

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้ PIC16F84 ควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้รีโมทอินฟราเรด

PIC16F84 μ P Application to Infrared – Remote Controlled Robot



โดย
นางสาวจินดา อินธระ
นายเจษฎา กาญจนะ
นายชูศักดิ์ ออประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 34014
วัน, เดือน, ปี..... 12-9-1000-2541

การปฏิบัติงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ PIC16F84 ควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้รีโมทอินฟราเรด
PIC16F84 μ P Application to Infrared – Remote Controlled Robot



โดย

นางสาวจินดา อินธาระ เลขประจำตัว 38014070

นายเจษฎา กาญจนะ เลขประจำตัว 38014089

นายชูศักดิ์ ออประเสริฐ เลขประจำตัว 38014128

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุรเดช ตวีไตรลักษณะ

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการเรื่อง การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ครั้งนี้ สำเร็จลุล่วง
ด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายดังนี้

1. ศูนย์บริการและพัฒนาทางวิศวกรรม ดึก12 ชั้น3 สจล. โดยเฉพาะพี่ๆในศูนย์ที่ช่วย
สอนการใช้โปรแกรม และ เครื่องบันทึก โปรแกรมของPIC16F84
2. ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. สำหรับโรงฝึกงาน ที่ใช้ในการทำโครง
ตัวหุ่นยนต์
3. ภาควิชาคอนโทรล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือบางอย่าง
4. ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับ ห้องทำโปรเจก และ เป็นแหล่งความรู้ทั้งหลาย
5. ดร.กิติพล ชิตสกุล หัวหน้าภาควิชา ที่กรุณาอนุมัติให้กลุ่มโปรเจกนี้ได้ใช้ห้องของ ศูนย์
บริการและพัฒนาทางวิศวกรรม

นอกจากนี้ยังมี นายฐิติพงศ์ สมัครพงศ์(นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาไฟฟ้า) สำหรับ
มอเตอร์ที่ให้ยืม นายเฉลิมพล สังขสังวาลย์ (นักศึกษาชั้นปีที่ 3 ภาควิศวกรรมการวัดคุม) ที่ให้
ลัทธิในการทำหุ่นยนต์แข่งขันของ สสท.

สุดท้ายและคำคัญที่สุดคือ อาจารย์สุรเดช ตรีไตรลักษณะ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ให้ และ
ริเริ่มแนวคิดในโครงการชิ้นนี้

ทางกลุ่มทำโปรเจก ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับทุกท่าน ทั้งที่กล่าวถึงและไม่กล่าวถึง
ในรายงานฉบับนี้

นางสาวจินดา อินธาระ

นายเจษฎา กาญจนะ

นายชูศักดิ์ ออประเสริฐ

ผู้จัดทำ

การใช้ PIC16F84 ควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้รีโมทอินฟราเรด

นางสาวจินดา อินธาระ

นายเจษฎา กาญจนะ

นายชูศักดิ์ ออประเสริฐ

อ.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ (อาจารย์ที่ปรึกษา)

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

ในรายงานฉบับนี้เป็นการศึกษา ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวใหม่เบอร์ PIC16F84 ซึ่งมีขนาดเล็ก ใช้คำสั่งน้อย การทำงานเร็ว ใช้หน่วยความจำแบบแฟลช (flash) จึงสามารถโปรแกรมได้หลายครั้ง ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภทนี้จึงเหมาะสำหรับการควบคุมงานเฉพาะอย่าง ในโครงการชิ้นนี้จึงนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมดีซีมอเตอร์ที่เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนหุ่นยนต์ โดยรับคำสั่งจากรีโมทคอนโทรลแบบอินฟราเรด ซึ่งใช้หลักการการเข้ารหัส และถอดรหัส ของ MC145026 และ MC145027 เพื่อให้แสดงผลตามที่ได้รับคำสั่ง ได้แก่ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และหยุด ซึ่งก็ประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดี

PIC16F84 ROBOT CONTROL BY INFRARED REMOTE

Miss. Jinda Inthara

Mr. Jessada Karnjana

Mr. Choosak Orprasert

Mr. Suradej Tretriluxana (Advisor)

2nd Semester , Educational Year 1998

ABSTRACT

This project, we applied the new microcontroller family PIC16XXX (PIC16F84). Their advantages are RISC microprocessor, high speed and be convenient to develop . Furthermore, It has a flash memory so the programmer can program many times, more than 1,000 times. The application of the PIC16F84 shown here is to controll dc-motors, ordered from Infrared remote controller using encoder MC145026 and decoder MC145027. Then robot shows functions such as forward, backward, tum left, turn right, and stop.

1

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iii
สารบัญ	iv
สารบัญรูปภาพ	vi
สารบัญตาราง	viii
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์	2
2.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F84	2
2.2 การจัดสรรหน่วยความจำของ PIC16F84	3
2.3 การจัดขาของ PIC16F84	4
2.4 การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอล	5
2.5 การจัดสรรหน่วยความจำ	6
2.6 รีจิสเตอร์ควบคุมที่สำคัญของ PIC16F84	8
2.7 สรุปชุดคำสั่งที่สำคัญของ PIC16F84	12
2.8 พอร์ต	14
2.9 ไทม์เมอร์เคาเตอร์ภายใน PIC16F84	19
2.10 หน่วยความจำข้อมูลอีพีรอมภายใน PIC16F84	20
2.11 การอินเตอร์รัปต์ของ PIC16F84	21
บทที่ 3 วงจรส่งและรับอินฟาเรด	23
3.1 ภาคเครื่องส่ง	23
3.1.1 การทำงานของภาคส่ง	23
3.1.2 คุณสมบัติของ MC145026	24
3.1.3 การคำนวณและการทำงานของภาคมอดูเลเตอร์	29
3.2 ภาครับของ MC145027	30
3.2.1 ไทม์มิงของ MC145027	32
3.2.2 MC14028B	33

3.2.3 MC14013	34
บทที่ 4 PIC16F84 กับวงจรมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์	35
บทที่ 5 การทำโครงงาน การออกแบบและการคำนวณวงจร	38
5.1 ส่วนของโปรแกรม	38
5.2 ส่วนของโครงสร้าง	38
5.3 ส่วนของวงจร	40
บทที่ 6 ผลการทดลองสรุปผลการทดลองและวิจารณ์	47
6.1 ผลการทดลองวงจรส่งและรับอินฟาเรด	47
6.2 ผลการทดลองส่วนของโปรแกรม	60
6.3 แนวทางการพัฒนาโปรแกรมต่อไป	76
ภาคผนวก	I
เอกสารอ้างอิง	II

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอล	5.
รูปที่ 2.2 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม	6.
รูปที่ 2.3 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูล	7.
รูปที่ 2.4 รายละเอียดของบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์สเตตัส	8.
รูปที่ 2.5 รายละเอียดของบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์ออปชั่น	9.
รูปที่ 2.6 รายละเอียดของบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์อินท์คอน	10.
รูปที่ 2.7 วงจรภายในของพอร์ตเอ 4 บิตแรก	14.
รูปที่ 2.8 วงจรภายในของพอร์ตเอบิต 4	14.
รูปที่ 2.9 วงจรภายในของพอร์ตบีบิต 4-7	16.
รูปที่ 2.10 วงจรภายในของพอร์ตบีบิต 0-3	17.
รูปที่ 2.11 ไดอะแกรมแสดงการทำงานของไทเมอร์คาน์เตอร์	19.
รูปที่ 2.12 แสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์อินท์คอน	22.
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรม	23.
รูปที่ 3.2 MC145026 (Encoder)	23.
รูปที่ 3.3 Encoder Block Diagram MC145026	24.
รูปที่ 3.4 Encoder Oscillator Information	25.
รูปที่ 3.5 Encoder OSC (Pin12)	26.
รูปที่ 3.6 Encoder Timing Diagram	26.
รูปที่ 3.7 Encoder OSC (Pin12)	27.
รูปที่ 3.8 แสดงการเข้ารหัสของดาต้าบิต	27.
รูปที่ 3.9 Timing Diagram	28.
รูปที่ 3.10 Encoder Data Waveform	28.
รูปที่ 3.11 แสดงสัญญาณเอาต์พุทของภาคมอด	30.
รูปที่ 3.12 ไฟลว์ชาร์ตการทำงานของ MC145027	31.
รูปที่ 3.13 R-C Decay on Pin7 (C1)	33.
รูปที่ 3.14 R-c Decay on Pin10 (C2)	33.
รูปที่ 3.15 Block Diagram	33.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 Truth Table ของ MC140128B	34.
รูปที่ 3.17 Block Diagram ของ MC14013B	34.
รูปที่ 4.1 แสดงผลที่เรียกว่าดิวิตีไซเคิลของสัญญาณ	35.
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดิวิตีไซเคิลกับขนาดของแรงดัน	36.
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดิวิตีไซเคิลกับขนาดของแรงดัน	36.
รูปที่ 5.1 แสดงแผนภาพการทำงานของโปรแกรมหลัก	39.
รูปที่ 5.2 แสดงวงจรส่งรีโมทคอนโทรล	42.
รูปที่ 5.3 แสดงวงจรรับรีโมทคอนโทรล	43
รูปที่ 5.4 แสดงโมดูลของชุดรับรีโมทคอนโทรล	44.
รูปที่ 5.5 แสดงการต่อไอซีขั้วมอเตอร์	45.
รูปที่ 5.6 แสดงการต่อขาของ PIC16F84 กับอุปกรณ์ภายนอก	46.
รูปที่ 6.1-6.6 แสดงผลการทดลองในข้อ 1.	47-50.
รูปที่ 6.7 แสดงผลการทดลองในข้อ 2.	51.
รูปที่ 6.8 แสดงผลการทดลองในข้อ 3.	52.
รูปที่ 6.9-6.14 แสดงผลการทดลองในข้อ 4.	53-55.
รูปที่ 6.15-6.20 แสดงผลการทดลองในข้อ 5.	56-59.
รูปที่ 6.21-6.26 แสดงสัญญาณ PWM จากการกดแขนแนลต่างๆ	66-69.
รูปที่ 6.27 แสดงช่วงบวกที่กว้างขึ้นเมื่อใช้โปรแกรมที่ 2.	76.
รูปที่ 6.28 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 555	77.

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆของ PIC16F84	4.
ตารางที่ 2.2 แสดงรีจิสเตอร์ไฟล์ทั้งหมด	11.
ตารางที่ 2.3 ตารางสรุปการแบ่งกลุ่มคำสั่งของ PIC16F84 ตามการกำหนดโดย MPASM	13.
ตารางที่ 2.4 ตารางสรุปการทำงานของพอร์ตเอ	15.
ตารางที่ 2.5 ตารางสรุปการกำหนดค่าของรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตเอทั้งหมด	15.
ตารางที่ 2.6 สรุปการทำงานของพอร์ตบี	18.
ตารางที่ 2.7 สรุปการกำหนดค่าของรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตบีทั้งหมด	18.
ตารางที่ 2.8 ตารางสรุปรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยความจำอีพีรอมทั้งหมด	20.

บทที่ 1

บทนำ

สำหรับโครงการในเทอมที่แล้วได้ศึกษาสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F84 และการใช้งานโปรแกรม MPLAB อย่างละเอียดและนำ PIC16F84 ไปเขียนโปรแกรมควบคุม Stepping motor ซึ่งในส่วนของโปรแกรมก็ได้ผลเป็นอย่างดี แต่ในส่วนของความเร็วของมอเตอร์ และปัญหาทางด้านกลศาสตร์ ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ในส่วนของเทอมนี้จึงได้พัฒนาต่อเนื่องมาจากเทอมที่แล้วโดยได้มีการปรับปรุงบางส่วนของโครงการดังต่อไปนี้

1. ได้ใช้ DC motor แทน stepping motor
2. สำหรับการพัฒนาโดยใช้คีย์แพด (Key Pad) เปลี่ยนมาใช้ในการควบคุมจากรีโมทแทน
3. ทำการปรับปรุงโปรแกรมโดยให้สามารถทำงานได้หลากหลายยิ่งขึ้น
4. ได้เพิ่มส่วนทางด้านฮาร์ดแวร์เข้ามาซึ่งทำให้โครงการมีฟังก์ชันการทำงานที่ดีขึ้น
5. เพิ่มส่วนทางฮาร์ดแวร์บางส่วนที่แสดงสถานะการทำงานของหุ่นยนต์ขณะปัจจุบันนั้น

โครงการนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller) ในการควบคุม ดีซีมอเตอร์ DC Motor) ซึ่งเป็นการจำลองการทำงานอย่างง่ายของหุ่นยนต์ (Robot) ในการเดินตามคำสั่งที่รับมาจาก รีโมท

ดังนั้นในรายงานโครงการฉบับนี้จึงกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ทั้งที่ได้ศึกษาและทดลองมา ดังนี้

1. โครงสร้างและกระบวนการทำงานของโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์
2. หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์ (DC Motor) และวงจรขับ
3. วงจรรีโมทคอนโทรลเพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F84

สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU), ส่วนของเพอริเฟอรัล (Peripheral) และคุณสมบัติอื่นๆ

คุณสมบัติทางเทคนิคของหน่วยประมวลผลกลางภายใน PIC16F84

- หน่วยประมวลผลกลางเป็นแบบ RISC
- มีคำสั่งเพียง 33 คำสั่ง ขนาด 14 บิต
- ทุกคำสั่งใช้เวลาในการประมวลเพียง 1 ไชเคิลของสัญญาณนาฬิกา หรือประมาณ 400นาโนวินาทีที่สัญญาณนาฬิกา ความถี่ 10 MHz ยกเว้นชุดคำสั่งการกระโดดจะใช้เวลา 2 ไชเคิล ของสัญญาณนาฬิกา
- ประมวลผลข้อมูลขนาด 8 บิต
- มีรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ 15 ตัว
- มีสแต็ก 8 ระดับ
- มีโหมดการอ้างอิงแอดเดรส 3 โหมดคือ แบบโดยตรง (direct),แบบโดยอ้อม (indirect) และแบบสัมพัทธ์ (relative)
- มีแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ 4 แหล่ง ได้แก่
 1. รับสัญญาณจากภายนอก โดยป้อนสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้าที่ขาอินพุท RBO/INT
 2. จาก TMR0 ไทเมอร์โอเวอร์โฟลว์
 3. เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงที่พอร์ต B
 4. เมื่อการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำอีทีพรอมเสร็จสิ้นสมบูรณ์
- หน่วยความจำข้อมูล (data memory) เป็นแบบอีทีพรอมสามารถลบและเขียนใหม่ได้ประมาณล้านครั้งและเก็บข้อมูลได้นาน 40 ปี
- ขนาดหน่วยความจำโปรแกรมซึ่งเป็นแบบแฟลชมีขนาด 1 กิโลไบต์ (1 ไชเคิลของ PIC16F84 มีขนาด 14 บิต),หน่วยความจำอีทีพรอมภายใน 64 ไชเคิล และหน่วยความจำแรม 68 ไชเคิลซึ่งใช้เป็นรีจิสเตอร์

คุณสมบัติทางเทคนิคของเพอริเฟอรัลใน PIC16F84

- มีขาอินพุทเอาท์พุท 13 ขา สามารถกำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาท์พุทได้อย่างอิสระ
- กระแสซิงก์ / ซอร์สของแต่ละขาอินพุทเอาท์พุทสูงพอที่จะขับ LED ได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระแสซิงก์สูงสุด 25 mA ต่อขา
- กระแสซอร์สสูงสุด 20 mA ต่อขา
- มีไทมเมอร์ / เคาน์เตอร์ขนาด 8 บิตคือ TMRO พร้อมกับปริสเกลเลอร์ขนาด 8 บิตที่สามารถโปรแกรมได้

คุณสมบัติอื่นๆ

- มีเพาเวอร์อนรีเซตในตัว (POR : Power-On Reset)
- มีเพาเวอร์อัปไทมเมอร์ในตัว (PERT : Power-up Timer)
- มีออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทมเมอร์ (OST : Oscillator Start-up Timer)
- มีวอตช์ดอกไทมเมอร์ (WDT : Watch Dog Timer) พร้อมกับวงจรออสซิลเลเตอร์ RC ภายใน เพื่อช่วยในการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์มีความแน่นอนยิ่งขึ้น
- ป้องกันการคัดลอกข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม
- มีโหมดประหยัดพลังงานหรือโหมดสลีป (Sleep mode)
- สามารถเลือกวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดการทำงานได้
- การเขียนข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบอนุกรม
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับการพัฒนาภายใต้เทคโนโลยีมอสแพลตฟอร์ม / อีอีพรอม ความเร็วสูง พลังงานต่ำ
- ย่านไฟเลี้ยง 2.0 – 6.0 V
- ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า
 - < 2 mA ที่ไฟเลี้ยง +5 V สัญญาณนาฬิกาความถี่ 4 MHz
 - 15 μ A ที่ไฟเลี้ยง +2 V สัญญาณนาฬิกาความถี่ 32MHz
 - < 1 μ A ที่ไฟเลี้ยง +2 V ขณะสแตนด์บาย

2.2 PIC16F84 มีการจัดสรรหน่วยความจำดังนี้

- หน่วยความจำโปรแกรมมีโครงสร้างเป็นหน่วยความจำแบบแฟลช มีขนาด 1 กิโลเวิร์ด โดยใน 1 เวิร์ดของ PIC16F84 มีขนาด 14 บิต
- หน่วยความจำข้อมูลเป็นหน่วยความจำแบบอีอีพรอมขนาด 64 ไบต์
- หน่วยความจำแรมได้รับการกำหนดให้ทำงานเป็นรีจิสเตอร์กำหนดแฟ้มข้อมูลหรือรีจิสเตอร์ไฟล์ขนาด 68 ไบต์

การเข้าถึงหน่วยความจำทั้งหมดของหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นี้สามารถทำได้ทั้งในลักษณะโดยตรง, โดยอ้อม, และแบบสั้มพัทธ์ โดยมีรีจิสเตอร์

FSR (File Select Register) ทำหน้าที่ในการควบคุมการเข้าถึงหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การจัดขาของ PIC16F84

ชื่อขา	ขาที่	ชนิดของขา	ชนิดของบัพเฟอร์ที่ต่ออยู่	รายละเอียด
OSC/CLKIN	16	อินพุท	ชนิดตรีฟีกเกอร์/ ซีมอส ⁽³⁾	-เป็นขาสำหรับรับสัญญาณนาฬิกาจากคริสตอลหรือจากแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายนอก
OSC2/CLKOUT	15	เอาต์พุท	-	-เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณนาฬิกาออก -หากทำงานในโหมดคริสตอลให้ต่อกับขาหนึ่งของคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ -หากทำงานในโหมด RC ขานี้ปล่อยลอยไว้ -สัญญาณนาฬิกาที่ออกจากขานี้จะมีความถี่เท่ากับ □ ของความถี่ที่ขา OSC1
MCLR	4	อินพุท	ชนิดตรีฟีกเกอร์	-เป็นขาสำหรับสัญญาณรีเซ็ต โดยทำงานที่ลอจิก "0" -เป็นขารับแรงดันสำหรับโปรแกรมหรือเขียนข้อมูลลงในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
ขาสัญญาณพอร์ต A				
RA0	17	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล	-เป็นขาอินพุทเอาต์พุท 2 ทิศทางทุกขา -เฉพาะขานี้ให้ใช้เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาให้แก่ TMR0 ด้วย
Ra1	18	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล	
RA2	1	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล	
RA3	2	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล	
RA4/T0CKI	3	อินพุท/เอาต์พุท	ชนิดตรีฟีกเกอร์	
ขาสัญญาณพอร์ต B				
RB0/INT	6	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล / ชนิดตรีฟีกเกอร์ ⁽¹⁾	-เป็นขาอินพุทเอาต์พุท 2 ทิศทางทุกขา -ขา RB0/INT ให้ใช้เป็นขาอินพุทรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ด้วย
RB1	7	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล	
RB2	8	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล	-ขา RB4-RB7 ยังใช้เป็นขาที่ทำให้เกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ โดยการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกที่ขานี้
RB3	9	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล	
RB4	10	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล	
RB5	11	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล	-ขา RB6 ยังให้ใช้เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาของการโปรแกรมแบบอนุกรมด้วย ในขณะที่ขา RB7 ให้เป็นขารับข้อมูลของการโปรแกรมแบบอนุกรม
RB6	12	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล / ชนิดตรีฟีกเกอร์ ⁽²⁾	
RB7	13	อินพุท/เอาต์พุท	ทีทีแอล / ชนิดตรีฟีกเกอร์ ⁽²⁾	
ขาไฟเลี้ยง				
Vss	5	ขาต่อไฟเลี้ยง	-	-ต่อกับกราวด์
V _{DD}	14	ขาต่อไฟเลี้ยง	-	-ต่อกับไฟเลี้ยงบวก ตั้งแต่ 2-6 V

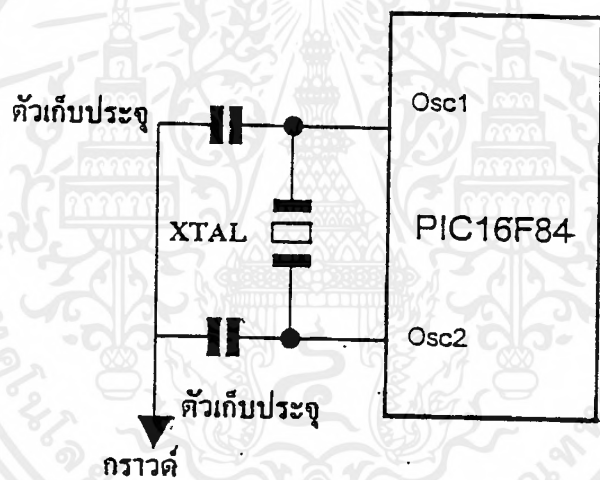
ตาราง 2.1 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆของ พีไอซี ไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอล

แสดงวงจรตามรูปที่ 2.1 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบนี้มีความเที่ยงตรงสูงมาก ส่งผลให้การคำนวณเกี่ยวกับการห้วงเวลาในการเขียนโปรแกรมกระทำได้อย่างแม่นยำมากขึ้น สัญญาณนาฬิกาป้อนเข้าขา OSC1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 จะทำการหารความถี่ลง 4 เท่า เพื่อให้เกิดสัญญาณนาฬิกาภายในมีความถี่ 1 เมกะเฮิรตซ์ ที่ขา OSC2 จะมีสัญญาณออกมา มีความถี่เท่ากับความถี่ที่ขา OSC1/4

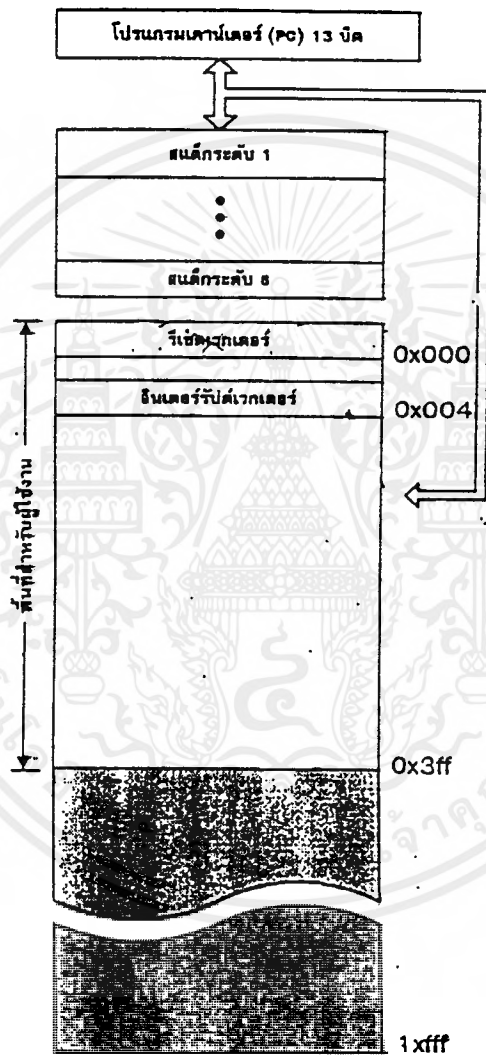
ด้วยการกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกาภายในเท่ากับ 1 MHz ทำให้เวลาของการทำงาน 1 คำสั่งจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่ขา OSC1 มีการเปลี่ยนแปลง คาบเวลาของ 1 ไรเคิลการ ทำงานก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย



รูปที่ 2.1 การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอล

2.5 การจัดสรรหน่วยความจำ

การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม สามารถแสดงดังรูป



รูปที่ 2.2 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 รีจิสเตอร์ควบคุมที่สำคัญของ PIC16F84

รีจิสเตอร์ STATUS

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
RAW-0	RAW-0	RAW-0	R-1	R-1	R/W-X	R/W-X	R/W-X
IRP	RP1	RP0	T0	PD	Z	DC	C

R: เป็นบิตที่สามารถอ่านค่าได้
 W: เป็นบิตที่สามารถเขียนค่าได้
 X: เป็นบิตที่ไม่ใช้งาน อ่านค่าได้เท่ากับ "0"
 -: ค่าที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดเพอร์เวอร์
 จลนวิทยา

- บิต 7 :** IRP บิตเลือกแบงก์รีจิสเตอร์ แต่ใน PIC16F84 ไม่ใช่บิตนี้ ต้องกำหนดให้เป็น "0" เท่านั้น
- บิต 6-5 :** RP1 และ RP0 บิตเลือกแบงก์ของรีจิสเตอร์ สามารถเข้าถึงได้โดยตรง (direct addressing) ใน PIC16F84 จะให้เพียงบิต RP0 เท่านั้น ในขณะที่ RP1 ต้องกำหนดให้เป็น "0" การเลือกแบงก์ของรีจิสเตอร์ ทำได้โดยกำหนดบิต RP1 และ RP0 ดังนี้
 00 = แบงก์ 0 (แอดเดรส 0000H – 007FH)
 01 = แบงก์ 1 (แอดเดรส 0080H – 00FFH)
- บิต 4 :** T0 (Time out bit) บิตขอบเขตเวลา บิตนี้สามารถอ่านค่าได้อย่างเดียวเท่านั้น เป็น "1" เมื่อมีการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ PIC16F84 หรือเมื่อกระทำคำสั่ง clrwt หรือ sleep เป็น "0" เมื่อวอตช์ด็อกไทมเมอร์ (WDT) ภายใน PIC16F84 ทำงานครบเวลาที่กำหนดหรือเกิดไทม์เอาต์
- บิต 3 :** PD (Power down bit) บิตเพอร์เวอร์ดาว์น บิตนี้สามารถอ่านค่าได้อย่างเดียวเท่านั้น เป็นบิตแสดงสถานะการทำงานของ PIC16F84 ในโหมดสลีป (Sleep) เป็น "1" เมื่อมีการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ PIC16F84 หรือเมื่อกระทำคำสั่ง clrwt เป็น "0" เมื่อกระทำคำสั่ง sleep
- บิต 2 :** Z (Zero bit) บิตศูนย์ เป็นบิตแสดงผลการกระทำทางคณิตศาสตร์ เป็น "0" เป็น "1" เมื่อกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว เกิดค่าศูนย์ (0) ขึ้น เมื่อกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว ค่าไม่เป็นศูนย์
- บิต 1 :** DC (Digit carry / borrow bit) บิตทดหรือยืมระหว่างหลักเป็นบิตแสดงผลทางคณิตศาสตร์ ในกรณีที่กระทำคำสั่ง addwf และ addlw บิต DC จะเกิดผลดังนี้
 เป็น "1" เมื่อกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว เกิดการทดจากบิตล่างที่ 4 ไปยังกลุ่มบิตบน (จากบิตที่ 4 ไปยังบิตที่ 5)
 เป็น "0" เมื่อกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว ไม่เกิดการทดจากบิตล่างที่ 4 ไปยังกลุ่มบิตบน (จากบิตที่ 4 ไปยังบิตที่ 5)
 ในกรณีที่กระทำคำสั่ง subwf และ sublw บิต DC จะเกิดผลดังนี้
 เป็น "1" เมื่อกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว ไม่มีการยืมค่าจากบิตล่างที่ 4 โดยกลุ่มบิตบน (บิตที่ 5 ยืมค่าจากบิตที่ 4)
 เป็น "0" เมื่อกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว เกิดการยืมค่าจากบิตล่างที่ 4 โดยกลุ่มบิตบน (บิตที่ 5 ยืมค่าจากบิตที่ 4)
- บิต 0 :** C (Carry bit / borrow bit) บิตทดหรือยืมเป็นบิตที่ใช้แสดงผลการทดและยืมค่าทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะงานคล้ายกับบิต DC แต่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าก็ต่อเมื่อเกิดการทดหรือยืมค่าจากบิตน้อยสำคัญสูงสุดหรือบิต MSB ในกรณีที่กระทำคำสั่ง addwf และ addlw บิต C จะเกิดผลดังนี้
 เป็น "1" เมื่อกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว เกิดการทดจากบิต MSB
 เป็น "0" เมื่อกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว ไม่เกิดการทด
 ในกรณีที่กระทำคำสั่ง subwf และ sublw บิต C จะเกิดผลดังนี้
 เป็น "1" เมื่อกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว ไม่มีการยืมค่าจากบิต MSB
 เป็น "0" เมื่อกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว เกิดการยืมค่า

รีจิสเตอร์ OPTION

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
RBPu	INTEDG	TOCS	TOSE	PSA	PS2	PS1	PS0

R: เป็นบิตที่สามารถอ่านค่าได้
 W: เป็นบิตที่สามารถเขียนค่าได้
 U: เป็นบิตที่ไม่ใช้งาน อ่านค่าได้เท่ากับ "0"
 -: ค่าที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดพอร์เตอร์

คตบร. ๒๕๖๒

- บิต 7** : RBPu (Port B pull-up enable bit) ใช้ในการอินทิเกรตการพูลอัพที่พอร์ต B
 "1" - ดิสเอเบิลการพูลอัพที่พอร์ต B
 "0" - อินทิเกรตการพูลอัพที่พอร์ต B
- บิต 6** : INTEDG (Interrupt edge select bit) บิตเลือกขอบขาของสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก ให้เลือกขอบขาของสัญญาณที่ทำให้เกิดการอินเทอร์รัปต์ที่ขา RBO / INT
 "1" - เลือกขอบขาขึ้นของสัญญาณ
 "0" - เลือกขอบขาลงของสัญญาณ
- บิต 5** : TOCS (TMR0 clock source select bit) บิตเลือกแหล่งจ่ายสัญญาณนาฬิกาให้แก่ไทเมอร์เคาน์เตอร์
 "1" - เลือกจากการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ขา RA4 / TOCKI
 "0" - เลือกจากสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กำหนดไทม์คล็อกการทำงานภายใน PIC16F84
- บิต 4** : TOSE (TMR0 source edge select bit) บิตเลือกขอบขาของสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้แก่ไทเมอร์เคาน์เตอร์ ให้เลือกขอบขาของสัญญาณนาฬิกาที่จ่ายเข้ามายังขา RA4 / TOCKI ในกรณีที่เลือกแหล่งจ่ายสัญญาณนาฬิกาให้แก่ไทเมอร์เคาน์เตอร์ผ่านทางขา RA4 / TOCKI โดยการกำหนดบิต TOCS ให้เป็น "1"
 "1" - กำหนดให้ TMR0 เกิดการเพิ่มค่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ขา RA4 / TOCKI จากสูงมาต่ำ
 "0" - กำหนดให้ TMR0 เกิดการเพิ่มค่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ขา RA4 / TOCKI จากต่ำมาสูง
- บิต 3** : PSA (Prescaler assignment) บิตกำหนดการทำงานของพรีสเกลเลอร์
 เป็น "1" กำหนดให้พรีสเกลเลอร์ทำงานร่วมกับวอตช์ด็อกไทมเมอร์ เมื่อทำงานกับวอตช์ด็อกไทมเมอร์จะเรียกพรีสเกลเลอร์ว่า "โพสดีสเกลเลอร์"
 เป็น "0" กำหนดให้พรีสเกลเลอร์ทำงานร่วมกับ TMR0
- บิต 2-0** : PS2-PS0 (Prescaler rate select bit) บิตเลือกอัตราส่วนของพรีสเกลเลอร์เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดอัตราส่วนในการทำงานของพรีสเกลเลอร์ เมื่อทำงานกับ TMR0 และวอตช์ด็อกไทมเมอร์ อัตราส่วนนี้จะมีค่าไม่เท่ากัน การกำหนดอัตราส่วนของพรีสเกลเลอร์เป็นไปดังนี้

PS2	PS1	PS0	อัตราส่วนเมื่อทำงานกับ WDT	อัตราส่วนเมื่อทำงานกับ TMR0
0	0	0	1 : 1	1 : 2
0	0	1	1 : 2	1 : 4
0	1	0	1 : 4	1 : 8
0	1	1	1 : 8	1 : 16
1	0	0	1 : 16	1 : 32
1	0	1	1 : 32	1 : 64
1	1	0	1 : 64	1 : 128
1	1	1	1 : 128	1 : 256

รูปที่ 2.5 รายละเอียดของบิตต่างๆในรีจิสเตอร์ OPTION

รีจิสเตอร์ INTCON

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
RW-0	RW-0	RW-0	RW-0	RW-0	RW-0	RW-0	RW-x
GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF

R: เป็นบิตที่สามารถอ่านค่าได้
 W: เป็นบิตที่สามารถเขียนค่าได้
 U: เป็นบิตที่ไม่ใช้งาน อ่านค่าได้เท่ากับ '0'
 -x: ค่าที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดการรีเซ็ต
 ออกรีต

บิต 7 : GIE (Global interrupt enable bit) บิตอนุญาตเปิดอินเตอร์รัปต์

"1" - อนุญาตเปิดการอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด

"0" - คัดเลือกการอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด

บิต 6 : EEIE (EEPROM write complete interrupt enable bit) บิตอนุญาตเปิดการอินเตอร์รัปต์เมื่อการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอมเสร็จสิ้นสมบูรณ์

"1" - อนุญาตเปิดการอินเตอร์รัปต์แบบนี้

"0" - คัดเลือกการอินเตอร์รัปต์แบบนี้

บิต 5 : TOIE (TMR0 overflow interrupt enable bit) บิตอนุญาตเปิดการอินเตอร์รัปต์เมื่อ TMR0 เกิดการโอเวอร์โฟลว

"1" - อนุญาตเปิดการอินเตอร์รัปต์แบบนี้

"0" - คัดเลือกการอินเตอร์รัปต์แบบนี้

บิต 4 : INTE (RBO / INT interrupt enable bit) บิตอนุญาตเปิดการอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอกที่ขา RBO/INT

"1" - อนุญาตเปิดการอินเตอร์รัปต์แบบนี้

"0" - คัดเลือกการอินเตอร์รัปต์แบบนี้

บิต 3 : RBIE (Port B change interrupt enable bit) บิตอนุญาตเปิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ขาพอร์ต B บิตที่ 4-7

"1" - อนุญาตเปิดการอินเตอร์รัปต์แบบนี้

"0" - คัดเลือกการอินเตอร์รัปต์แบบนี้

บิต 2 : TOIF (TMR0 overflow interrupt flag) บิตแจ้งการเกิดอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจาก TMR0 เกิดโอเวอร์โฟลว

"1" - แจ้งให้ทราบว่าเกิดการอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจาก TMR0 เกิดโอเวอร์โฟลว

"0" - ไม่เกิดการอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจาก TMR0 เกิดโอเวอร์โฟลว

บิต 1 : INTF (RBO/INT interrupt flag) บิตแจ้งการเกิดอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากสัญญาณภายนอกที่ขา RBO/INT

"1" - แจ้งให้ทราบว่าเกิดการอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากสัญญาณภายนอกที่ขา RBO/INT

"0" - ไม่เกิดการอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากสัญญาณภายนอกที่ขา RBO/INT

บิต 0 : RBIF (Port B change interrupt flag) บิตแจ้งการเกิดอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ขาพอร์ต B บิตที่ 4-7

"1" - แจ้งให้ทราบว่าเกิดการอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ขาพอร์ต B

"0" - ไม่เกิดการอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ขาพอร์ต B บิตที่ 4-7

รูปที่ 2.6 รายละเอียดของบิตต่างๆในรีจิสเตอร์อินทคอน

รีจิสเตอร์ไฟล์ทั้งหมด

แอดเดรส	ชื่อรีจิสเตอร์	บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0	ค่าที่เกิดรีเซ็ต	ค่าที่เกิดรีเซ็ตหากเกิดการรีเซ็ตในแบบอื่น
แรมก 0											
00H	INDF	- ไม่ใช่รีจิสเตอร์หลัก ทำให้ไม่สามารถทำการอ่านข้อมูลได้โดยตรง - ให้เก็บค่าของรีจิสเตอร์ FSR เพื่อเข้าถึงแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูล								-----	-----
01H	TMR0	รีจิสเตอร์สำหรับนับและเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิต								ไม่ทราบค่า	-ไม่เปลี่ยนแปลง
02H	PCL	รีจิสเตอร์เก็บค่า 8 บิตล่างของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC)								0000 0000	0000 0000
03H	STATUS ⁽²⁾	IRP	RP1	RP0	\overline{TO}	\overline{PD}	Z	DC	C	0001 1xxxx	000q quuu
04H	FSR	พอยน์เตอร์ 0 ที่รีจิสเตอร์แอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลโดยอ้อม								ไม่ทราบค่า	-ไม่เปลี่ยนแปลง
05H	PORTA	-	-	-	RA4/ TOKI	RA3	RA2	RA1	RA0	---x xxxx	---u uuuu
06H	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	ไม่ทราบค่า	-ไม่เปลี่ยนแปลง
07H		ไม่มีการใช้งาน อ่านค่าได้ 0								-----	-----
08H	EEDATA	รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของหน่วยความจำอีทีพรอม								ไม่ทราบค่า	-ไม่เปลี่ยนแปลง
09H	EEADR	รีจิสเตอร์สำหรับเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำอีทีพรอม								ไม่ทราบค่า	-ไม่เปลี่ยนแปลง
0AH	PCLATC ⁽¹⁾	-	-	-	เป็นบิตเฟลอปสำหรับเก็บค่า 5 บิตบนของ PC					---0 0000	---0 0000
0BH	INTCON	GIE	EEE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
แรมก 1											
80H	INDF	- ไม่ใช่รีจิสเตอร์หลัก ทำให้ไม่สามารถทำการอ่านข้อมูลได้โดยตรง - ให้เก็บค่าของรีจิสเตอร์ FSR เพื่อเข้าถึงแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูล								-----	-----
81H	OPTION	RBPU	INEG	TOCS	TOE	PS3	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111
82H	PCL	- ไม่ใช่รีจิสเตอร์หลัก ทำให้ไม่สามารถทำการอ่านข้อมูลได้โดยตรง - ให้เก็บค่าของรีจิสเตอร์ FSR เพื่อเข้าถึงแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูล								0000 0000	0000 0000
83H	STATUS ⁽²⁾	IRP	RP1	RP0	\overline{TO}	\overline{PD}	Z	DC	C	0001 1xxx	000q quuu
84H	FSR	พอยน์เตอร์ 0 ที่รีจิสเตอร์แอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลโดยอ้อม								ไม่ทราบค่า	-ไม่เปลี่ยนแปลง
85H	TRISA	-	-	-	รีจิสเตอร์กำหนดทิศทางของพอร์ต A					---1 1111	---1 1111
86H	TRISB	รีจิสเตอร์กำหนดทิศทางของการถ่ายทอดข้อมูลของพอร์ต B								1111 1111	1111 1111
87H		ไม่มีการใช้งาน อ่านค่าได้ 0								-----	-----
88H	EECON1	-	-	-	EEIF	WRR	WRN	WR	RD	---0 x000	---0 q000
89H	EECON2	รีจิสเตอร์ควบคุมหน่วยความจำอีทีพรอม 2 (ไม่ใช่รีจิสเตอร์หลักไม่สามารถอ่านข้อมูลได้โดยตรง)									-----
8AH	PCLATCH	-	-	-	เป็นบิตเฟลอปสำหรับเก็บค่า 5 บิตบนของ PC					---0 0000	---0 0000
8BH	INTCON	GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u

ตารางที่ 2.2 แสดงรีจิสเตอร์ไฟล์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 สรุปชุดคำสั่งของ PIC16F84

กลุ่มคำสั่งจัดการข้อมูลระดับไบต์						
นี่โมนิก	โอเปอเรนด์	รายละเอียด	ไซเคิล	ฮอปโค้ด 14 บิต	บิตสถานะที่เกี่ยวข้อง	หมายเหตุ
Addwf	f, d	W + f	1	00 0111 dfff ffff	C, DC, Z	1
Adrwf	f, d	W AND f	1	00 0101 dfff ffff	Z	1
clrf	f	เคลียร์ค่าของ f	1	00 0001 dfff ffff	Z	1
Clrw.	-	เคลียร์ค่าของ W	1	00 0001 0000 0011	Z	
Comf	f, d	คอมพลีเมนต์ f	1	00 1001 dfff ffff	Z	1
Decf	f, d	ลดค่า f	1	00 0011 dfff ffff	Z	1
Decfsz	f, d	ลดค่า f, ข้ามหนึ่งแอดเดรสถ้าค่าเป็น 0	1(2)	00 1011 dfff ffff	ไม่มี	1, 2
Incf	f, d	เพิ่มค่า f	1	00 1010 dfff ffff	Z	1
Incfesz	f, d	เพิ่มค่า f, ข้ามหนึ่งแอดเดรสถ้าค่าเป็น 0	1(2)	00 1111 dfff ffff	ไม่มี	1, 2
Iorwf	f, d	W OR f	1	00 0100 dfff ffff	Z	1
Movf	f, d	โอนย้ายข้อมูลไปยัง f	1	00 1000 dfff ffff	Z	1
movwf	f	โอนย้ายข้อมูลจาก W ไปยัง f	1	00 0000 1fff ffff	ไม่มี	
nop	-	ไม่มีการทำงาน	1	00 0000 0x00 0000	ไม่มี	
Rlf	f, d	เลื่อนข้อมูลไปทางซ้าย 1 บิตผ่านบิต C	1	00 1101 dfff ffff	C	1
Rrf	f, d	เลื่อนข้อมูลไปทางขวา 1 บิตผ่านบิต C	1	00 1100 dfff ffff	C	1
Subwf	f, d	F - W	1	00 0010 dfff ffff	C, CD, Z	1
Swapf	f, d	สลับค่า 4 บิตบนกับ 4 บิตล่างของ f	1	00 1110 dfff ffff	ไม่มี	1
Xorwf	f, d	W Xor f	1	00 0110 dfff ffff	Z	1
กลุ่มคำสั่งจัดการข้อมูลระดับบิต						
นี่โมนิก	โอเปอเรนด์	รายละเอียด	ไซเคิล	ฮอปโค้ด 14 บิต	บิตสถานะที่เกี่ยวข้อง	หมายเหตุ
Bcf	f, b	เคลียร์บิตของ f	1	01 00bb bfff ffff	ไม่มี	1
Bsf	f, b	เซตบิตของ f	1	01 01bb bfff ffff	ไม่มี	1
Btfsc	f, b	ตรวจสอบบิต ข้ามหนึ่งแอดเดรส ถ้าเป็น "0"	1(2)	01 10bb bfff ffff	ไม่มี	2
Btfss	f, b	ตรวจสอบบิต ข้ามหนึ่งแอดเดรส ถ้าเป็น "1"	1(2)	01 11bb bfff ffff	ไม่มี	2

กลุ่มคำสั่งจัดการข้อมูลค่าคงที่และควบคุมการทำงาน

มีโมดิก	โอเปอร์แอนด์	รายละเอียด	ไซเคิล	ฮอปโค้ด 14 บิต	บิตสถานะที่เกี่ยวข้อง	หมายเหตุ
Addw	k	ค่าคงที่ + W	1	11 111x kkkk kkkk	C, CD, Z	
Andlw	k	ค่าคงที่ AND W	1	11 1001 kkkk kkkk	Z	
Call	k	เรียกโปรแกรมย่อย	2	10 0kkk kkkk kkkk	ไม่มี	
Clrwdt	-	เคลียร์ค่าของ WDT	1	00 0000 0110 0100	TO, PD	
Goto	k	กระโดดไปยังแอดเดรสที่กำหนด	2	10 1kkk kkkk kkkk	ไม่มี	
Iorlw	k	ค่าคงที่ OR W	1	11 1000 kkkk kkkk	Z	
Movlw	k	นำค่าคงที่ไปเก็บไว้ใน W	1	11 00xx kkkk kkkk	ไม่มี	
Retfie	-	ออกจากโปรแกรมย่อย บริการอินเทอร์พรีต	2	00 0000 0000 1001	ไม่มี	
Retlw	k	กลับเข้าสู่โปรแกรมด้วย ค่าคงที่ใน W	2	11 01xx kkkk kkkk	ไม่มี	
Return	-	ออกจากโปรแกรมย่อย	2	00 0000 0000 1000	ไม่มี	
Sleep	-	เข้าสู่โหมดสลีป	1	00 000 0110 0011	TO, PD	
Sublw	k	ค่าคงที่ - W	1	11 110x kkkk kkkk	C, CD, Z	
Xorlw	k	ค่าคงที่ XOR W	1	11 1010 kkkk kkkk	Z	

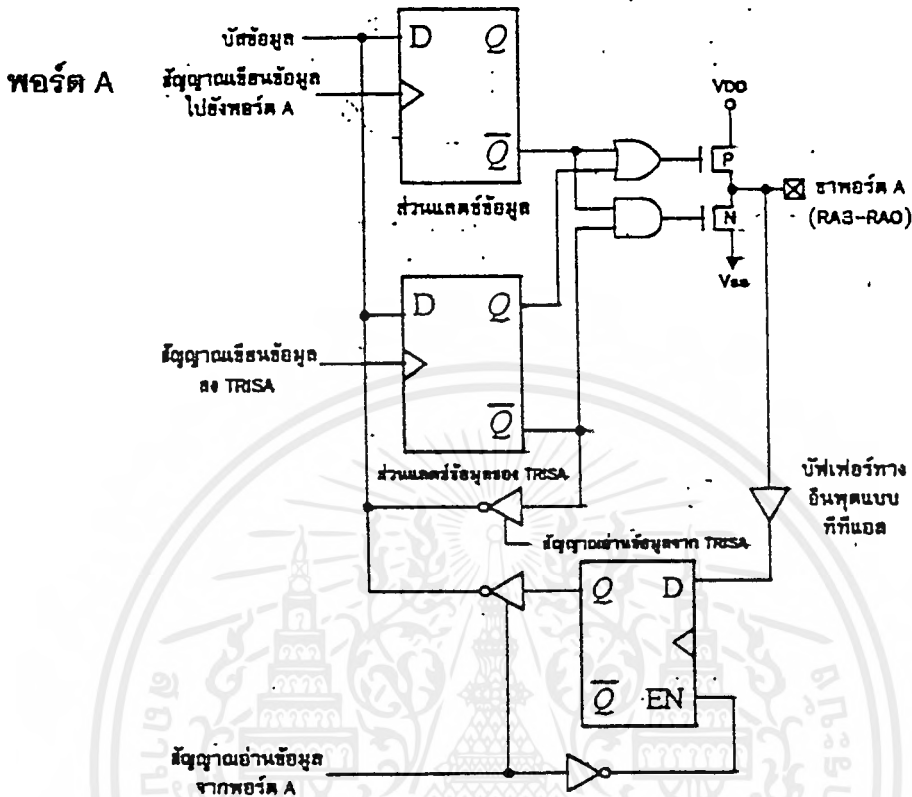
หมายเหตุ :

- ถ้ากระทำคำสั่งนี้กับรีจิสเตอร์ TMR0 ปริสเกลเลอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกเคลียร์
- ถ้ากระทำคำสั่งนี้แล้ว เงื่อนไขในการตรวจสอบถูกต้อง คำสั่งนี้จะใช้เวลา 2 ไซเคิล โดยในไซเคิลที่สอง จะเป็นกระทำคำสั่งในลักษณะ NOP ส่วนค่าของ PC จะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 2 ค่า

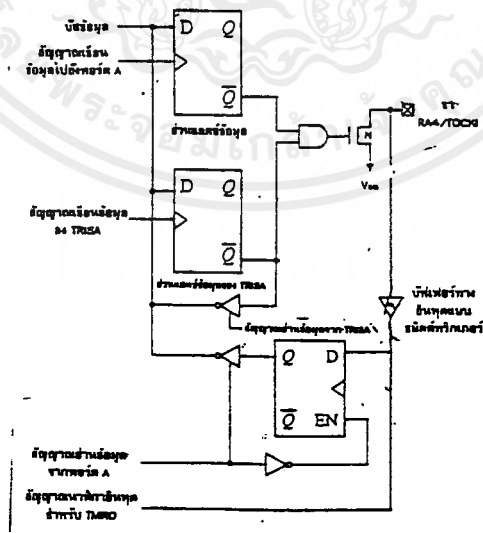
ตารางที่ 2.3 ตารางสรุปการแบ่งกลุ่มคำสั่งของ PIC16F84 ตามการกำหนดโดย MPASM

2.8 พอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 มีพอร์ตสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก 2 พอร์ตคือ พอร์ต A และ พอร์ต B พอร์ต A มีด้วยกัน 5 บิตคือ RA0-RA4 ในขณะที่พอร์ต B มี 8 บิตคือ RB0-RB7



รูปที่ 2.7 วงจรภายในของพอร์ต เอ 4 บิตแรก



รูปที่ 2.8 วงจรภายในของพอร์ต เอ บิต 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางที่ 2.4 เป็นตารางสรุปการทำงานของทุกขาสัญญาณของพอร์ต A

ชื่อขา	บิตที่	ชนิดของขา	ชนิดของบัพเฟอร์ที่ ต่ออยู่	รายละเอียด
RA0	0	อินพุต / เอาท์พุท	ทีทีแอล	- เป็นขาอินพุต 2 ทิศทางทุกขา
RA1	1	อินพุต / เอาท์พุท	ทีทีแอล	
RA2	2	อินพุต / เอาท์พุท	ทีทีแอล	
RA3	3	อินพุต / เอาท์พุท	ทีทีแอล	
RA4 / T0CKI	4	อินพุต / เอาท์พุท	ชนิดคัททริกเกอร์	- เฉพาะขาที่ใช้เป็นขาสัญญาณนาฬิกาให้แก่ TMR0 ด้วย

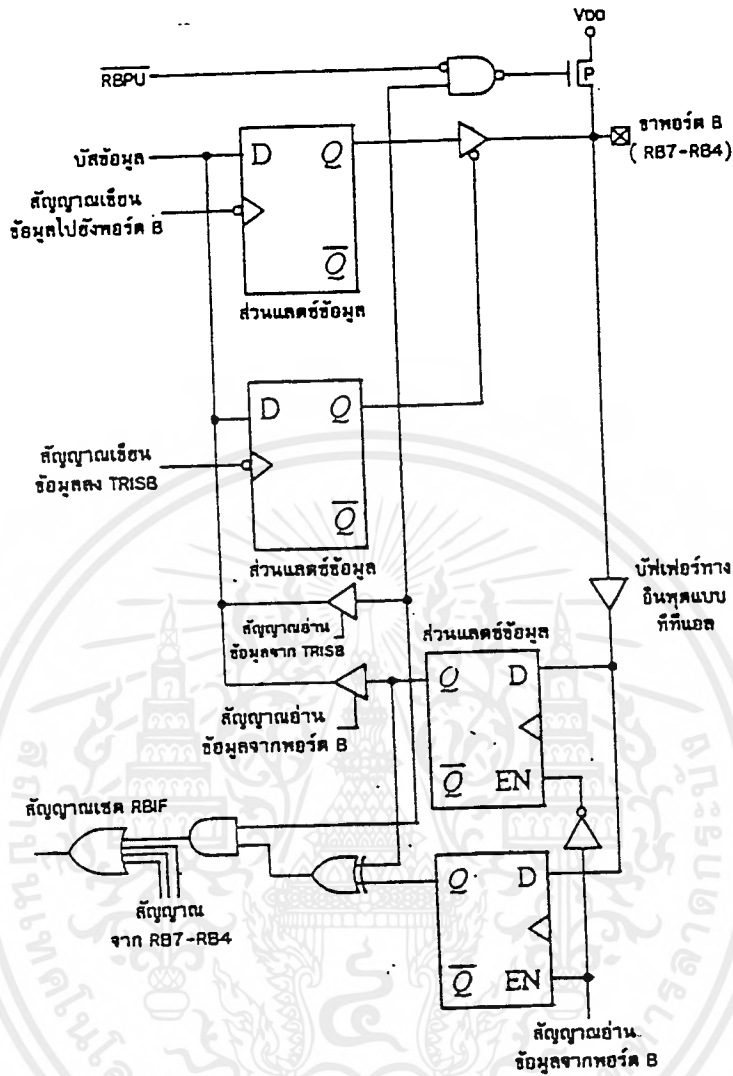
ตารางที่ 2.4 ตารางสรุปการทำงานของพอร์ต A

แอดเดรส	รีจิสเตอร์	บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0	ค่าที่เกิดขึ้นหากเกิด เพาเวอร์รีเซ็ต	ค่าที่เกิดขึ้นหากเกิด การรีเซ็ตแบบอื่น
					RA0 ON	RA3	RA2	RA1	RA0	ไม่ทราบค่า	ไม่เปลี่ยนแปลง
0x085	TRISA				TRSA 4	TRSA 3	TRSA 2	TRSA 1	0x00 5	---1 1111	---1 1111

หมายเหตุ : x หมายถึง ไม่ทราบค่า, u หมายถึง ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่บิตนั้น, q หมายถึง ค่าจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไข
ของรีจิสเตอร์แต่ละตัว, - หมายถึง ไม่สามารถเขียนได้ อ่านค่าเป็น 0 เสมอ ส่วนที่แรเงาไม่ใช้งาน ต้องกำหนดให้
มีค่าเท่ากับ 0

ตารางที่ 2.5 ตารางสรุปการกำหนดค่าของรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ต A ทั้งหมด

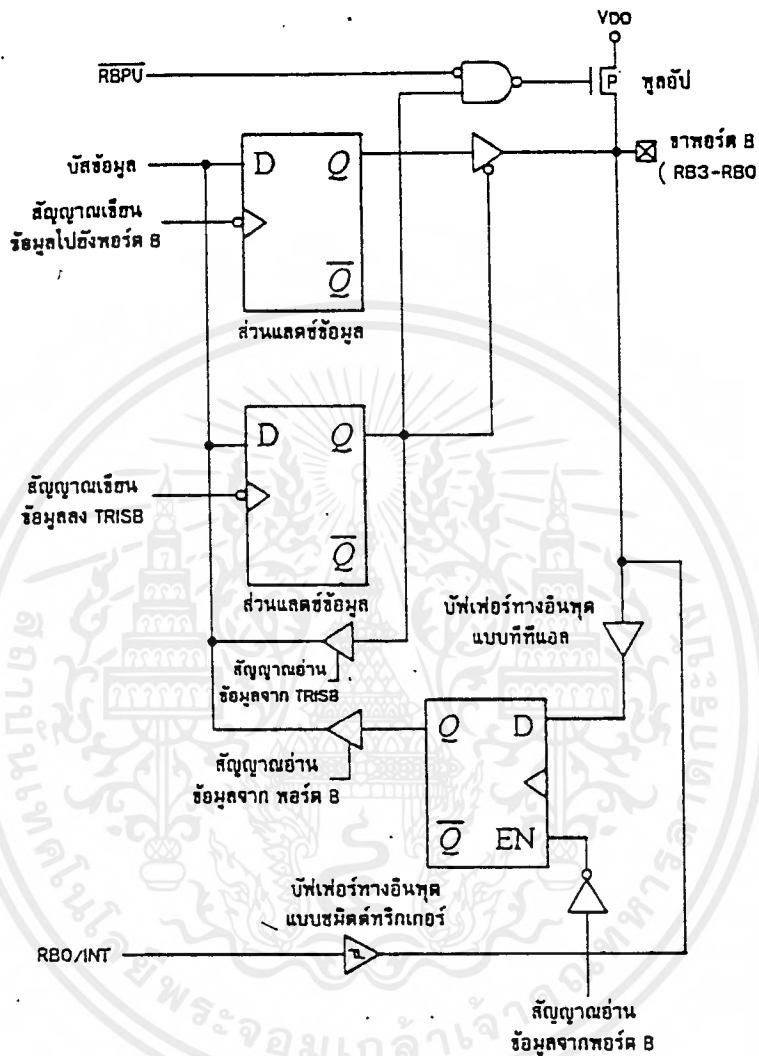
พอร์ต B



รูปที่ 2.9 วงจรภายในของพอร์ต บี บิต 7-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.10 วงจรภายในของพอร์ต บี บิต3-0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขา RBO-RB3 เป็นขาสัญญาณอินพุทเอาท์พุท ซึ่งได้รับการกำหนดทิศทางจากรีจิสเตอร์ TRISB ในตารางที่ 2.6 เป็นตารางสรุปการทำงานของพอร์ต B

ชื่อขา	บิตที่	ชนิดของขา	ชนิดของบัฟเฟอร์ที่ต่ออยู่	รายละเอียด
RBO/INT	0	อินพุท / เอาท์พุท	ทีทีแอล/ซิมิตซ์ทริกเกอร์ ⁽¹⁾	- เป็นขาอินพุทเอาท์พุท 2 ทิศทาง
RB1	1	อินพุท / เอาท์พุท	ทีทีแอล	- ขา RBO/INT ใช้เป็นขาอินพุทรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์
RB2	2	อินพุท / เอาท์พุท	ทีทีแอล	
RB3	3	อินพุท / เอาท์พุท	ทีทีแอล	
RB4	4	อินพุท / เอาท์พุท	ทีทีแอล	- ขา RB4-RB7 ยังใช้เป็นขาที่ทำให้เกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ โดยการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกที่ขา
RB5	5	อินพุท / เอาท์พุท	ทีทีแอล	
RB6	6	อินพุท / เอาท์พุท	ทีทีแอล/ซิมิตซ์ทริกเกอร์ ⁽²⁾	- ขา RB6 ยังใช้เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาของการโปรแกรมแบบอนุกรม ในขณะที่ขา RB7 ใช้เป็นขารับข้อมูลของการโปรแกรมแบบอนุกรม
RB7	7	อินพุท / เอาท์พุท	ทีทีแอล/ซิมิตซ์ทริกเกอร์ ⁽²⁾	

หมายเหตุ : (1) บัฟเฟอร์นี้จะมีอินพุทเป็นแบบซิมิตซ์ทริกเกอร์เมื่อมีการกำหนดให้เป็นขารับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก

(2) บัฟเฟอร์นี้จะมีอินพุทเป็นแบบซิมิตซ์ทริกเกอร์เมื่อใช้ในการโหมดของการโปรแกรมแบบอนุกรม

ตารางที่ 2.6 สรุปการทำงานของพอร์ต บี

ดเดรต	รีจิสเตอร์	บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0	ค่าที่เกิดขึ้นหากเกิดเพาเวอร์อนรีเซต	ค่าที่เกิดขึ้นหากเกิดการรีเซตในแบบอื่น
0x006	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	ไม่ทราบค่า	ไม่เปลี่ยนแปลง
0x086	TRISB	TRISB7	TRISB6	TRISB5	TRISB4	TRISB3	TRISB2	TRISB1	TRISB0	1111 1111	1111 1111
0x081	OPTION	RBPV	INTEDG	TOCS	TOSE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111

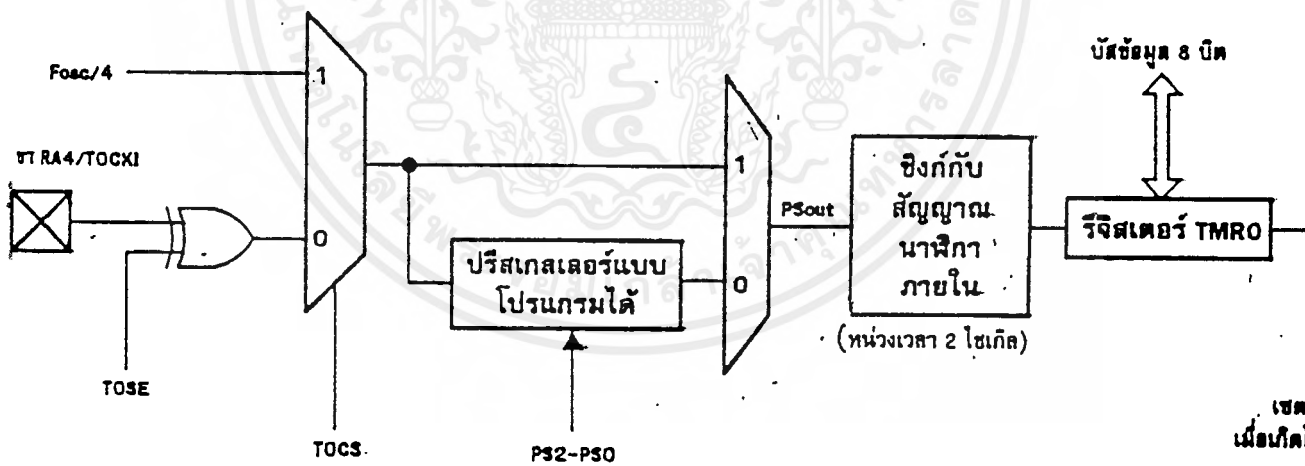
ตารางที่ 2.7 สรุปการกำหนดค่าของรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตบีทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ไทเมอร์เคาน์เตอร์ภายในPIC16F84

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 มีโมดูลเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิต 1 ตัวคือ โมดูลไทเมอร์ 0 ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นไทเมอร์เคาน์เตอร์ขนาด 8 บิต
- สามารถเขียนและอ่านได้
- มีปริสเกลเลอร์ขนาด 8 บิตที่สามารถโปรแกรมได้โดยใช้ซอฟต์แวร์
- สามารถเลือกสัญญาณนาฬิกาภายในหรือภายนอกได้
- กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์เนื่องจากการเบี่ยนค่าของการนับจาก 0xff เป็น 0x00
- สามารถเลือกขอบขาของสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเพื่อกระตุ้นได้ทั้งขอบขาขึ้นและขอบขาลง



หมายเหตุ

1. บิต TOCS, TOSE, PS2, PS1, PS0 และ PSA อยู่ในรีจิสเตอร์ OPTION
2. ปริสเกลเลอร์ถูกกำหนดให้ทำงานร่วมกับ วอตช์ด็อกไทเมอร์ด้วย

รูปที่ 2.11 ไคอะแกรมแสดงการทำงานของไทเมอร์เคาน์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอมภายใน PIC16F84

หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม เป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนได้ตลอดเวลาด้วยสัญญาณไฟฟ้า ที่ระดับไฟเลี้ยงสูงสุดคือ +5V หน่วยความจำในส่วนนี้ไม่ได้ถูกจัดในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ ดังนั้นการติดต่อกับหน่วยความจำส่วนนี้จึงต้องใช้วิธีการติดต่อโดยอ้อมผ่านรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR) 4 ตัวคือ EEDATA, EEADR, EECON1, และ EECON2 ในตารางที่ 2.8 เป็นการสรุปรายละเอียดของรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอมทั้งหมด

แอดเดรส	รีจิสเตอร์	บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0	ค่าที่เกิดขึ้นหากเกิด เพาเวอร์รอนรีเซต	ค่าที่เกิดขึ้นหากเกิด การรีเซตในแบบอื่น
0x008	EEDATA	รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของหน่วยความจำอีอีพรอม								ไม่ทราบค่า	ไม่เปลี่ยนแปลง
0x009	EEADR	รีจิสเตอร์สำหรับเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำอีอีพรอม								ไม่ทราบค่า	ไม่เปลี่ยนแปลง
0x088	EECON1	-	-	-	EEIF	WRE RR	WRE N	WR	RD	---0 x000	---0 q000
0x089	EECON2	รีจิสเตอร์ควบคุมหน่วยความจำอีอีพรอม 2 (ไม่สามารถอ่านข้อมูล ได้โดยตรง)								-----	-----

หมายเหตุ : x หมายถึง ไม่ทราบค่า, u หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่บิตนั้น, q หมายถึง ค่าที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของรีจิสเตอร์แต่ละตัว, - หมายถึง บิตนี้ไม่สามารถเขียนได้ อ่านค่าได้เท่ากับ 0 เสมอ ส่วนที่แรเงา เป็นบิตที่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม

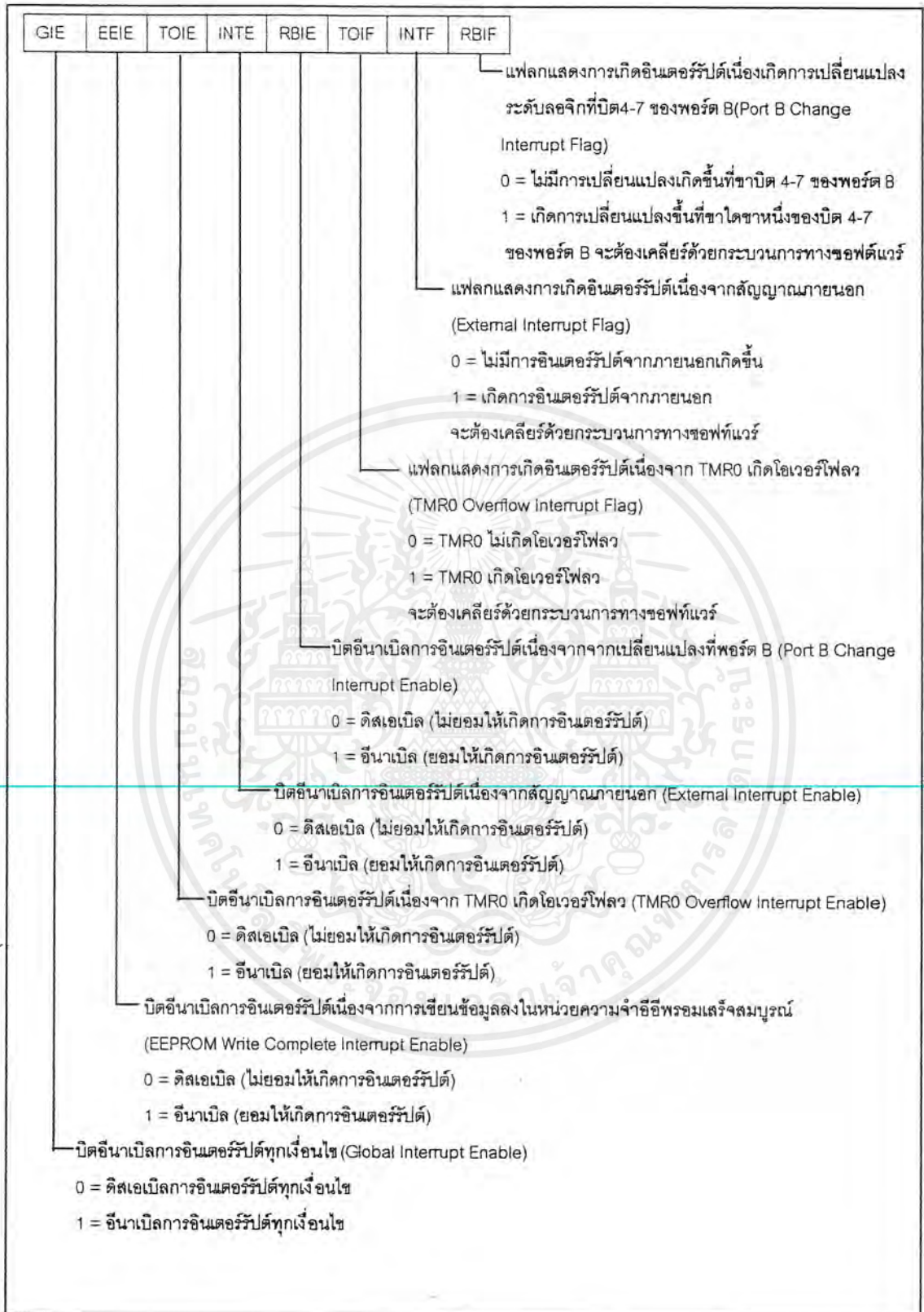
ตาราง 2.8 ตารางสรุปรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอมทั้งหมด

2.11 การอินเทอร์รัปต์ของ PIC16F84

การอินเทอร์รัปต์ (Interrupt) คือการขัดจังหวะการทำงานปกติของซีพียู เมื่อเกิดการอินเทอร์รัปต์ขึ้น ซีพียูจะทำงานจนจบไซเคิลนั้น แล้วจึงมาตอบสนองการอินเทอร์รัปต์โดยกระโดดมาทำงานยังตำแหน่งที่กำหนดไว้ จนกระทั่งเมื่อตอบสนองการอินเทอร์รัปต์เรียบร้อยแล้ว ซีพียูจะกลับไปทำงานต่อจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนหน้าการอินเทอร์รัปต์

การเกิดอินเทอร์รัปต์ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีทั้งจากภายในตัวซีพียูและจากภายนอกหรือกระบวนการประมวลผลของซอฟต์แวร์ก็ได้ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 สามารถรับการอินเทอร์รัปต์ได้ทุกรูปแบบที่กล่าวมาข้างต้น โดยสรุปได้ 4 แหล่งกำเนิดดังนี้

1. สัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกป้อนเข้าที่ขา RBO/INT
2. การอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจาก TMR0 เกิดโอเวอร์โฟลว
3. การอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ขา RB4-RB7
4. การอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากการเขียนข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลอีพ롬เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 2.12 แสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์ INTCON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วงจรส่งและรับอินฟาเรด

3.1 ภาคเครื่องส่ง

ภาคเครื่องส่งของรีโมทคอนโทรล จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ

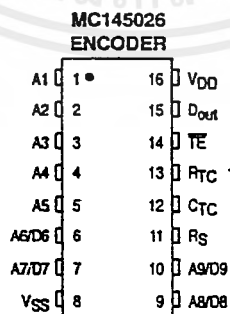
- เ็นโค้ดเดอร์ (ENCODER)
- โมดูเลเตอร์ (MODULATOR)



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรม

3.1.1 การทำงานของภาคส่ง

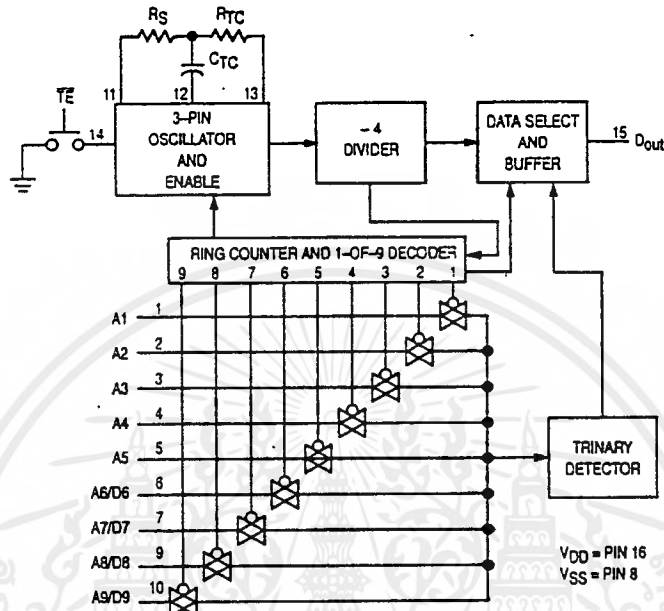
อินพุทของภาคส่งนั้นจะรับเข้ามาที่ขา A1/-A9/D9 ของไอซี MC145026 ซึ่งมีการรับข้อมูลเข้าแบบขนาน แล้วจะทำการเข้ารหัสข้อมูลแบบ 9 บิตของข้อมูล และจะส่งข้อมูลนี้ไปเป็นแบบอนุกรมโดยข้อมูลจะสามารถส่งออกไปได้ทันทีที่ขา TRANSMIT- ENABLE (TE) ได้รับสถานะเป็น LOW ซึ่งมันจะทำงานที่สถานะ "LOW" เท่านั้น



รูปที่ 3.2 MC145026 (ENCODER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากขา 15 ของ MC145026 จะถูกส่งต่อเข้าไปยังส่วนมอดดูเลเตอร์ (Modulator) เพื่อทำการมอดดูเลข้อมูล (Modulate Data) เข้ากับสัญญาณ Carrier ซึ่งได้มาจาก วงจร Tank Tune ซึ่งกำเนิดความถี่ในย่านความถี่ UHF เมื่อข้อมูลถูกมอดดูเลกับสัญญาณ Carrier แล้ว สัญญาณจะถูกส่งออกไปยังเครื่องรับ



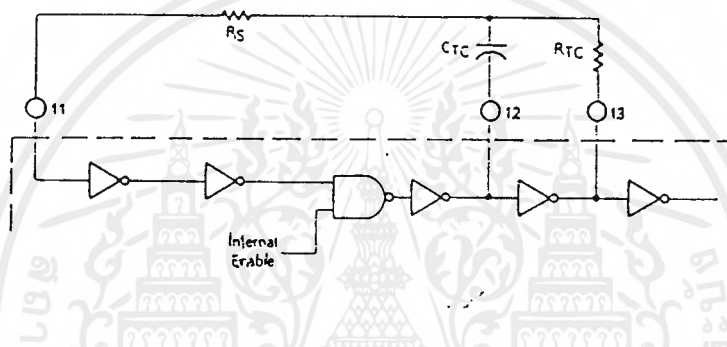
รูปที่ 3.3 ENCODER BLOCK DIAGRAM MC 145026

3.1.2 คุณสมบัติของ MC145026

- แอดเดรสสามารถเป็นไปได้ทั้ง ไบนารี (Binary) หรือ ไตรนารี (Trinary)
- โค้ดของแอดเดรสที่สูงที่สุด คือ ไตรนารี (Trinary)
- ใช้ในการอินเตอร์เฟส (Interfaces) กับอาร์เอฟ (RF), อัลตราโซนิค (Ultrasonic)
- จะส่ง 2 ข้อมูล เพื่อสำหรับ Error checking
- ใช้ไฟตั้งแต่ 4.5-18 โวลต์
- ในชิพนั้นจะมี R/C Oscillator
- อินพุท และเอาต์พุทเป็นแบบอนุกรมมาตรฐาน

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเข้ารหัสหรือเรียกว่าเอนโคเดอร์ (Encoder) หน้าที่การทำงานของ ไอซีเบอร์ MC145026 ซึ่งมีการรับข้อมูลเข้าแบบขนาน และส่งข้อมูลออกแบบอนุกรม รหัสทางอินพุทของ MC145026 นี้จะสามารถเข้ารหัสได้ถึง 3 สถานะ คือ เป็นได้ทั้งระดับลอจิก "0" ระดับลอจิก "1" และสถานะอิมพีแดนซ์สูง คือปล่อยให้ลอยได้ จากคุณสมบัตินี้เราจึงสามารถจะเข้ารหัสได้ถึง

(3) = 19683 ที่ไม่ซ้ำกันซึ่งลำดับในการส่งนั้น จะเริ่มต้นที่ "Low Level" ของขาอินพุทที่ 11 (Input TE) และ Vdd ส่วนมากจะให้ เป็น "Positive Supply" (GND) แล้วภาคเอนโคเดอร์ (ENCODER) นี้ยังมี R_S , R_{TC} , C_{TC} ขาเหล่านี้จะเป็นส่วนของออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ของการเข้ารหัส สำหรับกำหนดคาบเวลาหรือความถี่ภายใน ถ้าแหล่งจ่ายสัญญาณภายนอกใช้แทนออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ภายในมันจะต่อไปขา R_S, R_{TC}, C_{TC} จะ "left open" ซึ่งจะเห็นได้ว่าออสซิลเลเตอร์นี้ทำงานที่ความถี่ที่กำหนดโดย RC network ภายนอก



รูปที่ 3.4 Encoder Oscillator Information

RC network ภายนอก สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$f = 1/(2.3 * R_{TC} * C_{TC}) \text{ Hz}$$

For 1kHz $\leq f \leq$ 400 kHz

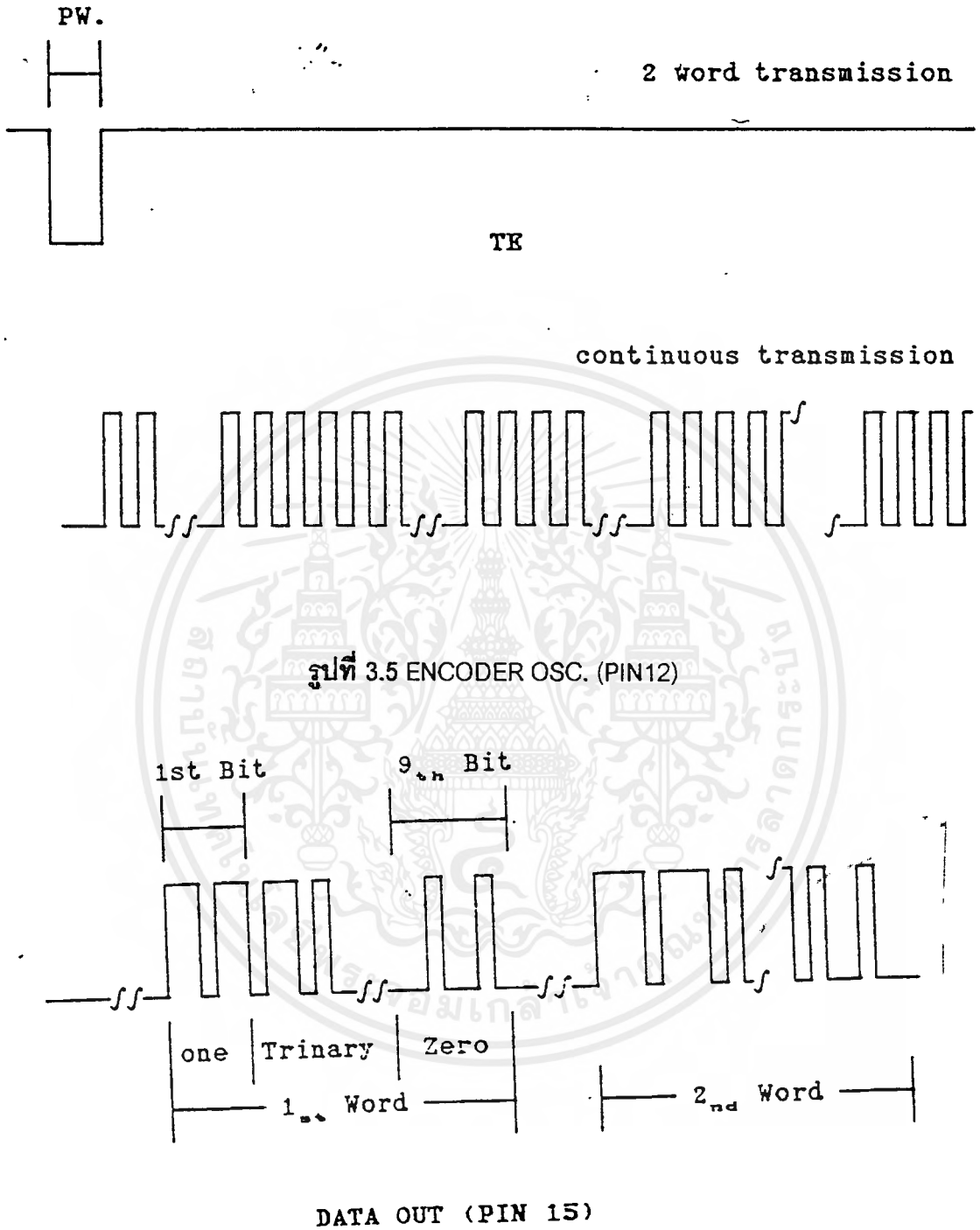
$$C_{TC} = C_{TC} + C_{layout} + 12 \text{ pF}$$

$$R_S = 2R_{TC}$$

$$R_S \geq 20K$$

$$R_{TC} \geq 10K$$

$$400\text{pF} < C_{TC} < 15 \mu\text{F}$$

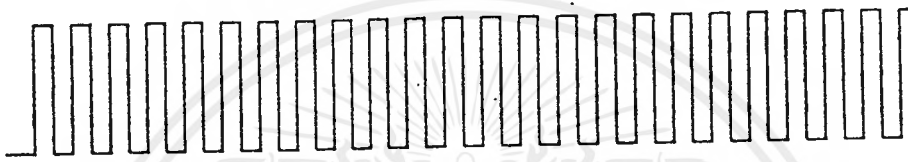


รูปที่ 3.6 ENCODER TIMING DIAGRAM

ดังนั้นข้อมูลเอาต์พุตที่ขา 15 ของ MC 145026 ที่ส่งออกไปจะส่งไปในลักษณะอนุกรมต่อกันไปขนาด 9 บิต ซึ่งในแต่ละบิตของข้อมูลที่จะส่งออกไปจะมีสถานะเป็น 0,1 Open สถานะใดก็ได้ซึ่งจะมีสัญญาณเป็นลักษณะพัลส์ (Pulse) ที่เข้ารหัสเป็นแบบอนุกรมแล้วดังรูปข้างล่างนี้ และส่งไปยังภาคมอดูเลเตอร์ (MODULATOR)

ENCODER DATA WAVEFORMS (MC 145026)

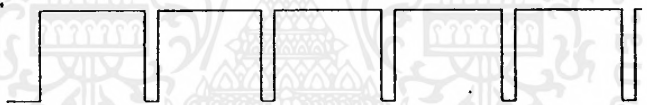
continuous transmission



รูปที่ 3.7 ENCODER OSC. (PIN12)

DATA OUT OP(N) (S)

สถานะ "1"



สถานะ "0"



สถานะ

"Open"



Period

Data Bit Period

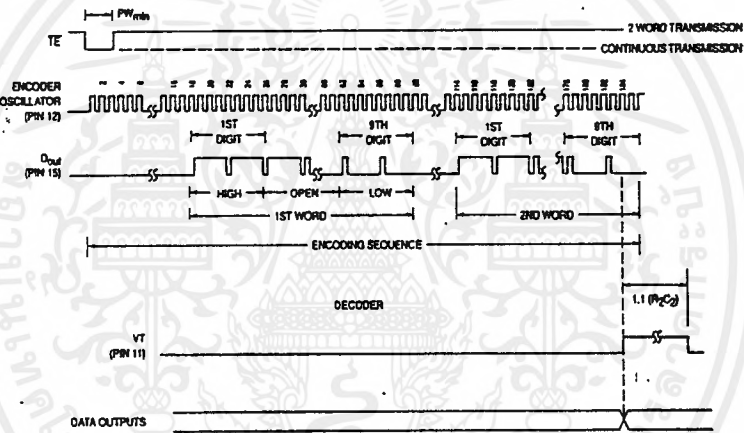
รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะการเข้ารหัสของ DATA BIT

ข้อมูลต่างๆ จะเริ่มมีการส่งอนุกรมต่อเนื่องกันไป ก็ต่อเมื่อทันทีที่สวิตช์ที่ถูกด (ที่ขาที่ 10 ได้รับ Active Low) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งออกไปมีลักษณะเป็น WORD โดยจะถูกส่งออกไปเป็นจำนวน 2 DATA WORDS ทั้งสองนี้ได้เหมือนกันแสดงว่า การส่งและการ

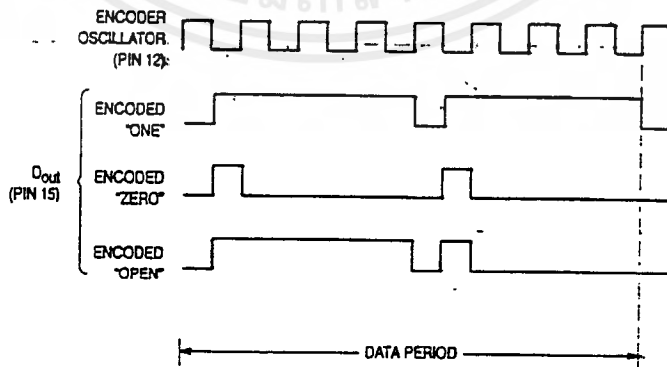
รับ ข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด ทำให้ทางภาครับผลิตสัญญาณ VT (Valid Transmission) ออกมาทุกครั้งเลย

ในการส่งแต่ละครั้ง DATA BIT จะถูกเข้ารหัสแบบ 2 DATA PULSE โดยที่ลอจิก "0" จะมีลักษณะเป็นพัลส์สั้นๆ 2 พัลส์ต่อเนื่องกันไป และลอจิก "1" จะมีลักษณะเป็นแบบพัลส์ยาวๆ 2 พัลส์ต่อเนื่องกัน ส่วนสำหรับสภาวะ "Open" จะมีลักษณะการเข้ารหัส เป็นแบบพัลส์ยาว 1 ครั้ง แล้วตามด้วยพัลส์สั้นๆ อีก 1 พัลส์ ดังแสดงการเข้ารหัสของสภาวะต่างๆ ดังกล่าว (0,1,Open) ดังรูป

ดังนั้นข้อมูลที่ออกที่ขา 15 ของ MC 145026 ขนาด 9 บิต ซึ่งในแต่ละบิตของข้อมูลที่ส่งออกไปจะมีสภาวะเป็น 0,1, Open สภาวะใดก็ได้ ซึ่งจะมีสัญญาณพัลส์ (Pulse) ที่ส่งไปยังภาคมอดดูเลเตอร์ (Modulator)



รูปที่ 3.9 Timing Diagram



รูปที่ 3.10 Encoder Data Waveform

3.1.3 การคำนวณและการทำงานของภาคมอดดูเลเตอร์

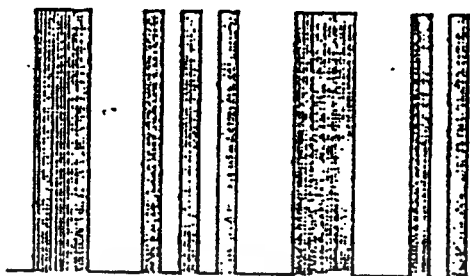
หน้าที่ของภาคมอดดูเลเตอร์ คือทำการมอดดูเลสัญญาณที่ได้จากภาคเอนโคเดอ (Encoder) กับสัญญาณพาห้ (Carrier) โดยใช้วงจร Tank Tune เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ Carrier

การทำงาน

ภาคมอดดูเลเตอร์ทำการผลิตสัญญาณพาห้ออกมาทันทีเมื่อขาเบสของทรานซิสเตอร์มีสภาวะเป็น "High" จึงจะทำให้มีสัญญาณด้วยความถี่ 430 MHz และในขณะเดียวกันนั้นหากระดับที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์มีสภาวะเป็น "Low" จะทำให้ภาคมอดดูเลเตอร์หยุดผลิตสัญญาณพาห้ จึงทำให้ไม่มีสัญญาณใดๆปรากฏออกมา

ดังนั้นเมื่อนำสัญญาณข้อมูลที่ได้จากภาคดีโคเดอ (DECODER) ซึ่งจะมีลักษณะเป็น Square Wave แบบ Pulse Width Mod นำมาป้อนแก่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ จะทำให้มี OUTPUT ปรากฏออกมา เป็นลักษณะเหมือนสัญญาณข้อมูลที่ป้อนเข้ามา แต่มีการ MOD สัญญาณ Carrier เข้าไปด้วยกัน

OUTPUT



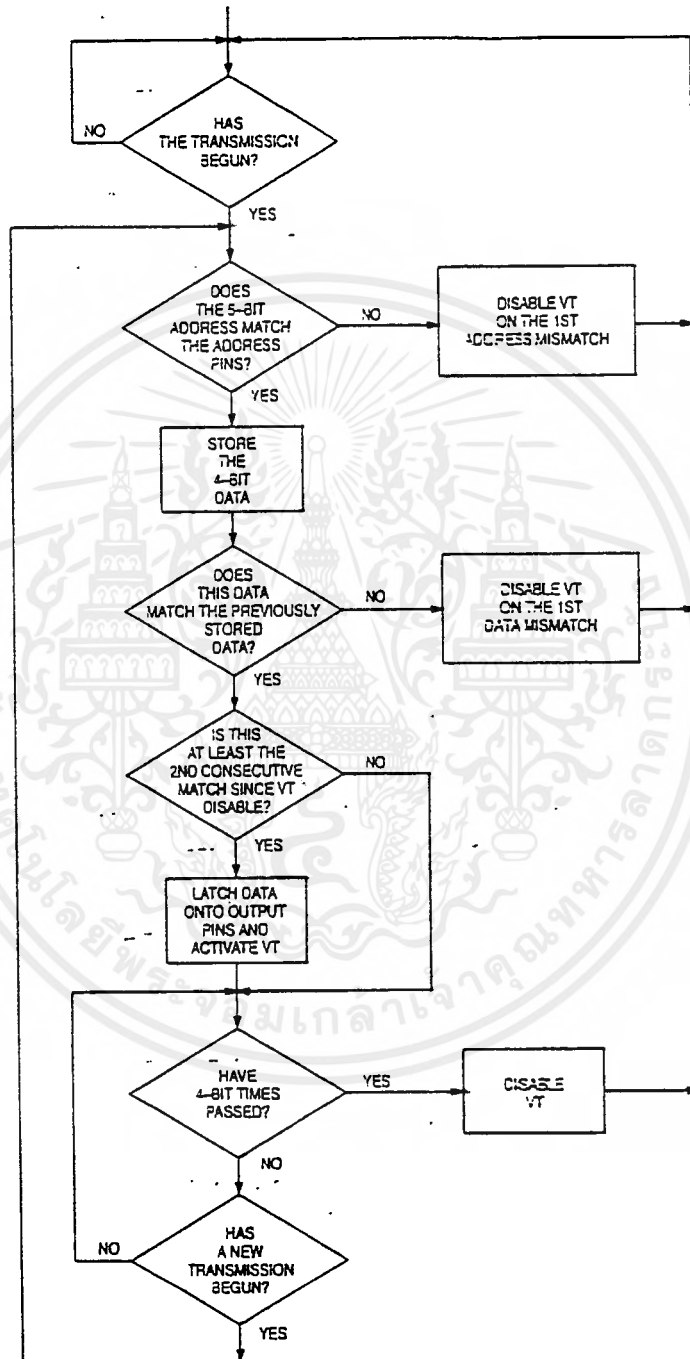
รูปที่ 3.11 แสดงสัญญาณ OUTPUT ของภาค MOD

3.2 ภาครับ MC145027

ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสสัญญาณข้อมูลอนุกรมจากตัวเข้ารหัส จากนั้นจะทำการตรวจสอบข้อมูล ถ้า match กันก็จะส่งข้อมูลออกมา สำหรับรายละเอียดของขาต่างๆ ในตัวถอดรหัสของ MC145027 ได้อธิบายอย่างละเอียดไว้ในหน้าถัดไป

สัญญาณข้อมูลอนุกรมที่รับมาจากตัวเข้ารหัสประกอบด้วย 2 word ที่เหมือนกัน ซึ่งจะถูกรหัสที่ละบิตระหว่างการรับข้อมูล โดย 5 trinary digit แรก ถูกสมมติให้เป็น Address ถ้า address 5 trinary digit แรกนี้ match กัน 4 data bit ถัดไปจะถูกเก็บไว้ใน โดยจะยังไม่ถูกส่งไปยัง output data latch ต่อจากนั้นเมื่อ word ที่ 2 จากตัวเข้ารหัสถูกส่งเข้ามา address จะต้อง match กันอีกครั้ง ถ้า address ที่ได้รับมานี้ match กันเรียบร้อยแล้ว data bit จะถูกตรวจเทียบกับ data bit ที่เก็บไว้ตอนแรก ถ้า data bit ทั้ง 4 bit match กัน data จะถูกส่งไปยัง output data latch โดย VT และจะยังคงสถานะเดิมอยู่ จนกระทั่งเมื่อมี data อื่นมาแทนที่ ในขณะที่เวลาที่ขา VT output (pin 11) จะมีสถานะเป็น high และยังคงเป็น high เว้นแต่ถ้าจะมี error เกิดขึ้น หรือไม่ได้รับ input เป็นเวลา 4 data period

แม้ว่า Address จะถูกเข้ารหัสเป็น trinary แต่ data ที่แท้จริงแล้ว ต้องเป็น 1 หรือ 0 ซึ่ง trinary data จะถูกถอดรหัส เป็น logic 1



รูปที่ 3 .12 ไพลวาร์ดการทำงานของ MC 145027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของขาต่าง ๆ ใน ตัวถอดรหัส MC145027

A1 – A5 address input

เป็น Address input ที่สถานะของแต่ละ pin จะต้อง match กับ encoder input เพื่อให้ VT เปลี่ยนสถานะเป็น high ซึ่ง input เหล่านี้จะถูก เข้ารหัสในรูปแบบของ trinary หรือ binary data

D6 –D9 data output (pin15, 14,13,12)

Output เหล่านี้เป็นรูปแบบของ binary data

Din (data in pin 9)

ขานี้เป็นทางเข้า ของสัญญาณ ข้อมูลอนุกรมที่ส่งมายังตัวถอดรหัส

R1,C1 (pin6, pin7)

ค่าเวลาคงที่ (time constant) $R1 \cdot C1$ จะถูก set ให้เป็น 1.72 ของคาบเวลาของสัญญาณ นาฬิกาจากตัวเข้ารหัส

$$R1 \cdot C1 = 3.95 R_{tc} C_{tc}$$

R2/C2 (pin 10)

ค่า ความต้านทาน และค่าตัวเก็บประจุนี้ ต่อเพื่อทำหน้าที่ตรวจสอบการสิ้นสุดของ Word และการสิ้นสุดการส่งสัญญาณที่รับมาจาก ตัวเข้ารหัส ซึ่งค่า time constant ($R2 \cdot C2$) นี้ มีค่าเป็น

$$R2 \cdot C2 = 77 R_{tc} C_{tc}$$

VT Valid transmission output (pin11)

ที่ขานี้จะเป็น High หลังจากที่ word ทั้งสองที่ส่งมาจากตัวเข้ารหัส ได้รับการตรวจสอบว่า match กับ address ของตัวถอดรหัส

Vss (pin 8)

เป็น ground หรือไฟลบ

Vdd(pin16)

เป็นไฟบวก ที่ป้อนให้กับ ตัวถอดรหัส

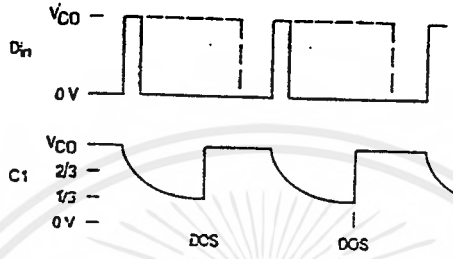
3.2.1 Timing ของ MC145027

การตรวจสอบ MC145027 timing ทำโดยตรวจสอบคลื่นสัญญาณที่ C1 (pin 7) และ R2/C2 (pin 10) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับคลื่นสัญญาณของข้อมูลอนุกรมที่ถูกส่งมาจากตัวเข้ารหัส ที่ Din (pin 9)

ค่าการลดลงของแรงดันที่ C1 ในขณะที่มีการคายประจุ จะลดลงจาก Vdd เป็น $1/3 V_{dd}$ ที่จุดนี้ (Dos ในภาพที่ 3.13) จะเป็นจุด reset ในขณะที่ input data เปลี่ยนสถานะจาก 0 เป็น 1 หรือ จาก 1 เป็น 0

การตรวจสอบ Timing สามารถตรวจสอบได้ที่ R2/C2 (pin 10) ได้เช่นเดียวกัน โดยที่แรงดันที่ pin นี้ จะมีค่า Vdd ในขณะที่มีการส่งข้อมูลสิ้นสุดลง (EOT) แรงดันที่ขานี้จะลดลงเป็น $1/3V_{dd}$ ซึ่งที่เวลานี้ทำให้เราทราบจุดสิ้นสุดของ Word (EOW) ได้ ณ จุดนี้แรงดันที่ pin 10 จะลดลงมาเป็น $2/3V_{dd}$

จากการวัด Timing ที่ได้กล่าวมา ทำให้เราสามารถตรวจสอบ และแน่ใจว่า การ match กัน ระหว่าง ตัวเข้ารหัส และ ตัวถอดรหัส ทำงานได้อย่างสมบูรณ์



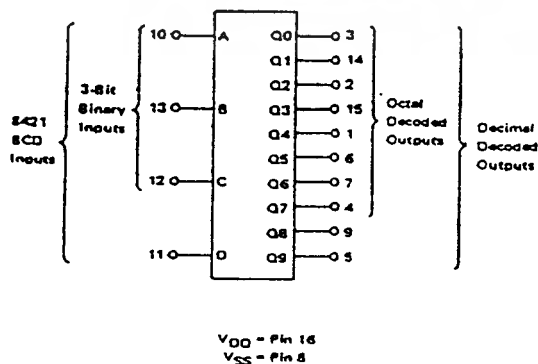
รูปที่ 3.13 R-C Decay on Pin 7 (C1)



รูปที่ 2.14 R-C Decay on Pin10 (R2/C2)

3.2.2 MC14028B

MC14028B เป็น BCD -TO-DECIMAL DECODER ซึ่งจะรับ input มา 4 input และทำการตีโคดให้ output ออกมาเพียง 1 output จาก 10 output ซึ่งมี block diagram ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

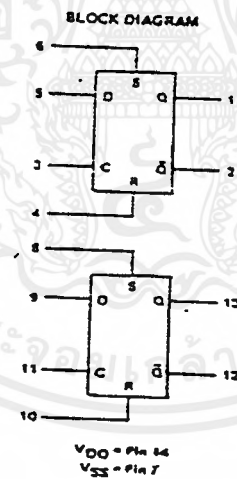
INPUT				OUTPUT								
D	C	S	R	Q5	Q7	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 3.16 Truth table ของ MC14028B

3.2.3 MC14013

MC14013 เป็นส่วนประกอบของวงจรรับอินฟาเรด โดยจะรับเอาที่พหุของ MC14028 มาเป็นอินพุทของตัวเอง

MC14013 เป็น DUAL TYPE D FLIP-FLOP ซึ่งแต่ละฟลิปฟลอปประกอบด้วย Data (D), Direct set (S), Direct Reset(R), และ Clock(C) ซึ่ง 4 ขานี้เป็น input ของฟลิปฟลอป ซึ่งจะให้ Output เป็น Q และ Q ตามลำดับ ไอซีตัวนี้สามารถใช้เป็น shift register, T flip-flop หรือ Toggle flip-flop ได้



รูปที่ 3.17 บล็อกไดอะแกรมของ MC14013B

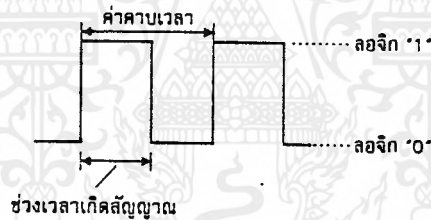
ถ้ามีการต่อกันระหว่าง ขา 2 และ 5 ของ D flip-flop ฟลิปฟลอปจะทำหน้าที่เป็น Toggle Flip-Flop คือ output Q จะเปลี่ยนสถานะในแต่ละ clock pulse หมายความว่า ถ้าขณะนี้ Q เป็น 1 เมื่อ clockpulse ถัดไปเข้ามา Q จะเป็น 0 นั่นเอง เป็นเช่นนี้สลับกันไปเรื่อย ๆ โดยหลักการนี้ หากมีการกดปุ่มที่วงจรับอินฟาเรดเพื่อเปลี่ยนฟังก์ชันการทำงาน วงจรรับก็จะสามารถทำงานได้ ซึ่งวงจรรวมทั้งหมดแสดงไว้ในรูปที่ 5.2 และ 5.3

บทที่ 4

PIC16F84 กับวงจรมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์

PWM หรือการมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ เป็นกระบวนการที่เข้าไปจัดการเกี่ยวกับสัดส่วนความกว้างของพัลส์หรือที่เรียกว่า ดิวตี้ไซเคิล โดยที่ความถี่ของพัลส์นั้นคงที่ พิจารณารูปที่ 4.1 ดิวตี้ไซเคิลคือช่วงของพัลส์ที่เป็นลอจิกสูง สัญญาณที่มีดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 50 % หมายความว่าในหนึ่งรูปสัญญาณ มีช่วงของสัญญาณที่มีลอจิกสูง หรือมีสัญญาณครึ่งหนึ่งช่วงที่เป็นลอจิกต่ำหรือไม่มีสัญญาณครึ่งหนึ่ง ถ้าค่าของดิวตี้ไซเคิลมาก ก็หมายความว่าสัญญาณพัลส์ลुक นั้น มีช่วงเวลาของสัญญาณมาก นั่นคือเป็นพัลส์ที่มีความกว้างของสัญญาณมาก หากค่าของดิวตี้ไซเคิลน้อย พัลส์ลुकนั้นก็จะมีช่วงเวลาของสัญญาณน้อย พัลส์จึงมีลักษณะค่อนข้างแคบ ค่าของดิวตี้ไซเคิลสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์

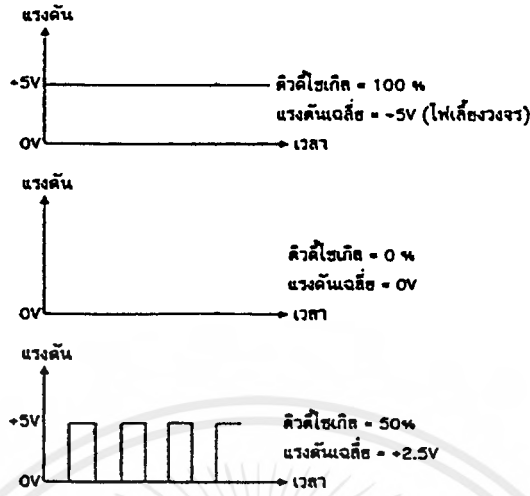
$$\text{ดิวตี้ไซเคิล} = \left[\frac{\text{ช่วงเวลาของสัญญาณ}}{\text{คาบเวลาทั้งหมดของสัญญาณ}} \right] * 100\%$$



รูปที่ 4.1 แสดงผลที่เรียกว่าดิวตี้ไซเคิลของสัญญาณ

ดังนั้นค่าดิวตี้ไซเคิลจะมีได้ตั้งแต่ 0-100%

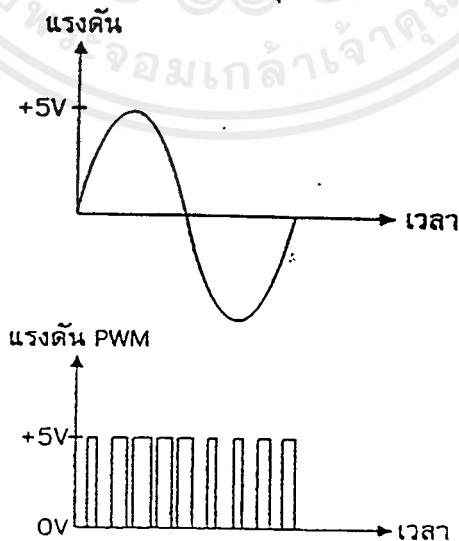
กลับมาพิจารณาความเกี่ยวข้องระหว่างรูปสัญญาณพัลส์ กับข้อมูลดิจิทัล หากกำหนดว่าช่วงเวลาของสัญญาณเกิดจากข้อมูลดิจิทัลหนึ่งทีเรียงต่อกัน ที่คาบเวลาของสัญญาณเท่าเดิม หากมีข้อมูลหนึ่งมากกว่าศูนย์มากๆ พัลส์ลुकนั้นก็มีความกว้างมากๆ ในทางตรงข้ามหากที่คาบเวลาเท่ากัน แต่มีข้อมูลหนึ่งน้อยกว่าศูนย์มากๆ พัลส์ลुकนั้นก็แคบมาก ดังนั้นการปรับเปลี่ยนความกว้างของพัลส์จึงสามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนข้อมูลของสัญญาณพัลส์รูปนั้นๆ หากค่าของข้อมูลสูง (มีข้อมูลหนึ่งอยู่มาก) พัลส์ก็มีความกว้างมาก แต่ถ้าหากค่าของข้อมูลต่ำ (มีข้อมูลหนึ่งน้อย) พัลส์ที่ได้ก็จะแคบตามค่าของข้อมูล



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของดีวตีไซเคิลกับขนาดของแรงดัน

เมื่อทำการวัดแรงดันไฟตรงของสัญญาณพัลส์ค่าที่ได้จะเป็นแรงดันเฉลี่ย ค่าของแรงดันจะขึ้นอยู่กับค่าของดีวตีไซเคิล หากค่าดีวตีไซเคิลมาก แรงดันเฉลี่ยที่ได้ก็จะมากตาม แรงดันสูงสุดจะมีค่าไม่เกินไฟเลี้ยงของวงจร ในรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงค่าของแรงดันเฉลี่ยที่เปลี่ยนไปตามค่าของดีวตีไซเคิล

เมื่อเป็นเช่นนี้จึงสามารถนำขบวนการ PWM มาใช้ในการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอกได้ โดยข้อมูลหรือสัญญาณดิจิทัลจะเป็นตัวกำหนดค่าของดีวตีไซเคิลของพัลส์ และค่าดีวตีไซเคิลจะเป็นตัวกำหนดค่าของแรงดันอนาลอกทางเอาท์พุท



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดีวตีไซเคิลกับขนาดของแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 4.3 เป็นความสัมพันธ์ของสัญญาณ PWM กับสัญญาณไซน์ที่เป็นสัญญาณข้อมูล จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าที่ตำแหน่งแอมพลิจูดสูงสุดนั้น พัลส์จะมีความกว้างมากที่สุด นั่นคือมีค่าดิวตีไซเคิลสูงสุด ในทางตรงข้ามที่ตำแหน่งแอมพลิจูดต่ำสุดพัลส์จะมีความกว้างน้อยที่สุด นั่นคือมีค่าดิวตีไซเคิลต่ำสุด



บทที่ 5

การทำโครงการ การออกแบบและคำนวณวงจร

แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของโปรแกรม ส่วนโครงสร้าง และ ส่วนของวงจร

5.1 ส่วนของโปรแกรม

ได้กำหนดฟังก์ชันต่างๆดังนี้ คือ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และขวา รวมทั้งถอยหลัง ซึ่งรับคำสั่งจาก รีโมทคอนโทรล มี 5 ช่อง เป็น อินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ ra0-ra4 ส่วนเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ rb4-rb7 เพื่อควบคุมมอเตอร์ 2 ตัว โดย 1 ตัว ใช้ 2 บิตในการควบคุม คือ บิตที่ควบคุมทิศทาง 1 บิต และ สร้างสัญญาณพัลส์ อีก 1 บิต

5.2 ส่วนของโครงสร้าง

ขั้นตอนการทำงานมีดังนี้

- 5.2.1) ออกแบบโครงของหุ่นยนต์ พร้อมทั้งจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทำหุ่นยนต์ได้
- 5.2.2) ออกแบบวงจรขับมอเตอร์โดยใช้ไอซีไดรฟ์
- 5.2.3) ประกอบโครงหุ่น ล้อ และมอเตอร์ตามแบบ
- 5.2.4) ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่น โดยทดสอบร่วมกับส่วนของโปรแกรม

วัสดุอุปกรณ์ในการทำโครงการ

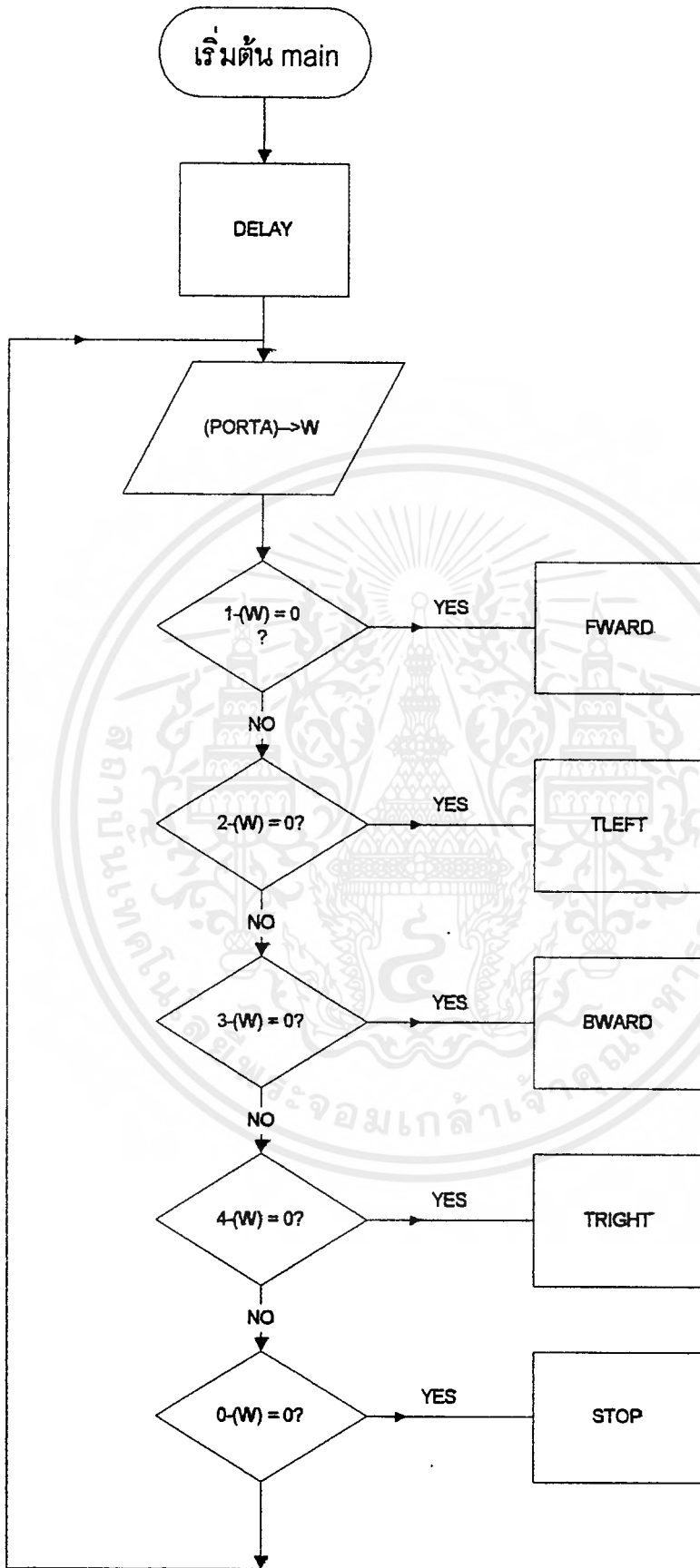
ก. ส่วนของโปรแกรม

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล 1 เครื่องสำหรับเขียนโปรแกรม และจำลองการทำงาน
2. เครื่องบันทึกโปรแกรมลงในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

ข. ส่วนของฮาร์ดแวร์

ส่วนของหุ่นยนต์และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบหุ่นยนต์มีดังนี้

1. ไม้กระดานอัด
2. โครงเหล็ก และ เหล็กฉาก
3. นี้อตขนาด และ ชนิดต่าง ๆ
4. เลื่อยเหล็ก และ ไขเลื่อย
5. เลื่อยจตุ และ ไขเลื่อย
6. สว่าน และ ดอกสว่านขนาดต่าง ๆ
7. ดีซีมอเตอร์



รูปที่ 5.1 แสดงแผนภาพการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ส่วนของวงจร

วงจรส่งประกอบด้วย

- 1) สวิตช์ 6 ช่อง ซึ่งเป็นสวิตช์แบบกดติดกดดับ ทำหน้าที่สร้างสัญญาณ input ให้กับตัวเข้ารหัส
- 2) MC 14026 เป็นตัวเข้ารหัส โดยกำหนดค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ไว้ที่ 1.71 KHz ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$F = 1/2.3R_{TC}C_{TC}$$

โดยในวงจรนี้เลือกใช้ R_{TC} 50 Kohm และ C_{TC} 5 nF

- 3) วงจรสร้างความถี่คลื่นพาหะ โดยเลือกใช้คลื่นพาหะที่มีความถี่ประมาณ 40 KHz ซึ่งสามารถปรับค่าได้จากตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR1) โดยทรานซิสเตอร์ TR2 และ TR3 เป็นตัวกำเนิดคลื่นความถี่ ทรานซิสเตอร์สองตัวนี้ต่อกันในรูปแบบของวงจรออสซิลเลเตอร์ (astable) ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวนี้จะทำงานไม่พร้อมกันจึงสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดความถี่คลื่นพาหะได้ โดยค่าความถี่ในวงจรสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$T = 1/(1.44RC)$$

จากวงจร R มีค่า 56 Kohm C มีค่า 330 pF แทนค่าในสูตรจะได้

$$T = 26.61 \text{ us} \quad F = 37.58 \text{ KHz}$$

- 4) ทรานซิสเตอร์ TR4 ซึ่งใช้เบอร์ 9012 ซึ่งเป็นชนิด pnp สามารถขยายสัญญาณที่ส่งมาจาก pin 15 ของ MC145026 ให้มีกำลังเพียงพอที่จะส่งผ่านไดโอดอินฟราเรดได้

วงจรรับ ประกอบด้วย

- 1) โมดูลรับคลื่นอินฟราเรด ซึ่งภายในประกอบด้วยไอซี CX20106A ภายในไอซีตัวนี้จะประกอบด้วยออปแอมป์และวงจรแยกคลื่นพาหะออกจากรหัสที่ส่งมาจากวงจรส่ง
- 2) วงจรขยายสัญญาณซึ่งเลือกใช้ทรานซิสเตอร์แบบเอ็นพีเอ็นมาต่อในแบบของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม
- 3) MC145027 เป็นตัวถอดรหัสซึ่งค่า R1 และ C1 R2 และ C2 คำนวณได้จากสูตรที่กล่าวไว้ข้างต้นคือ

$$R1 \cdot C1 = 3.95R_c C_c \quad \text{และ} \quad R2 \cdot C2 = 77R_{tc} C_{tc}$$

โดยค่า R_{tc} ของวงจรส่งมีค่า 50Kohm และ C_{tc} ของวงจรส่งมีค่า ประมาณ 5nF

เลือกใช้ค่า $R1 = 50K$ $C1 = 0.02 \text{ uF}$

$$R2 = 200K \quad C2 = 0.01 \text{ uF}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งคำนวณได้ค่าตรงตามสูตรพอดี

- 4) วงจรเชื่อมต่อระหว่าง VT (pin11 ของ MC145027) และ CD4028 โดยเลือกใช้วงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วม (Common emitter) ทราานซิสเตอร์ TR6 ทำหน้าที่คล้ายสวิตช์ (Switch) ให้ CD4028 ทำงาน
- 5) CD4028 เป็น BCD-TO-Decimal decoder ซึ่งค่า input และ output จะมีค่าตามตาราง Truth Table ในบทที่ 3

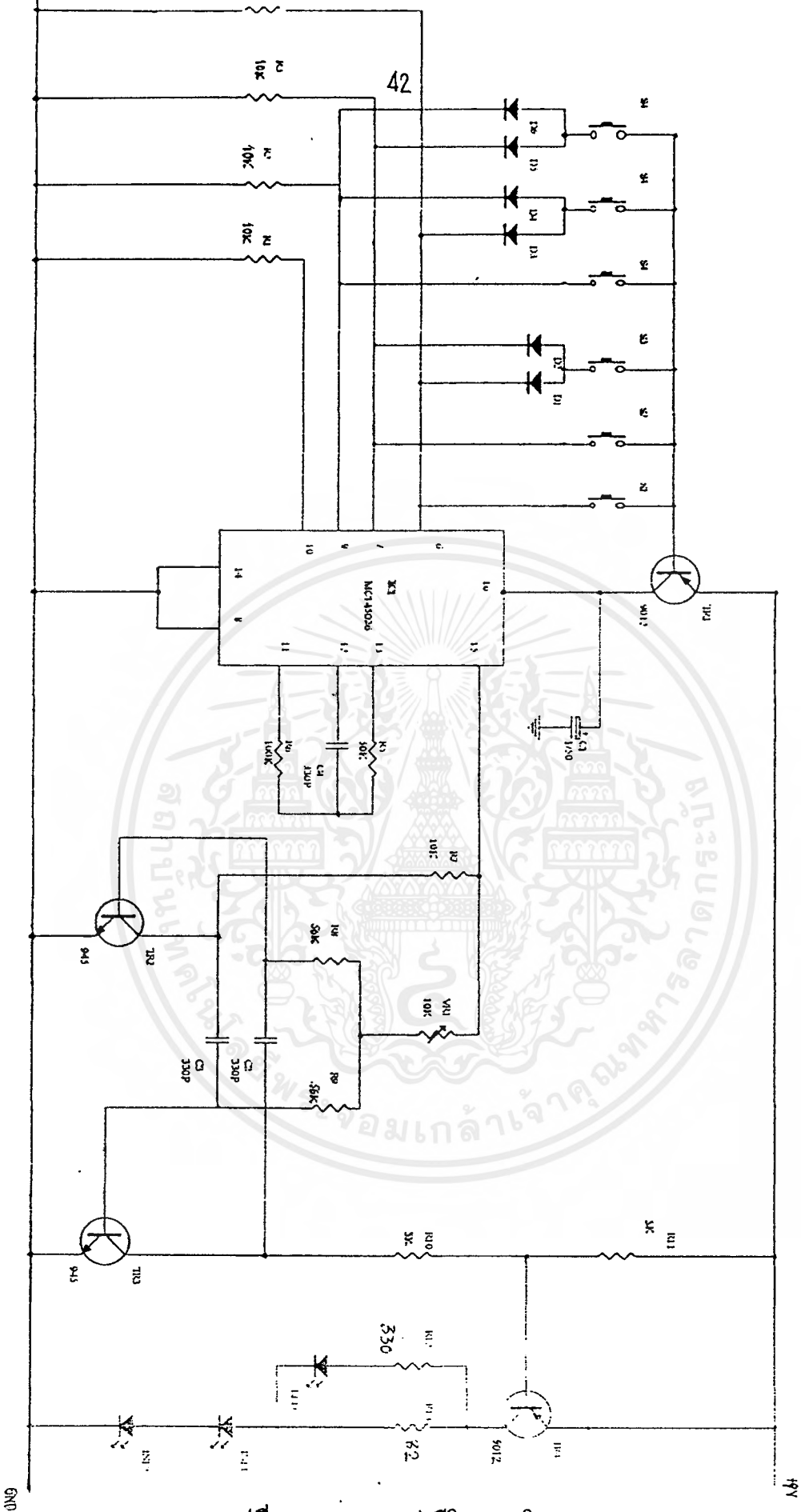
วงจรขับเคลื่อน

ใช้หลักการความแตกต่างของความเร็วล้อ โดยมอเตอร์ทั้งสองตัวทำงานเป็นอิสระต่อกัน โดยความเร็วล้อถูกควบคุมโดย Pulse width modulation และ สัญญาณ direction ที่ส่งมาจาก PIC16F84 โดยมีส่วนประกอบดังนี้

- 1) LMD 18201 ซึ่งเป็นไอซีไดร์มอเตอร์ จำนวน 1 ตัว ต่อมอเตอร์ 1 ตัว
- 2) ตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาด 10nF 2 ตัวต่อมอเตอร์ 1 ตัว

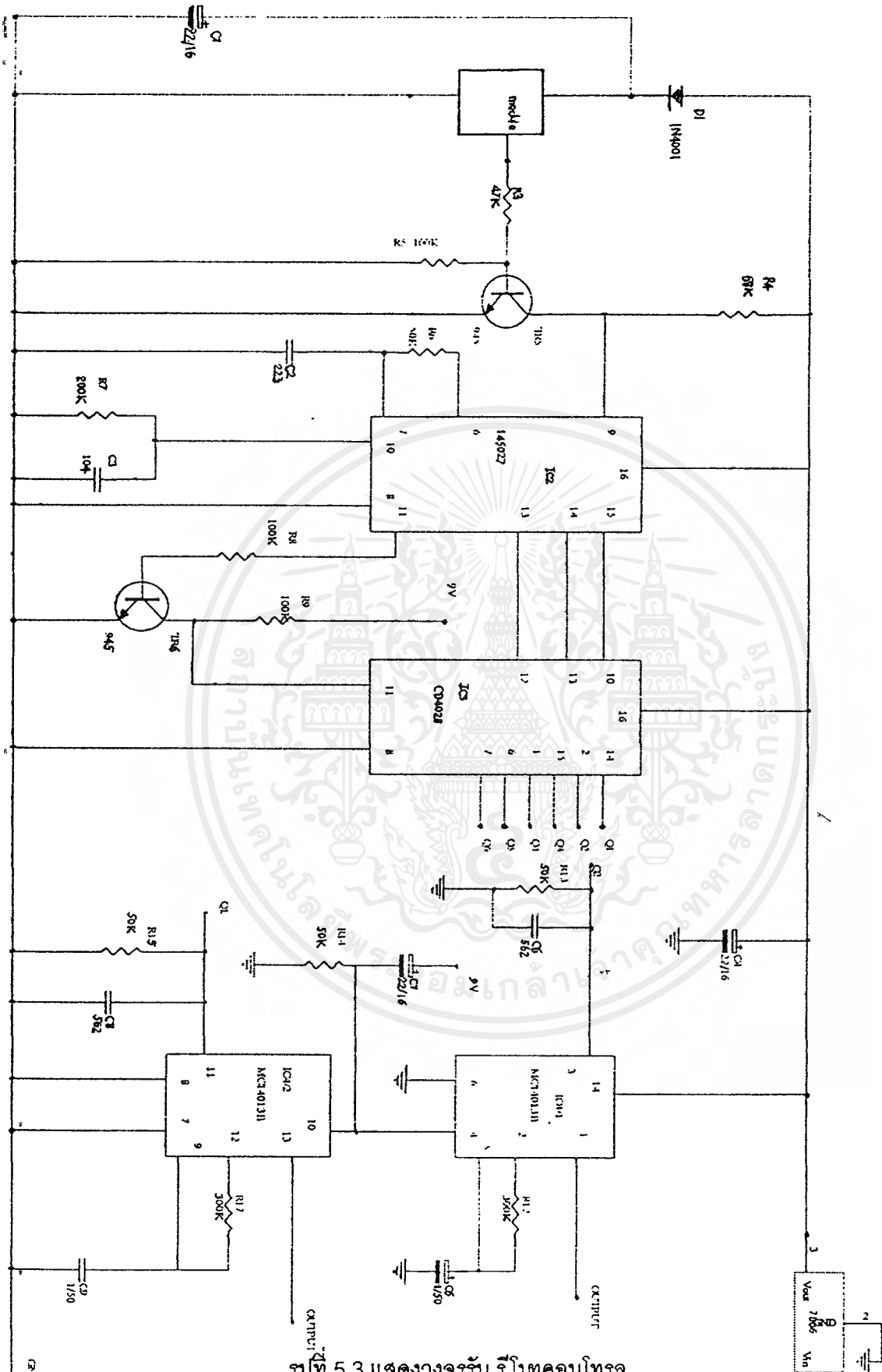
ซึ่งการต่อวงจรต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.5 ในหน้า 45

ในการทำโครงการนี้ได้ใช้ไฟตรง 12 โวลต์ในการขับ DC motor จึงต้องป้อนไฟเลี้ยง 12 โวลต์ป้อนให้กับ LMD18201 โดยป้อนเข้าที่ Pin6 และรับสัญญาณทิศทางจาก PIC16F84 เข้าที่ Pin3 รับสัญญาณ Pluse width modulation เข้าที่ Pin5 สัญญาณเอาต์พุตจะออกที่ Pin2 และ Pin10



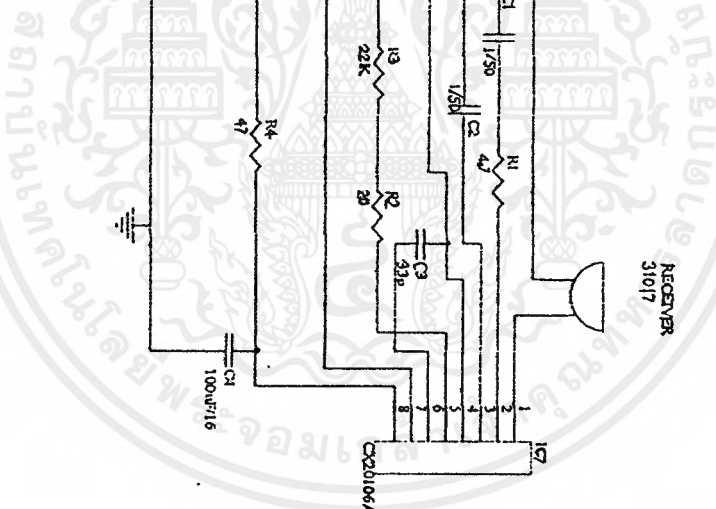
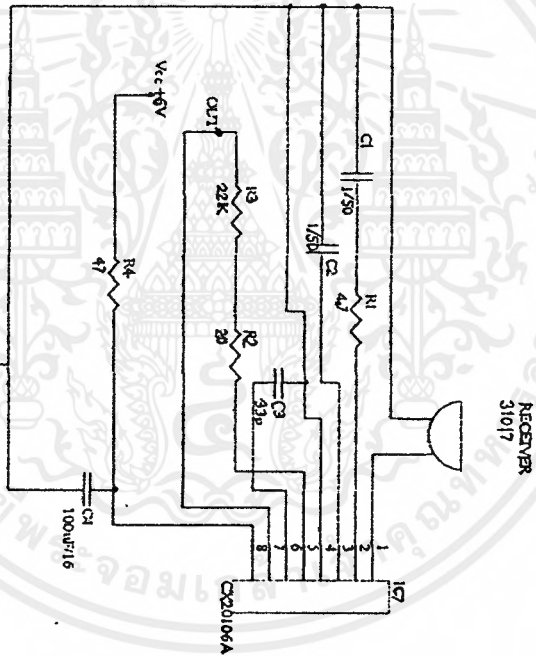
รูปที่ 5.2 แสดงวงจรส่งรีโมทคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แสดงวงจรรับวิทยุโมดคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งในการนำไปใช้

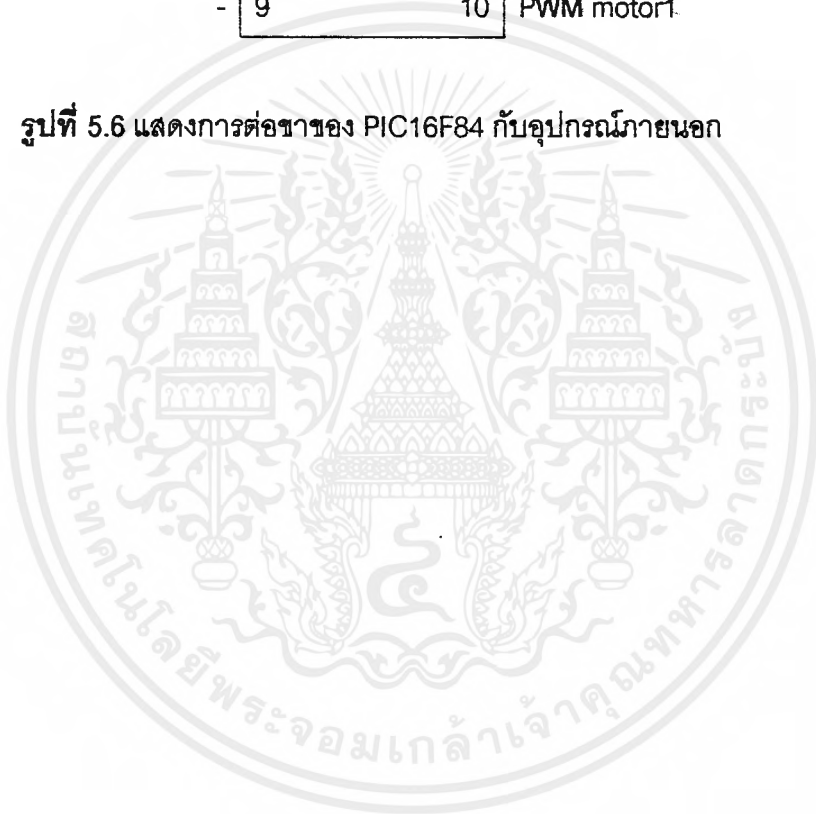


รูปที่ 5.4 แสดงโมดูลของชุดรับวิทยุคอนโทรล

REF	DESCRIPTION	QTY	UNIT
1	PCB	1	PCB
2	CR20106A	1	TRANS
3	RESISTOR	1	RES
4	CAPACITOR	1	CAP
5	SPK	1	SPK

Ch#3	1	18	Ch#2
Ch#4	2	17	Ch#1
Ra4/TOCKI	3	16	OSC1
Reset	4	15	OSC2
Ground	5	14	+5 Volts
Ch#6	6	13	Direction motor2
-	7	12	PWM motor2
-	8	11	Direction motor1
-	9	10	PWM motor1.

รูปที่ 5.6 แสดงการต่อขาของ PIC16F84 กับอุปกรณ์ภายนอก



บทที่ 6

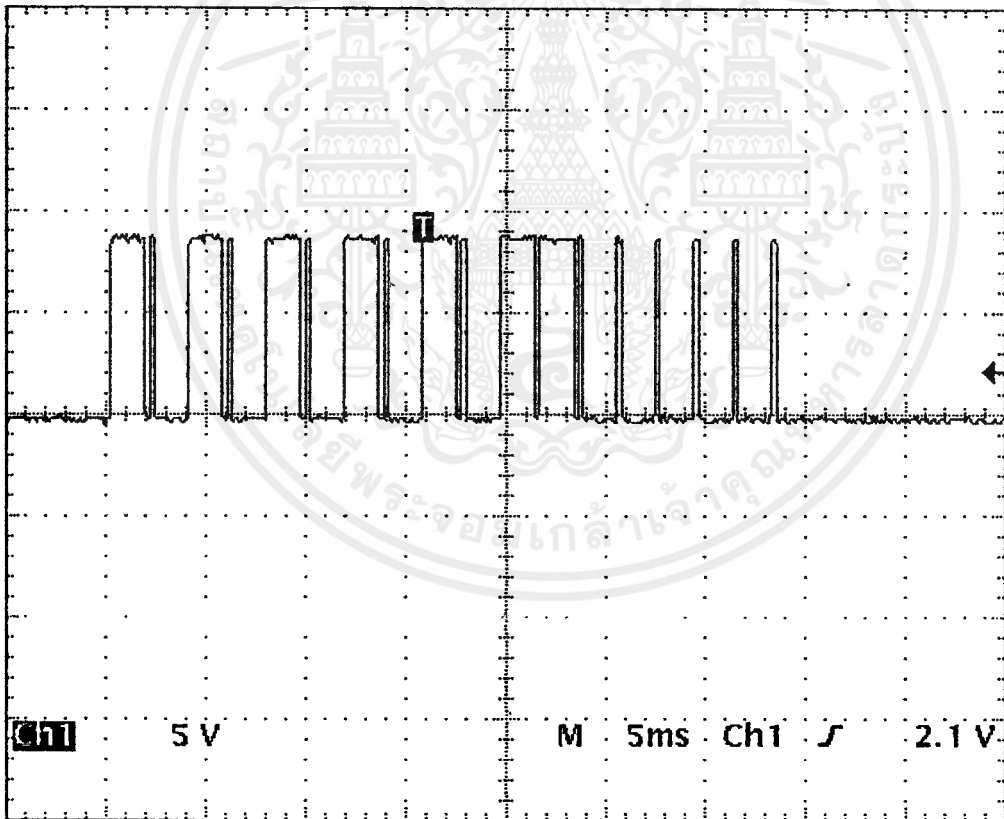
ผลการทดลอง สรุปลผลการทดลอง และวิจารณ์

6.1 ผลการทดลองวงจรส่งและวงจรรับอินฟราเรด

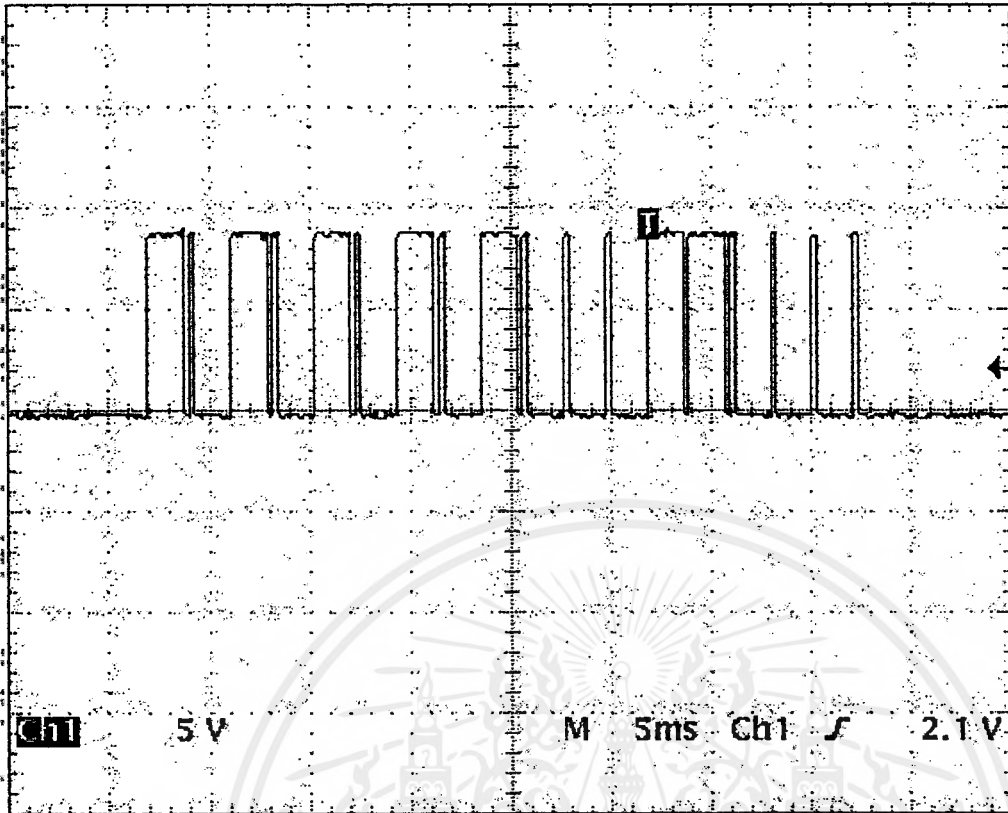
วิธีการทดลอง

ต่อวงจรเข้ารหัสโดยใช้เพียง MC145026 ,R1-R6, S1-S6, Tr1(9012), D1-D6, C1 และ C 330pF ในรูปที่ 5.2 จ่ายไฟเลี้ยง 9 โวลท์ แล้วทำการทดลองดังต่อไปนี้

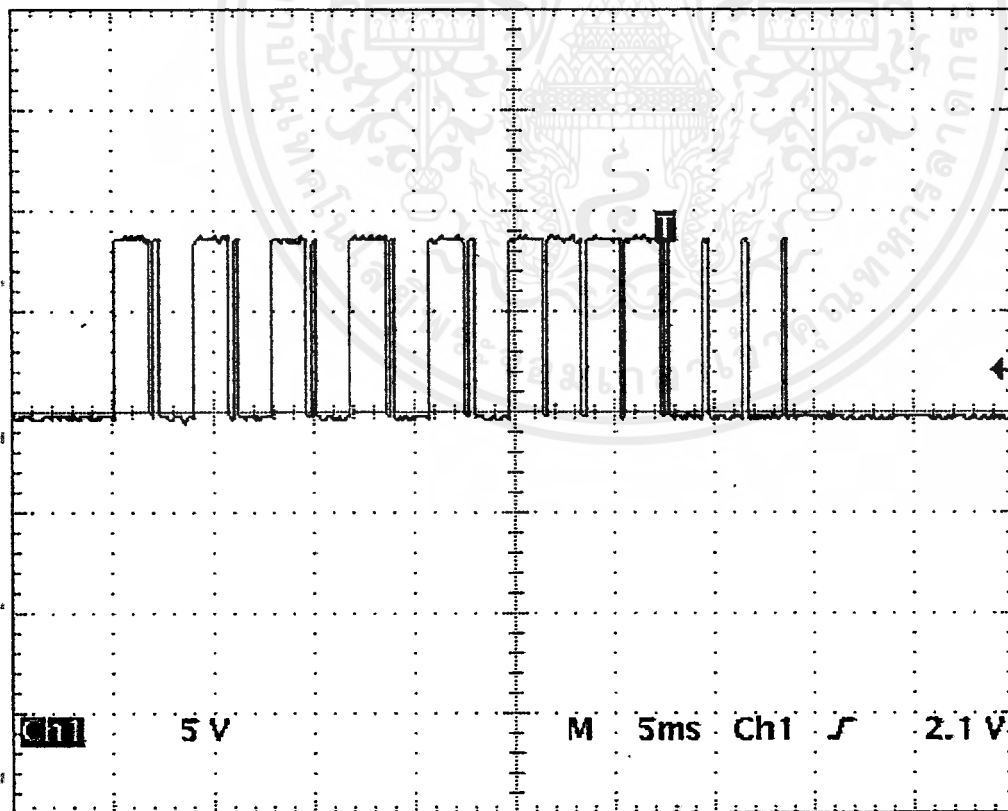
- 1) เมื่อกดสวิตช์ S1 – S6 (CH1 – CH6) และวัดค่า Dout (pin 15) ของ MC145026 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเข้ารหัส จะได้ output เป็นรหัสต่าง ๆ กัน ตามรูปที่ 6.1-6.6 ตามลำดับ



รูปที่ 6.1 Channel 1. xxxxx1000

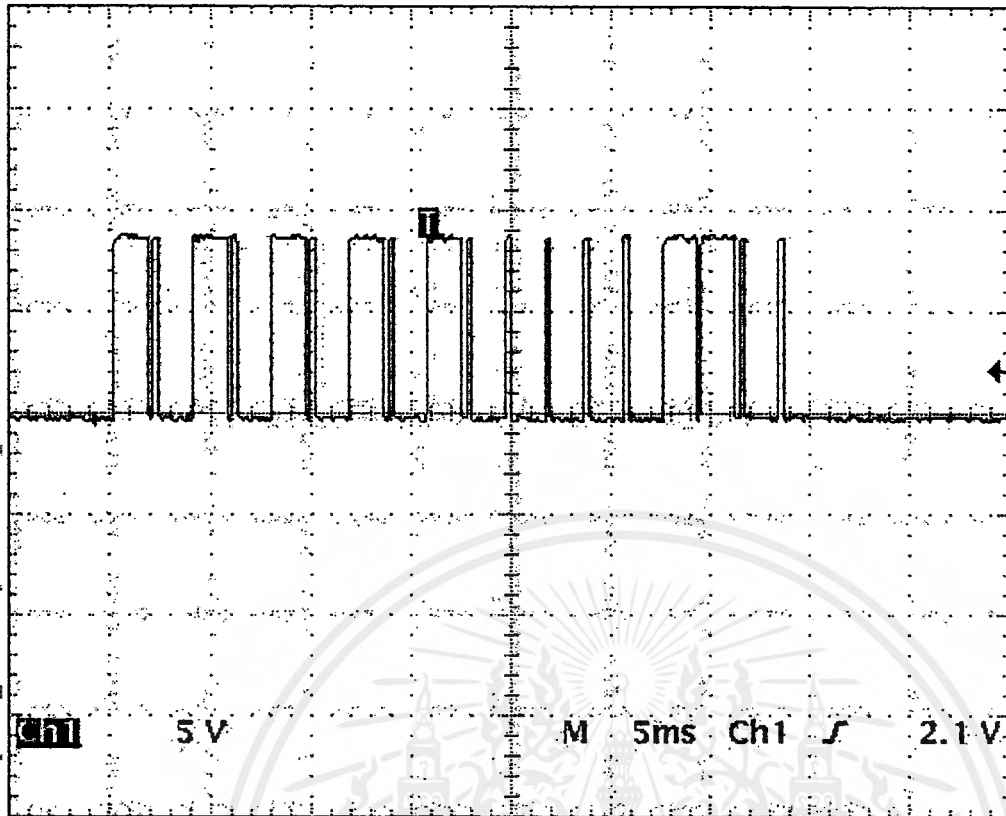


รูปที่ 6.2 Channel 2. xxxx0100

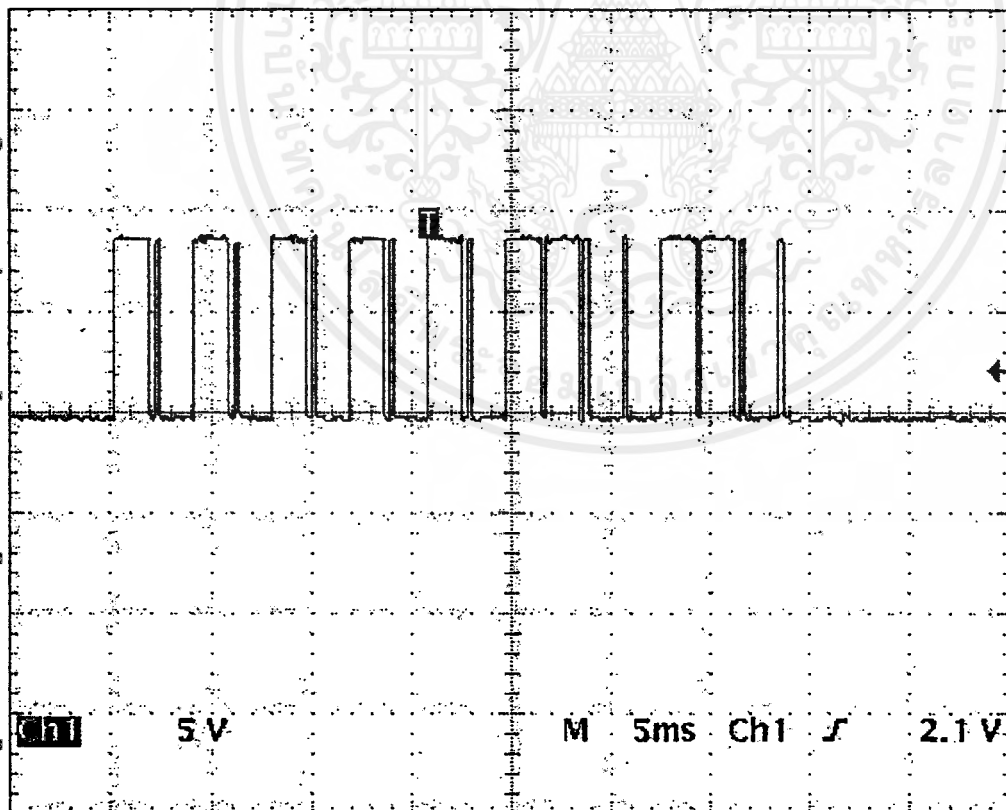


รูปที่ 6.3 Channel 3. xxxx1100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

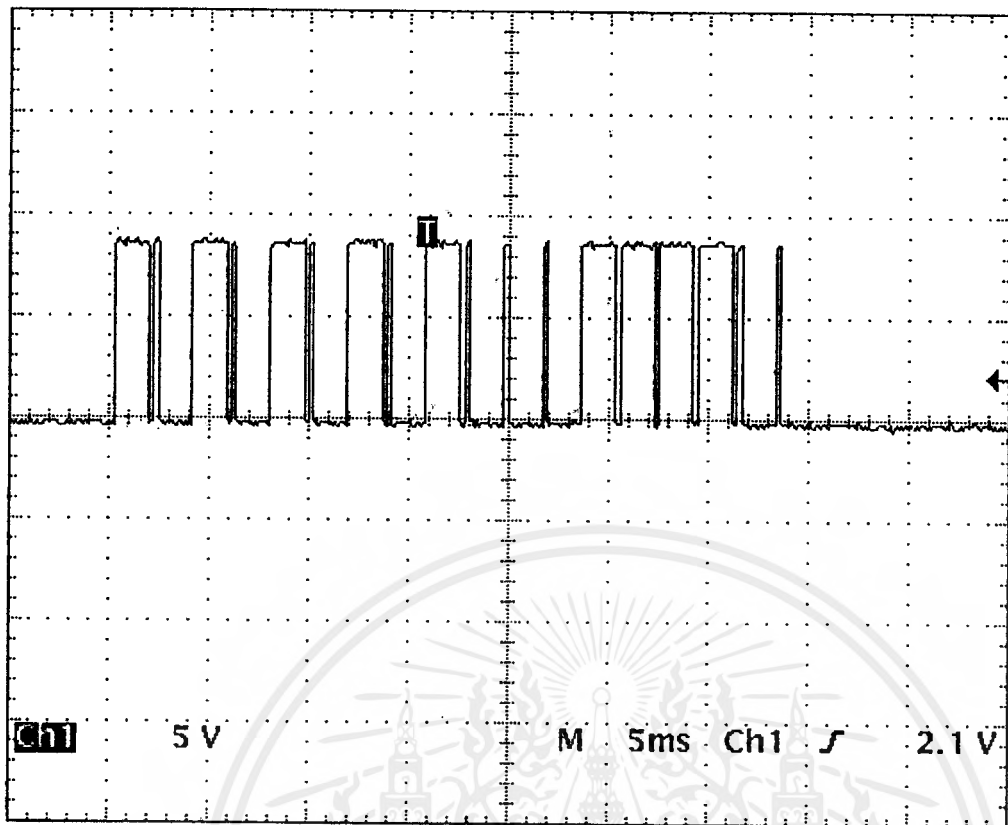


รูปที่ 6.4 Channel 4. xxxxx0010



รูปที่ 6.5 Channel 5. xxxxx1010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 Channel 6. xxxxx0110

หมายเหตุ : x คือ open

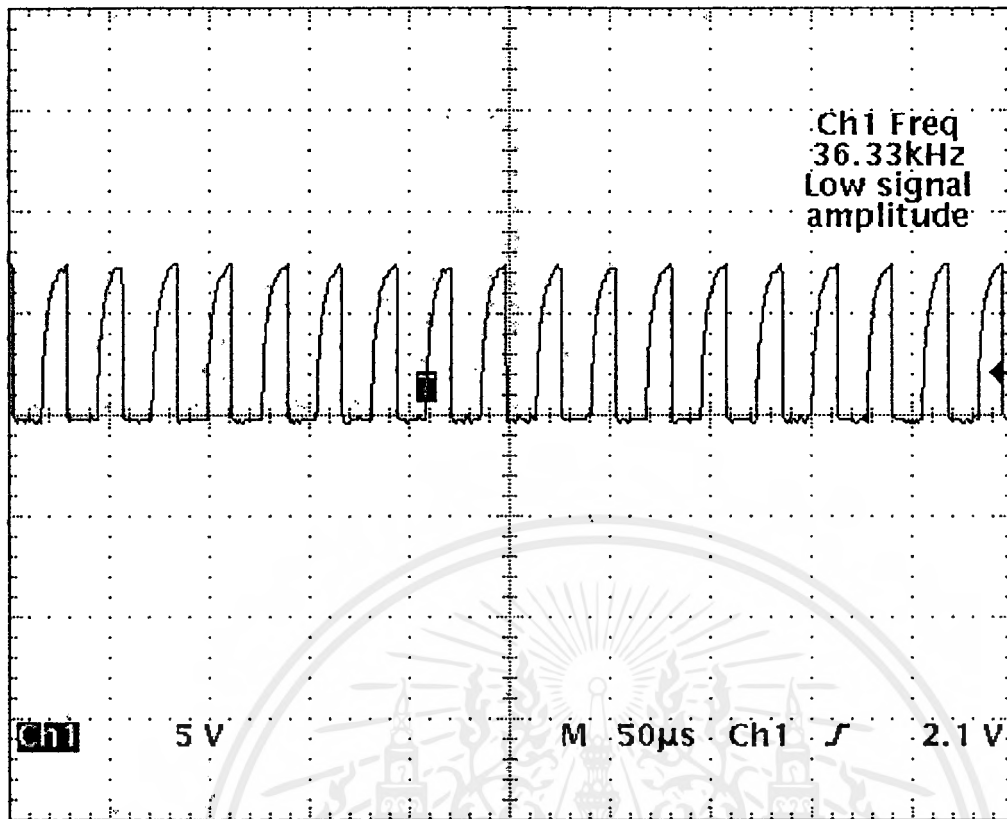
1 คือ ลอจิก 1

0 คือ ลอจิก 0

วิธีการทดลอง

ต่อวงจรอสเตเบิลเพียงวงจรเดียว ได้แก่ Tr2, Tr3, C2, C3, R8, R9, Vr1 10K, R7 10K โดยจ่ายไฟเลี้ยงที่ R7 9 โวลท์ แล้วทำการทดลองตามข้อ 2.

- 2) ทำการวัด output ของวงจรอสเตเบิลซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นความถี่พาหะโดยวัดที่ขาคอลเลคเตอร์ของ TR3 จะได้ output ดังรูปที่ 6.7

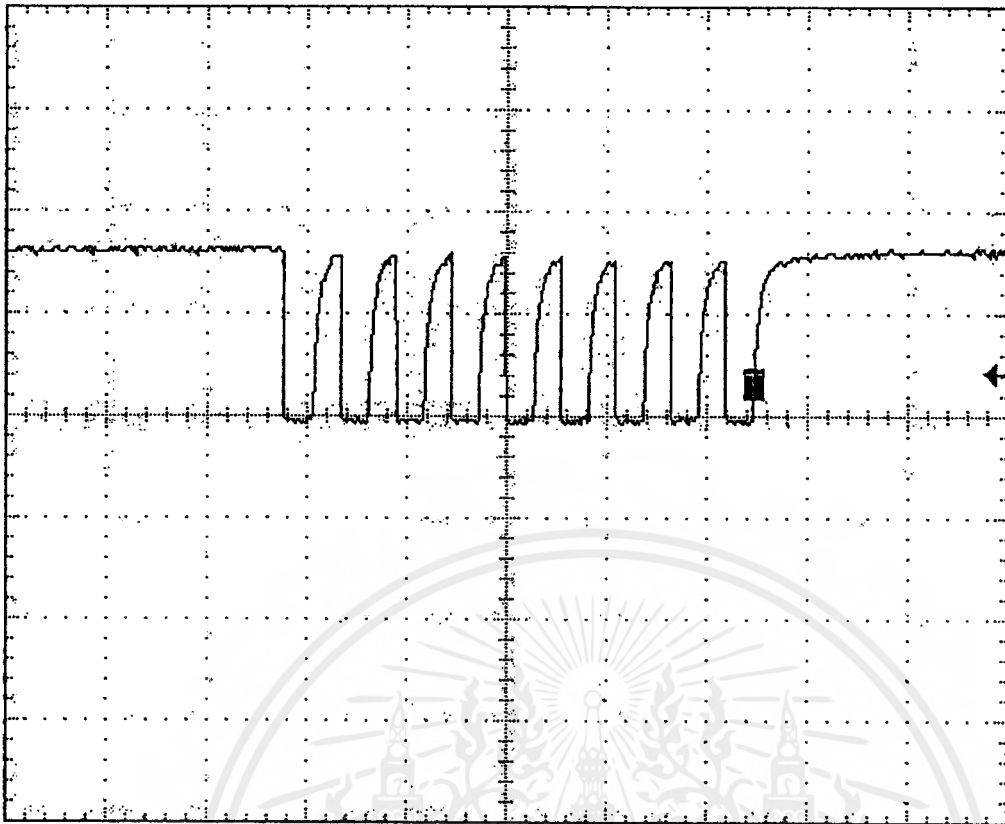


รูปที่ 6.7 Oscillator

วิธีการทดลอง

ต่อวงจรโดยนำวงจรข้อ 1. และข้อ 2. มารวมกันเพื่อทำการวัดสัญญาณที่ผ่าน carrier ของ Channel ต่างๆ ได้ผลการทดลองตามข้อ 3.

3) นำ Dout ที่ได้จากข้อ 1 มาต่อเป็น input ให้กับวงจรกำเนิดคลื่นพาหะในข้อ 2 วัดสัญญาณ output ได้ดังรูปที่ 6.8



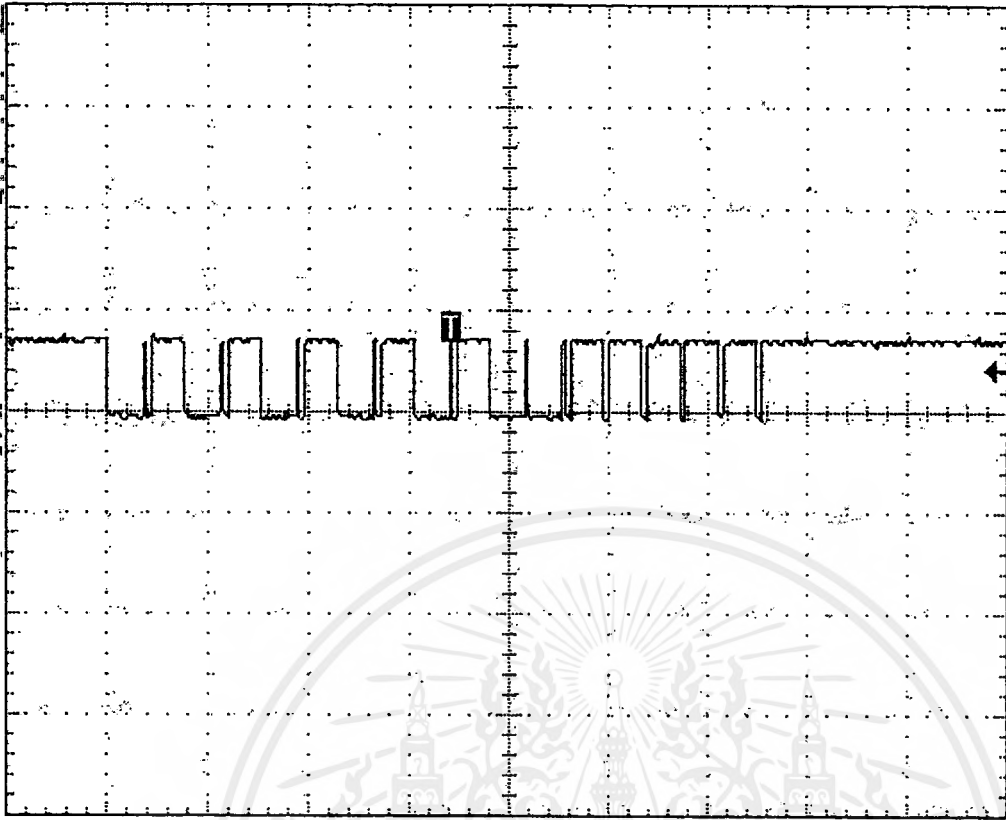
รูปที่ 6.8

เมื่อนำ Output ที่ขา 15 ของตัวเข้ารหัสมารวมกับคลื่นความถี่พาหะประมาณ 40 KHz จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยสัญญาณที่ขาคอลเลคเตอร์ของ TR3 จึงมีลักษณะไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งรูปของสัญญาณตั้งแต่ CH1 – CH6 จะมีลักษณะคล้ายกับรูปที่ 6.8 นั้นเอง

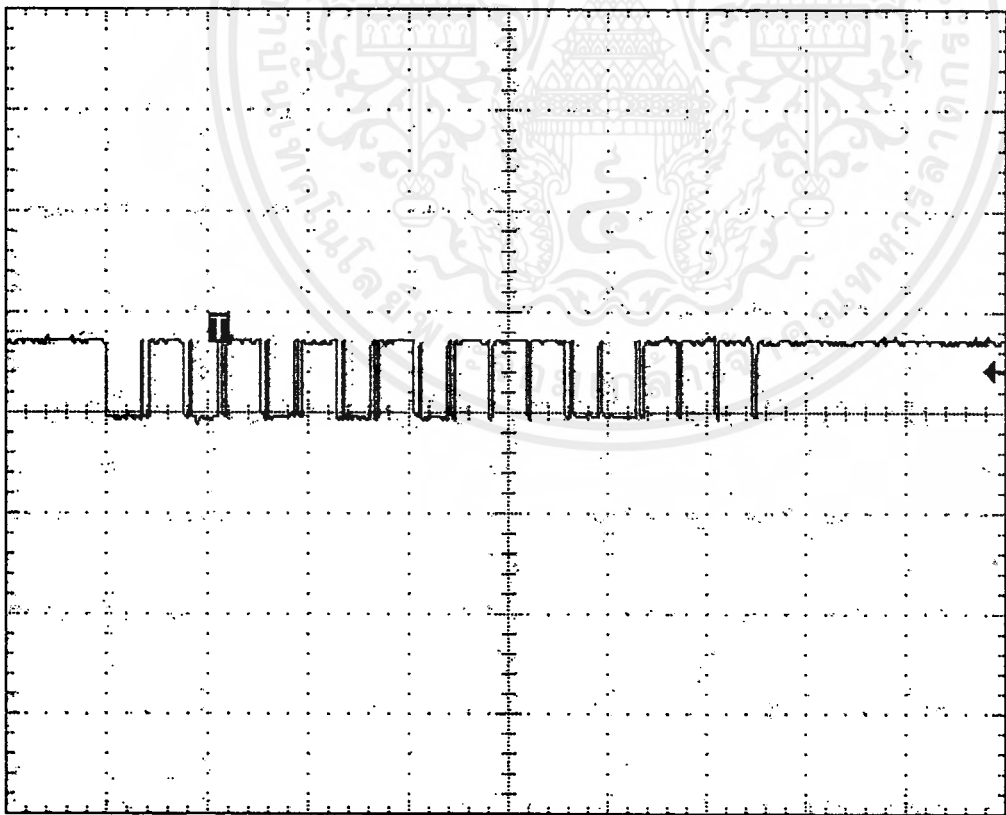
วิธีการทดลอง

ต่อวงจรในส่วนของวงจรรับโดยใช้ไมครูล C1, D1 โดยป้อนไฟเลี้ยง 6 โวลต์ที่ขาบวก D1 ทำการทดลองตามข้อ 4.

- 4) ทำการวัดสัญญาณที่ขา out ของ module (ก่อนเข้า R3) จะพบว่าสัญญาณคลื่นพาหะได้ถูกตีเทคออกไป ยังคงเหลือเพียงรหัสที่ถูกส่งมาจาก MC145026 เท่านั้นที่สามารถผ่านออกมาได้ แต่กราฟของสัญญาณจะมีลักษณะเป็นอินเวอร์สกับกราฟที่ได้ในข้อ 1 และมีขนาดของแรงดันลดลงประมาณครึ่งหนึ่งด้วยดังรูปที่ 6.9-6.14

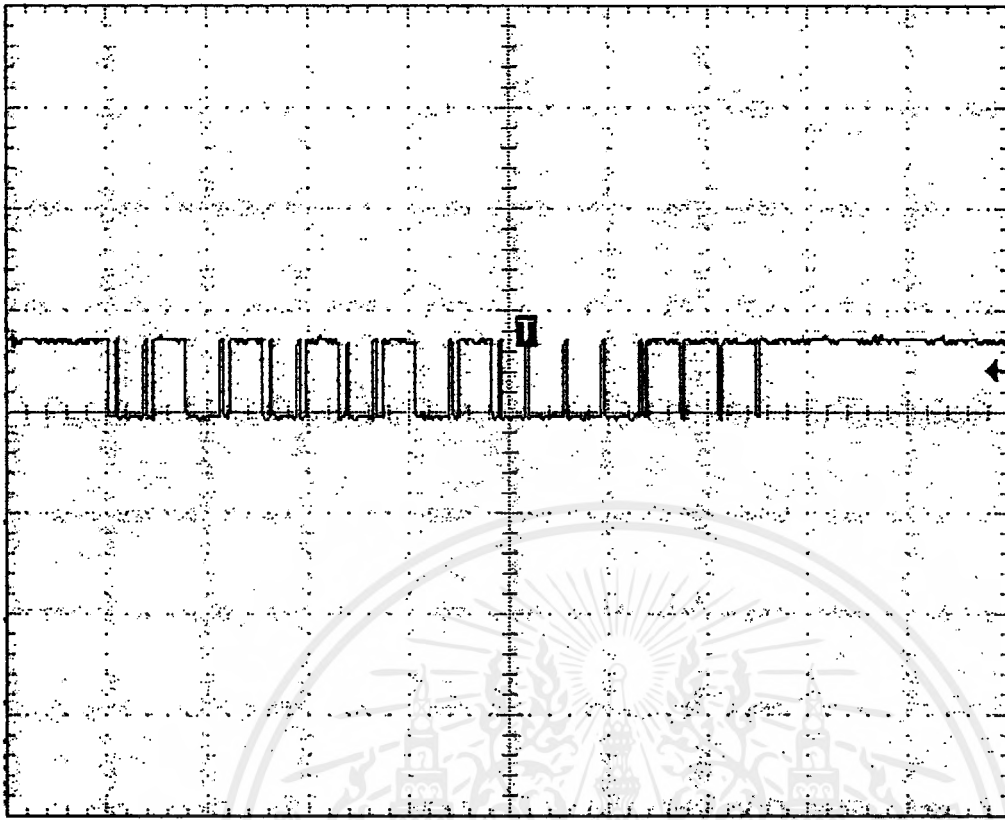


รูปที่ 6.9 Module 1.

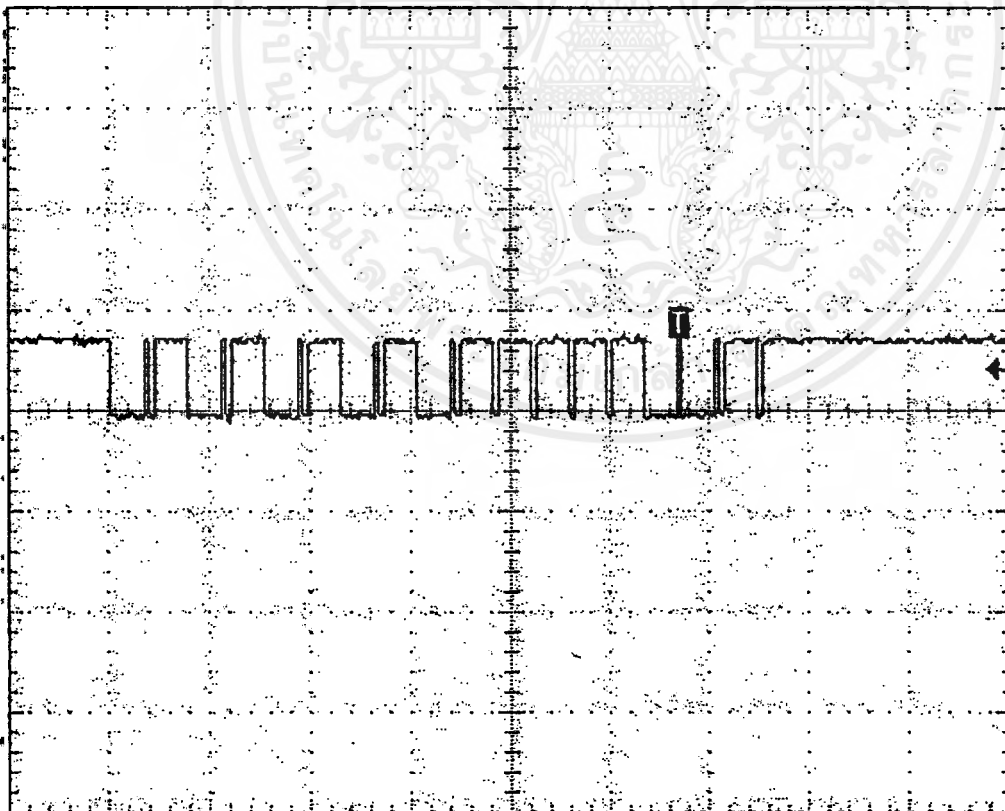


รูปที่ 6.10 Module 2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

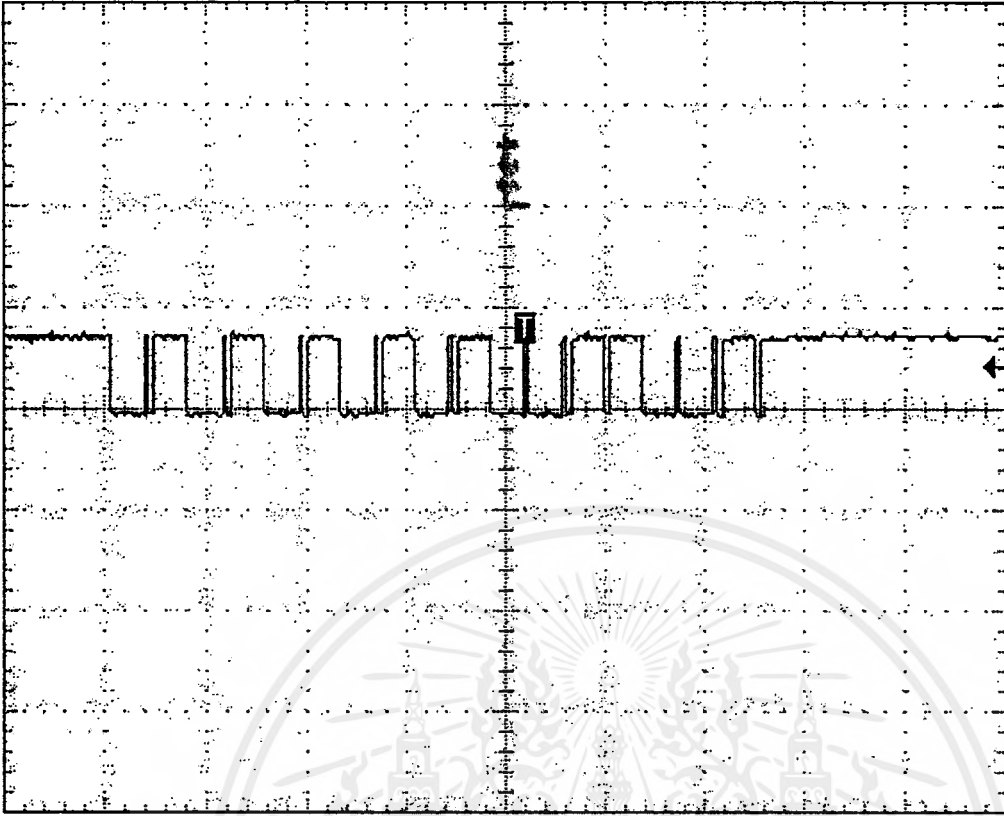


รูปที่ 6.11 Module 3.

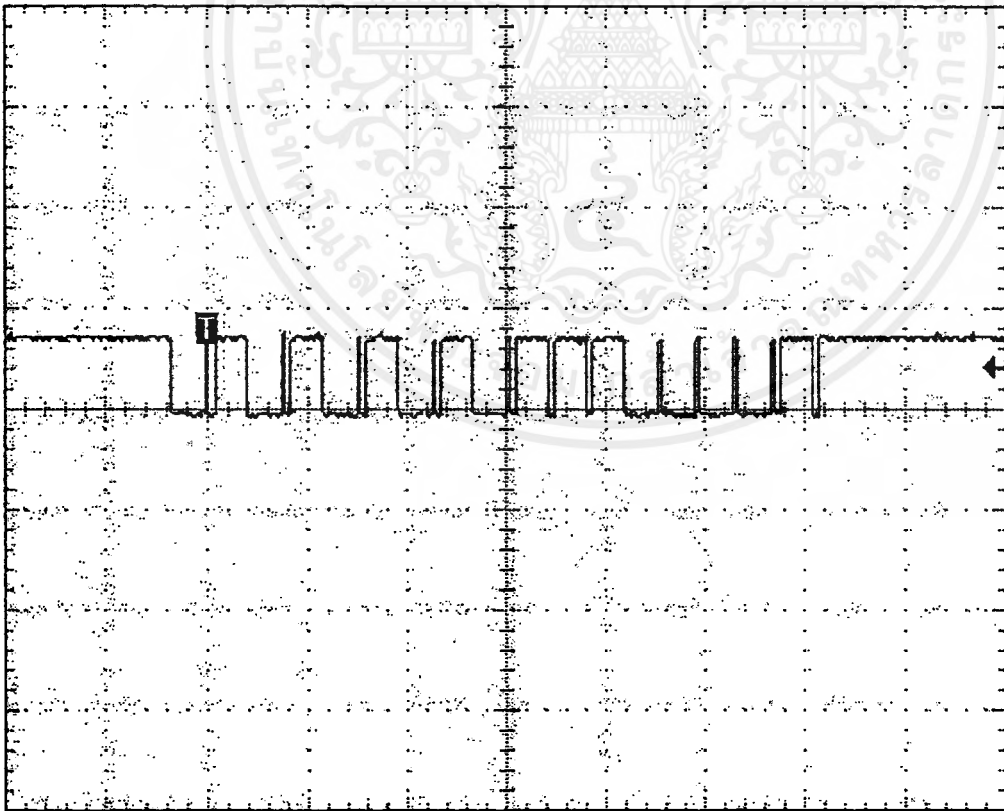


รูปที่ 6.12 Module 4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.13 Module 5.



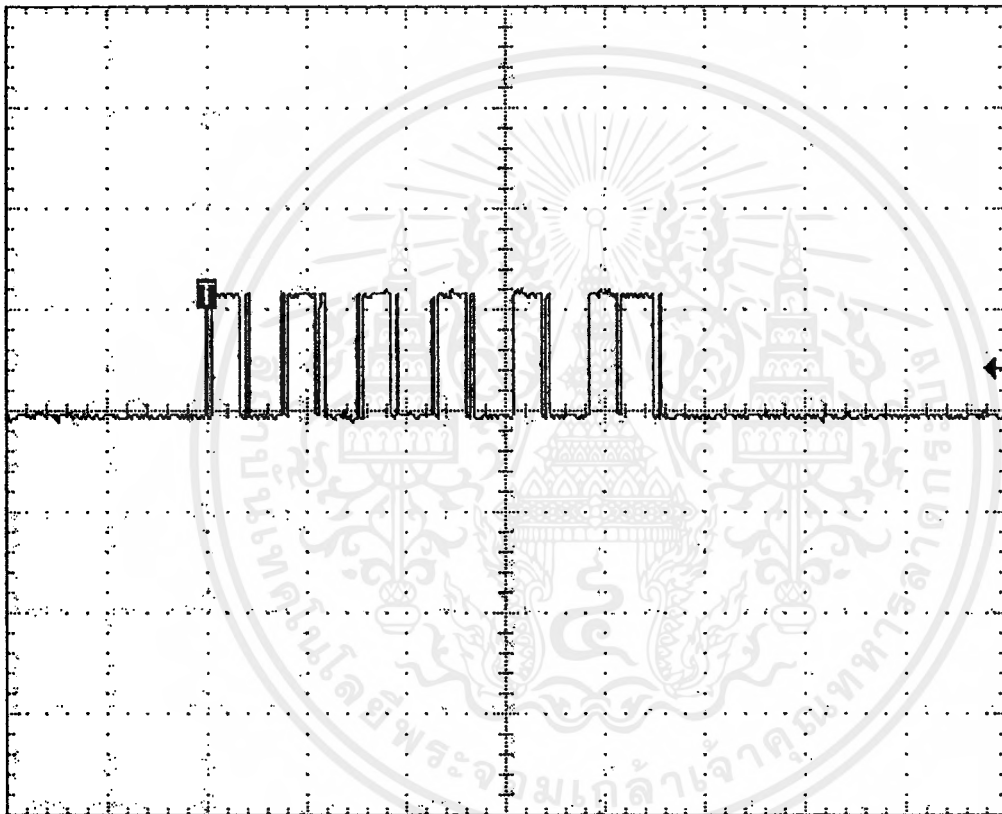
รูปที่ 6.14 Module 6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

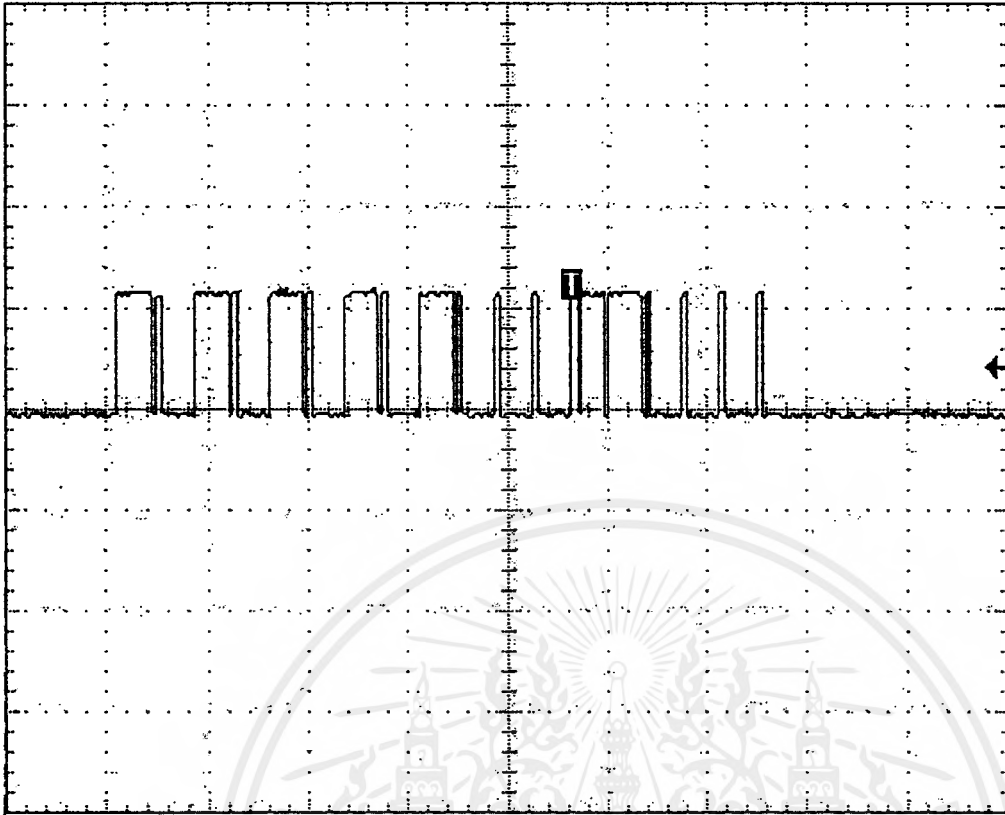
ต่อวงจรในข้อ 4. ร่วมกับ R4, R3, R5 ในรูปที่ 5.3 เอาท์พุทที่ได้จากขาคอลเลคเตอร์ของ Tr5 คืออินพุทของ MC145027 นั้นเอง จากนั้นทำการทดลองตามข้อ 5.

5) ทำการวัดสัญญาณที่ Din (pin 9) ของตัวถอดรหัส MC145027 จะได้กราฟสัญญาณดังรูปที่

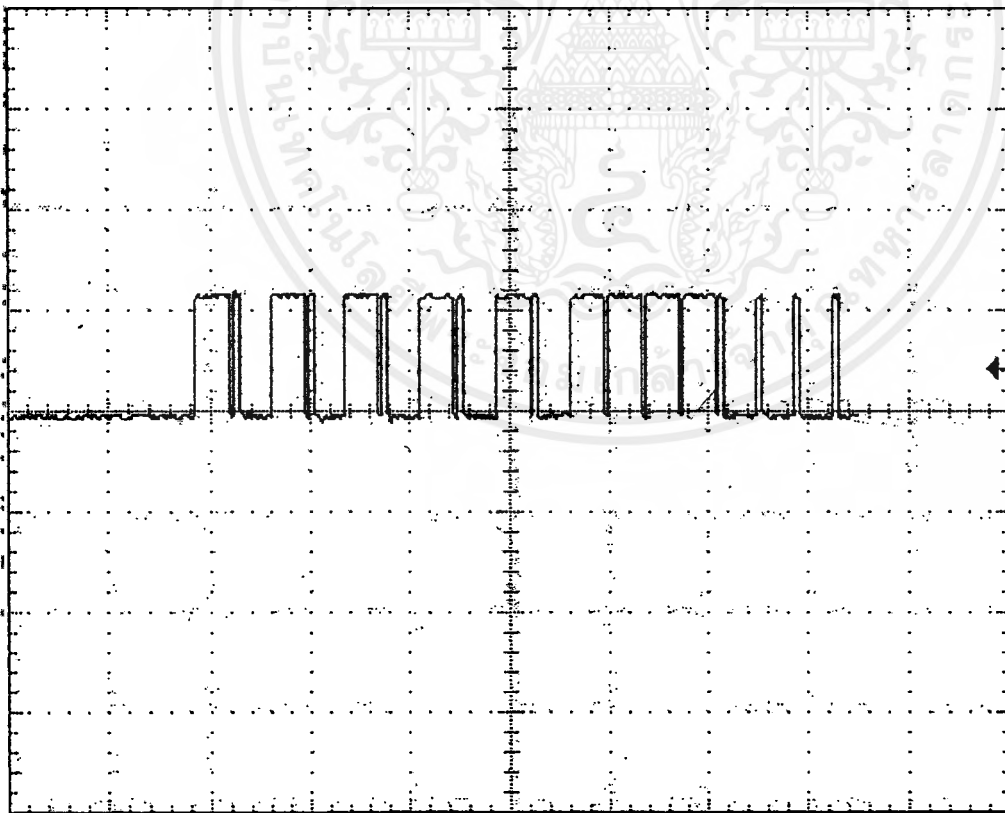


6.15-6.20

รูปที่ 6.15 Din1

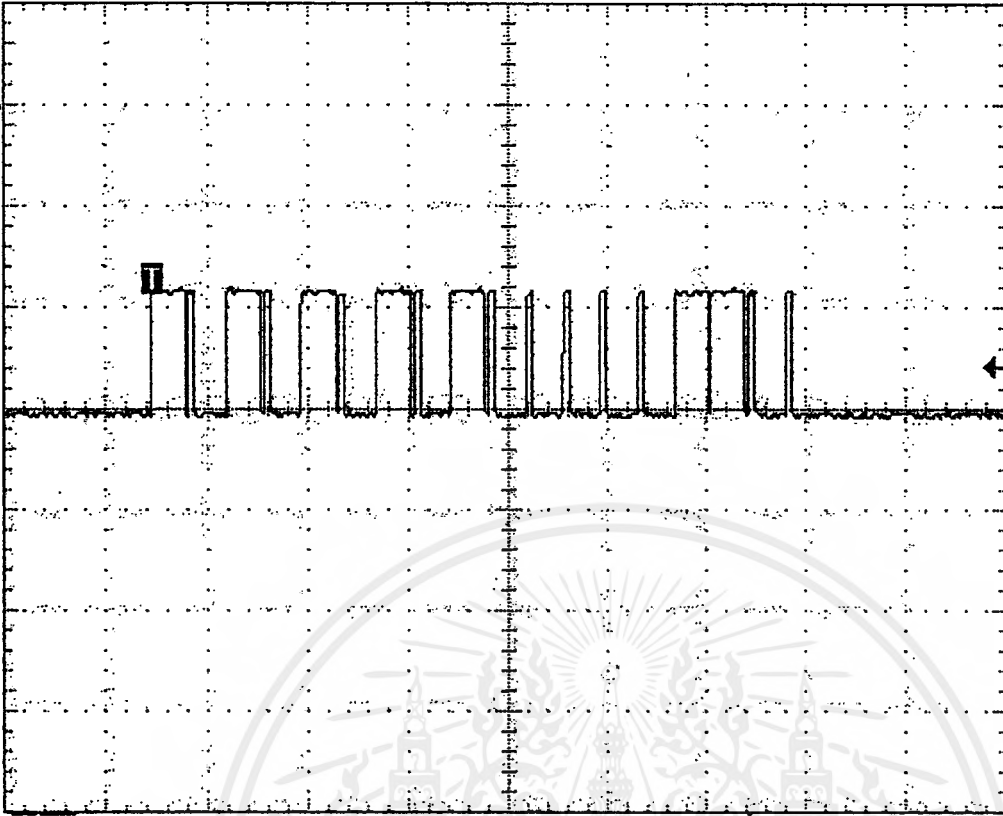


รูปที่ 6.16 Din 2

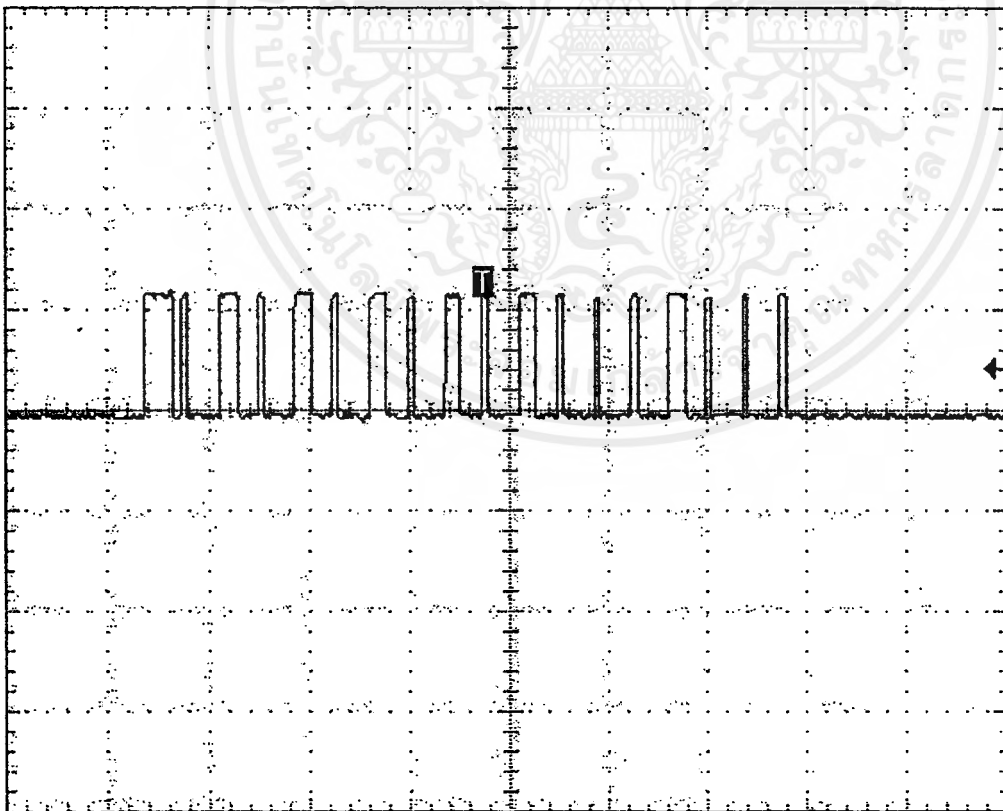


รูปที่ 6.17 Din 3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

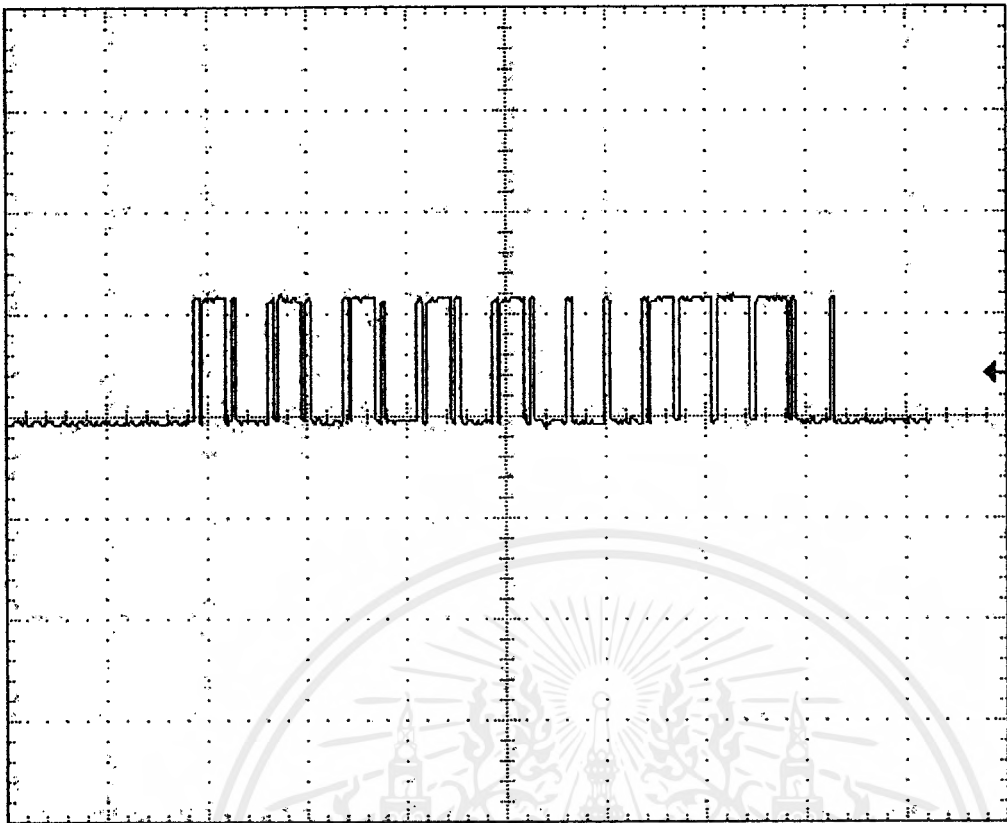


รูปที่ 6.18 Din 4.



รูปที่ 6.19 Din 5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.20 Din 6.

วิธีการทดลอง

ต่อวงจรในรูปที่ 5.3 โดยนำวงจรในข้อ 5. มาต่อรวมกับ MC145027, C2, C3, R6, R7 จ่ายไฟเลี้ยงที่ขา 16 ของ MC145027 6 โวลท์ ทำการทดลองตามข้อ 6.

6) ทำการวัด Output ที่ได้จากการถอดรหัสของ MC145027 โดยวัดที่ขา 13 14 และ 15 ตามลำดับ ได้ผลการทดลองดังนี้

	Output ขา 13	output ขา 14	output ขา 15
กต CH1 ที่ตัวส่ง	0.2V	0.2V	5.8V
กต CH2 ที่ตัวส่ง	0.2V	5.8V	0.2V
กต CH3 ที่ตัวส่ง	0.2V	5.8V	5.8V
กต CH4 ที่ตัวส่ง	5.8V	0.2V	0.2V
กต CH5 ที่ตัวส่ง	5.8V	0.2V	5.8V
กต CH6 ที่ตัวส่ง	5.8V	5.8V	0.2V

7) วัด Output Q1 – Q2 ที่ ขา 14 2 15 1 6 7 ของ ไอซี3 (CD4028) นำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับตารางค่า output ของตัว CD4028 จะเห็นว่าตรงกัน โดยการกดแต่ละ Channel จะได้ output ออกมาเพียง output เดียว เมื่อเอาที่พุกที่ผ่าน MC14013 จะได้เอาที่พุกที่ขา 1 และ 13 ที่มีแรงดัน 5 โวลท์

6.2 ผลการทดลองส่วนของโปรแกรม

โปรแกรมที่ 1

กำหนดให้ CH1-CH3 ของรีโมทคอนโทรลเป็นตัวควบคุม ดีซีมอเตอร์โดยส่งเอาต์พุตออกทาง พอร์ตบี บิตที่ 4-6 โดยที่บิต 4 และ บิต6 เป็นการส่งสัญญาณพัลส์

```
list p=16f84
```

```
; code protect off
```

```
; power up timer on
```

```
; watch dog timer off
```

```
; XT oscillator
```

```
;*****Byte define*****
```

```
option_equ 0x01
```

```
tmr0 equ 0x01
```

```
status equ 0x03
```

```
;porta equ 0x05
```

```
portb equ 0x06
```

```
mcountequ 0x0c
```

```
intcon equ 0x0b
```

```
ncount equ 0x0d
```

```
temp equ 0x0e
```

```
pcount equ 0x0f
```

```
;*****Bit define*****
```

```
c equ 0
```

```
rp0 equ 5
```

```
w equ 0
```

```
f equ 1
```

```
gie equ 7
```

```
toie equ 5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

toif equ 2

org 0x00

;*****set port*****
start bsf status,rp0 ;select bank 1
movlw b'00000001'
movwf portb ;portb = out put except rb0 = in put
movlw b'00011111'
movwf porta ;porta = in put

bcf status,rp0 ;bank 0
clrf portb
movlw 0x0f8
andwf status,f;reset z,DC,C

;*****main*****
main call delay
movf porta,w ;(porta)-->w
movwf temp ;w-->(temp)
movlw b'00001111'
andwf temp,f ;select ra0-ra3

movf temp,w ;(temp)-->w
sublw 0x01 ;0x01-w-->w
btfsc status,2 ;if w=0x01 then call forward else jump 1 statement
call fward

movf temp,w

```

```
sublw 0x02
btfsc status,2
call tleft

movf temp,w
sublw 0x03
btfsc status,2
call bward

movf temp,w
sublw 0x04
btfsc status,2
call tright

movf temp,w
sublw 0x05
btfsc status,2
call trightb

movf temp,w
sublw 0x06
btfsc status,2
call tleftb

movf temp,w
sublw 0x00
btfsc status,2
call stop

goto main
```

```

;*****delay*****
delay movlw 0x20
      movwf mcount
m_dec movlw 0xff
      movwf ncount
n_dec decfsz ncount,f
      goto n_dec
      decfsz mcount,f
      goto m_dec
      return

;*****pwm_delay*****
pdelay movlw 0xff
      movwf pcount
dec decfsz pcount,f
      goto dec
      return

;*****forward*****
fward bsf portb,7
      bsf portb,6
      bsf portb,5
      bsf portb,4
      call delay
      bcf portb,6
      bcf portb,4
      call pdelay
      return

```

```
*****backward*****
```

```
bward bcf portb,7
      bsf portb,6
      bcf portb,5
      bsf portb,4
      call delay
      bcf portb,6
      bcf portb,4
      call pdelay
      return
```

```
*****turn left*****
```

```
tleft bsf portb,7
      bsf portb,6
      bcf portb,5
      bcf portb,4
      call delay
      bcf portb,6
      bcf portb,4
      call pdelay
      return
```

```
*****turn right*****
```

```
tright bcf portb,7
      bcf portb,6
      bsf portb,5
      bsf portb,4
      call delay
      bcf portb,6
```

```

bcf portb,4
call pdelay
return

```

```

;*****turn left back*****

```

```

leftb bcf portb,7
      bcf portb,6
      bcf portb,5
      bcf portb,4
      call delay
      bcf portb,6
      bcf portb,4
      call pdelay
      return

```

```

;*****turn right back*****

```

```

rightb bcf portb,7
       bcf portb,6
       bcf portb,5
       bcf portb,4
       call delay
       bcf portb,6
       bcf portb,4
       call pdelay
       return

```

```

;*****stop*****

```

```

stop bcf portb,7
     bcf portb,6
     bcf portb,5

```

```

bcf    portb,4
call   pdelay
return
end

```

เมื่อใช้โปรแกรมดังกล่าว จะได้ผลการทดลองคือ

เมื่อกดช่อง 1 มอเตอร์ทั้งคู่หมุนไปข้างหน้า

เมื่อกดช่อง 2 มอเตอร์ข้างซ้ายหยุด แต่ข้างขวาหมุนเหมือนเดิม(ไปหน้า)

เมื่อกดช่อง 3 มอเตอร์ข้างขวาหยุด แต่ข้างซ้ายหมุนไปหน้า

เมื่อกดช่อง 1 และ 2 มอเตอร์ทั้งคู่หมุนในทิศทางตรงกันข้ามกับ กดช่อง 1

เมื่อกดช่อง 2 และ 3 มอเตอร์จะหมุนตรงกันข้ามกับกดช่อง 2

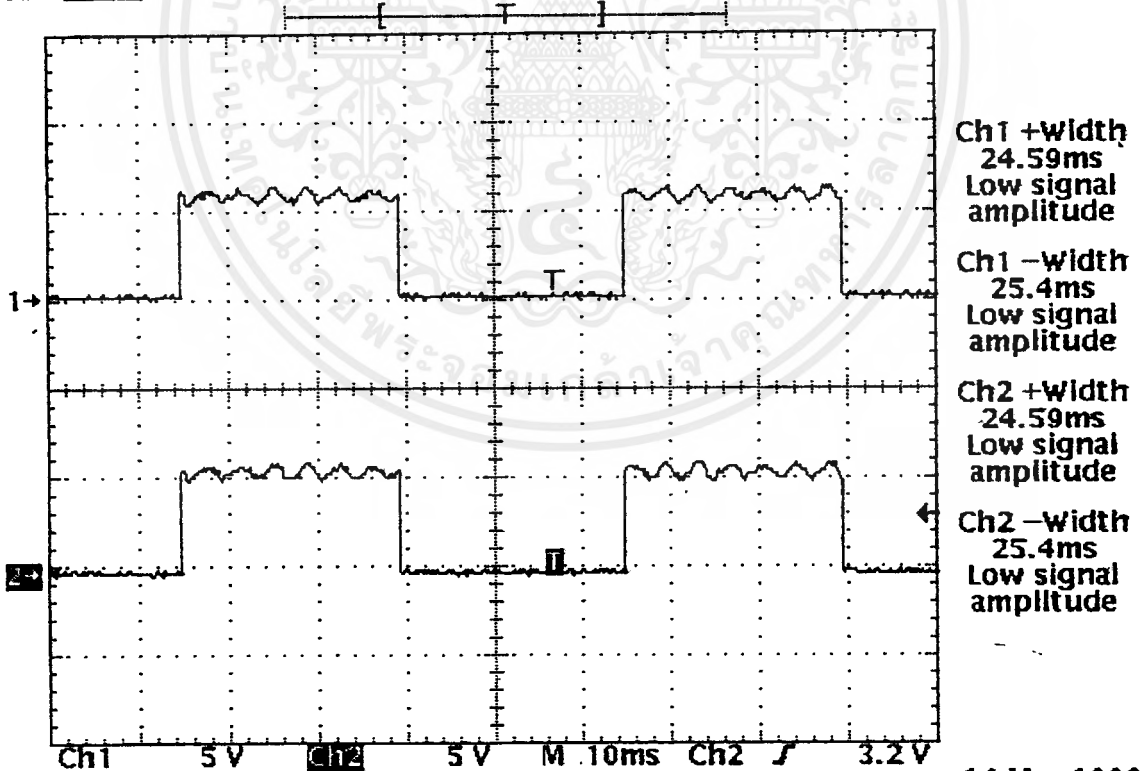
เมื่อกดช่อง 1 และ 3 มอเตอร์จะหมุนตรงกันข้ามกับกดช่อง 3

ซึ่งแสดงผลของการส่งสัญญาณ พัลส์ดังรูปที่ 6.21 ถึง 6.26 ซึ่ง Ch1 คือ ขา rb6 และ Ch2

คือ ขา rb4 ของ PIC16F84 ตามลำดับ

Tek STOP 5kS/s

3 Acqs

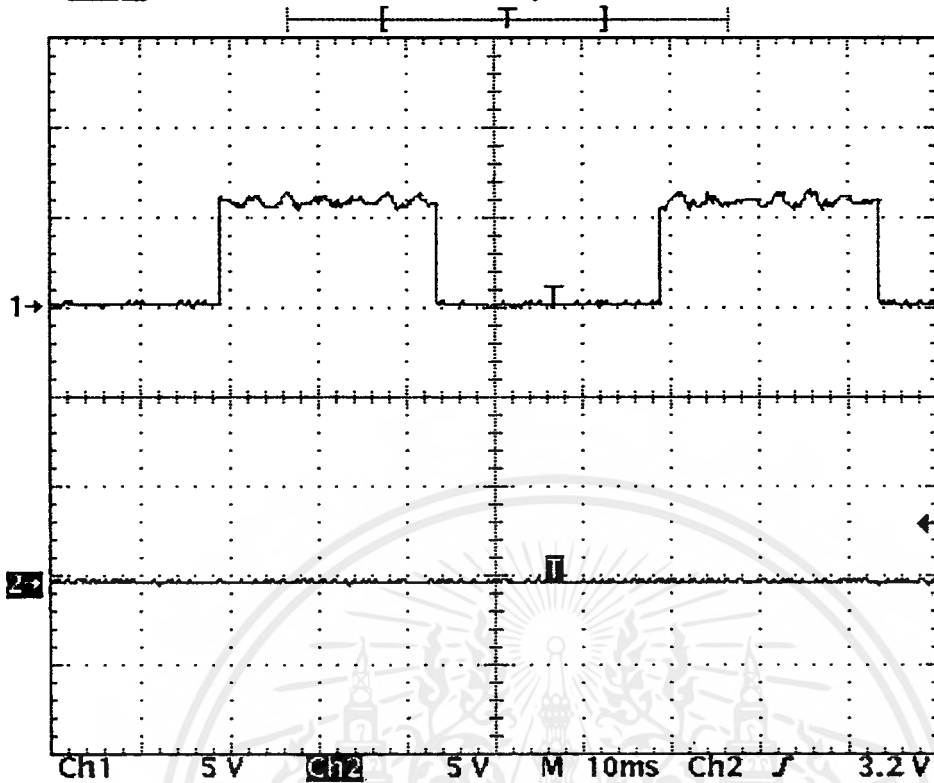


14 Mar 1999
16:16:22

รูปที่ 6.21 กด ช่อง 1

Tek STOP: 5KS/s

219 Acqs



Ch1 +width
24.81ms
Low signal
amplitude

Ch1 -width
25.38ms
Low signal
amplitude

Ch2 +width
200µs
Low res

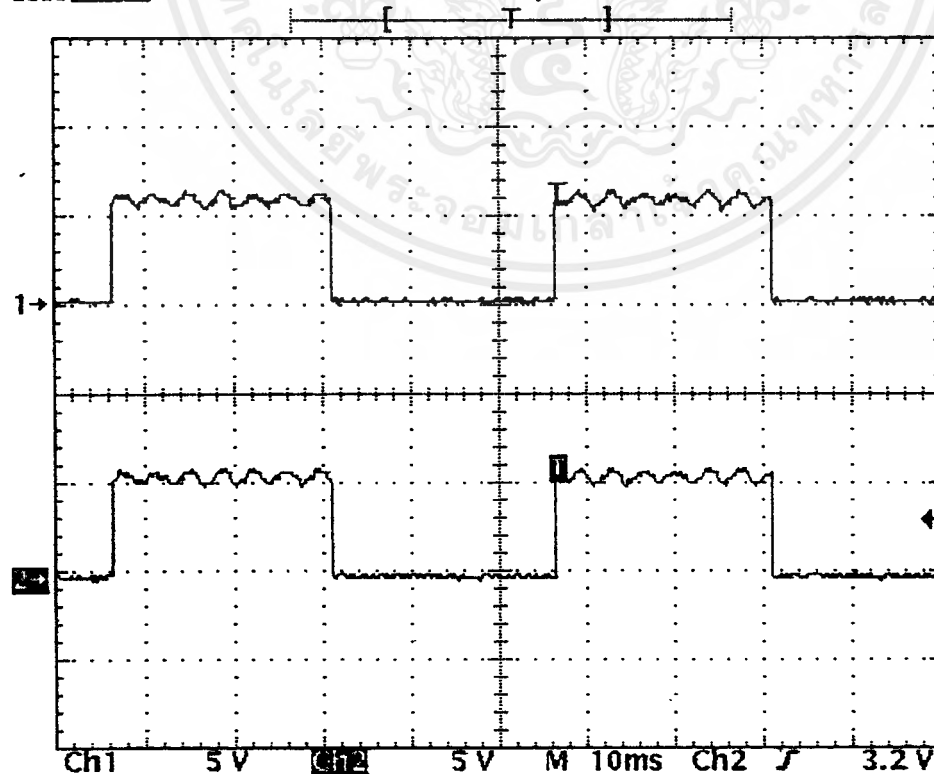
Ch2 -width
200µs
Low res

14 Mar 1999
15:45:23

รูป 6.22 กตของ 2 (บน) และ รูปที่ 6.23 กตของ 1+2 (ล่าง)

Tek STOP: 5KS/s

25 Acqs



Ch1 +width
24.59ms
Low signal
amplitude

Ch1 -width
25.6ms
Low signal
amplitude

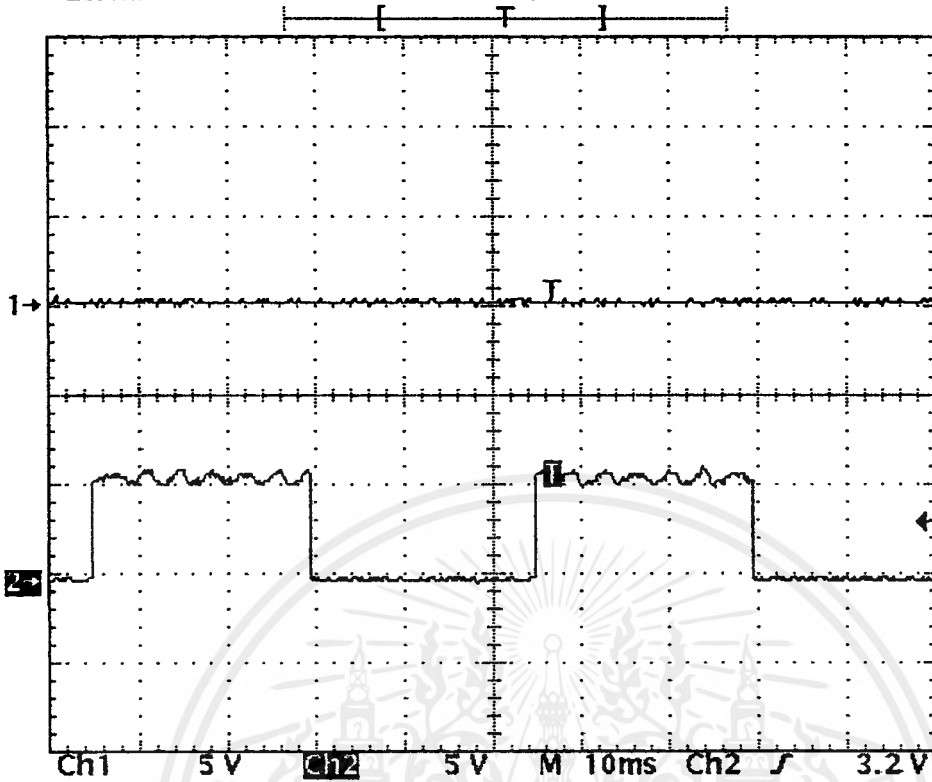
Ch2 +width
24.59ms
Low signal
amplitude

Ch2 -width
25.61ms
Low signal
amplitude

14 Mar 1999
15:48:42

Tek Stop 5kS/s

4 Acqs



Ch1 +width 200µs
Low res

Ch1 -width 4ms
Low signal amplitude

Ch2 +width 24.61ms
Low signal amplitude

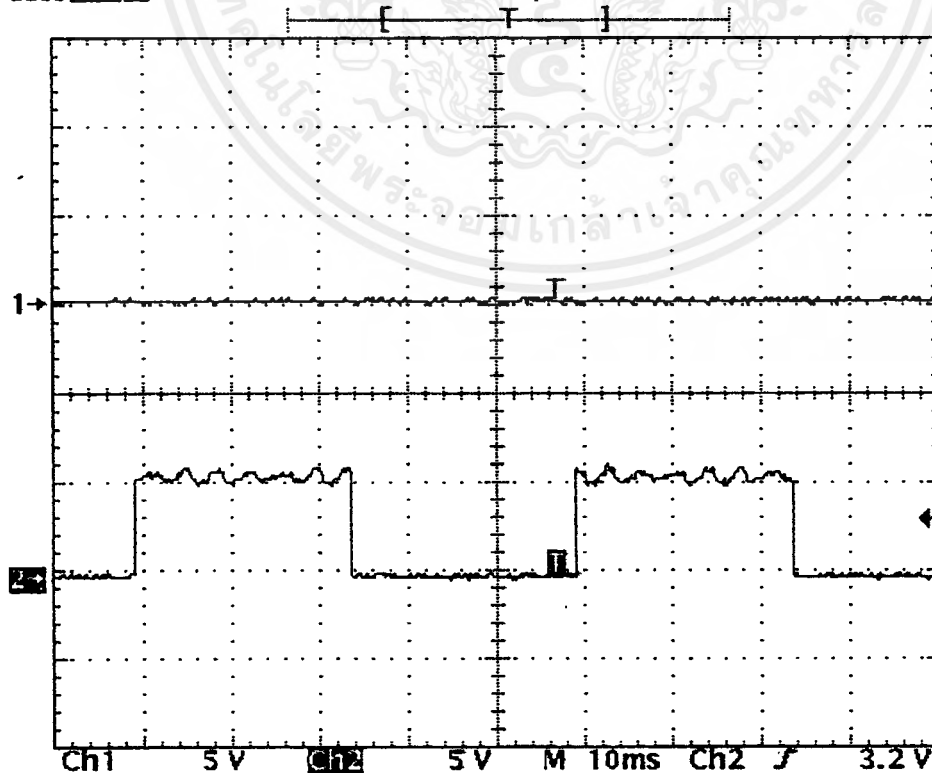
Ch2 -width 25.4ms
Low signal amplitude

14 Mar 1999 15:51:54

รูปที่ 6.24 กดของ 3 (บน) และ รูปที่ 6.25 กดของ 1+3(ล่าง)

Tek Stop 5kS/s

62 Acqs



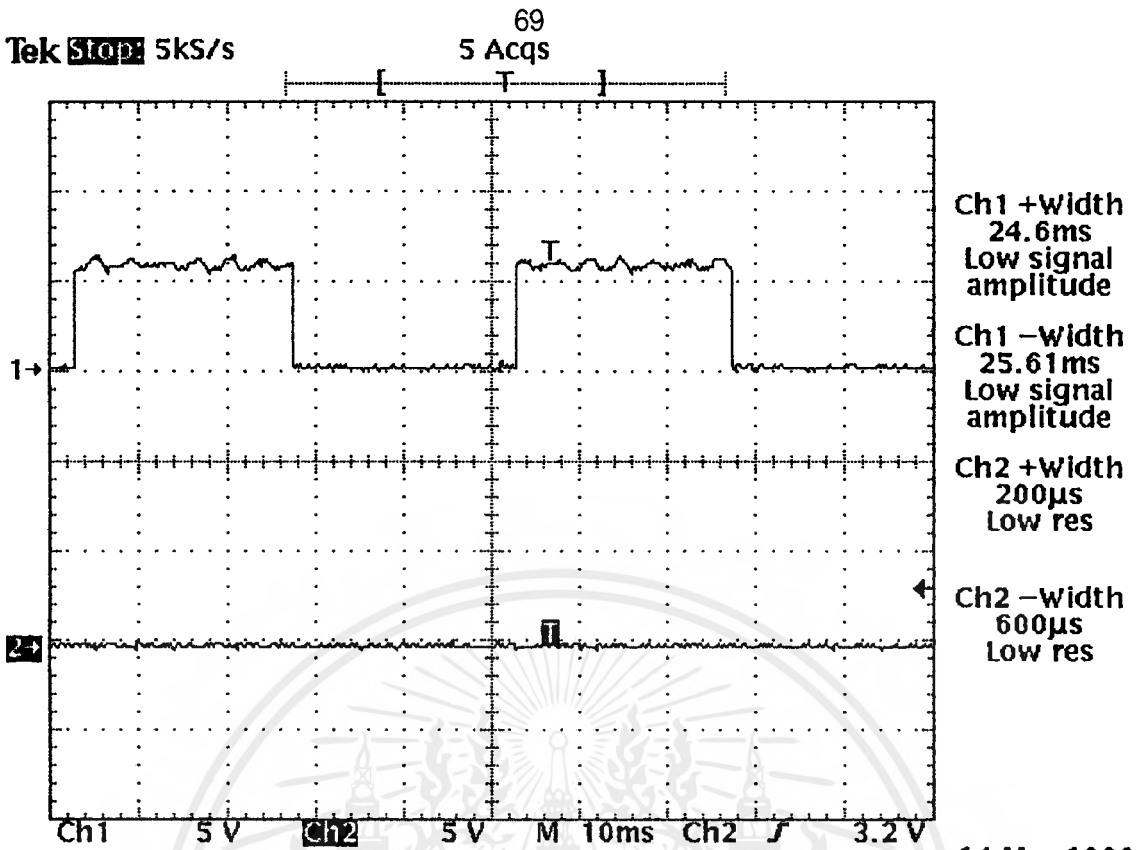
Ch1 +width ∞ s
No J ref crossing

Ch1 -width ∞ s
No J ref crossing

Ch2 +width 24.6ms
Low signal amplitude

Ch2 -width 25.4ms
Low signal amplitude

14 Mar 1999 16:01:09



14 Mar 1999
15:57:31

รูปที่ 6.26 กดของ 2+3

สรุปผลและวิจารณ์จากโปรแกรมที่ 1

จากโปรแกรมที่ 1 ถึงแม้ว่า รีโมทและโปรแกรมจะทำงานอย่างถูกต้อง แต่ จากการทดลองพบว่า มอเตอร์หมุนช้ามากซึ่งสังเกตได้จากการเปลี่ยนคำสั่ง เช่น จากเดินหน้าเป็นเลี้ยวซ้าย โดยใช้เวลาประมาณ 5 วินาที และความเร็วของล้อประมาณ 10 วินาทีต่อ 1 วนรอบ ซึ่งทำให้การเคลื่อนที่ไม่ต่อเนื่อง สาเหตุน่าจะมาจากการที่ความกว้างสัญญาณพัลส์ช่วงบวก และ ศูนย์เท่ากัน (หรือ ช่วงศูนย์ มีค่ามากกว่าเล็กน้อย) จึงได้ ปรับปรุงโปรแกรมใหม่ เป็นดัง โปรแกรมที่ 2

โปรแกรมที่ 2

```
list p=16f84
; code protect off
; power up timer on
; watch dog timer off
; XT oscillator
```

```
;*****Byte define*****
```

```
option_equ 0x01
```

```

tmr0 equ 0x01
status equ 0x03
porta equ 0x05
portb equ 0x06
mcountequ 0x0c
intcon equ 0x0b
ncount equ 0x0d
temp equ 0x0e
pcount equ 0x0f

```

```

;****Bit define****

```

```

c equ 0
rp0 equ 5
w equ 0
f equ 1
gie equ 7
toie equ 5
toif equ 2

```

```

org 0x00

```

```

;****set port****

```

```

start bsf status,rp0 ;select bank 1
movlw b'00000001'
movwf portb ;portb = out put except rb0 = in put
movlw b'00011111'
movwf porta ;porta = in put

bcf status,rp0 ;bank 0
clrf portb

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
movlw 0x0f8
andwf status,f;reset z,DC,C
```

```
;*****main*****
```

```
main call pdelay
movf porta,w ;(porta)-->w
movwf temp ;w-->(temp)
movlw b'00001111'
andwf temp,f ;select ra0-ra3

movf temp,w ;(temp)-->w
sublw 0x01 ;0x01-w-->w
btfsc status,2 ;if w=0x01 then call forward else jump 1 statement
call fward

movf temp,w
sublw 0x02
btfsc status,2
call tleft

movf temp,w
sublw 0x03
btfsc status,2
call bward

movf temp,w
sublw 0x04
btfsc status,2
call tright
```

```

movf  temp,w
sublw 0x05
btfsc status,2
call  trightb

```

```

movf  temp,w
sublw 0x06
btfsc status,2
call  tleftb

```

```

movf  temp,w
sublw 0x00
btfsc status,2
call  stop
goto  main

```

```

;****delay****

```

```

delay movlw 0x20
      movwf mcount
m_dec movlw 0xff
      movwf ncount
n_dec decfsz ncount,f
      goto  n_dec
      decfsz mcount,f
      goto  m_dec
      return

```

```

;****pwm_delay****

```

```

pdelay movlw 0xff

```

```

movwf pcount
dec decfsz pcount,f
goto dec
return

```

```

;****forward****

```

```

fward bsf portb,7
      bsf portb,6
      bsf portb,5
      bsf portb,4
      call delay
      call delay
      bcf portb,6
      bcf portb,4
      call pdelay
      return

```

```

;****backward****

```

```

bward bcf portb,7
      bsf portb,6
      bcf portb,5
      bsf portb,4
      call delay
      call delay
      bcf portb,6
      bcf portb,4
      call pdelay
      return

```

```
*****turn left*****
```

```
tleft  bsf  portb,7
        bsf  portb,6
        bcf  portb,5
        bcf  portb,4
        call delay
        bcf  portb,6
        bcf  portb,4
        call pdelay
        return
```

```
*****turn right*****
```

```
tright  bcf  portb,7
        bcf  portb,6
        bsf  portb,5
        bsf  portb,4
        call delay
        bcf  portb,6
        bcf  portb,4
        call pdelay
        return
```

```
*****turn left back*****
```

```
tleftb  bcf  portb,7
        bsf  portb,6
        bcf  portb,5
        bcf  portb,4
        call delay
        bcf  portb,6
        bcf  portb,4
```

```
call    pdelay
return
```

```
;*****turn right back*****
```

```
trightb bcf    portb,7
        bcf    portb,6
        bcf    portb,5
        bsf    portb,4
        call   delay
        bcf    portb,6
        bcf    portb,4
        call   pdelay
return
```

```
;*****stop*****
```

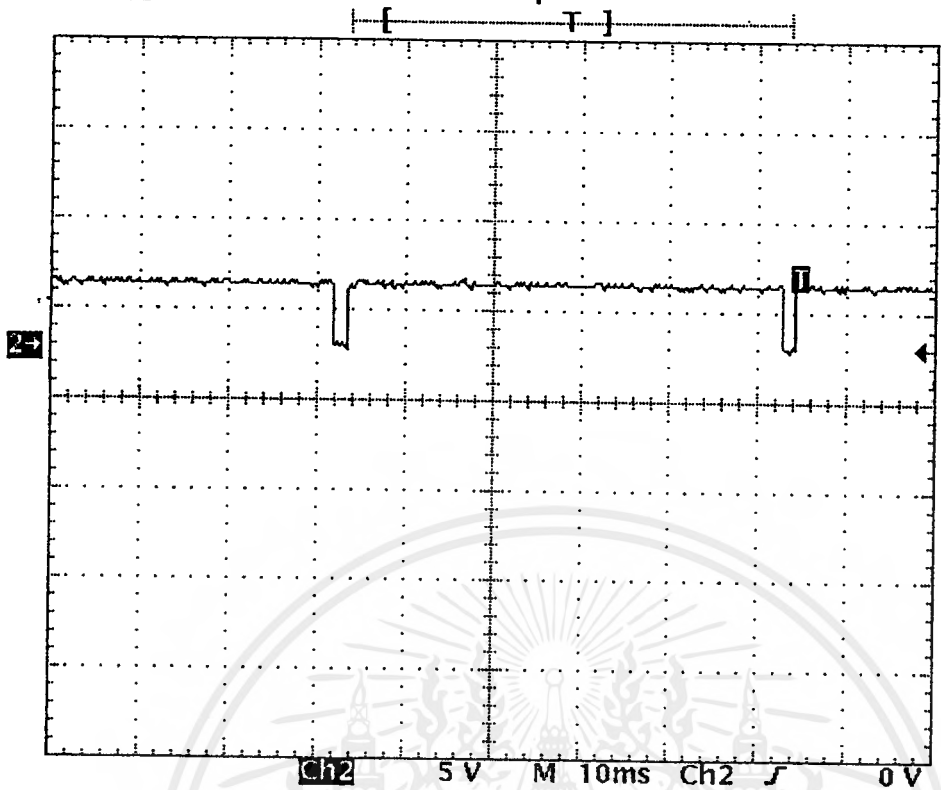
```
stop    bcf    portb,7
        bcf    portb,6
        bcf    portb,5
        bcf    portb,4
        call   pdelay
return
end
```

ผลจากการทดลองโปรแกรมนี้ เมื่อวัดความกว้างของ พัลส์ จะได้ดังรูปที่ 6.27 ซึ่งช่วง บวก มากกว่าช่วง ศูนย์มาก จึงทำให้ มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น เมื่อเทียบกับโปรแกรมแรก ส่วนผลการทำงานในส่วนอื่นๆยังเหมือนเดิม

และทั้งโปรแกรมที่ 1 และ 2 เมื่อวัดค่าโวลท์ ที่ออกมาจาก rb5 และ rb7 ซึ่งกำหนดเป็นขาควบคุมทิศทางให้กับมอเตอร์ คือ เมื่อส่ง ลอจิก 0 จะทำให้มอเตอร์หมุนทางหนึ่ง และเมื่อส่งลอจิก 1 จะทำให้มอเตอร์ หมุนอีกทางหนึ่ง พบว่า ค่าลอจิก 1 มีค่า 5 โวลท์ และลอจิก 0 มีค่า 0 โวลท์

Tek STOP: 5KS/s

76
13 Acqs



Ch2 Period
51ms
Low signal
amplitude

Ch2 Freq
19.61 Hz
Low signal
amplitude

Ch2 +width
49.38ms
Low signal
amplitude

Ch2 -width
1.623ms
Low res

14 Mar 1999
19:51:41

รูปที่ 6.27 แสดงช่วงบวกรที่กว้างขึ้นเมื่อใช้โปรแกรมที่ 2

6.3 แนวทางการพัฒนาโปรแกรมต่อไป

1.เนื่องจากภายใน PIC16F84 มี RAM ภายในซึ่งสามารถเรียกใช้งานได้ทาง FSR และ INDF จึงเป็นไปได้ที่จะเขียนโปรแกรมให้มีการจดจำเส้นทางที่เคยรับมาทางรีโมท และสามารถเดินตามทางที่จดจำได้ ซึ่งมี RAM ประมาณ 60byte ถ้าจดจำทุกๆ 0.5 วินาที ก็จะสามารถจำได้ 1 นาที และการที่จะนับ 0.5 วินาทีก็สามารถทำได้โดยการใช้ TMR0 ซึ่งเป็น ไทเมอร์เคาท์เตอร์ได้ และต้องต่อวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา ซึ่งสามารถสร้างได้ดังแสดงในรูปที่ 6.28 เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณ clock โดยใช้ไอซี 555 ซึ่งการคำนวณความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสามารถกำหนดได้จาก R1, R2 และ C1, C2 ตามรูปที่ 6.28 นี้ คำนวณความถี่ได้ประมาณ 16 KHz นำเอาที่พูทที่ขา 3 ไปต่อเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณ clock ภายนอกที่ป้อนให้กับ PIC16F84 ในส่วนของเทอมนี้ได้ทำการใช้ RAM และ ใช้วงจร 555 ดังรูปที่ 6.28 เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถจำสถานะได้ทุกๆ 0.5 วินาที แต่ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร กล่าวคือ หุ่นยนต์สามารถจำได้สถานะแรกของการเคลื่อนที่เพียงเท่านั้น ซึ่งจะต้องทำการพัฒนาต่อไป

2.ภายใน PIC16F84 มี EEPROM ดังนั้นสามารถบันทึกเส้นทางที่จำได้อย่างถาวร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MOTOROLA

See Page 6-5

MC14011UB, MC14012UB
See Page 6-14

DUAL TYPE D FLIP-FLOP

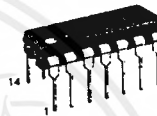
The MC14013B dual type D flip-flop is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. Each flip-flop has independent Data; (D), Direct Set, (S), Direct Reset, (R), and Clock (C) inputs and complementary outputs (Q and \bar{Q}). These devices may be used as shift register elements or as type T flip-flops for counter and toggle applications.

- Static Operation
- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Logic Edge-Clocked Flip-Flop Design
Logic state is retained indefinitely with clock level either high or low; information is transferred to the output only on the positive-going edge of the clock pulse
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Pin-for-Pin Replacement for CD4013B

MC14013B



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 632



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 646



D SUFFIX
SOIC
CASE 751A

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage	-0.5 to -18.0	V
V _{in} , V _{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	-0.5 to V _{DD} -0.5	V
I _{in} , I _{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	± 10	mA
P _D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to -150	°C
T _L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

†Temperature Derating: Plastic "P and D/DW" Packages: -7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic "L" Packages: -12 mW/°C From 100°C To 125°C

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP Plastic
MC14XXXBCL Ceramic
MC14XXXBD SOIC

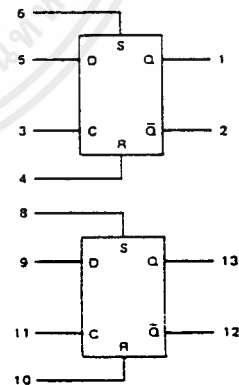
T_A = -55° to 125°C for all packages.

TRUTH TABLE

CLOCK †	INPUTS			OUTPUTS		
	DATA	RESET	SET	Q	\bar{Q}	
	0	0	0	0	1	No Change
	1	0	0	1	0	
	x	0	0	Q	\bar{Q}	
x	x	1	0	0	1	
x	x	0	1	1	0	
x	x	1	1	1	1	

x = Don't Care
† = Level Change

BLOCK DIAGRAM



V_{DD} = Pin 14
V_{SS} = Pin 7

6

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	-55°C		25°C			125°C		Unit	
			Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max		
Output Voltage Min = V _{DD} or 0 Vin = 0 or V _{DD}	"0" Level VOL	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc	
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05		
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05		
	"1" Level VOH	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc	
		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—		
		15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—		
Input Voltage (VO = 4.5 or 0.5 Vdc) (VO = 9.0 or 1.0 Vdc) (VO = 13.5 or 1.5 Vdc) (VO = 0.5 or 4.5 Vdc) (VO = 1.0 or 9.0 Vdc) (VO = 1.5 or 13.5 Vdc)	"0" Level VIL	5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	Vdc	
		10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0		
		15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0		
	"1" Level VIH	5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	Vdc	
		10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—		
		15	11	—	11	8.25	—	11	—		
Output Drive Current (VOH = 2.5 Vdc) (VOH = 4.6 Vdc) (VOH = 9.5 Vdc) (VOH = 13.5 Vdc) (VOL = 0.4 Vdc) (VOL = 0.5 Vdc) (VOL = 1.5 Vdc)	Source IOH	5.0	-3.0	—	-2.4	-4.2	—	-1.7	—	mAdc	
		5.0	-0.64	—	-0.51	-0.88	—	-0.36	—		
		10	-1.6	—	-1.3	-2.25	—	-0.9	—		
	Sink IOL	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc	
		10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—		
		15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—		
Input Current	I _{in}	15	—	±0.1	—	±0.00001	±0.1	—	±1.0	μAdc	
Input Capacitance (Vin = 0)	C _{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF	
Quiescent Current (Per Package)	I _{DD}	5.0	—	1.0	—	0.002	1.0	—	30	μAdc	
		10	—	2.0	—	0.004	2.0	—	60		
		15	—	4.0	—	0.006	4.0	—	120		
Total Supply Current*† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (CL = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	IT	5.0	IT = (0.75 μA/kHz) f + I _{DD}								μAdc
		10	IT = (1.5 μA/kHz) f + I _{DD}								
		15	IT = (2.3 μA/kHz) f + I _{DD}								

*Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

†The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

‡To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

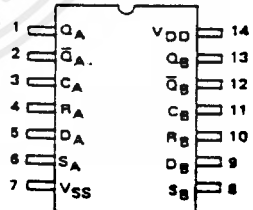
$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + (C_L - 50) \text{ V/k}$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V = (V_{DD} - V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.002.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

PIN ASSIGNMENT



MC14013B

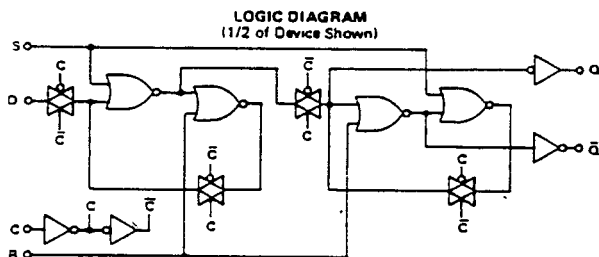
SWITCHING CHARACTERISTICS* (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

Characteristic	Symbol	V _{DD}	Min	Typ #	Max	Unit
Output Rise and Fall Time						
t _{TLH} , t _{THL} = (1.5 ns/pF) C _L + 25 ns	t _{TLH} , t _{THL}	5.0	—	100	200	ns
t _{TLH} , t _{THL} = (0.75 ns/pF) C _L + 12.5 ns		10	—	50	100	
t _{TLH} , t _{THL} = (0.55 ns/pF) C _L + 9.5 ns		15	—	40	80	
Propagation Delay Time						
Clock to Q, \bar{Q}	t _{PLH} , t _{PHL}					ns
t _{PLH} , t _{PHL} = (1.7 ns/pF) C _L + 90 ns		5.0	—	175	350	
t _{PLH} , t _{PHL} = (0.66 ns/pF) C _L + 42 ns		10	—	75	150	
t _{PLH} , t _{PHL} = (0.5 ns/pF) C _L + 25 ns		15	—	50	100	
Set to Q, \bar{Q}						
t _{PLH} , t _{PHL} = (1.7 ns/pF) C _L + 90 ns		5.0	—	175	350	
t _{PLH} , t _{PHL} = (0.66 ns/pF) C _L + 42 ns		10	—	75	150	
t _{PLH} , t _{PHL} = (0.5 ns/pF) C _L + 25 ns		15	—	50	100	
Reset to Q, \bar{Q}						
t _{PLH} , t _{PHL} = (1.7 ns/pF) C _L + 265 ns		5.0	—	225	450	
t _{PLH} , t _{PHL} = (0.66 ns/pF) C _L + 67 ns		10	—	100	200	
t _{PLH} , t _{PHL} = (0.5 ns/pF) C _L + 50 ns		15	—	75	150	
Setup Times**	t _{su}	5.0	40	20	—	ns
		10	20	10	—	
		15	15	7.5	—	
Hold Times**	t _h	5.0	40	20	—	ns
		10	20	10	—	
		15	15	7.5	—	
Clock Pulse Width	t _{WL} , t _{WH}	5.0	250	125	—	ns
		10	100	50	—	
		15	70	35	—	
Clock Pulse Frequency	f _{cl}	5.0	—	4.0	2.0	MHz
		10	—	10	5.0	
		15	—	14	7.0	
Clock Pulse Rise and Fall Time	t _{TLH} , t _{THL}	5.0	—	—	15	μs
		10	—	—	5.0	
		15	—	—	4.0	
Set and Reset Pulse Width	t _{WL} , t _{WH}	5.0	250	125	—	ns
		10	100	50	—	
		15	70	35	—	
Removal Times	t _{rem}					ns
Set		5	80	0	—	
		10	45	5	—	
		15	35	5	—	
Reset		5	50	-35	—	
		10	30	-10	—	
		15	25	-5	—	

*The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

#Data labeled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

**Data must be valid for 250 ns with a 5 V supply, 100 ns with 10 V, and 70 ns with 15 V.



MC14013B

FIGURE 1 — DYNAMIC SIGNAL WAVEFORMS
(Data, Clock, and Output)

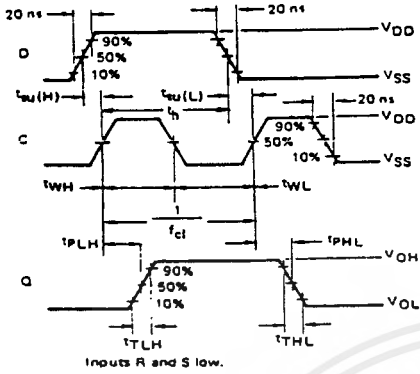
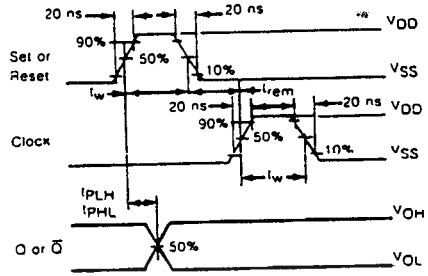
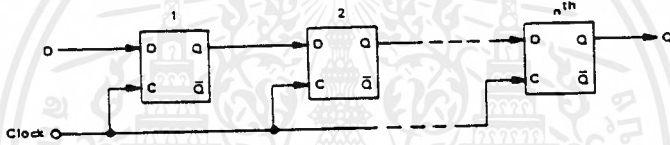


FIGURE 2 — DYNAMIC SIGNAL WAVEFORMS
(Set, Reset, Clock, and Output)

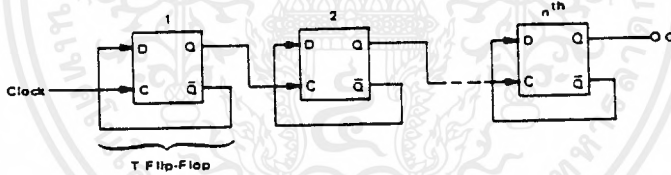


TYPICAL APPLICATIONS

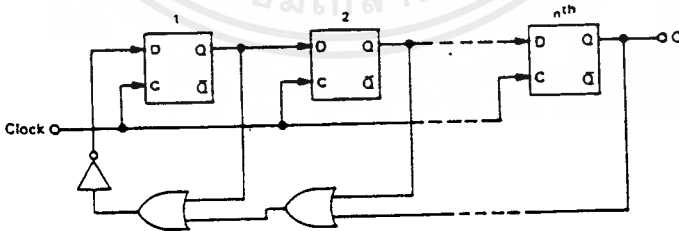
n-STAGE SHIFT REGISTER



BINARY RIPPLE UP-COUNTER (Divide-by- 2^n)



MODIFIED RING COUNTER (Divide-by-(n + 1))





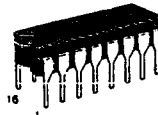
MOTOROLA

MC14028B

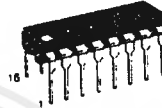
**BCD-TO-DECIMAL DECODER
BINARY-TO-OCTAL DECODER**

The MC14028B decoder is constructed so that an 8421 BCD code on the four inputs provides a decimal (one-of-ten) decoded output, while a 3-bit binary input provides a decoded octal (one-of-eight) code output with D forced to a logic "0". Expanded decoding such as binary-to-hexadecimal (one-of-16), etc., can be achieved by using other MC14028B devices. The part is useful for code conversion, address decoding, memory selection control, demultiplexing, or read-out decoding.

- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Positive Logic Design
- Low Outputs on All Illegal Input Combinations
- Similar to CD4028B.



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648



D SUFFIX
SOIC
CASE 7518

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP Plastic
MC14XXXBCL Ceramic
MC14XXXBD SOIC

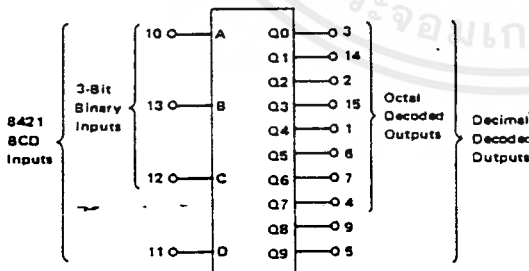
T_A = -55° to 125°C for all packages.

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage	-0.5 to +18.0	V
V _{in} , V _{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	-0.5 to V _{DD} - 0.5	V
I _{in} , I _{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	±10	mA
P _D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to +150	°C
T _L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
†Temperature Derating: Plastic "P and D/DW" Packages: -7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic "L" Packages: -12 mW/°C From 100°C To 125°C

BLOCK DIAGRAM



TRUTH TABLE

INPUT				OUTPUT									
D	C	B	A	Q9	Q8	Q7	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6

MC14028B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	-55°C		25°C			125°C		Unit
			Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max	
Output Voltage V _{in} = V _{DD} or 0	V _{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
V _{in} = 0 or V _{DD}	V _{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc
		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
Input Voltage (V _O = 4.5 or 0.5 Vdc) (V _O = 9.0 or 1.0 Vdc) (V _O = 13.5 or 1.5 Vdc)	V _{IL}	5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	Vdc
		10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0	
(V _O = 0.5 or 4.5 Vdc) (V _O = 1.0 or 9.0 Vdc) (V _O = 1.5 or 13.5 Vdc)	V _{IH}	5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	Vdc
		10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—	
Output Drive Current (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc)	Source I _{OH}	5.0	-3.0	—	-2.4	-4.2	—	-1.7	—	mAdc
		10	-0.64	—	-0.51	-0.88	—	-0.36	—	
(V _{OL} = 0.4 Vdc) (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc)	Sink I _{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc
		10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
		15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—	
Input Current	I _{in}	15	—	±0.1	—	±0.00001	±0.1	—	±1.0	μAdc
Input Capacitance (V _{in} = 0)	C _{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF
Quiescent Current (Per Package)	I _{DD}	5.0	—	5.0	—	0.005	5.0	—	150	μAdc
		10	—	10	—	0.010	10	—	300	
		15	—	20	—	0.015	20	—	600	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C _L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	I _T	5.0				I _T = (0.3 μA/kHz) f + I _{DD}				μAdc
		10				I _T = (0.6 μA/kHz) f + I _{DD}				
		15				I _T = (0.9 μA/kHz) f + I _{DD}				

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

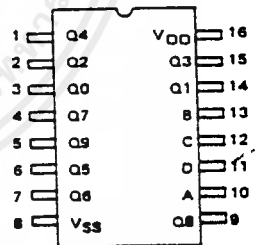
**The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + (C_L - 50) \text{ V/k}$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V = (V_{DD} - V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.001.

PIN ASSIGNMENT



This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

MC14028B

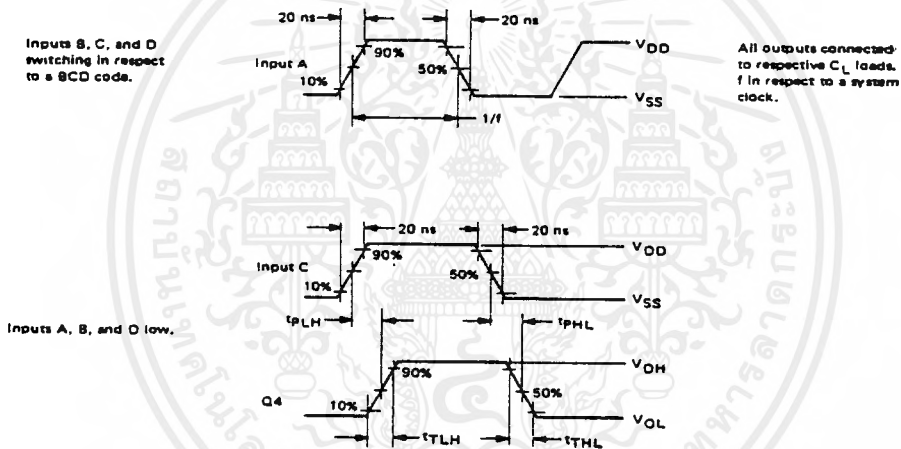
SWITCHING CHARACTERISTICS* ($C_L = 50 \text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

Characteristic	Symbol	V _{DD}	Min	Typ #	Max	Unit
Output Rise and Fall Time						
$t_{TLH}, t_{THL} = (1.5 \text{ ns/pF}) C_L + 25 \text{ ns}$	t_{TLH}, t_{THL}	5.0	-	100	200	ns
$t_{TLH}, t_{THL} = (0.75 \text{ ns/pF}) C_L + 12.5 \text{ ns}$		10	-	50	100	
$t_{TLH}, t_{THL} = (0.55 \text{ ns/pF}) C_L + 9.5 \text{ ns}$		15	-	40	80	
Propagation Delay Time						
$t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 \text{ ns/pF}) C_L + 215 \text{ ns}$	t_{PLH}, t_{PHL}	5.0	-	300	600	ns
$t_{PLH}, t_{PHL} = (0.68 \text{ ns/pF}) C_L + 97 \text{ ns}$		10	-	130	260	
$t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 \text{ ns/pF}) C_L + 65 \text{ ns}$		15	-	90	180	

*The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

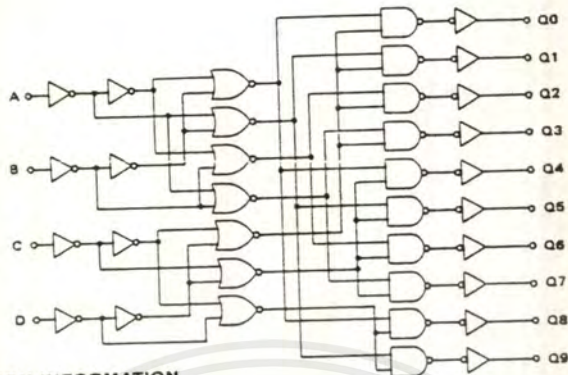
#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

FIGURE 1 - DYNAMIC SIGNAL WAVEFORMS



MC14028B

LOGIC DIAGRAM

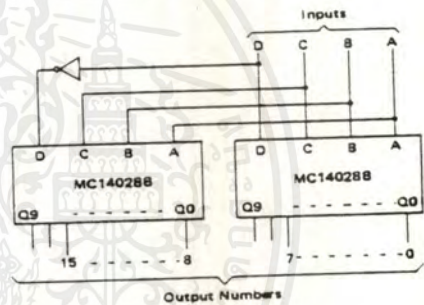


APPLICATION INFORMATION

Expanded decoding can be performed by using the MC14028B and other CMOS Integrated Circuits. The circuit in Figure 2 converts any 4-bit code to a decimal or hexadecimal code. The accompanying table shows the input binary combinations, the associated "output numbers" that go "high" when selected, and the "redefined output numbers" needed for the proper code. For example: For the combination DCBA = 0111 the output number 7 is redefined for the 4-bit binary, 4-bit gray, excess-3, or excess-3 gray codes as 7, 5, 4, or 2, respectively. Figure 3 shows a 6-bit binary 1-of-64 decoder using nine MC14028B circuits and two MC14069UB inverters.

The MC14028B can be used in decimal digit displays, such as, neon readouts or incandescent projection indicators as shown in Figure 4.

FIGURE 2 - CODE CONVERSION CIRCUIT AND TRUTH TABLE



INPUTS				OUTPUT NUMBERS																CODE AND REDEFINED OUTPUT NUMBERS									
																				Hexadecimal					Decimal				
																				4-Bit Binary	4-Bit Gray	Excess-3	Excess-3 Gray	Aiken	4221				
D	C	B	A	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	4-Bit Binary	4-Bit Gray	Excess-3	Excess-3 Gray	Aiken	4221				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0				
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1				
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3	0	3	2	2				
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	2	0	3	3	3				
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	7	1	4	4	4				
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	6	2	5	5	5				
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	4	3	1	4	4				
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	5	4	2	5	5				
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8	15	5	8	5	5				
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9	14	6	6	5	5				
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	12	7	9	5	5				
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	11	13	8	8	5	5				
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	8	9	5	6	6				
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	9	6	6	7	7				
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	11	7	8	8	8				
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	10	8	7	9	9				

MC14028B

FIGURE 3 – SIX-BIT BINARY 1-OF-64 DECODER

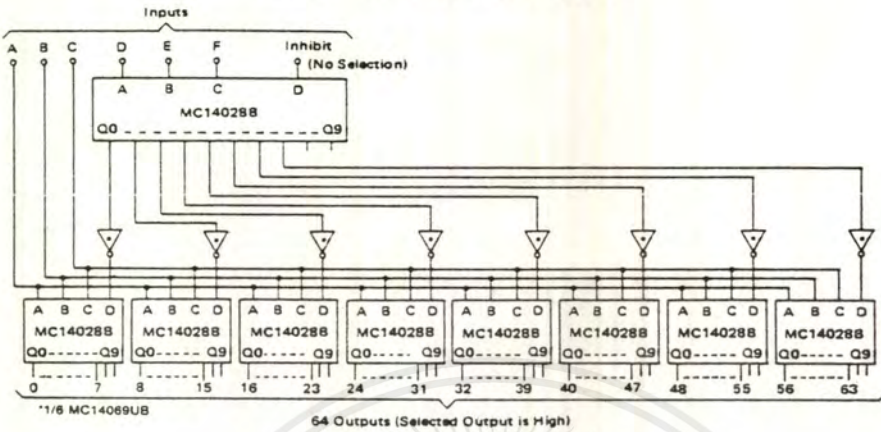
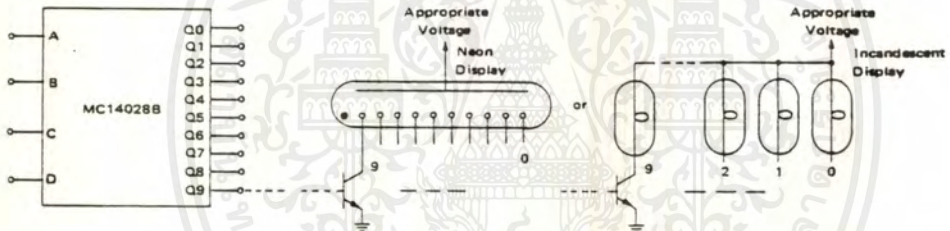


FIGURE 4 – DECIMAL DIGIT DISPLAY APPLICATION



6

LMD18201 3A, 55V H-Bridge

General Description

The LMD18201 is a 3A H-Bridge designed for motion control applications. The device is built using a multi-technology process which combines bipolar and CMOS control circuitry with DMOS power devices on the same monolithic structure. The H-Bridge configuration is ideal for driving DC and stepper motors. The LMD18201 accommodates peak output currents up to 6A. Current sensing can be achieved via a small sense resistor connected in series with the power ground lead. For current sensing without disturbing the path of current to the load, the LMD18200 is recommended.

Features

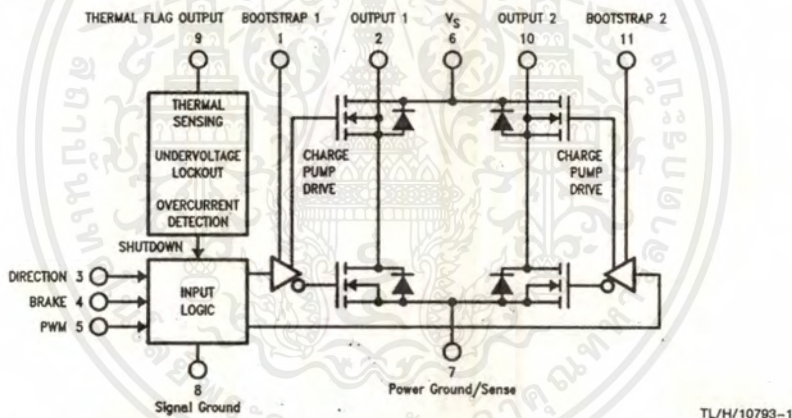
- Delivers up to 3A continuous output
- Operates at supply voltages up to 55V
- Low $R_{DS(ON)}$ typically 0.33 Ω per switch

- TTL and CMOS compatible inputs
- No "shoot-through" current
- Thermal warning flag output at 145°C
- Thermal shutdown (outputs off) at 170°C
- Internal clamp diodes
- Shorted load protection
- Internal charge pump with external bootstrap capability

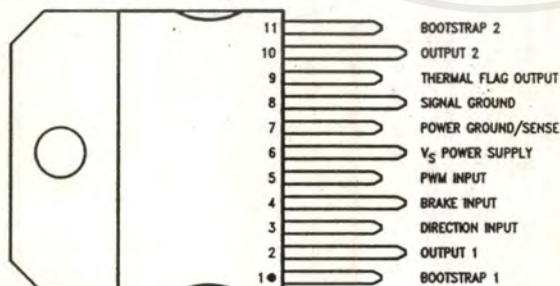
Applications

- DC and stepper motor drives
- Position and velocity servomechanisms
- Factory automation robots
- Numerically controlled machinery
- Computer printers and plotters

Functional Diagram



Connection Diagram and Ordering Information



MOUNTING TAB CONNECTED TO GROUND (PIN 7)

Top View

Order Number LMD18201T
See NS Package Number TA11B

TL/H/10793-2

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Total Supply Voltage (V_S , Pin 6)	60V
Voltage at Pins 3, 4, 5 and 9	12V
Voltage at Bootstrap Pins (Pins 1 and 11)	$V_{OUT} + 16V$
Peak Output Current (200 ms)	6A
Continuous Output Current (Note 2)	3A
Power Dissipation (Note 3)	25W
Sense Voltage (Pin 7 to Pin 8)	+0.5V to -1.0V

Power Dissipation ($T_A = 25^\circ\text{C}$, Free Air)	3W
Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$	150°C
ESD Susceptibility (Note 4)	1500V
Storage Temperature, T_{STG}	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	300°C

Operating Ratings (Note 1)

Junction Temperature, T_J	-40°C to +125°C
V_S Supply Voltage	+12V to +55V

Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_S = 42V$, unless otherwise specified. **Boldface** limits apply over the entire operating temperature range, $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$, all other limits are for $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$. (Note 5)

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Limit	Units
$R_{DS(ON)}$	Switch ON Resistance	Output Current = 3A (Note 6)	0.33	0.4/0.6	Ω (max)
$R_{DS(ON)}$	Switch ON Resistance	Output Current = 6A (Note 6)	0.33	0.4/0.6	Ω (max)
V_{CLAMP}	Clamp Diode Forward Drop	Clamp Current = 3A (Note 6)	1.2	1.5	V (max)
V_{IL}	Logic Low Input Voltage	Pins 3, 4, 5		-0.1 0.8	V (min) V (max)
I_{IL}	Logic Low Input Current	$V_{IN} = -0.1V$, Pins = 3, 4, 5		-10	μA (max)
V_{IH}	Logic High Input Voltage	Pins 3, 4, 5		2 12	V (min) V (max)
I_{IL}	Logic High Input Current	$V_{IN} = 12V$, Pins = 3, 4, 5		10	μA (max)
	Undervoltage Lockout	Outputs Turn OFF		9 11	V (min) V (max)
T_{JW}	Warning Flag Temperature	Pin 9 $\leq 0.8V$, $I_L = 2\text{mA}$	145		$^\circ\text{C}$
$V_{F(ON)}$	Flag Output Saturation Voltage	$T_J = T_{JW}$, $I_L = 2\text{mA}$	0.15		V
$I_{F(OFF)}$	Flag Output Leakage	$V_F = 12V$	0.2	10	μA (max)
T_{JSD}	Shutdown Temperature	Outputs Turn OFF	170		$^\circ\text{C}$
I_S	Quiescent Supply Current	All Logic Inputs Low	13	25	mA (max)
$t_{D(ON)}$	Output Turn-On Delay Time	Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	300 300		ns ns
t_{ON}	Output Turn-On Switching Time	Bootstrap Capacitor = 10 nF Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	100 80		ns ns
$t_{D(OFF)}$	Output Turn-Off Delay Times	Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	200 200		ns ns
t_{OFF}	Output Turn-Off Switching Times	Bootstrap Capacitor = 10 nF Sourcing Outputs, $I_{OUT} = 3A$ Sinking Outputs, $I_{OUT} = 3A$	75 70		ns ns
t_{PW}	Minimum Input Pulse Width	Pins 3, 4 and 5	1		μs
t_{CPR}	Charge Pump Rise Time	No Bootstrap Capacitor	20		μs

Electrical Characteristics (Continued)

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions.

Note 2: See Application Information for details regarding current limiting.

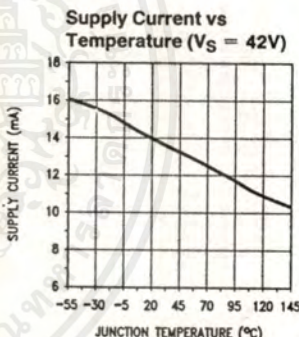
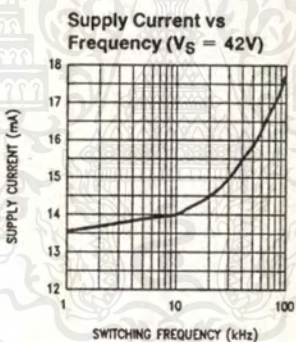
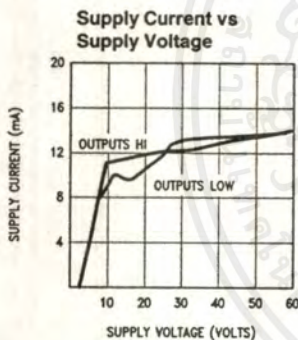
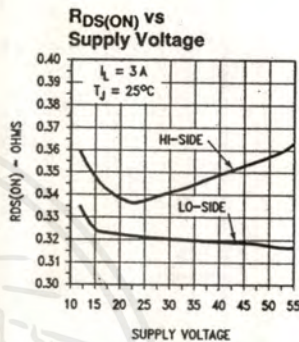
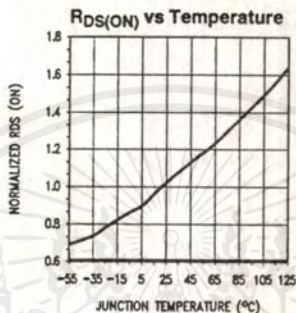
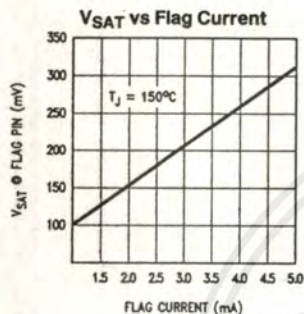
Note 3: The maximum power dissipation must be derated at elevated temperatures and is a function of $T_{J(max)}$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any temperature is $P_{D(max)} = (T_{J(max)} - T_A)/\theta_{JA}$, or the number given in the Absolute Ratings, whichever is lower. The typical thermal resistance from junction to case (θ_{JC}) is 1.0°C/W and from junction to ambient (θ_{JA}) is 30°C/W . For guaranteed operation $T_{J(max)} = 125^\circ\text{C}$.

Note 4: Human-body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor. Except Bootstrap pins (pins 1 and 11) which are protected to 1000V of ESD.

Note 5: All limits are 100% production tested at 25°C. Temperature extreme limits are guaranteed via correlation using accepted SQC (Statistical Quality Control) methods. All limits are used to calculate AOQL, (Average Outgoing Quality Level).

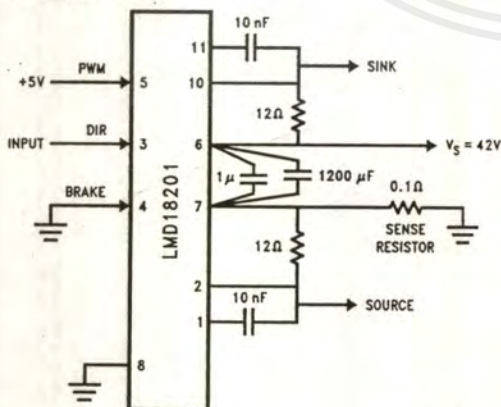
Note 6: Output currents are pulsed ($t_{PW} < 2$ ms, Duty Cycle $< 5\%$).

Typical Performance Characteristics



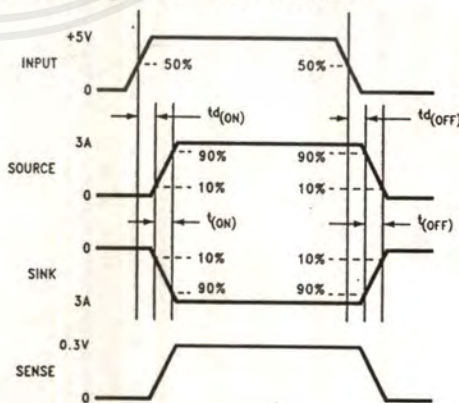
TL/H/10793-3

Test Circuit



TL/H/10793-8

Switching Time Definitions



TL/H/10793-9

Pinout Description (See Connection Diagram)

Pin 1, BOOTSTRAP 1 Input: Bootstrap capacitor pin for half H-Bridge number 1. The recommended capacitor (10 nF) is connected between pins 1 and 2.

Pin 2, OUTPUT 1: Half H-Bridge number 1 output.

Pin 3, DIRECTION Input: See Table I. This input controls the direction of current flow between OUTPUT 1 and OUTPUT 2 (pins 2 and 10) and, therefore, the direction of rotation of a motor load.

Pin 4, BRAKE Input: See Table I. This input is used to brake a motor by effectively shorting its terminals. When braking is desired, this input is taken to a logic high level and it is also necessary to apply logic high to PWM input, pin 5. The drivers that short the motor are determined by the logic level at the DIRECTION input (Pin 3): with Pin 3 logic high, both current sourcing output transistors are ON; with Pin 3 logic low, both current sinking output transistors are ON. All output transistors can be turned OFF by applying a logic high to Pin 4 and a logic low to PWM input Pin 5; in this case only a small bias current (approximately -1.5 mA) exists at each output pin.

Pin 5, PWM Input: See Table I. How this input (and DIRECTION input, Pin 3) is used is determined by the format of the PWM Signal.

Pin 6, V_S Power Supply

Pin 7, POWER GROUND/SENSE Connection: This pin is the ground return for the power DMOS transistors of the H-Bridge. The current through the H-Bridge can be sensed by adding a small, 0.1 Ω , sense resistor from this pin to the power supply ground.

Pin 8, SIGNAL GROUND: This is the ground return for the internal logic circuitry used to control the PWM switching of the H-Bridge.

Pin 9, THERMAL FLAG Output: This pin provides the thermal warning flag output signal. Pin 9 becomes active-low at 145°C (junction temperature). However the chip will not shut itself down until 170°C is reached at the junction.

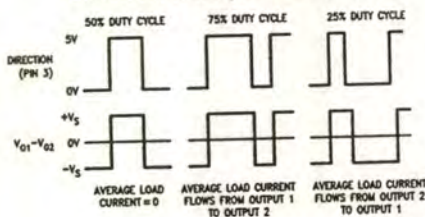
Pin 10, OUTPUT 2: Half H-Bridge number 2 output.

Pin 11, BOOTSTRAP 2 Input: Bootstrap capacitor pin for half H-Bridge number 2. The recommended capacitor (10 nF) is connected between pins 10 and 11.

TABLE I. Logic Truth Table

PWM	Dir	Brake	Active Output Drivers
H	H	L	Source 1, Sink 2
H	L	L	Sink 1, Source 2
L	X	L	Source 1, Source 2
H	H	H	Source 1, Source 2
H	L	H	Sink 1, Sink 2
L	X	H	NONE

Locked Anti-Phase PWM Control



TL/H/10793-4

Application Information

TYPES OF PWM SIGNALS

The LMD18201 readily interfaces with different forms of PWM signals. Use of the part with two of the more popular forms of PWM is described in the following paragraphs.

Simple, locked anti-phase PWM consists of a single, variable duty-cycle signal in which is encoded both direction and amplitude information. A 50% duty-cycle PWM signal represents zero drive, since the net value of voltage (integrated over one period) delivered to the load is zero. For the LMD18201, the PWM signal drives the direction input (pin 3) and the PWM input (pin 5) is tied to logic high.

Sign/magnitude PWM consists of separate direction (sign) and amplitude (magnitude) signals. The (absolute) magnitude signal is duty-cycle modulated, and the absence of a pulse signal (a continuous logic low level) represents zero drive. Current delivered to the load is proportional to pulse width. For the LMD18201, the DIRECTION input (pin 3) is driven by the sign signal and the PWM input (pin 5) is driven by the magnitude signal.

USING THE THERMAL WARNING FLAG

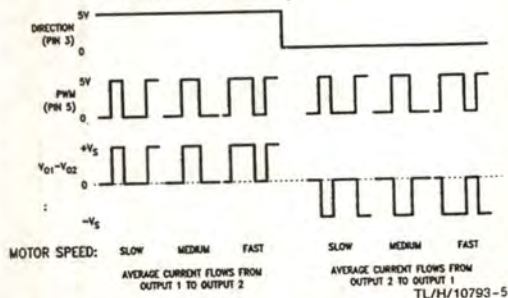
The THERMAL FLAG output (pin 9) is an open collector transistor. This permits a wired OR connection of thermal warning flag outputs from multiple LMD18201's, and allows the user to set the logic high level of the output signal swing to match system requirements. This output typically drives the interrupt input of a system controller. The interrupt service routine would then be designed to take appropriate steps, such as reducing load currents or initiating an orderly system shutdown. The maximum voltage compliance on the flag pin is 12V.

SUPPLY BYPASSING

During switching transitions the levels of fast current changes experienced may cause troublesome voltage transients across system stray inductances.

It is normally necessary to bypass the supply rail with a high quality capacitor(s) connected as close as possible to the V_S Power Supply (Pin 6) and POWER GROUND (Pin 7). A 1 μ F high-frequency ceramic capacitor is recommended. Care should be taken to limit the transients on the supply pin below the Absolute Maximum Rating of the device. When operating the chip at supply voltages above 40V a voltage suppressor (transorb) such as P6KE62A is recommended from supply to ground. Typically the ceramic capacitor can be eliminated in the presence of the voltage suppressor. Note that when driving high load currents a greater amount of supply bypass capacitance (in general at least 100 μ F per Amp of load current) is required to absorb the recirculating currents of the inductive loads.

Sign/Magnitude PWM Control



Application Information (Continued)

CURRENT LIMITING

Current limiting protection circuitry has been incorporated into the design of the LMD18201. With any power device it is important to consider the effects of the substantial surge currents through the device that may occur as a result of shorted loads. The protection circuitry monitors the current through the upper transistors and shuts off the power device as quickly as possible in the event of an overload condition (the threshold is set to approximately 10A). In a typical motor driving application the most common overload faults are caused by shorted motor windings and locked rotors. Under these conditions the inductance of the motor (as well as any series inductance in the V_{CC} supply line) serves to reduce the magnitude of a current surge to a safe level for the LMD18201. Once the device is shut down, the control circuitry will periodically try to turn the power device back on. This feature allows the immediate return to normal operation once the fault condition has been removed. While the fault remains however, the device will cycle in and out of thermal shutdown. This can create voltage transients on the V_{CC} supply line and therefore proper supply bypassing techniques are required.

The most severe condition for any power device is a direct, hard-wired ("screwdriver") long term short from an output to ground. This condition can generate a surge of current through the power device on the order of 15 Amps and require the die and package to dissipate up to 500W of power for the short time required for the protection circuitry to shut off the power device. This energy can be destructive, particularly at higher operating voltages (>30V) so some precautions are in order. Proper heat sink design is essential and it is normally necessary to heat sink the V_{CC} supply pin (pin 6) with 1 square inch of copper on the PC board.

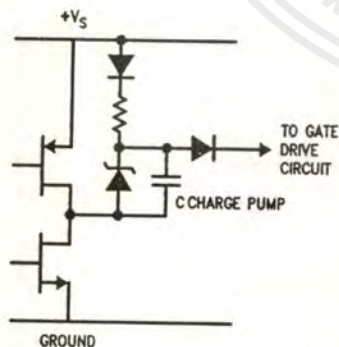


FIGURE 1. Internal Charge Pump Circuitry

TL/H/10793-6

INTERNAL CHARGE PUMP AND USE OF BOOTSTRAP CAPACITORS

To turn on the high-side (sourcing) DMOS power devices, the gate of each device must be driven approximately 8V more positive than the supply voltage. To achieve this an internal charge pump is used to provide the gate drive voltage. As shown in Figure 1, an internal capacitor is alternately switched to ground and charged to about 14V, then switched to V_S thereby providing a gate drive voltage greater than V_S . This switching action is controlled by a continuously running internal 300 kHz oscillator. The rise time of this drive voltage is typically 20 μ s which is suitable for operating frequencies up to 1 kHz.

For higher switching frequencies, the LMD18201 provides for the use of external bootstrap capacitors. The bootstrap principle is in essence a second charge pump whereby a large value capacitor is used which has enough energy to quickly charge the parasitic gate input capacitance of the power device resulting in much faster rise times. The switching action is accomplished by the power switches themselves (Figure 2). External 10 nF capacitors, connected from the outputs to the bootstrap pins of each high-side switch provide typically less than 100 ns rise times allowing switching frequencies up to 500 kHz.

INTERNAL PROTECTION DIODES

A major consideration when switching current through inductive loads is protection of the switching power devices from the large voltage transients that occur. Each of the four switches in the LMD18201 have a built-in protection diode to clamp transient voltages exceeding the positive supply or ground to a safe diode voltage drop across the switch.

The reverse recovery characteristics of these diodes, once the transient has subsided, is important. These diodes must come out of conduction quickly and the power switches must be able to conduct the additional reverse recovery current of the diodes. The reverse recovery time of the diodes protecting the sourcing power devices is typically only 70 ns with a reverse recovery current of 1A when tested with a full 3A of forward current through the diode. For the sinking devices the recovery time is typically 100 ns with 4A of reverse current under the same conditions.

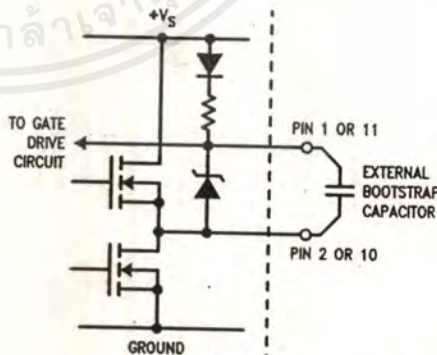


FIGURE 2. Bootstrap Circuitry

TL/H/10793-7

Typical Applications

BASIC MOTOR DRIVER

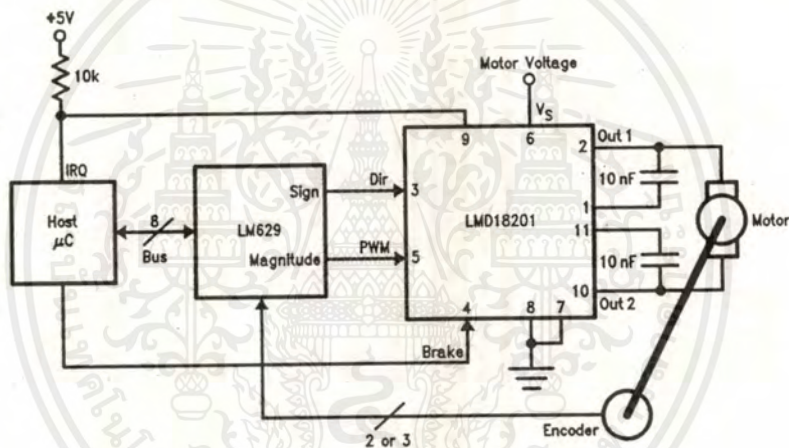
The LMD18201 can directly interface to any Sign/Magnitude PWM controller. The LM629 is a motion control processor that outputs a Sign/Magnitude PWM signal to coordinate either positional or velocity control of DC motors. The LMD18201 provides fully protected motor driver stage.

CURRENT SENSING

In many motor control applications it is desirable to sense and control the current through the motor. For these types of applications a companion product, the LMD18200, is also available. The LMD18200 is identical to the LMD18201 but has current sensing transistors that output a current directly proportional to the current conducted by the two upper DMOS power devices to a separate current sense pin. This technique does not require a low valued, power sense resistor and does not subtract from the available voltage drive to the motor.

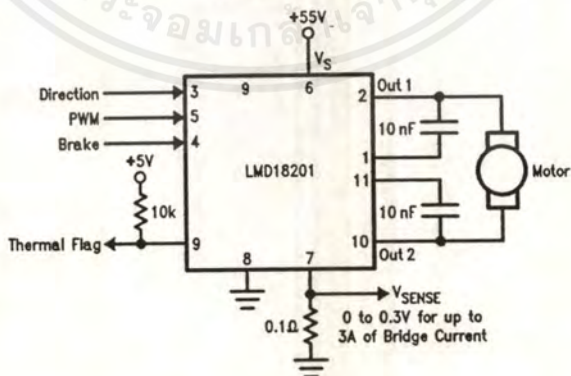
To sense the bridge current through the LMD18201 requires the addition of a small sense resistor between the power ground/sense pin (Pin 7) and the actual circuit ground. This resistor should have a value of 0.1Ω or less to stay within the allowable voltage compliance of the sense pin, particularly at higher operating current levels. The voltage between power ground/sense (Pin 7) and the signal ground (Pin 8) must stay within the range of $-1V$ to $+0.5V$. Internally there is approximately 25Ω between pins 7 and 8 and this resistance will slightly reduce the value of the external sense resistor. Approximately 70% of the quiescent supply current (10 mA) flows out of pin 7. This will cause a slight offset to the voltage across the sense resistor when the bridge is not conducting. During reverse recovery of the internal protection diodes the voltage compliance between pins 7 and 8 may be exceeded. The duration of these spikes however are only approximately 100 ns and do not have enough time or energy to disrupt the operation of the LMD18201.

Basic Motor Driver



TL/H/10793-10

Current Sensing



TL/H/10793-11

```

list p=16f84
; code protect off
; power up timer on
; watch dog timer off
; XT oscilator

```

```

;*****Byte define*****

```

```

option_ equ 0x01
tmr0    equ 0x01
status  equ 0x03
porta   equ 0x05
portb   equ 0x06
mcount  equ 0x0c
intcon  equ 0x0b
ncount  equ 0x0d
temp    equ 0x0e
pcount  equ 0x0f

```

```

;*****Bit define*****

```

```

c      equ 0
rp0    equ 5
w      equ 0
f      equ 1
gie    equ 7
toie   equ 5
toif   equ 2

```

```

org    0x00

```

```

;*****set port*****
start   bsf     status,rp0      ;select bank 1
        movlw  b'00000001'
        movwf  portb           ;portb = out put except rb0 = in put
        movlw  b'00011111'
        movwf  porta          ;porta = in put

        bcf     status,rp0      ;bank 0
        clrf   portb
        movlw  0x0f8
        andwf  status,f;reset z,DC,C

;*****main*****
main    call   pdelay
        movf   porta,w         ;(porta)-->w
        movwf  temp           ;w-->(temp)
        movlw  b'00001111'
        andwf  temp,f         ;select ra0-ra3

        movf   temp,w         ;(temp)-->w
        sublw  0x01           ;0x01-w-->w
        btfsc  status,2       ;if w=0x01 then call forward else jump 1 statement
        call   fward

        movf   temp,w
        sublw  0x02
        btfsc  status,2
        call   tleft

```

```

movf temp,w
sublw 0x03
btfsc status,2
call bward

movf temp,w
sublw 0x04
btfsc status,2
call tright

movf temp,w
sublw 0x05
btfsc status,2
call trightb

movf temp,w
sublw 0x06
btfsc status,2
call tleftb

movf temp,w
sublw 0x00
btfsc status,2
call stop

goto main

```

```

;*****delay*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay    movlw 0x20
          movwf mcount
m_dec    movlw 0xff
          movwf ncount
n_dec    decfsz ncount,f
          goto  n_dec
          decfsz mcount,f
          goto  m_dec
          return

```

```

;*****pwm_delay*****

```

```

pdelay   movlw 0xff
          movwf pcount
dec      decfsz pcount,f
          goto  dec
          return

```

```

;*****forward*****

```

```

fward    bsf    portb,7
          bsf    portb,6
          bsf    portb,5
          bsf    portb,4
          call   delay
          call   delay
          bcf    portb,6
          bcf    portb,4
          call   pdelay
          return

```

```
;****backward****
```

```
bward bcf portb,7  
      bsf portb,6  
      bcf portb,5  
      bsf portb,4  
      call delay  
      call delay  
      bcf portb,6  
      bcf portb,4  
      call pdelay  
      return
```

```
;****turn left****
```

```
tleft bsf portb,7  
      bsf portb,6  
      bcf portb,5  
      bcf portb,4  
      call delay  
      bcf portb,6  
      bcf portb,4  
      call pdelay  
      return
```

```
;****turn right****
```

```
tright bcf portb,7  
       bcf portb,6  
       bsf portb,5  
       bsf portb,4
```

```
call delay
bcf portb,6
bcf portb,4
call pdelay
return
```

```
;*****turn left back*****
```

```
tleftb bcf portb,7
        bsf portb,6
        bcf portb,5
        bcf portb,4
        call delay
        bcf portb,6
        bcf portb,4
        call pdelay
return
```

```
;*****turn right back*****
```

```
trightb bcf portb,7
         bcf portb,6
         bcf portb,5
         bsf portb,4
         call delay
         bcf portb,6
         bcf portb,4
         call pdelay
return
```

```
;*****stop*****
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
stop bcf portb,7
      bcf portb,6
      bcf portb,5
      bcf portb,4
      call pdelay
      return
      end
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กฤษภา ไชเย็น, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล PIC16F84 Theory and Practical Approach, Inex
2. บริษัท อีทีทีจำกัด ET-BASIC STAMP V2.0 User's Manual
3. วิศรุต ศรีรัตนะการออกแบบและพัฒนาเทคนิคการขับเคลื่อนมอเตอร์ให้หมุนต่อเนื่องในรูปแบบกระแส, วิทยานิพนธ์
4. ทรงชัย วีระทวิมาศระบบควบคุมการติดตามวัตถุอัตโนมัติโดยใช้ข้อมูลภาพ, รายงานผลโครงการวิจัย, ภาควิชาอุตสาหกรรมและการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.



ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541


ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่องการใช้ PIC16F84 ควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้รีโมทอินฟราเรด

ผู้จัดทำ

1. นางสาวจินดา อินธาระ 38014070
2. นายเจษฎา กาญจนะ 38014089
3. นายชูศักดิ์ ออประเสริฐ 38014128



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(สรเดช ศรีสวัสดิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานเรื่อง การใช้ PIC16F84 ควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้รีโมทอินฟราเรด

PIC16F84 μ P Application to Infrared – Remote Controlled Robot


จัดทำโดย นางสาวจินดา อินธาระ 38014070

นายเจษฎา กาญจนะ 38014089

นายชูศักดิ์ ออประเสริฐ 38014128



รายงานฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว


.....
(.....สังเดช ตรีไตรภพ.....)
.....
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้