

BAB II DASAR TEORI

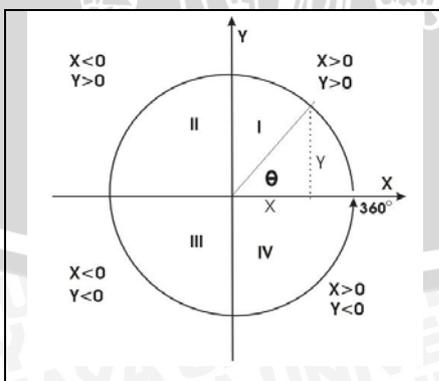
2.1 Sudut

Dasar untuk menyatakan besarnya sudut ialah lingkaran yang dibagi dalam empat bagian, yang dinamakan kuadran.

Cara seksagesimal membagi lingkaran dalam 360 bagian yang dinamakan derajat, sehingga satu kuadran ada 90 derajat. Satu derajat dibagi dalam 60 menit dan satu menit dibagi lagi menjadi 60 sekon ($1^\circ = 60' = 3600''$), namun satuan menit dan sekon tidak biasa digunakan dalam pengukuran sudut.

Cara radial menyatakan bahwa sudut pusat di dalam lingkaran yang mempunyai busur sama dengan jari-jari lingkaran adalah sebesar 1 radial. Karena keliling lingkaran ada $2\pi r$, maka satu lingkaran mempunyai sudut $\frac{2\pi r}{r} = 2\pi$ radial.

Sudut θ pada Gambar 2.1 dimulai dari sumbu X positif dan berputar searah jarum jam dapat mempunyai semua nilai antara 0° dan 360° . Dalam teorema trigonometri perbedaan tanda pada nilai x dan y dapat digunakan untuk mengidentifikasi sudut yang diukur berada di kuadran I, II, III ataukah IV. Harga θ dapat diperoleh dari rumus $\sin \theta = \frac{y}{r}$, dan nilai $\sin \theta$ pada kuadran I akan sama dengan $\cos(90^\circ - \theta)$.

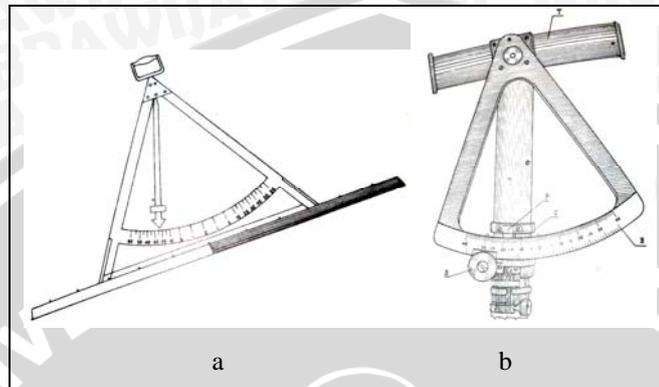


Gambar 2.1. Dasar Perhitungan Ilmu Ukur Sudut

Sumber : Soetomo, 1988 : 28

2.2 Alat Pengukur Sudut Bidang Miring

Untuk menentukan sudut kemiringan suatu bidang dapat digunakan beberapa alat ukur konvensional sederhana yang ada saat ini. Alat-alat ukur ini mengandalkan ketelitian dan kejelian indra penglihatan kita dalam penskalaan maupun pengukuran.



Gambar 2.2. Alat pengukur Sudut Konvensional

Sumber : Soetomo, 1988 : 51

Alat pengukur sudut seperti pada Gambar 2.2.a memanfaatkan gaya gravitasi bumi. Alat ini terdiri dari suatu rangkaian berbentuk segi tiga dari kayu atau dari besi. Pada salah satu titik sudutnya digantung dengan engsel suatu batang yang di bawahnya diperberat dan berbentuk anak panah. Arah jatuhnya batang ini akan sejajar dengan gaya gravitasi bumi. Ujung ini berjalan melalui suatu skala berbentuk busur lingkaran. Skala pada busur lingkaran dibuat secara empiris dan harus menunjuk besarnya sudut miring. Sedangkan alat ukur pada gambar 2.2.b bergantung pada ketepatan mata kita dalam penempatan pengukuran. Alat ini dilengkapi dengan teropong yang dapat berputar pada rangka berskala.

2.3 Pengukuran Sudut Menggunakan Sensor Percepatan

2.3.1 Percepatan

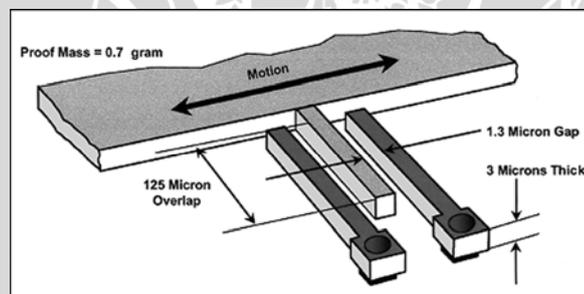
Percepatan adalah besarnya perubahan kecepatan dengan satuan meter/detik². Sensor percepatan digunakan untuk mendeteksi adanya percepatan, baik percepatan yang bersifat statis maupun dinamis. Percepatan dinamis adalah berupa getaran dan guncangan, sedangkan percepatan statis adalah percepatan gravitasi. Satuan percepatan rata-rata gravitasi bumi disimbolkan sebagai g . $G(g)$ didefinisikan $9,8 \text{ m/s}^2$ pada permukaan laut. Nilai g berubah pada tingkat ketinggian yang berbeda, namun hampir semua yang ada di bumi mengalami $1 g$,

dan akan menjadi lebih dari 1g jika dikenakan sebuah atau beberapa percepatan pada benda tersebut. Benda yang melaju dengan cepat atau jatuh dari ketinggian mengalami percepatan lebih dari 1g.

2.3.2 Sensor Percepatan

Sensor percepatan yang digunakan adalah ADXL202AE buatan Analog Device. Sensor ini dapat mendeteksi percepatan dalam 2 arah (x dan y) dan dapat mengukur percepatan dinamik maupun percepatan statis (gravitasi). Besar sudut yang berbeda terhadap arah gravitasi akan menghasilkan nilai percepatan yang berbeda pada masing-masing arah x dan y. Perbedaan nilai percepatan dari kedua arah inilah yang menjadi dasar pengukuran besarnya sudut.

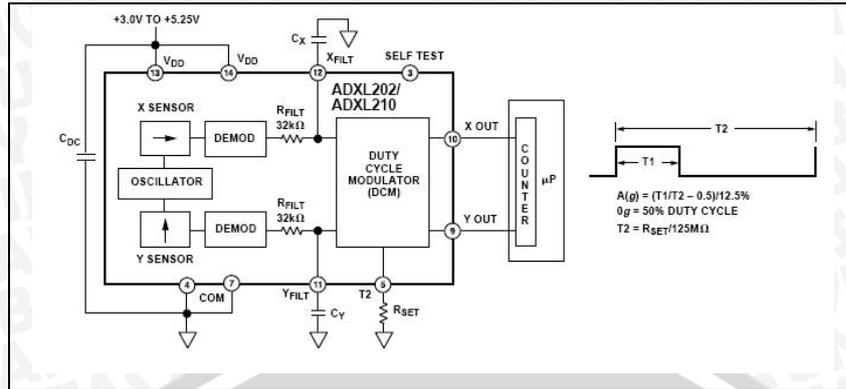
Sensor dibuat dengan standar pembuatan Ic BiMOS. Osilator (pembangkit pulsa) menggunakan prinsip kapasitor deferensial seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.3. Ada dua bagian yaitu lempeng yang bergerak dan lempeng yang diam. Pergerakan lempeng yang menyesuaikan pergerakan posisi sensor akan menyebabkan perbedaan nilai kapasitansi pada posisi yang berbeda. Perubahan nilai kapasitansi ini juga proporsional dengan nilai keluaran sensor.



Gambar 2.3 Susunan dan Ukuran Mekanik Deferensial Kapasitor ADXL 202

Sumber: *Sensor Magazine Online*

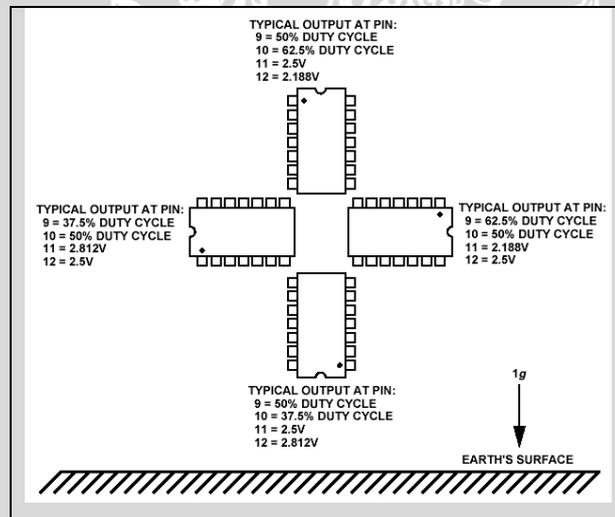
Blok diagram ADXL202 dengan pemasangan komponen luarnya ditunjukkan dalam Gambar 2.4. C_x dan C_y adalah kapasitor yang diparalel dengan resistor internal sensor membentuk sebuah filter *lowpass* yang keluarannya akan dikonversi oleh rangkaian *analog to PWM* pada sensor. Periode sinyal PWM dapat diatur mulai dari 0,5 – 10 ms melalui sebuah resistor Rset.



Gambar 2.4 Blok Diagram ADXL202

Sumber: Analog Devices ADXL 202/210 Datasheet

ADXL mengindra percepatan gravitasi bumi yang arahnya vertikal. Jika ADXL diletakkan pada bidang vertikal dan salah satu aksisnya (x atau y) tidak benar-benar segaris terhadap garis vertikal bumi maka ADXL akan membaca resultan percepatan bumi yang hasilnya tidak sama dengan 1g (lebih kecil dari 1g). Contoh posisi sensor terhadap gravitasi dengan masing-masing keluarannya (*duty cycle*) ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Nominal Respon ADXL 202 yang Dipengaruhi Gravitasi

Sumber : Analog Devices, 1999:3



Pada frekuensi 60 Hz sensor ini memiliki resolusi sebesar 5mg. Jika dalam satuan derajat akan dicapai resolusi sebesar $0,286^\circ$ pada posisi tegak lurus dengan gravitasi bumi. Resolusi berubah menjadi $0,4^\circ$ pada 45 derajat dan selanjutnya semakin berkurang. Keluaran dari sensor dalam pengujian dengan berbagai besar sudut ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Respon Keluaran x dan y Terhadap Perubahan Sudut

X AXIS ORIENTATION TO HORIZON (°)	X OUTPUT		Y OUTPUT (g)	
	X OUTPUT (g)	Δ PER DEGREE OF TILT (mg)	Y OUTPUT (g)	Δ PER DEGREE OF TILT (mg)
-90	-1.000	-0.2	0.000	17.5
-75	-0.966	4.4	0.259	16.9
-60	-0.866	8.6	0.500	15.2
-45	-0.707	12.2	0.707	12.4
-30	-0.500	15.0	0.866	8.9
-15	-0.259	16.8	0.966	4.7
0	0.000	17.5	1.000	0.2
15	0.259	16.9	0.966	-4.4
30	0.500	15.2	0.866	-8.6
45	0.707	12.4	0.707	-12.2
60	0.866	8.9	0.500	-15.0
75	0.966	4.7	0.259	-16.8
90	1.000	0.2	0.000	-17.5

Sumber : Analog Devices, 1999:11

Keluaran ADXL202 adalah data digital dengan *duty cycle* tertentu pada posisi tertentu. Pada posisi tepat tegak lurus dengan gravitasi bumi (0g) diperoleh *duty cycle* sebesar 50 %. Respon yang dihasilkan dari aksis x dan y diubah ke satuan sudut menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Pitch} &= \text{ASIN} (A_x/1 \text{ g}) \\ \text{Roll} &= \text{ASIN} (A_y/1 \text{ g}) \end{aligned}$$

Picth adalah posisi di mana aksis x lebih dekat dengan sumbu horizontal bumi. Sedangkan *roll* adalah posisi y aksis yang lebih dekat dengan horizontal bumi.

2.4 Mikrokontroler AVR

AVR merupakan mikrokontroler produksi Atmel yang menggunakan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit. AVR pertama kali diperkenalkan pada tahun 1996. AVR mengombinasikan arsitektur RISC, memori *flash* internal dan jumlah *register* yang besar (32 buah) untuk memperoleh ukuran

Logic Unit) sehingga operasi ALU dapat dilaksanakan dengan menggunakan *general purpose registers* sebagai *operand*. Dua *operand* diambil dari *register*, operasi ALU dijalankan, dan hasil operasi disimpan ke dalam *register*, semuanya dilakukan dalam satu siklus *clock*. Dalam skala operasi yang relatif besar, operasi ALU dapat dijalankan dengan lebih cepat. Semua *general purpose registers* juga dapat digunakan untuk mengakses data dari dan ke memori dengan instruksi *load* dan *store*.

Enam dari 32 *register* dapat digunakan sebagai pasangan *register* 16 bit. Pasangan *register* 16 bit dapat digunakan sebagai *register* pointer untuk pengalamatan area data sehingga memungkinkan perhitungan alamat menjadi lebih efisien. Ketiga *register* tersebut adalah *register* X (R26 dan R27), Y (R28 dan R28), dan Z (R30 dan R31).

Peta memori data AVR dapat dilihat dalam Gambar 2.7 Memori data dibagi menjadi 4 bagian. 32 alamat paling bawah (0000 – 001F) ditempati oleh *general purpose registers*. 64 alamat berikutnya (0020 – 005F) ditempati oleh *register* I/O yang mengatur piranti CPU seperti *register* kontrol, *timer/counter*, ADC, dan fungsi I/O lainnya. Alamat berikutnya digunakan oleh SRAM internal dan eksternal. Perlu dicatat, ukuran SRAM internal tidak sama untuk masing-masing tipe AVR, dan tidak semua tipe memiliki SRAM internal atau SRAM eksternal.

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

Gambar 2.7. Peta memori AVR ATmega8

Sumber : Atmel, 2002 : 16



Selama interupsi dan pemanggilan *subroutine*, alamat pada *Program Counter* (PC) disimpan pada *stack*. Pada tipe AVR yang memiliki SRAM internal atau eksternal, *stack* dialokasikan di SRAM sehingga ukuran *stack* hanya terbatas oleh total ukuran dan pemakaian SRAM. Semua program harus menginisialisasi *Stack Pointer* (SP) di dalam rutin *reset*, sebelum *subroutines* atau interupsi dieksekusi. Sedangkan tipe AVR yang tidak memiliki SRAM, alamat pada PC disimpan di *stack hardware* yang memiliki ukuran terbatas.

2.4.2 Timer/Counter

AVR memiliki beberapa jenis peripheral internal, diantaranya komparator analog, *timer/counter*, UART, *watchdog timer*, dan ADC/DAC. Peripheral yang ada dalam chip AVR tergantung tipe AVR. Peripheral yang sering digunakan adalah *timer/counter*.

Timer/counter pada AVR dibagi menjadi dua, yaitu 8 bit (Timer/Counter0) dan 16 bit (Timer/Counter1). Beberapa tipe AVR juga memiliki Timer/Counter2 yang hampir sama dengan Timer/Counter1 tetapi hanya berukuran 8 bit. *Clock timer/counter* dapat berupa *clock* internal CPU atau *clock* eksternal dari pin T0/T1. *Timer/counter* pada AVR memiliki pembagi frekuensi *clock* dari CPU (CK). Dengan menggunakan *clock* internal CPU, dapat dipilih frekuensi CK, CK/8, CK/64, CK/256, dan CK/1024.

Tabel 2.2. Pemilihan *clock timer/counter* pada AVR

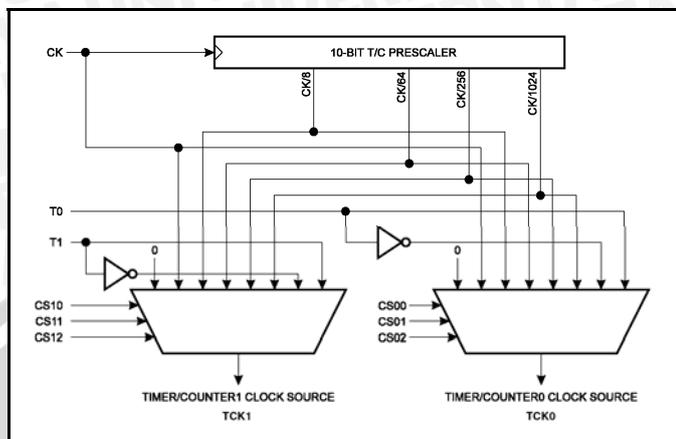
CSX2	CSX1	CSX0	KETERANGAN
0	0	0	Stop
0	0	1	CK
0	1	0	CK/8
0	1	1	CK/64
1	0	0	CK/256
1	0	1	CK/1024
1	1	0	Pin TX, sisi turun
1	1	1	Pin TX, sisi naik

Keterangan : X = 0 atau 1

Sumber : Atmel, 2001 : 33

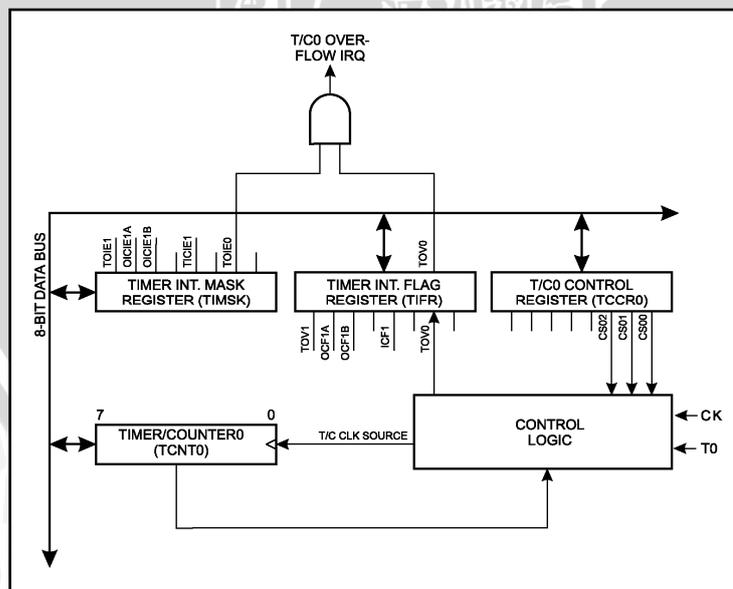
Saat *timer/counter* menggunakan *clock* eksternal, sinyal eksternal disinkronkan dengan frekwensi osilator CPU. Untuk mendapatkan sampling *clock* eksternal yang sesuai, waktu minimum antara dua transisi *clock* eksternal harus sedikitnya satu periode *clock* internal CPU. Sinyal *clock* eksternal disampling

pada tepi naik *clock* internal CPU. Blok diagram Timer/Counter0 dapat dilihat dalam Gambar 2.8.



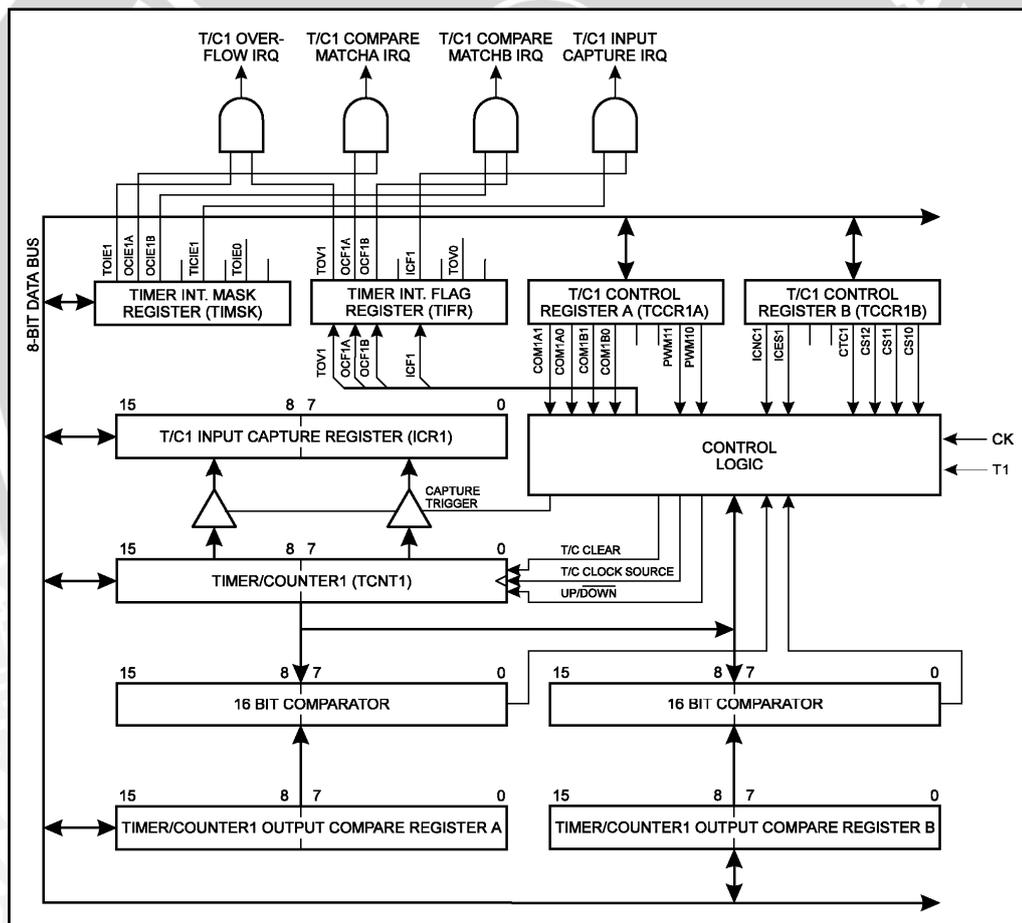
Gambar 2.8. Blok diagram *clock timer/counter*
Sumber : Atmel, 2002 : 73

Timer/Counter0 merupakan *up counter* 8 bit (TCNT0) dengan akses baca dan tulis. Saat Timer/Counter0 overflow, akan dibangkitkan sinyal TOV0 yang dapat digunakan untuk membangkitkan interupsi dengan men-*set* bit TOIE dalam *Timer Interrupt Mask Register (TIMSK)*.



Gambar 2.9. Blok diagram Timer/Counter0
Sumber : Atmel, 2001 : 33

Timer/Counter1 merupakan *up/down counter* 16 bit (*down counter* hanya bisa digunakan saat mode PWM). Timer/Counter1 dapat dibaca atau ditulisi dengan mengakses Timer/Counter1 High (TCNT1H) dan Timer/Counter1 Low (TCNT1L). Saat CPU menulis ke TCNT1H, data disimpan ke *register* TEMP. Saat CPU menulis ke TCNT1L, data dari CPU dikombinasikan dengan data di *register* TEMP ditulis ke Timer/Counter1, sehingga penulisan ke Timer/Counter1 harus diawali dengan penulisan ke TCNT1H. Sedangkan saat pembacaan TCNT1L, data TCNT1L dikirimkan ke CPU dan data TCNT1H di simpan ke *register* TEMP. Saat CPU membaca data dari TCNT1H, CPU menerima data dari *register* TEMP, sehingga pembacaan ke Timer/Counter1 harus diawali dengan pembacaan ke TCNT1L.



Gambar 2.9. Blok diagram Timer/Counter1

Sumber : Atmel, 2001 : 34

2.4.3 EEPROM

ATmega8 dilengkapi dengan 512 byte memori data EEPROM yang terpisah dari *space* untuk data *memory*. Untuk menulis 1 byte data pada EEPROM dilakukan prosedur sebagai berikut:

1. Menunggu EWE (EEPROM Write Enable) = 0.
2. Menuliskan alamat EEPROM yang dituju pada EEAR(EEPROM Address Register)
3. Menuliskan data pada EEPROM melalui EEDR(EEPROM data register)
4. Menuliskan logika 1 pada EEMWE(EEPROM Master Write Enable) ketika EWE=0
5. Menuliskan logika 1 pada EWE

Jika terjadi *interrupt* selama langkah 4 dan 5 dapat menyebabkan proses penulisan gagal. Oleh karena dianjurkan untuk mematikan Global Interrupt selama proses berlangsung.

Sedangkan pada proses pembacaan EEPROM dilakukan dengan memastikan data alamat yang benar telah disiapkan dan kemudian memberikan logika 1 pada bit EERE(EEPROM Read Enable). Ketika EEPROM dibaca Mikrokontroler berhenti selama 4 siklus sebelum instruksi berikutnya dikerjakan. Sebelum memulai proses pembacaan harus mengetahui kondisi bit EWE, karena ketika terjadi proses penulisan pada EEPROM, pembacaan tidak mungkin dilakukan.

2.4.4 Sistem Interrupt

Mikrokontroler ATMEGA8 memiliki 19 alamat vektor *interrupt*. Nomor urut dari *vector interrupt* menyatakan prioritas dari *inteRrupt* tersebut. Tabel 2.3 menunjukkan alamat *vector interrupt* mikrokontroler ATmega8.

Tabel 2.3. Alamat *vector interrupt* dari ATmega8

Vector No.	Program Address ⁽²⁾	Source	Interrupt Definition
1	0x000 ⁽¹⁾	RESET	External Pin, Power-on Reset, Brown-out Reset, and Watchdog Reset
2	0x001	INT0	External Interrupt Request 0
3	0x002	INT1	External Interrupt Request 1
4	0x003	TIMER2 COMP	Timer/Counter2 Compare Match
5	0x004	TIMER2 OVF	Timer/Counter2 Overflow
6	0x005	TIMER1 CAPT	Timer/Counter1 Capture Event
7	0x006	TIMER1 COMPA	Timer/Counter1 Compare Match A
8	0x007	TIMER1 COMPB	Timer/Counter1 Compare Match B
9	0x008	TIMER1 OVF	Timer/Counter1 Overflow
10	0x009	TIMER0 OVF	Timer/Counter0 Overflow
11	0x00A	SPI, STC	Serial Transfer Complete
12	0x00B	USART, RXC	USART, Rx Complete
13	0x00C	USART, UDRE	USART Data Register Empty
14	0x00D	USART, TXC	USART, Tx Complete
15	0x00E	ADC	ADC Conversion Complete
16	0x00F	EE_RDY	EEPROM Ready
17	0x010	ANA_COMP	Analog Comparator
18	0x011	TWI	Two-wire Serial Interface
19	0x012	SPM_RDY	Store Program Memory Ready

Sumber : Atmel 2002: 44

2.5 LCD

Konfigurasi terminal I/O pada sebuah LCD biasanya akan tampak seperti pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.4 Tabel Terminal I/O pada LCD

No	Simbol	Level	Fungsi	
1	Vss	-	Power Supply 0V	
2	Vcc	-		5V ± 10%
3	Vee	-		Kontras LCD
4	RS	H/L	H = data input L = instruction input	
5	R/W	H/L	H = read L = write	
6	E	H to L	Enable signal	
7	DB0	H/L	Data bus	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		

11	DB4	H/L		
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	V+BL	-	Back	4 – 4,2V
16	V-BL	-	Light	0V (GND)

Sumber : Hitachi, 1999

Dari Tabel 2.4 terlihat bahwa LCD TM16ABC mempunyai 8 bit data (*bidirectional bus*) dan 3 buah sinyal kontrol yaitu RS, R/W dan E. Ketiga sinyal kontrol tersebut mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. RS digunakan untuk memilih register yaitu register IR (*instruction register*) atau DR (*data register*)
2. R/W digunakan untuk memilih fungsi membaca atau menulis pada kedua register IR dan DR.
3. E berguna untuk memberikan sinyal pada bahwa data akan ditulis atau dibaca ke *register*.

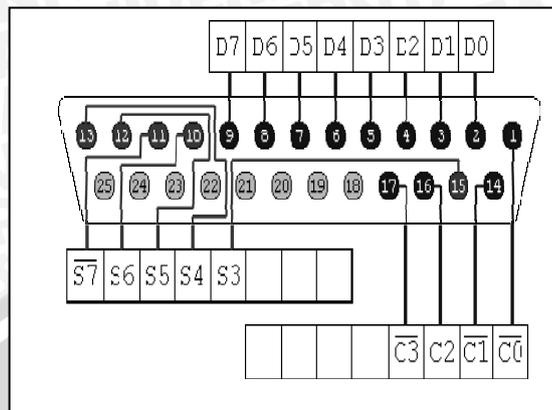
Mode pengiriman data antara mikrokontroler dengan LCD dapat dilakukan dengan dua macam mode, yaitu :

1. Mode *interface* data 4 bit. Hanya 4 buah jalur data bus (DB4 sampai DB7) yang digunakan untuk transfer data. Jalur bus data D0 sampai D3 diabaikan. Pada mode ini 4 bit data MSB dikirim terlebih dahulu, kemudian 4 bit LSB. *Busy flag* harus diperiksa setelah 4 bit data ditransfer dua kali.
2. Mode tranfer data 8 bit, semua jalur bus data (D0 sampai D7) digunakan dalam proses pengiriman.

2.6 Antarmuka Printer menggunakan *Parallel Port*

Parallel Port adalah port yang paling banyak digunakan dalam antarmuka dengan berbagai macam peralatan eksternal. *Parallel port* dapat menerima masukan sampai 13 bit dan memberikan sinyal keluaran sampai 12 bit. Secara umum *parallel port* terdiri dari 4 jalur kontrol, 5 jalur status dan 8 jalur data. Hubungan pengkabelan yang umum digunakan yaitu konektor tipe DB25.

Konfigurasi pin-pin dan keterangan soket DB-25 ditunjukkan dalam Tabel 2.6 dan Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Pin out soket DB-25

Langkah-langkah untuk mengeluarkan satu *byte* data ke printer atau perangkat lain menggunakan mode kompatibilitas:

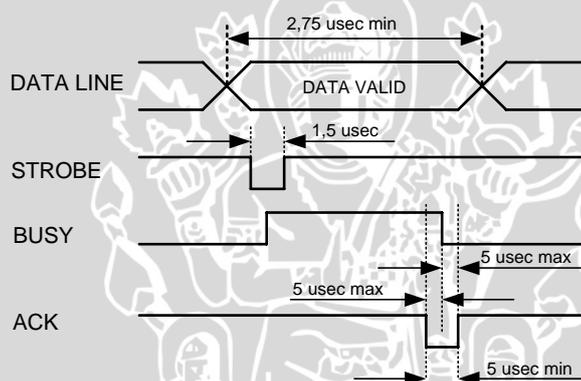
1. Menulis *byte* ke port data
2. Memeriksa untuk mengetahui printer dalam keadaan sibuk. Jika printer sibuk, maka tidak akan menerima data apapun, jadi data yang telah ditulis akan hilang.
3. Menjaga pin *strobe* (pin 1) berlogika rendah. Ini memberitahukan pada printer bahwa ada data yang valid pada jalur data (pin 2-9).
4. Setelah pin *strobe* berlogika rendah maka harus dikembalikan pada logika tinggi dalam waktu 5 mikrodetik.

Tabel 2.5 Pin Out Paralel Port

PIN NO.	FUNGSI	I/O	REGISTER
1	STROBE	IN/OUT	CONTROL
2	DATA BIT 0	OUT	DATA
3	DATA BIT 1	OUT	DATA
4	DATA BIT 2	OUT	DATA
5	DATA BIT 3	OUT	DATA
6	DATA BIT 4	OUT	DATA
7	DATA BIT 5	OUT	DATA
8	DATA BIT 6	OUT	DATA

9	DATA BIT 7	OUT	DATA
10	ACKNOWLEDGE	IN	STATUS
11	BUSY	IN	STATUS
12	PE: PAPER TRAY EMPTY	IN	STATUS
13	PRINTER ON-LINE	IN	STATUS
14	AUTO LINEFEED	IN/OUT	CONTROL
15	PRINTER ERROR	IN	STATUS
16	INITIALIZE PRINTER	IN/OUT	CONTROL
17	SELECT/DESELECT PRINTER	IN/OUT	CONTROL
18-25	UNUSED/GROUND	GND	

Timing diagram proses pengiriman satu byte data ke printer ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Timing diagram pengiriman satu byte data ke printer