

SKRIPSI

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT
PENGATURAN KECEPATAN MOTOR AC 1 PHASE
BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S52 DENGAN
MENGUNAKAN ALGORITMA DDS
*(Direct Digital Synthesis)***



Disusun Oleh :

BUDHI KARTIKA

99.17.231

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008**

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGATURAN
KECEPATAN MOTOR AC 1 PHASE BERBASIS MIKROKONTROLER
AT89S52 DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA DDS

(*Direct Digital Synthesis*)

SKRIPSI

*Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

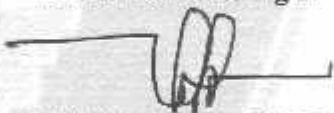
BUDHI KARTIKA
99.17.231

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y .103 950 0274


Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. Y . 101 880 0188



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y. /103 950 0274

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
Jl.Raya Karanglo Km. 2
Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

Nama : Budhi Kartika
NIM : 99.17.231
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : Perancangan dan Pembuatan Alat Pengaturan Kecepatan Motor AC 1 Phasa Berbasis Mikrokontroler AT89S52 Dengan Menggunakan Algoritma DDS (*Direct Digital Synthesis*)

Dipertahankan di hadapan Majelis Penguji Skripsi jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari : Jum'at
Tanggal : 26 September 2008
Dengan Nilai : 75,15 (B+) *B4*



Ketua
Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP. Y. 101.810.0036

Panitia Majelis Penguji :

Sekretaris

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y. 1.039.500.274

Anggota Penguji :

Penguji Pertama

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Penguji Kedua

Irmalia Suryani, ST, MT
NIP. P. 1030100365

ABSTRAKSI

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGATURAN KECEPATAN MOTOR AC 1 PHASE BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S52 DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA DDS (*Direct Digital Synthesis*)

**Budhi Kartika, 9917231, Jurusan Teknik Elektro S-1, Dosen Pembimbing I :
Ir. Yudi Limpraptono, MT, Dosen Pembimbing II : Ir.M. Abdul Hamid, MT**

Perencanaan dan pembuatan inverter berbasis mikrokontroler AT89S52 dengan menggunakan algoritma DDS. Dengan cara menggunakan mikrokontroler sebagai pemrosesan data sesuai dengan metode DDS (Direct Digital Synthesis) dimana keluaran dari Mikrokontroler berupa sinyal digital menjadi masukan untuk DAC (digital Analog Converter), output yang kemudian akan difilter untuk menghasilkan sinyal sinusoida yang sempurna untuk menggerakkan motor AC dengan RPM yang diinginkan

Kata kunci : DDS, DAC, Inverter.

2.1.2.1. Special Function register (SFR)	14
2.1.2.2. Program status Word (PSW)	14
2.1.2.3. Power Control Register (PCON)	15
2.1.2.4. A Accumulator	16
2.1.2.5. B Register	16
2.1.2.6. Stack Pointer (SP)	17
2.1.2.7. Data Pointer (DPTR)	17
2.1.3. Timer / Counter	17
2.1.3.1. Register TMOD	18
2.1.3.2. Register TCON	19
2.1.4. Metode Pengalamatan	20
2.2. DAC (Digital to Analog Converter)	22
2.3. Penguat (Op-Amp)	23
2.3.1. Penguat Pembalik (<i>inverting Amplifier</i>)	24
2.3.2. Penguat Tidak membalik (<i>Non Inverting Amplifier</i>)	25
2.3.3. Penguat Differensial	27
2.4. Transformator	28
2.4.1. Sensor Arus (Transformator Arus)	31
2.4.2. Sensor Tegangan (Transformator Tegangan)	32
2.5. Motor AC Sinkron 1 Phase	32
2.6. Sistem DDS (Direct digital Synthesis)	34
2.6.1. Kelebihan Dan Flesibilitas DDS	35
2.7. Dioda	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Blok Diagram Mikrokontroler AT89S52	7
Gambar 2-2	Konfigurasi pin AT89S52	8
Gambar 2-3	Organisasi Program memori	11
Gambar 2-4	Peta memori RAM internal	12
Gambar 2-5	Memori internal (RAM) dan SFR	13
Gambar 2-6	Rangkaian DAC dengan R-2R Ladder	22
Gambar 2-7	Simbol Op-Amplifier	24
Gambar 2-8	Rangkaian Penguat Tak Membalik	26
Gambar 2-9	Rangkaian Penguat Differensial	27
Gambar 2-10	Transformator	29
Gambar 2-11	Motor Sinkron 1 Phase	34
Gambar 2-12	Simbol Dioda	36
Gambar 2-13	Simbol Dioda Zener	37
Gambar 2.14	Blok Diagram LCD M1632	39
Gambar 3-1	Blok Diagram Rangkaian	41
Gambar 3-2	Rangkaian <i>Clock</i>	44
Gambar 3-3	Rangkaian <i>Reset</i>	45
Gambar 3-4	Perancangan Mikrokontroler	46
Gambar 3-5	Rangkaian DAC R 2 R (Digital Analog Converter)	48
Gambar 3-6	Rangkaian Amplifier	49



Motor AC 1 phase memiliki keunggulan dalam kesederhanaan dan murah dalam hal perawatan sehingga motor jenis ini banyak dipakai dalam industri maupun rumah tangga. Pengendalian putaran motor ac dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya dengan kendali frekuensi dan tegangan

Pengontrolan kecepatan motor AC 1 phase pada saat sekarang kebanyakan masih konvensional (analog) yang sangat tergantung pada operator secara terus menerus. Disini penulis mencoba memanfaatkan mikro sebagai sumber pengontrol kecepatan motor dengan mengatur frekuensi menggunakan metode DDS (*Direct Digital Synthesis*) guna mencapai kecepatan motor yang diinginkan (rpm). Dengan metode ini diharapkan memperoleh yang lebih efektif dari segi biaya maupun tenaga dari pada pengontrolan secara analog.

- Sensor Kecepatan Putaran Motor Memakai Octocoupler
- Keseluruhan Sistem Project dikendalikan AT 89S52
- Hasil Kecepatan putaran Motor Ditampilkan Pada LCD
- Tidak membahas mengenai rugi daya secara mendetail.
- Perencanaan sistem mekanis yang cukup rumit tidak dibahas secara mendetail
- Menggunakan Motor sinkron 1 Fase \emptyset

1.5. Metodologi Penelitian

Dalam penulisan skripsi ini penulis menggunakan metode-metode yang sering digunakan. Adapun metode tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Study literature, dengan mempelajari teori serta aplikasi sistem kontrol menggunakan Mikrokontroler AT89S52

Study literature disini akan mempelajari hal-hal sebagai berikut:

- Mikrokontroler AT89S52
 - Arsitektur Mikrokontroller AT89S52
 - Karakteristik umum
 - Interface dengan Input/Output (I/O) Mikrokontroller.

- b. Perencanaan dan pembuatan alat.

Dalam pembuatan alat ini menggunakan konsep sebagai berikut:

- Perencanaan sistem secara keseluruhan (Pembuatan Blok Diagram Sistem dan Fungsi masing-masing Blok Diagram).
-

- Membuat perangkat keras (Hardware) dan perangkat lunaknya (Software).

c. Pengujian sistem

Dalam pengujian ini yang dilakukan adalah menguji tiap blok rangkaian dan keseluruhan

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam pengerjaan laporan skripsi ini kami menggunakan sistematika sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Pada pendahuluan ini berisikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan pembuatan alat, batasan masalah, metode pembahasan dan sistematika pembahasan dari skripsi ini.

BAB II Teori Penunjang

Pada teori penunjang ini akan dibahas mengenai teori-teori yang mendasari pembuatan alat ini.

BAB III Perencanaan Pembuatan

Menerangkan dan membahas masalah perancangan dan pembuatan perangkat keras mikrokontroler AT89S52 sebagai pengatur alat.

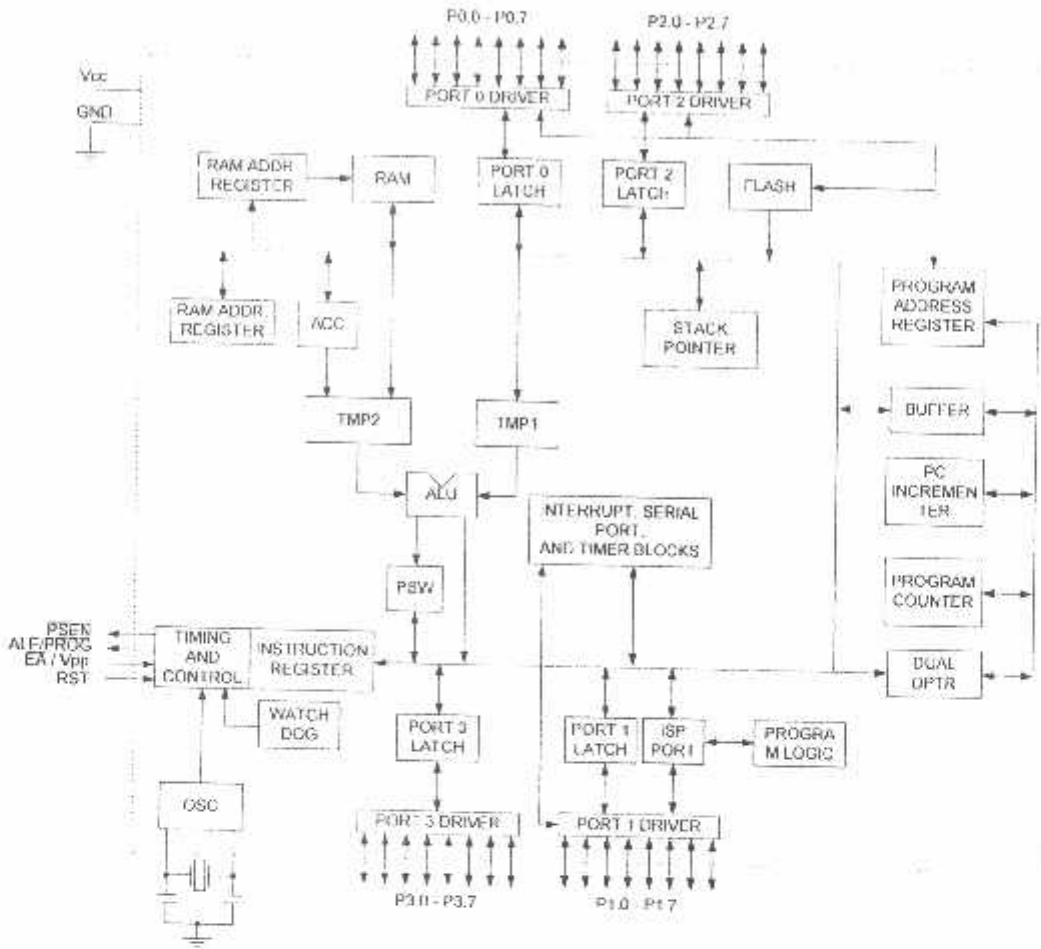
BAB IV Pengujian dan Analisa

Memuat hasil pengujian alat IC Mikrokontroler AT89S52 pengujian dilakukan dengan menguji tiap blok rangkain dan rangkaian secara keseluruhan.

BAB V Penutup

Merupakan kesimpulan dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya dan kemungkinan pengembangan alat.

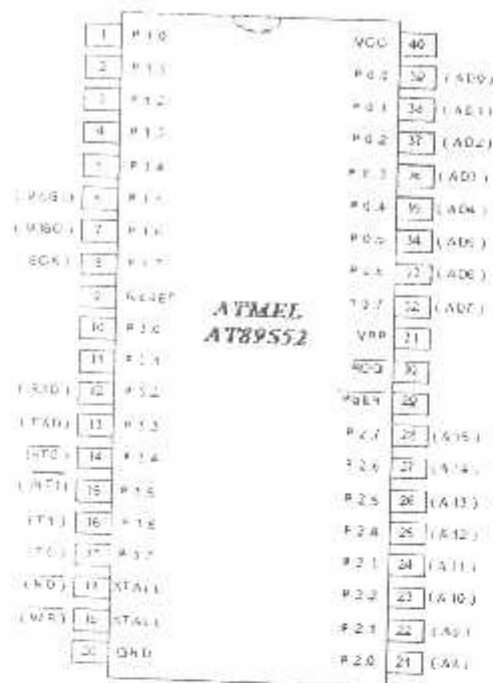




Gambar 2-1 Blok Diagram Mikrokontroler AT89S52 ^[1]

2.1.1. Definisi Pin Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroler AT89S52 memiliki 40 Pin yang didefinisikan seperti pada gambar 2-5 berikut :



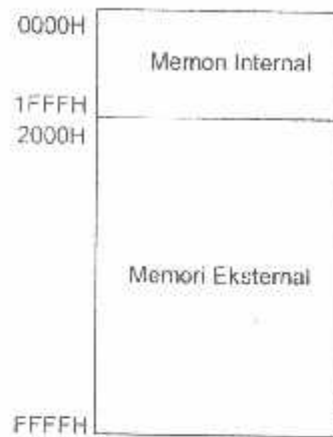
Gambar 2-2 Konfigurasi pin AT89S52^[1]

1. Vcc : Catu daya (supply tegangan).
2. Gnd : Ground.
3. Port 0 : Port 0 merupakan port 8 bit yang bersifat open drain dua arah. Sebagai port keluaran, tiap pin dapat menerima 8 masukan TTL. Saat logika 1 dituliskan pada port, pin port dapat digunakan sebagai masukan dengan impedansi tinggi.
4. Port 1 : Port ini merupakan port I/O bidirectional dengan internal pull-up. Out put Port ini dapat mendayai atau menerima 4 masukan TTL. Jika suatu logika 1 dituliskan pada port ini, maka port akan dibuat tinggi oleh *pull-up* internal dan dapat digunakan sebagai masukan. Pada saat sebagai port

9. PSEN : Program store enable adalah pulsa pengaktif untuk membaca program memori luar. Saat Mikrokontroler melaksanakan instruksi dari program memori luar, PSEN akan diaktifkan dua kali siklus mesin, kecuali pada saat mengakses data memori luar.
10. EA/VPP : External access enable. EA harus dihubungkan dengan ground jika ingin mengakses dari program memori luar dengan alamat 0000H sampai FFFFH. EA harus dihubungkan ke V_{CC} jika menggunakan program memori internal.
11. XTAL1 : Masukan untuk penguat inverting osilator dan masukan rangkaian clock internal.
12. XTAL2 : Keluaran dari penguat inverting osilator.

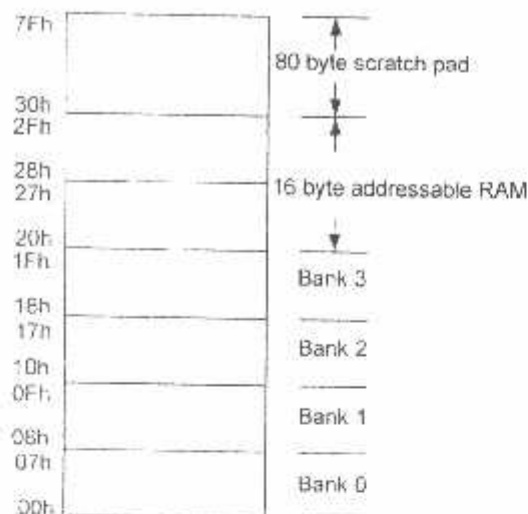
2.1.2. Organisasi Memori

Didalam Mikrokontroler AT89S52 telah dibedakan antara program memori dan data memori. Untuk program memori AT89S52 mempunyai Flash memori internal (PEROM) dengan kapasitas 4 Kbyte, kapasitas ini bisa dinaikan menjadi maksimal 64 Kbyte dengan menambah memori eksternal. Secara otomatis Mikrokontroler akan mengakses memori eksternal jika alamat program (address) melebihi alamat 0FFFh. Organisasi memori AT89S52 dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2-3 Organisasi Program memori ^[1]

Sedangkan untuk data memori AT89S52 memiliki RAM internal yang berkapasitas 128 byte, kapasitas ini dapat dinaikan menjadi maksimal 64 Kbyte dengan menambah memori eksternal. Data memori dibagi menjadi dua bagian yaitu register khusus yang digunakan oleh mikrokontroler (SFR) dan register yang dapat dipakai oleh pengguna. RAM (Random Access Memori) merupakan memori yang bersifat mudah terhapus isinya jika aliran listrik diputus, karena itu RAM tidak digunakan untuk menyimpan program tetapi untuk menyimpan data sementara. Peta dari RAM internal pada MCS-52 dapat ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2-4 Peta memori RAM internal ^[1]

Pada gambar diatas terlihat bahwa RAM internal 128 byte terbagi menjadi beberapa bagian. Untuk alamat bawah yang pertama yaitu 00h sampai 7Fh sebanyak 128 byte yang terbagi dalam tiga besar berdasarkan kegunaanya yaitu :

- a. Register Bank 0 – 3
 - Lokasi register bank dimulai dari 00h – 1Fh terdiri dari 32 byte.
 - Register bank ini terdiri dari empat buah register 8 bit yang dapat dipilih melalui pengaturan RS0 dan RS1 yang merupakan bit ke 3 dari program status word register.
- b. Bit Addressable
 - Lokasi register ini dimulai dari 20h – 2Fh
 - Register ini bersifat Addressable, artinya bahwa perubahan dapat dilakukan per bit, tidak perlu per byte (8 bit). Fitur ini sangat

berguna untuk meng-on-off kan suatu bit. Lokasi ini juga dapat diakses secara langsung untuk 128 byte yang tersedia.

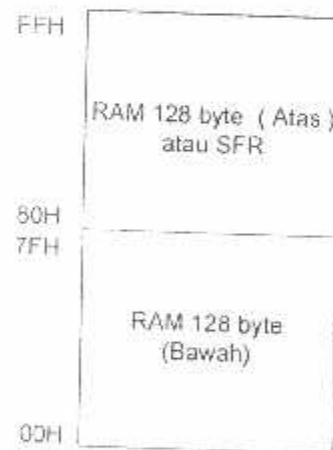
e. Scratch Pad

Lokasi register ini dimulai dari 30h – 7Fh yang digunakan untuk keperluan apa saja termasuk untuk alokasi stack pointer.

Tabel 2-2 Register Bank

RS0	RS1	Register Bank	Address
0	0	0	00H - 07H
0	1	1	08H - 0FH
1	0	2	10H - 17H
1	1	3	18H - 1FH

Setelah RAM 128 byte yang pertama, di atasnya diletakkan alamat untuk SFR (Special Function Register), perlu diingat bahwa RAM 128 byte atas sama dengan alamat SFR yaitu 80H – FFH, seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2-5 Memori internal (RAM) dan SFR ¹¹

Posisi	PSW.7	PSW.6	PSW.5	PSW.4	PSW.3	PSW.2	PSW.1	PSW.0
Bit	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P

Keterangan :

Bit CY : Bit Carry Flag

Bit AC : Bit Auxiliary Carry Flag

Bit F0 : Flag 0 untuk kegunaan umum

Bit RS1 : Bit pemilih bank memori

Bit RS0 : Bit pemilih bank memori

Bit OV : Bit Overflow Flag

Bit PAW.1 : Bit didefinisikan pemakai

Bit P : Bit Parity. Menunjukkan jumlah bit 1 pada accumulator

2.1.2.3. Power Control Register (PCON)

Register Power Control beralamat di 87H berguna untuk mengatur kebutuhan daya mikrokontroler. Dengan adanya register pengatur daya ini memungkinkan mikrokontroler ke mode "idle" atau "sleep" yang mana akan menghemat pemakaian daya. Selain itu ada bit-bit pada register PCON ini untuk mengatur Baud Rate pada serial port. Bit-bit pada PCON adalah sebagai berikut :

MSB							LSB
SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL

Keterangan :

Bit SMOD : Digunakan untuk membuat dobel (2 kali) baud rate pada timer 1

Bit - : Tidak digunakan, untuk pengembangan selanjutnya

Bit GF1 : Bit Flag serbaguna

Bit GF0 : Bit Flag serbaguna

Bit PD : Bit power down, Bila berlogika 1 mode power down aktif

Bit IDL : Bit idle mode, Aktif jika berlogika 1

2.1.2.4.A Accumulator

Dari namanya dapat diketahui bahwa fungsi dari accumulator adalah pengumpul. SFR. Register ini merupakan register yang banyak dipakai. Untuk semua operasi aritmatika biasanya menggunakan/melibatkan accumulator. Alamat dari accumulator adalah F0H.

2.1.2.5.B Register

B Register beralamat di F0H. Register ini digunakan untuk operasi perkalian dan pembagian. Contoh instruksi yang menggunakan register ini adalah:

Mul AB ; kalikan isi pada accumulator dan pada B register

Div AB ; membagi isi accumulator dengan isi B register, accumulator akan berisi hasil bagi dan B register akan berisi sisa pembagian.

2.1.2.6. Stack Pointer (SP)

Stack pointer adalah penunjuk stack yang memiliki alamat di 81H. Isi register ini mengindikasikan dimana nilai selanjutnya yang harus diambil oleh stack pada RAM internal. Jika anda memasukan (*PUSH*) suatu nilai ke stack, maka nilai tersebut akan dituliskan pada alamat SP+1 (alamat SP ditambah satu). Jika SP berisi 07H kemudian suatu instruksi *PUSH* dijalankan, maka nilai yang dimasukan akan dituliskan pada alamat 08H. Nilai default untuk stack pointer adalah berada pada alamat 07H.

2.1.2.7. Data Pointer (DPTR)

Data Pointer (DPTR) yang berukuran 16 bit terdiri dari dua register yaitu DPL (Data Pointer Low byte) yang beralamat di 82H dan DPH (Data Pointer High byte) yang beralamat di 83H. Data Pointer digunakan untuk membentuk alamat berukuran 16 bit untuk mengakses memori luar.

2.1.3. Timer / Counter

Pada mikrokontroler keluarga MCS-52 terdapat dua buah Timer/Counter. Dengan adanya timer/counter menambah fungsionalitas dari mikrokontroler ini. Sebagaimana peralatan lain pada mikrokontroler ini, timer/counter juga diatur oleh SFR (Special Function Register) yaitu Timer/Counter Control (TCON alamat 88H), dan Timer/Counter Mode Control (TMOD alamat 89H). Selain itu nilai byte bawah dan byte atas dari Timer/Counter disimpan dalam register TL dan TH. Jika difungsikan sebagai timer maka akan menggunakan sistem clock sebagai

sumber masukan pulsanya, kemudian jika difungsikan sebagai counter (penghitung) maka akan menggunakan pulsa dari eksternal sebagai masukan pulsanya. Sebagaimana diketahui port 3 pada fungsi khususnya terdapat T0 (masukan luar untuk Timer/Counter 0) dan T1 (masukan luar untuk Timer/Counter 1).

2.1.3.1. Register TMOD

Register TMOD dibagi menjadi 2 bagian secara simetris, yaitu bit 0 – 3 register TMOD (TMOD bit 0..TMOD bit 3) dipakai untuk mengatur timer 0, dan bit 4 sampai 7 register TMOD (TMOD bit 4..TMOD bit 7) dipakai untuk mengatur timer 1, susunan bit dapat dilihat dibawah ini :

MSB				LSB			
Timer/Counter 1				Timer/Counter 0			
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

Keterangan :

Bit GATE = Jika bit ini diset timer akan berjalan hanya jika INT1 (P3.3) sedang tinggi. Jika bit ini dideclear timer akan berjalan tanpa mempertimbangkan kondisi INT1.

Bit C/T = Saat bit ini diset timer akan menghitung kejadian pada T1 (P3.5) sebagai fungsi counter. Jika bit ini dideclear maka timer akan menghitung tiap siklus mesin (sebagai fungsi timer).

Bit M0 dan M1 bit mode Timer/Counter

Tabel 2-4 Bit pemilih mode timer

M1	M0	Timer Mode	Keterangan
0	0	0	13 bit timer
0	1	1	16 bit timer
1	0	2	8 bit auto reload
1	1	3	split mode

2.1.3.2. Register TCON

Register TMOD dibagi menjadi 2 bagian secara simetris. bit 0 sampai 3 register TMOD (TMOD bit 0 .. TMOD bit 3) dipakai untuk mengatur Timer 0. bit 4 sampai bit 7 register TMOD (TMOD bit 4 .. TMOD bit 7) dipakai untuk mengatur timer 1. susunan bit dapat dilihat dibawah ini :

MSB				LSB			
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

Keterangan :

Bit (7) TF1 – Timer 1 overflow. diset oleh Mikrokontroler jika hitungan timer 1 melimpah (overflow).

Bit (6) TR1 – Timer 1 Run. jika bit ini diset maka timer 1 on, jika bit ini dicear maka timer 1 off.

Bit (5) TF0 – Timer 0 overflow. bit ini diset oleh Mikrokontroler saat timer 0 melimpah.

Bit (4) TR0 – Timer 0 Run. jika bit ini diset maka timer 0 on, jika dicear maka timer 0 off.

Bit (3) IE1 – Interrupt 1 edge flag. Diset oleh hardware jika sisi suatu sela luar terdeteksi. Dicear jika instruksi RETI dijalankan.

Bit (2) IT1 – Interrupt 1 type. Berhubungan dengan sela luar 1. Fungsinya sama dengan I10.

Bit (1) IE0 = Interrupt 0 edge flag. Diset oleh hardware jika sisi suatu sela luar terdeteksi. Diclear jika instruksi RETI dijalankan.

Bit (0) IT0 – Interrupt 0 type. Sela luar 0 diterima melalui bit 2 pada port 3. Jika bit ini diset, maka INT0 dikenali pada sisi turun sinyal. Jika bit ini diclear maka su itu sela akan dikenali pada saat suatu sinyal low.

2.1.4. Metode Pengalamatan

Metode pengalamatan dengan menggunakan bahasa pemrograman assembler pada Mikrokontroler keluarga MCS-52 adalah sebagai berikut :

a. Pengalamatan Tak Langsung

Operand pengalamatan tak langsung menunjuk kearah sebuah register yang berisi lokasi alamat memori yang akan digunakan didalam operasi. Lokasi yang nyata tergantung pada isi register saat instruksi dijalankan . Untuk melaksanakan pengalamatan tak langsung digunakan simbol @.

ADD A,@R0	: Tambahkan isi RAM yang lokasinya
	: ditunjukan oleh register R0 ke Accumulator
DEC @R1	: Kurangi satu isi Ram yang alamatnya
	: oleh register R1
MOVX @DPTR,A	: Pindahkan isi dari accumulator ke memori luar
	: yang lokasinya ditunjukkan oleh data pointer

b. Pengalamatan Langsung

Pengalamatan langsung dilakukan dengan memberikan nilai ke suatu register secara langsung. Untuk melaksanakannya digunakan tanda #.

MOV A,#011H : Isi accumulator dengan bilangan 011H.

MOV DPTR,#20CDH : Isi register DPTR dengan bilangan 20CDH.

Pengalamatan data langsung dari 0 sampai dengan 127 akan mengakses RAM internal, sedangkan pengalamatan dari 128 sampai 255 akan mengakses register perangkat keras.

MOV P3,A : Pindahkan isi accumulator ke alamat data.

B0H : (B0H adalah alamat port 3).

INC 60 : Naikkan lokasi 60 (desimal) menjadi bernilai high.

c. Pengalamatan Bit.

Pengalamatan bit adalah penunjukan alamat lokasi bit baik dalam lokasi RAM internal (byte 32 sampai 37) maupun bit perangkat keras.

Untuk melakukan pengalamatan bit digunakan simbol titik (.).

SET P1.3 : Ubah bit ke 3 pada port 1 menjadi bernilai high

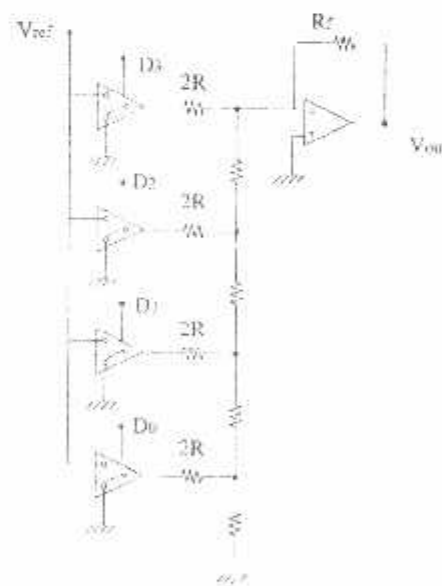
d. Pengalamatan Kode

Terdapat tiga macam yang dibutuhkan dalam pengalamatan kode, yaitu relative jump, in-block jump atau call dan long jump.

2.2. DAC (Digital to Analog Converter)

DAC digunakan untuk mengkonversi data digital menjadi sinyal analog. Pada umumnya semua bentuk konverter digital ke analog akan menghasilkan suatu keluaran yang berupa arus dan tegangan yang merupakan bentuk hasil perkalian antara tegangan analog referensi dengan data digital tertentu (Multiplying D/A Converter).

Karena konverter digital ke analog ini banyak macamnya, maka pada umumnya dipakai cara konversi dengan rangkaian resistor berbobot (binary weighted resistor) dimana posisi dari bit Digital yang akan diberikan akan menghasilkan besar arus tegangan yang sesuai bobot biner pada data digital. Didalam penerapannya, cara pemakaian harga tahanan yang bervariasi akan menimbulkan kesulitan dalam memilih harga tahanan yang sesuai, sehingga dipakai rangkaian tangga tahanan R-2R yang lebih sederhana.



Gambar 2-6 Rangkaian DAC dengan R-2R Ladder^[1]

Tahanan keluaran V_{out} dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R} V_{ref} \left(\frac{D_0}{2^n} + \frac{D_1}{2^{n-1}} + \frac{D_2}{2^{n-2}} \right) - \left(\frac{D_{(n-2)}}{2^2} + \frac{D_{(n-1)}}{2^1} \right)$$

Dimana : $D_0 \dots D_n$ = bernilai 1 atau 0

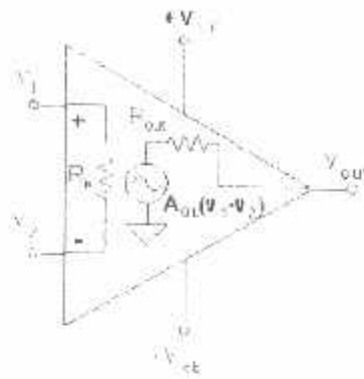
n = banyaknya bit masukan

V_{ref} = tegangan referensi

2.3. Penguat (Op-Amp)

Amplifier atau lazim disebut penguat dalam suatu rangkaian dapat difungsikan dalam suatu rangkaian penguat sinyal input, rangkaian penjumlahan tegangan input, rangkaian pembanding antara 2 sinyal input, rangkaian filter dan masih banyak lagi.

Rangkaian penguat ini sangat sederhana dalam pemakaiannya baik secara merangkainya maupun dalam penggunaannya. Rangkaian ini terdiri dari kombinasi antara penguatan operasional yang dirangkai bersama komponen pasif tahanan atau kondensator. Dengan kombinasi ini dapat dikembangkan lagi menjadi rangkaian yang mempunyai spesifikasi khusus seperti rangkaian instrumentasi, rangkaian isolator, dan lain sebagainya. Gambar 2-7 menunjukkan simbol dari op-amp dengan lima terminal dasar terdiri dari 2 terminal catu daya, 2 terminal input atau masukan yaitu (+) dan (-) dan terminal output atau keluaran dari op-amp.



Gambar 2.7. Simbol Op-Amplifier^[1]

2.3.1. Penguat Pembalik (*inverting Amplifier*)

Telah diterangkan diatas bahwa saat suatu pemakaian op-amp adalah sebagai penguat. Penguat adalah suatu rangkaian yang menerima sinyal input dan menghasilkan sinyal output yang tidak berubah serta menjadi lebih besar.

Dasar dari rangkaian penguat ini adalah dengan memberikan tahanan umpan balik antara terminal output dengan terminal input. Dengan demikian penguat tidak lagi mengandalkan dari cara teristik op-amp, tetapi sudah tergantung dari dasar tahanan umpan balik terhadap tahanan input dasar penguat pembalik (*inverter amplifier*).

Arus yang melewati tahanan R_1 dapat dihitung berdasarkan hukum Kirchoff sebesar :

$$I = \frac{E}{R_1} \text{Amp} \dots \dots \dots (2.1)$$

Arus I akan melewati tahanan umpan balik R_f menuju terminal output, dengan melewati tahanan R_f ini, maka besar tegangan di tahanan R_f dapat diketahui sebesar :

$$V_{R_f} = I \cdot R_f \text{ Volt} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan substitusi (2.1) dan (2.2) maka akan dihasilkan :

$$V_{R_f} = \frac{E_1}{R_1} \cdot R_f \text{ Volt} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dari gambar 2-8 terlihat bahwa ujung R_f dan R_1 saling berhubungan menjadi satu menyebabkan besar tegangan V_o mempunyai polaritas terbalik terhadap V_{R_1} bila diukur terhadap ground dengan besar tegangan sama.

$$V_o = -V_{R_f} = -\frac{E_1}{R_1} \cdot R_f \text{ Volt} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan mengambil definisi dari penguatan A_{ol} yaitu tegangan output (V_o) dibagi tegangan input (E_1) maka besarnya A_{ol} :

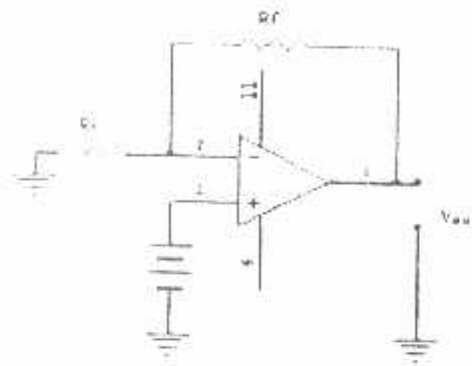
$$A_{ol} = \frac{V_o}{E_1} = -\frac{R_f}{R_1} \text{ Volt} \dots \dots \dots (2.5)$$

Tanda minus pada persamaan (2.4) dan (2.5) menunjukkan bahwa polaritas tegangan V_o berlawanan dengan polaritas tegangan input (E_1). Untuk itu rangkaian ini disebut rangkaian penguat pembalik.

2.3.2. Penguat Tidak membalik (*Non Inverting Amplifier*)

Selain digunakan sebagai rangkaian penguat op-amp dapat pula digunakan sebagai rangkaian tidak membalik, yaitu sebagai penguat dimana tegangan output sefasa dengan tegangan inputnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-9. Bila

tegangan antara terminal input (+) dengan terminal input (-) menunjukkan nol volt, maka menyebabkan besar tegangan output (+) terhadap Ground yaitu sebesar E_1 Volt.



Gambar 2-8. Rangkaian Penguat Tak Membalik ^[1]

Arah arus tergantung pada polaritas tegangan E_1 ; arus akan melewati tahanan umpan balik R_f , maka tegangan di tahanan R_1 diperoleh :

$$V_{R_1} = I \cdot R_1 \text{ Volt} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan menstubsitusikan persamaan (2.5) dan (2.6), maka didapat :

$$V_{R_1} = \frac{R_1}{R_f} \cdot E_1 \text{ Volt} \dots \dots \dots (2.7)$$

Tegangan Output V_o dapat diperoleh dari tegangan di R_1 ditambah tegangan Di R_f yaitu :

$$V_o = E_1 + V_{R_1} \text{ Volt} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$V_o = E_1 + \frac{R_f}{R_1} \cdot E_1 \text{ Volt} \dots \dots \dots (2.9)$$

Bila memasukkan $V_1 = 0$ maka

$$V_{ii} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot V_2 \left[1 + \frac{R_f}{R_1} \right] \dots\dots\dots(2.13)$$

Output total V_o adalah penjumlahan kedua hasil diatas.

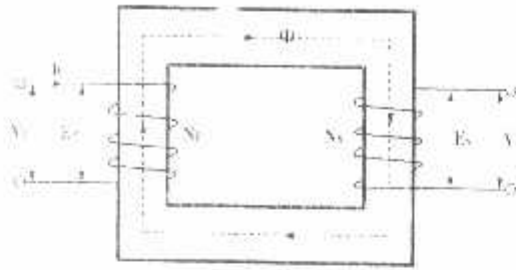
$$V_o = -V_1 \cdot \frac{R_f}{R_1} + \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot V_2 \left[1 + \frac{R_f}{R_1} \right] \dots\dots\dots(2.14)$$

Jika $R_1=R_2=R_3 = R_f$ maka rangkaian differensial akan berfungsi sebagai penguat selisih tegangan.

$$V_o = V_2 - V_1 \dots\dots\dots(2.15)$$

2.4 Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Prinsip kerja transformator berdasarkan induksi magnet antara rangkaian primer dan rangkaian sekunder. Gandengan magnet berupa inti besi tempat melakukan fluks bersama-sama. Seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2-10 Transformator 1:1

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi:

1. Transformator daya.
2. Transformator distribusi.
3. Transformator pengukuran, yaitu terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan.

Cara Kerja transformator berdasarkan induksi elektromagnetik, yaitu:

Apabila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan bolak-balik, maka akan mengalirkan arus bolak-balik (I_1) pada kumparan tersebut. Oleh karena kumparan mempunyai inti, maka arus I_1 akan menimbulkan fluks magnet yang berubah-ubah pada intinya. Sehingga kumparan primer akan timbul GGL induksi E_p . Besarnya GGL induksi pada kumparan primer (E_p) adalah:

$$E_p = -N_1 \frac{d\phi}{dt} \quad \text{Jadi}$$

$$E_p = -N_p \frac{d(\phi_{max} \sin \omega t)}{dt} = -N_p \omega \phi_{max} \cos \omega t$$

Harga Efektifnya:

$$E_p = \frac{N_p \cdot 2\pi \cdot f \cdot \phi_{max}}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot N_p \cdot f \cdot \phi_{max}$$

Pada rangkaian sekunder, fluks (Φ) bersama tadi menimbulkan:

$$E_s = -N_s \frac{d\phi}{dt} \text{ Volt}$$

$$E_s = -N_s \frac{d(\phi_{maks} \cdot \sin \omega t)}{dt} = N_s \cdot \omega \phi_{maks} \cdot \cos \omega t$$

$$E_s = \frac{N_s \cdot 2\pi \cdot f \cdot \phi_{maks}}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot N_s \cdot f \cdot \phi_{maks}$$

Apabila transformator dianggap ideal, maka dianggap tidak terdapat kerugian daya. Perbandingan antara EMF pada primer dan sekunder adalah:

$$\Lambda = \frac{E_p}{E_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_p}{I_s}$$

Sumber: Zuhul. Dasar Tenaga Listrik, ITB Bandung, 1991 [p.4]

Keterangan:

- a = Perbandingan ratio transformasi EMF pada primer dan sekunder.
 - E_p = Tegangan induksi yang dibangkitkan oleh lilitan primer (Volt).
 - E_s = Tegangan induksi yang dibangkitkan oleh lilitan sekunder (Volt).
 - N_p = Banyaknya lilitan pada sisi primer.
 - N_s = Banyaknya lilitan pada sisi sekunder.
 - I_p = Arus pada sisi primer (Ampere).
 - I_s = Arus pada sisi sekunder (Ampere).
 - V_p = Tegangan sumber yang masuk pada sisi primer (Volt)
 - V_s = Tegangan sekunder ke beban (Volt).
-

2.4.1 Sensor Arus (Transformator Arus)

Transformator arus berguna untuk menyediakan cara pengukuran arus saluran ke harga-harga yang dapat digunakan untuk mengoperasikan alat pengukur arus rendah atau alat kendali yang baku, alat ini benar terisolasi dari rangkaian utama. Karena transformator arus ini digunakan berkaitan dengan alat pengukur arus, maka lilitan primernya dirancang untuk dihubungkan secara seri dengan saluran (beban). Oleh karena itu, impedansi lilitan primer dibuat serendah mungkin. Perbandingan arus primer dan sekunder berbanding terbalik dengan perbandingan jumlah primer dan sekunde ; atau dapat dituliskan :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \dots\dots\dots(2-19)$$

Dimana:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| N_1 = Jumlah lilitan primer | I_1 = Arus sisi primer |
| N_2 = Jumlah lilitan sekunder | I_2 = Arus sisi sekunder |

Karena impedansi lilitan transformator adalah rendah, maka arus yang melalui sisi primer akan bergantung pada beban yang dihubungkan ke sisi primer dan bukan pada beban sisi sekunder dari transformator itu sendiri. Jika rangkaian sekunder ditutup, maka arus sekunder akan menghasilkan ggm yang melawan ggm primer, sehingga akan membatasi kerapatan fluks di dalam inti. Jika rangkaian sekunder terbuka sedangkan sisi primer diberi energi (beban), maka ggm sekunder yang melawan ggm primer tidak ada lagi. Sehingga kerapatan fluks menjadi tinggi sekali dan akan menyebabkan di induksikannya tegangan tinggi yang berbahaya pada lilitan sekunder. Disamping itu, akan timbul panas pada inti

karena inti mencapai titik jenuh. Oleh karena itu dalam pemasangannya transformator arus sisi sekundernya harus dihubung singkat.

2.4.2 Sensor Tegangan (Transformator Tegangan)

Transformator tegangan berguna untuk menurunkan tegangan dari jala-jala menjadi tegangan yang dibutuhkan oleh ADC dan mikrokontroller untuk bisa bekerja, yaitu sebesar 0 - 5 Volt. Karena tegangan yang diukur adalah tegangan ± 220 volt, maka diperlukan adanya transformator penurun tegangan (transformator stepdown). Tegangan ini kemudian disearahkan atau diubah menjadi tegangan DC agar dapat diterjemahkan menjadi tegangan digital oleh rangkaian ADC 0808. Dengan mengetahui N_1 dan N_2 , membaca tegangan V_2 , serta menganggap transformator ideal maka tegangan V_1 adalah:

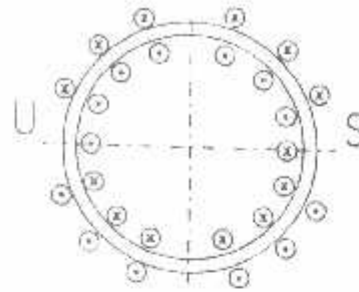
$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} \times V_2$$

Pentanahan rangkaian sekunder diperlukan untuk mencegah adanya beda potensial yang besar antara kumparan primer dan kumparan sekunder.

2.5 Motor AC Sinkron 1 Phase

Motor sinkron (serempak) secara elektrik identik dengan alternator atau generator AC. Pada dasarnya, mesin sinkron dapat digunakan, sekurang-kurangnya secara teoritis, sebagai alternator bila diberi tenaga mekanik atau sebagai motor apabila ia diberi tenaga listrik.

Struktur motor induksi 1 phase sama dengan motor induksi 3 phase jenis neorotor sangkar, kecuali kumparan statornya yang hanya terdiri dari 1 fase. Seperti telah



Gambar 2-11 Motor Sinkron 1 Phase (1)

2.6 Sistem DDS (Direct digital Synthesis)

Sistem DDS (Direct digital Synthesis) merupakan salah satu cara untuk menghasilkan sinyal sinusoida secara langsung. Inti dari sistem ini adalah arsitektur akumulator dengan resolusi mencapai mili Hertz dan frekuensi sinyal yang dihasilkan dapat diatur tergantung dari sinyal frekuensi referensi dan metode perancangan. Keluaran sistem DDS yang diproses oleh mikrokontroler berupa sinyal digital kemudian menjadi masukan untuk DAC (D/A converter) dan LPF (Low Pass Filter) untuk menghasilkan sinyal sinusoida yang sempurna.

Semua parameter kontrol sistem DDS berada dalam bentuk digital. Sistem DDS pada dasarnya terdiri atas akumulator phase, LUT (Look Up Table), dan osilator sebagai pembangkit frekuensi referensi (clock). Sedangkan DAC (Digital To Analog Converter) dan LPF (Low Pass Filter) merupakan komponen-komponen penunjang sistem DDS.



Gambar 2-13. Simbol Dioda Zener¹³

2.8 Keypad

Berfungsi untuk memasukkan data dalam format angka atau huruf yang diinginkan oleh pengguna (user) sehingga ada timbal balik antara pengguna dengan mikrokontroler. Apabila common dari sebuah keypad dihubungkan pada ground maka ketika tidak ada penekanan kondisi logika pada setiap bit adalah 1, namun saat salah satu tombol keypad ditekan baris dan kolom yang berhubungan akan terhubung ke ground sehingga kondisi logika yang terbaca adalah 0. keypad terdiri dari tombol-tombol yang tersusun secara matrik sehingga menghemat port pada mikrokontroler. keypad 4x4 tersusun atas angka 0-9 ditambah karakter (*),(ent),(down),(up),(can) dan karakter (men). Adapun sekema dari keypad 4x4 adalah sebagai berikut:

2.9 LCD (Liquid Crystal Display) M1632

LCD Display Module M1632 buatan Seiko Instrument Inc. terdiri dari dua bagian, yang pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf/angka.

Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempelkan di alik pada panel LCD. berfungsi mengatur

tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi M1632 dengan mikrokontroler yang memakai tampilan LCD itu. Dengan demikian pemakaian M1632 menjadi sederhana, sistem lain yang M1632 cukup mengirimkan kode-kode ASCII dari informasi yang ditampilkan seperti layaknya memakai sebuah printer.

LCD M1632 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

1. Memiliki 16 karakter dan dua baris tampilan yang terdiri dari 5 x 7 dot matrik ditambah dengan kursor.
 2. Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter.
 3. Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter.
 4. 80 x 8 display data RAM (max 80 karakter).
 5. Isolator didalam modul.
 6. Memerlukan catu daya \pm volt
 7. Otomatis reset saat catu daya dinyalakan.
-

		1 = Baca
6	E	Sinyal operasi awal yang mengaktifkan data tulis atau baca
7 - 14	DB0 - DB7	Merupakan saluran data berisi perintah data yang akan ditampilkan
15	V + BL	Back Light Supply 5 Volt (Volt)
16	V - BL	Back Ligth Supply 0 (Ground)



$$f = 24 \text{ MHz}$$

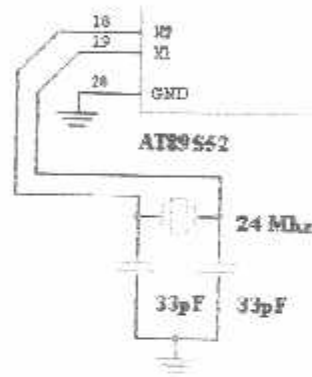
$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{24 \times 10^6}$$

karena 1 siklus mesin = 12T maka

$$1 \text{ siklus mesin} = 12 \times \frac{1}{24 \times 10^6} = 0,499 \mu\text{s}$$

Adapun gambar rangkaian *clock* sebagai berikut :



Gambar 3-2 Rangkaian *Clock* ⁽⁶⁾

mempunyai frekuensi sebesar 12 MHz, maka satu periode membutuhkan waktu sebesar :

$$T = \frac{1}{f_{xtal}} = \frac{1}{12MHz} \text{ s} = 8,333 \times 10^{-8}$$

Sehingga waktu minimal logika yang dibutuhkan untuk mereset mikrokontroler adalah :

$$\begin{aligned} \text{Reset (minimal)} &= T \times \text{periode yang dibutuhkan} \\ &= 8,333 \times 10^{-8} \times 24 = 1,999 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Jadi mikrokontroler membutuhkan waktu minimal 1,999 μs untuk mereset. Waktu inilah yang dijadikan pedoman untuk menentukan nilai R dan C.

Dengan menentukan nilai $R = 10 \text{ k}\Omega$ dan $C = 10 \mu\text{F}$, maka :

$$T = 0,357 R.C = 0,357 \times 10000 \Omega \times 10 \times 10^{-6} = 35,7 \text{ ms}$$

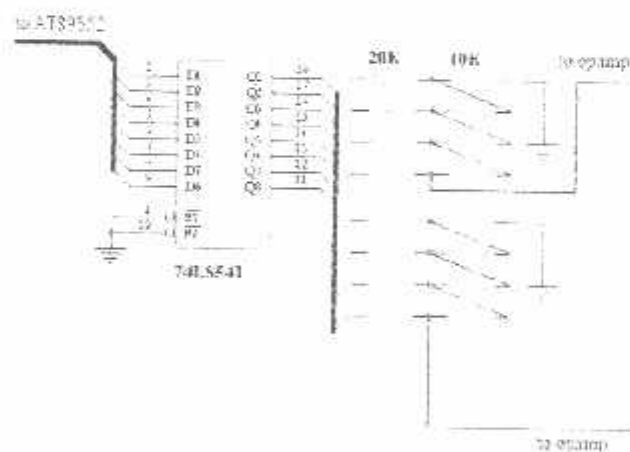
Jadi dengan nilai komponen $R = 10 \text{ k}\Omega$ dan $C = 10 \mu\text{F}$ dapat memenuhi syarat minimal untuk waktu yang dibutuhkan mikrokontroler.

Karena konverter digital ke analog ini banyak macamnya, maka pada umumnya dipakai cara konversi dengan rangkaian resistor berbobot (binary weighted resistor) dimana posisi dari bit digital yang akan diberikan akan menghasilkan besar arus tegangan yang sesuai bobot biner pada data digital. Didalam penerapannya, cara pemakaian harga tahanan yang bervariasi akan menimbulkan kesulitan dalam memilih harga tahanan yang sesuai, sehingga dipakai rangkaian tangga tahanan R-2R yang lebih sederhana.

Tahanan keluaran V_{out} dapat dihitung dengan rumus berikut;

$$V_{out} = - \frac{R_f}{R} V_{ref} \left(\frac{D_0}{2^n} + \frac{D_1}{2^{n-1}} + \frac{D_2}{2^{n-2}} \right) + \left(\frac{D_{(n-2)}}{2^2} + \frac{D_{(n-1)}}{2^1} \right)$$

Dimana : $D_0 \dots D_n$ = bernilai 1 atau 0
 n = banyaknya bit masukan
 V_{ref} = tegangan referensi

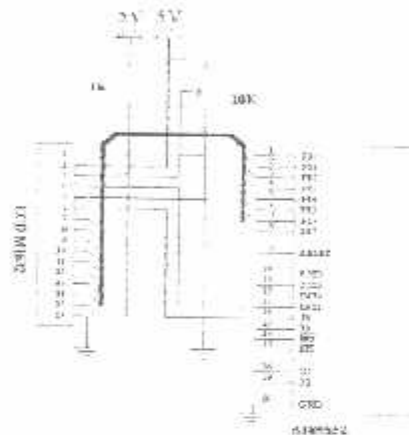


Gambar 3-5 Rangkaian DAC R 2 R (Digital Analog Converter) ^[6]

3.5 LCD (Liquid Crystal Display)

Untuk tampilan masukan besaran yang diinginkan serta menampilkan apakah besaran sudah tercapai.

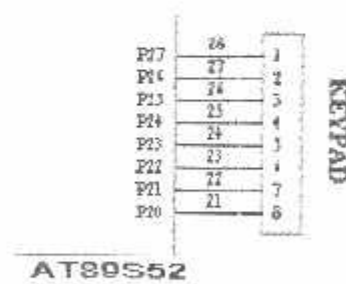
Dengan bantuan perangkat lunak yang dibuat, dapat ditampilkan karakter (besaran) yang bisa dilihat pada layar tampilan,



Gambar 3.7 Rangkaian LCD ^[63]

3.6. Keypad

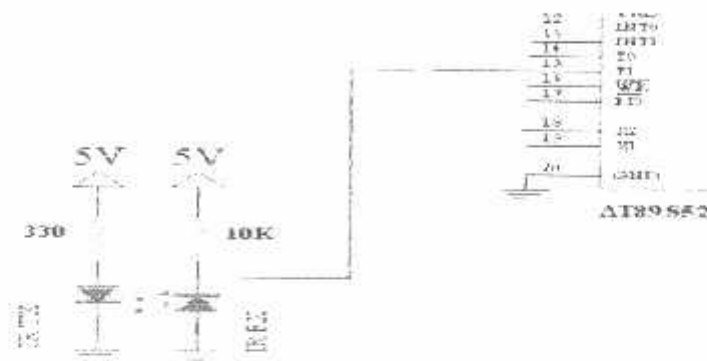
Keypad berfungsi memasukkan besaran yang diinginkan pada mikrokontroler agar dapat diproses lebih lanjut. Rangkaian keypad seperti dibawah ini ;



Gambar 3.8 Rangkaian Keypad ^[64]

3.7. Sensor Putaran Optocoupler

Untuk mengetahui apakah motor telah berputar dengan rpm yang dikehendaki maka dipasanglah sensor berupa optocoupler yang berfungsi memberikan laporan kepada mikro sudah dalam bentuk data digital



Gambar 3.9 Rangkaian Optocoupler ⁽⁶⁾

Tegangan kerja pada LED adalah 1,7 volt. Sedangkan range arus pada LED adalah 5mA-20mA, sehingga dalam perancangan ini resistor yang digunakan sebesar 330 Ω . Dalam perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$V = 1,7 \quad \text{Range } I_{led} = 5 - 20 \text{ mA}$$

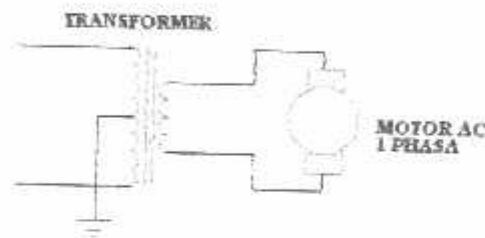
$$I = \frac{V_{cc} - V_{LED}}{R}$$

$$= \frac{5 - 1,7}{330}$$

$$= 10 \text{ mA}$$

3.8. Motor AC 1 Phasa

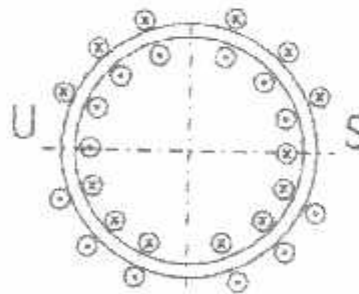
Secara umum, motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Pada motor AC kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung, tetapi secara induksi. Motor AC 1 phasa disini digunakan sebagai obyek beban sistem DDS yang diatur putarannya sampai atau mendekati rpm yang diinginkan.



Gambar 3.10 rangkaian AC 1 phasa ^[6]

Karena reaktansi induktif berbanding lurus dengan frekuensi, maka karakteristik kerja motor lebih baik pada frekuensi yang lebih rendah. Kelebihan dari motor AC adalah ;

1. Sederhana dan daya tahan yang kuat
2. Harga relatif murah dan mudah dalam perawatan
3. Efisiensi tinggi



Gambar 3-11 Motor Sinkron 1 Phase ^[5]

3.11. Perancangan Perangkat Lunak

Dalam menunjang kerja sistem secara keseluruhan diperlukan suatu perangkat lunak (*software*). *Software* yang digunakan untuk AT89S51 disini menggunakan bahasa *assembler* keluarga MCS51. Program yang ditulis dengan bahasa assembly terdiri dari *label*; *kode mnemonic* dan lain sebagainya yang pada umumnya dinamakan sebagai program sumber (*source code*) yang belum bisa diterima oleh prosesor untuk dijalankan sebagai program, tetapi harus dijalankan dulu menjadi bahasa mesin dalam bentuk *kode biner*.

- Penulisan program dengan menggunakan teks editor dan disimpan dengan ekstensi *Asm*
 - Meng-compile program yang telah ditulis dengan menggunakan Compiler MCS52 sehingga didapatkan file dengan ekstensi *Hex*.
 - Mengubah file berekstensi *Hex* menjadi file berekstensi *Bin*.
 - Men-download file berekstensi *Bin* ke dalam EPROM Mikrokontroler AT89S52.
-

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

Bab ini akan membahas pengujian alat yang telah dirancang, dirakit serta dircaalisasikan. Tujuan pengujian alat ini adalah mengetahui kerja dari masing-masing sistem yang dibuat secara per-blok. Dengan demikian dapat diketahui kepresisian kerja dari alat yang direncanakan dan dibuat. Secara umum tujuan dari pengujian alat tersebut adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui proses kerja dari masing-masing rangkaian (blok).
2. Memudahkan pendataan spesifikasi alat.
3. Mengetahui hasil dari suatu perencanaan yang telah dibuat.
4. Memudahkan perawatan dan perbaikan apabila sewaktu-waktu terjadi kerusakan.

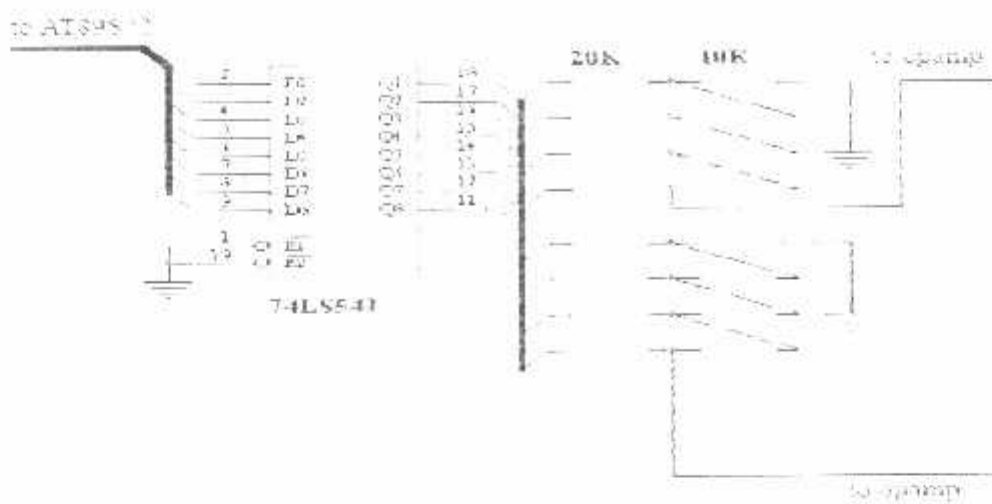
4.1. Pengujian Rangkaian DAC R 2 R

4.1.1. Tujuan

Pengujian rangkaian DAC (Digital Analog Converter) R 2 R ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kondisi sinyal sinusoida pada saat dijalankan.

4.1.2. Langkah- Langkah Pengujian

1. Menyusun rangkaian DAC R 2 R seperti pada gambar 4-1.
 2. Menghubungkan rangkaian DAC R 2 R dengan tegangan Vcc (5V).
 3. Mengamati hasil pengujian.
-



Gambar 4-1 Rangkaian DAC R 2 R (Digital Analog Converter) ^[6]

4.1.3. Hasil dan Analisis

Setelah melakukan pengujian DAC (Digital Analog Converter) maka hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :



Gambar 4-2 Hasil Pengujian Sinusoida Pada Rangkaian DAC R 2 R

4.1.4. Analisa Data

Dari data yang ada pada hasil pengujian, maka output dari rangkaian DAC R 2 R memiliki bentuk gelombang sinus dengan frekuensi 50Hz .

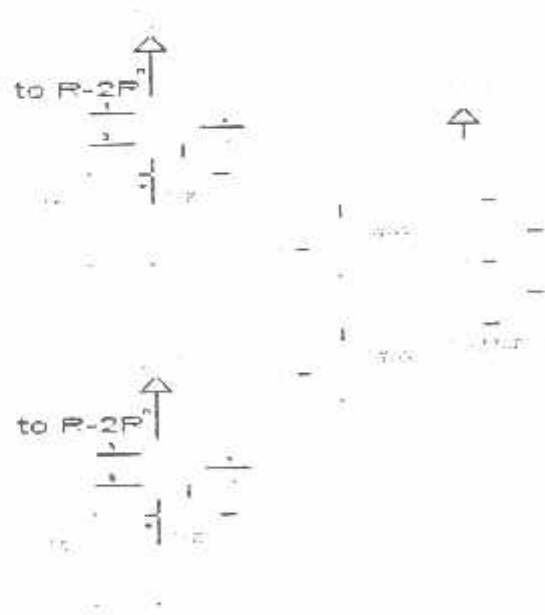
4.2. Pengujian rangkaian amplifier

4.2.1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian amplifier yang digunakan berkerja dengan baik.

4.2.2. Langkah-Langkah Pengujian

1. Menyusun rangkaian amplifier seperti pada gambar 4-3
2. Menghubungkan rangkaian amplifier dengan tegangan V_{cc} (12V).
3. Mengamati hasil yang ditunjukkan pada ampermeter.



Gambar 4-3 Rangkaian Amplifier ⁽⁶⁾

4.2.3. Hasil dan Analisa

Setelah melakukan pengujian rangkaian amplifier, maka hasil yang di peroleh adalah sebagai berikut

- Hasil dari pengukuran tegangan untuk rangkaian amplifier adalah sebagai berikut :



Gambar 4-4 Hasil Pengujian Tegangan Pada Rangkaian Amplifier

4.2.4. Analisa Data

Dari data yang ada pada hasil pengujian, maka output dari rangkaian amplifier memiliki Tegangan sebesar 9,62 Volt

4.3. Pengujian Rangkaian Optocoupler

Tujuan dari pengujian optocoupler ini adalah untuk mengetahui apakah sensor optocoupler dapat bekerja dengan baik. Yaitu mampu mendeteksi keadaan

gelap dan terang yang mana akan digunakan sebagai inputan yang akan diproses oleh mikrokontroller berupa logika 1 dan logika 0

Pengujian dilakukan terhadap resistansi dan tegangan pada optocoupler. Pengujian resistansi optocoupler dilakukan dengan cara mengukur hambatan pada kaki photodiode. Sedangkan pengujian tegangan pada optocoupler dilakukan dengan cara meletakkan probe merah avometer pada salah satu kaki photodiode di optocoupler dan meletakkan probe hitam pada ground. Untuk kondisi terang (logic 0), range tegangannya adalah 0 volt – 1 volt. Sedangkan pada kondisi gelap (logic 1) range tegangannya adalah 2,5 volt – 5 volt.

Adapun hasil dari pengujian optocoupler adalah sebagai berikut :

Tabel 4-3 Hasil Pengujian Optocoupler

Kondisi	Pengukuran R_{LED}	Tegangan (volt)	Logic
Terang	13.15 Ω	0,0059	0
Gelap	105.3 K Ω	4,4925	1

- Pengujian pada saat terang

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{cc} \\
 &= \frac{0,01315}{10 + 0,01315} \times 5 \\
 &= 0,00656 \text{ volt}
 \end{aligned}$$

- Pengujian pada saat gelap

$$V = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{cc}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{105,3}{10+105,3} \times 5 \\ &= 4,5663 \text{ volt} \end{aligned}$$

Dengan hasil pengujian diatas, pada saat kondisi terang tegangan sebesar 0,00656 volt dan pada saat kondisi gelap tegangan sebesar 4,5663 volt sehingga sudah memenuhi logic 0 dan logic 1.

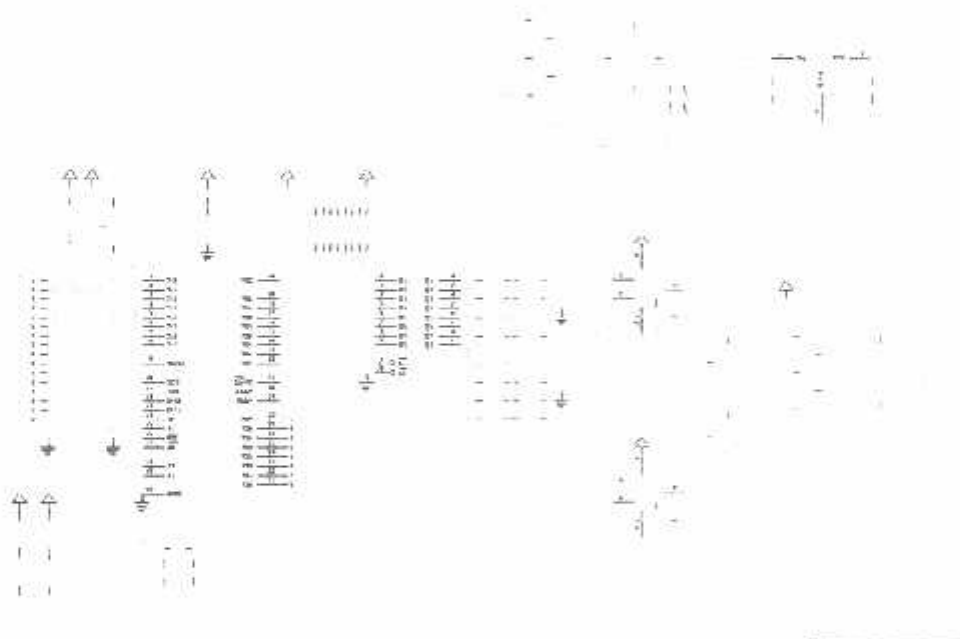
4.4. Pengujian Rangkaian Keseluruhan

4.4.1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja perangkat keras secara keseluruhan apabila dijalankan.

4.4.2. Langkah-Langkah Pengujian

1. Menyusun rangkaian keseluruhan seperti pada gambar 4-6
2. Menghubungkan rangkaian keseluruhan dengan jala-jala listrik.
3. Menekan tombol start
4. Mengamati hasil yang ditunjukkan pada multimeter digital.

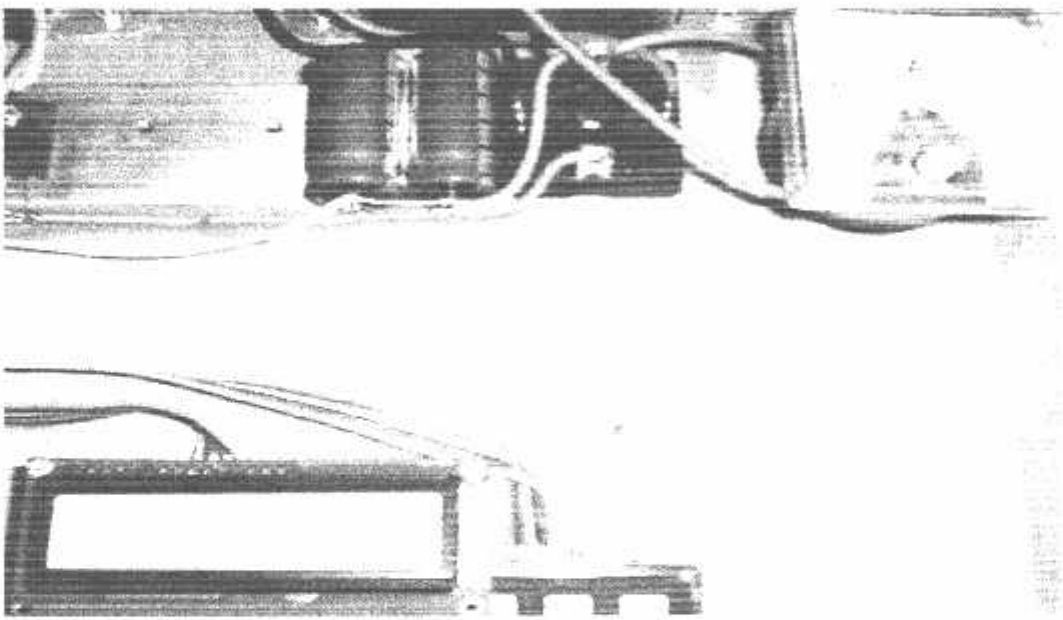


Gambar 4-5 Rangkaian Keseluruhan ¹⁶¹

4.4.3. Hasil dan Analisa

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan menggabungkan semua blok rangkaian dan menjalankan perangkat lunak yang telah dibuat untuk menjalankan peralatan. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kerja sistem keseluruhan.

➤ Hasil dari pengukuran dengan frekuensi 50 Hz adalah sebagai berikut :



Gambar 4-6 Hasil Pengujian frekuensi 50 Hz

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan menggabungkan masing-masing rangkaian (blok) dan menjalankan perangkat lunak (software) yang telah dibuat mampu untuk dioperasikan.

Dalam pengujian alat secara keseluruhan ini, alat akan mengontrol putaran motor dengan cara memasukkan data inputan berupa frekuensi yang diinginkan, sehingga putaran motor akan diketahui.

Sensor optocoupler yang terdapat pada motor mempunyai 64 kisi-kisi yang mana dalam 1 putaran akan menghasilkan pulsa sebanyak 32 pulsa. Dalam pengujian ini, sampel yang diambil penulis adalah, dalam 67,5 ms akan menghasilkan 90 putaran sehingga dalam 1 second akan didapatkan 41,6 putaran/second. Secara perhitungan dapat dituliskan sebagaimana berikut :

1 putaran – 32 pulsa

Sampel yang diambil : 67,5 ms = 90 putaran

Sehingga dalam 1 second didapatkan putaran sebanyak :

$$\begin{aligned} 1 \text{ second} &= \left(\frac{1000ms}{67,5ms} \times 90 \text{ putaran} + 32 \text{ pulsa} \right) \\ &= 41,6 \text{ putaran/second} \\ 1 \text{ menit} &= 2496 \text{ rad/menit} \end{aligned}$$

Adapun hasil pengujian dari alat secara keseluruhan diperlihatkan dalam tabel berikut :

Features

- Compatible with MC8 817 Products
- 8K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
 - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 1.0V to 5.0V Operating Range
- Full Static Operation: 0 Hz to 80 MHz
- 1000-Down Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 12 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Just Data Pointer
- Power-off Flag

Description

The AT89S52 is a low-power, high-performance (MCM) 8-bit microcontroller with 8K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Intel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S52 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

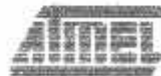
The AT89S52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on chip oscillator, 1 clock circuitry. In addition, the AT89S52 is designed with static logic for operation from 0 to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.



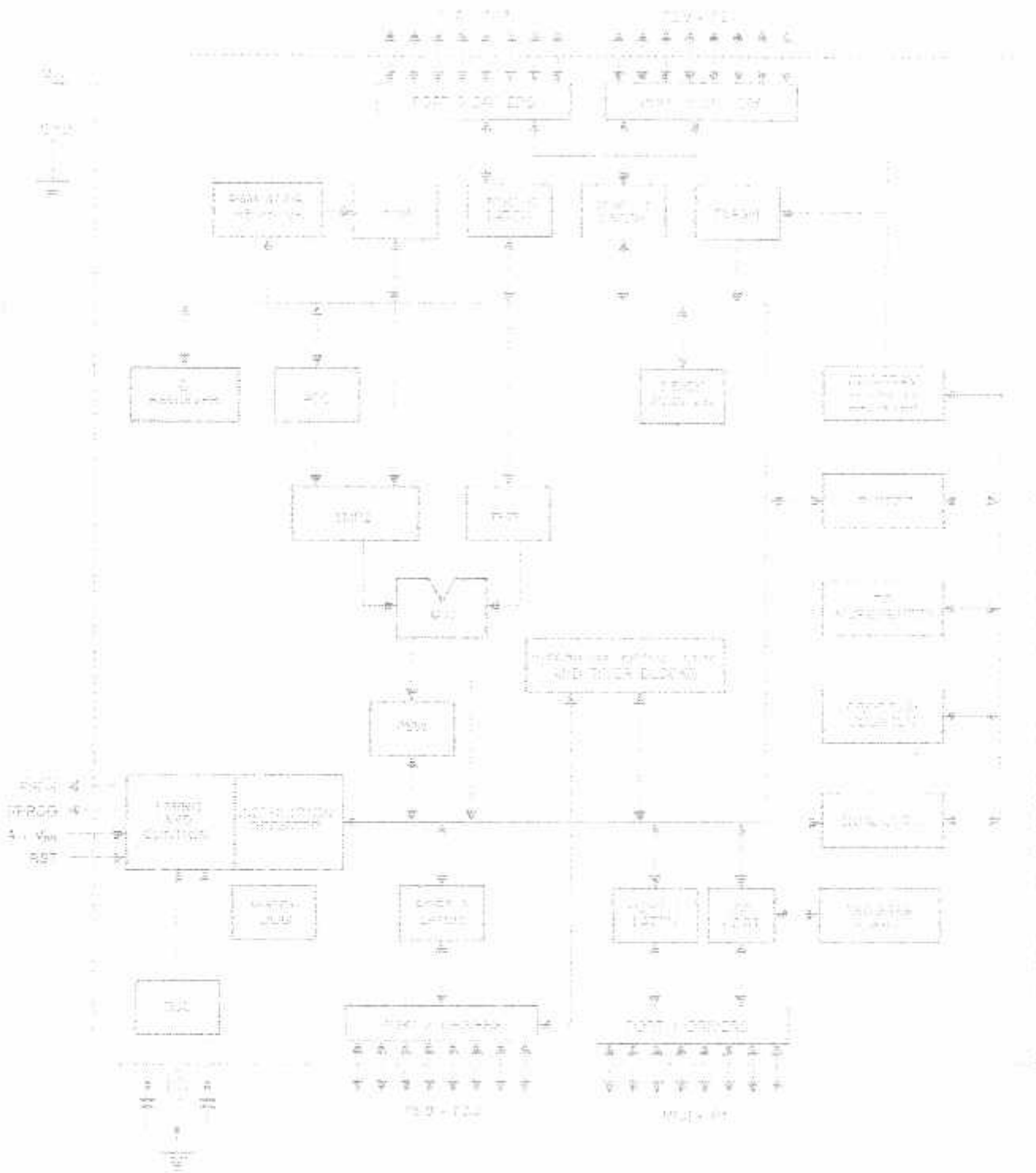
**8-bit
Microcontroller
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash**

AT89S52

Rev. 1015A-07/01



Block Diagram



is quickly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

EA

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

When the AT89S52 is executing code from external program memory, \overline{PSEN} is activated twice each machine cycle, except that two \overline{PSEN} activations are skipped during each access to external data memory.

VPP

External Access Enable. \overline{EA} must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH.

Note, however, that if lock bit 1 is programmed, \overline{EA} will be internally latched on reset.

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

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

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89S52 SFR Map and Reset Values

00H									00FH
01H	B								01FH
	00000000								
02H									02FH
03H	A13								03FH
	00000000								
04H									04FH
05H	PCW								05FH
	00000000								
06H	TC0H	TC0MD	RCAP2L	RCAP2H	TL2	TH2			06FH
	00000000	XXXXXXXX	00000000	00000000	00000000	00000000			
07H									07FH
08H	IP								08FH
	XX000000								
09H	PI								09FH
	11111111								
0AH	IE								0AFH
	0X000000								
0BH	P2		ALXRI				WURDI		0BFH
	11111111		XXXXXXXX				XXXXXXXX		
0CH	SCON	SMUR							0CFH
	00000000	XXXXXXXX							
0DH	P1								0DFH
	11111111								
0EH	TC0N	TC0MD	TL0	TL1	TH0	TH1	AUXR		0EFH
	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	XXXXXXXX		
0FH	P0	SP	DP0L	DP0H	DP1L	DP1H		PCON	0FFH
	11111111	00000111	00000000	00000000	00000000	00000000		0X000000	

Special Function Registers

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

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

Therefore software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke

new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Timer 2 Registers: Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 3) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

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

Table 2. T2CON – Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H		Reset Value = 0000 0000B						
Bit Addressable								
Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	CF2	CP/RL2
	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit 7	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.							
Bit 6	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and L2LVD = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (C2EN = 1).							
Bit 5	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 0. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.							
Bit 4	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 0. TCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the transmit clock.							
Bit 3	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.							
Bit 2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.							
Bit 1	Timer or counter selected for Timer 2. CF2 = 0 for timer operation, CF2 = 1 for external event counter (falling edge triggered).							
Bit 0	Capture/Reload select. CP/RL2 = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/RL2 = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.							

Memory Organization

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

Program Memory

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

In the AT89S52, if \overline{EA} is connected to V_{CC} , program fetches to addresses 0000H through 1FFFFH are directed to internal memory and fetches to addresses 2000H through 1FFFFH are to external memory.

Data Memory

AT89S52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The lower 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. This means that the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions which use direct addressing access of the SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, P2
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, A
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

Figure 7. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

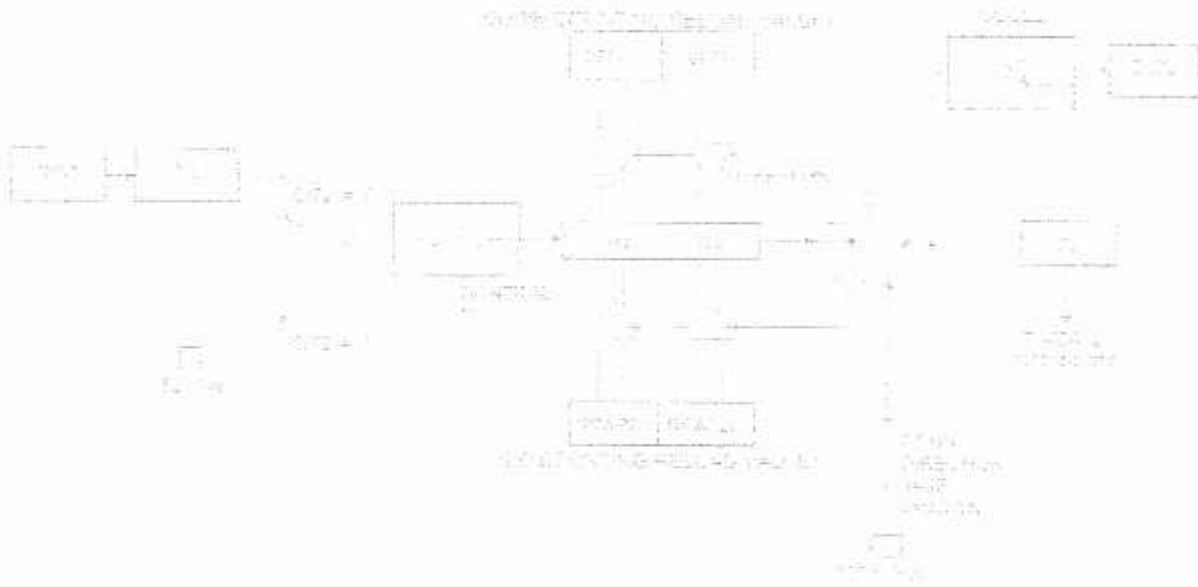


Figure 8. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



quency should be less than 1/16 of the crystal frequency. With a 33 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 2 MHz.

Serial Programming Algorithm

program and verify the AT89S52 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

Power-up sequence:

Apply power between VCC and GND pins.

Set RST pin to "H".

If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 33 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.

Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin

MOS/PI.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/PI.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 16.

The Code array is programmed one byte at a time by supplying the address and data together with the

appropriate Write instruction. The write cycle is self-timed and typically takes less than 1 ms at 5V.

4. Any memory location can be verified by using the Read instruction which returns the content of the selected address at serial output MOS/PI.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal device operation.

Power-off sequence (if needed):

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

Set RST to "L".

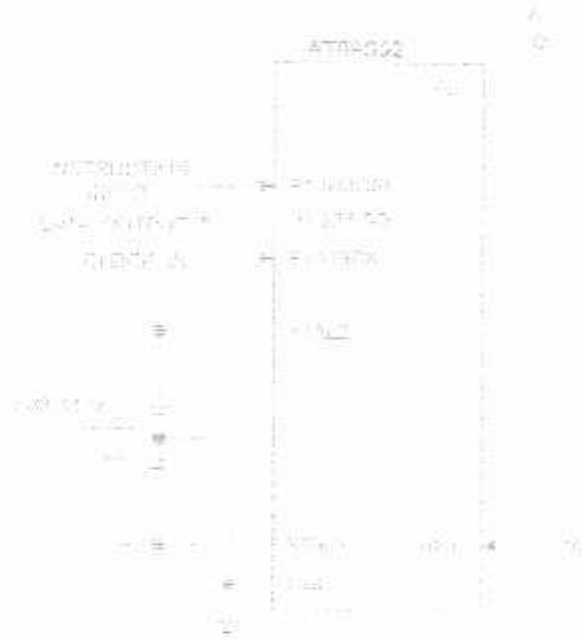
Turn V_{CC} power off.

Data Polling: The Data Polling feature is also available in the serial mode. In this mode, during a write cycle, an attempted read of the test byte written will result in the complement of the MSB of the serial output byte on MOS/PI.6.

Serial Programming Instruction Set

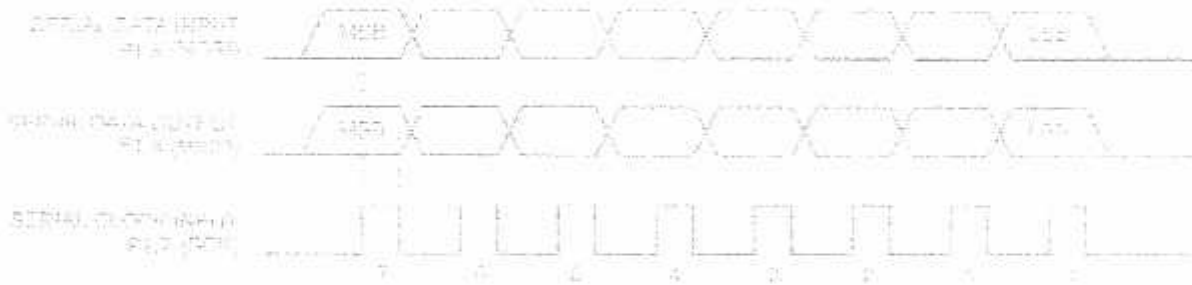
The Instruction Set for Serial Programming follows a 7-byte protocol and is shown in Table 10.

Figure 16. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 17. Serial Programming Waveforms



Serial Programming Characteristics

Figure 18. Serial Programming Timing

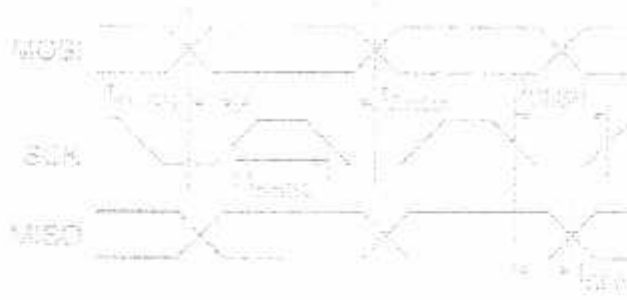


Fig. 19. Serial Programming Characteristics. $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
f _{CLK}	Oscillator Frequency	0		33	MHz
t _{CL}	Oscillator Period	30			ns
t _{SH}	SCK Pulse Width High	$2 t_{CL}$			ns
t _{SL}	SCK Pulse Width Low	$2 t_{CL}$			ns
t _{CH}	MOSI Setup to SCK High	t_{CL}			ns
t _{HX}	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CL}$			ns
t _{LV}	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
t _{ASE}	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
t _{BC}	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CL} + 400$	ns

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.5V
IO Output Current	15.0 mA

NOTICE

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

Characteristics

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

Model	Parameter	Condition	Min	Max	Units
1	Input Low Voltage	(Except EA)	0.5	$0.2 V_{CC} + 0.1$	V
	Input Low Voltage (EA)		0.5	$0.2 V_{CC} + 0.2$	V
2	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.0$	$V_{CC} + 0.5$	V
	Input High Voltage (XTAL1, RST)		$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
3	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1, 2, 3)	$I_{OL} = 1.5\text{ mA}$		0.45	V
	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2\text{ mA}$		0.45	V
4	Output High Voltage (Ports 1, 2, 3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = 80\text{ }\mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	0.4		V
		$I_{OH} = -25\text{ }\mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10\text{ }\mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
4	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = 800\text{ }\mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	0.4		V
		$I_{OH} = 300\text{ }\mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -30\text{ }\mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
5	Logical 0 Input Current (Ports 1, 2, 3)	$V_{CC} = 0.45\text{V}$		-20	μA
	Logical 1 or 0 Transition Current (Ports 1, 2, 3)	$V_{CC} = 2\text{V}$, $V_{OL} = 0\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
	Input Leakage Current (Port 0, EA)	$0.25 < V_{EE} < V_{CC}$		± 10	μA
31	Reset Pull-down Resistor		10	30	k Ω
	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	μA

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

Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA

Maximum I_{OL} per 8-bit port:

Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA

Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

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

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

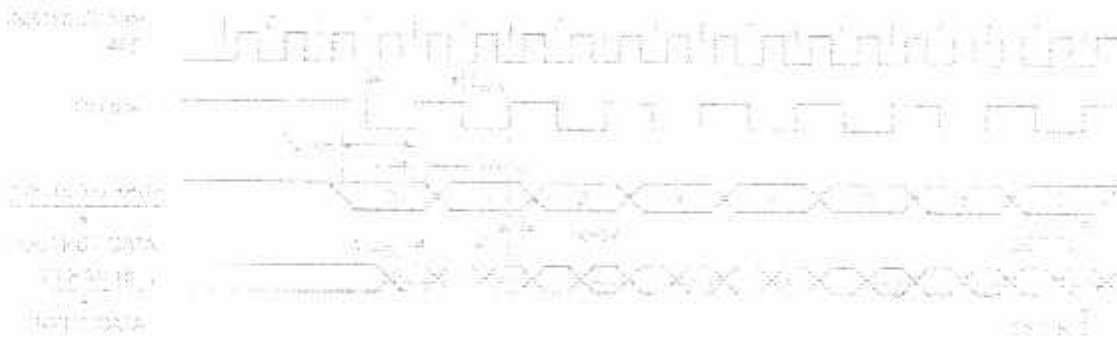


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

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

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{CLK}	Serial Port Clock Cycle Time	100		$12t_{CLK}$		μs
t_{DST}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLK} - 133$		ns
t_{DHD}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLK} - 60$		ns
t_{DIN}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{DVR}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLK} - 133$	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms



Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



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

Float Waveforms⁽¹⁾



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



Atmel Headquarters

Corporate Headquarters
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2800

Europe
Atmel Sarl
Route des Arsenaux 41
Case Postale 80
CH-1705 Fribourg
Switzerland
TEL (41) 26-428-5555
FAX (41) 26-428-5500

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

Japan
Atmel Japan K.K.
F. Toritsu Shinkawa Bldg.
-24-B Shinkawa
Shinjuku-ku Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3557
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Product Operations

Atmel Colorado Springs
1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 578-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Grenoble
Avenue de Rochepleine
BP 123
38521 Saint-Egreve Cedex, France
TEL (33) 4-7658-3000
FAX (33) 4-7658-3460

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

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

Atmel Roussat
Zone Industrielle
13106 Roussat Cedex, France
TEL (33) 4-4253-0000
FAX (33) 4-4253-6001

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

Fax-on-Demand
North America:
1-(800) 292-8635
International:
1-(408) 441-0732

E-mail
structure@atmel.com

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

888
1-(408) 432-4308

Atmel Corporation 2001

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

Atmel is the registered trademark of Atmel.

Intel is the registered trademark of Intel Corporation. Terms and product names in this document may be marks of others.

 Protected by copyright © 2001

Rev. 10/00 (07/01/00)

Octal buffer/line driver; 3-state

74HC/HCT541

FEATURES

- Non-inverting outputs
- Output capability: bus driver
- I_{CC} category: MSI

The 74HC/HCT541 are octal non-inverting buffer/line drivers with 3-state outputs. The 3-state outputs are controlled by the output enable inputs \overline{OE}_1 and \overline{OE}_2 . A HIGH on \overline{OE}_1 causes the outputs to assume a high impedance OFF-state.

The "541" is identical to the "540" but has non-inverting outputs.

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT541 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_r = t_f = 6\text{ ns}$

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay A_n to Y_n	$C_L = 15\text{ pF}$; $V_{CC} = 5\text{ V}$	10	12	ns
C_i	input capacitance		3.5	3.5	pF
C_{PD}	power dissipation capacitance per buffer	notes 1 and 2	37	39	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μW):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

f_i = input frequency in MHz

f_o = output frequency in MHz

$\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs

C_L = output load capacitance in pF

V_{CC} = supply voltage in V

2. For HC the condition is $V_i = \text{GND to } V_{CC}$
For HCT the condition is $V_i = \text{GND to } V_{CC} - 1.5\text{ V}$

ORDERING INFORMATION

See

Octal buffer/line driver; 3-state

74HC/HCT541

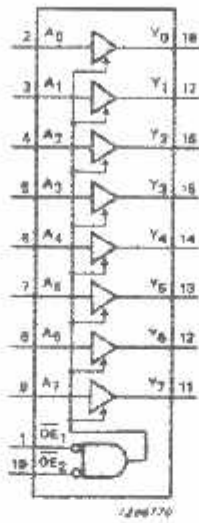


Fig.4 Functional diagram.

FUNCTION TABLE

INPUTS			OUTPUT
\overline{OE}_1	\overline{OE}_2	A_n	Y_n
L	L	L	L
L	L	H	H
X	H	X	Z
H	X	X	Z

Notes

1. H = HIGH voltage level
 L = LOW voltage level
 X = don't care
 Z = high impedance OFF-state

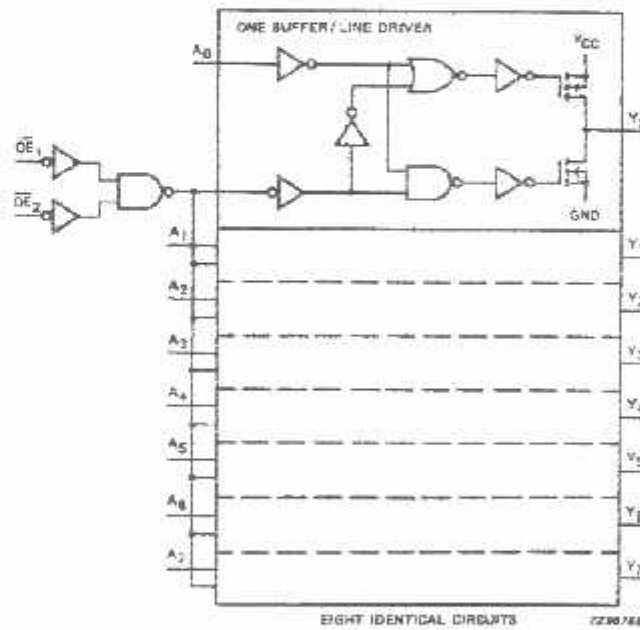


Fig.5 Logic diagram.

Octal buffer/line driver; 3-state

74HC/HCT541

DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see

Output capability: bus driver

CC category: MSI

Note to HCT types

The value of additional quiescent supply current (ΔI_{CC}) for a unit load of 1 is given in the family specifications. To determine ΔI_{CC} per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
\overline{OE}_1	1.50
\overline{OE}_2	1.00
A_n	0.70

AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

$\Delta ND = 0$ V; $t_r = t_f = 6$ ns; $C_L = 50$ pF

SYMBOL	PARAMETER	T_{amb} (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS		
		74HCT							V_{CC} (V)	WAVEFORMS	
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.				max.
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay A_n to Y_n		15	28		35		42	ns	4.5	Fig.6
t_{ZH}/t_{ZL}	3-state output enable time \overline{OE} to Y_n		21	35		44		53	ns	4.5	Fig.7
t_{HZ}/t_{LZ}	3-state output disable time \overline{OE} to Y_n		21	35		44		53	ns	4.5	Fig.7
t_{HL}/t_{LH}	output transition time		5	12		15		18	ns	4.5	Fig.6

Electrical Characteristics (MC7806)

(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 11\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7806			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	5.75	6.0	6.25	V	
		$5.0\text{mA} < I_O < 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 8.0\text{V to } 21\text{V}$	5.7	6.0	6.3		
Line Regulation (Note 1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 8\text{V to } 25\text{V}$	-	5	120	mV
			$V_I = 9\text{V to } 13\text{V}$	-	1.5	60	
Load Regulation (Note 1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	8	120	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{A}$	-	3	60	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 8\text{V to } 25\text{V}$	-	-	0.5	mA	
			-	-	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	45	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_I = 9\text{V to } 19\text{V}$	59	75	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{kHz}$	-	19	-	m Ω	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (MC7808)

(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 14\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7808			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	7.7	8.0	8.3	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O < 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 10.5\text{V to } 23\text{V}$	7.6	8.0	8.4		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 10.5\text{V to } 25\text{V}$	-	5.0	160	mV
			$V_I = 11.5\text{V to } 17\text{V}$	-	2.0	80	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5.0\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	10	160	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	5.0	80	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$	-	0.05	0.5	mA	
		$V_I = 10.5\text{V to } 25\text{V}$	-	0.5	1.0		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	52	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_I = 11.5\text{V to } 21.5\text{V}$	56	73	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{kHz}$	-	17	-	m Ω	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	230	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (MC7812)(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 19\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7812			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	11.5	12	12.5	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 14.5\text{V to } 27\text{V}$	11.4	12	12.6		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 14.5\text{V to } 30\text{V}$	-	10	240	mV
			$V_I = 16\text{V to } 22\text{V}$	-	3.0	120	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	11	240	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	5.0	120	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.1	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$	-	0.1	0.5	mA	
		$V_I = 14.5\text{V to } 30\text{V}$	-	0.5	1.0		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	76	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_I = 15\text{V to } 25\text{V}$	55	71	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{kHz}$	-	18	-	m Ω	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	230	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (MC7815)

(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 23\text{V}$, $C_F = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7815			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	14.4	15	15.6	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	14.25	15	15.75		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	-	11	300	mV
			$V_I = 20\text{V to } 26\text{V}$	-	3	150	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	12	300	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	4	150	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$	-	-	0.5	mA	
		$V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	-	-	1.0		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	90	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_I = 18.5\text{V to } 28.5\text{V}$	54	70	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{kHz}$	-	19	-	m Ω	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (MC7824)

(Refer to test circuit, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 33\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7824			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	23	24	25	V	
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_O < 15\text{W}$ $V_I = 27\text{V to } 38\text{V}$	22.8	24	25.25		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 27\text{V to } 38\text{V}$	-	17	480	mV
			$V_I = 30\text{V to } 36\text{V}$	-	6	240	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	15	480	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	5.0	240	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$	-	0.1	0.5	mA	
		$V_I = 27\text{V to } 38\text{V}$	-	0.5	1		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1.5	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	60	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_I = 28\text{V to } 38\text{V}$	50	67	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{kHz}$	-	28	-	m Ω	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	230	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (MC7806A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 11\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	5.58	6	6.12	V
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 8.6\text{V to } 21\text{V}$	5.76	6	6.24	
Line Regulation (Note1)	Regline	$V_I = 8.6\text{V to } 25\text{V}$ $I_O = 500\text{mA}$	-	5	60	mV
		$V_I = 9\text{V to } 13\text{V}$	-	3	60	
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 8.3\text{V to } 21\text{V}$	-	5	
		$V_I = 9\text{V to } 13\text{V}$	-	1.5	30	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$ $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	-	9	100	mV
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	-	4	100	
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	5.0	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	4.3	6	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	-	-	0.5	mA
		$V_I = 9\text{V to } 25\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	-	-	0.8	
		$V_I = 8.5\text{V to } 21\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	-	0.8	
Output Voltage Drift	$\Delta V/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$ $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$ $V_I = 9\text{V to } 19\text{V}$	-	65	-	dB
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2	-	V
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	17	-	m Ω
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (MC7809A)(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 15\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	8.82	9.0	9.18	V
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1A , $P_O < 15\text{W}$ $V_I = 11.2\text{V}$ to 24V	8.65	9.0	9.35	
Line Regulation (Note1)	Regline	$V_I = 11.7\text{V}$ to 25V $I_O = 500\text{mA}$	-	6	90	mV
		$V_I = 12.5\text{V}$ to 19V	-	4	45	
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 11.5\text{V}$ to 24V	-	6	
		$V_I = 12.5\text{V}$ to 19V	-	2	45	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$ $I_O = 5\text{mA}$ to 1.0A	-	12	100	mV
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1.0A	-	12	100	
		$I_O = 250\text{mA}$ to 750mA	-	5	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	6.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_I = 11.7\text{V}$ to 25V , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	-	0.8	mA
		$V_I = 12\text{V}$ to 25V , $I_O = 500\text{mA}$	-	-	0.8	
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1.0A	-	-	0.5	
Output Voltage Drift	$\Delta V/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1.0	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz}$ to 100kHz $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$ $V_I = 12\text{V}$ to 22V	-	62	-	dB
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.0	-	V
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{kHz}$	-	17	-	$\text{m}\Omega$
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (MC7812A)

(Refer to the test circuits, $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 19\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	11.75	12	12.25	V
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1A , $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 14.8\text{V}$ to 27V	11.5	12	12.5	
Line Regulation (Note1)	Regline	$V_I = 14.8\text{V}$ to 30V $I_O = 500\text{mA}$	-	10	120	mV
		$V_I = 16\text{V}$ to 22V	-	4	120	
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$				
		$V_I = 14.5\text{V}$ to 27V	-	10	120	
		$V_I = 16\text{V}$ to 22V	-	3	60	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$ $I_O = 5\text{mA}$ to 1.5A	-	12	100	mV
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1.0A	-	12	100	
		$I_O = 250\text{mA}$ to 750mA	-	5	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.1	6.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_I = 15\text{V}$ to 30V , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-		0.8	mA
		$V_I = 14\text{V}$ to 27V , $I_O = 500\text{mA}$	-		0.8	
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1.0A	-		0.5	
Output Voltage Drift	$\Delta V / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1.0	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz}$ to 100KHz $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$ $V_I = 14\text{V}$ to 24V	-	60	-	dB
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.0	-	V
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	18	-	$\text{m}\Omega$
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (MC7815A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 23\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	14.7	15	15.3	V	
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1A , $P_O < 15\text{W}$ $V_I = 17.7\text{V}$ to 30V	14.4	15	15.6		
Line Regulation (Note1)	Regline	$V_I = 17.9\text{V}$ to 30V $I_O = 500\text{mA}$	-	10	150	mV	
		$V_I = 20\text{V}$ to 26V	-	5	150		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 17.5\text{V}$ to 30V	-	11		150
			$V_I = 20\text{V}$ to 26V	-	3		75
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$ $I_O = 5\text{mA}$ to 1.5A	-	12	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1.0A	-	12	100		
		$I_O = 250\text{mA}$ to 750mA	-	5	50		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.2	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_I = 17.5\text{V}$ to 30V , $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	-	0.8	mA	
		$V_I = 17.5\text{V}$ to 30V , $I_O = 500\text{mA}$	-	-	0.8		
		$I_O = 5\text{mA}$ to 1.0A	-	-	0.5		
Output Voltage Drift	$\Delta V/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-1.0	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz}$ to 100KHz $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$ $V_I = 18.5\text{V}$ to 28.5V	-	58	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.0	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	19	-	m Ω	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	250	-	mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Typical Applications

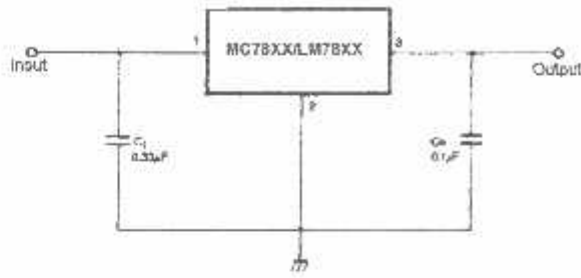


Figure 5. DC Parameters

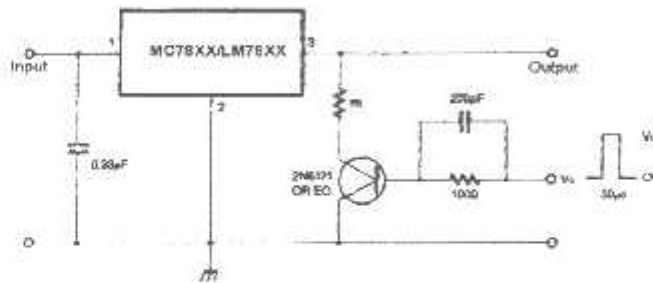


Figure 6. Load Regulation

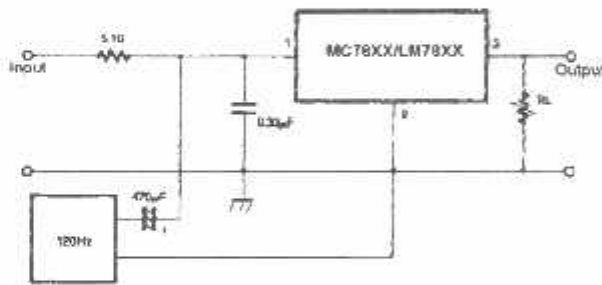


Figure 7. Ripple Rejection

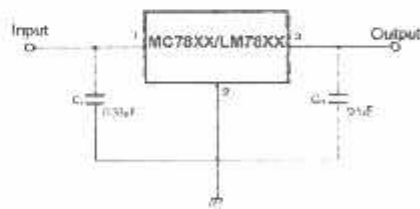


Figure 8. Fixed Output Regulator

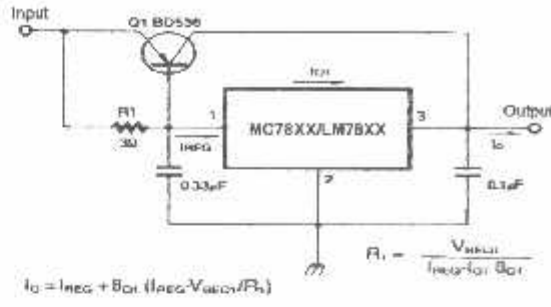


Figure 12. High Current Voltage Regulator

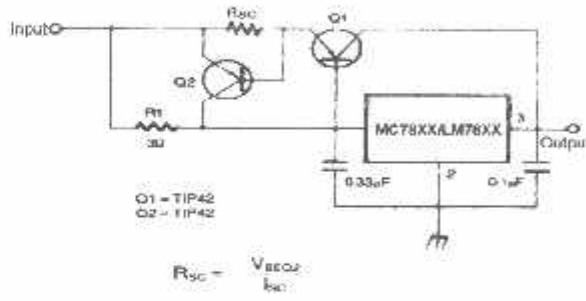


Figure 13. High Output Current with Short Circuit Protection

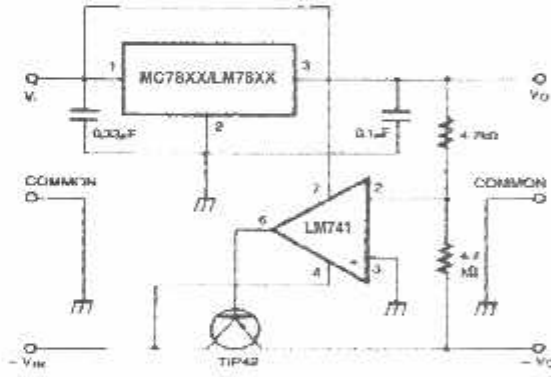
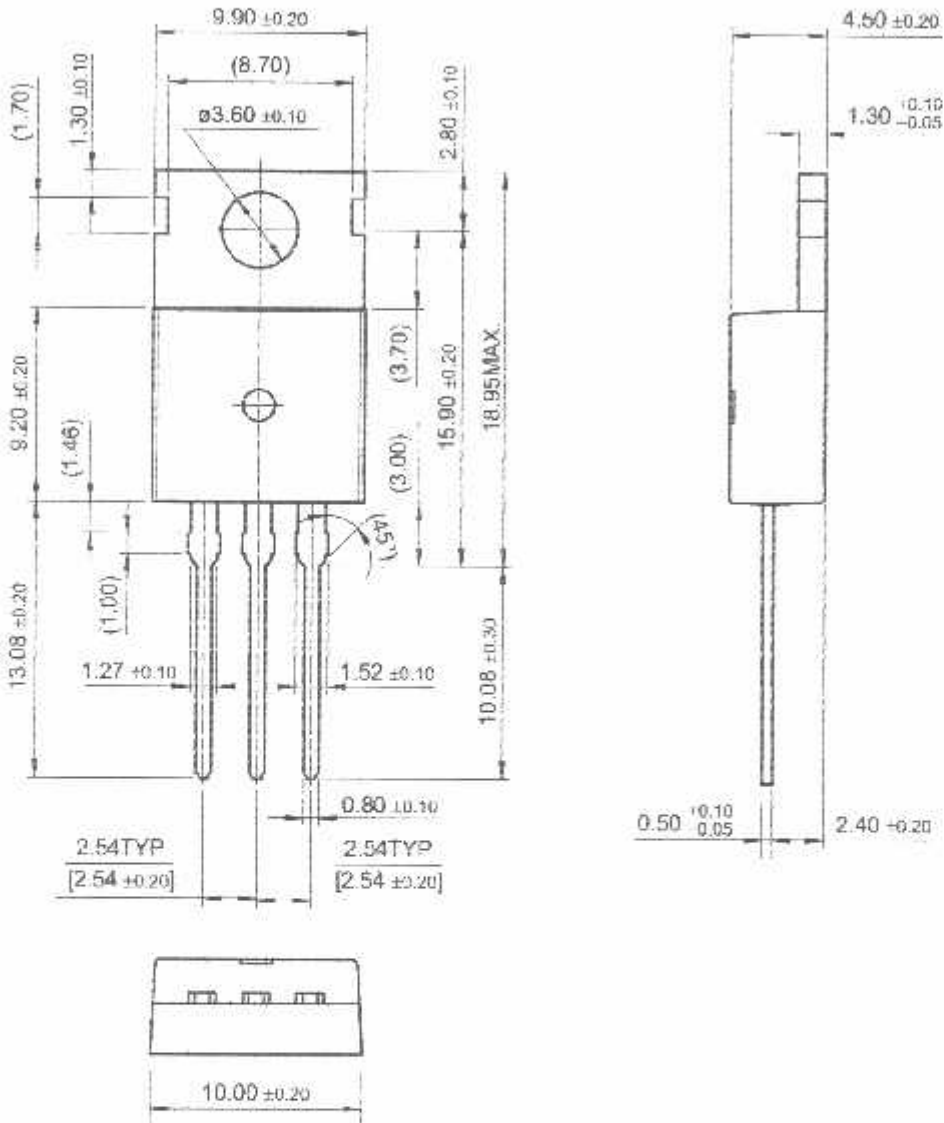


Figure 14. Tracking Voltage Regulator

Mechanical Dimensions

Package

TO-220



DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN. NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

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

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



Figure 2 Schematic diagram

Software:

The sample program here is written in 8051 assembly language and is designed to work with the hardware shown in Figure 2. It is based on a 240x64 display but is applicable to any Hantronix graphics display with the T6963C controller.

The program first resets the display. This reset must last a minimum of 2µS. It then sends a series of command bytes and parameters to the LCD controller to initialize it. The T6963C requires that the parameters, if any, are sent in the data mode and must precede the command byte, which is sent in the command mode.

The controller is initialized with the graphics page at 0000-077fh. This is 1920 bytes which will accommodate a full screen of data. No text is displayed in this example but the controller is initialized for text operation to illustrate the process. The text page starts immediately following the graphics page at location 0780h. All Hantronix graphics displays that have a built in T6963C controller also have 8k of built-in display RAM.

The FS (Font Select) line is set to a zero in this example which will place the 5x7 pixel character in a 8x8 pixel field. This will produce 30 characters per line with 8 lines per display ($\frac{240}{8}=30$). The total number of characters possible in this mode is 240. A one on the FS line will produce an 6x8 pixel field for each character.

After initialization the controller is set in the auto write mode and the display is filled with a bit-mapped graphic.

The code example is not written to be efficient but to be as simple as possible to follow.

Crystal Clear and Visibly Superior LCD Modules

Initialization:

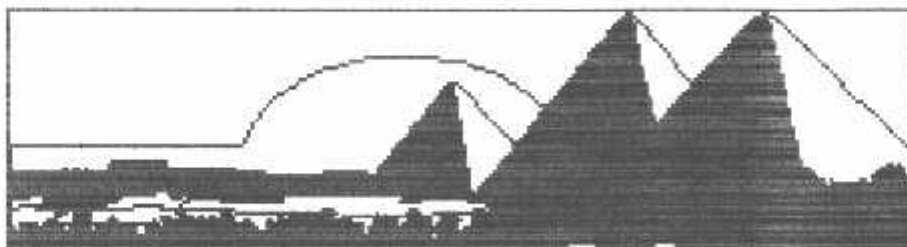
Before the LCD controller can accept or display data or text it must be initialized. This is usually done immediately after the system is powered up. The following chart lists the initialization commands and the parameters that accompany them along with a brief explanation of the function of each. Where a parameter is different for a display that differs in resolution from the 240x64 example, the alternate values are also listed.

Initialization bytes:

COMMAND	CODE	PARAMETERS*	FUNCTION
TEXT HOME ADDRESS	40h	80h, 07h	START OF THE TEXT STORAGE AREA IN DISPLAY RAM 0780h
TEXT AREA	41h	1eh, 00h (240x128, 240x64)	LINE LENGTH IN CHARACTERS $\frac{240}{8} = 30 = 1eh$ FOR AN 8 BIT CHARACTER CELL (FS=0), (28h FOR FS=1)
		14h, 00h (160x128)	LINE LENGTH IN CHARACTERS $\frac{160}{8} = 20 = 14h$ FOR AN 8 BIT CHARACTER CELL (FS=0), (1ah FOR FS=1)
		10h, 00h (128x128)	LINE LENGTH IN CHARACTERS $\frac{128}{8} = 16 = 10h$ FOR AN 8 BIT CHARACTER CELL (FS=0), (15h FOR FS=1)
GRAPHIC HOME ADDRESS	42h	00h, 00h	START OF THE GRAPHICS STORAGE AREA IN DISPLAY RAM 0000h
GRAPHIC AREA	43h	1eh, 00h (240x128, 240x64)	LINE LENGTH IN PIXELS $\frac{240}{8} = 30 = 1eh$
		14h, 00h (160x128)	LINE LENGTH IN PIXELS $\frac{160}{8} = 20 = 14h$
		10h, 00h (128x128)	LINE LENGTH IN PIXELS $\frac{128}{8} = 16 = 10h$
EXOR SET	81h	————	"EXOR" TEXT MODE
ADDRESS POINTER SET	24h	00h, 00h	LOCATION OF NEXT DATA WRITE (OR READ) IN THIS CASE THE BEGINNING OF THE GRAPHICS AREA
PLAY MODE SET	98h	————	TEXT OFF, GRAPHICS ON

*PARAMETERS ARE FORMATTED AS [LSB,MSB]

Displayed image:



```
*****
IES AND DATA
```

```
Initialization bytes for 240x64
```

```

:
db      80h,07h,40h      ;text home address
db      1eh,00,41h      ;text area
db      00,00,42h      ;graphic home address
db      1eh,00,43h      ;graphic area
db      00,00,91h      ;mode set
db      00,00,24h      ;address pointer set
db      00,00,58h      ;display mode set
db      0a1h

```

```

;
db      00,00,0a0h      ;auto mode
db      0a1h

```

```

;C Bitmap graphic data
the first 8 bytes are shown here
real graphic consists of 1920 bytes
binary data.

```

```

db      00h,00h,00h,00h,00h,00h,00h,00h
db      0a1h

```

```
end
```


How to use Intelligent L.C.D.s

By **Julyan Ilett**

An utterly "practical" guide to interfacing and programming intelligent liquid crystal display modules.

Part One

Recently, a number of projects using intelligent liquid crystal display (l.c.d.) modules have been featured in *EPE*. Their ability to display not just numbers, but also letters, words and all manner of symbols, makes them a good deal more versatile than the familiar 7-segment light emitting diode (l.e.d.) displays.

Although still quite expensive when purchased new, the large number of surplus modules finding their way into the hands of the "bargain" electronics suppliers, offers the hobbyist a low cost opportunity to carry out some fascinating experiments and realise some very sophisticated electronic display projects.

Basic Reading

This article deals with the character-based l.c.d. modules which use the Hitachi HD44780 (or compatible) controller chip, as do most modules available to the hobbyist. Of course, these modules are not quite as advanced as the latest generation, full size, full colour, backlit types used in today's laptop computers, but far from being "phased out," character-based l.c.d.s are still used extensively in commercial and industrial equipment, particularly where display requirements are reasonably simple.

The modules have a fairly basic interface, which mates well with traditional microprocessors such as the Z80 or the 6502. It is also ideally suited to the PIC microcontroller, which is probably the most popular microcontroller used by the electronics hobbyist.

However, even if, as yet, you know nothing of microcontrollers, and possess none of the PIC paraphernalia, don't despair, you can still enjoy all the fun of experimenting with l.c.d.s, using little more than a handful of switches!

Shapes and Sizes

Even limited to character-based modules, there is still a wide variety of shapes and sizes available. Line lengths of 8, 16, 20, 24, 32 and 40 characters are all standard, in one, two and four-line versions.

Command	Binary								Hex
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	1	01
Display & Cursor Home	0	0	0	0	0	0	1	x	02 or 03
Character Entry Mode	0	0	0	0	0	1	1/D	S	04 to 07
Display On/Off & Cursor	0	0	0	0	1	D	U	B	08 to 0F
Display/Cursor Shift	0	U	0	1	D/C	R/L	x	x	10 to 1F
Function Set	0	0	1	8/4	2/1	10/7	x	x	20 to 3F
Set CGRAM Address	0	1	A	A	A	A	A	A	40 to 7F
Set Display Address	1	A	A	A	A	A	A	A	80 to FF

1/D:	1=Increment*, 0=Decrement	R/L:	1=Right shift, 0=Left shift
S:	1=Display shift on, 0=Off*	8/4:	1=8-bit interface*, 0=4-bit interface
D:	1=Display on, 0=Off*	2/1:	1=2 line mode, 0=1 line mode*
U:	1=Cursor underline on, 0=Off*	10/7:	1=5x10 dot format, 0=5x7 dot format*
B:	1=Cursor blink on, 0=Off*		
D/C:	1=Display shift, 0=Cursor move	x = Don't care	* = Initialization settings

Table 2. The command control codes.

Set the data switches (S1 to S8) to 00001111 (\$0F) and ensure that the RS switch (S10) is "down" (logic 0), so that the device is in Command mode. Now press the E switch (S9) momentarily, which "enables" the chip to accept the data, and Hey Presto, a flashing cursor with underline appears in the top left hand position!

If a two-line module is being used, the second line can be switched on by issuing the Function Set command. This command also determines whether an 8-bit or a 4-bit data transfer mode is selected, and whether a 5 x 10 or 5 x 7 pixel format will be used. So, for 8-bit data, two lines and a 5 x 7 format, set the data switches to binary value 00111000 (\$38), leave RS (S10) set low and press the E switch, S9.

It will now be necessary to increase the contrast a little, as the two-line mode has a different drive requirement. Now set the RS switch to its "up" position (logic 1), switching the chip from Command mode to Character mode, and enter binary value 01000001 (\$41) on the data switches. This is the ASCII code for a capital A.

Press the E switch, and marvel as the display fills up with capital A's. Clearly, something is not quite right, and seeing your name in pixels is going to have to wait a while.

Bounce

The problem here is contact bounce. Practically every time the E switch is closed, its contacts will bounce, so that although occasionally only one character appears, most attempts will result in 10 or 20 characters coming up on the display. What is needed is a "debounce" circuit.

But what about the commands entered earlier, why didn't contact bounce interfere with them? In fact it did, but it doesn't matter whether a command is entered ("enabled") just once, or several times, it gets executed anyway. A solution to the bounce problem is shown in Figure 3.

the operational order is: set RS high, enter character, trigger E, leave RS high, enter another character, trigger E, and so on.

The first 16 codes in Table 3, 00000000 to 00001111, (\$00 to \$0F) refer to the CGRAM. This is the Character Generator RAM (random access memory), which can be used to hold user-defined graphics characters. This is where these modules really start to show their potential, offering such capabilities as bargraphs, flashing symbols, even animated characters. Before the user-defined characters are set up, these codes will just bring up strange looking symbols.

Codes 00010000 to 00011111 (\$10 to \$1F) are not used and just display blank characters. ASCII codes "proper" start at 00100000 (\$20) and end with 01111111 (\$7F). Codes 10000000 to 10011111 (\$80 to \$9F) are not used, and 10100000 to 11011111 (\$A0 to \$DF) are the Japanese characters.

Codes 11100000 to 11111111 (\$E0 to \$FF) are interesting. Although this last block contains mainly Greek characters, it also includes the lower-case characters which have "descenders." These are the letters *g*, *j*, *p*, *q* and *y*, where the tail drops down below the base line of normal upper-case characters. They require the 5 x 10 dot matrix format, rather than the 5 x 7, as you will see if you try to display a lower-case *j*, for example, on a 5 x 7 module.

Some one-line displays have the 5 x 10 format facility, which allows these characters to be shown unbroken. With 5 x 7 two-line displays, the facility can be simulated by borrowing the top three pixel rows from the second line, so creating a 5 x 10 matrix.

For this simulation, set line RS low to put the chip into Command mode. On the data switches, enter the Function Set command using binary value 00110100 (\$34). Press and release switch E. Return RS to high, and then send the character data for the last 32 codes in the normal way (remembering to trigger line E!).

Experiment 3: Addressing

When the module is powered up, the cursor is positioned at the beginning of the first line. This is address \$00. Each time a character is entered, the cursor moves on to the next address, \$01, \$02 and so on. This auto-incrementing of the cursor address makes entering strings of characters very easy, as it is not necessary to specify a separate address for each character.

It may be necessary, however, to position a string of characters somewhere other than at the beginning of the first line. In this instance, a new starting address must be entered as a command. Any address between \$00 and \$7F can be entered, giving a total of 128 different addresses, although not all these addresses have their own display location. There are in fact only 80 display locations, laid out as 40 on each line in two-line mode, or all 80 on a single line in one-line mode. This situation is further complicated because not all display locations are necessarily visible at one time. Only a 40-character, two-line module can display all 80 locations simultaneously.

Most are laid out conventionally, with two lines of characters, the first line starting at address 00000000 (\$00) and the second line at address 01000000 (\$40).

Two interesting exceptions were discovered during this article's research. The single-line module shown in Figure 4 is actually a two-line type, with the second line placed to the right of the first. In one-line mode, only the first 10 characters were visible.

The rather magnificent 4-line module is, actually, also a two-line type, with the two lines split and interlaced. This complicates the addressing a little, but can be sorted out with a bit of software.

Experiment 4: Shifting the Display

Regardless of which size l.c.d. module is being used, there are always 80 display locations that can be written to. On the smaller devices, not all 80 fit within the visible window of the module, but can be brought into view by shifting them all, either left or right, "beneath" the window area. This process must be carried out carefully, however, as it alters the relationship between addresses and their positions on the screen.

To experiment with shifting, first issue suitable Function Set, Display On/Off and Cursor commands, and, if necessary, the Clear Display command (you've met their codes above). Then enter all 26 letters of the alphabet as character data, e.g. 01000001 (\$41) to 01011010 (\$5A).

On a 16-character display, only *A* to *P* will be visible (the first 16 letters of the alphabet), and the cursor will have disappeared off the right-hand side of the display screen.

The Cursor/Display Shift command can now be used to scroll all the display locations to the left, "beneath" the l.c.d. window, so that letters *Q* to *Z* can be seen. The command is binary 00011000 (\$18). Each time the command is entered (and using the E switch), the characters shift one place to the left. The cursor will re-appear from the right-hand side, immediately after the *Z* character.

Carry on shifting (*wasn't that a film title? Ed!*), and eventually the letters *A*, *B*, *C*, and so on, will also come back in from the right-hand side. *Shifting* eventually causes complete rotation of the display locations.

The binary command 00011100 (\$1C) shifts the character locations to the right. It is important to note that this scrolling does not actually move characters into new addresses, it moves the whole address block left or right "underneath" the display window.

If the display locations are not shifted back to their original positions, then address \$00 will no longer be at the left-hand side of the display. Try entering an Address Set command of value 10000000 (\$80), after a bit of shifting, to see where it has moved to.

The Cursor Home command, binary 00000010 (\$02), will both set the cursor back to address \$00, and shift the address \$00 itself back to the left-hand side of the display. This command can be used to get back to a known good starting position, if shifting and address setting gets a bit out of control.

The Clear Display command does the same as Cursor Home, but also clears all the display locations.

One final word about the Cursor/Display Shift command: it is also used to shift the cursor. Doing this simply increments or decrements the cursor address and actually has very little in common with shifting the display, even though both are achieved using the same command.

Experiment 5: Character Entry Mode

Another command listed in Table 2 is Character Entry Mode. So far, characters have been entered using auto-incrementing of the cursor address, but it is also possible to use auto-decrementing. Furthermore, it is possible to combine shifting of the display with both auto-incrementing and auto-decrementing.

Consider an electronic calculator. Initially, a single zero is located on the right-hand side of the display. As numbers are entered, they move to the left, leaving the cursor in a fixed position at the far right. This mode of character entry can be emulated on the l.c.d. module. Time for another experiment:

Send suitable Function Set, Display On/Off and Cursor commands as before. Next, and assuming a 16-character display, set the cursor address to 00010000 (\$10). Then send the Character Entry Mode command, binary 00000111 (\$07). This sets the entry mode to auto-increment/display shift left.

Finally, enter a few numbers from 0 to 9 decimal, i.e. from 00110000 to 00111001 (\$30 to \$39). Characters appear on the right-hand side and scroll left as more characters are entered, just like a normal calculator.

As seen in Table 2, there are four different Character Entry modes, 00000100 to 00000111 (\$04 to \$07), all of which have their different uses in real life situations.

Experiment 6: User-Defined Graphics

Commands 01000000 to 01111111 (\$40 to \$7F) are used to program the user-defined graphics. The best way to experiment with these is to program them "on screen." This is carried out as follows:

First, send suitable Function Set, Display On/Off and Cursor commands, then issue a Clear Display command. Next, send a Set Display Address command to position the cursor at address 00000000 (\$00). Lastly, display the contents of the eight user character

locations by entering binary data 00000000 to 00000111 (\$00 to \$07) in turn. These characters will initially show up as garbage, or a series of stripes.

Now, send a Set CGRAM Address command, to start defining the user characters. Any value between 01000000 and 01111111 (\$40 and \$7F) is valid, but for now, use 01000000 (\$40). The cursor will jump to the beginning of the second line, but ignore this, as it is not important.

Data entered from now on will build up the user-defined graphics, row by row. Try the following sequence of data: 00001110, 00010001, 00001110, 00000100, 00011111, 00000100, 00001010, 00010001 (\$0E, \$11, \$0E, \$04, \$1F, \$04, \$0A, \$11). A little "stick man" will appear on the display, with his feet in the gutter (the cursor line)!

By entering another set of eight bytes, the second user character can be defined, and so on.

How the CGRAM addresses correspond to the individual pixels of the user-defined graphics characters is illustrated in Figure 5. Up to eight graphics can be programmed, which then become part of the character set and can be called up using codes 00000000 to 00000111 (\$00 to \$07), or codes 00001000 to 00001111 (\$08 to \$0F), both of which produce the same result, i.e. 64 command codes available for user programming.

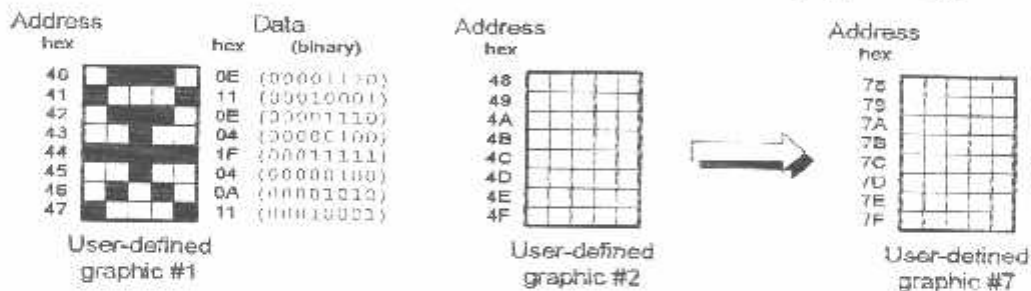


Figure 5: Showing how the CGRAM addresses correspond to individual pixels.

It can be seen that the basic character cell is actually eight pixels high by five pixels wide, but most characters just use the upper seven rows. The bottom row is generally used for the underline cursor. Since each character is only five pixels wide, only data bits 0 to 4 are used, bits 5 to 7 (the three "left-hand" bits) are ignored.

The CGRAM is volatile memory, which means that when the power supply is removed from the l.c.d. module, the user-defined characters will be lost. It is necessary for the microprocessor to load up the user-defined characters, by copying data from its own EPROM, early on in the program, certainly before it intends to display them.

Experiment 7: 4-Bit Data Transfer

The HD44780 l.c.d. control chip, found in most l.c.d. modules, was designed to be compatible with 4-bit microprocessors. The 4-bit mode is still very useful when interfacing to microcontrollers, including the PIC types.

Microcontroller input/output (I/O) pins are often at a premium and have to be rationed carefully between the various switches, displays and other input and output devices in a typical circuit. Bigger microcontrollers are available, which have more I/O pins, but miniaturisation is a key factor these days, along with cost, of course.

Once the display is put into 4-bit mode, using the Function Set command, it is a simple matter of sending two "nibbles" instead of one byte, for each subsequent command or character.

Nibble is a name devised by early computer enthusiasts in America, for half a byte, and is one of the more frivolous terms that has survived. By the time the 16-bit processors arrived, computing was getting serious, and the consumption analogies "gobble" and "munch" were never adopted!

When using 4-bit mode, only data lines D4 to D7 are used. On the prototype test rig, set the switches on the other lines, D0 to D3, to logic 0, and leave them there. Another experiment is now imminent.

In normal use, the unused data I/O lines D0 to D3 should either be left floating, or tied to one of the two power rails via a resistor of somewhere between 4k7[C24] and 47k[C24]. It is undesirable to tie them directly to ground unless the R/W line is also tied to ground, preventing them from being set into output mode. Otherwise the device could be programmed erroneously for 8-bit output, which could be unkind to lines D0 to D3, even though current limiting exists.

After power on, the l.c.d. module will be in 8-bit mode. The Function Set command must first be sent to put the display into 4-bit mode, but there is a difficulty. With no access to the lower four data lines, D0 to D3, only half the command can be applied.

Fortunately, or rather, by clever design, the 8-bit/4-bit selection is on data bit D4, which, even on the modified test rig, remains accessible. By sending a command with binary value 00100000 (\$20), the 4-bit mode is invoked.

Now, another Function Set command can be sent, to set the display to two-line mode. Binary value 00101000 (\$28) will do the trick. The value 00111000 (\$38) may be a more familiar number, but it cannot be used now, or the display would be put straight back into 8-bit mode! Also, from now on, all commands and data must be sent in two halves, the upper four bits first, then the lower four bits.

Start by setting data lines D7, D6, D5 and D4 to 0010 (\$2), the left-hand four bits of the 8-bit code, and press the E switch. Then we set the same four data lines to 1000 (\$8), the right-hand four bits of the 8-bit code, and press the E switch again. It's a lot more laborious for a human being, but to a microcontroller, it's no problem!

Finish off by experimenting with other commands in 4-bit mode, and then try putting a few characters on the display.

A Final Note

The data sheets warn that under certain conditions, the l.c.d. module may fail to initialise properly when power is first applied. This is particularly likely if the V_{dd} supply does not rise to its correct operating voltage quickly enough.

It is recommended that after power is applied, a command sequence of three bytes of value 0011XXXX (\$3X) is sent to the module. The value \$30 is probably most convenient. This will guarantee that the module is in 8-bit mode, and properly initialised. Following this, switching to 4-bit mode (and indeed all other commands) will work reliably.

That's it – For Now!

Well, that's about it, really. You've made it this far, so now you know everything there is to know about l.c.d. modules. Well, almost everything!

The next step, of course, is to connect the display up to a controller of some sort, such as a PIC microcontroller, as will be seen next month. Then we *shall* also consider such things as signal timing and instruction delays.

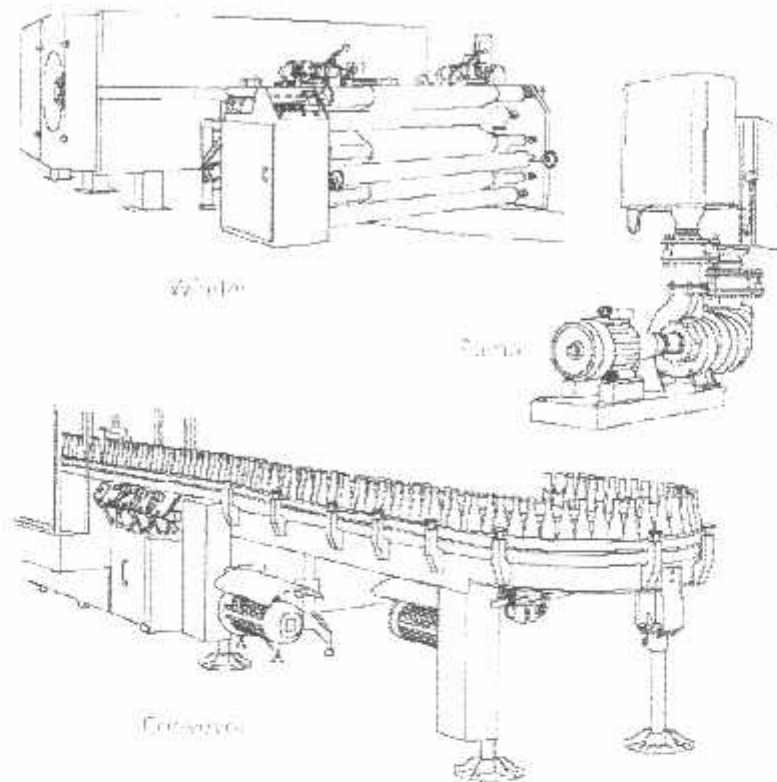
Acknowledgement

The author expresses his gratitude to Bull Electrical in Hove and Greenweld Electronics in Southampton for their help in connection with this article.

Motor AC digunakan secara luas, di permukiman, kawasan perdagangan, industri, maupun di bidang lain. Motor AC mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor AC bisa menjadi bagian dari pompa air, kipas angin atau disambungkan dengan beberapa bentuk peralatan mekanik lainnya seperti *blower*, *konveyor*, atau *mixer*. Motor AC ditemukan dalam berbagai aplikasi dari yang memerlukan motor tunggal sampai aplikasi yang memerlukan beberapa motor.

Jenis-Jenis Motor AC

Dari segi hubungan putaran dan frekuensi /putaran *fluks* magnet stator, motor AC dibedakan atas, pertama, motor serempak (*motor sinkron*), disebut demikian karena putaran motor sama dengan putaran *fluks* magnet stator, motor tidak dapat berputar sendiri meski lilitan stator telah dihubungkan dengan tegangan luar, agar bergerak perlu penggerak permulaan, umumnya menggunakan mesin lain. Kedua, motor *asinkron* (motor takserempak), putaran motor tidak sama dengan putaran *fluks* magnet stator, ada selisih yang disebut slip.



Gambar 5.1.

Sedangkan dari segi cara rotor menerima tegangan atau arus , ada dua jenis motor yaitu:

- a. motor yang rotornya menerima tegangan secara langsung
- b. motor induksi , penerimaan tegangan dan arus pada rotor dilakukan dengan jalaan induksi . Jadi pada motor induksi, rotor tidak langsung menerima tegangan atau arus dari luar.

Dan ditinjau dari jumlah fasa tegangan yang digunakan dapat dikenal dua jenis motor :

- a. motor satu fasa , untuk menghasilkan tenaga mekanik, dimasukkan tegangan satu fasa . Yang sering digunakan motor satu fasa dengan lilitan dua fasa (maksudnya dalam motor satu fasa lilitan statornya terdiri dua jenis lilitan, yaitu lilitan pokok dan lilitan bantu . Dibuat sehingga walaupun arus yang mengalir pada motor adalah arus/tegangan satu fasa tetapi akan mengakibatkan arus yang mengalir pada masing-masing lilitan mempunyai perbedaan fasa, disebut juga motor fasa bela, ada bermacam motor satu fasa: motor kapasitor, motor kutub bayangan, motor repulse, motor seri
- b. motor tiga fasa , untuk menghasilkan tenaga mekanik tegangan yang dimasukkan pada motor tersebut adalah tegangan tiga fasa.

Bab ini akan membahas khusus hanya motor AC jenis induksi tiga fasa. Pembahasan meliputi: konstruksi, cara kerja dan spesifikasinya, sehingga didapatkan gambaran yang jelas saat akan dilakukan penerapan motor untuk suatu penerapan.

Konstruksi Motor Induksi

Motor tipe ini digambarkan seperti gambar di bawah ini. Tiga bagian dasar dari motor AC adalah rotor, stator dan badan penutup.



Gambar 5.2, Bagian Motor Induksi tiga fasa

Konstruksi Stator

Stator dan rotor merupakan rangkaian listrik yang akan menghasilkan elektromagnet. Stator adalah bagian yang diam dari motor. Stator tersusun dari kumparan stator dan inti.

Inti dari stator tersusun dari tumpukan lempengan besi tipis yang laminasi dan disatukan. Inti berfungsi sebagai dukungan mekanis sekaligus kanalisasi *fluks* magnet yang akan dihasilkan.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Jl.Raya Karanglo Km. 2
Malang

FORMULIR PERBAIKAN UJIAN SKRIPSI

Dalam melaksanakan Ujian Skripsi Jenjang Strata I Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Elektronika, perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

Nama : Budhi Kartika
NIM : 99.17.231
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Masa Bimbingan : 11 Agustus 2008 s/d 11 Pebruari 2009
Judul skripsi : Perancangan dan Pembuatan Alat Pengaturan Kecepatan Motor AC 1 Phasa Berbasis Mikrokontroler AT89S52 Dengan Menggunakan Algoritma DDS (*Direct Digital Synthesis*).

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	20-10-2008	<ul style="list-style-type: none">• BAB III• Pengujian Optocoupler• Kesimpulan	

Mengetahui,
Dosen Penguji I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Dosen Penguji II

Irmalia Suryani, ST, MT
NIP. Y. 1030100365

Dosen Pembimbing I

Ir. F. Yudi L. Praptono, MT
NIP. Y. 1.039.500.274

Dosen Pembimbing II

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. Y. 1018800188



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : BUDHI KARTIKA
nim : 9917231
Tgl Bimbingan : 9 JUNI 2008 s/d 9 DESEMBER 2008
Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGATURAN KECEPATAN MOTOR AC 1 FASE BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S52 DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA DDS (DIRECT DIGITAL SYNTHESIS)

O	TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING
.	12-08-2008	BAB I, II (revisi)	
.	15-08-2008	Perancangan Sistem	
.	18-08-2008	Analisa Sistem	
.	22-08-2008	BAB III	
.	29-08-2008	Sensor Optocoupler	
.	19-09-2008	Flowchart Sistem	
.	19-09-2008	BAB IV Pengujian	
.	20-09-2008	BAB V Kesimpulan	
.	20-09-2008	Makalah Seminar Hasil	
.	25-09-2008	Kompre	

Malang,
Dosen Pembimbing I

Ir.F.Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y.1039500274

Form S-4 B



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : BUDHI KARTIKA
NIM : 9917231
Masa Bimbingan : 9 JUNI 2008 s/d 9 DESEMBER 2008
Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGATURAN KECEPATAN MOTOR AC 1 FASE BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S52 DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA DDS (DIRECT DIGITAL SYNTHESIS)

O	TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING
.	12-08-2008	BAB I, II (revisi)	
.	15-08-2008	Perancangan Sistem	
.	18-08-2008	Analisa Sistem	
.	22-08-2008	BAB III	
.	29-08-2008	Sensor Optocoupler	
.	19-09-2008	Flowchart Sistem	
.	19-09-2008	BAB IV Pengujian	
.	20-09-2008	BAB V Kesimpulan	
.	20-09-2008	Makalah Seminar Hasil	
.	25-09-2008	Kompre	

Malang,
Dosen Pembimbing II

Ir.M. Abdul Hamid, MT
NIP.Y. 1018800188

Form S-4 B

.
