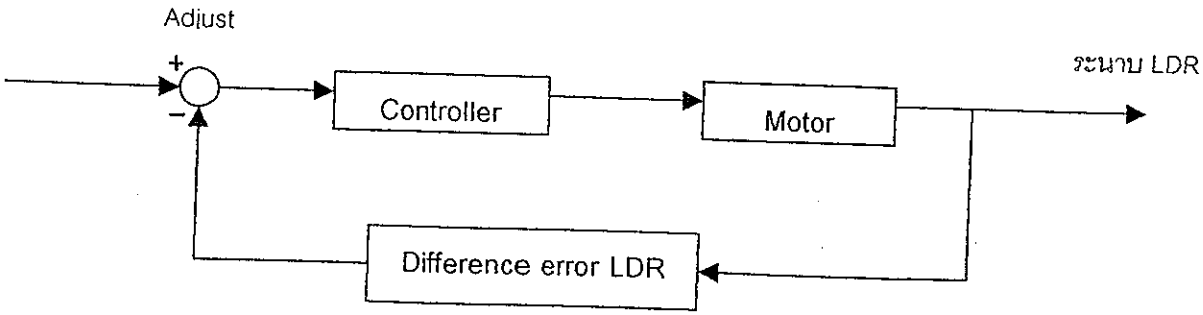
บทที่ 3
ชุดติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์

จากความรู้ทั่วไปเรื่องพลังงานแสงอาทิตย์ที่กล่าวในบทที่สอง ทำให้ทราบถึงแนวทางที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์สูงสุด และยังเป็นความรู้พื้นฐานในการออกแบบและสร้างชุดติดตามดวงอาทิตย์ ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของชุดติดตามดวงอาทิตย์

3.1 ชุดติดตามดวงอาทิตย์

ชุดติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์คือ อุปกรณ์ที่สามารถติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ได้ โดยอาศัยการเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ระหว่างจุดสองจุดโดยใช้เซ็นเซอร์แสงแบบ LDR ซึ่งหลักการก็คือเมื่อLDRทั้งสองอยู่ในระนาบที่รับแสงจากดวงอาทิตย์ได้ปริมาณเท่ากัน ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จาก LDR ทั้งสองจะมีปริมาณเท่ากัน เมื่อดวงอาทิตย์มีการเคลื่อนที่ไปจะทำให้ระนาบรับแสงของ LDR ทั้งสองต่างกัน ค่าความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าของ LDR ทั้งสองตัว จะมีค่าเกินกว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (error) ซึ่งจะทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดติดตามนี้ ส่งสัญญาณไปสั่งการให้มอเตอร์หมุน เพื่อปรับ ให้ระนาบรับแสงของ LDR ทั้งสอง ซึ่งมอเตอร์จะหยุดหมุนก็ต่อเมื่อค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จาก LDR ทั้งสองมีค่าเท่ากัน หรืออยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ โดยลักษณะของการทำงานของชุดติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ แสดงได้ดังรูปที่ 3.1

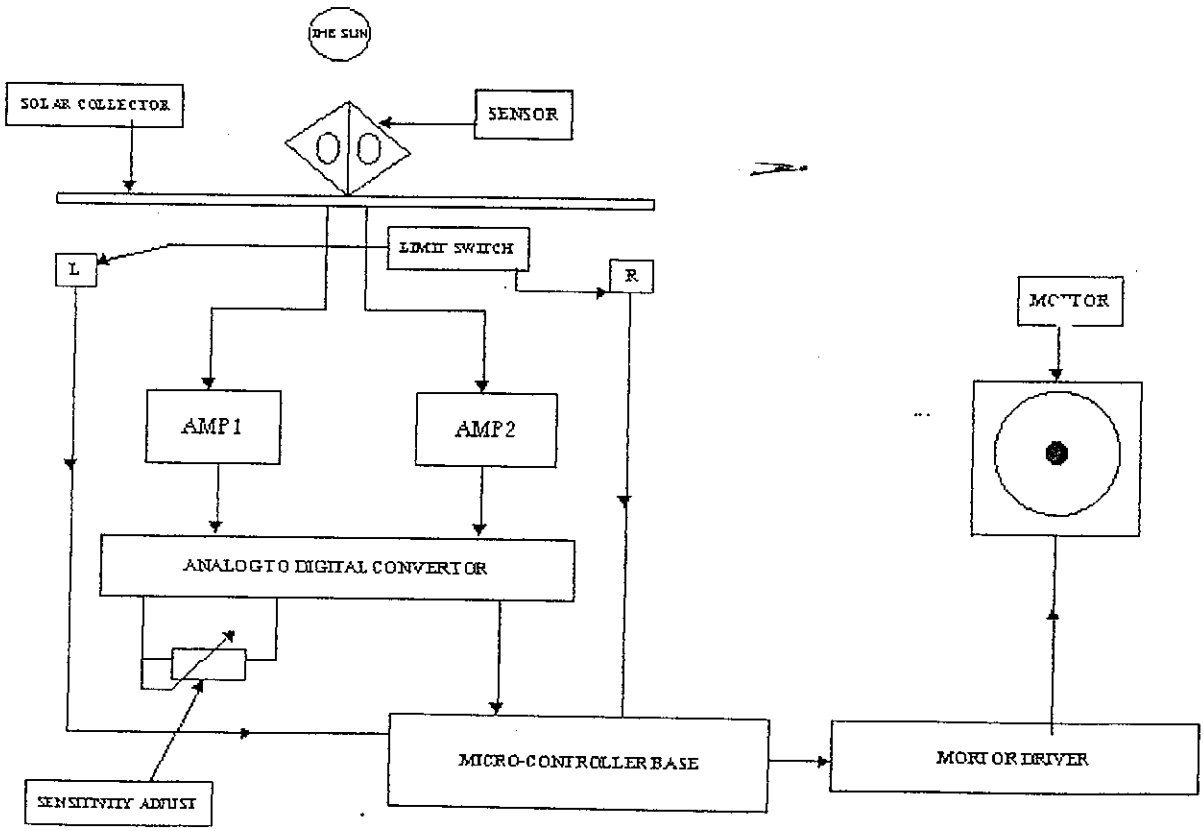


รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพระบบควบคุม การทำงานของชุด Controller

หลักการทำงานของระบบชุดควบคุมก็คือ เมื่อเซ็นเซอร์แสง LDR ได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนค่าพลังงานความร้อนเป็นสัญญาณไฟฟ้า ในรูปของพลังงานศักย์ไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณนี้จะผ่านเข้าสู่แอมพลิไฟเออร์เพื่อขยายสัญญาณไฟฟ้า ให้มีความเข้มสูงขึ้น จากนั้นสัญญาณไฟฟ้าถูกส่งไปยังส่วนควบคุม(Controller) เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าทั้งสองจุด เมื่อเกิดค่าความแตกต่าง(error) เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ ส่วนควบคุม (Controller) จะสั่งการให้มอเตอร์หมุนเพื่อปรับระนาบในการรับแสงของ LDR ทั้งสองตัว ให้อยู่ในระนาบที่รับแสงได้ในปริมาณที่เท่ากัน หรืออยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อระนาบของLDR อยู่ในตำแน่งใหม่ ก็จะทำให้ได้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าค่าใหม่ ซึ่งจะมีการเริ่มเปรียบเทียบอีกครั้งจนกระทั่งได้ตำแหน่งที่ค่าความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าเท่ากับศูนย์ หรืออยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ มอเตอร์ก็จะหยุดหมุน

3.2 ขั้นตอนการทำงานของวงจรควบคุมชุดติดตามดวงอาทิตย์

ในโครงงานนี้การติดตามดวงอาทิตย์ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมการทำงานเพื่อให้แผงเคลื่อนที่ไปตามดวงอาทิตย์ ซึ่งลักษณะการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะแสดงดัง BlockDiagram ข้างล่าง



รูปที่ 3.2 แสดง Block Diagram ของวงจรควบคุมชุดติดตามดวงอาทิตย์

จาก BlockDiagram ดังกล่าวสามารถที่จะอธิบายหลักการ และขั้นตอนการทำงานของวงจรควบคุมได้ ตามลำดับขั้นดังนี้

3.2.1Sensor คือ LDR1 และLDR2 จะเป็นตัวรับแสงจากดวงอาทิตย์แล้วแปลง ความเข้มแสงที่ได้รับให้อยู่ในรูปของศักยไฟฟ้าโดยที่ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จะแปรผกผัน กับปริมาณ ความเข้มแสงที่ LDR ได้รับ จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งต่อไปยังวงจรขยายสัญญาณ

3.2.2วงจรขยายสัญญาณ ได้รับสัญญาณจากLDRทั้งสองตัวจะทำการขยายสัญญาณ ให้แรงขึ้น โดยอาศัย Adaptor ในการช่วยป้อนศักย์ไฟฟ้า เพื่อเพิ่มขนาดสัญญาณตามความต้องการของวงจรภาค Analog To Digital Convertor

3.2.3วงจรภาคAnalog To Digital Convertor (A/D Convertor) เป็นส่วนที่จะทำการแปลงสัญญาณแบบ Analog คือศักย์ไฟฟ้าที่ได้รับให้เป็นสัญญาณแบบ Digital ก่อนส่งสัญญาณต่อไปให้กับ Microcontroller ซึ่งจะทำการประมวลผลและควบคุมลักษณะการทำงานของชุดจำลองต่อไป

ในชุดวงจรภาค Analog To Digital Convertor นี้จะมีตัว Sensitivity Adjust ต่ออยู่ด้วย เพื่อเป็นตัวปรับความไวของระบบหรือปรับค่าความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ก่อนที่จะทำให้มอเตอร์เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งซึ่งค่าการปรับเปลี่ยนนี้ก็จะต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณ Digital ด้วยเช่นกันโดยใช้วงจรภาคAnalog To Digital Convertor เพื่อที่จะส่งสัญญาณไปให้ กับชุด Micro-controller เพื่อทำการเปรียบเทียบสัญญาณและประมวลผลต่อไป

3.2.4 ภาคควบคุมการทำงานของระบบ ทั้งหมดใช้ Micro-controller เป็นส่วนควบคุม โดยโปรแกรมการควบคุมจะถูกบรรจุไว้ในหน่วยความจำของ Micro-controller และทำการควบคุมสั่งการระบบการทำงานทั้งหมดตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ ซึ่งจะได้แสดงไว้ในการเขียนโปรแกรม Assembly MCS-51 และจากระบบวงจรควบคุมทั้งหมดนี้แล้วก็จะมีการสั่งการไปยังภาคขับเคลื่อนคือมอเตอร์เพื่อทำ การขับเคลื่อนตามคำสั่งต่อไป

3.2.5 ภาคขับเคลื่อน ใช้มอเตอร์ DC ขนาด 12 Volt ในการขับเคลื่อนล้อสายพานเพื่อหมุนปรับให้ LDRทั้งสองอยู่ในตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าเท่ากันซึ่งในชุดจำลองนี้ใช้มอเตอร์ปัดน้ำฝนในการขับเคลื่อนเนื่องจากเป็นมอเตอร์ที่ให้ Torque สูงสามารถกลับทิศทางการหมุนได้อย่างอิสระมีความเร็วรอบต่ำง่ายต่อการควบคุม และมีความทนทานสูงง่ายต่อการบำรุงรักษา

3.2.6LimitSwitchจำนวน 2 ตัวถูกติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายและทางขวา คือที่มุม 0 องศาและที่ 360 องศาเพื่อควบคุมและจำกัดการหมุนของมอเตอร์ไม่ให้ขับเคลื่อนชุดติดตามดวงอาทิตย์เกินองศาที่กำหนด

3.3 ระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์

ระบบควบคุมที่ใช้กับ ชุดจำลองการติดตามดวงอาทิตย์ในโครงงานนี้ใช้ระบบควบคุมทั้งที่เป็น Analog และ Digital ซึ่งใช้การต่อวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ควบคู่ไปกับ Micro controller ที่ใช้ในการเก็บบันทึกหน่วยความจำและตัดสินใจในการเคลื่อนที่ของชุดจำลอง ซึ่งวงจรควบคุม ที่ใช้ในชุดจำลองประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

ตาราง3.1 แสดงอุปกรณ์ของวงจรควบคุมที่ใช้ในชุดจำลอง

ชนิด	จำนวน(ตัว)
1. ตัวต้านทาน ขนาด 10 K	5
2. ตัวต้านทาน ขนาด 8.2 K	1
3 ตัวต้านทาน ขนาด2.2 K	2
4. ตัวเก็บประจุ ขนาด 30 pF	2
5. ตัวเก็บประจุ ขนาด 10 uf	1
6. ไดโอด	2
7. ไดโอด เปล่งแสง	1
8. ตัว RELAY-DPDT	2
9. Sensitivity Adjust	1
10. Limit Switch	2
11. Switch Reset	1
12. Adaptor ขนาด	1
13. Adaptor ขนาด	1
14. Analog To Digital Convertor (เบอร์ PCF8591)	1
15. Micro-controller (เบอร์ AT89C2051)	1
16. Motor ขนาด 12 Volt	1

3.3.1หลักการทำงานและความสามารถของอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบควบคุม

3.3.1.1 <u>ตัวต้านทานแปรค่าตามแสงหรือLDR(LightDependentResistor)</u> เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะการทำงาน คือ ในสภาวะปกติตัวต้านทานแปรค่าตามแสง (LDR) นี้จะมีค่า ความต้านทานสูงมากอยู่ค่าหนึ่ง เมื่อมีแสงสว่างมาตกกระทบบนตัวของมัน จะมีผลทำให้ค่า ความต้านทานของตัวอุปกรณ์มีค่าลดลงจึงอาศัยคุณสมบัตินี้ของตัวต้านทานแปรค่าตามแสงมาใช้งานในวงจรที่ทำงานด้วยแสงสว่างธรรมดา

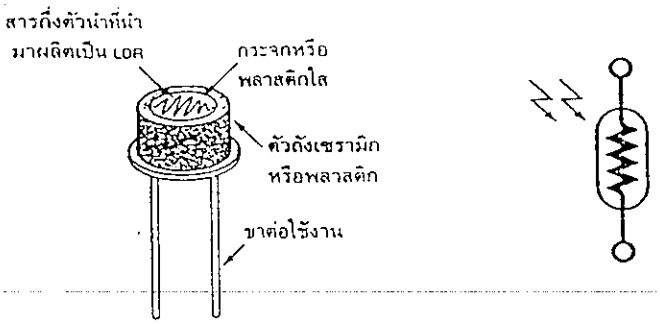
โดยทั่วไป LDR โดยส่วนใหญ่ผลิตขึ้นมาจาก แคดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium Sulfide : CdS) หรือแคดเมียมเซเลไนด์(Cadmium Selenide :CdSe)อย่างใดอย่างหนึ่โดยมีซับสเตรตเป็นชิ้นซิลิกอนหรือเซรามิกแล้วห่อหุ้มด้วยแก้วหรือพลาสติกใส ซึ่งแก้วหรือพลาสติกใสนี่เองจะทำ หน้าที่เสมือนหน้าต่างให้สามารถตกกระทบลงบนชิ้นสารกึ่งตัวนำในรูปที่3.2 เป็นหน้าตาของLDR

ถ้าอยู่ในสภาวะไม่มีแสงตกกระทบหรือมืด LDR จะมีค่าความต้านทานที่สูงมากตั้งแต่ 500 กิโลโอห์ม จนถึง 50 เมกะโอห์ม แต่เมื่อแสงมาตกกระทบค่าความต้านทานจะลดลงเหลือต่ำกว่า 5 กิโลโอห์ม หรืออาจจะกล่าวได้ว่า อัตราส่วนความต้านทานในช่วงมืดต่อสว่างจะมีค่าประมาณ 10000 : 1 แต่อย่างไรก็ตามสัดส่วนนี้ไม่แน่นอนเสมอไป ทั้งนี้เพราะ LDR เป็นอุปกรณ์จำพวกนอนลิเนียร์ กล่าวคือ มีลักษณะการเปลี่ยนค่าในขณะทำงานไม่เป็นเส้น

ความไวในการรับแสงของ LDR จะแตกต่างกันตามชนิดของสารที่นำมาใช้ผลิต ถ้าเป็นแคดเมียมซัลไฟด์จะทำงานได้กับแสงที่มีความยาวคลื่น 0.6 ไมโครเมตร สภาวะในขณะที่เป็นแคดเมียมเซเลไนด์ จะทำงานที่ย่าน 0.7-.075 ไมโครเมตร ซึ่งนั่นก็หมายความว่า สามารถทำงานกับแสงสว่างธรรมดาหรือแสงขาวได้

ในการเลือกใช้ LDRจำเป็นต้องทราบค่าของคุณสมบัติบางอย่างทั้งนี้เพื่อป้องกันการใช้งานของ LDR ผิดพลาดจนทำให้มันเกิดความเสียหาย

พารามิเตอร์ที่ต้องสนใจมีด้วยกัน 3 ตัว คือ ค่าความต้านทานสูงสุดเมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบค่าความต้านทานต่ำสุดเมื่อมีแสงมาตกกระทบ แรงดันใช้งานสูงสุด สำหรับความยาวคลื่นแสงที่อยู่ในย่านการทำงานไม่มีความจำเป็นต้องคำนึงถึง เนื่องจากโดยปกติมักใช้งาน LDR กับแสงขาวหรือแสงสว่างธรรมดา เว้นแต่งานเฉพาะบางอย่างเท่านั้น



(ก) รูปร่างภายนอกของ LDR (ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 3.3 แสดงรูปร่างภายนอกและสัญลักษณ์ของ LDR

ตัวอย่างการนำไปใช้งาน

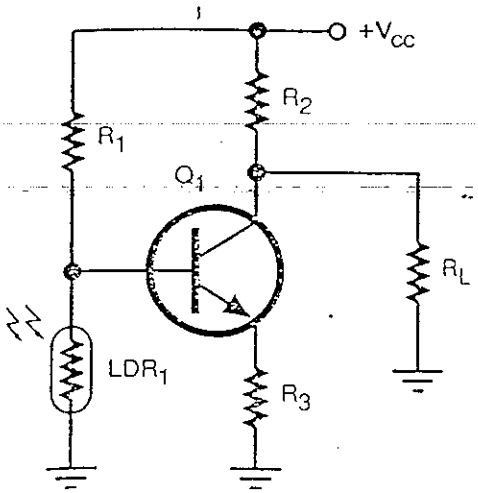
ตัวอย่างแรกใช้ในการไบแอสทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายสัญญาณ ดังรูปที่3.3 ในสภาวะไม่มีแสงมาตกกระทบ LDR1 จะมีความต้านทานสูงมาก จึงทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่าน จึงไม่เกิดแรงดันไบแอสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ วงจรจึงยังไม่สามารถทำงาน เมื่อมีแสงมาตกกระทบ LDR1 มีค่าความต้านทานลดลง จึงเกิดกระแสไหลผ่าน LDR1 ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่ ขาเบส และ อิมิตเตอร์ เกิดกระแสเบสไบแอสให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงาน เกิดกระแสไหลที่ตัวต้านทาน RL ทาง Output

ตัวอย่างที่ 2 ควบคุมอัตราการขยายของวงจรขยายสัญญาณโดยใช้แสง ดังในรูปที่3.4 เมื่อยังไม่มีแสงมาตกกระทบLDR1จะมีค่าความต้านทานสูงค่าหนึ่งทำให้วงจรมีอัตราการขยายอยู่ค่าหนึ่งตามความสัมพันธ์ Av = 1+(Rf/Ri) โดยในรูปที่ 3.4 นี้ LDR1 ทำหน้าที่เป็น Rf ส่วน R1 ทำหน้าที่เป็น Ri ดังนั้นเมื่อมีแสงมาตกกระทบ LDR1 ก็จะทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป นั่นคืออัตราการขยายของวงจรก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

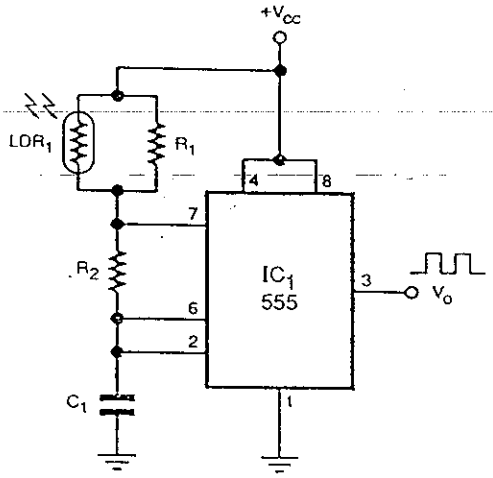
ตัวอย่างที่ 3 ควบคุมความถี่ในวงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้แสง ดังในรูปที่3.5 ความถี่ของวงจรจะถูกกำหนดโดยค่าของตัวเก็บประจุ C1 ตัวต้านทาน R1 และ R2 เป็นไปตามความสัมพันธ์ f = 1/((R1+2R2)×C1) มีหน่วยเป็น Hz แต่ที่ขา 7 ของ IC1 มี LDR1 ต่อขนานกับ R1 อยู่ทำให้ค่าความต้านทานที่ขา 7 นี้ต้องขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนของ LDR1 ด้วย ดังนั้นเมื่อแสงมาตกกระทบค่าความต้านทานของ LDR1 เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวมที่ขา 7 (หรือค่าความต้านทานรวมของ R1 ในสูตรการหาความถี่) ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้ความถี่ของวงจรเปลี่ยนแปลงจึงเกิดเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณควบคุมความถี่ด้วยแสง

ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง หรือ LDR ที่ทำการตรวจจับแสงสว่างแล้วทำการแปรเปลี่ยนค่าความต้านทานภายในตัวเองไปตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบ ส่วนไดโอดก็เป็นอุปกรณ์

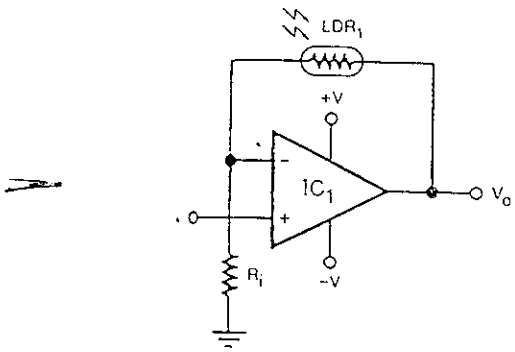
ตรวจจับแสงและมี 2 ขาเหมือนกันโดยไดโอดจะทำงานด้วยรังสีอินฟาเรด หรือเรียกกันทั่วไปว่า โฟโต้ไดโอด (Photo Diode)



รูปที่ 3.4 การใช้ LDR ในการไบแอสทรานซิสเตอร์ในวงจรขยาย



รูปที่ 3.5 การใช้ LDR ควบคุมความถี่ของวงจรกำเนิดความถี่

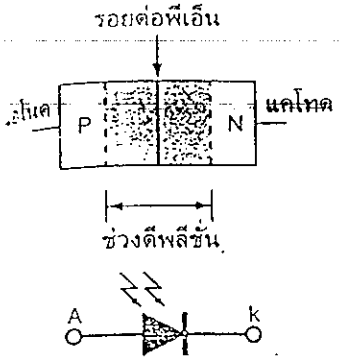


รูปที่ 3.6 การใช้LDR ในการควบคุมอัตราการขยายของออปแอมป์

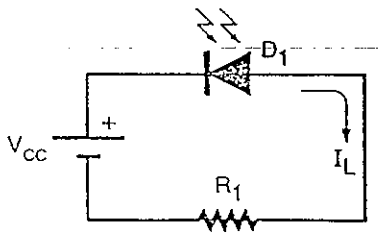
3.3.2 โครงสร้างและพื้นฐานของการทำงาน

โฟโต้ไดโอดจะมีลักษณะโครงสร้างภายในที่คล้ายกับไดโอดธรรมดา กล่าวคือ ถูกสร้างขึ้นจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด เอ็นและพี มาต่อกัน มีรอยต่อ P-N และมีช่วง ดีพลิชั่น อันเกิดจากการต่อชิ้นสารเหมือนกับไดโอดธรรมดาดังรูปที่3.6 แต่โฟโต้ไดโอดจะมีลักษณะพิเศษตรงที่หากมีแสงย่านอินฟาเรดมาตกกระทบ ซึ่งจะมีผลทำให้ ช่วงดีพลิชั่นจะแคบลงซึ่งทำให้อิเล็คตรอนสามารถเคลื่อนที่ผ่านช่วงดีพลิชั่น หรือผ่านรอยต่อพีเอ็น มาได้ ก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร

ดังนั้นการนำโฟโต้ไดโอดไปใช้งานจะต่อในลักษณะให้ไบแอสกลับคือให้ไฟบวกที่ขาแคโทด และให้ไฟลบที่ขาแอโนดมีตัวต้านทานต่ออนุกรมกับโฟโต้ไดโอด เพื่อกำจัดไม่ให้กระแสไหลผ่านโฟโต้ไดโอดมากเกินไป ดังแสดงในรูปที่3. 7



รูปที่ 3.7 โครงสร้างของโฟโต้ไดโอด



รูปที่ 3.8 การจัดวงจรให้แก่โฟโต้ไดโอด

ในภาวะที่ไม่มีรังสีอินฟาเรดมาตกกระทบตัวโฟโต้ไดโอด จะมีผลทำให้เกิดกระแสรั่วขึ้นภายในตัวโฟโต้ไดโอดเองซึ่งเรียกว่ากระแสมืด (Dark Current) ซึ่งปกติมีค่ามากมีค่าน้อยมาก มีหน่วยเป็นไมโครแอมป์หรือนาโนแอมป์และจะขึ้นอยู่กับแรงดันที่ใช้ไบแอสกลับ ตัวโฟโต้ไดโอด ค่าของตัวต้านทานที่นำมาต่อกำจัดกระแสและอุณหภูมิที่ใช้งานด้วย

เมื่อเกิดรังสีอินฟาเรดมาตกกระทบตัวโฟโต้ไดโอดก็จะเกิดกระแสไฟฟ้า IL ขึ้นในวงจร ซึ่งค่าของ IL นี้จะขึ้นกับความเข้มของแสงย่ายอินฟาเรดที่มาตกกระทบ วัดในหน่วยของ มิลลิวัตต์ หรือ ไมโครวัตต์ ต่อตารางเซ็นติเมตร

โฟโต้ไดโอดถูกสร้างขึ้นจากสารกึ่งตัวนำนั่นคือ สารซิลิกอนจะสามารถทำงานได้ดีกับแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 400-1100 นาโนเมตร หรือ 40-110 อังสตรอง (1 อังสตรอง = 10^{-10} เมตร)

3.3.2.1 Analog To Digital Convertor(PCF8591)

ไอซีแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ขนาด 8 บิต ในปัจจุบันกระแสความต้องการใช้งานไอซีประเภทแปลงสัญญาณ จากอะนาลอกไปเป็นดิจิตอล หรือจากดิจิตอลไปเป็นอะนาลอกนั้นมีความต้องการใช้งานที่สูงมาก โดยเฉพาะในขนาด 8 บิตมักจะมีการนำไปประยุกต์ใช้งานมากในลักษณะงานตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดกลางเหตุที่ เป็นเช่นนั้นก็เพราะว่า ไอซีแปลงสัญญาณขนาด 8 บิต มีความสะดวกเหมาะสมและง่ายต่อการ ประยุกต์ ใช้งานโดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ในระบบควบคุมแบบลูปปิด หรือแม้กระทั่งการใช้งานในลักษณะของโมดูลเดี่ยวที่ควบคุม

ตารางที่3.2 แสดงคุณลักษณะทางไฟฟ้าของ PCF8591

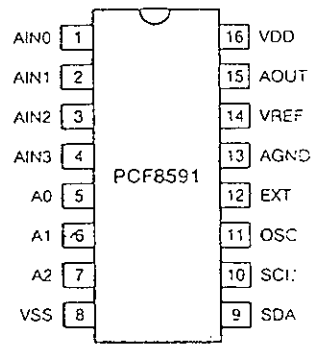
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply						
V_{DD}	supply voltage (operating)		2.5	–	6.0	V
I_{DD}	supply current					
	standby	$V_I = V_{SS}$ or V_{DD}; no load	–	1	15	µA
	operating, AOUT off	f_{SCL} = 100 kHz	–	125	250	µA
	operating, AOUT active	f_{SCL} = 100 kHz	–	0.45	1.0	mA
V_{POR}	Power-on reset level	note 1	0.8	–	2.0	V
Digital inputs/output: SCL, SDA, A0, A1, A2						
V_{IL}	LOW level input voltage		0	–	$0.3 \times V_{DD}$	V
V_{IH}	HIGH level input voltage		$0.7 \times V_{DD}$	–	V_{DD}	V
I_L	leakage current					
	A0, A1, A2	$V_I = V_{SS}$ to V_{DD}	−250	–	+250	nA
	SCL, SDA	$V_I = V_{SS}$ to V_{DD}	−1	–	+1	µA
C_i	input capacitance		–	–	5	pF
I_{OL}	LOW level SDA output current	V_{OL} = 0.4 V	3.0	–	–	mA
Reference voltage inputs						
V_{REF}	reference voltage	$V_{REF} > V_{AGND}$; note 2	V_{SS} + 1.6	–	V_{DD}	V
V_{AGND}	analog ground voltage	$V_{REF} > V_{AGND}$; note 2	V_{SS}	–	V_{DD} − 0.8	V
I_{LI}	input leakage current		−250	–	+250	nA
R_{REF}	input resistance	pins V_{REF} and AGND	–	100	–	kΩ
Oscillator: OSC, EXT						
I_{LI}	input leakage current		–	–	250	nA
f_{OSC}	oscillator frequency		0.75	–	1.25	MHz
Analog output						
V_{OA}	output voltage	no resistive load	V_{SS}	–	V_{DD}	V
		R_L = 10 kΩ	V_{SS}	–	$0.9 \times V_{DD}$	V
I_{LO}	output leakage current	AOUT disabled	–	–	250	nA
Accuracy						
OS_e	offset error	T_{amb} = 25 °C	–	–	50	mV
L_e	linearity error		–	–	±1.5	LSB
G_e	gain error	no resistive load	–	–	1	%
t_{DAC}	settling time	to ½ LSB full scale step	–	–	90	µs
f_{DAC}	conversion rate		–	–	11.1	kHz
SNRR	supply noise rejection ratio	f = 100 Hz; $V_{DDN} = 0.1 \times V_{PP}$	–	40	–	dB
Analog inputs						
V_{IA}	analog input voltage		V_{SS}	–	V_{DD}	V
I_{LIA}	analog input leakage current		–	–	100	nA
C_{IA}	analog input capacitance		–	10	–	pF
C_{ID}	differential input capacitance		–	10	–	pF
V_{IS}	single-ended voltage	measuring range	V_{AGND}	–	V_{REF}	V
V_{ID}	differential voltage	measuring range; $V_{FS} = V_{REF} - V_{AGND}$	$\frac{-V_{FS}}{2}$	–	$\frac{+V_{FS}}{2}$	V
Accuracy						
OS_e	offset error	T_{amb} = 25 °C	–	–	20	mV
L_e	linearity error		–	–	±1.5	LSB
G_e	gain error		–	–	1	%
GS_e	small-signal gain error	ΔV_i = 16 LSB	–	–	5	%
CMRR	common-mode rejection ratio		–	60	–	dB
SNRR	supply noise rejection ratio	f = 100 Hz; $V_{DDN} = 0.1 \times V_{PP}$	–	40	–	dB
t_{ADC}	conversion time		–	–	90	µs
f_{ADC}	sampling/conversion rate		–	–	11.1	kHz

ป
TJ
ธ.ร
ก๖๔๒
๒๕๔๓
4740025
2 6 พ.ย. 2546
สำนักหอสมุด

ด้วยการใช้รีโมตที่อาศัยแหล่งจ่ายที่เป็นแบตเตอรี่เมื่อต้องถูกออกแบบใช้งาน ในสถานที่ ขาดแคลน แหล่งซัพพลายหลัก ๆ จากไฟฟ้าเป็นต้น

3.3.2.2 ข้อมูลทั่วไป ของ PCF 8591

ไอซีแปลงสัญญาณ PCF 8591 นี้เป็นชิปไอซีเดี่ยวและต้องการแหล่งจ่ายที่จะใช้งาน ลักษณะการจัดขาใช้งานของ PCF 8591 แรงดันแบบเดี่ยวด้วย ไอซีนี้เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณขนาด 8 บิต แบบซีมอสโดยมีอินพุตแบบอะนาลอก 4 อินพุต และเอาต์พุตดิจิตอล 1 เอาต์พุต พร้อมกับสามารถอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ภายนอกหรือบอร์ดภายนอกในแบบอนุกรม I^2C บัสได้ด้วย นอกจากนั้นแล้วยังมีขาควบคุมแอดเดรสอีก 3 แดเดรส คือ AO,A1 ,A2 เพื่อให้สามารถทำการโปรแกรมแอดเดรสได้ทางฮาร์ดแวร์ด้วยโดยการใช้งานในแบบต่ออินเตอร์เฟสผ่านอนุกรม I^2C บัสนั้นทำให้สามารถต่อพ่วงอุปกรณ์หรือ PCF8591ได้สูงสุดถึง 8 ตัว โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์อย่างอื่นต่อเพิ่มเติมแต่อย่างใด สัญญาณที่ถูกส่งออกหรือรับเข้าจาก PCF8591 นี้ ไม่ว่าจะเป็นจากขาแอดเดรส,ขาควบคุมหรือขาข้อมูล สามารถทำการส่งผ่านสัญญาณ แบบอนุกรมผ่าน I^2C บัสในสองทิศทางและในสายนำสัญญาณแบบสองสายได้ ซึ่งในรูปที่ 3.8 แสดงลักษณะการจัดตำแหน่งขาใช้งานของPCF8591และในตารางที่3.2 แสดงคุณลักษณะทางไฟฟ้า ของ PCF8591

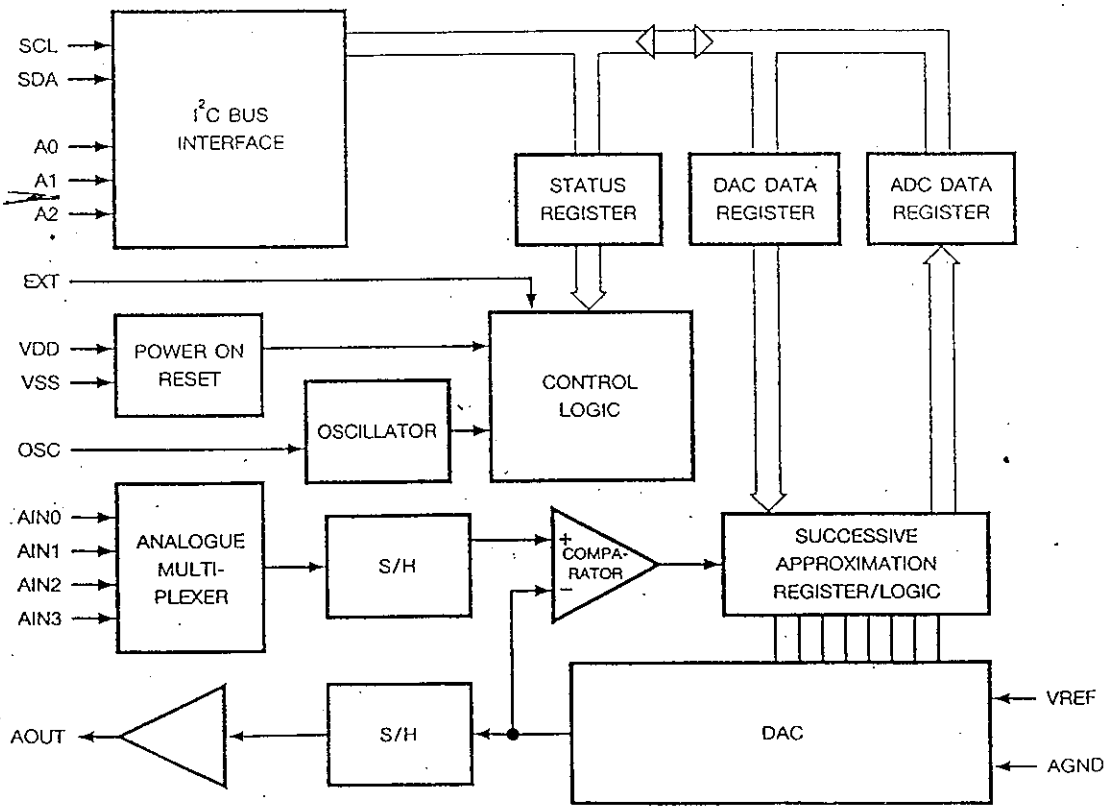


รูปที่ 3.9 ลักษณะการจัดขาใช้งานของ PCF8591

ฟังก์ชันต่างๆของ PCF 8591 ประกอบไปด้วย อะนาลอกอินพุตแบบมัลติเพล็กซ์ , แทร็กและโฮลด์บนชิป การแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลเป็นอะนาลอกขนาด 8 บิต และ การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกขนาด8บิตอัตราการแปลงสัญญาณสูงสุดนี้สามารถกำหนดได้

จากความเร็วสูงสุดของอนุกรม I^2C บัส ในรูปที่ 3.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในของ PCF8591 นอกจากนั้นแล้วคุณสมบัติเด่นอื่นๆมีดังต่อไปนี้

- ใช้แหล่งจ่ายไฟแบบเดี่ยวย่านแรงดันใช้งาน 2.5 ถึง 6 โวลต์ดีซี
- ในสภาวะสแตนด์บายกินกระแสต่ำมาก
- อินพุต/เอาต์พุตอินเตอร์เฟส แบบอนุกรม I^2C บัส
- เข้ากำหนดแอดเดรสทางฮาร์ดแวร์จาก 3 ขาใช้งาน
- อัตราการแซมปลิ้งกำหนดจากความเร็วของ I^2C บัส
- อินพุตอะนาลอกทั้ง 4 อินพุต โปรแกรมจัดได้ทั้งแบบซิงเกิลเอนด์หรือดิฟเฟอเรนเชียลอินพุต
- เพิ่มฟังก์ชันการเลือกแชนเนลได้อัตโนมัติ
- ย่านแรงดันอะนาลอกอินพุตเริ่มจาก Vss ถึง Vdd
- บนชิปมีวงจรแทร็กและโฮลด์ในตัว
- จัดเป็น D/A ได้เอาต์พุตเป็นอะนาลอก 1 เอาต์พุต



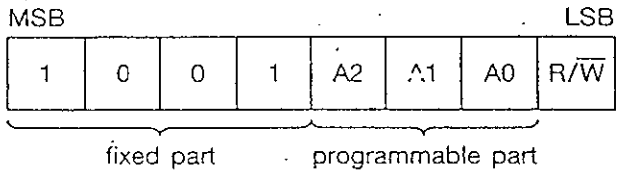
รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมภายในของ PCF8591

3.3.2.3 การทำงานในวงจรของ PCF8591

หน้าที่ของส่วนทำงานหลัก ๆ ของแต่ละส่วนนั้นจะพิจารณาร่วมกับบล็อกไดอะแกรม ในรูปที่ 3.8 ซึ่งพอจะแยกอธิบายหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญได้ดังนี้

แอดเดรสไบต์

ในอุปกรณ์ไอซี PCF8591 แต่ละตัวเมื่อถูกต่อใช้งานกับอนุกรม I^2C บัส แล้วจะต้องมีการส่งสัญญาณเพื่อกำหนดตำแหน่งแอดเดรส หรือแอดเดรสไบต์มายังตัวอุปกรณ์ก่อน โดยที่ส่วนประกอบแอดเดรสไบต์ประกอบไปด้วยส่วนที่คงที่(fixed part) และส่วนที่โปรแกรมแอดเดรสนั้นจะเซตได้โดยการกำหนดค่าโปรแกรมแอดเดรสให้กับขาAO,A1และA2ในทุกครั้งที่มีการทำงาน แอดเดรสจะมีการส่งไบต์แรกออกไปใน I^2C บัสโปรโตคอลหลังจากที่มีการเริ่มต้นทำงานเกิดขึ้น และในบิตสุดท้ายของแอดเดรสไบต์ตำแหน่งของบิต อ่าน/เขียน ซึ่งจะถูกเซตหน้าที่ตามสภาวะการส่งผ่านข้อมูลเป็นหลัก ดังแสดงการจัดการแบ่งแอดเดรสไบต์ไว้ในรูปที่ 3.10



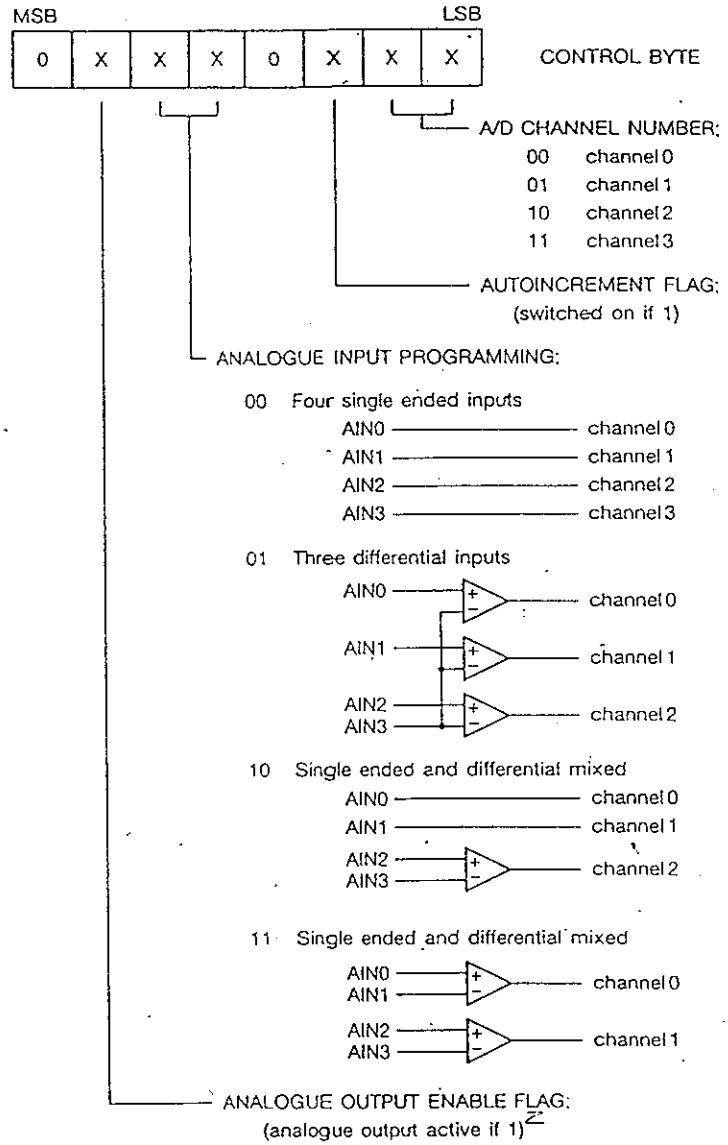
รูปที่ 3.11 ลักษณะการจัดแอดเดรสไบต์ของไอซี

คอนโทรลไบต์

ถือได้ว่าเป็นไบต์ข้อมูลอันดับสองที่จะต้องส่งเข้าไปยัง ตัวไอซี PCF8591 และทำการเก็บบันทึกไว้ในส่วนของคอนโทรลรีจิสเตอร์ และส่วนนี้เองจะทำหน้าที่ควบคุมฟังก์ชันต่าง ๆ ของไอซีใน 4 บิต บนสุดของคอนโทรลรีจิสเตอร์ จะถูกใช้สำหรับการอีนาเบิลอะนาลอกเอาต์พุต และการโปรแกรมอะนาลอกอินพุตในแบบซิงเกิลเอนด์อินพุตส่วนอีก 4 บิตล่างสุดจะทำหน้าที่ เลือกอินพุตอะนาลอกหนึ่งอินพุตที่จะสัมพันธ์กันกับการกำหนดค่าจาก 4 บิตบนสุดด้วย ดังแสดงการจัดแบ่งคอนโทรลไบต์ไว้ในรูปที่ 3.11 ถ้าในส่วนของบิต auto – increment flag ถูกเซตหมายเลขของแชนแนล ก็จะเป็นการ incremented แบบอัตโนมัติหลังจากที่เริ่มมีการ แปลงสัญญาณ แบบ A/D

ถ้าในการใช้งานมีการกำหนดใช้ในโหมด auto-increment โดยที่ใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ภายในเอาต์พุตอะนาลอกจะทำการอีนาเบิลแฟลกในคอนโทรลไบต์บิตที่6 ซึ่งเป็นการถูกเซตเกิดขึ้นซึ่งในจังหวะนี้ ก็จะยังทำให้วงจรออสซิลเลเตอร์ภายในทำงานอย่างต่อเนื่องอยู่ เหตุที่เป็นเช่นนี้

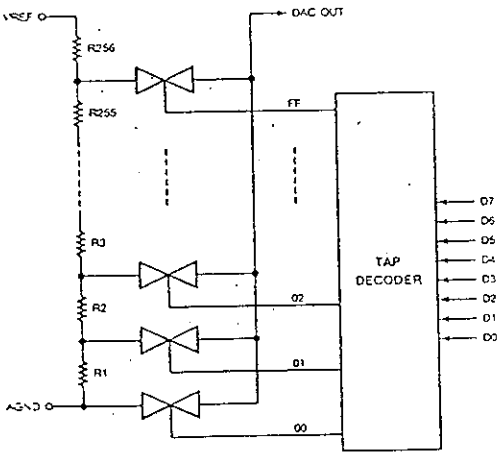
ก็เพื่อเป็นการที่จะป้องกันความผิดพลาดในการแปลงสัญญาณ จากผลของการเริ่มต้นทำงานของออสซิลเลเตอร์ที่มีการหน่วงเวลามากเกินไปนั้นเอง นอกจากนั้นแล้วอะนาลอกเอาต์พุตแฟลกยังสามารถรีเซตได้ในทุกเวลาเพื่อเป็นการลดการสิ้นเปลืองกำลังงาน



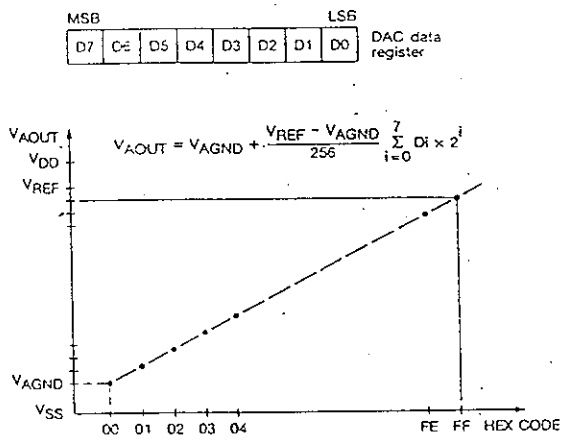
รูปที่ 3.12 ลักษณะการแบ่งแอดเดรสในคอนโทรลไบต์

การแปลงสัญญาณ D/A

ไบต์ข้อมูลอันดับที่สามที่จะถูกนำส่งเข้าไปยัง PCF8591 และจะนำไปทำการเก็บไว้ใน DAC ดาต้ารีจิสเตอร์ และจะทำการแปลงสัญญาณที่สัมพันธ์กันของแรงดันอะนาลอกออกมาโดยใช้ส่วนของวงจรแปลงสัญญาณ D/A ภายในตัวไอซี โดยที่วงจรแปลงสัญญาณ D/A ภายในไอซีประกอบด้วยชุดตัวต้านทานแบ่งแรงดันที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายแรงดันอ้างอิงจากภายนอกแทียบกับกราวด์อะนาลอก ด้วยจำนวนขั้นการแบ่ง 256 ขั้น(Z256 แท็ปแรงดัน) และจะถูกเลือกลำดับการแบ่งด้วยสวิตช์ โดยที่สวิตช์ที่ทำการเลือกลำดับขั้นการแบ่งแรงดัน จะให้เอาต์พุตออกมาเพียงหนึ่งระดับ ที่ทำการเลือกและส่งค่าแรงดันนั้นไปยังส่วนของ DAC ออกทางเอาต์พุตไลน์เป็นอันดับสุดท้าย ดังแสดงบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.13 หลักการแบ่งแรงดันตัวต้านทานแบ่งแรงดันในDAC

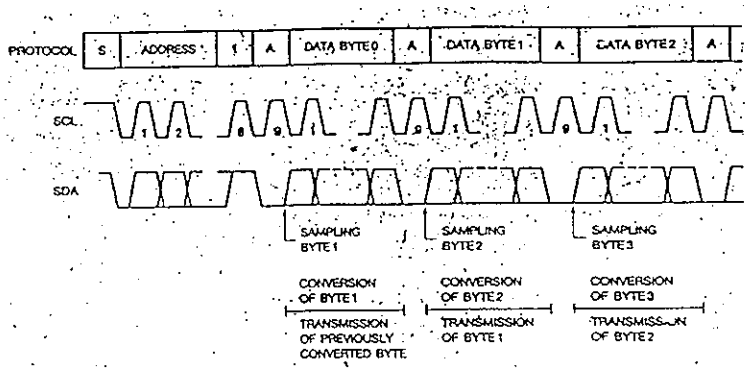


รูปที่ 3.14 คุณลักษณะของค่าแรงดันที่ได้ของการแปลง DAC

แรงดันอะนาลอกเอาต์พุตจะถูกผ่านเข้าไปในบัฟเฟอร์ที่มีการปรับค่าศูนย์อัตโนมัติซึ่งเป็นบัฟเฟอร์แอมป์มีอัตรการขยายเท่ากับหนึ่ง วงจรบัฟเฟรอ์แอมป์นี้สามารถควบคุมการทำงาน ON หรือ OFF ได้จากการเซตที่อะนาลอกเอาต์พุตอีนาเบิลแฟลกของคอนโทรลรีจิสเตอร์ ในช่วงที่มีการทำงาน ค่าแรงดันเอาต์พุตจะปรากฏอยู่ตลอดเวลาที่ไบต์ข้อมูลมีการส่งเข้ามาที่ไอซี และค่าแรงดันเอาต์พุตที่จะถูกจ่ายออกไปทางขาเอาต์พุตอะนาลอก Aout นั้นสามารถที่จะกำหนด หรือทราบค่าแรงดันได้จากการคำนวณในสมาการทีแสดงไว้ในรูปที่ 3.13

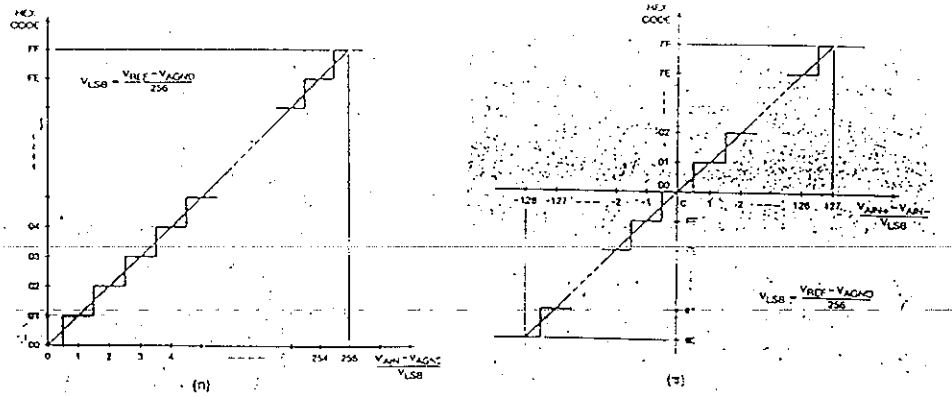
การแปลงสัญญาณ A/D

ในส่วนของการแปลงสัญญาณแบบ A/D จะอาศัยเทคนิคของการประมาณความใกล้เคียงที่เป็นลำดับต่อเนื่องของพัลส์ข้อมูลมาทำการแปลงสัญญาณโดยอาศัยวงจรแปลงสัญญาณ D/A และวงจรคอมพาราเตอร์อัตราขยายสูง ถูกใช้งานชั่วคราวในระหว่างวงรอบของการแปลงสัญญาณ A/D และวงรอบของการแปลงสัญญาณ A/D จะเริ่มขึ้นหลังจากที่มีการส่งเข้าไปยังแอดเดรส ในโหมดอ่านในไอซีวงรอบ ของการแปลงสัญญาณ A/D ก็จะถูกกระตุ้นที่ปลายขอบ ของพัลส์สัญญาณนาฬิกา และส่งผลลัพธ์ของการแปลงสัญญาณออกมาดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.15 ลำดับสัญญาณในแต่ละช่วงของการแปลงสัญญาณ ADC

ในแต่ละวงรอบของการแปลงสัญญาณ จะมีการกระตุ้นส่วนการทำงานที่ทำหน้าที่ เลือกแชนเนลของแรงดันอินพุตที่ต้องการแซมเปิลซึ่งถูกเก็บไว้ในไอซีและในการเกิดการแปลงนี้ ก็จะมีความสัมพันธ์ออกมาในรูปแบบของรหัสไบนารี 8 บิต การสุ่มสัญญาณก็จะเกิดขึ้นที่ อินพุตของวงจรขยายความแตกต่างเพื่อทำการแปลงรหัส 8 บิต การสุ่มสัญญาณก็จะเกิดขึ้น ที่อินพุตของวงจรขยายความแตกต่างเพื่อทำการแปลงรหัส 8 บิตออกเป็นสองส่วนดังแสดง ลำดับขั้นของแรงดันสัญญาณที่ทำการแปลงไว้ในรูปที่3.15 โดยในรูปที่3.15(ก) เป็นการจัดวงจร แบบวิงเกิลเอนด์อินพุต และรูปที่3.15(ข) เป็นแบบดิฟเฟอเรนเชียลอินพุตและผลของการ แปลงสัญญาณ จะถูกเก็บไว้ในดาต้ารีจิสเตอร์ ADC และทำการส่งข้อมูลออกไปภายนอก



รูปที่ 3.16 ก. คุณลักษณะการแปลงสัญญาณ A/D เมื่อจัดอินพุตแบบซิงเกิลเอนด์
ข. คุณลักษณะการจัดอินพุตแบบ A/D เมื่อจัดอินพุตแบบดิฟเฟอเรนเชียล

ออสซิลเลเตอร์

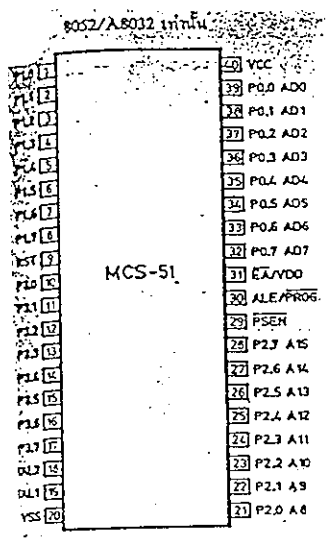
ไอซีเบอร์นี้มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายในเรียบร้อย เพื่อที่จะกำเนิดสัญญาณนาฬิกาสำหรับกำหนดวงรอบของการแปลงสัญญาณ A/D และสำหรับอัตราการเคลียร์สภาวะการปรับศูนย์อัตโนมัติของวงจรบัฟเฟอร์แอมป์ ในกรณีที่ใช้วงจรออสซิลเลเตอร์จากภายในไอซีขา EXT จะถูกต่อเข้ากับ Vss และขาเอาต์พุต OSC ก็จะให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ออกมา แต่ถ้าขา EXT ถูกต่อเข้ากับ Vdd ขาออสซิลเลเตอร์เอาต์พุต OSC ก็จะสวิตซ์ไปยังสภาวะอิมพีแดนซ์สูง และจะยอมให้สามารถใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกป้อนผ่านเข้ามายังขา OSC ได้

3.1.2.4 Micro-controller (MCS 51)

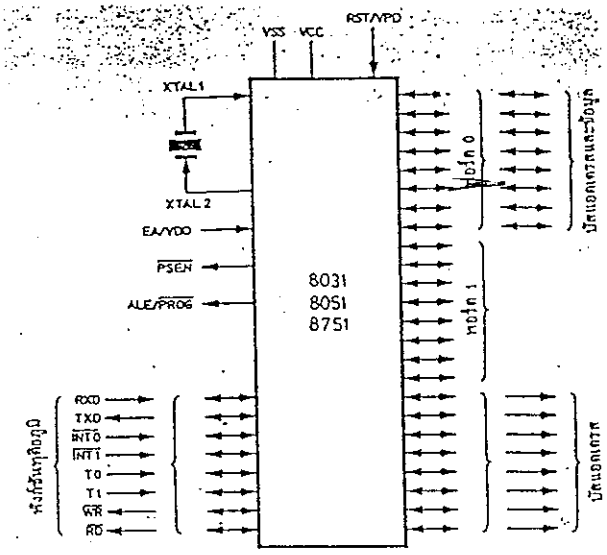
ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส 51 ซึ่งเป็นไมโครคอมพิวเตอร์ แบบชิพเดี่ยว (ไม่ต้องต่อกับอุปกรณ์ภายนอกก็ทำงานได้) จะมีความสะดวกในการใช้งานและเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาเบสิกได้ โดยไม่ต้องศึกษาการทำงานของวงจร เหมือนกับภาษาแอสเซมบลี้ หรือบางท่านที่ถนัดภาษาแอสเซมบลี้ก็ยังสามารถใช้ได้เช่นกัน เอ็มซีเอส51 นี้เป็นอุปกรณ์ ที่ออกแบบมาสนองตามความต้องการของผู้ใช้คือมีสายอินพุตและเอาต์พุตภายในตัวเองพอร์ตของ อินพุตและเอาต์พุตบัฟเฟอร์อินเตอร์เฟสและสายควบคุมอื่นๆ ที่ใช้สำหรับแยกข้อมูลกับแอดเดรส และยังมีชุดคำสั่งเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษเพื่อจัดการข้อมูล แถมท้ายด้วยวงจรตั้งเวลากับวงจรนับด้วย (ปกติวงจรนับจะสามารถทำงานเป็นวงจรตั้งเวลาได้ด้วย จึงเรียกควบคู่กันไปคือ วงจรตั้งเวลา / วงจรนับ)

ตารางที่ 3.3 เป็นรายการของตระกูลเอ็มซีเอส 51 ซึ่งแสดงถึง จำนวนของหน่วยความจำ วงจรตั้งเวลา วงจรนับและระดับของการขออินเตอร์รัพต์

เบอร์	หน่วยความจำภายใน		ตั้งเวลา/นับ	อินเตอร์รัพต์ หมายเลข
	โปรแกรม	ข้อมูล		
8052AH	8K×8 ROM	256×8 RAM	3×16-Bit	6
8051AH	4K×8 ROM	128×8 RAM	2×16-Bit	5
8051	4K×8 ROM	128×8 RAM	2×16-Bit	5
8032AH	ไม่มี	256×8 RAM	3×16-Bit	6
-8031AH	ไม่มี	128×8 RAM	2×16-Bit	5
-8031	ไม่มี	128×8 RAM	2×16-Bit	5
8751H	4K×8 EPROM	128×8 RAM	2×16-Bit	5
8751H-12	4K×8 EPROM	128×8 RAM	2×16-Bit	5



รูปที่ 3.17แสดงการจัดวางขาต่างๆ ของเอ็มซีเอส



รูปที่ 3.18 แสดงหน้าที่ของพอร์ตเมื่อคอนโทรลเลอร์ทำงานกับหน่วยความจำ ภายนอก

จากรูปที่ 3.16 และ 3.17 นั้นแสดงจำนวนขา และหน้าที่ของ 8051 ที่หมายถึงตระกูลเอ็มซีเอส51 ทั้งหมด 8051 , 8051 AH และ 8052AH เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยการควบคุมจาก

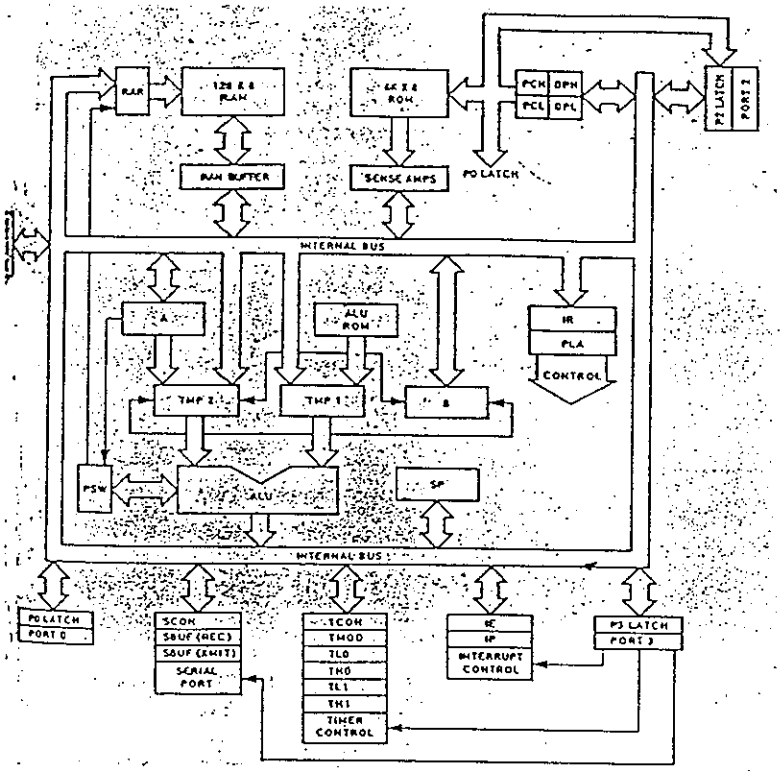
โปรแกรมในหน่วยความจำโดยการโปรแกรมด้วยต้นแบบ ก็เพื่อให้เกิดข้อมูลออกมาครั้งหนึ่ง เป็นจำนวนมากจึงเหมาะกับการผลิตเพื่อใช้งานควบคุมจำนวนมาก ๆ (8051) นั้นมีหน่วยความจำ จำนวน 4 กิโลไบต์ส่วน 8052AH จะมีหน่วยความจำเพิ่มขึ้น มีอีกสองชนิดที่ทำงานคล้ายกันคือ ชนิด 8032AH ที่ใช้แทน 8051 8052AH ได้ตามลำดับ โดยไม่ต้องส่งให้โรงงานโปรแกรมให้ เพราะเราจะเขียนทดสอบโปรแกรมด้วยหน่วยความจำภายนอกแทน (ไม่มีหน่วยความจำภายใน)

สำหรับการป้องกันการเขียนจากภายนอกก็สามารถเลือก 8751และ 8752 ที่มีอีพร้อมภายในที่จัดค่าเวลาในการอ่านข้อมูล เพื่อกันการลอกเลียนโปรแกรม

ชนิดที่ไม่ต้องการใช้ภาษาแอสเซมบลี้คือ 8052AH BASICแตกต่างจากชนิดอื่นคือใช้ตัวแปลภาษาเบสิกซึ่งเป็นหน่วยความจำภายใน

ภายในหน่วยความจำ

จากรูปที่ 3.17 เป็นหน่วยความจำภายในตัว เอ็ม ซีเอส 51 หน่วย ความจำ นี้แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำแรก มีแอดเดรสที่ต่ำกว่า4 หรือ 6 กิโลไบต์ บรรจุอยู่ในรอมส่วนเอ็มซีเอส 51 ที่ไม่มีหน่วยความจำภายในจะใช้หน่วยความจำภายนอกซึ่งอาจเป็นหน่วยความจำหลัก, หน่วยความจำรอง หรือ อีพรอมแทน



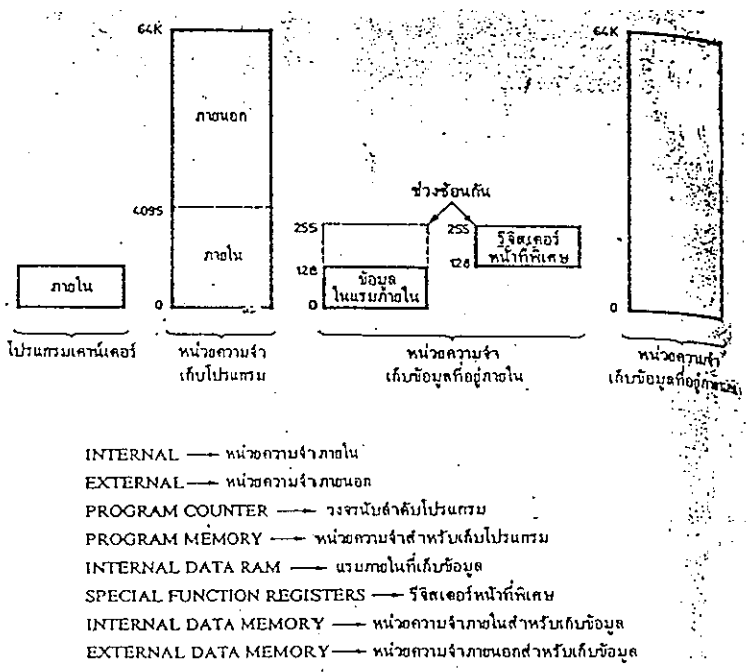
รูปที่ 3.19 โครงสร้างภายในหน่วยความจำของเอ็มซีเอส 51

เอ็มซีเอสจะอ่านหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมเข้ามาเป็นภาษาเครื่องตามลำดับ ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล จะใช้เป็นที่เก็บตัวแปร การคำนวณหาผลลัพธ์ทันที การจัดการกับข้อมูลที่มีขนาด 16 บิต (word) ตารางที่ใช้ค้นหาค่าต่าง ๆ และหน้าที่อื่นที่คล้ายกัน

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลใช้ร่วมกับหน่วยความจำภายนอกได้ถึง 640 กิโลไบต์ ซึ่งเลือกใช้รอม หรือแรม ก็ได้และยังมีรีจิสเตอร์พิเศษที่ใช้หน่วยความจำภายนอกของแรมได้ 128 หรือ 256 กิโลไบต์

รีจิสเตอร์ภายในเอ็มซีเอส

เอ็มซีเอสมีรีจิสเตอร์ที่อำนวยความสะดวกในการใช้งานตามคำสั่งต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย แอคคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ B ที่ใช้ในการคูณและหาร รีจิสเตอร์ สถานะ สแต็กพอยน์เตอร์ ดาต้าพอยน์เตอร์ (2X8 บิต หรือ 1X 16 บิต) พอร์ตหมายเลขศูนย์ถึงพอร์ตหมายเลขสามเป็นรีจิสเตอร์แบบคู่ ซึ่งใช้และรับข้อมูลชนิดอนุกรมรีจิสเตอร์ 16 บิต ที่เป็นวงจรตั้งเวลาและวงจนับตัวที่ 3 รีจิสเตอร์ คำสั่ง สำหรับหน้าที่พิเศษ (เช่น การอินเตอร์รัพต์ RTC: Read Time Clock) และอินพุต เอาต์พุตแบบอนุกรม



รูปที่ 3.20 โครงสร้างของเอ็มซีเอส 51

จะเห็นโครงสร้างภายในของเอ็มซีเอส 51 ในรูปที่ 3.19 เราจะสมมุติให้มีบัสสองทิศทาง 4 แห้น และพอร์ตขนาด 8 บิต ตามทฤษฎี แต่ที่จริงนั้นจะใช้ได้ก็ต่อเมื่อมีการใช้ หน่วยความจำภายในตัว (รอมหรือแรม)

เมื่อไม่ใช้หน่วยความจำภายในพอร์ต 0 และ 2 จะถูกใช้เป็นบัสของข้อมูลและแอดเดรส (ขอให้ย้อนกลับไปดูรูปที่ 3.16) ดังนั้นพอร์ต 2 พอร์ต ยังคงใช้งานเป็นอินพุตและเอาต์พุต พอร์ต 2 ทำหน้าที่เป็นสายสัญญาณแอดเดรส A15 ... A8 ส่วนพอร์ต 0 ทำหน้าที่เป็นสายสัญญาณออกแอดเดรส A7...A0 ออกจากบิตข้อมูล D7...D0

เอาต์พุตของขา RD และ WR มาจากสายเอาต์พุตของพอร์ต 3 โดยโปรแกรมภายในใช้สัญญาณ RD และ WR เพื่อการเขียนและอ่านข้อมูลกับข้อมูล ของหน่วยความจำภายนอก

ขา PSEN

ขา PSEN เป็นขารับสัญญาณสำหรับเปิดให้มีการอ่านหน่วยความจำภายนอก ถ้าสังเกตทุก ๆ รอบคำสั่งระหว่างการทำงานด้วยโปรแกรมในรอมหนึ่งอีพรอม จะเห็นว่าสัญญาณ PSEN ทำงานถึงสองครั้งเหมือสัญญาณ ALE เพราะว่ามีการอ่านข้อมูลจำนวน 2 ไบต์ ในแต่ละรอบคำสั่ง ขาPSENนี้ ไม่ทำงานเมื่อมีการเครื่องเก็บอยู่ในหน่วยความจำภายใน และถ้าหากหน่วยความจำภายนอก ไม่มีข้อมูลบรรจุอยู่ PSEN ก็จะไม่ทำงานด้วยเช่นกัน ส่วน 8052 AH BASIC ไม่ใช่สัญญาณ PSEN เลยเพราะใช้รอมภายในตัวซึ่งมีหน้าที่เป็นตัวแปลภาษาเบสิค

ขา EA

เป็นขาอินพุตที่ใช้ร่วมกับแอดเดรสภายนอก โดยจะมีค่าลอจิก "0" เมื่อโปรเซสเซอร์อ่านคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก (ปกติโปรเซสเซอร์จะอ่านหน่วยความจำภายในน้อยกว่าอ่านจากหน่วยความจำภายนอก) ขา EA ยังมีหน้าที่เป็นอินพุสำหรับป้อนแรงดัน 21 โวลต์ เพื่อโปรแกรมให้กับอีพรอม (สำหรับกรณีที่ใช้ 8751 หรือ 8752)

วงจรนับ / วงจรตั้งเวลา

จากตารางที่ 3.2 จะเห็นว่า 8052 มีวงจรนับและวงจรตั้งเวลาชนิด 16 บิตมากกว่า 8051 อยู่หนึ่งตัวต่อไปเราจะศึกษาการทำงานอย่างย่อ ๆ ของวงจรนับและวงจรตั้งเวลา

เมื่อทำงานเป็นวงจรตั้งเวลา รี จิสเตอร์ ที่ทำหน้าที่ตั้งเวลาจะเพิ่มค่าขึ้นหนึ่งของทุก ๆ รอบคำสั่งของเครื่องและจะนับด้วยอัตราสูงสุดที่ 1/12 ของความเร็วสัญญาณนาฬิกาของ โปรเซสเซอร์

เมื่อทำงานเป็นวงจรนับ รีจิสเตอร์วงจรนับจะเพิ่มขึ้นหนึ่งเมื่อมีสัญญาณป้อนให้อินพุต T0 T1 หรือ T2 (T2 มีเฉพาะ 8052) เป็นขอบสัญญาณขาลง อัตราการนับสูงสุดหรือ 1/24 ของความเร็วสัญญาณนาฬิกาของโปรเซสเซอร์

วงจรนับและวงจรตั้งเวลา 0 และ 1 มีวิธีโปรแกรมให้ทำงานได้ต่างกันถึง 4 แบบรวมทั้งการทำงานเป็น 8 บิตหรือ 16 บิต และการบรรจุค่าพรีเซตหนึ่งค่าได้เองอย่างอัตโนมัติ

วงจรนับและวงจรตั้งเวลาที่ 1 เลือกโปรแกรมให้ทำหน้าที่ เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ ของอัตราการส่งบิตออกไปอย่างอนุกรม สำหรับใช้ในการอินเตอร์เฟสได้

วงจรนับและวงจรตั้งเวลาที่ 2 (เฉพาะ 8052 เท่านั้น) มีการทำงานย่อย ๆ อีก 3 ชนิด

1. วงจรนับ 16 บิต ที่สามารถโหลดค่ากลับคืนเองอย่างอัตโนมัติ
2. วงจรนับที่จองไว้ ชนิด 16 บิต
3. วงจรกำเนิดสัญญาณของการส่งบิต เพื่อใช้อินเตอร์เฟส

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมดในตระกูล เอ็มซีเอส51 เป็นชิพท์ที่มีอินเตอร์เฟสอนุกรมชนิดสองทิศทางทำให้รับและส่งข้อมูลได้ในเวลาที่พร้อมกัน ตัวรับข้อมูลชนิดอะซิงโครนัส (asynchronous receiver) มีบัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเป็นพิเศษเพื่อเพิ่มความเร็วในการสื่อสาร พอร์ตชนิดอนุกรมนั้น เราสามารถเลือกโปรแกรม เพื่อเลือกใช้การทำงานแบบใดแบบหนึ่งใน 4 แบบ ด้วยการใช้โปรแกรมควบคุมอัตราการส่งข้อมูลและรูปแบบของข้อมูล

อัตราการส่งข้อมูลที่เลือกใช้ได้จะสูงถึง 19,100 บิต / วินาที ด้วยความเร็ว ของสัญญาณนาฬิกา 1 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับใช้ในระบบเครือข่าย (networks) และ ระบบการสื่อสาร ของโปรเซสเซอร์หลายตัวร่วมกัน โดยเราจะเลือกความเร็วของสัญญาณนาฬิกา ด้วยวงจรนับ และวงจรตั้งเวลา

อินเตอร์รัพต์และชุดคำสั่ง

8051 รับการอินเตอร์รัพได้ 5 แหล่งส่วน 8052 รับอินเตอร์รัพต์จากอุปกรณ์อื่นๆ ได้ถึง 6 แหล่ง คือ ขา INTO และ (INT1) (กำหนดให้ใช้ระดับพัลส์หรือขอบขาพัลส์ก็ได้) วงจรนับและวงจรตั้งเวลาที่ 0 และ 1 (สำหรับ 8052 เพิ่มวงจรตั้งเวลา / วงจนับตัวที่ 2)และสุดท้ายจากพอร์ตอนุกรม เราสามารถกำหนดลำดับความสำคัญของอินเตอร์รัพต์ได้ 2 ระดับ โดยไม่ต้องอาศัยวงจรภายนอกช่วย แต่ละแหล่งของอินเตอร์รัพต์ 5 หรือ 6 แหล่งนั้น จะกำหนดเป็นเวกเตอร์ เฉพาะ (ตัวชี้แอดเดรส)

ดังนั้นเมื่อมีอินเตอร์รัพต์เข้ามาแล้วตัวโปรเซสเซอร์ จะกระโดดไปที่ส่วนของโปรแกรมที่ทำงานตามวัตถุประสงค์ของอินเตอร์รัพต์นั้นหลังจากเก็บข้อมูลต่างๆ ของโปรแกรมเคาน์เตอร์ลงในสแต็ก ชุดคำสั่งทั้งหมดของตัวคอนโทลเลอร์ในตระกูลเอ็มซีเอส แสดงไว้ในตารางที่ 3.3