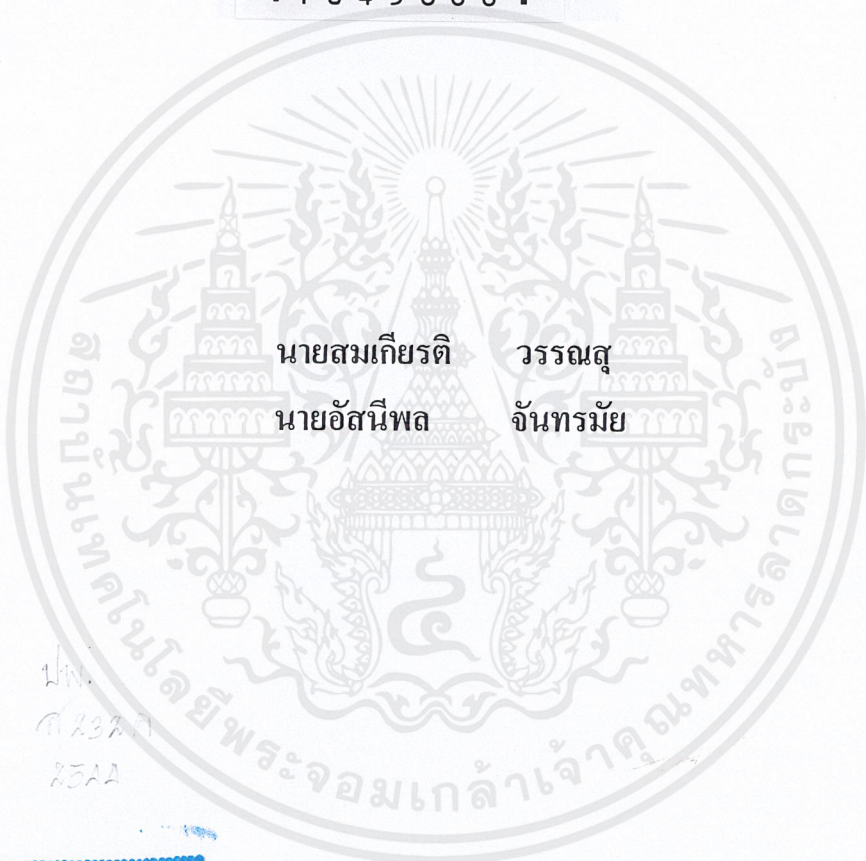


เครื่องตรวจสอบสภาพสายสัญญาณในระบบเครื่องเสียงรถยนต์
INSTRUMENT FOR CHECKING OF CABLE AUDIO CAR



นายสมเกียรติ วรรณสุ
นายอัสนีพล จันทรัมย์

พ.พ.
ก ๔๒๒ ก
๒๕๔๔

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 45866
วัน, เดือน, ปี..... 19 ก.พ. 2546

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๖๑๑๘๒๑๕๐

INSTRUMENT FOR CHECKING OF CABLE AUDIO CAR



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FLUFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KINGMONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท เครื่องตรวจสอบสายส่งสัญญาณในระบบเครื่องเสียงรถยนต์
INSTRUMENT FOR CHECKING OF CABLE AUDIO CAR
นักศึกษาผู้จัดทำ นายสมเกียรติ วรรณสุ รหัสประจำตัว 42015405
นายอัสนีพล จันทรมัย รหัสประจำตัว 42015418
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2544

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
อาจารย์วิศรุต ศรีรัตนะ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันศุกร์ที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2545
สถานที่สอบ ณ. ห้องปฏิบัติการ Sensors & Transducers

ภาควิชารับรองแล้ว



(ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชา ฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องตรวจสอบสภาพสายสัญญาณในระบบเครื่องเสียงรถยนต์
INSTRUMENT FOR CHECKING OF CABLE AUDIO CAR

นักศึกษาผู้จัดทำ นายสมเกียรติ วรรณสุ
นายอัสนีพล จันทรมัย

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วิศรุต ศรีรัตนะ

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอเครื่องมือตรวจสอบสายส่งสัญญาณในระบบเครื่องเสียงรถยนต์ โดยเป็นการตรวจสอบสาย ที่จ่ายแรงดัน แก่ เครื่องเสียงติดรถยนต์ และสายส่งสัญญาณเสียงทุกเส้น โดยสามารถทำการตรวจสอบ และแสดงผล ได้ทั้งจากชุดควบคุม และจากคอมพิวเตอร์ โดยจะใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวจ่ายกระแสทดสอบให้กับวงจรชุดจ่ายกระแสทดสอบ และรับสัญญาณความผิดพลาดจากชุดตรวจสอบความผิดพลาด โดยจะส่งสัญญาณไปยังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่าข้อมูลทั้งหมดไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะทำการตรวจสอบจากคอมพิวเตอร์ และทำการบันทึกเป็นฐานข้อมูล เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้าให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Instrument for checking of cable audio car	
Authors	Mr. Somkiat	Wannasu
	Mr. Ausneephol	Chantaramai
Thesis Advisor	Mr. Witsarut	Sriratana
Year	2001	

ABSTRACT

This thesis introduces an instrument used for examining signal cable in the car audio system. The examination is on wire that provides pressure to the starting engine and all the signal cables. By testing and providing results from monitor set and from a computer using a microcontroller. This microcontroller distributor test waves to the circuits and receive error signals from monitor set. The set will send signal to the microcontroller, and all information will be passed on to the computer. The information will be recorded in the database to be used for further improvement of production process and to make the process more efficient.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตาจาก อาจารย์วิศรุต ศรีรัตนะ ที่ได้ให้กำลังใจ คำแนะนำ อุปกรณ์ข้อมูลต่าง ๆ ในการทำปริญญาบัตร ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญาบัตรฉบับนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่สโตร์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่คอยบริการให้ยืมอุปกรณ์อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญาบัตรเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกคนที่คอยช่วยเหลือตลอดจนคำปรึกษาและกำลังใจในการทำปริญญาบัตรในครั้งนี้

และที่ลืมเสียมิได้คือ กราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ที่ทำให้ผู้วิจัยมีกำลังใจ และความพยายามให้ปริญญาบัตรฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาบัตรฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 การประยุกต์ใช้วงจรมัลติพอร์ต	
2.1 การใช้วงจรมัลติพอร์ตเป็นชุดทดสอบ.....	3
2.2 วงจรเบสร่วม (Common-Base Configuration).....	3
2.2.1 ลักษณะทางด้านเข้า (Input Characteristic).....	3
2.2.2 ลักษณะทางด้านออก (Out Characteristic)	4
2.3 วงจรอิมิตเตอร์ร่วม (Common-Emitter Configuration).....	6
2.3.1 ลักษณะทางด้านเข้าวงจรมัลติพอร์ตร่วม (Input Characteristic).....	6
2.3.2 ลักษณะทางด้านออก (Out Characteristic).....	7
2.3.3 บริเวณคัทออฟ.....	8
2.3.4 บริเวณอิมิตซ์.....	8
2.4 จุดทำงานของทรานซิสเตอร์.....	9
2.4.1 การเลือกจุดทำงานของทรานซิสเตอร์.....	9
2.4.2 การใช้งานทรานซิสเตอร์เป็นสวิตซ์.....	10
2.5 ลอจิกเกต (Logic Gate).....	11
2.5.1 เอกซ์คลูซีฟออร์เกต (Exclusive-OR Gate).....	11
2.5.2 ออร์เกต (OR-Gate).....	12
2.6 ชมิตต์ทริกเกอร์ (Hex Schmitt Trigger).....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller)

3.1 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช.....	14
3.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AT89xx.....	14
3.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	16
3.4 โครงสร้างการทำงานของพอร์ต.....	18
3.4.1 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต.....	19
3.4.2 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต.....	19
3.5 พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	20
3.5.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม.....	20
3.5.2 โพรโตคอลของการสื่อสารแบบอนุกรม.....	20
3.5.3 การเขียนหรือรับข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรม.....	22
3.5.4 การอ่านหรือรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม.....	23
3.5.5 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232.....	23
3.5.6 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ.....	24

บทที่ 4 การเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic

4.1 คอนโทรลภายในของ Visual Basic.....	26
4.1.1 คอนโทรลภายใน (Intrinsic Control).....	26
4.1.2 คอนโทรลมาตรฐาน (Standard Control).....	26
4.1.3 คอนโทรลร่วมวินโดวส์ (Windows Common Control).....	26
4.1.4 คอนโทรล Active X รุ่นมืออาชีพ (Professional Active X Control).....	27
4.2 คอนโทรลภายใน.....	28
4.2.1 คอนโทรล CommandButton.....	28
4.2.2 คอนโทรล TextBox.....	29
4.2.3 คอนโทรล Label.....	29
4.2.4 คอนโทรล Timer.....	30
4.3 คอนโทรลพื้นฐานข้อมูล.....	31
4.3.1 คอนโทรลพื้นฐานข้อมูล (Data Control).....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.2 Data Access Object (DAO).....	32
4.3.3 Microsoft JET Database Engine.....	32
4.4 ชนิดของคอนโทรลด้านฐานข้อมูล.....	33
4.4.1 คอนโทรล Data.....	34
4.4.2 คอนโทรล DBGrid (Apex Data-Bound Grid).....	34
4.5 พอร์ตอนุกรม(Serial Port).....	35
4.6 คอนโทรลMSComm(Communication).....	36
4.7 การติดต่อกับฐานข้อมูลด้วย Visual Basic.....	37
4.7.1 ติดต่อกับโดยอาศัยคอนโทรลด้านฐานข้อมูล.....	38
4.7.2 ติดต่อกับโดยใช้ออบเจกต์ Data Access Object (DAO).....	38
4.7.3 ติดต่อกับผ่าน ODBC โดยตรง (ODBC Direct).....	38
4.7.4 เข้าถึงข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยี OLEDB.....	39
4.8 การสร้างฐานข้อมูลใน Microsoft Access.....	39
บทที่ 5 วงจรและการทำงานของระบบ	
5.1 ภาพรวมของระบบ.....	42
5.2 รูปแบบการทำงานของระบบ.....	42
5.2.1 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์.....	42
5.2.2 วงจรอื่นๆ ที่ประกอบร่วมกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์.....	45
5.2.3 ระบบคอมพิวเตอร์.....	48
บทที่ 6 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ	
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์	

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช.....	18
3.2 การจัดขาคอนเน็กเตอร์พอร์ตต่ออนุกรมตามมาตรฐาน RS-232.....	24
4.1 แสดงคุณสมบัติของคอนโทรลต่าง ๆ.....	27
5.1 แสดงคุณสมบัติ Exclusive OR Gate.....	46
5.2 แสดงคุณสมบัติ OR Gate.....	47
6.1 ผลการทดสอบ.....	53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วงจรเบสร่วม.....	3
2.2 ลักษณะทางด้านเข้าของวงจรแบบเบสร่วม.....	4
2.3 ลักษณะทางด้านออกของวงจรแบบเบสร่วม.....	5
2.4 วงจรอิมิตเตอร์ร่วม.....	6
2.5 ลักษณะทางด้านเข้าของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม.....	7
2.6 ลักษณะทางด้านออกของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม.....	8
2.7 การเลือกจุดทำงานของทรานซิสเตอร์.....	10
2.8 การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์.....	11
2.9 แสดงโครงสร้างเอกซ์คลูซีฟออร์เกต.....	11
2.10 แสดงโครงสร้างออร์เกตเบอร์ 4071.....	12
2.11 แสดงโครงสร้างชมิตตทริกเกอร์ เบอร์ 40106.....	13
3.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลชเบอร์ AT89Sxx.....	15
3.2 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 ในอนุกรม AT89Sxx.....	16
3.3 แสดงแบบมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส.....	22
4.1 แสดงคอนโทรล ControlButton ในขณะออกแบบ.....	28
4.2 แสดงคอนโทรล TextBox.....	29
4.3 แสดงคอนโทรล Label.....	30
4.4 แสดงคอนโทรล Timer.....	31
4.5 แสดงคอนโทรล Data	34
4.6 แสดงคอนโทรล DBGrid.....	35
4.7 แสดงคอนโทรล MSComm.....	37
4.8 การเริ่มต้นสร้างฐานข้อมูลของ Microsoft Access.....	39
4.9 หน้าหลักของการสร้างฐานข้อมูลด้วย Microsoft Access.....	40
4.10 การสร้างตารางใหม่ของ Microsoft Access.....	41
5.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ของระบบ.....	43
5.2 Flow Chart แสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	44
5.3 วงจรชุดกระแสทดสอบของระบบ.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.4 วงจรชุดตรวจสอบความผิดพลาด.....	48
5.5 ป้อนค่า Login และ Password ให้กับระบบ.....	49
5.6 หน้าต่างหลักของโปรแกรมควบคุม.....	50
5.7 แสดงหน้าต่างหลักเมื่อเริ่มการทำงาน.....	51
5.8 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบแบบฐานข้อมูล.....	52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

ในปัจจุบันสถานะในการแข่งขันด้านการผลิตสินค้า และการบริการมีสูงมากถ้าหากผู้ทำการผลิตสินค้า ได้ทำการผลิตสินค้าที่ด้อยคุณภาพออกไปสู่ตลาด อาจเกิดความเสียหายและกระทบต่อความน่าเชื่อถือของบริษัท ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ด้านการผลิตเครื่องเสียงดีครยนต์ ได้ประสบปัญหาเครื่องเสียงดีครยนต์ได้รับความเสียหายเนื่องจากสายส่งสัญญาณของตัวเครื่องเสียง เนื่องจากเกิดสายสัญญาณขาดและการสลับสายเกิดขึ้น โดยโครงการนี้สามารถตรวจสอบความผิดพลาดของสายสัญญาณขาดที่เกิดขึ้น ซึ่งควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถที่จะบันทึกเป็นฐานข้อมูลทางด้านการผลิตและการควบคุมคุณภาพสินค้า

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อนำความรู้ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้งาน
2. เพื่อสร้างเครื่องมือตรวจสอบความผิดพลาดของการต่อสายสัญญาณและจ่ายแรงดันให้กับตัวเครื่องเสียงรยนต์
3. เพื่อความง่ายและความสะดวกรวดเร็วในการตรวจสอบคุณภาพสินค้า
4. เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สร้างชุดตรวจสอบสายสัญญาณ โดยประกอบด้วย
 - แหล่งจ่ายไฟ (5 ,10 Volt) สำหรับชุดทดสอบและตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
 - ชุดประมวลผลและเป็นตัวจ่าย แรงดันไฟฟ้า Input ให้กับสายสัญญาณที่จะทำการตรวจสอบ
2. ออกแบบโปรแกรม (Application Software) ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows เพื่อควบคุมการทำงานและจัดเก็บข้อมูลจากการทดสอบความผิดพลาดของสาย

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและดำเนินงาน

1. ศึกษาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ออกแบบเป็นชุดทดสอบและตรวจสอบความผิดพลาด
2. ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic 6.0
4. เขียนโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมระบบ
5. เขียนโปรแกรม Visual Basic เพื่อควบคุมการทำงานและเก็บข้อมูล
6. ตรวจสอบการทำงานของระบบ
7. หาข้อผิดพลาดและแนวทางแก้ไข
8. สรุปผลการทดลอง และแนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ทางด้าน การออกแบบประยุกต์ใช้งาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และไอซีลจจิกเกต
2. สามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปประยุกต์ใช้งานตามที่ต้องการได้
3. สามารถนำโปรแกรมแอปพลิเคชัน Visual Basic ไปประยุกต์ใช้งานตามที่ต้องการได้
4. สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นและหาแนวทางแก้ไขได้
5. สามารถนำความรู้ที่มีอยู่มาประยุกต์เพื่อใช้กับโครงการได้

บทที่ 2

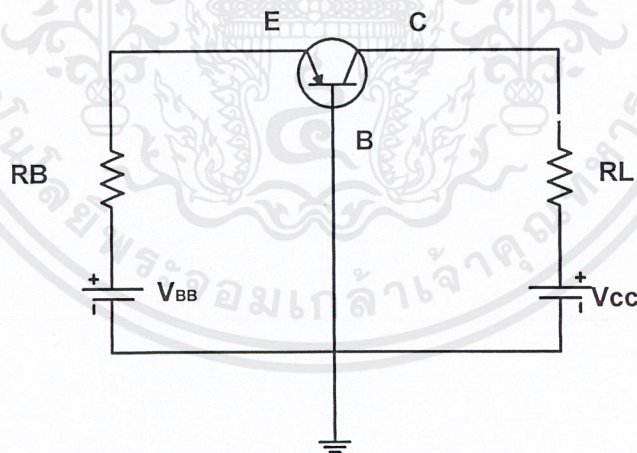
การประยุกต์ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.1 การใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นชุดทดสอบ

วงจรที่นำมาใช้เป็นวงจรพื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์โดยนำมาใช้ในส่วนของการตรวจสอบและการแสดงผลเป็นวงจร สามารถทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

2.2 วงจรเบสร่วม (Common-Base Configuration)

วงจรทรานซิสเตอร์ที่มีการต่อเบสลงกราวด์ มีชื่อเรียกอีกแบบหนึ่งว่า วงจรเบสร่วม ทั้งนี้เพราะว่าขั้วเบสของทรานซิสเตอร์ในวงจรนี้เป็นขั้วที่ต่อร่วมกัน ระหว่างวงจรทางด้านเข้ากับวงจรทางด้านออก ถ้าใช้เป็นวงจรขยายสัญญาณ ขั้วอิมิตเตอร์ (E) จะทำหน้าที่เป็นขั้วทางเข้าของสัญญาณ และขั้วคอลเลกเตอร์ (C) เป็นขั้วทางออกของสัญญาณ ซึ่งสามารถดูความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสในวงจรทางด้านเข้าและในวงจรทางด้านออก ซึ่งอยู่ในรูปของเส้นโค้งที่เรียกว่า ลักษณะทางด้านเข้า (Input Characteristic) และ ลักษณะทางด้านออก (Out Characteristic)

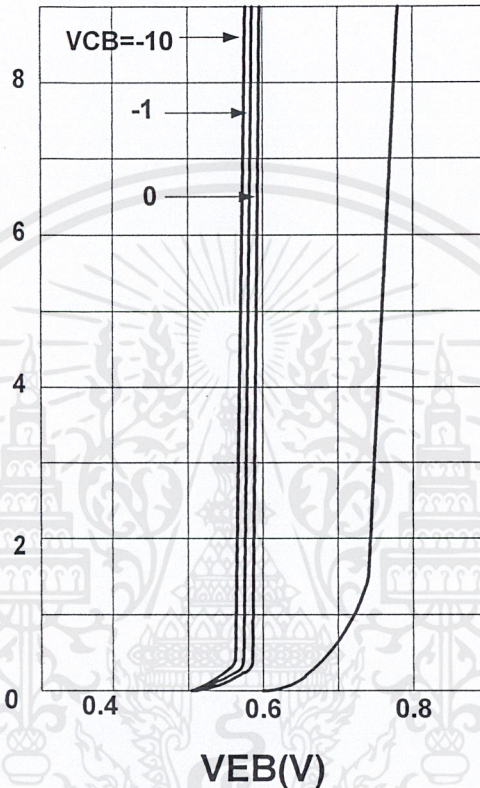


รูปที่ 2.1 วงจรเบสร่วม

2.2.1 ลักษณะทางด้านเข้า (Input Characteristic)

เส้นโค้งลักษณะทางด้านเข้าของวงจร ได้มาจากการพล็อตกระแสอิมิตเตอร์ I_E เทียบกับแรงดัน V_{EB} โดยมี V_{CB} เป็นพารามิเตอร์ จากรูปที่ 2.2 เส้นโค้งแต่ละเส้นมีลักษณะเป็นแบบเดียวกับเส้นโค้งลักษณะแรงดัน-กระแสของไดโอดรอยต่อพีเอ็นธรรมดา ขณะที่ไบแอสเดินหน้านั้นเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เราจะเห็นแรงดันคัทอิน V_γ ปรากฏอยู่เหมือนในเส้นโค้งลักษณะ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของไดโอด โดยทั่วไปแล้ว V_{γ} ของทรานซิสเตอร์ชนิดซิลิคอนจะมีค่าประมาณ 0.5 โวลต์ ส่วนของเจอร์เมเนียมจะมีค่าประมาณ 0.1 โวลต์ สิ่งที่น่าสังเกตคือค่าของ I_E ตรง V_{EB} ค่าใดค่าหนึ่งเพิ่มขึ้นตามค่า $|V_{CB}|$ สาเหตุของปรากฏการณ์นี้คือ การที่ความหนาประสิทธิผลของเบสลดลงเมื่อ $|V_{CB}|$ มีค่าสูงขึ้น



รูปที่ 2.2 ลักษณะทางค่านำเข้าของวงจรแบบเบสร่วม

2.2.2 ลักษณะทางด้านออก (Out Characteristic)

เส้นโค้งลักษณะทางด้านออกของวงจรทรานซิสเตอร์แบบเบสร่วม เป็นผลมาจากการพล็อตกระแสคอลเลกเตอร์ I_C เทียบกับแรงดัน V_{CB} โดยมีกระแส I_E เป็นพารามิเตอร์ จากรูปที่ 2.3 แสดงเส้นโค้งลักษณะทางด้านออกของทรานซิสเตอร์โดยสามารถพิจารณาแยกบริเวณใช้งานได้เป็น 3 ส่วนคือ

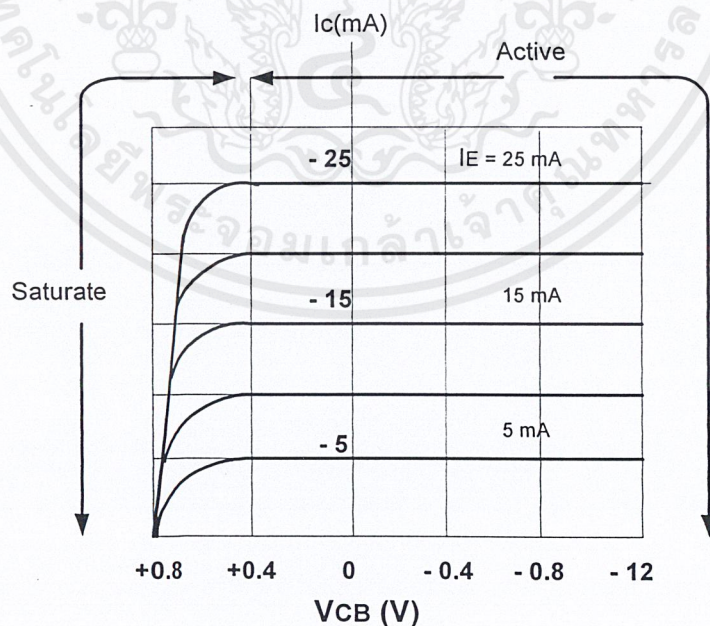
1. บริเวณแอคทีฟ (Active region) บริเวณนี้รอยต่อเบส-คอลเลกเตอร์จะถูกไบแอสกลับทาง ในขณะที่รอยต่ออิมิตเตอร์-เบสถูกไบแอสเดินหน้า ตามรูปเราถือว่าบริเวณที่ V_{CB} มากกว่า หรือเท่ากับ 0.6 โวลต์เป็นบริเวณแอคทีฟด้วยเพราะในบริเวณนี้เส้นโค้งลักษณะยังคงมีรูปร่างเป็นเส้นตรงเหมือนในบริเวณที่ V_{CB} น้อยกว่า 0 อยู่ I_C (ค่าลบ) จะมีค่าเท่ากับกระแสอิมิตเตอร์ I_{CO} ของรอยต่อเบส-คอลเลกเตอร์ เมื่อ $I_E > 0$ จะมีกระแส $-\alpha I_E$ ไปบวกเพิ่มกับ I_{CO} ทำให้ $I_C = I_{CO} - \alpha I_E$ ตาม

เอกสารที่ถึยัฎึแล้ว กระแส I_C จะมึค่าคงตัวตามค่า I_{CO} และค่า I_E จะไม่ขึ้นอยู่กัค่าของ V_{CB} ทำให้เส้นโค้งค่าไม่ว่าการณึใดๆ ทั้งลึน อึกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกคร้งที่มีกรนำไปใช้

ลักษณะทางด้านออกแบบอุดมคติเป็นเส้นตรงในแนวราบ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติจริงๆ เราพบว่า $|I_C|$ เพิ่มตามค่าของ $|V_{CB}|$ เล็กน้อย เหตุผลของปรากฏการณ์นี้คือ การที่ความหนาประสิทธิผลของเบสลดลงเมื่อ $|V_{CB}|$ เพิ่มขึ้น ทำให้ α มีค่าเพิ่มขึ้นบ้างเท่านั้นเอง เนื่องจากว่า α มีค่าต่ำกว่า 1 เล็กน้อย และ I_{CO} มีค่าต่ำมาก ดังนั้นเราจึงพบว่า $|I_C|$ มีค่าต่ำกว่า $|I_E|$ อยู่เล็กน้อย

2. บริเวณคัทออฟ (Cutoff region) เส้นโค้งลักษณะทางด้านออกตรงที่ค่า I_E จะผ่านจุดเริ่มแกน(Origin) ใน ระบาย $V_{CB} - I_C$ แต่ไม่ทับกับแกน V_{CB} ระยะห่างระหว่างเส้นโค้งลักษณะตรง $I_E=0$ กับแกน V_{CB} ก็คือค่า I_{CO} ซึ่งวัดได้เป็นไมโครแอมป์สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิดเจอร์เมเนียม และเป็นนาโนแอมป์สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิดซิลิคอน บริเวณระหว่างเส้นโค้งลักษณะดังกล่าวกับแกน V_{CB} เป็นบริเวณที่ $I_E < 0$ และ $V_{CB} < 0$ ซึ่งแสดงว่ารอยต่อทั้งสองของทรานซิสเตอร์ถูกไบแอสกลับทางด้วยกัน เราเรียกบริเวณนี้ว่า บริเวณคัทออฟ เนื่องจากกระแสคอลเลกเตอร์เกิดถูกคัทออฟหรือถูกตัดค่าจนเกือบจะเหลือเป็นศูนย์นั่นเอง

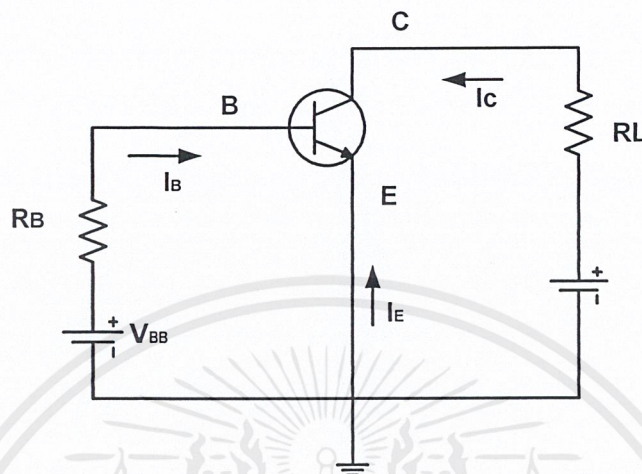
3. บริเวณอิ่มตัว (Saturation region) บริเวณอิ่มตัวของลักษณะด้านออกสำหรับวงจรเบสรวมนั้นอยู่ทางด้านซ้ายของเส้นตั้ง $V_{CB} = 0$ โวลต์และอยู่เหนือเส้นโค้งลักษณะตรงที่ $I_E = 0$ ขึ้นไป ในบริเวณนี้ รอยต่อทั้งสองของทรานซิสเตอร์จะมีไบแอสเดินหน้าด้วยกัน ดังนั้นเมื่อ มี V_{CB} ค่าเป็นบวกเพิ่มขึ้นจนเกินค่าแรงดันคัทอิน V_γ (≈ 0.6 โวลต์) I_C จะเพิ่มขึ้น(เป็นลบน้อยลง) อย่างรวดเร็วแบบเอกซ์โพเนนเชียล เช่นเดียวกับรอยต่อพีเอ็นชนิดที่มีไบแอสเดินหน้า



รูปที่ 2.3 ลักษณะทางด้านออกของวงจรเบสรวมน

2.3 วงจรอิมิตเตอร์ร่วม (Common-Emitter Configuration)

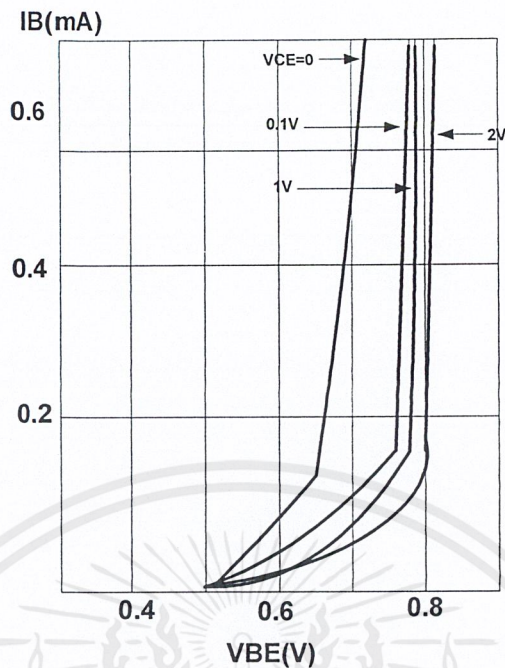
วงจรรานซิสเตอร์ที่ใช้กันจริงๆ ในทางปฏิบัติมักเป็นแบบที่ต่ออิมิตเตอร์ลงกราวด์ หรือเป็น วงจรอิมิตเตอร์ร่วม



รูปที่ 2.4 วงจรอิมิตเตอร์ร่วม

2.3.1 ลักษณะทางด้านเข้าวงจรอิมิตเตอร์ร่วม (Input Characteristic)

จากรูปที่ 2.4 แสดงเส้นโค้งลักษณะทางด้านเข้าของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม โดยพล็อตกระแสเบส I_B เทียบกับ V_{BE} (แรงดันระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์) โดยมี V_{CE} (แรงดันระหว่างคอลเลกเตอร์กับอิมิตเตอร์) เป็นพารามิเตอร์ (ตามปกติเราจะให้ I_B เป็นตัวแปรอิสระและให้ V_{BE} ตัวแปรตาม) เมื่อเราต่อคอลเลกเตอร์และอิมิตเตอร์ถึงกัน ทำให้ $V_{CE} = 0$ และให้รอยต่ออิมิตเตอร์-เบสมีไบแอสเดินหน้าโดยการที่ $V_{BE} > 0$ เราจะได้เส้นโค้งลักษณะทางด้านเข้าเหมือนกับเส้นโค้งลักษณะแรงดัน-กระแสของไดโอดรอยต่อพีเอ็นธรรมดา กล่าวคือ I_B มีค่าเป็นศูนย์ที่ $V_{BE} = 0$ และ I_B จะยังไม่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกว่า V_{BE} จะมีค่าสูงเกินแรงดันคัทอิน ถ้าให้ V_{BE} มีค่าคงตัวการเพิ่มค่า $|V_{CE}|$ จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เออร์ลี ซึ่งส่งผลให้ I_B ค่าลดลงดังที่จะเห็นได้จากรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ลักษณะทางด้านเข้าของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม

2.3.2 ลักษณะทางด้านออก (Out Characteristic)

ผลจากการพล็อตกระแสคอลเล็กเตอร์ I_C เทียบกับ V_{CE} (แรงดันระหว่างคอลเล็กเตอร์กับอิมิตเตอร์) โดยมีกระแสเบส I_B เป็นพารามิเตอร์ เราได้เส้นตรงลักษณะทางด้านออกของทรานซิสเตอร์ซึ่งต่อแบบอิมิตเตอร์ร่วมดังที่แสดงไว้ในรูป เราจะพิจารณาแยกบริเวณต่างๆ ของลักษณะทางด้านออกเป็น 3 บริเวณ

1. บริเวณแอกตีฟ บริเวณนี้อยู่ทางขวามือของเส้นคิ่ง $V_{CE} = 0.5$ โวลต์ และอยู่เหนือเส้นขึ้นไปในการหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันที่เกี่ยวข้องเราจะเริ่มต้นด้วยการใช้กฎของกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ กับกระแสทั้ง 3 ของทรานซิสเตอร์ทำให้ได้

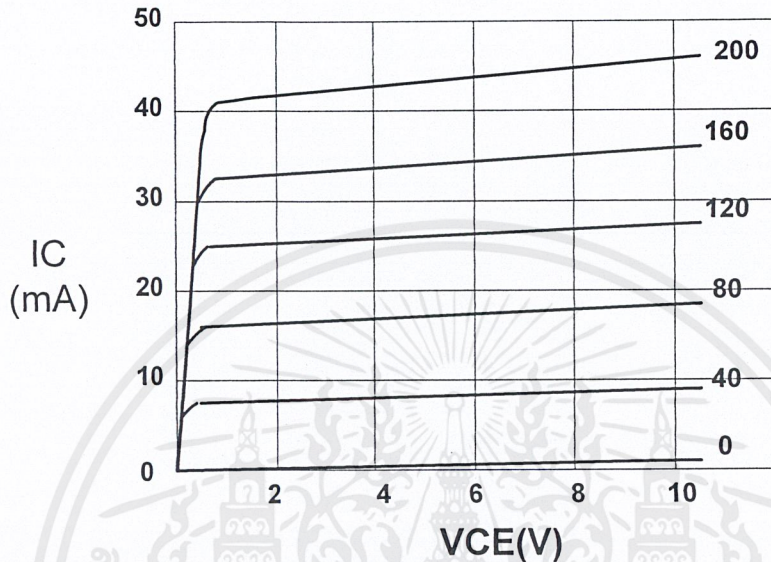
$$I_E = -(I_C + I_B)$$

โดยการนิยามให้เขียนสมการใหม่ได้

$$I_C = \beta I_B$$

และสมการนี้ถ้าหากว่า α และ β ไม่แปรตาม V_{CE} เลยเราก็น่าจะได้เส้นโค้งลักษณะทางด้านออกเป็นเส้นในแนวราบซึ่งมีความชันเป็น 0 แต่ตามที่เป็นอย่างจริงแล้วปรากฏการณ์เออร์ลีทำให้ α เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และทำให้ β เพิ่มขึ้นค่อนข้างมากดังนั้นจึงทำให้เส้นโค้งลักษณะทางด้านออกในวงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วมนี้จึงมีความชันสูงกว่าในกรณีของวงจรแบบเบสร่วมอย่างเห็นได้ชัด

นอกจากจะทำให้ I_C เพิ่มขึ้นตาม V_{CE} ได้ค่อนข้างมากแล้ว การที่ β เปลี่ยนแปลงไปได้มาก ในขณะที่ α เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ยังมีผลทำให้ลักษณะทางด้านนอกแบบอิมิตเตอร์ร่วมของทรานซิสเตอร์เบอร์เดียวกันแต่ต่างตัวกันแตกต่างกันได้ค่อนข้างมากอีกด้วย



รูปที่ 2.6 ลักษณะทางด้านนอกของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม

2.3.3 บริเวณคัทออฟ

เรากำหนดการคัทออฟของทรานซิสเตอร์ที่ต่อแบบอิมิตเตอร์ร่วม โดยใช้เงื่อนไข $I_E = 0$ และ $I_C = I_{CO} = -I_B$ ถ้าเราเปิดวงจรทางด้านเบส ทำให้ $I_B = 0$ ทรานซิสเตอร์จะไม่คัทออฟ ทั้งนี้ก็เพราะว่า $I_B = 0$ นั้น I_E และ I_C จะไม่เท่ากับ 0 เนื่องจากที่จุดทำงานใกล้ ๆ บริเวณคัทออฟ α อาจมีค่าสูงถึง 0.9 ดังนั้นเมื่อพิจารณาเราจะเห็นว่าที่จุดทำงานดังกล่าว $I_C = 10 I_{CO}$ ทั้ง ๆ ที่ $I_B = 0$ ในการทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ต่อแบบอิมิตเตอร์ร่วมเกิดการคัทออฟนั้น เราจะต้องทำให้รอยต่ออิมิตเตอร์-เบส มีไบแอสกลับทางเป็นค่าต่ำ ๆ ค่าหนึ่ง จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า ทรานซิสเตอร์ชนิดเจอร์เมเนียมต้องการแรงดันไบแอสกลับทางดังกล่าวประมาณ 0.1 โวลต์ ส่วนทรานซิสเตอร์ชนิดซิลิคอนต้องการแรงดันไบแอสกลับทางประมาณ 0 โวลต์

2.3.4 บริเวณอิมิตต์

ที่จุดทำงานในบริเวณอิมิตต์รอยต่ออิมิตเตอร์-เบส และรอยต่อเบส-คอลเล็กเตอร์ จะมีไบแอสเดินหน้าทั้งคู่ ทำให้ V_{BE} และ V_{BC} มีค่าน้อย (ประมาณ 0.5 โวลต์) ผลก็คือ $V_{CE} = V_{BE} - V_{BC}$ ยังมีค่าน้อยลงไปอีก ด้วยเหตุนี้ บริเวณอิมิตต์จึงอยู่ใกล้กับแกน มาก และเป็นบริเวณที่เส้นโค้งลักษณะทางด้านนอกทุกเส้นมารวมกันเป็นเส้นตรงที่พุ่งไปสู่จุดเริ่มแกน I_C ซึ่งก็หมายถึง

เอกสารที่กระแสวิกฤตเตอร์ในบริเวณนี้เกือบจะไม่ขึ้นอยู่กับการแปรเปลี่ยนสำหรับในบริเวณอิมิตต์คร่ำไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันนี้จะขึ้นอยู่กับค่า I_B และ I_C ทั้งสองตัวข้างเล็กน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ $I_C =$ ค่าคงตัว จะลดลงเล็กน้อยเมื่อ I_B เพิ่มขึ้น

2.4 จุดทำงานของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในระบบดิจิทัลและระบบอะนาลอกในระบบดิจิทัลนั้นทรานซิสเตอร์จะทำงานอยู่ในเขตอิมิต์หรือไมก์เซคต์ออฟ แต่ในการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรถยายสัญญาณอะนาลอกทรานซิสเตอร์จะต้องอยู่ในเขตแอกตีฟ หรืออยู่ในบริเวณที่ลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์เกือบเป็นเส้นตรงที่ห่างเท่า ๆ กัน เพื่อว่าสัญญาณออกจะได้มีลักษณะเหมือนสัญญาณเข้าโดยไม่มีการเพี้ยน นอกจากนี้การที่จะให้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรถยายตามที่เรากำลังต้องการนั้น จำเป็นต้องมีการไบแอสที่ถูกต้อง กล่าวคือ นอกจากจะมีแหล่งจ่ายกระแสตรงจ่ายกระแสคอลเลกเตอร์ผ่านโหลดที่เหมาะสมแล้ว ยังจะต้องมีแรงจ่ายกระแสเบส หรือการไบแอสรอยต่อเบส-อิมิตเตอร์ที่เหมาะสมอีกด้วย กระแสคอลเลกเตอร์และแรงดันระหว่างคอลเลกเตอร์กับอิมิตเตอร์จะเป็นตัวกำหนดจุดทำงานของทรานซิสเตอร์

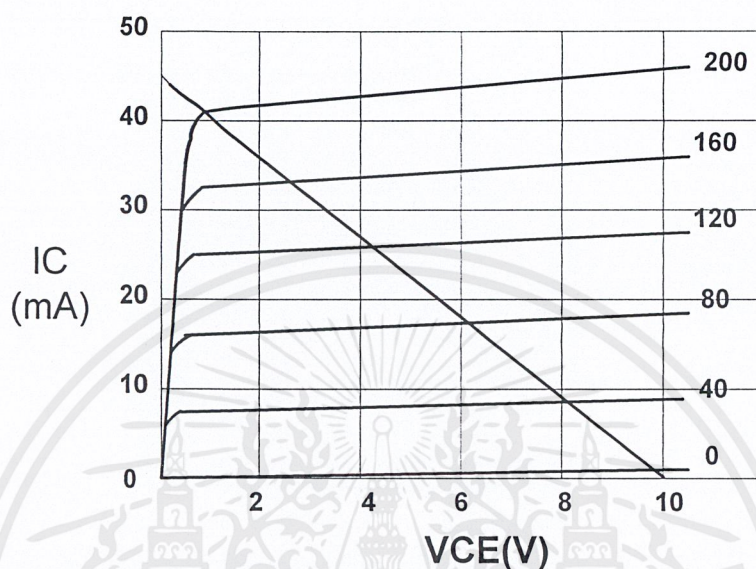
เมื่อได้จุดทำงานที่เหมาะสมแล้วทรานซิสเตอร์ก็พร้อมที่จะขยายสัญญาณได้ สมมติว่าวงจรถยายเป็นแบบอิมิตเตอร์ร่วม สัญญาณกระแสสลับขาเข้าจะเปลี่ยนแปลงระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์ทำให้กระแสคอลเลกเตอร์เปลี่ยนแปลง กระแสคอลเลกเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงทำให้แรงดันคร่อมโหลดเปลี่ยนแปลง จึงให้สัญญาณขาออกที่คอลเลกเตอร์มีขนาดใหญ่กว่าสัญญาณเข้าที่เบส นั่นคือ มีการขยายสัญญาณเกิดขึ้น

การกำหนดจุดทำงานของทรานซิสเตอร์ นอกจากจะให้ได้อัตราขยายขนาดสัญญาณออกสูงสุดและความเพี้ยนตามที่ต้องการแล้ว จุดทำงานนี้ยังจะต้องมีเสถียรภาพคือ ไม่ได้รับผลกระทบกระเทือนจากการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิอีกด้วย ทั้งนี้เพราะว่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของทรานซิสเตอร์ต่างก็เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิในลักษณะต่าง ๆ กัน ทำให้กระแสคอลเลกเตอร์และจุดทำงานเปลี่ยนแปลงวงจรถยายไบแอสที่กำหนดจุดทำงานจำเป็นที่จะต้องมีการป้อนกลับแบบลบหรือการชดเชย เพื่อที่จะให้จุดทำงานมีเสถียรภาพตามต้องการ

2.4.1 การเลือกจุดทำงานของทรานซิสเตอร์

ดังได้กล่าวแล้วว่าในการที่ทรานซิสเตอร์จะเป็นตัวขยายสัญญาณที่ดีได้นั้น จำเป็นจะต้องมีจุดทำงานที่เหมาะสม เมื่อกำหนดจุดทำงานแล้ว สัญญาณกระแสสลับขาเข้าจะทำให้กระแสคอลเลกเตอร์เพิ่มขึ้นและลดลง โดยมีกระแสคอลเลกเตอร์ของจุดทำงานเป็นค่าเฉลี่ย ในเมื่อเราต้องการให้สัญญาณออกมีรูปร่างเหมือนสัญญาณเข้า เราย่อมไม่ต้องการให้การแปรของสัญญาณออกถูกจำกัดโดยเขตอิมิต์ หรือเขตคัตออฟของทรานซิสเตอร์ นอกจากนี้เราต้องคำนึงถึงค่าพิคคัสสูงสุดต่าง ๆ ของตัวทรานซิสเตอร์ด้วย เราจะต้องไม่ให้กระแสคอลเลกเตอร์ไหลมากจนอัตราขยายการ

กระแสมีค่าต่ำเกินไป ไม่ให้แรงดันคร่อมทรานซิสเตอร์สูงจนเกิดเบรคควาน์ของรอยต่อพีเอ็น และ ไม่ให้เกิดการสูญเสียกำลังมาก จนเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของรอยต่อคอลเล็กเตอร์ถึงขั้นที่ กลับคืนไม่ได้ เพราะอุณหภูมิสูงเกินไป



รูปที่ 2.7 การเลือกจุดทำงานของทรานซิสเตอร์

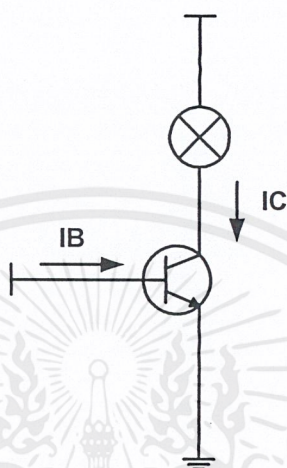
นอกเหนือจากค่ากระแสเบสที่เหมาะสมให้ทรานซิสเตอร์ ค่าของ โหลดของคอลเล็กเตอร์ก็ มีความสำคัญมากเพราะเป็นตัวกำหนดเส้น โหลดจุดทำงานของทรานซิสเตอร์จะแปรไปตาม สัญญาณเข้าบนเส้น ตรงนี้ตามสัญญาณเข้าบนเส้นตรงนี้ จะออกจากตรงเส้นตรงนี้ไม่ได้ถ้าโหลด เป็นความต้านทานล้วน

2.4.2 การใช้งานทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติในการเป็นสวิตช์ได้ และเป็น ลักษณะของสวิตช์ที่มีการควบคุมได้ ลักษณะของการเป็นสวิตช์ก็คือ เมื่อป้อนกระแสเบสด้วย ปริมาณมากพอ ก็จะมีกระแสคอลเล็กเตอร์ไหล กระแสเบสที่ป้อนนี้ต้องมากพอเพียงที่จะทำให้ ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะอิ่มตัวได้ ในสภาวะอิ่มตัวนี้ทรานซิสเตอร์จะทำงานเหมือนกับสวิตช์ปิด วงจร ส่วนเมื่อหยุดป้อนกระแสเบสทรานซิสเตอร์จะตัดออฟคือจะทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดวงจร

ข้อแตกต่างระหว่างสวิตช์กับทรานซิสเตอร์ก็ยังมีบ้างกล่าวคือ เมื่อทรานซิสเตอร์อิ่มตัว ความต้านทานระหว่างคอลเล็กเตอร์กับอิมิตเตอร์ได้เท่ากับ 0 จริง ๆ และทำนองเดียวกันเมื่อ ทรานซิสเตอร์ตัดออฟหรือเปิดวงจรก็ยังมีกระแสไหลได้บ้าง

ข้อดีของการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ เห็นจะได้แก่ การควบคุมการสวิตช์เป็นไปได้ง่าย และสามารถให้สวิตช์เปิดปิดอย่างรวดเร็ว แต่ก็ต้องคำนึงถึงขีดจำกัดของการตอบสนองต่อสัญญาณทั้งหมด

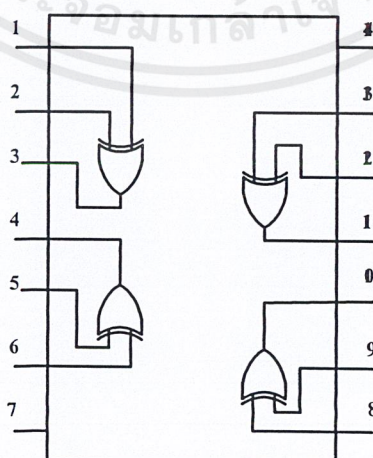


รูปที่ 2.8 การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์

2.5 ลอจิกเกต (Logic Gate)

2.5.1 เอกซ์คลูซีฟออร์เกต (Exclusive-OR Gate)

เป็นเกตที่ให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 1 ก็ต่อเมื่ออินพุตมีลอจิกต่างกัน และจะให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 ต่อเมื่ออินพุตมีลอจิกที่เหมือนกัน โดยเบอร์ที่นำมาใช้งานนี้เป็นเบอร์ 4030 ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.8



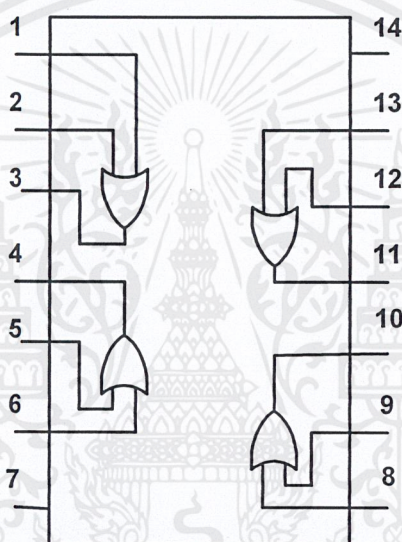
รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างเอกซ์คลูซีฟออร์เกตเบอร์ 4030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโครงสร้างภายในของไอซีเบอร์นี้ จะประกอบไปด้วยวงจร CMOS ซึ่งจะสามารถใช้งานที่แรงดันสูง ๆ ได้

2.5.2 ออร์เกต (OR-Gate)

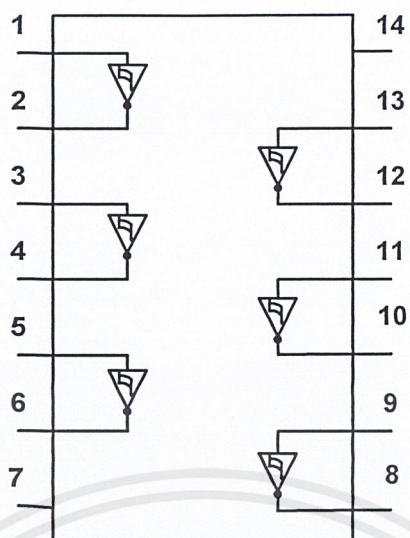
เป็นเกตที่มีคุณสมบัติ คือ ให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 1 ก็ต่อเมื่อ อินพุตตัวใดตัวหนึ่ง หรือทุกตัวเป็นลอจิก 1 และจะให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 ก็ต่อเมื่ออินพุตทุกตัวเป็นลอจิก 0 โดยไอซีที่นำมาใช้งานเป็นเบอร์ 4071 ซึ่งมีโครงสร้างภายในดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.10 แสดง โครงสร้าง ออร์เกต (OR-Gate) เบอร์ 4071

2.6 ชมิตต์ทริกเกอร์ (Hex Schmitt Trigger)

เป็นไอซีที่ใช้แบ่งระดับแรงดันว่าระดับแรงดันเท่าไรควรจะมีค่าลอจิก 0 และระดับเท่าไรควรจะมีลอจิก 1 โดยชมิตต์ทริกเกอร์ที่ใช้งานเป็นเบอร์ 40106 โดยมีโครงสร้างดังรูป



รูปที่ 2.11 แสดงโครงสร้างขมิตต์ทริกเกอร์เบอร์ 40106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller)

3.1 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในปริิณญาณินพณ์รบัฉบับนี้จะอ้างถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีหน่วยความจำภายในแบบแฟลชของ ATMEL ที่มีเบอร์ขึ้นต้นด้วย AT89 ซึ่งมีส่วนที่น่าสนใจดังนี้

- หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถลบและเขียนใหม่ได้เป็นพันครั้ง โดยไม่จำเป็นต้องใช้หน่วยความจำภายนอกจึงสามารถใช้พอร์ตอินพุต เอาท์พุต ได้เต็มประสิทธิภาพ
- ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาโปรแกรมลดลงมาก เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพัฒนา จำพวกอีมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีมูเลเตอร์
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ออกมาให้ใช้หลายเบอร์ ทำให้มีทางเลือกในการใช้งานแตกต่างกันไปตามความสามารถแต่ละเบอร์
- เนื่องจากใช้หน่วยความจำภายใน ช่วยให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้เป็นอย่างดี
- ในบางเบอร์สามารถแก้ไขโปรแกรมภายในวงจรได้เลยเพียงต่อส่วน ในการแก้ไขโปรแกรมแบบ SPI (Serial Peripheral Interface) ทำให้สะดวกต่อการแก้ไขและปรับปรุงโปรแกรมชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกันกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตระกูลอื่นๆ

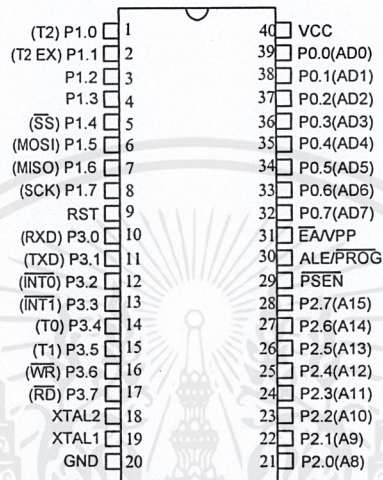
3.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AT89xx

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบ อีมูเลเตอร์เพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกันดังแสดงในรูปที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.2 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89xx

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

ขา GND เป็นขาราวด์ สำหรับต่อกราวด์ลงระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “ 1 ” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อกับ ส่งผลให้ขาพอร์ตมีสถานะ ปลอยลอย (Float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้ นอกจากนั้นยังมีขา ใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อกับแอดเดรสและขา ข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 1 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “ 1 ” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อกับ นอกจากนั้นในอนุกรม AT89SXX จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าไทมเมอร์ 2 และขา P1.1 เป็นขาอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทริกเกอร์ของไทมเมอร์ 2 ขณะที่ขา P1.4-P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการ โปรแกรม ข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “ 1 ” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตมีสถานะปล่อยลอย (Float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้ นอกจากนี้ ยังมีขาใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “ 1 ” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตมีสถานะปล่อยลอย (Float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้ นอกจากนี้ ขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นดังนี้

- P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD
- P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD
- P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INTO
- P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1
- P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทมเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0
- P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1
- P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก
- P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขา รีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 เมกซ์ซินไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

ขา ALE/Prog (Address Latch Enable / Program pulse Input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับพัลส์ของการ โปรแกรมสำหรับ โปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ ในรุ่นที่มีหน่วยความจำแบบอีพรอม

ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละเมกซ์ซิน-

ไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีกรส่งสัญญาณใด ๆ ออกมา การค้า

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น “0” เป็นการเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่หากขานี้เป็น “1” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ ขานี้ก็ยังเป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12 V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4 โครงสร้างการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ต คือ พอร์ต 0 ถึง พอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือสามารถใช้เป็นสำหรับข้อมูลเข้าและเอาท์พุตสำหรับส่งข้อมูลออกทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีวงจรแลตช์และวงจรถับคอลลอดจันบัฟเฟอร์อินพุต

ตารางที่ 3.1 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ขา	เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน้าที่พิเศษ
P1.0	AT89C52/AT89Sxx	ขา T2 เป็นขาอินพุตนับค่าไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 และเป็นขาควบคุมทิศทางสัญญาณ
P1.1	AT89C52/AT89Sxx	
P1.4	AT89Sxx	ขา SS (Slave Select) เป็นขาเลือกการติดต่อในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์สเลฟ ในระบบการติดต่อแบบ SPI
P1.5	AT89Sxx	ขา MOSI (Master data output,Slave data input) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.6	AT89Sxx	ขา MISO (Master data output,Slave data input) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.7	AT89Sxx	ขา SCK (Master clock output) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการติดต่อกับพอร์ต SPI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลช

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มต้น ต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล “1” มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้น ๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัพภายในโดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น “1” สามารถรับสัญญาณลอจิก “0” จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านค่าเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้ อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชควรกำหนดให้ทำงานในสถานะลอจิก “0” จะดีและสะดวกที่สุด (ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เกือบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก “0” แล้ว)

3.4.2 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

โดยปกติแล้ว ขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่าย กล่าวคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูล “0” ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้เขียนข้อมูล “0” ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งจะส่งต่อไปขับเฟต ทำให้เฟตทำงาน ที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก “0” ในทางตรงกันข้ามหากต้องการส่งข้อมูล “1” ออกไปก็ให้เขียนข้อมูล “1” ไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับจะหยุดทำงาน ทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัพภายในเกิดเป็นลอจิก “1” ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมาก เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีกรอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่กรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

เมื่อใช้งานพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเป็นแบบเอาต์พุตแต่ละขา (หรือแต่ละบิต) ของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่ากระแส ซอร์ส (Source Current) ได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ต (ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ 15 mA สำหรับพอร์ต 1-3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตเอาต์พุตสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแสจึงควรต่อวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตเพื่อช่วยขับกระแสอีกทางหนึ่ง

3.5 พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ในวงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ 1 ชุด (วงจรสื่อสารแบบฟูลดูเพล็กซ์ หมายถึง วงจรสื่อสารที่สามารถทำการรับและส่งข้อมูลในลักษณะ 2 ทิศทางได้ในเวลาเดียวกัน) โดยใช้ขาสัญญาณของพอร์ต 3 คือ ขา P3.0 เป็นขาข้อมูลเข้า หรือ RDX และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลออกหรือ TXD โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51 แบบแฟลชเป็นแบบอะซิงโครนัส ปกติแล้วพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์โดยใช้มาตรฐาน Rs-232 แต่ในปัจจุบันสามารถติดต่อกันในมาตรฐาน RS-422 หรือ Rs-485 ได้แล้วโดยใช้ไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณการสื่อสารดังกล่าว

3.5.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมจะเป็นการส่งข้อมูลแต่ละบิตในแต่ละเวิร์ด ซึ่งโดยทั่วไปก็คือ 1 ไบต์ หรือ 8 บิต นั่นเอง โดยที่ข้อมูลจะถูกทยอยส่งออกไปทีละบิตจนครบทั้งเวิร์ดในสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว แต่ในการใช้งานจริงจะต้องมีสายสัญญาณอีกเส้นเป็นสายสัญญาณกราวด์ (Ground) ดังนั้นเมื่อเราส่งข้อมูลในแบบอนุกรมเราจะสามารถใช้สายสัญญาณอย่างน้อยที่สุดเพียง 2 เส้น แต่ที่สำคัญการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นจะสามารถส่งข้อมูลได้ไกลกว่ามาก เช่น ถ้าส่งสัญญาณตามมาตรฐาน RS-232 ที่จะกล่าวต่อไปนี้จะสามารถส่งได้ไกลถึง 30 ถึง 40 ฟุต โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ขับสัญญาณเพิ่มแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามในการส่งข้อมูลยังมีข้อกำหนดบางประการเพื่อให้ได้รับข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ และมีความน่าเชื่อถือสูง จะต้องมีวิธีตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลได้ในระหว่างที่มีการสื่อสารกันอยู่ด้วย

3.5.2 โพรโทคอลของการสื่อสารแบบอนุกรม

โพรโทคอล (Protocol) คือข้อตกลงในการสื่อสารข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาว่าการตัดสินใจว่าข้อมูลที่ได้รับนั้นมีจุดเริ่มต้นที่ใด ซึ่งโพรโทคอลของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. แบบซิงโครนัส (Symchronous)
2. แบบอะซิงโครนัส (Asymchronous)

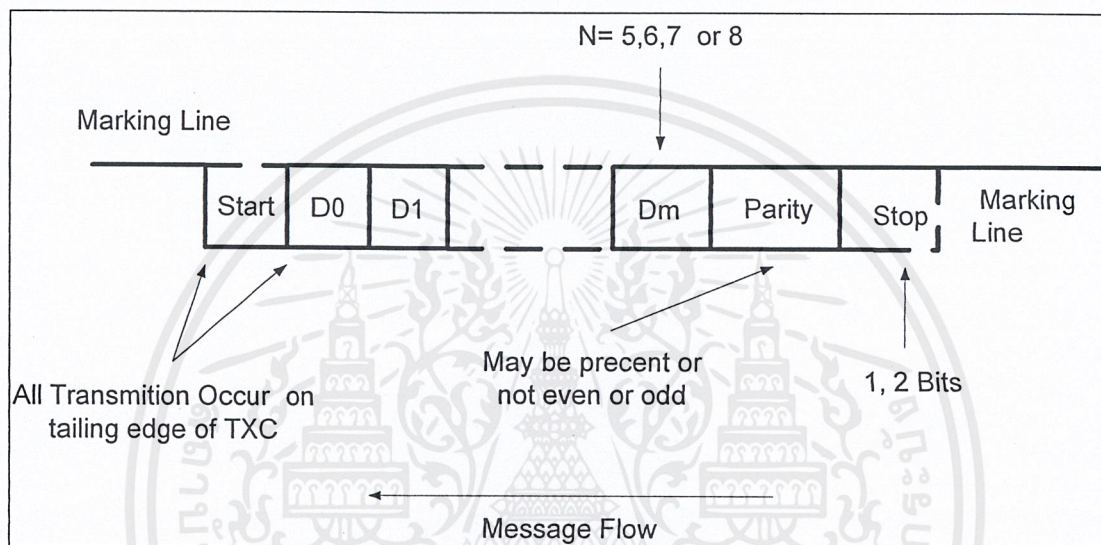
การสื่อสารแบบซิงโครนัสนั้นข้อมูลจะถูกส่งออกไปอย่างสม่ำเสมอ ช่วงเวลาระหว่างบิตและระหว่างเวิร์ดมีค่าเท่ากันเสมอ ดังนั้นในการสื่อสารข้อมูลในแบบซิงโครนัสจึงต้องมีสายสัญญาณเพิ่มเติมเพื่อกำกับการส่งว่าควรจะส่งเมื่อใดและควรหยุดเมื่อใด ระบบที่เป็นซิงโครนัสจะเป็นระบบที่มีความเร็วสูงแต่ก็ยังคงต่ำกว่าการสื่อสารแบบขนาน

การสื่อสารแบบอะซิงโครนัสนี้เป็นหัวใจของการสื่อสารข้อมูลผ่านสายทางโทรศัพท์ ในปัจจุบัน การสื่อสารแบบนี้ช่วงระยะเวลาห่างบิตจะมีค่าเท่ากันเช่นเดียวกับซิงโครนัส แต่จะมีระยะห่างระหว่างเวิร์คนี้แตกต่างกันออกไปเป็นกิโลวินาที นาฬิกา ชั่วโมง หรือวันเป็นต้น ขึ้นอยู่กับทางฝ่ายรับสามารถรอได้หรือไม่เท่านั้น เมื่อไม่มีข้อกำหนดทางด้านระยะเวลาห่างเวิร์คแล้วทางผู้ส่งและผู้รับจะเข้าใจตรงกันได้อย่างไรว่าที่ใดคือจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของแต่ละเวิร์ค เพื่อแก้ปัญหาเรื่องนี้ จึงมีการกำหนดข้อตกลงเกี่ยวกับรูปแบบของข้อมูลที่จะส่งให้ทางผู้รับสามารถเข้าใจว่าเป็นจุดใดเป็นจุดเริ่มต้นของเวิร์ค ข้อกำหนดดังกล่าวกำหนดให้แต่ละเวิร์คจะต้องขึ้นต้นด้วยบิตที่เรียกว่า บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะต้องมีข้อมูลเป็นลอจิก 0 เสมอ จากนั้นตามด้วยบิตข้อมูลที่ต้องการส่งซึ่งมีความยาว 5 ถึง 8 บิต ถัดจากบิตข้อมูลก็เป็นพริตบิตซึ่งทำหน้าที่เป็นบิตสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับว่ามีข้อมูลหรือไม่ พริตบิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อีเวนพริต (Even Parity) ซึ่งจะกำหนดจำนวนบิตที่เป็นลอจิก 1 ในบิตที่เป็นข้อมูลมีจำนวนเป็นจำนวนคู่ และ ออดพริต (Odd Parity) ซึ่งจะกำหนดจำนวนบิตที่เป็นลอจิก 1 ในบิตที่เป็นข้อมูลมีจำนวนเป็นคี่ ในการส่งข้อมูลบางครั้งอาจจะไม่มีการใช้บิตพริตก็ได้หากการสื่อสารในครั้งนั้นมีความน่าเชื่อถือสูงคือ มีสัญญาณรบกวนต่ำเป็นการเพิ่มความเร็วในการสื่อสารได้ด้วย บิตสุดท้ายในรูปแบบก็คือ บิตสุดท้าย (Stop Bit) ทำหน้าที่บอกทางผู้รับว่าขณะนี้ข้อมูลที่ได้รับนั้นครบเวิร์คแล้วขอให้เตรียมชุดเวิร์คต่อไปได้ บิตสุดท้ายนี้ถูกกำหนดให้เป็นลอจิก 1 เสมอทั้งนี้เพื่อให้ระบบสามารถตรวจสอบบิตเริ่มต้นได้ บิตสุดท้ายนี้อาจมีความยาวเป็น 1 บิตหรือ 2 บิตก็ได้

จากรูปแบบดังกล่าวจะเห็นว่ารูปแบบสำหรับการสื่อสารอย่างมาก เช่น 5E1 (5 Data bit, Even Parity, 1 Stop Bit) และ 8N1 (8 Data Bit, No parity, 1 Stop Bit) เป็นต้น ในการใช้งานทั่วไปนิยมใช้กันอยู่เพียง 2 แบบ คือ 7E1 และ 8N1 จะเลือกใช้แบบใดขึ้นอยู่กับสภาพการส่งสัญญาณว่ามีสัญญาณรบกวนมากเพียงใด ถ้าหากสายส่งมีสัญญาณรบกวนมากก็ควรใช้ 7E1 แต่ถ้าสายส่งสัญญาณมีสภาพดีสัญญาณรบกวนต่ำการใช้ 8N1 จะเร็วกว่า เป็นต้น ทั้งนี้ต้องตกลงกันล่วงหน้าระหว่างผู้รับและผู้ส่งว่าจะใช้รูปแบบใดในการสื่อสาร ลักษณะของข้อมูลที่ส่งออกไปจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.3

อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 มีด้วยการหลายค่าได้แก่ 110,150,300,600,1200,2400,4800,9600 และ 19200 บิตต่อวินาที โดยมีค่ามากขึ้นตามเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอัตราคือค่าของจำนวนบิตที่ส่งได้ภายใน 1 วินาที สมมติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิตไม่มีการตรวจสอบพริต มีบิตเริ่มต้น 1 บิตและบิตท้าย 1 บิต ความยาวข้อมูล 1 ไบต์ จะมีขนาดเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที การตรวจสอบพริตสามารถกำหนดให้เป็นแบบ (odd) แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพริตก็ได้

ได้ พาริตีคู่หรือคี่ แสดงถึงจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์รวมบิตพาริตีว่ามีจำนวนเลขคี่หรือคู่ ยกตัวอย่างข้อมูลที่ทำการส่งมีขนาด 8 บิตมีค่าเท่ากับ 99h หรือ 10011001b จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก “1” จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตีเป็นคู่ ค่าของบิตพาริตีจะต้องมีลอจิกเป็น “0” แต่ถ้ากำหนดพาริตีเป็นคี่ ค่าของพาริตีจะต้องเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์ รวมทั้งพาริตีเป็นคี่



รูปที่ 3.3 แสดงแบบมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

3.5.3 การเขียนหรือรับข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรม

ข้อมูลที่ต้องการส่งออกทุกค่าต้องนำไปเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรมซึ่งก็คือ รีจิสเตอร์ SBUF ดังตัวอย่าง

```
MOV     SBUF,# 'A'
```

จากคำสั่งข้างต้นเป็นการส่งข้อมูลของตัวอักษร A ไปยังพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ อย่างไรก็ตามก่อนทำการส่งข้อมูลทุกครั้ง ต้องแน่ใจว่าบิต TI มีค่าเป็น 0 และเมื่อทำการส่งข้อมูลแล้ว ก็จะเกิดการเซต TI เพื่อแจ้งให้ทราบ ดังตัวอย่างโปรแกรมต่อไปนี้

```
CLR     TI           ;เคลียร์บิต TI เพื่อเตรียมการส่งข้อมูล
MOV     SBUF,# 'A'  ;ส่งข้อมูลตัวอักษร A ไปยังพอร์ตอนุกรม
JNB     TI, $       ;รอการเซตบิต TI เพื่อแจ้งการส่งข้อมูลที่เสร็จสมบูรณ์
```

3.5.4 การอ่านหรือรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

การรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมสามารถกระทำได้โดยง่าย เพียงทำการตรวจค่าบิต RI เกิดการเซตขึ้นหรือไม่ ถ้าพบว่ามีการเซตเกิดขึ้นแล้ว ให้ทำการอ่านค่าจากรีจิสเตอร์ SBUF โดยทำการโอนย้ายข้อมูลผ่านทาง แอควิวมูลเตอร์ (A) ดังตัวอย่าง

```
CLR    RI           ; เคลียร์บิต RI เพื่อเตรียมการรับข้อมูล
JNB    RI, $       ; รอการเซตบิต RI เพื่อแจ้งการรับข้อมูลที่เสร็จ
                          สมบูรณ์
MOV    A, SBUF     ; ส่งข้อมูลตัวอักษร A ไปยังพอร์ตอนุกรม
CLR    RI           ; หลังจากรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว RI เคลียร์เสมอ
```

3.5.5 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรมแบบ RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งผ่านข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่าสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Industries Association : EIA) ได้ว่ามาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -12 V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +12 V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating : DCE) ไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เพียงเป็นตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะต้องกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่ได้ชี้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ทีโมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับ โมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุด ถึง 20 เมตร

3.5.6 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่น ๆ ที่เคยใช้งานในอดีตไม่ได้ใช้ ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนักจึงถูกยกเลิกไป

ตารางที่ 3.2 แสดงการจัดขาคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232

คอนเน็กเตอร์ DB -9	คอนเน็กเตอร์ DB -25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Circuit Detect:DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TxD	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready :DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground :GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : CTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่ต้องผ่าน โมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนอีกแบบหนึ่ง เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232

Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณมาจากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

Receive Data : RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์

Transmitted Data : TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Terminal Ready : DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทางและขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องต่อเชื่อมกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการต่อเชื่อมเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์

Signal Ground : GND ขากราวด์ของระบบ

Data Set Ready : DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR

Request To Send : RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem 3 สาย จะต้องเชื่อมขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

Clear To Send : CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TXD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

Ring Indicator : RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น เช่น แสดงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล(ผิดพลาดจากพาริตี เฟรมข้อมูล โอเวอร์รัน) เป็นต้น

บทที่ 4

การเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic (Visual Basic Programming)

4.1 คอนโทรลภายในของ Visual Basic

Visual Basic เป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวินโดวส์ตัวแรกที่ประสบความสำเร็จมาก ทั้งนี้เนื่องจากแนวความคิดที่จะนำเอาความสามารถของคอนโทรลมาใช้ในการออกแบบโปรแกรมนี้เอง เพราะคอนโทรลเป็นเครื่องมือที่ช่วยลดความซับซ้อนในการเขียนโค้ดเป็นอย่างมาก และนอกจากนี้คอนโทรลยังมีส่วนแสดงผลเพื่อสื่อความหมายของการทำงานระหว่างคอนโทรลผู้ใช้ได้อีกด้วย ส่วนการใช้งานก็ไม่มี ความซับซ้อน เพียงแต่ผู้อ่านทำการเชื่อมต่อกอนโทรลเข้ากับสภาพแวดล้อมของ Visual Basic จากนั้นก็สามารถที่จะนำมาเพิ่มลงฟอร์มได้ทันที สำหรับ Visual Basic ได้มีการแบ่งคอนโทรลออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ๆ ได้แก่

4.1.1 คอนโทรลภายใน (Intrinsic Control)

เช่น ComboBox, CommandButton หรือ PictureBox เป็นต้น ซึ่งเป็นคอนโทรลที่ถูกสร้างลงในสภาพแวดล้อมของ vb.exe ดังนั้นที่ทุกครั้งเมื่อโหลด Visual Basic คอนโทรลเหล่านี้สามารถออกจากแถบกล่องเครื่องมือได้เลย ดังนั้นจึงจัดว่าเป็นคอนโทรลมาตรฐาน (Standard Control) กลุ่มหนึ่งของ Visual Basic

4.1.2 คอนโทรลมาตรฐาน (Standard Control)

เป็นคอนโทรล Active X ที่ถูกสร้างเป็นไฟล์ .OCX ที่แยกออกมาต่างหาก เช่น Dbgrid (Apex data-bound grid), MSFlexGrid หรือ CommonDialog เป็นต้น ดังนั้นก่อนที่จะสามารถใช้งานคอนโทรลกลุ่มนี้ได้เราต้องทำการเชื่อมต่อไฟล์ .OCX เหล่านี้เข้ากับสภาพแวดล้อมของ Visual Basic เสียก่อน โดยใช้คำสั่ง Component ในเมนู Project เช่นเดียวกัน

4.1.3 คอนโทรลร่วมวินโดวส์ (Windows Common Control)

เป็นคอนโทรล Active X ที่ถูกสร้างเป็นไฟล์ .OCX ที่ต้องใช้ร่วมกับไฟล์ .DLL ของวินโดวส์ เช่น RichTextBox, Slider หรือ Statusbar เป็นต้น เช่นเดียวกับคอนโทรลมาตรฐาน เพียงแต่คอนโทรลในกลุ่มนี้ถูกจัดเป็นคอนโทรลพื้นฐานของวินโดวส์ 95 โดยที่คอนโทรลร่วมกับวินโดวส์จะถูกจัดเก็บลงไฟล์ conct132.ocx และ conct232.ocx

4.1.4 คอนโทรล Active X รุ่นมืออาชีพ (Professional Active X Control)

เป็นคอนโทรลActiveXที่ถูกสร้างเป็นไฟล์ .OCX เช่นเดียวกับคอนโทรลมาตรฐาน เช่นส่วนแสดง MSComm (Communication) ,MapiMessages (MAPI message) หรือ MMControl (Multimedia MCI) เป็นต้น แต่คอนโทรลกลุ่มนี้ได้ถูกสร้างและแจกจ่ายมากับ Visual Basic รุ่น Professional และ Enterprise เท่านั้น คุณสมบัติแสดงค่าของคอนโทรลที่สำคัญที่ได้นำมาใช้กับโครงการนี้

คอนโทรลทั้งหมดที่มากับ Visual Basic ไม่ว่าจะเป็นคอนโทรลภายในหรือ Active X จะมีคุณสมบัติตัวหนึ่งถูกใช้สำหรับกำหนดค่า (Value) หรืออ่านจากค่าคอนโทรล และคุณสมบัตินี้ได้ถูกกำหนดให้เป็นคุณสมบัติปกติ (Default) ของคอนโทรล โดยการเขียน โค้ดเราสามารถใช้อย่างเดียวชื่อคอนโทรล (Control Name) โดยไม่ต้องกำหนดคุณสมบัติปกติของทุก ๆ คอนโทรลก็ได้โดยไม่เกิดข้อผิดพลาด เช่น คอนโทรล TextBox ก็จะมีคุณสมบัติ Text เป็นคุณสมบัติปกติของคอนโทรล สำหรับคุณสมบัติของคอนโทรลที่สำคัญที่ใช้กับโครงการนี้มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของคอนโทรลต่าง ๆ

คอนโทรล	คุณสมบัติ
CommanButton	Value
Data	Caption
DBGrid(Data-Bound Grid)	Text
Label	Caption
TextBox	Text
Timer	Enable

การแบ่งกลุ่มของคอนโทรลภายในเราจะแยกตามวัตถุประสงค์ของการทำงานได้ทั้งหมด 4 กลุ่มดังนี้

คอนโทรลภายในทั่วไป ประกอบด้วยคอนโทรลที่แสดงผลในลักษณะของการเลือกตอบ หรือเลือกรายการ เช่น CheckBox, OptionBox หรือ ListBox เป็นต้น

คอนโทรลภายในด้านระบบไฟล์ ประกอบด้วยคอนโทรลที่ทำหน้าที่ติดต่อ หรือ แสดงผลระบบไฟล์ (รวมทั้งไดรฟ์ และไดเรกทอรีด้วย) ของวินโดวส์ เช่น FileListBox หรือ DirListBox เป็นต้น

4.2 คอนโทรลภายใน

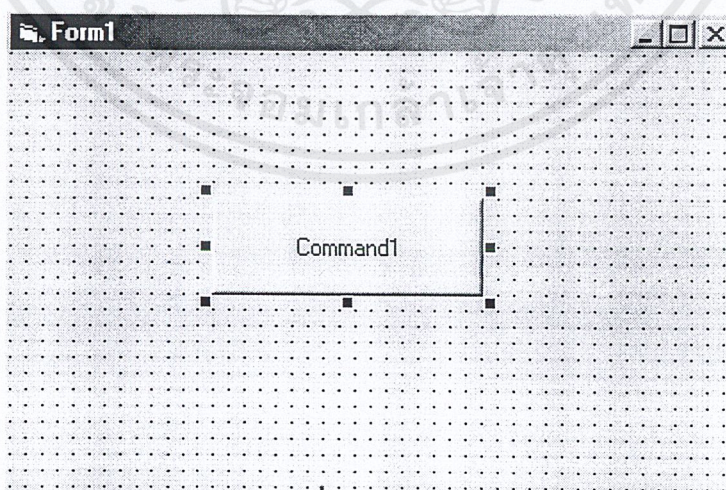
คอนโทรลภายใน ก็จะเป็นคอนโทรลพื้นฐานที่ถูกใช้งานมากที่สุด เพราะจะเป็นกลุ่มของคอนโทรลที่ช่วยในการสื่อสาร แบบสองทางหรือเลือกรับเงื่อนไขจากผู้ใช้ ดังเช่น ทุก ๆ แอปพลิเคชันจะใช้คอนโทรล CommandButton สำหรับให้ผู้เลือกใช้เลือกที่ยอมรับ (OK) หรือ ยกเลิก (Cancel) หรืออื่น ๆ ตามข้อกำหนดของแต่ละแอปพลิเคชันเป็นต้น ซึ่งคอนโทรลภายในทั่วไปประกอบด้วยคอนโทรลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. คอนโทรลภายในด้านกราฟฟิก ประกอบไปด้วย คอนโทรลที่ทำหน้าที่ด้านการแสดงผลกราฟฟิกด้วยกราฟฟิกคอนโทรล หรือฟังก์ชันวินโดวส์ API หรือไฟล์กราฟฟิกในรูปแบบต่าง ๆ เช่น PictureBox, Shape หรือ Image เป็นต้น

2. คอนโทรลภายในด้านเวลา ซึ่งจะมีอยู่คอนโทรลเดียวได้แก่ Timer ซึ่งมีหน้าที่สร้างเหตุการณ์ที่ตอบสนองเป็นครั้ง ๆ ตามช่วงเวลาที่ถูกกำหนด

4.2.1 คอนโทรล CommandButton

คอนโทรล CommandButton จะใช้เป็นคอนโทรลที่ถูกนำไปใช้งานมากที่สุด เพราะในการกำหนดให้ผู้เลือกใช้งานเลือก OK หรือ Cancel นั้นเรามักจะใช้คอนโทรล CommandButton เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงถือว่าเป็นคอนโทรลที่พื้นฐานที่สุดของ Visual Basic เนื่องจากคอนโทรลนี้เป็นปุ่มสำคัญที่ใช้งานในรูปแบบของการคลิกเพื่อยืนยัน ดังนั้นจึงอาจเรียกคอนโทรล CommandButton ได้อีกอย่างหนึ่งว่า PushButton ในขณะที่ออกแบบคอนโทรล CommandButton ที่วางลงบนฟอร์มจะมีลักษณะดังตัวอย่างในรูปนี้



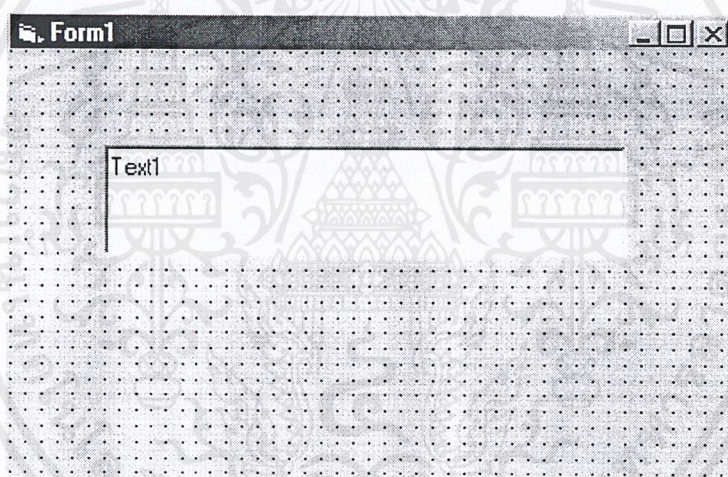
รูปที่ 4.1 แสดงคอนโทรล ControlButton ในขณะออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถแก้ไขข้อความที่แสดงผลในคอนโทรลนี้ได้ โดยการแก้ไขข้อความในคุณสมบัติ Caption ของคอนโทรลในหน้าต่างคุณสมบัติหรือแก้ไขโค้ดในแอปพลิเคชันก็ได้

4.2.2 คอนโทรล TextBox

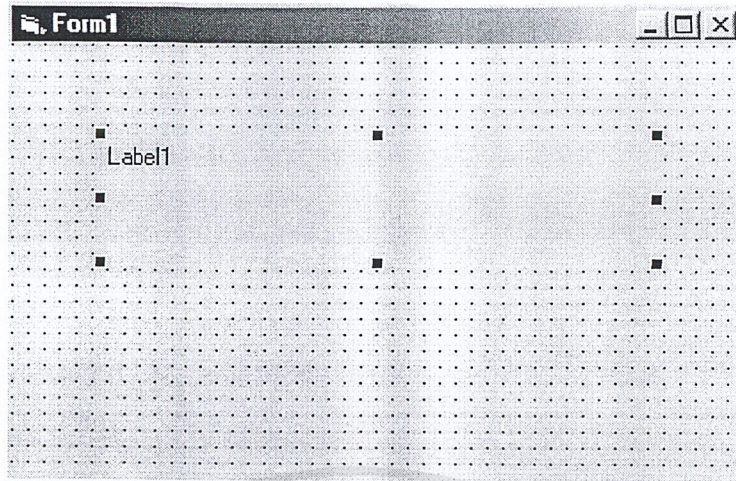
คอนโทรล TextBox มักจะถูกนำไปใช้ทุก ๆ ฟอรั่ม ที่มีการรับกรอกข้อความ จากผู้ใช้นี้เนื่องจากคอนโทรลนี้ทำหน้าที่แสดงผล (โดยผ่านทางคุณสมบัติ Text) ในคอนโทรล และยังอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถแก้ไขตัวอักษรต่าง ๆ ของคุณสมบัตินี้ได้ด้วยเช่นกันนอกจากนี้แล้ว คอนโทรล TextBox ยังรวมเอาความสามารถหลาย ๆ ด้านของคอนโทรล Label มาใช้ เช่น สามารถแสดงข้อความได้มากกว่า 1 บรรทัด ความสามารถด้าน DDE(Dynamic Data Exchange) นอกจากนี้ยังสามารถถูกนำไปใช้ในลักษณะการกรอกรหัสผ่าน (Password) ได้อีกด้วยดังรูป



รูปที่ 4.2 แสดงคอนโทรล TextBox

4.2.3 คอนโทรล Label

คอนโทรล Label เป็นคอนโทรลในลักษณะกราฟฟิก ที่ถูกใช้งานด้านการแสดง ข้อความบนฟอรั่ม เหมือนกับเราได้นำป้ายข้อความอย่างหนึ่งไปวางไว้บนฟอรั่ม เพื่อใช้ในการสื่อ ข้อความกับผู้ใช้และคอนโทรลนี้ผู้ใช้ไม่สามารถ แก้ไข โดยตรงด้วยวิธีการคีย์หรือเมาส์ในขณะรัน แอปพลิเคชัน นอกจากภายในแอปพลิเคชันจะมีการเขียนโค้ดสำหรับแก้ไขข้อความในคอนโทรลที่มีความสามารถ DDE (Dynamic Data Exchange) อีกด้วย ในขณะออกแบบเราสามารถเพิ่ม คอนโทรลลงในฟอรั่ม หรือตัวบรรจอื่น ๆ ก็อาจจะปรากฏหน้าต่างของคอนโทรลดังรูป

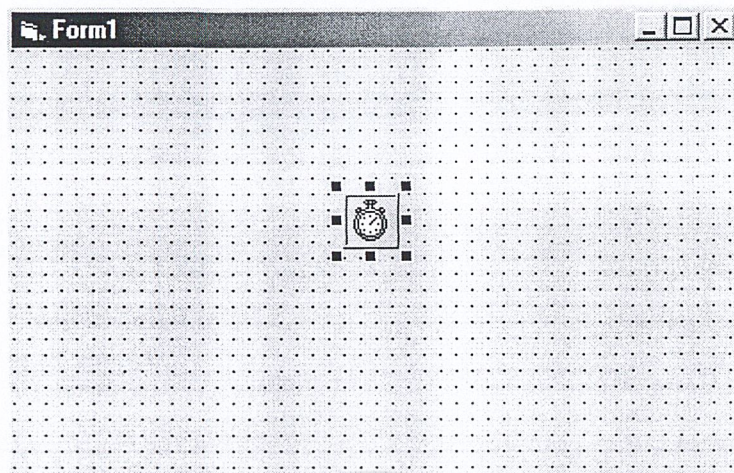


รูปที่ 4.3 แสดงคอนโทรล Label

ในการควบคุมพฤติกรรมของคอนโทรล เราสามารถกระทำได้โดยการกำหนดค่าต่าง ๆ ให้กับคุณสมบัติของคอนโทรล ซึ่งการแก้ไขของคุณสมบัติเราสามารถกระทำได้ในขณะออกแบบ โดยการแก้ไขในหน้าต่างคุณสมบัติ และรันแอปพลิเคชัน โดยการเขียนโค้ดเพื่อแก้ไขค่าของคุณสมบัติแต่ก็มีบางคุณสมบัติที่สามารถแก้ไขได้ในขณะรันแอปพลิเคชัน เช่น Name เป็นต้น

4.2.4 คอนโทรล Timer

คอนโทรล Timer เป็นคอนโทรลที่ใช้ในการควบคุมและจัดการเหตุการณ์ด้านเวลา ซึ่งเทียบกับประโยค ON TIME TO GO ของ QuickBasic โดยเราสามารถเขียนโค้ดเพื่อทำงานช่วงใด ๆ เมื่อช่วงเวลาผ่านไปตามค่าที่กำหนด เช่น ทำการปรับแสดงผลของฟอร์มทุก ๆ 1 นาที เป็นต้น โดยที่คอนโทรลนี้จะตอบสนองเหตุการณ์เพียงเหตุการณ์เดียวเท่านั้น แต่เราสามารถกำหนดในแต่ละฟอร์มมีคอนโทรล Timer มากกว่า 1 คอนโทรล เนื่องจากคอนโทรล Timer เป็นคอนโทรลที่ทำงานตามนาฬิกาของระบบ ดังนั้นมันจึงถูกควบคุมโดยตัวระบบเอง สำหรับวินโดวส์ 95 และ NT ในทางปฏิบัติจะไม่มีกัการจำกัดจำนวนของคอนโทรล Timer ในแต่ละฟอร์มดังนั้นเราจึงสามารถใช้งานคอนโทรล Timer พร้อม ๆ กันครั้งละหลาย ๆ คอนโทรลได้อย่างไม่จำกัด



รูปที่ 4.4 แสดงคอนโทรล Timer

ในขณะที่ออกแบบคอนโทรล Timer ที่วางบนฟอร์ม ก็จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.4 และเมื่อรัน แอปพลิเคชัน คอนโทรลนี้จะไม่ถูกแสดงผล แต่จะมีการทำเหตุการณ์ Timer ทุกครั้งที่ช่วงเวลาครบตามค่าที่ได้กำหนดให้กับคุณสมบัติ Interval ของคอนโทรล Timer

4.3 คอนโทรลด้านฐานข้อมูล

แอปพลิเคชันที่ใช้กับโครงการนี้จะต้องมีการเข้าถึงไฟล์ข้อมูล ดังนั้นตัวแปรภาษาที่เหมาะสมกับการสร้างแอปพลิเคชันเหล่านี้จึงต้องมีเครื่องมือที่สนับสนุนการจัดการด้านฐานข้อมูลที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ ซึ่งในโครงการนี้เลือกใช้ Visual Basic เป็นตัวแปรภาษาที่มีการสนับสนุนระบบจัดการฐานข้อมูลในรูปแบบ Microsoft Access โดยอาศัย JET Database Engine ซึ่งเป็นเครื่องมือที่โปรแกรมเมอร์สามารถจัดการฐานข้อมูลได้ 2 วิธี

4.3.1 คอนโทรลด้านฐานข้อมูล (Data Control)

การเข้าถึงฐานข้อมูลด้วยคอนโทรลข้อมูลด้านฐานข้อมูล จะเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดใน การเขียนโปรแกรมเพราะเราเพียงแต่กำหนดไฟล์ฐานข้อมูลฟิลด์สำหรับแต่ละคอนโทรล และ คอนโทรล Data เท่านั้น คอนโทรลเหล่านี้จะจัดการสร้าง การแสดงผล การแก้ไขฟิลด์ต่าง ๆ ของ ฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติ หรือตามที่ถูกกำหนดในคุณสมบัติต่าง ๆ สำหรับความสามารถโดยทั่วไป ของคอนโทรลด้านฐานข้อมูลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- สามารถสร้างตัวแปร Recordset โดยอ้างอิงกับตัวแปร Recordset ที่สนับสนุนโดย คอนโทรลด้านฐานข้อมูล
- แก้ไขโครงสร้างของฐานข้อมูล เช่นการแก้ไขตาราง (Table) ฟิลด์ (Field) หรือดัชนี

เอกสารนี้เป็นเอก (Index) เป็นต้น สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค้นหาหรือสืบค้นข้อมูลจากฟิลด์ที่ถูกกำหนดของฐานข้อมูล
คอนโทรลที่สนับสนุนการติดต่อกับฐานข้อมูล (Bound Control) นั้น เราสามารถสังเกตได้จากคอนโทรลที่มีคุณสมบัติ Datafield, Datachange หรือ DataSource เป็นต้น ซึ่งคอนโทรลที่มีคุณสมบัติเหล่านี้ก็จะเป็คอนโทรลด้านฐานข้อมูลทั้งสิ้น เช่น CheckBox, PictureBox, Data, Progress, RichTextBox หรือ MaskedEdit เป็นต้น

4.3.2 Data Access Object (DAO)

DAO เป็นโมเดลของคลาสของออบเจ็กต์ที่สนับสนุนการจัดการฐานข้อมูล ในระบบ Elation Database ซึ่งจะประกอบด้วยคุณสมบัติ โพซิเยอร์เหตุการณ์และกัวิธี เพื่อช่วยในการสร้าง แก้ไข จัดเก็บค้นหาและลบฐานข้อมูล โดยในการจัดการกับฐานข้อมูลในทางปฏิบัติ Visual Basic ก็จะสามารถใช้ความสามารถของ JET Database Engine (JET) ซึ่งเอนจินที่ช่วยในการจัดการฐานข้อมูลด้วยกายภาพสำหรับ Visual Basic ฐานข้อมูลในรูปแบบ Microsoft Access จะถูกกำหนดให้เป็นฐานข้อมูลแม่แบบ (Native Database Format) ที่ถูกจัดการโดย JET ซึ่งกลุ่มชนิดฐานข้อมูลที่ Visual Basic สนับสนุนผ่านทาง DAO และ JET สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

- ฐานข้อมูล Visual Basic หมายถึง ฐานข้อมูลในรูปแบบ Microsoft Access (.mdb) ซึ่ง JET สามารถที่จะจัดการได้โดยตรง ดังนั้นจึงเป็นรูปแบบของฐานข้อมูลที่เอนจิน JET สามารถจัดการได้รวดเร็วที่สุด
- ฐานข้อมูลภายนอก หมายถึง ฐานข้อมูลในรูปแบบ Index Sequential Access Method (ISAM) ซึ่งเป็นรูปแบบฐานข้อมูลสำหรับโปรแกรมด้านฐานข้อมูลระดับเดสก์ทอปในปัจจุบันนั่นเอง เช่น dBase IV, Foxpro , Paradox เป็นต้น ซึ่งเราสามารถจัดการกับฐานข้อมูลในรูปแบบ ISAM ได้โดยตรงจาก Visual Basic เท่านั้น
- ฐานข้อมูล ODBC หมายถึง ฐานข้อมูลที่ทำกาารติดต่อโดยผ่านทาง Open Database Connectivity (ODBC) ซึ่งเป็นมาตรฐานการจัดการฐานข้อมูลในรูปแบบที่แตกต่างกันของไมโครซอฟท์ เช่น ฐานข้อมูลชนิด ไคลเอนต์ เซิร์ฟเวอร์ Microsoft SQL Server เป็นต้น ดังนั้นเราจึงสามารถที่จะสร้างแอปพลิเคชัน ชนิด ไคลเอนต์ เซิร์ฟเวอร์ ด้านฐานข้อมูลได้โดยตรงจาก Visual Basic โดยอาศัยมาตรฐาน ODBC นี้เอง

4.3.3 Microsoft JET Database Engine

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อจัดการกับฐานข้อมูลของ Visual Basic นั้นเราสามารถใช้อินเตอร์เฟซของ DAO ในการกำหนดวิธีการจัดการกับฐานข้อมูลที่ต้องการ แต่ในทางปฏิบัติจริง ๆ DAO ก็จะต้องมีการส่งคำสั่งต่อไปยัง JET ที่มากับ Visual Basic 6.0 ก็จะเป็นเวอร์ชัน 3.5 ซึ่งจะเป็เอนจินที่ระดับ 32 บิต ที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 32 บิตเท่านั้น โดยจะ

มีความเสถียร ประสิทธิภาพและสมรรถนะในการประมวลผลได้รวดเร็วกว่า JET เวอร์ชันที่ผ่าน ๆ มามาก

- User Interface ผู้อ่านต้องเขียนโค้ดอาศัย DAO หรือคอนโทรลด้านฐานข้อมูล เพื่อจัดการจัดเก็บฐานข้อมูลที่ต้องการ โดยแสดงผลฟิลด์ต่าง ๆ ของฐานข้อมูลนั้น ผู้อ่านก็ต้องกระทำโดยอาศัยคอนโทรล หรือ ฟอรัมสำหรับการสร้าง แก๊ไข ลบทิ้ง จัดเก็บ หรือค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูล Visual Basic ก็จะทำผ่านทางเอ็นจินท์ JET อีกทอดหนึ่ง

- Database Engine JET เป็นไฟล์ไลบรารี (.DLL) ที่ประกอบด้วย ฟังก์ชันที่ช่วยในการจัดเก็บกับไฟล์ฐานข้อมูลในระดับกายภาพ ซึ่งในการทำงาน JET จะแปลงการร้องขอจาก Visual Basic เพื่อที่จะดำเนินการกับฟิลด์ต่าง ๆ ของไฟล์ฐานข้อมูล และรายงานข้อมูลกลับไปยังโค้ดส่วนที่ร้องขอ (ถ้าหากมี) และนอกจากนี้ JET ยังมีการสนับสนุนการค้นหาหรือประมวลผลฐานข้อมูลโดยอาศัยภาษา SQL (Structured Query Language) อีกด้วย

- Data Source ไฟล์ที่จัดเก็บฐานข้อมูลและรายละเอียดทั้งหมดของฐานข้อมูล โดยที่ไฟล์ข้อมูลแม่แบบของ Visual Basic ก็จะจัดเก็บในรูปแบบของ Microsoft Access โดยมีนามสกุล .mdb โดยที่ข้อมูลที่จัดเก็บในไฟล์ฐานข้อมูลจะถูกจัดระเบียบ โดยรูปแบบของฐานข้อมูลแต่ละประเภท ซึ่ง เอ็นจินท์ JET จะทำหน้าที่จัดการกับข้อมูลให้โดยอัตโนมัติ ซึ่งเราสามารถที่จะจัดเก็บฐานข้อมูลหลากหลายชนิดโดยไม่จำเป็นต้องทราบถึงโครงสร้างของไฟล์ฐานข้อมูลชนิดนั้น ๆ เลย ซึ่งก็เป็นจุดเด่นอีกประการของระบบฐานข้อมูลของ Visual Basic

4.4 ชนิดของคอนโทรลด้านฐานข้อมูล

คอนโทรลด้านฐานข้อมูลเป็นคอนโทรลที่ใช้ในการเข้าถึงฐานข้อมูล ซึ่งหลัก ๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. คอนโทรล Data เป็นคอนโทรลหลัก ที่ใช้ในการควบคุมการติดต่อระหว่างคอนโทรลด้านฐานข้อมูลกับฐานข้อมูล โดยที่คอนโทรล Data จะทำหน้าที่ควบคุมการเข้าถึงฐานข้อมูล เช่น การเคลื่อนที่ไปยังเรคคอร์ด การเปิดปิด การจัดเก็บฐานข้อมูล

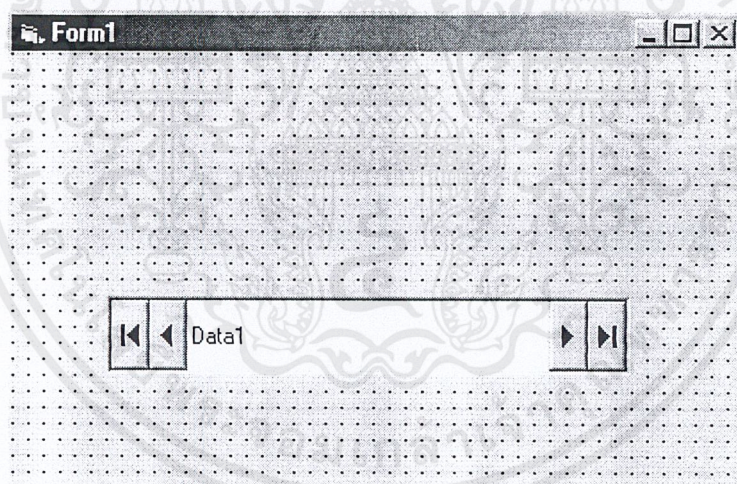
2. คอนโทรลภายใน Data-Aware เป็นคอนโทรลภายในของ Visual Basic ที่สนับสนุนการแสดงผลข้อมูลของฟิลด์หนึ่ง ๆ ของฐานข้อมูล เช่น CheckBox, PictureBox หรือ TextBox เป็นต้น ซึ่งคอนโทรลภายใน Data-Aware จะแตกต่างกับคอนโทรล Data-Bound ตรงที่คอนโทรลภายใน Data-Aware จะสามารถเชื่อมต่อเข้ากับฟิลด์ของฐานข้อมูลคอนโทรลละ 1 ฟิลด์เท่านั้น

3. คอนโทรล Data-Bound เป็นคอนโทรล ActiveX คอนโทรลที่ถูกออกแบบพิเศษเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับ Record (ประกอบด้วยตั้งแต่ 1 ฟิลด์ขึ้นไป) ของฐานข้อมูล เช่น Dblist, DbCombo, DbGrid และ MSFlexGrid ซึ่งคอนโทรล Data-Bound จะสามารถเชื่อมต่อกับหลาย ๆ

DbCombo, DbGrid และ MSFlexGrid ซึ่งคอนโทรล Data-Bound จะสามารถเชื่อมต่อกับหลาย ๆ เรคคอร์ด ได้ในเวลาเดียวกันทั้งนี้เพื่อขยายขีดความสามารถในการจัดการฐานข้อมูลนั่นเอง

4.4.1 คอนโทรล Data

คอนโทรล Data เป็นคอนโทรลที่ใช้เข้าถึงฐานข้อมูล และทำการเชื่อมต่อการแสดงผลข้อมูลของแต่ละฟิลด์ ในฐานข้อมูลเข้ากับคอนโทรลด้านฐานข้อมูล (Data-Bound or Data-Aware Control) โดยเมื่อมีการเคลื่อนที่ไปยังเรคคอร์ดใด ๆ ในฐานข้อมูลด้วยคอนโทรล Data ข้อมูลที่ถูกแก้ไขคอนโทรลด้านฐานข้อมูลที่เชื่อมต่อกับคอนโทรล Data ซึ่งเป็นเรคคอร์ดในปัจจุบันในขณะนั้น ก็จะถูกจัดเก็บลงในฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติ แล้วจึงเคลื่อนที่ไปยังเรคคอร์ดถัดไปที่ทันที แต่เนื่องจากคอนโทรล Data สามารถที่จะจัดเก็บข้อมูลที่ถูกแก้ไขให้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นถ้าหากเราต้องการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนที่จะถูกเก็บโดยคอนโทรล Data ก็สามารถที่จะกระทำโดยการเขียนโค้ด เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในโพซิเจอร์ของเหตุการณ์ Validate ในขณะที่ออกแบบคอนโทรล Data ที่วางบนฟอร์มจะมีลักษณะดังรูป

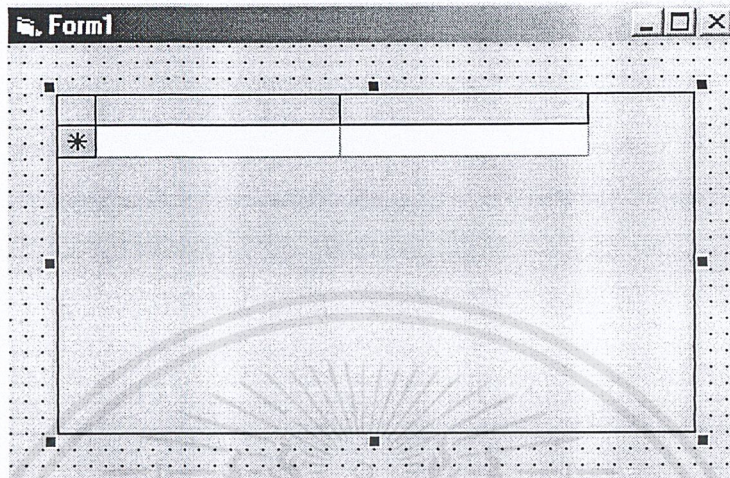


รูปที่ 4.5 แสดงคอนโทรล Data

4.4.2 คอนโทรล DBGrid (Apex Data-Bound Grid)

คอนโทรล DBGrid ทำหน้าที่แสดงผลเรคคอร์ดในรูปแบบตาราง (Grid) โดยที่เราต้องกำหนดชื่อของคอนโทรล Data ให้กับคุณสมบัติ Data Source ของคอนโทรล DBGrid ซึ่งข้อมูลทั้งหมดของเรคคอร์ดจะถูกแสดงผลภายในคอนโทรล DBGrid โดยอัตโนมัติ โดยปกติ DBGrid สามารถแสดงผลจำนวนคอลัมน์ได้มากที่สุดเท่ากับ 1,700 คอลัมน์ ส่วนจำนวนแถวก็แสดงผลได้มากเท่าที่ทรัพยากรของระบบจะอำนวย และในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใด ๆ ของคอนโทรล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DBGrid ด้วยวิธี Move เราก็ควรจะเขียนโค้ดเพื่อเรียกใช้วิธี Refresh ให้ทำการวาดคอนโทรลใหม่อีกครั้ง โดยในขณะที่ออกแบบคอนโทรลก็จะมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 4.6 แสดงคอนโทรล DBGrid

4.5 พอร์ตอนุกรม(Serial Port)

เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้งานตามมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS 232C กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นมาตรฐานที่กำหนดโดย EIA ซึ่งเป็นองค์กรอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของสหรัฐอเมริกา โดยแบ่งการเชื่อมต่อออกเป็น 2 ลักษณะ คือ DTE (Data Terminal Equipment) และ DCE (Data Communication Equipment) ซึ่งโดยปกติ DTE จะต้องต่อเข้ากับ DCE เสมอ เช่น การต่อเครื่องคอมพิวเตอร์(อุปกรณ์ DTE) เข้ากับอุปกรณ์โมเด็ม (อุปกรณ์ DCE) เป็นต้น

พอร์ตอนุกรม RS 232C จะเป็นพอร์ตของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีขาต่อ (Connector) ทั้งประเภท 9 และ 25 ขา และเราเรียกกันว่า COM1: และ COM2: นั่นเอง ในความจริงพอร์ตอนุกรมไม่ได้ควบคุมโดยตรงจาก CPU บนเมนบอร์ด แต่การสื่อสารทั้งหมดจะถูกเก็บโดยชิป UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) อีกทีหนึ่ง ซึ่งปัจจุบันเบอร์ที่ใช้กันมากที่สุดก็คือเบอร์ 16550C ซึ่งเป็นเวอร์ชันที่ได้รับการแก้ไขข้อผิดพลาดแล้ว ซึ่งชิป UART นี้จะทำหน้าที่ในการรับและส่งข้อมูลดังต่อไปนี้

การส่งข้อมูล(Data Transmission)

- รับตัวอักษรจากเครื่องคอมพิวเตอร์
- แปลงตัวอักษรให้เป็นสายข้อมูลแบบบิต (เราเรียกว่าขบวนการ Serialization)
- สร้างเฟรมข้อมูลโดยการเพิ่มบิตที่จำเป็นสำหรับการสื่อสารและการตรวจสอบ เช่น บิต

Start, Stop และ Parity เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่งผ่านเฟรมข้อมูลที่สร้างขึ้นมาแล้วจากตอนที่ผ่านมา ด้วยความเร็วของโมเด็มหรือพอร์ตอนุกรม (Baud Rate)
- แสดงสถานะความพร้อมที่จะรับข้อมูลตัวอักษรถัดไปให้กับคอมพิวเตอร์การรับข้อมูล (Data Receiver)
- รับตัวอักษรจากตัวอินเตอร์เฟส
- ตรวจสอบความถูกต้องของเฟรมข้อมูลตามมาตรฐานเฟรมที่กำหนด โดยถ้าหากเฟรมข้อมูลมีรูปแบบที่ไม่ถูกต้องก็จะมีแจ้งเตือนข้อผิดพลาดทันที
- ตรวจสอบความถูกต้องของพาริตี
- แปลงสายข้อมูลแบบบิตให้เป็นตัวอักษร
- ส่งตัวอักษรให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์
- แสดงสถานะความพร้อมที่รับข้อมูลตัวอักษรถัดไปให้กับอินเตอร์เฟส

4.6 คอนโทรล MSComm (Communication)

คอนโทรล MSComm เป็นคอนโทรลตัวหนึ่งซึ่งช่วยในการติดต่อกับพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ซึ่งผู้อ่านสามารถรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมได้ด้วยคอนโทรลนี้ เช่น การติดต่อผ่านทางโมเด็ม หรือติดต่อโดยตรงกับบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งคอนโทรล MSComm ที่มากับ Visual Basic จะเป็นคอนโทรลที่ทำงานโดยมีการตอบสนองต่อเหตุการณ์แบบ Event-Driven นั่นก็คือ คอนโทรลจะทำหน้าที่ตรวจสอบการเกิดขึ้นหรือร้องขอให้เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ กับพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติ และจะมีการแจ้งเตือนให้ผู้อ่านได้รับทราบโดยผ่านโพซีเยอร์เหตุการณ์ เช่นเดียวกับคอนโทรลทั่วไปของ Visual Basic นั่นเอง ดังนั้นในการเขียนโค้ดเราจึงไม่จำเป็นต้องสร้างโพซีเยอร์ที่ทำหน้าที่คอยตรวจสอบเหตุการณ์ต่าง ๆ ของพอร์ตอนุกรมซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการทำงานเป็นอย่างมาก คอนโทรล MSComm จะมีหน้าที่มาตรฐานหลัก ๆ สำหรับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม 3 ประการดังนี้

- หมายความว่าเลขติดต่อกับโทรศัพท์ปลายทางที่กำหนด
- ตรวจสอบการเข้ามาของข้อมูลพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติ
- ส่งข้อมูลตามที่กำหนดจากโปรแกรมไปยังพอร์ตอนุกรม

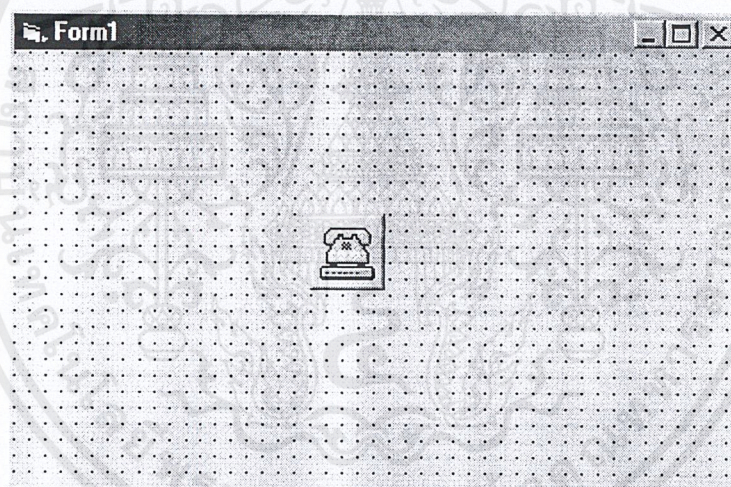
ในความจริงคอนโทรล MSComm ไม่ได้ทำหน้าที่ติดต่อกับพอร์ตอนุกรมโดยตรง แต่มันจะทำหน้าที่เรียกใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API ซึ่งวินโดวส์จะทำการส่งหรือรับข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมโดยอาศัย ไดรเวอร์ Comm.drv อีกทอดหนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถสรุปสั้น ๆ ได้ว่าทุกครั้งที่เรามีการเรียกใช้คอนโทรล MSComm ก็หมายถึงเรียกใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API ซึ่งจะถูกตีความ อีกทอดหนึ่ง โดยไดรเวอร์ Comm.drv จากนั้นก็จะส่งผ่านข้อมูลที่ถูกจัดรูปแบบมาตรฐานการสื่อสาร (ทั้งนี้ขึ้น

เอกสารอยู่กับอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรม) ให้กับดีไวซ์ไดรเวอร์อีกทอดหนึ่งนั่นเอง ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดคุณสมบัติของคอนโทรล MSComm ในขณะที่ออกแบบเราสามารถกระทำได้อย่างสะดวกโดยการคลิกที่ปุ่มรายการ (Custom) ในหน้าต่างคุณสมบัติ ซึ่งจะปรากฏไอคอนบล็อก Property Pages เพื่อให้เราได้รับแต่งค่าของคุณสมบัติของคอนโทรล MSComm สนับสนุนซึ่งปุ่มต่าง ๆ ของไอคอนบล็อก Property Pages มีความหมายดังนี้

- ปุ่มคำสั่ง OK ยอมรับการแก้ไขคุณสมบัติคอนโทรล MSComm
- ปุ่มคำสั่ง Cancel ยกเลิกการแก้ไขคุณสมบัติคอนโทรล MSComm
- ปุ่มคำสั่ง Apply อัปเดตคุณสมบัติที่ถูกแก้ไขของคอนโทรล MSComm
- ปุ่มคำสั่ง Help แสดงผล Help ของคอนโทรล MSComm

สำหรับฟอร์มหนึ่ง ๆ เราสามารถเพิ่มได้หลาย ๆ คอนโทรล MSComm ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของเราในการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมพอร์ตใดบ้าง สำหรับวินโดวส์ 95 และ NT4.0 เราสามารถติดตั้งพอร์ตอนุกรมได้มากกว่า 4 พอร์ต โดยเราสามารถเพิ่มคอนโทรล MSComm ลงในฟอร์มก็จะปรากฏดังรูป



รูปที่ 4.7 แสดงคอนโทรล MSComm

4.7 การติดต่อกับฐานข้อมูลด้วย Visual Basic

ในการติดต่อกับฐานข้อมูลแล้วโดยปกติแล้ว VB จะเชื่อมโยงผ่านทาง Database Engine ที่เรียกว่า JET Engine หรือจะกล่าวได้ว่า JET Engine เป็นไดรเวอร์ชนิดหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงให้ VB สามารถติดต่อกับฐานข้อมูลได้ โดยที่ฐานข้อมูลหลักที่ VB รู้จักเป็นอย่างดีคือ Microsoft Access แต่ Visual Basic สามารถติดต่อกับฐานข้อมูลได้ทุกชนิดโดยอาศัยเทคโนโลยีหลาย ๆ อย่าง

การติดต่อกับฐานข้อมูลใน Visual Basic จะแยกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

4.7.1 ติดต่อโดยอาศัยคอนโทรลด้านฐานข้อมูล

มีศัพท์เรียกกลุ่มคอนโทรลเฉพาะนี้ว่า Bound Controls ส่วนใหญ่คือคอนโทรลมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปนั่นเอง เช่น คอนโทรล TextBox, PictureBox, Image, ListBox, ComboBox เป็นต้น โดยใช้คอนโทรล Data (Data Control) เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างฐานข้อมูลกับกลุ่ม Bound Controls

ยังมีคอนโทรลอีกกลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า ActiveX Bound Controls หมายถึงกลุ่มคอนโทรลที่มีคุณสมบัติที่ขึ้นต้นด้วยคำว่า Data... แต่มีข้อแตกต่างจากคอนโทรลกลุ่ม Bound Controls คือกลุ่ม ActiveX Bound Controls อาจมาจากผู้ผลิตรายอื่น ๆ ซึ่งเป็นคอนโทรลที่ไม่ได้อยู่ในแถบเครื่องมือมาตรฐานของ Visual Basic โดยที่ต้องเพิ่มคอนโทรลกลุ่มนี้เข้ามาในแถบเครื่องมือเอง

4.7.2 ติดต่อโดยใช้ออบเจกต์ Data Access Object (DAO)

เป็นวิธีที่ใช้แนวความคิดในการติดต่อหรือ เข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลผ่านทางองค์ประกอบต่าง ๆ ของฐานข้อมูล เช่น ฟิลด์ (Field), เร็คคอร์ด (Record) ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง (Relation) เป็นต้น โดยจะแทนแต่ละองค์ประกอบเหล่านั้นด้วยออบเจกต์ต่าง ๆ เหล่านี้โดยการเขียนโค้ด

แม้จะทำงานได้ดีกว่าเป็นอิสระกว่า แต่มีความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมด้วยเช่นกัน อีกทั้งยังเป็นเทคโนโลยีที่เน้นเฉพาะระบบฐานข้อมูลที่เป็นตาราง แต่ว่าการเก็บข้อมูลในปัจจุบันถูกจัดเก็บในสภาพแวดล้อมแตกต่างกันมากมาย เช่น รูปภาพ ข้อความ และรูปแบบอื่น ๆ อีกมากมาย ทำให้ต้องสร้างออบเจกต์ใหม่ ๆ ขึ้นมาเรื่อย ๆ แต่นั่นไม่ใช่สิ่งที่ทำง่าย ๆ กลายเป็นข้อจำกัดที่สำคัญของ DAO ซึ่งตัวอย่างของออบเจกต์กลุ่มนี้ เช่น ออบเจกต์ RecordSet, ออบเจกต์ TableDef เป็นต้น

4.7.3 ติดต่อผ่าน ODBC โดยตรง (ODBC Direct)

เป็นการติดต่อฐานข้อมูลแบบ 32 บิต ที่สนับสนุนมาตรฐาน ODBC (Open Database Connectivity) ที่ JET Engine ไม่สามารถจัดการข้อมูลได้เช่น ฐานข้อมูลของ Oracle, ฐานข้อมูลของ Microsoft SQL Server เป็นต้น ซึ่งเป็นการติดต่อเฉพาะฐานข้อมูลที่มีการเก็บข้อมูลในรูปแบบตารางเท่านั้น

ไมโครซอฟท์เองได้สร้างออบเจกต์ขึ้นมาอีกชุดหนึ่งเรียกว่า Remote Data Object หรือเรียกสั้น ๆ ว่า RDO เพื่อใช้สำหรับติดต่อกับฐานข้อมูลแบบเครือข่าย ซึ่งเป็นไปตามสถาปัตยกรรม n-Tier เช่น Client/Server โดยอาศัยมาตรฐาน ODBC ในการเชื่อมโยงที่เกี่ยวกับ Visual Basic คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ และสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูง และขอแจ้งให้ทราบว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.4 เข้าถึงข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยี OLEDB

เป็นรูปแบบการติดต่อกับฐานข้อมูลผ่านกลุ่มออบเจกต์ในโมเดล ADO ซึ่งใช้ OLEDB Provider เป็นกลไกในการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลแทน JET Engine โดยเปลี่ยนจากมุมมองการติดต่อกับฐานข้อมูลแบบเดิม ๆ ที่ต้องกำหนดชนิดของฐานข้อมูล มาเป็นมองที่รูปแบบการเชื่อมต่อเข้ากับฐานข้อมูล

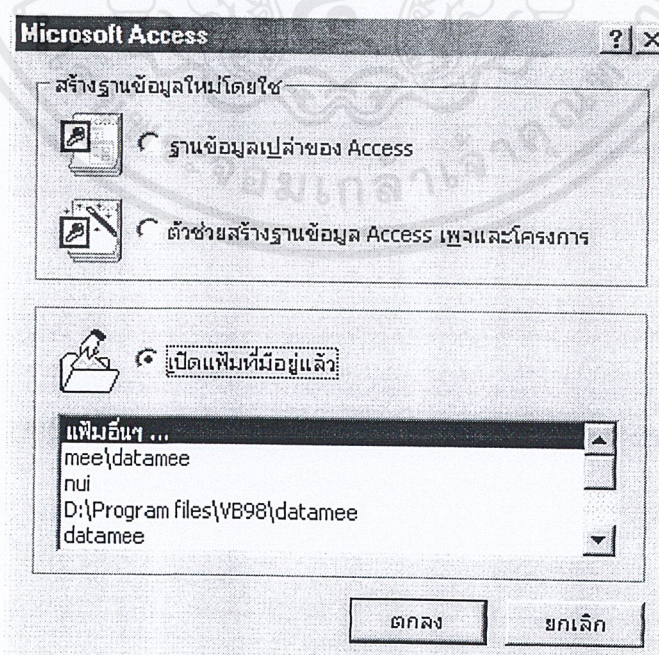
OLEDB เป็นเทคโนโลยีล่าสุดที่ไมโครซอฟท์วางตำแหน่งให้เป็นยุคต่อไป ในการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลที่มีรูปแบบการเก็บข้อมูลสารพัดรูปแบบ ซึ่งไม่ได้จำกัดตัวเองเฉพาะตาราง โดย OLEDB เป็นส่วนหนึ่งของสถาปัตยกรรม Universal Data Access (UDA) ของไมโครซอฟท์

ใน Visual Basic สามารถใช้ OLEDB ได้ 2 แบบคือ

- คอนโทรล ADO Data ร่วมกับกลุ่มของ ActiveX Bound Control ซึ่งสังเกตจากชื่อของคอนโทรลที่มีคำว่า OLEDB ต่อท้าย เช่น คอนโทรล DataGrid, DataList, FlexGrid เป็นต้น
- ชุดออบเจกต์ ActiveX Data (ActiveX Data Object-ADO) โดยการเขียนโปรแกรมควบคุม

4.8 การสร้างฐานข้อมูลใน Microsoft Access

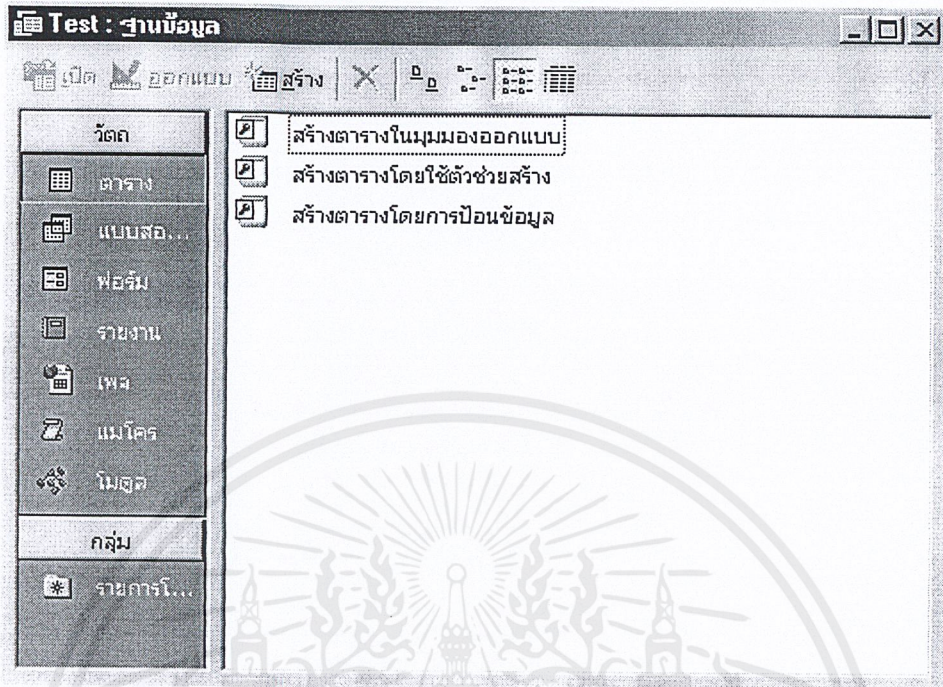
หลังจากที่เปิดโปรแกรม Microsoft Access หากต้องการสร้างฐานข้อมูลใหม่ให้เลือก สร้างฐานข้อมูลใหม่



รูปที่ 4.8 การเริ่มต้นสร้างฐานข้อมูลของ Microsoft Access

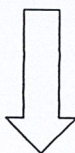
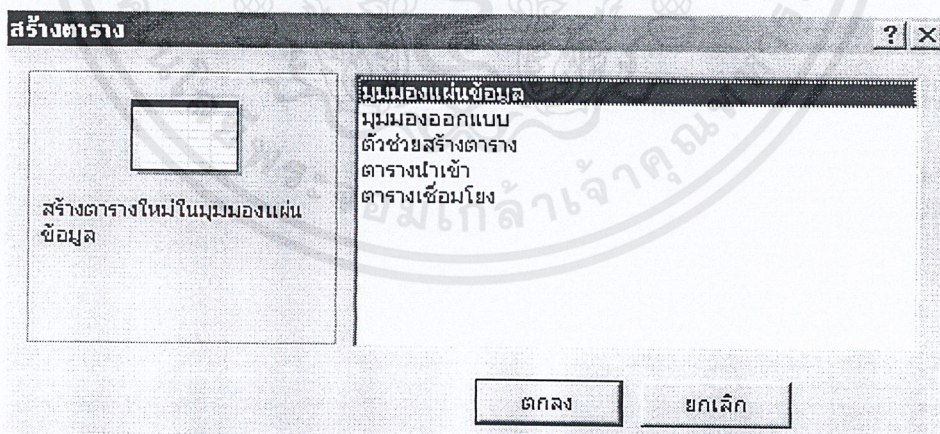
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกสร้างฐานข้อมูลใหม่แล้วจะขึ้นหน้าต่างดังรูป

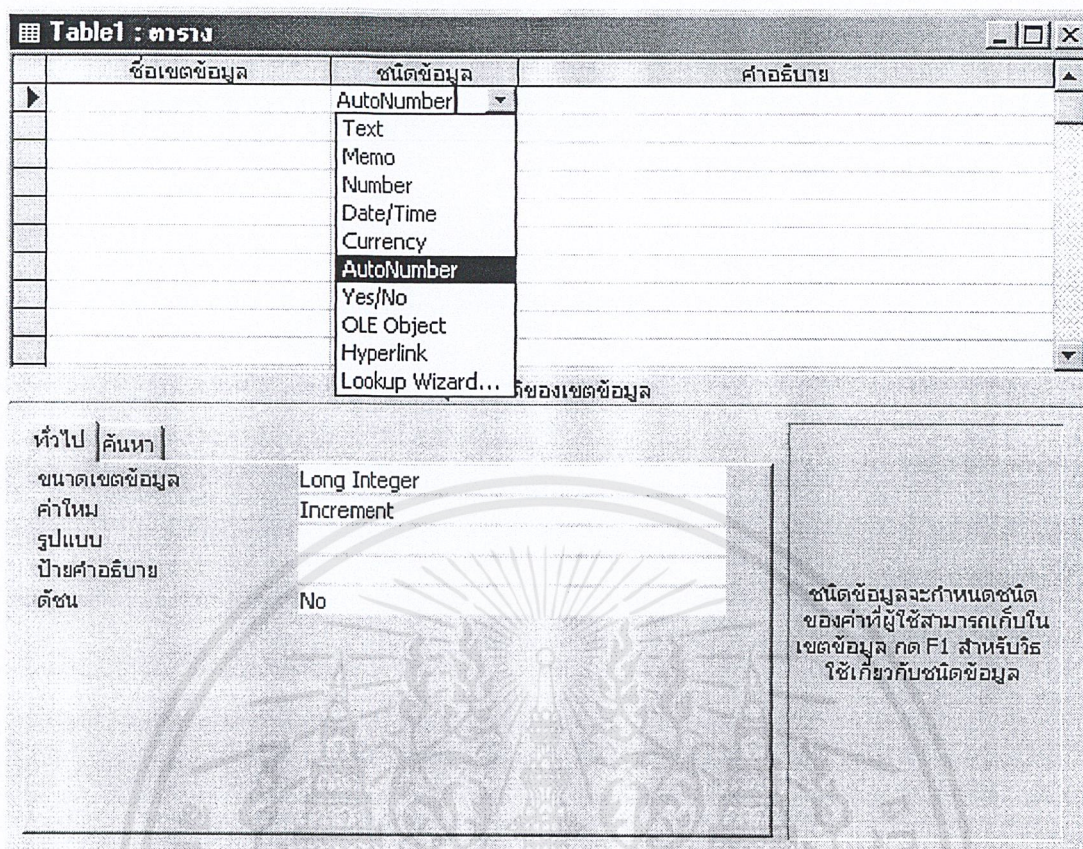


รูปที่ 4.9 หน้าหลักของการสร้างฐานข้อมูลด้วย Microsoft Access

ในกรณีที่ต้องกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ในตารางเองเช่น ชื่อ ฟیلด์ ชนิดของข้อมูลในแต่ละฟیلด์ รวมถึงข้อกำหนดต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การสร้างตารางใหม่ของ Microsoft Access

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วงจรและการทำงานของระบบ

5.1 ภาพรวมของระบบ

Hardware ของระบบสามารถที่จะแยกส่วนได้ดังนี้

- ส่วนการสร้างสัญญาณโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวจ่ายสัญญาณ
- ชุดจ่ายกระแสทดสอบ ซึ่งจะรองรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นลำดับขั้นตามเวลาที่กำหนด
- ชุดตรวจสอบความผิดพลาด ซึ่งใช้ลอจิกเกตเป็นตัวทำการตรวจสอบ
- แผงควบคุมจะประกอบไปด้วยสวิทช์ต่าง ๆ เพื่อสั่งงานการทำงาน
- ส่วนแสดงผลจะประกอบด้วย LED ซึ่งแสดงลำดับของสาย และLCDซึ่งแสดงผลการทดสอบเป็นข้อความ

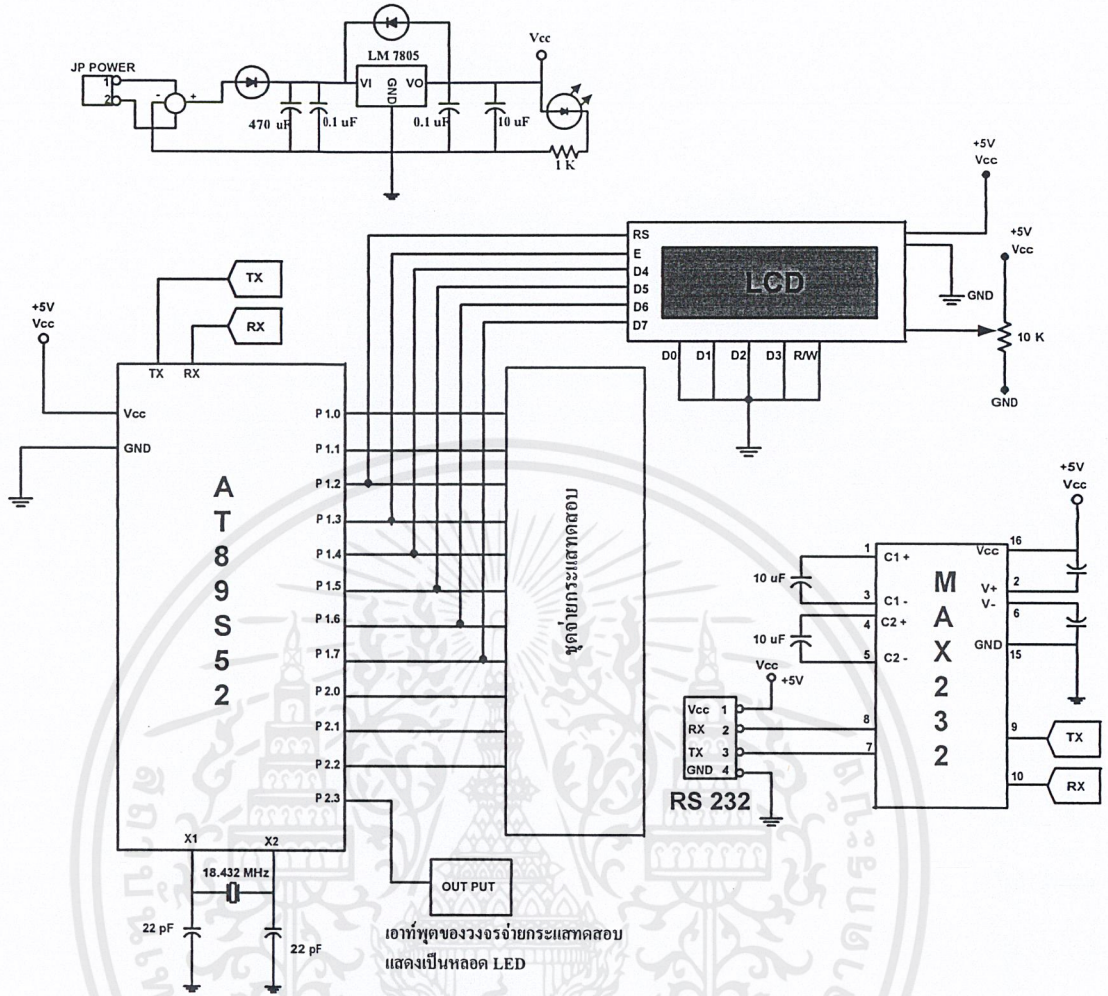
5.2 รูปแบบการทำงานของระบบ

เครื่องตรวจสอบความผิดพลาดของสายได้แยกส่วนควบคุมระบบการทำงานออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

- ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- ระบบคอมพิวเตอร์

5.2.1 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

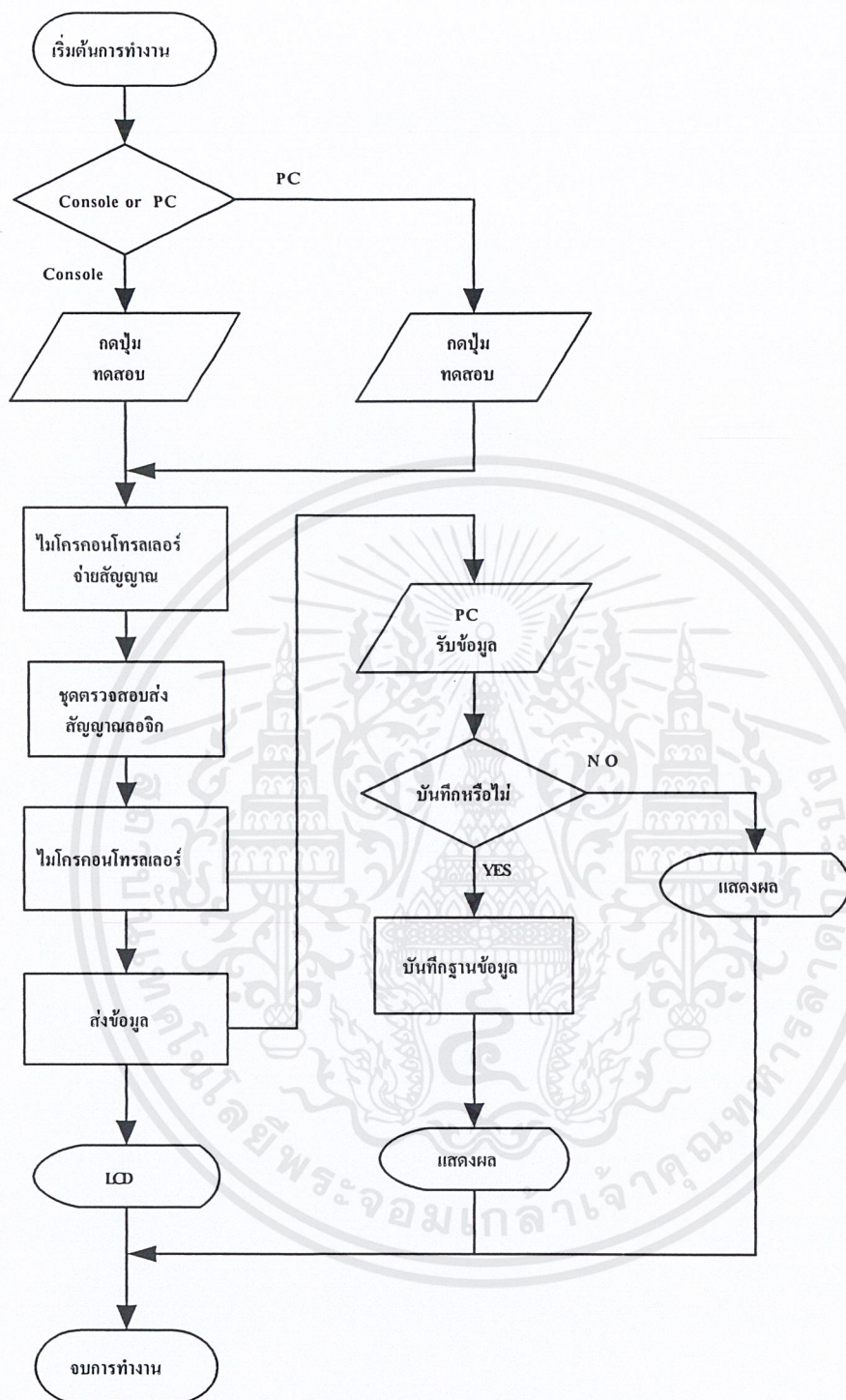
ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีวงจรดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ของระบบ

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นไปตาม Flow Chart รูปที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



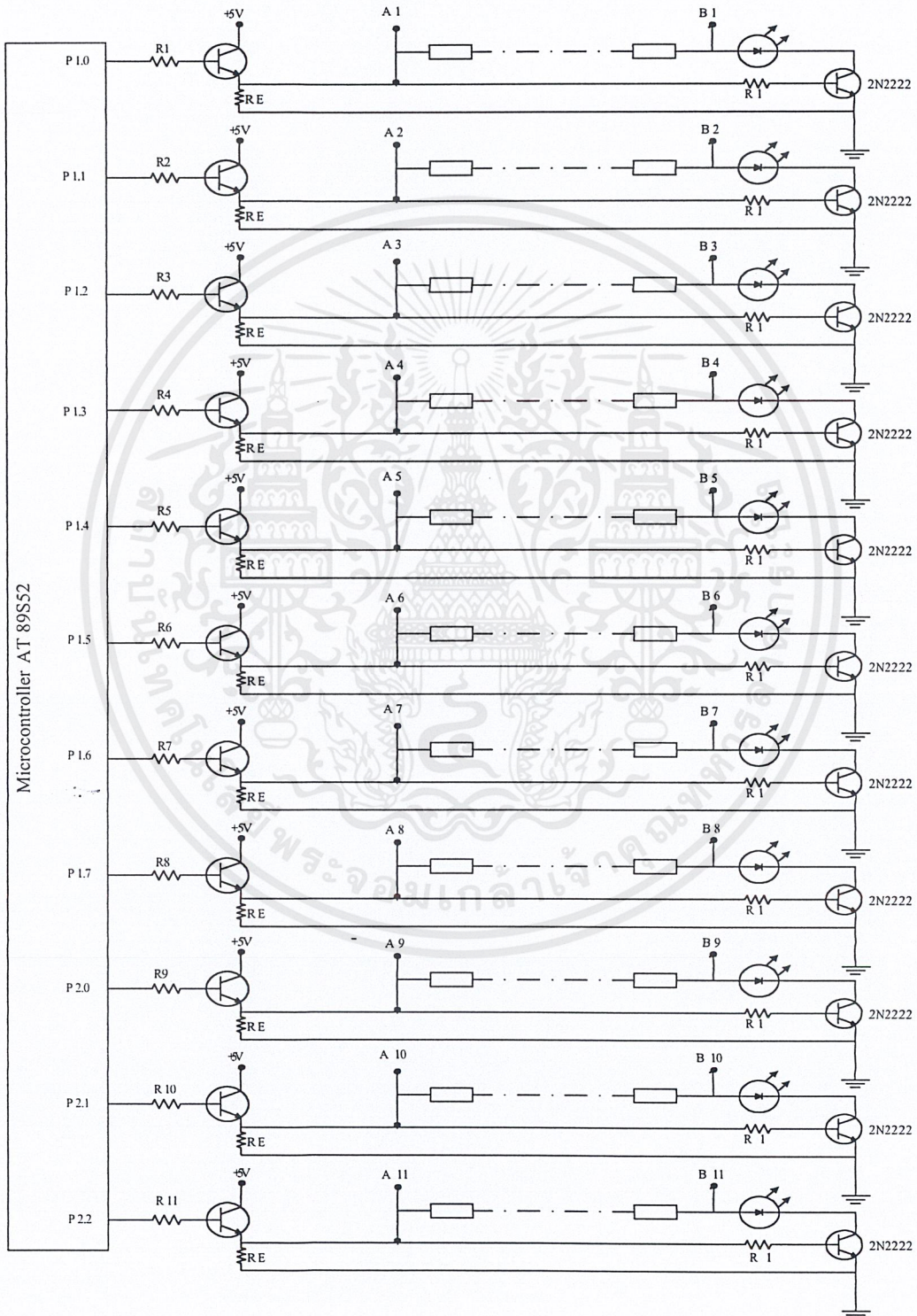
รูปที่ 5.2 Flow Chart แสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 วงจรอื่นๆ ที่ประกอบร่วมกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แก่

- ชุดจ่ายกระแสทดสอบ
- ชุดตรวจสอบความผิดพลาด

ชุดจ่ายกระแสทดสอบจะมีวงจรดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 วงจรชุดกระแสทดสอบของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรนั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นหัวใจสำคัญในการประมวลผล และทำหน้าที่จ่ายกระแสแรงดัน ในการตรวจสอบ โดยจะทำการจ่ายเป็น ลำดับชั้น โดยจะใช้ ประมาณ ลำดับชั้นละ ประมาณ 2 วินาที โดยจะทำการปรับความเร็วของการตรวจสอบได้โดยทำ การแก้ไขโปรแกรมให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น โดยเมื่อใช้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์จ่ายกระแส และ แรงดันออกมา ก็จะทำให้มีแรงดันทรานซิสเตอร์ให้ทำงาน ในขณะที่เดียวกันก็จะมี กระแสไหลผ่านสายที่ทำการตรวจสอบ ถ้าหากสายมีการต่อถูกต้องก็จะครบวงจร ผ่าน R_c และ LED เข้าหา Collector ของทรานซิสเตอร์ครบวงจรทำให้ LED สว่าง ถ้าหากสายที่ทำการตรวจ สอบมีการสลับสาย หรือว่าไม่ครบวงจรก็จะทำให้ LED ไม่สว่าง และชุดตรวจจับการผิดพลาดก็จะ ตรวจจับได้ โดยการทำงานของทุกชุดมีการทำงานเหมือนกัน

ชุดตรวจสอบความผิดพลาด

ชุดตรวจสอบความผิดพลาดนั้น จะใช้ลอจิกเกตเป็นตัวทำการตรวจสอบ โดยใช้ ไอซี CMOS เบอร์ 4030 (Exclusive OR gate) เบอร์ 4071 (OR GATE) และเบอร์ 40106 (Hexschitt Trigger) สาเหตุที่ต้องใช้ชนิดทรานซิสเตอร์เข้ามา เพราะว่าในสถานะที่เรายังไม่ได้ป้อนแหล่งจ่ายให้ กับตัวทดสอบนั้น แรงดันระหว่างขา Collector และ Emitter ของทรานซิสเตอร์ จะมีแรงดันอยู่ค่า หนึ่ง ซึ่งถ้าไม่ใช่ชนิดทรานซิสเตอร์ จะไม่สามารถแยกแยะให้เป็นลอจิก “ 0 ” ได้ การทำงานของวงจร เริ่มจากชุดที่ 1 จุด A1 ซึ่งเป็นจุดที่ทำการตรวจสอบจับต้นทางนั้น เมื่อจ่ายกระแสเข้ามาจะมีสถานะ เป็นลอจิก “ 1 ” ผ่านชนิดทรานซิสเตอร์กลายเป็นลอจิก “ 0 ” ขณะเดียวกัน ถ้าหากสายอยู่ในสถานะ ปกติ ไม่มีการสลับสายหรือขาด จุด B1 ก็จะมีลอจิก “ 1 ” ผ่านชนิดทรานซิสเตอร์ได้ลอจิก “ 0 ” โดย คุณสมบัติของ Exclusive OR Gate ดังตาราง

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของ Exclusive OR Gate

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ดังนั้น output 1 ได้ลอจิก “ 0 ” แต่ถ้าหากสายขาดจุด B1 จะมีลอจิก “ 0 ” ผ่านตัวชนิด ทรานซิสเตอร์ได้ลอจิก “ 1 ” ดังนั้นจะได้ output ลอจิก “ 1 ” ขณะเดียวกันชุดที่ 2 ในสถานะที่ชุดที่ 1 ทำงานชุดที่ 2 จะยังไม่ทำงาน จึงมีลอจิก “ 0 ” ทั้งหัวท้ายผ่านชนิดทรานซิสเตอร์ได้ ลอจิก “ 1 ” ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

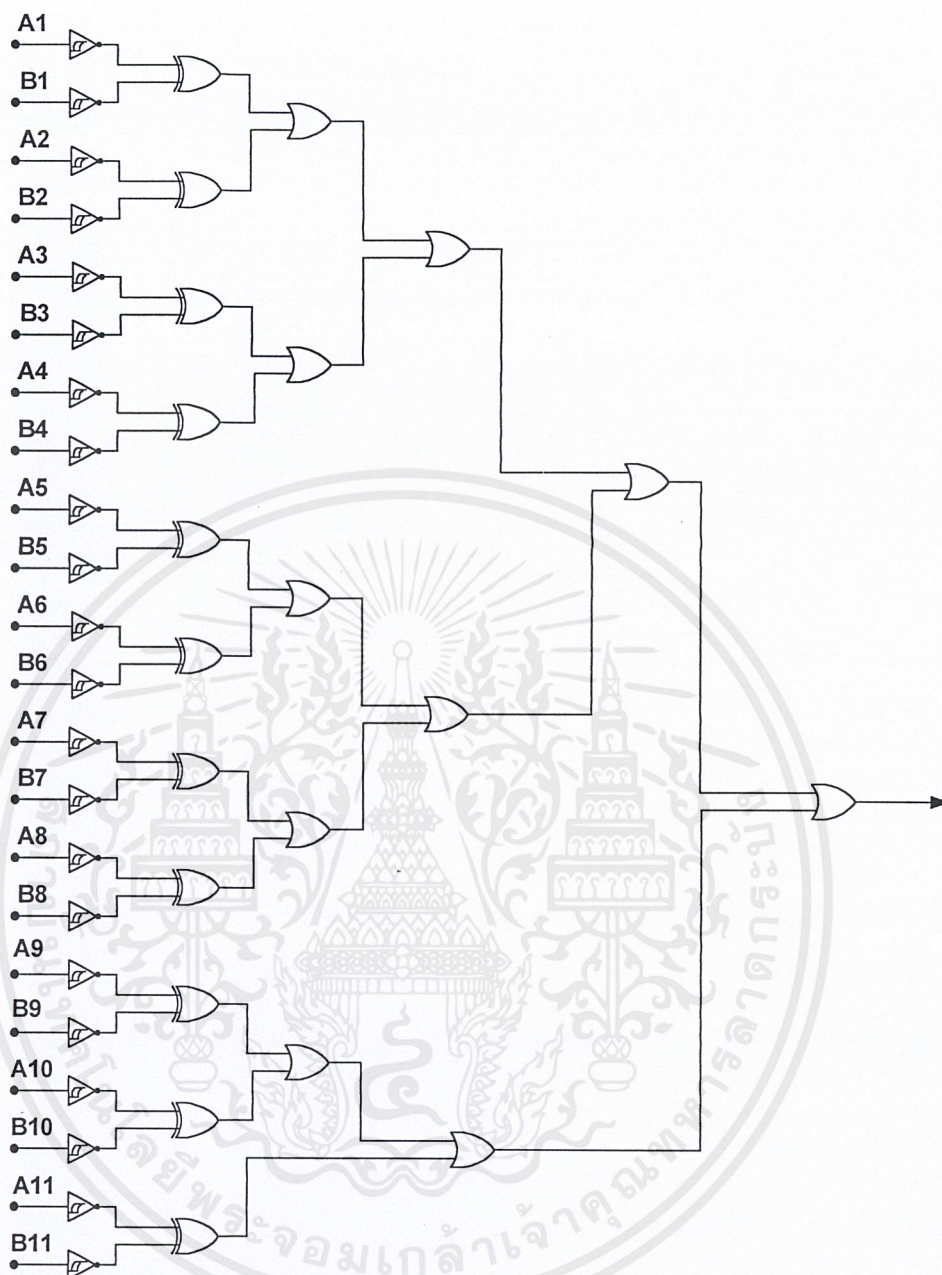
Exclusive OR Gate ได้ output 2 เป็นลอจิก “0” ถ้าหากสายเกิดการสลับจากชุดที่ 1 จุดท้ายคือจุด D ได้ลอจิก “1” เพราะฉะนั้น output 2 ก็จะเป็นลอจิก 1 ด้วย เมื่อนำ output 1 และ output 2 ผ่าน OR Gate ซึ่งมีคุณสมบัติดังตาราง

ตารางที่ 5.2 คุณสมบัติของ OR Gate

Output 1	Output 2	Output 3
0	0	0
0	1	1
1	1	1
1	1	1

จะได้ output ลอจิก “1” โดยจะส่งสัญญาณ interrupt ไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงผลความผิดพลาด และไมโครคอนโทรลเลอร์ หยุดทำงาน ค้างสภาวะไว้จนกว่าเราจะกดสวิทช์รีเซ็ต โดย ชุดอื่น ๆ จะมีการทำงานคล้ายกัน

ชุดตรวจสอบความผิดพลาดมีวงจรตามรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 วงจรชุดตรวจสอบความผิดพลาด

5.2.3 ระบบคอมพิวเตอร์

เครื่องตรวจสอบสภาพสายสัญญาณเครื่องเสียงรถยนต์นี้ จะมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมการทำงาน ซึ่งจะใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 เพื่อออกแบบโปรแกรมหน้าที่ต่าง ๆ ของโปรแกรมพอจะแยกส่วนได้ดังนี้

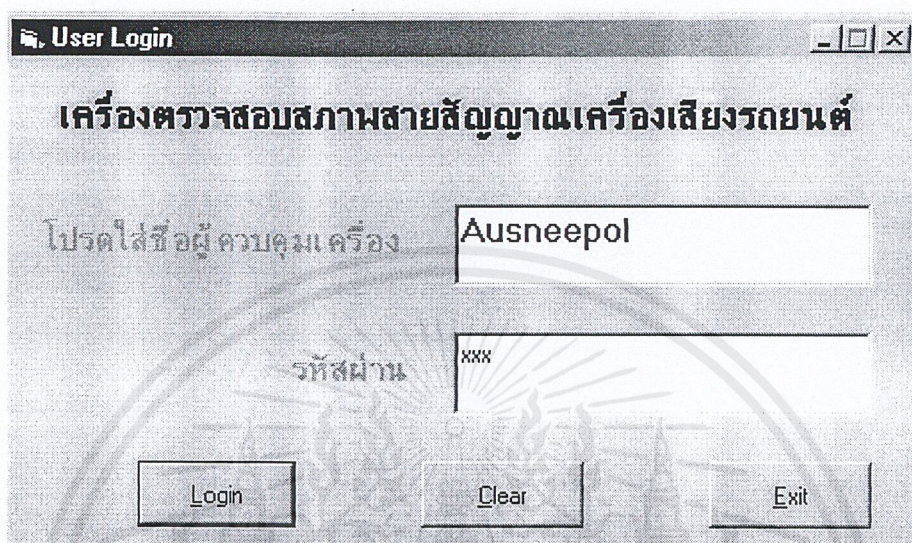
- สั่งการทำงานจากหน้าจอคอมพิวเตอร์
- รับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อแสดงผล

- นำผลการทดสอบที่ได้ทั้งหมดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลเพื่อใช้ควบคุมคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้รู้เห็นสมควรขอสงวนสิทธิ์ในข้อความ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน โปรแกรมจะมีการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้

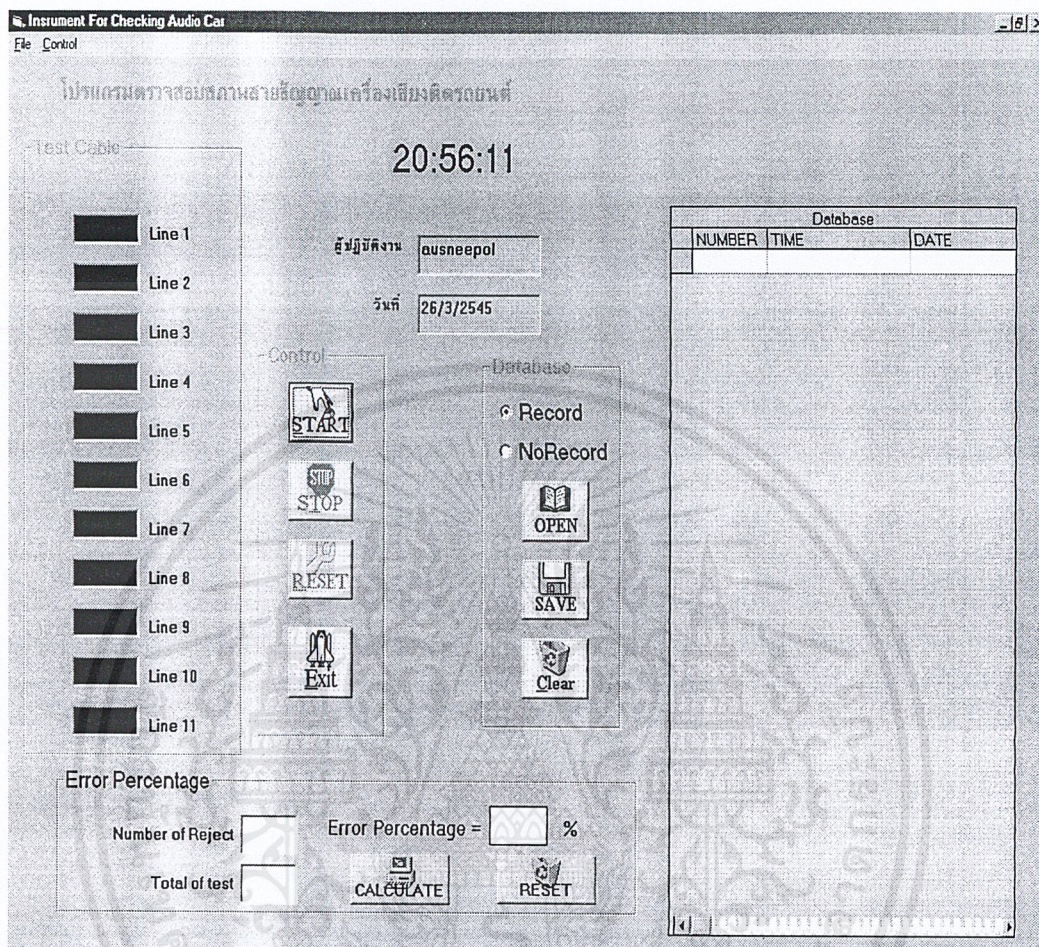
- เมื่อเปิดโปรแกรมจะขึ้นหน้าต่างแรกเพื่อใส่ชื่อผู้ควบคุมระบบและรหัสผ่าน เพื่อจำกัดผู้ที่สามารถควบคุมระบบและบันทึกเป็นฐานข้อมูล



รูปที่ 5.5 ป้อนค่า Login และ Password ให้กับระบบ

- เมื่อ Login เข้ามาแล้วโปรแกรมจะเข้ามาที่หน้าหลัก เมื่อกดปุ่ม START โปรแกรมจะสั่งให้ เครื่องทำงานและรอรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 5.6

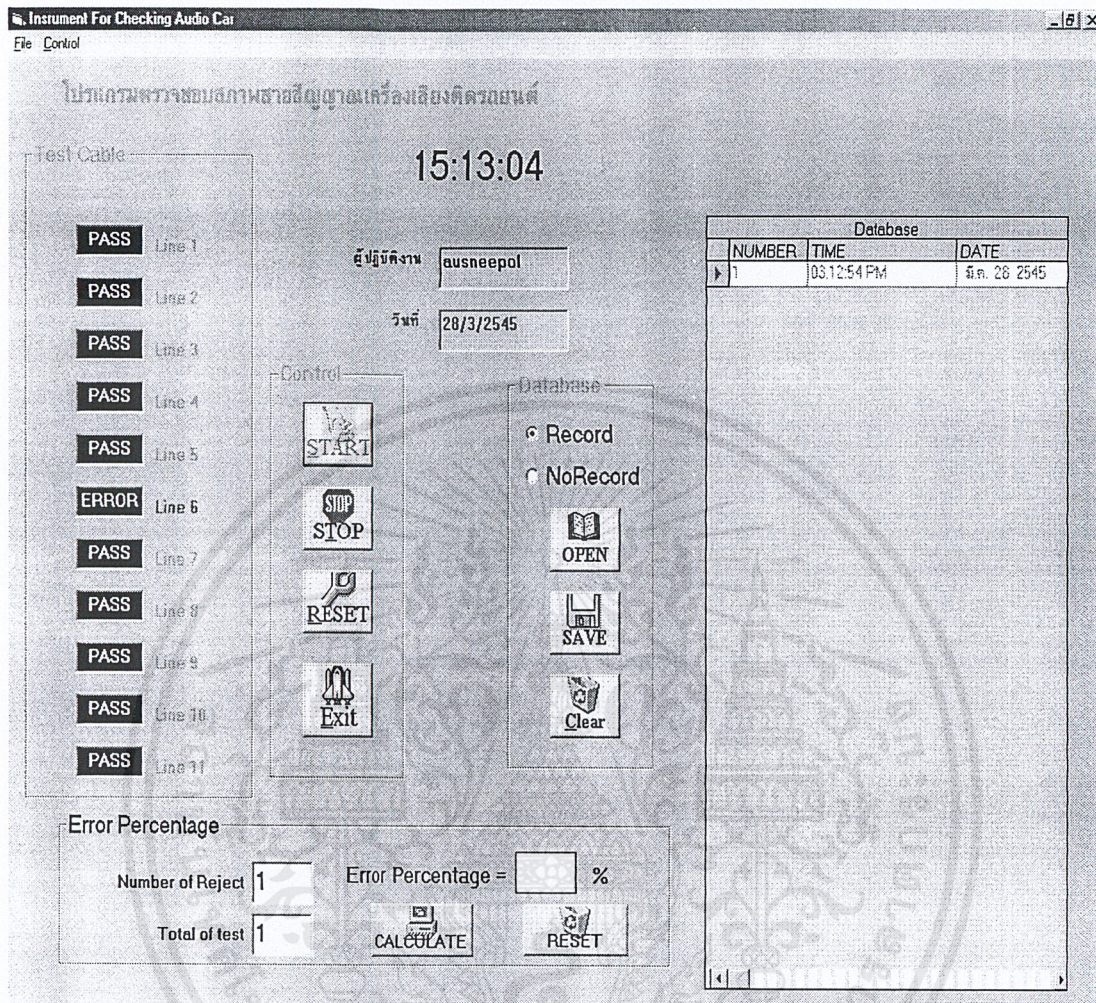
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 หน้าต่างหลักของโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อกดปุ่ม Start เริ่มต้นการทำงานหน้าต่างหลักของ โปรแกรมควบคุมจะเป็นดังรูป



รูปที่ 5.7 แสดงหน้าต่างหลักเมื่อเริ่มการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อมีการเก็บผลการทดสอบหลังจากกดปุ่ม Save โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 5.8 ซึ่งจะบอกรายละเอียดของผลการทดสอบทั้งหมด

NUMTIME	DATE	LINE1	LINE2	LINE3	LINE4	LINE5	LINE6	LINE7	LINE8	LINE9	LINE10	LINE11	STATUS
04:57:41 PM	มี.ค. 24 2545	PASS	PASS	PASS	ERROR	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Reject
2 04:58:06 PM	มี.ค. 24 2545	PASS	PASS	PASS	ERROR	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Reject
3 04:58:32 PM	มี.ค. 24 2545	PASS	PASS	PASS	ERROR	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Reject

รูปที่ 5.8 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบแบบฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

จากตารางที่ 6.1 ทำการทดสอบสายสัญญาณจำนวน 25 ครั้ง โดยให้มีการบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 6.1 ผลการทดสอบ

NUMBER	TIME	DATE	LINE1	LINE2	LINE3	LINE4	LINE5	LINE6	LINE7	LINE8	LINE9	LINE10	LINE11	STATUS
1	07:02:33 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
2	07:03:03 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
3	07:03:25 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	ERROR	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Reject
4	07:03:42 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	ERROR	PASS	PASS	ERROR	PASS	PASS	PASS	PASS	Reject
5	07:04:09 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
6	07:04:54 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
7	07:05:10 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
8	07:05:32 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	ERROR	PASS	PASS	PASS	PASS	ERROR	PASS	ERROR	PASS	Reject
9	07:05:55 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
10	07:06:10 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
11	07:08:29 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
12	07:08:48 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
13	07:09:08 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
14	07:09:40 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	ERROR	PASS	Reject
15	07:10:11 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
16	07:10:41 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
17	07:11:04 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
18	07:11:22 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
19	07:12:28 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
20	07:13:02 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
21	07:13:18 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
22	07:13:40 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
23	07:13:57 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
24	07:14:12 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good
25	07:14:28 PM	มี.ค. 27 2545	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	Good

ข้อมูลที่ได้เป็นการทดสอบสายสัญญาณ โดยจะพบว่าถ้าหากสายมีความผิดพลาดก็จะมีการแสดงผลพร้อมทั้งมีการบันทึกวันและเวลาที่ทำการทดสอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปและวิจารณ์

7.1 สรุป

ในการตรวจสอบสายส่งสัญญาณในระบบเครื่องเสียงดิจิตอลชนิดนั้น จะสามารถทำการตรวจสอบสายในกรณีที่สายขาดหรือไม่ครบวงจรเท่านั้น โดยจะใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวจ่ายแรงดันทดสอบ และใช้ไอซีลอจิกเกตเป็นตัวตรวจสอบความผิดพลาดของสายสัญญาณ โดยในการควบคุมนั้นจะสามารถควบคุมจากตัวทดสอบโดยตรงหรือจากคอมพิวเตอร์ได้ โดยโปรแกรม Visual Basic เป็นส่วนแสดงผลของคอมพิวเตอร์โดยเมื่อมีการกดคำสั่งทดสอบไปยังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรมในส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณแรงดันไปยังชุดตรวจสอบเป็นลำดับขั้น ตามเวลาที่กำหนดในแต่ละชุด ถ้าหากมีความผิดพลาด ชุดตรวจสอบความผิดพลาดก็จะตรวจจับส่งสัญญาณแสดงผลทางชุดแสดงผลของตัวทดสอบ และที่คอมพิวเตอร์ซึ่งหากมีการบันทึกข้อมูลก็จะเก็บข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ในลักษณะฐานข้อมูล ซึ่งสามารถที่จะนำฐานข้อมูลนี้ไปใช้ในการตัดสินใจด้านการผลิตและควบคุมคุณภาพ ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการควบคุมการผลิตสินค้า โดยโครงการนี้ใช้งบประมาณในการทำโครงการประมาณ 1700 บาท ซึ่งถือว่ามีความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์

7.2 วิจารณ์

จากการทดลองจะพบว่าการทำงานของโครงการก่อนข้างจะแคบ คือจะใช้งานได้เฉพาะตรวจสอบความผิดพลาดของสายส่งสัญญาณของระบบเครื่องเสียงรถยนต์เท่านั้นและจำนวนของสายสัญญาณที่จำกัด ซึ่งวงจรมันมีส่วนประกอบที่เป็นไอซีลอจิกเกตเป็นตัวตรวจจับเป็นจำนวนมากตามจำนวนของสายสัญญาณที่ทดสอบ อาจทำให้เกิดความผิดพลาดจากความเสียหายขณะทำงานทำให้การทำงานของระบบไม่เสถียรภาพเท่าที่ควรและไม่สามารถที่จะตรวจสอบพบการผิดพลาดของสายสัญญาณ อันเนื่องมาจากสายสัญญาณเกิดการลัดวงจรกันภายในระหว่างสายสัญญาณเอง แต่ก็จะมีข้อดีคือสามารถใช้งานได้หลายรุ่นของการผลิตทำให้การใช้งาน สามารถที่จะเขียนโปรแกรมสนับสนุนเพื่อปรับปรุงการทำงานของระบบได้ตามต้องการ

แนวทางการพัฒนาในอนาคต สามารถปรับปรุงให้การใช้งานมีความหลากหลายขึ้น ไม่ว่าจะเป็นจำนวนของสายสัญญาณที่นำมาทดสอบ สามารถตรวจสอบสายสัญญาณแบบอื่น ๆ ได้หลายรูปแบบ โดยเฉพาะกลุ่มสายสัญญาณที่มีเป็นจำนวนมาก ๆ เพื่อให้เกิดความรวดเร็ว และความแม่นยำในการตรวจสอบ ส่วนของซอฟต์แวร์นั้นสามารถที่จะพัฒนาเพิ่มเติมในรูปแบบของฐานข้อมูลทางสถิติ ซึ่งเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์สินค้าที่ได้ทำการผลิตขึ้นมาได้ หรืออาจจะให้มีการสั่งงานและตรวจสอบผ่านระบบอินเทอร์เน็ตก็ได้

บรรณานุกรม

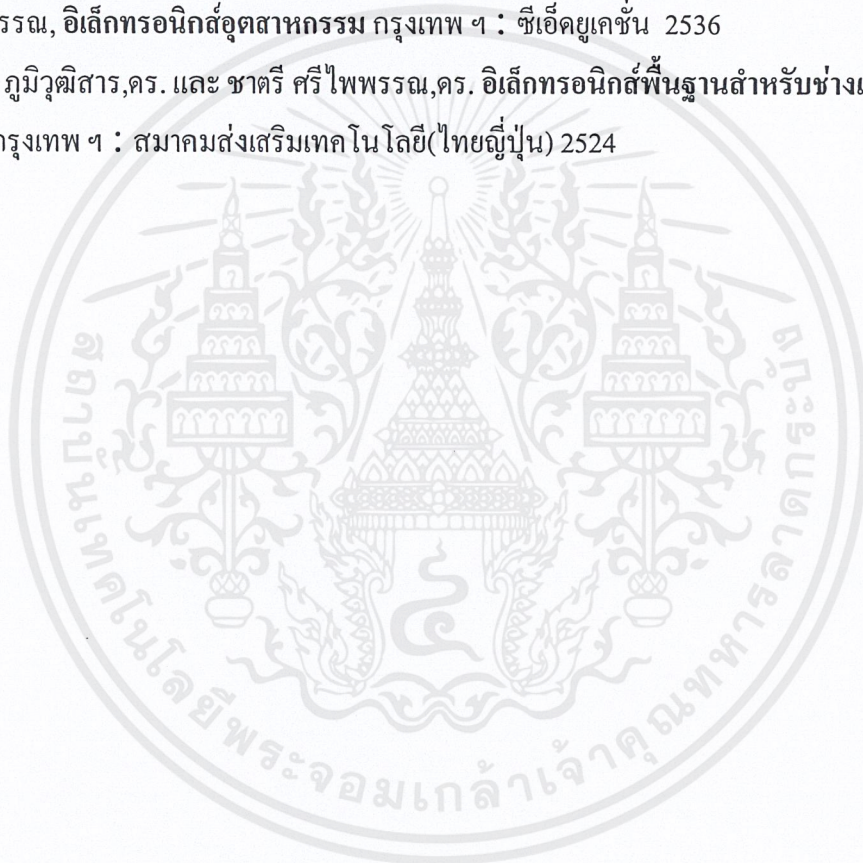
ฉันทวุฒิ พีชผล, คู่มือเรียน Visual Basic 6 กรุงเทพฯ ฯ : โปรวิชั่น , 2542

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และ วรพจน์แก้ววัฒนกุล ,เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ MCS-51 แบบแฟลช กรุงเทพฯ ฯ : อิน โนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ 2536

มงคล เดชนครินทร์,ดร. และ ชาตรี ศรีไพพรรณ,ดร. อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน กรุงเทพฯ ฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น 2535

ยีน ภู่วรรณ, อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม กรุงเทพฯ ฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น 2536

สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร,ดร. และ ชาตรี ศรีไพพรรณ,ดร. อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานสำหรับช่างเทคนิค กรุงเทพฯ ฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทยญี่ปุ่น) 2524



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8 Kbytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 256 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-Bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

Description

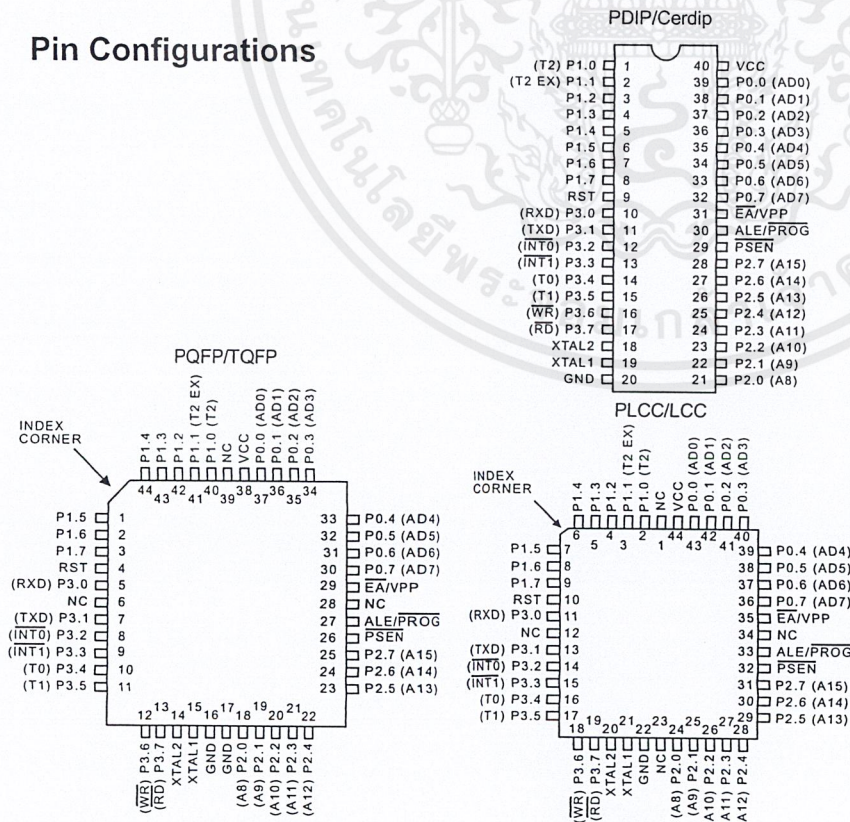
The AT89C52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8 Kbytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 and 80C52 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C52 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89C52 provides the following standard features: 8 Kbytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89C52 is

(continued)

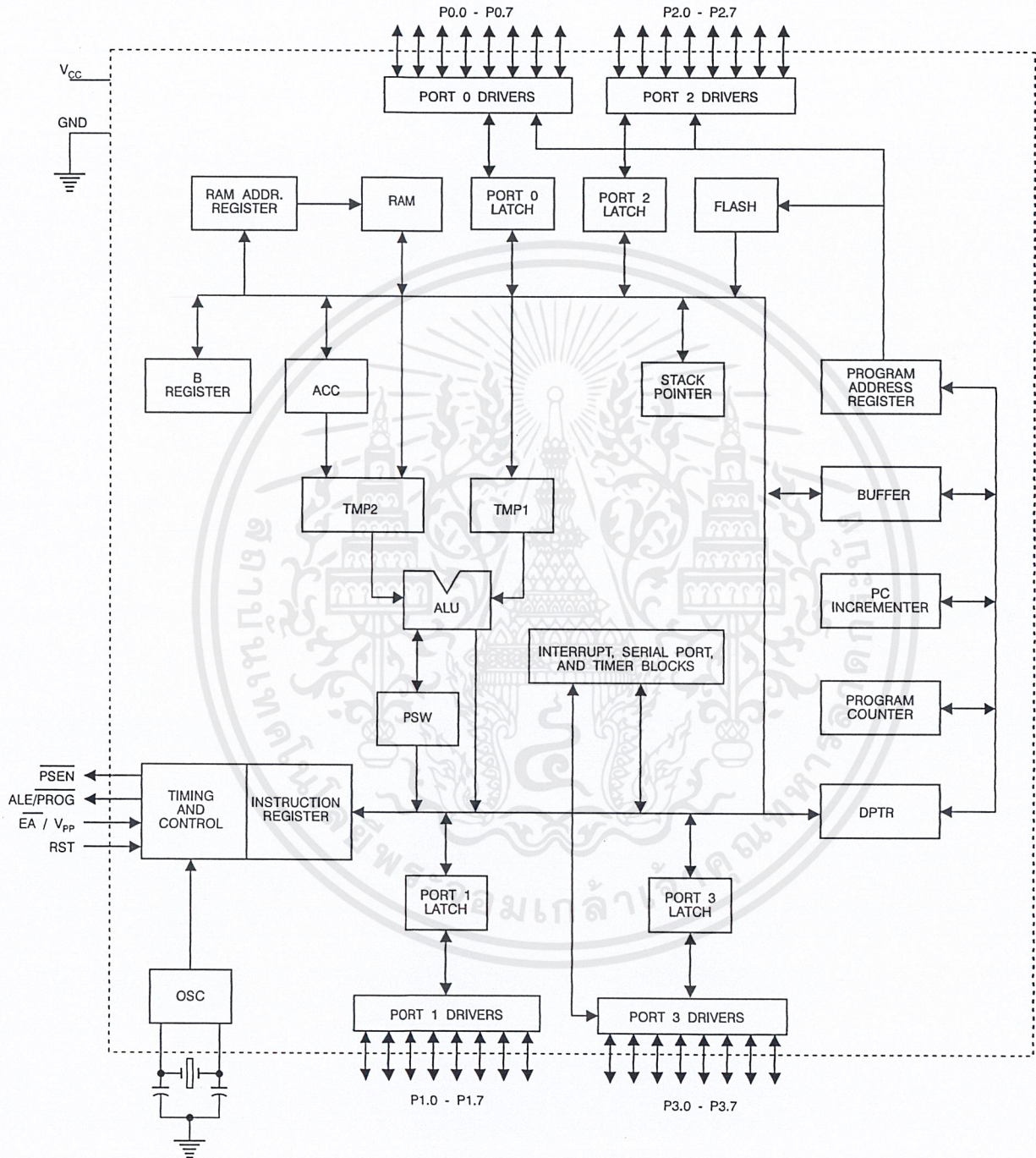
8-Bit Microcontroller with 8 Kbytes Flash

Pin Configurations





Block Diagram



Description (Continued)

designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and program verification.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data

memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51, as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and programming verification.

RST

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

ALE/PROG

Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

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

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C52 is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

(continued)





Figure 9. Programming the Flash Memory

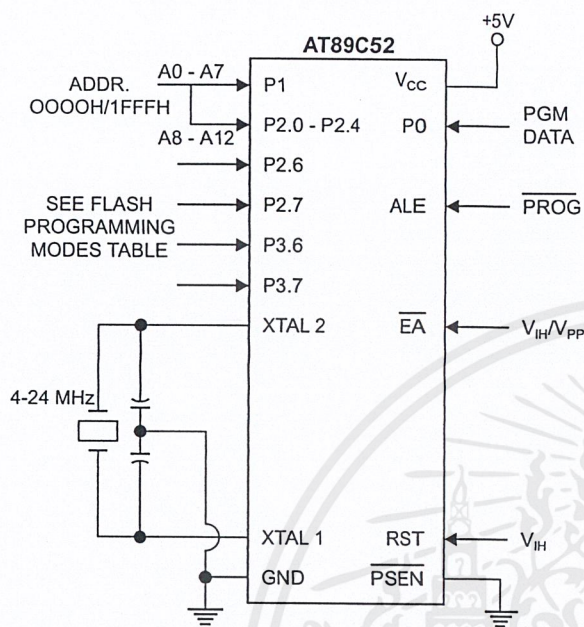
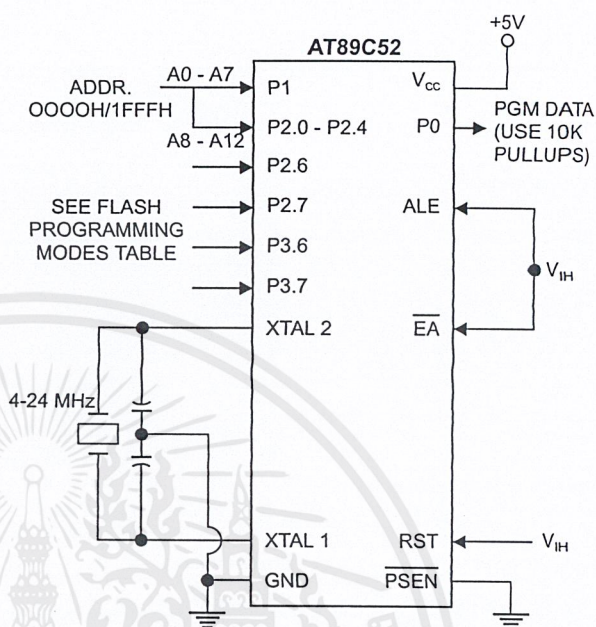


Figure 10. Verifying the Flash Memory



Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 21^\circ\text{C to } 27^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	4	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHS}	P2.7 ($\overline{\text{ENABLE}}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
$t_{GHSL}^{(1)}$	V_{PP} Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t_{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	μs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQV}	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

CD40106BC Hex Schmitt Trigger

General Description

The CD40106BC Hex Schmitt Trigger is a monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuit constructed with N and P-channel enhancement transistors. The positive and negative-going threshold voltages, V_{T+} and V_{T-} , show low variation with respect to temperature (typ 0.0005V/°C at $V_{DD} = 10V$), and hysteresis, $V_{T+} - V_{T-} \geq 0.2 V_{DD}$ is guaranteed.

All inputs are protected from damage due to static discharge by diode clamps to V_{DD} and V_{SS} .

Features

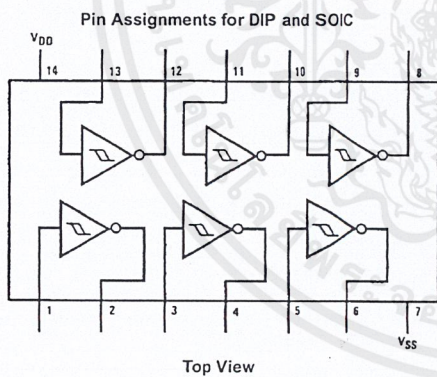
- Wide supply voltage range: 3V to 15V
- High noise immunity: $0.7 V_{DD}$ (typ.)
- Low power TTL compatibility:
Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- Hysteresis: $0.4 V_{DD}$ (typ.),
 $0.2 V_{DD}$ guaranteed
- Equivalent to MM74C14
- Equivalent to MC14584B

Ordering Code:

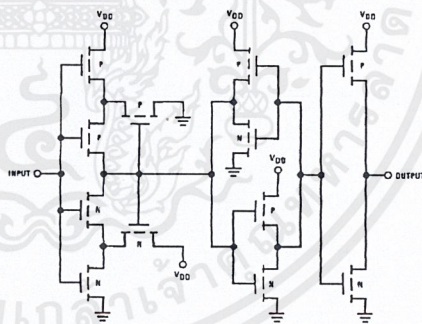
Order Number	Package Number	Package Description
CD40106BCM	M14A	14-Lead Small Outline integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow Body
CD40106BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Schematic Diagram



Absolute Maximum Ratings (Note 1)

(Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	-0.5 to +18 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	-0.5 to V_{DD} +0.5 V_{DC}
Storage Temperature Range (T_S)	-65°C to +150°C
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature (T_L)	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

Recommended Operating Conditions (Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	3 to 15 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	0 to V_{DD} V_{DC}
Operating Temperature Range (T_A)	-40°C to +85°C

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. They are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 2: $V_{SS} = 0V$ unless otherwise specified.

DC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		4.0			4.0		30	μA
		$V_{DD} = 10V$		8.0			8.0		60	μA
		$V_{DD} = 15V$		16.0			16.0		120	μA
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	$ I_O < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$		0.05			0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$		0.05			0.05		0.05	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	$ I_O < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5		4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95		V
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V$	0.7	2.0	0.7	1.4	2.0	0.7	2.0	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9V$	1.4	4.0	1.4	3.2	4.0	1.4	4.0	V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	2.1	6.0	2.1	5.0	6.0	2.1	6.0	V
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$	3.0	4.3	3.0	3.6	4.3	3.0	4.3	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1V$	6.0	8.6	6.0	6.8	8.6	6.0	8.6	V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	9.0	12.9	9.0	10.0	12.9	9.0	12.9	V
V_H	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$) Voltage	$V_{DD} = 5V$	1.0	3.6	1.0	2.2	3.6	1.0	3.6	V
		$V_{DD} = 10V$	2.0	7.2	2.0	3.6	7.2	2.0	7.2	V
		$V_{DD} = 15V$	3.0	10.8	3.0	5.0	10.8	3.0	10.8	V
I_{OL}	LOW Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	3.6		3.0	8.8		2.4		mA
I_{OH}	HIGH Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.52		-0.44	-0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.3		-1.1	-2.25		-0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-3.6		-3.0	-8.8		-2.4		mA
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.30		-10 ⁻⁵	-0.30		-1.0	μA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.30		10 ⁻⁵	0.30		1.0	μA

Note 3: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

AC Electrical Characteristics (Note 4)

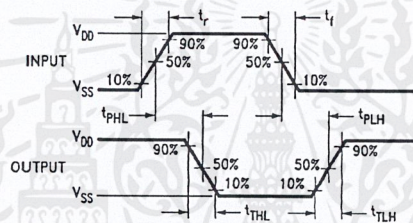
$T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_L = 50\text{ pF}$, $R_L = 200\text{ k}\Omega$, t_r and $t_f = 20\text{ ns}$, unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{PHL} or t_{PLH}	Propagation Delay Time from Input to Output	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		220 80 70	400 200 160	ns
t_{THL} or t_{TLH}	Transition Time	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		100 50 40	200 100 80	ns
C_{IN}	Average Input Capacitance	Any Input		5	7.5	pF
C_{PD}	Power Dissipation Capacity	Any Gate (Note 5)		14		pF

Note 4: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

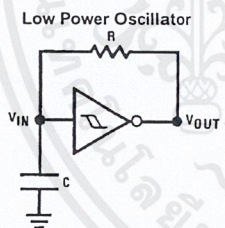
Note 5: C_{PD} determines the no load ac power consumption of any CMOS device. For complete explanation see 74C Family Characteristics Application Note, AN-90.

Switching Time Waveforms



$t_r = t_f = 20\text{ ns}$

Typical Applications

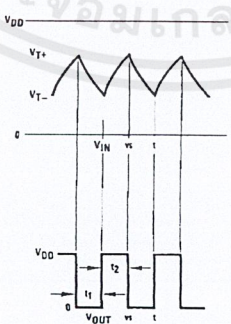


$$t_1 \approx RC / n \frac{V_{T+}}{V_{T-}}$$

$$t_2 \approx RC / n \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}}$$

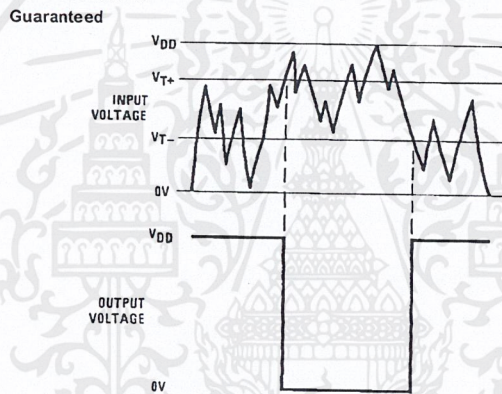
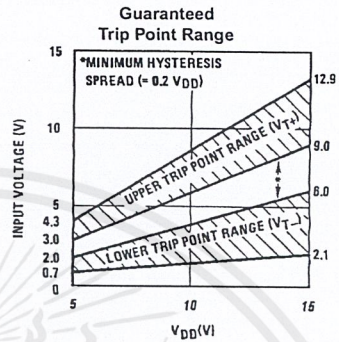
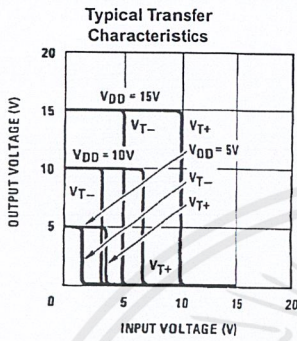
$$f \approx \frac{1}{RC / n \frac{V_{T+}}{V_{T-}} (V_{DD} - V_{T-})}$$

Note: The equations assume $t_1 + t_2 \gg t_{PHL} + t_{PLH}$



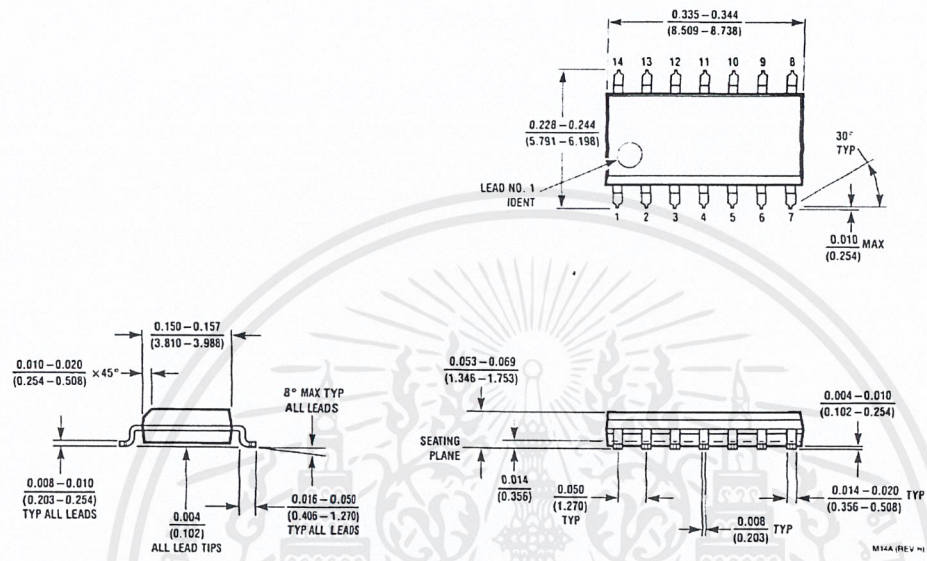
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

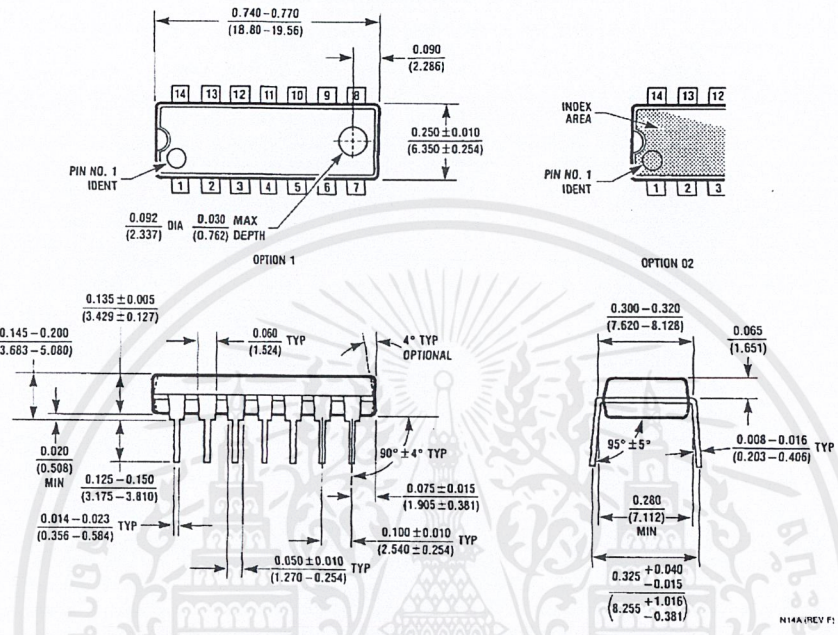


16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow Body
Package Number M14A

M14A (REV. 11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide Package Number N14A

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

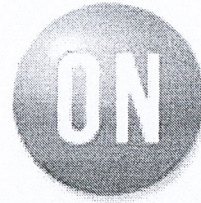
Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14001B Series

B-Suffix Series CMOS Gates

MC14001B, MC14011B, MC14023B,
MC14025B, MC14071B, MC14073B,
MC14081B, MC14082B



ON Semiconductor

<http://onsemi.com>

The B Series logic gates are constructed with P and N channel enhancement mode devices in a single monolithic structure (Complementary MOS). Their primary use is where low power dissipation and/or high noise immunity is desired.

- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- All Outputs Buffered
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range.
- Double Diode Protection on All Inputs Except: Triple Diode Protection on MC14011B and MC14081B
- Pin-for-Pin Replacements for Corresponding CD4000 Series B Suffix Devices

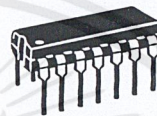
MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to V_{SS}) (Note 1.)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage Range	-0.5 to +18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage Range (DC or Transient)	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
I_{in}, I_{out}	Input or Output Current (DC or Transient) per Pin	± 10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package (Note 2.)	500	mW
T_A	Ambient Temperature Range	-55 to +125	$^{\circ}C$
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150	$^{\circ}C$
T_L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	$^{\circ}C$

1. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
2. Temperature Derating:
Plastic "P and D/DW" Packages: -7.0 mW/ $^{\circ}C$ From 65 $^{\circ}C$ To 125 $^{\circ}C$

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

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



PDIP-14
P SUFFIX
CASE 646



SOIC-14
D SUFFIX
CASE 751A



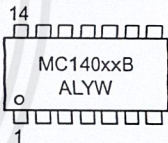
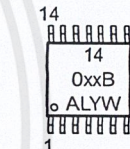
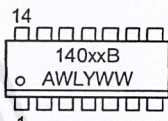
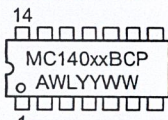
TSSOP-14
DT SUFFIX
CASE 948G



SOEIAJ-14
F SUFFIX
CASE 965

xx = Specific Device Code
A = Assembly Location
WL, L = Wafer Lot
YY, Y = Year
WW, W = Work Week

MARKING DIAGRAMS



DEVICE INFORMATION

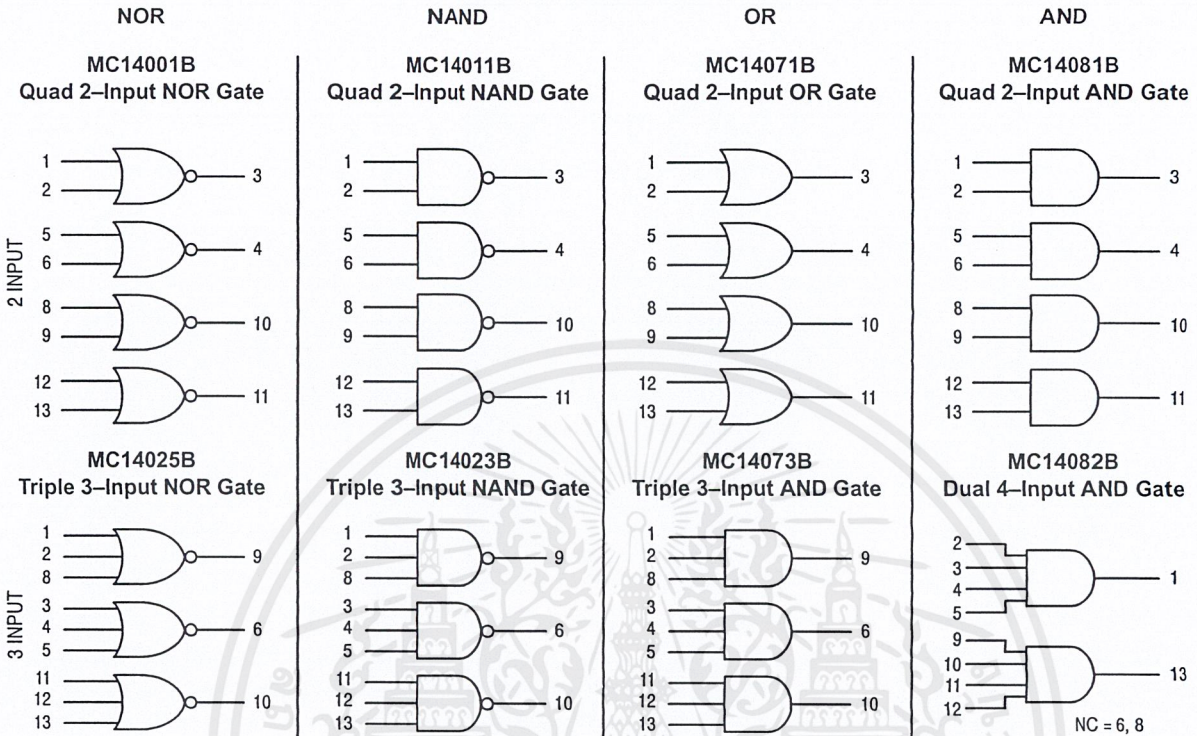
Device	Description
MC14001B	Quad 2-Input NOR Gate
MC14011B	Quad 2-Input NAND Gate
MC14023B	Triple 3-Input NAND Gate
MC14025B	Triple 3-Input NOR Gate
MC14071B	Quad 2-Input OR Gate
MC14073B	Triple 3-Input AND Gate
MC14081B	Quad 2-Input AND Gate
MC14082B	Dual 4-Input AND Gate

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 11 of this data sheet.

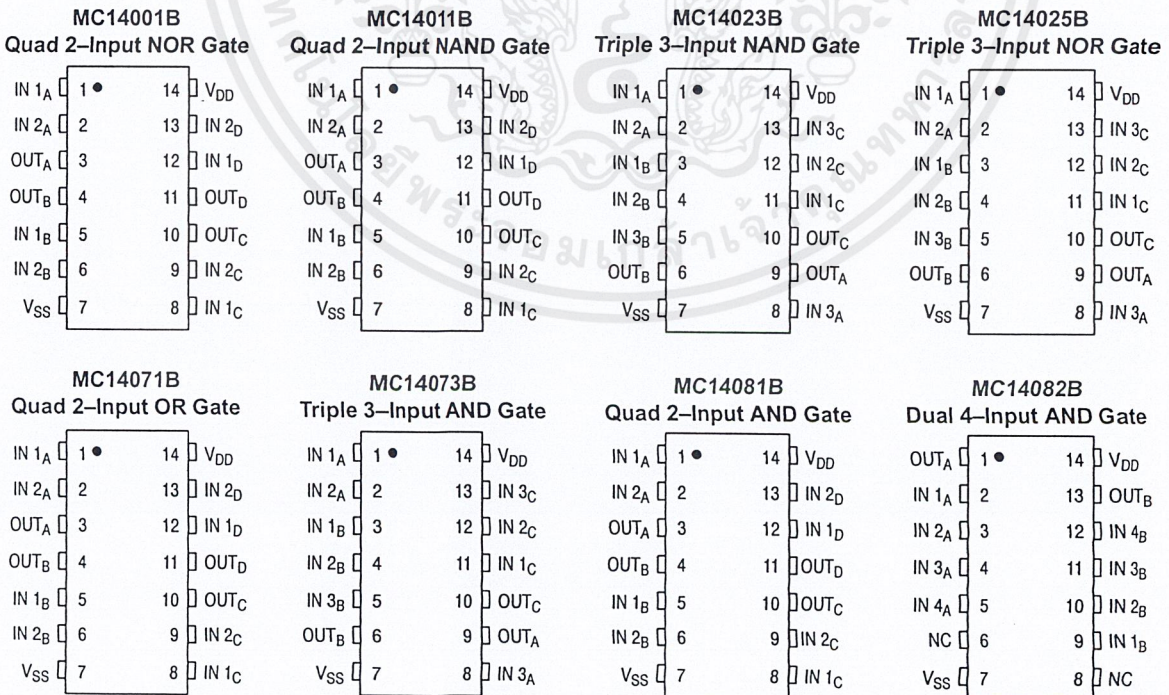
MC14001B Series

LOGIC DIAGRAMS



V_{DD} = PIN 14
 V_{SS} = PIN 7
 FOR ALL DEVICES

PIN ASSIGNMENTS



NC = NO CONNECTION

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14001B Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	- 55°C		25°C			125°C		Unit	
			Min	Max	Min	Typ ^(3.)	Max	Min	Max		
Output Voltage V _{in} = V _{DD} or 0	"0" Level V _{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc	
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05		
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05		
	"1" Level V _{in} = 0 or V _{DD}	V _{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95		—
			10	9.95	—	9.95	10	—	9.95		—
			15	14.95	—	14.95	15	—	14.95		—
Input Voltage (V _O = 4.5 or 0.5 Vdc) (V _O = 9.0 or 1.0 Vdc) (V _O = 13.5 or 1.5 Vdc)	"0" Level V _{IL}	5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	Vdc	
		10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0		
		15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0		
	"1" Level (V _O = 0.5 or 4.5 Vdc) (V _O = 1.0 or 9.0 Vdc) (V _O = 1.5 or 13.5 Vdc)	V _{IH}	5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5		—
			10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0		—
			15	11	—	11	8.25	—	11		—
Output Drive Current (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc)	Source I _{OH}	5.0	-3.0	—	-2.4	-4.2	—	-1.7	—	mAdc	
		10	-0.64	—	-0.51	-0.88	—	-0.36	—		
		15	-1.6	—	-1.3	-2.25	—	-0.9	—		
	Sink I _{OL}	5.0	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36		—
			10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9		—
			15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4		—
Input Current	I _{in}	15	—	± 0.1	—	±0.00001	± 0.1	—	± 1.0	µAdc	
Input Capacitance (V _{in} = 0)	C _{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF	
Quiescent Current (Per Package)	I _{DD}	5.0	—	0.25	—	0.0005	0.25	—	7.5	µAdc	
		10	—	0.5	—	0.0010	0.5	—	15		
		15	—	1.0	—	0.0015	1.0	—	30		
Total Supply Current ^(4.) (5.) (Dynamic plus Quiescent, Per Gate, C _L = 50 pF)	I _T	5.0	I _T = (0.3 µA/kHz) f + I _{DD} /N							µAdc	
		10	I _T = (0.6 µA/kHz) f + I _{DD} /N								
		15	I _T = (0.9 µA/kHz) f + I _{DD} /N								

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

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

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

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + (C_L - 50) \text{ Vfk}$$

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

MC14001B Series

B-SERIES GATE SWITCHING TIMES

SWITCHING CHARACTERISTICS ^(6.) ($C_L = 50 \text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	Min	Typ ^(7.)	Max	Unit
Output Rise Time, All B-Series Gates $t_{TLH} = (1.35 \text{ ns/pF}) C_L + 33 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (0.60 \text{ ns/pF}) C_L + 20 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (0.40 \text{ ns/pF}) C_L + 20 \text{ ns}$	t_{TLH}	5.0 10 15	— — —	100 50 40	200 100 80	ns
Output Fall Time, All B-Series Gates $t_{THL} = (1.35 \text{ ns/pF}) C_L + 33 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.60 \text{ ns/pF}) C_L + 20 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.40 \text{ ns/pF}) C_L + 20 \text{ ns}$	t_{THL}	5.0 10 15	— — —	100 50 40	200 100 80	ns
Propagation Delay Time MC14001B, MC14011B only $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.90 \text{ ns/pF}) C_L + 80 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.36 \text{ ns/pF}) C_L + 32 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.26 \text{ ns/pF}) C_L + 27 \text{ ns}$ All Other 2, 3, and 4 Input Gates $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.90 \text{ ns/pF}) C_L + 115 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.36 \text{ ns/pF}) C_L + 47 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.26 \text{ ns/pF}) C_L + 37 \text{ ns}$ 8-Input Gates (MC14068B, MC14078B) $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.90 \text{ ns/pF}) C_L + 155 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.36 \text{ ns/pF}) C_L + 62 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.26 \text{ ns/pF}) C_L + 47 \text{ ns}$	t_{PLH}, t_{PHL}	5.0 10 15 5.0 10 15 5.0 10 15	— — — — — — — — —	125 50 40 160 65 50 200 80 60	250 100 80 300 130 100 350 150 110	ns

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

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

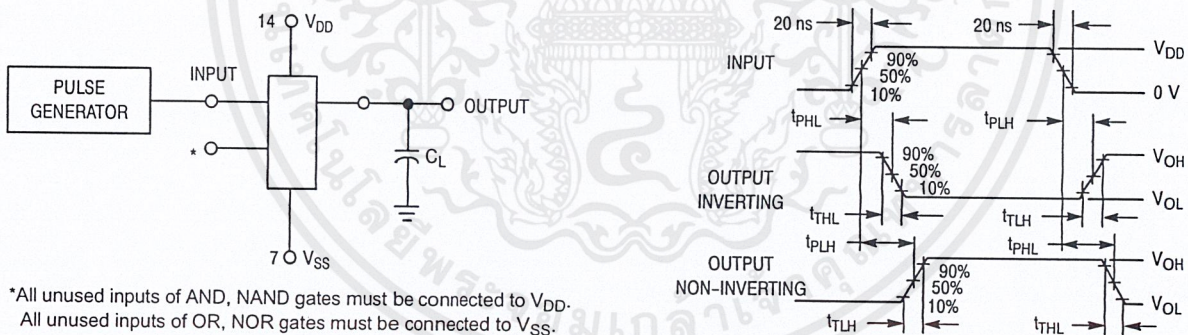
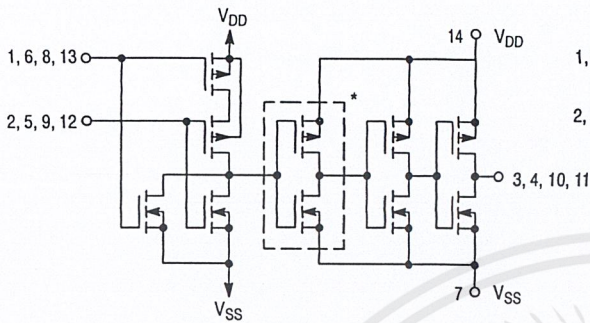


Figure 1. Switching Time Test Circuit and Waveforms

MC14001B Series

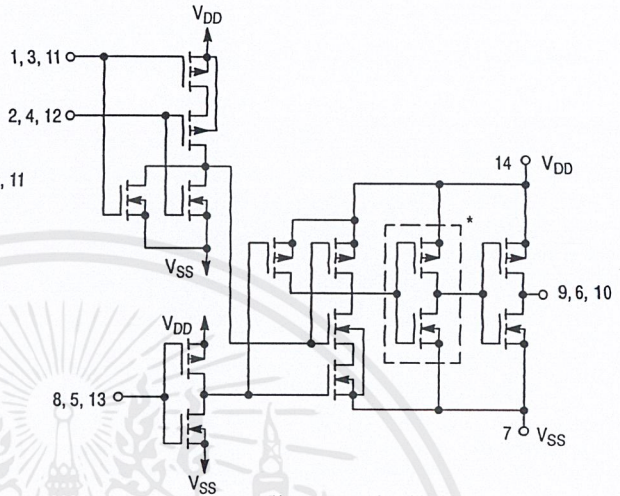
CIRCUIT SCHEMATIC NOR, OR GATES

MC14001B, MC14071B
One of Four Gates Shown



*Inverter omitted in MC14001B

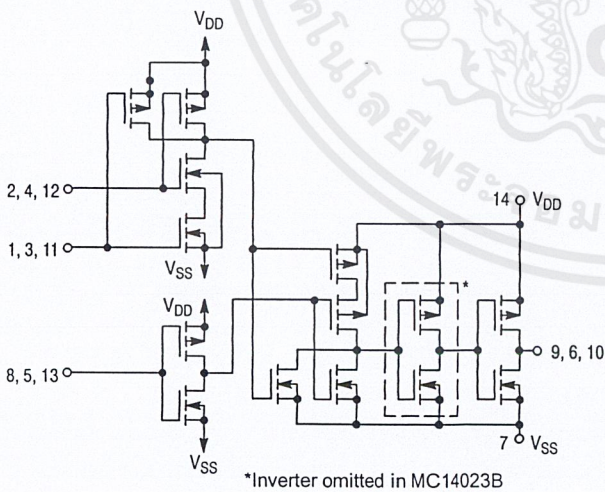
MC14025B
One of Three Gates Shown



*Inverter omitted in MC14025B

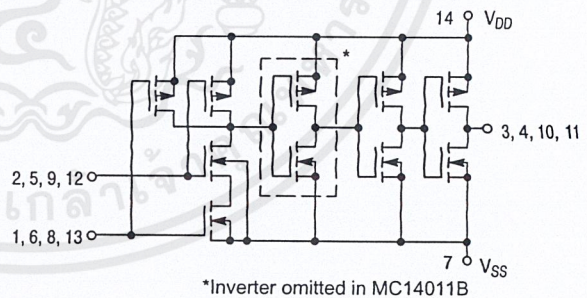
CIRCUIT SCHEMATIC NAND, AND GATES

MC14023B, MC14073B
One of Three Gates Shown



*Inverter omitted in MC14023B

MC14011B, MC14081B
One of Four Gates Shown



*Inverter omitted in MC14011B

MC14001B Series

TYPICAL B-SERIES GATE CHARACTERISTICS

N-CHANNEL DRAIN CURRENT (SINK)

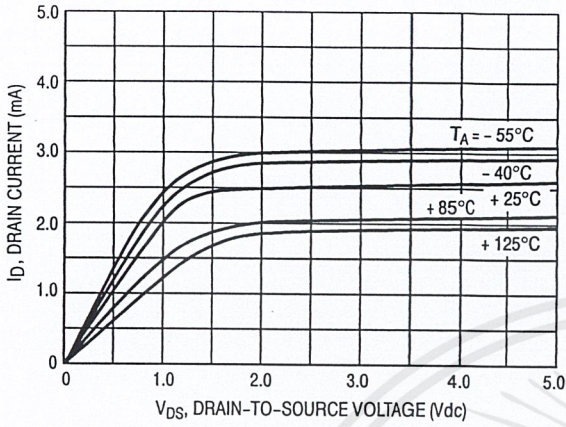


Figure 2. $V_{GS} = 5.0 \text{ Vdc}$

P-CHANNEL DRAIN CURRENT (SOURCE)

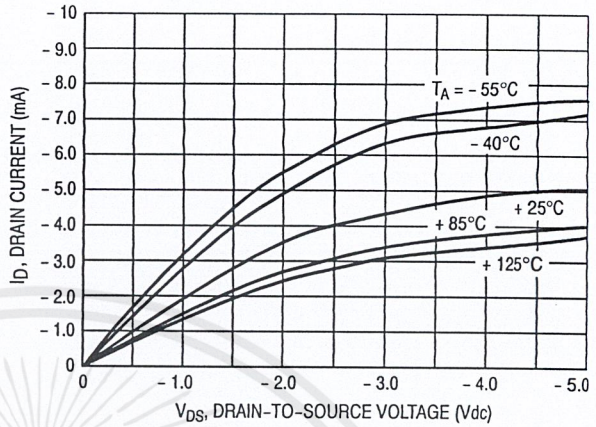


Figure 3. $V_{GS} = -5.0 \text{ Vdc}$

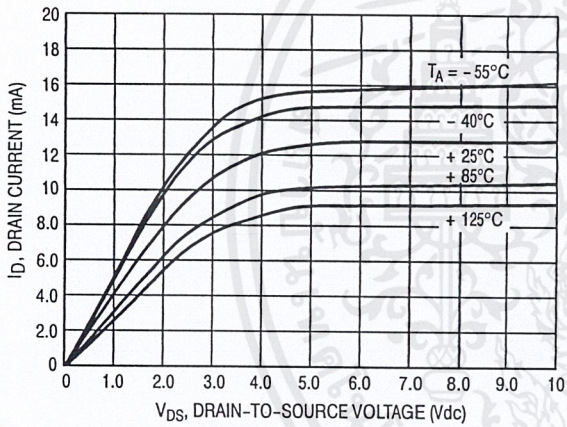


Figure 4. $V_{GS} = 10 \text{ Vdc}$

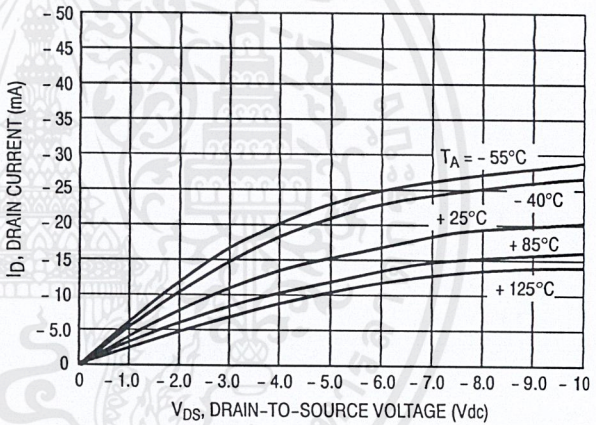


Figure 5. $V_{GS} = -10 \text{ Vdc}$

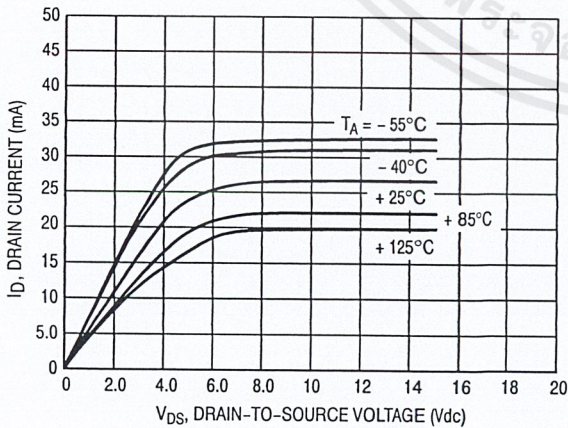


Figure 6. $V_{GS} = 15 \text{ Vdc}$

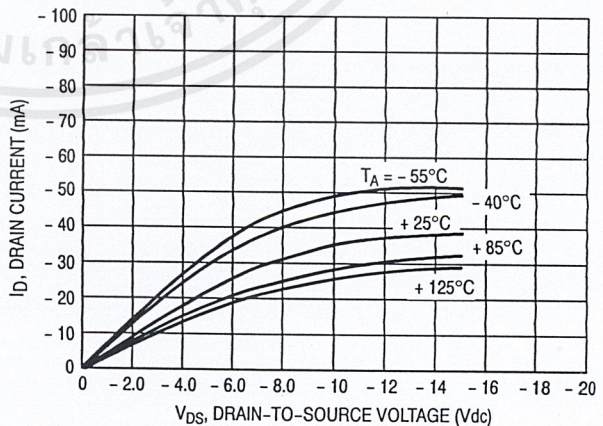


Figure 7. $V_{GS} = -15 \text{ Vdc}$

These typical curves are not guarantees, but are design aids.
Caution: The maximum rating for output current is 10 mA per pin.

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14001B Series

TYPICAL B-SERIES GATE CHARACTERISTICS (cont'd)

VOLTAGE TRANSFER CHARACTERISTICS

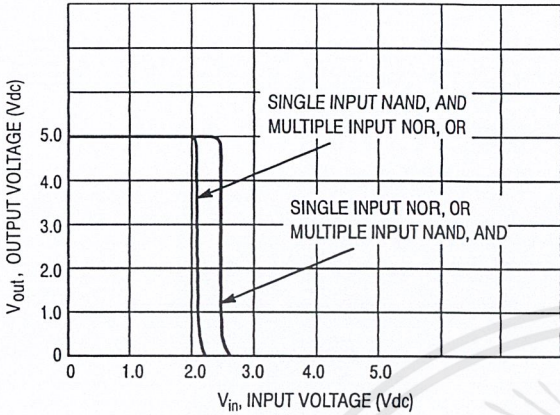


Figure 8. $V_{DD} = 5.0$ Vdc

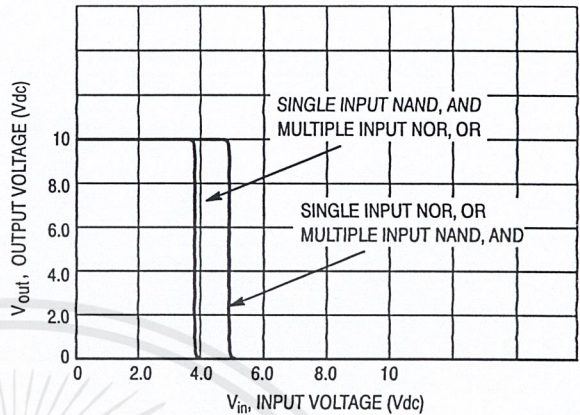


Figure 9. $V_{DD} = 10$ Vdc

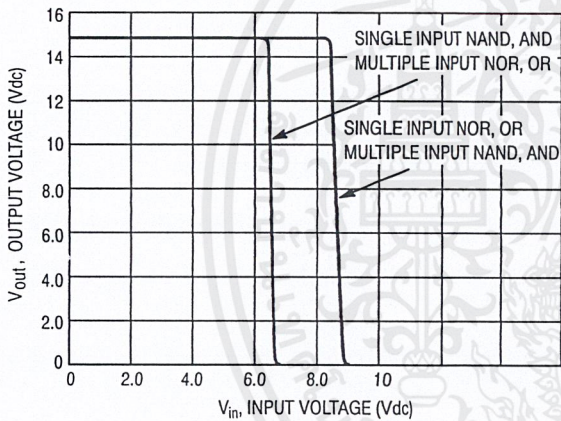


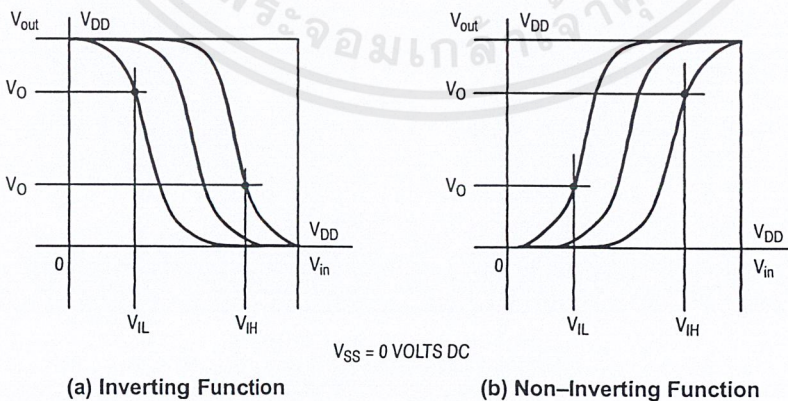
Figure 10. $V_{DD} = 15$ Vdc

DC NOISE MARGIN

The DC noise margin is defined as the input voltage range from an ideal "1" or "0" input level which does not produce output state change(s). The typical and guaranteed limit values of the input values V_{IL} and V_{IH} for the output(s) to be at a fixed voltage V_O are given in the Electrical Characteristics table. V_{IL} and V_{IH} are presented graphically in Figure 11.

Guaranteed minimum noise margins for both the "1" and "0" levels =

- 1.0 V with a 5.0 V supply
- 2.0 V with a 10.0 V supply
- 2.5 V with a 15.0 V supply



$V_{SS} = 0$ VOLTS DC

(a) Inverting Function

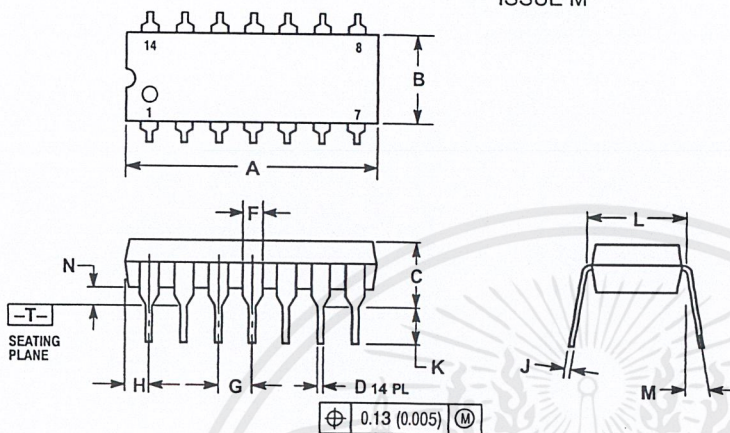
(b) Non-Inverting Function

Figure 11. DC Noise Immunity

MC14001B Series

PACKAGE DIMENSIONS

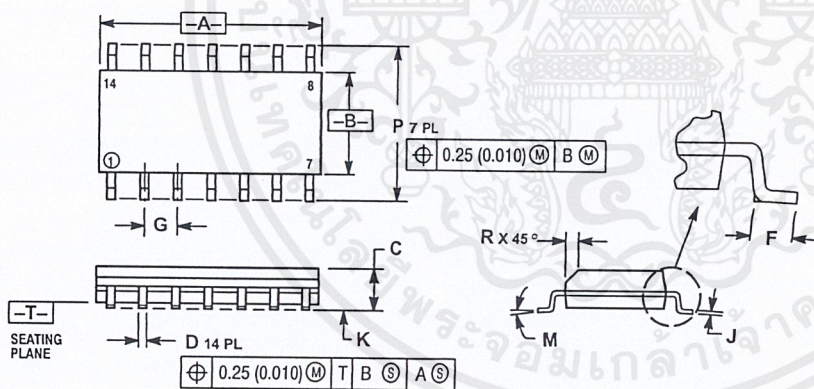
P SUFFIX PLASTIC DIP PACKAGE CASE 646-06 ISSUE M



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	18.80
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.290	0.310	7.37	7.87
M	---	10°	---	10°
N	0.015	0.039	0.38	1.01

D SUFFIX PLASTIC SOIC PACKAGE CASE 751A-03 ISSUE F



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
 5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

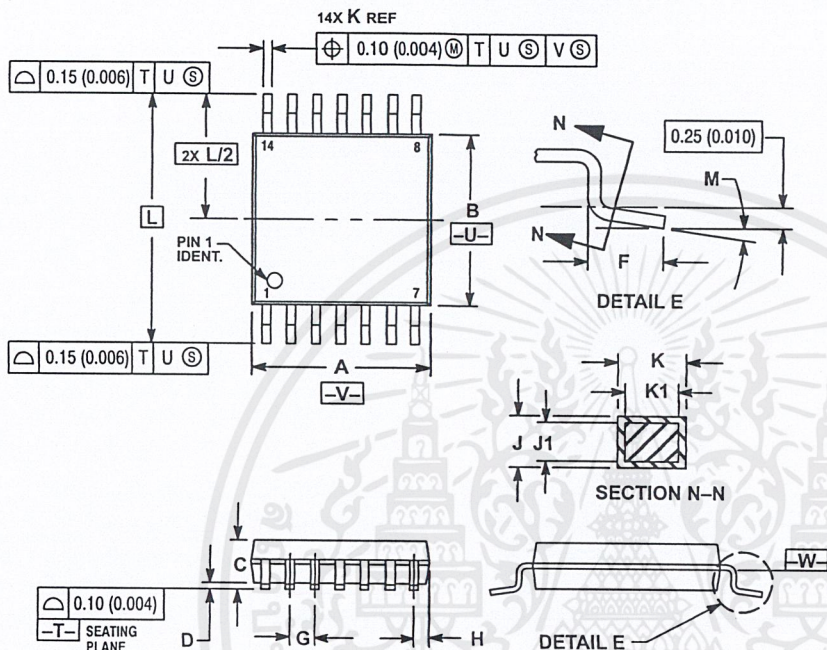
<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14001B Series

PACKAGE DIMENSIONS

DT SUFFIX
 PLASTIC TSSOP PACKAGE
 CASE 948G-01
 ISSUE O



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 3. DIMENSION A DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
 4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION. INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.25 (0.010) PER SIDE.
 5. DIMENSION K DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.08 (0.003) TOTAL IN EXCESS OF THE K DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
 6. TERMINAL NUMBERS ARE SHOWN FOR REFERENCE ONLY.
 7. DIMENSION A AND B ARE TO BE DETERMINED AT DATUM PLANE -V-.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.90	5.10	0.193	0.200
B	4.30	4.50	0.169	0.177
C	---	1.20	---	0.047
D	0.05	0.15	0.002	0.006
F	0.50	0.75	0.020	0.030
G	0.65 BSC		0.026 BSC	
H	0.50	0.60	0.020	0.024
J	0.09	0.20	0.004	0.008
J1	0.09	0.16	0.004	0.006
K	0.19	0.30	0.007	0.012
K1	0.19	0.25	0.007	0.010
L	6.40 BSC		0.252 BSC	
M	0°	8°	0°	8°

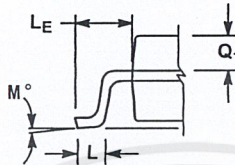
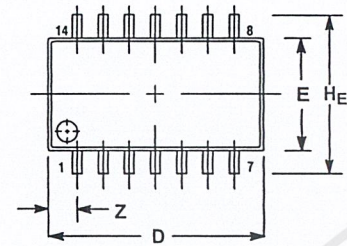
<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

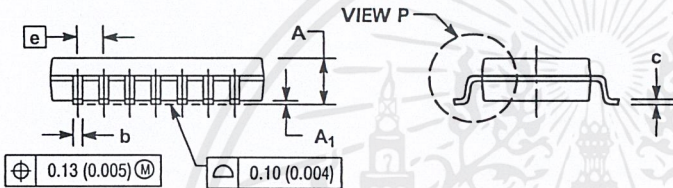
MC14001B Series

PACKAGE DIMENSIONS

F SUFFIX
 PLASTIC EIAJ SOIC PACKAGE
 CASE 965-01
 ISSUE O



DETAIL P



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS AND ARE MEASURED AT THE PARTING LINE. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
4. TERMINAL NUMBERS ARE SHOWN FOR REFERENCE ONLY.
5. THE LEAD WIDTH DIMENSION (b) DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.08 (0.003) TOTAL IN EXCESS OF THE LEAD WIDTH DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION. DAMBAR CANNOT BE LOCATED ON THE LOWER RADIUS OR THE FOOT. MINIMUM SPACE BETWEEN PROTRUSIONS AND ADJACENT LEAD TO BE 0.46 (0.018).

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	---	2.05	---	0.081
A ₁	0.05	0.20	0.002	0.008
b	0.35	0.50	0.014	0.020
c	0.18	0.27	0.007	0.011
D	9.90	10.50	0.390	0.413
E	5.10	5.45	0.201	0.215
e	1.27 BSC		0.050 BSC	
H _E	7.40	8.20	0.291	0.323
0.50	0.50	0.85	0.020	0.033
L _E	1.10	1.50	0.043	0.059
M	0°	10°	0°	10°
Q ₁	0.70	0.90	0.028	0.035
Z	---	1.42	---	0.056

MC14001B Series

ORDERING & SHIPPING INFORMATION:

Device	Package	Shipping
MC14001BCP	PDIP-14	2000 Units per Box
MC14001BD	SOIC-14	2750 Units per Box
MC14001BDR2	SOIC-14	2500 Units / Tape & Reel
MC14001BDT	TSSOP-14	96 Units per Rail
MC14001BDTR2	TSSOP-14	96 Units per Rail
MC14011BCP	PDIP-14	2000 Units per Box
MC14011BD	SOIC-14	2750 Units per Box
MC14011BDR2	SOIC-14	2500 Units / Tape & Reel
MC14011BDT	TSSOP-14	96 Units per Rail
MC14011BDTEL	TSSOP-14	2000 Units / Tape & Reel
MC14011BDTR2	TSSOP-14	50 Units per Rail
MC14023BCP	PDIP-14	2000 Units per Box
MC14023BD	SOIC-14	2750 Units per Box
MC14023BDR2	SOIC-14	2500 Units / Tape & Reel
MC14025BCP	PDIP-14	2000 Units per Box
MC14025BD	SOIC-14	2750 Units per Box
MC14025BDR2	SOIC-14	2500 Units / Tape & Reel

ORDERING & SHIPPING INFORMATION:

Device	Package	Shipping
MC14071BCP	PDIP-14	2000 Units per Box
MC14071BD	SOIC-14	55 Units per Rail
MC14071BDR2	SOIC-14	2500 Units / Tape & Reel
MC14071BDT	TSSOP-14	96 Units per Rail
MC14071BDTR2	TSSOP-14	96 Units per Rail
MC14073BCP	PDIP-14	2000 Units per Box
MC14073BD	SOIC-14	55 Units per Rail
MC14073BDR2	SOIC-14	2500 Units / Tape & Reel
MC14081BCP	PDIP-14	2000 Units per Box
MC14081BD	SOIC-14	55 Units per Rail
MC14081BDR2	SOIC-14	2500 Units / Tape & Reel
MC14081BDT	TSSOP-14	96 Units per Rail
MC14081BDTR2	TSSOP-14	2500 Units / Tape & Reel
MC14082BCP	PDIP-14	2000 Units per Box
MC14082BD	SOIC-14	55 Units per Rail
MC14082BDR2	SOIC-14	2500 Units / Tape & Reel

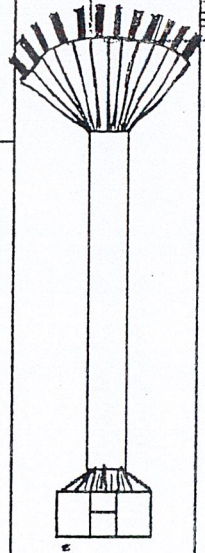
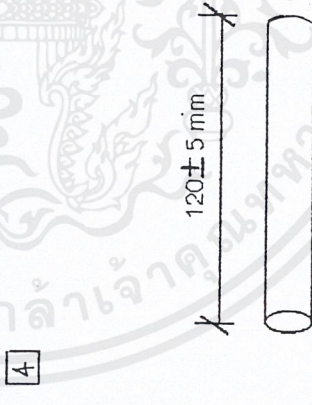
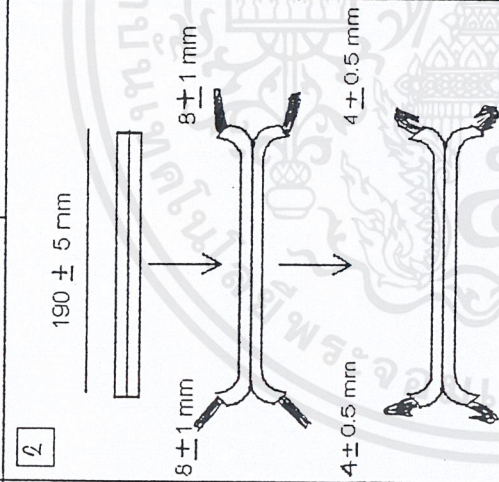
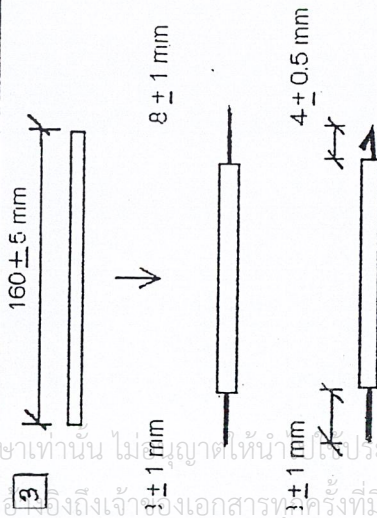
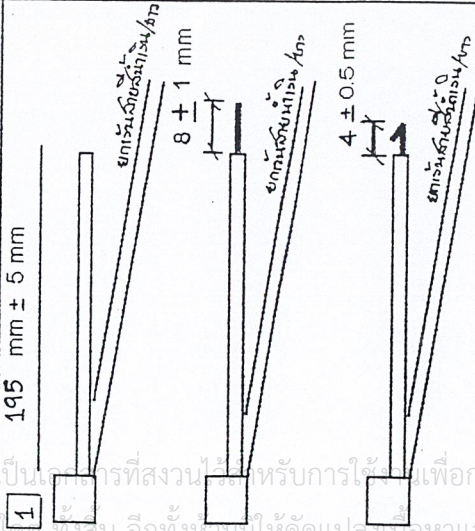
For ordering information on the EIAJ version of the SOIC packages, please contact your local ON Semiconductor representative.

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WORK

INSTRUCTION



PREMIER CE COMPANY LIMITED		APPROVED BY:	CHECKED BY:	PREPARED BY:	ISSUED DATE	EFF. DATE
MODEL: KRC-2001 FOR THAIRUNG				15-8-01	15 FEB 2007	19 FEB 2007
PRODUCT: CAR RADIO ASSEMBLY (KENWOOD)					DOC. NO. 109-11-284	REVISION 00
NO.	PART NO.	PART NAME	QTY	LOCATION		
1	96RARC289DKX	POWER CORD (KRC-289) STD	1			
2	11MH100CX6LC	สายไฟแบบคู่สี VFF 2 x 0.5 mm	190mm			
3	110010015611	สายไฟเดี่ยวสีเหลือง AVF 1x0.5 mm	160mm			
4	34C0115116LA	ท่อ PVC สีดำ (15 x 16 mm)	120mm			
		INDIRECT MATERIAL				
		1 สายขบวนค (WRIST STRAP)				
		2 คีมตัดลวดทองแดง				
		TOOLING AND EQUIPMENTS				
		1 สายขบวนค (WRIST STRAP)				
		2 คีมตัดลวดทองแดง				
		RELEASED TO:				
		PROCEDURE				
1	นำ POWER CORD (KRC-289) ที่มาพร้อมเครื่อง มาทำการตัดให้ได้ความยาว 195 ± 5 mm และทำการขจัดเศษออกให้ได้สายตัวยาว 8 ± 1 mm และทำการตีเกลียวและพับสายตัวนำให้ได้ 4 ± 0.5 mm (ยกเว้นสายไฟเงิน / ขาว)					
2	นำสายไฟแบบคู่สีที่ทำการตัดให้ได้ความยาว 190 ± 5 mm และทำการปลอกจนวนออกให้ได้สายสายตัวนำยาว 8 ± 1 mm และทำการตีเกลียวและพับสายตัวนำให้ได้ 4 ± 0.5 mm ทั้ง 2 ด้าน					
3	นำสายไฟเดี่ยวสีเหลืองมาทำการตัดให้ได้ความยาว 160 ± 5 mm และทำการปลอกจนวนออกให้ได้สายตัวนำยาว 8 ± 1 mm และทำการตีเกลียวและพับสายตัวนำให้ได้ 4 ± 0.5 mm : 1 ด้านแต่ชิดด้านไม่ต้องพับสายตัวนำ					
4	นำท่อ PVC สีดำ (ขนาด 15 x 16 mm) มาทำการตัดให้ได้ความยาว 120 ± 5 mm ดังรูปที่ 4 แล้วนำ POWER CORD ที่ตัดและปลอกมาสวม PVC สีดำ ดังรูปที่ 5					
5	นำชุด POWER CORD ที่ปลอกแล้วมาใส่ PVC สีดำ (ขนาด 15 x 16) ดังรูปที่ 5					
		CAUTION				
		พนักงานจะต้องใส่สายขบวนค (WRIST STRAP) ตลอดเวลาขณะปฏิบัติงาน				

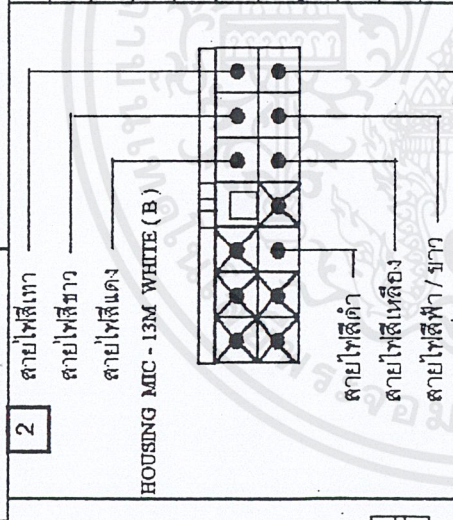
WORK

INSTRUCTION

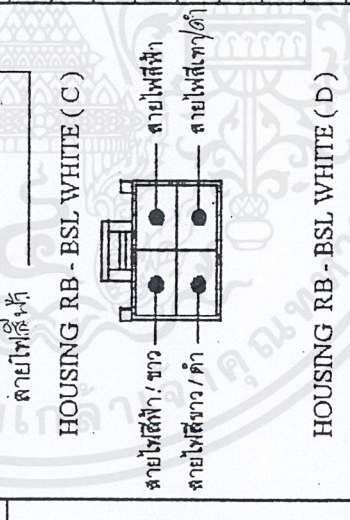
PREMIER OF COMPANY LIMITED
 MODEL: KRC-233
 FOR THAIRUNG
 PRODUCT: CAR RADIO
 (KENWOOD)
 PROCESS: POWER CORD
 ASSEMBLY
 DOC. NO. 109-III-BLA

APPROVED BY: [Signature]
 CHECKED BY: [Signature]
 PREPARED BY: [Signature]
 ISSUED DATE: 15 FEB 2001
 EFF. DATE: 19 FEB 2001
 REVISION: 00
 PAGE: 4
 OF: 5

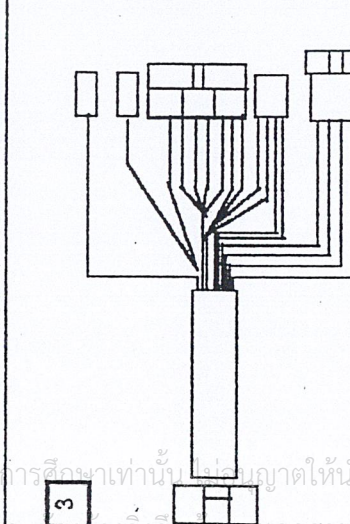
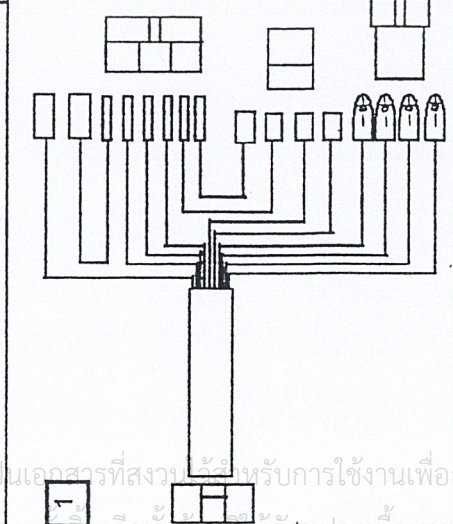
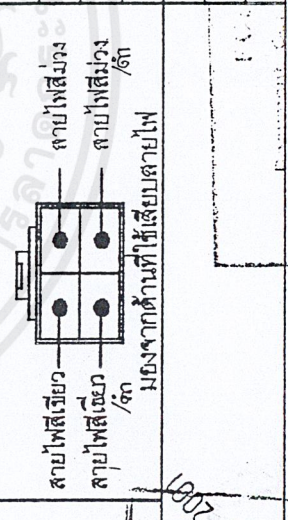
NO.	PART NO.	PART NAME	QTY	LOCATION
1	23XXMIC13MBC	HOUSING MIC - 13M WHITE (B)	1	
2	23XRB04BSLBC	HOUSING RB-4BSL WHITE (C)	1	
3	23XRB04ASLBC	HOUSING RB-4ASL WHITE (D)	1	



INDIRECT MATERIAL
 TOOLING AND EQUIPMENTS
 PROCEDURE



HOUSING RB - BSL WHITE (C)
 HOUSING RB - BSL WHITE (D)
 สายไฟสีเขียว/ขาว (Green/White wire)
 สายไฟสีม่วง/ดำ (Purple/Black wire)
 มุ่งจากด้านที่ใช้ยึดสายไฟ



Document Control Center
 ORIGINAL
 RECEIVED BY: [Signature]
 DATE: 16 FEB 2001
 RECEIVED BY: [Signature]

ISSUED DATE: 27 FEB 2001
 RELEASED TO: [Blank]
 KRC-2879

PREMIER CE COMPANY LIMITED
 MODEL : KRC-289
 FOR THAIRUNG
 PRODUCT : CAR RADIO
 (KENWOOD)

WORK INSTRUCTION

PROCESS:
POWER CORD ASSEMBLY
 DOC. NO. 109-11-PLA

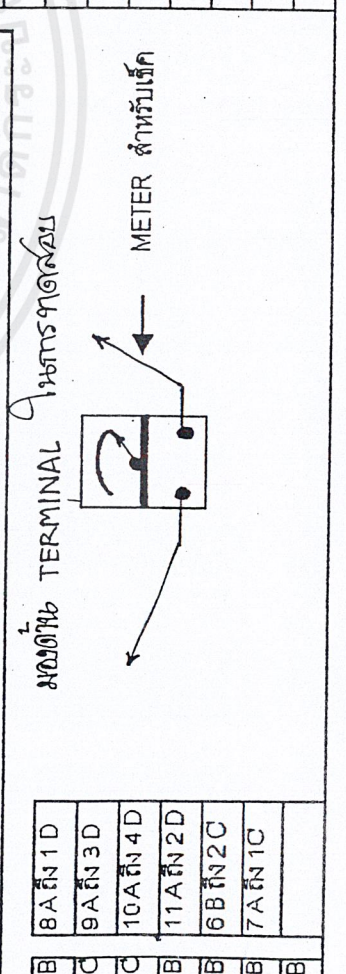
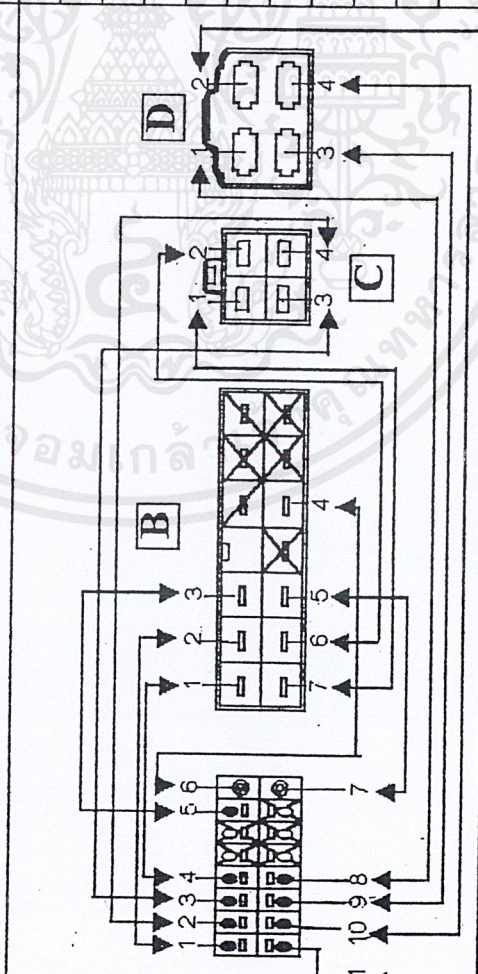
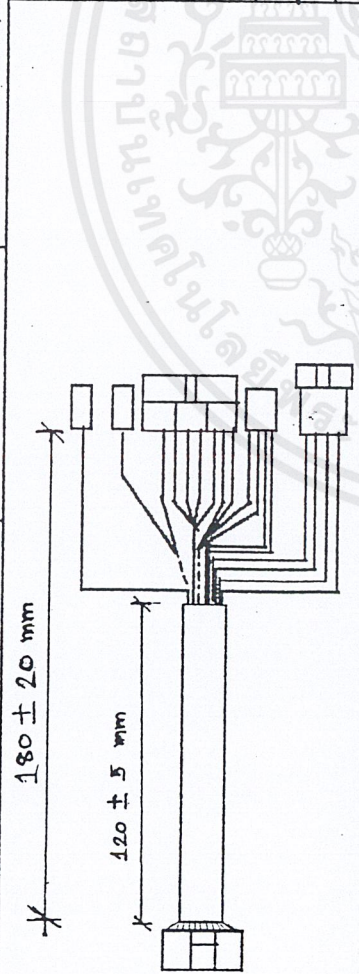
ISSUED DATE: 15 FEB 2001
 REVISION: 00
 OF: 5
 PREPARED BY: *allms*
 CHECKED BY: *[Signature]*
 APPROVED BY: *[Signature]*
 PART NO: FEB 16 01
 PART NAME: 15/2/44-15-2-01
 QTY: LOCATION:

NO. PART NO. PART NAME QTY
 1 Document Control Center ORIGINAL
 RECEIVED BY: DATE: 15 FEB 2001
 RECEIVED BY: DATE:

INDIRECT MATERIAL TOOLING AND EQUIPMENTS
 1 มาตรฐาน (WRIST STRAP)
 2 ไซมมิเตอร์ และ SHORT/OPEN METER (แบบไร้สาย)

PROCEDURE
 1 ทำการตรวจสอบความยาวของ POWER CORD KRC-289 FOR THAIRUNG
 180 ± 20 mm และ 120 ± 5 mm
 2 ทำการเช็คสายมิเตอร์ตามตำแหน่งที่ถูกต้องคือ OHM ดังรูปที่ 2 ดังนี้
 1. 1A ถึง 2B, 2A ถึง 4C, 3A ถึง 3C, 4A ถึง 1B, 5A ถึง 3B, 6A ถึง 4B, 7A ถึง 5B
 8A ถึง 1D, 9A ถึง 3D, 10A ถึง 4D, 11A ถึง 2D
 6B ถึง 2C, 7A ถึง 1C
 - ทำการทดสอบมิเตอร์ 0 โอม หรือไม่มีเสียง
 ในที่เขียนขอการเช็คคือความยาว POWER CORD และสายมิเตอร์

CAUTION
 1 พนักงานจะต้องได้สายมาตรฐาน (WRIST STRAP) ตลอดเวลาขณะปฏิบัติงาน
 Document Control Center
 ISSUED DATE: 27 FEB 2001
 RELEASED TO:



1A ถึง 2B	8A ถึง 1D
2A ถึง 4C	9A ถึง 3D
3A ถึง 3C	10A ถึง 4D
4A ถึง 1B	11A ถึง 2D
5A ถึง 3B	6B ถึง 2C
6A ถึง 4B	7A ถึง 1C
7A ถึง 5B	