

## II. TEORI PENUNJANG

### 1. UMUM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perangkat keras yang ada kaitannya dengan interface yang akan dibuat baik berupa sistem maupun komponen yang akan digunakan, serta uraian perangkat lunak sebagai pendukung kerja keseluruhan rangkaian.

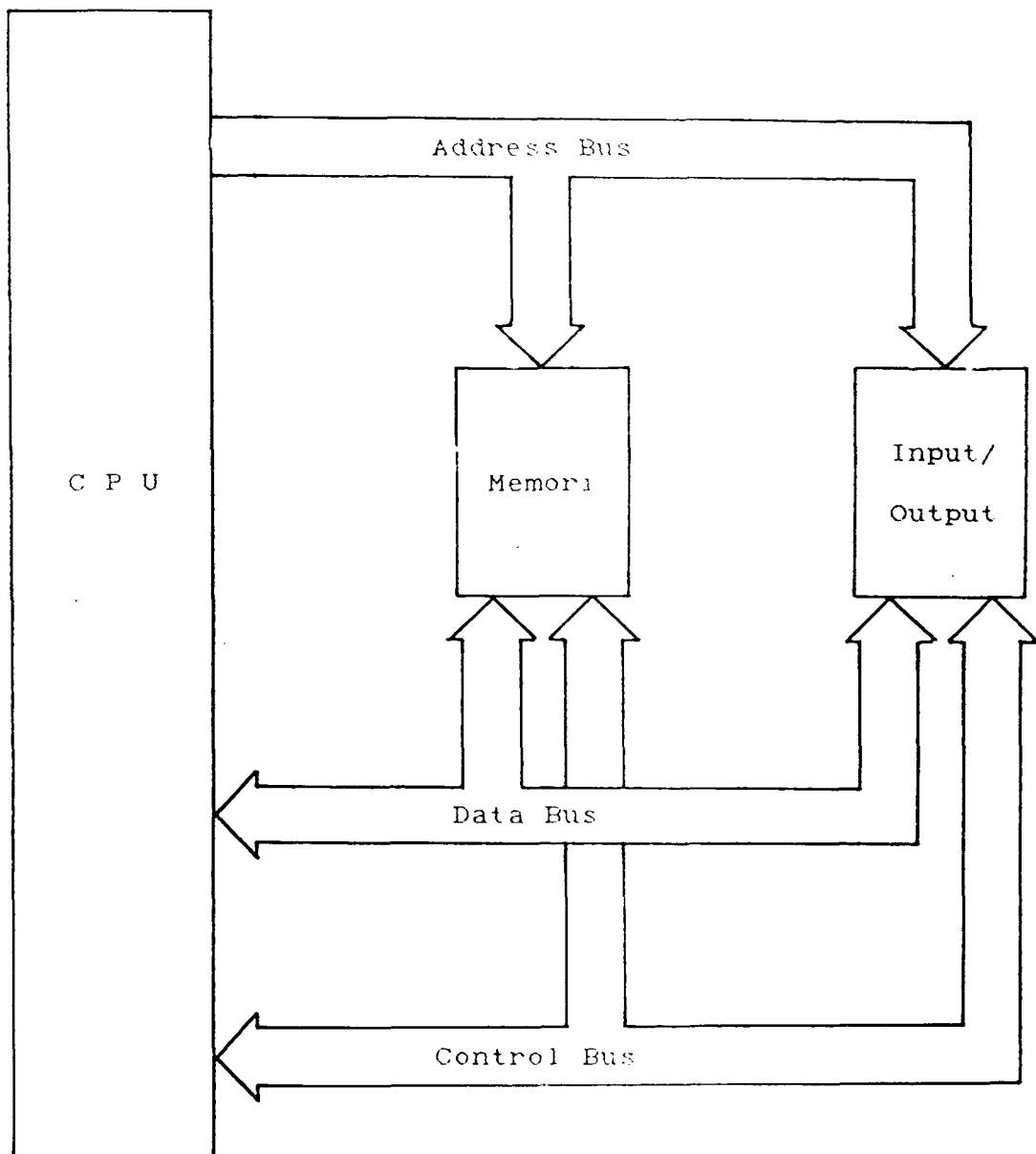
### 2. PERANGKAT KERAS

Suatu sistem mikroprosesor merupakan kesatuan dari beberapa unit fungsional, yaitu :

- Unit pengolah pusat (Central Processing Unit)
- Unit memori
- Unit input - output

Hubungan antara unit - unit tersebut ditunjukkan pada gambar 2.

Unit input berfungsi untuk menerima informasi yang dikirim dari luar sistem mikroprosesor. Informasi yang diterima dapat langsung diproses di ALU (mengenai ALU akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya atau bisa juga disimpan di memori, sedangkan outputnya dapat dikirim ke



GAMBAR 2

#### UNIT FUNGSIONAL DASAR SISTEM MIKROPROSESOR

luar sistem melalui unit output atau bisa pula disimpan kembali di memori. Seluruh kegiatan tersebut dikoordinasikan oleh unit kontrol. Informasi yang disebutkan di atas bisa mempunyai dua arti, yakni :

1. Sebagai instruksi, dalam hal ini informasi yang dikodekan berfungsi untuk mengontrol kegiatan

yang dilakukan oleh CPU.

2. Sebagai data, merupakan informasi yang diproses oleh CPU.

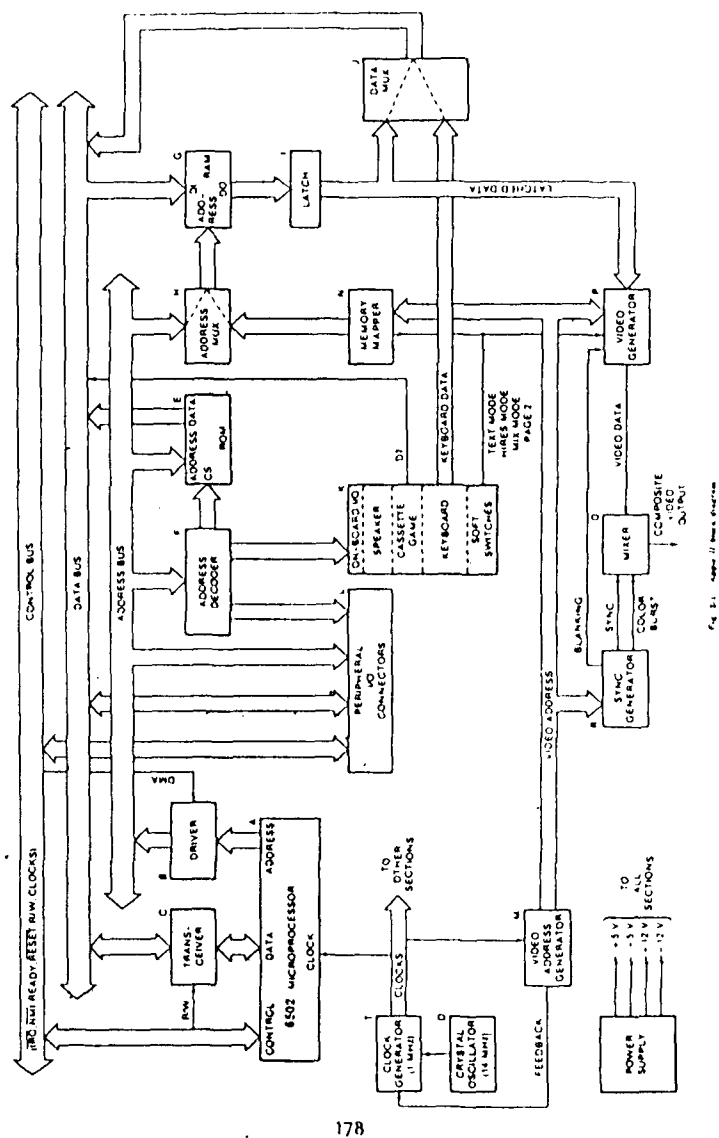
Seperti telah dijelaskan pada bab pendahuluan, sebagai sistem mikroprosesor yang akan digunakan adalah mikrokomputer Apple II. Blok diagram mikrokomputer Apple II ditunjukkan pada gambar 3. Tetapi tidak semua bagian dari mikrokomputer ini yang diperlukan sehubungan dengan peralatan "Programmable Alarm" yang akan dibuat. Pada sub bab berikut, akan dibahas bagian-bagian yang berhubungan dengan peralatan tersebut.

### 2.1. Unit Pengolah Pusat (C P U)

Mikroprosesor sebagai unit pengolah pusat adalah komponen utama suatu sistem mikroprosesor yang berfungsi untuk mengambil instruksi dari memori, mendekodenya dan kemudian mengeksekusi instruksi tersebut. Selama proses tersebut CPU akan menghasilkan sinyal kontrol, mentransfer data dari memori ke unit input - output (I/O) atau sebaliknya, melakukan fungsi aritmatika dan logika, dan mendeteksi sinyal dari luar CPU.

Sebagai CPU yang mampu mengolah data dan mengatur seluruh sistem, mikroprosesor mempunyai unit-unit fungsional di dalamnya yaitu :

1. Internal register
2. Arithmetic - Logic Unit (A L U)
3. Unit kontrol.



1)  
GAMBAR 3

### BLOK DIAGRAM MIKROKOMPUTER APPLE II

1) Winston D. Gayler, The Apple II Circuit Description. 1983. Indianapolis : Howard W. Sams & Co., hal. 178.

2.1.1. Internal Register. Internal register adalah merupakan tempat penyimpanan informasi sementara selama mikroprosesor mengeksekusi suatu program. Adanya internal register ini akan mempercepat proses karena data yang sering dipakai dapat diletakkan di register sehingga bila CPU membutuhkannya tidak perlu membaca dari memori utama lagi. Jumlah register yang ada tergantung dari jenis mikroprosesor. Pada umumnya semakin banyak jumlah internal register suatu mikroprosesor maka semakin sederhana instruksi yang diperlukan untuk mengolah data dalam suatu operasi.

2.1.2. Arithmetic-Logic Unit (A L U). ALU merupakan unit yang digunakan untuk melakukan operasi aritmatika dan logika, seperti penjumlahan, AND, OR dan sebagainya. ALU yang ada pada setiap jenis CPU yang ada di pasaran tidak selalu mempunyai fungsi yang sama, ada yang bisa melakukan operasi seperti perkalian, pembagian, pengurangan, penjumlahan dan logika tetapi ada juga CPU yang hanya bisa melakukan operasi penjumlahan, pengurangan dan logika saja. Sehubungan dengan kemampuannya untuk melakukan operasi aritmatika dan logika, maka ALU memiliki flag-flag yang menunjukkan status operasinya apakah hasil tersebut negatif, nol overflow, atau yang lainnya. Flag-flag tersebut terkumpul dan tersimpan sebagai salah satu internal register.

2.1.3. Unit Kontrol. Unit kontrol berfungsi untuk menga-

tur urutan operasi dari seluruh sistem. Untuk melakukan fungsi tersebut, unit kontrol menghasilkan sinyal-sinyal kontrol pada jalur kontrol seperti sinyal read, write dan sebagainya, yang diperlukan untuk mensinkronkan operasi di dalam maupun di luar mikroprosesor. Di dalam mikroprosesor unit kontrol berfungsi untuk mengatur pertukaran data dari dan ke ALU serta antar internal register, di luar mikroprosesor unit kontrol mengatur aliran data melalui jalur alamat dan jalur data. Disamping dapat menghasilkan sinyal-sinyal kontrol, unit kontrol juga memberi respon terhadap sinyal-sinyal dari luar mikroprosesor yang dikirim melalui jalur kontrol misalnya sinyal interupsi.

Dengan demikian unit kontrol dapat dianggap sebagai pusat pengendali sistem, meskipun kerjanya dikontrol oleh perangkat lunak. Untuk menjaga agar unit kontrol dapat berfungsi dengan urutan yang teratur maka digunakan sinyal clock sebagai salah satu inputnya.

## 2.2. Mikroprosesor 6502 Sebagai CPU

Jantung mikrokomputer Apple II adalah mikroprosesor 6502 (A pada gambar 3). Mikroprosesor 6502 merupakan mikroprosesor 8 bit, artinya ia beroperasi dengan kelompok data yang terdiri dari 8 bit atau 1 byte secara paralel. Disamping 8 buah jalur data, mikroprosesor ini memiliki 16 buah jalur alamat sehingga dapat mengakses 64 KByte alamat memori. Pertama kali diproduksi oleh MOS

Technology dan termasuk dalam keluarga mikroprosesor 6500 yang kemudian juga diproduksi oleh Synertek dan Rockwell International.

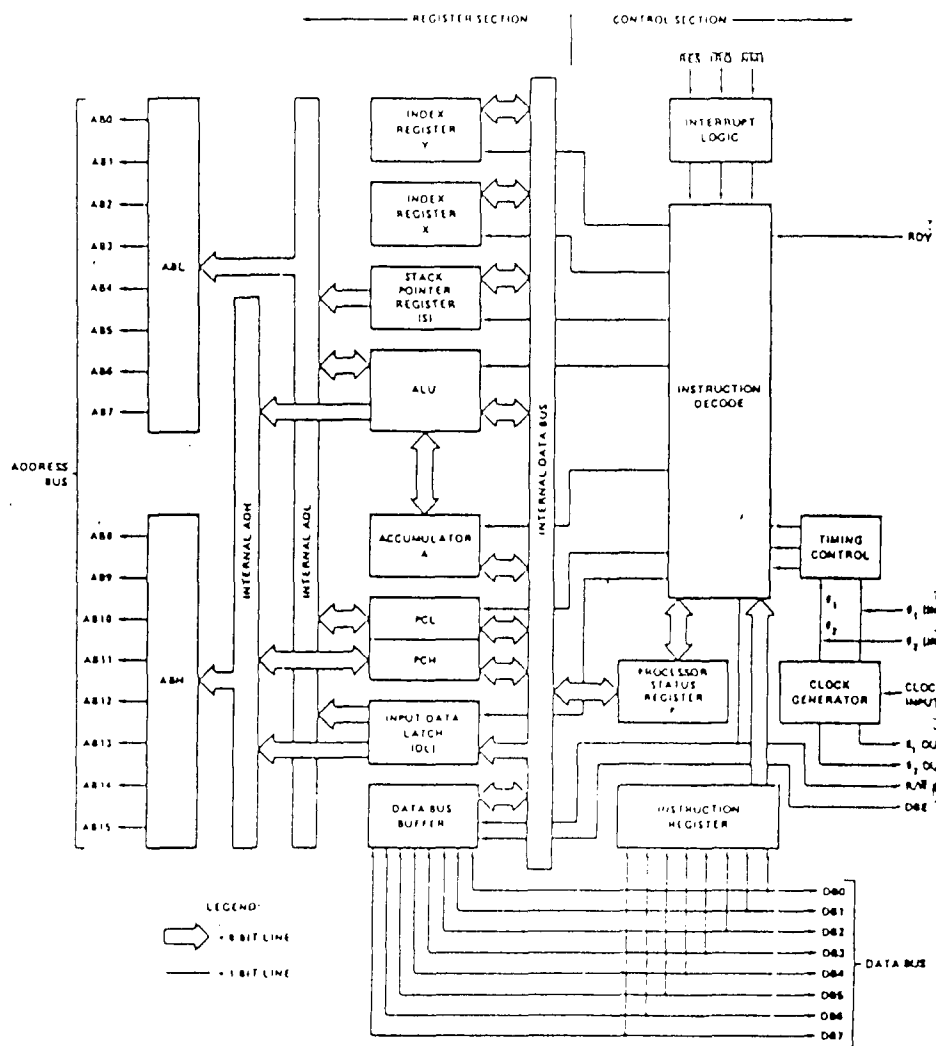
2.2.1. Arsitektur Internal 6502. Gambar 4 menunjukkan arsitektur internal mikroprosesor 6502. Disini terdapat sebuah generator internal clock yang dapat menghasilkan clock dengan dua phase yang diperlukan oleh seluruh sistem untuk melakukan sinkronisasi dari clock input. Dari gambar 4 di bawah terlihat bagian-bagian dari mikroprosesor 6502, antara lain internal register, ALU dan unit kontrol. Berikut ini akan dijelaskan bagian-bagian tersebut.

a. Register-register 6502.

Mikroprosesor 6502 mempunyai 6 buah register dengan fungsi berbeda-beda, dimana 5 register adalah register 8 bit yaitu A, X, Y, S, P dan 1 register 16 bit yaitu PC. Fungsi masing-masing register tersebut dijelaskan sebagai berikut :

- Accumulator (A)

Accumulator adalah general purpose register dan merupakan register khusus yang diciptakan untuk dipakai oleh ALU. Setiap kali melakukan operasi, ALU secara otomatis akan memakai accumulator sebagai salah satu operannya sedangkan operand yang lain dapat diambil dari suatu lokasi memori. Biasanya hasil operasi juga ditinggalkan pada accumulator menggantikan operand tadi. Sebagai



2)

GAMBAR 4

## ARSITEKTUR INTERNAL MIKROPROSESOR 6502

2) Synertek. 1979. 1979 Data Catalog, Santa Clara : Synertek, Inc. hal. 3-36.

contoh : isi dari suatu register ditambahkan ke isi accumulator dan hasilnya diletakkan di accumulator. Selain sebagai tempat melaksanakan suatu operasi, accumulator juga merupakan tempat transit data sementara dari memori ke memori yang digunakan oleh 6502.

- Indeks register X dan Y

Kedua register ini adalah special purpose register yang dibuat khusus untuk keperluan pengindeksan, misalnya untuk mengakses elemen suatu memori array.

- Stack pointer register (S)

Register S adalah register yang digunakan khusus untuk keperluan mencatat alamat dari lokasi memori yang tersedia guna menyimpan isi register-register mikroprosesor setiap kali diperlukan, misalnya sebelum mikroprosesor melakukan atau kembali dari suatu subroutine. Karena register S adalah register 8 bit maka stack pointer hanya dapat digunakan untuk menyimpan 256 lokasi yang berbeda dari address space 6502. Pada 6502 address space ini berada pada 256 byte memori di halaman 1, yaitu pada address \$01XX dimana XX adalah lokasi dari 00 sampai FF seperti yang ditunjukkan oleh stack pointer. Lokasi pada halaman 1 tersebut disebut dengan stack dan mempunyai struktur LIFO (Last In First Out) yang artinya data yang terakhir masuk ke stack akan diambil keluar lebih dulu. Setiap saat SP menunjuk pada permulaan alamat dari stack yang masih kosong yaitu 1 byte setelah alamat terakhir yang diisi.

- Processor status register (P)

Register P sebenarnya bukanlah suatu register dalam arti yang sesungguhnya karena register P ini hanya merupakan kumpulan dari flag-flag yang ada untuk menunjukkan status suatu operasi, mode dan interrupt dari sistem mikroprosesor agar mikroprosesor tersebut dapat mengambil keputusan dalam conditional branching. Register ini terdiri dari 8 bit dan digunakan untuk menunjukkan 7 status (flag) yang berbeda. Adapun flag-flag yang ada pada register P berturut-turut dari MSB ke LSB adalah flag N, V, X, B, D, I, Z, dan C. Flag N, V, Z, C adalah flag negatif, overflow, zero dan carry yang digunakan untuk menunjukkan status operasi aritmatika atau logika yang terjadi di dalam accumulator, sedangkan flag I adalah interrupt disable flag, B adalah break flag yang menunjukkan bahwa interrupt berasal dari instruksi BRK, D adalah decimal mode flag yang menunjukkan mode operasi accumulator ada dalam BCD (Binary Code Decimal), sedangkan bit 5 yang merupakan X flag tidak dipakai.

#### - Program counter (PC)

Program counter adalah register yang dipakai khusus untuk menyimpan lokasi memori dari instruksi berikutnya yang akan dieksekusi dan merupakan satu-satunya register 16 bit yang ada pada 6502 sehingga dapat menunjuk 65536 lokasi yang berbeda. Higher order byte dari PC disebut PCH sedangkan lower order byte nya disebut PCL.

Disamping register-register di atas masih ada beberapa register lagi yang umumnya tidak dimasukkan dalam

pembahasan register 6502. Register tersebut ada 4 yang terdiri dari 3 register 8 bit yaitu DL, DB, IR, dan 1 register 16 bit yaitu AB.

- Input data latch (DL)

Merupakan bagian yang menghubungkan input dan output data dengan bagian lain dalam mikroprosesor.

- Data bus buffer (DB)

Merupakan tempat untuk menahan data selama suatu instruksi sedang dilaksanakan sampai mikroprosesor siap untuk menerima data lagi.

- Address bus (AB)

Disebut juga address latch, adalah jalur yang berisi alamat lokasi memori yang dihubungi mikroprosesor selama proses baca dan tulis. Higher order byte dari AB disebut ABH sedangkan lower order byte nya disebut dengan ABL.

b. Instruction Decoder dan Instruction Register.

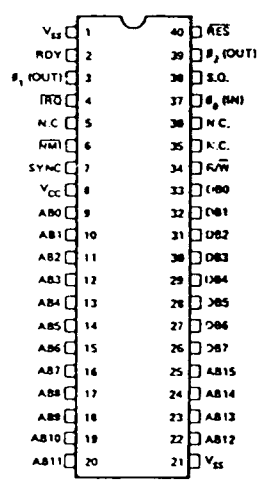
Pada saat melaksanakan suatu instruksi, setiap prosesor akan melakukan 3 langkah sebagai berikut :

1. Mengambil instruksi (fetching)
2. Menterjemahkan instruksi (decoding)
3. Melaksanakan instruksi (executing)

Instruksi yang merupakan kombinasi 8 bit data biner oleh mikroprosesor diambil dari memori melalui jalur data dan kemudian disimpan dalam instruction register (IR). Karena IR adalah register 8 bit maka jumlah instruksi maksimum yang dapat dibedakan adalah 256 instruksi. Setelah pengambilan instruksi selesai dengan masuknya instruksi ke dalam IR selanjutnya instruction decoder

menterjemahkan kombinasi bit instruksi tersebut sehingga mikroprosesor dapat melaksanakan suatu aksi dengan menghasilkan sinyal internal maupun eksternal yang sesuai dengan instruksi tersebut.

2.2.2. Pinout 6502. Konfigurasi pin 6502 ditunjukkan pada gambar 5.



3)

GAMBAR 5

#### KONFIGURASI PIN 6502

Sinyal-sinyal yang masuk dan keluar dari mikroprosesor 6502 dapat dibagi dalam 3 kelompok : alamat, data dan kontrol.

- Bus alamat (A0-A15)

3) Ibid., hal. 3-44.

Merupakan sekelompok jalur yang terdiri dari 16 pin sinyal yang memberikan alamat kepada memori dan peripheral. Dengan 16 jalur ini maka 6502 dapat mengakses memori maksimum sebanyak 65536 lokasi. Jalur alamatnya adalah satu arah (unidirectional) yaitu keluar dari mikroprosesor.

- Bus data (D0-D7)

Bus data merupakan sekelompok jalur yang terdiri dari 8 pin sinyal di mana data ditransfer antara mikroprosesor dengan lokasi memori atau peripheral. Pada saat siklus penulisan, data ditransfer dari mikroprosesor ke memori atau peripheral. Sedang pada siklus pembacaan, terjadi hal yang sebaliknya. Dengan demikian bus data ini adalah bidirectional yang artinya dua arah dan merupakan jalur pertukaran data antara mikroprosesor dengan memori atau peripheral.

- Bus kontrol

Bus kontrol membawa sinyal sinkronisasi dari mikroprosesor keluar dan dari luar ke mikroprosesor. Oleh sebab itu berdasarkan arah sinyalnya maka bus kontrol untuk 6502 dikelompokkan lagi atas kontrol input dan kontrol output.

Yang termasuk kontrol input adalah  $\phi_0$ , RDY,  $\overline{\text{NMI}}$ ,  $\overline{\text{IRQ}}$ ,  $\overline{\text{RES}}$ , dan SO, sedangkan yang termasuk kontrol output adalah  $\phi_1$ ,  $\phi_2$ , R/ $\overline{\text{W}}$ , dan SYNC.

- Clocks

Sinyal clock pada mikroprosesor mengontrol semua transfer data yang terjadi pada sistem mikroprosesor. Pada 6502, sinyal clock input dimasukkan sebagai clock

$\phi_0$  yang berupa gelombang persegi dengan frekuensi yang telah ditetapkan sebesar 1 MHz. Dari input ini 6502 menghasilkan 2 sinyal clock output :  $\phi_1$  dan  $\phi_2$  yang juga merupakan gelombang persegi dan mempunyai phase saling berlawanan tetapi dengan frekuensi yang sama dengan  $\phi_0$ .

- Ready (RDY)

Sinyal RDY digunakan untuk memperpanjang sebuah siklus pembacaan dari 6502 agar memori atau peripheral yang mempunyai kecepatan lambat sempat meletakkan datanya pada bus data untuk dibaca oleh mikroprosesor. Sinyal RDY high untuk menandakan bahwa memori telah siap dengan datanya dan sinyal RDY low untuk memperpanjang siklus pembacaan 6502. Pada operasi normal pin RDY selalu dibuat high melalui open collector ke tegangan catu. Sinyal RDY ini diabaikan selama siklus penulisan.

- Interrupt ( $\overline{\text{IRQ}}$  dan  $\overline{\text{NMI}}$ )

Sinyal-sinyal interupsi ini merupakan sinyal input bagi 6502. Bila diaktifkan (low) sinyal ini meminta kepada 6502 untuk menginterupsi program yang sedang berjalan dan melayani suatu routine yang diminta. Setelah melaksanakan routine tersebut, prosesor biasanya kembali ke program yang terinterupsi tadi. Salah satu aplikasi dari interupsi ini adalah untuk real time clock akan menginterupsi prosesor setiap detik untuk menjalankan suatu routine, misalnya mengubah peragaan clock pada layar.

Jalur  $\overline{\text{IRQ}}$  merupakan jalur maskable, artinya 6502 dapat diprogram untuk mengabaikan jalur  $\overline{\text{IRQ}}$  melalui instruksi

SEI (SET Interrupt disable flag) dan dapat dibuat berfungsi kembali dengan instruksi CLI (Clear Interrupt disable flag).  $\overline{\text{IRQ}}$  aktif selama sinyal low dan kembali non aktif setelah sinyal high lagi. Setelah  $\overline{\text{IRQ}}$  diaktifkan maka I flag pada register P akan di-set dan kemudian PC diisi dengan isi lokasi memori \$FFFF dan \$FFFE yang merupakan alamat program handler di ROM.

Jalur  $\overline{\text{NMI}}$  merupakan non-maskable, artinya fungsinya selalu mendapat tanggapan dari prosesor dan sama sekali tidak dapat diabaikan. Jadi  $\overline{\text{NMI}}$  mempunyai prioritas yang lebih tinggi dari pada  $\overline{\text{IRQ}}$ . Setelah  $\overline{\text{NMI}}$  diaktifkan, PC akan diisi dengan isi lokasi memori \$FFFB dan \$FFFA yang merupakan alamat program  $\overline{\text{NMI}}$  handler, yang biasanya merupakan trap routine.

Berlainan dengan  $\overline{\text{IRQ}}$ ,  $\overline{\text{NMI}}$  adalah edge-sensitive artinya  $\overline{\text{NMI}}$  aktif pada saat transisi sinyal, dalam hal ini pada setiap transisi negatif. Jadi untuk mengaktifkan lagi,  $\overline{\text{NMI}}$  harus dibuat high dan kemudian dibuat low lagi.

Untuk operasi normal,  $\overline{\text{NMI}}$  dan  $\overline{\text{IRQ}}$  harus di-pull up melalui suatu open collector ke level tegangan catu.

#### - Reset ( $\overline{\text{RES}}$ )

$\overline{\text{RES}}$  adalah sinyal input yang digunakan untuk menginisialisasi 6502 pada saat power dihidupkan atau untuk men-set PC ke suatu lokasi memori yang berisi program reset routine setiap saat diperlukan, misalnya melalui tombol reset pada keyboard. Selama sinyal  $\overline{\text{RES}}$  ini aktif, penulisan ke atau dari mikroprosesor tidak berfungsi. Setelah transisi positif dari sinyal  $\overline{\text{RES}}$  mikroprosesor akan mengisi PC dengan isi lokasi memori

\$FFFC dan \$FFFD yang merupakan alamat reset routine dan segera melaksanakannya.

- Set Overflow (SO)

Jika sinyal SO diberi sinyal dengan transisi negatif maka V flag pada register P akan di-set.

- Read/Write ( $R/\overline{W}$ )

Sinyal  $R/\overline{W}$  mengendalikan arah bus data. Sinyal inilah yang menentukan apakah 6502 sedang menulis atau sedang membaca suatu lokasi memori atau peripheral. Sinyal  $R/\overline{W}$  ini akan high pada saat siklus pembacaan dan low pada saat siklus penulisan.

- SYNC

Sinyal output SYNC digunakan untuk menunjukkan saat siklus-siklus clock sedang melakukan instruction fetch cycle. Sinyal ini menjadi high pada saat instruction fetch cycle tersebut.

### 2.3. Memori

Memori adalah bagian yang berfungsi untuk menyimpan informasi yang dapat berupa instruksi dan data bagi suatu sistem mikroprosesor. Menurut jenisnya memori dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Read Only Memory (ROM)
2. Random Access Memory (RAM)

#### 2.3.1. Read Only Memory (ROM). Sesuai dengan namanya, ROM

merupakan tempat penyimpanan informasi bagi mikroprosesor yang hanya dapat dibaca saja. Informasi ini dapat merupakan kumpulan instruksi atau data tetap yang diperlukan oleh mikroprosesor setiap saat mikroprosesor dinyalakan. Oleh karena itu ROM ini sifatnya dibuat non-volatile, artinya informasi yang tersimpan di dalamnya bersifat tetap dan tidak hilang meskipun catu dayanya dimatikan. Berdasarkan cara pengisian informasinya, ROM dapat digolongkan menjadi 2 macam :

1. ROM yang tidak bisa diprogram oleh pemakai, karena informasi yang disimpan di dalamnya dimasukkan pada saat ROM tersebut dibuat. Memori jenis ini lebih dikenal dengan sebutan ROM saja.
2. ROM yang bisa diprogram oleh pemakai, seperti :  
PROM (Programmable ROM), EPROM (Erasable ROM) dan EAROM (Electrically Alterable ROM). Pada ROM jenis ini informasi diprogramkan ke dalam memori chip oleh pemakai dengan suatu alat yang dapat memberikan pulsa tegangan yang cukup tinggi ke dalam sel-sel memori chip.

Pada ROM dan PROM informasi yang telah disimpan tidak dapat dihapus lagi, sedangkan pada EPROM dan EAROM informasi yang telah disimpan masih bisa dihapus dengan memberikan sinar ultra violet dengan intensitas tertentu pada window dari IC pada EPROM atau dengan memberikan pulsa dengan tegangan yang cukup tinggi pada EAROM. Jenis ROM yang umum dipakai saat ini adalah EPROM dan kapasitas penyimpanannya ada yang 1 KByte (2708), 2 KByte (2716), 4 KByte (2732), 8 KByte (2764), 16 KByte

(27128), dan lain-lain.

2.3.2. Random Access Memory (RAM). RAM adalah memori yang dapat dibaca dan ditulisi sehingga disebut juga Read / Write memory. Berbeda dengan ROM, RAM termasuk jenis memori yang volatile artinya informasi yang ada di dalamnya menjadi hilang bila catu dayanya dimatikan. Oleh karena itu RAM digunakan oleh sistem mikroprosesor untuk tempat penyimpanan sementara dari program dan data selama sistem mikroprosesor tersebut bekerja. Disebut Random Access Memory karena setiap lokasi memori manapun dapat diakses secara langsung dengan menempatkan kombinasi address yang sesuai pada input pin addressnya. Berdasarkan cara mengingat isi lokasi memorinya, RAM dibedakan menjadi 2 macam :

1. Static RAM

Static RAM adalah RAM yang dapat mengingat informasi yang disimpan di dalamnya tanpa perlu me-refresh informasi tersebut secara periodik. Selama catu daya listrik bekerja, semua informasi yang disimpan di dalamnya dapat diingat dengan baik. Jadi pada static RAM hanya perlu dilakukan 2 hal saja yaitu membaca atau menulis.

2. Dynamic RAM

Berbeda dengan static RAM, dynamic RAM memerlukan refreshing cycle secara periodik untuk mempertahankan informasi yang disimpan di

dalamnya agar jangan hilang. Oleh karena itu pada dynamic RAM selain siklus pembacaan dan penulisan juga diperlukan siklus refreshing.

Dalam penggunaannya, static RAM lebih praktis dari pada dynamic RAM karena tak diperlukan suatu rangkaian refresh. Tetapi dalam segi pembuatannya dynamic RAM lebih mudah diimplementasikan, selain itu keuntungan yang lain adalah bentuk kemasan yang lebih kecil dan disipasi daya yang relatif rendah. Hal ini menyebabkan dynamic RAM kadang-kadang dipertimbangkan untuk dipakai dalam suatu sistem mikroprosesor yang memerlukan memori berkapasitas besar.

2.3.3. Address Decoding. Mikroprosesor yang merupakan jantung dari mikrokomputer Apple II adalah type 6502 yang termasuk jenis 8 bit dan mempunyai 16 buah jalur alamat, sehingga mikroprosesor tersebut mampu menjangkau sebanyak <sup>16</sup> 2 lokasi memori yang sama dengan 65536 lokasi memori atau umumnya disebut 64 KByte. Lokasi memori tersebut diberi alamat memori dari \$0000-\$FFFF dan dibagi menjadi 3 kategori yaitu lokasi untuk RAM, ROM dan I/O. Masing-masing daerah memori ini ditujukan untuk fungsi yang berbeda-beda. Pembagian daerah memori ini dapat dilihat pada gambar 6.

Masing-masing blok dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Alamat dalam daerah antara 0 - 48 K didekode untuk mengakses RAM.
- Blok berikutnya (\$C000 - \$C7FF) didekode oleh

| System Memory Map |      |              |
|-------------------|------|--------------|
| Page Number:      |      |              |
| Decimal           | Hex  |              |
| 0                 | \$00 | RAM (48K)    |
| 1                 | \$01 |              |
| 2                 | \$02 |              |
| .                 | .    |              |
| .                 | .    |              |
| 190               | \$BE | I/O (2K)     |
| 191               | \$BF |              |
| 192               | \$C0 |              |
| 193               | \$C1 |              |
| .                 | .    |              |
| 198               | \$C6 | I/O ROM (2K) |
| 199               | \$C7 |              |
| 200               | \$C8 |              |
| 201               | \$C9 |              |
| .                 | .    |              |
| 206               | \$CE | ROM (12K)    |
| 207               | \$CF |              |
| 208               | \$D0 |              |
| 209               | \$D1 |              |
| .                 | .    |              |
| 254               | \$FE |              |
| 255               | \$FF |              |

4)

GAMBAR 6

## MEMORY MAP SISTEM MIKROKOMPUTER APPLE II

bagian address mux (H) pada gambar 3, menjadi 8 bagian yang masing-masing terdiri dari 256 byte. Ketujuh bagian yang paling atas ditetapkan untuk konektor-konektor peripheral 1 sampai dengan 7 (pin 1, I/O SEL), 256 byte sisanya selanjutnya

---

4) 6502 Soft Reference Manual, hal. 68.

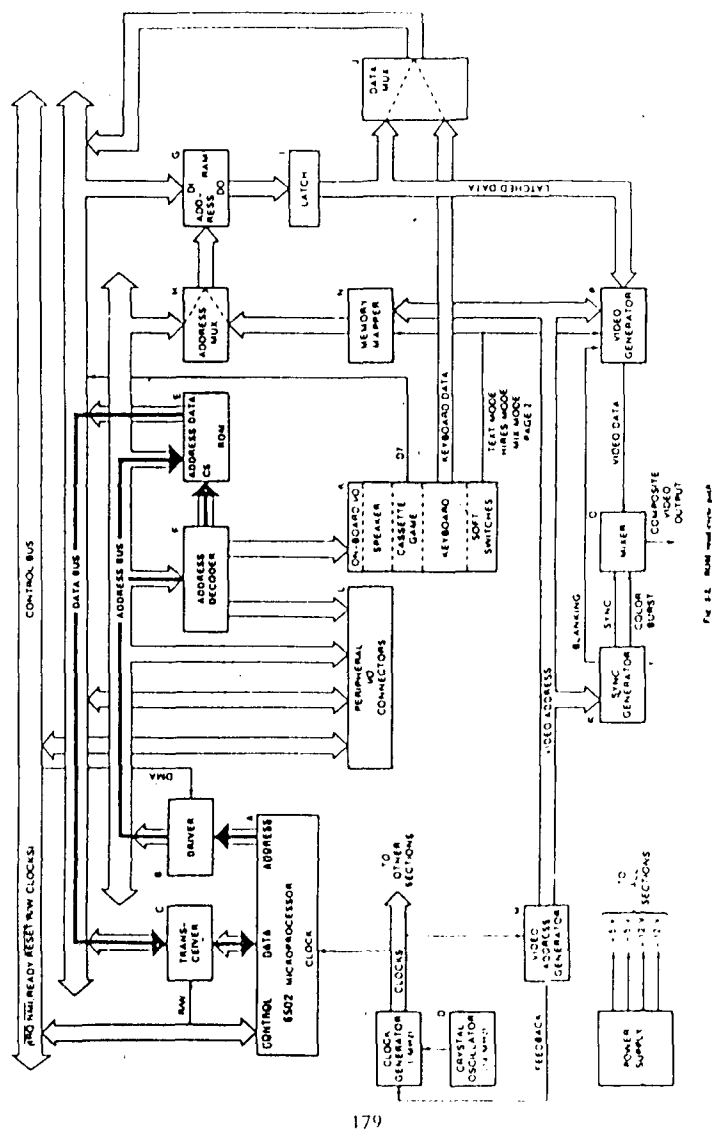
didekode oleh bagian address mux (H) dan address decoder (F). Bagian H membagi setengah bagian atasnya (\$C080 - \$C0FF) menjadi 8 yang masing-masing terdiri dari 16 byte. Kedelapan bagian ini ditetapkan untuk konektor-konektor peripheral (pin 41, DEV SEL), 128 byte sisanya (\$C000 - \$C07F) tidak ditetapkan untuk siapa-siapa. Decoder F dan IC yang berkaitan mendekode bagian ini untuk I/O on-board.

- Blok di bawahnya (\$C800 - \$CFFF) telah ditetapkan untuk konektor-konektor peripheral (pin 20, I/O STB).
- Blok yang terakhir (\$D000 - \$FFFF) ditetapkan untuk 6 buah ROM yang masing-masing mempunyai kapasitas 2 KByte. ROM ini berisi sistem monitor mikrokomputer Apple II dan beberapa perangkat lunak yang lain.

2.3.4. Jalur Siklus Pembacaan/Penulisan Apple II. Walaupun singkat, bagian ini perlu dijelaskan agar lebih mudah memahami kerja dari peralatan yang akan dibuat.

a. Pembacaan ROM.

Jalur siklus pembacaan ROM ditunjukkan pada gambar 7. Telah disebutkan di atas, pada bagian E ditetapkan untuk 6 buah ROM yang masing-masing berkapasitas 2 KByte. Mula-mula mikroprosesor memasukkan alamat yang akan dibaca ke dalam bus alamat. Address decoder (F) mendekode bit-bit alamat orde tinggi untuk memilih salah satu dari keenam ROM. Sedang bit-bit alamat orde rendah dihubungkan



5)  
GAMBAR 7

## JALUR SIKLUS PEMBACAAN ROM

5) Winston D. Gayler, op.cit., hal. 179.

langsung ke ROM. Setelah chip select ROM tersebut diaktifkan maka data output dari ROM masuk pada bus data sistem. Melalui suatu transceiver (buffer 2 arah) data ini dimasukkan ke mikroprosesor.

b. Pembacaan RAM.

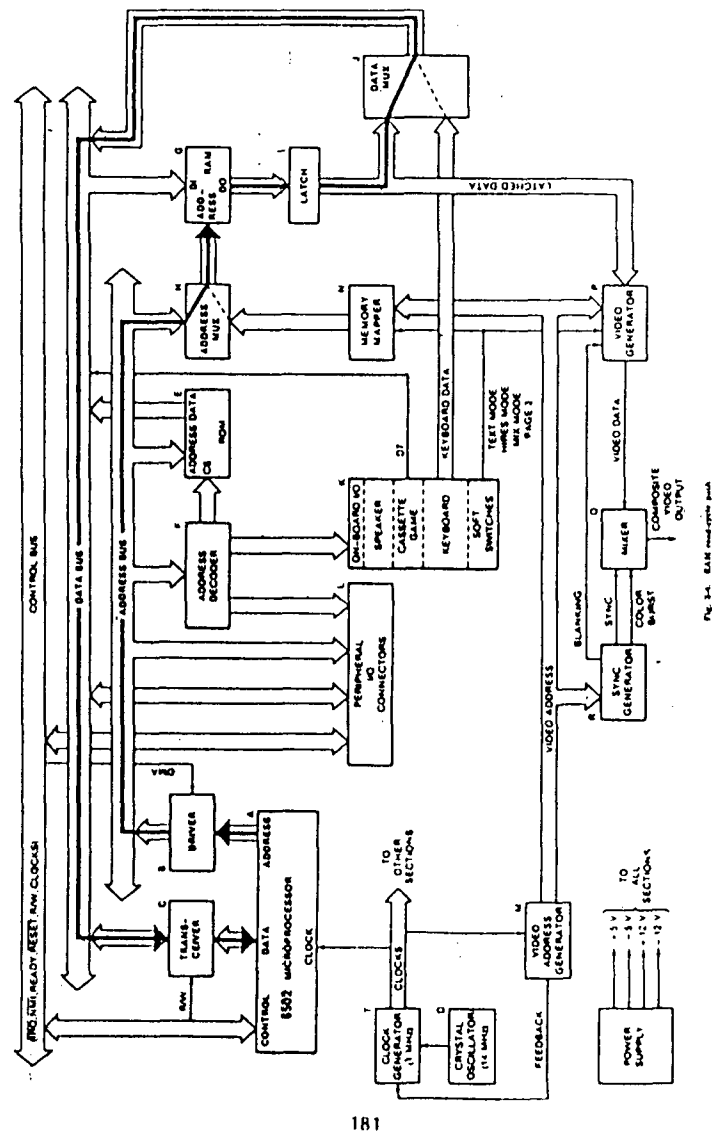
Jalur siklus pembacaan RAM ditunjukkan pada gambar 8. Mula-mula mikroprosesor memasukkan alamat yang akan dibaca ke dalam bus alamat dan sinyal  $R/\overline{W}$  mengeluarkan sinyal baca (read). Alamat tersebut menuju RAM melalui address mux (H). Data output yang diperoleh disimpan dalam latch I. Data yang terbaca menuju bus data melalui multiplexer data (J) dan kemudian langsung dibaca oleh mikroprosesor.

c. Penulisan RAM.

Jalur siklus penulisan RAM ditunjukkan pada gambar 9. Mula-mula mikroprosesor memasukkan alamat yang akan digunakan untuk menempatkan data ke dalam bus alamat. Alamat tersebut menuju RAM melalui address mux (H). Kemudian yang akan ditulis ke RAM diletakkan pada jalur data input (Di). Selanjutnya sinyal  $R/\overline{W}$  mengeluarkan sinyal tulis (write) dan data pada bus data ditulis ke RAM.

d. Pembacaan Keyboard.

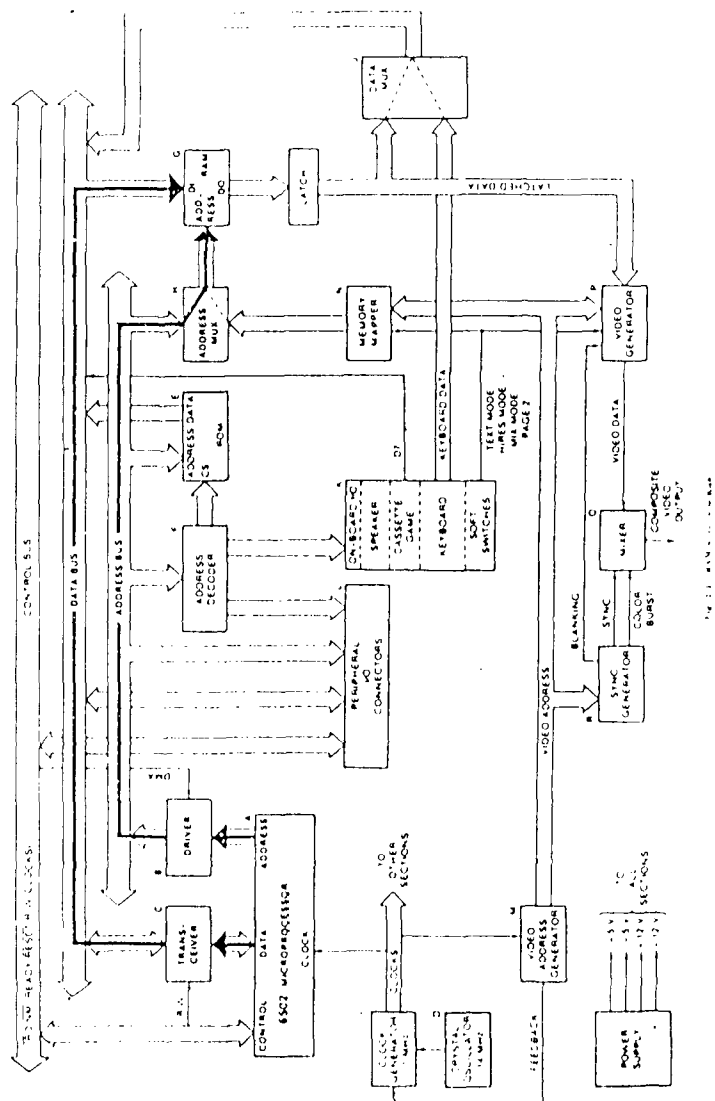
Jalur siklus pembacaan keyboard ditunjukkan pada gambar 10. Jika suatu tombol ditekan maka ada kode 7 bit yang menyatakan tombol tersebut keluar dari keyboard konektor berikut sinyal pulsanya. Pulsa ini berfungsi untuk mengaktifkan latch. Jika 6502 memanggil alamat keyboard, ketujuh bit data tersebut ditempatkan ke bus



6)  
GAMBAR 8

### JALUR SIKLUS PEMBACAAN RAM

6) Ibid., hal. 181.

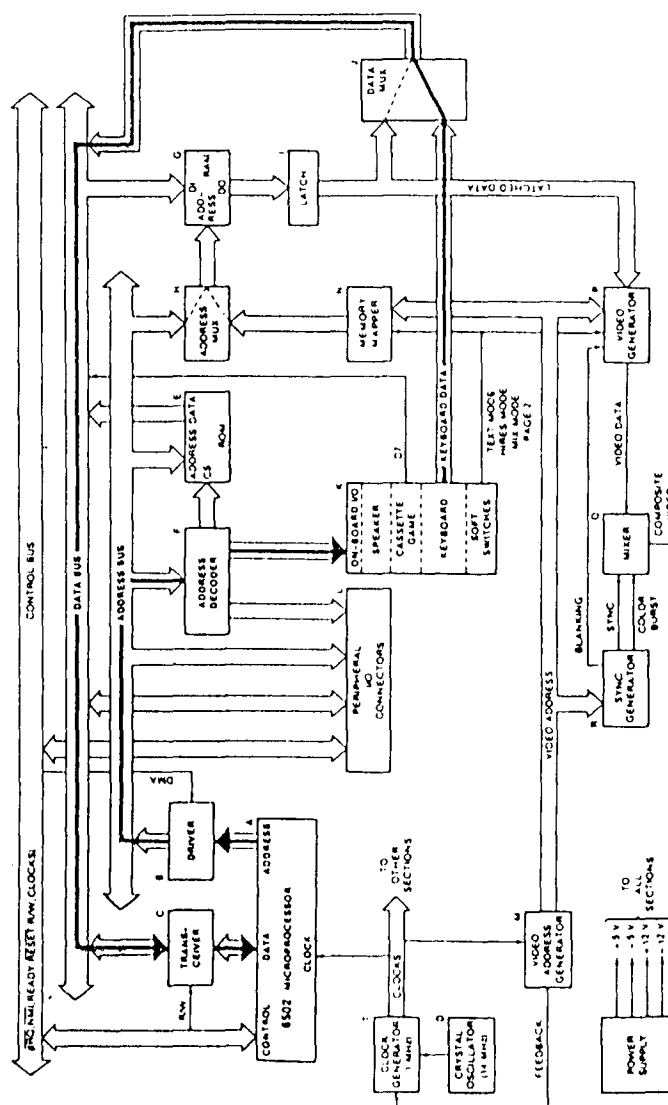


180

GAMBAR 9

## JALUR SIKLUS PENULISAN RAM

7) Ibid., hal. 180.



182

8)

GAMBAR 10

JALUR SIKLUS PEMBACAAN KEYBOARD

8) Ibid., hal. 182.

data, kemudian 6502 membaca data yang bersesuaian dengan tombol yang ditekan tadi.

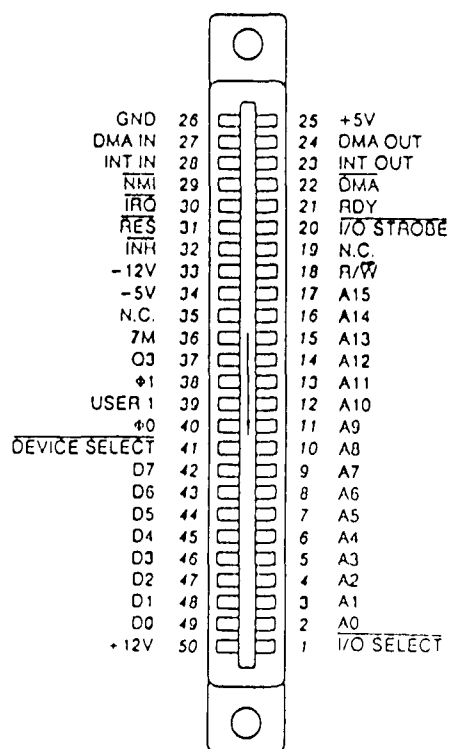
#### 2.4. Unit Input / Output

Sebuah komputer dapat saja mempunyai memori yang besar dan prosesor yang cepat, tetapi semua itu tidak berguna jika tidak dapat berkomunikasi dengan manusia atau mesin-mesin yang lain. Komunikasi inilah yang menjadi tujuan dari fasilitas I/O dalam komputer. Pada mikrokomputer Apple II, beberapa peralatan I/O yang sering dipakai terletak pada main-board. Peralatan I/O yang on-board ini termasuk I/O untuk speaker, cassette, game dan keyboard.

Ada juga kebutuhan akan kemungkinan dan perluasan I/O di luar yang on-board. Untuk memenuhinya, main-board Apple II telah dilengkapi dengan 50 pin konektor peripheral (L dalam gambar 3). Alamat, data serta bus-bus kontrol terdapat pada setiap konektor. Setiap konektor juga dilengkapi dengan jalur-jalur pemilih yaitu address decoder F.

2.4.1. Konektor Peripheral. Pada bagian belakang dari main board komputer Apple II terdapat 8 konektor peripheral (slot), dimana dapat diletakkan peripheral interface card. Gambar 11 menunjukkan pin-pin dari konektor tersebut. Tampak setiap konektor peripheral ini memiliki 50 buah pin, tetapi yang akan digunakan untuk melakukan komunika-

si antara mikroprosesor dengan peralatan yang akan dibuat hanya sebanyak 31 pin. Fungsi dari pin-pin konektor peripheral selengkapnya dapat dilihat pada lampiran C. Sedangkan fungsi 31 pin yang akan digunakan adalah sebagai berikut :



9)

GAMBAR 11

## PIN-PIN KONEKTOR PERIPHERAL

- A0-A15 (pin 2-17)

Pin sebanyak 16 ini digunakan untuk bus alamat. Alamat

9) 6502 Soft Reference Manual, op.cit., hal 106.

pada bus ini akan valid selama  $\phi_1$  dan akan tetap valid sampai  $\phi_0$ .

-  $R/\overline{W}$  (pin 18)

Pin ini digunakan untuk sinyal baca/tulis. Sinyal ini akan mempunyai harga yang valid selama bus alamat bernilai valid. Pin ini akan berlogika tinggi (high) pada saat siklus baca dan berlogika rendah (low) pada saat siklus tulis.

-  $\overline{I/O}$  STROBE (pin 20)

Pin ini akan berlogika rendah (low) selama  $\phi_0$ , pada saat salah satu lokasi antara \$C800-\$CFFF diakses.

- +5 V (pin 25)

Pin ini digunakan untuk memberikan catu daya sebesar +5 Volt pada setiap peripheral card dengan batas arus maksimum 500 mA.

- GND (pin 26)

Digunakan sebagai ground.

-  $\overline{IRQ}$  (pin 30)

Pin ini digunakan untuk memberikan sinyal permintaan pelayanan (interrupt request) pada mikroprosesor. Sinyal ini akan ditanggapi jika flag interupsi (I) pada register P dalam keadaan "0". Pada saat ditanggapi, mikroprosesor akan mengerjakan subroutine yang alamatnya tersimpan pada lokasi \$03FE dan \$03FF.

-  $\overline{RES}$  (pin 31)

Sebagai output, pin ini dibuat berlogika rendah (low) untuk mereset 6502 dan peripheral lain. Sedangkan sebagai input, pin ini akan beranjak low pada saat tombol reset dari keyboard ditekan, saat catu daya

dihidupkan dan dari peripheral lain.

-  $\phi_0$  (pin 40)

Pin ini memberikan pulsa clock phase nol  $\phi_0$  yang merupakan clock sistem mikroprosesor sebesar 1,020484 MHz (rata-rata).

- DEVICE SELECT (pin 41)

Jalur ini menjadi aktif (low) untuk setiap konektor peripheral pada saat salah satu lokasi antara \$CON0-\$CONF diakses, dimana n adalah nomer slot ditambah dengan \$8.

- D0-D7 (pin 42-49)

Pin ini digunakan untuk jalur pertukaran data 2 arah (bidirectional data bus). Data pada jalur ini bisa dianggap valid setelah 300 nanodetik di dalam  $\phi_0$  pada periode tulis dan akan tetap stabil selama kurang lebih 100 nanodetik sebelum  $\phi_0$  berakhir pada periode baca.

## 2.5. Komponen-komponen Yang Digunakan

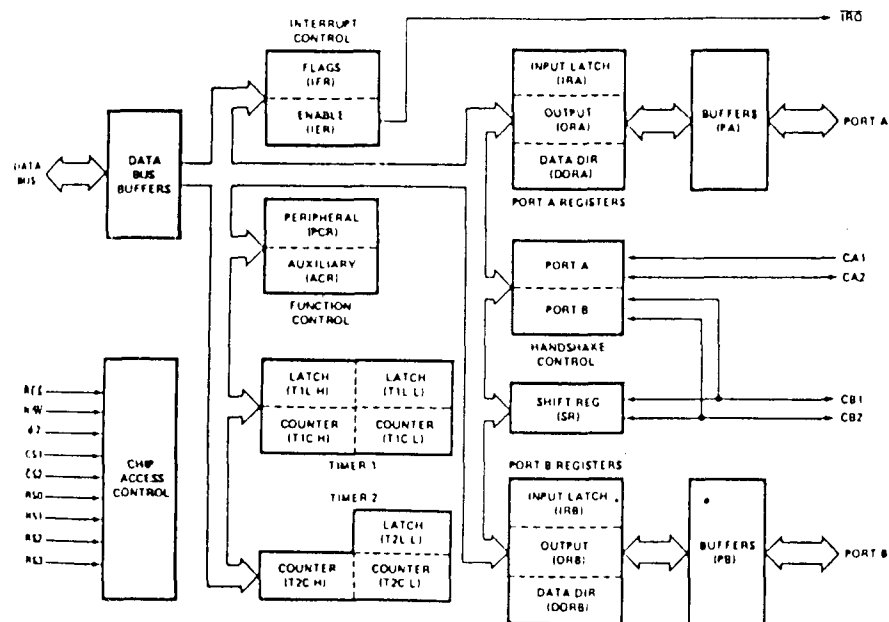
Komponen utama yang digunakan untuk pembuatan "Programmable Alarm" adalah: Versatile Interface Adapter 6522, EPROM 2716, buffer, logic gate, dan komponen pendukung lainnya.

2.5.1. Versatile Interface Adapter. Versatile Interface Adapter (VIA) adalah chip input-output yang dapat diprogram hingga dapat dipakai melakukan bermacam fungsi I/O. Chip 6522 yang dinamakan VIA ini merupakan kombinasi dari PIA (Peripheral Interface Adapter), timer dan shifter. Ber-

ikut ini akan diberikan deskripsi 6522 VIA.

a. Arsitektur Internal 6522.

Arsitektur internal dari 6522 ditunjukkan pada gambar 12.



10)

GAMBAR 12

ARSITEKTUR INTERNAL 6522 VIA

Di sini terlihat adanya beberapa bagian yaitu :

- a. Data bus buffer, yang berfungsi untuk mentransfer data dari bus data ke dan dari mikroprosesor.
- b. Chip access control, yang berfungsi untuk mengendalikan seluruh operasi di dalam 6522.
- c. Interrupt control, untuk membangkitkan sinyal

10) 1979 Data Catalog, *op.cit.*, hal. 5-39.

interupsi ke mikroprosesor. Interrupt control ini berisi 2 buah register 8 bit yaitu Interrupt Flag Register (IFR) dan Interrupt Enable Register (IER).

- d. Function control, untuk menentukan fungsi dari masing-masing port. Function control terdiri dari 2 buah register 8 bit yaitu Peripheral Control Register (PCR) dan Auxiliary Control Register (ACR).
  - e. Interval timer, terdiri dari 2 buah yaitu timer 1 dan timer 2. Timer 1 dengan fasilitas 16 bit counter dan 16 bit latch, sedang timer 2 dengan fasilitas 16 bit counter dan 8 bit latch.
  - f. Shift register 8 bit, yang dapat digunakan untuk konversi seri ke paralel atau sebaliknya.
  - g. Input - output port, ada 2 buah yaitu port A dan port B. Masing-masing terdiri atas 8 bit dengan masing-masing port linanya dapat ditentukan sebagai input atau output, tergantung pada isi dari Data Direction Register (DDR). Masing-masing port memiliki 3 bagian yaitu : input latch, output/input register (OR/IR) dan DDR.
- b. Pinout 6522.

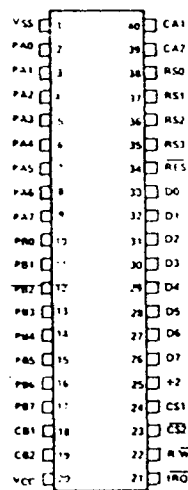
Konfigurasi pin 6522 ditunjukkan pada gambar 13. Fungsi dari masing-masing pin dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Bus data (D0-D7)

Kedelapan pin ini digunakan sebagai jalur pertukaran data antara mikroprosesor dan 6522.

- RESET ( $\overline{RES}$ )

Input ini akan menjadikan semua register 6522 berlogika rendah (low) kecuali counter dan latch dari T1 dan T2 serta shift register. Kemudian menempatkan semua port sebagai port input dan mengabaikan semua permintaan pelayanan (interupsi).



11)

GAMBAR 13

KONFIGURASI PIN 6522 VIA

- Read/Write ( $R/\overline{W}$ )

Digunakan untuk mengendalikan pemindahan data antara mikroprosesor dan 6522. Pada siklus penulisan sinyal  $R/\overline{W}$  ini adalah low dan memungkinkan pemindahan data dari mikroprosesor ke 6522. Sedangkan pada siklus pembacaan sinyal  $R/\overline{W}$  pada pin ini adalah high dan memungkinkan pemindahan data dari 6522 ke mikroprosesor.

11) Ibid., hal 5-58.

- Clock input ( $\psi_2$ )

Input ini sama dengan clock sistem  $\psi_2$  dari mikroprosesor dan digunakan untuk mentrigger pemindahan semua data antara mikroprosesor dan 6522.

- Chip select ( $CS_1$  dan  $\overline{CS_2}$ )

Bila jalur  $CS_1$  diberi input logik "1" dan  $\overline{CS_2}$  diberi input logik "0" maka mikroprosesor baru dapat membaca dari atau menulis ke peralatan tersebut.

- Register select ( $RS_0$ - $RS_3$ )

Keadaan keempat input ini digunakan oleh mikroprosesor untuk memilih salah satu internal register pada 6522, seperti terlihat pada gambar 14.

| Register Number | RS Coding |        |        |        | Register Desig. | Description                         |                      |
|-----------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|-------------------------------------|----------------------|
|                 | $RS_3$    | $RS_2$ | $RS_1$ | $RS_0$ |                 | Write                               | Read                 |
| 0               | 0         | 0      | 0      | 0      | ORB/IRB         | Output Register "B"                 | Input Register "B"   |
| 1               | 0         | 0      | 0      | 1      | ORA/IRA         | Output Register "A"                 | Input Register "A"   |
| 2               | 0         | 0      | 1      | 0      | ODRB            | Data Direction Register "B"         |                      |
| 3               | 0         | 0      | 1      | 1      | ODRA            | Data Direction Register "A"         |                      |
| 4               | 0         | 1      | 0      | 0      | T1C-L           | T1 Low-Order Latches                | T1 Low-Order Counter |
| 5               | 0         | 1      | 0      | 1      | T1C-H           | T1 High-Order Counter               |                      |
| 6               | 0         | 1      | 1      | 0      | T1L-L           | T1 Low-Order Latches                |                      |
| 7               | 0         | 1      | 1      | 1      | T1L-H           | T1 High-Order Latches               |                      |
| 8               | 1         | 0      | 0      | 0      | T2C-L           | T2 Low-Order Latches                | T2 Low-Order Counter |
| 9               | 1         | 0      | 0      | 1      | T2C-H           | T2 High-Order Counter               |                      |
| 10              | 1         | 0      | 1      | 0      | SR              | Shift Register                      |                      |
| 11              | 1         | 0      | 1      | 1      | ACR             | Auxiliary Control Register          |                      |
| 12              | 1         | 1      | 0      | 0      | PCR             | Peripheral Control Register         |                      |
| 13              | 1         | 1      | 0      | 1      | IFR             | Interrupt Flag Register             |                      |
| 14              | 1         | 1      | 1      | 0      | IER             | Interrupt Enable Register           |                      |
| 15              | 1         | 1      | 1      | 1      | ORA/IRA         | Same as Reg 1 Except No "Handshake" |                      |

12)

GAMBAR 14

INTERNAL REGISTER 6522 VIA

12) Ibid., hal. 5-47.

- Interrupt request ( $\overline{\text{IRQ}}$ )

Jalur ini digunakan untuk meminta pelayanan lebih dulu kepada mikroprosesor. Jalur ini diaktifkan oleh kondisi IFR maupun IER.

- Peripheral port A (PA0-PA7)

Port A ini terdiri dari 8 jalur yang masing-masing dapat ditentukan sebagai input atau output tergantung pada keadaan DDR.

- Peripheral control line A (CA1 dan CA2)

Kedua jalur ini digunakan untuk keperluan handshaking dengan peralatan input-output. Register yang mengatur sinyal kontrol ini adalah PCR.

- Peripheral port B (PB0-PB7)

Port ini mempunyai fungsi dan kemampuan yang sama dengan PA0-PA7. Disamping itu polaritas dari sinyal output pada PB7 dengan salah satu dari internal timer dan timer yang lain, bisa digunakan untuk menghitung jumlah pulsa yang ada pada jalur input PB6.

- Peripheral control line B (CB1 dan CB2)

Kedua jalur ini juga mempunyai sifat yang sama seperti pada CA1 dan CA2. Disamping itu juga dapat digunakan sebagai serial port yang dikendalikan oleh shift register.

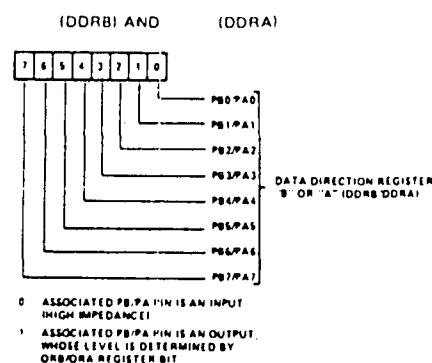
c. Fungsi Beberapa Internal Register dan Cara Beroperasi.

Pada bagian ini akan dijelaskan fungsi serta cara mengoperasikan beberapa internal register yang akan digunakan dalam pembuatan "Programmable Alarm".

- Mengoperasikan port A dan port B.

Setiap port yang terdiri dari 8 jalur mempunyai

register pengendali arah data yang disebut Data Direction Register (DDRA untuk port A dan DDRB untuk port B), dengan demikian setiap DDR merupakan register 8 bit. Kondisi bit dari DDR menentukan sifat dari jalur tersebut. Jika kondisi bit berlogika "0" maka jalur yang sesuai dengan bit tersebut akan berfungsi sebagai jalur input sedang jika kondisi bit berlogika "1" maka akan berfungsi sebagai jalur output. Gambar 15 memperlihatkan flag register DDRA dan DDRB.



13)

GAMBAR 15

## DATA DIRECTION REGISTER (DDRB, DDRA)

Disamping DDR masih ada register yang mengendalikan sifat jalur tersebut, register itu adalah Output Register dan Input Register (ORA/IRA untuk port A dan ORB/IRB untuk port B). Jika jalur diprogram sebagai output maka kondisi sinyal output ditentukan oleh kondisi output register. Jika kondisi output register berlogika "1" maka

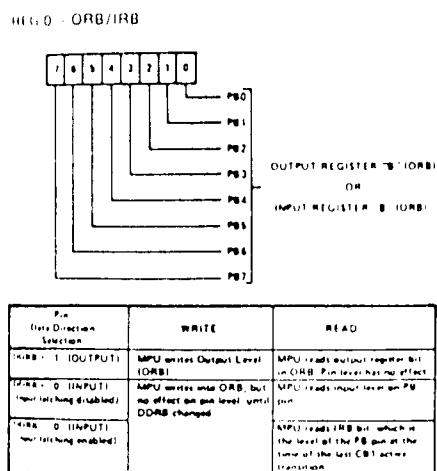
---

13) Ibid., hal. 5-49.

output akan high dan data dapat dikeluarkan ke output port. Hal yang sebaliknya akan terjadi jika jalur diprogram sebagai input. Gambar 16 memperlihatkan register ORB/IRB sedang register ORA/IRA diperlihatkan pada gambar 17.

- Mengoperasikan Timer 2.

Timer 2 dapat dioperasikan sebagai pembangkit interval waktu (one-shot mode) dan dapat pula digunakan untuk menghitung jumlah pulsa negatif yang masuk melalui pin PB6 (pulse counting mode). Kedua mode pengoperasian tersebut dikendalikan oleh sebuah bit pada Auxiliary Control Register (ACR 5). Jika ACR 5 = 1 maka akan berfungsi sebagai one-shot mode, jika ACR 5 = 0 maka akan berfungsi sebagai penghitung pulsa (pulse counting mode).

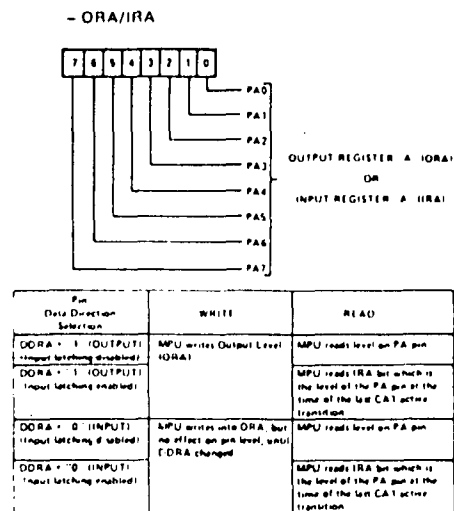


(14)

GAMBAR 16

OUTPUT REGISTER B (ORB) DAN INPUT REGISTER B (IRB)

14) Ibid.



15)

GAMBAR 17

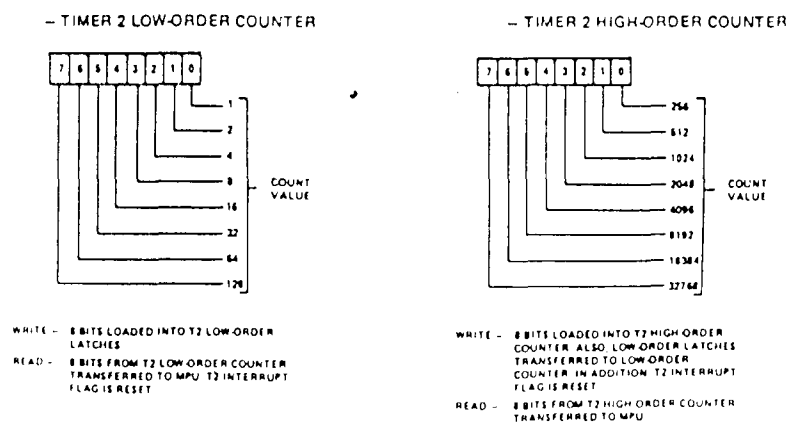
### OUTPUT REGISTER A (ORA) DAN INPUT REGISTER A (IRA)

Timer 2 terdiri dari sebuah latch order rendah T2L-L yang bersifat hanya bisa ditulis, sebuah counter order rendah T2C-L yang bersifat hanya bisa dibaca dan sebuah counter order tinggi T2C-H yang bersifat bisa dibaca dan ditulis. Gambar 18 memperlihatkan register counter T2, sedangkan ACR diperlihatkan pada gambar 19.

Dalam mode penghitung pulsa, timer 2 akan menghitung jumlah pulsa negatif (negative-going pulse) yang akan melalui pin PB6. Hal ini dilakukan pertama-tama dengan memberikan suatu nilai ke dalam Timer 2. Pada operasi penulisan T2C-H akan menyebabkan kondisi interrupt flag menjadi nol dan counter akan mulai melakukan penghitungan mundur setiap kali sebuah pulsa masuk ke pin PB6. Pada

---

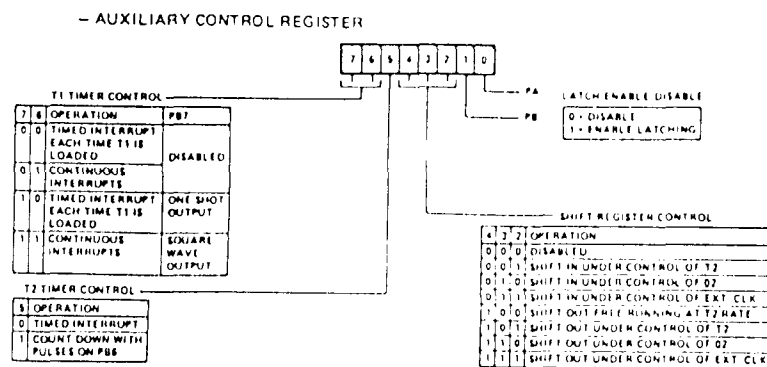
15) Ibid.



16)

GAMBAR 18

## T2 COUNTER REGISTER



17)

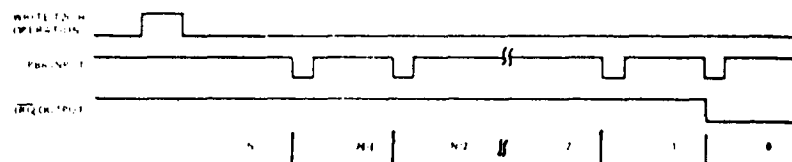
GAMBAR 19

## AUXILIARY CONTROL REGISTER

16) Ibid., hal. 5-53.

17) Ibid., hal. 5-51.

saat T2 mencapai nol, interrupt flag akan menjadi 1. Gambar 20 menunjukkan timing pada T2 dalam mode penghitung pulsa.



18)  
GAMBAR 20

#### TIMING T2 DALAM MODE PENGHITUNG PULSA

- Mengoperasikan interrupt.

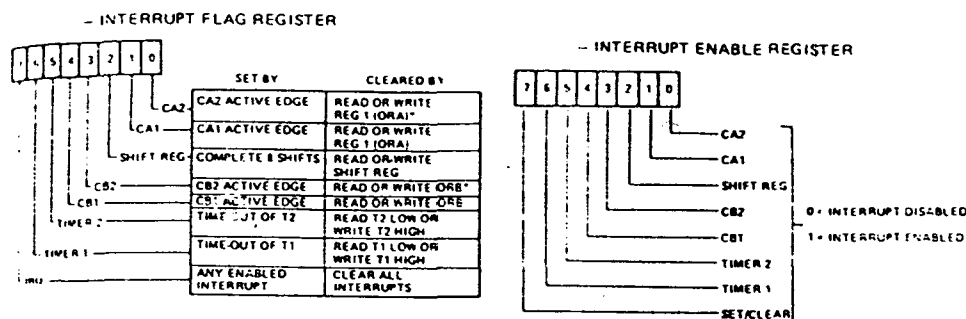
Telah dijelaskan bahwa VIA hanya mempunyai satu jalur interupsi kepada mikroprosesor. Sebagai pengendali interupsi ada 2 buah register yaitu Interrupt Flag Register (IFR) dan Interrupt Enable Register (IER). IFR akan berisi status dari sumber interupsi dan IER berisi tentang beberapa sumber interupsi yang meminta pelayanan kepada mikroprosesor. Untuk dapat memberikan sinyal interupsi harus memenuhi 2 hal, yaitu :

1. Bit yang bersangkutan pada IFR harus dalam keadaan enable.
2. Bit yang bersangkutan pada IER harus telah berkondisi enable.

Gambar 21 memperlihatkan register IFR dan IER.

---

18) Ibid., hal. 5-54.



19)

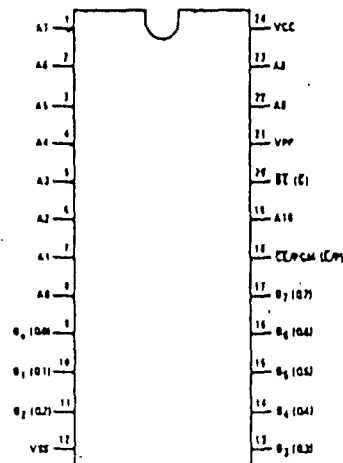
GAMBAR 21

### INTERRUPT FLAG DAN ENABLE REGISTER

2.5.2. EPROM. Salah satu komponen yang digunakan untuk membuat peralatan "Programmable Alarm" adalah EPROM. EPROM ini dipakai sebagai tempat penyimpan program, yang akan mengatur semua kegiatan mikroprosesor sehingga dapat mengendalikan peralatan yang dibuat sesuai dengan yang telah direncanakan. Dalam hal ini, EPROM yang digunakan adalah type 2716 yang mempunyai kapasitas penyimpanan sebesar 2 KByte.

Konfigurasi pin EPROM 2716 ditunjukkan pada gambar 22. Fungsi dari masing-masing pin dapat dijelaskan sebagai berikut :

19) Ibid., hal. 5-57.



20)

GAMBAR 22

## KONFIGURASI PIN EPROM 2716

## - A0-A10

Merupakan jalur alamat, yang dapat dihubungkan langsung ke bus alamat sistem.

## - O0-O7

Adalah jalur data, yang dapat dihubungkan langsung dengan bus data dari sistem.

-  $\overline{\text{CE}}$  (Chip Enable)

Digunakan untuk mengaktifkan atau mematikan EPROM tersebut.

-  $\overline{\text{OE}}$  (Output Enable)

Bila diaktifkan dan  $\overline{\text{CE}} = 0$ , maka data yang ada di dalamnya akan dikeluarkan lewat O0-O7.

---

20) National Semiconductor. Memory Data Book, Santa Clara : National Semiconductor Corporation, hal. 5-12.

- Vcc

Jalur input tegangan catu sebesar 5 volt.

- GND

Berfungsi sebagai ground.

- Vpp

Tegangan catu. Untuk mode read Vpp : 5 volt.

2.5.3. Buffer. Dalam men-drive peralatan I/O dari sistem mikroprosesor, mikroprosesor membutuhkan buffer untuk menambah kapasitas penyediaan arus pin-pin portnya. Hal ini mutlak diperlukan karena jika mikroprosesor dibebani berlebihan akibatnya level tegangan pada pin-pin port yang bersangkutan dapat turun sampai melampaui batas level minimumnya sehingga mikroprosesor tidak dapat memberikan informasi yang benar pada seluruh sistem. Untuk menghindari terjadinya hal ini maka pada port output yang digunakan untuk men-drive unit-unit alarm, diberikan buffer. Dalam hal ini digunakan IC buffer SN74LS244 (octal bus buffer) untuk mem-buffer kedelapan jalur yang dipakai sebagai port output.

2.5.4. Komponen Pelengkap Lainnya. Disamping komponen komponen utama yang telah disebutkan di atas, juga diperlukan beberapa komponen pendukung seperti :

1. NAND gate, type 74LS00
2. Inverter, type 74LS04
3. Decade counter, type 74LS90
4. Timer , type 555
5. Buffer, type 4050

6. IC time base, type MM5369
7. Opto-coupler, type 4N28
8. Kristal 3,58 MHz.
9. Serta beberapa komponen pasif lainnya.

### 3. PERANGKAT LUNAK

Sebagaimana halnya komunikasi antar manusia, komunikasi antara manusia dengan komputer pun terdapat berbagai ragam caranya. Sejauh ini komunikasi yang terjadi adalah menggunakan rangkaian kode simbol atau bahasa yang secara umum dapat dibedakan menjadi 3 golongan yaitu : bahasa mesin, bahasa kode (mneumonic) dan bahasa tingkat tinggi (seperti : BASIC dan sejenisnya). Dalam operasinya bahasa dasar yang langsung dapat dimengerti oleh komputer adalah bahasa mesin. Untuk bahasa lainnya agar dimengerti oleh komputer masih perlu diterjemahkan lagi.

Dari uraian di atas, sekarang dapat dipahami bahwa selain perangkat keras yang telah direncanakan masih diperlukan realisasi perangkat lunak yang berupa kumpulan instruksi yang nantinya akan dikerjakan oleh mikroprosesor guna mengatur seluruh sistem supaya berfungsi sebagaimana diharapkan. Program untuk keperluan pengaturan sistem ini disebut dengan operating sistem atau system monitor.

Karena peralatan yang direncanakan ini membutuhkan penanganan yang cepat maka program dibuat dalam bahasa assembly (mneumonic). Tetapi seperti telah diuraikan di

atas, bahasa ini masih belum dapat dimengerti oleh mikroprosesor sebagai otak dari sebuah komputer. Untuk itu, perlu diterjemahkan lebih dahulu dengan bantuan assembler, dalam hal ini dipakai assembler LISA 2.5 untuk membuat bahasa mesin yang dimengerti oleh 6502. Program ini selanjutnya baru dipindahkan ke EPROM 2716 dengan menggunakan alat pemrogram EPROM yang disebut EPROM Programmer.