ	MAX	UNIT
Output Voltage	V_{O1}	$T_c = 25^\circ\text{C}, I_{O1} = 5\text{mA} \sim 1.0\text{A}$	8.72	9.0	9.28	V
		$V_i = 9.5V \sim 22V$ $I_{O1} = 5\text{mA} \sim 1.0\text{A}, P_{D1} \leq 5W$	8.65		9.35	V
Dropout Voltage	V_D	$T_c = 25^\circ\text{C}$		2.0		V
Load Regulation	ΔV_{O1}	$T_c = 25^\circ\text{C}, I_{O1} = 5\text{mA} \sim 1.0\text{A}$			70	mV
		$T_c = 25^\circ\text{C}, I_{O1} = 0.05\text{A} \sim 0.75\text{A}$			35	mV
Line Regulation	ΔV_{O1}	$V_i = 9V \sim 25V, T_c = 25^\circ\text{C}$			70	mV
		$V_i = 9.5V \sim 22V, T_c = 25^\circ\text{C}, I_{O1} = 1.0\text{A}$			70	mV
Quiescent Current	I_Q	$T_c = 25^\circ\text{C}, I_{O1} \leq 1.0\text{A}$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_i = 9.0V \sim 22V$ $I_{O1} = 5\text{mA} \sim 1.0\text{A}$			1.0	mA
Output Noise Voltage	e_n	10Hz to 100kHz		50		μV
Temperature Coefficient of V_O	$\Delta V_O/T$	$I_{O1} = 5\text{mA}$		-0.8		mV/°C
Ripple Rejection	RR	$V_i = 10V \sim 20V, f = 120\text{Hz}, T_c = 25^\circ\text{C}$	59	75		dB
Peak Output Current	I_{OP}	$T_c = 25^\circ\text{C}$			1.7	A
Short-Circuit Current	I_{SC}	$V_i = 9.5V, T_c = 25^\circ\text{C}$			250	mA



LM78XX

LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS(Cont.)

For UTC LM7808 ($V_O = 14V$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	Typ	MAX	UNIT
Output Voltage	V_{O1}	$T_J = 25^\circ C, I_{O1} = 5mA \sim 1.0A$	7.65	8.0	8.32	V
		$V_I = 10.5V \sim 23V$, $I_{O1} = 5mA \sim 1.0A, P_{d1} \leq 5W$	7.60		8.40	V
Dropout Voltage	V_D	$T_J = 25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	ΔV_{O1}	$T_J = 25^\circ C, I_{O1} = 5mA \sim 1.0A$			90	mV
		$T_J = 25^\circ C, I_{O1} = 0.25A \sim 0.75A$			40	mV
Line regulation	ΔV_{O1}	$V_I = 10.5V \sim 23V, T_J = 25^\circ C$			90	mV
		$V_I = 10.5V \sim 23V, T_J = 25^\circ C, I_{O1} = 1.0A$			90	mV
Quiescent Current	I_Q	$T_J = 25^\circ C, I_{O1} \leq 1.0A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_I = 10.5V \sim 23V$, $I_{O1} = 5mA \sim 1.0A$			1.0	mA
Output Noise Voltage	e_n	10Hz to 100kHz		58		μV
Temperature Coeff. of V_O	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_{O1} = 5mA$		-0.9		mV/°C
Ripple Rejection	RR	$V_I = 11.5V \sim 21.5V$, $f = 20Hz, T_J = 25^\circ C$	56	72		dB
Peak Output Current	$I_{O1(pk)}$	$T_J = 25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35V, T_J = 25^\circ C$		250		mA

For UTC LM7809 ($V_O = 15V$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	Typ	MAX	UNIT
Output Voltage	V_{O1}	$T_J = 25^\circ C, I_{O1} = 5mA \sim 1.0A$	8.64	9.0	9.38	V
		$V_I = 11.5V \sim 24V$, $I_{O1} = 5mA \sim 1.0A, P_{d1} \leq 5W$	8.55		9.45	V
Dropout Voltage	V_D	$T_J = 25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	ΔV_{O1}	$T_J = 25^\circ C, I_{O1} = 5mA \sim 1.0A$			90	mV
		$T_J = 25^\circ C, I_{O1} = 0.25A \sim 0.75A$			45	mV
Line regulation	ΔV_{O1}	$V_I = 11.5V \sim 24V, T_J = 25^\circ C$			90	mV
		$V_I = 11.5V \sim 24V, T_J = 25^\circ C, I_{O1} = 1.0A$			90	mV
Quiescent Current	I_Q	$T_J = 25^\circ C, I_{O1} \leq 1.0A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_I = 11.5V \sim 24V$, $I_{O1} = 5mA \sim 1.0A$			1.0	mA
Output Noise Voltage	e_n	10Hz to 100kHz		58		μV
Temperature Coeff. of V_O	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_{O1} = 5mA$		-1.1		mV/°C
Ripple Rejection	RR	$V_I = 12.5V \sim 22.5V, f = 20Hz, T_J = 25^\circ C$	56	72		dB
Peak Output Current	$I_{O1(pk)}$	$T_J = 25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35V, T_J = 25^\circ C$		250		mA

LM78XX**LINEAR INTEGRATED CIRCUIT****■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS(Cont.)**For UTC LM7810 ($V_o = 10V$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_c = 25^\circ C, I_{oL} = 5mA \sim 1.0A$	8.80	10.0	10.40	V
		$V_i = 10.5V \sim 25V$, $I_{sL} = 5mA \sim 1.2A, P_{dL} \leq 15W$	8.90		10.50	V
Dropout Voltage	V_d	$T_c = 25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	$\Delta V_o / I_o$	$T_c = 25^\circ C, I_{oL} = 5mA \sim 1.0A$			100	mV
		$T_c = 25^\circ C, I_{oL} = 0.25A \sim 0.75A$			90	mV
Line regulation	$\Delta V_o / V_i$	$V_i = 10V \sim 25V, T_c = 25^\circ C$			100	mV
		$V_i = 10V \sim 25V, T_c = 25^\circ C, I_{oL} = 1.0A$			100	mV
Quiescent Current	I_q	$T_c = 25^\circ C, I_{oL} \leq 1.0A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_q	$V_i = 12.6V \sim 25V$			1.0	mA
		$I_{oL} = 5mA \sim 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	e_n	10Hz \sim 100kHz			58	μV
Temperature coefficient of V_o	$\Delta V_o / \Delta T$	$I_{oL} = 5mA$			-1.1	mV/°C
Ripple Rejection	RR	$V_i = 18V \sim 25V, f = 120Hz, T_c = 25^\circ C$	58	72		dB
Peak Output Current	I_{oPK}	$T_c = 25^\circ C$			1.8	A
Short-Circuit Current	I_{sc}	$V_i = 30V, T_c = 25^\circ C$			250	mA

For UTC LM7812 ($V_o = 12V$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_c = 25^\circ C, I_{oL} = 5mA \sim 1.0A$	11.50	12.0	12.48	V
		$V_i = 12.5V \sim 27V$, $I_{sL} = 5mA \sim 1.2A, P_{dL} \leq 15W$	11.40		12.60	V
Dropout Voltage	V_d	$T_c = 25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	$\Delta V_o / I_o$	$T_c = 25^\circ C, I_{oL} = 5mA \sim 1.0A$			120	mV
		$T_c = 25^\circ C, I_{oL} = 0.25A \sim 0.75A$			90	mV
Line regulation	$\Delta V_o / V_i$	$V_i = 12.5V \sim 30V, T_c = 25^\circ C$			120	mV
		$V_i = 12.5V \sim 30V, T_c = 25^\circ C, I_{oL} = 1.0A$			120	mV
Quiescent Current	I_q	$T_c = 25^\circ C, I_{oL} \leq 1.0A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_q	$V_i = 12.5V \sim 30V$			1.0	mA
		$I_{oL} = 5mA \sim 1.2A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	e_n	10Hz \sim 100kHz			75	μV
Temperature Coeff. of V_o	$\Delta V_o / \Delta T$	$I_{oL} = 5mA$			-1.5	mV/°C
Ripple Rejection	RR	$V_i = 18V \sim 30V, f = 120Hz, T_c = 25^\circ C$	58	72		dB
Peak Output Current	I_{oPK}	$T_c = 25^\circ C$			1.8	A
Short-Circuit Current	I_{sc}	$V_i = 30V, T_c = 25^\circ C$			250	mA



LM78XX**LINEAR INTEGRATED CIRCUIT****■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS(Cont.)**For UTC LM7815 ($V_o = 15V$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_c = 25^\circ C, I_{out} = 5mA \sim 1.0A$	14.40	15.0	15.60	V
		$V_i = 17.5V \sim 30V$, $I_{out} = 5mA \sim 1.0A, P_{tot} \leq 5W$	14.25		15.75	V
Dropout Voltage	V_d	$T_c = 25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	ΔV_o	$T_c = 25^\circ C, I_{out} = 5mA \sim 1.0A$			150	mV
		$T_c = 25^\circ C, I_{out} = 0.25A \sim 0.75A$			75	mV
Line regulation	ΔV_o	$V_i = 10.5V \sim 30V, T_c = 25^\circ C$			150	mV
		$V_i = 17.7V \sim 30V, T_c = 25^\circ C, I_{out} = 1.0A$			150	mV
Quiescent Current	I_q	$T_c = 25^\circ C, I_{out} \leq 1.0A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_q	$V_i = 17.5V \sim 30V$, $I_{out} = 5mA \sim 1.0A$			1.0	mA
Output Noise Voltage	e_n	10Hz \sim 100kHz		90		μV
Temperature Coefficient of V_o	$\Delta V_o/T$	$I_{out} = 5mA$			-1.8	mv/°C
Ripple Rejection	RR	$V_i = 18.5V \sim 28.5V, f = 120Hz, T_c = 25^\circ C$	54	70		dB
Peak Output Current	$I_{out(pk)}$	$T_c = 25^\circ C$			1.8	A
Short-Circuit Current	I_{sc}	$V_i = 35V, T_c = 25^\circ C$			250	mA

For UTC LM7818 ($V_o = 18V$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_c = 25^\circ C, I_{out} = 5mA \sim 1.0A$	17.28	18.0	18.72	V
		$V_i = 21V \sim 33V$, $I_{out} = 5mA \sim 1.0A, P_{tot} \leq 5W$	17.10		18.90	V
Dropout Voltage	V_d	$T_c = 25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	ΔV_o	$T_c = 25^\circ C, I_{out} = 5mA \sim 1.0A$			180	mV
		$T_c = 25^\circ C, I_{out} = 0.25A \sim 0.75A$			90	mV
Line regulation	ΔV_o	$V_i = 21V \sim 33V, T_c = 25^\circ C$			180	mV
		$V_i = 21V \sim 33V, T_c = 25^\circ C$			180	mV
Quiescent Current	I_q	$T_c = 25^\circ C, I_{out} \leq 1.0A$			9.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_q	$V_i = 21.5V \sim 33V$, $I_{out} = 5mA \sim 1.0A$			1.0	mA
Output Noise Voltage	e_n	10Hz \sim 100kHz		110		μV
Temperature Coefficient of V_o	$\Delta V_o/T$	$I_{out} = 5mA$			2.2	mv/°C
Ripple Rejection	RR	$V_i = 22V \sim 32V, f = 120Hz, T_c = 25^\circ C$	55	68		dB
Peak Output Current	$I_{out(pk)}$	$T_c = 25^\circ C$			1.8	A
Short-Circuit Current	I_{sc}	$V_i = 35V, T_c = 25^\circ C$			250	mA



LM78XX**LINEAR INTEGRATED CIRCUIT****■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS(Cont.)**For UTC LM7824 ($V_O = 2.5V$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	Typ	MAX	UNIT
Output Voltage	V_{O1}	$T_c = 25^\circ C, I_{O1} = 5mA \sim 1.0A$	23.04	24.0	24.96	V
		$V_I = 27V \sim 38V$ $I_{O1} = 5mA \sim 1.0A, \Delta V_{IN} = 15V$	22.80		25.20	V
Dropout Voltage	V_D	$T_c = 25^\circ C$		2.0		V
Load Regulation	ΔV_{O1}	$T_c = 25^\circ C, I_{O1} = 5mA \sim 1.0A$			240	mV
		$T_c = 25^\circ C, I_{O1} = 0.05A \sim 0.75A$			120	mV
Line regulation	ΔV_{O1}	$V_I = 27V \sim 38V, T_c = 25^\circ C$			240	mV
		$V_I = 27V \sim 38V, T_c = 25^\circ C, I_{O1} = 1.0A$			240	mV
Quiescent Current	I_{O1}	$T_c = 25^\circ C, I_{O1} \leq 1.0A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_{O1}	$V_I = 28V \sim 38V$			1.0	mA
		$I_{O1} = 5mA \sim 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	e_n	10Hz \sim 100KHz		170		μV
Temperature Coefficient of V_O	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_{O1} = 5mA$		-2.8		mv/°C
Ripple Rejection	RR	$V_I = 28V \sim 38V, f = 120Hz, T_c = 25^\circ C$	50	66		dB
Peak Output Current	I_{O1}	$T_c = 25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 38V, T_c = 25^\circ C$		250		mA

Note 1: The Maximum steady state usable output current are dependent on input voltage, test sinking lead length of the package and copper pattern of PCB. The data above represents pulse test condition with junction temperatures specified at the initiation of test.

Note 2: Power dissipation $\leq 0.5W$



LM78XX**LINEAR INTEGRATED CIRCUIT****■ NOTES FOR USE****1 Thermal design**

Use a thermal design that allows for a sufficient margin in light of the power dissipation (Pd) in actual operating conditions.

2 Absolute maximum ratings

An excess in the absolute maximum ratings, such as supply voltage, temperature range of operating conditions, etc., can break down the devices, thus making impossible to identify breaking mode, such as a short circuit or an open circuit. If any over-rated values will expect to exceed the absolute maximum ratings, consider adding circuit protection devices, such as fuses.

3 GND voltage

The potential of GND pin must be minimum potential in all operating conditions.

4 Actions in strong electromagnetic field

Use caution when using the IC in the presence of a strong electromagnetic field as doing so may cause the IC to malfunction.

5 Inter-pin shorts and mounting errors

Use caution when positioning the IC for mounting on printed circuit boards.
The IC may be damaged if there is any connector error or if pins are shorted together.

6 Thermal shutdown circuit

The IC incorporates a built-in thermal shutdown circuit (TSD circuit). The thermal shutdown circuit (TSD circuit) is designed only to shut the IC off to prevent thermal runaway. It is not designed to protect the IC or guarantee its operation. Do not continue to use the IC after operating this circuit or use the IC in an environment where the operation of this circuit is assumed.

7 Overcurrent Protection Circuit

An overcurrent protection circuit is incorporated in order to prevent destruction due to short-time over-load currents.
Continued use of the protection circuits should be avoided. Please note that the current increases negatively impact the temperature.

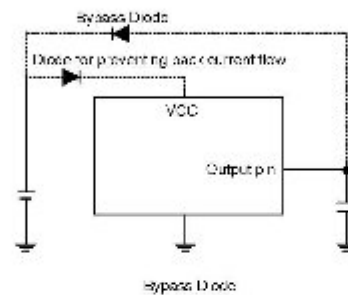
8 Testing on application boards

When testing the IC on an application board, connecting a capacitor to a pin with low impedance subjects the IC to stress. Always discharge capacitors after each process or step. Always turn the IC's power supply off before connecting it to or removing it from a jig or fixture during the inspection process. Ground the IC during assembly steps as an anti-static measure. Use similar precaution when transporting or storing the IC.

LM78XX**LINEAR INTEGRATED CIRCUIT****■ NOTES FOR USE(Cont.)****9. Ground Wiring Pattern**

When using both small signal and large current GND patterns, it is recommended to isolate the two ground patterns, placing a single ground point at the ground potential of application so that the pattern wiring resistance and voltage variations caused by large currents do not cause variations in the small signal ground voltage. Be careful not to change the GND wiring pattern of any external components other.

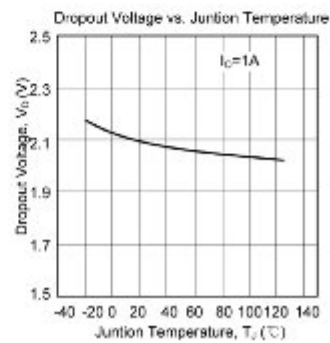
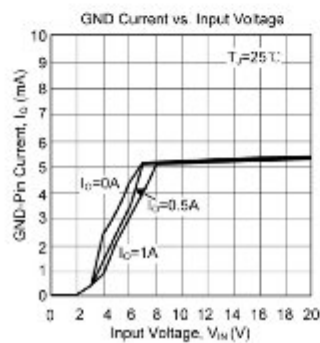
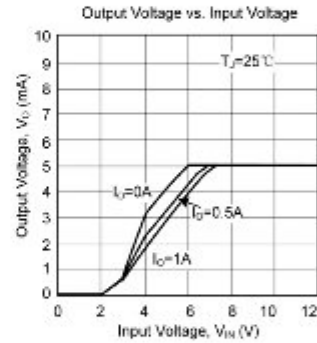
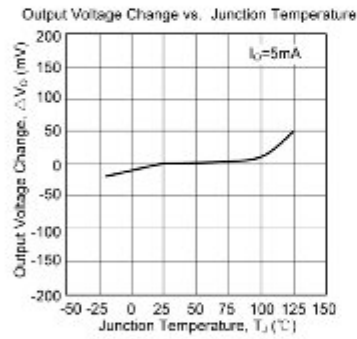
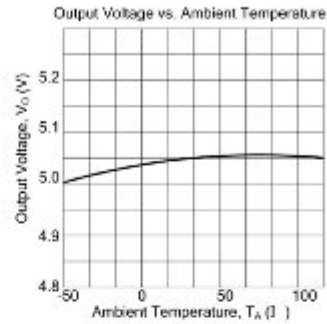
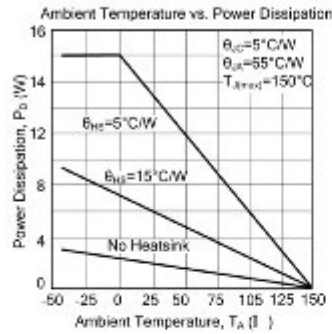
10. Damage to the internal circuit or element may occur when the polarity of the V_{oc} pin is opposite to that of the other pins in applications. (i.e. V_{oc} is shorted with the GND pin while an external capacitor is charged.) Use a maximum capacitance of 1000 μ F for the output pins. Inserting a diode to prevent back current flow in series with V_{oc} or bypass diodes between V_{oc} and each pin is recommended.

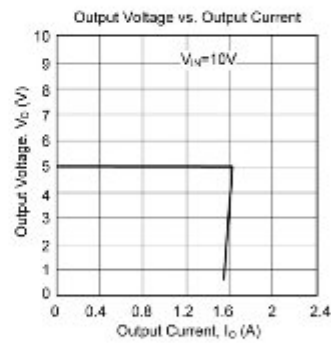
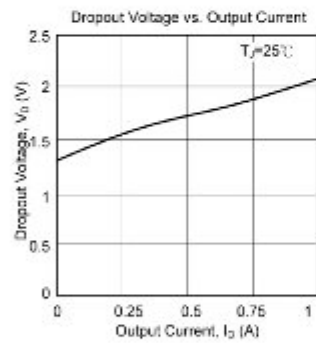
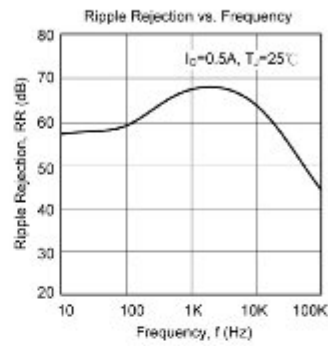
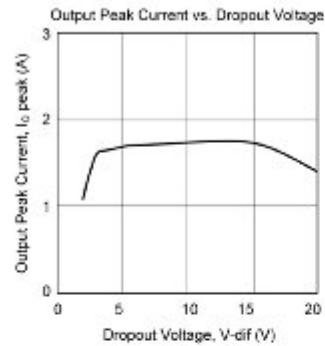


LM78XX

LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

■ TYPICAL CHARACTERISTICS



LM78XX**LINEAR INTEGRATED CIRCUIT**■ **TYPICAL CHARACTERISTICS(Cont.)**

UTC assumes no responsibility for equipment failures that result from using products at values that exceed, even momentarily, rated values (such as maximum ratings, operating condition ranges, or other parameters) listed in products specifications of any and all UTC products described or contained herein. UTC products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can be reasonably expected to result in personal injury. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner. The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice.

Lampiran Transistor TIP31 dan TIP32



COMPLEMENTARY SILICON PLASTIC
POWER TRANSISTORS

... designed for use in general purpose power amplifier and switching applications.

FEATURES:

- * Collector-Emitter Sustaining Voltage - $V_{CE(sust)}$ = 40V(Min)- TIP31, TIP32
60V(Min)- TIP31A, TIP32A
80V(Min)- TIP31B, TIP32B
100V(Min)- TIP31C, TIP32C
- * Collector-Emitter Saturation Voltage - $V_{CE(sat)}$ = 1.2V(Max)@ $I_C = 3.0 A$
- * Current Gain-Bandwidth Product $f_T = 3.0 MHz (Min)$ @ $I_C = 500 mA$

NPN	PNP
TIP31	TIP32
TIP31A	TIP32A
TIP31B	TIP32B
TIP31C	TIP32C

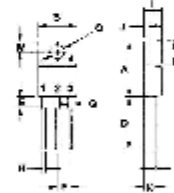
3 AMPERE
COMPLEMENTARY SILICON
POWER TRANSISTORS
40-100 VOLTS
40 WATTS

MAXIMUM RATINGS

Characteristic	Symbol	TIP31 TIP32	TIP31A TIP32A	TIP31B TIP32B	TIP31C TIP32C	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE}	40	60	80	100	V
Collector-Base Voltage	V_{CB}	40	60	80	100	V
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	5.0				V
Collector Current - Continuous - Peak	I_C	3.0 5.0				A
Base Current	I_B	1.0				A
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ C$ Derate above $25^\circ C$	P_D	40 0.32				W W/ $^\circ C$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to +150				$^\circ C$



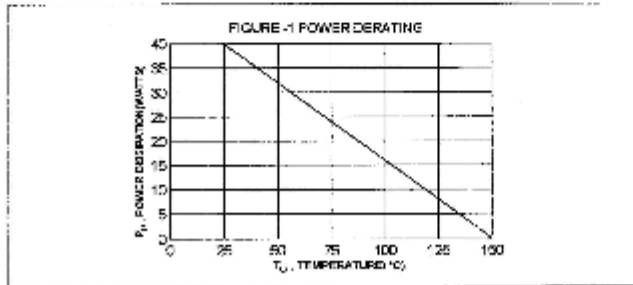
TO-220



IN LEASE
3 MILLIMETER
3 MILLIMETER
4 COLLECTOR BASE

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta jc}$	3.125	$^\circ C/W$



DIM	MILLIMETERS	
	MIN	MAX
A	14.08	15.31
B	8.70	10.42
C	5.01	6.52
D	13.08	14.62
E	5.57	4.07
F	2.42	3.66
G	1.12	1.38
H	0.72	0.96
I	4.22	4.08
J	1.14	1.88
K	2.20	2.07
L	0.33	0.25
M	2.46	2.60
O	3.70	3.92

TIP31, TIP31A, TIP31B, TIP31C NPN / TIP32, TIP32A, TIP32B, TIP32C PNP

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
DC CHARACTERISTICS				
Collector-Emitter Sustaining Voltage(1) ($I_C = 30\text{ mA}$, $I_B = 0$)	TIP31, TIP32 TIP31A, TIP32A TIP31B, TIP32B TIP31C, TIP32C	$V_{CE(sust)}$	40 60 80 100	V
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 30\text{ V}$, $I_B = 0$) ($V_{CE} = 60\text{ V}$, $I_B = 0$)	TIP31, TIP32, TIP31A, TIP32A TIP31B, TIP32B, TIP31C, TIP32C	I_{CEO}	0.9 0.3	mA
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 40\text{ V}$, $V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 80\text{ V}$, $V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 80\text{ V}$, $V_{BE} = 6$) ($V_{CE} = 100\text{ V}$, $V_{BE} = 0$)	TIP31, TIP32 TIP31A, TIP32A TIP31B, TIP32B TIP31C, TIP32C	I_{CES}	0.2 0.2 0.2 0.2	mA
Emitter Cutoff Current ($V_{BE} = 5.0\text{ V}$, $I_C = 0$)		I_{EB0}	1.0	mA
ON CHARACTERISTICS (1)				
DC Current Gain ($I_C = 1.0\text{ A}$, $V_{CE} = 4.0\text{ V}$) ($I_C = 3.0\text{ A}$, $V_{CE} = 4.0\text{ V}$)		hFE	25 10	50
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 3.0\text{ A}$, $I_B = 375\text{ mA}$)		$V_{CE(sat)}$	1.2	V
Base-Emitter On Voltage ($I_C = 3.0\text{ A}$, $V_{CE} = 4.0\text{ V}$)		$V_{BE(on)}$	1.8	V
DYNAMIC CHARACTERISTICS				
Current Gain - Bandwidth Product (2) ($I_C = 500\text{ mA}$, $V_{CE} = 10\text{ V}$, $f_{TEST} = 1\text{ MHz}$)		f_T	3.0	MHz
Small Signal Current Gain ($I_C = 500\text{ mA}$, $V_{CE} = 10\text{ V}$, $f = 1\text{ kHz}$)		h_{fe}	20	

(1) Pulse Test: Pulse width $\leq 300\ \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$ (2) $f_T = |h_{fe}| \cdot f_{TEST}$

TIP31, TIP31A, TIP31B, TIP31C NPN / TIP32, TIP32A, TIP32B, TIP32C PNP

FIGURE 2 - SWITCH AND TIME EQUIVALENT CIRCUIT

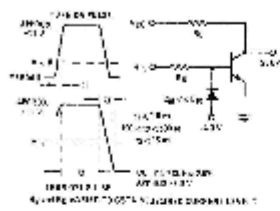


FIG-3 TURN-ON TIME

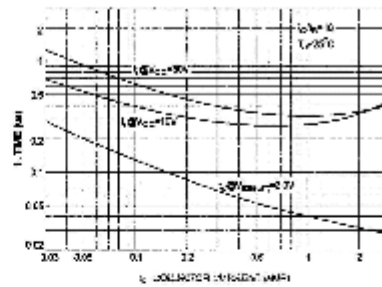


FIG-4 DC CURRENT GAIN

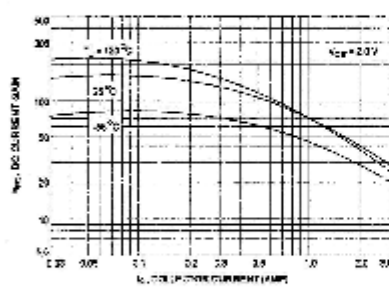


FIG-5 TURN-OFF TIME

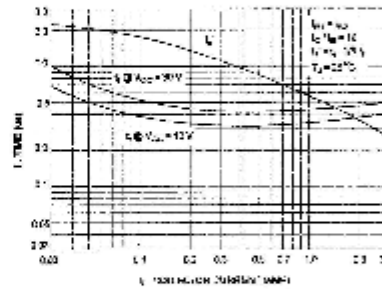
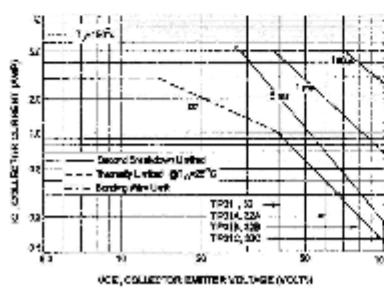


FIG-6 ACTIVE REGION SAFE OPERATING AREA



There are two limitations on the power handling ability of a transistor: average junction temperature and second breakdown with operating wave curves. Indicate I_C - V_{CE} limits of the transistor that must be observed for reliable operation. I.e., the transistor must not be subjected to greater dissipation than curves indicate.

The data of FIG-6 curve is based on $T_{jmax}=150^\circ\text{C}$; T_j is variable depending on power level, second breakdown pulse limits are valid for duty cycle up to 10% provided $T_{amb} \leq 100^\circ\text{C}$. At high case temperature thermal limiter will reduce the power that can be handled to values less than the limitations imposed by second breakdown.

TIP31, TIP31A, TIP31B, TIP31C NPN / TIP32, TIP32A, TIP32B, TIP32C PNP

FIG-7 COLLECTOR SATURATION REGION

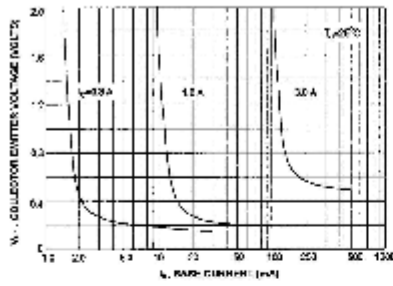


FIG-8 CAPACITANCES

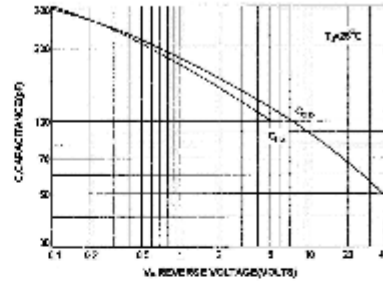


FIG-9 10V VOLTAGE

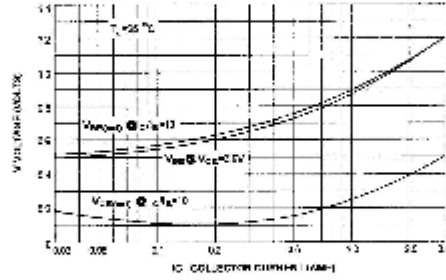
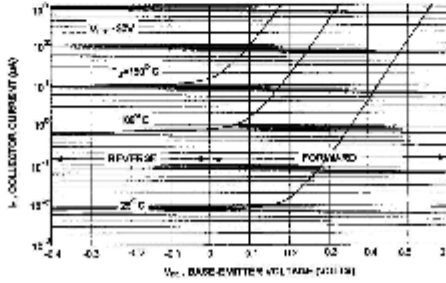


FIG-10 COLLECTOR CUT-OFF REGION



Lampiran Transistor BD139

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by: BD139D

Plastic Medium Power Silicon NPN Transistor

... designed for use as audio amplifiers and drivers utilizing complementary or quasi-complementary circuits.

- DC Current Gain — $h_{FE} = 40$ (Min) @ $I_C = 0.15$ A dc
- BD 135, 137, 139 are complementary with BD 136, 138, 140

BD135
BD137
BD139

1.5 AMPERE
POWER TRANSISTORS
NPN SILICON
45, 60, 80 VOLTS
10 WATTS



CASE 77-01
TO-225AA TYPE

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Type	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	BD 135 BD 137 BD 139	45 60 80	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	BD 135 BD 137 BD 139	45 60 100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}		5	Vdc
Collector Current	I_C		1.5	A dc
Base Current	I_B		0.5	A dc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D		1.25 10	Watts mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D		12.5 100	Watts mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}		-55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	θ_{JC}	10	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Ambient	θ_{JA}	100	°C/W

REV 7

© Motorola, Inc. 1986



BD135 BD137 BD138ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Type	Min	Max	Unit
Collector-Emitter Saturation Voltage* ($I_C = 0.05\text{ A}$, $I_B = 0$)	$V_{CE(sat)}$	BD135 BD137 BD138	45 60 65	—	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 20\text{ Vdc}$, $I_B = 0$) ($V_{CE} = 20\text{ Vdc}$, $I_B = 0$, $T_C = 125^\circ\text{C}$)	$I_{C(cutoff)}$		—	0.1 1.0	μAdc
Emitter Cutoff Current ($V_{BE} = 5.0\text{ Vdc}$, $I_C = 0$)	$I_{E(cutoff)}$		—	10	μAdc
hFE Current Gain ($I_C = 0.005\text{ A}$, $V_{CE} = 2\text{ V}$) ($I_C = 0.10\text{ A}$, $V_{CE} = 2\text{ V}$) ($I_C = 0.5\text{ A}$, $V_{CE} = 2\text{ V}$)	h_{FE}		25 40 25	— 250 —	—
Collector-Emitter Saturation Voltage* ($I_C = 0.5\text{ A}$, $I_B = 0.05\text{ A}$)	$V_{CE(sat)}$		—	0.5	Vdc
Base-Emitter On Voltage* ($I_C = 0.5\text{ A}$, $V_{CE} = 20\text{ Vdc}$)	$V_{BE(on)}$		—	1	Vdc

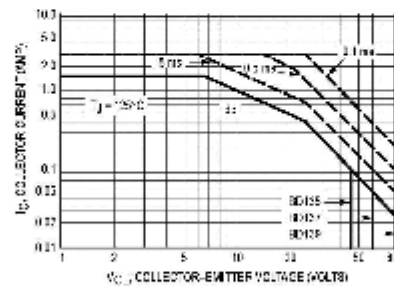
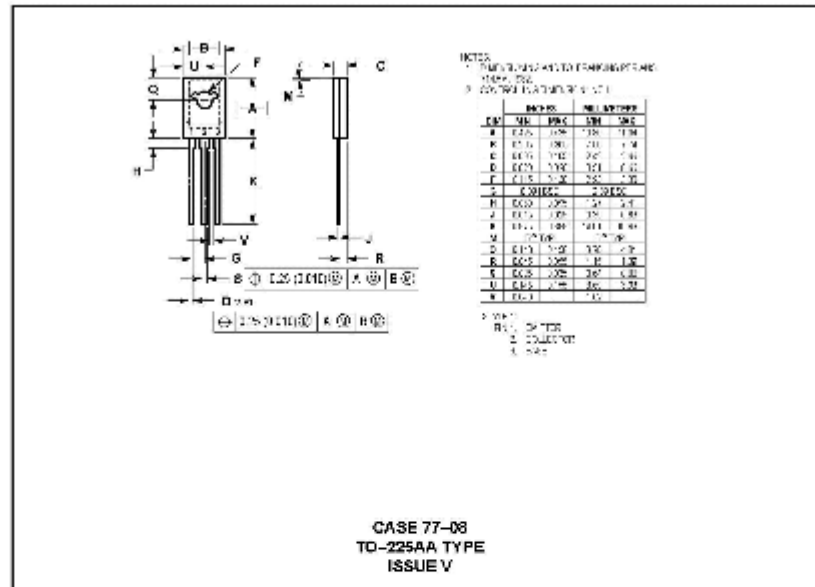
*Pulse Test. Pulse Width $\leq 300\ \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 20\%$.

Figure 1. Active-Region Safe Operating Area

BD136 BD137 BD139

PACKAGE DIMENSIONS



Lampiran Transistor BC140**DISCRETE SEMICONDUCTORS****DATA SHEET****BC140; BC141**
NPN medium power transistors

Product specification
Supersedes data of September 1994
File under Discrete Semiconductors, SC04

1997 May 12

Philips
Semiconductors

**PHILIPS**

NPN medium power transistors

BC140; BC141

FEATURES

- High current (max. 1 A)
- Low voltage (max. 60 V)

APPLICATIONS

- General purpose switching and amplification

DESCRIPTION

NPN medium power transistor in a TO-18 metal package.
PNP complements: BC160 and BC161.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case

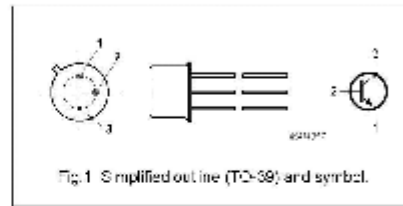


Fig. 1 Simplified outline (TO-18) and symbol.

QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
V_{CE0}	collector-base voltage BC140 BC141	open emitter	—	—	60 120	V V
V_{CE0}	collector-emitter voltage BC140 BC141	open base	—	—	40 60	V V
I_{CM}	peak collector current		—	—	1.5	A
P_{tot}	total power dissipation	$T_{case} \leq 45^\circ\text{C}$	—	—	3.7	W
β_{DC}	DC current gain BC140-12; BC141-10 BC140-15; BC141-16	$I_C = 100\text{ mA}$, $V_{CE} = 1\text{ V}$	60 100	100 160	180 250	
f_T	transition frequency	$I_C = 50\text{ mA}$, $V_{CE} = 10\text{ V}$, $f = 100\text{ MHz}$	50			MHz

NPN medium power transistors

BC140; BC141

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CB0}	collector-base voltage	open emitter	—	30	V
	BC140 BC141		—	100	V
V_{CE0}	collector-emitter voltage	open base	—	40	V
	BC140 BC141		—	60	V
V_{EB0}	emitter-base voltage	open collector	—	7	V
I_C	collector current (DC)		—	1	A
I_{CM}	peak collector current		—	1.5	A
I_{BM}	peak base current		—	200	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{case} = 45\text{ }^\circ\text{C}$		3.7	W
T_{stg}	storage temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$
T_J	junction temperature			175	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		65	+150	$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(j-c)}$	thermal resistance from junction to case	in free air	200	K/W
$R_{th(j-e)}$	thermal resistance from junction to emitter		35	K/W

NPN medium power transistors

BC140; BC141

CHARACTERISTICS

 $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{CEO}	collector cut-off current	$I_B = 0; V_{CE} = 80\text{ V}$	—	10	100	nA
		$I_B = 0; V_{CE} = 80\text{ V}; T_c = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	—	10	100	μA
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_B = 0; V_{EB} = 5\text{ V}$	—	—	100	nA
β_{DC}	DC current gain	$I_B = 100\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = 1\text{ V}$	—	40	—	
	BC140-10; BC141-10		—	80	—	
	BC140-18; BC141-16		—	—	—	
β_{DC}	DC current gain	$I_B = 100\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V}$	60	100	150	
	BC140-10; BC141-10		100	180	250	
	BC140-18; BC141-16		—	—	—	
β_{FE}	DC current gain	$I_C = 1\text{ A}; V_{CE} = 1\text{ V}$	—	20	—	
	BC140-10; BC141-10		—	30	—	
	BC140-18; BC141-16		—	—	—	
$V_{CE(sat)}$	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 1\text{ A}; I_B = 100\text{ mA}$	—	0.5	1	V
V_{BE}	base-emitter voltage	$I_C = 1\text{ A}; V_{CE} = 1\text{ V}$	—	1.2	1.9	V
C_C	collector capacitance	$I_B = I_C = 0; V_{CB} = 10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	—	—	25	pF
C_E	emitter capacitance	$I_B = I_C = 0; V_{EB} = 0.5\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	—	—	60	μF
f_T	transition frequency	$I_C = 50\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	50	—	—	MHz
Switching times (between 10% and 90% levels)						
t_{on}	turn-on time	$I_{CE} = 100\text{ mA}; I_{BE} = 5\text{ mA}; I_{EB} = -5\text{ mA}$	—	—	250	ns
t_{off}	turn-off time	$I_{CE} = -5\text{ mA}$	—	—	650	ns

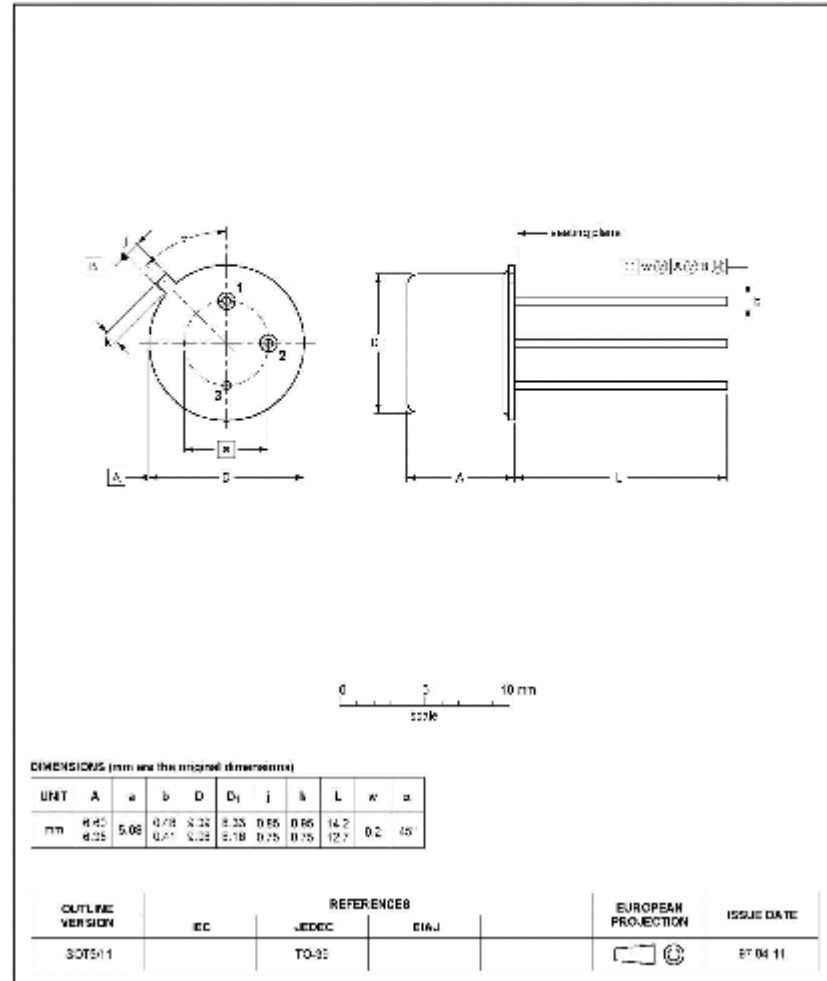
NPN medium power transistors

BC140; BC141

PACKAGE OUTLINE

Metal-can cylindrical single-ended package; 3 leads

SOT511



Philips Semiconductors

Product specification

NPN medium power transistors

BC140; BC141

DEFINITIONS

Data Sheet Status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

Lampiran ATmega 16

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughout at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 16K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operations
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 1K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-pin TQFP, and 44-pin MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega16L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega16L
 - 0 - 16 MHz for ATmega16



**8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 16K Bytes
In-System
Programmable
Flash**

**ATmega16
ATmega16L**

Preliminary

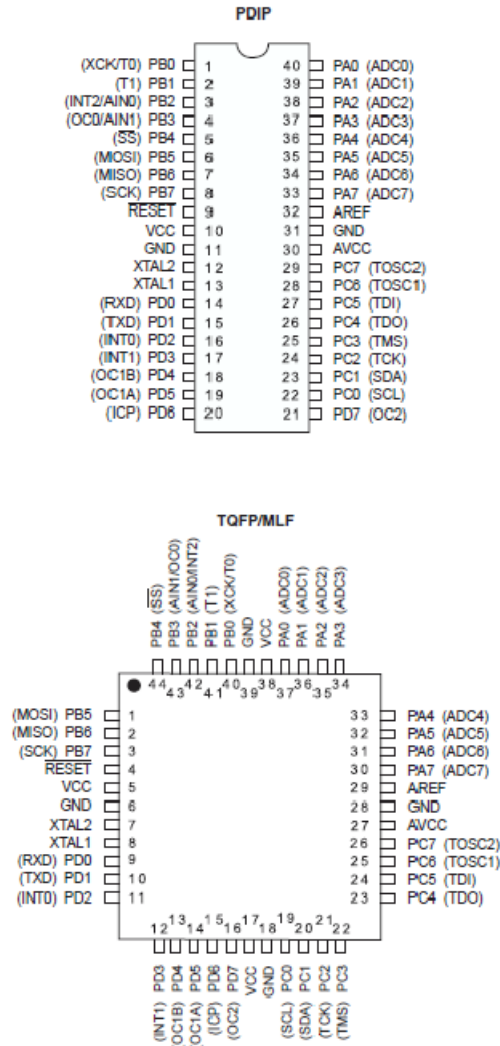
Rev. 2-0001-AVR-1002





Pin Configurations

Figure 1. Pinouts ATmega16



Disclaimer

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

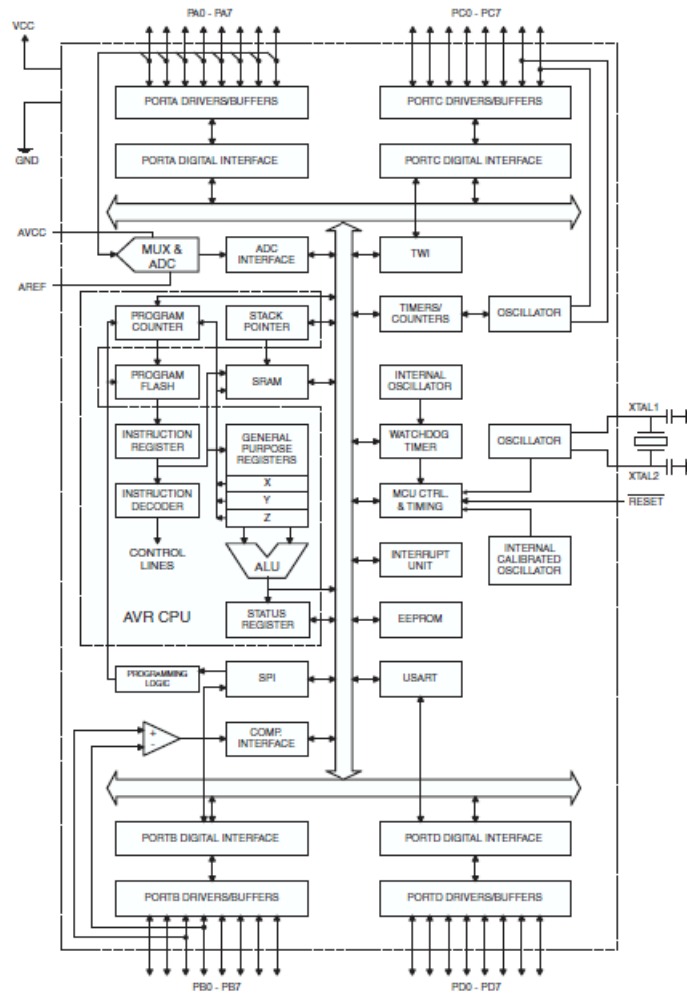
ATmega16(L)

Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



ATmega16(L)

Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 55.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.</p> <p>Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega16 as listed on page 58.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 60.</p>
RESET	<p>Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 35. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
XTAL1	<p>Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.</p>
XTAL2	<p>Output from the inverting Oscillator amplifier.</p>
AVCC	<p>AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.</p>
AREF	<p>AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.</p>
About Code Examples	<p>This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C Compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.</p>

ATmega16(L)

Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 55.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.</p> <p>Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega16 as listed on page 58.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 60.</p>
RESET	<p>Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 35. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
XTAL1	<p>Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.</p>
XTAL2	<p>Output from the inverting Oscillator amplifier.</p>
AVCC	<p>AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.</p>
AREF	<p>AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.</p>
About Code Examples	<p>This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C Compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.</p>

ATmega16(L)

Figure 4. AVR CPU General Purpose Working Registers

	7	0	Addr.	
General Purpose Working Registers	R0		\$00	
	R1		\$01	
	R2		\$02	
	...			
	R13		\$0D	
	R14		\$0E	
	R15		\$0F	
	R16		\$10	
	R17		\$11	
	...			
	R26		\$1A	X-register Low Byte
	R27		\$1B	X-register High Byte
	R28		\$1C	Y-register Low Byte
	R29		\$1D	Y-register High Byte
	R30		\$1E	Z-register Low Byte
	R31		\$1F	Z-register High Byte

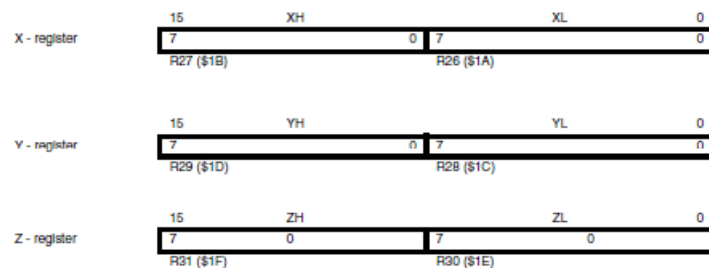
Most of the instructions operating on the Register File have direct access to all registers, and most of them are single cycle instructions.

As shown in Figure 4, each register is also assigned a data memory address, mapping them directly into the first 32 locations of the user Data Space. Although not being physically implemented as SRAM locations, this memory organization provides great flexibility in access of the registers, as the X-, Y-, and Z-pointer Registers can be set to index any register in the file.

The X-register, Y-register and Z-register

The registers R26..R31 have some added functions to their general purpose usage. These registers are 16-bit address pointers for indirect addressing of the Data Space. The three indirect address registers X, Y, and Z are defined as described in Figure 5.

Figure 5. The X-, Y-, and Z-registers



In the different addressing modes these address registers have functions as fixed displacement, automatic increment, and automatic decrement (see the Instruction Set Reference for details).



AVR ATmega16 Memories

This section describes the different memories in the ATmega16. The AVR architecture has two main memory spaces, the Data Memory and the Program Memory space. In addition, the ATmega16 features an EEPROM Memory for data storage. All three memory spaces are linear and regular.

In-System Reprogrammable Flash Program Memory

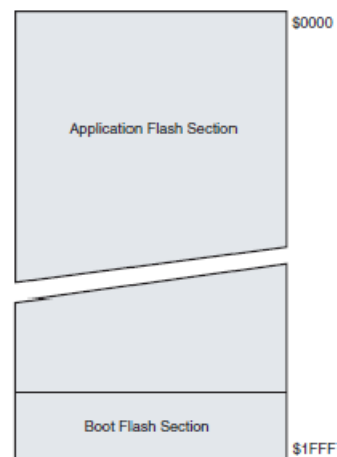
The ATmega16 contains 16K bytes On-chip In-System Reprogrammable Flash memory for program storage. Since all AVR instructions are 16 or 32 bits wide, the Flash is organized as 8K x 16. For software security, the Flash Program memory space is divided into two sections, Boot Program section and Application Program section.

The Flash memory has an endurance of at least 10,000 write/erase cycles. The ATmega16 Program Counter (PC) is 13 bits wide, thus addressing the 8K program memory locations. The operation of Boot Program section and associated Boot Lock bits for software protection are described in detail in "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on page 241. "Memory Programming" on page 254 contains a detailed description on Flash data serial downloading using the SPI pins or the JTAG interface.

Constant tables can be allocated within the entire program memory address space (see the LPM – Load Program Memory Instruction Description).

Timing diagrams for instruction fetch and execution are presented in "Instruction Execution Timing" on page 11.

Figure 8. Program Memory Map



ATmega16(L)

SRAM Data Memory

Figure 9 shows how the ATmega16 SRAM Memory is organized.

The lower 1120 Data Memory locations address the Register file, the I/O Memory, and the internal data SRAM. The first 96 locations address the Register file and I/O Memory, and the next 1024 locations address the internal data SRAM.

The five different addressing modes for the data memory cover: Direct, Indirect with Displacement, Indirect, Indirect with Pre-decrement, and Indirect with Post-increment. In the Register file, registers R26 to R31 feature the indirect addressing pointer registers.

The direct addressing reaches the entire data space.

The Indirect with Displacement mode reaches 63 address locations from the base address given by the Y- or Z-register.

When using register indirect addressing modes with automatic pre-decrement and post-increment, the address registers X, Y, and Z are decremented or incremented.

The 32 general purpose working registers, 64 I/O Registers, and the 1024 bytes of internal data SRAM in the ATmega16 are all accessible through all these addressing modes. The Register file is described in "General Purpose Register File" on page 8.

Figure 9. Data Memory Map

Register File		Data Address Space	
R0	-----	\$0000	
R1		\$0001	
R2		\$0002	
...		...	
R29		\$001D	
R30		\$001E	
R31		\$001F	
I/O Registers			
\$00		\$0020	
\$01		\$0021	
\$02		\$0022	
...		...	
\$3D		\$005D	
\$3E		\$005E	
\$3F		\$005F	
		Internal SRAM	
		\$0060	
		\$0061	
		...	
		\$045E	
		\$045F	

Register Description for I/O Ports

Port A Data Register – PORTA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	PORTA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Port A Data Direction Register – DDRA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	DDRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Port A Input Pins Address – PINA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	PINA
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Port B Data Register – PORTB

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	PORTB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Port B Data Direction Register – DDRB

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	DOB7	DOB6	DOB5	DOB4	DOB3	DOB2	DOB1	DOB0	DDRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

ATmega16(L)

Port B Input Pins Address – PINB

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	PINB
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Port C Data Register – PORTC

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	PORTC
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	U	U	U	U	U	U	U	U	

Port C Data Direction Register – DDRC

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	DDRC
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Port C Input Pins Address – PINC

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	PINC
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Port D Data Register – PORTD

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	PORTD
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Port D Data Direction Register – DDRD

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	DDRD
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Port D Input Pins Address – PIND

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	PIND
Read/Write	H	H	H	H	H	H	H	H	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	





External Interrupts

The External Interrupts are triggered by the INT0, INT1, and INT2 pins. Observe that, if enabled, the interrupts will trigger even if the INT0..2 pins are configured as outputs. This feature provides a way of generating a software interrupt. The external interrupts can be triggered by a falling or rising edge or a low level (INT2 is only an edge triggered interrupt). This is set up as indicated in the specification for the MCU Control Register – MCUCR – and MCU Control and Status Register – MCUCSR. When the external interrupt is enabled and is configured as level triggered (only INT0/INT1), the interrupt will trigger as long as the pin is held low. Note that recognition of falling or rising edge interrupts on INT0 and INT1 requires the presence of an I/O clock, described in “Clock Systems and their Distribution” on page 22. Low level interrupts on INT0/INT1 and the edge interrupt on INT2 are detected asynchronously. This implies that these interrupts can be used for waking the part also from sleep modes other than Idle mode. The I/O clock is halted in all sleep modes except Idle mode.

Note that if a level triggered interrupt is used for wake-up from Power-down mode, the changed level must be held for some time to wake up the MCU. This makes the MCU less sensitive to noise. The changed level is sampled twice by the Watchdog Oscillator clock. The period of the Watchdog Oscillator is 1 μ s (nominal) at 5.0V and 25°C. The frequency of the Watchdog Oscillator is voltage dependent as shown in “Electrical Characteristics” on page 285. The MCU will wake up if the input has the required level during this sampling or if it is held until the end of the start-up time. The start-up time is defined by the SUT fuses as described in “System Clock and Clock Options” on page 22. If the level is sampled twice by the Watchdog Oscillator clock but disappears before the end of the start-up time, the MCU will still wake up, but no interrupt will be generated. The required level must be held long enough for the MCU to complete the wake up to trigger the level interrupt.

MCU Control Register – MCUCR

The MCU Control Register contains control bits for interrupt sense control and general MCU functions.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	MCUCR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

• Bit 3, 2 – ISC11, ISC10: Interrupt Sense Control 1 Bit 1 and Bit 0

The External Interrupt 1 is activated by the external pin INT1 if the SREG I-bit and the corresponding interrupt mask in the GICR are set. The level and edges on the external INT1 pin that activate the interrupt are defined in Table 34. The value on the INT1 pin is sampled before detecting edges. If edge or toggle interrupt is selected, pulses that last longer than one clock period will generate an interrupt. Shorter pulses are not guaranteed to generate an interrupt. If low level interrupt is selected, the low level must be held until the completion of the currently executing instruction to generate an interrupt.

Table 34. Interrupt 1 Sense Control

ISC11	ISC10	Description
0	0	The low level of INT1 generates an interrupt request.
0	1	Any logical change on INT1 generates an interrupt request.
1	0	The falling edge of INT1 generates an interrupt request.
1	1	The rising edge of INT1 generates an interrupt request.

ATmega16(L)

• Bit 1, 0 – ISC01, ISC00: Interrupt Sense Control 0 Bit 1 and Bit 0

The External Interrupt 0 is activated by the external pin INT0 if the SREG I-flag and the corresponding interrupt mask are set. The level and edges on the external INT0 pin that activate the interrupt are defined in Table 35. The value on the INT0 pin is sampled before detecting edges. If edge or toggle interrupt is selected, pulses that last longer than one clock period will generate an interrupt. Shorter pulses are not guaranteed to generate an interrupt. If low level interrupt is selected, the low level must be held until the completion of the currently executing instruction to generate an interrupt.

Table 35. Interrupt 0 Sense Control

ISC01	ISC00	Description
0	0	The low level of INT0 generates an interrupt request.
0	1	Any logical change on INT0 generates an interrupt request.
1	0	The falling edge of INT0 generates an interrupt request.
1	1	The rising edge of INT0 generates an interrupt request.

MCU Control and Status Register – MCUCSR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	JTD	ISC2	–	JTRF	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	MCUCSR
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0						See Bit Description

• Bit 6 – ISC2: Interrupt Sense Control 2

The Asynchronous External Interrupt 2 is activated by the external pin INT2 if the SREG I-bit and the corresponding interrupt mask in GICR are set. If ISC2 is written to zero, a falling edge on INT2 activates the interrupt. If ISC2 is written to one, a rising edge on INT2 activates the interrupt. Edges on INT2 are registered asynchronously. Pulses on INT2 wider than the minimum pulse width given in Table 36 will generate an interrupt. Shorter pulses are not guaranteed to generate an interrupt. When changing the ISC2 bit, an interrupt can occur. Therefore, it is recommended to first disable INT2 by clearing its Interrupt Enable bit in the GICR Register. Then, the ISC2 bit can be changed. Finally, the INT2 Interrupt Flag should be cleared by writing a logical one to its Interrupt Flag bit (INTF2) in the GIFR Register before the interrupt is re-enabled.

Table 36. Asynchronous External Interrupt Characteristics

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
t_{INT}	Minimum pulse width for asynchronous external interrupt			50		nS

General Interrupt Control Register – GICR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INT1	INT0	INT2	–	–	–	IVSEL	IVCE	GICR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

• Bit 7 – INT1: External Interrupt Request 1 Enable

When the INT1 bit is set (one) and the I-bit in the Status Register (SREG) is set (one), the external pin interrupt is enabled. The Interrupt Sense Control1 bits 1/0 (ISC11 and



ISC10) in the MCU General Control Register (MCUCR) define whether the External Interrupt is activated on rising and/or falling edge of the INT1 pin or level sensed. Activity on the pin will cause an interrupt request even if INT1 is configured as an output. The corresponding interrupt of External Interrupt Request 1 is executed from the INT1 interrupt Vector.

- **Bit 6 – INTO: External Interrupt Request 0 Enable**

When the INTO bit is set (one) and the I-bit in the Status Register (SREG) is set (one), the external pin interrupt is enabled. The Interrupt Sense Control0 bits 1/0 (ISC01 and ISC00) in the MCU General Control Register (MCUCR) define whether the External Interrupt is activated on rising and/or falling edge of the INTO pin or level sensed. Activity on the pin will cause an interrupt request even if INTO is configured as an output. The corresponding interrupt of External Interrupt Request 0 is executed from the INTO interrupt vector.

- **Bit 5 – INT2: External Interrupt Request 2 Enable**

When the INT2 bit is set (one) and the I-bit in the Status Register (SREG) is set (one), the external pin interrupt is enabled. The Interrupt Sense Control2 bit (ISC2) in the MCU Control and Status Register (MCUCSR) defines whether the External Interrupt is activated on rising or falling edge of the INT2 pin. Activity on the pin will cause an interrupt request even if INT2 is configured as an output. The corresponding interrupt of External Interrupt Request 2 is executed from the INT2 Interrupt Vector.

General Interrupt Flag Register – GIFR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INTF1	INTF0	INTF2	-	-	-	-	-	GIFR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bit 7 – INTF1: External Interrupt Flag 1**

When an edge or logic change on the INT1 pin triggers an interrupt request, INTF1 becomes set (one). If the I-bit in SREG and the INT1 bit in GIFR are set (one), the MCU will jump to the corresponding Interrupt Vector. The flag is cleared when the interrupt routine is executed. Alternatively, the flag can be cleared by writing a logical one to it. This flag is always cleared when INT1 is configured as a level interrupt.

- **Bit 6 – INTF0: External Interrupt Flag 0**

When an edge or logic change on the INTO pin triggers an interrupt request, INTF0 becomes set (one). If the I-bit in SREG and the INTO bit in GIFR are set (one), the MCU will jump to the corresponding interrupt vector. The flag is cleared when the interrupt routine is executed. Alternatively, the flag can be cleared by writing a logical one to it. This flag is always cleared when INTO is configured as a level interrupt.

- **Bit 5 – INTF2: External Interrupt Flag 2**

When an event on the INT2 pin triggers an interrupt request, INTF2 becomes set (one). If the I-bit in SREG and the INT2 bit in GIFR are set (one), the MCU will jump to the corresponding Interrupt Vector. The flag is cleared when the interrupt routine is executed. Alternatively, the flag can be cleared by writing a logical one to it. Note that when entering some sleep modes with the INT2 interrupt disabled, the input buffer on this pin will be disabled. This may cause a logic change in internal signals which will set the INTF2 flag. See "Digital Input Enable and Sleep Modes" on page 51 for more information.

Program untuk Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis Mikrokontroler
ATMega 16

```
$regfile = "m16def.dat"           ' we use the 8535
$crystal = 12000000
Dim Motor As Byte
Dim Sensor_air As Byte
Dim Sensor_pintu As Byte
Dim Data_pintu As Eram Byte
Config Portd = Output
Config Portc = Input
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 , Db6 = Portb.6 , Db7 = Portb.7 , E =
Portb.2 , Rs = Portb.0
Config Lcd = 16 * 2
Const Naik = 1
Const Turun = 2
Const Berhenti = 0
M1 Alias Portd.6
M2 Alias Portd.7
S0 Alias Pinc.0
S1 Alias Pinc.1
S2 Alias Pinc.2
S3 Alias Pinc.3
S4 Alias Pinc.4
S5 Alias Pinc.5
S6 Alias Pinc.6
```

S7 Alias Pinc.7

Portd = 0

Portc = 255

Sensor_air = 0

Sensor_pintu = 0

'Now give power to the chip

```
Dim Nilai_adc As Byte , Channel As Byte //deklarasi
variabel untuk menyimpan pemrosesan data.
```

```
Channel = 0
```

```
Cursor Off Noblink // untuk menyembunyikan cursor di
LCD
```

```
Cls // untuk menghapus karakter LCD
```

```
Lcd "Simulasi Kendali" // tampilan pada LCD
```

```
Lowerline // untuk menampilkan karakter lcd di baris
bawanya
```

```
Lcd " Pintu Air "
```

```
Wait 2 // delay waktu 2 detik
```

```
Sensor_pintu = Data_pintu
```

```
Do // perintah untuk perulangan yang digunakan untuk
melakukan perulangan program selama kondisi telah
terpenuhi
```

```
Gosub Cek_sensor
```

```
Cls
```

```
Gosub Tampilan
```

```
If Sensor_air > Sensor_pintu Then // menguji dua
keadaan (benar ataupun salah) dan menentukan tindakan
sesuai dengan keinginan
```

```
M1 = 0
```

```
M2 = 1
```

```
Waitms 300 // delay waktu 300 mili detik
```

```
Do
```

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

```

M1 = 0
M2 = 0
End If
Loop
Incr Sensor_pintu // perintah untuk menambah 1 pada
data yang ditunjukkan.
Elseif Sensor_ajar < Sensor_pintu Then
M1 = 1
M2 = 0
Waitms 300
Do
If Pina.0=1 Then
M1 = 0
M2 = 0
End If
Loop

Decr Sensor_pintu // perintah untuk mengurangi 1 pada
data ditunjukkan.
End If
Data_pintu = Sensor_pintu
Waitms 200
Loop
End // 'end proses
Return
Motor_run:
If Motor = Naik Then
M1 = 0
M2 = 1
Elseif Motor = Turun Then
M1 = 1

```

```

M2 = 0
Elseif Motor = Berhenti Then
M1 = 0
M2 = 0
End If
Return

Cek_sensor:

Select Case Pinc //      Pernyataan ini digunakan
                          untuk melakukan pengambilan keputusan terhadap banyak
                          kondisi .
Case &B11111111 : Sensor_ai r = 0
Case &B11111110 : Sensor_ai r = 1
Case &B11111100 : Sensor_ai r = 2
Case &B11111000 : Sensor_ai r = 3
Case &B11110000 : Sensor_ai r = 4
Case &B11100000 : Sensor_ai r = 5
Case &B11000000 : Sensor_ai r = 6
Case &B10000000 : Sensor_ai r = 7
Case &B00000000 : Sensor_ai r = 8
End Select

Return

Tampilan:

Lcd "Level Air : " ; Sensor_ai r ; " m"

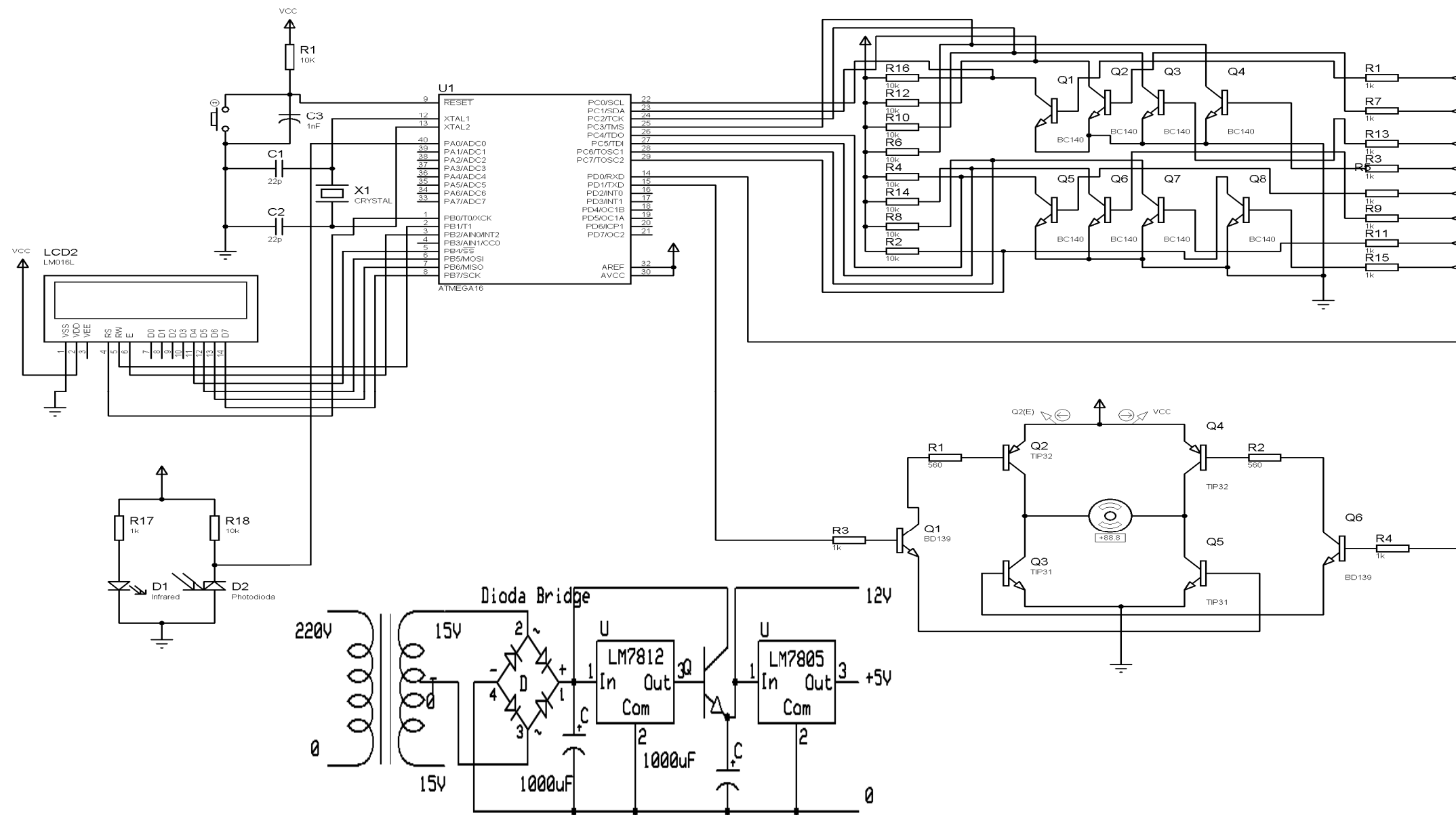
Lowerline

' Lcd Nilai_adc

Lcd "Pintu Air : " ; Sensor_pintu ; " m"

Return

```



Rangkaian Keseluruhan

KETERANGAN

A3

No. 1

FT UNY

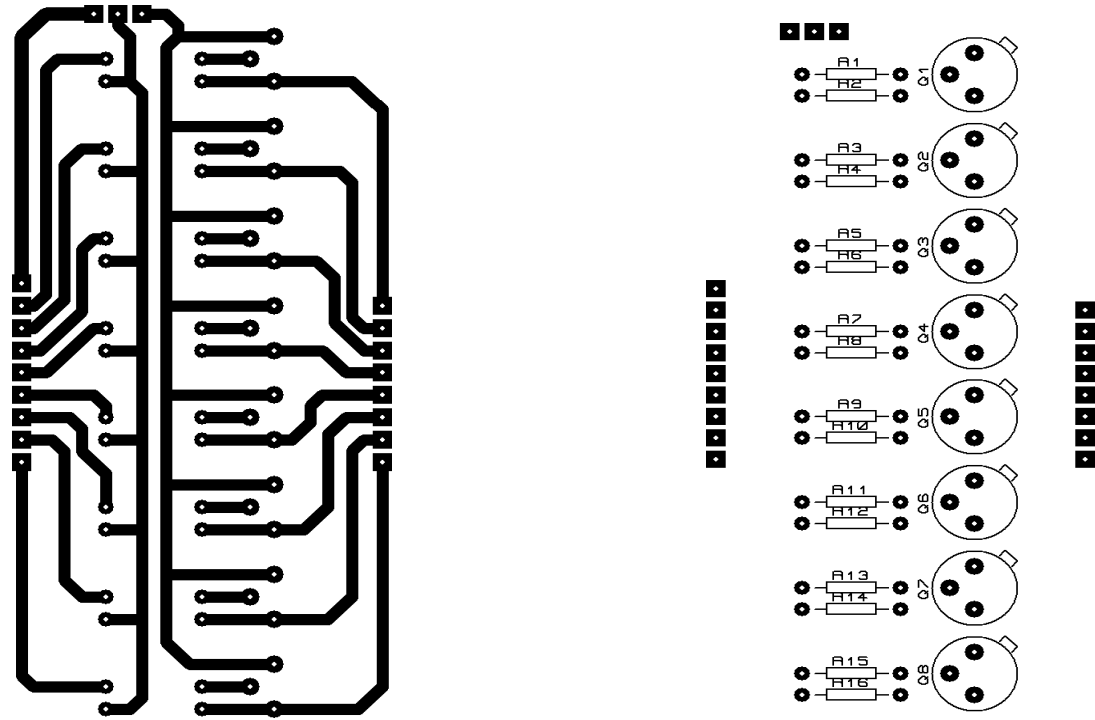
SKALA : -

DIG SAFRUDIN

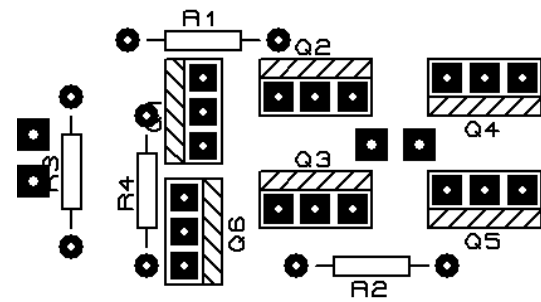
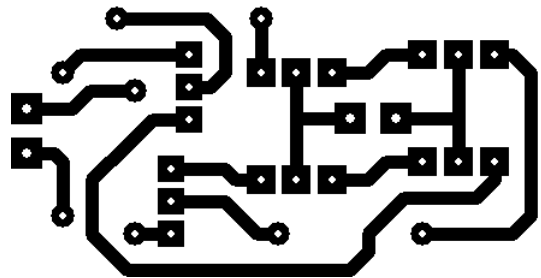
DIP TOTOK S

DIS TOTOK S

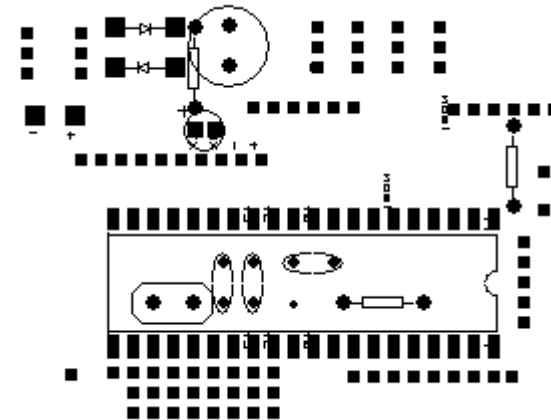
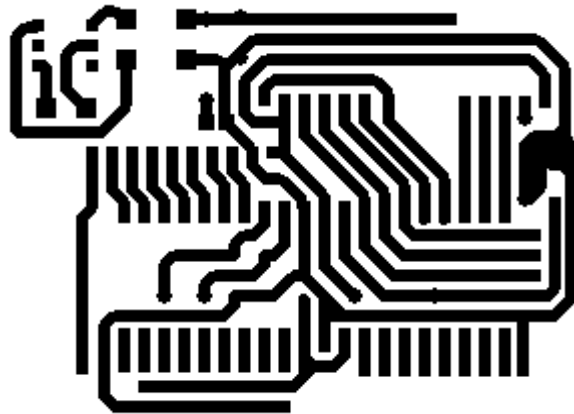
NIM. 09507131011



LAYOUT DAN PCB WLC			KETERANGAN	
			A4	No.2
FT UNY	SKALA : -	DIG: SAFRUDIN	NIM. 09507131011	
	DIP. TOTOK S	DIST. TOTOK S		



LAYOUT DAN PCB H-BRIDGE MOTOR DC			KETERANGAN	
			A4	No.3
FT UNY	SKALA : -	DIG: SAFRUDIN	NIM. 09507131011	
	DIP. TOTOK S	DIST. TOTOK S		



LAYOUT DAN PCB RANGKAIAN ATMEGA16

KETERANGAN

FT UNY

SKALA : -

DIG: SAFRUDIN

A4

No.4

DIP. TOTOK S

DIST. TOTOK S

NIM. 09507131011

Lampiran 10 . Panduan Pengoperasian Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega16

1. Pasangkan sensor ketinggian air (*water level control*), sensor cahaya dan motor di Port pada box yang sudah disediakan.
2. Tekan saklar Power yang ada di bagian tutup pada alat ke posisi ON. Jika sudah ON maka led indikator akan hidup berwarna biru dan pada LCD akan menampilkan “Simulasi Pintu Air”.
3. Setelah saklar ON, masukkan air ke dalam bak penampungan yang disediakan sampai sensor terkena air, pintu akan bergerak membuka dan menutup sesuai dengan kondisi air.