

**PERANCANGAN SISTEM PENGAMAN SEPEDA MOTOR
MENGGUNAKAN TEGANGAN KEJUT LISTRIK DENGAN
MODE AKTIVASI OTOMATIS VIA PEMANCAR ASK
BERBASIS ARDUINO MINI**

SKRIPSI



Disusun Oleh :

**ZULFA RAZAK KHAN
NIM. 12.12.215**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN SISTEM PENGAMAN SEPEDA MOTOR MENGGUNAKAN TEGANGAN KEJUT LISTRIK DENGAN MODE AKTIVASI OTOMATIS VIA PEMANCAR ASK BERBASIS ARDUINO MINI

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

**ZULFA RAZAK KHAN
NIM. 12.12.215**

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

**Ir. Eko Nurcahyo, MT
NIP.Y. 1028700172**

Mengetahui,

Kelulusan Jurusan Teknik Elektro S-1



M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN SISTEM PENGAMAN SEPEDA MOTOR MENGUNAKAN TEGANGAN KEJUT LISTRIK DENGAN MODE AKTIVASI OTOMATIS VIA PEMANCAR ASK BERBASIS ARDUINO MINI

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan Guna Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

**ZULFA RAZAK KHAN
NIM. 12.12.215**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P.1030100358

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P.1030100358

Ir. Eko Nurcahyo, MT

NIP.Y.1028700172

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**

PERANCANGAN SISTEM PENGAMAN SEPEDA MOTOR MENGUNAKAN TEGANGAN KEJUT LISTRIK DENGAN MODE AKTIVASI OTOMATIS VIA PEMANCAR ASK BERBASIS ARDUINO MINI

Zulfa Razak Khan, NIM 1212215
Dosen Pembimbing : M. Ibrahim Ashari, ST, MT dan
Ir. Eko Nurcahyo, MT

Konsentrasi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro S-I
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km.2 Malang
E-mail : zulfarazakkhan88@gmail.com

ABSTRAK

Pengamanan kendaraan bermotor terhadap upaya pencurian merupakan hal yang penting bagi manusia pada umumnya, hal ini karena semakin maraknya kasus curanmor yang terjadi khususnya wilayah malang dan sekitarnya. Banyaknya kasus yang terjadi 60% disebabkan oleh kelalaian pemilik kendaraan sendiri yang memarkir kendaraan sembarangan tanpa menggunakan kunci ganda atau alarm tambahan, sementara 40% terjadi akibat kasus perampokan secara paksa. Kondisi ini tentu saja meresahkan masyarakat dan kepolisian setempat, apalagi dari sekian banyaknya pengaduan masyarakat mengenai kehilangan kendaraan tersebut hanya sedikit yang berhasil ditemukan khususnya pada kendaraan jenis sepeda motor. Hal ini karena pada kendaraan sepeda motor, sistem pengkabelan kelistrikannya sangat mudah dan penonaktifan alarmnya pun sangat cepat dilakukan karena penempatan ruang untuk perangkat alarm tersebut mudah ditebak dan tidak serumit mobil.

Untuk dapat membuat jera pelaku pencurian secara langsung, maka diperlukan sistem alarm yang dapat memberikan tindakan langsung pada si pelaku pencurian dalam kondisi kendaraan sedang dalam mode alarm. Adapun tindakan yang digunakan adalah dengan memberikan tegangan kejut berupa tegangan tinggi. Dimana pada saat mode alarm aktif dan kontak dinyalakan oleh pelaku maka sistem controller akan mengaktifkan inverter beberapa saat setelah mesin menyala sementara itu tegangan tinggi yang dihasilkan rangkaian dihubungkan ke handle (setir) agar dapat bersentuhan langsung atau terinduksi ke tangan pelaku sehingga dapat menyebabkan pelaku kaget hingga terpental dan jatuh.

Kata Kunci : Mode Aktivasi Otomatis Via Pemancar ASK,TLP 434,RLP 434,Inverter, Arduino Mini

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan sebanyak - banyaknya kepada Allah SWT karena dengan kehendak-Nya lah skripsi yang berjudul **"PENGEMBANGAN SISTEM JALAN ROBOT HUMANOID EPRETIWI-V4 MENGGUNAKAN SENSOR KOMPAS UNTUK KONTES ROBOT SENI TARI INDONESIA (KRSTI)"** Dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik Elektro S-1.

Sebagai penulis sangat menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik, oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak banyaknya kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
4. Bapak Dr. Eng. I Komang Womawirata, ST, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT dan Bapak Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT selaku Dosen pembimbing.
6. Keluarga, sahabat dan rekan-rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu baik dari segi teknis maupun dukungan moral dalam terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyaknya kekurangan yang terdapat pada skripsi ini, oleh karena itu penulis berharap para pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih sempurna.

Malang, Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusah Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Rencana Sistematika Bahasan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Arduino Mini.....	5
2.2 Mikrokontroler AVR ATMEGA328.....	7
2.2.1 Konfigurasi Pin ATMEGA328	8
2.2.2 Memori AVR Atmega.....	14
2.3 RLP-434A dan TLP-434A	15
2.4 Komunikasi digital	16
2.4.1 Amplitudo shift keying (ASK).....	17
2.4.2 Antena	19
2.4.3 Light Emitting Diode (LED).....	19
2.4.4 Optocoupler.....	20
2.5 Transistor Sebagai Saklar.....	21
2.5.1 Mosfet (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)	24
2.6 Relay.....	24

2.7	DC Voltage Regulator (IC LM78XX).....	26
2.8	Transformator (Trafo)	27
2.8.1	Prinsip Kerja Transformator	27
2.8.2	Jenis Tranformator (Trafo).....	28
2.9	Diode	29
2.9.1	Karakteristik Dioda	29
2.9.2	Dioda Penyearah (Rectifier).....	31
2.9.3	Dioda Zener	31
2.10	Inverter AC - DC	32

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1	Umum.....	33
3.2.	Perencanaan Hardware	33
3.2.1	Prinsip Kerja	34
3.2.2	Perancangan tombol Control.....	35
3.2.3	Perancangan Pemancar data TLP434.....	36
3.2.4	Perancangan penerima data RLP434	37
3.2.5	Perancangan <i>sensor RUN-STOP</i> mesin	37
3.2.6	Perancangan <i>Driver Relay</i>	39
3.2.7	Perancangan rangkaian inverter	40
3.3	Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	40
3.3.1	Algoritma pengiriman data transmitter	41
3.3.2	Algoritma penerimaan data pada receiver.....	42
3.3.3	Flowchart system keseluruhan	43

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1.	Pengujian Komunikasi serial RLP434 dan TLP434.....	47
4.1.1.	Tujuan Pengujian	47
4.1.2.	Peralatan Yang digunakan.....	47
4.1.3.	Langkah-langkah Pengujian:.....	47
4.1.4.	Rangkaian Pengujian.....	48
4.1.5	Hasil Pengujian	51
4.1.6	Analisa Hasil Pengujian.....	54

4.2. Pengujian rangkaian driver relay pengontrol starter, Sirkuit CDI dan klakson.....	54
4.2.1. Tujuan Pengujian	55
4.2.2. Peralatan Yang digunakan.....	55
4.2.3. Langkah-langkah Pengujian:.....	55
4.2.4. Rangkaian Pengujian.....	55
4.2.5. Hasil Pengujian	57
4.2.6. Analisa Hasil Pengujian	59
4.3. Pengujian Keseluruhan.....	60
4.3.1. Tujuan Pengujian	60
4.3.2. Peralatan Yang digunakan.....	60
4.3.3. Langkah-langkah Pengujian:.....	61
4.3.4. Hasil Pengujian:.....	61
4.3.5. Analisa.....	64
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan.....	66
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Board Arduino Mini 328.....	5
Gambar 2.2. Konfigurasi Pin ATMEGA328 pad Arduino MINI 3.....	8
Gambar 2.3 Blok Diagram ATMEGA328.....	11
Gambar 2.4 Status Register ATMEGA328.....	12
Gambar 2.5 Peta Memori Atmega.....	14
Gambar 2.6. RLP-434A (gambar A) dan TLP-434A (gambar B).....	16
Gambar 2.7 Bentuk gelombang ASK.....	17
Gambar 2.8. Bentuk gelombang ASK.....	18
Gambar 2.9. Bentuk gelombang ASK.....	19
Gambar 2.10 LED.....	20
<u>Gambar 2.11.</u> konstruksi dan Simbol Optocoupler.....	20
<u>Gambar 2.12.</u> Karakteristik optocoupler.....	21
Gambar 2.13 : Transistor sebagai Saklar ON.....	21
Gambar 2.14 : Karakteristik daerah saturasi pada transistor.....	22
Gambar 2.15 :Transistor Sebagai Saklar OFF.....	23
Gambar 2.16. Simbol MOSFET, (a) kanal-p (b) kanal-n.....	24
Gambar 2.17 : Simbol Relay dan Rangkaian Driver.....	26
Gambar 2.18. Power Supply LM78XX.....	26
Gambar 2.19 pengujian tegangan induksi dari transformator.....	27
Gambar 2.20 Simbol Transformator.....	28
Gambar 2.21 Dioda.....	29
Gambar 2.22a Forward bias diode.....	30
Gambar 2.22b Reverse bias diode.....	30
Gambar 2.23 Simbol dan cara kerja diode.....	31
Gambar 2.24 Simbol Dioda Zener.....	31
Gambar 2.25 rangkaian inverter.....	32
Gambar 3.1. Block Diagram sistem Pemancar.....	33
Gambar 3.2. Block Diagram Sistem Penerima.....	34
Gambar 3.3 Rangkaian tombol remot.....	36
Gambar 3.4_Rangkaian pemancar TLP434.....	36

Gambar 3.5 Rangkaian Penerima RLP434.....	37
Gambar 3.6 Rangkaian sensor RUN/STOP mesin.....	38
Gambar 3.7 IC Driver ULN-2003.....	39
Gambar 3.8: Rangkaian inverter menggunakan IC 555.....	40
Gambar 3.9 Flowchart pengiriman data transmitter.....	41
Gambar 3.10 Flowchart pengiriman data transmitter.....	42
Gambar 3.11: Algoritma bagian pengirim.....	45
Gambar 3.12: Algoritma bagian penerima.....	46
<u>Gambar 4.1.</u> Rangkaian bagian pengirim.....	48
<u>Gambar 4.2.</u> Rangkaian bagian penerima.....	49
<u>Gambar 4.3.</u> Printscreen serial monitor pada penerima saat jarak 2 meter.....	51
<u>Gambar 4.4.</u> Printscreen serial monitor pada penerima saat jarak 12 meter.....	52
<u>Gambar 4.5.</u> Rangkaian driver relay klakson, relay strum dan CDI.....	56
Gambar 4.6 Hasil uji output relay saat Relay ON.....	57
Gambar 4.7 Hasil uji output relay saat Relay OFF.....	58
Gambar 4.8 Hasil uji output inverter.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Susunan kaki RLP-434A dan TLP-434A.....	16
Tabel 3.1: Format protokol data.....	43
Tabel 4.1: pengujian penerimaan data terhadap jarak jangkaun.....	52
Tabel 4.2: Hasil pengujian rangkaian driver.....	58
Tabel 4.3: Pengujian mode alarm berdasarkan jangkauan.....	61
Tabel 4.4: Pengujian mode alarm berdasarkan jangkauan.....	62
Tabel 4.5: Pengujian Alarm.....	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alarm kendaraan banyak sekali jenisnya yang dijual dan dipasarkan dimasyarakat, mulai Alarm biasa yang menggunakan Bel Sirine, Alarm dengan fasilitas Remote Control dan lain sebagainya, namun dari sekian banyak Alarm yang dipasarkan dimasyarakat, rata-rata fiturnya hanya sebatas memberi peringatan pada pencuri dengan bunyi suara/sirine, sehingga jika pemilik kendaraan meninggalkan tempat parkir begitu jauh, maka suara tersebut tidak lagi terdengar dan hal ini memberikan kesempatan pada pencuri untuk dapat memutus jalur Alarm agar tidak bunyi. Pada sisi lain, pengamanan dari alarm yang pernah ada tidak membuat pelaku jera, karena rata-rata mereka telah mengetahui titik kelemahan alarm sehingga dapat mematikannya dengan mudah hanya dengan cara memutus jalur sirine.

Menanggapi permasalahan diatas, maka perlu kiranya dibuat suatu alarm yang memiliki umpan balik antara remote control dan controller yang ada pada kendaraan tersebut, dimana umpan baik yang dimaksud merupakan tindakan yang dilakukan oleh bagian penerima yaitu controller yang ada pada sepeda untuk memberikan respon serta tindakan tertentu pada kendaraan jika terjadi pencurian dan bagian penerima berada diluar jangkauan pemancar pada remote control tersebut. Adapun tindakan yang dilakukan pada bagian penerima adalah dengan cara membangkitkan tegangan tinggi yang dialirkan pada handle setir agar pelaku pencurian tersentak kaget akibat tegangan tinggi tersebut. Konsep yang dirancang pada alat ini adalah dengan menambahkan rangkaian pembangkit tegangan tinggi yang dibangkitkan dari rangkaian inverter dan dikontrol melalui mikroontroller selain itu ditambahkan rangkaian pemutus sirkuit pengapian kendaraan agar mesin dapat dimatikan secara otomatis. Dengan demikian, diharapkan terciptanya alat ini dapat memberikan keamanan lebih tanpa rasa khawatir karena alarm belum aktif saat user meninggalkan ditempat parker, tetapi sistem alarm akan otomatis aktif jika alarm diluar jangkauan remote / pemancar yang dibawa oleh pemilik.

1.2 Rumusah Masalah

Dengan memperhatikan Latar belakang di atas, maka Rumusan Masalah di titik beratkan pada:

1. Bagaimana merancang hardware pada Remote kontrol dan bagian penerima agar mampu berkomunikasi melalui pemancar dan perima ASK dalam mengirimkan informasi data.
2. Bagaimana merancang hardware pada bagian penerima
3. Bagaimana merancang perangkat keras inverter untuk membangkitkan tegangan tinggi.
4. Bagaimana merancang Software penerimaan data dari Remote Control pada system Modul Control di kendaraan untuk menghitung dan mengetahui adanya jarak jauhan pemancar dan validitas data yang diterima.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari perluasan masalah dalam pembuatan, maka dalam perancangan ini penyusun membatasi sebagaimana berikut:

1. Menggunakan arduino pro mini sebagai pengendali utama sistem pada bagian receiver maupun remot.
2. Menggunakan pemancar dengan modulasi ASK type RLP TLP 433 sebagai pemancar dan penerima.
3. Sensor run stop engine dirancang menggunakan optocoupler dan rangkaian penyebarah.
4. Tegangan tinggi inverter dirancang menggunakan trafo step up.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari skripsi ini adalah:

Merancang sistem keamanan kendaraan terkontrol yang memanfaatkan frekwensi AM sebagai media pengirim data ASK (*Amplitudo shift Keying*) dengan pengaman tambahan tegangan kejut.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah

1. Persiapan

Melakukan analisa, penelitian dan olah TKP untuk mempelajari dan mempersiapkan strategi serta ide dalam perancangan.

2. Studi Pustaka

Memperoleh data dengan cara membaca dan mempelajari buku literatur yang berhubungan dengan penyusunan skripsi ini, misalnya sensor, pemancar, metode pengiriman data ASK, dan protokol pengiriman data serta teori inverter dalam membangkitkan tegangan tinggi.

3. Perancangandan Pembuatan Alat

1.6 Rencana Sistematika Bahasan

Untuk memberikan kemudahan dalam memahami penulisan tugas akhir ini, maka sistematika penulisan dikelompokkan ke dalam lima bagian, yaitu:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, Produk yang dihasilkan, kontribusi, dan sistematika penulisan skripsi ini.

BAB II: STUDI AWAL

Berisi Karya sejenis / berkaitan, dasar - dasar teoritis serata spesifikasi garis besar tentang perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam skripsi ini.

BAB III: PERANCANGAN, PEMBUATAN, DAN PENGUJIAN

Pada bab ini berisi perancangan, pembuatan, dan pengujian perangkat yang digunakan dari keseluruhan sistem dan perancangannya.

BAB IV: HASIL DAN DISKUSI

Bab ini berisi tentang spesifikasi rinci, analisis kritis, dan pengalaman yang diperoleh.

BAB V: PENUTUP

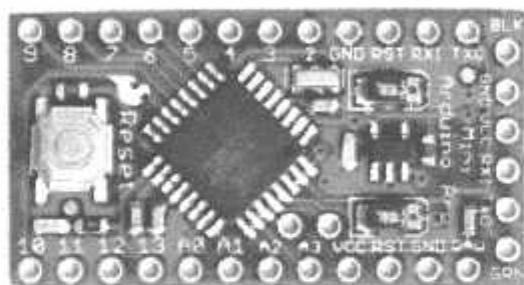
Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Arduino Mini

Arduino MINI 328 adalah sebuah board mikrokontroller yang berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu men-support mikrokontroller dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB.^[3] Adapun bentuk fisik dari modul Arduino MINI 328 ditunjukkan pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Board Arduino Mini 328
(sumber: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>)

Berikut ini adalah konfigurasi dari arduino MINI 328 :

- Mikronkontroler ATmega328
- Beroperasi pada tegangan 5V
- Tegangan input (rekomendasi) 7 - 12V
- Batas tegangan input 6 - 20V
- Pin digital input/output 14 (6 pendukung output PWM)
- Pin analog input 6
- Arus pin per input/output 40 mA
- Arus untuk pin 3.3V adalah 50 mA
- Flash Memory 32 KB (ATmega328) yang mana 2 KB digunakan oleh *bootloader*
- SRAM 2 KB (ATmega328)
- EEPROM 1KB (ATmega328)

- Kecepatan clock 16 MHz

A. Power

Arduino dapat diberikan power melalui koneksi USB atau *power supply*. Powernya diselek secara otomatis. *Power supply* dapat menggunakan adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dikoneksikan dengan mencolok jack adaptor pada koneksi port input *supply*. *Board* arduino dapat dioperasikan menggunakan *supply dari luar sebesar 6-20 volt*. Jika *supply* kurang dari 7V, kadangkala pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* bias menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, tegangan di regulator bias menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada board. Rekomendasikan tegangan ada pada 7 sampai 12 volt. Adapun penjelasan pada pin power adalah sebagai berikut:

a. Vin

Tegangan input ke board arduino ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika tegangan suplai menggunakan *power jack*, aksesnya menggunakan pin ini.

b. 5V

Regulasi power *supply* digunakan untuk power mikrokontroller dan komponen lainnya pada board. 5V dapat melalui Vin menggunakan regulator pada board, atau supply oleh USB atau *supply* regulasi 5V lainnya.

c. 3V3.

Suplai 3.3 volt didapat oleh FTDI chip yang ada di board. Arus maximumnya adalah 50mA.

d. Pin Ground

Berfungsi sebagai jalur ground pada arduino.

B. Memori

ATmega328 memiliki 32 KB flash memory untuk menyimpan kode juga 2KB yang digunakan untuk bootloader. ATmega328 memiliki 2KB untuk SRAM dan 1KB untuk EEPROM.

C. Input dan Output

Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Input/Output dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maximum 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (disconnected oleh default) 20-50 KOhms. Beberapa pin memiliki fungsi sebagai berikut :

- a. Serial : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding dari USB FTDI ke TTL chip serial.
- b. Interupt eksternal : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasikan untuk trigger sebuah interrup pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai.
- c. PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
- d. SPI : 10 (SS), 11(MOSI), 12(MISO), 13(SCK). Pin ini mensupport komunikasi SPI, yang mana masih mendukung hardware, yang tidak termasuk pada bahasa arduino.
- e. LED : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup, ketika pin LOW, LED mati.^[1]

2.2 Mikrokontroler AVR ATMEGA328

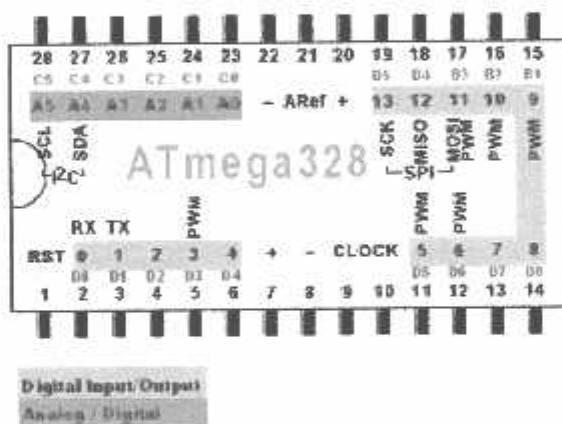
AVR merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang di dalamnya terdapat berbagai macam fungsi. Perbedaannya pada mikro yang pada umumnya digunakan seperti MCS51 adalah pada AVR tidak perlu menggunakan *oscillator* eksternal karena di dalamnya sudah terdapat internal oscillator. Selain itu kelebihan dari AVR adalah memiliki *Power-On Reset*, yaitu tidak perlu ada tombol reset dari luar karena cukup hanya dengan mematikan *supply*, maka secara otomatis AVR akan

menggunakan *reset*. Untuk beberapa jenis AVR terdapat beberapa fungsi khusus seperti ADC, EEPROM sekitar 128 *byte* sampai dengan 32Kb.

AVR ATMEGA328 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berarsitektur AVR RISC yang memiliki 32K *byte* *in-System Programmable Flash*, 1Kb EEPROM internal, dan RAM 2KB. Mikrokontroler dengan konsumsi daya rendah ini mampu mengeksekusi instruksi dengan kecepatan maksimum 16MIPS pada frekuensi 16MHz. ATMEGA328 dapat bekerja pada tegangan antara 4,5 – 5,5 V.

2.2.1 Konfigurasi Pin ATMEGA328

Konfigurasi pin input-output ATMEGA328 terdiri dari 4 port sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2. Konfigurasi Pin ATMEGA328 pada Arduino MINI 3218

(Sumber: <https://djukarna4arduino.wordpress.com/2015/01/19/>)

ATMEGA328 memiliki 28 Pin, yang masing-masing pin-nya memiliki fungsi yang berbeda-beda baik sebagai port maupun fungsi yang lainnya. Berikut akan dijelaskan fungsi dari masing-masing kaki ATMEGA328.

- VCC
Merupakan *supply* tegangan digital.
- GND
Merupakan ground untuk semua komponen yang membutuhkan grounding.
- Port B (PB7..PB0)

Didalam Port B terdapat XTAL1, XTAL2, TOSC1, TOSC2. Jumlah Port B adalah 8 buah pin, mulai dari pin B.0 sampai dengan B.7. Tiap pin dapat digunakan sebagai *input* maupun *output*. Port B merupakan sebuah 8-bit *bi-directional I/O* dengan internal pull-up resistor. Sebagai *input*, pin-pin yang terdapat pada port B yang secara eksternal diturunkan, maka akan mengeluarkan arus jika *pull-up* resistor diaktifkan. Khusus PB6 dapat digunakan sebagai *input* Kristal (*inverting oscillator amplifier*) dan *input* ke rangkaian *clock* internal, bergantung pada pengaturan *Fuse bit* yang digunakan untuk memilih sumber *clock*. Sedangkan untuk PB7 dapat digunakan sebagai *output* Kristal (*output oscillator amplifier*) bergantung pada pengaturan *Fuse bit* yang digunakan untuk memilih sumber *clock*. Jika sumber *clock* yang dipilih dari *oscillator internal*, PB7 dan PB6 dapat digunakan sebagai *I/O* atau jika menggunakan *Asynchronous Timer/Counter2* maka PB6 dan PB7 (TOSC2 dan TOSC1) digunakan untuk saluran *input timer*.

- Port C (PC5..PC0)

Port C merupakan sebuah 7-bit *bi-directional I/O* port yang di dalam masing masing pin terdapat *pull-up* resistor. Jumlah pin nya hanya 7 buah mulai dari *pin C.0* sampai dengan *pin C.6*. Sebagai keluaran/*output port C* memiliki karakteristik yang sama dalam hal menyerap arus (*sink*) ataupun mengeluarkan arus (*source*).

- RESET/PC6

Jika RSTDISBL *Fuse* diprogram, maka PC6 akan berfungsi sebagai *pin I/O*. *Pin* ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan *pin-pin* yang terdapat pada *port C* lainnya. Namun jika RSTDISBL *Fuse* tidak diprogram, maka pin ini akan berfungsi sebagai input reset. Dan jika *level* tegangan yang masuk ke pin ini rendah dan pulsa yang ada lebih pendek dari pulsa minimum, maka akan menghasilkan suatu kondisi reset meskipun *clock*-nya tidak bekerja.^[2]

- Port D (PD7...PD0)

Port D merupakan 8-bit *bi-directional* I/O dengan internal *pull-up* resistor.

Fungsi dari port ini sama dengan port-port yang lain. Hanya saja pada port ini tidak terdapat kegunaan-kegunaan yang lain. Pada *port* ini hanya berfungsi sebagai masukan dan keluaran saja atau biasa disebut dengan I/O.

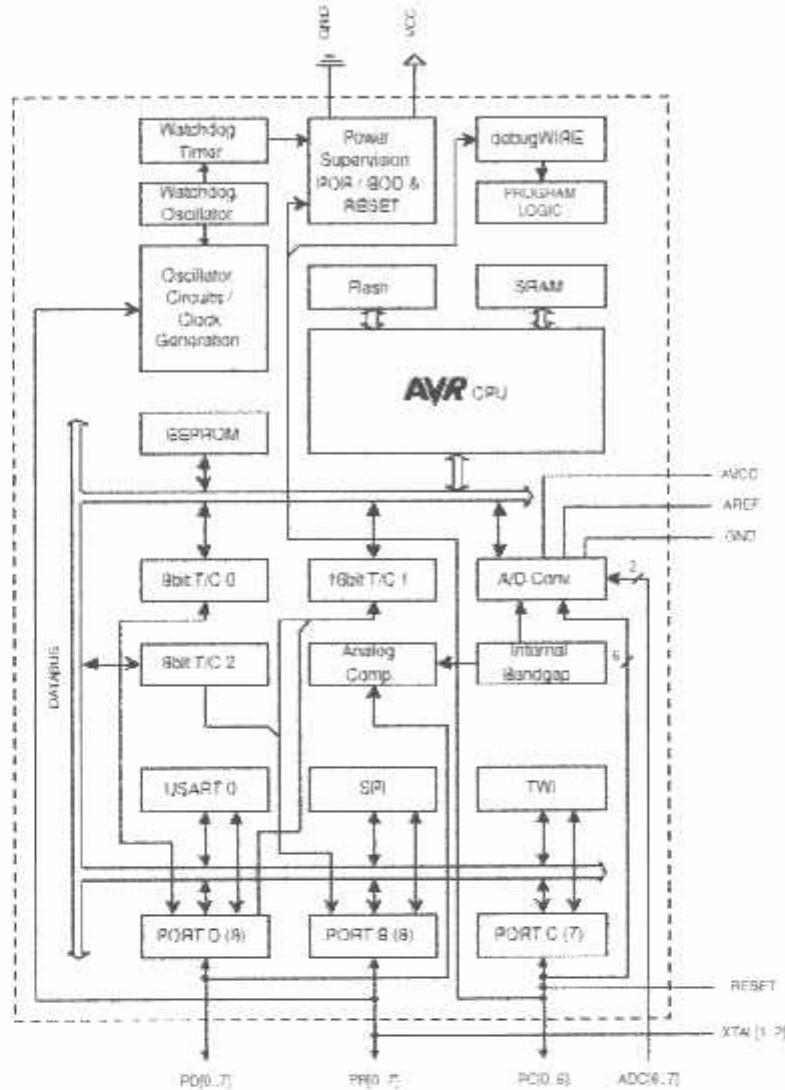
- AVcc

Pin ini berfungsi sebagai *supply* tegangan untuk ADC. Untuk *pin* ini harus dihubungkan secara terpisah dengan VCC karena *pin* ini digunakan untuk analog saja. Bahkan jika ADC pada AVR tidak digunakan tetap saja disarankan untuk menghubungkannya secara terpisah dengan VCC. Jika ADC digunakan, maka AVcc harus dihubungkan ke VCC melalui *low pass filter*.

- AREF

Merupakan pin referensi jika menggunakan ADC.

Sementara itu Blok diagram dari *microcontroller* ATMEGA328 ditunjukkan sebagaimana gambar 2.3:



Gambar 2.3 Blok Diagram ATMEGA328

(Sumber : <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ArduinoToBreadboard>)

Pada AVR status *register* mengandung beberapa informasi mengenai hasil dari kebanyakan hasil eksekusi instruksi aritmatik. Informasi ini digunakan untuk altering arus program sebagai kegunaan untuk meningkatkan performa pengoperasian. Register ini di-update setelah operasi ALU (*Arithmetic Logic Unit*) hal tersebut seperti yang tertulis dalam *datasheet* khususnya pada bagian *Instruction Set Reference*. Dalam hal ini untuk beberapa kasus dapat membuang penggunaan kebutuhan instrukasi perbandingan yang telah didedikasikan serta dapat menghasilkan peningkatan dalam hal kecepatan dan kode yang lebih sederhana dan singkat. *Register* ini tidak secara otomatis tersimpan ketika

memasuki sebuah rutin interupsi dan juga ketika menjalankan sebuah perintah setelah kembali dari interupsi. Namun hal tersebut harus dilakukan melalui *software*. Adapun status register dari ATMEGA328 ditunjukkan sebagaimana Gambar 2.4:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	\$REG
ReadWrite	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.4 Status Register ATMEGA328

(Sumber : <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ArduinoToBreadboard>)

- Bit 7(I)

Merupakan *bit Global Interrupt Enable*. *Bit* ini harus di-set agar semua perintah interupsi dapat dijalankan. Untuk perintah interupsi individual akan di jelaskan pada bagian yang lain. Jika bit ini di-reset, maka semua perintah interupsi baik yang individual maupun yang secara umum akan di abaikan. Bit ini akan dibersihkan atau *cleared* oleh *hardware* setelah sebuah interupsi di jalankan dan akan di-set kembali oleh perintah RETI. Bit ini juga dapat diset dan di-reset melalui aplikasi dan intruksi SEI dan CLL.

- Bit 6(T)

Merupakan *bit Copy Storage*. Instruksi bit *Copy Instructions* BLD (*Bit Load*) and BST (*Bit Store*) menggunakan *bit* ini sebagai asal atau tujuan untuk *bit* yang telah dioperasikan. Sebuah *bit* dari sebuah *register* dalam *Register File* dapat disalin ke dalam *bit* ini dengan menggunakan instruksi BST, dan sebuah *bit* di dalam *bit* ini dapat disalin ke dalam *bit* di dalam *register* pada *Register File* dengan menggunakan perintah BLD.

- Bit 5(H)

Merupakan *bit Half Carry Flag*. *Bit* ini menandakan sebuah *Half Carry* dalam beberapa operasi aritmatika. *Bit* ini berfungsi dalam aritmatika BCD.

- Bit 4(S)

Merupakan *Sign bit*. Bit ini selalu merupakan sebuah ekslusif di antara *Negative Flag (N)* dan *two's Complement Overflow Flag (V)*.

- Bit 3(V)

Merupakan *bit Two's Complement Overflow Flag*. Bit ini menyediakan fungsi aritmatika dua komplemen.

- Bit 2(N)

Merupakan *bit Negative Flag*. Bit ini mengindikasikan sebuah hasil *negative* di dalam sebuah fungsi logika atau aritmatika.

- Bit 1(Z)

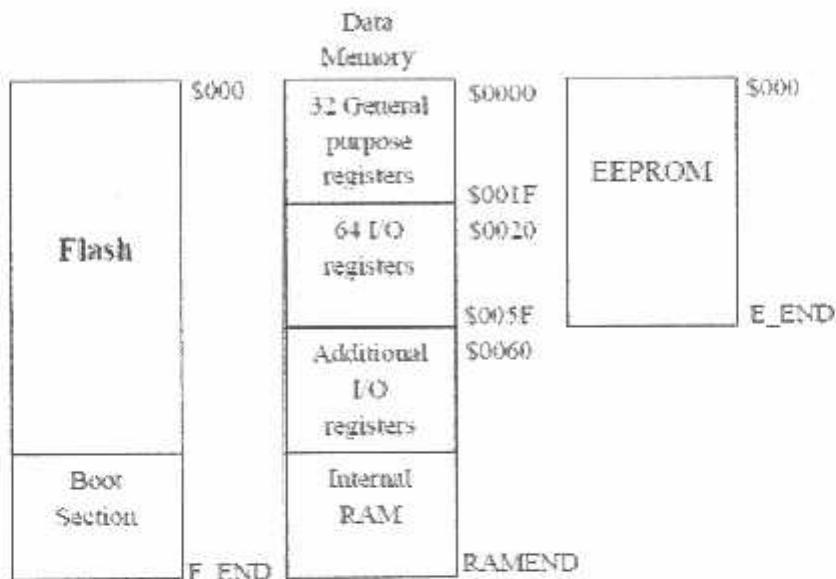
Merupakan *bit Zero Flag*. Bit ini mengindikasikan sebuah hasil nol "0" dalam sebuah fungsi aritmatika atau logika.

- Bit 0(C)

Merupakan *bit Carry Flag*. Bit ini mengindikasikan sebuah Carry atau sisa dalam sebuah aritmatika atau logika.

2.2.2 Memori AVR Atmega

Mapping memory dari ATMEGA328 terdiri dari internalRAM, internal EEPROM, flash memory dan register yang diakses melalui perangka lunak. Adapun peta memory dari *microcontroller* ATMEGA328 ditunjukkan sebagaimana Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 Peta Memori Atmega

(sumber : <http://ATMEL.com/2014/10/perlengkapan-pada-atmega-328>)

Adapun memori atmega terbagi menjadi tiga yaitu :

1. Memori Flash

Memori flash adalah memori ROM tempat kode-kode program berada. Kata flash menunjukan jenis ROM yg dapat ditulis dan dihapus secara elektrik. Memori flash terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian aplikasi dan bagian *boot*. Bagian aplikasi adalah bagian kode-kode program apikasi berada. Bagian *boot* adalah bagian yang digunakan khusus untuk *booting* awal yang dapat diprogram untuk menulis bagian aplikasi tanpa melalui *programmer/downloader*, misalnya melalui USART.

2. Memori Data

Memori data adalah memori RAM yang digunakan untuk keperluan program. Memori data terbagi menjadi empat bagian yaitu :

32 GPR (*General Purphose Register*) adalah register khusus yang bertugas untuk membantu eksekusi program oleh ALU (*Arithmatich Logic Unit*),

dalam instruksi assembler setiap instruksi harus melibatkan GPR. Dalam bahasa C biasanya digunakan untuk variabel global atau nilai balik fungsi dan nilainilai yang dapat memperingan kerja ALU. Dalam istilah processor komputer sahari-hari GPR dikenal sebagai "*chace memory*". I/O register dan Aditional I/O register adalah *register* yang difungsikan khusus untuk mengendalikan berbagai pheripheral dalam mikrokontroler seperti *pin port*, *timer/counter*, *uart* dan lain-lain. Register ini dalam keluarga mikrokontrol MCS51 dikenal sebagai SFR(*Special Function Register*).

3. EEPROM

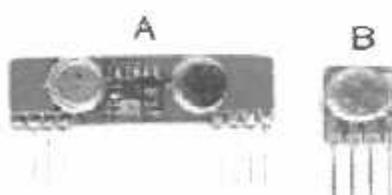
EEPROM adalah memori data yang dapat mengendap ketika chip mati (*off*), digunakan untuk keperluan penyimpanan data yang tahan terhadap gangguan catu daya.

2.3 RLP-434A dan TLP-434A

Akhir-akhir ini, terdapat kecenderungan penggunaan komunikasi data secara *wireless* dalam aplikasi komputer, PDA, ponsel, dll. Berbagai macam teknologi digunakan sebagai sarana komunikasi nirkabel seperti RF, Infra Red, Bluetooth®, Wireless LAN, Dan sebagainya. Tidak mau ketinggalan, DT-51™ MinSys pun juga akan menggunakan modul RF untuk komunikasi data secara wireless dengan komputer. Modul RF yang digunakan adalah TLP-434A (Pemancar) dan RLP-434A (Penerima). Digunakannya TLP dan RLP 434A sebagai modul RF (Radio Frekuensi) pada skripsi ini, selain kemampuannya di dalam pengiriman dan penerimaan data yang cukup baik, harganya tergolong relatif murah.

Modul RF buatan LAIPAC ini sering sekali digunakan sebagai alat untuk komunikasi data secara wireless. Biasanya kedua modul ini dihubungkan dengan mikrokontroler atau peralatan digital yang lainnya. Input data adalah serial dengan level TTL (Transistor – Transistor Logic). Jarak pancar maksimum dari modul RF ini adalah 100 meter tanpa halangan dan 30 meter di dalam gedung. Ukuran ini dapat dipengaruhi oleh faktor antena, kebisingan, dan tegangan kerja dari pemancar. Panjang antena yang digunakan adalah 17 cm, dan terbuat dari kawat besi.

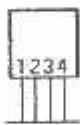
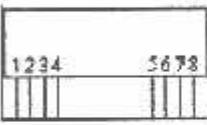
Modul RF yang digunakan adalah TLP-434 (Pemancar) dan RLP-434(Penerima). Modul RF ini merupakan modul RF sudah berupa IC kemasan sil (Single In Line). Modul RF buatan LAIPAC ini kemampuannya didalam pengiriman dan penerimaan data yang cukup baik. Adapun bentuk fisik dari TLPRLP434 ditunjukkan sebagaimana gambag 2.6:



Gambar 2.6. RLP-434A (gambar A) dan TLP-434A (gambar B)

Sumber: www.wikipedia.com

Sementara itu susunan kaki dari modul TLP dan RLP 434A dapat dilihat pada tabel 2.1:

 modul tampak dari depan	Pin 1: GND Pin 2: Data In Pin 3: VCC Pin 4: Antenna (RF Output)	 modul tampak dari depan	Pin 1: GND Pin 2: Digital Data Output Pin 3: Linear Output / Test Pin 4: VCC Pin 5: VCC Pin 6: GND Pin 7: GND Pin 8: Antenna (RF Output)
--	--	--	---

Tabel 2.1 Susunan kaki RLP-434A dan TLP-434A

(sumber : <http://www.forumsains.com/mikrokontroler-dan-robotika/tlp434a>)

2.4 Komunikasi digital

Komunikasi digital yaitu komunikasi dimana sinyal informasi yang akan dikirimkan sudah berupa data digital atau berbentuk gelombang diskrit yang hanya memiliki logika 1 dan logika 0. jika data digital tersebut akan dikirimkan melalui media transmisi, diperlukan suatu teknik modulasi agar data yang akan dikirim dapat diterima dengan baik.

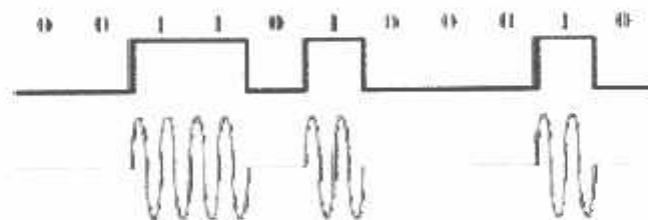
2.4.1 Amplitudo shift keying (ASK)

ASK merupakan suatu teknik modulasi, dimana frekuensi dan fasa dalam keadaan tetap, tetapi memiliki lebar yang berbeda, dan ASK memiliki 2 bit yaitu bit 0 dan bit 1.

Pada ASK, modulasi ini menyatakan sinyal digital 1 sebagai suatu nilai tegangan tertentu (misalnya 1 volt) dan sinyal digital 0 sebagai sinyal digital dengan tegangan 0 volt.

$$S(t) = \begin{cases} \text{constant} & \text{bit 1} \\ 0 & \text{bit 0} \end{cases} \quad (2.1)$$

ASK tidak diterapkan secara luas untuk mengkonversikan data biner, karena sinyalnya mudah terpengaruh oleh redaman, derau atau distorsi. Tetapi pada beberapa hal ASK masih digunakan terutama pada modulasi hybrid (misalnya ASK digabungkan dengan PSK (*Phase Shift Keying*)). ASK umumnya digunakan untuk mentransmisikan sinyal digital pada serat optik, adanya cahaya menandakan 1 elemen atau biner 1 dan bila tidak ada cahaya maka 0. *transmpter laser* pada umumnya memiliki arus bias yang tetap dan menyebabkan pemancaran cahaya dengan level yang rendah, oleh karena itu level yang rendah dapat dipakai untuk mewakili elemen sinyal 1 sedangkan untuk level yang tinggi mewakili elemen sinyal 0. dan bentuk gelombang dari ASK dapat di lihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Bentuk gelombang ASK

(sumber : <https://id.wikipedia.org/wiki/Modulasi>)

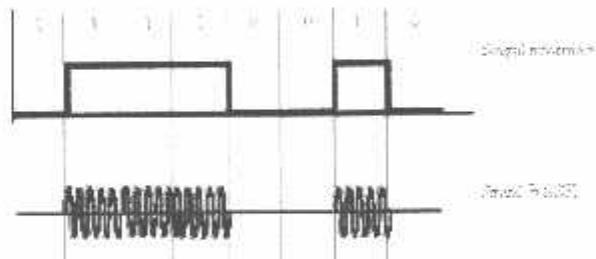
Ada beberapa jenis modulasi ASK, diantaranya sebagai berikut:

1. Binary-ASK (BASK)

Sinyal yang katakan termodulasi secara BASK didefinisikan dengan

$$x(t) = A m(t) \sin(\omega_c t) \quad 0 \leq t \leq T \quad (1)$$

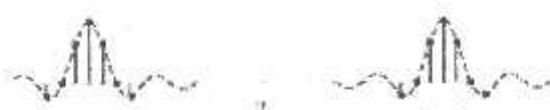
dimana A adalah konstanta, $m(t)$ adalah sinyal data (sinyal pemodulasi) yang mempunyai nilai 0 atau 1, ω_c adalah frekuensi putar dari sinyal pembawa, dan T adalah lebar dari satu bit. Sebuah sinyal digital, yang hanya mengandung 0 dan 1, dimodulasikan dengan BASK, maka kita hanya akan mengalikan sinyal pembawa dengan nilai 0 atau 1. Gambar 5.4 memperlihatkan modulasi BASK untuk sebuah sinyal digital yang diberikan 0 1 0 1 0 0 1 0. Seperti terlihat di gambar 5.4, sinyal-sinyal BASK bisa didapat dengan cara menyalakan dan mematikan (*on and off*) sinyal pembawa, tergantung apakah sinyal informasi (pemodulasi) bernilai 1 atau 0. BASK disebut juga *on-off keying* (OOK). Adapun proses modulasi binary ASK ditunjukkan pada gambar 2.8:



Gambar 2.8. Bentuk gelombang ASK

(sumber : <http://kenziroputra24.blogspot.co.id/>)

Secara spektral kita bisa menggunakan sifat dari transformasi Fourier, perkalian dengan fungsi sinus, berarti pergeseran bentuk spektral. Dengan mengandaikan bahwa sinyal $m(t)$ adalah sinyal periodis dengan 0 1 0 1 0 1. Gambar 2.9 menunjukkan bentuk spektral dari sinyal termodulasi secara BASK. Jika lebar pita (*bandwidth*) dari sinyal informasi didefinisikan sampai nol yang pertama, maka $B = 4/T$.



Gambar 2.9. Bentuk gelombang ASK

(sumber: <http://rumahkita3.blogspot.co.id/>)

2.4.2 Antena

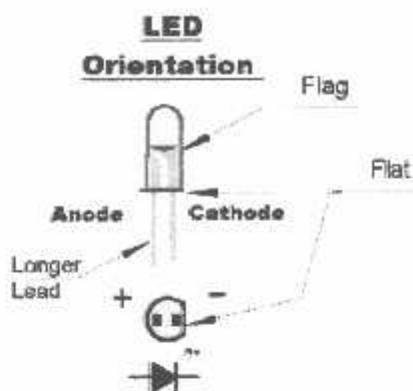
Antena adalah bagian yang paling penting dari sistem pemancar. Antena berfungsi sebagai alat yang dapat meradiasi gelombang radio. Sebagian dari sistem penerima , antena berfungsi sebagai bagian yang dapat menangkap radiasi gelombang radio. Antena yang ideal akan meradiasikan gelombang radio scgala arah. Antena yang ideal disebut sebagai antena isotropis. Sebagai gambaran, jika antena isotropis diletakan pada titik pusat dari bola maka antena isotropis akan mengisi semua ruang yang ada pada bola tersebut dengan radiasi gelombang radio.

Beberapa parameter-parameter pada antena adalah :

6. Polarisasi
7. Penguatan antena
8. Pengarahan

2.4.3 Light Emitting Diode (LED)

Light emitting diode atau dioda pemancar cahaya merupakan sebuah jenis dioda yang dapat memancarkan cahaya apabila diberikan tegangan 1.8 V dengan arus sebesar 1.5 mA. Dioda pemancar cahaya banyak digunakan sebagai lampu indicator atau lampu pilot serta peraga (Display). Dioda pemancar cahaya juga dapat digunakan sebagai pemancar cahaya yang tidak terlihat oleh mata yaitu sinar inframerah. Bahan dasar pembuat dioda adalah Silicon Carbide (SiC),dioda ini dapat berbentuk bulat atau segi empat / Warna dioda pemancar cahaya ini ada berbagai macam, antara lain merah, kuning, hijau, biru dan sebagainya. Adapun symbol dan konfigurasi pin dari LED ditunjukkan sebagaimana gambar 2.10:

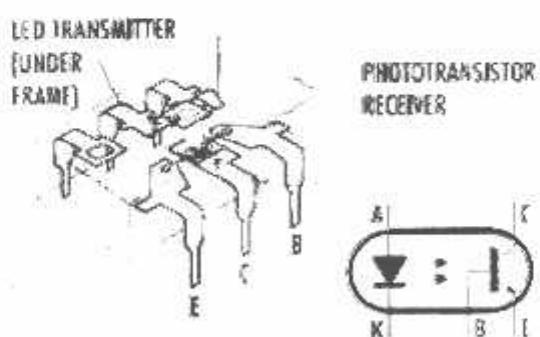


Gambar 2.10 LED

(Sumber : <http://www.tonystrains.com>)

2.4.4 Optocoupler

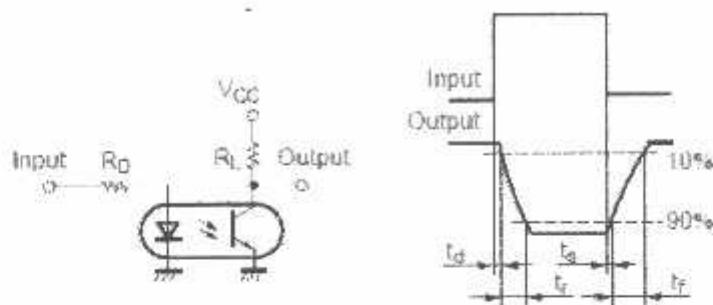
Optocoupler disebut juga optoisolator atau isolator yang tergandeng optic, menggabungkan LED dan fototransistor dalam satu kemasan. Gambar 2.17. menunjukkan salah satu contoh dari optocoupler. Komponen ini memiliki LED pada sisi masukan dan fototransistor pada sisi keluaran. Keuntungan utama optocoupler adalah pemisah secara listrik antara rangkaian masuk dengan rangkaian keluarannya. Dengan optocoupler, hubungan yang ada antara masukan dan keluaran hanya seberkas cahaya. Karena hal ini dapat memperoleh resistansi penyekatan diantara dua rangkaian tersebut. Optocoupler yang dipakai adalah yang terdiri dari satu LED dan satu transistor foto seperti terlihat dalam Gambar 2.11:



Gambar 2.11. konstruksi dan Simbol Optocoupler

(Sumber: 4N35 Datasheet)

Adapun karakteristik dan rangkaian switching optocoupler ditunjukkan sebagaimana gambar 2.12:

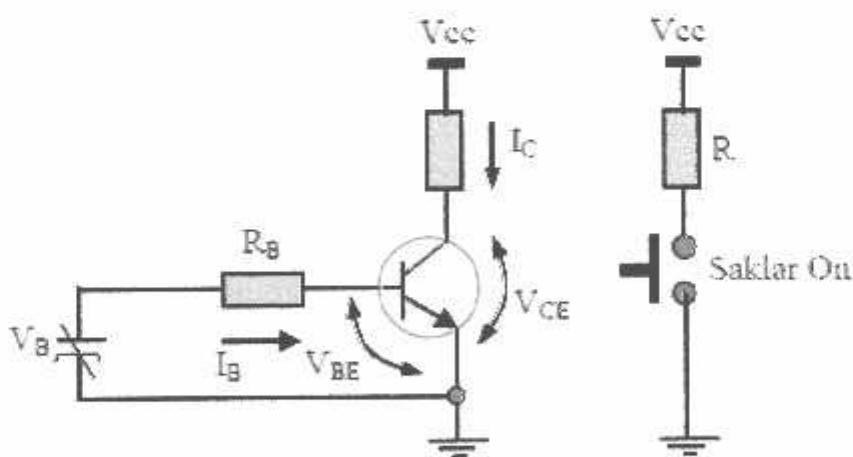


Gambar 2.12. Karakteristik optocoupler

(Sumber: 4N35 Datasheet)

2.5 Transistor Sebagai Saklar

Dalam pemakaiannya transistor dipakai sebagai komponen saklar (*switching*) dengan memanfaatkan daerah penjenuhan (saturasi) dan daerah penyumbatan (*cut-off*) yang ada pada karakteristik transistor. Pada daerah penjenuhan nilai resistansi persambungan kolektor-emitter secara ideal sama dengan nol atau kolektor dan emiter terhubung langsung (short). Kedua ini menyebabkan tegangan kolektor-emitter (V_{CE}) = 0 Volt pada keadaan ideal, tetapi pada kenyataannya V_{CE} bernilai 0 sampai 0,3 Volt. Dengan menganalogikan transistor sebagai saklar, transistor tersebut dalam keadaan on seperti pada gambar 2.13



Gambar 2.13 : Transistor sebagai Saklar ON

(Sumber: Wasito S. Vademekum Elektronika edisi 2, Jakarta :Gramedia,2006)

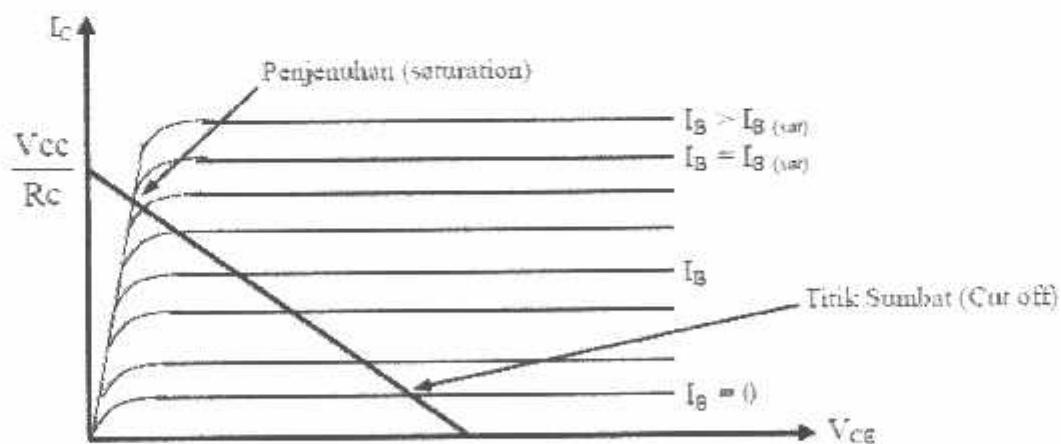
Saturasi pada transistor terjadi apabila arus pada kolektor menjadi maksimum dan untuk mencari besar arus basis agar transistor saturasi adalah :

$$h_{fe} \cdot I_B = \frac{V_{CC}}{R_C} \quad \dots \dots \dots (2.3)$$

Hubungan antara tegangan basis (VB) dan arus basis (IB) adalah:

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B} \quad \dots \quad (2.5)$$

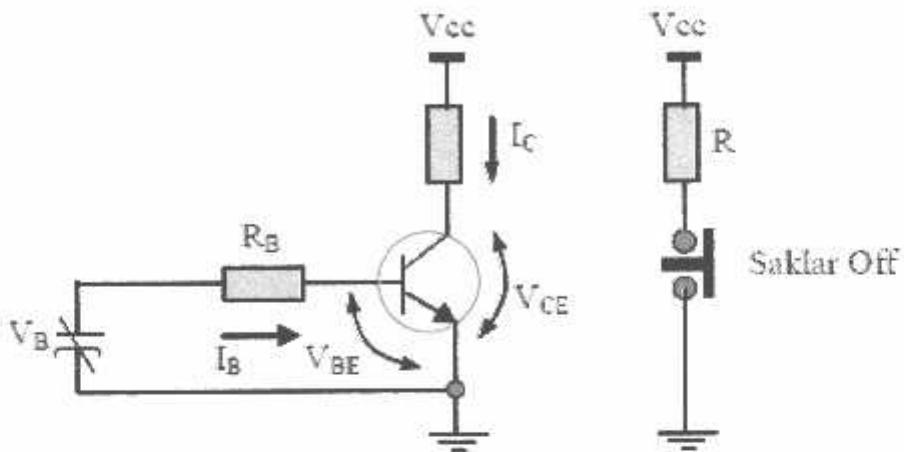
Jika tegangan V_B telah mencapai $V_B = \frac{V_{CC} \cdot R_B}{h_{fe} \cdot R_B} + V_{BE}$, maka transistor akan saturasi, dengan I_C mencapai maksimum. Pada daerah penyumbatan, nilai resistansi persambungan kolektor-emitter secara ideal sama dengan tak terhitung atau terminal kolektor dan emiter terbuka (*open*). Keadaan ini menyebabkan tegangan (V_{sat}) hanya beberapa milivolt, walaupun pada arus kolektor sangat besar bisa melebihi 1 volt. Adapun kurva daerah saturasi dari suatu transistor ditunjukkan pada Gambar 2.14:



Gambar 2.14 : Karakteristik daerah saturasi pada transistor

(Sumber: Wasito S. Vademekum Elektronika edisi 2, Jakarta :Gramedia,2006)

Dengan menganalogikan transistor sebagai saklar, transistor tersebut dalam keadaan off seperti Gambar 2.15.



Gambar 2.15 : Transistor Sebagai Saklar OFF

(Sumber: Wasito S. Vademekum Elektronika edisi 2, Jakarta :Gramedia,2006)

Pada gambar 2.14, Keadaan penyumbatan terjadi apabila besar tegangan habis

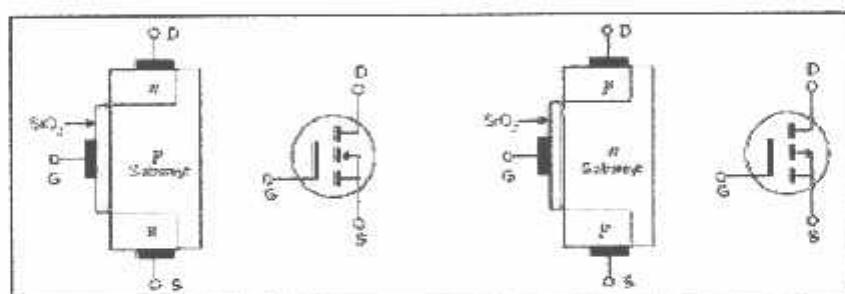
(VB) sama dengan tegangan kerja transistor (VBE) sehingga arus basis (I_B)=0 maka:

Hal ini menyebabkan VCE sama dengan Vcc dapat dibuktikan dengan rumus :

2.5.1 Mosfet (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)

MOSFET umumnya digunakan sebagai saklar (*switch*) Transistor MOSFET (*Metal oxide FET*) memiliki drain, source dan gate. Namun perbedaannya gate terisolasi oleh suatu bahan oksida. Gate sendiri terbuat dari bahan metal seperti aluminium. Oleh karena itulah transistor ini dinamakan *metal-oxide*. Karena gate yang terisolasi, sering jenis transistor ini disebut juga IGFET yaitu *insulated-gate FET*.

Ada dua jenis MOSFET menurut jenis bahan semikonduktor pembuatnya, yaitu tipe N (nMOS) dan tipe P (pMOS). Bahan semikonduktor yang digunakan untuk membuat MOSFET adalah silikon, namun beberapa produsen IC, terutama IBM, mulai menggunakan campuran silikon dan germanium (SiGe) sebagai kanal MOSFET sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.16:



Gambar 2.16. Simbol MOSFET. (a) kanal-p (b) kanal-n

(sumber: <http://materikomputeragee.blogspot.co.id/>)

Garis putus-putus pada simbol transistor MOSFET menunjukkan struktur transistor yang terdiri drain, source dan substrat serta gate yang terisolasi. Arah panah pada substrat menunjukkan type lapisan yang terbentuk pada substrat ketika transistor ON sekaligus menunjukkan type kanal transistor tersebut.

2.6 Relay

Relay adalah suatu rangkaian switch magnetik yang bekerja bila mendapat catu dan suatu rangkaian trigger. Relay memiliki tegangan dan arus nominal yang harus dipenuhi output rangkaian pendriver atau pengemudinya. Arus yang digunakan pada rangkaian adalah arus DC. Konstruksi dalam suatu relay terdiri dari lilitan kawat (coil) yang dililitkan pada inti besi lunak. Jika lilitan kawat mendapatkan aliran arus, inti besi lunak kontak menghasilkan medan magnet dan

menarik switch kontak. Switch kontak mengalami gaya listrik magnet sehingga berpidah posisi ke kutub lain atau terlepas dari kutub asalnya. Keadaan ini akan bertahan selama arus mengalir pada kumparan relay. Dan relay akan kembali keposisi semula yaitu normaly ON atau Normaly OFF, bila tidak ada lagi arus yang mengalir padanya, posisi normal relay tergantung pada jenis relay yang digunakan. Dan pemakaian jenis relay tergantung pada kadaan yang diinginkan dalam suatu rangkaian. Menurut kerjanya relay dapat dibedakan menjadi 3 yaitu :

a. Normaly Open (ON)

Pada kondisi ini saklar relay akan tertutup bila dialiri arus atau terminal *common* akan terhubung dengan terminal NO.

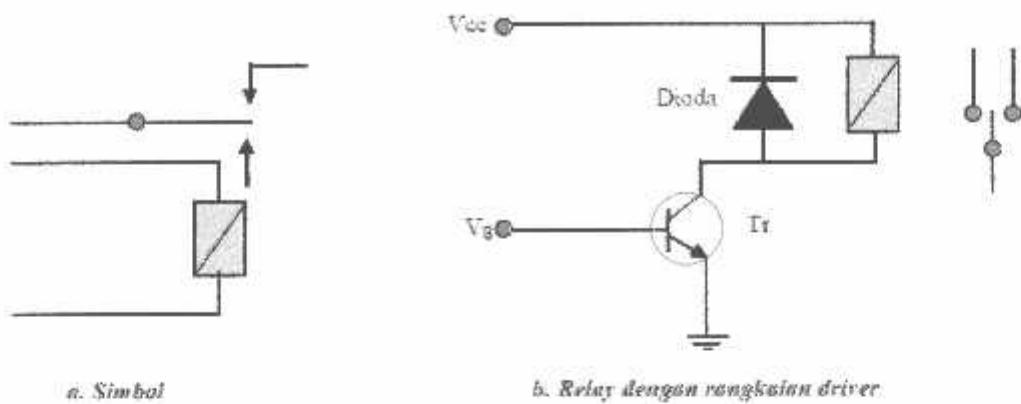
b. Normaly Close (OFF)

saklar akan terbuka bila dialiri arus atau pada kondisi awalnya (tidak dialiri arus) terminal *common* terhubung pada NC dan akan terlepas (open) saat coil relay dialiri arus.

c. Change Over (CO)

Relay ini terdiri dari 2 kumparan, dimana Relay ini mempunyai saklar tunggal yang nomalnya tertutup yang lama, bila kumparan 1 dialiri arus maka saklar akan terhubung ke terminal A, sebaliknya bila kumparan 2 dialiri arus maka saklar akan terhubung ke terminal B.

Analogi dari rangkaian driver relay yang digunakan pada tugas akhir ini adalah saat basis transistor ini dialiri arus, maka transistor dalam keadaan tertutup yang dapat menghubungkan arus dari kolektor ke emiter yang mengakibatkan relay terhubung. Sedangkan fungsi dioda disini adalah untuk melindungi transistor dari tegangan induksi berlebih, dimana tegangan ini dapat merusak transistor. Jika transistor pada basis tidak ada arus maju, transistor terbuka sehingga arus tidak mengalir dari kolektor ke emiter, relay tidak bekerja karena tidak ada arus yang mengalir pada gulungan kawat. Adapun symbol relay dan rangkaian *driver relay* dapat dilihat pada gambar 2.17.

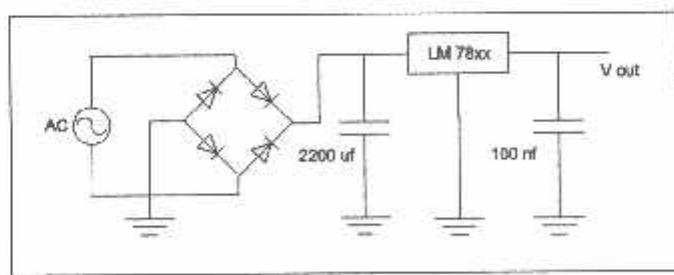


Gambar 2.17 : Simbol Relay dan Rangkaian Driver

(Sumber:www.electronics-diy.com)

2.7 DC Voltage Regulator (IC LM78XX)

Power supply yang baik harus mampu memberikan tegangan regulasi yang baik serta mempu memberikan arus yang cukup kepada beban. Tegangan yang baik tidak teregulasi pada output power supply, dapat menyebabkan peralatan elektronika yang menggunakan power supply tersebut akan rusak terutama bagian regulasi tegangan, tetapi jika peralatan tersebut tidak mempunyai rangkaian regulasi tegangan internal maka dapat dipastikan peralatan elektronika tersebut akan rusak. Salah satu jenis komponen yang sering digunakan sebagai regulasi tegangan adalah IC LM78XX. Pada IC LM78XX terdapat beberapa tipe yang disesuaikan dengan tegangan output yang teregulasi, contohnya tipe LM7805 yang menghasilkan tegangan regulasi sebesar 5V. adapun gambar rangkaian regulator menggunakan IC regulator 78XX ditunjukkan sebagaimana gambar 2.18:



Gambar 2.18. Power Supply LM78XX

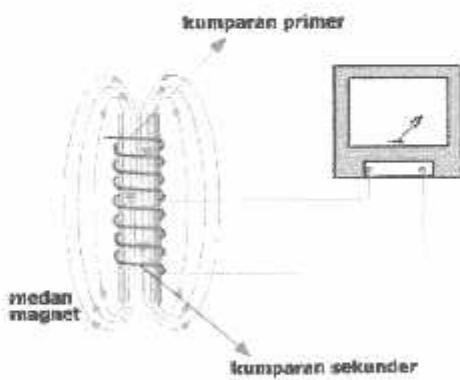
(sumber: <http://electronics.stackexchange.com/>)

2.8 Transformator (Trafo)

Transformator (trafo) adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan bolak-balik (AC). Transformator terdiri dari 3 komponen pokok yaitu: kumparan pertama (primer) yang bertindak sebagai input, kumparan kedua (sekunder) yang bertindak sebagai output, dan inti besi yang berfungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan

2.8.1 Prinsip Kerja Transformator

Prinsip kerja dari sebuah transformator adalah sebagai berikut. Ketika Kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (mutual inductance). Pada skema transformator di samping, ketika arus listrik dari sumber tegangan yang mengalir pada kumparan primer berbalik arah (berubah polaritasnya) medan magnet yang dihasilkan akan berubah arah sehingga arus listrik yang dihasilkan pada kumparan sekunder akan berubah polaritasnya sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.19:



Gambar 2.19 pengujian tegangan induksi dari transformator

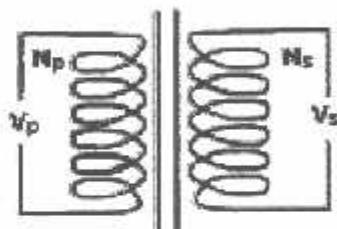
(sumber: <http://www.slideshare.net/>)

Adapun hubungan antara tegangan primer, jumlah lilitan primer, tegangan sekunder, dan jumlah lilitan sekunder, dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

- V_p = tegangan primer (volt).
V_s = tegangan sekunder (volt)
N_p = jumlah lilitan primer
N_s = jumlah lilitan sekunder

Adapun symbol transformator secara umum ditunjukkan pada gambar 2.20



- V_p = tegangan primer (volt)
V_s = tegangan sekunder (volt)
N_p = jumlah lilitan primer
N_s = jumlah lilitan sekunder

Gambar 2.20 Simbol Transformator

(sumber: <http://idkf.bogor.net/>)

2.8.2 Jenis Tranformator (Trafo)

Berdasarkan perbandingan antara jumlah lilitan primer dan jumlah lilitan sekunder transformator ada dua jenis yaitu:

1. Transformator *step up*

yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik rendah menjadi tinggi, transformator ini mempunyai jumlah lilitan kumparan *sekunder* lebih banyak daripada jumlah lilitan *primer* (N_s > N_p).

2. Transformator *step down*

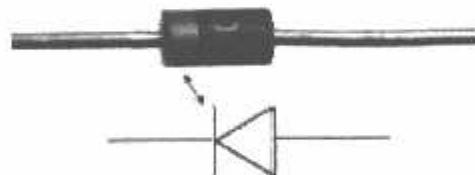
Yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik tinggi menjadi rendah, transformator ini mempunyai jumlah lilitan kumparan primer lebih banyak daripada jumlah lilitan sekunder ($N_p > N_s$).

Pada transformator (trafo) besarnya tegangan yang dikeluarkan oleh kumparan *sekunder* adalah:

1. Sebanding dengan banyaknya lilitan *sekunder* ($V_s \sim N_s$).
2. Sebanding dengan besarnya tegangan *primer* ($V_S \sim V_P$).
3. Berbanding terbalik dengan banyaknya lilitan *primer*.

2.9 Diode

Dioda adalah suatu bahan yang dibuat dari bahan yang disebut PN Junction yaitu suatu bahan campuran yang terdiri dari bahan positif (P type) dan bahan negatif (N type). Apabila kedua bahan tersebut dipertemukan maka akan menjadi komponen aktif yang disebut Dioda. P type akan membentuk kaki yang disebut kaki Anoda dan N type akan membentuk Katoda. Pada dioda, arus listrik hanya akan dapat mengalir dari anoda ke kutub katoda.



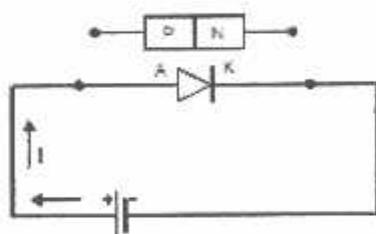
Gambar 2.21 Dioda

(sumber: <http://tugas-kuliah-makalah-dioda.blogspot.co.id/>)

2.9.1 Karakteristik Dioda

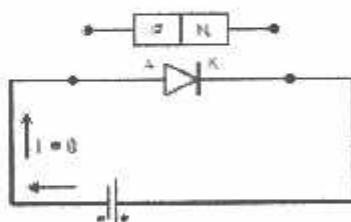
Sifat umum dioda adalah hanya dapat menghantarkan arus listrik ke satu arah saja. Oleh karena itu bila pemasangan dioda terbalik maka dioda tidak akan dapat menghantarkan arus listrik. Prinsip ini biasanya digunakan sebagai pengaman alat elektronika yaitu untuk menunjukkan benar atau salah penyambungan catu

daya. Dioda memiliki dua elektroda (kaki), yaitu anoda dan katoda. Kaki – kaki ini tidak boleh terbalik dalam pemasangannya. Kaki katoda biasanya dekat dengan tanda cincin sedangkan kaki yang jauh dari tanda cincin berarti kaki anoda. Jika P (anoda) diberi tegangan positif dan N (katoda) diberi tegangan negatif maka pemberian tegangan ini disebut bias maju (biased forward), seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.22.a. Sebaliknya, bila diberi tegangan yang terbalik yaitu P (anoda) diberi tegangan negatif dan N (katoda) diberi tegangan positif maka pemberian tegangan ini disebut bias mundur (biased reverse). Pada keadaan ini, arus yang mengalir dalam dioda sangat kecil sehingga dapat diabaikan seperti ditunjukkan pada gambar 2.22b:



Gambar 2.22a Forward bias diode

(sumber: <http://www.nulis-ilmu.com/>)



Gambar 2.22b Reverse bias diode

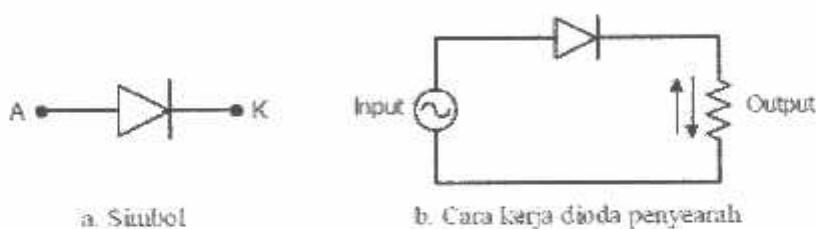
(sumber: <http://www.nulis-ilmu.com/>)

Pada saat diberi biased forward, dioda dapat dialiri arus dengan resistansi yang cukup kecil, yang dikenal dengan nama resistansi maju (forward). Sebaliknya, jika dioda diberi biased reverse, maka arus listrik akan mengalami resistansi yang amat besar dan disebut resistance reverse. Dioda dapat dianggap suatu Voltage Sensitive Electronic Switch, dimana dioda akan menutup atau dalam kondisi ON jika anoda lebih positif dari katoda dan dioda akan terbuka jika kondisi sebaliknya. Macam – macam dioda yang harus diketahui adalah :

1. Dioda Penyearah (Rectifier)
2. Dioda Zener
3. Dioda Cahaya (LED – Light Emitting Dioda)

2.9.2 Dioda Penyearah (Rectifier)

Dioda ini biasanya digunakan pada power supply, namun digunakan juga pada rangkaian radio sebagai detektor, dan lain – lain. Prinsip kerja dari dioda penyearah adalah sebagai berikut :



Gambar 2.23 Simbol dan cara kerja diode

(sumber: <http://skemaku.com/>)

Pada gambar 2.23 Arus AC yang mendorong elektron keatas melalui resistor, saat melewati dioda hanya $\frac{1}{2}$ periode positif dari tegangan input yang akan memberikan biased forward pada dioda, sehingga dioda akan menghantarkan selama $\frac{1}{2}$ periode positif Tetapi untuk $\frac{1}{2}$ periode negatif, dioda dibias reverse dan terjadilah penyumbatan karena kecil sekali arus yang dapat mengalir. Dengan demikian, arus AC telah disearahkan oleh dioda ini menjadi arus yang searah (DC).

2.9.3 Dioda Zener

Dioda zener merupakan dioda yang banyak sekali digunakan setelah dioda penyearah. Lambang dari dioda zener dapat dilihat pada gambar 2.24.

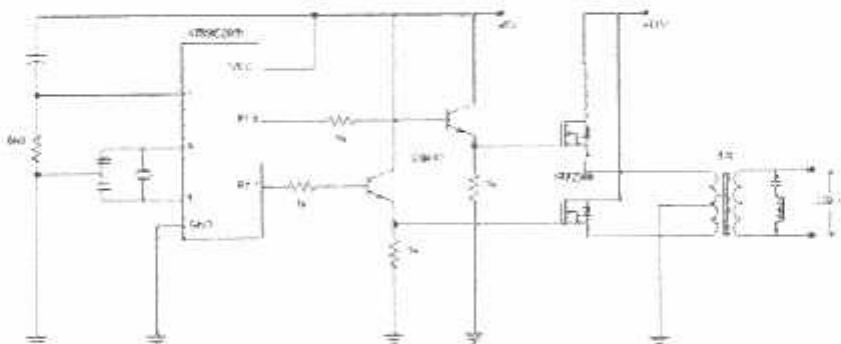


Gambar 2.24 Simbol Dioda Zener

(sumber: <http://mikroomedia.blogspot.co.id/>)

2.10 Inverter AC - DC

Inverter AC ke DC pada dasarnya bekerja dengan menggunakan rangkaian kontrol untuk menghasilkan pulsa listrik pada daya tinggi (biasanya di ratus hingga ribu watt) dan kemudian pulsa daya tinggi ini terhubung ke transformator untuk mendapatkan tegangan tinggi, yaitu 220 volt. Sebagai contoh, rangkaian kontrol dapat direalisasikan dengan menggunakan rangkaian mikrokontroler. Dengan menggunakan mikrokontroler, pulsa yang dihasilkan dapat dibentuk di gelombang sinus dimodifikasi dengan menggunakan teknik modulasi lebar pulsa. Kita dapat membangun inverter sederhana menggunakan multivibrator stabil seperti dijelaskan di halaman ini. Suatu waktu kita pergi berkemah, memancing dan membuat beberapa aktivitas di luar rumah yang perlu catu daya listrik, maka kita dapat mengatasi masalah ini dengan menggunakan bensin atau diesel generator set. Itu semua benar jika kita mempunyai peralatan itu. Tapi jika tidak, maka kita membutuhkan catu daya DC. Sebuah catu daya DC bisa diwujudkan oleh Inverter AC ke DC. Adapun contoh rangkaian inverter menggunakan controller yang dibangkitkan oleh microcontroller ditunjukkan sebagaimana gambar 2.25:



Gambar 2.25 rangkaian inverter

(sumber: <http://abangelektronika.blogspot.co.id/>)

BAB III

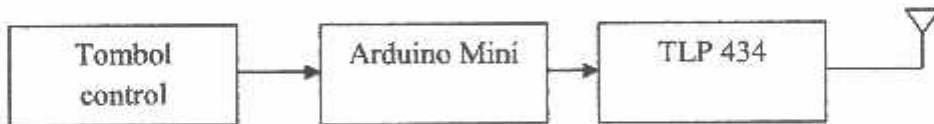
PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Umum

Agar sistem tersebut dapat berjalan dengan baik dan sempurna, maka diperlukan perancangan dan perhitungan dari komponen-komponen yang dipakai agar kinerja dari sistem yang dibuat dapat bekerja secara optimal. Adapun perancangan sistem dari alat ini akan dijabarkan sebagaimana perancangan Hardware dan Software berikut:

3.2. Perencanaan Hardware

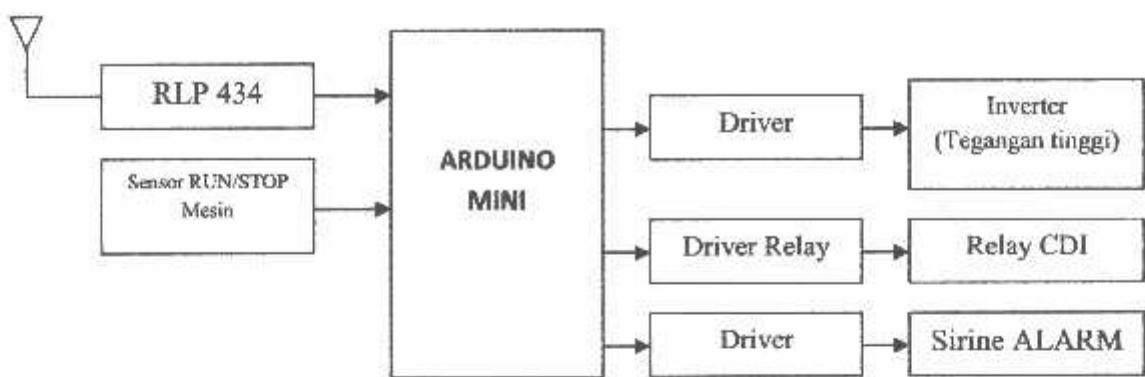
Pada perancangan hardware terdiri dari dua blok diagram yaitu bagian pemancar data dan penerima data. Bagian pemancar bertugas memberikan sinyal indikasi tentang kondisi dari palang pintu yang dinyalakan oleh petugas perlintasan, sedangkan bagian penerima ditempatkan pada kendaraan bermotor yang bertugas membaca sinyal dan data yang berisi perintah untuk melakukan tindakan pada mesin kendaraan. Adapun perancangan Blok diagram pemancar ditunjukkan pada Gambar 3.1:



Gambar 3.1. Block Diagram sistem Pemancar

Sumber:Perancangan

Sementara itu blok diagram untuk bagian penerima yang ditempatkan di kendaraan bermotor ditunjukkan pada Gambar 3.2:



Gambar 3.2. Block Diagram Sistem Penerima

Sumber: Perancangan

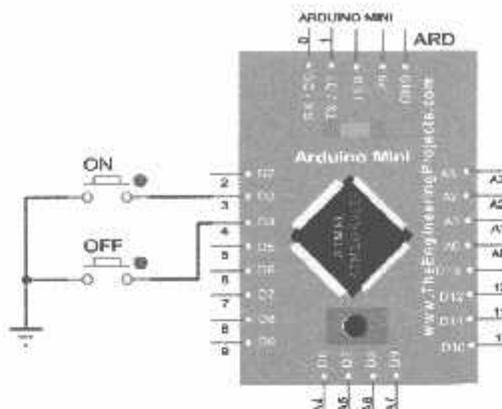
3.2.1 Prinsip Kerja

Pada perancangan ini terdiri dari dua buah system yaitu bagian pengirim dan penerima. Bagian pengirim adalah remot control yang terdiri dari ARDUINO MINI dan pemancar ASK, bagian ini bertugas mengirimkan data sebagai perintah maupun pusat pengontrol jangkauan terhadap bagian penerima sehingga bagian peerima dapat mendeteksi adanya data yang dikirim dari pemancar sebagai tanda adanya jangkauan pemancar untuk menindak lanjuti aktif tidaknya alarm pada bagian penerima. Pada bagian pengirim secara kontinyu mengirimkan paket data berupa informasi penyalakan atau penonaktifan alarm dari tombol remote yang ditekan user selanjutnya bagian penerima yang berada pada sepeda mendeteksi paket data tersebut. Tombol pada remot control digunakan untuk mengatur mode alarm yang terdiri dari mode bunyi, strum dan mode OFF agar dapat digunakan dalam berbagai keperluan, misalnya pada saat kendaraan diservis, maka mode remote harus pada mode OFF agar tukang servis tidak terkena aliran tegangan tinggi saat kita meninggalkan sepeda. Sementara itu dalam menerima data, bagian penerima melakukan penghitungan paket data setiap detik untuk mendeteksi jarak antara pemancar dan penerima, dimana jika data yang diterima adalah 500 byte/detik pada jarak dekat, maka dapat diketahui saat pemancar menjauhi penerima data yang dikirim akan tersendat-sendat menjadi 10 hingga 400byte dalam 1 detik, maka proses ini selanjutnya dijadikan jarak setelah melakukan kalibrasi sebelumnya. Dengan cara tersebut, maka system penerima dapat mengaktifkan mode alarm

otomatis saat jarak yang ditentukan berada diluar batas atau pemancar diluar jangkauan. Saat alarm pada bagian penerima diaktifkan secara otomatis, maka proses selanjutnya adalah menunggu masukan dari sensor run stop engine yang berfungsi mendeteksi nyala tidaknya mesin, jika mesin aktif maka mikrokontroller pada bagian penerima akan mengaktifkan timer selama 10 detik kemudian jika dalam 10 detik mesin masih nyala, maka mikrokontroller megaktifkan strum (tegangan tinggi) melalui trafo yang dibangkitkan dari rangkaian inverter sehingga tegangan tinggi yang berkisar 200 hingga 250V tersebut mengalir pada handle dan membuat pencuri atau pihak yang tidak berwenang (tidak membawa remote control) terkejut dan tersentak. Selanjutnya alarm dibunyikan sebagai indikasi pencurian dan system mematikan mesin secara otomatis hingga pemilik kendaraan mengamankan mode alarm dengan cara memberikan perintah yang dikirim melalui tombol remot kontrol tersebut.

3.2.2 Perancangan tombol Control

Untuk dapat mengendalikan pengaturan mode alarm serta pengaturan fungsi alarm melalui remote control, maka perlu ditambahkan tombol pengaturan pada bagian remot control agar user dapat mengoperasikan sesuai keinginan dalam pengaturan mode alarm adapun mode yan dirancang hanya digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan mode strum sewaktu di inginkan, karena secara umum strum (sengatan listrik) dapat membahayakan terhadap pengguna atau pihakterkait, maka ada kalanya pada suatu waktu mode strum tidak boleh digunakan,seperti halnya ditempat servis kedaraan, karena dikhawatirkan membahayakan teknisi atau mekanik yang sedang memperbaiki dan mencoba mesin. Adapun perancangan rangkaian tombol pada bagian remot control ditunjukkan pada Gambar 3.3:

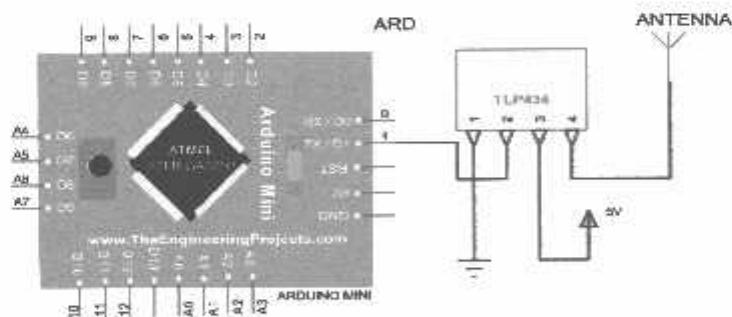


Gambar 3.3 Rangkaian tombol remot

Sumber: Perancangan

3.2.3 Perancangan Pemancar data TLP434

Agar mikrokontroller mampu mengirimkan data serial secara wireless, maka diperlukan rangkaian pemancar yang dimodulasi dengan data agar data serial dapat dikirimkan kebagian penerima. Pemancar data yang digunakan pada perancangan ini menggunakan modul wireless TLP434 yang bekerja pada frekwensi 434 Mhz dengan sistem transmisi ASK (*Amplitude shift keying*) dan mampu mengirimkan data serial dengan kecepatan hingga 4800bps. Adapun perancangan rangkaian pemancar TLP434 ditunjukkan pada Gambar 3.4:



Gambar 3.4 Rangkaian pemancar TLP434

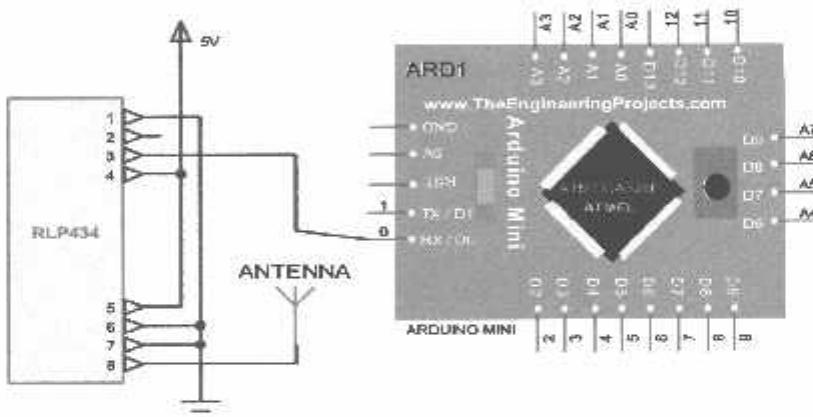
Sumber: Perancangan

Modul TLP 434 bekerja dengan modulasi ASK, sehingga pada modul ini proses modulasi telah di includkan dengan pemacar, dimana tinggi sinyal berubah

ubah sesuai masukan data dengan frekwensi tetap 434Mhz. Alasan utama dipilih modul pemancar ASK karena bentuknya relatif lebih kecil dan komponen lebih simple dibanding metode FSK yang berdiri sendiri antara pemancar dan pembangkit frekwensinya.^[4]

3.2.4 Perancangan penerima data RLP434

Pada perancangan ini sistem kerja menggunakan jaringan wireless yang dikirim dari pemancar pada again remot kontrol, sehingga agar data dapat diterima dan diolah, maka diperlukan bagian penerima data yang bertugas menerima data dari pemancar ASK. Adapun rangkaian penerima data dirancang menggunakan receiver modul RLP434 yang dapat menerima data dari bagian pemancar TLP434 sebagaimana yang digunakan pada perancangan pemancar ini. Adapun perancangan TLP 434 ditunjukkan pada Gambar 3.5:^[5]



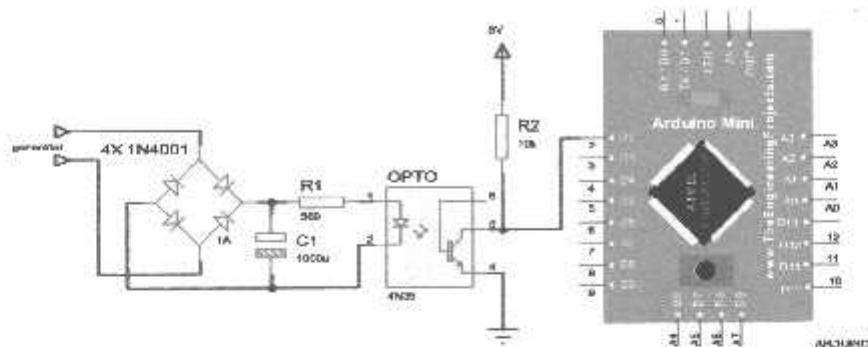
Gambar 3.5 Rangkaian Penerima RLP434

Sumber: Perancangan

3.2.5 Perancangan sensor RUN-STOP mesin

Untuk mendetksi aktif tidaknya mesin sepeda motor yang dimonitor oleh mikrokontroller, maka diperlukan rangkaian sensor yang bertugas membaca kondisi dari mesin sepeda motor. Pada perancangan ini rangkaian sensor dirancang menggunakan optocoupler dengan inputan tegangan yang dihasilkan dari rangkaian generator sepeda motor, dimana pada generator sepeda motor dihasilkan tegangan AC $\pm 12V$ yang kemudian disearahkan menggunakan rangkaian

penyearah gelombang penuh. Adapun perancangan rangkaian sensor RUN/STOP mesin ditunjukkan pada Gambar 3.6:



Gambar 3.6 Rangkaian sensor RUN/STOP mesin

Sumber: perancangan

Dari perancangan Gambar 3.6, tegangan input (V_{IN})=12V kemudian disearahkan menggunakan diode jembatan penyearah gelombang penuh, karena V_{drop} diode 1N4001=0,7V, maka tegangan yang dihasilkan adalah :

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_{in} - (V_{diode} \times 2) \\ &= 12 - (0,7 \times 2) \\ &= 12 - 1,4 \\ &= 10,6V \end{aligned}$$

Sementara itu nilai R_1 dapat dicari dengan persamaan:

$$R_1 = \frac{V_{out} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

$$\text{Dimana } V_{LED} = 1,8 \text{ V}$$

$$I_{LED} = 16\text{mA}$$

$$V_{out} = 10,6V \text{ (output penyearah)}$$

Maka:

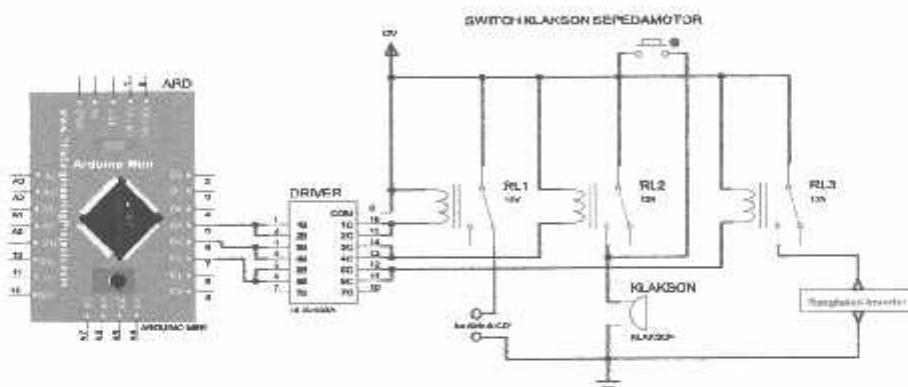
$$R_1 = \frac{10,6 - 1,8}{0,016}$$

$$R_1 = \frac{8,8}{0,016} = 550 \approx 560\Omega$$

Dengan demikian nilai $R_1=560\Omega$ (dipasaran)

3.2.6 Perancangan Driver Relay

Dalam perancangan alat ini, driver relay digunakan untuk memutus dan menyambung hubungan *power suplay* pada rangkaian CDI dan klakson atau sirene sepeda motor. Adapun rangkaian driver yang digunakan menggunakan IC buatan *NEC semiconductor* tipe ULN2003 yang diigunakan sebagai pengontrol relay karena mampu mensuplay arus kolektor hingga 600mA pada setiap drivernya. Skema diagram dari driver relay menggunakan IC ULN2003 ditunjukkan sebagaimana Gambar 3.7:



Gambar 3.7 IC Driver ULN-2003

Sumber: Perancangan

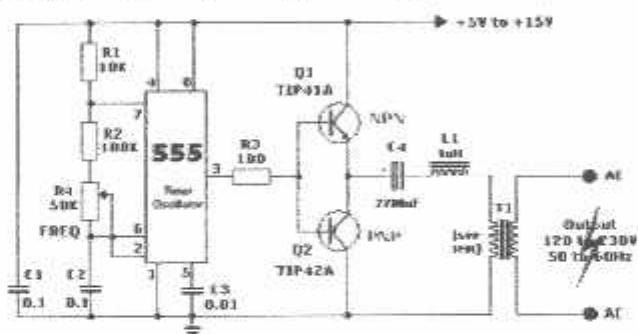
Berdasarkan datasheet, Driver ULN2003 mempunyai kemampuan mensuplay arus sebesar 600mA, selain itu output masing-masing driver dapat diparalel jika arus yang dibutuhkan relay kurang mencukupi. Pada perancangan ini, relay yang digunakan sebagai pemutus kontak AC menggunakan OMRON MY-2P/10A yang mempunyai resistansi coil sebesar 50Ω , dengan demikian, Arus coil Relay dapat dicari sebagaimana:

$$\begin{aligned} I_{\text{Relay}} &= \frac{V}{R_{\text{Coil_internal}}} \\ &= \frac{12}{50} \\ &= 0.24 \text{ Amper} = 240 \text{ mA} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka suplay arus driver dari IC ULN2003 dinyatakan masih mencukupi kebutuhan arus pada Coil Relay.

3.2.7 Perancangan rangkaian inverter

Rangkaian inverter pada perancangan ini bertugas untuk membangkitkan tegangan tinggi (AC) dari tegangan bateray 12VDC. Untuk merancang inverter maka diperlukan rangkaian pembangkit pulsa dan driver transformator yang dirancang menggunakan transistor. Sementara itu bagian step up tegangan dirancang menggunakan trafo step up 500mA. Pada perancangan ini menggunakan IC 555 sebagai pembangkit frekwensi yang selanjutnya melakukan switching transformator step up melalui transistor agar ihasilkan tegangan tinggi pada bagian sekunder trafo. Adapun perancangan rangkaian inverter DC to AC, user menggunakan rangkaian inverter yang telah banyak digunakan dipasaran dan mudah dalam pengaplikasiannya sebagaimana gambar 3.8:



Gambar 3.8: Rangkaian inverter menggunakan IC 555

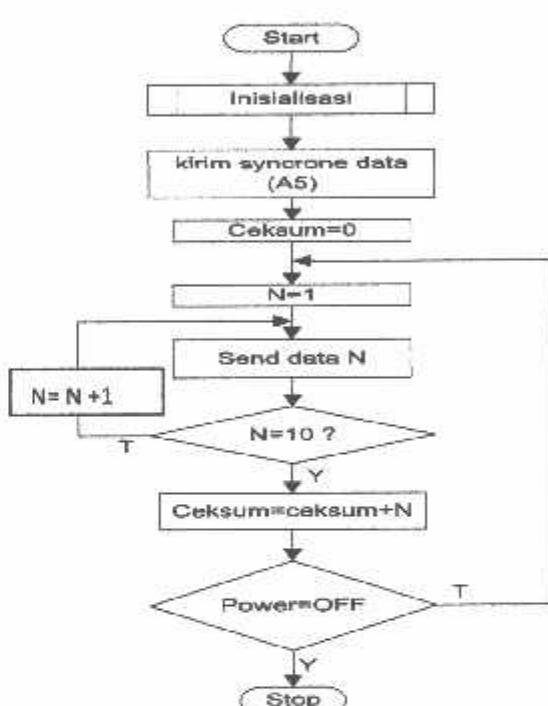
Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/artikel-elektronika/dc-to-ac-inverter-ic-ne555/>

3.3 Perangkat Lunak (Software)

Perangkat Lunak pada perancangan alat ini dibangun menggunakan bahasa Basic dengan compiler Arduino IDE. Keseluruhan maupun perangkat lunak untuk mengakses bagian-bagian dari sistem diatur didalam ARDUINO MINI. Adapun alur program (perangkat lunak) pada proses dari masing-masing bagian blok diagram mengacu pada perancangan flowchart sebagaimana berikut:

3.3.1 Algoritma pengiriman data transmitter

Prinsip kerja dari proses pengiriman data pada transmitter TLP434 menggunakan protokol data serial dengan urutan data yang diakhiri dengan ceksum, protokol ini bertujuan untuk proses kelancaran komunikasi dan menghindari gangguan karena efek noise dari luar seperti gangguan dari pemancar lain. Dengan menggunakan protocol data, maka jumlah data yang dikirim via pemancar dapat dilakukan pengecekan oleh bagian penerima. Adapun perancangan perangkat lunak pada bagian transmitter ditunjukkan pada flowchart sebagaimana Gambar 3.9 :



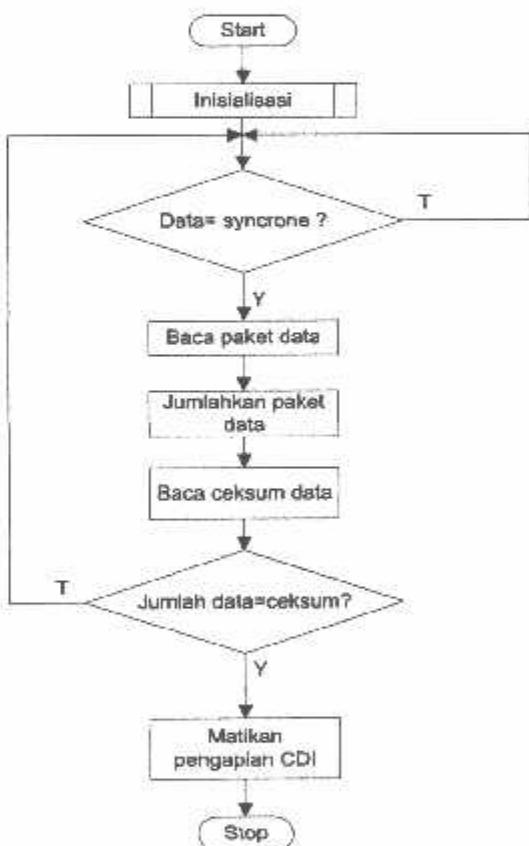
Gambar 3.9 Flowchart pengiriman data transmitter

Sumber: Perancangan

Pada proses diatas, sincrone data berupa data heksadesimal A5 merupakan data yang dikirim pertama kali oleh pemancar untuk menandakan bahwa paket data akan dikirim oleh transmitter, dengan demikian bagian penerima akan mempersiapkan memori penampung untuk menampung data masuk hingga bilangan ceksum diterima oleh bagian receiver pada kendaraan.

3.3.2 Algoritma penerimaan data pada receiver

Prinsip kerja dari proses penerimaan data pada bagian receiver RLP434 menggunakan protokol data serial sebagaimana data yang dikirimkan oleh transmitter dilakukan dengan cara memacarkan data syncrone sebagai data awal, kemudian selanjutnya membaca paket data dan menjumlahkan jumlah data pada urutan paket tersebut selanjutnya setelah data ceksum diterima oleh receiver, maka dilakukan perbandingan, pada proses perbandingan ini jika data jumlah paket sama dengan ceksum, maka urutan data yang dikirimkan dinyatakan sesuai, dan mikrokontroller dapat mengambil langkah untuk mematikan mesin dengan memutus pengapian pada jalur CDI kendaraan. Adapun perancangan perangkat lunak pada receiver ditunjukkan pada flowchart algoritma sebagaimana gambar 3.10:



Gambar 3.10 Flowchart pengiriman data transmitter

Sumber: perancangan

3.3.3 Flowchart system keseluruhan

Flowchart sistem keseluruhan terdiri dari 2 sistem kerja yaitu pada bagian pengirim atau remot control dan bagian penerima. Pada bagian pengirim data dikirim secara terus menerus dengan kecepatan baud rate 1200bps dengan paket data yang terdiri dari 8 byte karakter sebagaimana susunan paket data pada tabel 3.1:

Tabel 3.1: Format protokol data

1 byte Syncroun e	3 byte ID device			1 byte Flag bit (strum)	2 byte Checksum		1 byte end paket
A5 (heksa)	0 - F	0 - F	0 - F	0/1	0 - F	0 - F	0D (heksa)

Sumber: Perancangan

Pada table 3.1 merupakan format protocol pengiriman data dari remot control dengan urutan sebagai berikut

1. 1 byte Karakter sincrone

Karakter/byte sincrone dengan karakter yang ditentukan menggunakan nilai A5 (heksa) atau 10100101 (biner) ini dikirim bertujuan sebagai penanda awal paket data pada bagian penerima. Dengan demikian saat penerima menerima paket tersebut, maka penerima harus mengosongkan buffer sebagai persiapan penerimaan data.

2. 3 byte Karakter ID device pada byte ke 2, 3 dan 4

Karakter ID merupakan alamat device yang terdiri dari 3 digit. Penulisannya dapat berupa decimal atau heksa decimal. Dengan demikian ID device dapat berisi alamat mulai dari 000 hingga FFF. ID device dikirim untuk tujuan pencocokan alamat pengirim dan penerima dimana pada bagian penerima ID device tersebut dicocokkan dengan ID penerima, jika ID Cocok, maka protocol data tersebut ditujukan untuk penerima yang bersangkutan dan penerima dapat melakukan perintah dari remot control. Dengan menggunakan kode alamat dari ID tersebut, maka system hanya

dapat berkomunikasi searah dan pengontrolan tidak akan terganggu oleh adanya frekwensi sama dari pemancar lain karena informasi alamat ID yang direspon hanya yang sesuai dengan ID penerima, selain itu dengan menggunakan 3 digit ID dapat memungkinkan pembuatan alat lebih dari satu (dengan 4096 alamat berbeda) pada satu set alat (pemancar dan penerima).^[6]

3. 1 byte Flag bit (strum)

Karakter flag bit digunakan untuk memasukkan perintah aktif tidaknya strum pada bagian penerima melalui tombol remot control. Jika tombol strum ON ditekan, maka pada pengiriman data flag bit akan berilai 1 yang menandakan strum diaktifkan jika alarm sedang aktif dan sebaliknya berisi 0 (nol) jika tombol strum OFF ditekan dan menandakan mode alarm tanpa disertai proses strum.

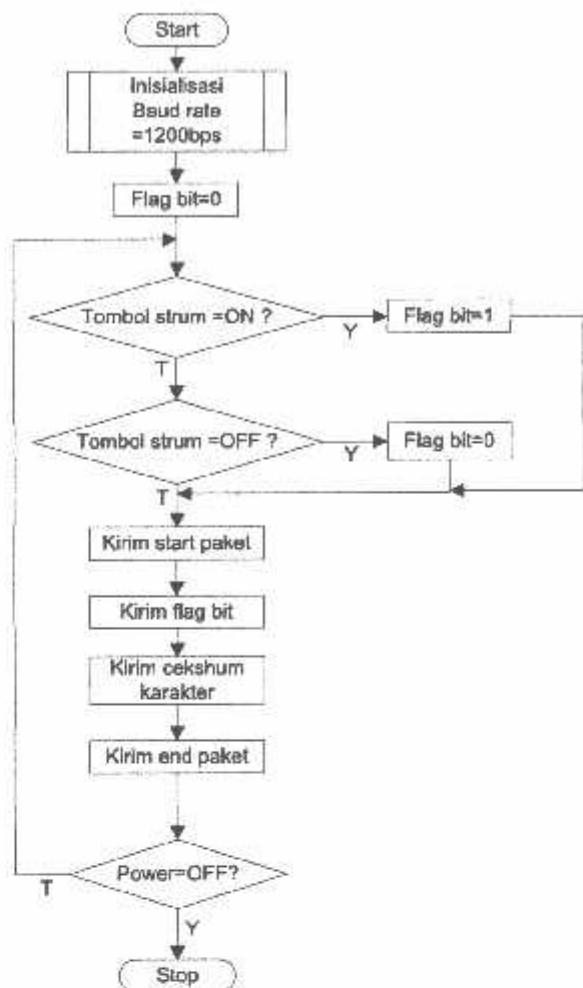
4. 2 Byte Checksum

Checksum digunakan untuk memeriksa valid tidaknya data yang diterima oleh bagian penerima, dimana bilangan checksum didapat dari hasil penjumlahan 3 byte ID device dan flag bit pada bagian pemancar. Dengan demikian bagian penerima dapat memastikan apakah data rusak saat dipancarkan pengirim atau normal dengan melihat dan membandingkan data yang diterima dengan nilai checksum.

5. 1 byte end paket

Karakter ini merupakan penutup paket yang menggunakan karakter 0D heksadesimal atau 13 desimal. Setelah menerima data tersebut maka penerima dapat mengetahui akhir paket dan melakukan perintah selanjutnya untuk memproses paket data yang diterima.

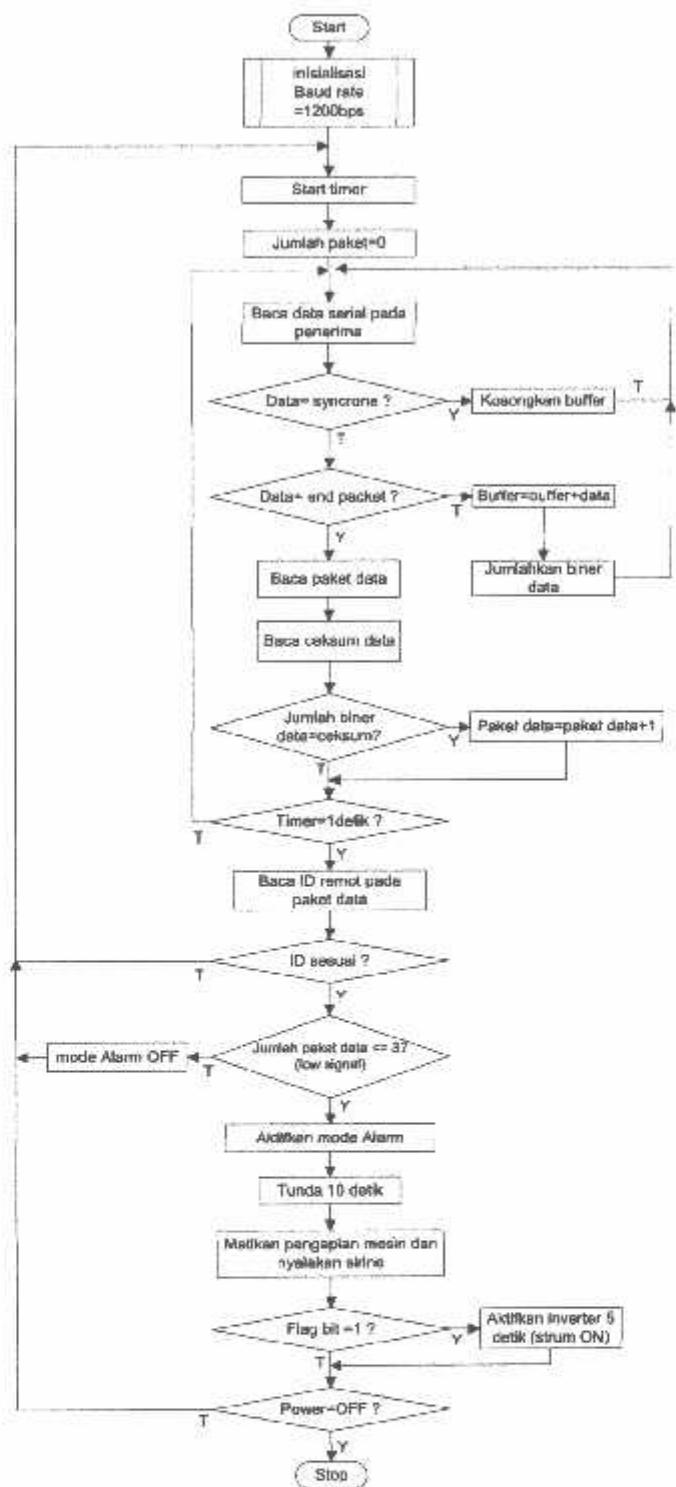
Adapun perancangan algoritma keseluruhan pada bagian pengirim ditunjukkan sebagaimana gambar 3.11:



Gambar 3.11: Algoritma bagian pengirim

Sumber: perancangan

Sementara itu pada bagian penerima system kerja yang dirancang mengacu pada algoritma flowchart sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.12:



Gambar 3.12: Algoritma bagian penerima

Sumber: perancangan

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1. Pengujian Komunikasi serial RLP434 dan TLP434.

RLP434 merupakan modul penerima data yang mampu menerima data serial melalui frekwensi yang didapat, sementara TLP434 adalah bagian pemancar data yang bertugas memancarkan data serial melalui frekwensi. Untuk melakukan pengujian serial, maka kedua modul harus dilakukan pengujian bersamaan karena modul TLP434 dan RLP434 merupakan satu pasang modul pemancar dan penerima yang bekerja pada frekwensi yang sama dan tidak dapat terpisahkan.

4.1.1. Tujuan Pengujian

Untuk mengetahui apakah modul RLP434 dan TLP434 mampu dapat melakukan komunikasi serial atau tidak.

4.1.2. Peralatan Yang digunakan

1. Power Supply
2. Modul TLP434 dan system arduino mini(remote)
3. Modul RLP434, system arduino mini dan LCD
4. Software pengirim dan penerima data serial

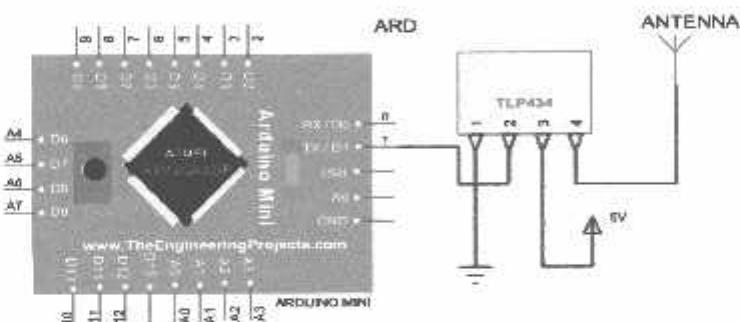
4.1.3. Langkah-langkah Pengujian:

1. Menghubungkan modul pemancar TLP434 pada pin TX arduino mini
2. Menghubungkan modul penerima RLP434 pada pin RX arduino mini
3. Mendownload software kirim data pada sistem remot pengirim

4. Mendownload software terima data pada sistem penerima arduino pro mini.
6. Menyalakan power suplay system arduino pro mini
7. Mengamati hasil penerimaan data serial pada tampilan LCD.

4.1.4. Rangkaian Pengujian

Adapun rangkaian pengujian terdiri dari dua bagian yaitu bagian pengirim dan bagian penerima. Adapun bagian pengirim terdiri dari Arduino pro mini dan modul pemancar ASK TLP434 sebagaimana Gambar 4.1:



Gambar 4.1. Rangkaian bagian pengirim

Sumber: Pengujian

Dari perancangan rangkaian pada Gambar 4.1 perancangan software yang dituliskan adalah:

```
*****
***  

#include <SoftwareSerial.h>  

SoftwareSerial TLP(2,3); // pin2=rx,3 tx  

void setup()  

{  

  TLP.begin(1200);  

}  

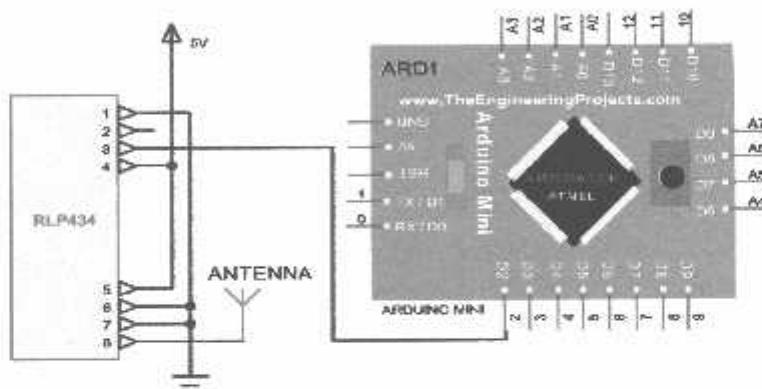
void loop()  

{  

  dbg.println("123456789146");
```

```
delay(100);  
}  
*****  
*****
```

Sementara untuk bagian penerima terdiri dari penambahan LCD sebagai penampil data, hal ini karena pada perancangan alat tidak tersedia alat penampil informasi sehingga dibutuhkan LCD untuk mengetahui berhasil tidaknya data yang terkirim. Adapun rangkaian pengujian mikrokontroller arduino mini dan modul penerima RLP434 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.2:



Gambar 4.2. Rangkaian bagian penerima

Sumber: Pengujian

Adapun perancangan software untuk bagian penerima data yang dituliskan adalah:

```
*****  
***  
  
#include <SoftwareSerial.h>  
SoftwareSerial TLP(2,3); // pin2=rx,3 tx  
  
boolean wait_response(int timeout, char* term="OKrn") {  
    unsigned long t=millis();  
    bool found=false;  
    int i=0,j;  
    int len=strlen(term);  
    while(millis()<t+timeout)  
    {  
        if(TLP.available())
```

```

{
    buffer[i]= TLP.read();
    i++;
    if(i>=len)
    {
        if(strncmp(buffer+i-len, term, len)==0)
        {
            found=true;
            break;
        }
    }
}
buffer[i]=0;
packet_len=i;
dbg.print(buffer);
return found;
}

void setup()
{
    dbg.begin(9600);
    TLP.begin(1200);
}

void loop()
{
    if(wait_response(1000)==true){dbg.println(buffer);}
}

*****
***
```

4.1.5 Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian dengan mengirimkan karakter yang dikirim dari bagian pengirim arduino mini kemudian dipancarkan melalui modul TLP434 dan diterima modul RLP434 yang selanjutnya dibaca oleh arduino mini dengan baudrate 1200bps. Selanjutnya data ditampilkan pada serial monitor arduino dengan baud rate 9600bps sehingga didapat hasil sebagaimana foto pengujian pada gambar 4.3:



Gambar 4.3. Printscrean serial monitor pada penerima saat jarak 2 meter

Sumber: Pengujian



Gambar 4.4. Printscrean serial monitor pada penerima saat jarak 12 meter

Sumber: Pengujian

Adapun penerimaan dengan jarak jangkauan berbeda-beda dalam pengujian sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.1:

Tabel 4.1: pengujian penerimaan data terhadap jarak jangkaun

Jarak pemancar dan penerima	Data yang dikirim	Data yang diterima (Serial monitor)	Error	Keterangan
<1 meter	123456789146	123456789146	0 %	Data valid
1 meter s/d 5meter	123456789146	123456789146	0 %	
6 meter s/d 10 meter	123456789146	123456789146	0 %	
11 meter s/d 30meter	123456789146	12345678946	8 %	Error
40 meter	123456789146	12345679146	8 %	
50 meter	123456789146	126789146	25%	
80 meter	123456789146	24567914	33%	
100 meter	123456789146	1296	66 %	
>110 meter	123456789146	XXX	100 %	Diluar jangkauan

Sumber Pengujian

Berdasarkan tabel 4.1 error tersebut didapat berdasarkan perbandingan jumlah data yang dikirim dengan data yang diterima dan dihitung dengan persamaan berikut:

$$Error = \frac{jumlah_{dataterima} - jumlah_{datakirim}}{jumlah_{datakirim}} \times 100\%$$

Dari hasil pengujian pada jarak dibawah 5 meter, maka hasil data yang diterima sesuai dengan data yang dikirim, sehingga:

Jumlah Data yang dikirim = 12 byte (123456789146)

Jumlah Data yang diterima = 12 byte (123456789146)

Maka:

$$Error = \frac{jumlah_{dataterima} - jumlah_{datakirim}}{jumlah_{datakirim}} \times 100\%$$

$$= \frac{12-12}{12} \times 100\%$$

$$= 0\%$$

Untuk jarak diatas 10 – 50 meter adalah sebagai berikut:

Jumlah Data yang dikirim = 12 byte (123456789146)

Jumlah Data yang diterima = 11 byte (12345678946)

Maka:

$$Error = \frac{jumlah_{dataterima} - jumlah_{datakirim}}{jumlah_{datakirim}} \times 100\%$$

$$= \frac{12-11}{12} \times 100\% = \frac{11}{12} \times 100\%$$

$$= 8\%$$

Sementara untuk hasil pengujian pada jarak 50 meter adalah:

Jumlah Data yang dikirim = 12 byte (123456789146)

Jumlah Data yang diterima = 9 byte (126789146)

Maka:

$$= \frac{12-9}{12} \times 100\% = 25\%$$

Untuk jarak diatas 10 meter, terkadang data diterima lengkap dan terkadang juga hilang 1 byte akibat jangkauan pemancar yang makin jauh terhadap receiver, sehingga didapat error 8% berdasarkan hasil perhitungan error diatas.

4.1.6 Analisa Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian sebagaimana tabel 4.1, pengujian dilakukan dengan cara mengirimkan karakter melalui pemancar TLP434 pada modul arduino mini (remote control), karakter tersebut dikirim secara continue setiap selang waktu 2 detik, selanjutnya hasil pengiriman tersebut akan ditampilkan oleh LCD setiap 1 paket pengiriman selesai (karakter enter ditemukan). Pada pengujian ini pengujian dilakukan dengan jarak yang berbeda-beda, dimana hasil pengujian menunjukkan data yang diterima masih valid pada jarak sekitar 1 s/d 10 meter, sementara itu saat pengujian berada pada jarak diatas 10 meter hingga 50 meter, sering terjadi kesalahan selama pengujian yang dilakukan berkali-kali. Pada pengujian dengan jarak sekitar 70 meter hingga ± 80 meter karakter yang diterima mulai sering error, dimana jumlah karakter yang diterima hanya beberapa bagian walaupun sering dalam beberapa waktu karakter yang diterima lengkap. Semetara itu pada jarak mencapai 100 meter jarang sekali karakter yang diterima lengkap. Dengan mengamati hasil pengujian tersebut, maka jarak ideal dari jangkauan pemancar masih dikategorikan normal pada jarak maksimal 10 meter dan tergantung kondisi halangan dan cuaca pada area tersebut. Dengan demikian, maka pengujian pemancar dan penerima dinyatakan bekerja dengan normal dan mempunyai batasan jarak normal pengiriman sekitar ± 10 meter.

4.2. Pengujian rangkaian driver relay pengontrol starter, Sirkuit CDI dan klakson

Pada pengujian ini rangkaian pengontrol CDI atau kelistrikan pada pengapian sepeda motor dikontrol oleh rangkaian relay pada mikrokontroller,

dimana fungsinya adalah untuk mematikan mesin sepeda motor saat diperlukan, selain itu rangkaian klakson juga dihubungkan dengan rangkaian relay yang dikontrol oleh mikrokontroller guna mengaktifkan klakson secara otomatis melalui perangkat lunak mikrokontroler yang digunakan saat pengerman sepeda motor dilakukan dengan mematikan pengapian sepeda motor melalui relay.

4.2.1. Tujuan Pengujian

Untuk mengetahui apakah rangkaian relay pemutus sirkuit pengapian berhasil atau tidak dalam mematikan mesin dan menyalakan serta mematikan klakson secara otomatis.

4.2.2. Peralatan Yang digunakan

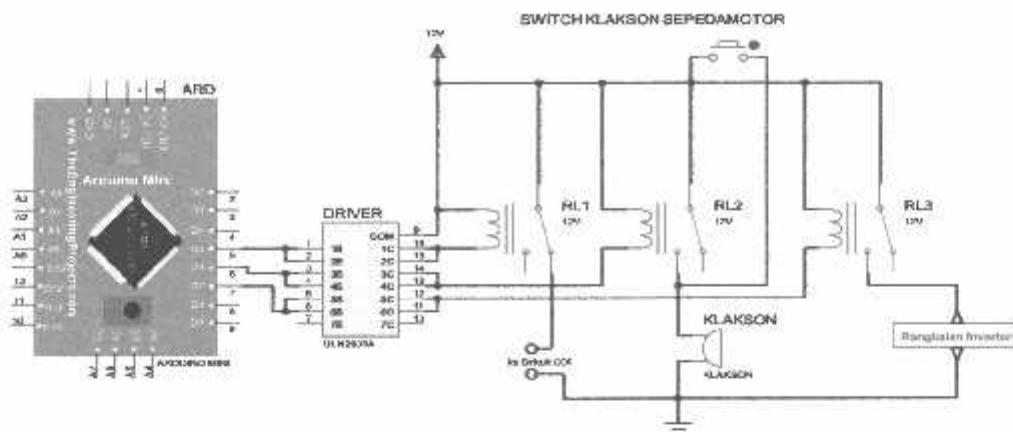
1. Power Supply
2. Rangkaian driver relay dan sistem ARDUINO MINI
3. Software pengujian

4.2.3. Langkah-langkah Pengujian:

1. Menghubungkan rangkaian relay pada controller Arduino mini dengan rangkaian kontak sepeda motor.
2. Menghubungkan rangkaian relay pengontrol klakson pada klakson sepeda motor.
3. Mendownload software pengujian pada ARDUINO MINI.

4.2.4. Rangkaian Pengujian

Rangkaian pengujian meliputi relay pemutus rangkaian pengapian CDI, relay penghubung klakson, relay pengontrol strum sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.9:



Gambar 4.5. Rangkaian driver relay klakson, relay strum dan CDI

Sumber: Pengujian

Adapun perancangan software untuk pengujian rangkaian sebagaimana gambar 4.5 adalah:

```
#define CDI 5
#define KLAKSON 6
#define INVERTER 7

void setup()
{
    pinMode(CDI,OUTPUT);
    pinMode(KLAKSON,OUTPUT);
    pinMode(INVERTER,OUTPUT);
}

void loop()
{
    digitalWrite(KLAKSON,LOW);
    digitalWrite(INVERTER, LOW);
    digitalWrite(CDI, LOW);
    delay(1000);
```

```
digitalWrite(KLAKSON,HIGH);
delay(3000);
digitalWrite(KLAKSON,LOW);

delay(20000); //20.000 ms = 20detik

digitalWrite(CDI,HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(INVERTER,HIGH);
delay(10000);

}

-----
---
```

4.2.5 Hasil Pengujian

Dari Hasil pengujian sebagaimana prosedur diatas didapat hasil sebagaimana tabel 4.2, dimana pengujian dilakukan berdasarkan urutan waktu sebagaimana dituliskan program dan dieksekusi saat kontak sepeda motor dalam kondisi ON. Adapun hasil pengujian output relay ditunjukkan pada gambar 4.6:



Gambar 4.6 Hasil uji output relay saat Relay ON



Gambar 4.7 Hasil uji output relay saat Relay OFF

Sementara itu hasil pengujian pada driver lainnya dengan menggunakan software yang proses penyalaannya dikontrol secara bergantian didapat hasil sebagaimana tabel berikut:

Tabel 4.2: Hasil pengujian rangkaian driver

No.	Waktu (detik)	Relay Klaks on	Relay CDI	Relay Strum	Keterangan
1	0	OFF	OFF	OFF	Kondisi awal saat kontak di ON-kan
2	1	ON	OFF	OFF	1 detik kemudian, KLAKSON ON selama 3 detik
3	5	OFF	OFF	OFF	Pada kondisi detik ke-5 user menyalakan mesin secara manual
4	25	OFF	OFF	OFF	Mesin menyala hingga 20 detik
6	16	OFF	ON	OFF	Relay CDI ON, hingga memutus arus CDI kendaraan dan mesin mati
7	18	OFF	ON	OFF	ON
8	19	OFF	ON	ON	Pada kondisi ini relay strum aktif dan mengirim tegangan 12V ke rangkaian inverter

Sumber: Pengujian

4.2.6 Analisa Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian sebagaimana tabel 4.2, merupakan hasil pengujian rangkaian driver relay pengendali klakson, cdi dan relay strum. Pada pengujian ini digunakan prangkat lunak dengan potongan listing seperti diatas untuk mengaktifkan masing masing driver secara bertahap. Tahap pertama saat sistem dinyalakan adalah menonaktifkan semua driver ke posisi off dengan listing berikut:

```
'-----  
digitalWrite(KLAKSON,LOW);  
digitalWrite(INVERTER, LOW);  
digitalWrite(CDI, LOW);  
delay(1000);  
'-----
```

Pengaruh dari listing program ini menyebabkan semua relay berada pada keadaan off selama 1 detik saat pertama kali mikrokontroller dinyalakan.

```
'-----  
digitalWrite(KLAKSON,HIGH);  
delay(3000);  
digitalWrite(KLAKSON,LOW);  
'-----
```

Selanjutnya dilanjutkan dengan listing program diatas untuk mencoba mengaktifkan klakson selama 3 detik kemudian kembali pada kondisi OFF. Pada kondisi ini dari hasil pengujian didapat bahwa klakson aktif selama 3 detik. Selanjutnya mati dan dilanjutkan program delay selama 20 detik dengan listing berikut:

```
'-----  
delay(20000); //20.000 ms = 20detik  
'-----
```

Pada kondisi ini user tidak menemukan respon apa pun dari relay, karena sesudah klakson bunyi hanya terjadi penundaan selama 20 detik yang bertujuan

agar user menyalakan kendaraan selama waktu tersebut. Selanjutnya user menyalakan mesin kendaraan hingga mesin menyala dan menunggu proses yang terjadi selanjutnya. Pada proses ini relay CDI diaktifkan oleh software yang berfungsi untuk mematikan mesin kendaraan secara otomatis dengan listing program berikut:

```
-----  
digitalWrite(CDI,HIGH);  
delay(1000);  
digitalWrite(INVERTER,HIGH);  
-----
```

Saat proses mengeksekusi program diatas, maka 20 detik kemudian relay CDI aktif, sehingga menyebabkan mesin mati. Hal ini karena pada pengujian relay CDI yang dihubungkan keposisi NC terhadap aliran aki pada input rangkaian CDI diputus melalui relay sehingga mesin mati. Selanjutnya 1 detik kemudian relay strum aktif dan mengirimkan tegangan 12V (dari AKI) menuju rangkaian inverter untuk mengaktifkan inverter yang menghasilkan tegangan tinggi. Dengan mengacu hasil pengujian driver melalui software tersebut serta hasil uji dari pemantauan yang dicata pada tabel 4.2, maka pengujian driver dinyatakan berhasil dan dapat dikendalikan oleh perangkat lunak dengan baik.

4.3. Pengujian Keseluruhan

4.3.1. Tujuan Pengujian

Untuk mengetahui system kerja alat secara keseluruhan.

4.3.2. Peralatan Yang digunakan

1. Power Supply
2. Rangkaian remote control
3. Rangkaian receiver

4.3.3. Langkah-langkah Pengujian:

Pada pengujian keseluruhan, langkah langkah pengujinya adalah:

1. Menghubungkan modul receiver pada kendaraan (sepeda motor)
2. Mengaktifkan power suplay remote control
3. Mencoba mengaktifkan mode alarm dan mode non aktif alarm
4. Mencoba menjauhkan dan mendekatakan jarak remote control terhadap receiver
5. Memantau respon dari modul receiver saat usaha pencurian.

4.3.4. Hasil Pengujian:

- Pengujian 1

Pada pengujian pertama setelah alat dihubungkan dan dipasang pada kendaraan. Dilakukan pengujian dengan mengaktifkan alarm dengan menekan tombol ON pada remote control. Respon yang dihasilkan ditunjukkan pada tabel 4.3:

Tabel 4.3: Pengujian mode alarm berdasarkan jangkauan

No	Mode remote control	Respon		Keterangan
		Klakson	Indicator LED	
1	ON	Bunyi 1 detik	Nyala	Mode Alarm diaktifkan
2	OFF	Bunyi 1 detik	Mati	Mode alarm dimatikan.

Pada pengujian sebagaimana hasil pada tabel 4.3, saat tombol ON pada remote ditekan, maka modul receiver pada kendaraan mengaktifkan klakson selama 1 detik dan menyalakan indicator LED sebagai tanda mode alarm kendaraan tersebut telah diaktifkan. Sementara itu saat tombol OFF ditekan, klakson juga bunyi 1 detik namun status indicator LED mati. Pada pengujian ini maka receiver dinyatakan dapat merespon dengan baik perintah dari remote control untuk proses aktif/non-

aktif alarm sedangkan klakson hanya bersifat sebagai penanda bagi user bahwa system telah merespon.

- Pengujian 2

Pada pengujian kedua, dilakukan saat mode alarm sedang aktif, dimana pada mode ini alarm akan non aktif jika pengendara/user yang membawa remote control tersebut berada dijangkauan (dekat sama receiver), namun jika pemancar (remote) berada diluar jangkauan, maka mode alarm akan menjadi aktif kembali secara otomatis. Adapun hasil pengujian jangkauan ditunjukkan pada tabel 4.4:

Tabcl 4.4: Pengujian mode alarm berdasarkan jangkauan

No	Mode remote control	Jarak Jangkauan	Indicator LED	Keterangan
1	ON	1m	Nyala	Mode Alarm non aktif
2	ON	2m	Nyala	Mode Alarm non aktif
3	ON	3m	Nyala	Mode Alarm non aktif
4	ON	5m	Nyala	Mode Alarm non aktif
5	ON	7m	Nyala	Mode Alarm non aktif
6	ON	9m	Nyala	Mode Alarm non aktif
7	ON	10m	Nyala /mati	Terkadang aktif
8	ON	>10m	Mati	Mode Alarm aktif
9	OFF	>1m	Mati	Tidak ada respon (alarm tetap OFF).

Pada pengujian sebagaimana hasil pada tabel 4.4, alarm aktif secara otomatis jika jangkauan berada diatas rata-rata 10meter bergantung kondisi fisik dan cuaca pada mode alarm aktif. Sedangkan pada mode alarm OFF, jarak antara pemancar (remot) dan receiver (modul pada kendaraan) tidak terjadi respon. Dengan demikian maka pada pengujian ini system berjalan dengan baik dan mode alarm aman jika jangkauan remote dibawah 10 meter.

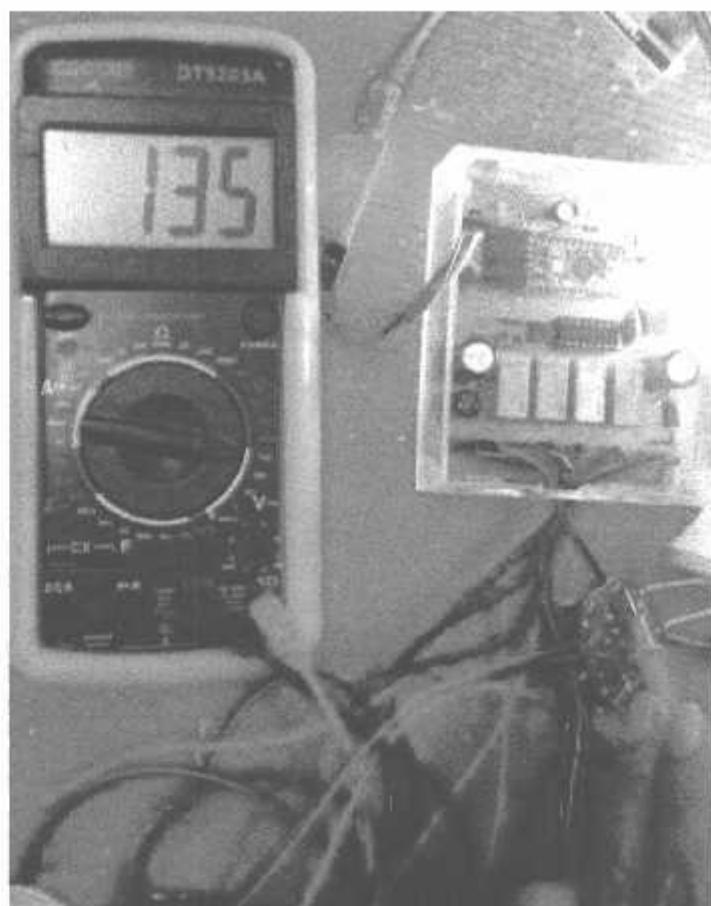
- Pengujian 3

Pada pengujian ketiga, dilakukan percobaan usaha pencurian untuk memantau respon yang dihasilkan dari sistem. Adapun hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4.5:

Tabel 4.5: Pengujian Alarm

No.	Mode alarm	Status kendaraan		Respon		
		Kontak	Mesin	Klakson	Strum	Mesin
1	ON	ON	Mati	Klakson bunyi	OFF (0V)	-
2	ON	ON	Dinyalakan user	Klakson bunyi	135V AC	Dimatikan sistem
3	OFF	ON/OFF	-	OFF	OFF	-

Dari hasil pengujian pada tabel 4.5, saat kondisi alarm aktif, maka sistem melakukan pembacaan dari sensor dan data remote control, pada saat remote control diluar jangkauan, maka mode alarm akan tetap aktif, sehingga saat kontak dinyalakan, klakson akan dibunyikan sebagai peringatan bagi si pemilik bahwa kendaraan dalam status tidak aman. Klakson ini akan terus berbunyi meskipun kontak dimatikan (OFF) kembali, bunyi alarm klakson hanya bisa dimatikan melalui remote control dengan menekan tombol OFF remote control. Namun jika pada kondisi bunyi klakson sedang aktif mesin dinyalakan, artinya dalam hal ini untuk menghindari si pencuri melakukan pemutusan hubungan kabel klakson dan membawa lari kendaraan, maka dalam hitungan 10 detik kemudian, sistem mengaktifkan relay CDI untuk memutus kelistrikan mesin hingga kendaraan mati dan pada saat yang bersamaan relay STRUM diaktifkan untuk memberikan effek kejut tegangan AC ±130V – 150V sebagaimana hasil pengujian pada gambar berikut:



Gambar 4.8 Hasil uji output inverter

4.3.5 Analisa

Dari hasil pengujian pertama dengan menekan tombol ON pada jarak dekat, maka terjadi respon bunyi klakson selama 1 detik disertai dengan nyala led, pada kondisi ini respon didapat saat remot mengirimkan perintah melalui pemancar. Sementara itu pada mode aktif dilakukan pengujian dengan menjauhkan remote dari kendaraan, pada jarak dibawah 10m, kondisi alarm tetap aktif namun mode standby (aman) sehingga kendaraan dapat tetap digunakan oleh user, namun pada kondisi remot dijauhkan diatas 10m (bergantung kondisi medan), klakson berbunyi yang menyatakan sistem alarm dalam mode aktif. Dari hasil pengujian kedua ini sistem tidak dapat merespon perintah yang dikirim setiap waktu sehingga komunikasi terputus dan sistem kendaraan mengambil langkah untuk mengaktifkan mode alarm sebagai tanda user tidak sedang dekat kendaraan. Pada mode ini selanjutnya diuji coba dengan percobaan pencurian. Dengan menyalaikan kontak dan

menyalakan mesin, maka pada percobaan tak lama kemudian mesin mati disertai bunyi klakson yang bunyi bergantian dengan sistem penyalan inverter. Pada saat inverter nyala, tegangan pada kedua ujung inverter aktif menjadi 133VAC, dengan demikian jika ujung inverter dihubungkan ke handle setir, maka pihak pencuri dapat terkena setrum dari tegangan AC yang dibangkitkan inverter. Kondisi ini terus berlanjut hingga user (pemilik) menonaktifkan remot dengan menekan tombol OFF pada remot. Dari pengujian tersebut, maka sistem bekerja sesuai harapan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian system secara keseluruhan, maka kesimpulan dari alat yang dibuat diuraikan sebagaimana berikut:

1. Modul Pemancar TLP434 dapat melakukan pengiriman data serial dengan kecepatan 1200Bps.
2. Modul Penerima RLP434 dapat menerima data melalui freqwensi ASK dengan kemampuan kecepatan pengiriman 1200bps dan jarak jangkauan ±10meter dari pemancar.
3. Sistem penerima yang dirancang dapat mematikan mesin sepeda motor secara otomatis dengan memutus sirkuit pengapian.
4. Sistem pengirim dapat melakukan pengiriman data protocol dan memancarkan data ke bagian penerima sebagai data status aktif tidaknya alarm kendaraan berdasarkan status dan jarak jangkauan remote kontrol.
5. Rangkaian Inverter mampu membangkitkan tegangan listrik AC dengan tegangan ±170V yang dibangkitkan dari rangkaian swiching PWM pada trafo, sehingga output sekunder trafo menghasilkan tegangan AC pada kedua ujungnya.
6. Error pengujian berdasarkan jangkauan adalah 0% pada jarak maksimal 10 meter, sementara pada jarak diatas 10 meter scring banyak gangguan dan hilangnya beberapa byte yang dikirim dengan error rata-rata 40%.

5.2 Saran

Dalam melakukan penyusunan skripsi mulai pembuatan laporan hingga alat dapat beroperasi, penyusun mendapatkan hasil yang baik dan menuaskan, namun walau demikian, penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi dan pembuatan alat ini masih terdapat banyak kelemahan yang perlu dilakukan perbaikan agar kinerja system dapat lebih optimal, diantara:

1. Agar sistem pengontrolan lebih handal, alat dapat dikembangkan dengan menggunakan modul wireless yang dapat berkomunikasi dua arah agar data yang dikirim dapat lebih sinkron.
2. Sistem sering terganggu oleh kelistrikan sepeda motor, sehingga sering menyebabkan trouble dan modul penerima tidak bekerja, untuk itu perlu dikembangkan pada bagian power suplay sistem agar lebih stabil.
3. Batteray pada remot control cukup boros, hal ini karena pada sistem remot control sistem selalu aktif memancarkan data setia waktu sehingga dapat menguras batteray, untuk itu perlu dikembangkan pada bagian power suplay remot control untuk bagian hardware maupun software.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dayat K. 2009. ATMega8 dan Aplikasinya. Bandung: Elex Media Komputindo.
- [2] Yani, Ahmad. 2008. Panduan Menjadi Teknisi Jaringan Komputer. Jakarta: PT Kawan Pustaka
- [3] Arduino IDE. Available online: <http://arduino.cc/en/main/software#toc1> (accessed on 4 December 2014).
- [4] E. H. Miller, "A note on reflector arrays (Periodical style— Accepted for publication)," IEEE Trans. Antennas Propagat., to be published.
- [5] RF Transmitter and Receiver, 30th April 2010 [Online]. Available:http://www.sparkfun.com/datasheets/RF/KLP_walkthrough.pdf
- [6] YUAN Xiao-Chen, CHEANG Chak-Fong and LI JianQing, "Implementation of a Remote Control System for Smart Home", 2007, pp: 44-49.

LAMPIRAN



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : Zulfa Razak Khan
NIM : 1213715
Semester : 8
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-I
Konsentrasi : TEKNIK ENERGILISTRIK
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Alamat : Parung Pur Branjangan Pacet A 08 Banyuwangi

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapan terima kasih.

Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas
Recording Teknik Elektro S-I

Zulfa Razak Khan
(Zulfa Razak Khan)

Disetujui
Ketua Prodi Teknik Elektro S-I

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

Malang, 11 - 7 - 2016
Pemohon

Zulfa Razak Khan
(Zulfa Razak Khan)

Mengetahui
Dosen Wali

S. Syaiful
(S. Syaiful)

Catatan:

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Prodi T. elektro S-I

1. 121392 / 32097
2. 132
3. MIE Sensor dan Transistor (EK 527)

BERITA ACARA RAPAT PERSETUJUAN JUDUL/PROPOSAL SKRIPSI

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : T. EKKA S.I

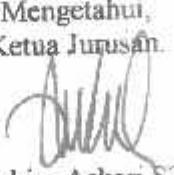
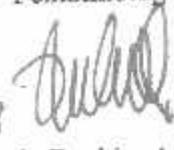
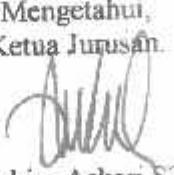
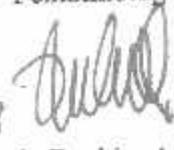
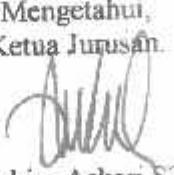
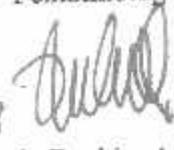
Tanggal : 9-2-2016

1.	NIM	12122115 -
2.	Nama	Fauza Faroe Elisa
3.	Judul yang diajukan	Perancangan Sistem Pengaman Sepeda Motor Menggunakan Segaya Keadaan Cerdik Pagan Model Skripsi. Skripsi Dosen Pembina
4.	Disetujui/Ditolak	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Catatan:	
6.	Pembimbing yang diusulkan:	<ol style="list-style-type: none">1. Irwan Asmar, S.E.2. Ir. Elia Heraslyo, M.T.
Menyetujui		
1. Koordinator Dosen Kelompok Keahlian		

* : Coret yang tidak perlu



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

KONSENTRASI		T. ELEKTRONIKA S1									
1.	Nama Mahasiswa	Zulfa Razak Khan	NIM	1212215							
2.	Keterangan Pelaksanaan	Tanggal 17 Maret 2016	Waktu	Tempat / Ruang							
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang) *)											
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik b. Konversi Energi c. Sistem Kendali d. Tegangan Tinggi	e. Embbeded System f. Antar Muka g. Elektronika Telekomunikasi h. Elektronika Instrumentasi	i. Sistem Informasi j. Jaringan Komputer k. Web l. Algoritma Cerdas								
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	Perancangan Sistem Pengaman Sepeda Motor Menggunakan Tegangan Kejut Listrik Dengan Mode Aktivasi Otomatis Via Pemancar ASK Berbasis Arduino Mini									
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian									
6.	Catatan :	<i>Pj pertambangan perempatan penghabet... Pajang Dejan...</i>									
7.	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Persetujuan Judul Skripsi</td> </tr> <tr> <td>Disetujui, Dosen Keahlian I  <i>Kouwens</i></td> <td>Disetujui, Dosen Keahlian II </td> </tr> <tr> <td>Mengetahui, Ketua Jurusan  M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P. 1030100358</td> <td>Disetujui, Calon Dosen Pembimbing Pembimbing I  Moch. Ibrahim Ashari, ST.MT</td> <td>Disetujui, Pembimbing II  Ir. Eko Nurcahyo, MT</td> </tr> </table>				Persetujuan Judul Skripsi		Disetujui, Dosen Keahlian I  <i>Kouwens</i>	Disetujui, Dosen Keahlian II 	Mengetahui, Ketua Jurusan  M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P. 1030100358	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing Pembimbing I  Moch. Ibrahim Ashari, ST.MT	Disetujui, Pembimbing II  Ir. Eko Nurcahyo, MT
Persetujuan Judul Skripsi											
Disetujui, Dosen Keahlian I  <i>Kouwens</i>	Disetujui, Dosen Keahlian II 										
Mengetahui, Ketua Jurusan  M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P. 1030100358	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing Pembimbing I  Moch. Ibrahim Ashari, ST.MT	Disetujui, Pembimbing II  Ir. Eko Nurcahyo, MT									

Keterangan :

*) dilingkari a, b, c sesuai dengan bidang keahlian





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRIK S-1
JL. Raya Karanglo, Km. 2 MALANG

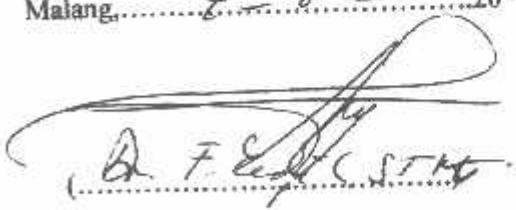
Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T.Energi Listrik,/T. Elektronika, /T. Komputer, /T.Tekomunikasi, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

Nama : Zulfa Rizqah Rofiqah
NIM : 12122205
Perbaikan Meliputi :

(b) Cara penulisan, referensi, bab II cawigul
silal.

Malang, 20/10/2016


Dr. F. Eddy, S.T., M.T.

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Program Studi Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 4 Agustus 2016

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Zulfa Razak Khan
NIM : 1212215
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika
Judul Skripsi : **PERANCANGAN SISTEM PENGAMAN SEPEDA
MOTOR MENGGUNAKAN TEGANGAN KEJUT
LISTRIK DENGAN MODE AKTIVASI OTOMATIS
VIA PEMANCAR ASK BERBASIS ARDUINO MINI**

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1.	Cara penulisan refrensi bab II masih salah	

Dosen Pengaji I

Dr. F. Yudi Limpraptono, ST, MT
NIP.Y. 1039500274

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Ir. Eko Nurcahyo, MT
NIP.Y.1028700172



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. SNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Zulfa Razak Khan
NIM : 1212215
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : TEKNIK ELEKTRONIKA
Judul Skripsi : **PERANCANGAN SISTEM PENGAMAN SEPEDA
MOTOR MENGGUNAKAN TEGANGAN KEJUT
LISTRIK DENGAN MODE AKTIVASI OTOMATIS
VIA PEMANCAR ASK BERBASIS ARDUINO MINI**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 4 Agustus 2016
Dengan Nilai : 76,25 (B+)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

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

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP.P. 1030100361

Anggota Penguji

Penguji I

Dr. F. Yudi Limpraptono, ST, MT
NIP.Y. 1039500274

Penguji II

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP.P. 1030100361



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Kampus II, Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : Zulfa Razak Khan
NIM : 1212215
Nama Pembimbing : Ir. Eko Nurcahyo,MT
Judul Skripsi : PERANCANAN SISTEM PENGAMAN SEPEDA MOTOR MENGGUNKAN TEGANGAN KEJUT LISTRIK DENGAN MODE AKTIVASI OTOMATIS VIA PEMANCAR ASK BERBASIS ARDUINO

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1			PABI : Batasan Masalah Rumusan Masalah	Suf
2			Ace BAB I BAB II : Diagram Blok + Tech Sumber & Baca	Suf
3			Ace BAB II BAB III : Perkuatkan + Flowchart.	Suf
4			Siapkan Propos Cara penyelesaian + resolusi Banyak atau tidaknya → tampilan	Suf
5				
6				
7				

Malang,

Pembimbing

Ir. Eko Nurcahyo,MT
NIP.Y. 1028700172



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Kampus II : Jl. Raya Kuranglo Km. 2 Malang

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : Zulfa Razak Khan
NIM : 1212215
Nama Pembimbing : M. Ibrahim Ashari, ST., MT.
Judul Skripsi : PERANCANAN SISTEM PENGAMAN SEPEDA MOTOR MENGGUNKAN TEGANGAN KEJUT LISTRIK DENGAN MODE AKTIVASI OTOMATIS VIA PEMANCAR ASK BERBASIS ARDUINO

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	20 April 2016	12.00 12.30	Review Bab I dari Bab XI	
2	21 April 2016	11.00 11.15	Acc Bab I dan Bab II	
3	16 Mei 2016	10.30 10.45	acc Bab III	
4	23 Mei 2016	12.30 12.45	acc makalah progres	
5	2 Juni 2016	12.30 12.45	Review Bab IV	
6	20 Juni 2016	09.00 09.10	acc Bab IV	
7	1 Juli 2016	09.15 09.20	Review Bab V	

Malang,

Pembimbing

M. Ibrahim Ashari, ST., MT.

NIP. P. 1030100358



PERKUMPULAN PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERBUTO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sungai Gura No. 2 Telp. (0341) 551421 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Raya Keranginan Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-176/EL-FTI/2015

8 Maret 2016

Lampiran :-

Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI (Baru)**

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Moch. Ibrahim Ashari, ST,MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Zulfa Razak Khan

Nim : 1212215

Fakultas : **Teknologi Industri**

Program Studi : **Teknik Elektro S-1**

Konsentrasi : Teknik Elektronika

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Sandara/i selama masa waktu :

“ Semester Genap Tahun Akademik 2015-2016 ”

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Zulfa Razak Khan
NIM : 12.12.215
Program Studi : T.Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri , tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sangsinya.

Malang, 20 Agustus 2016

Vivo membuat Pernyataan,

ZULFA RAZAK KHAN
NIM : 1212215

**ATMEL 8-BIT MICROCONTROLLER WITH 4/8/16/32KBYTES
IN-SYSTEM PROGRAMMABLE FLASH****DATASHEET****Features**

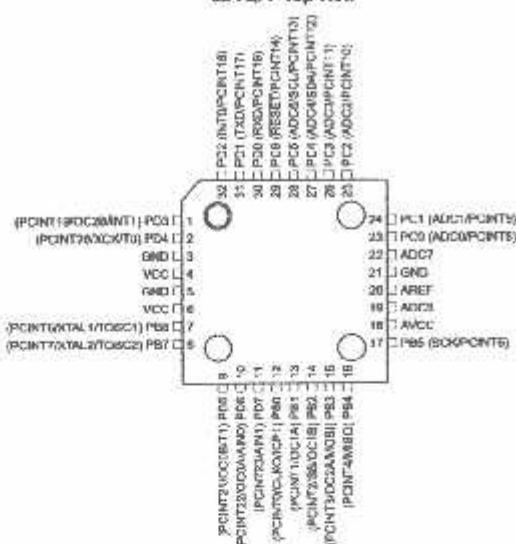
- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-Bit Microcontroller Family
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
 - 256/512/512/1KBytes EEPROM
 - 512/1K/1K/2KBytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Atmel® QTouch® library support
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and QMatrix® acquisition
 - Up to 64 sense channels
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change

- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - 0 - 4MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10MHz@2.7 - 5.5V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1MHz, 1.8V, 25°C
 - Active Mode: 0.2mA
 - Power-down Mode: 0.1µA
 - Power-save Mode: 0.75µA (Including 32kHz RTC)

Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

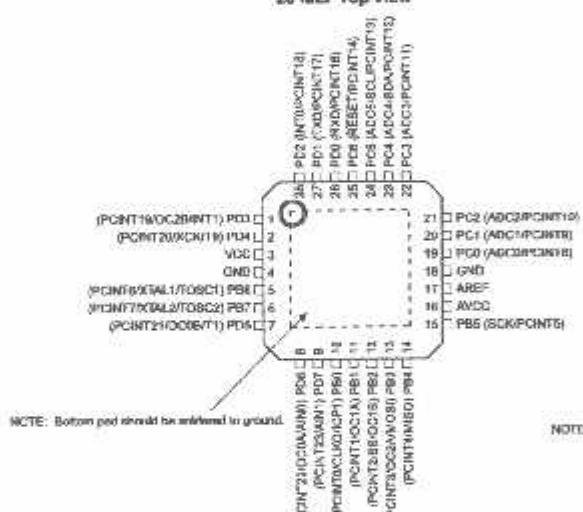
32 TQFP Top View



28 PDIP



28 MLF Top View



32 MLF Top View

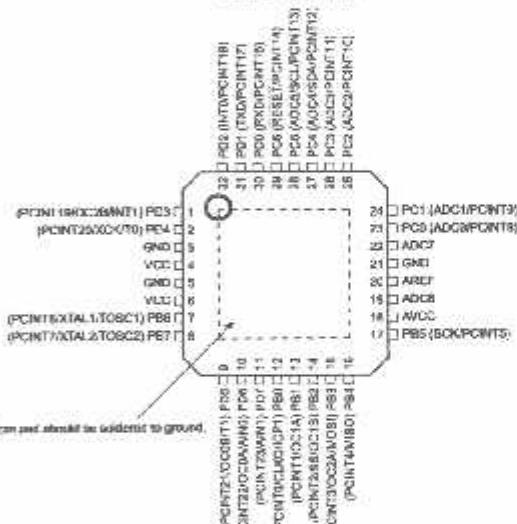


Table 1-1. 32UFBGA - Pinout ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA

	1	2	3	4	5	6
A	PD2	PD1	PC6	PC4	PC2	PC1
B	PD3	PD4	PD0	PC5	PC3	PC0
C	GND	GND			ADC7	GND
D	VDD	VDD			AREF	ADC6
E	PB6	PD6	PB0	PB2	AVDD	PB5
F	PB7	PD5	PD7	PB1	PB3	PB4

1 Pin Descriptions

1.1 VCC

Digital supply voltage.

1.2 GND

Ground.

1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

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 82 and "System Clock and Clock Options" on page 27.

1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5...0 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.

1.5 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 29-11 on page 305. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "Alternate Functions of Port C" on page 85.

1.6 Port D (PD7:0)

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.

The various special features of Port D are elaborated in "Alternate Functions of Port D" on page 88.

1.7 AV_{CC}

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. 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 PC6...4 use digital supply voltage, V_{CC}.

1.8 AREF

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

1.9 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)

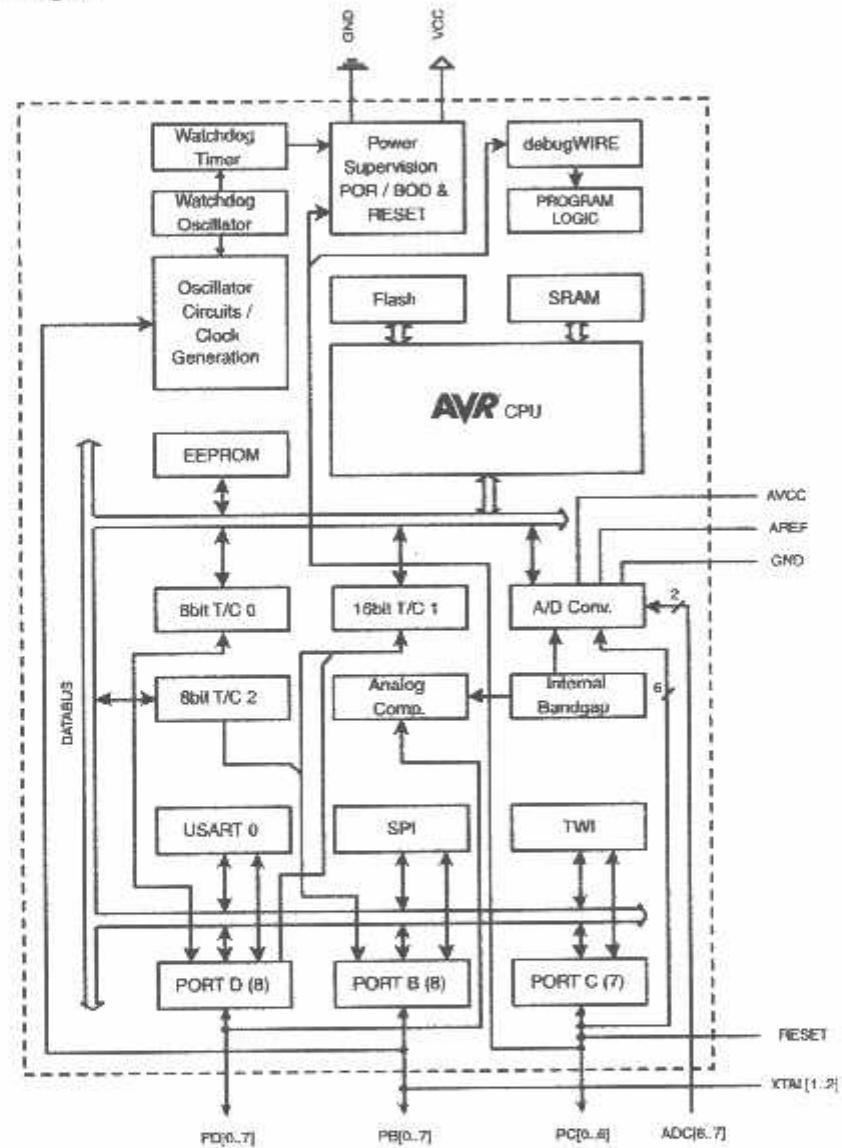
In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

Overview

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

1 Block Diagram

Figure 2-1. 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.

ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P support a real Read-While-Write Self-Programming mechanism. There is a separate Boot Loader Section, and the SPM instruction can only execute from there. In ATmega48A/48PA there is no Read-While-Write support and no separate Boot Loader Section. The SPM instruction can execute from the entire Flash

Resources

A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on <http://www.atmel.com/avr>.

Data Retention

Reliability Qualification results show that the projected data retention failure rate is much less than 1 PPM over 20 years at 85°C or 100 years at 25°C.

About Code Examples

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C compiler documentation for more details.

For I/O Registers located in extended I/O map, "IN", "OUT", "SBIS", "SBIC", "CBI", and "SBI" instructions must be replaced with instructions that allow access to extended I/O. Typically "LDS" and "STS" combined with "SBR", "SBRC", "SBR", and "CBR".

Capacitive Touch Sensing

The Atmel® QTouch® Library provides a simple to use solution to realize touch sensitive interfaces on most Atmel AVR® microcontrollers. The QTouch Library includes support for the Atmel QTouch and Atmel QMatrix® acquisition methods.

Touch sensing can be added to any application by linking the appropriate Atmel QTouch Library for the AVR Microcontroller. This is done by using a simple set of APIs to define the touch channels and sensors, and then calling the touch sensing APIs to retrieve the channel information and determine the touch sensor states.

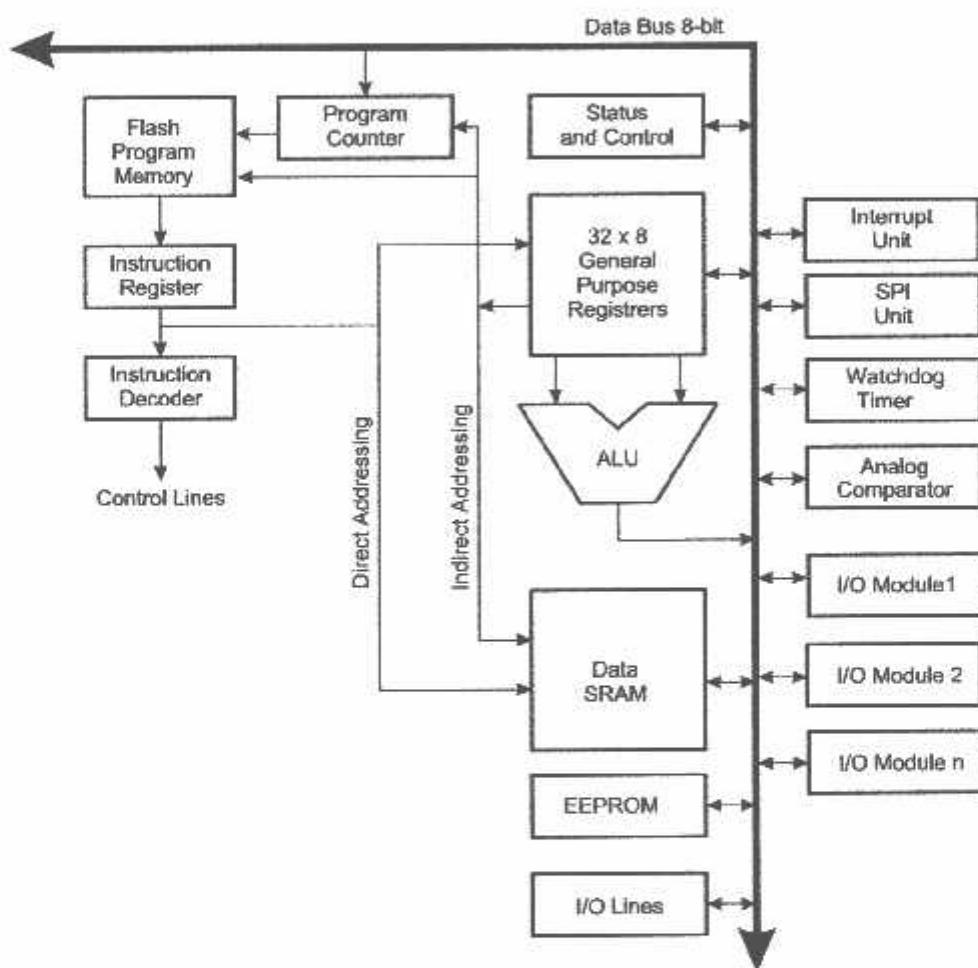
The QTouch Library is FREE and downloadable from the Atmel website at the following location:
www.atmel.com/qtouchlibrary. For implementation details and other information, refer to the Atmel QTouch Library User Guide - also available for download from Atmel website.

AVR CPU Core

1 Overview

This section discusses the AVR core architecture in general. The main function of the CPU core is to ensure correct program execution. The CPU must therefore be able to access memories, perform calculations, control peripherals, and handle interrupts.

Figure 7-1. Block Diagram of the AVR Architecture



In order to maximize performance and parallelism, the AVR uses a Harvard architecture – with separate memories and buses for program and data. Instructions in the program memory are executed with a single level pipelining. While one instruction is being executed, the next instruction is pre-fetched from the program memory. This concept enables instructions to be executed in every clock cycle. The program memory is In-System Reprogrammable Flash memory.

The fast-access Register File contains 32 x 8-bit general purpose working registers with a single clock cycle access time. This allows single-cycle Arithmetic Logic Unit (ALU) operation. In a typical ALU operation, two

operands are output from the Register File, the operation is executed, and the result is stored back in the Register File – in one clock cycle.

Six of the 32 registers can be used as three 16-bit indirect address register pointers for Data Space addressing – enabling efficient address calculations. One of these address pointers can also be used as an address pointer for look up tables in Flash program memory. These added function registers are the 16-bit X-, Y-, and Z- register, described later in this section.

The ALU supports arithmetic and logic operations between registers or between a constant and a register. Single register operations can also be executed in the ALU. After an arithmetic operation, the Status Register is updated to reflect information about the result of the operation.

Program flow is provided by conditional and unconditional jump and call instructions, able to directly address the whole address space. Most AVR instructions have a single 16-bit word format. Every program memory address contains a 16- or 32-bit instruction.

Program Flash memory space is divided in two sections, the Boot Program section and the Application Program section. Both sections have dedicated Lock bits for write and read/write protection. The SPM instruction that writes into the Application Flash memory section must reside in the Boot Program section.

During interrupts and subroutine calls, the return address Program Counter (PC) is stored on the Stack. The Stack is effectively allocated in the general data SRAM, and consequently the Stack size is only limited by the total SRAM size and the usage of the SRAM. All user programs must initialize the SP in the Reset routine (before subroutines or interrupts are executed). The Stack Pointer (SP) is read/write accessible in the I/O space. The data SRAM can easily be accessed through the five different addressing modes supported in the AVR architecture.

The memory spaces in the AVR architecture are all linear and regular memory maps.

A flexible interrupt module has its control registers in the I/O space with an additional Global Interrupt Enable bit in the Status Register. All interrupts have a separate Interrupt Vector in the Interrupt Vector table. The interrupts have priority in accordance with their Interrupt Vector position. The lower the Interrupt Vector address, the higher the priority.

The I/O memory space contains 64 addresses for CPU peripheral functions as Control Registers, SPI, and other I/O functions. The I/O Memory can be accessed directly, or as the Data Space locations following those of the Register File, 0x20 - 0x5F. In addition, the ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P has Extended I/O space from 0x60 - 0xFF in SRAM where only the ST/STS/STD and LD/LDS/LDD instructions can be used.

2 ALU – Arithmetic Logic Unit

The high-performance AVR ALU operates in direct connection with all the 32 general purpose working registers. Within a single clock cycle, arithmetic operations between general purpose registers or between a register and an immediate are executed. The ALU operations are divided into three main categories – arithmetic, logical, and bit-functions. Some implementations of the architecture also provide a powerful multiplier supporting both signed/unsigned multiplication and fractional format. See the "Instruction Set" section for a detailed description.

3 Status Register

The Status Register contains information about the result of the most recently executed arithmetic instruction. This information can be used for altering program flow in order to perform conditional operations. Note that the Status Register is updated after all ALU operations, as specified in the Instruction Set Reference. This will in many cases remove the need for using the dedicated compare instructions, resulting in faster and more compact code.

The Status Register is not automatically stored when entering an interrupt routine and restored when returning from an interrupt. This must be handled by software.

I.1 SREG – AVR Status Register

The AVR Status Register – SREG – is defined as:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	SREG
0x3F (0x5F)	I	T	H	S	V	N	Z	C	
Read/Write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bit 7 – I: Global Interrupt Enable**

The Global Interrupt Enable bit must be set for the interrupts to be enabled. The individual interrupt enable control is then performed in separate control registers. If the Global Interrupt Enable Register is cleared, none of the interrupts are enabled independent of the individual interrupt enable settings. The I-bit is cleared by hardware after an interrupt has occurred, and is set by the RETI instruction to enable subsequent interrupts. The I-bit can also be set and cleared by the application with the SEI and CLI instructions, as described in the instruction set reference.

- **Bit 6 – T: Bit Copy Storage**

The Bit Copy instructions BLD (Bit LoaD) and BST (Bit STore) use the T-bit as source or destination for the operated bit. A bit from a register in the Register File can be copied into T by the BST instruction, and a bit in T can be copied into a bit in a register in the Register File by the BLD instruction.

- **Bit 5 – H: Half Carry Flag**

The Half Carry Flag H indicates a Half Carry in some arithmetic operations. Half Carry is useful in BCD arithmetic. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 4 – S: Sign Bit, $S = N \oplus V$**

The S-bit is always an exclusive or between the Negative Flag N and the Two's Complement Overflow Flag V. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 3 – V: Two's Complement Overflow Flag**

The Two's Complement Overflow Flag V supports two's complement arithmetic. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 2 – N: Negative Flag**

The Negative Flag N indicates a negative result in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 1 – Z: Zero Flag**

The Zero Flag Z indicates a zero result in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

- **Bit 0 – C: Carry Flag**

The Carry Flag C indicates a carry in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

4 General Purpose Register File

The Register File is optimized for the AVR Enhanced RISC instruction set. In order to achieve the required performance and flexibility, the following input/output schemes are supported by the Register File:

- One 8-bit output operand and one 8-bit result input

- Two 8-bit output operands and one 8-bit result input
- Two 8-bit output operands and one 16-bit result input
- One 16-bit output operand and one 16-bit result input

Figure 7-2 shows the structure of the 32 general purpose working registers in the CPU.

Figure 7-2. AVR CPU General Purpose Working Registers

General Purpose Working Registers	7	0	Addr.
	R0		0x00
	R1		0x01
	R2		0x02
	...		
	R13		0x0D
	R14		0x0E
	R15		0x0F
	R16		0x10
	R17		0x11
	...		
	R26		0x1A X-register Low Byte
	R27		0x1B X-register High Byte
	R28		0x1C Y-register Low Byte
	R29		0x1D Y-register High Byte
	R30		0x1E Z-register Low Byte
	R31		0x1F Z-register High Byte

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

As shown in Figure 7-2, each register is also assigned a data memory address, mapping them directly into the first 32 locations of the user Data Space. Although not being physically implemented as SRAM locations, this memory organization provides great flexibility in access of the registers, as the X-, Y- and Z-pointer registers can be set to index any register in the file.

I.1 The X-register, Y-register, and Z-register

The registers R26..R31 have some added functions to their general purpose usage. These registers are 16-bit address pointers for indirect addressing of the data space. The three indirect address registers X, Y, and Z are defined as described in Figure 7-3.

Figure 7-3. The X-, Y-, and Z-registers

X-register	15	XH	XL	0
	7	0	7	0
Y-register	R27 (0x1B)		R26 (0x1A)	
	15	YH	YL	0
Z-register	7	0	7	0
	R29 (0x1D)		R28 (0x1C)	
	15	ZH	ZL	0
	7	0	7	0
	R31 (0x1F)		R30 (0x1E)	

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

5 Stack Pointer

The Stack is mainly used for storing temporary data, for storing local variables and for storing return addresses after interrupts and subroutine calls. Note that the Stack is implemented as growing from higher to lower memory locations. The Stack Pointer Register always points to the top of the Stack. The Stack Pointer points to the data SRAM Stack area where the Subroutine and Interrupt Stacks are located. A Stack PUSH command will decrease the Stack Pointer.

The Stack in the data SRAM must be defined by the program before any subroutine calls are executed or interrupts are enabled. Initial Stack Pointer value equals the last address of the internal SRAM and the Stack Pointer must be set to point above start of the SRAM, see Table 8-3 on page 19.

See Table 7-1 for Stack Pointer details.

Table 7-1. Stack Pointer Instructions

Instruction	Stack pointer	Description
PUSH	Decremented by 1	Data is pushed onto the stack
CALL ICALL RCALL	Decrement by 2	Return address is pushed onto the stack with a subroutine call or interrupt
POP	Incremented by 1	Data is popped from the stack
RET RETI	Incremented by 2	Return address is popped from the stack with return from subroutine or return from interrupt

The AVR Stack Pointer is implemented as two 8-bit registers in the I/O space. The number of bits actually used is implementation dependent. Note that the data space in some implementations of the AVR architecture is so small that only SPL is needed. In this case, the SPH Register will not be present.

5.1 SPH and SPL – Stack Pointer High and Stack Pointer Low Register

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	SPH	SPL
0x3E (0x5E)	SP15	SP14	SP13	SP12	SP11	SP10	SP9	SP8		
0x3D (0x5D)	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0		
	7	6	5	4	3	2	1	0		
Read/Write	R/W									
	R/W									
Initial Value	RAMEND									
	RAMEND									

5 Instruction Execution Timing

This section describes the general access timing concepts for instruction execution. The AVR CPU is driven by the CPU clock clk_{CPU} , directly generated from the selected clock source for the chip. No internal clock division is used.

Figure 7-4 shows the parallel instruction fetches and instruction executions enabled by the Harvard architecture and the fast-access Register File concept. This is the basic pipelining concept to obtain up to 1 MIPS per MHz with the corresponding unique results for functions per cost, functions per clocks, and functions per power-unit.

Figure 7-4. The Parallel Instruction Fetches and Instruction Executions

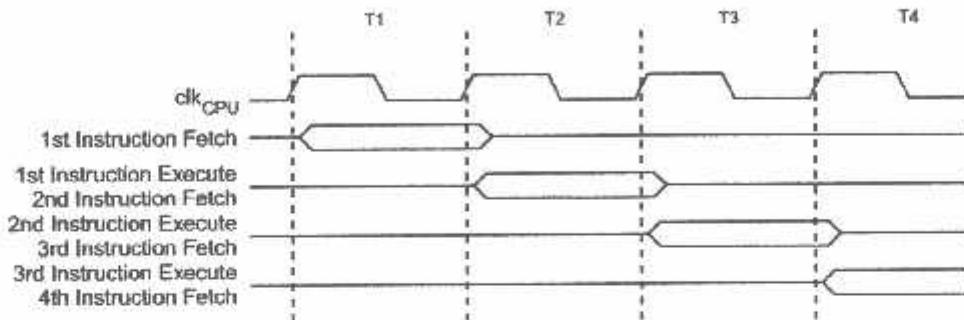
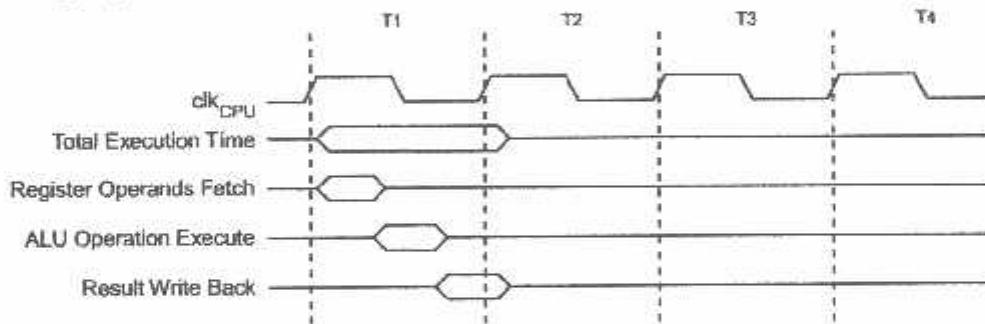


Figure 7-5 shows the internal timing concept for the Register File. In a single clock cycle an ALU operation using two register operands is executed, and the result is stored back to the destination register.

Figure 7-5. Single Cycle ALU Operation



7 Reset and Interrupt Handling

The AVR provides several different interrupt sources. These interrupts and the separate Reset Vector each have a separate program vector in the program memory space. All interrupts are assigned individual enable bits which must be written logic one together with the Global Interrupt Enable bit in the Status Register in order to enable the interrupt. Depending on the Program Counter value, interrupts may be automatically disabled when Boot Lock bits BLB02 or BLB12 are programmed. This feature improves software security. See the section "Memory Programming" on page 280 for details.

The lowest addresses in the program memory space are by default defined as the Reset and Interrupt Vectors. The complete list of vectors is shown in "Interrupts" on page 57. The list also determines the priority levels of the different interrupts. The lower the address the higher is the priority level. RESET has the highest priority, and next is INT0 – the External Interrupt Request 0. The Interrupt Vectors can be moved to the start of the Boot Flash section by setting the IVSEL bit in the MCU Control Register (MCUCR). Refer to "Interrupts" on page 57 for more information. The Reset Vector can also be moved to the start of the Boot Flash section by

programming the BOOTRST Fuse, see "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on page 263.

When an interrupt occurs, the Global Interrupt Enable I-bit is cleared and all interrupts are disabled. The user software can write logic one to the I-bit to enable nested interrupts. All enabled interrupts can then interrupt the current interrupt routine. The I-bit is automatically set when a Return from Interrupt instruction – RETI – is executed.

There are basically two types of interrupts. The first type is triggered by an event that sets the Interrupt Flag. For these interrupts, the Program Counter is vectored to the actual Interrupt Vector in order to execute the interrupt handling routine, and hardware clears the corresponding Interrupt Flag. Interrupt Flags can also be cleared by writing a logic one to the flag bit position(s) to be cleared. If an interrupt condition occurs while the corresponding interrupt enable bit is cleared, the Interrupt Flag will be set and remembered until the interrupt is enabled, or the flag is cleared by software. Similarly, if one or more interrupt conditions occur while the Global Interrupt Enable bit is cleared, the corresponding Interrupt Flag(s) will be set and remembered until the Global Interrupt Enable bit is set, and will then be executed by order of priority.

The second type of interrupts will trigger as long as the interrupt condition is present. These interrupts do not necessarily have Interrupt Flags. If the interrupt condition disappears before the interrupt is enabled, the interrupt will not be triggered.

When the AVR exits from an interrupt, it will always return to the main program and execute one more instruction before any pending interrupt is served.

Note that the Status Register is not automatically stored when entering an interrupt routine, nor restored when returning from an interrupt routine. This must be handled by software.

When using the CLI instruction to disable interrupts, the interrupts will be immediately disabled. No interrupt will be executed after the CLI instruction, even if it occurs simultaneously with the CLI instruction. The following example shows how this can be used to avoid interrupts during the timed EEPROM write sequence.

Assembly Code Example

```
in    r16, SREG           ; store SREG value
cli              ; disable interrupts during timed
sequence
sbi   EECR, EEMPE        ; start EEPROM write
sbi   EECR, EEPE
out  SREG, r16           ; restore SREG value (I-
bit)
```

C Code Example

```
char cSREG;
cSREG = SREG;           /* store SREG value */
/* disable interrupts during timed sequence */
_CLI();
EECR |= (1<<EEMPE); /* start EEPROM write */
EECR |= (1<<EEPE);
SREG = cSREG; /* restore SREG value (I-bit) */
```

When using the SEI instruction to enable interrupts, the instruction following SEI will be executed before any pending interrupts, as shown in this example.

Assembly Code Example

```
sei          ; set Global Interrupt Enable  
sleep        ; enter sleep, waiting for interrupt  
; note: will enter sleep before any pending interrupt(s)
```

C Code Example

```
_enable_interrupt(); /* set Global Interrupt Enable */  
_sleep(); /* enter sleep, waiting for interrupt */  
/* note: will enter sleep before any pending interrupt(s) */
```

1.1 Interrupt Response Time

The interrupt execution response for all the enabled AVR interrupts is four clock cycles minimum. After four clock cycles the program vector address for the actual interrupt handling routine is executed. During this four clock cycle period, the Program Counter is pushed onto the Stack. The vector is normally a jump to the interrupt routine, and this jump takes three clock cycles. If an interrupt occurs during execution of a multi-cycle instruction, this instruction is completed before the interrupt is served. If an interrupt occurs when the MCU is in sleep mode, the interrupt execution response time is increased by four clock cycles. This increase comes in addition to the start-up time from the selected sleep mode.

A return from an interrupt handling routine takes four clock cycles. During these four clock cycles, the Program Counter (two bytes) is popped back from the Stack, the Stack Pointer is incremented by two, and the I-bit in SREG is set.

Figure 8-1. Program Memory Map ATmega 48A/48PA

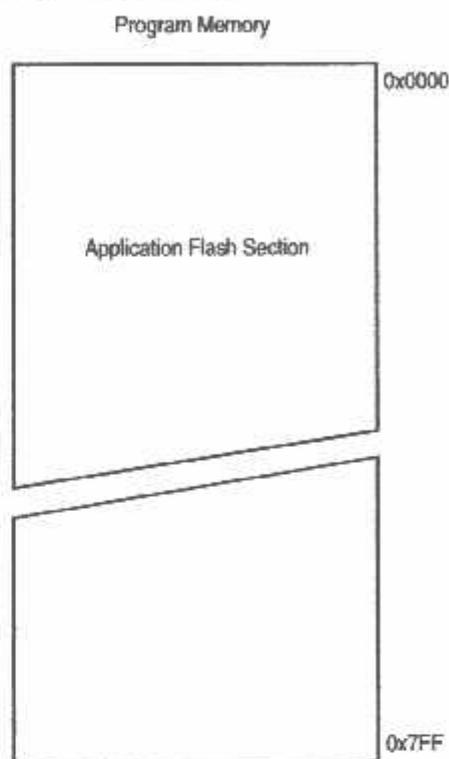
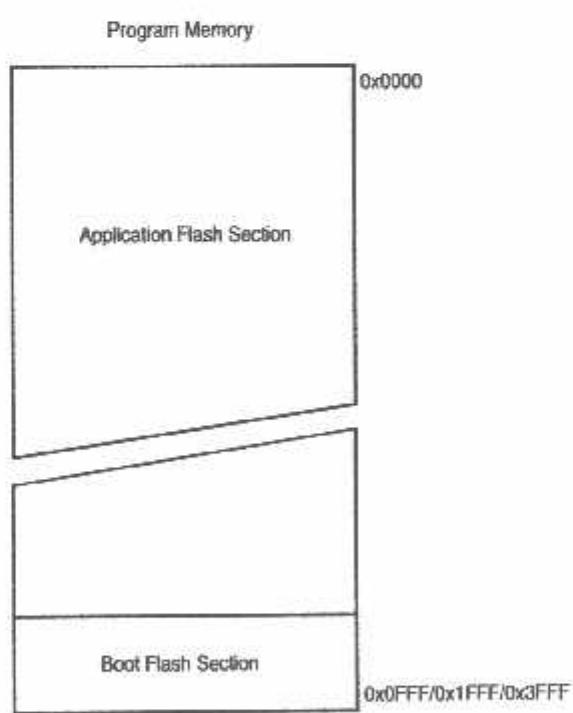


Figure 8-2. Program Memory Map ATmega88A, ATmega88PA, ATmega168A, ATmega168PA, ATmega328 and ATmega328P



3 SRAM Data Memory

Figure 8-3 shows how the ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P SRAM Memory is organized.

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is a complex microcontroller with more peripheral units than can be supported within the 64 locations reserved in the Opcode for the IN and OUT instructions. For the Extended I/O space from 0x60 - 0xFF in SRAM, only the ST/STS/STD and LD/LDS/LDD instructions can be used.

The lower 768/1280/1280/2303 data memory locations address both the Register File, the I/O memory, Extended I/O memory, and the internal data SRAM. The first 32 locations address the Register File, the next 64 location the standard I/O memory, then 160 locations of Extended I/O memory, and the next 512/1024/2048 locations address the internal data SRAM.

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

The direct addressing reaches the entire data space.

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

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

The 32 general purpose working registers, 64 I/O Registers, 160 Extended I/O Registers, and the 512/1024/2048 bytes of internal data SRAM in the ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P are all accessible through all these addressing modes. The Register File is described in "General Purpose Register File" on page 11.

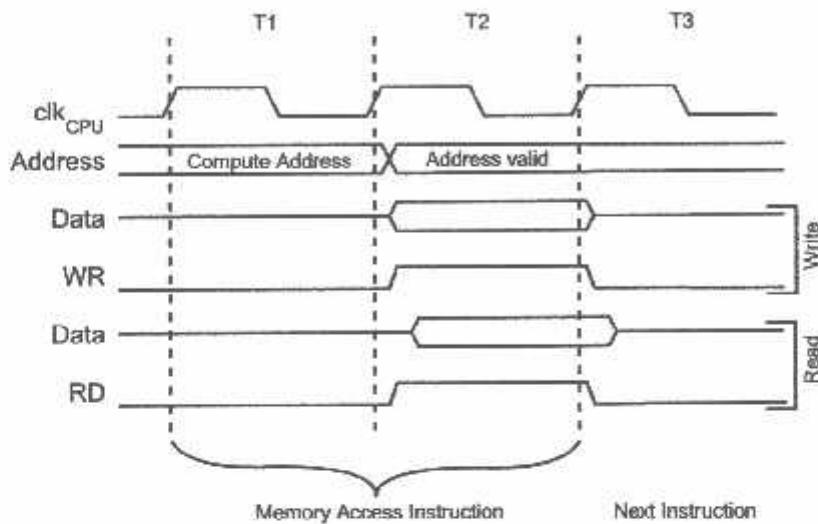
Figure 8-3. Data Memory Map

Data Memory	
32 Registers	0x0000 - 0x001F
64 I/O Registers	0x0020 - 0x005F
160 Ext I/O Reg.	0x0060 - 0x00FF
	0x0100
Internal SRAM (512/1024/2048 x 8)	0x02FF/0x04FF/0x4FF/0x08FF

8.1 Data Memory Access Times

This section describes the general access timing concepts for internal memory access. The internal data SRAM access is performed in two clk_{CPU} cycles as described in Figure 8-4.

Figure 8-4. On-chip Data SRAM Access Cycles



8 EEPROM Data Memory

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P contains 256/512/512/1Kbytes of data EEPROM memory. It is organized as a separate data space, in which single bytes can be read and written. The EEPROM has an endurance of at least 100,000 write/erase cycles. The access between the EEPROM and the CPU is described in the following, specifying the EEPROM Address Registers, the EEPROM Data Register, and the EEPROM Control Register.

"Memory Programming" on page 280 contains a detailed description on EEPROM Programming in SPI or Parallel Programming mode.

8.1 EEPROM Read/Write Access

The EEPROM Access Registers are accessible in the I/O space.

The write access time for the EEPROM is given in Table 8-2. A self-timing function, however, lets the user software detect when the next byte can be written. If the user code contains instructions that write the EEPROM, some precautions must be taken. In heavily filtered power supplies, V_{CC} is likely to rise or fall slowly on power-up/down. This causes the device for some period of time to run at a voltage lower than specified as minimum for the clock frequency used. See "Preventing EEPROM Corruption" on page 21 for details on how to avoid problems in these situations.

In order to prevent unintentional EEPROM writes, a specific write procedure must be followed. Refer to the description of the EEPROM Control Register for details on this.

When the EEPROM is read, the CPU is halted for four clock cycles before the next instruction is executed. When the EEPROM is written, the CPU is halted for two clock cycles before the next instruction is executed.

4.2 Preventing EEPROM Corruption

During periods of low V_{CC} , the EEPROM data can be corrupted because the supply voltage is too low for the CPU and the EEPROM to operate properly. These issues are the same as for board level systems using EEPROM, and the same design solutions should be applied.

An EEPROM data corruption can be caused by two situations when the voltage is too low. First, a regular write sequence to the EEPROM requires a minimum voltage to operate correctly. Secondly, the CPU itself can execute instructions incorrectly, if the supply voltage is too low.

EEPROM data corruption can easily be avoided by following this design recommendation:

Keep the AVR RESET active (low) during periods of insufficient power supply voltage. This can be done by enabling the internal Brown-out Detector (BOD). If the detection level of the internal BOD does not match the needed detection level, an external low V_{CC} reset Protection circuit can be used. If a reset occurs while a write operation is in progress, the write operation will be completed provided that the power supply voltage is sufficient.

5 I/O Memory

The I/O space definition of the ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is shown in "Register Summary" on page 612.

All ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P I/Os and peripherals are placed in the I/O space. All I/O locations may be accessed by the LD/LDS/LDD and ST/STS/STD instructions, transferring data between the 32 general purpose working registers and the I/O space. I/O Registers within the address range 0x00 - 0x1F are directly bit-accessible using the SBI and CBI instructions. In these registers, the value of single bits can be checked by using the SBIS and SBIC Instructions. Refer to the instruction set section for more details. When using the I/O specific commands IN and OUT, the I/O addresses 0x00 - 0x3F must be used. When addressing I/O Registers as data space using LD and ST instructions, 0x20 must be added to these addresses. The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is a complex microcontroller with more peripheral units than can be supported within the 64 location reserved in Opcode for the IN and OUT instructions. For the Extended I/O space from 0x60 - 0xFF in SRAM, only the ST/STS/STD and LD/LDS/LDD instructions can be used.

For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.

Some of the Status Flags are cleared by writing a logical one to them. Note that, unlike most other AVRs, the CBI and SBI instructions will only operate on the specified bit, and can therefore be used on registers containing such Status Flags. The CBI and SBI Instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.

The I/O and peripherals control registers are explained in later sections.

5.1 General Purpose I/O Registers

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P contains three General Purpose I/O Registers. These registers can be used for storing any information, and they are particularly useful for storing global variables and Status Flags. General Purpose I/O Registers within the address range 0x00 - 0x1F are directly bit-accessible using the SBI, CBI, SBIS, and SBIC Instructions.

5 Register Description

5.1 EEARH and EEARL – The EEPROM Address Register

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
0x22 (0x42)	-	-	-	-	-	-	EEAR9	EEAR8	EEARH
0x21 (0x41)	EEAR7	EEAR6	EEAR5	EEAR4	EEAR3	EEAR2	EEAR1	EEAR0	EEARL
	7	8	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R/W	
	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	X	
	X	X	X	X	X	X	X	X	

- Bits [15:10] – Reserved

These bits are reserved bits in the ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P and will always read as zero.

- Bits 9:0 – EEAR[9:0]: EEPROM Address

The EEPROM Address Registers – EEARH and EEARL specify the EEPROM address in the 256/512/512/1Kbytes EEPROM space. The EEPROM data bytes are addressed linearly between 0 and 255/511/511/1023. The initial value of EEAR is undefined. A proper value must be written before the EEPROM may be accessed.

Note: 1. EEAR9 and EEAR8 are unused bits in ATmega 48A/48PA and must always be written to zero.

5.2 EEDR – The EEPROM Data Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x20 (0x40)	MSB							LSB	EEDR
Read/Write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Bits 7:0 – EEDR[7:0]: EEPROM Data

For the EEPROM write operation, the EEDR Register contains the data to be written to the EEPROM in the address given by the EEAR Register. For the EEPROM read operation, the EEDR contains the data read out from the EEPROM at the address given by EEAR.

5.3 EECR – The EEPROM Control Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x1F (0x3F)	-	-	EEP1	EEP0	EERIE	EEMPE	EEPE	EERE	EECR
Read/Write	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	X	X	0	0	X	0	

- Bits 7:6 – Reserved

These bits are reserved bits in the ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P and will always read as zero.

- Bits 5, 4 – EEP1 and EEP0: EEPROM Programming Mode Bits

The EEPROM Programming mode bit setting defines which programming action that will be triggered when writing EEPE. It is possible to program data in one atomic operation (erase the old value and program the new value) or to split the Erase and Write operations in two different operations. The Programming times for the different modes are shown in Table 8-1. While EEPE is set, any write to EEPm will be ignored. During reset, the EEPm bits will be reset to 0b00 unless the EEPROM is busy programming.

Table 8-1. EEPROM Mode Bits

EEPM1	EEPM0	Programming Time	Operation
0	0	3.4ms	Erase and Write in one operation (Atomic Operation)
0	1	1.8ms	Erase Only
1	0	1.8ms	Write Only
1	1	-	Reserved for future use

- Bit 3 – EERIE: EEPROM Ready Interrupt Enable

Writing EERIE to one enables the EEPROM Ready Interrupt if the I bit in SREG is set. Writing EERIE to zero disables the interrupt. The EEPROM Ready interrupt generates a constant interrupt when EEPE is cleared. The interrupt will not be generated during EEPROM write or SPM.

- Bit 2 – EEMPE: EEPROM Master Write Enable

The EEMPE bit determines whether setting EEPE to one causes the EEPROM to be written. When EEMPE is set, setting EEPE within four clock cycles will write data to the EEPROM at the selected address. If EEMPE is zero, setting EEPE will have no effect. When EEMPE has been written to one by software, hardware clears the bit to zero after four clock cycles. See the description of the EEPE bit for an EEPROM write procedure.

- Bit 1 – EEPE: EEPROM Write Enable

The EEPROM Write Enable Signal EEPE is the write strobe to the EEPROM. When address and data are correctly set up, the EEPE bit must be written to one to write the value into the EEPROM. The EEMPE bit must be written to one before a logical one is written to EEPE, otherwise no EEPROM write takes place. The following procedure should be followed when writing the EEPROM (the order of steps 3 and 4 is not essential):

1. Wait until EEPE becomes zero.
2. Wait until SPMEN in SPMCSR becomes zero.
3. Write new EEPROM address to EEAR (optional).
4. Write new EEPROM data to EEDR (optional).
5. Write a logical one to the EEMPE bit while writing a zero to EEPE in EECR.
6. Within four clock cycles after setting EEMPE, write a logical one to EEPE.

The EEPROM can not be programmed during a CPU write to the Flash memory. The software must check that the Flash programming is completed before initiating a new EEPROM write. Step 2 is only relevant if the software contains a Boot Loader allowing the CPU to program the Flash. If the Flash is never being updated by the CPU, step 2 can be omitted. See "Boot Loader Support – Read-Write-Write Self-Programming" on page 263 for details about Boot programming.

Caution: An interrupt between step 5 and step 6 will make the write cycle fail, since the EEPROM Master Write Enable will time-out. If an interrupt routine accessing the EEPROM is interrupting another EEPROM access, the EEAR or EEDR Register will be modified, causing the interrupted EEPROM access to fail. It is recommended to have the Global Interrupt Flag cleared during all the steps to avoid these problems.

When the write access time has elapsed, the EEPE bit is cleared by hardware. The user software can poll this bit and wait for a zero before writing the next byte. When EEPE has been set, the CPU is halted for two cycles before the next instruction is executed.

- **Bit 0 – EERE: EEPROM Read Enable**

The EEPROM Read Enable Signal EERE is the read strobe to the EEPROM. When the correct address is set up in the EEAR Register, the EERE bit must be written to a logic one to trigger the EEPROM read. The EEPROM read access takes one instruction, and the requested data is available immediately. When the EEPROM is read, the CPU is halted for four cycles before the next instruction is executed.

The user should poll the EEPE bit before starting the read operation. If a write operation is in progress, it is neither possible to read the EEPROM, nor to change the EEAR Register.

The calibrated Oscillator is used to time the EEPROM accesses. Table 8-2 lists the typical programming time for EEPROM access from the CPU.

Table 8-2. EEPROM Programming Time

Symbol	Number of Calibrated RC Oscillator Cycles	Typ Programming Time
EEPROM write (from CPU)	26,368	3.3ms

The following code examples show one assembly and one C function for writing to the EEPROM. The examples assume that interrupts are controlled (e.g. by disabling interrupts globally) so that no interrupts will occur during execution of these functions. The examples also assume that no Flash Boot Loader is present in the software. If such code is present, the EEPROM write function must also wait for any ongoing SPM command to finish.

Assembly Code Example

```
EEPROM_write:  
    ; Wait for completion of previous write  
    sbic    EECR,EEPE  
    rjmp    EEPROM_write  
    ; Set up address (r18:r17) in address register  
    out     EEARH, r18  
    out     EEARL, r17  
    ; Write data (r16) to Data Register  
    out     EEDR,r16  
    ; Write logical one to EEMPE  
    sbi    EECR,EEMPE  
    ; Start eeprom write by setting EEPE  
    sbi    EECR,EEPE  
    ret
```

C Code Example

```
void EEPROM_write(unsigned int uiAddress, unsigned char ucData)  
{  
    /* Wait for completion of previous write */  
    while(EECR & (1<<EEPE))  
    ;  
    /* Set up address and Data Registers */  
    EEAR = uiAddress;  
    EEDR = ucData;  
    /* Write logical one to EEMPE */  
    EECR |= (1<<EEMPE);  
    /* Start eeprom write by setting EEPE */  
    EECR |= (1<<EEPE);  
}
```

The next code examples show assembly and C functions for reading the EEPROM. The examples assume that interrupts are controlled so that no interrupts will occur during execution of these functions.

Assembly Code Example

```

EEPROM_read:
    ; Wait for completion of previous write
    sbic    EECR,EEPE
    rjmp    EEPROM_read
    ; Set up address (rl8:r17) in address register
    out     EEARH, r18
    out     EEARL, r17
    ; Start eeprom read by writing EERE
    sbi     EECR,EERE
    ; Read data from Data Register
    in      r16,EEDR
    ret

```

C Code Example

```

unsigned char EEPROM_read(unsigned int uiAddress)
{
    /* Wait for completion of previous write */
    while(EECR & (1<<EEPE))

    /* Set up address register */
    EEAR = uiAddress;
    /* Start eeprom read by writing EERE */
    EECR |= (1<<EERE);
    /* Return data from Data Register */
    return EEDR;
}

```

.4 GPIO2 – General Purpose I/O Register 2

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x2B (0x4B)	MSB								LSB
ReadWrite	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

GPIO2

.5 GPIO1 – General Purpose I/O Register 1

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x2A (0x4A)	MSB								LSB
ReadWrite	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

GPIO1

.6 GPIO0 – General Purpose I/O Register 0

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x1E (0x3E)	MSB								LSB
ReadWrite	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

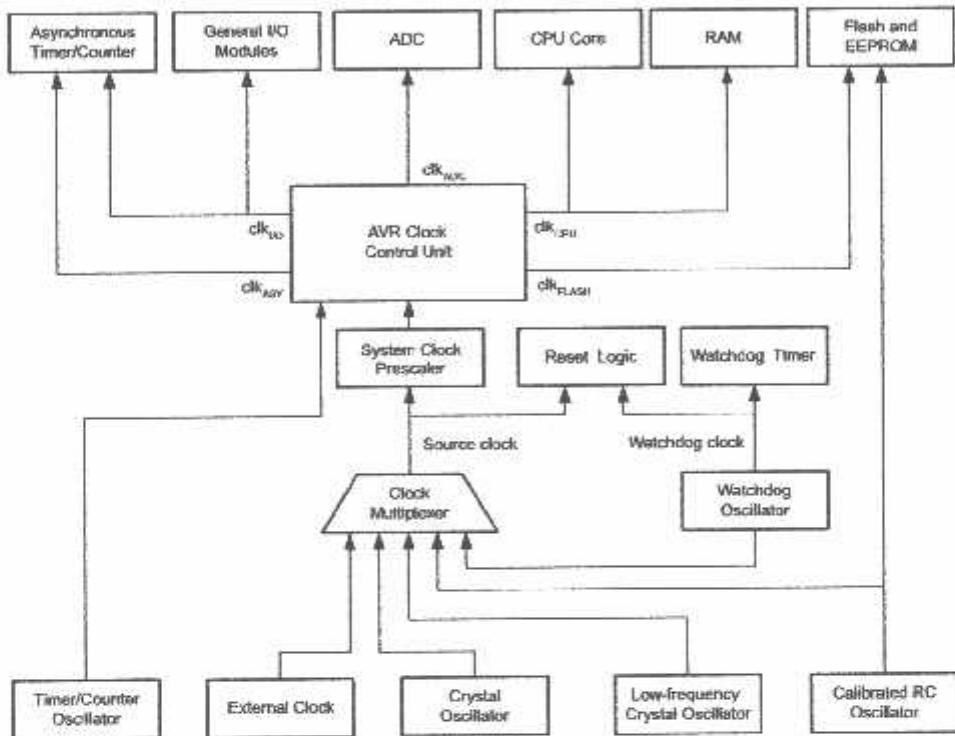
GPIO0

System Clock and Clock Options

Clock Systems and their Distribution

Figure 9-1 presents the principal clock systems in the AVR and their distribution. All of the clocks need not be active at a given time. In order to reduce power consumption, the clocks to modules not being used can be halted by using different sleep modes, as described in "Power Management and Sleep Modes" on page 39. The clock systems are detailed below.

Figure 9-1. Clock Distribution



1 CPU Clock – clk_{CPU}

The CPU clock is routed to parts of the system concerned with operation of the AVR core. Examples of such modules are the General Purpose Register File, the Status Register and the data memory holding the Stack Pointer. Halting the CPU clock inhibits the core from performing general operations and calculations.

2 I/O Clock – clk_{IO}

The I/O clock is used by the majority of the I/O modules, like Timer/Counters, SPI, and USART. The I/O clock is also used by the External Interrupt module, but note that start condition detection in the USI module is carried out asynchronously when clk_{IO} is halted, TWI address recognition in all sleep modes.

Note: Note that if a level triggered interrupt is used for wake-up from Power-down, the required level must be held long enough for the MCU to complete the wake-up to trigger the level interrupt. If the level disappears before the end of the Start-up Time, the MCU will still wake up, but no interrupt will be generated. The start-up time is defined by the SUT and CKSEL Fuses as described in "System Clock and Clock Options" on page 27.

.3 Flash Clock – $\text{clk}_{\text{FLASH}}$

The Flash clock controls operation of the Flash interface. The Flash clock is usually active simultaneously with the CPU clock.

.4 Asynchronous Timer Clock – clk_{ASY}

The Asynchronous Timer clock allows the Asynchronous Timer/Counter to be clocked directly from an external clock or an external 32kHz clock crystal. The dedicated clock domain allows using this Timer/Counter as a real-time counter even when the device is in sleep mode.

.5 ADC Clock – clk_{ADC}

The ADC is provided with a dedicated clock domain. This allows halting the CPU and I/O clocks in order to reduce noise generated by digital circuitry. This gives more accurate ADC conversion results.

2 Clock Sources

The device has the following clock source options, selectable by Flash Fuse bits as shown below. The clock from the selected source is input to the AVR clock generator, and routed to the appropriate modules.

Table 9-1. Device Clocking Options Select⁽¹⁾

Device Clocking Option	CKSEL3...0
Low Power Crystal Oscillator	1111 - 1000
Full Swing Crystal Oscillator	0111 - 0110
Low Frequency Crystal Oscillator	0101 - 0100
Internal 128kHz RC Oscillator	0011
Calibrated Internal RC Oscillator	0010
External Clock	0000
Reserved	0001

Note: 1. For all fuses "1" means unprogrammed while "0" means programmed.

.1 Default Clock Source

The device is shipped with internal RC oscillator at 8.0MHz and with the fuse CKDIV8 programmed, resulting in 1.0MHz system clock. The startup time is set to maximum and time-out period enabled. (CKSEL = "0010", SUT = "10", CKDIV8 = "0"). The default setting ensures that all users can make their desired clock source setting using any available programming interface.

.2 Clock Startup Sequence

Any clock source needs a sufficient V_{CC} to start oscillating and a minimum number of oscillating cycles before it can be considered stable.

To ensure sufficient V_{CC} , the device issues an internal reset with a time-out delay (t_{TOUT}) after the device reset is released by all other reset sources. "System Control and Reset" on page 47 describes the start conditions for the internal reset. The delay (t_{TOUT}) is timed from the Watchdog Oscillator and the number of cycles in the delay is set by the SUTx and CKSELx fuse bits. The selectable delays are shown in Table 9-2. The frequency of the Watchdog Oscillator is voltage dependent as shown in "Typical Characteristics – (TA = -40°C to 85°C)" on page 317.

Table 9-2. Number of Watchdog Oscillator Cycles

Typ Time-out ($V_{CC} = 5.0V$)	Typ Time-out ($V_{CC} = 3.0V$)	Number of Cycles
0ms	0ms	0
4.1ms	4.3ms	512
65ms	69ms	8K (8,192)

Main purpose of the delay is to keep the AVR in reset until it is supplied with minimum V_{CC} . The delay will not monitor the actual voltage and it will be required to select a delay longer than the V_{CC} rise time. If this is not possible, an internal or external Brown-Out Detection circuit should be used. A BOD circuit will ensure sufficient V_{CC} before it releases the reset, and the time-out delay can be disabled. Disabling the time-out delay without utilizing a Brown-Out Detection circuit is not recommended.

The oscillator is required to oscillate for a minimum number of cycles before the clock is considered stable. An internal ripple counter monitors the oscillator output clock, and keeps the internal reset active for a given number of clock cycles. The reset is then released and the device will start to execute. The recommended oscillator start-up time is dependent on the clock type, and varies from 6 cycles for an externally applied clock to 32K cycles for a low frequency crystal.

The start-up sequence for the clock includes both the time-out delay and the start-up time when the device starts up from reset. When starting up from Power-save or Power-down mode, V_{CC} is assumed to be at a sufficient level and only the start-up time is included.

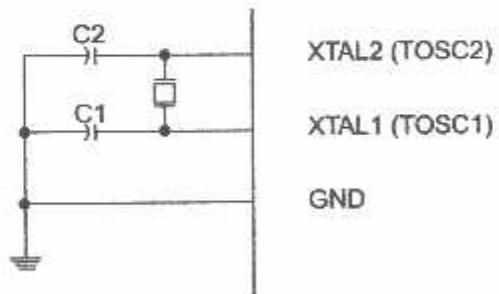
3 Low Power Crystal Oscillator

Pins XTAL1 and XTAL2 are input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an On-chip Oscillator, as shown in Figure 9-2 on page 29. Either a quartz crystal or a ceramic resonator may be used.

This Crystal Oscillator is a low power oscillator, with reduced voltage swing on the XTAL2 output. It gives the lowest power consumption, but is not capable of driving other clock inputs, and may be more susceptible to noise in noisy environments. In these cases, refer to the "Full Swing Crystal Oscillator" on page 30.

C1 and C2 should always be equal for both crystals and resonators. The optimal value of the capacitors depends on the crystal or resonator in use, the amount of stray capacitance, and the electromagnetic noise of the environment. Some initial guidelines for choosing capacitors for use with crystals are given in Table 9-3 on page 30. For ceramic resonators, the capacitor values given by the manufacturer should be used.

Figure 9-2. Crystal Oscillator Connections



The Low Power Oscillator can operate in three different modes, each optimized for a specific frequency range. The operating mode is selected by the fuses CKSEL3...1 as shown in Table 9-3 on page 30.

Table 9-3. Low Power Crystal Oscillator Operating Modes⁽¹⁾

Frequency Range (MHz)	Recommended Range for Capacitors C1 and C2 (pF)	CKSEL3...1
0.4 - 0.9	—	100 ⁽²⁾
0.9 - 3.0	12 - 22	101
3.0 - 8.0	12 - 22	110
8.0 - 16.0	12 - 22	111

- Notes:
1. This is the recommended CKSEL settings for the difference frequency ranges.
 2. This option should not be used with crystals, only with ceramic resonators.
 3. If the crystal frequency exceeds the specification of the device (depends on V_{CC}), the CKDIV8 Fuse can be programmed in order to divide the internal frequency by 8. It must be ensured that the resulting divided clock meets the frequency specification of the device.

The CKSEL0 Fuse together with the SUT1...0 Fuses select the start-up times as shown in Table 9-4.

Table 9-4. Start-up Times for the Low Power Crystal Oscillator Clock Selection

Oscillator Source / Power Conditions	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset ($V_{CC} = 5.0V$)	CKSEL0	SUT1...0
Ceramic resonator, fast rising power	258 CK	14CK + 4.1ms ⁽¹⁾	0	00
Ceramic resonator, slowly rising power	258 CK	14CK + 65ms ⁽²⁾	0	01
Ceramic resonator, BOD enabled	1K CK	14CK ⁽³⁾	0	10
Ceramic resonator, fast rising power	1K CK	14CK + 4.1ms ⁽¹⁾	0	11
Ceramic resonator, slowly rising power	1K CK	14CK + 65ms ⁽²⁾	1	00
Crystal Oscillator, BOD enabled	16K CK	14CK	1	01
Crystal Oscillator, fast rising power	16K CK	14CK + 4.1ms	1	10
Crystal Oscillator, slowly rising power	16K CK	14CK + 65ms	1	11

- Notes:
1. These options should only be used when not operating close to the maximum frequency of the device, and only if frequency stability at start-up is not important for the application. These options are not suitable for crystals.
 2. These options are intended for use with ceramic resonators and will ensure frequency stability at start-up. They can also be used with crystals when not operating close to the maximum frequency of the device, and if frequency stability at start-up is not important for the application.

Full Swing Crystal Oscillator

Pins XTAL1 and XTAL2 are input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an On-chip Oscillator, as shown in Figure 9-2 on page 29. Either a quartz crystal or a ceramic resonator may be used.

This Crystal Oscillator is a full swing oscillator, with rail-to-rail swing on the XTAL2 output. This is useful for driving other clock inputs and in noisy environments. The current consumption is higher than the "Low Power Crystal Oscillator" on page 29. Note that the Full Swing Crystal Oscillator will only operate for $V_{CC} = 2.7 - 5.5$ volts.

C1 and C2 should always be equal for both crystals and resonators. The optimal value of the capacitors depends on the crystal or resonator in use, the amount of stray capacitance, and the electromagnetic noise of the environment. Some initial guidelines for choosing capacitors for use with crystals are given in Table 9-6 on page 31. For ceramic resonators, the capacitor values given by the manufacturer should be used.

The operating mode is selected by the fuses CKSEL3...1 as shown in Table 9-5.

Table 9-5. Full Swing Crystal Oscillator operating modes

Frequency Range (MHz)	Recommended Range for Capacitors C1 and C2 (pF)	CKSEL3...1
0.4 - 20	12 - 22	011

Notes: 1. If the crystal frequency exceeds the specification of the device (depends on V_{CC}), the CKDIV8 Fuse can be programmed in order to divide the internal frequency by 8. It must be ensured that the resulting divided clock meets the frequency specification of the device.

Figure 9-3. Crystal Oscillator Connections

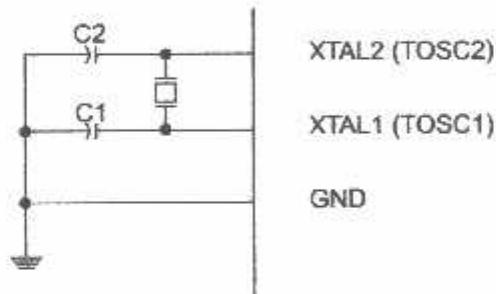


Table 9-6. Start-up Times for the Full Swing Crystal Oscillator Clock Selection

Oscillator Source / Power Conditions	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset ($V_{CC} = 5.0V$)	CKSEL0	SUT1..0
Ceramic resonator, fast rising power	258 CK	14CK + 4.1ms ⁽¹⁾	0	00
Ceramic resonator, slowly rising power	258 CK	14CK + 65ms ⁽¹⁾	0	01
Ceramic resonator, BOD enabled	1K CK	14CK ⁽²⁾	0	10
Ceramic resonator, fast rising power	1K CK	14CK + 4.1ms ⁽²⁾	0	11
Ceramic resonator, slowly rising power	1K CK	14CK + 65ms ⁽²⁾	1	00

Table 9-6. Start-up Times for the Full Swing Crystal Oscillator Clock Selection (Continued)

Oscillator Source / Power Conditions	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset ($V_{CC} = 5.0V$)	CKSEL0	SUT1..0
Crystal Oscillator, BOD enabled	16K CK	14CK	1	01
Crystal Oscillator, fast rising power	16K CK	14CK + 4.1ms	1	10
Crystal Oscillator, slowly rising power	16K CK	14CK + 65ms	1	11

- Notes:
1. These options should only be used when not operating close to the maximum frequency of the device, and only if frequency stability at start-up is not important for the application. These options are not suitable for crystals.
 2. These options are intended for use with ceramic resonators and will ensure frequency stability at start-up. They can also be used with crystals when not operating close to the maximum frequency of the device, and if frequency stability at start-up is not important for the application.

Low Frequency Crystal Oscillator

The Low-frequency Crystal Oscillator is optimized for use with a 32.768kHz watch crystal. When selecting crystals, load capacitance and crystal's Equivalent Series Resistance, ESR must be taken into consideration. Both values are specified by the crystal vendor. ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P oscillator is optimized for very low power consumption, and thus when selecting crystals, see Table for maximum ESR recommendations on 6.5pF, 9.0pF and 12.5pF crystals

Table 9-7. Maximum ESR Recommendation for 32.768kHz Crystal

Crystal CL [pF]	Max ESR [kΩ]
6.5	75
9.0	65
12.5	30

Note: 1. Maximum ESR is typical value based on characterization

The Low-frequency Crystal Oscillator provides an internal load capacitance, see Table 9-8 at each TOSC pin.

Table 9-8. Capacitance for Low-frequency Oscillator

Device	32kHz Osc. Type	Cap(Xtal1/Tosc1)	Cap(Xtal2/Tosc2)
ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P	System Osc.	18pF	8pF
	Timer Osc.	18pF	8pF

The capacitance ($C_e + C_i$) needed at each TOSC pin can be calculated by using:

$$C = 2 \cdot CL - C_s$$

where:

- C_e - is optional external capacitors as described in Figure 9-2 on page 29
- C_i - is the pin capacitance in Table 9-8
- CL - is the load capacitance for a 32.768kHz crystal specified by the crystal vendor
- C_s - is the total stray capacitance for one TOSC pin.

Crystals specifying load capacitance (CL) higher than 6 pF, require external capacitors applied as described in Figure 9-2 on page 29.

The Low-frequency Crystal Oscillator must be selected by setting the CKSEL Fuses to "0110" or "0111", as shown in Table 9-10 on page 33. Start-up times are determined by the SUT Fuses as shown in Table 9-9.

Table 9-9. Start-up Times for the Low-frequency Crystal Oscillator Clock Selection

SUT1..0	Additional Delay from Reset ($V_{CC} = 5.0V$)	Recommended Usage
00	4 CK	Fast rising power or BOD enabled
01	4 CK + 4.1ms	Slowly rising power
10	4 CK + 65ms	Stable frequency at start-up
11	Reserved	

Table 9-10. Start-up Times for the Low-frequency Crystal Oscillator Clock Selection

CKSEL3..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Recommended Usage
0100 ⁽¹⁾	1K CK	
0101	32K CK	Stable frequency at start-up

Note: 1. This option should only be used if frequency stability at start-up is not important for the application

Calibrated Internal RC Oscillator

By default, the Internal RC Oscillator provides an approximate 8.0MHz clock. Though voltage and temperature dependent, this clock can be very accurately calibrated by the user. See Table 29-9 on page 304 for more details. The device is shipped with the CKDIV8 Fuse programmed. See "System Clock Prescaler" on page 36 for more details.

This clock may be selected as the system clock by programming the CKSEL Fuses as shown in Table 9-11. If selected, it will operate with no external components. During reset, hardware loads the pre-programmed calibration value into the OSCCAL Register and thereby automatically calibrates the RC Oscillator. The accuracy of this calibration is shown as Factory calibration in Table 29-9 on page 304.

By changing the OSCCAL register from SW, see "OSCCAL – Oscillator Calibration Register" on page 37, it is possible to get a higher calibration accuracy than by using the factory calibration. The accuracy of this calibration is shown as User calibration in Table 29-9 on page 304.

When this Oscillator is used as the chip clock, the Watchdog Oscillator will still be used for the Watchdog Timer and for the Reset Time-out. For more information on the pre-programmed calibration value, see the section "Calibration Byte" on page 284.

Table 9-11. Internal Calibrated RC Oscillator Operating Modes

Frequency Range ⁽¹⁾ (MHz)	CKSEL3..0
7.3 - 8.1	0010 ⁽¹⁾

Notes: 1. The device is shipped with this option selected.

2. If 8MHz frequency exceeds the specification of the device (depends on V_{CC}), the CKDIV8 Fuse can be programmed in order to divide the internal frequency by 8.

When this Oscillator is selected, start-up times are determined by the SUT Fuses as shown in Table 9-12.

Table 9-12. Start-up times for the internal calibrated RC Oscillator clock selection

Power Conditions	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset (V _{CC} = 5.0V)	SUT1..0
BOD enabled	6 CK	14CK ⁽¹⁾	00
Fast rising power	6 CK	14CK + 4.1ms	01
Slowly rising power	6 CK	14CK + 65ms ⁽¹⁾	10
Reserved			11

Note: 1. If the RSTDISBL fuse is programmed, this start-up time will be increased to 14CK + 4.1ms to ensure programming mode can be entered.

2. The device is shipped with this option selected.

128kHz Internal Oscillator

The 128kHz internal Oscillator is a low power Oscillator providing a clock of 128kHz. The frequency is nominal at 3V and 25°C. This clock may be select as the system clock by programming the CKSEL Fuses to "11" as shown in Table 9-13.

Table 9-13. 128kHz Internal Oscillator Operating Modes

Nominal Frequency	CKSEL3..0
128kHz	0011

Note: 1. Note that the 128kHz oscillator is a very low power clock source, and is not designed for high accuracy.

When this clock source is selected, start-up times are determined by the SUT Fuses as shown in Table 9-14.

Table 9-14. Start-up Times for the 128kHz Internal Oscillator

Power Conditions	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset	SUT1...0
BOD enabled	6 CK	14CK ⁽¹⁾	00
Fast rising power	6 CK	14CK + 4ms	01
Slowly rising power	6 CK	14CK + 64ms	10
	Reserved		11

Note: 1. If the RSTDISBL fuse is programmed, this start-up time will be increased to 14CK + 4.1ms to ensure programming mode can be entered.

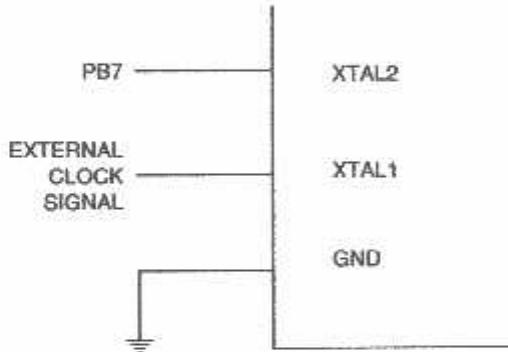
External Clock

To drive the device from an external clock source, XTAL1 should be driven as shown in Figure 9-4. To run the device on an external clock, the CKSEL Fuses must be programmed to "0000" (see Table 9-15).

Table 9-15. Crystal Oscillator Clock Frequency

Frequency	CKSEL3...0
0 - 20MHz	0000

Figure 9-4. External Clock Drive Configuration



When this clock source is selected, start-up times are determined by the SUT Fuses as shown in Table 9-16.

Table 9-16. Start-up Times for the External Clock Selection

Power Conditions	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset ($V_{CC} = 5.0V$)	SUT1...0
BOD enabled	6 CK	14CK	00
Fast rising power	6 CK	14CK + 4.1ms	01
Slowly rising power	6 CK	14CK + 65ms	10
	Reserved		11

When applying an external clock, it is required to avoid sudden changes in the applied clock frequency to ensure stable operation of the MCU. A variation in frequency of more than 2% from one clock cycle to the next can lead to unpredictable behavior. If changes of more than 2% is required, ensure that the MCU is kept in Reset during the changes.

Note that the System Clock Prescaler can be used to implement run-time changes of the internal clock frequency while still ensuring stable operation. Refer to "System Clock Prescaler" on page 36 for details.

1 Clock Output Buffer

The device can output the system clock on the CLKO pin. To enable the output, the CKOUT Fuse has to be programmed. This mode is suitable when the chip clock is used to drive other circuits on the system. The clock also will be output during reset, and the normal operation of I/O pin will be overridden when the fuse is programmed. Any clock source, including the internal RC Oscillator, can be selected when the clock is output on CLKO. If the System Clock Prescaler is used, it is the divided system clock that is output.

10 Timer/Counter Oscillator

ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P uses the same crystal oscillator for Low-frequency Oscillator and Timer/Counter Oscillator. See "Low Frequency Crystal Oscillator" on page 33 for details on the oscillator and crystal requirements.

ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P share the Timer/Counter Oscillator Pins (TOSC1 and TOSC2) with XTAL1 and XTAL2. When using the Timer/Counter Oscillator, the system clock needs to be four times the oscillator frequency. Due to this and the pin sharing, the Timer/Counter Oscillator can only be used when the Calibrated Internal RC Oscillator is selected as system clock source.

Applying an external clock source to TOSC1 can be done if EXTCLK in the ASSR Register is written to logic one. See "Asynchronous Operation of Timer/Counter2" on page 151 for further description on selecting external clock as input instead of a 32.768kHz watch crystal.

1 System Clock Prescaler

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P has a system clock prescaler, and the system clock can be divided by setting the "CLKPR - Clock Prescale Register" on page 377. This feature can be used to decrease the system clock frequency and the power consumption when the requirement for processing power is low. This can be used with all clock source options, and it will affect the clock frequency of the CPU and all synchronous peripherals. clk_{IO} , clk_{ADC} , clk_{CPU} , and $\text{clk}_{\text{FLASH}}$ are divided by a factor as shown in Table 29-11 on page 305.

When switching between prescaler settings, the System Clock Prescaler ensures that no glitches occurs in the clock system. It also ensures that no intermediate frequency is higher than neither the clock frequency corresponding to the previous setting, nor the clock frequency corresponding to the new setting. The ripple counter that implements the prescaler runs at the frequency of the undivided clock, which may be faster than the CPU's clock frequency. Hence, it is not possible to determine the state of the prescaler - even if it were readable, and the exact time it takes to switch from one clock division to the other cannot be exactly predicted. From the time the CLKPS values are written, it takes between $T_1 + T_2$ and $T_1 + 2 \cdot T_2$ before the new clock frequency is active. In this interval, 2 active clock edges are produced. Here, T_1 is the previous clock period, and T_2 is the period corresponding to the new prescaler setting.

To avoid unintentional changes of clock frequency, a special write procedure must be followed to change the CLKPS bits:

1. Write the Clock Prescaler Change Enable (CLKPCE) bit to one and all other bits in CLKPR to zero.
2. Within four cycles, write the desired value to CLKPS while writing a zero to CLKPCE.

Interrupts must be disabled when changing prescaler setting to make sure the write procedure is not interrupted.

2 Register Description

2.1 OSCCAL – Oscillator Calibration Register

Bit (0x66)	7	6	5	4	3	2	1	0	OSCCAL
ReadWrite	R/W								
Initial Value									Device Specific Calibration Value

- Bits 7:0 – CAL[7:0]: Oscillator Calibration Value

The Oscillator Calibration Register is used to trim the Calibrated Internal RC Oscillator to remove process variations from the oscillator frequency. A pre-programmed calibration value is automatically written to this register during chip reset, giving the Factory calibrated frequency as specified in Table 29-9 on page 304. The application software can write this register to change the oscillator frequency. The oscillator can be calibrated to frequencies as specified in Table 29-9 on page 304. Calibration outside that range is not guaranteed.

Note that this oscillator is used to time EEPROM and Flash write accesses, and these write times will be affected accordingly. If the EEPROM or Flash are written, do not calibrate to more than 8.8MHz. Otherwise, the EEPROM or Flash write may fail.

The CAL7 bit determines the range of operation for the oscillator. Setting this bit to 0 gives the lowest frequency range, setting this bit to 1 gives the highest frequency range. The two frequency ranges are overlapping, in other words a setting of OSCCAL = 0x7F gives a higher frequency than OSCCAL = 0x80.

The CAL6...0 bits are used to tune the frequency within the selected range. A setting of 0x00 gives the lowest frequency in that range, and a setting of 0x7F gives the highest frequency in the range.

2.2 CLKPR – Clock Prescale Register

Bit (0x61)	7	6	5	4	3	2	1	0	CLKPR
ReadWrite	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0					See Bit Description

- Bit 7 – CLKPCE: Clock Prescaler Change Enable

The CLKPCE bit must be written to logic one to enable change of the CLKPS bits. The CLKPCE bit is only updated when the other bits in CLKPR are simultaneously written to zero. CLKPCE is cleared by hardware four cycles after it is written or when CLKPS bits are written. Rewriting the CLKPCE bit within this time-out period does neither extend the time-out period, nor clear the CLKPCE bit.

- Bits 3:0 – CLKPS[3:0]: Clock Prescaler Select Bits 3 - 0

These bits define the division factor between the selected clock source and the internal system clock. These bits can be written run-time to vary the clock frequency to suit the application requirements. As the divider divides the master clock input to the MCU, the speed of all synchronous peripherals is reduced when a division factor is used. The division factors are given in Table 9-17 on page 38.

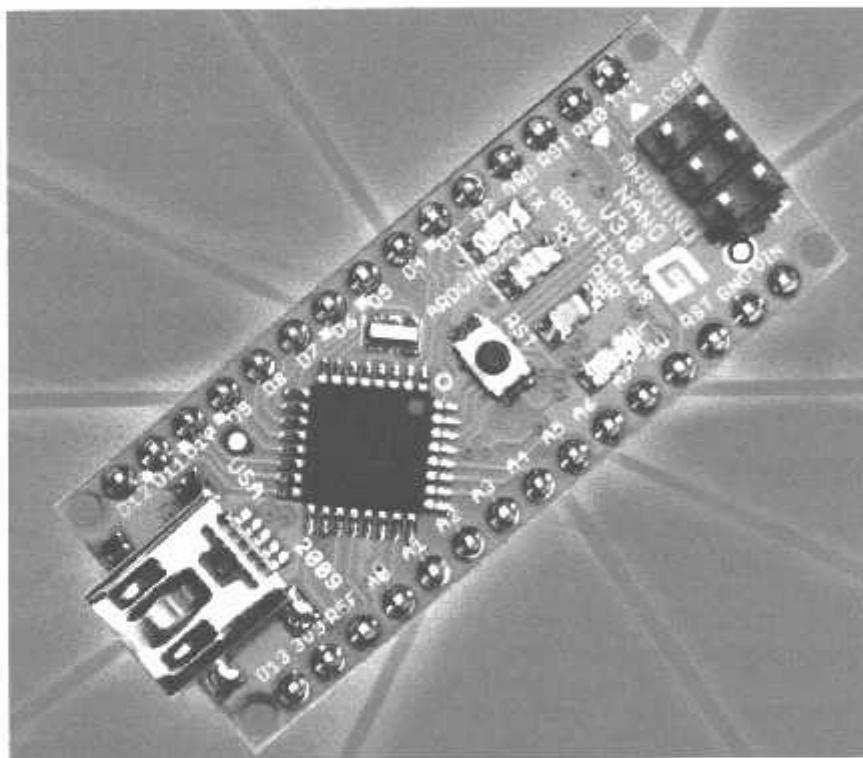
The CKDIV8 Fuse determines the initial value of the CLKPS bits. If CKDIV8 is unprogrammed, the CLKPS bits will be reset to "0000". If CKDIV8 is programmed, CLKPS bits are reset to "0011", giving a division factor of 8 at start up. This feature should be used if the selected clock source has a higher frequency than the maximum frequency of the device at the present operating conditions. Note that any value can be written to the CLKPS bits regardless of the CKDIV8 Fuse setting. The Application software must ensure that a sufficient division factor is chosen if the selected clock source has a higher frequency than the maximum frequency of the device at the present operating conditions. The device is shipped with the CKDIV8 Fuse programmed.

Table 9-17. Clock Prescaler Select

CLKPS3	CLKPS2	CLKPS1	CLKPS0	Clock Division Factor
0	0	0	0	1
0	0	0	1	2
0	0	1	0	4
0	0	1	1	8
0	1	0	0	16
0	1	0	1	32
0	1	1	0	64
0	1	1	1	128
1	0	0	0	256
1	0	0	1	Reserved
1	0	1	0	Reserved
1	0	1	1	Reserved
1	1	0	0	Reserved
1	1	0	1	Reserved
1	1	1	0	Reserved
1	1	1	1	Reserved

Arduino Nano (V3.0)

User Manual



Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License

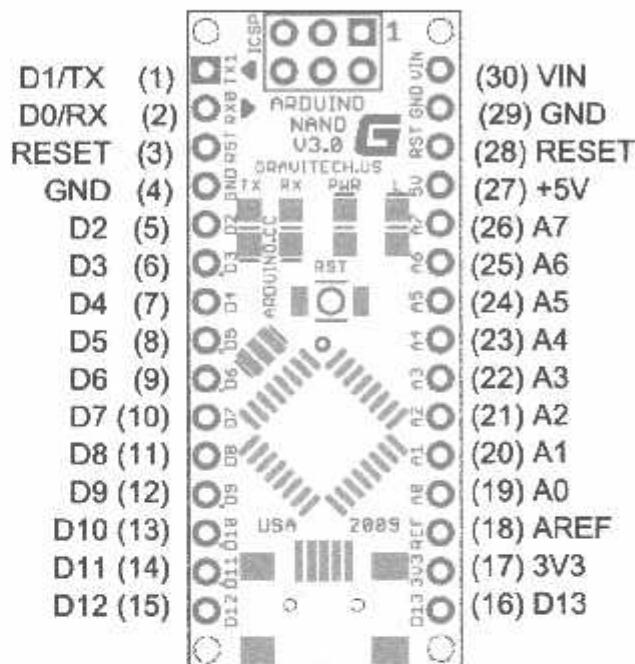
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

More information:

www.arduino.cc

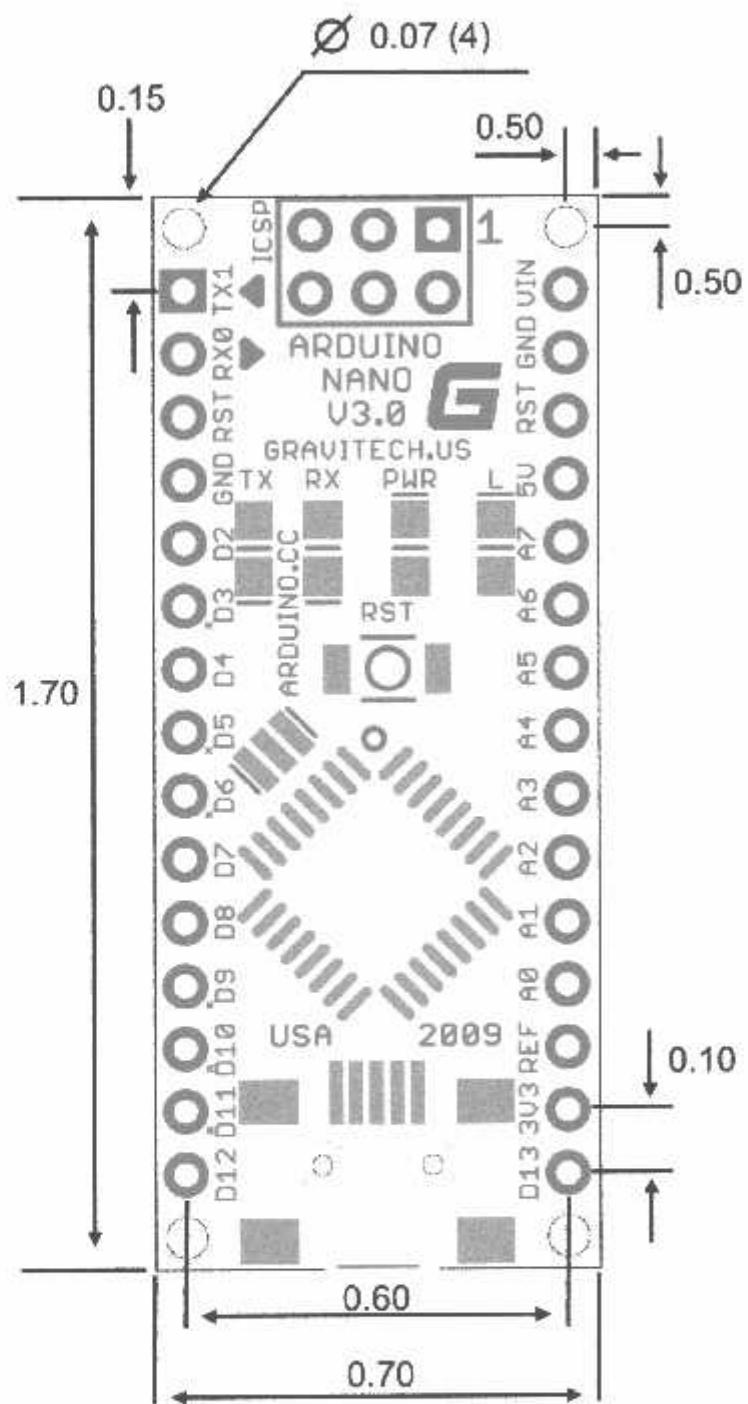
Rev 3.0

Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A0-A7	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

Arduino Nano Mechanical Drawing





ULN2001A-ULN2002A ULN2003A-ULN2004A

SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT



DIP16

ORDERING NUMBERS: ULN2001A/2A/3A/4A



SO16

ORDERING NUMBERS: ULN2001D/2D/3D/4D

DESCRIPTION

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

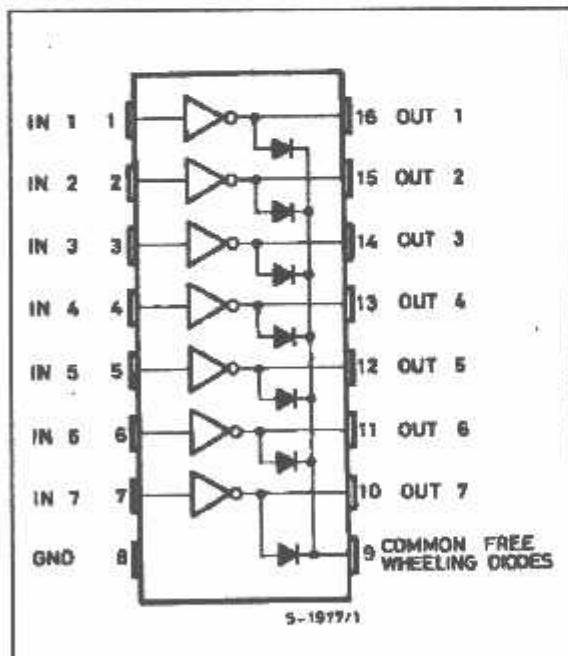
The four versions interface to all common logic families:

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6-15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal print-heads and high power buffers.

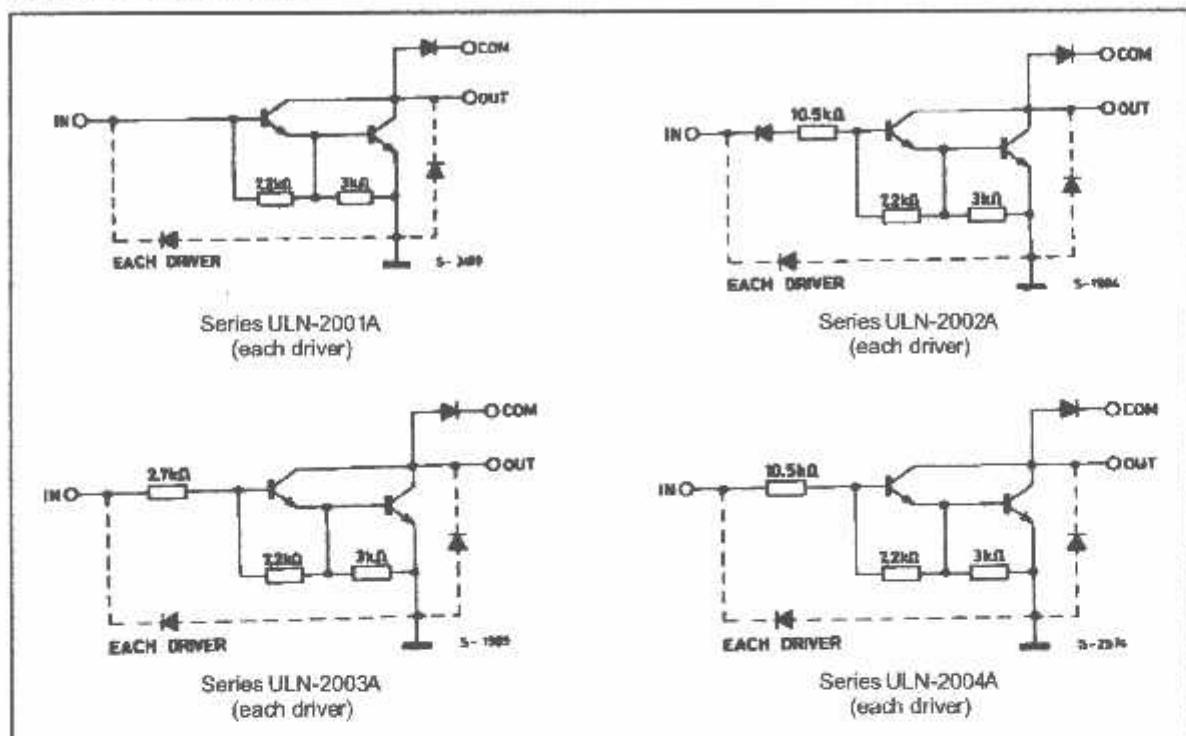
The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

PIN CONNECTION



ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_{in}	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
I_c	Continuous Collector Current	500	mA
I_b	Continuous Base Current	25	mA
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	- 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	- 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	DIP16	SO16	Unit
$R_{th,j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	70	°C/W

ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^\circ C$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	$V_{CE} = 50V$ $T_{amb} = 70^\circ C, V_{CE} = 50V$ $T_{amb} = 70^\circ C$ for ULN2002A $V_{CE} = 50V, V_i = 5V$ for ULN2004A $V_{CE} = 50V, V_i = 1V$			50 100 500 500	μA μA μA μA	1a 1a 1b 1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 100mA, I_B = 250\mu A$ $I_C = 200 mA, I_B = 350\mu A$ $I_C = 350mA, I_B = 500\mu A$		0.9 1.1 1.3	1.1 1.3 1.6	V	2 2 2
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2002A, $V_i = 17V$ for ULN2003A, $V_i = 3.85V$ for ULN2004A, $V_i = 5V$ $V_i = 12V$		0.82 0.93 0.35 1	1.25 1.35 0.5 1.45	mA	3 3 3 3
$I_{i(off)}$	Input Current	$T_{amb} = 70^\circ C, I_C = 500\mu A$	50	65		μA	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2V$ for ULN2002A $I_C = 300mA$ for ULN2003A $I_C = 200mA$ $I_C = 250mA$ $I_C = 300mA$ for ULN2004A $I_C = 125mA$ $I_C = 200mA$ $I_C = 275mA$ $I_C = 350mA$			13 2.4 2.7 3 5 6 7 8	V	5
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2001A $V_{CE} = 2V, I_C = 350mA$	1000				2
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	μs	
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	μs	
I_R	Clamp Diode Leakage Current	$V_R = 50V$ $T_{amb} = 70^\circ C, V_R = 50V$			50 100	μA μA	6 6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	$I_F = 350mA$		1.7	2	V	7

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

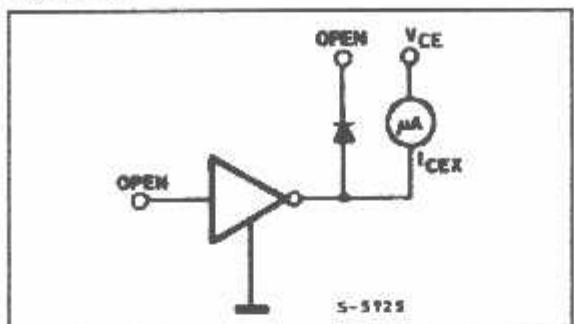


Figure 1b.

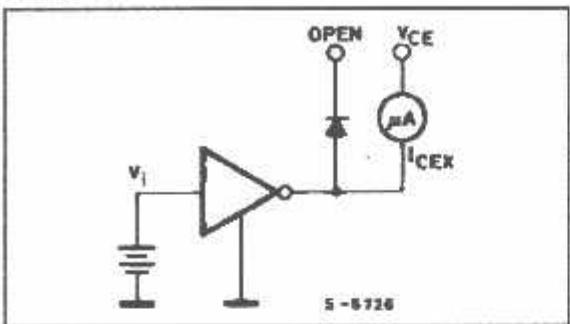


Figure 2.

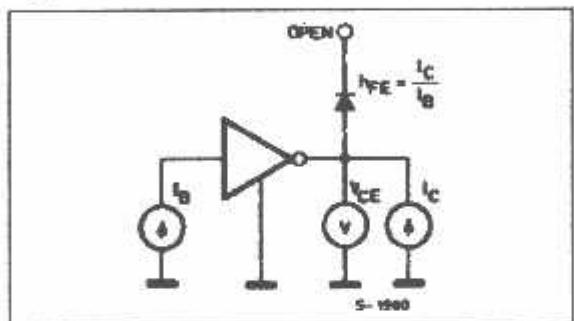


Figure 3.

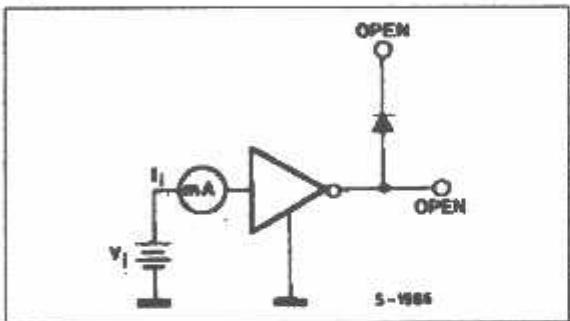


Figure 4.

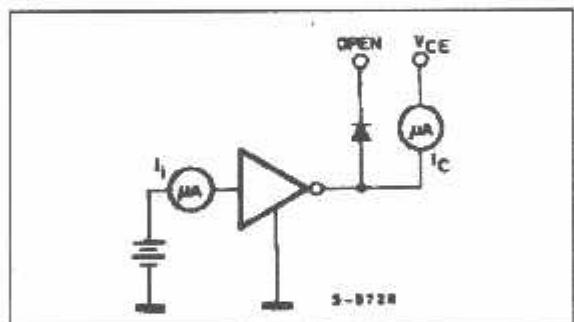


Figure 5.

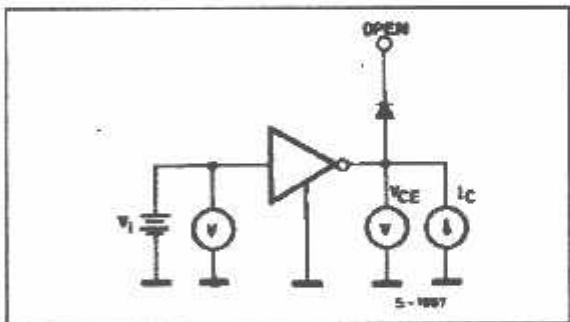


Figure 6.

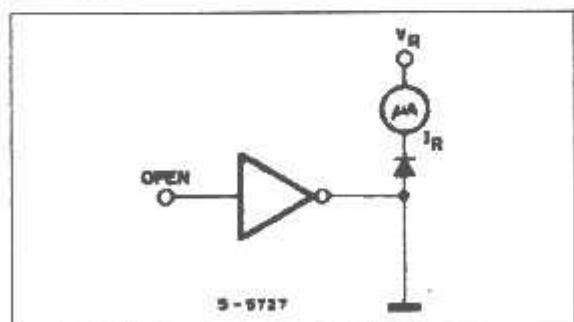
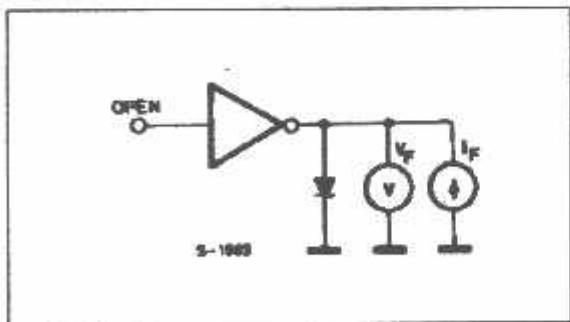


Figure 7.



ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

Figure 8: Collector Current versus Input Current

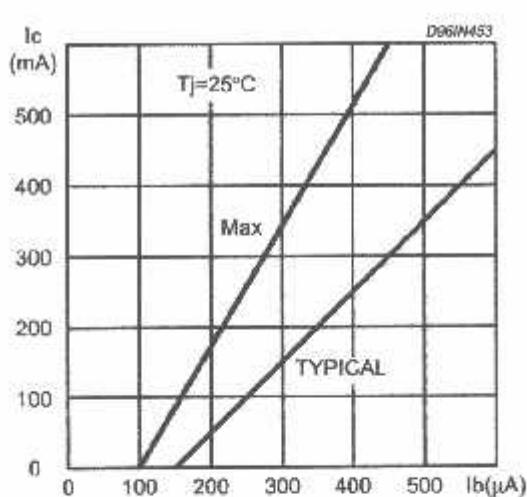


Figure 9: Collector Current versus Saturation Voltage

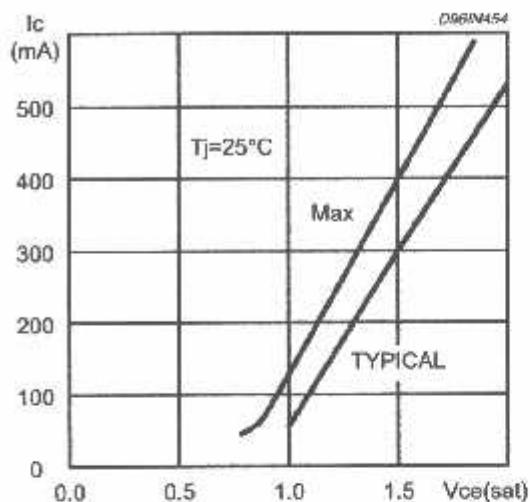


Figure 10: Peak Collector Current versus Duty Cycle

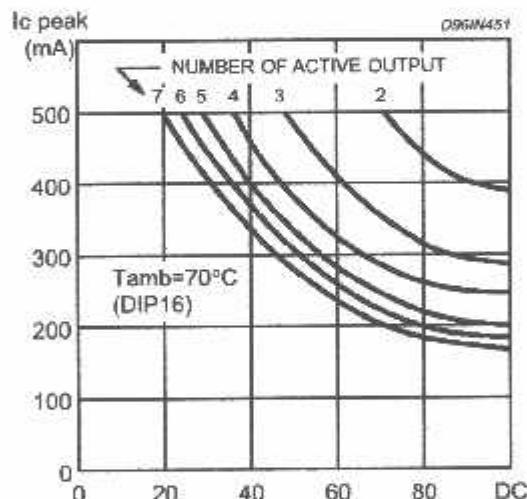
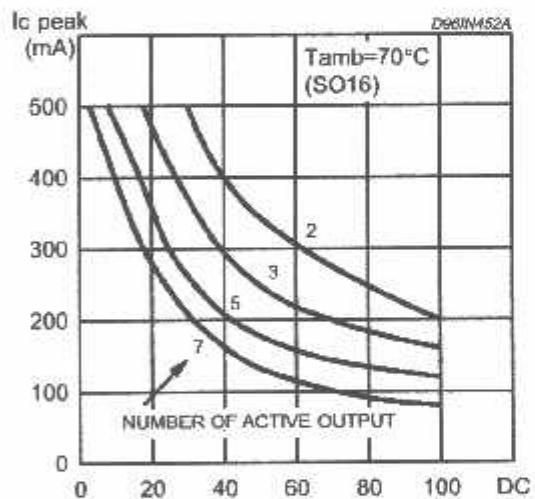


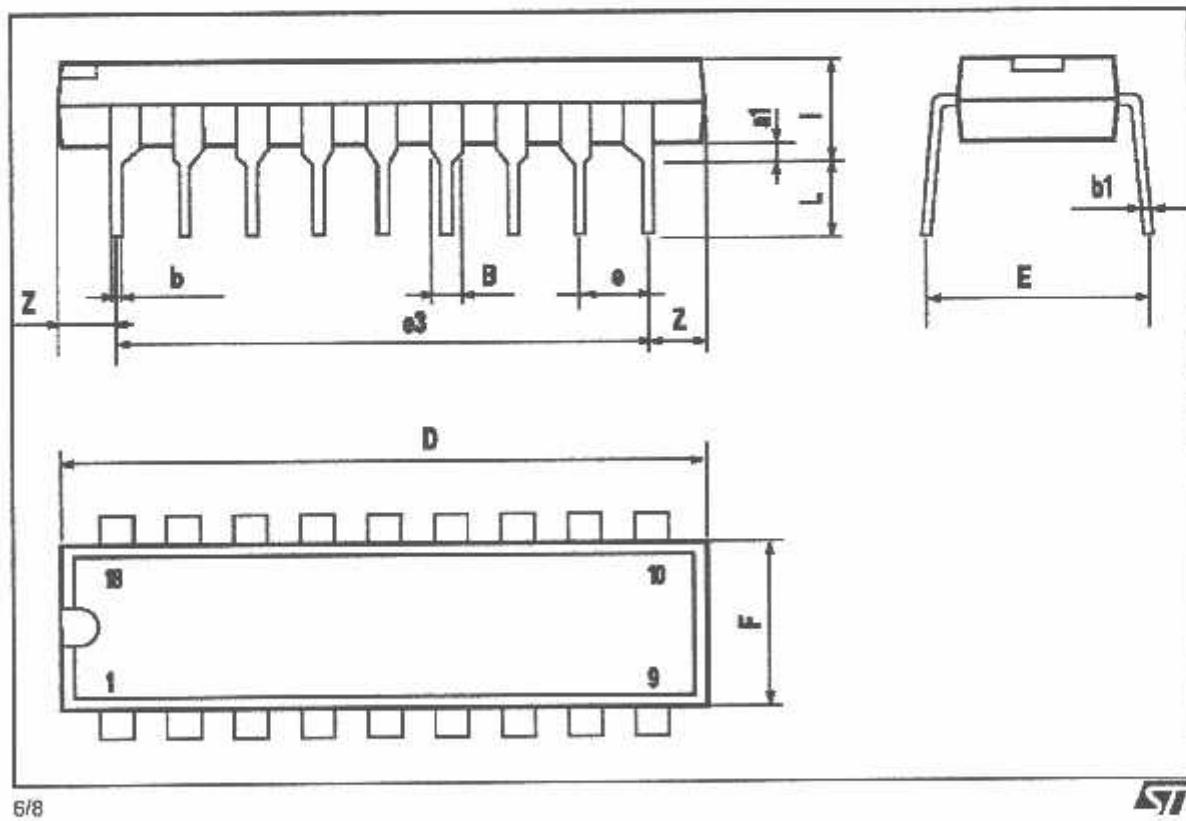
Figure 11: Peak Collector Current versus Duty Cycle



ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

DIP16 PACKAGE MECHANICAL DATA

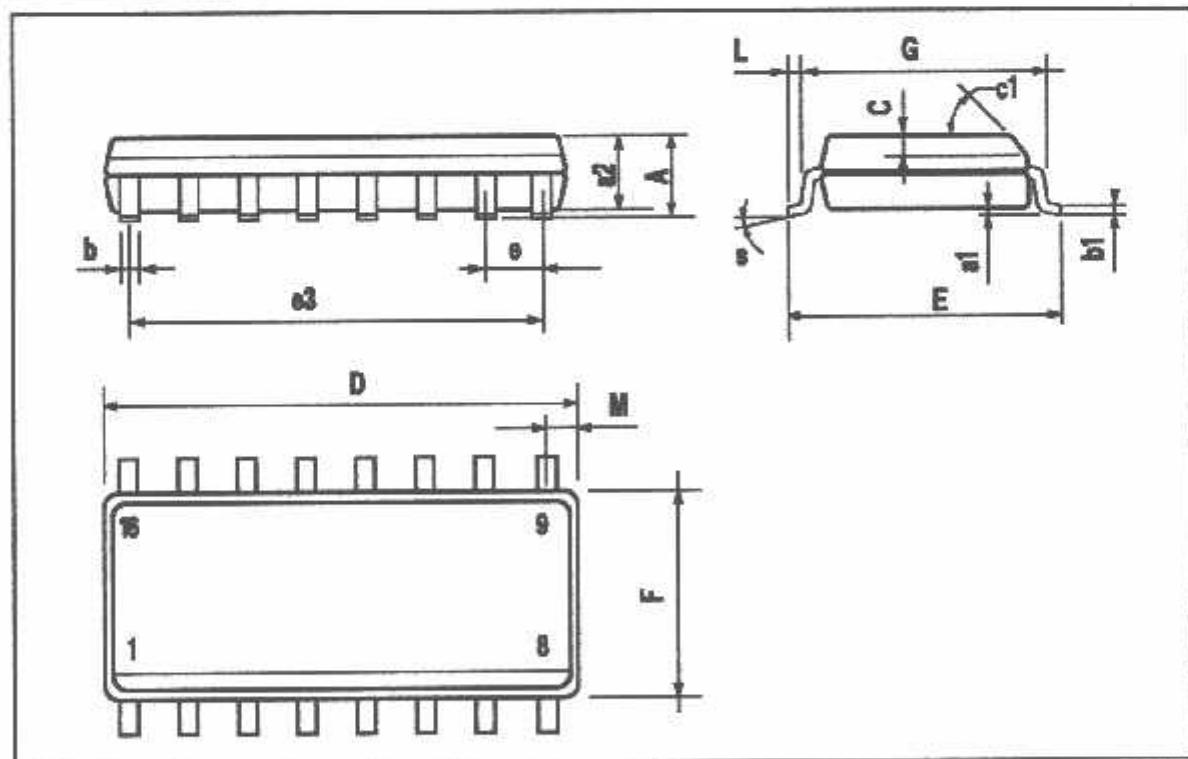
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
I			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050



ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

SO16 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.009
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1		45 (typ.)				
D	9.8		10	0.386		0.394
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F	3.8		4.0	0.150		0.157
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.62			0.024
S		8 (max.)				



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

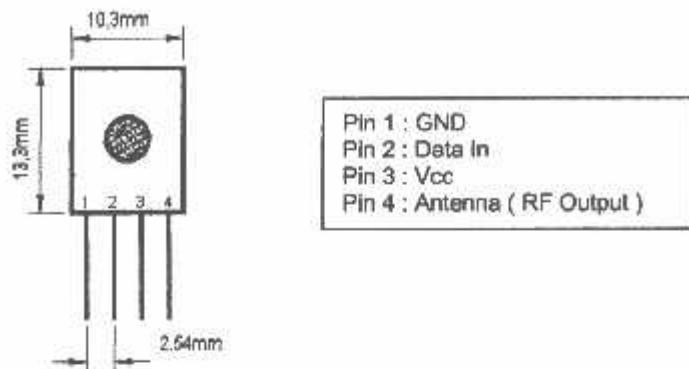
The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics
© 1998 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Mexico - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.



TRANSMITTER Ultra Small RT434A

- Modulation ASK
- Operating Voltage : 2 - 12V

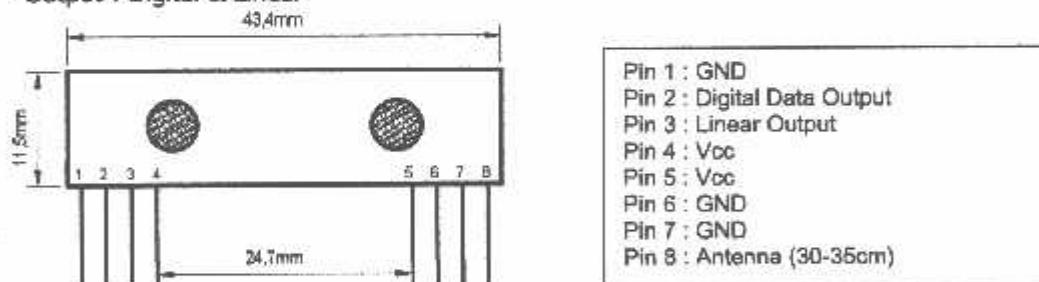


Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating Supply Voltage		2.0	-	12.0	V
Icc	Peak Current		1,64 (2V)	-	19,4 (12V)	mA
Vh	Input High Voltage	Idata=100µA High	Vcc - 0,5	Vcc	Vcc + 0,5	V
VL	Input Low Voltage	Idata=0µA Low	-	-	0,3	V
Fo	Absolute frequency		433,22	433,92	434,62	MHz
	Relative to 433,92MHz			± 150	± 200	KHz
Po	RF output Power- 50Ohm	Vcc = 9-12V	-	14		dBm
		Vcc = 5-6V	-	16		dBm
Dr	Data Rate		512	4.800	200.000	Bps / Baud

Notes: Case temperature = 25°C ±2°C, test load impedance = 50 Ohm

RECEIVER SAW Based RR434A

- Modulation ASK
- Supply Voltage : 3,3 - 6 Vdc
- Output : Digital & Linear



Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating Supply Voltage		3,3	5	6	V
Icc	Operating Current		-	4,5		mA
Vdata	Data out	Idata=200µA H / 10µA L	0,3 L		Vcc - 0,5 H	V
Fc	Operating Radio Frequency			433,92		MHz
Pref	Sensitivity			-110		dBm
	Channel width			500		KHz
ton	Receiver turn on time			5		ms
Top	Operating Temperature		- 20		80	°C
Dr	Baseboard Data Rate			4800		KHz

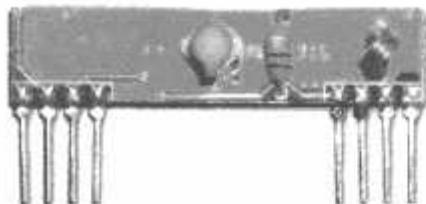
Notes: Case temperature = -20 - 80°C, test load impedance = 50 Ohm

© rompel electronic Berlin <http://www.tec-shop.de>

DATA SHEET

Receiver Module : RX433 (433.92 MHz)

*Frequency Range: 433.92 MHZ
 *Modulate Mode: ASK
 *Circuit Shape: LC
 *Date Rate: 4800 bps
 *Selectivity: -106 dB
 *Channel Spacing: 1MHZ
 *Supply Voltage: 5V
 * High Sensitivity Passive Design.
 *Simple To Apply with Low External Count.



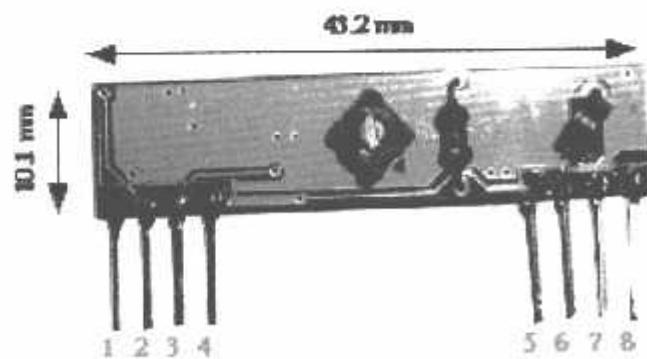
DC Characteristics :

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Vcc	Operating Supply Voltage		4.9	5	5.1	
ITot	Operating Supply Voltage			4.5		
V Data	Data Out	1 Data = +200 uA (High)	Vcc -0.5	Vcc		V
		1 Data = -10 uA (Low)			0.3	V

Electrical Characteristics :

Characteristics	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Unit
Operating Radio Frequency	FC	433.72	433.92	434.12	MHZ
Sensitivity	Pref.			-106	dBm
Channel Width		-500		+ 500	KHZ
Noise Equivalent BW	NEB		5	4	KHZ
Baseboard Data Rate				3	KB/S
Receiver Turn On Time				3	ms

Application Note:



pin 1 : Gnd
 pin 2 : Digital Output
 pin 3 : Linear Output
 pin 4 : Vcc
 pin 5 : Vcc
 pin 6 : Gnd
 pin 7 : Gnd
 pin 8 : ANT (About 30 - 35 cm)

Modulation : AM
 Supply Voltage : 5v dc