

## เอกสารอ้างอิง

1. John G. Kassakian, Martin F Schlecht and George C Verghese. Principles of Power Electronics. New York: Addison-Wesley Publishing , 1992.
2. Ralph E. Tarter, P.E. Solid State Power Conversion Handbook, New York: John Wiley & Sons, 1993.
3. Eugene R. Hnatek. Design of Solid State Power Supplies, New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.
4. Billing, Keith H. Handbook of switchmode power supplies. New York: McGraw-Hill Publishing, 1989.
5. Harvard-Thai Industrial. FDK Ferrite Cores for Power Supply & Telecommunications (Fuji Electrochemical Co.,Ltd.) , (n.d.)
6. Stewart C. Bushong. Radiologic Science for Technologists Physics, Biology and Protection. ST Louis: The C.U. Mosby, 1988.
7. A. G. Michette and C. J. Buckley. X-ray Science and Technology. UK.: Institute of Physics Publihing, 1993.
8. วิรุฬ มังกละวิรัชและสุวิทย์ ปุณณชัยยะ. กล้องจุลทรรศน์รังสีเอกซ์แบบฉายภาพ. วารสารศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2 (ธันวาคม 2535) :107-137.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### REFERENCES

1. A. Dymkov. Transformer Design. Moscow: Mir Publishers, 1975.
2. A. G. Michette and C. J. Buckley. X-ray Science and Technology. UK.: Institute of Physics Publishing, 1993.
3. Anthony J. Pansini. Electrical Transformers and Power Equipment. New Jersey: Prentice Hall, 1988.
4. Billing, Keith H. Handbook of switchmode power supplies. New York: McGraw-Hill Publishing, 1989.
5. Clayton R. Paul. Analysis of Linear Circuit. Singapore: McGraw-Hill Publishing, 1989.
6. David F. Stout. Handbook of Operational Amplifier Circuit Design. New York: McGraw-Hill Book, 1976.
7. Eugene R. Hnatek. Design of Solid State Power Supplies. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.
8. George C. Chryssis. High Frequency Switching Power Supplies Theory & Design. New York: McGraw-Hill Publishing, 1989.
9. Gisbert Kapp. Transformers for Single Phase and Multiphase Currents. London: Sir Issac Pitman & Sons, 1925.
10. H. J. Beuscher, A. H. Budlong, M. B. Haverty and G. Waldbaum. Electronic Switching Theory and Circuits. New York: Van Nostrand Reinhold, 1971.
11. International Rectifier. HEXFET Power MOSFET Designer's Manual. California: International Rectifier, 1993.
12. John G. Kassakian, Martin F Schlecht and George C Verghese. Principles of Power Electronics. New York: Addison-Wesley Publishing , 1992.
13. Keith H. Billings. Handbook of Switch mode Power Supplies. New York: McGraw-Hill Publishing, 1989.
14. Kuffel E. and Zaengl W.S. High Voltage Engineering Fundamentals. New York: Pergamon , 1984.
15. Leonid V. Azaroff. Element of X-ray Crystallography. Moscow: McGraw-Hill Book, 1968.

(ต่อ)

## บรรณานุกรม

16. M.A. Nadkarni and S Ramesh Bhat. Pulse Transformers Design and Fabrication. New Delhi: McGraw-Hill Publishing, 1985.
17. Marty Brown. Practical Switching Power Supply Design. San Diego: Academic Press, 1990.
18. Massachusetts Institute of Technology. Magnetic Circuits and Transformers. New York: John Wiley & Son, 1961.
19. Motorola. Optoelectronics Device Data. U.S.A.: Motorola, 1989.
20. Motorola. Rectifiers and Zener Diodes Data. U.S.A.: Motorola, 1988.
21. Muhammad H. Rashid. Power Electronics Circuit Devices and Applications. Singapore: Prentice Hall, 1993.
22. Nathan R. Grossner. Transformer for Electrical Circuits. New York: McGraw-Hill Publishing, 1967.
23. National Semiconductor. General Purpose Linear Device Data Book. U.S.A.: National Semiconductor, 1989.
24. Otmar Kilgenstein. Switched-Mode Power Supplies In Practice. New York: John Wiley & Sons, 1989.
25. Ralph E. Tarter, P.E. Solid State Power Conversion Handbook. New York: John Wiley & Sons, 1993.
26. SGS Group of Companies. Power Supply Application Manual. Italy: SGS, 1985.
27. Stewart C. Bushong. Radiologic Science for Technologists Physics, Biology and Protection. ST Louis: The C.U. Mosby, 1988.
28. TDK. EI Cores for Power Supplies. Japan: TDK, 1986.
29. Theodore F. Bograt, JR. Introduction Digital Circuit. Singapore: Glencoe Division of Macmillan/McGraw-Hill Publishing, 1992.
30. Thomas S. Curry. III, James E. Dowdey and Robert C Murry. Jr. Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology. Philadelphia.: Lea&Febiger, (n.d.).
31. วิรุฬ มังคละวิรัชและสุวิทย์ ปุณณชัยยะ. กถ้องจุลทรรศน์รังสีเอกซ์แบบฉายภาพ. วารสารศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2 (กันยายน 2535) :107-137.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก.

## วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสัปดาห์สูงแบบสวิดจิงสำหรับหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์

รายการอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสัปดาห์สูงแบบสวิดจิง แสดงดัง  
ตารางที่ ก-1

ตารางที่ ก-1. รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสัปดาห์สูงแบบสวิดจิง

ลำดับ	รายการ	แบบ	รายละเอียด	อักษรย่อ	จำนวน
1	Bridge Rectifier	Fullwave	600V 8A	B2	1
2	Fuse		220V 6A	F2	1
3	Push button		NO type	SW	1
4	Capacitor	Electrolyte	450V 4700 $\mu$ F	CR2	1
5	Capacitor	Electrolyte	10kV 0.01 $\mu$ F	CM1, CM2	10
6	Capacitor	Electrolyte	25V 1 $\mu$ F	Con	1
7	Capacitor	Electrolyte	25V 10 $\mu$ F	CS	1
8	Capacitor	Electrolyte	25V 220 $\mu$ F	C1A, C1B, C14, C17	4
9	Capacitor	Wima	600V 0.01 $\mu$ F	CSN1, CSN2	2
10	Capacitor	Wima	25V 0.01 $\mu$ F	CT, CG	2
11	Resister	Metal	$\pm 5\%$ 2W4.7k	RSN1	1
12	Resister	Metal	$\pm 5\%$ 2W2.7k	RSN2	1
13	Resister	Metal	$\pm 5\%$ 2W0.5	RQS, RQ1,...RQn	30
14	Resister	Carbon	$\pm 5\%$ 1/4W100k	Ro,...Ro n-1	200
15	Resister	Carbon	$\pm 5\%$ 1/4W500	RG2A, RG2B	2
16	Resister	Carbon	$\pm 5\%$ 1/4W4.7k	RG1	1
17	Resister	Carbon	$\pm 5\%$ 1/4W1.8k	RD1, RD2	2
18	Resister	Carbon	$\pm 5\%$ 1/4W2.4k	RR2	1

(ต่อ) ตารางที่ ก-1. รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสัปดาห์สูงแบบสวิตชิง

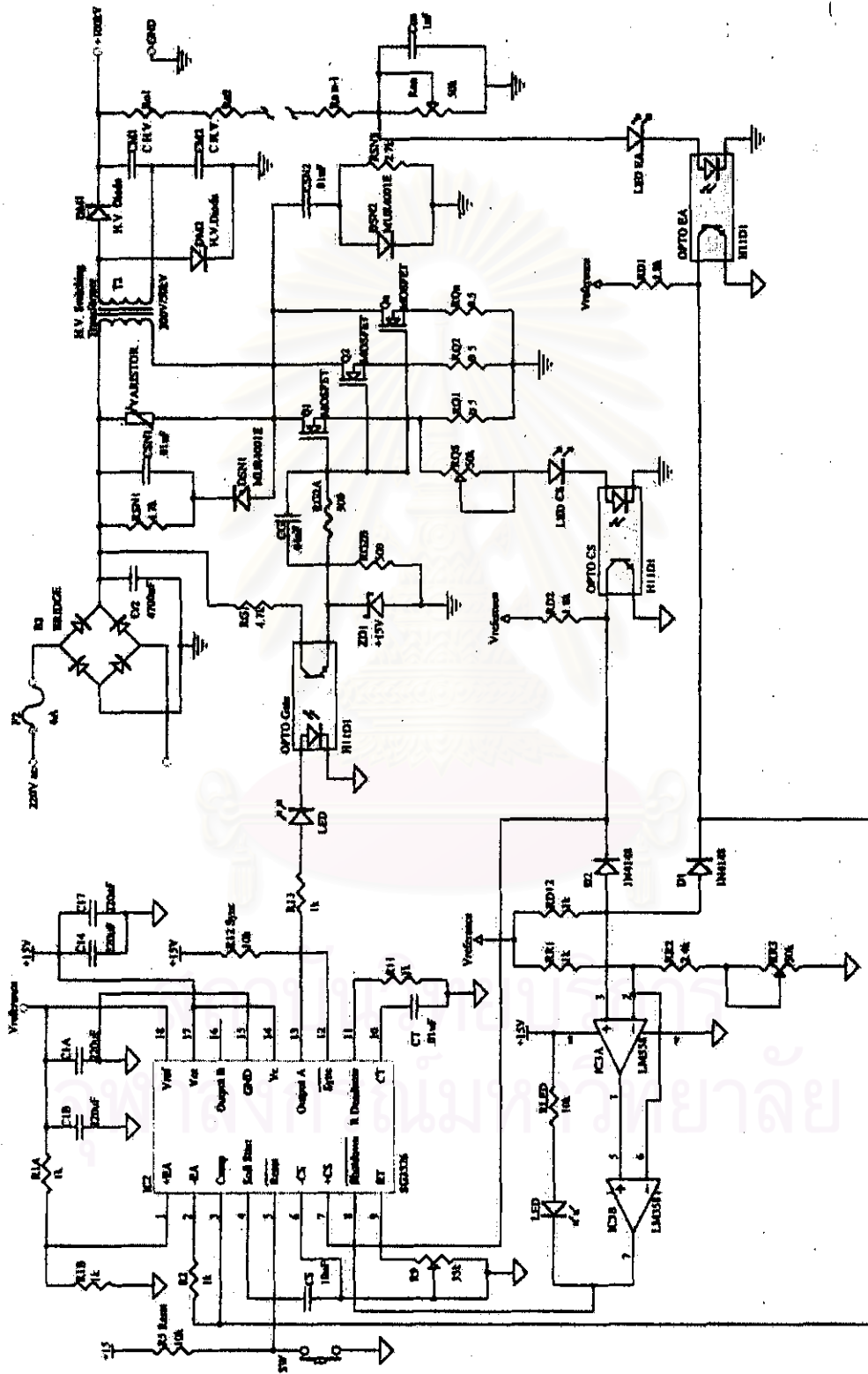
ลำดับ	รายการ	แบบ	รายละเอียด	อักษรย่อ	จำนวน
19	Resister	Carbon	$\pm 5\% 1/4W 1k$	R1A, R1B, R2, R11, RR1, RD12, R13	7
20	Resister	Carbon	$\pm 5\% 1/4W 10k$	R5, R12, RLED	3
21	Resister	Pot	50k	Ron, RQS, RR3, R9	4
22	Zener Diode	1N4744A	1W15V	ZD1	1
23	Diode	1N4148		D1, D2	2
24	Diode	MUR460	UF 600V4A	DSN1, DSN2	2
25	Diode	HV05-10	H.V. Diode	DM1, DM2	2
26	LED			LED	4
27	MOSFET	IRFPG50	1000V6.1A	Q1, Q2, ... Qn	20
28	IC	SG3526	PWM	IC2	1
29	IC	LM358	OPAMP	IC3	1
30	OPTO	H11D1		CS, EA, Gate	3
31	Varister	300V			1
32	SOCKET IC	18 PIN			1
33	SOCKET IC	8 PIN			1
34	SOCKET IC	6 PIN			3
35	CONNECTOR	4 PIN เล็ก	ตัวผู้และตัวเมีย		6
36	CONNECTOR	4 PIN ใหญ่	ตัวผู้และตัวเมีย		4
37	BINDING POST				2
38	Heat Sink				1
39	Ferrite Bread				24
40	แกนหม้อแปลง	EE80/76	Ferrite	T2	1
41	กระดาษฉนวน	0.1mm	1 kg		1
42	ลวดอาบนํ้ายา	AWG16	ปฏุมภูมิ 34 รอบ		1

(ต่อ) ตารางที่ ก-1. รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศึกษาสูงแบบสวิตชิง

ลำดับ	รายการ	แบบ	รายละเอียด	อักษรย่อ	จำนวน
43	ลวดอานนำยา	AWG30	ทุติยภูมิ 1,000 รอบ จำนวน 5 ชุด		1
44	น้ำมันวานิช	Concord No.333	1 U.S. Gallon		1
45	น้ำมันหม้อแปลง ไฟฟ้า	H.V. Oil	15 L		1
46	แผ่นไฟเบอร์	Epoxy	D 48kV/mm	$1 \times 0.5 \times .002m$	1
47	แผ่นพลาสติกใส	Acrylic		$0.6 \times 0.6 \times 0.01m$	1
48	สายไฟฟ้า H.V.	AWG22	50kV DC 4m		1
49	สายไฟฟ้า L.V.	AWG14	600V 2m		1
50	สายไฟฟ้า L.V.	AWG22	600V 2m		1
51	สายไฟฟ้า L.V.	AWG24	300V 2m		1

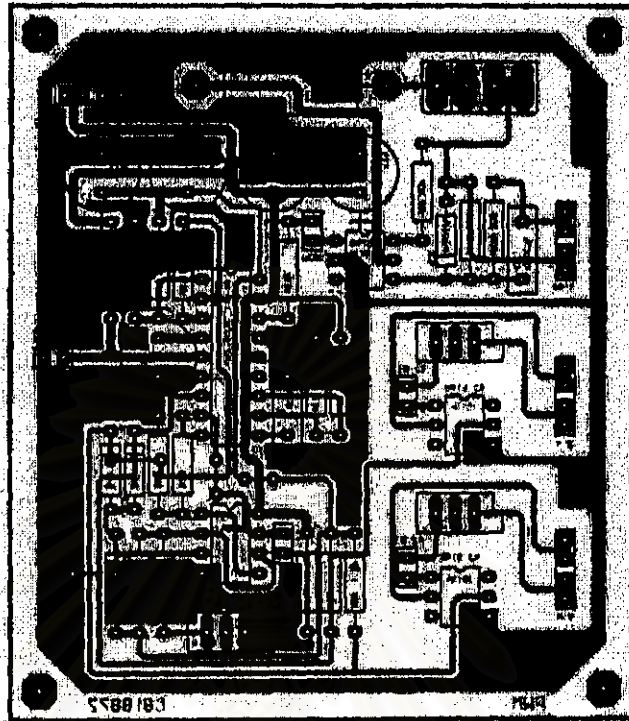
วงจรของแหล่งจ่ายไฟฟ้าศึกษาสูงแบบสวิตชิงแสดงได้ดังรูปที่ ก-1

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

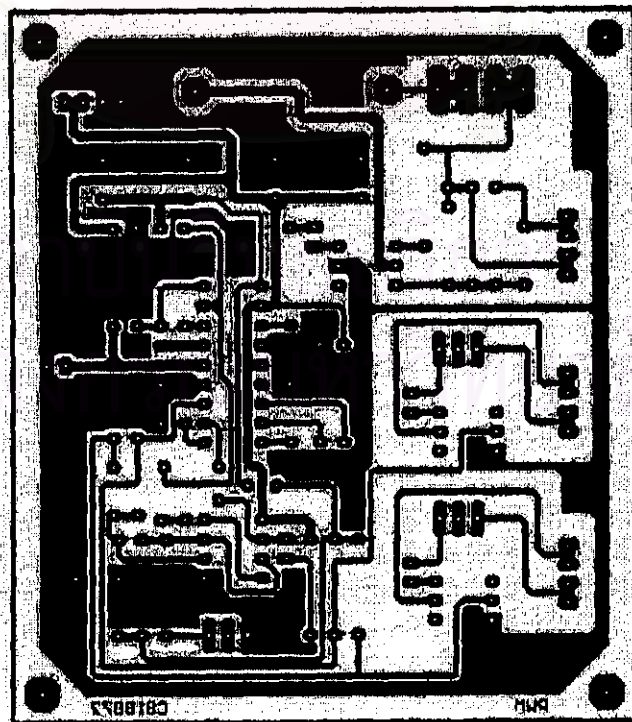


รูปที่ ก-1. แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิง

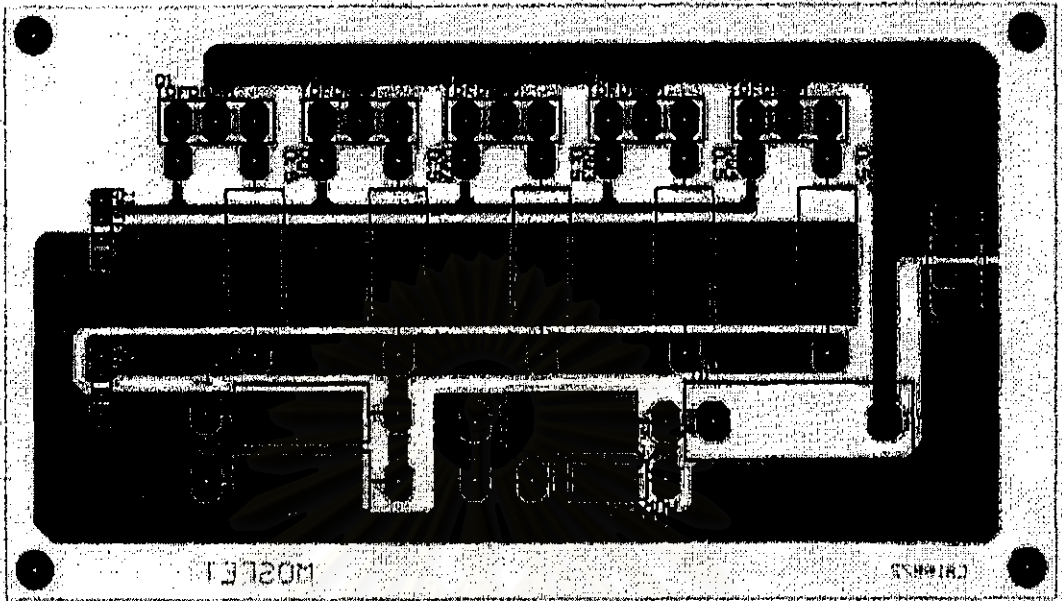




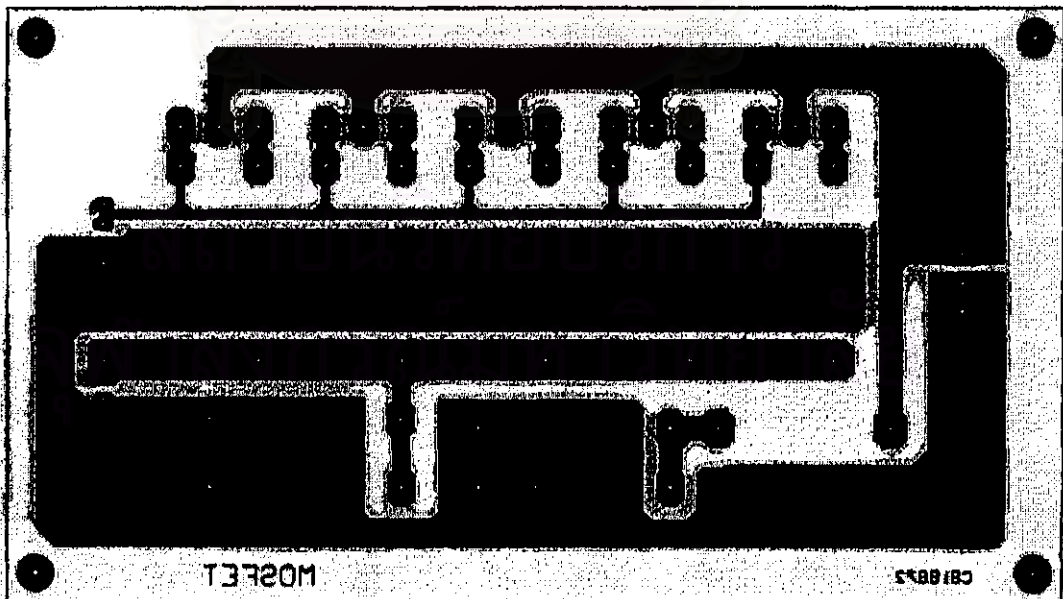
รูปที่ ก-2. ลายแผ่นพิมพ์วงจรและตำแหน่งอุปกรณ์ของวงจร IC PWM SG3526



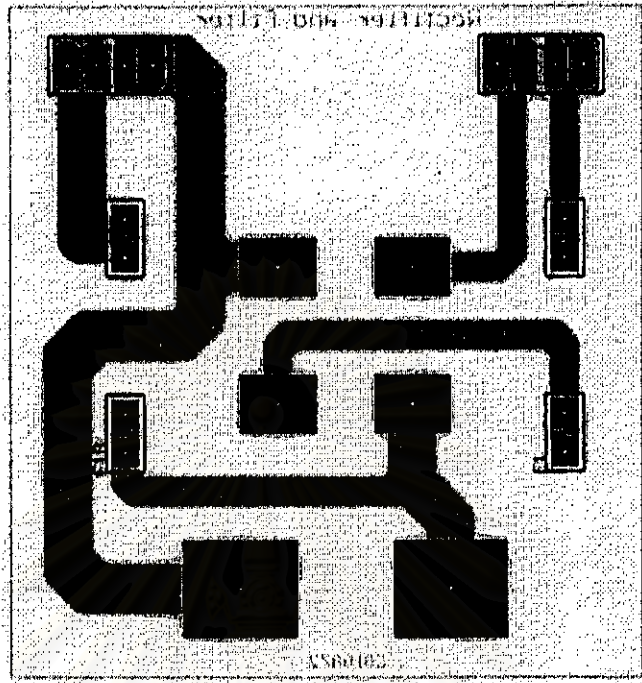
รูปที่ ก-3. ลายแผ่นพิมพ์วงจรของวงจร IC PWM SG3526



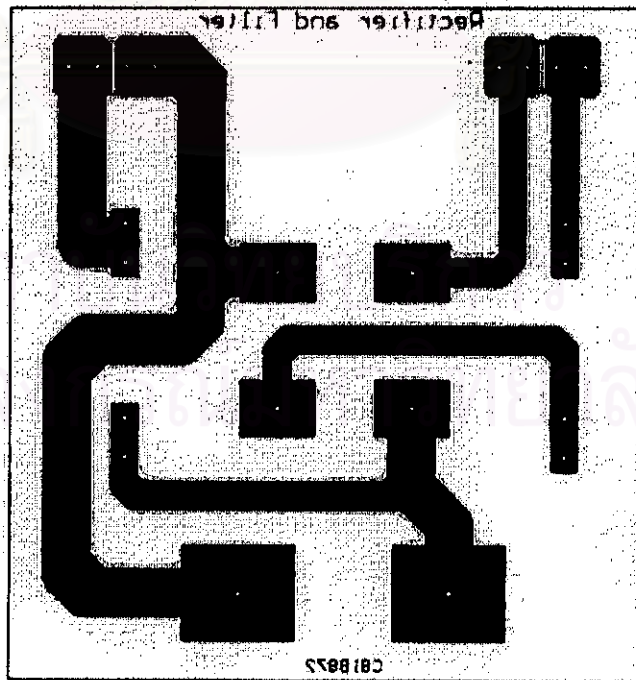
รูปที่ ก-4. ลายแผ่นพิมพ์วงจรและตำแหน่งอุปกรณ์ของชุด MOSFET



รูปที่ ก-5. ลายแผ่นพิมพ์วงจรของชุด MOSFET



รูปที่ ก-6. ลายแผ่นพิมพ์วงจรและตำแหน่งอุปกรณ์ของวงจรเรียงกระแสและกรองแรงดัน



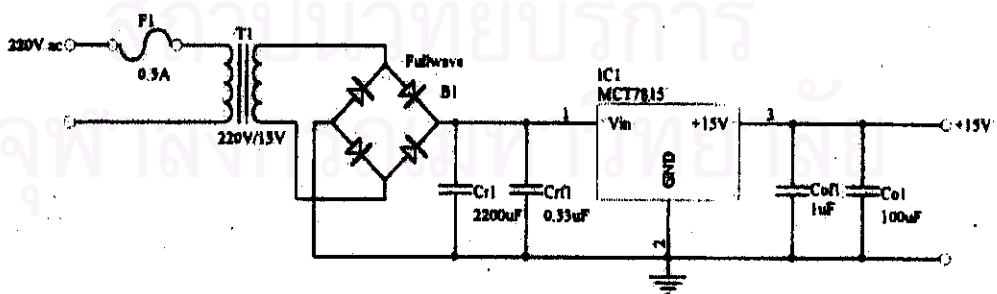
รูปที่ ก-7. ลายแผ่นพิมพ์วงจรของวงจรเรียงกระแสและกรองแรงดัน

รายการอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับวงจร IC PWM SG3526 แสดงดังตารางที่ ก-2

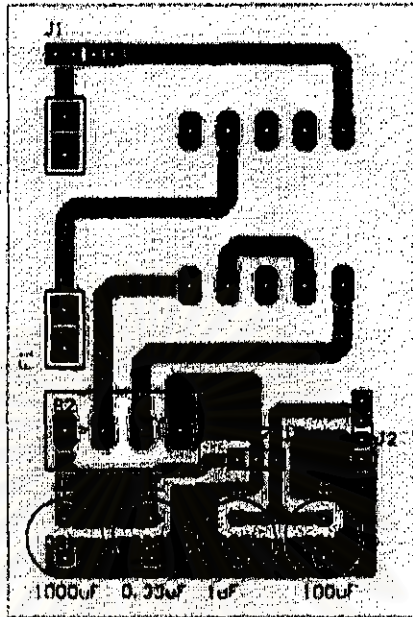
ตารางที่ ก-2. รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับวงจร IC PWM SG3526

ลำดับ	รายการ	แบบ	รายละเอียด	อักษรย่อ	จำนวน
1	Bridge Rectifier	Fullwave	600V 1A	B1	1
2	Fuse		220V 0.5A	F1	1
3	Capacitor	Electrolyte	25V1,000 $\mu F$	Cr1	1
4	Capacitor	Electrolyte	25V0.33 $\mu F$	Cr1	1
5	Capacitor	Electrolyte	25V1 $\mu F$	Co1	1
6	Capacitor	Electrolyte	25V100 $\mu F$	Co1	1
7	Transformer		220V/15V	T1	1
8	IC MCT7815	Regulator	15V 1A	IC1	1
9	CONNECTOR	4 PIN	ตัวผู้และตัวเมีย		2
10	สายไฟฟ้า		มีปลั๊กเสียบ		1

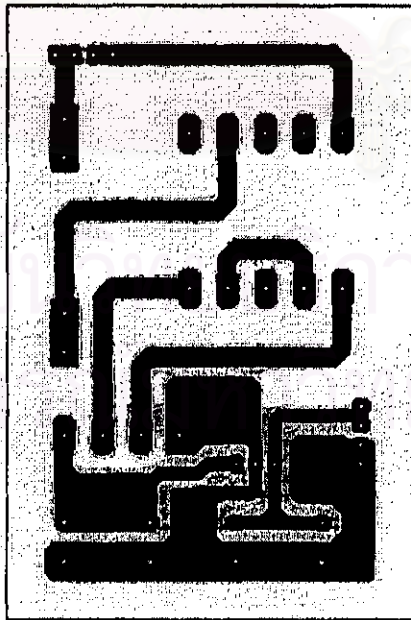
รูปวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับวงจร IC PWM SG3526 แสดงดังรูป ก-6.



รูปที่ ก-8. รูปวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับวงจร IC PWM SG3526



รูปที่ ก-9. ลายแผ่นพิมพ์วงจรและตำแหน่งอุปกรณ์ของวงจร IC MCT7815



รูปที่ ก-10. ลายแผ่นพิมพ์วงจรของวงจร IC MCT7815

### ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดตัวนำทางด้านปฐมภูมิ

จากสมการที่ 2.19 แทนค่า  $\mu = 2,500$ ,  $N_p = 34 \text{ Turns}$ ,  $A_c = 377 \text{ mm}^2$  และ  $l_c = 185 \text{ mm}$  สามารถหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดตัวนำทางด้านปฐมภูมิได้ ดังนี้

$$L_p = \frac{2500 \times \pi \times 10^{-7} \times 34^2 \times 0.0377}{1.85} = 1.85 \text{ mH}$$

จากการคำนวณ สามารถหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดตัวนำทางด้านปฐมภูมิ เท่ากับ  $1.85 \text{ mH}$  และจากการใช้เครื่องวัด RLC สามารถวัดค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดตัวนำทางด้านปฐมภูมิ เท่ากับ  $2.44 \text{ mH}$  (ค่าความเหนี่ยวนำที่ได้จากการคำนวณ และการวัดต่างกัน ประมาณ 24%)

### ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดตัวนำทางด้านทุติยภูมิ

จากสมการที่ 2.11 แทนค่า  $N_p = 34 \text{ Turns}$ ,  $N_s = 5,000 \text{ Turns}$  และ  $L_p = 1.85 \text{ mH}$  สามารถหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดตัวนำทางด้านทุติยภูมิได้ดังนี้

$$L_s = \frac{5000^2 \times 1.85}{34^2} \approx 40 \text{ H}$$

จากการคำนวณ สามารถหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดตัวนำทางด้านทุติยภูมิ ได้เท่ากับ  $40 \text{ H}$  และจากการใช้เครื่องวัด RLC สามารถวัดค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดตัวนำทางด้านปฐมภูมิ เท่ากับ  $52.2 \text{ H}$  (ค่าความเหนี่ยวนำที่ได้จากการคำนวณ และการวัดต่างกัน ประมาณ 30%)

**ภาคผนวก ข.**

**ข้อมูลของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ในการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้า**

**ภาคผนวก ข-1. IC PWM SG3526**

**ภาคผนวก ข-2. MOSFET IRFPG50**

**ภาคผนวก ข-3. FERRITE CORE EE80/76**

**ภาคผนวก ข-4. ตารางเทียบเบอร์ตวด**

**ภาคผนวก ข-5. น้ำมันวานิช**

**ภาคผนวก ข-6. แผ่นไฟเบอร์**



**สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**



Order this document by SG3526/D

# Pulse Width Modulation Control Circuit

The SG3526 is a high performance pulse width modulator integrated circuit intended for fixed frequency switching regulators and other power control applications.

Functions included in this IC are a temperature compensated voltage reference, sawtooth oscillator, error amplifier, pulse width modulator, pulse metering and steering logic, and two high current totem pole outputs ideally suited for driving the capacitance of power FETs at high speeds.

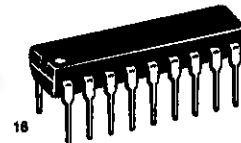
Additional protective features include soft start and undervoltage lockout, digital current limiting, double pulse inhibit, adjustable dead time and a data latch for single pulse metering. All digital control ports are TTL and B-series CMOS compatible. Active low logic design allows easy wired-OR connections for maximum flexibility. The versatility of this device enables implementation in single-ended or push-pull switching regulators that are transformerless or transformer coupled. The SG3526 is specified over a junction temperature range of 0° to +125°C.

- 8.0 V to 35 V Operation
- 5.0 V ±1% Trimmed Reference
- 1.0 Hz to 400 kHz Oscillator Range
- Dual Source/Sink Current Outputs: ±100 mA
- Digital Current Limiting
- Programmable Dead Time
- Undervoltage Lockout
- Single Pulse Metering
- Programmable Soft-Start
- Wide Current Limit Common Mode Range
- Guaranteed 6 Unit Synchronization

## SG3526

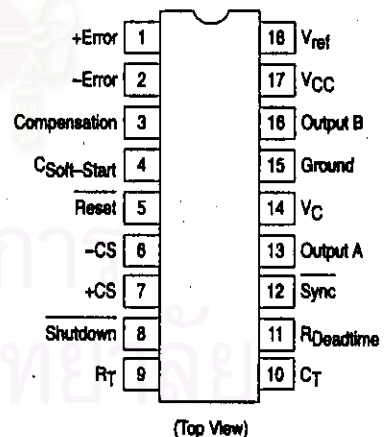
### PULSE WIDTH MODULATION CONTROL CIRCUIT

#### SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

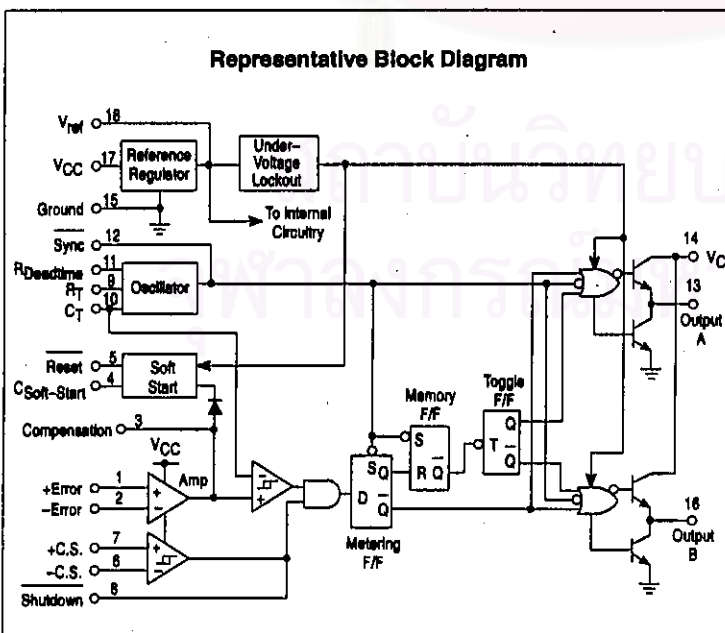


N SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE,  
CASE 707

#### PIN CONNECTIONS



#### Representative Block Diagram



#### ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
SG3526N	T <sub>J</sub> = 0° to +125°C	Plastic DIP



## SG3526

## MAXIMUM RATINGS (Note 1)

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	+40	Vdc
Collector Supply Voltage	V <sub>C</sub>	+40	Vdc
Logic Inputs		-0.3 to +5.5	V
Analog Inputs		-0.3 to V <sub>CC</sub>	V
Output Current, Source or Sink	I <sub>O</sub>	±200	mA
Reference Load Current (V <sub>CC</sub> = 40 V, Note 2)	I <sub>ref</sub>	50	mA
Logic Sink Current		15	mA
Power Dissipation T <sub>A</sub> = +25°C (Note 3) T <sub>C</sub> = +25°C (Note 4)	P <sub>D</sub>	1000 3000	mW
Thermal Resistance Junction-to-Air	R <sub>θJA</sub>	100	°C/W
Thermal Resistance Junction-to-Case	R <sub>θJC</sub>	42	°C/W
Operating Junction Temperature	T <sub>J</sub>	+150	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-85 to +150	°C
Lead Temperature (Soldering, 10 Seconds)	T <sub>Solder</sub>	±300	°C

- NOTES: 1. Values beyond which damage may occur.  
 2. Maximum junction temperature must be observed.  
 3. Derate at 10 mW/°C for ambient temperatures above +50°C.  
 4. Derate at 24 mW/°C for case temperatures above +25°C.

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Characteristics	Symbol	Min	Max	Unit
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	8.0	35	Vdc
Collector Supply Voltage	V <sub>C</sub>	4.5	35	Vdc
Output Sink/Source Current (Each Output)	I <sub>O</sub>	0	±100	mA
Reference Load Current	I <sub>ref</sub>	0	20	mA
Oscillator Frequency Range	f <sub>osc</sub>	0.001	400	kHz
Oscillator Timing Resistor	R <sub>T</sub>	2.0	150	kΩ
Oscillator Timing Capacitor	C <sub>T</sub>	0.001	20	μF
Available Deadtime Range (40 kHz)	-	3.0	50	%
Operating Junction Temperature Range	T <sub>J</sub>	0	+125	°C

## SG3526

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $V_{CC} = +15\text{ Vdc}$ ,  $T_J = T_{low}$  to  $T_{high}$  [Note 5], unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>REFERENCE SECTION (Note 6)</b>					
Reference Output Voltage ( $T_J = +25^\circ\text{C}$ )	$V_{ref}$	4.90	5.00	5.10	V
Line Regulation ( $+8.0\text{ V} \leq V_{CC} \leq +35\text{ V}$ )	$Reg_{line}$	-	10	30	mV
Load Regulation ( $0\text{ mA} \leq I_L \leq 20\text{ mA}$ )	$Reg_{load}$	-	10	50	mV
Temperature Stability	$\Delta V_{ref}/\Delta T$	-	10	-	mV
Total Reference Output Voltage Variation ( $+8.0\text{ V} \leq V_{CC} \leq +35\text{ V}$ , $0\text{ mA} \leq I_L \leq 20\text{ mA}$ )	$\Delta V_{ref}$	4.85	5.00	5.15	V
Short Circuit Current ( $V_{ref} = 0\text{ V}$ ) (Note 2)	$I_{SC}$	25	80	125	mA
<b>UNDervOLTAGE LOCKOUT</b>					
Reset Output Voltage ( $V_{ref} = +3.8\text{ V}$ )		-	0.2	0.4	V
Reset Output Voltage ( $V_{ref} = +4.8\text{ V}$ )		2.4	4.8	-	V
<b>OSCILLATOR SECTION (Note 7)</b>					
Initial Accuracy ( $T_J = +25^\circ\text{C}$ )		-	$\pm 3.0$	$\pm 6.0$	%
Frequency Stability over Power Supply Range ( $+8.0\text{ V} \leq V_{CC} \leq +35\text{ V}$ )	$\frac{\Delta f_{osc}}{\Delta V_{CC}}$	-	0.5	1.0	%
Frequency Stability over Temperature ( $\Delta T_J = T_{low}$ to $T_{high}$ )	$\frac{\Delta f_{osc}}{\Delta T_J}$	-	2.0	-	%
Minimum Frequency ( $R_T = 150\text{ k}\Omega$ , $C_T = 20\text{ }\mu\text{F}$ )	$f_{min}$	-	0.5	-	Hz
Maximum Frequency ( $R_T = 2.0\text{ k}\Omega$ , $C_T = 0.001\text{ }\mu\text{F}$ )	$f_{max}$	400	-	-	kHz
Sawtooth Peak Voltage ( $V_{CC} = +35\text{ V}$ )	$V_{osc(P)}$	-	3.0	3.5	V
Sawtooth Valley Voltage ( $V_{CC} = +8.0\text{ V}$ )	$V_{osc(V)}$	0.45	0.8	-	V
<b>ERROR AMPLIFIER SECTION (Note 8)</b>					
Input Offset Voltage ( $R_S \leq 2.0\text{ k}\Omega$ )	$V_{IO}$	-	2.0	10	mV
Input Bias Current	$I_{IB}$	-	-350	-2000	nA
Input Offset Current	$I_{IO}$	-	35	200	nA
DC Open Loop Gain ( $R_L \geq 10\text{ M}\Omega$ )	$A_{VOL}$	60	72	-	dB
High Output Voltage ( $V_{Pin\ 1} - V_{Pin\ 2} \geq +150\text{ mV}$ , $I_{source} = 100\text{ }\mu\text{A}$ )	$V_{OH}$	3.8	4.2	-	V
Low Output Voltage ( $V_{Pin\ 2} - V_{Pin\ 1} \geq +150\text{ mV}$ , $I_{sink} = 100\text{ }\mu\text{A}$ )	$V_{OL}$	-	0.2	0.4	V
Common Mode Rejection Ratio ( $R_S \leq 2.0\text{ k}\Omega$ )	CMRR	70	94	-	dB
Power Supply Rejection Ratio ( $+12\text{ V} \leq V_{CC} \leq +18\text{ V}$ )	PSRR	66	80	-	dB

NOTES: 2. Maximum junction temperature must be observed.

5.  $T_{low} = 0^\circ\text{C}$   $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ 6.  $I_L = 0\text{ mA}$  unless otherwise noted.7.  $f_{osc} = 40\text{ kHz}$  ( $R_T = 4.12\text{ k}\Omega \pm 1\%$ ,  $C_T = 0.01\text{ }\mu\text{F} \pm 1\%$ ,  $R_D = 0\text{ }\Omega$ )8.  $0\text{ V} \leq V_{CM} \leq +5.2\text{ V}$ .

## SG3526

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>PWM COMPARATOR SECTION (Note 7)</b>					
Minimum Duty Cycle ( $V_{\text{Compensation}} = +0.4 \text{ V}$ )	DC <sub>min</sub>	–	–	0	%
Maximum Duty Cycle ( $V_{\text{Compensation}} = +3.6 \text{ V}$ )	DC <sub>max</sub>	45	49	–	%
<b>DIGITAL PORTS (SYNC, SHUTDOWN, RESET)</b>					
Output Voltage (High Logic Level) ( $I_{\text{source}} = 40 \mu\text{A}$ ) (Low Logic Level) ( $I_{\text{sink}} = 3.6 \text{ mA}$ )	V <sub>OH</sub> V <sub>OL</sub>	2.4 –	4.0 0.2	– 0.4	V
Input Current — High Logic Level (High Logic Level) ( $V_{\text{IH}} = +2.4 \text{ V}$ ) (Low Logic Level) ( $V_{\text{IL}} = +0.4 \text{ V}$ )	I <sub>IH</sub> I <sub>IL</sub>	– –	–125 –225	–200 –380	$\mu\text{A}$
<b>CURRENT LIMIT COMPARATOR SECTION (Note 9)</b>					
Sense Voltage ( $R_{\text{S}} \leq 50 \Omega$ )	V <sub>sense</sub>	80	100	120	mA
Input Bias Current	I <sub>IB</sub>	–	–3.0	–10	$\mu\text{A}$
<b>SOFT-START SECTION</b>					
Error Clamp Voltage (Reset = +0.4 V)		–	0.1	0.4	V
C <sub>Soft-Start</sub> Charging Current (Reset = +2.4 V)	I <sub>CS</sub>	50	100	150	$\mu\text{A}$
<b>OUTPUT DRIVERS (Each Output, <math>V_{\text{C}} = +15 \text{ Vdc}</math>, unless otherwise noted.)</b>					
Output High Level $I_{\text{source}} = 20 \text{ mA}$ $I_{\text{source}} = 100 \text{ mA}$	V <sub>OH</sub>	12.5 12	13.5 13	– –	V
Output Low Level $I_{\text{sink}} = 20 \text{ mA}$ $I_{\text{sink}} = 100 \text{ mA}$	V <sub>OL</sub>	– –	0.2 1.2	0.3 2.0	V
Collector Leakage, $V_{\text{C}} = +40 \text{ V}$	I <sub>C(leak)</sub>	–	50	150	$\mu\text{A}$
Rise Time ( $C_{\text{L}} = 1000 \text{ pF}$ )	t <sub>r</sub>	–	0.3	0.6	$\mu\text{s}$
Fall Time ( $C_{\text{L}} = 1000 \text{ pF}$ )	t <sub>f</sub>	–	0.1	0.2	$\mu\text{s}$
Supply Current (Shutdown = +0.4 V, $V_{\text{CC}} = +35 \text{ V}$ , $R_{\text{T}} = 4.12 \text{ k}\Omega$ )	I <sub>CC</sub>	–	18	30	mA

NOTES: 7.  $f_{\text{osc}} = 40 \text{ kHz}$  ( $R_{\text{T}} = 4.12 \text{ k}\Omega \pm 1\%$ ,  $C_{\text{T}} = 0.01 \mu\text{F} \pm 1\%$ ,  $R_{\text{D}} = 0 \Omega$ )  
 $8.0 \text{ V} \leq V_{\text{CM}} \leq +5.2 \text{ V}$   
 $8.0 \text{ V} \leq V_{\text{CM}} \leq +12 \text{ V}$

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SG3526

Figure 1. Reference Stability over Temperature

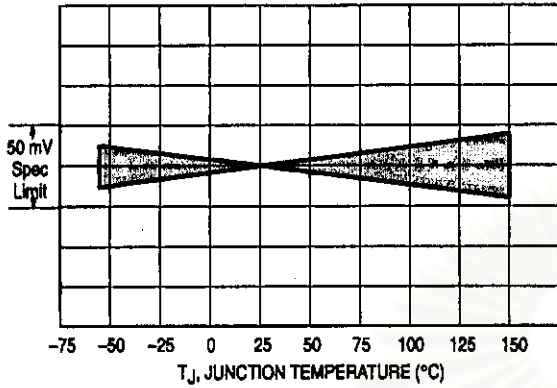


Figure 2. Reference Voltage as a Function of Supply Voltage

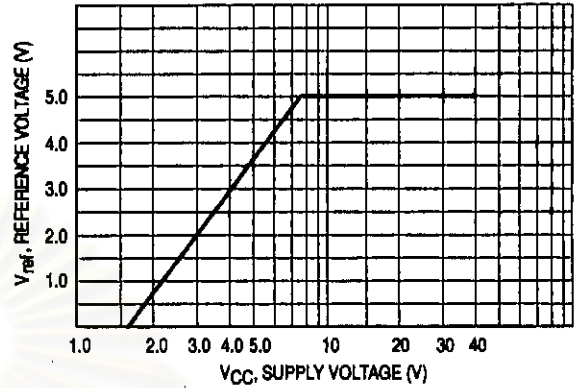


Figure 3. Error Amplifier Open Loop Frequency Response

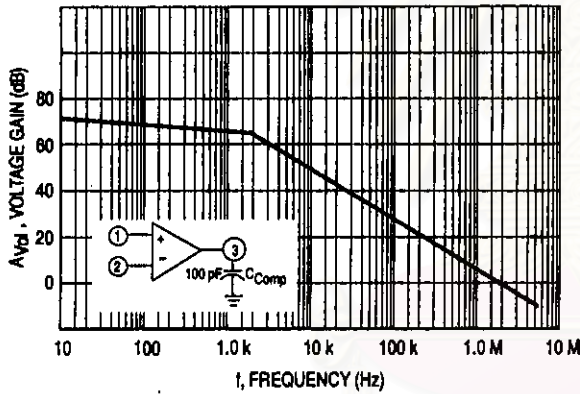


Figure 4. Current Limit Comparator Threshold

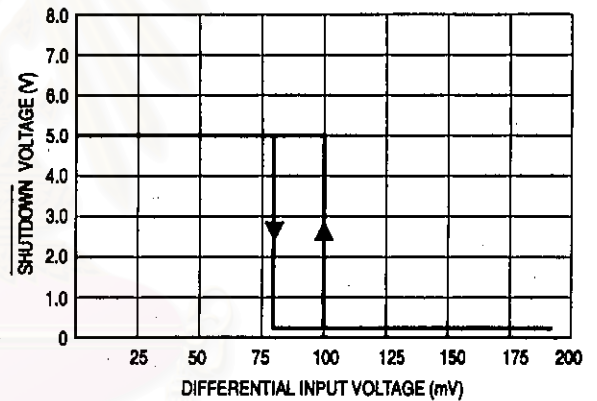


Figure 5. Undervoltage Lockout Characteristic

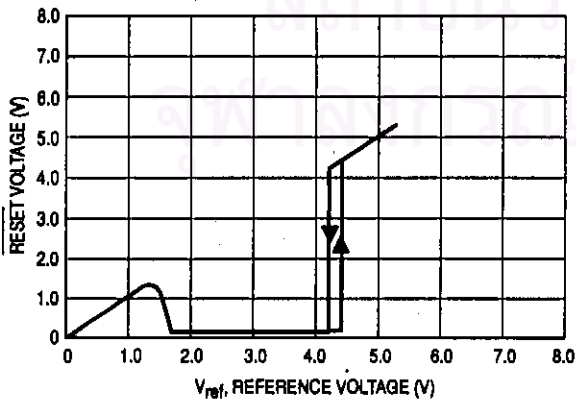
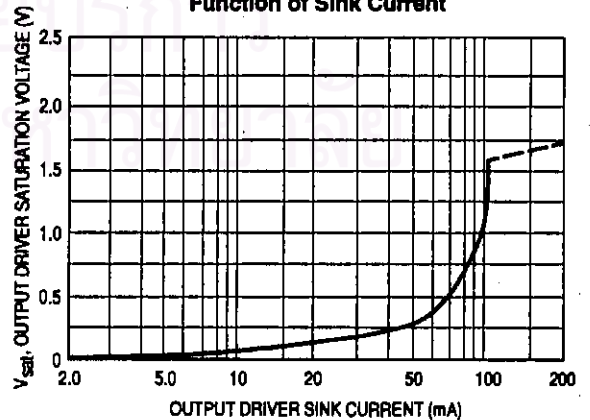


Figure 6. Output Driver Saturation Voltage as a Function of Sink Current



SG3526

Figure 7.  $V_{CSAT}$  Saturation Voltage as a Function of Sink Current

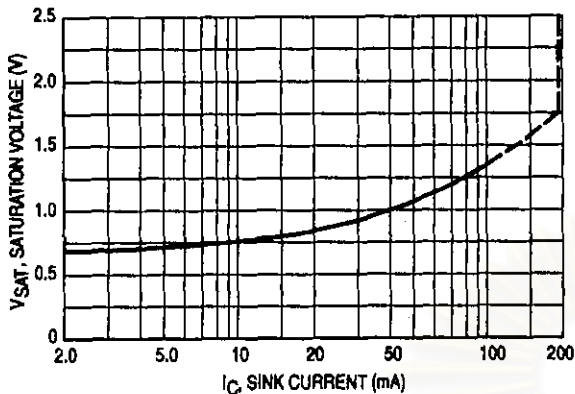


Figure 8. Oscillator Period

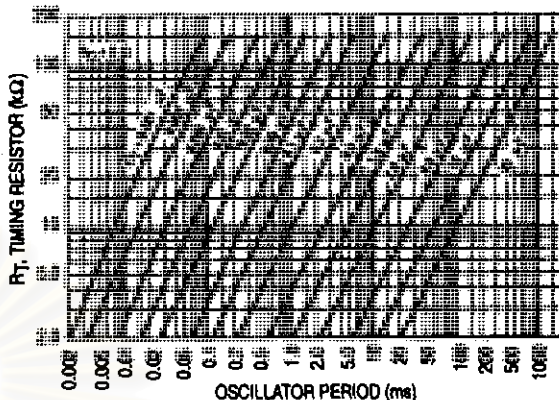


Figure 9. Error Amplifier

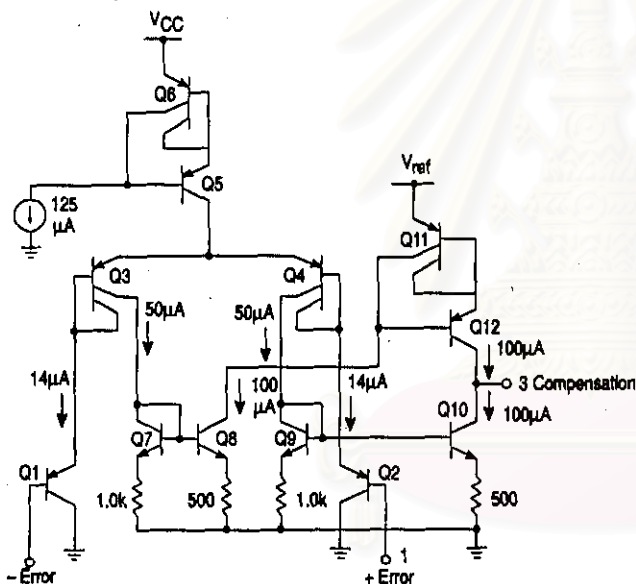


Figure 10. Undervoltage Lockout

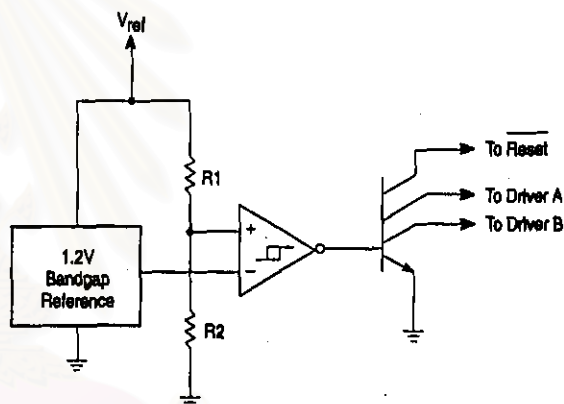
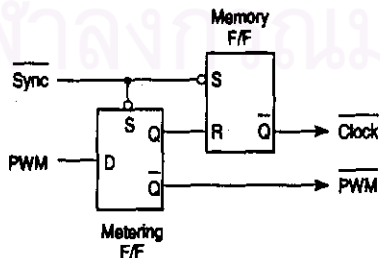


Figure 11. Pulse Processing Logic



The metering Flip-Flop is an asynchronous data latch which suppresses high frequency oscillations by allowing only one PWM pulse per oscillator cycle.

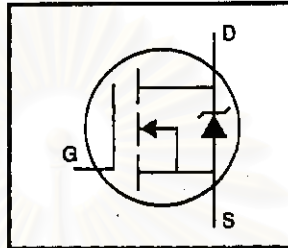
The memory Flip-Flop prevents a double pulsing in a push-pull configuration by remembering which output produced the last pulse.

International  
**IR** Rectifier

PD - 9.543C

**IRFPG50**  
HEXFET® Power MOSFET

- Dynamic dv/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Isolated Central Mounting Hole
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements



$$V_{DSS} = 1000V$$

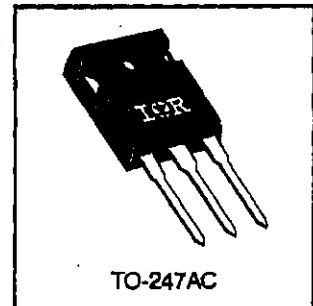
$$R_{DS(on)} = 2.0\Omega$$

$$I_D = 6.1A$$

### Description

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-247 package is preferred for commercial-industrial applications where higher power levels preclude the use of TO-220 devices. The TO-247 is similar but superior to the earlier TO-218 package because of its isolated mounting hole. It also provides greater creepage distance between pins to meet the requirements of most safety specifications.



### Absolute Maximum Ratings


	Parameter	Max.	Units
$I_D$ @ $T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	6.1	A
$I_D$ @ $T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	3.9	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current ①	24	
$P_D$ @ $T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	190	W
	Linear Derating Factor	1.5	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy ②	800	mJ
$I_{AR}$	Avalanche Current ③	6.0	A
$E_{AR}$	Repetitive Avalanche Energy ④	19	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ⑤	1.0	V/ns
$T_J$ $T_{STG}$	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +150	°C
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf-in (1.1 N-m)	

### Thermal Resistance

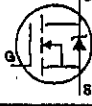
	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	—	0.65	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	—	40	

## IRFPG50

International  
IR RectifierElectrical Characteristics @  $T_J = 25^\circ\text{C}$  (unless otherwise specified)

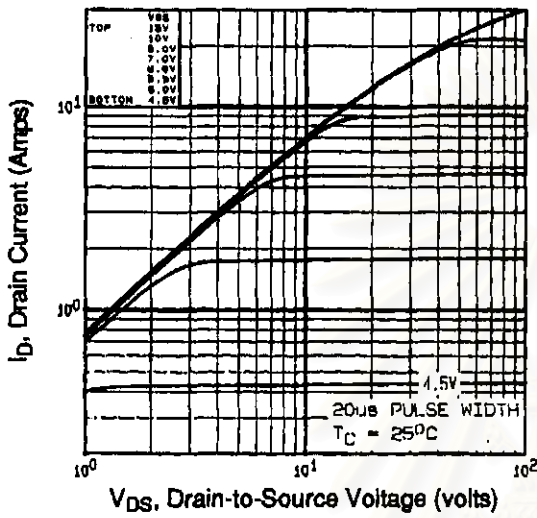
	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	1000	—	—	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	1.2	—	V/°C	Reference to $25^\circ\text{C}$ , $I_D=1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	2.0	$\Omega$	$V_{GS}=10V, I_D=3.6A$ ③
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\mu A$
$g_{fs}$	Forward Transconductance	5.4	—	—	S	$V_{DS}=100V, I_D=3.6A$ ③
$I_{DSS}$	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	100	$\mu A$	$V_{DS}=1000V, V_{GS}=0V$
		—	—	500		$V_{DS}=800V, V_{GS}=0V, T_J=125^\circ\text{C}$
$I_{GSS}$	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS}=-20V$
$Q_g$	Total Gate Charge	—	—	190	nC	$I_D=6.1A$
$Q_{gs}$	Gate-to-Source Charge	—	—	23		$V_{DS}=400V$
$Q_{gd}$	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	110		$V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	19	—	ns	$V_{DD}=500V$ $I_D=6.1A$ $R_G=6.2\Omega$ $R_D=81\Omega$ See Figure 10 ④
$t_r$	Rise Time	—	35	—		
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	130	—		
$t_f$	Fall Time	—	36	—		
$L_D$	Internal Drain Inductance	—	5.0	—	nH	Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact 
$L_S$	Internal Source Inductance	—	13	—		
$C_{iss}$	Input Capacitance	—	2800	—	pF	$V_{GS}=0V$ $V_{DS}=25V$ $f=1.0\text{MHz}$ See Figure 5
$C_{oss}$	Output Capacitance	—	250	—		
$C_{riss}$	Reverse Transfer Capacitance	—	84	—		

## Source-Drain Ratings and Characteristics

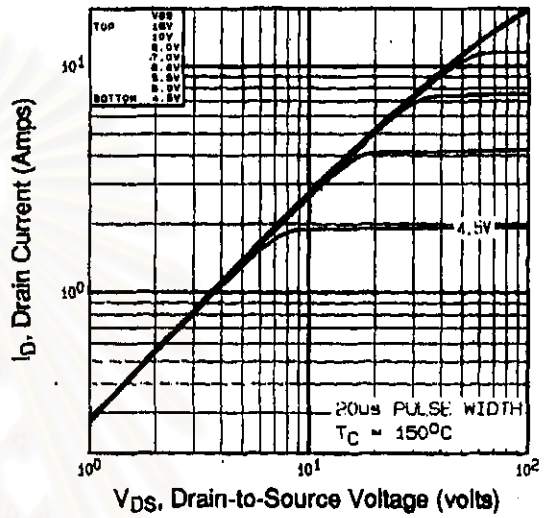
	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$I_S$	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	6.1	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
$I_{SM}$	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	24		
$V_{SD}$	Diode Forward Voltage	—	—	1.8	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=6.1A, V_{GS}=0V$ ③
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	—	630	950	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=6.1A$
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge	—	3.5	5.3	$\mu C$	$di/dt=100A/\mu s$ ④
$t_{on}$	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S+L_D$ )				

## Notes:

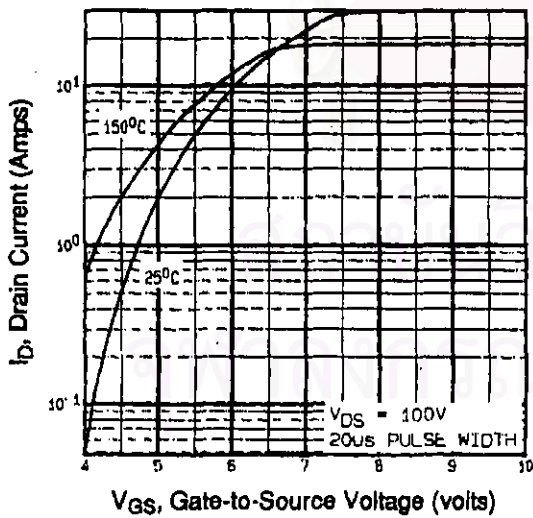
① Repetitive rating; pulse width limited by  
max. junction temperature (See Figure 11)③  $I_{SD} \leq 8.1A, di/dt \leq 120A/\mu s, V_{DD} \leq 600,$   
 $T_J \leq 150^\circ\text{C}$ ②  $V_{DD}=50V, \text{starting } T_J=25^\circ\text{C}, L=40\text{mH}$   
 $R_G=25\Omega, I_{AS}=6.1A$  (See Figure 12)④ Pulse width  $\leq 300\mu s$ ; duty cycle  $\leq 2\%$ .



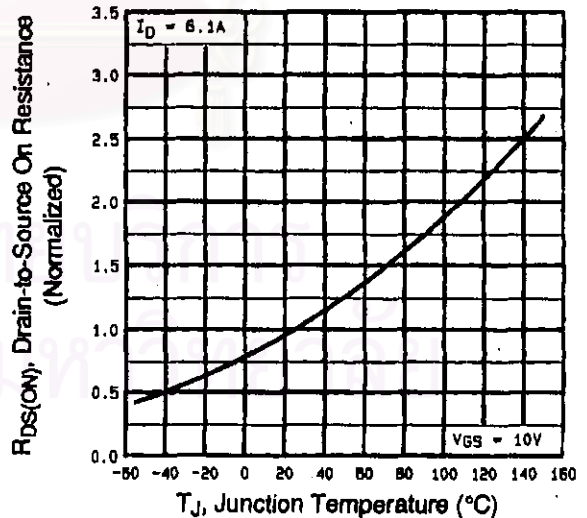
**Fig 1. Typical Output Characteristics**



**Fig 2. Typical Output Characteristics**



**Fig 3. Typical Transfer Characteristics**

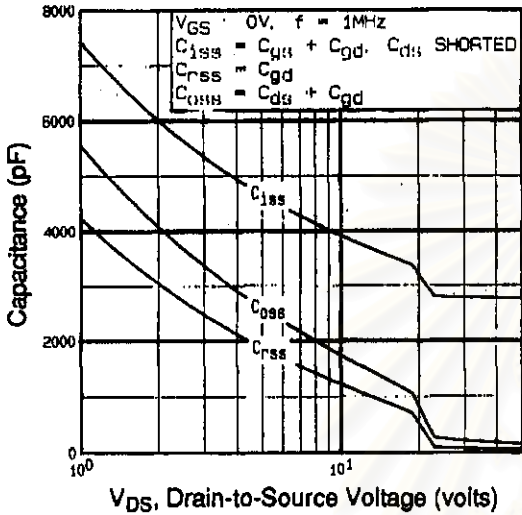


**Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature**

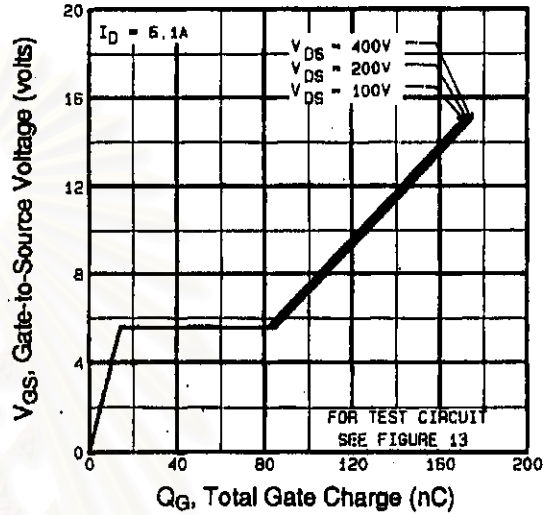


**IRFPG50**

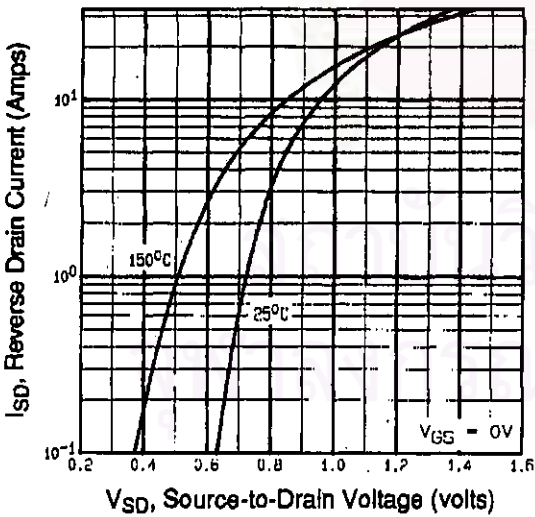
International  
**IGR** Rectifier



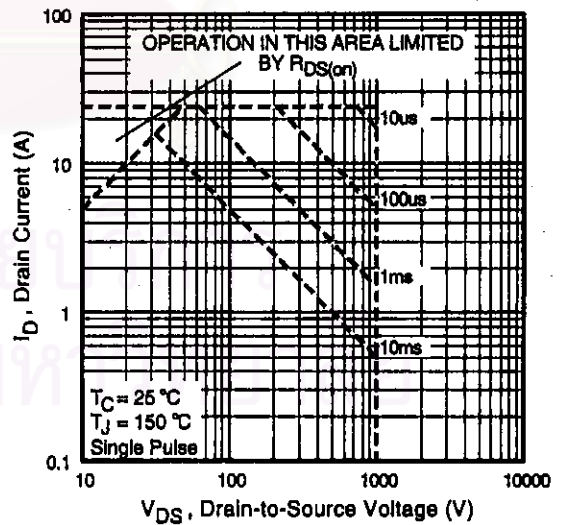
**Fig 5.** Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage



**Fig 6.** Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage



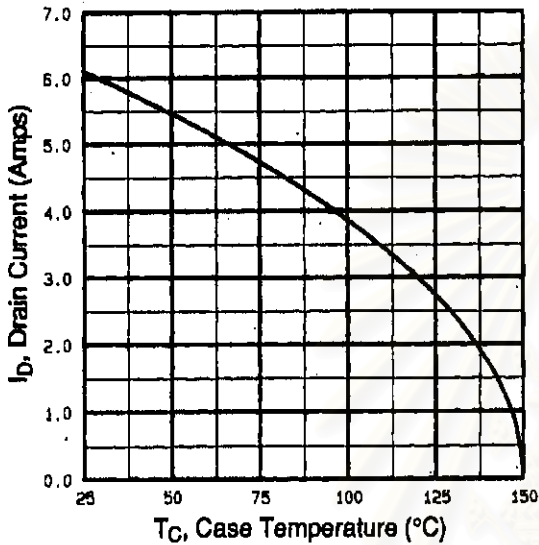
**Fig 7.** Typical Source-Drain Diode Forward Voltage



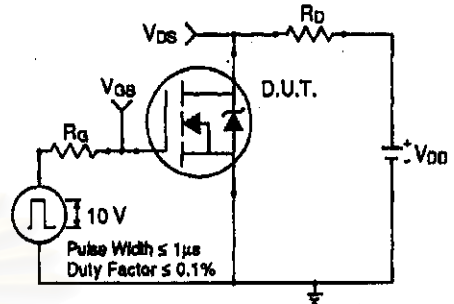
**Fig 8.** Maximum Safe Operating Area

International  
**IR** Rectifier

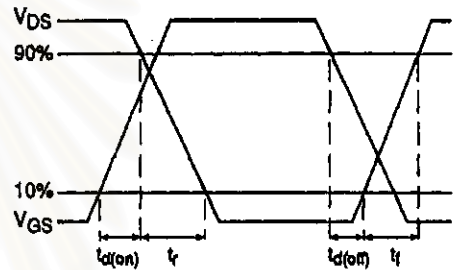
**IRFPG50**



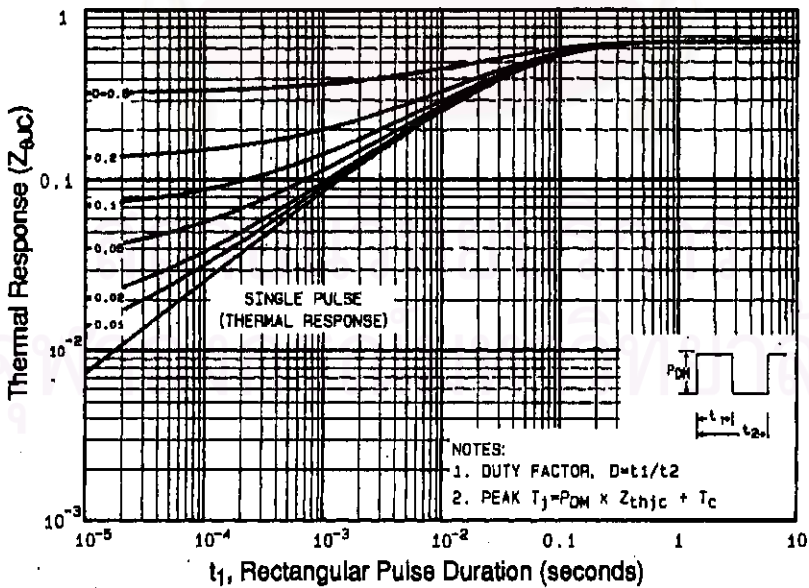
**Fig 9.** Maximum Drain Current Vs. Case Temperature



**Fig 10a.** Switching Time Test Circuit



**Fig 10b.** Switching Time Waveforms



**Fig 11.** Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

IRFPG50

International  
IGOR Rectifier

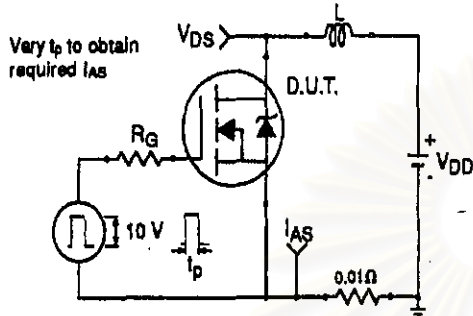


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

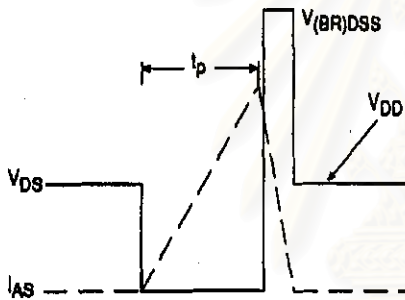


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

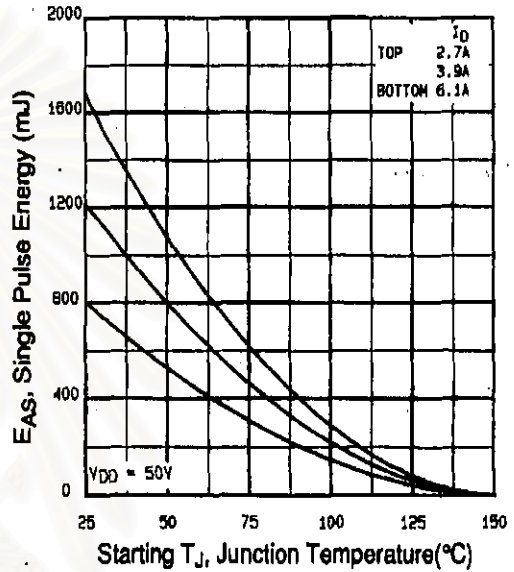


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

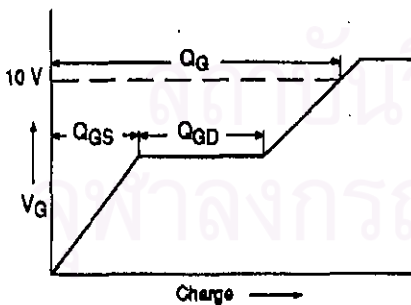


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

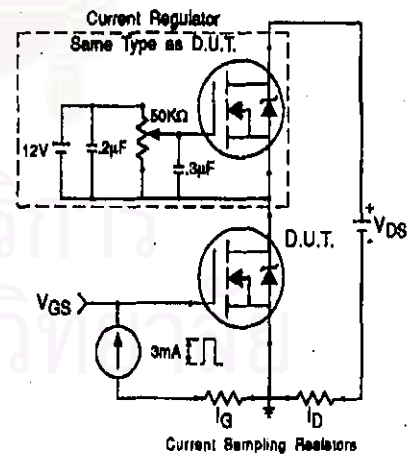
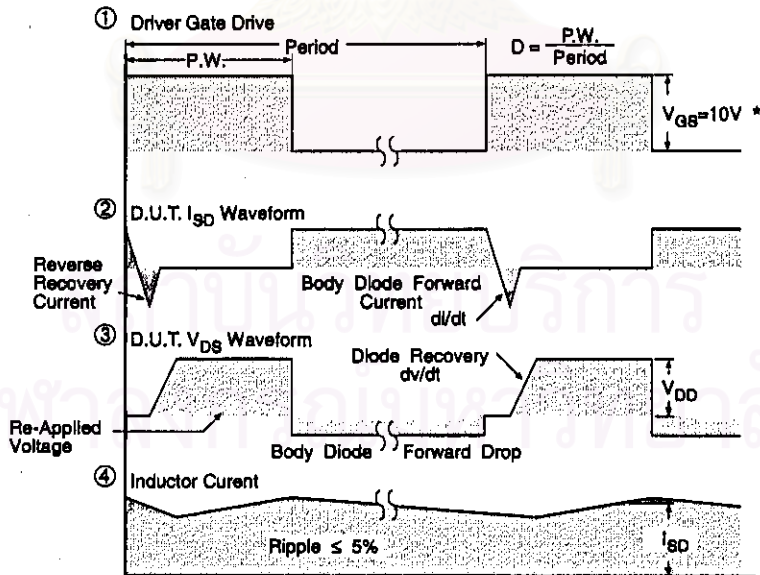
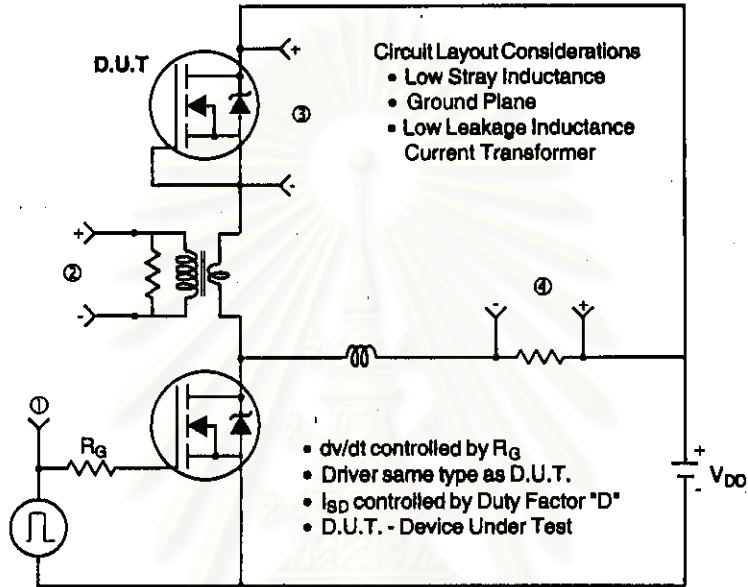


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit



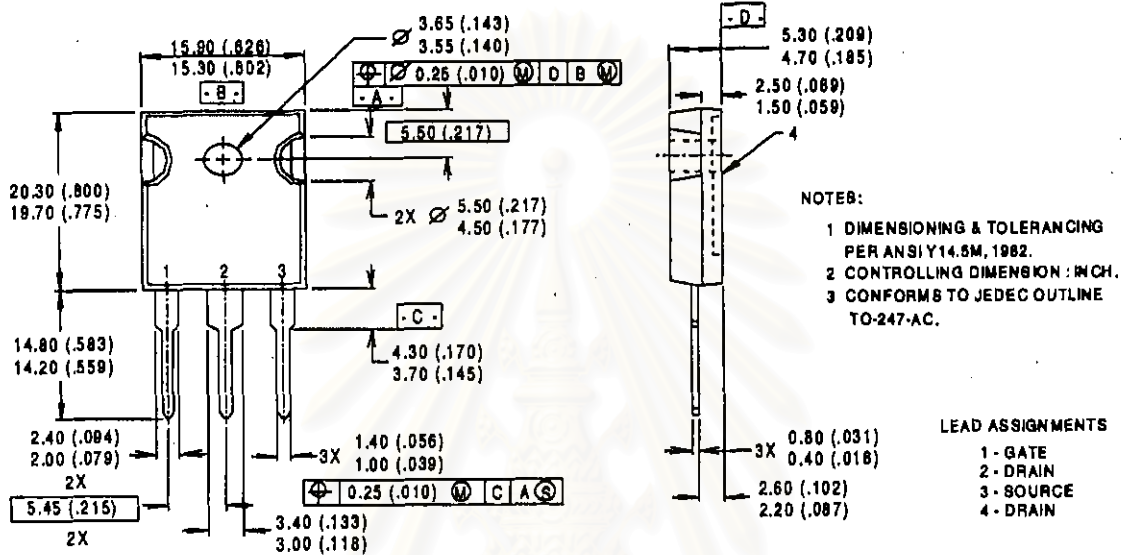
\*  $V_{GS} = 5V$  for Logic Level Devices

Fig 14. For N-Channel HEXFETS

**IRFPG50**

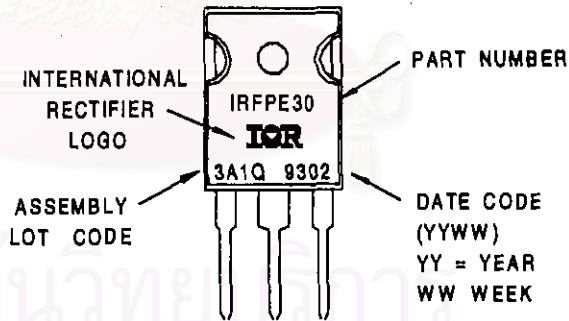
International  
**IOR** Rectifier

**TO-247AC Package Details**



**Part Marking**

EXAMPLE: THIS IS AN IRFPE30 WITH ASSEMBLY LOT CODE 3A1Q



International  
**IOR** Rectifier

**WORLD HEADQUARTERS:** 233 Kansas St., El Segundo, California 90245, Tel: (310) 322 3331  
**EUROPEAN HEADQUARTERS:** Hurst Green, Oxted, Surrey RH8 9BB, UK Tel: ++ 44 1883 732020  
**IR CANADA:** 15 Lincoln Court, Brampton, Ontario L6T 3Z2, Tel: (905) 453 2200  
**IR GERMANY:** Saalburgstrasse 157, 61350 Bad Homburg Tel: ++ 49 6172 96590  
**IR ITALY:** Via Liguria 49, 10071 Borgaro, Torino Tel: ++ 39 11 451 0111  
**IR FAR EAST:** 171 (K&H Bldg.) 30-4 Nishi-ikebukuro 3-chome, Toshima-ku, Tokyo Japan Tel: 81 33 983 0088  
**IR SOUTHEAST ASIA:** 315 Outram Road, #10-02 Tan Boon Liat Building, Singapore 16907 Tel: 65 221 8371

*Data and specifications subject to change without notice.*

## Material characteristics

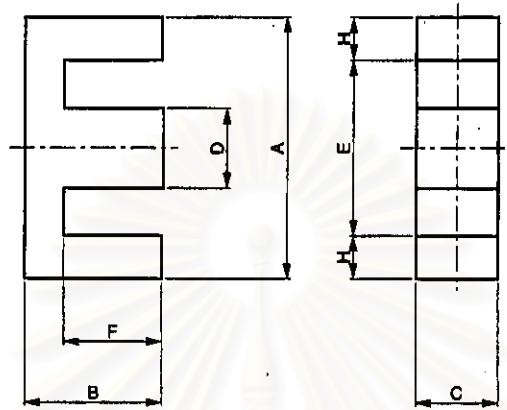
Material	Symbol	Unit	H 56 Z	H 55 Z	H 54 Z	H 53 Z	H 52 A	H 52 B	H 52 Z	H 51 A	H 51 Z
Initial permeability	$\mu$ iac		11 $\pm 20\%$	17 $\pm 20\%$	50 $\pm 20\%$	130 $\pm 20\%$	250 $\pm 20\%$	800 $\pm 20\%$	1200 $\pm 20\%$	1200 $\pm 20\%$	1200 $\pm 15\%$
Relative loss factor	$\frac{\tan \delta}{\mu}$	$\times 10^{-4}$	<200 40MHz <250 100MHz	<160 40MHz <220 100MHz	< 60 5 MHz < 80 10MHz	< 30 1 MHz <120 10MHz	< 25 1 MHz < 60 5 MHz	< 20 0.5MHz < 40 1 MHz	< 5 0.1MHz < 12 0.5MHz	< 3 0.1MHz < 8 0.5MHz	<1.5 0.1MHz < 4 0.5MHz
Temperature factor -30~20 °C 20~55 °C 20~70 °C	$\alpha_{\mu r}$	$\times 10^{-4}$			4~20	3~10 3~10	0~5	0~2	1.5~7 1.5~7	0.2~2	0.3~2 0.2~1
Saturation flux density	Bs	Gauss	2000	2100	2500	2900	3300	3900	3800	4650	4650
		mT	200	210	250	290	330	390	380	465	465
Residual flux density	Br	Gauss	1100	1200	1300	1600	2200	1700	1600	1500	1500
		mT	110	120	130	160	220	170	160	150	150
Coercive force	Hc	Oe	12	10	8.0	3.0	2.0	0.7	0.5	0.5	0.5
		A/m	960	800	640	240	160	56	40	40	40
Hysteresis material constant	$\eta_B$	$\frac{\times 10^{-4}}{\text{mT}}$						<1.8 10kHz	<0.5 10kHz	<0.6 100kHz	<0.4 100kHz
Disaccommodation factor	DF	$\times 10^{-3}$	< 50	< 50	< 30	< 20	< 10	< 20	< 10	< 6	< 4
Curie temperature	Tc	°C	>450	>450	>400	>350	>300	>250	>230	>200	>200
Resistivity	$\rho$	$\Omega\text{-cm}$	$10^6$	$10^6$	$10^6$	$10^6$	$10^6$	500	500	500	500
Density	d	g/cm <sup>3</sup>	4.3	4.3	4.5	4.5	4.4	4.6	4.7	4.7	4.7

- Note : 1) The values were obtained with toroidal cores (FR 25  $\phi$  / 15  $\phi$  / 5).  
 2) The values were obtained at 23  $\pm$  2 °C unless otherwise specified.  
 3) Initial permeability were measured at 10 kHz, 0.8 A/m.



## EE CORES

## Summary



Shape code	Dimensions (mm)							General standard
	A	B	C	D	Emin.	F	H	
EE12.6/13	12.6±0.50	6.40±0.10	3.55±0.15	3.55±0.15	8.9	4.65±0.15	1.70	
EE13/13B	13.0±0.20	6.40±0.10	7.00±0.10	3.55±0.15	8.9	4.65±0.15	1.90	
EE16/14K	16.0±0.30	7.20±0.10	4.80±0.20	3.80±0.20	11.7	5.20±0.15	2.00	JIS
EE19/16K	19.1±0.30	7.95±0.15	5.00±0.20	4.55±0.15	14.2	5.60±0.10	2.30	JIS
EE19/16Z	19.3±0.32	8.10±0.18	4.76±0.13	4.76±0.08	14.1	5.72±0.13	2.38	
EE22/20	22.0±0.30	10.2±0.20	5.75±0.25	4.25±0.25	17.0	7.70±0.20	2.25	
EE25/19A	25.8±0.40	9.65±0.13	6.35±0.20	6.48±0.13	18.8	6.73±0.25	3.30	
EE25/19Z	25.4±0.38	9.53±0.25	6.35±0.25	6.35±0.13	18.7	6.38±0.17	3.18	JIS
EE25/20	25.0±0.30	10.2±0.20	8.40±0.30	6.40±0.30	18.2	6.65±0.15	3.25	
EE30/26K	30.0±0.50	13.2±0.20	10.7±0.30	10.7±0.30	19.5	8.15±0.15	5.00	JIS
EE30/30	30.0±0.50	14.9±0.25	6.90±0.30	6.90±0.20	19.5	10.2±0.25	5.00	
EE34/28A	34.6±0.45	14.2±0.20	9.27±0.25	9.27±0.25	25.4	9.90±0.25	4.38	
EE40/34B	40.0±0.60	16.8±0.40	11.7±0.40	11.7±0.40	26.8	10.7±0.15	6.35	
EE40/34K	40.0±0.50	17.0±0.30	10.7±0.30	10.7±0.30	27.4	10.3±0.30	6.00	JIS
EE40/35A	40.8±0.55	18.6±0.25	12.4±0.30	12.5±0.30	28.6	10.7±0.28	5.85	
EE40/44	40.1±0.60	22.3±0.30	11.7±0.40	11.7±0.40	27.3	15.2±0.20	6.05	
EE42/42-15W	42.2±0.90	21.0±0.20	15.0±0.30	12.0±0.30	29.5	15.2±0.40	6.03	JIS
EE42/42-20W	42.2±0.90	21.0±0.20	19.8±0.40	12.0±0.30	29.5	15.2±0.40	6.03	JIS
EE43/34	42.8±0.85	17.0±0.30	12.6±0.40	12.6±0.30	28.1	10.5±0.30	6.86	
EE47/39A	47.2±0.60	19.6±0.30	15.5±0.40	15.7±0.35	31.8	12.4±0.35	7.44	
EE50/42K	50.0±0.70	21.3±0.30	14.8±0.40	14.6±0.40	34.2	12.8±0.30	7.50	JIS
EE55/55A	55.2±1.10	27.5±0.30	20.7±0.30	17.0±0.30	37.5	18.9±0.40	8.52	JIS
EE56/47A	56.6±0.65	23.6±0.30	18.7±0.45	18.8±0.25	38.1	14.8±0.35	9.02	
EE80/76	80.0±1.00	38.1±0.40	19.8±0.40	19.8±0.40	61.2	28.2±0.30	8.90	



## EE CORES

Shape code	Magnetic parameter				Center leg area $A_c$ (mm <sup>2</sup> )	Minimum cross sectional area $A_{min.}$ (mm <sup>2</sup> )		Window area $A_w$ (mm <sup>2</sup> )	AL value (6H20) $nH/N^2 \pm 25\%$	Approx. weight (g/pr.)	Test data (page)
	$C_1$ (mm <sup>-1</sup> )	$A_e$ (mm <sup>2</sup> )	$\bullet$ (mm)	$V_e$ (mm <sup>3</sup> )							
EE12.8/13	2.4057	12.4	29.7	367	12.6	12.1	L	26.3	800	1.90	—
EE13/13B	1.1934	25.1	30.0	752	24.9	23.8	B	25.6	1600	3.70	29
EE16/14K	1.8662	18.9	35.2	663	18.2	18.2	C	42.6	1100	3.20	30
EE19/16K	1.7168	23.1	39.5	915	22.8	22.8	C	55.7	1200	4.58	31
EE19/16Z	1.7715	22.7	40.1	909	22.7	22.7	LBC	55.9	1200	4.56	—
EE22/20	1.9594	26.1	51.2	1340	24.4	24.4	C	102	1100	13.8	—
EE25/19A	1.2387	39.8	49.2	1960	41.1	37.1	B	85.8	1600	9.96	—
EE25/19Z	1.1970	40.2	48.1	1940	40.3	40.0	B	81.0	1800	10.3	32
EE25/20	1.1561	42.6	49.3	2100	41.0	41.0	C	80.5	1900	10.3	—
EE30/26K	0.52756	110	57.9	6380	114	107	L	75.8	4200	32.2	33
EE30/30	1.1538	57.3	66.1	3790	47.8	47.8	C	134	2000	20.7	34
EE34/28A	0.85153	82.1	89.9	5750	85.9	79.7	B	164	2700	29.5	—
EE40/34B	0.54389	142	77.5	11000	137	137	C	187	4200	52.0	35
EE40/34K	0.60782	127	77.4	9880	114	114	C	178	3800	52.0	36
EE40/35A	0.52589	149	78.1	11800	155	145	L	178	4400	58.8	—
EE40/44	0.66917	145	97.2	14100	137	137	C	248	3600	71.7	—
EE42/42-15W	0.54243	160	97.8	17600	180	180	BC	278	4400	86.9	37
EE42/42-20W	0.41512	236	97.8	23000	235	235	BC	276	5700	118	38
EE43/34	0.47780	165	78.7	13000	159	159	C	171	4800	65.0	—
EE47/39A	0.38524	232	89.5	20800	243	223	B	206	6000	106	—
EE50/42K	0.42877	226	96.3	21700	213	213	C	261	5500	113	39
EE55/55A	0.34989	353	124	43700	352	352	C	400	6700	218	40
EE56/47A	0.31597	339	107	36400	352	329	B	292	7300	186	—
EE60/76	0.49137	377	185	69700	392	352	L	1480	4700	354	—

Note: Minimum cross sectional area B; Back area C; Center leg area L; Side leg area



**CONCORD #333**

This type is of fast-drying coil impregnation varnish, various outstanding properties available such as electrical property, mechanical property, oil resistance, chemical resistance, water resistance, moisture resistance and internal-drying property, suitable for small or medium-sized revolving machines, transformers, vehicles, ships and working machines.

**PROPERTIES :**

Thermal Class	B
Appearance	Light brown
Specific Gravity (20°C)	0.92 ± 0.02
Viscosity (poise at 30°C)	1.5 ± 0.5
Solids content (%)	45 ± 3
Acid value	< 15
Drying time (Hardening)	120°C x within 1hr
Internal drying	120°C x within 3hrs
Oil resistance	120°C x 6hrs
Bending	120°C x 12hrs 3d
Heat - softening	140°C x 1hr
Thinability	Good
Volume resistivity 20°C (Ωcm)	> 10
Dielectric strength (V / 0.1 mm)	> 8,000

**GBS****923****GBS-923 FLAME-RESISTANT COPPER  
CLAD EPOXY PAPER LAMINATE**

The laminate is Cotton paper based epoxy-phenolic resin of flame-resistant impregnated laminate, is made by hot press.

The laminate is composite printed circuit laminate combining the good characteristics of paper base and glass base products. Epoxy paper core reduces the laminates cost and provides punchability, and an epoxy woven glass face gives excellent mechanical, thermal and electrical properties.

Having the property of being flame retardant, according to the UL specification it is classified and qualified: V-0.

The product allows the processor to pierce and blank at room temperature, and can be warmed to enhance the punchability further.

Typical use include Radio, Tv, video games, communication and industrial electronics.

**Principal properties:**

No.	Property	Conditioning	Typical values	Test Method
1	Solder float (260°C) $\frac{\text{sec}}{\text{min}}$	A	No blistering or delamination	NEMA L <sub>1</sub> 1-1
2	Peel strength (after solder) $\frac{\text{kg}\cdot\text{f}/\text{cm}^2}{\text{min}}$	A	1.0	NEMA L <sub>1</sub> 1-3
3	Volume resistivity $\frac{\text{M}\Omega\cdot\text{cm}}{\text{min}}$	after recovery	$10^4$	NEMA L <sub>1</sub> 1-1
4	Surface resistance $\frac{\text{M}\Omega}{\text{min}}$	"	$10^3$	"
5	Dielectric breakdown, kv (parallel to lamination) min	D-48/50	15	ASTM D-2 NEMA L <sub>1</sub> 1-7
6	Water absorption % max	D-24/23	1.0	ASTM D-2
7	Flexural strength, $\frac{\text{kg}\cdot\text{f}/\text{cm}^2}{\text{min}}$	A	1000 (MD)	ASTM D-7
8	Tangent, 1MHz max	D-24/23	0.06	ASTM D-11
9	Dielectric Constant max	D-24/23	7	"
10	Flame resistant	UL-94	V-0	/

**Nominal Thickness and Tolerance:**

Nominal Thickness (mm)	Tolerance (mm)
1.0, 1.2	$\pm 0.12$
1.5, 1.6	$\pm 0.14$
2.0, 3.0	$\pm 0.20$

The values in the table refer to sample of thickness 1.6mm with Cu 0.035 single side.

Available Size: 1020x1020mm, 1020x1220mm

**CEM**

### ประวัติผู้เขียน

นายฉัตรชัย อัสตาธร เกิดเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2514 สำเร็จการศึกษา  
ระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาไฟฟ้ากำลัง ภาควิชาไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในปีการศึกษา 2537 ต่อจากนั้นได้เข้ารับการศึกษาคือในระดับ  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย