

เอกสารอ้างอิง

หนังสือ

1. คร. สาทิชัย โภคยอคม, และ วิมลภ สุรภาพลธร. วงจรรยายสัญญาณโอเปอร์เรชั่นเนล.
กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ดวงกมล, 2523.
2. EKELAND, NORVAL R. BASIC ELECTRONICS FOR ENGINEERING TECHNOLOGY.
N.J. : PRENTICE-HALL, 1981
3. HARRIS, F.K. ELECTRONIC MEASUREMENTS. NEW YORK: JOHN WILEY AND SONS.
4. KEMP, BARRON. HALL-EFFECT INSTRUMENTATION. NEW YORK: THE BOBBS
MERRILL COMPANY, INC., 1963
5. LEVENTHAL, LANCE A. Z-80 ASSEMBLY LANGUAGE PROGRAMMING
6. MILNES, A.G. SEMICONDUCTOR DEVICES AND INTEGRATED ELECTRONICS.
NEW YORK: VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY, 1980
7. RAMEY, ROBERT L. ELECTRONICS AND INSTRUMENTATION. LONDON: WADSWORTH
PUBLISHING COMPANY, INC., 1963.
8. SIEMENS COMPANIES. GALVANOMAGNETIC DEVICES. MÜNCHEN: SIEMENS AG.,
1976.

9. STOUT, DAVID F., AND KAUFMAN, MILTON. HANDBOOK OF OPERATIONAL AMPLIFIER CIRCUIT DESIGN. NEW YORK: MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1976.

10. SURINA, TUGOMIR, AND HERRICK, CLYDE. SEMICONDUCTOR ELECTRONICS. NEW YORK: HOLT, RINEHART AND WINSTON, INC., 1964.

บทความ

11. BULMAN, W.E. "APPLICATION OF THE HALL-EFFECT" IN SOLID STATE ELECTRONICS. VOL 9, 1966, PP. 361, PERGAMON PRESS.

12. EPSTEIN, M., AND BROPHY, J.J. "APPLICATION OF THE HALL-EFFECT MULTIPLIERS." IN SOLID STATE ELECTRONICS, VOL. 9, 1966, PP. 507, PERGAMON PRESS.

13. CRAWFORD, R.W. "INDUSTRIAL MEASUREMENTS UTILIZING WATT TRANSAUCERS." IN SOLID STATE ELECTRONICS, VOL. 9, 1966, PP. 527, PERGAMON PRESS.

14. WADLAKE, D. "HALL-EFFECT MAGNETIC FIELD DETECTION." IN WIRELESS WORLD, (NOV. 1979): PP. 85-68.

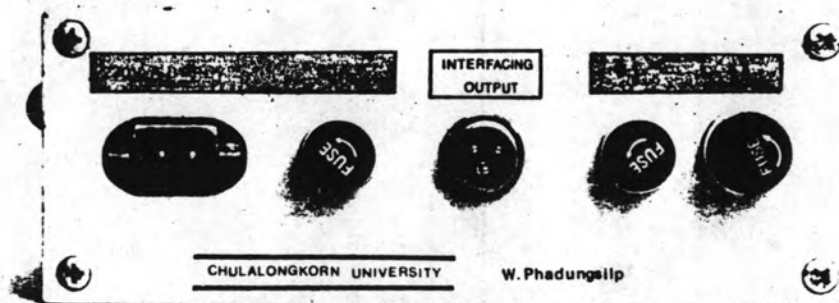
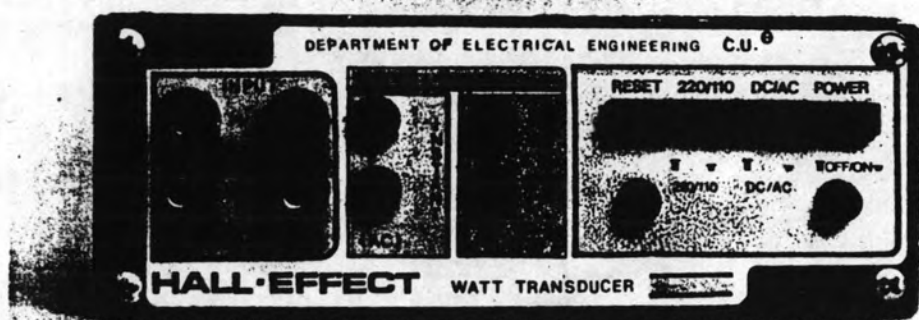
เอกสารอื่น ๆ

15. DULALUMPA. "A DESIGN AND CONSTRUCTION OF DIGITAL AC POWER METER."

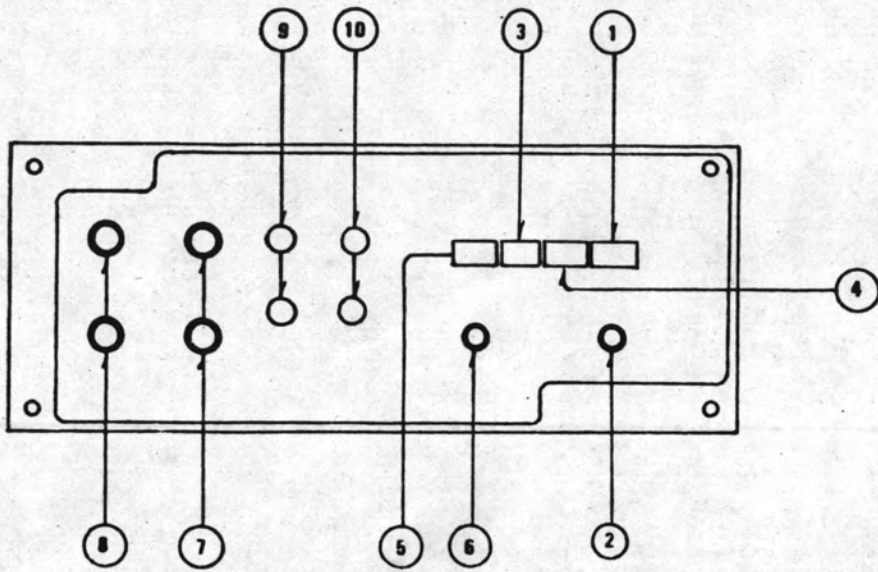
MASTER'S THESIS, DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING,
GRADUATE SCHOOL, CHULALONGKORN UNIVERSITY, 1982.

ภาคผนวก ก.

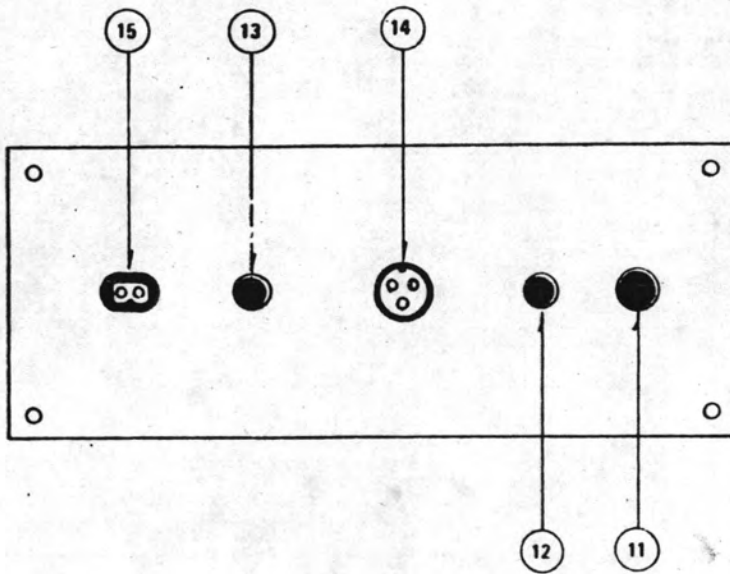
ตำแหน่งและหน้าที่ของส่วนควบคุมและขบวนการ



รูปที่ ก-1 แสดงด้านหน้าและด้านหลังของขอลลเอาต์พุตวัตต์แฮลล์เอฟเฟกต์



รูปที่ ก-2 แผงด้านหน้าของวัดความต้านทานสี่ขั้วเซอร์



รูปที่ ก-3 แผงด้านหลังของวัดความต้านทานสี่ขั้วเซอร์

แผนคานหนา

① สวิตช์จ่ายไฟ

สวิตช์ ON-OFF, ON เมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งกด และ OFF เมื่อสวิตช์ถูกกดอีกครั้งใหม่อยู่ในตำแหน่งปกติ

② หลอดสัญญาณแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (LED2)

LED, จะติดเมื่อสวิตช์จ่ายไฟถูกกดอยู่ในตำแหน่ง ON

③ สวิตช์เลือกยานวัด (S2)

115/230 โวลท์ เลือกยานวัด 230 โวลท์ เมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งปกติและเลือกยานวัด 115 โวลท์ เมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งกด

④ สวิตช์เลือกสัญญาณแรงดัน (S3)

DC/AC, เลือกวัดสัญญาณ DC เมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งปกติ และเลือกวัดสัญญาณ AC เมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งกด

⑤ สวิตช์รีเซ็ต (S1)

รีเซ็ตรีเลย์ RL1, จะกดเมื่อ LED1 ติดแสดงแรงดันเกินค่าที่กำหนด

⑥ หลอดสัญญาณแสดงแรงดันเกิน (LED1)

LED, จะติดเมื่อสัญญาณแรงดันสูงกว่าค่าที่กำหนด ซึ่งจะทำให้ฮอลล์เซ็นเซอร์เตอร์เป็นอันตราย

⑦ ขั้วแรงดันอินพุท

115/230 โวลท์, DC/AC ทั้งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของ 3 และ 4

⑧ ขั้วกระแสอินพุท

0 - 5 แอมป์, DC/AC

⑨ สัญญาณกำลังไฟฟ้าขั้วอะ

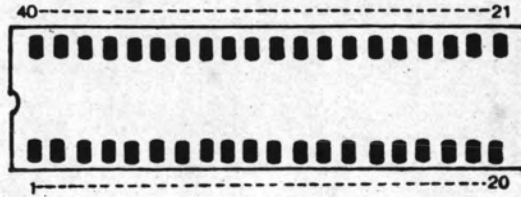
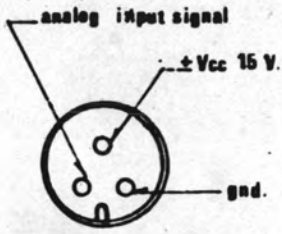
เอาท์พุท, ให้สัญญาณเอาท์พุทของกำลังไฟฟ้าขั้วอะซึ่งเป็นสัญญาณ AC สำหรับการวัดกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ และ DC สำหรับการวัดกำลังไฟฟ้ากระแสตรง

- ⑩ สัญญาณกำลังไฟฟ้าประสิทธิภาพ
เอาทพุท, ให้สัญญาณ DC เอาทพุทของกำลังไฟฟ้าประสิทธิภาพทั้งการวัดกำลังไฟฟ้ากระแสตรง
และกระแสสลับ

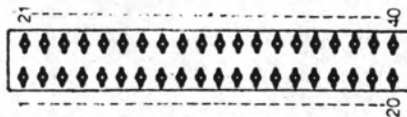
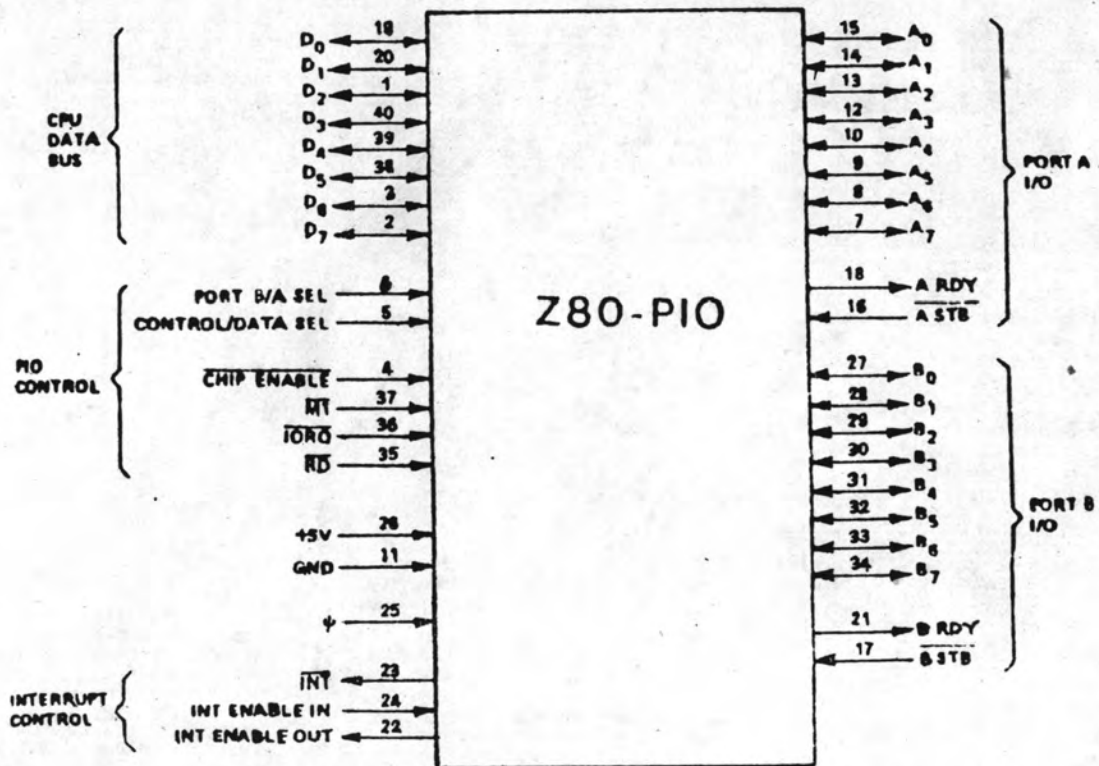
แผนคานหลัง

- ⑪ ฟิวส์ (F1)
5 แอมป์, ฟิวส์สำหรับสัญญาณกระแสอินพุท
- ⑫ ฟิวส์ (F2)
0.1 แอมป์, ฟิวส์สำหรับสัญญาณแรงดันอินพุท
- ⑬ ฟิวส์ (F3)
0.1 แอมป์, ฟิวส์สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า
- ⑭ สัญญาณเอาทพุทอินเตอร์เฟซ
แอนาล็อกเอาทพุท, สำหรับอินเตอร์เฟซกับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางวงจร A/D
- ⑮ ปลั๊กแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า
AC 230 โวลท์ 50 Hz สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้แก่วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

ตารางแสดงขาติดต่อเอาพุทของ A/D อินเตอร์เฟส			
ขา	สัญญาณ	ขา	สัญญาณ
1	NC	21	NC
2	NC	22	NC
3	NC	23	NC
4	NC	24	NC
5	NC	25	NC
6	NC	26	NC
7	OVERFLOW	27	NC
8	NC	28	NC
9	NC	29	NC
10	NC	30	NC
11	GND	31	GND
12	2	32	NC
13	2	33	NC
14	2	34	NC
15	2	35	NC
16	CONVESION COMPLETE	36	NC
17	NC	37	START CONVERSION
18	NC	38	DLE
19	NC	39	D1
20	NC	40	DO



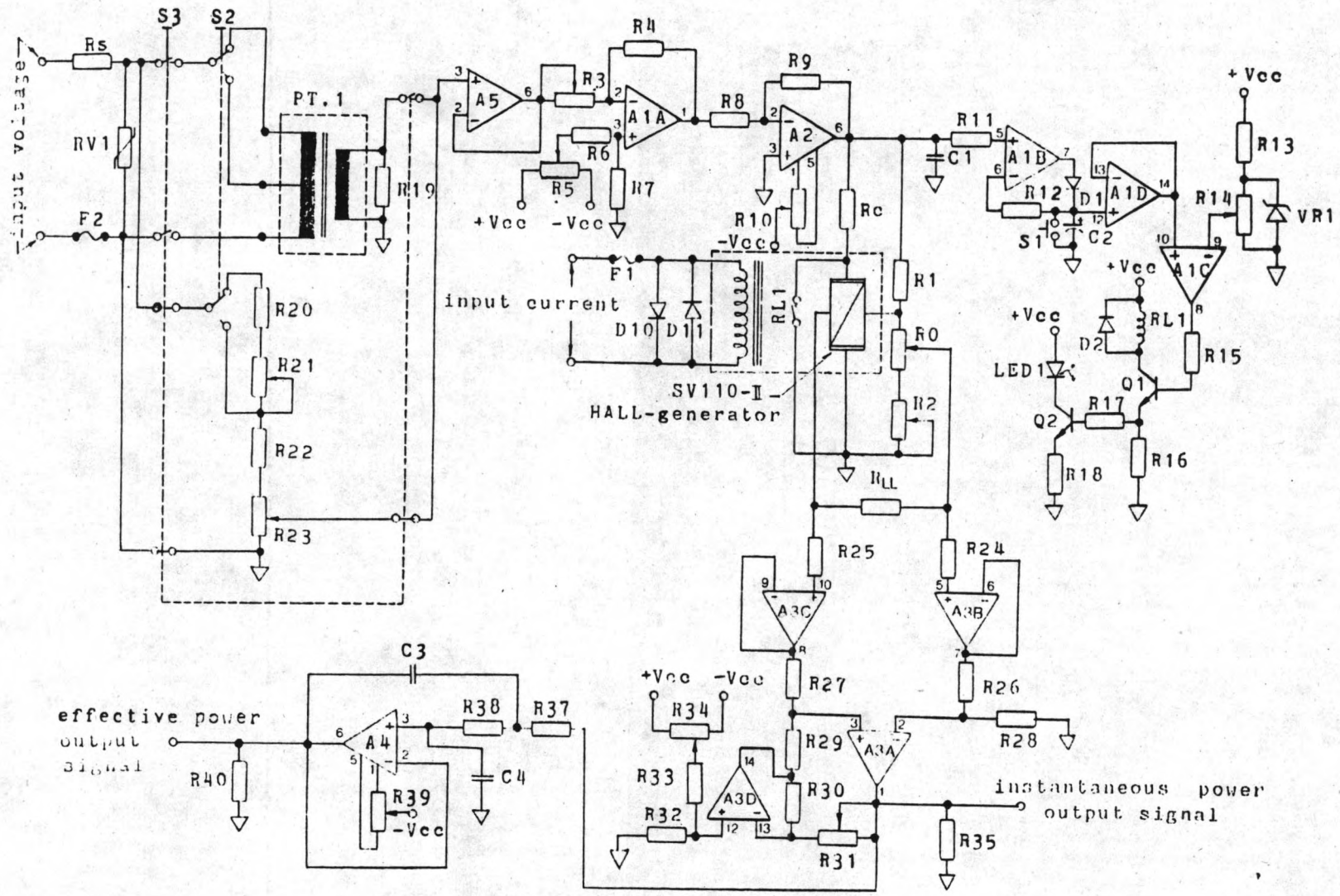
รูปที่ ก-4 ขาสัญญาณแอนาล็อกและคจคตของ A/D



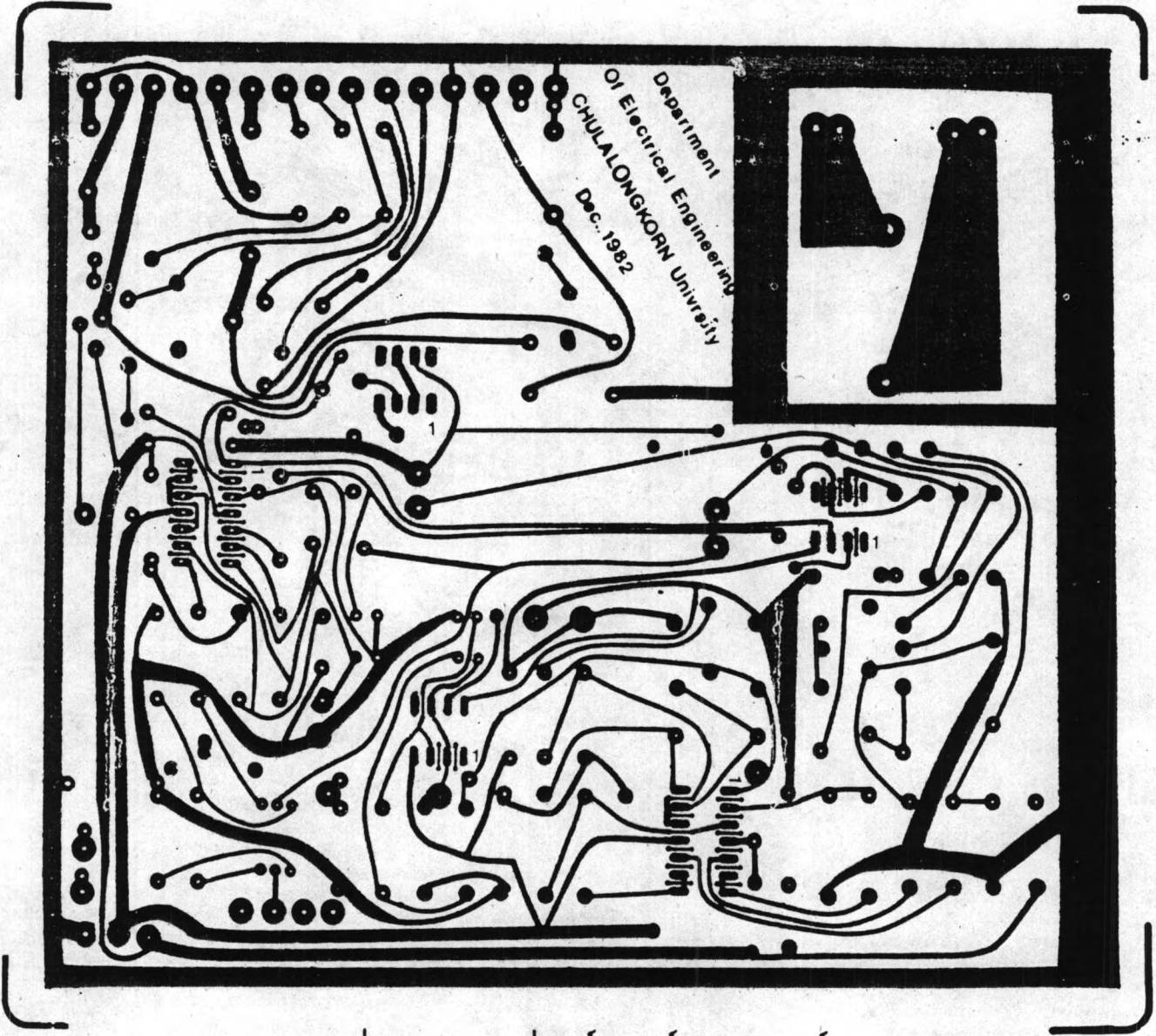
รูปที่ ก-5 ขาสัญญาณ I/O ของ Z-80 ไมโครโปรเซสเซอร์

ภาคผนวก ข.

วงจร, วงจรแผนพิมพ์ และการวางอุปกรณ์

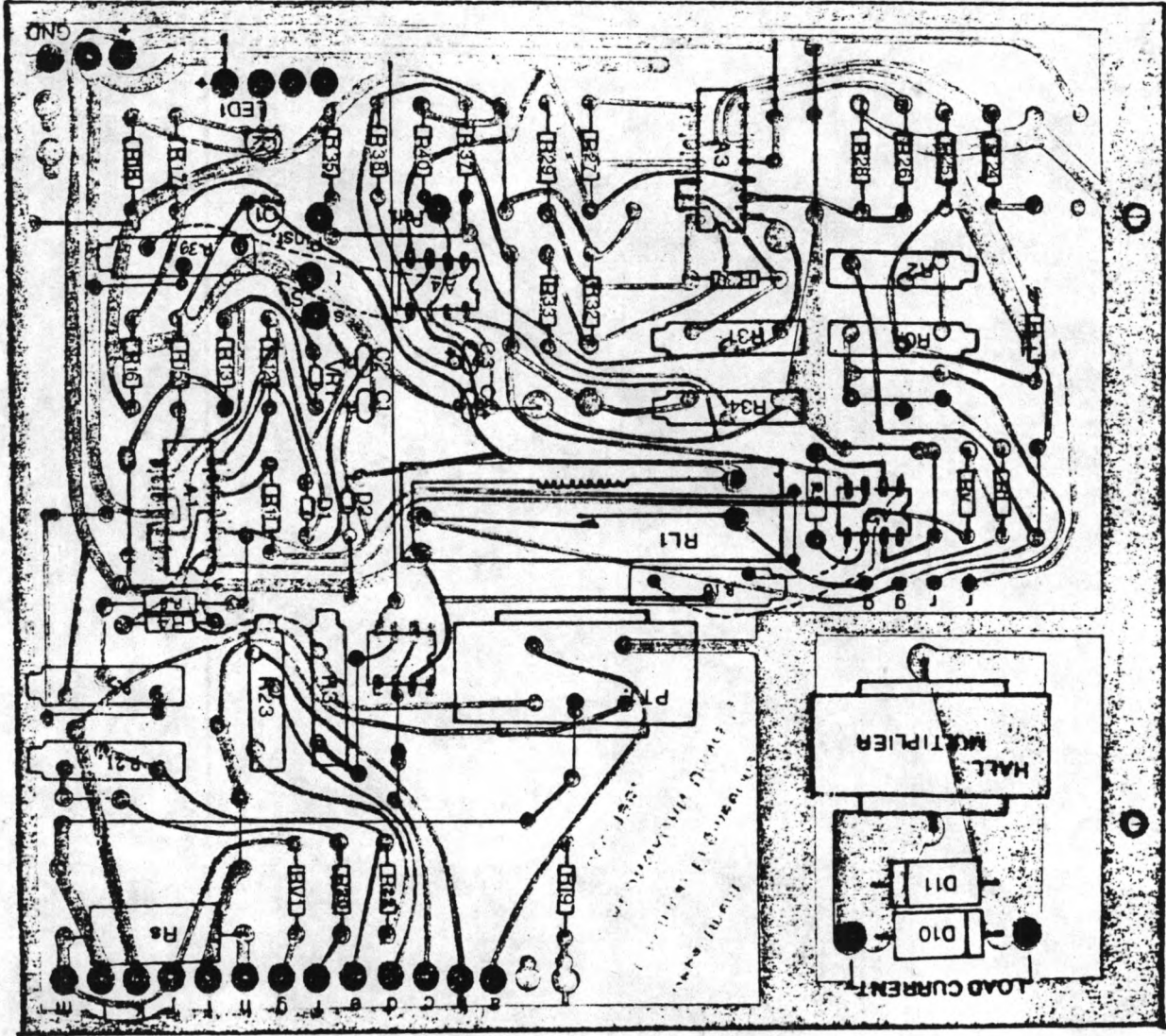


รูปที่ ข-1 วงจรสมรรถนะของฮอลล์เอฟเฟกต์วัดทรานสดิวเซอร์

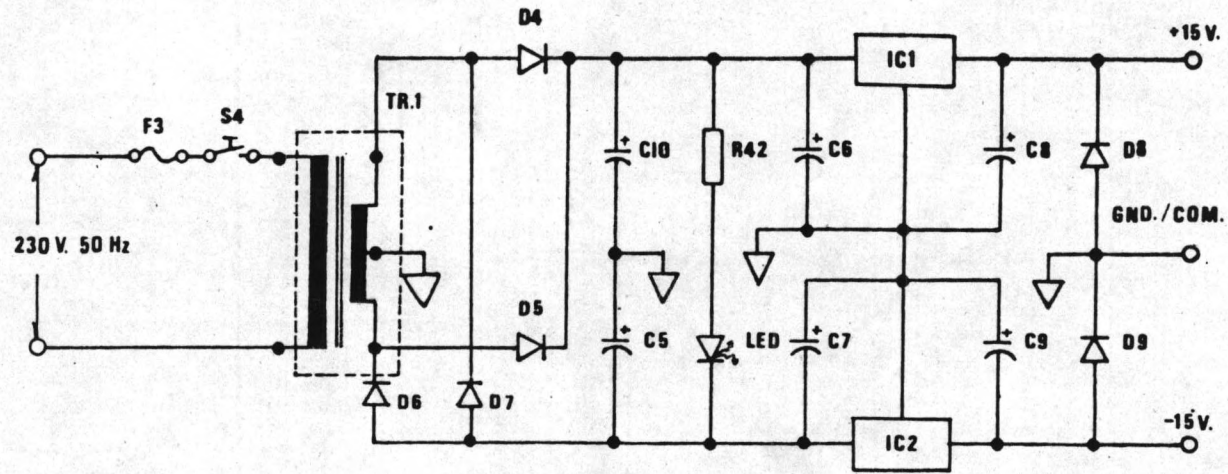


Department
Of Electrical Engineering
CHULALONGKORN University
Dec. 1982

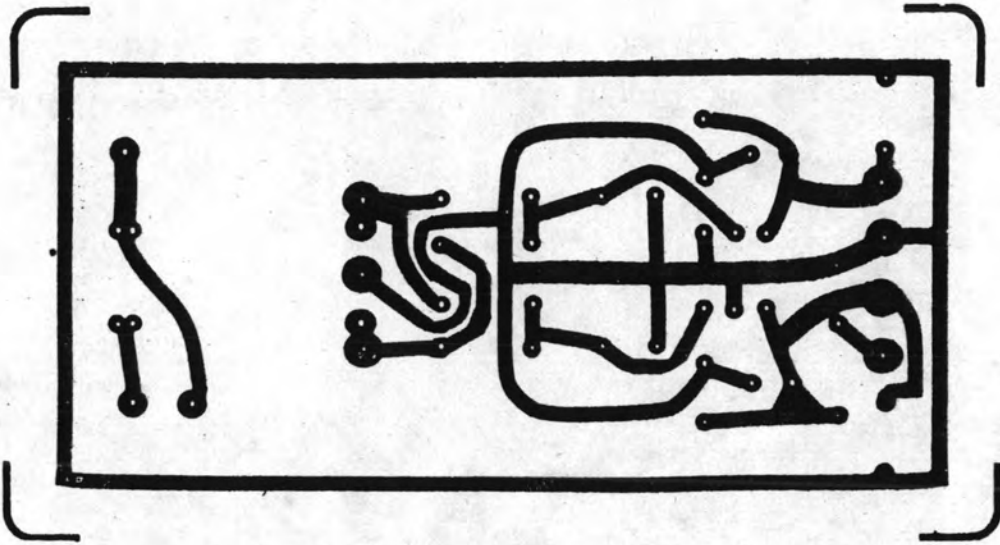
รูปที่ 1-2 แสดงการเชื่อมต่อของวงจร



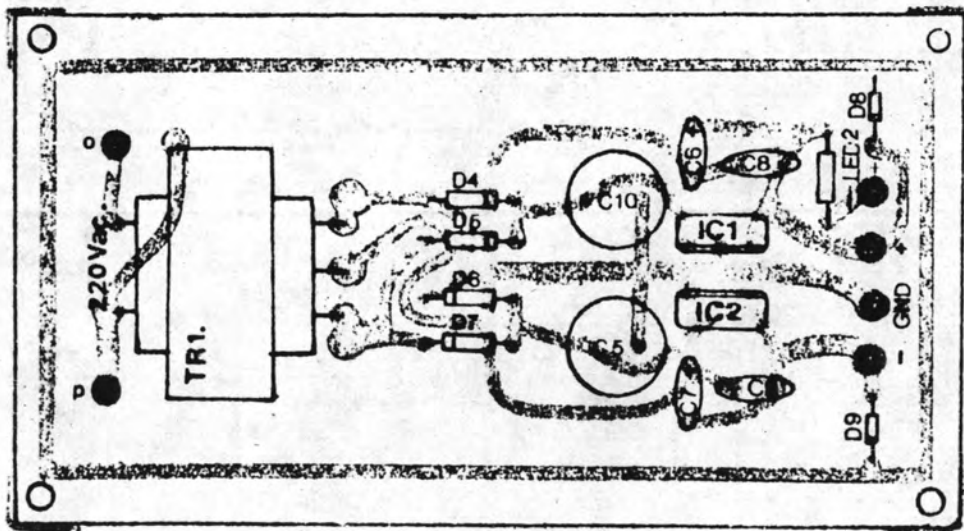
รูปที่ ข-3 การวางอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ของวัดทรานสดิวเซอร์



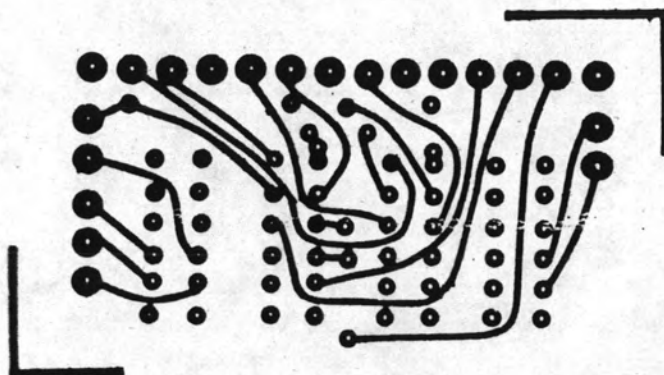
รูปที่ ข-4 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า



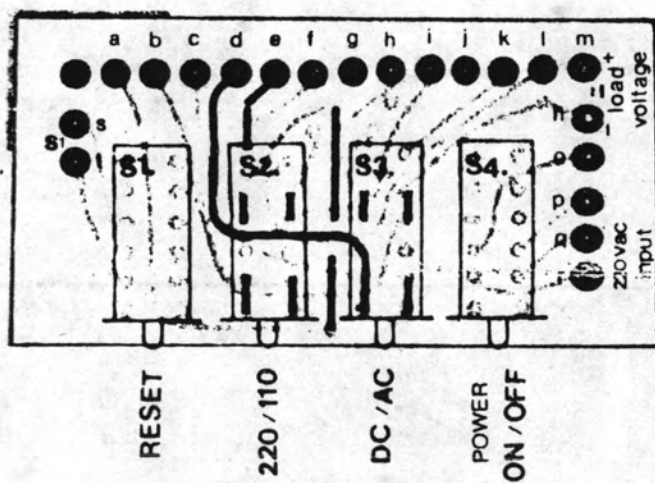
รูปที่ ข-5 วงจรแผ่นพิมพ์ของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า



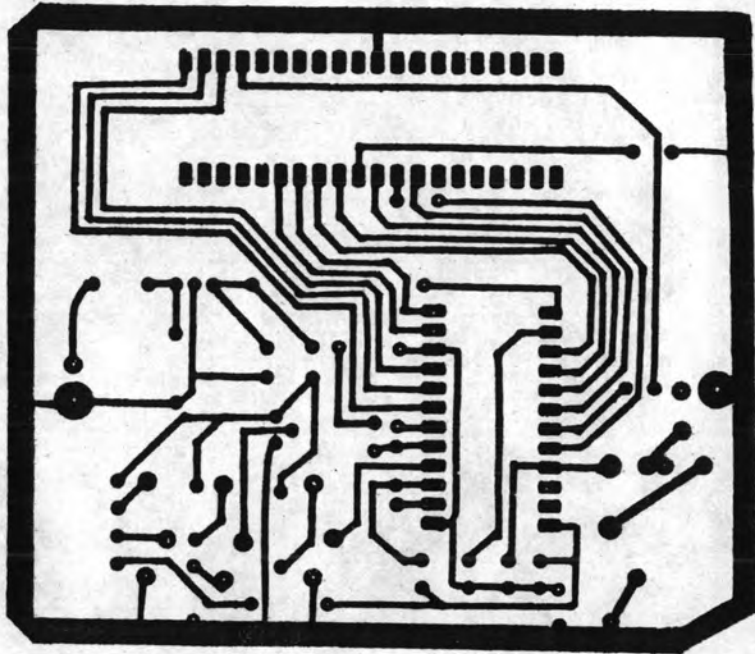
รูปที่ ข-6 การวางอุปกรณ์ของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า



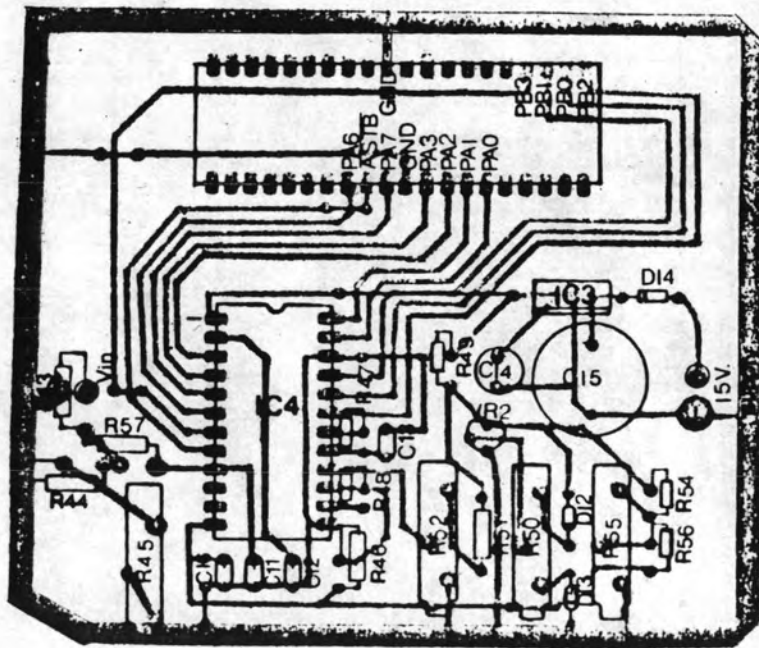
รูปที่ ข-7 วงจรแผนผังของฟังก์ชันลวด



รูปที่ ข-8 การวางอุปกรณ์ของฟังก์ชันลวด



รูปที่ ๖-9 วงจรแพทเทิร์นของ A/D อินเตอร์เฟซ



รูปที่ ๖-10 วงจรแพทเทิร์นของ A/D อินเตอร์เฟซ

ภาคผนวก ค.

รายการอุปกรณ์

รายการอุปกรณ์

รายการ	รายละเอียด	หมายเหตุ
A1	IC, QUAD, OP AMP	TL074
A2	IC, OP AMP	TL081
A3	IC, QUAD, OP AMP	TL074
A4	IC, OP AMP	TL064
A6	IC, OP AMP	UA741
C1	CAP, 0.01 UF, $\pm 10\%$, 50 V	MYLAR
C2	CAP, 10 UF, $\pm 10\%$, 25 V	TANTALUM
C3	CAP, 0.47 UF, $\pm 10\%$, 50 V	MYLAR
C4	CAP, 0.22 UF, $\pm 10\%$, 50V	MYLAR
C5	CAP, 1000 UF, $\pm 10\%$, 50 V	ELECTROLYTE
C6	CAP, 0.33 UF, $\pm 10\%$, 50 V	MYLAR
C7	CAP, 0.33 UF, $\pm 10\%$, 50 V	MYLAR
C8	CAP, 0.1 UF, $\pm 10\%$, 50 V	MYLAR
C9	CAP, 0.1 UF, $\pm 10\%$, 50 V	MYLAR
C10	CAP, 1000 UF, $\pm 10\%$, 50 V	ELECTROLYTE
C11	CAP, 0.47 UF, $\pm 10\%$, 35 V	TANTALUM
C12	CAP, 10 UF, $\pm 10\%$, 10 V	ELECTROLYTE
C13	CAP, 250 PF, $\pm 10\%$, 50 V	CERAMIC
C14	CAP, 1 UF, $\pm 10\%$, 10 V	ELECTROLYTE
C15	CAP, 1000 UF, $\pm 10\%$, 20 V	ELECTROLYTE
C16	CAP, 0.47 UF, $\pm 10\%$, 35 V	TANTALUM

รายการอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด	หมายเหตุ
D1	DIODE, SI, HI-SPEED SWITCH	1N914
D2	DIODE, SI, HI-SPEED SWITCH	1N914
D4	DIODE, SI, RECTIFIER	1N4816
D5	DIODE, SI, RECTIFIER	1N4816
D6	DIODE, SI, RECTIFIER	1N4816
D7	DIODE, SI, RECTIFIER	1N4816
D8	DIODE, SI, RECTIFIER	1N4002
D9	DIODE, SI, RECTIFIER	1N4001
D10	DIODE, SI, RECTIFIER	1NS401
D11	DIODE, SI, RECTIFIER	1NS402
D12	DIODE, SI, HI-SPEED SWICH	1N914
D13	DIODE, SI, HI-SPEED SWICH	1N914
D14	DIODE, SI, RECTIFIER	
IC1	IC, VOLTAGE REGULATOR, +15V	LM7815
IC2	IC, VOLTAGE REGULATOR, -15V	LM7915
IC3	IC, VOLTAGE REGULATOR, +15V	LM7805
F1	FUSE, 5A/250V	
F2	FUSE, 0.1A/250V	
F3	FUSE, 0.1A/250V	
LED1	DIODE, LIGHT EMITTING, RED	
LED2	DIODE, LIGHT EMITTING, RED	

รายการอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด	หมายเหตุ
Rv	RES, 200 , $\pm 1\%$	1/4 W
RLL	RES, 4K, $\pm 1\%$	1/4 W
Rs	RES, 1K, $\pm 5\%$	1/2 W
RV1	VARISTOR, 470 V, $\pm 10\%$	Z15 L471
RV2	IC, REFERENCE VOLTAGE, 2V	LM336Z
R0	RES, 1 , $\pm 10\%$	1/4 W
R1	RES, 820 , $\pm 1\%$	1/4 W
R2	RES, 1K, $\pm 1\%$	1/4 W
R3	RES, VAR, 50K, $\pm 10\%$	
R4	RES, 48K, $\pm 5\%$	1/4 W
R5	RES, VAR, 50K, $\pm 10\%$	
R6	RES, 200K, $\pm 5\%$	1/4 W
R7	RES, 100 , $\pm 5\%$	1/4 W
R8	RES, 10K, $\pm 5\%$	1/4 W
R9	RES, 30K, $\pm 5\%$	1/4 W
R10	RES, 10K, $\pm 5\%$	1/4 W
R11	RES, 100K, $\pm 5\%$	1/4 W
R12	RES, 10K, $\pm 5\%$	1/4 W
R13	RES, 10K, $\pm 5\%$	1/4 W
R14	RES, 20K, $\pm 5\%$	1/4 W
R15	RES, 100K, $\pm 5\%$	1/4 W

รายการอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด	หมายเหตุ
R16	RES, 550 , ±5%	1/4 W
R17	RES, 10K, ±5%	1/4 W
R18	RES, 550 , ±5%	1/4 W
R19	RES, 1K, ±5%	1/4 W
R20	RES, 500K, ±5%	1/4 W
R21	RES, VAR, 10K, ±10%	1/4 W
R22	RES, 500K, ±5%	1/4 W
R24	RES, 100K, ±1%	1/4 W
R25	RES, 100K, ±1%	1/4 W
R26	RES, 10K, ±1%	1/4 W
R27	RES, 10K, ±1%	1/4 W
R28	RES, 10K, ±1%	1/4 W
R29	RES, 10K, ±1%	1/4 W
R30	RES, 10K, ±1%	1/4 W
R31	RES, VAR, 1M, ±10%	1/4 W
R32	RES, 120 , ±5%	1/4 W
R33	RES, 200K, ±5%	1/4 W
R34	RES, 50K, ±5%	1/4 W
R35	RES, 10K, ±5%	1/4 W
R37	RES, 47K, ±5%	1/4 W
R38	RES, 47K, ±5%	1/4 W

รายการอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด	หมายเหตุ
R39	RES, 10K, $\pm 5\%$	1/4 W
R40	RES, 10K, $\pm 5\%$	1/4 W
R42	RES, 1.2K, $\pm 5\%$	1/4 W
R43	RES, 15K, $\pm 1\%$	1/4 W
R44	RES, 7.5K, $\pm 1\%$	1/4 W
R45	RES, VAR, 5K, $\pm 10\%$	
R46	RES, 100K, $\pm 5\%$	1/4 W
R47	RES, 7.5K, $\pm 5\%$	1/4 W
R48	RES, 200K, $\pm 5\%$	1/4 W
R49	RES, 680 , $\pm 5\%$	1/4 W
R50	RES, VAR, 10K $\pm 10\%$	1/4 W
R51	RES, 232 , $\pm 1\%$	1/4 W
R52	RES, VAR, $\pm 10\%$	
R53	RES, 1000 , $\pm 1\%$	1/4 W
R54	RES, 100K, $\pm 5\%$	1/4 W
R55	RES, VAR, 50K, $\pm 10\%$	
R56	RES, 22M, $\pm 10\%$	1/4 W
R57	RES, 100K, $\pm 1\%$	1/4 W
S1	SWITCH, PUSHBUTTON	1 N 0
S2	SWITCH, PUSHBUTTON	2NC 2NO
S3	SWITCH, PUSHBUTTON	2NC 2NO
VR1	DIODE, ZENER, 9V	1 W

ภาคผนวก ง.

แกนแม่เหล็กและหม้อแปลงแรงดัน

1. แกนแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กเหนยวนา

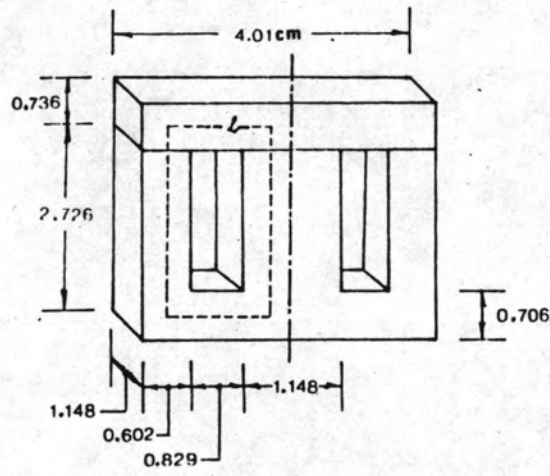
แกนแม่เหล็กที่ใช้ในสนามแม่เหล็กเหนยวนา และหม้อแปลงแรงดันตามวิทยาลัยเทคนิค
แสดงตามรูปที่ ง-1 มีรายละเอียดดังนี้

วัสดุ : SOFT FERRITE

μ_r : ประมาณ 2,200

A : $0.658952 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

l : $8.316 \times 10^{-2} \text{ m}$



รูปที่ ง-1 แกนแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กเหนยวนา

ค่าความซึมแม่เหล็กสมพท μ_r ข้างต้นได้มาจากแการวัดค่าอนคคแตนซ์ L แล้วคำนวณหา
ค่าความซึมแม่เหล็กสมบรณ μ จากสูตร

$$\mu = \frac{L \cdot l}{N^2 \cdot A}$$

จากการทดลองโดยพันขดลวดรอบแกนแม่เหล็กจำนวน 28 รอบแล้ววัดค่า L ด้วยอิมพีแดนซ์มิเตอร์ได้เท่ากับ 3.525 mH แทนค่าในสูตรจะได้

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{(3.525 \times 10^{-3}) \cdot (8.316 \times 10^2)}{(28)^2 \cdot (1.317904 \times 10^{-4})} \\ &= 2.8370942 \times 10^3 \text{ H/m}\end{aligned}$$

จาก

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

เมื่อ μ_0 คือค่าความซึมแม่เหล็กของอากาศมีค่าเท่ากับ $4\pi \times 10^{-7} (1.26 \times 10^{-6}) \text{ H/m}$ เพราะฉะนั้นจะได้

$$\begin{aligned}\mu_r &= \frac{(2.8370942 \times 10^3)}{(1.26 \times 10^{-6})} \\ &= 2,251.66\end{aligned}$$

หรือ

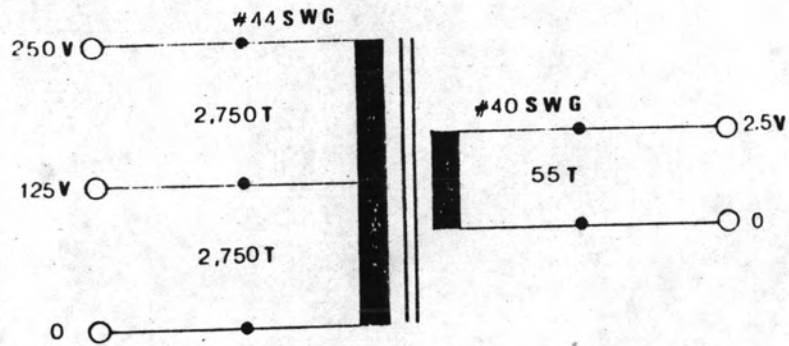
$$\mu_r \cong 2,200$$

2. หม้อแปลงแรงดัน

ใช้แกนชนิดและขนาดเดียวกันกับแกนแม่เหล็กของสนามวงจรสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ มีรายละเอียดดังนี้

ขดปฐมภูมิ: แรงดัน 250 โวลท์ มีจุดแยกกลาง
จำนวนรอบ 5,500 รอบ
ขนาดลวด No. 44 SWG

ขดทุติยภูมิ: แรงดัน 2.5 โวลท์
 จำนวนรอบ 55 รอบ
 ขนาดลวด No. 40 SWG



รูปที่ ง-2 แสดงส่วนของขดปฐมภูมิและทุติยภูมิ

ภาคผนวก จ.

ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3

ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานขั้วโรคมไปเนนท์

I_c (mA)	V_{hro} (mV)	$r_O = V_{hro} / I_c$ (Ω)	r_O (เฉลี่ย) (Ω)
5	0.99	0.33	 0.31667
6	1.98	0.33	
9	2.97	0.33	
12	2.97	0.33	
15	3.84	0.32	
18	5.58	0.31	
21	6.51	0.31	
24	7.20	0.30	
27	8.10	0.30	

ตารางที่ 4.5

ผลการทดสอบหาค่าความไวสัญญาณในฟังก์ชันของกระแสควบคุม

B = 1 T		
I _c (mA)	V _{ho} (mV)	V _{ho} / B (V/T)
3	335	0.335
6	652	0.652
9	943	0.943
12	1,225	1.225
16	1,545	1.545
18	1,670	1.670
21	1,850	1.850
24	2,015	2.015
27	2,150	2.150
30	2,500	2.500

ตารางที่ 4.6

ผลการทดลองหาค่าแรงดันเอาต์พุตของซอลล ในฟังก์ชันของความหนาแน่นสนามแม่เหล็กที่
ไหลด้วยความดันทานค่าต่างๆ

B (T)	Vh		
	RL / r10 = 1	RL / r10 = 10	RL / r10 = 100
0.1	83.0	142	175
0.2	142.2	245	292
0.3	217.5	375	425
0.4	292.4	492	542
0.5	357.9	608	658
0.6	423.1	717	775
0.7	458.2	817	875
0.8	500.3	917	992
0.9	542.7	1,000	1,075
1.0	583.1	1,067	1,175

หมายเหตุ Ic = 15 m.A

ตารางที่ 4.8

ผลการทดลองหา B - H เคอร์ฟ ของแกนร่อนเทเพอไรท์

H (Am^{-1})	B (T)	H (Am^{-1})	B (T)
126.263	0.0071	1,262.626	0.0715
252.525	0.0141	1,388.889	0.0787
378.788	0.0213	1,515.152	0.0856
505.051	0.0283	1,641.414	0.0927
631.313	0.0354	1,767.677	0.0993
757.576	0.0424	1,839.939	0.1051
883.838	0.0500	2,020.202	0.1101
1,010.101	0.0574	2,104.377	0.1132
1,136.364	0.0649		

ตารางที่ 4.10 (ก)

ผลการทดลองหาผลของอุณหภูมิต่อแรงดันเอาทพุทของขอลล เพื่อใหักระแส I_c คงที่
($I_c = \text{CONST.}$)

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	V_h (mV)	ΔV_h (mV)	$(\Delta V_h/V_h) \cdot 100$ (%)
20	1,650	+ 150	+ 9.98
25	1,500	0	0.00
30	1,378	- 122	- 8.12
35	1,274	- 226	- 15.08
40	1,176	- 324	- 21.58
45	1,096	- 404	- 26.91
50	1,023	- 477	- 31.79
55	950	- 550	- 36.66
60	877	- 623	- 41.53
65	818	- 682	- 45.48
70	762	- 738	- 49.19

หมายเหตุ $I_c = 15 \text{ mA}$, $B = 1 \text{ T}$ ที่อุณหภูมิอ้างอิง 25°C

ตารางที่ 4.10 (ข)

ผลการทดลองหาผลของอุณหภูมิที่มีต่อแรงดันเอาพุทของขอลล์ เมื่อให้แรงดันคร่อมขั้วกระแส
ควบคุมของขอลล์เป็นเนื้อเรเตอร์คงที่ ($V_c = \text{CONST.}$)

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	V_h (mV)	ΔV_h (mV)	$(\Delta V_h/V_h) \cdot 100$ (%)
20	1,436	- 64	- 4.26
25	1,500	0	0.00
30	1,573	+ 73	+ 4.87
35	1,629	+ 129	+ 8.58
40	1,685	+ 185	+ 12.30
45	1,744	+ 244	+ 16.24
50	1,782	+ 282	+ 18.89
55	1,813	+ 313	+ 20.88
60	1,838	+ 338	+ 22.51
65	1,841	+ 341	+ 22.74
70	1,845	+ 345	+ 22.97

หมายเหตุ $V_c = 6$ โวลท์ ($I_c \cong 15 \text{ mA}$), $B = 1 \text{ T}$ ที่อุณหภูมิอ้างอิง 25°C

ตารางที่ 4.10 (ค)

ผลการทดลองหาผลของอุณหภูมิที่มีต่อแรงดันเอาต์พุทของเซลล์ เมื่อให้ $I_{cRv} + I_{c.r10}$ เป็นค่าคงที่

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	V_h (mV)	ΔV_h (mV)	$(\Delta V_h / V_h) \cdot 100$ (%)
20	1,462	- 38	- 2.55
25	1,500	0	0.00
30	1,524	+ 24	+ 1.60
35	1,549	+ 49	+ 3.24
40	1,562	+ 63	+ 4.18
45	1,566	+ 66	+ 4.41
50	1,563	+ 63	+ 4.18
55	1,556	+ 56	+ 3.71
60	1,542	+ 42	+ 2.78
65	1,521	+ 21	+ 1.39
70	1,503	+ 3	+ 0.23

หมายเหตุ $I_{cRv} + I_{c.r10} = 8$ โวลต์, $B = 1$ T ที่อุณหภูมิอ้างอิง 25°C

ตารางที่ 5.1

ผลการทดสอบความเป็นเชิงเส้นของตัวคูณขยายของมิลล

I_m (DC/AC) (A)	V_h (DC) (mV)	V_h (AC) (mV)
0.1	- 7.60	1.7
0.6	- 0.05	9.8
1.0	5.70	16.4
1.6	16.30	26.3
2.0	22.60	33.0
2.6	32.30	43.6
3.0	38.4	48.2
3.6	47.90	58.2
4.0	54.30	64.8
4.6	63.70	75.1
5.0	69.50	79.5

ตารางที่ 5.2

ผลการทดลองหาผลของอุณหภูมิที่มีต่อเอาทพุทของตัวคูณสัญญาณของบอล

อุณหภูมิ (°C)	Vh (mV)	ΔVh (mV)	$(\Delta Vh/Vh) \cdot 100$ (%)
20	42.98	- 0.12	- 0.28
25	43.10	0.00	0.00
30	43.13	+ 0.03	+ 0.07
35	43.28	+ 0.18	+ 0.42
40	43.32	+ 0.22	+ 0.51
45	43.35	+ 0.25	+ 0.58
50	43.31	+ 0.21	+ 0.48
55	43.18	+ 0.08	+ 0.19
60	43.16	+ 0.06	+ 0.14
65	43.14	+ 0.04	+ 0.09
70	43.12	+ 0.02	+ 0.05

ตารางที่ 5.3

ผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ทางความถี่ของตัวคูณขยายของขอลด

ความถี่ (Hz)	Vh (mV)	Vh / Vh (f = 0)
0	43.10	1.000
50	43.09	0.9998
200	43.08	0.9995
400	43.07	0.9993
600	43.05	0.9988
1,000	43.03	0.9984
1,500	42.992	0.9975

ตารางที่ 5.5

ตารางทดสอบหาค่า GAIN LINEARITY ของวงจรขยายสัญญาณความถี่ต่าง ๆ
 (อัตราขยายแรงดัน $A_v \approx 100$)

ความถี่ (Hz)	แรงดันอินพุต (V)	แรงดันเอาพุต (V)	GAIN	GAIN ERROR (%)
DC	50.5	4.982	98.6535	0
5	50.5	4.982	98.6535	0
10	50.5	4.981	98.6337	- 0.020099
50	50.4	4.971	98.6508	- 0.022860
100	50.4	4.970	98.6111	- 0.042959
200	50.4	4.969	98.5913	- 0.063074
300	50.4	4.967	98.5516	- 0.103304
400	50.3	4.956	98.5288	- 0.126358
500	50.3	4.954	98.4891	- 0.166673
600	50.3	4.953	98.4692	- 0.186827
1,000	50.0	4.917	98.3400	- 0.317763
1,500	49.5	4.860	98.1818	- 0.478125

ตารางที่ 5.6

ตารางแสดงผลการทดลองหาผลของอุณหภูมิต่อแรงดันเอาพุทของแรงดันของวงจรขยายสัญญาณ (อัตราขยายแรงดัน $A_v \approx 100$)

อุณหภูมิ (°C)	V_o (V)	ΔV_o (V)	$(\Delta V_o / V_o) \cdot 100$ (%)
20	2.503	+ 0.003	+ 0.12
25	2.500	0.000	0.00
30	2.498	- 0.002	- 0.08
35	2.496	- 0.004	- 0.16
40	2.495	- 0.005	- 0.20
45	2.494	- 0.006	- 0.24
50	2.493	- 0.007	- 0.28
55	2.492	- 0.008	- 0.32
60	2.489	- 0.011	- 0.44
65	2.488	- 0.012	- 0.48
70	2.487	- 0.013	- 0.52

ตารางที่ 5.7 (ก)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า AC รูปคลื่นไซน์ 50 Hz ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1 ยานวัด
230 โวลต์ (K = 230)

แรงดัน (V)	กระแส (A)	Vh (V)	ค่าทศนิยม (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
230.56	0.27	0.271	62.251	62.33	0.126
230.41	0.50	0.501	115.205	115.23	0.021
230.30	0.75	0.752	172.725	172.96	0.136
229.45	1.00	0.998	229.450	229.54	0.039
230.00	1.25	1.251	287.500	287.73	0.080
230.60	1.50	1.505	345.900	346.15	0.072
230.05	1.75	1.753	402.588	403.19	0.149
230.10	2.00	2.064	460.200	460.92	0.156
229.87	2.25	2.248	517.208	517.04	-0.032
230.02	2.50	2.503	575.050	575.69	0.111
230.14	2.75	2.758	632.885	634.34	0.229
230.00	3.00	3.005	690.000	691.15	0.166
229.95	3.25	3.253	747.337	748.19	0.114
229.86	3.50	3.501	804.510	805.23	0.089
230.60	3.75	3.763	864.750	865.49	0.085
230.14	4.00	4.000	920.560	920.00	-0.060
230.09	4.25	4.261	977.883	980.03	0.219
229.87	4.50	4.507	1,034.420	1,036.61	0.212
229.41	4.75	4.749	1,089.700	1,092.27	0.236
230.22	5.00	5.017	1,151.100	1,153.91	0.244

ตารางที่ 5.7(ข)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า AC รูปคลื่นไซน์ 50 Hz ตัวประกอบกำลัง เท่ากับ 1 ย่านวัด
230 โวลต์ เม็ดสลับขั้วกระแสสลับ (K = 230)

แรงดัน (V)	กระแส (A)	Vh (V)	ค่าจากการคำนวณ (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
230.51	0.27	- 0.271	62.237	62.33	0.148
230.44	0.50	- 0.503	115.220	115.69	0.407
230.32	0.75	- 0.754	172.740	173.42	0.393
230.18	1.00	- 1.007	230.180	231.61	0.621
230.25	1.25	- 1.258	287.813	289.34	0.530
230.06	1.50	- 1.507	345.090	346.61	0.440
230.02	1.75	- 1.757	402.535	404.11	0.391
230.00	2.00	- 2.007	460.000	461.61	0.349
229.97	2.25	- 2.259	517.433	519.57	0.413
230.11	2.50	- 2.511	575.275	577.53	0.391
230.03	2.75	- 2.760	632.583	634.80	0.350
229.99	3.00	- 3.010	689.970	692.30	0.337
230.23	3.25	- 3.263	748.248	750.49	0.299
230.04	3.50	- 3.512	805.140	807.76	0.325
229.73	3.75	- 3.758	861.488	864.34	0.331
230.31	4.00	- 4.017	921.240	923.91	0.289
230.22	4.25	- 4.267	978.435	981.41	0.304
230.02	4.50	- 4.517	1,035.090	1,038.91	0.369
230.17	4.75	- 4.768	1,093.310	1,096.64	0.304
230.09	5.00	- 5.018	1,150.450	1,154.14	0.320

ตารางที่ 5.7 (ค)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า DC ย่านวัด 230 โวลท์ (K =230)

แรงดัน (V)	กระแส (A)	Vh (V)	ค่าทศนิยม (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
230.15	0.28	0.281	64.442	64.63	0.291
230.23	0.5	0.501	115.115	115.23	0.099
230.11	0.75	0.751	172.583	172.73	0.085
230.13	1.00	1.002	230.130	230.46	0.143
230.07	1.25	1.525	287.588	287.96	0.129
230.21	1.5	1.503	345.315	345.69	0.108
230.16	1.75	1.755	402.780	403.65	0.125
230.33	2.00	2.007	460.660	461.61	0.206
230.28	2.25	2.259	518.130	519.57	0.277
230.17	2.50	2.508	575.425	576.84	0.245
230.03	2.75	2.76	632.583	634.8	0.350
230.17	3.00	3.001	690.510	692.53	0.292
230.11	3.25	3.261	747.858	750.03	0.290
230.03	3.50	3.51	805.105	807.3	0.272
299.87	3.75	3.76	862.013	864.8	0.323
230.24	4.00	4.019	920.960	924.37	0.370
230.15	4.25	4.269	978.138	981.87	0.381
230.17	4.50	4.522	1,035.77	1,040.06	0.414
230.12	4.75	4.769	1,093.07	1,096.87	0.347
230.05	5.00	5.024	1,150.25	1,155.52	0.458

ตารางที่ 5.7 (ง)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า DC ยานวัด 230 โวลท์ (K = 230) เมื่อดำเนินการ
กระแสไฟฟ้า (K = 230)

แรงดัน (V)	กระแส (A)	Vh (V)	ค่าทศนิยม (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
230.24	.28	- 0.279	64.467	64.17	- 0.461
230.17	.50	- 0.499	115.085	114.77	- 0.273
230.08	.75	- 0.749	172.560	172.27	- 0.168
229.87	1.00	- 0.998	229.870	229.54	- 0.143
230.28	1.25	- 1.25	287.850	287.5	- 0.121
230.16	1.50	- 1.499	345.240	344.77	- 0.136
230.11	1.75	- 1.749	402.693	402.27	- 0.104
230.21	2.25	- 2.525	517.973	517.96	- 0.002
230.15	2.50	- 2.508	575.375	576.84	0.254
230.09	2.75	- 2.759	632.748	634.57	0.288
230.23	3.00	- 3.011	690.690	692.53	0.266
230.15	3.25	- 3.264	747.988	750.72	0.365
230.11	3.50	- 3.521	805.385	807.76	0.294
230.03	3.75	- 3.764	862.613	865.72	0.360
229.93	4.00	- 4.015	919.720	923.45	0.405
230.18	4.25	- 4.271	978.265	82.33	0.415
230.16	4.50	- 4.523	1,035.72	1,040.29	0.441
230.09	4.75	- 4.777	1,092.93	1,098.71	0.529
230.17	5.00	- 5.035	1,150.85	1,158.05	0.625

ตารางที่ 5.8 (ก)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า AC รูปคลื่นไซน์ 50 Hz ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1
 ยานวัด 115 โวลท์ (K = 115)

แรงดัน (V)	กระแส (A)	Vh (V)	กำลัง ไฟฟ้า (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
115.40	0.25	0.251	28.850	28.865	0.051
114.70	0.50	0.499	57.350	57.385	0.061
116.00	0.75	0.757	87.000	87.055	0.063
115.76	1.00	1.010	115.760	116.150	0.336
115.20	1.25	1.256	144.000	144.440	3.305
114.95	1.50	1.503	172.425	172.845	0.243
114.90	1.75	1.752	201.075	201.480	0.201
114.72	2.00	2.001	229.440	230.115	0.294
115.50	2.25	2.265	259.875	260.475	0.230
115.70	2.50	2.519	289.250	289.685	0.150
115.85	2.75	2.777	318.588	319.355	0.240
115.80	3.00	3.028	347.400	348.220	0.236
115.77	3.25	3.283	376.253	377.545	0.343
115.61	3.50	3.525	404.635	405.375	0.182
115.82	3.75	3.784	434.325	435.160	0.192
115.63	4.00	4.029	426.520	463.335	0.167
115.72	4.25	4.283	491.810	492.545	0.149
115.60	4.50	4.531	520.200	521.065	0.166
115.51	4.75	4.781	548.673	549.815	0.208
115.13	5.00	5.020	575.650	577.300	0.286

ตารางที่ 5.8 (ข)

ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้า AC รูปคลื่นไซน์ 50 Hz ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1
 ยานวัด 115 โวลท์ เมอส์ลบบขวกระแสดอนเทท (K = 115)

แรงดัน (V)	กระแส (A)	Vh (V)	ค่าคานวณ (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
115.13	0.25	0.251	28.728	28.865	0.286
115.77	0.50	0.505	57.885	58.075	0.328
115.62	0.75	0.755	86.715	86.825	0.126
115.51	1.00	1.006	115.510	115.690	0.155
115.76	1.25	1.260	144.700	144.900	0.138
116.03	1.50	1.516	174.045	174.340	0.169
114.98	1.75	1.753	201.215	201.595	0.188
115.40	2.00	2.013	230.800	231.495	0.301
115.24	2.25	2.259	259.290	259.785	0.190
115.44	2.50	2.513	288.600	288.995	0.136
115.78	2.75	2.772	318.395	318.780	0.120
115.13	3.00	3.008	345.309	345.920	0.153
114.93	3.25	3.254	373.523	374.210	0.184
115.21	3.50	3.510	403.235	403.650	0.102
115.55	3.75	3.771	433.313	433.665	0.081
115.62	4.00	4.025	462.480	462.875	0.085
115.41	4.25	4.270	490.493	491.050	0.113
115.38	4.50	4.526	519.210	520.490	0.246
115.17	4.75	4.759	547.058	547.285	0.041
115.61	5.00	5.035	578.050	579.025	0.168

ตารางที่ 5.8 (ค)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า DC ยานวัด 115 โวลท์ (K = 115)

แรงดัน (V)	กระแส (A)	V _h (V)	ค่าที่คำนวณ (W)	V _h .K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
115.19	0.25	0.251	28.797	28.865	0.234
115.03	0.50	0.501	57.515	57.615	0.173
115.78	0.75	0.757	86.835	87.055	0.253
115.65	1.00	1.009	115.650	116.035	0.332
115.38	1.25	1.259	144.225	144.785	0.388
115.17	1.50	1.508	172.755	173.420	0.384
115.01	1.75	1.757	201.266	202.055	0.391
114.87	2.00	2.007	229.740	230.805	0.463
115.44	2.25	2.269	259.740	260.935	0.460
115.32	2.50	2.517	288.300	289.455	0.400
115.21	2.75	2.766	316.828	318.090	0.398
115.33	3.00	3.023	345.990	347.645	0.478
115.20	3.25	3.272	374.400	376.280	0.502
115.06	3.50	3.519	402.710	404.685	0.490
115.38	3.75	3.781	432.675	434.815	0.494
115.23	4.00	4.026	460.920	462.990	0.449
115.07	4.25	4.274	489.047	491.510	0.503
115.83	4.50	4.516	516.735	519.340	0.504
115.66	4.75	4.803	549.385	552.345	0.538
115.44	5.00	5.047	577.200	580.405	0.555

ตารางที่ 5.8 (ง)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า DC ยานวัด 115 โวลท์ เมอสมัลขั้วกระแสสลับ

(K = 115)

แรงดัน (V)	กระแส (A)	Vh (V)	พหุคูณ (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
115.23	0.25	0.251	28.807	28.865	0.199
115.38	0.50	0.502	57.690	57.730	0.069
115.07	0.75	0.752	86.302	86.480	0.205
115.51	1.00	1.006	115.510	115.690	0.155
115.44	1.25	1.257	144.300	144.555	0.176
115.16	1.50	1.504	172.740	172.960	0.127
114.85	1.75	1.750	200.988	201.250	0.130
115.47	2.00	2.013	230.940	231.495	0.240
115.23	2.25	2.259	259.268	259.785	0.199
115.03	2.50	2.507	287.575	288.305	0.253
115.68	2.75	2.774	318.120	319.010	0.279
115.47	3.00	3.021	346.410	347.415	0.290
115.33	3.25	3.268	374.823	375.320	0.266
115.11	3.50	3.515	402.885	404.225	0.332
115.34	3.75	3.777	432.525	434.355	0.423
115.13	4.00	4.020	460.520	462.300	0.386
115.45	4.25	4.285	490.663	492.775	0.430
115.31	4.50	4.532	518.895	521.180	0.440
115.20	4.75	4.782	547.200	549.930	0.498
115.08	5.00	5.030	575.400	578.450	0.530

ตารางที่ 5.9 (ก)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า AC รูปคลื่นไซน์ 50 Hz ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1
ขานวัด 230 โวลท์ (K = 230) เมื่อคงที่กระแสไหลคือ 2.5 แอมป์

กระแส (A)	แรงดัน (V)	Vh (V)	ค่าที่คำนวณ (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
2.50	49.98	0.544	124.95	125.12	0.136
2.50	60.02	0.654	150.05	150.42	0.246
2.50	70.00	0.760	175.00	174.80	- 0.114
2.50	80.00	0.870	200.00	200.10	0.050
2.50	90.00	0.980	225.00	225.40	0.177
2.50	100.04	1.090	250.10	250.70	0.239
2.50	110.06	1.199	275.15	275.77	0.225
2.50	120.01	1.307	300.03	300.61	0.194
2.50	130.00	1.410	325.00	324.30	- 0.215
2.50	140.07	1.524	350.18	350.52	0.098
2.50	150.03	1.634	375.08	375.82	0.198
2.50	160.11	1.744	400.28	401.12	0.211
2.50	170.04	1.852	425.10	425.96	0.202
2.50	180.02	1.961	450.05	451.03	0.217
2.50	190.06	2.070	475.15	476.10	0.199
2.50	200.09	2.179	500.23	501.17	0.189
2.50	210.10	2.289	525.25	526.47	0.232
2.50	220.09	2.398	550.23	551.54	0.239
2.50	230.13	2.507	575.33	576.61	0.223

ตารางที่ 5.9 (ข)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า DC ยานวัด 230 โวลท์ (K = 230) เมื่อดึงที่กระแส
โหลดที่ 2.5 แอมป์

กระแส (A)	แรงดัน (V)	Vh (V)	ค่าที่คำนวณ (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
2.50	50.02	0.545	125.05	125.35	0.239
2.50	60.06	0.654	150.15	150.42	0.179
2.50	69.89	0.761	174.73	175.03	0.174
2.50	80.12	0.871	200.30	200.33	0.015
2.50	90.07	0.980	225.18	225.4	0.100
2.50	100.13	1.090	250.33	250.7	0.149
2.50	110.07	1.199	275.18	275.77	0.216
2.50	120.15	1.304	300.38	299.92	- 0.151
2.50	129.96	1.416	324.90	325.68	0.240
2.50	140.07	1.520	350.18	349.60	- 0.164
2.50	149.87	1.628	374.68	374.44	- 0.063
2.50	160.09	1.741	400.23	400.43	0.051
2.50	170.14	1.845	425.35	424.35	- 0.235
2.50	180.08	1.952	450.20	448.96	- 0.275
2.50	190.06	2.060	475.15	473.80	- 0.284
2.50	200.11	2.168	500.28	498.64	- 0.326
2.50	210.13	2.278	525.33	523.94	- 0.263
2.50	220.21	2.401	550.53	552.23	0.309

ตารางที่ 5.10 (ก)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า AC รูปคลื่นไซน์ 50 Hz ตัวประกอบกำลัง 0.8 ล้าหลัง
 ยานวัด 230 โวลต์, (K = 230)

แรงดัน (V)	กระแส (A)	Vh (V)	ค่าจากการคำนวณ (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
230.02	1.47	1.178	270.504	270.94	0.161
229.83	1.66	1.329	305.214	305.67	0.149
230.06	1.82	1.460	334.967	335.80	0.248
230.17	2.03	1.629	373.796	374.67	0.233
230.09	2.35	1.884	432.569	433.32	0.173
230.16	2.80	2.243	515.558	515.89	0.064
230.02	3.47	2.775	638.536	638.25	0.044
230.13	3.93	3.148	723.529	724.04	0.070
230.13	4.45	3.562	819.263	819.26	- 0.001
230.07	4.82	3.858	887.150	887.34	0.021
230.04	5.20	4.161	956.966	957.03	0.006

ตารางที่ 5.10 (ข)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า AC รูปคลื่นไซน์ 50 Hz ตัวประกอบกำลัง 0.8
 นาฬิกา ยานวด 230 โวลท์ (K = 230)

แรงดัน (V)	กระแส (A)	Vh (V)	ค่าจากวัตต์มิเตอร์ (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
230.20	0.35	0.281	64.456	64.63	0.269
230.12	0.44	0.352	81.002	80.96	- 0.052
230.21	0.70	0.561	128.918	129.03	0.087
230.98	0.94	0.753	172.945	173.19	0.141
230.17	1.38	1.107	254.108	254.61	0.197
230.11	1.70	1.364	312.95	313.72	0.246
230.16	2.27	1.821	417.971	418.83	0.205
230.06	2.84	2.277	522.696	523.71	0.193
230.12	3.45	2.769	635.131	636.87	0.273
230.22	4.18	3.351	769.856	770.73	0.113
230.15	4.55	3.647	837.746	838.81	0.127
230.13	5.31	4.255	977.592	978.65	0.108

ตารางที่ 5.11 (ก)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า AC รูปคลื่นไซน์ 50 Hz ตัวประกอบกำลัง 0.5 ล้าหลัง
 ยานวัด 230 โวลท์

แรงดัน (V)	กระแส (A)	Vh (V)	ค่าจากวัตต์มิเตอร์ (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
230.06	0.87	0.434	100.163	99.82	- 0.342
230.08	1.16	0.579	133.446	133.17	- 0.027
230.21	1.30	0.649	149.637	149.27	- 0.244
230.03	1.53	0.763	175.973	175.49	- 0.274
230.20	2.01	1.001	231.351	230.23	- 0.484
230.17	2.48	1.237	285.411	284.51	- 0.315
230.17	2.98	1.487	342.953	342.01	- 0.275
230.03	3.46	1.726	397.952	396.98	- 0.244
229.87	3.91	1.948	449.396	448.04	- 0.301
230.14	4.42	2.207	508.609	507.61	- 0.196
230.07	4.77	2.380	548.717	547.40	- 0.240
230.04	5.06	2.524	582.001	580.52	- 0.254

ตารางที่ 5.11 (ข)

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้า AC รูปคลื่นไซน์ 50 Hz ตัวประกอบกำลัง 0.5 น้าหนา
ขนาด 230 โวลท์ (K = 230)

แรงดัน (V)	กระแส (A)	Vh (V)	ค่าจากวัตต์มิเตอร์ (W)	Vh.K (W)	ความคลาดเคลื่อน (%)
230.09	0.80	0.401	92.036	92.23	0.210
230.06	1.09	0.546	125.383	125.58	0.157
230.11	1.35	0.677	155.324	115.71	0.248
230.16	1.63	0.819	187.580	188.37	0.420
230.17	2.06	1.035	237.075	238.05	0.411
230.17	2.44	1.225	280.807	281.75	0.335
230.05	3.28	1.648	377.282	379.04	0.465
230.21	4.11	2.068	473.082	475.64	0.540
230.13	4.91	2.470	564.969	568.10	0.554
230.16	5.33	2.682	613.376	616.86	0.567

ตารางที่ 5.12

ผลการทดสอบหาผลของอุณหภูมิต่อเอาทพุทของวัตตทรานส์ดิวเซอร์ที่สร้างบน

อุณหภูมิ (C)	Vh (V)	ΔVh (V)	$(\Delta Vh/Vh) \cdot 100$ (%)
20	2.496	- 0.004	- 0.16
25	2.500	0.000	0.00
30	2.504	+ 0.004	+ 0.16
35	2.507	+ 0.007	+ 0.28
40	2.508	+ 0.008	+ 0.32
45	2.509	+ 0.009	+ 0.36
50	2.506	+ 0.006	+ 0.24
55	2.497	- 0.003	- 0.12
60	2.493	- 0.007	- 0.28
65	2.490	- 0.010	- 0.40
70	2.489	- 0.011	- 0.44

หมายเหตุ ทดสอบด้วยสัญญาณ AC 50 Hz ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1

ตารางที่ 5.13

ผลการทดสอบผลการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันของวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่หม้อ
เอาต์พุตของวัตตทรานส์ฟอรม์เซอร์

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	อินพุตของวัตตทรานส์ฟอรม์เซอร์		ค่าจากการ คำนวณ (W)	ค่าที่ ได้ (W)	ความคลาด เคลื่อน (%)
	แรงดัน (V)	กระแส (A)			
264.5 (+ 15 %)	230.00	2.50	575.00	575.81	0.14
253.0 (+ 10 %)	230.00	2.50	575.00	575.69	0.12
241.5 (+ 5 %)	230.00	2.50	575.00	575.63	0.11
230.0 (+ 0 %)	230.00	2.50	575.00	575.61	0.11
218.5 (- 5 %)	230.00	2.50	575.00	574.46	+0.08
207.0 (- 10 %)	230.00	2.50	575.00	575.35	-0.06
195.5 (- 15 %)	230.00	2.50	575.00	571.84	-0.55

หมายเหตุ ทดสอบด้วยสัญญาณ AC 50 Hz ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1

ภาคผนวก ฉ.

เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ใช้ในการทดสอบวัดทรานสดิวเซอร์ มีดังต่อไปนี้

- โวลทมิเตอร์ : DIGITAL, FLUKE MODEL 8022A
 Accuracy DC volt: $\pm(0.25\% \text{ of reading} + 1 \text{ digit})$
AC volt: True RMS $\pm(1\% \text{ of reading} + 1 \text{ digits})$
- แอมมิเตอร์ : DIGITAL, FLUKE MODEL 8010A
 Accuracy DC current: 200 μA - 2,000 mA range
 $\pm(0.3\% \text{ of reading} + 1 \text{ digit})$
 10 A range
 $\pm(0.5\% \text{ of reading} + 1 \text{ digit})$
AC current: True RMS 200 μA - 2,000 mA range
 $\pm(1\% \text{ of reading} + 2 \text{ digit})$
 True RMS 10 A range
 $\pm(1\% \text{ of reading} + 1 \text{ digit})$
- วัตต์มิเตอร์ : DIGITAL, YEW MODEL 2503
 Accuracy At $\cos \phi = 1$:
 $\pm(0.1\% \text{ of reading} + 0.25\% \text{ of range} + 1 \text{ digit})$
 for 50 to 400 Hz
 $\pm(0.2\% \text{ of reading} + 0.03\% \text{ of range} + 1 \text{ digit})$
 for 40 to 50 Hz and 400 Hz to 1.2 kHz
- ออสซิลโลสโคป : 3 CH., KIKUSUI MODEL COS 5060
 : STORAGE, KIKUSUI MODEL 5516ST
- แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า : DC/AC 0 - 380 V, TERCO MODEL MV1300
- โวลต์ความต้านทาน : TERCO MODEL MV1100
- โวลต์อิมพีแดนซ์ : TERCO MODEL MV1107
- โวลต์คาปาซิแตนซ์ : TERCO MODEL MV1102

ภาคผนวก ข.

คุณสมบัติและรายละเอียดของอุปกรณ์

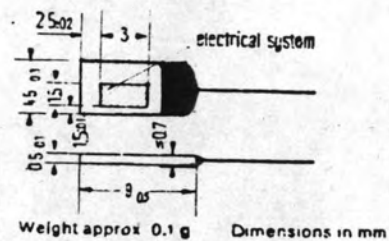
1. ฮอลล์เซ็นเซอร์

Hall Signal Probe with Vapour-deposited Layer

SV 110

SV 110 is a high sensitivity, high internal resistance Hall device for application in control and regulating circuits (semiconductor material InSb - Vapour-deposited Layer).

Type	Order number
SV 110/II	Q 64021 - S 110 - S 2
SV 110/III	Q 64021 - S 110 - S 3



Terminals: Hall voltage red; control current green. wire length 100 mm.

Maximum ratings

Maximum permissible control current
in static air
Operating temperature

	SV 110/II	SV 110/III	
I_{IM}	30	50	mA
T	-70 to +80		°C

Characteristics ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, typical values unless otherwise noted)

Rated value of control current	I_{in}	15	25	mA
Open-circuit Hall voltage (at I_{in} , $B = 1\text{ T}$)	V_{20}	≥ 1000	≥ 800	mV
Open-circuit sensitivity (referred to 1 T)	K_{90}	100	50	V/AT
Control side internal resistance at $B = 0$ (including lead resistance)	R_{10}	500	200	Ω
Hall side internal resistance at $B = 0$ (including lead resistance)	R_{20}	$\leq R_{10}$	$\leq R_{10}$	Ω
Ohmic zero voltage for I_{in}	V_{ro}	≤ 10	≤ 10	mV
Inductive zero component	A_2	≤ 0.2	≤ 0.2	cm ²
Temperature coefficient of V_{20} between 0 and 50 °C	β	-1	-1	%/K
Temperature coefficient of R_{10} between 0 and 50 °C	α	-1.5	-1.5	%/K

1) 1 Tesla = 10^4 Gauss

2. VOLTAGE REGULATOR

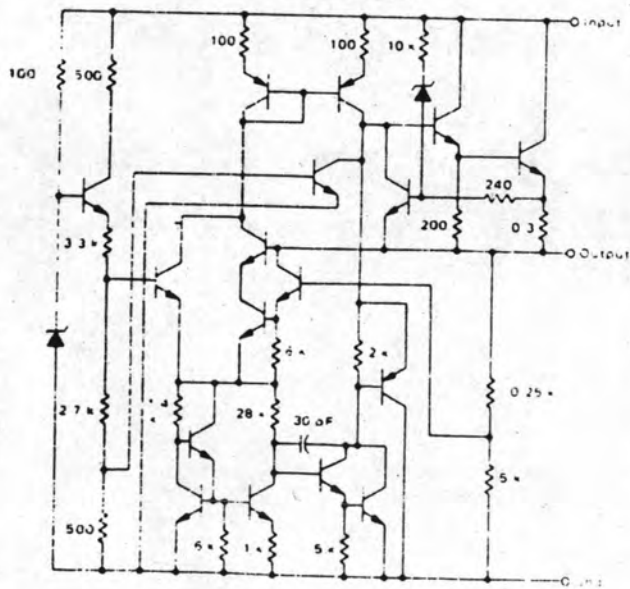
MC78M00C SERIES THREE-TERMINAL POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

The MC78M00 Series positive voltage regulators are identical to the popular MC7800C Series devices, except they are specified for only one-third the output current. Like the MC7800C devices, the MC78M00C three-terminal regulators are intended for local, on-card voltage regulation.

Internal current limiting, thermal shutdown circuitry and safe-area compensation for the internal pass transistor combine to make these devices remarkably rugged under most operating conditions. Maximum output current, with adequate heatsinking is 500 mA.

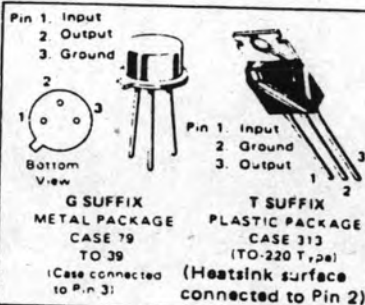
- No External Components Required
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation
- Packaged in the Plastic Case 313 and Case 79 (TO-220 and Hermetic TO-39)

REPRESENTATIVE SCHEMATIC DIAGRAM

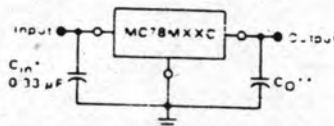


MC78M00C series

THREE-TERMINAL POSITIVE FIXED VOLTAGE REGULATORS



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.

- * C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.
- ** C_O improves stability and transient response.

ORDERING INFORMATION

DEVICE	TEMPERATURE RANGE	PACKAGE
MC78MXXC	0°C to +150°C	Metal Can
MC78MXXC	0°C to +150°C	Plastic Power

TYPE NO. VOLTAGE

MC78M05C	5.0 Volts
MC78M06C	6.0 Volts
MC78M08C	8.0 Volts
MC78M12C	12 Volts
MC78M15C	15 Volts
MC78M18C	18 Volts
MC78M20C	20 Volts
MC78M24C	24 Volts

MC7900C Series

THREE-TERMINAL NEGATIVE FIXED VOLTAGE REGULATORS

MC7900C SERIES THREE-TERMINAL NEGATIVE VOLTAGE REGULATORS

The MC7900C Series of fixed output negative voltage regulators are intended as complements to the popular MC7800C Series devices. These negative regulators are available in the same seven voltage options as the MC7800C devices. In addition, two extra voltage options commonly employed in MECL systems are also available in the negative MC7900C Series.

Available in fixed output voltage options from -2.0 to -24 volts, these regulators employ current limiting, thermal shutdown and safe area compensation - making them remarkably rugged under most operating conditions. With adequate heat-sinking they can deliver output currents in excess of 1.0 ampere.

- No External Components Required
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe Area Compensation
- Packaged in the Plastic Case 313 and Case 11 (TO 220 and Hermetic TO 3)



K SUFFIX
METAL PACKAGE
CASE 11-01
(TO 3 TYPE)



(bottom view)

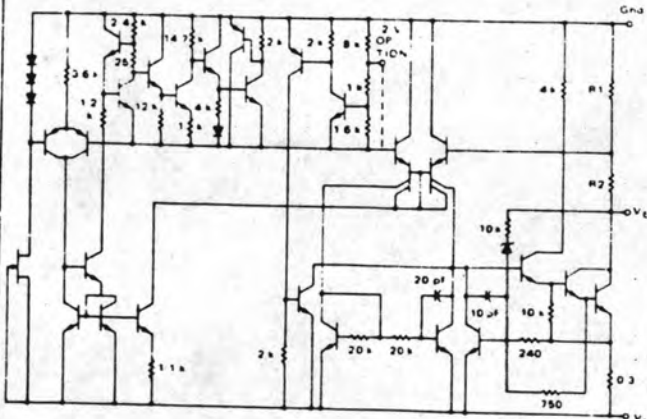
T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 313

- Pin 1 Ground
- Pin 2 Input
- Pin 3 Output

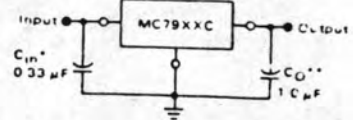
(Heatsink surface connected to Pin 2)



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 more negative even during the high 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 improves stability and transient response

DEVICE TYPE/NOMINAL OUTPUT VOLTAGE

MC7902C - 2.0 Volts	MC7906C - 6.0 Volts	MC7915C - 15 Volts
MC7905C - 5.0 Volts	MC7908C - 8.0 Volts	MC7918C - 18 Volts
MC79052C - 5.2 Volts	MC7912C - 12 Volts	MC7924C - 24 Volts

ORDERING INFORMATION

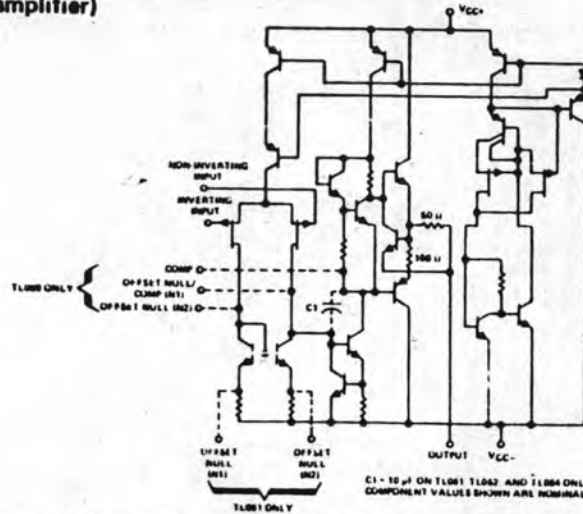
DEVICE	TEMPERATURE RANGE	PACKAGE
MC79XXCK	$T_j = 0^\circ\text{C to } 150^\circ\text{C}$	Meta Power
MC79XXCT	$T_j = 0^\circ\text{C to } 150^\circ\text{C}$	Plastic Power

XX indicates nominal voltage

3.0P AMP

**TYPES TL060, TL060A, TL061, TL061A, TL061B,
TL062, TL062A, TL062B, TL064, TL064A, TL064B**
LOW-POWER JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

schematic (each amplifier)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless other wise noted)

	TL06_M	TL06_I	TL06_C TL06_AC TL06_BC	UNIT
Supply voltage, V_{CC+} (see Note 1)	18	18	18	V
Supply voltage, V_{CC-} (see Note 1)	-18	-18	-18	V
Differential input voltage (see Note 2)	± 30	± 30	± 30	V
Input voltage (see Notes 1 and 3)	± 15	± 15	± 15	V
Duration of output short circuit (see Note 4)	Unlimited	Unlimited	Unlimited	
Continuous total dissipation at (or below)	680	680	680	mW
25°C free-air temperature (see Note 5)	675			
Operating free-air temperature range	-55 to 125	-25 to 85	0 to 70	°C
Storage temperature range	-65 to 150	-65 to 150	-65 to 150	°C
Lead temperature 1/16 inch (1.6 mm) from case for 60 seconds	300	300	300	°C
Lead temperature 1/16 inch (1.6 mm) from case for 10 seconds		260	260	°C

- NOTES: 1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
 2. Differential voltages are at the noninverting input terminal with respect to the inverting input terminal.
 3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.
 4. The output may be shorted to ground or to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the dissipation rating is not exceeded.
 5. For operation above 25°C, free-air temperature, refer to Dissipation Derating Table. In the J and JG packages, TL06_M chips are alloy-mounted. TL06_I, TL06_C, TL06_AC, and TL06_BC chips are glass mounted.

DISSIPATION DERATING TABLE

PACKAGE	POWER RATING	DERATING FACTOR	ABOVE T_A
J (Alloy-Mounted Chip)	680 mW	11.0 mW/°C	88°C
J (Glass-Mounted Chip)	680 mW	8.2 mW/°C	67°C
JG (Alloy-Mounted Chip)	680 mW	8.4 mW/°C	69°C
JG (Glass-Mounted Chip)	680 mW	6.6 mW/°C	47°C
N	680 mW	9.2 mW/°C	76°C
P	680 mW	8.0 mW/°C	65°C
U	675 mW	5.4 mW/°C	25°C
W	680 mW	8.0 mW/°C	65°C

DEVICE TYPES, SUFFIX VERSIONS AND PACKAGES

	TL060	TL061	TL062	TL064
TL06_M	JG	JG, U	JG, U	J, W
TL06_I	JG, P	JG, P	JG, P	J, N
TL06_C	JG, P	JG, P	JG, P	J, N
TL06_AC	JG, P	JG, P	JG, P	J, N
TL06_BC		JG, P	JG, P	J, N

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 245012 • DALLAS, TEXAS 75245

TYPES TL060, TL060A, TL061, TL061A, TL061B, TL062, TL062A, TL062B, TL064, TL064A, TL064B LOW-POWER JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

electrical characteristics, $V_{CC+} = \pm 15\text{ V}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS†		TL06_M			TL06_I			TL06_C TL06_AC TL06_BC			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$R_S = 50\ \Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	'60, '61, '62	5	0		3	6		3	15	mV	
		'64	3	9		3	6		3	15		
		'60A, '61A, '62A, '64A							3	6		
	'61B, '62B, '64B							2	3			
	$R_S = 50\ \Omega$, $T_A = \text{full range}$	'60, '61, '62			9			9				20
		'64			15			9				20
'60A, '61A, '62A, '64A										7.5		
'61B, '62B, '64B									5			
αV_{IO} Temperature coefficient of input offset voltage	$R_S = 50\ \Omega$, $T_A = \text{full range}$			10			10			10	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
I_{IO} Input offset current‡	$T_A = 25^\circ\text{C}$	'60, '61, '62, '64	5	100		5	100		5	200	pA	
		'60A, '61A, '62A, '64A							5	100		
		'61B, '62B, '64B							5	100		
	$T_A = \text{full range}$	'60, '61, '62, '64			20			10			5	
		'60A, '61A, '62A, '64A									3	
		'61B, '62B, '64B									3	
I_{IB} Input bias current‡	$T_A = 25^\circ\text{C}$	'60, '61, '62, '64	30	200		30	200		30	400	pA	
		'60A, '61A, '62A, '64A							30	200		
		'61B, '62B, '64B							30	200		
	$T_A = \text{full range}$	'60, '61, '62, '64			50			20			10	
		'60A, '61A, '62A, '64A									7	
		'61B, '62B, '64B									7	
V_{ICR} Common-mode input voltage range	$T_A = 25^\circ\text{C}$	'60, '61, '62, '64	+11	+12		+11.5	+12		+10	+11	V	
		'60A, '61A, '62A, '64A							+11.5	+12		
		'61B, '62B, '64B							+11.5	+12		
V_{OPP} Maximum peak-to-peak output voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L = 10\ \text{k}\Omega$		20	27		20	27		20	27	V	
	$T_A = \text{full range}$, $R_L = 10\ \text{k}\Omega$		20			20			20			
AVD Large-signal differential voltage amplification	$R_L > 10\ \text{k}\Omega$, $V_O = \pm 10\ \text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	'60, '61, '62, '64	4	6		4	6		3	6	V/mV	
		'60A, '61A, '62A, '64A							4	6		
		'61B, '62B, '64B							4	6		
	$R_L > 10\ \text{k}\Omega$, $V_O = \pm 10\ \text{V}$, $T_A = \text{full range}$	'60, '61, '62, '64	4			4			3			
		'60A, '61A, '62A, '64A							4			
		'61B, '62B, '64B							4			
B_1 Unity-gain bandwidth	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L = 10\ \text{k}\Omega$		1		1			1		MHz		
r_i Input resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$		10^{12}		10^{12}			10^{12}		Ω		
CMRR Common-mode rejection ratio	$R_S < 10\ \text{k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	'60, '61, '62, '64	80	86		80	86		70	76	dB	
		'60A, '61A, '62A, '64A							80	86		
		'61B, '62B, '64B							80	86		
k_{SVR} Supply voltage rejection ratio ($\Delta V_{CC2}/\Delta V_{IO}$)	$R_S < 10\ \text{k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	'60, '61, '62, '64	80	95		80	95		70	95	dB	
		'60A, '61A, '62A, '64A							80	95		
		'61B, '62B, '64B							80	95		
P_D Total power dissipation (each amplifier)	No load, $T_A = 25^\circ\text{C}$	No signal,		6	7.5		6	7.5		6	7.5	mW
I_{CC} Supply current (each amplifier)	No load, $T_A = 25^\circ\text{C}$	No signal,		200	250		200	250		200	250	μA
V_{O1}/V_{O2} Channel separation	$AVD = 100$, $T_A = 25^\circ\text{C}$			120			120			120	dB	

† All characteristics are specified under open-loop conditions unless otherwise noted. Full range for T_A is -55°C to 125°C for TL06_M, -25°C to 85°C for TL06_I, and 0°C to 70°C for TL06_C, TL06_AC, and TL06_BC.

‡ Input bias currents of a JFET input operational amplifier are normal junction reverse currents, which are temperature sensitive. Pulse techniques must be used that will maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as is possible.

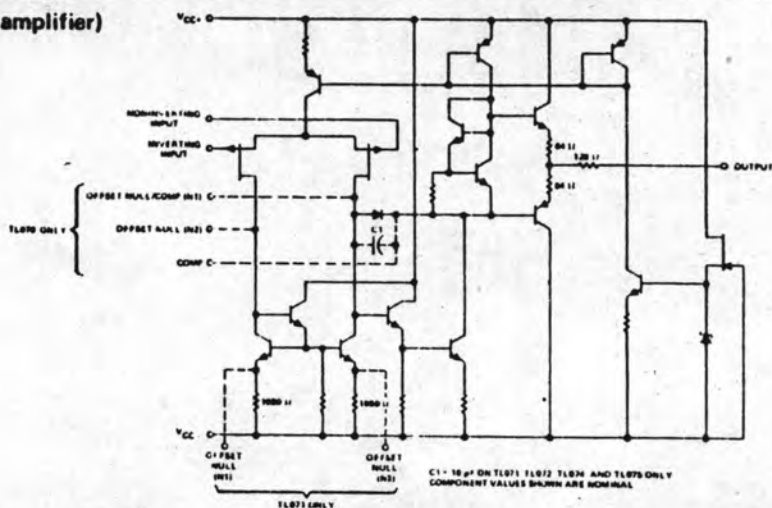
Copyright © 1979 by Texas Instruments Incorporated

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 279012 • DALLAS, TEXAS 75267

TYPES TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075 LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

schematic (each amplifier)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	TL07_C	TL07_I	TL07_C TL07_AC TL07_BC	UNIT
Supply voltage, V_{CC+} (see Note 1)	18	18	18	V
Supply voltage, V_{CC-} (see Note 1)	-18	-18	-18	V
Differential input voltage (see Note 2)	± 30	± 30	± 30	V
Input voltage (see Notes 1 and 3)	± 15	± 15	± 15	V
Duration of output short circuit (see Note 4)	Unlimited	Unlimited	Unlimited	
Continuous total dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 5)	680	680	680	mW
Operating free-air temperature range	-55 to 125	-25 to 85	0 to 70	°C
Storage temperature range	-65 to 150	-65 to 150	-65 to 150	°C
Lead temperature 1/16 inch (1.6 mm) from case for 60 seconds	J, JG or W package	300	300	°C
Lead temperature 1/16 inch (1.6 mm) from case for 10 seconds	N or P package		260	°C

- NOTES: 1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
 2. Differential voltages are at the noninverting input terminal with respect to the inverting input terminal.
 3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.
 4. The output may be shorted to ground or to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the dissipation rating is not exceeded.
 5. For operation above 25°C, free-air temperature, refer to Dissipation Derating Table. In the J and JG packages, TL07_M chips are alloy-mounted; TL07_I, TL07_C, TL07_AC, and TL07_BC chips are glass-mounted.

DISSIPATION DERATING TABLE

PACKAGE	POWER RATING	DERATING FACTOR	ABOVE T_A
J (Alloy-Mounted Chip)	680 mW	11.0 mW/°C	88°C
J (Glass-Mounted Chip)	680 mW	8.2 mW/°C	67°C
JG (Alloy-Mounted Chip)	680 mW	8.4 mW/°C	69°C
JG (Glass-Mounted Chip)	680 mW	6.6 mW/°C	47°C
N	680 mW	9.2 mW/°C	76°C
P	680 mW	8.0 mW/°C	65°C
W	680 mW	8.0 mW/°C	65°C

DEVICE TYPES, SUFFIX VERSIONS, AND PACKAGES

	TL070	TL071	TL072	TL074	TL075
TL07_M	JG, J	JG, J	JG, J	J, W	*
TL07_I	JG, P	JG, P	JG, P	J, N	*
TL07_C	JG, P	JG, P	JG, P	J, N	N
TL07_AC	JG, P	JG, P	JG, P	J, N	*
TL07_BC	*	JG, P	JG, P	J, N	*

*These combinations are not defined by this data sheet.

Also see Dissipation Derating Curves, Section 2.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 228012 • DALLAS, TEXAS 75265

TYPES TL070, TL070A, TL071, TL071A, TL071B, TL072, TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B, TL075 LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

electrical characteristics, $V_{CC\pm} = \pm 15$ V

PARAMETER	TEST CONDITIONS†		TL07_M			TL07_I			TL07_C TL07_AC TL07_BC			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$R_S = 50 \Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	'70, '71, '72, '75‡	3	6		3	6		3	10	mV	
		'74	3	9		3	6		3	10		
		'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							3	6		
	$R_S = 50 \Omega$, $T_A = \text{full range}$	'70, '71, '72, '75‡		9			9		2	3		
		'74		15			9		13	13		
		'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							7.5	5		
ρV_{IO} Temperature coefficient of input offset voltage	$R_S = 50 \Omega$, $T_A = \text{full range}$		10			10		10		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$		
I_{IO} Input offset current §	$T_A = 25^\circ\text{C}$	'70, '71, '72, '74, '75‡	5	50		5	50		5	50	pA	
		'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							5	50		
		'70, '71, '72, '74, '75‡		20			10		2	2		
	$T_A = \text{full range}$	'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							2	2		
		'70, '71, '72, '74, '75‡	30	200		30	200		30	200		
		'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							30	200		
I_{IB} Input bias current §	$T_A = 25^\circ\text{C}$	'70, '71, '72, '74, '75‡									pA	
		'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B										
		'70, '71, '72, '74, '75‡		50			20		7	7		
	$T_A = \text{full range}$	'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							7	7		
		'70, '71, '72, '74, '75‡	± 11	± 12		± 11	± 12		-10	± 11		
		'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							± 11	± 12		
V_{ICR} Common-mode input voltage range	$T_A = 25^\circ\text{C}$	'70, '71, '72, '74, '75‡								V		
		'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B										
V_{OPP} Maximum peak-to-peak output voltage swing	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$		24	27		24	27		24	27	V	
	$T_A = \text{full range}$ $R_L > 10 \text{ k}\Omega$		24			24			24			
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	$R_L > 2 \text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	'70, '71, '72, '74, '75‡	35	200		50	200		25	200	V/mV	
		'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							50	200		
		'70, '71, '72, '74, '75‡	20			25			15			
	$R_L > 2 \text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10 \text{ V}$, $T_A = \text{full range}$	'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							25			
		'70, '71, '72, '74, '75‡							25			
		'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							25			
B_1 Unity-gain bandwidth	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$		3			3		3		MHz		
r_i Input resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$		10^{12}			10^{12}		10^{12}		Ω		
CMRR Common-mode rejection ratio	$R_S < 10 \text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	'70, '71, '72, '74, '75‡	80	86		80	86		70	76	dB	
		'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							80	86		
		'70, '71, '72, '74, '75‡	80	86		80	86		70	76		
k_{SVR} Supply voltage rejection ratio ($\Delta V_{CC\pm}/\Delta V_{IO}$)	$R_S < 10 \text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	'70, '71, '72, '74, '75‡	80	86		80	86		70	76	dB	
		'70A, '71A, '72A, '74A '71B, '72B, '74B							80	86		
		'70, '71, '72, '74, '75‡							80	86		
I_{CC} Supply current (per amplifier)	No load, $T_A = 25^\circ\text{C}$	No signal,	1.4	2.5		1.4	2.5		1.4	2.5	mA	
V_{O1}/V_{O2} Channel separation	$AV_D = 100$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		120			120		120		dB		

† All characteristics are specified under open-loop conditions unless otherwise noted. Full range for T_A is -55°C to 125°C for TL07_M, -25°C to 85°C for TL07_I, and 0°C to 70°C for TL07_C, TL07_AC, and TL07_BC.

‡ Types TL075I and TL075M are not defined by this data sheet.

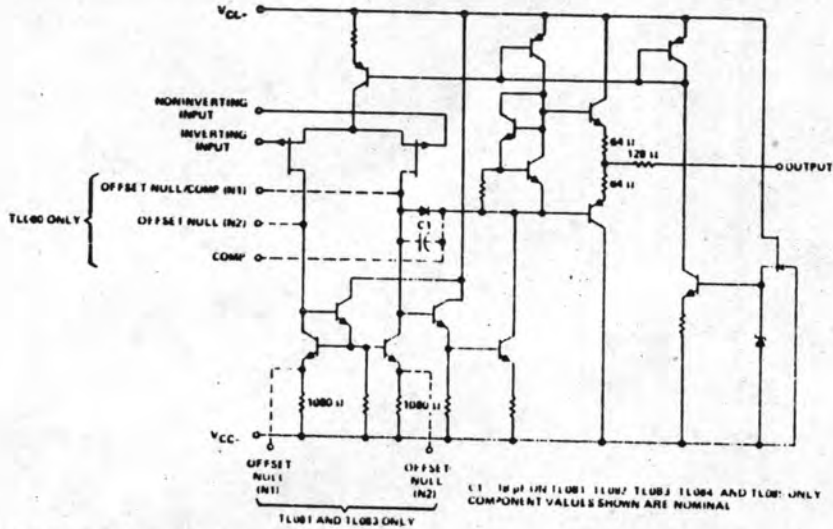
§ Input bias currents of a FET input operational amplifier are normal junction reverse currents, which are temperature sensitive as shown in Figure 18. Pulse techniques must be used that will maintain the junction temperatures as close to the ambient temperature as is possible.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 2,4012 • DALLAS, TEXAS 75245

TYPES TL080 THRU TL085, TL080A THRU TL084A, TL081B, TL082B, TL084B JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

schematic (each amplifier)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	TL08_M	TL08_I	TL08_C TL08_AC TL08_BC	UNIT
Supply voltage, V_{CC+} (see Note 1)	18	18	18	V
Supply voltage, V_{CC-} (see Note 1)	-18	-18	-18	V
Differential input voltage (see Note 2)	±30	±30	±30	V
Input voltage (see Notes 1 and 3)	±15	±15	±15	V
Duration of output short circuit (see Note 4)	Unlimited	Unlimited	Unlimited	
Continuous total dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (See Note 5)	680	680	680	mW
Operating free-air temperature range	55 to 125	-25 to 85	0 to 70	°C
Storage temperature range	-65 to 150	-65 to 150	-65 to 150	°C
Lead temperature 1/16 inch (1.6 mm) from case for 60 seconds	J, JG, or W package	300	300	°C
Lead temperature 1/16 inch (1.6 mm) from case for 10 seconds	N or P package	260	260	°C

- NOTES: 1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
 2. Differential voltages are at the noninverting input terminal with respect to the inverting input terminal.
 3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.
 4. The output may be shorted to ground or to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the dissipation rating is not exceeded.
 5. For operation above 25°C free air temperature, refer to Dissipation Derating Table. In the J and JG packages, TL08_M chips are alloy-mounted; TL08_I, TL08_C, TL08_AC, and TL08_BC chips are glass-mounted.

DISSIPATION DERATING TABLE

PACKAGE	POWER RATING	DERATING FACTOR	ABOVE T_A
J (Alloy-Mounted Chip)	680 mW	11.0 mW/°C	88°C
J (Glass-Mounted Chip)	680 mW	8.2 mW/°C	67°C
JG (Alloy-Mounted Chip)	680 mW	8.4 mW/°C	69°C
JG (Glass-Mounted Chip)	680 mW	6.6 mW/°C	47°C
N	680 mW	9.2 mW/°C	76°C
P	680 mW	8.0 mW/°C	65°C
W	680 mW	8.0 mW/°C	65°C

Also see Dissipation Derating Curves, Section 2

DEVICE TYPES, SUFFIX VERSIONS, AND PACKAGES

	TL080	TL081	TL082	TL083	TL084	TL085
TL08_M	JG	JG	JG	J	J, W	*
TL08_I	JG, P	JG, P	JG, P	J, N	J, N	*
TL08_C	JG, P	JG, P	JG, P	J, N	J, N	N
TL08_AC	JG, P	JG, P	JG, P	J, N	J, N	*
TL08_BC	*	JG, P	JG, P	*	J, N	*

* These combinations are not defined by this data sheet.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 275012 • DALLAS, TEXAS 75285

TYPES TL080 THRU TL085, TL080A THRU TL084A, TL081B, TL082B, TL084B JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

electrical characteristics, $V_{CC1} = \pm 15$ V

PARAMETER	TEST CONDITIONS†		TL08_M			TL08_I			TL08_C TL08_AC TL08_BC			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$R_S = 50 \Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	'80,'81,'82,'83,'85‡	3	6	3	6	5	15				mV
		TL084	3	9	3	6	5	15				
		TL08_A										
	$R_S = 50 \Omega$, $T_A = \text{full range}$	'81B,'82B,'84B					3	6				
		'80,'81,'82,'83,'85‡		9		9		20				
		TL084		15		9		20				
eV_{IO} Temperature coefficient of input offset voltage	$R_S = 50 \Omega$, $T_A = \text{full range}$	TL08_A					7.5					
		'81B,'82B,'84B					5					
			10		10		10				$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
I_{IO} Input offset current §	$T_A = 25^\circ\text{C}$	TL08_‡	5	100	5	100	5	200			pA	
		TL08_A					5	100				
		'81B,'82B,'84B					5	100				
	$T_A = \text{full range}$	TL08_‡		20		10		5			nA	
		TL08_A						3				
		'81B,'82B,'84B						3				
I_{IB} Input bias current §	$T_A = 25^\circ\text{C}$	TL08_‡	30	200	30	200	30	400			pA	
		TL08_A					30	200				
		'81B,'82B,'84B					30	200				
	$T_A = \text{full range}$	TL08_‡		50		20		10			nA	
		TL08_A						7				
		'81B,'82B,'84B						7				
V_{ICR} Common-mode input voltage range	$T_A = 25^\circ\text{C}$	TL08_‡	+11	+12	+11	+12	+10	+11			V	
		TL08_A					+11	+12				
		'81B,'82B,'84B					+11	+12				
V_{OPP} Maximum peak-to-peak output voltage swing	$T_A = 25^\circ\text{C}$	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$	24	27	24	27	24	27			V	
		$R_L > 10 \text{ k}\Omega$		24		24		24				
		$R_L > 2 \text{ k}\Omega$	20	24	20	24	20	24				
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	$R_L > 2 \text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	TL08_‡	25	200	50	200	25	200			V/mV	
		TL08_A					50	200				
		'81B,'82B,'84B					50	200				
	$R_L > 2 \text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10 \text{ V}$, $T_A = \text{full range}$	TL08_‡	15		25		15					
		TL08_A					25					
		'81B,'82B,'84B					25					
B_1 Unity-gain bandwidth	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3		3		3			MHz		
		r_i Input resistance		10^{11}		10^{11}		10^{11}				
CMRR Common-mode rejection ratio	$R_S > 10 \text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	TL08_‡	80	86	80	86	70	76			dB	
		TL08_A					80	86				
		'81B,'82B,'84B					80	86				
k_{SVR} Supply voltage rejection ratio ($\Delta V_{CC1}/\Delta V_{IO}$)	$R_S > 10 \text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	TL08_‡	80	86	80	86	70	76			dB	
		TL08_A					80	86				
		'81B,'82B,'84B					80	86				
I_{CC} Supply current (per amplifier)	No load, $T_A = 25^\circ\text{C}$	No signal,	1.4	2.8	1.4	2.8	1.4	2.8			mA	
V_{O1}/V_{O2} Channel separation	$A_{VD} = 100$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		120		120		120				dB	

† All characteristics are specified under open-loop conditions unless otherwise noted. Full range for T_A is -55°C to 125°C for TL08_M, -25°C to 85°C for TL08_I, and 0°C to 70°C for TL08_C, TL08_AC, and TL08_BC.

‡ Types TL085I and TL085M are not defined by this data sheet.

§ Input bias currents of a FET input operational amplifier are normal junction reverse currents, which are temperature sensitive as shown in Figure 1B. Pulse techniques must be used that will maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as is possible.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 22012 • DALLAS, TEXAS 75225

**LINEAR
INTEGRATED
CIRCUITS**

**TYPES μ A741M, μ A741C
GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS**

BULLETIN NO. DL-S 11363, NOVEMBER 1970—REVISED OCTOBER 1979

- Short-Circuit Protection
- Offset-Voltage Null Capability
- Large Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- No Frequency Compensation Required
- Low Power Consumption
- No Latch-up

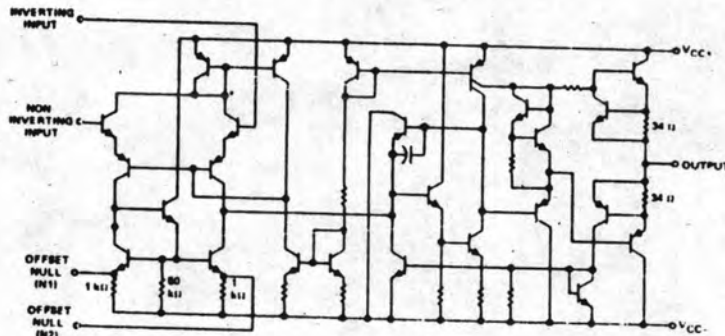
description

The μ A741 is a general-purpose operational amplifier featuring offset-voltage null capability.

The high common mode input voltage range and the absence of latch-up make the amplifier ideal for voltage-follower applications. The device is short-circuit protected and the internal frequency compensation ensures stability without external components. A low-value potentiometer may be connected between the offset null inputs to null out the offset voltage as shown in Figure 2.

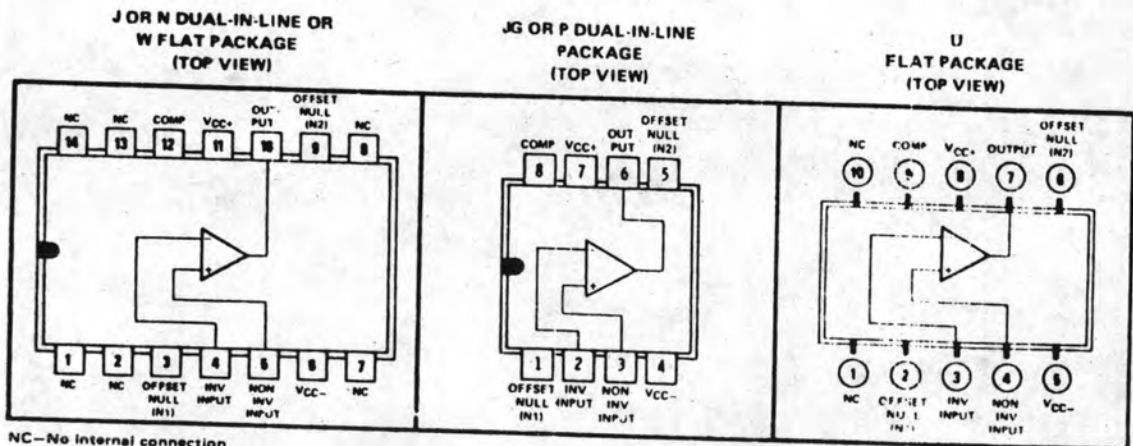
The μ A741M is characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C ; the μ A741C is characterized for operation from 0°C to 70°C .

schematic



Resistor values shown are nominal

terminal assignments



NC—No internal connection

Copyright © 1979 by Texas Instruments Incorporated

**TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED**

POST OFFICE BOX 275012 • DALLAS, TEXAS 75265

TYPES μ A741M, μ A741C

GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	μ A741M	μ A741C	UNIT
Supply voltage V_{CC+} (see Note 1)	22	18	V
Supply voltage V_{CC-} (see Note 1)	-22	-18	V
Differential input voltage (see Note 2)	± 30	± 30	V
Input voltage (either input, see Notes 1 and 3)	± 15	± 15	V
Voltage between either offset null terminal (N1/N2) and V_{CC-}	± 0.5	± 0.5	V
Duration of output short-circuit (see Note 4)	unlimited	unlimited	
Continuous total power dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 5)	500	500	mW
Operating free-air temperature range	-55 to 125	0 to 70	°C
Storage temperature range	-65 to 150	-65 to 150	°C
Lead temperature 1/16 inch (1.6 mm) from case for 60 seconds	J, JG, U, or W package		300
Lead temperature 1/16 inch (1.6 mm) from case for 10 seconds	N or P package		260

- NOTES: 1. All voltage values, unless otherwise noted, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
2. Differential voltages are at the noninverting input terminal with respect to the inverting input terminal.
3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.
4. The output may be shorted to ground or either power supply. For the μ A741M only, the unlimited duration of the short circuit applies at (or below) 125°C case temperature or 75°C free-air temperature.
5. For operation above 25°C free-air temperature, refer to Dissipation Derating Curves, Section 2. In the J and JG packages, μ A741M chips are alloy-mounted; μ A741C chips are glass-mounted.

electrical characteristics at specified free-air temperature, $V_{CC+} = 15$ V, $V_{CC-} = -15$ V

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	μ A741M			μ A741C			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$R_S < 10$ k Ω	25°C		1	5	1		6
		Full range					7.5	
$\Delta V_{IO(Adj)}$ Offset voltage adjust range		25°C		± 15				
I_{IO} Input offset current		25°C		20	200	20	200	
		Full range		500			300	
I_{IB} Input bias current		25°C		80	500	80	500	
		Full range		1500			800	
V_{ICR} Common-mode input voltage range		25°C		± 12	± 13	± 12	± 13	
		Full range		± 12				
V_{OPP} Maximum peak-to-peak output voltage swing	$R_L = 10$ k Ω	25°C		24	28	24	28	
	$R_L \geq 10$ k Ω	Full range		24				
	$R_L = 2$ k Ω	25°C		20	26	20	26	
	$R_L \geq 2$ k Ω	Full range		20				
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	$R_L \geq 2$ k Ω , $V_O = \pm 10$ V	25°C		50	200	20	200	
		Full range		25			15	
r_i Input resistance		25°C		0.3	2	0.3	2	
r_o Output resistance	$V_O = 0$ V, See Note 6	25°C		75			75	
C_i Input capacitance		25°C		1.4			1.4	
CMRR Common-mode rejection ratio	$R_S < 10$ k Ω	25°C		70	90	70	90	
		Full range		70				
k_{SVS} Supply voltage sensitivity ($\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$)	$R_S < 10$ k Ω	25°C		30	150	30	150	
		Full range		150			150	
I_{OS} Short-circuit output current		25°C		± 25	± 40	± 25	± 40	
I_{CC} Supply current	No load, No signal	25°C		1.7	2.8	1.7	2.8	
		Full range		3.3			3.3	
P_D Total power dissipation	No load, No signal	25°C		50	85	50	85	
		Full range		100			100	

† All characteristics are specified under open-loop operation. Full range for μ A741M is -55°C to 125°C and for μ A741C is 0°C to 70°C.

NOTE 6 This typical value applies only at frequencies above a few hundred hertz because of the effects of drift and thermal feedback.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 279117 • DALLAS, TEXAS 75265

4. A TO D CONVERTER



ADC3511 3½-Digit Microprocessor Compatible A/D Converter

ADC3711 3¾-Digit Microprocessor Compatible A/D Converter

General Description

The ADC3511 and ADC3711 (MM74C9371, MM74C93811) monolithic A/D converter circuits are manufactured using standard complementary MOS (CMOS) technology. A pulse modulation analog-to-digital conversion technique is used and requires no external precision components. In addition, this technique allows the use of a reference voltage that is the same polarity as the input voltage.

One 5V (TTL) power supply is required. Operating with an isolated supply allows the conversion of positive as well as negative voltages. The sign of the input voltage is automatically determined and indicated on the sign pin. If the power supply is not isolated, only one polarity of voltage may be converted.

The conversion rate is set by an internal oscillator. The frequency of the oscillator can be set by an external RC network or the oscillator can be driven from an external frequency source. When using the external RC network, a square wave output is available.

The ADC3511 and ADC3711 have been designed to provide addressed BCD data and are intended for use with microprocessors and other digital systems. BCD digits are selected on demand via 2-Digit Select (D0, D1) inputs. Digit Select inputs are latched by a low-to-high transition on the Digit Latch Enable (DLE) input and will remain latched as long as DLE remains high. A start

conversion input and a conversion complete output are included on both the ADC3511 and the ADC3711.

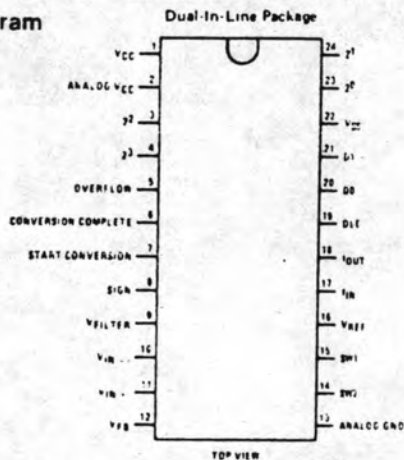
Features

- Operates from single 5V supply
- ADC3511 converts 0 to ±1999 counts
- ADC3711 converts 0 to ±3999 counts
- Addressed BCD outputs
- No external precision components necessary
- Easily interfaced to microprocessors or other digital systems
- Medium speed—200 ms conversion
- TTL compatible
- Internal clock set with RC network or driven externally
- Overflow indicated by hex 'EEEE' output reading as well as an overflow output

Applications

- Low cost analog to digital converter
- Eliminate analog multiplexing by using remote A/D converters
- Convert analog transducers (temperature, pressure, displacement, etc.) to digital transducers

Connection Diagram



Absolute Maximum Ratings (Note 1)					
Voltage at Any Pin		-0.3V to V _{CC} +0.3V			
Operating Temperature Range (T _A)		-40°C to +85°C			
Package Dissipation at T _A = 25°C		500 mW			
Operating V _{CC} Range		4.5V to 6.0V			
Absolute Maximum V _{CC}		6.5V			
Storage Temperature Range		-65°C to +150°C			
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)		300°C			
DC Electrical Characteristics ADC3511CC, ADC3711CC					
4.75V ≤ V _{CC} ≤ 5.25V, -40°C ≤ T _A ≤ +85°C, unless otherwise specified					
PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP (Note 2)	MAX	UNITS
V _{IN(1)}	Logical "1" Input Voltage (Except f _{IN})	V _{CC} - 1.5		1.5	V
V _{IN(0)}	Logical "0" Input Voltage (Except f _{IN})				V
V _{IN(1)}	Logical "1" Input Voltage (f _{IN})	V _{CC} - 0.6			V
V _{IN(0)}	Logical "0" Input Voltage (f _{IN})			0.6	V
V _{OUT(1)}	Logical "1" Output Voltage (Except 2 ⁰ , 2 ¹ , 2 ² , 2 ³)	I _O = 360 μA	V _{CC} - 0.4		V
V _{OUT(1)}	Logical "1" Output Voltage (2 ⁰ , 2 ¹ , 2 ² , 2 ³)	I _O = 360 μA	V _{CC} - 1.0		V
V _{OUT(0)}	Logical "0" Output Voltage	I _O = 1.6 mA		0.4	V
I _{IN(1)}	Logical "1" Input Current (SC, DLE, D0, D1)	V _{IN} = V _{CC}	0.005	1.0	μA
I _{IN(0)}	Logical "0" Input Current (SC, DLE, D0, D1)	V _{IN} = 0V	-1.0	-0.005	μA
I _{CC}	Supply Current	All Outputs Open	0.5	5.0	mA
AC Electrical Characteristics ADC3511CC, ADC3711CC					
V _{CC} = 5V; T _A = 25°C; C _L = 50 pF; t _r = t _f = 20 ns; unless otherwise specified.					
PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP (Note 2)	MAX	UNITS
f _{OSC}	Oscillator Frequency		0.6/RC		Hz
f _{IN}	Clock Frequency	100		640	kHz
f _{CONV}	Conversion Rate	ADC3511CC ADC3711CC	f _{IN} /64,512 f _{IN} /129,024		conversions/sec conversions/sec
t _{SCPW}	Start Conversion Pulse Width	200		DC	ns
t _{pd0} , t _{pd1}	Propagation Delay D0, D1, to 2 ⁰ , 2 ¹ , 2 ² , 2 ³	DLE = 0V	2.0	5.0	μs
t _{pd0} , t _{pd1}	Propagation Delay DLE to 2 ⁰ , 2 ¹ , 2 ² , 2 ³		2.0	5.0	μs
t _{SET-UP}	Set Up Time D0, D1, to DLE	HOLD = 0 ns	100	200	ns
t _{PWLE}	Minimum Pulse Width Digit Latch Enable (Low)		100	200	ns

Converter Characteristics ADC3511CC, ADC3711CC $4.75V \leq V_{CC} \leq 5.25V$, $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$
 $I_C = 5 \text{ conv./sec}$ (ADC3511CC), 2.5 conv./sec (ADC3711CC); unless otherwise specified

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP (Note 2)	MAX	UNITS
Non-Linearity	$V_{IN} = 0-2V$ Full Scale $V_{IN} = 0-200 \text{ mV}$ Full Scale	-0.05	± 0.025	+0.05	% of Full-Scale (Note 3)
Quantization Error		-1		+0	Counts
Offset Error	$V_{IN} = 0V$	-0.5	+1.0	+3.0	mV (Note 4)
Rollover Error		-0		+0	Counts
V_{IN+} , V_{IN-} Analog Input Current	$T_A = 25^{\circ}C$	-5	± 1	+5	nA

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.

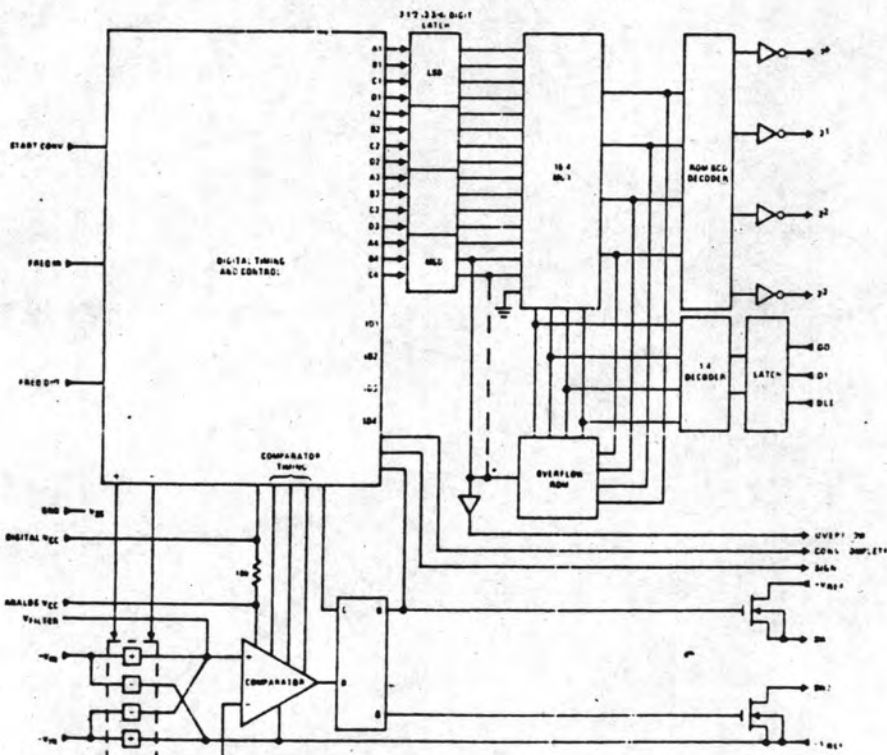
Note 2: All typicals are given for $T_A = 25^{\circ}C$.

Note 3: For the ADC3511CC: full-scale = 1999 counts; therefore 0.025% of full-scale = 1/2 count and 0.05% of full-scale = 1 count. For the ADC3711CC: full-scale = 399 counts; therefore 0.025% of full-scale = 1 count and 0.05% of full-scale = 2 counts.

Note 4: For full-scale = 2.00V, 1 mV = 1 count for the ADC3511CC, 1 mV = 2 counts for the ADC3711CC.

Block Diagram

ADC3511 3 1/2-Digit A/D (*ADC3711 3 3/4-Digit A/D)



Applications Information

THEORY OF OPERATION

A schematic for the analog loop is shown in Figure 1. The output of SW1 is either at V_{REF} or zero volts, depending on the state of the D flip-flop. If Q is at a high level, $V_{OUT} = V_{REF}$ and if Q is at a low level $V_{OUT} = 0V$. This voltage is then applied to the low pass filter comprised of R1 and C1. The output of this filter, V_{FB} , is connected to the negative input of the comparator, where it is compared to the analog input voltage V_{IN} . The output of the comparator is connected to the D input of the D flip-flop. Information is then transferred from the D input to the Q and \bar{Q} outputs on the positive edge of clock. This loop forms an oscillator whose duty cycle is precisely related to the analog input voltage, V_{IN} .

An example will demonstrate this relationship. Assume the input voltage is equal to 0.500V. If the Q output of the D flip-flop is high then V_{OUT} will equal V_{REF} (2.000V) and V_{FB} will charge toward 2V with a time constant equal to $R1C1$. At some time V_{FB} will exceed 0.500V and the comparator output will switch to 0V. At the next clock rising edge the Q output of the D flip-flop will switch to ground, causing V_{OUT} to switch to 0V. At this time, V_{FB} will start discharging toward 0V with a time constant $R1C1$. When V_{FB} is less than 0.5V the comparator output will switch high. On the rising edge of the next clock the Q output of the D flip-flop will switch high and the process will repeat. There exists at the output of SW1 a square wave pulse train with positive amplitude V_{REF} and negative amplitude 0V.

The DC value of this pulse train is:

$$V_{OUT} = V_{REF} \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} = V_{REF} (\text{duty cycle})$$

The lowpass filter will pass the DC value and then:

$$V_{FB} = V_{REF} (\text{duty cycle})$$

Since the closed loop system will always force V_{FB} to equal V_{IN} , we can then say that:

$$V_{IN} = V_{FB} = V_{REF} (\text{duty cycle})$$

or

$$\frac{V_{IN}}{V_{REF}} = (\text{duty cycle})$$

The duty cycle is logically ANDed with the input frequency f_{IN} . The resultant frequency f equals:

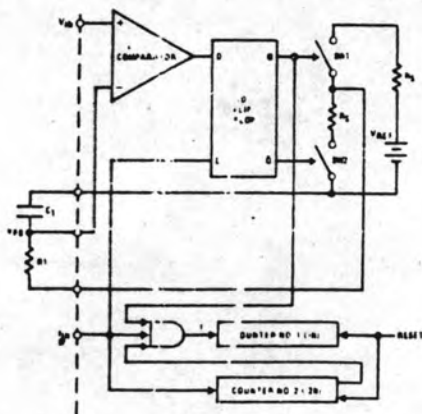
$$f = (\text{duty cycle}) \times (f_{IN})$$

Frequency f is accumulated by counter no. 1 for a time determined by counter no. 2. The count contained in counter no. 1 is then:

$$\begin{aligned} (\text{count}) &= \frac{f}{(f_{IN})/N} = \frac{(\text{duty cycle}) \times (f_{IN})}{(f_{IN})/N} \\ &= \frac{V_{IN}}{V_{REF}} \times N \end{aligned}$$

For the ADC3511 $N = 2000$.

For the ADC3711 $N = 4000$.



$$V_{IN} = V_{FB} = V_{REF} (\text{duty cycle})$$

$$f = (\text{duty cycle}) \times f_{IN}$$

$$\text{Count in counter no. 1} = \frac{f}{f_{IN}/N} = \frac{(\text{duty cycle}) \times f_{IN}}{f_{IN}/N} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}} \times N$$

FIGURE 1 Analog Loop Schematic Pulse Modulation A/D Converter

Applications Information (Continued)

GENERAL INFORMATION

The timing diagram, shown in Figure 2, gives operation for the free running mode. Free running operation is obtained by connecting the Start Conversion input to logic "1" (V_{CC}). In this mode the analog input is continuously converted and the digit latches are updated at a rate equal to $64,512 \times 1/f_{IN}$ for the ADC3511, or $129,024$ for the ADC3711.

The rising edge of the Conversion Complete output indicates that new information has been transferred from the internal counter to the digit latches. This information will remain in the digit latches until the next low-to-high transition of the Conversion Complete output. A logic "1" will be maintained on the Conversion Complete output for a time equal to $64 \times 1/f_{IN}$ on the ADC3511, or $128 \times 1/f_{IN}$ on the ADC3711.

Figure 3 gives the operation using the Start Conversion input. It is important to note that the Start Conversion input and Conversion Complete output do not influence the actual analog-to-digital conversion in any way. Internally the ADC3511 and ADC3711 are always continuously converting the analog voltage present at their inputs. The Start Conversion input is used to control the transfer of information from the internal counter to the digit latches.

An RS latch on the Start Conversion input allows a broad range of input pulse widths to be used on this signal. As shown in Figure 3, the Conversion Complete output goes to a logic "0" on the rising edge of the Start Conversion pulse and goes to a logic "1" some time later when the new conversion is transferred from the internal counter to the display latch. Since the Start Conversion pulse can occur at any time during the conversion cycle, the amount of time from Start Conversion to Conversion Complete will vary. The maximum time is $64,512 \times 1/f_{IN}$ ($129,024 \times 1/f_{IN}$ for the ADC3711) and the minimum time is $256 \times 1/f_{IN}$ ($512 \times 1/f_{IN}$ for the ADC3711).

SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

The ADC3511 and ADC3711 have reduced the problem of high resolution, high accuracy analog-to-digital conversion to nearly the level of simplicity, economy, and compactness usually associated with digital logic circuitry. However, they are truly high precision analog devices and require the same kind of design considerations given to all analog circuits. While great care has been taken in the design of the ADC3511 and ADC3711 to make their application as easy as possible, in order to utilize them to their full performance potential, good grounding, power supply distribution, decoupling and regulation techniques should be exercised.

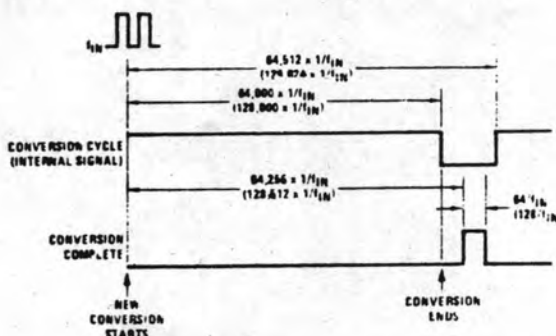


FIGURE 2 Conversion Cycle Timing Diagram for Free Running Operation (Times Shown in Parentheses are for the ADC3711)

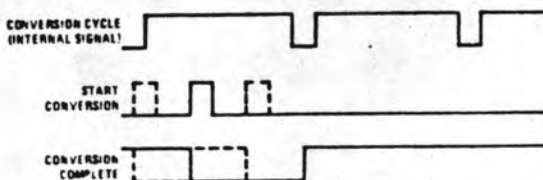


FIGURE 3 Conversion Cycle Timing Diagram Operating with Start Conversion Input

Truth Table

DIGIT SELECT INPUTS			SELECTED DIGIT
DLE	D1	D0	
L	L	L	Digit 0 (LSD)
L	L	H	Digit 1
L	H	L	Digit 2
L	H	H	Digit 3 (MSD)
H	X	X	Unchanged

L = Low logic level;
H = High logic level;
X = Irrelevant logic level

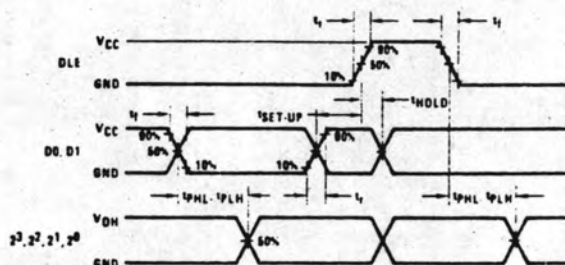
The value of the Selected Digit is presented at the 2^3 , 2^2 , 2^1 and 2^0 outputs in BCD format

Note 1: If the value of a digit changes while it is selected that change will be reflected at the outputs.

Note 2: An overflow condition will be indicated by a high level on the OVERFLOW output (pin 5) and E16 in all digits.

Note 3: The sign of the input voltage, when these devices are operated in the bipolar mode, is indicated by the SIGN output (pin 8). A high level indicates a positive voltage; a low level a negative.

Timing Diagrams



Typical Applications

Figure 4 shows the ADC3511 and ADC3711 connected to convert 0 to +2.000 volts full scale operating from a non-isolated power supply. (Note that the ADC3511 converts 0 to +1999 counts full scale, while the ADC3711 converts 0 to +3999 counts full scale.) In this configuration the SIG₁ output (pin 8) should be ignored. Higher voltages can, of course, be converted by placing fixed dividers in the inputs, while lower voltages can be converted by placing fixed dividers in the feedback loop, as shown in Figure 6.

Figures 5 and 6 show systems operating with isolated supplies that will convert both polarities of inputs. 60 Hz common-mode noise can become a problem in these

configurations, so shielded transformers have been shown in the figures. The necessity for, and the type of shielding needed depends on the performance requirements, and the actual applications.

The filter capacitors connected to VFB (pin 12) and VFILTER (pin 11) should be of a low leakage variety. In the examples shown every 10 nA of leakage will cause approximately 0.1 mV error ($10 \times 10^{-9} \text{ A} \times 100 \text{ k}\Omega = 0.1 \text{ mV}$). If the currents in both capacitors are exactly equal however, little error will result since the source impedances driving both capacitors are approximately matched.

ประวัติผู้เขียน

นาย วิชัย ผดุงศิลป์ เกิดที่อำเภอไชโย จังหวัดอ่างทอง เมื่อปี พ.ศ. 2499 ศึกษาจบปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (ไฟฟ้ากำลัง) จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา เมื่อปีการศึกษา 2522 ในปี พ.ศ. 2525 ได้รับทุนจากโครงการเงินยืมเพื่อพัฒนาอาชีพศึกษาของวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษาไปฝึกอบรมตามหลักสูตร ELECTRICAL - ELECTRONICS TECHNOLOGY ที่ OKLAHOMA STATE UNIVERSITY เป็นเวลา 8 เดือน ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา

