

2. DASAR TEORI

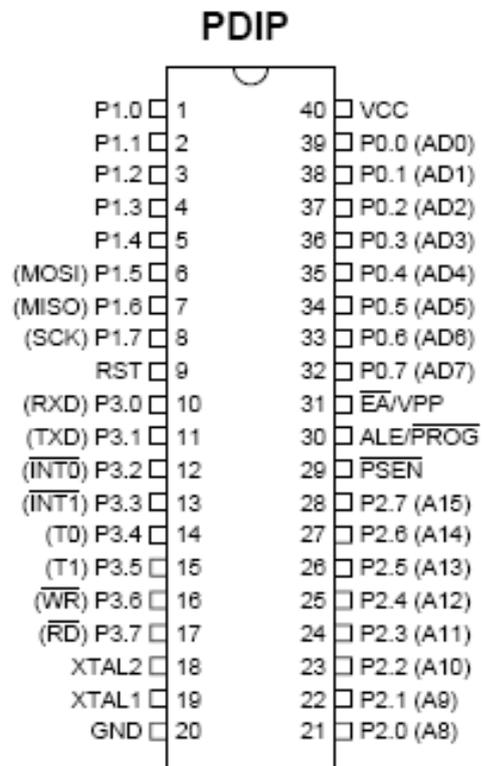
2.1. MCS-51

IC *microcontroller* yang dipakai pada tugas akhir ini yaitu seri AT89 dari ATMEL yang merupakan varian dari keluarga MCS-51. Pembahasan selanjutnya akan mengacu pada tipe 89S51, yang diharapkan dapat menjadi dasar pengetahuan untuk mempelajari tipe-tipe *microcontroller* lainnya.

AT89S51 adalah *microcontroller* CMOS 8-bit yang hemat energi dan berkemampuan tinggi dengan 4K bytes ISP *flash memory* yang dapat diprogram. Perangkat ini diproduksi menggunakan teknologi *high-density nonvolatile memory* milik ATMEL dan kompatibel dengan standar industri untuk instruksi 80C51 dan *pinout*-nya. *Flash memory* dalam *chip* memungkinkan program ditulis ke dalam *chip* dengan cara ISP ataupun dengan cara konvensional.

Dengan menggabungkan 8-bit CPU yang serbaguna dan ISP *Flash* yang dapat diprogram ke dalam *chip* yang sama, AT89S51 menjadi *microcontroller* hebat yang memberikan solusi yang sangat fleksibel dan murah bagi banyak aplikasi kontrol. AT89S51 menyediakan banyak fitur, antara lain: *Flash memory* sebesar 4K bytes, RAM sebesar 128 bytes, 32 jalur I/O, *Watchdog Timer*, dua *data pointers*, dua 16-bit *timer/counters*, arsitektur dua tingkat *five-vectors interrupt*, *full duplex serial port*, osilator dalam *chip* dan *clock circuitry*. Sebagai tambahan, AT89S51 telah didisain dengan *logic statis* untuk operasi frekuensi rendah dan mendukung dengan dua *software* yang dapat dipilih pada *power saving mode*. Perhatikan gambar 2.1 untuk blok diagram AT89S51.

sebagai P0.0 dan jalur terakhir untuk *port* 3 adalah P3.7. Perhatikan gambar 2.2 untuk konfigurasi *pin* AT89S51.



Gambar 2.2. Konfigurasi *Pin* AT89S51

Sumber: Atmel Corporation, *AT89S51 8 bit Microcontroller Datasheet*. 24 Maret 2006. p. 2.

<http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2487.pdf>

- Port 0.

Port 0 merupakan *port* keluaran/masukan (I/O) bertipe *open drain bidirectional*. Sebagai *port* keluaran, masing-masing kaki dapat menyerap arus (*sink*) delapan masukan TTL (sekitar 3,8 mA). Pada saat '1' dituliskan ke kaki-kaki *port* 0 ini, maka kaki-kaki *port* 0 dapat digunakan sebagai masukan-masukan berimpedansi tinggi.

Port 0 juga dapat dikonfigurasi sebagai *bus* alamat/data bagian rendah (*low byte*) selama proses pengaksesan memori data dan program eksternal. Jika digunakan dalam mode ini, *port* 0 memiliki *pull-up* internal.

Port 0 juga menerima kode-kode yang dikirimkan kepadanya selama proses pemrograman dan mengeluarkan kode-kode selama proses verifikasi program yang telah tersimpan dalam *flash*. Dalam hal ini dibutuhkan *pull-up* eksternal selama proses verifikasi program.

- Port 1.

Port 1 merupakan *port* I/O dwi-arah yang dilengkapi dengan *pull-up* internal. Penyangga keluaran *port 1* mampu memberikan/menyerap arus empat masukan TTL (sekitar 1,6 mA). Jika '1' dituliskan ke kaki-kaki *port 1*, maka masing-masing kaki akan *di-pulled high* dengan *pull-up* internal sehingga dapat digunakan sebagai masukan. Sebagai masukan, jika kaki-kaki *port 1* dihubungkan ke *ground* (*di-pulled low*), maka masing-masing kaki akan memberikan arus (*source*) karena *di-pulled high* secara internal. *Port 1* juga menerima alamat bagian rendah (*low byte*) selama pemrograman dan verifikasi *flash*.

- Port 2.

Port 2 merupakan *port* I/O dwi-arah yang dilengkapi dengan *pull-up* internal. Penyangga keluaran *port 2* mampu memberikan/menyerap arus empat masukan TTL (sekitar 1,6 mA). Jika '1' dituliskan ke kaki-kaki *port 2*, maka masing-masing kaki akan *di-pulled high* dengan *pull-up* internal sehingga dapat digunakan sebagai masukan. Sebagai masukan, jika kaki-kaki *port 2* dihubungkan ke *ground* (*di-pulled low*), maka masing-masing kaki akan memberikan arus (*source*) karena *di-pulled high* secara internal.

Port 2 akan memberikan *byte* alamat bagian tinggi (*high byte*) selama pengambilan instruksi dari memori program eksternal dan selama pengaksesan memori data eksternal yang menggunakan perintah dengan alamat 16-bit (misalnya: MOVX @DPTR). Dalam aplikasi ini, jika ingin mengirimkan '1', maka digunakan *pull-up* internal yang sudah disediakan. Selama pengaksesan memori data eksternal yang menggunakan perintah dengan alamat 8-bit (misalnya: MOVX @Ri), *port 2* akan mengirimkan isi dari SFR P2. *Port 2* juga menerima alamat bagian tinggi selama pemrograman dan verifikasi *flash*.

- Port3.

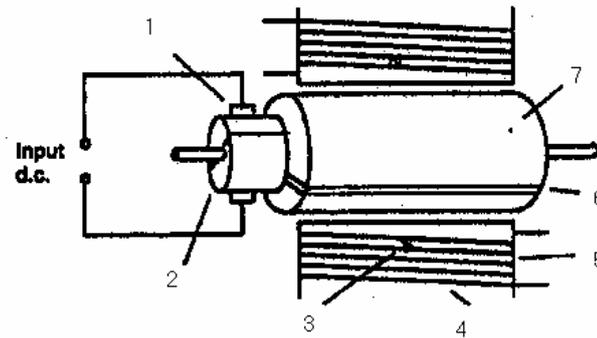
Port 3 merupakan *port I/O* dwi-arah yang dilengkapi dengan *pull-up* internal. Penyangga keluaran *port 3* mampu memberikan/menyerap arus empat masukan TTL (sekitar 1,6 mA). Jika ' 1 ' dituliskan ke kaki-kaki *port 3*, maka masing-masing kaki akan *di-pulled high* dengan *pull-up* intemal sehingga dapat digunakan sebagai masukan. Sebagai masukan, jika kaki-kaki *port 3* dihubungkan ke *ground* (*di-pulled low*), maka masing-masing kaki akan memberikan arus (*source*) karena *di-pulled high* secara intemal.

Port 3 sebagaimana *port 1*, memiliki fungsi-fungsi alternatif, antara lain sinyal-sinyal kontrol (P3.6 dan P3.7), bersama-sama dengan *port 2* (P2.6 dan P2.7) selama pemrograman dan verifikasi *flash*.

- AT89S51 mempunyai dua *timer 16 bit* internal dan biasanya digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan penghitungan waktu. *Timer* memanfaatkan frekuensi osilator untuk bertambah tiap *machine cycle*. *Timer* dapat digunakan untuk menghitung suatu periode waktu antara kejadian, memberikan jarak waktu (*delay*), dan lain-lain. Adapun *register* yang digunakan untuk mengatur *timer* ialah *Timer Mode* (TMOD) dan *Timer Control* (TCON).

2.2. Motor DC

Sebuah motor DC memiliki kumparan-kumparan kawat yang dipancangkan di dalam slot-slot sebuah silinder yang terbuat dari bahan feromagnetik. Silinder ini di beri nama *armature*. *Armature* dipasang pada suatu bentuk dudukan (*bearing*) dan bebas berputar. Dudukan *armature* adalah sebuah medan magnet yang dihasilkan oleh magnet-magnet permanen atau arus yang dialirkan melalui kumparan-kumparan kawat yang dinamakan kumparan medan. Kedua magnet ini, magnet permanen maupun *electromagnet*, disebut sebagai *stator* (bagian yang diam). Ketika arus mengalir melalui kumparan *armature*, karena sebuah konduktor berarus yang berada tegak lurus terhadap sebuah medan magnet akan mengalami gaya, gaya-gaya akan bekerja pada kumparan tersebut dan mengakibatkan perputaran (gambar 2.3).



Gambar 2.3. Motor DC

Sumber: Bolton, William. *Programmable Logic Controller (PLC): sebuah Pengantar*. (Irzam Harmein, Trans.). Jakarta: Erlangga. 2004. p. 25.

Keterangan elemen dasar dari sebuah motor DC:

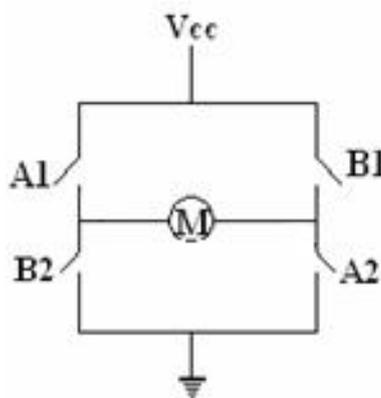
1. Sikat
2. Komutator
3. Kutub-kutub kumparan medan
4. Kumparan medan
5. Stator
6. Kumparan *armature* didalam slot
7. Armatur

Kecepatan putaran dapat diubah dengan cara merubah besar arus pada kumparan *armature*. Akan tetapi, karena sumber tegangan tetap biasanya digunakan sebagai *input* ke kumparan, perubahan arus yang diperlukan seringkali diperoleh melalui penggunaan sebuah rangkaian elektronik. Rangkaian ini dapat mengontrol nilai rata-rata tegangan, dengan cara mengubah-ubah interval waktu untuk menghasilkan tegangan DC yang bervariasi, misalnya menggunakan rangkaian PWM (*pulse width modulation*).

Contoh aplikasi dari motor DC salah satunya digunakan pada penggerak roda robot. Ketika motor DC dihubungkan dengan roda, maka secara otomatis roda akan berputar sesuai dengan putaran motor DC.

2.3. *H-Bridge*

Rangkaian *H-Bridge* terdiri dari transistor jenis NPN dan PNP. Rangkaian *H-Bridge* tersebut menghasilkan keluaran dengan putaran motor yang dapat berputar bolak-balik, prinsip kerja *H-Bridge* secara sederhana dapat dilihat pada gambar 2.4. Bila saklar A1 dan A2 aktif, maka arus akan mengalir dari Vcc menuju A1 dan menggerakkan motor searah jarum jam lalu arus akan menuju A2. Motor akan bergerak dengan arah berlawanan dengan arah jarum jam bila saklar B1 dan B2 aktif.



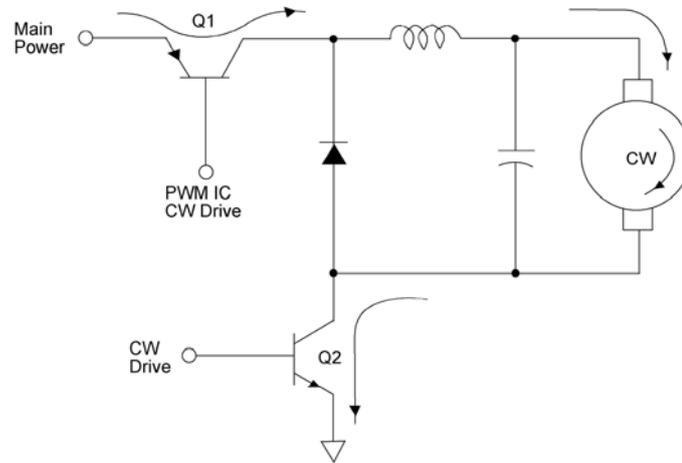
Gambar 2.4. *H-bridge*

Langkah pertama untuk menghasilkan putaran motor searah jarum jam (*clock wise*) dalam rangkaian *H-Bridge* yaitu penempatan hubungan motor dengan transistor *power* NPN. Hal ini diperlihatkan dalam gambar 2.5.

Untuk menjalankan motor dengan putaran searah jarum jam, transistor Q₂ harus dalam keadaan saturasi, sehingga terjadi pentanahan antara motor dengan komponen filter dalam hal ini adalah kapasitor. Arus yang dihasilkan oleh transistor Q₁ diatur oleh IC PWM.

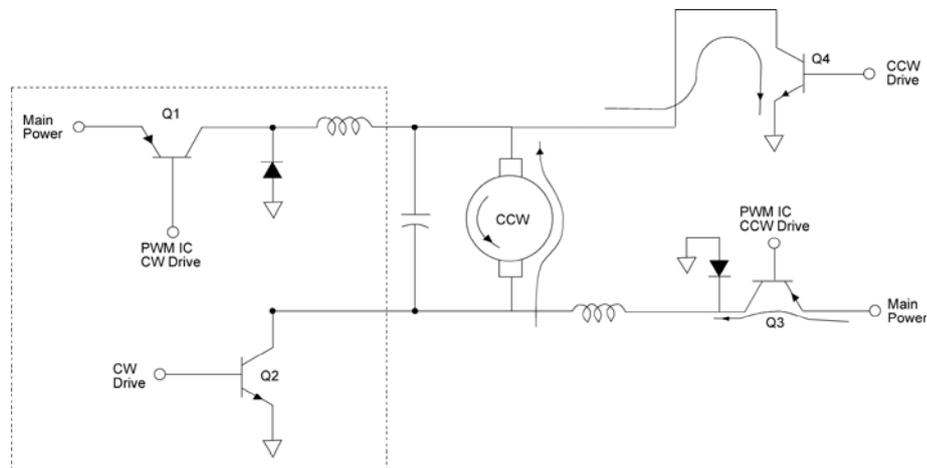
Untuk putaran motor berlawanan dengan arah jarum jam (*counter clock wise*) membutuhkan arus yang mengalir ke atas untuk melewati motor. Hal ini ditandai dengan penambahan dua set transistor (Q₃ dan Q₄) dan komponen filter. Hal ini ditunjukkan pada gambar 2.6. Sehingga untuk mendapatkan putaran berlawanan dengan arah jarum jam, transistor Q₁ dan Q₂ yang menghasilkan putaran searah jarum jam harus dalam keadaan mati (*cut off*), sedangkan transistor

Q4 harus dalam keadaan aktif. Arus yang dihasilkan oleh transistor Q3 diatur oleh IC PWM.



Gambar 2.5. *H-Bridge Clockwise*

Sumber: Jacob, J. Michael. *Industrial Control Electronics Applications and Design*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall. 1988. p. 458.



Gambar 2.6. *H-Bridge Counter Clockwise*

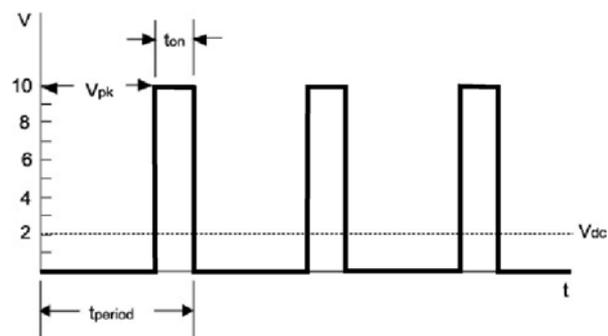
Sumber: Jacob, J. Michael. *Industrial Control Electronics Applications and Design*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall. 1988. p. 458.

2.4. PWM (*Pulse Width Modulation*)

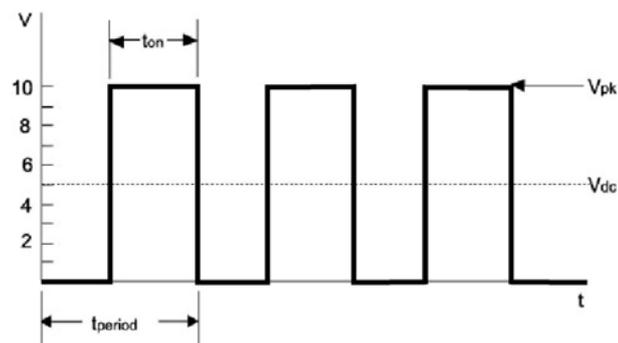
Prinsip dari PWM adalah nilai rata-rata dari berbagai macam gelombang yang ditentukan oleh daerah antara gelombang dan *ground*. Rumus untuk perhitungan bentuk gelombang persegi empat adalah sebagai berikut:

$$V_{dc} = \frac{t_{on}}{t_{period}} V_{pk} \quad (2-1)$$

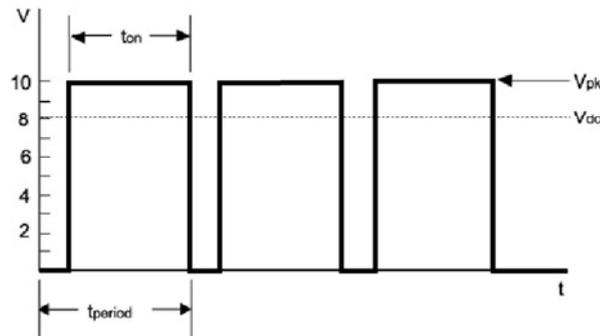
Di bawah ini adalah contoh dari sinyal persegi yang lebar pulsanya dimodulasi:



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.7. *Pulse Width Modulation:*

(a) Lebar pulsa kecil; (b) Lebar pulsa 50%; (c) Lebar pulsa besar

Sumber: Jacob, J. Michael. *Industrial Control Electronics Applications and Design*. Prentice Hall. 1988. p. 433.

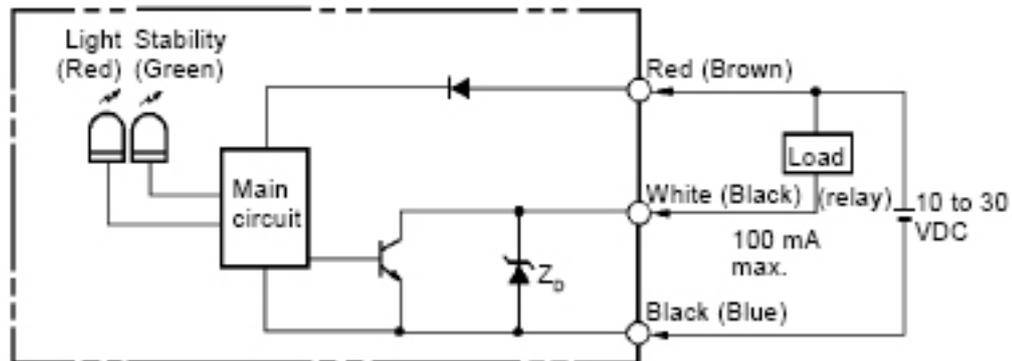
2.5. Sensor *Infrared*

Infrared dapat digunakan untuk mendeteksi garis putih yang terbentang pada *background* hitam atau warna gelap. Penggunaannya ialah dengan memanfaatkan pengirim cahaya *infrared* (*transmitter*) dan juga penerima cahaya *infrared* (*receiver*).

Ketika *transmitter* memancarkan cahaya *infrared* ke suatu bidang, maka *infrared* itu akan memantul dan intensitas pemantulannya tergantung dari warna bidang yang ditembak oleh *infrared* dari *transmitter*. Jika warna bidangnya putih, maka intensitas pantulan *infrared* akan semakin banyak. Jika warna bidangnya hitam, maka intensitas pantulan *infrared* akan semakin sedikit. *Infrared* yang memantul setelah mengenai suatu bidang akan ditangkap oleh *receiver*.

Sensor *infrared* yang digunakan pada robot otomatis ini ialah sensor *infrared* merk OMRON tipe E3S-AD62. Pada sensor ini, terdapat 3 warna kabel yaitu coklat, biru, dan hitam. Kabel warna biru ialah untuk tegangan *input* antara 10 VDC sampai 30 VDC, kabel warna hitam untuk *ground*, dan kabel warna hitam untuk tegangan *output* dari sensor. Konsumsi arus maksimal dari sensor ini ialah sebesar 35 mA. Untuk jarak *sensing*-nya, warna putih dapat dideteksi dari jarak 0 cm sampai 70 cm dan warna hitam dapat dideteksi dari jarak 0,15 cm sampai 33 cm. Rangkaian dalam sensor menggunakan transistor NPN *open collector* dan arus beban maksimalnya ialah 100 mA pada tegangan *input* 30

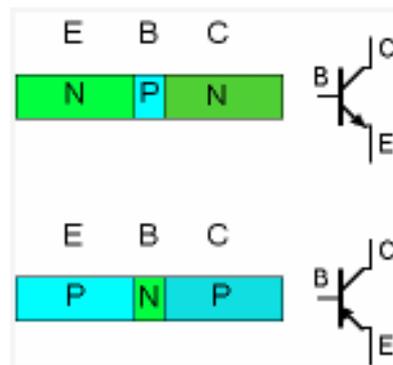
VDC. Tegangan *output* yang dihasilkan sensor ketika mendeteksi warna putih ialah 0,02 V dan ketika mendeteksi warna hitam, *output* tegangannya ialah 0,5 V. Sensor tipe E3S-AD62 merupakan sensor *infrared* yang memiliki proteksi terhadap *mutual interference* cahaya. Rangkaian *internal* sensor *infrared* OMRON E3S-AD62 dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Rangkaian *Internal Sensor Infrared* OMRON E3S-AD62

2.6. Transistor Bipolar

Transistor merupakan dioda dengan dua sambungan (*junction*). Sambungan itu membentuk transistor PNP maupun NPN. Ujung-ujung terminalnya berturut-turut disebut emitor, basis dan kolektor. Transistor ini disebut transistor bipolar, karena struktur dan prinsip kerjanya tergantung dari perpindahan elektron di kutub negatif mengisi kekurangan elektron (*hole*) di kutub positif. William Shockley adalah orang yang pertama kali menemukan transistor bipolar pada tahun 1951.



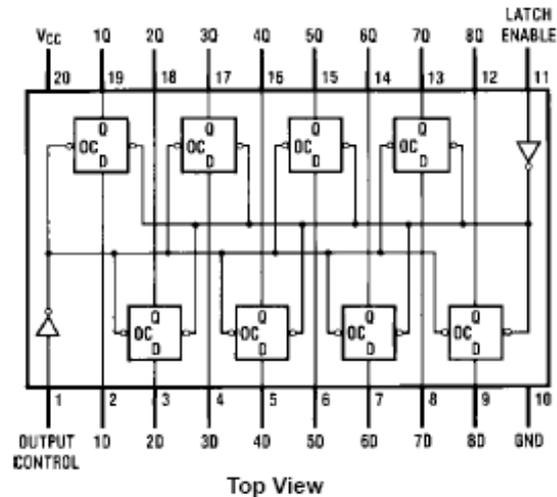
Gambar 2.9. Transistor NPN dan PNP

Transistor bipolar adalah inovasi yang menggantikan transistor tabung (*vacum tube*). Selain dimensi transistor bipolar yang relatif lebih kecil, disipasi dayanya juga lebih kecil sehingga dapat bekerja pada suhu yang lebih dingin. Dalam beberapa aplikasi, transistor tabung masih digunakan terutama pada aplikasi audio, untuk mendapatkan kualitas suara yang baik, namun konsumsi dayanya sangat besar. Sebab untuk dapat melepaskan elektron, teknik yang digunakan adalah pemanasan filamen seperti pada lampu pijar.

Transistor dapat bekerja sebagai *switch*. Prinsip kerjanya ialah dengan memanfaatkan kondisi *cut off* dan saturasi dari transistor. Ketika transistor dalam keadaan *cut off*, maka arus tidak dapat mengalir dari kolektor ke emitor. Ketika transistor dalam keadaan saturasi maupun aktif, maka arus akan dapat mengalir dari kolektor ke emitor.

2.7. 74HC573

IC tipe ini merupakan suatu IC yang digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan *latching*. *Latching* adalah suatu fungsi untuk memberikan nilai tertentu pada *pin-pin* yang ada, kemudian nilai tersebut ditahan sampai waktu yang telah ditentukan. Berikut ini adalah gambar IC 74HC573 dan tabel kebenarannya.



Gambar 2.10. IC 74HC573

Sumber: Fairchild Semiconductor, *MM74HC573 Datasheet*. 1 April 2006. p. 1.
<<http://www.fairchildsemi.com/ds/MM/MM74HC573.pdf>>

Tabel 2.1. Tabel kebenaran IC 74HC573

Output Control	Latch Enable	Data	Output
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	X	Q ₀
H	X	X	Z

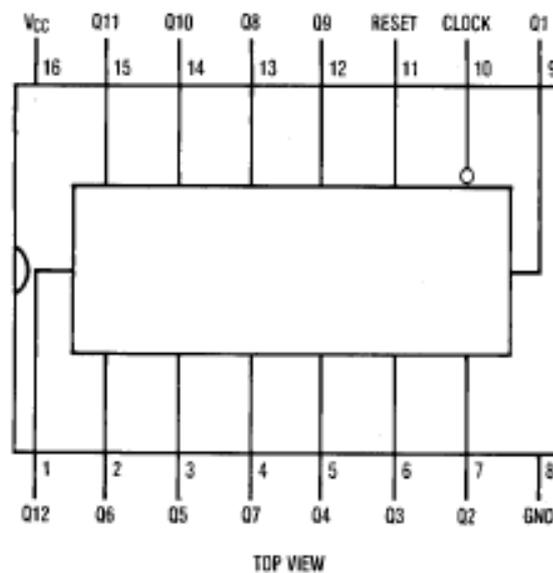
Sumber: Fairchild Semiconductor, *MM74HC573 Datasheet*. 1 April 2006. p. 1.
<<http://www.fairchildsemi.com/ds/MM/MM74HC573.pdf>>

Data *input* dimasukkan ke *pin* 1D sampai 8D lalu keluarannya ialah pada *pin* 1Q sampai 8Q. Kemudian ada dua *pin* penting pada IC ini yaitu *pin output control* (*pin* 1) dan *pin latch enable* (*pin* 11). Kedua *pin* ini berstatus *active low*. Ketika *pin output control* diberikan logika 0, maka semua data yang masuk ke *input* D akan dapat dikeluarkan ke *output* Q. Jika *pin output control* ini diberikan logika 1, maka data yang masuk pada *input* D tidak akan dapat dikeluarkan di *output* Q. Jadi, seolah-olah ada pagar pemisah antara *pin-pin input* D dengan *pin-pin output* Q.

Pin latch enable digunakan untuk mengendalikan data keluaran pada *pin-pin Q*. Jika *pin latch enable* diberi logika 0, maka data yang ada pada *pin-pin Q* akan ditahan. Ketika *pin-pin D* diberi data baru, maka data baru tersebut tidak akan keluar pada *pin-pin Q* karena *pin-pin Q* masih mempertahankan data yang lama. Jika *pin latch enable* diberi logika 1, maka data tidak akan ditahan pada *pin-pin Q*. Data yang masuk ke *pin-pin D* akan selalu sama dengan data pada *pin-pin Q*.

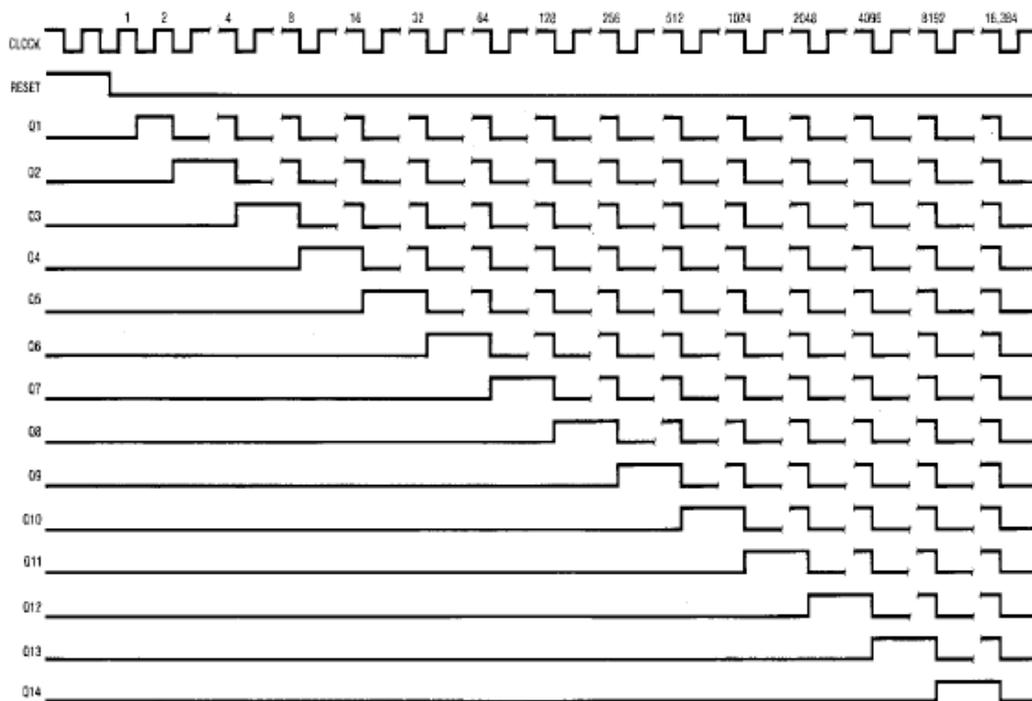
2.8. 74HC4040

IC ini adalah suatu tipe IC *counter* yang berfungsi untuk menghasilkan *output* data sebesar 12 bit biner. Berdasarkan *input* transisi turun dari *clock*, maka data biner akan berubah semakin naik mulai dari 0 sampai 4095 ($2^{12} - 1$). Data biner ini akan dikeluarkan pada *pin* Q1 (LSB) sampai Q12 (MSB). Berikut ini adalah gambar IC 74HC4040 beserta *timing diagram*-nya.



Gambar 2.11. IC 74HC4040

Sumber: Fairchild Semiconductor, *MM74HC4040 Datasheet*. 1 April 2006. p. 1.
<<http://www.fairchildsemi.com/ds/MM/MM74HC4040.pdf>>



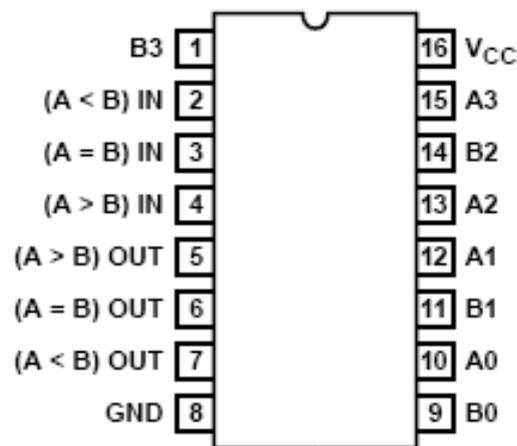
Gambar 2.12. *Timing Diagram 74HC4040*

Sumber: Fairchild Semiconductor, *MM74HC4040 Datasheet*. 1 April 2006. p. 5.
<http://www.fairchildsemi.com/ds/MM/MM74HC4040.pdf>

Pin clock berfungsi untuk memberikan *input* mulai untuk menghasilkan data biner. Ketika *input clock*-nya transisi turun, maka data biner akan berubah naik satu step. *Pin reset* akan menjalankan fungsi *reset* apabila diberikan logika 1. Jika fungsi *reset* ini berjalan, maka hitungan counter akan kembali lagi ke nilai awalnya (nilai 0).

2.9. 74HC85

IC 74HC85 adalah IC *comparator 4 bit* yang digunakan untuk membandingkan dua data yang masing-masing terdiri atas 4 *bit* biner. Berikut ini adalah gambar IC 74HC85 beserta tabel kebenarannya.



Gambar 2.13. IC 74HC85

Sumber: Texas Instruments, *CD74HC85 Datasheet*. 1 April 2006. p. 1.
<http://www-s.ti.com/sc/ds/cd74hc85.pdf>

Tabel 2.2. Tabel Kebenaran IC 74HC85

COMPARING INPUTS				CASCADING INPUTS			OUTPUTS		
A3, B3	A2, B2	A1, B1	A0, B0	A > B	A < B	A = B	A > B	A < B	A = B
SINGLE DEVICE OR SERIES CASCADING									
A3 > B3	X	X	X	X	X	X	H	L	L
A3 < B3	X	X	X	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 > B2	X	X	X	X	X	H	L	L
A3 = B3	A2 < B2	X	X	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 > B1	X	X	X	X	H	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 < B1	X	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 > B0	X	X	X	H	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 < B0	X	X	X	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	H	L	L	H	L	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	H	L	L	H	L
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	L	L	H	L	L	H
PARALLEL CASCADING									
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	X	X	H	L	L	H
A3 = B3	A2 = B2	A1 = B1	A0 = B0	H	H	L	L	L	L
A3 = B3	A2 = B2S	A1 = B1	A0 = B0	L	L	L	H	H	L

H = High Voltage Level, L = Low Voltage, Level, X = Don't Care

Sumber: Texas Instruments, *CD74HC85 Datasheet*. 1 April 2006. p. 2.
<http://www-s.ti.com/sc/ds/cd74hc85.pdf>

Input A (4 bit biner) akan dibandingkan dengan input B (4 bit biner). Setelah dibandingkan, maka hasilnya dapat diperoleh pada 3 pin yang ada yaitu pin (A>B)out, pin (A=B)out, dan pin (A<B)out. Pin (A>B)in, pin (A=B)in, dan pin (A<B)in digunakan untuk menentukan cara cascading. Cascading adalah suatu cara yang digunakan untuk mengkoneksikan 2 buah IC yang sama dengan tujuan untuk mendapatkan fungsi yang lebih luas. Contohnya ialah dengan mengkoneksikan 2 buah IC 74HC85 yang masing-masingnya hanya bisa membandingkan 4 bit biner menjadi fungsi yang dapat membandingkan 8 bit biner.