



เอกสารอ้างอิง

1. สีสี่ จานงชอบ, "ประวัติของกองป้องกันอันตรายจากรังสี", การฝึกอบรมการป้องกันอันตรายจากรังสี, หน้า 9, กองป้องกันอันตรายจากรังสี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, โรงพิมพ์การศาสนา, 2529
2. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, รายงานประจำปี พ.ศ.2531, หน้า 65, โรงพิมพ์การศาสนา, 2532
3. ชัยศักดิ์ เวชแพศย์, วิชาเครื่องเอกซเรย์, หน้า 191-193, คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล, 2524
4. Victoreen, Instrument Catalog, pp. 93, 125, Victoreen, Inc., Ohio, 1987
5. มานัส มงคลสุข, วัชรพงษ์ ยะไวทย์ และ จิตตพร ศรีประเสริฐ, "การศึกษาทึลโวลต์สูงสุดของหลอดรังสีเอกซ์โดยใช้เพนนีทรามิเตอร์ : ตอนที่ 1 ซ่อมลเบองตน", วารสารรังสีเทคนิค, ฉบับที่ 1-3, หน้า 1-3, หน้า 1-2, 2524
6. A.F. Jacobson, J.R. Cameron, M.P. Siedband, and J. Wagner, "Test Cassette for Measuring Peak Tube Potential of Diagnostic X-Ray Machines", Medical Physics, Vol.3, No.1, pp. 20-21, 1976
7. Edward R. Epp, Ph. V, "Diagnostic X-Ray Spectra", Physics of Diagnostic Radiology, Proceedings of a Summer School Held at Trinity University San Antonio, pp. 55, 71, Texas, 1971

8. Canberra, Canberra Edition Seven, pp. 40, Canberra Industries, Inc., Connecticut, U.S.A.
9. G. Drexler, H. Eriskat, and H. Schibilla, "Criteria and Methods for Quality Assurance in Medical X-ray Diagnosis", British Journal of Radiology, Supplement No.18, pp. 66, 80, 146, The British Institute of Radiology, London, 1985
10. Thomas S. Curry, James E. Dowdey, and Robert C. Murry, JR., Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology, pp.60-62, 114-115, 184-186, Lea & Febiger, Philadelphia, 3 rd ed., 1984
11. John R. Lamarsh, Introduction to Nuclear Engineering, pp. 81, Addison-Wesley Publishing, Philippines, 1975
12. William E. Simon, Doug Richards, "Determination of X-Ray Tube Potential (kV) Waveform by a Noninvasive Evaluation of Radiation Output (NERO)", Application of Optical Instrumentation in Medicine, SPIE, Vol. 273, pp. 149-150, 1981
13. Steven C. Chapra, Raymond P. Canale, Numerical Methods for Engineers with Personal Computer Applications, pp. 287-302, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1985
14. Harold Elford Johns, John Robert Cunningham, The Physics of Radiology, pp. 52-54, 744-745, Charles C Thomas, Publisher, Illinois, 3 rd., 1971

15. Motorola, Opto Electronics Devices Data, pp. 3-104 to 3-110,
Motorola Inc., U.S.A., 1985
16. David F. Stout, Milton Kaufman, Handbook of Operational
Amplifier Circuit Design, pp. 2-3 to 2-17, Mc Graw-Hill
Book Co., New York, 1976
17. National Semiconductor, Linear Databook 2, pp. 5-29 to 5-33,
National Semiconductor, Corp., U.S.A.
18. Victoreen, Operating Instructions NERO Model 6000B X-Ray Beam
Analyzer, pp. 6-6 to 6-7, Victoreen, Inc., 1985
19. Nuclear Associates, Catalogg G-4 Radiology Instruments and
Accessories with CT and Ultrasound Sections, pp. 7,
Victoreen, Inc., 1985
20. A Report of the Diagnostic X-ray Imaging Committee Task Group,
Protocols for the Radiation Safety Surveys of Diagnostic
Radiological Equipment, pp. 12, The American Institute
of Physics, 1988
21. National Council on Radiation Protection and Measurements,
"Medical X-Ray and Gamma-Ray Protection for Energies
up to 10 MeV Equipment Design and Use", NCRP Report, No. 33,
pp. 43, NCRP Publications, Washington, D.C., 1971

การพนัน

ภาคผนวก ก

สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีของอะลูมิเนียมและทองแดง

ตาราง ก.1 แสดงสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีของอะลูมิเนียมและทองแดง (14)

σ —Compton scattering; σ_{coh} —coherent scattering; τ —photoelectric; π^+ —pair production by nucleus; π^- —pair production by electrons (triplet); μ/ρ —total mass; μ'/ρ —total mass excluding coherent; μ_{en}/ρ mass energy absorption.

Photon Energy (Mev)	Aluminium Z = 13 $\rho = 2.70 \text{ gm/cm}^3$ 0.2238×10^{23} atoms/gm 2.908×10^{23} electrons/gm						Copper Z = 29 $\rho = 8.93 \text{ gm/cm}^3$ 0.9482×10^{23} atoms/gm 2.750×10^{23} electrons/gm					
	σ	σ_{coh}	τ	μ'/ρ	μ/ρ	μ'_{en}/ρ	σ	σ_{coh}	τ	μ'/ρ	μ/ρ	μ_{en}/ρ
	$\times 10^{-24} \text{ cm}^2/\text{atom}$			cm^2/gm			$\times 10^{-24} \text{ cm}^2/\text{atom}$			cm^2/gm		
.01	8.33	20.68	1147	25.8	20.2	25.5	18.6	191.4	29500	222.9	224.2	160
.015	8.18	10.82	935	7.06	7.90	7.47	18.2	77.8	7720	73.3	74.1	59.4
.02	8.03	6.97	197	3.24	3.99	3.06	17.0	52.1	3460	33.0	33.7	28.2
.03	7.77	3.74	38.5	1.03	1.12	.868						
.04	7.52	2.29	15.5	.514	.565	.357						
.05	7.30	1.51	7.65	.334	.367	.184						
.06	7.09	1.00	4.33	.255	.277	.111						
.08	6.72	.54	1.73	.189	.201	.0562						
.10	6.40	.38	.845	.162	.170	.0386						
							K edge for Tin					
.15	5.77	.19	.293	.134	.138	.0285	17.3	28.7	1105	10.6	10.9	9.50
.2	5.28	.10	.0953	.120	.122	.0276	16.8	18.2	480	4.71	4.88	4.24
.3	4.59	.04	.0276	.103	.104	.0282	16.3	11.7	247	2.50	2.61	2.22
.4	4.12	.02	.0119	.0922	.0926	.0287	15.8	8.17	145	1.52	1.60	1.32
.5	3.76	.02	.0064	.0840	.0844	.0286	15.0	5.21	60.8	.718	.768	.573
.6	3.48	.01	.0040	.0778	.0779	.0286	14.3	3.61	30.8	.427	.462	.302
.8	3.05		.0020		.0682	.0277	12.86	1.64	9.04	.208	.223	.106
1.0	2.75		.0013		.0613	.0269	11.79	1.01	3.80	.148	.157	.0507
		Triplet		Pair			10.25	.45	1.15	.108	.112	.0370
		π^+		π^-			9.18	.25	.512	.0919	.0942	.0318
1.5	2.23		.0006	.007	.0500	.0245	8.38	.15	.281	.0821	.0835	.0298
2	1.902		.0004	.031	.0431	.0226	7.70	.10	.177	.0752	.0762	.0286
3	1.496	.0005	.0002	.087	.0353	.0202	6.81	.05	.091	.0654	.0659	.0271
4	1.251	.002		.140	.0311	.0188	6.12	.04	.056	.0586	.0590	.0258
5	1.080	.004		.187	.0284	.0179		Triplet		Pair		
6	.954	.006		.220	.0260	.0172		π^+		π^-		
8	.781	.011		.300	.0244	.0168	4.97		.026	.04	.0479	.0233
10	.665	.015		.351	.0232	.0165	4.24		.016	.16	.0419	.0217
15	.490	.023		.460	.0217		3.34	.001	.009	.44	.0350	.0202
20	.393	.030		.539	.0215		2.79	.005	.006	.70	.0332	.0200
30	.286	.040		.647	.0217		2.41	.009	.005	.93	.0318	.0200
40	.227	.048		.726	.0224		2.13	.014	.004	1.13	.0310	.0202
50	.1898	.053		.782	.0229		1.74	.025	.003	1.46	.0307	.0209
60	.1630	.058		.828	.0234		1.48	.034	.002	1.72	.0310	.0215
80	.1284	.066		.890	.0243		1.094	.052		2.23	.0320	
100	.1065	.072		.944	.0251		.877	.07		2.60	.0336	
							.638	.09		3.12	.0365	
							.506	.11		3.48	.0388	
							.422	.12		3.75	.0407	
							.364	.13		3.97	.0423	

ภาคผนวก ข

ความหนาครีงค่าและการกรองรังสีของ เครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย

ตาราง ข.1 แสดงความหนาครีงค่าอย่างน้อยที่สุดที่ต้องการสำหรับ เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์
วินิจฉัย (20)

Minimum HVL Requirement			
Designed Operating Potential (kVp)	Measured Operating Potential (kVp)	Minimum HVL (mm of Al)	
		*Dental	Other X-ray Systems
Below 51 kVp	30	1.5	0.3
	40	1.5	0.4
	50	1.5	0.5
51 to 70	51	1.5	1.2
	60	1.5	1.3
	70	1.5	1.5
Above 70	71	2.1	2.1
	80	2.3	2.3
	90	2.5	2.5
	100	2.7	2.7
	110	3.0	3.0
	120	3.2	3.2
	130	3.5	3.5
140	3.8	3.8	
	150	4.1	4.1

*Manufactured after December 1, 1980 and
Designed with Intraoral Image Receptors

ตาราง ข.2 แสดงการกรองรังสีอย่างน้อยที่สุดที่ต้องการสำหรับ เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์
วินิจฉัย (20)

Minimum Total Aluminum Filtration	
Operating Tube Potential (kVp)	Total Aluminum Filter Thickness (mm) (Inherent Plus Added)
below 51	0.5
51 through 70	1.5
above 70	2.5

ตาราง ข.3 แสดงความหนาครึ่งค่าซึ่งเป็นฟังก์ชันของการกรองรังสีและค่ากิโลโวลต์พิกของ
เครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย (21)

*Half-value layers as a function of filtration and tube potential
for diagnostic units**

Total Filtration mm Al	Peak Potential (kVp)									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	Typical half-value-layers in millimeters of aluminum									
0.5	0.36*	0.47*	0.58	0.67	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16
1.0	0.65	0.78	0.95	1.08	1.21	1.33	1.46	1.58	1.70	1.82
1.5	0.78	1.04	1.25*	1.42*	1.59*	1.75	1.90	2.08	2.25	2.42
2.0	0.92	1.22	1.49	1.70	1.90	2.10	2.28	2.48	2.70	2.90
2.5	1.02	1.38	1.69	1.95	2.16	2.37*†	2.58*†	2.82*†	3.06*†	3.30*†
3.0	—	1.49	1.87	2.16	2.40	2.62	2.86	3.12	3.38	3.65
3.5	—	1.58	2.00	2.34	2.60	2.86	3.12	3.40	3.68	3.95

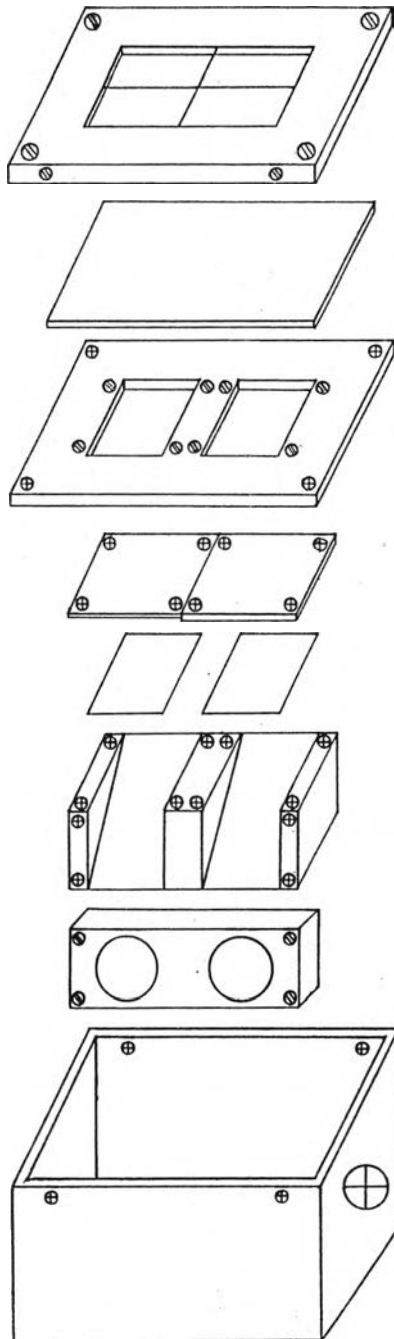
* For full-wave rectified potential. Derived from reference [14] by interpolation and extrapolation.

* Recommended minimum HVL for radiographic units. See Section 3.2.2 (a).

† Recommended minimum HVL for fluoroscopes. See Section 3.1.2 (b).

ภาคผนวก ค

ลักษณะภายในของหัววัดกิโลวัตต์พีค



ฝาปิดเหล็กเคลือบสี

กว้าง 8 cm ยาว 13 cm หนา 1 mm
(เจาะช่อง กว้าง 4.5 cm ยาว 9.0 cm)

ตะลุมเบียมกรองรังสี

กว้าง 8 cm ยาว 10 cm หนา 1 cm

ตะกั่วกันรังสี

กว้าง 7.5 cm ยาว 12 cm หนา 3 mm
(เจาะช่อง กว้าง 2.5 cm ยาว 2.5 cm)

ทองแดงกรองรังสี

กว้าง 5 cm ยาว 5 cm หนา 0.5 และ 1.0 cm

แท็บเรืองแสง

กว้าง 2.5cm ยาว 2.5 cm

ไส้ปรอทขนาดความละเอียดเบียม

บรรจุปรอทขนาด 2.5 x 2.5 cm² 2 อัน

ไส้ไฟไนท์กานอดแก้วขอดีเบียม

กล่องเหล็ก

ขนาดกว้าง 8 cm ยาว 13 cm สูง 8 cm

ภายในเคลือบตะกั่วหนา 1 mm

รูป ค.1 แสดงลักษณะภายในของหัววัดกิโลวัตต์พีค

ภาคผนวก ง

รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ง.1 ตัวต้านทาน (resistor)

ตัวต้านทานทุกตัวใช้ขนาด 0.25 วัตต์ ชนิดเมทอลฟิล์ม (Metal Film) ความผิดพลาด 1 เปอร์เซ็นต์ และชนิดคาร์บอนฟิล์ม (Carbon Film) ความผิดพลาด 5 เปอร์เซ็นต์

รายการ	ค่าตัวต้านทาน (Ω)	ชนิด
R1 ,R2	2M	Metal Film
R3 ,R4	2k	Metal Film
R5 ,R6	50k	Metal Film
R7-R10	1.6k	Carbon Film
R11 ,R12	200k	Carbon Film
R13 ,R14 ,R35	1M	Carbon Film
R50 ,R54 ,R59	1M	Metal Film
R15 ,R27 ,R29 ,R33 ,R34	10k	Carbon Film
R36 ,R37 ,R40 ,R42 ,R43 ,	10k	Carbon Film
R16-R19 ,R21-R24	100k	Metal Film
R51 ,R55 ,R57	100k	Metal Film
R20 ,R25	47k	Metal Film
R26 ,R52	1k	Metal Film
R28	200k	Metal Film
R30-R32	560	Carbon Film

รายการ	ค่าตัวต้านทาน (Ω)	ชนิด
R41	1k	Carbon Film
R38, R39	1.5k	Carbon Film
R44, R45, R47, R56	10k	Metal Film
R46, R60	4.7k	Metal Film
R48	190k	Metal Film
R49	10M	Metal Film
R53	10	Metal Film
R58	20k	Metal Film

ง.2 ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor)

ตัวต้านทานปรับค่าได้ทุกตัวใช้ขนาด 0.5 วัตต์ ความผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์

รายการ	ค่าตัวต้านทาน (Ω)	ชนิด
VR1, VR2	10k	25-Turn
VR3, VR4, VR11	100k	1-Turn
VR5, VR6, VR15	5k	25-Turn
VR7	2k	25-Turn
VR8, VR12	100k	25-turn
VR9, VR10, VR13, VR14	50k	25-Turn

ง.3 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

รายการ	ความจุ	อัตราทนแรงดัน(volt)	ชนิด
C1,C2	330 pF	50	Polystyrene
C3-C8,C10,C11,C17	0.1 uF	50	Disc Ceramic
C19,C22,C25,C26	0.1 uF	50	Disc Ceramic
C28,C30,C31,C33	0.1 uF	50	Disc Ceramic
C35,C41,C47-C52	0.1 uF	50	Disc Ceramic
C9,C37	0.1 uF	100	Polystyrene
C12	1 uF	63	Polystyrene
C13,C39	0.47 uF	63	Polystyrene
C14,C15	1.2 uF	100	Polycarbonate Film
C16,C18,C23,C24,	10uF	25	Solid Tantalum
C27,C29,	10uF	25	Solid Tantalum
C32,C34,C43	10uF	25	Solid Tantalum
C20,C21,C36	100pF	100	Dip Mica
C38	0.01uF	100	Polyester Film
C40	0.22uF	100	Polyester Film
C42	0.047uF	100	Polyester Film
C44-C46	4700uF	25	Electrolytic
C35-C55	100uF	25	Electrolytic

၅.၄ အင်တီဂရိတ် (integrated circuit)

အမှတ်	အမျိုးအမည်
U ₁ ,U ₂	CA3140AT
U ₃ ,U ₄	LH0022A
U ₅	TL082
U ₆ ,U ₉	CA3240
U ₇	MC14528
U ₈	MC14066
U ₁₀ ,U ₁₁ ,U ₁₄	CC3140E
U ₁₅ ,U ₂₂ ,U ₂₄	CA3140E
U ₁₂ ,U ₁₃ ,U ₁₉	MC14040U10
U ₂₁ ,U ₂₃	MC14040U10
U ₁₆	HCF4030
U ₁₇ ,U ₂₇	CD40106
U ₁₈	LH0094
U ₂₀	TL601
U ₂₅ ,U ₂₆	LM308A
U ₂₈	UL7107
U ₂₉	MC1403
U ₃₀	SCL4009
U ₃₁	LM7815
U ₃₂	LM7915
U ₃₃	LM7805

ง.5 ไดโอด (Diode)

รายการ	เบอร์
D1, D2	Photodiode
D3 - 6, D8	OA202
D7, D16-D18	1N4001
D22, D23	1N4001
D9-D11, D13-D15	LED
D12, D19, D20	1N4148
D21	D512 RX2

ง.6 ทรานซิสเตอร์ และ รีเลย์ (Transistor and Relay)

รายการ	เบอร์
TR1-TR4	2N2222A
RL1-RL3	HE722A12
RL4	HE721A12

ง.7 สวิตช์ (Switch)

รายการ	ชนิด
SW ₁	กดติด-ปล่อยดับ
SW ₂	1 ขั้ว- 2 ทาง
SW ₃	ปิด-เปิด มีไฟนีออน

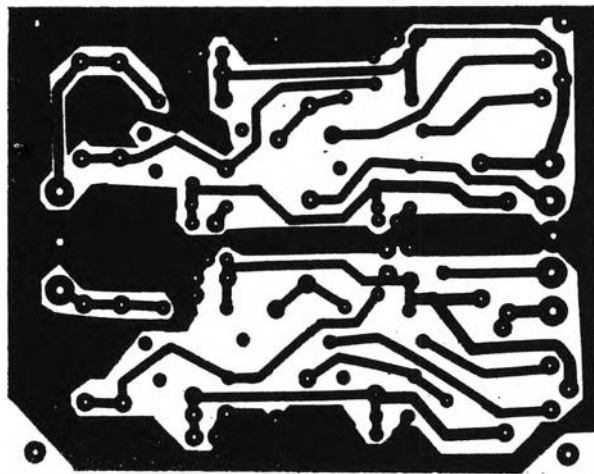
ง.8 อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ

รายการ	รายละเอียด
B ₁	Bridge Rectifier ขนาด 100 V,1A
T ₁	Toroidal Tranformer
F ₁	Fuse ขนาด 250 V,500 mA.
N ₁	Noise Filter ขนาด 250 V,3A

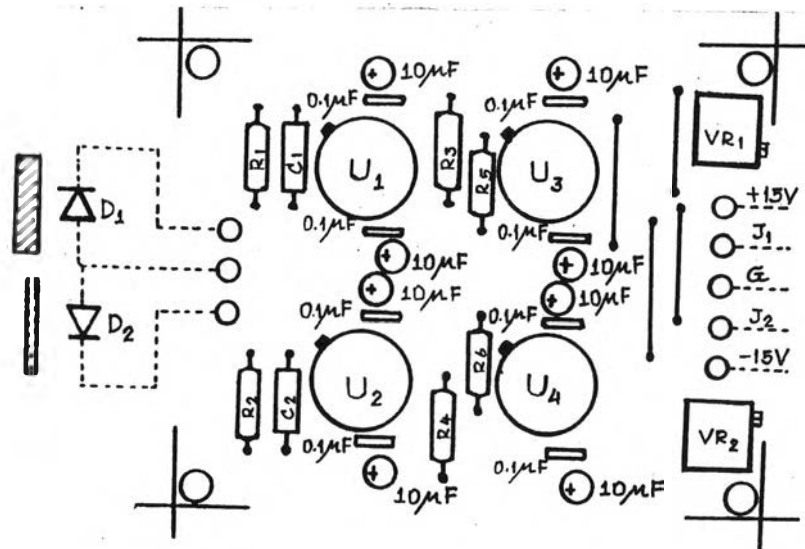
ภาคผนวก จ

ลายวงจรพิมพ์และการวางอุปกรณ์

จ.1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในหัววัดกิโลวัตต์

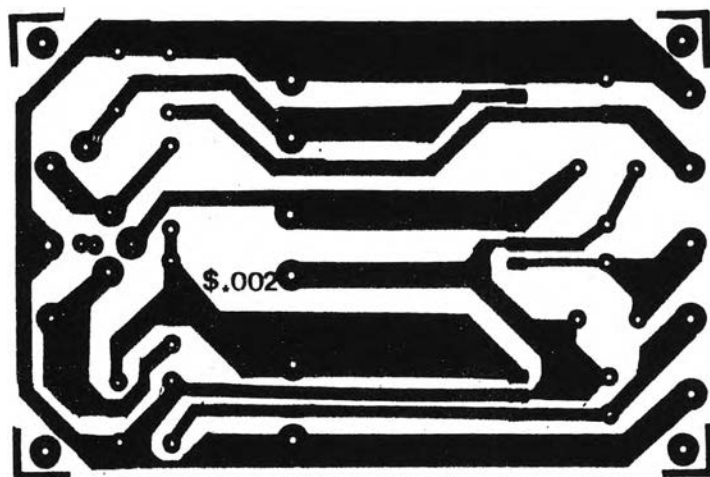


รูป จ.1 แสดงลายวงจรพิมพ์ในหัววัดกิโลวัตต์
(ด้านหน้าเป็น Ground Plane)

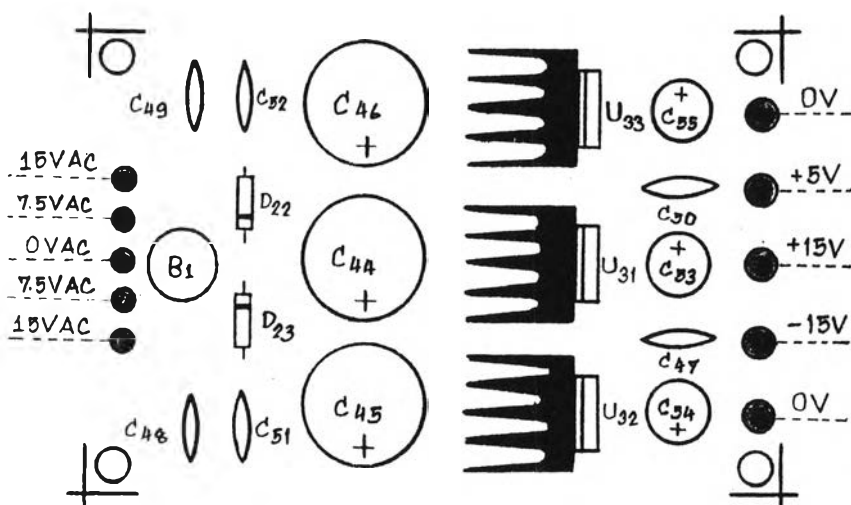


รูป จ.2 แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์

จ.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

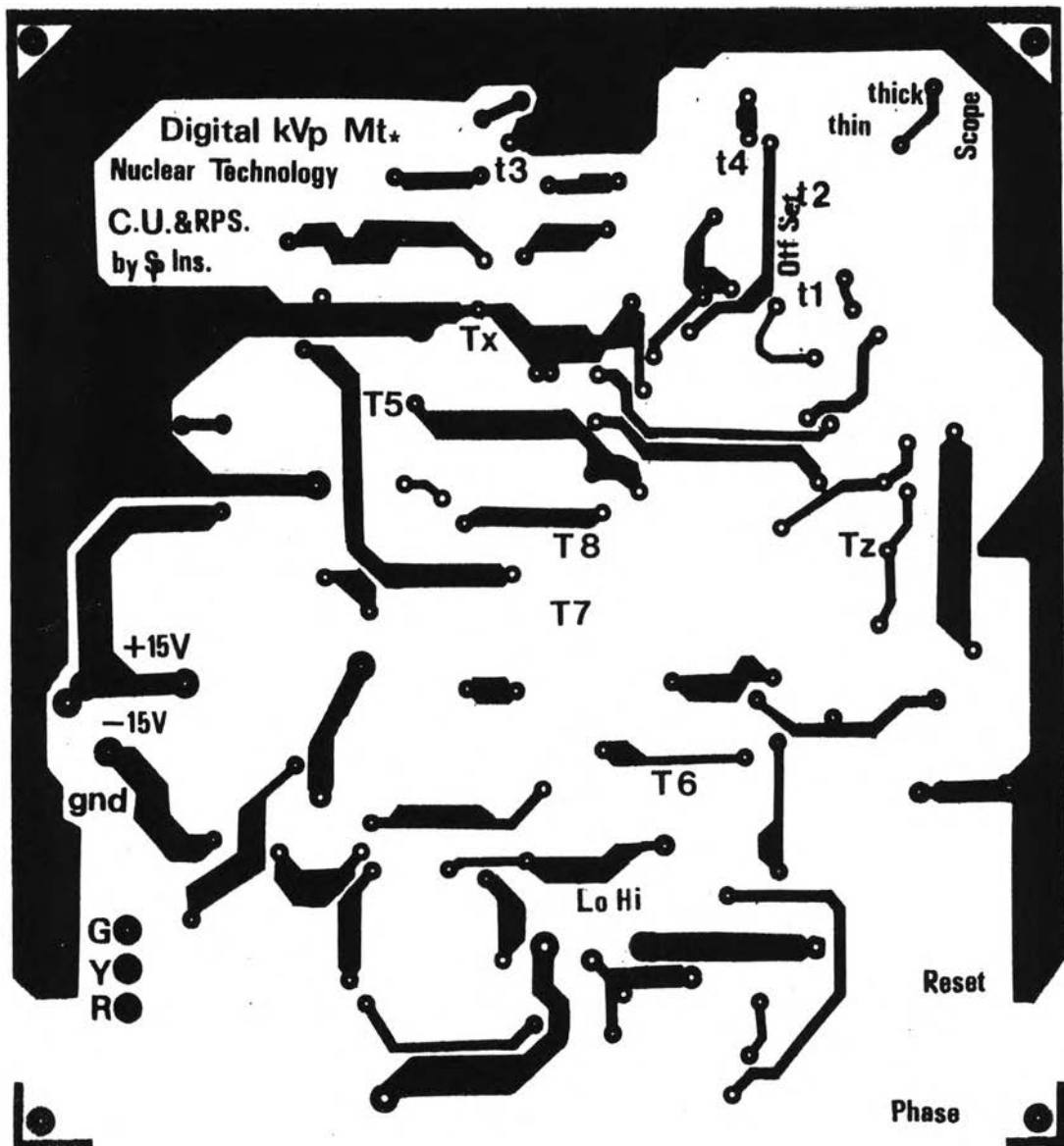


รูป จ.3 แสดงลายวงจรพิมพ์ของแหล่งจ่ายไฟ

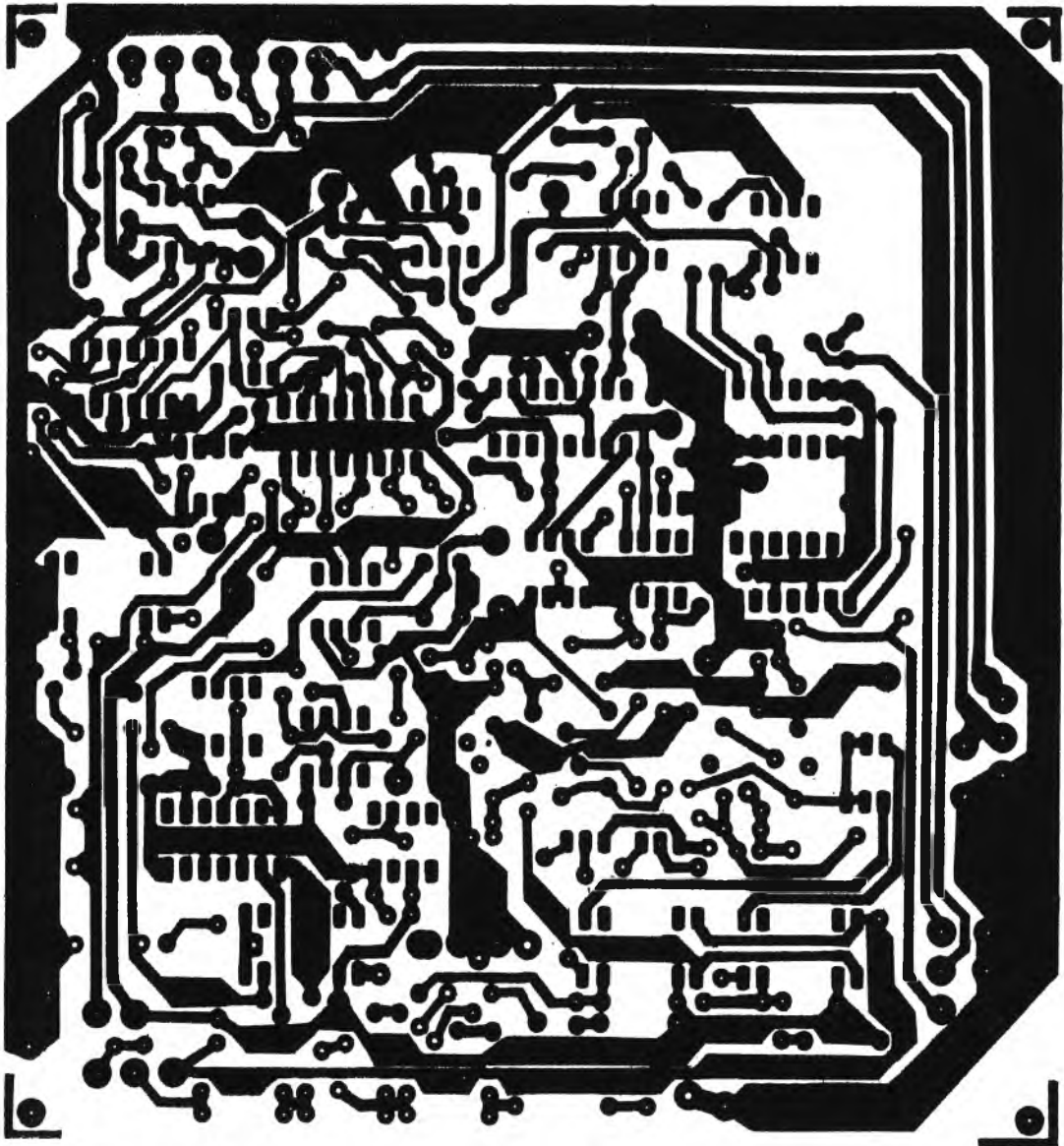


รูป จ.4 แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์

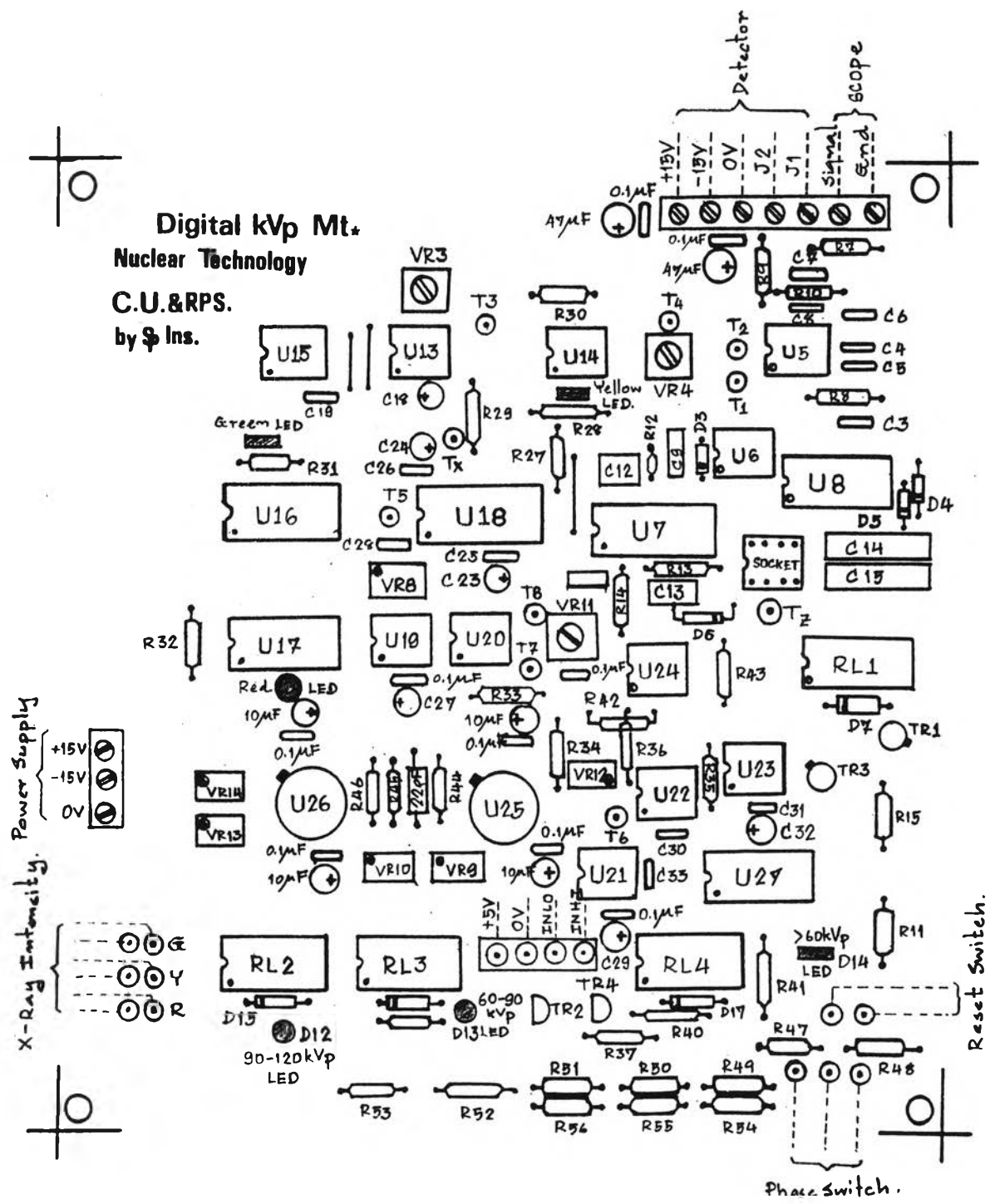
จ.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์หลัก



รูป จ.5 แสดงลายวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์หลักด้านหน้า



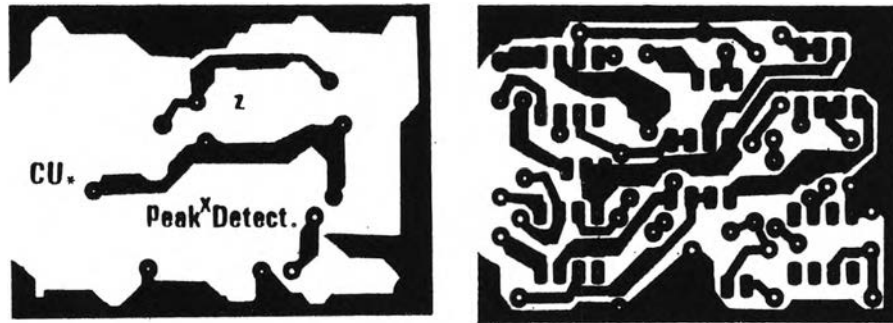
รูป จ.6 แสดงลายวงจรพิมพ์ของวงจรถอนิกส์หลักด้านหลัง



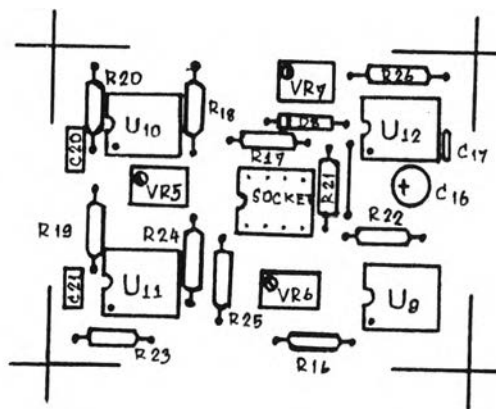
Digital kVp Mt.
Nuclear Technology
C.U.&R.P.S.
by ♻ Ins.

รูป ๓.๗ แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผงวงจรพิมพ์

จ.4 วงจรข้มมิ่งแอมพลิฟายเออร์

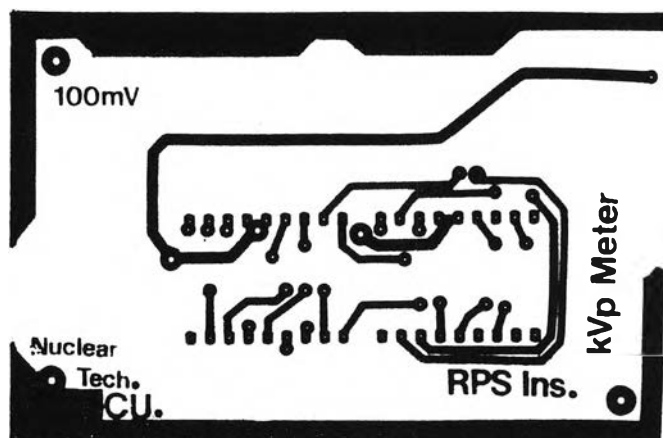


รูป จ.8 แสดงลายวงจรพิมพ์ของวงจรข้มมิ่งแอมพลิฟายเออร์
ด้านหน้าและด้านหลัง

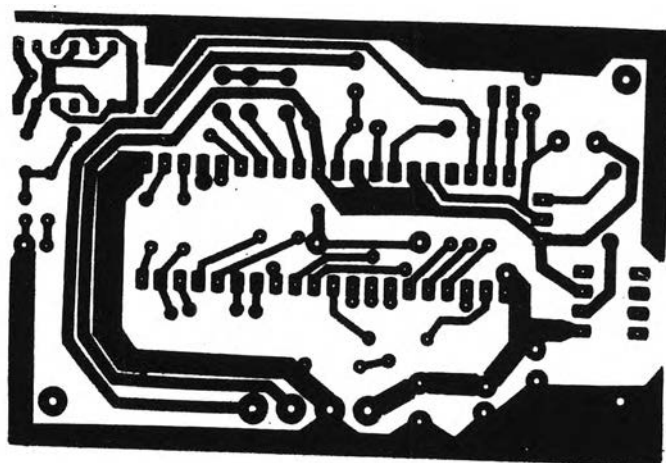


รูป จ.9 แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์

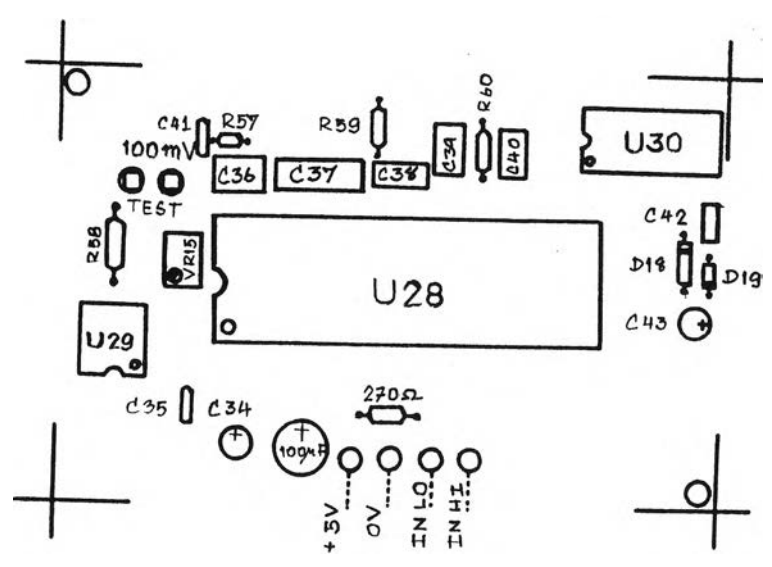
จ.5 วงจรดิจิทัลโวลต์มิเตอร์



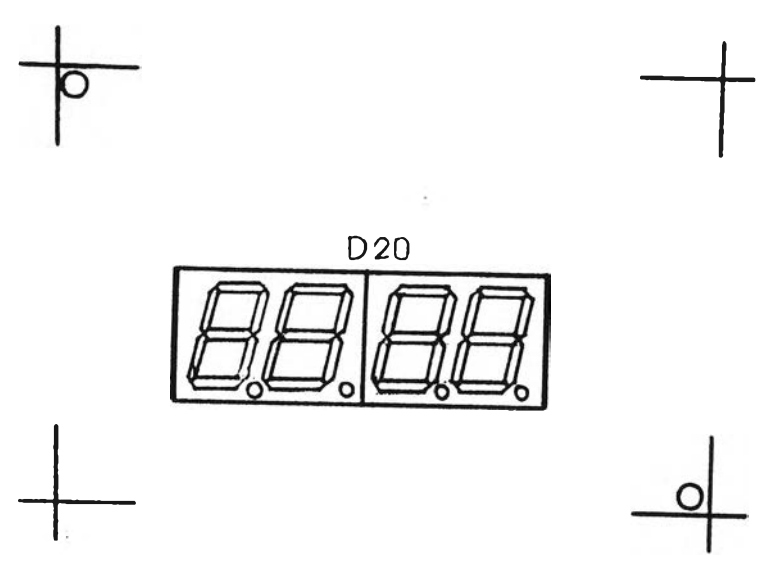
รูป จ.10 แสดงลายวงจรพิมพ์ของวงจรดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ด้านหน้า



รูป จ.11 แสดงลายวงจรพิมพ์ของวงจรดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ด้านหลัง



รูป จ.12 แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์ด้านหน้า



รูป จ.13 แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์ด้านหลัง



ประวัติเขียน

นาย สำโรช ปริยะวาทิ เกิดเมื่อวันที่ 17 เมษายน พ.ศ.2505 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราชสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตสาขาฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อ พ.ศ.2527 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรบัณฑิตสาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2528 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทบัณฑิตสาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2529 ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งนักฟิสิกส์รังสี กองป้องกันอันตรายจากรังสี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์