

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Mikrokontroler ATmega16**

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu chip. Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa port masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fiturnya. Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya Arithmetic and Logical Unit (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu serta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam chip yang sama dengan prosesornya (*in chip*).

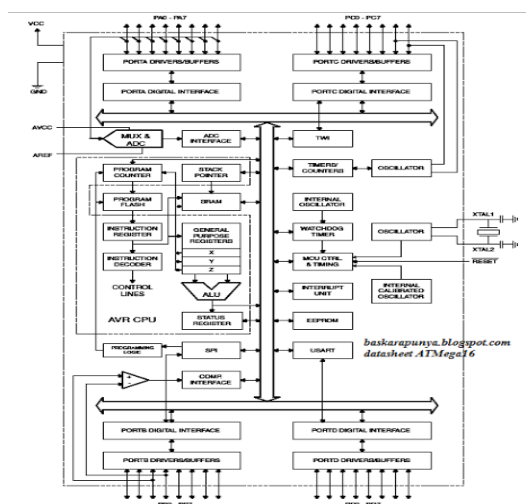
##### **2.1.1 Arsitektur ATmega16**

Mikrokontroler ATmega 16 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan unjuk kerja dan paralelisme. Instruksi - instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil (*pre – fetched*) dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi – instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus *clock*. 32 x 8 bit *register* serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada *Aritmetic Logic Unit* (ALU) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. Enam dari *register* serba guna dapat digunakan sebagai tiga buah *register pointer*

16 bit pada mode pengalamatan tak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data. (Ulfah Mediaty, 2011).

Secara garis besar mikrokontroler ATmega16 terdiri dari :

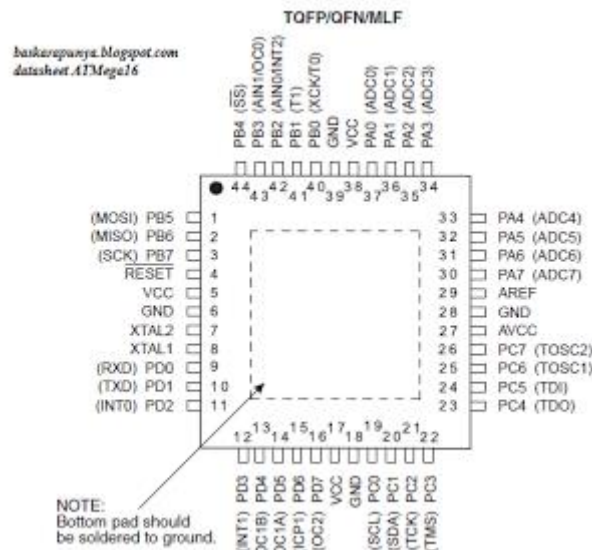
1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal
6. Port antarmuka SPI dan Port USART sebagai komunikasi serial
7. Fitur Peripheral :
  - a. Dua buah 8-bit timer/counter dengan prescaler terpisah dan mode compare
  - b. Satu buah 16-bit timer/counter dengan prescaler terpisah, mode compare, dan mode capture
  - c. Real time counter dengan osilator tersendiri
  - d. Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog
  - e. 8 kanal, 10 bit ADC
  - f. Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - g. Watchdog timer dengan osilator internal



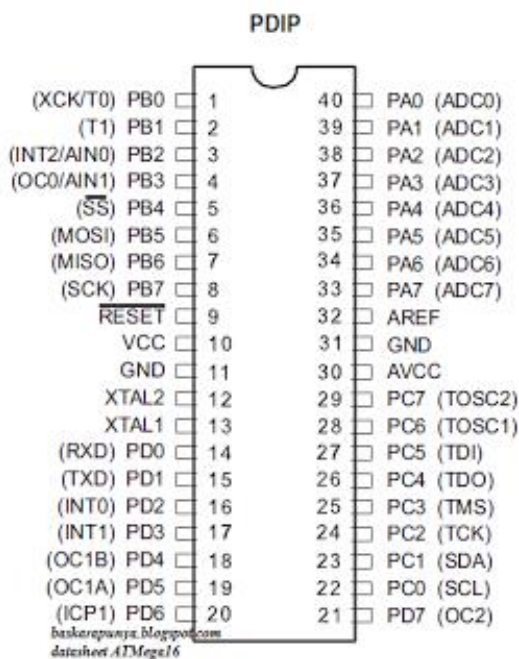
Gambar 2.1 Blok diagram ATmega16

### 2.1.2 Konfigurasi Pin ATmega16

Dari gambar 2.2 dan gambar 2.3 tersebut dapat terlihat ATmega16 memiliki 8 Pin untuk masing-masing Port A, Port B, Port C, dan Port D.



Gambar2.2 Konfigurasi PIN ATmega16 SMD



Gambar 2.3 Konfigurasi PIN ATmega16 PDIP

### 2.1.3 Deskripsi Mikrokontroler ATmega16

a. VCC (Power Supply) dan GND(Ground)

b. Port A (PA7..PA0)

Port A berfungsi sebagai input analog pada konverter A/D. Port A juga sebagai suatu port I/O 8-bit dua arah, jika A/D konverter tidak digunakan. Pin - pin Port dapat menyediakan resistor internal pull-up (yang dipilih untuk masing-masing bit). Port A output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Ketika pin PA0 ke PA7 digunakan sebagai input dan secara eksternal ditarik rendah, pin-pin akan memungkinkan arus sumber jika resistor internal pull-up diaktifkan. Port A adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

c. Port B (PB7..PB0)

Pin B adalah suatu pin I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal pull-up (yang dipilih untuk beberapa bit). Pin B output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, Pin B yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor pull-up diaktifkan. Pin B adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

d. Port C (PC7..PC0)

Pin C adalah suatu pin I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal pull-up (yang dipilih untuk beberapa bit). Pin C output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin C yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor pull-up diaktifkan. pin C adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

e. Port D (PD7..PD0)

Pin D adalah suatu pin I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal pull-up (yang dipilih untuk beberapa bit). Pin D output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin D yang secara eksternal ditarik rendah akan arus

sumber jika resistor pull-up diaktifkan. Pin D adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

- f. RESET (Reset input)
- g. XTAL1 (Input Oscillator)
- h. XTAL2 (Output Oscillator)
- i. AVCC adalah pin penyedia tegangan untuk Port A dan Konverter A/D.
- j. AREF adalah pin referensi analog untuk konverter A/D.

#### **2.1.4 Peta Memori ATmega16**

Memori Program Arsitektur ATmega16 mempunyai dua memori utama, yaitu memori data dan memori program. Selain itu, ATmega16 memiliki memori EEPROM untuk menyimpan data. ATmega16 memiliki 16K byte On-chip In-System Reprogrammable Flash Memory untuk menyimpan program. Instruksi ATmega16 semuanya memiliki format 16 atau 32 bit, maka memori flash diatur dalam 8K x 16 bit. Memori flash dibagi kedalam dua bagian, yaitu bagian program boot dan aplikasi. Bootloader adalah program kecil yang bekerja pada saat sistem dimulai yang dapat memasukkan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor.

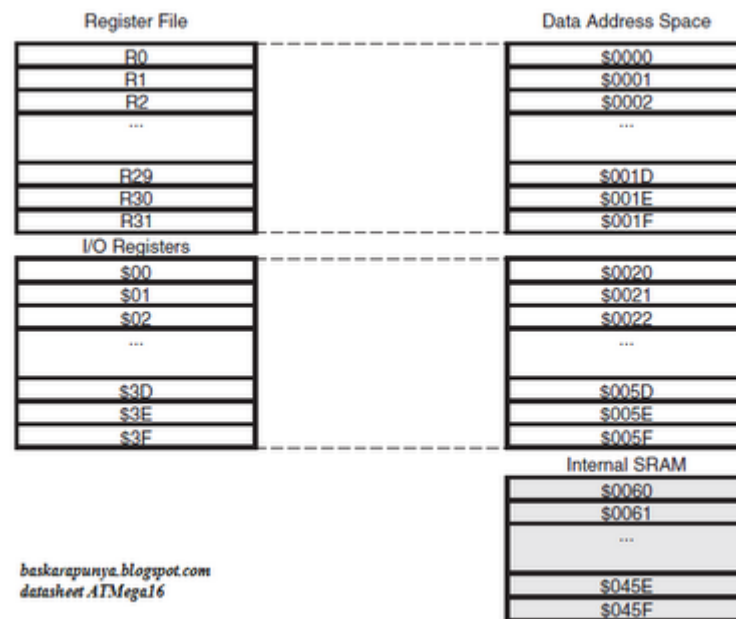
##### **a. Memori Data EEPROM**

ATmega16 terdiri dari 512 byte memori data EEPROM 8 bit, data dapat ditulis/dibaca dari memori ini, ketika catu daya dimatikan, data terakhir yang ditulis pada memori EEPROM masih tersimpan pada memori ini, atau dengan kata lain memori EEPROM bersifat nonvolatile. Alamat EEPROM mulai dari \$000 sampai \$1FF.

##### **b. Memori Data (SRAM)**

Memori data AVR ATmega16 terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 register umum, 64 buah register I/O dan 1 Kbyte SRAM internal. General purpose register menempati alamat data terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sedangkan memori I/O menempati 64 alamat berikutnya mulai dari \$20 hingga \$5F. Memori I/O merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap

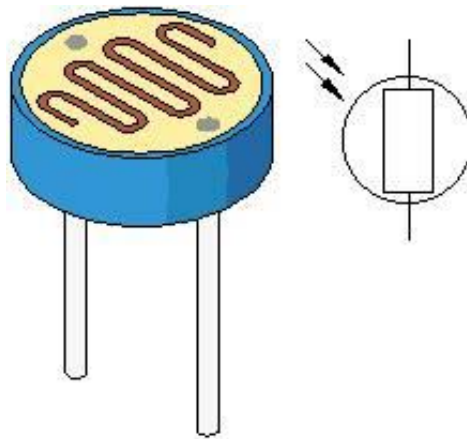
berbagai fitur mikrokontroler seperti kontrol register, timer/counter, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. 1024 alamat berikutnya mulai dari \$60 hingga \$45F digunakan untuk SRAM internal. Gambar 2.4 berikut merupakan peta memori data ATmega16.



Gambar 2.4 Peta Memori Data ATmega16

## 2.2 LDR (Light Dependent Resistor)

Sensor Cahaya LDR (Light Dependent Resistor) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada Sensor Cahaya LDR (Light Dependent Resistor) tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. LDR sering disebut dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang peka terhadap cahaya. Biasanya LDR terbuat dari cadmium sulfida yaitu merupakan bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah menurut banyaknya cahaya (sinar) yang mengenainya. Resistansi LDR pada tempat yang gelap biasanya mencapai sekitar 10 M $\Omega$ , dan ditempat terang LDR mempunyai resistansi yang turun menjadi sekitar 150  $\Omega$ . Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa. Simbol LDR dapat dilihat seperti pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Simbol Dan Fisik Sensor Cahaya LDR

### 2.2.1 Prinsip Kerja Sensor LDR

Resistansi Sensor Cahaya LDR akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada disekitarnya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar  $10\text{M}\Omega$  dan dalam keadaan terang sebesar  $1\text{K}\Omega$  atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti kadmium sulfida. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan.

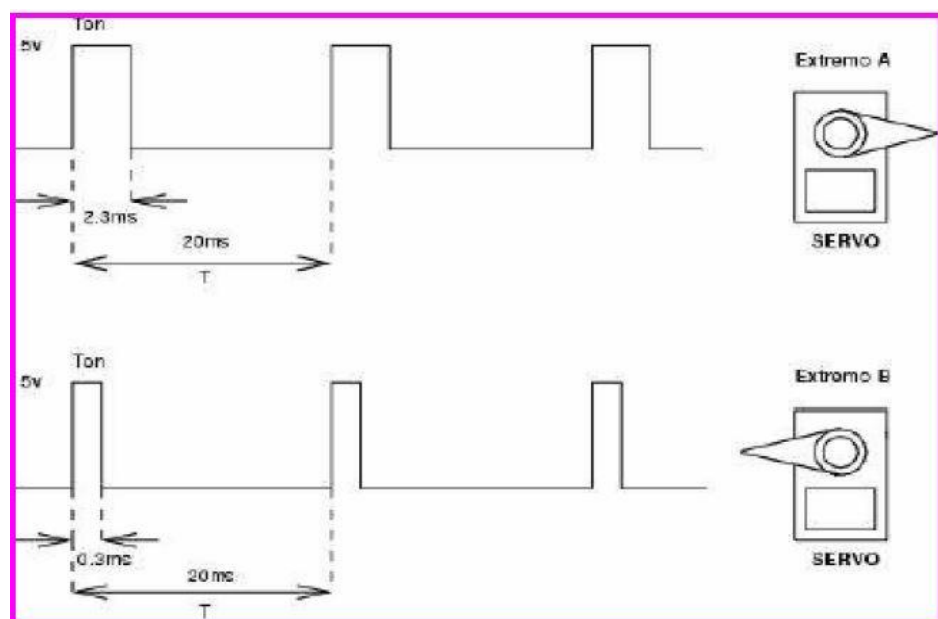
## 2.3 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan di informasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.

### 2.3.1 Pensinyalan Motor Servo

Motor servo akan bekerja dengan apabila pada bagian pin kontrolnya diberi sinyal PWN dengan frekuensi 50Hz. Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50Hz tersebut dicapai pada kondisi *Ton duty cycle* 1,5ms, maka rotor dari motor

akan berhenti tepat ditengah (sudut  $0^\circ$  / netral). Pada saat *ton duty cycle* dari sinyal yang diberi kurang dari 1,5 ms, maka rotor akan berputar ke arah kiri dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya *ton duty cycle*, dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya jika *ton duty cycle* diberi sinyal lebih dari 1,5 ms, maka rotor akan berputar ke arah kanan dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya *ton duty cycle*, dan bertahan di posisi tersebut. Berikut pada gambar 2.6 dapat dilihat pensinyalan motor servo.



Gambar2.6 Pensinyalan Motor Servo

### 2.3.2 Jenis Motor Servo

#### a. Motor Servo Standar $180^\circ$

Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai  $90^\circ$  sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah  $180^\circ$ .

#### b. Motor Servo Continuous

Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu).



### 2.3.3 Pulsa Kontrol Motor Servo

Operasional motor servo dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar  $\pm 20$  ms, dimana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum. Apabila motor servo diberikan pulsa dengan besar 1.5 ms mencapai gerakan  $90^\circ$ , maka bila kita berikan pulsa kurang dari 1.5 ms maka posisi mendekati  $0^\circ$  dan bila kita berikan pulsa lebih dari 1.5 ms maka posisi mendekati  $180^\circ$ .

### 2.3.4 Pulsa Kendali Motor Servo

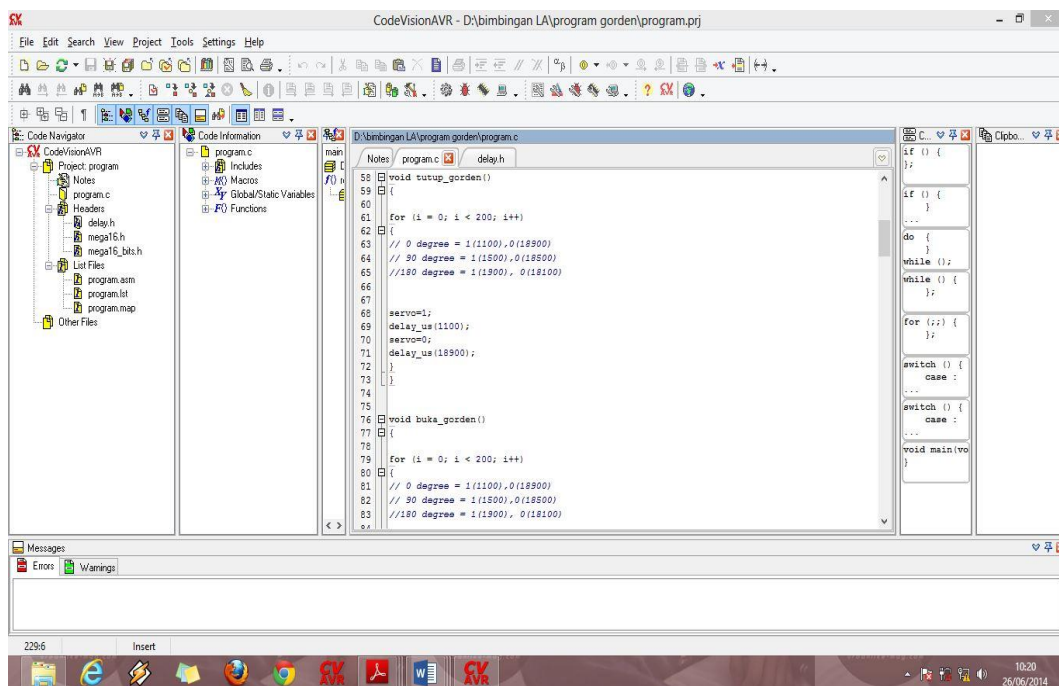
Motor Servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50 Hz. Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi Ton duty cycle 1.5 ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut  $0^\circ$ / netral). Pada saat Ton duty cycle dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar ke berlawanan arah jarum jam (Counter Clock wise, CCW) dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya Ton duty cycle, dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya, jika Ton duty cycle dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar searah jarum jam (Clock Wise, CW) dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya Ton duty cycle, dan bertahan diposisi tersebut.

## 2.4 Code Vision AVR

*CodeVisionAVR* pada dasarnya merupakan perangkat lunak pemrograman mikrokontroler keluarga AVR berbasis bahasa C. Ada tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam perangkat lunak ini: *Compiler C*, IDE dan program *generator*. *CodeVisionAVR* dilengkapi dengan *source code editor*, *compiler*, *linker* dan dapat memanggil Atmel AVR studio dengan debugger nya (Andrianto, 2013).

Pada AVR terdapat code wizard yang sangat membantu dalam proses inisialisasi register dalam mikrokontroller dan untuk membentuk fungsi-fungsi interrupt. Pada code wizard untuk membuat inisialisasi cukup dengan meng-*click* atau memberi tanda *check* sesuai *property* dari desaiik yang dikehendaki setelah itu register yang ter inisialisasi dapat dilihat melalui *program preview* atau melalui

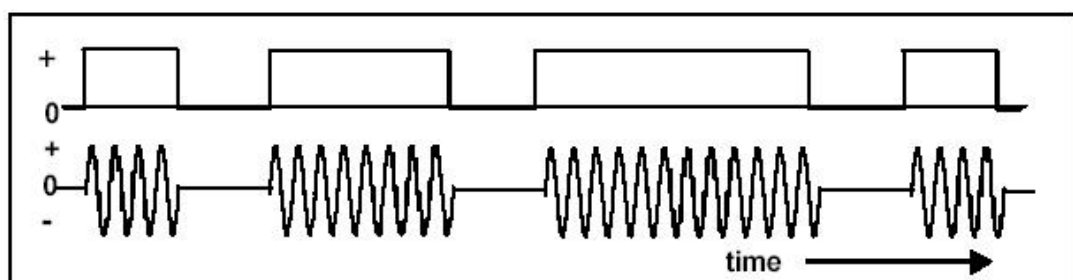
*generate and save*. Dengan menggunakan pemrograman bahasa-C diharapkan waktu disain (*deleloping time*) akan menjadi lebih singkat. Setelah program dalam bahasa-C ditulis dan dilakukan kompilasi tidak terdapat kesalahan (*error*) maka proses *download* dapat dilakukan. Mikrokontroller AVR mendukung sistem *download* secara ISP (*In-System Programming*). Gambar 2.7 berikut merupakan tampilan dari code vision AVR.



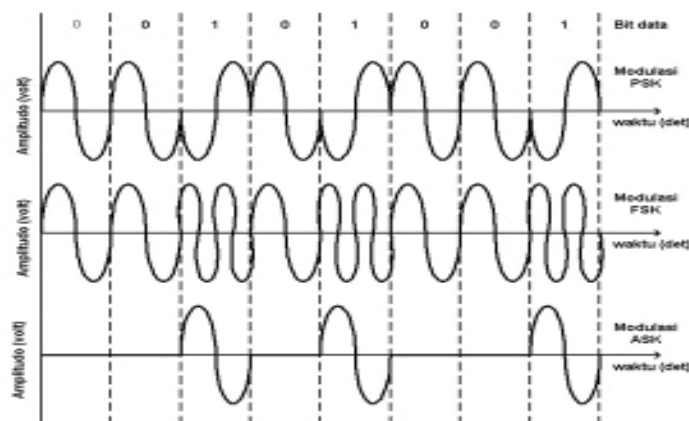
Gambar 2.7 Tampilan CodeVision AVR

## 2.5 Amplitudo Shift Keying

Suatu teknik mendapatkan bit digital untuk data yang menggunakan amplitudo sebagai sinyal pembawanya. Berikut gambar 2.8 adalah bentuk sinyal ASK.



Gambar 2.8 Sinyal ASK



Gambar 2.9 Modulasi ASK

Gambar 2.9 diatas merupakan bentuk modulasi ASK. Amplitude Shift Keying (ASK) adalah modulasi yang menyatakan sinyal digital 1 sebagai suatu nilai tegangan tertentu (misalnya 1 Volt) dan sinyal digital 0 sebagai sinyal digital dengan tegangan 0 Volt. Sinyal ini yang kemudian digunakan untuk menyalakan-matikan pemancar, kira-kira mirip sinyal morse. Mekanisme kerja ASK adalah apabila sinyal data mempunyai perbedaan dengan sinyal pembawa maka bit digital adalah 1 dan apabila sinyal data sama dengan sinyal pembawa maka bit digital adalah 0.

### 2.5.1 Pemancar

Pemancar (*transmitter*) adalah sebuah alat yang dapat memancarkan sinyal atau gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tertentu. Dalam suatu pemancar terdapat dua buah sinyal/gelombang yang berbeda.

Gelombang pertama adalah gelombang pembawa (*carrier*), yang kedua adalah gelombang pemodulasi yang mempunyai frekuensi lebih rendah dari pada gelombang pembawa.

Modul pemancar dan penerima menggunakan modulasi digital. Salah satu contoh sistem komunikasi digital yang biasanya digunakan untuk memodulasi sinyal informasi ASK (*Amplitude Shift Keying*). ASK (*Amplitude Shift Keying*) adalah suatu modulasi di mana logika 1 diwakili dengan adanya sinyal dan logika 0 diwakili dengan adanya kondisi tanpa sinyal (Eko Syamsudin, dkk., **TESLA**, Volume. 10, Nomor 1, Maret 2008 ).

Hasil ASK (*Amplitude Shift Keying*) diwakili oleh perbedaan amplitudo pada carrier. Dimana satu amplitudo adalah *zero*, ini menunjukkan kehadiran dan ketidakhadiran pada carrier yang digunakan. Sifat dari ASK antara lain:

1. Rentan untuk pergantian *gain* tiba-tiba
2. Tidak efisien
3. Sampai dengan 1200bps pada voice grade line
4. Digunakan pada *fiber optic*.

Modulasi ini merupakan suatu bentuk modulasi amplitudo dimana *carrier*-nya dimodulasi oleh sederetan pulsa digital. Modulasi ini terjadi diantara dua level amplitudo yang dilakukan dengan *menswitching carrier* on dan off, sehingga metode ini dikenal pula dengan nama OOK (*On Off Keying*).

Bentuk gelombang pemodulasi pada sistem komunikasi digital adalah sederetan *pulse* atau *square*. ASK adalah suatu bentuk modulasi amplitudo dimana *carrier* dimodulasi oleh sederetan pulsa. Modulasi ini terjadi antara dua level amplitudo atau lebih dan biasanya dengan melakukan *switching carrier* ON dan OFF, hal ini dikenal dengan ON-OFF ASK atau *ON-OFF Keying* (OOK). Output dari modulator ketika data dalam keadaan 0 adalah OFF atau tidak ada *output*.

### 2.5.2 Penerima

Penerima (*receiver*) adalah sebuah rangkaian yang dapat menerima gelombang yang mempunyai frekuensi yang sama dengan frekuensi yang dimilikinya. Penerima ini digunakan untuk menerima gelombang yang dipancarkan oleh pemancar. Pada gelombang RF yang telah diterima oleh penerima terdapat sinyal asli atau sinyal pemodulasi dari pembawa termodulasi dan nantinya akan digunakan sebagai nilai masukan pada mikrokontroler.

Demodulator ASK digunakan untuk mendemodulasi sinyal ASK yang berasal dari modulator agar diperoleh kembali sinyal informasi yang diinginkan. Pada penerima sinyal–sinyal ASK akan didemodulasi, dan dilakukan oleh rangkaian detektor, dimana frekuensi *carrier* akan dihilangkan dan menghasilkan *output* sesuai dengan data biner yang dikirim (Eko Syamsudin, dkk., **TESLA**, Volume. 10, Nomor 1, Maret 2008 ).

Sinyal tersebut harus memiliki frekuensi dan fasa yang sama dengan *carrier* semula, yang mana akan digunakan sebagai referensi oleh *detector* sehingga dapat dideferensiasikan dua keadaan yang dikirim oleh pengirim dimana perkalian sinyal *carrier* membuat pergeseran spektrum sinyal pemodulasi  $m(t)$  ke frekuensi *carrier*  $f_c$ .

## 2.6 Flowchart

Flowchart adalah penggambaran secara grafik dari langkah-langkah dan urutan-urutan prosedur dari suatu program. Flowchart menolong analis dan programmer untuk memecahkan masalah kedalam segmen-segmen yang lebih kecil dan menolong dalam menganalisis alternatif-alternatif lain dalam pengoperasian.

Di bawah ini adalah bagian-bagian dari flowchart yaitu :

### 1. Sistem Flowchart

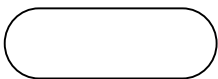
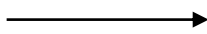
Sistem Flowchart adalah bagan yang memperlihatkan urutan prosedur dan proses dari beberapa file di dalam media tertentu, serta menggambarkan file yang dipakai sebagai input ataupun output.

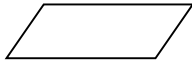
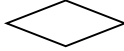
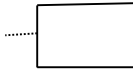
### 2. Program Flowchart

Program flowchart adalah bagan yang memperlihatkan urutan dan hubungan-hubungan proses dalam suatu program.

Beberapa symbol Flowchart yang sering digunakan untuk membuat diagram alur program adalah seperti tabel 2.1 (M. Proboyekti, 2008)

**Tabel 2.1** Bagian-Bagian Flowchart

| BAGIAN                                                                              | NAMA        | FUNGSI                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------|
|  | TERMINATOR  | Awal atau akhir program           |
|  | FLOW        | Arah aliran program               |
|  | PREPARATION | Inisialisasi/pemberian nilai awal |
|  | PROCES      | Proses/pengolahan data            |

|                                                                                    |                    |                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------|
|   | INPUT/OUTPUT DATA  | Input/output data                                            |
|   | SUB PROGRAM        | Sub program                                                  |
|   | DECISION           | Seleksi atau kondisi                                         |
|   | ON PAGE CONNECTOR  | Penghubung bagian-bagian flowchart pada halaman yang sama    |
|   | OFF PAGE CONNECTOR | Penghubung bagian-bagian flowchart pada halaman yang berbeda |
|  | COMMENT            | Tempat komentar tentang suatu proses                         |

## 2.7 Pengertian Arus Listrik AC dan DC

Arus listrik bolak-balik atau AC (Alternating Current) adalah arus listrik yang nilainya berubah terhadap satuan waktu. Arus ini dapat pula disebut dengan arus bolak-balik. Listrik arus bolak-balik dihasilkan oleh sumber pembangkit tegangan listrik yang terdapat pada pusat-pusat pembangkit tenaga listrik.

Arus listrik searah atau DC (Direct Current) adalah arus listrik yang nilainya tetap atau konstan terhadap satuan waktu. Arus ini dapat pula disebut dengan arus searah. Contoh sumber listrik arus searah adalah baterai dan akumulator (accu). Perbedaan antara arus listrik searah DC dengan arus listrik bolak-balik AC antara lain:

Arus Listrik Searah (DC) :

1. Hanya memiliki 1  $\Phi$  (fasa)
2. Tidak ada istilah beda  $\Phi$  (fasa)
3. Tidak memiliki frekuensi
4. Hanya ada 1 daya yaitu Daya Aktif (Watt)

Arus Listrik Bolak-Balik (AC) :

1. Memiliki lebih dari satu  $\Phi$  (fasa) – biasanya R, S, T

2. Memiliki beda  $\Phi$  (fasa)
3. Memiliki frekuensi
4. Ada 3 jenis daya yaitu Daya Aktif (Watt), Daya Reaktif (VAR), Daya Semu (VA)

Ciri khusus listrik AC (alternating current) adalah memiliki frekuensi 50Hz, yang biasanya besar tegangannya dalam kisaran 110-240 volt. Sebagai contohnya dapat kita lihat pada listrik PLN, dinamo, atau generator AC. Listrik AC juga dapat ditandai dengan adanya 3 kabel, yaitu phase dan netral, serta ground. Sedangkan ciri-ciri listrik DC (direct current) dapat dilihat dari adanya kutub positif dan kutub negatif, yang kalau dihubungkan kedalam rangkaian tertutup menggunakan beban maka akan menghasilkan beda potensial. Contoh sumber listrik DC adalah batu baterai, akumulator.

## 2.8 Analog To Digital Converter

ATMega16 merupakan tipe yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan resolusi 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC dapat dikonfigurasi, baik *single ended* input maupun *differential* input. Selain itu, ADC ATMega16 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau (*noise*) yang amat fleksibel sehingga dapat dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri. ADC pada ATMega16 memiliki fitur-fitur antara lain :

1. Resolusi mencapai 10-bit
2. Akurasi mencapai  $\pm 2$  LSB
3. Waktu konversi 13-260 $\mu$ s
4. 8 saluran ADC dapat digunakan secara bergantian
5. Jangkauan tegangan input ADC bernilai dari 0 hingga VCC
6. Disediakan 2,56V tegangan referensi internal ADC
7. Mode konversi kontinyu atau mode konversi tunggal
8. Interupsi ADC complete
9. *Sleep Mode Noise canceler*

Proses inisialisasi ADC meliputi proses penentuan *clock*, tegangan referensi, format data keluaran, dan modus pembacaan. Register-register yang perlu diatur adalah sebagai berikut:

1. ADC Control and Status Register A – ADCSRA

Berikut gambar 2.10 adalah ADC control and status register A-ADCSRA

|               |      |      |       |      |      |       |       |       |        |
|---------------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| Bit           | 7    | 6    | 5     | 4    | 3    | 2     | 1     | 0     |        |
|               | ADEN | ADSC | ADATE | ADIF | ADIE | ADPS2 | ADPS1 | ADPS0 | ADCSRA |
| Read/Write    | R/W  | R/W  | R/W   | R/W  | R/W  | R/W   | R/W   | R/W   |        |
| Initial Value | 0    | 0    | 0     | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     |        |

Gambar 2.10 ADC Control and Status Register A – ADCSRA

- ADEN : 1 = adc *enable*, 0 = adc *disable*
- ADCS : 1 = mulai konversi, 0 = konversi belum terjadi
- ADATE : 1 = *auto trigger* diaktifkan, *trigger* berasal dari sinyal yang dipilih (set pada *trigger* SFIOR bit ADTS). ADC akan start konversi pada edge positif sinyal *trigger*.
- ADIF : Diset ke 1, jika konversi ADC selesai dan data register ter-*update*. Namun ADC *Conversion Complete Interrupt* dieksekusi jika bit ADIE dan bit-I dalam register SREG diset.
- ADIE : Diset 1, jika bit-I dalam register SREG di-set.
- ADPS[0..2] : Bit pengatur *clock* ADC, faktor pembagi 0 ... 7 = 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128.

Berikut tabel 2.2 merupakan konfigurasi *clock* ADC.

**Tabel 2.2** Konfigurasi Clock ADC

| ADPS2 | ADPS1 | ADPS0 | Division Factor |
|-------|-------|-------|-----------------|
| 0     | 0     | 0     | 2               |
| 0     | 0     | 1     | 2               |
| 0     | 1     | 0     | 4               |
| 0     | 1     | 1     | 8               |
| 1     | 0     | 0     | 16              |
| 1     | 0     | 1     | 32              |
| 1     | 1     | 0     | 64              |
| 1     | 1     | 1     | 128             |



## 2. ADC Multiplexer-ADMUX

Berikut gambar 2.11 adalah ADC *multiplexer*.

| Bit           | 7     | 6     | 5     | 4    | 3    | 2    | 1    | 0    |       |
|---------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|
|               | REFS1 | REFS0 | ADLAR | MUX4 | MUX3 | MUX2 | MUX1 | MUX0 | ADMUX |
| Read/Write    | R/W   | R/W   | R/W   | R/W  | R/W  | R/W  | R/W  | R/W  |       |
| Initial Value | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |       |

Gambar 2.11 ADC Multiplexer

- REFS 0, 1 : Pemilihan tegangan referensi ADC
- 00 : Vref = Aref
- 01 : vref = AVCC dengan eksternal capasitor pada AREF
- 10 : vref = internal 2.56 volt dengan eksternal kapasitor pada AREF
- ADLAR : Untuk setting format data hasil konversi ADC, default = 0

## 3. Special Function IO Register-SFIOR

SFIOR merupakan register 8 bit pengatur sumber picu konversi ADC, apakah dari picu eksternal atau dari picu internal, susunannya seperti yang terlihat pada gambar 2.12 berikut.

| Bit           | 7     | 6     | 5     | 4     | 3    | 2   | 1    | 0     |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|-------|-------|
|               | ADTS2 | ADTS1 | ADTS0 | ADHSM | ACME | PUD | PSR2 | PSR10 | SFIOR |
| Read/Write    | R/W   | R/W   | R/W   | R/W   | R/W  | R/W | R/W  | R/W   |       |
| Initial Value | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 0     |       |

Gambar 2.12 Register SFIOR

ADTS[0...2] : Pemilihan trigger (pengatur picu) untuk konversi ADC, bit-bit ini akan berfungsi jika bit ADATE pada register ADCSRA bernilai 1. Konfigurasi bit ADTS[0...2] dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Pemilihan Sumber Picu ADC

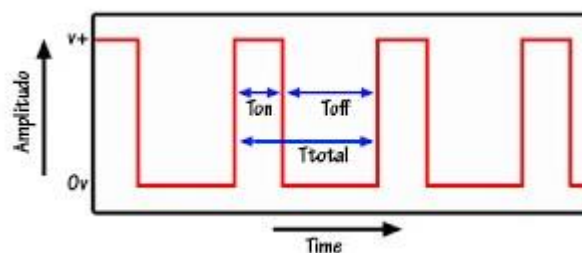
| ADTS2 | ADTS1 | ADTS0 | Trigger Source                |
|-------|-------|-------|-------------------------------|
| 0     | 0     | 0     | Free Running mode             |
| 0     | 0     | 1     | Analog Comparator             |
| 0     | 1     | 0     | External Interrupt Request 0  |
| 0     | 1     | 1     | Timer/Counter0 Compare Match  |
| 1     | 0     | 0     | Timer/Counter0 Overflow       |
| 1     | 0     | 1     | Timer/Counter Compare Match B |
| 1     | 1     | 0     | Timer/Counter1 Overflow       |
| 1     | 1     | 1     | Timer/Counter1 Capture Event  |

ADHSM : 1. ADC *high speed mode enabled*. Untuk operasi ADC, bit ACME, PUD, PSR2 dan PSR10 tidak diaktifkan.

## 2.9 PWM (Pulse Width Modulation)

### 2.8.1 Pengertian

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa Contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, audio effect dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. Berikut gambar 2.13 merupakan sinyal PWM.



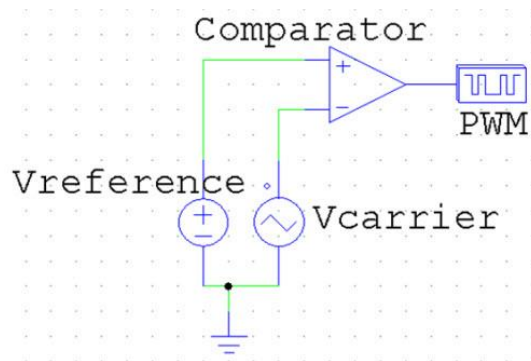
Gambar 2.13 Sinyal PWM

Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa, pengendalian kecepatan motor DC, Pengendalian Motor Servo, Pengaturan nyala terang LED.

## 2.8.2 Jenis

### 2.8.2.1 Analog

Pembangkitan sinyal PWM yang paling sederhana adalah dengan cara membandingkan sinyal gigi gergaji sebagai tegangan carrier dengan tegangan referensi menggunakan rangkaian *op-amp comparator*.

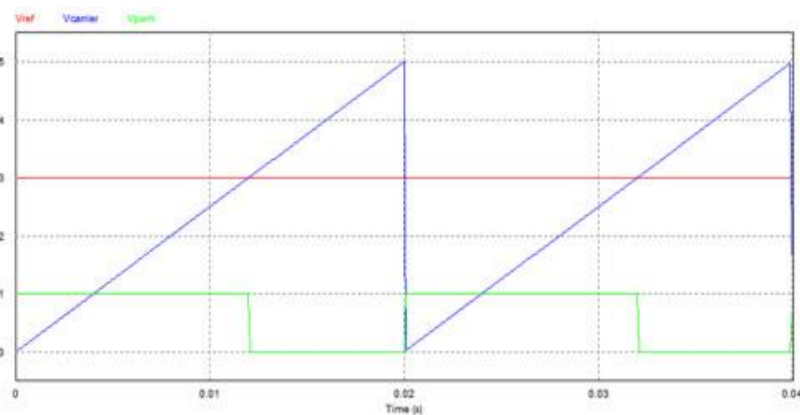


Gambar 2.14 Rangkaian PWM Analog

Cara kerja dari komparator analog ini adalah membandingkan gelombang tegangan gigi gergaji dengan tegangan referensi seperti yang terlihat pada gambar 2.15 berikut.

Gambar 2.15 Pembentukan sinyal PWM

Saat nilai tegangan referensi lebih besar dari tegangan carrier (gigi gergaji) maka output comparator akan bernilai high. Namun saat tegangan referensi bernilai lebih kecil dari tegangan carrier, maka output comparator akan bernilai low. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari komparator inilah, untuk mengubah duty cycle dari sinyal output cukup dengan mengubah-ubah besar tegangan referensi.



### **2.8.2.2 Digital**

Pada metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Misalkan PWM digital 8 bit berarti PWM tersebut memiliki resolusi  $2^8 = 256$ , maksudnya nilai keluaran PWM ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili duty cycle 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut.