

**RANCANG BANGUN DETEKSI KONDISI EMOSIONAL
BERDASARKAN TANGGAPAN ELEKTROSTATIC
KULIT MANUSIA OLEH KENDALI MIKROKONTROLLER
YANG DI KONEKSIKAN KE PC**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Elektronika*

**Disusun oleh :
MU'ASIR ARDIANTO
03.17.024**



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

LEMBAR PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN DETEKSI KONDISI EMOSIONAL BERDASARKAN TANGGAPAN ELEKTROSTATIC KULIT MANUSIA OLEH KENDALI MIKROKONTROLLER YANG DIKONEKSIKAN KE PC

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

MU'ASIR ARDIANTO
03.17.024

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT
NIP. Y. 102 870 0167



Sotyohadi, ST
NIP.Y. 103 970 0309

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. E. YUDI LIMPRAPTONO, MT
NIP.Y. 103 950 0274

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



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Mu'asir Ardianto
NIM : 03.17.024
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Masa Bimbingan : 05 Juni 2008 s/d 05 Desember 2008
Judul Skripsi : Rancang Bangun Deteksi Kondisi Emosional
Berdasarkan Tanggapan Elektrostatic Kulit Manusia Oleh
Kendali Mikrokontroller Yang Dikoneksikan Ke PC

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 23 September 2008
Dengan Nilai : 74,8 (B+) *By*

Panitia Ujian Skripsi



Ketua Majelis Penguji

(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
NIP. Y. 1018100036

Sekretaris Majelis Penguji

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

Anggota Penguji

Penguji I

(M. Ashar, ST, MT)
NIP.Y.1030500408

Penguji II

(Ibrahim Ashari, ST.MT)
NIP.P.1030100358

ABSTRAKSI

RANCANG BANGUN DETEKSI KONDISI EMOSIONAL BERDASARKAN TANGGAPAN ELEKTROSTATIC KULIT MANUSIA OLEH KENDALI MIKROKONTROLLER YANG DIKONEKSIKAN KE PC

(Mu'asir Ardianto, 03.17.024, Teknik Elektro/Elektronika S-1)

(Dosen Pembimbing I : Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT)

(Dosen Pembimbing II : Sotyahadi, ST)

Kata kunci : Mikrokontroler, *biopotensial*, Personal Computer

Penyakit stress merupakan penyakit yang diakibatkan adanya tekanan dan ketidakstabilan emosi. Manusia cenderung menganggap penyakit ini tidak berbahaya. padahal jika hal ini dibiarkan secara terus menerus akan berakibat fatal. Manusia lebih suka mengkonsumsi obat penenang untuk mengatasi stres daripada mencari penyebabnya.

Besaran tingkat stres dapat diketahui melalui pengukuran ketegangan kulit manusia. Hal ini dikarenakan nilai biopotensial pada permukaan kulit dapat berubah sesuai dengan perubahan keadaan tekanan dan emosi, karena pada saat kondisi stres dapat mempengaruhi bekerjanya pembuluh darah untuk *vasokontraksi* (menyempit) dan *vasodilatasi* (melebar). Pada kondisi stres adrenalin banyak dikeluarkan dan pembuluh darah menyempit, sehingga tegangan biopotensial akan naik. Hal inilah yang mendasari perancangan alat untuk mendeteksi seberapa besar tingkat stres dari manusia dengan mengetahui tegangan pada permukaan kulit manusia.

Dari hasil perancangan alat dapat diketahui bahwasannya tegangan pada permukaan kulit berkisar antara $\pm 1-5$ mili Volt, dan apabila dalam keadaan normal tegangan biopotensial berkisar antara 1-3 mili Volt. Dengan mengetahui tegangan pada permukaan kulit manusia maka akan memperkuat dari analisa kesehatan yang diberikan oleh Dokter atau Psikiater.

KATA PENGANTAR

Atas Berkat Rahmat Allah Yang Maha Kuasa, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul “Rancang bangun deteksi kondisi emosional berdasarkan tanggapan elektrostatic kulit manusia oleh kendali mikrokontroller yang dikoneksikan ke pc”

Pembuatan Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat akhir kelulusan pendidikan jenjang Strata-1 di Institut Teknologi Nasional Malang. Laporan Skripsi ini merupakan tanggung jawab tertulis atas ilmu pengetahuan yang didapat selama penyusun mengikuti kuliah.

Atas terselesaikannya Skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
- Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
- Bapak Ir. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S1 / Elektronika.
- Bapak Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT dan Bapak Sotyohadi, ST, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, serta ilmu-ilmu yang sangat berharga sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
- Teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak yang perlu disempurnakan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Akhir kata, penulis mohon maaf kepada semua pihak bilamana selama penyusunan Skripsi ini penyusun membuat kesalahan secara tidak sengaja dan semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, September 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan tujuan.....	2
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika.....	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Anatomi Kulit	5
2.1.1. Bagaian-bagaian Kulit Manusia.....	5
2.1.2. Fungsi-fungsi Dari Kulit.....	6
2.1.3. Saraf Pada Jaringan Kulit.....	6
2.1.4. Mekanisme Kontraksi Kulit.....	7

2.2. Aktivitas Listrik Dalam Sel	8
2.3. Pengertian Stres	9
2.3.1 Tanda-tanda Penderita Penyakit Stres	11
2.3.2 Penyebab-penyebab Penyakit Stres	11
2.4. Transduser	12
2.5. Rangkaian Pengkondisi Sinyal	14
2.6. Mikrokontroler AVR Atmega 8.....	16
2.6.1 Pendahuluan.....	16
2.6.2. Memori Program (<i>Flash Room</i>).....	19
2.6.3. Memori Data.....	20
2.6.3.1. Register Serba Guna	20
2.6.3.2. Register I/O	21
2.6.3.3. SRAM Internal dan Eksternal.....	21
2.6.4. Reset dan Interupsi.....	22
2.6.5. Timer / Counter 0.....	23
2.6.6. EEPROM (<i>Electrical Erasble Programable Read Only</i> <i>Memory</i>).....	24
2.6.7. Port-port I/O.....	25
2.6.8. Osilator Kristal.....	26
2.7. Rangkaian Antar Muka Serial.....	27
2.7.1. Protokol Komunikasi Pada RS 232.....	28
2.7.2. Register Kontrol Port Serial.....	30

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Pendahuluan.....	33
3.2. PerancanganPerangkat Keras (<i>HardWere</i>).....	35
3.2.1. Catu Daya.....	35
3.2.2. Tranduser	36
3.2.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal	36
3.2.4. Perancangan Rangkaian Mikrokontroller ATmega8	38
3.2.4.1. Sistem Minumum ATmega 8.....	38
3.2.4.2. Perancangan Rangkaian Reset.....	39
3.2.4.3. Penginisialisasian Port Serial Pada Mikrokontroler .	41
3.2.4.4. Pengaturan Boudrate Pada Komunikasi Serial	42
3.2.5. Komunikasi Serial RS 232.....	42
3.2.6. Personal Computer (pc).....	43
3.3. Perancangan Perangkat Lunak	44
3.3.1. Flowchart Mikrokontroller	44
3.3.2. Flowchart pada Perangkat Lunak.....	46

BAB IV PENGUJIAN ALAT

4.1. Pendahuluan.....	47
4.2. Tujuan Pengujian	47
4.3. Pengujian Antar Muka Serial	47
4.3.1. Tujuan	47
4.3.2. Peralatan Yang Digunakan	48
4.3.3. Langkah Pengujian.....	48

4.3.3.1. Pengujian Perubahan Level Tegangan.....	49
4.3.3.2. Pengujian Sistem Komunikasi Rangkaian Antar Muka Dengan PC.....	50
4.4. Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	53
4.4.1. Tujuan	53
4.4.2. Peralatan Yang Digunakan	53
4.4.3. Prosedur Pengujian	53
4.4.4. Hasil dan Analisa Pengujian	54
4.5. Pengujian Keseluruhan Sistem	56
4.5.1. Tujuan	56
4.5.2. Peralatan Yang Digunakan	56
4.5.3. Langkah-langkah pengujian.....	56
4.5.4. Analisa	57
4.6. Pengujian Kalibrasi Alat.....	60
4.7. Pengujian Posisi Transduser.....	61
4.8. Proses Pengambilan Data.....	63
4.9. Spesifikasi Alat.....	65
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Struktuer Anatomi Kulit	5
Gambar 2-2	Kurva Kinerka Manusia.....	9
Gambar 2-3	Rangkaian Equivalent Dari Struktur Kulit.....	10
Gambar 2-4	Elektroda Floating.....	13
Gambar 2-5	Pemasangan Sensor Electroda	13
Gambar 2-6	Struktur Sensor Electroda	14
Gambar 2-7	Rangkaian Equivalent Sensor Electroda.....	12
Gambar 2-8	Rangkaian OP-AMP Non Inverting.....	15
Gambar 2-9	Konfigurasi Pin ATmega 8	16
Gambar 2-10	Arsitektur AVR ATmega 8.....	17
Gambar 2-11	Blok Diagram AVR ATmega 8	18
Gambar 2-12	Memory MAPS.....	19
Gambar 2-13	Register Serba Guna	20
Gambar 2-14	Register X,Y dan Z	20
Gambar 2-15	Status Register	21
Gambar 2-16	Map Memori Data.....	21
Gambar 2-17	Timer/Counter Prescaler	23
Gambar 2-18	Blok Diagram Timer/Counter	24
Gambar 2-19	Koneksi Osilator	26
Gambar 2-20	Konfigurasi Drive External Clock	26
Gambar 2-21	Konfigurasi RS 232 (MAXIM).....	27

Gambar 2-22	Rangkaian Operasi MAX 232.....	29
Gambar 2-23	Register SCON.....	30
Gambar 3-1	Diagram Blok Rangkaian.....	34
Gambar 3-2	Cara Pemasangan Sensor	36
Gambar 3-3	Rangkaian Pengkondisi Sinyal	37
Gambar 3-4	Rangkaian Mikrokontroller AVR ATmega 8	39
Gambar 3-5	Perancangan Rangkaian Reset ATmega 8	39
Gambar 3-6	Rangkaian Antar Muka Serial.....	43
Gambar 3-7	Tampilan Awal Program Pada PC	44
Gambar 3-8	Diagram Alir Program Mikrokontroller.....	45
Gambar 3-9	Flowchart Aplikasi Secara Umum	46
Gambar 4-1	Diagram Blok Pengujian Rangkaian Antar Muka Serial.....	48
Gambar 4-2	Hasil Pengukuran Tegangan Output Mikrokontroller AVR ATmega8.....	49
Gambar 4-3	Hasil Pengukuran Tegangan Output Positif IC MAX232	50
Gambar 4-4	Hasil Pengukuran Tegangan Output Negatif IC MAX232.....	50
Gambar 4-5	Rangkaian Pengujian Komunikasi Rangkaian Antar Muka Serial.....	50
Gambar 4-6	Tampilan Jendela Program HyperTerminal	51
Gambar 4-7	Membuat Sambungan Hyper Terminal.....	51
Gambar 4-8	Pengaturan Serial COM	52
Gambar 4-9	Pengaturan Boudrate.....	52

Gambar 4-10	Hasil Uji Coba Komunikasi Rangkaian Antar Muka Serial RS232 ke PC.....	52
Gambar 4-11	Diagram Blok Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal.....	53
Gambar 4-12	Rangkaian Pengkondisi Sinyal	53
Gambar 4-13	Diagram Blok Pengujian Sistem Pendeteksi Tekanan Kondisi Emosional.....	56
Gambar 4-14	Tampilan Awal Dari Program Deteksi Kondisi Emosional.....	57
Gambar 4-15	Tampilan Hasil Pengukuran dan Pernyataan Dari Hasil Eksekusi Pengukuran.....	58
Gambar 4-16	Cara Menyimpan Hasil Dari Pengukuran.....	58
Gambar 4-17	Hasil Dari Data Pasien Yang Disimpan Dalam Data Base.....	59
Gambar 4-18	Tampilan Proses Pencetakan Data.....	59
Gambar 4-19	Hasil Output Saat Dicitak.....	59
Gambar 4-20	Foto Keseluruhan Alat	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1	Nilai Biopotensial Dalam Empat Kondisi Tubuh	11
Tabel 2-2	Reset dan Vektor Interupsi.....	22
Tabel 2-3	Register Kontrol Port Serial.....	31
Tabel 4-1	Data Hasil Perhitungan dan Pengukuran Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	54
Tabel 4-2	Nilai Tegangan Untuk Kalibrasi	60
Tabel 4-3	Hasil Pengukuran Alat	60
Tabel 4-4	Hasil Pengukuran Pengujian Posisi Transduser	62
Tabel 4-5	Hasil Pengujian Pengukuran Tekanan Kondisi Emosional	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit-penyakit seperti stres yang diakibatkan oleh tekanan, sangat berbahaya bahkan dapat menyebabkan suatu kematian jika tidak ditangani dengan baik. Penyakit stres dapat mempengaruhi semua jenis penyakit. Bahkan beberapa penyakit yang mengakibatkan kematian sebagian besar mempunyai kaitan erat dengan stres.

Orang yang tidak dapat mengendalikan stres dengan cara hidup sehat, lebih cenderung menggunakan obat-obatan sebagai pereda serta meniadakan kegiatan-kegiatan positif seperti berolahraga. Kebiasaan-kebiasaan negatif tersebut tidak selalu menjadi pereda stres yang sebenarnya. Hampir setiap orang mengalami hidup dalam masa kecemasan dari berbagai tingkatan stres atau tekanan-tekanan yang dihasilkan oleh masyarakat. Secara teknis stres merupakan pemakaian dan kelelahan badan secara aktual yang diakibatkan oleh tekanan-tekanan, dan dinamakan sebagai pemicu stres atau *stressor*. Apabila ditinjau dari penyebab stres, dapat digolongkan menjadi enam, yaitu stres fisik, stres kimiawi, stres mikrobiologik, stres fisiologi, stres proses pertumbuhan dan perkembangan dan stres psikis/emosional.

Besar dari tingkatan stress dapat diukur dan diketahui besarnya, hal ini dikarenakan nilai *biopotensial* pada permukaan kulit setiap orang berubah sesuai dengan perubahan keadaan tekanan dan emosi. Bila ketegangan bertambah, tegangan pada kulit akan naik dan apabila ketegangan berkurang maka tegangan pada permukaan kulit akan menurun.

Berpijak pada masalah tersebut, penulis mencoba mengembangkan suatu alat yang berfungsi untuk mengukur *biopotensial* pada kulit yang masih menggunakan LCD untuk hasil *output* pengukurannya dengan menambahkan suatu piranti yang dapat terkoneksi dengan PC. Dengan terkoneksi pada PC diharapkan alat ini nantinya dapat lebih memudahkan bagi dokter untuk menganalisa penyakit stres lebih lanjut. Karena dengan terkoneksi PC data yang diambil dari pasien dapat disimpan maupun dicetak hasilnya.

1.2 Maksud dan Tujuan

Tujuan pembuatan alat ini adalah untuk membantu dan memudahkan pekerjaan seorang dokter. Mereka dapat menganalisa dan memberikan pengobatan atau solusi terhadap penyakit stres serta kondisi tubuh dari pasiennya dengan cara mengetahui *biopotensial* pada permukaan kulitnya. Dengan menggunakan alat yang terkoneksi pada komputer (PC) data yang diambil dari pasiennya dapat di simpan maupun dicetak hasilnya untuk dilakukan analisa lebih lanjut.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya, maka permasalahannya adalah :

“Bagaimana merencanakan dan membuat suatu alat yang terkoneksi dengan komputer, yang dapat digunakan oleh seorang dokter untuk mengetahui *biopotensial* pada permukaan kulit dari pasiennya sehingga dapat diketahui kondisi stres emosional yang dihadapi oleh pasien ”.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dari rancang bangun deteksi kondisi emosional berdasarkan tanggapan electrostatic kulit manusia oleh kendali mikrokontroller yang di koneksikan ke PC tidak terlalu meluas, maka penyusun perlu membuat batasan-batasan masalah yang meliputi:

1. Sebagai parameter yang diukur adalah permukaan kulit manusia.
2. Alat ini hanya digunakan untuk mengetahui tekanan penyakit stres.
3. Data yang ditampilkan pada monitor adalah berupa angka dari hasil pengukuran alat.
4. Membahas proses pengiriman data dari detektor sampai ke PC.
5. Sensor yang digunakan adalah *electroda* permukaan.

1.5 Metodologi Penulisan

Metodologi yang dipakai dalam pembuatan skripsi ini adalah :

1. Studi pustaka

Memperoleh data dengan cara membaca dan mempelajari buku literatur yang berhubungan dengan penyusunan skripsi ini.

2. Studi Lapangan

Memperoleh data dengan cara praktek secara langsung untuk menunjang pembuatan alat.

3. Pengolahan Data

Mengolah data dengan jalan membuat analisa dan menarik kesimpulan dari hasil pengujian yang ada.

1.6. Sistematika

sistematika penyusunan skripsi, sebagai berikut :

Bab I : Pendahuluan

Berisi latar belakang, tujuan, rumusan masalah, ruang lingkup, metodologi, serta sistematika penulisan.

Bab II : Teori dasar

Berisi tentang teori – teori dasar yang memiliki relevansi sebagai dasar perencanaan dan pembuatan alat.

Bab III: Perencanaan dan Pembuatan

Berisi tentang perencanaan hardware dan software

Bab IV: Pengujian Alat

Berisi tentang hasil pengujian peralatan yang telah di buat secara keseluruhan

Bab V : Penutup

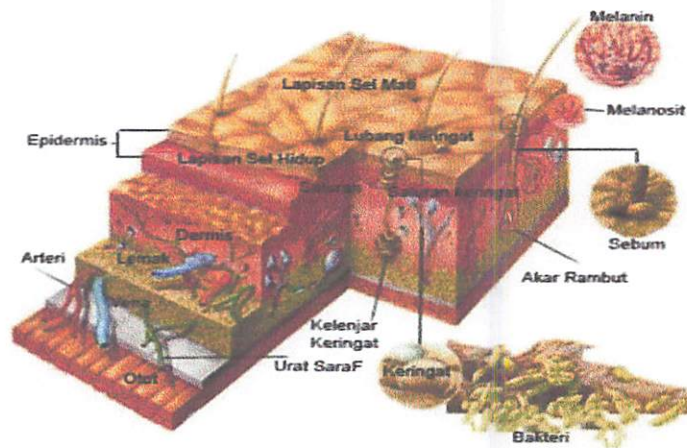
Berisi kesimpulan dari hasil pengujian alat dan saran

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Anatomi Kulit

Kulit merupakan pembungkus yang elastis yang melindungi tubuh dari pengaruh lingkungan. Kulit juga merupakan alat tubuh yang terberat dan terluas ukurannya, yaitu 15 persen dari berat tubuh dan luasnya 1,50-1,75m². Rata-rata tebal kulit 1-2 mm.



Gambar 2.1 struktur anatomi kulit ^[1]

2.1.1. Bagian-bagian Kulit Manusia

Kulit terbagi atas tiga lapisan pokok, yaitu epidermis, dermis atau korium, dan jaringan subkutan atau subkutis. Struktur kulit dapat dilihat pada gambar 2.1.

a) Epidermis

Epidermis terbagi atas empat lapisan.

- 1) Lapisan basal atau stratum germinativum.
- 2) Lapisan malpighi atau stratum spinosum.
- 3) Lapisan granular atau stratum granulosum.
- 4) Lapisan tanduk atau stratum korneum.

b) Dermis

Dermis atau korium merupakan lapisan bawah epidermis dan diatas jaringan subkutan.

c) Jaringan Subkutan (*Subkutis atau Hipodermis*)

Jaringan subkutan merupakan lapisan yang langsung dibawah dermis.

Batas antara jaringan subkutan dan dermis tidak tegas.

2.1.2. Fungsi-fungsi Dari Kulit

Kulit mempunyai fungsi bermacam-macam untuk menyesuaikan tubuh dengan lingkungan. Fungsi kulit adalah sebagai berikut :

1. Pelindung.
2. Pengatur suhu.
3. Penyerap.
4. Indera perasa.
5. Fall pergetahan (*faal sekretoris*)

Fungsi dari kulit sebagai pengatur suhu, penyerap dan sebagai fungsi pergetahan sangat berpengaruh pada perubahan nilai biopotensial. Hal ini dikarenakan dengan adanya perubahan suhu pada kulit serta keluarnya keringat sangat berpengaruh pada perubahan nilai dari biopotensial tubuh.

2.1.3. Saraf pada Jaringan Kulit

Jika kulit diberi rangsangan listrik maka elemen-elemen kontraktile akan memendek atau kulit akan berinteraksi. Rangsangan ini berasal dari pusat kesadaran (otak) dan disalurkan melalui serabut saraf penggerak menuju serabut-serabut kulit. Seperti diketahui kulit berkontraksi menurut rangsangan yang

datang, bila tidak ada rangsangan unit penggerak dalam keadaan istirahat (*relax*) dan otot dalam keadaan lemas (*flaccid*). Pengiriman rangsangan dari saraf ke serabut kulit dilakukan melalui sambungan yang dinamakan *junction neuromuscular*. Pada akhir ujung saraf ini masih terletak diluar selaput tipis pembungkus serabut kulit. Asetilkolin merupakan hormon yang dikeluarkan oleh bagian saraf akhir dengan tujuan untuk merangsang serabut kulit. Karena rangsangan ini membuat permeabilitas sel-sel kulit berubah sehingga ia dapat meneruskan rangsangan tadi keseluruh bagian kulit. Akibatnya kulit berkontraksi.

2.1.4 Mekanisme Kontraksi Kulit

Awal dan berakhirnya kontraksi kulit meliputi tahap-tahap sebagai berikut:

1. Suatu potensial aksi berjalan disepanjang sebuah syaraf motorik sampai ke ujungnya pada serat kulit.
2. Pada setiap ujung syaraf menyekresi substansi neorotransmitter, yaitu asetilkolin, dalam jumlah sedikit.
3. Asetilkolin bekerja pada area setempat pada membran serat kulit untuk membuka banyak saluran bergerbang asetilkolin melalui molekul-molekul protein dalam membran serat kulit.
4. Terbukanya saluran asetilkolin memungkinkan sejumlah besar ion natrium untuk mengalir kebagian dalam membran serat kulit pada titik terminal syaraf.
5. Potensial aksi akan berjalan disepanjang serat kulit dalam cara yang sama seperti potensial aksi berjalan disepanjang membran syaraf.
6. Potensial aksi akan menimbulkan depolarisasi membran serat kulit, dan juga berjalan secara dalam di dalam serat kulit, pada tempat di mana

potensial aksi menyebabkan retikulum sarkoplasma melepaskan sejumlah besar ion kalsium, yang telah disimpan di dalam retikulum ke dalam miofibril.

7. Ion-ion kalsium menimbulkan kekuatan menarik antara filamen aktin dan miosin yang menyebabkan bergerak bersama-sama dan menghasilkan proses kontraksi.
8. Ion kalsium kemudian dipompa kembali ke dalam retikulum sarkoplasma, tempat ion-ion ini disimpan sebagai potensial aksi kulit yang baru datang lagi, pengeluaran ion kalsium dari miofibril akan menyebabkan kontraksi kulit berhenti.

2.2. Aktivitas Listrik Dalam Sel.

Pada tubuh manusia terdiri atas otot yang mempunyai sekitar 650 otot. Sel-sel otot tersusun atas protoplasma yang mengandung ion-ion yang terjadi akibat ionisasi. Ion-ion yang dominan adalah Na^+ (*sodium*), Cl^- (*clorida*), dan K^+ (*potassium*).

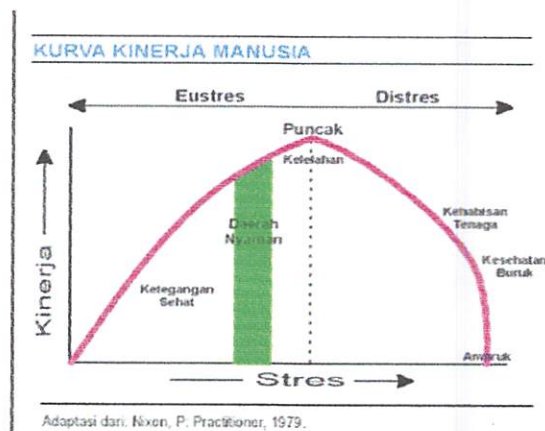
Sel dikatakan dalam keadaan istirahat, maka terdapat resting potensial antara bagian dalam dan bagian luar. Sedangkan ion *potassium* (K^+) terkonsentrasi di bagian dalam dan ion *sodium* (Na^+) di bagian luar membran sel, sedangkan konstanta *dielektrikum* yaitu suatu nilai konsentrasi konsentrasi yang tinggi dalam suatu daerah yang bebas untuk bergerak, sehingga partikel tersebut akan mengalir ke arah penyamaan konsentrasi keseluruhan daerah. Untuk ion positif dan negatif tanda minusnya dihilangkan jika kembali ke keadaan istirahat. Pasangan ion positif dan negatif di daerah batas netral (peralihan) disebut *dipole*. Jika sel dalam keadaan aktif maka ion-ion bergerak masuk ke dalam sel dan ion-

ion K^+ keluar. Setelah setengah detik terjadi proses kebalikannya, setelah 1 mili detik sel kembali pada keadaan istirahat.

Potensial aksi dapat terjadi apabila suatu daerah *membran* saraf atau otot mendapat rangsangan mencapai nilai ambang. Potensial aksi sendiri mempunyai kemampuan untuk merangsang daerah sekitar sel *membran* untuk mencapai nilai ambang. Dengan demikian dapat terjadi perambatan potensial aksi ke segala jurusan sel *membran*. Keadaan ini disebut perambatan potensial aksi, sel membran akan mengalami repolarisasi. Proses repolarisasi sel membran disebut refraktor.

2.3 Pengertian Stres

Stres adalah respons umum terhadap adanya tuntutan pada tubuh. Tuntutan tersebut adalah keharusan untuk menyesuaikan diri, dan karenanya keseimbangan tubuh terganggu. Kurva dari kinerja manusia dapat dilihat pada gambar 2.2.

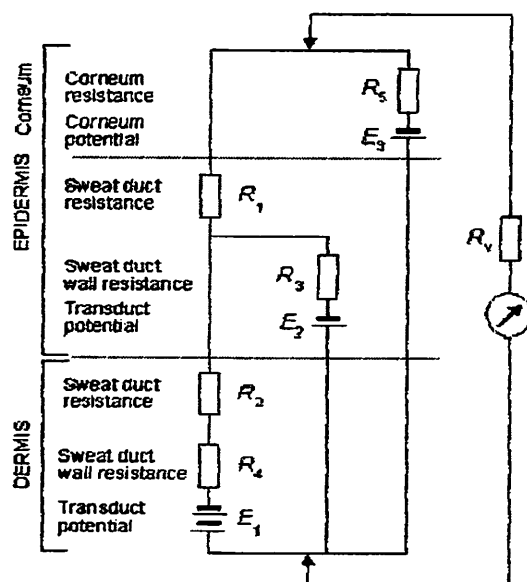


Gambar 2.2 Kurva Kinerja Manusia ^[2]

Sejalan dengan meningkatnya stres, meningkat pula kinerja manusia sampai suatu titik tertentu. Pada saat ini kita tidak menganggap diri kita dalam keadaan stres, melainkan dalam keadaan bersemangat, bergairah, atau penuh dorongan.

Namun, lewat titik tersebut, tambahan stres akan membuat kinerja kita menurun dan mengurangi kemampuan untuk mengatasinya (*coping*). Sebagian besar dari kita mempunyai rentang stres yang optimal atau "Daerah Nyaman" (*Comfort Zone*) yang membuat kita merasa nyaman dan berfungsi baik. Jika kita melampaui daerah nyaman, timbul rasa lelah yang merupakan tanda untuk mengurangi tingkat stres kita. Jika hal itu tidak dilakukan, maka kita menjadi kehabisan tenaga, sakit, dan akhirnya jatuh (*breakdown*).

Stres juga berpengaruh pada perubahan nilai tegangan pada tubuh. Bila ketegangan bertambah maka tegangan pada kulit akan naik dan jika ketegangan berkurang maka tegangan akan ikut turun. Dimana disebutkan dalam penelitian Dr. Irawan Setiabudi tentang tingkatan dari kondisi ketegangan manusia, ia menyatakan tegangan kulit manusia dalam keadaan normal berkisar antara 1-3 mili Volt. Dan apabila mengalami ketegangan, tegangan kulit akan melebihi dari 3 mili Volt. Hal ini dapat dilihat dalam tabel 2.1. sedangkan rangkaian ekuivalent dari biopotensial kulit dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Rangkaian Ekuivalent dari struktur kulit^[3]

Tingkat stress digolongkan menjadi empat bagian yaitu, stressed, tense, calm, dan relaxed. Dan stress adalah suatu perasaan takut atau tegang yang berlebihan sehingga tidak membuat kenyamanan dalam aktivitas itu sendiri. Tense juga mempunyai arti suatu perasaan takut atau tegang yang besar namun sedikit dibawah kondisi stress, demikian juga tentang kondisi calm yaitu mempunyai perasaan takut atau tegang tetapi hanya tingkatan yang kecil sehingga manusia itu bisa menganggap kalau tidak terjadi apa-apa dalam kehidupannya. Dan relaxed sendiri yaitu suatu perasaan yang nyaman, tenang sehingga manusia itu bisa merasakan kebahagiaan dan senang.

Tabel 2.1 Nilai biopotensial dalam 4 Kondisi Tubuh^[4]

No	Kondisi Tubuh	Tegangan Kulit (mV)
1.	Rilexed	< 1,5
2.	Calm	> 1,5 – 3
3.	Tense	> 3 – 4,5
4.	Stressed	> 4,5

2.3.1 Tanda-tanda Penderita Penyakit Stres

Tanda-tanda fisik seseorang sedang mengalami stres fisik maupun psikis dapat dibagi menjadi empat bagian yaitu berupa gejala fisik, gejala mental, gejala emosi dan gejala perilaku

2.3.2. Penyebab-penyebab Penyakit Stres

Penyebab stres kadang kala mudah untuk dideteksi, tetapi ada yang sulit untuk diketahui. Ada yang mudah untuk dihilangkan, ada yang sulit atau bahkan tidak bisa dihindari. Tiga sumber utama penyebab timbulnya stress adalah lingkungan, badan, dan pikiran.

2.4 Transduser

Transduser merupakan suatu komponen yang berhubungan langsung dengan permukaan kulit. *Transduser* merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi potensial yang ditimbulkan oleh akibat adanya aktifitas pada kulit dan berfungsi untuk memindahkan *transmisi* ion ke penyalur *electron* dan mengkopel tegangan dari tubuh ke instrumen elektronik. Sensor yang digunakan adalah Elektroda permukaan. Elektroda adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi potensial yang ditimbulkan akibat adanya aktifitas pada kulit. Elektroda sendiri berfungsi untuk memindahkan transmisi ion ke penyalur *electron* dan mengkopel tegangan dari tubuh ke instrumen elektronik. Bahan yang dipakai sebagai elektroda adalah perak dan tembaga, elektroda ini merupakan komponen yang langsung dapat dihubungkan dengan kulit tubuh atau permukaan kulit. Bila pada elektroda timbul aliran listrik yang konstan maka akan timbul tegangan listrik yang berkesinambungan.

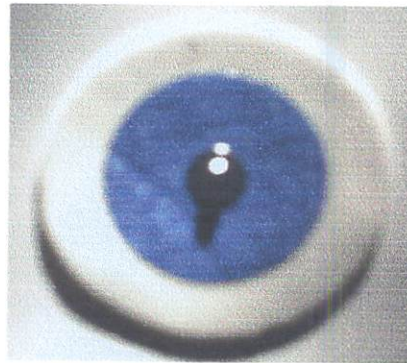
Di bidang kedokteran elektroda dibagi menjadi 2 jenis bagian utama, yaitu :

1. *Infassive* (melukai permukaan kulit)
2. *Non Infasive* (tidak melukai permukaan kulit)

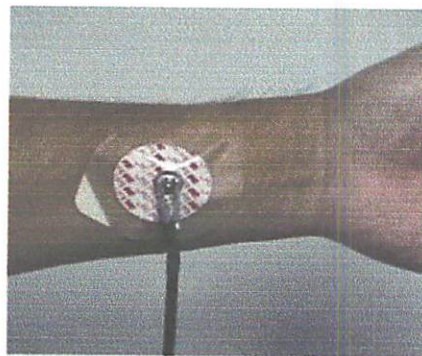
Sedangkan sensor yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sensor *electrode non invasive* permukaan kulit.

Elektroda permukaan kulit ini terbuat dari metal/logam yang tahan karat. Misalnya perak atau nikel. *Elektroda* permukaan dinamakan juga *electrode floating*. *Elektroda floating* merupakan tipe elektroda yang terbaru. Prinsip dari elektroda ini di buat agar mencegah kontak langsung antara logam dan kulit. Dalam pemakaiannya masih menggunakan elektrolit pasta atau jelly. Gambar

electrode dan pemasangannya dapat dilihat pada gambar 2.4 dan 2.5.



Gambar.2.4 Elektroda Floating^[5]

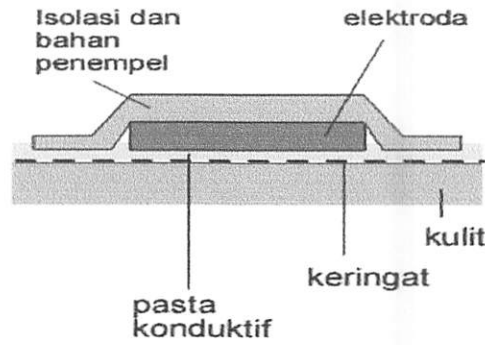


Gambar 2.5 Pemasangan Sensor *Elektroda*^[5]

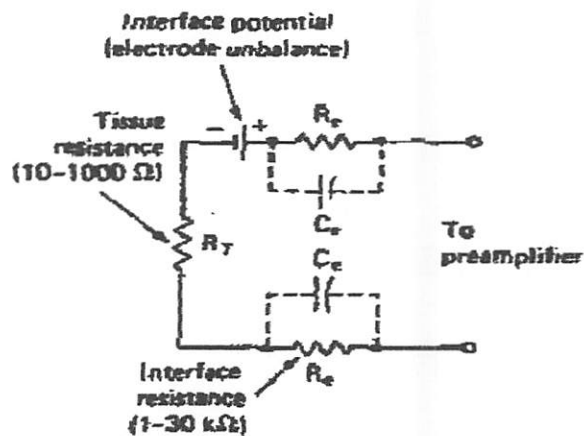
Pada pemasangan *electrode* pada prinsipnya harus mengetahui karakteristik dan equivalent dari sensor *electrode*. Di mana struktur dari sensor tersebut adalah terdiri dari beberapa bagian, antara lain:

- Isolasi dan bahan penempel.
- Elektroda.
- Pasta konduktif.

Untuk lebih jelasnya tentang bagian dari *electrode* dapat dilihat pada gambar 2.6 dan untuk rangkain equivalent dari sensor *electrode* dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.6. Struktur sensor *electrode*^[6]



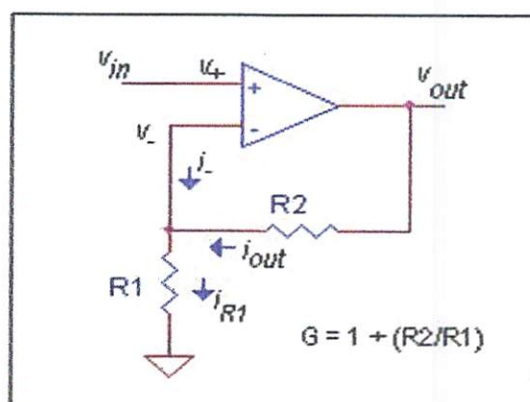
Gambar 2.7. Rangkaian equivalent sensor *electrode*^[6]

2.5. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal adalah suatu rangkaian yang berfungsi untuk menguatkan sinyal dari transduser yang sangat lemah. Pada rangkaian pengkondisi digunakan suatu rangkaian OP-AMP (*Operational Amplifier*). Ada dua aturan penting dalam melakukan analisa rangkaian op-amp berdasarkan karakteristik op-amp ideal. Aturan ini dalam beberapa literatur dinamakan *golden rule*, yaitu :

Aturan 1 : Perbedaan tegangan antara input v_+ dan v_- adalah nol ($v_+ - v_- = 0$ atau $v_+ = v_-$)

Aturan 2 : Arus pada input Op-amp adalah nol ($i_+ = i_- = 0$)



Gambar 2.8. Rangkaian Op Amp Non Inverting^[7]

Prinsip utama rangkaian penguat *non-inverting* adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.8. Penguat ini memiliki masukan yang dibuat melalui input non-inverting. Dengan demikian tegangan keluaran rangkaian ini akan satu fasa dengan tegangan inputnya. Untuk menganalisa rangkaian penguat op-amp non inverting dengan menggunakan aturan 1 dan aturan 2, Didapatkan :

$$v_{in} = v_+ \text{ dan } v_+ = v_- = v_{in}$$

Maka diketahui tegangan jepit pada R_2 adalah $v_{out} - v_- = v_{out} - v_{in}$, atau $i_{out} = (v_{out} - v_{in})/R_2$. Tegangan jepit pada R_1 adalah $v_- = v_{in}$, yang berarti arus $i_{R1} = v_{in}/R_1$.

Sehingga didapatkan : $i_{out} + i_{(-)} = i_{R1}$

Aturan 2 mengatakan bahwa $i_{(-)} = 0$ dan jika disubsitusi ke rumus yang sebelumnya, maka diperoleh $i_{out} = i_{R1}$ dan Jika ditulis dengan tegangan jepit masing-masing maka diperoleh $(v_{out} - v_{in})/R_2 = v_{in}/R_1$ yang kemudian dapat disederhanakan menjadi : $v_{out} = v_{in} (1 + R_2/R_1)$

Jika penguatan G adalah perbandingan tegangan keluaran terhadap tegangan masukan, maka didapat penguatan op-amp non-inverting :

$$G = v_{out}/v_{in} = 1 + (R_2/R_1)$$

2.6. Mikrokontroler AVR ATmega8

2.6.1. Pendahuluan

AVR ATmega8 adalah mikrokontroler 8-bit CMOS, low-power yang berdasarkan pada bentuk arsitektur AVR RISC (*Reduced Instruction Set Computer*), yang hampir semua instruksinya selesai dikerjakan dalam satu siklus clock. AVR ATmega8 menggunakan instruksi tunggal (*Single Clock Cycle*), yaitu sistem mikrokontroler yang frekuensi kerja dalam chip sama dengan frekuensi kristal untuk osilator tanpa memerlukan rangkaian pembagi frekuensi setelah osilator yang diperlukan untuk memperoleh perbedaan fase dari clock, sehingga AVR 12 kali lebih cepat dibanding MCS51.

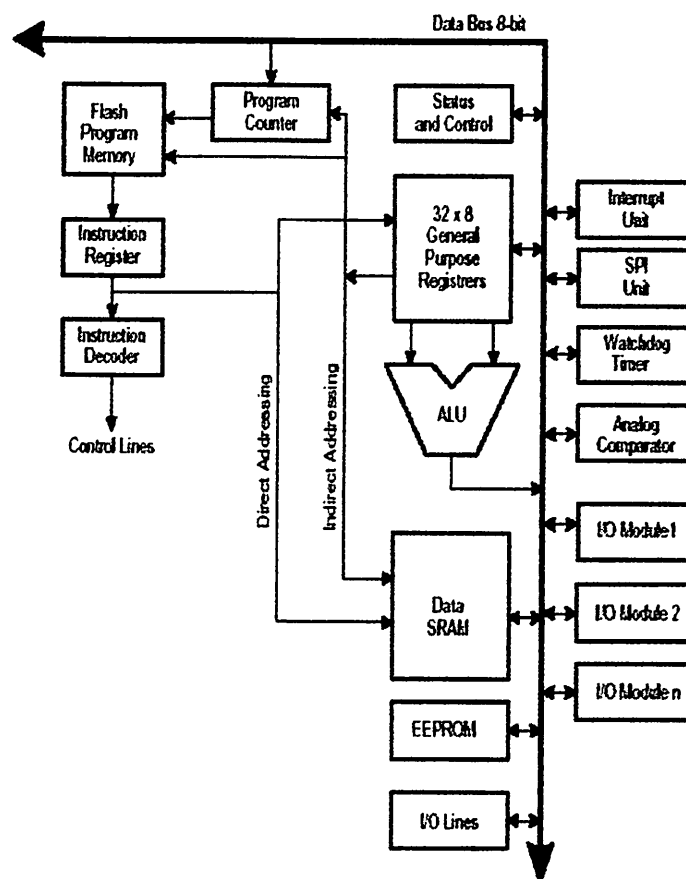
ATmega8			
1	RESET	ADC5	28
2	RXD	ADC4	27
3	TXD	ADC3	26
4	INT0	ADC2	25
5	INT1	ADC1	24
6	XCK/T0	ADC0	23
7	VCC	GND	22
8	GND	AREF	21
9	XTAL1	AVCC	20
10	XTAL2	SCK	19
11	T1	MISO	18
12	AIN0	MOSI	17
13	AIN1	OC1B	16
14	ICP1	OC1A	15

Gambar 2.9 Konfigurasi Pin ATmega8^[8]

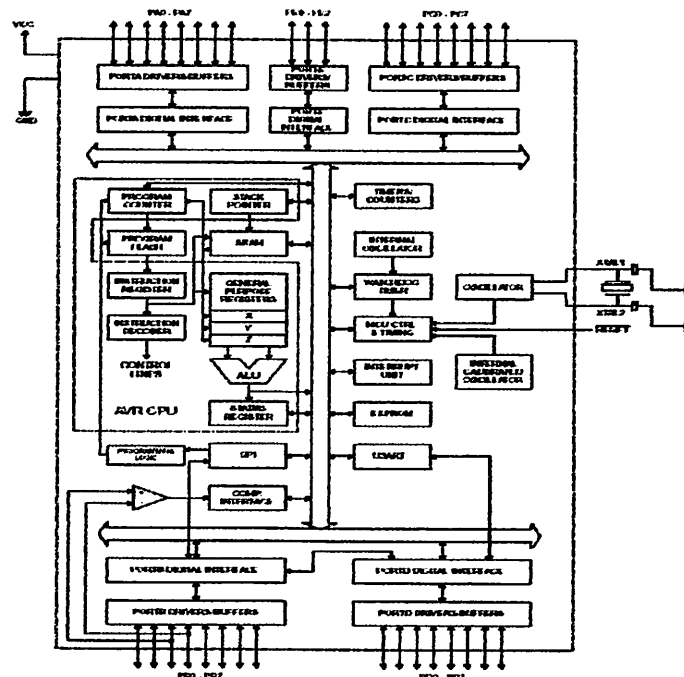
Berbagai karakteristik yang tersedia dalam IC ATmega8 adalah sebagai berikut:

- 8K bytes In-System Programmable Flash
- 512 bytes EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*)
- 512 bytes SRAM (*Static Random Access Memory*)

- 32 jalur I/O general-purpose
- 32 general-purpose working register
- Timer/Counter yang fleksibel dengan mode pembanding
- Interupsi internal dan eksternal
- Pemrograman serial UART (*Universal Asynchronous Receiver and Transmitter*)
- Serial Port SPI (*Serial Peripheral Interface*)



Gambar 2.10 Arsitektur AVR ATmega8^[8]



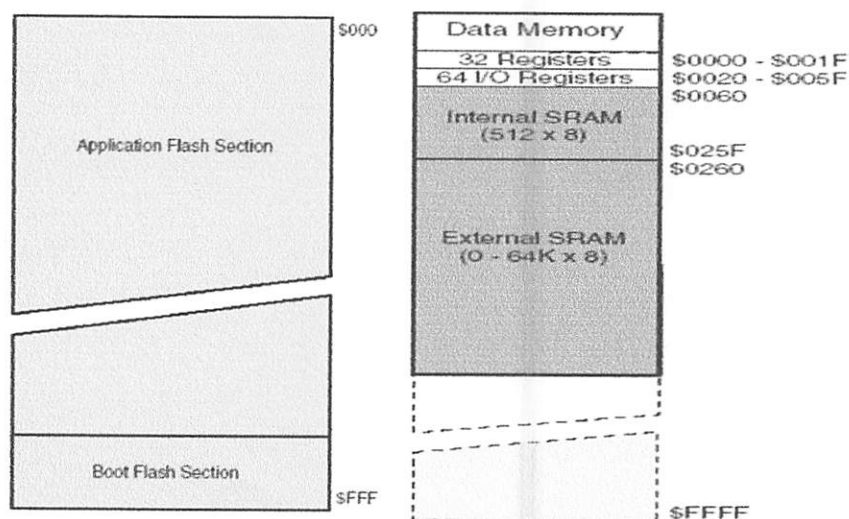
Gambar 2.11 Blok Diagram AVR ATmega8^[8]

Deskripsi Pin:

- Vcc: Tegangan Supply
- Gnd: Ground
- Port A (PA0-PA7): Port dua arah I/O 8-bit, kaki portnya dapat menyediakan resistor pull-up internal (dipilih untuk masing-masing bit). Port A juga dapat mengendalikan tampilan LED secara langsung.
- Port B (PB0-PB7): Port dua arah I/O 8-bit dengan resistor pull-up internal, digunakan pada fungsi-fungsi khusus dari karakteristik ATmega8.
- Port C (PC0-PC7): Port dua arah I/O 8-bit dengan resistor pull-up internal, digunakan sebagai alamat keluaran saat SRAM eksternal digunakan.
- Port D (PD0-PD7): Port dua arah I/O 8-bit dengan resistor pull-up internal, digunakan untuk berbagai karakteristik khusus dari ATmega8.

- **RESET:** Input reset, jika kaki pinnya mendapat input 0 (low) dalam jangka waktu lebih dari 50 ns maka akan menghasilkan kondisi reset, hal ini terjadi jika clock tidak berfungsi.
- **XTAL1:** Input untuk inverting oscillator amplifier.
- **XTAL2:** Output dari inverting oscillator amplifier.
- **ICP:** pin input untuk Timer/Counter1, berfungsi sebagai penangkap masukan (input capture).
- **OC1B:** Pin output untuk Timer/Counter1, berfungsi sebagai output compareB.
- **ALE:** *Address Latch Enable*, berfungsi sebagai pengunci alamat ketika memori eksternal digunakan. ALE berfungsi untuk mengunci logic 0 (low) pada alamat yang diminta ke dalam pengunci alamat selama siklus akses pertama dan kaki AD0-AD7 digunakan pada siklus yang kedua.

2.6.2. Memori Program (Flash ROM)



Gambar 2.12 Memory Maps^[8]

Memori program AVR ATmega8 disusun sebagai sistem memori-program 4K x 16 bit, yang dinomori mulai dari \$0000 sampai \$0FFF seperti terlihat pada gambar 2.15. memori program pada ATmega8 menggunakan Programable Flash Program memory, tidak ada fasilitas untuk menambah memori program di luar chip ATmega8.

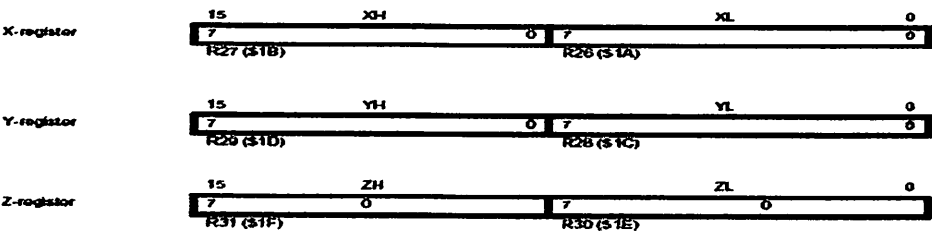
2.6.3. Memori Data

2.6.3.1. Register Serba Guna (*General Purpose Working Register*)

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

Gambar 2.13 Register Serba Guna^[8]

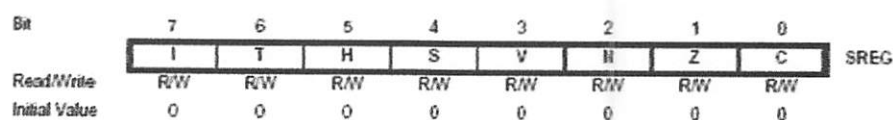
AVR ATmega8 mempunyai 32 register serbaguna yang masing-masing berkapasitas 8 bit, menempati memori-data dengan nomor \$0000 sampai \$001F yang disebut sebagai R0 sampai R31. Semua register serba guna memiliki kemampuan yang hampir simetris, semuanya bisa berfungsi sebagai akumulator sehingga bisa melakukan proses menunjang kerja ALU dengan sangat baik dan menghasilkan kecepatan kerja yang sangat tinggi.



2.14 Register X, Y dan Z^[8]

2.6.3.2. Register I/O

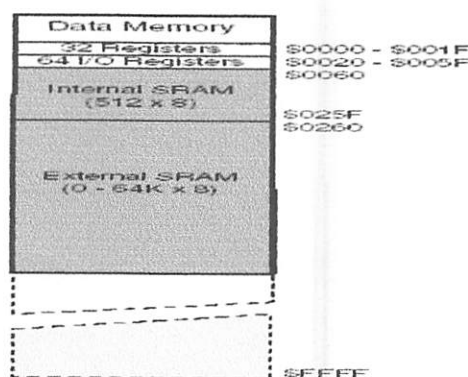
AVR ATmega8 mempunyai 64 register I/O yang masing-masing berkapasitas 8 bit, menempati memori-data dengan nomor \$0020 sampai \$005F. Selain bisa dikenali dengan nomor memori-data tersebut ke-64 register ini bisa dikenali pula dengan nomor register I/O dari nomor \$00 sampai \$3F. Dalam praktek register I/O ini lebih dikenal sebagai I/O dengan instruksi IN atau OUT dari pada sebagai memori data biasa. Register untuk timer 8 bit ditempatkan di memori data nomor \$0052 dan \$0053, dan untuk *watchdog timer* ditempatkan di \$0041.



Gambar 2.15 Status Register^[8]

2.6.3.3. SRAM Internal dan Eksternal

Seluruh data untuk memori data terdiri dari 8 jalur, menghubungkan register serbaguna, register I/O dan memori data internal maupun eksternal menjadi satu yang membentuk sistem memori 8 bit. Sistem memori-data ini dibentuk dengan SRAM (*Static Random Access Memory*), seperti terlihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.16 Map Memori Data^[8]

2.6.4. Reset dan Interupsi

ATmega8 menyediakan 12 sumber interupsi yang berbeda. Interupsi-interupsi tersebut dan vektor pemisah reset masing-masing memiliki vektor pemisah program dalam memori program. Semua interupsi yang ditentukan oleh bit pengaktif individual harus di set pada logic 1 (high) bersama bit-1 pada status register untuk mengaktifkan perintah interupsi.

Alamat terendah dalam ruang memori-program secara otomatis didefinisikan sebagai Reset dan Vektor Interupsi. Daftar reset dan vektor interupsi secara lengkap ditunjukkan pada table di bawah ini:

Tabel 2.2
Reset dan Vektor Interupsi^[8]

Vector No.	Program Address ⁽²⁾	Source	Interrupt Definition
1	\$000 ⁽¹⁾	RESET	External Pin, Power-on Reset, Brown-out Reset and Watchdog Reset
2	\$001	INT0	External Interrupt Request 0
3	\$002	INT1	External Interrupt Request 1
4	\$003	TIMER1 CAPT	Timer/Counter1 Capture Event
5	\$004	TIMER1 COMPA	Timer/Counter1 Compare Match A
6	\$005	TIMER1 COMPB	Timer/Counter1 Compare Match B
7	\$006	TIMER1 OVF	Timer/Counter1 Overflow
8	\$007	TIMER0 OVF	Timer/Counter0 Overflow
9	\$008	SPI, STC	Serial Transfer Complete
10	\$009	USART, RXC	USART, Rx Complete
11	\$00A	USART, UDRE	USART Data Register Empty
12	\$00B	USART, TXC	USART, Tx Complete
13	\$00C	ANA_COMP	Analog Comparator
14	\$00D	INT2	External Interrupt Request 2
15	\$00E	TIMER0 COMP	Timer/Counter0 Compare Match
16	\$00F	EE_RDY	EEPROM Ready
17	\$010	SPM_RDY	Store Program memory Ready

ATmega8 memiliki 3 sumber Reset yaitu:

1. Power-On Reset

MCU akan di reset secara otomatis jika tegangan catu daya lebih rendah dari tegangan ambang batas reset (Power-On Reset Threshold- V_{POT}). Tegangan V_{POT} berkisar antara 0.4 sampai 1.0.

2. External Reset

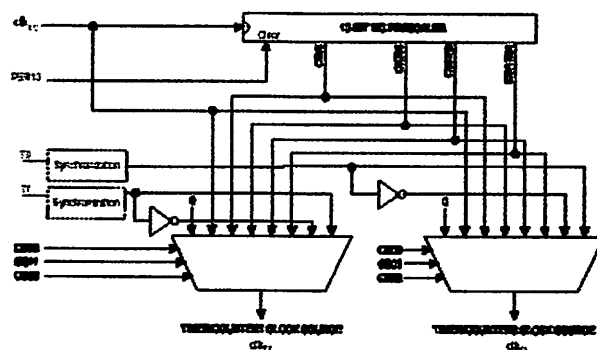
MCU akan di reset jika kaki RESET bernilai '0' dalam waktu lebih lama dari 50 ns.

3. Watchdog Reset

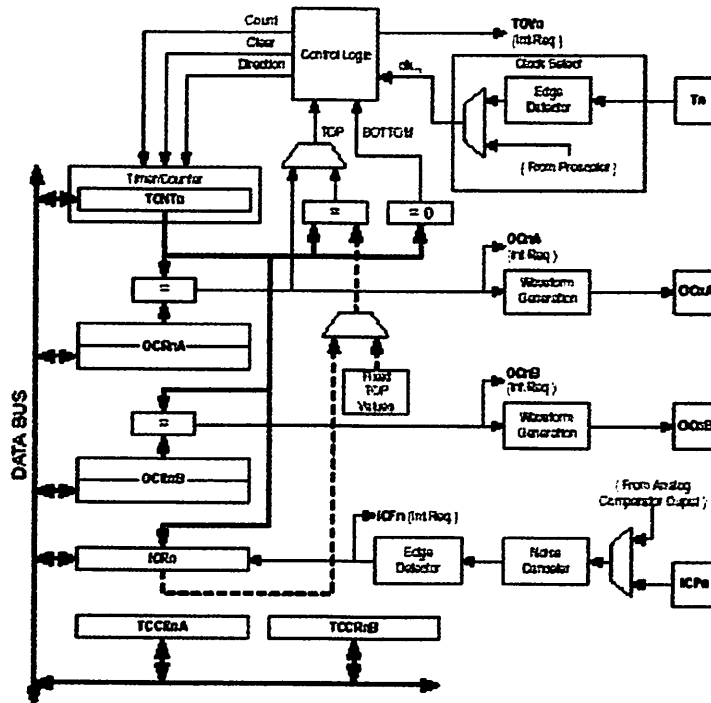
Jika sistem Watchdog diaktifkan, MCU akan di reset jika dalam batas waktu yang ditentukan Watchdog timer tidak juga diaktifkan.

2.6.5. Timer/Counter 0

Timer/counter 0 (TCNT0) merupakan pencacah biner 8 bit, ditempatkan sebagai register I/O. TCNT0 bisa dipakai sebagai timer maupun sebagai counter, tergantung pada sumber sinyal yang dipakai untuk menggerakkannya. Sebagai timer sinyal penggerakanya berasal dari osilator kristal atau frekuensi yang diturunkan dari osilator kristal. Terdapat 5 frekuensi osilator kristal yang bisa dipilih yaitu CK, CK/8, CK/64, CK/256, atau CK/1024.



Gambar 2.17 Timer/Counter Prescaler^[8]



Gambar 2.18 Blok Diagram Timer/Counter^[8]

2.6.6. EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*)

EEPROM dalam AVR dikatakan sebagai memori-data khusus, karena saluran data, saluran alamat bahkan sinyal kontrol untuk EEPROM terpisah dari saluran data, saluran alamat dan sinyal kontrol untuk SRAM dan register I/O, meskipun sama-sama berada dalam satu chip.

Dari segi pemrograman EEPROM merupakan perangkat register I/O yang terdiri dari 3 bagian yaitu:

- **EECR (*EEPROM Control Register*)**, yang ditempatkan di register I/O nomor \$1C berfungsi untuk membangkitkan perintah mengisi EEPROM atau membaca isi EEPROM.
- **EEDR (*EEPROM Data Register*)**, ditempatkan di register I/O nomor 1D, diperlakukan sebagai pengganti saluran data.

- **EEAR (*EEPROM Address Register*)**, ditempatkan di register I/O nomor \$1E, diperlakukan sebagai pengganti saluran alamat yang terdiri dari **EEARH (*EEAR High Byte-Register* I/O nomor \$1E)** dan **EEARL (*EEAR Low Byte-Register* I/O nomor \$1F)**.

2.6.7. Port-Port I/O

Semua port pada AVR memiliki kebenaran fungsional *read-modify-write* ketika digunakan sebagai port I/O umum. Ini berarti bahwa arah dari satu pin port dapat diubah tanpa bermaksud mengubah arah dari pin yang lain dengan instruksi SBI dan CBI.

➤ Port A

Tiga lokasi alamat memori I/O dilokasikan pada port A, masing-masing adalah register data-Port A, \$1B (\$3B), register data *direction* (register pengarah data)-DDRA, \$1A (\$3A), dan pin input port A-PIN A, \$19 (\$39). Pin-pin port A memiliki fungsi alternatif yang terhubung pada pilihan data eksternal SRAM. Port A dapat dikonfigurasi menjadi multiplexed low order alamat/data bus selama akses ke data memori eksternal. (blok diagram dapat dilihat pada lampiran).

➤ Port B

Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port D, masing-masing adalah register data-PORTB, \$18 (\$38), register pengarah data-DDRB, \$17 (\$37), dan pin input port B-PINB, \$16 (\$36). (Blok diagram port B dan fungsi alternative pinnya dapat dilihat pada lampiran).

➤ Port C

Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port C, masing-

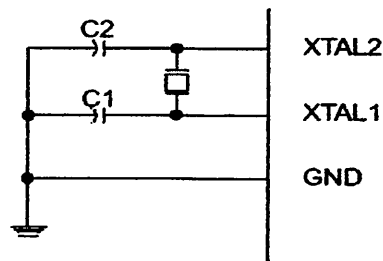
masing adalah register data-PORTC, \$15 (\$35), register pengarah data-DDRC, \$14 (\$34), dan pin input port C-PINC, \$13 (\$33). (Blok diagram skematik dapat dilihat pada lampiran).

➤ Port D

Tiga lokasi alamat memori I/O yang dilokasikan pada port D, masing-masing adalah register data-PORTD, \$12 (\$32), register pengarah data-DDRD, \$11 (\$31), dan pin input port D-PIND, \$10 (\$30). (Blok diagram skematik port D dan fungsi alternatif pinnya dapat dilihat pada lampiran).

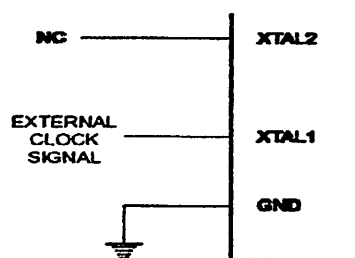
2.6.8. Osilator Kristal

XTAL1 dan XTAL2 adalah input dan output dari inverting amplifier yang dapat dikonfigurasi untuk digunakan sebagai osilator di dalam chip.



Gambar 2.19 Koneksi Osilator^[8]

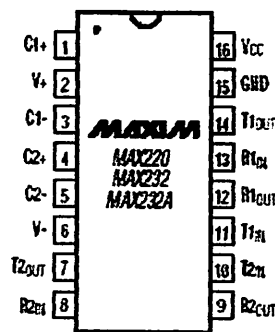
Untuk menjalankan dari sumber clock eksternal XTAL2 tidak terhubung ke XTAL1 seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.20 Konfigurasi Drive External Clock^[8]

2.7. Rangkaian Antar Muka Serial

Rangkaian antar muka serial berfungsi untuk mengirimkan kode ASCII dari PC (*Personal Computer*) dan untuk menerima data dari Demodulator, digunakan port serial RS-232, dimana pada port ini terdapat fungsi-fungsi untuk Tx (pengiriman data), Rx (penerimaan data) dan TX/RX (pemilihan mode Tx atau Rx). Untuk melakukan transfer kode ASCII dari PC ke mikrokontroler digunakan IC MAX232.



Gambar 2.21 Konfigurasi RS 232 (MAXIM)^[9]

RS MAX232 tersusun dari 2 bagian yaitu *RS232 Line Driver* yang berfungsi mengubah level tegangan TTL ke level tegangan RS232 dan *RS232 Line Receiver* yang berfungsi mengubah level tegangan RS232 ke level tegangan TTL.

Hal pokok yang diatur dalam standart RS232 antara lain:

1. Bentuk sinyal dan level tegangan yang dipakai.

Dalam standart RS232, tegangan antara +3 sampai +25 Volt baik pada input *Line Receiver* maupun *Line Driver* dianggap sebagai level tegangan '0' dan tegangan antara -3 sampai -25 Volt dianggap sebagai level tegangan '1'.

2. Penentuan jenis sinyal dan konektor yang dipakai serta susunan sinyal pada kaki-kaki di konektor.

Jenis-jenis sinyal dipakai mengatur pertukaran informasi antara DTE dan

DCE semuanya terdapat 24 jenis sinyal tapi umum dipakai hanyalah 9 jenis sinyal.

3. Penentuan tata cara pertukaran informasi antara computer dan alat-alat pelengkapanya maupun alat-alat digital.

Komunikasi serial dapat dibagi menjadi dua sifat dasar pola komunikasi. Yang pertama adalah komunikasi asinkron, dimana pola-pola bit tertentu dipakai untuk memisahkan bit-bit karakter. Yang kedua adalah komunikasi seri sinkron, yang memungkinkan karakter dikirim secara berurutan, namun membutuhkan karakter sinkronisasi khusus pada awal setiap karakter dan karakter semu khusus untuk dikirimkan ketika tidak ada informasi yang sedang dikirim.

2.7.1 Protokol Komunikasi pada RS 232

Beberapa protokol dalam interface RS 232 adalah:

- *Start Bit*

Merupakan sebuah bit dengan logic "0" dimana bit ini yang menandakan bahwa akan ada karakter atau data yang mengikutinya.

- *Data Bit*

Merupakan bit yang mewakili dari karakter yang diikutinya *data bit* ini dapat diset sepanjang antara 5 sampai 8 bit.

- *Pariti Bit*

Merupakan bit yang digunakan sebagai *error checking* pada *receiver* , apabila terjadi kesalahan maka *receiver* akan menset *error flag* (*parity error*) pada special register. *Parity bit* ini menghitung jumlah data yang berlogic '1' pada data bit. Perhitungan jumlah data bit tersebut tergantung dari jenis *parity* yang diset. Untuk *parity EVEN* maka jumlah data bit

yang berlogic '1' ditambah dengan *parity bit* akan menghasilkan jumlah yang ganjil. Sedangkan untuk *parity MARK* merupakan *parity bit* selalu berlogic '1' begitu pula pada space, *parity bit* selalu berlogic '0' dan *parity NONE* disini *parity bit* yang diabaikan.

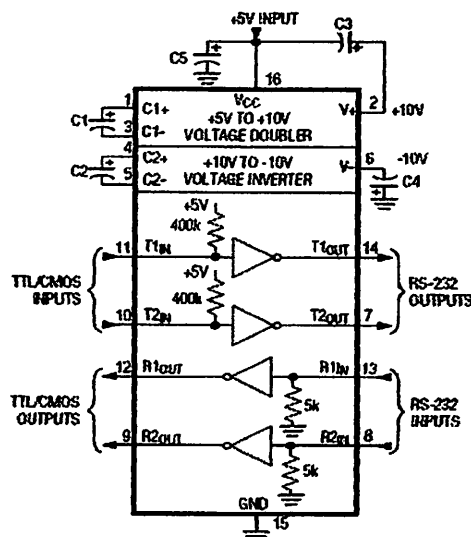
- **Stop Bit**

Merupakan bit yang menandakan akhir dari suatu paket data (biasanya 1 byte data). Seperti pada start bit, bit ini langsung diberikan dari serial device. *Stop bit* ini dapat diset panjangnya menjadi satu bit, satu setengah dan dua bit.

- **Baud Rate**

Sebenarnya *baud rate* berarti pergantian kondisi tiap detik (*State Change of the Line persecond*), tetapi karena hanya ada 2 kondisi pada serial (*logic 0 dan 1*) maka dapat juga digunakan untuk menunjukkan kecepatan dari transmisi (*bits per second*).

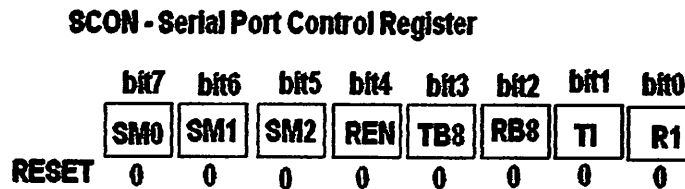
Rangkaian dasar dari MAX 232 dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.22. Rangkaian Operasi MAX 232^[9]

2.7.2 REGISTER KONTROL PORT SERIAL

Register kontrol dan status untuk port serial dalam SCON register ini mengandung bit-bit pemilihan mode kerja port serial, bit data ke-9 pengiriman dan (TB8 dan RB8) serta bit-bit interupsi port serial (TI dan RI).



Gambar 2.23 Register SCON^[9]

Keterangan:

- **SM0**
Serial port mode bit 0, bit pengubah mode serial.
- **SM1**
Serial port mode bit 1, bit pengatur mode serial.
- **SM2**
Serial port mode bit 2, bit untuk mengaktifkan komunikasi multiprocessor pada kondisi set.
- **REN**
Receive Enable, bit untuk mengaktifkan penerimaan data dari port serial pada kondisi set.
- **TB8**
Transmit bit 8, bit ke-9 yang akan dikirim pada mode 2 atau mode 3.
- **RB8**
Receive bit 8, bit ke-9 yang diterima pada mode 2 atau mode 3. Pada mode 1 bit ini berfungsi sebagai *stop* bit.
- **TI**
Transmit Interrupt Flag, bit yang akan di set pada akhir pengiriman karakter.
- **RI**
Receive Interrupt Flag, bit yang akan diset pada akhir penerimaan karakter.

Tabel 2.3 Register Kontrol Port Serial^[9]

SM0	SM1	MODE	Keterangan	Baur Rate
0	0	0	Register Geser	Tetap ($f_{osc}/12$)
0	1	1	UART 8-bit	Bisa diubah-ubah(denganTimer)
1	0	2	UART 9-bit	Tetap($f_{osc}/64$ atau $f_{osc}/32$)
1	1	3	UART 9-bit	Bisa diubah-ubah(dengan timer)

- Bit SM0 dan SM1 (bit7 dan 6 pada register SCON) dipakai untuk menentukan mode kerja port serial. Setelah reset kedua bit ini bernilai '0' dan penentuan mode kerja port serial mengikuti tabel dibawah ini .
- Bit REN(bit4) dipakai untuk mengaktifkan kemampuan port serial untuk menerima data. Pada mode 0 kaki RxD (P3.0) dipakai untuk mengirim data serial. Dan juga untuk menerima data serial.
- Pada mode 2 dan mode 3, port serial bekerja dengan 9 bit data (dari 11 bit, 1 bit untuk *start* dan 1 bit untuk *stop*), SBUF yang kapasitasnya 8 bit tidak cukup untuk keperluan ini. Bit ke-sembilan yang akan dikirim terlebih dulu diletakkan di TB8 (bit 3), sedangkan bit RB8 (bit2) merupakan bit yang dipakai untuk menampung bit ke-sembilan yang diterima port serial.
- Pada mode 1, RB8 dipakai untuk menampung bit *stop* yang diterima, dengan demikian apabila RB8 bernilai '1' maka data diterima dengan benar, sebaliknya apabila RB8 = '0' berarti terjadi kesalahan *frame* (*framing error*). Kalau bit SM2(bit 5) bernilai '1' pada mode 1, jika terjadi kesalahan frame, RI tidak akan menjadi '1' (aktif) meskipun SBUF sudah berisi data dari port serial (bit *stop* diterima dengan benar).

- Bit T1 (bit 1) merupakan sinyal yang setara dengan sinyal *Transmitter Holding Register Empty* (THRE) yang umum dijumpai pada UART standard. Setelah port serial selesai mengirim data yang tersimpan dalam SBUF, bit T1 akan bernilai '1' dengan sendirinya, kemudian bit ini harus di-nol-kan dengan program agar bisa dipakai untuk memantau keadaan SBUF dalam pengiriman data berikutnya.
- Bit RI (bit0) merupakan sinyal yang setara dengan sinyal RDA (*Receiver Data Available*) yang umum dijumpai pada UART standart. Setelah SBUF menerima data dari port serial, bit RI akan bernilai '1' dengan sendirinya, bit ini harus di-nol-kan dengan program agar bisa dipakai untuk memantau keadaan SBUF dalam penerimaan data berikutnya.

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Dalam bab ini akan dibahas perancangan dan pembuatan alat. Pembahasan akan dilakukan pada setiap blok rangkaian, cara kerja masing-masing blok rangkaian, perhitungan dan fungsi masing-masing blok rangkaian tersebut. Secara garis besar terdapat dua bagian perangkat yang ada yaitu :

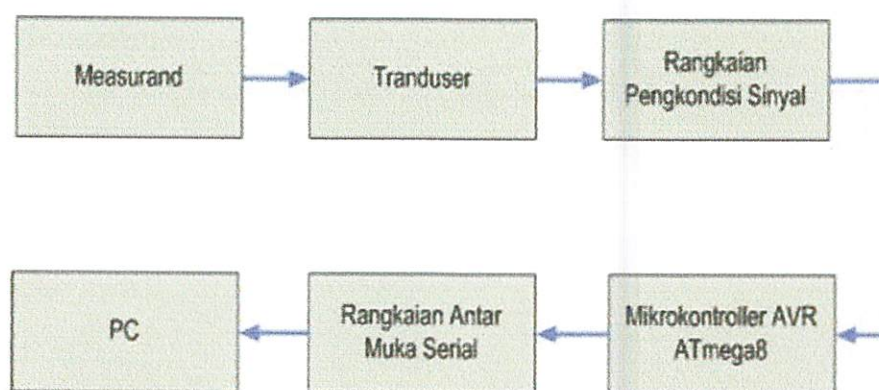
- ❖ Perancangan perangkat keras (*Hardware*).
- ❖ Perancangan perangkat lunak (*Software*).

Pada perancangan perangkat keras akan meliputi seluruh *peripheral* yang digunakan pada sistem ini. Pada perancangan perangkat lunak akan meliputi diagram alir dan *software* secara umum.

Perangkat keras sendiri terdiri dari rangkaian detektor *electrode*, rangkaian pengkondisi sinyal, transistor sebagai saklar, minimum sistem ATmega8, max 232 dan komputer yang digunakan untuk menampilkan data ke monitor.

3.1. Pendahuluan

Alat ini dirancang untuk dapat mendeteksi besarnya resistansi yang dihasilkan oleh kulit manusia, yang nantinya digunakan untuk menentukan tekanan kondisi emosionalnya. Berdasarkan hal diatas maka digunakan mikrokontroler AVR ATmega 8 sebagai pengontrolnya. Blok diagram dari sistem perencanaan alat tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Blok Rangkaian

Keterangan dan fungsi dari masing-masing diagram blok :

1. *Measurand* : adalah sinyal *bio potenial* yang berupa listrik atau sinyal – sinyal listrik yang dibangkitkan oleh manusia.
2. *Tranduser* : Adalah suatu sensor *electroda floating* yang merupakan suatu komponen yang berhubungan langsung dengan permukaan kulit, berupa lempengan jenis konduktor yang mempunyai konduktivitas tinggi. Sensor ini ditempelkan pada permukaan kulit yang akan dideteksi. Dengan menggunakan sensor yang ada diharapkan mampu mendeteksi setiap adanya perubahan resistansi kulit, serta digunakan untuk mendeteksi potensial yang ditimbulkan akibat adanya aktifitas kulit. Sensor mendeteksi adanya perubahan nilai pada permukaan kulit dan dikirim ke rangkaian pengkondisi sinyal.
3. Rangkaian Pengkondisi Sinyal : Pada rangkaian pengkondisi sinyal terdiri dari rangkaian *Op Amp Non-Inverting Amplifier* yang Berfungsi sebagai penguat sinyal input yang diperoleh dari detektor. Sinyal dari detektor *electrode* sangatlah kecil sehingga memerlukan rangkaian

penguat yang kemudian sinyal itu akan diteruskan ke bagian komparator.

4. Mikrokontroller AVR ATmega8 : Rangkaian mikrokontroller ini berfungsi untuk memproses data dari inputan rangkain pengkondisi sinyal yang berupa data hasil dari pengukuran tegangan permukaan kulit. kemudian data yang telah diproses akan dikirim ke PC secara serial melalui rangkaian antar muka serial.
5. Rangkaian Antar Muka Serial : Merupakan suatu rangkaian yang berfungsi mengkonversi pengiriman data secara serial sehingga mikrokontroler dapat dikomunikasikan dengan PC.
6. Personal Computer (PC) : Berfungsi untuk menampilkan dan menyimpan data base yang berisi hasil dari pengukuran pada kulit dan untuk dapat menganalisa dan mengetahui tekanan penyakit stres dan kondisi emosionalnya.

3.2. Perencanaan Perangkat Kersa (*Hardware*)

3.2.1. Catu Daya

Catu daya yang digunakan oleh alat ini adalah baterai DC, dengan besar tegangan 9 Volt, sehingga jika baterai habis dapat diganti dengan baterai yang baru dengan besar tegangan yang sama.

3.2.2 Tranduser

Tranduser yang digunakan sebagai sensor merupakan suatu jenis *electrode floating* yaitu suatu *electrode* permukaan yang digunakan untuk mendeteksi potensial yang ditimbulkan akibat aktifitas kulit. *Elektrode* merupakan komponen yang langsung dapat dihubungkan pada kulit tubuh atau permukaan kulit.

Fungsi *electrode* untuk mengkoppel tegangan dari tubuh ke instrument elektronik atau menyadap. Bila pada *electrode* timbul aliran listrik yang konstan akan timbul tegangan listrik yang berkesinambungan. Untuk pemasangan sensor *electrode* dapat dilihat gambar 3.2.

Sinyal dari sensor ini berupa tegangan AC yang nantinya akan dikuatkan oleh rangkaian penguat instrumentasi. Sensor ini ditempelkan pada permukaan kulit bagian lengan. Untuk menambah faktor konduktifitas antara permukaan kulit dengan sensor, permukaan kulit dibersihkan dengan alcohol dan diberi pasta atau jelly. Sinyal akan masuk ke rangkaian pengkondisi sinyal dengan maksud untuk dikuatkan lagi sebelum masuk ke rangkaian berikutnya.

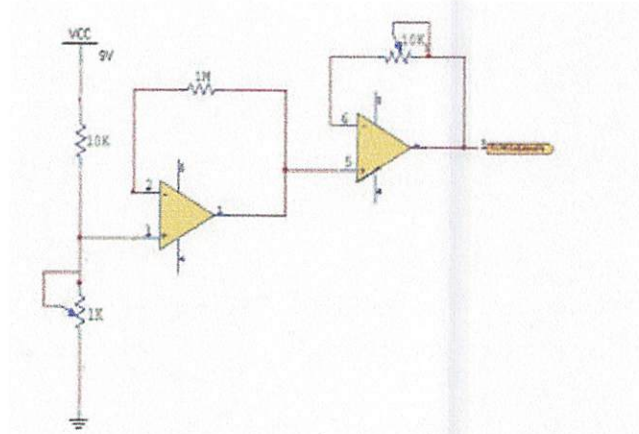


Gambar 3.2. cara pemasangan sensor

3.2.3. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal adalah suatu rangkaian yang berfungsi untuk menguatkan sinyal dari tranduser yang sangat lemah. Pada rangkaian pengkondisi

sinyal sesuai dengan fungsinya maka digunakan suatu rangkaian OP-AMP (*Operational Amplifier*) *non inverting* dan Rangkaian *buffer* yang merupakan suatu rangkaian dimana rangkaian yang inputnya sama dengan outputnya, sedangkan untuk membatasi arus pada rangkaian *buffer* digunakan resistor 10KΩ. Gambar dari rangkaian pengkondisi sinyal dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Diketahui bahwasanya tegangan input dari sensor sebesar ± 5 mili Volt, karena tegangan dari input sensor terlalu kecil sehingga tidak dapat diproses oleh mikrokontroller maka perlu penguatan sebesar 1000 kali agar tegangan yang keluar menjadi 5 Volt. Sehingga untuk mendapatkan penguatan sebesar 1000 kali, maka didapatkan nilai R_1 sebesar 1KΩ, Nilai resistor ini didapat dari perhitungan rangkaian pengkondisi sinyal dibawah ini :

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

$$1000 = \frac{1.000.000}{R_1} + 1$$

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

$$R1 = \frac{1.000.000}{1000}$$

$$R1 = 1000 \Omega$$

Sehingga didapatkan nilai impedansi *input* dari rangkaian pengkondisi sinyal sesuai dengan perhitungan, adalah sebagai berikut :

$$Z_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}}$$

$$Z_{in} = \frac{5 \text{ mVolt}}{50 \text{ nA}}$$

$$Z_{in} = 1 \text{ M}\Omega$$

Sedangkan nilai dari impedansi *output* didapatkan nilai sebagai berikut :

$$Z_{out} = \frac{V_{out}}{I_{out}}$$

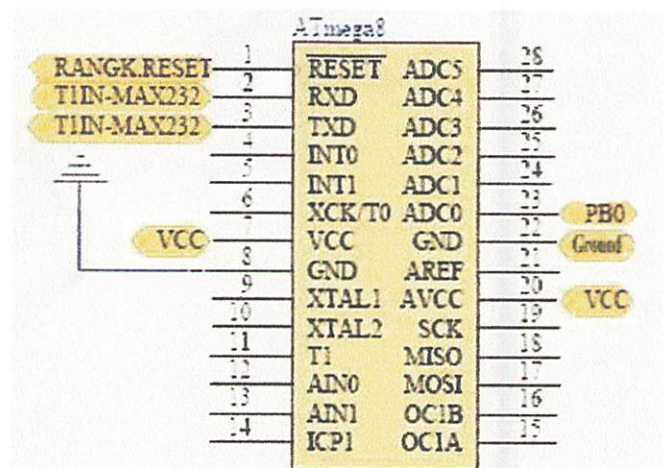
$$Z_{out} = \frac{5 \text{ V}}{20 \text{ mA}}$$

$$Z_{out} = 250 \Omega$$

3.2.4. Perancangan Rangkaian Mikrokontroler ATmega8

3.2.4.1. Sistem Minimum ATmega8

Mikrokontroler ATmega8 merupakan sebuah *chip* tunggal sebagai pengolah data, pengontrolan alat dan pengontrolan sistem, pin-pin mikrokontroler ATmega8 dihubungkan pada rangkaian pendukung sehingga membentuk suatu minimum sistem, yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 di bawah ini:



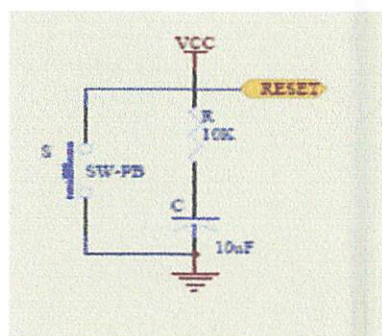
Gambar 3.4. Rangkaian Mikrokontroler ATmega8

Komponen mikrokontroller terdiri dari 28 pin, pin yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah pada pin sebagai berikut :

Pin 1 (reset), Pin 2 & Pin 3, (RXD & TXD), Pin 7. (VCC), Pin 8 & pin 22 (Ground), Pin 23. (ADC 0)

3.2.4.2. Perancangan Rangkaian Reset

Untuk melakukan reset sistem pada mikrokontroler Atmega8 dapat memanfaatkan pin reset. Pin tersebut dihubungkan dengan rangkaian reset eksternal yang ditunjukkan Gambar 3.5 di bawah ini:



Gambar 3.5 Perancangan Rangkaian Reset ATmega8

me-reset mikrokontroler Atmega8, maka pin RST diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal reset kapasitor dihubungkan dengan V_{CC} dan sebuah resistor yang dihubungkan ke ground.

Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi sebesar 12 MHz, maka satu periode dapat dihitung dari persamaan (2-6):

$$T = \frac{1}{f_{XTAL}} = \frac{1}{11,0592 \text{ MHz}} \text{ s} = 9,042 \times 10^{-8} \text{ s}$$

Sehingga waktu minimal logika tinggi yang dibutuhkan untuk mereset mikrokontroler dapat dihitung menggunakan persamaan (2-7) :

$$\begin{aligned} t_{\text{reset(min)}} &= T \times \text{periode yang dibutuhkan} \\ &= 9,042 \times 10^{-8} \times 24 \\ &= 2,17 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Jadi mikrokontroler membutuhkan waktu minimal 2,17 μs untuk mereset. Waktu minimal inilah yang dijadikan pedoman untuk menentukan nilai R dan C. Dari Persamaan (2-4) dengan menentukan nilai $R = 8,2 \text{ k}\Omega$, dan $C = 10 \mu\text{F}$, maka:

$$t = 0,357 R.C = 0,357 \times 8200\Omega \times 10 \cdot 10^{-6} = 29,274 \text{ ms}$$

Jadi dengan nilai komponen $R = 8,2 \text{ k}\Omega$, dan $C = 10 \mu\text{F}$ dapat memenuhi syarat minimal untuk waktu yang dibutuhkan oleh mikrokontroler.

Selain menggunakan rangkaian reset eksternal, peresetan pada MCU ATmega8 juga dapat dilakukan dengan internal reset yang terdiri dari tiga macam cara yaitu

- Power-On reset

Mikrokontroler akan dalam keadaan reset jika tegangan power supply berada dibawah tegangan ambang Power-on reset.

- **Watchdog reset**

Mikrokontroler dalam keadaan mereset jika periode *Watchdog timer* berakhir dan *Watchdog* dalam kondisi *enable*.

- **Brown-out reset**

Mikrokontroler akan dalam keadaan reset jika tegangan power supply berada dibawah tegangan ambang *Brownout reset* dan detektor *Brown-out* dalam kondisi *enable*.

3.2.4.3 Penginisialisasian Port Serial Pada Mikrokontroller

Pada *mikrokontroler* penginisialisasian *port serial* juga harus dilakukan. *Register* yang digunakan adalah *SCON (Serial Control)*. Dimana 8 bit data *asinkron* yang terdiri atas 10 bit, yaitu 1 bit start, 8 bit data, dan 1 bit stop. Dan pada mode ini kita dapat mengatur *baudrate*. Pada mode ini fungsi-fungsi *alternatif* dari P3.0/RxD dan P3.1/TxD digunakan. P3.0 berfungsi sebagai RxD yaitu pin untuk penerimaan data *serial* dan P3.1 berfungsi sebagai pin untuk pengiriman data *serial*. Pengiriman data dilakukan dengan menuliskan data yang akan dikirim ke *register* SBUF. Data *serial* akan digeser keluar diawali dengan bit *start*, kemudian data dari bit yang berbobot terendah (LSB) hingga bit berbobot tertinggi (MSB) dan diakhiri dengan bit *stop*.

```
jnb    RI,$
mov    a,SBUF
```

Penerimaan data dilakukan oleh *mikrokontroller* dengan mendeteksi adanya perubahan kondisi dari logika high ke logika *low* pada kaki RxD. Perubahan kondisi

tersebut merupakan bit start. Data yang masuk pada *serial* pertama kali akan ditampung oleh bit RI (*Receive Interrupt Flag*), bit ini akan set pada akhir pengiriman karakter. Selanjutnya, data *serial* akan digeser masuk kedalam SBUF.

3.2.4.4 Pengaturan Baud Rate Pada Komunikasi Serial

Dalam komunikasi *serial* ini mode *serial* yang digunakan adalah mode 1, dimana dengan mode *serial* ini kita bisa mengatur *baud ratenya*. *Baud rate* yang digunakan dalam komunikasi *serial* ini adalah 9600 bps. Penentuan *baud rate* sangat bergantung pada crystal yang kita gunakan, *crystal* ini adalah sebagai oscillator. *Crystal* yang digunakan adalah 11,0592 MHz. Pada mode ini pengaturan *baud rate* menggunakan *Timer 1*. Penghitungannya adalah sebagai berikut :

$$9600 = \frac{f_{osc}}{12 \times [256 - TH\ 1] \times 32} \dots\dots\dots 1$$

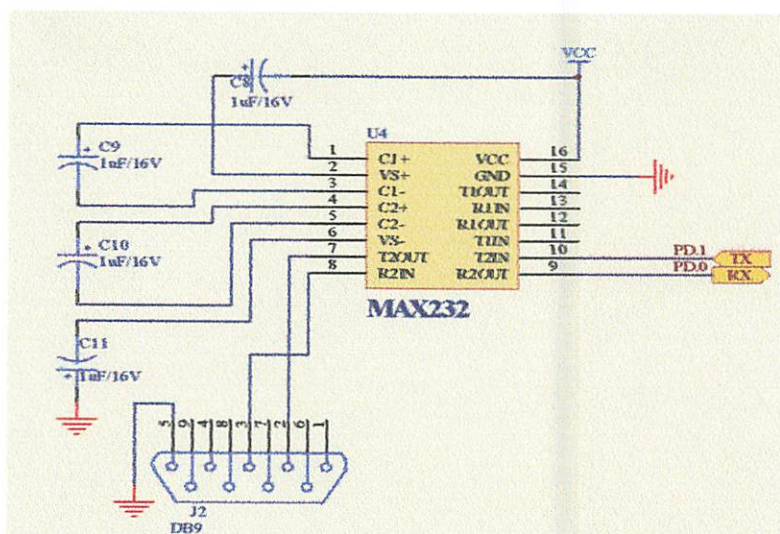
$$9600 = \frac{11,0592\ MHz}{12 \times [256 - TH\ 1] \times 32} \dots\dots\dots 2$$

Dengan frekuensi oscillator sebesar 11,0592 MHz, TH1 (*Timer 1*) adalah 253 atau dalam format heksa 0FDH.

3.2.5. Komunikasi serial RS 232

Sebelum diinputkan ke PC dibutuhkan rangkaian converter tegangan. Mikrokontroller mempunyai output logika high dihasilkan dari tegangan 5 volt dan logika low sebesar 0 volt, tegangan ini akan sering mengakibatkan terjadinya kesalahan didalam pengiriman dan penerimaan data dikarenakan rugi-rugi dari kabel.

RS 232 berfungsi untuk memperlebar range tegangan karena berada dikisaran +10V dan -10V, dengan range yang lebar ini kesalahan karena rugi-rugi sistem komunikasi dari mikrokontroller ke PC tidak mempengaruhi nilai data yang dikirim. Untuk menghubungkan antara PC dan Mikrokontroller pada perancangan alat ini digunakan IC MAX 232. Pada saat pada kondisi stand by keyboard terhubung dengan mikrokontroller, setelah keyboard menerima masukan data, maka data yang dibaca akan dikirim ke PC untuk dibandingkan dengan database yang tersimpan pada PC. Setelah database ditemukan, maka PC akan mengirim nama ke mikrokontroller untuk ditampilkan di monitor.



Gambar 3.6. Rangkaian Antar Muka Serial

3.2.6. Personal Computer (PC)

PC digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran serta mengatur tombol-tombol pilihan untuk proses pendeteksian kondisi tekanan emosional yang akan diukur. Pemrograman pada PC menggunakan bahasa pemrograman Delphi.

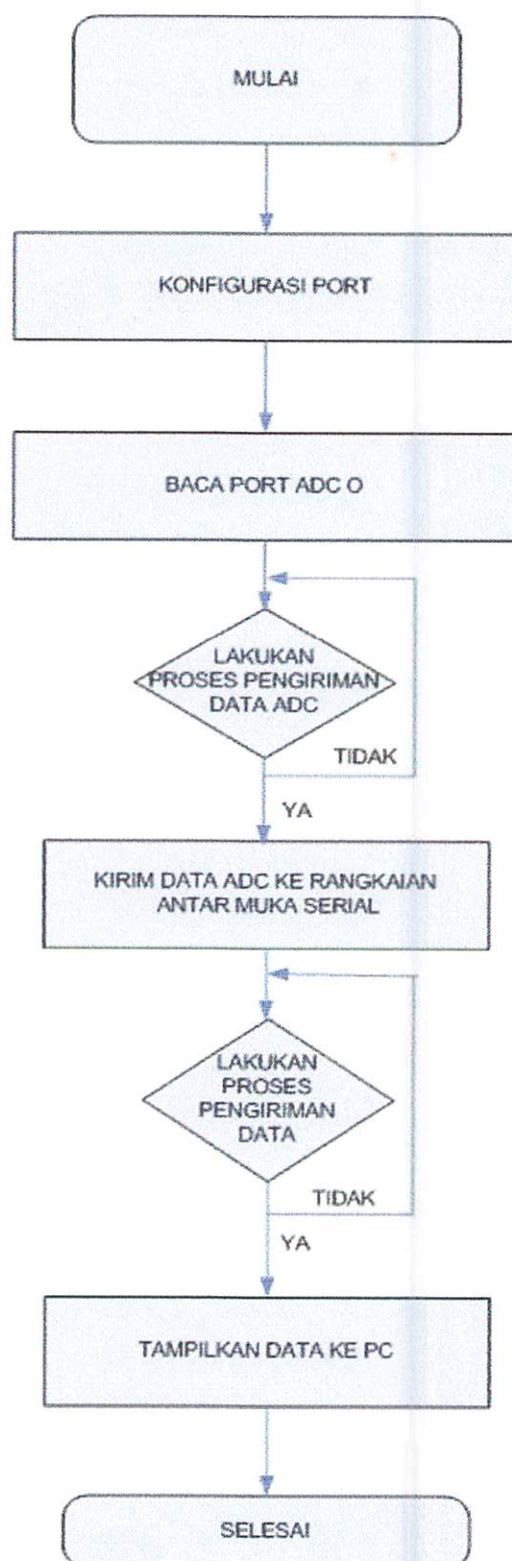
Gambar 3.7. Tampilan awal program pada PC

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Secara umum perangkat lunak yang dibuat pada alat ini dapat dibagi menjadi 2 bagian, perangkat lunak di mikrokontroller AVR Atmega8 dan perangkat lunak di PC menggunakan Borland Delphi.

3.3.1 Flow Chart Mikrokontroler

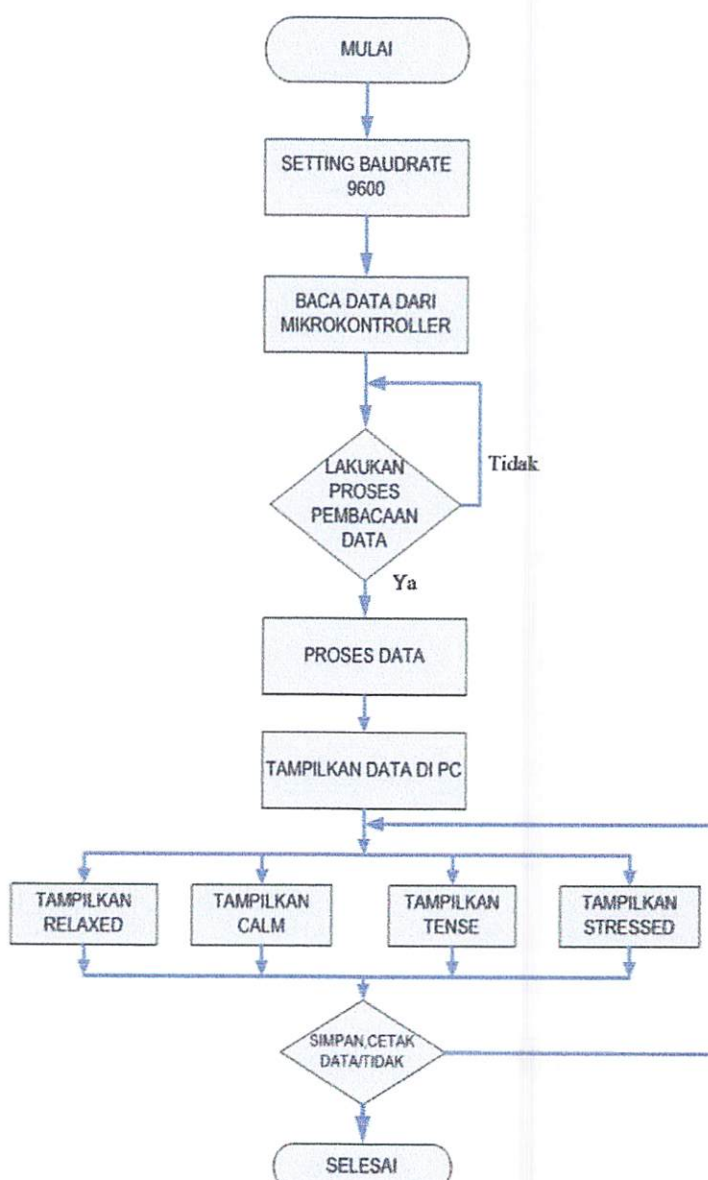
Perangkat lunak di mikrokontroller AVR Atmega8 digunakan untuk mengatur proses digitalisasi di ADC dan mengubah data paralel keluaran ADC menjadi bentuk serial sebagai masukan ke serial port PC



Gambar 3.8. Diagram Alir Program Mikrokontroler

3.3.2 Flow Chart Pada Perangkat Lunak

Untuk perangkat lunak pada PC dirancang agar dapat menampilkan data pengukuran, dapat menyimpan data hasil, menampilkan kembali dan dapat dilakukan pengukuran pada tampilan data. Secara umum perangkat lunak pada PC dapat dijelaskan dengan gambar dibawah ini.



Gambar 3.9 Flowchart aplikasi secara umum

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

4.1. Pendahuluan

Di dalam bab ini akan dibahas mengenai pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sejauh mana peralatan yang dirancang dapat bekerja sesuai dengan perencanaan. Langkah-langkah pengujian dilakukan melalui 2 tahap, yakni pengujian pada setiap blok dan pengujian pada sistem keseluruhan. Tahap pertama dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana blok-blok rangkaian dapat berjalan, sedangkan tahap kedua dilakukan setelah diperoleh kepastian bahwa tiap blok rangkaian telah berjalan sesuai rencana.

4.2. Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian pada masing-masing blok pada rancang bangun alat pendeteksi tekanan kondisi emosional adalah untuk :

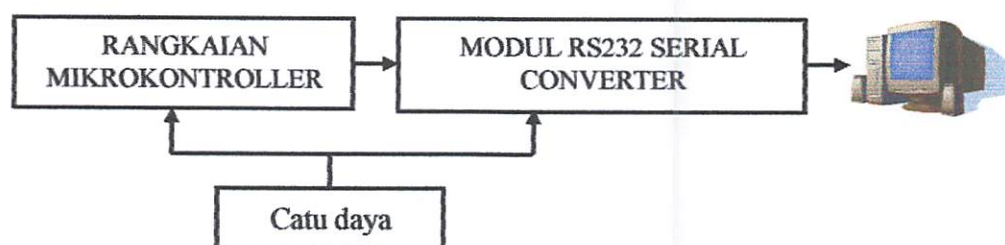
- Mengetahui apakah tiap blok rangkaian dapat berfungsi dengan baik.
- Mengetahui sistem kerja rancang bangun deteksi tekanan emosional berdasarkan tanggapan electrostatic kulit manusia oleh kendali mikrokontroler AVR ATmega8 sebagai pengendali utama.

4.3. Pengujian Antar Muka Serial

4.3.1 Tujuan

Rangkaian antar muka serial ialah suatu rangkaian yang menggunakan IC MAX232, di mana IC ini berfungsi untuk memperlebar range tegangan yang semula tegangan dari mikrokontroler mempunyai *output* logika *high* sebesar 5 volt dan logika *low* sebesar 0 volt, tegangan ini akan sering mengakibatkan

terjadinya kesalahan didalam pengiriman dan penerimaan data ke PC, diubah menjadi berkisaran +10 Volt dan - 10 Volt. Tujuan dari pengujian rangkaian serial interface adalah untuk mengetahui fungsi dari pin Tx (pengiriman data) dan fungsi pin Rx (penerimaan data) pada IC MAX232 sudahkah berfungsi dengan baik. Prosedur pengujian adalah sebagai berikut.



Gambar 4.1 Diagram Blok Pengujian rangkaian antar muka serial

4.3.2 Peralatan yang digunakan

- Rangkaian Mikrokontroller
- Rangkaian antar muka serial
- Kabel Serial (DB 9)
- Power Supply +5 volt
- PC
- Multimeter

4.3.3. Langkah Pengujian

Pada pengujian rangkaian antar muka dilakukan dua tahap pengujian, yaitu pengujian pertama yaitu menguji perubahan level tegangan input dari mikrokontroller sebesar 0 Volt dan ± 5 Volt, menjadi ± 10 Volt dan $\pm (-10$ Volt) oleh IC MAX 232, Pengujian ini bertujuan untuk menyesuaikan level tegangan sesuai dengan level tegangan pada

komputer. Pengujian tahap kedua adalah pengujian sistem komunikasi antara alat yang dibuat dengan komputer.

4.3.3.1 Pengujian perubahan level tegangan.

- **Langkah-langkah pengujian.**

- Mengukur tegangan *output* dari mikrokontroler AVR Atmega 8 dengan multimeter.
- Mengukur tegangan *output* dari IC MAX232 dengan multimeter

- **Hasil analisa**

Pengukuran yang pertama dilakukan adalah mengukur tegangan output dari mikrokontroler dengan menggunakan multimeter. Seperti pada gambar dibawah ini.

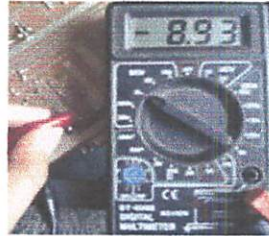


Gambar 4.2 Hasil pengukuran tegangan *output* Mikrokontroler AVR Atmega 8

Setelah mengetahui tegangan output dari mikrokontroler, kemudian mengukur tegangan output dari IC MAX 232. Cara mengukur IC MAX 232 adalah seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.3 Hasil pengukuran tegangan *output* positif IC MAX232

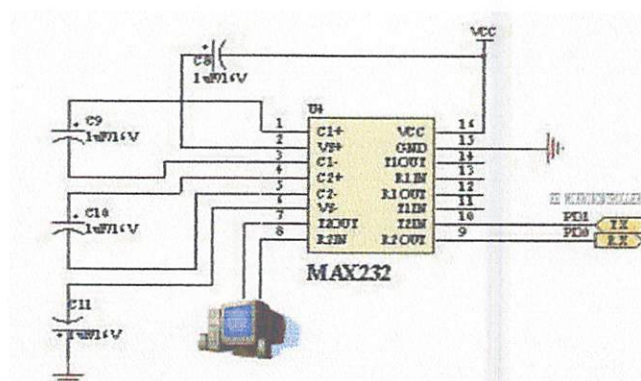


Gambar 4.4 Hasil pengukuran tegangan *output* negatif IC MAX232

Setelah melakukan pengujian terhadap perubahan level tegangan pada mikrokontroller oleh IC MAX232 selesai, langkah berikutnya adalah pengujian terhadap sistem komunikasi antara alat yang dibuat dengan PC.

4.3.3.2 Pengujian Sistem Komunikasi Rangkaian Antar Muka dengan PC

- Langkah-langkah pengujian
 - Merangkai rangkaian antar muka serial seperti pada gambar dibawah ini:

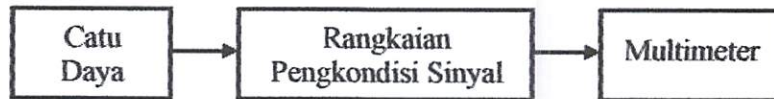


Gambar 4.5 Rangkaian Pengujian Komunikasi Rangkaian Antar Muka Serial Dengan PC

4.4 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

4.4.1. Tujuan

Rangkaian pengkondisi sinyal merupakan suatu rangkaian yang berfungsi untuk menguatkan sinyal yang kecil dari *tranduser*. Tujuan dari pengujian rangkaian pengkondisi sinyal adalah untuk mengetahui apakah rangkaian ini dapat bekerja dengan baik menguatkan sinyal masukan dari *tranduser* yang sangat lemah. Oleh karena itu dibutuhkan penguatan sebesar ± 1000 kali penguatan agar sinyal dari *tranduser* dapat diterima oleh rangkaian mikrokontroller. Prosedur pengujian rangkaian pengkondisi sinyal adalah sebagai berikut.



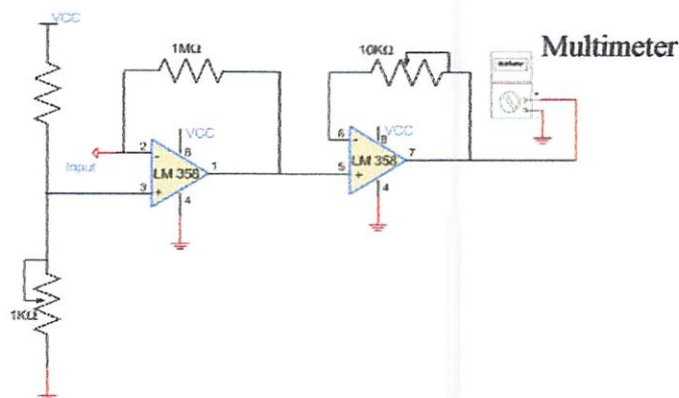
Gambar 4.11. Diagram Blok Pengujian Rangkain Pengkondisi Sinyal

4.4.2 Peralatan Yang Digunakan.

1. Power Suplay
2. Rangkaian Pengkondisi Sinyal.
3. Multimeter.

4.4.3. Prosedur Pengujian.

1. Merangkai rangkaian pengkondisi sinyal seperti gambar berikut.



Gambar 4.12 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

- 2. Pasang catu daya untuk sumber tegangan pada rangkaian pengkondisi sinyal.
- 3. Pada *input* rangkaian pengkondisi sinyal, beri tegangan sesuai dengan nilai tegangan input yang sesuai dengan tabel 4.1
- 4. Ukur tegangan *output* dari rangkaian pengkondisi sinyal menggunakan multimeter dan hasil pengukuran dimasukkan dalam tabel 4.1.

4.4.4. Hasil dan Analisa Pengujian

Tabel 4.1
Data Hasil Perhitungan dan Pengukuran Rangkaian Pengkondisi Sinyal

NO	TEGANGAN INPUT (mV)	TEGANGAN OUTPUT RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL (V)		GAIN(A)	% KESALAHAN
		PERHITUNGAN	PENGUKURAN		
1	1	1	0,9	1000	10
2	2	2	1,8	1000	10
3	3	3	2,6	1000	13,3
4	4	4	3,8	1000	5
5	5	5	4,5	1000	10
6	Kesalahan Relative				9,63

- ✓ Pada rancangan diketahui bahwasanya penguatan dari rangkaian pengkondisi sinyal adalah 1000 kali, sehingga didapatkan nilai dari hasil perhitungan sebagai berikut :
 - V_{out} yang diperoleh bila $V_{in} = 2$ mili Volt ialah :

$$V_{out} = V_{in}.A_{CL}$$

$$V_{out} = 2 \text{ mV} \times 1000 = 2000 \text{ mili Volt atau } 2 \text{ Volt}$$

- Kesalahan dalam persen dapat dicari dengan persamaan di bawah ini:

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(\text{perhitungan} - \text{pengukuran})}{\text{perhitungan}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(1 - (0,9))}{1} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = 10 \%$$

- Untuk kesalahan rata-rata dapat dicari dengan rumus:

$$\text{Kesalahan relative rata-rata} = \frac{\sum \text{error}}{x}$$

Dimana : $\sum \text{error}$ = jumlah error

X = Banyaknya Sampel

Jadi apabila $\sum \text{error} = 48,3$

X = 5

$$\text{Maka kesalahan relative rata-rata} = \frac{48,3}{5} = 9,63 \%$$

- Nilai *impedansi input* dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut :

$$Z_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}}$$

$$Z_{in} = \frac{5 \text{ mV}}{50 \text{ nA}}$$

$$Z_{in} = 1 \text{ M}\Omega$$

- Sedangkan nilai *impedansi output* didapatkan nilai sebagai berikut :

$$Z_{out} = \frac{V_{out}}{I_{out}}$$

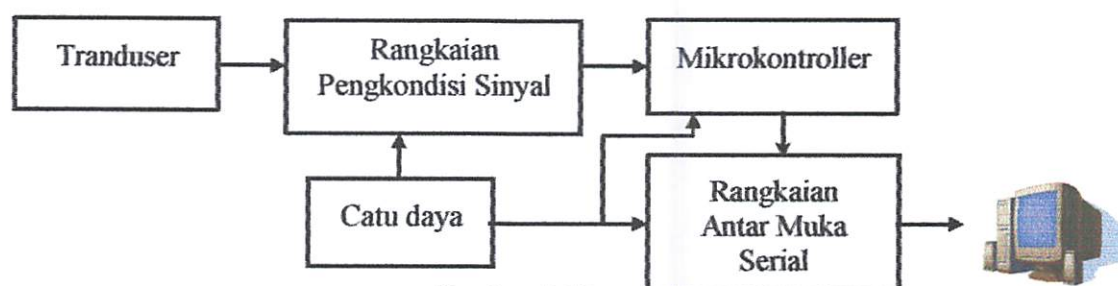
$$Z_{out} = \frac{5 \text{ V}}{20 \text{ mA}}$$

$$Z_{out} = 250 \Omega$$

4.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

4.5.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian Sistem ini adalah untuk mengetahui apakah alat yang dibuat dan dirancang dapat bekerja sesuai yang diinginkan. Adapun prosedur pengujian sistem ini yaitu



Gambar 4.13

Blok Pengujian Sistem Pendeteksi Tekanan Kondisi Emosional

4.5.2. Peralatan yang digunakan

1. Tranduser *electrode floating*
2. Rangkaian pengkondisi sinyal
3. Rangkaian Mikrokontoller AVR ATmega8
4. Power Suplay
5. Rangkaian Antar Muka Serial
6. *Personal Computer*

4.5.3. Langkah-langkah pengujian

- Menghubungkan keseluruhan rangkaian sesuai dengan diagram blok.
- Menghubungkan kabel serial dan USB pada PC.
- Memasang tranduser pada tempat pengukuran yaitu pada kedua lengan tangan.
- Tekan *Power* pada alat yang dirancang.
- Jalankan program delphi sebagai program utama pada PC.
- Memulai pendeteksian nilai tegangan pada kulit selama ± 60 detik

- Menampilkan hasil pengukuran dan pernyataan hasil pengukuran pada PC.

4.5.4. Analisa

Hasil pengujian dari sistem yang dijalankan menggunakan program Delphi didapatkan data sebagai berikut :

Tampilan Informasi Pada Program Delphi

- Menampilkan *Form* Utama
- Menampilkan *Form* waktu, tanggal, nama, usia, alamat, hasil pengukuran, hasil eksekusi pengukuran, indikator waktu pengukuran, Start, Stop, simpan atau tambah, cetak dan Keluar.
- Menampilkan pernyataan dari hasil pengukuran GSR : Relaxed, Calm, Tense atau Stressed.

Untuk memulai pengukuran jalankan program delphi terlebih dahulu, Setelah program dijalankan akan tampil *Form* utama seperti pada gambar 4.14.

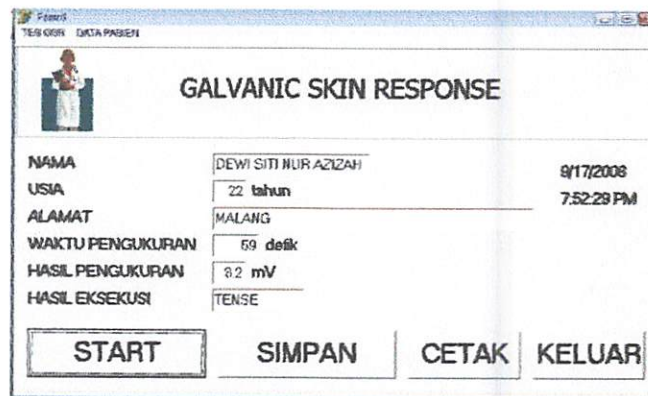
The screenshot shows a Windows application window titled 'Form1' with a subtitle 'TES GSR DATA PASIEN'. The main heading is 'GALVANIC SKIN RESPONSE'. Below this, there are several input fields and buttons:

NAMA		9/17/2008
USIA	tahun	7:49:03 PM
ALAMAT		
WAKTU PENGUKURAN	detik	
HASIL PENGUKURAN	mV	
HASIL EKSEKUSI		

At the bottom of the form, there are four buttons: 'START', 'TAMBAH', 'CETAK', and 'KELUAR'.

Gambar 4.14 Tampilan Awal Dari Program Deteksi kondisi Emosional

Kemudian tekan *button* “tambah” untuk memulai melakukan identifikasi pengukuran pada pasien baru. Kemudian pasang transduser sesuai dengan petunjuk pemasangan, setelah siap kemudian tekan *button* “start”. Program mulai melakukan proses penghitungan nilai *biopotensial* selama ± 1 menit. Setelah waktu pengukuran mencapai ± 60 detik program akan berhenti secara otomatis, Dan hasil dari pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.15.



The screenshot shows a software window titled "GALVANIC SKIN RESPONSE". It contains a form with the following fields and values:

NAMA	DEWI SITI NUR AZIZAH	9/17/2008
USIA	22 tahun	7:52:29 PM
ALAMAT	MALANG	
WAKTU PENGUKURAN	59 detik	
HASIL PENGUKURAN	3.2 mV	
HASIL EKSEKUSI	TENSE	

At the bottom of the window, there are four buttons: START, SIMPAN, CETAK, and KELUAR.

Gambar 4.15

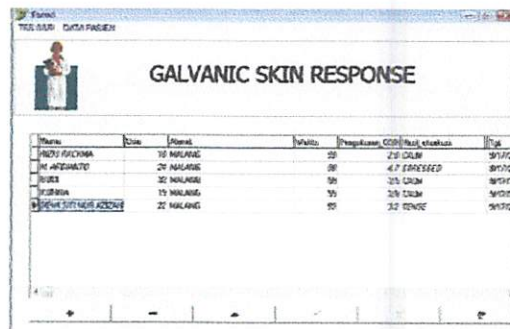
Tampilan Hasil Pengukuran dan Pernyataan dari Hasil eksekusi Pengukuran

Setelah waktu selesai menghitung sampai ± 60 detik maka program berhenti dan menampilkan hasil dari pengukuran dan pernyataan hasil eksekusi pengukuran. Kemudian untuk menyimpan data dari hasil pengukuran tekan *button* “simpan” seperti pada gambar 4.16 dan data akan disimpan didalam *data base* seperti gambar 4.17.



This screenshot is identical to the previous one, showing the same patient data and measurement results. The "SIMPAN" button is highlighted with a thicker border, indicating it is the button to be pressed to save the data.

Gambar 4.16 Cara menyimpan hasil dari pengukuran

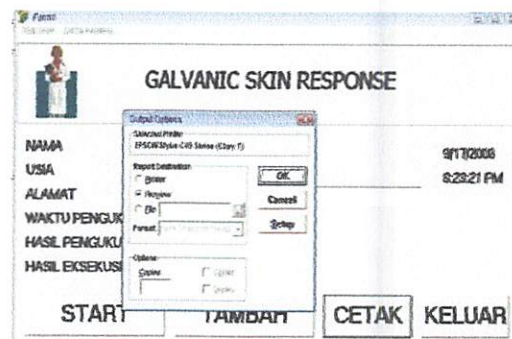


The screenshot shows a window titled "GALVANIC SKIN RESPONSE" with a table containing patient data. The table has columns for Name, Age, Address, Value, Measurement, and Status. The data is as follows:

Nama	Umur	Alamat	Nilai	Pengukuran	Status
DEWI SITI NUR AZIZAH	22	MALANG	3.2	3.2 mV	OK
DEWI SITI NUR AZIZAH	22	MALANG	3.2	3.2 mV	OK
DEWI SITI NUR AZIZAH	22	MALANG	3.2	3.2 mV	OK
DEWI SITI NUR AZIZAH	22	MALANG	3.2	3.2 mV	OK
DEWI SITI NUR AZIZAH	22	MALANG	3.2	3.2 mV	OK

Gambar 4.17 Hasil dari data pasien yang disimpan dalam data base

Apabila menginginkan data untuk di cetak secara langsung maka tekan *button* “cetak” dan cara untuk mencetak hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.18



Gambar 4.18 Tampilan Proses Pencetakan data

Untuk mencetak secara langsung pilih printer kemudian tekan “OK” data akan dicetak oleh printer. Tampilan dari *output* dari hasil pencetakan data dapat dilihat pada gambar 4.19

Tanggal, 9/17/2008

Nama	DEWI SITI NUR AZIZAH
Usia	22
Alamat	MALANG
Hasil Pengukuran	3.2 mV
Hasil Eksekusi	TENSE

Gambar 4.19 Hasil *output* saat di cetak

4.6 Pengujian Kalibrasi alat

Tujuan pengkalibrasian alat adalah untuk menentukan apakah alat yang dibuat sesuai dengan alat yang pernah ada. Untuk kalibrasi alat yaitu dengan menentukan nilai output *biopotensial* dari alat yang dibuat apakah sama dengan alat yang terlebih dahulu ada, Untuk pengkalibrasian yaitu dengan memberikan inputan dengan tegangan yang sesuai dengan data yang ada. Nilai tegangan sebagai inputan pengkalibrasi dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Nilai Tegangan untuk Kalibrasi^[4]

No	Kondisi Tubuh	Tegangan Kulit (mV)	Output GSR (mV)
1.	RELAXED	1,5	1,5
2.	CALM	2,5	2,5
3.	TENSE	3,5	3,5
4.	STRESSED	4,5	4,5

Setelah dilakukan pengukuran didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil pengukuran alat

No.	Nilai V Input (mili Volt)	Output Nilai GSR Alat (mili Volt)	Output Nilai GSR Referensi (mili Volt)	% Error
1.	1,5	1,6	1,5	6,67
2.	2,5	2,7	2,5	4
3.	3,5	3,4	3,5	2,87
4.	4,5	4,3	4,5	4,45
5	Kesalahan relative			4,50

Kesalahan dalam persen dapat dicari dengan persamaan di bawah ini:

- *Persentase* kesalahan saat nilai tegangan input 1,5 mili Volt adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(\text{nilaireferensi} - \text{pengukuran})}{\text{nilaireferensi}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(1,5 - (1,6))}{1,5} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = 6,67\%$$

- *Persentase* kesalahan saat nilai tegangan input 2,5 mili Volt adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(\text{nilaireferensi} - \text{pengukuran})}{\text{nilaireferensi}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(2,5 - (2,7))}{2,5} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = 4\%$$

- *Persentase* kesalahan saat nilai tegangan input 3,5 mili Volt adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(\text{nilaireferensi} - \text{pengukuran})}{\text{nilaireferensi}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(3,5 - (3,4))}{3,5} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = 2,87 \%$$

- *Persentase* kesalahan saat nilai tegangan input 2,5 mili Volt adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(\text{nilaireferensi} - \text{pengukuran})}{\text{nilaireferensi}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(4,5 - (4,3))}{4,5} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = 4,45 \%$$

- Sehingga didapatkan kesalahan relative sebesar :

$$\text{Kesalahan relative rata-rata} = \frac{\sum \text{error}}{x}$$

Dimana : $\sum \text{error}$ = jumlah error

X = Banyaknya Sampel

Jadi apabila $\sum \text{error}$ = 17,99

X = 4

$$\text{Maka kesalahan relative rata-rata} = \frac{17,99}{4} = 4,50 \%$$

4.7. Pengujian Posisi Tranduser

Tujuan dari pengujian posisi tranduser adalah untuk mengetahui hasil pengukuran tegangan biopotensial pada tempat yang dianjurkan oleh Dr. Irawan Setiabudi yaitu pada kedua lengan tangan dengan membandingkan hasil pengukuran pada kedua kaki.

Dari hasil pengujian pemasangan tranduser pada objek uji didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.4. hasil pengukuran pengujian posisi tranduser

No	Nama	Usia	Hasil Pengukuran (mVolt)		% Kesalahan
			Pemasangan Tranduser Pada Kedua Tangan	Pemasangan Tranduser Pada Kedua Kaki	
1.	Imam	28	2,5	2,2	12
2.	Joko	29	3,4	2,9	14,7
3.	Sukri	36	2,7	2,3	14,8
4.	Iwan	26	4,5	3,8	15,5
5.	Slamet	30	5,2	4,6	11,5
6.	Ali	27	4,8	4,2	12,5
7.	Aris	27	2,4	1,9	20,8
8.	Anang	25	3,6	3,1	13,8
9.	Surya	24	3,4	2,8	17,6
10.	Fikri	25	2,8	2,4	14,2
11.	Kesalahan Relative				14,47

- Kesalahan dalam persen dapat dicari dengan persamaan di bawah ini:

% kesalahan =

$$\left| \frac{(\text{Pemasangan pada tangan} - \text{pemasangan pada kaki})}{\text{pemasangan pada tangan}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{(2,5 - (2,2))}{2,5} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = 12 \%$$

- Kesalahan relative rata-rata = $\frac{\Sigma \text{error}}{x}$

Dimana : $\Sigma \text{ error}$ = jumlah error

X = Banyaknya Sampel

Jadi apabila $\Sigma \text{ error} = 147,4$

X = 10

$$\text{Maka kesalahan relative rata-rata} = \frac{147,4}{10} = 14,47 \%$$

4.8. Proses Pengambilan Data

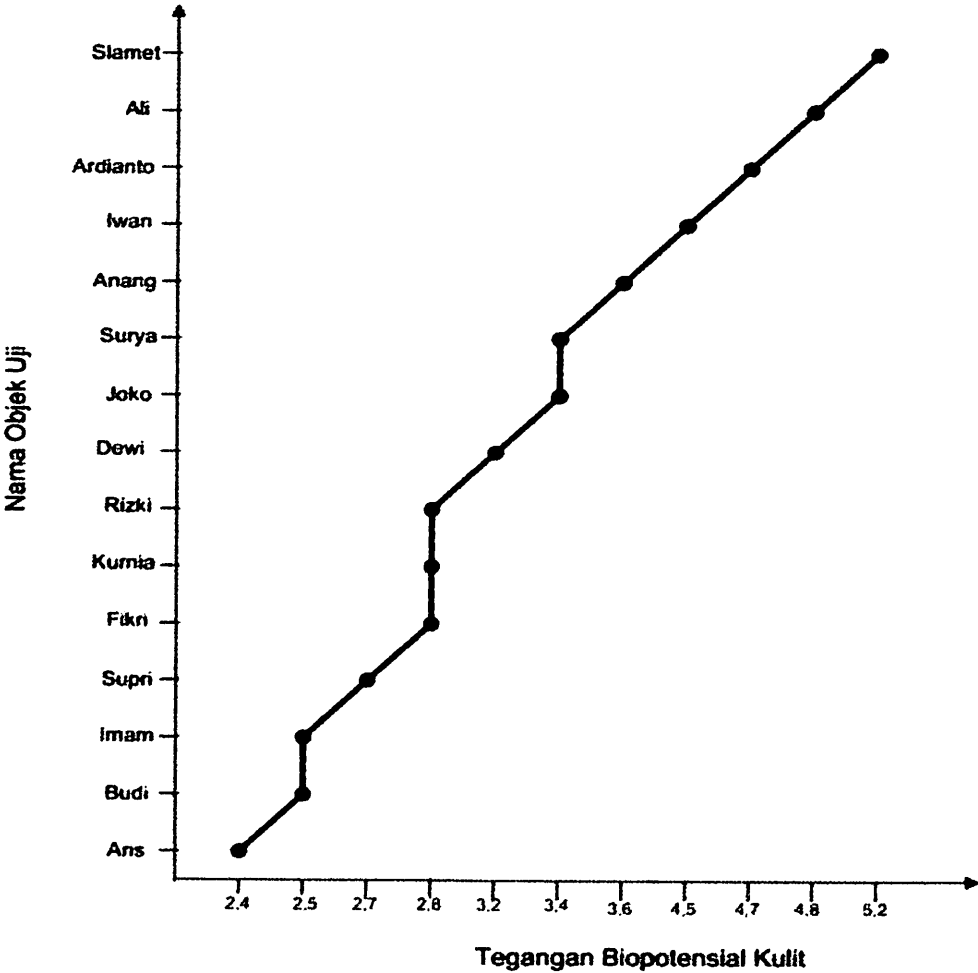
Metode pengambilan data pada obyek uji dilakukan dalam beberapa tahap, antara lain :

- 1. Pengukuran dengan cara sensor *electroda floating* ditempelkan pada permukaan kulit, diukur dalam waktu $\pm$ 1 menit.
- 2. Pengukuran tidak ada pengulangan dalam pengambilan data karena jika diulang maka kondisi pasien dapat dianggap dibuat-buat, sehingga data yang diambil dianggap tidak akurat.
- 3. Seluruh hasil pengujian didata dan dibuat dalam bentuk tabel, dan dimasukan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5
Hasil Pengujian Pengukuran Tekanan Kondisi Emosional

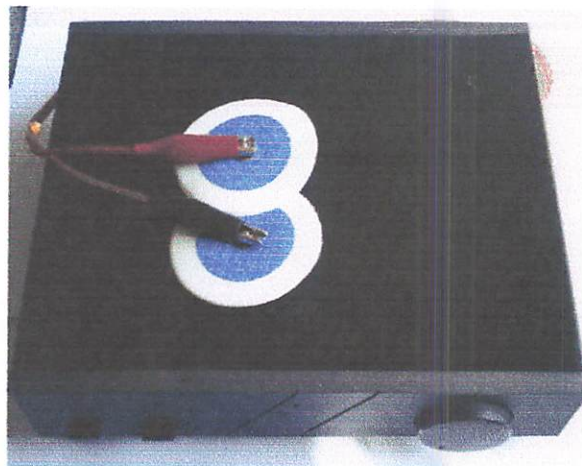
No	Nama	Usia	Jenis Kelamin	Hasil pengukuran (mV)	Kondisi Tubuh
1.	Imam	28	L	2,5	Calm
2.	Joko	29	L	3,4	Tense
3.	Sukri	36	L	2,7	Calm
4.	Iwan	26	L	4,5	Stressed
5.	Slamet	30	L	5,2	Stressed
6.	Ali	27	L	4,8	Stressed
7.	Aris	27	L	2,4	Calm
8.	Anang	25	L	3,6	Tense
9.	Surya	24	L	3,4	Tense
10.	Fikri	25	L	2,8	Calm
11.	Dewi	22	P	3,2	Tense
12.	Rizki	18	P	2,8	Calm
13.	Budi	32	L	2,5	Calm
14.	Kurnia	19	L	2,8	Calm
15.	Ardianto	24	L	4,7	Stressed

Grafik 4.1 Hasil Pengukuran Terhadap Objek Uji



4.9 Spesifikasi Alat

- Dimensi : 20 x 17 x 5 cm
- Berat : 650 Gram
- Baterai : 9 Volt
- Mikrokontroler AVR Atmega8
- Tranduser *Electrode Floating* (elektroda permukaan)
- Rangkaian Pengkondisi Sinyal
- Antar muka serial
- PC
- Perangkat Lunak Pemrograman Delphi



Gambar 4.20 Foto Keseluruhan Alat

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari rancang bangun deteksi kondisi emosional berdasarkan tanggapan electrostatic kulit manusia oleh kendali mikrokontroller yang dikoneksikan ke PC ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Setiap adanya perubahan dari tingkatan emosional manusia, maka akan mempengaruhi perubahan dari tegangan *biopotensial* pada permukaan kulit..
2. Dari hasil pengujian, letak dan posisi tranduser sangat mempengaruhi hasil pengukuran. Hal ini dikarenakan nilai dari *biopotensial* kulit tidak terdeteksi oleh *tranduser*. Sehingga posisi dan letak *tranduser* harus benar-benar tepat. Maka dari hasil pengujian dari hasil pengujian didapatkan letak posisi *tranduser* yang tepat adalah dipasang pada kedua lengan tangan.

5.2. Saran

Alat yang dibuat ini masih memiliki keterbatasan, nantinya diharapkan dapat dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan itu. Seperti untuk membuat tranduser yang lebih peka terhadap perubahan tegangan pada permukaan kulit serta rangkaian pengkondisi sinyal yang menghasilkan sinyal keluaran lebih baik. Masih terbuka kemungkinan untuk menambah *feature* lain dari perangkat ini seperti penambahan fitur pengukur tekanan darah, tekanan jantung dan kondisi suhu tubuh.

DAFTAR PUSTAKA

1. Clifford R.Anderson, M.D 1975, *Petunjuk Modern Kepada Kesehatan*. Indonesia Publishing House,Bandung
2. Kusmiati Sri dan Desminiaari, 1990. *Dasar-dasar perilaku*. Pusdiknakes, Jakarta
3. <http://wikipedia.com>
4. <http://www.slideshare.com>
5. Gabriel, F. 1996. *Fisika Kedokteran*. Edisi VII, Jakarta. Erlangga
6. Elektroda Kimia dan Biologi.
7. Depari, Ganti. 1992. *Teori Rangkaian Elektronika*. Bandung : CV.Sinar Baru
8. Datasheet Mikrokontroler AVR ATmega8.
9. Datasheet IC MAX 232.
10. Datasheet IC LM358.
11. Tooley, Mike. 2003. *Rangkaian Elektronik*. Jakarta.Erlangga

LAMPIRAN



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
KAMPUS II : JL. Raya Karang Ploso Km 2. Malang
Tlp.0341/41735/417636/Fax : 417634

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Mu'asir Ardianto
NIM : 03.17.024
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika S-1
Hari/ Tanggal : Selasa / 23 September 2008

NO	MATERI PERBAIKAN	PARAF
1.	Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	
2.	Tambahkan Materi Tentang Transduser Elektroda	
3.	Gambar Grafik Pengujian Transduser	

Telah Diperiksa / Disetujui :

PENGUJI I


M. Ashar, ST, MT
NIP.Y.1030500408

PENGUJI II

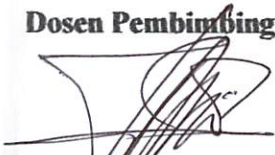

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P.1030100358

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I


Ir. H. Sidik Noertjahjono. MT
NIP. Y. 1028700167

Dosen Pembimbing II


Sotyo Hadi, ST, Msc.
NIP.Y. 1039700309



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Raya Karanglo, KM.2
MALANG

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Mu'asir Ardianto
Nim : 03.17.024
Masa Bimbingan : 05 Juni 2008 s/d 05 Desember 2008
Judul Skripsi : Rancang Bangun Deteksi Kondisi Emosional Berdasarkan
Tanggapan Elektrostatic Kulit Manusia Oleh Kendali
Mikrokontroller Yang Dikoneksikan Ke PC

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	11/6/08	Konsultasi judul.	
2	15/6/08	Konsultasi Proposal (Seminar)	
3	21/6/08	Konsultasi Rancangan/Pengujian	
4	1/7/08	Konsultasi Elektrode sensor kulit.	
5	7/7/08	Konsultasi Peragaan Rancangan Pengukuran.	
6	15/8/08	Pengujian kepraktisan sensor tdk tegangan kulit.	
7	30/8/08	Konsultasi Bab III Kesimpulannya (Tegangan kulit dan 'satuannya').	
8	1/9/08	Konsultasi Seminar Hasil.	
9	12/9/08	Konsultasi Bab II, I.	
10	20/9/08	Konsultasi selanjutnya, persiapan ujian skripsi.	

Malang,

Dosen pembimbing I

Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT

NIP. Y.1028700167

Form S-4a



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Mu'asir Ardianto
Nim : 03.17.024
Masa Bimbingan : 05 Juni 2008 s/d 05 Desember 2008
Judul Skripsi : Rancang Bangun Deteksi Kondisi Emosional Berdasarkan
Tanggapan Elektrostatic Kulit Manusia Oleh Kendali
Mikrokontroller Yang Dikoneksikan Ke PC

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	01/08/08	- Perhitungan dan rumus tahanan. - Rangkaian equivalent sensor elektroda	fadi
2	25/08/08	- Blok Diagram	fadi
3	1/09/08	- Flow Chart	fadi
4	10/09/08	- ACC Seminar hasil.	fadi
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,

Dosen pembimbing I

Setyohadi, ST
NIP. Y.1039700309

Form S-4b

**LM258, LM358, LM358A,
LM2904, LM2904A,
LM2904V, NCV2904**

**Single Supply Dual
Operational Amplifiers**

Utilizing the circuit designs perfected for Quad Operational Amplifiers, these dual operational amplifiers feature low power drain, a common mode input voltage range extending to ground/ V_{EE} , and single supply or split supply operation. The LM358 series is equivalent to one-half of an LM324.

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

Features

- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness of the Device without Affecting Operation
- Pb-Free Packages are Available
- NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Site and Control Changes



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>



**PDIP-8
N, AN, VN SUFFIX
CASE 626**

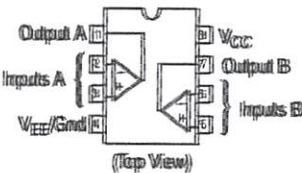


**SOIC-8
D, VD SUFFIX
CASE 751**



**Micro8™
DMR2 SUFFIX
CASE 846A**

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 10 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 11 of this data sheet.

LM258, LM358, LM358A, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904

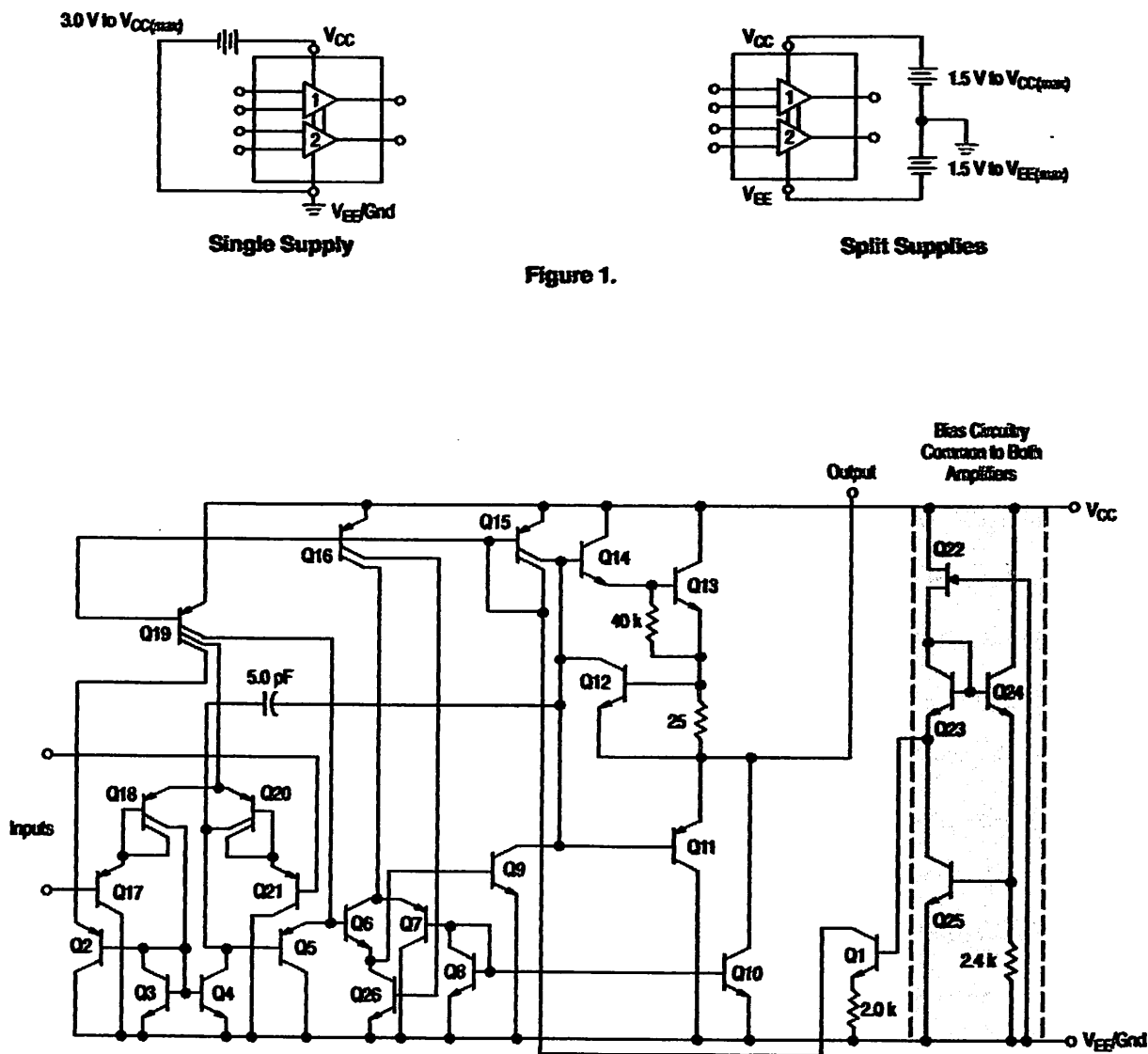


Figure 1.

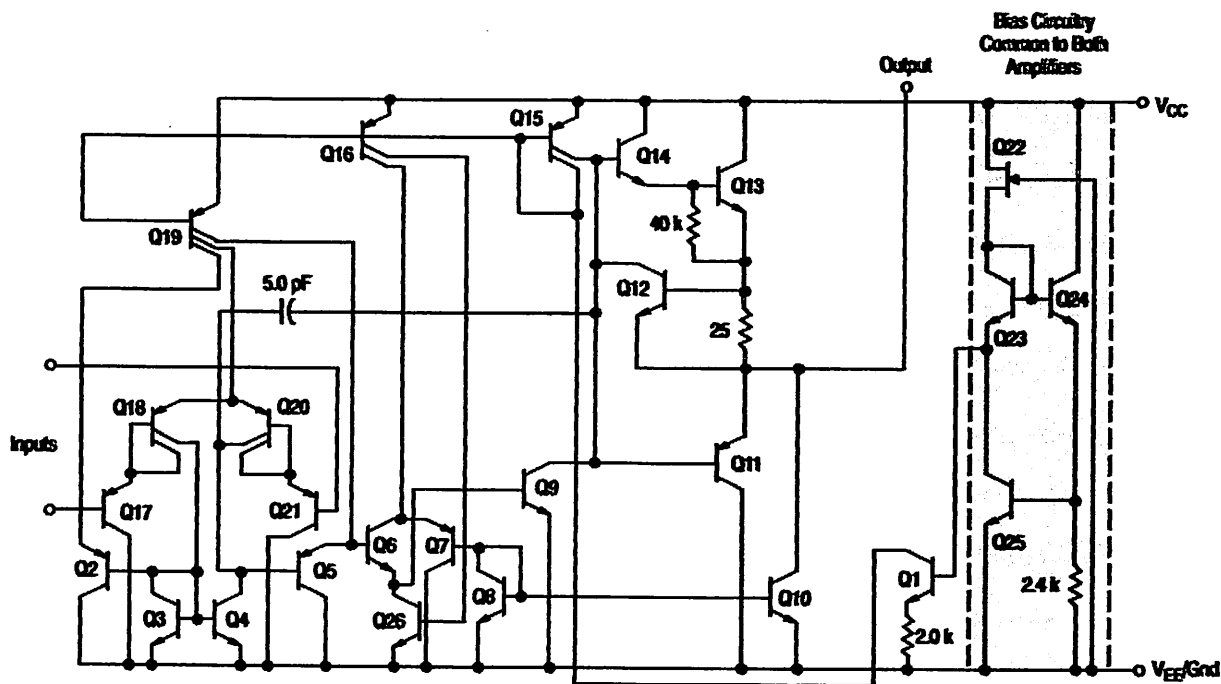


Figure 2. Representative Schematic Diagram
(One-Half of Circuit Shown)

LM258, LM358, LM358A, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904

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

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	V_{CC} V_{CC}, V_{EE}	32 ± 16	Vdc
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 32	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)	V_{ICR}	-0.3 to 32	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous	
Junction Temperature	T_J	150	$^{\circ}\text{C}$
Thermal Resistance, Junction-to-Air (Note 3)	Case 846A Case 751 Case 626	$R_{\theta JA}$ 238 212 161	$^{\circ}\text{C/W}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$
ESD Protection at any Pin Human Body Model Machine Model	V_{esd}	2000 200	V
Operating Ambient Temperature Range	T_A	LM258 LM358, LM358A LM2904/LM2904A LM2904V, NCV2904 (Note 4) -25 to +85 0 to +70 -40 to +105 -40 to +125	$^{\circ}\text{C}$

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

1. Split Power Supplies.
2. For supply voltages less than 32 V the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
3. All $R_{\theta JA}$ measurements made on evaluation board with 1 oz. copper traces of minimum pad size. All device outputs were active.
4. NCV2904 is qualified for automotive use.

LM258, LM358, LM358A, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_{EE} = \text{GND}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM258			LM358			LM358A			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ to 30 V , $V_{IC} = 0\text{ V}$ to $V_{CC} - 1.7\text{ V}$, $V_O \approx 1.4\text{ V}$, $R_S = 0\ \Omega$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ (Note 5) $T_A = T_{\text{low}}$ (Note 5)	V_{IO}	-	2.0	5.0	-	2.0	7.0	-	2.0	3.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 5)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 5)	I_{IO}	-	3.0	30	-	5.0	50	-	5.0	30	nA
Input Bias Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 5)	I_{IB}	-	-45	-150	-	-45	-250	-	-45	-100	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 5)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Common Mode Voltage Range (Note 6), $V_{CC} = 30\text{ V}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$, $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low}	V_{ICR}	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	28.5	V
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 15\text{ V}$, For Large V_O Swing, $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 5)	A_{VOL}	50 25	100 -	- -	25 15	100 -	- -	25 15	100 -	- -	V/mV
Channel Separation $1.0\text{ kHz} \leq f \leq 20\text{ kHz}$, Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	CMR	70	85	-	65	70	-	65	70	-	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	-	65	100	-	65	100	-	dB
Output Voltage-High Limit $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 5) $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$, $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 30\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$	V_{OH}	3.3 26 27	3.5 - 28	- - -	3.3 26 27	3.5 - 28	- - -	3.3 26 27	3.5 - 28	- - -	V
Output Voltage-Low Limit $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 5)	V_{OL}	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	20	mV
Output Source Current $V_{ID} = +1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (LM358A Only)	I_{O+}	20	40	-	20	40	-	20 10	40 -	- -	mA
Output Sink Current $V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (LM358A Only) $V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_O = 200\text{ mV}$	I_{O-}	10 12	20 50	- -	10 12	20 50	- -	10 12	20 50	- -	mA mA μA
Output Short Circuit to Ground (Note 7)	I_{SC}	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
Power Supply Current (Total Device) $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 5) $V_{CC} = 30\text{ V}$, $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = \infty$ $V_{CC} = 5\text{ V}$, $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = \infty$	I_{CC}	- -	1.5 0.7	3.0 1.2	- -	1.5 0.7	3.0 1.2	- -	1.5 0.7	2.0 1.2	mA

5. LM258: $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$, $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$
LM2904/LM2904A: $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$, $T_{\text{high}} = +105^\circ\text{C}$
NCV2904 is qualified for automotive use.

LM358, LM358A: $T_{\text{low}} = 0^\circ\text{C}$, $T_{\text{high}} = +70^\circ\text{C}$
LM2904V & NCV2904: $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$, $T_{\text{high}} = +125^\circ\text{C}$

6. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is $V_{CC} - 1.7\text{ V}$.
7. Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

CIRCUIT DESCRIPTION

The LM358 series is made using two internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

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

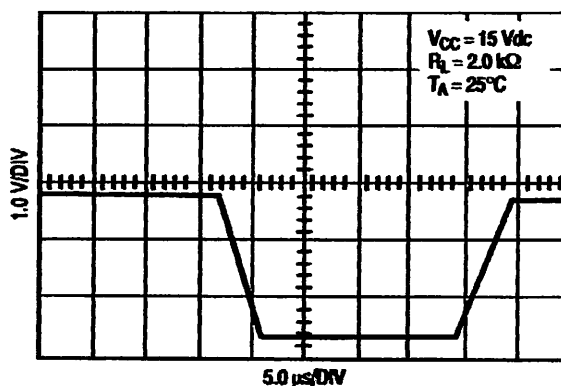


Figure 3. Large Signal Voltage Follower Response

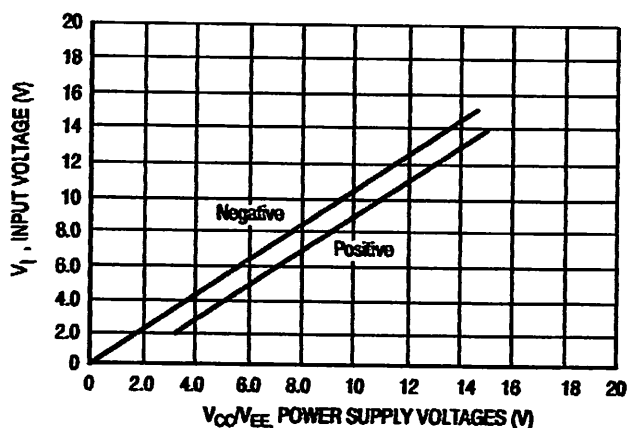


Figure 4. Input Voltage Range

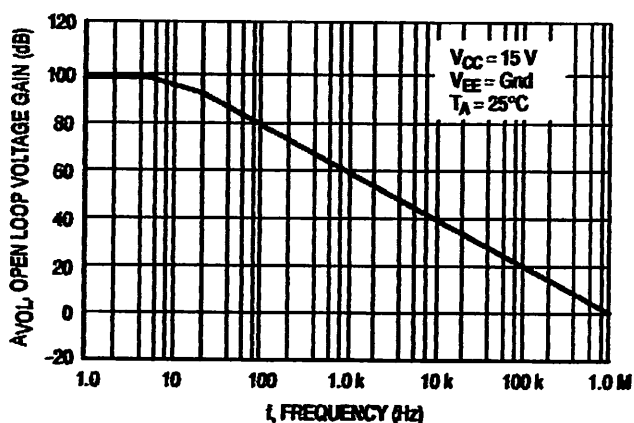


Figure 5. Large-Signal Open Loop Voltage Gain

LM258, LM358, LM358A, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904

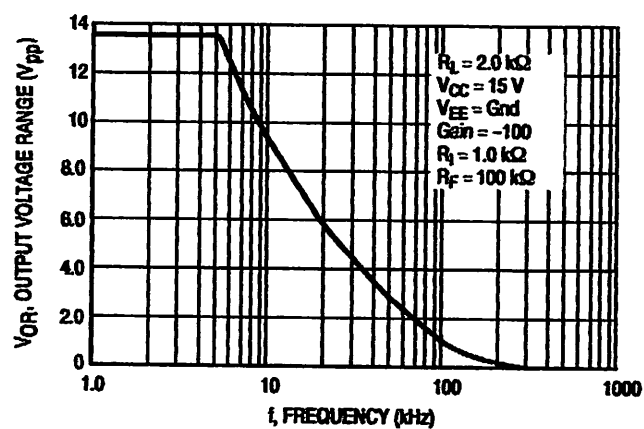


Figure 6. Large-Signal Frequency Response

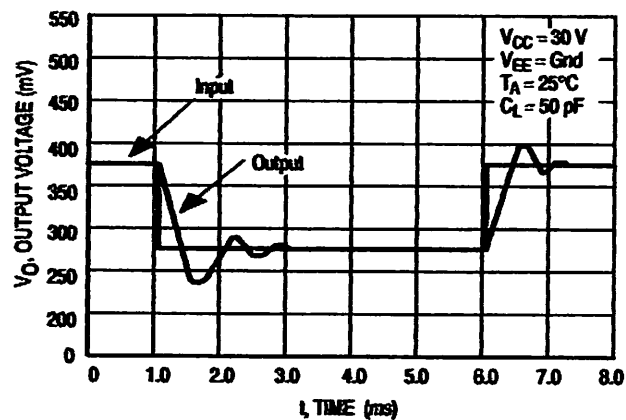


Figure 7. Small Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

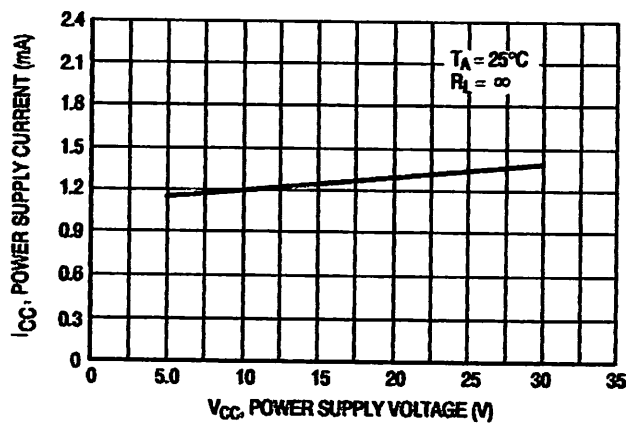


Figure 8. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

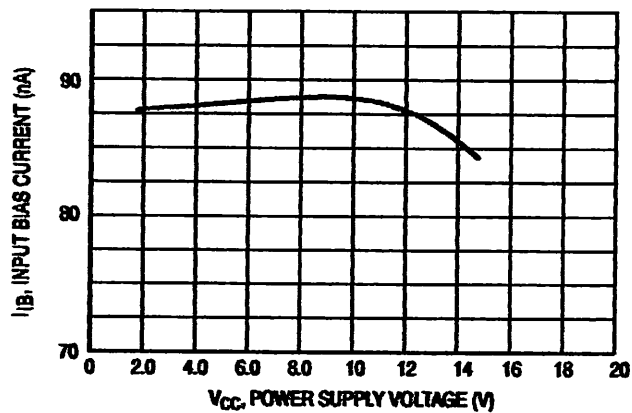


Figure 9. Input Bias Current versus Supply Voltage

LM258, LM358, LM358A, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904

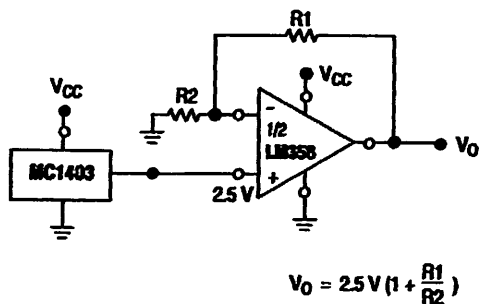


Figure 10. Voltage Reference

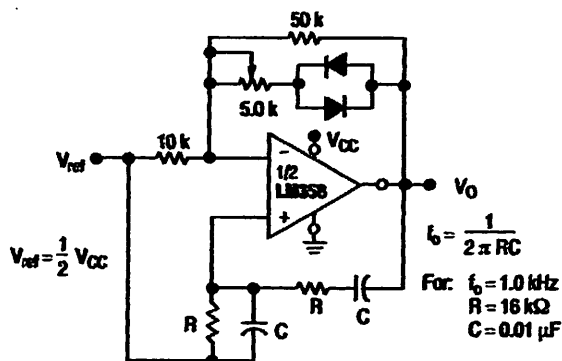


Figure 11. Wien Bridge Oscillator

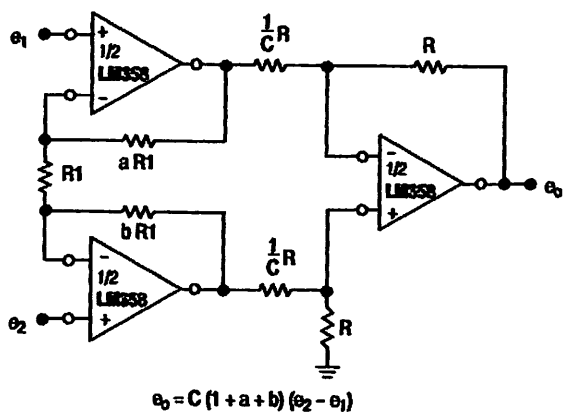


Figure 12. High Impedance Differential Amplifier

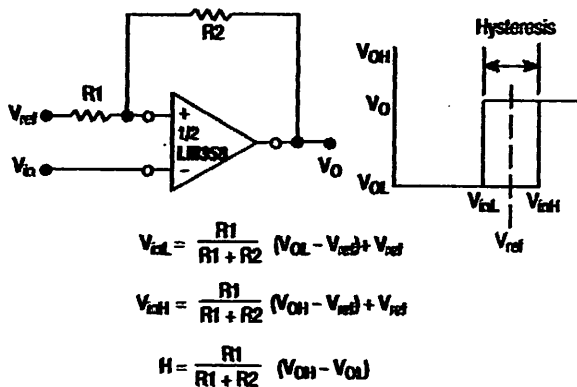


Figure 13. Comparator with Hysteresis

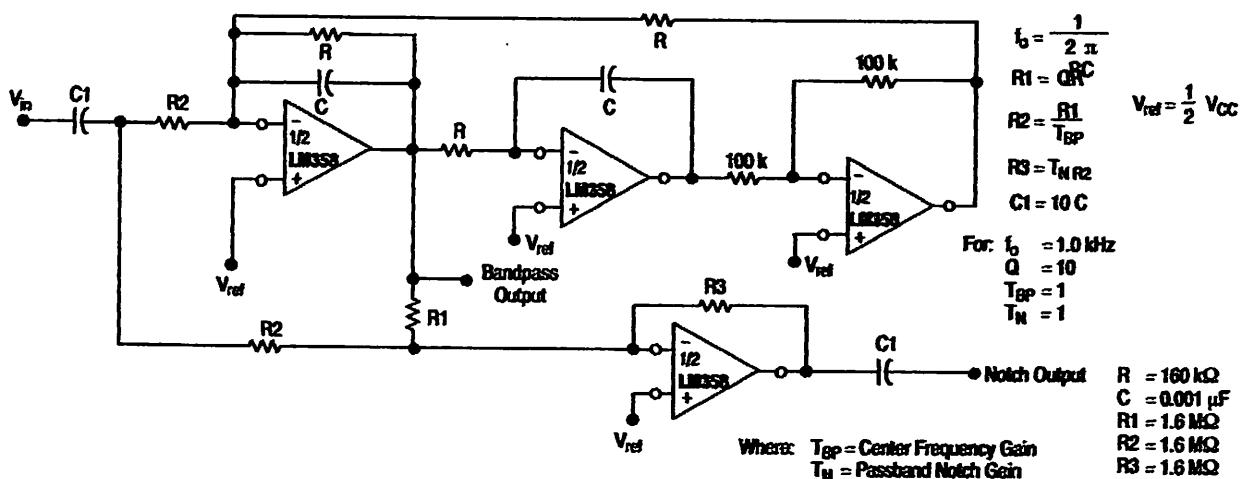
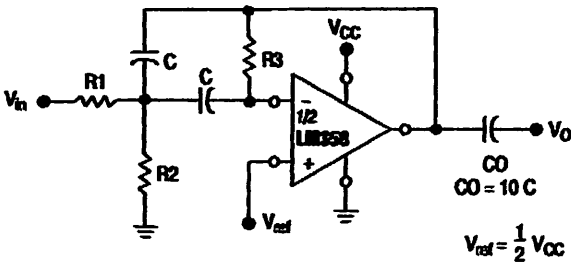


Figure 14. Bi-Quad Filter

LM258, LM358, LM358A, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904



Given: f_0 = center frequency
 $A(f_0)$ = gain at center frequency

Choose values f_0, C

Then: $R_3 = \frac{Q}{\pi f_0 C}$

$$R_1 = \frac{R_3}{2 A(f_0)}$$

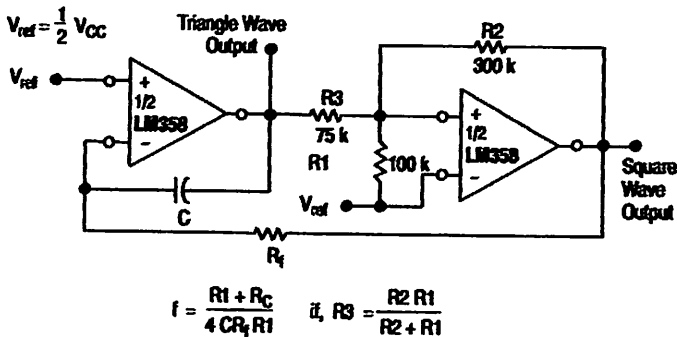
$$R_2 = \frac{R_1 R_3}{4Q^2 R_1 - R_3}$$

For less than 10% error from operational amplifier, $\frac{Q_0 f_0}{BW} < 0.1$

Where f_0 and BW are expressed in Hz.

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

Figure 16. Multiple Feedback Bandpass Filter



$$f = \frac{R_1 + R_3}{4 C R_1 R_1} \quad \text{if, } R_3 = \frac{R_2 R_1}{R_2 + R_1}$$

Figure 15. Function Generator

LM258, LM358, LM358A, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package	Shipping†
LM358ADR2G	0°C to +70°C	SOIC-8 (Pb-Free)	2500 Tape & Reel
LM358D		SOIC-8	98 Units/Rail
LM358DG		SOIC-8 (Pb-Free)	98 Units/Rail
LM358DR2		SOIC-8	2500 Tape & Reel
LM358DR2G		SOIC-8 (Pb-Free)	2500 Tape & Reel
LM358DMR2		Micro8	4000 Tape & Reel
LM358DMR2G		Micro8 (Pb-Free)	4000 Tape & Reel
LM358N		PDIP-8	50 Units/Rail
LM358NG		PDIP-8 (Pb-Free)	50 Units/Rail
LM258D	-25°C to +85°C	SOIC-8	98 Units/Rail
LM258DG		SOIC-8 (Pb-Free)	98 Units/Rail
LM258DR2		SOIC-8	2500 Tape & Reel
LM258DR2G		SOIC-8 (Pb-Free)	2500 Tape & Reel
LM258DMR2		Micro8	4000 Tape & Reel
LM258DMR2G		Micro8 (Pb-Free)	4000 Tape & Reel
LM258N		PDIP-8	50 Units/Rail
LM258NG		PDIP-8 (Pb-Free)	50 Units/Rail
LM2904D	-40°C to +105°C	SOIC-8	98 Units/Rail
LM2904DG		SOIC-8 (Pb-Free)	98 Units/Rail
LM2904DR2		SOIC-8	2500 Tape & Reel
LM2904DR2G		SOIC-8 (Pb-Free)	2500 Tape & Reel
LM2904DMR2		Micro8	2500 Tape & Reel
LM2904DMR2G		Micro8 (Pb-Free)	2500 Tape & Reel
LM2904N		PDIP-8	50 Units/Rail
LM2904NG		PDIP-8 (Pb-Free)	50 Units/Rail
LM2904ADMG		Micro8 (Pb-Free)	4000 Tape & Reel
LM2904ADMR2		Micro8	4000 Tape & Reel
LM2904ADMR2G		Micro8 (Pb-Free)	4000 Tape & Reel
LM2904AN		PDIP-8	50 Units/Rail
LM2904ANG		PDIP-8 (Pb-Free)	50 Units/Rail

†For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

LM258, LM358, LM358A, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904

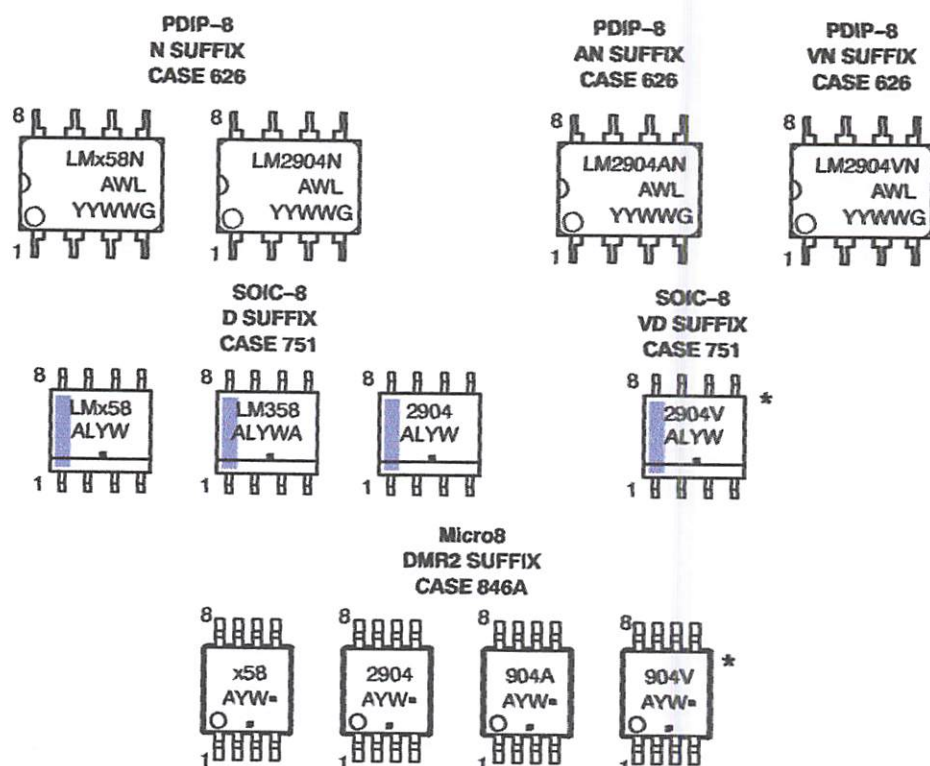
ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package	Shipping†
LM2904VD	-40°C to +125°C	SOIC-8	98 Units/Rail
LM2904VDG		SOIC-8 (Pb-Free)	98 Units/Rail
LM2904VDR2		SOIC-8	2500 Tape & Reel
LM2904VDR2G		SOIC-8 (Pb-Free)	2500 Tape & Reel
LM2904VDMR2		Micro8	4000 Tape & Reel
LM2904VDMR2G		Micro8 (Pb-Free)	4000 Tape & Reel
LM2904VN		PDIP-8	50 Units/Rail
LM2904VNG		PDIP-8 (Pb-Free)	50 Units/Rail
NCV2904DR2*		SOIC-8	2500 Tape & Reel
NCV2904DR2G*		SOIC-8 (Pb-Free)	2500 Tape & Reel
NCV2904DMR2*		Micro8	4000 Tape & Reel
NCV2904DMR2G*		Micro8 (Pb-Free)	4000 Tape & Reel

†For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

*NCV2904 is qualified for automotive use.

MARKING DIAGRAMS



- x = 2 or 3
- A = Assembly Location
- WL, L = Wafer Lot
- YY, Y = Year
- WW, W = Work Week
- G = Pb-Free Package
- = Pb-Free Package - (Note: Microdot may be in either location)

*This diagram also applies to NCV2904

Features

High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller

Advanced RISC Architecture

- 130 Powerful Instructions - Most Single-clock Cycle Execution
- 32 x 8 General Purpose Working Registers
- Fully Static Operation
- Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
- On-chip 2-cycle Multiplier

Nonvolatile Program and Data Memories

- 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
- Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
- 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 1K Byte Internal SRAM
- Programming Lock for Software Security

Peripheral Features

- Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, one Compare Mode
- One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
- Real Time Counter with Separate Oscillator
- Three PWM Channels
- 8-channel ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Eight Channels 10-bit Accuracy
- 6-channel ADC in PDIP package
 - Eight Channels 10-bit Accuracy
- Byte-oriented Two-wire Serial Interface
- Programmable Serial USART
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator

Special Microcontroller Features

- Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
- Internal Calibrated RC Oscillator
- External and Internal Interrupt Sources
- Five Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, and Standby

I/O and Packages

- 23 Programmable I/O Lines
- 28-lead PDIP, 32-lead TQFP, and 32-pad QFN/MLF

Operating Voltages

- 2.7 - 5.5V (ATmega8L)
- 4.5 - 5.5V (ATmega8)

Speed Grades

- 0 - 8 MHz (ATmega8L)
- 0 - 16 MHz (ATmega8)

Power Consumption at 4 Mhz, 3V, 25°C

- Active: 3.6 mA
- Idle Mode: 1.0 mA
- Power-down Mode: 0.5 µA

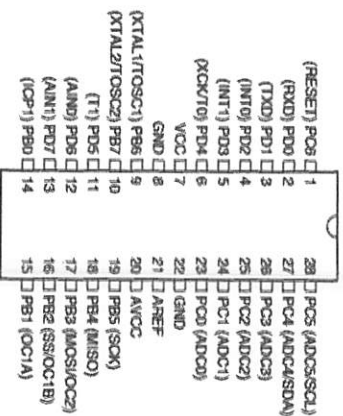


8-bit AVR[®]
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash

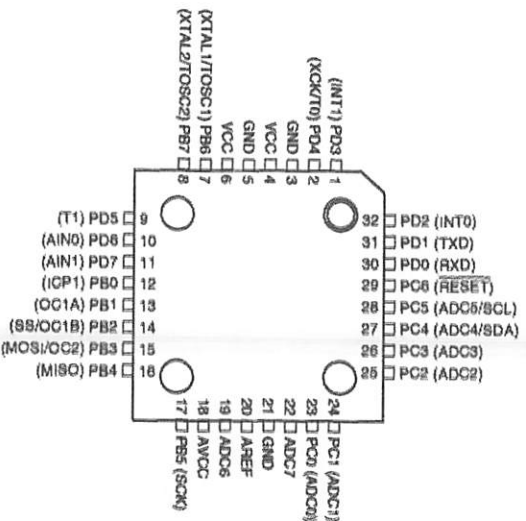
ATmega8
ATmega8L



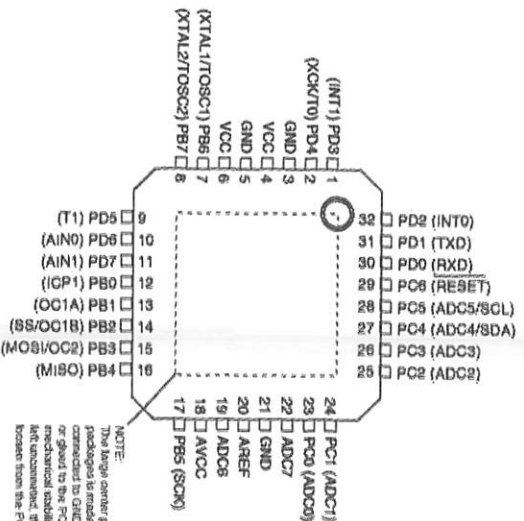
PDIP



TQFP Top View



MLF Top View



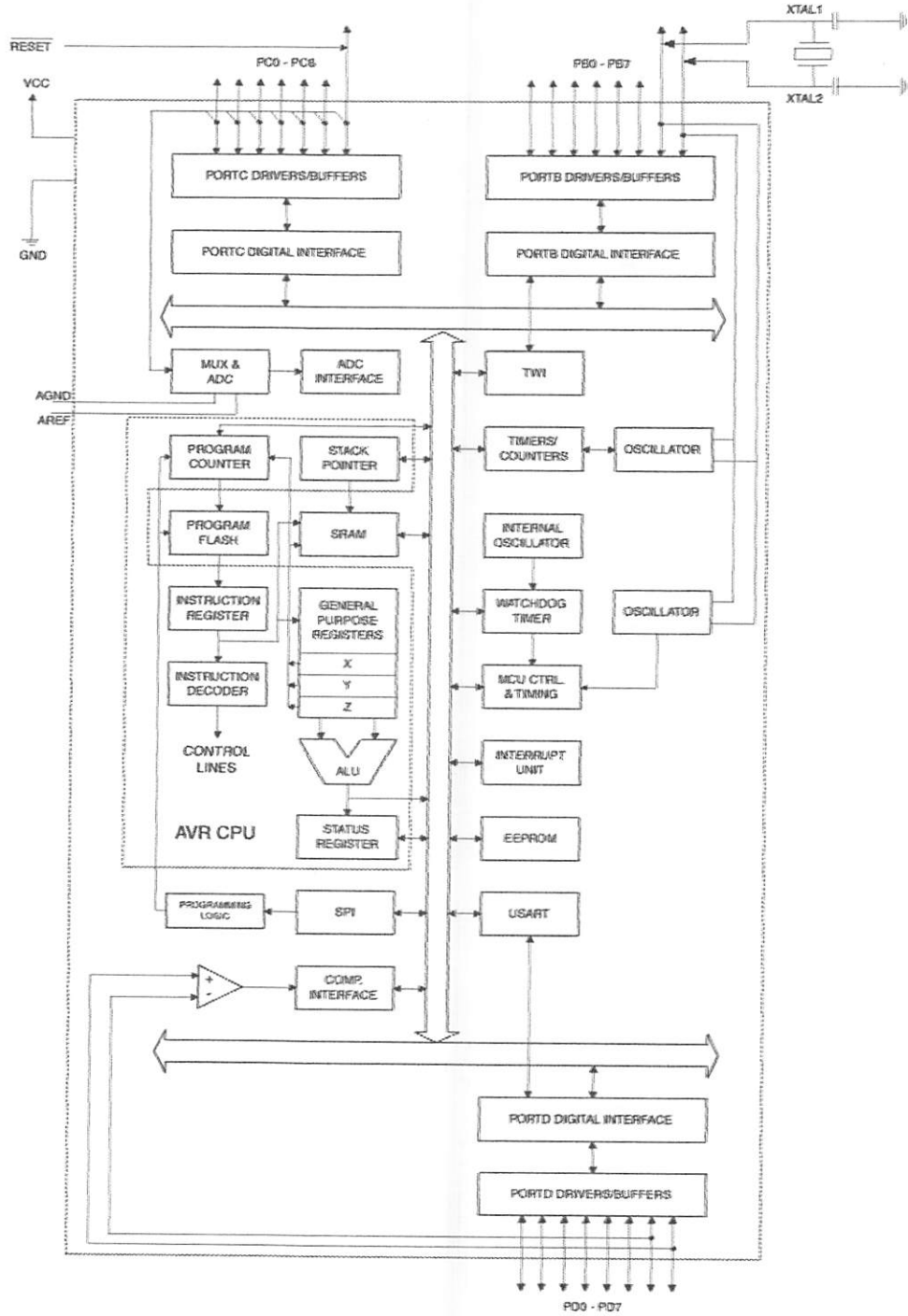
NOTE:
The large center pad underneath the MLF package is made of metal and internally connected to GND. It should be soldered or glued to the PCB to ensure good mechanical stability. If the center pad is not connected, the package might crack from the PCB.

Overview

The ATmega8 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega8 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz, allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 1. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes of EEPROM, 1K byte of SRAM, 23 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, a 6-channel ADC (eight channels in TQFP and QFN/MLF packages) with 10-bit accuracy, a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and five software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption.

The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology. The Flash Program memory can be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional non-volatile memory programmer, or by an On-chip boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash Section will continue to run while the Application Flash Section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8 AVR is supported with a full suite of program and system development tools, including C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

Disclaimer

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

Pin Descriptions

CC
ND
Port B (PB7..PB0)
TAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Digital supply voltage.

Ground.

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7..6 is used as TOSC2..1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in "Alternate Functions of Port B" on page 58 and "System Clock and Clock Options" on page 25.

Port C (PC5..PC0)

Port C is an 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

PC6/RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 38. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated on page 61.

Port D (PD7..PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8 as listed on page 63.

RESET

Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 38. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.



V_{CC}

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, Port C (3..0), and ADC (7..6). It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that Port C (5..4) use digital supply voltage, V_{CC}.

AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

**ADC7..6 (TQFP and QFN/MLF
package Only)**

In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7..6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.



Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x3F (0x3F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	11
0x3E (0x3E)	SPH	–	–	–	–	–	SP10	SP9	SP8	13
0x3D (0x3D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	13
0x3C (0x3C)	Reserved									
0x3B (0x3B)	GHCR	INT1	INT0	–	–	–	–	INSEL	INCE	49, 67
0x3A (0x3A)	GIFR	INTF1	INTF0	–	–	–	–	–	–	68
0x2F (0x4F)	TIMSK	OCIE2	TIME2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	–	TOIED	72, 102, 122
0x2E (0x4E)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	–	TOV0	73, 103, 122
0x2D (0x4D)	SPMCR	SPMIE	RWWSB	–	RWWSRE	BLBSSET	PGWART	PGERS	SPMEN	213
0x2C (0x4C)	TWCR	TWINT	TWSTA	TWSTA	TWSTO	TWMC	TWEN	–	TWIE	171
0x25 (0x45)	MCUCR	SE	SM2	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	33, 66
0x24 (0x44)	MCUCSR	–	–	–	–	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	41
0x23 (0x43)	TCCR0	–	–	–	–	–	CS02	CS01	CS00	72
0x22 (0x42)	TCNT0									72
0x21 (0x41)	OSCCAL									31
0x20 (0x40)	SF0R									58, 75, 123, 193
0x1F (0x3F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	PSR2	PSR10	
0x1E (0x3E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	97
0x1D (0x3D)	TCNT1H									100
0x1C (0x3C)	TCNT1L									101
0x1B (0x3B)	OCR1AH									101
0x1A (0x3A)	OCR1AL									101
0x19 (0x39)	OCR1BH									101
0x18 (0x38)	OCR1BL									101
0x17 (0x37)	ICR1H									102
0x16 (0x36)	ICR1L									102
0x15 (0x35)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	117
0x14 (0x34)	TCNT2									119
0x13 (0x33)	OCR2									119
0x12 (0x32)	ASSR	–	–	–	–	AS2	TCNZUB	OCR2UB	TCR2UB	119
0x11 (0x31)	UBRRH	–	–	–	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	43
0x10 (0x30)	UCSRB	URSEL	–	–	–	–	–	–	–	158
0x0F (0x2F)	UCSRB	URSEL	UNSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	156
0x0E (0x2E)	EEARH	–	–	–	–	–	–	–	–	20
0x0D (0x2D)	EEARL	EEAR7	EEAR6	EEAR5	EEAR4	EEAR3	EEAR2	EEAR1	EEAR0	20
0x0C (0x2C)	EEDR	–	–	–	–	–	–	–	–	20
0x0B (0x2B)	EEDR	–	–	–	–	–	–	–	–	20
0x0A (0x2A)	Reserved									
0x09 (0x29)	Reserved									
0x08 (0x28)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	65
0x07 (0x27)	DDRB	DDRB7	DDRB6	DDRB5	DDRB4	DDRB3	DDRB2	DDRB1	DDRB0	65
0x06 (0x26)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	65
0x05 (0x25)	PORTC	–	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	65
0x04 (0x24)	DORC	–	DOC6	DOC5	DOC4	DOC3	DOC2	DOC1	DOC0	65
0x03 (0x23)	PINC	–	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	65
0x02 (0x22)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	65
0x01 (0x21)	DDRD	DDRD7	DDRD6	DDRD5	DDRD4	DDRD3	DDRD2	DDRD1	DDRD0	65
0x00 (0x20)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	65
0x0F (0x2F)	SPDR									131
0x0E (0x2E)	SPSR	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	SP2X	131
0x0D (0x2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	129
0x0C (0x2C)	UDR									153
0x0B (0x2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	154
0x0A (0x2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	155
0x09 (0x29)	UBRR1L									158
0x08 (0x28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	194
0x07 (0x27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	–	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	205
0x06 (0x26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADFR	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	207
0x05 (0x25)	ADCH									208
0x04 (0x24)	ADCL									208
0x03 (0x23)	TWDR									173
0x02 (0x22)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWCE	174

Atmega8(L)

Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rd, K	Add Immediate to Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBW	Rd, K	Subtract Immediate from Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \wedge Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \wedge K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow 0xFF - Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow 0x00 - Rd$	Z,C,N,V,H	1
SEBR	Rd, K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBR	Rd, K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \wedge (0xFF - K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TEST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \wedge Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow 0xFF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
JMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
INDMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
CALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
INDCALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
IRET		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
PSE	Rd, Rr	Compare, Skip if Equal	$\text{if } (Rd = Rr) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
CP	Rd, Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N, V, C, H	1
PC	Rd, Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N, V, C, H	1
PI	Rd, K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N, V, C, H	1
BRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	$\text{if } (Rr(b)=0) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	$\text{if } (Rr(b)=1) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	$\text{if } (P(b)=0) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	$\text{if } (P(b)=1) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
RBS	s, k	Branch if Status Flag Set	$\text{if } (SREG(s)=1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	$\text{if } (SREG(s)=0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
REQ	k	Branch if Equal	$\text{if } (Z=1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RNE	k	Branch if Not Equal	$\text{if } (Z=0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RCS	k	Branch if Carry Set	$\text{if } (C=1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RCC	k	Branch if Carry Cleared	$\text{if } (C=0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RSH	k	Branch if Same or Higher	$\text{if } (C=0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RLO	k	Branch if Lower	$\text{if } (C=1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RMI	k	Branch if Minus	$\text{if } (N=1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RPL	k	Branch if Plus	$\text{if } (N=0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	$\text{if } (N \oplus V=0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	$\text{if } (N \oplus V=1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	$\text{if } (H=1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	$\text{if } (H=0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RTS	k	Branch if T Flag Set	$\text{if } (T=1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RTC	k	Branch if T Flag Cleared	$\text{if } (T=0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	$\text{if } (V=1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	$\text{if } (V=0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks

Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rd, K	Add Immediate to Word	$Rd \leftarrow Rd + Rr + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBIFW	Rd, K	Subtract Immediate from Word	$Rd \leftarrow Rd - Rr - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \& Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \& K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow \sim Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow \sim Rd + 1$	Z,C,N,V,H	1
SBF	Rd, K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBF	Rd, K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \& (\sim K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \& Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
SET	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow \sim Rd$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1,R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1,R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1,R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1,R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1,R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1,R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
BJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
JMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
CALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
IRET		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
CPSE	Rd, Rr	Compare, Skip if Equal	$\text{if } (Rd = Rr) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
CP	Rd, Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N, V, C, H	1
PC	Rd, Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N, V, C, H	1
CP	Rd, K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N, V, C, H	1
BRSC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	$\text{if } (Rr(b)=0) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BRSS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	$\text{if } (Rr(b)=1) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BRIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	$\text{if } (P(b)=0) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	$\text{if } (P(b)=1) PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
RBS	s, k	Branch if Status Flag Set	$\text{if } (SREG(s) = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	$\text{if } (SREG(s) = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
REQ	k	Branch if Equal	$\text{if } (Z = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RNE	k	Branch if Not Equal	$\text{if } (Z = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RCS	k	Branch if Carry Set	$\text{if } (C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RCC	k	Branch if Carry Cleared	$\text{if } (C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RSH	k	Branch if Same or Higher	$\text{if } (C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RLO	k	Branch if Lower	$\text{if } (C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RMI	k	Branch if Minus	$\text{if } (N = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RPL	k	Branch if Plus	$\text{if } (N = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	$\text{if } (N \oplus V = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	$\text{if } (N \oplus V = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	$\text{if } (H = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	$\text{if } (H = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RTS	k	Branch if T Flag Set	$\text{if } (T = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RTC	k	Branch if T Flag Cleared	$\text{if } (T = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	$\text{if } (V = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
RVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	$\text{if } (V = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks

```

unit Unit1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, ExtCtrls, StdCtrls, Mask, DBCtrls, DB, DBTables, CPort, RpCon,
  RpConDS, RpRave, RpDefine, RpBase, RpSystem, Menus, Grids, DBGrids, jpeg;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Notebook1: TNotebook;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    LTGL: TLabel;
    LJAM: TLabel;
    Timer1: TTimer;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Button4: TButton;
    Button5: TButton;
    Table1: TTable;
    DataSource1: TDataSource;
    DBEdit1: TDBEdit;
    DBEdit2: TDBEdit;
    DBEdit3: TDBEdit;
    DBEdit4: TDBEdit;
    DBEdit5: TDBEdit;
    DBEdit6: TDBEdit;
    GroupBox1: TGroupBox;
    Label7: TLabel;
    Timer2: TTimer;
    ComPort1: TComPort;
    Memo1: TMemo;
    RVSystem1: TRVSystem;
    RVProject1: TRVProject;
    RVDataSetConnection1: TRVDataSetConnection;
    MainMenu1: TMainMenu;
    ESGSR1: TMenuItem;
    DATAPASIEN1: TMenuItem;
    DBGrid1: TDBGrid;
    DBNavigator1: TDBNavigator;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Image1: TImage;
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Timer2Timer(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure ESGSR1Click(Sender: TObject);
    procedure DATAPASIEN1Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;
  datamk:string;

implementation

```

```

{$R *.dfm}

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
  LJAM.Caption:=TimeToStr(TIME);
  LTGL.Caption:=DateToStr(Date);
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  LJAM.Caption:=TimeToStr(TIME);
  LTGL.Caption:=DateToStr(Date);
end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  DBEdit4.Text:='0';
  Timer2.Enabled:=true;
  ComPort1.Open;
  Memo1.Clear;
end;

procedure TForm1.Timer2Timer(Sender: TObject);
begin
  DBEdit4.Text:=IntToStr(StrToInt(DBEdit4.Text)+1);
end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  Timer2.Enabled:=false;
  ComPort1.Close;
end;

procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var data:string;
begin
  ComPort1.ReadStr(data,count);
  if length(data)>=5 then
    begin
      Memo1.Lines.Add(data);
      DBEdit5.Text:=IntToStr(StrToInt(copy(data,2,4)));
      if StrToInt(copy(data,2,4))<=10 then DBEdit6.Text:='RELAXED'
      else if StrToInt(copy(data,2,4))<=20 then DBEdit6.Text:='CALM'
      else if StrToInt(copy(data,2,4))<=30 then DBEdit6.Text:='TENSE'
      else DBEdit6.Text:='STRESSED'
    end;
end;

procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
  IF Button3.Caption='TAMBAH' THEN
    BEGIN
      Table1.Append;
      Button3.Caption:='SIMPAN';
    END
  ELSE
    BEGIN
      Table1.Edit;
      Table1.FieldName('tgl').AsDateTime:=date;
      Table1.FieldName('jam').AsDateTime:=Time;
      Table1.Post;
      Button3.Caption:='TAMBAH';
    END;
end;

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
  //Button3.Click;
  RVProject1.ProjectFile:=(ExtractFilePath(Application.ExeName)+'PROJECT1.RAV');
  RVProject1.Execute;
end;

```

```
procedure TForm1.ESGSR1Click(Sender: TObject);
begin
  Notebook1.ActivePage:='GSR';
end;

procedure TForm1.DATAPASIEN1Click(Sender: TObject);
begin
  Notebook1.ActivePage:='DATA';
end;

procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
begin
  ComPort1.Close;
  Close;
end;

end.
```

ver_1.asm

;CodeVisionAVR C Compiler V1.24.8d Professional
;(C) Copyright 1998-2006 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
;http://www.hpinfotech.com

;Chip type : ATmega8
;Program type : Application
;Clock frequency : 4,000000 MHz
;Memory model : Small
;Optimize for : Size
;(s)printf features : int, width
;(s)scanf features : int, width
;External SRAM size : 0
;Data Stack size : 256 byte(s)
;Heap size : 0 byte(s)
;Promote char to int : No
;char is unsigned : Yes
;8 bit enums : No
;Word align FLASH struct: No
;Enhanced core instructions : On
;Automatic register allocation : On

#pragma AVRPART ADMIN PART_NAME ATmega8
#pragma AVRPART MEMORY PROG_FLASH 8192
#pragma AVRPART MEMORY EEPROM 512
#pragma AVRPART MEMORY INT_SRAM SIZE 1024
#pragma AVRPART MEMORY INT_SRAM START_ADDR 0x60

.EQU UDRE=0x5
.EQU RXC=0x7
.EQU USR=0xB
.EQU UDR=0xC
.EQU SPSR=0xE
.EQU SPDR=0xF
.EQU EERE=0x0
.EQU EEWCR=0x1
.EQU EEMWE=0x2
.EQU EECR=0x1C
.EQU EEDR=0x1D
.EQU EEARL=0x1E
.EQU EEARH=0x1F
.EQU WDTCR=0x21
.EQU MCUCR=0x35
.EQU GICR=0x3B
.EQU SPL=0x3D
.EQU SPH=0x3E
.EQU SREG=0x3F

.DEF R0X0=R0
.DEF R0X1=R1
.DEF R0X2=R2
.DEF R0X3=R3
.DEF R0X4=R4
.DEF R0X5=R5
.DEF R0X6=R6
.DEF R0X7=R7
.DEF R0X8=R8
.DEF R0X9=R9
.DEF R0XA=R10
.DEF R0XB=R11
.DEF R0XC=R12
.DEF R0XD=R13

ver_1.asm

```
.DEF R0XE=R14
.DEF R0XF=R15
.DEF R0X10=R16
.DEF R0X11=R17
.DEF R0X12=R18
.DEF R0X13=R19
.DEF R0X14=R20
.DEF R0X15=R21
.DEF R0X16=R22
.DEF R0X17=R23
.DEF R0X18=R24
.DEF R0X19=R25
.DEF R0X1A=R26
.DEF R0X1B=R27
.DEF R0X1C=R28
.DEF R0X1D=R29
.DEF R0X1E=R30
.DEF R0X1F=R31

.EQU __se_bit=0x80
.EQU __sm_mask=0x70
.EQU __sm_adc_noise_red=0x10
.EQU __sm_powerdown=0x20
.EQU __sm_powersave=0x30
.EQU __sm_standby=0x60
.EQU __sm_ext_standby=0x70

.MACRO __CPD1N
CPI R30,LOW(@0)
LDI R26,HIGH(@0)
CPC R31,R26
LDI R26,BYTE3(@0)
CPC R22,R26
LDI R26,BYTE4(@0)
CPC R23,R26
.ENDM

.MACRO __CPD2N
CPI R26,LOW(@0)
LDI R30,HIGH(@0)
CPC R27,R30
LDI R30,BYTE3(@0)
CPC R24,R30
LDI R30,BYTE4(@0)
CPC R25,R30
.ENDM

.MACRO __CPWRR
CP R@0,R@2
CPC R@1,R@3
.ENDM

.MACRO __CPWRN
CPI R@0,LOW(@2)
LDI R30,HIGH(@2)
CPC R@1,R30
.ENDM

.MACRO __ADDB1MN
SUBI R30,LOW(-@0-(@1))
.ENDM
.MACRO __ADDB2MN
```

ver_1.asm

```
.DEF R0XE=R14
.DEF R0XF=R15
.DEF R0X10=R16
.DEF R0X11=R17
.DEF R0X12=R18
.DEF R0X13=R19
.DEF R0X14=R20
.DEF R0X15=R21
.DEF R0X16=R22
.DEF R0X17=R23
.DEF R0X18=R24
.DEF R0X19=R25
.DEF R0X1A=R26
.DEF R0X1B=R27
.DEF R0X1C=R28
.DEF R0X1D=R29
.DEF R0X1E=R30
.DEF R0X1F=R31

.EQU __se_bit=0x80
.EQU __sm_mask=0x70
.EQU __sm_adc_noise_red=0x10
.EQU __sm_powerdown=0x20
.EQU __sm_powersave=0x30
.EQU __sm_standby=0x60
.EQU __sm_ext_standby=0x70

.MACRO __CPD1N
CPI R30,LOW(@0)
LDI R26,HIGH(@0)
CPC R31,R26
LDI R26,BYTE3(@0)
CPC R22,R26
LDI R26,BYTE4(@0)
CPC R23,R26
.ENDM

.MACRO __CPD2N
CPI R26,LOW(@0)
LDI R30,HIGH(@0)
CPC R27,R30
LDI R30,BYTE3(@0)
CPC R24,R30
LDI R30,BYTE4(@0)
CPC R25,R30
.ENDM

.MACRO __CPWRR
CP R@0,R@2
CPC R@1,R@3
.ENDM

.MACRO __CPWRN
CPI R@0,LOW(@2)
LDI R30,HIGH(@2)
CPC R@1,R30
.ENDM

.MACRO __ADDB1MN
SUBI R30,LOW(-@0-(@1))
.ENDM
.MACRO __ADDB2MN
```

```

SUBI R26,LOW(-@0-(@1))
.ENDM
.MACRO __ADDW1MN
SUBI R30,LOW(-@0-(@1))
SBCI R31,HIGH(-@0-(@1))
.ENDM
.MACRO __ADDW2MN
SUBI R26,LOW(-@0-(@1))
SBCI R27,HIGH(-@0-(@1))
.ENDM
.MACRO __ADDW1FN
SUBI R30,LOW(-2*@0-(@1))
SBCI R31,HIGH(-2*@0-(@1))
.ENDM
.MACRO __ADD1FN
SUBI R30,LOW(-2*@0-(@1))
SBCI R31,HIGH(-2*@0-(@1))
SBCI R22,BYTE3(-2*@0-(@1))
.ENDM
.MACRO __ADD1N
SUBI R30,LOW(-@0)
SBCI R31,HIGH(-@0)
SBCI R22,BYTE3(-@0)
SBCI R23,BYTE4(-@0)
.ENDM

.MACRO __ADD2N
SUBI R26,LOW(-@0)
SBCI R27,HIGH(-@0)
SBCI R24,BYTE3(-@0)
SBCI R25,BYTE4(-@0)
.ENDM

.MACRO __SUBD1N
SUBI R30,LOW(@0)
SBCI R31,HIGH(@0)
SBCI R22,BYTE3(@0)
SBCI R23,BYTE4(@0)
.ENDM

.MACRO __SUBD2N
SUBI R26,LOW(@0)
SBCI R27,HIGH(@0)
SBCI R24,BYTE3(@0)
SBCI R25,BYTE4(@0)
.ENDM

.MACRO __ANDBMNN
LDS R30,@0+@1
ANDI R30,LOW(@2)
STS @0+@1,R30
.ENDM

.MACRO __ANDWMNN
LDS R30,@0+@1
ANDI R30,LOW(@2)
STS @0+@1,R30
LDS R30,@0+@1+1
ANDI R30,HIGH(@2)
STS @0+@1+1,R30
.ENDM

```

```
.MACRO __ANDD1N
ANDI R30,LOW(@0)
ANDI R31,HIGH(@0)
ANDI R22,BYTE3(@0)
ANDI R23,BYTE4(@0)
.ENDM
```

```
.MACRO __ORBMNN
LDS R30,@0+@1
ORI R30,LOW(@2)
STS @0+@1,R30
.ENDM
```

```
.MACRO __ORWMNN
LDS R30,@0+@1
ORI R30,LOW(@2)
STS @0+@1,R30
LDS R30,@0+@1+1
ORI R30,HIGH(@2)
STS @0+@1+1,R30
.ENDM
```

```
.MACRO __ORD1N
ORI R30,LOW(@0)
ORI R31,HIGH(@0)
ORI R22,BYTE3(@0)
ORI R23,BYTE4(@0)
.ENDM
```

```
.MACRO __DELAY_USB
LDI R24,LOW(@0)
__DELAY_USB_LOOP:
DEC R24
BRNE __DELAY_USB_LOOP
.ENDM
```

```
.MACRO __DELAY_USW
LDI R24,LOW(@0)
LDI R25,HIGH(@0)
__DELAY_USW_LOOP:
SBIW R24,1
BRNE __DELAY_USW_LOOP
.ENDM
```

```
.MACRO __CLRD1S
LDI R30,0
STD Y+@0,R30
STD Y+@0+1,R30
STD Y+@0+2,R30
STD Y+@0+3,R30
.ENDM
```

```
.MACRO __GETD1S
LDD R30,Y+@0
LDD R31,Y+@0+1
LDD R22,Y+@0+2
LDD R23,Y+@0+3
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTD1S
STD Y+@0,R30
STD Y+@0+1,R31
```

```
STD Y+@0+2,R22
STD Y+@0+3,R23
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTD2S
STD Y+@0,R26
STD Y+@0+1,R27
STD Y+@0+2,R24
STD Y+@0+3,R25
.ENDM
```

```
.MACRO __POINTB1MN
LDI R30,LOW(@0+@1)
.ENDM
```

```
.MACRO __POINTW1MN
LDI R30,LOW(@0+@1)
LDI R31,HIGH(@0+@1)
.ENDM
```

```
.MACRO __POINTD1M
LDI R30,LOW(@0)
LDI R31,HIGH(@0)
LDI R22,BYTE3(@0)
.ENDM
```

```
.MACRO __POINTW1FN
LDI R30,LOW(2*@0+@1)
LDI R31,HIGH(2*@0+@1)
.ENDM
```

```
.MACRO __POINTD1FN
LDI R30,LOW(2*@0+@1)
LDI R31,HIGH(2*@0+@1)
LDI R22,BYTE3(2*@0+@1)
.ENDM
```

```
.MACRO __POINTB2MN
LDI R26,LOW(@0+@1)
.ENDM
```

```
.MACRO __POINTW2MN
LDI R26,LOW(@0+@1)
LDI R27,HIGH(@0+@1)
.ENDM
```

```
.MACRO __POINTBRM
LDI R@0,LOW(@1)
.ENDM
```

```
.MACRO __POINTWRM
LDI R@0,LOW(@2)
LDI R@1,HIGH(@2)
.ENDM
```

```
.MACRO __POINTBRMN
LDI R@0,LOW(@1+@2)
.ENDM
```

```
.MACRO __POINTWRMN
LDI R@0,LOW(@2+@3)
LDI R@1,HIGH(@2+@3)
```

.ENDM

```
.MACRO __POINTWRFN
LDI R@0,LOW(@2*2+@3)
LDI R@1,HIGH(@2*2+@3)
.ENDM
```

```
.MACRO __GETD1N
LDI R30,LOW(@0)
LDI R31,HIGH(@0)
LDI R22,BYTE3(@0)
LDI R23,BYTE4(@0)
.ENDM
```

```
.MACRO __GETD2N
LDI R26,LOW(@0)
LDI R27,HIGH(@0)
LDI R24,BYTE3(@0)
LDI R25,BYTE4(@0)
.ENDM
```

```
.MACRO __GETD2S
LDD R26,Y+@0
LDD R27,Y+@0+1
LDD R24,Y+@0+2
LDD R25,Y+@0+3
.ENDM
```

```
.MACRO __GETB1MN
LDS R30,@0+@1
.ENDM
```

```
.MACRO __GETB1HMN
LDS R31,@0+@1
.ENDM
```

```
.MACRO __GETW1MN
LDS R30,@0+@1
LDS R31,@0+@1+1
.ENDM
```

```
.MACRO __GETD1MN
LDS R30,@0+@1
LDS R31,@0+@1+1
LDS R22,@0+@1+2
LDS R23,@0+@1+3
.ENDM
```

```
.MACRO __GETBRMN
LDS R@0,@1+@2
.ENDM
```

```
.MACRO __GETWRMN
LDS R@0,@2+@3
LDS R@1,@2+@3+1
.ENDM
```

```
.MACRO __GETWRZ
LDD R@0,Z+@2
LDD R@1,Z+@2+1
.ENDM
```

```

.MACRO __GETD2Z
LDD R26,Z+@0
LDD R27,Z+@0+1
LDD R24,Z+@0+2
LDD R25,Z+@0+3
.ENDM

.MACRO __GETB2MN
LDS R26,@0+@1
.ENDM

.MACRO __GETW2MN
LDS R26,@0+@1
LDS R27,@0+@1+1
.ENDM

.MACRO __GETD2MN
LDS R26,@0+@1
LDS R27,@0+@1+1
LDS R24,@0+@1+2
LDS R25,@0+@1+3
.ENDM

.MACRO __PUTB1MN
STS @0+@1,R30
.ENDM

.MACRO __PUTW1MN
STS @0+@1,R30
STS @0+@1+1,R31
.ENDM

.MACRO __PUTD1MN
STS @0+@1,R30
STS @0+@1+1,R31
STS @0+@1+2,R22
STS @0+@1+3,R23
.ENDM

.MACRO __PUTDZ2
STD Z+@0,R26
STD Z+@0+1,R27
STD Z+@0+2,R24
STD Z+@0+3,R25
.ENDM

.MACRO __PUTBMRN
STS @0+@1,R@2
.ENDM

.MACRO __PUTWMRN
STS @0+@1,R@2
STS @0+@1+1,R@3
.ENDM

.MACRO __PUTBZR
STD Z+@1,R@0
.ENDM

.MACRO __PUTWZR
STD Z+@2,R@0
STD Z+@2+1,R@1

```

```
.ENDM

.MACRO __GETW1R
MOV R30,R@0
MOV R31,R@1
.ENDM

.MACRO __GETW2R
MOV R26,R@0
MOV R27,R@1
.ENDM

.MACRO __GETWRN
LDI R@0,LOW(@2)
LDI R@1,HIGH(@2)
.ENDM

.MACRO __PUTW1R
MOV R@0,R30
MOV R@1,R31
.ENDM

.MACRO __PUTW2R
MOV R@0,R26
MOV R@1,R27
.ENDM

.MACRO __ADDWRN
SUBI R@0,LOW(-@2)
SBCI R@1,HIGH(-@2)
.ENDM

.MACRO __ADDWRR
ADD R@0,R@2
ADC R@1,R@3
.ENDM

.MACRO __SUBWRN
SUBI R@0,LOW(@2)
SBCI R@1,HIGH(@2)
.ENDM

.MACRO __SUBWRR
SUB R@0,R@2
SBC R@1,R@3
.ENDM

.MACRO __ANDWRN
ANDI R@0,LOW(@2)
ANDI R@1,HIGH(@2)
.ENDM

.MACRO __ANDWRR
AND R@0,R@2
AND R@1,R@3
.ENDM

.MACRO __ORWRN
ORI R@0,LOW(@2)
ORI R@1,HIGH(@2)
.ENDM
```

ver_1.asm

```
.MACRO __ORWRR
OR   R@0,R@2
OR   R@1,R@3
.ENDM
```

```
.MACRO __EORWRR
EOR  R@0,R@2
EOR  R@1,R@3
.ENDM
```

```
.MACRO __GETWRS
LDD  R@0,Y+@2
LDD  R@1,Y+@2+1
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTWSR
STD  Y+@2,R@0
STD  Y+@2+1,R@1
.ENDM
```

```
.MACRO __MOVEWRR
MOV  R@0,R@2
MOV  R@1,R@3
.ENDM
```

```
.MACRO __INWR
IN   R@0,@2
IN   R@1,@2+1
.ENDM
```

```
.MACRO __OUTWR
OUT  @2+1,R@1
OUT  @2,R@0
.ENDM
```

```
.MACRO __CALL1MN
LDS  R30,@0+@1
LDS  R31,@0+@1+1
ICALL
.ENDM
```

```
.MACRO __CALL1FN
LDI  R30,LOW(2*@0+@1)
LDI  R31,HIGH(2*@0+@1)
RCALL __GETW1PF
ICALL
.ENDM
```

```
.MACRO __CALL2EN
LDI  R26,LOW(@0+@1)
LDI  R27,HIGH(@0+@1)
RCALL __EEPROMRDW
ICALL
.ENDM
```

```
.MACRO __GETW1STACK
IN   R26,SPL
IN   R27,SPH
ADIW R26,@0+1
LD   R30,X+
LD   R31,X
.ENDM
```

```
.MACRO __NBST
BST R@0,@1
IN R30,SREG
LDI R31,0x40
EOR R30,R31
OUT SREG,R30
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTB1SN
LDD R26,Y+@0
LDD R27,Y+@0+1
SUBI R26,LOW(-@1)
SBCI R27,HIGH(-@1)
ST X,R30
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTW1SN
LDD R26,Y+@0
LDD R27,Y+@0+1
SUBI R26,LOW(-@1)
SBCI R27,HIGH(-@1)
ST X+,R30
ST X,R31
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTD1SN
LDD R26,Y+@0
LDD R27,Y+@0+1
SUBI R26,LOW(-@1)
SBCI R27,HIGH(-@1)
RCALL __PUTDP1
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTB1SNS
LDD R26,Y+@0
LDD R27,Y+@0+1
ADIW R26,@1
ST X,R30
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTW1SNS
LDD R26,Y+@0
LDD R27,Y+@0+1
ADIW R26,@1
ST X+,R30
ST X,R31
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTD1SNS
LDD R26,Y+@0
LDD R27,Y+@0+1
ADIW R26,@1
RCALL __PUTDP1
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTB1PMN
LDS R26,@0
LDS R27,@0+1
SUBI R26,LOW(-@1)
SBCI R27,HIGH(-@1)
```

```
ST    X,R30
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTW1PMN
LDS   R26,@0
LDS   R27,@0+1
SUBI  R26,LOW(-@1)
SBCI  R27,HIGH(-@1)
ST    X+,R30
ST    X,R31
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTD1PMN
LDS   R26,@0
LDS   R27,@0+1
SUBI  R26,LOW(-@1)
SBCI  R27,HIGH(-@1)
RCALL __PUTDP1
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTB1PMNS
LDS   R26,@0
LDS   R27,@0+1
ADIW  R26,@1
ST    X,R30
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTW1PMNS
LDS   R26,@0
LDS   R27,@0+1
ADIW  R26,@1
ST    X+,R30
ST    X,R31
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTD1PMNS
LDS   R26,@0
LDS   R27,@0+1
ADIW  R26,@1
RCALL __PUTDP1
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTB1RN
MOVW  R26,R@0
SUBI  R26,LOW(-@1)
SBCI  R27,HIGH(-@1)
ST    X,R30
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTW1RN
MOVW  R26,R@0
SUBI  R26,LOW(-@1)
SBCI  R27,HIGH(-@1)
ST    X+,R30
ST    X,R31
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTD1RN
MOVW  R26,R@0
SUBI  R26,LOW(-@1)
SBCI  R27,HIGH(-@1)
RCALL __PUTDP1
```

```
.ENDM

.MACRO __PUTB1RNS
MOVW R26,R@0
ADIW R26,@1
ST X,R30
.ENDM

.MACRO __PUTW1RNS
MOVW R26,R@0
ADIW R26,@1
ST X+,R30
ST X,R31
.ENDM

.MACRO __PUTD1RNS
MOVW R26,R@0
ADIW R26,@1
RCALL __PUTDP1
.ENDM

.MACRO __PUTB1RON
MOV R26,R@0
MOV R27,R@1
SUBI R26,LOW(-@2)
SBCI R27,HIGH(-@2)
ST X,R30
.ENDM

.MACRO __PUTW1RON
MOV R26,R@0
MOV R27,R@1
SUBI R26,LOW(-@2)
SBCI R27,HIGH(-@2)
ST X+,R30
ST X,R31
.ENDM

.MACRO __PUTD1RON
MOV R26,R@0
MOV R27,R@1
SUBI R26,LOW(-@2)
SBCI R27,HIGH(-@2)
RCALL __PUTDP1
.ENDM

.MACRO __PUTB1RONS
MOV R26,R@0
MOV R27,R@1
ADIW R26,@2
ST X,R30
.ENDM

.MACRO __PUTW1RONS
MOV R26,R@0
MOV R27,R@1
ADIW R26,@2
ST X+,R30
ST X,R31
.ENDM

.MACRO __PUTD1RONS
```

```
MOV R26,R@0
MOV R27,R@1
ADIW R26,@2
RCALL __PUTDP1
.ENDM
```

```
.MACRO __GETB1SX
MOVW R30,R28
SUBI R30,LOW(-@0)
SBCI R31,HIGH(-@0)
LD R30,Z
.ENDM
```

```
.MACRO __GETB1HSX
MOVW R30,R28
SUBI R30,LOW(-@0)
SBCI R31,HIGH(-@0)
LD R31,Z
.ENDM
```

```
.MACRO __GETW1SX
MOVW R30,R28
SUBI R30,LOW(-@0)
SBCI R31,HIGH(-@0)
LD R0,Z+
LD R31,Z
MOV R30,R0
.ENDM
```

```
.MACRO __GETD1SX
MOVW R30,R28
SUBI R30,LOW(-@0)
SBCI R31,HIGH(-@0)
LD R0,Z+
LD R1,Z+
LD R22,Z+
LD R23,Z
MOVW R30,R0
.ENDM
```

```
.MACRO __GETB2SX
MOVW R26,R28
SUBI R26,LOW(-@0)
SBCI R27,HIGH(-@0)
LD R26,X
.ENDM
```

```
.MACRO __GETW2SX
MOVW R26,R28
SUBI R26,LOW(-@0)
SBCI R27,HIGH(-@0)
LD R0,X+
LD R27,X
MOV R26,R0
.ENDM
```

```
.MACRO __GETD2SX
MOVW R26,R28
SUBI R26,LOW(-@0)
SBCI R27,HIGH(-@0)
LD R0,X+
```

```
LD    R1,X+
LD    R24,X+
LD    R25,X
MOVW  R26,R0
.ENDM
```

```
.MACRO __GETBRSX
MOVW  R30,R28
SUBI  R30,LOW(-@1)
SBCI  R31,HIGH(-@1)
LD    R@0,Z
.ENDM
```

```
.MACRO __GETWRSX
MOVW  R30,R28
SUBI  R30,LOW(-@2)
SBCI  R31,HIGH(-@2)
LD    R@0,Z+
LD    R@1,Z
.ENDM
```

```
.MACRO __LSLW8SX
MOVW  R30,R28
SUBI  R30,LOW(-@0)
SBCI  R31,HIGH(-@0)
LD    R31,Z
CLR   R30
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTB1SX
MOVW  R26,R28
SUBI  R26,LOW(-@0)
SBCI  R27,HIGH(-@0)
ST    X,R30
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTW1SX
MOVW  R26,R28
SUBI  R26,LOW(-@0)
SBCI  R27,HIGH(-@0)
ST    X+,R30
ST    X,R31
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTD1SX
MOVW  R26,R28
SUBI  R26,LOW(-@0)
SBCI  R27,HIGH(-@0)
ST    X+,R30
ST    X+,R31
ST    X+,R22
ST    X,R23
.ENDM
```

```
.MACRO __CLRW1SX
MOVW  R30,R28
SUBI  R30,LOW(-@0)
SBCI  R31,HIGH(-@0)
CLR   R0
ST    Z+,R0
ST    Z,R0
.ENDM
```

```
.MACRO __CLRD1SX
MOVW R30,R28
SUBI R30,LOW(-@0)
SBCI R31,HIGH(-@0)
CLR R0
ST Z+,R0
ST Z+,R0
ST Z+,R0
ST Z,R0
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTB2SX
MOVW R30,R28
SUBI R30,LOW(-@0)
SBCI R31,HIGH(-@0)
ST Z,R26
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTW2SX
MOVW R30,R28
SUBI R30,LOW(-@0)
SBCI R31,HIGH(-@0)
ST Z+,R26
ST Z,R27
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTD2SX
MOVW R30,R28
SUBI R30,LOW(-@0)
SBCI R31,HIGH(-@0)
ST Z+,R26
ST Z+,R27
ST Z+,R24
ST Z,R25
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTBSRX
MOVW R30,R28
SUBI R30,LOW(-@0)
SBCI R31,HIGH(-@0)
ST Z,R@1
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTWSRX
MOVW R30,R28
SUBI R30,LOW(-@2)
SBCI R31,HIGH(-@2)
ST Z+,R@0
ST Z,R@1
.ENDM
```

```
.MACRO __PUTB1SNX
MOVW R26,R28
SUBI R26,LOW(-@0)
SBCI R27,HIGH(-@0)
LD R0,X+
LD R27,X
MOV R26,R0
SUBI R26,LOW(-@1)
SBCI R27,HIGH(-@1)
ST X,R30
```

```
.ENDM

.MACRO __PUTW1SNX
MOVW R26,R28
SUBI R26,LOW(-@0)
SBCI R27,HIGH(-@0)
LD R0,X+
LD R27,X
MOV R26,R0
SUBI R26,LOW(-@1)
SBCI R27,HIGH(-@1)
ST X+,R30
ST X,R31
.ENDM

.MACRO __PUTD1SNX
MOVW R26,R28
SUBI R26,LOW(-@0)
SBCI R27,HIGH(-@0)
LD R0,X+
LD R27,X
MOV R26,R0
SUBI R26,LOW(-@1)
SBCI R27,HIGH(-@1)
ST X+,R30
ST X+,R31
ST X+,R22
ST X,R23
.ENDM

.MACRO __MULBRR
MULS R@0,R@1
MOVW R30,R0
.ENDM

.MACRO __MULBRRU
MUL R@0,R@1
MOVW R30,R0
.ENDM

.MACRO __MULBRR0
MULS R@0,R@1
.ENDM

.MACRO __MULBRRU0
MUL R@0,R@1
.ENDM

.MACRO __MULBNWRU
LDI R26,@2
MUL R26,R@0
MOVW R30,R0
MUL R26,R@1
ADD R31,R0
.ENDM

.CSEG
.ORG 0

.INCLUDE "ver_1.vec"
.INCLUDE "ver_1.inc"
```

```

__RESET:
    CLI
    CLR R30
    OUT EECR,R30

;INTERRUPT VECTORS ARE PLACED
;AT THE START OF FLASH
    LDI R31,1
    OUT GICR,R31
    OUT GICR,R30
    OUT MCUCR,R30

;DISABLE WATCHDOG
    LDI R31,0x18
    OUT WDTCR,R31
    OUT WDTCR,R30

;CLEAR R2-R14
    LDI R24,13
    LDI R26,2
    CLR R27
__CLEAR_REG:
    ST X+,R30
    DEC R24
    BRNE __CLEAR_REG

;CLEAR SRAM
    LDI R24,LOW(0x400)
    LDI R25,HIGH(0x400)
    LDI R26,0x60
__CLEAR_SRAM:
    ST X+,R30
    SBIW R24,1
    BRNE __CLEAR_SRAM

;GLOBAL VARIABLES INITIALIZATION
    LDI R30,LOW(__GLOBAL_INI_TBL*2)
    LDI R31,HIGH(__GLOBAL_INI_TBL*2)
__GLOBAL_INI_NEXT:
    LPM R24,Z+
    LPM R25,Z+
    SBIW R24,0
    BREQ __GLOBAL_INI_END
    LPM R26,Z+
    LPM R27,Z+
    LPM R0,Z+
    LPM R1,Z+
    MOVW R22,R30
    MOVW R30,R0
__GLOBAL_INI_LOOP:
    LPM R0,Z+
    ST X+,R0
    SBIW R24,1
    BRNE __GLOBAL_INI_LOOP
    MOVW R30,R22
    RJMP __GLOBAL_INI_NEXT
__GLOBAL_INI_END:

;STACK POINTER INITIALIZATION
    LDI R30,LOW(0x45F)
    OUT SPL,R30
    LDI R30,HIGH(0x45F)

```

```

OUT    SPH,R30

;DATA STACK POINTER INITIALIZATION
LDI    R28,LOW(0x160)
LDI    R29,HIGH(0x160)

RJMP   _main

.ESEG
.ORG 0

.DSEG
.ORG 0x160
;000    1 /* File include */
;000    2 #include <mega8.h>
;000    3 #include <delay.h>
;000    4 #include "lcdku.c"
;000    5 #ifndef __lcdku_C
;000    6 #define __lcdku_C
;000    7
;000    8 #define enable          PORTC.4
;000    9 #define rs              PORTC.5
;000   10 #define clock          PORTC.3
;000   11 #define tx_LCD         PORTC.2
;000   12
;000   13
;000   14 void dataout(unsigned char data_LCD, char kode)
;000   15 {

.CSEG
_dataout:
;000   16 unsigned char i;
;000   17 clock=0;
ST      -Y,R16
data_LCD -> Y+2
kode -> Y+1
i -> R16
CBI     0x15,3
;000   18 for(i=0;i<8;i++)
LDI     R16,LOW(0)

_0x4:
CPI     R16,8
BRLO    PC+2
RJMP    _0x5
;000   19 {
;000   20 tx_LCD=(data_LCD & 0x1)==0x1 ? 1 : 0;
LDD     R30,Y+2
ANDI    R30,LOW(0x1)
CPI     R30,LOW(0x1)
BREQ    PC+2
RJMP    _0x6
LDI     R30,LOW(1)
RJMP    _0x7

_0x6:
LDI     R30,LOW(0)

_0x7:
_0x8:
RCALL   __BSTB1
IN      R26,0x15
BLD     R26,2
OUT     0x15,R26
;000   21 delay_us(4);

```

```

__DELAY_USB 5
;000 22 clock=1;
SBI 0x15,3
;000 23 delay_us(4);
__DELAY_USB 5
;000 24 clock=0;
CBI 0x15,3
;000 25 data_LCD=data_LCD>>1;
LDD R30,Y+2
LSR R30
STD Y+2,R30
;000 26 }
_0x3:
SUBI R16,-1
RJMP _0x4

_0x5:
;000 27 rs=kode;
LDD R30,Y+1
RCALL __BSTB1
IN R26,0x15
BLD R26,5
OUT 0x15,R26
;000 28 delay_us(40);
RCALL SUBOPT_0x0
;000 29 enable=1;
SBI 0x15,4
;000 30 delay_us(40);
RCALL SUBOPT_0x0
;000 31 enable=0;
CBI 0x15,4
;000 32 }
LDD R16,Y+0
ADIW R28,3
RET
;000 33
;000 34 void pos(unsigned char i,unsigned char n)
;000 35 {
_pos:
;000 36 if(i==1)
i -> Y+1
n -> Y+0
LDD R26,Y+1
CPI R26,LOW(0x1)
BREQ PC+2
RJMP _0x9
;000 37 {
;000 38 dataout (0x80+n-1,0);
LD R26,Y
SUBI R26,-LOW(128)
RCALL SUBOPT_0x1
;000 39 delay_us(40);
;000 40 }
;000 41 else if (i==2)
RJMP _0xA
_0x9:
LDD R26,Y+1
CPI R26,LOW(0x2)
BREQ PC+2
RJMP _0xB
;000 42 {
;000 43 dataout (0xc0+n-1,0);
LD R26,Y

```

```

SUBI R26,-LOW(192)
RCALL SUBOPT_0x1
;000 44 delay_us(40);
;000 45 }
;000 46 else;
RJMP _0xC

_0xB:
_0xC:
_0xA:
;000 47 }
ADIW R28,2
RET
;000 48
;000 49
;000 50 void busek()
;000 51 {
;000 52 dataout(0x01,0);
;000 53 delay_ms(2);
;000 54 }
;000 55
;000 56
;000 57 void initlcd()
;000 58 {
_initlcd:
;000 59 delay_ms(1000);
LDI R30,LOW(1000)
LDI R31,HIGH(1000)
RCALL SUBOPT_0x2
;000 60 dataout(0x30,0);
;000 61 delay_ms(500);
LDI R30,LOW(500)
LDI R31,HIGH(500)
RCALL SUBOPT_0x2
;000 62 dataout(0x30,0);
;000 63 delay_us(10000);
__DELAY_USW 10000
;000 64 dataout(0x30,0);
LDI R30,LOW(48)
RCALL SUBOPT_0x3
;000 65 delay_us(4000);
;000 66 dataout(0x38,0);
LDI R30,LOW(56)
RCALL SUBOPT_0x3
;000 67 delay_us(4000);
;000 68 dataout(0x08,0);
LDI R30,LOW(8)
RCALL SUBOPT_0x3
;000 69 delay_us(4000);
;000 70 dataout(0x01,0);
LDI R30,LOW(1)
RCALL SUBOPT_0x3
;000 71 delay_us(4000);
;000 72 dataout(0x0c,0);
LDI R30,LOW(12)
RCALL SUBOPT_0x3
;000 73 delay_us(4000);
;000 74 dataout(0x06,0);
LDI R30,LOW(6)
RCALL SUBOPT_0x3
;000 75 delay_us(4000);
;000 76 }
RET

```

```

;000      77
;000      78
;000      79 void cetak(int i,int n,flash char *text)
;000      80 {
_cetak:
;000      81      pos(i,n);
;000      i -> Y+4
;000      n -> Y+2
;000      *text -> Y+0
;000      LDD R30,Y+4
;000      ST -Y,R30
;000      LDD R30,Y+3
;000      ST -Y,R30
;000      RCALL _pos
;000      82      while(*text)
_0xD:
;000      RCALL SUBOPT_0x4
;000      LPM R30,Z
;000      CPI R30,0
;000      BRNE PC+2
;000      RJMP _0xF
;000      83      {
;000      84      dataout(*text++,1);
;000      RCALL SUBOPT_0x5
;000      RCALL SUBOPT_0x6
;000      85      delay_us(40);
;000      RCALL SUBOPT_0x0
;000      86      }
_0xF:
;000      87 }
;000      ADIW R28,6
;000      RET
;000      88
;000      89 #endif
;000      90 #include "i2c.c"
;000      91
;000      92
;000      93 #asm
;000      94      .equ __i2c_port=0x12 ;PORTD
;000      .equ __i2c_port=0x12 ;PORTD
;000      95      .equ __sda_bit=7
;000      .equ __sda_bit=7
;000      96      .equ __scl_bit=6
;000      .equ __scl_bit=6
;000      97 #endasm
;000      98
;000      99 #include <i2c.h>
;000      100 //#include <stdio.h>
;000      101
;000      102
;000      103 #define ADDA_ADDR      0x90
;000      104 #define EEPROM_ADDR      0xA0
;000      105 #define RTC_ADDR      0xD0
;000      106
;000      107
;000      108 unsigned char read_adc(unsigned char channel)
;000      109 {
;000      110      unsigned char datax;
;000      111      i2c_start();
;000      channel -> Y+1
;000      datax -> R16

```

```

                                ver_1.asm
;000 112     i2c_write(ADDA_ADDR);
;000 113     //i2c_write((channel+0x10));
;000 114     i2c_write((channel+0x0));
;000 115     i2c_stop();
;000 116     i2c_start();
;000 117     i2c_write(ADDA_ADDR | 1);
;000 118     datax = i2c_read(0);
;000 119     i2c_stop();
;000 120     return datax;
;000 121 }
;000 122
;000 123 void write_dac(unsigned char tmp1, unsigned char tmp2)
;000 124 {
;000 125     i2c_start();
tmp1 -> Y+1
tmp2 -> Y+0
;000 126     i2c_write(ADDA_ADDR);
;000 127     i2c_write(tmp1+0x10);
;000 128     i2c_write(tmp2);
;000 129     i2c_stop();
;000 130 }
;000 131
;000 132 unsigned char bcd2dec(unsigned char input)
;000 133 {
;000 134     unsigned char tmp_data, tmp1;
;000 135
;000 136     tmp_data = input;
input -> Y+2
tmp_data -> R16
tmp1 -> R17
;000 137     tmp1 = tmp_data % 16;
;000 138     if (tmp_data > 15) tmp_data = tmp_data / 16;
;000 139     else tmp_data = 0;
;000 140     tmp_data = (tmp_data * 10)+tmp1;
;000 141     return tmp_data;
;000 142 }
;000 143
;000 144 unsigned char dec2bcd(unsigned char input)
;000 145 {
;000 146     unsigned char tmp_data;
;000 147
;000 148     if (input > 9) tmp_data = ((input / 10)*16) + (input % 10);
input -> Y+1
tmp_data -> R16
;000 149     else
;000 150         tmp_data = input;
;000 151     return tmp_data;
;000 152 }
;000 153
;000 154 unsigned char read_rtc(unsigned char alamat)
;000 155 {
;000 156     unsigned char tmp_data;
;000 157
;000 158     i2c_start();
alamat -> Y+1
tmp_data -> R16
;000 159     i2c_write(RTC_ADDR);
;000 160     i2c_write(alamat);
;000 161     i2c_stop();
;000 162     i2c_start();
;000 163     i2c_write(RTC_ADDR | 1);
;000 164     tmp_data = i2c_read(0);

```

```

;000 165     i2c_stop();
;000 166     return bcd2dec(tmp_data);
;000 167 }
;000 168
;000 169 void write_rtc(unsigned char alamat, unsigned char datax)
;000 170 {
;000 171     i2c_start();
;000 172     alamat -> Y+1
;000 173     datax -> Y+0
;000 174     i2c_write(RTC_ADDR);
;000 175     i2c_write(alamat);
;000 176     if (alamat < 7)
;000 177         i2c_write(dec2bcd(datax));
;000 178     else
;000 179         i2c_write(datax);
;000 180     i2c_stop();
;000 181 }
;000 182 unsigned char bacamem(unsigned int alamat)
;000 183 {
;000 184     unsigned char aa;
;000 185     unsigned char datax;
;000 186     aa=alamat>>8;aa=aa<<1;
;000 187     alamat -> Y+2
;000 188     aa -> R16
;000 189     datax -> R17
;000 190     i2c_start();
;000 191     i2c_write(EEPROM_ADDR | aa);
;000 192     i2c_write(alamat);
;000 193     i2c_stop();
;000 194     i2c_start();
;000 195     i2c_write(EEPROM_ADDR | (aa|1));
;000 196     datax = i2c_read(0);
;000 197     i2c_stop();
;000 198     return datax;
;000 199 }
;000 200 void tulismem(unsigned int alamat, unsigned char nilai)
;000 201 {
;000 202     unsigned char aa;
;000 203     aa=alamat>>8;aa=aa<<1;
;000 204     alamat -> Y+2
;000 205     nilai -> Y+1
;000 206     aa -> R16
;000 207     i2c_start();
;000 208     i2c_write(EEPROM_ADDR|aa);
;000 209     i2c_write(alamat);
;000 210     i2c_write(nilai);
;000 211     i2c_stop();
;000 212     delay_ms(10);
;000 213 }
;000 214 /*
;000 215 unsigned char read_EEPROM(unsigned char alamat)
;000 216 {
;000 217     unsigned char datax;
;000 218     i2c_start();
;000 219     i2c_write(EEPROM_ADDR);
;000 220     i2c_write(alamat);
;000 221     i2c_stop();
;000 222     i2c_start();
;000 223     i2c_write(EEPROM_ADDR | 1);
;000 224     datax = i2c_read(0);
;000 225     i2c_stop();
;000 226     return datax;
;000 227 }
;000 228

```

```

__CHKSIGND:
    CLT
    SBRs R23,7
    RJMP __CHKSD1
    RCALL __ANECD1
    SET
__CHKSD1:
    SBRs R25,7
    RJMP __CHKSD2
    CLR R0
    COM R26
    COM R27
    COM R24
    COM R25
    ADIW R26,1
    ADC R24,R0
    ADC R25,R0
    BLD R0,0
    INC R0
    BST R0,0
__CHKSD2:
    RET

__PUTPARD1:
    ST -Y,R23
    ST -Y,R22
    ST -Y,R31
    ST -Y,R30
    RET

__BSTB1:
    CLT
    CLR R0
    CPSE R30,R0
    SET
    RET

__SAVELOC4:
    ST -Y,R19
__SAVELOC3:
    ST -Y,R18
__SAVELOC2:
    ST -Y,R17
    ST -Y,R16
    RET

__LOADLOC4:
    LDD R19,Y+3
__LOADLOC3:
    LDD R18,Y+2
__LOADLOC2:
    LDD R17,Y+1
    LD R16,Y
    RET

;END OF CODE MARKER
__END_OF_CODE:

```

MAXIM

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

General Description

The MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E line drivers/receivers are designed for RS-232 and V.28 communications in harsh environments. Each transmitter output and receiver input is protected against ±15kV electrostatic discharge (ESD) shocks, without latchup. The various combinations of features are outlined in the *Selection Guide*. The drivers and receivers for all ten devices meet all EIA/TIA-232E and CCITT V.28 specifications at data rates up to 120kbps, when loaded in accordance with the EIA/TIA-232E specification.

The MAX211E/MAX213E/MAX241E are available in 28-pin SO packages, as well as a 28-pin SSOP that uses 60% less board space. The MAX202E/MAX232E come in 16-pin narrow SO, wide SO, and DIP packages. The MAX203E comes in a 20-pin DIP/SO package, and needs no external charge-pump capacitors. The MAX205E comes in a 24-pin wide DIP package, and also eliminates external charge-pump capacitors. The MAX206E/MAX207E/MAX208E come in 24-pin SO, SSOP, and narrow DIP packages. The MAX232E/MAX241E operate with four 1µF capacitors, while the MAX202E/MAX206E/MAX207E/MAX208E/MAX211E/MAX213E operate with four 0.1µF capacitors, further reducing cost and board space.

Applications

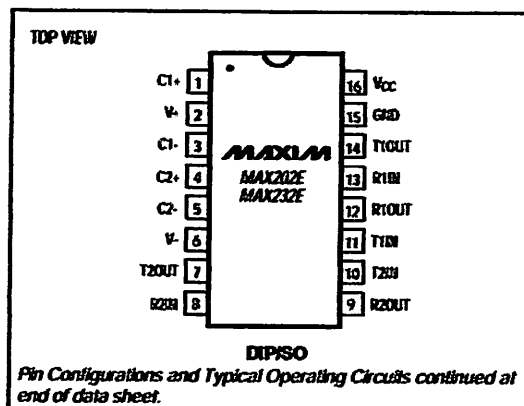
Notebook, Subnotebook, and Palmtop Computers
Battery-Powered Equipment
Hand-Held Equipment

Ordering information appears at end of data sheet.

Features

- ♦ ESD Protection for RS-232 I/O Pins:
±15kV—Human Body Model
±8kV—IEC1000-4-2, Contact Discharge
±15kV—IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge
- ♦ Latchup Free (unlike bipolar equivalents)
- ♦ Guaranteed 120kbps Data Rate—LapLink™ Compatible
- ♦ Guaranteed 3V/µs Min Slew Rate
- ♦ Operate from a Single +5V Power Supply

Pin Configurations



Selection Guide

PART	No. of RS-232 DRIVERS	No. of RS-232 RECEIVERS	RECEIVERS ACTIVE IN SHUTDOWN	No. of EXTERNAL CAPACITORS	LOW-POWER SHUTDOWN	TTL THREE-STATE
MAX202E	2	2	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX203E	2	2	0	None	No	No
MAX205E	5	5	0	None	Yes	Yes
MAX206E	4	3	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX207E	5	3	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX208E	4	4	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX211E	4	5	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX213E	4	5	2	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX232E	2	2	0	4 (1µF)	No	No
MAX241E	4	5	0	4 (1µF)	Yes	Yes

LapLink is a registered trademark of Traveling Software, Inc.

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{CC}	-0.3V to +6V	20-Pin SO (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
V ₊	(V _{CC} - 0.3V) to +14V	24-Pin Narrow Plastic DIP	
V ₋	-14V to +0.3V	(derate 13.33mW/°C above +70°C).....	1.07W
Input Voltages		24-Pin Wide Plastic DIP	
T _{IN}	-0.3V to (V ₊ + 0.3V)	(derate 14.29mW/°C above +70°C).....	1.14W
R _{IN}	±30V	24-Pin SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....	941mW
Output Voltages		24-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C).....	640mW
T _{OUT}	(V ₋ - 0.3V) to (V ₊ + 0.3V)	28-Pin SO (derate 12.50mW/°C above +70°C).....	1W
R _{OUT}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW
Short-Circuit Duration, T _{OUT}	Continuous	Operating Temperature Ranges	
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		MAX2 _{EC}	0°C to +70°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C).....	842mW	MAX2 _{EE}	-40°C to +85°C
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C).....	696mW	Storage Temperature Range.....	-65°C to +165°C
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW	Lead Temperature (soldering, 10sec).....	+300°C
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	889mW		

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

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V_{CC} = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C1-C4 = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C1-C4 = 1µF for MAX232E/241E; T_A = T_{MIN} to T_{MAX} unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
DC CHARACTERISTICS							
Vcc Supply Current	Icc	No load, TA = +25°C	MAX202E/203E	8	15	mA	
			MAX205E-208E	11	20		
			MAX211E/213E	14	20		
			MAX232E	5	10		
			MAX241E	7	15		
Shutdown Supply Current		TA = +25°C, Figure 1	MAX205E/206E	1	10	µA	
			MAX211E/241E	1	10		
			MAX213E	15	50		
LOGIC							
Input Pull-Up Current		TJN = 0V (MAX205E-208E/211E/213E/241E)		15	200	µA	
Input Leakage Current		TJN = 0V to VCC (MAX202E/203E/232E)		±10		µA	
Input Threshold Low	VIL	TJN: EN, SHDN (MAX213E) or EN, SHDN (MAX205E-208E/211E/241E)		0.8		V	
Input Threshold High	VIH	TJN		2.0		V	
		EN, SHDN (MAX213E) or EN, SHDN (MAX205E-208E/211E/241E)		2.4			
Output Voltage Low	VOL	ROUT: IOUT = 3.2mA (MAX202E/203E/232E) or IOUT = 1.6mA (MAX205E/208E/211E/213E/241E)		0.4		V	
Output Voltage High	VOH	ROUT: IOUT = -1.0mA		3.5 VCC - 0.4		V	
Output Leakage Current		EN = VCC, EN = 0V, 0V ≤ ROUT ≤ VCC. MAX205E-208E/211E/213E/241E outputs disabled		±0.05	±10	µA	

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V_{CC} = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C₁–C₄ = 0.1μF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C₁–C₄ = 1μF for MAX232E/241E; T_A = T_{MIN} to T_{MAX} unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
EIA/TIA-232E RECEIVER INPUTS						
Input Voltage Range			-30		30	V
Input Threshold Low		T _A = +25°C, V _{CC} = 5V	All parts, normal operation	0.8	1.2	V
			MAX213E, $\overline{\text{SHDN}}$ = 0V, EN = V _{CC}	0.6	1.5	
Input Threshold High		T _A = +25°C, V _{CC} = 5V	All parts, normal operation	1.7	2.4	V
			MAX213E (R4, R5), $\overline{\text{SHDN}}$ = 0V, EN = V _{CC}	1.5	2.4	
Input Hysteresis		V _{CC} = 5V, no hysteresis in shutdown	0.2	0.5	1.0	V
Input Resistance		T _A = +25°C, V _{CC} = 5V	3	5	7	kΩ
EIA/TIA-232E TRANSMITTER OUTPUTS						
Output Voltage Swing		All drivers loaded with 3kΩ to ground (Note 1)	±5	±9		V
Output Resistance		V _{CC} = V ₊ = V ₋ = 0V, V _{OUT} = ±2V	300			Ω
Output Short-Circuit Current				±10	±60	mA
TIMING CHARACTERISTICS						
Maximum Data Rate		R _L = 3kΩ to 7kΩ, C _L = 50pF to 1000pF, one transmitter switching	120			kbps
Receiver Propagation Delay	t _{PLHR} , t _{PHLR}	C _L = 150pF	All parts, normal operation	0.5	10	μs
			MAX213E (R4, R5), $\overline{\text{SHDN}}$ = 0V, EN = V _{CC}	4	40	
Receiver Output Enable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2		600		ns
Receiver Output Disable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2		200		ns
Transmitter Propagation Delay	t _{PLHT} , t _{PHLT}	R _L = 3kΩ, C _L = 2500pF, all transmitters loaded		2		μs
Transition-Region Slew Rate		T _A = +25°C, V _{CC} = 5V, R _L = 3kΩ to 7kΩ, C _L = 50pF to 1000pF, measured from -3V to +3V or +3V to -3V, Figure 3	3	6	30	V/μs
ESD PERFORMANCE: TRANSMITTER OUTPUTS, RECEIVER INPUTS						
ESD-Protection Voltage		Human Body Model		±15		kV
		IEC1000-4-2, Contact Discharge		±8		
		IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge		±15		

Note 1: MAX211EE_ tested with V_{CC} = +5V ±5%.

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

When in low-power shutdown mode, the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E driver outputs are turned off and draw only leakage currents—even if they are back-driven with voltages between 0V and 12V. Below -0.5V in shutdown, the transmitter output is diode-clamped to ground with a 1kΩ series impedance.

RS-232 Receivers

The receivers convert the RS-232 signals to CMOS-logic output levels. The guaranteed 0.8V and 2.4V receiver input thresholds are significantly tighter than the ±3V thresholds required by the EIA/TIA-232E specification. This allows the receiver inputs to respond to TTL/CMOS-logic levels, as well as RS-232 levels.

The guaranteed 0.8V input low threshold ensures that receivers shorted to ground have a logic 1 output. The 5kΩ input resistance to ground ensures that a receiver with its input left open will also have a logic 1 output.

Receiver inputs have approximately 0.5V hysteresis. This provides clean output transitions, even with slow rise/fall-time signals with moderate amounts of noise and ringing.

In shutdown, the MAX213E's R4 and R5 receivers have no hysteresis.

Shutdown and Enable Control (MAX205E/MAX206E/MAX211E/ MAX213E/MAX241E)

In shutdown mode, the charge pumps are turned off, V+ is pulled down to VCC, V- is pulled to ground, and the transmitter outputs are disabled. This reduces supply current typically to 1μA (15μA for the MAX213E). The time required to exit shutdown is under 1ms, as shown in Figure 5.

Receivers

All MAX213E receivers, except R4 and R5, are put into a high-impedance state in shutdown mode (see Tables 1a and 1b). The MAX213E's R4 and R5 receivers still function in shutdown mode. These two awake-in-shutdown receivers can monitor external activity while maintaining minimal power consumption.

The enable control is used to put the receiver outputs into a high-impedance state, to allow wire-OR connection of two EIA/TIA-232E ports (or ports of different types) at the UART. It has no effect on the RS-232 drivers or the charge pumps.

Note: The enable control pin is active low for the MAX211E/MAX241E (EN), but is active high for the MAX213E (EN). The shutdown control pin is active high for the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX241E (SHDN), but is active low for the MAX213E (SHDN).

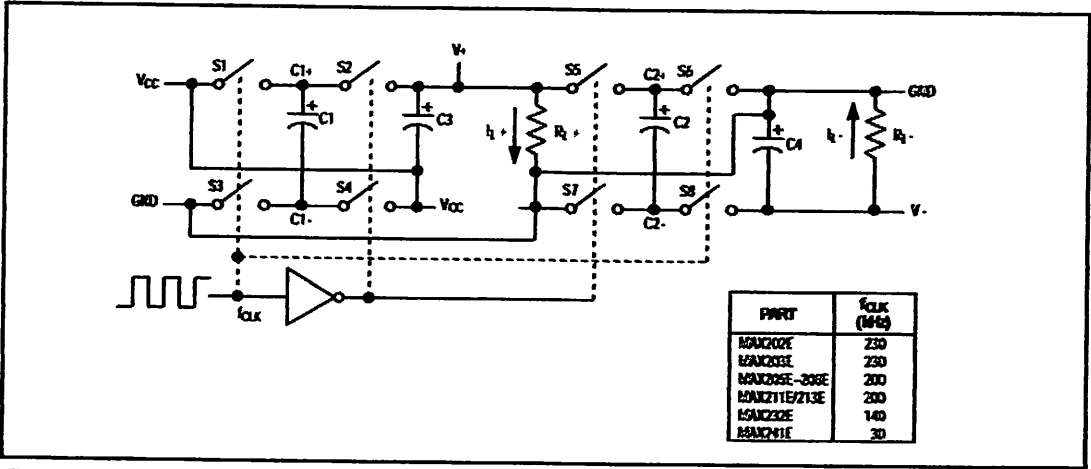


Figure 4. Charge-Pump Diagram

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

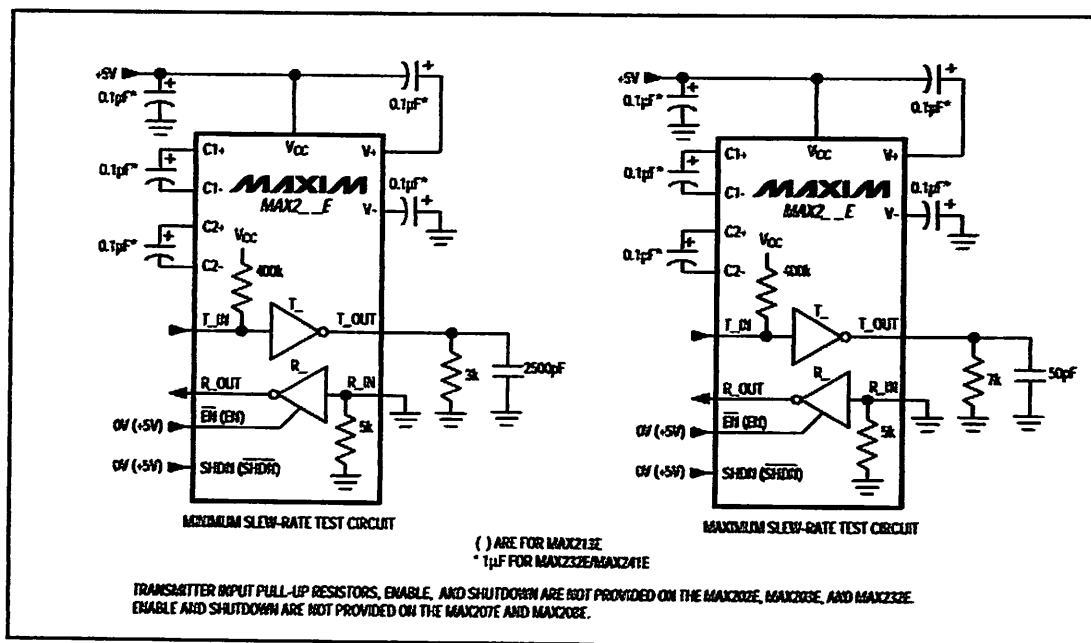


Figure 3. Transition Slew-Rate Circuit

Detailed Description

The MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E consist of three sections: charge-pump voltage converters, drivers (transmitters), and receivers. These E versions provide extra protection against ESD. They survive ±15kV discharges to the RS-232 inputs and outputs, tested using the Human Body Model. When tested according to IEC1000-4-2, they survive ±8kV contact-discharges and ±15kV air-gap discharges. The rugged E versions are intended for use in harsh environments or applications where the RS-232 connection is frequently changed (such as notebook computers). The standard (non-"E") MAX202, MAX203, MAX205-MAX208, MAX211, MAX213, MAX232, and MAX241 are recommended for applications where cost is critical.

+5V to ±10V Dual Charge-Pump Voltage Converter

The +5V to ±10V conversion is performed by dual charge-pump voltage converters (Figure 4). The first charge-pump converter uses capacitor C1 to double the +5V into +10V, storing the +10V on the output filter capacitor, C3. The second uses C2 to invert the +10V

into -10V, storing the -10V on the V- output filter capacitor, C4.

In shutdown mode, V+ is internally connected to VCC by a 1kΩ pull-down resistor, and V- is internally connected to ground by a 1kΩ pull-up resistor.

RS-232 Drivers

With VCC = 5V, the typical driver output voltage swing is ±8V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver. The output swing is guaranteed to meet EIA/TIA-232E and V.28 specifications that call for ±5V minimum output levels under worst-case conditions. These include a 3kΩ load, minimum VCC, and maximum operating temperature. The open-circuit output voltage swings from (V+ - 0.6V) to V-.

Input thresholds are CMOS/TTL compatible. The unused drivers' inputs on the MAX205E-MAX208E, MAX211E, MAX213E, and MAX241E can be left unconnected because 400kΩ pull-up resistors to VCC are included on-chip. Since all drivers invert, the pull-up resistors force the unused drivers' outputs low. The MAX202E, MAX203E, and MAX232E do not have pull-up resistors on the transmitter inputs.

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Descriptions (continued)

MAX211E/MAX213E/MAX241E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 28	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 9, 18, 23, 27	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 8, 19, 22, 26	R_OUT	TTLCMOS Receiver Outputs. For the MAX213E, receivers R4 and R5 are active in shutdown mode when EN = 1. For the MAX211E and MAX241E, all receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 20, 21	T_IN	TTLCMOS Driver Inputs. Only the MAX211E, MAX213E, and MAX241E have internal pull-ups to V _{CC} .
10	GND	Ground
11	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
12, 14	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
13	V+	+2V _{CC} voltage generated by the charge pump
15, 16	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
17	V-	-2V _{CC} voltage generated by the charge pump
24	EN	Receiver Enable—active low (MAX211E, MAX241E)
	EN	Receiver Enable—active high (MAX213E)
25	SHDN	Shutdown Control—active high (MAX211E, MAX241E)
	SHDN	Shutdown Control—active low (MAX213E)

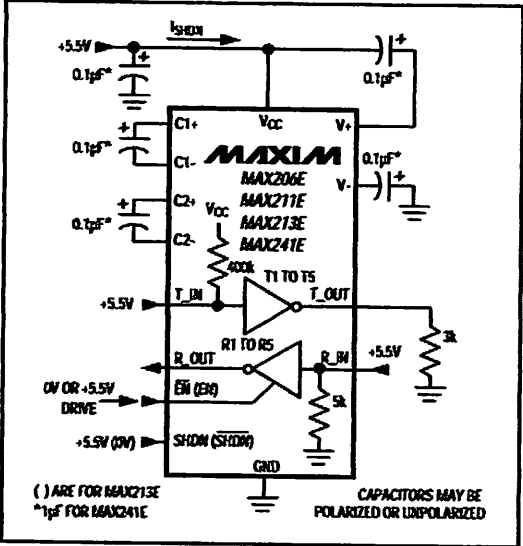


Figure 1. Shutdown-Current Test Circuit (MAX206E, MAX211E/MAX213E/MAX241E)

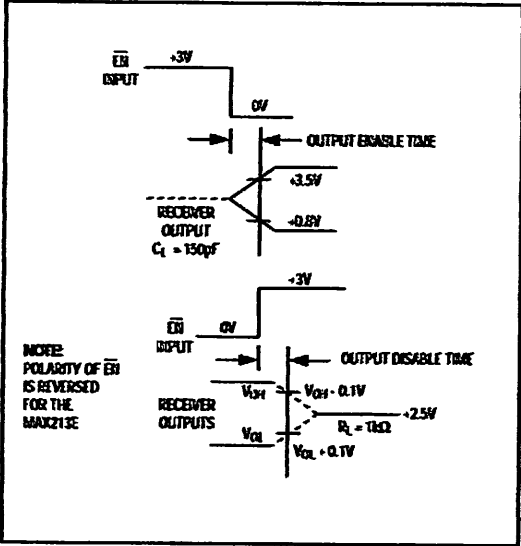


Figure 2. Receiver Output Enable and Disable Timing (MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E)

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Descriptions (continued)

MAX206E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 18, 19	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
8	GND	Ground
9	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V _{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V _{CC} generated by the charge pump
20	EN	Receiver Enable—active low
21	SHDN	Shutdown Control—active high

MAX207E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 20, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 18, 19, 21	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
8	GND	Ground
9	V _{CC}	+4.75V to +5.25V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V _{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V _{CC} generated by the charge pump

MAX208E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 20, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
3, 7, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
4, 6, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
5, 18, 19, 21	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
8	GND	Ground
9	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V _{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V _{CC} generated by the charge pump

MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

Pin Descriptions

MAX202E/MAX232E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP/SO	LCC		
1, 3	2, 4	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
2	3	V+	+2Vcc voltage generated by the charge pump
4, 5	5, 7	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
6	8	V-	-2Vcc voltage generated by the charge pump
7, 14	9, 18	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
8, 13	10, 17	R_IN	RS-232 Receiver Outputs
9, 12	12, 15	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
10, 11	13, 14	T_IN	RS-232 Driver Inputs
15	19	GND	Ground
16	20	Vcc	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
—	1, 6, 11, 16	N.C.	No Connect—not internally connected.

MAX203E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP	SO		
1, 2	1, 2	T_IN	RS-232 Driver Inputs
3, 20	3, 20	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
4, 19	4, 19	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 18	5, 18	T_OUT	RS-232 Transmitter Outputs
6, 9	6, 9	GND	Ground
7	7	Vcc	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
8	13	C1+	Make no connection to this pin.
10, 16	11, 16	C2-	Connect pins together.
12, 17	10, 17	V-	-2Vcc voltage generated by the charge pump. Connect pins together.
13	14	C1-	Make no connection to this pin.
14	8	V+	+2Vcc voltage generated by the charge pump
11, 15	12, 15	C2+	Connect pins together.

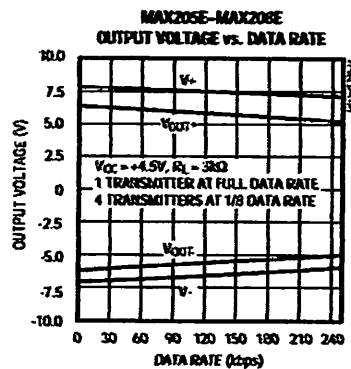
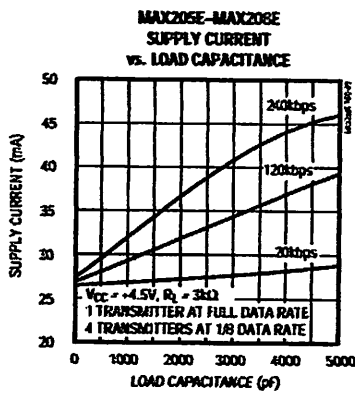
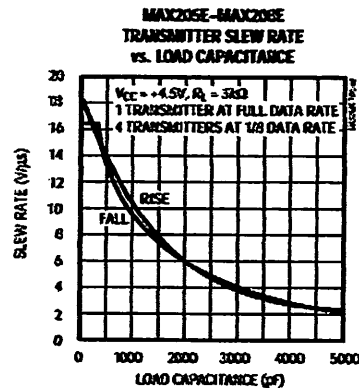
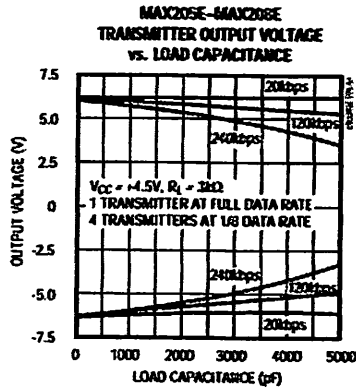
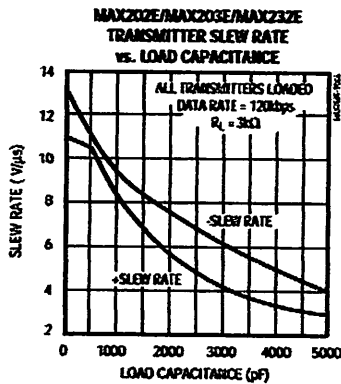
MAX205E

PIN	NAME	FUNCTION
1–4, 19	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
5, 10, 13, 18, 24	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
6, 9, 14, 17, 23	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
7, 8, 15, 16, 22	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to Vcc.
11	GND	Ground
12	Vcc	+4.75V to +5.25V Supply Voltage
20	EN	Receiver Enable—active low
21	SHDN	Shutdown Control—active high

$\pm 15\text{kV}$ ESD-Protected, $+5\text{V}$ RS-232 Transceivers

Typical Operating Characteristics (continued)

(Typical Operating Circuits, $V_{CC} = +5\text{V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)



MAX202E-MAX213E, MAX232E/MAX241E

$\pm 15\text{kV}$ ESD-Protected, $+5\text{V}$ RS-232 Transceivers

Typical Operating Characteristics
(Typical Operating Circuits, $V_{CC} = +5\text{V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

