



เครื่องส่งสัญญาณควบคุมสำรอง

BACKUP STATION



โดย
นางสาวนารีรัตน์ เพียรรักกิจการค้า
นายเต็มศักดิ์ โล่ห์ไพบูลย์

วัน เดือน ปี.....-5.ต.ค.2541
เลขทะเบียน.....038550
เลขเรียกหนังสือ.....T 400๖๕ ๑๖4๘๘๑.

ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038550

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

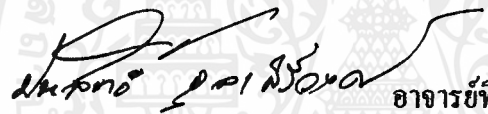
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องส่งสัญญาณควบคุมสำรอง

BACKUP STATION

ผู้จัดทำ

1. นางสาวนารีรัตน์ เพียรรักกิจการค้า 37014198
2. นายเต็มศักดิ์ โล่ห์ไพบูลย์ 37014130


อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

เครื่องส่งสัญญาณควบคุมสำรอง

BACKUP STATION

โดย นางสาวนารีรัตน์ เพียรรักกิจการค้า 37014198
นายเติมศักดิ์ โล่ห์ไพบูลย์ 37014130

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างการเครื่องส่งสัญญาณควบคุมสำรอง โดยมีส่วนประกอบคือ วงจรแสดงระดับสัญญาณ (0-1 โวลท์), วงจรแปลงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้า (4 -20 มิลลิแอมป์), ส่วนอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์โดยใช้มาตรฐานการสื่อสารแบบ RS-485 , และหน่วยแสดงผลของเครื่องส่งสัญญาณควบคุมสำรอง มี 3 ตำแหน่งการทำงาน อันได้แก่ M (manual mode), A (auto mode), C (communication mode) ซึ่งสามารถเลือกตำแหน่งการทำงานได้

โดยมีหลักการ คือ แสดงค่า PV, ส่งค่า MV ไปยัง final control element และอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์โดยใช้มาตรฐาน RS-485

BACKUP STATION

<u>STAFF</u>	MISS NAREERAT	PIANRAKKITKANKA	37014198
	MR. TERMSAK	LOPAIBOON	37014130
<u>ADVISOR</u>	MR. PRASIT	JULSEREEWONG	

ABSTRACT

This project emphasize circuit design and implementation of Backup Station. Namely it consists of PV - indicator circuit, voltage to current converter circuit, interfacing unit, MV display and PV display. There are 3 function mode ; M (manual mode) , A (auto mode) , and C (communication mode) that can be selected by operator.

The principle of this Backup Station are PV 's holding, sending MV to final control element and interfacing to computer with RS-485.

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	11
- วงจรจ่ายไฟกระแสตรง	11
- วงจรเปลี่ยนสัญญาณแรงดันเป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้า	14
- วงจร PRE-SCALING	14
- ดิจิตอลมิเตอร์	15
บทที่ 3 การอินเตอร์เฟส	17
- มาตรฐานการอินเตอร์เฟส	17
- พื้นฐานการอินเตอร์เฟส RS-232	22
- มาตรฐานสัญญาณไฟฟ้า	26
- มาตรฐาน RS-485	30
- บล็อกไดอะแกรมการทำงานของส่วน INTERFACE	32
- รายละเอียดต่างๆ บนบอร์ด V-31	33
- IC # DAC 0808	38
- GENERAL INSTRUMENT PROTOCOL	40
บทที่ 4 ผลการทดลอง	42
- ผลการทดลองวงจร V to I Converter	42
- ผลการทดลองวงจร Pre-Scaling	42
- ผลการทดลอง PV-Display และ MV- display	43
- ผลการทดลองส่วน Interfacing Unit	43
บทที่ 5 บทสรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อ	44
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1	แสดงระบบ DCS ทั่วๆ ไป	4
รูปที่ 1.2	แสดงระบบ computer control	4
รูปที่ 1.3	แสดงตำแหน่งการทำงาน Communication Mode (C)	6
รูปที่ 1.4	แสดง I/O CARD	6
รูปที่ 1.5	วิวัฒนาการของระบบควบคุมอัตโนมัติ	7
รูปที่ 1.6	แนวโน้มการพัฒนาาระบบควบคุมไปสู่ระบบ Distributed Control System	8
รูปที่ 1.7	Conventional Control System	9
รูปที่ 1.8	ตัวอย่างระบบ DCS ที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม	10
รูปที่ 2.1	วงจรจ่ายไฟกระแสตรง	11
รูปที่ 2.2	ส่วนต่างๆ ของ BACKUP STATION	12
รูปที่ 2.3	วงจรเปลี่ยนสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้า (V-to-I Converter)	13
รูปที่ 2.4	วงจร PRE-SCALING	14
รูปที่ 2.5	วงจรใช้งานเบื้องต้น	15
รูปที่ 2.6	วงจรถ่ายสัญญาณคล็อก	16
รูปที่ 2.7	วงจรถ่ายสัญญาณแรงไฟลบ	16
รูปที่ 3.1	คุณสมบัติทางไฟฟ้าของอินเทอร์เฟซที่ใช้แทนระดับสัญญาณ TTL	17
รูปที่ 3.2	แผนภาพคอนเนกเตอร์ DB-25	21
รูปที่ 3.3	ส่วนประกอบพื้นฐานการอินเทอร์เฟซทั่วไป	22
รูปที่ 3.4	อุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE เป็นคู่มืออุปกรณ์ร่วมที่ทำงานตรงข้ามกัน	23
รูปที่ 3.5	อุปกรณ์สามารถส่งและรับข้อมูลได้สองทิศทาง	24
รูปที่ 3.6	สัญญาณควบคุมที่ไม่มีข้อมูลเข้ามาเกี่ยวข้อง	25
รูปที่ 3.7	คำจำกัดความสัญญาณลอจิกที่เอาท์พุท RS-232	26
รูปที่ 3.8	คำจำกัดความสัญญาณลอจิกอินพุทของ RS-232	27
รูปที่ 3.9	รูปแบบมาตรฐาน RS-485	30
รูปที่ 3.10	กราฟแสดงอัตราการส่งข้อมูลกับระยะทางที่เปลี่ยนไป	31
รูปที่ 3.11	ภาพแสดงตำแหน่งต่างๆ บนบอร์ด	36
รูปที่ 3.12	วงจร V-31	37
รูปที่ 3.13	แสดง DAC 0808 ต่อเป็นตัวแปลงสัญญาณ D/A	38
รูปที่ 3.14	ความเที่ยงตรงและค่าความละเอียด	39

บทที่ 1

บทนำ

ระบบการควบคุมได้รับการพัฒนาเรื่อยมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2473 จนกระทั่งถึงปัจจุบันนี้ ก็ด้วยจุดประสงค์หลักคือ เพื่อตอบสนองต่อปัจจัยพื้นฐานอันได้แก่ ความปลอดภัย, ความซับซ้อนของระบบการควบคุม, ปริมาณการผลิต, คุณภาพของผลิตภัณฑ์, การแข่งขันทางการตลาด และการตอบสนองความก้าวหน้าทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์, เทคโนโลยีทางการสื่อสาร ตลอดจนเทคโนโลยีทางด้านวัสดุ เป็นต้น

เมื่อพูดถึงแนวโน้มอุตสาหกรรมการผลิตในปัจจุบัน ระบบการวัดและควบคุมได้เปลี่ยนแปลงเข้าสู่ยุคของอิเล็กทรอนิกส์อย่างสมบูรณ์แบบ และกระบวนการควบคุมของอุตสาหกรรมการผลิตไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ, เหล็ก, ปิโตรเคมี, การกลั่นน้ำมัน และอื่นๆ ระบบการควบคุมส่วนใหญ่จะใช้ระบบการควบคุมแบบคอมพิวเตอร์ซึ่งมีการประมาณการกันว่าทุกๆ 10ปีความสามารถของคอมพิวเตอร์จะเพิ่มขึ้นเป็น 10 เท่า ทั้งในแง่ความจุและความเร็วในการประมวลผล จึงได้มีการพัฒนาระบบการควบคุมกระบวนการผลิตอยู่ตลอดเวลา โดยในขณะนี้ระบบคอมพิวเตอร์ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้คือ

1. ระบบ DCS (DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM)

ในครั้งแรกนั้นได้นำระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้เฉพาะงานเฝ้าคุม (Monitoring) ขบวนการผลิต แล้วจึงพัฒนาไปสู่ระบบ Supervisory Process Control (หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Set Point Control) เรื่อยไปจนถึง Direct Digital Control (DDC) จนกระทั่งกลายมาเป็นระบบการควบคุมแบบ Distributed Control System (DCS) ดังเช่นในปัจจุบัน

ระบบ DCS มี SYSTEM CONFIGURATION ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ ของระบบที่พบเห็นโดยทั่วไปดังนี้

1. Operator Station
2. Field Control Unit
3. Signal Conditioner
4. Data - Bus Communication
5. Printer
6. Color Hard Copy Unit

Operator Station เป็นหน่วยแสดงผลและบังคับการเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้กับขบวนการผลิตในลักษณะของ man-machine interface จะติดตั้งอยู่ในห้องควบคุมเพื่อทำหน้าที่แสดงข้อมูลของขบวนการผลิตที่ส่งมาจาก field control unit และส่งคำสั่งไปที่ field control unit เช่น การรับค่า

ตั้งการเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมาย (Set point) และสถานะโหม่งคของระบบควบคุม (Loop status) การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Field Control Unit เป็นหน่วยควบคุมขบวนการผลิตซึ่งประกอบด้วย การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) และการควบคุมแบบซีควีนซ์ (Sequence Control) การทำงานของ field control unit เริ่มจากการอ่านสัญญาณจากจากอุปกรณ์วัดคุมที่ผ่านสัญญาณมาทาง signal conditioner และ I/O card ตามลำดับ สัญญาณที่ผ่าน I/O card จะถูกส่งไปยัง process card เพื่อทำการคำนวณค่าที่เหมาะสมตาม Algorithm ของการควบคุมหรือตาม logic ของซีควีนซ์นั้นๆ เช่น ทำการคำนวณค่า MV จากผลต่างระหว่าง PV กับ SV ในสมการการควบคุมแบบ PID โดยค่า SV ได้รับมาจาก operator station ซึ่งส่งผ่านมาตามสาย Data - bus หลังจากนั้นจึงส่งสัญญาณ MV ออกไปควบคุมอุปกรณ์ปรับ process โดยผ่านทาง I/O card และ signal conditioner

Signal Conditioner เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนสัญญาณอินพุต / เอาท์พุต ที่จะต่อเข้ากับ I/O Card

Data - Bus Communication เป็นสายที่ทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่าง operator station กับ field control unit มีความยาวรวมทั้งระบบ 1 Km และสามารถขยายได้ถึง 15 Km เมื่อต่อร่วมกับ optical adaptor Data- Bus มีอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูล 1 Mbps

Printer เป็นเครื่องพิมพ์ชนิด dot - matrix ซึ่งใช้ร่วมกับ operator station ที่ process card โดย port ที่ต่อกับ printer มีอยู่ด้วยกัน 2 port คือ centronics port และ RS - 232C port หน้าที่ของ printer คือพิมพ์ข้อมูลต่างๆ เช่น การเกิด alarm การพิมพ์รายงาน เป็นต้น

Color Hard Copy Unit เป็นเครื่องพิมพ์สีที่ใช้หลักการทำงานของ “Thermal Transfer “ โดยปกติจะต่อกับ centronics port ของ operator ได้มากที่สุด 1 เครื่อง / operator station

ระบบ DCS เราสามารถสั่งการให้ระบบทำงานตามที่เราต้องการผ่านทาง keyboard ร่วมกับจอภาพซึ่งก็รวมอยู่บน operator station (OPS) ตัวจอภาพนี้เป็นสื่อกลางที่บอกให้รู้ถึงข้อมูล และสถานะต่างๆ ของระบบ ในแต่ละเวลาและเนื่องจากระบบควบคุมนั้นมีข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการรู้มากมายจึงไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ในเวลาเดียว ดังนั้นจึงต้องมีการจัดระบบแสดงข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ทางจอภาพ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเรียนรู้วิธีการเรียกข้อมูลเหล่านั้นมาดูเพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ซึ่งในการควบคุมกระบวนการผลิตที่เป็นกระบวนการซึ่งอันตรายต่อผู้ทำงานหรือในส่วนของโรงงานจำเป็นจะต้องมีระบบสำรอง (BACKUP) ใช้งานรวมอยู่ด้วย เช่น หม้อไอน้ำ(Boiler), หอกกลั่น (Distillation), ถังทำปฏิกิริยา (Reactor) เป็นต้น โดยเราจะเห็นว่ากระบวนการผลิตในตัวอย่างนี้ อุปกรณ์ I/O Card ของ DCS เสียหายไม่ได้เลย ซึ่งโดยความเป็นจริงเป็นไปได้เลยในทางปฏิบัติ ถึงแม้จะมีการ Backup ด้วย I/O Card ด้วยกันก็จริง ฉะนั้นในทางปฏิบัติจริงๆ จึงต้องมีตัว Controller หรือ Manual Backup ใช้งานต่อรวมอยู่ด้วยทุกครั้งสำหรับระบบการควบคุมในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบให้มากขึ้น ในการที่จะป้องกันอันตรายจากการผิดพลาดของระบบ DCS หรือตัวควบคุม (Controller)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. DCS ระบบใหม่หรือเป็นแบบที่เรียกกันว่า Open System

ซึ่งก็เป็นระบบ DCS เช่นเดียวกันเพียงแต่เราได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติทางด้าน Hardware และ Software ให้เปิดกว้างมากขึ้น เช่น

ระบบ Hardware

A. ระบบ Data Communication ให้มีความเร็วมากขึ้นและเป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อที่จะได้ interface กับหลายๆ ระบบเข้าด้วยกันได้ ซึ่งปัจจุบันจะมีปัญหามากในการเชื่อมโยง (interface) ระหว่าง DCS ของแต่ละผู้ผลิตเข้าด้วยกัน

B. ระบบ I/O Card จะกระจาย I/O Card ออกไปตามหน่วยผลิตต่างๆ เช่น ไปอยู่ในกระบวนการผลิตเลยหรือบางครั้งเราเรียกว่า Remote I/O ตรงส่วนนี้จะช่วยประหยัดสายไฟฟ้าจาก Field มาสู่ห้อง Control Room ได้อย่างมาก ซึ่งจะใช้สายไฟเฉพาะที่ต่อกันระหว่าง Field Instrument กับชุด Remote I/O เท่านั้น

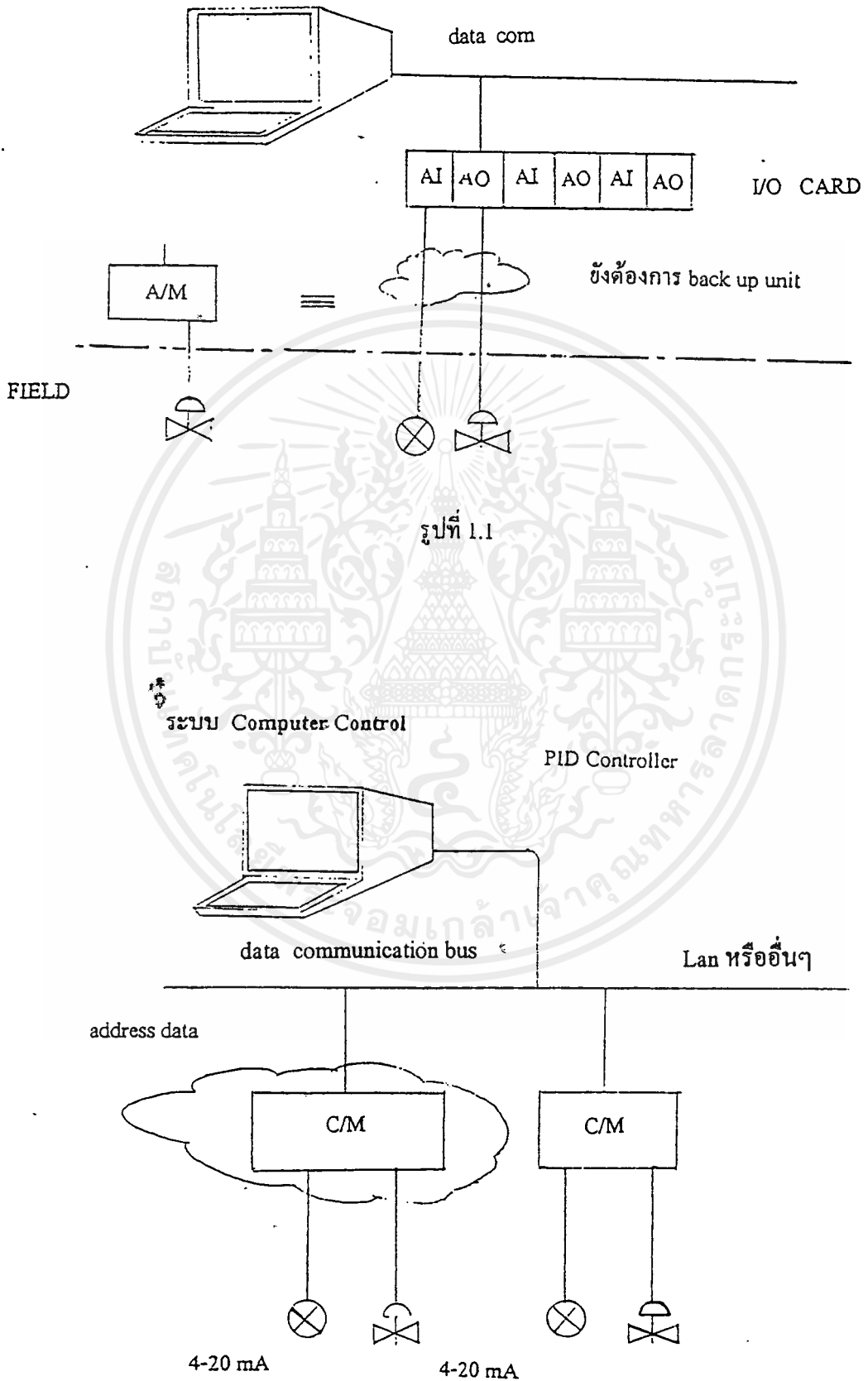
C. ใช้คอมพิวเตอร์ PC ที่เราใช้งานกันอยู่ทั่วไปแทน Operator Console ของ DCS แบบเก่า จึงทำให้การใช้งานสะดวกมากยิ่งขึ้น, ราคาถูก และสามารถนำไป ติดตั้งได้หลายๆ จุด ในกระบวนการผลิต

D. ปรับปรุงให้การทำรายงานการผลิต (Report) อยู่ในระบบมาตรฐานมากขึ้นและสามารถรองรับ Software ที่มีขายในปัจจุบันทั่วไปได้ดีมากขึ้น เช่น Excel, Lotus และอื่นๆ เป็นต้น

ระบบ Software

ได้เปลี่ยนแปลงให้เป็นระบบ Software ที่มีมาตรฐานซึ่งมีใช้กันอยู่ทั่วไป เช่น Window NT เป็นต้น เนื่องจากระบบ DCS ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปตั้งแต่เดิมนั้นจะเป็นลักษณะของใครของมัน การเรียนรู้ระบบ DCS ทั้ง Hardware และ Software จะเป็นเฉพาะของบริษัทนั้นๆ โดยตรง หากแก่การบำรุงรักษา ดังนั้นเมื่อได้ปรับปรุงแก้ไข Software แล้วยังสามารถช่วยลดเวลาในการอบรมพนักงานในการ operate เนื่องจากเป็น Software มาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไปอีกด้วย แต่ระบบนี้ก็ยังคงการระบบ Backup เช่นกัน เนื่องจากการปรับค่า parameter ต่างๆ อาจมาจากจอ CRT หรือเครื่องปรับค่าแบบมือถือ (Handheld Programmer) แต่ถ้าเมื่อใดที่ I/O Card เสียก็จะทำให้ Operator ทำงานไม่ได้เช่นกัน แสดงได้ดังรูปต่อไปนี้

ระบบ DCS ทั่วไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.2 ระบบ computer control

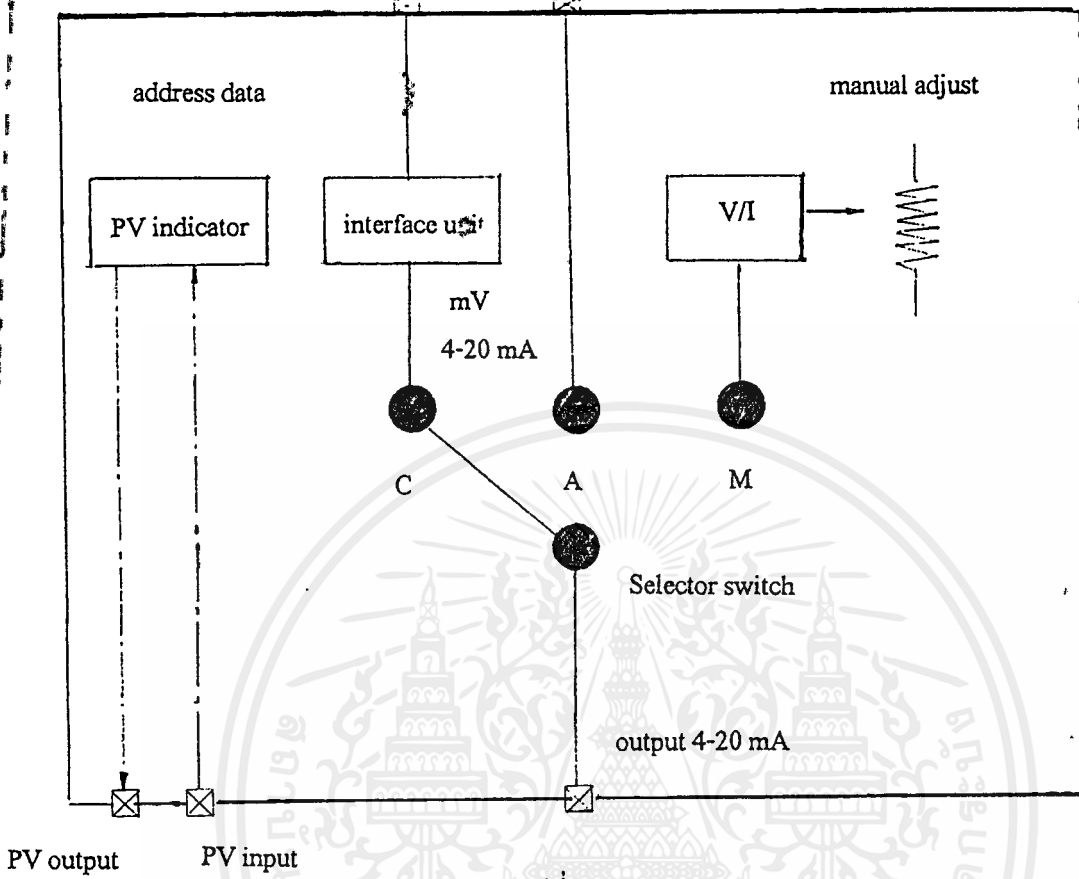
ข้อดีของชุด Backup ที่ทำขึ้นมา

1. สามารถใช้ต่อกับระบบ Software มาตรฐานที่ใช้ Run บน PC computer ในการควบคุม กระบวนการผลิตเล็กๆ สามารถทำได้ง่ายและเป็นการลงทุนที่ต่ำ
2. Backup Station มี 3 Mode การทำงาน คือ M (Manual) mode สามารถตั้งค่า MV ผ่าน ไปยัง final control element และสามารถแสดงค่า PV ที่หน่วยแสดงผล โดยแสดงค่า 0-100% , A (Auto) mode สามารถรับคำสั่งสัญญาณ MV จากเครื่องควบคุมส่งผ่านไปยัง final control element และสามารถแสดงค่า MV ที่หน่วยแสดงผลโดยแสดงค่า 0-100%, C (Communication) mode ใช้สำหรับกรณีเครื่องควบคุมที่ใช้คอมพิวเตอร์ ส่งสัญญาณ ผ่าน data bus มาที่ Backup Station ในส่วนของ Backup Station ก็จะแปลงสัญญาณ Digital เป็นสัญญาณ Analog 4-20 mA อีกที โดยส่วนที่อินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ นั้นใช้มาตรฐานการสื่อสารแบบ RS-485
3. ยังเป็นตัว Backup ให้กับระบบ DCS รุ่นเก่าและรุ่นใหม่ๆ ได้และยังรวมไปถึง Controller (PID) ทั่วๆ ไปได้ด้วย
4. เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ Operator ทำงานได้สะดวกมากขึ้นในการปิด-เปิดวาล์วหรือดูค่า PV ในเหตุการณ์ที่เครื่องควบคุมไม่ว่าจะเป็น DCS หรือตัว Controller เสียหาย
5. ในกรณีที่ใช้ Remote I/O Card เป็นตัวควบคุมนั้น ในการปรับค่า MV ทำให้ยุ่งยากกว่า เนื่องจากต้องใช้ Handheld หรือ Programming Console มาปรับค่าซึ่งไม่ค่อยสะดวกมากนัก ไม่เหมือนกับชุด Backup นี้ แสดงได้ดังรูป 1.4

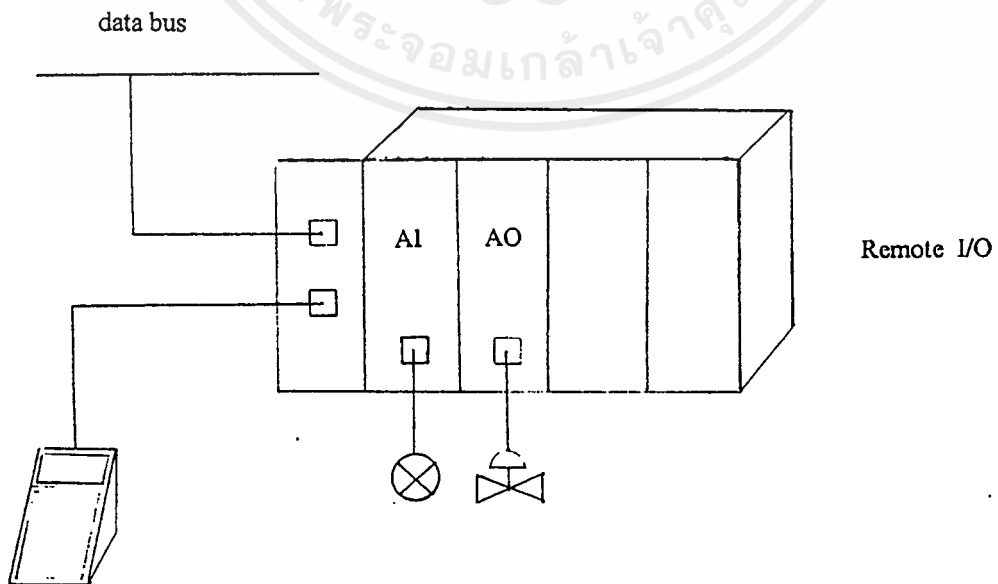
RS 485

ดีดอล

4-20 mA



รูปที่ 1.3



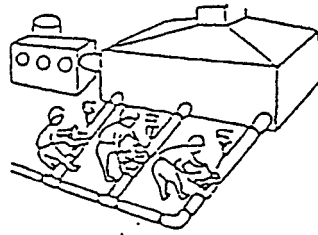
รูปที่ 1.4

Programing Console

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

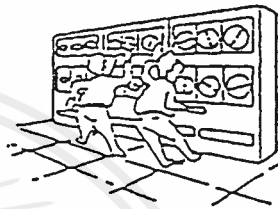
Period of 1930~

- Mechanical Instruments
- Local operations



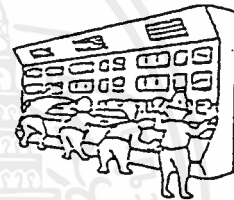
Period of 1940~

- Large Pneumatic Instruments
- Signal transmission



• Period of 1950~

- Small Pneumatic Instruments



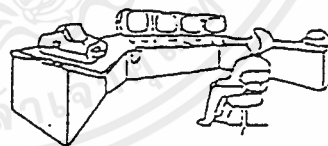
Period of 1960~

- Small Electronic Instruments
- Digital Computer Control

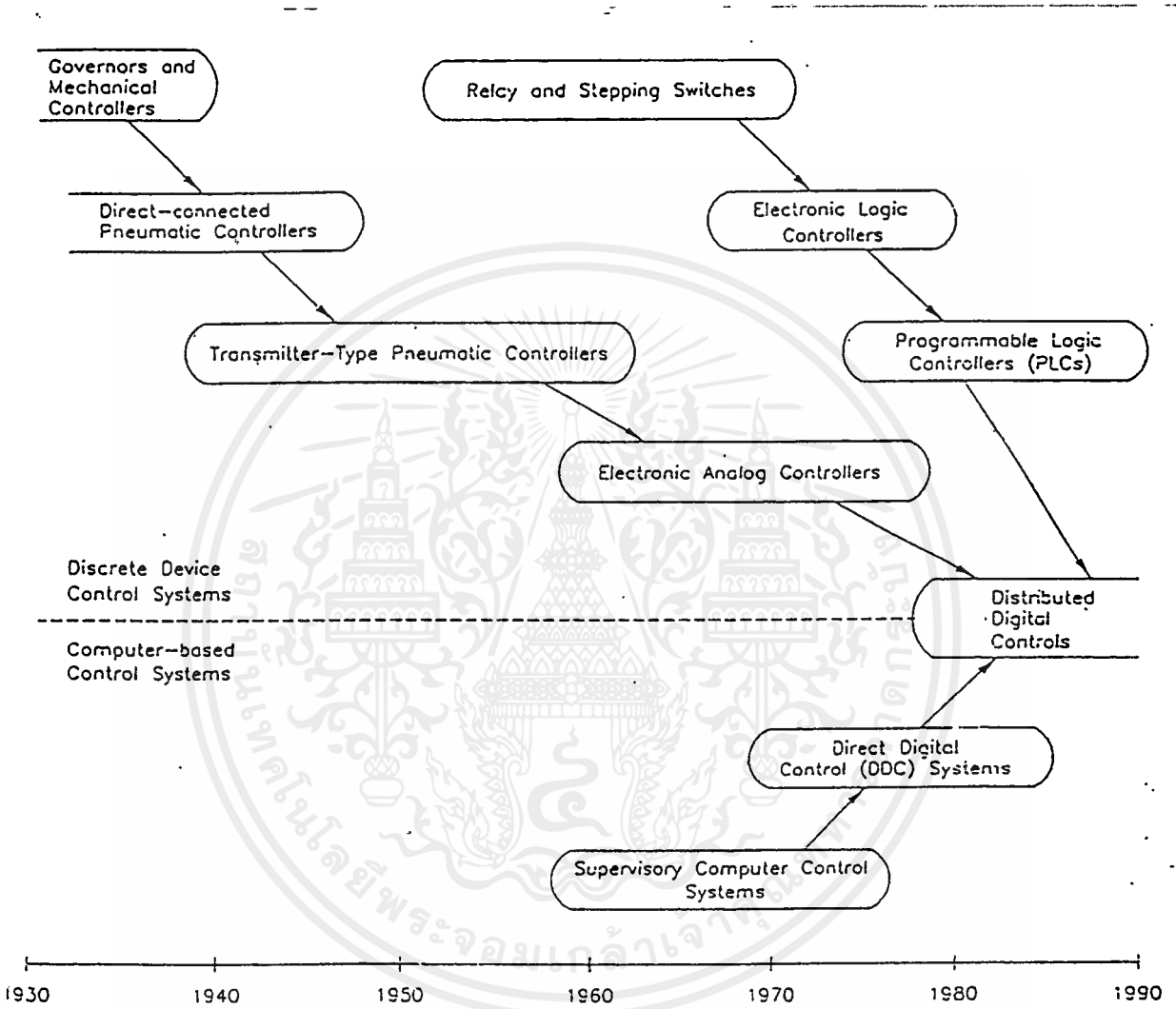


Period of 1975~

- Distributed Control System
- CRT Operation



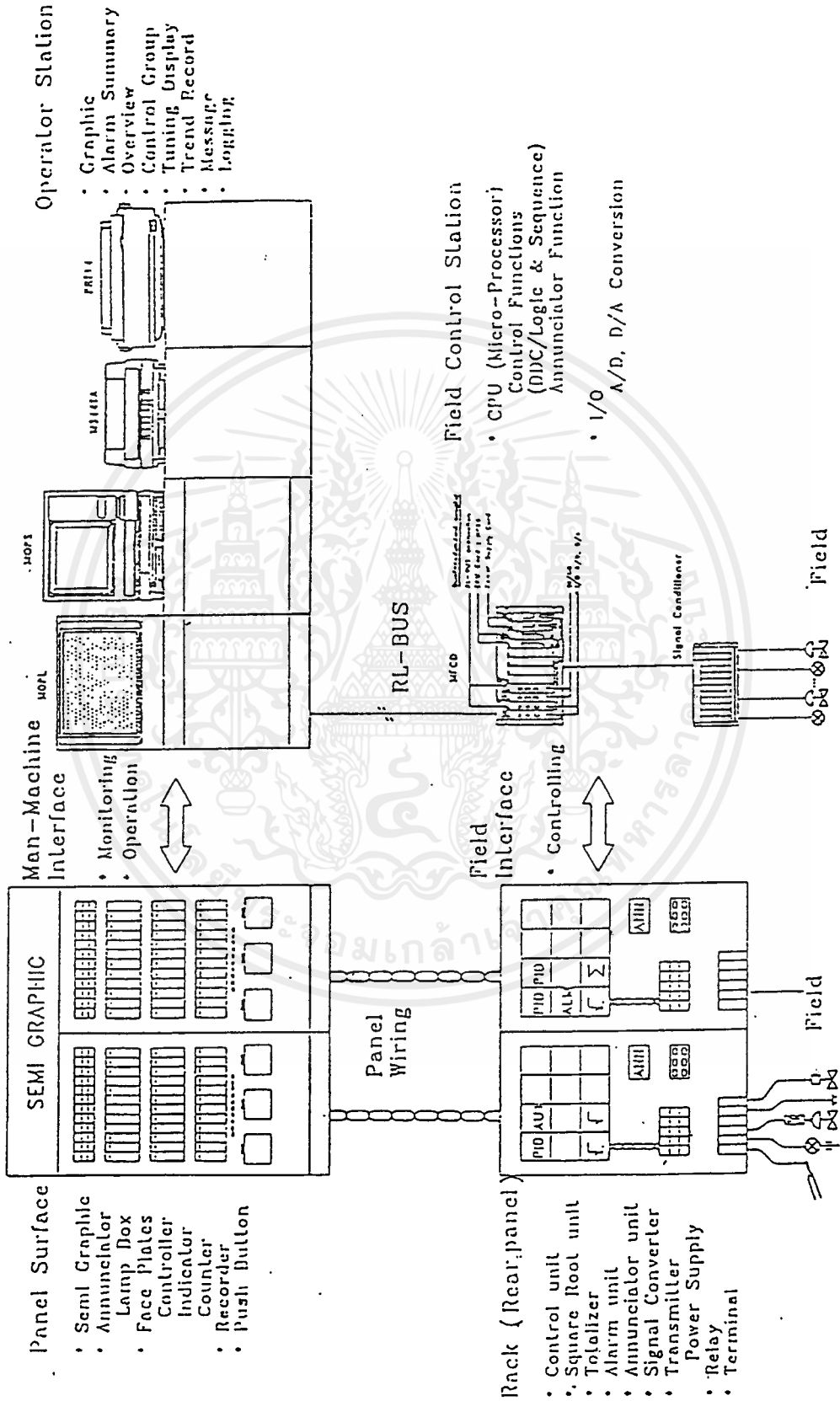
รูปที่ 1.5 วิวัฒนาการของระบบควบคุมอัตโนมัติ



รูปที่ 1.6 แนวโน้มการพัฒนาระบบควบคุมไปสู่ระบบ Distributed Control System

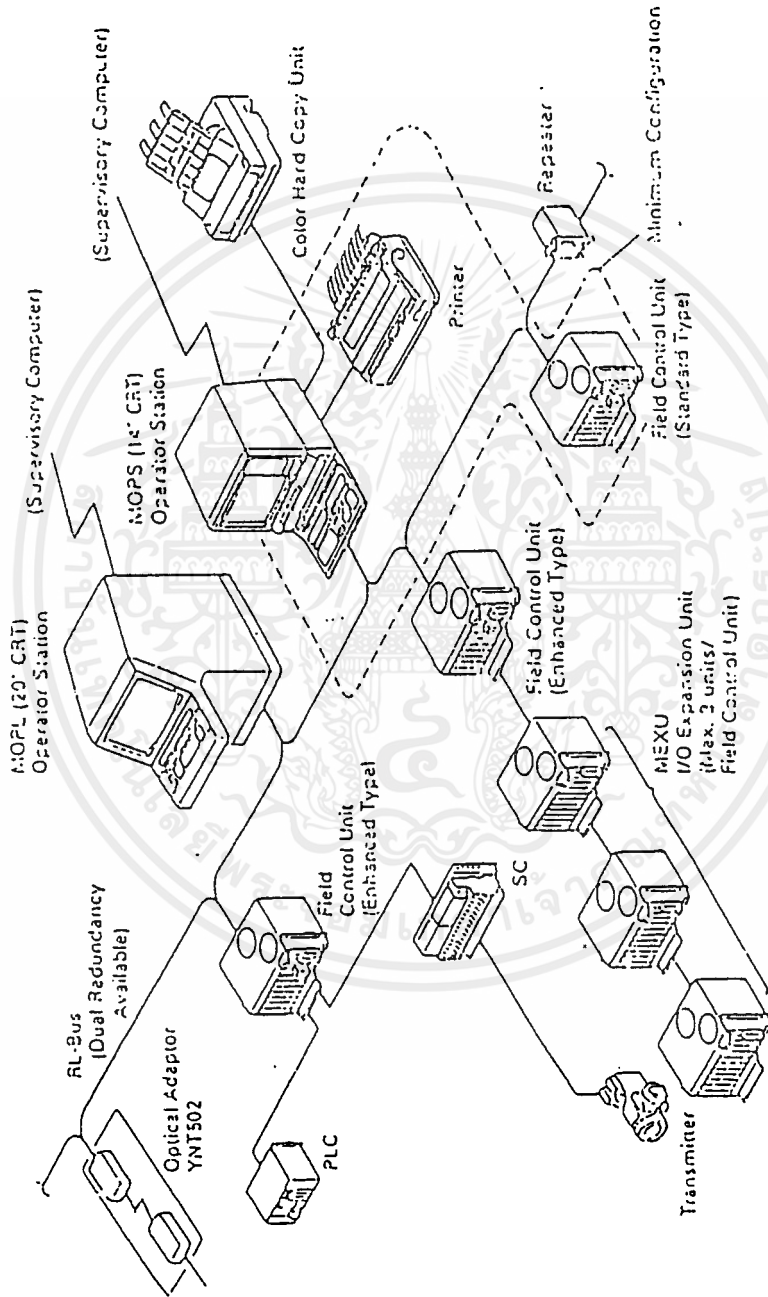
CONVENTIONAL CONTROL SYSTEM

DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM (DCS)

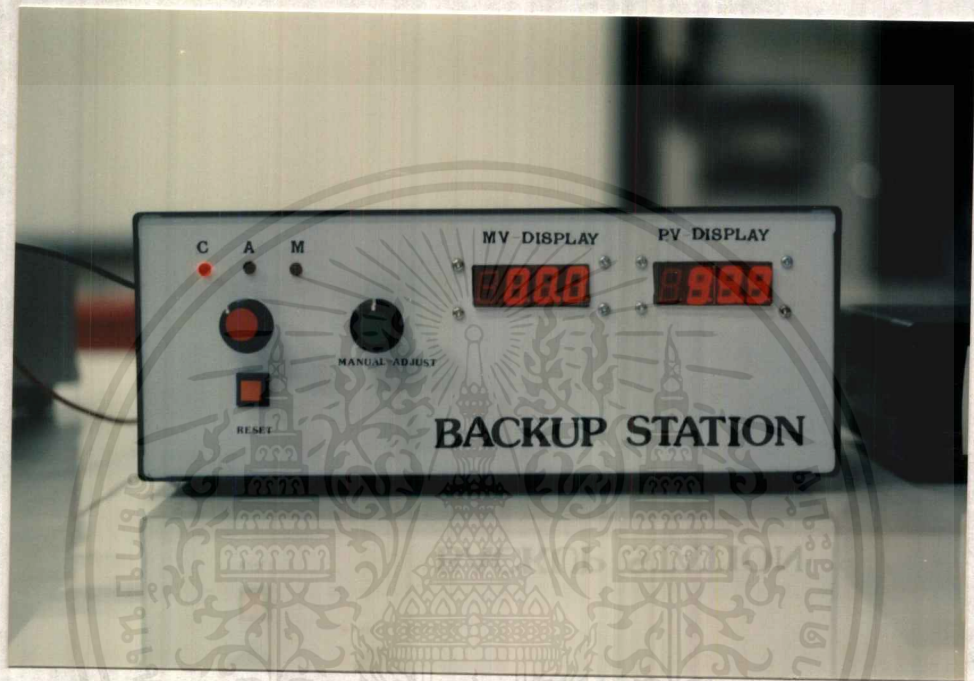


รูปที่ 1.7 Conventional Control System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

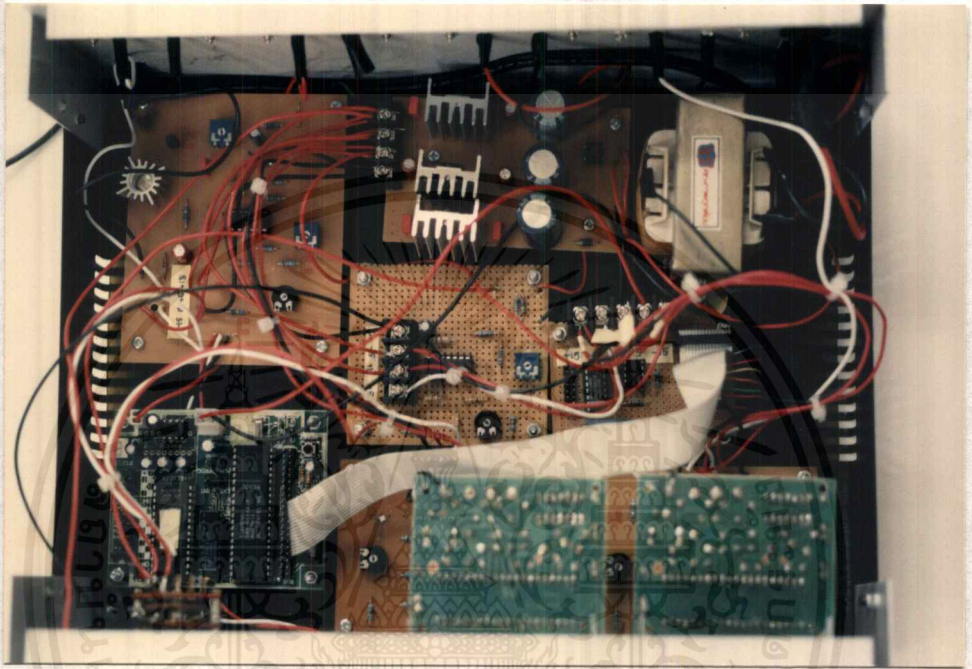


รูปที่ 1.8 ตัวอย่างระบบ DCS ที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม



รูปแสดง BACKUP STATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง การต่อวงจรภายในของ BACKUP STATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

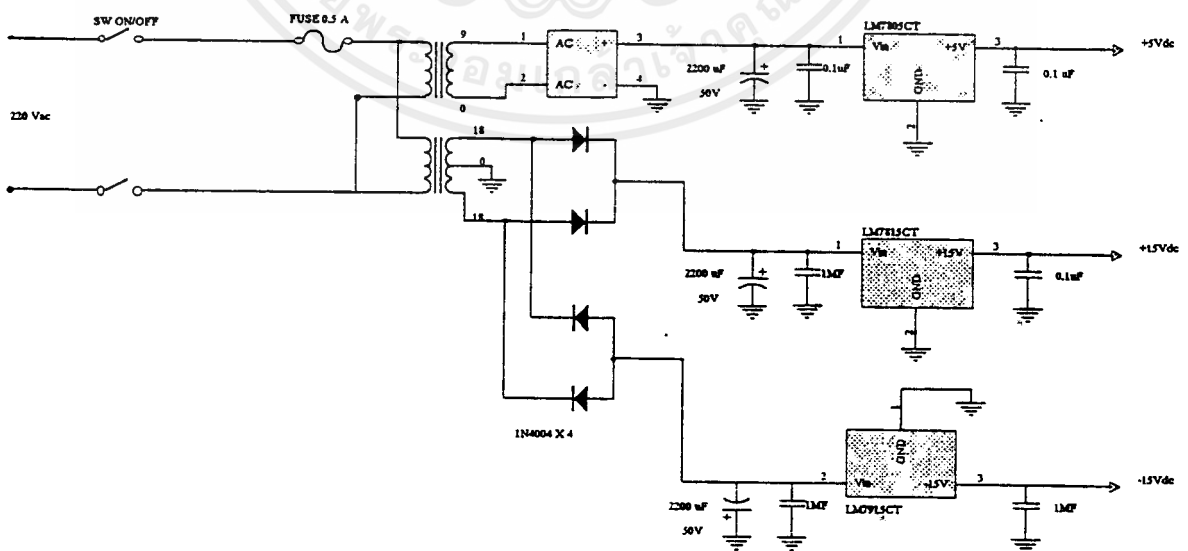
BACKUP STATION นั้นประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งได้แก่

1. V-TO-I CONVERTER
2. PRE-SCALING
3. PV DISPLAY, MV DISPLAY (ดิจิตอล มิเตอร์)
4. INTERFACING UNIT

วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

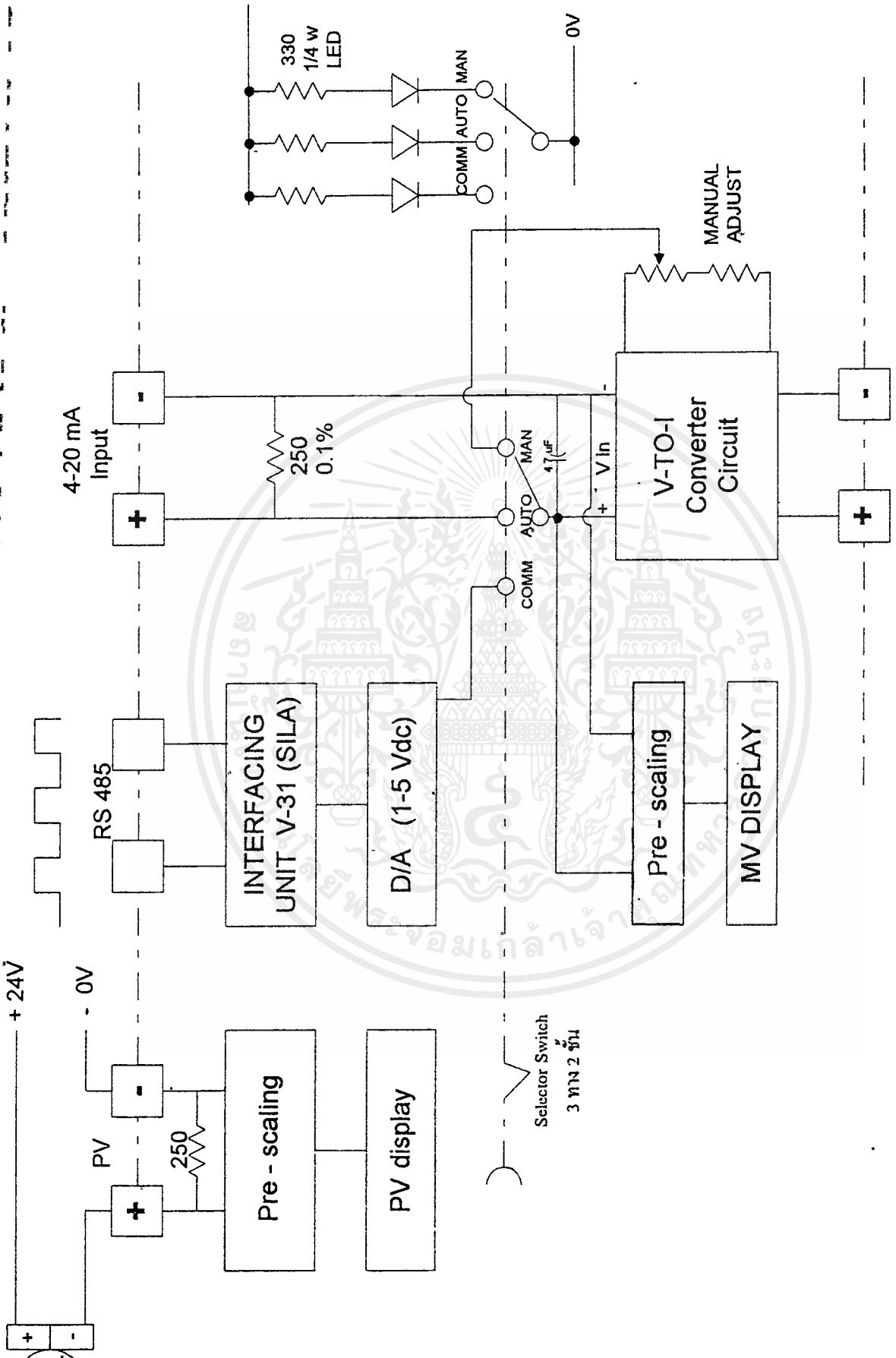
ในการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงชนิดต่างๆ มีตั้งแต่แบบง่ายๆ ไปจนถึงแบบที่มีวงจรรักษาระดับแรงดันให้คงที่ (VOLTAGE REGULATORS) ทั้งแบบใช้ทรานซิสเตอร์จนกระทั่งถึงไอซี จุดมุ่งหมายของการรักษาระดับให้คงที่ก็คือ การรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ ถึงแม้ว่ากระแสของโหลดเอาต์พุต ระดับแรงดันอินพุต หรือทั้งสองอย่างมีการเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม จากรูปที่ 2.1 เป็นวงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ไอซีแบบ 3 ขา ประกอบด้วยขาอินพุตเอาต์พุต และกราวด์ มีตัวเลขบอกชนิดทำให้ทราบคุณสมบัติของตัวมันด้วย ตัวเลขที่พิมพ์อยู่บนตัวถังจะบอกถึงขั้วแรงดันที่ไอซีนั่นให้ มีอยู่ 2 กลุ่มหลักๆ คือ แบบไฟบวก, แบบไฟลบ โดยจะกำหนดตัวเลขเป็น 4 แบบ คือแบบให้แรงดันบวก : 78XX และ LM340NXX, แบบให้แรงดันลบ : 79XX และ LM320NXX (ค่า XX จะระบุถึงระดับแรงดันเอาต์พุต)

จากรูปที่ 2.1 ใช้ไอซี 3 ตัว ดังนี้คือ LM7815CT แรงดันเอาต์พุต +15V, LM7805CT แรงดันเอาต์พุต +5V, LM7915CT แรงดันเอาต์พุต -15V



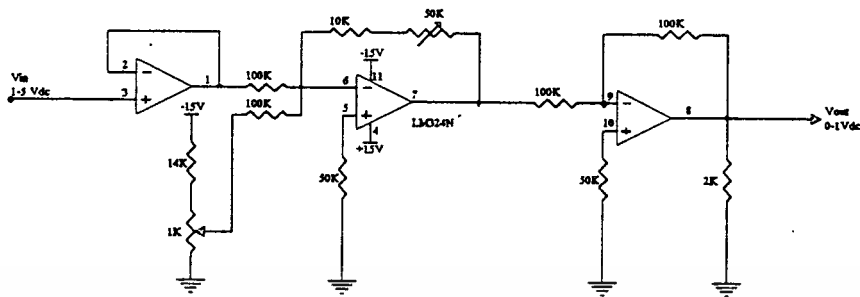
รูปที่ 2.1 แสดงวงจรจ่ายไฟกระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนต่างๆ ของ BACKUP STATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ผู้จัดทำมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงวงจร PRE-SCALING

วงจรเปลี่ยนสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.3 ได้นำแรงดันเอาต์พุตของวงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่มีการรักษาระดับแรงดันให้คงที่ทั้ง 3 ค่าอันได้แก่ +15, -15 และ +5 V มาใช้งานในวงจรส่วนแรกซึ่งประกอบด้วย ไอซี LM324N (มี OPAMP 4 ตัว แต่ในวงจรส่วนแรกนี้ใช้ OPAMP 3 ตัว), ความต้านทานค่าต่างๆ ทั้งแบบธรรมดาและปรับค่าได้, CAPACITOR ทั้งแบบที่มีขั้วและแบบไม่มีขั้ว วงจรในส่วนแรกนี้จะได้อาท์พุทเป็นแรงดันไฟฟ้ามีค่า 1-5 V สามารถทำการปรับแต่งได้โดยการปรับซีโรที่ 5K (ZERO) และสเปนที่ 50K (R-SPAN) โดยใช้แหล่งจ่ายสัญญาณแรงดันที่สามารถปรับได้อย่างต่อเนื่อง (ปรับที่ R 5K ซึ่งต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟ +5V)

วงจรส่วนที่สองเป็นส่วนที่จะแปลงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้า รับค่าแรงดันไฟฟ้า 1 -5 V มาขยายสัญญาณโดยใช้ OPAMP ขับผ่านทรานซิสเตอร์ 2 ตัว คือ 2SC1815 และ 2N3053 ต่อกันแบบคาลิงตัน โดยมีทรานซิสเตอร์ 2SC1815 อีกตัวเป็นตัวตัดกระแสให้ไหลลงกราวด์เมื่อกระแสมีขนาดประมาณ 22 มิลลิแอมป์ โดยมีซีเนอร์ไดโอดทำหน้าที่รักษาแรงดันไม่ให้มีค่าเกิน 13 โวลต์

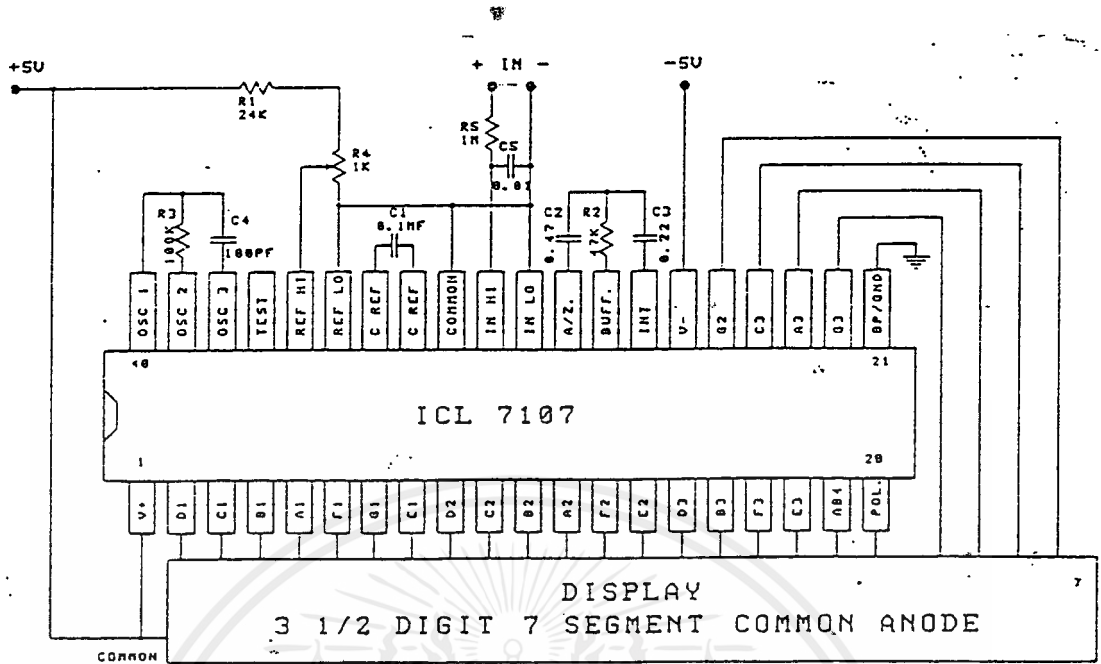
วงจร PRE-SCALING

อินพุทของวงจรเป็นมิลลิแอมป์ เอาท์พุทเป็น 0 - 1 V ใช้ไอซี LM324 N เพราะว่ามี Opamp 4 ตัว วงจรนี้จะรับสัญญาณค่า PV ของ Process ไว้ในกรณีที่เกิดการ fail ขึ้นมาช่วยให้งานการทำงานของระบบสำรองเป็นไปอย่างถูกต้องตรงตามค่า PV ใน Process และทำให้การ Operate

เอกสารแบบ Manual เป็นไปตามความเป็นจริงและถูกต้องเหมาะสมกับกระบวนการไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คิจิตอล มิเตอร์



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้น

ในรูปที่ 2.5 เป็นวงจรเบื้องต้นสำหรับต่อใช้งานอย่างง่าย ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรสามารถพิจารณาได้จาก

การกำหนดย่านวัดสูงสุด

ค่าแรงไฟอินพุทที่จะวัดได้สูงสุดนั้นจะมีค่าเท่ากับ 2 เท่าของแรงไฟ Vref นั่นคือหากเราต้องการวัดสัญญาณอินพุทที่มีความแรงเต็มย่านวัด 200 mV แล้วเราจะต้องปรับให้ Vref มีค่าเท่ากับ 100mV หรือหากต้องการย่านวัดสูงสุด 2 V เราจะต้องปรับให้ Vref เท่ากับ 1 V

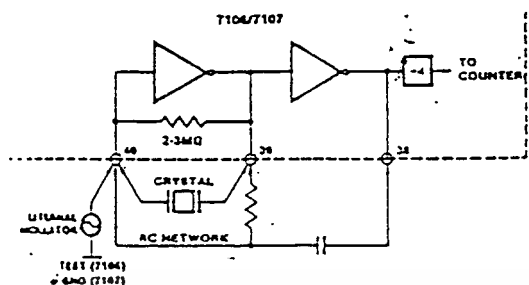
วงจรกำเนิดสัญญาณคล็อก

หัวใจในการทำงานของวงจรคิจิตอลก็คือ สัญญาณคล็อก สำหรับวงจรนี้ความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานคือ 48 KHz และ 40 KHz ซึ่งวงจรกำเนิดสัญญาณคล็อกอาจทำได้หลายรูปแบบ เช่น นำสัญญาณจากวงจรถ่ายความถี่จากภายนอก มาต่อเข้ากับขา 40 โดยตรงหรืออาจใช้คริสตัล ค่าความถี่ที่ต้องการต่อคร่อมระหว่างขา 39-40 ก็ได้

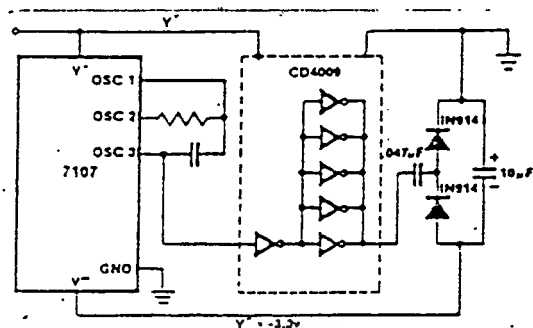
ส่วนวิธีที่ง่ายที่สุดคือ ต่อเป็นวงจร RC ออสซิลเลเตอร์ดังรูปที่ 2.6 และสามารถคำนวณค่า R-C ได้จาก

$$F = 0.45/RC$$

ในการคำนวณเราอาจเปลี่ยนแปลงค่าคาพาซิเตอร์ให้ได้ความถี่ที่ต้องการได้ โดยกำหนดค่า R เท่ากับ 100K และค่าความถี่ 48 KHz จะได้ค่า C เท่ากับ 100 PF



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณคล็อก



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรกำเนิดแรงไหลบ

เรฟเฟอเรนซ์คาปาซิเตอร์ (C_{ref}) ที่ต่ออยู่ระหว่างขา 33-34 นั้นเราใช้ค่า 0.1 MF เป็นอย่างน้อย

อินทิเกรตติ้งรีซิสเตอร์ (R_{int}) ซึ่งต่อที่ขา 28 นั้นจะต้องใช้ค่าที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับย่านวัดสูงสุดที่ต้องการ เช่น ย่านวัด 2 V เราให้ค่า $R = 470 K$ และในวงจรของเราที่กำหนดย่านวัดสูงสุด 200 mV เราจะได้ค่า $R = 47 K$

อินทิเกรตติ้งคาปาซิเตอร์ (C_{int}) ในกรณีที่เราใช้ความถี่ตลอด 48 KHz นั้น ควรใช้ค่า 0.22 MF

ออโตซีโรคาปาซิเตอร์ ($Auto Zero$) เป็นคาปาซิเตอร์ที่ทำหน้าที่ให้วงจรแสดงผลเป็นศูนย์ในขณะที่ไม่มีสัญญาณอินพุท การกำหนดค่า C ขึ้นอยู่กับย่านวัด เช่น ย่านวัด 2 V เราใช้ค่า 0.047 MF และที่ย่านวัด 200 mV เราใช้ค่า 0.47 MF

เพาเวอร์ซัพพลาย โดยปกติแรงไฟที่เลี้ยงวงจรประกอบด้วย ไฟบวก, ไฟลบและกราวด์ ดังนั้นในการใช้งานหากใช้ประจำที่ ท่านก็อาจสร้างวงจรแปลงไฟดังกล่าวได้ไม่ยาก แต่หากท่านต้องการความสะดวกในการใช้งาน ก็อาจเปลี่ยนมาใช้แบตเตอรี่จ่ายไฟบวกให้กับวงจรเพียงด้านเดียวแล้วสร้างวงจรแปลงไฟลบขึ้นใหม่ได้ดังรูปที่ 2.7

การทำงานของวงจรไฟลบอย่างง่าย ๆ ก็คือ การนำเอาสัญญาณคล็อกจากขา 38 ของไอซีมาผ่าน inverter ได้เป็นไฟลบไปเลี้ยง ไอซีที่ขา 26

บทที่ 3

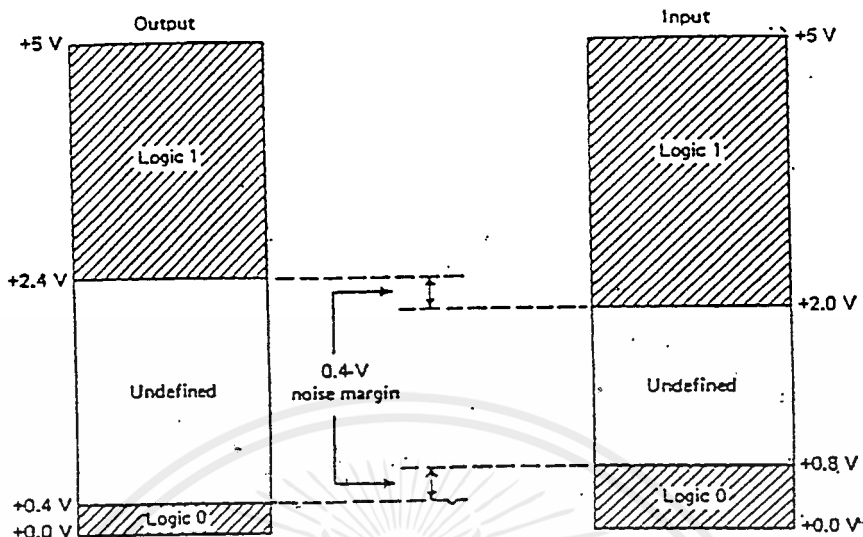
การอินเทอร์เฟส

3.1 มาตรฐานการ Interface

3.1.1 ระดับสัญญาณ TTL (Transister Transister Logic)

โดยทั่วไปข้อมูลจะถูกแทนที่ด้วยเลขฐานสอง ระดับแรงดัน +5 V จะแทนด้วย ลอจิก 1 และระดับแรงดัน 0 V จะแทนด้วยลอจิก 0 การแทนลอจิกด้วยระดับแรงดันเหล่านี้เรียกว่า การแทนระดับสัญญาณของอุปกรณ์ TTL (Transister - Transister Logic) ซึ่งจะใช้ทั่ว ๆ ไปในการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งไปยังอุปกรณ์อีกชิ้นหนึ่งในเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่มันจะไม่เหมาะสมที่จะกำหนดระดับแรงดัน ในการแทนลอจิก 0 หรือ 1 ที่จำเพาะเจาะจงลงไป เป็นค่าเฉพาะเพียงค่าเดียว ดังนั้นระดับแรงดันที่ใช้แทนลอจิก 0 หรือ 1 นั้นจึงถูกกำหนดเป็นพิสัย (Range) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 จากรูปจะเห็นว่าพิสัยของแรงดันที่ส่งจากอุปกรณ์ที่เป็นตัวส่งจะแตกต่าง จากพิสัยของแรงดันที่ถูกรับโดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวรับ นั่นคือ ตัวส่ง (Driver) จะต้องจ่ายแรงดันที่มีระดับสัญญาณต่ำสุดเท่ากับ 2.4 V ในการส่งลอจิก 1 แต่ตัวรับ (Reciever) จะถือวาระดับแรงดันที่มีระดับสัญญาณอยู่ระหว่าง 2.0 ถึง 2.4 V เป็นลอจิก 1 ด้วย สำหรับสาเหตุที่ถือวาระดับสัญญาณในช่วง 2.0-2.4 V เป็นลอจิก 1 ก็เนื่องจากการสูญเสียของสัญญาณระหว่างตัวส่งและตัวรับขึ้น ความคลาดเคลื่อนของระดับแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า "Noise Margin" ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.4 V ไม่ว่าจะเป็กรณีของลอจิก 0 หรือ 1 สำหรับลอจิก 0 ความคลาดเคลื่อนจะเกิดขึ้นหลังจากสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ปนเข้ามาในทางปฏิบัติ ความคลาดเคลื่อนนี้ถูกยอมรับให้ใช้ได้ในการใช้งานทั่วไป

จากรูปที่ 3.1 จะมีระดับแรงดันอยู่ช่วงหนึ่ง เรียกว่า ช่วงการเปลี่ยนสถานะซึ่งไม่อาจระบุได้ว่าสัญญาณในช่วงนั้นเป็นลอจิก 0 หรือ 1 ช่วงของสัญญาณนี้ทางด้านรับจะมีช่วงแคบกว่าทางด้านส่ง ดังนั้นระดับแรงดันที่ใช้แทนลอจิก 0 หรือ 1 จะมีช่วงกว้าง ๆ กว่าด้านส่ง



รูปที่ 3.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของการอินเทอร์เฟสที่ใช้แทนระดับสัญญาณ TTL

ในการส่งข้อมูลภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ เราจะถือว่าระดับสัญญาณที่ใช้ส่งและรับ (ซึ่งใช้ในการแทนระดับสัญญาณแบบ TTL) เป็นแบบอุดมคติ เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

1. กำลังงานที่ใช้และการกระจายความร้อนมีค่าต่ำ
2. สัญญาณที่ใช้เป็นระดับสัญญาณลอจิกแบบ TTL ซึ่งสามารถจ่ายให้แก่ ชิฟไอซี ได้โดยตรงโดยไม่ต้องใช้ Line Driver และวงจรรับข้อมูลที่มีราคาแพง
3. การอินเทอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์ TTL จะทำงานที่ความถี่สูง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการส่งข้อมูลภายในคอมพิวเตอร์

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการสื่อสารข้อมูล ระหว่างอุปกรณ์แต่ละชิ้นที่ไม่ได้อยู่บนเครื่องๆ เดียวกัน เช่น การติดต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ในสำนักงานเดียวกัน เทคนิคที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลภายในเครื่องนั้น ไม่เพียงพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการติดต่อระหว่างเครื่องหรืออุปกรณ์แต่ละชิ้นได้ เราต้องเพิ่มเทคนิคบางอย่างเข้าไปอีกเพื่อให้การสื่อสารระหว่างเครื่องเป็นไปได้อย่างถูกต้อง ปัจจุบันมีเทอร์มินัลบางตัวที่ใช้ระดับสัญญาณแบบ TTL กับคอมพิวเตอร์หลัก ซึ่งถ้าทำการสื่อสารข้อมูลด้วยระดับสัญญาณนี้ ในระยะทางมากกว่า 2-3 ฟุต อาจจะมีปัญหาหรือข้อยุ่งยากบางข้อเกิดขึ้น เนื่องจาก

1. ระดับสัญญาณ TTL มักถูกเหนี่ยวนำจากสัญญาณรบกวนภายนอกได้ง่าย

2. การสูญเสีย (Loss) ไปในสายที่แรงดันของแรงดันของสัญญาณที่ส่งออกไปลดลง ซึ่งมีผลกระทบต่อระดับแรงดัน 0-5 V ของ TTL เพราะอาการสูญเสียระดับแรงดันไปเพียง 2-3 V สามารถทำให้ลอจิกต่าง ๆ ที่ได้รับผิดพลาดไป

การอินเตอร์เฟส

การส่งข้อมูลอยู่เฉพาะภายในเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถกระทำได้ง่าย เนื่องจากเราสามารถคาดเดาสภาพแวดล้อมภายในเครื่องได้ แต่ในการส่งข้อมูลสู่ภายนอก เราไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์และตัวข้อมูล จะต้องพบกับสภาพเช่นไรและจะมีผลกระทบต่อตัวข้อมูลและเครื่องคอมพิวเตอร์อย่างไร ดังนั้นในการออกแบบวงจรจึงมีสิ่งที่จะต้องพิจารณาคือ เราจะต้องหาวิธีในการแยกข้อมูลออกจากสภาพแวดล้อมและสัญญาณรบกวน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีสายส่งข้อมูลระยะยาว สิ่งที่จะต้องพิจารณาอีกสิ่งหนึ่งคือ เราต้องหาวิธีการป้องกันคอมพิวเตอร์จากสภาพแวดล้อมอันไม่พึงประสงค์ด้วย นั่นก็คือเราจะต้องมีตัวอินเตอร์เฟสซึ่งมีหน้าที่เป็นจุดเชื่อมระหว่างคอมพิวเตอร์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก และเนื่องจากอุปกรณ์อินเตอร์เฟสมีหน้าที่คล้ายกับเป็นประตูของเครื่องคอมพิวเตอร์ บางครั้งมันจึงถูกเรียกว่า I/O พอร์ต (I/O port) หรือบางครั้งก็เรียกสั้นๆว่า พอร์ต (port)

การป้องกันอุปกรณ์เป็นเพียงจุดมุ่งหมายหนึ่งในจุดมุ่งหมายหลายๆอย่างของการอินเตอร์เฟส แต่วัตถุประสงค์หลักของการอินเตอร์เฟสก็คือ การใช้อุปกรณ์อินเตอร์เฟสเป็นสื่อกลางในการส่งข้อมูล และวัตถุประสงค์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการอินเตอร์เฟสก็คือความง่ายต่อการใช้งาน หากสามารถสร้างวงจรที่สามารถป้องกันเครื่องคอมพิวเตอร์และข้อมูลได้แต่ใช้งานได้ยาก วงจรอินเตอร์เฟสนี้ก็แทบจะไม่มีประโยชน์เลย เพราะมันไม่ได้เพิ่มความสะดวกต่อผู้ใช้ ในการออกแบบวงจรป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายจากการใช้งานที่ไม่ถูกต้องนั้นทำได้ง่าย แต่การออกแบบวงจรที่ง่ายต่อการใช้งาน จะต้องอาศัยความสามารถอย่างมากทีเดียว

เมื่อสามารถทำการอินเตอร์เฟสได้สำเร็จเราก็สามารถที่จะส่งข้อมูลสู่ภายนอกได้ แต่ก็มีปัญหาใหม่เกิดขึ้นอีก ปัญหาอันแรกที่เราเห็นได้ชัดก็คือ หากต้องมีการส่งข้อมูลในระยะทางไกลค่าใช้จ่ายของสายไฟก็จะต้องสูงมากทีเดียว ในการส่งข้อมูลแบบขนานจะต้องใช้สายไฟถึง 9 เส้นทีเดียว โดย 8 เส้นสำหรับตัวข้อมูลและอีกหนึ่งเส้นเป็นเส้นอ้างอิงของวงจร และโดยทั่วไปแล้วยังต้องมีสายอื่นๆที่ใช้ในการควบคุมการไหลของข้อมูลข้ามอินเตอร์เฟส ใครก็ตามที่ได้เคยทำสายอินเตอร์เฟสแบบขนานมาบ้างแล้วก็คงทราบดีว่า การทำงานกับสายไฟสักราว 30 เส้นนั้นนอกจากจะมีค่าใช้จ่ายสูงแล้วยังมีความยุ่งยากและน่าเบื่ออีกด้วย ปัญหาอีกอย่างหนึ่งของข้อมูลแบบขนานก็คือ คุณสมบัติของบิตกับแรงดัน เวลาที่บิตหรือแรงดันไฟฟ้าใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากหนึ่งเป็นศูนย์นั้นสั้นมากโดยเร็วถึงระดับนาโนวินาที (หนึ่งในพันล้านของวินาที) การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วนี้เป็นส่วนที่สำคัญมากต่อขั้นตอนการส่งข้อมูล เพราะการเปลี่ยนแปลงระหว่างศูนย์และหนึ่งอย่างช้าๆจะไม่ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่านเป็นข้อมูลเลย และเมื่อสายไฟที่ใช้ส่งข้อมูลยาวขึ้น คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสายไฟเช่นค่าความจุไฟฟ้าและค่าความเหนี่ยวนำก็จะจำกัดความเร็วในการเปลี่ยนแปลงระหว่างศูนย์และหนึ่งของบิต ซึ่งอาจทำให้ข้อมูลสูญหายหรือการส่งข้อมูลล้มเหลวได้ ดังนั้นการส่งข้อมูลบนสายยาวอาจเป็นปัญหาได้ถ้าใช้การส่งข้อมูลแบบขนาน

เนื่องจากข้อเสียของการส่งข้อมูลแบบขนานทั้งสองอย่างคือ ค่าใช้จ่ายที่สูงและการสูญหายของข้อมูลทำให้การใช้งานของมันถูกจำกัดอยู่กับเพียงอุปกรณ์ไม่กี่ชนิด เช่นเครื่องพิมพ์ที่อยู่ใกล้กับเครื่องคอมพิวเตอร์และต้องทำงานที่ความเร็วสูง แต่เรายังใช้วิธีส่งข้อมูลแบบขนานนี้ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์เนื่องจากไม่ต้องใช้สายไฟขนาดยาว

เห็นได้ชัดว่าเราต้องการวิธีการส่งข้อมูลที่มีราคาถูกและทนทานกว่านี้ และเพื่อให้สามารถแข่งขันกับวิธีการแบบเก่าได้ วิธีการใหม่นี้จะต้องมีการพัฒนาด้านราคาและขนาดอย่างมาก โดยในขณะเดียวกันก็ต้องสามารถคงความถูกต้องของข้อมูลได้ด้วย

ทางเลือกอีกทางหนึ่งแทนการส่งข้อมูลทุกบิตในเวลาเดียวกันที่ใช้สายไฟหลายเส้นก็คือการส่งข้อมูลที่ละบิตและข้อมูลถูกต่อรวมเข้าเป็นไบนารีใหม่ ด้วยวิธีการส่งข้อมูลที่ละบิตนี้ทำให้เราสามารถใส่สายไฟเพียงสองเส้นในการส่งข้อมูลซึ่งช่วยทำให้เราสามารถประหยัดค่าสายไฟได้มาก ซึ่งมีชื่อเรียกว่า การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

น่าเสียดายที่วิธีการส่งข้อมูลแบบใหม่นี้แม้จะช่วยเราประหยัดค่าใช้จ่ายได้ แต่ก็ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงไปด้วย เพราะการส่งข้อมูลด้วยวิธีการนี้ต้องใช้เวลานานขึ้นอย่างน้อยแปดเท่าของการส่งข้อมูลแบบขนาน แต่โชคดีที่ความเร็วที่ลดลงไปนี้ยังไม่ถือว่าเป็นขีดจำกัดที่สำคัญมากนักสำหรับการใช้งานทั่วไป หากพิจารณาที่อุปกรณ์ทั่วไปจะพบว่าลักษณะป้องกันที่น่าสนใจก็คือ อุปกรณ์ส่วนใหญ่ทำงานช้ามาก เมื่อเทียบกับความเร็วในการทำงานภายในไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์แต่ละตัวมีขั้นตอนการทำงานที่กินเวลานาน ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเป็นกระบวนการทางกลไก ที่เป็นตัวจำกัดความเร็วของเครื่องลงไปอย่างมาก ดังนั้นความเร็วที่ได้มาจากการส่งข้อมูลแบบขนานจะเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ เมื่อนำมาใช้กับอุปกรณ์ประเภทนี้ ดังนั้นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม สามารถนำมาใช้งานได้แม้ว่าอัตราเร็วของการส่งข้อมูลจะลดลงแต่ก็ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ประเภทนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อเสียจากความเร็วที่ลดลงไปไม่อาจเทียบได้กับผลพวง ที่ได้จากคุณภาพการส่งและระยะทางการส่งข้อมูลที่เพิ่มขึ้น

มาตรฐานการอินเตอร์เฟซ RS-232

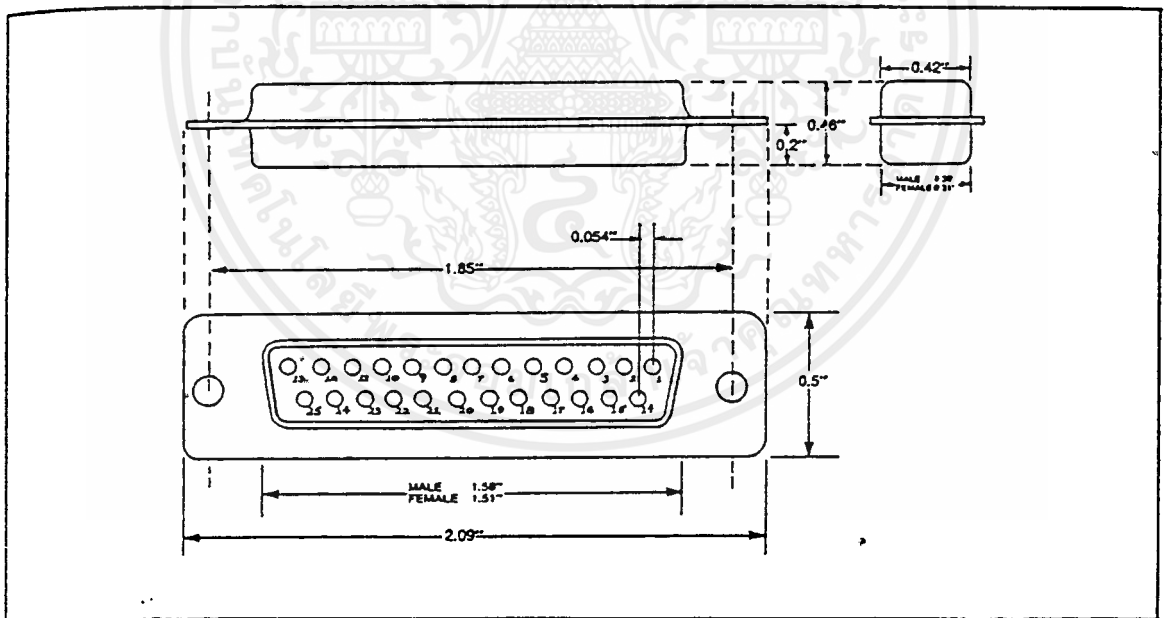
จากเหตุผลที่ได้อธิบายจะเห็นได้ว่า เรามีความจำเป็นที่จะต้องมีมาตรฐานการรับส่งข้อมูลในปี 1966 EIA (Electronic Industries Association) ห้องวิจัย Bell และบรรดาผู้ผลิตอุปกรณ์สื่อสารได้ร่วมกันจัดตั้งมาตรฐาน EIA RS-232 ซึ่งต่อมาไม่นานนัก ก็ได้มีการปรับปรุงแก้ไขอีกเล็กน้อย กลายเป็น RS-232C และเมื่อไม่นานมานี้ก็ได้ออกมาตรฐาน RS-232D และยังมีมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คล้ายกันซึ่งออกโดยองค์กรระหว่างประเทศคือ Consultative Committee on International Telegraphy and Telephony (CCITT) เพื่อให้เราสามารถเข้าใจเกี่ยวกับการอินเตอร์เฟส RS-232 ได้ดียิ่งขึ้น เราควรทำความเข้าใจกับวัตถุประสงค์หลักของ RS-232 ก่อนซึ่งแสดงไว้อย่างชัดเจนในหัวข้อของเอกสารคือ

Interface Between Data Terminal Equipment and Data Communication Equipment Employing Serial Binary Data Interchange (การอินเตอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์เทอร์มินัลและอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลที่ใช้วิธีการแลกเปลี่ยนข้อมูลไบนารีแบบอนุกรม) ในเอกสารนี้ประกอบด้วยส่วนต่างๆ 4 ส่วน ได้แก่

- 1) คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ (Electrical Signal Characteristics) ในส่วนนี้อธิบายถึงรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าที่แสดงถึงตรรกะ 0 และ 1 ก็จะมีกำหนดไว้ในส่วนนี้ด้วย
- 2) คุณสมบัติทางกลไกทางอินเตอร์เฟส : คอนเนกเตอร์ (Interface Mechanical characteristics : Connector) ในหัวข้อนี้กำหนดว่าตัวอินเตอร์เฟสประกอบด้วยส่วนที่เป็นปลั๊ก (plug) และเต้าเสียบ (receptacle) และมีการเพิ่มข้อกำหนดคอนเนกเตอร์ DB-25 เข้าไว้ในมาตรฐานด้วย รายละเอียดของคอนเนกเตอร์ได้แสดงไว้ดังรูป 3.2



รูป 3.2 แผนภาพคอนเนกเตอร์ DB-25

- 3) หน้าที่การทำงานของวงจรแลกเปลี่ยน (Functional Description of Interchange circuit) ในส่วนนี้กำหนดหน้าที่และตั้งชื่อให้กับสัญญาณไฟฟ้าต่างๆที่นำมาใช้ตัวอย่างเช่น TRANSMITTED

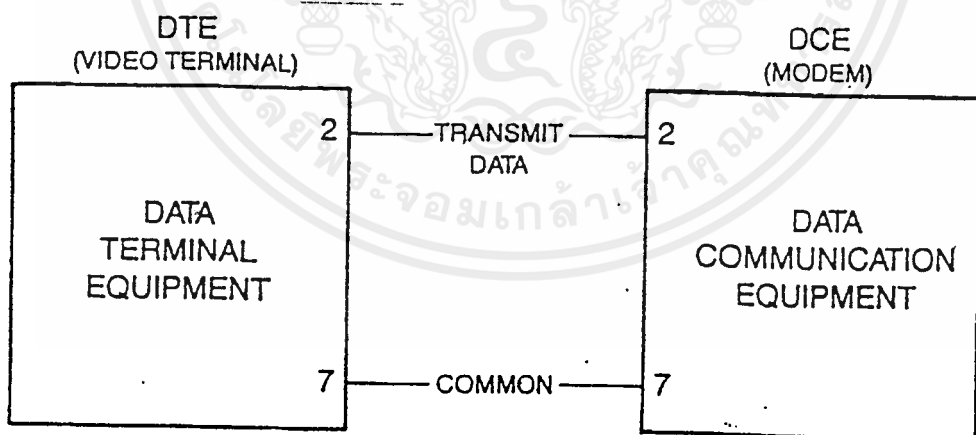
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA (ข้อมูลส่งออก) ได้ถูกกำหนดไว้ให้กับขา 2 ซึ่งข้อกำหนดนี้มีมากถึง 21 ข้อแต่มีเพียงไม่กี่ข้อที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอมพิวเตอร์

4) มาตรฐานการอินเทอร์เฟซสำหรับระบบการสื่อสารเฉพาะอย่าง (Standard Interface for Selected Communication System Configuration) ในส่วนนี้เป็นรายละเอียดต่างๆสำหรับการติดต่อระหว่างโมเด็มกับเทอร์มินัลทั่วไป

พื้นฐานการอินเทอร์เฟซ RS-232

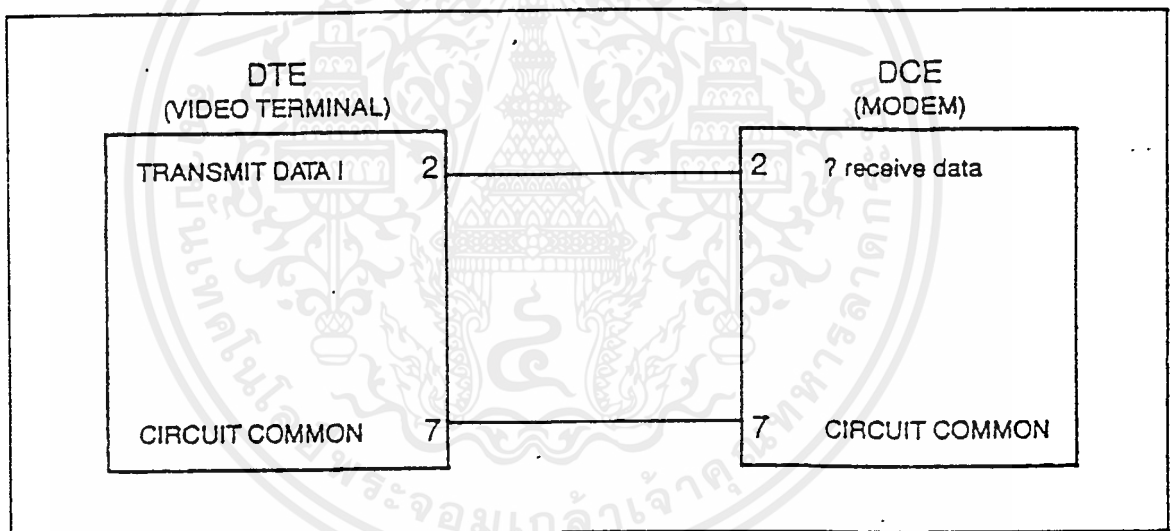
จากการพิจารณาโครงสร้างเบื้องต้น การอินเทอร์เฟซ RS-232 จะประกอบด้วยเส้นสายไฟเพียงสองเส้น โดยเส้นหนึ่งเป็นเส้นสำหรับส่งข้อมูลและอีกเส้นหนึ่งเป็นเส้นสำหรับอ้างอิงระดับแรงดันของวงจรอินเทอร์เฟซ (circuit common) ในส่วนแรงดันอ้างอิงนี้มักมีผู้เข้าใจไขว่คว้าว่าเป็นสิ่งเดียวกับกราวด์ซึ่งที่จริงแล้ววงจรอินเทอร์เฟซใช้สิ่งนี้อ้างอิงกับระดับแรงดันของวงจร ฟังจำไว้เสมอว่าขาอ้างอิงแรงดัน (ขา 7) ในวงจรอินเทอร์เฟซเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ไม่ว่าวงจรนั้นจะซับซ้อนหรือง่ายดายนะ หากเราเริ่มด้วยการต่อขาอ้างอิงแรงดันนี้เราก็ไม่ต้องมาพะวงกับเรื่องนี้อีกต่อไป



รูป 3.3 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานการอินเทอร์เฟซทั่วไป

จากรูป 3.3 แสดงอุปกรณ์การอินเทอร์เฟซโคโคซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ DTE (Data Terminal Equipment)เบื้องต้น ซึ่งเป็นตัวเทอร์มินัลที่ประกอบด้วยคีย์บอร์ดและจอมอนิเตอร์ ตัวเลขที่แสดงภายในอุปกรณ์แสดงหมายเลขของตัวคอนเนกเตอร์ของอุปกรณ์ DCE (Data Communication Equipment) ดังเดิมซึ่งก็คือโมเด็มนั่นเอง

หากเราพิจารณาตามรูป เราจะพบว่าข้อมูลที่ถูกส่งออกจากขา 2 ของอุปกรณ์ DTE จะรับเข้าไปยังอุปกรณ์ DCE ทางขา 2 เช่นเดียวกัน โดยข้อมูลที่รับได้ที่ขาของ DCE จะเป็นข้อมูลเดียวกับที่ปรากฏบนขา 2 ของตัวมันเองหรืออีกนัยหนึ่งวลี “Transmit Data” มิได้มีส่วนในการกำหนดว่าอุปกรณ์ใดเป็นตัวต้นทางหรือปลายทางนี้ ขึ้นอยู่กับมุมมองที่เราพิจารณาเราอาจกำหนดชื่อของขาคอนเนกเตอร์ไว้ในตัวอุปกรณ์ได้ดังรูป 3.4

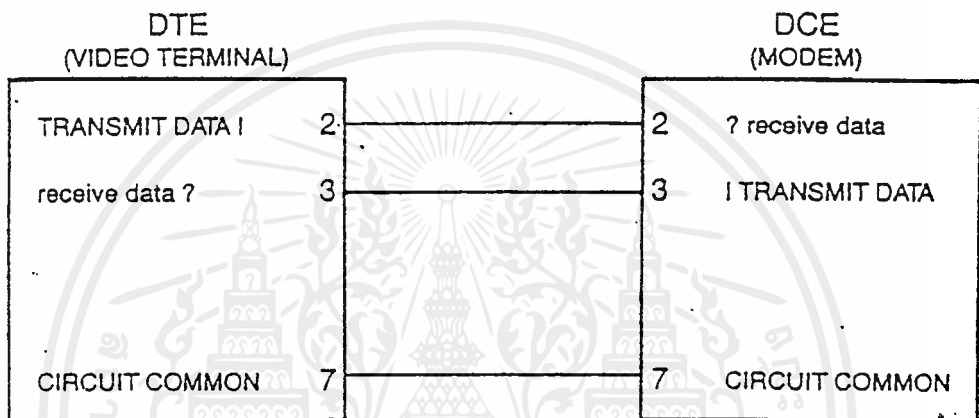


รูป 3.4 อุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE เป็นคู่มืออุปกรณ์ร่วมที่ทำงานตรงข้ามกัน

รับส่งข้อมูลสองทิศทาง

จากรูป 3.4 เมื่อเทอร์มินัลรับรู้ข้อมูลจากคีย์บอร์ดแล้วและส่งต่อไปยังโมเด็ม โมเด็มจะทำการส่งข้อมูลต่อออกไปทางสายโทรศัพท์เราจะเห็นได้ว่า ทั้งเทอร์มินัลและโมเด็มสามารถเป็นได้ทั้งอุปกรณ์ส่งและรับข้อมูล และยังสามารถส่งและรับข้อมูลในทิศทางตรงข้ามได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่น

เมื่อโมเด็มรับสัญญาณจากทางโทรศัพท์ก็จะทำการส่งต่อไปให้เทอร์มินัล เมื่อเทอร์มินัลได้รับข้อมูลจากโมเด็มก็จะแสดงผลขึ้นที่หน้าจอโมเด็ม เราจึงสามารถแทนการทำงานดังกล่าวดังแสดงในรูป 3.5



รูป 3.5 อุปกรณ์สามารถส่งและรับข้อมูลได้สองทิศทาง

ความแตกต่างระหว่างอุปกรณ์ DTE และ DCE ที่เราเห็นเบื้องต้นมีดังนี้

DTE ส่งเอาท์พุททางขา 2 และรับอินพุททางขา 3

DCE ส่งเอาท์พุททางขา 3 และรับอินพุททางขา 2

ในการเผชิญปัญหาทางการอินเตอร์เฟสนี้ ไม่ว่าจะง่ายคายนหรือว่าซับซ้อนเพียงใด เราจำเป็นต้องเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบทิศทางของสัญญาณข้อมูลที่ขา 2 และ 3 เป็นอันดับแรก

การแฮนด์เชค

สำหรับการอินเตอร์เฟสครั้งแรกที่ขาดไม่ได้คือ วิธีการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ 2 ตัวให้สัมพันธ์กัน ในการรับส่งข้อมูลในช่วงเวลาและใช้สัญญาณที่เหมาะสม ซึ่งก็คือกระบวนการแฮนด์เชค (Handshaking) นั่นเอง การแฮนด์เชคแบ่ง ได้เป็น 2 ประเภท คือการแฮนด์เชคทางฮาร์ดแวร์ และ การแฮนด์เชคทางซอฟต์แวร์

การแฮนด์เชคทางซอฟต์แวร์ (software handshaking) เป็นวิธีการหนึ่งในการควบคุม การทำงานของอุปกรณ์รับข้อมูล โดยผ่านสัญญาณควบคุมไปพร้อมกับข้อมูลที่องค์การส่ง ตัวอย่าง เช่น ในการพิมพ์ข้อความทางเครื่องพิมพ์ คอมพิวเตอร์จะส่งข้อความที่ละบรรทัด และเมื่อสิ้นสุดแต่ละบรรทัด มันจะแทรกอักขระควบคุมแสดงว่าสิ้นสุดบรรทัด (end-of-line) เพื่อแจ้งเครื่องพิมพ์ว่าขณะนี้เครื่องคอมพิวเตอร์กำลังรอสัญญาณตอบกลับอยู่ก่อนจะส่งข้อมูลบรรทัดถัดไป และเมื่อเครื่องพิมพ์รับข้อมูลเข้ามาและพิมพ์ไปจนจบบรรทัดก็จะส่งข้อมูลไปบอกคอมพิวเตอร์ว่ามันพร้อมจะรับข้อมูลบรรทัดใหม่แล้ว ซึ่งเพียงเท่านี้เราก็สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องพิมพ์ได้ แต่ในความเป็นจริงแล้วเครื่องพิมพ์บางรุ่นไม่สามารถแยกอักขระควบคุมออกจากข้อความที่ส่งมาได้

ในทางตรงกันข้ามการแฮนด์เชคทางฮาร์ดแวร์ (Hardware handshaking) สามารถควบคุมเครื่องพิมพ์ได้ตั้งแต่ระดับฮาร์ดแวร์ โดยใช้การเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันในสายสัญญาณควบคุมเป็นตัวระงับไม่ให้คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณเข้ามาอีก ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงการใช้รหัสหรือโปรแกรม แต่การแฮนด์เชคทางฮาร์ดแวร์นั้นมีข้อจำกัดคือ จำเป็นต้องมีสายสัญญาณควบคุมต่างหาก สำหรับงานนี้โดยเฉพาะทำให้วิธีนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการอินเตอร์เฟซกับโมเด็ม ตัวอย่างการแฮนด์เชคแสดงไว้ดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงสัญญาณควบคุมที่ไม่มีข้อมูลเข้ามาเกี่ยวข้อง

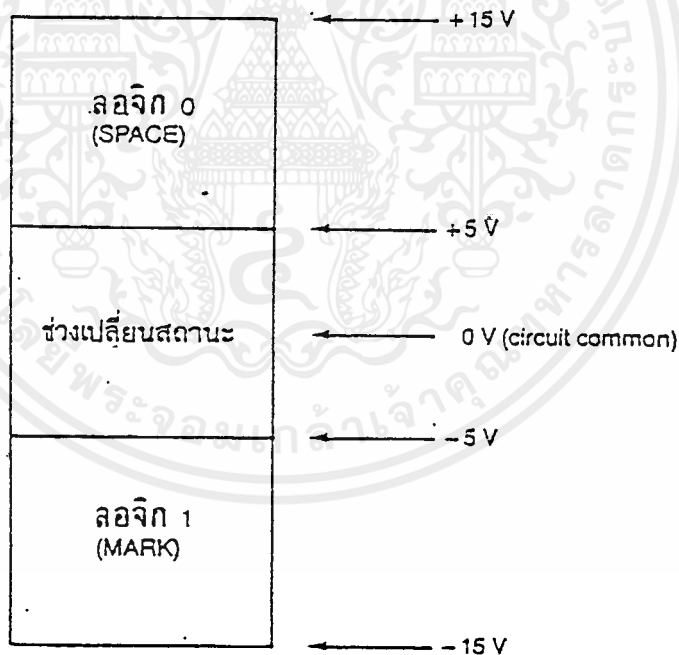
จากรูป 3.6 สัญญาณการอินเทอร์เฟซถูกแบ่งเป็นสองประเภท คือ สัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุมเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ สัญญาณข้อมูลก็คือ สัญญาณที่เป็นอักษรข้อมูลหรือข้อความที่ต้องการรับส่งจริง ส่วนสัญญาณควบคุมจะหมายถึงสัญญาณอื่นๆที่เหลือทั้งหมด

3.3 มาตรฐานสัญญาณไฟฟ้า

มาตรฐาน RS-232 มีการกำหนดสถานะทางไฟฟ้าเป็นของตัวเอง โดยแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานจะอยู่ในช่วง $+25$ ถึง -25 V โดยขึ้นอยู่กับสภาวะต่าง ๆ กัน โดยปกติอุปกรณ์คอมพิวเตอร์มักจะนิยามค่าของ ลอจิกจากขนาดของแรงดัน แต่สำหรับในมาตรฐาน RS-232 กำหนดเป็นระดับสัญญาณลอจิกแทน หมายความว่าแรงดันที่เป็นบวก และลบจะเป็นตัวกำหนดสัญญาณลอจิกนั้นๆ

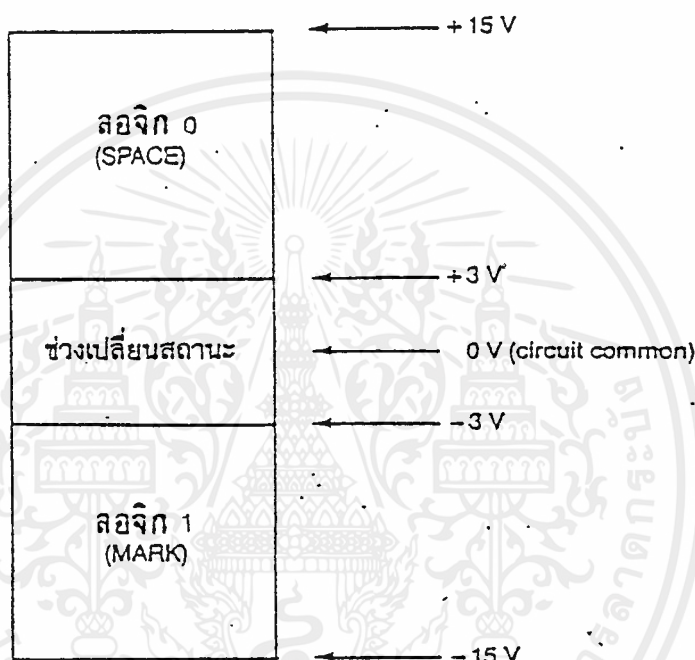
3.3.1 ค่าจัดความของสัญญาณลอจิก

การส่งข้อมูลจากวงจรรีโมตเฟส แรงดันบวกจะแทนด้วยลอจิก “0” ในขณะที่แรงดันลบแทนด้วย “1” หากต้องการที่จะใช้การอินเทอร์เฟซเพิ่มเติมต้องเข้าใจถึงรายละเอียดของความสัมพันธ์นี้ในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ค่าจำกัดความสัญญาณลอจิกที่เอชท์ทูท RS - 232

ถ้าสังเกตสัญญาณลอจิกที่กลับกันให้ดี คือ แรงดันลบแทนด้วย ลอจิก “1” และแรงดันบวกแทนด้วยลอจิก “0” เพื่อให้แน่ใจว่า “0” แรงดันไฟที่เอาท์พุทจะต้องอยู่ในช่วง +5 V ถึง +15 V ในทำนองเดียวกันลอจิก “1” แรงดันเอาท์พุทอยู่ในช่วง -5V ถึง -15 V สำหรับช่องว่าง หรือ dead-band ที่อยู่ในช่วง +5V ถึง -5V เรียกว่า ช่วงเปลี่ยนสถานะ (Transition Region) เป็นจุดที่ไม่สามารถกำหนดสัญญาณลอจิกได้ซึ่งหมายความว่า แรงดันเอาท์พุทในช่วง +5V ถึง -5V อาจเป็นได้ทั้งลอจิก “0” หรือ “1” ก็ได้ รูปที่ 3.8 แสดงคำจำกัดความของสัญญาณลอจิกที่อินพุท



รูปที่ 3.8 คำจำกัดความสัญญาณลอจิกที่อินพุทของ RS - 232

ข้อแตกต่างระหว่างคำจำกัดความสำหรับอินพุทกับเอาท์พุท คือ ความกว้างของช่วงเปลี่ยนสถานะ (Transition Region) โดยช่วงที่ไม่สามารถกำหนดสัญญาณ ลอจิกได้ของอินพุทกว้าง 6V (จาก +3 V ถึง -3 V) ในขณะที่เอาท์พุทกว้างถึง 10 V (จาก +5 V ถึง -5 V) ซึ่งความแตกต่างนี้มีความสัมพันธ์มากทีเดียว

3.3.2 ช่วงการยอมรับสัญญาณรบกวน

ความแตกต่างระหว่างคำจำกัดความของแรงดันต่ำสุด ที่วงจรต่ำสุดยอมรับได้ เรียกว่า ช่วงการยอมรับสัญญาณรบกวน (Noise Margin) หมายความว่า วงจรยอมให้มีสัญญาณรบกวนจากเอาท์พุทสู่อินพุทได้โดยไม่ส่งผลต่อสัญญาณลอจิกที่อินพุท ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้มีประโยชน์มากใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่จำเป็น ต้องเดินสายข้อมูลผ่านอุปกรณ์ที่เป็นตัวสร้างสัญญาณรบกวน เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า ฟลูออเรสเซนต์ วงจรรีไฟ และอุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ

ส่วนต่างระหว่างช่วงเปลี่ยนสถานะอินพุตและเอาต์พุต นอกจากจะทำหน้าที่เป็นช่วงขอมรับสัญญาณรบกวนแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นช่วงปลอดภัย (Safety Margin) ด้วย โดยการให้แรงดันเพื่อสำหรับแรงดันที่ตกคร่อมสายเคเบิล ทำให้อุปกรณ์สามารถรับแรงดันที่ลดลงจากเอาต์พุตได้ถึง 2V โดยข้อมูลไม่ตกเข้าสู่ช่วงที่กำหนดสัญญาณลจิกไม่ได้ของอินพุต

เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Voltage) สูญเสียไปน้อยมาก ในสายเคเบิลจนสามารถตัดทิ้งไปได้ แม้ในสายขนาดยาว ๆ ดังนั้น มาตรฐาน RS-232 จึงมีข้อกำหนดสำหรับสัญญาณควบคุม น้อยกว่าสัญญาณข้อมูลเนื่องจากสัญญาณควบคุม และสัญญาณแฮนด์เชคเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

3.3.3 ความเร็วและระยะทางในการส่งข้อมูล

ในขณะที่ความเร็วในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำบนสายเคเบิลจะมีผลต่อข้อมูลมากขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่ลดลงนี้เป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็นผลของความถี่สูง (High Frequency Effect) จะแปรผันโดยตรงกับความยาวของสายเคเบิล ด้วยเหตุที่ระดับของสัญญาณลดต่ำลงเนื่องจากการสูญเสีย แรงดันไฟฟ้านี้ ทำให้ความยาวของสายเป็นตัวกำหนดความเร็วในการส่งข้อมูลโดยตรง

ใช้สายเคเบิลได้ยาวเท่าไรนั้น EIA ได้จำกัดค่าความจุรวมของสายเคเบิลไว้ที่ 2,500 พิโกฟาร์ัด เนื่องจากค่าเฉลี่ยความจุของสายเคเบิลคือ 40-50 พิโกฟาร์ัด ต่อฟุต ดังนั้นสายเคเบิลที่ยาวที่สุดที่เป็นไปได้คือ ประมาณ 50 ฟุต

ในการทดลองใช้สายชนิด 3 ตัวนำ 22 AWG ยาว 250 ฟุต จำนวน 11 เส้น และไม่มีกรป้องกันสัญญาณรบกวนนำมาต่อเข้ากับพอร์ต RS - 232 ของคอมพิวเตอร์จากนั้นก็เขียนโปรแกรมให้ส่งรหัส แอสกี ตัวอักษร U โปรแกรมจะทำการนับข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขณะที่ข้อมูลถูกส่งออกมาอย่างต่อเนื่อง ผลการทดลองได้บันทึกความยาว สายสูงสุดที่ระบบ สามารถส่งตัวอักษรมาประมาณ 1,000,000 ตัวอักษรโดยไม่มีข้อผิดพลาดเลย

อัตราเร็ว	ความยาวสาย (ฟุต)
110	2,750
300	2,500
600	2,500
300	1,750
1,200	750
2,400	500
4,800	250
9,600	<250
19,200	

ความสัมพันธ์ในตารางนี้ได้ทดลองไว้เมื่อปี 1983 และ ในการทดสอบครั้งล่าสุดสามารถส่งข้อมูลได้ 20 ล้านตัว อักษรที่อัตราเร็ว 9,600 โดยใช้สาย 1,000 ฟุต และที่อัตราเร็ว 19,200 สำหรับสาย 750 ฟุต จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการส่งดีขึ้นเป็นผลมาจากการพัฒนาของฮาร์ดแวร์อย่างไม่ต้องสงสัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาในวงจรรวมที่ใช้เป็น Line Driver และ Line Receiver ใน RS - 232

3.3.4 คุณสมบัติโดยย่อของมาตรฐาน RS - 232

- Driver output logic Levels with 3k to 7k load $15\text{ V} > \text{Logic } 0 > 5\text{ V}$
 $-5\text{ V} > \text{Logic } 1 > 15\text{ V}$
- Driver output voltage when open circuit $V_o > 25\text{ V}$
- Driver output impedance with power off $R_o > 300\text{ ohms}$
- Output short circuit current $I_o < 0.5\text{ A}$
- Driver slew rate $dv/dt < 30\text{ V/s}$
- Receiver input impedance $7k > R_{in} > 3k$
- Receiver input voltage $15\text{ V compatible with Driver}$
- Receiver output with open circuit input MARK
- Receiver output with +3 V input SPACE
- Receiver output with -3 V input MARK
- +5 V to +15 V Logic 0 = SPACE = CONTROL ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ +3 V to +5 V or -5 V to -3 V

Noise Margin

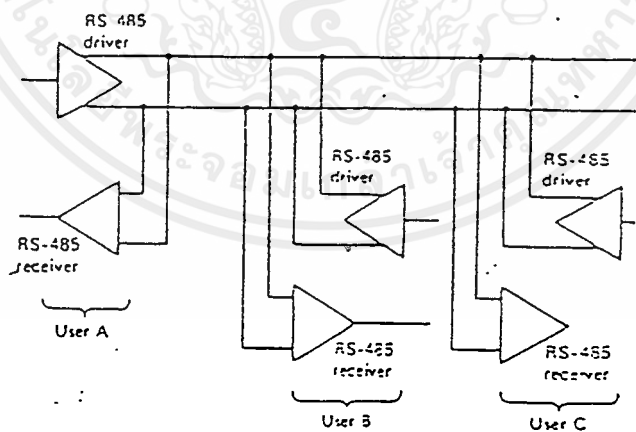
■ -15 V to -5 V

Logic 1 = MARK = CONTROL OFF

3.4 มาตรฐาน RS - 485

มาตรฐาน RS - 485 สามารถดัดแปลง เพื่อให้เหมาะสมกับงานได้และมีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดในบรรดามาตรฐาน RS ทั้ง 5 ชนิด ซึ่งจะใช้การรับส่งสัญญาณในลักษณะ differential ซึ่งเหมือนกับ RS - 422 A ปัจจัยที่สำคัญของ RS - 485 ก็คือ เป็นระบบการสื่อสารข้อมูลแบบ MULTIDROP ที่สมบูรณ์แบบที่สุด จำนวนตัวส่งสูงสุด 32 ตัว และจำนวนตัวรับสูงสุด 32 ตัว จะถูกเชื่อมต่อกัน โดยใช้สายเพียงคู่เดียวเท่านั้น รายละเอียดของสัญญาณที่ใช้ในการรับส่งการทำงานในโหมด High impedance ของตัวส่งใน RS - 485 จะคล้ายกันกับระบบไฟฟ้าใน RS - 422 A

รูปที่ 3.9 แสดงรูปแบบของ RS - 485 แบบเบื้องต้นระดับแรงดันที่ใช้จะแตกต่าง RS - 422 A เพียงเล็กน้อย สัญญาณ +1.5 V จะแทนด้วย เลขไบนารี 0 และระดับสัญญาณ -1.5 V จะแทนด้วยเลขไบนารี 1 ตัวรับจะใช้ระดับสัญญาณเพียง +200 mv และ -200 mv เพื่อนำมาพิจารณาว่าเป็นระดับสัญญาณอะไร การใช้สายเส้นเล็ก จะเป็นการช่วยลด Noise ถึงแม้ว่าสัญญาณจะมีขนาดเล็ก แต่ก็เพียงพอที่จะมาพิจารณาระดับของสัญญาณสำหรับการใช้งานทั่วไป มีอัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุด 10 เมกกะบิต ต่อ วินาที

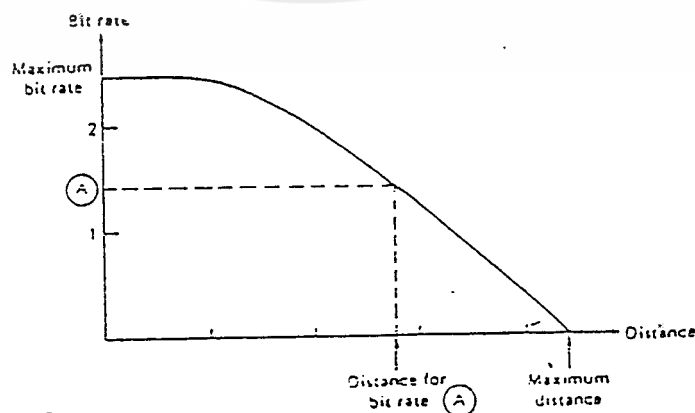


รูปที่ 3.9 รูปแบบมาตรฐาน RS - 485

มาตรฐาน RS แต่ละแบบจะนำไปประยุกต์เพื่อให้เหมาะสมกับงาน ตารางที่ 3.1 เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง RS - 232 , RS - 423 , RS - 422 และ RS - 485 ไม่มีมาตรฐานตัวใดที่สามารถรับส่งสัญญาณได้ในระยะทางสูงสุด และอัตราบิตสูงสุดได้ในเวลาเดียวกัน จากกราฟในภาพที่แสดงอัตรา รับส่งสัญญาณสูงสุดกับระยะทางจะเห็นได้ว่า เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นก็จะเกิดการ DROP ของอัตรารับส่งเพิ่มขึ้นตามระยะทาง

FEATURE	RS - 232	RS - 423	RS - 422	RS - 485
-Mode	Single - ended	Single - ended	Differential	Differential
-No. of drivers and receivers	1 Drivers 1 Receiver	1 Drivers 10 Receivers	1 Drivers 10 Receivers	32 Drivers 32 Receivers
-Max. distance (ft)	50	4000	4000	4000
-Max. data rate (bits/s)	20K	100K	10M	10M
-Signal levels (v)	3 to 25 +3	3.6 to 6 0.2	2 to 6 0.2	1.5 to 6 0.2
-Receiver decision point (v)	-3	-0.2	0.2	-0.2

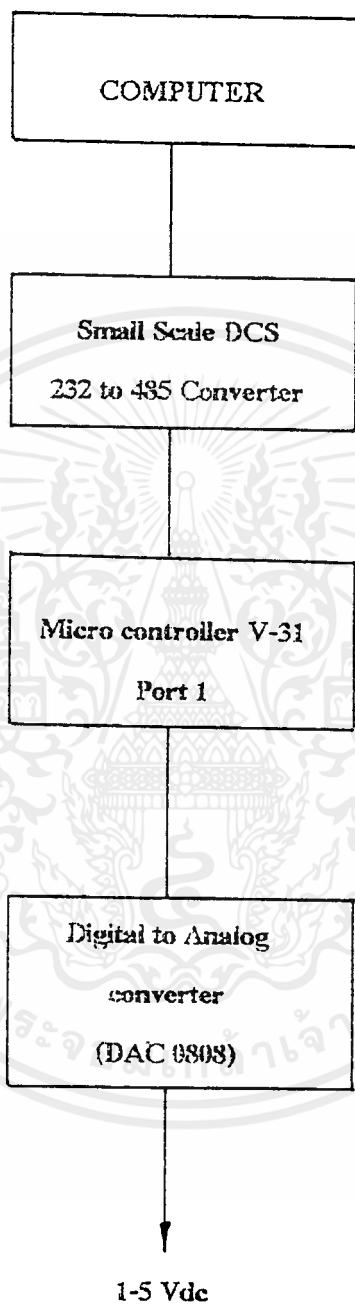
ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง RS - 232, RS - 423 A, RS - 422 A, และ RS - 485



รูปที่ 3.10 กราฟแสดงอัตราการส่งข้อมูลกับระยะทางที่เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTERFACING UNIT



รายละเอียดต่างๆ บนบอร์ด

ไมโครคอนโทรลเลอร์

บนบอร์ด V-31 จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 80C31 เป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานสามารถใช้กับไมโครเบอร์ต่างๆ ในตระกูล MCS-51 ที่เป็นแบบ 40-PIN DIP ได้ทั้งหมด เช่น 8032 8751 8752 ซึ่งจะทำให้ได้คุณสมบัติเป็นไปตามโครงสร้างของเบอร์นั้นๆ การเลือก JUMPER /EA จะใช้เพื่อการเลือกให้ทำงานจาก ROM หรือ EPROM ภายในตัวไมโคร (INT) หรือเลือกจาก EPROM ภายนอก (EXT) ทั้งนี้การเลือก /EA ในตำแหน่ง INT จะใช้กับไมโครที่มีโปรแกรมอยู่ภายในเท่านั้น ซึ่งปกติจะเป็น 8751 หรือ 8752 (กรณี 8051 หรือ 8052 มี ROM ภายในอยู่ก็จริง แต่ในทางปฏิบัติการโปรแกรม ROM ภายในของ 8051 หรือ 8052 จะทำได้จากโรงงานผู้ผลิตเท่านั้นและรับที่จำนวนมากๆ เพราะฉะนั้นในทางปฏิบัติไม่ควรจะมีเบอร์ 8051 หรือ 8052 ขายอยู่ในท้องตลาดเลย แต่สำหรับบ้านเราอาจจะเป็นไปได้ ทั้งนี้อาจจะเป็นการแกะมาจากบอร์ดอื่นๆ)

การเลือกหน่วยความจำและการเลือก JUMPER

หน่วยความจำบนบอร์ดสามารถใช้ได้ทั้งแบบ ROM (EPROM) และ RAM ซึ่งในด้านไมโครก็จะมองได้เป็น PROGRAM และ DATA ทั้งนี้แล้วแต่เบอร์ไมโครที่เลือกใช้ และยังสามารถเลือกเบอร์ต่างๆ ได้ตามต้องการ โดยการเลือก JUMPER ทั้ง 2 ชุดที่ด้านขวามือของ SOCKET หน่วยความจำ ซึ่งจะสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

เบอร์ที่ใช้	ลักษณะการมองหน่วยความจำ	JUMPER ชุดแรก	JUMPER ชุดสอง
27C64	PROGRAM	ROM	8,16K
27C128	PROGRAM	ROM	8,16K
27C256	PROGRAM	ROM	32K
6264	DATA	RAM	8,16K
62256	DATA	RAM	32K

การเลือก JUMPER นี้จะกระทำได้โดยปรับตัว JUMPER ให้ตรงกับช่องที่ระบุที่ขาขวามือตรงตาม COLUMN ที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการเลือก JUMPER ชุดแรกให้อยู่ที่ตำแหน่ง ROM ก็ให้ใส่ตัว JUMPER แบบตัวเว้นตัวโดยขีดไปทางด้านบนนั่นเอง

SERIAL PORT

พอร์ทการสื่อสารอนุกรมของบอร์ด V-31 สามารถเลือกใช้ได้ 2 แบบคือ RS232 และ RS485 โดยถ้าต้องการใช้เป็น RS232 ก็ให้เสียบชิพเบอร์ MAX232 และใช้งานที่ขั้วต่อแบบ 3 PIN แต่ถ้าต้องการใช้เป็น RS485 ก็ให้เสียบชิพเบอร์ 75176 และใช้งานที่ขั้วต่อแบบ 2 PIN โดยในกรณีของ RS485 นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้ขา T0 ของตัวไมโครเป็นตัวควบคุมทิศทางการรับและการส่ง โดยถ้า T0 = 0 จะเป็นการรับข้อมูลและ T0 = 1 จะเป็นการส่งข้อมูล RS485 จะมีแนวทางการใช้งานในทำนองเดียวกับ RS232 แต่จะแตกต่างกันในด้านของระดับแรงไฟ คือจะใช้ที่ 5 V โดยจะเป็นบวกและลบสลับกันตามค่าบิต 0 และ 1 ซึ่งจะยังผลให้มีการหักล้างกันเอง ทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้เป็นอย่างดีและ RS485 ยังมีการสื่อสารในแบบ HALF DUPLEX โดยจะต้องรับและส่งคนละจังหวะไม่สามารถสวนทางกันแบบ RS232 ได้ จึงทำให้ต้องมีบิตเพื่อการควบคุมการรับและการส่งนั่นเองและด้วยคุณสมบัตินี้เองที่ทำให้ RS485 สามารถต่อเป็นระบบ NETWORK ได้ซึ่งจะต่อจำนวน NODE ได้ถึง 32 จุด และมีระยะทางได้ถึง 1.2 Km อีกด้วย จุดสำคัญของระบบ NETWORK ก็คือการทำโปรแกรมควบคุม (PROTOCOL) นั่นเอง โดยจะต้องควบคุมทิศทางการสื่อสารข้อมูลของแต่ละจุดในระบบให้ทำงานได้อย่างเป็นระเบียบและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

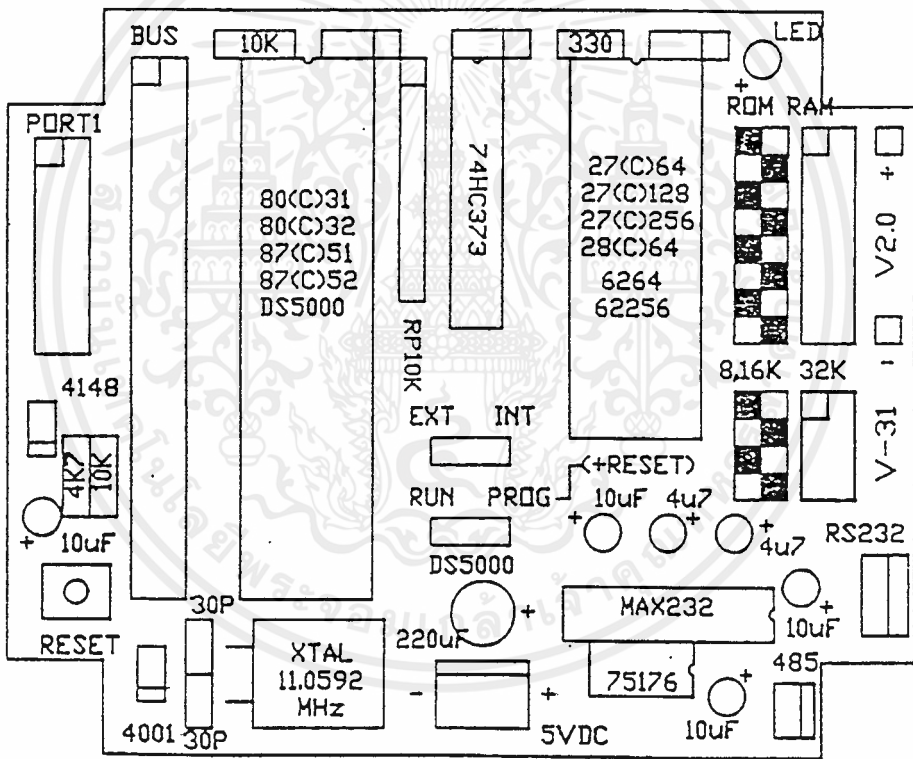
SYSTEMBUS และ PORT 1 BUS

SYSTEMBUS ของบอร์ดจะใช้ขาสัญญาณจากตัวไมโครเป็นขนาด 40 PIN ซึ่งใช้สำหรับการขยายระบบตามต้องการหรือจะใช้กับบอร์ดขยายของทางลิตาก็ได้ ส่วน PORT1 BUS ก็สามารถนำไปใช้เพื่อการประยุกต์ใดๆ ได้ ทั้งนี้ PORT1 BUS ก็คือบางส่วนจาก SYSTEM BUS โดยทำไว้เพื่อให้ใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น สามารถทำหน้าที่เป็น I/P หรือ O/P ก็ได้ ตามแต่วัตถุประสงค์ที่เราจะนำไปใช้งาน

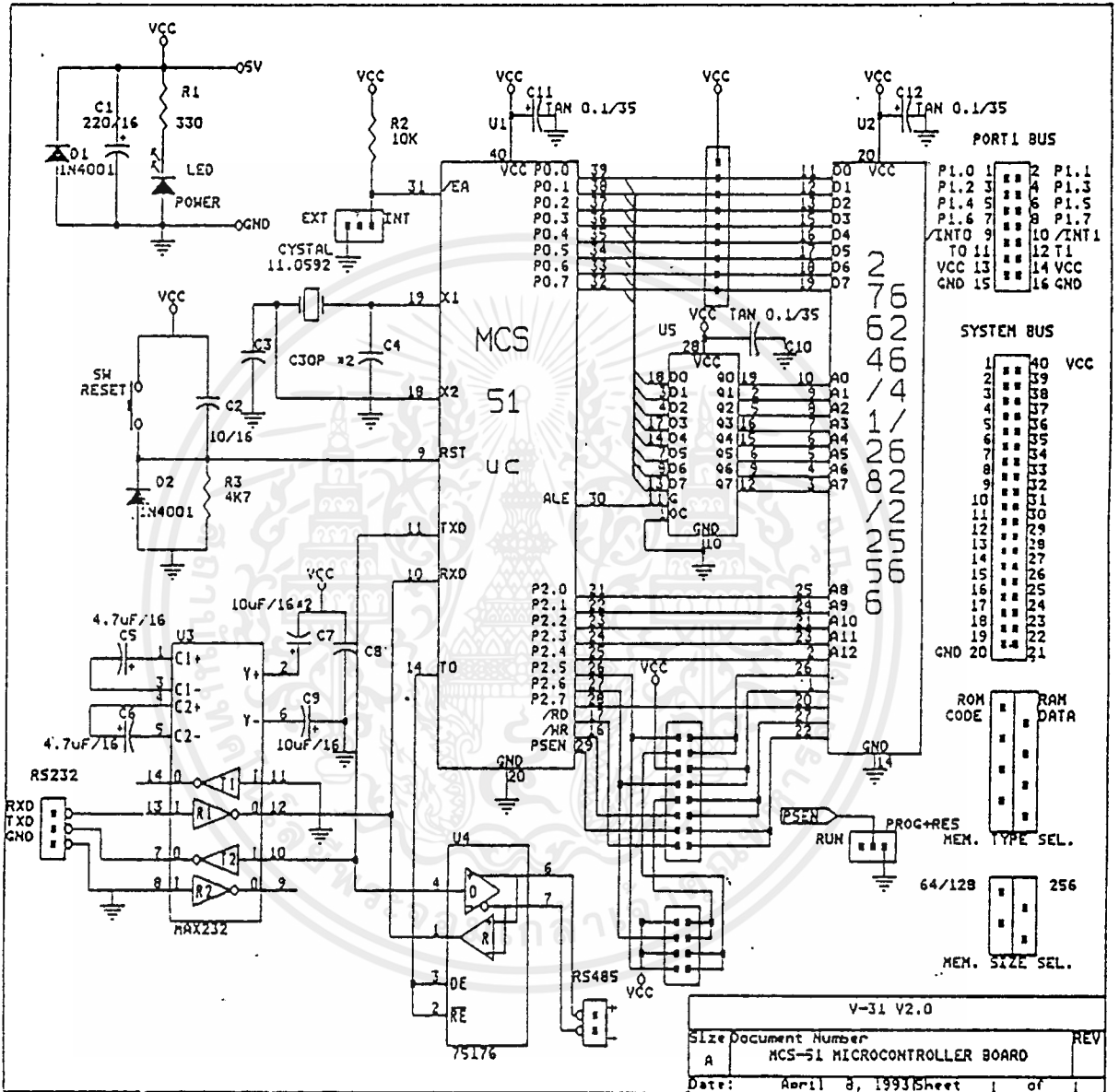
คุณสมบัติของบอร์ด V-31

CPU	80C31 (40 PIN-DIP OF MCS-51)
CLOCK	11.0592 MHz
MEMORY	0/32K SOCKET (PROGRAM OR DATA SELECTABLE)
PORT	8 BIT (PORT1 OF MCS-51) 4 BIT (/INT0,/INT1,/T0,/T1 OF MCS-51) 1 SERIAL PORT (RS232 OR RS485 SELECCABLE)
LED	1 POWER LED
SWITCH	1 RESET SWITCH
CONNECTOR	16 PIN PORT1 BUS (WITH /INT0,/INT1,/T0,/T1) 40 PIN MCS-51 SYSTEM-BUS 3 PIN RS232 2 PIN RS485 2 PIN 5V DC
JUMPER	2 WAY JUMPER FOR /EA SELECT (EXT,INT) 2 WAY JUMPER FOR DS5000 (RUN,PROG) 2-WAY X 4 JUMPER FOR MEMORY SOCKET (ROM,RAM) 2 WAY X 2 JUMPER FOR MEMORY SOCKET (8-16K,32K)
POWER SUPPLY	5V DC CURRENT 32 mA (WITH 27C256 EPROM)
PCB SIZE	8.8 X 7.1 cm

ภาพแสดงตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด



รูปที่ 3:11 แสดงตำแหน่งต่างๆ บนบอร์ด



รูปที่ 3.12 แสดงวงจร V-31

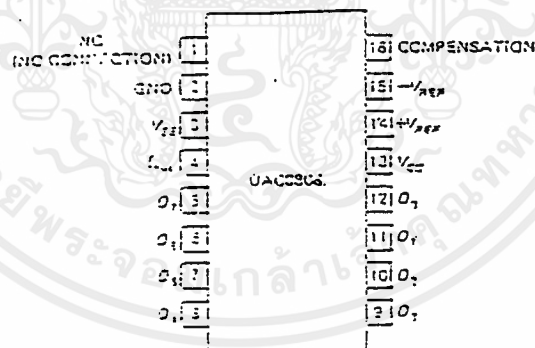
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการอินเตอร์เฟส

เมื่ออยู่ในตำแหน่งการทำงานของ Communication mode รับค่าข้อมูลจาก RS-485 ซึ่งส่งข้อมูลดิจิทัล 8 บิต ผ่านเข้ามาทาง port1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด v-31 จากนั้นจะทำการแปลงค่าข้อมูล 8 บิตมาเป็นสัญญาณอนาล็อก (1-5 Vdc) โดยใช้ไอซีเบอร์ DAC 0808

IC DAC0808

DAC0808 เป็นอุปกรณ์ตัวแปลง D/A ที่มีราคาถูกตัวหนึ่ง ซึ่งมีแหล่งกำเนิดกระแสอ้างอิงภายในตัวมันเอง DAC0808 มีลักษณะดังในรูปที่ 3.11 โดยทั่วไป ขา 3 มีค่าเท่ากับ -15 V ขา 4 เป็นกระแสแอสแตเบิลเตอร์ และตามปกติจะต่อกับออปแอมป์ขา 5 ถึง 12 เป็นอินพุทของข้อมูลทางดิจิทัล ขนาด 8 บิต ขา 13 เท่ากับ $+5\text{ V}$ ขา 14 จะถูกต่อกับความต้านทานเพื่อจำกัดกระแสให้อาท์พุทออกมาเป็นแรงดันค่าบวก ขา 15 ถูกต่อลงกราวด์ผ่านความต้านทานตัวหนึ่ง และ ขา 3 ถึง 16 จะต่อกับคาปาซิเตอร์ตัวหนึ่งเพื่อชดเชยความถี่และป้องกันอุปกรณ์จากการออสซิลเลต

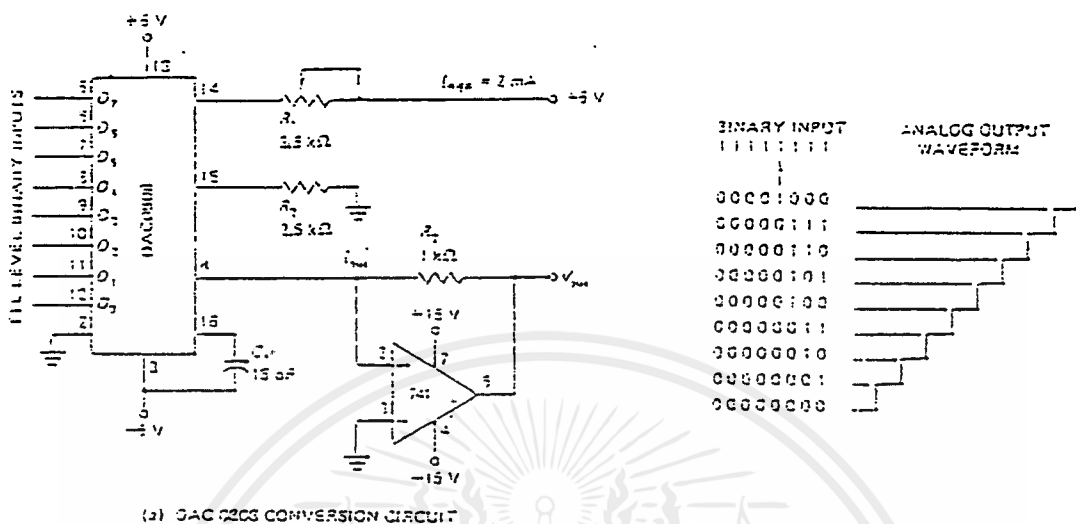


รูปที่ 3.13

จากรูปที่ 4.3 แสดง DAC0808 คือเป็นตัวแปลงสัญญาณ D/A ตัวต้านทาน R_1 คือความต้านทานปรับค่าได้เพื่อเซตค่ากระแสให้เป็น 2 ตัวต้านทาน R_2 มีค่าเท่ากับตัวต้านทาน R_1 ต่อเพื่อชดเชยกระแสในอินพุทของตัวแปลงสัญญาณ D/A กระแสเอาท์พุทที่ขา 4 ใช้ในการขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเวอร์ตติงออปแอมป์ให้ทำงาน จนกระทั่งแรงดันเอาต์พุตของออปแอมป์แปรตามกระแสเอาต์พุตของตัวแปลงสัญญาณ D/A จาก 0 ถึง 1.992 V



รูปที่ 3.14 ความเที่ยงตรงและค่าความละเอียด

ไอซี DAC0808 มีความเที่ยงตรงเท่ากับ $\pm 1/2$ LSB โดยความเที่ยงตรงนี้เรา หมายถึงว่า ระดับเอาต์พุตมีค่าเป็นสัดส่วนใกล้เคียงกับระดับเอาต์พุตเต็มสเกลเท่าไร จากตัวอย่างอุปกรณ์ DAC0808 ขนาด 4 บิต มีระดับเอาต์พุตตามอุดมคติแสดงค่าเป็นสัดส่วนกับระดับเอาต์พุตเต็มสเกลเป็น 0, 1/15, 2/15, 3/15 ฯลฯ

ค่าความเที่ยงตรงของตัวแปลงสัญญาณ D/A ถูกกำหนดโดยจำนวนค่าที่เพิ่มขึ้นทางเอาต์พุตจะได้

$$\text{ค่าที่เพิ่มขึ้น (เป็นสเตป)} = 2^{n-1}$$

ดังนั้นจึงจำนวนทางเอาต์พุตยิ่งมาก ค่าทางสเตปจะยิ่งมาก และค่าความละเอียดจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่ในความเป็นจริงแล้ว ค่าความละเอียดจะแสดงให้เห็นถึงจำนวนบิตทางอินพุต จากตัวอย่างถ้าอุปกรณ์อินพุตขนาด 8 บิต จะกล่าวว่ามีค่าความละเอียดเป็น 8 บิตด้วย

การทดสอบจะทำการตั้งงานทางคอมพิวเตอร์ โดยส่งข้อมูลผ่านทาง RS-232 ไปยัง RS-485 และในการทำงานร่วมกับ Small scale DCS นั้น ได้นำ General Instrument Protocol (GITP) มาประกอบในการจัดทำโปรแกรมด้วย

General Instrument Protocol (GITP)

การกำหนดโปรโตคอล ในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์หลัก (Host Computer) กับ Controller Module ต่าง ๆ เราได้ออกแบบโปรโตคอลขึ้นมาเอง โดยมีข้อกำหนด คือ ต้องง่าย ไม่ซับซ้อน ขนาดของ Packet ข้อมูลเหมาะสมไม่ยาวเกินไป และมีความยืดหยุ่นสูง สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง โดยใช้ชื่อว่า General Instrument Protocol (GITP)

ตารางข้อกำหนดของ GITP

Packet byte Number	Packet type	Character available
0	Start	!
1	ST.No	0-9
2	ST.No	0-9
3	General Command & Status	A-Z
4	DATA	0-F
5	DATA	0-F
6	General purpose	All
7	General purpose	All
8	Check Sum	All
9	End	#

GITP มีขนาดของ Data Packet เท่ากับ 10 Byte แบ่งออกเป็น 7 ส่วน แต่ละ Byte เก็บข้อมูลอักขระ ASCII 1 ตัว มีข้อกำหนดต่าง ๆ ดังตาราง แยกอธิบายได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 “START” ประกอบด้วยข้อมูล 1 Byte คือ Byte 0 เป็นส่วนที่ทำหน้าที่บอกสถานะเริ่มต้นของ Packet อักขระที่ใช้ได้มีเพียงตัวเดียว คือ “!”

ส่วนที่ 2 “ST.NO.” ประกอบด้วย ข้อมูล 2 Byte คือ Byte 1,2 เป็นส่วนที่ทำหน้าที่บอกหมายเลขของอุปกรณ์ที่ติดต่อ อักขระที่ใช้ได้คือ ตัวเลข “0-9”

ส่วนที่ 3 “General Command & Status” ประกอบด้วย ข้อมูล 1 Byte คือ Byte เป็นส่วนที่กำหนดคำสั่ง และหรือ บอกสถานะของอุปกรณ์ อักขระที่ใช้ได้คือ “A-Z”

ส่วนที่ 4 “Data” ประกอบด้วยข้อมูล 2 Byte คือ Byte 4,5 เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ส่งผ่านค่า อินพุต เอาท์พุต ของอุปกรณ์ อักขระที่ใช้ได้คือ “0-F”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 5 “General Propose” ประกอบด้วยข้อมูล 2 Byte คือ Byte 6,7 เป็นส่วนที่สามารถเขียนโปรแกรม นำไปใช้อะไรก็ได้ สามารถใช้อักขระได้ทุกตัว

ส่วนที่ 6 “Check Sum” ประกอบด้วยข้อมูล 1 Byte คือ Byte 8 เป็นส่วนที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของ Data Packet สร้างจากการนำข้อมูล Byte 1-7 ใน Packet นั้น ๆ มาบวกกันโดยไม่คิดตัวทด สามารถใช้อักขระได้ทุกตัว

ส่วนที่ 7 “END” ประกอบด้วยข้อมูล 1 Byte คือ Byte 9 เป็นส่วนที่กำหนดหน้าที่ยกการสิ้นสุดของ Packet อักขระที่ใช้ได้มีเพียงตัวเดียวคือ “#”

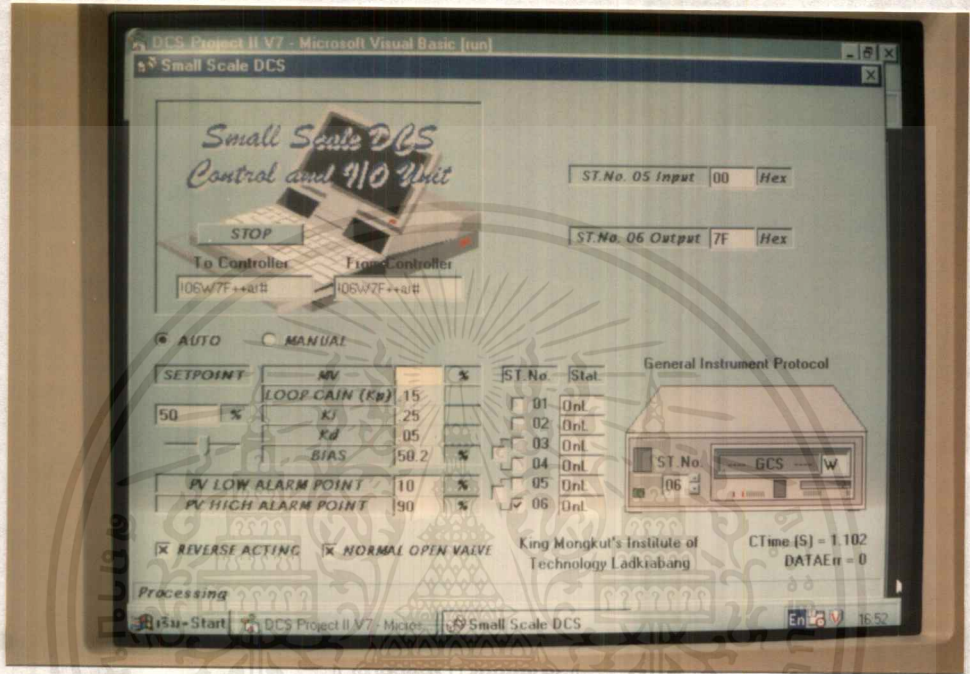
Command & Status ที่กำหนดไว้แล้วคือ “W” หมายถึง การทำงานเขียนข้อมูลไปที่อุปกรณ์เป้าหมาย ตัวอย่าง Packet ของ GTP

Byte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	!	0	6	W	0	0	+	+	s	#
	START	ST. No.		Cmd.Status	DATA		General purpose		ChkSum	END

จากตัวอย่าง หมายถึง Packet นี้เป็นของอุปกรณ์หมายเลข 06 (ST. No. 06) Cmd,Status = “W” หมายถึง การทำงานเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์เป้าหมาย DATA ที่ต้องการส่งคือ 00H ไม่มีการใช้งาน Byte 6,7 (General purpose) ค่า ChkSum แปลงเป็น ASCII ได้อักขระ “s”

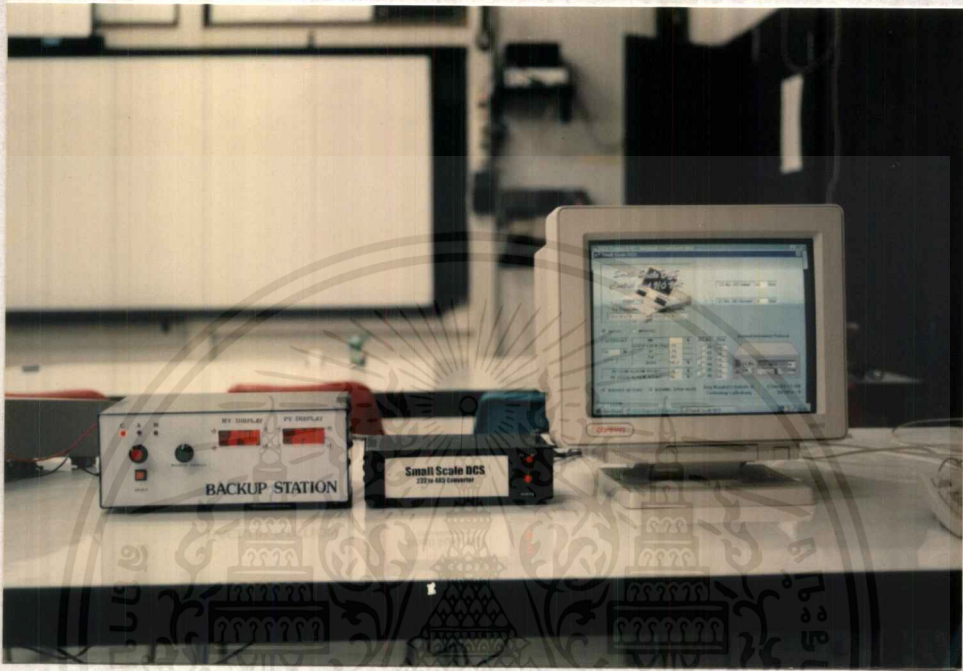
การทำงานใน Mode C (Communication) ของ BACKUP STATION นั้นจะได้รับข้อมูลจากสายสัญญาณเป็นการส่งในระดับ RS-485 ที่ต่อร่วมกับ 232 to 485 Converter ของ Small Scale DCS ซึ่งลักษณะของข้อมูลที่ส่งมาตามสายสัญญาณจะเป็นข้อมูลแบบอนุกรม (Serie Data) เมื่อมีสัญญาณข้อมูลเข้ามา ระดับสัญญาณ RS-485 จะถูกแปลงระดับสัญญาณลงให้อยู่ในระดับสัญญาณแบบดิจิทัลโดยใช้ IC# 75176 เป็นตัวแปลงระดับสัญญาณลงมา จากนั้นข้อมูลก็จะถูกนำไปเก็บใน Serie Buffer ของ Microcontroller แล้ว Microcontroller จะทำการตรวจข้อมูลชุดที่ส่งมานั้นว่ามีตำแหน่ง (ADDRESS) ตรงกับ หมายเลขของอุปกรณ์เป้าหมาย (ST. No.) หรือไม่ ซึ่ง ST.No. ของ BACKUP STATION นั้นก็คือ ST.No.06 เมื่อตรวจแล้วพบว่ามีตำแหน่ง (ADDRESS) ตรงกับ BACKUP STATION ก็จะทำการรับข้อมูลนั้นเข้ามา แล้วทำการแปลงข้อมูลให้เป็นข้อมูลแบบขนานขนาด 8 บิต ส่งออกไปทาง Port 1 ต่อไป แต่ถ้าข้อมูลชุดที่ส่งมานั้นมีตำแหน่งไม่ตรงกับ BACKUP STATION แล้ว Microcontroller จะไม่ทำการใดๆ กับข้อมูลชุดนั้นอีกและที่ Port 1 ค่าข้อมูลที่ปรากฏอยู่ก็จะยังคงเป็นค่าข้อมูลเดิมก่อนหน้าที่จะมีข้อมูลส่งมายัง BACKUP STATION แล้วถูก Microcontroller ปฏิเสธข้อมูลชุดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง หน้าจอของการรับข้อมูลจาก COMPUTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง ส่วนอินเทอร์เฟสที่ต่อร่วมกับ 232 to 485 Converter
ของ Small Scale DCS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

BACKUP STATION นั้นประกอบไปด้วยวงจรต่างๆ ดังนี้ คือ

1. V to I Converter
2. Pre-Scaling
3. PV-Display, MV- Display
4. Interfacing Unit

วงจรต่างๆ ที่สร้างขึ้นมานี้มีผลการทดลองดังแสดงได้ดังต่อไปนี้

ผลการทดลองวงจร V to I converter

Vin (V)	Iout (mA)
1	4.00
2	8.07
3	11.98
4	15.94
5	20.02

ผลการทดลอง วงจร Pre-Scaling

Iin (mA)	Vout (V)
4	0.001
8	0.252
12	0.504
16	0.751
20	1.002

ผลการทดลอง PV-Display และ MV-Display

Vin (V)	Display (%)
0.00	00.1
0.25	24.9
0.50	50.1
0.75	74.8
1.00	100.1

ผลการทดลองส่วน Interfacing Unit

ในส่วนนี้จะรับข้อมูลแบบซึ่งเป็นเลขฐาน 16 จาก computer ผ่าน 232 to 485 Converter เข้าไปยัง Microcontroller V-31 ให้ทำการประมวลผล จากนั้นก็ส่งค่าข้อมูลออกมาทาง Port 1 เป็นข้อมูลขนาด 8 บิต แล้วทำการแปลงข้อมูลนั้นมาเป็นสัญญาณอนาล็อก (1-5 Vdc) โดยใช้ IC# DAC 0808 แล้วส่งสัญญาณอนาล็อกนั้นให้กับส่วน Display และวงจร V to I Converter เพื่อแสดงผลเป็น 0-100% และ 4-20 mA ตามลำดับ

DATAin (HEX)	Display (0-100%)
00	00.0
3F	25.1
7F	49.8
BD	75.2
FF	100.1

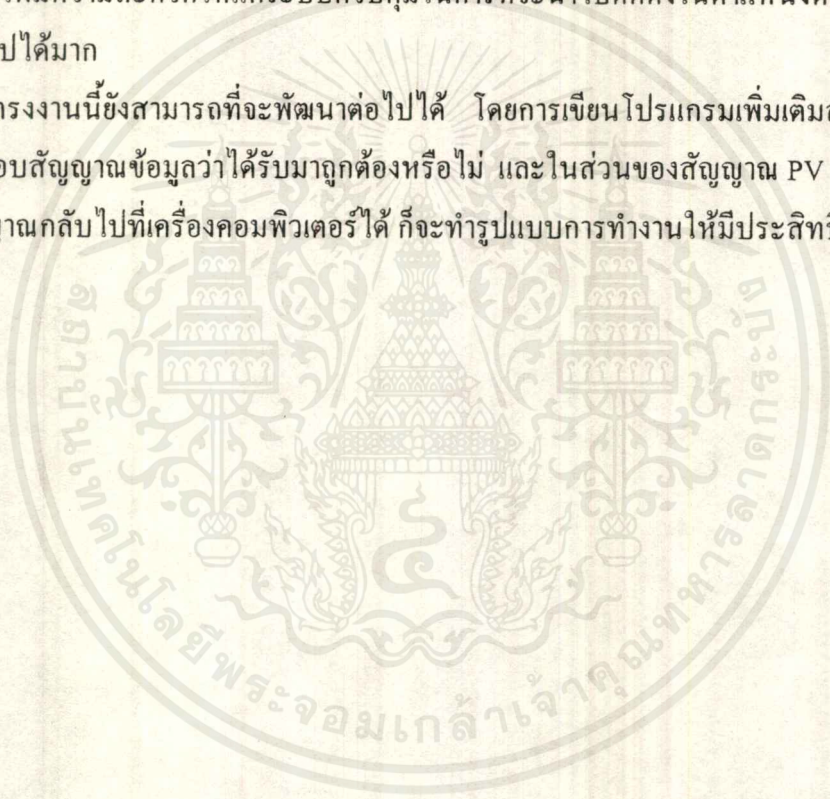
DATAin (HEX)	Iout (mA)
00	4.00
3F	8.01
7F	11.98
BD	16.03
FF	20.02

บทที่ 5

บทสรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อ

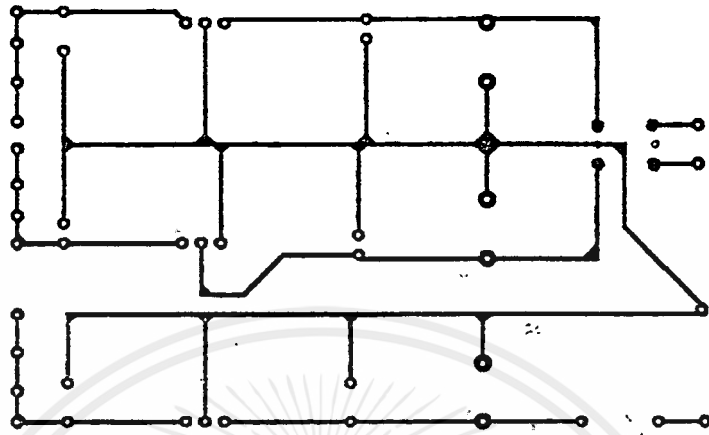
อุตสาหกรรมการผลิตในปัจจุบัน ได้มีการนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้งานกันอย่างกว้างขวางและได้มีการปรับปรุงให้มีลักษณะเป็นมาตรฐาน เพื่อให้ใช้งานร่วมกันได้แม้จะผลิตจากบริษัทที่ต่างกัน ซึ่งโครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อช่วยสำรองข้อมูลในเครื่องควบคุมและระบบคอมพิวเตอร์ควบคุม ทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น นำไปใช้งานร่วมกันได้ไม่ว่าจะเป็นระบบควบคุมแบบเก่าหรือแบบใหม่ที่ใช้การควบคุมแบบกระจายส่วน อีกทั้งยังมีราคาถูกกว่าเครื่องสำรองข้อมูลที่มีขายอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน และสามารถเชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพิ่มความสะดวกให้แก่ระบบควบคุมในการที่จะนำไปติดตั้งในตำแหน่งต่าง ๆ ลดค่าใช้จ่ายลงไปได้มาก

โครงการนี้ยังสามารถที่จะพัฒนาต่อไปได้ โดยการเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมส่วนที่ต้องการตรวจสอบสัญญาณข้อมูลว่าได้รับมาถูกต้องหรือไม่ และในส่วนของสัญญาณ PV ให้สามารถส่งค่าสัญญาณกลับไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ก็จะทำรูปแบบการทำงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

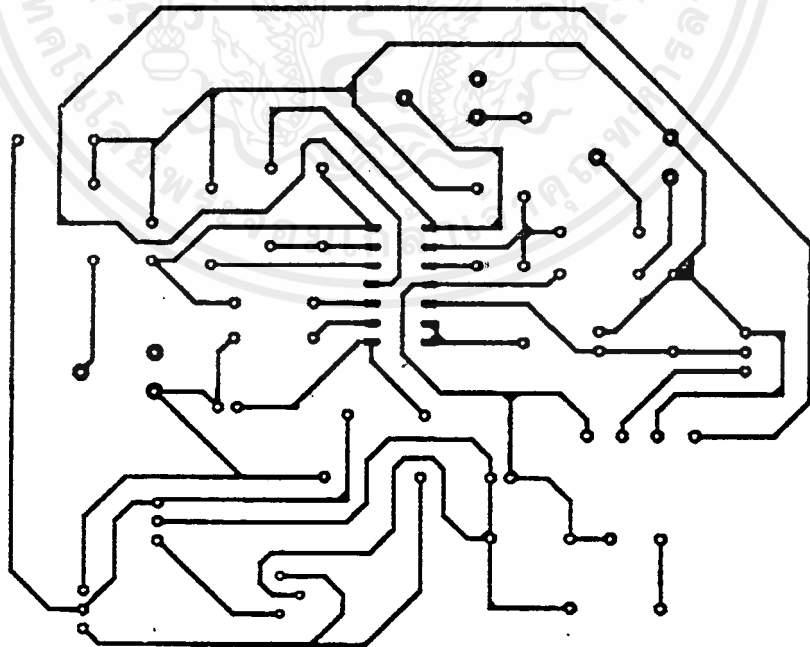




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

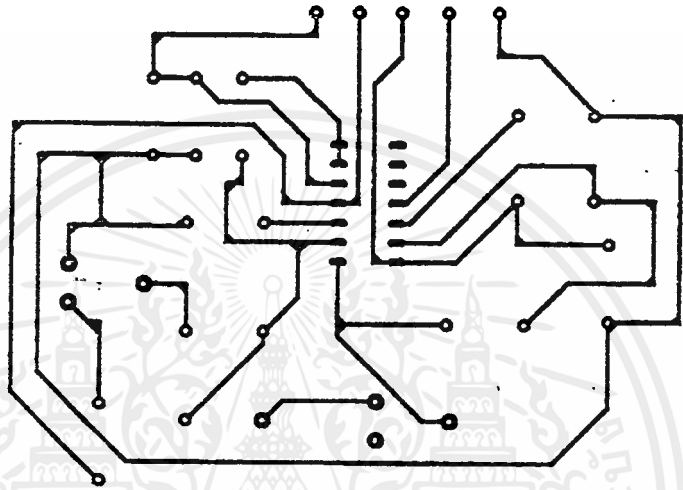


รูปแสดงแผ่นพิมพ์วงจร POWER SUPPLY



รูปแสดงแผ่นพิมพ์วงจร V to I CONVERTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงแผ่นพิมพ์วงจร PRE-SCALING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V0 EQU 30H
V1 EQU 31H
V2 EQU 32H
V3 EQU 33H
V4 EQU 34H
V5 EQU 35H
V6 EQU 36H
V7 EQU 37H

V_BlockST EQU 40H
V_Block00 EQU 41H
V_Block01 EQU 42H
V_Block02 EQU 43H
V_Block03 EQU 44H
V_Block04 EQU 45H
V_Block05 EQU 46H
V_Block06 EQU 47H
V_Block07 EQU 48H
V_BlockEND EQU 49H

ORG 0000H
CLR EA ;All Interrupt Disable
AJMP ST

ORG 0023H
JBC RI,RECV
LJMP OUT

RECV:

PUSH 00H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PUSH 02H
PUSH 03H
PUSH 04H
PUSH 05H
PUSH 06H
PUSH 07H
PUSH ACC
PUSH 20H
```

```
LCALL RxBlock ;Save MV to V_Block
```

```
mov a,V_BlockST
```

```
cjne a,#21H,OUT ;!
```

```
mov a,V_Block00
```

```
cjne a,#30H,OUT ;0
```

```
mov a,V_Block01
```

```
cjne a,#36H,OUT ;6
```

```
MOV A,V_Block02 ;GSC
```

```
CJNE A,#57H,NoMVO ;W
```

```
LCALL MVO ;Get MV from Block,Convert to HEX,OUT PORT1
```

NoMVO:

```
lcall send
```

```
JNB TI,$
```

```
CLR TI
```

```
SETB ES
```

OUT:

```
POP 20H
```

```
POP ACC
```

```
POP 07H
```

```
POP 06H
```

```
POP 05H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
POP 04H
POP 03H
POP 02H
POP 00H
RETI
```

SEND:

```
SETB p3.4
LCALL CHKSUM
MOV V_Block07,A
LCALL TxBlock ;Tx V_Block
CLR p3.4
RET
```

ORG 0100H
ST: LCALL INiv

```
MOV SP,#50H
CLR p3.4
```

OVER:

```
MOV SCON,#50H ;Serial Mode 1 9600
MOV TMOD,#20H
MOV TH1,#0FDH
SETB TR1
SETB EA
SETB ES
MOV 20H,#10001000B
```

ROT:

```
MOV A,V_Block02
CJNE A,#57H,ROTR
LJMP STOP
```

ROTR:

```
CJNE A,#52H,ROTL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV A,20H
MOV P1,A
RR A
MOV 20H,A
LCALL DYs
LJMP ROT
```

ROTL:

```
CJNE A,#4CH,STOP
MOV A,20H
MOV P1,A
RL A
MOV 20H,A
LCALL DYs
LJMP ROT
```

STOP:

```
LJMP ROT
```

DYs:

```
MOV R2,V_Block03
MOV R3,V_Block04
LCALL ATOH
MOV R5,A
```

```
DY9: MOV R7,A
```

```
DY8: MOV R6,A
```

```
DJNZ R6,$
```

```
DJNZ R7,DY8
```

```
DJNZ R5,DY9
```

```
RET
```

INIv:

```
MOV V_BlockST,#00100001B ;!
```

```
MOV V_BlockEND,#00100011B ;#
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV V_Block00,#30H ;0 ST.No.
MOV V_Block01,#36H ;6 ST.No.
MOV V_Block02,#57H ;W General Command & Status
MOV V_Block03,#2BH ;+ DATA H
MOV V_Block04,#2BH ;+ DATA L
MOV V_Block05,#2BH ;+ MultiPurpose
MOV V_Block06,#2BH ;+ MultiPurpose
MOV V_Block07,#24H ;$ ChkSUM
RET

```

```

TxBlock: MOV R0,#40H
Lcall mDELAY ;RS-485

```

```

TxBLoop: MOV A,@R0
LCALL Tx1Byte
INC R0
CJNE R0,#4AH,TxBLoop
RET

```

```

Tx1Byte: CLR TI
CLR ES
MOV SBUF,A
JNB TI,$
RET

```

```

RxBlock: LCALL Rx1Byte
mov V_BlockST,A ;SAVE 1ST from PC TO BLOCK
cjne a,#21H,RxOUT ;!
LCALL Rx1Byte ;ST.No. Byte 1
mov V_Block00,A ;SAVE from PC TO BLOCK
cjne a,#30H,RxOUT

```

```

LCALL Rx1Byte      ;ST.No. Byte 2
mov V_Block01,A    ;SAVE from PC TO BLOCK
cjne a,#36H,RxOUT ;6
LCALL Rx1Byte      ;GSC Byte
mov V_Block02,A    ;SAVE MV from PC TO BLOCK
LCALL Rx1Byte
mov V_Block03,A    ;SAVE MV from PC TO BLOCK
LCALL Rx1Byte
mov V_Block04,A    ;SAVE MV from PC TO BLOCK
LCALL Rx1Byte      ;+
LCALL Rx1Byte      ;+
LCALL Rx1Byte      ;ChkSum

```

RxOUT:

```
RET
```

Rx1Byte:

```
MOV A,SBUF
```

```
JNB RI,$
```

```
CLR RI
```

```
RET
```

MVO:

```
MOV r2,v_block03 ;MV from V_Block
```

```
MOV r3,v_block04
```

```
LCALL ATOH ;Convert to HEX
```

```
MOV v2,a ;Save to V2
```

```
MOV A,V2 ;OUT MV to Port1
```

```
MOV p1,A
```

```
RET
```

HTOA:

```
PUSH ACC
```

```
SWAP A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LCALL HTOAS

MOV R2,A

POP ACC

LCALL HTOAS

MOV R3,A

RET

HTOAS:

ANL A,#0FH

CJNE A,#0AH,\$+3

JNC HTOAS1

ORL A,#30H

RET

HTOAS1:

SUBB A,#9

ORL A,#40H

RET

ATOH:

MOV A,R2

LCALL ATOHS

SWAP A

MOV R2,A

MOV A,R3

LCALL ATOHS

ORL A,R2

RET

ATOHS:

CJNE A,#'A',\$+3

JC ATOHS1

ADD A,#9

ATOHS1:

ANL A,#0FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RET

CHKSUM:

```
MOV  A,#00H
ADD  A,V_Block00
ADD  A,V_Block01
ADD  A,V_Block02
ADD  A,V_Block03
ADD  A,V_Block04
ADD  A,V_Block05
ADD  A,V_Block06
RET
```

```
mDELAY:  MOV  R3,#3FH
mDELAY1:  MOV  R4,#0
          DJNZ R4,$
          DJNZ R3,mDELAY1
          RET
```

END

DAC0808/DAC0807/DAC0806 8-Bit D/A Converters

General Description

The DAC0808 series is an 8-bit monolithic digital-to-analog converter (DAC) featuring a full scale output current settling time of 150 ns while dissipating only 33 mW with $\pm 5V$ supplies. No reference current (I_{REF}) trimming is required for most applications since the full scale output current is typically ± 1 LSB of $255 I_{REF} / 256$. Relative accuracies of better than $\pm 0.19\%$ assure 8-bit monotonicity and linearity while zero level output current of less than $4 \mu A$ provides 8-bit zero accuracy for $I_{REF} \geq 2$ mA. The power supply currents of the DAC0808 series are independent of bit codes, and exhibits essentially constant device characteristics over the entire supply voltage range.

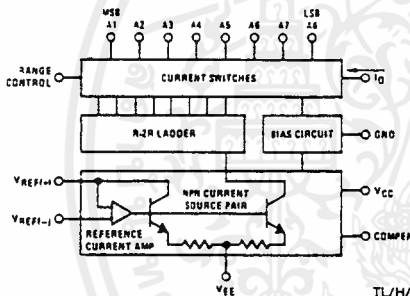
The DAC0808 will interface directly with popular TTL, DTL or CMOS logic levels, and is a direct replacement for the

MC1508/MC1408. For higher speed applications, see DAC0800 data sheet.

Features

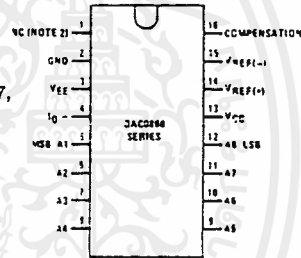
- Relative accuracy: $\pm 0.19\%$ error maximum (DAC0808)
- Full scale current match: ± 1 LSB typ
- 7 and 6-bit accuracy available (DAC0807, DAC0806)
- Fast settling time: 150 ns typ
- Noninverting digital inputs are TTL and CMOS compatible
- High speed multiplying input slew rate: 8 mA/ μs
- Power supply voltage range: $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$
- Low power consumption: 33 mW @ $\pm 5V$

Block and Connection Diagrams



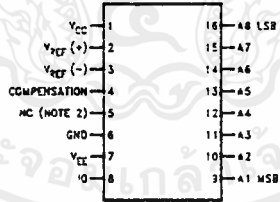
Order Number
DAC0808, DAC0807,
or DAC0806
See NS Package
Number J16A,
M16A or N16A

Dual-In-Line Package



TL/H/5687-2

Small-Outline Package



TL/H/5687-13

Top View

Ordering Information

ACCURACY	OPERATING TEMPERATURE RANGE	ORDER NUMBERS				
		J PACKAGE (J16A)*		N PACKAGE (N16A)*		SO PACKAGE (M16A)
7-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$	DAC0807LCJ	MC1408L7	DAC0808LCN	MC1408P8	DAC0808LCM
6-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$	DAC0806LCJ	MC1408L6	DAC0807LCN	MC1408P7	DAC0807LCM
				DAC0806LCN	MC1408P6	DAC0806LCM

*Note. Devices may be ordered by using either order number.

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Power Supply Voltage	
V_{CC}	$\pm 18 V_{DC}$
V_{EE}	$-18 V_{DC}$
Digital Input Voltage, V_5-V_{12}	$-10 V_{DC}$ to $+18 V_{DC}$
Applied Output Voltage, V_O	$-11 V_{DC}$ to $+18 V_{DC}$
Reference Current, I_{14}	5 mA
Reference Amplifier Inputs, V_{14}, V_{15}	V_{CC}, V_{EE}
Power Dissipation (Note 3)	1000 mW
ESD Susceptibility (Note 4)	TBD

Storage Temperature Range	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (Plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (Ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Operating Ratings

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
DAC0808LC Series	$0 \leq T_A \leq +75^{\circ}C$

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 5V, V_{EE} = -15 V_{DC}, V_{REF}/R_{14} = 2 mA, DAC0808: T_A = -55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C, DAC0808C, DAC0807C, DAC0806C, T_A = 0^{\circ}C$ to $+75^{\circ}C$, and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
E_r	Relative Accuracy (Error Relative to Full Scale I_O)	(Figure 4)				%
	DAC0808LC (LM1408-8)				$= 0.19$	%
	DAC0807LC (LM1408-7), (Note 5)				$= 0.39$	%
	DAC0806LC (LM1408-6), (Note 5)				$= 0.78$	%
	Settling Time to Within $1/2$ LSB (Includes t_{PLH})	$T_A = 25^{\circ}C$ (Note 6), (Figure 5)		150		ns
t_{dLH}, t_{dHL}	Propagation Delay Time	$T_A = 25^{\circ}C$, (Figure 5)		30	100	ns
TC_{IO}	Output Full Scale Current Drift			≈ 20		ppm/ $^{\circ}C$
MSB V_{IH} V_{IL}	Digital Input Logic Levels	(Figure 3)				
	High Level, Logic "1"		2			V_{DC}
	Low Level, Logic "0"				0.8	V_{DC}
MSB	Digital Input Current	(Figure 3)				
	High Level Low Level	$V_{IH} = 5V$ $V_{IL} = 0.8V$		0 -0.003	0.040 -0.8	mA mA
I_{15}	Reference Input Bias Current	(Figure 3)		-1	-3	μA
	Output Current Range	(Figure 3)				
		$V_{EE} = -5V$ $V_{EE} = -15V, T_A = 25^{\circ}C$	0 0	2.0 2.0	2.1 4.2	mA mA
I_O	Output Current	$V_{REF} = 2.000V$, $R_{14} = 1000\Omega$, (Figure 3)				
	Output Current, All Bits Low	(Figure 3)	1.9	1.99 0	2.1 4	mA μA
	Output Voltage Compliance (Note 2)	$E_r \leq 0.19\%, T_A = 25^{\circ}C$				
	$V_{EE} = -5V, I_{REF} = 1 mA$, V_{EE} Below $-10V$				-0.55, +0.4 -5.0, +0.4	V_{DC} V_{DC}

Electrical Characteristics (Continued)

($V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V_{DC}$, $V_{REF}/R14 = 2\text{ mA}$, DAC0808: $T_A = -55^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, DAC0808C, DAC0807C, DAC0806C, $T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+75^\circ\text{C}$, and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
SRI_{REF}	Reference Current Slew Rate	(Figure 6)	4	8		$\text{mA}/\mu\text{s}$
	Output Current Power Supply Sensitivity	$-5V \leq V_{EE} \leq -16.5V$		0.05	2.7	$\mu\text{A}/V$
I_{CC} I_{EE}	Power Supply Current (All Bits Low)	(Figure 3)		2.3 -4.3	22 -13	mA mA
V_{CC} V_{EE}	Power Supply Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$, (Figure 3)	4.5 -4.5	5.0 -15	5.5 -16.5	V_{DC} V_{DC}
	Power Dissipation					
	All Bits Low	$V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -5V$		33	170	mW
	All Bits High	$V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$		106	305	mW
		$V_{CC} = 15V$, $V_{EE} = -5V$		90		mW
		$V_{CC} = 15V$, $V_{EE} = -15V$		160		mW

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

Note 2: Range control is not required.

Note 3: The maximum power dissipation must be derated at elevated temperatures and is dictated by T_{JMAX} , θ_{JA} , and the ambient temperature, T_A . The maximum allowable power dissipation at any temperature is $P_D = (T_{JMAX} - T_A)/\theta_{JA}$ or the number given in the Absolute Maximum Ratings, whichever is lower. For this device, $T_{JMAX} = 125^\circ\text{C}$, and the typical junction-to-ambient thermal resistance of the dual-in-line J package when the board mounted is $100^\circ\text{C}/\text{W}$. For the dual-in-line N package, this number increases to $175^\circ\text{C}/\text{W}$ and for the small outline M package this number is $100^\circ\text{C}/\text{W}$.

Note 4: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5\text{ k}\Omega$ resistor.

Note 5: All current switches are tested to guarantee at least 50% of rated current.

Note 6: All bits switched.

Note 7: Pin-out numbers for the DAC080X represent the dual-in-line package. The small outline package pinout differs from the dual-in-line package.

Typical Application

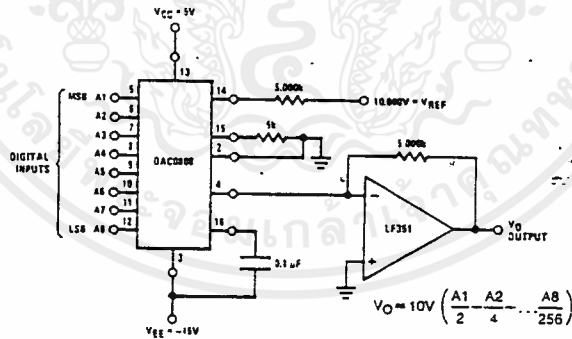
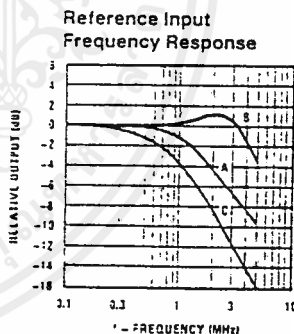
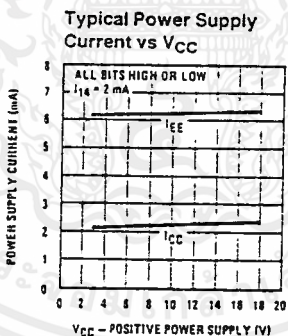
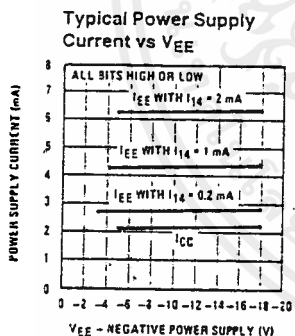
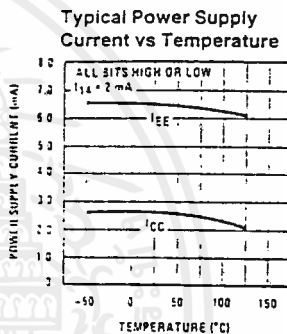
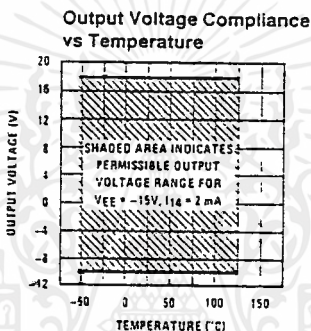
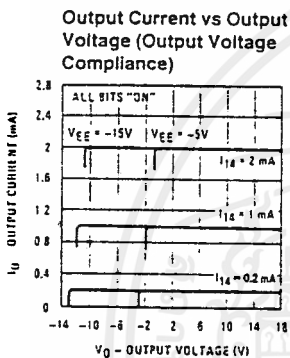
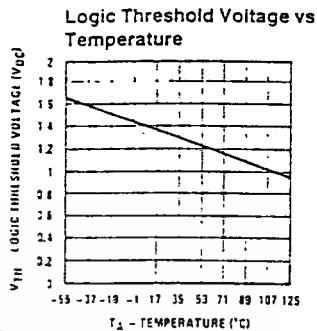
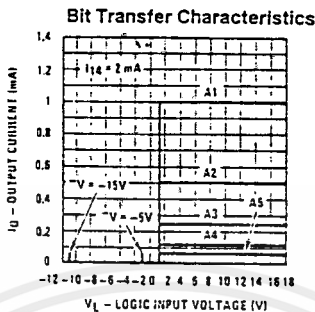
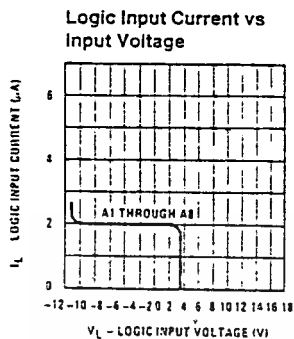


FIGURE 1. +10V Output Digital to Analog Converter (Note 7)

TL/H/5687-3

Typical Performance Characteristics

$V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise noted



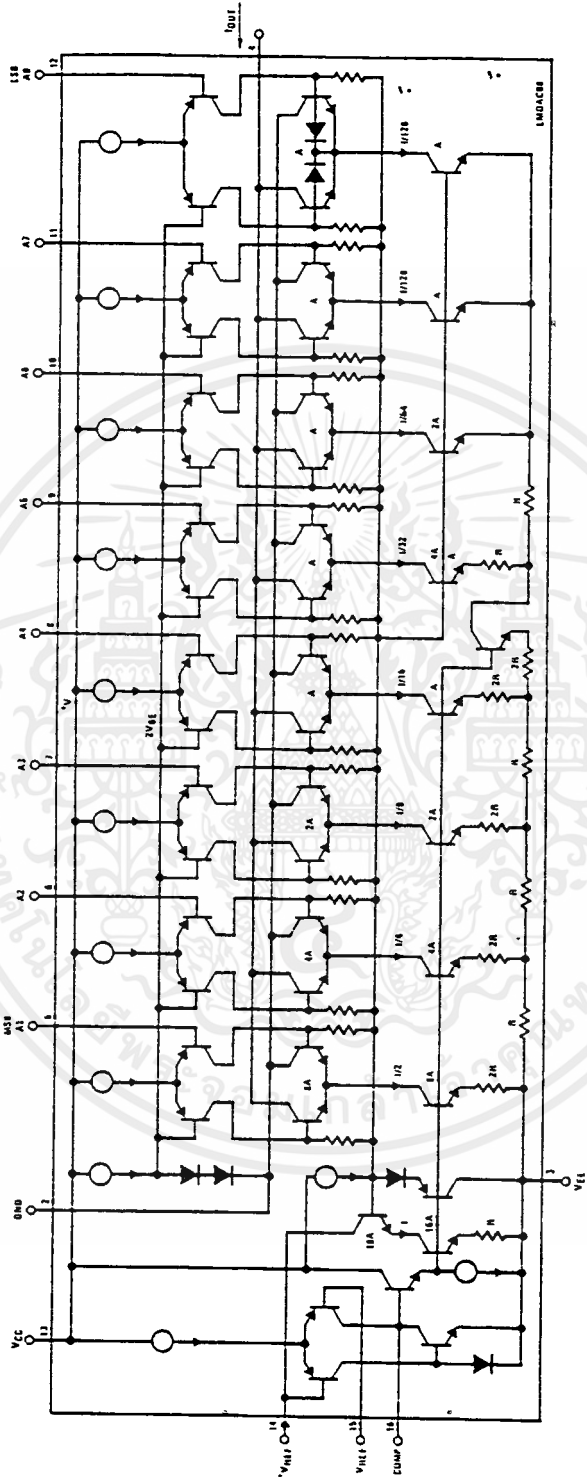
TL/H/5687-5

Unless otherwise specified: $R_{14} = 1k\Omega$, $C = 15pF$, pin 16 to V_{EE} ; $R_L = 50\Omega$, pin 4 to ground.

Curve A: Large Signal Bandwidth Method of Figure 7, $V_{REF} = 2V_p$ -p offset 1V above ground.

Curve B: Small Signal Bandwidth Method of Figure 7, $R_L = 250\Omega$, $V_{REF} = 50mV_p$ -p offset 200mV above ground.

Curve C: Large and Small Signal Bandwidth Method of Figure 9 (no op amp, $R_L = 50\Omega$, $R_S = 50\Omega$, $V_{REF} = 2V$, $V_S = 100mV_p$ -p centered at 0V).

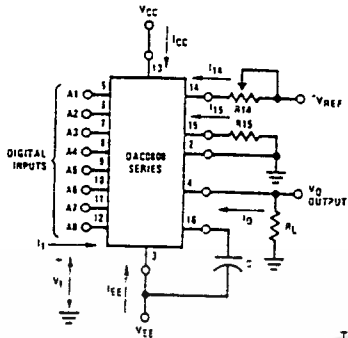


TL1115087-4

FIGURE 2. Equivalent Circuit of the DAC0808 Series (Note 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits



V_I and I_I apply to inputs A1-A8.

The resistor tied to pin 15 is to temperature compensate the bias current and may not be necessary for all applications.

$$I_O = K \left(\frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right)$$

$$\text{where } K = \frac{V_{REF}}{R_{14}}$$

and $A_N = "1"$ if A_N is at high level

$A_N = "0"$ if A_N is at low level

TL/H/5687-6

FIGURE 3. Notation Definitions Test Circuit (Note 7)

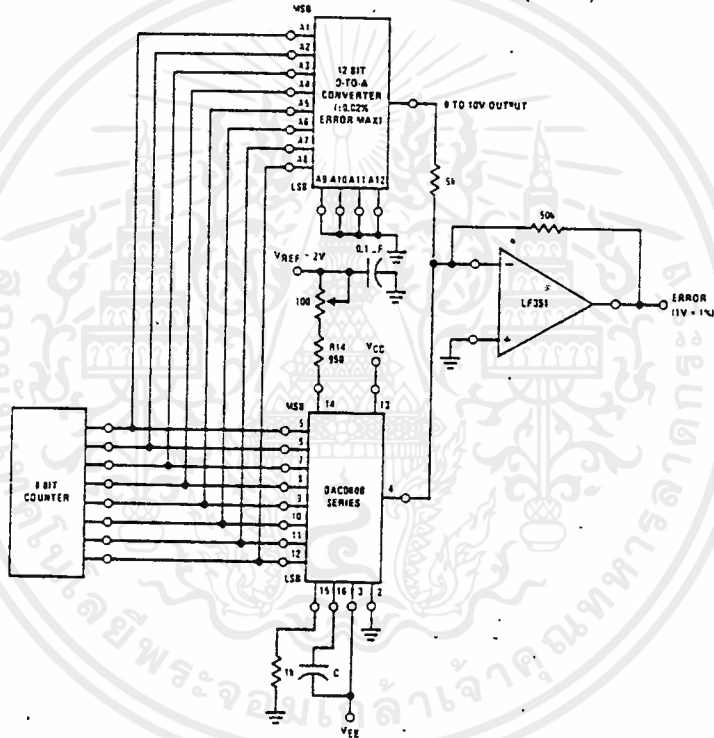


FIGURE 4. Relative Accuracy Test Circuit (Note 7)

TL/H/5687-7

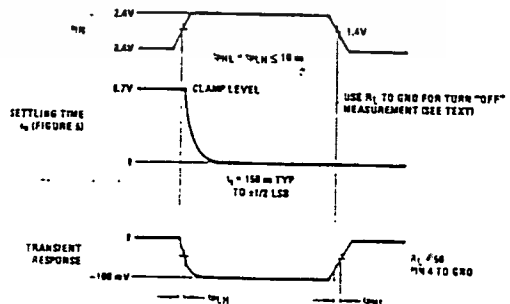
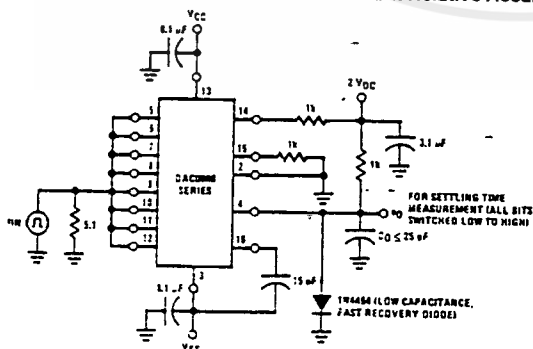


FIGURE 5. Transient Response and Settling Time (Note 7)

TL/H/5687-8

Test Circuits (Continued)

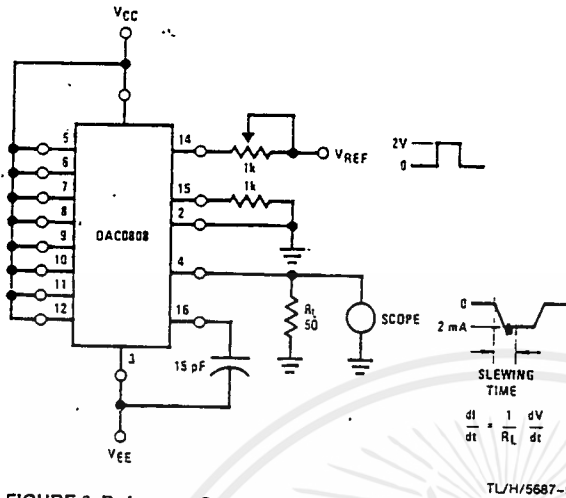


FIGURE 6. Reference Current Slew Rate Measurement (Note 7)

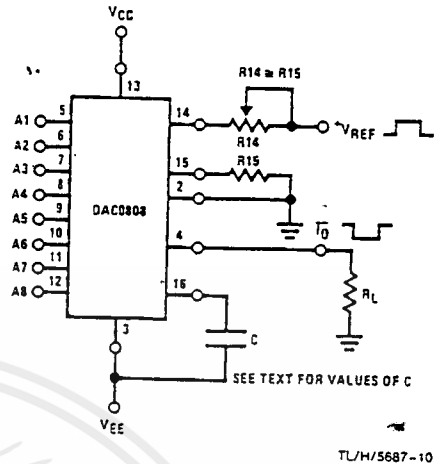


FIGURE 7. Positive V_{REF} (Note 7)

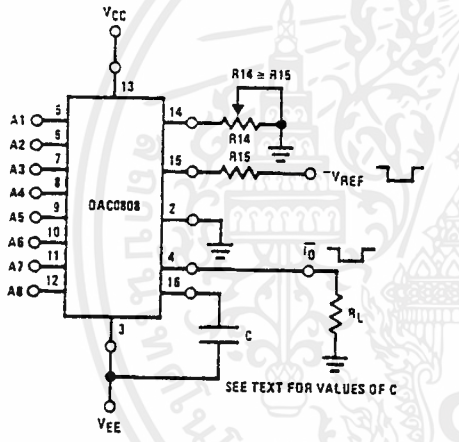


FIGURE 8. Negative V_{REF} (Note 7)

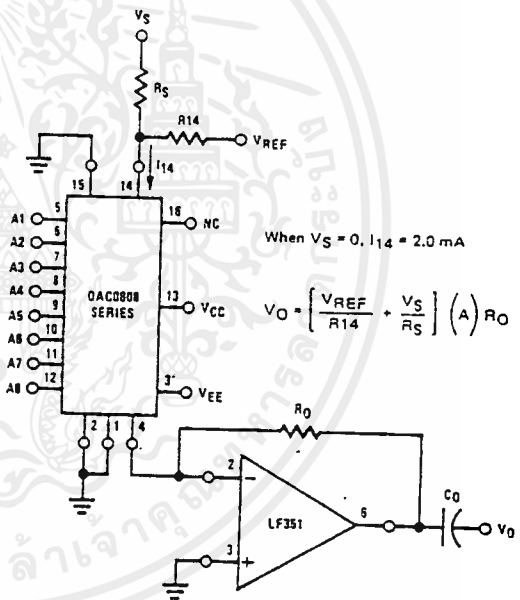


FIGURE 9. Programmable Gain Amplifier or Digital Attenuator Circuit (Note 7)

Application Hints

REFERENCE AMPLIFIER DRIVE AND COMPENSATION

The reference amplifier provides a voltage at pin 14 for converting the reference voltage to a current, and a turn-around circuit or current mirror for feeding the ladder. The reference amplifier input current, I_{14} , must always flow into pin 14, regardless of the set-up method or reference voltage polarity. Connections for a positive voltage are shown in Figure 7. The reference voltage source supplies the full current I_{14} . For bipolar reference signals, as in the multiplying mode,

R_{15} can be tied to a negative voltage corresponding to the minimum input level. It is possible to eliminate R_{15} with only a small sacrifice in accuracy and temperature drift.

The compensation capacitor value must be increased with increases in R_{14} to maintain proper phase margin; for R_{14} values of 1, 2.5 and 5 k Ω , minimum capacitor values are 15, 37 and 75 pF. The capacitor may be tied to either V_{EE} or ground, but using V_{EE} increases negative supply rejection.

Application Hints (Continued)

A negative reference voltage may be used if R14 is grounded and the reference voltage is applied to R15 as shown in *Figure 8*. A high input impedance is the main advantage of this method. Compensation involves a capacitor to V_{EE} on pin 16, using the values of the previous paragraph. The negative reference voltage must be at least 4V above the V_{EE} supply. Bipolar input signals may be handled by connecting R14 to a positive reference voltage equal to the peak positive input level at pin 15.

When a DC reference voltage is used, capacitive bypass to ground is recommended. The 5V logic supply is not recommended as a reference voltage. If a well regulated 5V supply which drives logic is to be used as the reference, R14 should be decoupled by connecting it to 5V through another resistor and bypassing the junction of the 2 resistors with 0.1 μ F to ground. For reference voltages greater than 5V, a clamp diode is recommended between pin 14 and ground.

If pin 14 is driven by a high impedance such as a transistor current source, none of the above compensation methods apply and the amplifier must be heavily compensated, decreasing the overall bandwidth.

OUTPUT VOLTAGE RANGE

The voltage on pin 4 is restricted to a range of -0.55 to 0.4 V when $V_{EE} = -5$ V due to the current switching methods employed in the DAC0808.

The negative output voltage compliance of the DAC0808 is extended to -5 V where the negative supply voltage is more negative than -10 V. Using a full-scale current of 1.992 mA and load resistor of 2.5 k Ω between pin 4 and ground will yield a voltage output of 256 levels between 0 and -4.980 V. Floating pin 1 does not affect the converter speed or power dissipation. However, the value of the load resistor determines the switching time due to increased voltage swing. Values of R_L up to 500 Ω do not significantly affect performance, but a 2.5 k Ω load increases worst-case settling time to 1.2 μ s (when all bits are switched ON). Refer to the subsequent text section on Settling Time for more details on output loading.

OUTPUT CURRENT RANGE

The output current maximum rating of 4.2 mA may be used only for negative supply voltages more negative than -8 V, due to the increased voltage drop across the resistors in the reference current amplifier.

ACCURACY

Absolute accuracy is the measure of each output current level with respect to its intended value, and is dependent upon relative accuracy and full-scale current drift. Relative accuracy is the measure of each output current level as a fraction of the full-scale current. The relative accuracy of the DAC0808 is essentially constant with temperature due to

the excellent temperature tracking of the monolithic resistor ladder. The reference current may drift with temperature, causing a change in the absolute accuracy of output current. However, the DAC0808 has a very low full-scale current drift with temperature.

The DAC0808 series is guaranteed accurate to within $\pm 1/2$ LSB at a full-scale output current of 1.992 mA. This corresponds to a reference amplifier output current drive to the ladder network of 2 mA, with the loss of 1 LSB (8 μ A) which is the ladder remainder shunted to ground. The input current to pin 14 has a guaranteed value of between 1.9 and 2.1 mA, allowing some mismatch in the NPN current source pair. The accuracy test circuit is shown in *Figure 4*. The 12-bit converter is calibrated for a full-scale output current of 1.992 mA. This is an optional step since the DAC0808 accuracy is essentially the same between 1.5 and 2.5 mA. Then the DAC0808 circuits' full-scale current is trimmed to the same value with R14 so that a zero value appears at the error amplifier output. The counter is activated and the error band may be displayed on an oscilloscope, detected by comparators, or stored in a peak detector.

Two 8-bit D-to-A converters may not be used to construct a 16-bit accuracy D-to-A converter. 16-bit accuracy implies a total error of $\pm 1/2$ of one part in 65,536 or $\pm 0.00076\%$, which is much more accurate than the $\pm 0.019\%$ specification provided by the DAC0808.

MULTIPLYING ACCURACY

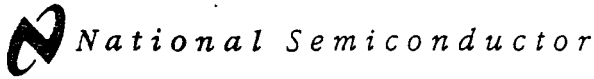
The DAC0808 may be used in the multiplying mode with 8-bit accuracy when the reference current is varied over a range of 256:1. If the reference current in the multiplying mode ranges from 16 μ A to 4 mA, the additional error contributions are less than 1.6 μ A. This is well within 8-bit accuracy when referred to full-scale.

A monotonic converter is one which supplies an increase in current for each increment in the binary word. Typically, the DAC0808 is monotonic for all values of reference current above 0.5 mA. The recommended range for operation with a DC reference current is 0.5 to 4 mA.

SETTLING TIME

The worst-case switching condition occurs when all bits are switched ON, which corresponds to a low-to-high transition for all bits. This time is typically 150 ns for settling to within $\pm 1/2$ LSB, for 8-bit accuracy, and 100 ns to $1/2$ LSB for 7 and 6-bit accuracy. The turn OFF is typically under 100 ns. These times apply when $R_L \leq 500\Omega$ and $C_O \leq 25$ pF.

Extra care must be taken in board layout since this is usually the dominant factor in satisfactory test results when measuring settling time. Short leads, 100 μ F supply bypassing for low frequencies, and minimum scope lead length are all mandatory.



LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

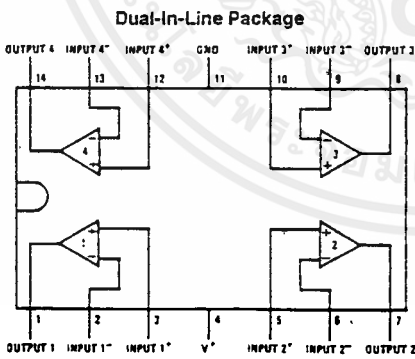
Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

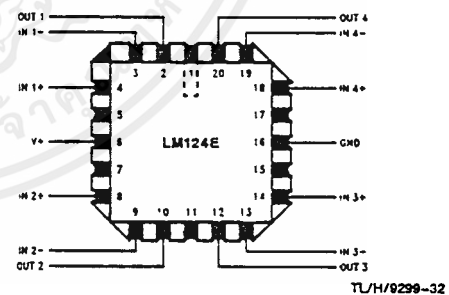
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz
- Wide power supply range:
 - Single supply 3V to 32V
 - or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA
- Low input offset voltage and offset current 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground 5 nA
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing $0V$ to $V^+ - 1.5V$

Connection Diagram

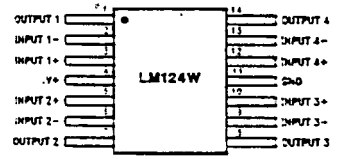


Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883**, LM124AJ/883*, LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324AM, LM2902M, LM324N, LM324AN or LM2902N
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

**LM124A available per JM38510/11006
**LM124 available per JM38510/11005



Order Number LM124AE/883 or LM124E/883
See NS Package Number E20A



Order Number LM124AW/883 or LM124W/883
See NS Package Number W14B

LM124/LM224/LM324/LM2902

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

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

Parameter	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A
Supply Voltage, V^+	32V	26V	LM2902 -65°C to +150°C
Differential Input Voltage	32V	26V	LM2902 -65°C to +150°C
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V	Storage Temperature Range Lead Temperature (Soldering, 10 seconds) 260°C
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 3)	50 mA	50 mA	Soldering Information Dual-In-Line Package Soldering (10 seconds) 260°C
Power Dissipation (Note 1)	1130 mW 1260 mW 800 mW	1130 mW 1260 mW 800 mW	Small Outline Package Vapor Phase (60 seconds) 215°C Infrared (15 seconds) 220°C
Cavity DIP			
Small Outline Package			
Output Short-Circuit to GND (Open Amplifier) (Note 2)	Continuous	Continuous	See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.
$V^+ \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$			ESD Tolerance (Note 10) 250V
Operating Temperature Range	0°C to +70°C -25°C to +85°C -55°C to +125°C	-40°C to +85°C	250V
LM324/LM324A			
LM224/LM224A			
LM124/LM124A			

Electrical Characteristics $V^+ = \pm 5.0V$, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
Input Offset Voltage (Note 5) $T_A = 25^\circ C$	1	2	1	3	2	3	2	5	2	7	2	7	mV
Input Bias Current (Note 6)	20	50	40	80	45	100	45	150	45	250	45	250	nA
Input Offset Current	2	10	2	15	5	30	3	30	5	50	5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	mA
	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	
Large Signal Voltage Gain	50	100	50	100	25	100	50	100	25	100	25	100	V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	70	85	70	85	65	85	70	85	65	85	50	70	dB
Power Supply Rejection Ratio	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	50	100	dB

Electrical Characteristics $V^+ = 1.5\text{ V}$ (Note 4) unless otherwise stated (Continued)

Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 6)	$f = 1\text{ kHz to }20\text{ kHz}, T_A = 25^\circ\text{C}$ (Input Referred)	-	-	-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dB	
Output Current	Source	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	mA	
	Sink	$V_{IN}^+ = 1\text{ V}, V_{IN}^- = 0\text{ V},$ $V^+ = 15\text{ V}, V_O = 2\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	mA
		$V_{IN}^- = 1\text{ V}, V_{IN}^+ = 0\text{ V},$ $V^+ = 15\text{ V}, V_O = 2\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	μA
Short Circuit to Ground	$V_{IN}^- = 1\text{ V}, V_{IN}^+ = 0\text{ V},$ $V^+ = 15\text{ V}, V_O = 200\text{ mV}, T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) $V^+ = 15\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	mA	
Input Offset Voltage	(Note 5)	4	4	4	4	5	5	7	7	9	9	10	10	mV	
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$	7	20	7	20	7	30	7	7	7	7	7	7	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0\text{ V}$	30	30	30	30	75	75	100	100	150	150	45	200	nA	
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$	10	200	10	200	10	300	10	10	10	10	10	10	$\text{pA}/^\circ\text{C}$	
Input Bias Current	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}$	40	100	40	100	40	200	40	40	40	40	40	500	nA	
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	$V^+ = +30\text{ V}$ (LM2902, $V^+ = 26\text{ V}$)	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	V	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15\text{ V}$ (V_O Swing = 1V to 11V) $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	25	25	25	25	15	15	25	25	15	15	15	15	V/mV	
Output Voltage Swing	V_{OH}	$V^+ = 30\text{ V}$ (LM2902, $V^+ = 26\text{ V}$)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	22	22	V	
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$ $R_L = 10\text{ k}\Omega$	27	28	27	28	27	28	27	28	27	28	23	24	
	V_{OL}	$V^+ = 5\text{ V}, R_L = 10\text{ k}\Omega$	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	100	mV

LM124/LM224/LM324/LM2902

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics $V_I = +5.0V$ (Note 4) unless otherwise stated (Continued)

Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Current	Source	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	mA
	Sink	10	15	5	8	5	8	5	8	5	8	5	8	

Note 1: For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a $\pm 125^\circ C$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $86^\circ C/W$ which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a $\pm 150^\circ C$ maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 2: Short circuits from the output to V_I can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Note 3: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V_I voltage level (or to ground for a large overload) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).

Note 4: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM124/LM124A, $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, the LM324/LM324A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2902 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +95^\circ C$.

Note 5: $V_O = 1.4V$, $R_{th} = 0\Omega$ with V_I from $5V$ to $30V$; and over the full input common-mode range ($0V$ to $V_I - 1.5V$) for LM2902, V_I from $5V$ to $26V$.

Note 6: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

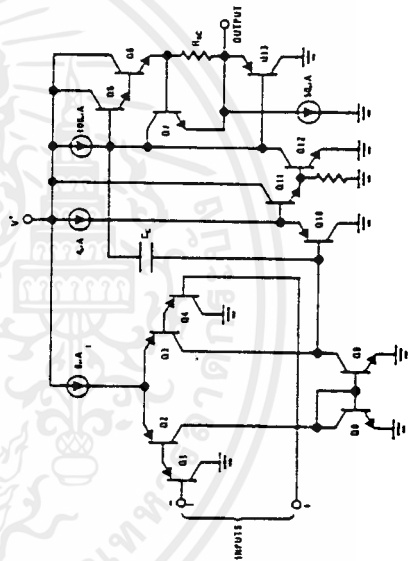
Note 7: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than $0.3V$ (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V_I - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to $+32V$ without damage ($+26V$ for LM2902), independent of the magnitude of V_I .

Note 8: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

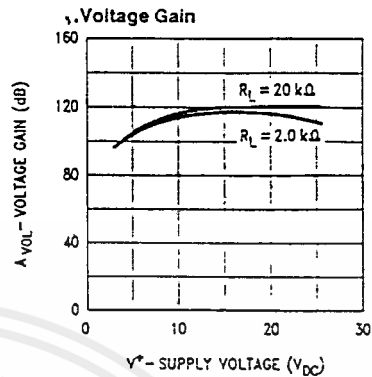
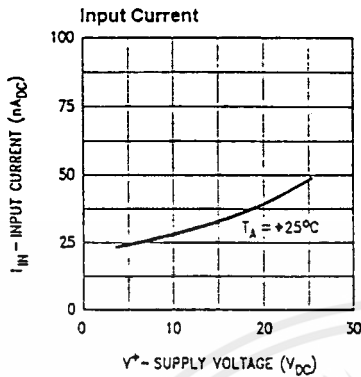
Note 9: Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

Note 10: Human body model, $1.5 k\Omega$ in series with $100 pF$.

Schematic Diagram (Each Amplifier)



Typical Performance Characteristics (LM2902 only)



TL/M/9299-4

Application Hints

The LM124 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of 0 V_{DC} . These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At 25°C amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of 2.3 V_{DC} .

The pinouts of the package have been designed to simplify PC board layouts. Inverting inputs are adjacent to outputs for all of the amplifiers and the outputs have also been placed at the corners of the package (pins 1, 7, 8, and 14).

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than V^+ without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than -0.3 V_{DC} (at 25°C). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion.

Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of 50 pF can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

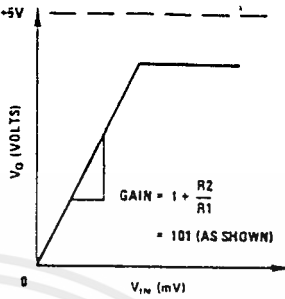
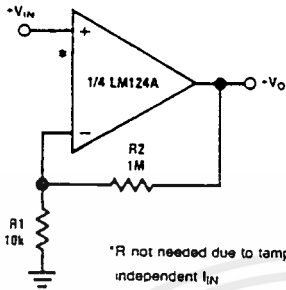
The bias network of the LM124 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from 3 V_{DC} to 30 V_{DC} .

Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of output source current which is available at 25°C provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of $V^+/2$) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

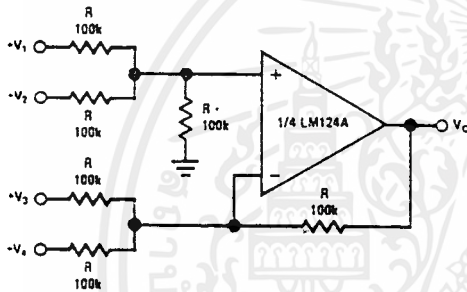
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$)

Non-Inverting DC Gain (0V Input \approx 0V Output)



TL/H/9299-5

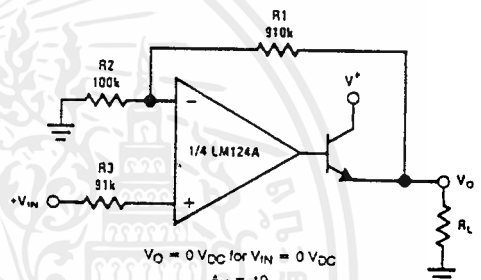
DC Summing Amplifier ($V_{IN}'S \geq 0 V_{DC}$ and $V_O \geq 0 V_{DC}$)



Where: $V_O = V_1 - V_2 - V_3 - V_4$
 $(V_1 - V_2) \geq (V_3 - V_4)$ to keep $V_O > 0 V_{DC}$

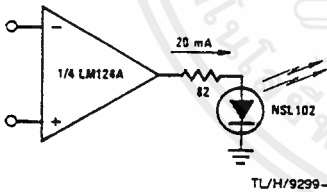
TL/H/9299-6

Power Amplifier



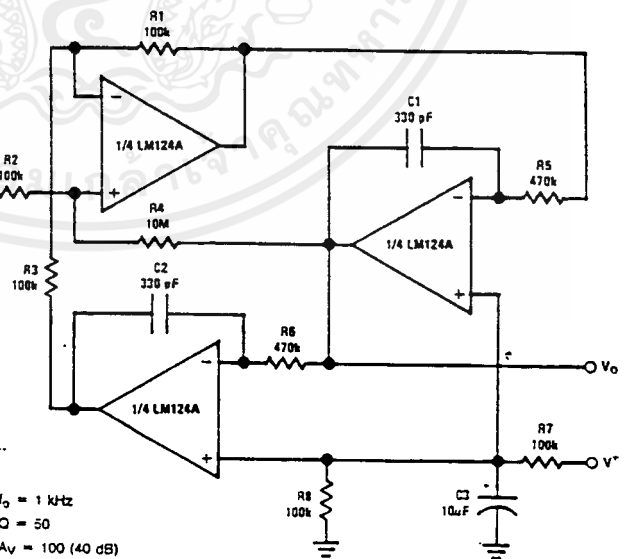
TL/H/9299-7

LED Driver



TL/H/9299-8

"BI-QUAD" RC Active Bandpass Filter

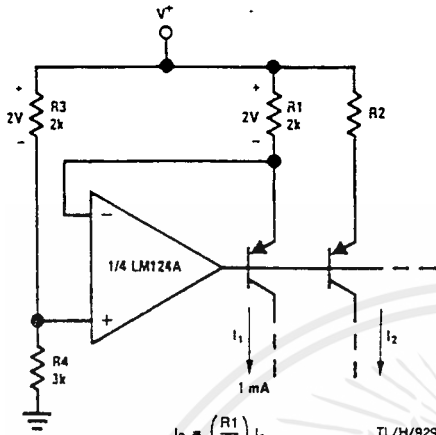


$f_o = 1 \text{ kHz}$
 $Q = 50$
 $A_v = 100 (40 \text{ dB})$

TL/H/9299-9

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

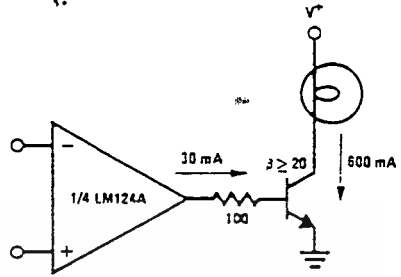
Fixed Current Sources



$$I_2 = \left(\frac{R1}{R2} \right) I_1$$

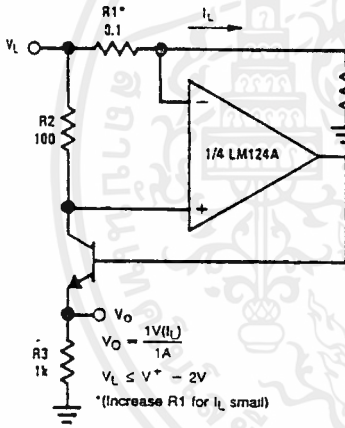
TL/H/9299-10

Lamp Driver



TL/H/9299-11

Current Monitor



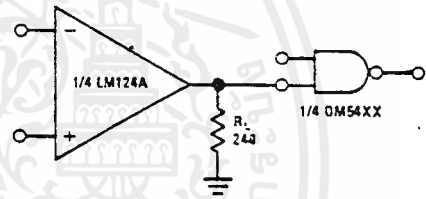
$$V_O = \frac{1V(I_L)}{1A}$$

$$V_L \leq V^+ - 2V$$

*(Increase R1 for I_L small)

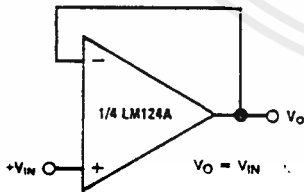
TL/H/9299-12

Driving TTL



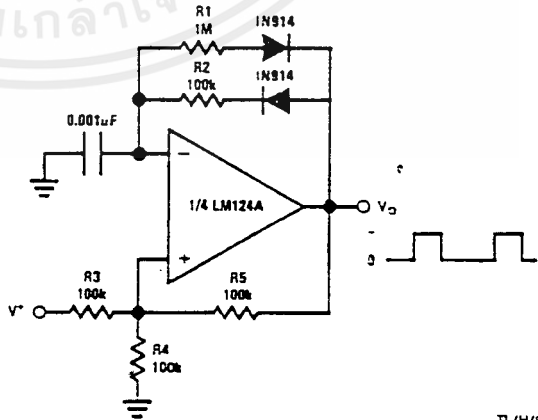
TL/H/9299-13

Voltage Follower



TL/H/9299-14

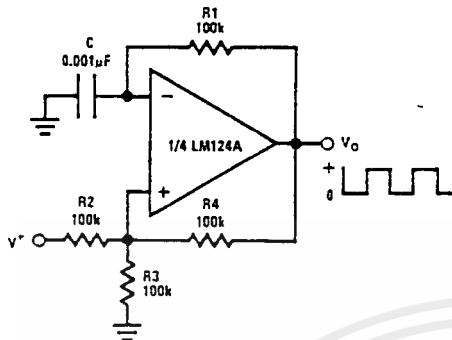
Pulse Generator



TL/H/9299-15

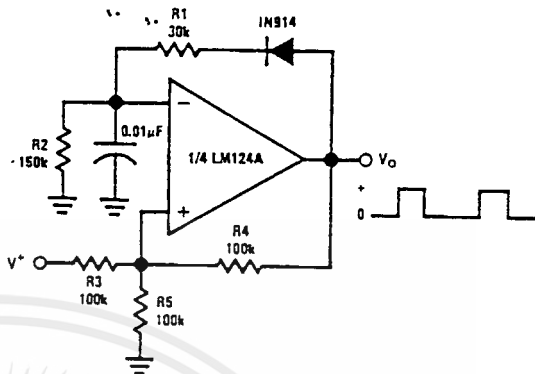
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DD}$) (Continued)

Squarewave Oscillator



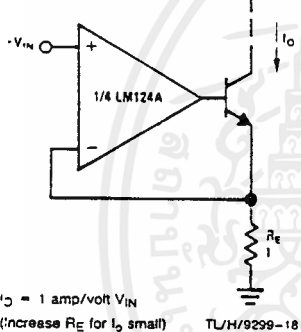
TL/H/9299-16

Pulse Generator



TL/H/9299-17

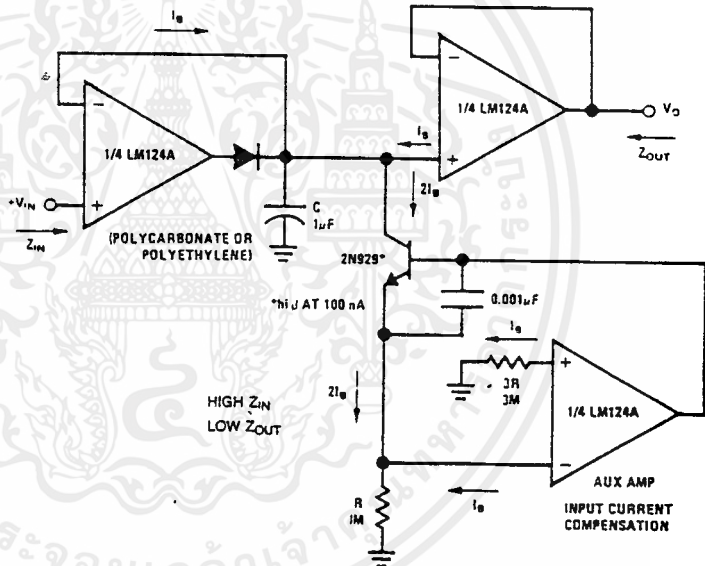
High Compliance Current Sink



$I_o = 1 \text{ amp/volt } V_{IN}$
(increase R_E for I_o small)

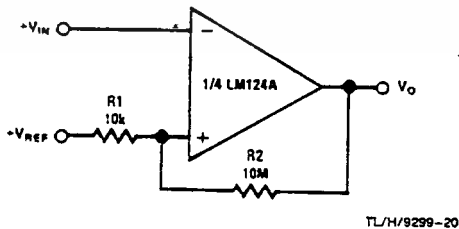
TL/H/9299-18

Low Drift Peak Detector



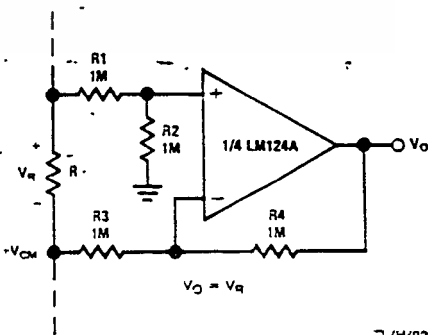
TL/H/9299-19

Comparator with Hysteresis



TL/H/9299-20

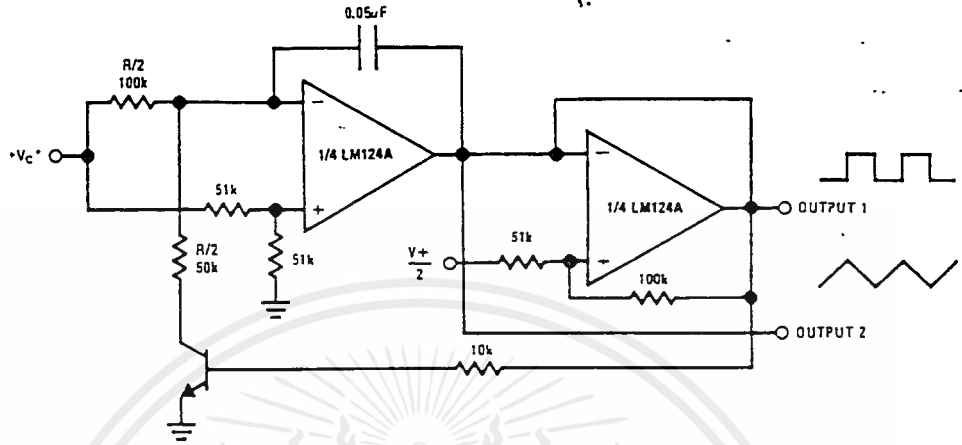
Ground Referencing a Differential Input Signal



TL/H/9299-21

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

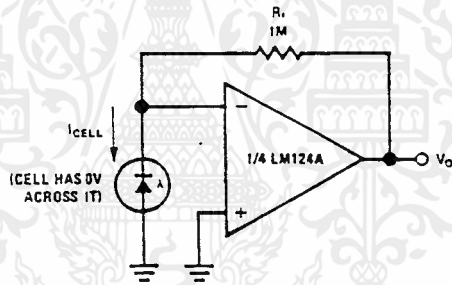
Voltage Controlled Oscillator Circuit



*Wide control voltage range: $0 V_{DC} \leq V_C \leq 2 (V^+ - 1.5 V_{DC})$

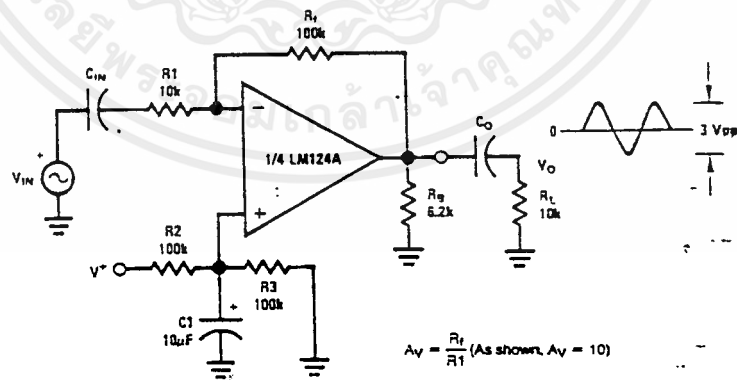
TL/H/9299-22

Photo Voltaic-Cell Amplifier



TL/H/9299-23

AC Coupled Inverting Amplifier

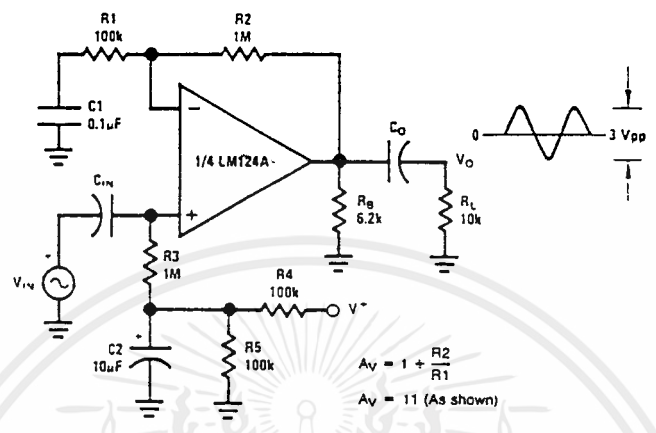


$$A_v = \frac{R_f}{R_1} \text{ (As shown, } A_v = 10 \text{)}$$

TL/H/9299-24

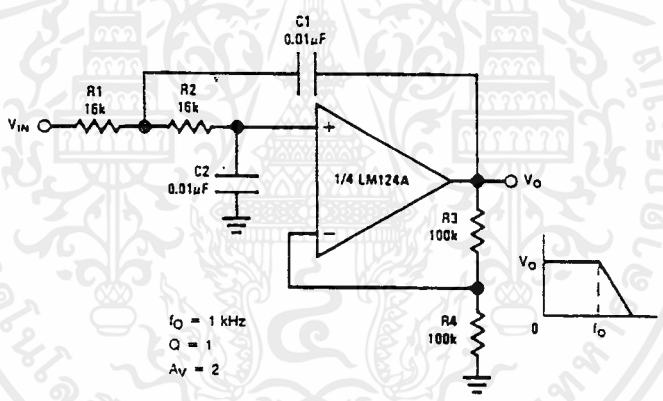
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

AC Coupled Non-Inverting Amplifier



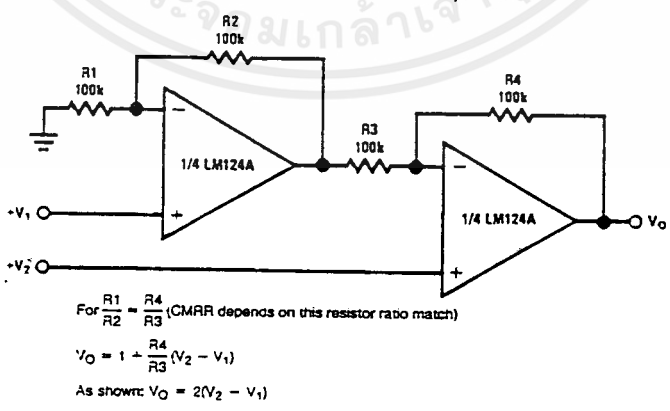
TL/H/9299-25

DC Coupled Low-Pass RC Active Filter



TL/H/9299-26

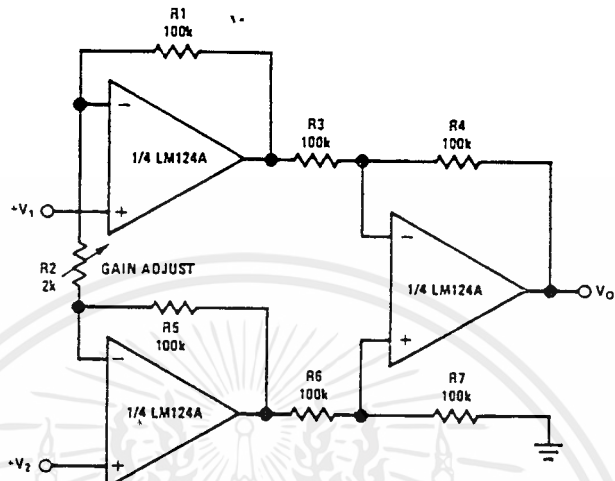
High Input Z, DC Differential Amplifier



TL/H/9299-27

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

High Input Z Adjustable-Gain DC Instrumentation Amplifier



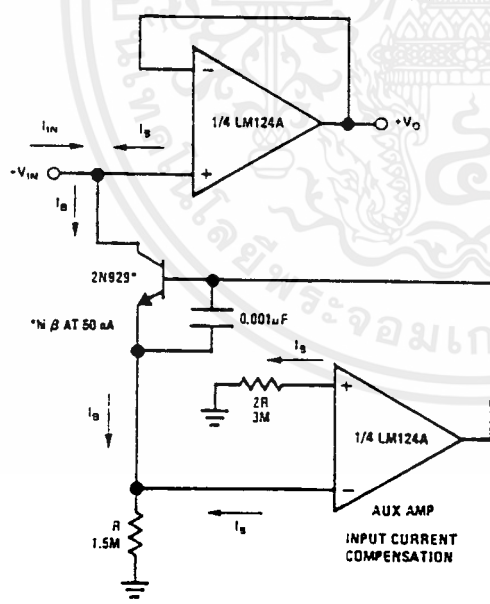
If $R1 = R5$ & $R3 = R4 = R6 = R7$ (CMRR depends on match)

$$V_O = 1 - \frac{2R1}{R2} (V_2 - V_1)$$

As shown $V_O = 101 (V_2 - V_1)$

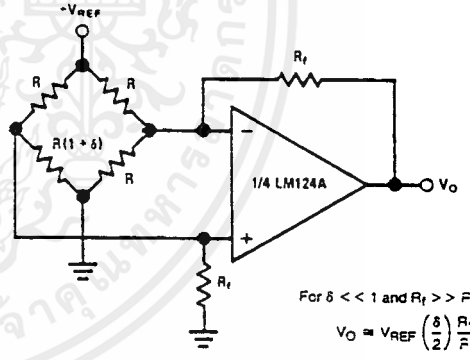
TL/H/9299-28

Using Symmetrical Amplifiers to Reduce Input Current (General Concept)



TL/H/9299-29

Bridge Current Amplifier



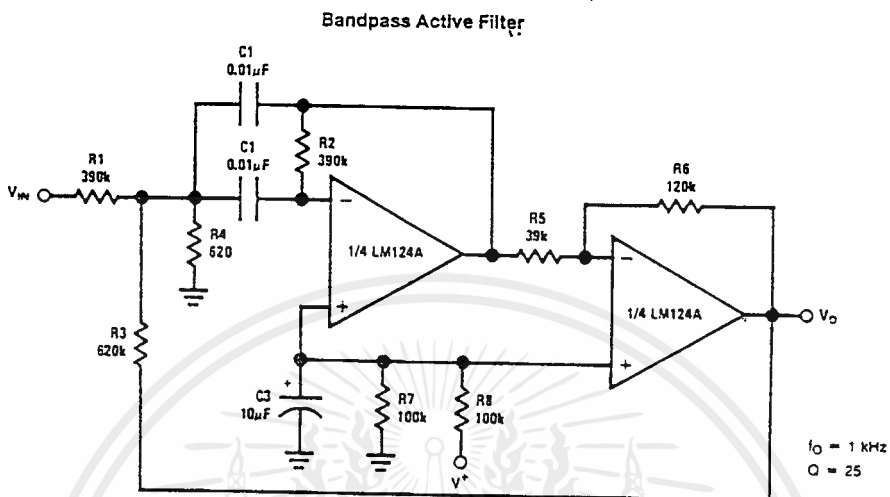
For $\delta \ll 1$ and $R_f \gg R$

$$V_O \approx V_{REF} \left(\frac{\delta}{2} \right) \frac{R}{R_f}$$

TL/H/9299-

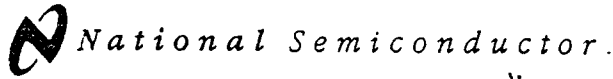
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

LM124/LM224/LM324/LM2902



TLH49293-31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LM78XX Series Voltage Regulators

General Description

The LM78XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expended to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number

of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

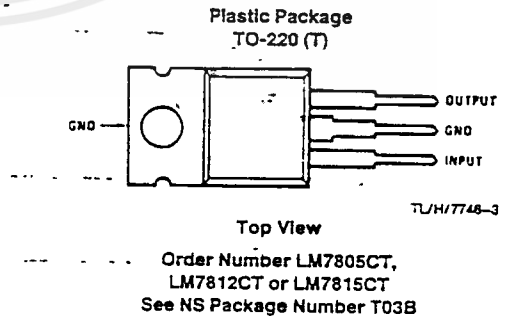
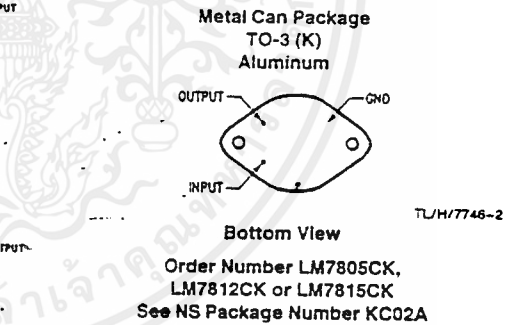
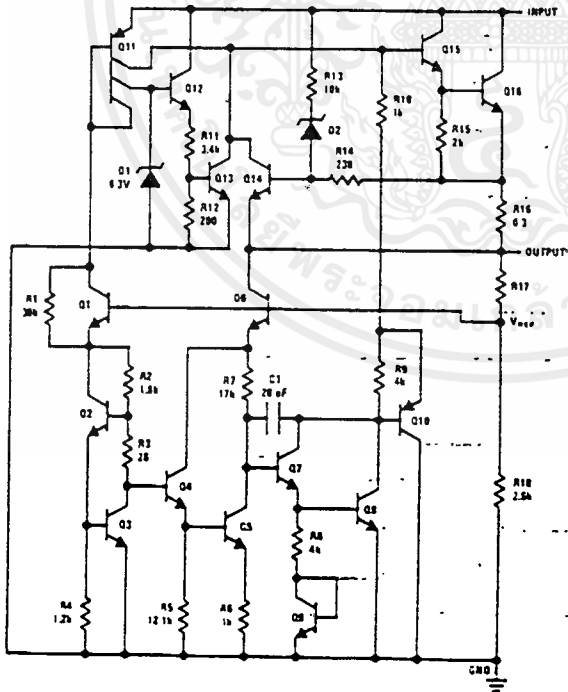
Features

- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

Schematic and Connection Diagrams



TL/H/7746-1

Absolute Maximum Ratings

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

Input Voltage ($V_O = 5V, 12V$ and $15V$) 35V
 Internal Power Dissipation (Note 1) Internally Limited
 Operating Temperature Range (T_A) 0°C to $+70^\circ\text{C}$

Maximum Junction Temperature
 (K Package) 150°C
 (T Package) 150°C
 Storage Temperature Range -65°C to $+150^\circ\text{C}$
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)
 TO-3 Package K 300°C
 TO-220 Package T 230°C

Electrical Characteristics LM78XX (Note 2) $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 125^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

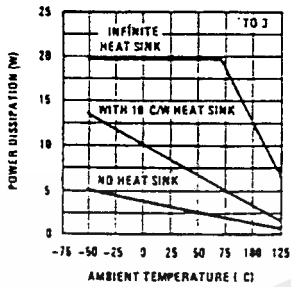
Output Voltage			5V			12V			15V			Units		
Input Voltage (unless otherwise noted)			10V			19V			23V					
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max			
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V		
		$P_D \leq 15\text{ W}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	4.75		5.25	11.4		12.6	14.25		15.75	V		
		$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	(7.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$)				(14.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 27$)			(17.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$)			V	
ΔV_O	Line Regulation	$I_O = 500\text{ mA}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$		3	50		4	120		4	150	mV	
			ΔV_{IN}	(7 $\leq V_{\text{IN}} \leq 25$)				(14.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$)			(17.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$)			V
		$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$	ΔV_{IN}			50			120			150	mV	
			ΔV_{IN}	(8 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$)				(15 $\leq V_{\text{IN}} \leq 27$)			(18.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$)			V
		$I_O \leq 1\text{ A}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$			50			120			150	mV	
			ΔV_{IN}	(7.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$)				(14.6 $\leq V_{\text{IN}} \leq 27$)			(17.7 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$)			V
ΔV_O	Load Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$		10	50		12	120		12	150	mV	
			$250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$			25			60			75	mV	
		$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}, 0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			50			120			150	mV		
I_Q	Quiescent Current	$I_O \leq 1\text{ A}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$			8			8			9	mA	
			$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			8.5			8.5			8.5	mA	
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$			0.5			0.5			0.5	mA	
			$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	(7.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$)			1.0			1.0			1.0	mA
			$I_O \leq 500\text{ mA}, 0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			1.0			1.0			1.0	mA	
			$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	(7 $\leq V_{\text{IN}} \leq 25$)				(14.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$)			(17.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$)			V
V_N	Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}, 10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$			40			75			90	μV		
$\frac{\Delta V_{\text{IN}}}{\Delta V_{\text{OUT}}}$	Ripple Rejection	$f = 120\text{ Hz}$	$I_O \leq 1\text{ A}, T_J = 25^\circ\text{C}$ or $I_O \leq 500\text{ mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$	62	80		55	72		54	70		dB	
			$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	(8 $\leq V_{\text{IN}} \leq 18$)				(15 $\leq V_{\text{IN}} \leq 25$)			(18.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 28.5$)			V
														dB
R_O	Dropout Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_{\text{OUT}} = 1\text{ A}$			2.0			2.0			2.0	V		
	Output Resistance	$f = 1\text{ kHz}$			8			18			19	m Ω		
	Short-Circuit Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$			2.1			1.5			1.2	A		
	Peak Output Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$			2.4			2.4			2.4	A		
	Average TC of V_{OUT}	$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}, I_O = 5\text{ mA}$			0.6			1.5			1.8	mV/ $^\circ\text{C}$		
V_{IN}	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$			7.5			14.6			17.7	V		

Note 1: Thermal resistance of the TO-3 package (K, KC) is typically $4^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case and $35^\circ\text{C}/\text{W}$ case to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (T) is typically $4^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case and $50^\circ\text{C}/\text{W}$ case to ambient.

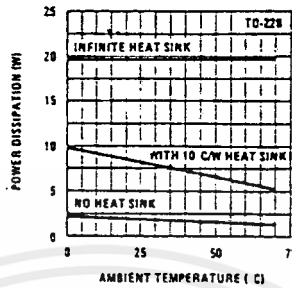
Note 2: All characteristics are measured with capacitor across the input of $0.22\ \mu\text{F}$, and a capacitor across the output of $0.1\ \mu\text{F}$. All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques ($t_w \leq 10\text{ ms}$, duty cycle $\leq 5\%$). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

Typical Performance Characteristics

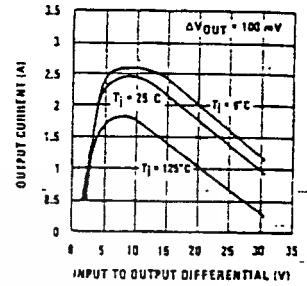
Maximum Average Power Dissipation



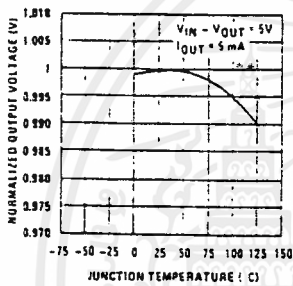
Maximum Average Power Dissipation



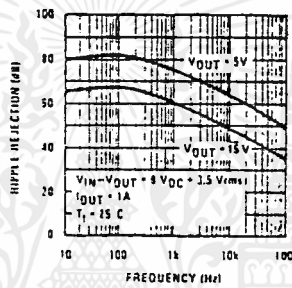
Peak Output Current



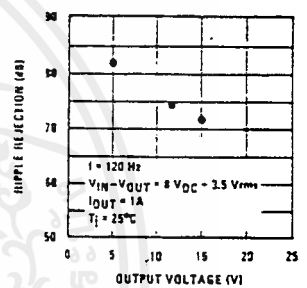
Output Voltage (Normalized to 1V at $T_J = 25^\circ\text{C}$)



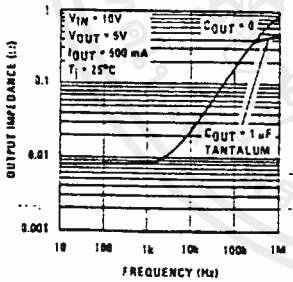
Ripple Rejection



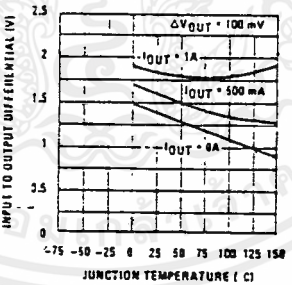
Ripple Rejection



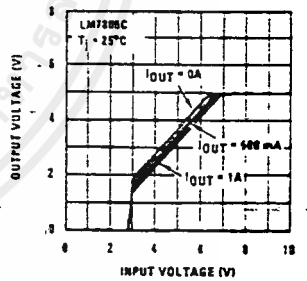
Output Impedance



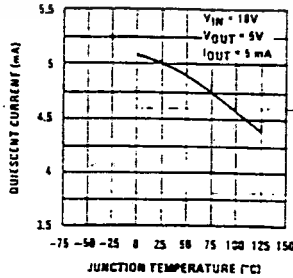
Dropout Voltage



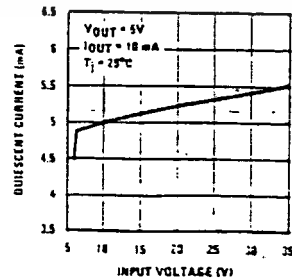
Dropout Characteristics

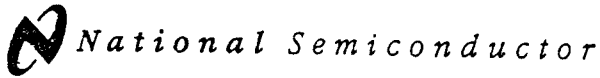


Quiescent Current



Quiescent Current





LM79XX Series 3-Terminal Negative Regulators

General Description

The LM79XX series of 3-terminal regulators is available with fixed output voltages of $-5V$, $-8V$, $-12V$, and $-15V$. These devices need only one external component—a compensation capacitor at the output. The LM79XX series is packaged in the TO-220 power package and is capable of supplying 1.5A of output current.

These regulators employ internal current limiting, safe area protection and thermal shutdown for protection against virtually all overload conditions.

Low ground pin current of the LM79XX series allows output voltage to be easily boosted above the preset value with a resistor divider. The low quiescent current drain of

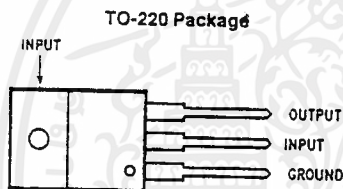
these devices with a specified maximum change with line and load ensures good regulation in the voltage boosted mode.

For applications requiring other voltages, see LM137 data sheet.

Features

- Thermal, short circuit and safe area protection
- High ripple rejection
- 1.5A output current
- 4% tolerance on preset output voltage

Connection Diagrams

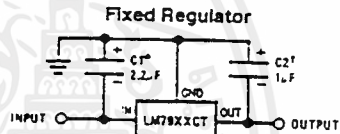


Front View

TL/H/7340-14

Order Number LM7905CT, LM7912CT or LM7915CT
See NS Package Number TO3B

Typical Applications



TL/H/7340-3

*Required if regulator is separated from filter capacitor by more than 3". For value given, capacitor must be solid tantalum. 25 μF aluminum electrolytic may be substituted.

†Required for stability. For value given, capacitor must be solid tantalum. 25 μF aluminum electrolytic may be substituted. Values given may be increased without limit.

For output capacitance in excess of 100 μF , a high current diode from input to output (1N4001, etc.) will protect the regulator from momentary input shorts.

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

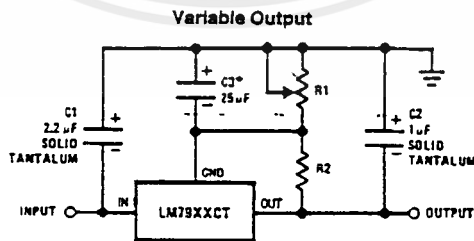
Input Voltage
 (V_O = -5V) -25V
 (V_O = -12V and -15V) -35V

Input-Output Differential
 (V_O = -5V) 25V
 (V_O = -12V and -15V) 30V
 Power Dissipation (Note 2) Internally Limited
 Operating Junction Temperature Range 0°C to +125°C
 Storage Temperature Range -65°C to +150°C
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec.) 230°C

Electrical Characteristics Conditions unless otherwise noted: I_{OUT} = 500 mA, C_{IN} = 2.2 μF, C_{OUT} = 1 μF, 0°C ≤ T_J ≤ +125°C, Power Dissipation ≤ 1.5W.

Part Number			LM7905C			Units
Output Voltage			-5V			
Input Voltage (unless otherwise specified)			-10V			
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	
V _O	Output Voltage	T _J = 25°C 5 mA ≤ I _{OUT} ≤ 1A, P ≤ 15W	-4.8	-5.0	-5.2	V
			-4.75		-5.25	V
				(-20 ≤ V _{IN} ≤ -7)		V
ΔV _O	Line Regulation	T _J = 25°C, (Note 3)		8	50	mV
				(-25 ≤ V _{IN} ≤ -7)		V
				2	15	mV
				(-12 ≤ V _{IN} ≤ -8)		V
ΔV _O	Load Regulation	T _J = 25°C, (Note 3) 5 mA ≤ I _{OUT} ≤ 1.5A 250 mA ≤ I _{OUT} ≤ 750 mA		15	100	mV
				5	50	mV
I _O	Quiescent Current	T _J = 25°C		1	2	mA
ΔI _O	Quiescent Current Change	With Line			0.5	mA
		With Load, 5 mA ≤ I _{OUT} ≤ 1A	(-25 ≤ V _{IN} ≤ -7)		0.5	V
V _n	Output Noise Voltage	T _A = 25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 Hz		125		μV
	Ripple Rejection	f = 120 Hz	54	66		dB
				(-18 ≤ V _{IN} ≤ -8)		V
	Dropout Voltage	T _J = 25°C, I _{OUT} = 1A		1.1		V
I _{OMAX}	Peak Output Current	T _J = 25°C		2.2		A
	Average Temperature Coefficient of Output Voltage	I _{OUT} = 5 mA, 0°C ≤ T _J ≤ 100°C		0.4		mV/°C

Typical Applications (Continued)



*Improves transient response and ripple rejection. Do not increase beyond 50 μF.

TU/H/7340-2

$$V_{OUT} = V_{SET} \left(\frac{R1 + R2}{R2} \right)$$

Select R2 as follows:
 LM7905CT 300Ω
 LM7912CT 750Ω
 LM7915CT 1k

Electrical Characteristics (Continued)

Conditions unless otherwise noted: $I_{OUT} = 500 \text{ mA}$, $C_{IN} = 2.2 \mu\text{F}$, $C_{OUT} = 1 \mu\text{F}$, $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$, Power Dissipation = 1.5W.

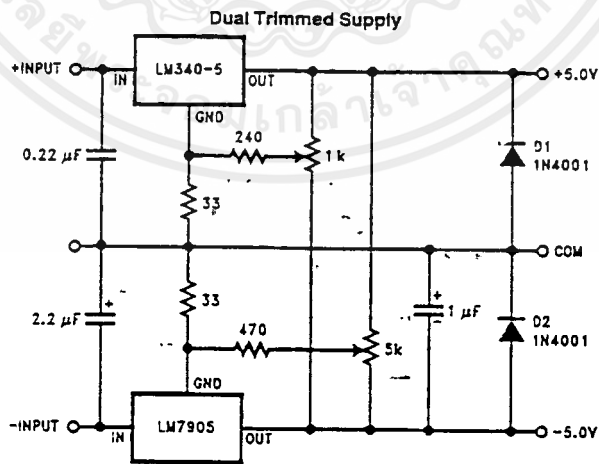
Part Number			LM7912C			LM7915C			Units
Output Voltage			-12V			-15V			
Input Voltage (unless otherwise specified)			-19V			-23V			
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $5 \text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 1 \text{ A}$, $P \leq 15 \text{ W}$	-11.5 -11.4 (-27 $\leq V_{IN} \leq -14.5$)	-12.0 -12.6	-12.5 -12.6	-14.4 -14.25 (-30 $\leq V_{IN} \leq -17.5$)	-15.0 -15.75	-15.6 -15.75	V V V
ΔV_O	Line Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$, (Note 3)		5 (-30 $\leq V_{IN} \leq -14.5$) 3 (-22 $\leq V_{IN} \leq -16$)	80 -14.5 30		5 (-30 $\leq V_{IN} \leq -17.5$) 3 (-26 $\leq V_{IN} \leq -20$)	100 -17.5 50	mV V mV V
ΔV_O	Load Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$, (Note 3) $5 \text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 1.5 \text{ A}$ $250 \text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 750 \text{ mA}$		15 5	200 75		15 5	200 75	mV mV
I_Q	Quiescent Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$		1.5	3		1.5	3	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	With Line With Load, $5 \text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 1 \text{ A}$			0.5 (-30 $\leq V_{IN} \leq -14.5$) 0.5			0.5 (-30 $\leq V_{IN} \leq -17.5$) 0.5	mA V mA
V_n	Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}$		300			375		μV
	Ripple Rejection	$f = 120 \text{ Hz}$	54 (-25 $\leq V_{IN} \leq -15$)	70		54 (-30 $\leq V_{IN} \leq -17.5$)	70		dB V
	Dropout Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{OUT} = 1 \text{ A}$		1.1			1.1		V
$I_{O\text{MAX}}$	Peak Output Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$		2.2			2.2		A
	Average Temperature Coefficient of Output Voltage	$I_{OUT} = 5 \text{ mA}$, $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 100^\circ\text{C}$		-0.8			-1.0		mV/ $^\circ\text{C}$

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee Specific Performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.

Note 2: Refer to Typical Performance Characteristics and Design Considerations for details.

Note 3: Regulation is measured at a constant junction temperature by pulse testing with a low duty cycle. Changes in output voltage due to heating effects must be taken into account.

Typical Applications (Continued)



Design Considerations

The LM79XX fixed voltage regulator series has thermal overload protection from excessive power dissipation, internal short circuit protection which limits the circuit's maximum current, and output transistor safe-area compensation for reducing the output current as the voltage across the pass transistor is increased.

Although the internal power dissipation is limited; the junction temperature must be kept below the maximum specified temperature (125°C) in order to meet data sheet specifications. To calculate the maximum junction temperature or heat sink required, the following thermal resistance values should be used:

Where:

- T_J = Junction Temperature
- T_A = Ambient Temperature
- P_D = Power Dissipation
- θ_{JA} = Junction-to-Ambient Thermal Resistance
- θ_{JC} = Junction-to-Case Thermal Resistance
- θ_{CA} = Case-to-Ambient Thermal Resistance
- θ_{CS} = Case-to-Heat Sink Thermal Resistance
- θ_{SA} = Heat Sink-to-Ambient Thermal Resistance

Package	Typ θ_{JC} °C/W	Max θ_{JC} °C/W	Typ θ_{JA} °C/W	Max θ_{JA} °C/W
TO-220	3.0	5.0	60	40

$$P_{D\text{ MAX}} = \frac{T_{J\text{ Max}} - T_A}{\theta_{JC} + \theta_{CA}} \text{ or } \frac{T_{J\text{ Max}} - T_A}{\theta_{JA}}$$

$$\theta_{CA} = \theta_{CS} + \theta_{SA} \text{ (without heat sink)}$$

Solving for T_J :

$$T_J = T_A + P_D(\theta_{JC} + \theta_{CA}) \text{ or}$$

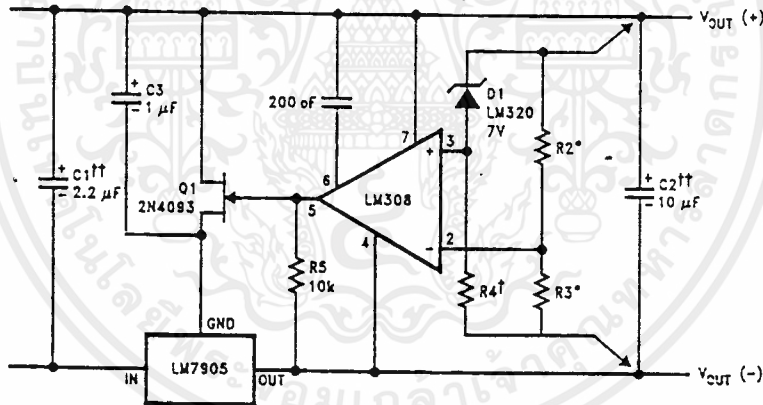
$$= T_A + P_D\theta_{JA} \text{ (without heat sink)}$$

Typical Applications (Continued)

Bypass capacitors are necessary for stable operation of the LM79XX series of regulators over the input voltage and output current ranges. Output bypass capacitors will improve the transient response by the regulator.

The bypass capacitors, (2.2 μF on the input, 1.0 μF on the output) should be ceramic or solid tantalum which have good high frequency characteristics. If aluminum electrolytics are used, their values should be 10 μF or larger. The bypass capacitors should be mounted with the shortest leads, and if possible, directly across the regulator terminals.

High Stability 1 Amp Regulator



Load and line regulation < 0.01% temperature stability \leq 0.2%

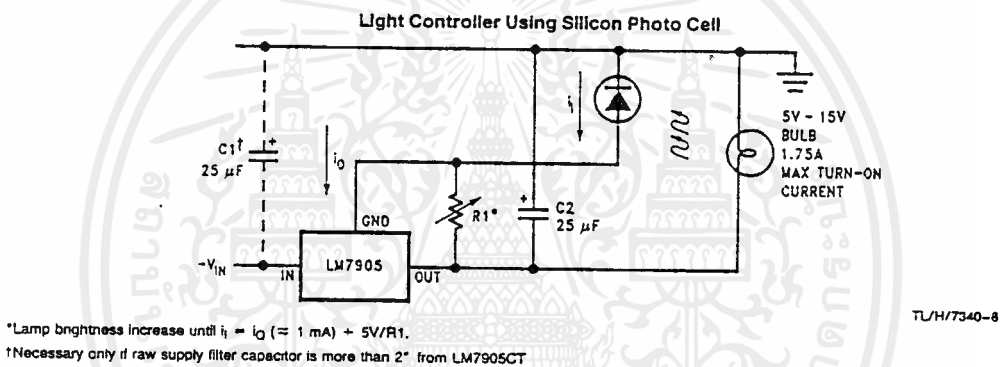
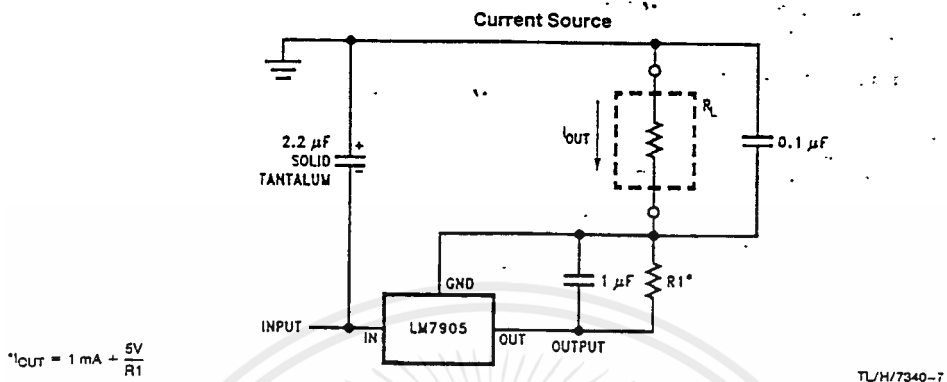
†Determine Zener current

††Solid tantalum

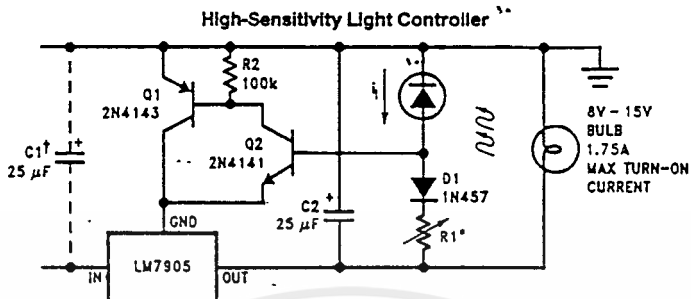
*Select resistors to set output voltage, 2 ppm/°C tracking suggested

TU/H/7340-5

Typical Applications (Continued)



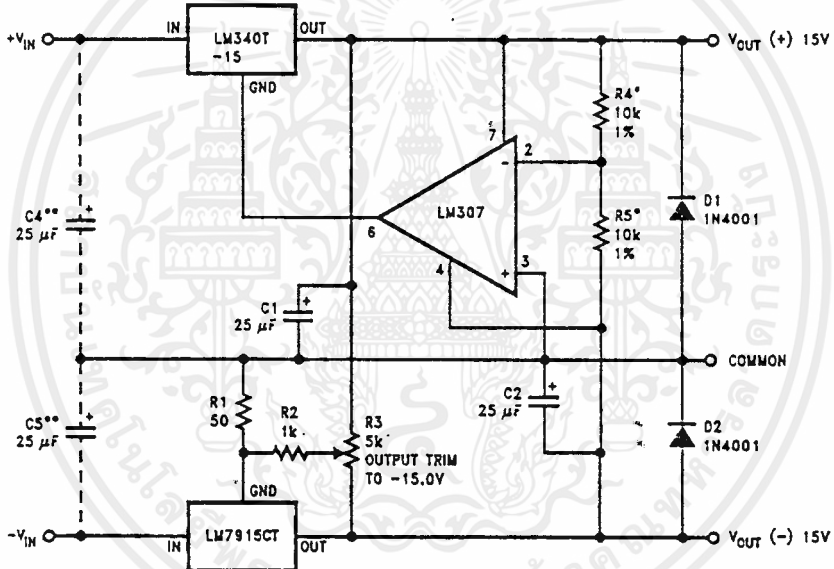
Typical Applications (Continued)



TL/H/7340-9

*Lamp brightness increases until $i_l \approx 5V/R1$ (i_l can be set as low as 1 μA)
 **Necessary only if raw supply filter capacitor is more than 2" from LM7905

$\pm 15V, 1 \text{ Amp Tracking Regulators}$

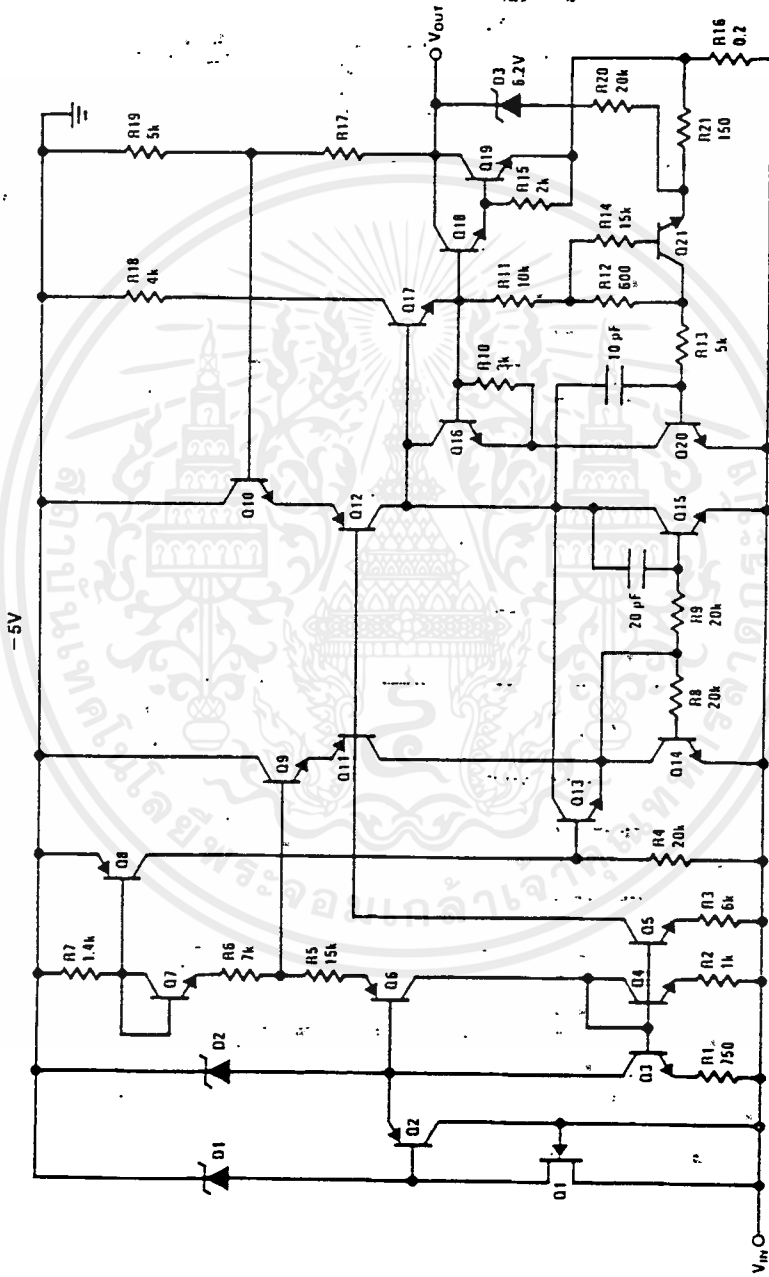


TL/H/7340-1

	(-15)	(+15)
Load Regulation at $\Delta I_L = 1A$	40 mV	2 mV
Output Ripple, $C_{IN} = 3000 \mu F, I_L = 1A$	100 μV_{rms}	100 μV_{rms}
Temperature Stability	50 mV	50 mV
Output Noise 10 Hz $\leq f \leq 10$ kHz	150 μV_{rms}	150 μV_{rms}

*Resistor tolerance of R4 and R5 determine matching of (+) and (-) outputs.
 **Necessary only if raw supply filter capacitors are more than 3" from regulators.

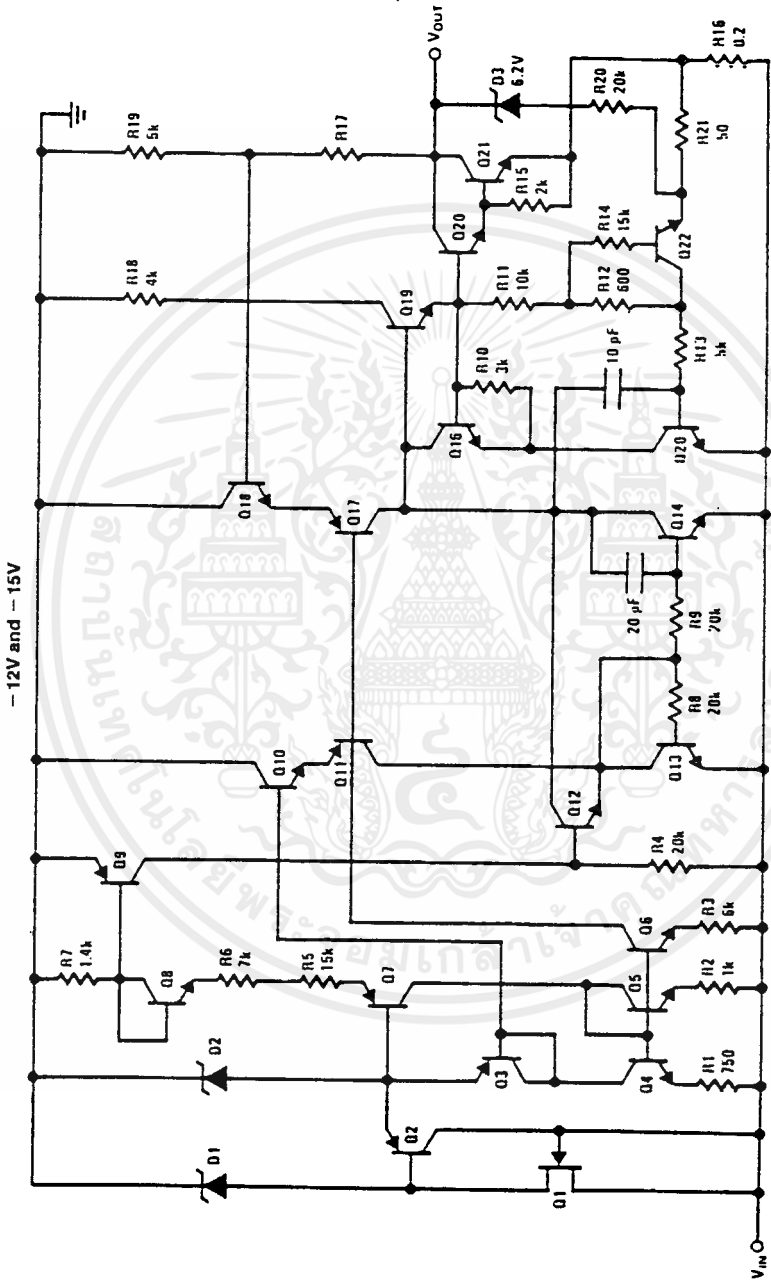
Schematic Diagrams



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagrams (Continued)

11/11/7340-13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- UXL DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM , YOKOGAWA (THAILAND) Ltd.
- V-31 USER MANUAL, SILA RESEARCH CO.,LTD
- วารสารอิเล็กทรอนิกส์ ฉบับพิเศษ เรื่องชุดแหล่งจ่ายไฟสำหรับนักอิเล็กทรอนิกส์ ,ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- ทวีชัย ภูริทิพย์ , ไขปัญหา RS-232 , ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , 2538

