สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องแสดงผลการแข่งขันอเนกประสงค์

PORTABLE SCOREBOARD

โดย

นาย พิษณุ ลิ้มสัมฤทธิ์

นาย พุทธศักดิ์ ตันติสุทธิเวท

นาย ภูมิภัทร ขวัญสมบูรณ์

ปริญ.
วพ 964ค
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83005
วัน,เดือน,ปี 30 ก.ค. 2551

b 11957980
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เครื่องแสดงผลการแข่งขันอเนกประสงค์

PORTABLE SCOREBOARD

โดย

นาย พิษณุ ลิ้มสัมฤทธิ์ รหัส 47010526

นาย พุทธศักดิ์ ตันติสุทธิเวท รหัส 47010537

นาย ภูมิภัทร ขวัญสมบูรณ์ รหัส 47010576

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่องเครื่องแสดงผลการแข่งขันอเนกประสงค์ (PORTABLE SCOREBOARD)

ผู้จัดทำ

1. นาย พิษณุ ลิ้มสัมฤทธิ์ รหัส 47010526
2. นาย พุทธศักดิ์ ตันติสุทธิเวท รหัส 47010537
3. นาย ภูมิภัทร ขวัญสมบูรณ์ รหัส 47010576

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

เครื่องแสดงผลการแข่งขันอเนกประสงค์

นาย พิษณุ ลิ้มสัมฤทธิ์ รหัส 47010526
นาย พุทธศักดิ์ ตันติสุทธิเวท รหัส 47010537
นาย ภูมิภัทร ขวัญสมบูรณ์ รหัส 47010576
รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ อธิบายทฤษฎี หลักการออกแบบและการสร้างเครื่องแสดงผลการแข่งขันอเนกประสงค์ โดยเครื่องแสดงผลการแข่งขันอเนกประสงค์นี้จะประกอบด้วย ส่วนแสดงผลคะแนนที่สามารถบอกคะแนนได้สูงสุดคือ 99 คะแนน ส่วนแสดงเวลาการแข่งขันที่สามารถตั้งเวลาของการแข่งขันแล้วนับถอยหลังลงมาได้ในหน่วยนาทีและวินาที สุดท้ายคือส่วนแสดงเวลานับถอยหลัง 24 วินาที (สำหรับกีฬาบาสเกตบอล)

การควบคุมการทำงานทั้งหมดของป้ายบอกคะแนนจะใช้ MCS-51 ตัวเดียวเท่านั้น ส่วนการแสดงผลตัวเลขของป้ายบอกคะแนนจะแสดงผลด้วย LED 7-SEGMENTS ทั้งหมด 10 ตัว ในด้านการควบคุมการทำงานของป้ายบอกคะแนนอเนกประสงค์ได้ด้วยรีโมทที่ใช้สัญญาณวิทยุจาก RF Module TLP/RLP 434A ซึ่งสามารถใช้งานได้ในระยะทางประมาณ 10 เมตร ในส่วนของตัวป้ายบอกคะแนนจะมีขนาดที่ไม่ใหญ่มากนัก ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกด้วยคนเพียงคนเดียว

PORTABLE SCOREBOARD

Mr. Pitsanu Limsamrit ID.47010526

Mr. Puttasak Tantisuttivet ID.47010537

Mr. Phumpat Khwansomboon ID.47010576

Assoc. Prof. Jirawat Parnklang Advisor

Educational Year2550

Abstract

This project studies about the design and the way to create electronics scoreboard. Scoreboard accessory are composed of three path . First is scoreboard path, Second is time of play path that is split to 4 quarter (one quarter = 15 minutes) and last one is shot clock path which count down 24 seconds for the permission to shoot the ball.

This scoreboard is built for Basketball game, however it can adapt to use for other kind of sports by setting application of scoreboard. Scoreboard path can be controlled by remote control in range about 10 meters

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.จิรวัฒน์ ปานกลาง (อาจารย์ที่ปรึกษา) และอาจารย์เฉลิมพันธ์ หวังวิวัฒนา ที่ให้ความกรุณาเป็นที่ปรึกษาชี้แนะแนวทางเมื่อไม่เข้าใจ ช่วยแก้ปัญหา รวมถึงการยืม/ใช้อุปกรณ์ต่างๆ มาใช้จากห้องของอาจารย์

ขอขอบคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่ให้ความสนับสนุนทางด้านทุนทรัพย์ สำหรับการศึกษาออกแบบและสร้างโครงงานนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ภาคอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะโต้งและปลื้ม ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งด้านการเขียนโปรแกรมและด้านการแก้ไขวงจร

ขอขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆ ชุมนุมประชาสัมพันธ์ที่ให้ทั้งกำลังใจและความช่วยเหลือโดยเฉพาะณัฐวุฒิ ตั๋ง และอ๊อฟ ที่ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาในด้านการเขียนโปรแกรม

สุดท้ายขอขอบคุณสถาบันฯ และภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ให้ความรู้เพื่อนำมาประกอบการออกแบบและสร้างโครงงานป้ายบอกคะแนนการแข่งขันอเนกประสงค์นี้

ผู้จัดทำ

บทที่ 1
บทนำ

ป้ายบอกคะแนน (Scoreboard)

ป้ายบอกคะแนน (Scoreboard) เป็นอุปกรณ์ที่แสดงผลให้แก่ผู้ชมและผู้เล่น ผู้แข่งขันกีฬา เพื่อบอกผลคะแนนของการแข่งขันเป็นหลัก นอกจากนี้ยังใช้ในการปรับเปลี่ยนการวางแผนการเล่น เนื่องจากบนป้ายบอกคะแนนนั้น จะแสดงผลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแข่งขัน ตัวอย่างเช่น เวลาการแข่งขันที่เหลืออยู่, ฝ่ายใดกำลังมีคะแนนนำ และนำอยู่เท่าใด เป็นต้น

ป้ายบอกคะแนนอเนกประสงค์นี้จะประกอบด้วยส่วนหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนบอกคะแนน ที่สามารถบอกคะแนนได้สูงสุดคือ 99 คะแนน ส่วนแสดงเวลาการแข่งขันที่สามารถตั้งเวลาของการแข่งขันแล้วนับถอยหลังลงมาได้ ซึ่งสามารถตั้งเวลาได้ในหน่วยนาที และส่วนสุดท้ายคือส่วนแสดงเวลานับถอยหลัง 24 วินาที (ใช้สำหรับกีฬาบาสเกตบอลโดยเฉพาะ)

การควบคุมการทำงานทั้งหมดของป้ายบอกคะแนน จะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 เพียงตัวเดียวเท่านั้น ส่วนการแสดงผลตัวเลขของป้ายบอกคะแนนจะแสดงผลด้วยหลอดแสดงผล 7 ส่วน (LED 7-Segment) ชนิดแคโทดร่วม (Common Cathode) ขนาดความสูง 1.8 นิ้ว ทั้งหมดจำนวน 10 ตัว ในส่วนของตัวป้ายบอกคะแนนจะมีขนาดที่ไม่ใหญ่มากนัก ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกด้วยคนเพียงคนเดียว นอกจากนี้ยังเป็นการควบคุมแบบไร้สาย โดยจะควบคุมการทำงานของเครื่องแสดงผลการแข่งขันได้โดยรีโมทควบคุม ที่ใช้ช่วงความถี่ 434 เมกกะเฮิร์ต ที่ได้จากโมดูลชนิด TLP/RLP 434A

วัตถุประสงค์

เบื้องต้นเพื่อเรียนรู้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด MCS-51 และนำมาใช้ในการควบคุมการทำงานทั้งหมดของป้ายบอกคะแนนอเนกประสงค์ รวมไปถึงการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานด้วยภาษาซี และการสื่อสารไร้สายด้วยความถี่คลื่นวิทยุจากโมดูลสำเร็จรูป

โดยวัตถุประสงค์หลักคือ สามารถนำความรู้ที่ทั้งหมดไปใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องแสดงผลการแข่งขันกีฬาอเนกประสงค์ เพื่อนำไปใช้งานได้จริงในการแข่งขันกีฬาได้ โดยเฉพาะประเภทกีฬาบาสเกตบอลและสุดท้ายสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้งานในชนิดของกีฬาที่หลากหลายมากขึ้นได้ รวมทั้งสามารถควบคุมเวลาให้มีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุดได้

ขอบเขตของโครงงาน

เบื้องต้นในการออกแบบและสร้างป้ายบอกคะแนนนั้น จะกำหนดขอบเขตเบื้องต้นให้ใช้งานหลักได้สำหรับกีฬาบาสเกตบอลเท่านั้น โดยช่วงเวลาของการแข่งขันนั้นจะเป็นการตั้งเวลาในหน่วยของนาที ตั้งแต่ 60 นาทีลงมาจนถึง 1 นาที ซึ่งการนับเวลาการแข่งขันนั้นจะเป็นการนับถอยหลังลงมาจนหมดเวลาที่ 0 ในส่วนของคะแนน จะแสดงผลได้สูงสุด คือ 99 คะแนน และส่วนสุดท้ายคือส่วนที่ใช้นับเวลาถอยหลัง 24 วินาที ซึ่งจะมีเฉพาะในการแข่งขันกีฬาบาสเกตบอลเท่านั้น โดยที่เงื่อนไขเหล่านี้จะถูกเขียนด้วยคำสั่งภาษาซีที่นำไปควบคุมไมโครคอนโทรเลอร์อีกทีหนึ่ง ในส่วนของการแสดงผลมานั้นจะแสดงผลด้วยหลอดแสดงผล 7 ส่วน ชนิดแคโทดร่วมที่มีขนาด 1.8 นิ้ว สีแดง ทั้งหมดจำนวน 10 หลัก

ในการพัฒนาโครงงานต่อในอนาคตจะสามารถประยุกต์ใช้งานได้โดยไม่ยาก เพียงแค่การปรับเปลี่ยนได้ที่โปรแกรมคำสั่งที่ใช้เขียนควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ โดยปรับเงื่อนไขของโปรแกรมคำสั่งให้เข้ากับกีฬาชนิดต่างๆ ที่ต้องการใช้ป้ายบอกคะแนน ก็จะทำให้ป้ายบอกคะแนน นั้นสามารถใช้ได้กับชนิดกีฬาต่างๆ ได้ตามต้องการ

นอกจากนี้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้กับป้ายบอกคะแนน สามารถทำได้โดยการเพิ่มไอซีฐานเวลาจริง (Real Time Clock) เข้าไปในวงจรได้ เพื่อให้เวลาที่ใช้ในการแสดงผลที่มีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มเติมให้ป้ายบอกคะแนนเป็นนาฬิกาดิจิตอลได้อีกด้วย

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรเลอร์ 8051 ได้มีการผลิตเป็นครั้งแรกโดยบริษัทอินเทล (Intel) และใช้ชื่อว่า MCS-51 ซึ่งปรากฏว่านิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล 16 บิต ต่อมาได้มีหลายบริษัทที่รับลิขสิทธิ์จากบริษัทอินเทลให้มีการนำ MCS-51 ไปผลิตเพื่อจำหน่าย ทำให้เกิด 8051 ไมโครคอนโทรเลอร์ชิปหลายซีรีย์จำนวนมากขึ้นมา ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมของลักษณะงาน

2.1.1 พอร์ตอินพุตและเอาท์พุต

คำว่า พอร์ต มีความหมายถึงแอดเดรสหนึ่งที่ได้รับการกำหนดไว้เพื่อการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของข้อมูล เมื่อพิจารณาจากไมโครคอนโทรเลอร์เป็นหลัก ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลจากวงจรภายนอกจึงเรียกว่า การอินพุต และในกรณีตรงกันข้าม การส่งออกข้อมูลนั้นก็จะเรียกว่า การเอาท์พุต

เมื่อพิจารณาถึงวิธีการส่งข้อมูลภายในพอร์ตจะสามารถแยกประเภทของพอร์ตออกได้เป็นสองลักษณะ คือ พอร์ตแบบขนาน (Parallel port) ซึ่งทำการส่งจำนวนบิตข้อมูลทั้งหมดออกมาหรือนำเข้าไปพร้อมกันในคราวเดียว และพอร์ตแบบอนุกรม (Serial port) ซึ่งทำการโอนย้ายข้อมูลคราวละบิตๆ จนครบจำนวน แต่สำหรับในบทนี้จะกล่าว ถึงเฉพาะในส่วนของพอร์ตแบบขนานเท่านั้น

2.1.2 พอร์ตแบบขนานของ 8051

8051 มีโครงสร้างของพอร์ตที่สามารถใช้งานแบบขนานได้จำนวนทั้งหมดสี่พอร์ต เรียกชื่อเรียงตามลำดับว่าพอร์ต 0, 1, 2 และ 3 และเป็นพอร์ตขนาด 8 บิตทั้งหมด การใช้งานพอร์ตสามารถทำได้ทั้งในลักษณะของเส้นสัญญาณเดี่ยวๆ หรือกลุ่มของสัญญาณก็ได้ นอกจากนี้พอร์ต 0, 2 และ 3 ยังสามารถนำไปใช้งานอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป็นพอร์ต อินพุต/เอาท์พุต ได้โดยพอร์ต 0 จะทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์ ระหว่างบัสแอดเดรสไบต์ต่ำและบัสข้อมูลสำหรับการติดต่อ กับวงจรประกอบร่วมข้อมูลบัสแอดเดรสไบต์สูงซึ่งจะส่งออกมาทางพอร์ต 2

สำหรับพอร์ต 3 นั้น นอกเหนือไปจาก ความสามารถเช่นพอร์ตปกติแล้วสามารถนำไปเป็นขาสัญญาณของการอินเทอร์รัพ (Interrupt) ต่างๆ ซึ่งรวมทั้งการสร้างสัญญาณควบคุมขา RD\ และขา WR\ เพื่อทำหน้าที่อ่านหรือเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้

2.1.3 โครงสร้างการทำงานของพอร์ต 8051

จากลักษณะโครงสร้างของแต่ละบิตภายในพอร์ตทั้งหมดของ 8051 นั้นจะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกันตามลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า Quasi-bidirectional port ยกเว้นพอร์ต 0 ซึ่งเพียงจะไม่มีตัวต้านทานทำหน้าที่พูลอัพ (Pull-up) สัญญาณไว้ภายในเท่านั้น วงจรประกอบอื่นภายในยังมีฟลิปฟลอบแบบ D ซึ่งมีผลทำให้ พอร์ตสามารถแลตช์หรือค้างสภาวะของสัญญาณได้ นอกจากนี้ในส่วนเอาต์พุตของฟลิปฟลอบเฉพาะของพอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะมีโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายกับสวิตช์เพิ่มเติมขึ้น เพื่อควบคุมให้เอาต์พุตนี้ต่อเข้ากับส่วนของทรานซิสเตอร์ในระหว่างที่ไม่ได้มีการทำงานในลักษณะของบัสแอดเดรสหรือบัสข้อมูลด้วย สำหรับบัฟเฟอร์จำนวนสองตัวของทุกบิตในพอร์ตนั้นมีการทำงานแยกกันโดยอิสระโดยตัวที่อยู่ทางด้านบนจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ก็ต่อเมื่อมีการอ่านค่าข้อมูลที่ค้างไว้ส่วนอีกตัวหนึ่งซึ่งอยู่ทางด้านล่างจะถูกใช้งานเฉพาะเมื่อมีการอ่านสถานะของขาสัญญาณเท่านั้น

2.1.4 การใช้งานการพอร์ตเป็นอินพุต

การใช้งานพอร์ตเป็นการอินพุตข้อมูลจะต้องเริ่มด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิตของพอร์ต นั้นก่อนเป็นลำดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ในการขับสัญญาณเอาท์พุตของบิตนั้น ทำให้ขาสัญญาณของบิตจะถูกต่อเข้ากับตัวต้านทานซึ่งทำหน้าที่พูลอัพอยู่ภายในซึ่งมีผลให้บิตนั้นๆ ของพอร์ต 1, 2 และ 3 เป็นสภาวะของลอจิกสูง ตัวต้านทานนี้มีค่าประมาณ 50 K โอห์ม ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญญาณของพอร์ตเหล่านี้เป็นลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิตของพอร์ต 0 นั้น แม้ว่าจะมีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกันกับบิตของพอร์ตอื่นๆ แต่เนื่องจากการที่ไม่มีตัวต้านทานทำหน้าที่พูลอัพภายในไว้ ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ ขับสัญญาณเอาต์พุตนั้นหยุดการทำงาน ก็จะเป็นผลให้ขาสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทน

2.1.5 การใช้งานพอร์ตเป็นการเอาท์พุต

เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 ให้กับแต่ละบิตของพอร์ตทุกพอร์ต ข้อมูลนี้จะถูกส่งไปให้กับฟลิปฟลอบซึ่งจะค้างค่านี้ไว้ และมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุตนั้นเริ่มทำงาน ดังนั้นขาสัญญาณก็จะมีสภาวะลอจิกเป็นลอจิกต่ำ ส่วนการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมานั้น ในกรณีที่เป็นการทำงานในแต่ละบิตของพอร์ต 1, 2 หรือ 3 จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุตนั้นหยุดการทำงาน มีผลทำให้ขาของสัญญาณเป็นลอจิกสูงเนื่องจากตัวต้านทานที่พูลอัพอยู่ภายในนั้น แต่สำหรับการทำงานในแต่ละบิตทางพอร์ต 0 นั้นจะมีผลที่แตกต่างออกไป โดยขาสัญญาณจะเป็นสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทน เนื่องจากไม่มีตัวต้านทานภายในเชื่อมต่อ

อยู่นั่นเอง ดังนั้นในการใช้งานพอร์ต 0 เป็นการเอาท์พุตข้อมูล จึงจำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานภายนอกพูลอัพสัญญาณไว้กับลอจิกสูงแทน

ความสามารถอีกประการหนึ่งเกี่ยวกับพอร์ตอินพุต/เอาท์พุตของ 8051 เป็นวิธีการอ่านลอจิกจากพอร์ตซึ่งมีสองวิธีคือ การอ่านค่าลอจิกที่ขาสัญญาณ (Port pin) และวิธีการอ่านลอจิกของการแลตช์ที่พอร์ต (Port latch) วิธีการอ่านค่าจากพอร์ตทั้งสองแบบนี้ จะช่วยให้ระบบนั้นทำงานได้ด้วยความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น หากพอร์ตถูกนำไปต่อกับขาเบสของทรานซิสเตอร์แบบ NPN และขาอิมิตเตอร์ต่อกับกราวด์ของระบบ เมื่อมีการส่งค่า 1 ออกไปจะมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ในขณะนั้นถ้าซีพียูมีการอ่านค่าลอจิกจากขา สัญญาณของพอร์ตนี้ก็จะได้ค่าสัญญาณเป็นลอจิกต่ำเนื่องจากมองเห็นค่าศักย์ไฟฟ้าระหว่างขาเบสและขาอิมิตเตอร์ซึ่งมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์แทนดังนั้นในกรณีเช่นนี้หากว่าเป็นการอ่านค่าจากลอจิกของการค้างค่าไว้ ก็จะได้รับค่าระดับลอจิกสูงซึ่งเป็นค่าที่ถูกต้องสภาพที่เป็นจริง

2.1.6 การอินเทอร์รัพใน 8051 (Interrupt)

ประเภทของการอินเทอร์รัพ

- การอินเทอร์รัพภายนอก (External interrupt) การตรวจสอบสัญญาณที่มาอินเทอร์รัพนี้จะสามารถกำหนดให้มีการตรวจสอบในลักษณะที่อยู่ในช่วงที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ (Level-sensitive) ไปแล้ว หรือในช่วงเวลาขณะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากลอจิกสูงไปต่ำ (Edge-sensitive)

- การอินเทอร์รัพภายใน (Internal interrupt) แหล่งกำเนิดสัญญาณนี้จะเป็นวงจรที่อยู่ภายในไมโครคอนโทรเลอร์เอง เช่น วงจรนับ/จับเวลา วงจรเชื่อต่อสัญญาณอนุกรม เป็นต้น

โครงสร้างการอินเทอร์รัพ เกิดได้ 5 ลักษณะ คือ

- INT0 สัญญาณอินเทอร์รัพจากภายนอก ทางขาสัญญาณ P3.2 โดย 8051 จะทำการสุ่มตัวอย่าง สัญญาณเมื่อสิ้นสุดทุกแมชชีนไซเคิล (Machine Cycle)

- INT1 สัญญาณอินเทอร์รัพจากภายนอกทางขาสัญญาณ P3.3 โดย 8051 จะทำการสุ่มตัวอย่าง สัญญาณเมื่อสิ้นสุดทุกแมชชีนไซเคิล

- Timer0 สัญญาณการเกิด Overflow ของไทม์เมอร์ 0

- Timer1 สัญญาณการเกิด Overflow ของไทม์เมอร์ 1

- Serial Port การเกิดอินเทอร์รัพที่เกิดขึ้นจากการรับ/ส่งข้อมูลอนุกรม ทำให้มีผลต่อแฟลกอินเทอร์รัพ RI และ TI ตามลำดับ

การกำหนดให้ 8051 สามารถตอบรับการอินเทอร์รัพในแต่ละประเภทนั้น สามารถทำได้โดยกำหนดบิตของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมักอยู่ภายในรีจิสเตอร์ (register) TCON และ SCON หากได้ว่ามีการกำหนด ค่าของบิต ซึ่งอยู่ภายในรีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register) ด้วยแล้ว ก็จะสามารถตอบรับการอินเทอร์รัพ ของสัญญาณนั้นๆ ได้ นอกจากนี้สัญญาณ interrupt แต่ละประเภทยังสามารถกำหนดระดับความสำคัญ (priority) ของการอินเทอร์รัพ ได้ 2 ลักษณะ คือ High และ Low priority กล่าวคือ ขณะที่ประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมย่อย บริเวณอินเทอร์รัพของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ ก็สามารถถูกอินเทอร์รัพ ที่มีความสำคัญสูงกว่าได้ แต่หากว่าเป็นสัญญาณอินเทอร์รัพที่มีระดับความสำคัญเดียวกันหรือต่ำกว่าแล้วก็จะต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ดำเนินอยู่ก่อน

2.1.7 การควบคุมอินเทอร์รัพ

ตามโครงสร้างที่ด้านการจัดการอินเทอร์รัพของ 8051 สามารถกำหนดเรียกเพื่อยินยอมหรือไม่ยินยอม (Enable/Disable) ให้มีการอินเทอร์รัพแต่ละสัญญาณได้ โดยใช้วิธีการกำหนดค่าของบิต ภายในของรีจิสเตอร์ IE

2.1.8 วงจรนับ/จับเวลา

8051 ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว คือ T0 (Timer0) และ T1 (Timer1) ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้อย่างอิสระ โดยสามารถควบคุมให้ทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา(Timer) เพื่อนับจำนวนพัลส์ (pulse) ของสัญญาณนาฬิกาภายใน หรือควบคุมให้ทำหน้าที่เป็นตัวนับ(Counter) เพื่อนับจำนวนพัลส์ของระบบได้ ภายในรีจิสเตอร์แต่ละตัวยังสามารถแยกออกได้เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต คือ TH0, TL0, TH1 และ TL1 โดยการทำงานของรีจิสเตอร์ ทั้ง 2 ตัวนี้มีผลมาจากการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายใน TMOD (Timer mode control register) และ TCON (Timer/Counter control register)

บิตต่างๆภายในรีจิสเตอร์ TMOD

บิตต่างๆภายในรีจิสเตอร์ TCON

2.1.9 การอินเทอร์รัพวงจรนับตรวจ/จับเวลา

จากกระบวนการทำงานของวงจรนับ/จับเวลาของ 8051 จำเป็นต้องกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับรีจิสเตอร์ T0 หรือ T1 ค่านี้เป็นค่าของจำนวนพัลส์ภายในที่จะต้องนับหรือค่าของจำนวนพัลส์ภายนอก ที่เข้ามาทางขาสัญญาณสัญญาณ T0 หรือ T1 ค่าตัวเลขภายในรีจิสเตอร์นี้จะต้องลดให้มีค่าที่น้อยกว่า ค่าที่ต้องการอยู่หนึ่งค่า ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานของรีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าจากที่กำหนดไปเรื่อยๆ จนถึง ค่าสูงสุดของรีจิสเตอร์ และกลับไปเป็นค่า 0 เมื่อมีการเกิดโอเวอร์โฟลว์เกิดขึ้น ทำให้เกิดการกำหนดค่าแฟลก เพื่อแจ้งให้ซีพียูได้รับทราบ ดังนั้นโปรแกรมทั่วไปจึงมักใช้สภาวะของ

แฟลกนี้(TF0 และ TF1) ซึ่งเป็นบิตที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการนั้นได้เสร็จสิ้นลงแล้ว หรือใช้เพื่อทำการอินเทอร์รัพโปรแกรมต่อไป

ส่วนควบคุมการทำงานของวงจรนับ/จับเวลา ซึ่งประกอบด้วยส่วนของการกำหนดที่มาของสัญญาณตัวจับเวลา/ตัวนับ และบิต หรือขาสัญญาณสำหรับการหยุดหรือทำงานของวงจรนับ

2.1.10 การทำงานเป็นตัวจับเวลา

-การจับเวลาใน mode0 : การทำงานใน mode 0 วงจรนับจับเวลาจะทำหน้าที่เป็นตัวนับขนาด 13 บิต (โดยใช้รีจิสเตอร์ TH0 หรือ TH1 เป็นตัวนับขนาด 8 บิต และรีจิสเตอร์ TL0 หรือ TL1 มีขนาด 5 บิต)

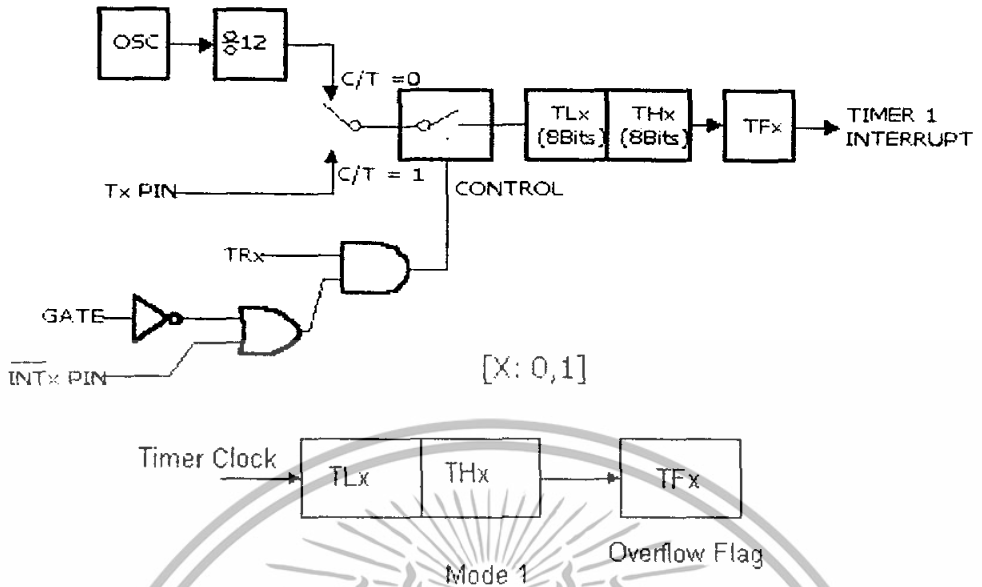
-การจับเวลาใน mode1 : การทำงานใน mode 1 มีความคล้ายคลึงใน mode 0 มาก แต่จะแตกต่างกันที่ mode 1 เป็นตัวนับขนาด 16 บิตเต็ม

-การจับเวลาใน mode2 : การทำงานใน mode 2 ของวงจรนับ/จับเวลาแตกต่างกันออกไป เพียงใช้ รีจิสเตอร์ TL0(TL1) เป็น ตัวนับขนาด 8 bit ส่วนรีจิสเตอร์ TH0(TH1) เก็บค่าเริ่มต้นของการนับไว้

-การจับเวลาใน mode3 : การทำงานใน mode 3 จะสามารถใช้ได้เฉพาะกับ Timer0 เท่านั้น หากว่านำไปกำหนดให้กับ Timer1 จะทำให้หยุดการทำงานไป เมื่อ Timer 0 ได้รับการกำหนดขึ้นทำงานใน mode 3 จะมีผลทำให้รีจิสเตอร์ของมันแยกการทำงานเป็นอิสระ โดยรีจิสเตอร์ TL0 จะถูกควบคุมจากบิตภายในรีจิสเตอร์ TCON และ ขาสัญญาณ INT0 ดังแสดงในรูป และเมื่อมีการโอเวอร์โฟลว์เกิดขึ้น จากค่า 0FFH เป็น 00H ก็จะมีผลให้แฟลก TF0 มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น สำหรับรีจิสเตอร์ TH0 จะถูกกำหนดให้ทำงานในแบบ ของตัวจับเวลาภายใต้การควบคุมของบิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON เท่านั้น และหากเกิดโอเวอร์โฟลว์จะมีผลเฉพาะต่อแฟลก TF1 ในส่วน Timer 1 ขณะเมื่อ Timer 0 ถูกกำหนดให้ทำงาน mode3 ก็ยังจะสามารถทำงานใน mode อื่นๆ ที่ไม่ใช้ mode 3 ได้ เช่นเดิม ยกเว้นจะไม่มีการอินเทอร์รัพเกิดขึ้นเท่านั้น (เนื่องจากแฟลก TF1 ถูก ใช้โดย Timer 0 ไปแล้ว)

2.1.11 การสัญญาณทำงานเป็นตัวนับ

การใช้งานในลักษณะตัวนับ โดยหลักแล้วจะเหมือนกับลักษณะการทำงานเป็นตัวจับเวลา (Timer) ดังได้กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา ข้อแตกต่างประการเดียวคือ แทนที่จะนับพัลส์ของสัญญาณภายในและผ่านวงจรหารด้วย 12 มาเป็นการนับพัลส์สัญญาณทางขาสัญญาณ T0 (P3.4) ให้ กับตัว Timer0 หรือขาสัญญาณ T1 (P3.5) ให้กับตัว Timer1 เท่านั้น นอกจากนี้ก่อนการเริ่มต้นใช้งานนั้นจะต้องกำหนดค่าของบิต C/T ภายในรีจิสเตอร์ TCON ให้มีค่าเป็น 1 เสียก่อน



รูปที่ 2.1 การทำงานของ Timer/Counter ในโหมด 1 (16บิต)

2.1.12 วงจรนับ/จับเวลา 2 (Timer2)

โหมดการทำงานของ Timer2 ประกอบด้วย

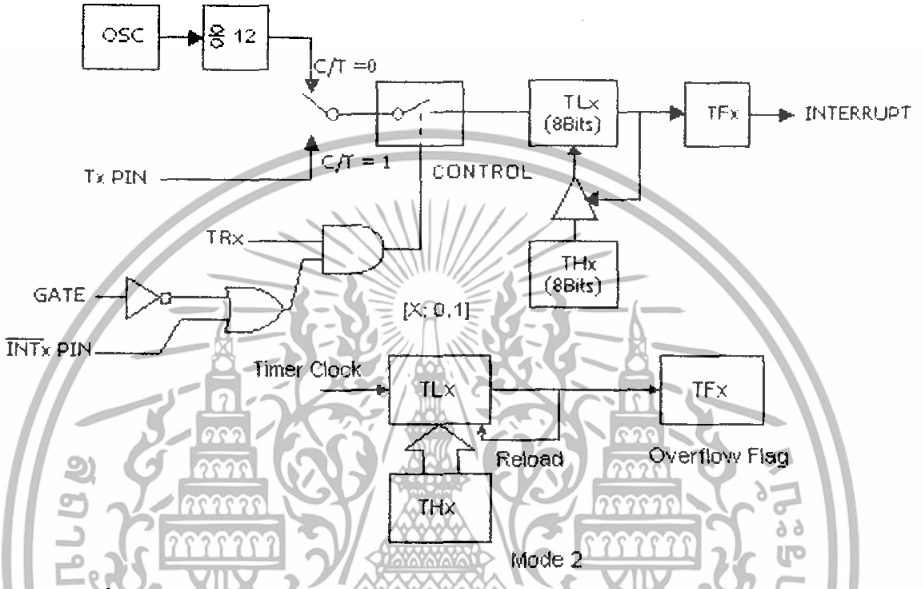
-Capture mode: สามารถเลือกใช้งานได้ 2 ลักษณะ ด้วยการกำหนดให้กับบิต EXEN2 ของรีจิสเตอร์ T2CON ดังนี้

- เมื่อกำหนดบิต EXEN2 เป็น 0 Timer 2 ยังทำงานเป็นวงจรนับ/ตรวจจับเวลา เมื่อใดก็ตามที่มีการโอเวอร์โฟลว์ขึ้น บิตในรีจิสเตอร์ TF2 จะถูกตั้งค่า และสามารถนำไปสร้างการอินเทอร์รัพขึ้นได้
- เมื่อกำหนดค่าบิต EXEN2 เป็น 1 การทำงานจะครอบคลุมการทำงานลักษณะข้างต้น แต่จะเพิ่มเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับ สัญญาณทางขาสัญญาณ T2EX จาก logic สูง ไปเป็น logic ต่ำ จะมีผลทำให้ค่าข้อมูลภายในรีจิสเตอร์ของ Timer2 คือ TL2 และ TH2 ถูกนำไปใส่ให้กับรีจิสเตอร์ RCAP2L และ RCAP2H ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8052 เท่านั้น นอกจากนี้จะมีผลทำให้บิต EXF2 ภายในรีจิสเตอร์ T2CON มีค่าเป็น 1 สามารถนำไปใช้งานในการอินเทอร์รัพได้เช่นกัน

-Auto-reload mode: สามารถทำงานได้ 2 ลักษณะเช่นเดียวกัน

-Baud rate Generator: ของ Timer 2 จะมีความแตกต่างจาก Timer 0 และ Timer 1 โดยวงจรฝั่งรับและการส่ง สามารถเป็นค่าที่ต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าให้กับบิต TCLK และ RCLK ของ Timer 2 ดังแสดงให้เห็นจากภาพการทำงาน

การทำงานของโหมดนี้คล้ายคลึงกับการทำงานใน Auto-reload mode กล่าวคือค่าในรีจิสเตอร์ TH2 เปลี่ยนแปลงจากค่า0FFH ไปเป็นค่า 0 หรือที่เรียกว่าโอเวอร์โฟลว์ จะมีผลให้มีการโหลดข้อมูลขนาด 16 บิต จากรีจิสเตอร์ RCAP2H และ RCAP2L ซึ่งมีการเตรียมค่าล่วงหน้าแล้วโดยอัตโนมัติการจับเวลาในคีย์บอร์ด



รูปที่ 2.2 การทำงานของ Timer/Counter ในโหมด 2 (8 บิต Auto-Relaod)

โปรแกรมที่ดีจะต้องจำกัดข้อบกพร่องอันเกิดจากพฤติกรรมของมนุษย์อันได้แก่การกดซ้ำและความสงสัยต่อการทำงานของเครื่อง โดยอาจจะบอกให้ผู้ใช้รู้ถึงการกดคีย์และการตอบรับการกดคีย์ อาจจะแสดงในรูปของแสงไฟ หรือเสียง และอื่นๆ ตามกรณีของการใช้งานองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้งานกับคีย์บอร์ด องค์ประกอบอันเกิดจากมนุษย์ ในการประยุกต์ใช้งานคีย์บอร์ด จะต้องป้องกันและกำจัดเหตุการณ์ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ ดังนี้

- การกดมากกว่าหนึ่งคีย์
- ปุ่มถูกกดและค้างไว้
- การกดปล่อยคีย์อย่างรวดเร็ว องค์ประกอบอันเกิดจากสวิตช์คีย์ คีย์โดยทั่วไปหน้าสัมผัสจะมีการสั่นทั้งขณะเปิดและขณะปิดซึ่งมีเวลาเป็นมิลลิวินาที เมื่อมีการกดปล่อย อย่างรวดเร็ว พัลส์ที่เกิดขึ้นจะต้องตรวจสอบได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ คีย์อาจทำงานเพียงสัมผัส หรือสร้าง สัญญาณการกดคีย์ด้วย R-S ฟลิบฟลอบ หรือซอฟต์แวร์ โปรแกรมสำหรับคีย์บอร์ด โปรแกรมที่ดีจะต้องทำให้การทำงานของมนุษย์ผ่านทางคีย์บอร์ด โดยทำตามนี้

(ก) การกดปล่อยคีย์เวลาที่ใช้หน่วงจะมีระยะเวลานานกว่าข้อรายละเอียดจากโรงงานที่ผลิตเพื่อรอคาบการกดปล่อยทั้งสองทิศทาง

(ข) สำหรับคีย์หลายๆตัว คีย์ที่ได้รับการกดก่อนเท่านั้นจะได้รับการอ่านค่าคีย์

(ค) การค้างของคีย์ คีย์ที่กดก่อนจะได้รับการอ่านค่าหลังจบเวลาการกดคีย์จะไม่มีคีย์ใดได้รับการอ่านค่า จนกว่าจะพบว่าคีย์ทั้งหมดกลับสู่สถานะเดิม

(ง) การกดปล่อยคีย์อย่างรวดเร็ว ในการออกแบบคีย์จะได้รับการกวาดด้วยอัตราที่สูกว่าปฏิกิริยาการกระทำของมนุษย์

ลักษณะของโปรแกรมที่สำหรับอ่านค่าคีย์มีอยู่สองลักษณะ คือ

(ก) การหน่วงเวลาโดยใช้โปรแกรมลูปเพื่อรอรับค่าคีย์ (Software polled)

(ข) การอ่านจะมีขึ้นก็ต่อเมื่อมีการกดคีย์เท่านั้น (Interrupt driven) โดยทั่วไปคีย์บอร์ดที่มีขนาดเล็ก (ใช้คีย์ชนิดอิสระ หรือคีย์แบบรหัส) สามารถใช้ได้ทั้งสองวิธี ขั้วคอมมอนอาจต่อกับกราวด์ รูปแบบการอ่านที่เป็นคาบ ซึ่งตรวจสอบค่า "0" ที่เรากดในแต่ละคีย์ หารนำสัญญาณจาก คีย์ต่างๆ มาทำการ "AND"

2.1.13 <u>จอแสดงผล</u>

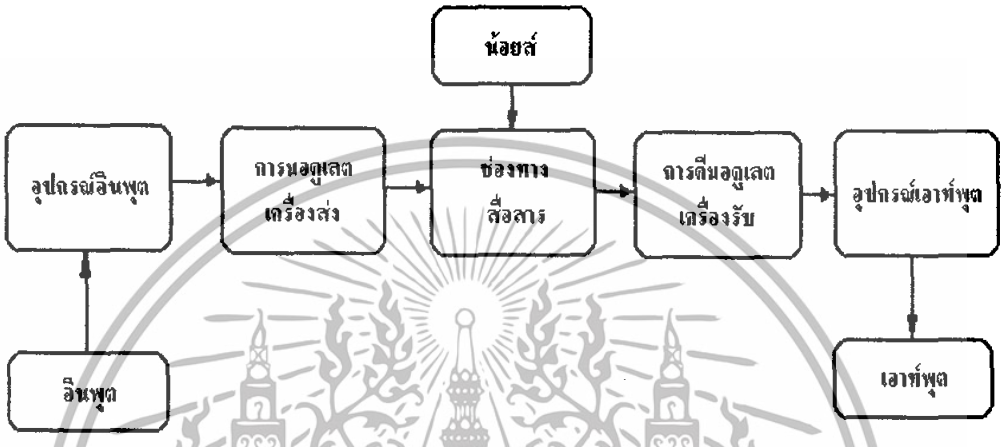
เป็นการประยุกต์ใช้งานเพื่อแสดงเอาท์พุทของมนุษย์ Display สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. Single light (S)
2. Single character (S)
3. Intelligent alphanumeric Single light display

เป็นหลอดไฟแบบใสและ LED ซึ่งแสดงค่าทางไบนารี่ ซึ่งจะติดหรือดับจาก โปรแกรม ตัวอย่างการใช้งานเช่น ตัวแสดงหลอดแสดงผล 7 ส่วน ไฟแสดงผลหน้าปัดรถยนต์ ฯลฯ จอแสดงผลหลอดแสดงผล 7 ส่วนจะประกอบด้วย LED ต่อกันเป็นรูปคล้ายกับตัวเลข 8 โดยจะมีขาคอมมอนหรือขาร่วม 1 ขา (มีทั้งคอมมอนแคโทดและคอมมอนแอโนด) และขาของ LED แต่ละตัว เราต้องใช้วิธีการสแกนด้วยความถี่สูงจนการมองเห็นของตานั้นมนุษย์ไม่สามารถจับการกระพริบ อัตราการสแกนในแต่ละครั้งจะหน่วงเวลาไว้ 10 ms หรือมากกว่า และค่าจะถูกหารด้วยจำนวนหลักของการแสดงผลที่ใช้ เพื่อนำไปหาช่วงเวลาที่ใช้ทำให้หลอดสว่างของแต่ละอัน

2.2 ระบบสื่อสาร

ในระบบสื่อสารไม่ว่าระบบใดก็ตามแผนผังพื้นฐานมักเป็นเหมือนรูปที่ 2.3 ซึ่งระบบสื่อสารบนพื้นฐานประกอบด้วยอุปกรณ์อินพุต เครื่องส่ง และ ช่องทางสื่อสาร ซึ่งมักมีสัญญาณรบกวนเข้ามารบกวนเครื่องรับและอุปกรณ์เอาท์พุต (Output device)



รูปที่ 2.3 แสดงระบบสื่อสารพื้นฐาน

2.2.1 อุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุต

ความจริงอุปกรณ์อินพุตก็คือ อุปกรณ์ที่แปลงข่าวสารเป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่วนอุปกรณ์เอาท์พุตก็คือ อุปกรณ์ที่แปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับมาเป็นข่าวสารนั่นเอง มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปแล้วแต่การใช้งานเช่น ในระบบวิทยุกระจายเสียง อุปกรณ์อินพุทอาจเป็นไมโครโฟน และอุปกรณ์เอาท์พุทจะเป็นลำโพง สำหรับไมโครโฟนจะทำหน้าที่แปลงคลื่นเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และส่วนลำโพงทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับเป็นคลื่นเสียง

2.2.2 เครื่องส่ง

เครื่องส่งทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์อินพุต แล้วทำการมอดูเลตกับคลื่นพาห์ความถี่สูง เครื่องส่งประกอบด้วยแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่สูง (Oscillator) กับมอดูเลต เครื่องส่งส่วนใหญ่มักมีภาคขยายอีกเพื่อให้สัญญาณที่ส่งออกมีกำลังแรง ทำให้สื่อสารได้ไกลขึ้น

2.2.3 ช่องทางสื่อสาร

ช่องทางสื่อสารในที่นี้ ได้แก่ บรรยากาศอวกาศว่าง (free space) หรือสาย ฯลฯ แต่ในที่นี้เราจะกล่าวถึงเฉพาะระบบวิทยุเท่านั้น ช่องทางสื่อสารของระบบวิทยุอาศัยการแผ่คลื่นวิทยุออกไปโดยผ่านบรรยากาศที่เป็นตัวกลาง (Medium) ซึ่งคลื่นเดินทางจากเครื่องส่งผ่านไปยังเครื่องรับ

2.2.4 ความถี่และความยาวคลื่น

เรานิยมแบ่งคลื่นวิทยุออกเป็นย่านความถี่ต่างๆ โดยมีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hertz) ในประวัติศาสตร์การวิทยุ เราแบ่งคลื่นวิทยุตามความยาวคลื่น (Wave length) ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับความถี่เป็นดังนี้

$$v = \lambda f$$

เมื่อ v คือ ความเร็วของคลื่นวิทยุในอากาศ เท่ากับความเร็วแสง $3x10^8$ เมตร/วินาที

λ คือ ความยาวคลื่น มีหน่วยเป็นเมตร

f คือ ความถี่ มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์

ย่านความถี่	ความถี่	ความยาวคลื่น
Very Low Frequency (VLF)	ต่ำกว่า 30 kHz	ยาวกว่า 10 km
Low Frequency (LF)	30 – 300 kHz	10 – 1 km
Medium Frequency (MF)	300 – 3000 kHz	1000 – 100 m
High Frequency (HF)	3 – 30 MHz	100 – 10 m
Very High Frequency (VHF)	30 – 300 MHz	10 – 1 m
Ultra High Frequency (UHF)	300 – 3000 MHz	100 – 10 cm
Super High Frequency (SHF)	3 – 30 GHz	10 – 1 cm
Extremely High Frequency (EHF)	30 – 300GHz	10 – 1 mm

ตารางที่ 1.1 แสดงย่านความถี่ ความถี่ และความยาวคลื่น

2.2.5 สัญญาณรบกวน

เป็นสัญญาณที่เข้ามาแทรกแซงหรือรบกวน โดยสัญญาณรบกวนที่รับมาได้แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

- สัญญาณรบกวนทางบรรยากาศ (Atmospheric noise) เกิดขึ้นจากความแปรปรวนของบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก เช่น ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ก่อให้เกิดคลื่นวิทยุแผ่ออกไปรอบโลก ซึ่งสัญญาณรบกวนที่เกิดจากบรรยากาศเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาแม้จะไม่มีพายุฝนฟ้าคะนองก็ตาม

-สัญญาณรบกวนจากอวกาศ (Space noise) เกิดจากดวงอาทิตย์และดวงดาวนับล้านๆดวงในจักรวาล ดวงอาทิตย์เป็นวัตถุที่มีขนาดมหึมาและมีความร้อนสูงถึง 6000 องศาเซลเซียสที่ผิวดวงอาทิตย์

ฉะนั้นดวงอาทิตย์จะแผ่พลังงานออกมามีสเปกตรัมความถี่กว้างมาก พลังงานนี้ปรากฏออกมาเป็นสัญญาณรบกวนคงที่ อย่างไรก็ตามที่ผิวดวงอาทิตย์ยังมีความแปรปรวนอื่นๆ ได้อีก เช่น จุดบนดวงอาทิตย์ การลุกโชติช่วงซึ่งก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นอีก นอกจากนี้ดวงอาทิตย์บางดวงที่ไกลออกไปจากระบบสุริยะจักรวาลก็มีคุณสมบัติเหมือนดวงอาทิตย์นั่นก็คือ มีความร้อนสูงและสามารถกำเนิดสัญญาณรบกวนมายังโลกได้

- สัญญาณรบกวนที่เกิดจากสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made noise) ได้แก่สัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ไฟฟ้า เช่นพัดลมที่เป่าผม เครื่องดูดฝุ่น นอกจากนี้ก็ยังมีสัญญาณรบกวนจากระบบจุดระเบิดของรถยนต์ การรั่วของสายไฟแรงสูง หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ฯลฯ
- สัญญาณภายในอุปกรณ์ในเครื่องรับ (Internal noise) สามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สัญญาณรบกวนอุณหภูมิ (Thermal noise) และช็อตนอยส์ (Short noise) โดยสัญญาณรบกวนจากอุณหภูมิ จะเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในตัวอุปกรณ์ ส่วนช็อตนอยส์นั้นจะเกิดขึ้นได้ในอุปกรณ์แอกทีฟ (Active noise) ทุกชนิด เนื่องจากการรวมตัวของอิเล็กตรอนกับโฮล เช่น ในทรานซิสเตอร์ซึ่งไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ

2.2.6 เครื่องรับ

เมื่อรับสัญญาณจากเครื่องรับ สัญญาณจะมีกำลังอ่อนลงและยังมีสัญญาณเข้ามาแทรกแซงสัญญาณที่ต้องการจะรับอีกด้วย ดังนั้นการรับสัญญาณอ่อน ๆ เช่นนี้ เครื่องรับต้องมีความสามารถพิเศษในการเลือกรับและขยายเอาเฉพาะสัญญาณความถี่ที่ต้องการพร้อมทั้งต้องมีกรรมวิธีในการกำจัดสัญญาณหรือต่อสู้เอาชนะสัญญาณรบกวน สัญญาณที่รับได้จะผ่านการดีมอดเพื่อที่จะแปลงสัญญาณข่าวสารที่เข้ามอดูเลตกลับมา ซึ่งกรรมวิธีนี้ค่อนข้างสลับซับซ้อนพอสมควร

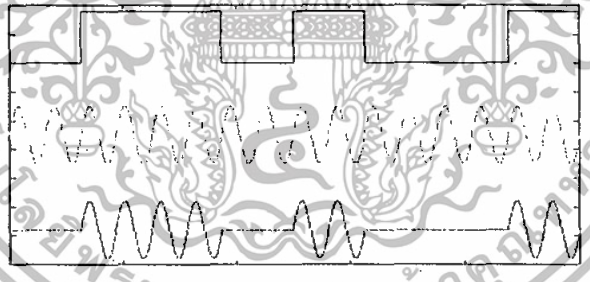
2.2.7 การมอดูเลต และการดีมอดูเลตแบบอนาลอก

ความถี่ของข้อมูลหรือสัญญาณโดยทั่วไปนั้นมักจะมีความถี่ต่ำ การแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำจะกระทำได้ไม่ดี เพราะสัญญาณความถี่ต่ำจะมีความยาวคลื่นมากสามารถที่จะเลื่อนความถี่ของสัญญาณให้มีค่าสูงขึ้นได้โดยการมอดูเลตสัญญาณที่ต้องการจะส่งคลื่นพาห์ความถี่สูงหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าการมอดูเลตคือกระบวนการที่ทำให้คุณสมบัติของคลื่นพาห์ไม่ว่าจะเป็นขนาด ความถี่ และเฟส เปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะของสัญญาณ โดยสัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตเรียกว่า Modulated Signal

2.3 การมอดูเลทแบบ Amplitude Shift Keying (ASK)

Amplitude Shift Keying (ASK) เทคนิคนี้คือการเปลี่ยนระดับแอมปลิจูดของสัญญาณรูปไซน์ที่ถูกนำมาใช้งานเป็นความถี่พาห์ โดยให้เปลี่ยนไปตามสัญญาณดิจิตอลที่เข้ามา ดังนั้นสัญญาณดิจิตอลจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณอนาลอกแบบไซน์ ที่มีแอมปลิจูดเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาตามสัญญาณดิจิตอลที่เข้ามา โดยปกติแล้วเรามักจะกำหนดให้สัญญาณรูปไซน์ที่มีแอมปลิจูดสูงแทนสัญญาณดิจิตอลที่เป็น "1" และมีแอมปลิจูดต่ำหรือไม่มีแอมปลิจูด สำหรับกรณีที่สัญญาณดิจิตอลที่เป็น "0"

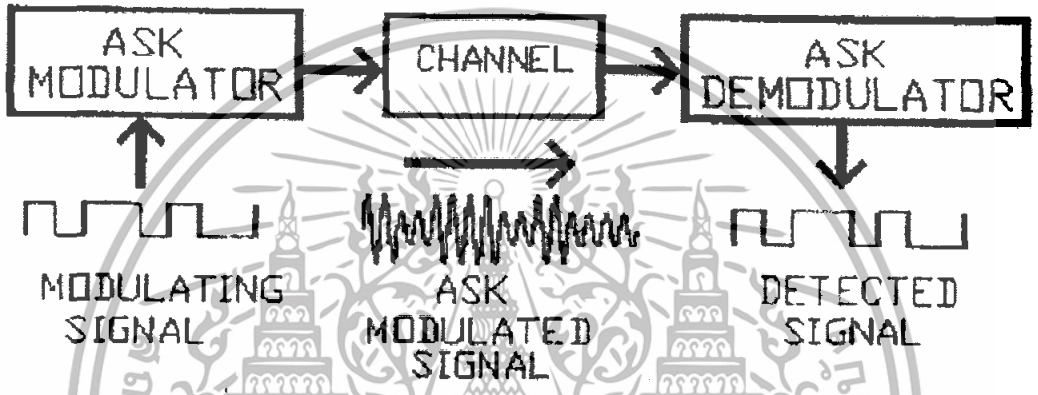
ข้อดีของการนำเทคนิคนี้มาใช้งานก็คือ ความง่ายในการสำหรับการสร้างสัญญาณเอาท์พุทที่ด้านส่ง และความง่ายต่อการตรวจจับ และการดีมอดูเลทสัญญาณที่ด้านรับ แต่ก็มีข้อเสียอยู่สองประการคือ ประการแรกคือ ความเร็วในการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดจะถูกจำกัดด้วยแบนด์วิธของคู่สายหรือวงจรที่ถูกนำมาใช้งานนั้น ข้อเสียประการที่สองคือ การเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดอาจจะทำระบบเกิดความไม่เสถียรได้ โดยทั่วไปแล้วระบบโทรศัพท์จะจำกัดการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณไว้ไม่ให้เกิน 3000 ครั้งต่อหนึ่งวินาที จากข้อเสียดังกล่าว ในปัจจุบันนี้เราจะไม่พบว่ามีการนำเทคนิคการมอดูเลชั่นแบบนี้มาใช้งานกับโมเด็มโดยเอกเทศ หากแต่มีการนำไปประยุกติ โดยการนำไปใช้งานร่วมกับเทคนิคแบบอื่นๆ



รูปที่ 2.4 การมอดูเลทแบบ Amplitude Shift Keying(ASK)

ช่องทางการสื่อสารของอนาลอก มีข้อจำกัดด้านแบนด์วิธของช่องการสื่อสาร ซึ่งไม่พอดีกับการส่งสัญญาณแบบดิจิตอล ดังนั้นการส่งสัญญาณดิจิตอลไปในช่องทางการสื่อสารแบบอนาลอก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้รูปแบบเฉพาะอย่างของการมอดูเลชั่น

รูปที่ 2.5 การส่งสัญญาณผ่านช่องทางการสื่อสาร



รูปที่ 2.6 การส่งสัญญาณแบบ Amplitude Shift Keying

การมอดูเลชั่นจะรวมสัญญาณดิจิตอลกับสัญญาณพาห์ เข้าด้วยกันและสามารถส่งผ่านช่องทางการสื่อสารได้ โดย Amplitude-Shift Keying (ASK) Modulator จะเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณเบสแบนด์ ชุดดีมอดูเลเตอร์รับคลื่นพาหะของ ASK จากช่องทางสื่อสาร

การดีมอดูเลทแบบ ASK สามารถเป็นได้ทั้งอะซิงโครนัส (Asynchronous) หรือซิงโครนัส (Synchronous) อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยความแตกต่างของ คือ การตรวจจับแบบอะซิงโครนัสจะไม่ใช้คลื่นพาห์เดิมในการกู้การเปลี่ยนแปลงของขนาดสัญญาณ ASK ส่วนการตรวจจับแบบซิงโครนัสจะใช้กู้การเปลี่ยนแปลงขนาดสัญญาณ ASK โดยใช้สัญญาณพาห์เดิมที่มีเฟสและความถี่ตรงกันกับสัญญาณพาห์เดิมของ ASK

โดยสรุปกล่าวได้คือ

- สัญญาณ ASK สามารถถูกแยกได้ทั้งแบบอะซิงโครนัสและแบบซิงโครนัส
- การตรวจจับแบบอะซิงโครนัสมีความซับซ้อนน้อยกว่าการตรวจจับแบบซิงโครนัส เพราะมันไม่ต้องใช้คลื่นพาห์ ในการอ้างอิงเพื่อที่จะกู้ข้อมูลแบบดิจิตอลกลับ
- การตรวจจับแบบซิงโครนัส จะใช้สัญญาณพาหะที่มีความถี่และเฟสเหมือนกับสัญญาณ พาหะแบบ ASK เดิม

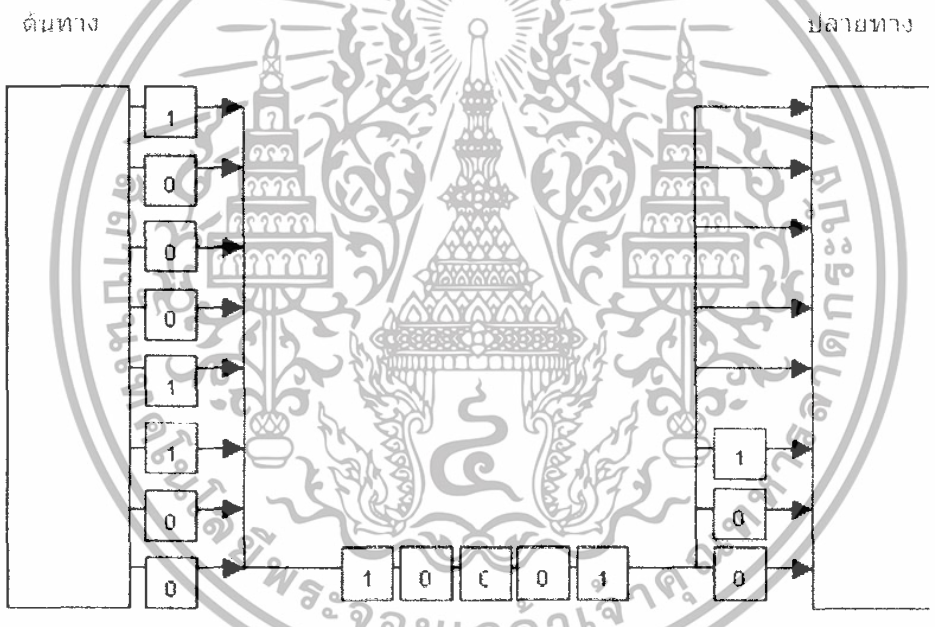
- การตรวจจับแบบอะซิงโครนัส จะประกอบด้วยวงจร Full-Wave Rectifier, Low Pass Filter, Voltage Comparator

- วงจรตรวจจับแบบซิงโครนัส จะประกอบด้วยวงจร Synchronizer, mixer, Low Pass Filter, Voltage Comparator

- ในวงจร Balance Modulator Mixer ความถี่เอาท์พุทที่ได้จะเท่ากับผลรวมของสัญญาณอินพุททั้งสองซึ่งสัญญาณทั้งสองจะมีเฟสและความถี่เท่ากัน

2.4 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmissions)

รูปแบบการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะนี้ทุกบิตที่เข้ารหัสแทนข้อมูลหนึ่งตัวอักษรจะถูกส่งผ่านไปตามสายส่งเรียงลำดับกันไปทีละบิตในสายส่งเพียงเส้นเดียว ดังรูป



รูปที่ 2.7 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

จากรูปตัวอักษรจะประกอบด้วย 8 บิต เรียงเป็นลำดับ ข้อมูลจะถูกส่งออกมาทีละบิตระหว่างต้นทาง และปลายทาง และปลายทางจะรวบรวมบิตเหล่านี้ทีละบิตจนครบ 8 บิต เป็น 1 ตัวอักษร จะเห็นว่าการส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าแบบขนาน แต่ค่าใช้จ่ายจะถูกกว่าแบบขนาน ซึ่งเหมาะสำหรับการส่งระยะทางไกลๆ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ข้อดีและข้อเสียของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ข้อดี

1. ประหยัดสายสื่อสาร เนื่องจากใช้สายสื่อสารเพียงเส้นเดียว

2. สามารถส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ระยะทางสั้น ๆ จนถึงระยะทางไกลหลายๆ ไมล์

ข้อเสีย

1. ความล่าช้าในการส่งข้อมูล เนื่องจากมีช่องสัญญาณเพียงแชนแนลเดียวเท่านั้น

ส่วนปัญหาอีกข้อของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม คือ เรื่องของการแบ่งตัวอักขระแต่ละตัวว่าจะแบ่ง ณ ตำแหน่งบิตใดซึ่งทั้งฝ่ายต้นทาง ฝ่ายปลายทางจะต้องมีข้อตกลงร่วมกัน กล่าวคือ ทั้งฝ่ายต้นทางฝ่ายปลายทางจะต้องรับรู้ร่วมกันว่าจะต้องแบ่งแต่ละตัวอักขระ ณ บิตใด

ในขณะที่การส่งข้อมูลแบบขนาน ข้อมูลในรูปแบบไบนารีจะประกอบด้วยตัวเลข 0 และ 1 หรือเรียกว่าบิต หรืออาจมีการนำข้อมูลที่มีการนำบิตหลาย ๆ บิตมารวมกันเป็นกลุ่ม เช่น ส่งผ่านข้อมูลที่เข้ารหัสแบบ ASCII 8 บิต ดังนั้นจึงต้องทำการส่งบิตจำนวน 8 บิตไปพร้อมกันในแต่ละช่องหรือแต่ละแชนแนล ซึ่งเรียกว่าการส่งข้อมูลแบบขนาน

ข้อดี

1.มีความรวดเร็ว เนื่องจากสามารถส่งบิตจำนวนหลาย ๆ บิตไปยังปลายทางพร้อม ๆ กัน

ข้อเสีย

1. ต้นทุนสูง เนื่องจากต้องมีช่องสัญญาณเท่ากับจำนวนบิตที่ส่งไป

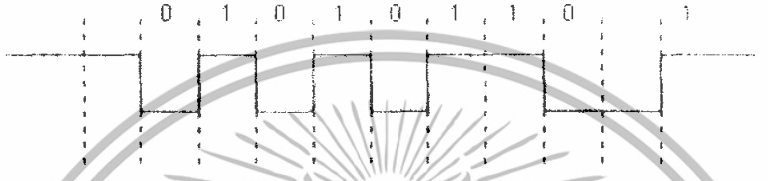
2. เหมาะสมกับกับการส่งผ่านข้อมูลในระยะใกล้ๆ เพราะหากมีระยะไกลๆ จะเสี่ยงต่อความผิดพลาดของสัญญาณ เนื่องจากสัญญาณข้อมูลแต่ละบิตที่ส่งไปพร้อม ๆ กันในระยะทางไกลๆ อาจมีความเหลื่อมล้ำกันและทำให้ไปถึงที่เป้าหมายไม่พร้อมกัน

โดยทั่วไปแล้วการส่งข้อมูลนั้นจะประกอบไปด้วยกลุ่มของตัวอักษร ดังนั้นในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้จึงเกิดปัญหาขึ้นว่า แล้วต้นทางและปลายทางจะทราบได้อย่างไรว่า จะมีการแบ่งแต่ละตัวอักษรตรงบิตใด จึงเกิดวิธีการสื่อสารข้อมูลขึ้น 2 แบบคือ การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission) และการสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission)

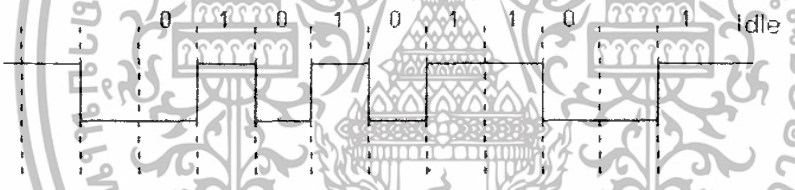
83005

2.4.1 <u>การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)</u>

การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็น การสื่อสารแบบระบุจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด (Start-Stop Transmission) ลักษณะของสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกันจะประกอบไปด้วย บิตเริ่มต้น (Start bit) บิตของข้อมูลที่สื่อสาร (Transmission data) จำนวน 8 บิต บิตตรวจข้อผิดพลาด (Parity bit) และบิตสิ้นสุด (Stop bit) สำหรับบิตตรวจสอบข้อผิดพลาดจะใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ ดังนั้นสัญญาณจึงต้องประกอบด้วยส่วนประกอบอย่างน้อย 3 ส่วน ดังรูป



รูปที่ 2.8 แสดงการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสที่ไม่ได้ใช้พารีตี้บิต



รูปที่ 2.9 แสดงการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสที่ใช้พารีตี้บิต

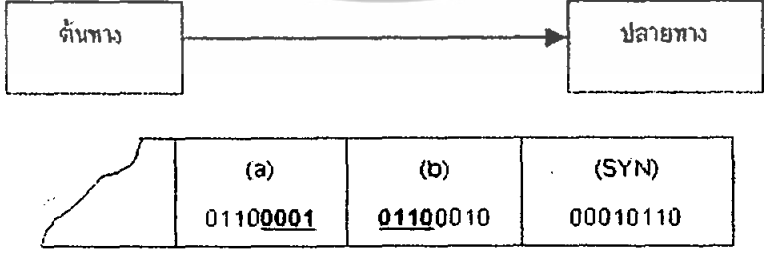
จากรูปจะเห็นว่าขณะที่ไม่มีข้อมูลส่งออกมาสถานะของการส่งจะเป็นแบบว่าง (Idle) ซึ่งจะมีระดับของสัญญาณเป็น 1 ตลอดเวลา เพื่อความแน่ใจว่าปลายทาง หรือฝ่ายรับยังคงติดต่อกับต้นทาง หรือฝ่ายส่งอยู่ เมื่อเริ่มจะส่งข้อมูลสัญญาณของอะซิงโครนัสจะเป็น 0 หนึ่งช่วงสัญญาณนาฬิกา ซึ่งบิตนี้เราเรียกว่าบิตเริ่มต้น ตามหลังของบิตเริ่มต้นจะเป็นบิตข้อมูลสำหรับ 1 ตัวอักษร ตามหลังบิตข้อมูลก็จะเป็นบิตตรวจข้อผิดพลาด แล้วจะตามด้วยบิตสิ้นสุด ถ้าไม่ใช่บิตตรวจข้อผิดพลาดตามหลังบิตข้อมูลก็จะเป็นบิตสิ้นสุดเลย หลังจากนั้นถ้าไม่มีข้อมูลส่งออกมาสัญญาณจะกลับไปอยู่ที่สถานะแบบว่างอีก เพื่อรอการส่งข้อมูลต่อไป

2.4.2 การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission)

การสื่อสารแบบซิงโครนัส จะทำการจัดกลุ่มของข้อมูลเป็นกลุ่มๆ และทำการส่งข้อมูลทั้งกลุ่มไปพร้อมกันในทีเดียว เราเรียกกลุ่มของข้อมูลนี้ว่า กลุ่มชุดของข้อมูล (Block of Data) ซึ่งตัวอักษรตัวแรก และตัวถัดไปที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะไม่มีอะไรมาคั่นเหมือนอย่างแบบอะซิงโครนัส ที่ต้องใช้บิตเริ่มต้น และบิตสิ้นสุดคั่นทุกๆ ตัวอักษร แต่จะมีข้อมูลเริ่มต้นซึ่งเป็นลักษณะของบิตพิเศษที่ส่งมาเพื่อให้รู้ว่านั้นคือ จุดเริ่มต้นของกลุ่มตัวอักษรที่กำลังส่งเรียงกันเข้ามา เช่น อักขระซิง (SYN character) โดยที่อักขระซิงมีรูปแบบบิต คือ 00010110 ตัวอย่างของการส่งแสดงได้ดังรูป

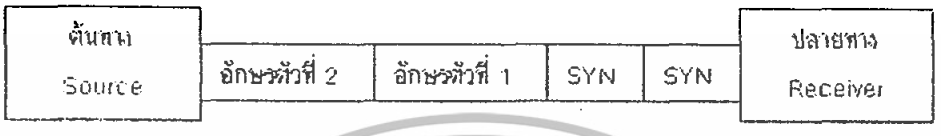
รูปที่ 2.10 แสดงการส่งที่ใช้อักขระซิง 1

จากรูปเมื่อปลายทางตรวจพบอักขระซิง หรือ 00010110 แล้วจะทราบได้ทันทีว่าบิตที่ตามมาคือบิตตัวอักษรแต่ละตัว แต่การใช้อักขระซิงเพียงตัวเดียวอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ เช่น ถ้าเราส่งตัวอักษร b และตัวอักษร a ติดต่อกันไป ซึ่งตัวอักษร b มีรูปแบบบิตคือ 01100010 และตัวอักษร a มีรูปแบบบิตคือ 01100001 การส่งจะแสดงได้ดังรูป

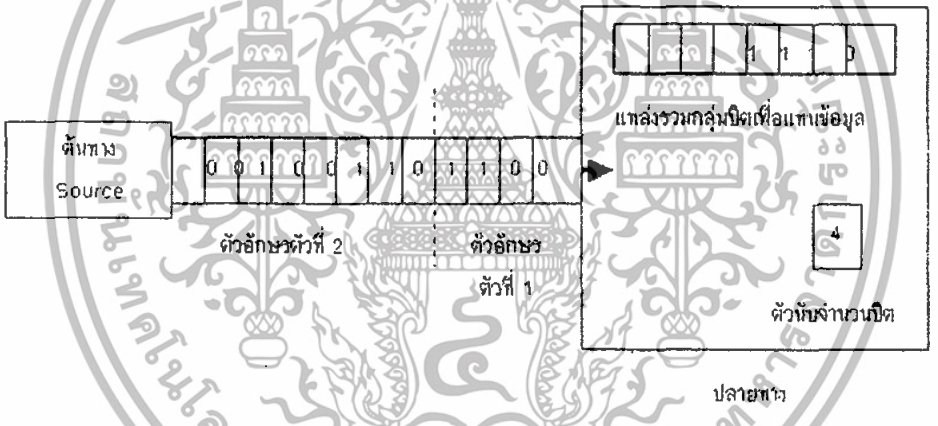


รูปที่ 2.11 แสดงการส่งที่ใช้อักขระซิง 2

จะเห็นว่าเครื่องปลายทางจะตรวจพบอักขระซิงระหว่างบิตของตัวอักษร b และตัวอักษร a ทำให้เข้าใจว่าบิตต่อไปจะเป็นบิตของกลุ่มข้อมูล ซึ่งจะทำให้การรับข้อมูลนั้นเกิดผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นจึงแก้ปัญหาด้วยการใช้อักขระซิง 2 ตัวต่อกันเป็นลักษณะของบิตพิเศษที่บอกให้ทราบว่าเป็นจุดเริ่มต้นบิตของกลุ่มข้อมูล ตัวอย่างของการใช้อักขระซิง 2 ตัวในการสื่อสารแบบซิงโครนัส และการตัดแถวของบิตข้อมูลออกเป็นกลุ่มทีละ 8 บิต เพื่อแทนข้อมูลแสดงได้ดังรูป

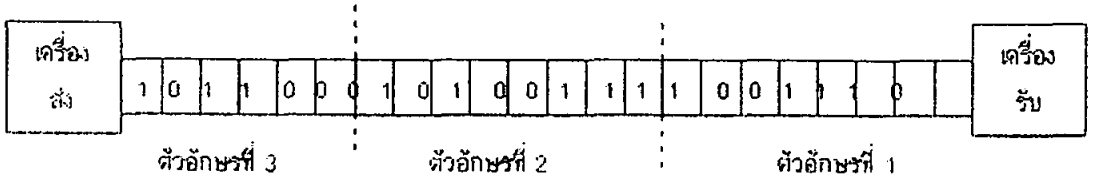


รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างการใช้อักขระซิง 2 ตัวในการสื่อสารแบบซิงโคนัส

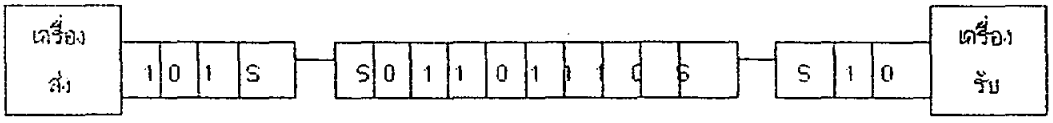


รูปที่ 2.13 แสดงการตัดแถวของบิตออกเป็นกลุ่มๆ ละ 8 บิต

การสื่อสารแบบซิงโคนัสนี้มักใช้ในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ ประสิทธิภาพของการส่งผ่านข้อมูลแบบอะซิงโคนัส และแบบซิงโคนัส



รูปที่ 2.14 แสดงการส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครนัส



รูปที่ 2.15 แสดงการส่งผ่านข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

- แบบซิงโครนัส

บิตของตัวอักขระซิงที่ใช้จะได้ SYN 3 ตัว เท่ากับ 3 x 8 บิต = 24 บิต

ผลรวมของบิตที่ต้องส่งทั้งหมด = 1920 + 24 = 1944 บิต

อัตราส่วนระหว่างการส่งข้อมูลที่ต้องส่งจริง กับจำนวนบิตทั้งหมดที่จำเป็นต้องส่งคือ 1920 หารด้วย 1944 จะได้ประมาณ 99 %

- แบบอะซิงโครนัส

บิตเริ่มต้น และบิตสิ้นสุดที่ใช้จะได้ 2 x 240 = 480 บิต

ผลรวมของบิตที่ต้องส่งทั้งหมด = 1920 + 480 = 2400 บิต

อัตราส่วนระหว่างการส่งข้อมูลที่ต้องส่งจริง กับจำนวนบิตทั้งหมดที่จำเป็นต้องส่งคือ 1920 หารด้วย 2400 จะได้ประมาณ 80 %

2.4.3 การใช้บิตตรวจข้อผิดพลาด

บิตตรวจข้อผิดพลาด หรือพารีตี้บิต จะเป็นบิตที่ใช้เพื่อทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่ง ซึ่งมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ การตรวจสอบจำนวนคี่ (odd parity) และการตรวจสอบจำนวนคู่ (even parity)

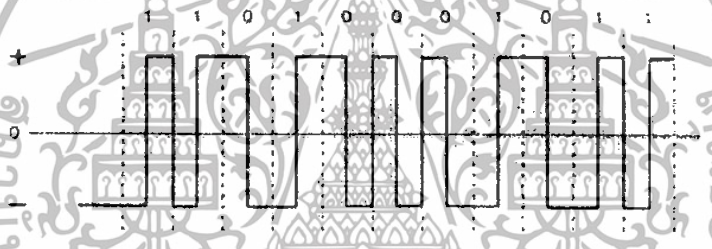
- การตรวจสอบจำนวนคี่ (Odd parity) หมายถึง บิตตรวจสอบจะต้องนับบิตที่มีค่าของ 1 สำหรับกลุ่มของบิตที่จะส่งและต้องการตรวจสอบอยู่เป็นจำนวนคี่ เช่น ถ้านับบิตที่มีค่าของ 1 ในกลุ่มของบิตที่จะส่ง และต้องการ ตรวจสอบได้เป็นจำนวนคู่ บิตตรวจสอบนี้จะต้องมีค่าเป็น 1 เพื่อที่จะรวมเป็นจำนวนคี่ แต่ถ้าจำนวนนับได้เป็นจำนวนคี่ บิตตรวจสอบก็จะมีค่าเป็น 0 ตัวอย่างเช่น สมมุติว่าถ้าข้อมูลที่ต้องการส่งมี 7 บิต คือ 0110011 บิตตรวจสอบจำนวนคี่จะต้องมีค่าเป็น 1 เพราะนับบิตที่มีค่าของ 1 ได้เท่ากับ 4 ตัว ซึ่งเป็นเลขคู่ เมื่อรวมกับบิตตรวจสอบจำนวนคี่ที่มีค่าเป็น 1 ก็จะนับได้เป็น 5 ตัว ซึ่งเป็นเลขคี่และการส่งข้อมูลพร้อมบิตตรวจสอบไปจะได้เป็น 10110011

- การตรวจสอบจำนวนคู่ (Even parity) หมายถึง บิตตรวจสอบจะต้องนับบิตที่มีค่าของ 1 สำหรับกลุ่มของบิตที่จะส่งและต้องการตรวจสอบอยู่เป็นจำนวนคู่ เช่น ถ้านับบิตที่มีค่าของ 1 ในกลุ่มของ

บิตที่จะส่งและต้องการ ตรวจสอบได้เป็นจำนวนคู่ บิตตรวจสอบนี้จะต้องมีค่าเป็น 0 เพื่อที่จะรวมเป็นจำนวนคู่ แต่ถ้าจำนวนนับได้เป็นจำนวนคี่ บิตตรวจสอบก็จะมีค่าเป็น 1 ตัวอย่างเช่น สมมุติว่าถ้าข้อมูลที่ต้องการส่งมี 7 บิต คือ 0110011 บิตตรวจสอบจำนวนคู่จะต้องมีค่าเป็น 0 เพราะนับบิตที่มีค่าของ 1 ได้เท่ากับ 4 ตัว ซึ่งเป็นเลขคู่ การส่งข้อมูลพร้อมบิตตรวจสอบไปจะได้เป็น 00110011

การตรวจสอบความถูกต้องทำได้โดย ระหว่างต้นทางและปลายทางจะต้องตกลงกันว่าจะใช้ตัวตรวจข้อผิดพลาดชนิดใด ถ้าใช้ตัวตรวจข้อผิดพลาดแบบจำนวนคี่แล้วเมื่อปลายทางรับข้อมูลจะตรวจสอบจำนวนบิตที่มีค่าเป็น 1 ว่าเป็นจำนวนคี่หรือไม่ ถ้าไม่เป็นจำนวนคี่แสดงว่าข้อมูลเกิดความผิดพลาดขึ้น ปลายทางจะต้องแจ้งให้ต้นทางทราบ อาจจะให้ต้นทางส่งข้อมูลมาใหม่อีกครั้ง ส่วนการใช้ตัวตรวจข้อผิดพลาดแบบจำนวนคู่ก็จะใช้หลักการคล้ายๆ กัน

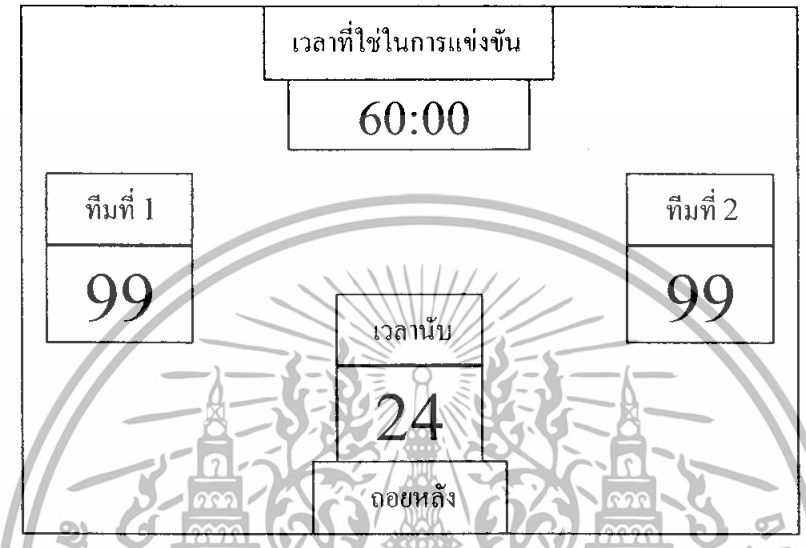
2.5 การเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ (Manchester encoding)



รูปที่ 2.16 การเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์

คือการเข้ารหัสข้อมูลดิจิตอลวิธีหนึ่ง ก่อนที่ข้อมูลซึ่งผ่านการเข้ารหัสแล้วจะถูกส่งไปมอดูเลต เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการซิงโครไนซ์ของข้อมูล เนื่องจากการส่งกระจายสัญญาณตามปกตินั้น หากมีการส่งสัญญาณดิจิตอลในระดับเดียวติดต่อกันเป็นช่วงยาว เช่น ส่งสัญญาณดิจิตอลที่มีค่าลอจิกเป็น 1 ออกไป 20 บิตติดต่อกัน จะทำให้การซิงโครไนซ์ของข้อมูลเกิดการคลาดเคลื่อน (เพราะโดยปกติวงจรดิจิตอลจะปรับการซิงโครไนซ์ของข้อมูลได้เฉพาะในช่วงที่มีการเปลี่ยนระดับของข้อมูลจาก 1 เป็น 0 หรือจาก 0 เป็น 1) และทำให้รับข้อมูลผิดพลาด เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวจึงจะต้องมีการนำสัญญาณดิจิตอลปกติไปผ่านเข้ารหัสเสียก่อน โดยการเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์จะเปลี่ยนให้สัญญาณดิจิตอลลอจิก 0 ถูกแทนด้วยการเปลี่ยนค่าจาก ลอจิก 0 เป็น 1 และสัญญาณดิจิตอลลอจิก 1 แทนด้วยการเปลี่ยนค่าจากลอจิก 1 เป็น 0 ข้อดีของการเข้ารหัสแบบนี้ก็คือทำให้การเปลี่ยนระดับของข้อมูลทุกๆครั้งเป็นไปอย่างแน่นอนหรือเกิดการเข้าจังหวะ (Synchronize) กันของข้อมูลนั่นเอง แต่ว่าการเข้ารหัสแบบนี้ก็มีข้อเสียอยู่กล่าวคือช่วงความถี่ที่ใช้ในการส่งข้อมูลต้องเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

บทที่ 3
หลักการออกแบบ



รูปที่ 3.1 รูปแบบของเครื่องแสดงผลการแข่งขัน

3.1 การออกแบบวงจรโดยรวม

รูปด้านบนคือเครื่องแสดงผลการแข่งขันที่จะสร้างขึ้น แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของเวลาการแข่งขันที่แสดงผลด้วยหลอดแสดงผล 7 ส่วนจำนวน 4 หลัก แสดงผลจากการเขียนโปรแกรมโดยเริ่มจากการตั้งเวลาการแข่งขันเป็นหน่วยนาที จากนั้นเมื่อกดปุ่มเริ่มการทำงาน นาฬิกาจะเริ่มนับถอยหลังจากค่าเวลาที่ตั้งไว้ จนกระทั่งถึง 0 โดยในระหว่างที่มีการนับถอยหลัง สามารถกดปุ่มเพื่อหยุดเวลา หรือกดปุ่มเพื่อรีเซทค่าเวลาใหม่ได้

ในส่วนที่สองคือ ส่วนแสดงผลคะแนนของทั้งสองทีม แสดงผลโดยหลอดแสดงผล 7 ส่วน ทีมละ 2 หลัก ทำให้สามารถเพิ่มค่าคะแนนได้สูงสุดถึง 99 คะแนน โดยการเขียนโปรแกรมแบบนับทำให้สามารถกดเพิ่มคะแนนทีละ 1 คะแนน เนื่องจากกีฬาบาสเกตบอลจะมีการทำคะแนนได้ตั้งแต่ 1 คะแนนจากลูกโทษ 2 คะแนนจะในเขตโทษ และ 3 คะแนนจากนอกเขตโทษ จึงออกแบบให้มีการเพิ่มคะแนนทีละ 1 เพื่อความไม่ซับซ้อนในการใช้งาน หากมีการกดเพิ่มคะแนนผิด สามารถลดคะแนนได้โดยการกดปุ่มลดคะแนนลงมา โดยจะลดคะแนนลงมาทีละ 1 คะแนนเช่นกัน จากเหตุผลเดียวกัน

และในส่วนสุดท้าย เป็นส่วนที่แสดงช่วงเวลาที่ฝ่ายทีมบุกสามารถครอบครองลูกได้ คือ 24 วินาที หากภายในเวลาที่กำหนด ลูกบาสเกตบอลไม่มีการสัมผัสโดนห่วง ฝ่ายทีมบุกจะสูญเสียการครอบครองกลับไปให้แก่ฝ่ายรับ แต่หากลูกบาสเกตบอลมีการสัมผัสโดนห่วง ตัวเวลารีเซทค่าแล้วกลับไปเริ่มต้นนับใหม่ที่ 24 วินาที ด้วยเหตุนี้ จึงทำการเขียนโปรแกรมให้ตัวจับเวลาเริ่มนับเมื่อฝ่ายบุกข้ามมายังฝั่งของฝ่ายรับ ทันทีที่มีการกดปุ่มเริ่มการทำงาน จะเริ่มที่ 24 วินาที นับถอยหลังเรื่อยๆ ลงมาจนถึง 0 แต่เมื่อใดที่ลูกมีการสัมผัสกับห่วง ซึ่งก็คือมีการกดปุ่มรีเซทค่า ตัวนับเวลาถอยหลังจะกลับไปเริ่มนับถอยหลังที่เวลา 24 วินาทีทันที

ในด้านการเขียนโปรแกรมจะใช้ภาษาซีเนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

1.ภาษาซี เป็นภาษาโครงสร้าง ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ปรับปรุง และพัฒนาต่อ

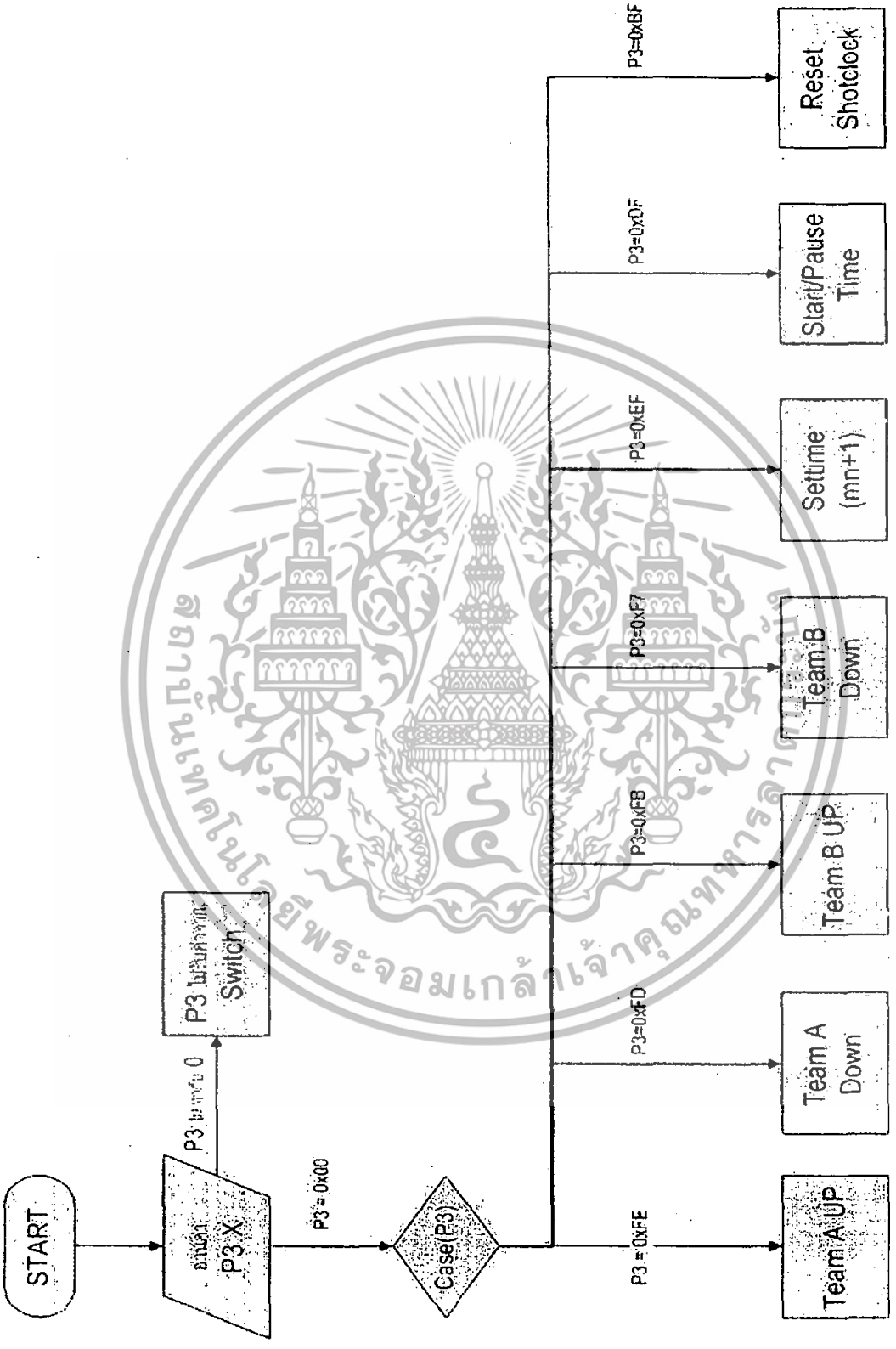
2.ภาษาซี ใช้หลักการเขียนโปรแกรมแบบสมัยใหม่มีทั้งที่เป็นแบบโครงสร้างและออบเจ็กต์

3.ภาษาซี เป็นภาษามาตรฐานไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ (ไมโครคอนโทรเลอร์) มีความยืดหยุ่นในการโยกย้ายไปใช้งานกับไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูลอื่นได้ง่าย (Portable to other system)

4.ตัวคอมไพเลอร์และลิงเกอร์ของภาษาซีมีการพัฒนาตลอดเวลาจนมีความสามารถสูง

5.ภาษาซี มีเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมที่เรียกว่า Integrated Development environment (IDE)

6.ภาษาซี มีความเข้ากันได้กับภาษาแอสเซมบลีในระดับซอร์สโค้ดทั้งแบบ Inline assembly และการลิงค์ (Link) โปรแกรมเข้ากันด้วย

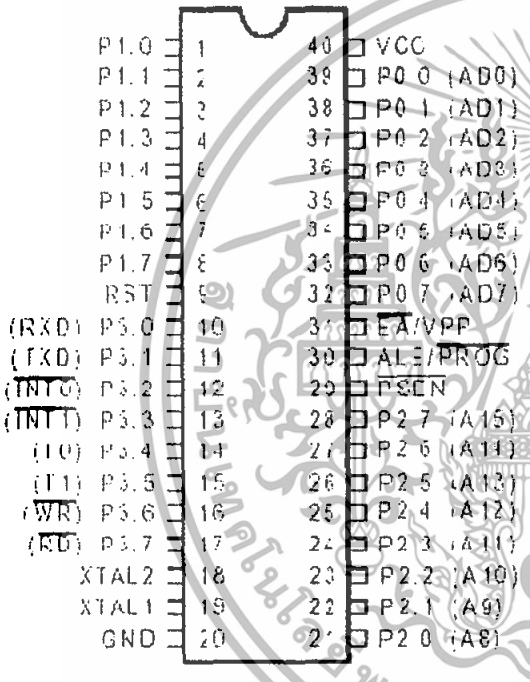


รูปที่ 3.2 แสดง Flow Chart ของการทำงานของป้ายบอกคะแนน

เมื่อทราบลักษณะการทำงานและตัวภาษาที่ใช้เขียนเพื่อควบคุมการทำงานแล้ว จะต้องหาอุปกรณ์มาเพื่อทำงานเป็นเครื่องแสดงผลการแข่งขัน โดยประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ ดังต่อไปนี้

3.2 ไมโครคอนโทรเลอร์

ไมโครคอนโทรเลอร์ที่เลือกใช้จะเป็นตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ที่บริษัทอินเทลได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานทั่วไป ซึ่งต่อมาบริษัทแอดเมลได้ซื้อลิขสิทธิ์ไปเพื่อพัฒนาต่อ จะมีคุณสมบัติดังนี้



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งขาของ MCS-51

สำหรับเบอร์ AT89C51 มีคุณสมบัติดังนี้

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ชุดเดียว
- มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4k ไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล 128k ไบต์
- มีไทม์เมอร์/เคาท์เตอร์ 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 โหมด
- รับอินเตอร์รัพได้ 6 แหล่ง 5 เวคเตอร์
- มีพอร์ทรับส่งข้อมูลอนุกรม 2 พอร์ท แบบ Full Duplex เลือกได้ 4 รูปแบบ

เบอร์ต่างๆ ของไมโครคอนโทรเลอร์ จะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันเล็กน้อย ที่เห็นได้ชัดก็คือ หน่วยความจำที่ต่างกัน และจำนวนของฟังก์ชั่นไทม์เมอร์ แสดงดังตารางข้างล่าง

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมบนชิพ	หน่วยความจำข้อมูลบนชิพ	TIMERS
8051	4 K รอม (ROM)	128 ไบต์	2
8031	-	128 ไบต์	2
8751	4 K อีพรอม (EPROM)	128 ไบต์	2
8052	8 K รอม (ROM)	256 ไบต์	3
8032	-	256 ไบต์	3
8752	8 K อีพรอม (EPROM)	256 ไบต์	3
89C51	4 K อีพรอม (EPROM)	128 ไบต์	2

ตารางที่ 3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ

ภายในโครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ ที่สำคัญ ดังนี้

- ALU (Arithmetic and Logic Unit)
- รีจิสเตอร์ R0-R7 จำนวน 4 กลุ่ม
- ตัวนับโปรแกรม (Program Counter : PC)
- ตัวชี้สแต็ค (Stack Pointer :SP)
- พอร์ทอินพุท/เอาท์พุท (I/O Port)
- ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์
- Accumulator
- RAM ภายใน
- ROM ภายใน
- วงจรอินเตอร์รัพต์
- วงจรนาฬิกา
- พอร์ทอนุกรม

การทำงานของแต่ละคำสั่งจะใช้เวลาในการประมวลผลที่แตกต่างกันไป โดยนับหน่วยของรอบการทำงาน หรือแมชชีนไซเคิล (Machine Cycle) ซึ่งสามารถหาได้จาก T = MC x 12/f-xtal

เมื่อ T : คือค่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลคำสั่ง

MC : คือจำนวนแมชชีนไซเคิล

f-xtal : คือค่าความถี่ของคริสตอที่ใช้

12 : คือใน 1 แมชชีนไซเคิล CPU จะใช้สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก

การหาค่าเวลาใน 1 แมชชีนไซเคิล

การทำงานของตัวจับเวลาในโหมดต่างๆ จะใช้สัญญาณนาฬิกาที่อยู่ภายในของตัวไมโครคอนโทรเลอร์ ค่าเวลาเริ่มต้นในการนับหรือตั้งเวลาอยู่ที่รีจิสเตอร์ THx , TLx และจะเพิ่มขึ้นทุกครั้งของการนับ โดย1 ครั้งของการนับ คือการเพิ่มขึ้นทุก 1 แมชชีนไซเคิล (หมายความถึงความถี่

สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12) เพราะฉะนั้นการหาค่าการนับจะต้องคำนึงถึง ความถี่ของคริสตอลที่นำมาใช้ด้วย เราสามารถหาเวลาใน 1 แมชชีนไซเคิลได้ดังนี้

ถ้ากำหนดให้ความถี่ของแร่คริสตอล X-tal เท่ากับ12 MHz (12 x10 ^{6})

T= MC x 12/f X-tal ; MC Machine cycle

T= 1x12/12x10(6) ; 12: คือ จำนวนคล็อกพัลส์ที่ใช้ใน 1 แมชชีนไซเคิล

T= 1x10$^{(-6)}$ sec หรือ 1 ไมโครวินาที

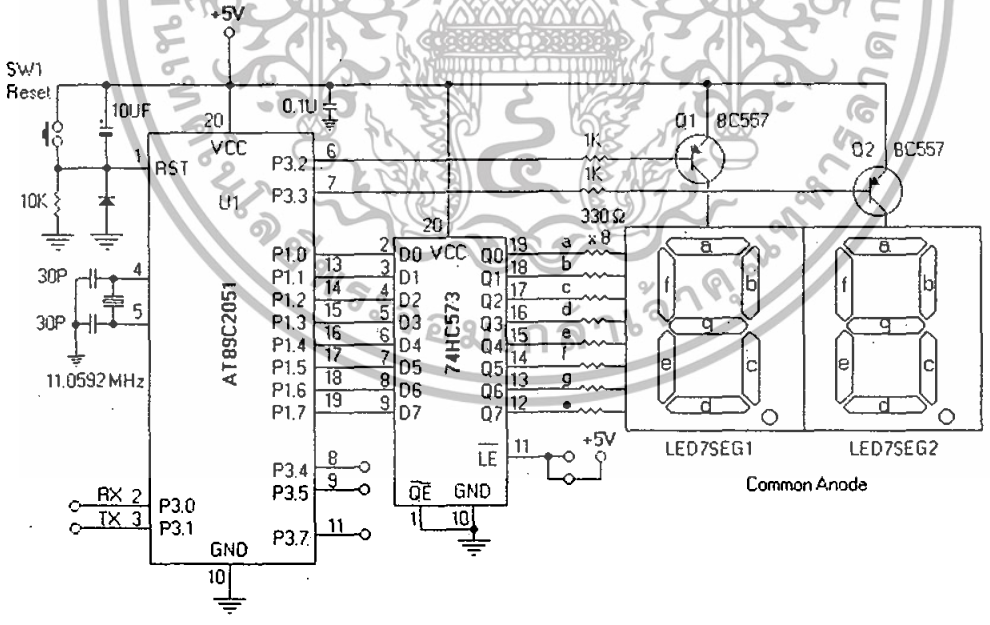
ถ้ากำหนดให้ความถี่ของแร่คริสตอล X-tal เท่ากับ 11.0592 MHz (11.0592 x10 ^{6})

T= MC x 12/f X-tal

T= 1x12/11.0592x10(6)

T= 1.085 x10$^{(-6)}$ sec หรือ 1.085 microsecond

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 แมชชีนไซเคิล ถ้าหากใช้คริสตอล 12 MHz จะใช้เวลา 1 microsecond และถ้าหากใช้คริสตอล 11.0592 MHz จะใช้เวลา 1.085 microsecond



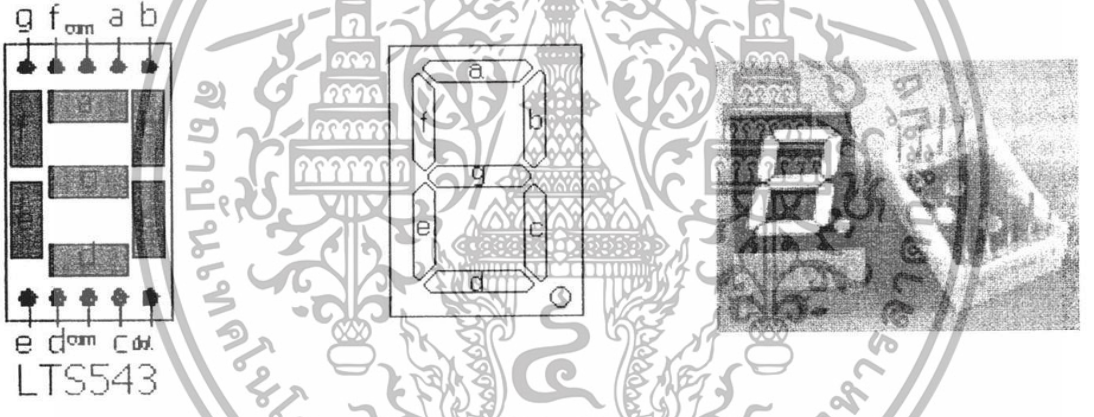
รูปที่ 3.4 วงจรที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมหลอดแสดงผล 7 ส่วน 2 หลัก

จากรูปตัวอย่าง เป็นวงจรที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051 มี 74HC573 เป็นตัวขับกระแส ใช้ส่วนแสดงผลเป็นหลอดแสดงผล 7 ส่วน 2 หลัก มีทรานซิสเตอร์แบบPNP เบอร์ BC557 เป็นตัวขับที่ขาร่วมของหลอดแสดงผล 7 ส่วนของแต่ละหลัก

พอร์ต P1.0-1.7 เป็นข้อมูลการแสดงผล หากต้องการให้ส่วนใดติดก็กำหนดให้บิตนั้นเป็นลอจิก "0" ในขณะที่พอร์ต P3.2 และ 3.3 เป็นส่วนควบคุมหลักที่ 1 และหลักที่ 2 ตามลำดับ หากต้องการให้หลักใดแสดงผลก็ให้ หลักนั้นเป็น logic "0"

3.3 หลอดแสดงผล 7 ส่วน (LED 7-SEGMENTS)

เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการแสดงผลแบบตัวเลข ในโครงงานนี้จะเลือกใช้งานหลอดแสดงผล 7 ส่วน ชนิดคอมมอนแคโทดร่วม ขนาด 1.8 นิ้ว แสดงผลสีแดงจำนวน 10 หลัก เนื่องจากตัวไอซีบัฟเฟอร์ที่ใช้ คือ 74HC541 นั้น จะใช้ในการขับขั้วคอมมอนแคโทด หรือขั้วลบร่วมเท่านั้น



รูปที่ 3.5 แสดงการแบ่งขา ส่วนทั้ง 7 ส่วน และ รูปของหลอดแสดงผล 7 ส่วน

หลอดแสดงผล 7 ส่วนสามารถแบ่งตามโครงสร้างภายในได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ แบบแคโทดร่วม (Common Cathode) และแบบแอโนดร่วม (Common Anode) แสดงดังภาพ

(a) แบบแคโทดร่วม (b) แบบแอโนดร่วม

รูปที่ 3.6 โครงสร้างภายในของหลอดแสดงผล 7 ส่วนทั้งสองแบบ

จริงๆ แล้ว โครงสร้างหลอดแสดงผล 7 ส่วนก็ประกอบด้วยไดโอด 7 ตัว มาวางเรียงกันให้เป็นเสมือนเลข 8 ขนาดใหญ่ขึ้น โดยที่ไดโอดแต่ละตัวจะวางดังภาพ และมีชื่อเรียกแต่ละส่วนดังภาพ

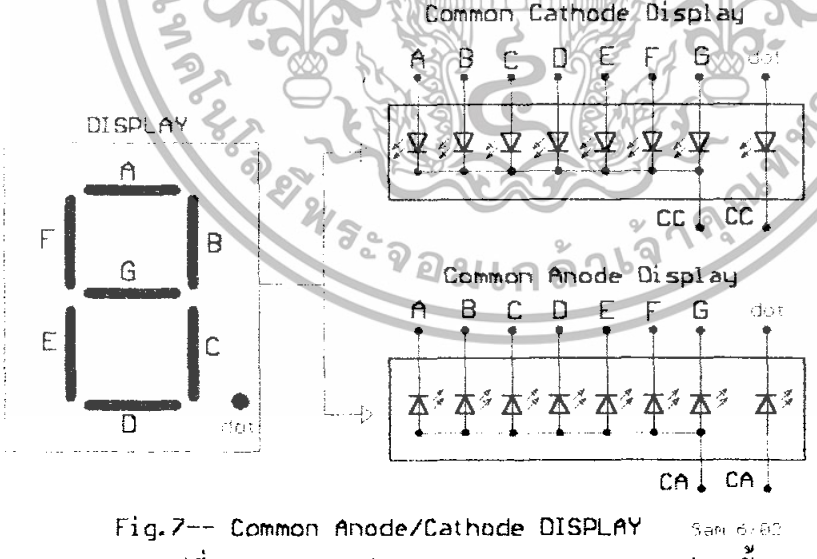
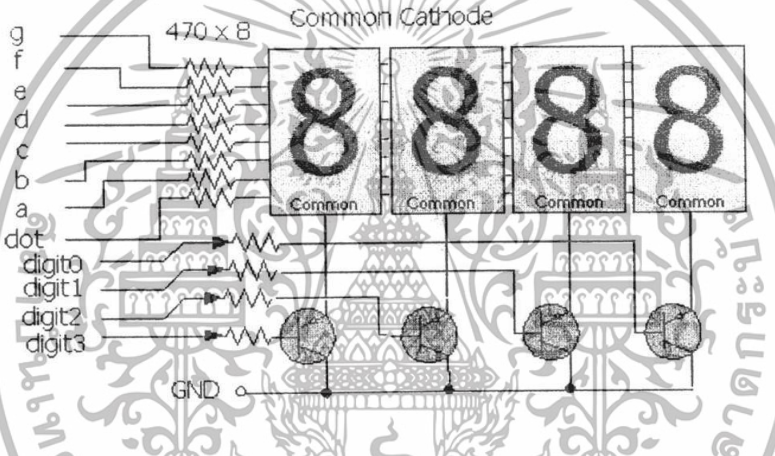


Fig.7-- Common Anode/Cathode DISPLAY

รูปที่ 3.7 การวางรูปแบบของหลอดแสดงผล 7 ส่วนทั้งสองแบบ

การนำหลอดแสดงผล 7 ส่วน มาต่อใช้งานร่วมกัน โดยการต่อขาของหลอดแสดงผล 7 ส่วน ในแต่ละส่วน ให้ขนานกับส่วนเดียวกันกับของหลอดแสดงผล 7 ส่วนตัวอื่นๆ

ทุกตัว แล้วใช้หลักการแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ (Multiplexed Display) โดยให้หลอดแสดงผล 7 ส่วน ติดทีละหลักจะควบคุมส่วนที่เป็นขาร่วมของหลอดแสดงผล 7 ส่วนแต่ละตัวให้ทำงาน โดยจะใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP หรือ NPN เป็นสวิตช์ ซึ่งการใช้งานในลักษณะการแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ จะมีข้อดีหลายประการ ตัวอย่างเช่น เมื่อหลอดแสดงผล 7 ส่วนติดได้เพียงทีละหลัก ซึ่งนั่นก็หมายความว่าจะใช้แหล่งจ่ายไฟให้หลอดแสดงผล 7 ส่วนแค่หลักเดียว ถึงแม้จะมีหลอดแสดงผล 7 ส่วนจำนวนหลายหลักก็ตาม และส่วนของตัวต้านทานที่ทำการจำกัดกระแสให้แต่ละส่วน ก็จะใช้ทั้งหมดเพียงแค่ 8 ตัว(รวมทั้งที่แสดงผลเป็นจุด Dot) ดังนั้นวิธีนี้จะทำให้ประหยัดอุปกรณ์ที่นำมาต่อร่วม และปริมาณของกระแสไฟที่ต้องใช้ในระบบทั้งหมด



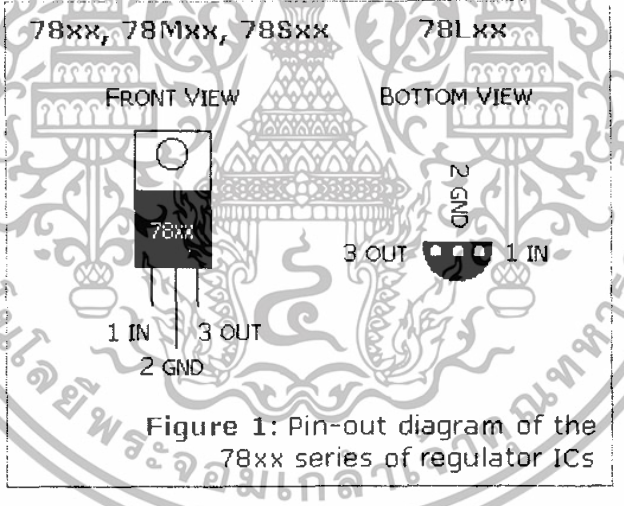
รูปที่ 3.8 การต่อ LED 7-SEGMENTS หลายหลักที่ขับด้วยทรานซิสเตอร์

ซึ่งในโครงงานนี้ จะทำให้หลอดแสดงผล 7 ส่วน ติดในหลายๆ หลัก ทำได้โดยการทำให้หลอดติด-ดับสลับกันด้วยความถี่ที่สูงมากจนถึงความถี่ที่ตามนุษย์มองไม่เห็นการกระพริบ โดยเริ่มจากหลักเดียวก่อน อย่างเช่น ที่ความถี่ 10Hz ตาจะไม่สามารถสังเกตเห็นการกระพริบได้ จะคิดว่าเป็นเวลา 1/10 S หรือประมาณ 100 ms เลือกค่าดิวตี้ไซเคิล = 50% เวลาที่ติดกับดับเท่ากัน สมมติว่าใช้หลอดแสดงผล 7 ส่วน จำนวน 2 ตัว หลอดจะติด 50 ms ดับ 50 ms ทำการเขียนโปรแกรมโดยกำหนดลูปให้เท่ากับ 50 ms สั่งให้ติดดับสลับกันไป ความสว่างของหลอดแสดงผล 7 ส่วนขึ้นกับค่าความต้านทานที่จำกัดกระแสไว้และยังขึ้นกับค่าดิวตี้ไซเคิลด้วย

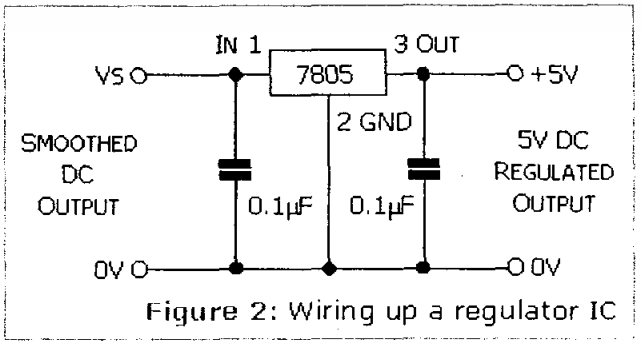
3.4 IC Regulator 7805

เป็นไอซีควบคุมแรงดันของภาคจ่ายไฟให้มีค่าคงที่และสม่ำเสมอ โดยวงจรเรกกูเลเตอร์ที่ใช้นิยมใช้เป็นเบอร์ 78XX โดยที่ XX จะเป็นรหัสในการปรับแรงดันไฟฟ้า ดังตัวอย่างเช่น 7805 จะปรับระดับแรงดันให้ได้ 5 โวลต์, 7809 จะปรับแรงดันได้ มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ต้องจ่ายแรงดันให้กับไอซีให้มากกว่าระดับแรงดันที่จะทำการปรับ เช่น 7805 จะต้องป้อนแรงดันให้ไอซีไม่ต่ำกว่า 5 โวลต์ เพราะถ้าเราป้อนแรงดันน้อยกว่า เช่น ป้อนให้ 3 โวลต์ แรงดันที่ได้จากไอซีก็จะมีค่าเท่ากับ 3 โวลต์ด้วย

การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของวงจรเรกกูเลต ทำได้โดยการต่อตัวเก็บประจุ 2 ตัว เพิ่มเข้าไปในวงจร นอกจากนี้ในการใช้งานไอซีเรกกูเลตจะต้องพิจารณาแรงดันอินพุท (V_{in}) เพราะหากว่าแรงดันอินพุต มีค่าสูงมากกว่าแรงดันเอาท์พุต (V_{out}) มากๆ จะทำให้เกิดความร้อนที่ไอซีได้ ซึ่งเราสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มตัวต้านทานลงไป ข้อควรระวังในการใช้งานไอซีนี้ก็คือ ไม่ควรใช้แรงดันกระแสตรงอินพุตเกิน 30 โวลต์



รูปที่ 3.9 ไดอะแกรมของไอซีเรกกูเลเตอร์



รูปที่ 3.10 การต่อวงจรของไอซีเรกกูเลเตอร์

3.5 RF MODULE

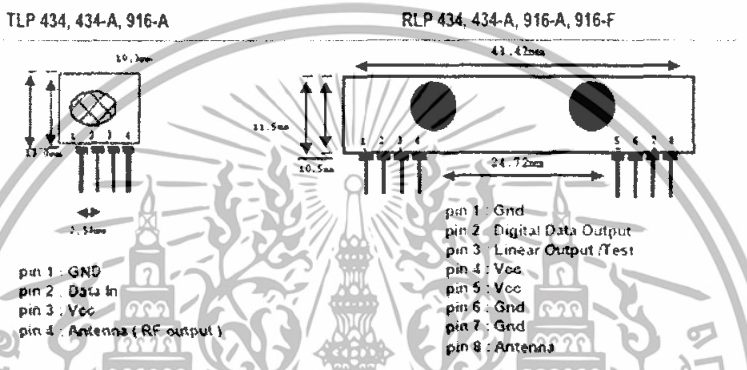
ช่วงความถี่ : 433.92 MHz

ชนิดของการมอดูเลชั่น : แบบ Amplitude Shift Keying (ASK)

ช่วงความต่างศักย์ที่ทำงาน : 2-12 โวลต์ สำหรับตัวส่ง และ 4.5-5.5 โวลต์ สำหรับตัวรับ

ขนาดตัวส่งโดยประมาณ : 10x15 mm

ขนาดตัวรับโดยประมาณ : 43x10 mm



รูปที่ 3.11 โมดูลส่งสัญญาณที่เลือกใช้

มีหลักการทำงานคือ ภาคส่งจะทำการส่งข้อมูลไปยังภาครับ โดยมีเทคนิคคือ ในตอนแรกต้องมีการส่งรหัสนำหน้าที่เรียกว่าพรีแอมเบิล (Preamble) ออกไปก่อนประมาณ 2 ไบต์ และหลังจากนั้นก็ส่งค่าโค้ดเช็ค (Code Check) ไปอีกเพื่อให้ภาครับทำการตรวจสอบ จากนั้นก็ทำการส่งค่ารหัสหมายเลขแอดเดรส ตามด้วยรหัสคำสั่งอีก 1 ไบต์

ในส่วนของเทคนิคการรับข้อมูลนั้น การรับข้อมูลของชุดตัวรับจะไม่สนใจค่าของพรีแอมเบิล แต่จะทำการตรวจสอบค่าโค้ดเช็ค ซึ่งหากมีค่าตรงกับที่ตัวส่งส่งมา ไบต์ข้อมูลถัดมาจะเป็นค่าของไบต์ข้อมูลจริงที่ต้องการส่งมาจากภาคส่ง เมื่อได้รับข้อมูลที่ส่งมาจากภาคส่งแล้ว ก็จะทำการตรวจสอบค่ารหัสหมายเลขที่ตัวส่งส่งมา กับค่ารหัสหมายเลขที่ตั้งไว้ที่ตัวรับ หากมีค่าตรงกัน ก็มาดูข้อมูลในไบต์สุดท้าย ซึ่งเป็นชุดข้อมูลในส่วนของคำสั่ง

ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลพรีแอมเบิลในลักษณะ 010101010101 คือข้อมูลที่มีความสมมาตรของบิต ระหว่างบิต 0 และ บิต 1 ในจำนวนที่เท่าๆ กัน วางสลับกันภายในไบต์ข้อมูลนั้นออกไปก่อน โดยสำหรับพรีแอมเบิลที่เหมาะสม เช่น 0X55 เนื่องจากเมื่อรวมกับบิตเริ่มและบิตหยุดของการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมแล้ว บิตทั้งหมดจะถูกเรียงสลับ 0 1 อย่างเหมาะสมและสม่ำเสมอ ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลได้สูงสุด

3.5.1TLP434A

เป็นโมดูลมีขนาดที่เล็ก ส่วนมากนิยมใช้ในรีโมทคอนโทรลย่านคลื่นความถี่วิทยุ ทำให้มีความสะดวกในการทำงาน ตัวโมดูลตัวนี้มีค่าเอาท์พุทสูงสุดคือ 8 mW ที่ความถี่ 433.92MHz ซึ่งสามารถสื่อสารได้ในช่วงระยะทางประมาณ 400 ฟุต ที่บริเวณเปิด หากเป็นบริเวณปิดในร่ม จะได้ระยะทางประมาณ 200 ฟุต อีกทั้งยังสามารถทะลุผ่านกำแพงได้อีกด้วย ทางฝั่งส่งออกแบบให้ใช้กับถ่าน 9V แล้วมี IC 7805 แปลงเป็นไฟ 5V เพื่อเอาไปเลี้ยงวงจร

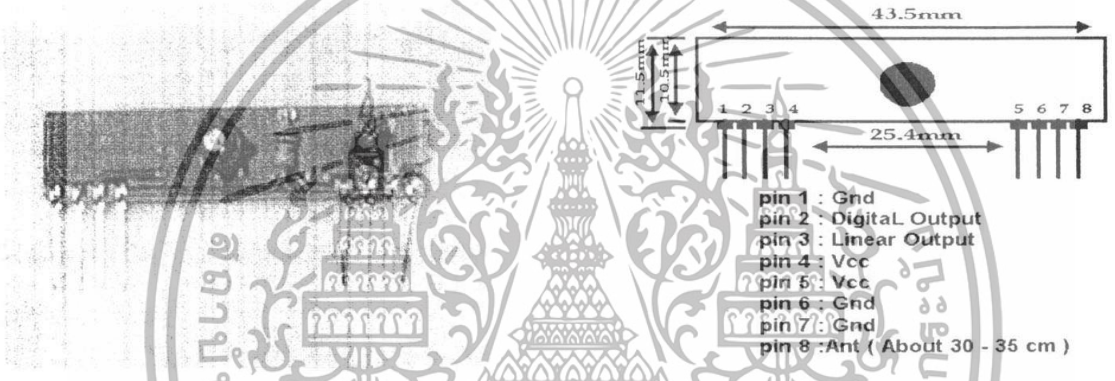
มีทั้งอินพุตแบบเชิงเส้นและดิจิตอล สามารถทำงานได้ตั้งแต่ 1.5-12 โวลต์ ในช่วงกระแสตรง สามารถสร้างเสาอากาศได้โดยง่ายเพียงแค่ใช้สายไฟ

รูปที่ 3.12 รูปอุปกรณ์และโครงสร้างภายในของ TLP434A

ประกอบด้วยขา จำนวน 4 ขา (ในขณะที่บางรุ่นอาจจะมี 6 ขา) ขาที่ 1 จะต่อเข้ากับกราวด์ ขาที่ 2 จะต่อเข้ากับขาอินพุตของไมโครคอนโทรเลอร์ โดยจะส่งข้อมูลหนึ่งไบต์ในช่วงเวลาหนึ่งตามที่กำหนดไว้ในความเร็วในการส่ง หรือบอด ขาที่ 3 ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงซึ่งโดยปกติแล้วมีค่าเท่ากับ 5 โวลต์ และสุดท้ายขาที่ 4 จะต่อเข้ากับเสาอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งข้อมูล

3.5.2 RLP 434A

เป็นวงจรตัวรับที่ใช้งานร่วมกับ TLP434A ทำการออกแบบให้ใช้กับหม้อแปลงไฟฟ้า 9V แล้วมี IC 7805 แปลงเป็นไฟ 5V เพื่อเอาไปเลี้ยงวงจร เนื่องจากใช้งานได้ในช่วง 4.5-5.5 โวลต์ มีเอาท์พุททั้งแบบเชิงเส้นและดิจิตอล เพื่อให้ได้ระยะทางในการส่งมากที่สุด ควรใช้เสาอากาศ ซึ่งมีหลักการคำนวณคือ ให้ใช้ความยาวเท่ากับ ¼ ของคลื่นความถี่ นั่นคือที่ความถี่ 434.92 MHz ความยาวของเสาอากาศคือยาวประมาณ 17 เซนติเมตร เมื่อทำงานร่วมกับ TLP434 ขอบเขตการทำงานจะสามรถขึ้นไปได้ถึง 300-400 ฟุตในบริเวณแบด ซึ่งยังต้องขึ้นกับสภาพแวดล้อม



รูปที่ 3.13 รูปอุปกรณ์ของ RLP434A

การต่อขาอุปกรณ์จะต่อดังนี้ ขาที่ 1 ต่อเข้ากับกราวด์ ขาที่ 2 ต่อเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้เพื่อส่งสัญญาณที่ได้รับมาจากตัวส่ง ขาที่ 3 เป็นการต่อเข้าเอาท์พุตที่เป็นเชิงเส้น (ในโครงงานนี้ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ จึงไม่ได้ทำการต่อ) ขาที่ 4 และ 5 ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงที่อยู่ในช่วง 2-12 โวลต์ ขาที่ 6 และ 7 ต่อเข้ากับกราวด์ และขาที่ 8 จะต่อเข้ากับเสาอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับข้อมูล

ข้อสังเกตของการเพิ่มประสิทธิภาพในการรับ-ส่งข้อมูลด้วยโมดูลสำเร็จนี้ก็คือ โดยปกติแล้วที่โมดูลตัวรับข้อมูล จะใช้ไฟเลี้ยงในช่วง 2-12 โวลต์นั้น ยิ่งจ่ายไฟเลี้ยงสูงเท่าใด สัญญาณก็จะยิ่งมีความแรงมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งปกติแล้วไมโครคอนโทรเลอร์และอุปกรณ์ตัวอื่นๆ นั้น จะใช้ไฟเลี้ยงอยู่ที่ประมาณ 5 โวลต์ ดังนั้นเพื่อความแรงของสัญญาณ อาจจะทำการต่อขาไฟเลี้ยงของโมดูลตัวรับให้เข้ากับไฟเลี้ยงที่สูงกว่า 5 โวลต์ขึ้นไป ที่มีกราวด์ร่วมกัน

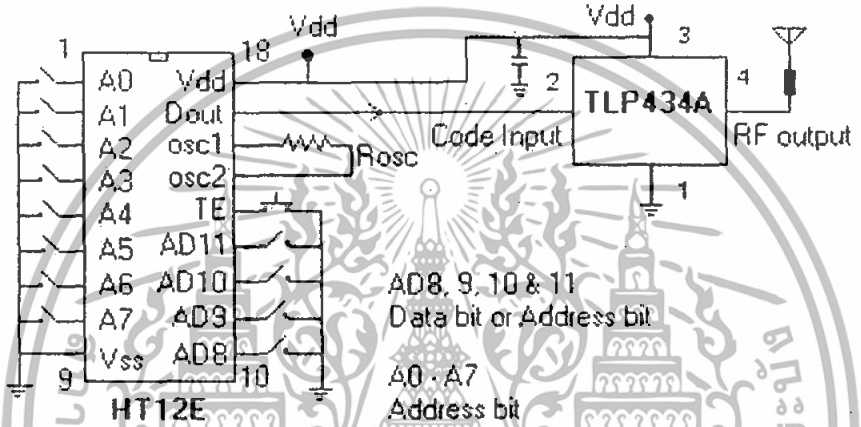
นอกจากนี้การใช้เสาอากาศก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการรับ-ส่งข้อมูลเช่นกัน สามารถทำได้ไม่ยากด้วยสายไฟธรรมดา

3.6 IC ENCODER/DECODER

การใช้งานเพียงแค่ตัวโมดูลนั้น อาจทำให้ข้อมูลที่ส่งมีความผิดพลาดได้ สามารถนำเอาตัวไอซีเข้ารหัสและถอดรหัสมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่ง-รับสัญญาณได้ โดยไอซี 2 ตัวที่เลือกใช้ก็คือเบอร์ HT-12E และ HT-12D ของบริษัท Holtek รายละเอียดของตัวไอซีมีดังนี้

3.6.1 HT-12E

ไอซีตัวนี้เป็นไอซีเข้ารหัส โดยประกอบด้วยบิตแอดเดรสจำนวน 8 บิต และบิตข้อมูลจำนวน 4 บิต โดยทั้งบิตแอดเดรสและบิตข้อมูลอินพุต จะตั้งค่าได้เป็น 2 สถานะ คือ 0 และ 1

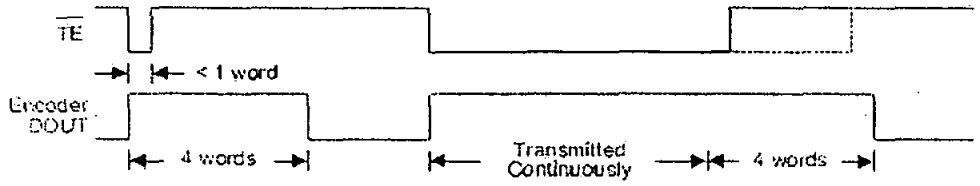


รูป 3.14 การต่อไอซีเข้ารหัสร่วมกับโมดูล

ข้อมูลของไอซีเข้ารหัส

- ใช้ไฟเลี้ยงในช่วง 2.4 – 12 โวลต์
- ใช้กำลังต่ำและป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดี
- ใช้กระแสต่ำ เพียง 0.1uA ที่ไฟเลี้ยง 5 โวลต์
- ส่งข้อความได้ต่ำสุดคือ 4 word
- เป็น DIP 18 ขา

หลังจากการส่งบิตแอดเดรส 8 บิตและบิตข้อมูลอีก 4 บิตและ และขา TE ต่อเข้ากับลอจิกต่ำ ขาส่งข้อมูลออกของไอซีจะทำการส่งเอาท์พุต 4 บิตของข้อมูล จากนั้น ถ้าขา TE กลับเป็นลอจิกสูง ขาส่งข้อมูลก็จะหยุดการส่งสัญญาณ มีข้อสังเกตคือ แม้ว่าสัญญาณจากขา TE มีการเปลี่ยนลอจิกขณะที่ทำการส่งสัญญาณแต่การส่งก็จะยังคงดำเนินต่อไปได้

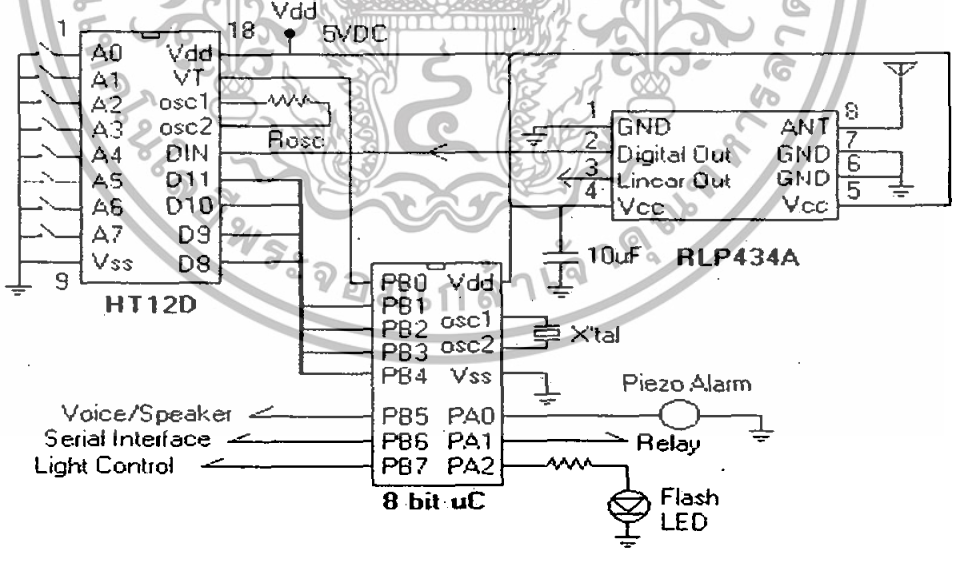


รูป 3.15 การส่งสัญญาณของไอซีเข้ารหัส

3.6.2 HT-12D

ไอซีถอดรหัส HT-12D มีการถอดรหัสดังเช่นรูปข้างล่าง โดยจะเป็นการสร้างช่องทางการสื่อสารที่ปลอดภัย ซึ่งตัวถอดรหัสนี้ จะรับข้อมูลบิตแอดเดรสอนุกรมและบิตข้อมูลจากไอซีตัวเข้ารหัสที่ส่งมาจากโมดูลตัวส่งสัญญาณ การติดต่อเข้ากับโมดูลรับสัญญาณก็สามารถทำได้โดยง่าย ไอซีตัวเข้ารหัสนี้จะทำการเปรียบเทียบข้อมูลอินพุตที่เข้ามากับบิตแอดเดรสของตัวมันเอง ถ้าไม่มีข้อผิดพลาดหรือบิตแอดเดรสที่มานั้นตรงกัน ข้อมูลอินพุตจะถูกถอดรหัสแล้วส่งออกไปที่ขาเอาท์พุทของไอซี

ขา VT จะเป็นลอจิกสูงเพื่อแสดงถึงการส่งสัญญาณที่ถูกต้อง ส่วนประกอบของไอซีถอดรหัสเบอร์ HT-12D นั้น จะประกอบด้วยบิตแอดเดรส 8 บิตและบิตข้อมูล 4 บิต



รูป 3.16 การต่อไอซีถอดรหัสร่วมกับโมดูลและไมโครคอนโทรเลอร์

ข้อมูลเบื้องต้นของไอซีถอดรหัส

- ไฟเลี้ยงของช่วงการทำงาน 2.4 – 12 โวลต์
- กินกระแสและพลังงานต่ำและป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดี
- เมื่อรับค่าบิตมา จะทำการตรวจสอบถึง 3 ครั้ง
- ใช้งานร่วมกับไอซีเข้ารหัส
- บิตที่ใช้งานทั้งหมด เท่ากับ 12 บิต
- ใช้อุปกรณ์ต่อร่วมไม่มากนัก

3.6.3 ข้อสังเกตในการเลือกความถี่ในการออสซิลเลทของไอซีทั้งสองตัว

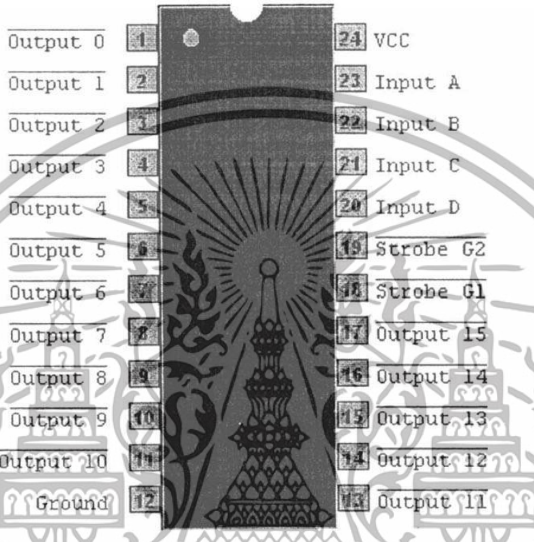
ความถี่ของการออสซิลเลทของไอซีเข้ารหัส จะมีค่าเท่ากับ 50 fosc ความถี่ที่ควรใช้สำหรับการส่งส่งสัญญาณด้วยการใช้ไอซีเข้ารหัสเป็น HT-12E นั้น ควรจะใช้ค่าประมาณ 3 กิโลเฮิรตซ์ โดยเฉพาะเมื่อใช้งานร่วมกับไอซีถอดรหัส HT-12D ที่มีความถี่ออสซิลเลทในการถอดรหัสเท่ากับ 50 ครั้งของตัวเข้ารหัส คิดเป็น 150 กิโลเฮิรตซ์

จากการพิจารณาข้อมูลของตัวไอซีเข้ารหัส จะพบว่าเมื่อจ่ายไฟให้ 5 โวลต์ และเลือกความถี่ในการออสซิลเลทเท่ากับ 3 กิโลเฮิรตซ์ จะต้องเลือกตัวต้านทานที่มีค่า 1.0 เมกกะโอห์ม ในขณะที่เมื่อพิจารณาจากข้อมูลของไอซีถอดรหัส จะพบว่าเมื่อจ่ายไฟให้ 5 โวลต์ ที่ความถี่ 150 กิโลเฮิรตซ์ ตัวต้านทานที่ต้องเลือกใช้งานจะต้องใช้ตัวต้านทานค่า 51 กิโลโอห์ม

การเลือกใช้ค่าของความต้านทานที่แตกต่างกันไปในแต่ละค่าของไอซีทั้งสองนั้น ก็จะให้ผลของความถี่ออสซิลเลทที่แตกต่างกันไปด้วย ซึ่งไม่ว่าจะเลือกใช้ค่าใดก็ตาม มีข้อควรระวังคือต้องไม่ทำให้ความถี่ในการถอดรหัสต่ำกว่า 300 กิโลเฮิรตซ์ มิฉะนั้นจะทำให้ไม่สามารถทำการถอดรหัสได้

3.7 IC 74HC154

ข้อมูลทั่วไป คือ เป็นอุปกรณ์ CMOS ที่มีขาต่อร่วมกับ LSTTL หรือ ทีทีแอลช็อคกี้ พลังงานต่ำ ใช้งานเป็น 4-to-16 line Decoder/Demultiplexer



รูป 3.17 โครงสร้างของไอซี 74154

คุณสมบัติของไอซี 74154

- สามารถต่อดีมัลติเพล็กซ์ได้สูงสุดเท่ากับ 16 เอาท์พุต
- ทำการถอดรหัสอินพุต 4 บิตของเลขฐานสองออกได้เป็นหนึ่งใน 16 เอาท์พุต
- มี 2 อินพุตเกตสำหรับต่อเพิ่มเติม

ไอซี 74154 จะรับอินพุท 4 บิต ในฐานสองที่เป็นลอจิกสูง และให้เอาท์พุต 16 ค่าที่เป็นลอจิกต่ำ มีข้อสังเกตก็คือ รหัส "154" นั้น ใช้แทน 1 สู่ 16 ดีมัลติเพล็กซ์เซอร์ โดยใช้หนึ่งในอินพุทที่ใช้เป็นข้อมูลอินพุตที่ถูกมัลติเพล็กซ์

การต่อขาของไอซีมีดังนี้ ขา 1 ถึง 11 และขา 13 ถึง 17 เป็นขาสำหรับเอาท์พุต ที่เป็นทำงานเมื่อต่อกับลอจิกต่ำ ใช้สัญลักษณ์เป็น Y0 ถึง Y15, ขา 18 และ 19 ใช้เป็นขาEnable อินพุต ทำงานที่ลอจิกต่ำเช่นเดียวกัน, ขา 12 ใช้ต่อเข้ากับกราวด์, ขา 20 ถึง 23 เป็นขาแอดเดรส ใช้สัญลักษณ์เป็น A0 ถึง A3 และสุดท้าย ขา 24 จะต่อเข้ากับไฟเลี้ยงที่เป็นบวก

เมื่อจะใช้งาน ต้องพิจารณาตารางฟังก์ชั่นการทำงานของไอซี 74154 ร่วมกับการใช้งานหลอดแสดงผล 7 ส่วนชนิดแคโทดร่วม เนื่องจากจะให้เอาท์พุทที่ตำแหน่งต่างๆ เป็นลอจิกต่ำ การใช้งานจะตั้งค่าเอาท์พุตหรือ Yx ต่างๆ ให้เป็นค่าประจำของหลอดแสดงผล 7 ส่วนในแต่ละหลัก ตั้งแต่หลักที่ 1 ถึง หลักที่ 10 คือ Y0 จนถึง Y9 ดังนั้น เมื่อเอาท์พุตหลักใดมีค่าเป็นลอจิกต่ำหรือเท่ากับลอจิก 0 ก็จะทำให้หลอดแสดงผล 7 ส่วนในหลักนั้นๆ ติดขึ้นมา

		INPUTS				OUTPUTS														
$\bar{E}_0$	$\bar{E}_1$	A_0	A_1	A_2	A_3	$\bar{Y}_0$	$\bar{Y}_1$	$\bar{Y}_2$	$\bar{Y}_3$	$\bar{Y}_4$	$\bar{Y}_5$	$\bar{Y}_6$	$\bar{Y}_7$	$\bar{Y}_8$	$\bar{Y}_9$	$\bar{Y}_{10}$	$\bar{Y}_{11}$	$\bar{Y}_{12}$	$\bar{Y}_{13}$	$\bar{Y}_{14}$	$\bar{Y}_{15}$
H	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

ตารางที่ 3.2 ตารางการทำงานของไอซี 74154

เมื่อ H มีค่าเท่ากับ ลอจิกสูง หรือเท่ากับ 1

L มีค่าเท่ากับ ลอจิกต่ำ หรือเท่ากับ 0

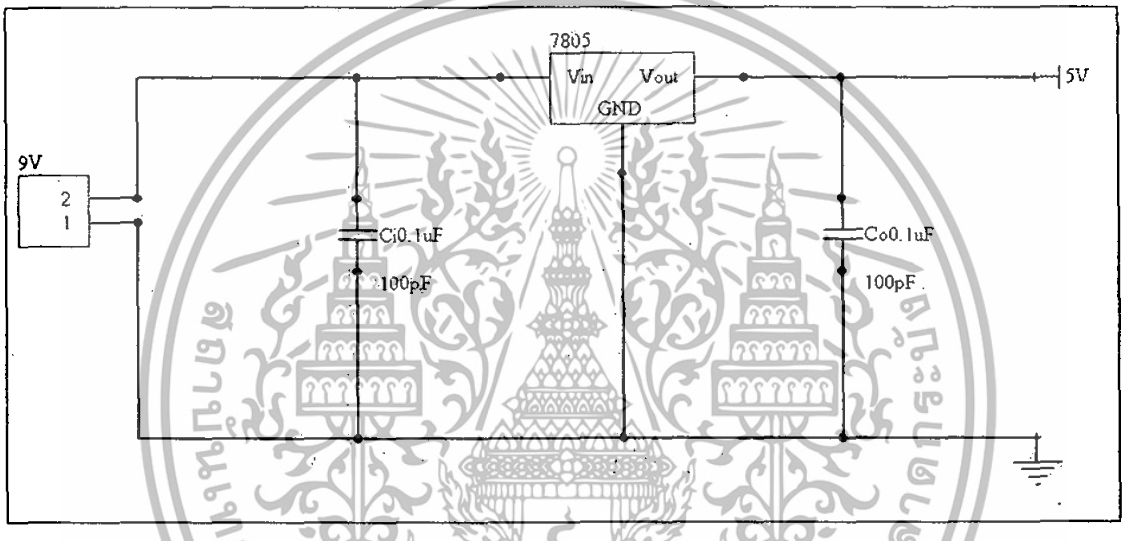
X มีค่าเท่ากับ don't care

3.8 วงจรที่ออกแบบ

จากหลักการออกแบบวงจรที่ได้กล่าวไปเบื้องต้นทำให้ออกแบบวงจรต่างๆ ได้ดังนี้

3.8.1 วงจรไฟเลี้ยง

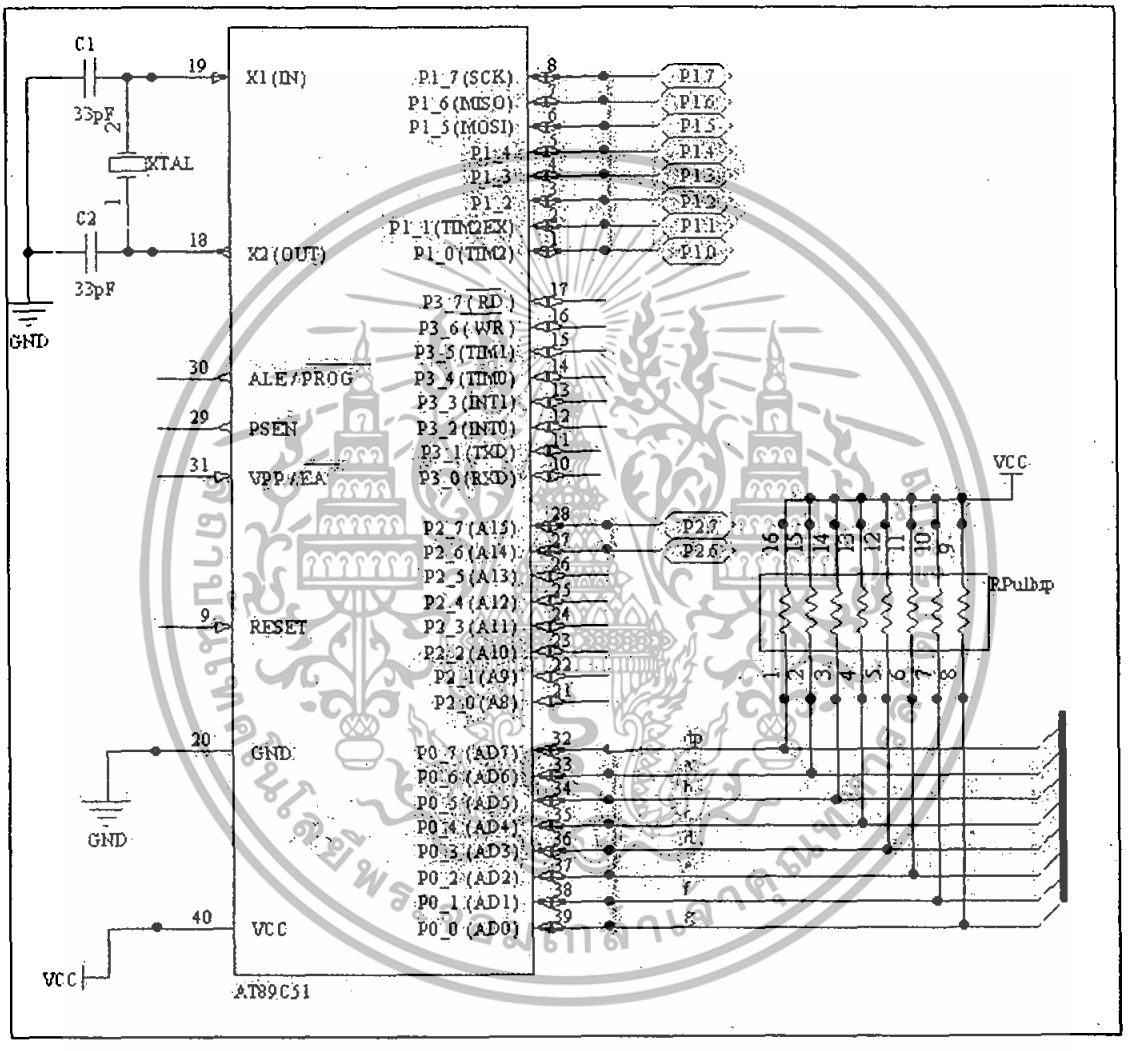
ไฟเลี้ยงหลักก็คือ 5 โวลต์ โดยทำการแปลงจากหม้อแปลงขนาด 9 โวลต์ที่ต่อเข้ามา นอกจากนี้ทำการต่อตัวเก็บประจุขนาด 0.1 ไมโครฟารัด เข้าไปเพื่อรักษาเสถียรภาพให้กับไฟตรงขนาด 5 โวลต์ที่จะนำเข้าไปจ่ายให้กับวงจร



รูปที่ 3.18 แสดงวงจรไฟเลี้ยง

3.8.2 วงจรควบคุมหลอดแสดงผล 7 ส่วน

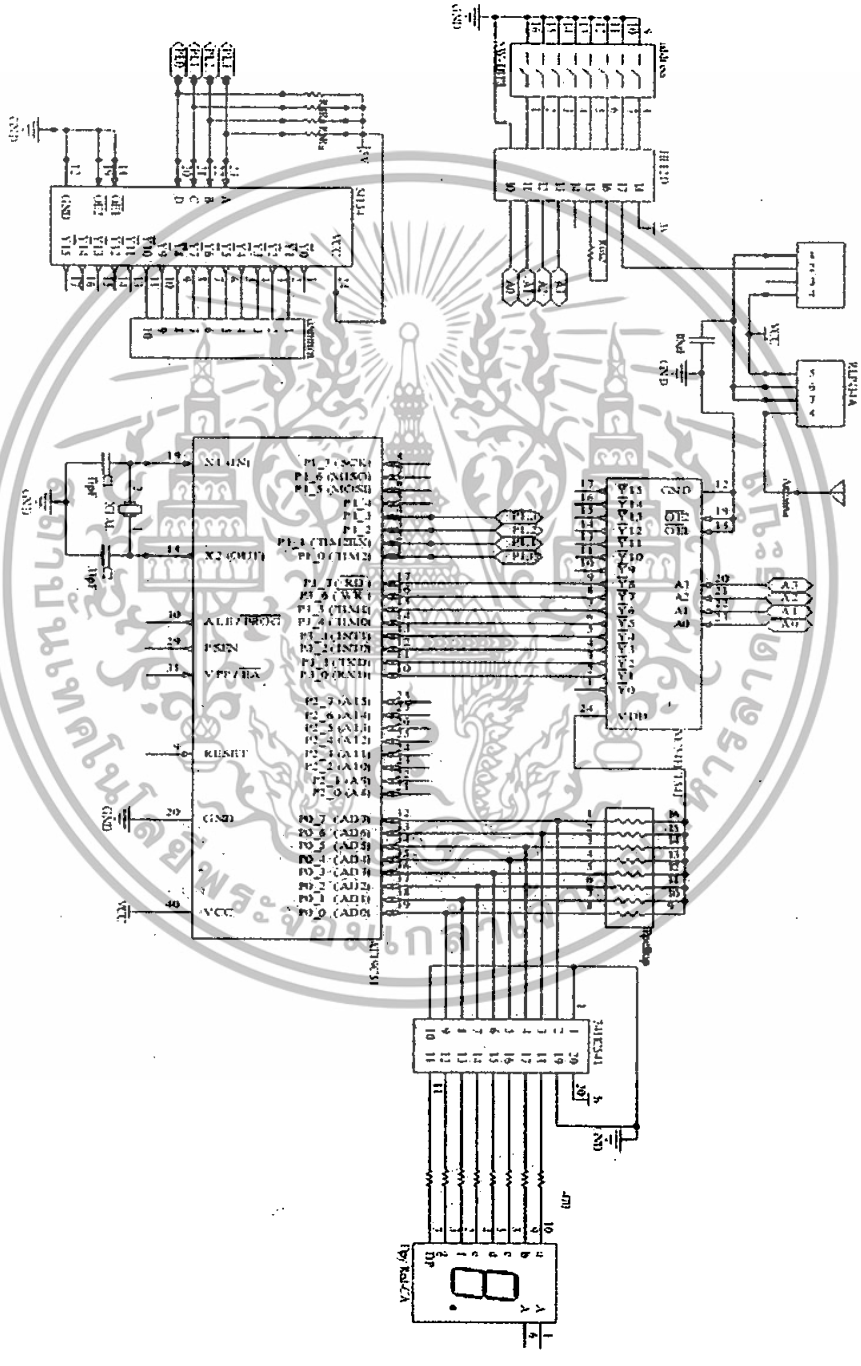
การต่อหลอดแสดงผล 7 ส่วนเข้ากับไมโครคอนโทรเลอร์นั้นจะทำการต่อตัวต้านทานขนาด 470 โอห์มเข้าที่พอร์ตทั้ง 8 ของไมโครคอนโทรเลอร์โดยเรียงลำดับจาก Dot point, ส่วนแสดงผล a ไปจนถึง ส่วนแสดงผล g



รูปที่ 3.19 แสดงวงจรควบคุมหลอดแสดงผล 7 ส่วน

3.8.3 วงจรภาครับ

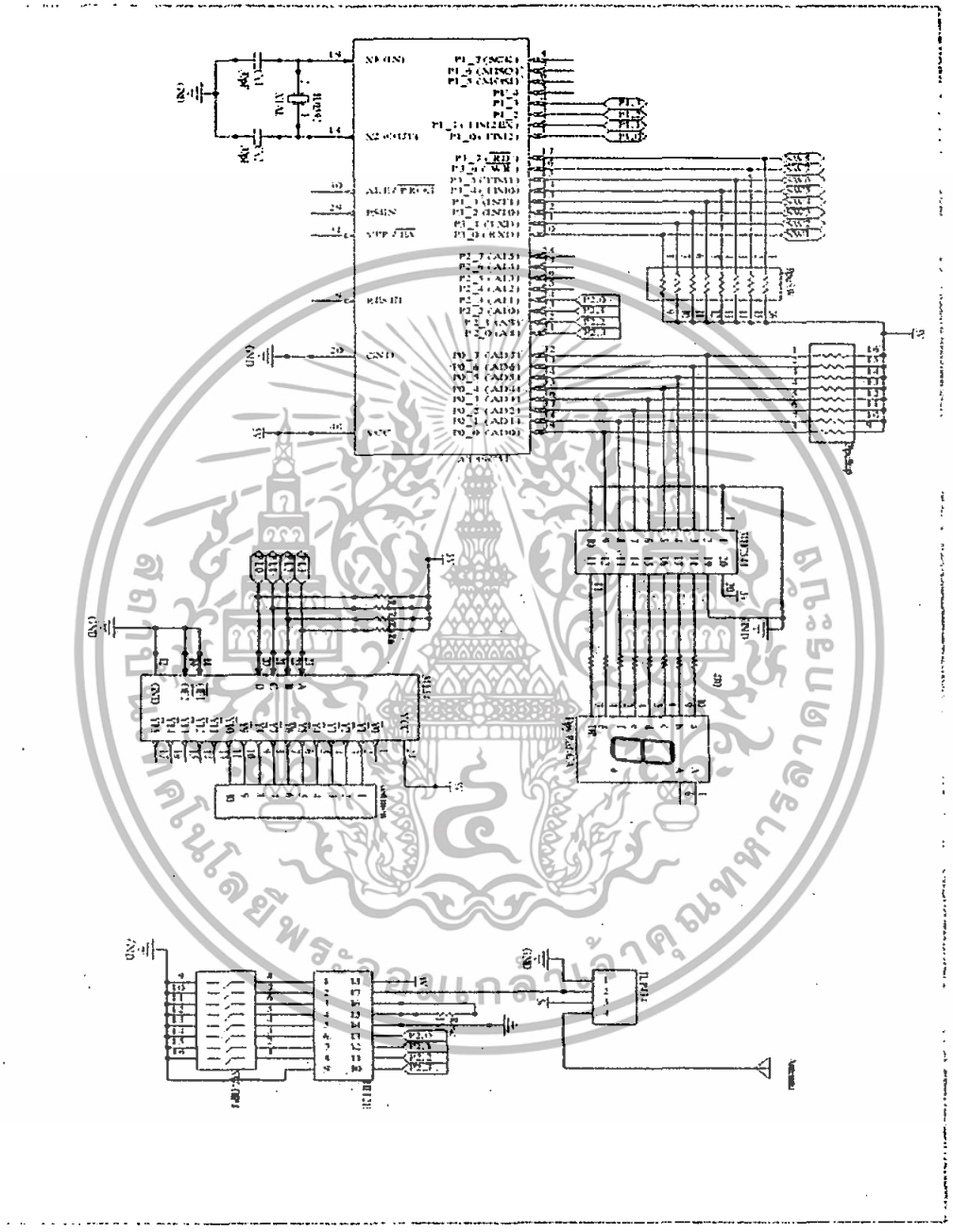
จากรูป เป็นวงจรภาครับที่ป้ายบอกคะแนน



รูปที่ 3.20 แสดงวงจรภาครับที่อยู่บนตัวเครื่องแสดงผล

3.8.4 วงจรภาคส่ง

จากรูป เป็นวงจรที่ตัวรีโมทควบคุม



รูป 3.21 แสดงวงจรภาคส่งที่อยู่บนตัวรีโมทคอนโทรล

3.8.5 คำสั่งโปรแกรมที่ใช้

```
#include <reg52.h>
#include <stdio.h>
sbit sw0=P3^0; //
sbit sw1=P3^1; //
sbit sw2=P3^2; //
sbit sw3=P3^3; //
sbit sw4=P3^4; //
sbit sw5=P3^5; //
sbit sw6=P3^6; //
sbit sw7=P3^7; //
code unsigned char num[10] =
    {0x7e,0x0c,0xb6,0x9e,0xcc,
     0xda,0xfa,0x0e,0xfe,0xde};
int shortclock = 24;
int timeint = 600;
int shortcount = 0;
int timecount = 0;
unsigned char subseconds = 0;

void timer_interrupt(void) interrupt 3
{
   TL1 = 0x00;
   TH1 = 0xEE;
   subseconds = subseconds + 1;
   if (subseconds == 200){
    subseconds = 0;
    if (timecount && (timeint>0))
    {
```

```
      timeint--;
      }
      if (timecount && shortcount && (shortclock>0))
      {
       shortclock--;
      }
      }
}
void delay0(void)
{
unsigned int i,j;
  for(i=0;i<150;i++)
  {
  for(j=0;j<160;j++);
  }
}
void delay(void)
{

 TH0 = 0xFA;
 TL0 = 0x00;
 //TH0 = 0x00;
 //TL0 = 0xFE;

 TF0 = 0;
 TR0 = 1;  // TIMER Start
 while(TF0==0);
 TR0 = 0;  // TIMER Stop
}
void main()
```

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

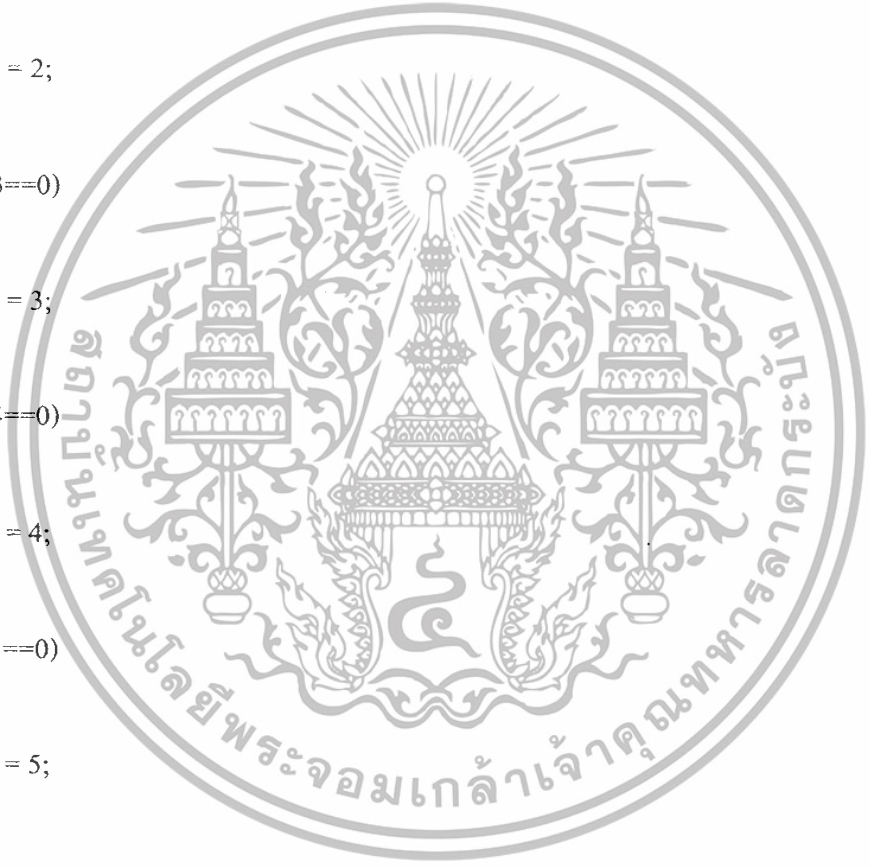
```
{
int counter,swcheck,swcache,team1,team2;
swcheck = 8;
counter = 0;
timecount = 0;
shortcount = 0;
P0=0x7e;
P1=0xff;
P2=0x00;
P3=0xff;
timeint = 600;
team1 = 0;
team2 = 0;
shortclock = 24;
TR1 = 1;
TMOD = 0x11;
ET1 = 1;
EA = 1;
while(1)
{   delay(); //600hz
 if (counter > 600)
 {   counter = 0;
 }
 counter++;
 // SCAN SEGMENT
 if ((counter%10) == 0)
 {
   // TIME 1
   P0 = num[(timeint/60)/10];
   P1 = 0x08;
```

```
}
else if ((counter%10) == 1)
{
  // TIME 2
  P0 = num[(timeint/60)%10];
  P1 = 0x04;
}
else if ((counter%10) == 2)
{
  // TIME 3
  P0 = num[(timeint%60)/10];
  P1 = 0x0c;
}
else if ((counter%10) == 3)
{
  // TIME 4
  P0 = num[(timeint%60)%10];
  P1 = 0x02;

}
else if ((counter%10) == 4)
{
  // TEAM 1-1
  P0 = num[team1/10];
  P1 = 0x0a;

}
else if ((counter%10) == 5)
{
  // TEAM 1-2
```

```
  P0 = num[team1%10];
  P1 = 0x06;
}
else if ((counter%10) == 6)
{
  // TIME MINTEN
  P0 = num[team2/10];
  P1 = 0x0e;
}
else if ((counter%10) == 7)
{
  // TIME MINONE
  P0 = num[team2%10];
  P1 = 0x01;
}
else if ((counter%10) == 8)
{
  // TIME SECTEN
  P0 = num[shortclock/10];
  P1 = 0x09;
}
else
{
  // TIME SECONE
  P0 = num[shortclock%10];
  P1 = 0x05;
}
swcache = 8;
if (sw0==0)
{
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

```
  swcheck = 0;
}
else if(sw1==0)
{
  swcheck = 1;
}
else if(sw2==0)
{
  swcheck = 2;
}
else if(sw3==0)
{
  swcheck = 3;
}
else if(sw4==0)
{
  swcheck = 4;
}
else if(sw5==0)
{
  swcheck = 5;
}
else if(sw6==0)
{
  swcheck = 6;
}
else if(sw7==0)
{
  swcheck = 7;
}
```



```
else
{
  if (swcheck != 8)
  {
    swcache = swcheck;
  }
  swcheck = 8;
}

// Do Switch Function
switch(swcache)
{
  case 0:P2=0x08; delay0();
         if (team1 < 99)
        {
          team1 = team1+1;
         }
         else
         {
          team1 = 0;
         }
         if(P2==0x08) P2=0x00;
        break;
  case 1:P2=0x07  ;delay0();
         if (team1 > 0)
         {
          team1 = team1-1;
         }
         if(P2==0x07) P2=0x00;
        break;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

```
case 2:P2=0x06  ;delay0();
        if (team2 < 99)
       {
          team2 = team2+1;
        }
        else
        {
          team2 = 0;
        }
        if(P2==0x06) P2=0x00;
       break;
case 3:P2=0x05; delay0();
        if (team2 > 0)
        {
          team2 = team2-1;
        }
        if(P2==0x05) P2=0x00;
       break;
case 4:P2=0x04; delay0();
        if (shortclock != 24)
        {
          shortcount = 0;
          shortclock = 24;
        }
        else
        {
          shortcount = 1;
        }
       if(P2==0x04) P2=0x00;
       break;
```

```
case 5:P2=0x03; delay0();
        timecount = !(timecount);
        if(P2==0x03) P2=0x00;
      break;
case 6: P2=0x02;delay0();
         shortclock = 24;
       timeint = 600;
       team1 = 0;
       team2 = 0;
       timecount = 0;
       shortcount = 0;
      if(P2==0x02) P2=0x00;
      break;
case 7: P2=0x01;  delay0();
         shortclock = 24;
       timeint = 600;
       timecount = 0;
       shortcount = 0;
       if (P2==0x01)P2=0x00;
      break;
 case 8:
       break;
}
} // While End
}
```

มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 4
สรุปและวิจารณ์

จากการทดลองเบื้องต้น ทำการเริ่มทดลองโดยต่อวงจรดังรูปวงในบทที่ 3 แล้วเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรเลอร์ควบคุมการนับของหลอดแสดงผล 7 ส่วน ตั้งแต่ตัวเลข 0-9 วนไปเรื่อยๆ ผลการทดลองที่ได้คือ หลอดแสดงผล 7 ส่วนจะแสดงการนับวนค่า 0-9 ไปเรื่อยๆ ซึ่งวงจรและโปรแกรมนี้พื้นฐานเบื้องต้นของ ส่วนแสดงผลคะแนนและส่วนนับถอยหลัง 24 วินาที โดยที่จะเพิ่มความยุ่งยากขึ้นมาเนื่องจากจะต้องมีการทดหลักจากหลับสิบเป็นหลักหน่วย ซึ่งการกำหนดเงื่อนไขเหล่านี้สามารถทำได้ในการเขียนโปรแกรมคำสั่งจากภาษาซี

จากการต่อมัลติเพล็กซ์ 10 ตัว ทำให้หลอดแสดงผล 7 ส่วนมีความสว่างลดลง จึงต้องทำการปรับปรุงวงจร โดยมีการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานที่จำกัดกระแสอยู่แต่ละส่วนของหลอดแสดงผล 7 ส่วน หากยิ่งใช้ค่าความต้านทานที่มีค่าสูง ก็ยิ่งทำให้ความสว่างลดลง จากการทดลองได้เลือกใช้ค่าความต้านทาน 470 โอห์ม ทำให้มีแสงสว่างพอดีที่จะมองเห็นได้ชัด ไม่จางเกินไป และไม่สว่างเกินไป โดยความสัมพันธ์ของตัวต้านทานที่ใช้นั้น จะต้องเลือกให้มีความพอดีกับคุณสมบัติของหลอดแสดงผล 7 ส่วน เบื้องต้นในโครงงานนี้เลือกใช้ค่าตัวต้านทาน 470 โอห์ม สำหรับทั้งบนตัวรีโมทควบคุมและตัวป้ายบอกคะแนน จะเห็นว่าบนป้ายบอกคะแนนจะแสดงผลได้ไม่ชัดเจนในที่ๆ มีแสงสว่างมากๆ จึงทำการลดค่าความต้านทานลง โดยเลือกใช้ค่าตัวต้านทานที่มีค่า 100 โอห์ม ผลที่ได้ก็คือ สามารถทำให้หลอดแสดงผลมีความสว่างขึ้น

จากการพิจารณาตัวต้านทานค่าต่างๆ ที่นำมาใช้ขับกระแส ตัวต้านทานจะร้อนหรือไม่ร้อนนั้นขึ้นอยู่กับค่า กำลัง(P) ซึ่งมีค่าเท่ากับ ความต่างศักย์ (V) x กระแส (I) แต่การลดค่ากระแส ก็เป็นการลดความสว่างโดยตรง หากได้ความสว่างที่ต้องการแล้ว จึงไม่ควรที่จะลดค่าของกระแสลง ดังนั้น จากความสัมพันธ์ตามสมการ จึงต้องลดค่าความต่างศักย์แทน โดยสามารถลดความต่างศักย์ได้จาก

- ลดความต่างศักย์ที่ตกคร่อมไอซี : ความต่างศักย์ตกคร่อมไอซี จะแปรผันตามค่ากระแสที่ไหลผ่านขาเอาท์พุทนั้นๆ ดังนั้น จึงไม่สามารถลดค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมไอซีได้ เนื่องจากเหตุผลข้อแรก

- ลดค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน : ทำได้โดยลดค่าความต้านทาน เพื่อให้กระแสมีค่าเท่าเดิม โดยการลดความต่างศักย์ที่จ่ายให้ระบบนี้นั้น ไม่ใช่ตัวเดียวกับค่าของไฟเลี้ยง 5 โวลต์ที่จ่ายให้กับไมโครคอนโทรเลอร์ มิฉะนั้นไมโครคอนโทรเลอร์จะไม่สามารถทำงานได้ และก็ไม่ควรมีค่าแตกต่างจากค่าความต่างศักย์ของหลอดแสดงผล 7 ส่วนมากเกินไป ควรเลือกค่าที่พอเหมาะ

ระหว่าง กระแสที่อยากได้, ค่าความต้านทานที่มีอยู่ทั่วไปและค่าแรงดันมาตรฐานของแหล่งจ่ายไฟที่ควรใช้ค่าที่ไม่สูงกว่ากันมากจนเกินไป เพราะส่วนที่เกินมาจะสูญเสียพลังงานไปในตัวต้านทานมากนั่นเอง

ในการเลือกทรานซิสเตอร์เพื่อมาขับกระแสเลี้ยงหลอดแสดงผล 7 ส่วน เนื่องจากเป็นแบบชนิดแคโทดร่วม หากยิ่งใช้หลอดแสดงผล 7 ส่วนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ก็ยิ่งต้องกินกระแสมากขึ้น จึงทำให้ต้องต่อวงจรขับไว้ภายนอกโดยใช้ค่าความต้านทานที่เหมาะสมร่วมกับทรานซิสเตอร์ หากเป็นการต่อตรงจากพอร์ตของ MCS-51 จะมีกระแสไม่พอนั่นเอง ทำให้ต้องมีการเลือกใช้ไอซีเข้ามาต่อบัฟเฟอร์ จึงใช้ไอซี 74HC154 เข้ามาเนื่องจากจะขับได้เฉพาะหลอดแสดงผลแบบแคโทดร่วมเท่านั้น

จากนั้น เมื่อมีหลอดแสดงผล 7 ส่วน หลายๆ หลัก ต้องใช้วิธีการสแกนในการทำให้หลอดแสดงผล 7 ส่วนทำงานเป็นปกติ เนื่องจากหากไม่ทำการต่อมัลติเพล็กซ์และสแกนจะทำให้สิ้นเปลืองพอร์ตอินพุต/เอาท์พุต แต่ก็อาจจะมีปัญหาที่ตามคือ ขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานจะวนสแกนหลอดแสดงผล 7 ส่วน ในทุกๆ หลัก จนครบทั้งหมด ดังนั้นหากมีอินพุทเข้ามา จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องไปทำงานอื่นๆ ก่อน ถ้าหากว่าเป็นงานเดียว อาจจะไม่มีปัญหาอะไร แต่หากมีหลายๆ งานเข้ามาพร้อมกัน แล้วแต่งานเป็นงานที่ต้องการการคำนวณ หลอดแสดงผล 7 ส่วน อาจจะแสดงผลแล้วเกิดการกระพริบ หรือว่าหรี่ลงบ้าง มีแนวทางแก้ไขคือ การใช้ Timer แล้วตั้งค่าระดับความสำคัญของการอินเทอร์รัพ (Interrupt Priority) ให้สูงที่สุด แต่บางงานไม่อาจทำได้ เนื่องจากอินพุทที่มีการอินเทอร์รัพสำคัญการการแสดงอย่างแน่นอน เช่น ถ้ากำลังรับสัญญาณจากพอร์ต UART ซึ่งตั้งให้มีบอดเรทสูงๆ แล้วเกิดการอินเทอร์รัพให้ไปสแกนหลอดแสดงผล แล้วก็มีข้อมูลใหม่เข้ามาที่พอร์ต UART เรื่อย ขณะที่กำลังสแกนอยู่ ก็จะทำให้การทำงานไม่ดี

ในด้านการส่งสัญญาณที่เลือกใช้โมดูล TLP/RLP434A ซึ่งมีการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ทำให้การส่งผ่านข้อมูลต้องมีการเขียนโปรแกรมกำหนดค่าบิตเริ่มต้นและบิตปิดท้ายของข้อมูลเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบว่า การส่งข้อมูลได้เริ่มต้นและสิ้นสุดแล้ว นอกจากนี้ เนื่องจากโมดูลตัวรับ RLP 434A เป็นโมดูลที่มีการทำงานอยู่ตลอดเวลา ทำให้มีการรับเอาข้อมูลที่ไม่จำเป็น หรือนอยส์เข้ามาอยู่ตลอด จึงต้องแก้ไขโดยการเขียนโปรแกรมกำหนดดังกล่าวเบื้องต้น

ความยาวของเสาอากาศที่พอเหมาะกับตัวโมดูล TLP/RLP 434A คำนวณได้จากค่าความถี่ที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูล ซึ่งความถี่ 434 MHz นั้น ควรเลือกใช้เสาอากาศที่มีความยาวประมาณ 17 เซนติเมตร จะทำให้สามารถรับข้อมูลได้ในระยะไกลที่สุด

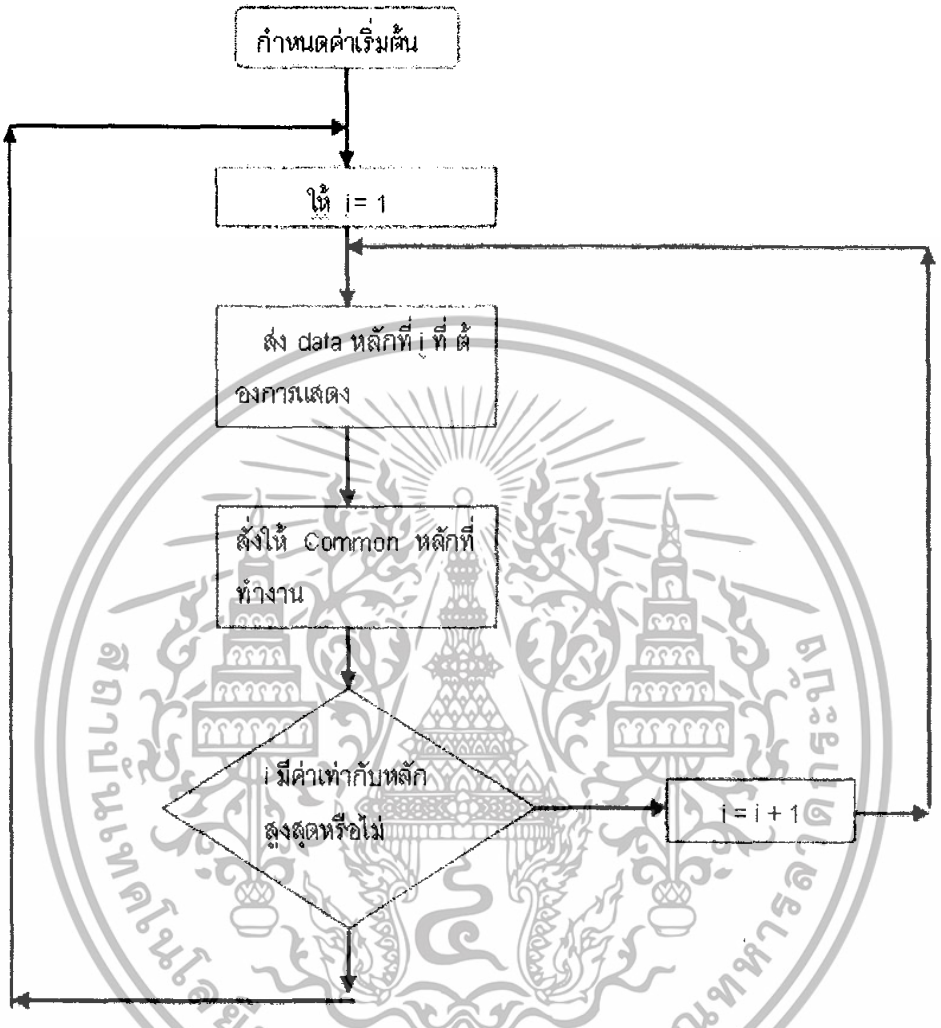
สำหรับการทำงานเป็นนาฬิกาดิจิตอลนั้น สามารถทำการพัฒนาต่อได้ในอนาคต โดยการใช้ไอซี RTC (Real Time Clock) เพื่อทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงผลเป็นนาฬิกาดิจิตอลได้ในโหมดการทำงานปกติ และแสดงผลด้วยความถูกต้องไม่มีการคลาดเคลื่อนของเวลา

ตัวเลข	Input					Output						
	EN	D	C	B	A	g	f	e	d	c	b	a
x	0	x	x	x	x	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
2	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
3	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
4	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
5	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
6	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
7	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
8	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1

ตารางที่ 4.1 แสดงการแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบหกของแบบคาโทดร่วม

ตัวเลข	Input					Output						
	EN	D	C	B	A	g	f	e	d	c	b	a
x	0	x	x	x	x	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
2	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
3	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
4	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
5	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
6	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
7	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0

ตารางที่ 4.2 แสดงการแปลงเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบหกของแบบอาโนดร่วม



รูปที่ 4.1 แสดง Flow Chart ของการสแกนหลอดแสดงผล 7 ส่วน

4.1 ปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ไข

จากการทดลองนั้น ในส่วนของตัวรีโมทควบคุมการทำงานของป้ายบอกคะแนนนั้น สามารถทำงานได้ตามฟังก์ชั่นการทำงานที่กำหนดไปให้คือเมื่อกดปุ่มเริ่มการทำงาน เวลาที่ใช้ในการแข่งขันจะเริ่มนับถอยหลังพร้อมกับเวลานับถอยหลัง 24 วินาที ในระหว่างนี้ การเพิ่มหรือลดคะแนนของทีมทั้งทีมสามารถทำได้ตามปกติ

เมื่อมีการกดปุ่มหยุดเวลา จะทำให้ทั้งส่วนของเวลาในการแข่งขันและส่วนนับถอยหลัง 24 วินาทีหยุดลง และเมื่อกดปุ่มเริ่มอีกครั้งจะทำให้ทั้งสองส่วนเริ่มนับต่อ โดยในส่วนการนับถอยหลัง 24 วินาทีนั้น สามารถหยุด เริ่ม หรือตั้งค่าใหม่ได้โดยไม่ขึ้นอยู่กับส่วนของเวลาที่ใช้ในการแข่งขัน

ในส่วนของการแสดงคะแนน จะเริ่มจาก 00 โดยสามารถเพิ่มขึ้นไปจนถึง 99 คะแนน ในการเขียนโปรแกรมป้องกันความผิดพลาดของการทำงาน จึงกำหนดให้เมื่อกดลดคะแนนจาก 00 จะยังคงแสดงผลเป็น 00 อยู่เช่นเดิม ในขณะที่เมื่อกดปุ่มเพิ่มคะแนนจาก 99 คะแนน จะทำให้การแสดงผลวนกลับมาแสดงผลเป็น 00 ใหม่อีกครั้งหนึ่ง

ทางด้านตัวรับหรือป้ายบอกคะแนน ได้ทำการตั้งค่าเริ่มต้นให้ตัวป้ายมีค่าสถานะเริ่มต้นเมื่อเปิดเครื่องทำงานคือ เวลาที่ใช้ในการแข่งขันที่ตั้งไว้ เช่น 10 นาที 00 วินาที คะแนนทั้งสองทีมอยู่ที่ 00 คะแนน และส่วนนับถอยหลังจะอยู่ในเวลา 24 วินาที

ปัญหาที่พบก็คือตัวรีโมทควบคุมไม่สามารถทำการควบคุมการแสดงผลบนตัวป้ายบอกคะแนนหลักได้ โดยจากการทดลองนั้นจะพบว่าน้อยครั้งมากที่สามารถทำการควบคุมการทำงานให้ป้ายบอกคะแนนหลักแสดงผลเช่นเดียวกับบนตัวรีโมทได้ เบื้องต้นสันนิษฐานว่าเนื่องมาจากตัวโมดูลสำเร็จรูป จึงทำการแก้ไขวงจรเพิ่มความเสถียร เช่นต่อวงจรที่จ่ายไฟเลี้ยงที่คงที่ให้แก่โมดูลตัวรับ รวมไปถึงการเพิ่มตัวเก็บประจุเข้าไป จุดประสงค์ในการแก้ไขก็เพื่อการลดสัญญาณรบกวนที่อาจจะมีผลต่อการสื่อสารระหว่างตัวรีโมทควบคุมกับป้ายบอกคะแนน ผลที่ได้คือเมื่อวัดจากออสซิลโลสโคปแล้ว ให้ผลว่าสามารถลดสัญญาณรบกวนได้ดีระดับหนึ่ง และเกิดการส่งสัญญาณขึ้นได้ ดังนั้นเหตุผลที่ว่าโมดูลไม่ทำงานจึงตกไป

จากนั้นจึงทำการต่อสายไฟตรงจากตัวรีโมทควบคุมเข้ากับบอร์ดแสดงผล แล้วทำการทดลองสื่อสารเพื่อตรวจสอบข้อสันนิษฐานต่อไป พบว่าเมื่อกดปุ่มจะมีสัญญาณลอจิกเข้าไปยังส่วนของป้ายบอกคะแนนหลัก แต่ตัวไมโครคอนโทรเลอร์ไม่ทำงานตามที่ฟังก์ชั่นเข้าไป ทำให้พบว่าปัญหาที่ไม่สามารถสื่อสารได้นั้น น่าจะเกิดมาจากปัญหาทางด้านการเขียนโปรแกรมที่มีการกำหนดการป้องกันการดีเบาซ์ของสวิตช์กับภาวการณ์ค้างค่าของไอซีตัวเข้ารหัสและถอดรหัสทำให้ไม่สามารถรับค่าจากการกดสวิตช์ลอจิกศูนย์ที่อยู่บนตัวรีโมทได้ จึงทำการแก้ไขโปรแกรมต่อไป

หนังสืออ้างอิง

1. เดชฤทธิ์ มณีธรรม, "คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัล,2548. 296 หน้า
2. สันติ นุราช และ อุกฤษฎ์ ตันทสุทธานนท์, "เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ฉบับภาษาซี" ,MRT Design for Quality.
3. อุดม รานอก, "ภาษา C สำหรับงานควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", นนทบุรี:ไอดีซีฯ ,2548 296 หน้า
4. ประจิน พลังสันติกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, "ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับ Keil C51", Inex

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก

MCS® 51
8-BIT CONTROL-ORIENTED MICROCONTROLLERS

Commercial/Express

8031AH/8051AH/8051AHP
8032AH/8052AH
8751H/8751H-8
8751BH/8752BH

- **High Performance HMOS Process**
- **Internal Timers/Event Counters**
- **2-Level Interrupt Priority Structure**
- **32 I/O Lines (Four 8-Bit Ports)**
- **64K External Program Memory Space**
- **Security Feature Protects EPROM Parts Against Software Piracy**
- **Boolean Processor**
- **Bit-Addressable RAM**
- **Programmable Full Duplex Serial Channel**
- **111 Instructions (64 Single-Cycle)**
- **64K External Data Memory Space**
- **Extended Temperature Range (−40°C to +85°C)**

The MCS® 51 controllers are optimized for control applications. Byte-processing and numerical operations on small data structures are facilitated by a variety of fast addressing modes for accessing the internal RAM. The instruction set provides a convenient menu of 8-bit arithmetic instructions, including multiply and divide instructions. Extensive on-chip support is provided for one-bit variables as a separate data type, allowing direct bit manipulation and testing in control and logic systems that require Boolean processing.

The 8751H is an EPROM version of the 8051AH. It has 4 Kbytes of electrically programmable ROM which can be erased with ultraviolet light. It is fully compatible with the 8051AH but incorporates one additional feature: a Program Memory Security bit that can be used to protect the EPROM against unauthorized readout. The 8751H-8 is identical to the 8751H but only operates up to 8 MHz.

The 8051AHP is identical to the 8051AH with the exception of the Protection Feature. To incorporate this Protection Feature, program verification has been disabled and external memory accesses have been limited to 4K.

The 8052AH is an enhanced version of the 8051AH. It is backwards compatible with the 8051AH and is fabricated with HMOS II technology. The 8052AH enhancements are listed in the table below. Also refer to this table for the ROM, ROMless and EPROM versions of each product.

Device	Internal Memory		Timers/ Event Counters	Interrupts
	Program	Data		
8031AH	none	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8051AH	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8051AHP	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8751H	4K x 8 EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8751H-8	4K x 8 EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8751BH	4K x 8 EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16-Bit	5
8032AH	none	256 x 8 RAM	3 x 16-Bit	6
8052AH	8K x 8 ROM	256 x 8 RAM	3 x 16-Bit	6
8752BH	8K x 8 EPROM	256 x 8 RAM	3 x 16-Bit	6

Intel Corporation assumes no responsibility for the use of any circuitry other than circuitry embodied in an Intel product. No other circuit patent licenses are implied. Information contained herein supersedes previously published specifications on these devices from Intel.
© INTEL CORPORATION, 1994
October 1994 Order Number: 272318-002

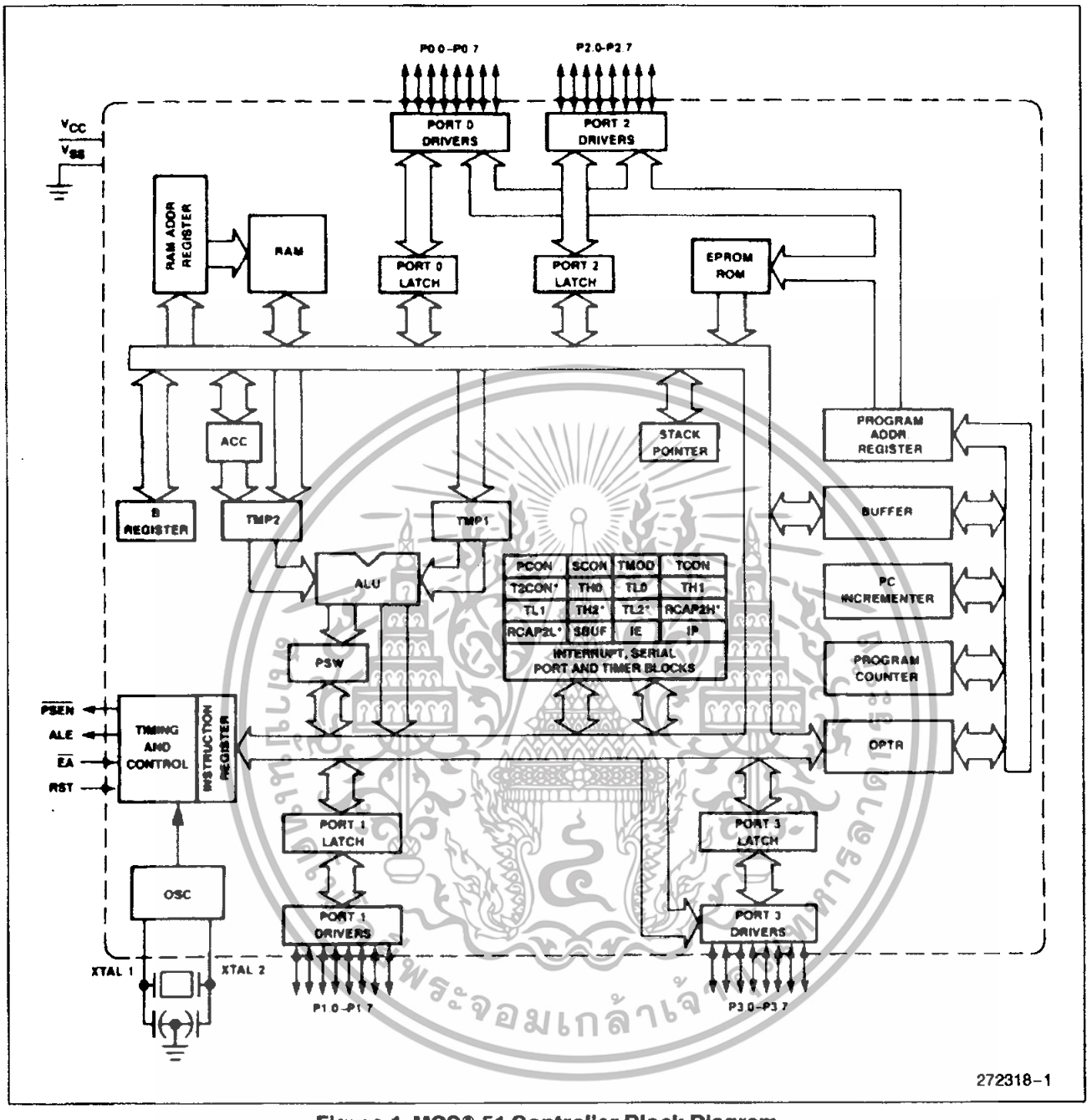


Figure 1. MCS® 51 Controller Block Diagram

PROCESS INFORMATION

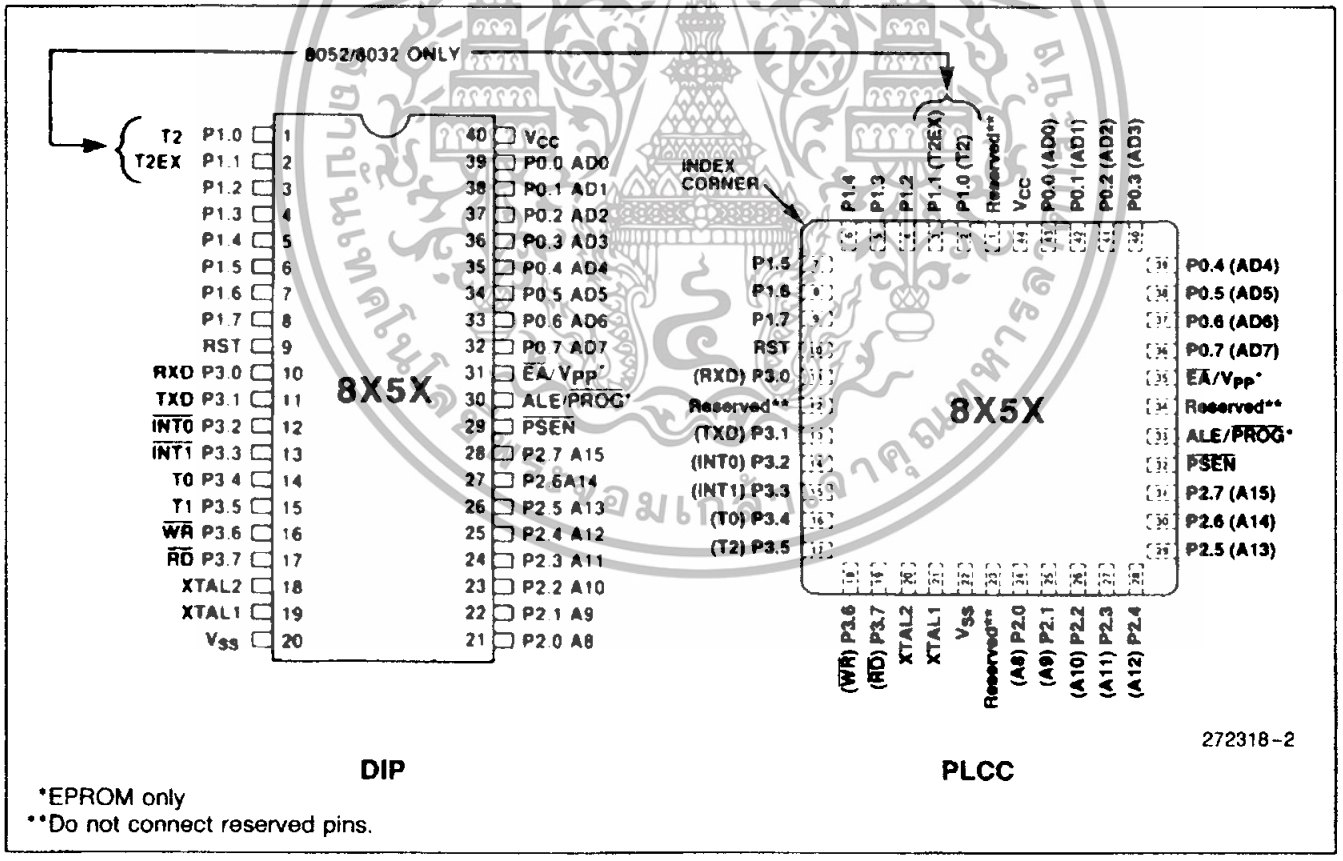
The 8031AH/8051AH and 8032AH/8052AH devices are manufactured on P414.1, an HMOS II process. The 8751H/8751H-8 devices are manufactured on P421.X, an HMOS-E process. The 8751BH and 8752BH devices are manufactured on P422. Additional process and reliability information is available in Intel's *Components Quality and Reliability Handbook*, Order No. 210997.

PACKAGES

Part	Prefix	Package Type	θ_{ja}	θ_{jc}
8051AH 8031AH 8052AH 8032AH 8752BH*	P D N	40-Pin Plastic DIP 40-Pin CERDIP 44-Pin PLCC	45°C/W 45°C/W 46°C/W	16°C/W 15°C/W 16°C/W
8751H 8751H-8	D	40-Pin CERDIP	45°C/W	15°C/W
8051AHP	P D	40-Pin Plastic DIP 40-Pin CERDIP	45°C/W 45°C/W	16°C/W 15°C/W
8751BH	P N	40-Pin Plastic DIP 44-Pin PLCC	36°C/W 47°C/W	12°C/W 16°C/W

NOTE:
*8752BH is 36°/10° for D, and 38°/22° for N.

All thermal impedance data is approximate for static air conditions at 1W of power dissipation. Values will change depending on operating conditions and application. See the Intel *Packaging Handbook* (Order Number 240800) for a description of Intel's thermal impedance test methodology.



*EPROM only
**Do not connect reserved pins.

Figure 2. MCS® 51 Controller Connections

PIN DESCRIPTIONS

V_{CC}: Supply voltage.

V_{SS}: Circuit ground.

Port 0: Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink 8 LS TTL inputs.

Port 0 pins that have 1's written to them float, and in that state can be used as high-impedance inputs.

Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external Program and Data Memory. In this application it uses strong internal pullups when emitting 1's and can source and sink 8 LS TTL inputs.

Port 0 also receives the code bytes during programming of the EPROM parts, and outputs the code bytes during program verification of the ROM and EPROM parts. External pullups are required during program verification.

Port 1: Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source 4 LS TTL inputs. Port 1 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally pulled low will source current (I_{IL} on the data sheet) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during programming of the EPROM parts and during program verification of the ROM and EPROM parts.

In the 8032AH, 8052AH and 8752BH, Port 1 pins P1.0 and P1.1 also serve the T2 and T2EX functions, respectively.

Port Pin	Alternative Function
P1.0	T2 (Timer/Counter 2 External Input)
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 Capture/Reload Trigger)

Port 2: Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source 4 LS TTL inputs. Port 2 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally pulled low will source current (I_{IL} on the data sheet) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external Program Memory and during accesses to external Data Memory that use 16-bit addresses (MOVX @DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1's. During accesses to external Data Memory that use 8-bit addresses (MOVX @Ri), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits during programming of the EPROM parts and during program verification of the ROM and EPROM parts.

The protection feature of the 8051AHP causes bits P2.4 through P2.7 to be forced to 0, effectively limiting external Data and Code space to 4K each during external accesses.

Port 3: Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source 4 LS TTL inputs. Port 3 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally pulled low will source current (I_{IL} on the data sheet) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the MCS 51 Family, as listed below:

Port Pin	Alternative Function
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (Timer 0 external input)
P3.5	T1 (Timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

RST: Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$: Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during programming of the EPROM parts.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

PSEN: Program Store Enable is the read strobe to external Program Memory.

When the device is executing code from external Program Memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external Data Memory.

EA/V_{PP}: External Access enable EA must be strapped to V_{SS} in order to enable any MCS 51 device to fetch code from external Program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. EA must be strapped to V_{CC} for internal program execution.

Note, however, that if the Security Bit in the EPROM devices is programmed, the device will not fetch code from any location in external Program Memory.

This pin also receives the programming supply voltage (VPP) during programming of the EPROM parts.

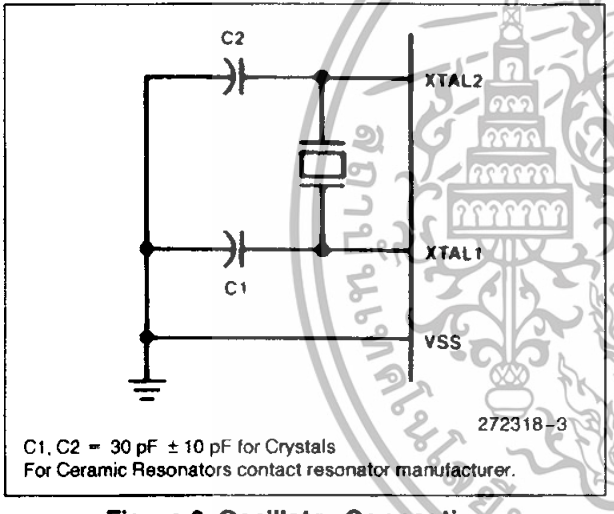


Figure 3. Oscillator Connections

XTAL1: Input to the inverting oscillator amplifier.

XTAL2: Output from the inverting oscillator amplifier.

OSCILLATOR CHARACTERISTICS

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 3. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. More detailed information concerning the use of the on-chip oscillator is available in Application Note AP-155, "Oscillators for Microcontrollers," Order No. 230659.

To drive the device from an external clock source, XTAL1 should be grounded, while XTAL2 is driven, as shown in Figure 4. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum high and low times specified on the data sheet must be observed.

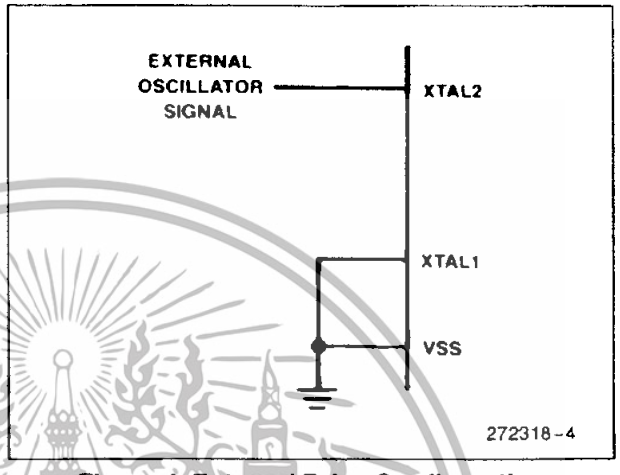


Figure 4. External Drive Configuration

EXPRESS Version

The Intel EXPRESS system offers enhancements to the operational specifications of the MCS 51 family of microcontrollers. These EXPRESS products are designed to meet the needs of those applications whose operating requirements exceed commercial standards.

The EXPRESS program includes the commercial standard temperature range with burn-in, and an extended temperature range with or without burn-in.

With the commercial standard temperature range, operational characteristics are guaranteed over the temperature range of 0°C to +70°C. With the extended temperature range option, operational characteristics are guaranteed over a range of −40°C to +85°C.

The optional burn-in is dynamic, for a minimum time of 160 hours at 125°C with V_{CC} = 5.5V ±0.25V, following guidelines in MIL-STD-883, Method 1015.

Package types and EXPRESS versions are identified by a one- or two-letter prefix to the part number. The prefixes are listed in Table 1.

For the extended temperature range option, this data sheet specifies the parameters which deviate from their commercial temperature range limits.

Table 1. EXPRESS Prefix Identification

Prefix	Package Type	Temperature Range	Burn-In
P	Plastic	Commercial	No
D	Cerdip	Commercial	No
N	PLCC	Commercial	No
TD	Cerdip	Extended	No
TP	Plastic	Extended	No
TN	PLCC	Extended	No
LD	Cerdip	Extended	Yes
LP	Plastic	Extended	Yes

NOTE:
Contact distributor or local sales office to match EXPRESS prefix with proper device.

DESIGN CONSIDERATIONS

- If an 8751BH or 8752BH is replacing an 8751H in a future design, the user should carefully compare both data sheets for DC or AC Characteristic differences. Note that the V_{IH} and I_{IH} specifications for the $\overline{EA}$ pin differ significantly between the devices.
- Exposure to light when the EPROM device is in operation may cause logic errors. For this reason, it is suggested that an opaque label be placed over the window when the die is exposed to ambient light.
- The 8051AHP cannot access external Program or Data memory above 4K. This means that the following instructions that use the Data Pointer only read/write data at address locations below 0FFFH:

```
MOVX A,@DPTR
MOVX @DPTR, A
```

When the Data Pointer contains an address above the 4K limit, those locations will not be accessed.

To access Data Memory above 4K, the MOVX @Ri,A or MOVX A,@Ri instructions must be used.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Ambient Temperature Under Bias . −40°C to +85°C
Storage Temperature ..... −65°C to +150°C
Voltage on $\overline{EA}$/V_{PP} Pin to V_{SS}
8751H ..... −0.5V to +21.5V
8751BH/8752BH ..... −0.5V to +13.0V
Voltage on Any Other Pin to V_{SS} .... −0.5V to +7V
Power Dissipation 1.5W

NOTICE: This is a production data sheet. It is valid for the devices indicated in the revision history. The specifications are subject to change without notice.

**WARNING: Stressing the device beyond the "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage. These are stress ratings only. Operation beyond the "Operating Conditions" is not recommended and extended exposure beyond the "Operating Conditions" may affect device reliability.*

OPERATING CONDITIONS

Symbol	Description	Min	Max	Units
T_A	Ambient Temperature Under Bias Commercial Express	 0 −40	 +70 +85	 °C °C
V_{CC}	Supply Voltage	4.5	5.5	V
F_{OSC}	Oscillator Frequency	3.5	12	MHz

DC CHARACTERISTICS (Over Operating Conditions)

All parameter values apply to all devices unless otherwise indicated

Symbol	Parameter	Min	Max	Units	Test Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage (Except $\overline{EA}$ Pin of 8751H and 8751H-8)	−0.5	0.8	V	
V_{IL1}	Input Low Voltage to $\overline{EA}$ Pin of 8751H and 8751H-8	0	0.7	V	
V_{IH}	Input High Voltage (Except XTAL2, RST)	2.0	V_{CC} + 0.5	V	
V_{IH1}	Input High Voltage to XTAL2, RST	2.5	V_{CC} + 0.5	V	XTAL1 = V_{SS}
V_{IH2}	Input High Voltage to $\overline{EA}$ pin of 8751BH and 8752BH	4.5	5.5V		
V_{OL}	Output Low Voltage (Ports 1, 2, 3)*		0.45	V	I_{OL} = 1.6 mA
V_{OL1}	Output Low Voltage (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)* 8751H, 8751H-8 All Others		 0.60 0.45	 V V	 I_{OL} = 3.2 mA I_{OL} = 2.4 mA
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1, 2, 3, ALE, $\overline{PSEN}$)	2.4		V	I_{OH} = −80 μA
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	2.4		V	I_{OH} = −400 μA
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1, 2, 3, and RST)		−500	μA	V_{IN} = 0.45V
I_{IL1}	Logical 0 Input Current ($\overline{EA}$) 8751H and 8751H-8 8751BH 8752BH	 −10	 −15 −10 0.5	 mA mA mA mA	 V_{IN} = 0.45V V_{IN} = V_{SS} V_{IN} = V_{SS}

DC CHARACTERISTICS (Over Operating Conditions)

All parameter values apply to all devices unless otherwise indicated (Continued)

Symbol	Parameter	Min	Max	Units	Test Conditions
I_{IL2}	Logical 0 Input Current (XTAL2)		−3.2	mA	V_{IN} = 0.45V
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0) 8751H and 8751H-8 All Others		 ±100 ±10	 μA μA	 $0.45 \le V_{IN} \le V_{CC}$ $0.45 \le V_{IN} \le V_{CC}$
I_{IH}	Logical 1 Input Current ($\overline{EA}$) 8751H and 8751H-8 8751BH/8752BH		 500 1	 μA mA	 V_{IN} = 2.4V $4.5V < V_{IN} < 5.5V$
I_{IH1}	Input Current to RST to Activate Reset		500	μA	$V_{IN} < (V_{CC} - 1.5V)$
I_{CC}	Power Supply Current: 8031AH/8051AH/8051AHP 8032AH/8052AH/8751BH/8752BH 8751H/8751H-8		 125 175 250	 mA mA mA	 All Outputs Disconnected; $\overline{EA} = V_{CC}$
C_{IO}	Pin Capacitance		10	pF	Test freq = 1 MHz

NOTES:

1. Capacitive loading on Ports 0 and 2 may cause spurious noise pulses to be superimposed on the V_{OL}s of ALE/$\overline{PROG}$ and Ports 1 and 3. The noise is due to external bus capacitance discharging into the Port 0 and Port 2 pins when these pins make 1-to-0 transitions during bus operations. In the worst cases (capacitive loading > 100 pF), the noise pulse on the ALE/$\overline{PROG}$ pin may exceed 0.8V. In such cases it may be desirable to qualify ALE with a Schmitt Trigger, or use an address latch with a Schmitt Trigger STROBE input.
2. ALE/$\overline{PROG}$ refers to a pin on the 8751BH. ALE refers to a timing signal that is output on the ALE/$\overline{PROG}$ pin.
3. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
   Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
   Maximum I_{OL} per 8-bit port -
   Port 0: 26 mA
   Ports 1, 2, and 3: 15 mA
   Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

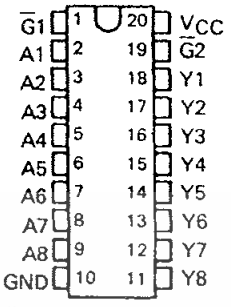
If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

SN54LS540, SN54LS541, SN74LS540, SN74LS541
OCTAL BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS

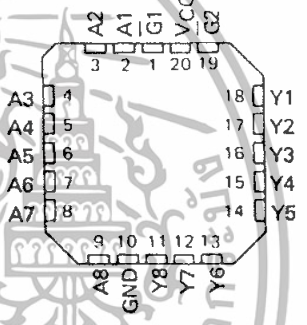
SDLS180 – AUGUST 1979 – REVISED MARCH 1988

- 3-State Outputs Drive Bus Lines or Buffer Memory Address Registers
- P-N-P Inputs Reduce D-C Loading
- Hysteresis at Inputs Improves Noise Margins
- Data Flow-thru Pinout (All Inputs on Opposite Side from Outputs)

SN54LS540, SN54LS541 . . . J OR W PACKAGE
SN74LS540, SN74LS541 . . . DW OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



SN54LS540, SN54LS541 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



description

These octal buffers and line drivers are designed to have the performance of the popular SN54LS240/SN74LS240 series and, at the same time, offer a pinout having the inputs and outputs on opposite sides of the package. This arrangement greatly enhances printed circuit board layout.

The three-state control gate is a 2-input NOR such that if either $\overline{G1}$ or $\overline{G2}$ are high, all eight outputs are in the high-impedance state.

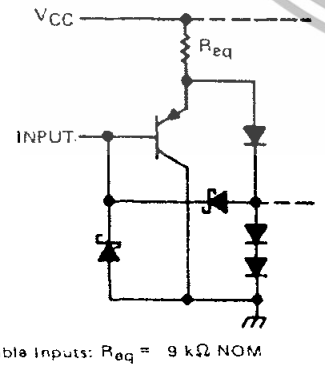
The 'LS540 offers inverting data and the 'LS541 offers true data at the outputs.

The SN54LS540 and SN54LS541 are characterized for operation over the full military temperature range of −55°C to 125°C. The SN74LS540 and SN74LS541 are characterized for operation from 0°C to 70°C.

TYPE	RATED I_{OL} (SINK CURRENT)	RATED I_{OH} (SOURCE CURRENT)	TYPICAL POWER DISSIPATION (ENABLED) 'LS540	'LS541
SN54LS'	12 mA	−12 mA	92.5 mW	120 mW
SN74LS'	24 mA	−15 mA	92.5 mW	120 mW

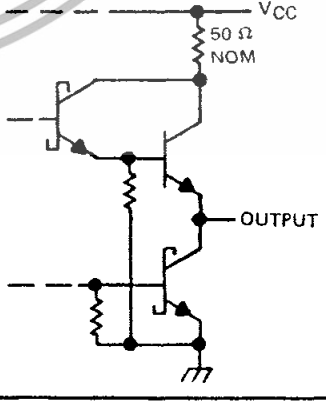
schematics of inputs and outputs

EQUIVALENT OF EACH INPUT



Enable Inputs: R_{eq} = 9 kΩ NOM
All Other Inputs: R_{eq} = 10 kΩ NOM

TYPICAL OF ALL OUTPUTS



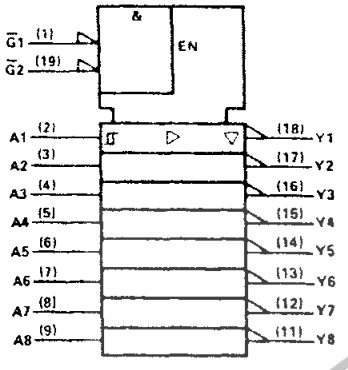
PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1988, Texas Instruments Incorporated

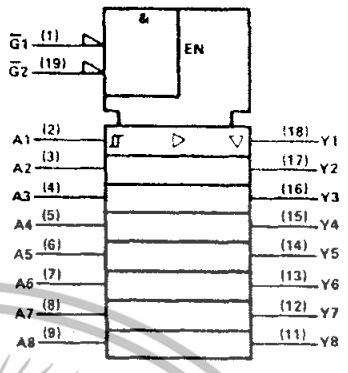
TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

logic symbols†

'LS540



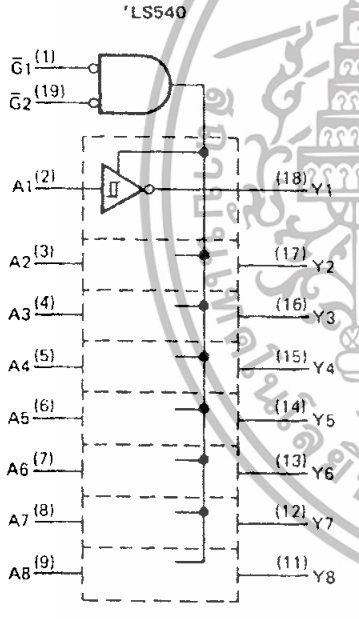
'LS541



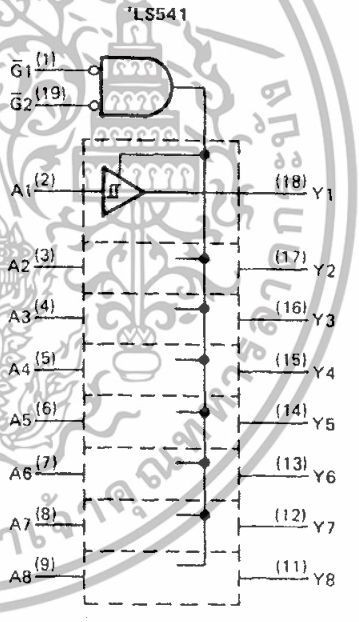
† These symbols are in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

logic diagram (positive logic)

'LS540



'LS541



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1) . . . . . 7 V
Input voltage . . . . . 7 V
Operating free-air temperature range: SN54LS540, SN54LS541 . . . . . −55°C to 125°C
SN74LS540, SN74LS541 . . . . . 0°C to 70°C
Storage temperature range . . . . . −65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to the network ground terminal.

recommended operating conditions

PARAMETER	SN54LS'			SN74LS'			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−12			−15	mA
Low-level output current, I_{OL}			12			24	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS†		SN54LS'			SN74LS'			UNIT
				MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IH}	High-level input voltage			2			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.6			0.6	V
V_{IK}	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18 mA				−1.5			−1.5	V
	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)	V_{CC} = MIN		0.2	0.4		0.2	0.4		V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = V_{IL} max,	V_{IH} = 2 V, I_{OH} = −3 mA	2.4	3.4		2.4	3.4		V
		V_{CC} = MIN, V_{IL} = 0.5 V,	V_{IH} = 2 V, I_{OH} = MAX	2			2			
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2 V, V_{IL} = V_{IL} max	I_{OL} = 12 mA		0.25	0.4		0.25	0.4	V
			I_{OL} = 24 mA					0.35	0.5	
I_{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied	V_{CC} = MAX, V_{IH} = 2 V, V_{IL} = V_{IL} max	V_O = 2.7 V			20			20	μA
I_{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied		V_O = 0.4 V			−20			−20	
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX,	V_I = 7 V			0.1			0.1	mA
I_{IH}	High-level input current, any input	V_{CC} = MAX,	V_I = 2.7 V			20			20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX,	V_I = 0.4 V			−0.2			−0.2	mA
I_{OS}	Short-circuit output current§	V_{CC} = MAX		−40		−225	−40		−225	mA
I_{CC}	Supply current	Outputs high	'LS540	V_{CC} = MAX, Outputs open		13	25		13	25	mA
			'LS541			18	32		18	32	
		Outputs low	'LS540			24	45		24	45	
			'LS541			30	52		30	52	
		All outputs disabled	'LS540			30	52		30	52	
			'LS541			32	55		32	55	

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
§Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	'LS540			'LS541			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	C_L = 45 pF, R_L = 667 Ω, See Note 2		9	15		9	15	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			9	15		10	18	ns
t_{PZL}	Output enable time to low level			25	38		25	38	ns
t_{PZH}	Output enable time to high level			15	25		20	32	ns
t_{PLZ}	Output disable time from low level	C_L = 5 pF, R_L = 667 Ω, See Note 2		10	18		10	18	ns
t_{PHZ}	Output disable time from high level			15	25		18	29	ns

NOTE 2: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.

National Semiconductor

June 1989

54154/DM54154/DM74154
4-Line to 16-Line Decoders/Demultiplexers

General Description

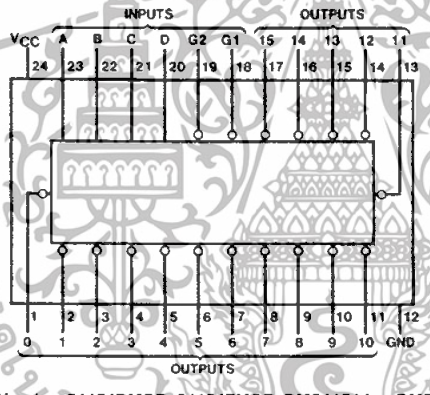
Each or these 4-line-to-16-line decoders utilizes TTL circuitry to decode four binary-coded inputs into one of sixteen mutually exclusive outputs when both the strobe inputs, G1 and G2, are low. The demultiplexing function is performed by using the 4 input lines to address the output line, passing data from one of the strobe inputs with the other strobe input low. When either strobe input is high, all outputs are high. These demultiplexers are ideally suited for implementing high-performance memory decoders. All inputs are buffered and input clamping diodes are provided to minimize transmission-line effects and thereby simplify system design.

Features

- Decodes 4 binary-coded inputs into one of 16 mutually exclusive outputs
- Performs the demultiplexing function by distributing data from one input line to any one of 16 outputs
- Input clamping diodes simplify system design
- High fan-out, low-impedance, totem-pole outputs
- Typical propagation delay
  3 levels of logic 19 ns
  Strobe 18 ns
- Typical power dissipation 170 mW
- Alternate Military/Aerospace device (54154) is available. Contact a National Semiconductor Sales Office/ Distributor for specifications.

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



TL/F/6548–1

Order Number 54154DMQB, 54154FMQB, DM54154J or DM74154N
See NS Package Number J24A, N24A or W24C

54154/DM54154/DM74154 4-Line to 16-Line Decoders/Demultiplexers

©1995 National Semiconductor Corporation

RRD-B30M105/Printed in U. S. A.

Absolute Maximum Ratings (Note)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	7V
Input Voltage	5.5V
Operating Free Air Temperature Range	
DM54 and 54	−55°C to +125°C
DM74	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Note: *The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.*

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM54154			DM74154			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V_{CC}	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	High Level Input Voltage	2			2			V
V_{IL}	Low Level Input Voltage			0.8			0.8	V
I_{OH}	High Level Output Current			−0.8			−0.8	mA
I_{OL}	Low Level Output Current			16			16	mA
T_A	Free Air Operating Temperature	−55		125	0		70	°C

Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ (Note 1)	Max	Units
V_I	Input Clamp Voltage	V_{CC} = Min, I_I = −12 mA				−1.5	V
V_{OH}	High Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OH} = Max, V_{IL} = Max, V_{IH} = Min		2.4	3.2		V
V_{OL}	Low Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OL} = Max, V_{IH} = Min, V_{IL} = Max			0.25	0.4	V
I_I	Input Current @ Max Input Voltage	V_{CC} = Max, V_I = 5.5V				1	mA
I_{IH}	High Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 2.4V				40	μA
I_{IL}	Low Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 0.4V				−1.6	mA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	V_{CC} = Max (Note 2)	DM54	−20		−55	mA
			DM74	−18		−57	
I_{CC}	Supply Current	V_{CC} = Max (Note 3)	DM54		34	49	mA
			DM74		34	56	

Note 1: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 2: Not more than one output should be shorted at a time.

Note 3: I_{CC} is measured with all outputs open and all inputs grounded.

Switching Characteristics at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C (See Section 1 for Test Waveforms and Output Load)

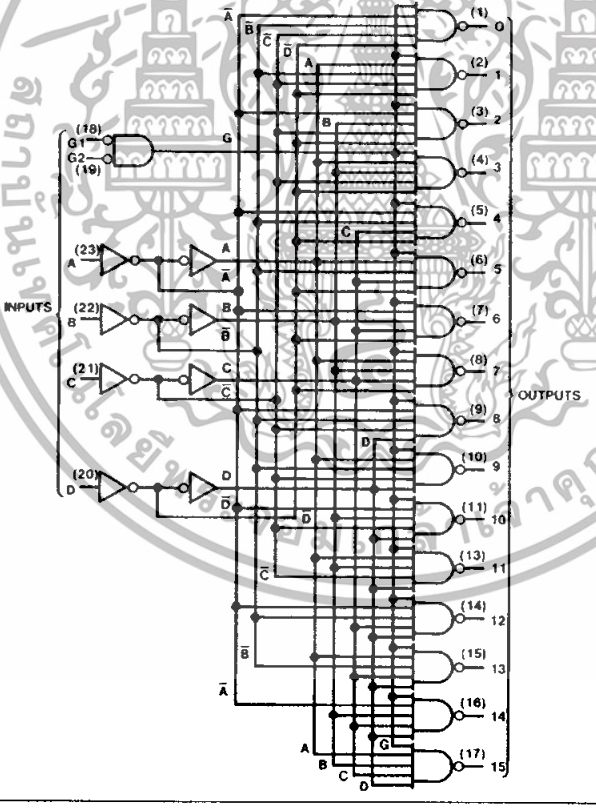
Symbol	Parameter	From (Input) To (Output)	R_L = 400Ω, C_L = 15 pF		Units
			Min	Max	
t_{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	Data to Output		36	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output	Data to Output		33	ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	Strobe to Output		30	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output	Strobe to Output		27	ns

Function Table

Inputs						Outputs													
G1	G2	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

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

Logic Diagram

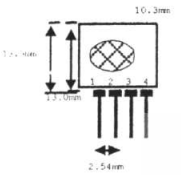


TL/F/6548–2

TLP434A & RLP434A RF ASK Hybrid Modules for Radio Control (New Version)

TLP434A Ultra Small Transmitter

Easy-Link Wireless



pin 1 : GND
pin 2 : Data In
pin 3 : Vcc
pin 4 : Antenna (RF output)

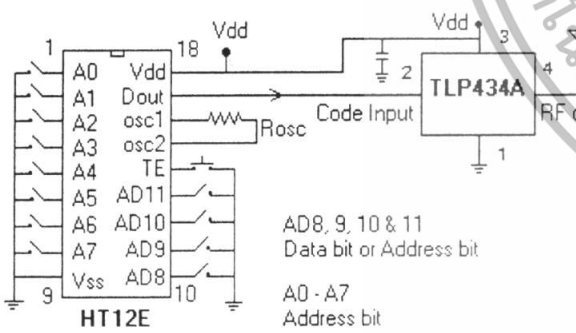
Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

Modulation : ASK
Operation Voltage : 2 - 12 VDC

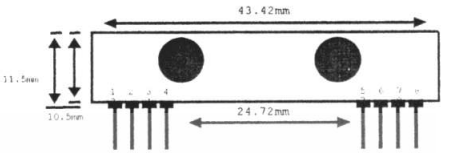
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc 1	Peak Current (2V)		-	-	1.64	mA
Icc 2	Peak Current (12V)		-	-	19.4	mA
Vh	Input High Voltage	Idata= 100uA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
Vl	Input Low Voltage	Idata= 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
FO	Absolute Frequency	315Mhz module	314.8	315	315.2	MHz
PO	RF Output Power- 50ohm	Vcc = 9V-12V	-	16	-	dBm
		Vcc = 5V-6V	-	14	-	dBm
DR	Data Rate	External Encoding	512	4.8K	200K	bps

Notes : (Case Temperature = 25°C +- 2°C , Test Load Impedance = 50 ohm)

Application Circuit :
Typical Key-chain Transmitter using HT12E-18DIP, a Binary 12 bit Encoder from Holtek Semiconductor Inc.



RLP434A SAW Based Receiver



pin 1 : Gnd
pin 2 : Digital Data Output
pin 3 : Linear Output /Test
pin 4 : Vcc
pin 5 : Vcc
pin 6 : Gnd
pin 7 : Gnd
pin 8 : Antenna

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

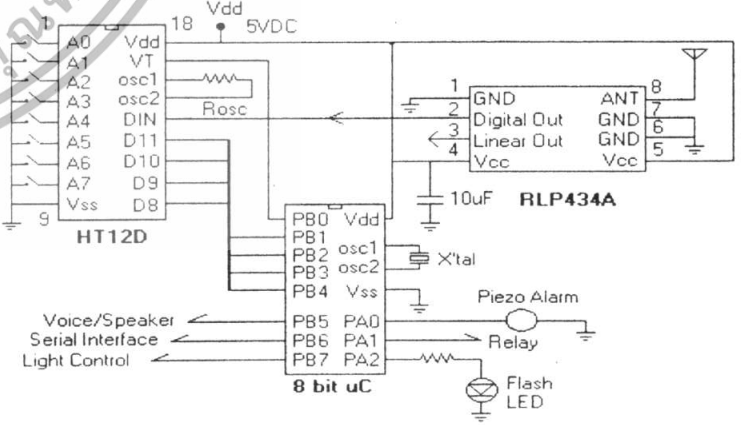
Modulation : ASK
Supply Voltage : 3.3 - 6.0 VDC
Output : Digital & Linear

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	
Vcc	Operating supply voltage		3.3	5.0V	6.0	V
Itot	Operating Current		-	4.5		mA
Vdata	Data Out	Idata = +200 uA (High)	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		Idata = -10 uA (Low)	-	-	0.3	V

Electrical Characteristics

Characteristics	SYM	Min	Typ	Max	Unit
Operation Radio Frequency	FC		315, 418 and 433.92		MHz
Sensitivity	Pref		-110		dBm
Channel Width			+-500		Khz
Noise Equivalent BW			4		Khz
Receiver Turn On Time			5		ms
Operation Temperature	Top	-20	-	80	C
Baseboard Data Rate			4.8		KHz

Application Circuit :
Typical RF Receiver using HT12D-18DIP, a Binary 12 bit Decoder with 8 bit uC HT48RXX from Holtek Semiconductor Inc.



Laipac Technology, Inc.
105 West Beaver Creek Rd. Unit 207 Richmond Hill Ontario L4B 1C6 Canada
Tel: (905)762-1228 Fax: (905)763-1737 e-mail: info@laipac.com

LAIPAC TECH

HT12A/HT12E
2^{12} Series of Encoders

Features

- Operating voltage
  - 2.4V~5V for the HT12A
  - 2.4V~12V for the HT12E
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current: 0.1μA (typ.) at V_{DD}=5V
- HT12A with a 38kHz carrier for infrared transmission medium
- Minimum transmission word
  - Four words for the HT12E
  - One word for the HT12A
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Data code has positive polarity
- Minimal external components
- Pair with Holtek's 2^{12} series of decoders
- 18-pin DIP, 20-pin SOP package

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

The 2^{12} encoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are capable of encoding information which consists of N address bits and 12-N data bits. Each address/data input can be set to one of the two logic states. The programmed addresses/data are transmitted together with the header bits via an RF or an infrared transmission medium upon receipt of a trigger signal. The capability to select a $\overline{TE}$ trigger on the HT12E or a DATA trigger on the HT12A further enhances the application flexibility of the 2^{12} series of encoders. The HT12A additionally provides a 38kHz carrier for infrared systems.

Selection Table

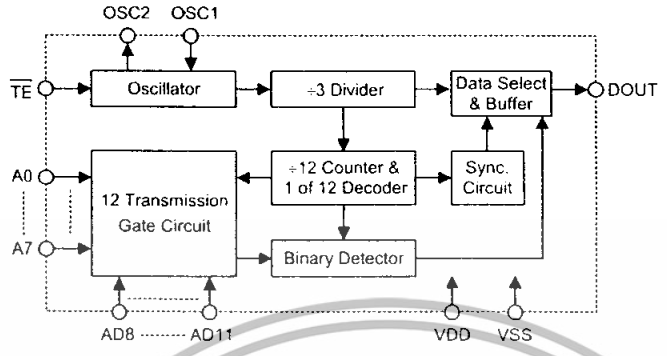
Function / Part No.	Address No.	Address/ Data No.	Data No.	Oscillator	Trigger	Carrier Output	Negative Polarity	Package
HT12A	8	0	4	455kHz resonator	D8~D11	38kHz	No	18DIP, 20SOP
HT12E	8	4	0	RC oscillator	$\overline{TE}$	No	No	18DIP, 20SOP

Note: Address/Data represents pins that can be either address or data according to the application requirement.

Block Diagram

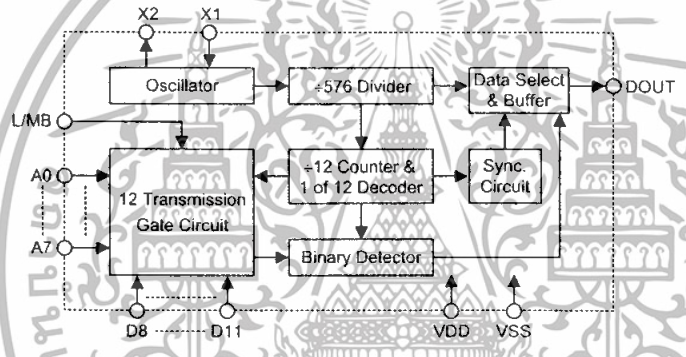
$\overline{TE}$ Trigger

HT12E



DATA Trigger

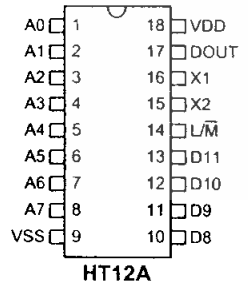
HT12A



Note: The address data pins are available in various combinations (refer to the address/data table).

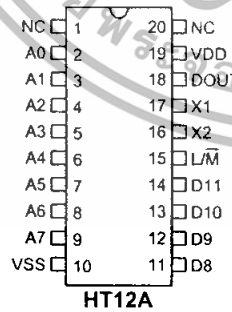
Pin Assignment

8-Address 4-Data



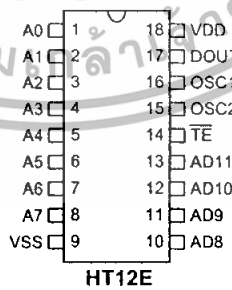
HT12A −18 DIP-A

8-Address 4-Data



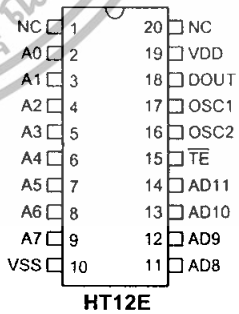
HT12A −20 SOP-A

8-Address 4-Address/Data



HT12E −18 DIP-A

8-Address 4-Address/Data



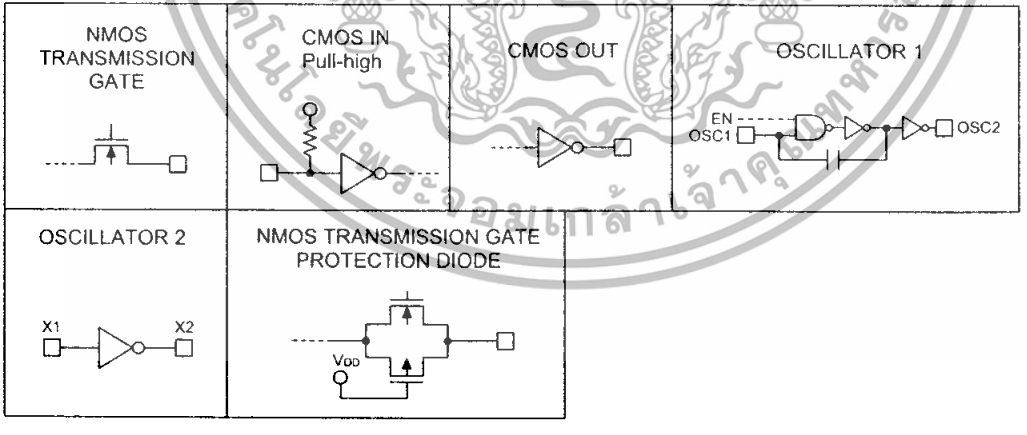
HT12E −20 SOP-A

Pin Description

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0~A7	I	CMOS IN Pull-high (HT12A)	Input pins for address A0~A7 setting These pins can be externally set to VSS or left open
		NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E)	
AD8~AD11	I	NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E)	Input pins for address/data AD8~AD11 setting These pins can be externally set to VSS or left open
D8~D11	I	CMOS IN Pull-high	Input pins for data D8~D11 setting and transmission enable, active low These pins should be externally set to VSS or left open (see Note)
DOUT	O	CMOS OUT	Encoder data serial transmission output
L/$\overline{M}$	I	CMOS IN Pull-high	Latch/Momentary transmission format selection pin: Latch: Floating or VDD Momentary: VSS
$\overline{TE}$	I	CMOS IN Pull-high	Transmission enable, active low (see Note)
OSC1	I	OSCILLATOR 1	Oscillator input pin
OSC2	O	OSCILLATOR 1	Oscillator output pin
X1	I	OSCILLATOR 2	455kHz resonator oscillator input
X2	O	OSCILLATOR 2	455kHz resonator oscillator output
VSS	I	—	Negative power supply, ground
VDD	I	—	Positive power supply

Note: D8~D11 are all data input and transmission enable pins of the HT12A.
$\overline{TE}$ is a transmission enable pin of the HT12E.

Approximate Internal Connections



Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (HT12A) ..... V_{SS}–0.3V to V_{SS}+5.5V

Input Voltage ..... V_{SS}–0.3 to V_{DD}+0.3V

Operating Temperature ..... –20°C to 75°C

Supply Voltage (HT12E) ..... –0.3V to 13V

Storage Temperature ..... –50°C to 125°C

Note: These are stress ratings only. Stresses exceeding the range specified under "Absolute Maximum Ratings" may cause substantial damage to the device. Functional operation of this device at other conditions beyond those listed in the specification is not implied and prolonged exposure to extreme conditions may affect device reliability.

Electrical Characteristics

HT12A

Ta=25°C

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V_{DD}	Conditions				
V_{DD}	Operating Voltage	—	—	2.4	3	5	V
I_{STB}	Standby Current	3V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		5V		—	0.1	1	μA
I_{DD}	Operating Current	3V	No load f_{OSC}=455kHz	—	200	400	μA
		5V		—	400	800	μA
I_{DOUT}	Output Drive Current	5V	V_{OH}=0.9V_{DD} (Source)	–1	–1.6	—	mA
			V_{OL}=0.1V_{DD} (Sink)	2	3.2	—	mA
V_{IH}	"H" Input Voltage	—	—	0.8V_{DD}	—	V_{DD}	V
V_{IL}	"L" Input Voltage	—	—	0	—	0.2V_{DD}	V
R_{DATA}	D8~D11 Pull-high Resistance	5V	V_{DATA}=0V	—	150	300	kΩ

HT12E

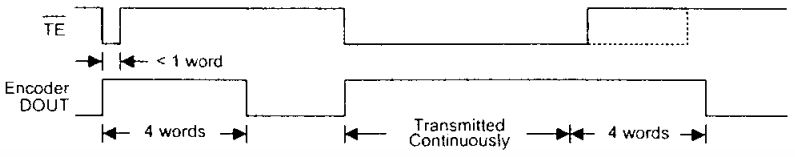
Ta=25°C

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V_{DD}	Conditions				
V_{DD}	Operating Voltage	—	—	2.4	5	12	V
I_{STB}	Standby Current	3V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		12V		—	2	4	μA
I_{DD}	Operating Current	3V	No load, f_{OSC}=3kHz	—	40	80	μA
		12V		—	150	300	μA
I_{DOUT}	Output Drive Current	5V	V_{OH}=0.9V_{DD} (Source)	–1	–1.6	—	mA
			V_{OL}=0.1V_{DD} (Sink)	1	1.6	—	mA
V_{IH}	"H" Input Voltage	—	—	0.8V_{DD}	—	V_{DD}	V
V_{IL}	"L" Input Voltage	—	—	0	—	0.2V_{DD}	V
f_{OSC}	Oscillator Frequency	5V	R_{OSC}=1.1MΩ	—	3	—	kHz
$R_{\overline{TE}}$	$\overline{TE}$ Pull-high Resistance	5V	$V_{\overline{TE}}$=0V	—	1.5	3	MΩ

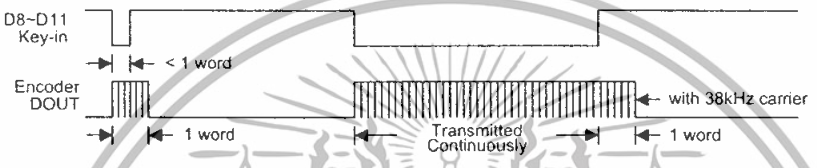
Functional Description

Operation

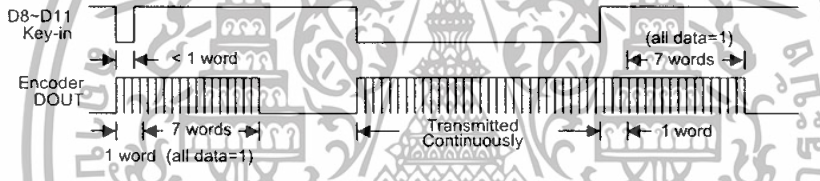
The 2^{12} series of encoders begin a 4-word transmission cycle upon receipt of a transmission enable ($\overline{TE}$ for the HT12E or D8~D11 for the HT12A, active low). This cycle will repeat itself as long as the transmission enable ($\overline{TE}$ or D8~D11) is held low. Once the transmission enable returns high the encoder output completes its final cycle and then stops as shown below.



Transmission timing for the HT12E



Transmission timing for the HT12A (L/$\overline{M}$=Floating or VDD)

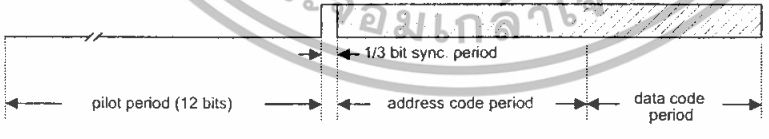


Transmission timing for the HT12A (L/$\overline{M}$=VSS)

Information Word

If L/$\overline{M}$=1 the device is in the latch mode (for use with the latch type of data decoders). When the transmission enable is removed during a transmission, the DOUT pin outputs a complete word and then stops. On the other hand, if L/$\overline{M}$=0 the device is in the momentary mode (for use with the momentary type of data decoders). When the transmission enable is removed during a transmission, the DOUT outputs a complete word and then adds 7 words all with the "1" data code.

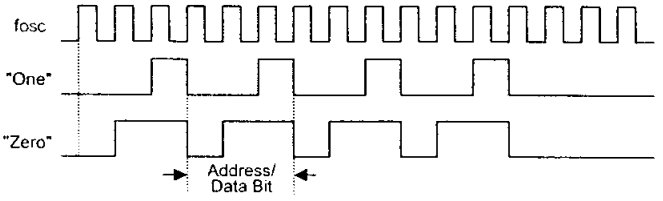
An information word consists of 4 periods as illustrated below.



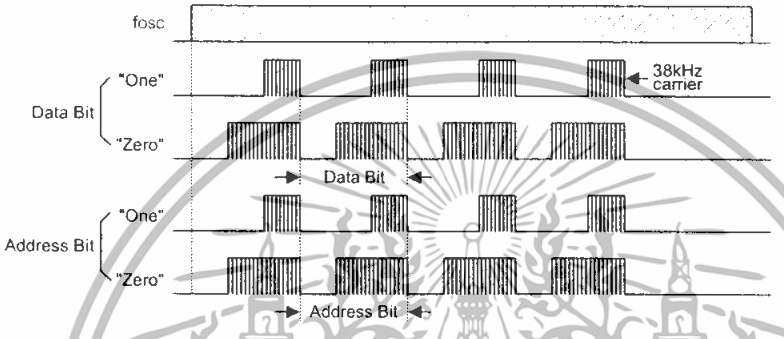
Composition of information

Address/Data Waveform

Each programmable address/data pin can be externally set to one of the following two logic states as shown below.



Address/Data bit waveform for the HT12E



Address/Data bit waveform for the HT12A

The address/data bits of the HT12A are transmitted with a 38kHz carrier for infrared remote controller flexibility.

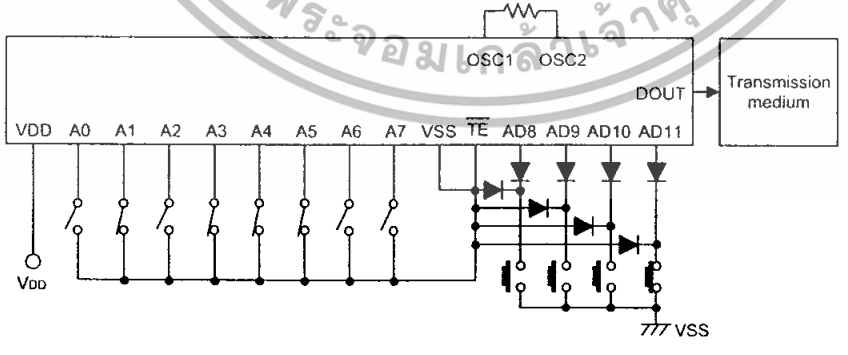
Address/Data Programming (Preset)

The status of each address/data pin can be individually pre-set to logic "high" or "low". If a transmission-enable signal is applied, the encoder scans and transmits the status of the 12 bits of address/data serially in the order A0 to AD11 for the HT12E encoder and A0 to D11 for the HT12A encoder.

During information transmission these bits are transmitted with a preceding synchronization bit. If the trigger signal is not applied, the chip enters the standby mode and consumes a reduced current of less than 1μA for a supply voltage of 5V.

Usual applications preset the address pins with individual security codes using DIP switches or PCB wiring, while the data is selected by push buttons or electronic switches.

The following figure shows an application using the HT12E:



The transmitted information is as shown:

Pilot & Sync.	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	AD8	AD9	AD10	AD11
	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0

Address/Data Sequence

The following provides the address/data sequence table for various models of the 2^{12} series of encoders.

Part No.	Address/Data Bits											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
HT12A	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	D8	D9	D10	D11
HT12E	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	AD8	AD9	AD10	AD11

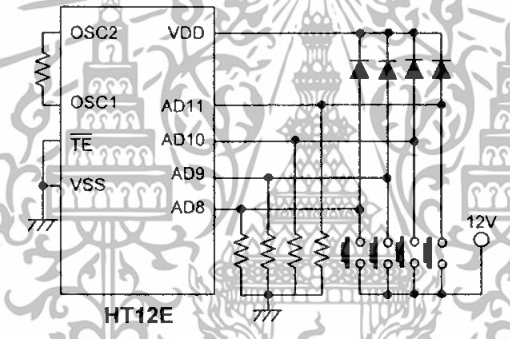
Transmission Enable

For the HT12E encoders, transmission is enabled by applying a low signal to the $\overline{TE}$ pin. For the HT12A encoders, transmission is enabled by applying a low signal to one of the data pins D8~D11.

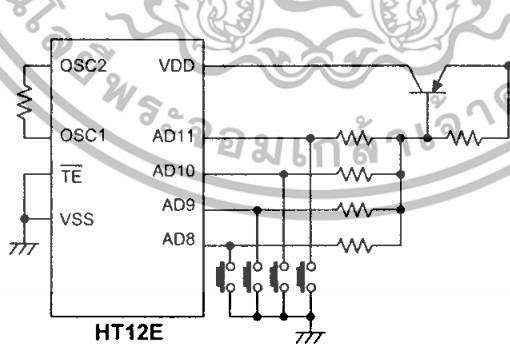
Two Erroneous HT12E Application Circuits

The HT12E must follow closely the application circuits provided by Holtek (see the "Application circuits").

- Error: AD8~AD11 pins input voltage > V_{DD}+0.3V

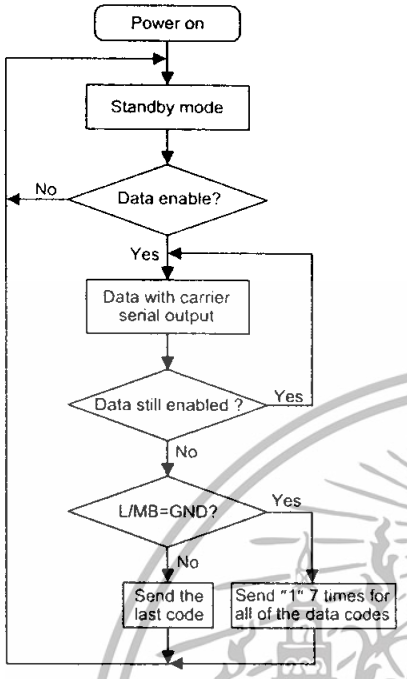


- Error: The IC's power source is activated by pins AD8~AD11

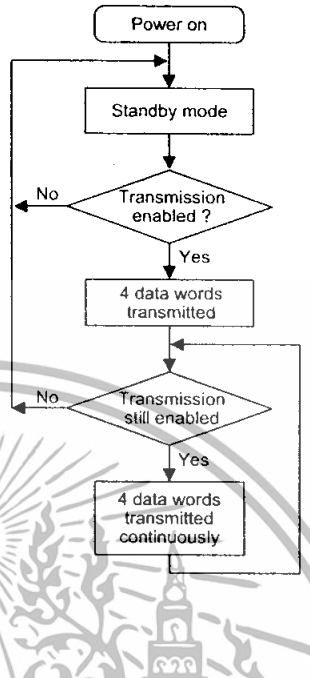


Flowchart

• HT12A

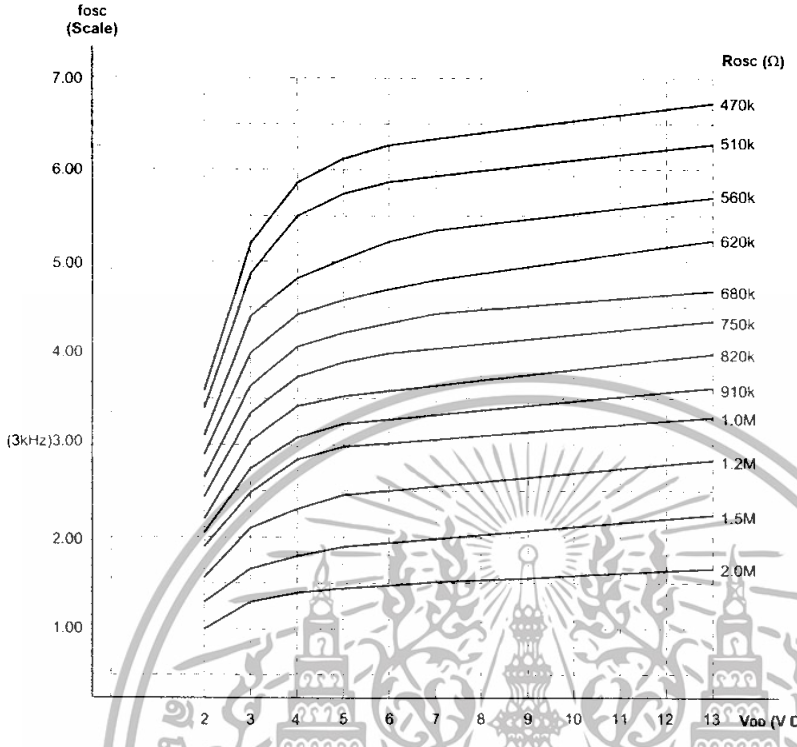


• HT12E



Note: D8~D11 are transmission enables of the HT12A.
$\overline{TE}$ is the transmission enable of the HT12E.

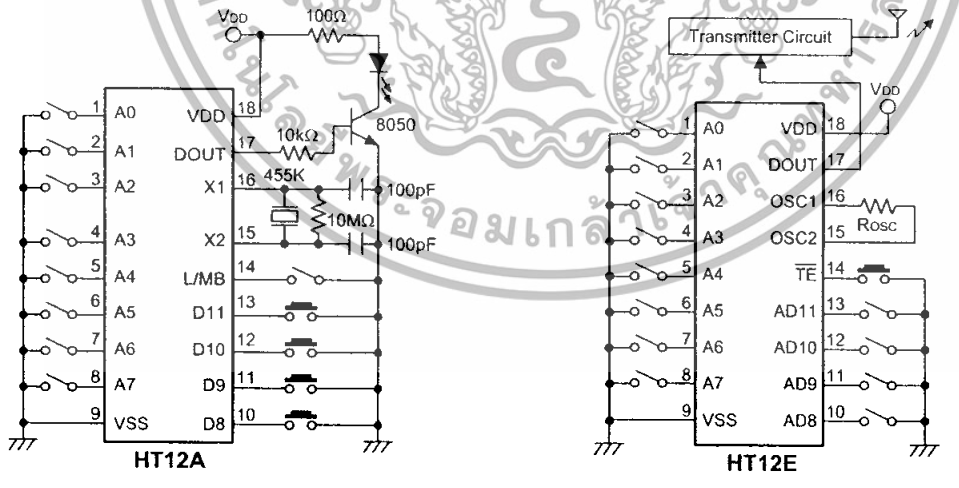
Oscillator Frequency vs. Supply Voltage



The recommended oscillator frequency is f_{OSCD} (decoder) $\cong$ 50 f_{OSCE} (HT12E encoder)

$\cong \frac{1}{3} f_{OSCE}$ (HT12A encoder)

Application Circuits



HT12D/HT12F
2^{12} Series of Decoders

Features

- Operating voltage: 2.4V~12V
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current
- Capable of decoding 12 bits of information
- Binary address setting
- Received codes are checked 3 times
- Address/Data number combination
  - HT12D: 8 address bits and 4 data bits
  - HT12F: 12 address bits only
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Valid transmission indicator
- Easy interface with an RF or an infrared transmission medium
- Minimal external components
- Pair with Holtek's 2^{12} series of encoders
- 18-pin DIP, 20-pin SOP package

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

The 2^{12} decoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are paired with Holtek's 2^{12} series of encoders (refer to the encoder/decoder cross reference table). For proper operation, a pair of encoder/decoder with the same number of addresses and data format should be chosen.

The decoders receive serial addresses and data from a programmed 2^{12} series of encoders that are transmitted by a carrier using an RF or an IR transmission medium. They compare the serial input data three times continuously with their local addresses. If no error or unmatched codes are found, the input data codes are decoded and then transferred to the output pins. The VT pin also goes high to indicate a valid transmission.

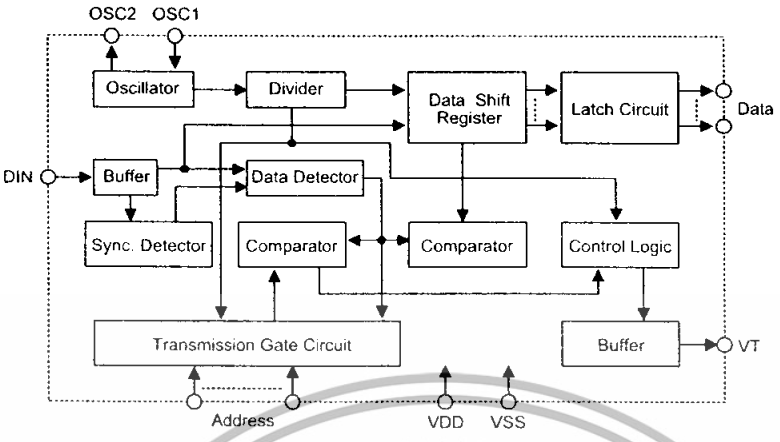
The 2^{12} series of decoders are capable of decoding informations that consist of N bits of address and 12–N bits of data. Of this series, the HT12D is arranged to provide 8 address bits and 4 data bits, and HT12F is used to decode 12 bits of address information.

Selection Table

Part No. \ Function	Address No.	Data No.	Data Type	VT	Oscillator	Trigger	Package
HT12D	8	4	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18DIP, 20SOP
HT12F	12	0	—	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18DIP, 20SOP

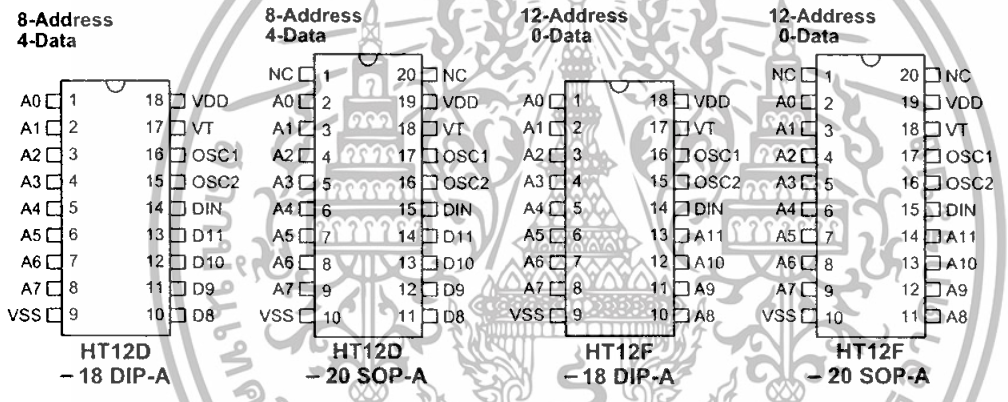
Notes: Data type: L stands for latch type data output.
VT can be used as a momentary data output.

Block Diagram



Note: The address/data pins are available in various combinations (see the address/data table).

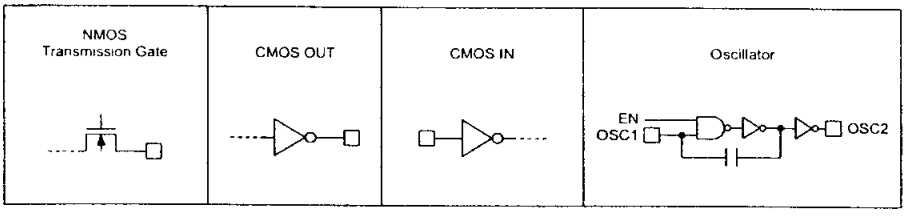
Pin Assignment



Pin Description

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0~A11 (HT12F)	I	NMOS Transmission Gate	Input pins for address A0~A11 setting These pins can be externally set to VSS or left open.
A0~A7 (HT12D)			Input pins for address A0~A7 setting These pins can be externally set to VSS or left open.
D8~D11 (HT12D)	O	CMOS OUT	Output data pins, power-on state is low.
DIN	I	CMOS IN	Serial data input pin
VT	O	CMOS OUT	Valid transmission, active high
OSC1	I	Oscillator	Oscillator input pin
OSC2	O	Oscillator	Oscillator output pin
VSS	—	—	Negative power supply, ground
VDD	—	—	Positive power supply

Approximate internal connection circuits



Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage ..... −0.3V to 13V

Input Voltage ..... V_{SS}−0.3 to V_{DD}+0.3V

Storage Temperature ..... −50°C to 125°C

Operating Temperature ..... −20°C to 75°C

Note: These are stress ratings only. Stresses exceeding the range specified under "Absolute Maximum Ratings" may cause substantial damage to the device. Functional operation of this device at other conditions beyond those listed in the specification is not implied and prolonged exposure to extreme conditions may affect device reliability.

Electrical Characteristics

Ta=25°C

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V_{DD}	Conditions				
V_{DD}	Operating Voltage	—	—	2.4	5	12	V
I_{STB}	Standby Current	5V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		12V		—	2	4	μA
I_{DD}	Operating Current	5V	No load, f_{OSC}=150kHz	—	200	400	μA
I_O	Data Output Source Current (D8~D11)	5V	V_{OH}=4.5V	−1	−1.6	—	mA
	Data Output Sink Current (D8~D11)	5V	V_{OL}=0.5V	1	1.6	—	mA
I_{VT}	VT Output Source Current	5V	V_{OH}=4.5V	−1	−1.6		mA
	VT Output Sink Current		V_{OL}=0.5V	1	1.6	—	mA
V_{IH}	"H" Input Voltage	5V	—	3.5	—	5	V
V_{IL}	"L" Input Voltage	5V	—	0	—	1	V
f_{OSC}	Oscillator Frequency	5V	R_{OSC}=51kΩ	—	150	—	kHz

Functional Description

Operation

The 2^{12} series of decoders provides various combinations of addresses and data pins in different packages so as to pair with the 2^{12} series of encoders.

The decoders receive data that are transmitted by an encoder and interpret the first N bits of code period as addresses and the last 12–N bits as data, where N is the address code number. A signal on the DIN pin activates the oscillator which in turn decodes the incoming address and data. The decoders will then check the received address three times continuously. If the received address codes all match the contents of the decoder's local address, the 12–N bits of data are decoded to activate the output pins and the VT pin is set high to indicate a valid transmission. This will last unless the address code is incorrect or no signal is received.

The output of the VT pin is high only when the transmission is valid. Otherwise it is always low.

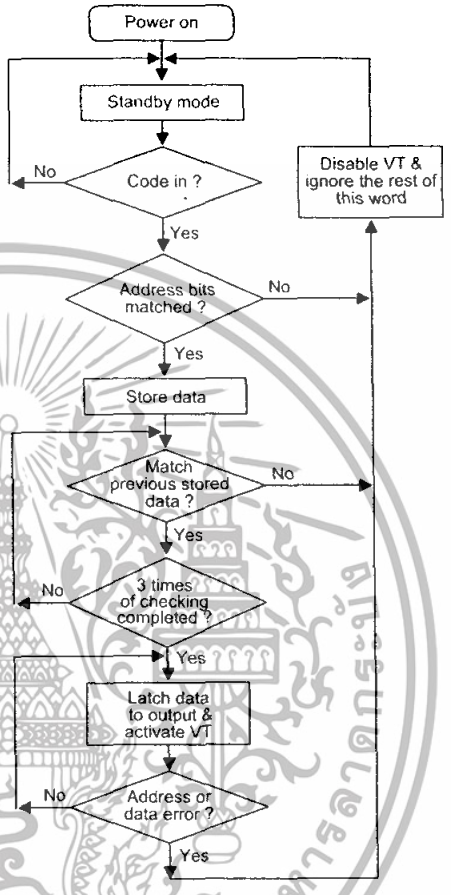
Output type

Of the 2^{12} series of decoders, the HT12F has no data output pin but its VT pin can be used as a momentary data output. The HT12D, on the other hand, provides 4 latch type data pins whose data remain unchanged until new data are received.

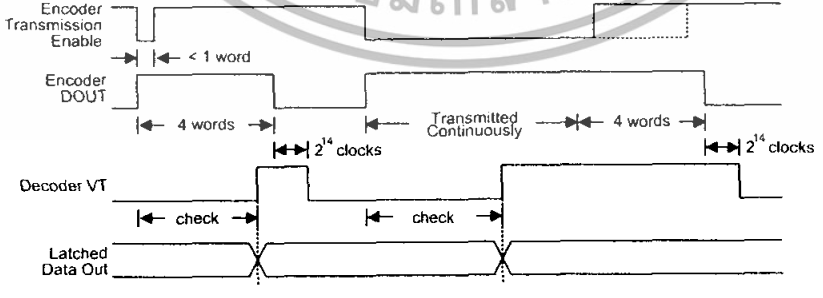
Part No.	Data Pins	Address Pins	Output Type	Operating Voltage
HT12D	4	8	Latch	2.4V~12V
HT12F	0	12	—	2.4V~12V

Flowchart

The oscillator is disabled in the standby state and activated when a logic "high" signal applies to the DIN pin. That is to say, the DIN should be kept low if there is no signal input.



Decoder timing



Encoder/Decoder cross reference table

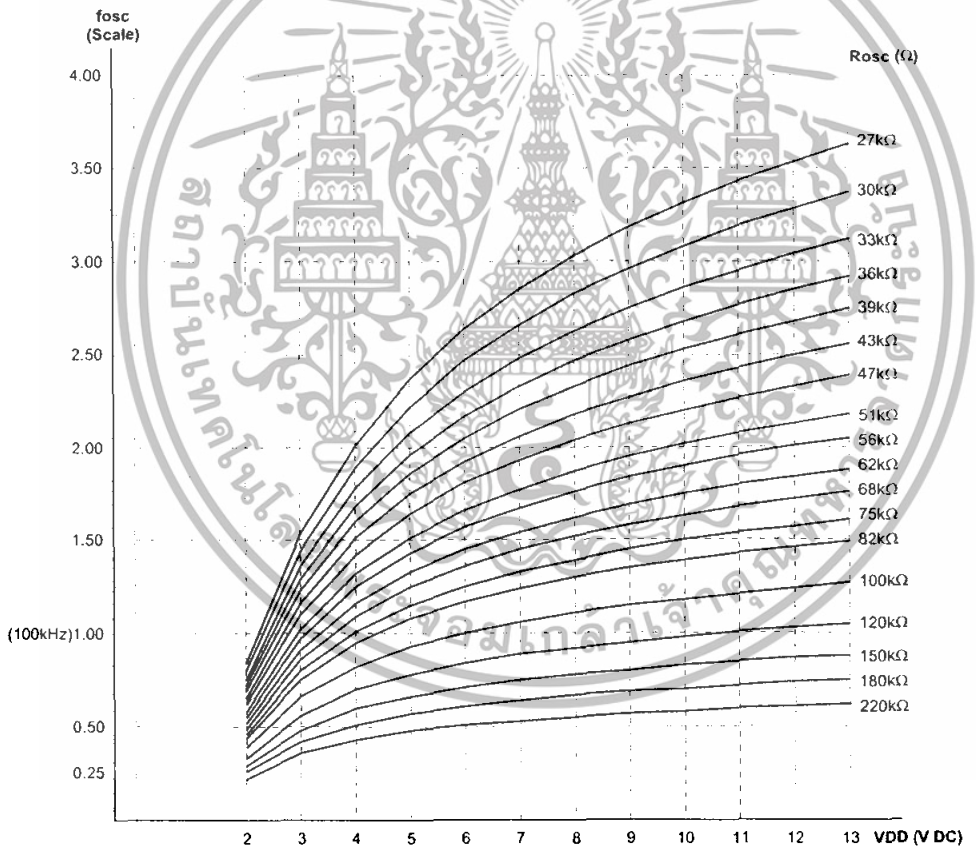
Decoders Part No.	Data Pins	Address Pins	VT	Pair Encoder	Package			
					Encoder		Decoder	
					DIP	SOP	DIP	SOP
HT12D	4	8	√	HT12A HT12E	18	20	18	20
HT12F	0	12	√	HT12A HT12E	18	20	18	20

Address/Data sequence

The following table provides address/data sequence for various models of the 2^{12} series of decoders.

Part No.	Address/Data Bits											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
HT12D	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	D8	D9	D10	D11
HT12F	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11

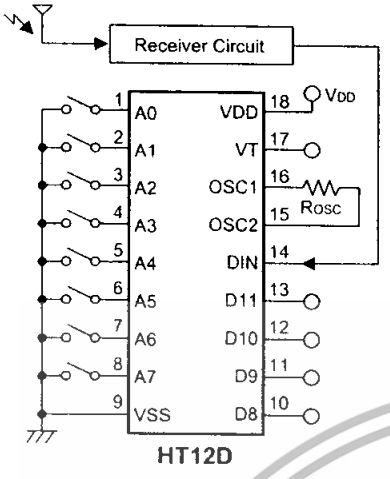
Oscillator frequency vs supply voltage



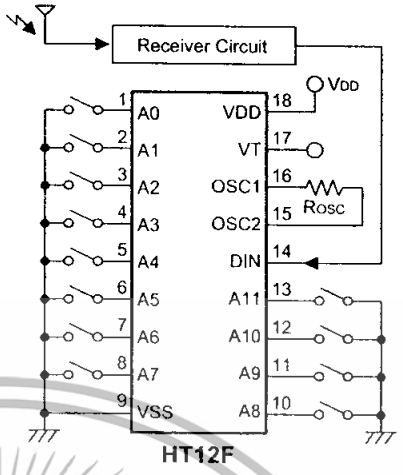
Note: The recommended oscillator frequency is f_{OSCD} (decoder) ≅ 50 f_{OSCE} (HT12E encoder)

≅ $\frac{1}{3}$ f_{OSCE} (HT12A encoder).

Application Circuits



HT12D



HT12F