โครงการวิจัย

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วิทยาเขตหาดใหญ่ ปี2532

การออกแบบและสร้าง

เครื่องกำเนิดสัญญาณแสดงความถี่เป็นตัวเลข

สำหรับปฏิบัติการทดลองฟิสิกส์

FUNCTION GENERATOR

with digital readout

for Physics Laboratory

ลล.

เลขหมู่ TA718.2 .F85 สมย 2532 -ค.1

เลขทะเบียน 029699

26 ต.ค. 2534

สมยศ วิชชุวลัญช์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วิทยาเขตหาดใหญ่

บทคัดย่อ

เครื่องกำเนิดสัญญาณแสดงความถี่เป็นตัวเลข โครงงานนี้ได้พัฒนาเป็นต้นแบบสำหรับใช้ในการเรียนการสอน วิชาปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานทั่วไป เครื่องกำเนิดสัญญาณที่ออกแบบสร้างมีสมบัติจ่ายสัญญาณความถี่ต่อเนื่อง 3 ย่านความถี่ ครอบคลุมความถี่ 50-100,000 Hz ที่ระดับสัญญาณเอาท์พุทซึ่งปรับได้ระหว่าง 0.2 V ถึง 10 V peak to peak มีรูปสัญญาณให้เลือก 3 แบบ คือ รูปซายน์, รูปสามเหลี่ยม และ รูปสี่เหลี่ยม และมีความผิดพลาดของการแสดงผลค่าความถี่ของสัญญาณไม่เกิน ±5% ทั้งนี้โดยไม่เกิดการเพี้ยนของรูปสัญญาณแม้ใช้งานต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน(ประมาณ 8 ชั่วโมง) อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบมีขายในท้องตลาดทั่วไป และมีราคารวมประมาณ 2,000 บาทต่อเครื่อง

สารบัญ

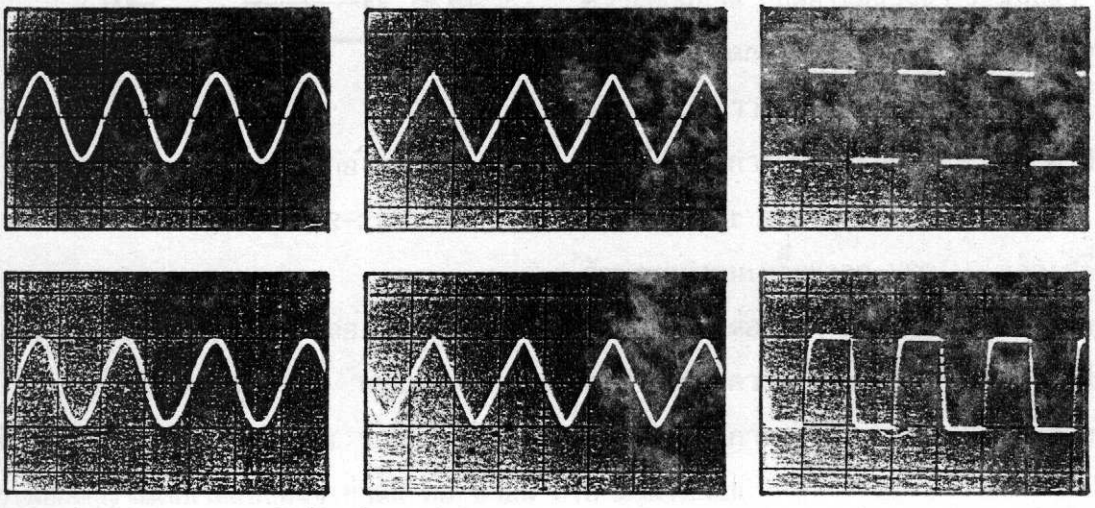
บทคัดย่อ	
กิตติกรรมประกาศ	
บทนำ	1
หลักการทำงานโดยย่อ	2
คุณสมบัติทางเทคนิค	3
การทำงานของวงจรโดยละเอียด	5
การสร้าง	8
การปรับแต่ง	11
รายการวัสดุ	12
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	

เครื่องกำเนิดสัญญาณ
แสดงความถี่เป็นตัวเลข
FUNCTION GENERATOR
WITH DIGITAL READOUT

บทนำ

นอกจาก มัลติมิเตอร์ และ แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ดีแล้ว อุปกรณ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ก็คือ เครื่องกำเนิดสัญญาณ

ประโยชน์เฉพาะตัวของเครื่องกำเนิดสัญญาณที่ดี คือต้องมีระดับสัญญาณออกที่ดี โครงงานนี้จึงมีข้อดีที่ได้เครื่องกำเนิดสัญญาณที่มีราคาถูก การสร้าง, การปรับแต่งไม่ยุ่งยาก และมีประสิทธิภาพดีพอใช้ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานได้ มีการแสดงความถี่ของสัญญาณที่ออกมาเป็นตัวเลข สามารถผลิตความถี่ได้ตั้งแต่ 20 Hz ถึง 140 kHz เลือกสัญญาณได้สามแบบคือรูปซายน์, สามเหลี่ยม และสี่เหลี่ยม โดยใช้ IC เบอร์ XR-2206 เป็นตัวกำเนิดความถี่ ใช้สัญญาณความถี่ 50 Hz จากไฟบ้านเป็นฐานเวลาของภาควัดความถี่ ให้ค่าความผิดพลาดประมาณ ± 5 %



รูปที่ 1 แสดงรูปสัญญาณแบบต่าง ๆ ที่ได้จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ ที่ความถี่ 1 kHz(แถวบน) และที่ความถี่ 100 kHz(แถวล่าง)

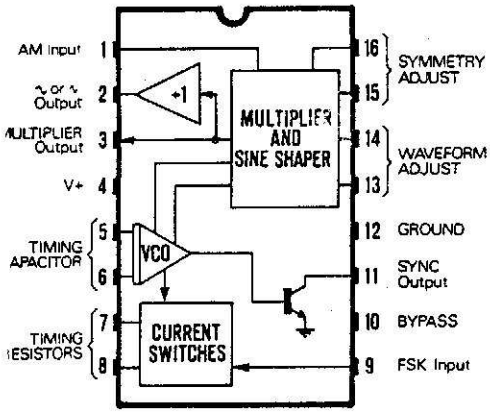
หลักการทำงาน

ภาคกำเนิดความถี่

ใช้ IC เบอร์ XR-2206 เป็นตัวผลิตสัญญาณความถี่ การทำงานของ IC ตัวนี้กล่าวได้เป็นส่วนใหญ่ ๆ ได้ 4 ส่วน คือ

1. VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR (VCO)
2. ANALOG MULTIPLIER
3. SINE WAVE SHAPER,A UNITY GAIN BUFFER
4. CURRENT SWITCH

แผนผังการทำงาน ภายในของ IC เบอร์ XR-2206



รูปที่ 2 แสดงลักษณะภายในของ IC เบอร์ XR-2206

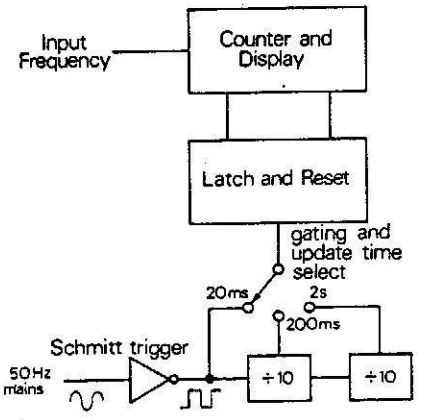
จากรูปที่ 2 IC เบอร์ XR-2206 สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ เช่น ขยายอัมปลิจูด (Amplitude Modulation:AM),Frequency shift keying,และขยายความถี่(Frequency Modulation:FM) โดยใช้ Current switch

ชุด VCO เป็นวงจรหลัก ซึ่งจะสร้างสัญญาณรูปสามเหลี่ยม หรือ สี่เหลี่ยม ที่ความถี่ต่าง ๆ ความถี่ที่ได้จะถูกควบคุมโดย Current switch ความต้านทาน ที่ต่อระหว่างขา 7 และขา 8 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของ Current switch และบอกถึงความถี่ VCO

ในส่วนการคูณ และปรับแต่ง สัญญาณรูปซายน์ (Muliplier and sine shaper) จะรับสัญญาณรูปสามเหลี่ยมจาก VCO แล้วเปลี่ยนรูปร่างให้เป็นรูปซายน์ สัญญาณทั้งสองนี้ถูกควบคุมด้วยความต้านทานที่ต่อกับขา 13 ลงกราวด์ และแรงดันที่ขา 1 การเลือกสัญญาณรูปซายน์ หรือสามเหลี่ยมทำได้โดยการใช้ความต้านทานที่ต่อระหว่างขาที่ใช้ปรับรูปสัญญาณ (Waveform adjust:ขา 13 และขา 14) หรือ โดยการเปิดวงจรตามลำดับ โดยจะเป็นการเลือกสัญญาณแบบใดแบบหนึ่งเท่านั้น คือ ซายน์ หรือ สามเหลี่ยม

สัญญาณซิงค์เอาท์พุทที่ขา 11 เป็นคอลเลคเตอร์เปิด (open collector) ที่ให้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่สอดคล้องกับความถี่ VCO

ภาควัดความถี่



รูปที่ 3 แผนผังการทำงาน ของภาควัดความถี่

รูปที่ 3 แสดงแผนผังการทำงานง่าย ๆ ของภาควัดความถี่ ซึ่งแบ่งได้สามส่วนคือ

1. วงจรนับ และแสดงผล
2. วงจรแลทช์ และรีเซท(Latch & Reset)
3. วงจรสร้างฐานเวลา(Time base)

ในส่วนของวงจรสร้างฐานเวลามี 3 ขนาด คือ 0.02 , 0.2 และ 2 วินาที

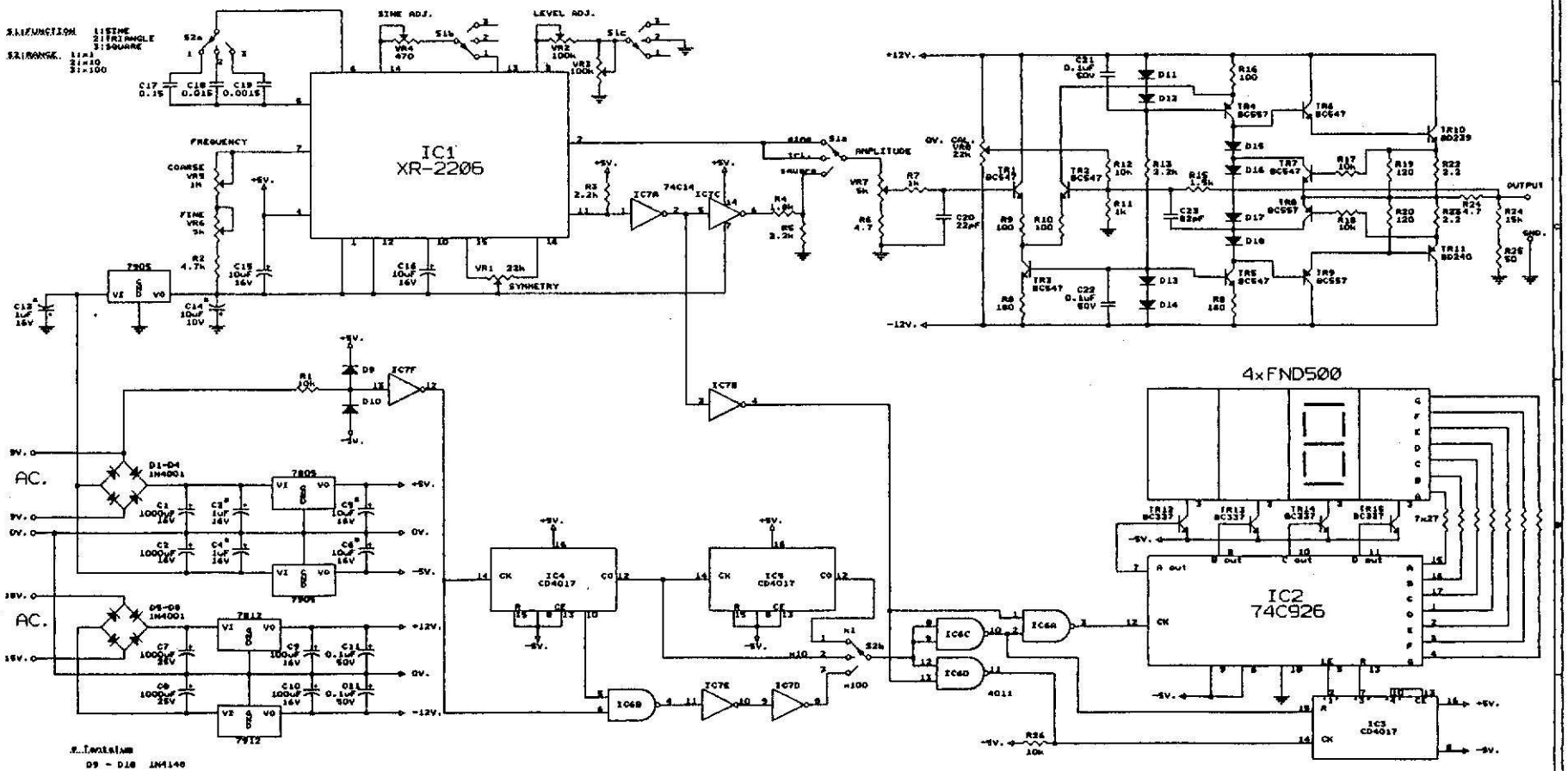
การทำงานของภาควัดความถี่

สัญญาณความถี่ 50 Hz จากแหล่งจ่ายไฟ จะถูกทำให้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม โดยชมิตทริกเกอร์ (schmitt trigger) แล้วป้อนเข้าสู่ตัวหารความถี่ ซึ่งจะผ่านตัวหาร 10 2 ครั้ง หรือถูกหารด้วย 100 นั่นเอง จะทำให้สัญญาณมีคาบเป็น 2 วินาที สัญญาณที่ได้ จะถูกป้อนเข้าวงจรแลทช์และรีเซท เพื่อส่งไปควบคุมสัญญาณ ที่มาจากภาคกำเนิดความถี่ เพื่อทำการนับ และส่งผ่านเข้าสู่วงจรนับในแบบ 1 วินาที ในทุก ๆ 2 วินาที เมื่อสิ้นสุดของแต่ละคาบใน 1 วินาที นั้นค่าของการวัด จะถูกเก็บ(latch) (ไว้ใน Flipflop,ซึ่งมีอยู่ 4 ตัวสำหรับแต่ละหลัก) และจะแสดงผลออกมา แล้วก็จะถูกรีเซทเพื่อพร้อมที่จะนับในครั้งต่อไป

เมื่อเวลาที่ใช้คือ 2 วินาที ผลซึ่งแสดงออกมาจึงบอกได้ตรงในหน่วยของ Hertz สำหรับ 0.2 วินาที ค่าที่แสดงออกมาต้องคูณด้วย 10 และถ้าเป็น 0.02 วินาที จะต้องคูณด้วย 100

คุณสมบัติทางเทคนิคของเครื่องกำเนิดสัญญาณ

1. ย่านความถี่แบ่งเป็น 3 ย่าน : กำเนิดความถี่ตั้งแต่ 50 Hz ถึง 100 kHz
2. ระดับสัญญาณเอาท์พุท : ประมาณ 0.2 V ถึง 10 V_{pp}
3. เอาท์พุทอิมพิแดนซ์ : ประมาณ 50 Ω
4. กำเนิดสัญญาณ 3 แบบ : รูปซายน์, รูปสามเหลี่ยม และรูปสี่เหลี่ยม
5. ความผิดเพี้ยนของสัญญาณซายน์ : น้อยกว่า 0.7% ที่ 1 kHz; 1% ที่ 10 kHz และ 2% ที่ 100 kHz
6. ความเป็นลิเนียร์ของสัญญาณสามเหลี่ยม : มากกว่า 1% ที่ 1 kHz
7. สัญญาณสี่เหลี่ยมมีค่าไรซ์ไทม์(rise time) : 0.4 µs ที่ 100 kHz
8. ความผิดพลาดภาคแสดงผล : ประมาณ 5%



รูปที่ 4 วงจรสมบูรณ์ของเครื่องกำเนิดสัญญาณ

SOMYOT VITCHUVALUN
DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF SCIENCE
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY
HADYAI SONGKLA

Title: FUNCTION GENERATOR WITH DIGITAL READOUT

Size: C | Document Number | REV: D4

Date: June 11, 1990 | Sheet 4 of

การทำงานของวงจรโดยละเอียด

ภาคกำเนิดความถี่

จากรูปที่ 4 IC1 เป็นตัวสร้างสัญญาณ VR2 และ VR3 เป็นความต้านทานปรับค่าได้ ซึ่งใช้ปรับระดับของรูปสัญญาณแบบซายน์ หรือสามเหลี่ยม เมื่อสวิทช์ S1 อยู่ที่ตำแหน่ง 2 จะได้สัญญาณแบบสามเหลี่ยมที่ขา 2 ของ IC1 ระดับเอาท์พุทของสัญญาณจะปรับได้โดยใช้ VR2 ทั้งนี้เพราะ VR3 ลัดวงจรลงกราวน์ด้วยสวิทช์ S1C เมื่อสวิทช์ S1 อยู่ที่ตำแหน่ง 1 จะได้สัญญาณรูปซายน์ และระดับเอาท์พุทของสัญญาณจะปรับได้โดย VR2 และ VR3 VR3 จะต้องปรับจนกระทั่งระดับสัญญาณรูปซายน์มีค่าเดียวกับสัญญาณสามเหลี่ยม

ในขณะที่สัญญาณเป็นรูปซายน์ก็คือจะได้เอาท์พุทเป็นสัญญาณสามเหลี่ยมที่มียอดมน การปรับ VR4 ที่อยู่ระหว่างขา 13 และขา 14 ของ IC1 ต้องทำอย่างระมัดระวัง เพราะจะเป็นตัวทำให้สัญญาณมีความเพี้ยนน้อยที่สุดของสัญญาณรูปซายน์ VR1 เป็นตัวปรับความสมมาตรของสัญญาณอยู่ระหว่างขา 15 และขา 16 ปรับเพื่อให้มีการแกว่งไปทางบวกและทางลบเท่ากันของสัญญาณทั้งแบบซายน์ และสามเหลี่ยม

สวิทช์ S2a ใช้สำหรับเลือกย่านความถี่ซึ่งมีอยู่ 3 ย่าน โดยการเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ (Timing capacitor)ระหว่างขา 5 และขา 6 การปรับความถี่แบบละเอียด และแบบหยาบใช้ความต้านทานปรับค่าได้ และความต้านทานขนาด 4.7 kΩ (R2) ซึ่งเป็นตัวกำหนดค่าความถี่สูงสุดของแต่ละย่านความถี่ ความถี่ของสัญญาณที่สร้างขึ้นเป็นฟังก์ชั่นของ ค่าตัวเก็บประจุที่อยู่ระหว่างขา 5 และขา 6 กับความต้านทานที่ใช้ปรับความถี่ สูตรที่ใช้คือ F = 1/RC เนื่องจากตัวเก็บประจุ(C) มีค่าคงที่ในแต่ละย่านความถี่ ดังนั้นความถี่จึงแปรผันตาม 1/R

จากความสัมพันธ์กับ 1/R นี้ทำให้การเปลี่ยนแปลงความถี่ที่เกิดขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานนี้ ทำให้ยากที่จะปรับเป็นแบบเชิงเส้น โดยเฉพาะเมื่อความต้านทานมีค่าน้อย ๆ ทำให้ไม่สามารถควบคุมได้ในช่วงความต้านทานต่ำ ๆ ถ้าใช้เพียงการปรับแบบหยาบ ดังนั้นจึงเพิ่มการปรับอย่างละเอียดที่ค่าความต้านทานต่ำ ๆ การเปลี่ยนแปลงความถี่จึงสามารถทำได้ในช่วงความต้านทานต่ำ การปรับอย่างละเอียดนี้จะมีผลน้อยมากที่ค่าความต้านทานสูงของการปรับแบบหยาบ ทั้งนี้เพราะต้องให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงมากเมื่อต้องการเปลี่ยนความถี่เพียงเล็กน้อย

สัญญาณเอาท์พุทรูปสี่เหลี่ยม(Square wave output) ของ IC1 ที่ขา 11 ต่อความต้านทานภายนอกค่า 2.2 kΩ (R3)เป็นตัวพูลอัพ (pullup resistor) สัญญาณที่ได้จะป้อนเข้า IC7A ซึ่งเป็นวงจรชมิตทริกเกอร์(schmitt trigger) และทำให้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมที่สมบูรณ์ IC7C เป็นตัวบัฟเฟอร์ (buffer) อีกตัวหนึ่งเพื่อส่งไปยังวงจรลดทอนสัญญาณ(attenuator) และส่งต่อไปยังภาคขยายกำลังเอาท์พุท วงจรลดทอนสัญญาณ(attenuator) ประกอบด้วยความต้านทาน 1.8 kΩ (R4) และ 2.2 kΩ (R5) เพื่อปรับระดับสัญญาณสี่เหลี่ยมให้เป็นระดับเดียวกันแบบ peak to peak

S1A เป็นตัวเลือกสัญญาณว่าเป็นซายน์, สามเหลี่ยม หรือสี่เหลี่ยม และระดับสัญญาณปรับได้โดยความต้านทานปรับค่าได้ VR7 สัญญาณจะถูกส่งต่อไปยังอินพุทของภาคขยายกำลังเอาท์พุท

ภาคขยายกำลังเอาท์พุท

ทำหน้าที่ขยายแรงดันหรืออัมปลิจูด และขยายกระแส ของสัญญาณ ให้มีกำลังเพื่อต่อกับโหลดที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำ วงจรคล้ายกับวงจรขยายทั่ว ๆ ไป คือ TR1 และ TR2 ต่อเป็นแบบดิฟเฟอร์เรนเชียลแอมป์ (Differential ampliflier) โดยที่ TR3 เป็นวงจรจ่ายกระแสคงที่ สัญญาณจะถูก TR2 ขยายออกทางคอลเลคเตอร์ส่งไปให้ TR4 และ TR5 ขยายต่อ ภาคขยายกำลังชุดนี้อาศัย TR6 และ TR10 ที่ต่อกันแบบดาร์ลิงตัน เป็นวงจรขยายแบบคอมพลีเมนทารี กับ TR9 และ TR11 ซึ่งต่อกันแบบดาร์ลิงตันเช่นกัน ทรานซิสเตอร์ TR6 และ TR10 จัดวงจรให้เป็นวงจรขยายสัญญาณแบบคอมมอนคอลเลคเตอร์ (common collector) TR9 และ TR11 ก็เช่นเดียวกัน จึงมีผลทำให้ได้กระแสทางเอาท์พุทสูง และมีเอาท์พุทอิมพิแดนซ์ต่ำ TR7 และ TR8 ทำหน้าควบคุมไบอัสให้ TR6, TR9, TR10 และ TR11 ให้มีไบอัสอยู่ในคลาส A เพื่อป้องกันการผิดเพี้ยนในการขยายสัญญาณ

ความต้านทาน 15 kΩ (R24) ป้องกันการลัดวงจรทางเอาท์พุท(ในกรณีที่เกิดการลัดวงจร R24 จะทำหน้าที่เป็นโหลดแทน)

VR8 ทำหน้าที่ปรับแรงดันที่จุดเอาท์พุทให้เป็น 0 โวลท์ ดีซี และ VR7 ทำหน้าที่ปรับระดับของสัญญาณเอาท์พุท

ภาควัดความถี่

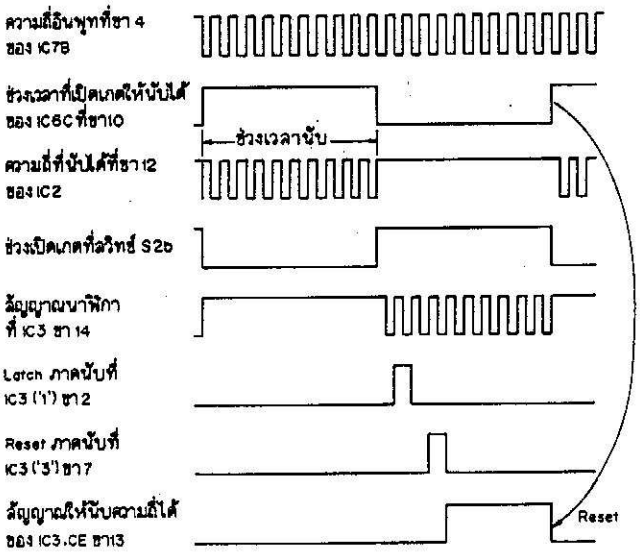
IC2 เป็นวงจรหลักของภาควัดความถี่ โดยใช้ IC เบอร์ 74C926 ซึ่งประกอบด้วยวงจรนับสิบ 4 หลัก, วงจรแลทช์ 4 หลัก เช่นกัน เพื่อส่งให้ภาคแสดงผลซึ่งเป็นแบบมัลติเพล็กซ์แสดงตัวเลข 4 หลัก

สัญญาณอ้างอิงฐานเวลา (Time base) 50 Hz ต่อจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าผ่านความต้านทาน 10 kΩ (R1) และต่อกับไดโอดซึ่งต่อกับขั้วบวกและลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 โวลท์ แล้วป้อนเข้าสู่อินพุทของ IC7F ซึ่งเป็นชมิตทริกเกอร์(schmitt trigger) เพื่อเปลี่ยนสัญญาณเป็นรูปสี่เหลี่ยม จากนั้นสัญญาณจะถูกป้อนไปยัง IC4 และ IC5 ซึ่งเป็นตัวหารความถี่จะได้สัญญาณ 0.5 Hz(พัลส์แบบ 2 วินาที) ส่งไปยังวงจรนับ

การทำงานของวงจรฐานเวลา อธิบายได้จากแผนผังเวลาดังรูปที่ 5

เมื่อสวิทช์ S2b อยู่ที่ตำแหน่ง 1 เมื่อสัญญาณที่ S2b มีค่าต่ำ เอาท์พุทของ IC6C ซึ่งต่อแบบ inverter จะมีค่าสูง และความถี่อินพุทของ IC7B จะผ่านเข้าสู่ IC6A ได้ และเป็นสัญญาณนาฬิกาส่งไปยัง IC2 แล้ว IC2 ก็จะนับจำนวนพัลส์ เมื่อสัญญาณที่ S2b มีค่าสูง เอาท์พุทของ IC6C จะมีค่าต่ำ และสัญญาณนาฬิกาจะถูกกันไม่ให้ผ่าน IC6A IC2 ก็จะหยุดนับ

เมื่อสวิทช์ S2b อยู่ที่ตำแหน่ง 1 สัญญาณ 50 Hz จะถูกหารด้วย 100 และสัญญาณนี้จะส่งไปที่ขา 12 ของ IC6D ซึ่งเป็น NAND gate สัญญาณหัวกลับจาก IC6C ก็ถูกใช้เพื่อ รีเซท IC3



รูปที่ 5 แผนผังเวลาของภาควัดความถี่

ตอนนี้สัญญาณนาฬิกาก็สามารถผ่าน IC6D และ clock IC3 หลังจากพัลส์ลูกที่หนึ่งขา 2('1')ของ IC3 จะสูงขึ้นและแลทช์ IC2 พัลส์ที่นับได้ของ IC2 จะถูกเก็บไว้ เมื่อพัลส์ลูกที่สองเข้ามาขา 7 ('3')ของ IC3 จะมีค่าสูงขึ้น IC2 จะถูกรีเซท และพร้อมที่จะนับสัญญาณครั้งต่อไป เมื่อขา 10('4')ของ IC3 มีค่าสูงขึ้น ในพัลส์ลูกถัดมาขา 13(CE หรือ Clock enable) จะมีค่าสูง และจะสูงอยู่จนกว่าจะถูกรีเซทโดยขา 10 ของ IC6C ที่มีค่าสูงขึ้น

ดังนั้น วงจรสมบูรณ์ของการนับสัญญาณนาฬิกา จึงเกิดขึ้นในลักษณะดังนี้ เมื่อล้างตัวนับของ IC2 จะเริ่มนับพัลส์ และจะหยุดนับเมื่อครบครึ่งคาบของฐานเวลา หนึ่งคาบหลังจากนั้นวงจรนับจะแลทช์ และส่งไปยังภาคแสดงผล วงจรนับจะถูกรีเซทด้วย IC3 และ IC3 จะคอยจนถึงช่วงสุดท้ายของฐานเวลาเมื่อนั้นมันจะถูกรีเซท

เมื่อ S2b อยู่ที่ตำแหน่ง 1 การนับที่แสดงให้เห็นจะอยู่ในหน่วยของ Hz ทั้งนี้เพราะวงจรนับนั้นนับคาบที่ 1 วินาที เมื่อ S2b อยู่ที่ตำแหน่ง 2 จะแสดงในหน่วย Hz×10 ทั้งนี้เพราะวงจรนับจะนับเฉพาะพวกที่มากกว่า 1 วินาที ส่วนตำแหน่งที่ 3 ของ S2b ใช้เวลานับ 0.01 วินาที หรือ 10 ms และแสดงค่าในหน่วย Hz×100 ถ้าสัญญาณสำหรับฐานเวลานี้ถูกนำไปโดยตรงจาก IC7F ตัวเลขที่แสดงจะเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 20 ms ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วทำให้เลขตัวสุดท้ายวิ่งไปมาในรูปเลข 8 เพื่อระงับความรวดเร็วนี้คาบของการวัดจะต้องเก็บไว้ในค่าเดิม แต่จำนวนของคาบการนับจะลดลงด้วยค่า 10 ซึ่งทำได้โดย IC6B ที่จะยอมให้มีการผ่านสัญญาณฐานเวลา 20 ms ก็ต่อเมื่อขา 10 ('4') ของ IC4 มีค่าสูง หรือยอมให้สัญญาณผ่านทุก ๆ 10 รอบของ 20ms

สวิทช์ S2 เป็นตัวเลือกฐานเวลาของภาควัดความถี่ และเลือกตัวเก็บประจุของภาคกำเนิดความถี่

แหล่งจ่ายไฟฟ้า

กำลังของวงจรหาได้จาก Full-wave centre tapped supply ซึ่งให้ทั้งทางบวกและลบ การ Filter ใช้ตัวเก็บประจุ 1000 µF ที่ต่ออยู่แต่ละข้างของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ลงกราวด์

มี Regulator 5 โวลท์ อยู่ 3 ตัว ตัวหนึ่งเป็นบวก อีกสองตัวเป็นลบ ตัวลบ 5 โวลท์ใช้กับ IC1 และ IC7 ส่วนอีกตัวหนึ่งใช้กับ IC2 และ IC ต่าง ๆ ในวงจรภาควัดความถี่ การทำเช่นนี้เพื่อขจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจาก IC2 ไม่ให้ไปรบกวนภาคกำเนิดสัญญาณความถี่ IC1 ผลอันนี้ทำให้รูปสัญญาณเอาท์พุทเป็นอิสระจากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากวงจรอื่น

ตัวเก็บประจุ 1 µF และ 10 µF ที่ต่ออยู่ที่อินพุท และเอาท์พุท ของวงจร Regulator ใช้ป้องกัน instability ในวงจร Regulator นั้น และป้องกัน ripple rejection ของเอาท์พุท Regulator

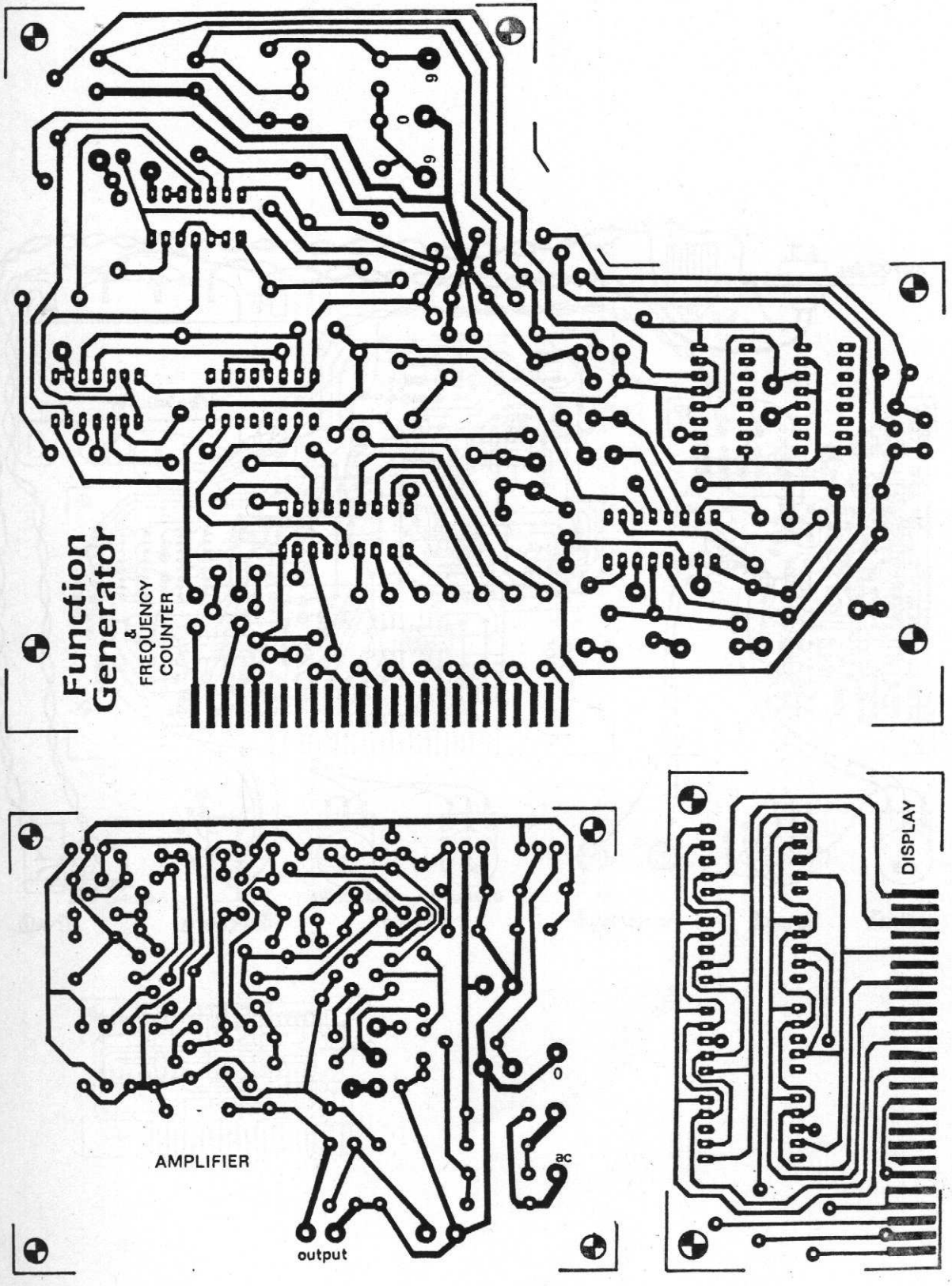
สำหรับภาคขยายกำลังเอาท์พุทใช้ Regulator 12 โวลท์ 2 ตัว เป็นบวกหนึ่งตัว และลบอีกหนึ่งตัว แยกจากวงจรต่าง ๆ เพื่อให้ได้กำลังเอาท์พุทสูง และเป็นอิสระจากสัญญาณรบกวนอื่น ๆ

การสร้าง

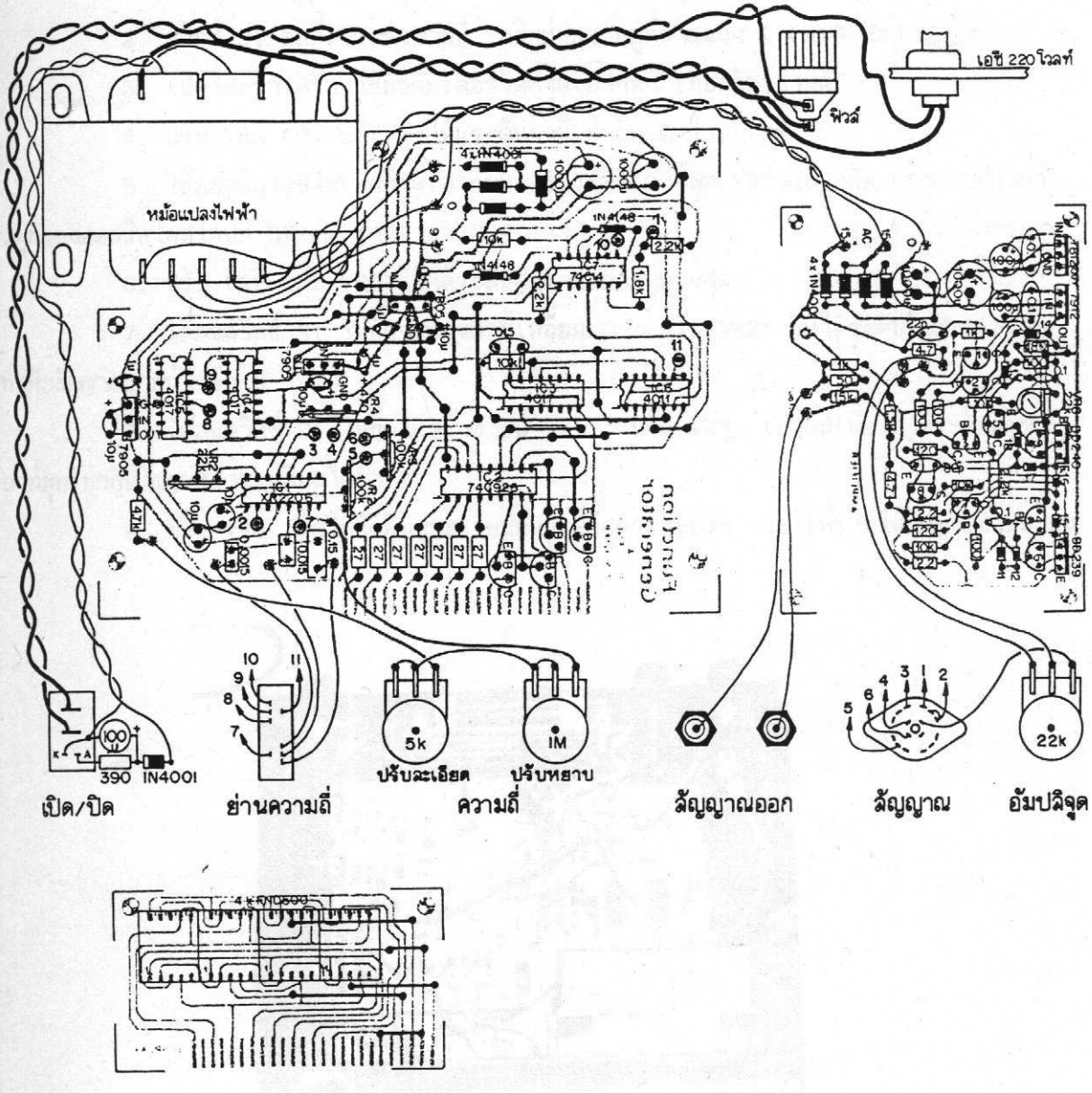
แผ่นวงจรพิมพ์มี 3 ส่วน คือ

1. ภาคกำเนิดความถี่, ภาควัดความถี่
2. ภาคขยายกำลังเอาท์พุท
3. ภาคแสดงผล

IC ควรใช้ซ็อกเกต การประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ บนแผ่นวงจรพิมพ์ ควรใส่อุปกรณ์ที่มีความสูงน้อยที่สุดก่อน เช่น สายเชื่อมระหว่างเส้นของแผ่นวงจรพิมพ์, ตัวต้านทาน, ไดโอด, ซ็อกเกต IC, ตัวเก็บประจุ, ทรานส์ซิสเตอร์ ฯลฯ การใส่อุปกรณ์ที่มีขั้วต้องระมัดระวังในการใส่ให้ดี การประกอบลงกล่องใช้กล่องขนาด 215×168×80 มม. ทำการเจาะรูสำหรับภาคแสดงผล และสวิทช์ต่าง ๆ เมื่อทำกล่องเสร็จติดตั้งอุปกรณ์ลงกล่องแล้ว บัดกรีสายต่าง ๆ และตรวจความเรียบร้อย ของขั้วอุปกรณ์ต่าง และรอยบัดกรี



รูปที่ 5 ลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์



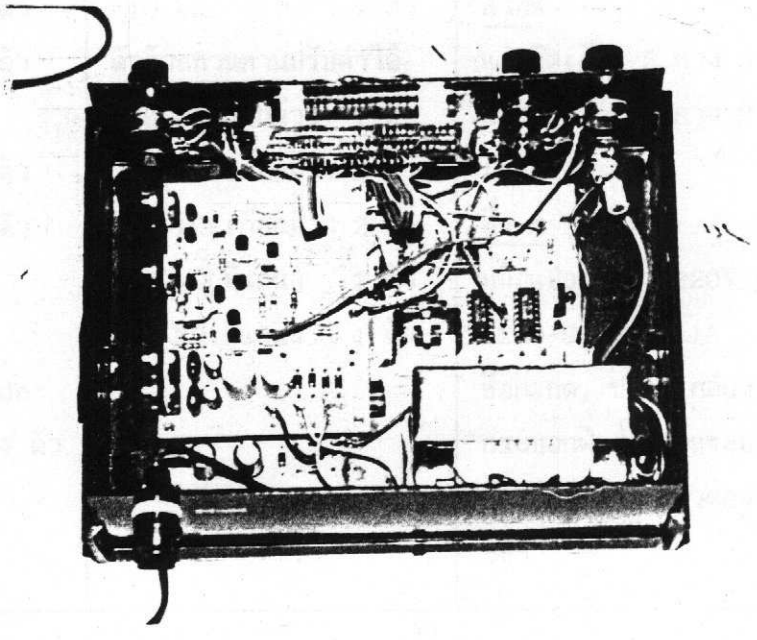
รูปที่ 6 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ และการเดินสาย

การปรับแต่ง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับแต่งใช้มัลติมิเตอร์ และออสซิลโลสโคป

การปรับแต่งทำตามขั้นตอนดังนี้

1. ปรับ VR1, VR4 ให้อยู่กึ่งกลาง, ปรับระดับเอาท์พุท(VR7)ให้ต่ำที่สุด
2. สวิทช์ S1 อยู่ที่ตำแหน่งซายน์ สวิทช์ S2 อยู่ที่ตำแหน่ง 2 (×10 Hz)
3. เปิดไฟเข้าเครื่องใช้มัลติมิเตอร์วัดที่จุดเอาท์พุท เทียบกับกรานด์
4. ปรับ VR8 (0V cal.) ให้แรงดันจุดนี้เท่ากับ 0 โวลท์พอดี
5. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่จุดเอาท์พุท ปรับระดับเอาท์พุท(VR7)ให้สูงสุด (ตั้งความไวทางอินพุทของออสซิลโลสโคปที่ 5V/cm ฐานเวลา 0.2 ms)
6. ปรับ VR2 และ VR3 ให้ได้ระดับสัญญาณเอาท์พุทสูงสุด
7. เลื่อนสวิทช์ S1 ไปที่ตำแหน่งสามเหลี่ยม ปรับ VR2 ให้ได้ระดับสัญญาณเอาท์พุทเท่ากับสัญญาณซายน์ในข้อ 6
8. เลื่อนสวิทช์ S1 ไปที่ตำแหน่งซายน์ ปรับ VR3 เท่านั้นเพื่อให้ได้ระดับสัญญาณเอาท์พุทเท่ากับสัญญาณสามเหลี่ยมในข้อ 7
9. ปรับ VR4 เพื่อให้ได้สัญญาณซายน์สมบูรณ์ที่สุด และปรับ VR1 เพื่อให้ได้สัญญาณที่สมมาตร



รูปที่ 7 แสดงภาพภายในเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น

รายการวัสดุ

IC

XR-2206	1 ตัว
74C926	1 ตัว
74C14	1 ตัว
CD4017	3 ตัว
CD4011	1 ตัว
7912	1 ตัว
7812	1 ตัว
7905	2 ตัว
7805	1 ตัว

ทรานซิสเตอร์

BC337	4 ตัว
BC547	6 ตัว
BC557	3 ตัว
BD239	1 ตัว
BD240	1 ตัว

ไดโอด

1N4001	8 ตัว
1N4148	10 ตัว

LED

LED 7 ส่วนแบบ Common cathode เบอร์ FND500 4 ตัว

ตัวต้านทาน

2.2 Ω	2 ตัว
4.7 Ω	2 ตัว
27 Ω	7 ตัว
50 Ω	1 ตัว
100 Ω	3 ตัว
120 Ω	2 ตัว
180 Ω	2 ตัว
1 kΩ	2 ตัว
1.5 kΩ	1 ตัว
1.8 kΩ	1 ตัว
2.2 kΩ	3 ตัว
4.7 kΩ	1 ตัว
10 kΩ	5 ตัว
15 kΩ	1 ตัว

ตัวต้านทานทานปรับค่าได้

470 Ω(เกือกม้า)	1 ตัว
22 kΩ(เกือกม้า)	2 ตัว
100 kΩ(เกือกม้า)	2 ตัว
5 kΩ(มีแกน)	2 ตัว
1 MΩ(มีแกน)	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

22 pF/50V ceramic	1 ตัว
82 pF/50V ceramic	1 ตัว
0.1 µF/50V MKT	2 ตัว
0.01 µF/50V MKT	2 ตัว
0.001 µF/50V milar	1 ตัว
0.01 µF/50V milar	1 ตัว
0.1 µF/50V milar	1 ตัว
1 µF/16V tantalum	3 ตัว
10 µF/10V tantalum	3 ตัว
10 µF/16V eletrolytic	2 ตัว
100 µF/16V eletrolytic	2 ตัว
1000 µF/16V eletrolytic	2 ตัว
1000 µF/25V eletrolytic	2 ตัว

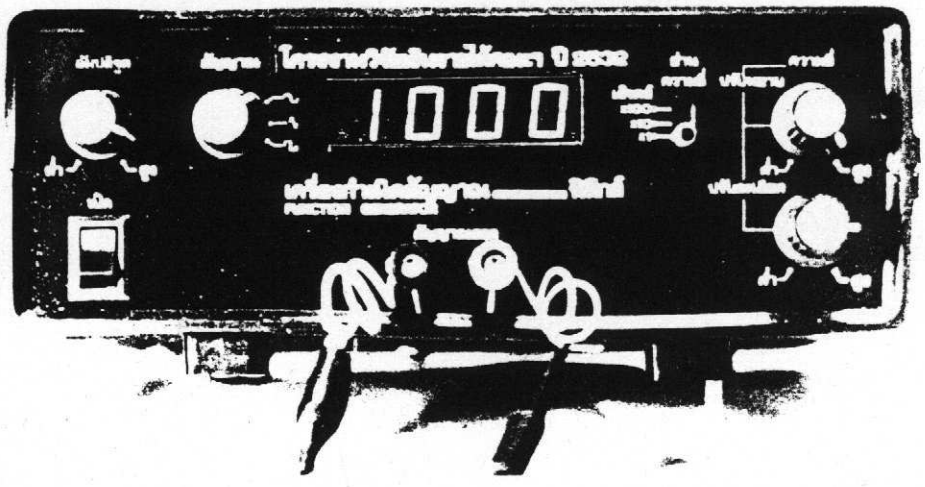
สวิทช์

แบบบิดเลือก 3 ทาง 3 ชุด	1 ตัว
แบบบิดเลื่อน 3 ทาง 2 ชุด	1 ตัว
เปิด–ปิด	1 ตัว

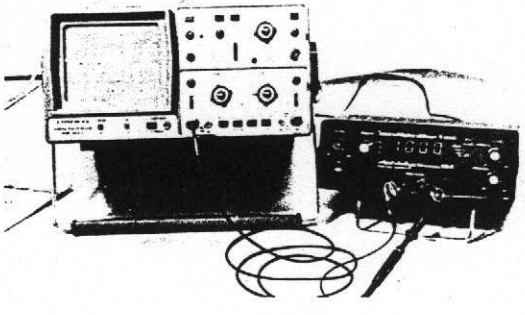
อื่น ๆ

หม้อแปลงไฟฟ้า 220V เป็น 12-9-0-9-12V 1A 1 ตัว

ซ็อกเกต, ปลั๊ก, กล่อง, ลูกบิด, ฟิวส์, กระบอกฟิวส์, แผ่นระบายความร้อน, สายไฟ, น็อต, ขั้วต่อสาย, พลาสติกใส ฯลฯ



รูปที่ 8 เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น



รูปที่ 9 เครื่องต้นแบบขณะทดสอบ

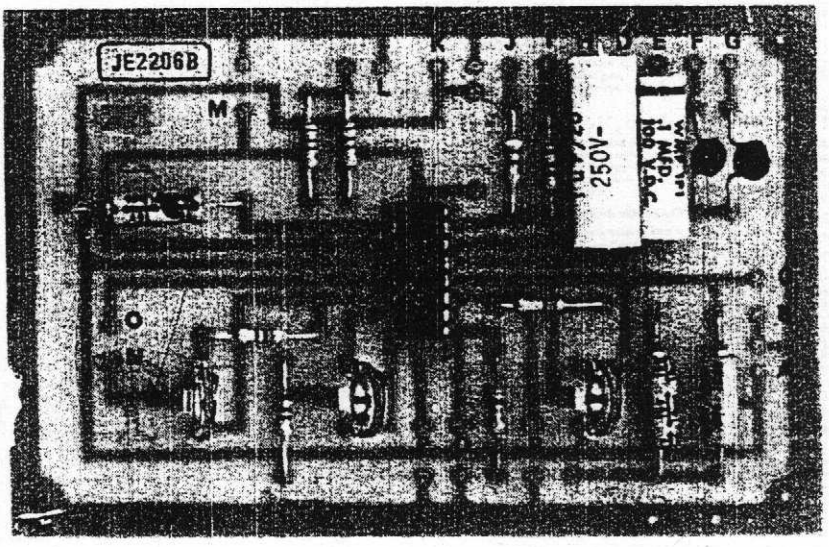
บรรณานุกรม

- JE2006B Function Generator Kit Instruction Manual, Jameco Electronics
- ELECTRONIC Australia, April 1982
- ECG Semiconductor Master Replacement Guide, PHILIPS ECG Inc.
- คู่มือไอซี CMOS/4000 SERIES, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
- คู่มือไอซี CMOS 54C/74C SERIES, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
- คู่มือทรานซิสเตอร์, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
- ฟังก์ชั่นเจนเนอร์เรเตอร์สำหรับห้องทดลอง, เฉลิมพล ศรีอนันต์, อีเลคทรอนิคส์ เวิลด์, ฉ.116,2531

ภาคผนวก

JE2206B
Function Generator Kit

INSTRUCTION MANUAL



IMPORTANT: *IF REPAIRS ARE REQUIRED, FORWARD KIT ALONG WITH EXPLANATION TO: JAMECO ELECTRONICS REPAIR CENTER, 1021 HOWARD AVENUE, SAN CARLOS, CA 94070.* THIS KIT WILL NOT BE REPAIRED BY YOUR JIM-PAK DEALER.

WARRANTY: A $5.00 minimum service fee will be charged on each kit returned for repairs. We will replace, free of charge, all components which are defective due to manufacturer defects within 90 days from date of purchase. Customer will be subject to charges for misuse of components or damage to the printed wiring board during assembly.

Jameco® ELECTRONICS

XR-2206

Monolithic Function Generator

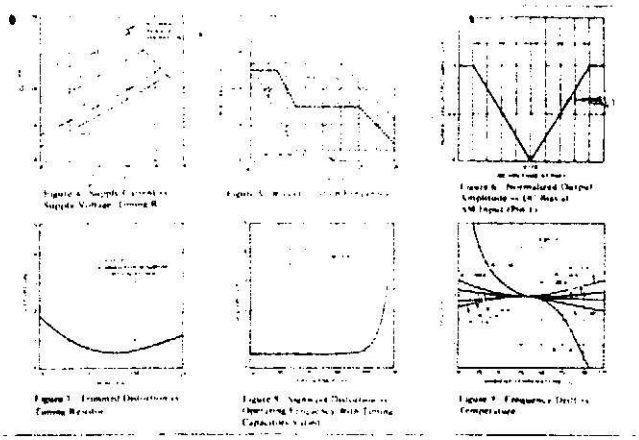


Figure 6. Normalized Output Amplitude vs. DC Bias at SW Input (Pin 11)

Figure 7. Frequency Drift vs. Temperature

FEATURES

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

ORDER INFORMATION

Part Number	Package Type
XR-2206CN, XR-2206CP, XR-2206M	Ceramic
XR-2206CP, XR-2206CP	Plastic

APPLICATIONS

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

PACKAGE INFORMATION

DESCRIPTION OF CIRCUIT CONTROLS

FREQUENCY OF OPERATION

FREQUENCY SWEEP AND MODULATION

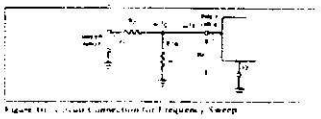


Figure 10. Circuit Connection for Frequency Sweep

OUTPUT CHARACTERISTICS

Output Amplitude - Maximum output amplitude is inversely proportional to external resistor R_1 connected to Pin 1. See Fig. 5. For sinewave output amplitude is approximately 600 mV peak-to-peak with R_1 = 82 kΩ. For triangle the peak amplitude is approximately 1 volt peak-to-peak with R_1 = 82 kΩ. Thus, for example, R_1 = 51 kΩ would produce approximately 1 volt sinewave output amplitude.

Amplitude Modulation - Output amplitude can be modulated externally by applying a modulating signal to Pin 1. The external impedance at Pin 1 is approximately 200 kΩ. Output amplitude varies linearly with the applied voltage at Pin 1. For reduction of less than 10 units of V_c is shown in Fig. 5. As this bias level approaches V_c^+, the phase of the output reverses 180°, and the amplitude goes through zero. This property is suitable for phase shift keying and suppressed carrier AM generation. Total dynamic range of amplitude modulation is approximately 45 dB.

Note: AM control voltage is used in conjunction with a well-regulated supply since the output amplitude now becomes a function of V^+.

FREQUENCY SHIFT KEYING

The XR-2206 can be operated with two separate timing resistors R_1 and R_2 connected to the timing pins 7 and 8, respectively, as shown in Figure 13. Depending on the polarity of the logic signal at pin 9, either one or the other of these timing resistors is activated. If pin 9 is open-circuited or connected to a logic voltage of 2V or higher, R_1 is activated. Similarly, if the voltage level at pin 9 is 0.8V or less, R_2 is activated. Thus, the output frequency can be keyed between two levels f_1 and f_2 as:

$f_1 = 1/R_1C$ and $f_2 = 1/R_2C$

For split supply operation, the keying voltage at pin 9 is referenced to V^-.

OUTPUT DC LEVEL CONTROL

The dc level at the output (pin 2) is approximately the same as the dc bias at pin 1. In Figures 11, 12, and 14, pin 1 is biased midway between V^+ and ground, to give an output dc level of +6V.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS Preliminary

Test Conditions: Test Circuit of Fig. 1, V^+ = +12V, T_A = 25°C, C_1 = 0.01 μF, R_1 = 100 kΩ, R_2 = 10 kΩ, R_3 = 25 kΩ unless otherwise specified. S_1 open for triangle, closed for sine wave.

CHARACTERISTICS	XR-2206M			XR-2206C			UNITS	CONDITIONS
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.		
Supply Voltage								
Single Supply	10		26	10		26	V	
Split Supply	±5		±13	±5		±13	V	
Supply Current		12	17		12	20	mA	R_1, R_2 ≥ 10 kΩ
Oscillator Section								
Max. Operating Frequency	0.5	1		0.5	1		MHz	C_1 = 1000 pF, R_1 = 1 kΩ
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	C_1 = 50 μF, R_1 = 2 MΩ
Frequency Accuracy		±1	±3		±1		%	C_1 = 1000 pF
Temperature Stability		±20	±50		±20		ppm/°C	0°C ≤ T_A ≤ 70°C, R_1 = R_2 = 20 kΩ
Supply Sensitivity		0.05	0.4		0.05		%/V	V_{min} = +10V, V_{MIN} = +20V, R_1 = R_2 = 20 kΩ
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1			R_1 = 1 kΩ, R_2 = 2 MΩ
Sweep Controls								
FM Sweep		2			2		%	f_1 = 1 kHz, f_2 = 10 kHz
AM Sweep		∞			∞		dB	f_1 = 100 Hz, f_2 = 100 kHz
FM Distortion		0.5			0.5		%	For 20% Deviation
Recommended Timing Components								See Figure 5
Timing Capacitor, C	0.001		100	0.001		100	μF	
Timing Resistor, R_1 & R_2	1		2000	1		2000	kΩ	
Triangle/Sinewave Output								See Note 1, Fig. 1
Triangle Output		320			320		mV p-p	For S_1 Open
Sinewave Output	300	600	900	600	600		mV p-p	For S_1 Closed
% of Output Swing		5			5		%	
Output Impedance		600			600		Ω	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sinewave Distortion								R_1 = 10 kΩ
Before Adjustment		2.5			2.5		%	See Figure 16
With Adjustment		0.4	1.0		0.5	1.5	%	See Figure 11
Amplitude Modulation								
Input Impedance	50	100		50	100		kΩ	
Modulation Range		100			100		%	
Carrier Suppression		55			55		dB	
Linearity		2			2		%	For 25% modulation
Sawtooth Wave Output								Measured at Pin 11
Amplitude		3.2			3.2		Vp-p	
Rise Time		150			250		ns	C_L = 10 pF
Fall Time		30			50		ns	C_L = 10 pF
Saturation Voltage		0.2	0.4		0.2	0.4	V	I_L = 2 mA
Leakage Current		0.1	20		0.1	20	μA	V_{11} = 12V
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	2.4	0.8	1.4	2.4	V	See Section on Circuit Controls
Reference Bypass Voltage	2.9	3.1	3.3	2.9	3.1	3.3	V	Measured at Pin 10

Note 1: Output Amplitude is inversely proportional to the resistance R_1 on Pin 1. See Page

Figure 1. Test Circuit

Figure 5. Output Amplitude as a Function of Resistor R_1 at Pin 1

Figure 12. Circuit for Sinewave Generation With Minimum Harmonic Distortion (R_3 Determines output Swing. See Fig. 5)

SINEWAVE GENERATION

A) Without External Adjustment

Figure 11 shows the circuit connection for generating a sinusoidal output from the XR-2206. The potentiometer R_1 at pin 1 provides the fine adjustment for the minimum distortion. The maximum sinewave amplitude is greater than $V^+/2$ and the typical distortion is 0.5%. If lower sinewave distortion is desired, additional adjustments can be provided as described in the following section.

The circuit of Figure 11 can be connected for split supply operation simply by replacing all ground connections with V^-. For split supply operation, R_2 can be directly connected to ground.

B) With External Adjustments

For minimum distortion of sinusoidal output can be reduced to as low as 0.1% by additional adjustments as shown in Figure 12. The potentiometer R_4 adjusts the sine-shaping resistor.

Figure 13. Sinusoidal FSK Generator

PULSE AND RAMP GENERATION

Figure 14 shows the circuit for pulse and ramp waveform generation. In this mode of operation, the FSK keying terminal (pin 9) is shorted to the square-wave output (pin 11), and the circuit automatically frequency-shift keys itself between two separate frequencies during the positive and negative going output waveforms. The pulse-width and the duty cycle can be adjusted from 1% to 99% by the choice of R_1 and R_2. The values of R_1 and R_2 should be in the range of 1 kΩ to 2 MΩ.

Figure 14. Circuit for Pulse and Ramp Generation

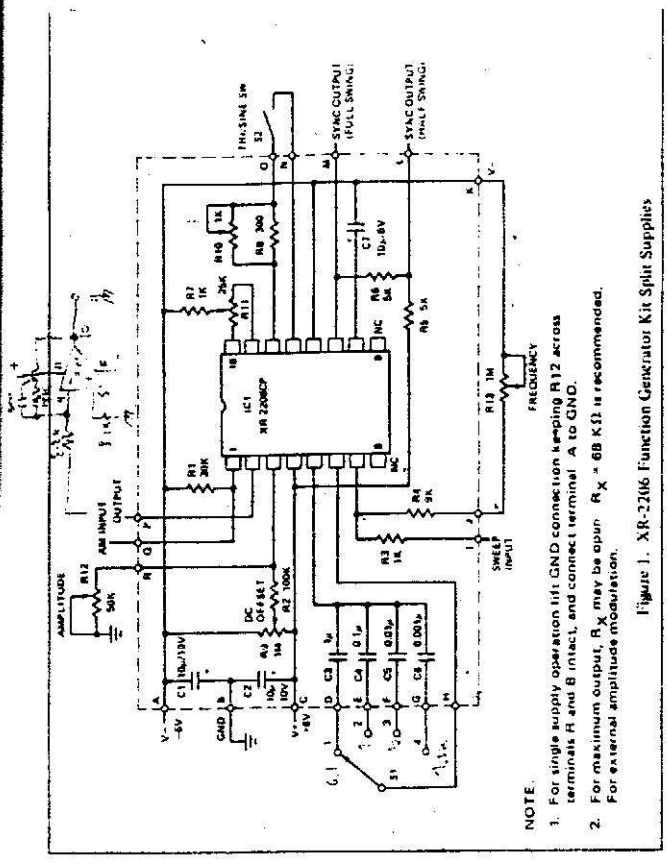


Figure 1. XR-2206 Function Generator Kit Split Supplies

NOTE:
1. For single supply operation tie GND connection keeping R12 across terminals A and B intact, and connect terminal A to GND.
2. For maximum output, R_X may be open. R_X = 68 KΩ is recommended. For external amplitude modulation.

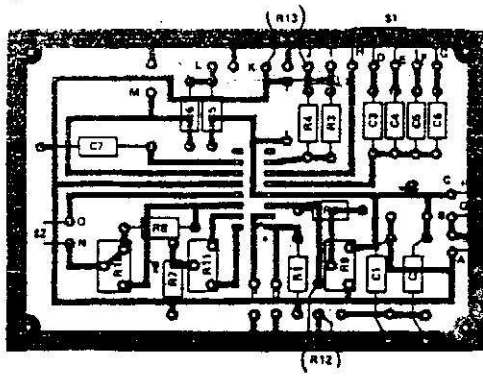


Figure 3A. Split Supply PC Board Layout

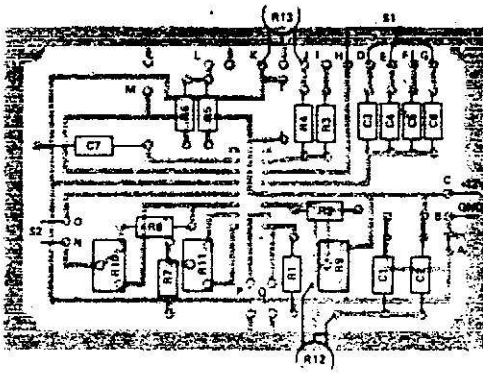
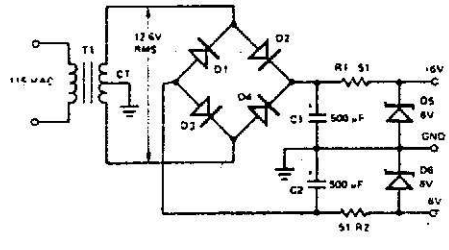
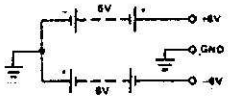


Figure 3B. Single Supply PC Board Layout



Zener Regulated Supply



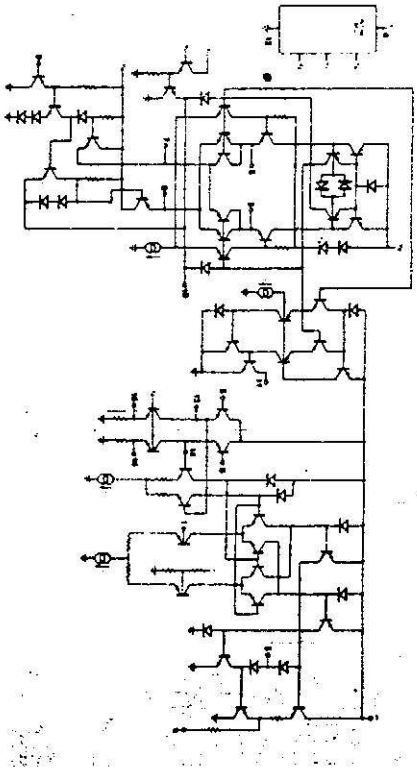
Battery Power Supply

Figure 2. Recommended Power Supply Configurations

T1: Filament transformer
Primary 115V/Secondary 12.6 VCT, 0.5A
D1 – D4: IN4001 or similar
D5, D6: IN4735 or similar
C1, C2: Electrolytic, 500 µF/12 VDC
R1, R2: 51Ω, 1/2W, 10%

APPENDIX – Technical Information on XR-2206 IC

Equivalent Circuit Schematic of XR-2206 Monolithic IC



I. General Description

The XR-2206 Function Generator Kit extends the capabilities of a single XR-2206 Function Generator IC to a self-contained generator system using a very limited number of external components. It provides the engineer, student or hobbyist with highly versatile laboratory instrument for waveform generation at a very small fraction of the cost of conventional function generators available today.

The function generator is designed to operate with either a single 12V supply or with ±6V split supplies. The kit is available in two versions: XR-2206KA and XR-2206KB.

The XR-2206KA includes: 1) one XR-2206CP function generator IC, 2) one printed circuit board (foil pattern etched, solder-plated and drilled, and 3) one copy of the assembly and operating instruction manual.

The XR-2206KB includes the XR-2206KA and all the electronic parts to be mounted on the printed circuit board.

The Kit requires some additional parts and hardware for complete assembly in a laboratory equipment form. A list of recommended parts is given on page 6.

The XR-2206 Function Generator Kit provides three basic waveforms: sine, triangle and square wave. There are four over lapping frequency ranges which give an overall frequency range of 1 Hz to 100 kHz. In each range the frequency may be varied over a 100:1 tuning range.

The sine or triangle output can be varied from 0 to over 6V (peak to peak) from a 600 ohm source at the output terminal.

A squarewave output is available at the sync output terminal for oscilloscope synchronizing or driving logic circuits.

II. Performance Characteristics

The typical performance specifications listed below apply only when all of the recommended assembly instructions and adjustment procedures are followed.

(a) Frequency Ranges: XR-2206K Function Generator Kit is designed to operate over four overlapping frequency ranges:

1 Hz to 100 Hz
10 Hz to 1 kHz
100 Hz to 10 kHz
1 kHz to 100 kHz

The range selection is made by switching in different timing capacitors.

(b) Frequency Setting: At any range setting, frequency can be varied over a 100:1 tuning range with a potentiometer (See R_{13} of Fig. 1).

(c) Frequency Accuracy: Frequency accuracy of XR-2206K is set by the timing resistor R and the timing capacitor C, and is given as:

$$f = 1/RC$$

The above expression is accurate to within 3% at any range setting. The timing resistor R is the series combination of resistors R_A and R_{13} of Fig. 1. The timing capacitor C is any one of the capacitors C_3 through C_6 of Fig. 1.

(d) Sine and Triangle Output: The sine and triangle output amplitudes are variable from 0V to 6 V_{pp}. The amplitude is set by an external potentiometer, R_{12} of Fig. 1. At any given amplitude setting, the triangle output amplitude is approximately twice as high as the sinewave output. The internal impedance of the output is 600Ω.

(e) Sinewave Distortion: The total harmonic distortion of sinewave is less than 1% from 10 Hz to 10 kHz and less than 3% over the entire frequency range. The selection of a waveform is made by the triangle/sine selector switch.

(f) Sync Output: The sync output provides a 50% duty cycle pulse output with either full swing or upper half swing of the supply voltage depending on the choice of sync output terminals on the printed circuit board (See Fig. 1).

(g) Frequency Modulation (External Sweep): Frequency can be modulated or swept by applying an external control voltage to sweep terminal (Terminal J of Fig. 1). When not used, this terminal should be left open-circuited. The open circuit voltage at this terminal is approximately 3V above the negative supply voltage and its impedance is 1000 ohms.

(h) Amplitude Modulation (AM): The output amplitude varies linearly with modulation voltage applied to AM input (Terminal Q of Fig. 1). The output amplitude reaches its minimum as the AM input voltage approaches the half of the total power supply voltage. The phase of the output signal reverses as the amplitude goes through its minimum value. The total dynamic range is approximately 55 dB with AM control voltage range of 4V referenced to the half of the total supply voltage. When not used, AM terminal should be left open circuited.

(i) Power Source: Split supplies ±6V, or single supply +12V.
Supply Current: 15 mA

III. Explanation of Controls and Terminals

The following is a brief explanation of the controls mounted on the PC board:

Switches:

S1, S1: Selects the frequency range of the function generator. The frequency is inversely proportional to the value of the timing capacitor connected across Pins 5 and 6 of the XR-2206 IC. Nominal capacitance values and frequency ranges corresponding to switch S1 positions of S1 are as follows:

Position	Nominal Range	Timing Capacitance
1	1 Hz to 100 Hz	1 μF
2	10 Hz to 1 kHz	0.1 μF
3	100 Hz to 10 kHz	0.01 μF
4	1 kHz to 100 kHz	0.001 μF

If additional frequency ranges are needed, they can be added by introducing additional switch positions.

Triangle/Sine Waveform Switch, S2: Selects the triangle or sine output waveform.

Trimmers and Potentiometers

DC Offset Adjustment, R9: The potentiometer used for adjusting the DC offset level of the triangle or sine output waveform.

Sinewave Distortion Adjustment, R10: Adjusted to minimize the harmonic content of sinewave output.

Sinewave Symmetry Adjustment, R11: Adjusted to optimize the symmetry of the sinewave output.

Amplitude Control, R12: Sets the amplitude of the triangle or sinewave output.

Frequency Adjust, R13: Sets the oscillator frequency for any range setting of S1. Thus, R13 serves as a frequency dial on a conventional waveform generator and varies the frequency of the oscillator over an approximate 100 to 1 range.

Terminals

A. Negative Supply -6V
B. Ground
C. Positive Supply +6V
D. Range 1, timing capacitor terminal
E. Range 2, timing capacitor terminal
F. Range 3, timing capacitor terminal
G. Range 4, timing capacitor terminal
H. Timing capacitor common terminal
I. Sweep Input
J. Frequency adjust potentiometer terminal
K. Frequency adjust potentiometer negative supply terminal
L. Sync output (1/2 swing)
M. Sync output (full swing)
N., O. Triangle/sine waveform switch terminals
P. Triangle or sinewave output
Q. AM input
R. Amplitude control terminal

* Case:

7" x 4" x 4" (approx.) Metal or Plastic

Power Supply:

Dual supplies ±6V or single +12V
Batteries or power supply unit (See Figs. 2A and 2B)

Miscellaneous:

Knobs, solder, wires, terminals, etc.

V. Assembly

The XR-2206 Waveform Generator Kit comes complete with an etched and drilled circuit board. The basic layout for the component side of the board is shown in Figs. 3A and 3B. Particular terminals to be connected to external switches or potentiometers are also identified on the layout.

All the parts of the generator, with the exception of frequency adjust potentiometer, amplitude control potentiometer, triangle/sine switch and frequency range select switch, are mounted on the circuit board.

Install and solder all resistors, capacitors and trimmer resistors on the PC board first. Be sure to observe the polarity of capacitors C1, C2 and C7. The timing capacitors C3, C4, C5 and C6 must be non-polar type. Now install IC1 on the board. We recommend the use of an IC socket to prevent possible damage to the IC during soldering and to provide for easy replacement in case of a malfunction.

The entire generator board along with power supply or batteries and several switches and potentiometers will fit into a case of the type readily available at electronic hobby shops. It will be necessary to obtain either output jacks or terminals for the outputs and AM and frequency sweep inputs.

Install the frequency adjust pot, the frequency range select switch, the output amplitude control pot, the power switch, and the triangle/swine switch on the case. Next, install the PC board in the case, along with a power supply.

Any simple power supply having reasonable regulation may be used. Figure 2 gives some recommended power supply configurations.

Precaution: Keep the lead lengths small for the range selector switch.

IV. Parts List

The following is a list of external circuit components necessary to provide the circuit interconnections shown in Fig. 1.

A) XR-2206KA Function Generator Kit
The XR-2206KA includes the following items:

1 XR-2206CP Function Generator IC
1 Printed Circuit Board
Instruction Manual

B) The XR-2206KB Function Generator Kit
The XR-2206KB includes the XR-2206KA and following additional components:

Capacitors:

C1,C2,C7 Electrolytic, 10 μF, 10V
C3 Mylar, 1 μF, nonpolar, 10%
C4 Mylar, 0.1 μF, 10%
C5 Mylar, 0.01 μF, 10%
C6 Mylar, 1000 pF, 10%

Resistors:

R1 30 KΩ, 1/4W, 10%
R2 100 KΩ, 1/4W, 10%
R3, R7 1 KΩ, 1/4W, 10%
R4 9 KΩ, 1/4W, 10%
R5, R6 5 KΩ, 1/4W, 10%
R8 300Ω, 1/4W, 10%

Potentiometers:

R9 Trim, 1 MΩ, 1/4W
R10 Trim, 1 KΩ, 1/4W
R11 Trim, 25 KΩ, 1/4W

C) The following items are necessary to complete the circuit interconnections shown in Fig. 1 in a complete laboratory instrument form:

Potentiometers:

R12 Amplitude control, linear, 50 KΩ
R13 Frequency control, audio taper, 1 MΩ

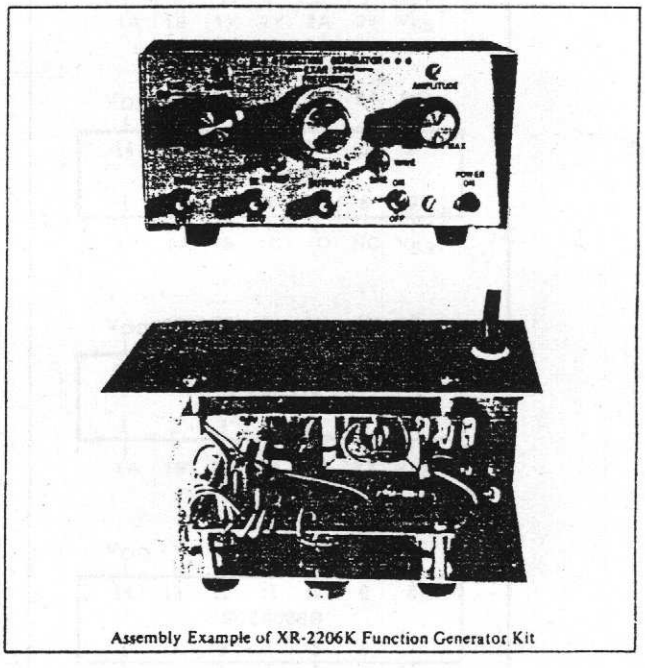
Switches:

S1 Rotary switch, 1-pole, 4 pos.
S2 Toggle or slide, SPST

VI. Adjustment

When assembly is completed and you are ready to put the function generator into operation, make sure that the polarity of power supply and the orientation of the IC unit are correct. Then apply the DC power to the unit.

To adjust for minimum distortion, connect the scope probe to the triangle/sine output. Close S2 and adjust the amplitude control to give non-clipping maximum swing. Then adjust R10 and R11 alternately for minimum distortion by observing the sinusoidal waveform. If a distortion meter is available, you may use it as a final check on the setting of sine-shaping trimmers. The minimum distortion obtained in this manner is less than 1% from 1 Hz to 10 kHz and less than 3% over the entire frequency range.



Assembly Example of XR-2206K Function Generator Kit

SCL4011B, SCL4012B SCL4023B, SCL4068B

CMOS NAND GATES

SCL4011B – Quad 2-Input NAND
SCL4012B – Dual 4-Input NAND
SCL4023B – Triple 3-Input NAND
SCL4068B – 8-Input NAND

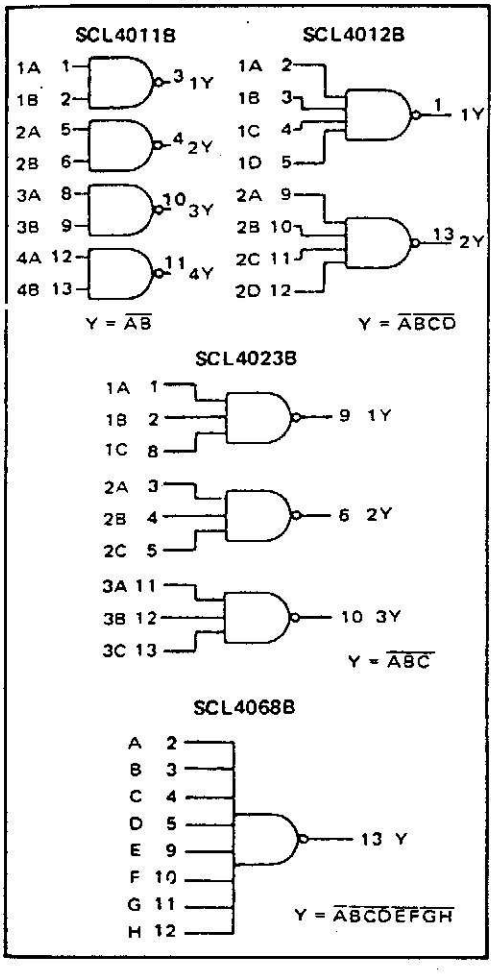
FEATURES

- Buffered Outputs
- Diode Protection on all Inputs
- Fully "B"-Series Compatible
- Balanced Output Drive Current Specifications

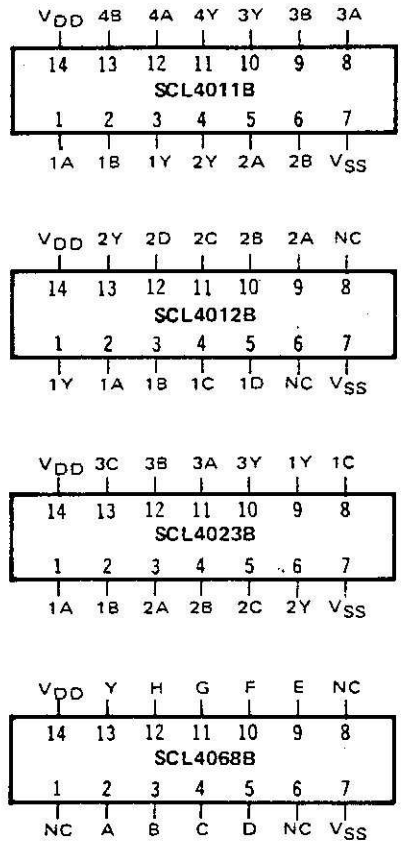
TRUTH TABLE

Inputs	Output
1 1 . . . 1	0
All other combinations	1

FUNCTION DIAGRAMS



CONNECTION DIAGRAMS
(all packages)



Add suffix to package:

- C 14-pin Cerdip
- D 14-pin Ceramic
- E 14-pin Epoxy
- F 14-pin Flat
- H Chip

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

SCL4011B, SCL4012B, SCL4023B, SCL4068B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

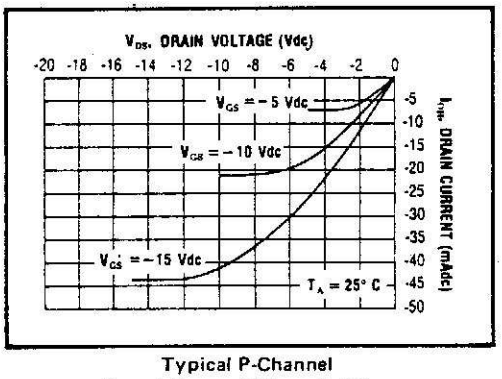
STATIC CHARACTERISTICS [1]

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW} [2] Min.	T_{LOW} [2] Max.	+25°C Min.	+25°C Typ.	+25°C Max.	T_{HIGH} [2] Min.	T_{HIGH} [2] Max.	Units
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD}	–	0.05	–	0.0005	0.05	–	1.5	µAdc
		10	All valid input	–	0.10	–	0.001	0.10	–	3.0	
		15	combinations	–	0.20	–	0.002	0.20	–	6.0	

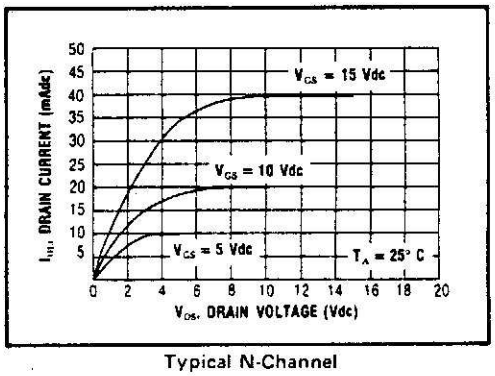
NOTES. [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL40008 Series Family Specifications".
[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.
[3] These devices have been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

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

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
PROPAGATION DELAY TIME	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	125	250	ns
		10	–	60	120	
		15	–	45	90	
OUTPUT TRANSITION TIME	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	100	200	ns
		10	–	50	100	
		15	–	40	80	

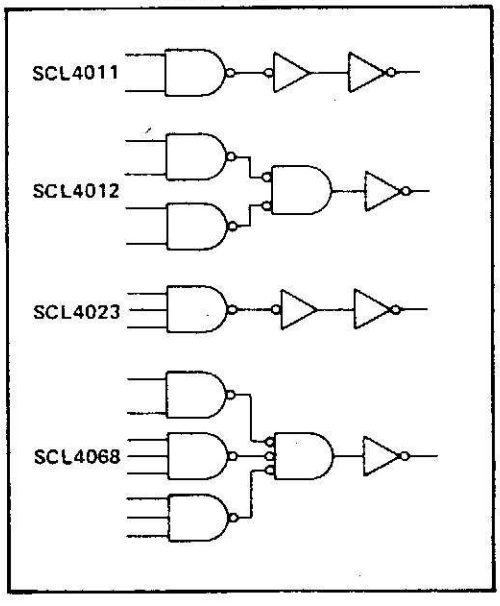


Typical P-Channel
Source Current Characteristics

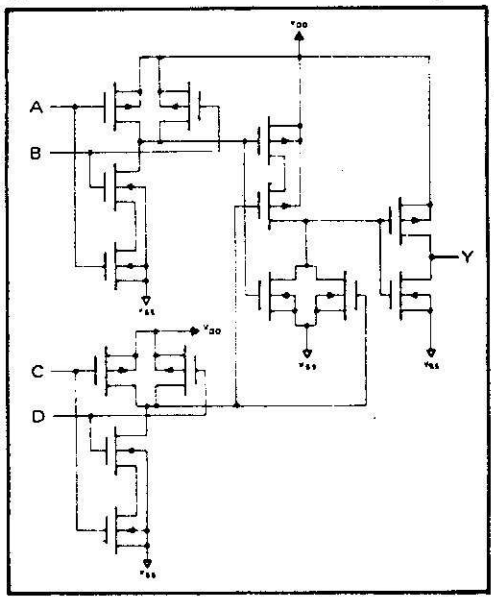


Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

LOGIC DIAGRAMS



SCHEMATIC DIAGRAM SCL4012B (1 of 2 gates)



SCL4017AB

CMOS DECADE COUNTER/DIVIDER

FEATURES

- **10 Decoded Decimal Outputs**
- **Direct Reset**
- **Trigger from either Edge of Clock Input**
- **Carry Output for Cascading Stages**
- **Fully Static Operation - DC to 5MHz @ 10Vdc**

DESCRIPTION

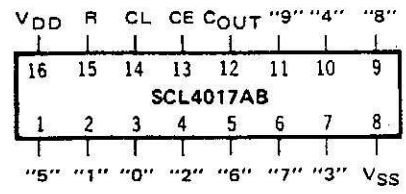
The SCL4017AB consists of a 5-stage Johnson Decade Counter and an Output Decoder. Inputs include Clock, Reset, and Clock Enable signals.

The counter has interchangeable Clock and Clock Enable lines for incrementing on either a positive-going or negative-going transition, respectively. A high Reset signal clears the counter to its zero count.

Use of the Johnson decade counter configuration permits high-speed operation, 2-input decode gating, and spike-free decoded outputs. Anti-lock gating is provided, thus assuring proper counting sequence. The 10 decoded outputs are normally low and go high only at their respective decoded time slot. Each decoded output remains high for one full clock cycle. A Carry-out (C_{OUT}) signal completes one cycle every 10 clock input cycles and is used to directly clock the succeeding counter in multi-stage applications.

This part can be used in frequency division circuits as well as decade counter or decimal decode display applications.

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

C	16-pin Cerdip
D	16-pin Ceramic
E	16-pin Epoxy
F	16-pin Flat
H	Chip

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

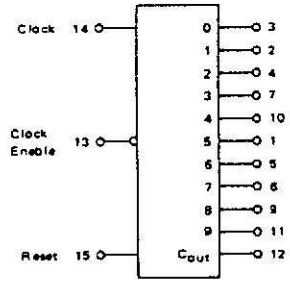
FUNCTIONAL TRUTH TABLE
(Positive Logic)

Clock	Clock Enable	Reset	Decode Output = n
0	X	0	n
X	1	0	n
X	X	1	"0"
⌐	0	0	n + 1
⌐	X	0	n
X	⌐	0	n
1	⌐	0	n + 1

x = Don't Care

If n < 5 Carry = "1", Otherwise = "0"

BLOCK DIAGRAM



VDD = Pin 16
VSS = Pin 8

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS [1]

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW} [2] Min.	T_{LOW} [2] Max.	+25°C Min.	+25°C Typ.	+25°C Max.	T_{HIGH} [2] Min.	T_{HIGH} [2] Max.	Units
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}	–	5	–	0.05	5	–	150	μAdc
		10	All valid input	–	10	–	0.1	10	–	300	
		15	combinations	–	20	–	0.2	20	–	600	
OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT											
C, D, F, H device	I_{OH}										
Decoded Outputs		5	V_{OH} = 4.6V	-0.05	–	-0.04	-0.3	–	-0.028	–	mAdc
		10	V_{OH} = 9.5V	-0.125	–	-0.1	-0.75	–	-0.07	–	
		15	V_{OH} = 13.5V	-0.375	–	-0.3	-2.5	–	-0.21		
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OH} = 4.6V	-0.25	–	-0.2	-0.75	–	-0.14	–	mAdc
		10	V_{OH} = 9.5V	-0.62	–	-0.5	-1.1	–	-0.35	–	
		15	V_{OH} = 13.5V	-1.9	–	-1.5	-3.5	–	-1.1	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
E device	I_{OH}										
Decoded Outputs		5	V_{OH} = 4.6V	-0.048	–	-0.04	-0.3	–	-0.032	–	mAdc
		10	V_{OH} = 9.5V	-0.12	–	-0.1	-0.75	–	-0.08	–	
		15	V_{OH} = 13.5V	-0.36	–	-0.3	-2.5	–	-0.24	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OH} = 4.6V	-0.24	–	-0.2	-0.75	–	-0.16	–	mAdc
		10	V_{OH} = 9.5V	-0.6	–	-0.5	-1.1	–	-0.4	–	
		15	V_{OH} = 13.5V	-1.8	–	-1.5	-3.5	–	-1.2	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT											
C, D, F, H device	I_{OL}										
Decoded Outputs		5	V_{OL} = 0.4V	0.05	–	0.04	0.4	–	0.028	–	mAdc
		10	V_{OL} = 0.5V	0.125	–	0.1	1.0	–	0.07	–	
		15	V_{OL} = 1.5V	0.375	–	0.3	3.0	–	0.21	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OL} = 0.4V	0.25	–	0.2	0.75	–	0.14	–	mAdc
		10	V_{OL} = 0.5V	0.62	–	0.5	1.3	–	0.35	–	
		15	V_{OL} = 1.5V	1.9	–	1.5	4.0	–	1.1	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
E device	I_{OL}										
Decoded Outputs		5	V_{OL} = 0.4V	0.048	–	0.04	0.4	–	0.032	–	mAdc
		10	V_{OL} = 0.5V	0.12	–	0.1	1.0	–	0.08	–	
		15	V_{OL} = 1.5V	0.36	–	0.3	3.0	–	0.24	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OL} = 0.4V	0.24	–	0.2	0.75	–	0.16	–	mAdc
		10	V_{OL} = 0.5V	0.6	–	0.5	1.3	–	0.4	–	
		15	V_{OL} = 1.5V	1.8	–	1.5	4.0	–	1.2	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".

[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

SCL4017AB

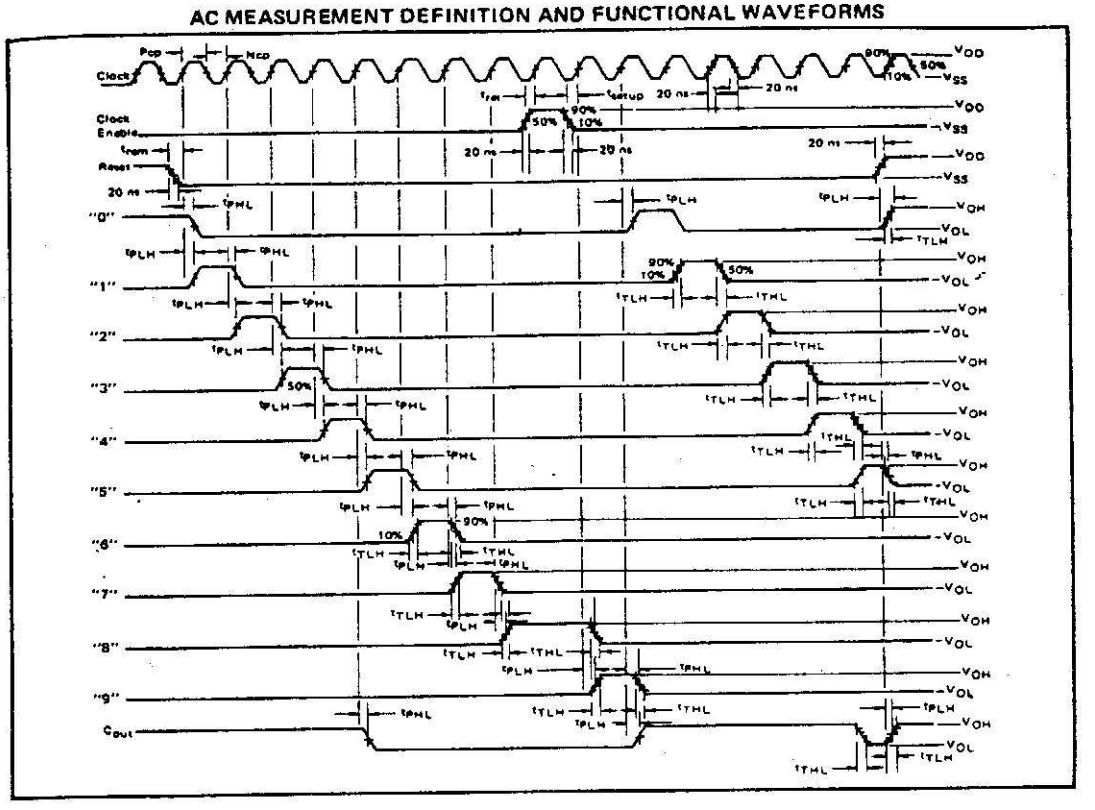
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

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

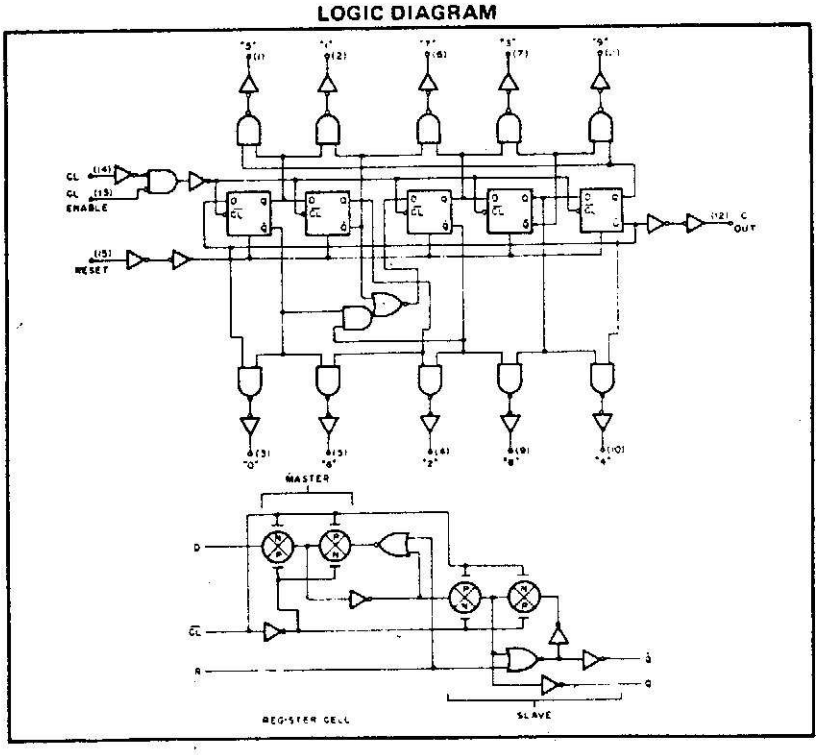
PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
CLOCKED OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME						
To Decoded Outputs	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	600	1200	ns
		10	–	240	480	
		15	–	180	360	
To Carry Output	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	500	1000	ns
		10	–	200	400	
		15	–	150	300	
OUTPUT TRANSITION TIME						
Decoded Outputs	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	250	500	ns
		10	–	125	250	
		15	–	90	180	
Carry Output	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	180	360	ns
		10	–	90	180	
		15	–	65	130	
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW_{CL}	5	–	200	400	ns
		10	–	100	200	
		15	–	80	160	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f_{CL}	5	1.25	2.5	–	MHz
		10	2.5	5.0	–	
		15	3.0	6.0	–	
MAXIMUM CLOCK OR ENABLE RISE AND FALL TIME	t_{rCL}, t_{fCL}	5	15	–	–	μs
		10	15	–	–	
		15	5	–	–	
MINIMUM ENABLE SETUP TIME	t_{setup}	5	–	175	350	ns
		10	–	75	150	
		15	–	55	110	
MINIMUM ENABLE REMOVAL TIME	t_{rem}	5	–	250	500	ns
		10	–	100	200	
		15	–	75	150	
RESET OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME						
To Decoded Outputs	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	500	1000	ns
		10	–	200	400	
		15	–	140	280	
To Carry Output	t_{PLH}	5	–	400	800	ns
		10	–	150	300	
		15	–	110	220	
MINIMUM RESET PULSE WIDTH	PW_R	5	–	150	300	ns
		10	–	75	150	
		15	–	60	120	
RESET REMOVAL TIME	t_{rem}	5	–	250	500	ns
		10	–	100	200	
		15	–	80	160	

SCL4017AB

AC MEASUREMENT DEFINITION AND FUNCTIONAL WAVEFORMS



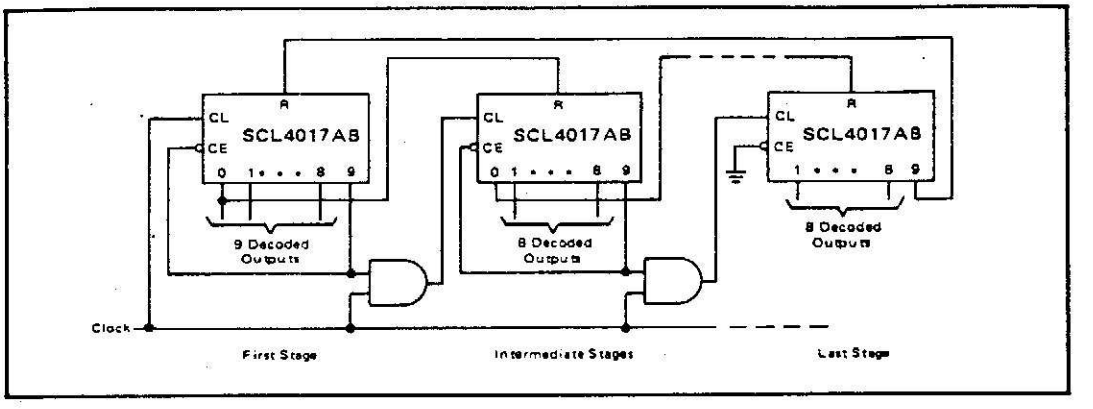
LOGIC DIAGRAM



APPLICATIONS INFORMATION

COUNTER EXPANSION

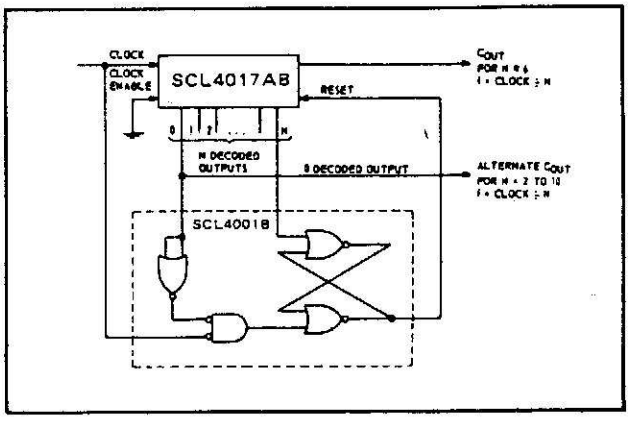
This figure shows a technique for extending the number of decoded output states for the SCL4017AB. Decoded outputs are sequential within each stage and from stage to stage, with no dead time (except propagation delay).



DIVIDE-BY-N COUNTER

When the Nth decoded output is reached (Nth clock pulse), the S-R flip-flop (constructed from the SCL4001B) generates a reset pulse which clears the SCL4017AB to its zero count. At this time, if the Nth decoded output is greater than or equal to 6, the C_{OUT} line goes high to clock the next counter section. The "0" decoded output also goes high at this time. Coincidence of the clock "low" and decoded "0" output "high" resets the S-R flip-flop to enable the SCL4017AB.

If the Nth decoded output is less than 6, the C_{OUT} line will not go high, and, therefore, cannot be used. In this case, the "0" decoded output may be used to perform the clock function for the next counter.



National Semiconductor

MM54C14/MM74C14 Hex Schmitt Trigger

general description

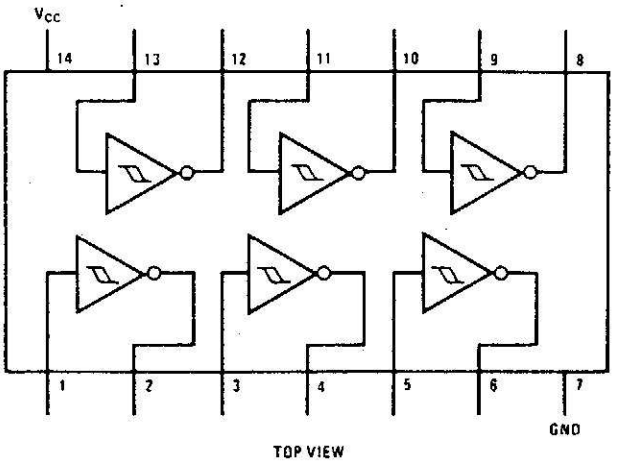
The MM54C14/MM74C14 Hex Schmitt Trigger is a monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuit constructed with N and P-channel enhancement transistors. The positive and negative going threshold voltages, V_{T+} and V_{T-}, show low variation with respect to temperature (typ 0.0005V/°C at V_{CC} = 10V), and hysteresis, $V_{T+} - V_{T-} \geq 0.2\ V_{CC}$ is guaranteed.

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

features

■ Wide supply voltage range	3.0V to 15V
■ High noise immunity	0.70 V_{CC} typ
■ Low power TTL compatibility	fan out of 2 driving 74L
■ Hysteresis	0.4 V_{CC} typ 0.2 V_{CC} guaranteed

connection diagram



TOP VIEW

absolute maximum ratings

Voltage at Any Pin	−0.3V to V_{CC} + 0.3V	Package Dissipation	500 mW
Operating Temperature Range		Operating V_{CC} Range	3.0V to 15V
MM54C14	−55°C to +125°C	Absolute Maximum V_{CC}	18V
MM74C14	−40°C to +85°C	Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C		

dc electrical characteristics Min/max limits apply across temperature range, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CMOS TO CMOS					
V_{T+} Positive Going Threshold Voltage	V_{CC} = 5V	3.0	3.6	4.3	V
	V_{CC} = 10V	6.0	6.8	8.6	V
	V_{CC} = 15V	9.0	10.0	12.9	
V_{T-} Negative Going Threshold Voltage	V_{CC} = 5V	0.7	1.4	2.0	V
	V_{CC} = 10V	1.4	3.2	4.0	V
	V_{CC} = 15V	2.1	5.0	6.0	
Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)	V_{CC} = 5V	1.0	2.2	3.6	V
	V_{CC} = 10V	2.0	3.6	7.2	V
	V_{CC} = 15V	3.0	5.0	10.8	V
Logical "1" Output Voltage ($V_{OUT(1)}$)	V_{CC} = 5V, I_O = −10μA	4.5			V
	V_{CC} = 10V, I_O = −10μA	9.0			V
Logical "0" Output Voltage ($V_{OUT(0)}$)	V_{CC} = 5V, I_O = +10μA			0.5	V
	V_{CC} = 10V, I_O = +10μA			1.0	V
Logical "1" Input Current ($I_{IN(1)}$)	V_{CC} = 15V, V_{IN} = 15V		0.005	1.0	μA
Logical "0" Input Current ($I_{IN(0)}$)	V_{CC} = 15V, V_{IN} = 0V	−1.0	−0.005		μA
Supply Current (I_{CC})	V_{CC} = 15V, V_{IN} = 0V/15V		0.05	15	μA
	V_{CC} = 5V, V_{IN} = 2.5V (Note 4)		20		μA
	V_{CC} = 10V, V_{IN} = 5V (Note 4)		200		μA
	V_{CC} = 15V, V_{IN} = 7.5V (Note 4)		600		μA
CMOS/LPTTL INTERFACE					
Logical "1" Input Voltage ($V_{IN(1)}$)	V_{CC} = 5V	4.3			V
Logical "0" Input Voltage ($V_{IN(0)}$)	V_{CC} = 5V			0.7	V
Logical "1" Output Voltage ($V_{OUT(1)}$)	54C, V_{CC} = 4.5V, I_O = −360μA	2.4			V
	74C, V_{CC} = 4.75V, I_O = −360μA	2.4			V
Logical "0" Output Voltage ($V_{OUT(0)}$)	54C, V_{CC} = 4.5V, I_O = 360μA			0.4	V
	74C, V_{CC} = 4.75V, I_O = 360μA			0.4	V
OUTPUT DRIVE (See 54C/74C Family Characteristics Data Sheet)					
Output Source Current (I_{SOURCE}) (P-Channel)	V_{CC} = 5V, V_{OUT} = 0V, T_A = 25°C	−1.75	−3.3		mA
Output Source Current (I_{SOURCE}) (P-Channel)	V_{CC} = 10V, V_{OUT} = 0V, T_A = 25°C	−8.0	−15		mA
Output Sink Current (I_{SINK}) (N-Channel)	V_{CC} = 5V, V_{OUT} = V_{CC}, T_A = 25°C	1.75	3.6		mA
Output Sink Current (I_{SINK}) (N-Channel)	V_{CC} = 10V, V_{OUT} = V_{CC}, T_A = 25°C	8.0	16		mA

ac electrical characteristics

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Propagation Delay from Input to Output (t_{pd0} or t_{pd1})	V_{CC} = 5V V_{CC} = 10		220 80	400 200	ns ns
Input Capacitance	Any Input (Note 2)		5.0		pF
Power Dissipation Capacitance (C_{PD})	(Note 3) Per Gate		20		pF

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

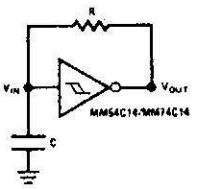
Note 2: Capacitance is guaranteed by periodic testing.

Note 3: C_{PD} determines the no load ac power consumption of any CMOS device. For complete explanation see 54C/74C Family Characteristics application note, AN-90.

Note 4: Only one of the six inputs is at 1/2 V_{CC}, the others are either at V_{CC} or GND.

typical application

Low Power Oscillator

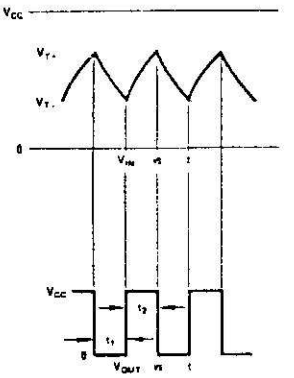


$$t_1 = RC \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}}$$

$$t_2 = RC \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}}$$

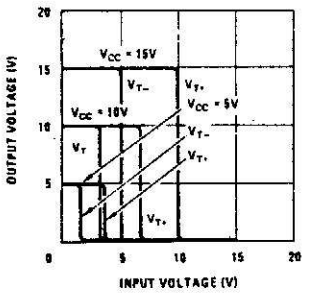
$$f = \frac{1}{RC \ln \frac{V_{T+}(V_{CC} - V_{T-})}{V_{T-}(V_{CC} - V_{T+})}} \approx \frac{1}{1.7\,RC}$$

Note: The equations assume $t_2 + t_2 >> t_{pd0} + t_{pd1}$

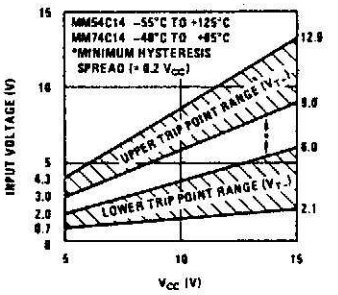


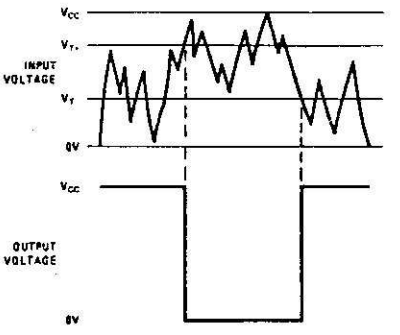
typical performance characteristics

Typical Transfer Characteristics



Guaranteed Trip Point Range





Note: For more information on output drive characteristics, power dissipation, and propagation delays, see AN-90.

National Semiconductor

MM74C925, MM74C926, MM74C927, MM74C928 4-Digit Counters with Multiplexed 7-Segment Output Drivers

general description

These CMOS counters consist of a 4-digit counter, an internal output latch, NPN output sourcing drivers for a 7-segment display, and an internal multiplexing circuitry with four multiplexing outputs. The multiplexing circuit has its own free-running oscillator, and requires no external clock. The counters advance on negative edge of clock. A high signal on the Reset input will reset the counter to zero, and reset the carry-out low. A low signal on the Latch Enable input will latch the number in the counters into the internal output latches. A high signal on Display Select input will select the number in the counter to be displayed; a low level signal on the Display Select will select the number in the output latch to be displayed.

The MM74C925 is a 4-decade counter and has Latch Enable, Clock and Reset inputs.

The MM74C926 is like the MM74C925 except that it has a display select and a carry-out used for cascading counters. The carry-out signal goes high at 6000, goes back low at 0000.

The MM74C927 is like the MM74C926 except the second most significant digit divides by 6 rather than 10. Thus, if the clock input frequency is 10 Hz, the display would read tenths of seconds and minutes (i.e., 9:59.9).

The MM74C928 is like the MM74C926 except the most significant digit divides by 2 rather than 10 and the carry-out is an overflow indicator which is high at 2000, and it goes back low only when the counter is reset. Thus, this is a 3 1/2-digit counter.

features

- Wide supply voltage range — 3V to 6V
- Guaranteed noise margin — 1V
- High noise immunity — 0.45 V_{CC} typ
- High segment sourcing current — 40 mA @ V_{CC} −1.6V, V_{CC} = 5V
- Internal multiplexing circuitry

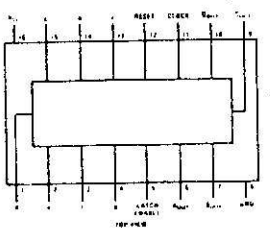
design considerations

Segment resistors are desirable to minimize power dissipation and chip heating. The DM75492 serves as a good digit driver when it is desired to drive bright displays. When using this driver with a 5V supply at room temperature, the display can be driven without segment resistors to full illumination. The user must use caution in this mode however, to prevent overheating of the device by using too high a supply voltage or by operating at high ambient temperatures.

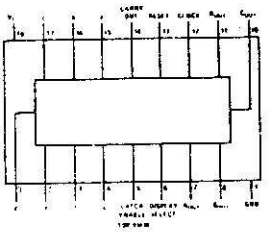
The input protection circuitry consists of a series resistor, and a diode to ground. Thus input signals exceeding V_{CC} will not be clamped. This input signal should not be allowed to exceed 15V.

connection diagrams

Dual-In-Line Package
MM74C925



Dual-In-Line Package
MM74C926, MM74C927 and MM74C928



functional description

Reset — Asynchronous, active high

Display Select — High, displays output of counter
Low, displays output of latch

Latch Enable — High, flow through condition
Low, latch condition

Clock — Negative edge sensitive

Segment Output — Current sourcing with 80 mA @ V_{OUT} = V_{CC} − 1.6V typical. Also, sink capability = 2 LTTL loads

Digit Output — Current sourcing with 1 mA @ V_{OUT} = 1.75V. Also, sink capability = 2 LTTL loads

Carry-out — 2 LTTL loads. See carry-out waveforms.

absolute maximum ratings (Note 1)

Voltage at Any Output Pin	Gnd − 0.3V to V_{CC} +0.3V
Voltage at Any Input Pin	Gnd − 0.3V to +15V
Operating Temperature Range (T_A)	−40°C to +85°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Package Dissipation	Refer to $P_{D(MAX)}$ vs T_A Graph
Operating V_{CC} Range	3V to 6V
V_{CC}	6.5V
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

dc electrical characteristics Min/max limits apply at −40°C ≤ T_j ≤ +85°C, unless otherwise noted.

PARAMETER		CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CMOS TO CMOS						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage	V_{CC} = 5.0V	3.5			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage	V_{CC} = 5.0V			1.5	V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage (Carry-out and Digit Output Only)	V_{CC} = 5.0V, I_O = −10 μA	4.5			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	V_{CC} = 5.0V, I_O = 10 μA			0.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current	V_{CC} = 5.0V, V_{IN} = 15V		0.005	1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current	V_{CC} = 5.0V, V_{IN} = 0V	−1.0	−0.005		μA
I_{CC}	Supply Current	V_{CC} = 5.0V, Outputs Open Circuit, V_{IN} = 0V or 5V		20	1000	μA
CMOS/LPTTL INTERFACE						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage	V_{CC} = 4.75V	V_{CC}−1.5			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage	V_{CC} = 4.75V			0.8	V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage (Carry-Out and Digit Output Only)	V_{CC} = 4.75V, I_O = −360 μA	2.4			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	V_{CC} = 4.75V, I_O = 360 μA			0.4	V
OUTPUT DRIVE						
V_{OUT}	Output Voltage (Segment Sourcing Output)	I_{OUT} = −65 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 25°C		V_{CC}−1.3		V
		I_{OUT} = −40 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 100°C	V_{CC}−1.6	V_{CC}−1.2		V
		I_{OUT} = −40 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 150°C	V_{CC}−2	V_{CC}−1.4		V
R_{ON}	Output Resistance (Segment Sourcing Output)	I_{OUT} = −65 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 25°C		20		Ω
		I_{OUT} = −40 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 100°C		30	40	Ω
		I_{OUT} = −40 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 150°C		35	50	Ω
	Output Resistance (Segment Output) Temperature Coefficient			0.6	0.8	%/°C
I_{SOURCE}	Output Source Current (Digit Output)	V_{CC} = 4.75V, V_{OUT} = 1.75V, T_j = 150°C	−1	−2		mA
I_{SOURCE}	Output Source Current (Carry-out)	V_{CC} = 5V, V_{OUT} = 0V, T_j = 25°C	−1.75	−3.3		mA
I_{SINK}	Output Sink Current (All Outputs)	V_{CC} = 5V, V_{OUT} = V_{CC}, T_j = 25°C	1.75	3.6		mA
θ_{jA}	Thermal Resistance	MM74C925 (Note 4)		75	100	°C/W
		MM74C926, MM74C927, MM74C928		70	90	°C/W

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

Note 2: Capacitance is guaranteed by periodic testing.

Note 3: C_{PD} determines the no load ac power consumption of any CMOS device. For complete explanation see 54C/74C Family Characteristics application note, AN-90.

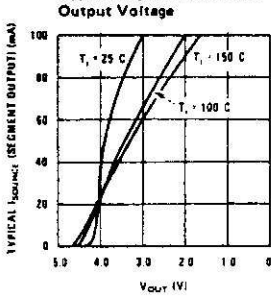
Note 4: θ_{jA} measured in free-air with device soldered into printed circuit board.

ac electrical characteristics $T_j = 25°C$, $C_L = 50$ pF, unless otherwise specified

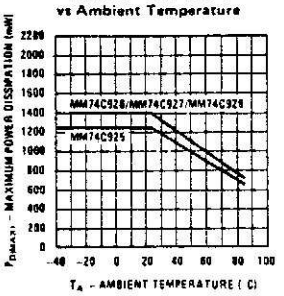
	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
f_{MAX}	Maximum Clock Frequency	$V_{CC} = 5.0V$,	$T_j = 25°C$	2	4		MHz
		Square Wave Clock	$T_j = 100°C$	1.5	3		MHz
t_r, t_f	Maximum Clock Rise or Fall Time	$V_{CC} = 5.0V$				15	μs
t_{WR}	Reset Pulse Width	$V_{CC} = 5.0V$	$T_j = 25°C$	250	100		ns
			$T_j = 100°C$	320	125		ns
t_{WLE}	Latch Enable Pulse Width	$V_{CC} = 5.0V$	$T_j = 25°C$	250	100		ns
			$T_j = 100°C$	320	125		ns
$t_{SETICK,LE}$	Clock to Latch Enable Set-Up Time	$V_{CC} = 5.0V$	$T_j = 25°C$	2500	1250		ns
			$T_j = 100°C$	3200	1600		ns
t_{LR}	Latch Enable to Reset Wait Time	$V_{CC} = 5.0V$	$T_j = 25°C$	0	-100		ns
			$T_j = 100°C$	0	100		ns
$t_{SETR,LE}$	Reset to Latch Enable Set-Up Time	$V_{CC} = 5.0V$	$T_j = 25°C$	320	160		ns
			$T_j = 100°C$	400	200		ns
f_{MUX}	Multiplexing Output Frequency	$V_{CC} = 5.0V$			1000		Hz
C_{IN}	Input Capacitance	Any Input (Note 2)			5		pF

typical performance characteristics

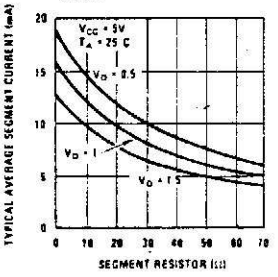
Typical Segment Current vs Output Voltage



Maximum Power Dissipation vs Ambient Temperature



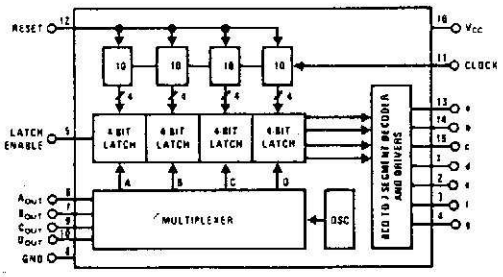
Typical Average Segment Current vs Segment Resistor Value



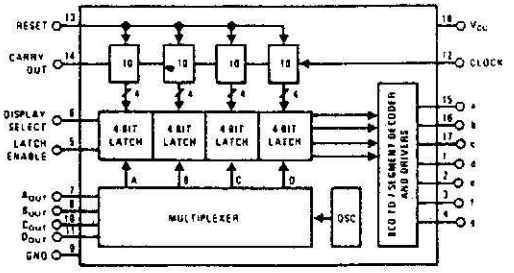
Note. V_D = Voltage across digit driver.

logic and block diagrams

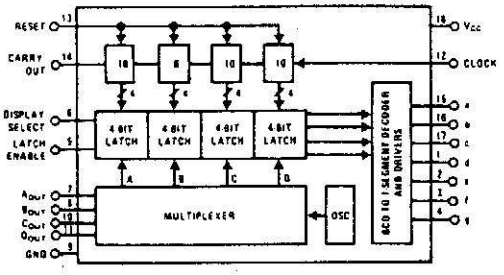
MM74C925



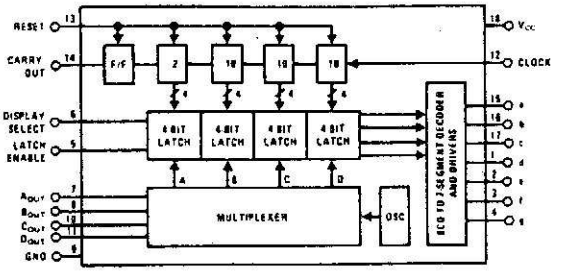
MM74C926



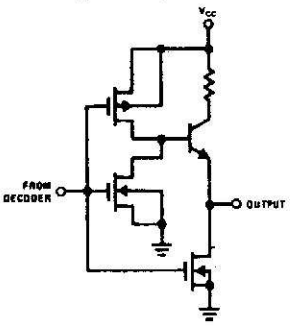
MM74C927



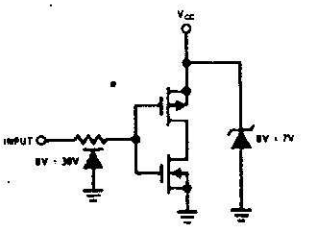
MM74C928



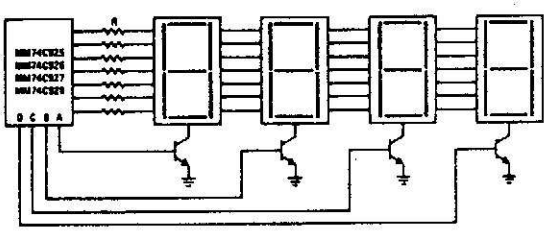
Segment Output Driver



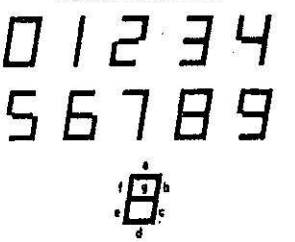
Input Protection



Common Cathode LED Display

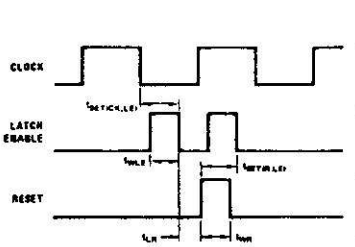


Segment Identification

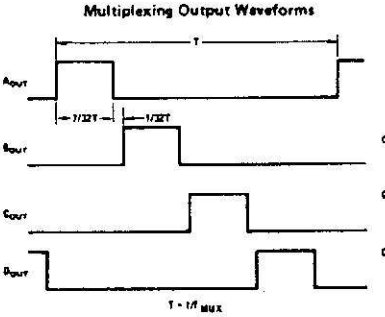


switching time waveforms

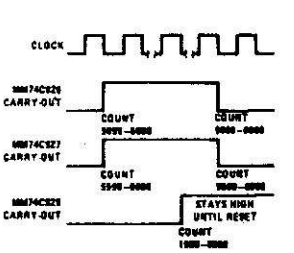
Input Waveforms



Multiplexing Output Waveforms



Carry-Out Waveforms



Central Library
Prince of Songkhla University

MOTOROLA

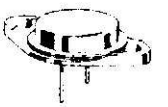
MC7800 Series

3-TERMINAL POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

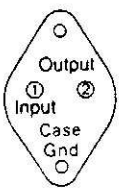
These voltage regulators are monolithic integrated circuits designed as fixed-voltage regulators for a wide variety of applications including local, on-card regulation. These regulators employ internal current limiting, thermal shutdown, and safe-area compensation. With adequate heatsinking they can deliver output currents in excess of 1.0 ampere. Although designed primarily as a fixed voltage regulator, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

- Output Current in Excess of 1.0 Ampere
- No External Components Required
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation
- Output Voltage Offered in 2% and 4% Tolerance

THREE-TERMINAL POSITIVE FIXED VOLTAGE REGULATORS

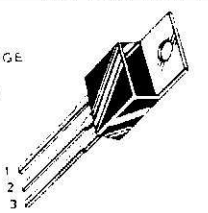


K SUFFIX
METAL PACKAGE
CASE 1
(TO-3 TYPE)



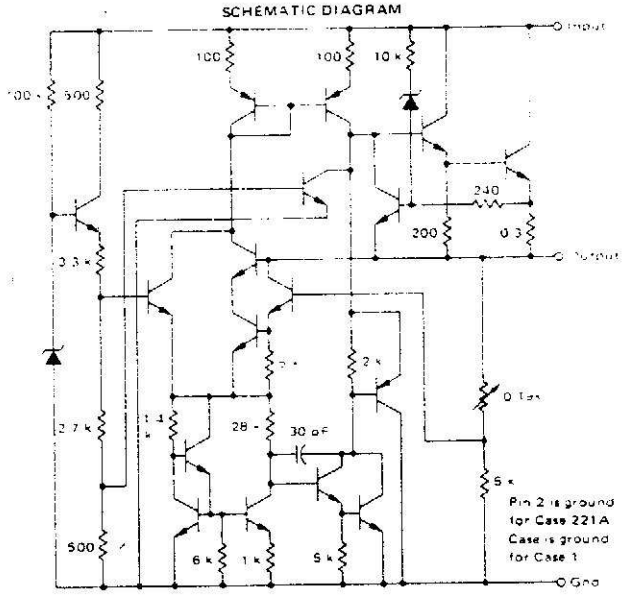
(Bottom View)

T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 221A
TO-220 TYPE

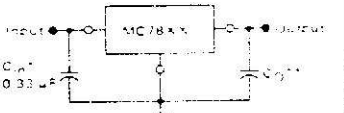


Pin 1. Input
2. Ground
3. Output

SCHEMATIC DIAGRAM



STANDARD APPLICATION



A common ground is required between the input and the output voltages. The input voltage must remain typically 2.0 V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.

XX = these two digits of the type number indicate voltage.

* = C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

** = C_O is not needed for stability; however, it does improve transient response.

XX indicates nominal voltage.

ORDERING INFORMATION

Device	Output Voltage Tolerance	Temperature Range	Package
MC78XXK MC78XXAK	4% 2%	-55 to +150°C	Metal Power
MC78XXBK	4%	-40 to +125°C	
MC78XXCK MC78XXACK	4% 2%	0 to +125°C	
MC78XXCT MC78XXACT	4% 2%		Plastic Power
MC78XXBT	4%	-40 to +125°C	

TYPE NO./VOLTAGE			
MC7805	5.0 Volts	MC7815	15 Volts
MC7806	6.0 Volts	MC7818	18 Volts
MC7808	8.0 Volts	MC7824	24 Volts
MC7812	12 Volts		

029699

MC7800 Series

MC7800 Series MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (5.0 V - 18 V) (24 V)	V_{in}	35 40	Vdc
Power Dissipation and Thermal Characteristics			
Plastic Package			
T_A = +25°C	P_D	Internally Limited	Watts
Derate above T_A = +25°C	$1/\theta_{JA}$	15.4	mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Air	θ_{JA}	65	°C/W
T_C = +25°C	P_D	Internally Limited	Watts
Derate above T_C = +95°C (See Figure 1)	$1/\theta_{JC}$	200	mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Case	θ_{JC}	5.0	°C/W
T_C = +25°C	P_D	Internally Limited	Watts
Derate above T_A = +25°C	$1/\theta_{JA}$	22.5	mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Air	θ_{JA}	45	°C/W
T_C = +25°C	P_D	Internally Limited	Watts
Derate above T_C = +65°C (See Figure 2)	$1/\theta_{JC}$	182	mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Case	θ_{JC}	5.5	°C/W
Storage Junction Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	°C
Operating Junction Temperature Range	T_J		°C
MC7800, A		-55 to +150	
MC7800C, AC		0 to +150	
MC7800, B		-40 to +150	

DEFINITIONS

Line Regulation — The change in output voltage for a change in the input voltage. The measurement is made under conditions of low dissipation or by using pulse techniques such that the average chip temperature is not significantly affected.

Load Regulation — The change in output voltage for a change in load current at constant chip temperature.

Maximum Power Dissipation — The maximum total device dissipation for which the regulator will operate within specifications.

Quiescent Current — That part of the input current that is not delivered to the load.

Output Noise Voltage — The rms ac voltage at the output, with constant load and no input ripple, measured over a specified frequency range.

Long Term Stability — Output voltage stability under accelerated life test conditions with the maximum rated voltage listed in the devices' electrical characteristics and maximum power dissipation.

MC7800 Series

MC7805, B, C
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 10 V, I_O = 500 mA, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	MC7805			MC7805B			MC7805C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	4.8	5.0	5.2	4.8	5.0	5.2	4.8	5.0	5.2	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 7.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 20 Vdc 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 20 Vdc	V_O	— 4.65	— 5.0	— 5.35	— 4.75	— 5.0	— 5.25	4.75 —	5.0 —	5.25 —	Vdc
Line Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 7.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 12 Vdc	Reg_{in}	— —	2.0 1.0	50 25	— —	7.0 2.0	100 50	— —	7.0 2.0	100 50	mV
Load Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— —	25 8.0	100 25	— —	40 15	100 50	— —	40 15	100 50	mV
Quiescent Current (T_J = +25°C)	I_B	—	3.2	6.0	—	4.3	8.0	—	4.3	8.0	mA
Quiescent Current Change 7.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	— 0.3 0.04	— 0.8 0.5	— — —	— — —	— 1.3 0.5	— — —	— — —	1.3 — 0.5	mA
Ripple Rejection 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 18 Vdc, f = 120 Hz	RR	68	75	—	—	68	—	—	68	—	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance f = 1.0 kHz	R_O	—	17	—	—	17	—	—	17	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±0.6	—	—	-1.1	—	—	-1.1	—	mV/°C

MC7805A, AC
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 10 V, I_O = 1.0 A, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	MC7805A			MC7805AC			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	4.9	5.0	5.1	4.9	5.0	5.1	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 7.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 20 Vdc	V_O	4.8	5.0	5.2	4.8	5.0	5.2	Vdc
Line Regulation (Note 2) 7.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc, I_O = 500 mA 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 12 Vdc 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 12 Vdc, T_J = +25°C 7.3 Vdc ≤ V_{in} ≤ 20 Vdc, T_J = +25°C	Reg_{in}	— — — —	2.0 3.0 1.0 2.0	10 10 4.0 10	— — — —	7.0 10 2.0 7.0	50 50 25 50	mV
Load Regulation (Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A, T_J = +25°C 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— — — —	25 — — 8.0	50 — — 25	— — — —	— 25 25 8.0	— 100 100 50	mV
Quiescent Current T_J = +25°C	I_B	— —	— 3.2	5.0 4.0	— —	— 4.3	6.0 6.0	mA
Quiescent Current Change 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc, I_O = 500 mA 7.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 20 Vdc, T_J = +25°C 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	0.3 0.2 0.04	0.5 0.5 0.2	— — —	— — —	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 18 Vdc, f = 120 Hz, T_J = +25°C 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 18 Vdc, f = 120 Hz, I_O = 500 mA	RR 	68 68	75 75	— —	— —	— 68	— —	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance (f = 1.0 kHz)	R_O	—	17	—	—	17	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±0.6	—	—	-1.1	—	mV/°C

NOTES. 1. T_{low} = -55°C for MC78XX, A
= 0° for MC78XXC, AC
= -40°C for MC78XXB
T_{high} = +150°C for MC78XX, A
= +125°C for MC78XXC, AC, B

2 Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

MC7800 Series

MC7806, B, C
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 11 V, I_O = 500 mA, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	MC7806			MC7806B			MC7806C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	5.75	6.0	6.25	5.75	6.0	6.25	5.75	6.0	6.25	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 21 Vdc 9.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 21 Vdc	V_O	— 5.65	— 6.0	— 6.35	— 5.7	— 6.0	— 6.3	5.7 —	6.0 —	6.3 —	Vdc
Line Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc 9.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 13 Vdc	Reg_{in}	— —	3.0 2.0	60 30	— —	9.0 3.0	120 60	— —	9.0 3.0	120 60	mV
Load Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— —	27 9.0	100 30	— —	43 16	120 60	— —	43 16	120 60	mV
Quiescent Current (T_J = +25°C)	I_B	—	3.2	6.0	—	4.3	8.0	—	4.3	8.0	mA
Quiescent Current Change 8.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc 9.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	— 0.3 0.04	— 0.8 0.5	— — —	— — —	— 1.3 0.5	— — —	— — —	1.3 — 0.5	mA
Ripple Rejection 9.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 19 Vdc, f = 120 Hz	RR	65	73	—	—	65	—	—	65	—	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance f = 1.0 kHz	R_O	—	17	—	—	17	—	—	17	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±0.7	—	—	-0.8*	—	—	-0.8	—	mV/°C

MC7806A, AC
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 11 V, I_O = 1.0 A, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	MC7806A			MC7806AC			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	5.88	6.0	6.12	5.88	6.0	6.12	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 8.6 Vdc ≤ V_{in} ≤ 21 Vdc	V_O	5.76	6.0	6.24	5.76	6.0	6.24	Vdc
Line Regulation (Note 2) 8.6 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc, I_O = 500 mA 9.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 13 Vdc 9.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 13 Vdc, T_J = +25°C 8.3 Vdc ≤ V_{in} ≤ 21 Vdc, T_J = +25°C	Reg_{in}	— — — —	3.0 5.0 2.0 4.0	11 15 5.0 11	— —	9.0 11 3.0 9.0	60 60 30 60	mV
Load Regulation (Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A, T_J = +25°C 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— — — —	27 — — 9.0	50 — — 25	— — — —	— 43 43 16	— 100 100 50	mV
Quiescent Current T_J = +25°C	I_B	— —	— 3.2	5.0 4.0	— —	— 4.3	6.0 6.0	mA
Quiescent Current Change 9.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc, I_O = 500 mA 8.6 Vdc ≤ V_{in} ≤ 21 Vdc, T_J = +25°C 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	0.3 0.2 0.04	0.5 0.5 0.2	— — —	— — —	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection 9.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 19 Vdc, f = 120 Hz, T_J = +25°C 9.0 Vdc ≤ V_{in} ≤ 19 Vdc, f = 120 Hz, I_O = 500 mA	RR	65 65	73 73	— —	— —	— 65	— —	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance (f = 1.0 kHz)	R_O	—	17	—	—	17	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±0.7	—	—	-0.8	—	mV/°C

NOTES: 1. T_{low} = -55°C for MC78XX, A
= 0° for MC78XXC, AC
= -40°C for MC78XXB
T_{high} = +150°C for MC78XX, A
= +125°C for MC78XXC, AC, B

2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

MC7800 Series

MC7808, B, C
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 14 V, I_O = 500 mA, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	MC7808			MC7808B			MC7808C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	7.7	8.0	8.3	7.7	8.0	8.3	7.7	8.0	8.3	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 10.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 23 Vdc 11.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 23 Vdc	V_O	— 7.6	— 8.0	— 8.4	— 7.6	— 8.0	— 8.4	7.6 —	8.0 —	8.4 —	Vdc
Line Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 10.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc 11 Vdc ≤ V_{in} ≤ 17 Vdc	Reg_{in}	— —	3.0 2.0	80 40	— —	12 5.0	160 80	— —	12 5.0	160 80	mV
Load Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— —	28 9.0	100 40	— —	45 16	160 80	— —	45 16	160 80	mV
Quiescent Current (T_J = +25°C)	I_B	—	3.2	6.0	—	4.3	8.0	—	4.3	8.0	mA
Quiescent Current Change 10.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc 11.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	— 0.3 0.04	— 0.8 0.5	— — —	— — —	— 1.0 0.5	— — —	— — —	1.0 — 0.5	mA
Ripple Rejection 11.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 21.5 Vdc, f = 120 Hz	RR	62	70	—	—	62	—	—	62	—	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance f = 1.0 kHz	R_O	—	18	—	—	18	—	—	18	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±1.0	—	—	-0.8	—	—	-0.8	—	mV/°C

MC7808A, AC
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 14 V, I_O = 1.0 A, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	MC7808A			MC7808AC			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	7.84	8.0	8.16	7.84	8.0	8.16	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 10.6 Vdc ≤ V_{in} ≤ 23 Vdc	V_O	7.7	8.0	8.3	7.7	8.0	8.3	Vdc
Line Regulation (Note 2) 10.6 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc, I_O = 500 mA 11 Vdc ≤ V_{in} ≤ 17 Vdc 11 Vdc ≤ V_{in} ≤ 17 Vdc, T_J = +25°C 10.4 Vdc ≤ V_{in} ≤ 23 Vdc, T_J = +25°C	Reg_{in}	— — — —	4.0 6.0 2.0 4.0	13 20 6.0 13	— — — —	12 15 5.0 12	80 80 40 80	mV
Load Regulation (Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A, T_J = +25°C 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— — — —	28 — — 9.0	50 — — 25	— — — —	— 45 45 16	— 100 100 50	mV
Quiescent Current T_J = +25°C	I_B	— —	— 3.2	5.0 4.0	— —	— 4.3	6.0 6.0	mA
Quiescent Current Change 11 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc, I_O = 500 mA 10.6 Vdc ≤ V_{in} ≤ 23 Vdc, T_J = +25°C 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	0.3 0.2 0.04	0.5 0.5 0.2	— — —	— — —	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection 11.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 21.5 Vdc, f = 120 Hz, T_J = +25°C 11.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 21.5 Vdc, f = 120 Hz, I_O = 500 mA	RR	62 62	70 70	— —	— —	— 62	— —	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance (f = 1.0 kHz)	R_O	—	18	—	—	18	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±1.0	—	—	-0.8	—	mV/°C

NOTES: 1. T_{low} = -55°C for MC78XX, A
= 0° for MC78XXC, AC
= -40°C for MC78XXB
T_{high} = +150°C for MC78XX, A
= +125°C for MC78XXC, AC, B

2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

MC7800 Series

MC7812, B, C
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 19 V, I_O = 500 mA, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	MC7812			MC7812B			MC7812C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	11.5	12	12.5	11.5	12	12.5	11.5	12	12.5	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 14.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 27 Vdc 15.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 27 Vdc	V_O	— 11.4	— 12	— 12.6	— 11.4	— 12	— 12.6	11.4 —	12 —	12.6 —	Vdc
Line Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 14.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc 16 Vdc ≤ V_{in} ≤ 22 Vdc	Reg_{in}	— —	5.0 3.0	120 60	— —	13 6.0	240 120	— —	13 6.0	240 120	mV
Load Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— —	30 10	120 60	— —	46 17	240 120	— —	46 17	240 120	mV
Quiescent Current (T_J = +25°C)	I_B	—	3.4	6.0	—	4.4	8.0	—	4.4	8.0	mA
Quiescent Current Change 14.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc 15 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	— 0.3 0.04	— 0.8 0.5	— — —	— — —	— 1.0 0.5	— — —	— — —	1.0 — 0.5	mA
Ripple Rejection 15 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc, f = 120 Hz	RR	61	68	—	—	60	—	—	60	—	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance f = 1.0 kHz	R_O	—	18	—	—	18	—	—	18	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±1.5	—	—	-1.0	—	—	-1.0	—	mV/°C

MC7812A, AC
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 19 V, I_O = 1.0 A, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	MC7812A			MC7812AC			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	11.75	12	12.25	11.75	12	12.25	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 14.8 Vdc ≤ V_{in} ≤ 27 Vdc	V_O	11.5	12	12.5	11.5	12	12.5	Vdc
Line Regulation (Note 2) 14.8 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc, I_O = 500 mA 16 Vdc ≤ V_{in} ≤ 22 Vdc 16 Vdc ≤ V_{in} ≤ 22 Vdc, T_J = +25°C 14.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 27 Vdc, T_J = +25°C	Reg_{in}	— — — —	5.0 8.0 3.0 5.0	18 30 9.0 18	— — — —	13 16 6.0 13	120 120 60 120	mV
Load Regulation (Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A, T_J = +25°C 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— — — —	30 — — 10	50 — — 25	— — — —	— 46 46 17	— 100 100 50	mV
Quiescent Current T_J = +25°C	I_B	— —	— 3.4	5.0 4.0	— —	— 4.4	6.0 6.0	mA
Quiescent Current Change 15 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc, I_O = 500 mA 14.8 Vdc ≤ V_{in} ≤ 27 Vdc, T_J = +25°C 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	0.3 0.2 0.04	0.5 0.5 0.2	— — —	— — —	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection 15 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc, f = 120 Hz, T_J = +25°C 15 Vdc ≤ V_{in} ≤ 25 Vdc, f = 120 Hz, I_O = 500 mA	RR	61 61	68 68	— —	— —	— 60	— —	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance (f = 1.0 kHz)	R_O	—	18	—	—	18	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±1.5	—	—	-1.0	—	mV/°C

NOTES: 1. T_{low} = -55°C for MC78XX, A
= 0° for MC78XXC, AC
= -40°C for MC78XX8
T_{high} = +150°C for MC78XX, A
= +125°C for MC78XXC, AC, B

2 Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating affects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

MC7800 Series

MC7815, B, C
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 23 V, I_O = 500 mA, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	MC7815			MC7815B			MC7815C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	14.4	15	15.6	14.4	15	15.6	14.4	15	15.6	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 17.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc 18.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc	V_O	— 14.25	— 15	— 15.75	— 14.25	— 15	— 15.75	14.25 —	15 —	15.75 —	Vdc
Line Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 17.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc 20 Vdc ≤ V_{in} ≤ 26 Vdc	Reg_{in}	— —	6.0 3.0	150 75	— —	13 6.0	300 150	— —	13 6.0	300 150	mV
Load Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— —	32 10	150 75	— —	52 20	300 150	— —	52 20	300 150	mV
Quiescent Current (T_J = +25°C)	I_B	—	3.4	6.0	—	4.4	8.0	—	4.4	8.0	mA
Quiescent Current Change 17.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc 18.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	— 0.3 0.04	— 0.8 0.5	— — —	— — —	— 1.0 0.5	— — —	— — —	1.0 — 0.5	mA
Ripple Rejection 18.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 28.5 Vdc, f = 120 Hz	RR	60	66	—	—	58	—	—	58	—	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	V_{in} - V_O	—	2.0	2.5	—	2.0	—	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance f = 1.0 kHz	R_O	—	19	—	—	19	—	—	19	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±1.8	—	—	-1.0	—	—	-1.0	—	mV/°C

MC7815A, AC
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 23 V, I_O = 1.0 A, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	MC7815A			MC7815AC			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	14.7	15	15.3	14.7	15	15.3	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 17.9 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc	V_O	14.4	15	15.6	14.4	15	15.6	Vdc
Line Regulation (Note 2) 17.9 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc, I_O = 500 mA 20 Vdc ≤ V_{in} ≤ 26 Vdc 20 Vdc ≤ V_{in} ≤ 26 Vdc, T_J = +25°C 17.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc, T_J = +25°C	Reg_{in}	— — — —	6.0 6.0 3.0 6.0	22 22 10 22	— — — —	13 16 6.0 13	150 150 75 150	mV
Load Regulation (Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A, T_J = +25°C 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— — — —	32 — — 10	50 — — 25	— — — —	— 52 52 20	— 100 100 50	mV
Quiescent Current T_J = +25°C	I_B	— —	— 3.4	5.5 4.5	— —	— 4.4	6.0 6.0	mA
Quiescent Current Change 17.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc, I_O = 500 mA 17.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc, T_J = +25°C 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	0.3 0.2 0.04	0.5 0.5 0.2	— — —	— — —	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection 18.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 28.5 Vdc, f = 120 Hz, T_J = +25°C 18.5 Vdc ≤ V_{in} ≤ 28.5 Vdc, f = 120 Hz, I_O = 500 mA	RR	60 60	66 66	— —	— —	— 58	— —	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	V_{in} - V_O	—	2.0	2.5	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance (f = 1.0 kHz)	R_O	—	19	—	—	19	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±1.8	—	—	-1.0	—	mV/°C

NOTES: 1. T_{low} = -55°C for MC78XX, A
= 0° for MC78XXC, AC
= -40°C for MC78XXB
T_{high} = +150°C for MC78XX, A
= +125°C for MC78XXC, AC, B

2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

MC7800 Series

MC7818, B, C
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 27 V, I_O = 500 mA, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	MC7818			MC7818B			MC7818C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	17.3	18	18.7	17.3	18	18.7	17.3	18	18.7	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 21 Vdc ≤ V_{in} ≤ 33 Vdc 22 Vdc ≤ V_{in} ≤ 33 Vdc	V_O	— 17.1	— 18	— 18.9	— 17.1	— 18	— 18.9	17.1 —	18 —	18.9 —	Vdc
Line Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 21 Vdc ≤ V_{in} ≤ 33 Vdc 24 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc	Reg_{in}	— —	7.0 4.0	180 90	— —	25 10	360 180	— —	25 10	360 180	mV
Load Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— —	35 12	180 90	— —	55 22	360 180	— —	55 22	360 180	mV
Quiescent Current (T_J = +25°C)	I_B	—	3.5	6.0	—	4.5	8.0	—	4.5	8.0	mA
Quiescent Current Change 21 Vdc ≤ V_{in} ≤ 33 Vdc 22 Vdc ≤ V_{in} ≤ 33 Vdc 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	— 0.3 0.04	— 0.8 0.5	— — —	— — —	— 1.0 0.5	— — —	— — —	1.0 — 0.5	mA
Ripple Rejection 22 Vdc ≤ V_{in} ≤ 32 Vdc, f = 120 Hz	RR	59	65	—	—	57	—	—	57	—	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance f = 1.0 kHz	R_O	—	19	—	—	19	—	—	19	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±2.3	—	—	-1.0	—	—	-1.0	—	mV/°C

MC7818A, AC
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 27 V, I_O = 1.0 A, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	MC7818A			MC7818AC			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	17.64	18	18.36	17.64	18	18.36	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 21 Vdc ≤ V_{in} ≤ 33 Vdc	V_O	17.3	18	18.7	17.3	18	17.3	Vdc
Line Regulation (Note 2) 21 Vdc ≤ V_{in} ≤ 33 Vdc, I_O = 500 mA 24 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc 24 Vdc ≤ V_{in} ≤ 30 Vdc, T_J = +25°C 20.6 Vdc ≤ V_{in} ≤ 33 Vdc, T_J = +25°C	Reg_{in}	— — — —	7.0 12 4.0 7.0	31 45 15 31	— — — —	25 28 10 25	180 180 90 180	mV
Load Regulation (Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A, T_J = +25°C 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	— — — —	35 — — 12	50 — — 25	— — — —	— 55 55 22	— 100 100 50	mV
Quiescent Current T_J = +25°C	I_B	— —	— 3.4	5.5 4.5	— —	— 4.5	6.0 6.0	mA
Quiescent Current Change 21 Vdc ≤ V_{in} ≤ 33 Vdc, I_O = 500 mA 21 Vdc ≤ V_{in} ≤ 33 Vdc, T_J = +25°C 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	— — —	0.3 0.2 0.04	0.5 0.5 0.2	— — —	— — —	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection 22 Vdc ≤ V_{in} ≤ 32 Vdc, f = 120 Hz T_J = +25°C 22 Vdc ≤ V_{in} ≤ 32 Vdc, f = 120 Hz, I_O = 500 mA	RR	59 59	65 65	— —	— —	— 57	— —	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance (f = 1.0 kHz)	R_O	—	19	—	—	19	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±2.3	—	—	-1.0	—	mV/°C

NOTES: 1. T_{low} = -55°C for MC78XX, A
= 0° for MC78XXC, AC
= -40°C for MC78XXB
T_{high} = +150°C for MC78XX, A
= +125°C for MC78XXC, AC, B

2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

MC7800 Series

MC7824, B, C
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 33 V, I_O = 500 mA, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	MC7824			MC7824B			MC7824C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	23	24	25	23	24	25	23	24	25	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 27 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc 28 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc	V_O	 — 22.8	 — 24	 — 25.2	 — 22.8	 — 24	 — 25.2	 22.8 —	 24 —	 25.2 —	Vdc
Line Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 27 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc 30 Vdc ≤ V_{in} ≤ 36 Vdc	Reg_{in}	 — —	 10 5.0	 240 120	 — —	 31 14	 480 240	 — —	 31 14	 480 240	mV
Load Regulation (T_J = +25°C, Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	 — —	 40 15	 240 120	 — —	 60 25	 480 240	 — —	 60 25	 480 240	mV
Quiescent Current (T_J = +25°C)	I_B	—	3.6	6.0	—	4.6	8.0	—	4.6	8.0	mA
Quiescent Current Change 27 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc 28 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	 — — —	 — 0.3 0.04	 — 0.8 0.5	 — — —	 — — —	 — 1.0 0.5	 — — —	 — — —	 1.0 — 0.5	mA
Ripple Rejection 28 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc, f = 120 Hz	RR	56	62	—	—	54	—	—	54	—	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance f = 1.0 kHz	R_O	—	20	—	—	20	—	—	20	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±3.0	—	—	-1.5	—	—	-1.5	—	mV/°C

MC7824A, AC
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{in} = 33 V, I_O = 1.0 A, T_J = T_{low} to T_{high} [Note 1] unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	MC7824A			MC7824AC			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage (T_J = +25°C)	V_O	23.5	24	24.5	23.5	24	24.5	Vdc
Output Voltage (5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A, P_O ≤ 15 W) 27.3 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc	V_O	23	24	25	23	24	25	Vdc
Line Regulation (Note 2) 27 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc, I_O = 500 mA 30 Vdc ≤ V_{in} ≤ 36 Vdc 30 Vdc ≤ V_{in} ≤ 36 Vdc, T_J = +25°C 26.7 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc, T_J = +25°C	Reg_{in}	 — — — —	 10 15 5.0 10	 36 60 19 36	 — — — —	 31 35 14 31	 240 240 120 240	mV
Load Regulation (Note 2) 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.5 A, T_J = +25°C 250 mA ≤ I_O ≤ 750 mA	Reg_{load}	 — — — —	 40 — — 15	 50 — — 25	 — — — —	 — 60 60 25	 — 100 100 50	mV
Quiescent Current T_J = +25°C	I_B	— —	— 3.5	6.0 5.0	— —	— 4.6	6.0 6.0	mA
Quiescent Current Change 27.3 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc, I_O = 500 mA 27.3 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc, T_J = +25°C 5.0 mA ≤ I_O ≤ 1.0 A	ΔI_B	 — — —	 0.3 0.2 0.04	 0.5 0.5 0.2	 — — —	 — — —	 0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection 28 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc, f = 120 Hz, T_J = +25°C 28 Vdc ≤ V_{in} ≤ 38 Vdc, f = 120 Hz, I_O = 500 mA	RR	 56 56	 62 62	 — —	 — —	 — 54	 — —	dB
Dropout Voltage (I_O = 1.0 A, T_J = +25°C)	$V_{in} - V_O$	—	2.0	2.5	—	2.0	—	Vdc
Output Noise Voltage (T_A = +25°C) 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	V_n	—	10	40	—	10	—	μV/V_O
Output Resistance (f = 1.0 kHz)	R_O	—	20	—	—	20	—	mΩ
Short-Circuit Current Limit (T_A = +25°C) V_{in} = 35 Vdc	I_{sc}	—	0.2	1.2	—	0.2	—	A
Peak Output Current (T_J = +25°C)	I_{max}	1.3	2.5	3.3	—	2.2	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	—	±3.0	—	—	-1.5	—	mV/°C

NOTES: 1. T_{low} = -55°C for MC78XX, A
= 0° for MC78XXC, AC
= -40°C for MC78XXB
T_{high} = +150°C for MC78XX, A
= +125°C for MC78XXC, AC, B

2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

MC7800 Series

TYPICAL CHARACTERISTICS
(T_A = +25°C unless otherwise noted.)

FIGURE 1 — WORST CASE POWER DISSIPATION versus AMBIENT TEMPERATURE (Case 221A)

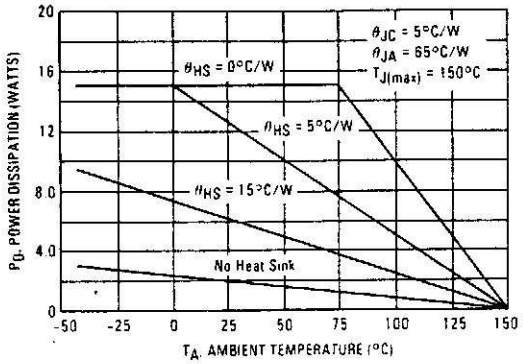


FIGURE 2 — WORST CASE POWER DISSIPATION versus AMBIENT TEMPERATURE (Case 1)

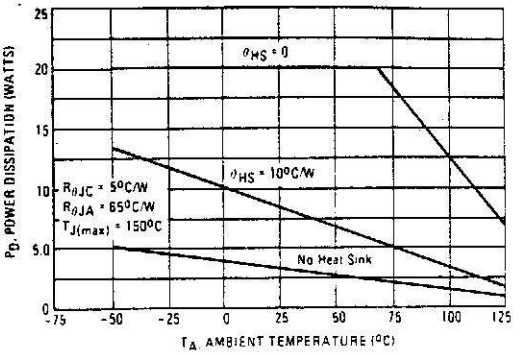


FIGURE 3 — INPUT OUTPUT DIFFERENTIAL AS A FUNCTION OF JUNCTION TEMPERATURE (MC78XXC, AC, B)

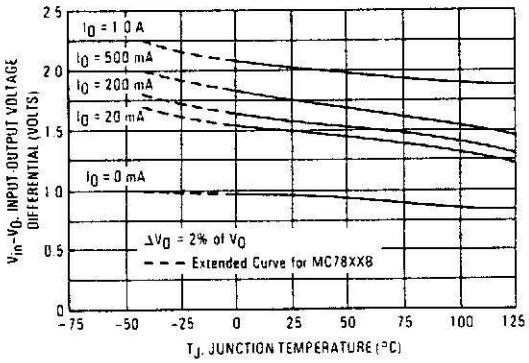


FIGURE 4 — INPUT OUTPUT DIFFERENTIAL AS A FUNCTION OF JUNCTION TEMPERATURE (MC78XX, A)

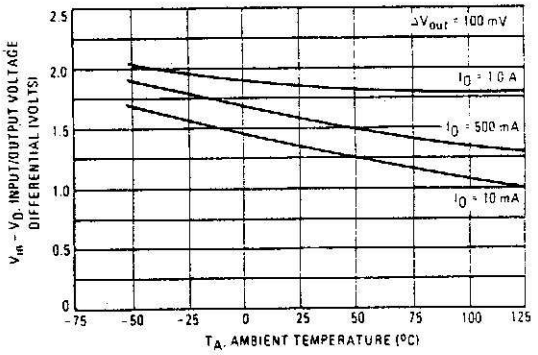


FIGURE 5 — PEAK OUTPUT CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT-OUTPUT DIFFERENTIAL VOLTAGE (MC78XXC, AC, B)

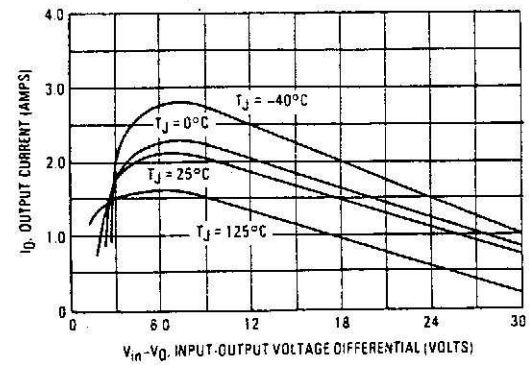
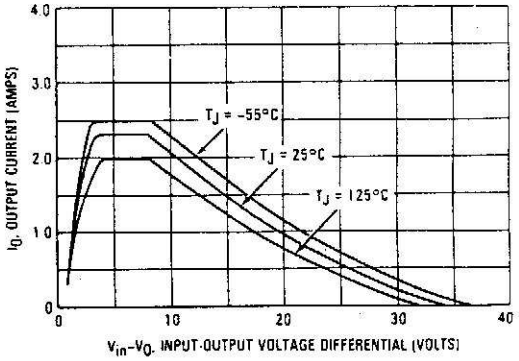


FIGURE 6 — PEAK OUTPUT CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT-OUTPUT DIFFERENTIAL VOLTAGE (MC78XX, A)



MC7800 Series

TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)
(T_A = 25°C unless otherwise noted.)

FIGURE 7 – RIPPLE REJECTION AS A FUNCTION OF OUTPUT VOLTAGES (MC78XXC, AC)

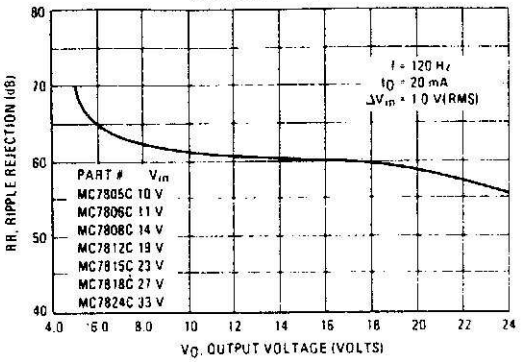


FIGURE 8 – RIPPLE REJECTION AS A FUNCTION OF FREQUENCY (MC78XXC, AC)

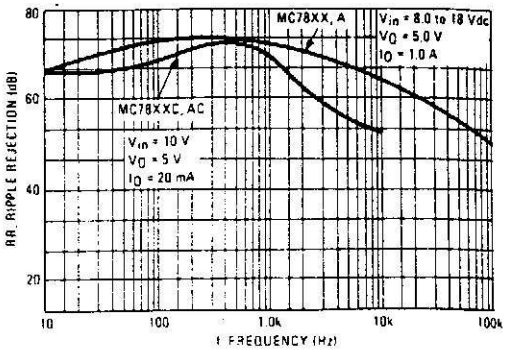


FIGURE 9 – OUTPUT VOLTAGE AS A FUNCTION OF JUNCTION TEMPERATURE (MC78XXC, AC, B)

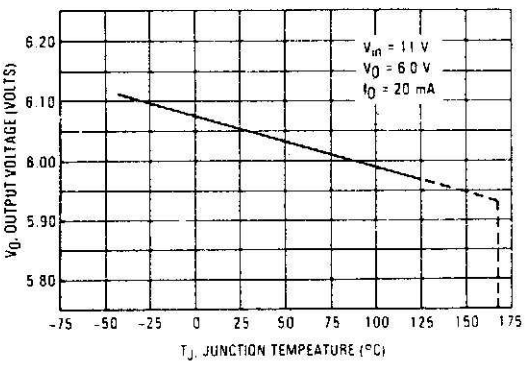


FIGURE 10 – OUTPUT IMPEDANCE AS A FUNCTION OF OUTPUT VOLTAGE (MC78XXC, AC)

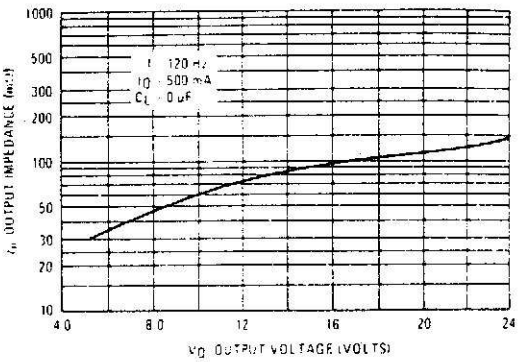


FIGURE 11 – QUIESCENT CURRENT AS A FUNCTION OF TEMPERATURE (MC78XXC, AC, B)

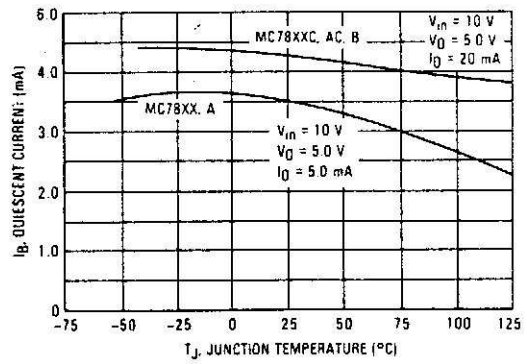
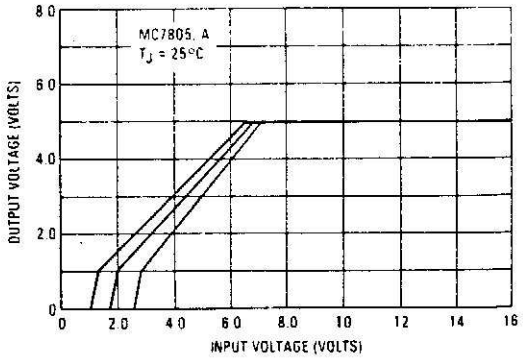


FIGURE 12 – DROPOUT CHARACTERISTICS (MC78XX, A)



MC7800 Series

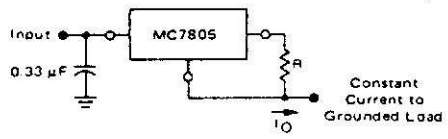
APPLICATIONS INFORMATION

Design Considerations

The MC7800 Series of fixed voltage regulators are designed with Thermal Overload Protection that shuts down the circuit when subjected to an excessive power overload condition, Internal Short-Circuit Protection that limits the maximum current the circuit will pass, and Output Transistor Safe-Area Compensation that reduces the output short-circuit current as the voltage across the pass transistor is increased.

In many low current applications, compensation capacitors are not required. However, it is recommended that the regulator input be bypassed with a capacitor if the regulator is connected to the power supply filter with long wire lengths, or if the output load capacitance is large. An input bypass capacitor should be selected to provide good high-frequency characteristics to insure stable operation under all load conditions. A 0.33 μF or larger tantalum, mylar, or other capacitor having low internal impedance at high frequencies should be chosen. The bypass capacitor should be mounted with the shortest possible leads directly across the regulators input terminals. Normally good construction techniques should be used to minimize ground loops and lead resistance drops since the regulator has no external sense lead.

FIGURE 13 – CURRENT REGULATOR



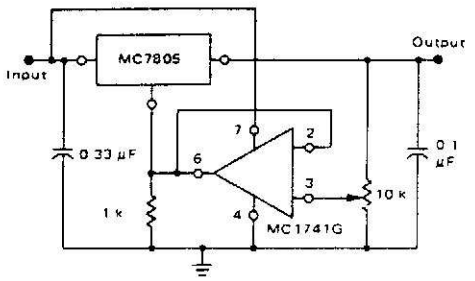
The MC7800 regulators can also be used as a current source when connected as above. In order to minimize dissipation the MC7805C is chosen in this application. Resistor R determines the current as follows:

$$I_O = \frac{5\ V}{R} + I_Q$$

$I_Q \cong 1.5$ mA over line and load changes

For example, a 1 ampere current source would require R to be a 5-ohm, 10-W resistor and the output voltage compliance would be the input voltage less 7 volts

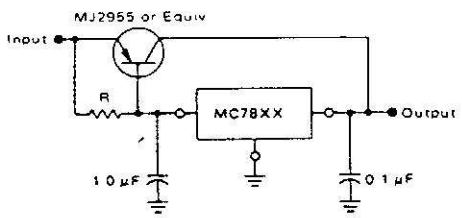
FIGURE 14 – ADJUSTABLE OUTPUT REGULATOR



V_O, 7.0 V to 20 V
$V_{IN} - V_O \geq 2.0$ V

The addition of an operational amplifier allows adjustment to higher or intermediate values while retaining regulation characteristics. The minimum voltage obtainable with this arrangement is 2.0 volts greater than the regulator voltage.

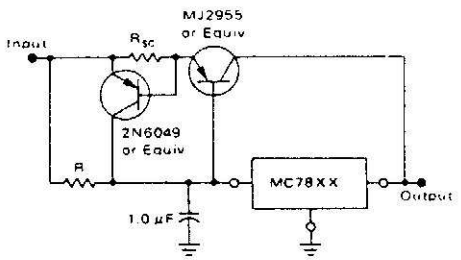
FIGURE 15 – CURRENT BOOST REGULATOR



XX = 2 digits of type number indicating voltage

The MC7800 series can be current boosted with a PNP transistor. The MJ2955 provides current to 5.0 amperes. Resistor R in conjunction with the V_{BE} of the PNP determines when the pass transistor begins conducting; this circuit is not short-circuit proof. Input-output differential voltage minimum is increased by V_{BE} of the pass transistor.

FIGURE 16 – SHORT-CIRCUIT PROTECTION



XX = 2 digits of type number indicating voltage

The circuit of Figure 15 can be modified to provide supply protection against short circuits by adding a short-circuit sense resistor, R_{SC}, and an additional PNP transistor. The current sensing PNP must be able to handle the short-circuit current of the three-terminal regulator. Therefore, a four-ampere plastic power transistor is specified.