



เครื่องควบคุมด้วยแสงอินฟราเรด
(INFRARED REMOTE CONTROL)



โดย
นาย ธรรมวัช ศรีวารินทร์
นาย อภิชาติ แพมณี
นาย อภิสิทธิ์ อุสูงเนิน

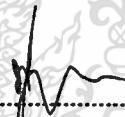
วัน เดือน ปี... 29 ก.พ. 2541
เลขทะเบียน... 038015
เลขเรียกหนังสือ... ๓๙๐๘๕ ๕ ๐๒๑

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมศาสตรการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2539

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2539
ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้จัดทำ

นาย ธรรมรัช	ศรีวารินทร์	37012091
นาย อภิชาติ	แพมณี	37012125
นาย อภิสิทธิ์	อู่สูงเนิน	37012127


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร. พุทธศักดิ์ ชีวสุวิทย์)

เครื่องควบคุมไร้สายด้วยแสงอินฟราเรด

นายธรรมธวัช	ศรีวารินทร์
นายอภิชาติ	แพมณี
นายอภิสิทธิ์	อู่สูงเนิน
รศ. ดร. พุศศักดิ์	ชีวิสุวิทย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ศึกษาถึงการสร้าง ระบบการควบคุมไร้สายด้วยแสงอินฟราเรด และศึกษาถึงวิธีการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ทำงานร่วมกับระบบควบคุมไร้สายเพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร โดยระบบการควบคุมไร้สาย ด้วยแสงอินฟราเรดจะประกอบด้วย ภาควส่ง และ ภาควรับ ถ้ากดสวิทช์แต่ละตัวที่ภาควส่ง ภาควส่งจะทำการเข้ารหัส แล้วส่งเป็นแสงอินฟราเรดมายังภาควรับ ซึ่งจะทำการถอดรหัสเป็นสัญญาณข้อมูลแล้วส่งให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะใช้โปรแกรมทำการวิเคราะห์ สัญญาณข้อมูลแล้วส่งเป็นคำสั่งควบคุมในลักษณะต่างๆ ได้แก่ การเลือกช่องของการควบคุม, การเปิดและปิด, การส่งเวลาปิด, การควบคุมพลังงานไฟฟ้า (การหรี่ไฟ)

Abstract

This thesis presents a designed technique of infrared remote control system for controlling some electrical equipment . This infrared remote control compose of transmitter, reciever, microcontroller and power interface unit . The system can be operated by the transmitting some digital data in infrared form . The reciever unit will decode the data and send them to the microcontroller for analysis and control the power interface unit for acheive some desired function . Some function is designed in this system such as channel selection of 8 channels, on - off and time setting for electrical equipment, and light dimer .

สารบัญ

หัวข้อ	หน้าที่
บทที่ 1 ทฤษฎีทั่วไป	1
- โครงสร้างของ 8051	1
- รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ	15
- ฐานเวลา 1 นาฬิกา	25
- ลักษณะพื้นฐานของ 8255	28
- LED อินฟราเรดกำลังสูง	35
- Remote Control	42
- คุณสมบัติของไครเอค	48
บทที่ 2 ลักษณะ โครงงาน	57
บทที่ 3 การทดลองและผลการทดลอง	76
บทที่ 4 บทวิเคราะห์และบทสรุป	79
กิตติกรรมประกาศ	80
ภาคผนวก	

สารบัญรูป

บทที่ 1

รูปที่ 1	ไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051	หน้าที่ 1
รูปที่ 2	แผนภูมิหน่วยความจำ	" 3
รูปที่ 3	แผนภูมิหน่วยความจำ	" 3
รูปที่ 4	สถาปัตยกรรมของ 8051	" 3
รูปที่ 5	สถาปัตยกรรมของ 8051	" 3
รูปที่ 6	โครงสร้างของ Port 0	" 4
รูปที่ 7	โครงสร้างของ Port 1	" 6
รูปที่ 8	โครงสร้างของ Port 2	" 6
รูปที่ 9	โครงสร้างของ Port 3	" 7
รูปที่ 10	ลำดับการทำงานใน MCS 51	" 9
รูปที่ 11	Timing Diagram ของการอ่าน โปรแกรมจากหน่วยความจำ ภายนอก	" 11
รูปที่ 12	วงจรที่มี Program memory อยู่ภายนอก 8051	" 12
รูปที่ 13	Timing Diagram ของการเขียนข้อมูล ไปยังหน่วยความจำ สำหรับข้อมูลภายนอก	" 13
รูปที่ 14	วงจรที่มีหน่วยความจำสำหรับข้อมูลที่อยู่ภายนอก	" 14
รูปที่ 15	Special Function Register	" 15
รูปที่ 16	แผนภาพค่าตำแหน่งความจำแต่ละบิต	" 16
รูปที่ 17	TMOD Timer/Counter Mode Register	" 20
รูปที่ 18	Timer mode 0 : 13 bit count	" 21
รูปที่ 19	Timer mode 2	" 22
รูปที่ 20	Timer mode 3	" 23
รูปที่ 21	TCON Timer Control Register	" 24
รูปที่ 22	แผนผังการทำงานของวงจรสร้างฐานเวลา 1 นาที	" 25
รูปที่ 23	(ก) วงจรจัดรูปคลื่นสัญญาณนาฬิกา 50 เฮิร์ตซ์ (ข) แสดงรูปร่างสัญญาณที่จุดต่างในวงจร	" 25
รูปที่ 24	วงจรสร้างฐานเวลา 1 นาที	" 27
รูปที่ 25	แผนภาพแบบบัสภายในและขาสัญญาณของไอซี 8255	" 28

รูปที่ 26 ตารางหน้าที่ของขาสัญญาณ ไอซี 8255	หน้าที่ 29
รูปที่ 27 ความหมายของบิตภายในไบต์ข้อมูลควบคุมสำหรับ 8255	" 30
รูปที่ 28 แผนภาพแสดงการสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ให้กับ 8255	" 33
รูปที่ 29 แผนภาพวงจรแสดงการเชื่อมต่อระหว่าง 8255	" 33
รูปที่ 30 ชินส์สารที่วางอยู่ภายในกรอบที่สามารถสะท้อนแสงได้	" 35
รูปที่ 31 การเปล่งแสงของ LED แบบ GaAs และ AlGaAs	" 37
รูปที่ 32 วงจรพัลส์กระแสสูงขับ LED โดยใช้ MOSFET	" 38
รูปที่ 33 กราฟแสดงกระแสของ LED ที่จ่ายโดยวงจรขับที่ใช้ MOSFET	" 39
รูปที่ 34 ภาพหมายของ OD-663 LED อินฟราเรดกำลังสูง	" 40
รูปที่ 35 ภาพที่ได้จากเครื่องแปลงภาพอินฟราเรดของ OD-663	" 41
รูปที่ 36 โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบควบคุมระยะไกล	" 42
รูปที่ 37 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย	" 44
รูปที่ 38 ลักษณะของพัลส์ที่ใช้เป็นรหัสควบคุม	" 45
รูปที่ 39 (ก) การทำงานของรีฟรีจิสเตอร์ (ข) การสร้างพัลส์อนุกรม	" 46
รูปที่ 40 (ก) สัญญาณพัลส์ธรรมชาติ (ข) สัญญาณโทนเบิร์ต	" 47
รูปที่ 41 คุณสมบัติและสัญลักษณ์ของไดรแอค	" 48
รูปที่ 42 คุณสมบัติของเกทของไดรแอค	" 49
รูปที่ 43 การควบคุมแรงดันชนิด 1 เฟส	" 49
รูปที่ 44 วงจรควบคุมแรงดันแบบเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส เมื่อโหลดเป็นอินดักทีฟโหลด	" 50
รูปที่ 45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{ON} และ I_{OFF} ที่มีค่าต่างๆ	" 51
รูปที่ 46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{ON} และ I_{OFF} ที่มีค่าต่างๆ	" 52
รูปที่ 47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{RN} และ I_{OFF} ที่มีค่าต่างๆ	" 53
รูปที่ 48 การลดอัตราเปลี่ยนแปลงของกระแส	" 54
รูปที่ 49 การต่อ Inductor อนุกรมกับโหลด	" 55
รูปที่ 50 การลดการเปลี่ยนแปลงแรงดัน	" 55

บทที่ 2

รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรม	" 57
รูปที่ 2 Infrared Transmitter	" 58
รูปที่ 3 สัญญาณ Pulse ที่จ่ายให้กับ Optodiode ที่เทียบกับสัญญาณ Sine wave	" 59
รูปที่ 4 การหรีไฟที่ระดับต่างๆ	" 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5	โครงการงาน Infrared Remote Control	หน้าที่	60
รูป	Infrared Transmitter	"	62
รูป	Infrared Detector	"	65
รูป	Infrared Reciever	"	66
รูป	Zero Crossing & Clock	"	68
รูป	Digitally Controlled Phase Angle Firing Circuit	"	71

บทที่ 3

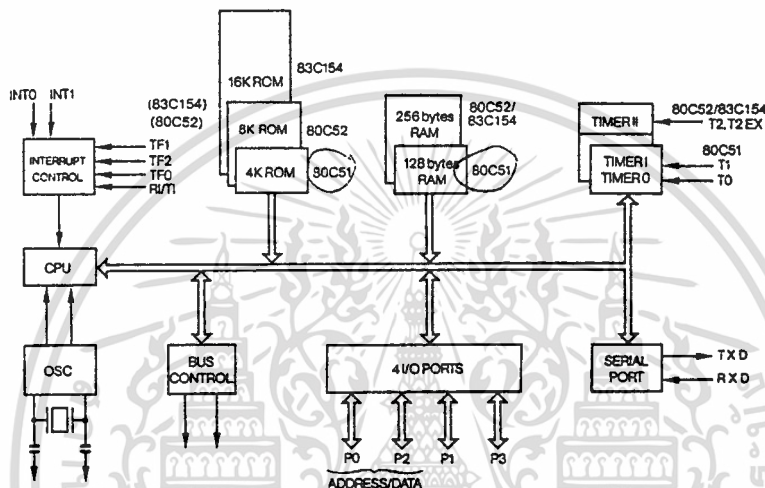
รูปที่ 1	สัญญาณ Zero Crossing	"	77
รูปที่ 2	สัญญาณ นาฬิกา	"	77



บทที่ 1 ทฤษฎีทั่วไป

โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบด้วย GATE ต่าง ๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่ง GATE เหล่านี้จะถูกนำมาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่าง ๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Instruction Decoder) วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock Signal Generator) โครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ ดังไคอะแกรมในรูป



รูปที่ 1 ไคอะแกรมโครงสร้างของ 8051

ไคอะแกรมในรูปด้านบน เป็นโครงสร้างใหญ่ ๆ ของ 8051 เนื่องจากลักษณะของ 8051 เป็นคอมพิวเตอรืจึงประกอบด้วย 3 ส่วนประกอบ คือ

ส่วนที่ 1 คือ CPU (central Processing Unit) หรือตัวประมวลผล ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่น ๆ เรียกว่าวงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจากตัว 8051 ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วยการสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วน CPU นี่จะเป็นการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่ง (Instruction) ตามที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุก ๆ ส่วนในวงจรทำงานประสานกัน (Synchronize) อย่างถูกต้อง

ใน CPU นี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่าส่วนประมวลผล (Arithmetic logic Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเช่น การบวก, ลบ, คูณ หรือหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 คือ หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ถ้าจะให้เห็นภาพพจน์ของหน่วยความจำได้ดีคือ หน่วยความจำเปรียบเหมือนกล่องเก็บเอกสารจำนวนมากที่นำมาต่อเรียงกันไว้ แต่กล่องก็มีเอกสาร 1 แผ่น

ส่วนที่ 3 อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต (Input/Output Device) เป็นส่วนที่จะใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตได้แก่ 4 I/O Port, Timer 0, Timer 1, Serial Port การทำงานของแต่ละส่วนมีดังนี้

1. 4 I/O Port เป็นที่ใช้สำหรับรับ-ส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณ ดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว MCS 51 พอร์ตทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับ-ส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 พอร์ตจะใช้ทำงานมากกว่า 1 อย่างก็ได้
2. Timer 0 และ Timer 1 เป็นวงจรที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไจเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดย CPU
3. Serial Port หรือ พอร์ตอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 bit แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8051 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลก็จะเข้ามารีมาทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิตเพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

8051 มีพอร์ตให้ใช้งานหลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่าง ๆ มากมาย การจะนำพอร์ตเหล่านี้ไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

การจัดการหน่วยความจำของ 8051

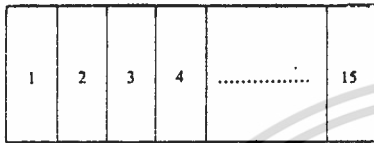
หน่วยความจำของ 8051 แบ่งออกเป็น 2 แบบตามลักษณะการใช้งานคือ

1. Program Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปรหัสภาษาเครื่อง (Machine Language) ซึ่งต้องการให้ 8051 ทำงาน เมื่อ 8051 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่น ๆ ตามการทำงานของ แต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำแบบนี้จะต้องเป็นแบบ Read Only Memory (ROM) และผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ (หน่วยความจำแบบ ROM เป็นแบบ Non volatile ซึ่งเมื่อปิดไฟแล้วข้อมูลก็ไม่มีการสูญหาย) จำนวนตำแหน่งสูงสุดของหน่วยความจำแบบนี้ที่ 8051 จะใช้งานได้คือ 65536 ตำแหน่ง คำตำแหน่ง (Address) จะเขียนเป็นเลขฐาน 16 ได้

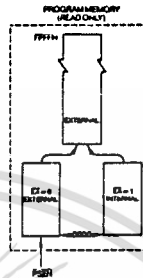
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งแต่ 0000H - FFFFH จำนวน 4 กิโลไบต์ นั้นผู้ใช้จะเลือกได้ว่าเป็นตำแหน่งของ

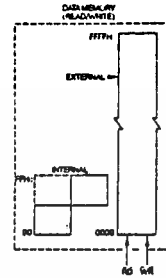
- ROM ที่อยู่ภายในหรือภายนอก 8051 ถ้าต้องการให้ 8051 ทำงานตามคำสั่งที่เก็บไว้ใน ROM ภายใน 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณสถานะลอจิก High (1) เข้าที่ขา EA ของ 8051 แต่ถ้าต้องการให้ทำงานในโปรแกรมที่เก็บไว้ใน ROM ภายนอก 8051 ก็จะใส่ลอจิก Low (0) เข้าที่ขา EA ของ 8051 ส่วนหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 0FFFH - FFFFH จะต้องอยู่ภายนอก 8051 เสมอดังแสดงในแผนภูมิหน่วยความจำ (Memory Map)



รูปที่ 2

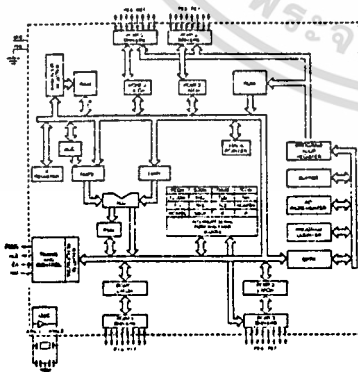


รูปที่ 3

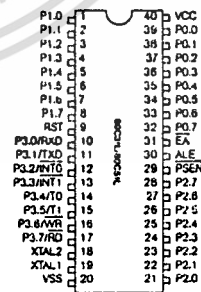


- DATA Memory เป็นหน่วยความจำที่ 8051 จะใช้สำหรับพัก, เก็บข้อมูล แล้วเรียกมาใช้ใหม่ในระหว่างการทำงานของ 8051 การอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำจะกระทำโดยคำสั่งที่เก็บไว้ใน Program Memory หน่วยความจำแบบนี้เป็นประเภท Random Access Memory (Ram) ถ้ามีไฟเลี้ยงอยู่ข้อมูลที่เก็บไว้จะไม่สูญหาย แต่ถ้าปิดเครื่องหรือไม่จ่ายไฟให้แก่ RAM ก็จะไม่สูญหาย การสูญหายของข้อมูลไม่ได้หมายความว่าไม่มีอะไรอยู่เลยแต่เป็นการที่มีข้อมูลใหม่ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลที่เก็บไว้เดิมเข้ามาอยู่แทนที่

สถาปัตยกรรมของ 8051



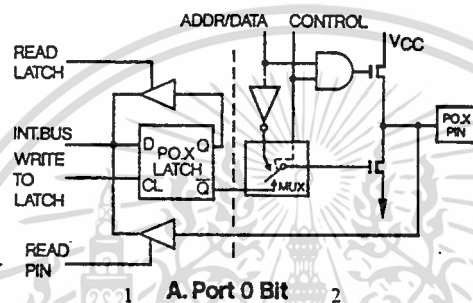
รูปที่ 4



รูปที่ 5

Port 0

เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ยา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิต 0 ถึง บิต 7 ตามลำดับดังรูป แต่ละขาจะเขียนว่า P0.0, P0.1,.....,P0.7 นั้น P0.7 หมายถึงบิต 7 ของพอร์ท 0 ซึ่งเป็นบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุด(Most Significant) และ P0.0 คือ บิต 0 ของพอร์ท 0 เป็นบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (least Significant) พอร์ท 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับ-ส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้เป็นพอร์ทรับ-ส่งข้อมูลก็ได้ ข้อมูลที่ส่งออกจากพอร์ท 0 จะถูก Latch ไว้ที่ขาของพอร์ท โครงสร้างแต่ละบิตของพอร์ท 0 เป็น แบบ Open Drain Bidirectional ดังรูป



รูปที่ 6 โครงสร้างของ พอร์ท 0

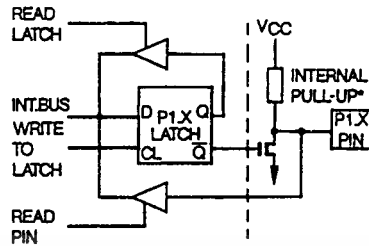
จากโครงสร้างในรูป เมื่อมีคำสั่งการเขียนข้อมูลมายังพอร์ท 0 ข้อมูลจาก Internal Data Bus จะถูก Latch ไว้ที่ D-FF โดยสัญญาณ “Write to Latch” ที่ถูกสร้างมาจากส่วน Timing and Control และในการอ่านข้อมูลจากพอร์ท 0 จะอ่านได้ 2 แบบคือการอ่านข้อมูลที่ส่งไปเก็บไว้ที่พอร์ทก็จะมีสัญญาณ Read Latch มาเพื่ออ่านข้อมูลจาก D-FF กลับเข้าไปยัง Internal Data Bus การอ่านข้อมูลอีกแบบก็คือการอ่านสถานะของสัญญาณที่เข้าทางพอร์ท 0 ก็จะมีสัญญาณ Read Pin มาควบคุมการอ่าน พอร์ท 0 จะใช้งานหลายอย่างดังนี้

1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อด้วย ตำแหน่งหน่วยความจำสูงสุดที่ติดต่อได้ก็คือ 64 kbyte จึงมีค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 16 บิตของเลขฐาน 2 ค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิตล่างจะถูกส่งออกไปทางพอร์ท 0 และ 8 บิตบนจะส่งออกไปทางพอร์ท 2
2. ใช้รับ-ส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory
3. ใช้รับ-ส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทโดยตรง ในกรณีที่ไม่มีการใช้หน่วยความจำของ Program Memory หรือ Data memory ภายนอก

วงจรภายในส่วน timing and Control จะเป็นตัวสร้างสัญญาณมาควบคุมวงจรในรูป เพื่อให้การทำงานแต่ละอย่างข้างต้น เมื่อแต่ละบิตของพอร์ท 0 ทำงานตามข้อ 1 และ 2 ข้างต้นวงจร Timing and control จะทำให้สถานะลอจิกของขา Control เป็น 1 ซึ่งทำให้สวิตช์ MUX อยู่ในตำแหน่งข้างบน เมื่อพอร์ท 0 จะส่งข้อมูลซึ่งเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำหรือข้อมูลที่จะเขียนออกไปยังความจำภายนอกก็จะส่งค่าดังกล่าวมายัง ADDR/DATA ถ้าข้อมูลที่ส่งมาเป็น 1 จะทำให้สัญญาณออกจาก AND GATE เป็น 1 และสัญญาณที่ออกจาก Inverter เป็น 0 ดังนั้น FET ตัวบน ON สถานะลอจิกที่ขา P0.X PIN จะเป็น 1 แต่ถ้าข้อมูลที่ส่งออกมายัง ADDR/DATA เป็น 0 ก็จะทำให้สัญญาณจาก AND GATE เป็น 0 และสัญญาณที่ออกจาก Inverter เป็น 1 ดังนั้น FET ตัวบนจะ OFF ส่วน FET ตัวล่างจะ ON ทำให้สถานะลอจิกที่ขา P0.X pin เป็น 0 เมื่อ 8051 ต้องการใช้พอร์ท 0 สำหรับการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก หรือ ใช้ทำงานในข้อ 3 ข้างบน ก็จะทำให้ได้โดยวงจร Timing and control ทำให้สถานะลอจิกของสัญญาณ Control ในรูปเป็น 0 ทำให้เอาท์พุทจาก AND GATE เป็น 0 FET ตัวบนจะ OFF และสวิตช์ MUX จะอยู่ในตำแหน่งข้างล่าง ดังนั้น FET ตัวล่างจะ ON หรือ OFF ก็แล้วแต่ข้อมูลที่ขา Q ของ D-FF เมื่อมีการเขียนข้อมูลจาก Internal Data Bus มายัง D-FF ก็จะมีสัญญาณ Write to latch มายัง D-FF ด้วย ถ้าข้อมูลที่เขียนมาเป็น 1 ก็จะทำให้ขา Q มีสถานะลอจิกเป็น 0 ทำให้ FET ตัวล่าง OFF ดังนั้นขา P0.X จะอยู่ในสถานะอิมพีแดนซ์สูง (High Impedance) เพราะ FET ทั้ง 2 ตัว OFF แต่ข้อมูลที่เขียนมายัง D-FF เป็น 0 จะทำให้ FET ตัวล่าง ON แต่ตัวบน OFF ทำให้สถานะลอจิกที่ขา P0.X เป็น 1 ดังนั้น PORT 0 เมื่อให้ทำงานเป็นพอร์ท 0 เมื่อให้ทำงานเป็นพอร์ทข้อมูลจะไม่สามารถแสดงสถานะลอจิก 1 ได้จึงต้องต่อตัวต้านทาน Pull Up ไว้ภายนอก ระหว่างขา P0.X กับไฟเลี้ยงวงจรถ้าจะใช้พอร์ท 0 สำหรับรับข้อมูลเข้าจะต้องเขียน 1 มาเก็บไว้ยัง D-FF เสียก่อน เพื่อให้ขา p0.X กับไฟเลี้ยงวงจรถ้าจะใช้พอร์ท 0 สำหรับรับข้อมูลเข้าจะต้องเขียน 1 มาเก็บไว้ยัง D-FF เสียก่อนเพื่อให้ขา P0.X อยู่ในสถานะ High Impedance แล้วจึงใช้คำสั่งอ่านสถานะลอจิกเข้าไปยัง Internal Data bus ต่อไปโดยคำสั่งอ่านสถานะลอจิกทางพอร์ท 0 ก็จะทำให้วงจร Timing and control สร้างสัญญาณ Read Pin สำหรับการอ่านสถานะลอจิกข้างต้นถ้าไม่เขียน 1 มาเก็บไว้ยัง D-FF ก่อนที่จะอ่านข้อมูลแล้วอาจมีข้อมูลค้างอยู่ที่ D-FF ทำให้ Q เป็น 0 และ Q เป็น 1 ซึ่งทำให้ FET ตัวล่าง ON สัญญาณที่ต่อเข้ามาที่ขา P0.X ไม่ว่าจะมีความลอจิกใดจะถูกดึงลงกราวด์ ดังนั้นเมื่ออ่านข้อมูลเข้าไปก็จะพบว่าเป็น 0 เสมอ ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกนั้นวงจร Timing and Control ก็เขียนข้อมูลมายัง D-FF ให้เป็น 1 และสร้างสัญญาณ Control ให้มีลอจิกเป็น 0 ก่อนจะอ่านข้อมูลเข้าไปด้วย

Port 1

เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิต ในรูปที่ 5 คือ ขา P1.0 ถึง P1.7



B. Port 1 Bit

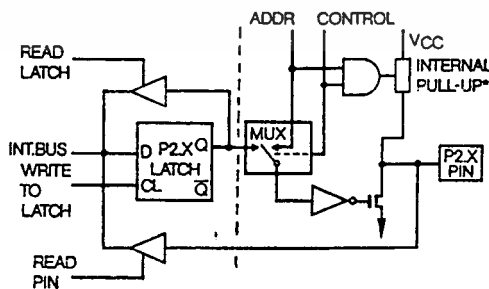
1 2

รูปที่ 7 โครงสร้างของพอร์ท 1

ส่วนที่ 1 คือ Port 1 Latch ในรูปที่ 4 ซึ่งจะมีการทำงานเหมือนกับส่วนที่ 1 ของพอร์ท 0 ในรูปที่ 6 ส่วนที่ 2 คือ Port 1 Driver ในรูปที่ 6 Port 1 driver นี้จะมีตัวต้านทานต่ออยู่เป็น Internal Pull up พอร์ท 1 นี้จะใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับ-ส่งข้อมูลเท่านั้นข้อมูลที่ส่งออกมาทางพอร์ท 1 จะถูก Latch ไว้แล้วส่งออกไปแต่ละขา ก่อนที่จะอ่านข้อมูลเข้าไปทางพอร์ท 1 จะต้องเขียน 1 ไปยังทุกบิตของพอร์ท 1 เสียก่อนเพื่อให้ On ดังนั้นถ้าสัญญาณภายนอกส่งเข้ามาที่นี้ก็จะถูกกดวงจรลงกราวด์ โดยไม่สนใจว่าสถานะลอจิกของสัญญาณที่เข้ามาจะเป็นอะไร ข้อมูลที่อ่านเข้าไปจึงจะเป็น 0 เสมอ

Port 2

พอร์ทขนานขนาด 8 บิต คือขา P2.0-P2.7 ในรูปที่ 5 โครงสร้างของพอร์ท 2 แต่ละบิตจะมีดังรูปที่ 8



C. Port 2 Bit

1 2

รูปที่ 8 โครงสร้างของพอร์ท 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

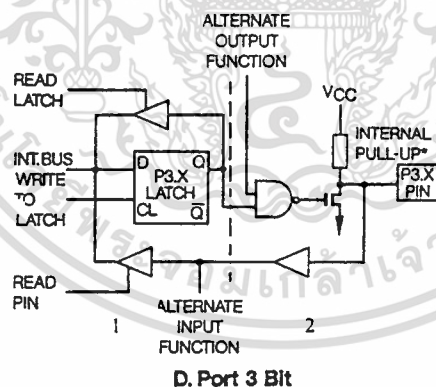
ลักษณะของโครงสร้างจะเหมือนกับ Port 0 แตกต่างกันใน Port 2 นั้นภาค Driver จะใช้งานเพียง 2 ลักษณะคือ

1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อ ค่าตำแหน่งนี้เป็น 8 บิตบนของค่าตำแหน่ง
2. ใช้เป็นพอร์ตรับและส่งข้อมูลกับภายนอก

ดังนั้นภาค Driver ของพอร์ต 2 จึงแตกต่างจาก Driver ของพอร์ต 0 โดยที่ในพอร์ต 2 นั้นจะมีเฉพาะ ADDR (ตำแหน่งหน่วยความจำ) เข้ามาที่ MUX(Multiplexer)เท่านั้น นอกนั้นแล้วการทำงานจะเหมือนกันและที่เอาท์พุทของพอร์ต 2 จะมี Internal pull up ซึ่งเป็นตัวต้านทานและจะทำให้เอาท์พุทของพอร์ต 2 แสดงสถานะลอจิกเป็น 1 ได้ ถ้า FET อยู่ในสถานะ OFF บางครั้งเรียกว่า “Quasi-bidirectional” เมื่อใช้เป็นพอร์ตอินพุทก็สามารถทำได้ โดยการต่อสัญญาณภายนอกเข้ามาโดยตรง ถ้าสัญญาณภายนอกเป็น 0 ก็จะมีกระแสไหลออกจากพอร์ต (Source Current) ในการที่จะใช้พอร์ตนี้เป็นพอร์ตรับข้อมูลเข้า จะต้องเขียน 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตเสียก่อน ดังได้อธิบายในเรื่อง Port 0 และ Port 1

Port 3

คือขา P3.0-P3.7 หรือขา 10-17 ตามลำดับในรูปที่ 5 พอร์ตนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 โครงสร้างของพอร์ต 3

ส่วนที่ 1 ในรูปที่ 9 เป็นส่วน Latch ข้อมูลที่เขียนมายังพอร์ต 3 ทาง Internal Bus เหมือนกับพอร์ตอื่น ๆ และพอร์ต 3 จะมี Internal Pull up อยู่ทุกบิต แต่พอร์ต 3 นี้แต่ละบิตจะใช้ในการทำงานอื่นได้โดยใช้คำสั่งควบคุมการทำงาน ในส่วนที่ 2 จะมีสัญญาณ Alternative Output Function ที่สร้างมาจากส่วน Timing and control สัญญาณ Alternative Output function เป็นสัญญาณที่ส่งออกในกรณีที่ใช้พอร์ต 3 ทำงานในฟังก์ชันอื่น และจุด Alternative Input function

เป็นจุดที่จะเอาสัญญาณไปเข้ากับส่วนอื่นตามการทำงานของบิตนั้น แต่ละบิตของพอร์ท 3 จะมีฟังก์ชันอื่นดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/INT0 (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/INT1 (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/T0 (Timer/Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/counter 0 ที่ทำหน้าที่นับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ T0 นี้หรือสัญญาณ นาฬิกาได้

P3.5/T1 (Timer/counter 1 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยัง Timer/Counter 1 ซึ่งมีการทำงานเหมือนกับ T0

P3.6/WR (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

P3.7/RD (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

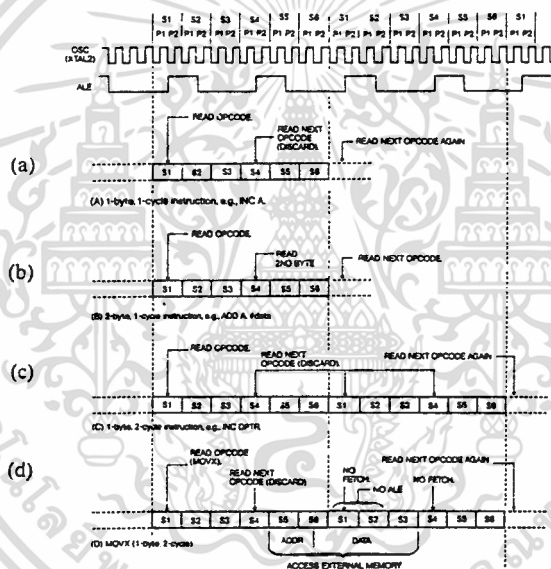
การทำงานของ 8051

จากรูปที่ 5 เมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งมีวงจร Power on reset ต่ออยู่จะมีการรีเซ็ตเกิดขึ้นการทำงานภายใน 8051 จะเริ่มจากบล็อก Diagram Counter ซึ่งเป็นวงจรนับ (Counter Circuit) ชนิดหนึ่งส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมไปบนบัส (Bus) หมายเลข 1 บัสนี้มีขนาด 16 บิต ค่าตำแหน่งหน่วยความจำนี้จะถูกส่งไปเก็บไว้ที่ Program ADDR Register ที่เป็นวงจร Latch ข้อมูลซึ่งเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะปรากฏที่บนบัส 16 บิตหมายเลข 2 ถ้าเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำแรก หลังจากรีเซ็ตค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะเป็น 0000H หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจะเลือกได้ว่าเป็น ROM ภายในหรือภายนอก 8051 โดยการป้อนสภาวะลอจิกเข้าไปที่ 8051 ทางขา EA ซึ่งต่ออยู่กับส่วน Timing and Control ทำหน้าที่เป็นวงจรถอดรหัส (Decoder) แล้วสร้างสัญญาณควบคุมต่อไปถ้าป้อนสัญญาณลอจิก 1 เข้าไปที่ขา EA จะเป็นการเลือก ROM ภายใน 8051 โดยที่วงจร Timing and control จะสร้างสัญญาณไปยัง ROM ภายในให้ส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งจากตำแหน่งที่ถูกชี้ด้วยค่าตำแหน่งที่ส่งมาจากบัสหมายเลข 2 ข้อมูลจาก ROM จะถูกส่งลงไปยังบัสหมายเลข 3 ที่เรียกว่า Internal Data Bus แล้วนำไปเก็บไว้ที่ Instruction Register เพื่อส่งต่อไปให้กับวงจร Timing and Control ทำการถอดรหัสสัญญาณควบคุมการทำงานส่วนอื่น ๆ ต่อไปแล้วแต่จะเป็นคำสั่งให้ทำอะไร ในกรณีที่เลือก ROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายนอก 8051 โดยป้อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าไปที่ขา EA จะทำให้วงจร Timing and Control ส่งสัญญาณไปยังพอร์ท 0 และ พอร์ท 2 เพื่อส่งตำแหน่งหน่วยความจำบนรหัสหมายเลข 2 ออกไปยังหน่วยความจำภายนอก จากนั้นจะอ่านข้อมูลที่ป้อนคำสั่งกลับเข้ามาทางพอร์ท 0 ไปยัง Internal Data Bus แล้วไปเก็บที่ Instruction Register เพื่อทำงานต่อไปเหมือนกับตอนอ่านคำสั่งจาก ROM ภายใน การทำงานในช่วงส่งตำแหน่งหน่วยความจำไปยังหน่วยความจำแล้วอ่านข้อมูลที่ป้อนคำสั่งกลับเข้ามาเก็บไว้ใน Instruction Register เรียกว่าเป็นช่วงของการ Fetch ช่วงต่อไปจะเป็นช่วงของการทำงานตามคำสั่งเรียกว่า Execute Cycle

การทำงานที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะขึ้นกับสัญญาณควบคุมที่สร้างมาจากวงจร Timing and control และสัญญาณที่สร้างขึ้นนี้จะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจาก Oscillator ทำให้การทำงานต่าง ๆ เป็นไปตามลำดับที่ผู้ผลิตได้ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ลำดับสถานะการทำงานใน MCS 51

คำสั่งแต่ละคำสั่งของ 8051 จะใช้เวลาทำงาน 1, 2 หรือ 3 ไชเคลของเครื่อง (Machine Cycle) แล้วแต่ว่าเป็นคำสั่งประเภทใด 1 ไชเคลของเครื่องจะใช้เวลา 12 ไชเคลของสัญญาณนาฬิกา ดังนั้นแต่ละคำสั่งของ 8051 จะใช้เวลาการทำงาน 12, 24 หรือ 36 ไชเคลของสัญญาณนาฬิกานั้นเอง แต่ละไชเคลของสัญญาณนาฬิกาจะถูกแบ่งเป็น 6 State คือ S1, S2, S3, S4, S5, S6 แต่ละ State จะประกอบด้วย 2 ไชเคลของสัญญาณนาฬิกา ในไชเคลแรกจะเรียกว่าเฟส 1 (P1) และไชเคลที่ 2 เรียกว่าเฟส 2 (P2) ในแต่ละเฟสจะนับตั้งแต่ขอบขาของสัญญาณนาฬิกาถึงขอบขาของสัญญาณนาฬิกาที่อยู่ถัดไปดังในรูป เมื่อ 8051 ทำงานเสร็จ 1 ไชเคลของเครื่องก็จะเริ่มทำงาน State 1 Phase 1 (S1P1) ของไชเคลต่อไป ใน 1 ไชเคลของเครื่องจักร Timing and

Control จะสร้างสัญญาณ ALE ออกมา 2 ไชเคลเพื่อ Fetch คำสั่งเข้าไป 2 ครั้งเสมอ ที่บริเวณขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE คำสั่งใดจะมีก็ไบท์หรือใช้เวลาทำงานก็ไชเคลจะดูได้จากตารางชุดคำสั่ง 8051

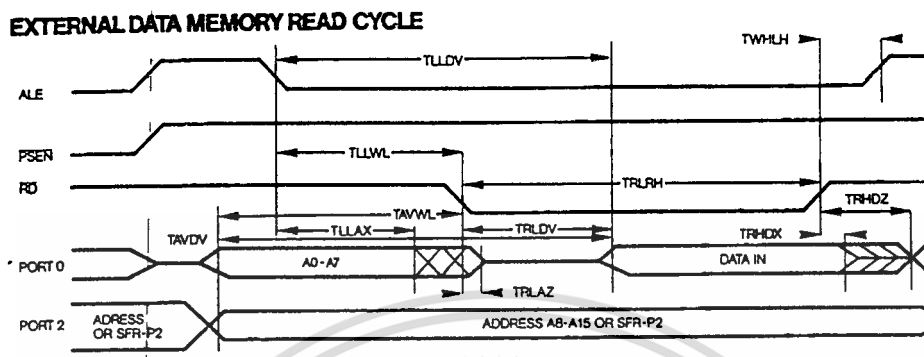
คำสั่งประเภท 1 ไบท์ 1 ไชเคลของเครื่องได้แก่คำสั่ง INC A จะมีการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม 2 ครั้ง ที่เวลาประมาณขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE เมื่อคำสั่งแรกถูกอ่านเข้าไปที่เวลาที่เวลาขอบขาขึ้นของ ALE แรก แล้วนำไปเก็บที่ Instruction Register เพื่อให้วงจร Timing and Control ถอดรหัสแล้วเข้าอยู่การ Execute ขณะเดียวกันก็จะเริ่มต้นการ Fetch คำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งถัดไปเข้ามาและคำสั่งที่ 2 จะถูกอ่านเข้ามาที่เวลาของขาขึ้นของสัญญาณ ALE ถัดไป วงจร Timing and Control เมื่อถอดรหัสคำสั่งแรกก็จะทราบว่าการทำงานของคำสั่งนี้ให้สิ้นสุดจะใช้คำสั่ง เพียง 1 ไบท์ ดังนั้นคำสั่งที่ถูกอ่านมาไบท์ที่ / จะไม่ถูกนำมาทำงาน เพียงแต่อ่านเข้ามาแล้วทิ้งไป

คำสั่งประเภท 2 ไบท์ และใช้เวลา 1 ไชเคลของเครื่องได้แก่คำสั่ง ADD A,#data ในหนึ่งไชเคลของเครื่องนี้จะมีการอ่านคำสั่งเข้า 2 ไบท์ เหมือนกับคำสั่งประเภท 1 ไบท์ 1 ไชเคลของเครื่อง แตกต่างกันว่าไบท์ที่ 2 จะถูกนำมาใช้ด้วยไม่ได้ถูกทิ้งไปดังในรูปที่ 10 b ตัวอย่างของคำสั่ง ADD A,#33H จะเขียนเป็นภาษาเครื่องได้ 2 ไบท์ คือ 2433 เมื่ออ่านคำสั่งไบท์แรกคือ 24 เข้าไปไว้ที่ Instruction Register แล้ว Timing and control จะถอดรหัสพบว่าเป็นคำสั่งบวกเลข ก็จะส่งสัญญาณไปยัง Accumulator ให้เอาข้อมูลไปไว้ที่ TMP1 คำสั่งที่ 2 ถูกอ่านเข้ามาที่ Instruction register แล้ว Timing and control จะสั่งให้เอาข้อมูลที่ 2 ส่งไปยัง Internal Data bus ไปเก็บยัง TMP1 จากนั้นวงจร ALU จะนำเอาข้อมูล TMP1 และ TMP2 มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะส่งออกจาก ALU ไปยัง Internal Data Bus แล้วไปเก็บที่ Accumulator

คำสั่งประเภท 1, 2 หรือ 3 ไบท์ ที่ใช้เวลาทำงาน 2 ไชเคลของเครื่องเช่นคำสั่ง INC DPTR จะมีการอ่านคำสั่งเข้าไป 4 ครั้งทุกๆ ขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE ที่มี 2 ครั้งต่อ 1 ไชเคลของเครื่อง ถ้าเป็นคำสั่งประเภท 1, 2 หรือ 3 ไบท์ วงจร Timing and Control จะเอาคำสั่ง 1, 2, หรือ 3 ไบท์แรกเท่านั้นไปทำงานส่วนคำสั่งที่เหลือทิ้งไปดังรูปที่ 10 C คำสั่ง 1 ไบท์ที่ใช้เวลาทำงาน 2 ไชเคลของเครื่องที่กล่าวมาแล้วจะไม่รวมถึงคำสั่ง MOVX ซึ่งใช้ในการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับหน่วยความจำ Data Memory ภายนอก การทำงานของคำสั่งนี้จะมีการ Fetch คำสั่งเข้าไป 2 ไบท์ในไชเคลของเครื่องแรก ในไชเคลของเครื่องที่ 2 จะไม่มีการ Fetch คำสั่งเข้าไปแต่จะเป็นช่วงเวลาของการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ Data memory ภายนอกสัญญาณ ALE ซึ่งปกติจะเปลี่ยนเป็น 1 ที่ S1P2 ก็จะไม่เปลี่ยนเป็น 1 ในไชเคลของเครื่องที่ 2 โดยจะเป็น 0 อยู่จนกว่า จะถึงเวลา S4P2 ของไชเคลของเครื่องที่ 2 สัญญาณ ALE จะเปลี่ยนเป็น 1 เพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ Data Memory ภายนอก

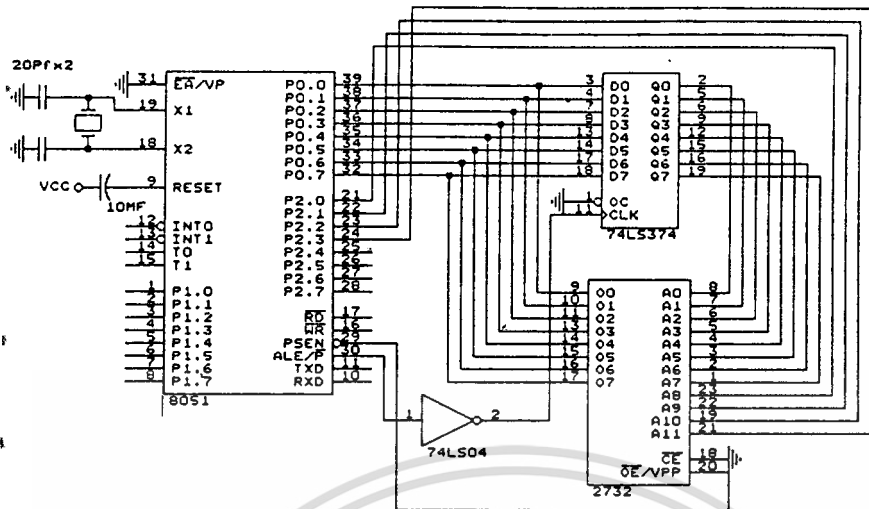
ไทม์ไลน์ของการติดต่อกับหน่วยความจำ

การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 นั้น ลำดับสัญญาณตามเวลา (Timing Diagram) ของสัญญาณที่ทำการอ่านคำสั่งมีดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 Timing diagram ของการอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอก

การอ่านคำสั่ง (Fetch) จาก Program area ภายนอกจะเริ่มจาก 8051 ส่งสัญญาณลอจิก 1 ออกมาทางขา ALE - ขณะนี้สัญญาณที่ขา PSEN จะเป็น 1 จากนั้น Port 0 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิตล่างและพอร์ท 2 จะส่งตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิตบนออกมาแล้วสัญญาณ ALE จะกลับเป็น 0 อุปกรณ์ภายนอกจะสามารถใช้ขอบขาของสัญญาณ ALE เพื่อ Latch ตำแหน่งหน่วยความจำที่พอร์ท 0 ไว้ จากนั้นพอร์ท 0 ก็จะยกเลิกการส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำเข้าสู่สถานะ High Impedance และสัญญาณ PSEN เป็น 0 เพื่อเตรียมรับคำสั่งออกจากหน่วยความจำภายนอกเข้าไปยัง 8051 เพื่อทำงานต่อไป เมื่อคำสั่งถูกอ่านเข้าไปเก็บใน Instruction register แล้วสัญญาณ PSEN จะกลับเป็น 1 พร้อมกับสัญญาณ ALE ก็จะกลับเป็น High เพื่อการอ่านคำสั่งต่อไปทำงาน ข้อมูลในพอร์ท 2 จะคงที่ตลอดเวลา ตั้งแต่สัญญาณ ALE ก็จะกลับเป็นสัญญาณ ALE เปลี่ยนเป็น 0 และกลับเป็น 1 อีกครั้งหนึ่งจากนั้นจะเริ่มลำดับการ Fetch ข้อมูลไบต์ที่ 2 จากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณตามเวลา เหมือนกับการ Fetch ข้อมูลไบต์ที่ 2 จากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณตามเวลาเหมือนกับการ Fetch ไบต์แรกนั่นเอง จาก Timing Diagram ดังกล่าวจะออกแบบวงจรที่มี Program Memory อยู่นอก 8051 ได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 12



รูปที่ 12 วงจรที่มี Program memory อยู่นอก 8051

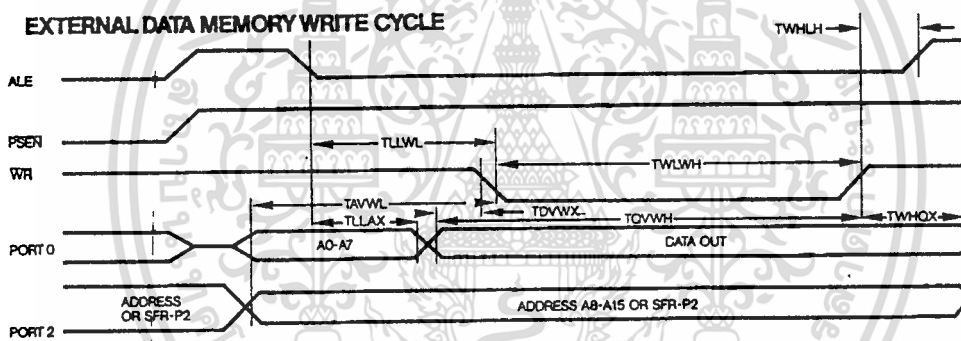
74LS374 ในรูปที่ 12 จะทำหน้าที่ Latch ตำแหน่งในหน่วยความจำ 8 บิตล่างที่เวลาขอบขาของสัญญาณ ALE ซึ่งสัญญาณ ALE จะถูกกลับให้เป็นตรงข้ามโดย Inverter 74LS04 ก่อนที่จะป้อนให้กับขา CK ของ 74LS374 และที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณที่ออกจาก 74LS04 จะ Latch ตำแหน่งหน่วยความจำ ข้อมูลที่ออกจาก 74LS374 จะเป็นค่า 8 บิตล่างของตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อ ในวงจรได้ต่อค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิตล่างของตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อ ในวงจรได้ต่อค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิตเข้ากับ A0 ถึง A7 ของ EPROM และข้อมูลจากพอร์ท 2 บิต P2.0-P2.0 จะต่อเข้ากับ A8-A11 ของ EPROM โดยตรง เพราะค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิตบนที่ออกมาจากพอร์ท 2 จะคงที่ตลอดเวลา ขา PSEN ของ 8051 จะถูกต่อเข้ากับขา OE ของ EPROM 2716 ดังนั้นเมื่อสัญญาณ PSEN มีสถานะลอจิกเป็น 0 ก็จะส่งคำสั่งที่เก็บใน EPROM ณ ตำแหน่งที่ชี้โดยข้อมูลที่ขา A0-A11 ออกมายังพอร์ท 0 และถูก 8051 เก็บไปทำงานต่อไป

การอ่าน-เขียนข้อมูลกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

การอ่าน-เขียนข้อมูลกับ Data Memory ภายใน 8051 นั้นจะมีสัญญาณสร้างมาจากส่วน Timing and Control โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทำความเข้าใจ แต่การอ่าน-เขียนข้อมูลกับ Data memory ภายนอก อันเนื่องมาจากคำสั่ง MOVX นั้น เมื่อคำสั่งดังกล่าวถูกอ่านเข้ามายัง Instruction Register แล้ว Timing and Control จะทำการถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมดังนี้

การเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051 จะมีไคอะแกรม สัญญาณตามรูปที่ 13

เมื่อ 8051 ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิตลงไปที่พอร์ท 0 และ 8 บิตบนไปที่พอร์ท 2 แล้ว สัญญาณ ALE จะกลับเป็น 0 อุปกรณ์ภายนอกจะสามารถใช้สัญญาณนี้ในการ Latch ค่าตำแหน่งหน่วยความจำบนพอร์ท 0 เหมือนกับในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก เมื่อสัญญาณ ALE เป็น 0 แล้ว 8051 จะส่งข้อมูลที่ต้องการเขียนไปพอร์ท 0 แล้วจะให้สัญญาณ WR เปลี่ยนสภาวะลอจิกเป็น 0 ขณะนี้หน่วยความจำภายนอกจะต้องเขียนข้อมูลไปเก็บยังตำแหน่งที่กำหนด จากนั้นสัญญาณ WR จะกลับเป็น 1 เพื่อเป็นการบอกสิ้นสุดการเขียนข้อมูลแล้วสัญญาณ ALE ก็จะกลับเป็น 1 เพื่อ Fetch คำสั่งต่อไปมาทำงาน



รูปที่ 13 Timing diagram -ของการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

หน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอกที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ จะสามารถเขียนเป็นวงจรได้ดังรูปที่ 14

74LS374 ในรูปจะใช้สำหรับ Latch ค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิตล่างไว้ แม้ว่าข้อมูลบนพอร์ท 2 จะเปลี่ยนไป สัญญาณ RD และ WD จะอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก 6116 เป็นหน่วยความจำแบบ RAM ที่สามารถจะอ่านและเขียนข้อมูลได้

รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register, SFR)

ใน 8051 จะใช้วิธีการกำหนดชื่อให้กับตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน (Internal Data Memory) ที่เรียกว่าการ Symbolize เช่นการให้ชื่อหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งในแต่ละ Bank ซึ่งอยู่ในช่วงหน่วยความจำตำแหน่ง 00H-1FH แล้วในคำสั่งจะอ้างถึงหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งโดยใช้ชื่อ R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6 และ R7 หน่วยความจำตำแหน่งเหล่านี้ จะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นรีจิสเตอร์ซึ่งมีหน้าที่ในการเก็บหรือพักข้อมูล หรือใช้สำหรับการกระทำบางอย่าง รีจิสเตอร์กลุ่มหนึ่งใน 8051 ที่เรียกว่า Special Function Register (SFR) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับงานเฉพาะ คือข้อมูลที่ถูกนำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์เหล่านั้นจะมีความเฉพาะตัวของรีจิสเตอร์ ที่แต่ละตำแหน่งของ SFR อาจจะไม่ใช้เป็นหน่วยความจำ (RAM) แต่อาจเป็นตัวนับ (Count Register) Shift Register หรือ Latch ซึ่งการอ้างถึงข้อมูลในแต่ละตำแหน่งนั้น 8051 จะถือเสมือนว่าเป็นหน่วยความจำตำแหน่งหนึ่ง จึงเรียกการมองข้อมูลแต่ละตำแหน่งนี้ว่า Memory Map I/O

Symbol	Name	Address
*ACC	Accumulator	0E0H
*B	B Register	0F0H
*PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Pointer 2 Bytes	
DPL	Low Byte	82H
DPH	High Byte	83H
*P0	Port 0	80H
*P1	Port 1	90H
*P2	Port 2	0A0H
*P3	Port 3	0B0H
*IP	Interrupt Priority Control	0B8H
*IE	Interrupt Enable Control	0A8H
TMOD	Timer/Counter Mode Control	89H
*TCON	Timer/Counter Control	88H
*+T2CON	Timer/Counter 2 Control	0C8H
TH0	Timer/Counter 0 High Byte	8CH
TL0	Timer/Counter 0 Low Byte	8AH
TH1	Timer/Counter 1 High Byte	8DH
TL1	Timer/Counter 1 Low Byte	8BH
+TH2	Timer/Counter 2 High Byte	0CDH
+TL2	Timer/Counter 2 Low Byte	0CCH
+RCAP2H	T/C 2 Capture Reg. High Byte	0CBH
+RCAP2L	T/C Capture Reg. Low Byte	0CAH
*SCON	Serial Control	98H
SBUF	Serial Data Buffer	99H
*PCON	Power Control	87H
*IOCON (1)	IO Control	F8H

+ 80C52 and 83C154 only * bit addressable
(1) 83C154 only

รูปที่ 15 Special Function Register

ในรูปที่ 15 นั้นช่อง Symbol ทางซ้ายจะเป็นสัญลักษณ์ของรีจิสเตอร์ ในช่องถัดมาคือชื่อของรีจิสเตอร์ตามสัญลักษณ์ที่อยู่ทางซ้าย ในช่องขวาสุดจะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ที่แทนด้วยชื่อหรือสัญลักษณ์ทางซ้ายนั่นเอง เช่น ในบรรทัดแรก

คือรีจิสเตอร์ชื่อ Accumulator ที่มีสัญลักษณ์ ACC รีจิสเตอร์นี้คือหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง 0EH การอ่านหรือเขียนข้อมูลกับรีจิสเตอร์เหล่านี้สามารถทำได้โดยการใช้คำสั่งในกลุ่มการเคลื่อนย้ายข้อมูล เช่น MOV A,#25FH หรือ MOV 0E0H,#25H และรีจิสเตอร์บางตัวในกลุ่มนี้สามารถใช้คำสั่งในกลุ่ม Boolean Instruction เพื่อการทำงานกับแต่ละบิตในรีจิสเตอร์เหล่านี้ได้ จากตารางในรูปที่ 15 รีจิสเตอร์ที่มีเครื่องหมาย * อยู่ข้างหน้าจะสามารถใช้คำสั่งในกลุ่ม Boolean Instruction จัดการกับแต่ละบิตได้ รีจิสเตอร์ที่มีเครื่องหมาย + นำหน้าหมายความว่า รีจิสเตอร์นั้นมีเฉพาะใน 80C52 และ 83C154 เท่านั้นไม่มีใน 8051

Direct Byte Address	Bit Address (MSB) (LSB)								Special Function Register Symbol
0F8H	FF	FE	FD	FC	FB	FA	F9	F8	IOCON
0F0H	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	B
0E0H	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	ACC
0D0H	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P	PSW
0C0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
0C0H	Not Bit Addressable								TH2
0C0H	Not Bit Addressable								TL2
0C8H	Not Bit Addressable								RCAP2H
0CAH	Not Bit Addressable								RCAP2L
0C8H	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2	T2CON
	CF	CE	CD	CC	CB	CA	C9	C8	
0B8H	PCT		PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	IP
0B0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	P3
0A8H	EA		ET2	ES	ET1	EX1+	ET0	EX0	IE
0A0H	AF		AD	AC	AB	AA	A9	A8	
0A0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	P2
99H	Not Bit Addressable								SBUF
98H	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	T1	RI	SCON
98H	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	
90H	97	96	95	94	93	92	91	90	P1
8DH	Not Bit Addressable								TH1
8CH	Not Bit Addressable								TH0
8BH	Not Bit Addressable								TL1
8AH	Not Bit Addressable								TL0
89H	Not Bit Addressable								TMOD
88H	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	TCON
88H	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	
87H	Not Bit Addressable								PCON
83H	Not Bit Addressable								DPH
82H	Not Bit Addressable								DPL
81H	Not Bit Addressable								SP
80H	87	86	85	84	83	82	81	80	PO

รูปที่ 16 แผนภาพค่าตำแหน่งความจำแต่ละบิต

รูปที่ 16 ในช่องสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ จะเป็นตำแหน่งของบิตนั้นในแต่ละรีจิสเตอร์ เช่นในช่องสุดท้ายของรีจิสเตอร์ TCON มีค่า 8FH ซึ่งเป็นตำแหน่งบิต 7 ของหน่วยความจำตำแหน่ง 88H เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต้องการทำให้บิตนี้มีค่าเป็น 0 ก็สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง CLR 8FH หรือจะทำให้บิตนั้นเป็น 1 ก็ทำได้โดยใช้คำสั่ง SETB 8FH

Special Function Register

รีจิสเตอร์ในกลุ่ม Special Function register มีดังนี้

Accumulator ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0EH

รีจิสเตอร์นี้มีขนาด 8 บิต เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้มาก ซึ่งในรหัสคำสั่งช่วยจำจะอ้างอิงถึงรีจิสเตอร์นี้โดยใช้ตัวย่อ A เช่น MOV A,#15H คำสั่งที่จะอ่านหรือเก็บข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอกจะต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์นี้เท่านั้น เช่น MOVX @R0,A หรือ MOVX A,@R0 เป็นต้น และข้อมูลที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์นี้ก็สามารถที่จะให้โปรแกรมตรวจสอบเพื่อกระโดดการทำงานไปยังตำแหน่งอื่นได้เช่น JZ rel

B Register ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0F0H

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตที่ใช้ในคำสั่งการคูณ (MUL AB) และคำสั่งการหาร (DIV AB) เท่านั้น โดยรีจิสเตอร์ B นี้จะเก็บตัวคูณและผลลัพธ์บิต 8-15 ในคำสั่งการคูณ ส่วนในคำสั่งหารนั้น รีจิสเตอร์ B จะเก็บตัวการและผลการหาร การเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์นี้จะต้องใช้คำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูลไปยังตำแหน่ง 0F0H เช่น MOV 0F0H,25H จะเป็นการกำหนดค่า 25H ให้กับรีจิสเตอร์ B

Program status word ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0D0H

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตที่แต่ละบิตจะบอกสถานะต่างๆ แต่บิตของ PSW จะสามารถกำหนดให้เป็น 1 หรือ 0 ได้ด้วยคำสั่ง SETB หรือ CLR ตามลำดับตำแหน่งบิต 0-7 ของรีจิสเตอร์ PSW เท่ากับ D0H-D7H

Stack Pointer ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 081H

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต รีจิสเตอร์นี้จะใช้ตำแหน่งหน่วยความจำภายใน 8051 ที่ใช้เก็บตำแหน่ง (ADDRESS) เดิมของโปรแกรมก่อนทำงานคำสั่ง CALL หรือตำแหน่งที่จะใช้เก็บข้อมูลด้วยคำสั่ง PUSH และตำแหน่งที่จะอ่านข้อมูลออกมาในคำสั่ง POP เมื่อทำการรีเซ็ต 8051 โดยการป้อนสัญญาณสถานะลอจิก 1 เข้าไปที่ขา RST ของ 8051 จะทำให้ข้อมูล

ในรีจิสเตอร์นี้มีค่าเป็น 07H หมายความว่ารีจิสเตอร์ SP ซึ่งหน่วยความจำใน 8051 ที่ตำแหน่ง 07H ค่าของ SP จะเปลี่ยนแปลงไปโดยการคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูลหรือการทำงานของคำสั่ง PUSH, POP และ CALL

Data Pointer Register ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 82H และ 83H

รีจิสเตอร์ DPTR มีขนาด 16 บิตหน้าที่ของรีจิสเตอร์นี้ก็คือใช้สำหรับชี้ตำแหน่งในหน่วยความจำรีจิสเตอร์ DPTR นี้สามารถใช้อ้างอิงตำแหน่งหน่วยความจำได้สูงสุด 60×1024 ตำแหน่ง เช่นคำสั่ง MOVX A, @DPTR หรือใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรมที่ต้องการกระโดดข้ามไปทำงานเช่นคำสั่ง JMP @A+DPTR รีจิสเตอร์ DPTR นี้ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 2 ตัวคือ DPH ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 83H และ DPL ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 82H ในหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ดังนั้นการแก้ไขข้อมูลในรีจิสเตอร์ DPTR จึงทำได้ทั้งทีละ 16 บิตเช่นคำสั่ง MOV DPTR, #DATA6 หรือจัดการทีละ 8 บิตโดยการแก้ไขข้อมูลใน DPH หรือ DPL ด้วยคำสั่ง MOV 83H, #DATA8 หรือ MOV 82H, #DATA8

Port 0 ถึง 3 ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 80H, 90H, 0A0H, 0B0H

Special Function Register ชื่อ P0, P1, P2 และ P3 เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง 80H, 90H, 0A0H, และ 0B0H ตามลำดับ การเขียนข้อมูลลงไปยังหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งเป็นการส่งข้อมูลไปยังพอร์ทนั้น ๆ ของ 8051 ข้อมูลที่เขียนออกไปจะถูก LATCH ค้างไว้และปรากฏที่แต่ละบิตของพอร์ท เช่น MOV 80H, #18H จะปรากฏสถานะลอจิก LLLHHLLL ที่ขาบิต 7 ถึง 0 ของแต่ละพอร์ท ตามลำดับในการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์แต่ละตัวก็จะเป็นการอ่านสถานะลอจิกของสัญญาณที่ปรากฏอยู่ที่แต่ละขาของพอร์ทนั้น ๆ เช่น MOV A, 80H เป็นการอ่านสถานะลอจิกจากพอร์ท 0 เข้ามายัง ACCUMULATOR ทุกบิตของพอร์ท 0-3 จะสามารถแก้ไขโดยการใช้คำสั่ง SETB bit CLR bit

TIMER Register TH0, TL0, TH1, TL1

ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 8CH, 8AH, 8DH, 8BH

ใน 8051 จะมีวงจร TIMER อยู่ 2 ชุด คือ Timer 0 และ Timer 1 ใน Timer แต่ละชุดจะมีรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตอยู่ 2 ตัว เพื่อเก็บค่าการนับของ Timer ได้สูงสุดถึง 16 บิตใน Timer 0 รีจิสเตอร์นี้คือ TH0, TL0 และใน Timer 1 คือ TH1, TL1 Tlx(x หมายถึง 0 หรือ 1) จะเก็บค่าของการนับ 8 บิตล่างและ Tlx จะเก็บค่าของการนับ 8 บิต



บน ผู้ใช้จะสามารถกำหนดการทำงานของ Timer ในโหมด Timer หรือ Counter ได้โดยการกำหนดในรีจิสเตอร์ชื่อ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register) การทำงานเป็น Timer นั้นจะให้รีจิสเตอร์ใน Timer 0 หรือ 1 ทำการนับจำนวนไซเคิล (cycle) -ของสัญญาณนาฬิกาที่ผ่านวงจรหาร 12 ดังรูป 18 เมื่อการนับครบถึงค่าสูงสุดที่รีจิสเตอร์ Tlx และ Thx จะเก็บได้คือ FFFFH แล้วยังนับต่อไปค่าที่ได้จากการนับจะเป็น 0000H ทำให้เกิดการ Set บิตบางบิตในรีจิสเตอร์ TCON เพื่อบอกสถานะ Timer Overflow นี้ ในการให้วงจร Timer ทำงานเป็น Counter ก็คือการใช้รีจิสเตอร์ Thx และ Tlx ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่เข้ามาทางขา T0 หรือ T1 ของ 8051 สัญญาณที่เข้ามาทางขา T0 หรือ T1 อาจจะมาจากรูปแบบตรวจจับ (Sensor) ก็ได้แต่สถานะของสัญญาณนี้จะต้องมีระดับแรงดันของลอจิก 0 หรือ 1 เป็นแบบ TTL คือลอจิก 0 จะต้องมียกระดับไม่เกิน 0.6 V และลอจิก 1 จะต้องมียกระดับมากกว่า 2.4 V

TMOD Timer / Counter mode register ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 89H

TMOD เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของ Timer 1 และ Timer 0 แต่ละบิตในมีความหมายเฉพาะดังรูปที่ 17

ในรูปที่ 17 เป็นชื่อของบิต 0 และ GATE ทางซ้ายสุดเป็นชื่อของบิต 7 รีจิสเตอร์นี้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 4 บิต คือบิต 0-3 ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer 0 และบิต 4-7 ใช้ควบคุมการทำงานของ Timer 1 หน้าที่ในการควบคุม Timer ของแต่ละบิตที่มีชื่อเดียวกันจะเหมือนกัน

GATE เป็นบิตที่ใช้ควบคุมให้ Timer ทำงานหรือไม่ ถ้าบิตนี้ของ Timer x ถูกตั้งเป็น 1 จะทำให้ Timer ทำงานก็ต่อเมื่อที่ขา INT x มีสถานะลอจิกเป็น 1 และบิต Trx ในรีจิสเตอร์ Tcon เป็น 1 ด้วย

C/T บิตนี้ใช้สำหรับเลือกการทำงานของ Timer ว่าจะใช้เป็น Timer หรือ Counter ถ้าบิตนี้เป็น 1 ก็หมายความว่าเลือกการทำงานเป็น Counter ซึ่งจะนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่เข้ามาทางขา TX

M0 , M1 เป็น 2 บิตที่ใช้ร่วมกันเพื่อเลือกโหมดการทำงานของ Timer การทำงานโหมด 0 , 1 และ 2 ของ Timer 0 จะเหมือนกับ Timer 1 แต่ในโหมด 3 การทำงานของทั้งสองจะต่างกัน ค่าใน M1 และ M0 จะเลือกโหมดการทำงานดังนี้

M1 M0

การทำงาน

- 0 0 โหมด 0 รีจิสเตอร์ THx และ TLx ทำตัวเป็นตัวนับ 13 บิต ค่าจากการนับ 8 บิตบนของ THx และอีก 5 บิตล่างมาจากค่า 5 บิตล่างของรีจิสเตอร์ THx โดยที่ 3 บิตบนของ TLx จะไม่ต้องสนใจเลย
- 0 1 โหมด 1 รีจิสเตอร์ THx และ TLx ทำตัวเป็นตัวนับ 16 บิตค่าจากการนับ 8 บิตบนอยู่ในรีจิสเตอร์ THx และค่าจากการนับ 8 บิตล่างอยู่ในรีจิสเตอร์ TLx
- 1 0 โหมด 2 ในการนับของรีจิสเตอร์ TLx ขนาด 8 ทเมื่อนับถึงค่าสูงสุดคือ FFH เมื่อทำการนับต่อไปจะเกิดการ Overflow แล้วก็จะ “Reload” เอาข้อมูลจาก THx เข้าไปยัง TLx เพื่อเป็นค่าเริ่มต้นใหม่ในการนับครั้งต่อไป
- 1 1 โหมด 3 การทำงานของ Timer 0 และ Timer 1 จะต่างกันดังที่จะกล่าวต่อไป

GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0
TIMER 1				TIMER 0			

GATE	When TRx (in TCON) is set and GATE=1, TIMER/COUNTERx will run only while INTx pin is high (hardware control). When GATE=0, TIMER/COUNTERx will run only while TRx=1 (software control).
C/T	Timer or Counter selector. Cleared for Timer operation (input from internal system clock). Set for Counter operation (input from Tx input pin).
M1	Mode selector bit. (NOTE 1)
M0	Mode selector bit. (NOTE 1)

NOTE 1 :

M1	M0	Operating Mode
0	0	0 13-bit Timer
0	1	1 16-bit Timer/Counter
1	0	2 8-bit Auto-Reload Timer/Counter
1	1	3 (Timer 0) TLO is an 8-bit Timer/Counter controlled by the standard Timer 0 control bits, TH0 is an 8-bit Timer and is controlled by Timer 1 control bits.
1	1	3 (Timer 1) Timer/Counter 1 stopped.

รูปที่ 17 TMOD Timer / Counter Mode Register

การทำงานของแต่ละโหมดมีดังนี้

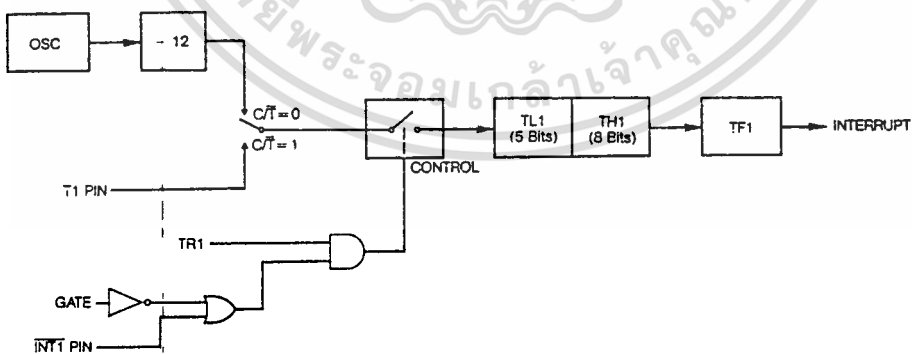
โหมด 0

รูปที่ 18 เป็นไดอะแกรมของวงจร Timer ภายใน 8051 ที่ทำงานในโหมด 0 ซึ่ง Timer

0 และ Timer 1 ก็จะมีการทำงานเหมือนกันทุกประการ ในการอธิบายนี้จะใช้วงจรของ Timer 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นสวิทช์ C/T ซึ่งถ้ากำหนดค่าในบิต C/T ของ TMOD เป็น 0 จะทำให้สวิทช์อยู่ในตำแหน่งบนเพื่อให้สัญญาณนาฬิกาที่ออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์ผ่านวงจรหาร 12 ไปยังสวิทช์ Control ถ้าออสซิลเลเตอร์ผลิตสัญญาณนาฬิกาความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตก็จะมีสัญญาณความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ออกจากวงจรหาร 12 ถ้าบิต C/T เป็น 1 จะทำให้สวิทช์ C/T อยู่ในตำแหน่งข้างล่างเพื่อให้สัญญาณที่เข้ามาทาง T1 (หรือ T0 ถ้าเป็น timer 0) ผ่านไปยังสวิทช์ Control สัญญาณที่เข้ามายังสวิทช์ Control จะส่งผ่านไปวงจรนับหรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับสัญญาณควบคุมที่ออกมาจาก AND GATE ถ้าบิต TR1 (หรือ TR0 ถ้าเป็น Timer 0) ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น 0 จะทำให้สถานะของสัญญาณที่ออกจาก AND GATE เป็น 0 เสมอและจะไม่มีสัญญาณใดออกจากสวิทช์ Control ไปยังวงจรนับเลข รีจิสเตอร์ TL1 และ TH1 จะไม่ทำงานแต่ถ้าบิต TR1 เป็น 1 จะทำให้สถานะของสัญญาณออกจาก And Gate ไปควบคุมสวิทช์ Control ขึ้นกับสถานะของสัญญาณ INT1 (หรือ INT0 ถ้าเป็น Timer 0) และข้อมูลที่บิต Gate ของรีจิสเตอร์ของรีจิสเตอร์ TMOD ถ้าบิต GATE เป็น 0 หรือ สัญญาณที่ขา INT1 มีสถานะเป็น 1 จะทำให้สัญญาณควบคุมสวิทช์ Control เป็น 1 ทำให้มีสัญญาณออกไปยังตัวนับรีจิสเตอร์ TL1 และ TH1 (หรือ TL 0 และ TH 0 ถ้าเป็น timer 0) รีจิสเตอร์ TL 1 จะทำการนับโดยมีการนับเพียง 5 บิตเท่านั้น (ทำหน้าที่เป็นวงจร Prescaler ขนาด 5 บิต) ซึ่งนับได้ตั้งแต่ 0-31 เมื่อ TL1 นับสัญญาณที่ออกจากสวิทช์ Control ครบ 32 ไชเคิลจะมีสัญญาณส่งไปยัง TH1 1 ไชเคิล บิต 5-ของ TL x ที่ไม่ได้ใช้งานก็จะต้องสนใจ การทำงานของ Timer 0 และ 1 ในโมดนี้จะเหมือนกับการทำงานของ Timer ในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8048 ทุกประการ

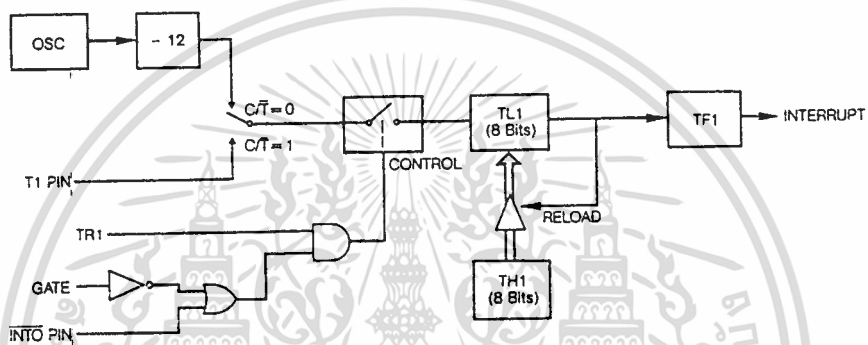


รูปที่ 18 Timer mode 0 :13 bit count

โหมด 1

ในโหมดนี้จะมีการทำงานของวงจรภายในของ Timer 0 หรือ 1 เหมือนกับโหมด 0 ทุกประการแตกต่างกันที่ TLx จะถูกใช้งานทั้ง 8 บิต ทำให้ผลการนับใน TLx และ THx จะมีถึง 16 บิต

โหมด 2



รูปที่ 19 Timer mode 2

ในรูปที่ 19 เป็นไดอะแกรมของวงจร Timer 1 ใน 8051 ที่ทำงานโหมด 2 Timer 0 และ Timer 1 มีการทำงานในโหมด 2 เหมือนกันโดยจะสามารถกำหนดให้ทำหน้าที่เป็น Timer หรือ Counter ได้โดยบิต C/T และควบคุมการนับได้โดยข้อมูลในบิต TR1 และ Gate ในรีจิสเตอร์ TMOD กับสัญญาณที่เข้า INTx เมื่อเริ่มการทำงานข้อมูลในรีจิสเตอร์ TH1 จะถูกโหลดไปยังรีจิสเตอร์ TL1 ทำให้รีจิสเตอร์ TH1 และ TL1 มีค่าเหมือนกัน เมื่อเกิดการนับจำนวนไบต์ของสัญญาณที่ออกจากสวิทช์ Control จะทำให้ค่าจากการนับในรีจิสเตอร์ TL1 เพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ ที่ละ 1 จนถึง 0FFH ในการนับครั้งต่อไปจะทำให้บิต TF1 ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น 1 และข้อมูลในรีจิสเตอร์ TH1 จะถูกโหลดไปยังรีจิสเตอร์ TL1 เพื่อเป็นค่าเริ่มต้นการนับครั้งต่อไป

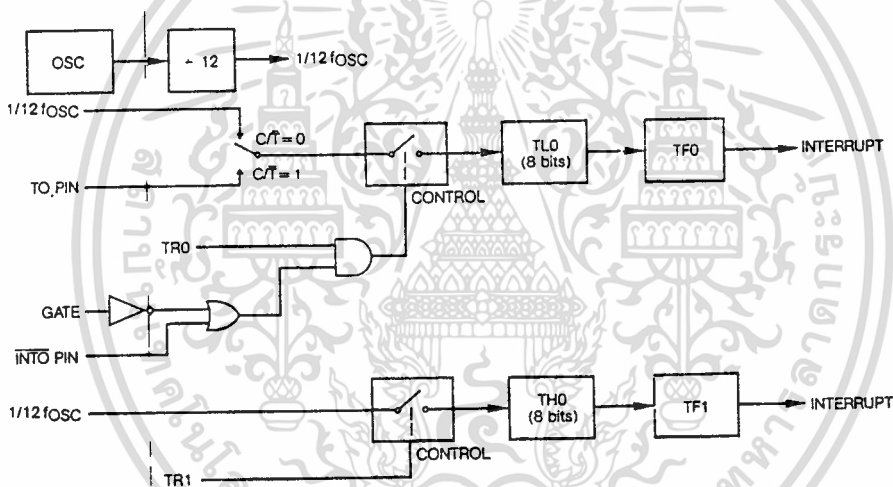
โหมด 3

การทำงานของโหมด 3 ของ Timer 0 และ 1 จะต่างกัน

Timer 1 ในโหมด 3 จะไม่ทำงาน

Timer 0 ในโหมด 3 จะทำงานเป็นตัวนับที่เสมือนมีตัวนับ 8 บิตอยู่ 2 ตัวคือ TL0 และ TH0 ทำงานแยกกันดังรูปที่ 20

รีจิสเตอร์ TL0 จะเป็นตัวนับ 8 บิต ที่มีการนับสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์หารด้วย 12 หรือนับสัญญาณที่เข้ามาทางขา T0 ขึ้นกับบิต C/T ในรีจิสเตอร์ TMOD และการนับจะควบคุมโดยบิต TR0 และ GATE ในรีจิสเตอร์ TMOD กับสถานะลอจิกของสัญญาณที่ขา INTO เหมือนกับในการทำงานโหมด 0, 1 และ 2 แต่ค่าจากการนับนี้สูงสุดจะมีเพียง 255 เท่านั้น เมื่อค่าการนับเปลี่ยนจาก 0FFH เป็น 00H คือการเกิด Overflow จะทำให้บิต TF0 ถูก set เป็น 1 และอาจเกิดการขัดจังหวะ (Interrupt) การทำงานของโปรแกรมได้ถ้ามีการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ IE และ IP



รูปที่ 20 Timer 0 Mode 3

ตัวนับคือรีจิสเตอร์ TH0 จะทำงานในโหมดของ Timer เท่านั้น คือจะนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ออกจากออสซิลเลเตอร์แล้วหารด้วย 12 การนับจะควบคุมได้ด้วยบิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TMOD ถ้าบิตนี้เป็น 1 ก็จะมีสัญญาณเข้าไปยัง TH0 แต่ถ้าบิตนี้เป็น 0 ก็จะไม่มีการนับเข้าไปยัง TH0

TCON Time Control Register ตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 088H

รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตนี้ใช้ควบคุมการทำงานและบอกสถานะของ Timer 0 และ Timer 1 แต่ลิตของรีจิสเตอร์นี้จะทำงานต่างกัันดังรูปที่ 21

TF1 บิต Overflow ของ Timer 1 เมื่อ Timer 1 นับค่าจนเปลี่ยนจากค่าสูงสุด (FFFH, FFFFH) เป็น 0 บิตนี้จะถูกเซตค่าเป็น 1 และบิตนี้จะเป็น 0 เมื่อกลับจากการทำงานในโปรแกรมบริการอินเทอร์รัพท์ หรือจะใช้การเคลียร์ค่าจากซอฟต์แวร์

TR1 บิตควบคุมการเริ่มทำงาน หรือ หยุดการทำงาน Timer 1 กล่าวคือ ถ้าบิต TR1 = 1 หมายถึง เริ่มค่นทำงาน Timer1

TR2 = 0 หมายถึง หยุดการทำงาน Timer1 การหยุดทำงานนี้ไม่ได้หมายความว่า ค่าภายในจะถูกเคลียร์

TF0 ความหมายและการใช้งานเหมือนกับ TF1 แต่เป็นของ Timer 0

TR0 ความหมายและการใช้งานเหมือนกับ TR1 แต่เป็นของ Timer 0

IE1 บิตแสดงการ Interrupt ภายนอกจากขา P3.3 ซึ่งเกิดกับขอบขา

IT1 บิตนี้ใช้สำหรับเลือกวิธีการ Interrupt ภายนอกจากขา P3.3 (INT 1)
ถ้าบิต IT1 = 1 หมายถึง เป็นการเลือกการเกิด interrupt จากระดับลอจิก 0
ถ้าบิต IT1 = 0 เป็นการเลือกการเกิด interrupt จากขอบขาลง

IE0 การใช้งานเหมือนกับ IE1 แต่เป็นการ interrupt จากขา P3.2 (INT 0)

IT0 การใช้งานเหมือนกับ IT1 แต่เป็นการ interrupt จากขา P3.2

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

TF1	TCON.7	Timer 1 overflow flag. Set by hardware when the Timer/Counter 1 overflows. Cleared by hardware as processor vectors to the interrupt service routine.					
TR1	TCON.6	Timer 1 run control bit. Set/cleared by software to turn Timer/Counter 1 ON/OFF.					
TF0	TCON.5	Timer 0 overflow flag. Set by hardware when the Timer/Counter 0 overflows. Cleared by hardware as processor vectors to the service routine.					
TR0	TCON.4	Timer 0 run control bit. Set/cleared by software to turn Timer/Counter 0 ON/OFF.					
IE1	TCON.3	External Interrupt 1 edge flag. Set by hardware when External interrupt edge is detected. Cleared by hardware when interrupt is processed.					
IT1	TCON.2	Interrupt 1 type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered External Interrupt.					
IE0	TCON.1	External Interrupt 0 edge flag. Set by hardware when External Interrupt edge detected. Cleared by hardware when interrupt is processed.					
IT0	TCON.0	Interrupt 0 type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered External Interrupt.					

รูปที่ 21 TCON Timer Control register

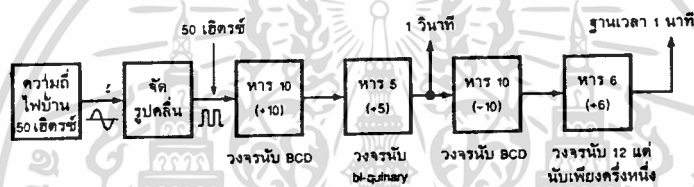
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานเวลา 1 นาที

ฐานเวลาของวงจรจึงต้องใช้เวลาเท่ากับ 1 นาทีการสร้างฐานเวลา 1 นาทีนี้ก็สามารถทำได้มากมายหลายวิธี เช่นอาจจะใช้วงจรอะอสซิลเลเตอร์ หรือใช้ฟลิปแฟลปที่ให้ความเที่ยงตรงสูงแต่ก็มีราคาค่อนข้างสูงตามไปด้วย

แต่สิ่งที่ทราบกันอยู่แล้วก็คือความถี่ไฟฟ้าบ้านที่ใช้กันอยู่นั้นมีความเที่ยงตรงสูงอยู่แล้ว ดังนั้นจึงต้องนำความถี่จากไฟฟ้าบ้านมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการออกแบบได้เลยโดยอันดับแรกต้องทำการเปลี่ยนรูปคลื่นสัญญาณขาเข้าให้เป็นพัลส์สี่เหลี่ยมก่อนหลังจากนั้นก็นำความถี่ 50 เฮิรตซ์จากไฟฟ้าบ้านที่ผ่านการจัดรูปคลื่นแล้วนี้ผ่าน วงจรหารความถี่ด้วย 50 ก็จะได้คาบเวลาเท่ากับ

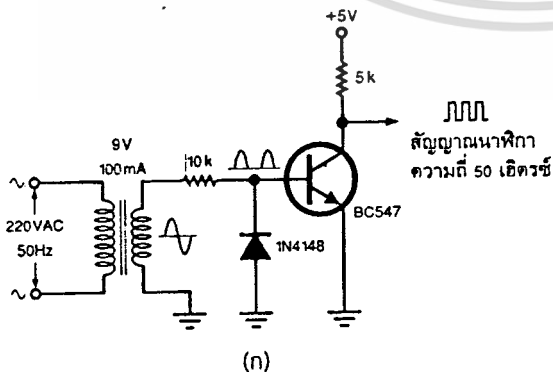
1 วินาที จัดการหารต่อด้วย 60 ก็จะได้คาบเวลาเท่ากับ 60วินาทีหรือ 1 นาที โดยมีแผนผังการทำงานของการทำงานสร้างฐานเวลาดังแสดงในรูปที่ 22



รูปที่ 22 แผนผังการทำงานของวงจรสร้างฐานเวลา 1 นาที

วงจรจัดรูปสัญญาณ

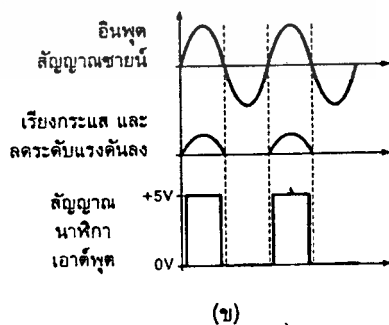
เนื่องจากสัญญาณความถี่ไฟฟ้าบ้านมีลักษณะเป็นคลื่นรูปไซน์ ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้กับวงจรดิจิทัลได้ ดังนั้นจึงต้องเอาสัญญาณขาเข้าของไฟฟ้าที่ลดระดับแรงดันลงมาแล้ว มาแปลงเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่มีขนาดแรงดันของสัญญาณที่จะใช้กับวงจรดิจิทัลได้ โดยใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ดังแสดงวงจรในรูปที่ 23 (ก)



รูปที่ 23

(ก) วงจรจัดรูปคลื่นสัญญาณนาฬิกา 50 เฮิรตซ์

(ข) แสดงรูปร่างสัญญาณที่จุดต่างๆ ในวงจร



วงจรความถี่ฐานเวลา

วงจรความถี่ฐานเวลาจะใช้ไอซีอยู่สองเบอร์คือ 74LS90 และ 74LS92 โดยตัวแรก 74LS90 จะเป็นวงจรนับแบบ BCD ส่วนอีกเบอร์คือ 74LS92 จะเป็นวงจรนับสิบสอง จะทำงานได้อย่างไรลองมาพิจารณาตารางความจริงของไอซีทั้งสองเบอร์ก่อน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 (ก-ค) เพื่อจะได้เข้าใจการทำงานของวงจรง่ายขึ้น

จากแผนผังการทำงานที่แสดงในรูปที่ 22 จะทำการหารสัญญาณความถี่ฐานของเวลาทั้งหมด 4 ครั้ง คือหาร 10, หาร 5, หาร 10 และหาร 6 ตามลำดับ วงจรหาร 10 นี้สามารถทำการหารได้โดยตรงโดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS90 หลังจากหาร 10 แล้วก็จะหาร 5 โดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS90 เช่นเดิม แต่จัดวงจรใหม่โดยให้เอาต์พุต QD ต่อกับอินพุต A และอินพุตของวงจรเข้าทางอินพุต B การจัดแบบนี้เรียกว่าเป็นการนับแบบ bi-quinary เอาต์พุต QD ที่วงจรหาร 5 นี้จะมีคาบเวลาเท่ากับ 1 วินาทีเอาไว้ใช้เป็นฐานเวลาสำหรับการแสดงผลในหลักวินาที และการตั้งเวลาในครั้งแรกของวงจร

จากคาบเวลา 1 วินาทีที่ได้จะถูกลำ 10 อีกครั้งด้วยไอซีเบอร์ 74LS90 และถูกลำ 6 อีกเป็นครั้งสุดท้าย โดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS92 ซึ่งเป็นไอซี divide by twelve counter เอาต์พุตสุดท้ายนี้จะมีคาบเวลาเท่ากับ 1 นาที

ตารางที่ 1 (ก) ตารางความจริงของไอซีเบอร์ 74LS90 วงจรนับแบบ BCD

(ข) ตารางความจริงของไอซีเบอร์ 74LS90 วงจรนับแบบ bi-quinary

(ค) ตารางความจริงของไอซีเบอร์ 74LS92 วงจรนับแบบ divide by twelve

COUNT	Q _b	Q _c	Q _d	Q _a
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

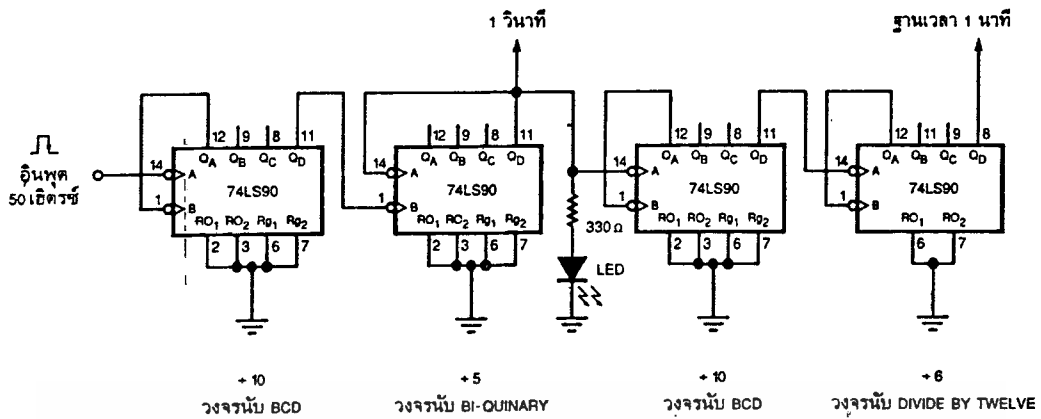
(ก)

COUNT	Q _a	Q _b	Q _c	Q _d
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	1	0	0	0
6	1	0	0	1
7	1	0	1	0
8	1	0	1	1
9	1	1	0	0

(ข)

COUNT	Q _b	Q _c	Q _d	Q _a
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	1	0	0	0
7	1	0	0	1
8	1	0	1	0
9	1	0	1	1
10	1	1	0	0
11	1	1	0	1

(ค)

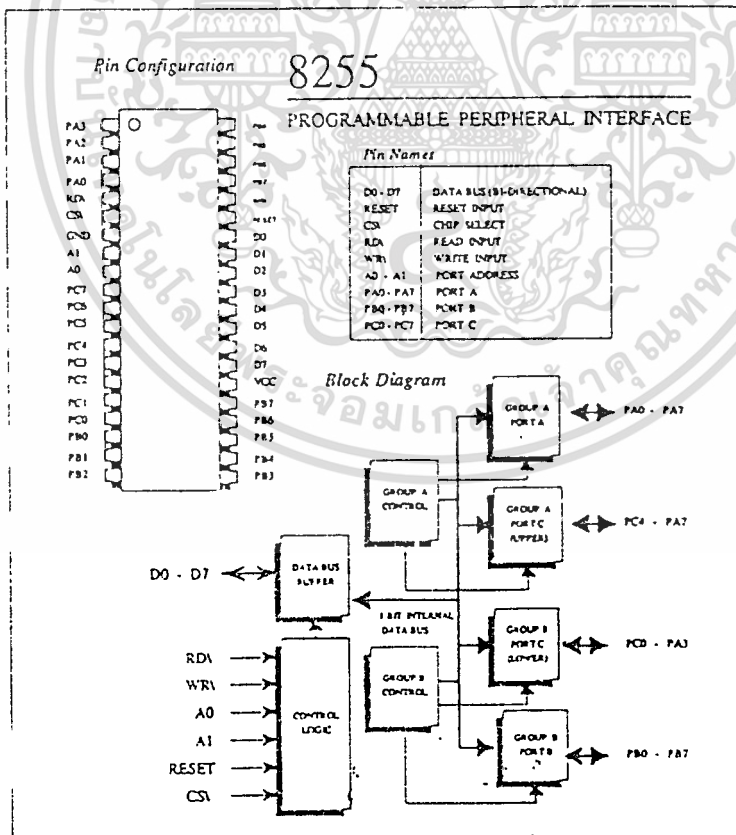


รูปที่ 24 วงจรสร้างฐานเวลา 1 นาที

ลักษณะพื้นฐานของ 8255

ไอซีเบอร์ 8255 ได้รับการออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่เป็นพอร์ต สำหรับการรับ/ส่งข้อมูลแบบขนานระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ความอ่อนตัวในการนำไปใช้งานของ 8255 ได้แก่ การที่สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะการทำงานของพอร์ต ให้เป็นการเอาต์พุตหรืออินพุตได้สะดวก เพียงการส่งข้อมูลควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนที่จะเริ่มต้นใช้งานเท่านั้น

จากแผนภาพในรูปที่ 25 จะเห็นว่า 8255 ประกอบด้วยบล็อกของหน่วยการทำงานหลายส่วนอยู่ภายในบล็อกทางด้านขวามือจำนวน 4 บล็อก เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยตรงผ่านทางเส้นสัญญาณ PA0 - PA7, PB0 - PB7 และ PC0 - PC7 กลุ่มของสัญญาณเหล่านี้จำแนกออกเป็น 3 กลุ่ม คือ พอร์ต A (PA) พอร์ต B (PB) และพอร์ต C (PC) สำหรับบล็อกถัดเข้ามาบริเวณส่วนกลางที่มีชื่อว่า GROUP A CONTROL และ GROUP B CONTROL ทำหน้าที่กำหนดการทำงานของพอร์ตทั้งสาม (ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป) บล็อกทั้งสองนี้เชื่อมต่อกับบล็อกอื่นๆ ผ่านทางบัสข้อมูลภายใน 8255 เอง สำหรับบล็อกการทำงานทางด้านซ้าย ที่มีชื่อว่า data bus buffer และ read/write control logic ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างระบบบัสของไมโครคอนโทรลเลอร์กับ 8255 เพื่อรับหรือส่งข้อมูลระหว่างกันตามระดับลอจิกของขาสัญญาณ RD และ WR ตามลำดับ



รูปที่ 25 แผนภาพแบบบล็อกภายในและขาสัญญาณของไอซีเบอร์ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำแนกกลุ่มของพอร์ต 8255

ในบรรดาพอร์ตทั้งสามของ 8255 คือ พอร์ต A พอร์ต B พอร์ต C โดยพื้นฐานนั้น ล้วนเป็นพอร์ตแบบขนานที่ประกอบด้วยสัญญาณ 8 เส้น ซึ่งแต่ละเส้นจะแทนบิตของข้อมูลพอร์ตซึ่งอาจกล่าวในอีกลักษณะว่าเป็นพอร์ตแบบ 8 บิต นอกจากนี้ยังสามารถอ้างถึงแต่ละบิตของเส้นสัญญาณพอร์ตนี้ได้โดยอิสระ อย่างไรก็ตาม 8255 ได้จัดกลุ่มของพอร์ตเหล่านี้ออกเป็นสองกลุ่ม คือ Group A และ Group B เพื่อประโยชน์ในการกำหนดรูปแบบการทำงานของพอร์ต ดังตารางต่อไปนี้

ชื่อกลุ่ม	ลักษณะ
Group A	พอร์ต A จำนวน 8 บิต (ทุกบิตของพอร์ต) พอร์ต C จำนวน 4 บิต (เฉพาะ 4 บิตบนของพอร์ต)
Group B	พอร์ต B จำนวน 8 บิต (ทุกบิตของพอร์ต) พอร์ต C จำนวน 4 บิต (เฉพาะ 4 บิตบนของพอร์ต)

จากตารางการทำงานข้างต้นจะเห็นว่า จำนวนเส้นสัญญาณทั้งหมดของพอร์ต C (PC0-PC7) ได้ถูกแยกออกเป็นกลุ่ม คือ กลุ่มของ 4 บิตล่าง (Lower nibble) จาก PC0-PC3 และกลุ่มของ 4 บิตบน (Upper nibble) จาก PC4-PC7 ดังนั้น Group A และ Group B ของ 8255 จึงมีจำนวนบิตในแต่ละกลุ่มเป็นจำนวนถึง 12 บิต

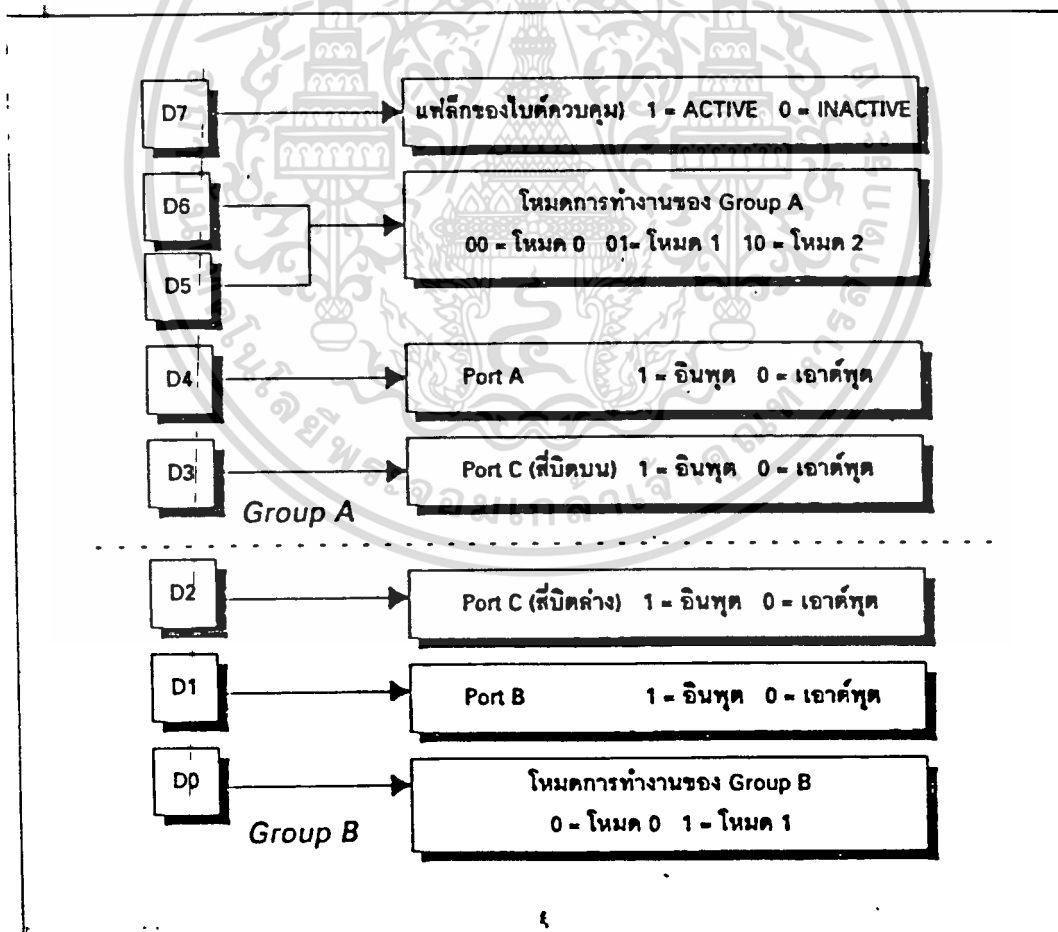
สัญญาณ	ความหมาย
D0 - D7	กลุ่มของเส้นสัญญาณข้อมูลของ 8255 เมื่อมีการเขียนหรืออ่าน
CS	สัญญาณเลือกอุปกรณ์ เมื่อขาสัญญาณนี้เป็นระดับลอจิกต่ำ
RD	CPU
WR	อ่านข้อมูลจาก 8255 ได้
	สัญญาณบอกสถานะต้องการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ของ 8255
	สัญญาณบอกสถานะต้องการเขียนข้อมูลจากรีจิสเตอร์ของ 8255

รูปที่ 26 ตารางหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณไอซี 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ	ความหมาย
A0 - A8 RESET PA0 - PA7 PB0 - PB7 PC0 - PC7	สัญญาณระบุตำแหน่งรีจิสเตอร์ภายใน 8255 ที่ต้องการ สัญญาณการรีเซตวงจรทำงานภายใน 8255 เพื่อเริ่มต้นใหม่ กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต A ของ 8255 กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต B ของ 8255 กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต C ของ 8255

รูปที่ 26 ตารางหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณไอซี 8255



รูปที่ 27 ความหมายของบิตภายในไบต์ข้อมูลควบคุมสำหรับ 8255

รูปแบบคำสั่งเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255

การกำหนดให้พอร์ตทั้งสามของ 8255 ทำงานในลักษณะต่างๆ กันหรือที่เรียกว่า โหมดการทำงาน (Mode) จะเริ่มด้วยการส่งค่าข้อมูลไบต์หนึ่งให้กับรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานภายใน 8255 ข้อมูลนี้จะเรียกว่า ไบต์ข้อมูลควบคุม (Control word) โดยแต่ละบิตของข้อมูลนี้จะมีความหมายที่ระบุถึงความต้องการต่างๆ ไปดังแสดงในรูปที่ 27 การส่งข้อมูลไบต์นี้จะต้องเริ่มต้นเป็นลำดับแรกก่อนที่จะได้มีการใดกับ 8255 ทั้งสิ้น

ตามความหมายของบิตภายในตารางของรูปที่ 27 จะเห็นว่าการเลือกให้พอร์ตใดทำหน้าที่สำหรับการอินพุตก็เพียงแต่กำหนดค่าข้อมูล 1 ให้กับบิตที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตนั้น หรือกรณีตรงข้ามสำหรับการเอาต์พุตก็เพียงการกำหนดค่าข้อมูล 0 ก็จะต้องทำการกำหนดให้ไบต์ข้อมูลควบคุมนี้มีผลอย่างถูกต้อง ก็จะต้องทำการกำหนดให้บิต D7 มีค่าเป็น 1 เสมอ สำหรับบิตที่บอกถึงโหมดการทำงาน นั้นจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

การเชื่อมต่อ 8255 กับ 8051

เมื่อพิจารณาแผนภาพของ 8255 จะเห็นว่ามีขาสัญญาณแอดเดรสจำนวน 2 เส้น คือ A0 และ A1 ทำให้ตำแหน่งของแอดเดรสที่จะอ้างถึงได้มีค่าเป็น 2^2 หรือ เท่ากับ 4 ตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะมีความหมายถึงการระบุรีจิสเตอร์หรือพอร์ตภายใน 8255 ดังตารางต่อไปนี้

A1	A2	ชื่อของรีจิสเตอร์
0	0	พอร์ต A
0	1	พอร์ต A
1	0	พอร์ต A
1	1	รีจิสเตอร์ควบคุม

เมื่อพิจารณาค่าของแอดเดรสเหล่านี้ร่วมกับระดับลอจิกของขาสัญญาณ RD และ WR จะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลทางขาสัญญาณ D0 - D7 ให้กับรีจิสเตอร์นั้นตามลำดับ ดังตารางต่อไปนี้

RD	WR	A1	A0	ความหมาย
0	1	0	0	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับพอร์ต A
1	0	0	0	รับ (หรืออ่าน) ข้อมูลจากพอร์ต A
0	1	0	1	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับพอร์ต B

1	0	0	1	รับ (หรืออ่าน) ข้อมูลจากพอร์ต B
0	1	1	0	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับพอร์ต C
1	0	1	0	รับ (หรืออ่าน) ข้อมูลจากพอร์ต C
0	1	1	1	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์
1	0	1	1	ควบคุม
เป็นสถานะที่ไม่ถูกต้อง				

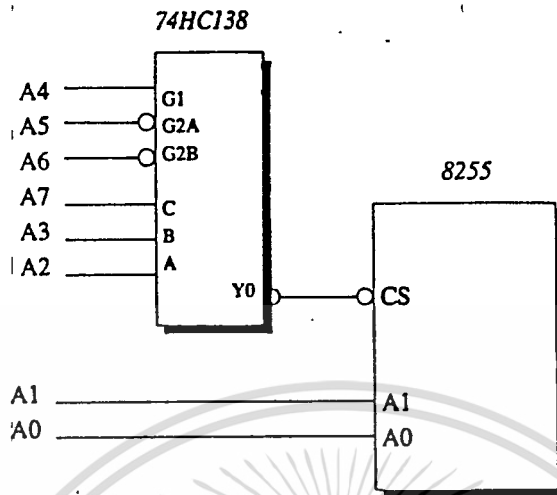
ดังนั้นโดยทั่วไปจึงมักจะกำหนดให้แอดเดรสของ 8255 ทั้งสี่ตำแหน่งนี้ อยู่ในแอดเดรสช่วงใดช่วงหนึ่งของระบบ เช่น 10h, 11h, 12h, และ 13h โดยขาสัญญาณแอดเดรสที่นอกเหนือไปจาก A0 และ A1 นำมาเข้ายังตัวถอดรหัสแอดเดรส เพื่อสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ (CS) ในช่วงแอดเดรสที่ต้องการ ขอให้ดูตัวอย่างวงจรในรูปที่ 4 สัญญาณ CS นี้จะเป็นสถานะลอจิกต่ำที่ต่อเมื่อค่าในบัสแอดเดรส A2-A7 มีค่าเท่ากับ 0000100xx (ตัวอักษร xx ใช้เพื่อระบุถึงรีจิสเตอร์ภายใน 8255 เพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล) ดังนั้นจากวงจรนี้แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายใน 8255 จะมีค่าตามตารางต่อไปนี้

ตำแหน่ง แอดเดรส	ความหมาย
10h	พอร์ต A
11h	พอร์ต B
12h	พอร์ต C
13h	รีจิสเตอร์ควบคุม

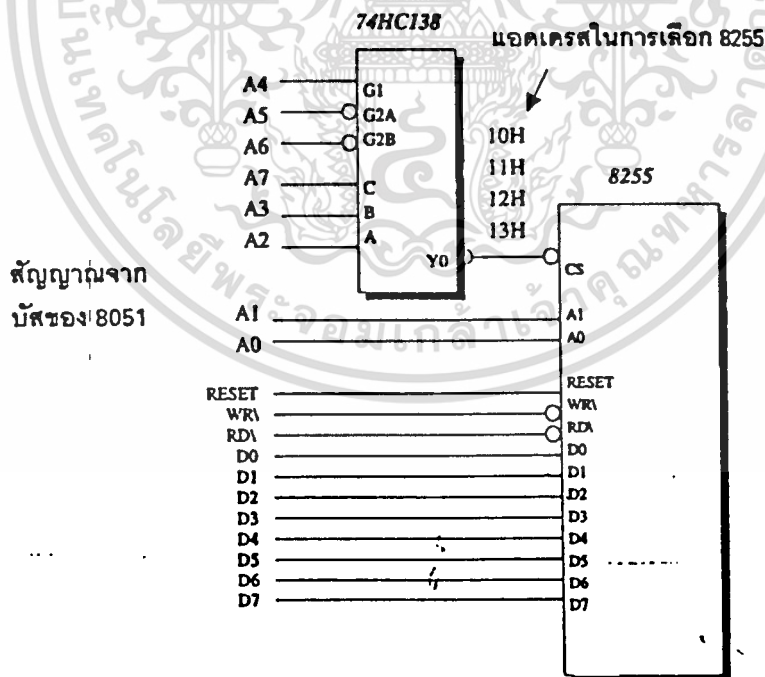
ขาสัญญาณควบคุมอื่นๆ คือ RD และ WD มักจะเชื่อมต่อเข้ากับขาสัญญาณชื่อเดียวกันของ 8051 ได้โดยตรงทำให้แอดเดรสพอร์ตของ 8255 อยู่ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของ 8051 สำหรับขาสัญญาณ RESET ของ 8255 ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการรีเซ็ตเริ่มสถานะการทำงานใหม่เมื่อระดับของสัญญาณเป็นลอจิกสูง ดังนั้นหากว่าจะใช้สัญญาณฮาร์ดรีเซ็ตเดียวกับของ 8051 ก็สามารกดต่อได้โดยตรง

ค่าจากบิตแอดเดรสที่นำมาถอดรหัส

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0	0	0	1	0	0	X	X



รูปที่ 28 แผนภาพแสดงการสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ ($\overline{CS}$) ให้กับ 8255 โดยการถอดรหัสจากบิตแอดเดรส A2-A7



รูปที่ 29 แผนภาพวงจรแสดงการเชื่อมต่อระหว่าง 8255 กับ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขาสัญญา D0 - D7 ก็สามารถนำไปเชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับบัตรของ 8051 ได้เช่นกัน
ขอให้ดูวงจรทำงานแสดงการเชื่อมต่อระหว่าง 8255 และ 8051 ในรูปที่ 29 ซึ่งในที่นี้สมมติว่าไม่จำเป็น
ต้องมีการใช้วงจร หรือ ไอซีบัฟเฟอร์รับสัญญาณบัสข้อมูล



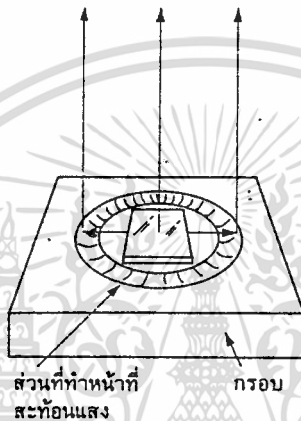
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LED อินฟราเรดกำลังสูง

- LED กำลังสูง ที่ให้แสงใกล้อินฟราเรด

รอยต่อ P - N ของ LED เป็นแหล่งกำเนิดโฟตอนที่ยอดเยียมมาก สมัยแรกๆ ได้มีการพบว่า รอยต่อของแกลเลียมอาร์เซไนด์(GaAs) ซึ่งให้แสงย่านใกล้อินฟราเรดทำให้เกิดโฟตอน 88 ตัว ต่อ อิเล็กตรอน 100 ตัว เป็นประสิทธิภาพควอนตัมที่น่าทึ่งไม่น้อยทีเดียว

แต่เนื่องจากโฟตอนที่ถูกปล่อยออกมาจากรอยต่อส่วนหนึ่งถูกสกัดกั้นโดยกรอบของชั้น สาร เอทพุทจริง ๆ จึงน้อยกว่า 88 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 30 ชั้นสารที่วางอยู่ภายในกรอบที่สามารถสะท้อนแสงได้

อีกส่วนหนึ่งของการแผ่รังสีจากรอยต่อ ก็ถูกดูดกลืนไปโดยตัวไดโอดเองและยังมีการแผ่รังสีบางส่วนที่กระทบผิวไดโอดด้วยมุมที่มากกว่ามุมวิกฤต(critical angle) จึงถูกสะท้อนกลับไปยังไดโอดทำให้เกิดการสูญเสียเช่นกัน ปัญหาเรื่องมุมวิกฤตสามารถอธิบายได้ดังนี้

อากาศมีดัชนีของการหักเหเท่ากับ 1 (หรือ 1.0003 เมื่อเทียบกับสูญญากาศ) ดัชนีการหักเหของเพชรคือ 2.42 ในขณะที่ GaAs มีดัชนีการหักเหของแสงเท่ากับ 3.5 ซึ่งเป็นหนึ่งในสารเพียงไม่กี่ชนิดที่มีดัชนีการหักเหมากกว่าเพชร ความแตกต่างของดัชนีการหักเหนี้ ทำให้การแผ่รังสีของแสงที่เกิดขึ้นภายในชั้นสาร GaAs เมื่อกระทบ ผิวที่ติดต่อกับอากาศภายนอกมีมุมวิกฤต 16 องศา หากมุมตกกระทบที่รอยต่อของผิวมากกว่า 16 องศาแสงนั้นจะถูกสะท้อนกลับมายังชั้นสาร ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า ปรากฏการณ์สะท้อนกลับภายใน (total internal reflection)

วิธีลดความไม่สมดุลระหว่างดัชนีหักเหของแสงมีอยู่หลายวิธี

วิธีหนึ่งเป็นของเท็กซัสอินสตรูเมนต์คือ ทำผิวหน้าของชั้นไดโอดเป็นรูปโดม ทำให้แสงจากภายในมาถึงผิวต่อระหว่างอากาศและ GaAs ด้วยมุมที่ไม่เกิน 16 องศาวิธีนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงกว่าไดโอดแบบแบนราบประมาณ 10 เท่า

การผลิตไดโอดแบบโคโมมีมีราคาค่อนข้างแพง แล้วยังต้องการสาร GaAs มากกว่าแบบแบนราบด้วย จึงมีการใช้อิพ็อกซีเคลือบไดโอด เพื่อให้ดัชนีการหักเหของแสงสมดุล ดัชนีการหักเหของสารเคลือบนี้มีค่าตั้งแต่ 1.4 ถึง 1.8 แม้ว่าจะไม่เท่ากับดัชนีการหักเหของ GaAs(3.5) ก็ตาม แต่ก็มีค่าใกล้เคียงมากกว่าอากาศ

ส่วน LED ที่ทำจากแกเลียมฟอสไฟด์(GaP) ที่ให้แสงสีเขียวและมีมุมวิกฤติ 17.7 องศา การเคลือบไดโอดด้วยอิพ็อกซีที่มีดัชนีหักเห 1.66 ทำให้เพิ่มมุมวิกฤติเป็น 30.3 องศา และทำให้การเปล่งแสงจากไดโอดเพิ่มขึ้นอีก 2.5 เท่า

หันมาพิจารณาถึงแสงที่ปล่อยออกมาจากขอบของสารที่ใช้ในการสร้าง LED ในสมัยแรกๆ นั้นแสงส่วนนี้จะเสียไป ถ้าชั้นสารถูกวางไว้ในกรอบโลหะ ปัจจุบัน LED ส่วนใหญ่จึงถูกวางไว้ในตัวสะท้อน(reflectors) ตัวเล็กๆ ดังรูปที่ 1 ตัวสะท้อนนี้จะสะท้อนแสงที่เปล่งจากขอบของชั้นสารออกมาสู่ภายนอก

- เทคโนโลยี เฮเทอโรจังค์ชัน

ในระยะต่อมาของการพัฒนา LED ได้มีการค้นพบว่าสามารถสร้าง LED ที่ให้แสงใกล้ย่านอินฟราเรดที่มีประสิทธิภาพสูงได้ โดยการใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า เฮเทอโรจังค์ชัน (Heterojunction)

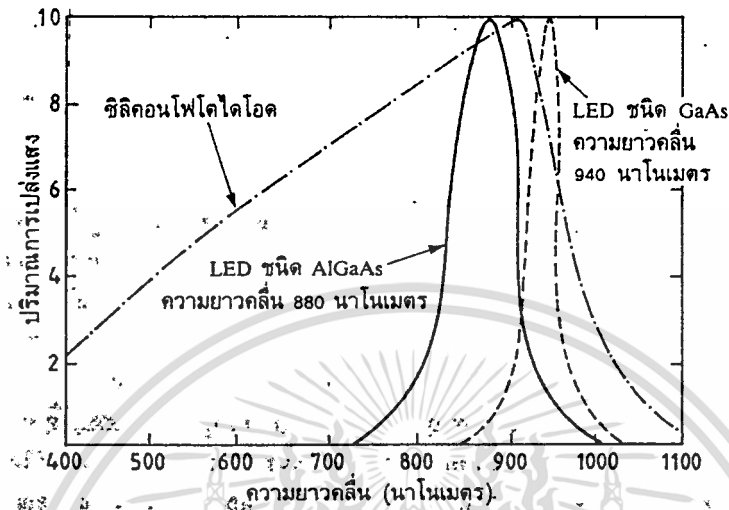
เทคโนโลยีแบบนี้ ไดโอดจะมีสภาพเหมือนแซนวิชของสารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าต่างกันอยู่เล็กน้อย การทำชั้นสารหลายๆ ชั้นในรูปแบบเฮเทอโรจังค์ชันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเปล่งแสงของไดโอด เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีแบบนี้ทำให้ลดพื้นที่บริเวณรอยต่อ P - N ลง ชั้นนอกสุดของเฮเทอโรจังค์ชันมีความโปร่งใสที่ให้แสงผ่านได้มากกว่ารอยต่อ P-N ของไดโอดที่ใช้เทคโนโลยีแบบ โฮโมจังค์ชัน (Homojunction) ทำให้พลังงานแสงที่ได้จึงมากกว่า 2 เท่า

ด้วยเทคโนโลยีแบบเฮเทอโรจังค์ชันทำให้สามารถผลิตเลเซอร์ไดโอดที่ให้แสงในย่านที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ ต่อมาเทคโนโลยีแบบเฮเทอโรจังค์ชันก็ได้นำมาใช้ในการผลิต LED ที่ให้แสงในย่านที่ตามองเห็นได้ และนำอลูมิเนียมแกเลียมอาร์เซไนด์ (AlGaAs) มาใช้ผลิต LED แสงสีแดงที่มีความสว่างสูง

- คุณสมบัติของ LED อินฟราเรด

แรงดันตกคร่อมที่รอยต่อ P-N ของไดโอด ต้องมีค่ามากกว่าแรงดันเทอร์ฮิสต์จึงจะสามารถทำให้ไดโอดนำกระแสได้สำหรับซิลิกอนไดโอดแรงดันทำงานมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ส่วน LED ที่ให้แสงในย่านที่ตามองเห็นได้ถ้าทำจากสาร GaP ซึ่งให้แสงสีเขียว จะมีค่าแรงดันประมาณ 2.1 ถึง 2.8 โวลต์ ถ้าเป็น LED ที่ทำจาก AlGaAs ให้แสงสีแดง มีแรงดันทำงาน 1.75 ถึง 2.5 โวลต์ ส่วน LED ที่ให้แสงใกล้ย่านอินฟราเรดทำจากสาร GaAs มีแรงดันทำงาน 1.5 โวลต์ โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้แสงที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร และถ้าทำจาก AlGaAs จะให้แสงความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ที่แรงดัน 1.75 โวลท์



รูปที่ 31 การเปล่งแสงของ LED แบบ GaAs และ AlGaAs

พลังงานที่ได้จากการเปล่งแสงของ LED หาได้จากกระแสไบอัสตรงของไดโอด และต้องระมัดระวังไม่ให้กระแสส่วนนี้มีค่าสูงจนเกิดความร้อนอันจะทำอันตรายต่อชิ้นไดโอด

สิ่งที่สำคัญที่สุดของ LED อินฟราเรดกำลังงานสูงคือ ชั้นสาร AlGaAs ที่ให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร และสาร GaAs ซิลิคอนไดโอดที่ให้แสงความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 31 คือกราฟสเปกตรัมที่เปรียบเทียบความยาวคลื่นกับการเปล่งแสงของ LED ทั้ง 2 ชนิด

ซิลิคอน LED ที่ทำจาก GaAs ให้กำลังงานประมาณ 5 มิลลิวัตต์ ที่กระแสไบอัสตรง 100 มิลลิแอมป์ LED ที่ทำจาก AlGaAs จะให้กำลังงานเป็น 2 เท่า เมื่อให้กระแสไบอัสตรงค่าเดียวกัน ข้อที่ดีกว่าอีกประการหนึ่งของ LED ชนิด AlGaAs คือมี Rise time และ Fall time ที่เร็วกว่าคือประมาณ 0.5 ไมโครวินาที ในขณะที่ GaAs ซิลิคอนไดโอดมีค่า 1.5 ไมโครวินาที

ข้อดีอีกประการหนึ่งคือ การเปล่งแสงของ LED ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร (AlGaAs) จะใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ซิลิคอนโฟโตทรานซิสเตอร์มีความไวสูงสุดจึงเป็นการเหมาะสมที่จะใช้ LED ที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร แทน LED ที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร

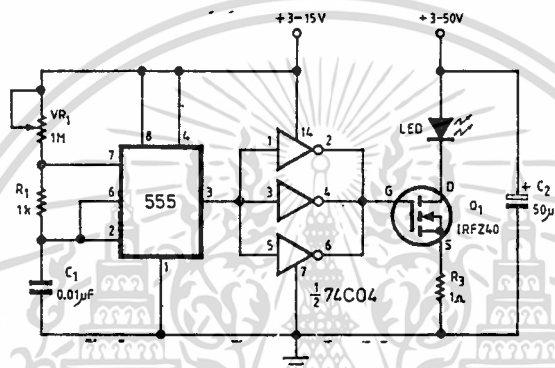
นอกจากนั้น LED ที่ให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ยังไม่ถูกดูดกลืนโดยละอองน้ำเหมือน LED ที่ให้ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร จึงสามารถนำไปใช้ในการตรวจจับไอน้ำในอากาศ LED ชนิด 940 นาโนเมตร ไม่เหมาะกับการสื่อสารด้วยแสงภายนอกเพราะจุก่อนเรื่อง

การถูกดูดกลืนด้วยไอน้ำในอากาศนั่นเอง ส่วน LED ชนิดซิลิกอนที่ทำจาก GaAs มักจะใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงย่านอินฟราเรด

- การขับ LED อินฟราเรดโดยใช้พัลส์กระแสสูง

LED สามารถทำงานที่ค่ากระแสสูงกว่าค่าที่ใช้ในงานต่อเนื่อง หากใช้กับพัลส์ที่มีคาบเวลา 0.1 - 100 ไมโครวินาที เช่น LED อินฟราเรดเบอร์ OD- 50L สามารถขับด้วยพัลส์ 10 แอมป์ (ที่มีคาบเวลาไม่เกิน 10 ไมโครวินาที และอัตราไม่เกิน 100 Hz) OD-50L นี้จะให้กำลังงาน 600 มิลลิวัตต์

เหตุผลที่ต้องจ่ายพัลส์กระแสสูงๆ เนื่องจากประการที่หนึ่งคือ LED ที่ใช้พัลส์มีกำลังสูงนั้น เหมาะกับงานเตือนภัยระยะไกลและระบบตรวจสอบอื่นๆ เป็นตัวส่งสัญญาณระยะไกลได้ดี



รูปที่ 32 วงจรพัลส์กระแสสูงขับ LED โดยใช้ MOSFET

วงจรรูปที่ 32 เป็นวงจรพัลส์กระแสสูงที่จ่ายให้กับเลเซอร์ไดโอดแบบเฮตเทอโรจังชัน ไดโอดตัวนี้ต้องการกระแสขับ 10-15 แอมป์ ด้วยความกว้างพัลส์สูงสุด 100-200 นาโนวินาที เพื่อให้มีการทำงานอย่างรวดเร็วควรใช้ตัวเก็บประจุค่าประมาณ 0.01 หรือ 0.02 ไมโครฟารัด ที่สามารถประจุแรงดัน 100 โวลท์หรือมากกว่า

ก่อนจะถึงยุคของมอสเฟต วิธีที่ใช้การประจุตัวเก็บประจรร่วมกับเลเซอร์ไดโอดคือ การใช้ SCR หรือทรานซิสเตอร์แบบสองรอยต่อธรรมดา แต่คุณลักษณะพิเศษของมอสเฟตที่มีความต้านทานขณะทำงานเป็นสวิตช์ต่ำที่ทำให้การจ่ายกระแสเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและง่ายกว่า

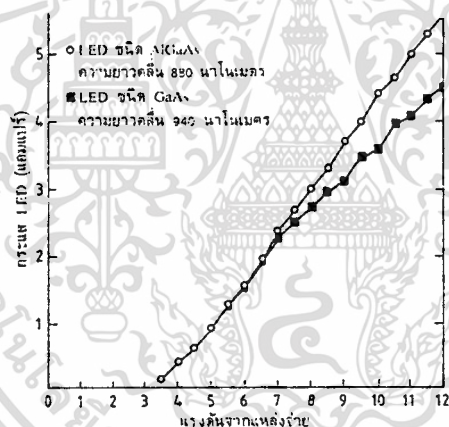
จากรูปที่ 32 ใช้ไอซี 555 ไทมเมอร์เป็นออสซิลเลเตอร์ส่งพัลส์มายังเกตของมอสเฟตทำให้เกิดการสวิตช์ที่มีความต้านทานต่ำ ส่วนอินเวอร์เตอร์สามารถต่อขนานกันได้ทั้ง 6 ตัว และต่อขาที่ไม่ใช้ลงกราวด์

อัตราเร็วของพัลส์ (Pulse repetition rate) ถูกควบคุมโดยตัวต้านทาน R1 ส่วนตัวเก็บประจุ C1 เป็นตัวควบคุมคาบเวลา สามารถเลือกค่าเพื่อใช้งานได้ตามตารางที่ 1

ค่าความจุ C_1 (μF)	คาบเวลา (μs)
0.00047	0.85
0.001	1.7
0.005	6.0
0.01	10.0
0.047	40.0
0.1	88.0

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุของ C_1 กับคาบเวลาของพัลส์

แม้ว่าค่าเหล่านี้จะได้ทำการทดลองมาแล้วแต่ก็อาจเกิดเบี่ยงเบนได้จากค่าผิดพลาดของตัวเก็บประจุที่นำมาใช้งาน ถ้า LED ถูกต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้ ก็สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของพัลส์ได้ทันทีที่แรงดันเปลี่ยนไป ซึ่งค่าของกระแสจะเปลี่ยนไปดังรูปที่ 33 และกระแสจะเพิ่มขึ้นหากปลดตัวต้านทานค่า 1 โอห์มออกมา



รูปที่ 33. กราฟแสดงกระแสของ LED ที่จ่ายโดยวงจรขับที่ 1 วัตต์

- การแผ่รังสีจาก LED อินฟราเรด

การใช้งาน LED อินฟราเรดกำลังสูง อาจพบความยุ่งยากที่ไม่อาจเห็นการแผ่รังสีในย่านที่ตามองเห็นได้ของอุปกรณ์ชนิดนี้จึงเป็นการยากที่จะจัดเลนส์โฟกัส และยากต่อการทำแพทเทิร์นการกระจายของรังสี

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำการเคลือบฟอสเฟอร์ชนิดพิเศษมาใช้ในการเปลี่ยนรังสีย่านใกล้อินฟราเรดเป็นแพทเทิร์นของแสงที่ตามองเห็นได้

ตอนแรกจะนำการคิดนี้ไปถูกแสงสว่างก่อน เช่นแสงในห้อง ก็จะทำให้พื้นผิวของการคิดกลายเป็นสีเข้ม เมื่อการคิดรับแสงจาก LED อินฟราเรด ก็จะเปลี่ยนเป็นสีส้มหรือสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ของ LED อินฟราเรดกำลังสูงมองเห็นเป็นแสงสีแดงมัวๆ เพราะการรับรู้ด้วยตาของมนุษย์จำกัดไว้ที่ 880 นาโนเมตรพอดี แต่สิ่งที่แสดงไว้ในรูปที่ 2 LED อินฟราเรด AlGaAs มีการเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำลง เช่น 750 นาโนเมตร ไดโอดที่ให้แสงสีแดง ส่วนใหญ่อาจมาจากไดโอดที่ให้แสงความยาวคลื่นต่ำก็ได้

การหาแพทเทิร์นที่ดีกว่าการใช้แผ่นฟอสเฟอร์ คือ การผ่านรังสีไปในเครื่องแปลงภาพอินฟราเรด (Infrared image converter) หรือกล้อง TV ที่ตอบสนองได้ดีในย่านใกล้อินฟราเรด

เครื่องแปลงภาพอินฟราเรดจะมีราคาแพงมาก มีอีกวิธีคือ ใช้กล้องวิดีโอที่สามารถตอบสนองย่านใกล้อินฟราเรดได้ ซึ่ง LED อินฟราเรดขนาดใหญ่เบอร์ OD-663 ที่บรรจุอยู่ในตัวถัง TO-66 ถูกออกแบบมาสำหรับย่านอินฟราเรดที่สามารถมองเห็นได้โดยผ่านกล้อง TV ที่ใช้ CCD (Charge Couple Device) เป็นตัวรับภาพ

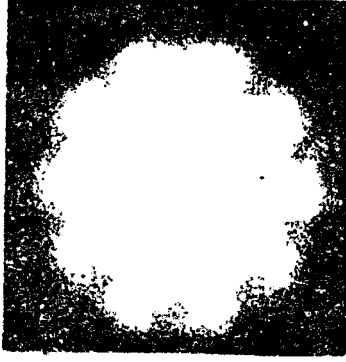
OD-663 ประกอบขึ้นด้วยสารกึ่งตัวนำ 3 ชั้น วางเรียงกัน ที่กระแส 300 มิลลิแอมป์ OD-663 สามารถให้กำลังงานได้ 170 มิลลิวัตต์ และจะให้กำลังงานมากกว่า 1 วัตต์ หากขับด้วยกระแสมากกว่า 5 แอมป์ (พัลส์ 10 ไมโครวินาที) OD-663 มีกรอบโคมอีพ็อกซีแทนเลนส์แก้ว

รูปที่ 34 เป็นภาพถ่ายของสารกึ่งตัวนำ AlGaAs 3 ชั้นวางเรียงกันบนกรอบของ OD-663 ด้านบนของแผ่นซับสเตรทเซรามิกทั้งสองเคลือบด้วยทองไว้เป็นผิวการนำกระแส

ชั้นสารแต่ละชั้นถูกต่อดัวยสายอิเล็กโทรด 4 เส้น อิเล็กโทรดจะถูกต่ออยู่ระหว่างชั้นสารแต่ละชั้น, กรอบและอิเล็กโทรดของกรอบเพื่อใช้เป็นเส้นทางอนุกรมของชั้นสาร ไดโอดทั้งสาม



รูปที่ 34 ภาพถ่ายของ OD-663 LED อินฟราเรดกำลังสูงที่ประกอบด้วยชั้นสาร 3 ชั้น



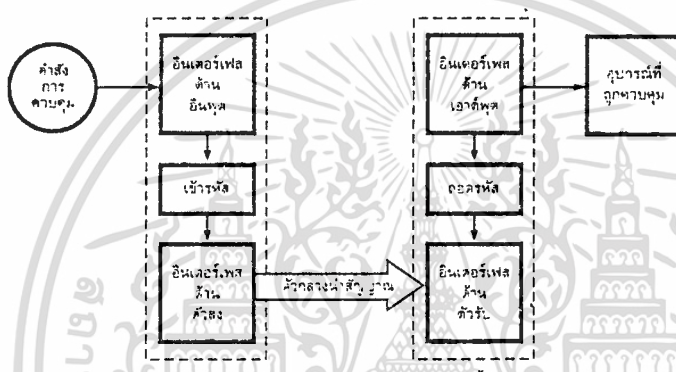
รูปที่ 35 ภาพที่ได้จากเครื่องแปลงภาพอินฟราเรดของ OD-663 ขณะที่ไปอัสตรง



ระบบควบคุมระยะไกล

- หลักการของรีโมตคอนโทรลหรือระบบการควบคุมระยะไกล

บล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 36 แสดงโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบควบคุมระยะไกลโดยทั่วไปในลักษณะของการควบคุมแบบทางเดียว เริ่มจากตัวกำหนดคำสั่งที่ใช้สำหรับการควบคุมว่ามีคำสั่งอะไรบ้าง ชุดคำสั่งทั้งหมดมีก็คำสั่ง เป็นต้น เมื่อมีการกำหนดรูปของคำสั่งแล้วรูปแบบของคำสั่งที่ถูกเลือกจะถูกส่งไปยังภาคส่งสัญญาณที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ หรือรวมสัญญาณควบคุมให้มีรูปแบบที่เหมาะสมกับวงจร



รูปที่ 36 โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบควบคุมระยะไกลโดยทั่วไป

โดยอาจทำการเข้ารหัสสัญญาณให้แก่แต่ละคำสั่งมีรหัสเฉพาะของตัวเองให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ก่อนที่จะถูกส่งออกไปยังภาครับโดยตัวอินเวอร์เตอร์ด้านตัวส่งเพื่อทำหน้าที่ส่งสัญญาณที่ภาครับต้องเข้าใจได้ นั่นก็คือต้องเป็นระบบเดียวกันสัญญาณที่ถูกส่งออกมาอาจอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า, สัญญาณแสง หรือสัญญาณเสียงความถี่สูง สัญญาณนี้สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นสายนำสัญญาณ หรือผ่านตัวกลางอากาศ ขึ้นอยู่กับระบบที่ถูกออกแบบ

หากใช้สายสัญญาณเป็นตัวนำสัญญาณจะเรียกว่า ระบบใช้สาย ซึ่งถ้าใช้สัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณควบคุม (ที่มีการจัดรูปแบบหรือเข้ารหัสแล้ว) ก็จะใช้สายไฟฟ้าเป็นตัวนำสัญญาณ แต่ถ้าหากใช้สัญญาณแสงเป็นตัวควบคุมตัวนำสัญญาณจะเป็นเส้นใยแก้วนำแสงหรือ ไฟเบอร์ออฟติก ในกรณีที่สัญญาณควบคุมถูกส่งไปในอากาศเพื่อเดินทางไปยังเครื่องรับ เช่นการใช้สัญญาณไฟฟ้าในรูปของคลื่นวิทยุ หรือการใช้สัญญาณแสงอินฟราเรดโดยตรง ระบบจะมีชื่อว่า ระบบไร้สาย ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน

สัญญาณที่เข้ามายังเครื่องรับหรือภาครับ จะถูกตัวอินเตอร์เฟสทำหน้าที่แปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าที่เข้ากับระบบของตัวรับ ก่อนถูกถอดรหัสเพื่อทราบวัตถุประสงค์ของคำสั่ง จากนั้นส่วนของวงจรอินเตอร์เฟสด้านเอาต์พุตจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่ต้องการตามลักษณะคำสั่งที่ได้รับ

ระบบที่กล่าวถึงมานั้น เป็นระบบรีโมตคอนโทรลหรือการควบคุมระยะไกลแบบทางเดียวที่มีการส่งงานจากจุดหนึ่งแล้วเกิดการทำงานขึ้นอีกจุดหนึ่ง หากจุดที่ถูกสั่งให้ทำงานมีความสามารถในการสั่งการกลับมายังจุดเริ่มต้นให้ทำงานได้ด้วยแล้วแสดงว่าการทำงานของจุดหรือตำแหน่งทั้งสองมีความเสมอภาคกัน อย่างนี้ถือเป็นระบบควบคุมระยะไกลแบบสองทาง ซึ่งจะพบได้ในระบบสื่อสารทั่วไป

- ระบบของสัญญาณควบคุม

การแบ่งประเภทการควบคุมของรีโมตคอนโทรลอาจจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะของการส่งผ่านสัญญาณ

1. ระบบไร้สาย

เป็นระบบควบคุมที่ต้องมีอุปกรณ์นำสัญญาณจากตัวส่ง(สถานีส่ง) ไปยังตัวรับ(สถานีรับ) อุปกรณ์การนำสัญญาณนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณพาหะซึ่งอาจได้แก่สัญญาณไฟฟ้าและสัญญาณแสง เป็นต้น

ในกรณีของสัญญาณควบคุมที่เป็นสัญญาณไฟฟ้า อุปกรณ์นำสัญญาณอาจได้แก่ สายไฟ, สายโทรศัพท์, สายโคแอกเชียล ฯลฯ แต่ถ้าในกรณีที่สัญญาณควบคุมเป็นสัญญาณแสงอุปกรณ์นำสัญญาณจะเป็นเส้นใยแก้วนำแสงหรือไฟเบอร์ออฟติก

ตัวอย่างของรีโมตคอนโทรลแบบไร้สาย จะเห็นได้จากเครื่องไฟฟ้ารุ่นเก่า เช่นเครื่องเล่นวีดีโอ แอร์ ที่มีสายไฟเสียบต่อกับรีโมตคอนโทรลออกมาภายนอกเครื่อง ทำให้ไม่มีความสะดวกในการใช้งานจึงไม่ค่อยเป็นที่นิยม ส่วนของรีโมตที่ใช้ไฟเบอร์ออฟติกอาจจะไม่ค่อยได้พบเห็นบ่อยนักเนื่องจากไม่ได้ใช้ในงานควบคุมแต่ใช้ในการส่งสัญญาณในลักษณะการสื่อสารข้อมูลที่ไม่เกี่ยวกับการควบคุมในปลายทางแทนสายส่งสัญญาณแบบธรรมดาเพื่อหลีกเลี่ยงที่เกิกับระบบไฟธรรมดาในหลายๆ ด้าน

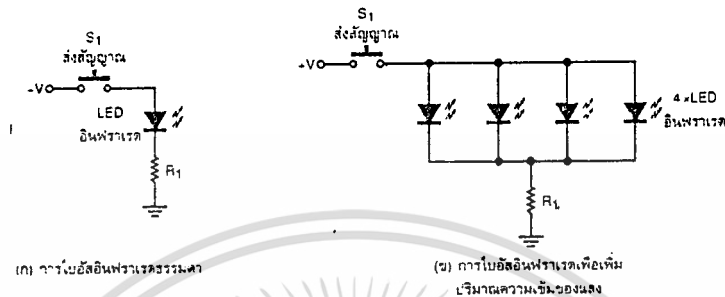
2. ระบบไร้สาย

เป็นระบบควบคุมที่ไม่ต้องมีอุปกรณ์ใดๆ เป็นตัวนำสัญญาณ โดยสัญญาณควบคุมจะเดินทางผ่านไปมาในอากาศ ชนิดของสัญญาณควบคุมที่เดินทางผ่านอากาศได้อาจอยู่ในรูปของสัญญาณเสียง สัญญาณแสง และคลื่นวิทยุ

ซึ่งในปัจจุบัน สัญญาณแสง และคลื่นวิทยุกำลังเป็นที่นิยม คลื่นวิทยุก็จะนิยมใช้ทำ เครื่องเล่นประเภทวิทยุบังคับ ส่วนสัญญาณแสง ได้แก่ ระบบอินฟราเรด

- ระบบอินฟราเรด

การใช้แสงอินฟราเรดเป็นสัญญาณควบคุมของรีโมตคอนโทรล สามารถตัดปัญหาการรบกวนของแสงภายนอกอื่นๆ ลงไปได้โดยเด็ดขาดยิ่งไปกว่านั้นวงจรใช้งานของระบบอินฟราเรดยังเป็นวงจรที่ง่ายและไม่ซับซ้อนมีความเชื่อถือได้สูงในการใช้งาน



รูปที่ 37 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย

(ก) การ ไบอัสอินฟราเรดธรรมดา

(ข) การ ไบอัสอินฟราเรดเพื่อเพิ่มปริมาณความเข้มของแสง

การส่งสัญญาณแสงย่านอินฟราเรดสามารถกระทำได้ด้วยวงจรง่ายๆ ดังรูปที่ 37 (ก) ซึ่งประกอบด้วย LED ที่เปล่งแสงในย่านอินฟราเรด ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ โดยมีความต้านทาน R_1 ทำหน้าที่จำกัดกระแส

สัญญาณแสงที่ส่งออกโดย LED เพียงตัวเดียวจะเหมาะกับการใช้งานในระยะไม่กี่เมตรเท่านั้น การเพิ่มกำลังส่งของอินฟราเรดให้ไปได้ไกลขึ้นทำได้โดยใช้ LED หลายตัวต่อขนานกันดังรูปที่ 37 (ข) โดยที่ R_1 จะต้องมีค่าลดลงจากเดิมเพราะต้องขับกระแสมากขึ้น ปัจจุบันมี LED ย่านอินฟราเรดรุ่นใหม่ๆ ที่ให้กำลังส่งหรือความเข้มแสงสูงช่วยให้ส่งสัญญาณไปได้ไกลกว่าเดิมมาก

สัญญาณอนุกรมพัลส์

การกำหนดช่องสัญญาณ

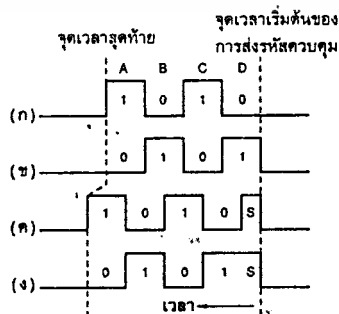
ในการกำหนดรหัสเฉพาะเพื่อใช้ควบคุมช่องสัญญาณ มักใช้รหัสที่เป็นสัญญาณดิจิทัลของเลขไบนารี โดยจำนวนช่องสัญญาณหรือจำนวนฟังก์ชันการทำงานที่สามารถเลือกควบคุมได้ขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ กล่าวคือ หากกำหนดให้สัญญาณควบคุมมีขนาด 8 บิตจะสามารถสร้างสัญญาณควบคุมได้ถึง 256 ช่อง เลขที่เดียว โดยที่การทำงานของวงจรในแต่ละช่องสัญญาณยังคงมีหลักการทำงานเดียวกันทุกประการ

ในแต่ละบิตของสัญญาณควบคุมแสดงด้วยสัญญาณพัลส์สำหรับค่าของบิตที่เป็น 1 และไม่มีพัลส์หรือคงสถานะต่ำไว้เมื่อค่าของบิตเป็น 0 ข้อมูลทั้งหมดตามจำนวนบิตที่ใช้มักถูกจัดเรียงเป็นลำดับอนุกรมพัลส์ แล้วส่งไปยังเครื่องรับตัวอย่างเช่น หากเราออกแบบรีโมตคอนโทรลของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราให้มีจำนวนบิตของสัญญาณควบคุมเป็น 4 บิต เราสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้สูงสุดถึง 16 ช่องสัญญาณ โดยในแต่ละช่องสัญญาณอาจกำหนดรหัสและฟังก์ชันการทำงานสำหรับควบคุมโทรทัศน์ได้ดังตารางที่ 2

รหัสการควบคุม	ฟังก์ชันควบคุม
0000	เปลี่ยนช่องโทรทัศน์
0001	เปลี่ยนช่องโทรทัศน์
0010	เปิดโทรทัศน์
0011	ปิดโทรทัศน์
0100	เพิ่มความดังโทรทัศน์
0101	ลดความดังโทรทัศน์
1111	เพิ่มความสว่าง

ลักษณะของรหัสสัญญาณที่กำหนด เมื่อถูกส่งออกจะจัดเรียงลำดับเป็นอนุกรมออกไปดังเช่นรหัส 0101 และ 1010 ในรูปที่ 38 (ก) และ (ข) ตามลำดับ จากรูปลำดับความสำคัญเรียงจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือจัดเรียงจากบิต D, C, B และ A แต่ที่เห็นพัลส์ในรูปแสดงลำดับกลับกัน (A, B, C, D) เป็นเพราะเราคิดว่าพัลส์ด้านขวาส่งถึงเครื่องรับก่อนข้อสังเกตของสัญญาณในรูปที่ 38 (ก) และ (ข) แม้ว่าเกิดจากรหัสที่แตกต่างกัน เครื่องรับอาจมีการผิดพลาดในการตีความได้หากช่วงเวลาของการส่งรหัสควบคุม ซึ่งกำหนดด้วยเส้นประที่แสดงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเวลาของการส่งข้อความเกิดคลาดเคลื่อนไป อาจส่งผลให้เครื่องรับตีความหมายของรูป (ก) สลับกับรูป (ข) ได้ จึงจำเป็นต้องมีการส่งสัญญาณซิงโครไนส์ หรือสัญญาณที่บอกให้ทราบจะเวลาเริ่มต้นที่แน่นอนของรหัสสัญญาณควบคุมไปพร้อมกัน โดยทั่วไปมักใช้พัลส์ที่แสดงสถานะสูงเป็นตัวบอกจุดเริ่มต้นของเวลาในการส่งสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ (ค) และ (ง) อันเป็นรูปแบบของรหัสจากรูป (ก) และ (ข) ตามลำดับ เมื่อมีสัญญาณพัลส์เริ่มต้น (S) ขนาดความกว้างเท่ากับครึ่งลูกคลื่นของบิตปกติเป็นตัวกำหนดเวลาซิงโครไนส์ ขนาดความกว้างของพัลส์ S ไม่มีข้อจำกัดที่แน่นอน แต่ขึ้นอยู่กับทางเลือกและออกแบบของเราเอง



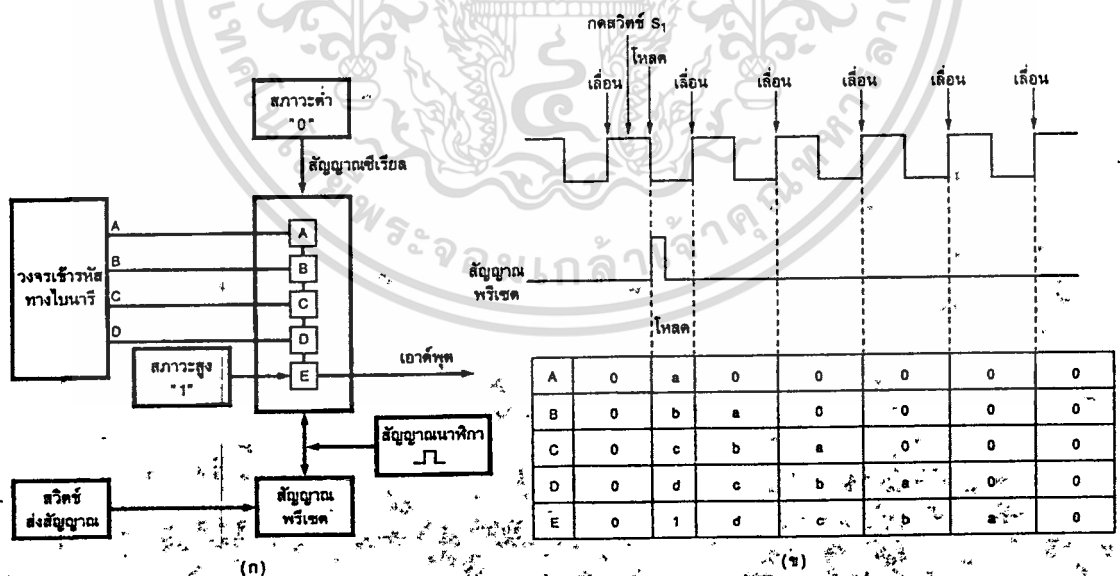
รูปที่ 38 ลักษณะของพัลส์ที่ใช้เป็นรหัสควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดรหัสเป็นอนุกรมพัลส์

การสร้างรหัสสัญญาณดิจิทัลให้เป็นพัลส์อนุกรมสำหรับส่งออก สามารถใช้วงจรของชิพรีจิสเตอร์ ดังรูปที่ 39 (ก) เมื่อต้องการส่งสัญญาณควบคุมขนาด 4 บิต ที่มีพัลส์ซิงโครนัส (S) ในสถานะสูงนำหน้า การทำงานของวงจรถูกกำหนดความเร็วจากอัตราของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ ในการกำหนดความกว้างของแต่ละบิตที่เป็นรหัสควบคุม รหัสควบคุมที่ถูกสร้างขึ้นจาก

วงจรเข้ารหัส จะไปรอกอยู่หน้ารีจิสเตอร์แต่ละตัวไว้ก่อนแล้ว เมื่อมีการกดสวิทช์ส่งสัญญาณ จะเกิดการสร้างสัญญาณปริเซตที่เป็น 1 ป้อนให้กับชิพรีจิสเตอร์ จากนั้นรีจิสเตอร์แต่ละตัวจะทำการโหลดข้อมูลจากวงจรเข้ามาเก็บไว้ รูปที่ 38 (ข) เมื่อสัญญาณปริเซตเปลี่ยนกลับมาเป็น 0 รีจิสเตอร์ทำงานในลักษณะของการเลื่อนหรือชิฟต์ข้อมูลในแต่ละส่วนลงมา ในขณะที่สัญญาณนาฬิกาเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสถานะต่ำไปสูง โดยข้อมูลถูกเลื่อนมาเรื่อยๆ จาก A, B, C, D ไปยัง E ทำให้ได้เอาต์พุตที่ E เป็นสัญญาณพัลส์อนุกรมที่บรรจุข้อมูลเรียงลำดับจาก E, D, C, B, A สำหรับใช้ส่งออกไป โดยที่สัญญาณสถานะสูงของรีจิสเตอร์ E คอนตันใช้เป็นสัญญาณซิงโครนัส เมื่อข้อมูลที่ถูกเลื่อนลงมาหมดแล้ว รีจิสเตอร์จะมีสถานะเป็น 0 เพราะไม่มีการโหลดข้อมูลเข้าสู่รีจิสเตอร์ใหม่นอกจากต้องรอให้มีการสร้างสัญญาณปริเซตเป็น 1 จึงจะมีการโหลดข้อมูลจากวงจรเข้ารหัส และเกิดการเลื่อนข้อมูลในลักษณะเดิมต่อไป

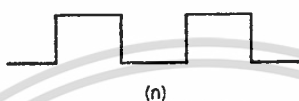


รูปที่ 39 (ก) การทำงานของชิพรีจิสเตอร์ (ข) การสร้างพัลส์อนุกรม

การควบคุมด้วยสัญญาณโทนเบริสต์

สัญญาณโทนเบริสต์

ลักษณะสัญญาณแบบโทนเบริสต์แสดงดังรูปที่ 40 (ข) ซึ่งสร้างจากสัญญาณพัลส์ที่มีภาวะสูงของสัญญาณควบคุมแบบธรรมดาในรูปที่ 40 (ก) สัญญาณโทนเบริสต์ประกอบด้วยพัลส์ความถี่สูงแบบต่อเนื่องตลอดช่วงความกว้างของบิตที่เป็น 1 ในขณะที่บิตข้อมูลอยู่ในสภาวะต่ำ สัญญาณจะคงเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด



(ก)



(ข)

รูปที่ 40 (ก) สัญญาณพัลส์ธรรมดา
(ข) สัญญาณโทนเบริสต์

สำหรับวงจรรับต้องทำการออกแบบให้มีการตอบสนองต่อสัญญาณโทนเบริสต์ในช่วงความถี่ที่เหมาะสมกันจึงสามารถออกแบบชุดรีโมตคอนโทรลที่มีความถี่ของโทนเบริสต์แตกต่างกัน เพื่อนำมาควบคุมอุปกรณ์ในพื้นที่ใกล้เคียงกันได้ โดยปราศจากการรบกวนซึ่งกันและกัน

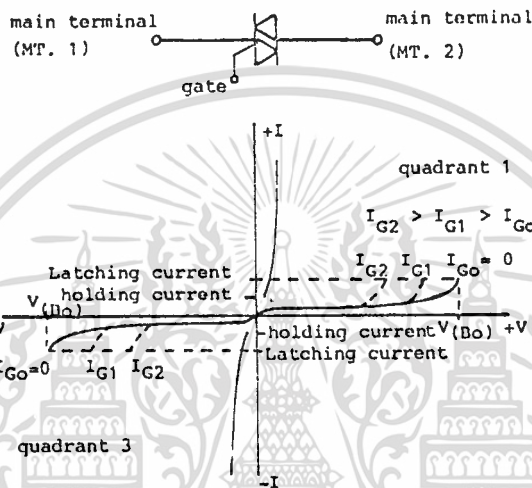
ในขณะเดียวกัน ตัววงจรส่งอาจถูกออกแบบให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ของสัญญาณโทนเบริสต์เป็นค่าต่าง ๆ ได้ซึ่งช่วยให้สามารถใช้เครื่องส่งเพียงตัวเดียวสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดได้พร้อมกัน

ข้อดีอีกประการของการส่งสัญญาณแบบโทนเบริสต์ ก็คือสามารถขจัดสัญญาณรบกวนจากภายนอกได้ดีมาก ตัวอย่างเช่นระบบควบคุมที่ใช้สัญญาณแสง หรือแสงอินฟราเรดที่ส่งด้วยพัลส์ธรรมดา อาจมีแสงจากภายนอก แสงจากหลอดไฟ หรือแม้กระทั่งแสงอาทิตย์เข้าไปรบกวนที่เครื่องรับจนอาจเกิดข้อผิดพลาดในการรับสัญญาณควบคุมได้ แต่ถ้าหากมีการใช้สัญญาณโทนเบริสต์แล้ว สิ่งรบกวนต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกขจัดออกไปโดยสิ้นเชิง

คุณสมบัติของไตรแอค (Static triac Characteristic)

ไตรแอคมีรูปร่าง และคุณสมบัติเหมือนกับเอสซีอาร์ แต่ทว่ามีคุณสมบัติแตกต่างจากเอสซีอาร์ คือ ไตรแอคสามารถนำกระแสได้สองทิศทาง ดังแสดงในรูป 41 (ข) และสัญลักษณ์ของไตรแอคแสดงใน

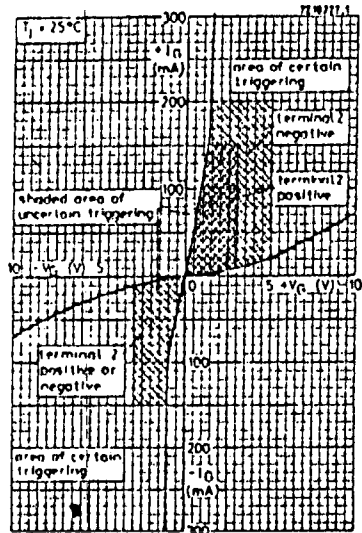
รูป 41 (ก) มีขั้ว 3 ขั้ว คือ MT_1 , MT_2 เป็น main terminal และ G เป็นไตรแอค



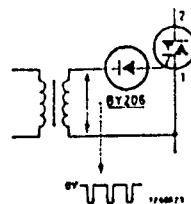
รูป 41 คุณสมบัติและสัญลักษณ์ของไตรแอค (หน้า 2-22)

ไตรแอคจะนำกระแส เมื่อมีกระแสเกินกระแสค้ำ และมีสัญญาณทริกกระหว่างเกทกับ MT_1 ของไตรแอค หรือแรงดันคร่อมขั้ว MT_1 , MT_2 เกินแรงดันพังทลาย (V_{BO}) ซึ่งคุณสมบัติเหมือนกันไม่ว่าขั้ว MT_1 จะมีแรงดันบวก หรือลบเมื่อเทียบกับ MT_2 แต่ถ้าเกินแรงดันพังทลาย (Breakdown voltage- V_{BO}) ไตรแอคก็จะนำกระแสเมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกระแสค้ำ และยังคงนำกระแสอยู่ได้ เมื่อกระแสยังไม่ต่ำกว่ากระแสค้ำ

สัญญาณทริกเกทไตรแอคเพื่อให้ไตรแอคนำกระแส จะจ่ายเข้าที่ขั้ว MT_1 และเกท (gate) ของไตรแอค โดยที่เกทจะมีแรงดันเป็นบวกหรือลบ เมื่อเทียบกับ MT_1 ก็สามารถทำให้ไตรแอคนำกระแสได้ แต่ในสถานะที่แรงดันเกทเป็นลบ เมื่อเทียบกับ MT_1 (quadrant 3) พื้นที่แรงดันเป็นพื้นที่ของแรงดัน และกระแสที่จ่ายให้เกทแล้วอาจจะไม่นำกระแสมีขนาดเท่ากัน เมื่อขั้ว MT_2 เป็นบวกหรือลบ ซึ่งเทียบกับ MT_1 ส่วนสถานะที่แรงดันเกทเป็นบวกเมื่อเทียบกับ MT_1 (quadrant 1) พื้นที่แรงดันจะไม่เท่ากัน ดังแสดงคุณสมบัติของเกทของไตรแอคในรูป 42 ดังนั้นสัญญาณทริกเกอร์ไตรแอค โดยทั่วไปจะทริกด้วยสัญญาณลบ คือ มีแรงดันที่เกทเป็นลบเมื่อเทียบกับ MT_1

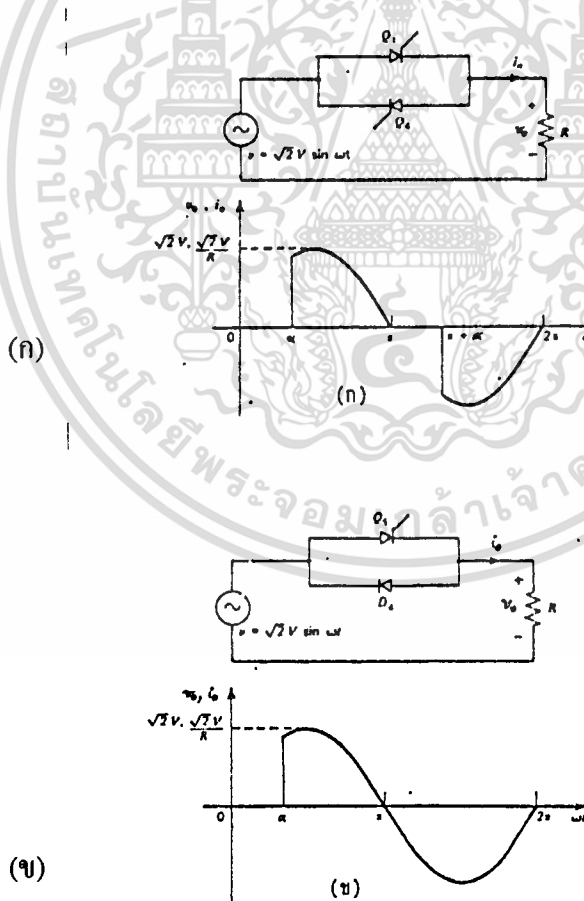


Gate characteristic of BTX94.



รูป 42 คุณสมบัติของเกทของไทรแอด (หน้า 2-23)

การควบคุมแรงดันแบบเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส



รูป 43 การควบคุมแรงดันชนิด 1 เฟส (ก) ควบคุมแบบเต็มลูกคลื่น

(ข) ควบคุมแบบครึ่งลูกคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

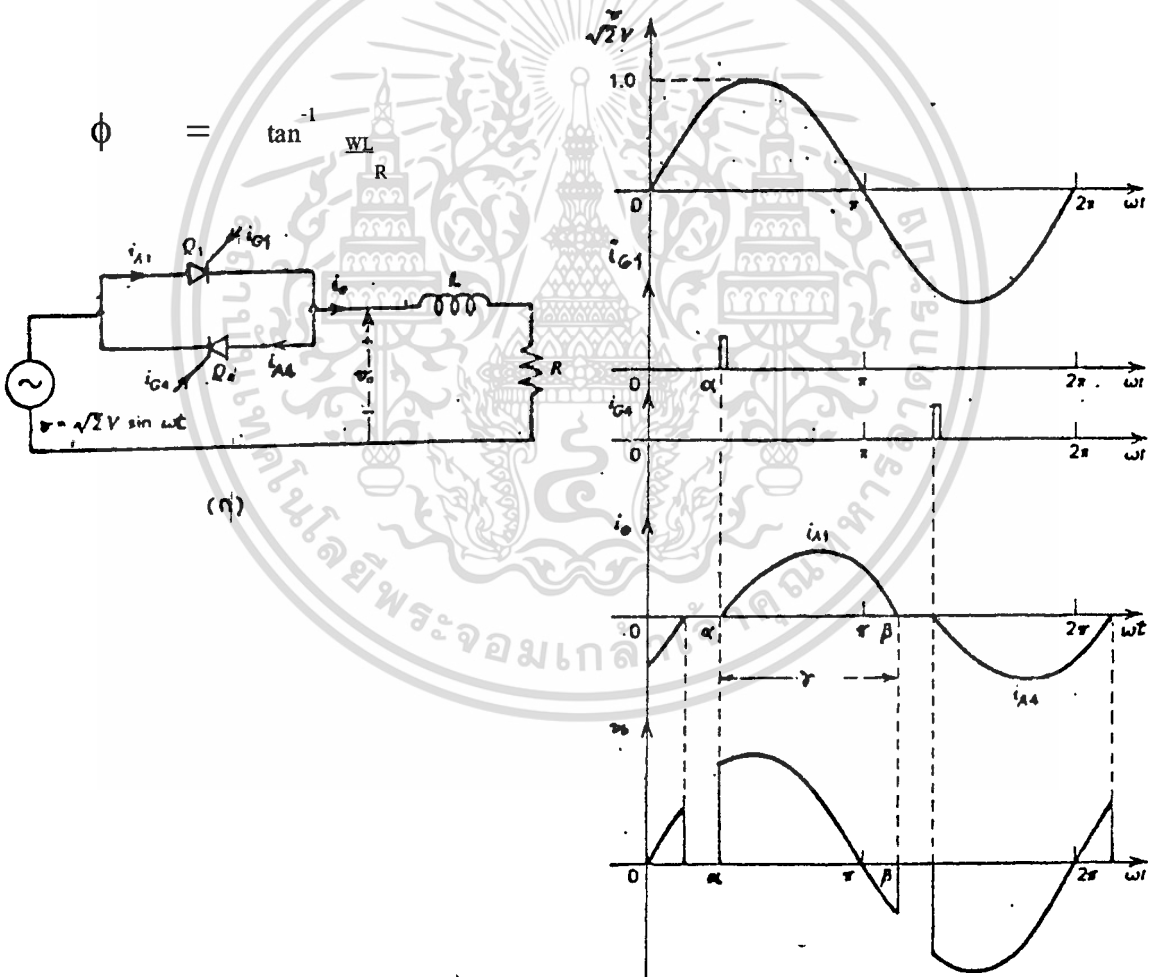
การควบคุมแรงดันแบบเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส

ตามวงจรรูป 5.5 แสดงวงจรควบคุมแรงดันเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส ที่จ่ายให้โหลดที่เป็นอินดักทีฟโหลด เอสซีอาร์ทั้งสองจะเปลี่ยนกันนำกระแสในแต่ละไซเคิล เมื่อเอสซีอาร์ Q_1 กำลังนำกระแส จะมีกระแสไหลผ่าน i_{A1}

$$i_{A1} = \frac{\sqrt{2}V}{Z} \left[\sin(\omega t - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{R/L (\alpha/\omega - t)} \right]$$

$$Z = [R^2 + (WL)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{WL}{R}$$



รูป 44 วงจรควบคุมแรงดันแบบเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส เมื่อโหลดเป็นอินดักทีฟ

โหลด

เอสซีอาร์แต่ละตัวจะนำกระแสในช่วงครึ่งไซเคิลเหมือนกับการแปลงไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรง สิ่งสำคัญคือ จำนวนมุมที่เอสซีอาร์นำกระแส (γ) ไม่สามารถเกิน 180° รูปคลื่นของวงจรรูป 44 (ก) แสดงไว้ในรูป (ข) จะเห็นว่าเมื่อมุมทริกเกอร์ (α) ลดลงจนกระทั่งจำนวนมุมที่เอสซีอาร์นำกระแส (γ) เท่ากับ 180° รูปคลื่นของแรงดันและกระแสเอาต์พุต จะเป็น sinusoidal เมื่อ $\alpha = \phi$ จากสมการ

กระแส $i_{A1} = 0$ เมื่อ $\omega t = \beta$ จะได้สมการ

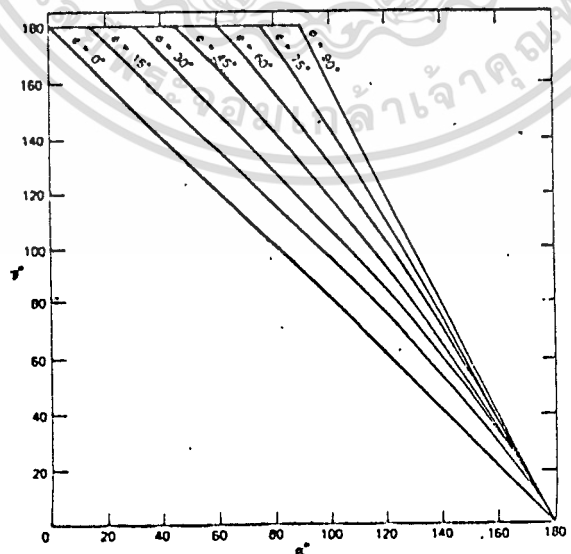
$$\sin(\beta - \phi) = \sin(\alpha - \phi) e^{-R/L(\beta - \alpha)} \quad W$$

$$\gamma = \beta - \alpha$$

และถ้า $\alpha = \phi =$ มุมเฟาเวอร์ของโหลด แทนค่าจะได้

$$\begin{aligned} \sin(\beta - \phi) &= 0 \\ \beta - \phi &= 180^\circ \\ \beta - \alpha &= 180^\circ = \gamma \end{aligned}$$

จะเห็นว่าเมื่อ $\alpha = \phi$ กระแสจะไหลอย่างต่อเนื่องทั้งไซเคิลจึงเป็นรูปคลื่น sinusoidal กราฟที่แสดงในรูป 45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α และ γ ขณะที่ ϕ มีค่าต่างๆ ซึ่งได้จากผลลัพธ์ของสมการ โดยที่ α มีค่าน้อยกว่า ϕ



รูป 45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α และ γ ขณะที่ ϕ มีค่าต่างๆ

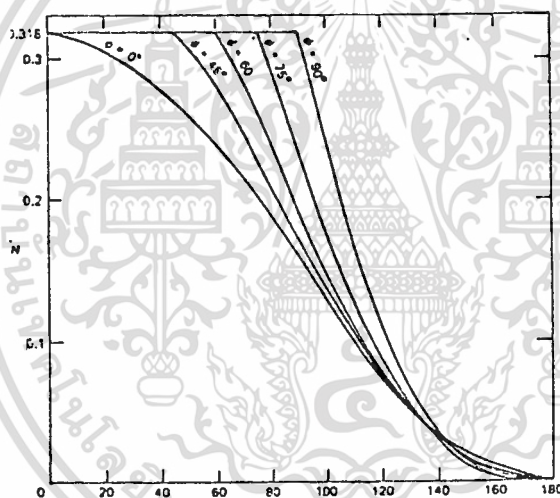
กระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะมีค่าเท่า

$$I_T(\text{ave}) = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} \frac{\sqrt{2}V}{Z} \left[\sin(wt - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{R/L(\alpha/w - t)} \right] d(wt)$$

$$I_T(\text{ave}) = \frac{\sqrt{2}V}{Z} I_N = I_{\text{base}} \cdot I_n$$

$$I_n = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} \left[\sin(wt - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{R/L(\alpha/w - t)} \right] d(wt)$$

จากสมการ สามารถนำไปเขียนกราฟได้ดังรูป 46 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_n และ α ที่มุม ϕ ค่าต่างๆ โดยที่มุม α จะไม่มากกว่ามุม ϕ



รูป 46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_n และ α ที่มุม ϕ ค่าต่างๆ

กระแสอาร์เอ็มเอสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะมีค่าเท่ากับ

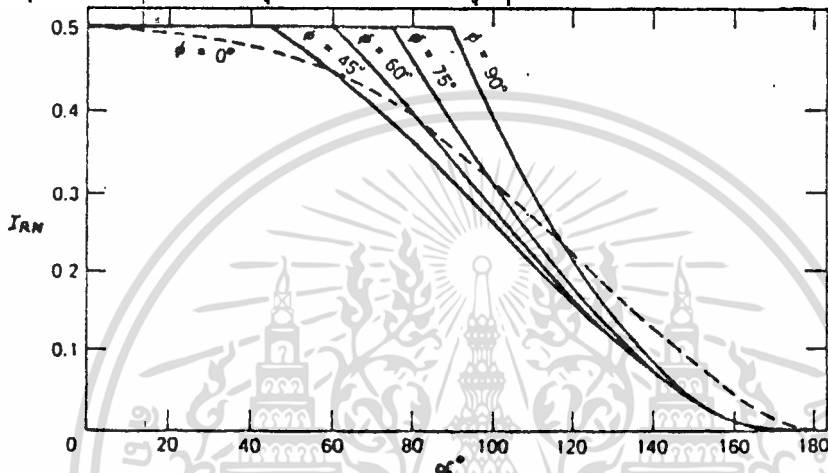
$$I_T(\text{RMS}) = \left[\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} \left[\frac{\sqrt{2}V}{Z} \left\{ \sin(wt - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{R/L(\alpha/w - t)} \right\} \right]^2 d(wt) \right]^{\frac{1}{2}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_T(\text{RMS}) = \frac{\sqrt{2} V}{Z} \cdot I_{RN} = I_{\text{base}} \cdot I_{RN}$$

$$I_{RN} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} \left[\sin(wt - \phi) - \sin(\alpha - \phi) e^{R/L(\alpha/w - t)} \right]^2 d(wt) \Bigg]^{\frac{1}{2}}$$

สมการ นำไปเขียนกราฟได้ดังแสดงในรูป 47 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{RN} และ α ที่มุม ϕ ค่าต่าง ๆ โดยที่มุม α ไม่มากกว่ามุม ϕ



รูป 47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{RN} และ α ที่มุม ϕ ค่าต่าง ๆ
กระแสแอมแปร์ที่ไหลในโหลดหรือเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ

$$I_{O(\text{rms})} = \frac{\sqrt{2} V}{Z} I_{O(RN)}$$

$$\text{แต่ } I_{O(RN)} = \left[I_{RN}^2 + I_{RN}^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \sqrt{2} I_{RN}$$

$$\text{ดังนั้น } I_{O(\text{rms})} = \frac{2V}{Z} \cdot I_{RN} = \sqrt{2} I_T(\text{RMS})$$

แรงดันอาร์เอ็มเอสตกคร่อมโหลดจะมีค่าเท่ากับ

$$V_{O(\text{rms})} = \alpha \int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} \left[\sqrt{2} V \sin(wt) \right]^2 d(wt) \Bigg]^{\frac{1}{2}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \sqrt{2} V \left[\frac{1}{2\pi} \left\{ \gamma + \frac{1}{2} \sin 2\alpha - \frac{1}{2} \sin 2(\alpha + \gamma) \right\} \right]^{\frac{1}{2}}$$

สัญญาณทริกเกอร์

สัญญาณทริกเกอร์สำหรับเอสซีอาร์ทั้งสองในรูป 43 จะต้องแยกออกจากกัน เพราะว่าคาโทรคของเอสซีอาร์แต่ละตัวไม่ต่อร่วมกัน เมื่อโหลดเป็นความต้านทาน และ $L = 0$ มุมทริกเกอร์ (α) ต่ำสุด $= \phi = 0$ เอสซีอาร์จะหยุดนำกระแสที่จุดสุดท้ายของครึ่งไซเคิลของแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟสัญญาณทริกเกอร์เป็นพัลส์ อาจจะเป็นดังที่แสดงใน รูป 47 กระแสเกตที่ต้องการทริกให้เอสซีอาร์นำกระแสอยู่ในระดับ 10 จนถึง 400 มิลลิแอมแปร์ และความกว้างของพัลส์จะต้องกว้างอย่างน้อย 5 ไมโครวินาที (μsec) หรือ (turn-on-time) ของเอสซีอาร์

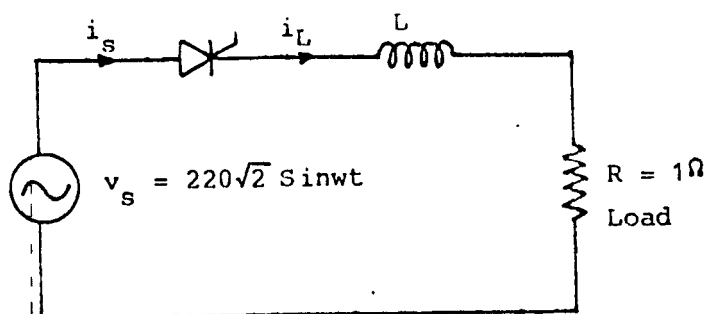
สัญญาณทริกเกอร์ที่เป็นพัลส์ไม่พอเพียง ในกรณีที่โหลดเป็นอินดักติฟโหลด เหตุผลนี้แสดงในรูป 48 เมื่อ $\alpha < \phi$ ที่มุม $\omega t = \alpha + \pi$, Q_1 จะยังคงนำกระแสอยู่เนื่องจากผลของอินดักแตนซ์ในโหลด แรงดันคร่อมโหลด $V_o = V$ และแรงดันคร่อมเอสซีอาร์ทั้งสองเป็นศูนย์โวลต์ เวลาที่เอสซีอาร์ Q_1 หยุดนำกระแสสัญญาณทริกเกอร์ i_{G1} สิ้นสุดลง ดังนั้นเอสซีอาร์ Q_2 ไม่สามารถนำกระแสได้ ดังนั้นรูปคลื่นเอาต์พุต จึงเกิดการไม่สมดุล

เนื่องจากเอสซีอาร์ Q_1 นำกระแสตัวเดียว ซึ่งจะเกิด dc component ในโหลด และในแหล่งจ่ายไฟ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ ควรใช้สัญญาณทริกเกอร์แบบต่อเนื่อง (continuous gating) ตลอด $\pi - \alpha$ วินาที ซึ่งจะทำให้เมื่อ i_{A1} ตกลงเป็น 0 เอสซีอาร์ Q_2 มีสัญญาณทริกเกอร์ให้นำกระแส

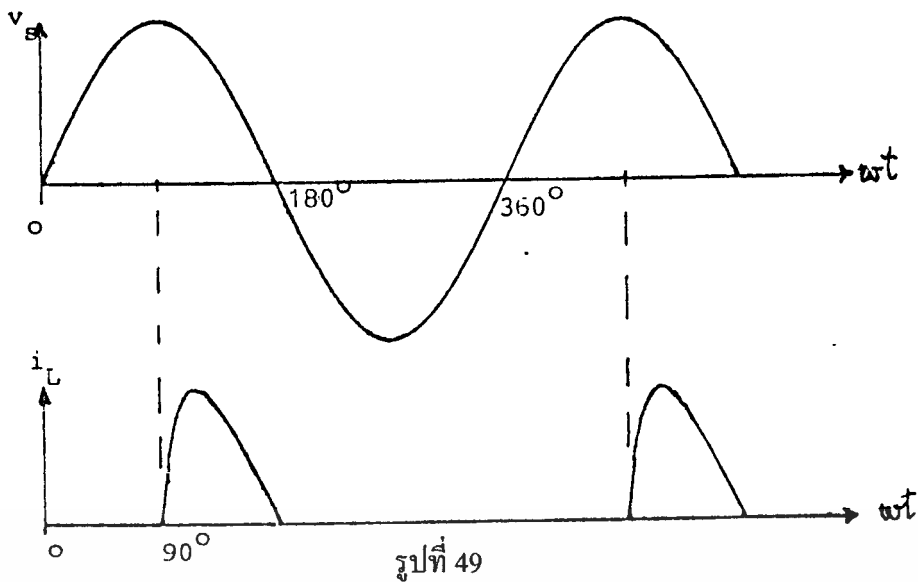
วิธีการลดการเปลี่ยนแปลงของกระแส di/dt

SCR หรือ Triac เมื่อมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสมากกว่าขีดจำกัด โดยเฉพาะช่วงเริ่มต้นนำกระแส จะทำให้เกิดความร้อนสูงมากจนไม่สามารถระบายความร้อนให้อุณหภูมิลดลงโดยเร็ว จะทำให้ SCR หรือ Triac เสียหายได้

การลดมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแส สามารถทำได้โดย การต่อ Inductor อนุกรมกับโหลด ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 49

เมื่อทำการ ทรริก SCR ให้นำกระแสที่มุม 90° จะเป็นมุมที่แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟกระแส
สลับมีค่าสูงสุดเท่ากับ $220\sqrt{2}$ V.

เมื่อทำการ ทรริกให้ SCR นำกระแส กระแสจะไหลผ่านเท่ากับ

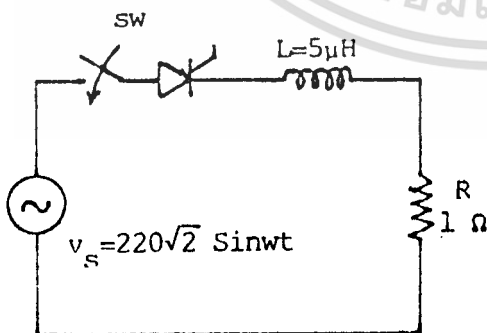
$$i = \frac{V}{R} (1 - e^{-Rt/L})$$

$$di/dt = \frac{V}{L} e^{-Rt/L}$$

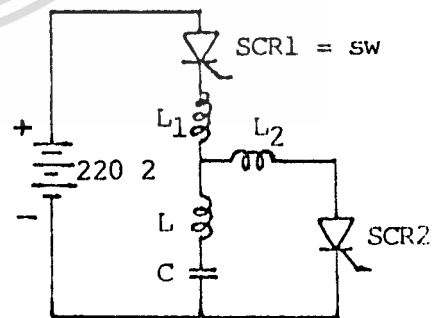
วิธีการลดการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน dv/dt

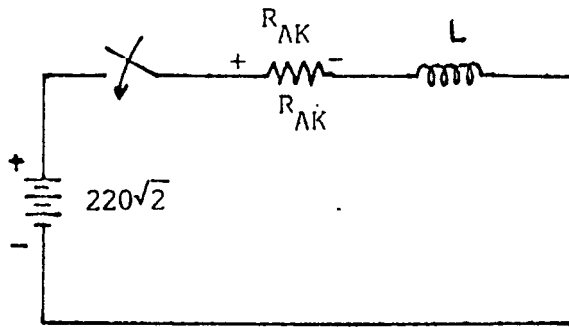
ถ้ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันสูงกว่าขีดจำกัดของ SCR และ Triac ทำให้ SCR
และ Triac นำกระแสโดยไม่มีสัญญาณทรริกเกอร์

ในวงจรรูป (ก) เมื่อสับสวิตช์ SW จ่ายไฟเข้าวงจร สามารถเขียนวงจรแทนได้ดังรูป (ข)



หรือ





รูปที่ 50

$$V_{AK} = iR = v(1 - e^{-Rt/L})$$

$$dv/dt = \frac{R}{L} v e^{-Rt/L}$$

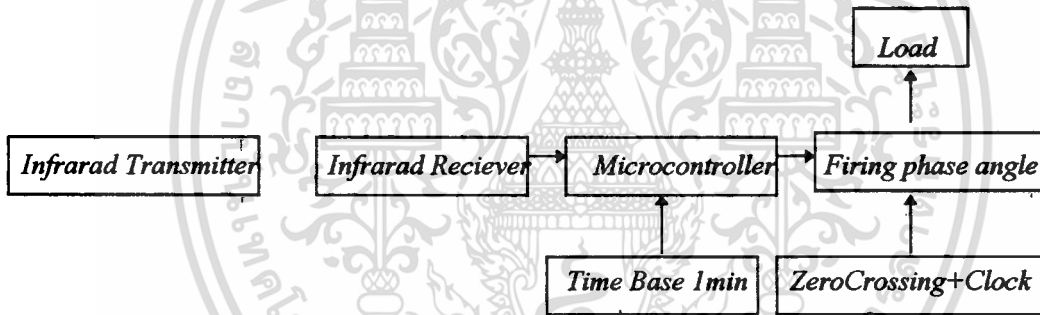


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ลักษณะโครงการ

โครงการ Infrared Remote Control นี้ จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ทำงานร่วมกันคือ

1. ภาคส่งอินฟราเรด (Infrared Transmitter)
2. ภาครับอินฟราเรด (Infrared Receiver)
3. วงจรฐานเวลา 1 นาที (Time Base 1 minute)
4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51
5. ภาควัดรวจับการตัดแกนศูนย์ (Zero Crossing)
6. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Clock generator)
7. วงจรควบคุมการกระตุ้นมุมของเฟสแบบดิจิทัล (Digitally controlled phase angle firing circuit)



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรม

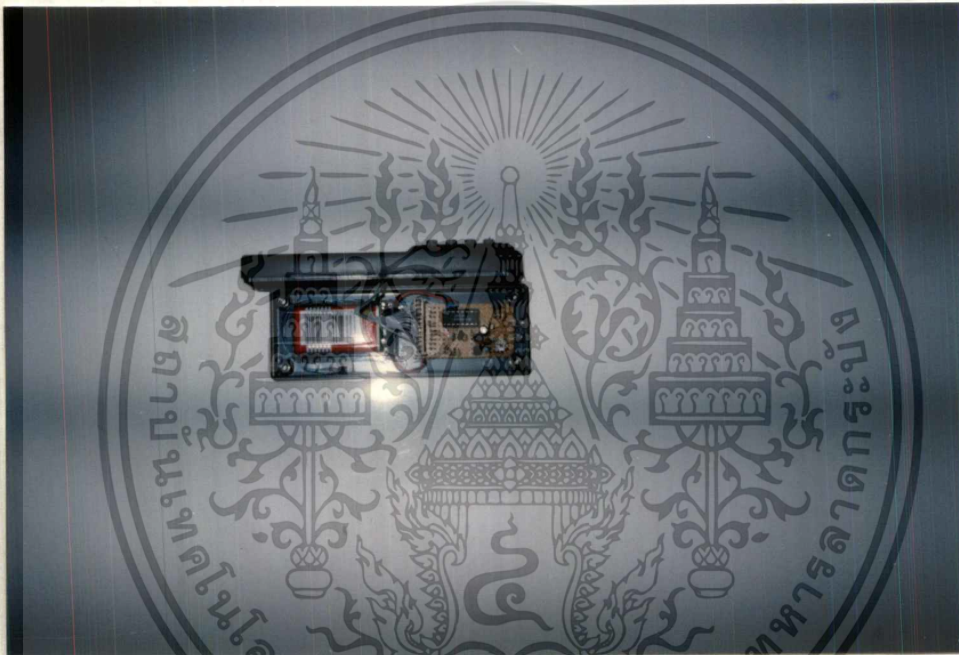
1. ภาคส่งอินฟราเรด (Infrared Transmitter) จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณของคำสั่งจากระยะไกลซึ่งก็คือรีโมท นั่นเอง โดยปุ่มสวิทช์ที่ภาคส่ง มีอยู่ทั้งหมด 8 ปุ่มซึ่งมีหน้าที่ดังนี้

- ปุ่มที่ 1 ----> Increase Channel
- ปุ่มที่ 2 ----> Decrease Channel
- ปุ่มที่ 3 ----> Increase Time Mode
- ปุ่มที่ 4 ----> Decrease Time Mode
- ปุ่มที่ 5 ----> Increase Dimmer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปุ่มที่ 6 ----→ Decrease Dimmer
 ปุ่มที่ 7 ----→ ON/OFF (toggle)
 ปุ่มที่ 8 ----→ No use

ปุ่มที่ 1 และ 2 จะใช้เลือกว่าเราต้องการควบคุมหลอดในแซนแนลใด ปุ่มที่ 3 และปุ่มที่ 4 จะใช้ในการเลือกเวลาของการตั้งเวลาปิดซึ่งจะมี 4 ระดับ คือ 30, 60, 90, และ 120 นาที ปุ่มที่ 5 และปุ่มที่ 6 ใช้สำหรับปรับความสว่างของหลอดไฟ หรือควบคุมพลังงานของหลอดนั่นเอง ส่วนปุ่มที่ 7 จะใช้สำหรับเปิดและปิดหลอด ซึ่งจะมีการทำงานแบบ ท็อกเคิล (Toggle) สำหรับวงจรของ ภาดส่งอินฟราเรด (Infrared Transmitter) แสดงไว้ในหน้าที่



รูปที่ 2 Infrared Transmitter

2. ภาครับอินฟราเรด (Infrared Receiver) ทำหน้าที่รับสัญญาณอินฟราเรดและถอดรหัสของสัญญาณส่งเป็นสัญญาณข้อมูลส่งให้แก่ พอร์ต C (C0 - C7) ของไอซี 8255 ที่อยู่บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์วิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3. วงจรฐานเวลา 1 นาที (Time Base 1 minute) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณเวลา 1 นาที เพื่อใช้ในการตั้งเวลาปิดโดยสัญญาณเวลานี้จะจ่ายให้แก่ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่วิเคราะห์สัญญาณข้อมูลแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณคำสั่งเพื่อไปสั่งให้ วงจรควบคุมการทริกมุมเฟสทำงานในลักษณะตามที่ต้องการ โดยส่งเป็นค่าแอดเดรส และค่าเดต้า ออกทาง พอร์ต A และ พอร์ต B ของ 8255 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วงจรตรวจจับการตัดแกนศูนย์ เป็นวงจรที่คอยตรวจว่าเมื่อใด คลื่นชาแนลของแรงดันไฟสลับ มีการตัดแกนศูนย์ ซึ่งเมื่อมีการตัดแกนศูนย์ จะมีสัญญาณ 0 ส่งออกมาให้วงจรควบคุมการกระตุ้นมมเฟส ทำให้สามารถควบคุมพลังงานของโหลดได้ตามต้องการ

6. สัญญาณนาฬิกา (Clock) เป็นสัญญาณที่มีความสำคัญ จะใช้ในการแบ่งสัญญาณชาแนล ในแต่ละครึ่งไซเคิลของแรงดันไฟสลับ เพื่อให้สามารถควบคุมแรงดันที่จ่ายให้กับโหลดได้ตามระดับที่ต้องการ ซึ่งค่าความถี่ของ Clock สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$f_{ck} = 2f_{line}S$$

f_{ck} = ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา

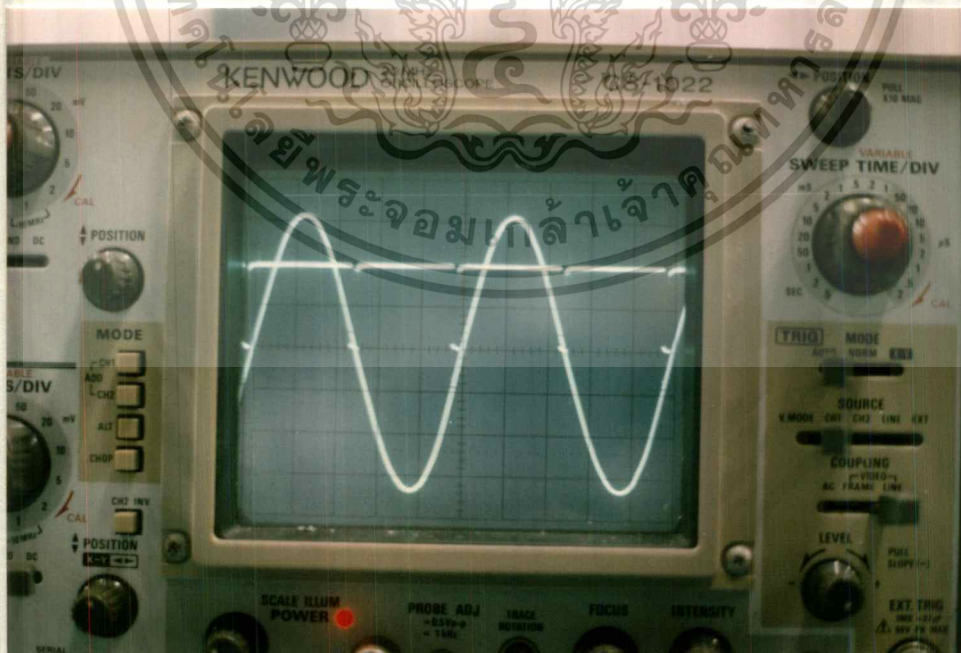
f_{line} = ความถี่ของไฟ AC

S = จำนวนสเตปที่ต้องการจะควบคุม

ซึ่ง IC 74LS161 เป็น ไอซีที่มีอินพุต ขนาด 4 บิต และความถี่ไฟบ้าน เท่ากับ 50 เฮิร์ตซ เราจะได้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเท่ากับ

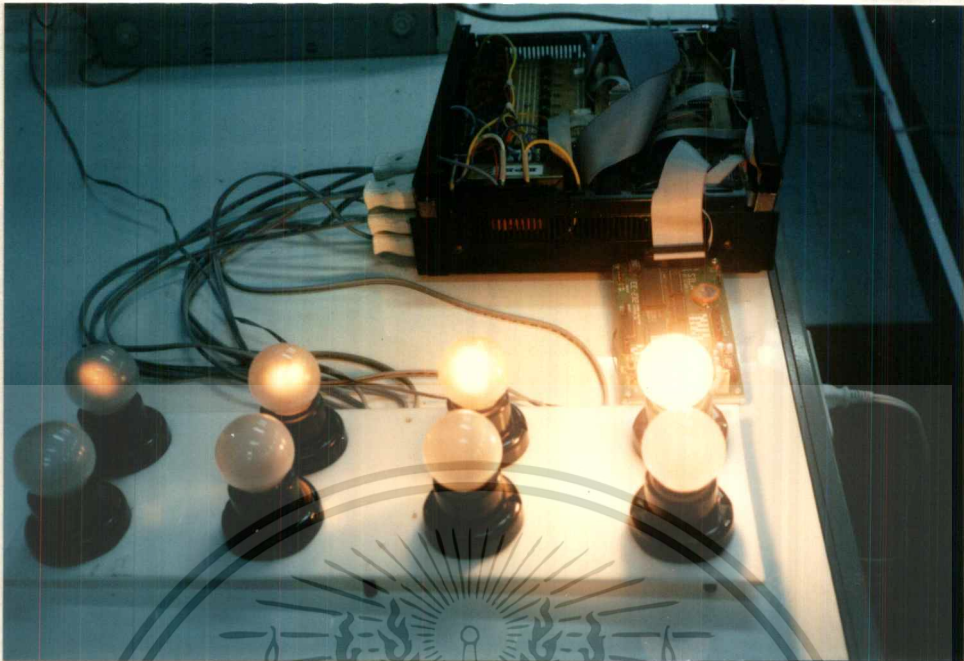
$$f_{ck} = 2 * 50 * 2^4 = 1600 \text{ Hz}$$

7. วงจรควบคุมการกระตุ้นมมเฟส เป็นส่วนทำหน้าที่ควบคุมพลังงานของโหลด โดยรับค่าของ แอคเคเรส และ เดคัมา จาก พอร์ท A และพอร์ท B จากไมโครคอนโทรลเลอร์ และมีสัญญาณ นาฬิกา และ สัญญาณตัดแกนศูนย์ เป็นสัญญาณอ้างอิง แล้วจึงส่งสัญญาณควบคุมไปให้แก่ ออฟไดโอดแอค เพื่อทำการควบคุมโหลดต่อไป

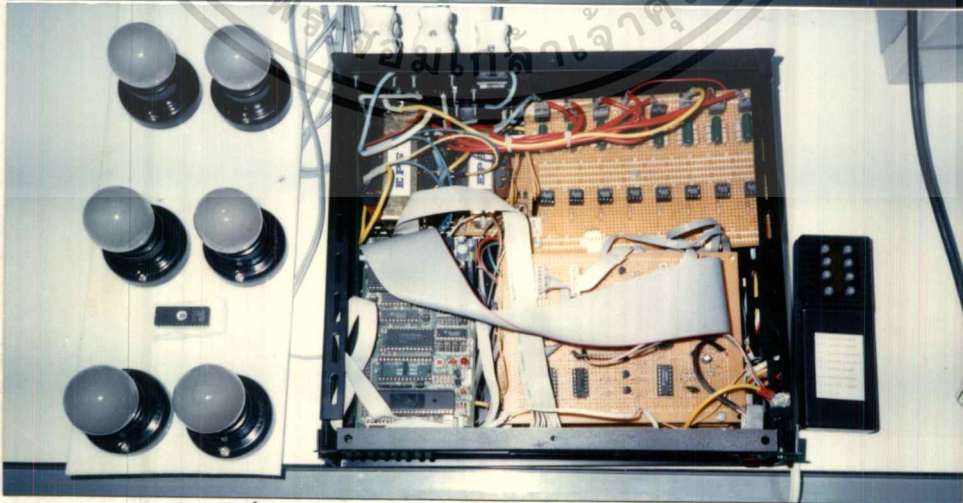
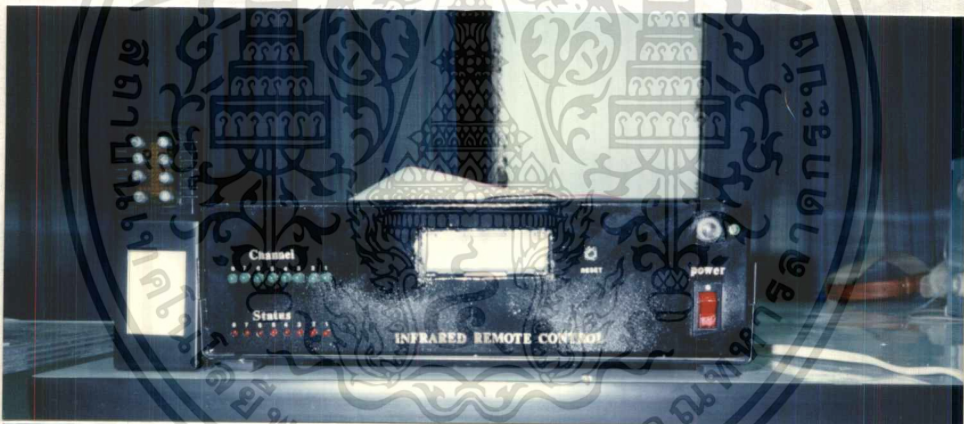


รูปที่ 3 สัญญาณควบคุม ที่จ่ายให้กับ ออฟไดโอดแอค เทียบกับ สัญญาณชาแนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 การหรี่ไฟที่ระดับต่างๆ



รูปที่ 5 โครงงาน Infrarad Remote Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรภาคส่งสัญญาณอินฟราเรด (Infrared Transmitter)

จากรูปในหน้า 62 เริ่มการทำงานเมื่อเรากดสวิทช์ S_1 ถึง S_4 เนื่องจากจะทำให้วงจรอินพุทของ ทรานซิสเตอร์ TR_1 ทำงานเป็นผลให้วงจรทั้งหมด เริ่มทำงานรวมทั้ง IC (MC145026) โดยสวิทช์ทั้งหมด จะส่งรหัส เป็นเลขฐานสอง (Binary) ให้แก่ IC1 จากนั้น ไอซี จะทำการเข้ารหัส (Encoder) จากข้อมูลแบบขนานเป็นข้อมูลแบบอนุกรม โดยสัญญาณอนุกรมของข้อมูลที่ส่งออกมาจาก IC1 จะมีค่าความถี่ขึ้นอยู่กับค่า R_5 , C_2 และ R_6 ที่ต่อเข้ากับขา 11, 12 และ 13 ตามลำดับซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) ให้แก่วงจรภายในของ IC1 ดังสมการ

$$f_{osc} = 1/(2.3R_{ic}C_{ic}) \text{ Hz for } 1 \text{ kHz} < f < 400 \text{ kHz}$$

$$\text{เมื่อ } C_{ic} = C + 12 \text{ pf}, C = C_2$$

$$R_s = 2R_{ic}, R_s = R_5, R_s \Rightarrow 20 \text{ k}$$

$$R_{ic} \Rightarrow 10 \text{ k}, R_{ic} = R_6$$

$$400 \text{ pf} < C < 15 \mu \text{f}$$

เมื่อได้สัญญาณอนุกรมข้อมูลจากขา 15 จะถูกส่งต่อให้วงจรออสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Astable Multivibrator) โดย วงจรออสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ จะทำงานเมื่อมีพัลส์ของสัญญาณข้อมูลจาก IC1 มาเท่านั้น ซึ่งวงจรออสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์จะสามารถปรับเปลี่ยนค่าความถี่ได้ตั้งแต่ 32k ถึง 38k ตามการปรับค่าของ VR_1

สมการหาความถี่ของวงจรออสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

$$f = 0.7 / (R_b C)$$

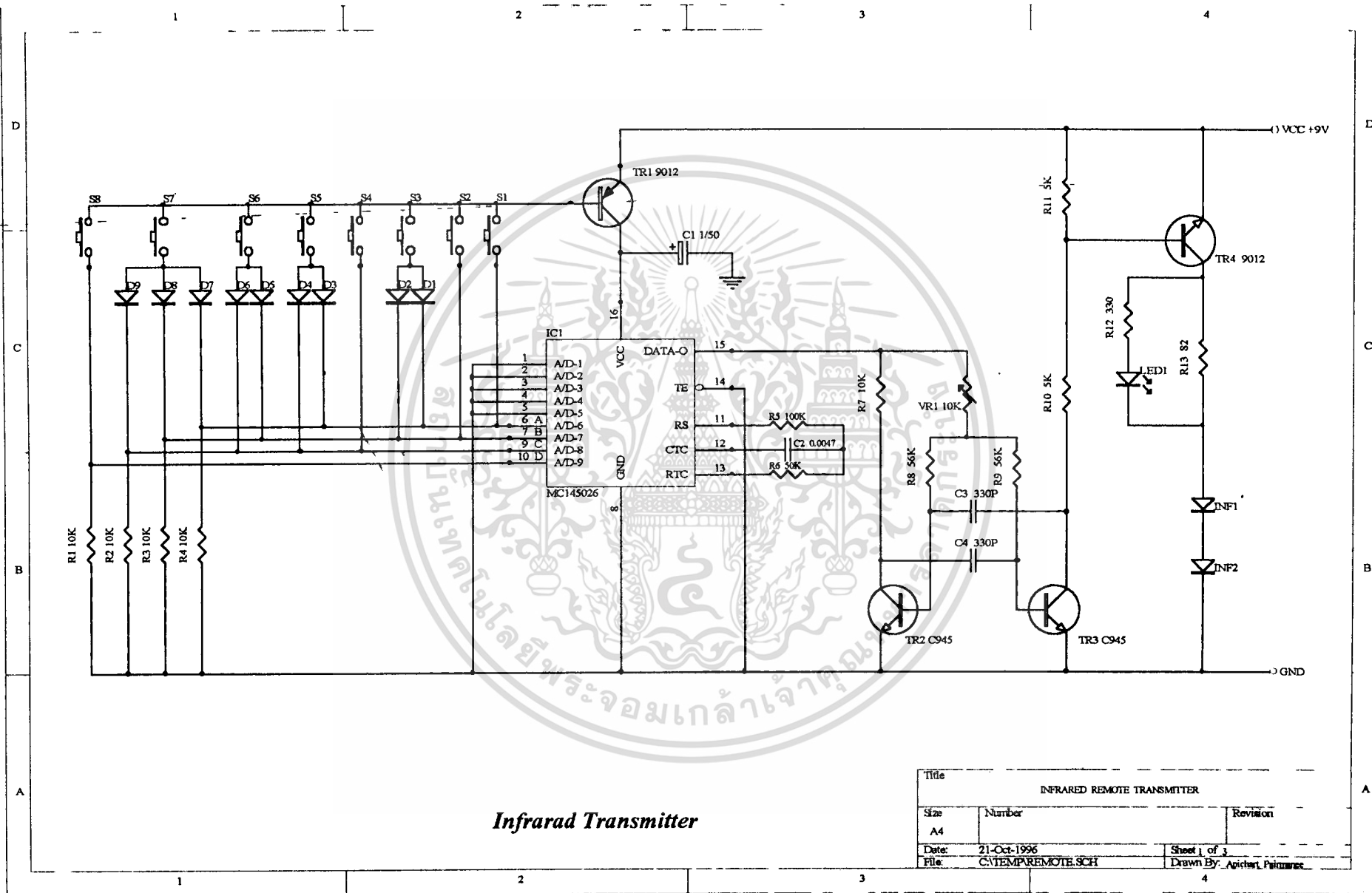
$$\text{เมื่อ } R_b = 56 \text{ k}, C = 330 \text{ pf}$$

$$f = 37.88 \text{ kHz}$$

$$\text{เมื่อ } R_b = 66 \text{ k}, C = 330 \text{ pf}$$

$$f = 32.14 \text{ kHz}$$

ความถี่ที่ได้จากวงจรออสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์จะทำให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์ TR_4 ทำงาน เป็นผลให้อินฟราเรดไดโอดนำกระแสส่งสัญญาณไปยังภาครับต่อไป



วงจรภาครับสัญญาณแสงอินฟราเรด (Infrared Reciever) ประกอบด้วย 2 วงจรคือ วงจรรับสัญญาณอินฟราเรด (Infrared Detector) และวงจรถอดรหัส ซึ่งจะแสดงในรูป Infrared Detector และในรูป Infrared Reciever ในหน้า 65 และหน้า 66 ตามลำดับ

เมื่อมีสัญญาณอินฟราเรดส่งมายังโฟโตไดโอด(Photodiode) จะเปลี่ยนเป็นสัญญาณอินพุตป้อนให้แก่ IC1 (CX20106A) ซึ่งเป็นไอซีของบริษัทโซนี่ มีคุณสมบัติเด่นคือ มีวงจรฟิลเตอร์ในตัว สามารถควบคุมความถี่กลาง(Center Frequency)ได้ง่าย ด้วยตัวความต้านทานเพียงตัวเดียว ทั้งนี้มีค่าตั้งแต่ 30 - 60 kHz และยังไม่เกิดปัญหาเรื่องสนามแม่เหล็กไปรบกวนวงจรอื่นเพราะไม่ใช้คอยล์ในวงจร นอกจากนี้ยังมีเอาต์พุตเป็นแบบโอเพ่นคอลเลกเตอร์ (Open Collector)

ในการกำหนดอัตราขยายของวงจร จะกำหนดจากค่า R1, C1 หากให้ค่าความต้านทานสูง และค่าคาปาซิเตอร์ต่ำ อัตราการขยายจะมีค่าต่ำ แต่หากให้ค่าคาปาซิเตอร์ต่ำมาก จะทำให้ความไวของวงจรลดลง C2 จะทำหน้าที่เป็น ดีเทคชั่นคาปาซิเตอร์ (Detection Capacitor) ถ้ามีค่ามากจะทำให้ความไวลดลง C3 จะช่วยลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวน R2 เป็นตัวกำหนดความถี่กลาง ซึ่งมีค่าโดยประมาณดังตารางที่ 1

เซ็นเตอร์เฟรควเอนซี	ค่า R6
30 KHz.	275K
38 KHz.	220K
40 KHz.	200K
50 KHz.	156K
60 KHz.	130k

ตารางที่ 1 ค่า R2 ที่กำหนดค่าความถี่กลาง

เมื่อมีสัญญาณเอาต์พุตจากขา 7 ของ CX20106A จะป้อนให้แก่ TR1 เพื่อกลับสัญญาณให้กับขาอินพุตของ MC145027 ที่ทำหน้าที่เป็นไอซีถอดรหัสสัญญาณที่รับเข้ามา เป็นสัญญาณข้อมูลอนุกรมแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณข้อมูลขนาน ที่เป็นเลขฐานสอง(Binary Code) นอกจากนี้ในการใช้งาน MC145027 เราต้องกำหนดขนาดความกว้างของพัลส์ที่จะรับเข้ามา โดยกำหนดที่ R6 และ C2 จากสมการ

$$R6 * C2 = 3.95 * R_{TC} * C_{TC}$$

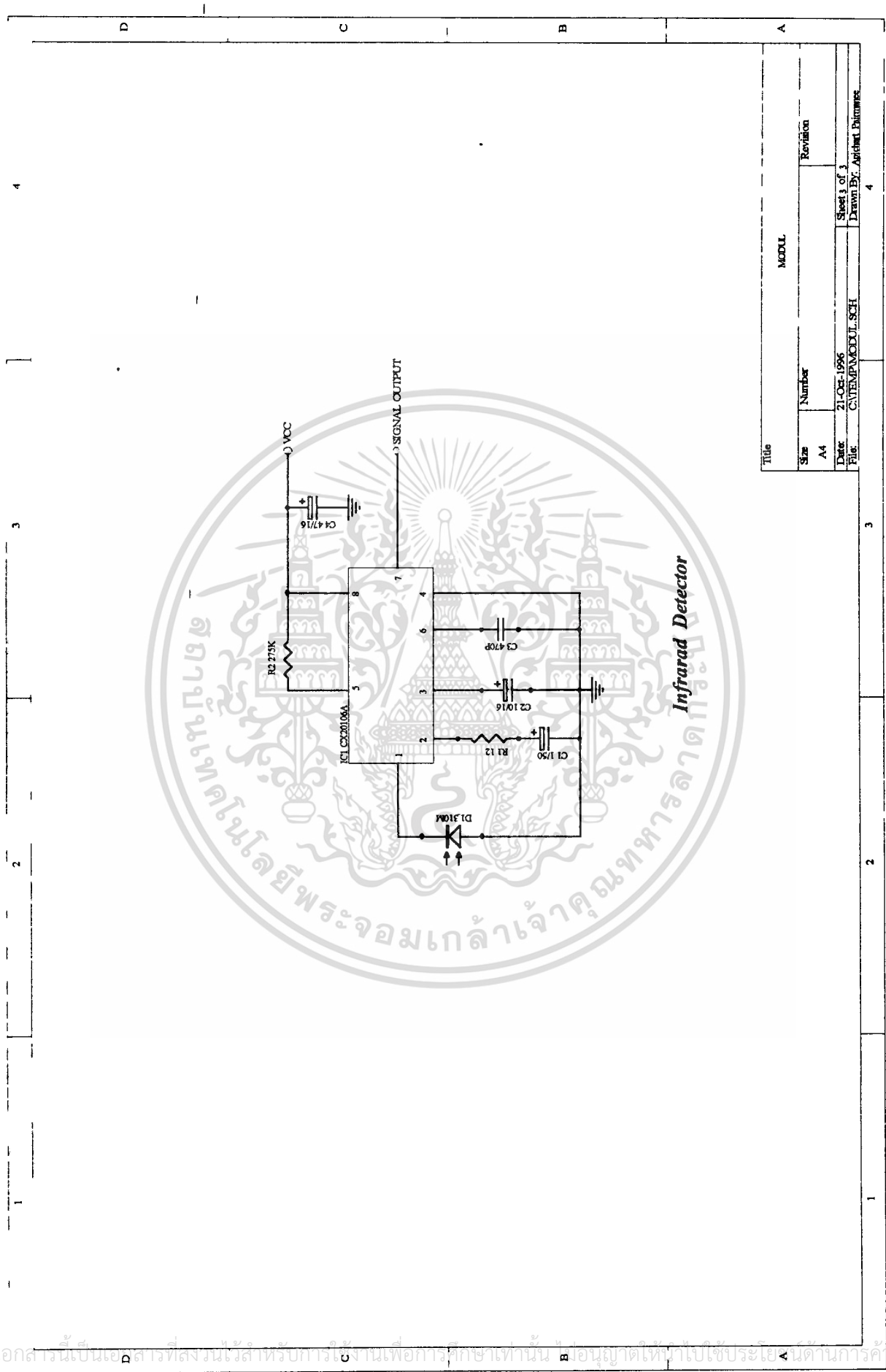
นอกจากนี้ยังต้องกำหนดจุดปลายของเวิร์ด(Word) ที่รับเข้ามา กับจุดปลายของการส่งใน
หนึ่งครั้ง โดยกำหนดค่าเวลาคงที่จาก R7 และ C3 ซึ่งควรมีค่าดังสมการ

$$R7 * C3 = 77 * R_{TC} * C_{TC}$$

เมื่อได้ข้อมูล ไบนารีจากขา 12 ถึงขา 15 ของ MC145027 จะป้อนให้แก่ขา A ถึง ขา D ของ
MC14028B เพื่อเปลี่ยนจากรหัสเลขฐานสอง เป็นรหัสเลขฐานสิบ(Binary to Decimal) นอกจากนี้
นี้ในขณะที่วงจรได้รับสัญญาณอินพุตจาก MC145027 จะให้เอาต์พุตที่แสดงว่ามีสัญญาณข้อมูล
ส่งเข้ามา(Valid Transmission Output)

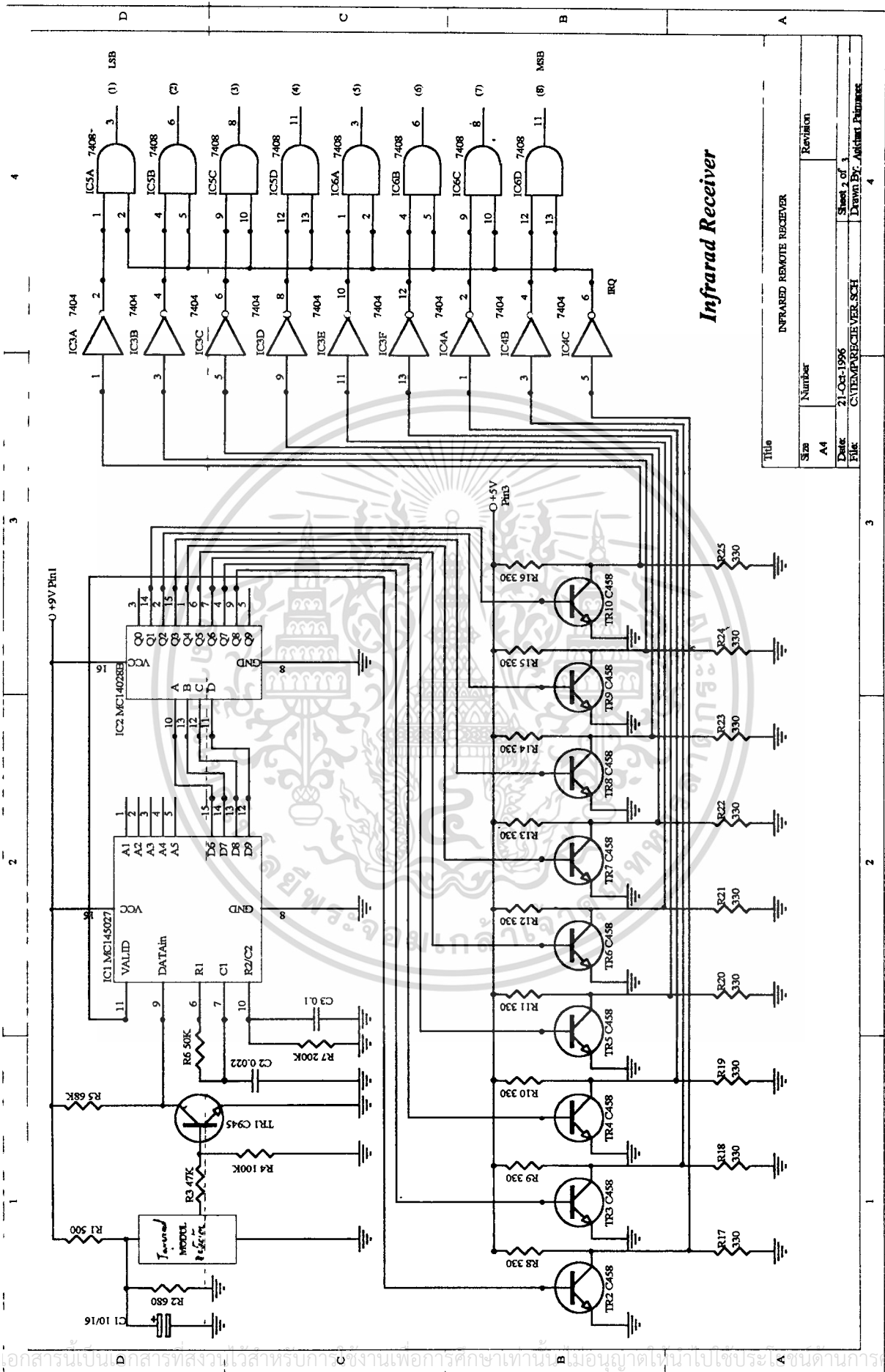
เมื่อได้สัญญาณข้อมูล 8 เส้นกับสัญญาณวาลิด 1 เส้น จะถูกทำให้มีระดับสัญญาณเป็น
TTL โดยใช้ TR2 ถึง TR10 จากนั้นจะส่งสัญญาณเหล่านี้ให้แก่พอร์ทอินพุตของบอร์ด ไมโคร
คอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงสั่งงานให้เอาต์พุตทำงานต่อไปตามข้อมูลที่
ส่งเข้ามา





Title			
MODUL			
Size	Number	Revision	
A4			
Date	21-03-1996	Sheet 1 of 3	
File	C:\TEMP\MODUL.SCH	Drawn By: Jirachai Pattanasri	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Infrared Receiver

Title					
INFRARED REMOTE RECEIVER					
Size	Number	Revision			
A4					
Date	Sheet 2 of 3				
21-Oct-1996					
File	Drawn By: Asitkum Pathak				
C:\TEMP\RECEIVER.SCH					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคตรวจจับการตัดแกนศูนย์ และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เป็นวงจรในส่วนที่ทำหน้าที่จับสัญญาณที่แรงดันไฟสลับตัดกับแกนศูนย์และเป็นวงจรที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณนาฬิกาโดยสัญญาณเหล่านี้จะทำให้วงจรควบคุมการกระตุ้นมัมเฟส ซึ่งจะกล่าวต่อไป ให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

วงจรตรวจจับการตัดแกนศูนย์ดังในรูป Zero crossing & clock หน้าที 68 จะเริ่มทำงานเมื่อมีแรงดันไฟสลับขนาด 25 โวลต์ จ่ายให้แก่วงจรที่ R1 มายังไดโอด D1 และ D2 จะได้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square wave) ที่มีความถี่เท่ากับ 50 Hz ส่งให้แก่ อินเวอร์ตบัฟเฟอร์ 1A ของ 74LS05 เพื่อทำให้ระดับสัญญาณเป็น TTL ส่วน R2,C4,R5,D3 และ R4,C5,R7,D4 นั้นจะทำหน้าที่เป็นวงจรดิฟเฟอเรนเชียล (Differantiator) ซึ่งจะผลิตสัญญาณ สไปค์ (Spike) ออกมาโดยจะซิงค์กับสัญญาณไฟสลับ (เมื่อแรงดันไฟสลับตัดแกนศูนย์จะเกิดสัญญาณสไปค์ (Spike)) จากนั้นสัญญาณจะผ่านอินเวอร์ตบัฟเฟอร์ 1C เพื่อให้ได้ระดับแรงดัน TTL ซึ่งสัญญาณที่ได้จะดูได้จากผลการทดลองในบทที่ 3

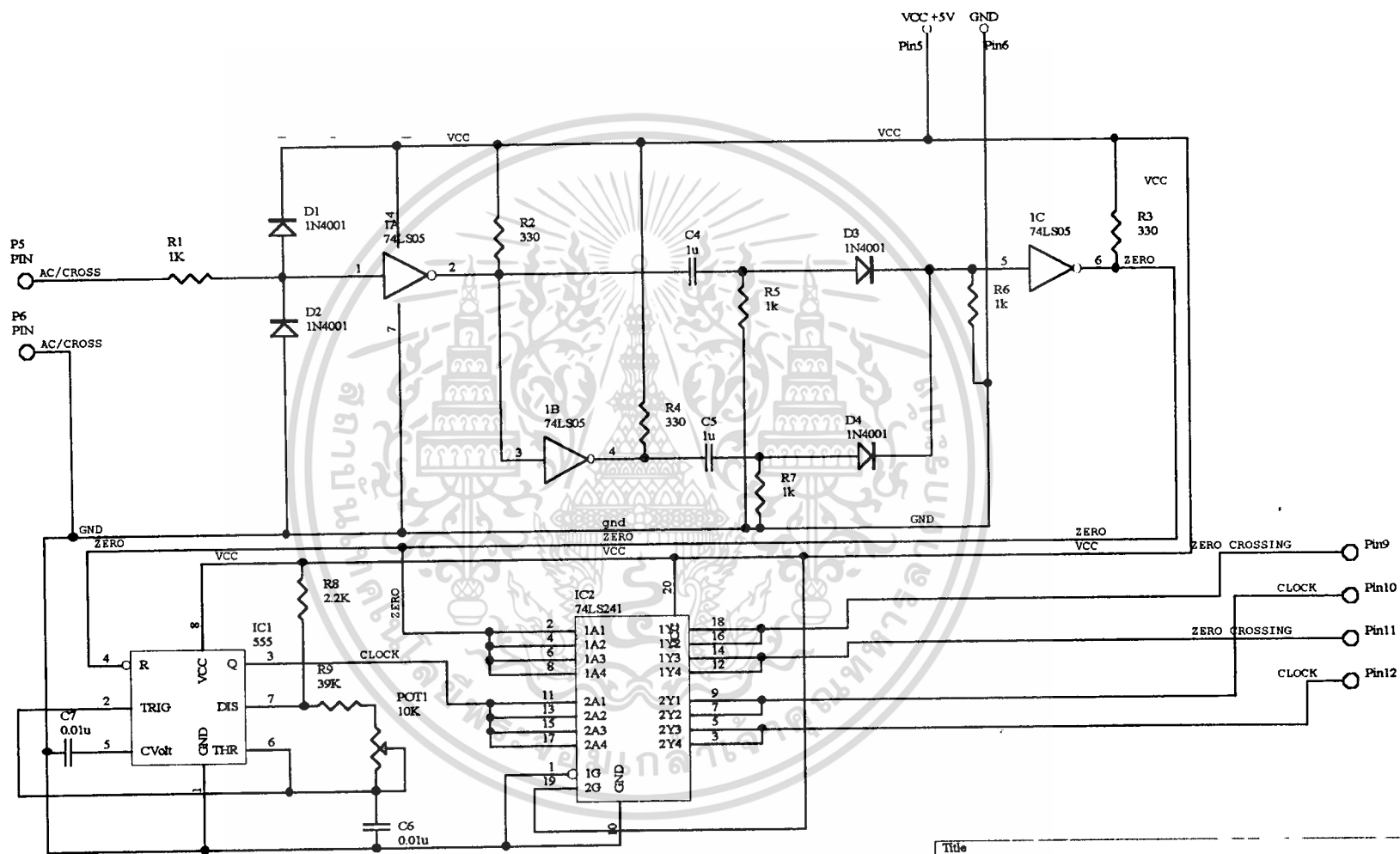
สาเหตุที่ต้องใช้ 74LS05 เพราะเป็นอินเวอร์ตที่มีเอาต์พุตเป็นแบบโอเพ่นคอลเล็คเตอร์ เพื่อให้มีกระแสเพียงพอที่จะจ่ายแก่วงจรดิฟเฟอเรนเชียล (Differantiator)

ส่วนวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาใช้ไอซีเบอร์ 555 ในการผลิตความถี่โดยสามารถหาความถี่ได้จากสมการดังนี้

$$f = \frac{1.443}{(R_A + 2R_B)C}$$

จากวงจรในรูป Zero crossing & clock หน้าที 68 สามารถจะสร้างความถี่ได้ตั้งแต่ 1400 Hz ถึง 1800 Hz ป้อนให้แก่วงจรควบคุมการกระตุ้นมัมเฟส นอกจากนี้จะต้องป้อนสัญญาณตัดแกนศูนย์ (Zero crossing) ให้แก่ไอซี 555 ด้วย เพื่อรีเซ็ตวงจรให้ทำงานสัมพันธ์กับสัญญาณไฟกระแสสลับ

เมื่อได้สัญญาณตัดแกนศูนย์ และสัญญาณนาฬิกาแล้วจะนำมาป้อนให้แก่ IC2(74LS241) ดังรูป Zero crossing & clock เพื่อทำการขับกระแสของสัญญาณให้สูงพอที่จะนำไปใช้ในวงจรควบคุมการกระตุ้นมัมเฟสได้



Zero Crossing & Clock

Title		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	21-Oct-1996	Sheet of
File:	C:\TEMP\SIGNAL.SCH	Drawn By:

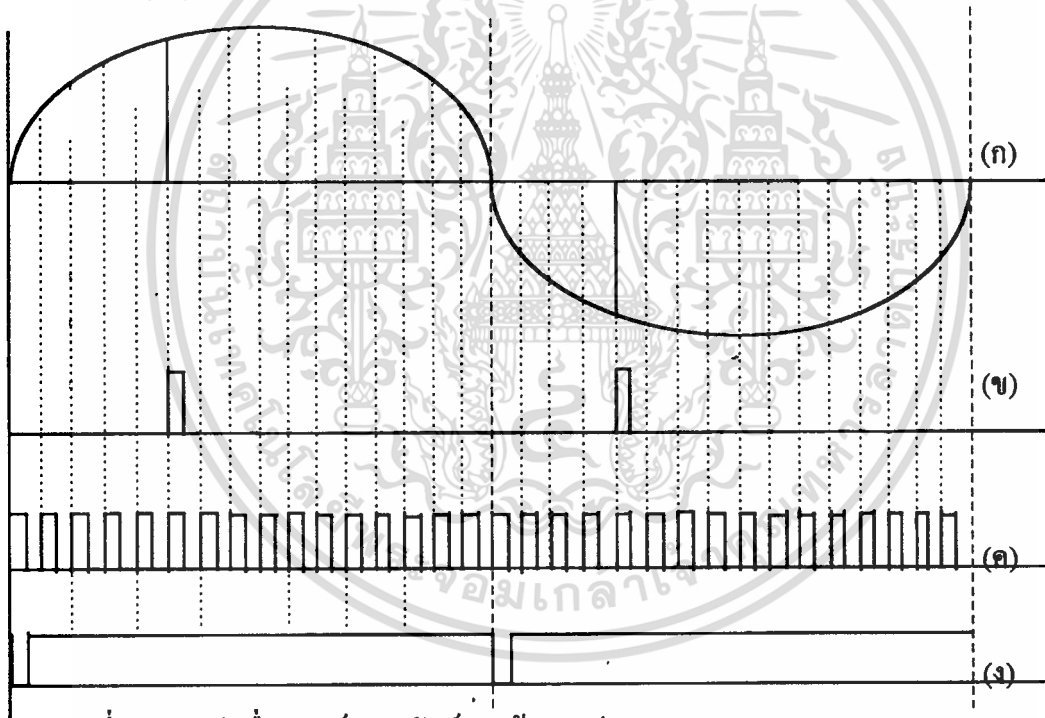
วงจรควบคุมการกระตุ้นมุมเฟสแบบดิจิทัล (Digital Controller Phase Angle Firing

Circuit)

ตามรูปในหน้า 71 เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการควบคุมพลังงานของโหลด โดยจะรับข้อมูลสำหรับการควบคุมจาก พอร์ต B ของ 8255 บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มายังไอซี 74116 เพื่อแลทซ์ข้อมูล ซึ่งในการรับข้อมูลแต่ละครั้งของแต่ละแชนแนลจะรับไม่พร้อมกัน โดยจะต้องมีการเลือกแอดเดรสจาก พอร์ต A เพื่อส่งข้อมูลควบคุมให้แก่แอดเดรสที่เลือกไว้

ข้อมูลที่แลทซ์ใน 74116 จะถูกป้อนให้กับ 74LS161 เป็นค่าเริ่มต้นในการนับ ณ ตำแหน่งที่แรงดันกระแสสลับตัดกับแกนศูนย์โวลต์ โดยจะต้องมีสัญญาณตัดแกนศูนย์ป้อนให้แก่ไอซี 74LS161 ตลอดเวลา เพื่อให้ 74LS161 ทำงานสัมพันธ์กับแรงดันกระแสสลับ

นอกจากนี้ยังต้องมีสัญญาณนาฬิกาป้อนให้แก่ 74LS161 ด้วย เพื่อให้การนับของ 74LS161 มีจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของการนับตรงกับ การตัดแกนศูนย์ของแรงดันกระแสสลับดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 (ก) รูปคลื่นซายน์ (ข) พัลส์กระตุ้นมุมเฟส

(ค) สัญญาณนาฬิกา (ง) สัญญาณตัดแกนศูนย์

ความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ได้จากวงจรของไอซีเบอร์ 555 จะเป็นตัวแบ่งสัญญาณความถี่ของไฟกระแสสลับในแต่ละครึ่งไซเคิล (Half Cycle) โดยจะแบ่งออกเป็น 16 ส่วน เมื่อวงจรนับสัญญาณนาฬิกาที่เข้ามาจนถึง 15 จะเกิดริบเบิลพัลส์ (Ripple Pulse) 1 ครั้ง ออกจากขา 15 ของ 74LS161 ไปยัง อินเวอร์ทบัฟเฟอร์ เพื่อกลับสัญญาณส่งไปยัง MOC3020 กระตุ้นไทรแอด (Triac) ให้นำกระแสให้กับโหลด

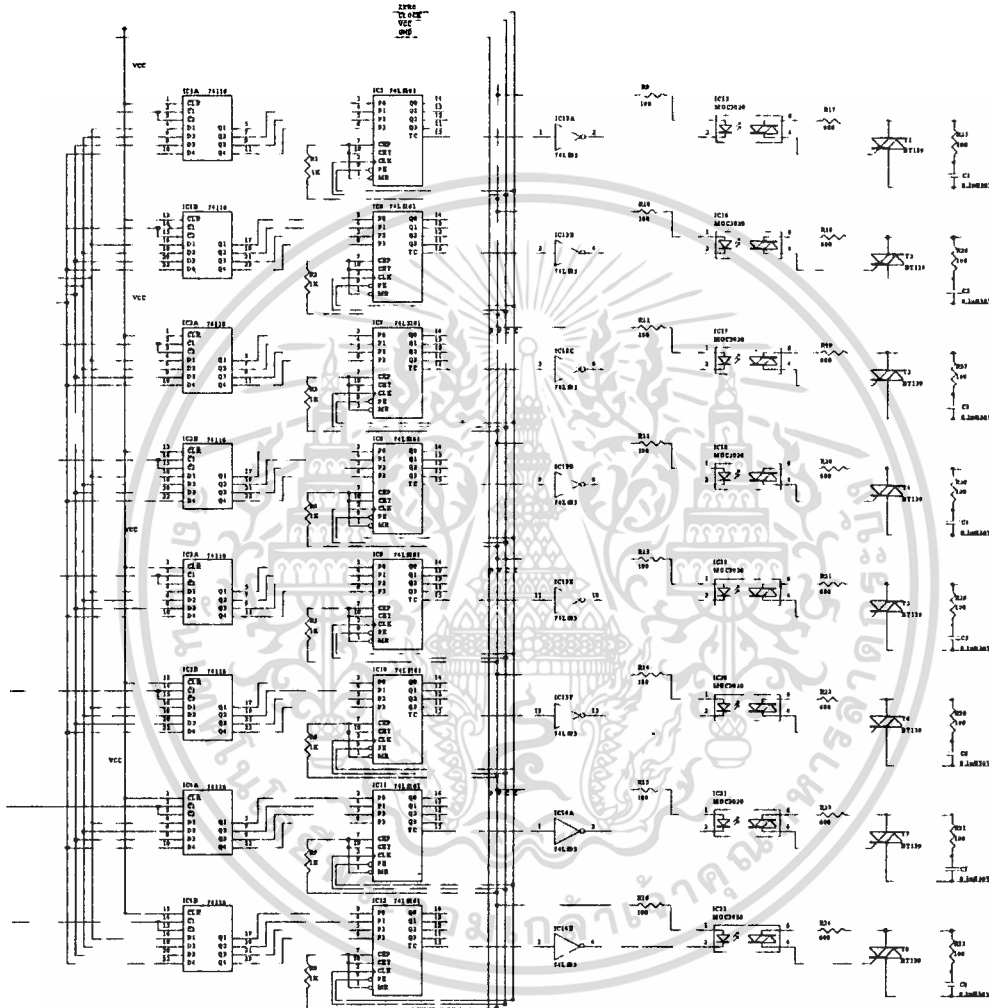
ถ้าค่าของค่าเริ่มต้นของการนับ ที่มีค่าน้อยจะทำให้เกิดสัญญาณพัลส์ที่ใช้สำหรับทริกให้ ไตรแอกทำงานเกิดขึ้นช้า โหลดจึงได้รับพลังงานน้อย และในทางกลับกันเมื่อดังค่าเริ่มต้นของการ นับไว้มากจะทำให้ไตรแอกนำกระแสได้เร็วขึ้น โหลดจึงได้รับพลังงานมากขึ้นตามไปด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2000 CMOS Part C
CLOCK Part C
VCC +5V Part C
GND Part C

AB 1
AC 19
AD 1
AE 11
AF 11
AG 11
AH 11
AI 11
AJ 11
AK 11
AL 11
AM 11
AN 11
AO 11
AP 11
AQ 11
AR 11
AS 11
AT 11
AU 11
AV 11
AW 11
AX 11
AY 11
AZ 11
BA 11
BB 11
BC 11
BD 11
BE 11
BF 11
BG 11
BH 11
BI 11
BJ 11
BK 11
BL 11
BM 11
BN 11
BO 11
BP 11
BQ 11
BR 11
BS 11
BT 11
BU 11
BV 11
BW 11
BX 11
BY 11
BZ 11
CA 11
CB 11
CC 11
CD 11
CE 11
CF 11
CG 11
CH 11
CI 11
CJ 11
CK 11
CL 11
CM 11
CN 11
CO 11
CP 11
CQ 11
CR 11
CS 11
CT 11
CU 11
CV 11
CW 11
CX 11
CY 11
CZ 11
DA 11
DB 11
DC 11
DD 11
DE 11
DF 11
DG 11
DH 11
DI 11
DJ 11
DK 11
DL 11
DM 11
DN 11
DO 11
DP 11
DQ 11
DR 11
DS 11
DT 11
DU 11
DV 11
DW 11
DX 11
DY 11
DZ 11
EA 11
EB 11
EC 11
ED 11
EE 11
EF 11
EG 11
EH 11
EI 11
EJ 11
EK 11
EL 11
EM 11
EN 11
EO 11
EP 11
EQ 11
ER 11
ES 11
ET 11
EU 11
EV 11
EW 11
EX 11
EY 11
EZ 11
FA 11
FB 11
FC 11
FD 11
FE 11
FF 11
FG 11
FH 11
FI 11
FJ 11
FK 11
FL 11
FM 11
FN 11
FO 11
FP 11
FQ 11
FR 11
FS 11
FT 11
FU 11
FV 11
FW 11
FX 11
FY 11
FZ 11
GA 11
GB 11
GC 11
GD 11
GE 11
GF 11
GG 11
GH 11
GI 11
GJ 11
GK 11
GL 11
GM 11
GN 11
GO 11
GP 11
GQ 11
GR 11
GS 11
GT 11
GU 11
GV 11
GW 11
GX 11
GY 11
GZ 11
HA 11
HB 11
HC 11
HD 11
HE 11
HF 11
HG 11
HH 11
HI 11
HJ 11
HK 11
HL 11
HM 11
HN 11
HO 11
HP 11
HQ 11
HR 11
HS 11
HT 11
HU 11
HV 11
HW 11
HX 11
HY 11
HZ 11
IA 11
IB 11
IC 11
ID 11
IE 11
IF 11
IG 11
IH 11
II 11
IJ 11
IK 11
IL 11
IM 11
IN 11
IO 11
IP 11
IQ 11
IR 11
IS 11
IT 11
IU 11
IV 11
IW 11
IX 11
IY 11
IZ 11
JA 11
JB 11
JC 11
JD 11
JE 11
JF 11
JG 11
JH 11
JI 11
JJ 11
JK 11
JL 11
JM 11
JN 11
JO 11
JP 11
JQ 11
JR 11
JS 11
JT 11
JU 11
JV 11
JW 11
JX 11
JY 11
JZ 11
KA 11
KB 11
KC 11
KD 11
KE 11
KF 11
KG 11
KH 11
KI 11
KJ 11
KK 11
KL 11
KM 11
KN 11
KO 11
KP 11
KQ 11
KR 11
KS 11
KT 11
KU 11
KV 11
KW 11
KX 11
KY 11
KZ 11
LA 11
LB 11
LC 11
LD 11
LE 11
LF 11
LG 11
LH 11
LI 11
LJ 11
LK 11
LL 11
LM 11
LN 11
LO 11
LP 11
LQ 11
LR 11
LS 11
LT 11
LU 11
LV 11
LW 11
LX 11
LY 11
LZ 11
MA 11
MB 11
MC 11
MD 11
ME 11
MF 11
MG 11
MH 11
MI 11
MJ 11
MK 11
ML 11
MN 11
MO 11
MP 11
MQ 11
MR 11
MS 11
MT 11
MU 11
MV 11
MW 11
MX 11
MY 11
MZ 11
NA 11
NB 11
NC 11
ND 11
NE 11
NF 11
NG 11
NH 11
NI 11
NJ 11
NK 11
NL 11
NM 11
NO 11
NP 11
NQ 11
NR 11
NS 11
NT 11
NU 11
NV 11
NW 11
NX 11
NY 11
NZ 11
OA 11
OB 11
OC 11
OD 11
OE 11
OF 11
OG 11
OH 11
OI 11
OJ 11
OK 11
OL 11
OM 11
ON 11
OO 11
OP 11
OQ 11
OR 11
OS 11
OT 11
OU 11
OV 11
OW 11
OX 11
OY 11
OZ 11
PA 11
PB 11
PC 11
PD 11
PE 11
PF 11
PG 11
PH 11
PI 11
PJ 11
PK 11
PL 11
PM 11
PN 11
PO 11
PP 11
PQ 11
PR 11
PS 11
PT 11
PU 11
PV 11
PW 11
PX 11
PY 11
PZ 11
QA 11
QB 11
QC 11
QD 11
QE 11
QF 11
QG 11
QH 11
QI 11
QJ 11
QK 11
QL 11
QM 11
QN 11
QO 11
QP 11
QQ 11
QR 11
QS 11
QT 11
QU 11
QV 11
QW 11
QX 11
QY 11
QZ 11
RA 11
RB 11
RC 11
RD 11
RE 11
RF 11
RG 11
RH 11
RI 11
RJ 11
RK 11
RL 11
RM 11
RN 11
RO 11
RP 11
RQ 11
RR 11
RS 11
RT 11
RU 11
RV 11
RW 11
RX 11
RY 11
RZ 11
SA 11
SB 11
SC 11
SD 11
SE 11
SF 11
SG 11
SH 11
SI 11
SJ 11
SK 11
SL 11
SM 11
SN 11
SO 11
SP 11
SQ 11
SR 11
SS 11
ST 11
SU 11
SV 11
SW 11
SX 11
SY 11
SZ 11
TA 11
TB 11
TC 11
TD 11
TE 11
TF 11
TG 11
TH 11
TI 11
TJ 11
TK 11
TL 11
TM 11
TN 11
TO 11
TP 11
TQ 11
TR 11
TS 11
TT 11
TU 11
TV 11
TW 11
TX 11
TY 11
TZ 11
UA 11
UB 11
UC 11
UD 11
UE 11
UF 11
UG 11
UH 11
UI 11
UJ 11
UK 11
UL 11
UM 11
UN 11
UO 11
UP 11
UQ 11
UR 11
US 11
UT 11
UU 11
UV 11
UW 11
UX 11
UY 11
UZ 11
VA 11
VB 11
VC 11
VD 11
VE 11
VF 11
VG 11
VH 11
VI 11
VJ 11
VK 11
VL 11
VM 11
VN 11
VO 11
VP 11
VQ 11
VR 11
VS 11
VT 11
VU 11
VV 11
VW 11
VX 11
VY 11
VZ 11
WA 11
WB 11
WC 11
WD 11
WE 11
WF 11
WG 11
WH 11
WI 11
WJ 11
WK 11
WL 11
WM 11
WN 11
WO 11
WP 11
WQ 11
WR 11
WS 11
WT 11
WU 11
WV 11
WW 11
WX 11
WY 11
WZ 11
XA 11
XB 11
XC 11
XD 11
XE 11
XF 11
XG 11
XH 11
XI 11
XJ 11
XK 11
XL 11
XM 11
XN 11
XO 11
XP 11
XQ 11
XR 11
XS 11
XT 11
XU 11
XV 11
XW 11
XX 11
XY 11
XZ 11
YA 11
YB 11
YC 11
YD 11
YE 11
YF 11
YG 11
YH 11
YI 11
YJ 11
YK 11
YL 11
YM 11
YN 11
YO 11
YP 11
YQ 11
YR 11
YS 11
YT 11
YU 11
YV 11
YW 11
YX 11
YY 11
YZ 11
ZA 11
ZB 11
ZC 11
ZD 11
ZE 11
ZF 11
ZG 11
ZH 11
ZI 11
ZJ 11
ZK 11
ZL 11
ZM 11
ZN 11
ZO 11
ZP 11
ZQ 11
ZR 11
ZS 11
ZT 11
ZU 11
ZV 11
ZW 11
ZX 11
ZY 11
ZZ 11



Q1A
Q1B
Q1C
Q1D
Q2A
Q2B
Q2C
Q2D
Q3A
Q3B
Q3C
Q3D
Q4A
Q4B
Q4C
Q4D
Q5A
Q5B
Q5C
Q5D
Q6A
Q6B
Q6C
Q6D
Q7A
Q7B
Q7C
Q7D
Q8A
Q8B
Q8C
Q8D
Q9A
Q9B
Q9C
Q9D
Q10A
Q10B
Q10C
Q10D
Q11A
Q11B
Q11C
Q11D
Q12A
Q12B
Q12C
Q12D
Q13A
Q13B
Q13C
Q13D
Q14A
Q14B
Q14C
Q14D
Q15A
Q15B
Q15C
Q15D
Q16A
Q16B
Q16C
Q16D
Q17A
Q17B
Q17C
Q17D
Q18A
Q18B
Q18C
Q18D
Q19A
Q19B
Q19C
Q19D
Q20A
Q20B
Q20C
Q20D
Q21A
Q21B
Q21C
Q21D
Q22A
Q22B
Q22C
Q22D
Q23A
Q23B
Q23C
Q23D
Q24A
Q24B
Q24C
Q24D
Q25A
Q25B
Q25C
Q25D
Q26A
Q26B
Q26C
Q26D
Q27A
Q27B
Q27C
Q27D
Q28A
Q28B
Q28C
Q28D
Q29A
Q29B
Q29C
Q29D
Q30A
Q30B
Q30C
Q30D
Q31A
Q31B
Q31C
Q31D
Q32A
Q32B
Q32C
Q32D
Q33A
Q33B
Q33C
Q33D
Q34A
Q34B
Q34C
Q34D
Q35A
Q35B
Q35C
Q35D
Q36A
Q36B
Q36C
Q36D
Q37A
Q37B
Q37C
Q37D
Q38A
Q38B
Q38C
Q38D
Q39A
Q39B
Q39C
Q39D
Q40A
Q40B
Q40C
Q40D
Q41A
Q41B
Q41C
Q41D
Q42A
Q42B
Q42C
Q42D
Q43A
Q43B
Q43C
Q43D
Q44A
Q44B
Q44C
Q44D
Q45A
Q45B
Q45C
Q45D
Q46A
Q46B
Q46C
Q46D
Q47A
Q47B
Q47C
Q47D
Q48A
Q48B
Q48C
Q48D
Q49A
Q49B
Q49C
Q49D
Q50A
Q50B
Q50C
Q50D
Q51A
Q51B
Q51C
Q51D
Q52A
Q52B
Q52C
Q52D
Q53A
Q53B
Q53C
Q53D
Q54A
Q54B
Q54C
Q54D
Q55A
Q55B
Q55C
Q55D
Q56A
Q56B
Q56C
Q56D
Q57A
Q57B
Q57C
Q57D
Q58A
Q58B
Q58C
Q58D
Q59A
Q59B
Q59C
Q59D
Q60A
Q60B
Q60C
Q60D
Q61A
Q61B
Q61C
Q61D
Q62A
Q62B
Q62C
Q62D
Q63A
Q63B
Q63C
Q63D
Q64A
Q64B
Q64C
Q64D
Q65A
Q65B
Q65C
Q65D
Q66A
Q66B
Q66C
Q66D
Q67A
Q67B
Q67C
Q67D
Q68A
Q68B
Q68C
Q68D
Q69A
Q69B
Q69C
Q69D
Q70A
Q70B
Q70C
Q70D
Q71A
Q71B
Q71C
Q71D
Q72A
Q72B
Q72C
Q72D
Q73A
Q73B
Q73C
Q73D
Q74A
Q74B
Q74C
Q74D
Q75A
Q75B
Q75C
Q75D
Q76A
Q76B
Q76C
Q76D
Q77A
Q77B
Q77C
Q77D
Q78A
Q78B
Q78C
Q78D
Q79A
Q79B
Q79C
Q79D
Q80A
Q80B
Q80C
Q80D
Q81A
Q81B
Q81C
Q81D
Q82A
Q82B
Q82C
Q82D
Q83A
Q83B
Q83C
Q83D
Q84A
Q84B
Q84C
Q84D
Q85A
Q85B
Q85C
Q85D
Q86A
Q86B
Q86C
Q86D
Q87A
Q87B
Q87C
Q87D
Q88A
Q88B
Q88C
Q88D
Q89A
Q89B
Q89C
Q89D
Q90A
Q90B
Q90C
Q90D
Q91A
Q91B
Q91C
Q91D
Q92A
Q92B
Q92C
Q92D
Q93A
Q93B
Q93C
Q93D
Q94A
Q94B
Q94C
Q94D
Q95A
Q95B
Q95C
Q95D
Q96A
Q96B
Q96C
Q96D
Q97A
Q97B
Q97C
Q97D
Q98A
Q98B
Q98C
Q98D
Q99A
Q99B
Q99C
Q99D
Q100A
Q100B
Q100C
Q100D

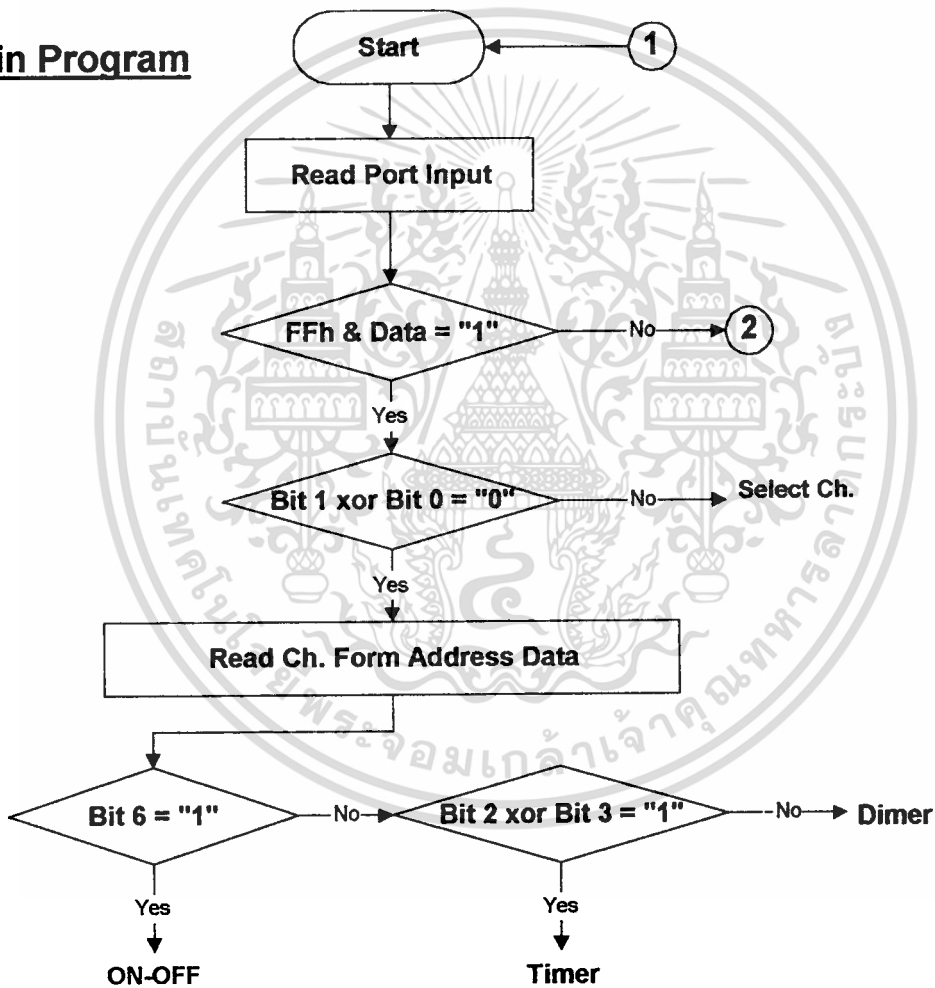
Digital Controlled Phase angle First Circuit

FlowChart Diagram

Schematic DATA

7	6	5	4	3	2	1	0
Not used	ON-OFF	Dimer -	Dimer +	Timer -	Timer +	Channel -	Channel +

Main Program



Remark:

ON-OFF "A1"
TIMER "A2"
DIMER "A3"

CHANNELS "Ch."

Check "A2" = "1"

MOV A,FEH

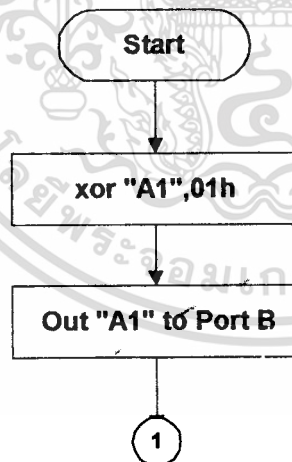
ADD A,"A2"

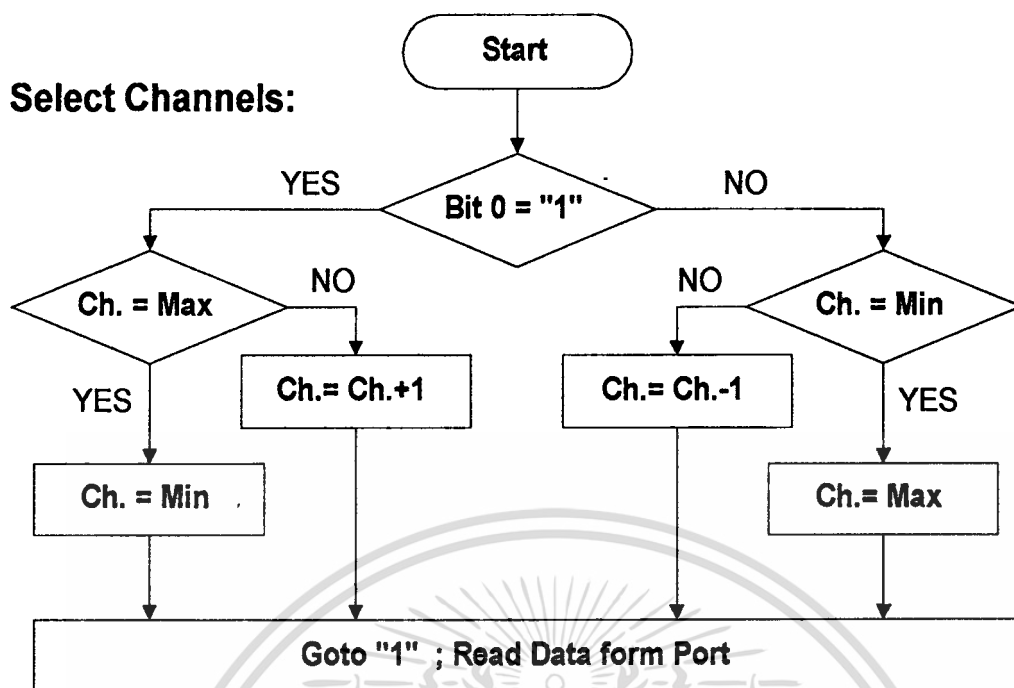
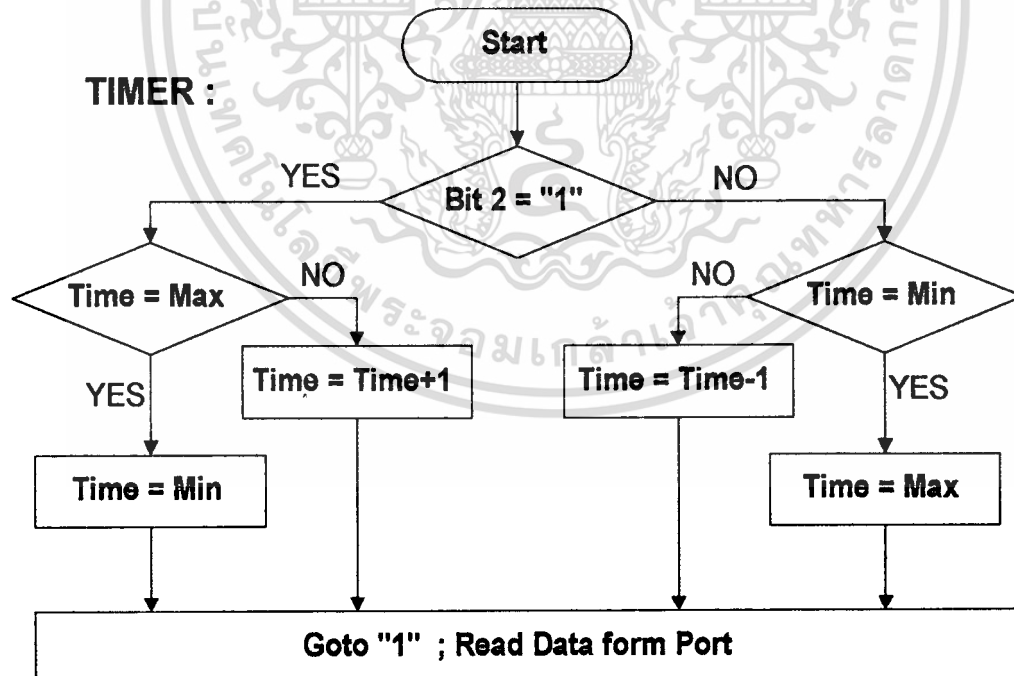
JNC 1

Data Output

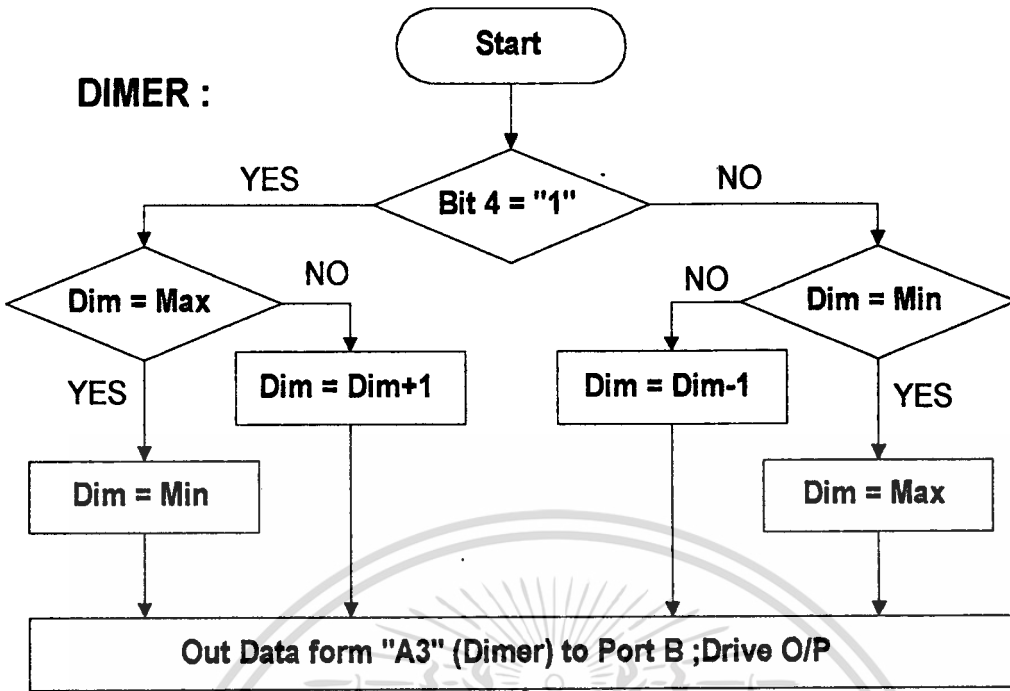
Port A (Address 8 bit) , Port B (Data 8 bit)

On = FFH , Off = 00H

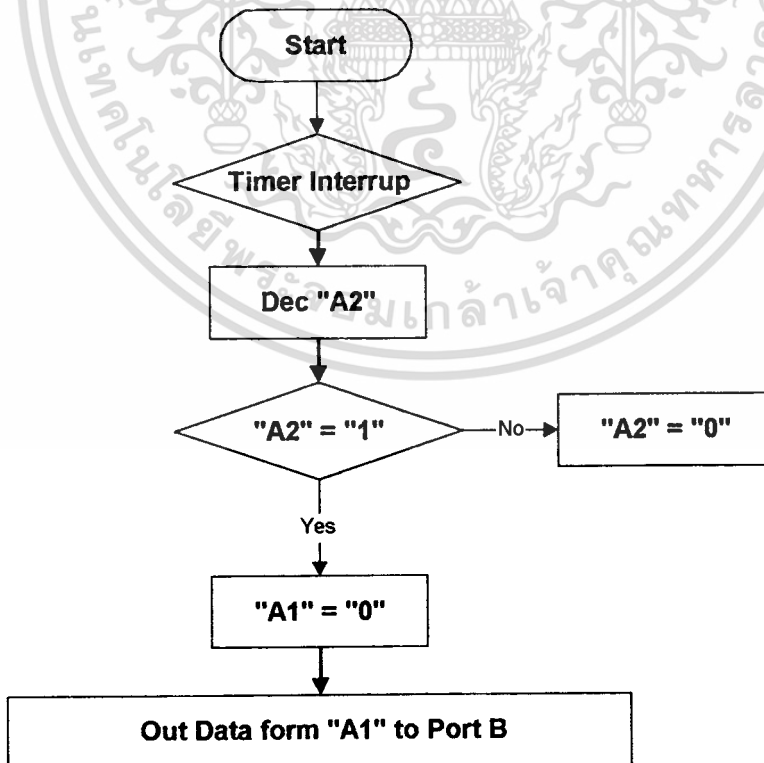
ON-OFF
function:

Select Channels:**TIMER :**

DIMER :



2 :



บทที่ 3 การทดลอง และ ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 วงจรอินฟราเรดรีโมท

จุดประสงค์ เพื่อทดสอบการ รับ - ส่ง สัญญาณของวงจรอินฟราเรดรีโมท

- อุปกรณ์
1. เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 9 โวลต์ และ 5 โวลต์
 2. วงจร รับ - ส่ง อินฟราเรดรีโมท

- วิธีการทดลอง
1. จ่ายแรงดัน 9 V ให้วงจรภาคส่ง และ จ่ายแรงดัน 5 V ให้แก่วงจรภาครับ
 2. ทดลองกดปุ่มต่างๆ ที่ ภาคส่ง แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้นที่ภาครับ

ผลการทดลอง

เมื่อทำการกดปุ่มทั้ง 8 ปุ่มบนภาคส่งแล้วปรากฏว่ามีสัญญาณออกมาในช่วงสัญญาณตามที่กดปุ่มและระยะของการ รับ - ส่ง ขึ้นอยู่กับแรงดันที่จ่ายให้ภาคส่ง ซึ่งจะมีระยะทางน้อยลงเมื่อแรงดันลดลง

การทดลองที่ 2 วงจรตรวจจับการตัดแกนศูนย์ และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

จุดประสงค์

1. เพื่อตรวจสอบสัญญาณที่ได้ในขณะที่สัญญาณขาอินพุตตัดกับแกนศูนย์โวลต์
2. เพื่อทดสอบสัญญาณนาฬิกาที่จะป้อนให้แก่วงจรควบคุมการกระตุ้นมุมเฟสแบบดิจิทัล

อุปกรณ์

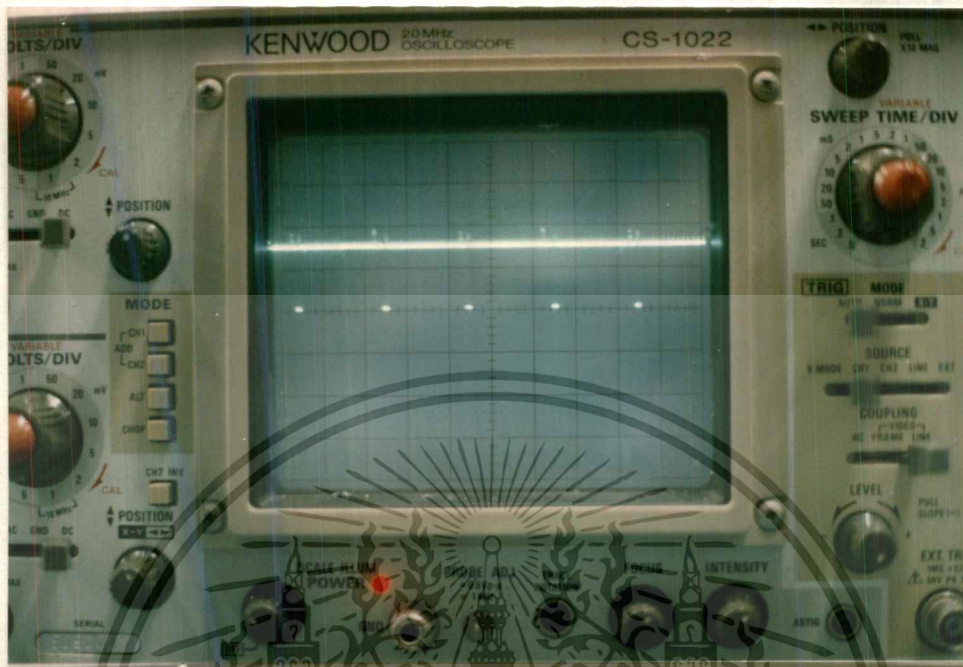
1. วงจรตรวจจับการตัดแกนศูนย์ และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา
2. หม้อแปลงที่จ่าย AC 24 V
3. เครื่องจ่ายกระแสตรง 5 V

วิธีการทดลอง

1. ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน
2. วัดสัญญาณ Zero Crossing และวัดสัญญาณนาฬิกา ที่ได้

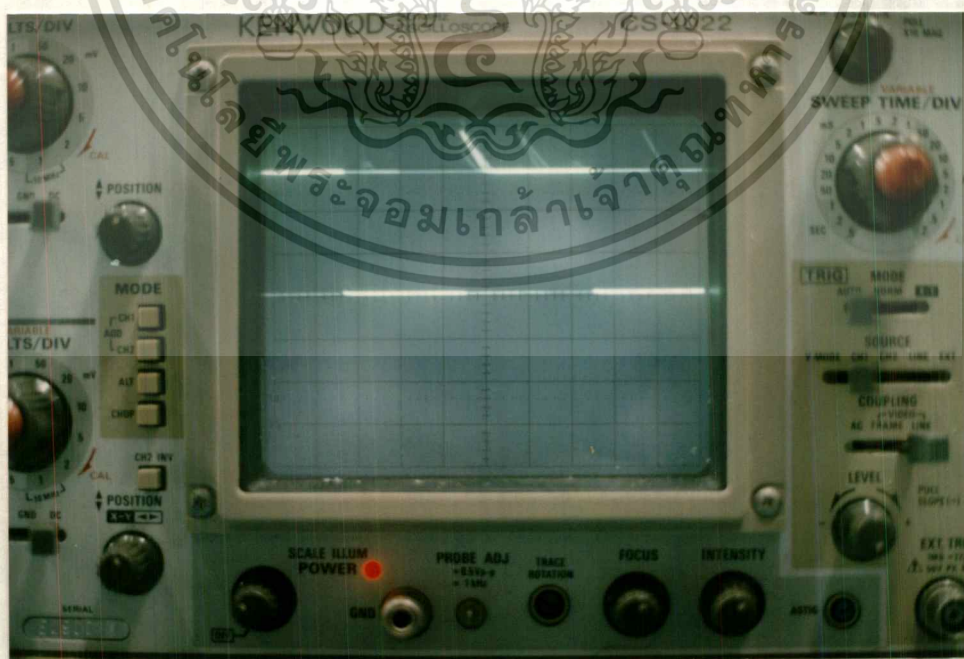
ผลการทดลอง

1. เมื่อวัดสัญญาณจากวงจร Zero crossing จะได้สัญญาณที่มีขนาด 5 V และมี ความถี่ 100 Hz ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สัญญาณ Zero Crossing

2. เมื่อวัดสัญญาณนาฬิกา จะได้ความถี่ที่ 1600 Hz ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 สัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3 วงจรควบคุมการกระตุ้นมูมเฟสแบบดิจิทัล

จุดประสงค์ เพื่อทดสอบการทำงานของวงจร

อุปกรณ์ 1. วงจร ควบคุมการกระตุ้นมูมเฟส ในหน้าที่

2. บอร์ด SB -31

3. หลอดไฟ ขนาด 25 w

วิธีการทดลอง 1. ต่อวงจรควบคุมการกระตุ้นมูมเฟส เข้ากับ พอร์ต A และพอร์ต B ของ 8255 บน SB - 31

2. จ่ายสัญญาณนาฬิกา และสัญญาณตัดแกนศูนย์ให้แก่ วงจรควบคุมการกระตุ้นมูมเฟส

3. ต่อหลอดไฟ เข้าทางด้าน โหลดของวงจรควบคุมการกระตุ้นมูมเฟส

ผลการทดลอง

เมื่อทดลองส่งค่าแอดเดรส และค่าข้อมูลควบคุม ออกทาง Port A และ Port B ของ 8255 แล้วปรากฏว่าสามารถ เปิด-ปิด และ หนีหลอดไฟได้ 16 ระดับตามที่ ต้องการ

บทที่ 4 บทวิเคราะห์และบทสรุป

บทวิเคราะห์

ในโครงการนี้ จะเน้นถึงการส่งสัญญาณข้อมูลด้วยสัญญาณแสงอินฟราเรดโดยได้แสดงออกมาในลักษณะของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าคือ หลอดไฟโดยใช้โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์คอยควบคุมซึ่งจะมีลักษณะการควบคุมในระบบต่างๆ คือ เลือกรองของการควบคุม, เปิดและปิด อุปกรณ์ในแต่ละช่อง, ตั้งเวลาปิดและสามารถรีไฟได้ 16 ระดับ ดังนั้นในส่วนของการควบคุมพลังงานอาจจะยังไม่ละเอียดเท่าที่ควร เนื่องจากการควบคุมที่ละเอียดจะต้องมีวงจรที่มีเสถียรภาพในการทำงานมากซึ่งเป็นส่วนที่ยุ่งยากมาก

สำหรับปัญหาต่างๆ ที่พบในการทำโครงการคือ

1. สัญญาณรบกวนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นจากคอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ จะมีผลต่อการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาซึ่งสามารถแก้ปัญหาโดยใส่ตัวเก็บประจุที่มีค่าประมาณ 0.1 nF คร่อมสายสัญญาณนาฬิกา กับสายกราวด์ ส่วนชุดรับแสงอินฟราเรดก็ควรมีแผ่นโลหะห่อเป็นกล่องไว้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนด้วย
2. อุปกรณ์ต่างๆ ที่ซื้อในบ้านมือหลายตัวจะมีคุณภาพค่อนข้างต่ำเช่น ไตรแอคเตอร์ BT139 บางตัวที่นำมาทดลองจะมีการรวบไหล ทำให้ควบคุมพลังงานไม่ได้

บทสรุป

โครงการนี้เป็นเพียงแนวทางการคิดที่จะนำวงจรอินฟราเรดรีโมทมาประยุกต์ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีคอยควบคุม ให้งานทำตามที่ต้องการในฟังก์ชันต่างๆ ซึ่งควรจะได้มีการพัฒนาให้มีความทำงานที่ละเอียดและมีประสิทธิภาพดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ พุศศักดิ์ ชีวสุวิทย์ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกทั้งในด้านอุปกรณ์ , คำแนะนำที่มีประโยชน์ และยังให้การดูแลเอาใจใส่พวกเราเป็นอย่างดี จนกระทั่งผลงานชิ้นนี้สำเร็จ และขอขอบคุณ พี่บัณฑิต และพี่เชนทร์ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ และขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยมาให้กำลังใจและมีส่วนช่วยเหลือทำให้วิทยานิพนธ์ชิ้นนี้สำเร็จลุล่วง ไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
;This program is show infrared remote control *
;it have timer function & dimer function      *
;*****

```

```

PORTA      EQU      0E0E0H
PORTB      EQU      0E0E1H
PORTC      EQU      0E0E2H
CONTP      EQU      0E0E3H
COMMAND    EQU      0E0C0H      ; Read-Write Register
READBUSY   EQU      0E0C1H      ; Read BF(Busy Flag) and address
WRITEDATA  EQU      0E0C2H      ; Write character
READDATA   EQU      0E0E3H      ; Read Data from DD ram
SUM         EQU      10H         ; Distance of each table
CHN        EQU      17H
TAB_OFF    EQU      15H
TAB_ON     EQU      16H
TAB_TIM    EQU      17H
TAB_DIM    EQU      18H      ; pointer by table
TM_LD1     EQU      18H      ; reference by bit address
TM_LD2     EQU      19H
TM_LD3     EQU      1AH
TM_LD4     EQU      1BH
TM_LD5     EQU      1CH
TM_LD6     EQU      1DH
TM_LD7     EQU      1EH
TM_LD8     EQU      1FH
TIM        EQU      21H
DIM        EQU      22H
DM_BUF     EQU      23H
KEY_STS    EQU      2CH
STS_TM     EQU      2EH
STS_LD     EQU      2FH
VAL_BUFF   EQU      30H
VAL_LD1    EQU      31H
VAL_LD2    EQU      32H
VAL_LD3    EQU      33H
VAL_LD4    EQU      34H
VAL_LD5    EQU      35H
VAL_LD6    EQU      36H
VAL_LD7    EQU      37H
VAL_LD8    EQU      38H
LOOP_CNT   EQU      39H
LOOP_CN1   EQU      3AH
DIS_DM1    EQU      41H
DIS_DM2    EQU      42H
DIS_DM3    EQU      43H
DIS_DM4    EQU      44H
DIS_DM5    EQU      45H
DIS_DM6    EQU      46H
DIS_DM7    EQU      47H
DIS_DM8    EQU      48H
SHF_LOOP   EQU      50H
B_CH       EQU      58H
B_TIM      EQU      59H
B_DIM      EQU      5AH

```

```

B_OF      EQU      5BH
B_DMERR   EQU      5DH
B_INT0    EQU      5FH ; This bit set when interrupt0 on
I_CH      EQU      60H ; Bit 60 - 66 is status off key
D_CH      EQU      61H
I_TIM     EQU      62H
D_TIM     EQU      63H
I_DIM     EQU      64H
D_DIM     EQU      65H
ON OFF    EQU      66H
T_TM      EQU      67H
B_DM1     EQU      68H ; B_DM1-B_DM will show what load
B_DM2     EQU      69H ; run dimer
B_DM3     EQU      6AH
B_DM4     EQU      6BH
B_DM5     EQU      6CH
B_DM6     EQU      6DH
B_DM7     EQU      6EH
B_DM8     EQU      6FH
B_TM1     EQU      70H ; B_TM1-B_TM8 timer on(1)
B_TM2     EQU      71H ; & timer off will reset(0)
B_TM3     EQU      72H
B_TM4     EQU      73H
B_TM5     EQU      74H
B_TM6     EQU      75H
B_TM7     EQU      76H
B_TM8     EQU      77H
B_LD1     EQU      78H ; B_LD1-B_LD8 load on (1)
B_LD2     EQU      79H ; & load off will reset(0)
B_LD3     EQU      7AH
B_LD4     EQU      7BH
B_LD5     EQU      7CH
B_LD6     EQU      7DH
B_LD7     EQU      7EH
B_LD8     EQU      7FH

```

```

      ORG      0000H
LJMP    MAIN

      ORG      0003H
SJMP    S_DECTM

```

S_DECTM:

```

      SETB    B_INT0
      RETI

```

; **** Main program ****

```

      ORG      0200H

MAIN:  LCALL   DELAY
      LCALL   DELAY
      MOV     DPTR,#CONTP
      MOV     A,#89H

```

```

MOVX    @DPTR,A
MOV     A,#0FFH
MOV     DPTR,#PORTA
MOVX    @DPTR,A
MOV     IE,#85H
SETB    IT0
MOV     SP,#60H
MOV     R3,#01H
MOV     SHF_LOOP,#01H
LCALL   DISPLAY2
MOV     CHN,#00H
MOV     TIM,#00H
MOV     STS_LD,#00H
MOV     STS_TM,#00H
MOV     VAL_LD1,#0FEH
MOV     VAL_LD2,#0FDH
MOV     VAL_LD3,#0FBH
MOV     VAL_LD4,#0F7H
MOV     VAL_LD5,#0EFH
MOV     VAL_LD6,#0DFH
MOV     VAL_LD7,#0BFH
MOV     VAL_LD8,#7FH
LCALL   PUSH_DM

```

MAIN1:

HERE:

RE CHECK:
SCK1:

```

MOV     LOOP_CNT,#01H
MOV     LOOP_CN1,#00H
MOV     KEY_STS,#00H
JNB     B_INT0,SCK1
LCALL   DEC_TIM
LCALL   DELAY
MOV     DPTR,#PORTC
MOVX    A,@DPTR
JB      B_INT0,RE_CHECK
JNZ     S_MAIN1
DJNZ    LOOP_CN1,SCK1
DJNZ    LOOP_CNT,HERE
MOV     SHF_LOOP,#01H
JB      B_INT0,RE_CHECK
MOV     R3,#01H
LCALL   DISPLAY1
SJMP    MAIN1

```

S_MAIN1:

```

MOV     KEY_STS,A
JB      I_CH,MAIN2
JB      D_CH,MAIN2
JB      ON_OFF,MAIN3
JB      I_TIM,MAIN4
JB      D_TIM,MAIN4
JB      I_DIM,MAIN5
JB      D_DIM,MAIN5

```

MAIN2:

```

LCALL   KEYCH
LCALL   CHK_STS
MOV     R3,CHN
LCALL   DISPLAY
LJMP    MAIN1

```

MAIN3:

```
MOV     TIM,#00H
JNB     B_CH,ERR
LCALL   CHKO_F
LCALL   CHK_STS
MOV     R3,CHN
LCALL   DISPLAY
LJMP    MAIN1
```

MAIN4:

```
LCALL   KEYTIM
LCALL   DISPLAY
LJMP    MAIN1
```

MAIN5:

```
LCALL   KEYDIM
SETB    B_DIM
LCALL   DISPLAY
CLR     B_DIM
LJMP    MAIN1
```

ERR:

```
MOV     R4,#17H
MOV     R6,#80H
MOV     R3,#01H
LCALL   DISPLAY
LJMP    MAIN1
```

; **** Sub check key channel ****

KEYCH:

```
JB      I_CH,KEYCH1
JB      D_CH,KEYCH2
```

KEYCH1:

```
SETB    B_CH
INC      CHN
MOV     A,CHN
CJNE    A,#09H,GO_DIS
MOV     CHN,#01H
GO_DIS: SJMP    DIS_CH
```

KEYCH2:

```
SETB    B_CH
MOV     A,CHN
CJNE    A,#0FFH,RE_CH
MOV     CHN,#09H
```

RE_CH:

```
DEC     CHN
MOV     A,CHN
CJNE    A,#00H,DIS_CH
MOV     CHN,#08H
```

DIS_CH:

```
MOV     R3,CHN
RET
```

; **** Sub check status of load ****

CHK_STS:

```
MOV     A,CHN
```

STS1:

```
CJNE    A,#01H,STS2
JB      B_LD1,GET1
SJMP    GET
```

```

STS2:    CJNE    A,#02H,STS3
          JB      B_LD2,GET1
          SJMP    GET1
STS3:    CJNE    A,#03H,STS4
          JB      B_LD3,GET1
          SJMP    GET1
STS4:    CJNE    A,#04H,STS5
          JB      B_LD4,GET1
          SJMP    GET1
STS5:    CJNE    A,#05H,STS6
          JB      B_LD5,GET1
          SJMP    GET1
STS6:    CJNE    A,#06H,STS7
          JB      B_LD6,GET1
          SJMP    GET1
STS7:    CJNE    A,#07H,STS8
          JB      B_LD7,GET1
          SJMP    GET1
STS8:    JB      B_LD8,GET1
          SJMP    GET1

```

```

GET:      LCALL   GET_DIG
          LCALL   OUT_DIG
          MOV     A,#00H
          LCALL   OUT_DATA
          MOV     R4,#TAB_OFF
          RET

```

```

GET1:     LCALL   GET_DIG
          LCALL   OUT_DIG
          LCALL   S_POINT1
          MOV     A,@R1
          LCALL   OUT_DATA
          MOV     R4,#TAB_ON
          RET

```

; **** Sub of check on/off key ****

```

CHKO_F:   SETB    5BH
          MOV     A,CHN
LD1:      CJNE    A,#01H,LD2
          JNB     B_LD1,S_LD1
          CLR     B_LD1
          CLR     B_TM1
          MOV     TM_LD1,#00H
          MOV     TIM,#00H
          MOV     DIS_DM1,#15 ; SET INITAIL FOR DIMMER
          MOV     A,VAL_LD1
          LCALL   OUT_DIG
          MOV     A,#00H
          LCALL   OUT_DATA
          SETB    P1.0
          SJMP    LD2
S_LD1:    SETB    B_LD1
          MOV     A,VAL_LD1

```

```

LCALL    OUT_DIG
MOV      A,#0FFH
CLR      P1.0
LCALL    OUT_DATA

```

```

LD2:     CJNE    A,#02H,LD3
          JNB     B_LD2,S_LD2
          CLR     B_LD2
          CLR     B_TM2
          MOV     TM_LD2,#00H
          MOV     TIM,#00H
          MOV     DIS_DM2,#15
          MOV     A,VAL_LD2
          LCALL   OUT_DIG
          MOV     A,#00H
          LCALL   OUT_DATA
          SETB    P1.1
          SJMP    LD3

```

```

S_LD2:   SETB    B_LD2
          MOV     A,VAL_LD2
          LCALL   OUT_DIG
          MOV     A,#0FFH
          CLR     P1.1
          LCALL   OUT_DATA

```

```

LD3:     CJNE    A,#03H,LD4
          JNB     B_LD3,S_LD3
          CLR     B_LD3
          CLR     B_TM3
          MOV     TM_LD3,#00H
          MOV     TIM,#00H
          MOV     DIS_DM3,#15
          MOV     A,VAL_LD3
          LCALL   OUT_DIG
          MOV     A,#00H
          LCALL   OUT_DATA
          SETB    P1.2
          SJMP    LD4

```

```

S_LD3:   SETB    B_LD3
          MOV     A,VAL_LD3
          LCALL   OUT_DIG
          MOV     A,#0FFH
          CLR     P1.2
          LCALL   OUT_DATA

```

```

LD4:     CJNE    A,#04H,LD5
          JNB     B_LD4,S_LD4
          CLR     B_LD4
          CLR     B_TM4
          MOV     TM_LD4,#00H
          MOV     TIM,#00H
          MOV     DIS_DM4,#15
          MOV     A,VAL_LD4
          LCALL   OUT_DIG
          MOV     A,#00H
          LCALL   OUT_DATA

```

```

S_LD4:      SETB      P1.3
            SJMP      LD5
            SETB      B_LD4
            MOV       A,VAL_LD4
            LCALL     OUT_DIG
            MOV       A,#0FFH
            CLR       P1.3
            LCALL     OUT_DATA

LD5:        CJNE      A,#05H,LD6
            JNB       B_LD5,S_LD5
            CLR       B_LD5
            CLR       B_TM5
            MOV       TM_LD5,#00H
            MOV       TIM,#00H
            MOV       DIS_DM5,#15
            MOV       A,VAL_LD5
            LCALL     OUT_DIG
            MOV       A,#00H
            LCALL     OUT_DATA
            SETB      P1.4
            SJMP      LD6

S_LD5:      SETB      B_LD5
            MOV       A,VAL_LD5
            LCALL     OUT_DIG
            MOV       A,#0FFH
            CLR       P1.4
            LCALL     OUT_DATA

LD6:        CJNE      A,#06H,LD7
            JNB       B_LD6,S_LD6
            CLR       B_LD6
            CLR       B_TM6
            MOV       TM_LD6,#00H
            MOV       TIM,#00H
            MOV       DIS_DM6,#15
            MOV       A,VAL_LD6
            LCALL     OUT_DIG
            MOV       A,#00H
            LCALL     OUT_DATA
            SETB      P1.5
            SJMP      LD7

S_LD6:      SETB      B_LD6
            MOV       A,VAL_LD6
            LCALL     OUT_DIG
            MOV       A,#0FFH
            CLR       P1.5
            LCALL     OUT_DATA

LD7:        CJNE      A,#07H,LD8
            JNB       B_LD7,S_LD7
            CLR       B_LD7
            CLR       B_TM7
            MOV       TM_LD7,#00H
            MOV       TIM,#00H
            MOV       DIS_DM7,#15

```

```

MOV      A,VAL_LD7
LCALL    OUT_DIG
MOV      A,#00H
LCALL    OUT_DATA
SETB     P1.6
SJMP     LD8
S_LD7:   SETB     B_LD7
MOV      A,VAL_LD7
LCALL    OUT_DIG
MOV      A,#0FFH
CLR      P1.6
LCALL    OUT_DATA

LD8:     CJNE     A,#08H,CKO_F2
JNB      B_LD8,S_LD8
CLR      B_LD8
CLR      B_TM8
MOV      TM_LD8,#00H
MOV      TIM,#00H
MOV      DIS_DM8,#15
MOV      A,VAL_LD8
LCALL    OUT_DIG
MOV      A,#00H
LCALL    OUT_DATA
SETB     P1.7
SJMP     CKO_F2
S_LD8:   SETB     B_LD8
MOV      A,VAL_LD8
LCALL    OUT_DIG
MOV      A,#0FFH
CLR      P1.7
LCALL    OUT_DATA

CKO_F2:  RET

; **** Sub of check key timmer ****

KEYTIM:  JB       I_TIM,KYI_TIM
JB       D_TIM,KYD_TIM

KYI_TIM: SETB     B_TIM
INC      TIM
MOV      A,TIM
CJNE     A,#06H,KEYTIM1
MOV      TIM,#01H
KEYTIM1: SJMP     SUB_TIM

KYD_TIM: SETB     B_TIM
DEC      TIM
MOV      A,TIM
CJNE     A,#0FFH,KYD_TM1
MOV      TIM,#05H

```

```
KYD_TM1:    CJNE    A,#00H,SUB_TIM
            MOV     TIM,#05H
```

;**** Sub of status of timer ****

SUB_TIM:

```
MOV     A,CHN
MOV     DPTR,#CHNTAB
MOVC    A,@A+DPTR
MOV     R0,A
```

```
TS1:      CJNE     A,#TM_LD1,TS2
            JB      B_LD1,TT1
            LJMP    SUB_TM2
```

```
TT1:      SETB     B_TM1
            MOV     R2,TIM
```

```
D_TT1:    SETB     P1.0
            LCALL   DELAY
            CLR     P1.0
            LCALL   DELAY
            DJNZ    R2,D_TT1
            LJMP    SUB_TM1
```

```
TS2:      CJNE     A,#TM_LD2,TS3
            JB      B_LD2,TT2
            LJMP    SUB_TM2
```

```
TT2:      SETB     B_TM2
            MOV     R2,TIM
```

```
D_TT2:    SETB     P1.1
            LCALL   DELAY
            CLR     P1.1
            LCALL   DELAY
            DJNZ    R2,D_TT2
            LJMP    SUB_TM1
```

```
TS3:      CJNE     A,#TM_LD3,TS4
            JB      B_LD3,TT3
            LJMP    SUB_TM2
```

```
TT3:      SETB     B_TM3
            MOV     R2,TIM
```

```
D_TT3:    SETB     P1.2
            LCALL   DELAY
            CLR     P1.2
            LCALL   DELAY
            DJNZ    R2,D_TT3
            LJMP    SUB_TM1
```

```
TS4:      CJNE     A,#TM_LD4,TS5
            JB      B_LD4,TT4
            LJMP    SUB_TM2
```

```
TT4:      SETB     B_TM4
            MOV     R2,TIM
```

```
D_TT4:    SETB     P1.3
            LCALL   DELAY
            CLR     P1.3
            LCALL   DELAY
```

DJNZ R2,D TT4
LJMP SUB_TM1

TS5: CJNE A,#TM_LD5,TS6
JB B_LD5,TT5
LJMP SUB_TM2

TT5: SETB B_TM5
MOV R2,TIM

D_TT5: SETB P1.4
LCALL DELAY
CLR P1.4
LCALL DELAY
DJNZ R2,D TT5
LJMP SUB_TM1

TS6: CJNE A,#TM_LD6,TS7
JB B_LD6,TT6
LJMP SUB_TM2

TT6: SETB B_TM6
MOV R2,TIM

D_TT6: SETB P1.5
LCALL DELAY
CLR P1.5
LCALL DELAY
DJNZ R2,D TT6
LJMP SUB_TM1

TS7: CJNE A,#TM_LD7,TS8
JB B_LD7,TT7
LJMP SUB_TM2

TT7: SETB B_TM7
MOV R2,TIM

D_TT7: SETB P1.6
LCALL DELAY
CLR P1.6
LCALL DELAY
DJNZ R2,D TT7
LJMP SUB_TM1

TS8: JB B_LD8,TT8
LJMP SUB_TM2

TT8: SETB B_TM8
MOV R2,TIM

D_TT8: SETB P1.7
LCALL DELAY
CLR P1.7
LCALL DELAY
DJNZ R2,D TT8

;**** Sub of move timer value to channel ****

SUB_TM1: MOV R4,#TAB_TIM
MOV A,TIM
MOV DPTR,#VALTAB

```

MOV    A,@A+DPTR
MOV    @R0,A
MOV    R3,TIM
RET

```

SUB_TM2:

```

MOV    R4,#17H    ; DPTR = 1760H
MOV    R6,#60H
MOV    R3,#01H
RET

```

VALTAB: DB 00H,0FH,1EH,2DH,3CH,00H

CHNTAB: DB 00H,18H,19H,1AH,1BH,1CH

DB 1DH,1EH,1FH

;interrupt every 2 minutes/time

;30 , 60 , 90 and 120 min

; **** Sub decrement timer each channel ****

DEC_TIM:

```

MOV    R1,#18H

```

D_TM1:

```

JNB    B_TM1,D_TM2
DEC    18H
CJNE   @R1,#00H,D_TM2
CLR    B_LD1
CLR    B_TM1
MOV    R3,#01H
LCALL  S_DISOFF ; This sub will continue with o/p
MOV    DIS_DM1,#15
MOV    A,VAL_LD1
LCALL  OUT_DIG
MOV    A,#00H
SETB   P1.0
LCALL  OUT_DATA

```

D_TM2:

```

INC    R1
JNB    B_TM2,D_TM3
DEC    19H
CJNE   @R1,#00H,D_TM3
CLR    B_LD2
CLR    B_TM2
MOV    R3,#02H
LCALL  S_DISOFF
MOV    DIS_DM2,#15
MOV    A,VAL_LD2
LCALL  OUT_DIG
MOV    A,#00H
SETB   P1.1
LCALL  OUT_DATA

```

D_TM3:

```

INC    R1
JNB    B_TM3,D_TM4

```

```

DEC      1AH
CJNE     @R1,#00H,D_TM4
CLR      B_LD3
CLR      B_TM3
MOV      R3,#03H
LCALL    S_DISOFF
MOV      DIS_DM3,#15
MOV      A,VAL_LD3
LCALL    OUT_DIG
MOV      A,#00H
SETB     P1.2
LCALL    OUT_DATA

```

D_TM4:

```

INC      R1
JNB      B_TM4,D_TM5
DEC      1BH
CJNE     @R1,#00H,D_TM5
CLR      B_LD4
CLR      B_TM4
MOV      R3,#04H
LCALL    S_DISOFF
MOV      DIS_DM4,#15
MOV      A,VAL_LD4
LCALL    OUT_DIG
MOV      A,#00H
SETB     P1.3
LCALL    OUT_DATA

```

D_TM5:

```

INC      R1
JNB      B_TM5,D_TM6
DEC      1CH
CJNE     @R1,#00H,D_TM6
CLR      B_LD5
CLR      B_TM5
MOV      R3,#05H
LCALL    S_DISOFF
MOV      DIS_DM5,#15
MOV      A,VAL_LD5
LCALL    OUT_DIG
MOV      A,#00H
SETB     P1.4
LCALL    OUT_DATA

```

D_TM6:

```

INC      R1
JNB      B_TM6,D_TM7
DEC      1DH
CJNE     @R1,#00H,D_TM7
CLR      B_LD6
CLR      B_TM6
MOV      R3,#06H
LCALL    S_DISOFF
MOV      DIS_DM6,#15
MOV      A,VAL_LD6
LCALL    OUT_DIG
MOV      A,#00H
SETB     P1.5

```

```

D_TM7:      LCALL    OUT_DATA

            INC      R1
            JNB      B_TM7,D_TM8
            DEC      1EH
            CJNE     @R1,#00H,D_TM8
            CLR      B_LD7
            CLR      B_TM7
            MOV      R3,#07H
            LCALL    S_DISOFF
            MOV      DIS_DM7,#15
            MOV      A,VAL_LD7
            LCALL    OUT_DIG
            MOV      A,#00H
            SETB     P1.6
            LCALL    OUT_DATA

D_TM8:      INC      R1
            JNB      B_TM8,E_TM
            DEC      1FH
            CJNE     @R1,#00H,E_TM
            CLR      B_LD8
            CLR      B_TM8
            MOV      R3,#08H
            LCALL    S_DISOFF
            MOV      DIS_DM8,#15
            MOV      A,VAL_LD8
            LCALL    OUT_DIG
            MOV      A,#00H
            SETB     P1.7
            LCALL    OUT_DATA

E_TM:      MOV      LOOP_CNT,#05H
            CLR      B_INT0
            RET

; **** Sub of key Dimer ****

KEYDIM:     JB       I_DIM,INC_DIM
            JB       D_DIM,DEC_DIM

DEC_DIM:    LCALL    DM_CHK
            JB       B_DMERR,DM_END
            LCALL    S_POINT1
            MOV      DIM,@R1
            DEC      DIM
            LCALL    GET_DIG
            LCALL    OUT_DIG
            MOV      A,DIM
            LCALL    OUT_DATA
            LCALL    S_POINT2
            MOV      R5,DIM
            CJNE     R5,#00,S_DEC
            MOV      DIM,#01

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

S_DEC:      LCALL    S_POINT1
            MOV      @R1,DIM
            MOV      R4,#TAB_DIM
            MOV      R6,#00
DM_END:     CLR      B_DMERR
            RET

```

```

INC_DIM:    LCALL    DM_CHK
            JB       B_DMERR,DM_END1
            LCALL    S_POINT1
            MOV      DIM,@R1
            MOV      R3,DIM
            INC      DIM
            MOV      R5,DIM
            CJNE     R5,#16,S_INC1

```

```

S_INC1:     LCALL    GET_DIG
            LCALL    OUT_DIG
            MOV      A,DIM
            LCALL    OUT_DATA
            LCALL    S_POINT2
            MOV      R5,DIM
            CJNE     R5,#15,S_INC
            MOV      DIM,#14

```

```

S_INC:      LCALL    S_POINT1
            MOV      @R1,DIM
            MOV      R4,#TAB_DIM
            MOV      R6,#00
DM_END1:    CLR      B_DMERR
            RET

```

; **** Sub of pointer to determind position ****

```

S_POINT1:   MOV      A,CHN
            MOV      DPTR,#TABDM
            MOVC     A,@A+DPTR
            MOV      R1,A
            RET

```

```

S_POINT2:   MOV      A,DIM
            MOV      DPTR,#TABDISDM
            MOVC     A,@A+DPTR
            MOV      R3,A
            RET

```

```

TABDISDM:   DB       01H,02H,03H,04H,05H,06H
            DB       07H,08H,09H,0AH,0BH,0CH
            DB       0DH,0EH,0FH,10H

```

```

TABDM:      DB       40H,41H,42H,43H,44H,45H
            DB       46H,47H,48H

```

; **** Sub of check status each load ****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DM_CHK:
MOV      A,CHN
S_DMLD1: CJNE   A,#01H,S_DMLD2
          JNB    B_LD1,DM_ERR
          RET
S_DMLD2: CJNE   A,#02H,S_DMLD3
          JNB    B_LD2,DM_ERR
          RET
S_DMLD3: CJNE   A,#03H,S_DMLD4
          JNB    B_LD3,DM_ERR
          RET
S_DMLD4: CJNE   A,#04H,S_DMLD5
          JNB    B_LD4,DM_ERR
          RET
S_DMLD5: CJNE   A,#05H,S_DMLD6
          JNB    B_LD5,DM_ERR
          RET
S_DMLD6: CJNE   A,#06H,S_DMLD7
          JNB    B_LD6,DM_ERR
          RET
S_DMLD7: CJNE   A,#07H,S_DMLD8
          JNB    B_LD7,DM_ERR
          RET
S_DMLD8: JNB    B_LD8,DM_ERR
          RET

DM_ERR:
MOV      R4,#17H
MOV      R6,#0A0H
MOV      R3,#01H
SETB     B_DMERR
RET

PUSH_DM:
MOV      R2,#08H
MOV      R1,#DIS_DM1
S_PUSH:  MOV     @R1,#15
          INC     R1
          DJNZ    R2,S_PUSH
          RET

```

; **** Sub output to drive load ****

```

OUT_DIG:
MOV      DPTR,#PORTA
MOVX     @DPTR,A
RET

OUT_DATA:
MOV      DPTR,#PORTB
MOVX     @DPTR,A
RET

```

; **** Sub to select digit ****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

. GET_DIG:
      MOV      A,CHN
GET_LD1:  CJNE  A,#01H,GET_LD2
      MOV      A,VAL_LD1
      RET
GET_LD2:  CJNE  A,#02H,GET_LD3
      MOV      A,VAL_LD2
      RET
GET_LD3:  CJNE  A,#03H,GET_LD4
      MOV      A,VAL_LD3
      RET
GET_LD4:  CJNE  A,#04H,GET_LD5
      MOV      A,VAL_LD4
      RET
GET_LD5:  CJNE  A,#05H,GET_LD6
      MOV      A,VAL_LD5
      RET
GET_LD6:  CJNE  A,#06H,GET_LD7
      MOV      A,VAL_LD6
      RET
GET_LD7:  CJNE  A,#07H,GET_LD8
      MOV      A,VAL_LD7
      RET
GET_LD8:  MOV    A,VAL_LD8
      RET

```

; **** Sub to show data channel (display) ****

```

DISPLAY:
      MOV      DPH,R4
      MOV      DPL,R6
START:  LCALL   INIT
      MOV      R0,#16
      LCALL   S_LINE1
      LCALL   S_TBLN2
      LCALL   S_LINE2
;      JB      B_DIM,DIS1
      LCALL   DELAY
DIS1:   LCALL   DELAY1
      RET

```

; *** Display first to show data ***

```

DISPLAY1:
      MOV      R4,#17H
      MOV      R6,#0E0H
      LCALL   DISPLAY
RE_SHIFT: LCALL  DELAY3
      LCALL   S_LEFT
      JB      B_INT0,DIS1_END
      LCALL   DELAY3
      JB      B_INT0,DIS1_END
      LCALL   S_RIGHT
      JB      B_INT0,DIS1_END

```

```

        DJNZ     SHF_LOOP,RE_SHIFT
DIS1_END:
        RET

; *** Display second to show data ***

DISPLAY2:
        MOV      R4,#17H
        MOV      R6,#0C0H
        LCALL    DISPLAY
SHIFT:   LCALL    DELAY3
        LCALL    S_LEFT
        LCALL    DELAY3
        LCALL    S_RIGHT
        DJNZ     SHF_LOOP,SHIFT
        RET

; *** Write data to line 1 ****

S_LINE1:
        MOV      A,#00
        MOVC     A,@A+DPTR
        LCALL    WRITE
        INC      DPTR
        DJNZ     R0,S_LINE1
        MOV      A,#0C0H           ;New line
        MOV      DPTR,#COMMAND
        MOVX     @DPTR,A
        LCALL    WAITBF           ;Wait busy flag
        RET

; *** Write data to line 2 ***

S_LINE2:  MOV      R0,#16
LN2:      MOV      A,#00H
        MOVC     A,@A+DPTR
        LCALL    WRITE
        INC      DPTR
        DJNZ     R0,LN2
        RET

; *** Select table of line 2 ***

S_TBLN2:
        MOV      A,R6
S_LN1:    ADD      A,#SUM
        JNC      S_LN2
        INC      R4
S_LN2:    DJNZ     R3,S_LN1
        MOV      DPL,A
        MOV      DPH,R4
        CLR      C
        RET

; ***** shift left data *****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

S_LEFT:    PUSH    DPL
           PUSH    DPH
           MOV     R0,#18
SHFL1:     MOV     A,#18H
           MOV     DPTR,#COMMAND
           MOVX    @DPTR,A
           LCALL   DELAY
           DJNZ    R0,SHFL1
           POP     DPH
           POP     DPL
           RET

```

; ***** shift right data *****

```

S_RIGHT:   PUSH    DPL
           PUSH    DPH
           MOV     R0,#18
SHFR1:     MOV     A,#1CH
           MOV     DPTR,#COMMAND
           MOVX    @DPTR,A
           LCALL   DELAY
           DJNZ    R0,SHFR1
           POP     DPH
           POP     DPL
           RET

```

; **** Sub of change to off display ****

```

S_DISOFF:  MOV     R4,#TAB_OFF
           MOV     R6,#00H
           LCALL   DISPLAY
           LCALL   DELAY
           LCALL   DELAY
           RET

```

; *** Write ASCII to LCD ***

```

WRITE:     PUSH    DPL
           PUSH    DPH
           MOV     DPTR,#WRITEDATA
           MOVX    @DPTR,A
           LCALL   WAITBF      ;Wait LCD module ready
           POP     DPH
           POP     DPL
           RET

```

; *** Wait for ready

; *** by mean of check busy flag ***

```

WAITBF:    PUSH    DPL
           PUSH    DPH

```

```

RDY1:    MOV     DPTR,#READBUSY
         MOVX    A,@DPTR
         JB      ACC.7,RDY1      ;Busy Flag
         POP     DPH
         POP     DPL
         RET

INIT:    PUSH    DPL
         PUSH    DPH
         MOV     DPTR,#COMMAND
         MOV     A,#80H          ;8bit, 2 line, 5x7 dot
         LCALL   COM_OUT
         MOV     A,#38H          ;8bit, 2 line, 5x7 dot
         LCALL   COM_OUT
         MOV     A,#0CH
         LCALL   COM_OUT
         MOV     A,#6            ;increment cursor
         LCALL   COM_OUT
S_INT:   MOV     A,#1            ;clear and home
         LCALL   COM_OUT
         POP     DPH
         POP     DPL
         RET

; **** Sub of out command to LCD ****

COM_OUT: MOVX    @DPTR,A
         LCALL   WAITBF
         RET

; **** Sub of delay time ****

DELAY:   MOV     R5,#00H
DL1:     MOV     R6,#00H
         DJNZ    R6,$
         DJNZ    R5,DL1
         RET

DELAY1:  MOV     R5,#00H
         DJNZ    R5,$

DELAY2:  MOV     R5,#0A0H
DL2:     MOV     R6,#00H
         DJNZ    R6,$
         DJNZ    R5,DL2
         RET

DELAY3:  MOV     B,#07
S_DL:    LCALL   DELAY
         DJNZ    B,S_DL
         RET

; **** Table of data to show at LCD ****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ORG      1500H
TAB1:    DB  "SELECT----->LOAD"
TAB2:    DB  "  LOAD 1 --> OFF "
TAB3:    DB  "  LOAD 2 --> OFF "
TAB4:    DB  "  LOAD 3 --> OFF "
TAB5:    DB  "  LOAD 4 --> OFF "
TAB6:    DB  "  LOAD 5 --> OFF "
TAB7:    DB  "  LOAD 6 --> OFF "
TAB8:    DB  "  LOAD 7 --> OFF "
TAB9:    DB  "  LOAD 8 --> OFF "

```

```

ORG      1600H
TAB10:   DB  "SELECT----->LOAD"
TAB11:   DB  "  LOAD 1 --> ON  "
TAB12:   DB  "  LOAD 2 --> ON  "
TAB13:   DB  "  LOAD 3 --> ON  "
TAB14:   DB  "  LOAD 4 --> ON  "
TAB15:   DB  "  LOAD 5 --> ON  "
TAB16:   DB  "  LOAD 6 --> ON  "
TAB17:   DB  "  LOAD 7 --> ON  "
TAB18:   DB  "  LOAD 8 --> ON  "

```

```

ORG      1700H
TAB19:   DB  "  TIMER***ACTIVE "
TAB20:   DB  "TIMER1--->30 min"
TAB21:   DB  "TIMER2--->60 min"
TAB22:   DB  "TIMER3--->90 min"
TAB23:   DB  "TIMER4-->120 min"
TAB24:   DB  "CLEAR----->TIMER"
TAB25:   DB  "Load  not active"
TAB26:   DB  "Timer  not enable"
TAB27:   DB  "PROCESS -- ERROR"
TAB28:   DB  "*****"
TAB29:   DB  "Load  not active"
TAB2A:   DB  "Dimer  not enable"
TAB2B:   DB  "INFRARED  REMOTE"
TAB2C:   DB  "Program--->ready"
TAB2D:   DB  "Waiting for you "
TAB2E:   DB  "  Press any key  "

```

```

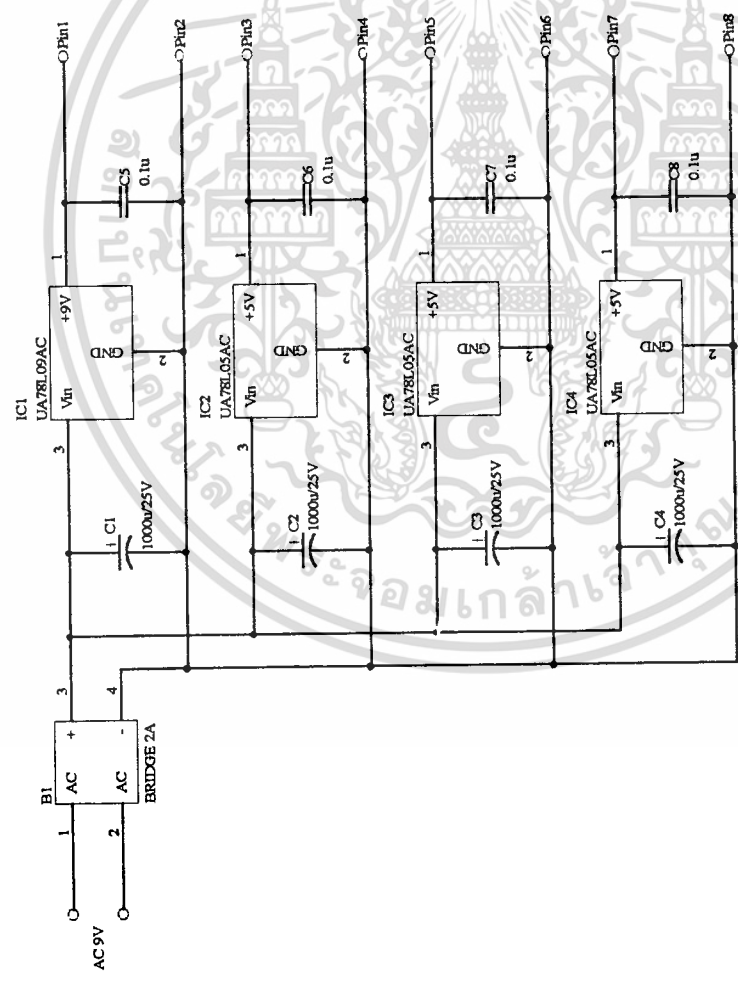
ORG      1800H
TAB31H:  DB  "  MODE*****DIMER "
TAB32H:  DB  "DIMER  STEP  00"
TAB33H:  DB  "DIMER  STEP  01"
TAB34H:  DB  "DIMER  STEP  02"
TAB35H:  DB  "DIMER  STEP  03"
TAB36H:  DB  "DIMER  STEP  04"
TAB37H:  DB  "DIMER  STEP  05"
TAB38H:  DB  "DIMER  STEP  06"
TAB39H:  DB  "DIMER  STEP  07"
TAB40H:  DB  "DIMER  STEP  08"
TAB41H:  DB  "DIMER  STEP  09"
TAB42H:  DB  "DIMER  STEP  10"
TAB43H:  DB  "DIMER  STEP  11"
TAB44H:  DB  "DIMER  STEP  12"
TAB45H:  DB  "DIMER  STEP  13"

```

TAB46H: DB "DIMER STEP 14"
TAB47H: DB "DIMER STEP 15"
END



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title		Revision	
Size	Number		
A4			
Date:	21-Oct-1996	Sheet of	
File:	C:\TEMP\RECTIFY.SCH	Drawn By:	
		4	

Regulate Power Supply

Encoder and Decoder Pairs CMOS

These devices are designed to be used as encoder/decoder pairs in remote control applications.

The MC145026 encodes nine lines of information and serially sends this information upon receipt of a transmit enable (TE) signal. The nine lines may be encoded with trinary data (low, high, or open) or binary data (low or high). The words are transmitted twice per encoding sequence to increase security.

The MC145027 decoder receives the serial stream and interprets five of the trinary digits as an address code. Thus, 243 addresses are possible. If binary data is used at the encoder, 32 addresses are possible. The remaining serial information is interpreted as four bits of binary data. The valid transmission output (VT) goes high on the MC145027 when two conditions are met. First, two addresses must be consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address. Second, the 4-bits of data must match the last valid data received. The active VT indicates that the information at the data output pins has been updated.

The MC145028 decoder treats all nine trinary digits as an address which allows 19,683 codes. If binary data is encoded, 512 codes are possible. The valid transmission output (VT) goes high on the MC145028 when two addresses are consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address.

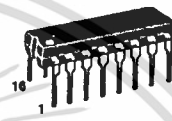
- Operating Temperature Range: -40° to 85°C
- Very-Low Standby Current for the Encoder: 300 nA Maximum @ 25°C
- Interfaces with RF, Ultrasonic, or Infrared Modulators and Demodulators
- RC Oscillator, No Crystal Required
- High External Component Tolerance; Can Use $\pm 5\%$ Components
- Internal Power-On Reset Forces All Decoder Outputs Low
- For Infrared Applications, See Applications Note AN1016
- Operating Voltage Range: 4.5 to 18 V
- Low-Voltage Versions Available —

SC41342: 2.5 to 18 V Version of the MC145026

SC41343: 2.8 to 10 V Version of the MC145027

SC41344: 2.8 to 10 V Version of the MC145028

MC145026
MC145027
MC145028
SC41342
SC41343
SC41344



P SUFFIX
PLASTIC DIP
CASE 648



D SUFFIX
SOG
CASE 751B



DW SUFFIX
SOG
CASE 751G

ORDERING INFORMATION

MC145026P, SC41342P	Plastic DIP
MC145026D, SC41342D	SOG Package
MC145027P, SC41343P	Plastic DIP
MC145027DW, SC41343DW	SOG Package
MC145028P, SC41344P	Plastic DIP
MC145028DW, SC41344DW	SOG Package

PIN ASSIGNMENTS

A1	1	16	V _{DD}
A2	2	15	DATA OUT
A3	3	14	TE
A4	4	13	R _{TC}
A5	5	12	C _{TC}
A6/D6	6	11	R _S
A7/D7	7	10	A9/D9
V _{SS}	8	9	A8/D8

MC145026
SC41342
ENCODERS

A1	1	16	V _{DD}
A2	2	15	D6
A3	3	14	D7
A4	4	13	D8
A5	5	12	D9
R ₁	6	11	VT
C ₁	7	10	R ₂ /C ₂
V _{SS}	8	9	DATA IN

MC145027
SC41343
DECODERS

A1	1	16	V _{DD}
A2	2	15	A6
A3	3	14	A7
A4	4	13	A8
A5	5	12	A9
R ₁	6	11	VT
C ₁	7	10	R ₂ /C ₂
V _{SS}	8	9	DATA IN

MC145028
SC41344
DECODERS

MC145026•MC145027•MC145028•
SC41342•SC41343•SC41344

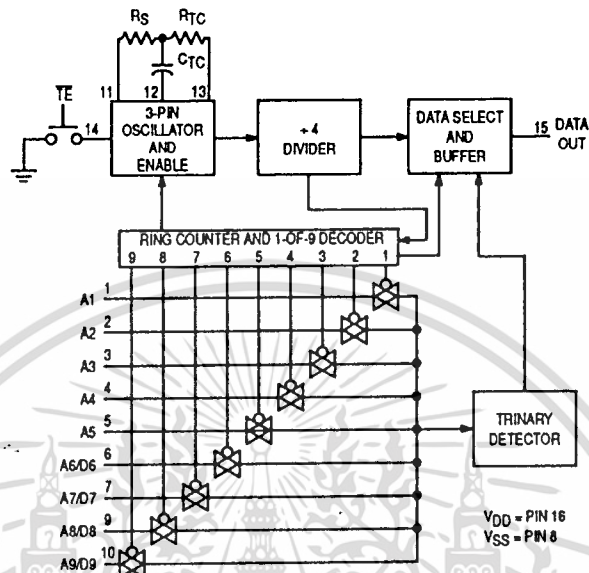


Figure 1. MC145026 Encoder Block Diagram

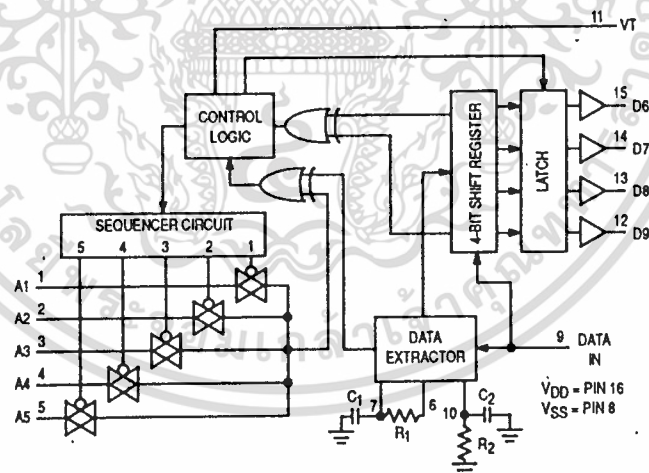


Figure 2. MC145027 Decoder Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MC145026•MC145027•MC145028•
SC41342•SC41343•SC41344**

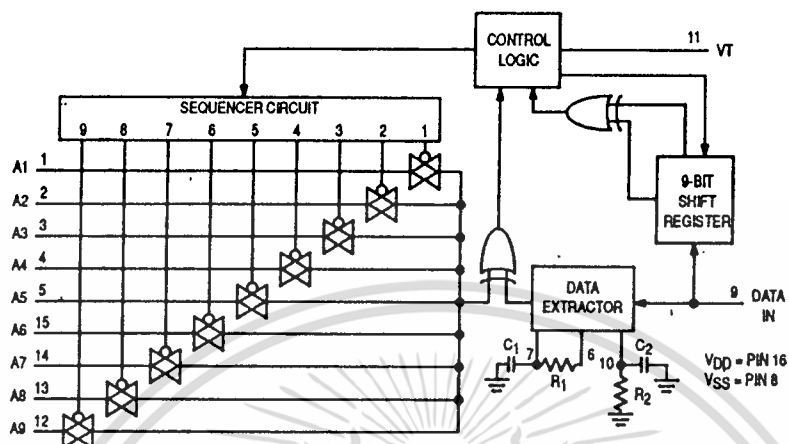


Figure 3. MC145028 Decoder Block Diagram

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

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage (except SC41343, SC41344)	-0.5 to +18	V
V _{DD}	DC Supply Voltage (SC41343, SC41344 only)	-0.5 to +10	V
V _{in}	DC Input Voltage	-0.5 to V _{DD} +0.5	V
V _{out}	DC Output Voltage	-0.5 to V _{DD} +0.5	V
I _{in}	DC Input Current, per Pin	±10	mA
I _{out}	DC Output Current, per Pin	±10	mA
P _D	Power Dissipation, per Package	500	mW
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to +150	°C
T _L	Lead Temperature, 1 mm from Case for 10 Seconds	260	°C

[†] Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation should be restricted to the limits in the Electrical Characteristics tables or Pin Descriptions section.

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 $V_{SS} \leq (V_{in} \text{ or } V_{out}) \leq V_{DD}$.

MC145026•MC145027•MC145028• SC41342•SC41343•SC41344

OPERATING CHARACTERISTICS

MC145026

The encoder serially transmits trinary data as defined by the state of the A1 through A5 and A6/D6 through A9/D9 input pins. These pins may be in either of three states (low, high, or open) allowing 19,683 possible codes. The transmit sequence is initiated by a low level on the TE input pin. Each time the TE input is forced low, the encoder outputs two identical data words. Between the two data words, no signal is sent for three data periods. If the TE input is kept low, the encoder continuously transmits the data word. See Figure 10.

Upon power-up the MC145026 can continuously transmit data as long as TE remains low. The device can transmit two-word sequences by pulsing TE low. However, no application should be designed to rely upon the first data word transmitted after power-up, because this first word is invalid data.

Each transmitted trinary digit is encoded into pulses (See Figure 11). A logic zero (low) is encoded as two consecutive short pulses, a logic one (high) as two consecutive long pulses, and an open (high-impedance) as a long pulse followed by a short pulse. The input state is determined by using a weak "output" device to try to force each input first low, then high. If only a high state results from the two tests, the input is assumed to be hardwired to VDD. If only a low state is obtained, the input is assumed to be hardwired to VSS. If both a high and a low can be forced at an input, an open is assumed and is encoded as such. The "high" and "low" levels are 70% and 30% of the supply voltage as shown in the Electrical Characteristics Table. The weak "output" device sinks/sources up to 110 μ A at a 5 V supply level, 500 μ A at 10 V, and 1 mA at 15 V.

The TE input has an internal pullup device so that a simple switch may be used to force the input low. While TE is high, the encoder is completely disabled, the oscillator is inhibited, and the current drain is reduced to quiescent current. When TE is brought low, the oscillator is started, and the transmit sequence begins. The inputs are then sequentially selected, and determinations are made as to the input logic states. This information is serially transmitted via the Data Out pin.

MC145027

This decoder receives the serial data from the encoder and outputs the data, if it is valid. The transmitted data, consisting of two identical words, is examined bit by bit during reception. The first five trinary digits are assumed to be the address. If the received address matches the local address, next four (data) bits are internally stored, but are not transferred to the output data latch. As the second encoded word is received, the address must again match. If a match occurs, the new data bits are checked against the previously stored data bits. If the two nibbles of data (four bits each) match, the data is transferred to the output data latch by VT and remains until new data replaces it. At the same time, the VT output pin is brought high and remains high until an error is received or until no input signal is received for four data periods. See Figure 10.

Although the address information may be encoded in trinary, the data information must be either a one or a zero. A trinary (open) data line is decoded as a logic one.

MC145028

This decoder operates in the same manner as the MC145027 except that nine address lines are used and no data output is available. The VT output is used to indicate that a valid address has been received. For transmission security, two identical transmitted words must be consecutively received before a valid transmission output (VT) signal is issued.

The MC145028 allows 19,683 addresses when trinary levels are used. 512 addresses are possible when binary levels are used.

PIN DESCRIPTIONS

MC145026 ENCODER

A1 through A5, A6/D6 through A9/D9 (Pins 1 through 7, 9, and 10)

These address/data inputs are encoded and the data is sent serially from the encoder via the data out pin.

RS, CTC, RTC (Pins 11, 12, and 13)

These pins are part of the oscillator section of the encoder. See Figure 9.

If an external signal source is used instead of the internal oscillator, it should be connected to the RS input and the RTC and CTC pins should be left open.

TE (Pin 14)

This active-low transmit enable input initiates transmission when forced low. An internal pullup device keeps this input normally high. The pullup current is specified in the Electrical Characteristics table.

Data Out (Pin 15)

This is the output of the encoder that serially presents the encoded data word.

VSS (Pin 8)

The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

VDD (Pin 16)

The most-positive power supply pin.

MC145027 AND MC145028 DECODERS

**A1 through A5 (Pins 1 through 5) — MC145027
A1 through A9 (Pins 1 through 5, 15, 14, 13, and 12) — MC145028**

These are the local address inputs. The states of these pins must match the appropriate encoder inputs for the VT pin to go high. The local address may be encoded with trinary or binary data.

D6 through D9 (Pins 15, 14, 13, and 12) — MC145027 ONLY

These outputs present the binary information that is on encoder inputs A6/D6 through A9/D9. Only binary data is acknowledged; a trinary open at the MC145026 encoder is decoded as a high level (logic 1).

**MC145026•MC145027•MC145028•
SC41342•SC41343•SC41344**

R₁, C₁ (Pins 6, 7)

As shown in Figures 2 and 3, these pins accept a resistor and capacitor that are used to determine whether a narrow pulse or wide pulse has been received. The time constant $R_1 \times C_1$ should be set to 1.72 encoder clock periods:

$$R_1 C_1 = 3.95 \text{ RTC CTC.}$$

R₂/C₂ (Pin 10)

As shown in Figures 2 and 3, this pin accepts a resistor and capacitor that are used to detect both the end of a received word and the end of a transmission. The time constant $R_2 \times C_2$ should be 33.5 encoder clock periods (four data periods per Figure 11): $R_2 C_2 = 77 \text{ RTC CTC}$. This time constant is used to determine whether the data in pin has remained low for four data periods (end of transmission). A separate on-chip comparator looks at the voltage-equivalent two data periods ($0.4 R_2 C_2$) to detect the dead time between received words within a transmission.

VT (Pin 11)

This valid transmission output goes high after the second word of an encoding sequence when the following conditions are satisfied:

- (1) the received addresses of both words match the local decoder address, and
- (2) the received data bits of both words match.

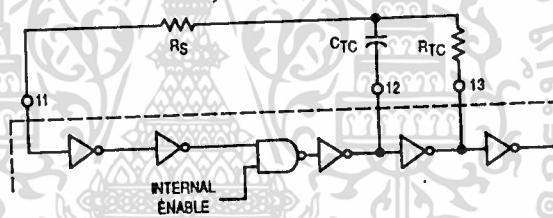
VT remains high until either a mismatch is received or no input signal is received for four data periods.

VSS (Pin 8)

The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

VDD (Pin 16)

The most-positive power supply pin.



This oscillator operates at a frequency determined by the external RC network; i.e.,

$$f = \frac{1}{2.3 \text{ RTC CTC}} \text{ (Hz)}$$

for 1 kHz $\leq f \leq$ 400 kHz

where: $\text{CTC}' = \text{CTC} + \text{Clayout} + 12 \text{ pF}$

$$R_S = 2 \text{ RTC}$$

$$R_S \geq 20 \text{ k}$$

$$\text{RTC} \geq 10 \text{ k}$$

$$400 \text{ pF} < \text{CTC} < 15 \text{ }\mu\text{F}$$

The value for R_S should be chosen to be ≥ 2 times RTC. This range ensures that current through R_S is insignificant compared to current through RTC. The upper limit for R_S must ensure that $R_S \times 5 \text{ pF}$ (input capacitance) is small compared to $\text{RTC} \times \text{CTC}$.

For frequencies outside the indicated range, the formula is less accurate. The minimum recommended oscillation frequency of this circuit is 1 kHz. Susceptibility to externally induced noise signals may occur for frequencies below 1 kHz and/or when resistors utilized are greater than 1 M Ω .

Figure 9. Encoder Oscillator Information

MC145026•MC145027•MC145028•
SC41342•SC41343•SC41344

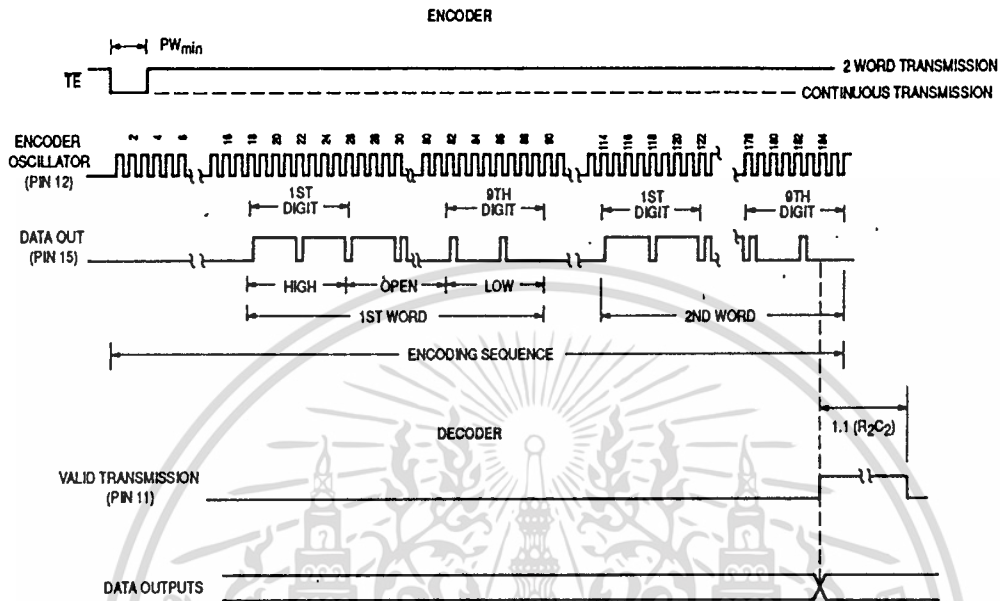


Figure 10. Timing Diagram

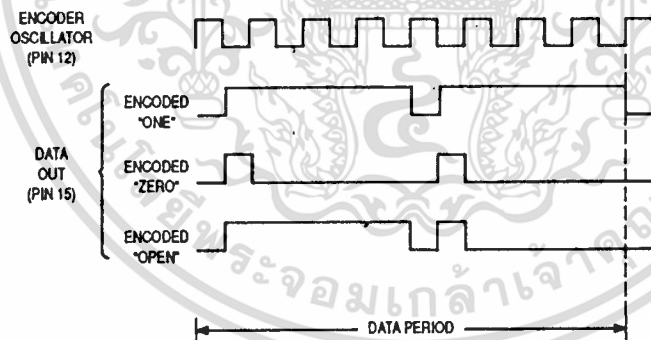


Figure 11. Encoder Data Waveforms

MC145026•MC145027•MC145028•
SQ41342•SC41343•SC41344

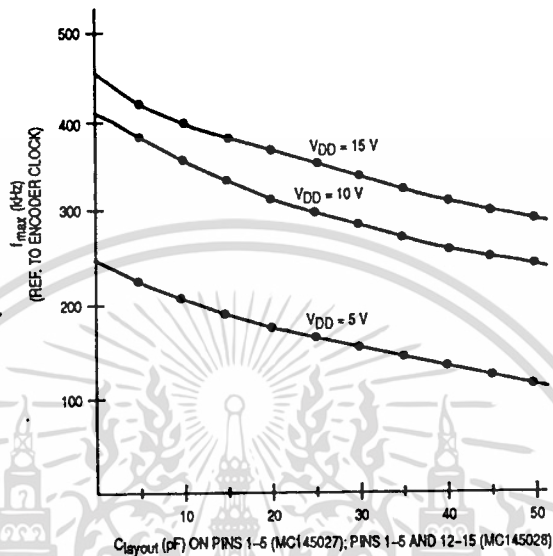


Figure 14. f_{max} vs Clayout — Decoders Only

CD4028B Types

CMOS
BCD-to-Decimal Decoder

High-Voltage Types (20-Volt Rating)

The RCA-CD4028B types are BCD-to-decimal or binary-to-octal decoders consisting of buffering on all 4 inputs, decoding logic gates, and 10 output buffers. A BCD code applied to the four inputs, A to D, results in a high level at the selected one of 10 decimal decoded outputs. Similarly, a 3-bit binary code applied to inputs A through C is decoded in octal code at output 0 to 7 if D = "0". High drive capability is provided at all outputs to enhance dc and dynamic performance in high fan-out applications.

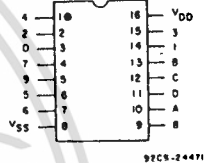
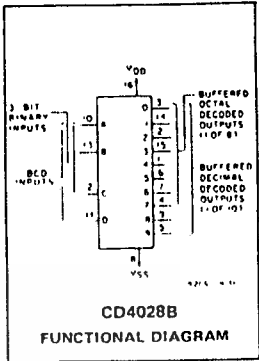
The CD4028B-Series types are supplied in 16-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (D and F suffixes), 16-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 16-lead ceramic flat packages (K suffix), and in chip form (H suffix).

Features:

- BCD-to-decimal decoding or binary-to-octal decoding
- High decoded output drive capability
- "Positive logic" inputs and outputs. decoded outputs go high on selection
- Medium-speed operation.
 $t_{PHL}, t_{PLH} = 80 \text{ ns (typ.) @ } V_{DD} = 10 \text{ V}$
- Standardized, symmetrical output characteristics
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- Maximum input current of 1 μA at 18 V over full package-temperature range; 100 nA at 18 V and 25°C
- Noise margin (over full package-temperature range):
1 V at $V_{DD} = 5 \text{ V}$
2 V at $V_{DD} = 10 \text{ V}$
2.5 V at $V_{DD} = 15 \text{ V}$
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13A, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"

Applications:

- Code conversion ■ Indicator-tube decoder
- Address decoding—memory selection control



Top View
TERMINAL DIAGRAM

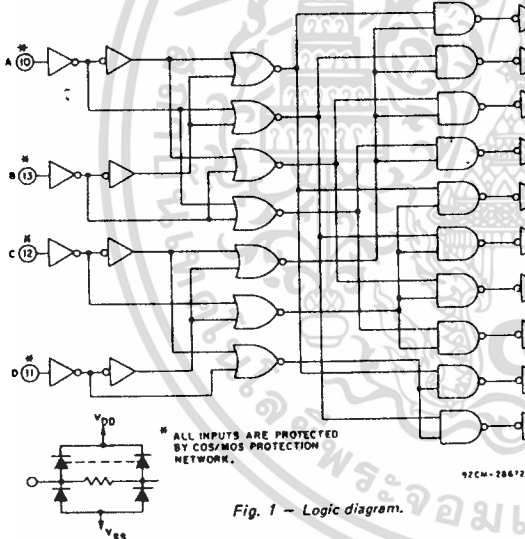


Fig. 1 - Logic diagram.

MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V_{DD})	-0.5 to +20 V
(Voltages referenced to V_{SS} Terminal)	
INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS	-0.5 to $V_{DD} + 0.5 \text{ V}$
DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT	$\pm 10 \text{ mA}$
POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P_D):	
For $T_A = -40$ to $+60^\circ\text{C}$ (PACKAGE TYPE E)	500 mW
For $T_A = +60$ to $+85^\circ\text{C}$ (PACKAGE TYPE E)	Derate Linearly at 12 mW/ $^\circ\text{C}$ to 200 mW
For $T_A = -55$ to $+100^\circ\text{C}$ (PACKAGE TYPES D, F, K)	500 mW
For $T_A = +100$ to $+125^\circ\text{C}$ (PACKAGE TYPES D, F, K)	Derate Linearly at 12 mW/ $^\circ\text{C}$ to 200 mW
DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR	
For $T_A = \text{FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types)}$	100 mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T_A):	
PACKAGE TYPES D, F, K, H	-55 to $+125^\circ\text{C}$
PACKAGE TYPE E	-40 to $+85^\circ\text{C}$
STORAGE TEMPERATURE RANGE (T_{stg})	-65 to $+150^\circ\text{C}$
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):	$+265^\circ\text{C}$
At distance 1/16 $\pm$ 1/32 inch (1.59 $\pm$ 0.79 mm) from case for 10 s max.	

TABLE 1 - TRUTH TABLE

D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
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

1 = HIGH LEVEL 0 = LOW LEVEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD4028B Types

TABLE II – CODE CONVERSION CHART

INPUTS				INPUT CODES						OUTPUT NUMBER															
				Hexa - Decimal																					
				4BIT BINARY	4BIT GRAY	EXCESS-3	EXCESS-3 GRAY	AIKEN	4-2-2-1																
D	C	B	A							0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0	0	0				0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1				1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	2	3			0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	3	2	0	3	3			0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	4	7	1	4	4			0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	5	6	2			3		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	6	4	3	1		4		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	7	5	4	2				0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	8	15	5					0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	9	14	6			5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	10	12	7	9		6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	11	13	8			5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	12	8	9	5	6			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	1	13	9		6	7			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	14	11		8	8			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	1	15	10		7	9	9		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

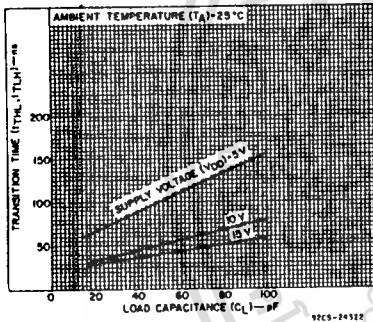


Fig. 8 – Typical transition time as a function of load capacitance.

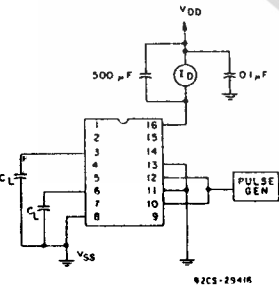


Fig. 10 – Dynamic power dissipation test circuit.

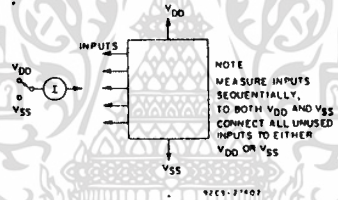


Fig. 9 – Input current test circuit.

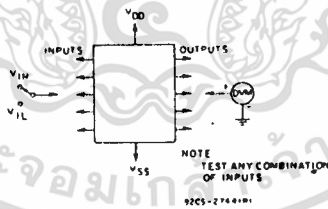


Fig. 11 – Input voltage test circuit.

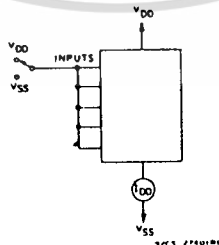


Fig. 12 – Quiescent device current test circuit.

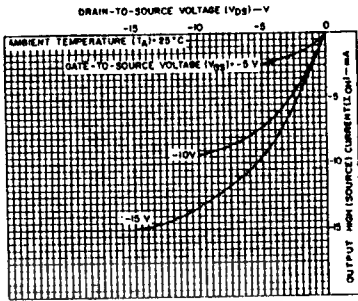


Fig. 6 – Minimum output high (source) current characteristics.

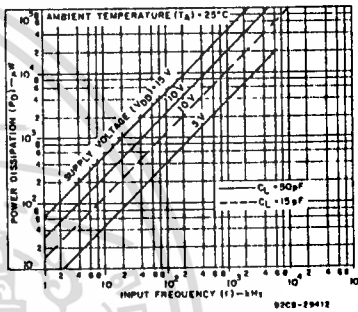


Fig. 7 – Typical dynamic power dissipation as a function of input frequency.

TYPICAL APPLICATIONS

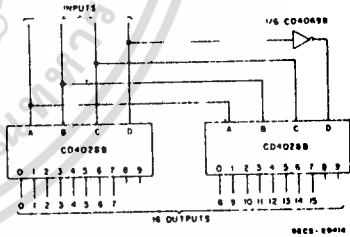


Fig. 13 – Code conversion circuit.

The circuit shown in Fig.13 converts any 4-bit code to a decimal or hexadecimal code. Table 2 shows a number of codes and the decimal or hexadecimal number in these codes which must be applied to the input terminals of the CD4028B to select a particular output. For example: in order to get a high on output No. 8 the input must be either an 8 expressed in 4-Bit Binary code, a 15 expressed in 4-Bit Gray code, or a 5 expressed in Excess-3 code.

CD4028B Types

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:

CHARACTERISTIC	LIMITS		UNITS
	MIN.	MAX.	
Supply Voltage Range (For T_A = Full Package Temperature Range)	3	18	V

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTER- ISTIC	CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)							UNITS	
				Values at -55, +25, +125 Apply to D, F, K, H Packages Values at -40, +25, +85 Apply to E Package								
	V _O (V)	V _{IN} (V)	V _{DD} (V)	-55	-40	+85	+125	+25				
				Min.	Typ.	Max						
Quiescent Device Current, I _{DD} Max.	-	0.5	5	5	5	150	150	-	0.04	5	μA	
	-	0.10	10	10	10	300	300	-	0.04	10		
	-	0.15	15	20	20	600	600	-	0.04	20		
	-	0.20	20	100	100	3000	3000	-	0.08	100		
Output Low (Sink) Current I _{OL} Min.	0.4	0.5	5	0.64	0.61	0.42	0.36	0.51	1	-	mA	
	0.5	0.10	10	1.6	1.5	1.1	0.9	1.3	2.6	-		
	1.5	0.15	15	4.2	4	2.8	2.4	3.4	6.8	-		
Output High (Source) Current, I _{OH} Min.	4.6	0.5	5	-0.64	-0.61	-0.42	-0.36	-0.51	1	-	mA	
	2.5	0.5	5	-2	-1.8	-1.3	-1.15	-1.6	-3.2	-		
	9.5	0.10	10	-1.6	-1.5	-1.1	-0.9	-1.3	-2.6	-		
	13.5	0.15	15	-4.2	-4	-2.8	-2.4	-3.4	-6.8	-		
Output Voltage: Low Level, V _{OL} Max.	-	0.5	5	0.05			-			0	0.05	V
	-	0.10	10	0.05			-			0	0.05	
	-	0.15	15	0.05			-			0	0.05	
Output Voltage: High Level, V _{OH} Min.	-	0.5	5	4.95			4.95			5	-	V
	-	0.10	10	9.95			9.95			10	-	
	-	0.15	15	14.95			14.95			15	-	
Input Low Voltage, V _{IL} Max.	0.5, 4.5	-	5	1.5			-			-	1.5	V
	1.9	-	10	3			-			-	3	
	1.5, 13.5	-	15	4			-			-	4	
Input High Voltage, V _{IH} Min.	0.5, 4.5	-	5	3.5			3.5			-	-	V
	1.9	-	10	7			7			-	-	
	1.5, 13.5	-	15	11			11			-	-	
Input Current I _{IN} Max	-	0.18	18	±0.1	±0.1	±1	±1	-	±10 ⁻⁵	±0.1	μA	

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $T_A = 25^\circ C$, $C_L = 50$ pF,
Input $t_r, t_f = 20$ ns, $R_L = 200$ k Ω

CHARACTERISTIC	TEST CONDITIONS	LIMITS		UNITS
	V_{DD} (V)	Typ.	Max.	
Propagation Delay Time, t_{PHL}, t_{PLH}	5	175	350	ns
	10	80	160	
	15	60	120	
Transition Time t_{THL}, t_{TLH}	5	100	200	ns
	10	50	100	
	15	40	80	
Input Capacitance, C_{IN}	-	5	7.5	pF

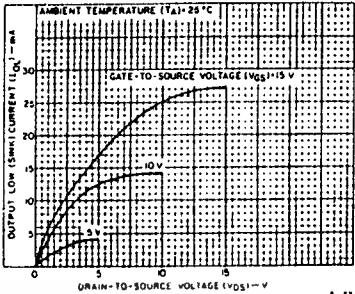


Fig. 2 — Typical output low (sink) current characteristics.

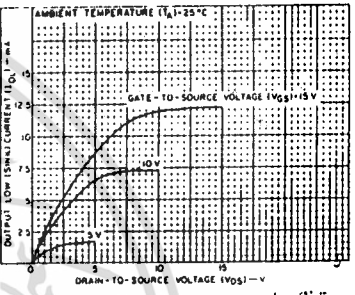


Fig. 3 — Minimum output low (sink) current characteristics.

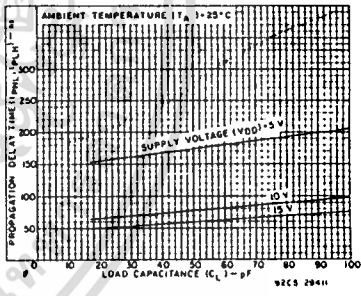


Fig. 4 — Typical propagation delay time as a function of load capacitance.

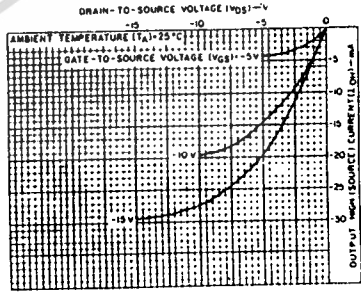
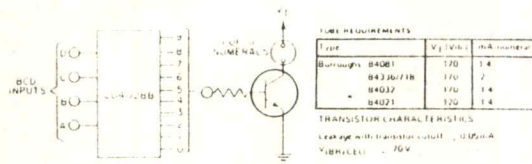


Fig. 5 — Typical output high (source) current characteristics.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD4028B Types



* (Trademark) Burroughs Corp

92CS-29413

Fig. 14 - Neon readout (Nixie Tube*) display application

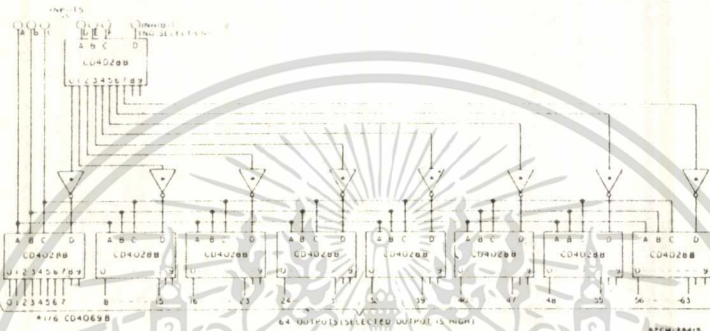
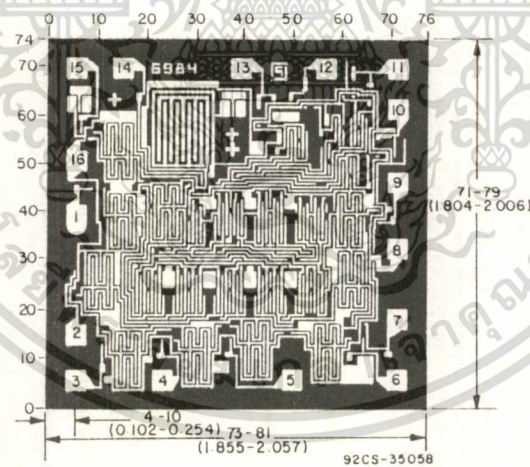


Fig. 15 - 6 bit binary to 1-of-64 address decoder



CD4028BH DIMENSIONS AND PAD LAYOUT

Dimensions in parentheses are in millimeters and are derived from the basic inch dimensions as indicated. Grid graduations are in mils (10^{-3} inch).

The photographs and dimensions of each CMOS chip represent a chip when it is part of the wafer. When the wafer is separated into individual chips, the angle of cleavage may vary with respect to the chip face for different chips. The actual dimensions of the isolated chip, therefore, may differ slightly from the nominal dimensions shown. The user should consider a tolerance of ± 3 mils to ± 16 mils applicable to the nominal dimensions shown.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. J. Michael Jacob , " Industrial Control Electronics " , Prentice - Hall International Editions , 463 p - 482p ,1989
2. พัทธน์ เลาหสงคราม , " ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 " , 2537
3. " รีโมทเครื่องควบคุมไร้สาย " , ซีเอ็ด , หน้าที่ 8-49
4. อุดมศักดิ์ ชัยสิน , " Power Electronicx I " , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , หน้า 2 - 22 , หน้า 3 - 17 , หน้า 3-21 , หน้า 5-3 ถึง 5-18 , 2528
5. ชื่น ภู่วรรณ , " ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ " , ซีเอ็ด , หน้าที่ 16.-163 , หน้า ที่ 176-180
6. MOTOROLA CMOS " applition - specific Digital - Anolog Integrate Curcuit " , 6-178 p , 6-3
7. MOTOROLA optoElectronic Device Data