

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม

Multiplexer I/O Port



โดย

นายสันติ ฉันทติลล

นายสันทวิช ม่วงนิล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์วรพงษ์ ตั้งศรีรัตน์

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 36873
วัน, เดือน, ปี..... 29 ต.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง บอร์ดเลือกข้อบัญญัติเพื่อการควบคุม

ผู้จัดทำ

1. นายสันติ ฉันทคิดก รหัส 39014559
2. นายสันตวิรัช ม่วงนิล รหัส 39014562

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	บอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม
นักศึกษา	นายสันติ ฉันทลิลก นายสันทวิชช์ ม่วงนิล
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	อ. วรพงษ์ ตั้งศรีรัตน์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
ภาควิชา	ระบบควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้วัดปริมาณหรือควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ มักจะถูกออกแบบขึ้นมา โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม และทำการประมวลผล แต่เนื่องจากคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่รับ-ส่งข้อมูลเป็นสัญญาณดิจิทัล ในขณะที่อุปกรณ์การควบคุมทำงานด้วยระบบอนาลอก จึงจำเป็นต้องมีการเชื่อมโยงระบบทั้งสองเข้าด้วยกัน คือ เปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล และดิจิทัลเป็นอนาลอก ขณะเดียวกันบางระบบก็ต้องการการควบคุมด้วยสัญญาณดิจิทัลโดยตรงด้วย ในโครงการปริญญานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบสร้างบอร์ดแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลและแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก ซึ่งควบคุมและทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมภาษาเดลไฟ (DELPHI) ใช้บอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม (Multiplexer I/O Port) เป็นตัวเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ABSTRACT

Presently, instruments used in manufacture to measure quantities or control operations of various system are mostly designed in using of a computer as a controller and data processor. Because, the computer accept only the digitalized data, where as the quantities to be measured or the operations to controlled are analog, it is necessary to provide an interfacing unit which can convert analog signals to digital and digital to analog in vice vesa. While some system need digital signal ,too. This project report is designed a circuit that convert analog to digital and digital to analog control by DELPHI. This interface card can interface of IBM PC by using of the Multiplexer I/O Port .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญตาราง	IV
สารบัญภาพ	V
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 จุดประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
2 ทฤษฎีและการใช้งาน 8255 เบื้องต้น	3
2.1 บทนำ	3
2.2 ลักษณะพื้นฐานของ 8255	3
2.3 การจำแนกกลุ่มพอร์ตของ 8255	5
2.4 รูปแบบคำสั่งกำหนดการทำงานของ 8255	7
2.5 การเชื่อมต่อ 8255 กับคอมพิวเตอร์	8
2.6 รายละเอียดการทำงานโหมดต่าง ๆ ของ 8255	10
2.7 การทำงานในโหมด 0 ของ 8255	10
2.8 การทำงานในโหมด 1 ของ 8255	11
2.9 การทำงานในโหมด 2 ของ 8255	17
3 ทฤษฎีของเอดีซีที และดีเอซีที	20
3.1 ทฤษฎีการรับ และแปลงข้อมูล(Data Acquisition and Conversion)	20
3.2 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling)	21
3.3 การสุ่มและคงค่าสัญญาณ (Sample and Hold) และค่าผิดพลาดของอาร์เพอร์เจอร์(Aperture error)	23
3.4 ทฤษฎีของควอนไทซ์ (Quantizing Theory)	25
3.5 ความละเอียด และค่าผิดพลาดของตัวควอนไทซ์ (Quantizer Resolution and Error)	26
3.6 รหัสตัวเลขสำหรับการเปลี่ยนข้อมูล	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ (Sample and Hold , S&H)	28
3.8 วงจรสุ่มแบบอินเวิร์สดีง โคลสลูป (Inverting Close Loop)	30
3.9 วงจรแรงดันอ้างอิง (Voltage Reference Circuit)	31
3.10 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก (Digital to Analog Converter,DAC)	35
3.11 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter)	38
4 การจัดแอดเดรสสำหรับหน่วยความจำอินพุตเอาต์พุต	43
4.1 การอ้างแอดเดรสของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต (I/O PORT)	43
4.2 การใช้งานแอดเดรสสำหรับพอร์ตอินพุตเอาต์พุตในไอบีเอ็มพีซี	45
4.3 เทคนิคการดีโค้ดแอดเดรสสำหรับพอร์ตอินพุตเอาต์พุต	48
4.4 การเพิ่มจำนวนแอดเดรสของพอร์ตบน ไอบีเอ็มพีซี	57
5 การสร้างบอร์เลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม	58
5.1 การออกแบบ	58
5.2 การรวมวงจรทั้งหมดเข้าด้วยกัน	71
5.3 การออกแบบลายวงจร	75
6 ซอฟต์แวร์เพื่อการทดลอง	79
6.1 โปรแกรมทดลองรับส่งข้อมูล	79
6.2 โปรแกรมควบคุมระดับน้ำภายในแท็งก์	82
7 การทดลองและผลการทดลอง	84
7.1 การทดลองวงจรย่อย	84
7.1.1 วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	84
7.1.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล	86
7.1.3 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก	86
7.1.4 วงจรรับสัญญาณดิจิทัล	87
7.1.5 วงจรส่งสัญญาณดิจิทัล	87
7.2 การทดลองวงจรรวมหรือบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม	88
8 วิจารณ์ และสรุปผล	92
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่	
2.1 แสดงรูปแบบการทำงานของพอร์ต	6
2.2 แสดงหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณไอซี 8255	6
2.3 แสดงการระบุจิสเตอร์หรือพอร์ตภายใน	8
2.4 แสดงการทำงานร่วมกันระหว่างขาสัญญาณต่าง ๆ ของ 8255	8
2.5 แสดงตำแหน่งแอดเดรสและความหมาย	9
2.6 แสดงการกำหนดการทำงาน โหมด 0 ของ 8255	11
2.7 แสดงสถานะของ Input Buffer Full	13
2.8 แสดงหน้าที่ของเส้นสัญญาณภายในพอร์ต C เมื่อกำหนดให้ทำงานใน โหมด 1 เพื่อบอกสถานะของการอินพุตและการเอาต์พุตข้อมูล	14
2.9 แสดงหน้าที่ของบิตภายในพอร์ต C เมื่อกำหนดให้ทำงานใน โหมด 2 เพื่อบอกสถานะของเส้นสัญญาณติดต่อทางพอร์ต A	19
4.1 แสดงแอดเดรสของกลุ่มแอดเดรสทั้ง 8	50
4.2 แสดงการเปรียบเทียบแอดเดรสของพอร์ตและพรอม(PROM)	55
4.3 แสดงการป้อนข้อมูลแอดเดรสของพรอมเป็นฐานสิบหก	56
5.1 แสดงแอดเดรสเพื่อติดต่อกับพอร์ตของ 8255	60
5.2 แสดงสถานะพอร์ตของ 8255	60
5.3 แสดงหน้าที่ของพอร์ต 8255 ในบอร์ดทั้งหมด	62
5.4 แสดงค่า A0,A1 กับพอร์ตของ 8255	62
5.5 แสดงการเลือกช่องสัญญาณของมัลติเพลกเซอร์	65
5.6 แสดงการเลือกช่องสัญญาณของดีมัลติเพลกเซอร์	67
5.7 แสดงความหมายของพอร์ตซี	72
7.1 แสดงผลการทดลองของสัญญาณอนาล็อก	89
7.2 แสดงผลการทดลองของสัญญาณดิจิทัล	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงแผนภาพบล็อกภายในและขาสัญญาณของไอซีเบอร์ 8255	5
2.2	แสดงความหมายของบิตภายในไบต์ข้อมูลควบคุมสำหรับ 8255	7
2.3	แสดงการสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ (CS) ให้กับ 8255 โดยการถอดรหัสจาก บัสแอสแอดเรส A2-A7	9
2.4	แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง 8255 กับ 8051	10
2.5	แสดงลักษณะการทำงานของพอร์ต 8255 ภายหลังจากส่งไบต์ข้อมูลควบคุมที่มีค่า 82 h	12
2.6 (ก)	แสดงการใช้สัญญาณบอกสถานะความพร้อมในการติดต่อระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ ภายนอก	12
2.6 (ข)	แสดงการใช้สัญญาณบอกสถานะความพร้อมในการติดต่อระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ ภายนอก	12
2.7	แสดงการกำหนดการทำงานของ 8255 ในโหมด 1 เพื่อให้พอร์ต A เป็นพอร์ตสำหรับการส่งออกข้อมูลและพอร์ต B เป็นพอร์ตสำหรับการรับเข้าข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก	14
2.8 (ก)	แสดงสัญญาณติดต่อเพื่อส่งข้อมูลออกไปจากพอร์ต A ของ 8255 ตามลักษณะ การทำงานที่ได้กำหนดไว้จากตารางที่ 2.8	15
2.8 (ข)	แสดงสัญญาณติดต่อเพื่อรับข้อมูลเข้ามาจากพอร์ต B ของ 8255 ตามลักษณะ การทำงานที่ได้กำหนดไว้จากตารางที่ 2.8	15
2.9	แสดงโฟลว์ชาร์ตวิธีการส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้พอร์ต A และสัญญาณ ติดต่อทางพอร์ต C	16
2.10	แสดงโฟลว์ชาร์ตวิธีการรับข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้พอร์ต B และสัญญาณ ติดต่อทางพอร์ต C	17
2.11	แสดงหลักการทำงานของ 8255 เมื่อได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมด 2	18
3.1	ระบบควบคุมที่มีการประมวลผลข้อมูลแบบดิจิทัล	21
3.2	คำผิดพลาดจากการวัดในเวลาอาร์เพอร์เจอร์	21
3.3 (ก)	สัญญาณอนาล็อกอินพุต	23
3.3 (ข)	พัลส์ที่มาสู่สัญญาณ	24
3.3 (ค)	สัญญาณอนาล็อกหลังการสุ่ม	24
3.4	ฟังก์ชันส่งถ่ายของตัวควอนไทซ์ 3 บิต ตามทฤษฎี	25
3.5	ฟังก์ชันส่งถ่ายของ เอดีซี 3 บิต ที่ใช้รหัสออฟเซตไบนารี	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 (ก) พื้นฐานของการสุ่มและคงค่า	28
3.6 (ข) ไคอะแกรมของวงจรมุมและคงค่า	29
3.7 รูปคลื่นเอาต์พุทของวงจรมุมและคงค่า	30
3.8 วงจรมุมแบบอินเวอร์ตติง โคลตลูป(Inverting Close Loop)	31
3.9 วงจรมุมแบบนอนอินเวอร์ตติง โคลตลูป(Noninverting Close Loop)	32
3.10 (ก) แรงดันอ้างอิงบวก	32
3.10 (ข) แรงดันอ้างอิงลบ	32
3.10 (ค) กราฟคุณสมบัติของซีเนอร์	32
3.11 วงจรแรงดันอ้างอิงใช้ซีเนอร์ไดโอดที่ปรับปรุงคุณสมบัติจากแรงดันอ้างอิงพื้นฐาน	33
3.12 (ก) แรงดันอ้างอิงบวก	34
3.12 (ข) แรงดันอ้างอิงลบ	34
3.13 แรงดันอ้างอิงปรับค่าได้	34
3.14 วงจรแรงดันอ้างอิงแบบแบนด์แกป(Band gap voltage reference)	35
3.15 เอดีซีแบบ ไบนารีเวทเทคเคอร์	36
3.16 วงจรดีเอซีแบบอาร์ ทูอาร์(R-2R) ขนาด 4 บิต	37
3.17 วงจรรีซีทีฟแลคเคอร์ (Resistive Ladder)	37
3.18 วงจรอินเวอร์ตอาร์ ทูอาร์ เลคเคอร์(Invert R-2R ladder DAC)	38
3.19 วิธีการพื้นฐานของเอดีซี	39
3.20 ฟังก์ชันส่งถ่ายของคอมพาราเตอร์	39
3.21 บล็อกไคอะแกรมของเอดีซีแบบประมาณค่าต่อเนื่อง (Successive approximation ADC)	40
3.22 สัญญาณเวลาของ SAR	41
3.23 บล็อกไคอะแกรมแสดงเอดีซีแบบขนาน(Parallel ADC)	42
4.1 การใช้แอดเครสบิตต่าง ๆ ในการอ้างอิงแอดเครสของพอร์ตในไอพีเอ็มพีซี	44
4.2 การใช้งานแอดเครสของพอร์ตบน ไอพีเอ็มพีซี	47
4.3 ตัวอย่างวงจรมุมโค้ดแอดเครสแบบ Fixed	49
4.4 ตัวอย่างวงจรมุมโค้ดเคอร์โดยใช้สวิตช์เลือก	52
4.5 ตัวอย่างการดีโค้ดโดยใช้พอร์ม	54
5.1 สล็อตไอเอสเอ	59
5.2 แสดงวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	63
5.3 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล	64
5.4 แสดงวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 แสดงวงจรรับสัญญาณดิจิทัล	68
5.6 แสดงวงจรส่งสัญญาณดิจิทัล	69
5.7 แสดงวงจรลักษณะของสัญญาณ CLK	69
5.8 ไทม์มิง ไดอะแกรมของการรับสัญญาณอนาล็อก	73
5.9 ไทม์มิง ไดอะแกรมของการส่งสัญญาณอนาล็อก	74
5.10 ไทม์มิง ไดอะแกรมของการรับสัญญาณดิจิทัล	74
5.11 ไทม์มิง ไดอะแกรมของการส่งสัญญาณดิจิทัล	75
5.12 วงจรการเชื่อมต่อวงจรทุกวงจรเข้าด้วยกันส่วนที่ 1	76
5.13 วงจรการเชื่อมต่อวงจรทุกวงจรเข้าด้วยกันส่วนที่ 2	77
5.14 ตำแหน่งของไอซีบนบอร์ดเดือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม	78
6.1 โปรแกรมทดลองการรับส่งข้อมูล	79
6.2 โปรแกรมส่วนรับส่งค่าอนาล็อก	80
6.3 โปรแกรมส่วนรับส่งค่าดิจิทัล	81
6.4 โปรแกรมควบคุมระดับน้ำภายในแทงค์	82
7.1 ผลการทดลองที่ทดสอบด้วยโปรแกรมเคลไฟ	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงการ

ในปัจจุบันระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติเข้ามามีบทบาทสำคัญ ในกระบวนการผลิตและอุตสาหกรรมต่าง ๆ สิ่งที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของระบบการควบคุมแบบนี้คือ คอมพิวเตอร์และการจัดการกับสัญญาณในรูปแบบต่าง ๆ แต่เนื่องจากคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องควบคุมแบบสัญญาณดิจิทัลเท่านั้น แต่ระบบการทำงานจริงมีสิ่งให้สัญญาณแบบอนาลอก และแบบดิจิทัล จึงจำเป็นต้องแปลงสัญญาณต่างๆ ให้อยู่ในรูปของสัญญาณแบบดิจิทัลเสียก่อน เพื่อให้สามารถควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์พีซีได้ ยกตัวอย่างเช่น ในระบบการรักษาระดับน้ำ ซึ่งมีการวัดระดับโดยใช้เซ็นเซอร์ และทรานสดิวเซอร์ซึ่งให้สัญญาณแบบอนาลอกออกมา ดังนั้นจะต้องแปลงสัญญาณที่ได้นี้ให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณดิจิทัลเสียก่อน แล้วจึงนำมาควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ ในขณะที่เดียวกันตัวควบคุมระบบอาจจะรับค่าข้อมูลค่าตั้งในลักษณะสัญญาณแบบอนาลอกเช่นกัน จึงจำเป็นต้องนำสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์ที่เป็นสัญญาณแบบดิจิทัลมาแปลงเป็นสัญญาณแบบอนาลอกเสียก่อน แล้วจึงส่งไปควบคุม เป็นต้น

ปัญหาใหญ่ของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอกคือการควบคุมประเภทนี้เราไม่สามารถควบคุมในลักษณะเวลาจริงได้เนื่องจากต้องมีเวลาให้กับการแปลงสัญญาณต่าง ๆ ดังนั้นการควบคุมอาจจะได้ไม่ดีพอ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้ตัวแปลงสัญญาณต่างๆ

1.2 จุดประสงค์ของปริญญาานิพนธ์

1.2.1 เพื่อสร้างบอร์ดควบคุม 16 ช่องสัญญาณ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบผ่านทางคอมพิวเตอร์แบบไอพีเอ็มพีซี โดยสามารถควบคุมการรับส่งค่าในรูปแบบสัญญาณแบบอนาลอกและดิจิทัลได้

1.2.2 เพื่อแสดงการควบคุมการรับส่งค่าได้จริงของบอร์ดควบคุม 16 ช่องสัญญาณผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

1.2.3 เพื่อสามารถนำบอร์ดควบคุมไปประยุกต์ใช้กับการควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ผ่านทางคอมพิวเตอร์พีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอกสามารถควบคุมได้ 16 ช่องสัญญาณ โดย แบ่งเป็น เอาต์พุตที่เป็นแรงดัน 0-5 โวลต์ จำนวน 16 ช่องสัญญาณ

1.3.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลสามารถควบคุมได้ 16 ช่องสัญญาณ โดยแบ่งเป็นอินพุตที่เป็นแรงดัน 0-5 โวลต์จำนวน 16 ช่องสัญญาณ

1.3.3 สามารถควบคุมโดยใช้อินพุตดิจิทัล 16 ช่องสัญญาณ โดยตรงใช้เอาต์พุต 16 ช่องสัญญาณโดยตรงได้ โดยทำงานในลักษณะการควบคุมแบบเปิดปิด

1.3.4 สร้างอินเตอร์เฟซการ์ดโดยใช้ 8255 และรวมวงจรข้างต้นทั้งหมดออกแบบให้อยู่ในการ์ดเดียวกัน โดยเชื่อมต่อผ่าน สล็อต ISA ของคอมพิวเตอร์แบบ ไอพีเอ็มพีซี

1.3.5 เขียนซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมการใช้งานของบอร์ดเชื่อมต่อข้อมูลสำหรับงานระบบควบคุม และสามารถแสดงสถานะของแต่ละช่องสัญญาณได้

1.3.6 แสดงระดับแรงดันแต่ละช่องสัญญาณบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

1.3.7 สร้างแบบจำลองการใช้งานจริงเพื่อแสดงการทำงานของบอร์ดควบคุม 16 ช่องสัญญาณ และสร้างกล่องจำลองการทำงานรับส่งค่าผ่านบอร์ดควบคุม 16 ช่องสัญญาณ

บทที่ 2

ทฤษฎีและการใช้งาน 8255 เบื้องต้น

2.1 บทนำ

ไมโครโปรเซสเซอร์นั้นนอกจากติดต่อกับหน่วยความจำโดยการนำข้อมูลไปเก็บไว้หรืออ่านข้อมูลใด ๆ ออกจากหน่วยความจำแล้ว ตัวคอมพิวเตอร์เองอาจจะต้องติดต่อกับส่วนประกอบภายนอกอื่น ๆ อีกด้วยเช่น การรับคีย์บอร์ด การแสดงผล หรือแม้แต่การนำคอมพิวเตอร์ไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้นคอมพิวเตอร์ต้องติดต่อ (รับหรือส่งข้อมูล) โดยผ่านทางอินพุทหรือเอาต์พุทพอร์ต ซึ่งอาจสามารถใช้ไอซีทีทีแอล (TTL) บางเบอร์มาใช้เป็นพอร์ตสำหรับคอมพิวเตอร์ได้ แต่ทั้งนี้การใช้ไอซีทีทีแอลมีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น ในกรณีที่มีความจำเป็นจะต้องใช้พอร์ตหลายๆ พอร์ตเพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหลายจุด จึงต้องใช้ไอซีเหล่านี้จำนวนหลายตัวและอาจทำให้ยากในการออกแบบวงจร อีกทั้งไม่สามารถจะเปลี่ยนแปลงลักษณะการทำงานให้แตกต่างไปจากเดิมที่ได้ออกแบบไว้แล้ว ดังนั้นผู้ผลิตซีพียูในตระกูลต่าง ๆ จึงมักจะผลิตไอซีประเภท แอลเอสไอ (LSI) ที่ทำหน้าที่เป็นพอร์ตมาเพื่อใช้งานร่วมกับซีพียูเบอร์นั้น ๆ ได้สะดวกซึ่งจะทำให้การรับส่งข้อมูลมีความเชื่อถือได้สูง และยังสามารถเปลี่ยนแปลงชนิดของพอร์ตจากอินพุทพอร์ตเป็นเอาต์พุทหรือจากเอาต์พุทพอร์ตเป็นอินพุทพอร์ตได้ง่ายโดยการควบคุมของซีพียูเอง ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึง ไอซีที่ทำหน้าที่เป็นอินพุท และเอาต์พุทซึ่งเป็นที่นิยมในการนำไปใช้งานมากที่สุดอีกทั้งยังมีราคาถูกหาซื้อได้ง่ายคือ ไอซี 8255 ของบริษัท อินเทล โดยที่จริงแล้ว ไอซีเบอร์นี้ได้ถูกออกแบบและผลิตขึ้นมาเพื่อใช้งานร่วมกับ ซีพียู เบอร์ 8080 แต่ก็สามารถนำมาใช้กับ ซีพียูแซส 80 (Z80) หรือ ซีพียูเบอร์อื่นๆ ได้

2.2 ลักษณะพื้นฐานของ 8255

8255 เป็น ไอซีแอลเอสไอ ขนาด 40 ขา ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงตำแหน่งของขาต่าง ๆ ทั้ง 40 ขา และแผนผังภายในของ 8255 ซึ่ง 8255 นี้มีพอร์ตสำหรับรับส่งข้อมูลอยู่ด้วยกัน 3 พอร์ต คือ พอร์ต A,B,C โดยพอร์ต C จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ พอร์ต C บน กับ พอร์ต C ล่าง นอกจากนี้ยังมีพอร์ต อีกพอร์ตหนึ่งเรียกว่าพอร์ตควบคุม โดยพอร์ตนี้จะใช้งานก็ต่อเมื่อซีพียูต้องการกำหนด

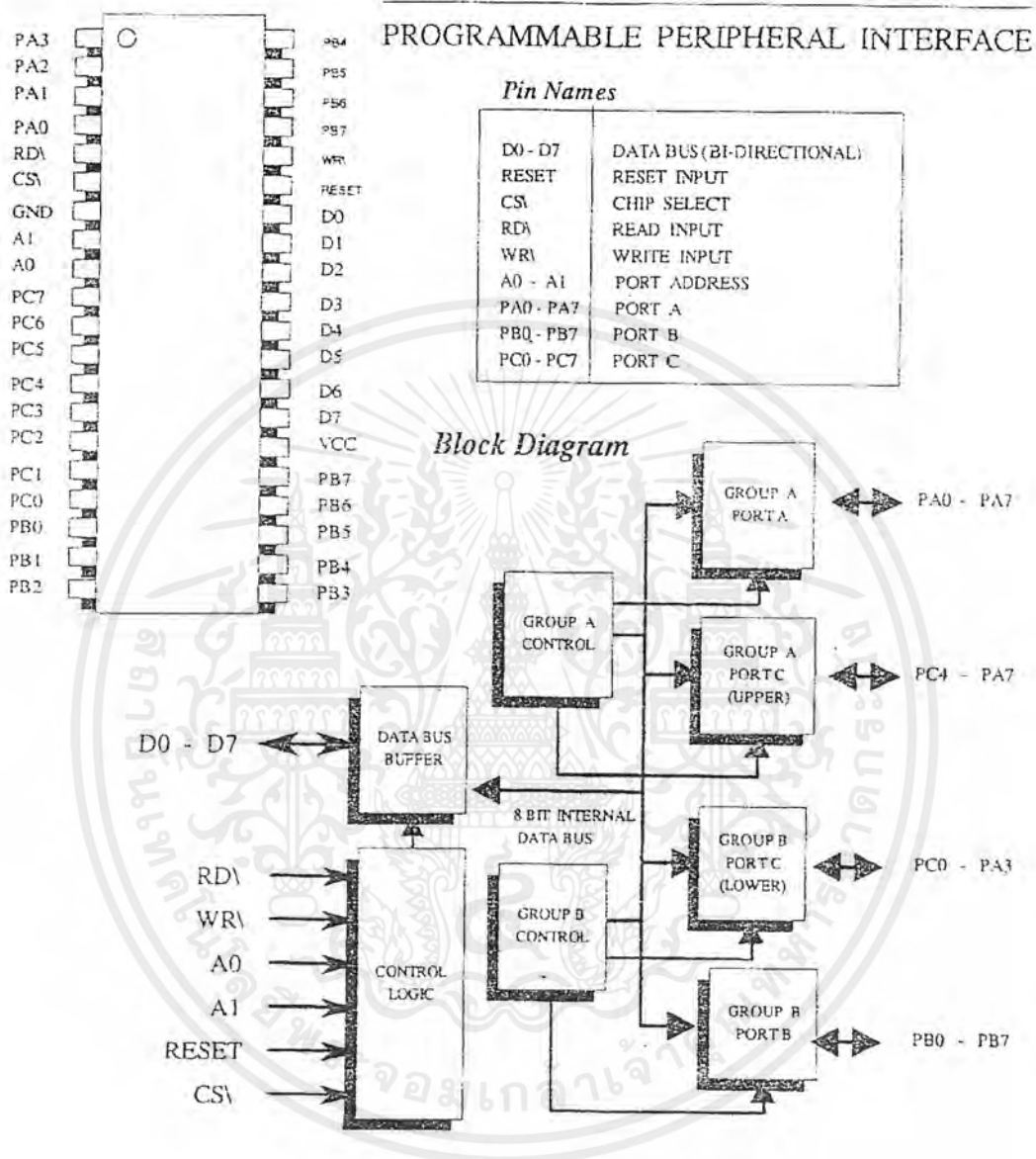
ลักษณะการทำงานของพอร์ต A,B,C หรือต้องการเปลี่ยนแปลงจากที่กำหนดไว้เดิมซีพียูจะส่งรหัสควบคุมมาทางบัสข้อมูลให้แก่พอร์ตควบคุมนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configuration

8255



รูปที่ 2.1 บล็อกภายในและขาสัญญาณของไอซีเบอร์ 8255

2.3 การจำแนกกลุ่มพอร์ตของ 8255

ในบรรดาพอร์ตทั้งสามของ 8255 คือ พอร์ต A พอร์ต B พอร์ต C โดยพื้นฐานนั้นล้วนเป็นพอร์ตแบบขนานที่ประกอบด้วยสัญญาณ 8 เส้น ซึ่งแต่ละเส้นจะแทนบิตของข้อมูลพอร์ต ซึ่งอาจกล่าวในอีกลักษณะว่าเป็นพอร์ตแบบ 8 บิต นอกจากนี้ยังสามารถอ้างถึงแต่ละบิตของเส้นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตนี้นี้ได้โดยอิสระ อย่างไรก็ตาม 8255 ได้จัดกลุ่มของพอร์ตเหล่านี้ออกเป็นสองกลุ่ม (Group A และ Group B) เพื่อประโยชน์ในการกำหนดรูปแบบการทำงานของพอร์ตดังตารางที่ 2.1

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 บิตล่างของพอร์ต)

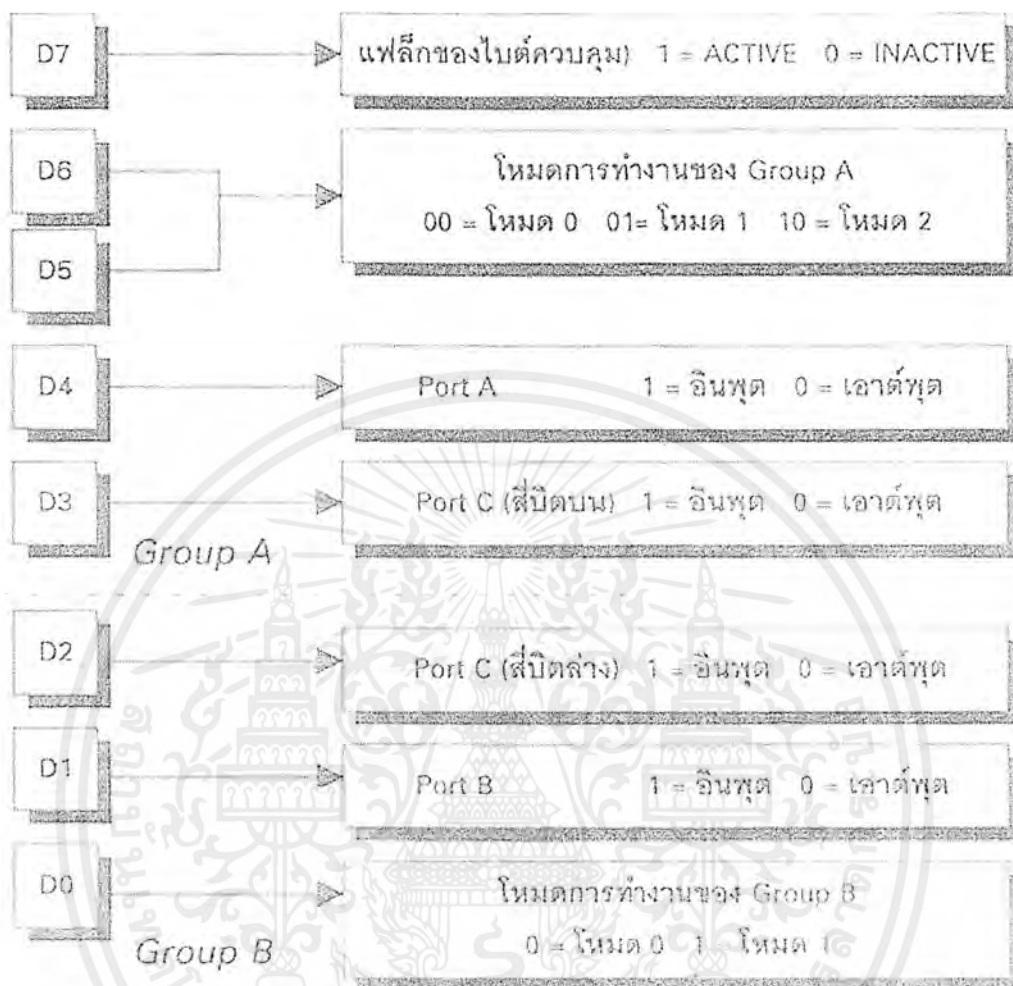
ตารางที่ 2.1 รูปแบบการทำงานของพอร์ต

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

สัญญาณ	ความหมาย
D0-D7	กลุ่มของสัญญาณข้อมูลของ 8255 เมื่อมีการเขียนหรืออ่าน
CS\	สัญญาณเลือกอุปกรณ์เมื่อขาสัญญาณนี้เป็นระดับลอจิกต่ำซึ่งพียูสามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก 8255 ได้
RD\	สัญญาณบอกสถานะต้องการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ของ 8255
WR\	สัญญาณบอกสถานะต้องการเขียนข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ของ 8255
A0-A1	สัญญาณระบุตำแหน่งรีจิสเตอร์ภายใน 8255 ที่ต้องการ
RESET	สัญญาณการรีเซตวงจรทำงานภายใน 8255 เพื่อเริ่มต้นใหม่
PA0-PA7	กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต A ของ 8255
PB0-PB7	กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต B ของ 8255
PC0-PC7	กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต C ของ 8255

ตารางที่ 2.2 หน้าที่การทำงานของขาสัญญาณไอซี 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ความหมายของบิตภายในไบต์ข้อมูลควบคุมสำหรับ 8255

2.4 รูปแบบคำสั่งเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255

การกำหนดให้พอร์ตทั้งสามของ 8255 ทำงานในลักษณะต่าง ๆ กันหรือที่เรียกว่า โหมดการทำงาน (Mode) จะเริ่มด้วยการส่งค่าข้อมูลไบต์หนึ่งให้กับรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานภายใน 8255 ข้อมูลนี้จะถูกเรียกว่า ไบต์ข้อมูลควบคุม (Control word) โดยแต่ละบิตของข้อมูลนี้มีความหมายที่ระบุถึงความต้องการต่าง ๆ ไปดังแสดงดังรูปที่ 2.2 การส่งข้อมูลไบต์นี้จะต้องเริ่มต้นเป็นลำดับแรกก่อนที่จะได้มีการดำเนินการใดกับ 8255

ตามความหมายของบิตภายในตารางของรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าการเลือกพอร์ตใดทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุตก็เพียงแต่กำหนดค่าข้อมูล 1 ให้กับบิตที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตนั้น หรือกรณีตรงข้ามสำหรับการเอาต์พุตก็เพียงแต่กำหนดค่าข้อมูล 0 เท่านั้น อย่างไรก็ตามการกำหนดให้ไบต์ข้อมูลควบคุม

คุณนี้มีผลอย่างถูกต้อง ก็จะต้องทำการกำหนดให้บิต D7 มีค่าเป็น 1 เสมอ สำหรับบิตที่บอกถึงโหมดการทำงาน (บิต D6-D5 และ D2) นั้นจะได้กล่าวในรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

2.5 การเชื่อมต่อ 8255 กับคอมพิวเตอร์

เมื่อพิจารณาแผนภาพของ 8255 จะเห็นว่ามิชาสัญญาณแอดเดรสจำนวน 2 เส้น คือ A0 และ A1 ทำให้ตำแหน่งของแอดเดรสที่จะอ้างถึงได้มีค่าเป็น 4 ตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะมีความหมายถึงการระบุรีจิสเตอร์หรือพอร์ตภายใน 8255 ดังตารางที่ 2.3

A1	A0	ชื่อของรีจิสเตอร์
0	0	พอร์ต A
0	1	พอร์ต B
1	0	พอร์ต C
1	1	รีจิสเตอร์ควบคุม

ตารางที่ 2.3 การระบุรีจิสเตอร์หรือพอร์ตภายใน

เมื่อพิจารณาค่าของแอดเดรสเหล่านี้ร่วมกับระดับทางตรรกของขาสัญญาณ RD\ และ WR\ จะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลทางขาสัญญาณ D0-D7 ให้กับรีจิสเตอร์นั้นตามลำดับ ดังตารางที่ 2.4

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) ข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ควบคุม
1	0	1	1	เป็นสถานะที่ไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 2.4 การทำงานร่วมกันระหว่างขาสัญญาณต่าง ๆ ของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นโดยทั่วไปจึงมักจะกำหนดแอดเดรสของ 8255 ทั้งสี่ตำแหน่งนี้อยู่ในแอดเดรสช่วงใดช่วงหนึ่งของระบบ เช่น 10h, 11h, 12h และ 13h โดยขาสัญญาณแอดเดรสที่นอกเหนือไปจาก A0 และ A1 นำเข้ามายังตัวถอดรหัสแอดเดรส เพื่อสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ (CS) ในช่วงแอดเดรสที่ต้องการ ขอให้ดูตัวอย่างวงจรในรูปที่ 2.3 สัญญาณ CS นี้จะเป็นสถานะทางตรรกะระดับต่ำก็ต่อเมื่อค่าในบัสแอดเดรส A2-A7 มีค่าเท่ากับ 000100XX (ตัวอักษร XX ใช้เพื่อระบุถึงรีจิสเตอร์ภายใน 8255 เพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล) ดังนั้นจากวงจรนี้แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายใน 8255 จะมีค่าตามตารางที่ 2.5

ตำแหน่งแอดเดรส	ความหมาย
10h	พอร์ต A
11h	พอร์ต B
12h	พอร์ต C
13h	รีจิสเตอร์ควบคุม

ตารางที่ 2.5 ตำแหน่งแอดเดรสและความหมาย



รูปที่ 2.3 การสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ (CS) ให้กับ 8255 โดยการถอดรหัสจากบัสแอดเดรส A2-A7

ขาสัญญาณควบคุมอื่น ๆ มักจะเชื่อมต่อเข้ากับขาสัญญาณชื่อเดียวกันของคอมพิวเตอร์โดยตรง ทำให้แอดเดรสพอร์ตของ 8255 อยู่ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของคอมพิวเตอร์ส่วนขาสัญญาณ D0-D7 ก็สามารถนำไปเชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับบัสของคอมพิวเตอร์ได้ในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แผนภาพวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง 8255 กับ 8051

2.6 รายละเอียดการทำงานโหมดต่าง ๆ ของ 8255

การกำหนดโหมดการทำงานของ 8255 นั้นทำได้โดยคอมพิวเตอร์ ทำการส่งรหัสควบคุมผ่านทางบัสข้อมูลมายังพอร์ตควบคุมของ 8255 รหัสควบคุมนี้จะมีขนาด 1 ไบต์ เรียกว่าไบต์ควบคุม และในแต่ละบิตของไบต์ควบคุมจะมีความหมายเฉพาะของตัวเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.2

2.7 การทำงานโหมด 0 ของ 8255

เมื่อ 8255 ได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมดนี้ จะทำให้พอร์ตต่าง ๆ มีหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุทหรือเอาต์พุทได้เพียงลักษณะเดียวเท่านั้น การเริ่มต้นจะทำโดยการส่งไบต์ข้อมูลควบคุมให้กับรีจิสเตอร์ควบคุม (ดูความหมายของบิต จากรูปที่ 2.2 ประกอบ) ต่อไปจะได้อธิบายให้เห็นถึงรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบการกำหนดบิต เมื่อต้องการให้พอร์ต A, B และ C ทำหน้าที่เป็นพอร์ตเอาต์พุตทั้งหมดดังตารางต่อไปนี้

ตำแหน่งบิต	ค่าข้อมูล	ความหมาย
D7	1	ระบุให้ทราบว่าเป็นไบต์ข้อมูลควบคุม
D6 และ D5	00	กำหนดโหมดการทำงานให้กับพอร์ต A เป็นโหมด 0
D4	0	ระบุว่าพอร์ต A เป็นการเอาต์พุตข้อมูล
D3	0	กำหนดให้เส้นสัญญาณสี่บิตบนของพอร์ต C เป็นการเอาต์พุตข้อมูล
D0	0	กำหนดโหมดการทำงานให้กับพอร์ต B เป็นโหมด 0
D1	0	ระบุว่าพอร์ต B เป็นการเอาต์พุตข้อมูล
D2	0	กำหนดให้เส้นสัญญาณสี่บิตล่างของพอร์ต C เป็นการเอาต์พุตข้อมูล

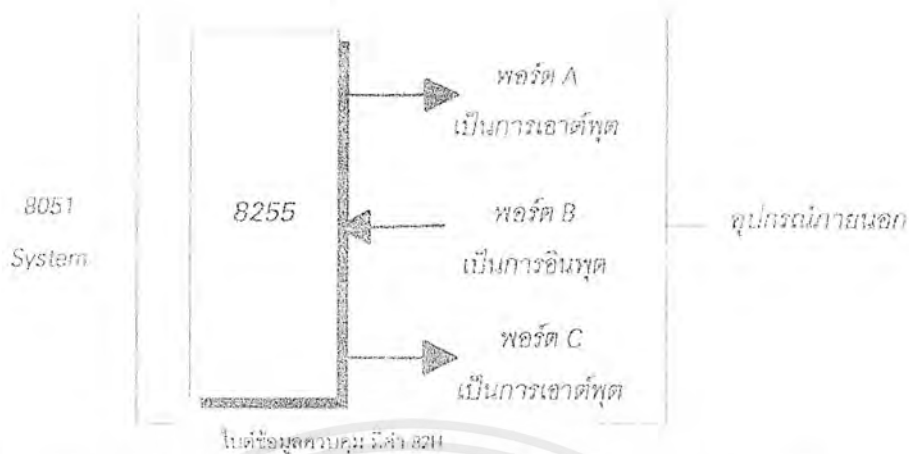
ตารางที่ 2.6 การกำหนดการทำงานโหมด 0 ของ 8255

ค่าของไบต์ข้อมูลควบคุมจะต้องส่ง (หรือ เขียน) ให้กับรีจิสเตอร์ควบคุม ซึ่งหากใช้วงจรตามรูปที่ 2.4 จะเป็น แอดเดรส 13h

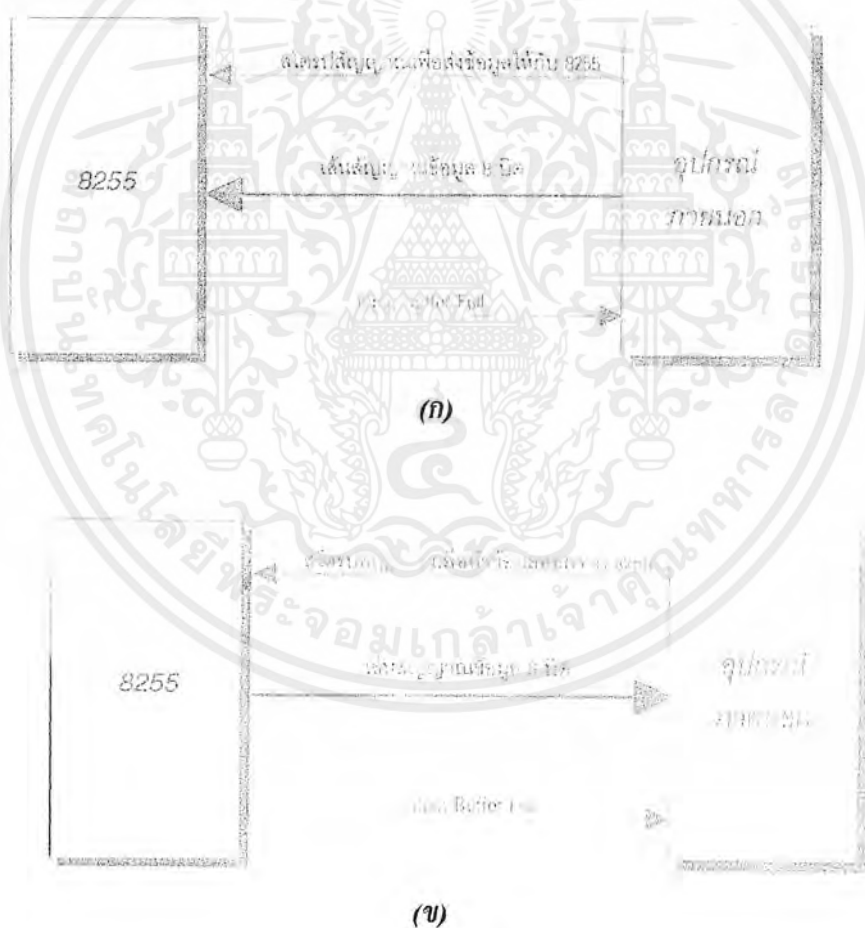
2.8 การทำงานโหมด 1 ของ 8255

เมื่อ 8255 ได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมด 1 จะมีผลทำให้พอร์ต A และพอร์ต B ยังสามารถใช้งานเป็นการอินพุตหรือเอาต์พุตข้อมูลในลักษณะเดียวกับโหมด 0 ที่ผ่านมา เพียงแต่พอร์ต C จะถูกนำไปใช้เป็นพอร์ตสำหรับการบอกรับสถานะการติดต่อ (Handshake Signals) เท่านั้น โดยเส้นสัญญาณสี่บิตบน (PC0-PC4) จะใช้งานร่วมกับการติดต่อข้อมูลทางพอร์ต A และเส้นสัญญาณสี่บิตล่าง (PC3-PC0) จะใช้งานร่วมกับการติดต่อข้อมูลทางพอร์ต B การทำงานในลักษณะนี้จะพบเห็นได้เสมอ เมื่อมีการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งมักจะทำงานได้ช้ากว่าคอมพิวเตอร์มาก จึงจะเป็นต้องอาศัยการบอกรับสถานะของการทำงานจากเส้นสัญญาณเหล่านี้ เช่นความไม่พร้อมในการรับข้อมูล หรือมีข้อมูลที่จะทำการติดต่อ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะการทำงานของพอร์ต 8255 ภายหลังจากการส่งไปค่าข้อมูลควบคุมที่มีค่า 82h



รูปที่ 2.6 (ก) การใช้สัญญาณบอกสถานะความพร้อมในการติดต่อระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ภายนอก

(ข) การใช้สัญญาณบอกสถานะความพร้อมในการติดต่อระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.6 (ก) ข้อมูลจะถูกส่งออกจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามายังพอร์ตของ 8255 แต่ก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลนั้น อุปกรณ์ภายนอกต้องทำการตรวจสอบสถานะของเส้นสัญญาณที่แสดงว่าพื้นที่ในการรับข้อมูลของ 8255 (หรือที่เรียกว่า อินพุทบัฟเฟอร์(Input Buffer)) นั้นว่างตามรูปเส้นสัญญาณนี้มีชื่อว่า อินพุทบัฟเฟอร์ฟูล(Input Buffer Full) ซึ่งใช้ในความหมายต่อไปนี้

คำลอจิกสัญญาณ	ความหมาย
Input Buffer Full	
จริง	ข้อมูลที่ส่งให้กับ 8255 ก่อนหน้านี้ยังค้างอยู่ในบัฟเฟอร์ เนื่องจากคอมพิวเตอร์ยังไม่ได้อ่านข้อมูลนี้ไปจากบัฟเฟอร์ของ 8255 ดังนั้นจึงไม่สามารถรับข้อมูลเข้ามาได้อีก
เท็จ	พื้นที่บัฟเฟอร์ภายใน 8255 นั้นว่างแล้ว เนื่องจากคอมพิวเตอร์ได้อ่านข้อมูลนี้ไปแล้ว ดังนั้นจึงสามารถรับข้อมูลไปต่อได้จากอุปกรณ์ภายนอกได้

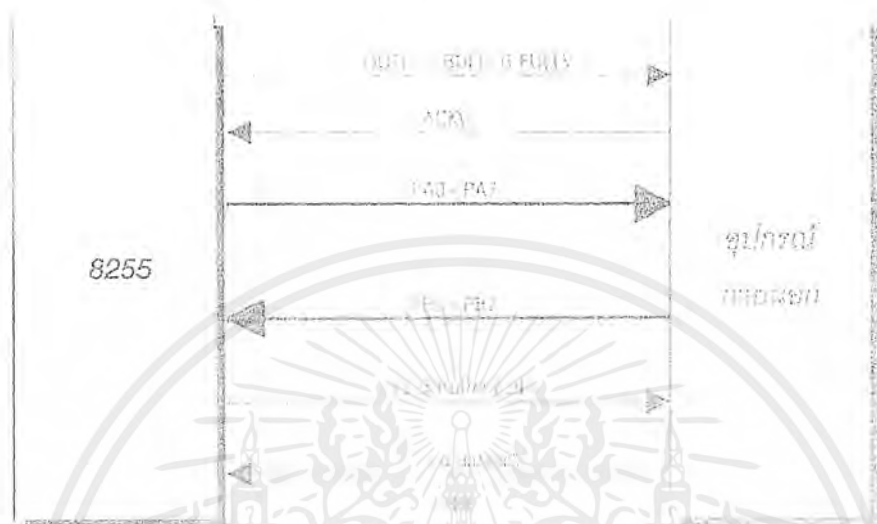
ตารางที่ 2.7 สถานะของ Input Buffer Full

จากรูปที่ 2.6 (ข) ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8255 ไปให้กับอุปกรณ์ภายนอก แต่ก่อนที่ 8255 จะส่งข้อมูลออกไปได้นั้น จะต้องทำการส่งสถานะของสัญญาณออกไปเพื่อแจ้งให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าข้อมูลที่ทำกรส่งออกไป สัญญาณนี้มีชื่อว่า เอาท์พุทบัฟเฟอร์ฟูล(Output Buffer Full) และเมื่ออุปกรณ์ภายนอกได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จึงจะทำการสไตรปสัญญาณอีกเส้นหนึ่งเพื่อแจ้งให้ 8255 ทราบต่อไป

การทำงานของ 8255 ในโหมด 1 นั้น พอร์ตสำหรับการรับหรือส่งข้อมูล คือ พอร์ต A และ B สามารถทำงานได้โดยอิสระไม่ขึ้นต่อกัน ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.7 ซึ่งได้กำหนดให้พอร์ต A เป็นพอร์ตเอาต์พุท และพอร์ต B เป็นพอร์ตอินพุท

การกำหนดบิตจะทำให้ข้อมูลจะต้องส่งออกไปทางพอร์ต A ทางขาสัญญาณ PA0 – PA7 สัญญาณเอาต์พุทบัฟเฟอร์ฟูล (Output Buffer Full (OBF)) ใช้สัญญาณ PC7 สัญญาณตอบรับจากอุปกรณ์ภายนอก (ACK) ใช้เส้นสัญญาณ PC6 สำหรับการรับข้อมูลเข้ามาจากอุปกรณ์ภายนอกจะเข้ามาทางพอร์ต B ทางขาสัญญาณ PB0 - PB7 ขาสัญญาณ PC1 ใช้เป็นเส้นสัญญาณ อินพุทบัฟเฟอร์ฟูล (Input Buffer Full (IBF)) และขาสัญญาณ PC2 เป็นเส้นสัญญาณสไตรปข้อมูลให้กับ 8255

(STB) ในตารางที่ 2.8 ได้แสดงให้เห็นถึงหน้าที่ของพอร์ต C ทั้งหมดเมื่อถูกใช้งานในโหมด 1 สำหรับการบอกสถานะการติดต่อเส้นสัญญาณ



รูปที่ 2.7 การกำหนดการทำงานของ 8255 ในโหมด 1 เพื่อให้พอร์ต A เป็นพอร์ตสำหรับการส่งออกข้อมูล และพอร์ต B เป็นพอร์ตสำหรับการรับเข้าข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก

เส้นสัญญาณ	สถานะติดต่อสำหรับการอินพุท	สถานะการติดต่อสำหรับการเอาต์พุท
PC0	สัญญาณ INTR ของพอร์ต B	สัญญาณ INTR ของพอร์ต B
PC1	สัญญาณ IBF ของพอร์ต B	สัญญาณ OBF\ ของพอร์ต B
PC2	สัญญาณ STB\ ของพอร์ต B	สัญญาณ ACK\ ของพอร์ต B
PC3	สัญญาณ INTR ของพอร์ต A	สัญญาณ INTR ของพอร์ต A
PC4	สัญญาณ STB\ ของพอร์ต A	การอินพุท/เอาต์พุทตามปกติ
PC5	สัญญาณ IBF ของพอร์ต A	การอินพุท/เอาต์พุทตามปกติ
PC6	การอินพุท/เอาต์พุทตามปกติ	สัญญาณ ACK\ ของพอร์ต A
PC7	การอินพุท/เอาต์พุทตามปกติ	สัญญาณ OBF\ ของพอร์ต A

ตารางที่ 2.8 หน้าที่ของเส้นสัญญาณภายในพอร์ต C เมื่อกำหนดให้ทำงานในโหมด 1 เพื่อบอกสถานะของการอินพุทและการเอาต์พุทข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการ โปรแกรมเพื่อจัดการให้คอมพิวเตอร์ สามารถรับหรือส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ ภายนอก โดยใช้พอร์ตของ 8255 ซึ่งกำหนดให้ทำงานในโหมด 1 นั้น ตามหลักการแล้วคอมพิวเตอร์ จะพิจารณาจากสถานะของบิตที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณติดต่อกของ 8255 เท่านั้น ส่วนเส้นสัญญาณติด ต่อจริง ๆ นั้น จะเป็นการดำเนินการจาก 8255 โดยอัตโนมัติ ขอให้พิจารณาจากแผนภาพเวลาในรูปแบบ ที่ 2.8 (ก) และ (ข)



รูปที่ 2.8 (ก) แสดงสัญญาณติดต่อกเพื่อส่งข้อมูลออกไปจากพอร์ต A ของ 8255 ตามลักษณะการ ทำงานที่ได้กำหนดไว้จากตารางที่ 2.8
(ข) แสดงสัญญาณติดต่อกเพื่อรับข้อมูลเข้ามาจากพอร์ต B ของ 8255 ตามลักษณะการ ทำงานที่ได้กำหนดไว้จากตารางที่ 2.8

เมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอก จะเริ่มจากการตรวจสอบสถานะ ขาสัญญาณ PC7 (สัญญาณ OBF) โดยการอ่านค่าจากพอร์ต C เข้ามาและพิจารณาบิต D7 ซึ่งหาก เป็นค่า 1 แสดงว่าข้อมูลที่ได้ส่งไปให้ 8255 ก่อนหน้านี้ได้ถูกส่งต่อไปให้กับอุปกรณ์ภายนอกเสร็จ สิ้นแล้ว ดังนั้นคอมพิวเตอร์ก็สามารถส่งข้อมูลตัวถัดไปได้อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งผลจากการเขียนข้อมูลให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับพอร์ต A ของ 8255 นี้ทำให้ขาสัญญาณ PC7 (สัญญาณ OBF) เปลี่ยนไปเป็นระดับทางตรรกเป็น 0 เมื่ออุปกรณ์ภายนอกที่ต่ออยู่ตรวจสอบขาสัญญาณนี้ก็ทราบได้ว่า 8255 มีข้อมูลที่ส่งให้ ก็จะทำการอ่านข้อมูลจากพอร์ต A ไปทันทีและแจ้งกลับมาให้ทราบโดยการสโตรบสัญญาณ ACK\ (ขาสัญญาณ PC6) เมื่อ 8255 ตรวจสอบพบก็จะทำการเปลี่ยนสถานะของขาสัญญาณ OBF\ (ขาสัญญาณ PC6) ให้ระดับทางตรรกเป็น 1 โดยอัตโนมัติ เป็นอันครบรอบการติดต่อเพื่อส่งข้อมูลหนึ่งครั้งดังนั้นเมื่อใดที่คอมพิวเตอร์ทำการตรวจสอบค่าของบิต D7 ของพอร์ต C และพบว่าเป็นค่า 0 ก็ยังไม่ควรที่จะส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับพอร์ต A ของ 8255 เพราะข้อมูลก่อนหน้านี้ยังคงค้างอยู่ในบัฟเฟอร์ของ 8255 ยังไม่ได้มีการส่งต่อให้กับอุปกรณ์ภายนอกเลย โดยคุณได้จากผังการทำงาน(โฟลว์ชาร์ต) สำหรับการเขียน โปรแกรมเพื่อส่งออกข้อมูลผ่านพอร์ตของ 8255 และ โปรแกรมย่อยในรูปที่ 2.9 ตามลำดับ



รูปที่ 2.9 โฟลว์ชาร์ตวิธีการส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้พอร์ต A และสัญญาณติดต่อทางพอร์ต C

สำหรับการรับข้อมูลของคอมพิวเตอร์ จากอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ตของ 8255 เริ่มต้นจากการตรวจสอบสถานะของบิต D1 จากพอร์ต C ว่าเป็นค่าใด กรณีค่าทางตรรกเป็น 1 แสดงว่ามีข้อมูลอยู่ในบัฟเฟอร์ภายใน 8255 ซึ่งได้ส่งมาจากอุปกรณ์ภายนอกและแจ้งให้ 8255 ทราบ โดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สโตร์ปสัญญาณ STB\ (ขาสัญญาณ PC2) มีผลให้ 8255 เปลี่ยนแปลงระดับทางตรรกของขา สัญญาณ PC1 (สัญญาณ IBF) เป็นระดับลอจิก 1 ดังนั้นคอมพิวเตอร์ก็สามารถอ่านข้อมูลเข้าไปทาง พอร์ต B ของ 8255 ได้ซึ่งการอ่านข้อมูลนี้เองจะมีผลทำให้สถานะของสัญญาณ IBF กลับไปเป็น ระดับลอจิก 0 อีกครั้งหนึ่ง เป็นอันครบรอบการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกหนึ่งครั้ง ดูได้จาก โฟลว์ชาร์ตการเขียน โปรแกรมเพื่อรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตของ 8255 และโปรแกรมย่อยในรูปแบบที่ 2.10



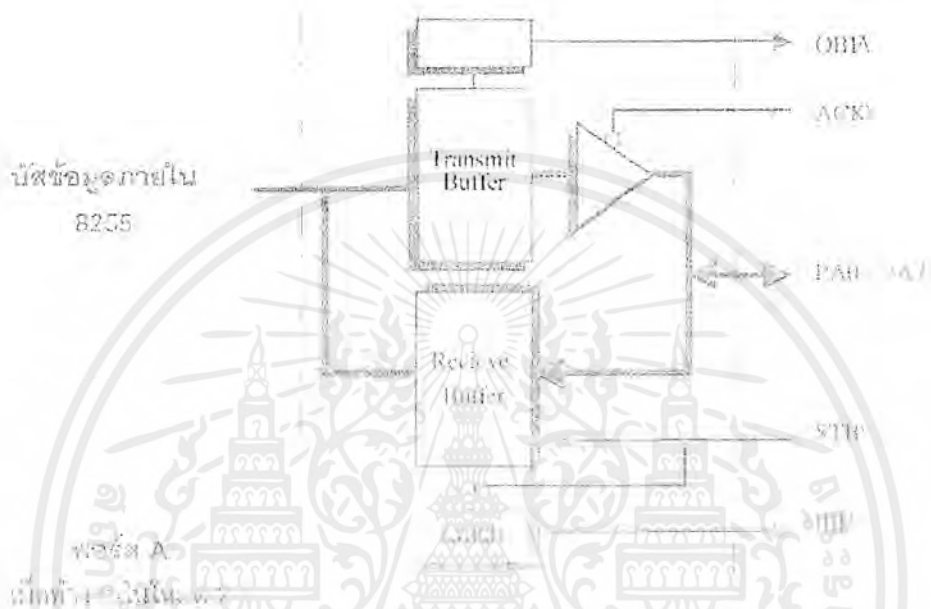
รูปที่ 2.10 โฟลว์ชาร์ตวิธีการรับข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้พอร์ต B และสัญญาณติดต่อทางพอร์ต C

2.9 การทำงานโหมด 2 ของ 8255

เมื่อ 8255 ได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมด 2 ซึ่งกำหนดไว้ให้ใช้เฉพาะกับการทำงานของพอร์ต A เท่านั้น โดยจะมีลักษณะเป็นพอร์ตข้อมูลแบบสองทิศทาง (Bi-directional data พอร์ต) กล่าวคือข้อมูลภายในเส้นสัญญาณของพอร์ต A ทั้งหมด สามารถเป็นข้อมูลที่มาจากการอินพุทหรือเอาต์พุทก็ได้ พิจารณาได้จากแผนภาพในรูปที่ 2.11 จะเห็นว่าเส้นสัญญาณ PA0-PA7 จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับบล็อกของวงจรถ่ายสัญญาณทั้งหมด โดยแลตซ์สำหรับข้อมูลส่งออก (Output Latch) มีหน้าที่สำหรับการค้างค่าข้อมูลที่คอมพิวเตอร์เขียนมายังพอร์ต A และรอคอยให้อุปกรณ์ภายนอกมาอ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลนี้ไปจาก 8255 ส่วนแลตช์สำหรับข้อมูลรับเข้า (Input Latch) ทำหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูลที่อุปกรณ์ภายนอกส่งมาให้กับพอร์ต A



รูปที่ 2.11 หลักการทำงานของ 8255 เมื่อได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมด 2

ลำดับการทำงานเมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการส่งข้อมูลออกไปให้กับอุปกรณ์ภายนอก จะเริ่มโดยการส่งข้อมูลออกมาทางพอร์ต A ของ 8255 เช่นปกติ ซึ่งมีผลทำให้ขาสัญญาณ OBF\ เปลี่ยนไปเป็นระดับลอจิกต่ำ เมื่ออุปกรณ์ภายนอกตรวจสอบสัญญาณนี้ก็จะทราบได้ว่าขณะนี้ข้อมูลที่จะต้องอ่านไปจาก 8255 สัญญาณนี้ยังสามารถใช้ในการแจ้งคอมพิวเตอร์ได้เช่นกัน (โดยการอ่านและตรวจสอบค่าบิต D7 ของพอร์ต C) ว่าบัพเฟอร์ของ 8255 พร้อมทั้งจะรับข้อมูลใหม่เข้าไปหรือไม่ เมื่ออุปกรณ์ภายนอกได้อ่านข้อมูลจากบัพเฟอร์นี้ไปแล้ว ก็จะต้องทำการสไตรปสัญญาณ ACK\ ซึ่งจะส่งผลทำให้ขาสัญญาณ OBF\ ของ 8255 เปลี่ยนกลับไปเป็นระดับลอจิกสูงอีกครั้งหนึ่ง

ส่วนการอ่านค่าข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกก็เป็นไปในลักษณะคล้ายกัน โดยก่อนที่อุปกรณ์จะส่งข้อมูลเข้ามาให้กับ 8255 จะต้องตรวจสอบสถานะของขาสัญญาณ IBF\ เสียก่อนหากว่าเป็นระดับลอจิกต่ำจึงสามารถส่งข้อมูลออกมาได้ พร้อมกับทำการสไตรปสัญญาณ STB\ มาแจ้งให้ 8255 ทราบ ซึ่งจะมีผลทำให้ขาสัญญาณ IBF\ เป็นระดับลอจิกสูงโดยอัตโนมัติ ดังนั้น คอมพิวเตอร์ก็จะรับทราบได้ว่ามีข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก (โดยการอ่านค่าและพิจารณาค่า บิต D5 ของพอร์ต C) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C) และภายหลังจากที่ได้มีการอ่านค่าไปจากพอร์ต A ของ 8255 แล้วก็จะทำให้สถานะขาสัญญาณ IBF เปลี่ยนไปเป็นระดับลอจิกค่าดั้งเดิม

ตามตารางที่ 2.9 แสดงให้เห็นถึงหน้าที่ของบิตต่าง ๆ ในพอร์ต C เมื่อได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมด 2 ซึ่งนำมาใช้เป็นบิตบอกสถานะการติดต่อระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ภายนอกตามลักษณะที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้งหมด

เส้นสัญญาณ	ลักษณะการทำงาน
PC0	การอินพุท/เอาต์พุทข้อมูลตามปกติ
PC1	การอินพุท/เอาต์พุทข้อมูลตามปกติ
PC2	การอินพุท/เอาต์พุทข้อมูลตามปกติ
PC3	สัญญาณ INTR ของพอร์ต A
PC4	สัญญาณ STB\ ของพอร์ต A
PC5	สัญญาณ IBF ของพอร์ต A
PC6	สัญญาณ ACK\ ของพอร์ต A
PC7	สัญญาณ OBF\ ของพอร์ต A

ตารางที่ 2.9 หน้าที่ของบิตภายในพอร์ต C เมื่อกำหนดให้ทำงานในโหมด 2 เพื่อบอกสถานะของเส้นสัญญาณการติดต่อทางพอร์ต A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีของเอดีซี และ ดีเอซี

3.1 ทฤษฎีของการรับ และแปลงข้อมูล (Data Acquisition And Conversion)

รูปแบบสัญญาณไฟฟ้าที่เราพบเห็นและคุ้นเคยในชีวิตประจำวันนั้นจะอยู่ในรูปของสัญญาณที่ต่อเนื่องหรือที่เรียกว่าสัญญาณอนาล็อก (Analog signal) ซึ่งแต่เดิมการนำเอาสัญญาณไฟฟ้าดังกล่าวมาประมวลผล (Process) เพื่อให้มีรูปแบบที่เหมาะสมจะกระทำในแบบอนาล็อกนั่นเอง แต่เมื่อเทคนิคและอุปกรณ์การประมวลผลสัญญาณทางดิจิทัลได้รับการพัฒนาขึ้นมา เนื่องจากพบว่าในรูปแบบดิจิทัล การประมวลเก็บข้อมูล สื่อสารและการนำเสนอกระทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากกว่า ดังนั้นการเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณ (Conversion) จึงได้มีความจำเป็นขึ้นมา ในรูปที่ 3.1 เป็นตัวอย่างแสดงระบบควบคุมที่ใช้การประมวลข้อมูลในระบบดิจิทัล ในระบบที่ยกมาเป็นตัวอย่างนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical process) ในลักษณะใด ๆ ก็ตาม เช่น ความดัน อุณหภูมิ จะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีความต่อเนื่อง (สัญญาณอนาล็อก) โดยทรานซิวเซอร์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับรูปแบบทางกายภาพนั้น สัญญาณไฟฟ้านั้นจะถูกปรับให้อยู่ในรูปและขนาดที่เหมาะสมก่อน โดยวงจรส่วนที่ทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณ เช่น วงจรขยาย วงจรฟิลเตอร์ เป็นต้น วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (เอดีซี,ADC) จะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปแบบสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล ตัวประมวลผลทางดิจิทัล (Digital Processor) เช่น คอมพิวเตอร์ จะจัดการกับข้อมูลเพื่อนำเสนอหรือถูกเปลี่ยนกลับมากอยู่ในรูปแบบของสัญญาณอนาล็อกโดยวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก (ดีเอซี,DAC) เพื่อป้อนกลับไปควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

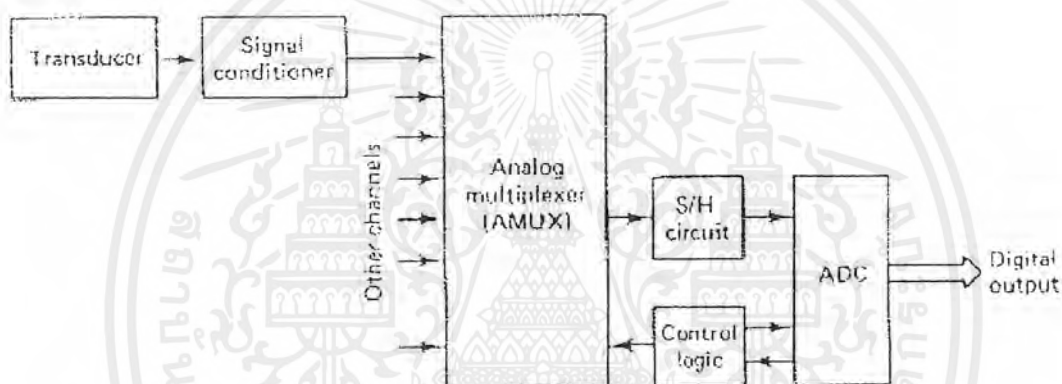
ในระบบที่มีข้อมูลที่ต้องประมวลผลในเวลาเดียวกันหลายๆ ข้อมูล หากทำงานได้เร็วพอก็ไม่จำเป็นต้องใช้เอดีซีหลายๆตัวทำงานแยกกันสำหรับข้อมูลแต่ละชุด แต่จะใช้วิธีการแบ่งเวลา (Timesharing) โดยใช้วิธี มัลติเพลกซิ่ง (Multiplexing) (รูปที่ 3.1) วงจรคุ่มตัวอย่างและคงค่า (Sampling and hold,S/H) จะคุ่ม (Sample) ขนาดของสัญญาณอนาล็อกมาและเก็บ (Hold) ไว้ชั่วขณะเพื่อรอให้เอดีซีรับไปเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณดิจิทัลจนเรียบร้อยแล้วค่อยคุ่มสัญญาณใหม่ ทั้งนี้เพื่อที่ไม่จำเป็นต้องใช้เอดีซีที่มีความเร็วสูงราคาแพง ข้อมูลดิจิทัลจะถูกส่งต่อไปยังบัสระบบ (System Bus) และถูกประมวลผลโดยตัวประมวลผล(Processor) ผลของการประมวลผลจะถูกส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

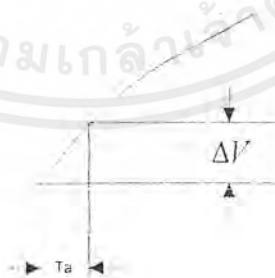
กลับออกมาเพื่อเปลี่ยนกลับมาเป็นสัญญาณอนาลอกโดยดีเอซี เพื่อไปควบคุมกิจกรรมทางกายภาพของระบบผ่านแอกทูเอเตอร์แบบอนาลอก(Analog actuator)

3.2 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง

ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลนั้น เอดีซีจะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการจัดการซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวนั้นขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัย เช่น ความละเอียดของการเปลี่ยนสัญญาณ (จำนวนดิจิทัลบิต) เทคนิคของการเปลี่ยนสัญญาณ และความเร็วในการทำงานของอุปกรณ์ร่วมอื่นๆ การกำหนดความเร็วของการแปลงสัญญาณขึ้นอยู่กับการใช้งานเฉพาะอย่างและความแม่นยำที่ต้องการ



รูปที่ 3.1 ระบบควบคุมที่มีการประมวลผลข้อมูลแบบดิจิทัล



รูปที่ 3.2 error จากการวัดในเวลาอาร์เพอร์เจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาในการแปลงสัญญาณบางครั้ง อาจเรียกว่าเวลาอาร์เพอร์เจอร์ (Aperture Time) ซึ่งความหมายโดยทั่วไปหมายถึงช่วงเวลาที่เกิดความไม่แน่นอนขึ้นในการวัดและผลก็คือความผิดพลาด (error) ต่อค่าที่วัดได้

ในรูปที่ 3.2 สัญญาณอนาล็อก $V(t)$ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงต่อเวลา dv/dt ในช่วงเวลาอาร์เพอร์เจอร์, T_a ดังนั้นช่วงการเปลี่ยนแปลงอนาล็อกจะเท่ากับ ΔV โดย

$$\Delta V = T_a \frac{dV(t)}{dt}$$

ดังนั้นหากเวลาที่เอดีซีใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณในช่วงเวลา T_a นี้สัญญาณดิจิทัลที่ได้อาจจะตรงกับขนาดของสัญญาณอนาล็อกค่าใดค่าหนึ่งในช่วงเวลานี้ และจัดทำได้ง่ายและราคาถูกกว่าที่เกิดขึ้นซึ่งแน่นอนว่าในบางครั้งเป็นไปได้ที่สัญญาณดิจิทัลจะตรงกับขนาดของสัญญาณอนาล็อกที่เกิดขึ้นซึ่งเรียกค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้ว่าค่าผิดพลาดที่เวลาอาร์เพอร์เจอร์ (Aperture Time Error)

ตัวอย่างในกรณีสัญญาณอินพุทเป็นรูปคลื่นไซน์ อัตราการเปลี่ยนแปลงบนรูปคลื่นจะเกิดสูงสุดตรงบริเวณจุดตัดแกนเวลารอบ ๆ จุดศูนย์โวลต์ (Zero crossing) และค่าผิดพลาดที่เวลาอาร์เพอร์เจอร์ คือ

$$\Delta V = T_a \frac{d}{dt}(A \sin \omega t)_{t=0} = T_a A \omega$$

และ ค่าความผิดพลาดรวม (\mathcal{E}) คัดจากอัตราส่วนของขนาดเต็มสเกล คือ

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta V}{2A} = \pi T_a \omega$$

ดังนั้น หากต้องการเปลี่ยนสัญญาณเป็นรูปไซน์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล 10 บิต ซึ่งยอมให้ค่าความผิดพลาดไม่เกินกว่าค่าความละเอียด (Resolution) คือ $1/2^{10}$ LSB หรือ 0.001 ดังนั้นเวลาอาร์เพอร์เจอร์ จะต้องอยู่ในช่วง

$$T_a = \frac{\mathcal{E}}{\pi} = \frac{0.001}{3.14 \times 10^3} = 320 \times 10^{-9}$$

จะเห็นว่าแม้สัญญาณ 1 กิโลเฮิร์ต จะไม่ใช่ความถี่สูงก็จริง แต่เอดีซีที่ใช้ต้องการเวลาในการเปลี่ยนในเวลา ≈ 20 นาโนวินาที ให้เป็นรหัส 10 บิต วิธีอื่นที่ไม่จำเป็นจะต้องใช้เอดีซีความเร็วสูงคือการใช้การสุ่มและคงค่าสัญญาณ ซึ่งการสุ่มและคงค่าสัญญาณ ที่มีเวลาอาร์เพอร์เจอร์น้อยๆ นั้นทำได้ง่ายและราคาถูกกว่า

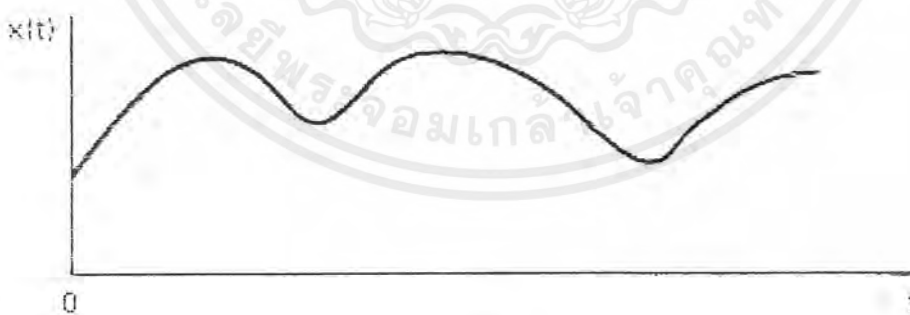
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสุ่มและคงค่าสัญญาณ (Sample and Hold) และค่าผิดพลาดเพอร์เจอร์ (Aperture Error)

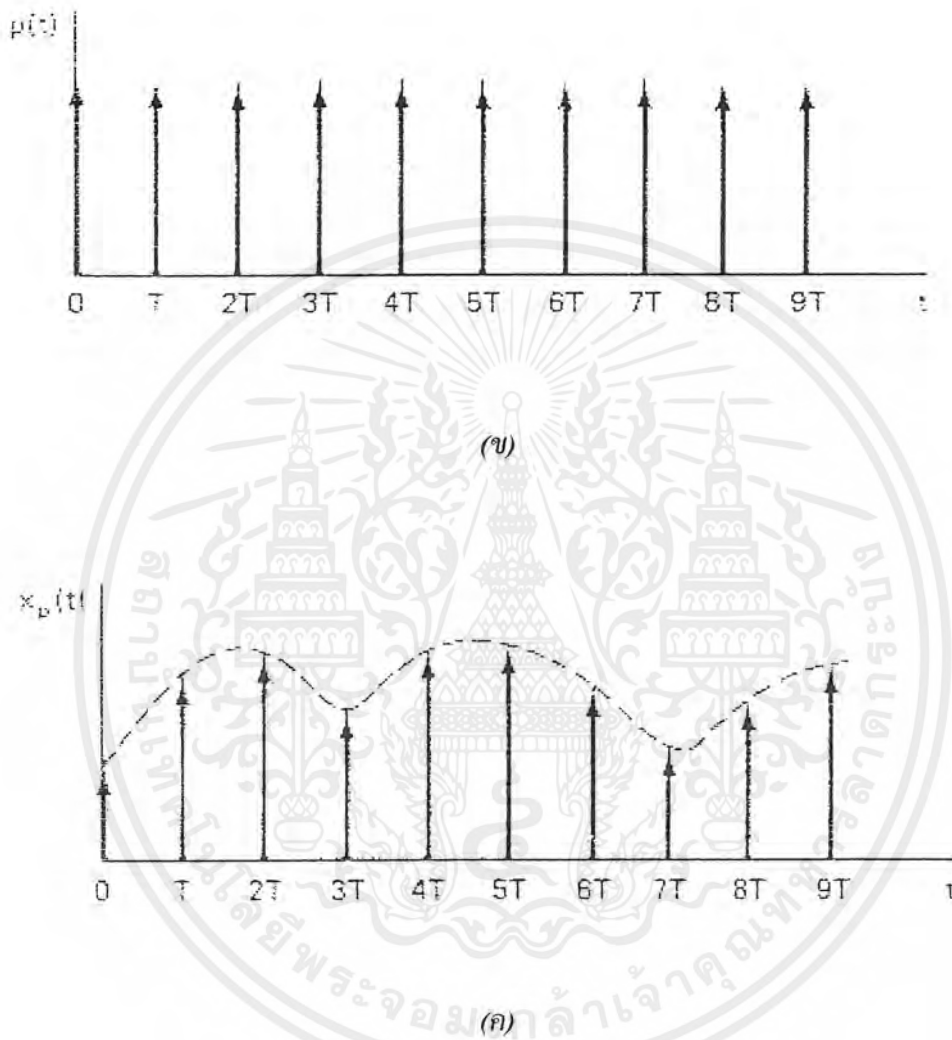
วงจรสุ่มและคงค่า (Sample and hold) จะทำการสุ่ม (Sampling) สัญญาณอินพุต และนำมาเก็บ (Hold) ไว้ในช่วงเวลาหนึ่งได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้การประจุแรงดันนั้นไว้ในตัวเก็บประจุที่รั่วไหลต่ำ เวลาอาร์เพเจอร์เจอร์ของการสุ่มและคงค่าสัญญาณ คือเวลาดังแต่เริ่มสุ่มสัญญาณจนเก็บประจุค่าแรงดันจนถึงค่าที่สุ่มซึ่งขึ้นอยู่กับแบนด์วิดท์และช่วงเวลาในการสวิตช์ (Switching time)

ในการสุ่มสัญญาณอนาลอกจะถูกสุ่มเป็นระยะๆ ซึ่งคงที่ตามรูปที่ 3.3 การสุ่มจะเป็นการตัดต่อสัญญาณอนาลอกในช่วงเวลาอันสั้นด้วยสวิตช์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูง ผลของการสุ่มสัญญาณด้วยความเร็วจะเสมือนกับการคูณขบวนสัญญาณพัลส์แคบๆ กับสัญญาณอนาลอก ซึ่งจะได้เป็นสัญญาณที่มอดูเลต (modulate) ระหว่างขบวนพัลส์กับสัญญาณอนาลอก โดยเสมือนว่าสัญญาณอนาลอกจะข้มาบนขบวนพัลส์ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ก.

ปัญหาที่ว่าอัตราการสุ่มสัญญาณนั้นควรมีขนาดเท่าใดจึงจะไม่ทำให้ข้อมูลสูญหายไปเมื่อสัญญาณนั้นถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นเช่นเดิม คำตอบคือ ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณอนาลอก ทฤษฎีของการสุ่มกล่าวไว้ว่า " ถ้าสัญญาณต่อเนื่องซึ่งมีความถี่และฮาร์โมนิคส์ไม่เกิน f_c ถูกสุ่มด้วยอัตราการสุ่มไม่น้อยกว่า $2f_c$ แล้วสัญญาณดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนกลับมาได้อย่างเดิมโดยไม่สูญเสยรายละเอียดหรือผิดเพี้ยนไป "



(ก)



รูปที่ 3.3 การสุ่มสัญญาณ

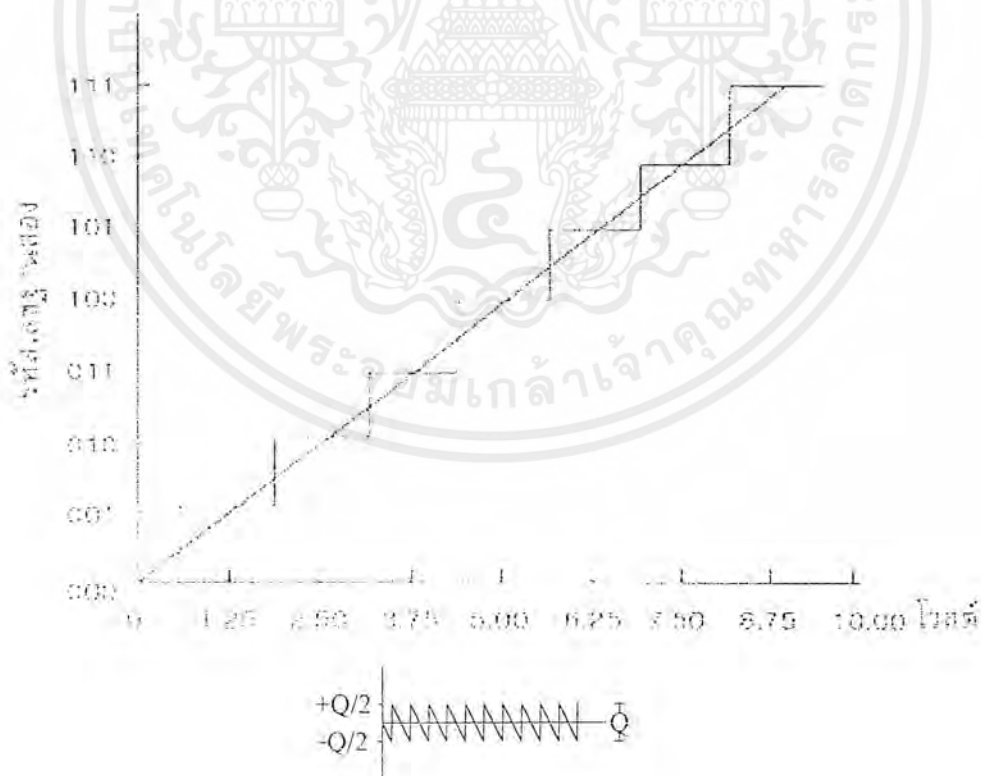
- (ก) สัญญาณอนาลอกอินพุต
- (ข) พัลส์ที่มาสุ่มสัญญาณ
- (ค) สัญญาณอนาลอกหลังการสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ทฤษฎีของควอนไทซ์ (Quantizing Theory)

ควอนไทซ์ เป็นขบวนการที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete signal) หลังการสุ่ม โดยผ่านขบวนการเข้ารหัส (Coding) จัดให้สัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องนั้น อยู่ในรูปที่ง่ายต่อการประมวลผลและเป็นสัดส่วนสัมพันธ์กับสัญญาณอนาลอก เช่น ในรูปของรหัสเลขฐานสอง หรือ ไบนารี (Binary) เป็นต้น หากนำเอาขนาดของสัญญาณอนาลอกและสัญญาณดิจิทัลที่ได้รับการควอนไทซ์ มาเขียนกราฟก็จะได้กราฟแสดงฟังก์ชันส่งผ่านของควอนไทซ์ (Quantize transfer function) ดังรูปที่ 3.4

ในรูปกราฟแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอนาลอกที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 0 ถึง +10 โวลต์ ถูกควอนไทซ์ และ เอ็นโค้ด (Encode) เป็นรหัสไบนารี (Binary) 3 บิต ได้ 8 ระดับจาก 000 ถึง 111 เนื่องจากในระบบไบนารี รหัสดิจิทัลแต่ละค่าจะแทนขนาดของสัญญาณอนาลอกแต่ละค่าที่เป็นสัดส่วนกับค่าเต็มสเกลโดยค่าสูงสุดของรหัสดิจิทัลคือ ทุกบิตที่เป็น 1 จะเท่ากับสัญญาณอนาลอกเต็มสเกลคูณด้วย $(1-2^{-n})$ โดย n เป็นจำนวนบิตของรหัสดิจิทัลแต่ละบิตที่เป็น 1 จะเท่ากับขนาดเต็มสเกลของอนาลอกคูณกับค่าน้ำหนัก (weighting) ของรหัสบิตนั้น หาคด้วย 2^n



รูปที่ 3.4 ฟังก์ชันส่งถ่ายของควอนไทซ์ 3 บิต ตามทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง เช่น ค่าเต็มสเกลของสัญญาณอนาลอกเป็น 10 โวลต์ รหัส 1011 จะแทนขนาดสัญญาณอนาลอกอินพุท

$$V_{input} = \frac{R_s}{2^n} \{ (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0) \}$$

จุดสำคัญที่เกี่ยวกับกราฟไฟฟ้กัซันส่งผ่านในรูปที่ 3.4 อันแรกได้แก่ ความละเอียด (Resolution) ของตัวคอนไตซ์(Quantizer) ซึ่งกำหนดได้จากจำนวนบิตของรหัสดิจิทัล หรือจากกราฟคือขนาดกว้างของขั้นระดับ (Step) ทางแกนอนาลอกอินพุทว่าเป็นสัดส่วนเท่าใดระหว่างค่าเต็มสเกลอนาลอกกับค่า 2^n

จำนวนสถานะเอาต์พุทกำหนดได้จากจำนวนบิตคือ เท่ากับ 2^n สถานะ ตัวอย่างกรณี เอ็ดซี 8 บิต ตัวคอนไตซ์จะให้เอาต์พุท 256 สถานะและ 12 บิตให้ 4096 สถานะต่อค่าเต็มสเกลของอนาลอก ในไดอะแกรมของฟังก์ชันส่งผ่านจะเห็นจุดแบ่ง ระดับ (Decision point หรือ Theshold level) สัญญาณอนาลอกจะมีจำนวน $2^n - 1$ จุดที่อยู่ที 0.625, 1.875, 3.125, 4.375, 5.625, และ 8.125 โวลต์ ระหว่างจุดดังกล่าวเป็นสัญญาณอนาลอกซึ่งแปลงเป็นรหัสดิจิทัล 1 สถานะ ดังนั้น ค่าเหล่านี้จะต้องปรับให้ถูกต้องมากที่สุดเพื่อแปลงขนาดของอนาลอกให้ตรงกับค่าที่ทำการคอนไตซ์แรงดันที่ 1.25, 2.50, 3.75, 5.0, 6.25, 7.5, 8.75 โวลต์ เป็นจุดกึ่งกลางของรหัสดิจิทัลสถานะสุดท้าย สังเกตว่าในทางทฤษฎีแล้วเส้นตรงนี้จะต้องผ่านจุดกึ่งกลางของรหัสดิจิทัลสถานะสุดท้าย สังเกตว่าในทางทฤษฎีแล้วเส้นตรงนี้จะต้องผ่านจุดกึ่งกลางของทุกระดับดิจิทัล

3.5 ความละเอียด และค่าผิดพลาดของตัวคอนไตซ์ (Resolution and Error of Quantizer)

ในแต่ละสถานะของสัญญาณดิจิทัลเอาต์พุทจะแทนขนาดของสัญญาณอนาลอกค่าใดค่าหนึ่งในช่วงเล็ก ๆ ระหว่างจุดแบ่งระดับ เรียกช่วงเล็กๆ นี้ว่าเป็นขนาดหนึ่ง การคอนไตซ์อนาลอก (Analog quantization) หรือหนึ่งควันตัม (Quantum) หรือ 1 LSB (Least significant bit) ของการแปลงสัญญาณตัวอย่างในรูปที่ 3.4 (บน) ควันตัม คือ 1.25 โวลต์ ค่านีได้จากการคำนวณจาก

$$Q = \frac{FSR}{2^n}$$

โดยที่ FSR คือ ช่วงเต็มสเกลของแรงดันอนาลอก (Full Scale Range) และ n คือ จำนวนบิตของรหัสดิจิทัล

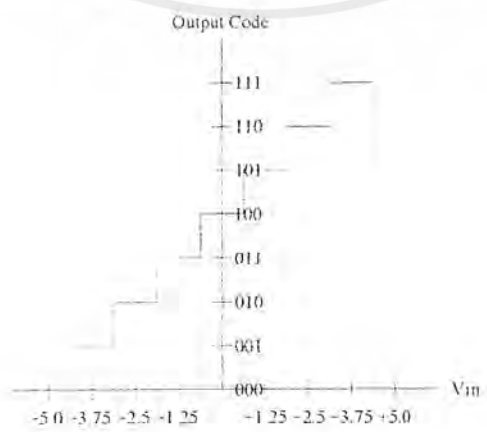
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการจะเห็นว่า หากจำนวนบิตมากขนาดของควันตัมก็จะลดลงและถ้าให้สัญญาณอินพุทของตัวคอนไคซ์กวาดไปตลอดช่วงของสัญญาณอนาลอกก็จะเห็นช่วงผลต่างของสัญญาณอนาลอกอินพุทและคิจิตอลเอาต์พุทเป็นช่วงพล็อตได้เป็นรูปฟันเลื่อยดังรูปที่ 3.4 ด้านล่าง ซึ่งเรียกว่า ค่าผิดพลาดควอนไคซ์ (Quantizing error) ซึ่งค่าความผิดพลาดแบบนี้ก็คือ 1 ช่วงสัญญาณอนาลอกแปลงเป็นรหัสคิจิตอล 1 สถานะ ดังกล่าวมาแล้วนั่นเอง

ค่าความผิดพลาดนี้เป็นธรรมชาติของการควอนดิซิ่ง ซึ่งทำการแก้ไขไม่ได้ นอกจากการเพิ่มจำนวนบิตของตัวคอนไคซ์ให้มากขึ้น และ เอาต์พุทค่าความผิดพลาดจะอยู่ระหว่าง $0-Q/2$ ค่าผิดพลาดอาจจะเป็นที่ศูนย์ เมื่อสัญญาณอนาลอกค่าที่จุดกึ่งกลางของควันตัมพอดี ลักษณะฟังก์ชันของค่าความผิดพลาดจะสามารถพิจารณาเป็นสัญญาณรบกวนทางอินพุท ซึ่งมีค่าเป็น $Q \cdot V_{pp}$ และค่าเฉลี่ย เป็นศูนย์ ค่าอาร์เอ็มเอส (root mean square,rms) เป็น $Q/2 \sqrt{3}$ ซึ่งจะได้จากการวิเคราะห์รูปคลื่นฟันเลื่อย

3.6 รหัสตัวเลขสำหรับการเปลี่ยนข้อมูล

รหัสตัวเลขที่นิยมนำมาใช้ในระบบเปลี่ยนข้อมูลได้แก่รหัสไบนารีหรือที่เรียกว่า รหัสไบนารีแบบธรรมดา (Straight binary)โดยที่รหัสไบนารีสถานะสูงสุดจะแทนสัญญาณอนาลอก FSR ($1-2^n$) โวลท์ ตัวอย่างเช่น หากสัญญาณอนาลอกเต็มสเกล (FSR) เท่ากับ 20 โวลท์ สำหรับเอ็ดชีขนาด 12 บิต รหัส 1111 1111 1111 จะแทนสัญญาณอนาลอกขนาด $20(1-2^{-12})$ หรือ 19.39951171 โวลท์ นอกจากรหัสไบนารีธรรมดาดังกล่าวยังมีการใช้ระบบไบนารีแบบอื่น ๆ ในระบบการแปลงสัญญาณ ได้แก่ ออฟเซ็ทไบนารี , หุส์คอมพลีเมนต์(Two 's complement) , บีซีดี(BCD) ซึ่งแต่ละชนิดมีข้อดีและความเหมาะสมต่างกัน ตัวอย่างเช่น ระบบบีซีดีเหมาะสำหรับการแสดงเป็นตัวเลขหน้าปัทม์หรือค่อเข้ากับคิจิตอลมิเตอร์ รหัสหุส์คอมพลีเมนต์เหมาะสำหรับการคำนวณทาง



รูปที่ 3.5 ฟังก์ชันส่งผ่านของ ADC 3 บิต ที่ใช้รหัสออฟเซ็ทไบนารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

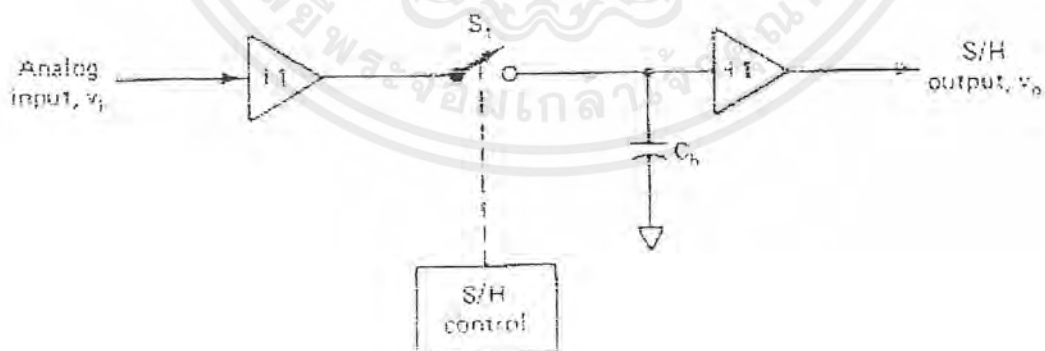
คณิตศาสตร์ลอจิกและสำหรับระบบออฟเซตไบนารีนั้นการแปลงสัญญาณอินพุตที่ทั้งช่วงบวกและลบ ในรูปที่ 3.5 แสดงฟังก์ชันส่งผ่านของเอดีซี 3 บิตที่ใช้รหัสออฟเซตไบนารี

นอกจากมาตรฐานของการใช้รหัสตัวเลขแล้วยังมีมาตรฐานของการเลือกช่วงของขนาดแรงดันอินพุตสำหรับเอดีซี คือ หากเป็นสัญญาณช่วงบวกหรือลบอย่างเดียวจะใช้ 0-5 โวลต์หรือ 0-10 โวลต์ แต่ถ้าเป็นช่วงลบจะใช้ -2.5 โวลต์ -5 โวลต์ และ -10 โวลต์เป็นมาตรฐาน

3.7 วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ (Sample and Hold, S&H)

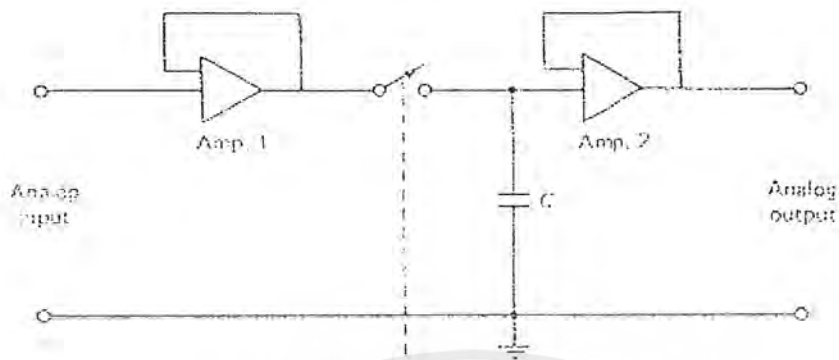
ที่ผ่านมาได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายในการใช้วงจรสุ่มและคงค่า (S&H) กับ เอดีซี และต่อจากนี้จะได้กล่าวถึงรายละเอียดของวงจรสุ่มและคงค่าบางแบบที่ใช้ในปัจจุบัน

ความจริงแล้ววงจรสุ่มและคงค่า มิได้มีใช้เฉพาะกับเอดีซีเท่านั้น แต่ก็ยังใช้กันทั่ว ๆ ไปในระบบ ขยายข้อมูล(Data distribution) ,สโคปการสุ่ม(Sampling scope) ,ดีวีเอ็ม(DVM) ,ตัวกรองรีคอมสตรัคชัน (Reconstruction filter) และอนาล็อกคอมพิวเตอรืเป็นต้น วงจรสุ่มและคงค่าโดยพื้นฐานแล้วเป็นอุปกรณ์หรือวงจรเก็บแรงดัน (Voltage memory) ซึ่งใช้อุปกรณ์ร่วมสำคัญคือตัวเก็บประจุ ในรูปที่ 3.6 ก แสดงวงจรพื้นฐานการสุ่มและคงค่าอิเล็กทรอนิกส์สวิตซ์และเวลาในการประจุแรงดันจนถึงค่าที่สุ่มตัวอย่างมานั้นเรียกว่า เวลาอาร์เพอร์เจอร์ ของการสุ่มและคงค่าจากลักษณะอนาล็อกอินพุตสัญญาณการสุ่มและเอาต์พุต



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

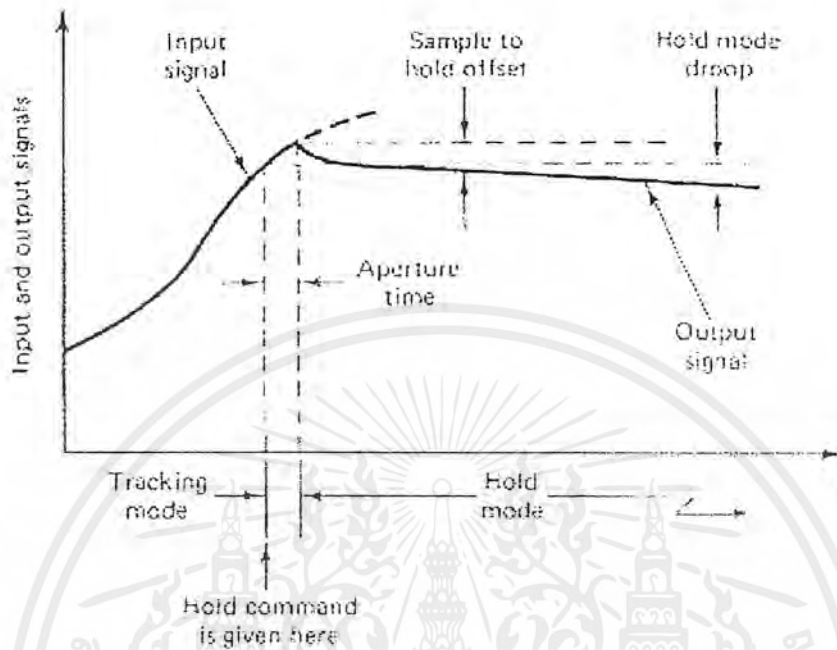
รูปที่ 3.6

(ก) พื้นฐานของ S&H

(ข) โดอะแกรมของวงจร S&H

รูปที่ 3.6 ข แสดงวงจรที่ใกล้เคียงกับวงจรที่ใช้ในทางปฏิบัติ โดยเพิ่มเติมบัฟเฟอร์แอมป์ปรีไฟร์เข้าทางส่วนอินพุตและเอาต์พุตของการสุ่มและคงค่าพื้นฐาน แอมป์ปรีไฟร์เออร์ทางด้านอินพุตช่วยทำให้วงจรมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สะดวกต่อการใช้งานและสามารถเพิ่มกระแสเพื่อทำการประจุ C_h ได้เร็วขึ้น ส่วนทางเอาต์พุตช่วยทำให้เอาต์พุตอิมพีแดนซ์สามารถขับเอ็ดจีซีได้ง่าย มีจุดสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ ในส่วนของแอมป์ปรีไฟร์เออร์เหล่านี้ปกติแล้ว จำเป็นต้องเป็นแอมป์ปรีไฟร์เออร์ที่ใช้กระแสอินพุตต่ำ ทั้งนี้เพื่อให้ดึงกระแสจากตัวเก็บประจุในช่วงที่คงค่าสัญญาณให้น้อยที่สุด มิฉะนั้นแรงดันที่คงค่าไว้จะลดระดับเนื่องจากการโหลด (drop) ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งปกติแล้วมักใช้แอมป์ปรีไฟร์เออร์ที่มี เฟต(FET) หรือ มอสเฟต(MOSFET) เป็นอินพุตเพราะการไบอัสด้วยแรงดันทำให้กระแสอินพุตต่ำด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



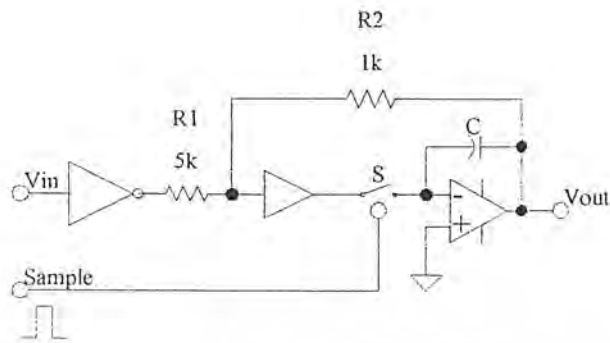
รูปที่ 3.7 รูปคลื่นเอาต์พุตของการสุ่มและคงค่า

วงจร S&H ในระบบรับข้อมูลนิยมใช้สองแบบ คือ เซมเปิล-โฮลด์(Sample-hold) และ แทรค โฮลด์(Track-hold) วงจรสุ่มและคงค่าจะใช้วิธีสุ่มสัญญาณอย่างรวดเร็วแล้วเข้าสู่คาบการโฮลด์คิง(Holding period) ซึ่งหมายความว่าสวิทช์ควบคุมจะต้องตัดต่อในช่วงเวลาอันสั้นอย่างค่อเนื่อง ส่วนแทรคโฮลด์จะตัดสวิทช์สุ่มช้ากว่า

การจัดวงจรวงจรสุ่มและคงค่ามีได้หลายลักษณะ ซึ่งอาจนำไอซี (IC) หรือทรานซิสเตอร์มาประกอบเป็นวงจรตลอดจนการสร้างวงจรทั้งหมดของวงจรสุ่มและคงค่าลงบนชิปไอซีเดี่ยว เช่น เบอร์ LF398

3.8 วงจรสุ่มแบบอินเวอร์ตติงโคลสลูป (Inverting Close Loop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรสุมแบบ *Inverting Close Loop*

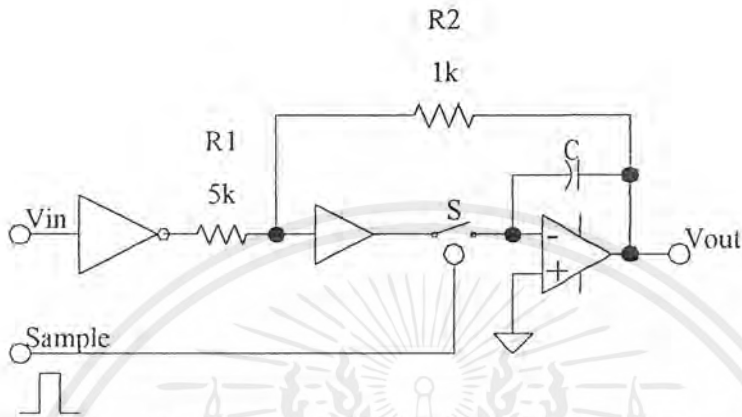
ในวงจรนี้ C จะประจุด้วยอัตรา RC ซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วได้โดยใช้ Current boost amplifier อยู่ในรูปป้อนกลับดังรูปที่ 3.8 โดยแอมพลิไฟเออร์นี้มีอัตราขยายเท่ากับ 1

ข้อดีของวงจรนี้คือทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำความเร็วในการประจุขึ้นอยู่กับความเร็วของ A1 และความสามารถในการจ่ายกระแสของมัน ไดโอดสองตัวจะทำหน้าที่แคลป (Clamp) สัญญาณเอาต์พุตไปที่อินพุตอินเวอร์ตติ้งของ A1 เพื่อยังคงให้วงจรมีเสถียรภาพดี เมื่อสวิตช์ (S) เปิด วงจรลักษณะนี้เป็นวงจรพื้นฐานของ ไอซีเบอร์ LF 398

3.9 วงจรแรงดันอ้างอิง (Voltage Reference Circuit)

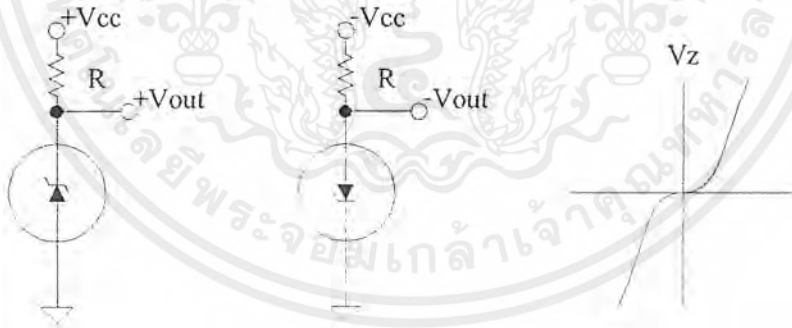
วงจรแรงดันอ้างอิงนั้นเป็นวงจรที่สำคัญวงจรมีหนึ่งในระบบ Data Acquisition เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดคุณภาพของวงจรดีเอซี หรือ เอดีซี วงจรแรงดันอ้างอิงมีทั้งที่เป็นวงจรอิสระหรือเป็นวงจรรวมอยู่ในวงจร เอดีซี หรือ ดีเอซี

1) วงจรแรงดันอ้างอิงพื้นฐาน (Basic voltage reference) อุปกรณ์ที่นิยมให้เป็นแหล่งกำเนิดแรงดันอ้างอิงได้แก่ ซีเนอร์ไดโอด ซึ่งเมื่อให้รีเวิร์สไบอัสจนเกิดการเบรคดาวน์แรงดันคร่อมซีเนอร์จะคงที่เท่ากับแรงดันเบรคดาวน์ (V_Z) ตัวต้านทาน R (รูปที่ 3.10) ที่ต่ออนุกรมกับซีเนอร์ จะทำหน้าที่กำหนดกระแสไบอัสแก่ซีเนอร์ให้เบรคดาวน์และจำกัดกระแสรีเวิร์สไม่ให้ไหลมากเกินไปเป็นอันตรายแก่ซีเนอร์



รูปที่ 3.9 วงจรลูปแบบนอนอินเวอร์ตดิ้งโกลสลูป (Non-inverting closed loop)

ข้อเสียของวงจรนี้คือ แรงดันมักเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิได้ง่ายหรือเรียกว่ามีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิสูง และจ่ายกระแสได้จำนวนจำกัด รวมทั้งแรงดันเอาต์พุตจะแปรตามแรงดันอินพุตจึงมักใช้วงจรนี้กับเอดีซีทีที่ไม่ต้องการคุณภาพมากนัก



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 3.10 วงจรแรงดันอ้างอิงพื้นฐานและกราฟคุณสมบัติ

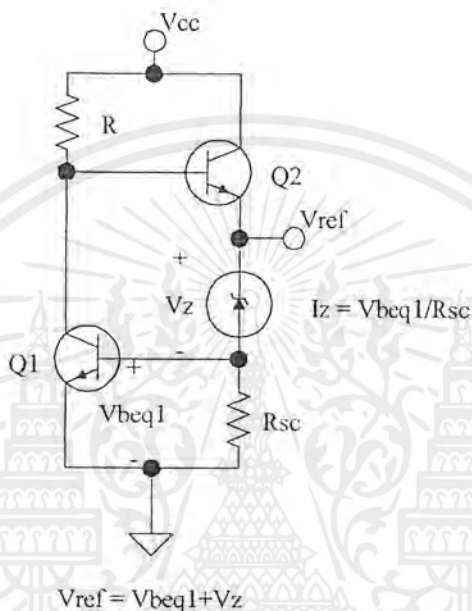
ก) แรงดันอ้างอิงบวก

ข) แรงดันอ้างอิงลบ

ค) กราฟคุณสมบัติของซีเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของวงจรอ้างอิงแบบพื้นฐานดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยใช้วงจรดังรูปที่ 3.11 ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 จะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสไบอัสคงที่ให้แก่วีเนอร์ไดโอด ลักษณะดังกล่าวทำให้แรงดันเอาต์พุต ไม่ขึ้นอยู่กับแรงดันอินพุต (V_{cc}) รวมทั้งผลทางด้านอุณหภูมิรวมของวงจรได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นด้วย



รูปที่ 3.11 วงจรแรงดันอ้างอิงใช้ซีเนอร์ไดโอดที่ปรับปรุงคุณสมบัติจากวงจรแรงดันอ้างอิงพื้นฐาน

2) วงจรแรงดันอ้างอิงคงที่ (Precision Voltage Reference) แรงดันอ้างอิงที่คุณภาพดีกว่า จะใช้อุปกรณ์ร่วมกับซีเนอร์ ซึ่งนอกจากจะได้แรงดันที่คงที่มากกว่าแล้ว ยังสามารถปรับแรงดันเอาต์พุตให้ได้มากหรือน้อยกว่าแรงดันซีเนอร์ไดโอดด้วย ลักษณะการจัดวงจรแบบต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 3.12

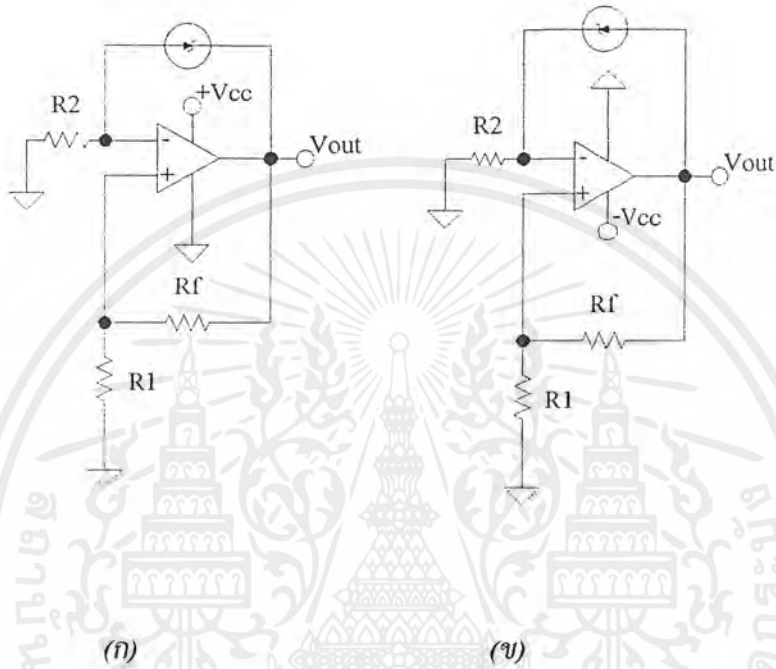
ตามปกติแล้วแรงดันอ้างอิงที่ใช้ซีเนอร์ไดโอดจะให้คุณภาพดีก็ต่อเมื่อกระแสที่จ่ายให้ซีเนอร์คงที่ตลอดเวลาและช่วงของอุณหภูมิในวงจรรูปที่ 3.12 ออปแอมป์จะทำหน้าที่จ่ายกระแสคงที่และมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำกว่ากระแสที่ผ่านซีเนอร์ขึ้นอยู่กับค่าเลือกค่า R_1, R_2, R_f และค่า V_0 กำหนดจาก R_1, R_f และ V_z การออกแบบต้องเลือกซีเนอร์ซึ่งรู้ค่า I_z และ V_z ทำการเลือกค่า R_1 และค่า R_f จากสมการ V_{out}

$$V_o = \frac{V_z (R_1 + R_f)}{R_f}$$

$$I_z = \frac{V_o R_1}{R_2 (R_1 + R_f)} \cong \frac{V_o R_1}{R_f}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

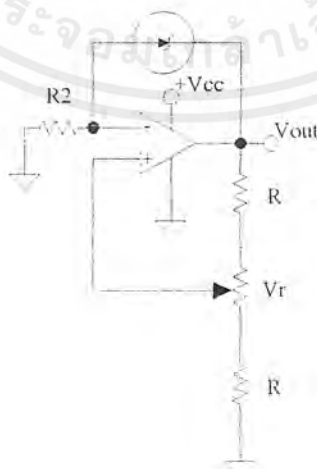
$$V_1 = \frac{V_o R_1}{(R_1 + R_f)} = I_z R_2$$



รูปที่ 3.12 แรงดันอ้างอิง

ก) แรงดันอ้างอิงบวก

ข) แรงดันอ้างอิงลบ



รูปที่ 3.13 แรงดันอ้างอิงปรับค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วงจรแรงดันอ้างอิงแบบแบนด์แกป (Bandgap Voltage Reference) ได้รับการออกแบบเพื่อแก้ไขทางสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิโดยใช้ผลต่างของแรงดันเบส-อิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์

$$V_{Ref} = V_{BEQ3} + I_2 R_2$$

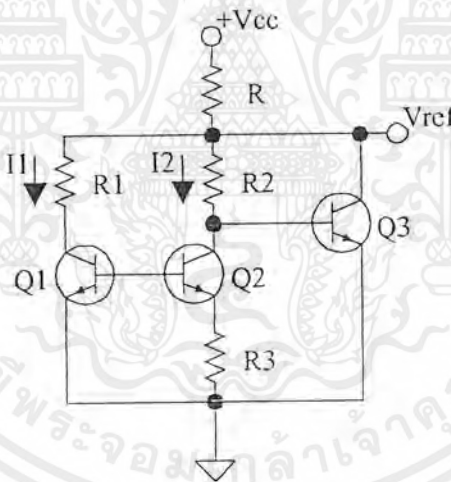
$$V_{Ref} = V_{BEQ3} + \frac{kT_j}{q \ln \frac{I_1}{I_2}}$$

สองตัวที่ทำงานที่กระแสต่างกันโดยเมื่อ $k =$ ค่าคงที่ของโบลต์ซมานน์ (Boltzmann's constant)
($1.3805 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

$T_j =$ Absolute temperature ของรอยต่อ

$q =$ Electron charge ($1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$)

แรงดันอ้างอิงแบบแบนด์แกปได้ถูกสร้างโดยใช้วงจรพื้นฐานในรูปที่ 3.14 และมีจำหน่ายตัวถังคล้ายทรานซิสเตอร์ เช่น เบอร์ LM 336 สามารถปรับขนาดของ V_{out} ได้



รูปที่ 3.14 วงจรอ้างอิงแบบแบนด์แกป (Band gap voltage reference)

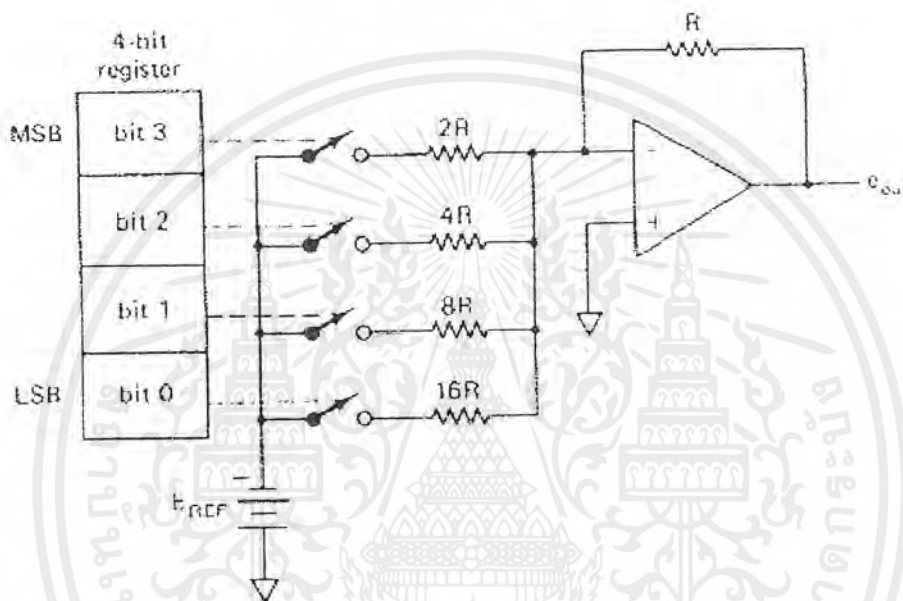
3.10 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก (Digital to Analogue Converter, DAC)

ดีเอซีนับเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ทำให้ดิจิทัลคอมพิวเตอรืเชื่อมโยงกับอุปกรณ์หรือวงจรรอนาลอกอื่น ๆ ตัวอย่างการใช้งานดีเอซี คือระบบแสดงผลบนจอภาพ ระบบสังเคราะห์เสียง เป็นต้น และที่สำคัญ ดีเอซียังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญใน ADC ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.1 ดีโอซีแบบไบนารีเวทที่เลดเดอร์ (Binary weight ladder)

การจัดวงจรไบนารีเวทที่เลดเดอร์มีลักษณะตามรูปที่ 3.15 สวิตช์ S_1-S_4 จะถูกควบคุมเปิด/ปิด ด้วยรหัสดิจิทัล เพื่อตัด/ต่อแรงดันอ้างอิงเข้ากับวงจรรีซิสเตอร์ที่มีค่า $R, 2R, 4R, \dots, (2^n)R$ ตัวอย่างในกรณีดีโอซี แบบ 4 บิต ใช้รีซิสเตอร์เป็น $10k\Omega, 20k\Omega, 30k\Omega, 40k\Omega$ และ $80k\Omega$ เป็นต้น



รูปที่ 3.15 ดีโอซีแบบไบนารีเวทที่เลดเดอร์

ค่ารีซิสเตอร์ที่เวทที่ (weight) ค่าตามรหัสดิจิทัลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กระแสผ่านรีซิสเตอร์เข้าไปรวมกันก่อนเข้าออปแอมป์ลดลงด้วยแฟคเตอร์ 2 ตามค่า R ที่เพิ่มขึ้น เช่น หากแรงดันอ้างอิงเป็น 10 โวลต์ ในกระแสที่ผ่านตัวต้านทานจะเป็น 1.0, 0.5, 0.25 และ 0.125 มิลลิแอมป์ ตามลำดับ ออปแอมป์ที่เอาต์พุตจะทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสรวมให้เป็นแรงดันเอาต์พุต

3.10.2 ดีโอซีแบบอาร์ ทูอาร์ เลดเดอร์ (R-2R ladder DAC)

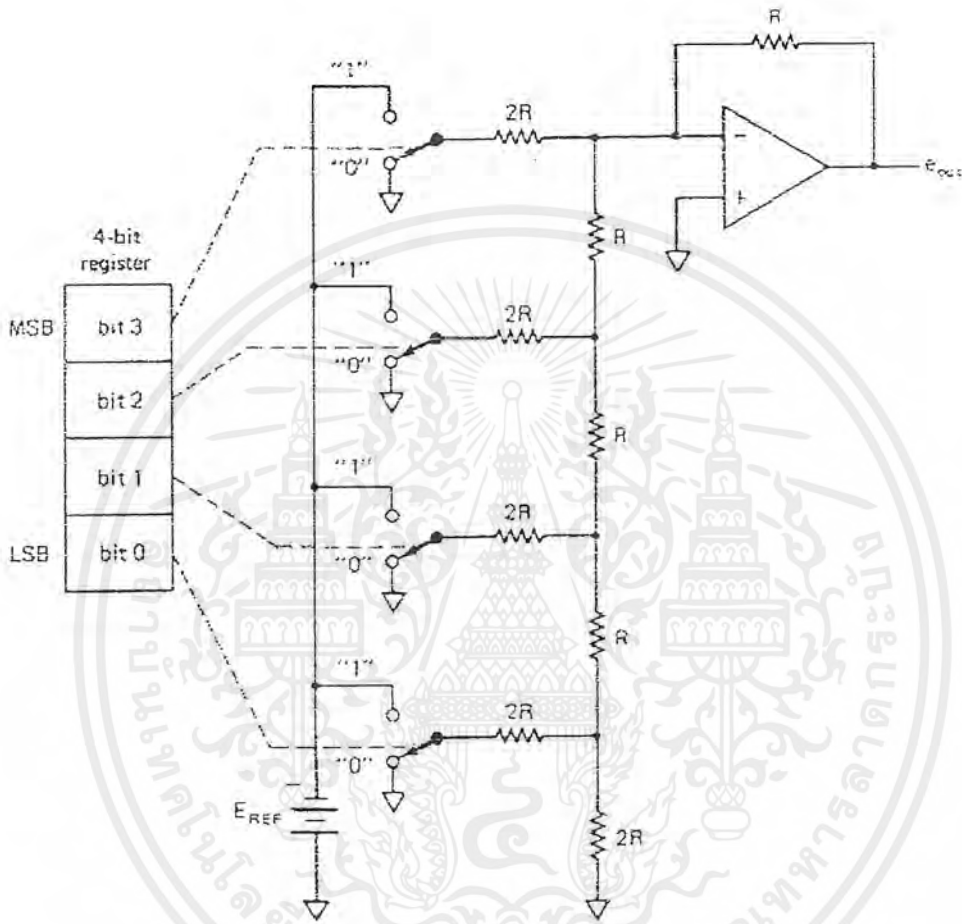
ถึงแม้ว่าดีโอซีแบบไบนารีเวทจะใช้ค่ารีซิสเตอร์เพียง 4 ค่าก็ตาม แต่ในการผลิตดีโอซีแบบนั้นบนชิปไอซีเดียวกันก็ยังเป็นปัญหายุ่งยากในการผลิตอยู่ดี รูปแบบที่ดีกว่าคือการจัดวงจรแบบอาร์ ทูอาร์ (R-2R) ดังรูปที่ 3.16

ในวงจรนี้จะเห็นว่าสวิตช์จะตัดต่อให้แรงดันอ้างอิงต่อเข้ากับวงจรเลดเดอร์ หรือต่อเลดเดอร์ลงกราวด์ที่ค่า $2R$ จะเห็นได้ว่า สวิตช์อินพุตรีซิสเตอร์ (Switch input resistor, $2R$) มองเข้าไป

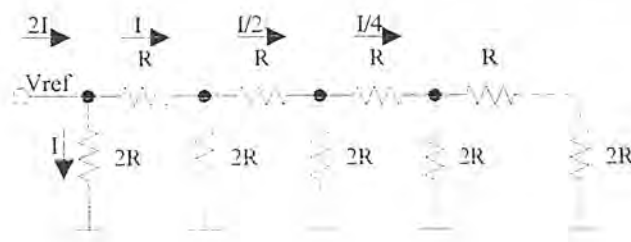
เอกสารถูกแก้ไขโดยระบบอัตโนมัติของศูนย์บริการข้อมูลสารสนเทศเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน การนำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นคู่ของรีซิสเตอร์ระหว่างจุดต่อ อาร์ ทูอาร์ ที่ติดกัน กระแสจะถูกบั่นทอนไปในอัตรา 2:1 ซึ่งสอดคล้องกับรหัส ไบนารี ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.16 วงจรดีเอซีแมบอาร์ ทูอาร์ (R - $2R$ DAC) ขนาด 4 บิต

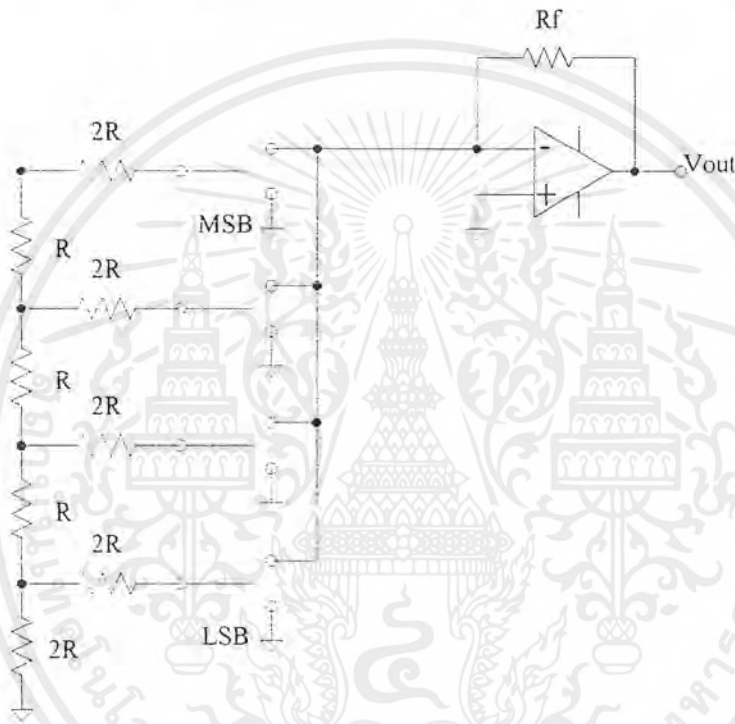


รูปที่ 3.17 วงจรรีซิสทีฟแลดเดอร์ (*Resistive Ladder*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.3 วงจรดีเอซีแบบ อินเวอร์ตติงอาร์ ทูอาร์ เลดเดอร์ (Inverted R/2R ladder DAC)

ลักษณะการจับวงจรแบบนี้จะคล้ายกับแบบอาร์ ทูอาร์ เลดเดอร์ เพียงแต่สวิทช์จะตัดต่อขา R กับกราวด์และอินพุทของซัมมิงแอมพลิฟาย (Summing amplifier) แทนที่จะเป็น V_{ref} วิธีการนี้นิยมใช้ในการทำดีเอซีในวงจรรวมเพราะสวิทช์จะตัดต่อที่แรงดันตกคร่อมต่ำกว่าซึ่งสร้างได้ง่ายกว่า



รูปที่ 3.18 วงจรดีเอซีแบบอินเวอร์ตติงอาร์ ทูอาร์ เลดเดอร์ (Invert R-2R ladder DAC)

3.11 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter)

ลักษณะการจับวงจรแบบ ADC มีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มีเพียงไม่กี่แบบและส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของวงจรรวม

3.11.1 วิธีการแปลงสัญญาณพื้นฐาน (Basic conversion method)

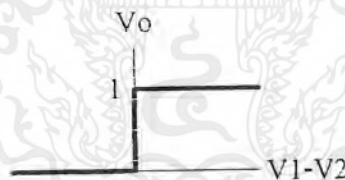
วิธีการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบง่าย ๆ แสดงในรูปที่ 3.19 แรงดันอินพุทที่ไม่ทราบค่า V_x จะต่อเข้ากับขาอินพุทขาหนึ่งของอนาลอกคอมพาราเตอร์ และแรงดันอ้างอิงที่ขนาดแปรตามเวลา V ต่อเข้ากับขาอินพุทอีกขาหนึ่งของ คอมพาราเตอร์ ลักษณะของฟังก์ชันส่งผ่านไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของคอมพาราเตอร์แสดงในรูปที่ 3.20 ถ้าแรงดันอินพุต V_1 มากกว่าอินพุต V_2 แล้วแรงดันเอาต์พุตจะเป็นลอจิก 1 ถ้าอินพุต V_1 น้อยกว่า V_2 แล้วเอาต์พุตจะเป็น 0 วิธีการแปลงข้อมูลคือแรงดันอ้างอิงจะถูกแปรค่าจนกระทั่งรู้ค่าแรงดันอินพุตที่ผิดพลาดไม่เกินค่าผิดพลาดของการควอนไทซ์ (Quantization error) ของคอนเวอร์เตอร์ ในแนวความคิดแล้ว ทรรกของเอดีซี คือพยายามเลือกกลุ่มของ สัมประสิทธิ์ไบนารี a_i เพื่อให้ผลต่างระหว่างแรงดันอินพุต V_x และค่าที่ควอนไทซ์ ได้ครั้งสุดท้ายน้อยกว่า 0.5 LSB ซึ่งเขียนเป็นสมการได้

$$\left[V_x - V_{FSR} \sum_{i=1}^n a_i 2^i \right] < 0.5 \text{LSB}$$



รูปที่ 3.19 วิธีการพื้นฐานของเอดีซี

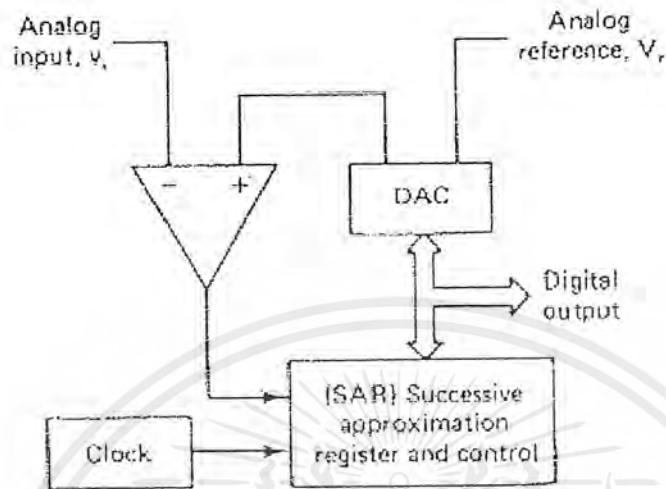


รูปที่ 3.20 ฟังก์ชันส่งผ่านของคอมพาราเตอร์ (Comparator Transfer function)

3.11.2 เอดีซีแบบประมาณค่าอย่างต่อเนื่อง (Successive Approximation ADC)

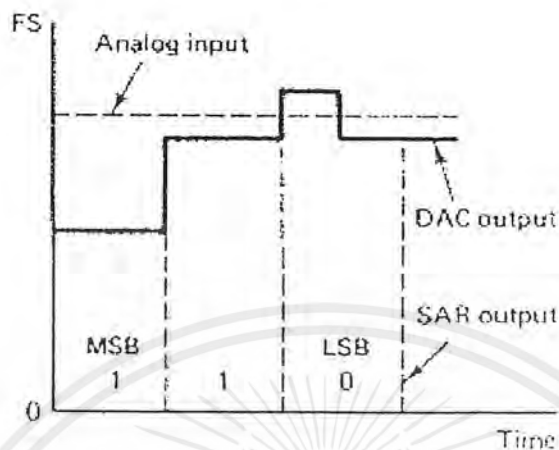
วงจร ADC ชนิดนี้ได้รับความนิยมในงานประยุกต์ที่ต้องการความเร็วปานกลางและค่อนข้างสูง การจัดวงจรคล้ายกันกับแบบแคชเชอร์ที่ทำงานในลักษณะการป้อนกลับ ซึ่งบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.21 แสดงฟังก์ชันต่างๆ ในเอดีซีชนิดนี้ คอมพาราเตอร์จะคอยเปรียบเทียบเอาต์พุตจากเอดีซีกับอนาล็อกอินพุต V_{in} เอาต์พุตจะไปควบคุม SAR (Successive Approximation Register) ซึ่งเป็นไอซี MSI (Medium Scale Integrated circuit) ที่ได้รับการออกแบบพิเศษเพื่อทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 บล็อกไดอะแกรมของเอดีซีแบบประมาณค่าต่อเนื่อง (Successive approximation ADC)

ในรูปที่ 3.22 แสดงไทม์ไดอะแกรมของ ADC ที่มีระดับอนาล็อก 1 และ 2 ที่ระดับ 1 คล็อก เข้าไป 1 ลูก จะทำให้ MSB (Most Significant Bit) (บิต 4) เป็น 1 ส่วนบิตอื่นยังคงเป็น 0 ดีเอซีจะเปลี่ยนเอาต์พุตของ SAR เป็นอนาล็อกเปรียบเทียบกับสัญญาณอนาล็อกอินพุต ถ้าผลการเปรียบเทียบที่คอมพาราทอร์บอกว่าน้อยกว่าอินพุตก็ให้บิตนั้นเป็น 1 ไว้ แต่ถ้ามากกว่าจะให้บิตนั้นเป็น 0 จากนั้นทำการทดสอบบิตถัดไป โดยทำให้เป็น 1 หากผลรวมของสองบิตหรือบิตหลังมากกว่าก็จะทำให้บิตนั้นเป็น 0 แต่ถ้าน้อยกว่าให้คง 1 ไว้ แล้วทดสอบบิตถัดไปตามกรรมวิธีดังกล่าวจนครบทุกบิตหรือจนกว่าเอาต์พุตจะต่างจาก V_{in} ไม่เกิน 1 LSB ในตัวอย่างแสดงการทำงานเมื่อ V_{in} ลดต่ำลงมาอีกระดับหนึ่งด้วยเช่นกัน



รูปที่ 3.22 สัญญาณเวลาของ SAR

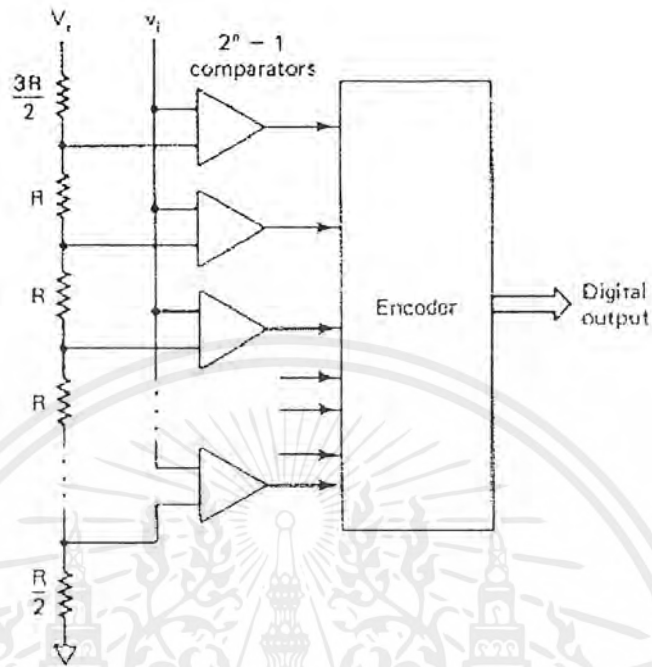
มีข้อจำกัดประการหนึ่งสำหรับการแปลงสัญญาณ คือสัญญาณอนาล็อกอินพุต จะต้องคงที่ ในช่วงเวลาที่ทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ โดยเปลี่ยนได้ไม่เกิน $1/2$ LSB ในช่วงสุดท้ายของการ เปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเอาต์พุตจะออกมาขนานกันทุกบิต แต่บางแบบจะให้เอาต์พุตออกมาใน ลักษณะอนุกรม

วงจรเอดีซีแบบนี้สามารถทำงานได้สองโหมด คือ โหมดที่ทำงานโดยอิสระ (Free run) และโหมดครอคำตั้ง (Start conversion) จากภายนอก เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณใช้ $(n+1)$ ลูก ของสัญญาณนาฬิกา โดยพัลส์ลูกแรกจะใช้ในการรีเซ็ตรีจิสเตอร์ภายใน สุดท้ายคุณภาพของระบบ จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของดีเอซีในระบบเป็นอย่างยิ่ง

3.11.3 เอดีซีแบบขนาน หรือ แบบแฟลช (Parallel (Flash) ADC)

สำหรับการแปลงสัญญาณที่ต้องการความเร็วสูงมาก ๆ เช่นการแปลงสัญญาณภาพโทร ททัศน์เรดาห์ จำเป็นต้องใช้เอดีซีแบบพิเศษที่เรียกว่าเอดีซีแบบขนาน ซึ่งแสดงบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.23 หลักการทำงานคือ จะใช้คอมพาราเตอร์ทำการเปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อกอินพุตกับแรงดัน อ้างอิงที่แบ่งแรงดันให้สอดคล้องกับรหัสดิจิทัล โดยใช้ตัวต้านทานแล้วแปลงเอาต์พุตจากคอม พาราเตอร์ให้ตรงกับรหัสดิจิทัล ซึ่งจะเห็นว่าอุปสรรคทางด้านความเร็วจะถูกจำกัดเพียง เวลาการ แพร่ (Propagation time) ของคอมพาราเตอร์เท่านั้น แต่อุปสรรคที่สำคัญคือการพัฒนาวงจรชนิดนี้ บนไอซี คือ วงจรนี้ต้องการคอมพาราเตอร์ถึง $2^n - 1$ ตัว สำหรับเอดีซี 1 ตัว แต่ก็ได้เอดีซีชนิดที่ทำงาน รวดเร็วที่สุดเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 บล็อกไดอะแกรมแสดงเอดีซีแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การจัดแอดเดรสสำหรับหน่วยความจำอินพุทเอาต์พุท

4.1 การอ้างแอดเดรสของพอร์ตอินพุทเอาต์พุท (I/O PORT)

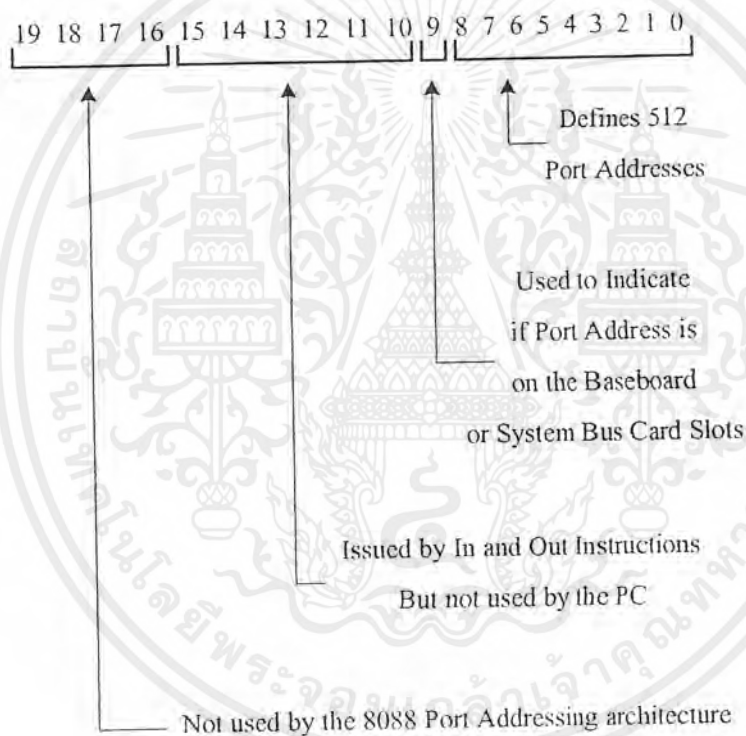
ในการควบคุมและตรวจสอบสถานะการทำงาน รวมทั้งการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เป็นชิพซ์พอร์ตหรือการ์ดต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบของไอบีเอ็มพีซีนั้น จะกระทำโดยผ่านทางพอร์ตอินพุทเอาต์พุทของระบบ ดังนั้นในการใช้งานหรือควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้จึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีการควบคุมพอร์ตอินพุทเอาต์พุท ต่างๆ ของระบบด้วย และเนื่องจากการควบคุมหรือติดต่อกับพอร์ตเหล่านี้ต้องกระทำโดยการอ้างอิงถึงแอดเดรสของพอร์ตอินพุทเอาต์พุท เหล่านี้โดยตรง เราจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงหลักการอ้างแอดเดรสของ 8088 ใน ไอบีเอ็มพีซีด้วย

สำหรับแอดเดรสของพอร์ตอินพุทเอาต์พุท ต่าง ๆ นั้นจะเป็นแอดเดรสที่ถูกสร้างขึ้นโดย 8088 ซึ่งแอดเดรสเหล่านี้เป็นแอดเดรสที่จัดไว้สำหรับพอร์ตอินพุทเอาต์พุทโดยเฉพาะ คือ แยกจากแอดเดรสของหน่วยความจำโดยเด็ดขาด ส่วนการส่งข้อมูลให้กับพอร์ตเหล่านี้ทำได้โดยการใช้คำสั่ง OUT ของ 8088 ส่งไปยังแอดเดรสของพอร์ตที่ต้องการ และการตรวจสอบหรือการอ่านข้อมูลจากพอร์ต ก็จะทำให้ได้โดยคำสั่ง IN ของ 8088 อ่านข้อมูลจากแอดเดรสของพอร์ตที่ต้องการเช่นกัน

ภายในไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8088 นี้จะมีแอดเดรสสำหรับใช้กับพอร์ตอินพุทเอาต์พุท อยู่ทั้งสิ้น 65,536 หรือ 64K แอดเดรส (ในขณะที่มีแอดเดรสสำหรับหน่วยความจำอยู่ 1 เมกะไบท์) ซึ่งทำการอ้างแอดเดรสของพอร์ตอินพุทเอาต์พุท ที่ทำงานร่วมกับ 8088 นั้นต้องใช้จำนวนเส้นแอดเดรสในบัสแอดเดรสทั้งสิ้น 16 เส้น คือ A0-A15 แต่สำหรับในไอบีเอ็มพีซีนี้ถูกออกแบบมาให้ใช้เส้นแอดเดรสเฉพาะ 10 เส้นต่าง คือ A0-A9 เท่านั้น ดังนั้นการอ้างถึงแอดเดรสของพอร์ตอุปกรณ์หรือชิพซ์พอร์ตใด ๆ ที่ใช้ร่วมกับไอบีเอ็มพีซี จึงใช้จำนวนเส้นแอดเดรสเพียง 10 เส้นด้วย โดยเส้นแอดเดรสที่เหลือคือ A10-A15 นี้จะไม่ถูกนำไปใช้งาน แต่ค่าแอดเดรสบนเส้นแอดเดรสเหล่านี้ยังเปลี่ยนแปลงตามค่าแอดเดรสของพอร์ตที่กำหนดไว้ในคำสั่ง OUT หรือ IN อยู่ด้วย เพียงแต่ไม่ได้ถูกนำมาถอดรหัสร่วมกับแอดเดรส A0-A9 เท่านั้น ตัวอย่างเช่น ในการใช้คำสั่ง OUT ส่งข้อมูลไปยังพอร์ตที่ตรงกับแอดเดรส 0010H จะได้ผลเหมือนกับการส่งข้อมูลไปยังพอร์ตที่ตรงกับแอดเดรส 0410H ,0810H ,0C10H ทั้งนี้เนื่องจากแอดเดรส 6 บิตบนไม่ได้ถูกใช้งาน จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าแอดเดรสบนเส้นแอดเดรส A10-A15 นั้นไม่ทำให้เกิดความแตกต่างใด ๆ ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในไอบีเอ็มพีซีได้ใช้งานแอดเดรสเพียง 10 เส้น (คือ A0-A9) ดังนั้นจึงสามารถอ้างแอดเดรสของพอร์ตได้สูงสุดเพียง 1,024 พอร์ต (จากจำนวน 64K พอร์ต) เท่านั้น นอกจากนี้ในการอ่านข้อมูลจากพอร์ตของไอบีเอ็มพีซี ข้อมูลในบิตที่ A9 จะถูกจัดให้มีหน้าที่ในการแบ่งพอร์ตทั้ง 1,024 พอร์ตออกเป็นสองส่วน (ส่วนละ 512 พอร์ต) อีกด้วย กล่าวคือถ้าข้อมูลในบิต A9 เป็น "0" แล้วเราจะทำการอ่านข้อมูลได้เฉพาะจากพอร์ตของอุปกรณ์หรือชิพพอร์ตต่าง ๆ ที่อยู่บนเมนบอร์ด (Main Board) ของไอบีเอ็มพีซี เช่น 8253-5 ,8237-5 หรือ 8259A เท่านั้น แต่ถ้าข้อมูลในบิต A9 นี้เป็น "1" ก็จะทำการอ่านข้อมูลได้เฉพาะจากพอร์ตที่อยู่บนการ์ดต่าง ๆ เท่านั้น



รูปที่ 4.1 การใช้แอดเดรสบิตต่าง ๆ ในการอ้างอิงแอดเดรสของพอร์ตในไอบีเอ็มพีซี

จากที่ได้กล่าวมานั้นสรุปได้ว่าพอร์ตบนไอบีเอ็มพีซีเท่านั้น 1,024 พอร์ตถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มแรกเป็นกลุ่มของพอร์ตที่อยู่บนเมนบอร์ด และกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่จัดเตรียมไว้สำหรับพอร์ตที่อยู่บนการ์ดต่าง ๆ

ถ้าหรับในกรณีของการส่งข้อมูลให้กับพอร์ตทั้ง 1,024 พอร์ต เราสามารถที่จะเลือกส่งไปยังพอร์ตใด ๆ ในไอบีเอ็มพีซีได้ ดังนั้นการเลือกแอดเดรสสำหรับพอร์ตที่อยู่บนการ์ดจึงสามารถทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้โดยสะดวก อย่างไรก็ตาม สิ่งหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงก็คือ ถ้าแอดเดรสที่เราเลือกให้กับพอร์ตนี้ ตรงกับค่าแอดเดรสเดิมที่มีอยู่บนเมนบอร์ดแล้ว เมื่อเราทำการส่งข้อมูลให้กับพอร์ตที่อยู่ในตำแหน่ง แอดเดรสนี้ ก็จะเท่ากับเป็นการส่งข้อมูลให้กับทั้งพอร์ตที่อยู่บนเมนบอร์ดและพอร์ตที่อยู่บนการ์ด ด้วย ซึ่งในกรณีเช่นนี้อาจจะก่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้เช่นกัน ดังนั้นในการกำหนดค่าแอดเดรส ให้กับพอร์ตที่ถูกสร้างขึ้นบนการ์ดต่าง ๆ จึงควรใช้แอดเดรสบิต A9 มีค่าเป็น “1” คือ แอดเดรส 0FE00H จนถึง 0FFFFH เท่านั้น (แอดเดรสบิต A10-A15 ที่ไม่ถูกใช้งานจริงอาจเปลี่ยนให้แอดเดรส A10-A15 แต่ละบิตมีค่าเป็น “1” หรือ “0” ก็ได้)

สำหรับในรูปที่ 4.1 นี้จะแสดงถึงการใช้งานแอดเดรสบิตต่าง ๆ ในการอ้างแอดเดรสของ พอร์ตในไอบีเอ็มพีซี

4.2 การใช้งานแอดเดรสสำหรับพอร์ตอินพุทเอาต์พุท (I/O PORT) ในไอบีเอ็มพีซี

จากที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา นั้น พอร์ตอินพุทเอาต์พุททั้ง 1,024 พอร์ตในไอบีเอ็มพีซีจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 512 พอร์ต สำหรับในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการใช้งานพอร์ตต่าง ๆ เหล่านี้ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา

ในกลุ่มแรกของพอร์ตอินพุทเอาต์พุท ที่อยู่บนเมนบอร์ดของไอบีเอ็มพีซี ซึ่งจะมีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 0000H จนถึง 01FFH (ขอให้ระลึกอยู่เสมอว่า A10-A15 นั้นไม่ถูกใช้งาน) หรือมีบิตแอดเดรส A9 เป็น “0” นั่นเอง

สำหรับแอดเดรสของพอร์ตอินพุทเอาต์พุท ในกลุ่มนี้จะถูกใช้ในการอ้างแอดเดรสของชิพพอร์ต และอุปกรณ์ที่เป็นอินพุทหรือเอาต์พุทต่าง ๆ บนเมนบอร์ดของไอบีเอ็มพีซี เช่น แอดเดรส 0000H จนถึง 000FH จะถูกใช้เป็นแอดเดรสสำหรับ 8237-5 ดีเอ็มเอ คอนโทรลเลอร์ (8237-5 DMA controller) เป็นต้น

ในรูปที่ 4.2 จะแสดงถึงการใช้งานแอดเดรสต่าง ๆ ตั้งแต่ 0000H จนถึง 03FFH ในการอ้างแอดเดรสของชิพพอร์ต และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่เป็นอินพุทหรือเอาต์พุทบนเมนบอร์ดของ ไอบีเอ็มพีซี

จากรูปจะเห็นว่าแอดเดรส 00C0H จนถึงแอดเดรสต่าง ๆ ซึ่งตามแอดเดรสเหล่านี้ยังคงถูกถอดรหัสให้เป็นแอดเดรสที่ใช้ในการอ่านข้อมูลจากพอร์ตอินพุทเอาต์พุท บนเมนบอร์ดเท่านั้น ดังนั้นการใช้ค่าแอดเดรส 00C0H-01FFH กับพอร์ตอินพุทเอาต์พุทบนการ์ดหรือวงจรรินเตอร์นัลที่เราสร้างขึ้นนั้นต้องเป็นพอร์ตเอาต์พุทเพียงชนิดเดียวเท่านั้น กล่าวคือจะทำการอ่านข้อมูลจากพอร์ตอินพุทเอาต์พุท (ที่ไม่ได้อยู่บนเมนบอร์ด) ที่มีค่าแอดเดรสอยู่ในช่วง 00C0H-01FFH ไม่ได้

ในกลุ่มที่สองนี้จะเป็นกลุ่มของพอร์ตอินพุทเอาต์พุท ที่ถูกใช้งานบนการ์ดที่ใช้เสียบสล็อตต่าง ๆ ของไอบีเอ็มพีซี สำหรับแอดเดรสของพอร์ตเหล่านี้จะเริ่มขึ้นจากแอดเดรส 0200H จนถึง 03FFH ซึ่งก็คือแอดเดรสที่มีบิต A9 เป็น “1” นั่นเอง สำหรับการใช้อัดเดรสของพอร์ตอินพุทเอาต์พุท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hex range	Usage	
000-00F	DMA chip 8237A-5	Assigned to system board components
020-021	Interrupt 8259A	
040-043	Timer 8253-5	
060-063	PPI 8255A-5	
080-083	DMA page registers	
0Ax	NMI mask register	
0Cx	Reserved	
0Ex	Reserved	
100-1FF	Not usable	
200-20F	Game control		Assigned to feature card ports
210-217	Expansion unit	
220-24F	Reserved	
278-27F	Reserved	
2F0-2F7	Reserved	
2F8-2FF	Asynchronous communications (2)	
300-31F	Prototype card	
320-32F	Fixed disk	
378-37F	Printer	
380-38C	SDLC communications	
380-389	Binary synchronous communications (2)	
3A0-3A9	Binary synchronous communications (1)	
3B0-3BF	IBM monochrome display/printer	
3C0-3CF	Reserved	
3D0-3DF	Color/graphics	
3E0-3F7	Reserved	
3F0-3F7	Diskette	
3F8-3FF	Asynchronous communications (1)	

รูปที่ 4.2 การใช้งานแอดเดรสของพอร์ตบนไอบีเอ็มพีซี

แต่อย่างไรก็ตามการใช้แอดเดรสในกลุ่มนี้อาจจะเปลี่ยนแปลงไปได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งานการ์ดต่าง ๆ ร่วมกับไอบีเอ็มพีซี โดยการ์ดที่ถูกออกแบบผลิตขึ้นใหม่นั้นอาจจะใช้ค่าแอดเดรสต่าง ๆ ที่เหลืออยู่ก็ได้ ดังนั้นก่อนที่จะทำการออกแบบวงจรอินเทอร์เฟซที่จำเป็นต้องใช้ค่าแอดเดรสสำหรับพอร์ตอินพุทเอาต์พุท จึงควรตรวจสอบดูก่อนว่าการ์ดต่าง ๆ ที่ใช้อยู่ในระบบของไอบีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีซีที่เราใช้งานอยู่นั้นมีการ์ดไคบ้าง และการ์ดเหล่านั้นใช้งานแอดเดรสไคบ้างจากนั้นจึงทำการออกแบบวงจรอินเทอร์เฟส โดยเลือกใช้เฉพาะแอดเดรสที่ยังไม่ถูกใช้งาน

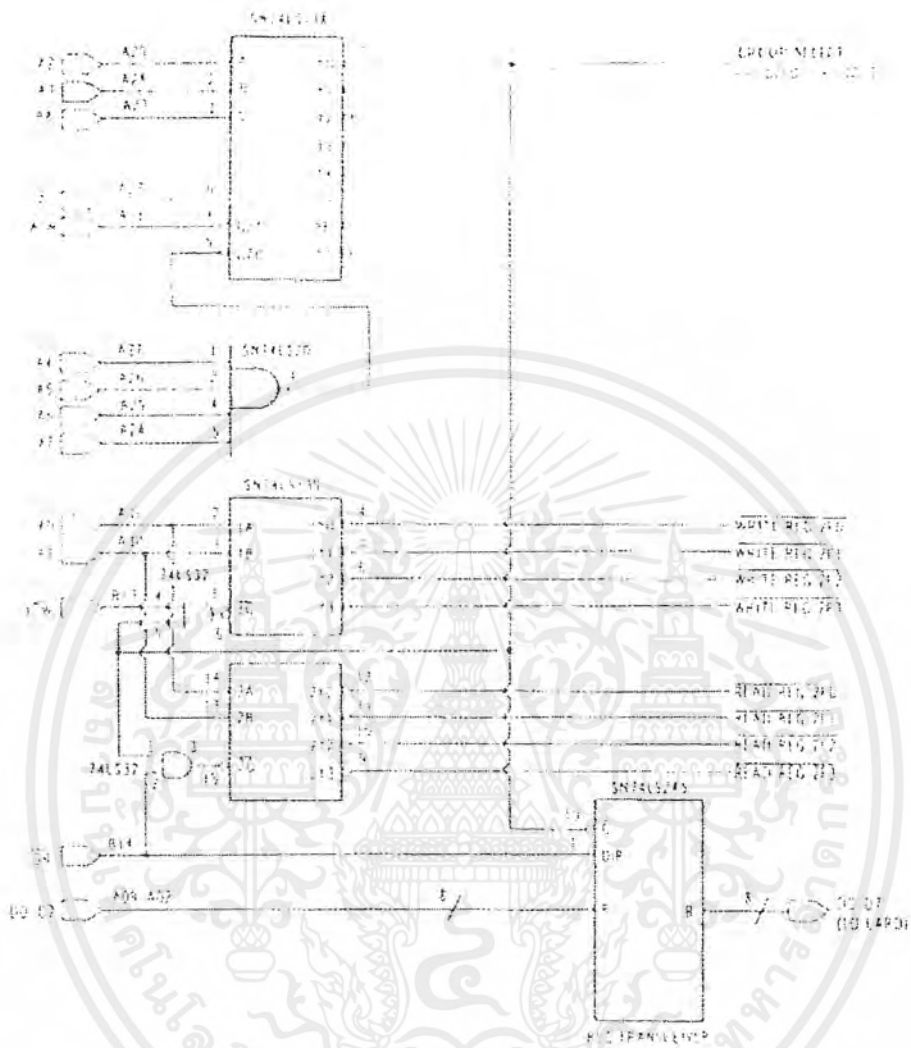
4.3 เทคนิคในการถอดรหัสแอดเดรสสำหรับ

พอร์ตอินพุทเอาต์พุท (I/O PORT)

ในหัวข้อต่าง ๆ ที่ผ่านมาข้างต้น ได้กล่าวถึงการอ้างแอดเดรสและการใช้งานแอดเดรสต่าง ๆ ของพอร์ตอินพุทเอาต์พุท ในไอพีเอ็มพีซี สำหรับในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการตีโค้ดแอดเดรสต่าง ๆ ให้เป็นไปตามที่เราต้องการ

4.3.1 การตีโค้ดแบบ Fixed

วิธีการถอดรหัสแบบนี้เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกในการถอดรหัสแอดเดรส และการใช้งานแอดเดรสต่าง ๆ ของพอร์ตอินพุทเอาต์พุท ซึ่งวิธีนี้เป็นการกำหนดจำนวนของแอดเดรสที่เราต้องการใช้ จากนั้นจึงทำการเลือกบิตของแอดเดรสที่ยังไม่ถูกใช้งาน โดยการ์ดหรือวงจรมินิโพลาร์พีซีอื่น ๆ (บิตของแอดเดรสที่เลือกต้องมีจำนวนแอดเดรสที่เราต้องการสำหรับวงจรที่ใช้ในการถอดรหัสแอดเดรสแบบนี้จะแสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างวงจรดีโค้ดแอดเดรสแบบ Fixed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นได้ว่าวงจรที่ใช้นี้เป็นวงจรที่สามารถทำการถอดรหัสแอดเดรสได้ 8 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีจำนวนแอดเดรส 4 แอดเดรส ซึ่งแอดเดรสทั้ง 8 กลุ่มจะแสดงได้ดังตารางข้างล่าง

กลุ่ม	แอดเดรส
0(Y0)	02F0H-02F3H
1(Y1)	02F4H-02F7H
2(Y2)	02F8H-02FBH
3(Y3)	02FCH-02FFH
4(Y4)	03F0H-03F3H
5(Y5)	03F4H-03F7H
6(Y6)	03F8H-03FBH
7(Y7)	03FCH-03FFH

ตารางที่ 4.1 แสดงแอดเดรสของกลุ่มแอดเดรสทั้ง 8

สำหรับในตัวอย่างนี้จะเลือกใช้การถอดรหัสแอดเดรสในกลุ่ม 0 (เริ่มจากแอดเดรส 02F0H จนถึง 03F0H) คือใช้สัญญาณเอาท์พุท (สัญญาณเลือกกลุ่ม(GROUPSELECT)) จากขา Y0 (ขา 15) ของ 74LS138 ไปทำการออร์ (OR) กับสัญญาณ IOR และ IOW เพื่อสร้างสัญญาณอื่นาเปิดของวงจรถอดรหัส (74LS139) แอดเดรสอีก 4 แอดเดรสซึ่งแบ่งเป็น 2 ชุด คือชุดที่เป็น ไรท์ รีจิสเตอร์ (WRITE REG) ซึ่งจะแอกทีฟ (ลอจิก “0”) เมื่อซีพียูต้องการจะส่งข้อมูลให้กับวงจรรายนอก (สัญญาณ IOW แอกทีฟ) และชุดที่เป็น ริด รีจิสเตอร์(READ REG) ซึ่งจะแอกทีฟเมื่อ ซีพียูต้องการอ่านข้อมูลจากวงจรรายนอก (สัญญาณ IOR แอกทีฟ) สัญญาณไรท์ รีจิสเตอร์ และ ริด รีจิสเตอร์นี้โดยทั่วไปจะนำไปเป็นสัญญาณสโตรบ (STROBE) ให้กับวงจรรายนอกที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สามารถส่งหรือรับข้อมูลจากซีพียูได้ในช่วงเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้สัญญาณเลือกกลุ่ม ยังถูกนำไปใช้ในการอื่นาเปิดบัฟเฟอร์ 74LS245 เพื่อให้ซีพียูส่งหรือรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกได้เมื่อแอดเดรสในกลุ่มนี้ถูกเลือก สำหรับทิศทางของข้อมูลจะถูกควบคุมโดยสัญญาณ IOR ส่วนสัญญาณ AEN จะถูกนำมาใช้ในการคิสเอเบิ้ลวงจรถอดรหัส โดยถ้าสัญญาณ AEN เป็น “1” ซึ่งเป็นช่วงเวลาของขบวนการ DMA นั้น 74LS138 จะถูกนำมาใช้ในการคิสเอเบิ้ลทันทีทั้งนี้เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น เนื่องจากการถอดรหัสแอดเดรสของพอร์ตในระหว่างขบวนการ DMA นั้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่เดียวกันสัญญาณ IOR หรือ IOW ก็จะแอกทีฟด้วยดังนั้นถ้าไม่คิเสอเบิลวงจรถอดครหัสไว้ แล้วอาจจะทำให้วงจรถอดครหัสคิดว่าแอกเครสบนบัสแอกเครสเป็นแอกเครสของพอร์ตอินพุทเอาท์พุทก็ได้)

ในการถอดรหัสแอกเครสกับพอร์ตอินพุทเอาท์พุท เราจะต้องคำนึงถึงช่วงเวลาของสัญญาณที่เกิดขึ้นในขบวนการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงบนพอร์ตอินพุทเอาท์พุท ดังนี้

1. ในช่วงเริ่มต้นของบัสไซเคิลที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตอินพุทเอาท์พุทนั้น ถ้าสัญญาณจากวงจรถอดรหัสมีการหน่วงเวลา (Delay) มากเกินไป อาจจะทำให้สัญญาณถอดรหัสนี้เกิดขึ้นหลังจากที่สัญญาณ IOR หรือ IOW แอกทีฟ และเนื่องจากค่าแอกเครสบนบัสแอกเครสนั้นเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ดังนั้นก่อนที่ค่าแอกเครสที่ถูกต้องจะถูกส่งมาบนบัสแอกเครสนั้น วงจรถอดรหัสจะได้รับค่าแอกเครสค่าอื่น ๆ อยู่ถ้าหากวงจรถอดรหัสมีการหน่วงเวลามากเกินไปแล้ว สัญญาณถอดรหัสแอกเครสที่ไม่ถูกต้องนี้อาจจะถูกหน่วงเวลาจนเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สัญญาณ IOR หรือ IOW เกิดขึ้นแล้วก็ได้ ทำให้ข้อมูลนั้นถูกส่งไปยังพอร์ตที่ไม่ถูกต้อง สำหรับในไอบีเอ็มพีซีจะถูกออกแบบให้การหน่วงเวลาในวงจรถอดรหัสนั้นมีค่าไม่เกิน 92 นาโนวินาที

2. ในช่วงท้ายของบัสไซเคิลในการเขียนข้อมูลลงบนพอร์ตอินพุทเอาท์พุทนั้น ถ้าสัญญาณ IOW มีการหน่วงเวลาออกไป และวงจรถอดรหัสมีความเร็วในการทำงานสูงแล้วอาจจะทำให้ข้อมูลในบัสไซเคิลนี้ถูกส่งไปให้กับพอร์ตอินพุทเอาท์พุท ที่มีแอกเครสตรงกับค่าแอกเครสในบัสไซเคิลต่อไปก็ได้สำหรับในไอบีเอ็มพีซีสัญญาณ IOW จะมีหน่วงเวลาไม่เกิน 200 นาโนวินาที

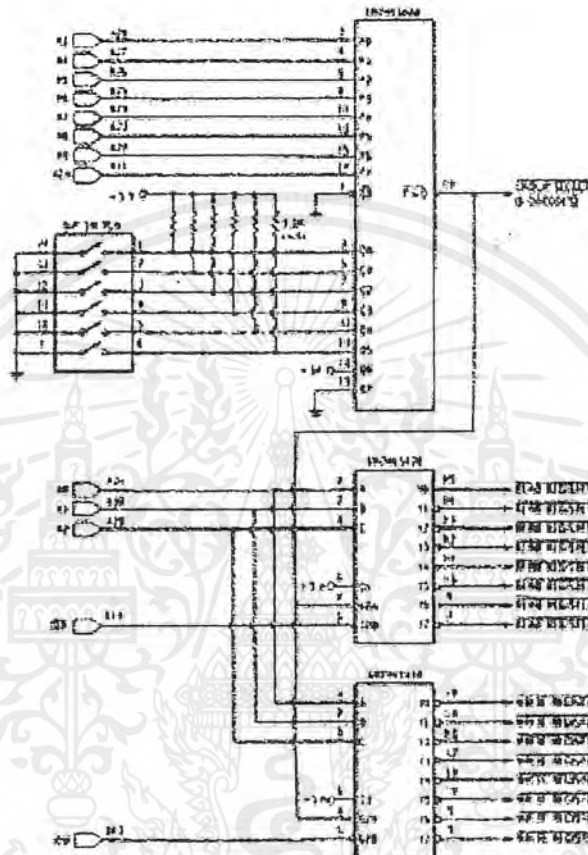
อย่างไรก็ตามช่วงเวลาที่ต้องสนใจมากอีกช่วงหนึ่งก็คือ ช่วงเวลาระหว่างขอบขาขึ้นของสัญญาณ IOW กับช่วงเวลาที่ข้อมูลที่ถูกส่งออกมาบนบัสข้อมูล ถ้าสัญญาณ IOW ถูกหน่วงเวลาไปเกิน 120 นาโนวินาทีแล้ว อาจจะทำให้พอร์ตอินพุทเอาท์พุท ได้รับข้อมูลที่ไมถูกต้องก็ได้ และสำหรับสัญญาณ IOR นั้นถ้ามีการหน่วงเวลาเกิดขึ้นแล้วจะทำให้ความเร็วในการอ่านข้อมูลลดลง

4.3.2 การถอดรหัสแบบสวิตซ์เลือก

การถอดรหัสแบบ Fixed ก็ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา มีข้อเสียอยู่บางประการคือ แอกเครสที่เราเลือกใช้งาน ใวนั้นอาจซ้ำกับแอกเครสของการ์ดอื่นที่เรานำมาเพิ่มเข้าไปในระบบภายหลังก็ได้ซึ่งในกรณีเช่นนี้เราต้องแก้ไขวงจรเพื่อหลีกเลี่ยงไปใช้แอกเครสอื่นที่ยังว่างอยู่และไม่ถูกใช้งานโดยการัดที่จะเพิ่มเข้าไปใหม่ ซึ่งยุ่งยากและต้องเสียเวลามากขึ้น ปัญหาเช่นนี้เราสามารถแก้ไขได้โดยใช้วงจรถอดรหัสที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าแอกเครสได้ โดยเพียงแต่เปลี่ยนตำแหน่งของสวิตซ์ (ในที่นี้คือคิพสวิตซ์) ที่กำหนดไว้ใวงจรถ่านนั้นดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ได้โดยใช้วงจรถอดรหัสที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าแอดเดรสได้ โดยเพียงแค่เปลี่ยนตำแหน่งของสวิตช์ (ในที่นี้คือคิพสวิตช์) ที่กำหนดไว้ในวงจรเท่านั้นดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างวงจรถอดรหัสโดยใช้สวิตช์เลือก

จากรูปเป็นวงจรที่ทำการถอดรหัสกลุ่มแอดเดรสขนาด 8 แอดเดรส ซึ่งการเลือกกลุ่มแอดเดรสที่จะทำการถอดรหัสนี้จะได้โดยการกำหนดคิพสวิตช์ที่ขา Q0-Q5 ของ 74LS688

สำหรับหน้าที่ของ 74LS688 นี้จะทำการเปรียบเทียบค่าของอินพุต 2 ชุดที่ถูกส่งเข้ามาทาง P0-P6 และขา Q0-Q7 ถ้าอินพุตทั้งสองชุดนี้เท่ากันแล้วเอาที่พุทที่ขา P เท่ากับที่ขา Q จะทำให้เอาท์พุทเป็นลอจิก “0” จากในวงจรขา P0-P6 ของ 74LS688 ต่อกับแอดเดรสบิต A3-A9 ในขณะที่ขา Q0-Q5 ต่อกับความต้านทานที่ทำหน้าที่เป็นพูลอัพ (Pull Up) (รักษาระดับแรงดันให้เป็นลอจิก “1” ไว้ในกรณีที่ไม่มีอินพุตใด ๆ เข้ามา) และขา Q0-Q5 นี้จะต่อกับปลายข้างหนึ่งของคิพสวิตช์ด้วย ส่วนอีกปลายหนึ่งของคิพสวิตช์นั้นจะต้องลงกราวด์ (ลอจิก “0”) ไว้ ดังนั้นถ้าเราทำการเปิด (ON)

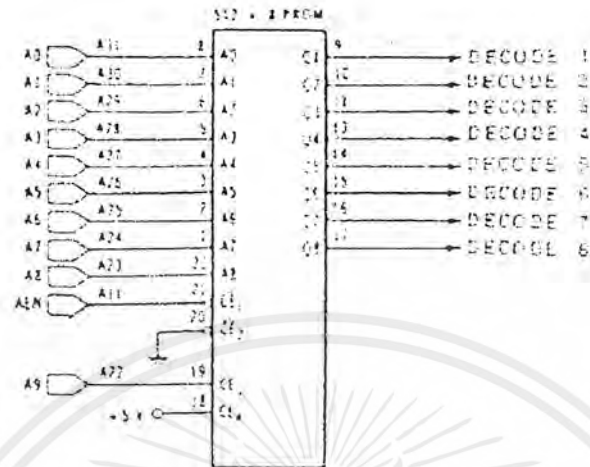
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปิด (OFF) ขานันก็จะได้รับลอจิก “1” และเนื่องจากอินพุตที่ขา P0-P5 (แอดเดรส A3-A9) ต้องเท่ากับอินพุตที่ขา Q0-Q5 ดังนั้นถ้าเปลี่ยนแปลงการกำหนดคิพสวิทซ์เหล่านี้ก็จะทำให้แอดเดรสบิท A3-A5 ซึ่งต่อกับขา P0-P5 นั้นจะต้องเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยจึงจะทำให้เอาต์พุตของ 74LS688 แอดดีพได้ทำให้เราสามารถเปลี่ยนแปลงค่าแอดเดรสที่ต้องการจะถอดรหัสได้ง่ายกว่าวิธีถอดรหัสแบบ Fixed สำหรับขา Q6 นั้นจะต่อกับลอจิก “1” (+5V) และขา P6 ต่อกับแอดเดรสบิท A9 ในกรณีเช่นนี้จึงเท่ากับเป็นการบังคับให้แอดเดรสที่ทำการถอดรหัสได้นั้น จะต้องมียแอดเดรสบิท A9 เป็น “1” เท่านั้น ส่วนขา P7 จะต่อกับสัญญาณ AEN โดยมีขา Q7 ต่อกับลอจิก “0” การต่อในลักษณะนี้ก็เพื่อป้องกันไม่ให้ 74LS688 ทำการถอดรหัสในระหว่างการ DMA นั้นเอง เอาต์พุตจากขา P เท่ากับเอาต์พุตที่ขา Q ของ 74LS688 จะถูกนำไปใช้ในการอินเวิร์ต 74LS688 ซึ่งทำหน้าที่ในการถอดรหัสแอดเดรส 8 แอดเดรสของกลุ่มแอดเดรสที่เราเลือก (โดยใช้คิพสวิทซ์)

วงจรในลักษณะนี้เราสามารถจะนำไปใช้เป็นการถอดรหัสในแบบ Fixed ได้โดยการนำเอาคิพสวิทซ์ออก จากนั้นถ้าอินพุตใดต้องการลอจิก “0” จึงจะใช้ตัวนำเชื่อมต่อระหว่างขั้วทั้งสองแทนการกำหนดคิพสวิทซ์ให้เปิด แต่ถ้าอินพุตใดต้องการลอจิก “1” ก็ปล่อยขั้วทั้งสองนั้นไว้

4.3.3 การถอดรหัสโดยใช้พรอม (PROM)

การถอดรหัสในแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้น เป็นการถอดรหัสในลักษณะที่แอดเดรสของพอร์ดต่าง ๆ อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม แต่ในบางกรณีพอร์ดที่เราใช้งานนั้นมีแอดเดรสแยกกันอย่างเป็นอิสระ เช่น ในการนำเอาหน้าที่ที่อยู่บนการ์ดต่าง ๆ มารวมไว้บนการ์ดเพียงการ์ดเดียว และมีความจำเป็นต้องคงค่าแอดเดรสของพอร์ดเดิม (ที่อยู่บนการ์ดเดิม) ไว้ด้วย ทำให้ไม่สามารถใช้การถอดรหัสในแบบต่าง ๆ ที่ผ่านมาได้ เนื่องจากการใช้วิธีการถอดรหัสในแบบที่ผ่านมานั้นจะทำให้ต้องใช้อุปกรณ์ที่ทำการถอดรหัสมากขึ้นไป ในกรณีเช่นนี้เราจำเป็นต้องใช้การถอดรหัสอีกแบบหนึ่งซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อนี้คือการถอดรหัสโดยใช้พรอม (PROM, Programmable Read Only Memory) ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างวงจรถอดรหัสโดยการใช้พรอม (PROM)

จากรูปข้างต้นเป็นวิธีง่าย ๆ แบบหนึ่งโดยใช้พรอม ซึ่งจะเห็นได้ว่า เราใช้เส้นแอดเดรส A0-A8 ของระบบต่อเข้ากับเส้นแอดเดรส A0-A8 ของพรอม และใช้บิตข้อมูลทั้ง 8 ของพรอม คือ Q1-Q8 เป็นเอาต์พุต สำหรับใช้เป็นสัญญาณถอดรหัสให้กับพอร์ตต่าง ๆ 8 พอร์ต อย่างไรก็ตามสัญญาณถอดรหัสทั้ง 8 เส้น คือ DECODE1-DECODE8 นี้ยังคงต้องนำไปออร์กับสัญญาณ IOR หรือ IOW ก่อนที่จะนำไปเปิดพอร์ตรหัสที่มีแอดเดรสตรงกับแอดเดรสที่ป้อนให้กับพรอมนั้น

จากที่กล่าวมานั้นจะเห็นได้ว่าส่วนของวงจรถอดรหัสนั้นจะมีพรอมเพียงตัวเดียวเท่านั้น ซึ่งพรอมที่จะนำมาใช้งานนี้จะต้องถูกโปรแกรมมาก่อนแล้ว โดยข้อมูลที่โปรแกรมให้กับแอดเดรสต่าง ๆ ของพรอมนั้นจะต้องสัมพันธ์กับสัญญาณถอดรหัสที่เราต้องการ กล่าวคือเราจะต้องทราบเสียก่อนว่าค่าแอดเดรสของพอร์ตทั้ง 8 ที่เราต้องการจะถอดรหัสนั้นมีแอดเดรสใดบ้าง แล้วจึงกำหนดว่าพอร์ตใดจะใช้สัญญาณถอดรหัสเส้นใด จากนั้นจึงโปรแกรมข้อมูลให้กับพรอม โดยแอดเดรสใดถ้าต้องการให้สัญญาณถอดรหัสแอดเดรส (ในที่นี้จะกำหนดให้สัญญาณถอดรหัสแอดเดรสที่ฟลิก “0”) ก็กำหนดค่าให้แอดเดรสของพอร์ตที่เราต้องการจะถอดรหัสเป็น 0393H และเลือกให้สัญญาณ DECODE 5 เราก็ต้องทำการโปรแกรมให้แอดเดรส 0393H ของพรอม (เลขที่แอดเดรสของพรอมเป็น 0393H เหมือนกับแอดเดรสพอร์ตก็เพราะแอดเดรสของ PROM มีเพียง 9 บิตคือ A0-A8 เท่านั้น ส่วนบิต A9 จะถูกต่อกับพรอมในภายหลังเพื่อเปิดพรอม เมื่อข้อมูลในบิต A9 นี้เป็น “1” เท่านั้น) มีข้อมูลในบิต Q5 (ถ้านับเริ่มจากบิต D0 ก็คือบิต D4) เป็น “0” ส่วนบิตอื่น ๆ นั้นมีค่าเป็น “1” ทั้งหมด ดังนั้นการโปรแกรมแอดเดรส 0393H ของพรอม จึงต้องโปรแกรมด้วยข้อมูล 0EFH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นคั่น สำหรับข้อมูลในแอดเดรสอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากแอดเดรสทั้ง 8 ที่กำหนดแล้ว จะต้องโปรแกรมให้ข้อมูลทุกบิตเป็น “1” ทั้งหมดซึ่งก็คือ โปรแกรมด้วยข้อมูล 0FEH นั่นเอง

ตัวอย่างเช่น ถ้าแอดเดรสของพอร์ตทั้ง 8 ที่เราต้องการจะดีโค้ดเป็น 024A, 02B5, 0317, 0361, 03A8, 034C และ 03DB ในฐานสิบหกตามลำดับ โดยกำหนดให้สัญญาณจากการถอดรหัสแอดเดรสเหล่านี้เป็นสัญญาณ DECODE1 จนถึง DECODE8 ตามลำดับแล้ว (เช่นสัญญาณจากการถอดรหัส 024AH ก็คือสัญญาณ DECODE1 และสัญญาณจากการถอดรหัส 02B5H คือสัญญาณ DECODE2 เป็นต้น) เราจะต้องทำการ โปรแกรมพรม ให้มีข้อมูลสัมพันธ์กับเอาต์พุตที่เราต้องการ ดังนี้

1. แอดเดรสของพอร์ตเป็นแอดเดรสที่บิต A9 ถูกใช้งานร่วมด้วย โดยในบิตนี้จะต้องมีข้อมูลเป็น “1” ในขณะที่แอดเดรสของพรม จะมีเพียง 9 บิต คือ A0-A9 เท่านั้น เราจึงจัดแอดเดรสของพรม เมื่อเทียบกับแอดเดรสของพอร์ตดังนี้

แอดเดรสของพอร์ต (บิต A9 ถูกใช้งาน)	แอดเดรสของพรม (เฉพาะบิต A0-A9)
024A	04A
02B5	0B5
0317	117
0361	161
0382	182
03A8	1A8
03C4	1C4
03D4	1DB

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบแอดเดรสของพอร์ต และพรม

2. ข้อมูลที่จะโปรแกรมให้กับแอดเดรสทั้ง 8 ของพรม จะต้องสัมพันธ์กับเอาต์พุตที่ต้องการ เช่น ถ้ามีการอ้างถึงแอดเดรสของพอร์ต 02B5H แล้ว PROM จะต้องให้เอาต์พุตที่มีลอจิก “0” ที่ขา Q2 (DECODE2) ส่วนเอาต์พุตที่ขาอื่นต้องเป็น “1” ดังนั้นจึงต้องโปรแกรมให้แอดเดรส 00B5H ของพรม มีข้อมูลเป็น 1111 1101 (ฐานสอง) หรือ 0FDH เป็นต้น สำหรับแอดเดรสอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากแอดเดรสทั้ง 8 นี้แล้วจะต้องถูกโปรแกรมให้มีข้อมูลเป็น OFF (ฐานสิบหก) ทั้งหมด ดังนี้

แอดเดรสของพวอม (ฐานสิบหก)	ข้อมูล (ฐานสิบหก)
000-049	0FF
04A	0FE
04B-0B4	0FF
0B5	0FD
0B6-116	0FF
117	0FB
118-160	0FF
161	0F7
162-181	0FF
182	0EF
183-1A7	0FF
1A8	0DF
1A9-1C3	0FF
1C4	0BF
1C5-1DA	0FF
1DB	07F
1DC-1FF	0FF

ตารางที่ 4.3 การป้อนข้อมูลแอดเดรสของพวอม เป็นฐานสิบหก

อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงเสมอ เมื่อใช้วิธีการถอดรหัสแบบนี้นี้ก็คือ พวอมที่ใช้นั้นจะ ต้องใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่า 92 นาโนวินาทีด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การเพิ่มจำนวนแอดเดรสของพอร์ตบนไอบีเอ็มพีซี

จากที่กล่าวมาแล้วนั้นภายในไอบีเอ็มพีซีนั้น ได้ออกแบบให้มีการอ้างแอดเดรสของพอร์ต (โดยวงจรอินเทอร์เฟซภายนอก; ไม่รวมพอร์ตที่อ้างถึงโดยระบบบนเมนบอร์ดของไอบีเอ็มพีซีอีก 512 พอร์ต) ได้เพียง 512 พอร์ตจากจำนวนที่ 8088 สามารถอ้างได้สูงสุดถึง 64K พอร์ต และในจำนวน 512 พอร์ตดังกล่าวนี้ได้ถูกใช้งานโดยอุปกรณ์หรือการ์ดต่าง ๆ ไปไม่น้อย ซึ่งอาจจะทำให้การออกแบบใช้งานวงจรอินเทอร์เฟซที่จำเป็นต้องใช้แอดเดรสของพอร์ตจำนวนมากนั้นอาจเกิดปัญหาขึ้นได้ ดังนั้นในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงวิธีการง่าย ๆ ในการเพิ่มจำนวนแอดเดรสของพอร์ตต่าง ๆ บนไอบีเอ็มพีซี

บทที่ 5

การสร้างบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม

การสร้างบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุมสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

- 5.1 การออกแบบบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม
- 5.2 การรวมวงจรทั้งหมดเข้าด้วยกัน
- 5.3 ออกแบบลายวงจร

5.1 การออกแบบ

การออกแบบบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุมมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

- 5.1.1 เลือกจำนวนของช่องสัญญาณที่ต้องการ
- 5.1.2 ออกแบบวงจรให้ได้ตามคุณสมบัติที่ต้องการ
- 5.1.3 เลือกไอซีที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ

5.1.1 การเลือกจำนวนช่องสัญญาณที่ต้องการ

การเลือกจำนวนช่องสัญญาณสามารถเลือกจากความถี่การใช้งานและความเหมาะสมในทันทีที่ต้องการออกแบบให้สามารถรับส่งสัญญาณได้ทั้งอนาลอกและดิจิทัล โดยออกแบบไว้คือ

- สัญญาณอนาลอก
- ช่องรับสัญญาณ 16 ช่อง
 - ช่องส่งสัญญาณ 16 ช่อง
- สัญญาณดิจิทัล
- ช่องรับสัญญาณ 16 ช่อง
 - ช่องส่งสัญญาณ 16 ช่อง

5.1.1 การออกแบบวงจร

ในการออกแบบบอร์ดเลือกช่องสัญญาณ ต้องใช้หลายวงจรมารวมเข้าด้วยกัน ประกอบด้วยหลายส่วนสามารถแบ่งวงจรออกเป็นส่วนต่างๆได้ดังนี้

5.1.2.1 วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

5.1.2.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2.3 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก

5.1.2.4 วงจรรับสัญญาณดิจิทัล

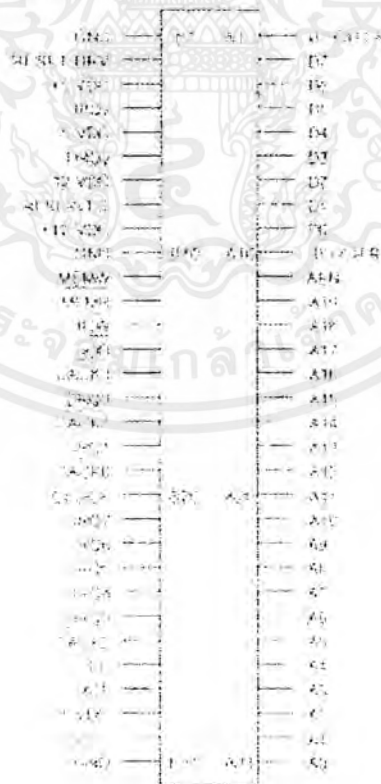
5.1.2.5 วงจรส่งสัญญาณดิจิทัล

5.1.2.1 วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

เป็นส่วนที่ใช้เชื่อมคอมพิวเตอร์กับวงจรต่างๆ โดยใช้ไอซี 8255 ในการขยายช่องสัญญาณ (Port) ให้เพียงพอในการใช้งาน

หลักการทํางาน

การติดต่อของคอมพิวเตอร์กับวงจรมี จะติดต่อผ่านทางสล็อตไอเอสเอของไอบีเอ็มพีซีทั่วไป คอมพิวเตอร์จะทำการเลือกที่จะติดต่อกับอุปกรณ์โดยใช้แอดเดรสในการติดต่อ เพราะฉะนั้นต้องตั้งค่าแอดเดรสของบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุมนี้ไม่ให้ซ้ำกับแอดเดรสของอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว(สามารถดูได้จากรูปที่ 4.2) ศึกษาสัญญาณต่างๆที่สล็อตไอเอสเอว่ามีสัญญาณอะไรบ้าง ดูได้จากรูปที่ 5.1 เพื่อนำสัญญาณมาใช้ได้ถูกต้อง



รูปที่ 5.1 สล็อตไอเอสเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ใช้มีดังนี้

D0-D7 : ใช้สำหรับรับส่งข้อมูล

AEN : สัญญาณที่ทำงานเมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ ปกติจะเป็น “1”
เมื่อต้องการติดต่อก็จะเป็น “0”

A0-A9 : แอดเดรสที่คอมพิวเตอร์ส่งออกเพื่อติดต่อกับอุปกรณ์และใช้ในการเลือกอุปกรณ์

\overline{IOR} : สัญญาณจะทำงานเมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการที่จะรับข้อมูลจากคาตาบัส

\overline{IOW} : สัญญาณจะทำงานเมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการที่จะส่งข้อมูลลงคาตาบัส

RESET DRV : สำหรับลบข้อมูลที่ตั้งค่าไว้ที่บอร์ด์

± 12 VDC : ไฟฟ้าสำหรับเลี้ยงวงจร

± 5 VDC : ไฟฟ้าสำหรับเลี้ยงวงจร

GND : กรานด์ของวงจร

ในที่นี้เลือกแอดเดรสตำแหน่งที่ 300-303 เพื่อใช้อ้างอิงถึงพอร์ตของ 8255 ดังตารางข้างล่างนี้

แอดเดรส	พอร์ตของ 8255
300	พอร์ต A
301	พอร์ต B
302	พอร์ต C
303	พอร์ตควบคุม

ตารางที่ 5.1 แสดงแอดเดรสเพื่อติดต่อกับพอร์ตของ 8255

ในปฏิญานีพจนานุกรมนี้การตั้งค่าสถานะพอร์ตของ 8255 จะตั้งค่าไว้ดังนี้ (ค่าของพอร์ตควบคุม=90H)

สถานะของพอร์ต	พอร์ตของ 8255
อินพุต	พอร์ต A
เอาต์พุต	พอร์ต B
เอาต์พุต	พอร์ต C

ตารางที่ 5.2 แสดงสถานะพอร์ตของ 8255

วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์สามารถแยกวงจรได้เป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจแอดเดรสว่าคอมพิวเตอร์ต้องการติดต่อกับบอร์ด์ หรือ ไม่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนที่ทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูล

ส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจแอดเดรส

หลักการทำงาน

เครื่องคอมพิวเตอร์เมื่อต้องการติดต่อกับอุปกรณ์จะส่งแอดเดรสของอุปกรณ์นั้นออกมาพร้อมกับข้อมูลและสัญญาณต่างไปทุกอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ อุปกรณ์ที่มีแอดเดรสเดียวกับที่ส่งออกมาจะรับหรือส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับสัญญาณที่ส่งมาด้วย วงจรนี้จะทำงานเมื่อสัญญาณ AEN เท่ากับ "0" การตรวจแอดเดรสจะตรวจแอดเดรสตั้งแต่ A2-A9 เท่านั้น เพราะว่าบัสจะทำงานเมื่อแอดเดรสมีค่า 300-303 ค่าที่ A0-A1 จะเปลี่ยนค่าตามพอร์ตของ 8255 ที่ต้องการติดต่อกับ เมื่อตรวจค่าได้ตรงกับแอดเดรสที่ตั้งค่าไว้จะส่งสัญญาณเพื่อให้บัฟเฟอร์ข้อมูลและ 8255 ทำงาน(ส่วนรับส่งข้อมูล)

อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้

1. 74LS688 ทำหน้าที่เปรียบเทียบข้อมูลขนาด 8 บิต เมื่อเท่ากันจะส่งสัญญาณทำงานที่สถานะต่ำ(Active Low) เพื่อใช้เป็นสัญญาณเลือก(Enable) ไอซีอื่นๆภายในวงจรเชื่อมต่อ
2. ดิฟสวิทช์ 8 บิต(Dip Switch 8 bit)
3. ความต้านทานชนิดคอมมอน 9 ขา 10 กิโลโอมห์(R-network 10k)

ส่วนที่ทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูล

หลักการทำงาน

ในสล็อตไอเอสเอจะมีพอร์ตรับ-ส่งข้อมูล(8 บิต)แค่ 1 พอร์ตเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้เพียงพอ กับความต้องการจึงใช้ 8255 ขยายพอร์ตเป็น 3 พอร์ต รับสัญญาณต่างๆโดยผ่านบัฟเฟอร์ก่อนเพื่อ ป้องกันเมนบอร์ด (Main Board) เกิดความเสียหายในกรณีที่เกิดปัญหาที่วงจรและมีการแปลค่าสัญญาณ(Decode)เพื่อป้องกันความผิดพลาดของสัญญาณที่ใช้ในการเลือกบัฟเฟอร์รับส่งข้อมูลก็คือ บัฟเฟอร์นี้จะทำก็ต่อเมื่อมีสัญญาณ \overline{IOR} หรือ \overline{IOW} และ สัญญาณเลือกจากส่วนตรวจแอดเดรส เท่านั้น เมื่อมีสัญญาณ \overline{IOR} 8255 จะส่งข้อมูลจากพอร์ตไปที่ดาตาบัสหรือสัญญาณ \overline{IOW} 8255 จะรับข้อมูลจากดาตาบัสพอร์ตส่งออกพอร์ต จะรับหรือส่งจากพอร์ต ไหนขึ้นอยู่กับสัญญาณ A0-A1 ตามตารางที่ 5.4

ในปัญญานิพนธ์นี้จะใช้พอร์ตของ 8255 ทำหน้าที่ในบอร์ดทั้งหมดดังตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตของ 8255	หน้าที่ของพอร์ต
พอร์ต A	อินพุต
พอร์ต B	เอาต์พุต
พอร์ต C	สัญญาณควบคุม

ตารางที่ 5.3 แสดงหน้าที่ของพอร์ต 8255 ในบอร์ดทั้งหมด

อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้

1. 8255 ใช้ในการขยายพอร์ต
2. 74LS245 เป็นบัฟเฟอร์จำนวน 2 ตัว
3. 74LS08 (And Gate)
4. 74LS32 (Or Gate)

คุณสมบัติของวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

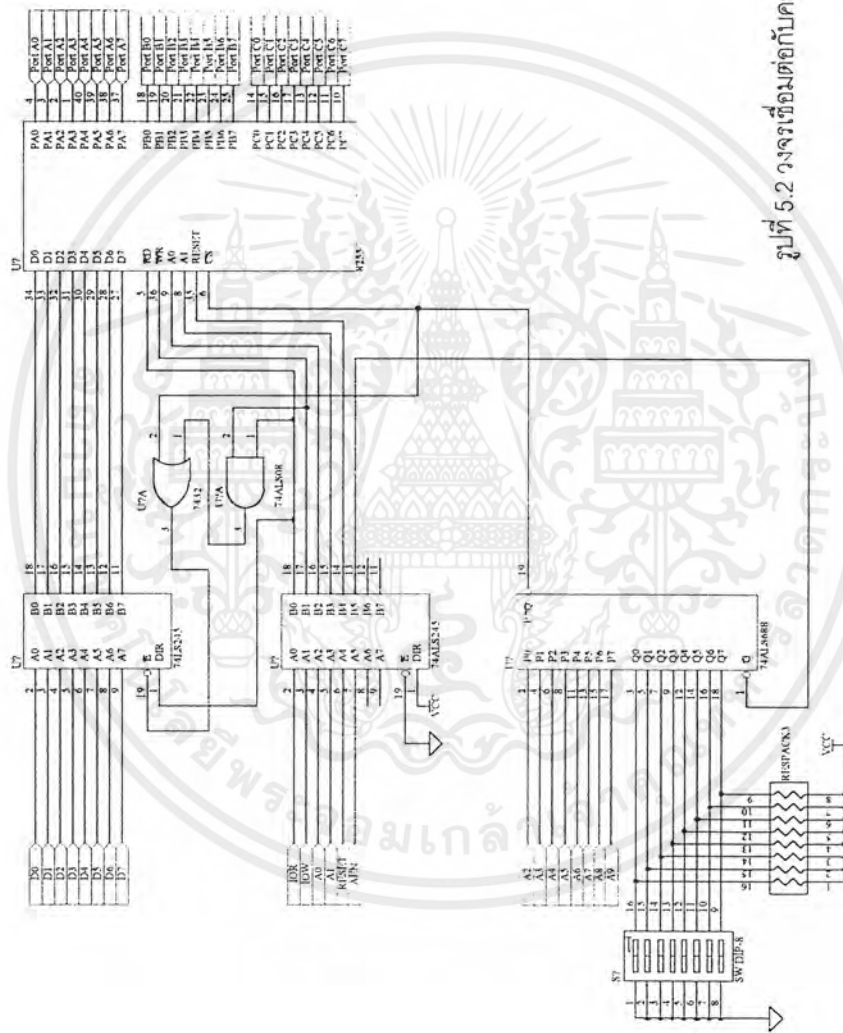
- สามารถตั้งค่าแอดเดรสของวงจรที่ดิฟสวิทช์ (เมื่อ "ON" จะมีค่าเป็น "0") โดยตั้งค่าให้ตรงกับค่าแอดเดรสที่ต้องการตั้งแต่ A2-A9
- ใช้ A0 และ A1 ในการแปลค่าเพื่อติดต่อกับพอร์ตของ 8255 ดังนี้

A1	A0	พอร์ตของ 8255
0	0	พอร์ต A
0	1	พอร์ต B
1	0	พอร์ต C
1	1	พอร์ตควบคุม

ตารางที่ 5.4 แสดงค่าของ A0,A1 กับ พอร์ตของ 8255

เมื่อนำวงจรย่อยมารวมกันจะได้วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่สมบูรณ์ดังรูปที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

Title: Interface card 8255			
Size: B	Number: 1	Test:	Revision:
Date: 15-Mar-2006	Drawn by: D:\PROG\PC\CPU8255\IBJ.SCH		Sheet of: Multi-Page
File:			Page: 6

5.1.1.1 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับสัญญาณที่เป็นอนาลอกเข้ามาแล้วแปลงค่าของสัญญาณเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถนำค่าที่ได้มาประมวลผลแล้วทำการส่งค่าออกไปเพื่อควบคุมระบบตาม โปรแกรม เพื่อให้ได้จำนวนของสัญญาณเท่ากับที่ได้เลือกไว้ เพราะฉะนั้นจึงต้องใช้มัลติเพล็กซ์เซอร์เข้าร่วมด้วย เพื่อขยายช่องสัญญาณตามความต้องการที่ออกแบบไว้ แต่จะมีผลให้เวลาในการสแกนรับค่าที่เข้ามาแต่ละช่องนั้นมากขึ้นเมื่อมีช่องสัญญาณมากขึ้น บอร์ดที่ได้ออกแบบไว้นี้สามารถเขียนโปรแกรมให้สามารถรับค่าเฉพาะช่องสัญญาณที่ต้องการใช้ได้ ไม่จำเป็นต้องใช้ทุกช่องสัญญาณ

อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้

1. MAX153 ไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล
2. MX7506 ไอซีมัลติเพล็กซ์เซอร์ 16 ช่องสัญญาณ
3. MAX6350 ไอซีสร้างแรงดันอ้างอิง +5 โวลต์
4. 74LS245 ไอซีบัฟเฟอร์



รูปที่ 5.3 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล

สัญญาณควบคุมที่จำเป็นต้องใช้กับวงจรนี้ได้แก่

สัญญาณที่ใช้กับ MAX153

- \overline{RD} สัญญาณเริ่มการแปลงค่าทำงานเมื่อสถานะเป็น "0"
- \overline{CS} สัญญาณเลือกไอซีให้ทำงาน จะทำงานเมื่อสถานะเป็น "0"

สัญญาณที่ใช้กับ MX7506

- EN สัญญาณเลือกไอซีให้ทำงาน จะทำงานเมื่อสถานะเป็น "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- A0-A3 สัญญาณสำหรับเลือกช่องสัญญาณอินพุต การเลือกช่องสัญญาณดูได้จากตารางที่ 5.5

A3	A2	A1	A0	EN	ช่องที่ ไม่ทำงาน
x	x	X	x	0	
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	1	2
0	0	1	0	1	3
0	0	1	1	1	4
0	1	0	0	1	5
0	1	0	1	1	6
0	1	1	0	1	7
0	1	1	1	1	8
1	0	0	0	1	9
1	0	0	1	1	10
1	0	1	0	1	11
1	0	1	1	1	12
1	1	0	0	1	13
1	1	0	1	1	14
1	1	1	0	1	15
1	1	1	1	1	16

ตารางที่ 5.5 แสดงการเลือกช่องสัญญาณของมัลติเพลกเซอร์

สัญญาณที่ใช้กับ 74LS245

- \bar{E} สัญญาณเลือกไอซีให้ทำงาน

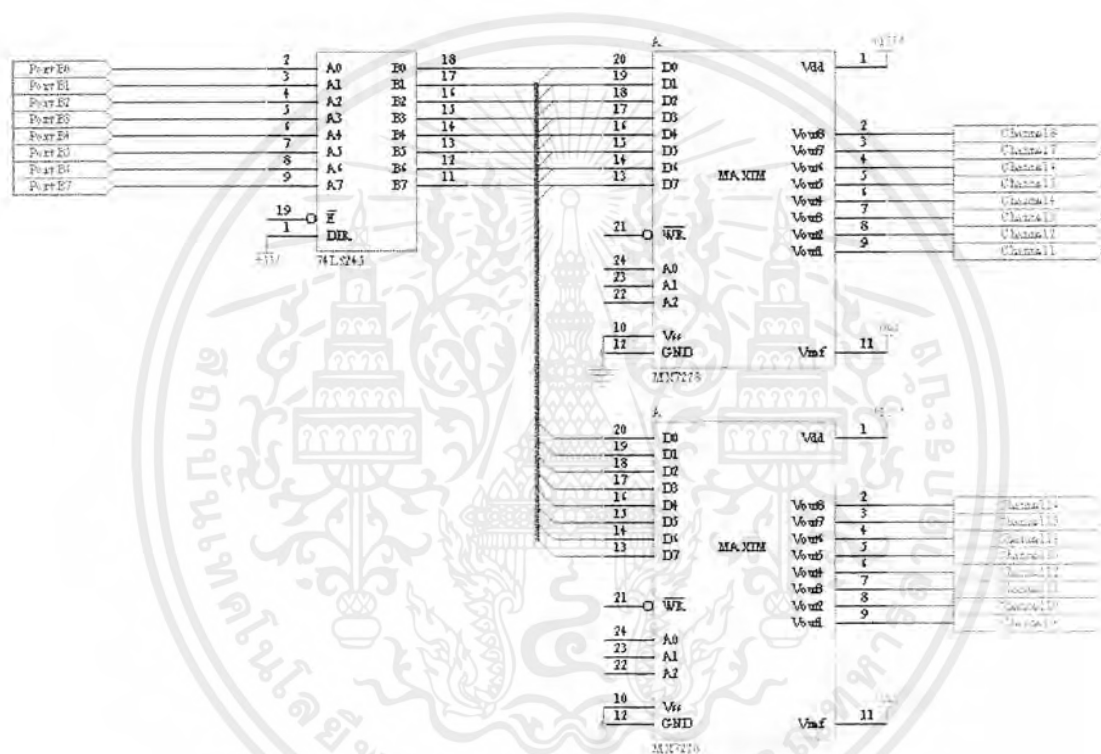
5.1.1.2 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณอนาลอกออกไปควบคุม โดยการรับค่าเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วส่งค่าออกเป็นสัญญาณอนาลอก โดยใช้ไอซีแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถนำค่าที่ประมวลผลได้แล้วส่งค่าออกไปเพื่อควบคุมระบบตามโปรแกรม เพื่อให้ได้จำนวนช่องสัญญาณเท่ากับที่ได้เลือกไว้ เพราะฉะนั้นจึงต้องใช้มัลติเพลกเซอร์เข้าร่วมด้วย ในปริยายานุกรณนี้ใช้ไอซีที่สามารถแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอกและมีมัลติเพลกเซอร์ในตัวเดียวกัน เพื่อขยายช่องสัญญาณตามความต้องการที่ออกแบบไว้ แต่จะมีผลให้เวลาในการส่งค่าที่ออกแต่ละช่องนั้นมากขึ้นเมื่อมีช่องสัญญาณมากขึ้น บอร์ดที่ได้ออกแบบไว้นี้สามารถเขียนโปรแกรมให้สามารถส่งค่าเฉพาะช่องสัญญาณที่ต้องการใช้ได้ไม่จำเป็นต้องใช้ทุกช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้

1. MX7228 ไอซีแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอกและมีโหมดคิเพิลกเซอร์ในตัวเองกันสามารถส่งสัญญาณอนาลอกออกได้ 8 ช่องสัญญาณ พร้อมทั้งค้ำค่าที่ส่งออกได้ด้วย ใช้จำนวน 2 ตัว
2. MAX6350 ไอซีสร้างแรงดันอ้างอิง +5 โวลต์
3. 74LS245 เป็นบัฟเฟอร์



รูปที่ 5.4 แสดงวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก

สัญญาณควบคุมที่จำเป็นต้องใช้กับวงจรนี้ได้แก่

สัญญาณที่ใช้กับ MX7228

- \overline{WR} สัญญาณเริ่มการแปลงค่าทำงานเมื่อสถานะเป็น "0"
- A0-A2 สัญญาณสำหรับเลือกช่องสัญญาณเอาต์พุต การเลือกช่องสัญญาณดูได้จากตารางที่ 5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{W/R}$	A2	A1	A0	การนับเลข
H	X	X	X	ไม่ทำงาน
L	L	L	L	ช่องที่ 1 แปลงค่า
R	L	L	L	ช่องที่ 1 ค้างค่าไว้
L	L	L	H	ช่องที่ 2 แปลงค่า
L	L	H	L	ช่องที่ 3 แปลงค่า
L	L	H	H	ช่องที่ 4 แปลงค่า
L	H	L	L	ช่องที่ 5 แปลงค่า
L	H	L	H	ช่องที่ 6 แปลงค่า
L	H	H	L	ช่องที่ 7 แปลงค่า
L	H	H	H	ช่องที่ 8 แปลงค่า

H:สถานะสูง, L:สถานะต่ำ, X:ไม่สนใจค่า, R:กลับคู่กลับสถานะสูง

ตารางที่ 5.6 แสดงการเลือกช่องสัญญาณของดีมัลติเพล็กซ์เซอร์

สัญญาณที่ใช้กับ 74LS245

- \overline{E} สัญญาณเลือก ไอซีให้ทำงานเพื่อส่งค่าดิจิทัลให้กับไอซี MX7228

5.1.1.3 วงจรรับสัญญาณดิจิทัล

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับสัญญาณดิจิทัล("0","1")จากภายนอก ส่วนมากจะมาจากสัญญาณวัดที่เป็นลักษณะของการเปิด-ปิด(On-Off) เช่น มิมิคสวิทช์ เป็นต้น แต่การรับค่าที่นำมาคำนวณนั้นจะรับทีละ 8 บิตก็คือรับค่าทีละ 8 ช่องสัญญาณนั่นเอง เพราะฉะนั้นต้องใช้การ โปรแกรมเข้ามาช่วยในการคำนวณค่าจึงจะสมบูรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้

1. 74LS245 เป็นบัฟเฟอร์ไอซีเชื่อมต่อระหว่างสัญญาณภายนอกกับวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 ตัว

2	A0	E8	18
3	A1	E1	17
4	A2	E2	16
5	A3	E3	15
6	A4	E4	14
7	A5	E5	13
8	A6	E6	12
9	A7	E7	11
19	Σ		
1	DIR		

2	A0	E8	18
3	A1	E1	17
4	A2	E2	16
5	A3	E3	15
6	A4	E4	14
7	A5	E5	13
8	A6	E6	12
9	A7	E7	11
19	Σ		
1	DIR		

รูปที่ 5.5 แสดงวงจรรับสัญญาณดิจิทัล

สัญญาณควบคุมที่จำเป็นต้องใช้กับวงจรนี้ ได้แก่

สัญญาณที่ใช้กับ 74LS245

- \bar{E} สัญญาณเลือกไอซีให้ทำงานเพื่อรับค่าดิจิทัลส่งให้กับวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

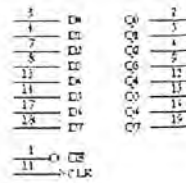
5.1.1.4 วงจรส่งสัญญาณดิจิทัล

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณดิจิทัล("0","1")ออกไปควบคุมระบบภายนอก ส่วนมากจะเป็นระบบที่ควบคุมที่เป็นลักษณะของการเปิด-ปิด เช่น คอนโทรลวาล์ว เป็นต้น แต่การส่งค่าออกไปนั้นจะส่งทีละ 8 บิตก็คือส่งค่าทีละ 8 ช่องสัญญาณนั่นเอง เพราะฉะนั้นต้องใช้การโปรแกรมเข้ามาช่วยในการส่งค่า โดยเขียนโปรแกรมที่สามารถส่งค่าออกไปได้โดยไม่เปลี่ยนสัญญาณควบคุมในช่องสัญญาณอื่นที่ทำการควบคุมอยู่

อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้

1. 74LS374 เป็นชิปฟลิปฟล็อปใช้เชื่อมต่อกันระหว่างสัญญาณภายนอกกับวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และสามารถค้างค่าได้ มีจำนวนชิปฟลิปฟล็อปภายใน 8 ตัว จำนวน 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

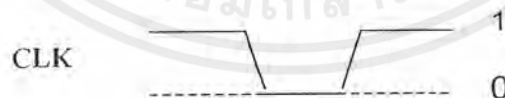


รูปที่ 5.6 แสดงวงจรส่งสัญญาณดิจิทัล

สัญญาณควบคุมที่จำเป็นต้องใช้กับวงจรนี้ได้แก่

สัญญาณที่ใช้กับ 74LS374

- CLK สัญญาณสำหรับเปลี่ยนค่าตามอินพุต ที่รับค่าดิจิทัลจากวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ลักษณะของสัญญาณที่ใช้ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 แสดงลักษณะของสัญญาณCLK

5.1.2 การเลือกไอซี

การเลือกไอซีเลือกจากจำนวนของช่องสัญญาณที่ออกแบบและวงจรที่ออกแบบไว้ให้ได้ คุณสมบัติตามความต้องการและสามารถนำมาใช้ได้สะดวกหรือไม่

ในปฏิญานีพจน์นี้ใช้ไอซีดังนี้(รายละเอียดของไอซีสามารถดูได้จากภาคผนวก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MX7506 ไอซีเลือกช่องสัญญาณอนาล็อก(Monolithic CMOS Analog Multiplexers)

มีคุณสมบัติดังนี้

- ใช้ไฟฟ้าสำหรับการทำงาน(ไฟเลี้ยง ไอซี) ± 4.5 ถึง ± 18 โวลต์
- สัญญาณในการเลือกไอซีสามารถใช้ได้ทั้งชนิด ทีทีแอล(TTL)และ ซีมอส(CMOS)
- มีช่องสัญญาณ 16 ช่อง
- จะไม่ค้างค่าของสัญญาณอินพุตเมื่อปิดไฟเลี้ยง แม้จะมีอินพุตป้อนอยู่ก็ตาม

MX7228 ไอซีแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก(CMOS Octal 8-bit D/A Converter)

- มีบัฟเฟอร์(Buffer)ทางด้านเอาต์พุต
- สามารถใช้ร่วมกับ ไมโคร โปรเซสเซอร์ได้
- สามารถใช้สัญญาณควบคุม ได้ทั้งชนิด ทีทีแอล และ ซีมอส
- มีช่องสัญญาณอนาล็อกส่งออก 8 ช่องและค้ำค่าของสัญญาณไว้ได้
- สามารถใช้ไฟฟ้าสำหรับการทำงานได้ทั้งแหล่งจ่ายเดี่ยว(Single)หรือสองแหล่งจ่าย (Dual)

MAX153 ไอซีแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล(8-Bit ADC with $1\mu A$ Power-Down)

มีคุณสมบัติดังนี้

- เวลาในการแปลงสัญญาณ(Conversion Time) 660 นาโนวินาที(ns)
- ไม่ต้องมีสัญญาณนาฬิกา(Clock)ภายนอก
- ใช้ไฟฟ้าสำหรับการทำงานได้ทั้งแหล่งจ่ายเดี่ยว +5 โวลต์ หรือสองแหล่งจ่าย ± 5 โวลต์
- สามารถใช้ร่วมกับ ไมโคร โปรเซสเซอร์ได้
- แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิต

MAX6350 ไอซีสร้างแรงดันอ้างอิงสำหรับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณ

ดิจิตอลและวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก

มีคุณสมบัติดังนี้

- จ่ายแรงดันอ้างอิงได้ +5 โวลต์
- มีสัญญาณรบกวนน้อยมาก
- มีความถูกต้องสูงมีความผิดพลาดเพียง $\pm 0.02\%$
- จ่ายกระแสได้ ± 15 มิลลิแอมป์(mA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีเสถียรภาพที่ดี

8255 เป็น ไอซีสำหรับขยายพอร์ตเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ

มีคุณสมบัติดังนี้

- มีพอร์ตสำหรับติดต่อ 3 พอร์ต
- สามารถค้างค่าเอาต์พุตได้
- มีความเร็วเพียงพอสำหรับการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ หรือไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป

74LS374 ไอซีสำหรับค้างค่าของสัญญาณเอาต์พุตของสัญญาณดิจิทัล

มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถค้างค่าของเอาต์พุตได้
- มีจำนวนดีฟลิปฟล็อปจำนวน 8 ตัวภายในไอซีตัวเดียว(ดีฟลิปฟล็อป 1 ตัวต่อ 1 ช่องสัญญาณ)

74LS245 เป็นบัฟเฟอร์เพื่อใช้ป้องกันการชนกันของข้อมูลและป้องกันความเสียหายที่จะ

เกิดกับวงจรรวมเนื่องอินพุต

มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถกำหนดทิศทางการรับส่งข้อมูลได้ โดยควบคุมที่ สัญญาณ DIR
- มีบัฟเฟอร์ภายในจำนวน 8 ตัว
- สามารถใช้งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ได้ดี

74LS688 เป็นไอซีที่ใช้เปรียบเทียบค่า 2 ค่าแล้วส่งสัญญาณ \bar{G}

มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถเปรียบเทียบค่า 8 บิต 2 ค่าได้
- มีสัญญาณเพื่อ ไปใช้เลือกการทำงานของไอซีตัวอื่นได้

5.2 การรวมวงจรทั้งหมดเข้าด้วยกัน

คือการรวมวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก วงจรรับสัญญาณดิจิทัลและวงจรส่งสัญญาณดิจิทัล เข้าด้วยโดยพอร์ตของ 8255 ทำหน้าตามตารางที่ 3.3 ไช่วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เป็นตัวกลางในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ แต่จะนำมารวมกันโดยตรงไม่ได้เพราะว่าพอร์ตของ 8255 มีไม่เพียงพอกับทุกวงจรเพราะฉะนั้นจึงใช้ร่วมกันคือถ้าเป็นสัญญาณอินพุตก็ใช้พอร์ตเอ สัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาท์พุทท์ก็ไซพอร์ตบี และใช้การแปลค่าโดยใช้วงจรถลอจิกแปลค่าของสัญญาณควบคุมซึ่งส่งออกมาทางพอร์ตซีเข้าช่วย พอร์ตซีที่ใช้ในการควบคุมมีความหมายดังตารางที่ 3.7

C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0
\overline{EN}	\overline{RD}	\overline{WR}	\overline{D}	A3	A2	A1	A0

ตารางที่ 5.7 แสดงความหมายของพอร์ตซี

\overline{EN} : สัญญาณที่ใช้เลือกให้วงจรถทำงาน

\overline{RD} : สัญญาณเมื่อต้องการรับค่าจากสัญญาณอินพุทท์

\overline{WR} : สัญญาณเมื่อต้องการส่งค่าออกเป็นสัญญาณเอาท์พุทท์

\overline{D} : สัญญาณเมื่อต้องการรับ-ส่งค่าเป็นสัญญาณดิจิทัล

A0-A3 : เลือกช่องสัญญาณรับ-ส่ง

5.2.1 วิธีการแปลสัญญาณของบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม

5.2.1.1 การรับสัญญาณอนาล็อก

จากสัญญาณควบคุมที่จำเป็นของวงจรถแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล นำสัญญาณควบคุมจากพอร์ตซีมาใช้จะได้อธิบาย

$$\overline{RD} \leftarrow \overline{EN} + \overline{RD} + \overline{D}$$

$$\overline{CS} \leftarrow \overline{EN} + \overline{D}$$

$$\overline{EN} \leftarrow \overline{EN} + \overline{D}$$

$$\overline{E} \leftarrow \overline{EN} + \overline{D}$$

A0-A3 \leftarrow A0-A3 ใช้เลือกช่องสัญญาณที่ต้องการรับค่า

5.2.1.2 การส่งสัญญาณอนาล็อก

จากสัญญาณควบคุมที่จำเป็นของวงจรถแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก โดยมีไอซีอยู่ 2 ตัวดังนั้นจะกำหนดให้ ช่องสัญญาณที่ 1-8 มาจากไอซีตัวที่ 1 และช่องสัญญาณที่ 9-16 มาจากไอซีตัวที่ 2 นำสัญญาณควบคุมจากพอร์ตซีมาใช้จะได้อธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\overline{WR1} \leftarrow \overline{EN} + \overline{WR} + \overline{D} + \overline{A3}$$

$$\overline{WR2} \leftarrow \overline{EN} + \overline{WR} + \overline{D} + \overline{A3}$$

$$\overline{E} \leftarrow \overline{EN} + \overline{D}$$

A0-A2 \leftarrow A0-A2 ใช้เลือกช่องสัญญาณที่ต้องการส่งค่า

5.2.1.3 การรับสัญญาณดิจิทัล

จากสัญญาณควบคุมที่จำเป็นของวงจรรับสัญญาณดิจิทัล บัฟเฟอร์ที่ใช้รับสัญญาณดิจิทัล 16 ช่องสัญญาณจะใช้บัฟเฟอร์ 2 ตัว กำหนดให้บัฟเฟอร์ตัวแรกรับสัญญาณช่องที่ 0-7 และบัฟเฟอร์ตัวที่สองรับสัญญาณช่องที่ 8-15 นำสัญญาณจากพอร์ตซีมาควบคุมจะได้ดังนี้

$$\overline{E1} \leftarrow \overline{EN} + \overline{RD} + \overline{D} + \overline{A3}$$

$$\overline{E2} \leftarrow \overline{EN} + \overline{RD} + \overline{D} + \overline{A3}$$

5.2.1.4 การส่งสัญญาณดิจิทัล

จากสัญญาณควบคุมที่จำเป็นของวงจรส่งสัญญาณดิจิทัล คือฟลิปฟล็อปที่ใช้ส่งสัญญาณดิจิทัล 16 ช่องสัญญาณจะใช้ฟลิปฟล็อป 2 ตัว กำหนดให้ฟลิปฟล็อปตัวแรกส่งสัญญาณช่องที่ 0-7 และฟลิปฟล็อปตัวที่สองรับสัญญาณช่องที่ 8-15 นำสัญญาณจากพอร์ตซีมาควบคุมจะได้ดังนี้

$$CLK1 \leftarrow \overline{EN} + \overline{WR} + \overline{D} + \overline{A3}$$

$$CLK2 \leftarrow \overline{EN} + \overline{WR} + \overline{D} + \overline{A3}$$

5.2.1 ไทม์มิงไคอะแกรมของการรับ-ส่งสัญญาณ

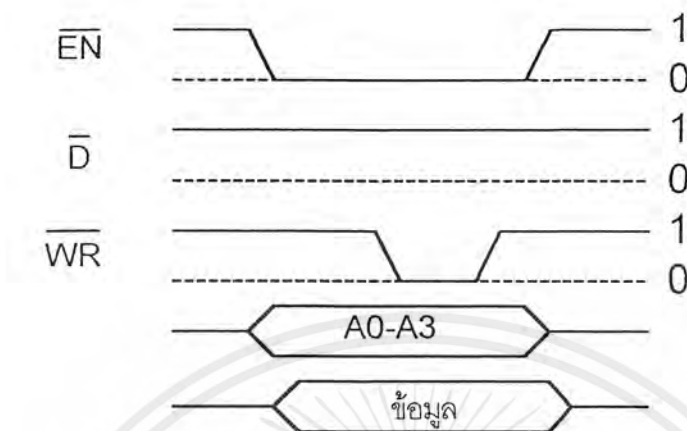
5.2.1.1 การรับสัญญาณอนาล็อก



รูปที่ 5.8 ไทม์มิงไคอะแกรมของการรับสัญญาณอนาล็อก

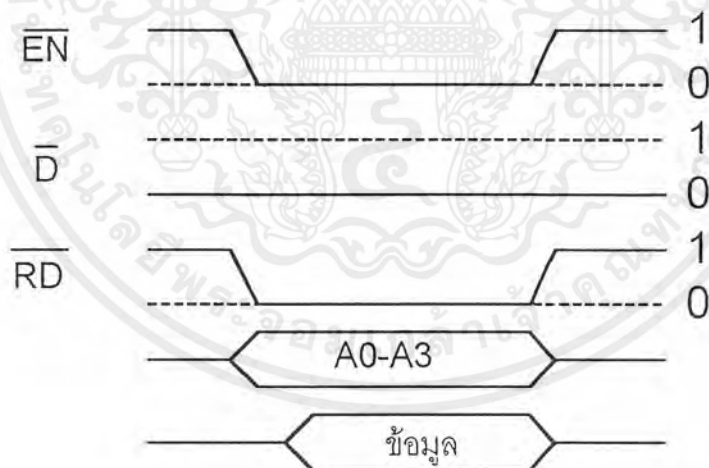
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1.2 การส่งสัญญาณอนาล็อก



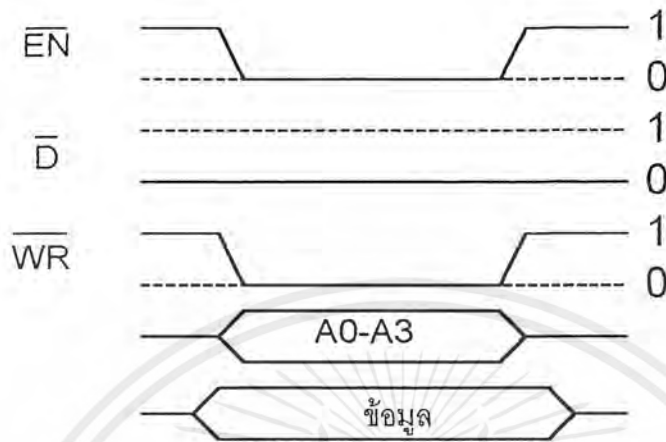
รูปที่ 5.9 ไทม์มิงไดอะแกรมของการส่งสัญญาณอนาล็อก

5.2.1.3 การรับสัญญาณดิจิทัล



รูปที่ 5.10 ไทม์มิงไดอะแกรมของการรับสัญญาณดิจิทัล

5.2.1.4 การส่งสัญญาณดิจิทัล



รูปที่ 5.11 ไทม์มิงไคอะแกรมของการส่งสัญญาณดิจิทัล

5.3 การออกแบบลายวงจร

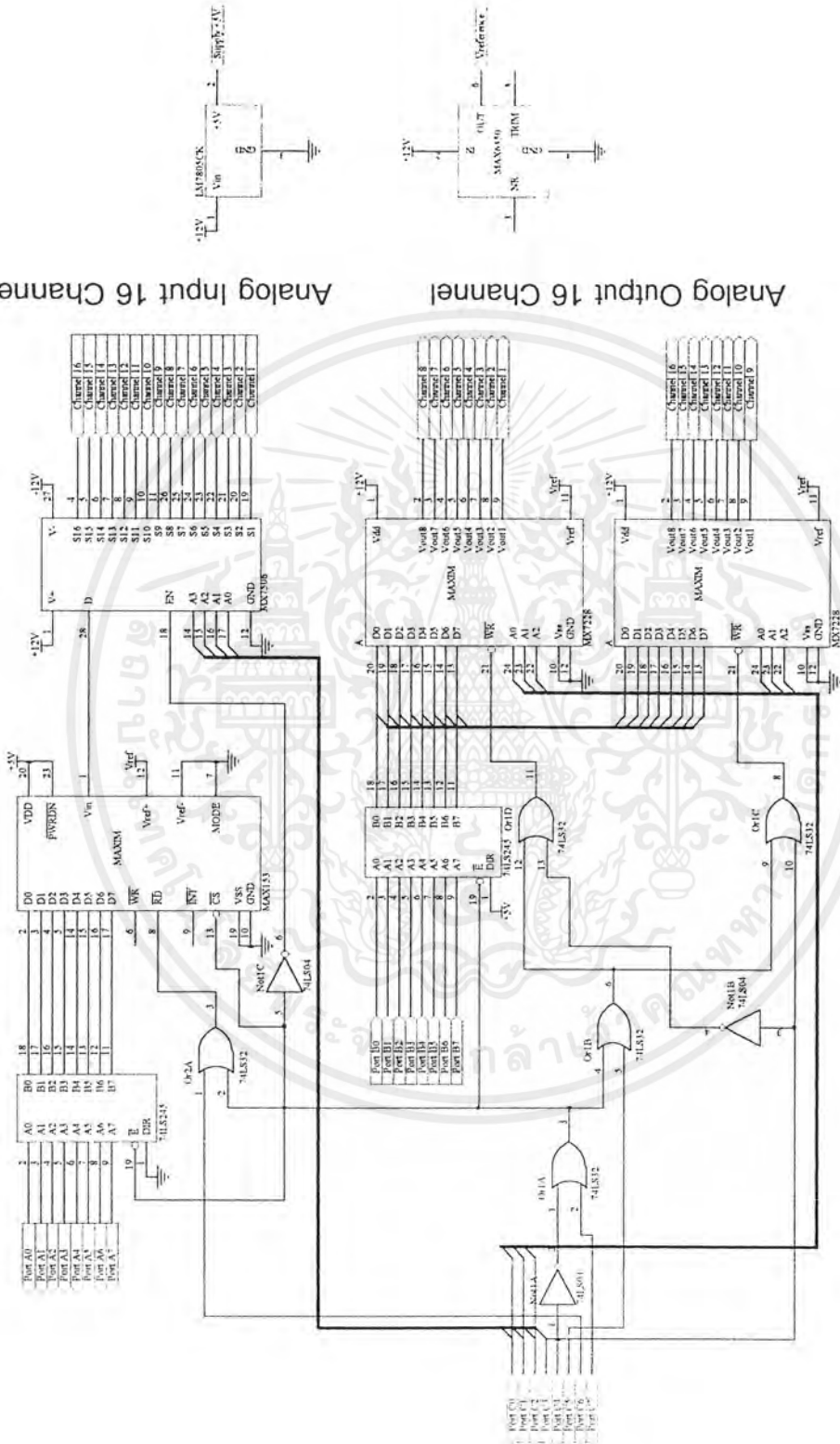
ออกแบบลายวงจร โดยใช้โปรแกรมโปรเทล(Protel 1.5) มีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

- 5.3.1 เขียนรูปวงจร โปรแกรมโปรเทลสคีมตติก(Protel Schematic 3.2)
- 5.3.2 วัดขนาดของแผ่นปริ้นซ์ที่สามารถเสียบได้สล็อต ไอเอสเอ ได้และสามารถใส่ไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
- 5.3.3 วัดขนาดของขาสัญญาณที่สล็อต ไอเอสเอและขนาดของอุปกรณ์ทั้งหมด
- 5.3.4 วางอุปกรณ์ภายในขนาดของแผ่นปริ้นซ์ อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันควรวางไว้ใกล้กันให้มากที่สุดเท่าที่สามารถทำได้
- 5.3.5 เชื่อมสายทองแดงตามรูปวงจรถ่ายที่เขียนขึ้นมา
- 5.3.6 เมื่อไม่สามารถเชื่อมสายได้เนื่องจากสายทับกัน ต้องเปลี่ยนการวางอุปกรณ์ใหม่ แล้วเริ่มต้นเชื่อมสายใหม่
- 5.3.7 เมื่อเชื่อมสายเสร็จเรียบร้อยแล้วก็ส่งลายวงจรที่อยู่ในรูปแฟ้มข้อมูล(File) ไปก๊อคลายวงจรที่ร้าน
- 5.3.8 เมื่อได้แผ่นปริ้นซ์เรียบร้อยแล้ว ต้องตรวจสอบว่าเชื่อมต่อดังกันหรือไม่ มีจุดที่สายทองแดงติดกัน(Short)หรือไม่
- 5.3.9 การตรวจสอบและแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วก็บัดกรีอุปกรณ์ลงบนแผ่นปริ้นซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analogue Output 16 Channel

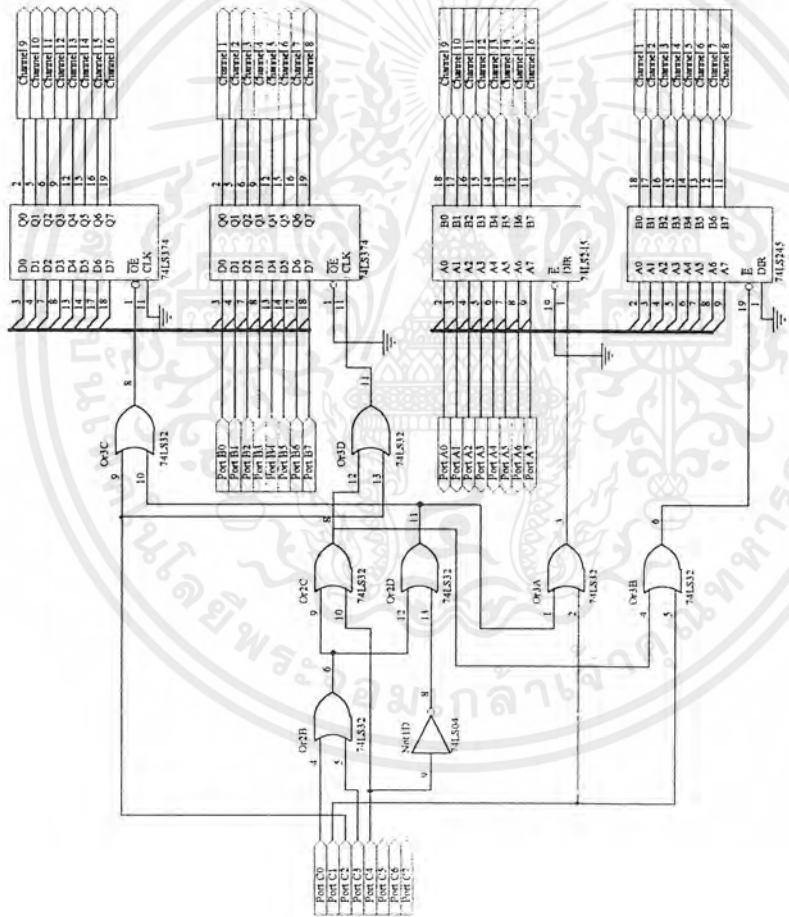
Analogue Input 16 Channel



Title	Number	Revision
Size	B	
File	D:\PROJECT\CH\ASU\001\SC1_1 Drawn by...	
Sheet	6	

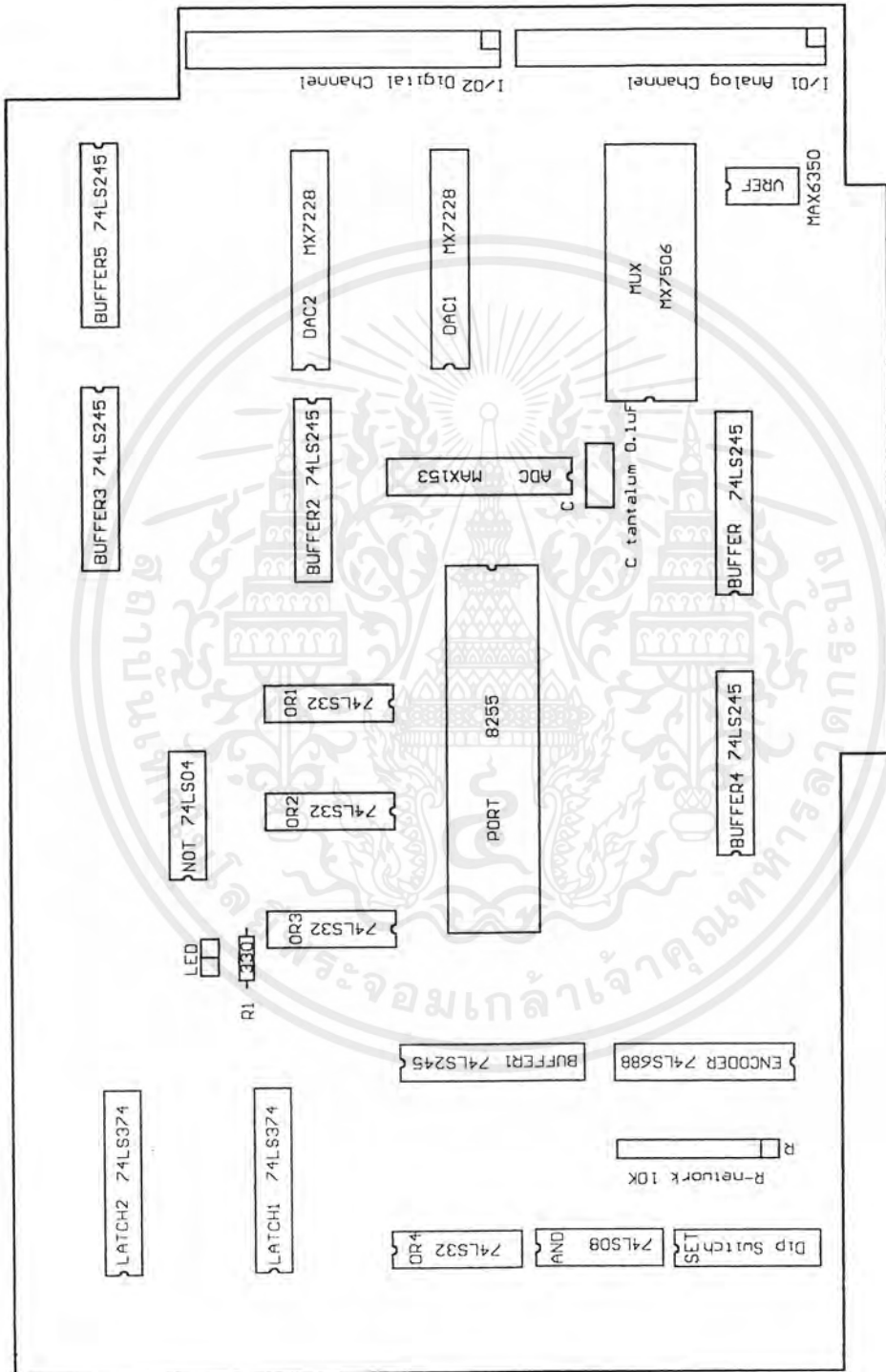
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับควรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 วิศวกรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Digital Input 16 Channel Digital Output 16 Channel



Title	Number	Revision
Sheet of	Sheet of	Revision
Date	Author	Drawn by
D:\PROJ\PCV\BUDGETAL\CAW		
6		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

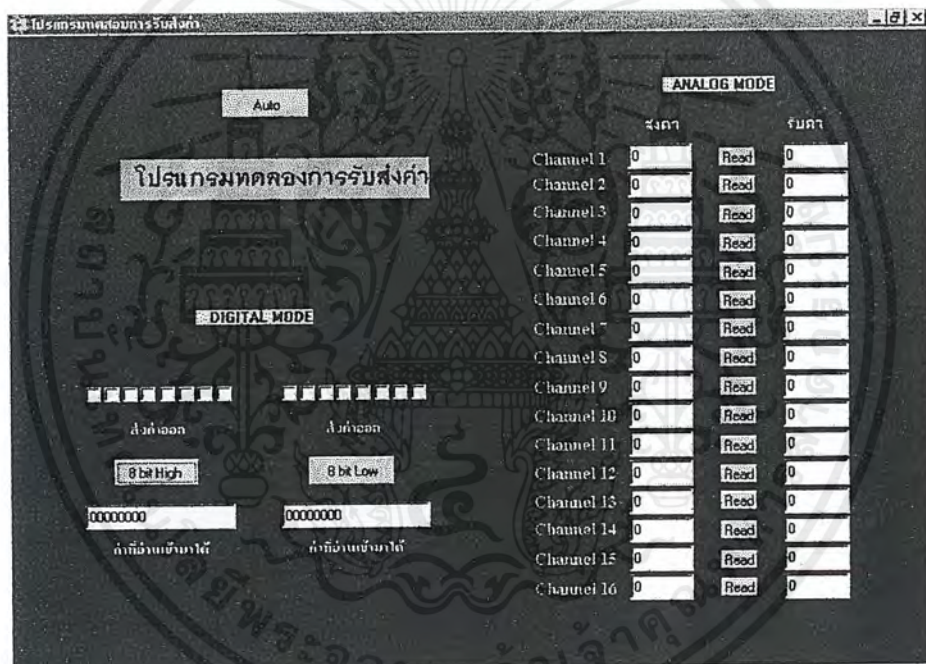


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ซอฟต์แวร์เพื่อการทดลอง

6.1 โปรแกรมทดลองการรับส่งข้อมูล



รูปที่ 6.1 โปรแกรมทดลองการรับส่งข้อมูล

โปรแกรมนี้มีจุดประสงค์เพื่อแสดงการทดสอบการรับส่งข้อมูลผ่านบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม โดยการต่อสายสัญญาณเป็นลักษณะป้อนกลับผ่านบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุมหรือจะรับสัญญาณจากภายนอกแล้วนำค่าที่รับได้แสดงค่าที่หน้าจอคอมพิวเตอร์และสามารถส่งสัญญาณควบคุมออกได้ด้วยจากการป้อนค่าที่หน้าจอ โดยแบ่งเป็นอินพุตแบบอนาล็อก 16 ช่องสัญญาณและแบบดิจิทัล 16 ช่องสัญญาณ และเอาท์พุทแบบอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

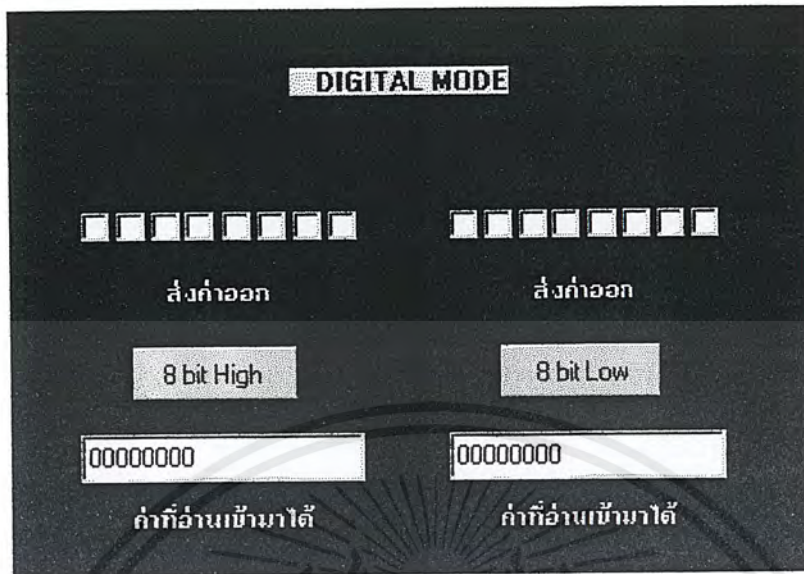
16 ช่องสัญญาณและแบบดิจิทัล 16 ช่องสัญญาณ เพื่อแสดงให้เห็นว่าบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่อ
งานควบคุมสามารถรับและส่งค่าได้ทั้งแบบอนาลอกและแบบดิจิทัลได้อย่างถูกต้อง

ANALOG MODE			
	ส่งค่า		รับค่า
Channel 1	0	Read	0.000
Channel 2	0	Read	0.000
Channel 3	0	Read	0.000
Channel 4	0	Read	0.000
Channel 5	0	Read	0.020
Channel 6	0	Read	0.020
Channel 7	0	Read	0.000
Channel 8	0	Read	0.000
Channel 9	0	Read	0.000
Channel 10	0	Read	0.000
Channel 11	0	Read	0.000
Channel 12	0	Read	0.000
Channel 13	0	Read	0.000
Channel 14	0	Read	0.020
Channel 15	0	Read	0.020
Channel 16	0	Read	0.000

รูปที่ 6.2 โปรแกรมส่วนรับส่งค่าอนาลอก

ส่วนของการรับส่งค่าแบบอนาลอก เริ่มต้นใส่ค่าเอาต์พุตตั้งแต่ 0 ถึง 5 แล้วกดที่ปุ่มรีด (Read) ด้านข้าง คอมพิวเตอร์จะทำการส่งสัญญาณควบคุมไปที่บอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุมตามช่องสัญญาณที่ป้อนค่า และจะรับค่าจากช่องรับสัญญาณของบอร์ดช่องสัญญาณแล้วแสดงค่าที่รับได้บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ช่องด้านข้าง (Receive) หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าจริงที่ส่งและรับได้มีหน่วยเป็น โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

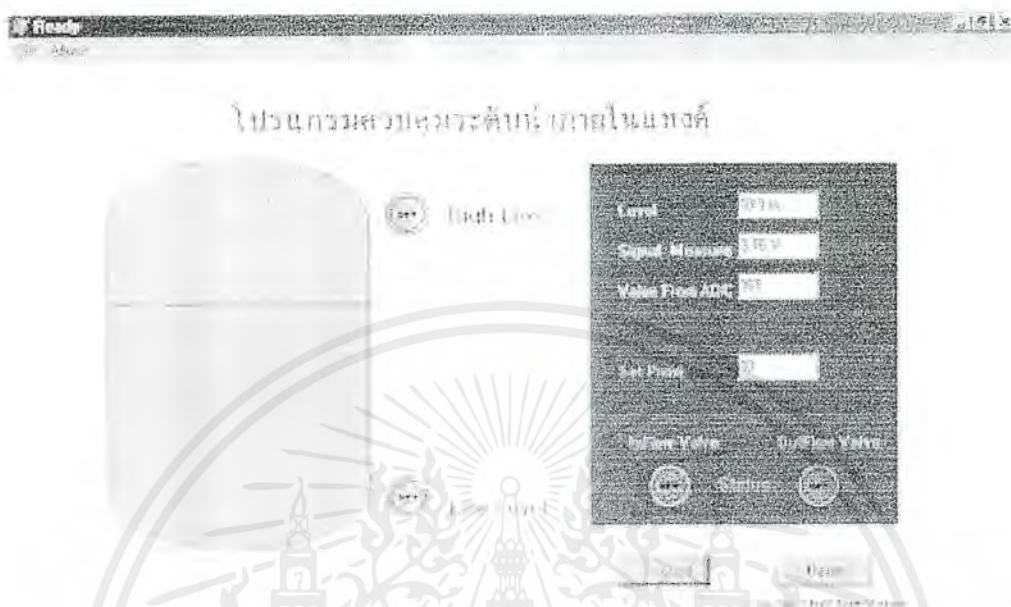


รูปที่ 6.3 โปรแกรมส่วนรับส่งค่าดิจิทัล

ส่วนของการรับส่งค่าแบบดิจิทัล เริ่มต้นใส่สัญญาณที่ต้องการส่งออกที่ช่องส่งค่าออก โดยการเลือกในช่อง แล้วกดปุ่มด้านล่างจะแสดงค่าที่รับได้ที่ช่องค่าที่อ่านเข้ามาได้ (ช่องที่เลือกจะแสดงค่า "1")

หมายเหตุ ถ้าต้องการรับส่งสัญญาณทั้งอนาล็อกและดิจิทัลตลอดเวลาให้กดที่ปุ่ม AUTO ถ้าต้องการหยุดให้กดอีกหนึ่งที

6.2 โปรแกรมควบคุมระดับน้ำภายในแทงค์



รูปที่ 6.4 โปรแกรมควบคุมระดับน้ำภายในแทงค์

โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมจำลองการควบคุมระดับน้ำ โดยการกำหนดความสูงของระดับน้ำก่อน คอมพิวเตอร์จะรับสัญญาณของระดับน้ำ(สัญญาณอนาล็อก)จากระบบจำลองผ่านบอร์ดช่องสัญญาณและทำการประมวลผลแล้วส่งสัญญาณควบคุม(สัญญาณดิจิทัล)ไปยังระบบจำลองเพื่อปรับค่าของระดับน้ำให้เท่ากับความสูงที่ได้กำหนดไว้ เมื่อมีการรบกวน เช่น การเปิดวาล์วที่ระบบโดยตรงทำให้ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงไปความสูงซึ่งกำหนดไว้แต่เดิม โปรแกรมจะพยายามรักษาระดับน้ำให้เข้าสู่ค่าที่กำหนดไว้เสมอ

การใช้โปรแกรม

1. เลือกที่เมนู File เลือกที่ Run โปรแกรมจะเริ่มทำงานสังเกตได้จากจะขึ้นข้อความที่มุมซ้ายบนว่า Running
2. ใส่ค่าที่ช่อง Set Point เพื่อกำหนดระดับความสูงที่ต้องการ
3. เมื่อต้องการปล่อยน้ำออกให้กดที่ปุ่มเปิด-ปิด OutFlow Valve ถ้าต้องการหยุดให้กดอีกที
4. ถ้าต้องการหยุดให้เลือกที่เมนู File เลือกที่ Stop

การต่อระบบจำลองเข้ากับบอร์ดช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อระบบจำลองเข้ากับบอร์ดช่องสัญญาณ

- สัญญาณ Inflow ต่อเข้ากับ ช่องส่งสัญญาณดิจิทัลช่องที่ 0
- สัญญาณ Outflow ต่อเข้ากับ ช่องส่งสัญญาณดิจิทัลช่องที่ 1
- สัญญาณ Level Signal ต่อเข้ากับช่องรับสัญญาณอนาล็อกช่องที่ 16
- ต่อ Gnd เข้ากับ Gnd ของบอร์ดช่องสัญญาณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองบอร์ดเลือกของสัญญาณเพื่องานควบคุมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

7.1 การทดลองวงจรย่อย

7.2 การทดลองวงจรรวมหรือบอร์ดเลือกของสัญญาณเพื่องานควบคุม

7.1 การทดลองวงจรย่อย

วงจรย่อยคือวงจรที่นำมารวมกันเป็นบอร์ดเลือกของสัญญาณเพื่องานควบคุมทั้งหมดมี 5 วงจรได้แก่

7.1.1 วงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

7.1.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

7.1.3 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

7.1.4 วงจรรับสัญญาณดิจิทัล

7.1.5 วงจรส่งสัญญาณดิจิทัล

7.1.1 การทดลองวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 5.2 สัญญาณที่ใช้ทดลองมีดังนี้

- สัญญาณข้อมูล 8 บิต

- \overline{IOR}

- \overline{IOW}

- AEN

- \overline{RESET}

- $A0 - A9$

วิธีการทดลองแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

7.1.1.1 ทดลองวงจรตรวจค่าแอดเดรส

- ตั้งค่าแอดเดรสที่ดิฟฟิวซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ป้อนค่าแอดเดรสที่ตั้งค่าไว้ที่คิฟสวิทช์ให้ตรงกัน(ใช้สัญญาณ A2-A9) พร้อมกับสัญญาณ AEN (เปลี่ยนสถานะให้เป็น “0”)
- ตรวจสอบขาสัญญาณ $\overline{P} = \overline{Q}$ ว่าเป็น “0”หรือไม่ ถ้าไม่ใช่ให้ตรวจที่สัญญาณ A0 – A9 ว่าตั้งค่าถูกต้องหรือไม่หรือตั้งค่าที่คิฟสวิทช์ถูกต้องหรือไม่ เมื่อได้สัญญาณ $\overline{P} = \overline{Q}$ เท่ากับ “0” แสดงว่าวงจรส่วนนี้สามารถทำงานได้

ผลการทดลอง

วงจรสามารถทำงานได้ถูกต้องเมื่อทำถูกต้องตามขั้นตอน

7.1.1.2 ทดลองรับค่าจากพอร์ตของ 8255

- เมื่อได้สัญญาณ $\overline{P} = \overline{Q}$ เท่ากับ “0” แล้วจะเป็นการเลือกให้ 8255 ทำงาน
- ให้สัญญาณ \overline{RESET} เป็น “0”
- ตั้งค่าที่สัญญาณข้อมูลเป็นค่าที่นำไปตั้งสถานะของพอร์ต 8255 ที่พอร์ตควบคุม
- ตั้งค่า A0และA1 เท่ากับ “1” และป้อนสัญญาณ \overline{IOW} (ตั้งค่าเท่ากับ “0”)
- นำขาสัญญาณข้อมูลต่อกับแอลอีดีและป้อนสัญญาณเข้าพอร์ตของ 8255(ตรงป้อนข้อมูลที่พอร์ตที่ตั้งค่าไว้เป็นอินพุต)
- ตั้งค่า A0และA1 ตามตารางที่ 5.4 ว่าจะรับข้อมูลจากพอร์ตที่ป้อนข้อมูลแล้วป้อนสัญญาณ \overline{IOR} แล้วดูว่าค่าที่แสดงที่แอลอีดีตรงกับค่าที่ป้อนหรือไม่

ผลการทดลอง

วงจรสามารถรับค่าที่ส่งมาได้ถูกต้อง และสามารถรับค่าจากพอร์ตเอาต์พุตได้ด้วย แต่ถ้าปีคสวิทช์จ่ายไฟเลี้ยงแล้วต้องทำการตั้งค่าสถานะของพอร์ต 8255 ใหม่ทุกครั้ง

7.1.1.3 ทดลองส่งค่าออกพอร์ตของ 8255

- เมื่อได้สัญญาณ $\overline{P} = \overline{Q}$ เท่ากับ “0” แล้วจะเป็นการเลือกให้ 8255 ทำงาน
- ให้สัญญาณ \overline{RESET} เป็น “0”
- ตั้งค่าที่สัญญาณข้อมูลเป็นค่าที่นำไปตั้งสถานะของพอร์ต 8255 ที่พอร์ตควบคุม
- ตั้งค่า A0และA1 เท่ากับ “1” และป้อนสัญญาณ \overline{IOW} จะเสร็จขั้นตอนการตั้งค่าสถานะพอร์ตของ 8255
- ต่อแอลอีดีที่พอร์ตเอาต์พุต
- ป้อนค่าที่ต้องการส่งออกที่สัญญาณข้อมูล
- ตั้งค่า A0และA1 ตามตารางที่ 5.4 ให้ตรงกับพอร์ตเอาต์พุตที่ตั้งค่าไว้
- ป้อนสัญญาณ \overline{IOW} แล้วดูผลที่แอลอีดีว่าตรงกับค่าที่ป้อนหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

วงจรสามารถส่งค่าออกได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถส่งค่าออกไปที่พอร์ตอินพุตที่พูดได้

7.1.2 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล

จากรูปที่ 5.3 สัญญาณที่ใช้ทดลองมีดังนี้

- \overline{RD}
- \overline{CS}
- EN
- \overline{E}
- $A0 - A3$

วิธีการทดลอง

- ต่อแอลอีดีที่สัญญาณข้อมูลที่ออกจาก 74LS245
- ป้อนสัญญาณ \overline{CS} และ \overline{E} ให้เท่ากับ "0" และ EN ให้เท่ากับ "1"
- ป้อนสัญญาณอนาลอก(0-5 โวลต์)ที่รูค่าเข้าที่ช่องรับสัญญาณของ MX7506
- ตั้งค่า $A0 - A3$ ให้ตรงกับช่องสัญญาณที่ป้อนสัญญาณอนาลอก
- ป้อนสัญญาณ \overline{RD} แล้วดูค่าที่แสดงที่แอลอีดีว่าตรงกับค่าที่ป้อนหรือไม่ คำนวณได้โดยการเปลี่ยนค่าที่แสดงให้เป็นเลขฐานสิบแล้วนำมาเข้าสู่สูตร

$$Value = Data * 5 / 255$$

Value : ค่าของสัญญาณอนาลอก

Data : ค่าเลขฐานสองที่อ่านได้จากการแปลงค่าสัญญาณ

ผลการทดลอง

มีความผิดพลาดจากค่าที่ป้อนเพียงเล็กน้อยจากค่าจริง มีความผิดพลาดประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์

7.1.3 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.4 สัญญาณที่ใช้ทดลองมีดังนี้

- \overline{WR}
- $A0 - A2$
- \overline{E}

วิธีการทดลอง

- ตั้งค่า \overline{E} ให้เท่ากับ “0”
- ป้อนสัญญาณดิจิตอลเข้าที่ 74LS245
- ตั้งค่า $A0 - A2$ ว่าต้องการส่งค่าออกที่ช่องสัญญาณใด
- ป้อนสัญญาณ \overline{WR} แล้ววัดค่าที่สัญญาณที่ส่งออกมาว่าเท่ากับที่ป้อนสัญญาณดิจิตอลหรือไม่ โดยใช้สูตร

$$Value = Data * 5 / 255$$

Value : ค่าของสัญญาณอนาล็อก

Data : ค่าเลขฐานสองที่ป้อนแปลงเป็นเลขฐานสิบ

ผลการทดลอง

มีความผิดพลาดจากค่าที่ป้อนเพียงเล็กน้อยจากค่าดิจิตอล มีความผิดพลาดประมาณ 0.5

เปอร์เซ็นต์

7.1.4 การทดลองวงจรรับสัญญาณดิจิตอล

จากรูปที่ 5.5 สัญญาณที่ใช้ทดลองมีดังนี้

- \overline{E}

วิธีการทดลอง

- ต่อแอลอีดีทางด้านเอชของ 74LS245
- ป้อนสัญญาณดิจิตอลเข้าที่ด้านรับของ 74LS245
- ป้อนสัญญาณ \overline{E} แล้วดูผลที่แอลอีดีว่าค่าตรงกันหรือไม่

ผลการทดลอง

ค่าที่แสดงที่แอลอีดีและค่าที่ป้อนเข้ามามีค่าตรงกันถูกต้อง

7.1.5 การทดลองวงจรส่งสัญญาณดิจิตอล

จากรูปที่ 5.6 สัญญาณที่ใช้ทดลองมีดังนี้

- CLK

วิธีการทดลอง

- ต่อแอลอีดีที่ทางด้านเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ป้อนข้อมูลเป็นสัญญาณดิจิทัล
- ป้อนสัญญาณ *CLK* ตามรูปที่ 5.7 แล้วดูผลที่แสดงที่แอลอีดี

ผลการทดลอง

ค่าที่แสดงที่แอลอีดีถูกต้องตรงกับค่าที่ต้องการส่งออก

7.2 การทดลองวงจรรวมหรือบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม

รวมเอาวงจรทั้งหมดมาสร้างเป็นบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม เพราะฉะนั้นเพื่อความสะดวกในการทดลองจึงเขียน โปรแกรมด้วยภาษาปาสคาล และเตลไฟ
วิธีการทดลองด้วยโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาปาสคาล

7.2.1 นำบอร์ดติดตั้งบนเมนบอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น 386

7.2.2 เขียน โปรแกรมทดสอบด้วยภาษาปาสคาล

7.2.3 นำช่องสัญญาณมาต่อเป็น โคสลูป(Close Loop)คือ

- ช่องสัญญาณอนาลอกรับค่าต่อกับช่องสัญญาณอนาลอกส่งค่า
- ช่องสัญญาณดิจิทัลรับค่าต่อกับช่องสัญญาณดิจิทัลส่งค่า

7.2.4 ให้โปรแกรมทดสอบทำงานเพื่อดูผลการทดลอง

ผลการทดลอง

แบ่งผลการทดลองเป็น 2 อย่างคือ

- การทดลองรับส่งค่าอนาลอก

ค่าที่ส่งออก	ค่าที่รับเข้า
0	0
10	7-9 ;8
20	17-19 ;18
30	27-29 ;28
40	37-39 ;38
50	48-49 ;48
60	57-59 ;58
70	67-69 ;68
80	77-80 ;78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

90	87-89 ;88
100	97-99 ;98
110	107-109 ;108
120	117-119 ;118
130	128-129 ;129
140	137-139 ;138
150	148-149 ;149
160	158-160 ;160
170	168-170 ;169
180	178-179 ;179
190	188-189 ;188
200	198-200 ;199
210	208-209 ;209
220	218-220 ;219
230	228-229 ;229
240	238-240 ;240
250	248-249 ;248
255	253-254 ;253

หมายเหตุ ความหมายของค่าที่รับเข้า เช่น 253-254 คือค่าจะเปลี่ยนไปมาในช่วงนี้ ;253 คือค่าที่มีรับได้มากที่สุด(มีความถี่มาก)

ตารางที่ 7.1 แสดงผลการทดลองของสัญญาณนอก

- การรับส่งค่าดิจิทัล

ค่าที่ส่งออก	ค่าที่รับเข้า
0	0
10	10
20	20
30	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40	40
50	50
60	60
70	70
80	80
90	90
100	100
110	110
120	120
130	130
140	140
150	150
160	160
170	170
180	180
190	190
200	200
210	210
220	220
230	230
240	240
250	250
255	255

ตารางที่ 7.2 แสดงผลการทดลองของสัญญาณดิจิทัล

วิธีการทดลองด้วยโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาแอสเซมบลี

7.2.5 นำบอร์ดติดตั้งบนเมนบอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นเพนเทียมขึ้นไป

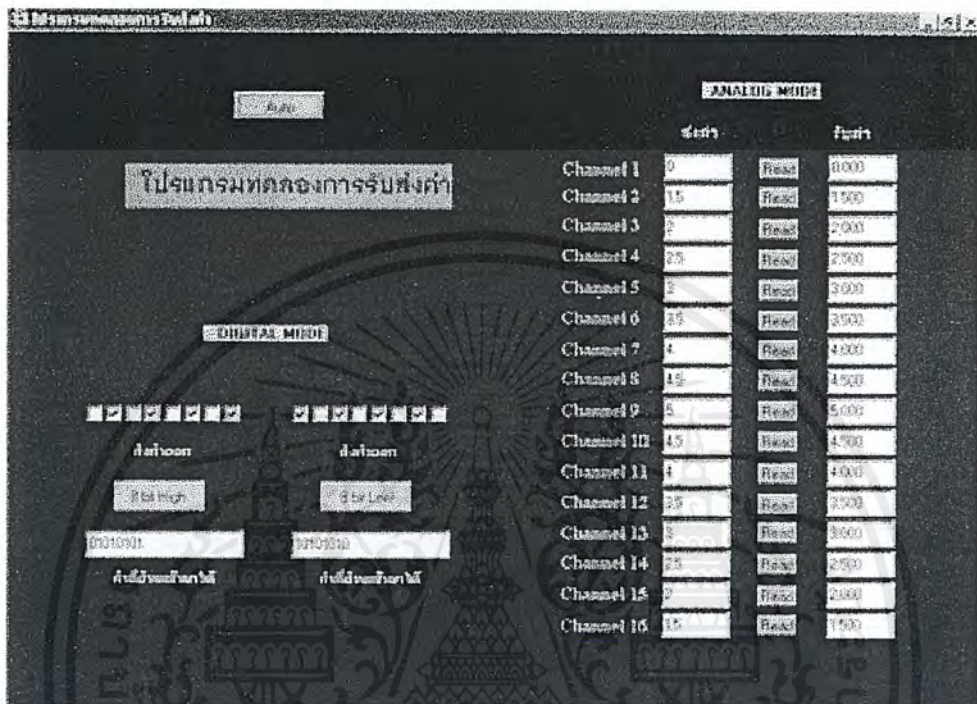
7.2.6 เขียนโปรแกรมทดสอบด้วยภาษาแอสเซมบลี

7.2.7 นำช่องสัญญาณมาต่อเป็น โคลลูป(Close Loop)คือ

- ช่องสัญญาณอนาล็อกรับค่าต่อกับช่องสัญญาณอนาล็อกส่งค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่องสัญญาณดิจิทัลรับค่าเท่ากับช่องสัญญาณดิจิทัลส่งค่า
- 7.2.8 ให้โปรแกรมทดสอบทำงานเพื่อดูผลการทดลอง



รูปที่ 7.1 ผลการทดลองที่ทดสอบด้วยโปรแกรมเดสท็อป

สรุปผลการทดลอง

การรับส่งค่านาล็อกมีความผิดพลาดบ้างเล็กน้อยคือ ผิดพลาดจากค่าที่ส่งออกประมาณ 1-2 บิต ส่วนการรับส่งค่าของสัญญาณดิจิทัลมีความถูกต้องทุกค่าที่ส่งออกและรับเข้า บอร์ดเลือกช่องสัญญาณนี้มีความผิดพลาดในเนื่องจากการสูญหายของสัญญาณบางส่วนของสัญญาณอนาล็อก แต่เนื่องจากเมื่อนำมาผลที่ได้แปลงเป็นสัญญาณ 0-5 โวลต์จากการคำนวณ ค่าที่ส่งออกกับค่าที่รับได้แตกต่างกันน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

วิจารณ์ และสรุปผล

ปัญญาประดิษฐ์นี้มีจุดประสงค์หลักในการสร้างการ์ดอินเตอร์เฟซ โดยใช้สล็อตชนิดไอเอสเอ (ISA Slot) ซึ่งมีวงจรที่จำเป็นในการแปลงสัญญาณจากระบบที่จะควบคุมให้เป็นสัญญาณชนิดดิจิทัล เพื่อให้สามารถประมวลผลโดยใช้คอมพิวเตอร์ ของไอบีเอ็มพีซีได้ ซึ่งภายในการ์ดจะประกอบไปด้วย วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (เอดีซี) วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก (ดีเอซี) วงจรลอครหัส และวงจรเข้ารหัส เป็นต้น ซึ่งจำเป็นสำหรับการแปลงสัญญาณจากภายนอกที่ส่วนใหญ่เป็นสัญญาณประเภท อนาลอก 0-5 โวลต์ หรือ อนาลอก 4-20 มิลลิแอมป์ หรือสัญญาณอนาลอกในรูปแบบอื่นๆ ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล 0 หรือ 1 เพื่อประมวลผล และแปลงสัญญาณเหล่านั้นไปส่งการควบคุมที่รับสัญญาณคำสั่งแบบอนาลอกเหมือนกัน ทำให้เราสามารถควบคุมการทำงานของระบบทั่วไปได้โดยใช้คอมพิวเตอร์ทุกๆ ไป

แต่ในอย่างไรก็ตามในการแปลงสัญญาณจากสัญญาณรูปแบบหนึ่ง เป็นสัญญาณอีกรูปแบบหนึ่งนั้น ก็ต้องสูญเสียเวลาส่วนหนึ่งไปด้วยเรียกว่า เวลาในการแปลงสัญญาณ (Conversion Time) ซึ่งทำให้การส่งการควบคุมในระบบจริงไม่สามารถควบคุมแบบเวลาจริงได้ การเลือกประเภทของตัวแปลงสัญญาณได้แก่ เอดีซี และ ดีเอซี จำเป็นต้องเลือกที่มีเวลาการแปลงน้อยที่สุด เพื่อให้สามารถควบคุมได้ใกล้เคียงเวลาจริงมากที่สุด แต่ในทางตรงกันข้ามตัวแปลงสัญญาณที่ให้เวลาการแปลงน้อยๆ นั้นก็มีราคาสูงตามไปด้วย เพื่อการใช้งานที่เหมาะสมจึงต้องเลือกที่มีเวลาในการแปลงตามที่ต้องการ และมีราคาที่เหมาะสมด้วย ในปัญญาประดิษฐ์นี้เลือกใช้ตัวแปลงสัญญาณเอดีซี และดีเอซี ของบริษัท แมกซ์ซิม จำกัด ซึ่งไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ เพราะสามารถขอได้ ทำให้สามารถประหยัดไปได้มาก แต่ก็เกิดผลเสียขึ้นเช่นเดียวกัน เพราะไอซีชิปที่ขอมมาไม่สามารถหาได้ทั่วไปตามท้องตลาด ทำให้อยากต่อการสร้างการ์ดในจำนวนที่มากขึ้น และราคาชิปที่ส่งโดยตรงจากบริษัทดังกล่าวก็ค่อนข้างสูงด้วย

นอกจากส่วนของการ์ดแล้ว ในส่วนของสล็อตซึ่งใช้ในปัญญาประดิษฐ์นี้ ที่เป็นสล็อตชนิดไอเอสเอ ซึ่งปัจจุบันกำลังหมดความนิยมไป เพราะคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันได้พัฒนาสล็อตต่างๆ ขึ้นมาเพื่อรองรับความสามารถของคอมพิวเตอร์ และหน่วยอินพุตเอาต์พุตที่มีความสามารถเพิ่มขึ้นมาก สล็อตไอเอสเอ ซึ่งเป็นสล็อตรุ่นแรกๆ ที่ใช้งานกันไม่สามารถตอบสนองความ

สามารถเหล่านั้นได้ จึงเกิดสล็อตแบบพีซีไอ (PCI Slot) และเอจีพี(AGP) ขึ้น การใช้งานของสล็อตแบบไอเอสเอจึงน้อยลงทำให้สล็อตแบบนี้กำลังจะหมดไปจากคอมพิวเตอร์ทั่วไปในที่สุด

ในส่วนของโปรแกรมทดสอบ และจำลองการทำงานของการ์ด ที่ปริณญาณิพนธ์ชิ้นนี้เลือกที่จะใช้ภาษาเดลฟี (DELPHI) เขียนขึ้น เนื่องจากสามารถหาข้อมูลศึกษาได้ง่าย และภาษานี้มีพื้นฐานมาจากภาษาปาสคาล (PASCAL) ทำให้ง่ายต่อการเข้าใจมากขึ้นด้วย ดังนั้นการเลือกใช้ภาษาที่ถนัดจะช่วยให้สามารถทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้นด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้บอร์ดเลือกของสัญญาณเพื่องานควบคุม

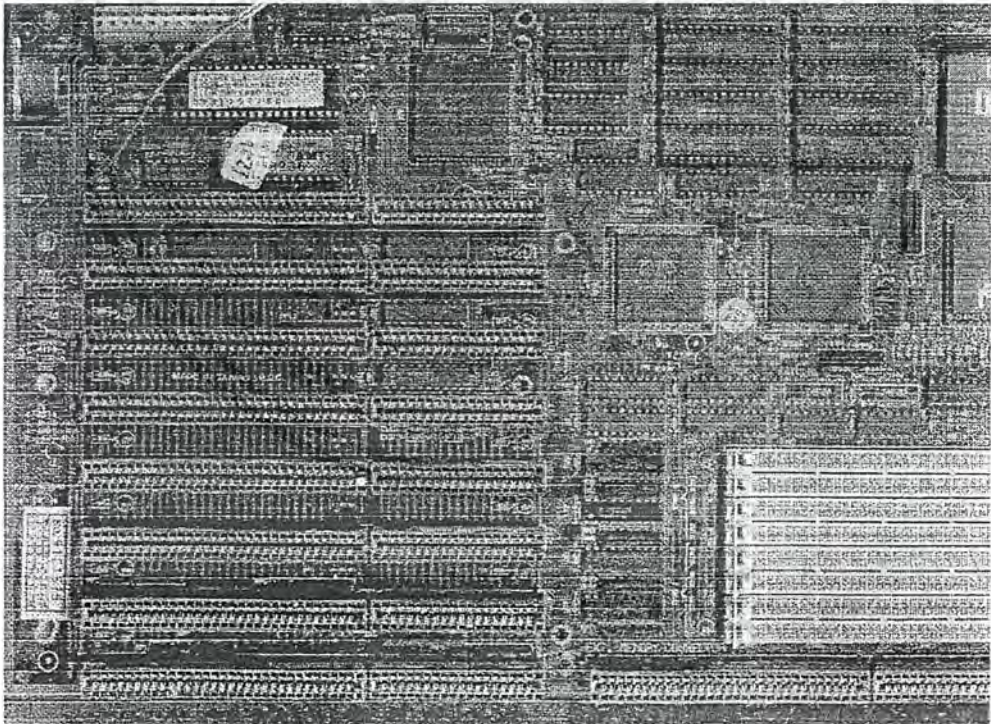
แบ่งเป็นเนื้อหา ดังนี้

1. การติดตั้ง
2. ตำแหน่งของขาสัญญาณ
3. การเขียน โปรแกรม
4. การประยุกต์ใช้
5. อุปกรณ์เพิ่มเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

1. การติดตั้ง

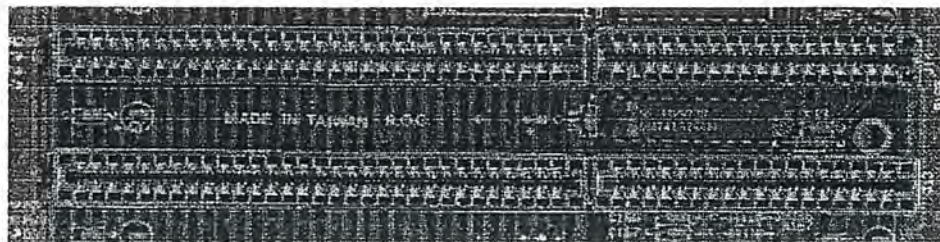
การติดตั้งสามารถแบ่งเป็นขั้นตอน ได้ดังนี้

- 1.1 ตรวจสอบว่ามีสล็อตไอเอสเอ (ISA Slot) ในเมนบอร์ดคอมพิวเตอร์หรือเปล่า
ลักษณะของ สล็อตดูจากรูปที่ 2



รูปที่ 1 เมนบอร์ดคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



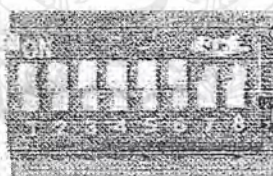
รูปที่ 2 สล็อตไอเอสเอ

1.2 ตรวจสอบแอดเดรสที่ว่างของคอมพิวเตอร์ แล้วตั้งค่าแอดเดรสที่ดิฟสวิทช์เทียบกับค่าแอดเดรสตามตารางที่ 1

แอดเดรส	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
ดิฟสวิทช์	1	2	3	4	5	6	7	8

ตารางที่ 1 แสดงตำแหน่งของดิฟสวิทช์เทียบกับแอดเดรส

หมายเหตุ เมื่อสวิทช์สับมาที่ตำแหน่ง "ON" หมายถึง ตั้งค่าที่ตำแหน่งนั้นเป็น "0"

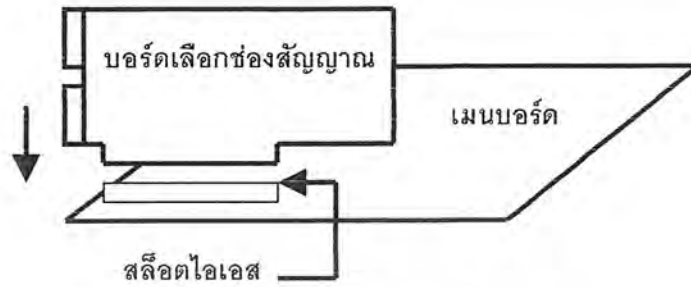


รูปที่ 3 ดิฟสวิทช์

แต่จากตารางค่าแอดเดรส แอดเดรสที่ว่างคือ 300-31F แต่บอร์ดเลือกช่องสัญญาณจะใช้แอดเดรสเพื่ออ้างอิง 4 ค่า แนะนำให้ตั้งค่าที่ 300-303 เพราะฉะนั้นต้องตั้งค่าที่ดิฟสวิทช์ดังรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 นำบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุมติดตั้งดังรูปที่ 4

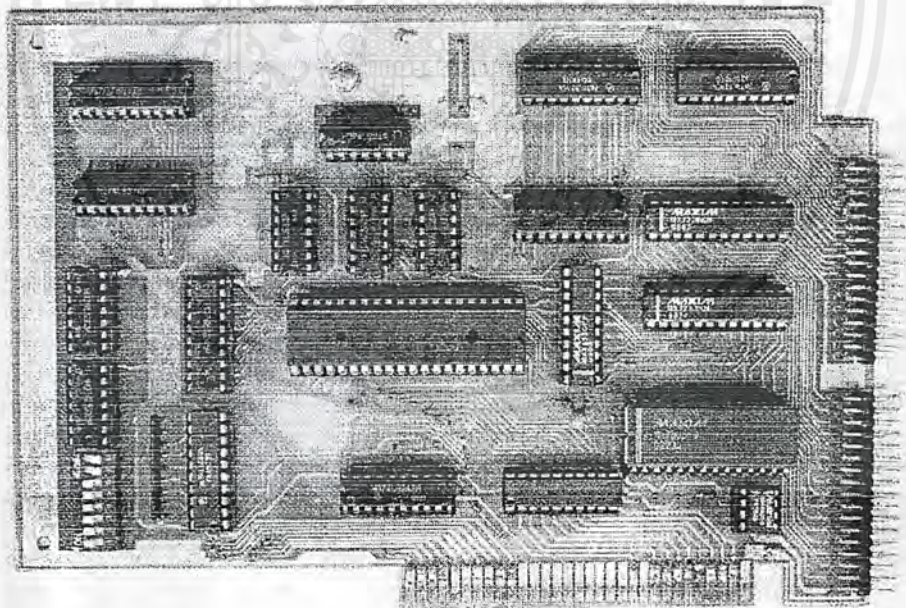


รูปที่ 4 แสดงการติดตั้งบนเมนบอร์ด

2 ตำแหน่งของขาสัญญาณของบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม

ตำแหน่งของขาสัญญาณสามารถแบ่งตามชนิดของสัญญาณได้ 2 ประเภท ได้แก่

- 2.1 สัญญาณอนาล็อก
- 2.2 สัญญาณดิจิทัล



รูปที่ 5 บอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม

จากรูปที่ 5 มีช่องสัญญาณ 2 ช่องใหญ่แยกกัน ช่องด้านบนคือสัญญาณดิจิทัลและช่อง

ด้านล่างคือสัญญาณอนาล็อก ส่วนขาสัญญาณแสดงในตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินท์พุดต์									เออทท์พุดต์							
G	15	13	11	9	7	5	3	1	15	13	11	9	7	5	3	1
G	14	12	10	8	6	4	2	0	14	12	10	8	6	4	2	0

↓

ส่วนของสัญญาณดิจิทัล

เออทท์พุดต์								อินท์พุดต์								
1	2	3	4	5	6	7	8	8	7	6	5	4	3	2	1	+12
9	10	11	12	13	14	15	16	16	15	14	13	12	11	10	9	+12

↓

ส่วนของสัญญาณอนาล็อก

G: กราน์ว, +12: 12 โวลต์

ตารางที่ 2 แสดงตำแหน่งของขาสัญญาณ

3 การเขียนโปรแกรม

ในอันดับแรกต้องรู้ว่าตั้งค่าแอดเดรสของบอร์คเลือกของสัญญาณเพื่องานควบคุมเท่าไร เช่น ตั้งค่าไว้ 300H เพราะฉะนั้นจะได้แอดเดรสของแต่ละพอร์ทของ 8255 ดังตารางที่ 3

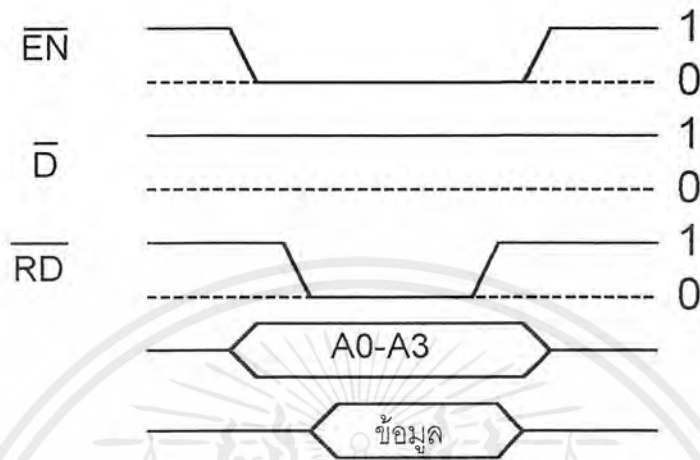
แอดเดรส	พอร์ทของ 8255
300	พอร์ท A
301	พอร์ท B
302	พอร์ท C
303	พอร์ทควบคุม

ตารางที่ 3 แสดงแอดเดรสของพอร์ท 8255

ส่วนการเขียนโปรแกรมเพื่อรับ-ส่งค่าต้องรู้ ไทม์มิงไดอะแกรมของแต่ละกรรมวิธี แล้วส่งข้อมูลออกไปที่พอร์ทซี เพื่อทำเป็นสัญญาณควบคุมให้ได้ตามไทม์มิงไดอะแกรมก็จะสามารถรับ-ส่งค่าได้ตามต้องการ

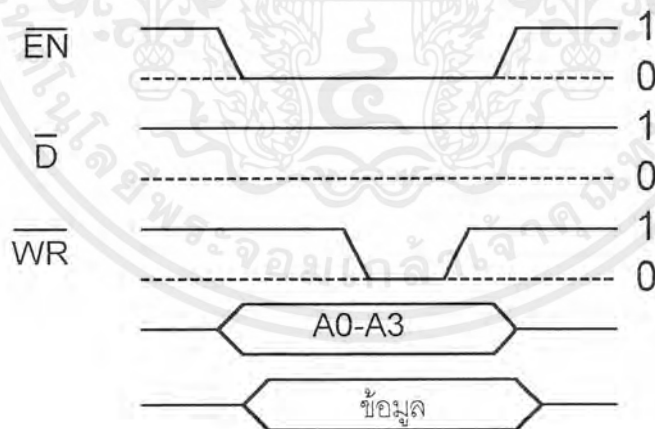
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การรับสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 6 ไทม์มิงไคอะแกรมของการรับสัญญาณนาฬิกา

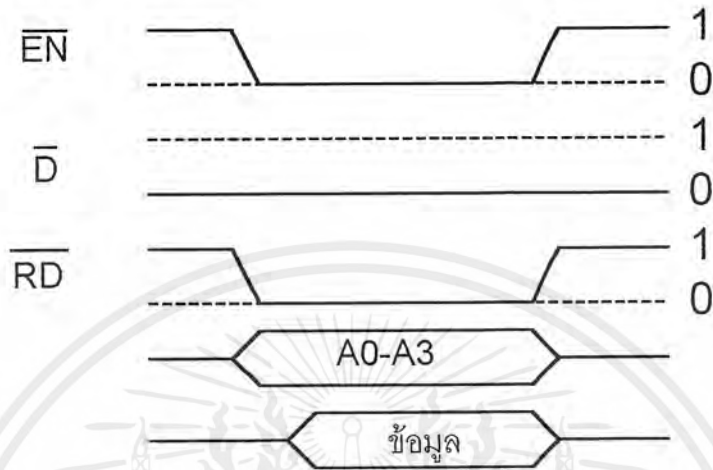
3.2 การส่งสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 7 ไทม์มิงไคอะแกรมของการส่งสัญญาณนาฬิกา

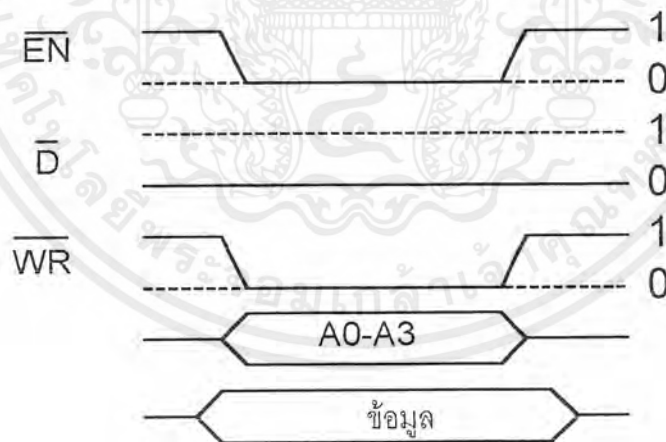
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การรับสัญญาณดิจิทัล



รูปที่ 8 ไทม์มิงไคอะแกรมของการรับสัญญาณดิจิทัล

3.4 การส่งสัญญาณดิจิทัล



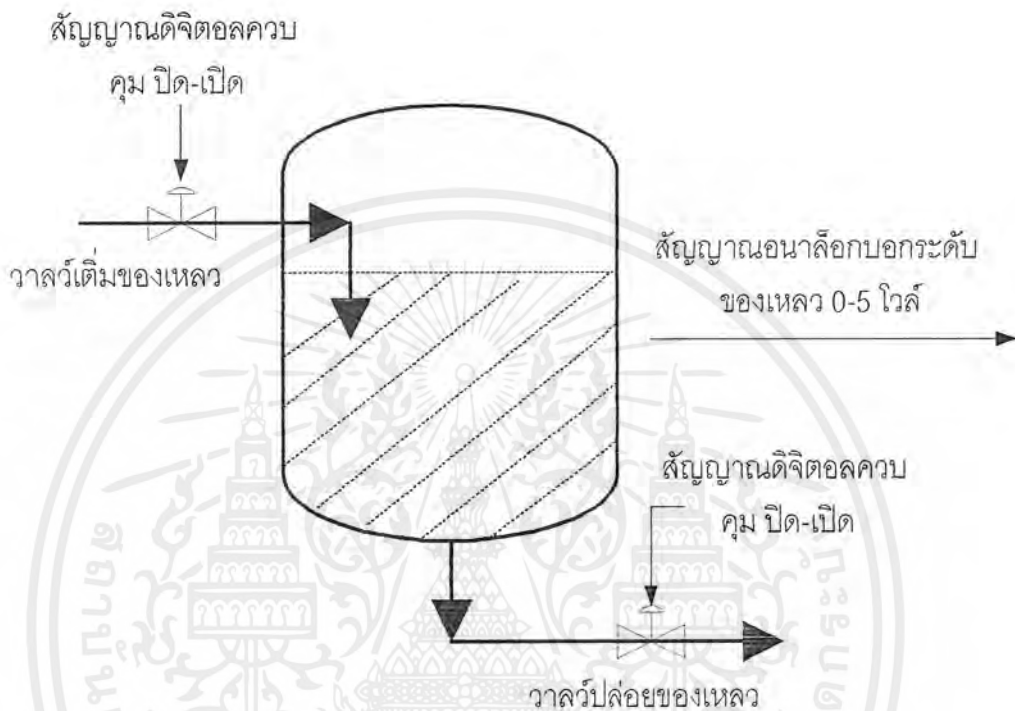
รูปที่ 9 ไทม์มิงไคอะแกรมของการส่งสัญญาณดิจิทัล

4 การประยุกต์ใช้

การนำเอาบอร์ดเดือกของสัญญาณเพื่องานควบคุมมาใช้กับระบบจำลองการเก็บของเหลว โดยรับสัญญาณจากระบบจำลองเป็นสัญญาณอนาล็อกบอกค่าของระดับของเหลวภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง และรับสัญญาณควบคุมเปิดสัญญาณดิจิทัลเพื่อใช้เปิด-ปิดวาล์วที่ใช้เติมของเหลวและวาล์วที่นำของเหลวออกไปใช้ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงระบบการเก็บของเหลว

5 อุปกรณ์เพิ่มเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

เพื่อความสะดวกในการใช้งานบอร์ดเลือกช่องสัญญาณเพื่องานควบคุม โดยไม่ต้องคู่มือเพื่อจะต่อช่องสัญญาณที่จะใช้ควบคุม ดังนั้นจึงได้สร้างบอร์ดช่องสัญญาณขึ้น เมื่อต้องการจะต้องสัญญาณควบคุม สามารถต่อกับบอร์ดช่องสัญญาณได้โดยตรง

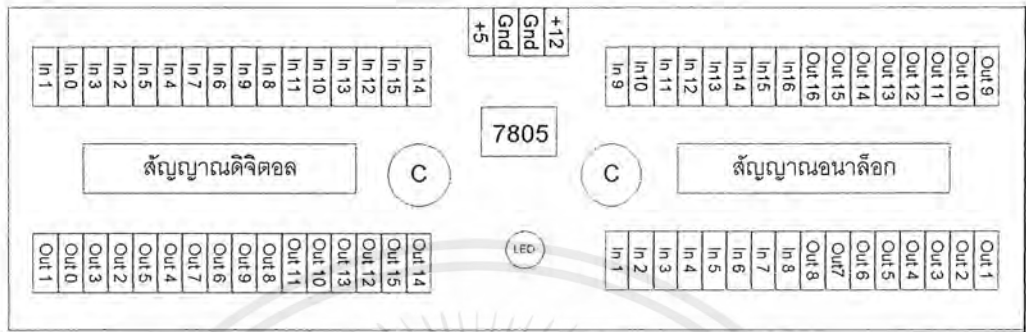
รายละเอียดของบอร์ดช่องสัญญาณมีดังนี้

5.1 มีช่องสำหรับรับ-ส่งสัญญาณทั้งหมด 64 ช่อง โดยแบ่งเป็น

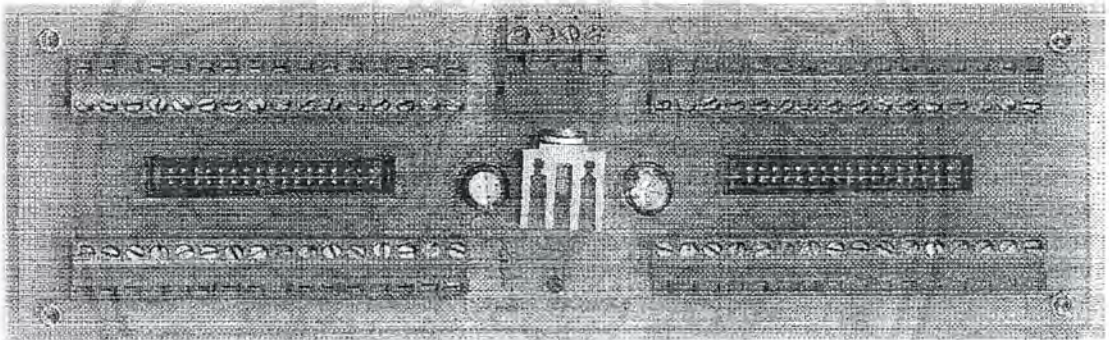
- สัญญาณอนาล็อก รับค่า 16 ช่อง
- สัญญาณอนาล็อก ส่งค่า 16 ช่อง
- สัญญาณดิจิทัล รับค่า 16 ช่อง
- สัญญาณดิจิทัล ส่งค่า 16 ช่อง

ตำแหน่งสามารถดูได้จากรูปที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 แสดงตำแหน่งของช่องสัญญาณภายในบอร์ดช่องสัญญาณ



รูปที่ 12 บอร์ดช่องสัญญาณ

5.2 มีไฟสำหรับนำไปใช้ได้ +5 โวลต์และ +12 โวลต์แต่ไม่ควรนำไปใช้มากกว่า 1 แอมแปร์เพราะจะทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ของบอร์ดช่องสัญญาณได้

หมายเหตุ การต่อสัญญาณเข้าที่บอร์ดช่องสัญญาณต่อต่อสายกราวด์ด้วย มิฉะนั้นค่าที่รับได้จะเกิดความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอร์สโค้ดของโปรแกรมทดลองรับส่งข้อมูล

```
unit Unit1;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,  
StdCtrls;
```

```
type
```

```
TForm1 = class(TForm)
```

```
  Button1: TButton;
```

```
  Edit1: TEdit;
```

```
  CheckBox1: TCheckBox;
```

```
  CheckBox2: TCheckBox;
```

```
  CheckBox3: TCheckBox;
```

```
  CheckBox4: TCheckBox;
```

```
  CheckBox5: TCheckBox;
```

```
  CheckBox6: TCheckBox;
```

```
  CheckBox7: TCheckBox;
```

```
  CheckBox8: TCheckBox;
```

```
  CheckBox9: TCheckBox;
```

```
  CheckBox10: TCheckBox;
```

```
  CheckBox11: TCheckBox;
```

```
  CheckBox12: TCheckBox;
```

```
  CheckBox13: TCheckBox;
```

```
  CheckBox14: TCheckBox;
```

```
  CheckBox15: TCheckBox;
```

```
  CheckBox16: TCheckBox;
```

```
  Button2: TButton;
```

```
  Edit2: TEdit;
```

```
  Label2: TLabel;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Edit3: TEdit;

Edit4: TEdit;

Edit5: TEdit;

Edit6: TEdit;

Edit7: TEdit;

Edit8: TEdit;

Edit9: TEdit;

Edit10: TEdit;

Edit11: TEdit;

Edit12: TEdit;

Edit13: TEdit;

Edit14: TEdit;

Edit15: TEdit;

Edit16: TEdit;

Edit17: TEdit;

Edit18: TEdit;

Edit19: TEdit;

Edit20: TEdit;

Edit21: TEdit;

Edit22: TEdit;

Edit23: TEdit;

Edit24: TEdit;

Edit25: TEdit;

Edit26: TEdit;

Edit27: TEdit;

Edit28: TEdit;

Edit29: TEdit;

Edit30: TEdit;

Edit31: TEdit;

Edit32: TEdit;

Edit33: TEdit;

Edit34: TEdit;

Button3: TButton;

Button4: TButton;



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Button5: TButton;
 Button6: TButton;
 Button7: TButton;
 Button8: TButton;
 Button9: TButton;
 Button10: TButton;
 Button11: TButton;
 Button12: TButton;
 Button13: TButton;
 Button14: TButton;
 Button15: TButton;
 Button16: TButton;
 Button17: TButton;
 Button18: TButton;
 Label3: TLabel;
 Label5: TLabel;
 Label8: TLabel;
 Label9: TLabel;
 Label10: TLabel;
 Label11: TLabel;
 Label12: TLabel;
 Label13: TLabel;
 Label14: TLabel;
 Label15: TLabel;
 Label16: TLabel;
 Label17: TLabel;
 Label18: TLabel;
 Label19: TLabel;
 Label20: TLabel;
 Label21: TLabel;
 Label22: TLabel;
 Label7: TLabel;
 Label1: TLabel;
 Label4: TLabel;



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Label6: TLabel;
Label23: TLabel;
Label24: TLabel;
Label25: TLabel;
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure Button6Click(Sender: TObject);
procedure Button7Click(Sender: TObject);
procedure Button8Click(Sender: TObject);
procedure Button9Click(Sender: TObject);
procedure Button10Click(Sender: TObject);
procedure Button11Click(Sender: TObject);
procedure Button12Click(Sender: TObject);
procedure Button13Click(Sender: TObject);
procedure Button14Click(Sender: TObject);
procedure Button15Click(Sender: TObject);
procedure Button16Click(Sender: TObject);
procedure Button17Click(Sender: TObject);
procedure Button18Click(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);

```

```

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

```

```
var
```

```
Form1: TForm1;
```

```
S_D1,G_D2,R_D1,R_D2:integer;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
D1,D2:string;
S_A,R_A:array[1..16] of integer;
```

```
implementation
```

```
uses inter;
```

```
{SR *.DFM}
```

```
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    WindowState:=wsMaximized;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    S_D1 := 0;
```

```
    if CheckBox9.Checked=true then S_D1 := 128 ;
```

```
    if CheckBox10.Checked=true then S_D1 := S_D1+64;
```

```
    if CheckBox11.Checked=true then S_D1 := S_D1+32;
```

```
    if CheckBox12.Checked=true then S_D1 := S_D1+16;
```

```
    if CheckBox13.Checked=true then S_D1 := S_D1+8;
```

```
    if CheckBox14.Checked=true then S_D1 := S_D1+4;
```

```
    if CheckBox15.Checked=true then S_D1 := S_D1+2;
```

```
    if CheckBox16.Checked=true then S_D1 := S_D1+1;
```

```
    Send_digital(0,S_D1);
```

```
    R_D1:=Receive_digital(0);
```

```
    D1 := DecToBi(R_D1);
```

```
    Edit2.Text := D1;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

S_D2 := 0;
    if CheckBox1.Checked=true then S_D2 := 128 ;
if CheckBox2.Checked=true then S_D2 := S_D2+64;
    if CheckBox3.Checked=true then S_D2 := S_D2+32;
if CheckBox4.Checked=true then S_D2 := S_D2+16;
if CheckBox5.Checked=true then S_D2 := S_D2+8;
if CheckBox6.Checked=true then S_D2 := S_D2+4;
if CheckBox7.Checked=true then S_D2 := S_D2+2;
if CheckBox8.Checked=true then S_D2 := S_D2+1;
Send_digital(0,S_D2);
R_D2:=Receive_digital(0);
D2 := DecToBi(R_D2);
Edit1.Text := D2;
end;

procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
    S_A[1] := StrToInt(Edit3.Text);
    Send_analog(1,S_A[1]);
    R_A[1] := Receive_analog(1);
    Edit19.Text := IntToStr(R_A[1]);

end;

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
    S_A[2] := StrToInt(Edit4.Text);
    Send_analog(2,S_A[2]);
    R_A[2] := Receive_analog(2);
    Edit20.Text := IntToStr(R_A[2]);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    S_A[3] := StrToInt(Edit5.Text);
```

```
    Send_analog(3,S_A[3]);
```

```
    R_A[3] := Receive_analog(3);
```

```
    Edit21.Text := IntToStr(R_A[3]);
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button6Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    S_A[4] := StrToInt(Edit6.Text);
```

```
    Send_analog(4,S_A[4]);
```

```
    R_A[4] := Receive_analog(4);
```

```
    Edit22.Text := IntToStr(R_A[4]);
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button7Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    S_A[5] := StrToInt(Edit7.Text);
```

```
    Send_analog(5,S_A[5]);
```

```
    R_A[5] := Receive_analog(5);
```

```
    Edit23.Text := IntToStr(R_A[5]);
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button8Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    S_A[6] := StrToInt(Edit8.Text);
```

```
    Send_analog(6,S_A[6]);
```

```
    R_A[6] := Receive_analog(6);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Edit24.Text := IntToStr(R_A[6]);

end;

procedure TForm1.Button9Click(Sender: TObject);
begin
    S_A[7] := StrToInt(Edit9.Text);
    Send_analog(7,S_A[7]);
    R_A[7] := Receive_analog(7);
    Edit25.Text := IntToStr(R_A[7]);

end;

procedure TForm1.Button10Click(Sender: TObject);
begin
    S_A[8] := StrToInt(Edit10.Text);
    Send_analog(8,S_A[8]);
    R_A[8] := Receive_analog(8);
    Edit26.Text := IntToStr(R_A[8]);

end;

procedure TForm1.Button11Click(Sender: TObject);
begin
    S_A[9] := StrToInt(Edit11.Text);
    Send_analog(9,S_A[9]);
    R_A[9] := Receive_analog(9);
    Edit27.Text := IntToStr(R_A[9]);

end;

procedure TForm1.Button12Click(Sender: TObject);
begin
    S_A[10] := StrToInt(Edit12.Text);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Send_analog(10,S_A[10]);
R_A[10] := Receive_analog(10);
Edit28.Text := IntToStr(R_A[10]);

```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button13Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```

    S_A[11] := StrToInt(Edit13.Text);
    Send_analog(11,S_A[11]);
    R_A[11] := Receive_analog(11);
    Edit29.Text := IntToStr(R_A[11]);

```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button14Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```

    S_A[12] := StrToInt(Edit14.Text);
    Send_analog(12,S_A[12]);
    R_A[12] := Receive_analog(12);
    Edit30.Text := IntToStr(R_A[12]);

```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button15Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```

    S_A[13] := StrToInt(Edit15.Text);
    Send_analog(13,S_A[13]);
    R_A[13] := Receive_analog(13);
    Edit31.Text := IntToStr(R_A[13]);

```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button16Click(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    S_A[14] := StrToInt(Edit16.Text);
    Send_analog(14,S_A[14]);
    R_A[14] := Receive_analog(14);
    Edit32.Text := IntToStr(R_A[14]);

end;

procedure TForm1.Button17Click(Sender: TObject);
begin
    S_A[15] := StrToInt(Edit17.Text);
    Send_analog(15,S_A[15]);
    R_A[15] := Receive_analog(15);
    Edit33.Text := IntToStr(R_A[15]);

end;

procedure TForm1.Button18Click(Sender: TObject);
begin
    S_A[16] := StrToInt(Edit18.Text);
    Send_analog(16,S_A[16]);
    R_A[16] := Receive_analog(16);
    Edit34.Text := IntToStr(R_A[16]);

end;

begin
    Portout($303,$90);

end.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอร์สโค้ดของโปรแกรมจำลองมิเตอร์

```
unit Meter;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,  
StdCtrls, jpeg, ExtCtrls;
```

```
type
```

```
TForm1 = class(TForm)  
    Edit1: TEdit;  
    Button2: TButton;  
    Label1: TLabel;  
    Image1: TImage;  
    Timer1: TTimer;  
    Button1: TButton;  
    procedure Button2Click(Sender: TObject);  
    procedure Auto;  
    procedure o_30V;  
    procedure Show1;  
    procedure Show2;  
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);  
    procedure Button1Click(Sender: TObject);  
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
```

```
private
```

```
{ Private declarations }
```

```
public
```

```
{ Public declarations }
```

```
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

var
  Form1: TForm1;
  Start: integer;

implementation
uses inter ;

{$SR *.DFM}

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  if Button2.Caption='Measure' then
  begin
    Button2.Caption := 'Measuring...';
    Start := 1;
    Auto;
  end ;
end;

procedure TForm1.o_30V;
var
  R:integer;
  Value:Real;

begin
  R := Receive_analog(0);
  Value := R*(15/255) ;
  if Value > 10 then
  begin
    Edit1.Text := FloatToStrF(Value,ffFixed,2,2);
    show2;
  end
  else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    Edit1.Text := FloatToStrF(Value,ffFixed,1,3);
    show1;
end;
end;

```

```

procedure TForm1.Auto;
var R_A1,R_A2:integer;
begin

```

```

    Start :=0;
    repeat
    R_A1 := Receive_analog(0);
    if R_A1 <> R_A2 then
        begin
            o_30V;
            R_A2 := R_A1;
        end;
    Start := Start+1;
    until Start=1000;
    Button2.Caption:='Measure';

```

```

end;

```

```

procedure TForm1.Show1;
var temp1 : integer;
    num,temp2 : string;
    sdata,data : byte;
begin
    num := '0';
    data := $7E;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

repeat
temp2 := Edit1.Text;
  repeat
temp1 := pos(num,temp2);
if temp1 <> 0 then
  begin
    delete(temp2,temp1,1);
    insert('X',temp2,temp1);
  end;
case temp1 of
1 : begin
  sdata := data+1;
  Send_digital(0,sdata); {send data to 7-segment}
  Send_digital(1,SF7); {send to first character}
  Send_digital(1,SFF); {return to common status}
end;
3 : begin
  Send_digital(0,data); {send data to 7-segment}
  Send_digital(1,SFB); {send to second character}
  Send_digital(1,SFF); {return to common status}
end;
4 : begin
  Send_digital(0,data); {send data to 7-segment}
  Send_digital(1,SFD); {send to Third character}
  Send_digital(1,SFF); {return to common status}
end;
5 : begin
  Send_digital(0,data); {send data to 7-segment}
  Send_digital(1,SFE); {send to fourth character}
  Send_digital(1,SFF); {return to common status}
end;
end;
until temp1 = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

case data of
$7E : data := $60;
$60 : data := $B6;
$B6 : data := $F2;
$F2 : data := $E8;
$E8 : data := $DA;
$DA : data := $DE;
$DE : data := $70;
$70 : data := $FE;
$FE : data := $FA;
end;

temp1 := StrToInt(num);
temp1 := temp1 + 1 ;
num := IntToStr(temp1);

until temp1=10 ;

end;

procedure TForm1.Show2;
var  temp1 : integer;
     num,temp2 : string;
     sdata,data : byte;

begin
  num := '0';
  data := $7E;

  repeat
    temp2 := Edit1.Text;
    repeat
      temp1 := pos(num,temp2);
      if temp1 <> 0 then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    delete(temp2,temp1,1);
        insert('X',temp2,temp1);
    end;
case temp1 of
1: begin
    Send_digital(0,data); {send data to 7-segment}
    Send_digital(1,$F7); {send to first character}
    Send_digital(1,$FF); {return to common status}
end;
2: begin
    sdata := data + 1;
    Send_digital(0,data); {send data to 7-segment}
    Send_digital(1,$FB); {send to second character}
    Send_digital(1,$FF); {return to common status}
end;
4: begin
    Send_digital(0,data); {send data to 7-segment}
    Send_digital(1,$FD); {send to first character}
    Send_digital(1,$FF); {return to common status}
end;
5: begin
    Send_digital(0,data); {send data to 7-segment}
    Send_digital(1,$FE); {send to first character}
    Send_digital(1,$FF); {return to common status}
end;
end;
until temp1 = 0;

case data of
$7E : data := $60;
$60 : data := $B6;
$B6 : data := $F2;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    $F2 : data := $E8;
    $E8 : data := $DA;
    $DA : data := $DE;
    $DE : data := $70;
    $70 : data := $FE;
    $FE : data := $FA;
end;

temp1 := StrToInt(num);
temp1 := temp1 + 1 ;
num := IntToStr(temp1);

until temp1=10 ;

end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
    Button2.Click;
end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    Timer1.Enabled := not(Timer1.Enabled);
    if Button1.Caption = 'On' Then Button1.Caption := 'Off'
    else Button1.Caption := 'On';
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    PortOut(S303,S90);

end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

end.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอร์สโค้ดของโปรแกรมจำลองกระบวนการรักษาระดับน้ำ

```
unit unit1;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,  
ExtCtrls, StdCtrls, InterfaceUnit;
```

```
type
```

```
TForm1 = class(TForm)  
  Button1: TButton;  
  Edit1: TEdit;  
  Edit2: TEdit;  
  GroupBox1: TGroupBox;  
  StaticText2: TStaticText;  
  StaticText3: TStaticText;  
  StaticText4: TStaticText;  
  StaticText5: TStaticText;  
  StaticText6: TStaticText;  
  GroupBox2: TGroupBox;  
  Button2: TButton;  
  Button3: TButton;  
  Edit3: TEdit;  
  Label1: TLabel;  
  Button4: TButton;  
  Edit4: TEdit;  
  Label2: TLabel;  
  
  procedure FormCreate(Sender: TObject);  
  procedure Button1Click(Sender: TObject);  
  procedure Button4Click(Sender: TObject);  
  procedure Button2Click(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

procedure Button3Click(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Form1: TForm1;
  high,x,bton2,bto:integer;

implementation
  {SR *.DFM}

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
var   point : array[0..3] of TPoint;

begin
  PortOut($303,$90);
  WindowState:=wsMaximized;
  Form1.Color:=clBtnFace;
  bto:=1;
  //Initial Set Port//
  Canvas.Pen.Color:=clBlack;
  Canvas.MoveTo(150,100);
  Canvas.LineTo(150,410);
  Canvas.LineTo(350,410);
  Canvas.LineTo(350,400);
  Canvas.MoveTo(350,390);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Canvas.LineTo(350,100);
Canvas.Pen.Color:=clBlue;
Canvas.Brush.Color:=clBlue;
Canvas.Rectangle(151,400,350,410);
//Build Tank//
Canvas.MoveTo(80,70);
Canvas.LineTo(120,70);
Canvas.MoveTo(80,80);
Canvas.LineTo(120,80);
Canvas.Pen.Color:=clBlue;
Canvas.Brush,color:=clBlue;
Canvas.Rectangle(80,70,120,80);
point[0].x:=120;
point[0].y:=67;
point[1].x:=120;
point[1].y:=83;
point[2].x:=134;
point[2].y:=67;
point[3].x:=134;
point[3].y:=83;
Canvas.pen.Color:=clBlack;
Canvas.Brush.Color:=clLime;
Canvas.polygon(point);
Canvas.MoveTo(127,75);
Canvas.LineTo(127,65);
Canvas.LineTo(123,65);
Canvas.LineTo(131,65);
Canvas.MoveTo(134,70);
Canvas.LineTo(170,70);
Canvas.LineTo(170,120);
Canvas.MoveTo(134,80);
Canvas.LineTo(160,80);
Canvas.LineTo(160,120);
//Valve And Pipe Top//

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Canvas.MoveTo(350,390);
Canvas.LineTo(390,390);
Canvas.MoveTo(350,400);
Canvas.LineTo(390,400);
point[0].x:=390;
point[0].y:=387;
point[1].x:=390;
point[1].y:=403;
point[2].x:=404;
point[2].y:=387;
point[3].x:=404;
point[3].y:=403;
Canvas.pen.Color:=clBlack;
Canvas.Brush.Color:=clLime;
Canvas.polygon(point);
Canvas.MoveTo(397,395);
Canvas.LineTo(397,385);
Canvas.LineTo(393,385);
Canvas.LineTo(401,385);
Canvas.Pen.Color:=clBlack;
Canvas.MoveTo(404,390);
Canvas.LineTo(420,390);
Canvas.LineTo(420,410);
Canvas.MoveTo(404,400);
Canvas.LineTo(410,400);
Canvas.LineTo(410,410);
//Valve And Pipe Bottom//
Canvas.Pen.Color:=clbtinface;
Canvas.Brush.Color:=clbtinface;
Canvas.Rectangle(151,100,350,410);
high:=0;
Canvas.Pen.Color:=clblue;
Canvas.Brush.Color:=clblue;
Canvas.Rectangle(151,400,350,410);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//Set Status Graphic Initial//
end;

Procedure Valve1Open;
var point: array[0..3] of TPoint;
begin
    point[0].x:=120;
    point[0].y:=67;
    point[1].x:=120;
    point[1].y:=83;
    point[2].x:=134;
    point[2].y:=67;
    point[3].x:=134;
    point[3].y:=83;
    Form1.Canvas.pen.Color:=clBlack;
    Form1.Canvas.Brush.Color:=clRed;
    Form1.Canvas.polygon(point);
    Form1.Canvas.Pen.Color:=clBlue;
    Form1.Canvas.Brush.Color:=clBlue;
    Form1.Canvas.Rectangle(135,71,170,80);
    Form1.Canvas.Rectangle(161,80,170,410);
end;

Procedure Valve2Open;
var point : array[0..3] of TPoint;
begin
    point[0].x:=390;
    point[0].y:=387;
    point[1].x:=390;
    point[1].y:=403;
    point[2].x:=404;
    point[2].y:=387;
    point[3].x:=404;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

point[3].y:=403;
Form1.Canvas.pen.Color:=clBlack;
Form1.Canvas.Brush.Color:=clRed;
Form1.Canvas.polygon(point);
Form1.Canvas.Pen.Color:=clBlue;
Form1.Canvas.Brush.Color:=clBlue;
end;

```

```

Procedure Valve1Close;
var point:array[0..3] of TPoint;
begin
point[0].x:=120;
point[0].y:=67;
point[1].x:=120;
point[1].y:=83;
point[2].x:=134;
point[2].y:=67;
point[3].x:=134;
point[3].y:=83;
Form1.Canvas.pen.Color:=clBlack;
Form1.Canvas.Brush.Color:=clLime;
Form1.Canvas.polygon(point);
Form1.Canvas.Pen.Color:=clBtnFace;
Form1.Canvas.Brush.Color:=clBtnFace;
Form1.Canvas.Rectangle(135,71,170,80);
Form1.Canvas.Rectangle(161,80,170,400-high);
end;

```

```

Procedure Valve2Close;
var point:array[0..3] of TPoint;
begin
point[0].x:=390;
point[0].y:=387;
point[1].x:=390;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

point[1].y:=403;
point[2].x:=404;
point[2].y:=387;
point[3].x:=404;
point[3].y:=403;
Form1.Canvas.pen.Color:=clBlack;
Form1.Canvas.Brush.Color:=clLime;
Form1.Canvas.polygon(point);
Form1.Canvas.Pen.Color:=clBtface;
Form1.Canvas.Brush.Color:=clBtface;
Form1.Canvas.Rectangle(405,391,420,400);
Form1.Canvas.Rectangle(411,391,420,410);
end;

Procedure Delay(time:real);
var y:integer;
begin
  y:=0;
  repeat
    y:=y+1;
  until
    y=(time*1000000);
end;

Procedure SensorPos(Height:integer);
begin
  Form1.Canvas.Pen.Color:=clRed;
  Form1.Canvas.Brush.Color:=clRed;
  Form1.Canvas.Rectangle(151,398-Height,155,402-Height);
end;

Procedure SensorClear(Height:integer);
begin
  Form1.Canvas.Pen.Color:=clBtface;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Form1.Canvas.Brush.Color:=clBtnFace;
Form1.Canvas.Rectangle(151,398-Height,155,402-Height);
end;

```

```

Procedure Increase(Height:integer);

```

```

begin

```

```

    SensorClear(high);

```

```

    while high < Height do

```

```

        begin

```

```

            SensorPos(x);

```

```

            Form1.Edit4.Text:=inttostr(high);

```

```

            Form1.Canvas.Pen.Color:=clblue;

```

```

            Form1.Canvas.Brush.Color:=clblue;

```

```

            Form1.Canvas.Rectangle(151,400-high-1,350,400);

```

```

            if high < 10 then

```

```

                Form1.Canvas.Rectangle(350,400-high,390,400)

```

```

            else

```

```

                Form1.Canvas.Rectangle(350,391,390,400);

```

```

            delay(1);

```

```

            high:=high+1;

```

```

            SensorPos(x);

```

```

        end;

```

```

    end;

```

```

Procedure Inc;

```

```

begin

```

```

    SensorPos(x);

```

```

    Form1.Edit4.Text:=inttostr(high);

```

```

    Form1.Canvas.Pen.Color:=clblue;

```

```

    Form1.Canvas.Brush.Color:=clblue;

```

```

    if high >= x then

```

```

        Form1.Canvas.Rectangle(151,400-x,350,400)

```

```

    else

```

```

        Form1.Canvas.Rectangle(151,400-high,350,400);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if high < 10 then
    Form1.Canvas.Rectangle(350,400-high,390,400)
else
    Form1.Canvas.Rectangle(350,391,390,400);
delay(1);
high:=high+1;
SensorPos(x);
end;

```

```

Procedure dec;

```

```

begin

```

```

    delay(1);
    high:=high-1;
    Form1.Canvas.Pen.Color:=clbtnface;
    Form1.Canvas.Brush.Color:=clbtnface;
    Form1.Canvas.Rectangle(151,100,350,400-high);
    ;
    //In Tank
    if high <= 10 then
    begin
        Form1.Canvas.Pen.Color:=clbtnface;
        Form1.Canvas.Brush.Color:=clbtnface;
        Form1.Canvas.Rectangle(350,391,390,400-high);
        Form1.Canvas.Rectangle(405,391,410+high,400-high);
        Form1.Canvas.Rectangle(410+high,390,420,410);
        Form1.Canvas.Pen.Color:=clBlack;
        Form1.Canvas.MoveTo(350,390);
        Form1.Canvas.LineTo(390,390);
        Form1.Canvas.MoveTo(404,390);
        Form1.Canvas.LineTo(420,390);
        Form1.Canvas.MoveTo(410,400);
        Form1.Canvas.LineTo(410,410);

```

```

    end

```

```

else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    Form1.Canvas.Pen.Color:=clBlue;
    Form1.Canvas.Brush.Color:=clBlue;
    Form1.Canvas.Rectangle(350,391,389,400);
    Form1.Canvas.Rectangle(405,391,420,400);
    Form1.Canvas.Rectangle(411,400,420,410);
end;
SensorPos(x);
end;

```

```

Procedure Decrease(Height:integer);

```

```

begin
    SensorClear(x);
    while high > Height do
    begin
        SensorPos(x);
        delay(1);
        high:=high-1;
        Form1.Canvas.Pen.Color:=clbtnface;
        Form1.Canvas.Brush.Color:=clbtnface;
        Form1.Canvas.Rectangle(151,100,350,400-high);
        if high <= 10 then
            begin
                Form1.Canvas.Pen.Color:=clbtnface;
                Form1.Canvas.Brush.Color:=clbtnface;
                Form1.Canvas.Rectangle(350,391,390,400-high);
                Form1.Canvas.Rectangle(405,391,410+high,400-high);
                Form1.Canvas.Rectangle(410+high,390,420,410);
                Form1.Canvas.Pen.Color:=clBlack;
                Form1.Canvas.MoveTo(350,390);
                Form1.Canvas.LineTo(390,390);
                Form1.Canvas.MoveTo(404,390);
                Form1.Canvas.LineTo(420,390);
                Form1.Canvas.MoveTo(410,400);
            end
        end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยูนิตของการรับส่งค่าแบบอนาลอก และดิจิตอล

```

unit inter;
interface
uses SysUtils;
    function DecToBi(num10:integer):string;
    procedure Portout(IOAddr:word;data:byte);
    Function Portin(IOAddr:word):byte;
    procedure Send_digital(HL:integer;data:byte);
    function Receive_digital(HL:integer):byte;
    Procedure Send_analog(Channel:integer;data:byte);
    function Receive_analog(Channel:integer):byte;

implementation
.
function DecToBi(num10:integer):string;
var long,net,temp:integer;
    ans:string;
begin
    long:=0;
    net:=num10;
    ans:= "";
    repeat
        temp:=net mod 2;
        ans:=inttostr(temp)+ans;
        long:=long+1;
        net:=net div 2;
    until net <=0;

    while long<8 do
    begin
        ans:='0'+ans;
        long:=long+1;
    end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;
DecToBi:=ans;
end;
procedure Portout(IOAddr:word;data:byte);
begin
asm
push dx
push ax
mov dx,IOAddr
mov al,data
out dx,al
pop ax
pop dx
end;
end;
Function Portin(IOAddr:word):byte;
begin
asm
push dx
push ax
mov dx,IOAddr
in al,dx
mov result,al
pop ax
pop dx
end;
end;

procedure Send_digital(HL:integer;data:byte);
var control:byte;
begin
if HL=1 then control:= $48
else control:= $40;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        Portout($301,data);
    Portout($302,control);
    Portout($302,$FF);
end;

```

```

function Receive_digital(HL:integer):byte;
var control:byte;
begin
if HL=1 then control:= $28
    else control:= $20;
    Portout($302,control);
    Receive_digital := Portin($300);
    Portout($302,$FF);
end;

```

```

Procedure Send_analog(Channel:integer;data:byte);

```

```

var control:byte;
begin
    case Channel of
        1 : control := $70 ;
        2 : control := $71 ;
        3 : control := $72 ;
        4 : control := $73 ;
        5 : control := $74 ;
        6 : control := $75 ;
        7 : control := $76 ;
        8 : control := $77 ;
        9 : control := $78 ;
        10 : control := $79 ;
        11 : control := $7A ;
        12 : control := $7B ;
        13 : control := $7C ;
        14 : control := $7D ;
        15 : control := $7E ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

16 : control := $7F ;
end;

Portout($302,control);
Portout($301,data);
control := control and $5F;
Portout($302,control);
Portout($302,$FF);

end;

function Receive_analog(Channel:integer):byte;
var control:byte;
begin
    case Channel of
        1 : control := $70 ;
        2 : control := $71 ;
        3 : control := $72 ;
        4 : control := $73 ;
        5 : control := $74 ;
        6 : control := $75 ;
        7 : control := $76 ;
        8 : control := $77 ;
        9 : control := $78 ;
        10 : control := $79 ;
        11 : control := $7A ;
        12 : control := $7B ;
        13 : control := $7C ;
        14 : control := $7D ;
        15 : control := $7E ;
        16 : control := $7F ;
    end;

    Portout($302,control);
    control := control and $3F;
    Portout($302,control);

    Receive_analog := Portin($300);

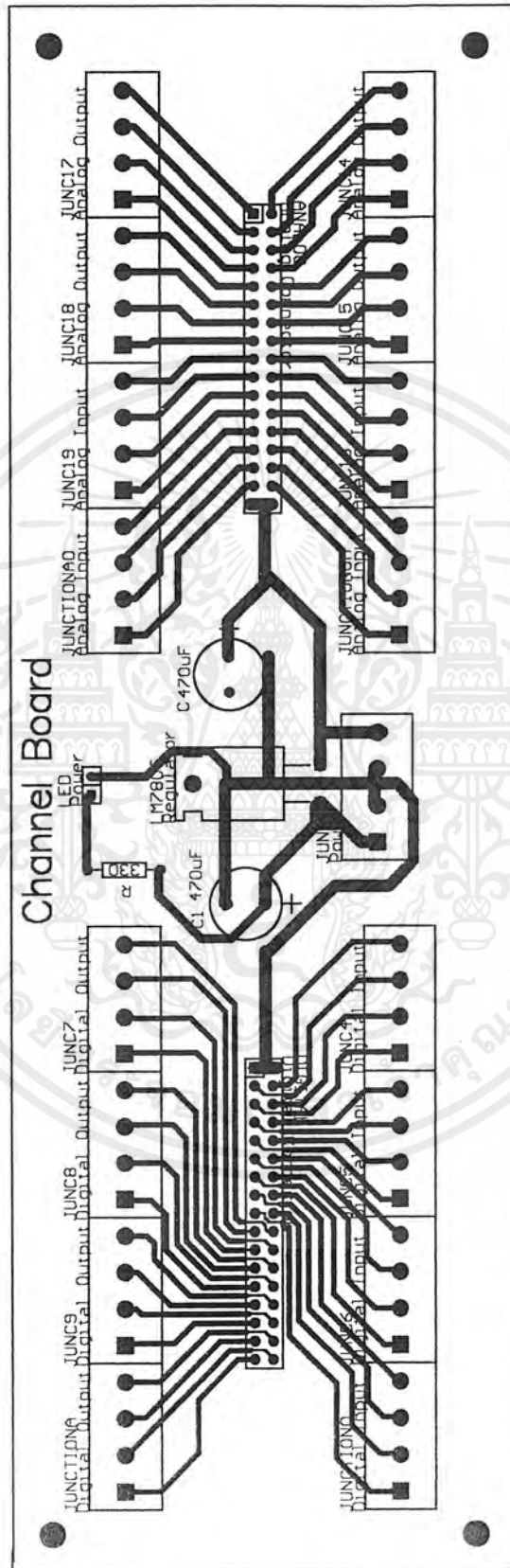
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

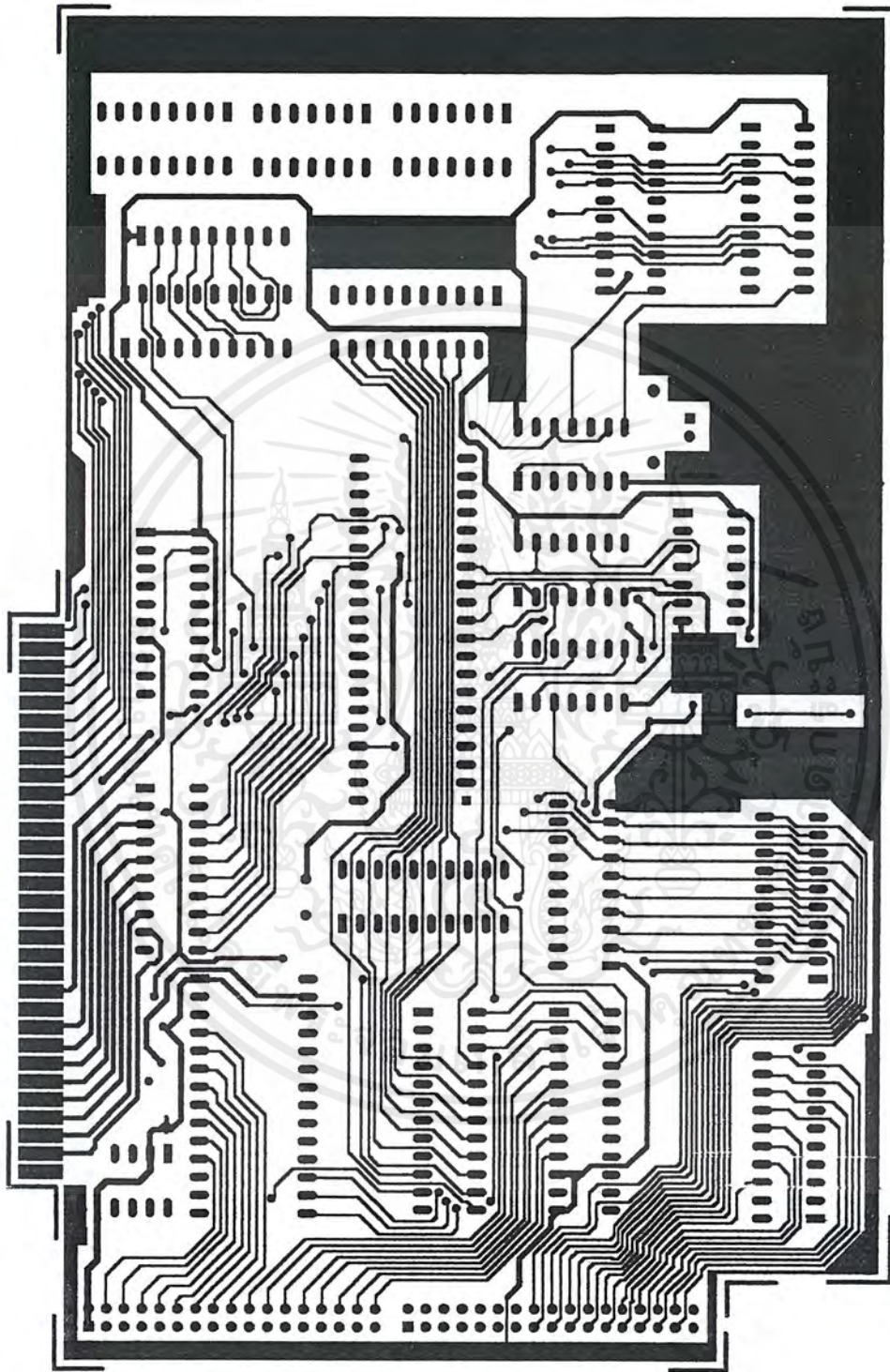
```
Portout($302,$FF);  
end;  
end.
```



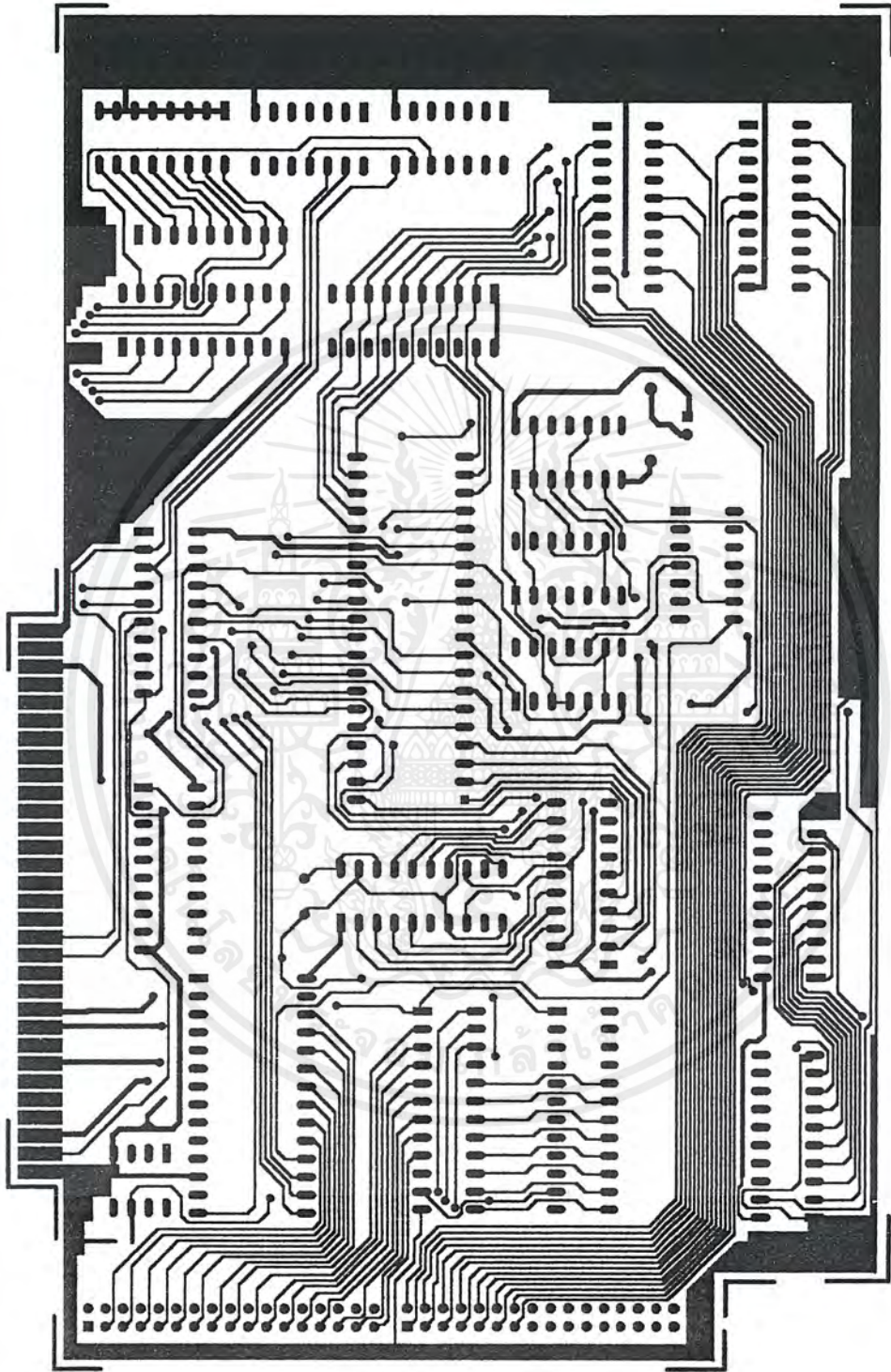
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIM

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

MX7228

General Description

Maxim's MX7228 contains eight 8-bit voltage output digital-to-analog converters (DACs) with separate input latches and output buffers for simple micro-processor and TTL/CMOS interfacing. The MX7228 maintains 8-bit accuracy over the full operating temperature range without external trimming.

Internally, data transfer into the data registers is via a common 8-bit TTL/CMOS compatible input bus. Logic inputs A_2 , A_1 , and A_0 control which DAC is loaded after WR goes low.

Features

- ◆ Buffered Voltage Output
- ◆ μP Compatible
- ◆ TTL/CMOS Logic Compatible
- ◆ Requires No External Adjustments
- ◆ 24-Pin Narrow DIP Package
- ◆ Operates from Single or Dual Supplies

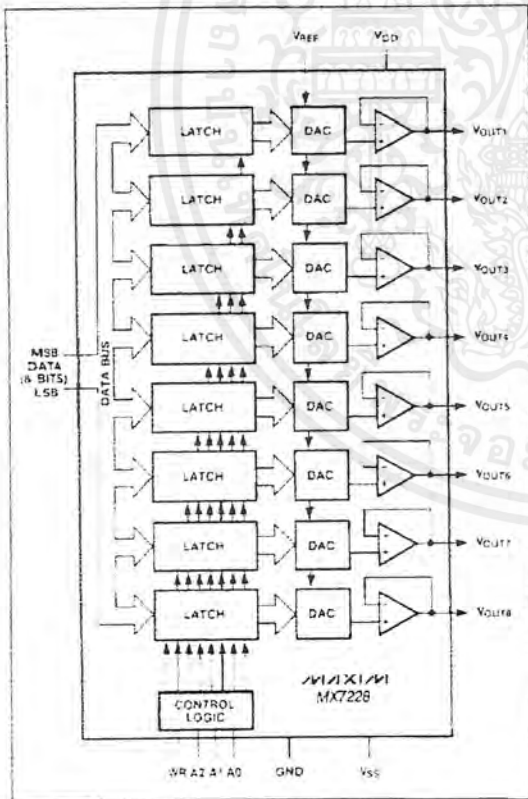
Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PACKAGE	ERROR
MX7228KN	0°C to +70°C	Plastic DIP	± 2 LSB
MX7228LN	0°C to +70°C	Plastic DIP	+1 LSB
MX7228KCWG	0°C to +70°C	Wide SO	± 2 LSB
MX7228LCWG	0°C to +70°C	Wide SO	± 1 LSB
MX7228K/D	0°C to +70°C	Dice	+2 LSB
MX7228KP	0°C to +70°C	PLCC	± 2 LSB
MX7228LP	0°C to +70°C	PLCC	+1 LSB
MX7228BQ	-25°C to +85°C	CERDIP	+2 LSB
MX7228CQ	-25°C to +85°C	CERDIP	+1 LSB
MX7228TQ	-55°C to +125°C	CERDIP	± 2 LSB
MX7228UQ	-55°C to +125°C	CERDIP	+1 LSB

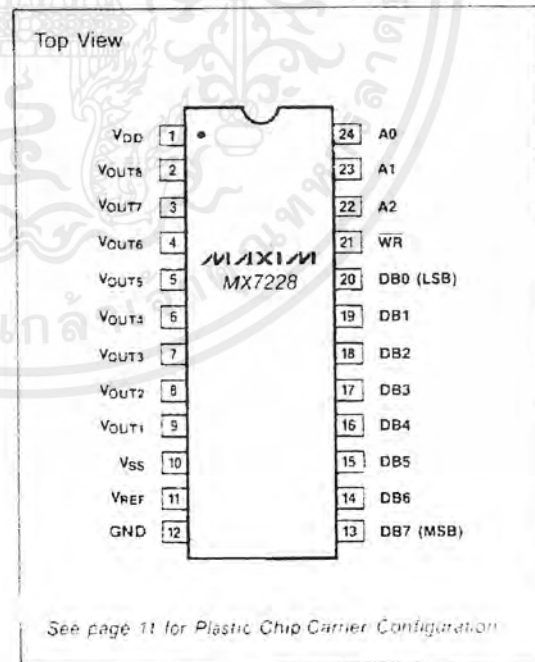
Applications

- Minimum Component Count Analog Systems
- Digital Offset/Gain Adjustment
- Industrial Process Control
- Arbitrary Function Generators
- Automatic Test Equipment

Typical Operating Circuit



Pin Configuration



See page 11 for Plastic Chip Carrier Configuration

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{DD} to GND	-0.3V, +17V
V _{DD} to V _{SS}	-0.3V, +24V
V _{SS} to GND	-7V, V _{SD}
Digital Input Voltage to GND	-0.3V, V _{DD}
V _{REF} to GND	-0.3V, V _{DD}
V _{OUT} to GND (Note 1)	V _{SS} , V _{DD}
Power Dissipation (Any Package) to +75°C	1000mW
Derating above +75°C	12mW/°C

Operating Temperature Ranges

MX7228K, L	0°C to +70°C
MX7228B, C	-25°C to +85°C
MX7228T, U	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +165°C
Lead Temperature (Soldering 10 sec.)	+300°C

Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—Dual Supply Operation

(V_{DD} = +10.8V to +16.5V, V_{SS} = -5V ± 10%, GND = 0V, V_{REF} = +2V to +10V, R_L = 2k, C_L = 100pF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX} unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
STATIC PERFORMANCE						
Resolution			8			Bits
Total Unadjusted Error		V _{DD} = 15V ± 10% V _{REF} = 10V	K,B,T L,C,U		+2 -1	LSB
Relative Accuracy	INL		K,B,T L,C,U		+1 +1/2	LSB
Differential Nonlinearity	DNL	Guaranteed Monotonic			+1	LSB
Full Scale Error			K,B,T L,C,U		+1 +1/2	LSB
Full Scale Tempco		V _{REF} = 10V		5		ppm/°C
Zero Code Error		T _A = 25°C	K,B,T L,C,U		+25 +15	mV
		T _A = T _{MIN} to T _{MAX}	K,B,T L,C,U		+30 ±20	
Zero Code Tempco				30		μV/°C
REFERENCE INPUT						
Reference Input Range		(Note 2)	2		10	V
Reference Input Resistance			2			kΩ
Reference Input Capacitance		(Note 3) DAC loaded with 1s			500	pF
AC Feedthrough		(Note 4)		-70		dB
DIGITAL INPUTS						
Input High Voltage	V _{IH}		2.4			V
Input Low Voltage	V _{IL}				0.8	V
Digital Input Leakage Current		V _{IN} = 0V or V _{DD}			+1	μA
Digital Input Capacitance		(Note 3)			8	pF

Note 1: The outputs may be shorted to GND provided that the power dissipation of the package is not exceeded. Typical short circuit current to GND is 25mA.

Note 2: V_{OH} must be less than V_{DD} by 3.5V to ensure correct operation.

Note 3: Sample tested at +25°C to ensure compliance.

Note 4: V_{REF} = 10kHz, 8V peak-to-peak sine wave.

Note 5: Code transition all 0s to all 1s. V_{REF} = 0V. WR = V_{DD}.

Note 6: Code transition all 0s to all 1s. V_{REF} = 10V. WR = 0V.

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

MX7228

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—Dual Supply Operation (Continued)

($V_{DD} = +10.8V$ to $-16.5V$, $V_{SS} = -5V \pm 10\%$, $GND = 0V$, $V_{REF} = +2V$ to $-10V$, $R_L = 2k$, $C_L = 100pF$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
DYNAMIC PERFORMANCE (Note 3)						
Voltage Output Slew Rate			2			V/ μ s
V_{OUT} Settling Time		To +1/2 LSB, $V_{REF} = 10V$			5	μ s
Digital Feedthrough		(Note 5)		50		nV-sec
Digital Crosstalk		(Note 6)		50		nV-sec
Output Load Resistance		$V_{OUT} = 10V$	2			k Ω
POWER REQUIREMENTS						
Positive Supply Range	V_{DD}	For specified performance	10.8		16.5	V
Negative Supply Range	V_{SS}	For specified performance	-4.5		-5.5	V
Positive Supply Current (Note 7)	I_{DD}	$T_A = 25^\circ C$	All		16	mA
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	K,B,L,C T,U		20 22	
Negative Supply Current (Note 7)	I_{SS}	$T_A = 25^\circ C$	All		14	mA
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	K,B,L,C T,U		18 20	
SWITCHING CHARACTERISTICS (Note 3)						
Address to \overline{WR} Setup	t_1		0			ns
Address to \overline{WR} Hold	t_2		0			ns
Data to \overline{WR} Setup	t_3	$T_A = 25^\circ C$	All	70		ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	K,L,B,C T,U	90 100		
Data to \overline{WR} Hold	t_4		10			ns
WR Pulse Width	t_5	$T_A = 25^\circ C$	All	95		ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	K,L,B,C T,U	120 150		

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—Single +15V Supply Operation

($V_{DD} = +15V \pm 10\%$, $V_{SS} = GND = 0V$, $V_{REF} = +10V$, $R_L = 2k$, $C_L = 100pF$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
STATIC PERFORMANCE						
Resolution			8			Bits
Total Unadjusted Error					+2 -1	LSB
Differential Nonlinearity		Guaranteed Monotonic			+1	LSB
REFERENCE INPUT All specifications are the same as for dual supplies.						
DIGITAL INPUTS All specifications are the same as for dual supplies.						
DYNAMIC PERFORMANCE All specifications are the same as for dual supplies.						
POWER REQUIREMENTS						
Positive Supply Range	V_{DD}	For specified performance	13.5		16.5	V
Positive Supply Current (Note 7)	I_{DD}	$T_A = 25^\circ C$	All		16	mA
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	K,B,L,C T,U		20 22	
SWITCHING CHARACTERISTICS All specifications are the same as for dual supplies.						

MAXIM

3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—+5V Supply Operation

($V_{DD} = +5V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0$ to $-5V \pm 10\%$, $GND = 0V$, $V_{REF} = +1.25V$, $R_L = 2k$, $C_L = 100pF$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} unless otherwise noted)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
STATIC PERFORMANCE						
Resolution			8			Bits
Differential Nonlinearity		Guaranteed Monotonic			+1	LSB
Full Scale Error		K,B,T L,C,U			14 +2	LSB
Zero Code Error		$T_A = 25^\circ C$ K,B,T L,C,U			40 30	mV
REFERENCE INPUT						
Reference Input Range		(Note 2)	1.2		1.3	V
Reference Input Resistance			2			k Ω
Reference Input Capacitance		(Note 3) DAC loaded with 1s			500	pF
DIGITAL INPUTS All specifications are the same as for dual supplies						
DYNAMIC PERFORMANCE All specifications are the same as for dual supplies						
POWER REQUIREMENTS						
Positive Supply Range	V_{DD}	For Spec Performance	4.75		5.25	V
Positive Supply Current (Note 7)	I_{DD}	$T_A = 25^\circ C$	All		16	mA
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	K,B,L,C T,U		20 22	
Negative Supply Current (Note 7)	I_{SS}	$T_A = 25^\circ C$	All		14	mA
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	K,B,L,C T,U		18 20	
SWITCHING CHARACTERISTICS (Note 3)						
Address to WR Setup	t_1		0			ns
Address to WR Hold	t_2		0			ns
Data to WR Setup	t_3	$T_A = 25^\circ C$	All	100		ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	K,L,B,C T,U	140 175		
Data to WR Hold	t_4		10			ns
WR Pulse Width	t_5	$T_A = 25^\circ C$	All	125		ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	K,L,B,C T,U	160 200		

Note 1: The outputs may be shorted to GND provided that the power dissipation of the package is not exceeded. Typical short circuit current to GND is 25mA.

Note 2: V_{OUT} must be less than V_{DD} by 3.5V to ensure correct operation.

Note 3: Sample tested at $+25^\circ C$ to ensure compliance.

Note 4: $V_{REF} = 10kHz$, 8V peak-to-peak sine wave.

Note 5: Code transition all 0s to all 1s. $V_{REF} = 0V$, $WR = V_{DD}$.

Note 6: Code transition all 0s to all 1s. $V_{REF} = 10V$, $WR = 0V$.

Note 7: Outputs unloaded.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

MX7228

Digital Inputs and Interface Logic

The digital inputs are compatible with both TTL and 5V CMOS logic, however the power supply current (I_{DD}) is somewhat dependent on input logic level. Supply current is specified for TTL input levels (worst case) but is reduced (by about $450\mu A$) when the logic inputs are driven near GND or greater than 4 volts above GND.

Table 1 shows control logic truth table for \overline{WR} , A2, A1, and A0 operation. When \overline{WR} is low, the input latch of the selected DAC is transparent, and the DAC's output responds to the activity on the data bus. The data is latched into the addressed DAC's latch on the rising edge of the \overline{WR} signal. Figure 1 shows the timing diagram for the MX7228.

Table 1. Control Logic Truth Table

WR	A2	A1	A0	OPERATION
H	X	X	X	No operation Device not selected
L	L	L	L	DAC 1 Transparent
R	L	L	L	DAC 1 Latched
L	L	L	H	DAC 2 Transparent
L	L	H	L	DAC 3 Transparent
L	L	H	H	DAC 4 Transparent
L	H	L	L	DAC 5 Transparent
L	H	L	H	DAC 6 Transparent
L	H	H	L	DAC 7 Transparent
L	H	H	H	DAC 8 Transparent

H = High State, L = Low State, X = Don't Care, R = Rising Edge

Detailed Description

The MX7228 has eight matched voltage output digital-to-analog converters (DACs). The DACs are "inverted" R-2R ladder networks which convert 8 digital bits into equivalent analog output voltages in proportion to the

applied reference voltage. All 8 DACs in the MX7228 share the same reference input (V_{REF}) and GND. A simplified circuit diagram of one of the eight DACs is provided in Figure 2.

V_{REF} Input

The voltage at V_{REF} sets the full-scale output of the DACs. The input impedance of the V_{REF} pin is code dependent. The lowest value, approximately 2 kohms, occurs when the input code of all eight DACs is 01010101. The maximum value of infinity occurs when all of the input codes of the eight DACs is 00000000. Because the input resistance at V_{REF} is code dependent, the DACs' reference source should not have an output impedance more than 4 ohms. The capacitance at V_{REF} is also code dependent and typically varies from 120pF to 350pF.

V_{OUT1} , V_{OUT2} , V_{OUT3} , V_{OUT4} , V_{OUT5} , V_{OUT6} , V_{OUT7} , and V_{OUT8} can be represented by a digitally programmable voltage source as:

$$V_{OUT} = N_b \times V_{REF}/256$$

where N_b is the numeric value of the DAC's binary input code.

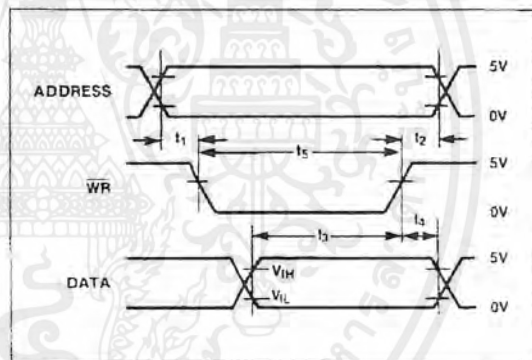


Figure 1. Write Cycle Timing Diagram

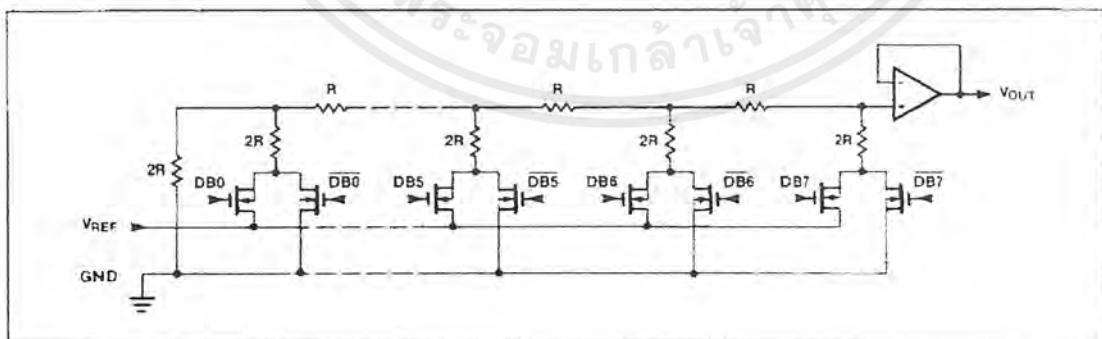


Figure 2. DAC Circuit Diagram

MAXIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

Output Buffer Amplifiers

All voltage outputs are internally buffered by precision unity gain followers which slew at greater than $2V/\mu s$. The output settles to $\pm 1/2$ LSB in less than $5\mu s$ when driving $2k\Omega$ in parallel with $100pF$ with a full scale transition ($0V$ to $+10V$ or $+10V$ to $0V$). The buffers will also drive $2k\Omega$ in parallel with $500pF$ to $10V$ levels without oscillation. Typical dynamic response and settling performance of the MX7228 are shown in Figures 3 and 4.

A simplified circuit diagram of an output buffer is shown in Figure 5. Input common mode range to GND is provided by a PMOS input structure. The output circuitry incorporates both a constant current source and an actively driven n-channel device. The actively driven n-channel device aids in discharging large output capacitances.

The MX7228 can operate from either a single supply or dual supplies. The output buffer amplifiers are the only part of the MX7228 that receive V_{SS} power. Operating the MX7228 from dual supplies will improve the negative going output settling time near GND. In addition, the output amplifier can sink $500\mu A$ when operating with dual supplies. The use of dual supplies also extends the input reference voltage range. When operating with a single supply, the output sink current decreases when the output approaches 0 volts (see Figure 6).

The output amplifier broadband noise is approximately $50\mu V_{RMS}$ and is not strongly power supply voltage dependent. The output impedance of the output buffer is approximately 1Ω .

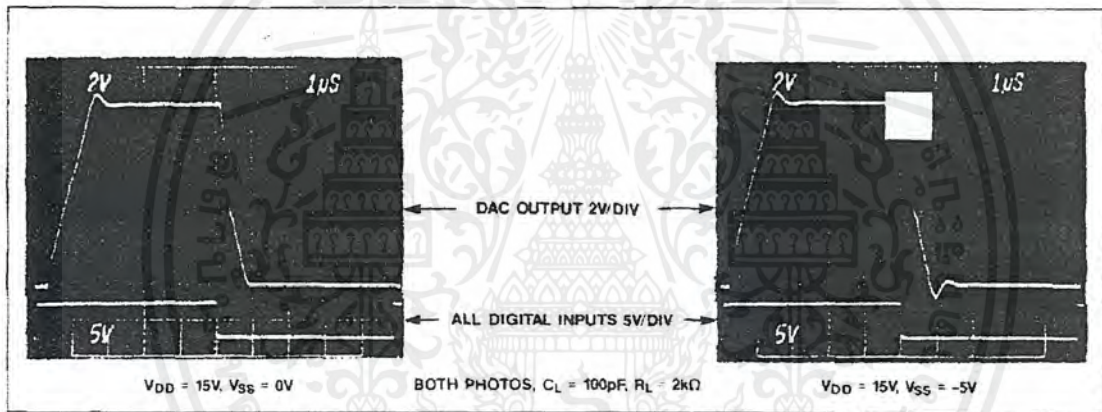


Figure 3. Dynamic Response

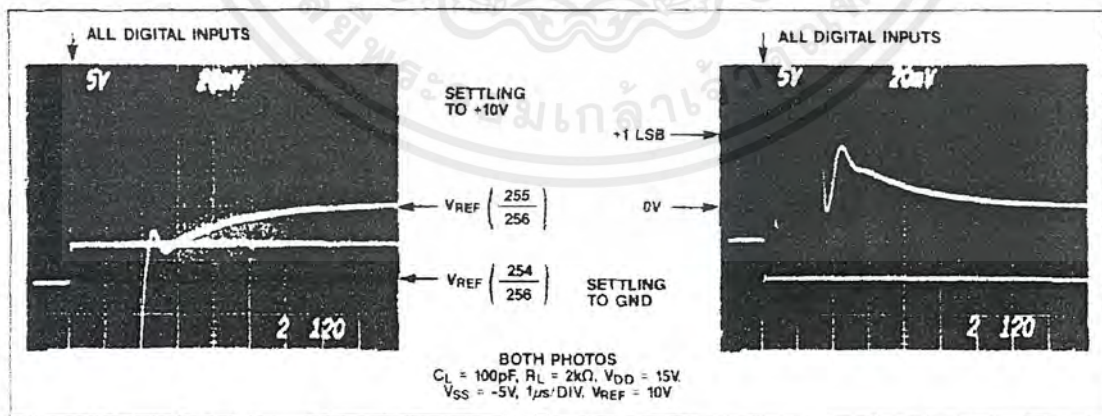


Figure 4. Dynamic Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

MX7228

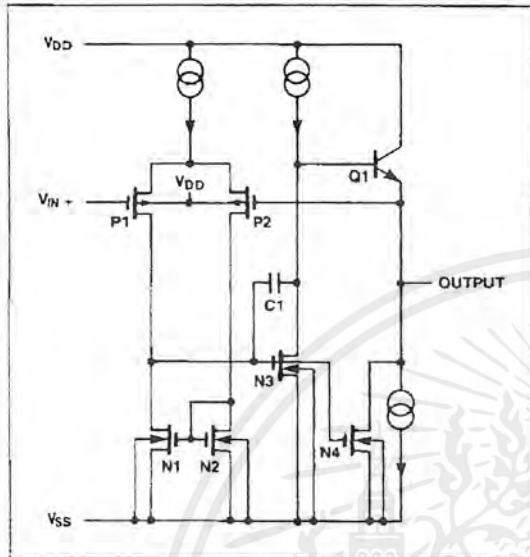


Figure 5. Output Buffer Amplifier

Applications Information

Power Supply and Reference Operating Ranges

The MX7228 is fully specified to operate between $+12V \pm 10\%$ and $+15V \pm 10\%$ (10.8V to 16.5V), and with V_{SS} from 0V to $-5V$. 8 bit performance is guaranteed for single supply operation ($V_{SS} = 0V$), however, zero code error is improved with $V_{SS} = -5V$.

For adequate DAC and buffer operation, V_{REF} must always be below V_{DD} by at least 3.5V.

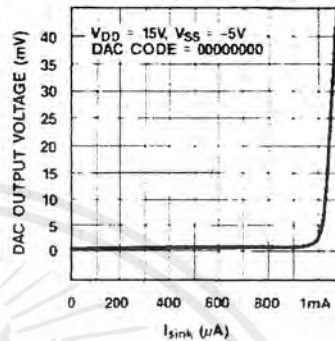
Power Supply Management

Careful PCB layout techniques should be used to minimize crosstalk between V_{REF} , GND, and the digital inputs. This is particularly important if the reference input is driven from an AC source. Bypass capacitors (0.1 μF in parallel with 6.8 μF) should be used between V_{DD} and GND (also between V_{SS} and GND if V_{SS} is $-5V$).

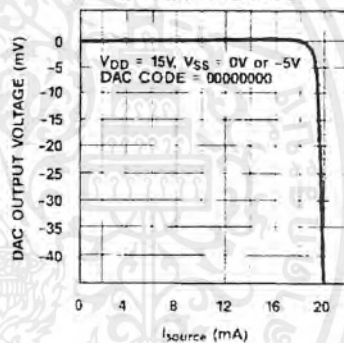
Unipolar Output

In unipolar operation, the reference voltage is the same polarity as the output voltage. Since the reference voltage must always be positive with respect to GND, the output voltage is also positive with respect to GND. An example of a unipolar circuit configuration is shown in Figure 7. The unipolar code is given in Table 2.

OUTPUT SINK CURRENT vs OUTPUT VOLTAGE



OUTPUT SOURCE CURRENT vs OUTPUT VOLTAGE



OUTPUT SINK CURRENT vs OUTPUT VOLTAGE

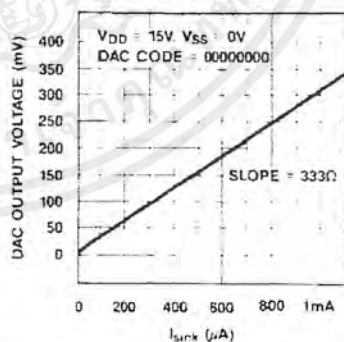


Figure 6. Output Sink/Source Current vs. Output Voltage

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

Table 2. Unipolar Code Table

DAC CONTENTS		ANALOG OUTPUT
MSB	LSB	
1 1 1 1	1 1 1 1	$+V_{REF} \left(\frac{255}{256} \right)$
1 0 0 0	0 0 0 1	$+V_{REF} \left(\frac{129}{256} \right)$
1 0 0 0	0 0 0 0	$+V_{REF} \left(\frac{128}{256} \right) = \frac{V_{REF}}{2}$
0 1 1 1	1 1 1 1	$+V_{REF} \left(\frac{127}{256} \right)$
0 0 0 0	0 0 0 1	$+V_{REF} \left(\frac{1}{256} \right)$
0 0 0 0	0 0 0 0	0V

Note: 1 LSB = $(V_{REF})(2^{-8}) = +V_{REF} \left(\frac{1}{256} \right)$

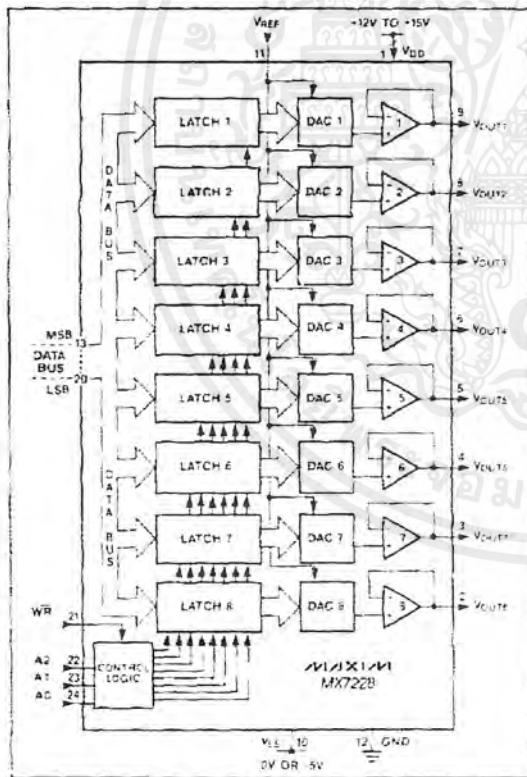


Figure 7. Unipolar Output Circuit

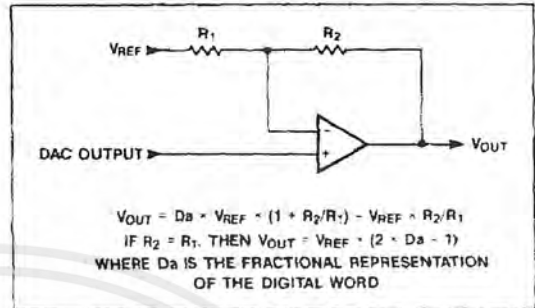


Figure 8. Bipolar Output Circuit

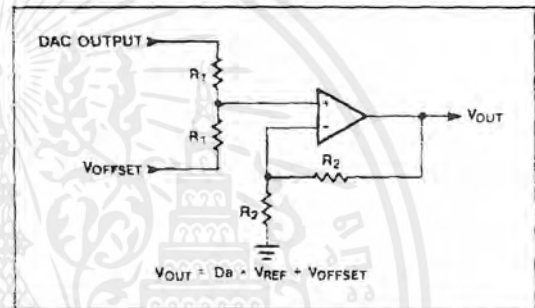


Figure 9. Offset Circuit

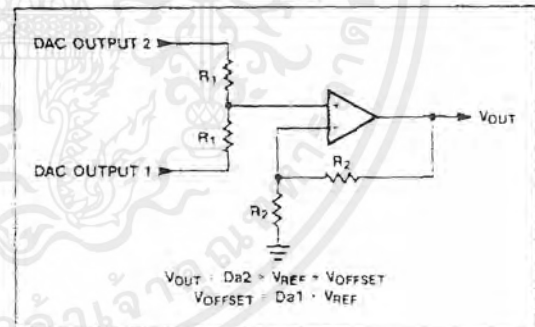


Figure 10. Offset Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

Bipolar Output

Each DAC output may be configured for bipolar operation using the circuit in Figure 8. One op amp and two resistors are needed per channel. Table 3 shows the digital code versus output voltage for Figure 8 assuming $R1=R2$.

Table 3. Bipolar Code Table

DAC CONTENTS		ANALOG OUTPUT
MSB	LSB	
1 1 1 1	1 1 1 1	$+V_{REF} \left(\frac{127}{128} \right)$
1 0 0 0	0 0 0 1	$-V_{REF} \left(\frac{1}{128} \right)$
1 0 0 0	0 0 0 0	0V
0 1 1 1	1 1 1 1	$-V_{REF} \left(\frac{1}{128} \right)$
0 0 0 0	0 0 0 1	$-V_{REF} \left(\frac{127}{128} \right)$
0 0 0 0	0 0 0 0	$-V_{REF} \left(\frac{128}{128} \right) = -V_{REF}$

Offsetting DAC Outputs

Each DAC can be offset using the circuit shown in Figure 9. If the op amp does not have a negative supply, then its common mode voltage range and output voltage range must include GND. Also, one DAC can provide the output offset for another DAC as shown in Figure 10.

Using an AC Reference

In applications where V_{REF} has AC signal components, the MX7228 has multiplying capabilities within the limits of the V_{REF} input range specifications. Figure 11 shows a technique for applying an AC signal to the MX7228. Since all eight DACs share a common reference, they all will be AC modulated. Output

distortion is typically less than 0.1% for frequencies up to 50kHz.

Generating V_{SS}

The performance of the MX7228 is specified with and without a V_{SS} supply. When the improved performance of dual supply operation is desired, but only a single supply is available, a negative supply can be generated using any of the circuits shown in Figure 12.

Digital Interface Applications

Figures 13 through 16 shown examples of interfacing the MX7228 to most popular microprocessors.

5V Operation

The MX7228 can also be used with a single 5V power supply or a $\pm 5V$ power supply. The timing specifications are degraded, and the reference voltage range is reduced. The DNL of each DAC remains at ± 1 LSB guaranteeing monotonicity. For devices with a negative offset and no negative supply there is a possibility, near zero, that the DAC will not change when the DAC code is incremented. Once the DAC has reached the offset voltage of the output buffer, the DAC will begin to increment in a normal fashion. Since the LSB voltage is only a few millivolts, care should be used in decoupling supplies, ground loops, etc.

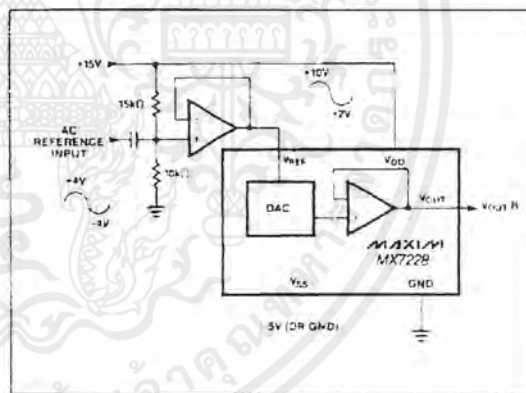


Figure 11 AC Reference Input Circuit

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

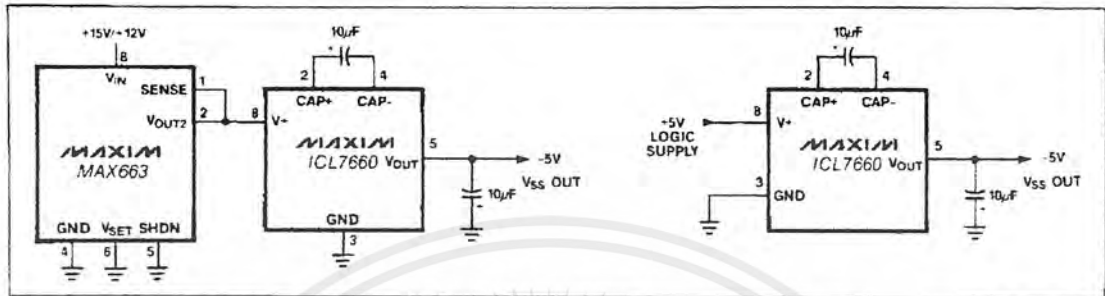


Figure 12. Generating -5V for V_{SS}

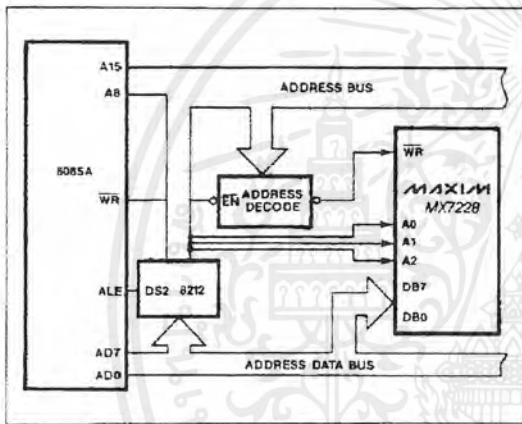


Figure 13. MX7228 to 8085A Interface

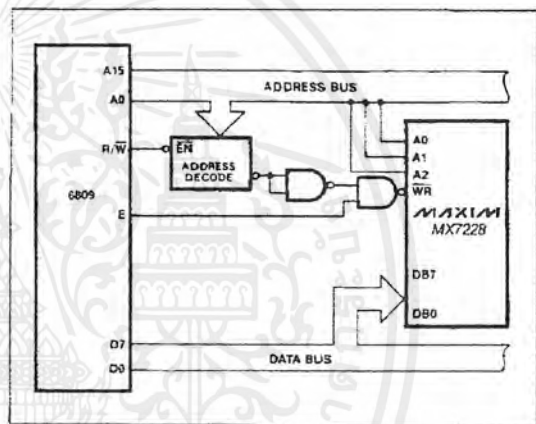


Figure 14. MX7228 to 6809 Interface

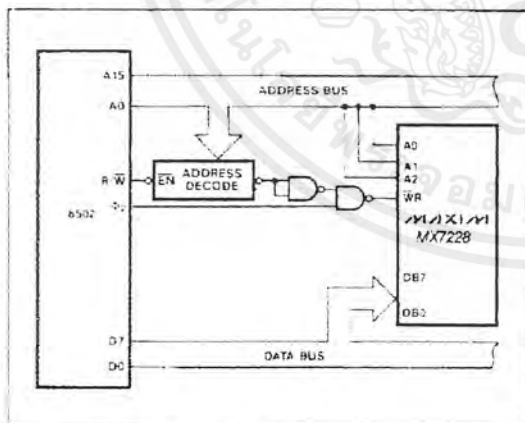


Figure 15. MX7228 to 6502 Interface

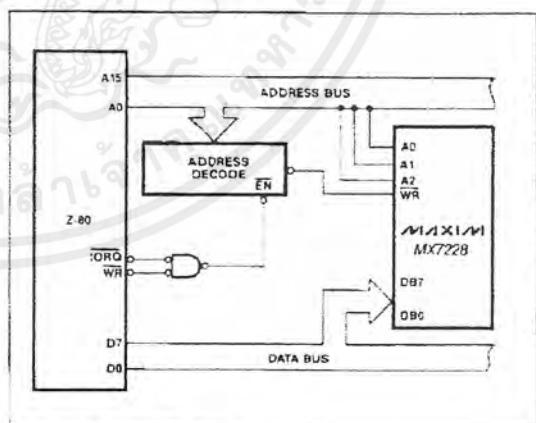


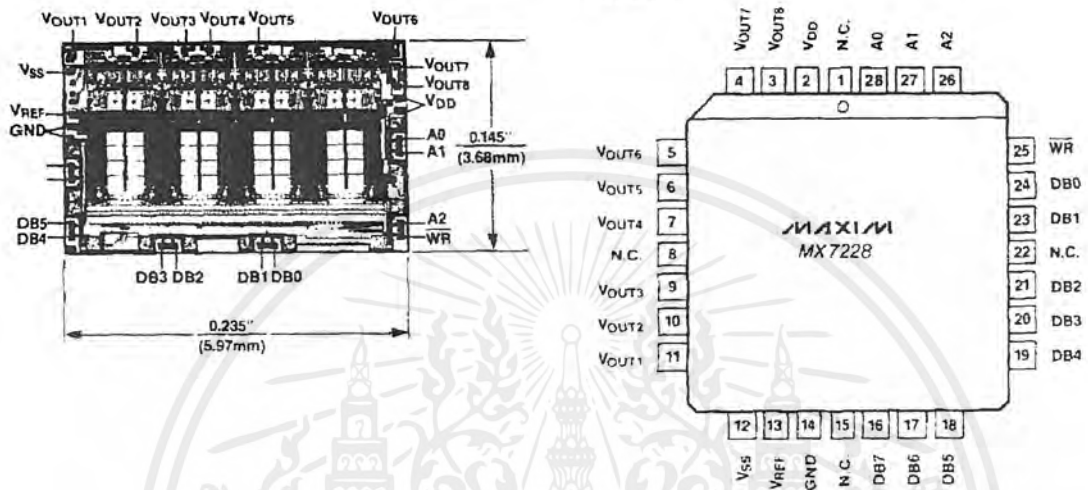
Figure 16. MX7228 to Z-80 Interface

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

Pin Configuration (continued)

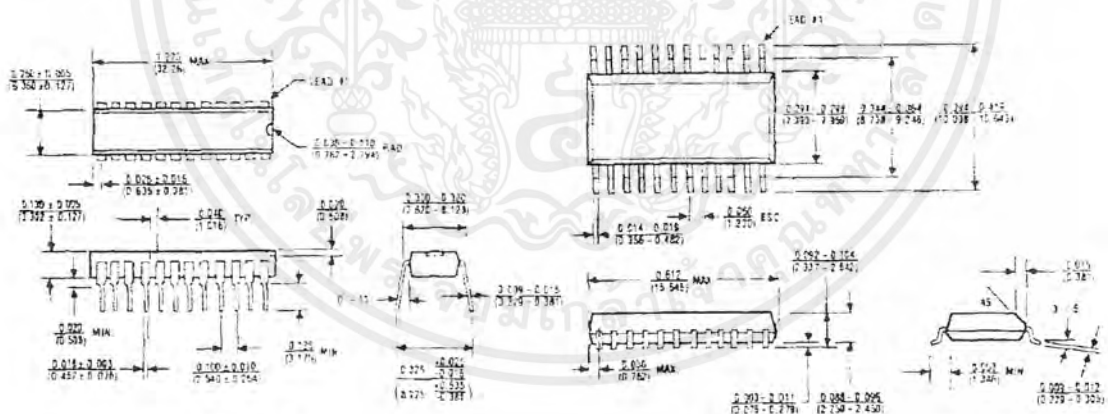
MX7228

Top View



28 Lead Plastic Chip Carrier (Quad Pak)

Package Information



24 Lead Plastic Narrow DIP (NG)

$\theta_{JA} = 120^{\circ}\text{C/W}$
 $\theta_{JC} = 60^{\circ}\text{C/W}$

24 Lead Small Outline, Wide (WG)

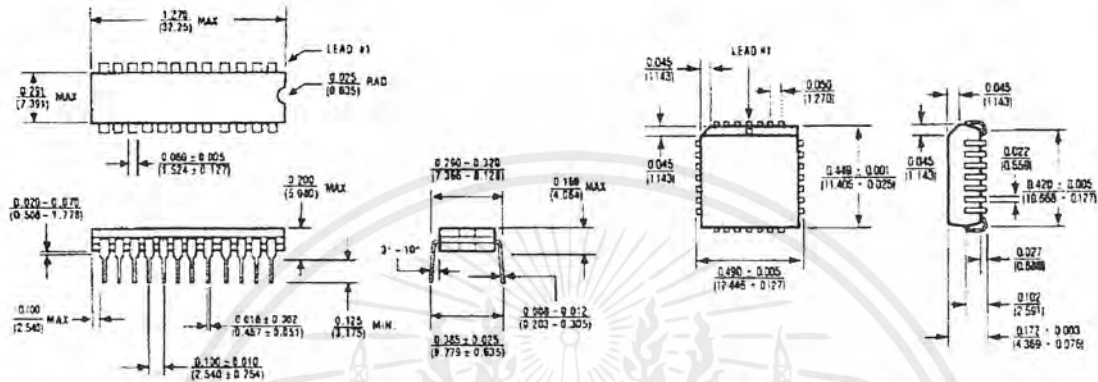
$\theta_{JA} = 85^{\circ}\text{C/W}$
 $\theta_{JC} = 45^{\circ}\text{C/W}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS Octal 8-Bit D/A Converter

Package Information (continued)

MX7228



24 Lead Narrow GERP (RG)

$\theta_{JA} = 80^{\circ}\text{C/W}$
 $\theta_{JC} = 40^{\circ}\text{C/W}$

28 Lead Plastic Chip Carrier (Quad Pak) (QI)

$\theta_{JA} = 100^{\circ}\text{C/W}$
 $\theta_{JC} = 45^{\circ}\text{C/W}$

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

12 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600**

© 1989 Maxim Integrated Products

Printed USA

19-875

1/89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIM

1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

General Description

The MAX6325/MAX6341/MAX6350 are low-noise, precision voltage references with extremely low, 0.5ppm/°C typical temperature coefficients and excellent, ±0.02% initial accuracy. These devices feature buried-zener technology for lowest noise performance. Load-regulation specifications are guaranteed for source and sink currents up to 15mA. Excellent line and load regulation and low output impedance at high frequencies make them ideal for high-resolution data-conversion systems up to 16 bits.

The MAX6325 is set for a 2.500V output, the MAX6341 is set for a 4.096V output, and the MAX6350 is set for a 5.000V output. All three provide for the option of external trimming and noise reduction.

Applications

- High-Resolution Analog-to-Digital and Digital-to-Analog Converters
- High-Accuracy Reference Standard
- High-Accuracy Industrial and Process Control
- Digital Voltmeters
- ATE Equipment
- Precision Current Sources

Features

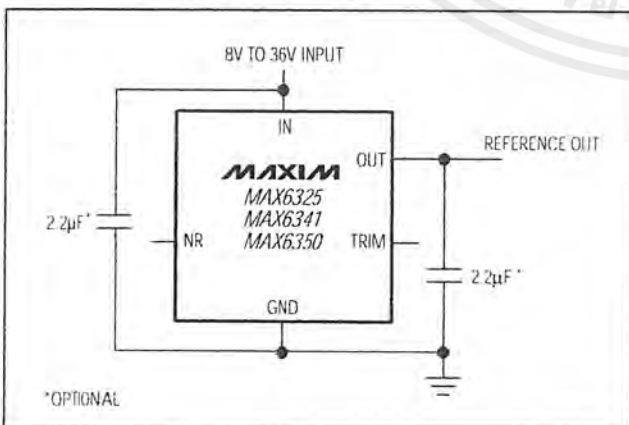
- ◆ Ultra-Low, 1ppm/°C Max Tempco
- ◆ Very Low, 1.5µVp-p Noise (0.1Hz to 10Hz) (MAX6325)
- ◆ ±0.02% Initial Accuracy (MAX6350)
- ◆ ±15mA Output Source and Sink Current
- ◆ Low, 18mW Power Consumption (MAX6325)
- ◆ Industry-Standard Pinout
- ◆ Optional Noise Reduction and Voltage Trim
- ◆ Excellent Transient Response
- ◆ 8-Pin SO Package Available
- ◆ Low, 30ppm/1000h Long-Term Stability
- ◆ Stable for All Capacitive Loads

Ordering Information

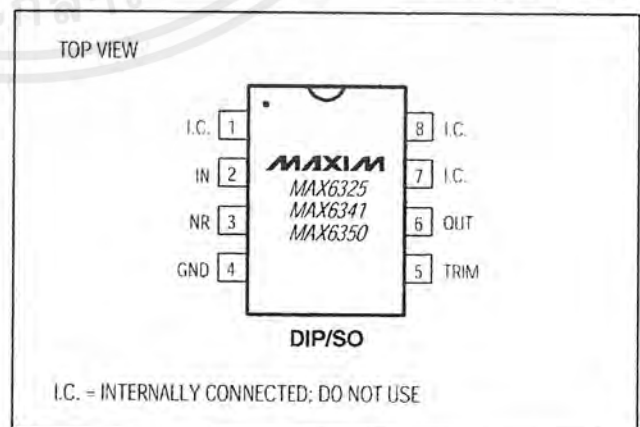
PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE	MAX TEMPCO (ppm/°C)
MAX6325CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP	1.0
MAX6325CSA	0°C to +70°C	8 SO	1.0
MAX6325EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP	1.5
MAX6325ESA	-40°C to +85°C	8 SO	1.5
MAX6325MJA	-55°C to +125°C	8 Cerdip	2.5

Ordering Information continued at end of data sheet.

Typical Operating Circuit



Pin Configuration



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้มาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX6325/MAX6341/MAX6350

1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(Voltages Referenced to GND)

IN	-0.3V to 40V
OUT, TRIM	-0.3V to 12V
NR	-0.3V to 6V
OUT Short Circuit to GND Duration ($V_{IN} \leq 12V$)	Continuous
OUT Short Circuit to GND Duration ($V_{IN} \leq 40V$)	5sec
OUT Short Circuit to IN Duration ($V_{IN} \leq 12V$)	Continuous
Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ C$)	
Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C)	727mW

SO (derate 5.88mW/°C above +70°C)	471mW
CERDIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	640mW
Operating Temperature Ranges	
MAX63__C_A	0°C to +70°C
MAX63__E_A	-40°C to +85°C
MAX63__MJA	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (soldering, 10sec)	+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX6325

($V_{IN} = 10V$, $I_{OUT} = 0mA$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	T_A	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage Range	V_{IN}		C, E, M	8		36	V
Output Voltage	V_{OUT}	MAX6325	+25°C	2.499	2.500	2.501	V
Output Voltage Temperature Coefficient (Note 1)	TCV _{OUT}	MAX6325C_A	C		0.5	1.0	ppm/°C
		MAX6325E_A	E		0.75	1.5	
		MAX6325MJA	M		1.0	2.5	
Line Regulation (Note 2)	$\Delta V_{OUT} / \Delta V_{IN}$	$8V \leq V_{IN} \leq 10V$	+25°C		10	18	ppm/V
			C			30	
			E			35	
			M			45	
			+25°C		2	5	
			C			7	
E			8				
M			10				
Load Regulation (Note 2)	$\Delta V_{OUT} / \Delta I_{OUT}$	Sourcing: $0mA \leq I_{OUT} \leq 15mA$	C		1	6	ppm/mA
			E		1	7	
			M		3	15	
		Sinking: $-15mA \leq I_{OUT} \leq 0mA$	C		1	6	
			E		1	7	
			M		10	30	
Supply Current	I_{IN}		+25°C		1.8	2.7	mA
			C, E, M			3.0	
Trim-Adjustment Range	ΔV_{OUT}	Figure 1	C, E, M	±15	±25		mV
Turn-On Settling Time	t_{ON}	To ±0.01% of final value	+25°C		5		µs
Output Noise Voltage (Note 3)	e_n	$0.1Hz \leq f \leq 10Hz$	+25°C		1.5		µVp-p
		$10Hz \leq f \leq 1kHz$	+25°C		1.3	2.8	µVRMS
Temperature Hysteresis		(Note 4)	+25°C		20		ppm
Long-Term Stability	$\Delta V_{OUT} / t$		+25°C		30		ppm/1000h

1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX6341

($V_{IN} = 10V$, $I_{OUT} = 0mA$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	T_A	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage Range	V_{IN}		C, E, M	8		36	V
Output Voltage	V_{OUT}	MAX6341	+25°C	4.095	4.096	4.097	V
Output Voltage Temperature Coefficient (Note 1)	TCV_{OUT}	MAX6341C_A	C		0.5	1.0	ppm/°C
		MAX6341E_A	E		0.75	1.5	
		MAX6341MJA	M		1.0	2.5	
Line Regulation (Note 2)	$\Delta V_{OUT} / \Delta V_{IN}$	$8V \leq V_{IN} \leq 10V$	+25°C		10	18	ppm/V
			C			30	
			E			35	
		$10V \leq V_{IN} \leq 36V$	M			45	
			+25°C		2	5	
			C			7	
Load Regulation (Note 2)	$\Delta V_{OUT} / \Delta I_{OUT}$	Sourcing: $0mA \leq I_{OUT} \leq 15mA$	C		1	6	ppm/mA
			E		1	7	
			M		3	9	
		Sinking: $-15mA \leq I_{OUT} \leq 0mA$	C		1	6	
			E		1	7	
			M		7	18	
Supply Current	I_{IN}		+25°C		1.9	2.9	mA
			C, E, M			3.2	
Trim-Adjustment Range	ΔV_{OUT}	Figure 1	C, E, M	±24	±40		mV
Turn-On Settling Time	t_{ON}	To ±0.01% of final value	+25°C		8		µs
Output Noise Voltage (Note 3)	e_n	$0.1Hz \leq f \leq 10Hz$	+25°C		2.4		µVp-p
		$10Hz \leq f \leq 1kHz$	+25°C		2.0	4.0	µVRMS
Temperature Hysteresis		(Note 4)	+25°C		20		ppm
Long-Term Stability	$\Delta V_{OUT} / t$		+25°C		30		ppm/1000h

MAX6325/MAX6341/MAX6350

1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX6350

($V_{IN} = 10V$, $I_{OUT} = 0mA$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	T_A	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage Range	V_{IN}		C, E, M	8		36	V
Output Voltage	V_{OUT}	MAX6350	+25°C	4.999	5.000	5.001	V
Output Voltage Temperature Coefficient (Note 1)	TCV_{OUT}	MAX6350C_A	C		0.5	1.0	ppm/°C
		MAX6350E_A	E		0.75	1.5	
		MAX6350MJA	M		1.0	2.5	
Line Regulation (Note 2)	$\Delta V_{OUT} / \Delta V_{IN}$	$8V \leq V_{IN} \leq 10V$	+25°C		10	18	ppm/V
			C			30	
			E			35	
			M			45	
			+25°C		2	5	
			C			7	
E			8				
M			10				
Load Regulation (Note 2)	$\Delta V_{OUT} / \Delta I_{OUT}$	Sourcing: $0mA \leq I_{OUT} \leq 15mA$	C		1	6	ppm/mA
			E		1	7	
			M		2	9	
		Sinking: $-15mA \leq I_{OUT} \leq 0mA$	C		1	6	
			E		1	7	
			M		6	15	
Supply Current	I_{IN}		+25°C		2.0	3.0	mA
			C, E, M			3.3	
Trim-Adjustment Range	ΔV_{OUT}	Figure 1	C, E, M	±30	±50		mV
Turn-On Settling Time	t_{ON}	To ±0.01% of final value	+25°C		10		µs
Output Noise Voltage (Note 3)	e_n	$0.1Hz \leq f \leq 10Hz$	+25°C		3.0		µVp-p
		$10Hz \leq f \leq 1kHz$	+25°C		2.5	5.0	µVRMS
Temperature Hysteresis		(Note 4)	+25°C		20		ppm
Long-Term Stability	$\Delta V_{OUT} / t$		+25°C		30		ppm/1000h

Note 1: Temperature coefficient is measured by the box method; i.e., the maximum ΔV_{OUT} is divided by $\Delta T \times V_{OUT}$.

Note 2: Line regulation ($\Delta V_{OUT} / (V_{OUT} \times \Delta V_{IN})$) and load regulation ($\Delta V_{OUT} / (V_{OUT} \times \Delta I_{OUT})$) are measured with pulses and do not include output voltage changes due to die-temperature changes.

Note 3: Noise specifications are 100% tested for the 10Hz to 1kHz bandwidth. Production testing in the 0.1Hz to 10Hz bandwidth is available upon request.

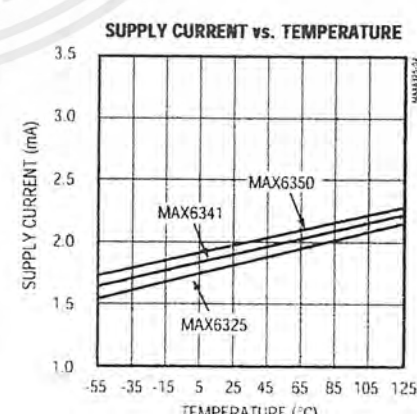
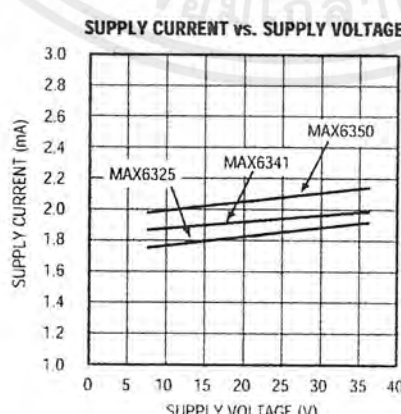
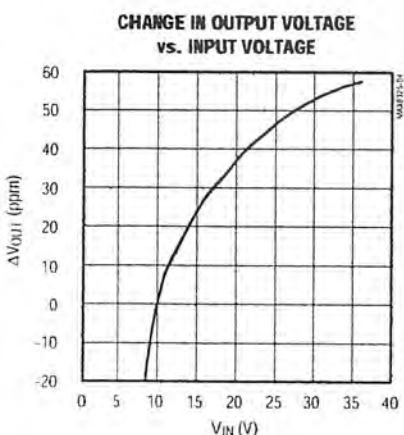
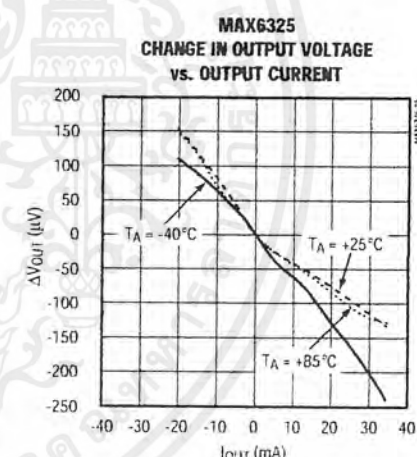
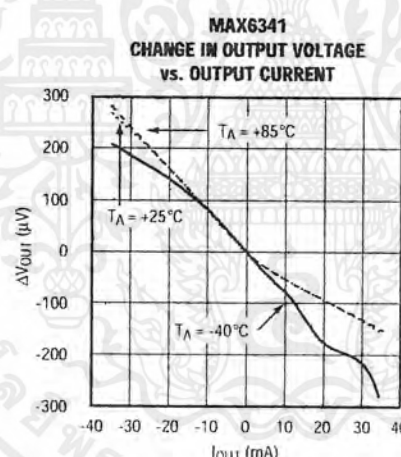
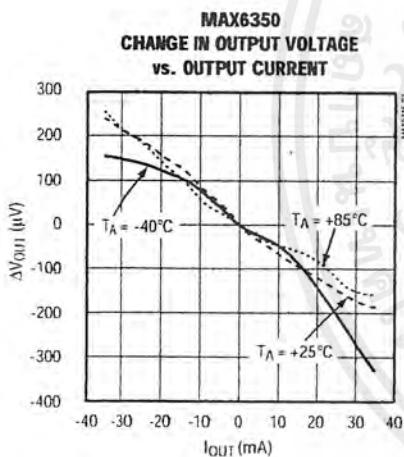
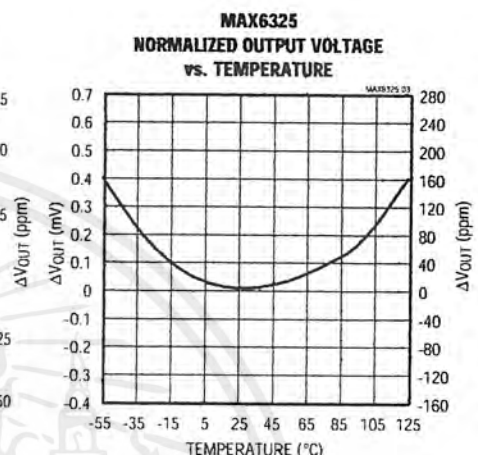
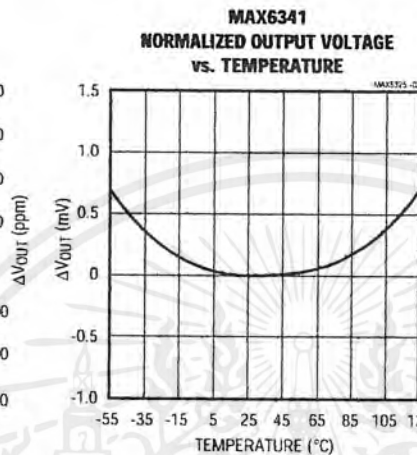
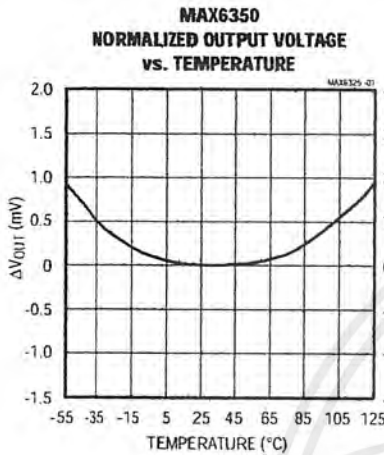
Note 4: Temperature hysteresis is specified at $T_A = +25^\circ C$ by measuring V_{OUT} before and after changing temperature by +25°C using the plastic DIP package.

1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

Typical Operating Characteristics

($V_{IN} = 10V$, $I_{OUT} = 0mA$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

MAX6325/MAX6341/MAX6350

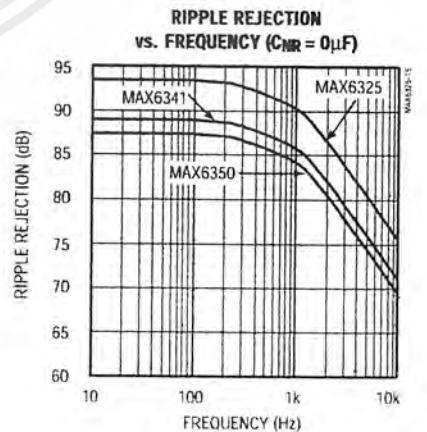
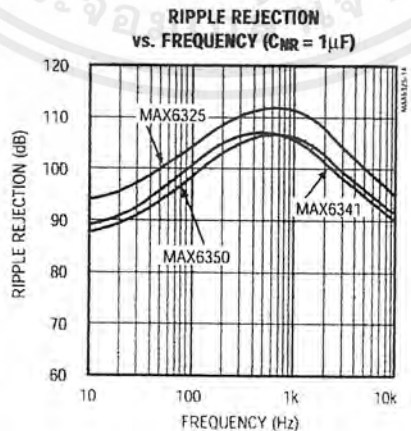
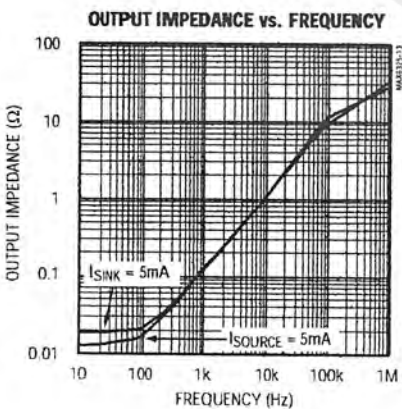
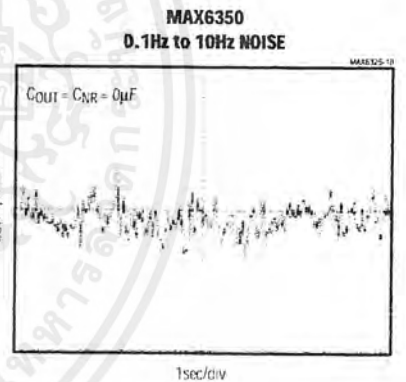
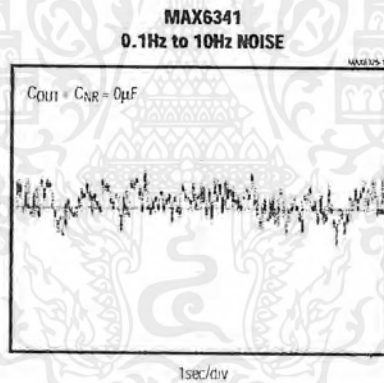
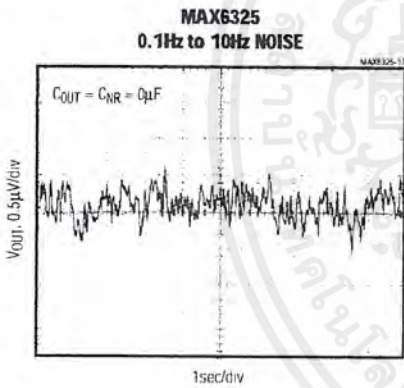
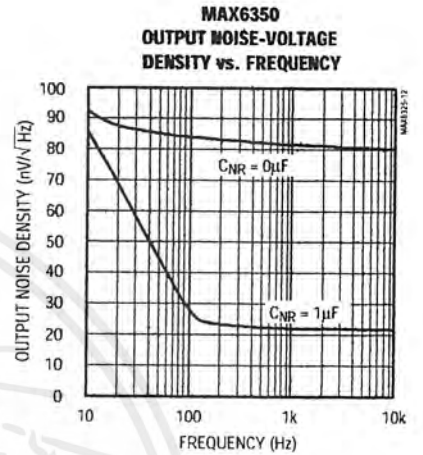
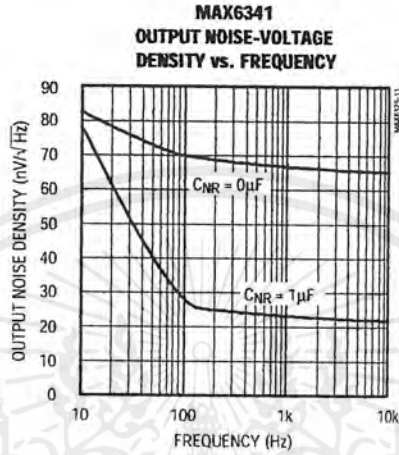
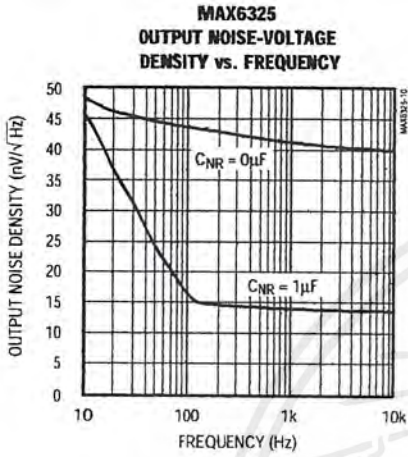


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

Typical Operating Characteristics (continued)

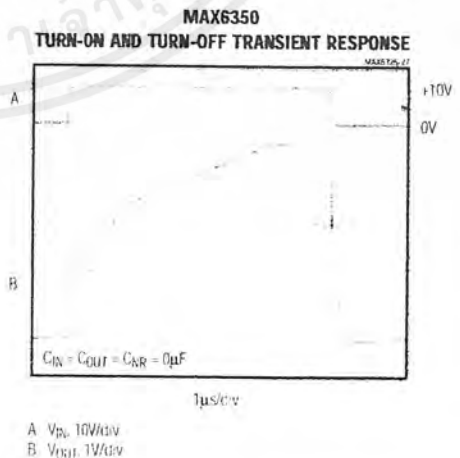
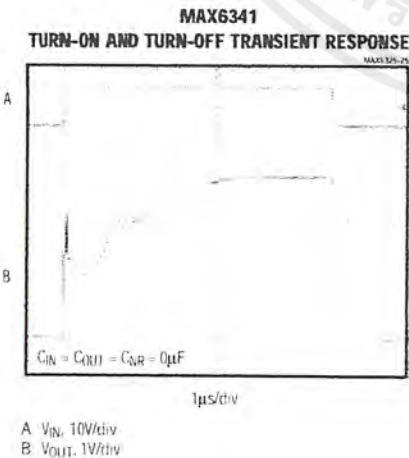
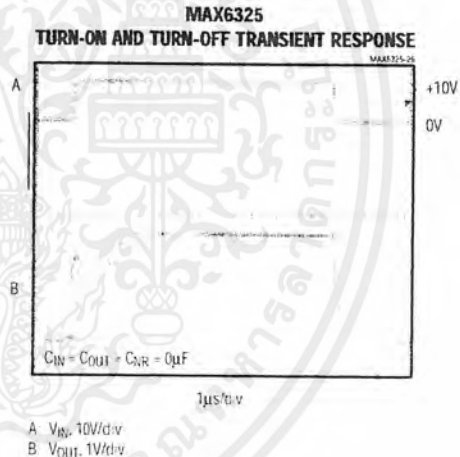
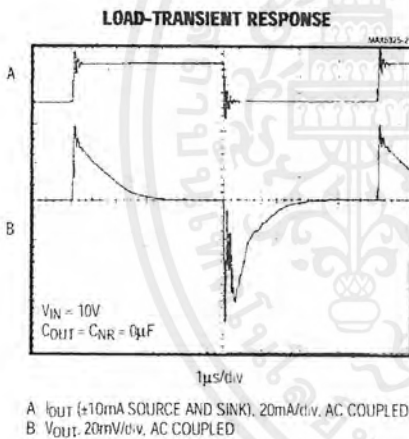
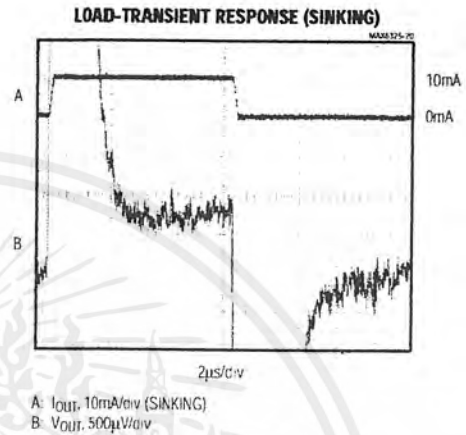
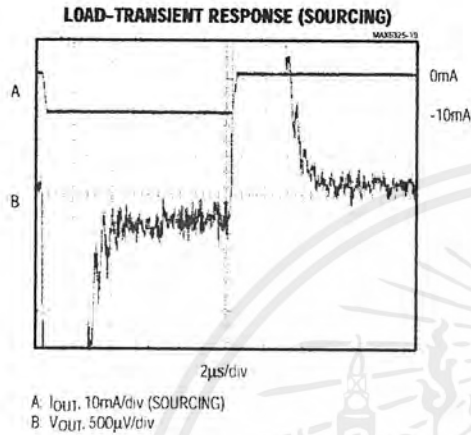
($V_{IN} = 10V$, $I_{OUT} = 0mA$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

Typical Operating Characteristics (continued)

($V_{IN} = 10V$, $I_{OUT} = 0mA$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



MAX6325/MAX6341/MAX6350

1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1, 7, 8	I.C.	Internally Connected. Do not use.
2	IN	Positive Power-Supply Input
3	NR	Noise Reduction. Optional capacitor connection for wideband noise reduction. Leave open if not used (Figure 2).
4	GND	Ground
5	TRIM	External Trim Input. Allows $\pm 1\%$ output adjustment (Figure 1). Leave open if not used.
6	OUT	Voltage Reference Output

Detailed Description

Temperature Stability

The MAX6325/MAX6341/MAX6350 are highly stable, low-noise voltage references that use a low-power temperature-compensation scheme to achieve laboratory-standard temperature stability. This produces a nearly flat temperature curve, yet does not require the power associated with heated references.

The output voltage can be trimmed a minimum of 0.6% by connecting a 10k Ω potentiometer between OUT and GND, and connecting its tap to the TRIM pin, as shown in Figure 1. The external trimming does not affect temperature stability.

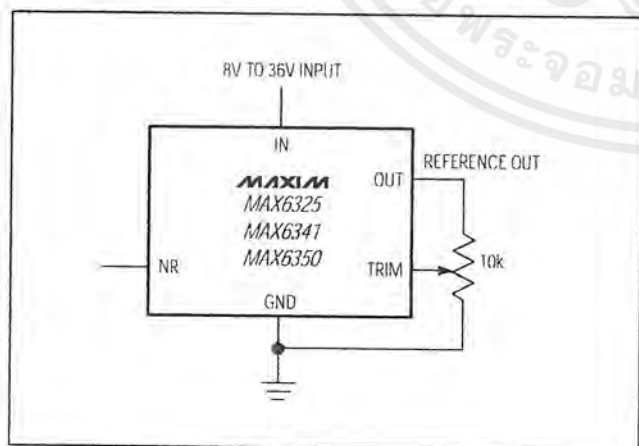


Figure 1. Output Voltage Adjustment

Noise Reduction

To augment wideband noise reduction, add a 1 μ F capacitor to the NR pin (Figure 2). Larger values do not improve noise appreciably (see *Typical Operating Characteristics*).

Noise in the power-supply input can affect output noise, but can be reduced by adding an optional bypass capacitor to the IN pin and GND.

Bypassing

The MAX6325/MAX6341/MAX6350 are stable with capacitive load values from 0 μ F to 100 μ F, for all values of load current. Adding an output bypass capacitor can help reduce noise and output glitching caused by load transients.

Applications Information

Negative Regulator

Figure 3 shows how both a +5V and -5V precision reference can be obtained from a single, unregulated +5V supply. A MAX681 generates approximately ± 9 V to operate the MAX6350 reference and MAX400 inverting amplifier. The +5V is inverted by the ultra-low offset MAX400 op amp. Resistor R1 is optional, and may be used to trim the ± 5 V references. R2 and R4 should be matched, both in absolute resistance and temperature coefficient. R3 is optional, and is adjusted to set the -5V reference.

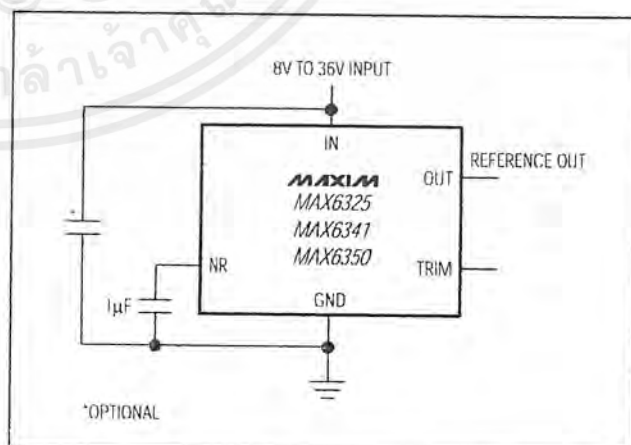


Figure 2. Noise-Reduction Capacitor

1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

MAX6325/MAX6341/MAX6350

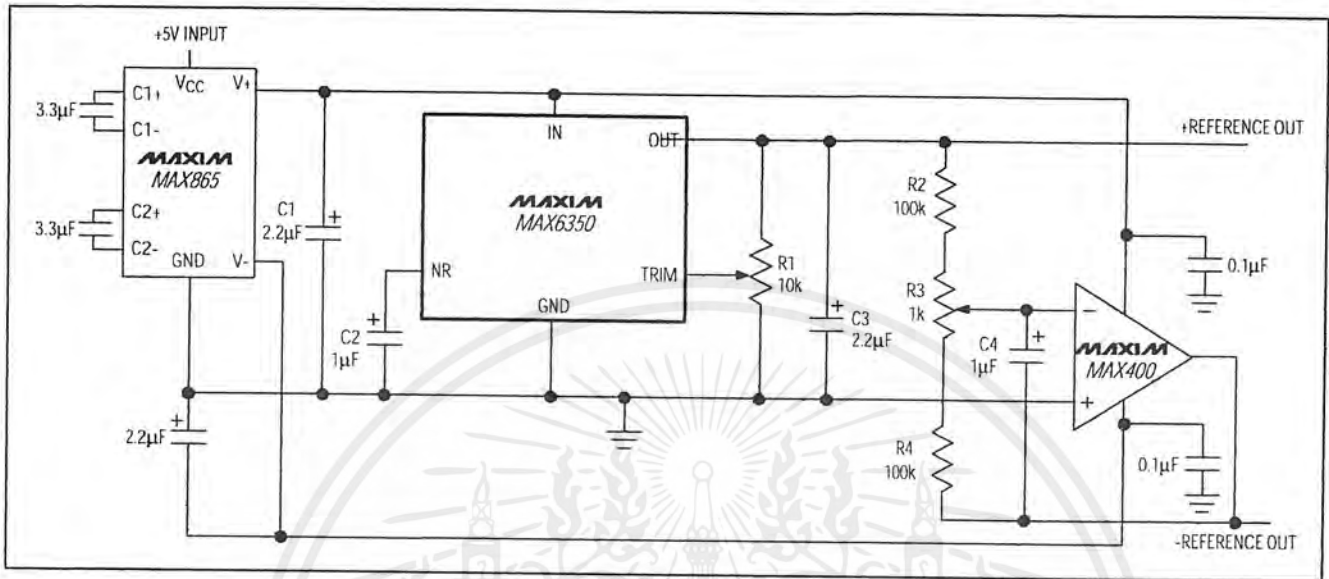


Figure 3. +5V and -5V References from a Single +5V Supply

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE	MAX. TEMPCO (ppm/°C)
MAX6341CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP	1.0
MAX6341CSA	0°C to +70°C	8 SO	1.0
MAX6341EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP	1.5
MAX6341ESA	-40°C to +85°C	8 SO	1.5
MAX6341MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP	2.5
MAX6350CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP	1.0
MAX6350CSA	0°C to +70°C	8 SO	1.0
MAX6350EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP	1.5
MAX6350ESA	-40°C to +85°C	8 SO	1.5
MAX6350MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP	2.5

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 435

1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

Package Information

INCHES				MILLIMETERS			
	MIN	MAX		MIN	MAX		
A	0.053	0.069		1.35	1.75		
A1	0.004	0.010		0.10	0.25		
B	0.014	0.019		0.35	0.49		
C	0.007	0.010		0.19	0.25		
E		0.050			1.27		
E	0.150	0.157		3.80	4.00		
H	0.228	0.244		5.80	6.20		
h	0.010	0.020		0.25	0.50		
L	0.016	0.050		0.40	1.27		

INCHES				MILLIMETERS			
	MIN	MAX		MIN	MAX	N	MSD#
D	0.189	0.197		4.80	5.00	8	A
D	0.337	0.344		8.55	8.75	14	B
D	0.386	0.394		9.80	10.00	16	C

NOTES:
 1. DUE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH
 2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED 15µm (0.006")
 3. LEADS TO BE COPLANAR WITHIN 100µm (0.04")
 4. CONTROLLING DIMENSION MILLIMETER
 5. MEETS JEDEC MS012-XX AS SHOWN IN ABOVE TABLE
 6. N = NUMBER OF PINS

MAXIM PACKAGE FAMILY OUTLINE: SOIC 150 21-0041 A

INCHES				MILLIMETERS			
	MIN	MAX		MIN	MAX		
A	---	0.200	---	5.08	---		
A1	0.015	---	0.38	---			
A2	0.125	0.175	3.18	4.45			
A3	0.055	0.080	1.40	2.03			
B	0.016	0.022	0.41	0.56			
B1	0.045	0.065	1.14	1.65			
C	0.008	0.012	0.20	0.30			
D	0.005	0.010	0.13	0.25			
E	0.300	0.325	7.62	8.26			
E1	0.240	0.310	6.10	7.87			
e	0.100	---	2.54	---			
eA	0.300	---	7.62	---			
eB	---	0.400	---	10.16			
L	0.015	0.150	2.92	3.81			

INCHES				MILLIMETERS			
	MIN	MAX		MIN	MAX	N	MSD#
D	0.348	0.399		8.84	9.91	8	AB
D	0.735	0.765		18.67	19.43	14	AC
D	0.745	0.765		18.92	19.43	16	AA
D	0.885	0.915		22.48	23.24	18	AD
D	1.015	1.045		25.78	26.54	20	AE
D	1.14	1.265		28.96	32.13	24	AF
D	1.360	1.390		34.54	35.05	28	AG

NOTES:
 1. DUE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH
 2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED 15µm (0.006")
 3. CONTROLLING DIMENSION MILLIMETER
 4. MEETS JEDEC MS012-XX AS SHOWN IN ABOVE TABLE
 5. SIMILAR TO JEDEC MS-008AB
 6. N = NUMBER OF PINS

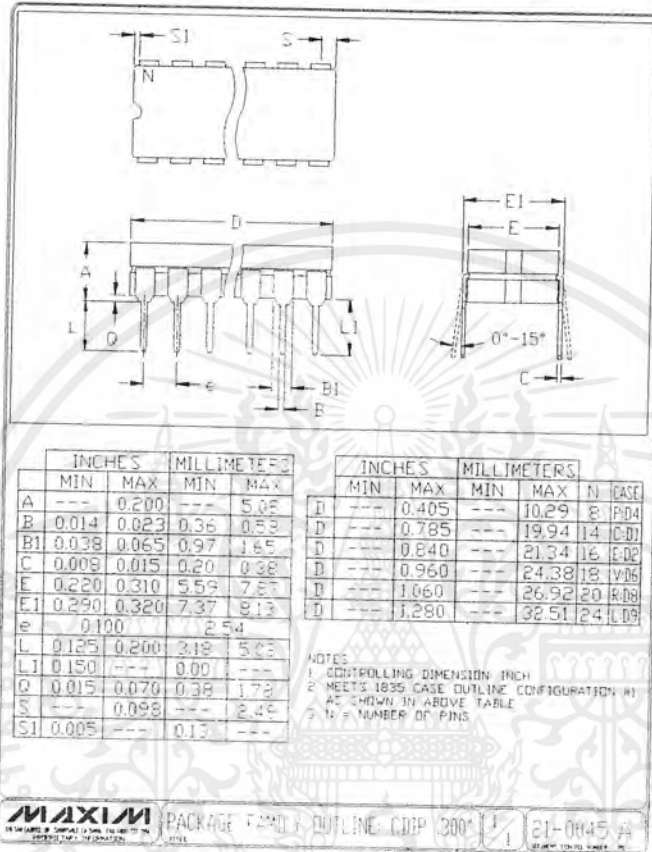
MAXIM PACKAGE FAMILY OUTLINE: ROIP 308 21-0043 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

Package Information (continued)

MAX6325/MAX6341/MAX6350



1ppm/°C, Low-Noise, +2.5V/+4.096V/+5V Voltage References

NOTES



Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

12 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600**

© 1997 Maxim Integrated Products Printed USA **MAXIM** is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIM

Monolithic CMOS Analog Multiplexers

MX7506/MX7507

General Description

Maxim's MX7506 and MX7507 are monolithic CMOS analog multiplexers. The MX7506 is a single 16 channel (1 of 16) multiplexer, and the MX7507 is a differential 8 channel (2 of 16) multiplexer.

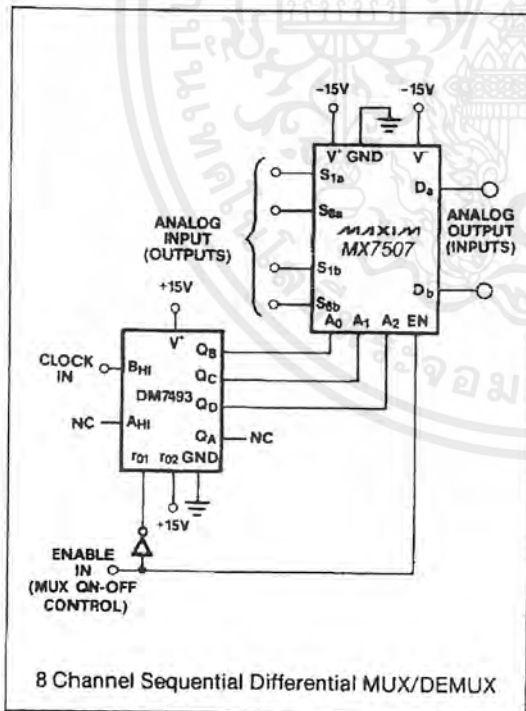
Both devices feature break-before-make switching. Maxim guarantees that these multiplexers will not latch-up if the power supplies are turned off with the input signals still present, as long as absolute maximum ratings are not violated. The multiplexers operate over a wide range of power supplies from $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$.

Compared to the original manufacturer's devices, Maxim's MX7506 and MX7507 consume significantly less power, making them ideal for portable equipment.

Applications

- Control Systems
- Data Logging Systems
- Aircraft Heads Up Displays
- Data Acquisition Systems
- Signal Routing

Typical Operating Circuit



Features

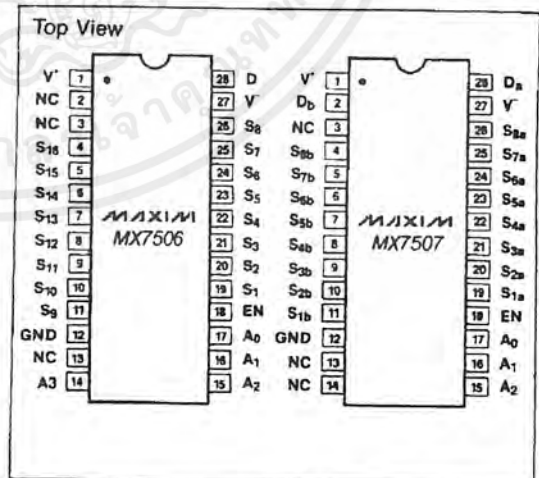
- ◆ Improved 2nd Source!
 - ◆ Drop in Replacement for Analog Devices
 - ◆ Operable with $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$ Supplies
 - ◆ Symmetrical, Bi-Directional Operation
 - ◆ Logic and Enable Inputs, TTL and CMOS Compatible
 - ◆ Latch-Up Proof Construction
- Monolithic, Low-Power CMOS Design

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PACKAGE*
MX7506JN	0°C to +70°C	28 Lead Plastic DIP
MX7506KN	0°C to +70°C	28 Lead Plastic DIP
MX7506JQ	-25°C to +85°C	28 Lead CERDIP
MX7506KQ	-25°C to +85°C	28 Lead CERDIP
MX7506SQ	-55°C to +125°C	28 Lead CERDIP
MX7506TQ	-55°C to +125°C	28 Lead CERDIP
MX7507JN	0°C to +70°C	28 Lead Plastic DIP
MX7507KN	0°C to +70°C	28 Lead Plastic DIP
MX7507JQ	-25°C to +85°C	28 Lead CERDIP
MX7507KQ	-25°C to +85°C	28 Lead CERDIP
MX7507SQ	-55°C to +125°C	28 Lead CERDIP
MX7507TQ	-55°C to +125°C	28 Lead CERDIP

For Dica, Plastic Chip Carrier, Ceramic Leadless Chip Carrier and Ceramic Sidebraze DIP, contact factory.
*Maxim reserves the right to ship Ceramic Packages in lieu of CERDIP Packages.

Pin Configurations



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Monolithic CMOS Analog Multiplexers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise noted.)

V _{DD} -GND	..... +17V	Power Dissipation (Any Package)	
V _{SS} -GND	..... -17V	Up to +50°C	1000mW
V Between Any Switch Terminals (Note 1)	..... 25V	Derates above +50°C by	10mW/°C
Digital Input Voltage Range	..... V _{DD} to GND	Operating Temperature	
Overtolerance at V _{OUT} (V _S)	..... V _{SS} , V _{DD}	Commercial (JN, KN Versions)	0°C to +70°C
Switch Current (I _S , Continuous One Channel)	..... 20mA	Industrial (JQ, KQ Versions)	-25°C to +85°C
Switch Current (I _S , Surge One Channel)	..... 35mA	Extended (SQ, TQ Versions)	-55°C to +125°C
1ms Duration, 10% Duty Cycle	..... 35mA	Storage Temperature	-65°C to +150°C

Note 1: Do not apply voltages higher than V_{DD} and V_{SS} to any other terminal, especially when V_{SS} = V_{DD} = 0V all other pins should be at 0V.

Note 2: The digital control inputs are diode protected; however, permanent damage may occur on unconnected units under high energy electrostatic fields. Keep unused units in conductive foam at all times.

Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V⁺ = 15V, V⁻ = -15V, GND = 0V, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	VERSION (Note 3)	SWITCH CONDITION	TEST CONDITIONS	+25°C			OVER SPECIFIED TEMP. RANGE			UNITS
					MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
ANALOG SWITCH											
Drain-Source ON Resistance	r _{DS(ON)}	J, K S, T	ON	V _S = -10V to +10V, I _S = 1mA	300	450		550			Ω
	r _{DS(ON)} vs. V _S	All	ON		15			500			%
Tempco of ON Resistance	r _{DS(ON)} vs. Temp.	All	ON	V _S = 0V, I _S = 1mA	0.5						%/°C
Difference in ON Resistance Between Channels	Δr _{DS(ON)} Between Switches	All	ON	V _S = 0V, I _S = 1mA	4						%
	Δr _{DS(ON)} vs. Temp. Between Switches	All	ON		0.05						%/°C
Source OFF Leakage Current	I _{S(OFF)}	J, K S, T	OFF	V _S = -10V, V _D = +10V and V _S = +10V, V _D = -10V "Enable Low"	0.05	5		50			nA
Drain OFF Leakage Current	I _{D(OFF)}	J, K S, T	OFF		0.3	20		500			nA
		J, K S, T	OFF	0.3	10		500				
Channel ON Leakage Current	I _{D(ON)}	J, K S, T	ON	V _S = 0	0.3	20		500			nA
		J, K S, T	ON		0.3	10		500			
I _{D(ON)} -I _S (Any Switch ON)		J, K S, T	ON		0.3	10		250			
		J, K S, T	ON		0.3	5		250			

Monolithic CMOS Analog Multiplexers

MX7506/MX7507

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

($V^+ = 15V$, $V^- = -15V$, GND = 0V, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	VERSION (Note 3)	SWITCH CONDITION	TEST CONDITIONS	+25°C			OVER SPECIFIED TEMP. RANGE			UNITS
					MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
DIGITAL CONTROL											
Address Input Threshold (Low)	V_{INL}							0.8			V
Address Input Threshold (High)	V_{INH}	J, S K, T		(Note 4)				3.0 2.4			V
Input Logic Current	I_{INL} or I_{INH}	All					10		30		μA
Address Input Capacitance	C_{IN}	All					3				pF
DYNAMIC CHARACTERISTICS (Note 5)											
Switching Time of Multiplexers	$t_{TRANSITION}$	J, S K, T		$V_{IN}: 0 \text{ to } 3.0V$		700 700	1000				ns
Break-Before-Make Interval	t_{OPEN}	All				100					
Enable Turn-ON Time	$t_{ON} (EN)$	J, S K, T		$V_{EN}: 0 \text{ to } 3.0V$		0.8	1.5				μs
Enable Turn-OFF Time	$t_{OFF} (EN)$	J, S K, T				0.8	1				
OFF Isolation	OIRR	All		$V_{EN} = 0$, $R_L = 200\Omega$, $C_L = 3.0pF$, $V_S = 3.0V_{RMS}$, $f = 50kHz$		70					dB
Source OFF Capacitance	$C_{S(OFF)}$	All	OFF			5					pF
Drain OFF Capacitance	MX7506 $C_{D(OFF)}$	All	OFF			40					
	MX7507 $C_{D(OFF)}$	All	OFF			20					
Source to Drain Capacitance	C_{S-D}	All	OFF			0.5					
Capacitance Between Any Two Switches	C_{SS}	All	OFF			0.5					
POWER SUPPLY											
Positive Supply Current	I^+	J, K S, T	OFF OFF	All Digital Inputs Low		0.05 0.05	0.5 0.5		1		mA
Negative Supply Current	I^-	J, K S, T	OFF OFF				0.05 0.05	0.3 0.3		0.6	
Positive Supply Current	I^+	J, K S, T	ON ON	All Digital Inputs High		0.3 0.3	0.5 0.5		1		mA
Negative Supply Current	I^-	J, K S, T	ON ON				0.05 0.05	0.3 0.3		0.6	

Note 3: JN and KN versions specified for 0°C to +70°C; JQ and KQ versions for -25°C to +85°C; SQ and TQ versions for -55°C to +125°C.

Note 4: A pullup resistor, typically 1-2k Ω is required to make the J and S versions compatible with TTL/DTL. The maximum value is determined by the output leakage current of the driver gate when in the high state.

Note 5: AC parameters are sample tested to ensure conformance to specifications.

MAXIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Monolithic CMOS Analog Multiplexers

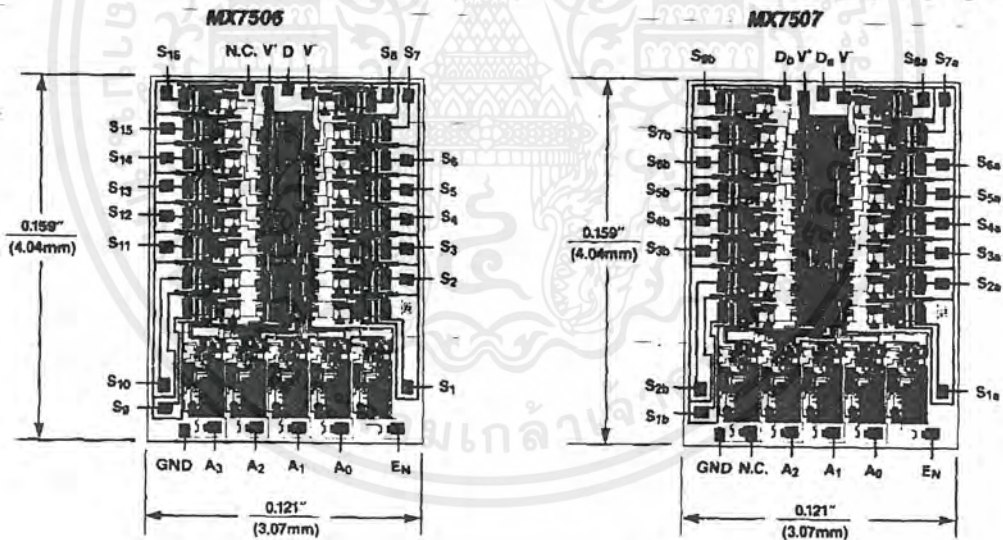
Truth Tables

MX7506					
A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	EN	ON SWITCH
X	X	X	X	0	NONE
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	1	2
0	0	1	0	1	3
0	0	1	1	1	4
0	1	0	0	1	5
0	1	0	1	1	6
0	1	1	0	1	7
0	1	1	1	1	8
1	0	0	0	1	9
1	0	0	1	1	10
1	0	1	0	1	11
1	0	1	1	1	12
1	1	0	0	1	13
1	1	0	1	1	14
1	1	1	0	1	15
1	1	1	1	1	16

MX7507				
A ₂	A ₁	A ₀	EN	ON SWITCH
X	X	X	0	NONE
0	0	0	1	1
0	0	1	1	2
0	1	0	1	3
0	1	1	1	4
1	0	0	1	5
1	0	1	1	6
1	1	0	1	7
1	1	1	1	8

Logic "0" = $V_{AL} \leq 0.8V$ Logic "1" = $V_{AH} \geq 2.4V$ "0" = DON'T CARE

Chip Topography



Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

4 Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600

© 1989 Maxim Integrated Products

Printed USA

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIM

1MSPS, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1μ A Power-Down

MAX153

General Description

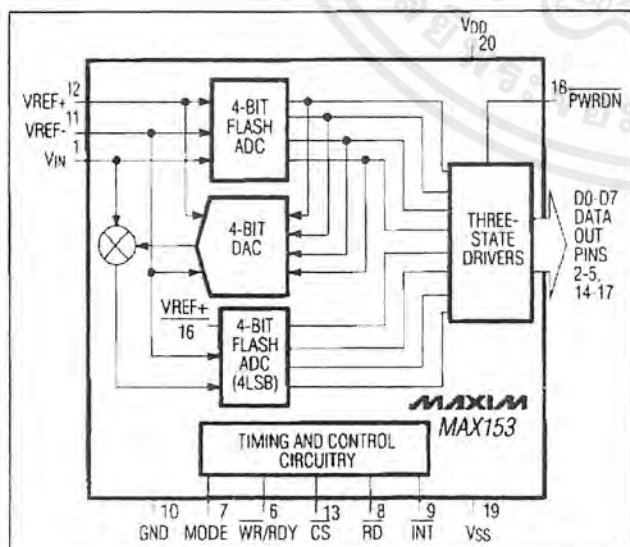
The MAX153 high-speed, microprocessor (μ P)-compatible, 8-bit analog-to-digital converter (ADC) uses a half-flash technique to achieve a 660ns conversion time, and digitizes at a rate of 1M samples per second (MSPS). It operates with single +5V or dual ± 5 V supplies and accepts either unipolar or bipolar inputs. A **POWER-DOWN** pin reduces current consumption to a typical value of 1μ A (with 5V supply). The part returns from power-down to normal operating mode in less than 200ns, providing large reductions in supply current in applications with burst-mode input signals.

The MAX153 is DC and dynamically tested. Its μ P interface appears as a memory location or input/output port that requires no external interface logic. The data outputs use latched, three-state buffered circuitry for direct connection to a μ P data bus or system input port. The ADC's input/reference arrangement enables ratiometric operation.

Applications

Cellular Telephones
Portable Radios
Battery-Powered Systems
Burst-Mode Data Acquisition
Digital-Signal Processing
Telecommunications
High-Speed Servo Loops

Functional Diagram



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

Call toll free 1-800-998-8800 for free samples or literature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

Features

- ◆ 660ns Conversion Time
- ◆ Power-Up/Power-Down in 200ns
- ◆ Internal Track/Hold
- ◆ 1MSPS Throughput
- ◆ Low Power: 40mW (Operating Mode)
5 μ W (Powerdown Mode)
- ◆ 1MHz Full-Power Bandwidth
- ◆ 20-Pin Narrow DIP, SO and SSOP Packages
- ◆ No External Clock Required
- ◆ Unipolar/Bipolar Inputs
- ◆ Single +5V or Dual ± 5 V Supplies
- ◆ Ratiometric Reference Inputs

Ordering Information

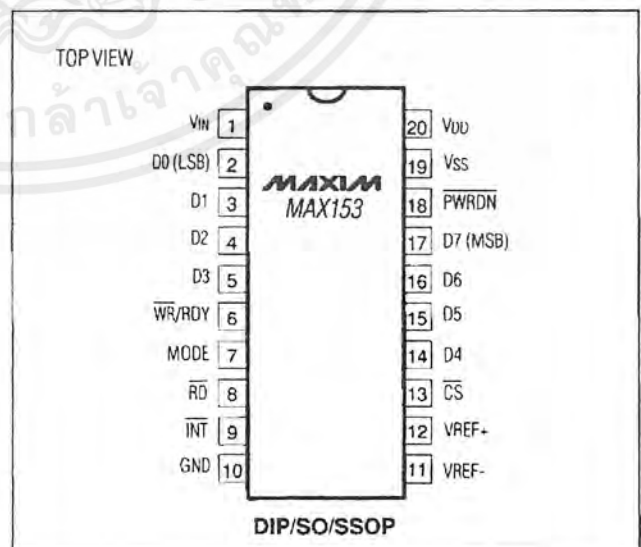
PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX153CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX153CWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX153CAP	0°C to +70°C	20 SSOP***
MAX153C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX153EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX153EWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX153EAP	-40°C to +85°C	20 SSOP***
MAX153MJP	-55°C to +125°C	20 CERDIP**

* Contact factory for dice specifications.

** Contact factory for availability and processing to MIL-STD-883.

*** Contact factory for availability of SSOP packages.

Pin Configuration



1MSPS, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1 μ A Powerdown

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{DD} to GND	-0.3V to +7V
V _{SS} to GND	+0.3V to -7V
Digital Input Voltage to GND	+0.3V, V _{DD} + 0.3V
Digital Output Voltage to GND	-0.3V, V _{DD} + 0.3V
VREF+ to GND	V _{SS} -0.3V to V _{DD} + 0.3V
VREF- to GND	V _{SS} -0.3V to V _{DD} + 0.3V
V _{IN} to GND	V _{SS} -0.3V to V _{DD} + 0.3V

Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW
Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	600mW
CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW
Operating Temperature Ranges:	
MAX153C	0°C to +70°C
MAX153E	-40°C to +85°C
MAX153MJP	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (soldering, 10 sec)	+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{DD} = +5V \pm 5%, GND = 0V; Unipolar Input Range: V_{SS} = GND, VREF+ = 5V, VREF- = GND; Bipolar Input Range: V_{SS} = -5V \pm 5%, VREF+ = 2.5V, VREF- = -2.5V; 100% production tested, specifications are given for RD Mode (Pin 7 = GND), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ACCURACY						
Resolution	N		8			Bits
Total Unadjusted Error	TUE	Unipolar range			\pm 1	LSB
Differential Nonlinearity	DNL	No missing codes guaranteed			\pm 1	LSB
Zero-Code Error		Bipolar input range			\pm 1	LSB
Full-Scale Error		Bipolar input range			\pm 1	LSB
DYNAMIC PERFORMANCE (Note 1)						
Signal-to-Noise Plus Distortion Ratio	S/(N+D)	MAX153C/E, f _{SAMPLE} = 1MHz, f _{IN} = 195.8kHz MAX153M, f _{SAMPLE} = 740kHz, f _{IN} = 195.7kHz	45			dB
Total Harmonic Distortion	THD	MAX153C/E, f _{SAMPLE} = 1MHz, f _{IN} = 195.8kHz MAX153M, f _{SAMPLE} = 740kHz, f _{IN} = 195.7kHz			-50	dB
Peak Harmonic or Spurious Noise		MAX153C/E, f _{SAMPLE} = 1MHz, f _{IN} = 195.8kHz MAX153M, f _{SAMPLE} = 740kHz, f _{IN} = 195.7kHz			-50	dB
Conversion Time (WR-RD Mode) (Note 2)	t _{CWR}	T _A = +25°C, t _{RD} < t _{INTL} , C _L = 20pF			660	ns
Conversion Time (RD Mode)	t _{CRD}	T _A = +25°C			700	ns
		T _A = T _{MIN} to T _{MAX}	MAX153C/E		875	
					975	
Full-Power Input Bandwidth		V _{IN} = 5V _{p-p}		1		MHz
Input Slew Rate			3.14	15		V/ μ s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1MSPS, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1 μ A Power-Down

MAX153

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{DD} = +5V \pm 5\%$, $GND = 0V$; Unipolar Input Range: $V_{SS} = GND$, $V_{REF+} = 5V$, $V_{REF-} = GND$; Bipolar Input Range: $V_{SS} = -5V \pm 5\%$, $V_{REF+} = 2.5V$, $V_{REF-} = -2.5V$; 100% production tested, specifications are given for RD Mode (Pin 7 = GND), $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ANALOG INPUT						
Input Voltage Range	V_{IN}		V_{REF-}		V_{REF+}	V
Input Leakage Current	I_{IN}	$-5V \leq V_{IN} \leq 5V$			± 3	μA
Input Capacitance	C_{IN}			22		pF
REFERENCE INPUT						
Reference Resistance	R_{REF}		1	2	4	k Ω
V_{REF+} Input Voltage Range			V_{REF-}		V_{DD}	V
V_{REF-} Input Voltage Range			V_{SS}		V_{REF+}	V
LOGIC INPUTS						
Input High Voltage	V_{INH}	\overline{CS} , \overline{WR} , \overline{RD} , \overline{PWRDN}	2.4			V
		MODE	3.5			
Input Low Voltage	V_{INL}	\overline{CS} , \overline{WR} , \overline{RD} , \overline{PWRDN}			0.8	V
		MODE			1.5	
Input High Current	I_{INH}	\overline{CS} , \overline{RD} , \overline{PWRDN}			1	μA
		\overline{WR}			3	
		MODE		50	200	
Input Low Current	I_{INL}	\overline{CS} , \overline{WR} , \overline{RD} , \overline{PWRDN}			± 1	μA
Input Capacitance (Note 3)	C_{IN}	\overline{CS} , \overline{RD} , \overline{WR} , \overline{PWRDN} , MODE		5	8	pF
LOGIC OUTPUTS						
Output Low Voltage	V_{OL}	$I_{SINK} = 1.6mA$, INT, D0-D7			0.4	V
		RDY, $I_{SINK} = 2.6mA$			0.4	
Output High Voltage	V_{OH}	$I_{SOURCE} = 360\mu A$, INT, D0-D7	4			V
Floating State Current	I_{LKG}	D0-D7, RDY			± 3	μA
Floating Capacitance (Note 3)	C_{OUT}	D7-D0, RDY		5	8	pF
POWER REQUIREMENTS						
V_{DD}	V_{DD}	$\pm 5\%$ for specified accuracy		5		V
V_{SS} (Unipolar Operation)	V_{SS}			GND		V
V_{SS} (Bipolar Operation)	V_{SS}	$\pm 5\%$ for specified accuracy		-5		V
V_{DD} Supply Current	I_{DD}	$\overline{CS} = \overline{RD} = 0V$, $\overline{PWRDN} = 5V$	MAX153C	8	15	mA
			MAX153E/M	8	20	
Power-Down V_{DD} Current		$\overline{CS} = \overline{RD} = 5V$, $\overline{PWRDN} = 0V$ (Note 4)		1	100	μA
V_{SS} Supply Current	I_{SS}	$\overline{CS} = \overline{RD} = 0V$, $\overline{PWRDN} = 5V$		25	100	μA
Power-Down V_{SS} Current		$\overline{CS} = \overline{RD} = 5V$, $\overline{PWRDN} = 0V$		12	100	μA
Power-Supply Rejection	PSR	$V_{DD} = 4.75V$ to $5.25V$, $V_{REF+} = 4.75V$ max, unipolar mode		$\pm 1/16$	$\pm 1/4$	LSB

Note 1: Bipolar input range. $V_{IN} = \pm 2.5V_{p-p}$, WR-RD mode

Note 2: See Figure 1 for load circuit. Parameter defined as the time required for the output to cross +0.8V or +2.4V.

Note 3: Guaranteed by design.

Note 4: Tested with \overline{CS} , \overline{RD} , \overline{PWRDN} at CMOS logic levels. Power-down current increases to several hundred μA at TTL levels.

1 Msps, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1 μ A Powerdown

TIMING CHARACTERISTICS (Note 5)

($V_{DD} = +5V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$ for Unipolar Input Range, $V_{SS} = -5V \pm 5\%$ for Bipolar Input Range, 100% production tested, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CS to $\overline{RD}/\overline{WR}$ Setup Time	t_{CSS}		0			ns
CS to $\overline{RD}/\overline{WR}$ Hold Time	t_{CSH}		0			ns
\overline{CS} to \overline{RDY} Delay (Note 6)	t_{RDY}	$C_L = 50pF$			70	ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , $C_L = 50pF$	MAX153C/E		85	
		MAX153M		100		
Data-Access Time (RD Mode) (Note 2)	t_{ACC0}	$C_L = 20pF$			$t_{CRD}+25$	ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , $C_L = 20pF$	MAX153C/E		$t_{CRD}+30$	
		MAX153M		$t_{CHD}+35$		
		$C_L = 100pF$			$t_{CRD}+50$	
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , $C_L = 100pF$	MAX153C/E		$t_{CRD}+65$	
MAX153M		$t_{CRD}+75$				
\overline{RD} to \overline{INT} Delay (RD Mode)	t_{INTH}	$C_L = 50pF$		50	80	ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , $C_L = 50pF$	MAX153C/E		85	
		MAX153M		90		
Data-Hold Time (Note 7)	t_{DH}				60	ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	MAX153C/E		70	
		MAX153M		80		
Delay Time Between Conversions (Acquisition Time)	t_p				160	ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	MAX153C/E		185	
		MAX153M		260		
Write Pulse Width	t_{WR}				0.250	μs
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	MAX153C/E		0.280	
		MAX153M		0.400		
Delay Time Between WR and RD Pulses	t_{RD}				250	ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	MAX153C/E		350	
		MAX153M		450		
\overline{RD} Pulse Width (WR-RD Mode) Determined by t_{ACC1}	t_{READ1}	Figure 6			160	ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , Figure 6	MAX153C/E		205	
		MAX153M		240		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1MSPS, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1 μ A Power-Down

MAX153

TIMING CHARACTERISTICS (Note 4) (continued)

($V_{DD} = +5V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$ for Unipolar Input Range, $V_{SS} = -5V \pm 5\%$ for Bipolar Input Range, 100% production tested, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Data-Access Time (WR-RD Mode) (Note 2) $t_{RD} < t_{INTL}$	t_{ACC1}	$C_L = 20pF$, Figure 6			160	ns
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , $C_L = 20pF$, Figure 6	MAX153C/E		205	
			MAX153M		240	
		$C_L = 100pF$, Figure 6	MAX153C/E		185	
MAX153M			275			
\overline{RD} to \overline{INT} Delay	t_{RI}	$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}	MAX153C/E		150	ns
			MAX153M		185	
					220	
\overline{WR} to \overline{INT} Delay	t_{INTL}	$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , $C_L = 50pF$		380	500	ns
			MAX153C/E		610	
			MAX153M		700	
RD Pulse Width (WR-RD Mode) Determined by t_{ACC2} $t_{RD} > t_{INTL}$	t_{READ2}	$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , Figure 5		65		ns
			MAX153C/E		75	
			MAX153M		85	
Data-Access Time (WR-RD Mode) (Note 2) $t_{RD} > t_{INTL}$	t_{ACC2}	$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , $C_L = 20pF$, Figure 5			65	ns
			MAX153C/E		75	
			MAX153M		85	
			$C_L = 100pF$, Figure 5		90	
\overline{WR} to \overline{INT} Delay (Pipe-Lined Mode)	t_{HWR}	$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , $C_L = 50pF$			80	ns
			MAX153C/E		100	
			MAX153M		120	
Data-Access Time After INT (Note 2)	t_{ID}	$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , $C_L = 20pF$			30	ns
			MAX153C/E		35	
			MAX153M		40	
			$C_L = 100pF$		45	
		$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , $C_L = 100pF$	MAX153C/E		60	
			MAX153M		70	

Note 5: Input control signals are specified with $t_r = t_f = 5ns$, 10% to 90% of +5V and timed from a 1.6V voltage level.

Note 6: $R_I = 5.1k\Omega$ pull-up resistor.

Note 7: See Figure 2 for load circuit. Parameter defined as the time required for data lines to change 0.5V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1MSPS, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1μ A Powerdown

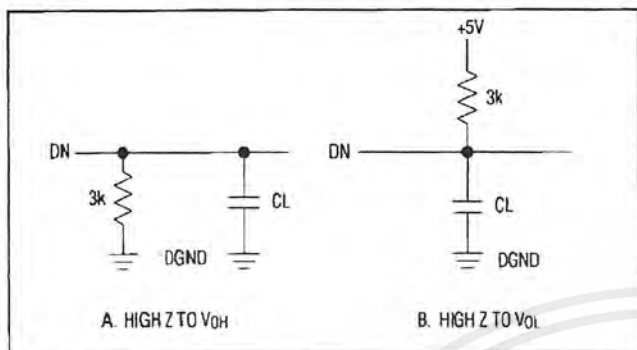


Figure 1. Load Circuits for Data-Access Time Test

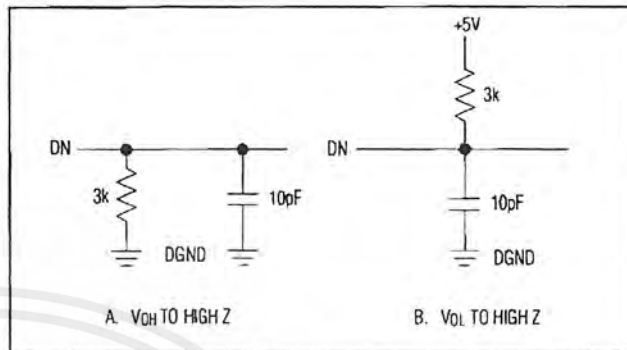
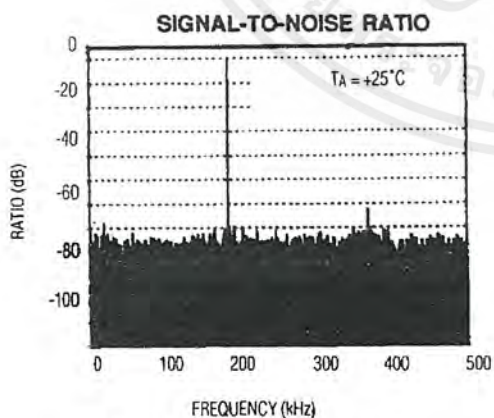
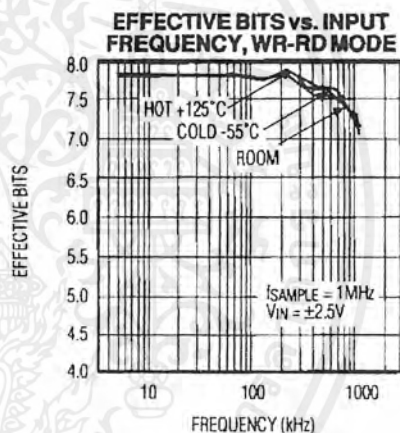
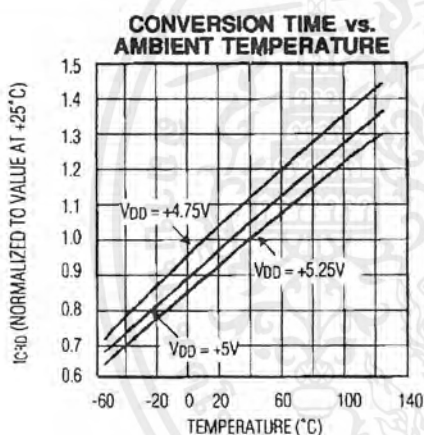
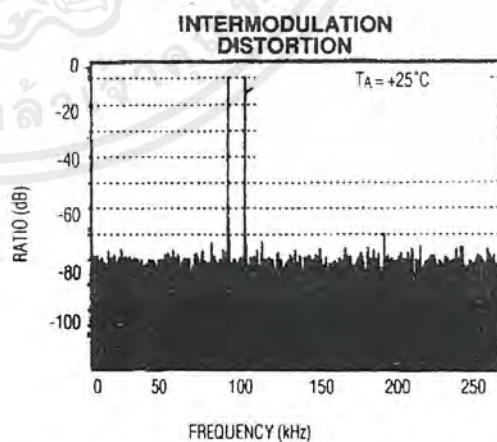


Figure 2. Load Circuits for Data-Hold Time Test

Typical Operating Characteristics



INPUT FREQUENCY = 195.8kSPS (± 2.5 V)
 SAMPLE FREQUENCY = 1MHz
 SNR = 49.1dB



INPUT FREQUENCY = 94.97kHz
 84.72kHz (± 2.5 V)
 SAMPLE FREQUENCY = 500kHz
 IMD, 2ND-ORDER TERMS = -66.2dB
 3RD-ORDER TERMS = -60.0dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 Msps, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1 μ A Power-Down

MAX153

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	V _{IN}	Analog Input. Range is VREF- \leq V _{IN} \leq VREF+.
2	D0	Three-State Data Output (LSB)
3-5	D1-D3	Three-State Data Outputs
6	WR/RDY	WRITE Control Input/READY Status Output*
7	MODE	MODE Selection Input is internally pulled low with a 50 μ A current source. MODE = 0 activates read mode. MODE = 1 activates write-read mode*
8	RD	READ Input. must be low to access data.*
9	INT	INTERRUPT Output goes low to indicate end of conversion.*
10	GND	Ground
11	VREF-	Lower limit of reference span. Sets the zero-code voltage. Range is V _{SS} \leq VREF- < VREF+.
12	VREF+	Upper limit to reference span. Sets the full-scale input voltage. Range is VREF- < VREF+ \leq V _{DD} .
13	CS	CHIP SELECT Input must be low for the device to recognize WR or RD inputs.
14-16	D4-D6	Three-State Data Outputs
17	D7	Three-State Data Output (MSB)
18	PWRDN	POWERDOWN Input. reduces supply current when low. CS must be high during power-down.
19	V _{SS}	Negative Supply. Unipolar: V _{SS} = 0V, Bipolar: V _{SS} = -5V
20	V _{DD}	Positive Supply, +5V

* See Digital Interface section.

Detailed Description

Converter Operation

The MAX153 uses a half-flash conversion technique (see *Functional Diagram*) in which two 4-bit flash ADC sections achieve an 8-bit result. Using 15 comparators, the flash ADC compares the unknown input voltage to the reference ladder and provides the upper 4 data bits.

An internal digital-to-analog converter (DAC) uses the 4 most significant bits (MSBs) to generate the analog result from the first flash conversion and a residue voltage that is the difference between the unknown input and the DAC voltage. The residue is then compared again with the flash comparators to obtain the lower 4 data bits (LSBs).

Power-Down Mode

In burst-mode or low sample-rate applications, the MAX153 can be shut down between conversions, reducing supply current to microamp levels. A TTL/CMOS logic low on the PWRDN pin shuts the device down, reducing supply current to typically 1 μ A when powered from a single 5V supply. CS must be high when power-down is used. A logic high on PWRDN wakes up the MAX153. A new conversion can be started (WR asserted low) within 360ns of the PWRDN pin being driven high (200ns to power up plus 160ns for track/hold acquisition). If power-down mode is not required, connect PWRDN to V_{DD}.

Once the MAX153 is in power-down mode, lowest supply current is drawn with MODE low (RD mode) due to an internal 50 μ A pull-down resistor at this pin. CS must remain high during shutdown because the MAX153 may attempt to start a conversion that it cannot complete. In addition, for minimum current consumption, other digital inputs should remain stable in power-down. RDY, an open-drain output (in RD mode), will then fall and remain low throughout power-down, sinking additional supply current unless CS remains high. Refer to the *Reference* section for information on reducing reference current during power-down.

Digital Interface

The MAX153 has two basic interface modes set by the status of the MODE input pin. When MODE is low, the converter is in the RD mode; when MODE is high, the converter is set up for the WR-RD mode.

Read Mode (MODE = 0)

In RD mode, conversion control and data access are controlled by the RD input (Figure 4). The comparator inputs track the analog input voltage for the duration of t_p. A minimum of 160ns is required for the input to be acquired. A conversion is initiated by driving RD low. With μ Ps that can be forced into a wait state, hold RD low until output data appears. The μ P starts the conversion, waits, and then reads data with a single read instruction.

WR/RDY is configured as a status output (RDY) in RD mode, where it can drive the ready or wait input of a μ P. RDY is an open-collector output (with no internal pull-up) that goes low after the falling edge of CS and goes high at the end of the conversion. If not used, the WR/RDY pin can be left unconnected. The INT output goes low at the end of the conversion and returns high on the rising edge of CS or RD.

1MSPS, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1 μ A Powerdown

Write-Read Mode (MODE = 1)

Figures 5 and 6 show the operating sequence for the write-read (WR-RD) mode. The comparator inputs track the analog input voltage for the duration of t_p . A minimum of 160ns is required for the input voltage to be acquired. The conversion is initiated by a falling edge of \overline{WR} . When \overline{WR} returns high, the 4 MSBs flash result is latched into the output buffers and the 4 LSBs conversion begins. \overline{INT} goes low about 380ns later, indicating conversion end, and the lower 4 data bits are latched into the output buffers. The data is then accessible 65ns to 130ns after \overline{RD} goes low (see *Timing Characteristics*).

If an externally controlled conversion time is required, drive \overline{RD} low 250ns after \overline{WR} goes high. This latches the lower 4 data bits and outputs the conversion result on

D0–D7. A minimum 160ns delay is required from \overline{INT} going low to the start of another conversion (\overline{WR} going low).

Options for reading data from the converter include the following:

Using Internal Delay

The μ P waits for the \overline{INT} output to go low before reading the data (Figure 5). \overline{INT} typically goes low 380ns after the rising edge of \overline{WR} , indicating the conversion is complete, and the result is available in the output latch. With \overline{CS} low, data outputs D0–D7 can be accessed by pulling \overline{RD} low. \overline{INT} is then reset by the rising edge of \overline{CS} or \overline{RD} .

Fastest Conversion: Reading Before Delay

An external method of controlling the conversion time is shown in Figure 6. The internally generated delay t_{INTL}

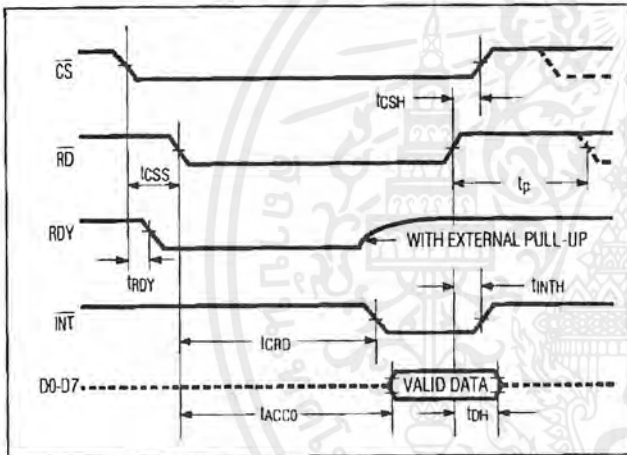


Figure 4. RD Mode Timing (MODE = 0)

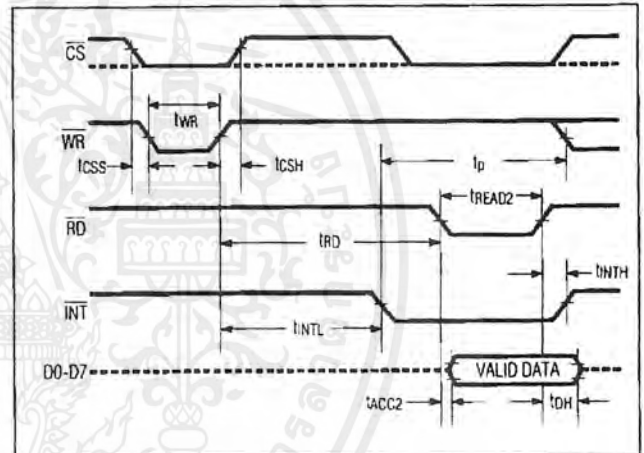


Figure 5. WR-RD Mode Timing ($t_{RD} > t_{INTL}$) (MODE = 1)

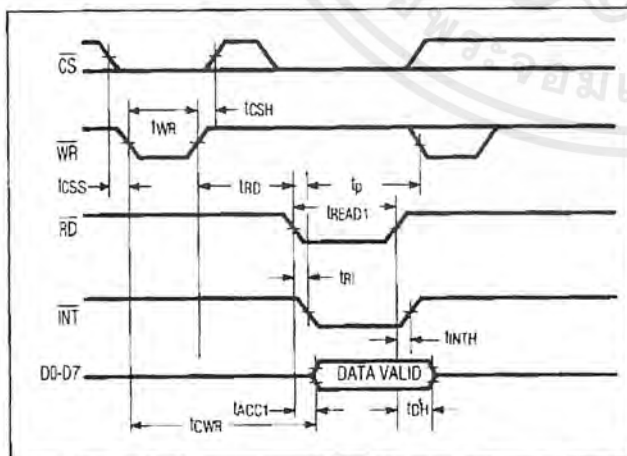


Figure 6. WR-RD Mode Timing ($t_{RD} < t_{INTL}$), Fastest Operating Mode (MODE = 1)

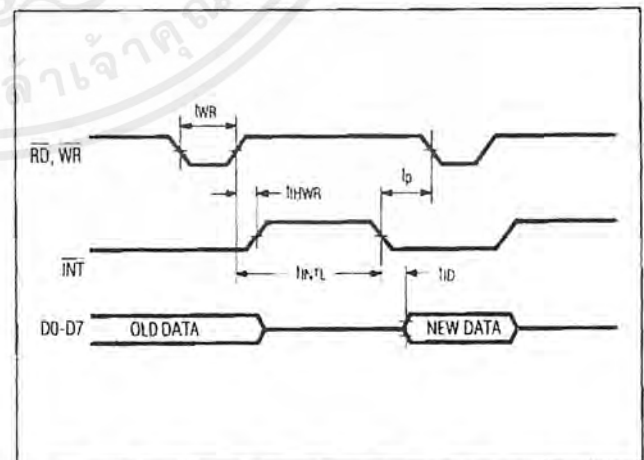


Figure 7. Pipe-Lined Mode Timing ($\overline{WR} = \overline{RD}$) (MODE = 1)

1MSPS, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1 μ A Power-Down

varies slightly with temperature and supply voltage, and can be overridden with \overline{RD} to achieve the fastest conversion time. \overline{INT} is ignored, and \overline{RD} is brought low typically 250ns after the rising edge of \overline{WR} . This completes the conversion and enables the output buffers (D0–D7) that contain the conversion result. \overline{INT} also goes low after the falling edge of \overline{RD} and is reset on the rising edge of \overline{RD} or \overline{CS} . The total conversion time is therefore: $t_{CWR} = t_{WR} (250ns) + t_{CSH} (0ns) + t_{RD} (250ns) + t_{ACC1} (160ns) = 660ns$.

Pipe-Lined Operation

Besides the two standard \overline{WR} - \overline{RD} mode options, "pipe-lined" operation can be achieved by connecting \overline{WR} and \overline{RD} together (Figure 7). With \overline{CS} low, driving \overline{WR} and \overline{RD} low initiates a conversion and reads the result of the previous conversion concurrently.

Analog Considerations

Reference

Figures 8a-8c show some reference connections. V_{REF+} and V_{REF-} inputs set the full-scale and zero-input voltages of the ADC. The voltage at V_{REF-} defines the input that produces an output code of all zeros, and the voltage at V_{REF+} defines the input that produces an output code of all ones.

The internal resistances from V_{REF+} and V_{REF-} may be as low as 1k Ω . Since current is still drawn by the reference inputs during power-down, reference supply current can be reduced during shutdown by using the circuit shown in Figure 8d. A logic-level N-channel MOSFET, connected between V_{REF-} and ground, disconnects the reference load when the ADC enters power-down

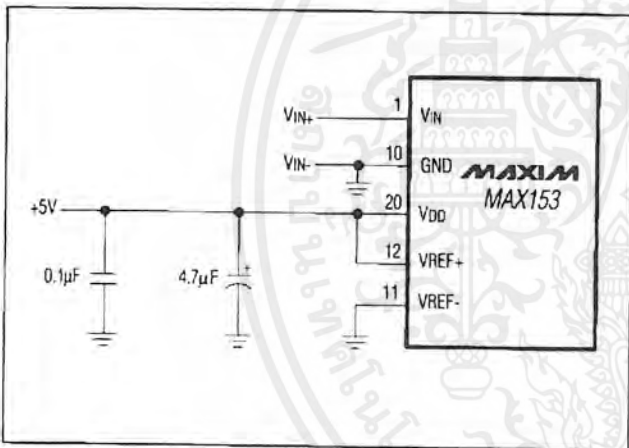


Figure 8a. Power Supply as Reference

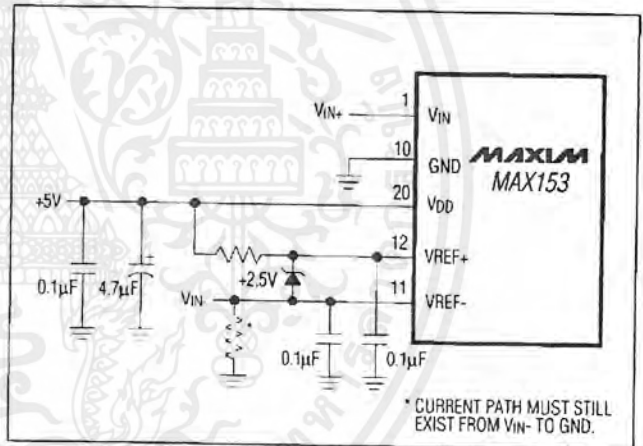


Figure 8c. Input Not Referenced to GND

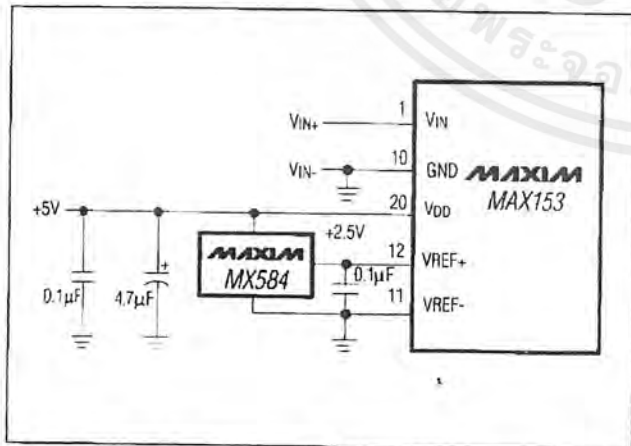


Figure 8b. External Reference, +2.5V Full Scale

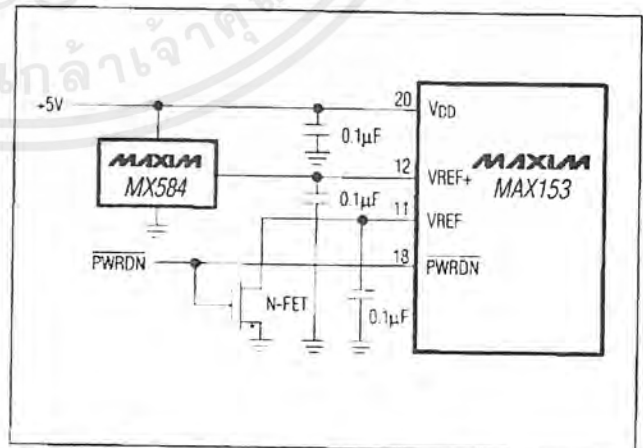


Figure 8d. An N-channel MOSFET switches off the reference load during power-down.

1 Msps, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1 μ A Powerdown

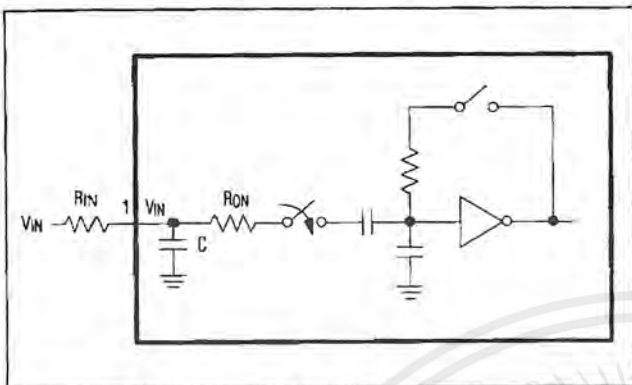


Figure 9. Equivalent Input Circuit

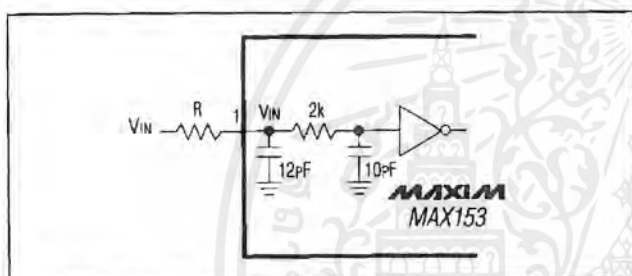


Figure 10. RC Network Equivalent Input Model

(\overline{PWRDN} = low). The FET should have no more than 0.5 Ω of on resistance to maintain accuracy.

Bypassing

A 4.7 μ F electrolytic in parallel with a 0.1 μ F ceramic capacitor should be used to bypass V_{DD} to GND. These capacitors should have minimal lead length.

The reference inputs should be bypassed with 0.1 μ F capacitors, as shown in Figures 8a-8c.

Input Current

Figure 9 shows the equivalent circuit of the converter input. When the conversion starts and \overline{WR} is low, V_{IN} is connected to 16 0.6pF capacitors. During this acquisition phase, the input capacitors charge to the input voltage through the resistance of the internal analog switches (about 2k Ω). In addition, about 12pF of stray capacitance must be charged. The input can be modeled as an equivalent RC network (Figure 10). As source impedance increases, the capacitors take longer to charge.

The typical 22pF input capacitance allows source resistance as high as 2.2k Ω without setup problems. For

larger resistances, the acquisition time (t_p) must be increased.

Conversion Rate

The maximum sampling rate (f_{max}) for the MAX153 is achieved in the \overline{WR} -RD mode ($t_{RD} < t_{INTL}$) and is calculated as follows:

$$f_{max} = \frac{1}{t_{WR} + t_{RD} + t_{RI} + t_p}$$

$$f_{max} = \frac{1}{250ns + 250ns + 150ns + 160ns}$$

$$f_{max} = 1.23MHz$$

where t_{WR} = Write pulse width

t_{RD} = Delay between \overline{WR} and RD pulses

t_{RI} = \overline{RD} to \overline{INT} delay

t_p = Delay time between conversions.

Signal-to-Noise Ratio and Effective Number of Bits

Signal-to-noise ratio (SNR) is the ratio of the RMS amplitude of the fundamental input frequency to the RMS amplitude of all other analog-to-digital output values. The output band is limited to one-half the A/D sample (conversion) rate. This ratio usually includes distortion as well as noise components. For this reason, the ratio is sometimes referred to as "signal-to-noise + distortion."

The theoretical minimum A/D noise is caused by quantization error and results directly from the ADC's resolution: $SNR = (6.02N + 1.76)dB$, where N is the number of bits of resolution. Therefore, a perfect 8-bit ADC can do no better than 50dB.

The FFT plot (*Typical Operating Characteristics*) shows the result of sampling a pure 200kHz sinusoid at a 1MHz rate. This FFT plot of the output shows the output level in various spectral bands.

The effective resolution, or "effective number of bits," the ADC provides can be measured by transposing the equation that converts resolution to SNR: $N = (SNR - 1.76)/6.02$.

Total Harmonic Distortion

Total harmonic distortion (THD) is the ratio of the RMS sum of all harmonics of the input signal (in the frequency band above DC and below one-half the sample rate) to the fundamental itself. This is expressed as:

$$THD = 20 \log \left[\frac{\sqrt{(V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_N^2)}}{V_1} \right]$$

where V_1 is the fundamental RMS amplitude, and V_2 to V_N are the amplitudes of the 2nd through Nth harmonics.

1MSPS, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1 μ A Power-Down

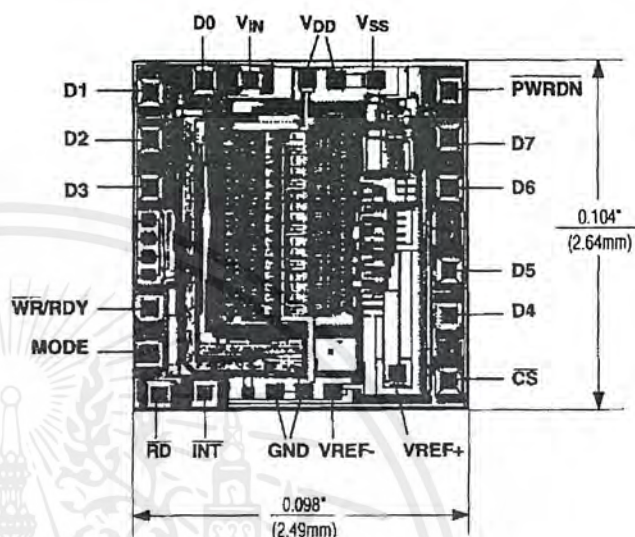
Peak Harmonic or Spurious Noise

Peak harmonic or spurious noise is the ratio of the fundamental RMS amplitude to the amplitude of the next largest spectral component (in the frequency band above DC and below one-half the sample rate). Usually this peak occurs at some harmonic of the input frequency, but if the ADC is exceptionally linear, it may occur only at a random peak in the ADC's noise floor.

Intermodulation Distortion

An FFT plot of intermodulation distortion (IMD) is generated by sampling an analog input applied to the ADC. This input consists of very low distortion sine waves at two frequencies. A 2048 point plot for IMD of the MAX153 is shown in the *Typical Operating Characteristics*.

Chip Topography



TRANSISTOR COUNT: 1856
SUBSTRATE CONNECTED TO V_{DD}

MAX153

1MSPs, μ P-Compatible, 8-Bit ADC with 1 μ A Power-Down

Package Information

**Plastic DIP
PLASTIC
DUAL-IN-LINE
PACKAGE
(0.300 in.)**

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	—	0.200	—	5.08
A1	0.015	—	0.38	—
A2	0.125	0.175	3.18	4.45
A3	0.055	0.080	1.40	2.03
B	0.016	0.022	0.41	0.56
B1	0.045	0.065	1.14	1.65
C	0.008	0.012	0.20	0.30
D1	0.005	0.080	0.13	2.03
E	0.300	0.325	7.62	8.26
E1	0.240	0.310	6.10	7.87
e	0.100	—	2.54	—
eA	0.300	—	7.62	—
eB	—	0.400	—	10.16
L	0.115	0.150	2.92	3.81

PKG.	DIM	PINS	INCHES		MILLIMETERS	
			MIN	MAX	MIN	MAX
P	D	8	0.348	0.390	8.84	9.91
P	D	14	0.735	0.765	18.67	19.43
P	D	16	0.745	0.765	18.92	19.43
P	D	18	0.885	0.915	22.48	23.24
P	D	20	1.015	1.045	25.78	26.54
N	D	24	1.14	1.265	28.96	32.13

21-0043A

**Wide SO
SMALL-OUTLINE
PACKAGE
(0.300 in.)**

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.093	0.104	2.35	2.65
A1	0.004	0.012	0.10	0.30
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.009	0.013	0.23	0.32
E	0.291	0.299	7.40	7.60
e	0.050		1.27	
H	0.394	0.419	10.00	10.65
L	0.016	0.050	0.40	1.27

DIM	PINS	INCHES		MILLIMETERS	
		MIN	MAX	MIN	MAX
D	16	0.398	0.413	10.10	10.50
D	18	0.447	0.463	11.35	11.75
D	20	0.496	0.512	12.60	13.00
D	24	0.598	0.614	15.20	15.60
D	28	0.697	0.713	17.70	18.10

21-0042A

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

12 Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600

© 1995 Maxim Integrated Products Printed USA MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือจากอาจารย์และบุคคลหลายท่าน

ขอขอบพระคุณสำหรับบุญคุณอันยิ่งใหญ่ที่สุดคือ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องของพวกเราทั้งสองที่คอยห่วงใยให้กำลังใจและสมองที่ดีกับเรา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในทุกๆ เรื่องแก่พวกเราตลอดเวลาไม่เคยเปลี่ยนแปลง

อาจารย์วรพงษ์ ตั้งศรีรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ

ขอขอบคุณภาควิชาระบบควบคุมอาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกเอื้อเพื่ออุปกรณ์และให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณสโมสรนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถานที่ทำงาน และพักผ่อน

ขอขอบคุณเพื่อนภาคคอนโทรลทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และความสบายใจอย่างสม่ำเสมอ

ขอขอบคุณเพื่อนกลุ่มอาจารย์วรพงษ์ ทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาเสมอมาจนงานสำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบคุณบริษัท แมกซิม จำกัด (สหรัฐอเมริกา) ที่กรุณาให้ไอซีสำหรับทำโปรเจค

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังสำหรับทุกสิ่งทุกอย่างที่เกิดขึ้นที่นี่

ขอขอบพระคุณคุณย่าเอี่ยมสงว ฉันทติลภที่ล่วงลับไปแล้ว ที่ทำให้หลานมีวันนี้ได้

ขอขอบพระคุณคุณย่าชาดา ม่วงนิลที่ล่วงลับไปแล้วที่ดีกับหลานและหวังจะได้เห็นหลานรับปริญญา

ขอขอบคุณนายสันติ ตั้งสกุลที่เป็นเพื่อนที่ดีเสมอในยามที่ลำบาก

สันติ ฉันทติลภ

สันทวิชช์ ม่วงนิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Willis J. Tompkins and John G. Webster (1988) : “INTERFACING SENSOR TO THE IBM PC” ,Second edition, PRENTICE HALL, NEW JERSEY, 1988
- [2] Muhammad Ali Mazidi and Janice Gillispie Mazidi (1995) : “THE IBM PC & COMPATIBLE COMPUTER” ,PRENTICE HALL ,NEW JERSEY ,1995
- [3] KATSUHIKO OGATA (1995) : “DISCRETE-TIME CONTROL SYSTEM” ,Second edition, PRENTICE HALL, NEW JERSEY, 1995
- [4] กนก กุสุมาลย์กุด และ ไกรวุฒิ มั่นเสถียรสิน “คู่มือการเขียนโปรแกรมเดสท็อป4” บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด
- [5] นุกูล กระจาย “การเขียนโปรแกรมแบบวิซวลเดสท็อป4” บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- [6] ชนະนาฎ ชีวะพฤษณ์ และฐานิส วิบูลย์วัฒนา “บอร์ดเชื่อมต่อข้อมูลสำหรับงานระบบควบคุม” ปรินูญานินพันธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2541