บทที่ 2 หลักการทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดโดยการเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานข้อมูลของโปรแกรม ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการจะอยู่ในรูปของรหัสเลขฐานสิบหก หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าภาษาเครื่อง หรือ แมทชีนโค้ด (Machine code) แต่เนื่องจาการเขียนโปรแกรมในลักษณะที่เป็นภาษาเครื่องนี้ทำได้ยากจึงหันมาใช้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาต่างๆหรือที่เรียกกันว่า ภาษาชั้นสูง เช่น ภาษาเบสิก ภาษาซี ภาษาแอสเซมบลี (Assembly) ฯลฯ แล้วทำ การแปลงภาษาชั้นสูงให้เป็นภาษาเครื่อง แล้วเขียนลงในหน่วยความจำ โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่อมาการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ นิยมใช้ภาษาแอสเซมบลี กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถใช้ซอฟแวร์แอสเซมบลี (Assembly) ทำการแปลภาษาแอสเซมบลีที่เขียนนั้น เป็นภาษาเครื่องและสามารถตรวจสอบผลการทำงานได้ เพื่อให้งานวิจัยนี้ดำเนินการไปได้โดยแบ่งหัวข้อศึกษาดังนี้

2.1 แนวความคิด

2.2 ตัวควบคุมหลัก หรือ MCU ที่ใช้ควบคุม

2.3 TYPES OF OSCILLATOR

2.4 การใช้งาน LCD โมดูล

2.5 ตัวส่งรีโมท

2.6 การรับสัญญาณ Remote จาก Remote โทรทัศน์

2.7 การเขียนโปรแกรม Microcontroller

2.8 ทรานซิสเตอร์ สารกึ่งตัวนำสำคัญ

2.9 ไฟฟ้ากระแสสลับ(AC)ไฟฟ้ากระแสตรง(DC)

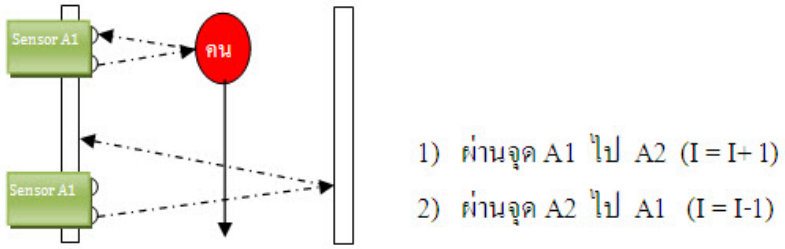
2.10 ออปโต้คัปเปลอร์ (Opto-Coupler)

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวความคิด

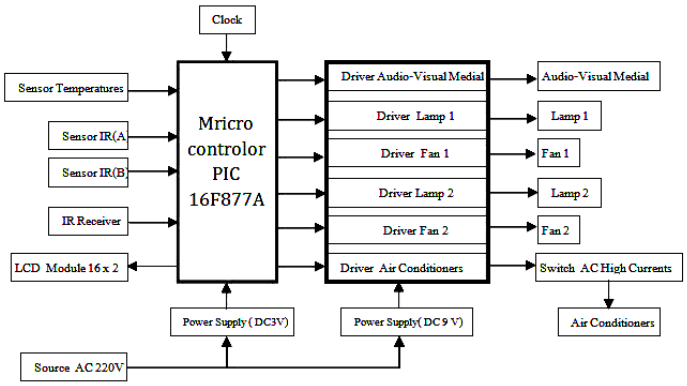
เซนเซอร์ IR (Infrared) ส่งสัญญาณอินฟาเรดออกไปเมื่อมีคนหรือวัตถุ ผ่านจุดที่วาง Sensor IR แสงที่ถูกส่งออกไปในอากาศจะสะท้อนกลับไปยังตัวรับแสงอินฟาเรดตามทิศทางมุมตกกระทบสะท้อนกลับไปยังวงจรรับแสงอินฟาเรดแล้วส่งสัญญาณไปให้ตัว Control แจ้งสัญญาณไปยังวงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F877A) จะทำการ เพิ่มค่า I = I+1 แล้วเปรียบเทียบค่าในตารางเงื่อนไขสั่งให้วงจรขับรีเลย์ทำงานเป็น 1 เพื่อทำการ ON อุปกรณ์ไฟฟ้าตามลำดับการเซทโปรแกรม คือ หลอดไฟแต่ละแถว ลำดับที่ 1 ตามด้วยพัดลมโคจรตัวที่ 2 และเครื่องปรับอากาศตามลำดับ จะเริ่ม

ทำงาน และเซนเซอร์ตรวจจับการออกจากห้องระบบก็จะทำการลบสมการ I = I-1 ทำการเปรียบเทียบค่า I ที่ตารางคำสั่งที่กำหนด คือ เครื่องปรับอากาศ และหลอดไฟแต่ละแถวจะปิดลงตามลำดับ และในส่วนของระบบรีโมทจะทำงานในช่วงสถานะที่วงจรควบคุม อยู่ในถานะ 0 หรือมีคนอยู่ภายในห้องเท่านั้น



รูปที่ 2.1 แสดงการตรวจนับการ ผ่านเข้า/ออก ของเซนเซอร์

โดยใช้การเขียนโปรแกรมประยุกต์เพื่อใช้ในการควบคุมการเข้า-ออกของคนที่ผ่านประตูโดยผ่าน Sensor มีการดำเนินงานดังนี้ คือ เมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวได้ โดยโปรแกรมจะประเมินค่า 2 เงื่อนไข คือ I = 1, I = 0 เงื่อนไขที่ 1 เมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวผ่าน เซนเซอร์จุด (A1 ไป A2) I = I+1 ไปเลื่อย ๆ เงื่อนไขที่ 2 เมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวเมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวผ่านเซนเซอร์จุด (A2ไปA1) I = I-1 ไปเลื่อย ๆ จนถึง I = 0 วงจรถึงจะสั่งงานให้ทำการ Off Circuit



รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมการทำงานเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียน ระบบอัตโนมัติ

จากรูป 2.2 การทำงานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียน ระบบอัตโนมัติ เริ่มจากวงจรเซนเซอร์ เมื่อมีคนเดินผ่านมาเซนเซอร์จะตรวจจับแล้วส่งข้อมูลด้าน Input เข้าไปในไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อสั่งงานให้วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 3 ชนิดทำงาน

2.2 ตัวควบคุมหลัก หรือ MCU ที่ใช้ควบคุม

PIC คือ Microcontroller อีกตระกูลหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่ง Concept ของ Microcontroller [29] ตระกูลนี้ก็คือ พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMROY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้มันเหมือนกัน CPU

2.2.1 หน่วยความจำของ PIC

ในอดีตหน่วยความจำของ PIC จะค่อนข้างน้อย คืออยู่ระหว่าง 512 words ถึง 4 K words แต่ในปัจจุบัน บริษัท Microchip ซึ่งเป็นเจ้าของ PIC ได้พัฒนาจนทำให้ Memory ของ PIC มีขนาดเป็นหลายสิบกิโลไบต์ และมีทีท่าว่าจะขยายได้ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในเรื่องของการนับขนาดของหน่วยความจำของ PIC จะนับไม่เหมือนปกติ โดยหนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 bits ดังนั้นเราจะเรียกว่า 1 word ของ PIC จะมีขนาด 14 bits เช่น PIC16F84A ระบุว่ามีหน่วยความจำ 1 K (ซึ่งหมายถึง 1 K word ถ้าคำนวณให้เป็นแบบ 1 byte = 8 bit จะได้ว่า 1 x 1,024 x 14 = 14,336 bits ดังนั้น 14,336/(8 x 1,024) = 1.75K bytes

2.2.2 สถาปัตยกรรมของ PIC

ในอดีตมี 2 กลุ่มขึ้นต้นด้วย 16xxx,17xxx ปัจจุบันได้เพิ่มอีก 1 กลุ่มคือกลุ่ม 18xxx ซึ่งคุณสมบัติที่เหนือกว่าเรียงจากน้อยสุดไปมากสุดก็คือ 16 -> 17 -> 18 คำสั่ง Assembly ของ 17 และมี 18 จะมีมากกว่า 16 ทำให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายกว่า ราคาก็จะสูงกว่าด้วย แต่ที่เป็นที่นิยมก็คือตระกูล 16xxx

2.2.3 สรุปแนวความคิดสถาปัตยกรรมของ PIC

PIC จะยึดถือการออกแบบที่ว่ารวมทุกอย่างไว้ใน Chip ตัวเดียวโดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์ใดๆ เพิ่มเติม ผลที่ตามมาก็คือแผ่นวงจรจะมีขนาดเล็ก และอุปกรณ์ที่ใช้จะไม่มาก บางงานอาจจะใช้แค่ PIC เพียงตัวเดียวโดยไม่ต้องใช้ chip อื่นมาเพิ่มเติมเลย นี่คือคุณสมบัติพิเศษของ PIC ครับ ซึ่งปัจจุบันหลายบริษัทที่ผลิต Microcontroller ก็เริ่มจะหัดมาเลียนแบบแนวทางนี้ครับ แต่ทุกอย่างย่อมมีข้อเสีย เนื่องจาก Concept ที่จะรวมทุกอย่างไว้ใน Chip เดียว ทำให้ Program memory และ Data Memory ไม่สามารถขยายโดยใช้กับ Memory ภายนอกได้ (ในทางทฤษฎี ของจริงทำได้ แต่ต้องใช้เทคนิคซึ่งไม่นิยม กัน) PIC จึงเหมาะสำหรับงานเล็กๆ ไม่ใช่งานใหญ่ๆ ที่ต้องใช้การคำนวณ และ Memory มาก

2.2.4 PIC ชนิดต่างๆ

MCU ในตระกูล PIC ถ้าแบ่งออกตามชนิดของ PROGRAM MEMORY แบ่งได้เป็น 3 แบบคือ

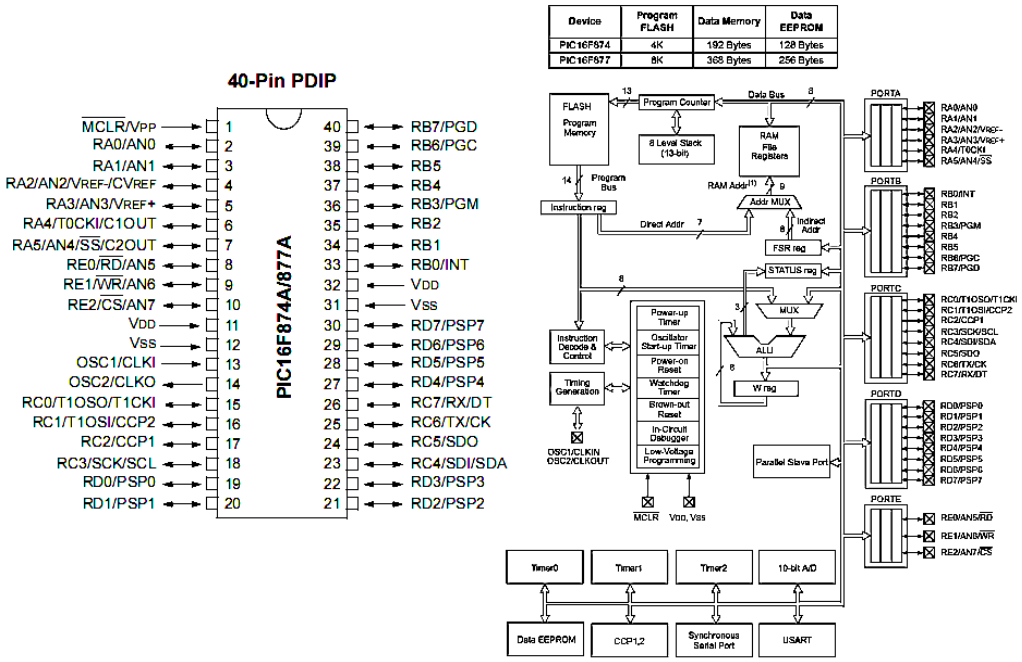
1. OTP (one time programmable)
2. EPROM (erasable programmable ROM)
3. EEPROM / Flash (electronically erasable programmable ROM

1. OTP เป็น chip ที่มีราคาถูกที่สุด ในสามประเภท สาเหตุก็มาจากว่า Chip แบบ OTP จะสามารถทำการโปรแกรมได้แค่ครั้งเดียวเท่านั้น หลักจาก Chip ได้ถูกโปรแกรมไปแล้วจะไม่สามารถโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้อีก ดังนั้น chip ประเภทนี้จะนิยมใช้หลังจากได้พัฒนาโปรแกรมจนกระทั่งจุดบกพร่องต่างๆ ในโปรแกรม ไม่มีอีกแล้ว เพราะจะมีต้นทุนต่ำเมื่อเทียบตัว Memory ประเภทอื่น จะมีตัวอักษร C แสดงบนตัว Chip เช่น 16C84,16C74

2. EPROM เป็น Chip ที่มี Program memory ที่เมื่อเขียนโปรแกรมเข้าไปแล้วสามารถโปรแกรมใหม่ด้วยการลบโปรแกรมเดิมโดยให้แสง uV (ultra Violet) ส่องผ่านเข้าไปยัง chip ประมาณ 5-10 นาที ดังนั้นที่ด้านบนของ chip จะมีกรอบกระจกเพื่อให้แสดง uV สามารถส่องผ่านเข้าไปในตัว chip ได้ แต่ก็มีจำนวนครั้งในการลบโปรแกรมเช่นกัน เมื่อลบโปรแกรมด้วยแสง uV มากๆ เข้าก็จะเกิดอาการด้าน คือโปรแกรมไม่เข้านั่นเอง จะมีตัวอักษร JW หรือ ดูเอาว่ามีกรอบกระจกอยู่บน chip หรือไม่

3. EEPROM / Flash เป็น Chip ที่ออกมาไม่กี่ปีนี้เอง ส่วนของ Program memory สามารถอ่านหรือเขียนด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ใช้เวลาในการ ลบข้อมูลไม่กี่วินาที และสามารถลบ และเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง ทำให้เป็นที่นิยมที่สุดใน 3 ประเภท มีตัวอักษร F เป็นตัวบอก เช่น 16F84,16F877

โครงสร้างขาของ PIC16F877A



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งขา และหน้าที่ ขาของ PIC16F877A

ที่มา: http://www.circuitstoday.com/wp-content/uploads/2011/01

/Internal-Architecture-of-PIC16F877A-Chip.gif (1 ก.พ. 2554)

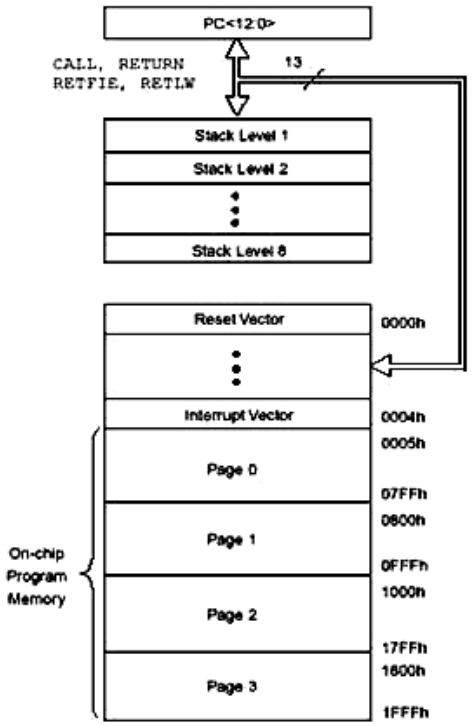
2.2.5 โครงสร้าง MEMORY ของ PIC16F87x

Memory ใน PIC16F87X มีอยู่ 4 ประเภทคือ

- Program memory
- Data memory
- Stack memory
- EEPROM memory

PROGRAM MEMORY

PIC16F87x จะมีขนาดของ Program memory ซึ่งสามารถอ้างได้ถึง 8K byte โดย PIC16F877/876 จะมีขนาดหน่วยความจำเท่ากับ 8K x 14 และ PIC16F873/874 มีขนาด 4K x 14 ซึ่ง ตำแหน่ง Reset vector จะอยู่ที่ 0000h และ Interrupt vector จะอยู่ที่ 0004h



รูปที่ 2.4 โครงสร้าง Register ใน PIC 16F877A

Register ที่เกี่ยวข้องกับ Program memory ของ PIC คือ PCL และ PCLATH ซึ่งก็คือ Program counter LOW และ HIGH byte นั่นเอง โดยที่ LOW byte จะมีขนาด 8bit ส่วน HIGH byte จะมีขนาด 5 bit ซึ่งทำให้มีขนาดรวมกัน 13 bit ก็คือสามารถอ้างหน่วยความจำได้ 8K bytes นั่นเอง

PIC จะแบ่ง Program memory ออกเป็น Page ซึ่งแต่ละ Page ก็จะมีขนาด 2 Kbytes ซึ่งคำสั่ง CALL และ GOTO สามารถสั่งให้ Program counter กระโดดไปมาได้ในช่วง Page เท่านั้นแต่ถ้าเมื่อเราต้องการกระโดดจาก Page หนึ่งไปยังอีก Page หนึ่ง เราจะต้องไปควบคุม PCLATH<4:3> (bit address ที่ 12 และ 13 ให้ชี้ไปยัง page ที่เราต้องการเสียก่อน หลังจากนั้นจึงเรียกคำสั่ง CALL หรือ GOTO ตามอีกที

Page 0 PCLATH<4:3> = 00

Page1 PCLATH<4:3> = 01

Page2 PCLATH<4:3> = 10

Page3 PCLATH<4:3> = 11

เมื่อเราใช้คำสั่ง CALL ไปที่ Routine ใด Routine หนึ่งแล้ว เราจะใช้คำสั่ง RETURN ในการกลับไป การ RETURN กลับนั้นเราไม่ต้องสั่ง PCLATH ให้ชี้ไปยัง Page ก่อนหน้าที่เราจะเรียก CALL เพราะ

ค่า Address ดังกล่าวจะถูกเก็บไว้ใน STACK เรียบร้อยแล้ว แต่สำหรับคำสั่ง GOTO เวลาข้าม Page เราจะต้องสั่งให้ PCLATH ชี้ไปยัง Page ที่เราจะไปทุกครั้ง สำหรับผมจะสร้าง Marco ไว้ที่หัวโปรแกรมเพื่อเอาไว้เรียกใช้ในการข้าม Page ให้สะดวกขึ้น

ตารางที่ 2.1 ตารางคำสั่งใช้ในการข้าม Pageใน Register

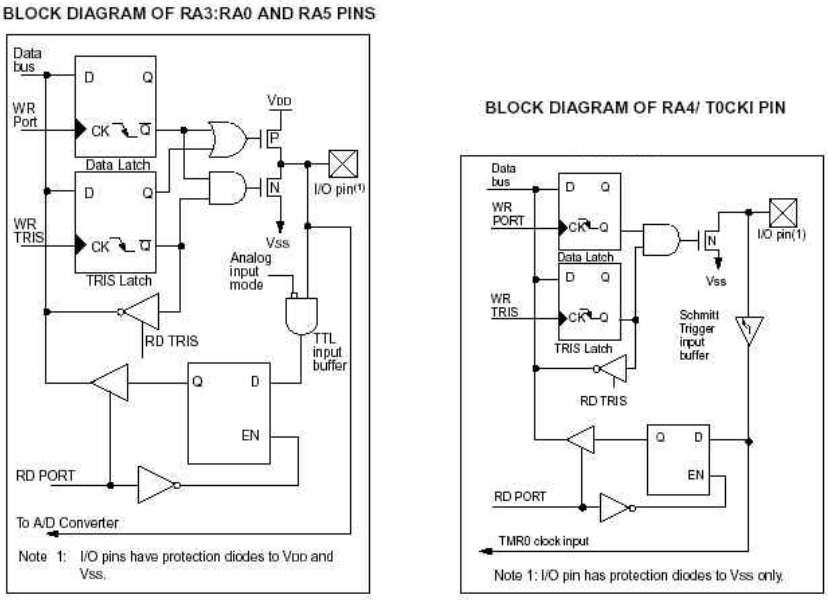
PAGE0 MACRO BCF PCLATH,3 BCF PCLATH,4 ENDM	PAGE2 MACRO BCF PCLATH,3 BSF PCLATH,4 ENDM
PAGE1 MACRO BSF PCLATH,3 BCF PCLATH,4 ENDM	PAGE3 MACRO BSF PCLATH,3 BSF PCLATH,4 ENDM

เวลาจะข้าม Page ก็เรียก Macro เช่น Page1 // เตรียมกระโดดไป Page 2 CALL BCDCONV // เรียก Routine ที่เราต้องการ

2.2.6 PORTA ใน PIC16F87X

I/O ports บางตัวของ PIC เป็นแบบ multiplexed ซึ่ง อาจเป็นทั้ง I/O หรือ peripheral features (เช่น A/D, Serial, IIC) ซึ่งเมื่อ ขาเหล่านี้ใช้งานในส่วน peripheral ก็จะไม่สามารถใช้งานในลักษณะของ I/O ได้ PORTA และ TRISA register ORTA มีขนาด 6 bit ซึ่งเป็น port ที่เป็นได้ทั้ง Input และ Output โดยต้องเลือกแบบใดแบบหนึ่ง สามารถเลือกได้จาก register ที่มีชื่อว่า TRISA ซึ่งถ้า TRISA bit ถูก set เป็น ‘1’ PORTA ที่มีหมายเลขบิตเดียวกันนั้นก็ทำงานเป็น input (ทำให้ port นั้นอยู่ในสถานะ hi-impedance) ส่วนถ้า TRISA bit ถูก set เป็น ‘0’ PORTA ที่มีหมายเลขบิตเดียวกันนั้นก็จะทำงานเป็น output (port จะอยู่ในสถานะ output latch) การอ่านค่า PORTA register คือการอ่านค่าสถานะของ ขา PORTA ในขณะนั้น ส่วนการเขียนค่าไปยัง PORTA คือการเขียนไปยัง latch ของ port ลักษณะการเขียนจะเป็นแบบ read-modify-write operations ซึ่งหมายความว่า ในการเขียนไปยัง port จะเริ่มด้วยการ อ่านค่า port นั้นมาก่อนแล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่า จากนั้นก็ทำการเขียนกลับไปยัง port latch อีกครั้งหนึ่งขา RA4 จะ multiplexed กับ Timer0 module clock input ซึ่งจะเรียกรวมๆ ว่า RA4/T0CKI โดยที่ ขา RA4/T0CKI จะเป็นลักษณะ Input แบบ Schmitt Trigger และ Output แบบ open drain. Port RA ทั้งหมด จะมี TTL input level และ มี output แบบ full CMOS drivers ส่วน PORTA ขาอื่นๆ จะ

multiplex กับ analog inputs และ Vref ของ A/D input ซึ่งการกำหนดการทำงานของแต่ละขา สามารถเลือกได้โดย Clear หรือ Set control bits ใน ADCON1 register



รูปที่ 2.5 โครงสร้างภายใน Port RA3,RA0,RA4,RA5

ในขณะที่เกิด Power-on Reset ขาเหล่านี้จะถูก Config ให้เป็น Analog input และจะอ่านค่าได้เป็น '0' TRISA Register มีหน้าที่ควบคุมว่าขา PORTA ใดจะเป็น Input/output ในกรณีที่ใช้ PORTA เป็น Analog input TRISA Register จะต้องถูก Set ตัวอย่างการ INITIALIZING PORTA

```
BCF STATUS, RP0
CLRF PORTA ; ทำการ clear output data ของ PORTA
BSF STATUS, RP0 ; เลือก BANK1
MOVLW 0xCF ; ใส่ค่าคงที่ลงใน W register
MOVWF TRISA ; กำหนดให้ PORTA 0-3 เป็น input , กำหนดให้ PORTA 4-5 เป็น Output
```

ตารางที่ 2.2 PortA Functions

Name	Bit#	Buffer	Function
RA0/AN0	bit0	TTL	Input/output or analog input
RA1/AN1	bit1	TTL	Input/output or analog input
RA2/AN2	bit2	TTL	Input/output or analog input
RA3/AN3/VREF	bit3	TTL	Input/output or analog input or VREF
RA4/T0CKI	bit4	ST	Input/output or external clock input for Timer0 Output is open drain type
RA5/$\overline{SS}$/AN4	bit5	TTL	Input/output or slave select input for synchronous serial port or analog input

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

ตารางที่ 2.3 Summary of Registers Associated With PortA

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
05h	PORTA	—	—	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	--0x 0000	--0u 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
9Fh	ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	--0- 0000	--0- 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used by PORTA.

2.2.7 ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (1)

สำหรับ A/D ใน Chip แบบ 28 pins จะมี 5 inputs แบบ 40 pins จะมี 8 Inputs Register ที่เกี่ยวข้องจะมีอยู่ 4 ตัวด้วยกันคือ ADRESH คือ ค่า Register ผลลัพธ์ Byte สูง ของการแปลงสัญญาณ ADRESL คือ ค่า Register ผลลัพธ์ Byte ต่ำ ของการแปลงสัญญาณ ADCON0 คือ Register ควบคุมเกี่ยวกับ A/D byte ที่ 1 ADCON1 คือ register ควบคุมเกี่ยวกับ A/D byte ที่ 2 คุณสมบัติ Register แต่ละตัว

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติ Register แต่ละตัว ADCON0

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/(DONE\)	-	ADON

Bit7-6: ADCS1:ADCS0: เป็น bit ที่ใช้เลือกสัญญาณนาฬิกาในการแปลง A/D

00 = Fosc/2 Fosc = ความถี่ของ Crystal ที่ใช้

01 = Fosc/8

00 = Fosc/32

11 = FRC (เลือกใช้ความถี่จากวงจร RC ที่อยู่ภายใน)

Bit5-3: CHS2:CHS0 เป็น bit ที่ใช้เลือก Channel ของสัญญาณ A/D

000 = channel 0, (RA0/AN0)

001 = channel 1, (RA0/AN1)

000 = channel 2, (RA0/AN2)

000 = channel 3, (RA0/AN3)

000 = channel 4, (RA0/AN4)

000 = channel 5, (RA0/AN5) (ไม่มีใน MCU แบบ 28 pins)

000 = channel 6, (RA0/AN6)

000 = channel 7, (RA0/AN7)

Bit 2: GO/(DONE\): เป็นบิตที่ใช้ในการแสดงสถานะของการแปลง A/D ถ้า ADON bit ถูก set เป็น 1 แล้ว เมื่อบิตนี้เป็น 1 หมายถึง A/D กำลังอยู่ในช่วงการแปลงค่า (ให้ set บิต นี้ในการเริ่มต้นการแปลงสัญญาณ) 0 หมายถึง A/D ไม่ได้อยู่ในช่วงการแปลงค่า (บิตนี้จะ MCU จะ clear เป็น 0 โดยอัตโนมัติ เมื่อทำการแปลงสัญญาณเสร็จเรียบร้อยแล้ว

Bit 1: ยังไม่ถูกใช้งาน

Bit 0: ADON: A/D On bit (บอกสถานะของ A/D ในขณะนั้น)

1 = A/D convertor กำลังถูกใช้งาน

0 = A/D convertor ไม่ได้ถูกใช้งาน

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติ Register ADCON1

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
ADFM	-	-	-	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0

Bit 7: ADFM : 1 = หลังจากแปลงสัญญาณ ให้ด้านซ้ายของ ADRESH เป็น 0

ตารางที่ 2.6 แสดงข้อมูลของ ADRESH และ ADRESL

ADRESH	ADRESL
000000xx	xxxxxxxx

0 = หลังจากแปลงสัญญาณให้ด้านขวาของ ADRESL

ตารางที่ 2.7 แสดงข้อมูลของ ADRESH และ ADRESL

ADRESH	ADRESL
xxxxxxxx	xx000000

Bit 6-4: ไม่ได้ถูกใช้

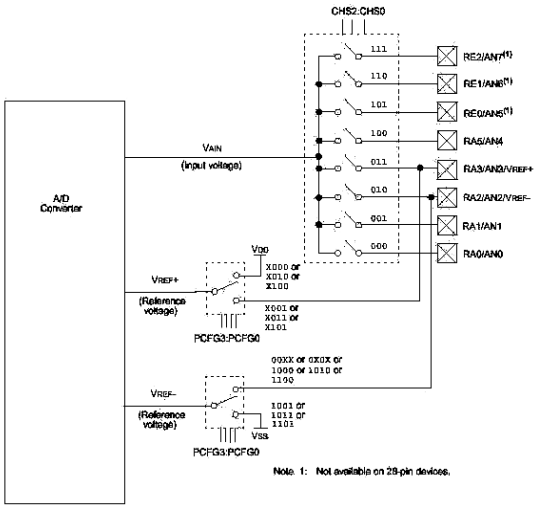
Bit 3-0 : PCFG3 :PCFG0 เป็นตัว Set คุณสมบัติต่างๆ ในการทำงาน A/D ให้กับ PIC โดยเราสามารถเลือกว่าจะใช้ VREF แยกต่างหากหรือจะใช้จาก VDD,VSS เลยก็ได้ส่วนต้องการใช้ CHANNEL ไหน Port ไหนก็ให้ดูที่ตารางกำหนด

ตารางที่ 2.8 ตารางกำหนด CHANNEL ของ Port ด้วยค่าของ **PCFG3, CFG0**

PCFG3 CFG0	**AN7 RE2**	**AN6 RE1**	**AN5 RE0**	**AN4 RA5**	**AN3 RA3**	**AN2 RA2**	**AN1 RA1**	**AN0 RA0**	**VREF+**	**VREF-**	**CHAN/ REFS**
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A หมายถึง Analog input D หมายถึง Digital I/O

ส่วน AN7-AN5 จะไม่มีในตระกูลที่เป็น 28 ขา เมื่อการแปลง A/D เสร็จสิ้น ผลลัพธ์ของการแปลง A/D จะมีขนาด 10 bit ซึ่งจะเก็บอยู่ใน Register 2 ตัวต่อกันคือ ADRESH:ADRESL ส่วน register bit GO/DONE\ (ADCON0<2>) จะถูก cleared และ ADIF จะถูก set (A/D interrupt flag) Block diagram ของ A/D จะเป็นดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 2.6 โครงสร้าง PortA

ขั้นตอนการใช้งาน A/D module

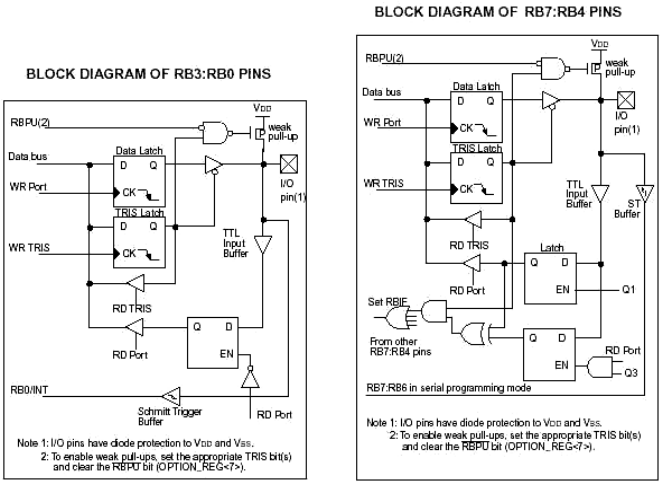
- เลือก Set config ของ A/D โดย
- เลือก Analog pins/ voltage reference ด้วย ADCON1
- เลือก A/D Input channel ด้วย ADCON0
- เลือก A/D conversion clock (ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่จะใช้ใน A/D) จาก ADCON0
- สั่งให้ A/D module ทำงาน ด้วย ADCON0

1. ถ้าต้องการใช้ A/D interrupt ต้อง Set flag ต่างๆ ดังนี้
   - Clear ADIF bit
   - Set ADIE bit
   - Set GIE bit
2. รอเวลาเพื่อให้ A/D module พร้อม (Acquisition time) หาได้จากการคำนวณ
3. เริ่มทำการ A/D ด้วยการ Set GO/DONE\ bitรอจนกว่าการแปลง A/D จะเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งดูได้ 2 วิธี
   - เขียนโปรแกรมวน Loop รอดู GO/DONE\ bit จนกว่าจะ cleared รอ A/D interrupt
4. อ่านค่าผลลัพธ์ของ A/D จาก ADRESH:ADRESL โดย clear ADIF bit หลังจาก การอ่านด้วยถ้าใช้ A/D Interrupt
5. หลังจากอ่านค่าเรียบร้อยแล้ว ต้องรอเป็นระยะเวลา 2TAD (มีอยู่ใน data sheet) ก่อนที่จะทำการแปลง A/D อีกครั้งหนึ่ง

การเลือก A/D Conversion Clockเวลาที่ใช้ในการ แปลง A/D หนึ่งครั้งเรากำหนดให้เป็น TAD ในหนึ่งครั้งของการแปลง A/D PIC ต้องการอย่างน้อย 12TAD ต่อการแปลงแบบ 10 BITS ในการเลือกสัญญาณความถี่ของ A/D สามารถเลือกได้ 4 แบบคือ 2Tosc ,8Tosc ,32Tosc , Internal RC oscillator ซึ่งค่าเหล่านี้เราเลือกได้จากการ Set ค่า Register (ADCS1:ADCS0)

2.2.8 PORTB ใน PIC16F87X

PORTB เป็นลักษณะแบบ Port แบบสองทิศทาง ซึ่ง register ที่จะเป็นตัวกำหนดว่า port ใดจะเป็นแบบณInput/Output จะถูกกำหนดโดย TRISB register ถ้า set TRISB bit ใด (=1) PORTB ที่บิตนั้นก็จะเป็น input ถ้า clear TRISB bit ใด (=0) PORTB ที่บิตนั้นก็จะเป็น output ขาสามขาของ PORTB จะ multiplexed กับ Low Voltage Programming function ซึ่งได้แก่ RB3/PGM, RB6/PGC และ RB7/PGD



รูปที่ 2.7 โครงสร้าง PORTB ใน PIC16F87X

2.2.8.1 การ INITIALIZING PORTB

BCF STATUS, RP0 ; ทำการ Initialize PORTB โดยทำการ clear output data latchs

CLRF PORTB

BSF STATUS,RP0 ; ทำการเลือกไปยัง Bank1

MOVLW 0xCF ; โหลดค่าที่ต้องการ Set

MOVWF TRISB ; Set PORTB0-3 เป็น Inputs, Set PORTB4-5 เป็น Outputs, Set PORTB6-7 เป็น input

PORTB แต่ละ Port จะมี Weak pull-up อยู่ภายใน (ถ้าต้องการ pull-up แข็งๆ ต้องต่อวงจรภายนอก) เราสามารถกำหนดว่าจะใช้ pull-up ภายในหรือไม่จากการ set หรือ clear RBPU\ (OPTION

register บิต 7) โดยถ้าเรา clear RBPU\ จะหมายถึง เราทำการ disable pull-up ภายใน และถ้าเรากำหนดให้ PORTB เป็น OUTPUT แล้ว pull-up จะถูก disable โดยอัตโนมัติ สำหรับ PORTB นั้น ขา RB4-RB7 จะมี Feature เพิ่มเติมก็คือ การกำหนดให้เกิด Interrupt เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะของสัญญาณไฟฟ้าที่ขา RB4-RB7 (โดยถ้าขาใดขาหนึ่งเกิดเปลี่ยนสถานะก็จะทำให้เกิด RB Port Change Interrupt ขึ้น ซึ่งจะทำให้ RBIF (INTCON.0) flag ถูก set โดยที่ Interrupt ประเภทนี้สามารถทำการ “wake” microcontroller จากสถานะ Sleep mode ได้

RBIF flag จะถูก Clear ได้ 2 กรณี คือ

1. ทำการอ่านหรือเขียน PORTB
2. ทำการ clear RBIF flag โดยตรง

หากเราใช้ Interrput on PORTB change แล้วไม่ควรจะ Enable pull-up ของ PORTB

ตารางที่ 2.9 PortB Functions

Name	Bit#	Buffer	Function
RB0/INT	bit0	TTL/ST(1)	Input/output pin or external interrupt input. Internal software programmable weak pull-up.
RB1	bit1	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB2	bit2	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB3/PGM	bit3	TTL	Input/output pin or programming pin in LVP mode. Internal software programmable weak pull-up.
RB4	bit4	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB5	bit5	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB6/PGC	bit6	TTL/ST(2)	Input/output pin (with interrupt on change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming clock.
RB7/PGD	bit7	TTL/ST(2)	Input/output pin (with interrupt on change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming data.

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input
Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.

ตารางที่ 2.30 Summary of Registers Associated With PortB

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
06h, 106h	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
86h, 186h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
81h, 181h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged. Shaded cells are not used by PORTB.

2.2.9 PORTC ใน PIC16F87X

PORTC เป็นลักษณะแบบ Port แบบสองทิศทาง ซึ่ง register ที่จะเป็นตัวกำหนดว่า port ใดจะเป็นแบบ input/output จะถูกกำหนดโดย TRISC register ถ้า set TRISC bit ใด (=1) PORTB ที่บิตนั้นก็จะเป็น input ถ้า clear TRISC bit ใด (=0) PORTC ที่บิตนั้นก็จะเป็น output ที่ PORTC จะมีคุณสมบัติเพิ่มเติม เช่น IIC, UART, SPI, PWM, CAPTURE ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน โดยเมื่อเราทำการ enable คุณสมบัติเพิ่มเติมต่างๆ ที่ PORTC เราต้องระวังในเรื่องของการตั้งค่า TRISC ของแต่ละขาของ

PORTC เพราะในการ enable คุณสมบัติบางตัวที่อยู่ที่ PORTC (เช่น UART) ตัวมันเองก็จะทำการเปลี่ยน bit TRISC โดยอัตโนมัติ ดังนั้นไม่ควรที่จะตั้งค่า TRISC โดยตรงกับขาใดของ PORTC ที่ทำการ enable คุณสมบัติเพิ่มเติม

2.2.9.1 การ INITIALIZING PORTC

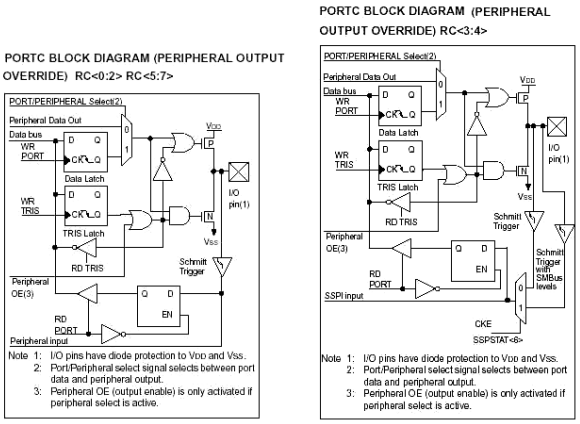
BCF STATUS, RP0 ; ทำการ Initialize PORTC โดยทำการ clear output data latchs

CLRF PORTC

BSF STATUS,RP0 ; ทำการเลือกไปยัง Bank1

MOVLW 0xCF ; โหลดค่าที่ต้องการ set

MOVWF TRISB ; Set PORTC0-3 เป็น Inputs, Set PORTC4-5 เป็น outputs, Set PORTC6-7 เป็น InputsPORTC แต่ละ Port จะ Schmitt Trigger Input Buffers อยู่ภายในแต่ละขา



รูปที่ 2.8 ลักษณะโครงสร้างของ PORTC

จะแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ PORTC0-2,5-7 และอีกกลุ่มหนึ่งก็คือ PORTC3-4

ตารางที่ 2.31 PortC Functions

S

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RC0/T1OSO/T1CKI	bit0	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator output/Timer1 clock input
RC1/T1OSI/CCP2	bit1	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator input or Capture2 input/ Compare2 output/PWM2 output
RC2/CCP1	bit2	ST	Input/output port pin or Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output
RC3/SCK/SCL	bit3	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock for both SPI and I^2C modes.
RC4/SDI/SDA	bit4	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I^2C mode).
RC5/SDO	bit5	ST	Input/output port pin or Synchronous Serial Port data output
RC6/TX/CK	bit6	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Transmit or Synchro-nous Clock
RC7/RX/DT	bit7	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Receive or Synchro-nous Data

Legend: ST = Schmitt Trigger input

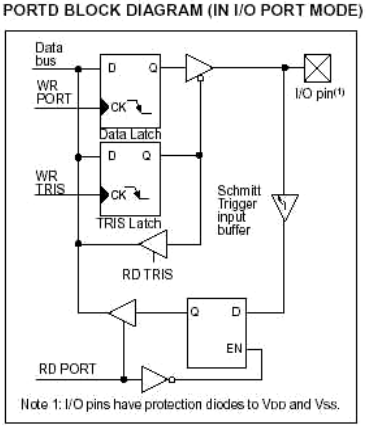
ตารางที่ 2.32 Summary of Registers Associated With PortC

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
07h	PORTC	RC7	RC6	RC5	RC4	RC3	RC2	RC1	RC0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged.

2.2.10 PORTD และ PORTE ใน PIC16F87X

สำหรับ PORTD และ PORTE นั้นจะไม่มีอยู่ใน PIC ในตระกูลนี้ที่มีขนาดขา 28 ขา ก่อนอื่นมาพูดกันถึง PORTD ก่อนPORTD จะเป็น port ขนาด 8 bits ซึ่งจะมี Schmitt Trigger input buffer อยู่ในตัว โดยที่เราสามารถกำหนดแต่ละบิตของ Port ให้เป็น Input หรือ Output ได้โดยอิสระจากกัน PORTD สามารถที่จะทำตัวเป็น Parallel Slave Port ได้อีกด้วย โดยทำได้โดยการ Set PSPMODE bit (TRISE<4>) ซึ่งใน mode นี้ buffer ภายในจะกลายเป็นแบบ TTL



รูปที่ 2.9 ลักษณะโครงสร้างของ PORTD

ตารางที่ 2.33 PortD Functions

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RD0/PSP0	bit0	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit0
RD1/PSP1	bit1	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit1
RD2/PSP2	bit2	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit2
RD3/PSP3	bit3	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit3
RD4/PSP4	bit4	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit4
RD5/PSP5	bit5	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit5
RD6/PSP6	bit6	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit6
RD7/PSP7	bit7	ST/TTL(1)	Input/output port pin or parallel slave port bit7

Legend: ST = Schmitt Trigger input TTL = TTL input
Note 1: Input buffers are Schmitt Triggers when in I/O mode and TTL buffer when in Parallel Slave Port Mode.

ตารางที่ 2.34 Summary of Registers Associated With PortD

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
08h	PORTD	RD7	RD6	RD5	RD4	RD3	RD2	RD1	RD0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
88h	TRISD	PORTD Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
89h	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction Bits			0000 -111	0000 -111

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented read as '0'. Shaded cells are not used by PORTD.

PORTE จะมีทั้งหมด 3 ขา คือ RE0/(RD\)/AN5, RE1/(WR\)/AN6 และ RE2/(CS\)/AN7 ซึ่งจะมี Schmitt Trigger input buffer อยู่ในตัว โดยที่เราสามารถกำหนดแต่ละบิตของ port ให้เป็น input หรือ output I/O PORTE สามารถกลายเป็น control input สำหรับ microprocessor port เมื่อ ทำการ set PSPMODE(TRISE<4>) bit ข้อควรระวังเมื่ออยู่ในโหมดนี้ก็คือ ต้องตรวจดูให้ดีว่า TRISE ตั้งแต่บิต 0-2 ถูก set (อยู่ในสถานะ input) และต้องแน่ใจว่า ADCON1 ถูก set ให้อยู่ใน mode digital I/O ซึ่งใน mode นี้ input buffer จะเป็น TTL PORT E จะมีลักษณะคือ จะ multiplex กับ Analog Iinputs โดยเมื่อ PORTE ถูก Set เป็น Analog inputs แล้ว ขาเหล่านี้เมื่อทำการอ่านค่าจะมีค่าเป็น 0 ส่วน TRISE ซึ่งเป็น Control register นั้นจะต้อง Set ให้เป็น Input เมื่อ Set ให้อยู่ใน mode analog input

ตารางที่ 2.35 PortE Functions

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RE0/$\overline{RD}$/AN5	bit0	ST/TTL(1)	Input/output port pin or read control input in parallel slave port mode or analog input: $\overline{RD}$ 1 = Not a read operation 0 = Read operation. Reads PORTD register (if chip selected)
RE1/$\overline{WR}$/AN6	bit1	ST/TTL(1)	Input/output port pin or write control input in parallel slave port mode or analog input: $\overline{WR}$ 1 =Not a write operation 0 =Write operation. Writes PORTD register (if chip selected)
RE2/$\overline{CS}$/AN7	bit2	ST/TTL(1)	Input/output port pin or chip select control input in parallel slave port mode or analog input: $\overline{CS}$ 1 = Device is not selected 0 = Device is selected

Legend: ST = Schmitt Trigger input TTL = TTL input
Note 1: Input buffers are Schmitt Triggers when in I/O mode and TTL buffers when in Parallel Slave Port Mode.

ตารางที่ 2.36 Summary of Registers Associated With PortE

Addr	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
09h	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	---- -uuu
89h	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction Bits			0000 -111	0000 -111
9Fh	ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	--0- 0000	--0- 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented read as '0'. Shaded cells are not used by PORTE.

2.2.11 การอ่านและเขียน DATA EEPROM ใน 16F87X

ก่อนอื่นเรามาดูกันก่อนว่า PIC ในตระกูล PIC16F87X มีหน่วยความจำ DATA EEPROM เท่าใด

ตารางที่ 2.37 ขนาดหน่วยความจำของ PIC เบอร์ต่างๆ

ชนิดของ PIC	ขนาดหน่วยความจำ EEPROM	ตำแหน่ง Address ที่เข้าถึงได้
PIC16F870	64 bytes	0h – 3Fh
PIC16F871	64 bytes	0h – 3Fh
PIC16F872	64 bytes	0h - 3Fh
PIC16F873	128 bytes	0h – 7Fh
PIC16F874	128 bytes	0h – 7Fh
PIC16F876	256 bytes	0h – FFh
PIC16F877	256 bytes	0h – FFh

2.2.11 Register ที่ต้องใช้ในการเขียน DATA EEPROM

EEADR ในการอ้างตำแหน่ง address ของ DATA EEPROM ที่เราต้องการเขียน เราจะใส่ค่าตำแหน่ง address ที่เราต้องการเขียนเข้าไปที่ Register ตัวนี้ เช่นถ้าเราการต้องเขียน DATA EEPROM ที่ตำแหน่ง 10h ก็ใช้คำสั่ง movlw h'10'

movwf EEADR

EEDATA ในการบอกว่าเราค่า 1 byte ที่เราจะเขียนที่ DATA EERPOM มีค่าเท่าไหร่ เราจะใส่ค่าดังกล่าวไว้ที่ registerตัวนี้ เช่นถ้าเราต้องการเขียนข้อมูล 1 byte ซึ่งมีค่าเป็น h'7D' ก็ใช้คำสั่ง movlw h'7D'

movwf EEDATA

ตารางที่ 2.38 EECON1 เป็น Register ที่ใช้ควบคุมการอ่านเขียน จะมี ขนาด 8 Control bit

Bit No	คำอธิบาย
Bit 7 (ซ้ายสุด) EEPGD	ถ้าเป็น 1 หมายถึงว่าเราจะ อ่าน/เขียน PROGRAM EEPROM ถ้าเป็น 0 หมายถึงเราจะ อ่าน/เขียน DATA EEPROM (ในตอนนี้เราจะให้บิตนี้เป็น 0 เพราะเราต้องการอ่าน/เขียน DATA EEPROM
Bit 6 – 4	ยังไม่ถูกใช้
Bit 3 (WRERR)	จะบอกสถานะการเขียน ข้อมูลเข้าไปใน EEPROM สำเร็จหรือไม่ ถ้าเป็น 1 แสดงว่าการเขียนที่ไบต์นั้นล้มเหลว แต่ถ้าเป็น 0 แสดงว่าการเขียนของเราสำเร็จ
Bit 2 (WREN)	เป็นบิตที่กำหนดว่าอนุญาตให้มีการเขียน DATA EEPROM หรือไม่ ถ้าเป็น 1 หมายถึง เรากำหนดให้สามารถเขียน DATA EEPROM ถ้าเป็น 0 หมายถึง เรากำหนดไม่อนุญาตให้เขียน DATA EEPROM
Bit 1 (WR)	เป็นบิตควบคุมการเขียน คือก่อนที่เราจะทำการเขียน DATA EEPROM เราจะกำหนดบิตนี้ให้เป็น 1 เมื่อ PIC ทำการเขียน EEPROM เสร็จสิ้น ก็จะทำการ set บิตนี้ให้กลายเป็น 0 ทำให้เรารู้ว่าการเขียนนั้นเสร็จสิ้นแล้ว
Bit 0 (RD)	เป็นบิตควบคุมการอ่าน คือก่อนที่เราจะทำการอ่าน DATA EEPROM เราจะกำหนดบิตนี้ให้เป็น 1 เมื่อ PIC ทำการเขียน EEPROM เสร็จสิ้น ก็จะทำการ set บิตนี้ให้กลายเป็น 0 ทำให้เรารู้ว่าการอ่านเสร็จสิ้นแล้วเราสามารถดูข้อมูลที่เกิดจากการอ่านได้ที่ EEDATA

EECON2 จะใช้ในการเขียน DATA EEPROM คือหลังจากเราบอก ตำแหน่งและข้อมูลที่จะเขียนเรียบร้อยแล้ว เมื่อเราจะทำการเขียนเราจะส่ง ไบต์ 55 และ ตามด้วย AA ไปยัง EECON2 เมื่อ PIC ได้รับ sequence ของไบต์ 55, AA ก็จะทำการเขียนข้อมูลของเราไปยังตำแหน่งที่เรากำหนด (เดี๋ยวจะอธิบายใน code จะเข้าใจได้มากกว่า)อีกอย่างที่ต้องอธิบาย คือตำแหน่งของ Register เหล่านี้

EEDATA (address 10Ch) memory อยู่ที่ Bank2

EEADR (address 10Dh) memory อยู่ที่ Bank2

EECON1 (address 18Ch) memory อยู่ที่ Bank3

EECON2 (address 18Dh) memory อยู่ที่ Bank3

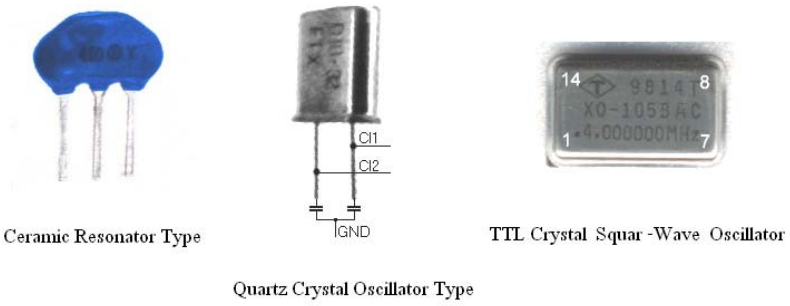
สังเกตได้ว่า Register จะอยู่คนละ bank ดังนั้นเวลาจะใส่ค่าลงใน register พวกนี้จะมีการเขียน Code สลับ Bank ไปมาให้สังเกตดีๆ

2.2.12 ความเร็วของ PIC [28]

ภาคของความถี่สัญญาณนาฬิกา ปัจจุบันสามารถทำสัญญาณนาฬิกาได้ที่ 20 MHz ซึ่งทำให้หนึ่งคำสั่งของ PIC ใช้เวลาเพียง 0.25 uSec มีบริษัทอื่นได้ซื้อลิขสิทธิ์ PIC จาก Microchip และได้สร้าง Chip ที่มีความเร็วได้มากกว่าเดิมขึ้นไปอีก

2.3 TYPES OF OSCILLATOR

MCU ในตระกูล PIC สามารถเลือก oscillator ได้ว่าจะใช้แบบภายในหรือภายนอก สำหรับ oscillator ภายใน PIC จะเป็นประเภท RC oscillator ที่ความถี่คงที่ 4 MHz ที่ Vdd = 5 V ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ต้องระบุอุณหภูมิ เพราะว่า oscillator ประเภท RC ความถี่จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ส่วน oscillator ภายนอก PIC สามารถแบ่งได้ตามนี้ (กับ MCU ตระกูลอื่นก็ใช้ได้เช่นกัน)



รูปที่ 2.10 Crystal Type

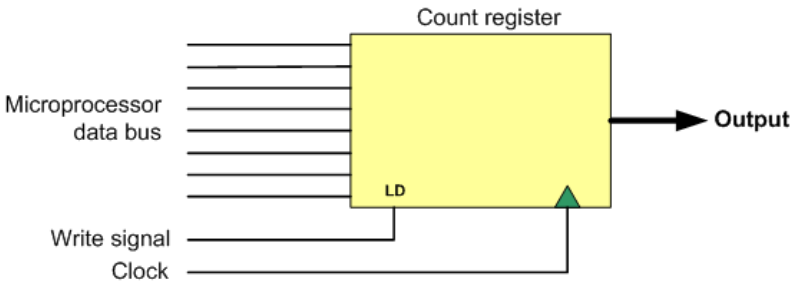
1. CERAMIC RESONATOR นิยมใช้ในกรณีที่ความถี่สูงไม่มาก ยอมรับ ERROR ของความถี่ได้พอสมควร เพราะว่ามีราคาถูกเมื่อเทียบกับ OSCILLATOR ที่ต่อภายนอกประเภทอื่น ไม่ต้องมี C ต่อภายนอกด้วย โดยขากลางจะเป็น GND ส่วนอีกสองขาต่อกับ CLKIN และ CLKOUT

2. QUARTZ CRYSTAL OSCILLATOR จะไม่มีวงจรขยายสัญญาณภายใน มีแต่ Crystal ที่กำเนิดสัญญาณความถี่ กำลังต่ำออกมา จะต้องมี Capacitor ต่อลง GND ของทั้งสองขา ตามรูป และทั้งสองขาต่อเข้ากับ CLKIN และCLKOUT จะมีราคาแพงกว่า CERAMIC RESONATOR แต่จะให้ความเที่ยงตรงของความถี่ได้ดีกว่า

3. TTL CRYSTAL SQUAR-WAVE OSCILLATOR คือ Oscillator ที่มี Crystal อยู่ภายในพร้อมทั้งวงจรอยู่ภายในตัว ทำให้ความถี่ที่ออกมามีเสถียรภาพมาก แต่จะมีราคาแพง ลักษณะการต่อคือ ขา 14 ต่อ 5V, ขา 7 ต่อ GND, ขา 8 ต่อกับ CLK IN ส่วนขา หนึ่งไม่ใช้, ขา CLKOUT ของ PIC ก็ไม่ต้องต่อ

2.3.1 COUNTER/TIMERS

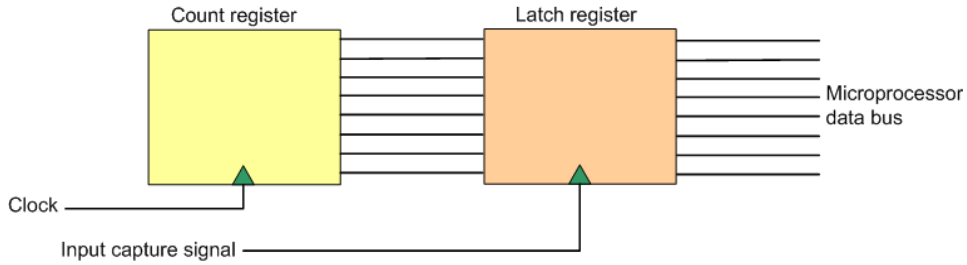
ใน MCU ทุกตัวจะมี COUNTER/TIMERS อยู่ภายในด้วยเสมอ COUNTER/TIMERS จะใช้สำหรับนับหรือวัดความกว้างของช่วงเวลา ในทาง Hardware แล้วทั้งการทำงานของ COUNTER และ TIMERS เป็นหลักการเดียวกัน ในรูปที่ 1 เป็นรูปแบบเบื้องต้นของ COUNTER/TIMERS ที่อยู่ใน MCU โดยทั่วไป ซึ่งเราสามารถสร้างได้โดยใช้ 74HC161 Counter โดยที่จะประกอบด้วย loadable 8-bit Count register, input clock Signal และ Output clock signal หลักการทำงานคือ Software จะทำการ load ค่า Count register ค่า 8-bit ค่าอยู่ระหว่าง 0x00 และ 0xFF เมื่อมีสัญญาณ clock เข้ามาแต่ละกัน Pulse จะทำการเพิ่มค่า Count register ไปเรื่อยๆ จะกระทั้งเกิด Overflow (นับค่าเกิน 0xFF) ก็จะส่งสัญญาณ Output clock signal สัญญาณที่ส่งออกมานั้นถ้าเป็นภายใน MCU อาจจะหมายถึงการไป Trig ให้เกิด Interrupt หรือ Set flag เพื่อให้ MCU อ่านค่าต่อไป ในการที่จะเริ่มนับ Timer ใหม่ Software จะต้องทำการโหลดค่า Count register เข้าไปใหม่เพื่อเริ่มทำการนับอีกครั้ง การนับของตัว Counter มีได้สองอย่างคือ นับขึ้น โดยจะนับจากค่าเริ่มต้นไปจนถึง 0xFF แต่ถ้าเป็นการนับลงแล้วจะทำการนับตั้งแต่ค่าเริ่มต้นไปจนถึงค่า 0x00 ภายใน MCU จริงๆ นั้นเราสามารถที่จะอ่านค่า Count register ได้ด้วย



รูปที่ 2.11 Simple counter/timer

Semi-automatic ใน timer ซึ่งเป็นแบบ Automatic reload จะมี latch register ซึ่งใช้สำหรับเก็บค่าที่เขียนโดย MCU เมื่อ MCU ทำการเขียนค่าลงใน latch ในส่วนของ count register ก็จะถูกเขียนลงไปด้วยเช่นกัน เมื่อ Counter เกิดการนับจน Overflow ก็จะทำการส่งสัญญาณไปยัง Output แล้วทำการ Load ค่าตั้งต้นในการนับใหม่โดยอัตโนมัติ ซึ่งค่าที่โหลดเข้ามาใหม่ก็คือค่าที่อยู่ใน Latch register

นั่นเอง เนื่องจากสัญญาณ Output ที่เกิดจากการ Overflow ของ Counter มีความแม่นยำ จึงสามารถนำประยุกต์ใช้ สร้างฐานเวลาหรือ สร้างค่าเวลา Buad rate สำหรับ UART ก็ได้ ในอีกกรณีหนึ่งของ Counter ก็คือตัว MCU จะกำหนดค่าคงที่เข้าไปยัง Terminal count register ซึ่ง Counter จะทำการนับค่าไปเรื่อยๆจนกระทั่งค่าที่นับตรงกับค่าใน Terminal count register การนับลักษณะนี้ counter เริ่มด้วยการ Clear ค่าใน Counter register และทำการนับขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับการสร้างค่าคาบเวลาคงที่ต่างๆ เช่นสร้าง pulse ความถี่ สำหรับคำศัพท์ที่ใช้ในการเรียกการนับครั้งเดียวแล้วทำการหยุดนับไปเลยจนกว่า MCU จะสั่งให้นับใหม่เรียกว่า การนับแบบ one shot ส่วนการนับแบบโหลดค่าเพื่อทำการนับใหม่เรื่อยๆ เรียกว่า การนับแบบ Periodic

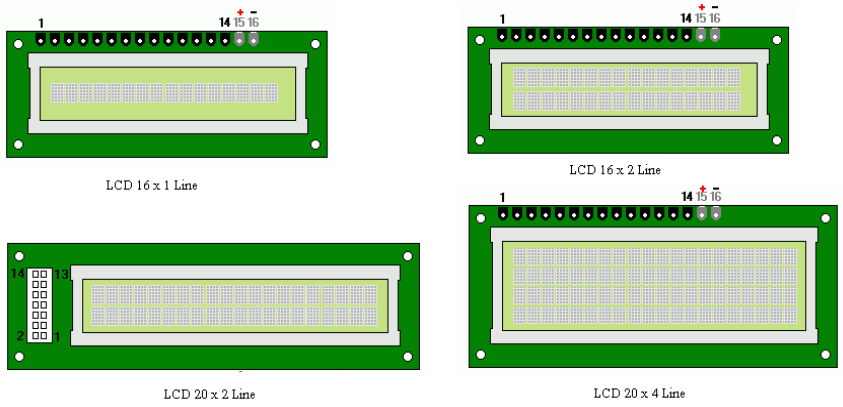


รูปที่ 2.12 Input capture timer

2.3.2 Input Capture

รูปแบบของ Input capture timer จะมีรูปแบบเหมือนในรูปที่ 2 โดยที่ Latch จะต่ออยู่กับ Timer counter register ตัว timer จะทำการนับด้วยค่าสัญญาณนาฬิกาคงที่ ส่วนใหญ่มาจากสัญญาณนาฬิกาของ MCU ดังนั้น ตัว Counter register จะเพิ่มขึ้น หรือลดลงด้วยอัตราเวลาที่คงที่ เมื่อมีสัญญาณ Latch จากภายนอกจะทำให้ค่า Counter register ถูกนำเข้าไปเก็บใน Processor visible register ทันที หลังจากนั้นก็จะส่งสัญญาณ Output ไปบอก MCU (เช่นสัญญาณ Interrupt) จากการทำงานดังกล่าวเราอาจจะนำไปใช้ในการวัดความกว้างระหว่างขอบสัญญาณของ Pulse โดยทำการอ่านค่าที่ถูก latch ได้ ณ ของสัญญาณทั้งสองแล้วหาผลต่างก็จะได้จำนวน Cock ที่ถูกนับไป ส่วนใหญ่ Input capture signal สามารถกำหนดภายใน MCU ได้ว่าจะทำการ Capture ที่ของสัญญาณขาขึ้น,ขาลง หรือทั้งขาขึ้นและขาลงPRESCALING ใน TIMER/COUNTER บางตัวจะมีตัวหารเพื่อทำให้การนับนั้นช้าลง หรือเรียกง่ายๆ ว่า ตัวหารความถี่ (Prescaling) เช่นตามปกติถ้าการนับขึ้นใช้เวลา 1 สัญญาณนาฬิกา หากเรากำหนดให้ค่า Prescaling เป็น 8 นั่นก็หมายความว่าต้องใช้ สัญญาณนาฬิกา 8 ลูกในการนับขึ้น

2.4 การใช้งาน LCD โมดูล ลักษณะและตำแหน่งของขา LCD โมดูลแต่ละแบบ



รูปที่ 2.13 ลักษณะและตำแหน่งของขา LCD โมดูลแต่ละแบบ

ที่มา: http://www.appsofttech.com

2.4.1 ตำแหน่งขาและหน้าที่การใช้งานของ LCD โมดูล

ตารางที่ 2.39 ตำแหน่งของขาและหน้าที่การใช้งานของ LCD โมดูล

Pin No	Symbol	Description	Level	Function	
1	VSS	Ground	-	0V	Ground
2	VDD	Power Supply	-	+5V	ต่อกับแรงดันไฟเลี้ยง +5V
3	VO	LCD Conter	-	-	ต่อกับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล
4	RS	Register Select	H/L	RS = 0 หมายถึงต้องการติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register) RS = 1 หมายถึงต้องการติดต่อกับรีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register)	
5	R/W	Read/Write	H/L	R/W = 0 หมายถึงต้องการเขียนข้อมูลไปยัง LCD โมดูล R/W = 1 หมายถึงต้องการอ่านข้อมูลจาก LCD โมดูล	
6	E	Enable	H, H->L	Enable Signal	
7 - 14	DB0-DB7	Data Bus	H/L	Data Bus Line	
15	A	Back Light A	-	Back Light +5V (สำหรับรุ่นที่มี Back Light)	
16	K	Back Light K	-	Back Light 0V (สำหรับรุ่นที่มี Back Light)	

2.4.2 คำสั่งควบคุมการแสดงผลของ LCD โมดูล

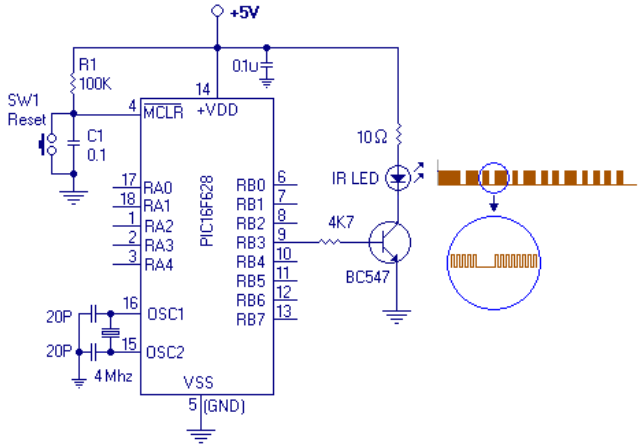
ตารางที่ 2.40 คำสั่งควบคุมการแสดงผล LCD

Instruction		RS	R/W	CommandCode (binary)								Description
				7	6	5	4	3	2	1	0	
1	Clear Display	**0**	**0**	0	0	0	0	0	0	0	1	Clear entire display and move cursor home (address 0)
2	Home Display	**0**	**0**	0	0	0	0	0	0	1	0	Move cursor home and return display to home position.
3	Entry Mode Set	**0**	**0**	0	0	0	0	0	1	M	S	Sets cursor direction (M: 0=left, 1=right) and display scrolling (S: 0=no scroll, 1=scroll)
4	Display/Cursor	**0**	**0**	0	0	0	0	1	D	C	B	Sets display on/off (D), cursor on/off (C) and blinking cursor (B). (0=off, 1=on)
5	Cursor or Display Shift	**0**	**0**	0	0	0	1	C	M	0	0	Cursor or Display Shift (C: 0=cursor, 1=display) left or right (M: 0=left, 1=right).
6	Function Set	**0**	**0**	0	0	1	D	N	F	0	0	Data bus size (D: 0=4-bits, 1=8-bits), lines No.(N: 0=1-line, 1=2-lines) and font size (F: 0=5x7, 1=5x10)
7	Set CG-RAM Address	**0**	**0**	0	1	CGRAM ADDRESS						Move pointer to Character Generator RAM location specified by address (ADDRESS)
8	Set DD-RAM Address	**0**	**0**	1	DDRAM ADDRESS							Move cursor to Display Data RAM location specified by address (ADDRESS)
9	Busy, ADD.Read	**0**	**1**	BF	ADDRESS							Read Busy flag, And Address Read
10	CGRAM,DDRAM WR	**1**	**0**	WRITE DATA								Write Data to DDRAM or CGRAM
11	CGRAM,DDRAM RD	**1**	**1**	WRITE DATA								Read Data to DDRAM or CGRAM

2.5 ตัวส่งรีโมท

ทำหน้าที่เข้ารหัสปุ่มกด ที่มี Data Command และ Address ซึ่งถูกผสมที่ความถี่ 40 kHzส่งสัญญาณที่ได้ออกไปในอากาศ ด้วยแสงอินฟาเรท ซึ่งระยะทางที่สามารถส่งสัญญาณข้อมูลจากตัวส่งไปยังตัวรับนั้นขึ้นอยู่กับกำลังส่งของ IR Diode การกำเนิดสัญญาณความถี่ 40KHz เพื่อเป็นความถี่พาหะ ของ Infrared Remote control (IR)

- โมดูล CCP จะกำเนิดสัญญาณออกทางขา CCP1 (RB3-PIN9) และจะเปิด-ปิดสัญญาณโดยใช้ TRISB โดยกำหนดให้ ที่บิท RB3 =0 เป็นเอาต์พุต สัญญาณก็จะถูกเปิด และเมื่อ RB3 =1 เป็นอินพุตสัญญาณก็จะถูกปิด



รูปที่ 2.14 วงจรเข้ารหัสสัญญาณข้อมูลปุ่มกด รีโมท ส่งออกอากาศด้วย IR

ที่มา: http://www.thaimcu.com/article/irda1.htm

2.5.1 การกำเนิดสัญญาณความถี่ 40KHz

การเขียนโปรแกรม สร้างสัญญาณคลื่นพาหะ 40 KHz เพื่อใช้ส่งสัญญาณให้กับ รีโมท Sony โดยจะส่งสัญญาณ ออกมาทางขา RB3/CCP1 pin9 การคำนวณ เมื่อใช้ XTAL= 4MHz และกำเนิดสัญญาณความถี่ 40KHz ดิวตี้ไซเคิล = 50% ใช้ Prescaler = 1

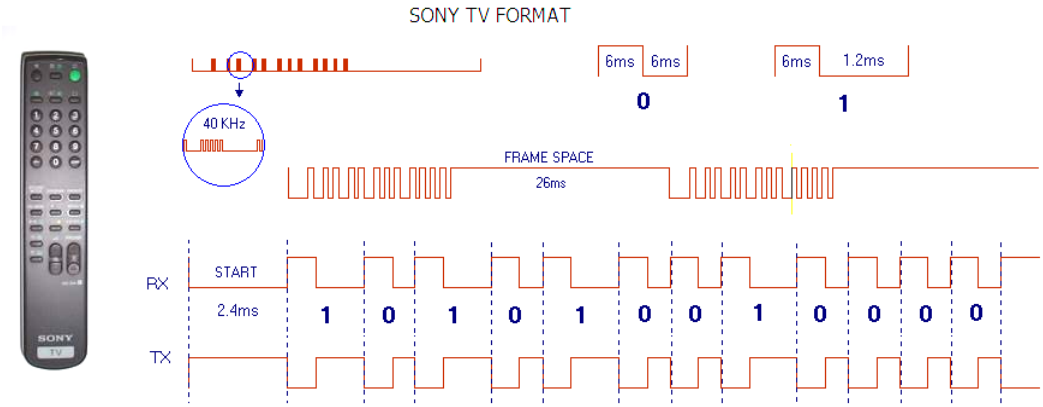
* คาบเวลาของสัญญาณ T = 1/40e3 = 2.5e-5 sec
* คาบเวลาของ XTAL T Osc = 1/4e6 = 2.5e-7 sec
* PR= (2.5e-5 / (4*2.5e-7 * 1)) - 1 = 24
* Dpwm = (50* 2.5e-5) / 100 = 1.25e-5 sec
* CCP1CON CCP1CON<3:0> = (1.25e-5) / (2.5e-7 * 1) = 50 แปลงเป็นไบนารี 10 บิท = 00001100 10

ตารางที่ 2.41 โปรแกรมสร้างสัญญาณคลื่นพาหะ 40 KHz โดย PIC เบอร์ 16F628a ที่ขา RB3/CCP1 pin9

โปรแกรม TVRemote.c

```
#include <16F628.h>
#use delay(clock=4000000)
#fuses
XT,PUT,BROWNOUT,MCLR,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
//Describtion: Pulse Generate 40KHz of SONY Remote Control

//*** PIC16F628 ***
#byte    PORTB   = 0x06
#byte    TRISB   = 0x86
#byte    PR2     = 0x92
#byte    TMR2            = 0x11
#byte    T2CON           = 0x12
#byte    CCPR1L          = 0x15
#byte    CCP1CON         = 0x17

#define IRX 600
#define IRY 1200
#define PINCCP1ON()   set_tris_b(0B00000000)
#define PINCCP1OFF()  set_tris_b(0B00001000)
#define TIMER2START() T2CON=0B01111100;       //Bit3=1
#define TIMER2STOP()  T2CON=0B01111000;       //Bit3=0

char IRCode[]={"101010010000"}; //Power NO/OFF
//40KHz OSC

void InitPWM(void)
{
   PR2    = 24;          //Set TIMER2 frequency
   CCPR1L  = 0B00001100;   //Set TIMER2 duty cycle
   CCP1CON = 0B00101111;   //Set x,y CCP1CON<5:4> any
CCP1CON<3:0> = 11xx = PWM mode
   TMR2    = 0;           //Clear TMR2 first
   T2CON   = 0B01111000;   //Set prescaler Bit3=0 stop CCP1
}
void Tx1(void)
  {
   delay_us(IRX);
   PINCCP1ON();
   delay_us(IRY);
   PINCCP1OFF();
  }
void Tx0(void)
{
delay_us(IRX);
PINCCP1ON();
delay_us(IRX);
PINCCP1OFF();
}
void PowerOn(char *Code)
{
int i;
TIMER2START();
PINCCP1ON();
delay_us(2400);
PINCCP1OFF();
for(i=0;i<12;i++)
{
if(Code[i]=='0')
Tx0();
if(Code[i]=='1')
Tx1();
}
delay_ms(26);              //Start frame
TIMER2STOP();
}
void main(void)
{
set_tris_b(0B00000000);    //RB is Output
InitPWM();
PowerOn(IRCode);           //PowerOn
while(1);                  //Loop
}
```

ที่มา: http://www.thaimicrotron.com/CCS-628/EXAM/TVRemote.htm



รูปที่ 2.15 รีโมท TV ยี่ห้อ SONY และ รูปสัญญาณที่ถูกผลิตส่งออกมา

ที่มา: http://www.thaimcu.com/article/irda2.htm

ที่มา: http://www.thaimicrotron.com/CCS-628/EXAM/TVRemote.htm

คลื่นพามีความถี่ CARRIER FREQUENCY = 40MHz

tart frame มีขนาด 2.4ms

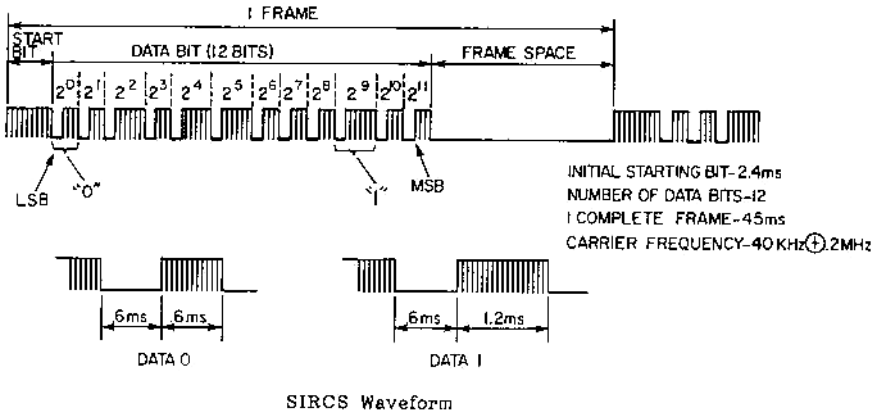
Data= 0 มีขนาด 6ms:6ms

Data= 0 มีขนาด 6ms:1.2ms

frame space มีขนาด 26ms

2.6 การรับสัญญาณ Remote จาก Remote โทรทัศน์

การรับสัญญาณ จาก Remote โทรทัศน์ตัว Remote โทรทัศน์ที่ใช้ทดสอบของ SONY ก่อนอื่นทำความเข้าใจลักษณะรูปแบบของสัญญาณที่ส่งออกมาจาก Remote โทรทัศน์ของ SONY



รูปที่ 2.16 รูปสัญญาณจากตัวรับสัญญาณรีโมท SONY

ที่มา:http://www.thaimcu.com/article/irda1.htm

ในการส่งข้อมูลสัญญาณ จะมี CARRIER FREQUENCY ขนาด 40 KHz ร่วมไปกับ TTL data โดยที่ข้อมูล LSB จะถูกส่งออกมาก่อนนั้นก็คือจะส่ง COMMAND บิตต่ำสุดออกมาก่อนแล้วส่งต่อๆกันออกมาจนครบ 12 bits เราเรียกลักษณะแบบนี้ว่า Reverse order เช่น Remote ของ TV จะมี DEVICE CODE เป็น 00001 ถ้าเรากด power switch ซึ่งมี COMMAND ID เป็น 0010101 ข้อมูลทั้งหมดก็จะเป็น 000010010101 เมื่อจะส่งก็จะเริ่มด้วย สัญญาณ START ขนาด 2.4 mSec จากนั้นก็จะตามด้วยข้อมูลขนาด 12 bit (DEVICE 5 bits+COMMAND 7 bits) ที่ถูกส่งแบบ reverse order ก็จะเป็น 101010010000 ลักษณะสัญญาณของข้อมูล "0" คือ จะมีสัญญาณ low นาน 600 us และ สัญญาณ high นาน 600 us ส่วนข้อมูล "1" จะมีสัญญาณ low นาน 600 us และ สัญญาณ HIGH นาน 1.2 ms หากมีการกดค้าง package ข้อมูลเดิมกับ Package ข้อมูลใหม่ จะห่างกัน 25 ms

ตารางที่ 2.42 รหัสประจำปุ่มในการกด Remote โดยลักษณะข้อมูลแบบ Reverse order

ลำดับ	Code	ปุ่มกด	ลำดับ	Code	ปุ่มกด
1	001010010000	mute	15	111000010000	8
2	010111010000	display	16	000100010000	9
3	101010010000	power	17	101110010000	-/--
4	111111010000	text	18	011011010000	sleep
5	101001010000	video	19	001011110000	Menu+
6	000111010000	TV	20	101011110000	Menu -
7	100100010000	0	21	000001110000	menu
8	000000010000	1	22	101001110000	enter
9	100000010000	2	23	111010010000	a/b
10	010000010000	3	24	010010010000	vol +
11	110000010000	4	25	110010010000	vol -
12	001000010000	5	26	000010010000	prog +
13	101000010000	6	27	100010010000	prog-
14	011000010000	7			

ข้อมูลที่ได้จะถูกส่งไปที่ ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลตามชุดคำสั่งที่เขียนขึ้นมาตามเงื่อนไขแล้วส่งสัญญาณคำสั่งควบคุมไปยัง Relay เพื่อทำการตัดต่อไฟ AC 220V ที่จ่ายไปให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้า (Appliances) เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทไฟฟ้ากระแสสลับ ที่มีการควบคุมผ่านรีเลย ขนาดคอย 9 โวลต์ หน้าสัมผัสทนกระแสขนาด 10 A เช่น หลอดไฟ พัดลม และ เครื่องปรับอากาศ จะต้องต่อรีเลย์แรงต่ำไปควบคุมแมกเนติกส์เพื่อจะทนกระแสสูง ซึ่งถูกควบคุมการเปิด-ปิดโดยไมโครคอนโทนเลอร์ เป็น ตัวควบคุมการเปิด ปิด ตามเงื่อนไขที่กำหนด

2.7 การเขียนโปรแกรม Microcontroller

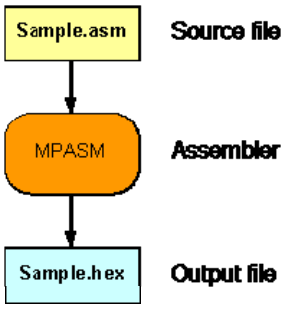
ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบน Microcontoller (เรียกสั้นๆว่า MCU) แบ่งได้เช่นเดียวกับการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์คือ ภาษาระดับสูง และภาษาระดับต่ำ

- ภาษาระดับสูงเช่น C, Basic ข้อดีคือเขียนง่าย, แก้ไขเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมได้ง่าย ส่วนข้อเสียก็คือการทำงานจะช้า ขนาดโปรแกรมที่เขียนมีขนาดใหญ่

- ภาษาระดับต่ำ ซึ่งก็คือ ภาษา Assembly ข้อดีคือ ตัว compiler แจกฟรี ขนาดโปรแกรมหลังจาก compiled แล้วมีขนาดเล็ก โปรแกรมมีความเร็ว แต่ข้อเสียก็คือเขียนยาก เพราะลักษณะภาษาไม่ค่อยสื่อความหมาย แก้ไขเปลี่ยนแปลงยาก

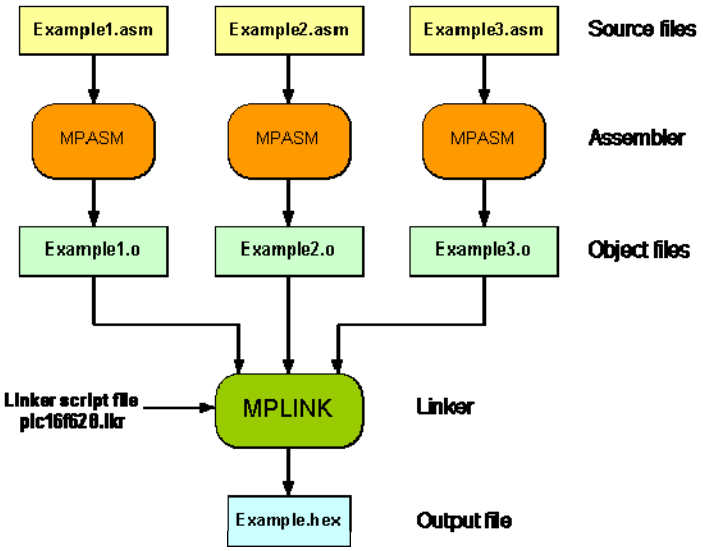
2.7.1 รูปแบบการเขียนโปรแกรม Microcontroller สามารถแบ่งได้ดังนี้

เขียนด้วยภาษา Assembly แบบ ไฟล์เดียว หลังจากนั้นก็ทำการ Compile ด้วย Assembler ของ MCU ตัวนั้น ซึ่งส่วนในผู้ผลิต Chip MCU จะแจกจ่ายให้ฟรี สำหรับ Assembler ของMicrochip ก็คือ MPASM โดยไฟล์ที่ได้มามีได้หลายชนิดแต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Hex file



รูปที่ 2.17 ลักษณะขั้นตอนการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาต่าง ก่อนการ Compile Source File

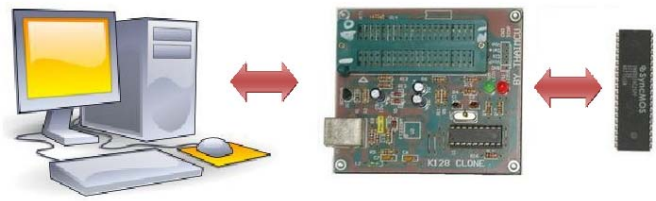
1. ใช้ภาษา Assembly เช่นกัน แต่แบ่งเป็นหลายๆ ไฟล์ หลังจากนั้นก็จะ Compile แต่ละไฟล์ให้ออกมาเป็น Object files และทำการรวมกันด้วย Linker ในขณะทำการ link ก็จะมี Script file ของ MCU เบอร์นั้นๆ ประกอบ หลังจากทำการ Link แล้วก็จะได้ Hex file ออกมา



รูปที่ 2.18 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Assembly แล้วทำการ Compile Source File

2. ลักษณะสุดท้ายเป็นการเขียนด้วยภาษาสูง ซึ่งภาษาสูงที่ใช้อาจจะเป็น C, Basic ฯลฯ ซึ่งอาจจะเขียนร่วมกับ ภาษา assembly โดยไฟล์ที่เขียนจะถูกทำให้กลายเป็น Object files โดย Assmbler สำหรับภาษา Assembly และ Compiled โดย Compiler สำหรับภาษาสูง จากนั้นก็ทำการ Link เข้าด้วยกันด้วย Linker ซึ่งขณะทำการ Link ก็จะมีการรวมเอา Library ที่ถูกเรียกใช้ในโปรแกรมเข้าไปรวมด้วยกัน สุดท้ายก็จะออกมาเป็น Hex file

หลังจากได้ Hex file มาแล้ว เราก็จะทำการอัดโปรแกรมเข้าสู่ chip ด้วยตัวโปรแกรมเมอร์ ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบ คือ มี Software บนคอมพิวเตอร์ สำหรับใช้ในการควบคุมการอ่าน เขียน หรือ ลบ โดยส่วนใหญ่จะเชื่อมต่อไปยัง Programmer ด้วย serial, parallel มีราคาให้เลือกตั้งแต่หลักร้อยไปจนถึงหลักหมื่น เมื่ออัดโปรแกรมเข้า chip ได้แล้วเราก็พร้อมจะนำไปทดสอบการทำงานต่อไป



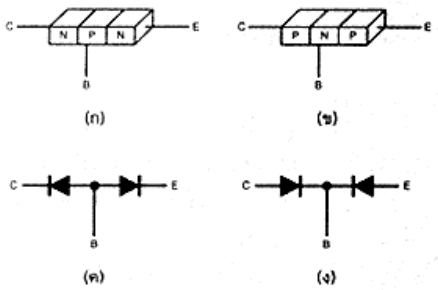
รูปที่ 2.19 การเชื่อมต่อก่อนการDownload File .HEX ลงตัว MCU ตระกูล PIC

2.7.2 โครงสร้างของภาษาโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักคือ

1. ลาเบล (Label) ใช้ในการอ้างถึงบรรทัดหนึ่งของโปรแกรมที่ทำ การเขียน
2. รหัสนีโมนิก (Mnemonic) ส่วนแสดงคำสั่งของไมโครคอนโทลเลอร์ ที่ต้องการให้กระทำ
3. โอเปอร์เรนต์ (Operand) เป็นส่วนที่แสดงถึงตัวกระทำ หรือถูกกระทำ และข้อมูลที่ใช้ในการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดโดยรหัสนีโมนิคก่อนหน้านี้
4. คอมเมนต์ (Comment) เป็นส่วนที่ผู้เขียนโปรแกรมเขียนขึ้นเพื่อใช้ในการอธิบายคำสั่งที่กระทำหรือผลของการกระทำคำสั่งในบรรทัดหรือในโปรแกรมย่อยนั้นๆ ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ผู้เขียนโปรแกรม สามารถตรวจสอบโปรแกรมสามารถตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนได้ง่ายรวมถึงเป็นประโยชน์ต่อผู้อื่นที่โปรแกรมที่เขียนขึ้นนี้ไปศึกษาอย่างมาก

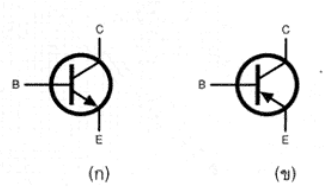
2.8 ทรานซิสเตอร์ สารกึ่งตัวนำสำคัญ [3]

ทรานซิสเตอร์ (Transistor ตัวย่อ Tr หรือ Q) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นำสาร P และสาร N 3 ชิ้น นำมาต่อเรียงกัน ดังรูปที่ 1 โดยเรียงต่อกันได้ 2 แบบ ดังรูป ก และ ข ในรูป ก. ใช้สาร N 2 ชิ้น และสาร P 1 ชิ้น โดยมีสาร P อยู่ตรงกลาง จึง เรียกทรานซิสเตอร์ชนิดนี้ว่า NPN และต่อขาออกมา 3 ขา เป็นขา B (เบส), C(คอลเลคเตอร์), E(อีมิเตอร์) โดยที่ขา B ต่อออก มาจากสาร P ส่วนในรูปที่ 1 ข. ตรงกันข้ามกับรูปที่ 1 ก. และเรียกว่าชนิด PNP ส่วนขาที่ต่อออกมาเช่นเดียวกับรูปที่ 1 ก. ด้วยโครงสร้างดังกล่าวนี้ จะเหมือนกับไดโอด 2 ตัวชนกันดังรูป ค. และ ง. โดยใช้สาร P หรือ N ตรงกลางเป็นตัวร่วมกัน



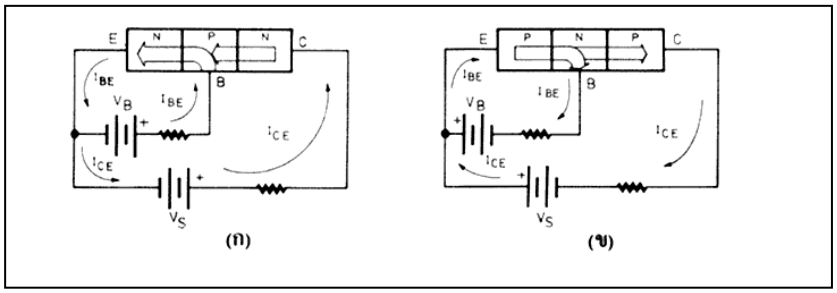
รูปที่ 2.20 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

ในรูป ก. และ PNP ในรูป ข. ส่วน ค. และ ง. แสดงการเปรียบเสมือนไดโอด 2 ตัวชนกัน จากรูปที่ 2.20 สามารถเป็นสัญลักษณ์เพื่อให้ดูง่าย ๆ ดังรูปที่ 2.21 ในรูป ก เป็นของชนิด PNP สังเกตที่ลูกศรของเขา E จะชี้ ออกส่วนชนิด PNP แสดงในรูป ข. สัญลักษณ์ต่างกันที่ขา E คือ ลูกศรที่ขา E จะชี้เข้า



รูปที่ 2.21 สัญลักษณ์ ของทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ชนิด

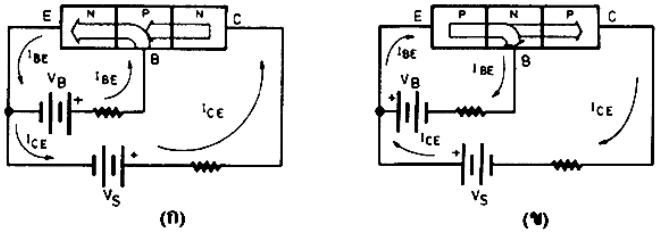
หลักการทำงานของทรานซิสเตอร์พอจะอธิบายได้โดยการต่อวงจรดังรูปที่ 2.22 ด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน ในรูปที่ 2.22 ก. เป็นการต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN พิจารณาทางด้านขา B และขา E จะเป็นการต่อในลักษณะไบแอสตรง ให้กับสาร P และ N ด้วย VB (เหมือนไดโอด) จึงมีกระแสส่วนหนึ่งไหลเรียกว่า IBE ซึ่งเป็นผลให้ทางด้านขา C เกิดกระแสไหลตามไปด้วย คือ มีกระแสวิ่งจากแบตเตอรี่ VS ไปสาร N ไปสาร P และไปสาร N ที่ E ครบวงจรอีก กระแสส่วนที่วิ่งตาม IBE นี้มีชื่อว่า ICE และกระแสที่วิ่งออกมาจากขา E มี 2 ส่วนคือ ส่วนขาของ IBE และICE ส่วนในรูปที่ 2.22 ข. ก็มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับของ ชนิด PNP เพียงแต่กลับขั้วแบตเตอรี่เท่านั้น และเมื่อหากว่า IBE หยุดไหลICE จะหยุดไหลตามไปด้วยเช่นกัน



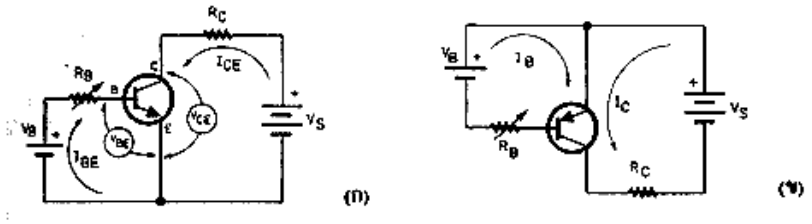
รูปที่ 2.22 แสดงการเกิดกระแสเมื่อมีการป้องกันแรงดันที่ ขาต่าง ๆ

2.8.1 กราฟแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.22 นำมาเขียนใหม่เป็นวงจรโดยแทนด้วยสัญลักษณ์ได้ดังรูปที่ 2.24 ลองดูทางด้าน ขา B และ E ก่อนจะเห็นว่าต่อ เข้ากับแบตเตอรี่ VB และตัวต้านทานปรับค่าได้ RB เนื่องจากโครงสร้างของขา B และ E มีลักษณะเหมือนไดโอดและต่อ VB เข้าในลักษณะไบแอสตรง จึงเกิดกระแสไหลทางขา B,E ชื่อว่า IBE (เรียกสั้น ๆ ว่า IB) ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นกราฟแสดง ความสัมพันธ์ของ VBE และ IB ได้ดังรูปที่ 5 และมีลักษณะเหมือนกราฟของไดโอดด้วย นั่นคือถ้าหาก VBE มีค่ามากกว่า 0.65 โวลต์ จะเกิด IB ไหลได้ โดยมีการจำกัดกระแสด้วย RB ถ้า RB ปรับไว้ที่ค่าน้อย ๆ ก็จะมี IBไหลมาก



รูปที่ 2.23 แสดงการเกิดกระแสเมื่อมีการป้องแรงดันที่ขาต่าง ๆ



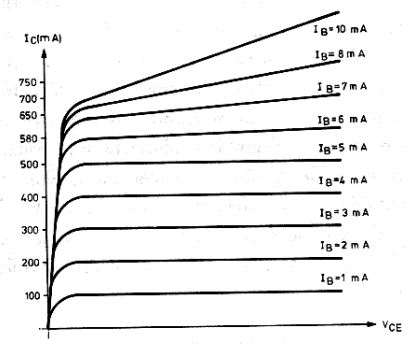
รูปที่ 2.24 วงจรที่เขียนขึ้นจากการต่อวงจรในรูปที่ 2.23

เมื่อมี IB ไหลแล้วผลที่ตามมาก็คือเกิด ICE (เรียกสั้น ๆว่า IC) ไหลด้วยและค่า IC สามารถหาได้จากกราฟในรูปที่ 6 ซึ่งเป็น กราฟที่สำคัญมาก เพราะเป็นกราฟที่แสดงการทำงานของทรานซิสเตอร์อย่างแท้จริง เริ่มต้นพิจารณาที่ IB สมมติว่าปรับ RB ให้ ได้ค่า IB เป็น 1 am จะเกิดกระแส IC ขึ้นค่าหนึ่ง (สมมติเป็น 100 mA) เมื่อปรับ IB มากขึ้นเป็น 2 mA จะได้ IC เป็น 200 mA ทำนองเดียวกันเมื่อปรับเป็น 3,4,5 mA จะได้ ICE เป็น 300 , 400 , 500 mA ตามลำดับ ในส่วนนี้จะได้ว่า

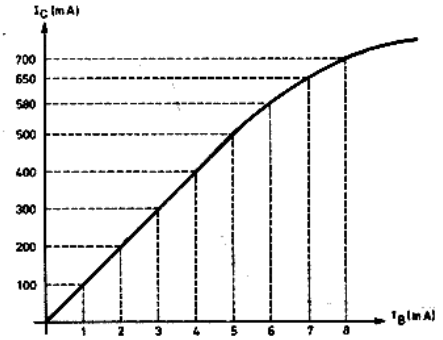
$$\frac{I_C}{I_B} = \text{ค่าคงที่} = \beta$$

ตัวเบต้า หรือเรียกอีกตัวหนึ่งว่า HFE คืออัตราขยายกระแสนั่นเอง จากตัวอย่างข้างบนนี้ จะได้ค่า เบต้าเท่ากับ 100 พอดี เมื่อปรับ IB ให้มีค่ามากขึ้นไปอีกจะได้ค่า IC เพิ่มขึ้นไม่มากนักเนื่องจากทรานซิสเตอร์มีอัตราขยายกระแสที่กระแสสูง ๆ ได้น้อยลง จากตัวอย่างในรูปที่ 6 จะพบว่าเมื่อ IB มีค่าเป็น 6 mA จะได้ IC เป็น 580 mA และ IB เป็น 10 mA จะได้ IC เป็น 750 mA หรือค่า เบต้า = 75 เท่าและยิ่ง IB มีค่ามากนั้น จะได้ IC ไม่เพิ่มขึ้นเท่าไร เช่น IB = 20 mA อาจได้ IC เพียง 800 mA เท่านั้น

จากกราฟในรูปที่ 2.25 นำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ IB ต่อ IC ได้ดังรูปที่ 2.26 ในช่วงที่ IB มีค่าน้อย ๆ จะได้ กราฟเป็นเส้นตรงหรือมีค่า เบต้าคงที่ และเมื่อ IB มีค่ามกขึ้นจะได้ IC เปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย หรือค่า เบต้า น้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากทรานซิสเตอร์ เริ่มเกิดการอิ่มตัวแล้ว

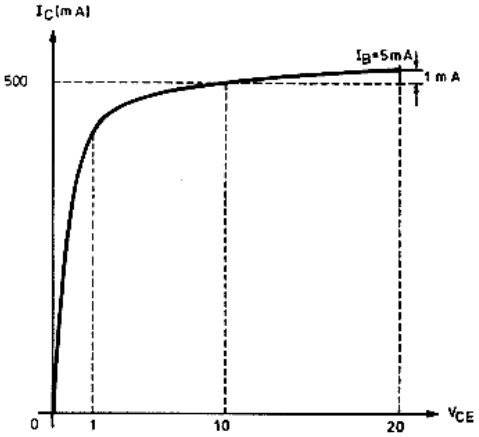


รูปที่ 2.25 กราฟแสดงคุณสมบัติที่สำคัญของทรานซิสเตอร์ จากการต่อวงจรในรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง IB ที่มีผลต่อ IC ของทรานซิสเตอร์

กราฟที่นี่พิจารณาอีกกราฟหนึ่ง คือกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของ VCE ต่อ IC เมื่อ IB มีค่า ๆ หนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.27 จะพบว่าเมื่อ VCE เปลี่ยนแลง (อันเนื่องมาจากปรับค่า VS หรือ CR)จาก 1 ถึง 20 กว่าโวลต์จะทำให้ IC เปลี่ยนแปลงไปเพียง เล็กน้อย เท่านั้น เช่น อาจเปลี่ยนแปลงเพียง 1-2 mA เท่านั้น นั่นหมายความว่าค่าของ IC ไม่ได้ขึ้นอยู่กับVCE เท่าใดนัก แต่ขึ้น อยู่กับ IB



รูปที่ 2.27 การแปลงค่า VCE มีค่าเปลี่ยนไปมาก มีผลทำให้ IC เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

2.8.2 สรุปการทำงานของทรานซิสเตอร์ได้ดังนี้

1. ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายกระแส โดยทางด้านขา B เป็นขาป้อนสัญญาณอินพุทและ ขา C เป็นขาสัญญาณเอาท์พุท อัตราการขยายคือ ค่าเบต้า มีค่าค่อนข้างคงที่ เมื่อกระแสที่ ขา B มีค่าไม่มากนัก และเบต้า จะมีค่าน้อยเมื่อกระแสที่ขา B มีค่ามาก ๆ

2. ทางด้านขา B และ E ซึ่งเป็นขาป้อนสัญญาณอินพุท มีคุณสมบัติเหมือนไดโอด คือเมื่อขา B,E มีแรงดันมากกว่า 0.65 โวลต์ จะเกิดกระแสที่ ขา B และทรานซิสเตอร์นำกระแสได้

3. ทางด้านขา C ซึ่งเป็นขาสัญญาณเอาท์พุท จะเกิดกระแสไหล ผ่านขา C ตามค่า กระแสที่ขา B และค่า เบต้าโดยมี สูตร IC=เบต้า IB แรงดันทีขา C,E หาได้จาก

$$VCE = VS - VCR$$

$$VCE = VS - IC\ RC$$

$$VCE = VS - \text{เบต้า}IBRC$$

4. ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และ PNP มีหลักการทำงานเหมือนกันทุกประการ เพียงแต่สลับขั้วแบตเตอรี่ที่ป้อนเข้าเท่านั้น

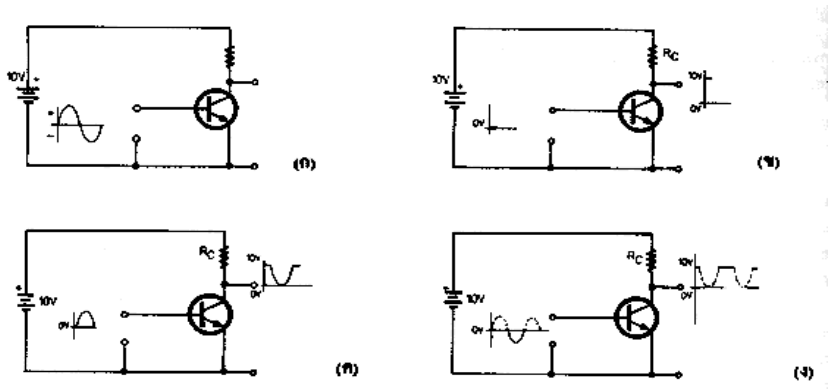
2.8.3 การประยุกต์ทรานซิสเตอร์

ในการนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานพอจะแบ่งเป็นหมวดใหญ่ ๆ ได้ 2 หมวด คือ

1. ในวงจรอนาล็อกหรือวงจรขยายสัญญาณ
2. ในวงจรดิจิตอลหรือวงจรสวิทช์ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิทช์

2.8.3.1 ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายสัญญาณ [2]

ด้วยคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ที่มีการขยายกระแสด้วยค่า เบต้า ทำให้เราสามารถนำทรานซิสเตอร์มาต่อเป็น วงจรขยายสัญญาณได้ ลองดูการต่อวงจรง่าย ๆ ดังรูปที่ 10 ก. และป้อนสัญญาณอินพุททางขา B เราจะมาดูสัญญาณเอาท์พุททางขา C ว่า เป็นอย่างไร โดยที่ VS มีค่า 10 โวลต์ และป้อนสัญญาณเป็นคลื่นรูปซาย



รูปที่ 2.29 ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายสัญญาณ เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาท์พุตที่ได้

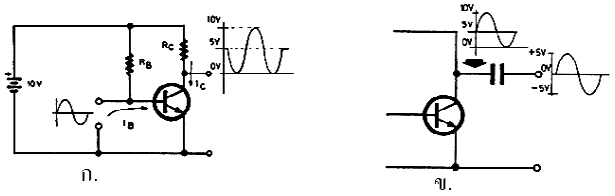
เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่าเป็นศูนย์โวลต์ ดังรูปที่ 2.29 ข. จะไม่เกิดกระแส IB ผลก็คือ IC ไม่เกิดด้วย ดังนั้น แรงดันที่ RCจึง มีค่าเป็นศูนย์โวลต์ ทำให้แรงดัน VCE เท่ากับ VS คือ 10 โวลต์ และทำนองเดียวกัน เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่าน้อยกว่า 0.65 โวลต์ สัญญาณเอาท์พุทจะมีค่าเป็น 10 โวลต์ เช่นกัน

เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลักษณะครึ่งรูปคลื่นซายน์ในช่วงบวก (ไซเคิ้ลบวก) ดังรูปที่ 2.29 ค. ในช่วงนี้จะเกิด IB ตามคลื่นรูปซายน์ด้วยจึงทำให้ IC เกิดตามไปด้วย เมื่อ IB มากขึ้น IC จะมากด้วย ผลทำให้เกิดแรงดันที่ RC มากขึ้น แรงดัน VCE จึงเริ่มลดลง เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่าสูงสุดจะทำให้แรงดัน VCEมีค่าลดลงมากสุดจนถึง 0 โวลต์และเมื่อสัญญาณอินพุทเริ่มลดลง แรงดันเอาท์พุทจะเริ่มเพิ่มขึ้น เป็นที่สังเกตว่าในช่วงนี้สัญญาณเอาท์พุทจะกลับเฟส(ตรงข้ามกัน) กับสัญญาณอินพุท คือ เมื่อ สัญญาณอินพุทมีแรงดันมากขึ้น สัญญาณเอาท์พุทจะมีแรงดันลดลง

ในช่วงสัญญาณอินพุทเป็นครึ่งซายน์ในช่วงลบ (ไซเคิ้ลลบ) ดังรูปที่ 2.29 ง. ในช่วงนี้ขา B,E ของทรานซิสเตอร์ จะได้รับ ไบแอสกลับ ทำให้ไม่มี IB จึงไม่เกิด IC ด้วย เหมือนกับรูปที่ 2.29 ข. ผลก็คือได้แรงดันVCE เป็น 10 โวลต์ และเมื่อสัญญาณ อินพุท มีค่าเป็นไซเคิ้ลบวกอีก ก็จะได้แรงดัน VCE ลดลงเป็นคลื่นรูปซายน์ครึ่งคลื่นเช่นกัน

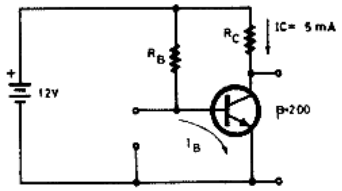
จากตัวอย่างในรูปที่ 2.29 จะเห็นว่าเมื่อต่อวงจรดังรูปจะได้สัญญาณเอาท์พุทที่ผิดเพี้ยน คือมีการขยายเพียงครึ่งไซเคิ้ล เท่านั้น อีกครึ่งไซเคิ้ล (ลบ) ถูกตัดทิ้งไป จึงต้องหาวิธีแก้ไขด้วยการให้ ไบแอส แก่ทรานซิสเตอร์ทางขา B ก่อน ดัง ตัวอย่างง่าย ๆ ตามรูปที่ 2.30 ด้วยการใช้ตัวต้านทาน RB ต่อเข้ากับขา B และ VS วิธีนี้ทำให้ขณะปกติไม่มีสัญญาณเข้าหรือสัญญาณเข้า มีค่า เป็น 0 โวลต์ตัว RB จะทำให้มี IB ค่าหนึ่งซึ่งทำให้เกิด IC ที่ทำให้มีแรงดันที่ RC มีค่าประมาณ 1/2 ของ VS ในที่นี้คือ 5 โวลต์ (เรียกสภาวะนี้ว่าจุดสงบ) เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่าเป็นครึ่งไซเคิ้ลบวก IB จะเพิ่มขึ้นทำให้ VCE ลดลงต่ำสุดมาเหลือ 0 โวลต์ พอดี และเมื่อสัญญาณอินพุทมีค่าเป็นครึ่งไซเคิ้ลลบ IB จะลดลง ทำให้ VCE มีค่าเพิ่มขึ้น

ด้วยวิธีการให้ไบแอสตามรูปที่ 2.30 ก. จะทำให้เกิดการขยายสัญญาณเต็มรูปคลื่น คือสัญญาณเอาท์พุทจะสวิงหรือแกว่ง ระหว่าง 0 โวลต์ กับ VS โดยมีจุดสงบที่ 1/2 ของVS เพื่อให้ได้สัญญาณเอาท์พุทสวิงได้มากที่สุด และสัญญาณดังกล่าว เมื่อไปคับปลิ้งผ่าน C ดังรูปที่ 2.30 ข. ก็จะได้สัญญาณเป็นไฟสลับในช่วงบวกลบได้



รูปที่ 2.30 ก. การต่อไบแอสทรานซิสเตอร์ทำให้ได้รูปคลื่นเอาท์พุตที่สมบูรณ์
ข. เมื่อต่อตัวเก็บประจุอนุกรมกับสัญญาณเอาท์พุตทำให้ได้สัญญาณสวิง
ในช่วงบวกลบ

ตัวอย่างต้องการออกแบบวงจรขยายสัญญาณโดยใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ซึ่งมีค่า เบต้า เท่ากับ 200 ใช้ แรงดันขนาด 12 โวลต์ และให้มี IC ในสภาวะสงบเป็น 5 mA จงหาค่า RB และ RC ในรูปที่ 13



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างการคำนวณหาค่า RB และ RC เพื่อหาจุดไบแอสที่เหมาะสม

วิธีการคำนวณทำได้ง่าย โดยคิดจากสภาวะสงบหรือไม่มีสัญญาณเข้า ซึ่งจะได้แรงดันที่ RC เท่ากับ 1/2 ของ 12 โวลท์ คือ

$$V_{R_C} = \frac{12}{2} = 6$$

และที่สภาวะสงบนี้มี I_C เป็น 5 mA ดังนั้นหาค่า R_C ได้

$$R_C = \frac{V_{R_C}}{I_C} = \frac{6}{5\times10^{-3}}$$

$$R_C = 1.2\ k\Omega$$

จากนั้นทำการหา R_B ได้ โดยเริ่มจากหา I_B ก่อน

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{5\times10^{-3}}{200}$$

$$I_B = 25\ \mu A$$

$$V_{R_B} = 12 - 0.65 = 11.35\ V.$$

$$R_B = \frac{V_{R_B}}{I_B} = \frac{11.35}{25\times10^{-6}}$$

$$R_B = 454\ k\Omega \text{ หรือ } 470\ k\Omega$$

อีกตัวอย่างของวงจรซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ดังรูปที่ 14 ก. โดยที่ เบต้า มีค่า 150 เท่า และพิจารณาที่จุดสงบ หรือไม่มีสัญญาณป้อนเข้า เริ่มต้นหาค่า IB โดยหาค่าแรงดันที่ RB ซึ่งจะมีค่า

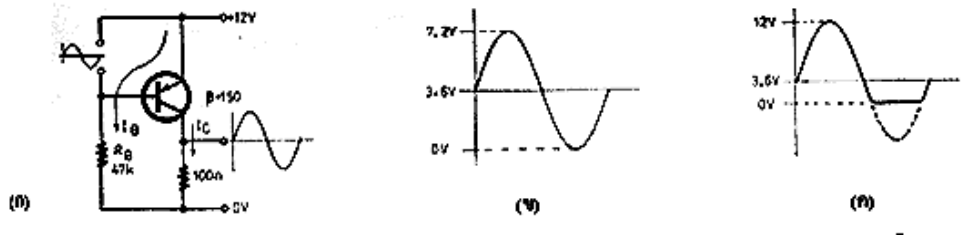
$$V_{R_B} = 12 - 0.65 = 11.35\ V$$

$$I_B = \frac{11.35}{47 \times 10^{-3}} = 0.24\ mA$$

$$I_C = 150 \times 0.24 \times 10^{-3} = 36\ mA$$

$$V_{R_C} = 36 \times 10^{-3} \times 100 = 3.6\ V$$

$$V_{CE} = 12 - 3.6 = 8.4\ V$$



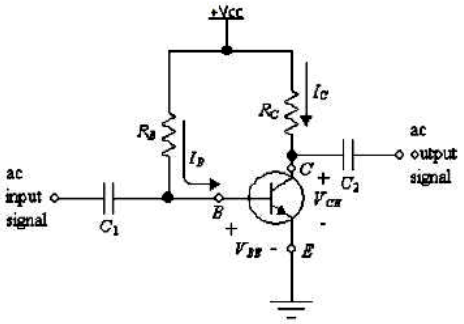
รูปที่ 2.32 รูป ก. เป็นตัวอย่างวงจรขยายของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP
รูป ข. แสดงสัญญาณเอาท์พุตที่สวิงได้สูงสุดโดยไม่เพี้ยน
และรูป ค. แสดงการผิดเพี้ยนเมื่อสัญญาณสวิงสูงเกินไป

จากตัวอย่างแรงดันที่จุดสงบอยู่ที่ 3.6 V และกระแสมีค่ามากถึง 36 mA เมื่อพิจารณาให้ดีจะพบว่า แรงดันเอาท์พุทควร จะสวิง ไปสูงสุดเพียง 7.2 V และต่ำสุด 0 V ดังรูปที่ 2.23 ข. จึงจะได้สัญญาณเอาท์พุทที่ไม่ผิดเพี้ยน แต่ถ้ายอมให้แรงดัน เอาท์พุทสวิง ขึ้นไปสูงสุดถึง 12 V (โดยป้อนสัญญาณอินพุทเข้ามาแรง ๆ) สัญญาณเอาท์พุท จะเกิดการผิดเพี้ยนดังรูปที่ 14 ค. ทั้งนี้เพราะว่า ในครึ่งไซเคิ้ล หลังแรงดันจะลดลงต่ำสุดเพียง 0 โวลท์ ในช่วงนี้สัญญาณจึงถูกขลิบหรือตัดยอดทิ้งไป

การไบแอสที่จุดสงบที่ค่าแรงดันต่าง ๆ จึงทำให้เกิดผลของการขยายสัญญาณในครึ่งไซเคิ้ลบวกและลบในคลาสต่าง ๆ เช่นใน รูปที่ 2.23 ไบแอสอยู่ที่ 1/2 ของ VS เรียกว่า คลาส A แต่ในรูปที่ 14 ทรานซิสเตอร์ขยายในไซเคิ้ลบวกได้สูง ส่วนไซเคิ้ล ลบ ไม่ดี เรียกว่า คลาส AB และมีวิธีการต่อให้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ขยายร่วมกันโดยไบแอสให้ตัวแรกขยายในไซเคิ้ลบวกอย่าง เดียวและตัวที่สองขยายในไซเคิ้ลลบอย่างเดียวแล้วนำเอาเอาท์พุทของทั้งสองตัวมารวมกันก็จะได้ สัญญาณเอาท์พุท สวิงได้สูงขึ้น วิธีนี้จัดอยู่ในคลาส B ซึ่งคลาสต่าง ๆ เหล่านี้ถูกนำไปใช้ในวงจรขยายเสียงต่าง ๆที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นเพียงพื้นฐานเบื้องต้นของทรานซิสเตอร์ในวงจรสัญญาณ ซึ่งถูกนำไปใช้ในเครื่องเสียงทั้งหลาย ซึ่ง อาจมีรายละเอียดและเทคนิคของวงจรแตกต่างกันไปบ้างแต่ก็อาศัยหลักการขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ ทั้งสิ้นดังที่กล่าวมา การได้เข้าใจพื้นฐานเบื้องต้นนี้นับเป็นบันไดขั้นสำคัญที่จะทำความเข้าใจวงจรขยายเสียงต่าง ๆ ได้ดี

วงจรไบอัสแบบคงที่ (FIXED – BIAS CIRCUIT)

วงจรไบอัสแบบคงที่ (Fix-Bias Circuit) เป็นวงจรไบอัสคงตัวของวงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วม ในการวิเคราะห์ด้าน DC จากรูปที่ 4.1 วงจรแยกสัญญาณ ac ของอินพุตโดยใช้ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ทั้งยังช่วยป้องกันการไหลของกระแส DC ออกจากวงจรด้วย ดังนั้นการคำนวณจึงไม่ต้องนำสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตมาคำนวณ การไบอัสของวงจรเกิดจากแหล่งจ่ายแรงดัน V_{CC} เท่านั้น



รูปที่ 2.34 Fix-Bias Circuit

การคำนวณวงจรไบอัสแบบคงที่ (FIXED-BIAS CIRCUIT)

วงจรอินพุต (Input Equation Base - Emitter) สมการของวงจรหาได้ด้วย KVL ที่อินพุตของทรานซิสเตอร์ ได้สมการดังนี้

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE}$$

$$\therefore \quad I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

และ $V_{BE} = V_B - V_E$

เมื่อ $V_E = 0$

ดังนั้น $V_{BE} = V_B$

วงจรเอาท์พุต (Output Equation Collector - Emitter)

จากความสัมพันธ์คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์

$$I_C = \beta I_B$$

สมการของวงจรหาได้ด้วย KVL ที่เอาท์พุต $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

และ $V_{CE} = V_C - V_E$

แต่ $V_E = 0$

ดังนั้น $V_{CE} = V_C$

การอิ่มตัวของทรานซิสเตอร์ (Transistor Saturation)

เมื่อทรานซิสเตอร์ถึงจุดอิ่มตัว

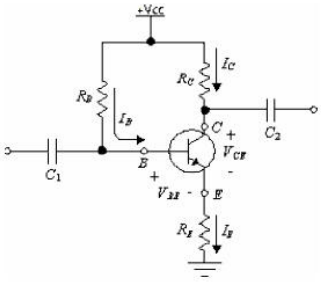
$$V_{CE} \cong 0\,\text{V}.$$
$$R_{CE} = \frac{V_{CE}}{I_C} = \frac{0\,\text{V}.}{I_{csat}}$$
$$= 0\,\Omega.$$

สำหรับวงจรไบอัสคงตัวจะมีค่ากระแส I_C ดังสมการ

$$I_{C\max} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

1. วงจรอิมิตเตอร์ไบอัส (Emitter Bias Circuit)

การไบอัสแบบรักษาระดับที่ขาอิมิตเตอร์ คือ วงจรไบอัสแบบคงที่ที่เพิ่มตัวต้านทานค่าคงที่ (R_E) เข้าไปในวงจรขาที่อิมิตเตอร์



รูปที่ 2.35 วงจรอิมิตเตอร์ไบอัส

การคำนวณวงจรอิมิตเตอร์ไบอัส วงจรอินพุต (Input Equation Base - Emitter) พิจารณาวงจรอินพุต จาก KVL :

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B$$

จาก

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + (\beta + 1) I_B R_E$$

ดังนั้น

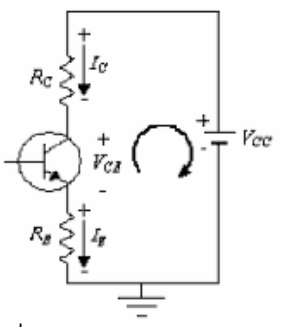
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E}$$

ตัวต้านทาน emitter ที่ปรากฏในวงจรอินพุต จะมีค่าเป็น $(\beta + 1)R_E$

$$R_i = (\beta + 1) R_E$$

วงจรอิมิตเตอร์ไบอัส พิจารณาวงจรเอาท์พุต

เมื่อเพิ่ม R_E แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในวงจรเอาท์พุตดังนี้ จาก KVL :



รูปที่ **2.36** วงจรเอาท์พุต (Output Equation Collector - Emitter)

พิจารณา รูปที่ 2.36 KVL : $V_{CC} = I_E R_E + V_{CE} + I_C R_C$

เมื่อ $I_E \cong I_C$

เพราะฉะนั้น $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$

แรงดันที่ขาต่างๆของทรานซิสเตอร์สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

จาก $V_E = I_E R_E$

$V_{CE} = V_C - V_E$

$V_C = V_{CE} + V_E$

$V_C = V_{CC} - I_C R_C$

และ $V_B = V_{CC} - I_B R_B$

$V_B = V_{BE} + V_E$

การปรับปรุงเสถียรภาพของการไบอัส (Bias Stability Improvement)

$$I_{B(without\ RE)} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$I_{B(with\ RE)} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_B}$$

และจากการที่ $I_C = I_B$ ก็จะส่งผลทำให้ค่ากระแส I_Cของวงจรที่มี R_E มีค่าเพิ่มขึ้นไม่มากซึ่งจะทำให้ V_{CE} มีค่าเปลี่ยนแปลงไปไม่มากด้วย

สภาวะอิ่มตัว (Saturation State) สภาวะทรานซิสเตอร์อิ่มตัวหมายถึงการที่ทรานซิสเตอร์นำกระแสอย่างเต็มที่ ในการออกแบบจะให้แรงดันคร่อม V_{CE} มีค่าเป็น 0

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

การวิเคราะห์เส้นโหลดของวงจร emitter bias ไม่แตกต่างจากวงจร Fixed-bias ปกติมากนักจากสมการวงจรเอาท์พุต (Collector-Emitter)

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C(R_C + R_E)$$

จุดตัดแกนตั้งของ V-I Plot ที่ $V_{CE} = 0$

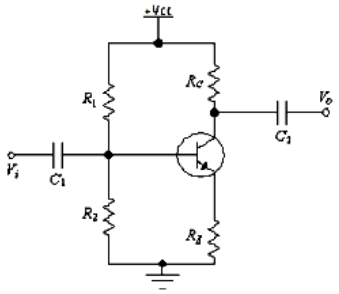
$$I_C = \frac{V_{CC}}{(R_C + R_E)}$$

และจุดตัดแกนนอนของ V-I Plot ที่ $I_C = 0$

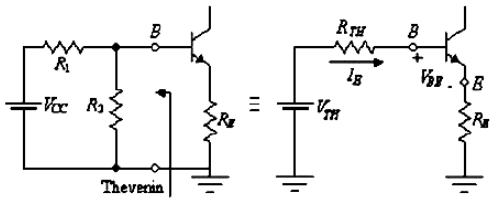
$$V_{CE} = V_{CC}$$

2. วงจรแบบแบ่งแรงดัน (Voltage-Divider Bias Circuit)

วงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดันคือ วงจรไบอัสแบบรักษาระดับที่ขาอิมิตเตอร์ โดยเพิ่มตัวต้านทานค่าคงที่ต่อร่วมกับขาเบสเทียบกับกราวด์



รูปที่ 2.37 วงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดัน **(**Voltage-Divider Bias Circuit)



(a) (b)

รูปที่ 2.38 (a) Redrawing the input side of the network.

(b) The Thevenin equivalent circuit

3. วงจรอินพุต (Input Circuit) สมการของวงจรวิเคราะห์ในรูปวงจรเทวินิน โดยหาค่าความต้านทานเทวินิน (R_{TH}) และหาค่าแรงดันเทวินิน (V_{TH}) จากวงจรสมมูลออกมา นำไปหาค่ากระแส I_B ของวงจร R_{TH} คือความต้านทานของ terminal เมื่อให้ Voltage Source ลัดวงจร

$$R_{TH} = R_1 \| R_2$$

ส่วน V_{TH} คือ แรงดันปรากฏที่ terminal

$$V_{TH} = V_{R2} = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

ดังนั้น ใช้ KVL : $V_{TH} = I_B R_{TH} + V_{BE} + I_E R_E$

จาก $I_E = (\beta + 1) I_B$

ดังนั้น

$$I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1) R_E}$$

และ

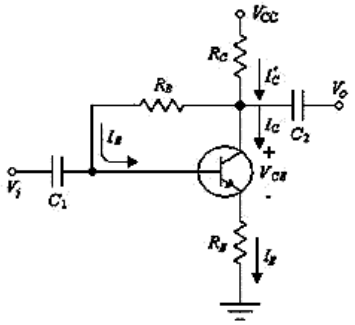
$$I_C = \beta I_B$$

4. วงจรเอาท์พุต (Output Circuit)

สมการของวงจรหาได้โดย KVL ที่เอาท์พุต ได้สมการดังนี้ : $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$ การหาค่า V_C ,V_E และ V_B ก็สามารถหาได้เช่นเดียวกับใน วงจรเอาท์พุตของ วงจรแบบรักษาระดับที่ขาอิมิตเตอร์ เพราะเป็นวงจรที่มีส่วนประกอบเหมือนกัน

5. วงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดันป้อนกลับ (DC Bias with voltage feedback)

วงจรไบอัสแบบแรงดันป้อนกลับ (DC Bias with voltage feedback) คือ การจัดวงจรไบอัสที่ขาเบสใหม่ โดยใช้ตัวต้านทานค่าคงที่ต่อคร่อมขาเบสกับขา collector มีผลให้ระดับแรงดันที่ขาเบสสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามค่าระดับแรงดันที่ขา collector



รูปที่ 2.39 DC bias circuit with voltage feedback

6. วงจรอินพุต (Input Circuit)

สมการของวงจรหาได้ด้วย KVL ที่อินพุตของทรานซิสเตอร์ ได้สมการดังนี้

$$V_{CC} = I_C R_C + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

แทนค่าด้วยสองสมการนี้

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_E \cong I_C$$

จะได้

$$V_{CC} = \beta I_B R_C + I_B R_B + V_{BE} + \beta I_B R_E$$

หรือ

$$V_{CC} = V_{BE} + \beta I_B (R_C + R_E) + I_B R_B$$

ดังนั้น

$$I_B = \frac{(V_{CC} - V_{BE})}{R_B + \beta(R_C + R_E)}$$

7. การปรับปรุงเสถียรภาพของวงจร (Stability Improvement)

วงจรนี้จะทำให้เสถียรภาพดีขึ้นนั่นคือ จะทำให้ค่า I_C และ V_{CE} ซึ่งเป็นจุดทำงานของวงจรไม่ขึ้นกับค่า β พิจารณา เพื่อความสะดวกในการพิจารณาจากสมการ I_B ของวงจรถ้าให้ $V' = V_{CC} - V_{BE}$ และ $R' = R_C + R_E$

ดังนั้น

$$I_B = \frac{V'}{(R_B + \beta R')}$$

จาก

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_C = \frac{\beta V'}{(R_B + \beta R')}$$

จากสมการจะเห็นได้ว่าถ้า

$$\beta R' >> R_B$$

จะทำให้

$$R_B + \beta R' \cong \beta R'$$

ดังนั้น

$$I_C = \frac{\beta V'}{(R_B + \beta R')} \cong \frac{\beta V'}{\beta R'}$$
$$= \frac{V'}{R'}$$

หรือ

$$I_C = \frac{V_C - V_{BE}}{(R_C + R_B)}$$

จากสมการจะเห็นได้ว่ากระแส I_C ที่จุดทำงานของวงจรไม่ขึ้นอยู่กับค่า จึงทำให้เสถียรภาพของวงจรดีขึ้น อย่างไรก็ตามเงื่อนไขจะเป็นจริงก็ต่อเมื่อ

$$\beta R' >> R_B$$

หรือ

$$\beta(R_E - R_C) >> R_B$$

8. วงจรเอาท์พุต (Output Circuit) สมการของวงจรหาได้โดย KVL ที่เอาท์พุต ได้สมการดังนี้:

$$V_{CC} = I_E R_E + V_{CE} + I'_C R_C$$

เมื่อค่า

$$I'_C \cong I_C \quad I_E \cong I_C$$

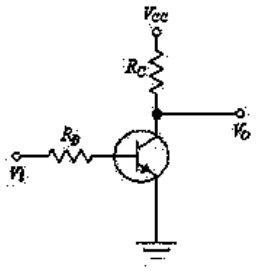
จะได้

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C(R_C + R_E)$$

เพราะฉะนั้น

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

2.8.3.2 วงจรทรานซิสเตอร์สวิทซ์ (Transistor Switching Circuit) [25] วงจรสวิทช์โดยปกติจะไม่มีการไบอัสแรงดัน เนื่องจากทรานซิสเตอร์จะถูกให้ทำงานแค่สองโหมดเท่านั้นคือ โหมดอิ่มตัว (Saturation Mode) และ โหมดคัตออฟ (Cutoff Mode)



รูปที่ 2.40 วงจรสวิทช์

จากรูปที่ 2.40 เป็นวงจรทรานซิสเตอร์สวิทช์แบบพื้นฐานการพิจารณาวงจรจะพิจารณาในภาวะที่ทรานซิสเตอร์อิ่มตัว (“ON” หรือ นำกระแสกับทรานซิสเตอร์คัดออฟ (“OFF” หรือ ไม่นำกระแส) ซึ่งในวงจรดังกล่าวเอาท์พุตที่ได้ (V_O) จะกลับเฟสกับอินพุต (V_I) นั่นคือ ถ้าอินพุตเป็น High (V_I) เอาท์พุตจะมีค่าเป็น Low (0 Volt) และ ถ้าอินพุตเป็น Low เอาท์พุตจะมีค่าเป็น High (มีค่าใกล้เคียง V_{CC}) เรียกวงจรแบบนี้ว่า วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เมื่อทรานซิสเตอร์ “ON” หรือ saturation

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

การออกแบบจะต้องให้ I_B มีค่ามากพอที่จะทำให้ ทรานซิสเตอร์ “ON” อย่างเต็มที่ดังนั้น

$$I_B > \frac{I_{Csat}}{\beta_{DC}}$$

เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ V_I และ R_B ดังนั้น

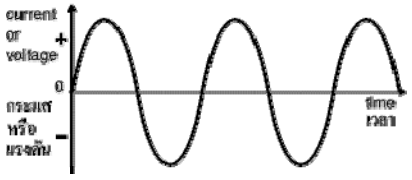
$$V_i = I_B R_B + V_{BE}$$

2.9 ไฟฟ้ากระแสสลับ(AC)ไฟฟ้ากระแสตรง(DC)

เอซี(AC) หมายถึง ไฟฟ้ากระแสสลับ และดีซี (DC)หมายถึง ไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันและสัญญาณไฟฟ้าก็อิงถึงเอซีและดีซีด้วยถึงแม้จะไม่ใช่กระแส! ตัวอย่างเช่น: แหล่งจ่ายกำลัง 12V AC เป็นแรงดันกระแสสลับ(ซึ่งจะทำให้ไฟกระแสสลับไหล) สัญญาณไฟฟ้า คือแรงดันหรือกระแสซึ่งเป็นพาหะของข้อมูลข่าวสาร โดยทั่วไปจะเป็นแรงดัน แต่ก็สามารถใช้เรียกได้ทั้งกระแส และ แรงดันในวงจร [12]

2.9.1 ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

ไฟฟ้ากระแสสลับ(AC) ไหลทางเดียวแต่สลับทิศอย่างต่อเนื่อง แรงดันกระแสสลับเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องระหว่างบวก(+) และลบ(-)อัตราการเปลี่ยนทิศทางเรียกว่าความถี่ของไฟกระแสสลับ มีหน่วยวัดเป็นเฮิร์ท(Hz) ซึ่งก็คือจำนวนรอบคลื่นต่อ หนึ่งวินาทีไฟฟ้าหลักในประเทศไทยใช้ความถี่ 50Hz.



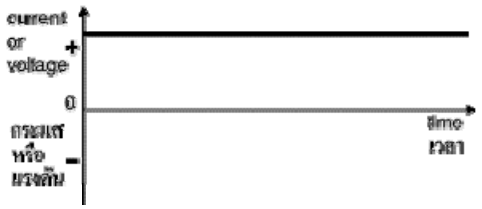
รูปที่ 2.41 รูปร่างแบบนี้เรียกว่าคลื่นซายน์จากแหล่งจ่ายกำลังเอซี (AC)

รูปที่ 2.42 สัญญาณสามเหลี่ยมเป็นเอซี(AC)เพราะเปลี่ยนแปลงระหว่างบวก (+)และลบ (-)

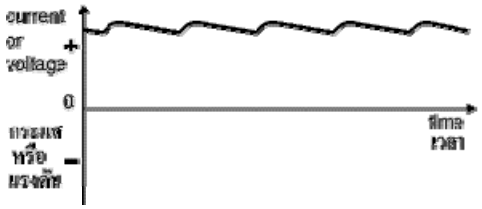
แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับเหมาะสำหรับจ่ายกำลังให้อุปกรณ์บางอย่าง เช่น หลอดไฟและเครื่องกำเนิดความร้อน แต่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ต้องการเลี้ยงด้วยไฟกระแสตรงคงที่

2.9.2 ไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

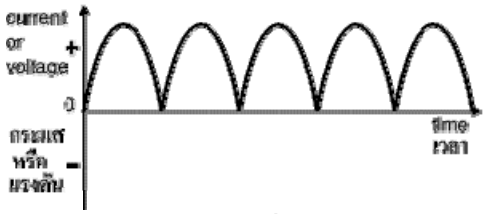
ไฟฟ้ากระแสตรง(DC) ไหลไปทิศทางเดียว แต่อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง แรงดันกระแสตรงเป็นบวกหรือเป็นลบก็ได้ แต่อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง วงจรอิเล็กทรอนิกส์ปกติต้องเลี้ยงด้วยไฟกระแสตรงสม่ำเสมอและคงที่ ที่ค่าหนึ่งหรือไฟกระแสตรงที่เรียบมีค่าเปลี่ยนแปลง ที่เรียกว่าริบเปิ้ลเพียง เล็กน้อย



รูปที่ 2.43 ดีซี (DC) สม่ำเสมอ (steady)จากแบตเตอรี่หรือแหล่งจ่ายกำลังคุมค่าในอุดมคติสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 2.44 ดีซี (DC) เรียบ (smooth) จากแหล่งจ่ายกำลังที่มีการกรองเหมาะสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์

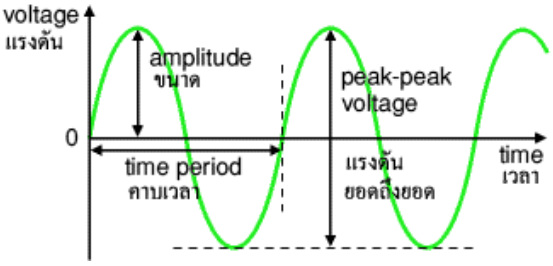


รูปที่ 2.45 ดีซี (DC)ไม่เรียบ (varying) จากแหล่งจ่ายกำลังที่ไม่ได้กรองไม่เหมาะสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เซลล์ แบตเตอรี่ และแหล่งจ่ายกำลังแบบคุมค่า ให้ไฟกระแสตรงแบบสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นดีซีในอุดมคติสำหรับวงจร อิเล็กทรอนิกส์ แหล่งจ่ายกำลังประกอบด้วย หม้อแปลง ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับหลักให้ได้แรงดันกระแสสลับที่เหมาะสม จากนั้นก็แปลงไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรงด้วย ตัวเรียงกระแสแบบบริดจ์ แต่ไฟที่ได้ยังไม่เรียบและไม่เหมาะที่จะใช้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แหล่งจ่ายกำลังบางแบบจะมี ตัวเก็บประจุ เพื่อกรองไฟให้เรียบ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวน้อยรวมทั้งใช้กับโครงงานส่วนใหญ่ของเรา หลอดไฟ ตัวทำความร้อนและมอเตอร์ ทำงานด้วยไฟเลี้ยงกระแสตรงได้

2.9.3 คุณสมบัติของสัญญาณไฟฟ้า

สัญญาณไฟฟ้าคือแรงดันหรือกระแสซึ่งเป็นพาหะของข้อมูลข่าวสาร ปกติจะหมายถึงแรงดัน อย่างไรก็ตามสามารถ ใช้ได้ทั้งแรงดันหรือกระแสในวงจร กราฟแรงดัน-เวลาทางด้านขวาแสดงถึงคุณสมบัติต่างๆของสัญญาณไฟฟ้า นอกจากนี้แล้วยังแสดงความถี่ซึ่งเท่ากับ จำนวนรอบต่อวินาที



รูปที่ 2.46 แสดงคลื่นรูปซายน์แต่คุณสมบัติต่างๆ

สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสัญญาณอื่นๆที่มีรูปร่างคงที่ได้

1. ขนาด(Amplitude) คือค่าแรงดันสูงสุดของสัญญาณมีหน่วยเป็นโวลท์ V
2. แรงดันยอด(Peak voltage) คืออีกชื่อหนึ่งของขนาด(amplitude)
3. แรงดันยอดถึงยอด(Peak-peak voltage) คือสองเท่าของแรงดันยอดหรือขนาด เมื่ออ่านค่ารูปคลื่นที่ออสซิลโลสโคปมักใช้หน่วยแรงดันยอดถึงยอด

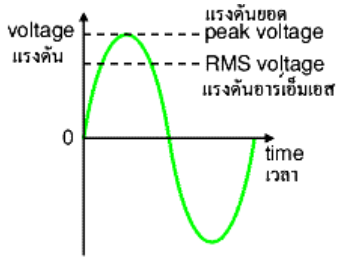
4. คาบเวลา(Time period) คือเวลาที่สัญญาณครบรอบหนึ่งรอบ มีหน่วยวัดเป็นวินาที (s) แต่คาบเวลาที่ใช้ส่วนใหญ่ดูเหมือนจะสั้นเป็นมิลลิวินาที(ms) และไมโครวินาที (μs) 1ms = 0.001s and 1μs = 0.000001s.

5. ความถี่(Frequency) คือจำนวนรอบคลื่นต่อวินาที มีหน่วยวัดเป็นเฮิรตซ์ (Hz) แต่ความถี่ที่ใช้ส่วนใหญ่จะสูงเป็นกิโลเฮิรตซ์ (kHz) และเมกะเฮิรตซ์ (MHz) 1kHz = 1000Hz and 1MHz = 1000000Hz.

6. ความถี่ของไฟฟ้าหลักในประเทศไทยคือ 50Hz,ดังนั้นจึงมีคาบเวลาเท่ากับ 1/50 = 0.02s = 20ms. ความถี่ = 1/T และ คาบเวลา = 1/F

2.9.3.1 ค่ารูทมีนสแควร์(RMS)

ค่าของแรงดันกระแสสลับจะเปลี่ยนอย่างต่อเนื่อง จากศูนย์ไปถึงยอดทางบวก กลับลงมายังศูนย์และไปยังยอดลบ แล้วก็กลับขึ้นมายังศูนย์อีกครั้ง โดยเวลาส่วนมากจะน้อยกว่าแรงดันยอด ทำให้การวัดจากผลที่แท้จริงไม่ดี



รูปที่ 2.47 ค่าแรงดันรูทมีนสแควร์แทน (VRMS) ซึ่งคือ 0.707 ของแรงดันยอด (Vpeak):

VRMS = 0.707 × Vpeak และ Vpeak = 1.414 × VRMS

สมการนี้ใช้กับกระแสด้วยค่านี้เป็นจริงเฉพาะคลื่นรูปซายน์(เป็นรูปคลื่นธรรมดาที่สุดของไฟฟ้ากระแสสลับ)คลื่นรูปร่างอื่นต้องใช้ค่าที่ต่างออกไปไม่ใช่ 0.707 และ1.414 ค่าอาร์เอ็มเอสเป็นค่าประสิทธิผลของแรงดันหรือกระแสที่เปลี่ยนแปลง สามารถเทียบเท่าได้กับค่าดีซี(DC)สม่ำเสมอหรือคงที่ ซึ่งให้ผลเหมือนกัน

ตัวอย่างเช่น ต่อหลอดกับไฟเอซี 6V RMS จะให้ความสว่างเท่ากันกับหลอดที่ต่อกับไฟดีซีสม่ำเสมอ 6V อย่างไรก็ตามแสงจะหรี่ลงหากต่อหลอดกับไฟเอซีแรงดันยอด 6V เพราะเมื่อคิดเป็นค่า RMS จะได้เท่ากับ 4.2V เท่านั้น(เทียบได้กับไฟดีซีสม่ำเสมอ 4.2V) มันเป็นการช่วยให้ง่ายหากคิดว่าค่าอาร์เอ็มเอสเป็นค่าแบบเฉลี่ย แต่ก็ไม่ใช่ค่าเฉลี่ยที่แท้จริง! ความจริงค่าเฉลี่ยของแรงดัน (หรือกระแส) ของสัญญาณเอซีจะเท่ากับศูนย์ เพราะส่วนบวกกับส่วนลบ จะหักล้างกันหมด ค่าไฟเอซีที่วัดด้วยมิเตอร์เป็นค่าอาร์เอ็มเอสหรือค่าแรงดันยอดโวลท์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์เอซีแสดงค่าอาร์เอ็มเอส (RMS)

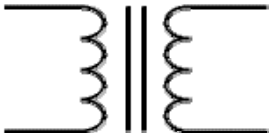
มิเตอร์ดีซี (DC) ก็แสดงค่าอาร์เอ็มเอส (RMS) เช่นกันเมื่อต่อวัดไฟดีซีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าความถี่น้อยกว่า 10Hz เราจะเห็นมิเตอร์แกว่งไปมา คำว่า '6V AC' แท้จริงหมายถึง RMS หรือแรงดันยอดหากเป็นค่าแรงดันยอดต้องมีคำว่า"peak"กำกับชัดเจน ไม่เช่นนั้นเราต้องคิดว่าเป็นค่าอาร์เอ็มเอส(RMS)ไว้ก่อน ปัจจุบันแรงดันและกระแสเอซีใช้ค่าอาร์เอ็มเอสเสมอเพราะรู้สึกมีเหตุผลเมื่อต้อง เทียบกับกระแสหรือ แรงดันดีซีสม่ำเสมอจากแบตเตอรี่

ตัวอย่างเช่น ไฟ 6V AC' หมายถึง 6V RMSและคิดเป็นแรงดันยอดเท่ากับ 8.5V ไฟหลักในประเทศไทยคือ 220V AC หมายถึง 220V RMS ดังนั้นแรงดันยอดของไฟหลักประมาณเท่ากับ 311V รูทมีนสแควร์ (RMS) แท้จริงหมายถึงอะไร

ค่าอาร์เอ็มเอสคือค่าไฟกระแสสลับที่เทียบเท่าไฟกระแสตรง วิธีหาค่าอาร์เอ็มเอสจากคลื่นรูปซายน์ ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ดังนี้ตอนแรกให้ยกกำลังสองค่าทุกจุดทั้งด้านบวกและด้านลบของรูปซายน์ แล้วเฉลี่ยค่าที่ยกกำลังสองทั้งหมด และหาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยนี้ นั่นคือค่าอาร์เอ็มเอส (RMS) สับสนไหม? ไม่ต้องไปสนใจคณิตศาสตร์หรอก (มันดูซับซ้อนเกินความเป็นจริง) เพียงยอมรับว่าค่าอาร์เอ็มเอส(RMS)ของแรงดันและกระแส มีประโยชน์มากกว่าค่ายอด(peak)ก็พอ

2.9.4 หม้อแปลง (Transformer)

หม้อแปลงทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระสลับจากแรงดันค่าหนึ่งเป็นอีกค่าหนึ่งโดยให้มีการสูญเสียกำลังงานน้อยที่สุด หม้อแปลงทำงานเฉพาะกับไฟฟ้า กระแสสลับเท่านั้น และนั่นก็เป็นเหตุผลหนึ่งที่ว่าทำไมไฟฟ้าบ้านจึงเป็นไฟกระแสสลับ



สัญลักษณ์หม้อแปลง

หม้อแปลง

รูปที่ 2.53 หม้อแปลงที่ใช้ในงานวงจรทั่วไป
ที่มา: http://elektroniki.blogspot.com

หม้อแปลง แปลงขึ้น (step-up) เพิ่มแรงดัน ส่วนหม้อแปลง แปลงลง (step-down) ลดแรงดัน แหล่งจ่ายไฟส่วนใหญ่ใช้หม้อแปลงลดแรงดัน เพื่อลดแรงดัน ไฟบ้านที่มีแรงดันสูง (220V)ซึ่งเป็นอันตรายให้ต่ำลงเพื่อความปลอดภัย ขดลวดทางเข้าเรียกว่าปฐมภูมิ(primary) และขดลวดทางออกเรียกว่าทุติยภูมิ(secondary) ระหว่างขดทั้งสองไม่มีการต่อกันทางไฟฟ้า แต่ใช้การเชื่อมกัน โดยสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในแกนเหล็กของหม้อแปลง ขีดสองเส้นระหว่างขดลวดในรูปสัญลักษณ์แทนแกนเหล็ก หม้อแปลงเสียพลังงานน้อย จึงถือว่ากำลังงานเข้าเท่ากับกำลังงานออก และสังเกตว่าเมื่อแรงดันแปลงลง กระแสก็จะแปลงขึ้น อัตราส่วนจำนวนรอบของแต่ละขดลวดเรียกว่า อัตราส่วนรอบ(turns ratio) เป็นตัวกำหนดอัตราส่วนแรงดัน หม้อแปลงลดแรงดัน(step-down) มีขดลวด จำนวนรอบมากคือขดปฐมภูมิต่อกับแรงดันไฟบ้านเป็นอินพุท และทางด้านเอาท์พุทเป็นขดทุติยภูมิมีจำนวนรอบน้อยให้แรงดันออกต่ำ

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

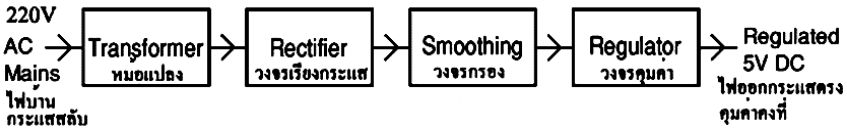
$$\text{และ กำลังออก} = \text{กำลังเข้า} = V_s \times I_s = V_p \times I_p$$

V_P = แรงดันปฐมภูมิ V_S = แรงดันทุติยภูมิ (เอาท์พุท) N_P = จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ (อินพุท)

N_S = จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ I_P = กระแสปฐมภูมิ(อินพุท) I_S = กระแสทุติยภูมิ (เอาท์พุท)

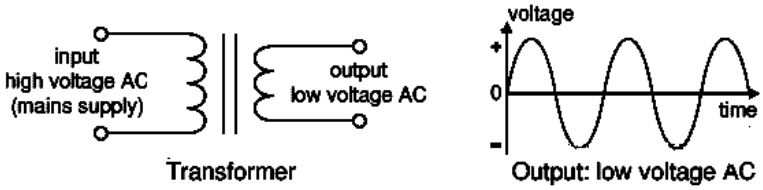
2.9.5 ชนิดของแหล่งจ่ายไฟ

แหล่งจ่ายไฟมีหลายชนิด ส่วนใหญ่ออกแบบเพื่อแปลงไฟบ้านซึ่งมีแรงดันสูง (เอ.ซี. 220โวลท์) ให้ได้แรงดันต่ำที่เหมาะสมใช้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์อื่นๆ



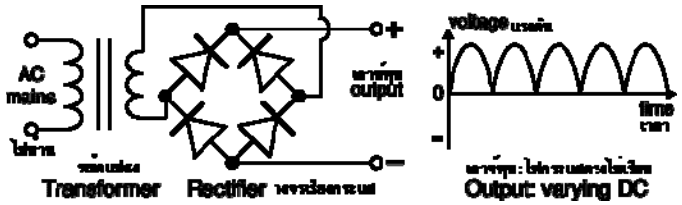
รูปที่ 2.48 ระบบแหล่งจ่ายกำลังแบบคุ้มค่า

วงจรอิเล็กทรอนิกส์บางวงจรต้องการแหล่งจ่ายไฟ บวก ลบ และ 0 โวลท์ (0V) เราเรียกว่าแหล่งจ่ายไฟคู่ เพราะเหมือนกับมีแหล่งจ่ายไฟสองชุด ดังแผนภาพ แหล่งจ่ายไฟคู่มี 3 เอาท์พุท ตัวอย่างเช่น ±9V จะมีไฟออก +9V, 0V และ -9V



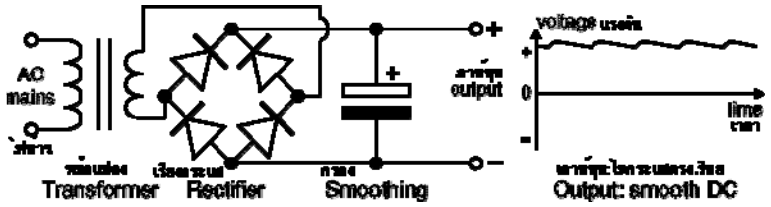
รูปที่ 2.49 รูปสัญญาณที่ผ่านหม้อแปลง

เอาท์พุทของไฟกระแสสลับ(AC)แรงดันต่ำเหมาะสำหรับเลี้ยงหลอด, ใส้หลอด มอเตอร์ AC เล็กๆ ยังไม่เหมาะที่จะป้อนให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์หากยังไม่ผ่านวงจรเรียงกระแสและวงจรกรอง



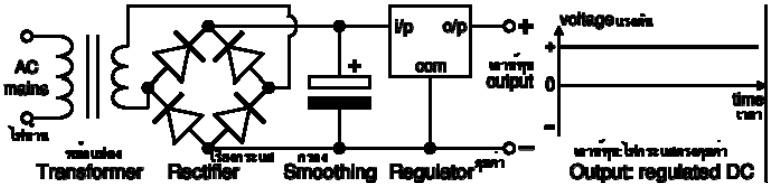
รูปที่ 2.50 หม้อแปลง + วงจรเรียงกระแส

เอาท์พุทของไฟกระแสตรง (DC) ที่ไม่เรียบ เหมาะสำหรับเลี้ยงหลอด, ใส้หลอด มอเตอร์ DC เล็กๆ ยังไม่เหมาะที่จะ ป้อนให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์หากยังไม่ผ่านวงจรกรอง



รูปที่ 2.51 หม้อแปลง + วงจรเรียงกระแส + วงจรกรอง

เอาท์พุทไฟกระแสตรง(DC)เรียบ มีริ้วน้อยเหมาะสำหรับป้อนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่



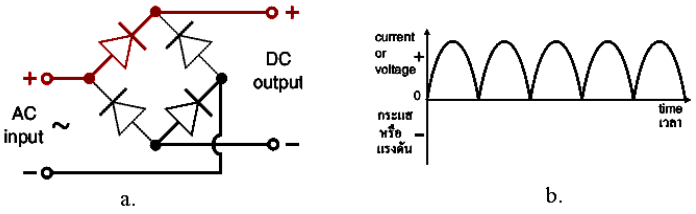
รูปที่ 2.52 หม้อแปลง + วงจรเรียงกระแส + วงจรกรอง + วงจรคุมค่า เอาท์พุทไฟกระแสตรง (DC) คุมค่า ไฟเรียบมากไม่มีริ้วเหมาะสำหรับป้อนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด

1. วงจรเรียงกระแส *(*Rectifier)

มีหลายวิธีในการต่อไดโอดของวงจรเรียงกระแสเพื่อแปลงไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรง วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ เป็นวิธีที่สำคัญที่สุดสามารถเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น(full-wave) และการ เรียงกระแสแบบเต็มคลื่นมีอีกวิธีหนึ่งคือใช้ไดโอดเพียงสองตัวแต่ต้องต่อกับหม้อแปลงแบบเซนเตอร์แทป แต่ปัจจุบันไม่นิยมใช้วิธีนี้เพราะไดโอดไม่ได้แพงอะไรมาก ไดโอดตัวเดียวก็สามารถ ต่อเป็นวงจรเรียงกระแสได้ โดยเรียงได้เฉพาะคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านบวกได้เป็นไฟกระแสตรงครึ่งคลื่น

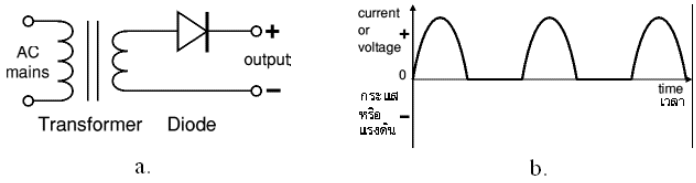
2. วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge rectifier)

การเรียงกระแสแบบบริดจ์สามารถใช้ไดโอดเดี่ยวสี่ตัวมาต่อกันหรือสามารถใช้ไดโอดบริดจ์แบบแพคเกจสำเร็จรูปก็ได้ เรียกว่าการเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นเพราะใช้คลื่นไฟฟ้ากระแสสลับทั้งหมด (ทั้งด้านบวกและด้านลบ) ตัวเรียงกระแสแบบบริดจ์จะเกิดแรงดันตกคร่อม1.4V เพราะไดโอดแต่ละตัวจะตกคร่อมเท่ากับ 0.7Vขณะนำกระแส และบริดจ์มีการนำกระแสสองตัวพร้อมกัน, ดังแสดงใน แผนภาพด้านล่าง ตัวเรียงกระแสแบบบริดจ์จัดแบ่งตามกระแสสูงสุดที่สามารถผ่านได้และแรงดันกลับสูงสุดที่ทนได้ (ในการเลือกใช้งานอย่างน้อยต้องสูงเป็นสามเท่าของแรงดันแหล่งจ่าย RMS นั้นคือวงจรเรียงกระแสจะสามารถทนแรงดันยอดได้) กรุณาดูรายละเอียดที่หน้า ไดโอด รวมทั้งรูปของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์



รูปที่ 2.54 รูป a.วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เอาท์พุท
รูป b.ไฟกระแสตรงเต็มคลื่น(ใช้คลื่นไฟฟ้ากระแสสลับทั้งหมด)

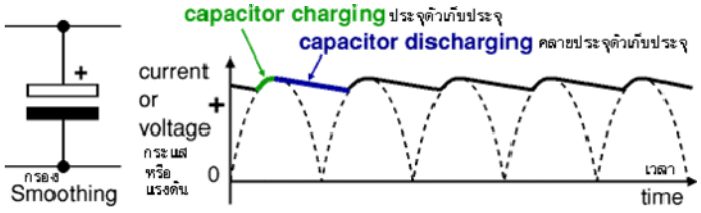
ไดโอดสลับคู่กันนำกระแส, เปลี่ยนกลับตลอดการต่อ ดังนั้นทิศทางสลับกันของไฟฟ้ากระแสสลับจึงถูกแปลงเป็นไฟกระแสตรงทิศทางเดียว วงจรเรียงกระแสแบบไดโอดตัวเดียวไดโอดตัวเดียวสามารถใช้เป็นตัวเรียงกระแส ได้ไฟกระแสตรงแบบครึ่งคลื่น ซึ่งจะมีช่องว่างตอนไฟกระแสสลับช่วงลบ จึงยากในการกรองให้เหมาะที่จะใช้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากใช้กับวงจรที่กินกระแสน้อยๆ ซึ่งคาปาซิเตอร์กรองยังคลายประจุไม่ทันหมดในระหว่างช่อง กรุณาดูหน้า ไดโอด สำหรับตัวอย่างของไดโอดเรียงกระแส



รูปที่ 2.55 รูป a.วงจรเรียงกระแสแบบไดโอดตัวเดียว
รูป b. เอาท์พุท: ไฟกระแสตรงครึ่งคลื่น(ใช้เฉพาะครึ่งหนึ่งของคลื่นไฟกระแสสลับ)

3. วงจรกรอง(Smoothing)

การกรองเกิดขึ้นโดยการต่อ อิเล็กโตรไลติกคาปาซิเตอร์ ค่าสูงคร่อมไฟกระแสตรง ทำหน้าที่เหมือนบ่อเก็บน้ำ, ป้อนกระแสให้เอาท์พุทเมื่อแรงดันกระแสสลับจากวงจรกรองกระแสตก รูปที่ 2.56 แสดงให้เห็นไฟกระแสตรงที่ยังไม่กรอง(เส้นประ) และไฟกระแสตรงที่กรองแล้ว (เส้นทึบ) คาปาซิเตอร์ประจุเร็วที่ใกล้ยอดของไฟกระแสตรงและคลายประจุป้อนกระแสให้เอาท์พุท

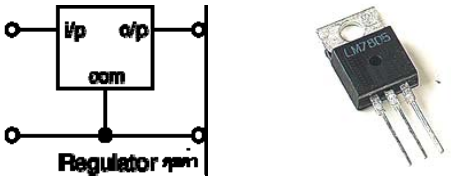


รูปที่ 2.56 การกรองเกิดขึ้นโดยการต่อ อิเล็กโตรไลติกคาปาซิเตอร์ ค่าสูงคร่อมไฟกระแสตรง

โปรดสังเกตว่าการกรองทำให้แรงดันกระแสตรงเพิ่มขึ้นถึงค่ายอด(1.4 × RMS) ตัวอย่างเช่นไฟกระแสสลับ 6V RMS เมื่อถูกเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นจะได้ไฟกระแสตรงประมาณ 4.6V RMS (สูญเสียที่ไดโอดบริดจ์เรียงกระแส1.4V), เมื่อผ่านวงจรกรองจะเพิ่มเป็นค่ายอดเท่ากับ 1.4 × 4.6 = 6.4V (DC) การกรองไม่เรียบสมบูรณ์เพราะแรงดันของตัวเก็บประจุตกเล็กน้อยตอนคลายประจุ จึงเกิดแรงดันริ้ว(ripple)เล็กน้อย สำหรับวงจรโดยส่วนมากแหล่งจ่ายไฟที่มีแรงดันริ้ว10% ก็ใช้ได้แล้ว ค่าของตัวเก็บประจุสำหรับการกรองหาได้จากสมการข้างล่าง หากตัวเก็บประจุใหญ่ริ้วก็จะน้อย สำหรับไฟกระแสตรงแบบครึ่งคลื่นตัวกรองต้องใช้ตัวเก็บประจุค่าสูงเป็นสองเท่า ตัวเก็บประจุสำหรับกรองริ้ว 10%, $C = (5 \times Io)/(Vs \times f)$ Io = กระแสออกจากแหล่งจ่ายไฟ Vs = แรงดันแหล่งจ่าย (ค่ายอดของไฟDCที่ยังไม่กรอง) f = ความถี่ของไฟ AC แหล่งจ่าย (50Hz)

4. วงจรคุมค่า (Regulator)

ไอซีคุมค่าแรงดันมีชนิดค่าแรงดันคงที่ (เป็นต้นว่า 5, 12 และ 15V) หรือ แรงดันเอาท์พุทปรับได้ มันถูกเรียกตามกระแสสูงสุดที่สามารถผ่านได้ ไอซีคุมค่าแรงดันลบก็มี เหมาะสำหรับใช้กับแหล่งจ่ายไฟแบบคู่ ไอซีคุมค่าส่วนใหญ่จะมีวงจรการป้องกันอัตโนมัติจาก กระแสเกิน (overload protection) และ ความร้อนเกิน (thermal protection)



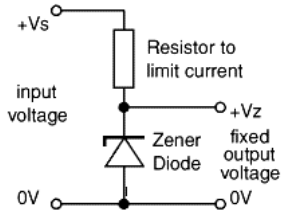
รูปที่ 2.57 ไอซีคุมค่าแรงดัน

ไอซีคุมค่าแบบคงที่ส่วนมากมี 3 ขา และมองดูเหมือนเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์, เช่นไอซีคุมค่าเบอร์ 7805 +5V 1A แสดงทางขวามือ ด้านบนมีรูสำหรับยึดติด แผ่นระบายความร้อน หากจำเป็น

5. ซีเนอร์ไดโอด (Zener diode) คุมค่า

รูปที่ 2.58 ซีเนอร์ไดโอด : a = แอโหนด (anode) , k = แคโถด (cathode)

สำหรับแหล่งจ่ายไฟกระแสต่ำ สามารถใช้วงจรแรงดันคุมค่าแบบง่ายๆ ใช้ตัวต้านทานและซีเนอร์ไดโอดต่อกลับ(reverse) ดังแสดงในแผนภาพ เราลำดับ ซีเนอร์ไดโอดตามแรงดันทะลุ(breakdown voltage) Vz และกำลังสูงสุด Pz (เช่น 400mW หรือ 1.3W).



รูปที่ 2.59 วงจรแรงดันคุมค่าแบบง่ายๆ ใช้ตัวต้านทานและซีเนอร์ไดโอด

ตัวต้านทานทำหน้าที่จำกัดกระแส (เหมือนตัวต้านทานที่ต่อกับ LED) กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานจะคงที่ ดังนั้นเมื่อไม่มีกระแสเอาท์พุท กระแสทั้งหมดจะไหลผ่านซีเนอร์ไดโอด ดังนั้นกำลัง Pz ของซีเนอร์ไดโอดต้องมากพอและทนได้

การเลือกซีเนอร์ไดโอดและตัวต้านทาน

1. แรงดันของซีเนอร์ Vz คือแรงดันเอาท์พุทที่ต้องการ
2. แรงดันอินพุท Vs ต้องมากกว่า Vz สองสามโวลท์ (ทั้งนี้เพื่อให้Vsมีการผนผวนน้อยอันเนื่องจากริ้ว)
3. กระแสสูงสุด Imax คือกระแสที่ต้องการบวก 10%
4. ขนาดกำลัง Pz ของซีเนอร์เป็นตัวกำหนดกระแสสูงสุด: $Pz > Vz \times Imax$
5. ค่าของตัวต้านทาน: $R = (Vs - Vz) / Imax$
6. วัตต์ของตัวต้านทาน: $P > (Vs - Vz) \times Imax$

ตัวอย่าง: แรงดันเอาท์พุทที่ต้องการคือ 5V, กระแสเอาท์พุทที่ต้องการคือ 60mA

1. Vz = 4.7V (ค่าใกล้ที่สุดที่หาได้)

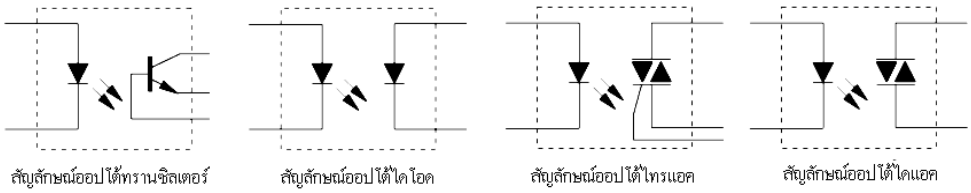
2. Vs = 8V (จะต้องสูงกว่า Vz สองสามโวลท์)
3. Imax = 66mA (กระแสเอาท์พุทบวก 10%)
4. Pz > 4.7V × 66mA = 310mW, เลือก Pz = 400mW
5. R = (8V - 4.7V) / 66mA = 0.05k = 50 , เลือก R = 47
6. ขนาดวัตต์ของตัวต้านทาน P > (8V - 4.7V) × 66mA = 218mW, เลือก P = 0.5W

2.10 ออปโต้คัปเปลอร์ (OPTO-COUPLER)

อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง (Opto-Isolator) หรือที่เรียกว่าออปโต้คัปเปลอร์ (Opto-Coupler) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อทางแสงโดยใช้หลักการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงและเปลี่ยนกลับจากแสงเป็นไฟฟ้าตามเดิมใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจรที่ต้องการแยกทางไฟฟ้าอย่างเด็ดขาดเพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้า แบ่งออกเป็นหลายชนิดแต่ละชนิดจะประกอบด้วย LED ส่งแสงซึ่งปติจะเป็นชนิดอินฟาเรดและตัวรับแสงที่เป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ หรือโฟโต้ไดโอด โดยจะถูกผลิตรวมอยู่ในตัวเดียวกัน

2.10.1 โครงสร้างสัญลักษณ์อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง

โครงสร้างสัญลักษณ์อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงจะเหมือนกับอุปกรณ์ประเภทโฟโต้ แต่จะเพิ่มอุปกรณ์ส่งแสงอินฟาเรดคือไดโอดเปล่งแสงอินฟาเรดเข้าไปอีกหนึ่งตัวเช่นโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะเพิ่มไดโอดเปล่งแสงอินฟาเรดเข้าไปอีกหนึ่งตัวจะได้ ออปโต้ทรานซิสเตอร์ อุปกรณ์ออปโต้ตัวอื่นก็เช่นเดียวกัน

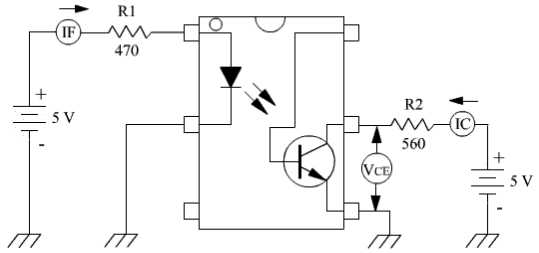


รูปที่ 2.60 แสดงสัญลักษณ์อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงชนิดต่างๆ

ปัจจุบันอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงถูกสร้างขึ้นมาในรูปของไอซี 6 ขาปิดทึบภายใน ด้านอินพุตจะเป็นแอลอีดีอินฟาเรด (LED Infared) ส่วนทางด้านเอาท์พุตนั้นจะเป็นอุปกรณ์ประเภทโฟโต้ชนิดต่างๆ ซึ่งมีอยู่มากมายเช่นโฟโต้ไดโอด

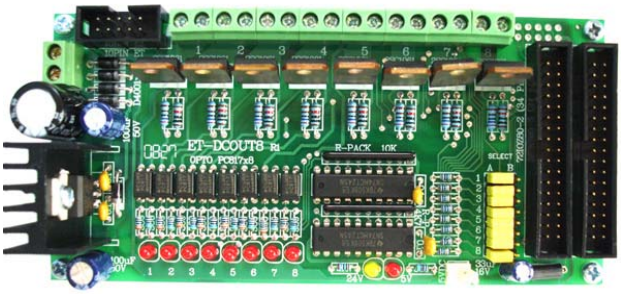
2.10.2 วงจรใช้งานออปโต้คัปเปลอร์

จากรูปที่ 2 เป็นวงจรใช้งานเบื้องต้นของออปโต้คัปเปลอร์ โดยมีไดโอดเปล่งแสงเป็นอินพุต และโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นเอาท์พุตของวงจร เมื่อมีกระแสไหลผ่าน LED โดยมี R_1 เป็นตัวจำกัดกระแส LED จะส่องแสงไปที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ นำกระแสมีแรงดันเอาท์พุตตกคร่อมที่ R_2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเอาท์พุตของวงจรจะถูกควบคุมโดยอินพุต โดยทั้งอินพุตและเอาท์พุตแยกกันทางไฟฟ้าโดยสิ้นเชิง วงจรนี้นิยมนำไปใช้ในวงจรควบคุมแรงดันแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งในเครื่องรับโทรทัศน์ วงจรควบคุมไฟวิ่งวัตต์สูง เป็นต้น



รูปที่ 2.61 แสดงวงจรใช้งานออปโต้คัปเปลอร์เบื้องต้น

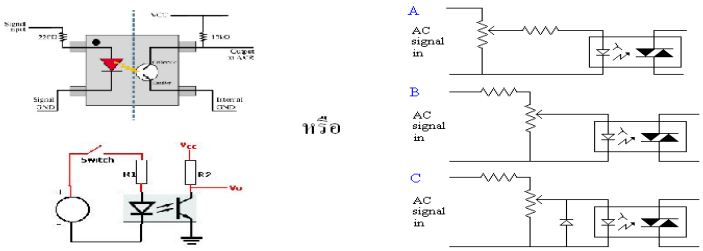
หัวใจสำคัญของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงนั้นคือ “ Cerrent Transfer Ratio” (CTR) ซึ่งก็หมายถึงอัตราส่วนระหว่างกระแสอินพุต (I_{in}) ต่อกระแสเอาท์พุต(I_{out}) ดังนั้นสามารถเขียนสมการได้ดังนี้ CTR = I_{IN}/I_{OUT} ออปโต้ (Opto Coupler) อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง, ออปโต้ไอโซเลเตอร์ (Opto-Isolator)เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อทางแสงโดยใช้หลักการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง และเปลี่ยนกลับจากแสงเป็นไฟฟ้าตามเดิมใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจรที่ต้องการแยกทางไฟฟ้าอย่างเด็ด ขาดเพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้าเป็นการส่งผ่านสัญญาณเหมือนรีโมทคอนโทรล ที่ส่งสัญญาณไปยังตัวรับให้ทำงาน ลักษณะการทำงานของออปโต้ก็เช่นเดียวกัน ถูกออกแบบขึ้นมาครั้งแรกเพื่อ แก้ปัญหาเรื่องกราวด์(GND) คือต้องการแยกกราวด์ออกจากกัน (ที่เรียกว่า กราวด์ร้อน กราวด์เย็น) ซึ่งตัวอย่างที่เห็นคือ ใช้ในวงจรไฟวิ่ง พวก DMX หรือจำพวกวงจรดิมเมอร์ และ ภาคซัพพลายแบบสวิตชิ่งต่างๆรวมทั้งในทีวี (ในส่วนของ TV ใช้ในการควบคุมเชื่อมโยงเพื่อยืดหยุ่น ในการเพิ่มลดโวลท์ของภาคเออเรอร์แอมป์) การแยกกราวด์ จะทำให้ไฟไม่ดูดในส่วนวงจรควบคุม(ส่วน LED) (Opto-Isolator)ที่เรียกว่ากราวด์เย็น และ ไม่เกิดการรบกวนจาก ซีโร่โวลท์เต็จ หากโหลดเป็นหลอดไฟ หรือมอเตอร์



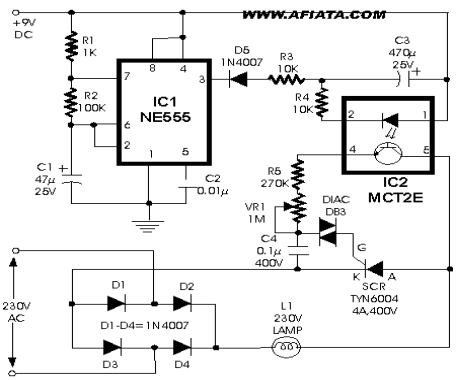
รูปที่ 2.62 การนำออปโต้ขับไตแอ็ค 8 ช่อง ในวงจรไฟวิ่ง

2.10.3 วงจรพื้นฐาน และการทำงาน

โครงสร้างภายในตัวออปโต้จะประกอบด้วย LED และ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (หรือไตรแอ็ค)เมื่อ LED ได้รับแสง แสงที่เกิดก็จะกระทบกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ภายใน(ไม่ถูกรบกวนจากแสงภายนอก)เมื่อทรานซิสเตอร์ได้รับไบอัส(จากแสงของ LED) ก็จะนำกระแส เกิดการไหลของกระแสคอลเล็คเตอร์ที่ขาC ถ้าไบอัสเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ ที่ขาC ก็จะมีกระแสเปลี่ยนแปลงไปด้วย เขาจึงเอาความต่างศักดิ์ของโวลท์ตรงนี้ไปขับวงจรปลายทางต่อไป



รูปที่ 2.63 วงจรพื้นฐานการทำงานของออปโต้



รูปที่ 2.64 การนำอ็อปโต้ ไปใช้ในวงจรหรี่ไฟ (ดิมเมอร์)

รูปร่างหน้าตา ตัวถัง มีหลายแบบ ขึ้นกับการนำไปใช้งาน มีทั้งแบบตัวเดียว 2 ตัว และ 4 ตัวในแพ็คเก็จเดียวกันมีทั้งแบบใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ และ โฟโต้ไตรแอ็ค

รูปที่ 2.64 รูปตัวถัง ออปโต้แบบต่างๆ

ที่มา : http : // www.keil.com/dd/docs/datashts/philips/p89v51rd2.pdf.

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธวัชชัย ไชยศรี [13] อุปกรณ์ควบคุมความสว่าง 2 ระดับด้วยสวิตช์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ ที่ต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าตลอดเวลาโดยการใช้สวิตช์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เปิด – ปิด หลอดไฟฟ้าแสงสว่างขนาด 32 วัตต์ ขณะมีคนใช้งานในพื้นที่ และจะให้ความสว่างจากหลอดไฟฟ้าแบบประหยัดขนาด 9 วัตต์ แทนเมื่อมีการเลิกใช้งานในพื้นที่ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระหว่างเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551 อุปกรณ์ควบคุมความสว่าง 2 ระดับด้วยสวิตช์ตรวจจับการเคลื่อนไหวมีส่วนประกอบ 3 ส่วนดังนี้ 1) ส่วนที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วย พีไออาร์ค คือ เซนเซอร์ที่คอย ตรวจจับคลื่นความร้อนที่แผ่ออกมาจากตัวคน ในขณะที่มีการเคลื่อนไหว 2) ส่วนที่เป็นชุดควบคุมประกอบด้วยวงจรแหล่งจ่ายไฟ และวงจรควบคุมการตรวจจับการเคลื่อนไหว 3) ส่วนเอาต์พุตประกอบด้วยชุดเชื่อมโยงทางแสง MOC3021 มาควบคุมไตรแอกเพื่อเป็นสวิตช์เปิด – ปิด หลอดไฟฟ้าแทนรีเลย์

รุจิยา มุสิกะลักษณ์ [14] การประเมินปรับปรุง และออกแบบอาคารเรียนตัวอย่าง เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ศึกษา และวิเคราะห์สาเหตุ ของการใช้พลังงานสิ้นเปลือง ในอาคารที่ได้รับการเลือกสรร ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ไม่ได้คำนึงถึงการออกแบบ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และมีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ดำเนินการกำหนดแผน และวิธีการใช้พลังงาน เพื่อลดความสิ้นเปลือง และทำการออกแบบ เพื่อการปรับปรุงอาคารตัวอย่าง เพื่อสร้างแนวทาง ให้เป็นอาคารประหยัดพลังงาน เครื่องมือในการวิจัย 1) ประเมินผลการออกแบบอาคาร ด้วยโปรแกรมคำนวณภาระความร้อนผ่านเปลือกอาคาร OTTVEE Version 1.0a การศึกษาพบว่าอาคารส่วนใหญ่ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มีการใช้พลังงานสิ้นเปลือง ได้แก่กลุ่มอาคารเรียน อันมีสาเหตุเนื่องมาจากการออกแบบ ที่ไม่ได้คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน และพฤติกรรมการใช้พลังงาน ที่ไม่ถูกต้อง โดย

สิ่งที่ต้องคำนึงถึง ในการกำหนดแผน และวิธีการใช้พลังงาน เพื่อลดความสิ้นเปลืองในอาคารนั้น ได้แก่ การปรับปรุงอาคาร เพื่อการนำประโยชน์จากระบบธรรมชาติ เข้ามาใช้ในอาคาร ทดแทนการพึ่งพาระบบเครื่องกล ร่วมกับการประชาสัมพันธ์วิธีการลดการใช้พลังงานในอาคาร อย่างสิ้นเปลือง ด้วยการอาศัยความร่วมมือปฏิบัติ จากผู้ใช้งานอาคาร ด้านการออกแบบอาคารตัวอย่าง เพื่อประหยัดพลังงานนั้น มีข้อคำนึงในการออกแบบ คือ การวางแนวทางการออกแบบ ที่คำนึงถึงการนำระบบธรรมชาติ มาใช้ร่วมกับการนำระบบเครื่องกลภายในอาคาร และเสนอแนะแนวทางการใช้งานอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน จากการศึกษาอาคารกรณีศึกษา และประเมินผลการออกแบบอาคาร ด้วยโปรแกรมคำนวณภาระความร้อนผ่านเปลือกอาคาร OTTVEE Version 1.0a ทำให้ทราบว่า การออกแบบอาคาร โดยการคำนึงถึงการอนุรักษ์พลังงาน ตั้งแต่เริ่มออกแบบนั้น จะสามารถช่วยการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในอาคาร ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ร่วมกับการกำหนดพฤติกรรมการใช้อาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ในขณะที่อาคารเก่า ซึ่งไม่มีการออกแบบ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน สามารถทำการปรับปรุงให้เป็นอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการปรับปรุงเปลือกอาคาร, ระบบอาคาร และการปรับปรุงพฤติกรรมการใช้อาคาร

วันจันทร์ จรัสสัญญากุล [15] การควบคุมความสว่างแบบไร้สาย และมีความคล่องตัวสูงสำหรับผู้ใช้หลายคน ได้ศึกษาวิธีการควบคุมแสงแบบกระจายแทนการควบคุมจากศูนย์กลาง เพื่อให้สะดวกต่อการติดตั้งโดยไม่ต้องเดินสายควบคุมจากศูนย์กลางและมีความคล่องตัวในการใช้งาน เนื่องจากจะเป็นการควบคุมเฉพาะพื้นที่ต้องการใช้งานโดยตัวควบคุมสามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งตามความต้องการของผู้ใช้ได้ โดยระบบประกอบด้วย 1) บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถควบคุมแสง 2) หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ได้อย่างต่อเนื่องจำนวน 2 ชุด 3) ตัวควบคุมแสงระยะไกลที่เคลื่อนย้ายได้ 2 ชุด ผลการศึกษาพบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามแนวคิดที่วางไว้ อย่างไรก็ดีระบบที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบแนวคิดมีชุดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์และหลอดเพียง 2 ชุด และ มีตัวควบคุมแสงระยะไกลที่เคลื่อนย้ายได้ เพียง 2 ชุด ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยเมื่อเทียบกับระบบจริง ทำให้ไม่เห็นผลของการกระทบกระทั่งที่จะเกิดขึ้นเมื่อชุดควบคุมมีจำนวนมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อความต้องการของตัวควบคุมที่อยู่ใกล้กันมีความขัดแย้งกัน ในการออกแบบระบบ ได้มีการคำนึงถึงผลดังกล่าวไว้แล้ว โดยระบบที่สร้างขึ้นจะใช้วิธียืดหยุ่นความต้องการที่ขัดแย้งกันโดยพยายามทำให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยการเลือกใช้และ Optimize ค่า Performance Index ให้ดีที่สุดที่จะเป็นไปได้

เมธินทร์ ปิยะอมรเมธา และสุชาติ ค้ากระบือ [16] การประหยัดพลังงานในโรงเรียนนายเรืออากาศได้ศึกษาการมีจิตสำนึกในการประหยัดพลังงานภายในโรงเรียนนายเรืออากาศ กองบัญชาการฝึกศึกษาทหารอากาศ และรณรงค์ให้เกิดความร่วมมือประหยัดพลังงานอย่างจริงจังและต่อเนื่อง เครื่องมือใน

การวิจัย 1) แบบบันทึกการใช้กระแสไฟฟ้า การศึกษาจากห้องเรียนตัวอย่างพบว่า ถ้าเปลี่ยนเป็นการส่องสว่างแบบเป็นจุด โรงเรียนนายเรืออากาศ จะสามารถประหยัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 5,000 บาท ในขณะที่การควบคุมการเปิดปิดตู้น้ำดื่มให้ทำงานเฉพาะช่วงเวลาที่จำเป็นสามารถประหยัดเงินงบประมาณได้ปีละ 330,000 บาท ซึ่งถ้ามีการดำเนินการและการจัดการอย่างเป็นระบบให้ครอบคลุมถึงเครื่องปรับอากาศ และ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ทั้งในส่วนของอาคารเรียน และสำนักงานตลอดจนอาคารเรียนนอนของโรงเรียนนายเรืออากาศ จำนวนเงินที่สามารถประหยัดได้ต่อปีจะต้องเพิ่มสูงขึ้นกว่านี้มาก แต่การเปลี่ยนมาเป็นการส่องสว่างแบบเป็นจุด ยังมีอุปสรรคเรื่องความคุ้นเคย ทำให้ผู้ใช้เกิดความรู้สึกไม่สะดวกสบายอย่างที่เคยได้รับ ซึ่งต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบและอธิบายให้เข้าใจถึงประโยชน์ที่จะได้รับต่อไป การปลูกจิตสำนึกและการรณรงค์ให้เกิดความร่วมมือประหยัดพลังงานที่ผ่านมา

ธนู แสงอุทัย [17] การศึกษาพลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองจากการใช้พัดลมดูดอากาศในห้องปรับอากาศ ได้ศึกษาพลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองจากการใช้พัดลมดูดอากาศในห้องปรับอากาศ เพื่อวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองจากการใช้พัดลมดูดอากาศในห้องปรับอากาศ ทำทดลองดังนี้ 1) ไม่เปิดพัดลมดูดอากาศในห้องปรับอากาศทั้งสองห้อง คือ ห้องทดลอง A และห้องทดลอง B สามารถปรับการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้เท่ากันหรือทำให้ใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยการปิดรอยรั่วตามช่องอากาศ ปรับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า และแสงสว่างในห้องทดลองให้เท่ากัน 2) การไม่เปิดพัดลมดูดอากาศเปรียบเทียบกับการเปิดพัดลมดูดอากาศตลอดเวลาในห้องปรับอากาศระหว่างห้องทดลอง A และห้องทดลอง B สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 30.15% และ 40.77% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นเงินประมาณเดือนละ 353.72 บาท และ 541.16 บาท 3) การไม่เปิดพัดลมดูดอากาศเปรียบเทียบกับการใช้อุปกรณ์ควบคุมพัดลมดูดอากาศ ในห้องปรับอากาศระหว่างห้องทดลอง A และห้องทดลอง B สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 15.29% และ 17.00% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นเงินประมาณเดือนละ 171.67บาท และ 202.29 บาท 4) การใช้อุปกรณ์ควบคุมพัดลมดูดอากาศเปรียบเทียบกับการเปิดพัดลมดูดอากาศตลอดเวลาในห้องปรับอากาศระหว่างห้องทดลอง A และห้องทดลอง B สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 33.75% และ 28.89% ตามลำดับซึ่งคิดเป็นเงินประมาณเดือนละ 437.74 บาท และ 416.20 บาท ผลการศึกษาห้องทดลองที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมพัดลมดูดอากาศสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 33.75% และหรือ 28.89% ซึ่งคิดเป็นเงิน 437.74 บาท และ 416.20 บาท ต่อเดือนตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากเวลาการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมพัดลมดูดอากาศต่างกัน ซึ่งผลของการวิจัยนี้สามารถนำมาสู่การวิจารณ์ได้ดังนี้ คือ ผู้อยู่อาศัยในอาคารบ้านพักสามารถมีทางเลือกที่ดีที่สุดเพื่อช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าอันเนื่องมาจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมการเปิด – ปิดพัดลมดูดอากาศ ส่วนอุตสาหกรรมสามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองจากการใช้พัดลมดูดอากาศในห้องปรับอากาศนี้ได้ โดยการใช้อุปกรณ์ควบคุมพัดลมดูดอากาศร่วมกับ

เทคโนโลยีที่ทันสมัย คือ การใช้ระบบอินเวอร์เตอร์กับเครื่องปรับอากาศซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 30% ก็จะช่วยให้โรงงานอุตสาหกรรมสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุด

สุเมธ เครือเถาว์ [18] การควบคุมความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดด้วยมาตรฐานทางด้านอาคารที่เหมาะสม ได้ศึกษาเพื่อควบคุมความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดมาตรฐานทางด้านอาคารที่เหมาะสม วิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการดังกล่าว และกำหนด เป็นมาตรการประหยัดพลังงานในอาคารของประเทศ โดยใช้การวิเคราะห์จากการเลือกค่าความรู้สึกทางความร้อน เครื่องมือวิจัย 1) แบบสอบถามของกลุ่มคนตัวอย่าง ชาย 25 คน หญิง 75 คน มีอายุเฉลี่ย 30.53 ปี สวมใส่เสื้อผ้า ปกติ ห้องที่ใช้ทดสอบเป็นห้องทำงานภายในสำนักงาน โดยปรับค่าอุณหภูมิทดสอบ 27 C, 28 C, 29 C และ30 C ในการทดสอบจะใช้ลมเป่าทางด้านหลังกลุ่มตัวอย่าง มีค่า 0.28 เมตร/วินาที พบว่ารูปแบบการทำงานของพัดลมที่หมุนส่ายไปมามีความเหมาะสมรวมทั้งก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในด้านของการกระจายกระแสลมสู่คนจำนวนมาก บรรยากาศภายในห้องปรับอากาศ ที่ใช้พัดลมร่วมด้วยมีสภาพบรรยากาศ คล้าย ๆ กับบรรยากาศธรรมชาติกลางสนามหญ้าในช่วงเช้าตรู่และมีลม พัดอ่อนๆ การระบายความร้อนออกจากร่างกายในห้องปรับอากาศที่มีพัดลมจะมีการระบายความร้อนทั้งการนำ และการพาซึ่งจะเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิภายในร่างกายให้ได้รับความสบายเป็นอย่างดี โดยแอร์ 1 ตัน ควรใช้กับพัดลม 1 ตัว สรุปผลและวิจารณ์ อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ 27 ^{o}C จากผลการศึกษากลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจสูงถึง 75%

ธนวรา ทองล้วน [19] การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยการพ่นน้ำ อาคารที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์ต่างๆ ตลอดจนอาคารอีกหลายประเภทมักนิยมใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งสามารถทำการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการพ่นน้ำได้ทำการศึกษา และเปรียบเทียบทั้งสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกับแบบระบายความร้อนโดยการพ่นน้ำ การทดสอบกระทำที่สภาวะอากาศเดียวกัน และยังศึกษาความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบพ่นน้ำกับเครื่องปรับอากาศขนาดการทำความเย็น 15,000 และ 48,000 Btu/hr จากการวิจัยนี้พบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อน โดยการพ่นน้ำดีกว่าแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ เครื่องปรับอากาศขนาดการทำความเย็น 15,000 Btu/hr สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบกว่า 15 % และค่า COP เพิ่มขึ้น 18 % ส่วนเครื่องปรับอากาศขนาดการทำความเย็น 48,000 Btu/hr สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบกว่า 16 % และค่า COP เพิ่มขึ้น 20 % ส่วนผลทดสอบจากห้อง ทดสอบเครื่องปรับอากาศมาตรฐาน ได้ทำการทดสอบกับเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 Btu/hr ซึ่งสามารถลด พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบกว่า 9 % ขีดความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น 6 % และค่า COP เพิ่มขึ้น 16 % ระบบพ่นน้ำนี้สามารถติดตั้งได้กับเครื่องปรับอากาศเพียง

เครื่องเดียว หากเครื่องปรับอากาศมีขนาดการ ทำความเย็น 48,000 Btu/hr หรือมากกว่านี้ขึ้นไป

อนันต์ เงินประเสริฐ [20] การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค และทางเศรษฐศาสตร์ของระบบสะสม ความเย็นด้วยน้ำเย็นสำหรับการปรับอากาศในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก ศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ ระบบปรับอากาศแบบสะสมความเย็นด้วยน้ำเย็นในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนแรกทำการศึกษาอาคารสำนักงานแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีระบบปรับอากาศแบบสะสมความเย็นด้วยน้ำเย็นติดตั้งใช้งานอยู่ ซึ่งมีลักษณะเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 15 ชั้น พื้นที่ปรับอากาศ 35,500 ตารางเมตร จากผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางแบบเดิมเปรียบเทียบกับการใช้ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางร่วมกับระบบสะสมความเย็นด้วยน้ำเย็น พบว่าการใช้ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางร่วมกับระบบสะสมความเย็นด้วยน้ำเย็นจะมีการใช้ พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยมากกว่า 1,467 หน่วยต่อเดือนแต่เมื่อนำมาคำนวณค่าไฟฟ้าแบบอาคารธุรกิจขนาดใหญ่ ประเภท 4.2 ภายใต้อัตราตามช่วงเวลาการใช้ (TOU rate) พบว่า สามารถประหยัดเงินค่าไฟฟ้าได้ถึง 43,770 บาทต่อเดือน หรือสามารถประหยัดได้ 5.58% ของค่าไฟฟ้าในระบบปรับอากาศแบบเดิม 2) ศึกษาอาคารธุรกิจขนาดเล็กห่งหนึ่งซึ่งมีลักษณะเป็นร้านค้าสะดวกซื้อตั้งอยู่ใน 2 สถานีบริการน้ำมัน ซึ่งเปิดบริการตลอด 24 ชั่วโมง พื้นที่ปรับอากาศ 456 ตารางเมตร จากผลการวิเคราะห์การใช้ พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ระบบปรับอากาศแบบปัจจุบันเปรียบเทียบกับกรณีจำลองใช้ระบบ ปรับอากาศแบบสะสมความเย็นด้วยน้ำเย็นในอาคารธุรกิจดังกล่าว ปรากฏว่าการใช้ระบบปรับอากาศแบบสะสมความเย็นด้วยน้ำเย็นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 4,842 หน่วยต่อเดือน หรือคิดเป็น 15.79% ของการ ใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันแต่เมื่อนำมาคำนวณค่าไฟฟ้าแบบอัตราตามช่วงเวลา การใช้ (TOU rate) จะสามารถลดค่าไฟฟ้าถึง 38,771 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 42.21% ของค่าไฟฟ้าใน ระบบปรับอากาศที่ใช้อยู่ปัจจุบัน และจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนกรณีร้านค้าสะดวกซื้อที่มี การลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศแบบสะสมความเย็นด้วยน้ำเย็น พบว่าโครงการดังกล่าวมีระยะเวลาคืนทุน 15.86 ปี และเมื่อนำมาวิเคราะห์ความไวกรณีได้รับการสนันสนุนด้านเงินทุนจากภาครัฐ 5 % ถึง 25% จะทำให้ มีระยะเวลาคืนทุนเร็วขึ้นระหว่าง 1 ถึง 5 ปี ตามลำดับ

วริศ จิตติธรรม [21] การศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้แช่เย็นพาณิชย์ที่ใช้การควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และเทอร์โมสตัท ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้แช่เย็นพาณิชย์ที่ใช้ การควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และเทอร์โมสตัท โดยทำการทดลอง 4 วิธี 1) ตู้แช่เย็นพาณิชย์ เมื่อควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์กับเทอร์โมสตัทในสภาวะการใช้งานตามปกติ กรณีที่ไม่แช่ผลิตภัณฑ์ภายในตู้และไม่เปิดประตู 2) ตู้แช่เย็น

พาณิชย์เมื่อควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์กับเทอร์โมสตัทในสภาวะการใช้งานตามปกติ กรณีที่ไม่แช่ผลิตภัณฑ์ภายในตู้ และเปิดประตู 3) ตู้แช่เย็นพาณิชย์เมื่อควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์กับเทอร์โมสตัทในสภาวะการใช้งานตามปกติ กรณีที่แช่ผลิตภัณฑ์ภายในตู้และไม่เปิดประตู 4) ตู้แช่เย็นพาณิชย์เมื่อควบคุมอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์กับเทอร์โมสตัทในสภาวะ การใช้งานตามปกติ กรณีที่แช่ผลิตภัณฑ์ภายในตู้ และเปิดประตู ทั้งนี้ในขณะทดลองจะมีการปรับค่าการควบคุมอุณหภูมิของไมโครคอนโทรลเลอร์กับเทอร์โมสตัทให้เท่ากันที่ 4 และ12 องศาเซลเซียสสำหรับการตัดและต่อวงจรการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ผลการวิจัยพบว่าการทดลองรูปแบบที่ 1 สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ลงได้ 17.48 % ซึ่งคิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าเดือนละ 147.83 บาทและ 1,798.54 บาทต่อ ปี รูปแบบที่ 2 สามารถลดการใช้ พลังงานไฟฟ้าลงได้ 11.81 % คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าเดือนละ 105.98 บาทและ1,289.36 บาทต่อปี รูปแบบที่ 3 สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 17.29 % คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าเดือนละ 147.42 บาทและ1,793.61 บาทต่อไป และรูปแบบที่ 4 สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 11.98 % ซึ่งคิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าเดือนละ 109.89 บาทและ 1,337 บาทต่อปี ด้วยเหตุนี้การทดลองรูปแบบที่ 4 เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานจริง เพราะตู้แช่เย็นพาณิชย์ต้องมีการใช้งานแบบแช่ผลิตภัณฑ์และมีการเปิดประตูช่วงเวลากลางวันโดยมีระยะเวลาในการคืนทุน 12 เดือน 2 วัน

ต่อศักดิ์ จันทร์ทัน, นายฑณวรรธน์ โชติวงษ์ ,นายสมิต เจริญเวทย์วุฒิ [22] เครื่องทำน้ำร้อนโดยใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากระบบปรับอากาศมาใช้ประโยชน์ 1) เพื่อนำความร้อนที่เหลือทิ้งในคอนเดนเซอร์มาใช้ในการทำน้ำร้อน 2) เพื่อประเมินผลของน้ำร้อนที่ได้จากคอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิเพียงพอต่อการนำมาใช้มากน้อยเพียงใด 3) เพื่อประเมินความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์ในการนำไปใช้ในทำการศึกษารอบการทำงานระบบโดยจำลองสภาพการใช้งานก่อนการออกแบบปรับปรุงเพื่อตรวจสอบว่าปริมาณความร้อนเหลือทิ้งจากช่วงเวลาการใช้งานมีเพียงพอ หรือไม่ โดยทำการออกแบบให้สารทำความเย็นซึ่งมีอุณหภูมิสูงภายหลังจากผ่านคอมเพรสเซอร์ ไหลเข้าผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อถ่ายเทความร้อนจากสารทำความเย็นให้แก่น้ำก่อนที่จะเข้าสู่เครื่องควบแน่น (Condenser) โดยทำการเปรียบเทียบความเหมาะสมในการลงทุนจากการ ออกแบบระบบจำนวน 2 แบบ โดยจากการศึกษาออกแบบระบบแลกเปลี่ยนความร้อนโดยระบบ น้ำอุ่นที่มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและถังเก็บน้ำจะมีประสิทธิภาพในการนำความร้อนกลับมาได้ มากกว่าแต่ไม่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ส่วนระบบที่ทำการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในถังเก็บ น้ำอุ่นมีประสิทธิภาพน้อยลงแต่มีความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ จึงได้ดำเนินการสร้างระบบแบบหลัง จากการทดสอบระบบพบว่าระบบดังกล่าวสามารถใช้งานได้ ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งใน การประหยัดค่าไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศและต้องการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่น ซึ่งในการออกแบบได้กำหนดปริมาณของน้ำร้อนที่ต้องการใช้ในการอาบน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสภายใต้สภาวะ

อุณหภูมิภายนอก 30 องศาเซลเซียสแต่เมื่อมีการทดสอบระบบที่ทำการ ออกแบบพบว่าปริมาณของน้ำร้อนที่ต้องการใช้ในการอาบน้ำอุ่นอยู่ที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะอุณหภูมิภายนอก 28 องศาเซลเซียสโดยเป็นการทดสอบที่มีโหลดอยู่ภายในห้องเพื่อ จำลองสภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศทั่วไป และทำการกำหนดการใช้งานเพื่อการอาบน้ำครั้งละ 50 ลิตร อย่างน้อยวันละ 2 ครั้งซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอต่อการนำไปใช้งานสรุปผลและวิจารณ์ ในการศึกษานี้พบว่าปริมาณความร้อนเหลือทิ้งจากคอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศที่มีขนาด กำลังการทำความเย็น 2.4 kW นั้นเพียงพอในการนำมาใช้ทดแทนทำอุ่นในการอาบใน ครัวเรือนซึ่งปกตินิยมใช้เครื่องทำน้ำอุ่นจากพลังงานไฟฟ้าและติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

มานพ แจ่มกระจ่าง [23] ศึกษาทางเลือกการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ที่เหมาะสมเพื่อการประหยัดพลังงาน ทำการศึกษา 1) พฤติกรรม การใช้เครื่องปรับอากาศในที่พักอาศัยของบุคลากรมหาวิทยาลัยบูรพา 2) เปรียบเทียบการใช้พลังงาน ไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศในระดับของอุณหภูมิ ที่แตกต่างกันในที่พักอาศัยของบุคลากร มหาวิทยาลัยบูรพา เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล 1) แบบสัมภาษณ์ เป็นแบบสัมภาษณ์ อย่างมีโครงสร้างใช้สัมภาษณ์เพื่อศึกษาพฤติกรรม การใช้เครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมเพื่อการ ประหยัดพลังงานของบุคลากรมหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งประกอบด้วย การตั้งอุณหภูมิ ความรู้สึกต่อ อุณหภูมิที่ตั้ง ขนาดเครื่องปรับอากาศที่ใช้คือ 18,000 Btu 12,000 Btu 9,000 Btu ความเข้าใจ พื้นฐานในการใช้พลังงานไฟฟ้า ระยะเวลา ในการใช้เครื่องปรับอากาศแต่ละครั้ง(แต่ละคน) 2) แบบบันทึกการทดลอง เป็นแบบฟอร์ม ที่ใช้ในการจดบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ของเครื่องปรับอากาศในแต่ละคืน (8 ชั่วโมง)) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา พฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศได้แก่บุคลากร มหาวิทยาลัยบูรพาที่พักอยู่ในบริเวณโดยรอบ มหาวิทยาลัยรัศมีไม่เกิน 3 กิโลเมตรจำนวน 100 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เพื่อการทดลองด้านการใช้ พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ได้มาจาก การเลือกสุ่มบุคลากรจากกลุ่มตัวอย่างที่อนุญาต ให้ผู้วิจัยเข้าไปดำเนินการติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้า ให้กับเครื่องปรับอากาศในที่พักอาศัยได้จำนวน 15 คน (15 บ้าน) 3) การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การคำนวณหาค่าร้อยละค่าเฉลี่ย จากการศึกษาและทดลองได้ 1) จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็น ของบุคลากรมหาวิทยาลัยบูรพาที่ใช้เครื่อง ปรับอากาศจำนวน 100 คน มีพฤติกรรมการใช้ เครื่องปรับอากาศดังนี้ 1)การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเวลานอน พบว่า บุคลากรมหาวิทยาลัยบูรพา ร้อยละ 76 ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ระดับ 25 ^{o}C ร้อยละ14 ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ที่ระดับ 26 ^{o} C และ ร้อยละ10 ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ระดับ 27 ^{o}C 2) ความรู้สึกต่ออุณหภูมิที่ใช้เครื่องปรับ อากาศในระดับ ที่ 25 ^{o}C พบว่า ร้อยละ 84 เห็นว่า เป็นอุณหภูมิที่กำลังสบาย ร้อยละ 16 เห็นว่า ค่อนข้างเย็น ผู้ที่ปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ระดับ 26 ^{o} C พบว่า ร้อยละ 100 เห็นว่าเป็นอุณหภูมิ ที่กำลังสบายดีอุณหภูมิ

เครื่องปรับอากาศที่ระดับ 25 ºC เชื่อว่า การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่25 ºCประหยัด พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด และร้อยละ 35 ของ บุคลากรที่ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ระดับ 25 º C เข้าใจว่า การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ที่ระดับสูงกว่า 25 º C ประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบไว้ในตารางต่อไปนี้ 2) จากการทดลองเพื่อหาค่า พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ พบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปของเครื่องปรับอากาศ สามขนาด คือ ขนาด 9,000 Btu/h (0.75ตัน) 12,000 Btu/h (1ตัน) และ ขนาด 18, 000 Btu/h (1.5 ตัน) เครื่องปรับอากาศทุกขนาดที่ตั้งอุณหภูมิใช้งานที่ 25 º C จะเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากกว่าการตั้ง อุณหภูมิใช้งานที่ 26 º C และการตั้งอุณหภูมิ ใช้งาน ที่ 26 º C จะเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากกว่า การตั้งอุณหภูมิใช้งานที่ 27 ºC จากการทดลองหาค่าพลังงานไฟฟ้าของ เครื่องปรับอากาศทั้งสามขนาด ไม่ว่าจะตรวจสอบ เป็นรายเครื่อง หรือจะตรวจสอบโดยเฉลี่ย เครื่องปรับอากาศทุกเครื่องที่ตั้งอุณหภูม ที่ 25 ºC จะใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าการตั้งอุณหภูมิ ใช้งานที่ระดับ 26 ºC และการตั้งอุณหภูมิใช้งานที่ไม่เท่ากัน รอยรั่วต่างๆ ตามวงกบอาจไม่เท่ากัน หน้าต่างปิดแล้วอาจสนิทไม่เท่ากัน ห้องไหนมีช่อง ให้อากาศภายนอกเข้ามาในห้องที่ติดตั้งเครื่อง ปรับอากาศได้มาก ห้องนั้นย่อมเปลืองพลังงานไฟฟ้า ของเครื่องปรับอากาศมาก เพราะอากาศที่ร้อนกว่าจะไหลเข้ามาในห้องที่เย็นกว่าตลอดเวลา เครื่องปรับอากาศก็ต้องทำงานตลอดเวลาด้วย ตำแหน่งของห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ถ้าห้องนั้นอยู่ด้านทิศตะวันตกของอาคารจะได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์มากในเวลากลางวัน พลังงานความร้อนเหล่านั้นจะสะสมไว้กับส่วนต่างๆของห้อง เมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าไปแล้ว พลังงานความร้อนที่สะสมไว้ใต้หลังคา ฝ้าเพดาน และหนังห้องจะค่อยๆ ปล่อยออกมาทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงาน หนักมากในช่วงเวลาเริ่มต้นใช้งาน เพราะพลังงานความเย็นที่เครื่องปรับอากาศผลิตออกมจะต้องจ่ายไปลบล้างพลังงานความร้อนที่สะสมมาจากตอนกลางวัน นอกจากนี้ยังมีตัวแปรอื่นๆ อีกมากที่ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมตัวแปรเหล่านี้ได้ เช่น ขนาดห้องนอน วัสดุที่ใช้ทำผนัง อุปกรณ์ที่เป็นสิ่งทำให้เกิดความร้อนภายในห้องนอน แต่อย่างไรก็ตามเครื่องปรับอากาศทุกเครื่องทุกขนาดที่ผู้วิจัย ได้ทำการทดลองหาค่าพลังงานไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกันในเรื่องของอุณหภูมิทุกเครื่องที่ตั้งอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจะเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากกว่า