

混合模式脈寬調變開關電源控制器 IC 應用指南

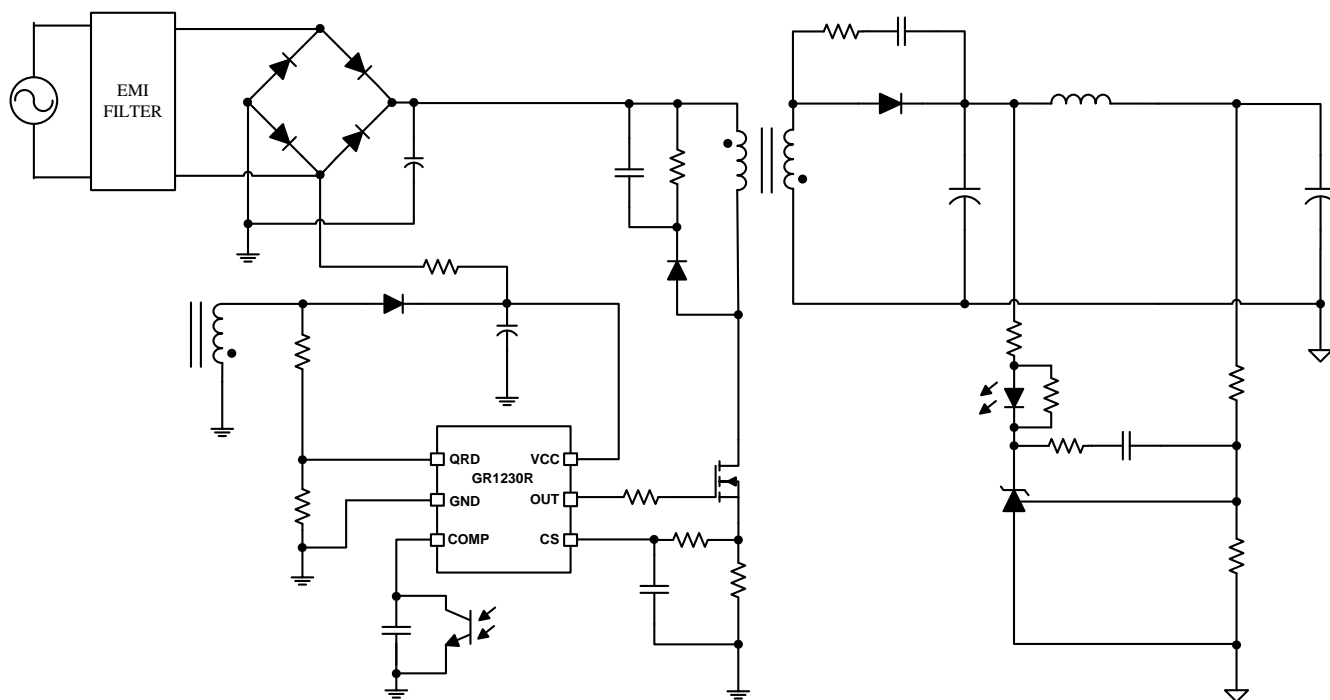
概述

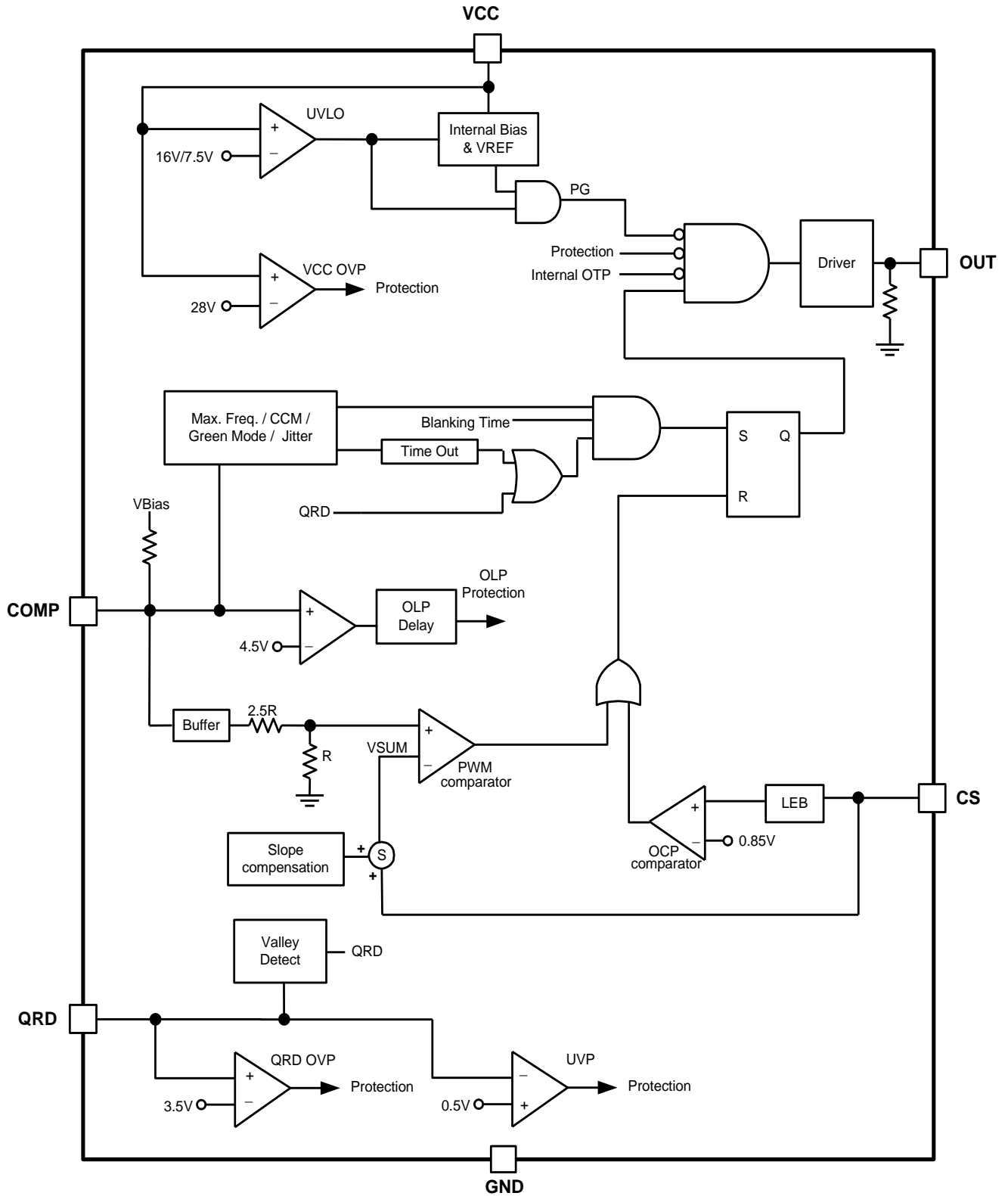
GR1230R 是一款最新的PWM IC，利用混合操作模式(CCM/QR)，以及待機操作時轉為節能模式達到低功耗，進而實現高轉換效率。GR1230R擁有極低啟動電流(<2uA)，具有過電流保護(OCP)，過壓保護(OVP)，欠電壓保護(UVP)和IC內部過溫保護 (Internal OTP) 能為晶片提供充分的保護

性能特點

- 極低啟動電流(<2uA)
- 混合操作模式脈寬調製 (CCM/QR)
在重載和低輸入電壓時操作 CCM
中載操作類似 QR
輕載操作在節能模式
空載進入Burst Mode
- 開關切換頻率為65KHz
- 具有8ms軟啟動
- 精準的過電流保護(OCP)
- QRD可精準調整過電壓保護(OVP)
- VCC過壓保護(OVP)
- IC內部過溫度保護(Internal OTP)
- SOT-26包裝

典型應用線路



GR1230R內部功能方塊圖


目錄

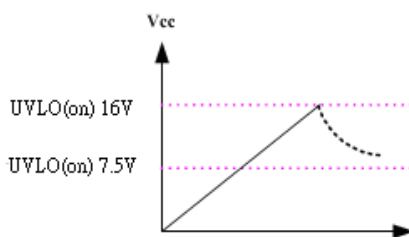
GR1230R 混合模式脈寬調製開關電源控制器 IC 應用指南	1
概述	1
性能特點.....	1
GR1230R 內部功能方塊圖	2
目錄	3
GR1230R 內部功能說明.....	4
VCC 接腳.....	4
QRD 接腳	5
CS 接腳	6
OUT 接腳.....	7
COMP 接腳	8
保護功能說明	8
電路板線路佈局注意事項.....	9
設計實例.....	10
測試結果.....	15

GR1230R內部功能說明

● VCC 接腳

1. 起動電路和欠電壓停止工作

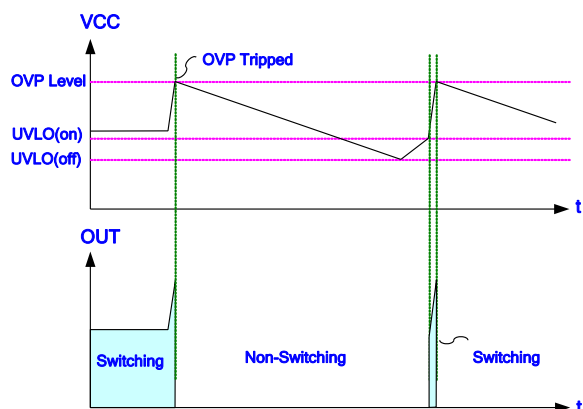
GR1230R 有非常低的起始電流(<2uA)和較低的起始電壓，與常規 PWM IC 比較，可減少外部起動電路之功率損失。由外部起動電阻，提供起始電流對 Vcc 電容充電，當 Vcc 電壓達到工作點(UVLO on) 16V 時，GR1230R 開始工作，再由變壓器輔助繞組線路對 Vcc 電容充電。如果 Vcc 電壓低於欠電壓停止工作點 7.5V 會關閉輸出電路減少工作電流。欠電壓停止工作點有遲滯作用，可使啟動電容器有充分的能量供應給 IC。建議啟動電容選用 2.2uF 到 10uF 之間的電容(建議使用電解電容或是 1206 SMD 陶瓷電容來避免小型 SMD 陶瓷電容產生共振的噪音)，啟動電阻選用 540kΩ 到 2.2MΩ 之間的電阻，確保能順利啟動同時使啟動延遲小於 3 秒，實際情形隨實測波型來選擇恰當的零件數值。GR1230R 欠壓閉鎖遲滯比較器之遲滯曲線如圖一所示。



圖一

2. 過電壓保護

為保護功率 MOSFET 不受損壞，GR1230R 在 VCC 接腳增加過壓保護功能。當 Vcc 電壓高於 28V 時，OUT 接腳立即停止脈衝，動作如圖二所示。VCC 過壓保護的功能是一個自動恢復型的保護。一旦過壓的情況發生，脈衝就被停止，如果過電壓狀況解除，系統將恢復正常運作。



圖二

3. VCC Mode

另外為了避免輸出由滿載轉變成無負載時，回授信號讓 COMP 電壓降為零導致 V_{CC} 電壓下降 (進入 Burst mode)，因此當進入 Burst mode，且 V_{CC} 下降至 8.25V 時會進入 VCC Mode 強制脈衝輸出，避免 V_{CC} 電壓降至 UVLO off，請注意此功能適用於修正負載變化造成系統輸出問題，因此在系統無負載狀態勿將 V_{CC} 電壓設計於 VCC Mode 中。

4. VCC Pin 增加一高頻濾波電容

建議 VCC Pin 旁並聯一高頻濾波電容(EX: 0.1uF MLCC)，增加 IC 工作穩定性，避免雜訊干擾。

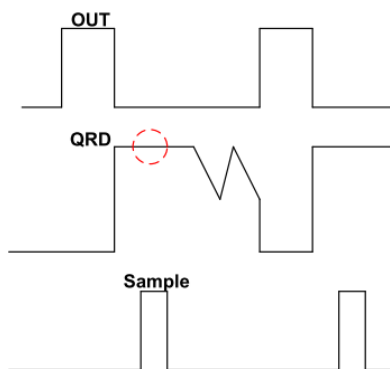
● QRD 接腳

1. Quasi-Resonant 偵測

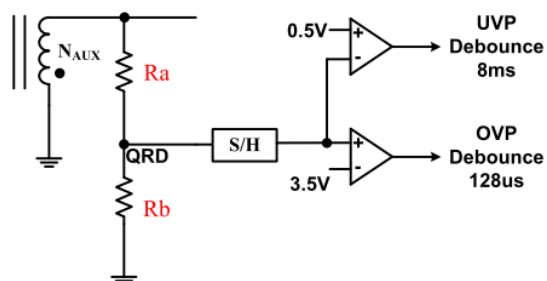
QRD 接腳藉由輔助繞組感應變壓器漏感與 MOSFET 寄生電容所產生的諧振，且在諧振波谷附近將 MOSFET 導通，能減少導通交越損失，提高效率。

2. QRD UVP/OVP 保護

當 QRD 接腳檢測到輔助繞組分壓電阻上的電壓小於 0.5V 並且超過 8mS 時，IC 會進入保護，直到下一次 UVLO On 為止，此功能可以降低輸出短路時的輸入功率提高系統可靠度；當 QRD 接腳檢測到輔助繞組分電壓大於 3.5V 並且超過 128uS 時脈衝會關閉，因此除了 V_{CC} OVP 外，可藉由設定 QRD 分壓電阻來達到簡單且準確的輸出過電壓保護機制，如圖三、圖四所示。



圖三



圖四

$$\text{上臂電阻設定 } R_a = \frac{V_{in(min)} \times \frac{N_{aux}}{N_p}}{k \times 10^{-6}}$$

$$\text{下臂電阻設定 } R_b = \frac{3.5R_a}{(V_{ovp} + V_F) \frac{N_{aux}}{N_s} - 3.5}$$

以上為理論計算，實際需依實測數據微調

$V_{in(min)}$: 正常最低工作電壓(建議為 80~100Vdc)

V_{ovp} : 輸出過壓設定值(建議為 normal output 115%~130%)

V_F : 次級側二極體順向導通電壓

N_p : 初級側繞組圈數

N_s : 初級側圈數

N_{aux} : 輔助繞組圈數

R_a : 輔助繞組上臂分壓電阻

R_b : 輔助繞組下臂分壓電阻

k: 100~200

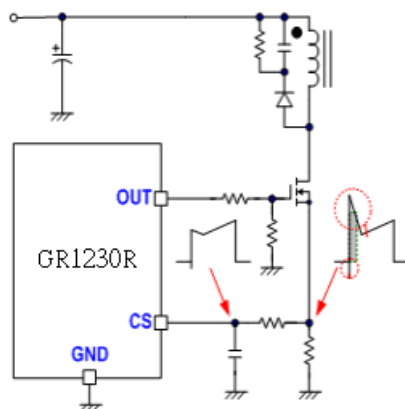
● CS 接腳

1. 電流檢測比較器

GR1230R的CS 接腳是用來檢測流過變壓器初級側也就是MOSFET源極的電流，當輸出發生過電流的狀況時，CS接腳檢測Sense電阻的電壓達到設定值，會立即關閉脈衝信號的輸出，從而關閉MOSFET，對電路進行保護，若是輸出短路或開關機時，檢測到脈衝若是大於6uS，CS偵測電壓達到0.85V時，會將脈衝關閉，若脈衝小於5uS時，CS偵測電壓自動修正為0.7V，避免在高壓輸入進行輸出短路測試時Vds過高。

2. 波前沿遮蔽(Leading-Edge Blanking)避免誤觸發

功率型 MOSFET 導通瞬間，會有一個不可避免的導通尖波發生在電流偵測電阻上，此導通尖波會導致 MOSFET 誤關閉。GR1230R 內部建立了 350ns 的遮蔽時間，使此導通尖波可以避開，但有時因外部器件參數原因，造成尖波雜亂或者出現較大負壓時，可以在電流檢測電阻與 CS 腳之間增加 RC 濾波電路使波形達到正常取樣的效果，如圖五所示。但 RC 電路參數過大會造成檢測波形失真，導致系統無法正確偵測，因此 RC 電路參數值建議使用 $R=200\Omega$ ， $C=470pF$ 左右的數值，實際情形隨實測波型來選擇恰當的零件。



圖五

● OUT 接腳

1. OUT PIN 電阻的設定：

通過調整 OUT 接腳與 MOSFET 閘極間的電阻可以調節驅動能力。這個電阻能減小 MOSFET 閘極驅動的上升時間改善 EMI，但是這個電阻不宜太大，否則會降低系統效率（特別是在連續電流模式時），一般電阻的值在 10~51 (Ω)，實際情形隨實測效率與 EMI 來選擇恰當的零件。

2. 閘極箝位/軟啟動(Gate Clamp/Soft Drive)

IC 輸出電壓被箝位電路限制在 13.5V，此箝位電路是為了預防過高的閘極電壓信號會造成 MOSFET 損壞。GR1230R 另有軟啟動功能來減少 EMI 干擾。

● COMP 接腳

1. COMP 電容的設定：

由於 COMP 為補償接腳，因此建議補償電容採用 X7R 系列減少溫度飄移對容值產生影響的問題。

建議項目	最小	最大	單位
COMP接地电容	1	33	nF

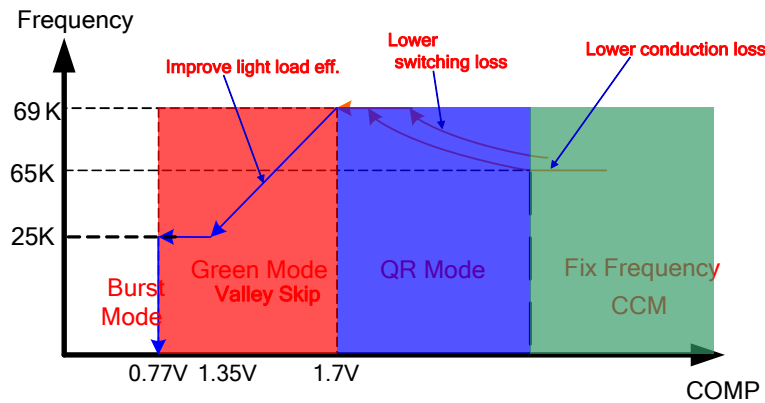
2. 混合模式操作：

GR1230R 為混合模式(準諧振/連續導通模式)的控制器。IC 的操作模式是根據開關頻率與 COMP pin 電壓來做改變 (圖六)。在正常操作下，IC 為準諧振模式可減少切換損耗。在準諧振模式中，電壓頻率是依據輸入電壓和負載條件來做變化。當輸出負載電流增加，開關的導通時間(ON

Time) 也跟著增加；因此，開關的頻率會下降。假如開關頻率低於 65kHz，控制器適時地轉換為連續導通模式；因此，系統可以使用小尺寸的變壓器來達到高功率的轉換效率。相對地當輸出負載電流減少，開關的導通時間也跟著減少；因此，開關頻率增加。假如開關頻率超過 69 kHz，IC 會跳過第一個波谷，直到第二個波谷或第三個波谷開關才導通。

在輕載時 COMP 電壓低於 1.7V，IC 會進入節能模式(Green Mode)來達到較高的電源轉換效率。開關最高切換頻率會從 69kHz 到 25kHz 呈線性降低，在節能模式中波谷導通的開關特性仍然被保存；也就是說，當負載降低時，系統會自動地跳過多重波谷，因此減少開關切換頻率。

在空載或非常輕的負載的情況下($V_{comp} < \text{Burst mode voltage}, 0.77V$)，GR1230R 的柵極輸出會立刻關閉，加強節能。



圖六

3. 開路保護 OLP (Open Loop Protection)

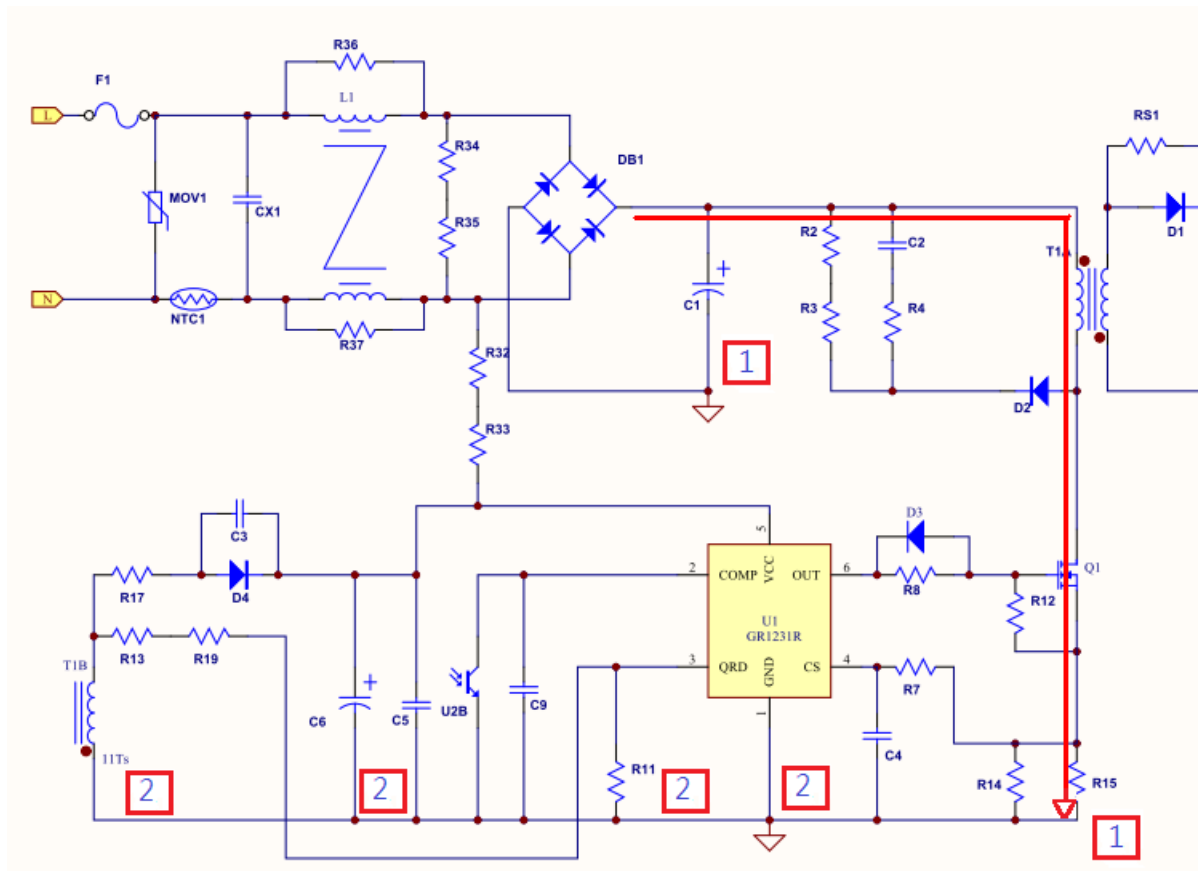
GR1230R 有開路保護功能，內部電路可以偵測 COMP PIN 電壓。當 COMP PIN 電壓 高於開路保護所限制的電壓(4.2V)和延遲時間時，柵極輸出驅動電路將立刻關閉以停止系統動作，直到 VCC 低於 UVLO off level，控制器才會重新啟動。

● 保護功能說明

保護功能	觸發條件	延遲時間	保護模式
QRD UVP	QRD<0.5V	IC啟動後8ms/IC啟動時32ms	Auto Recovery
QRD OVP	QRD>3.5V	128us	Auto Recovery
OLP	Vcomp>4.2V	IC啟動後69ms/IC啟動時93ms	Auto Recovery
VCC OVP	Vcc>28V	128us	Auto Recovery

電路板線路佈局注意事項

1. 電路初級側主迴路由 C1 正端 → 變壓器 → MOSFET → R14、R15 → C1 地端，此為電路中最大切換雜訊源，此迴路零件應盡量靠近以縮短路徑線長及迴路面積，並遠離小訊號迴路以及 GR1230R 本體，且接地 1 之間的連結線路需要保持短、寬原則。
2. C5、C6 應靠近 GR1230R GND Pin 以及 VCC pin，且接地 2 各點須靠近 GR1230R GND Pin。
3. 接地 2 經由 C1 接地 1 連結。
4. CS 偵測線路勿與閘極驅動線路相鄰並行。
5. IC 週邊零件盡量靠近 GR1230R IC 本體。

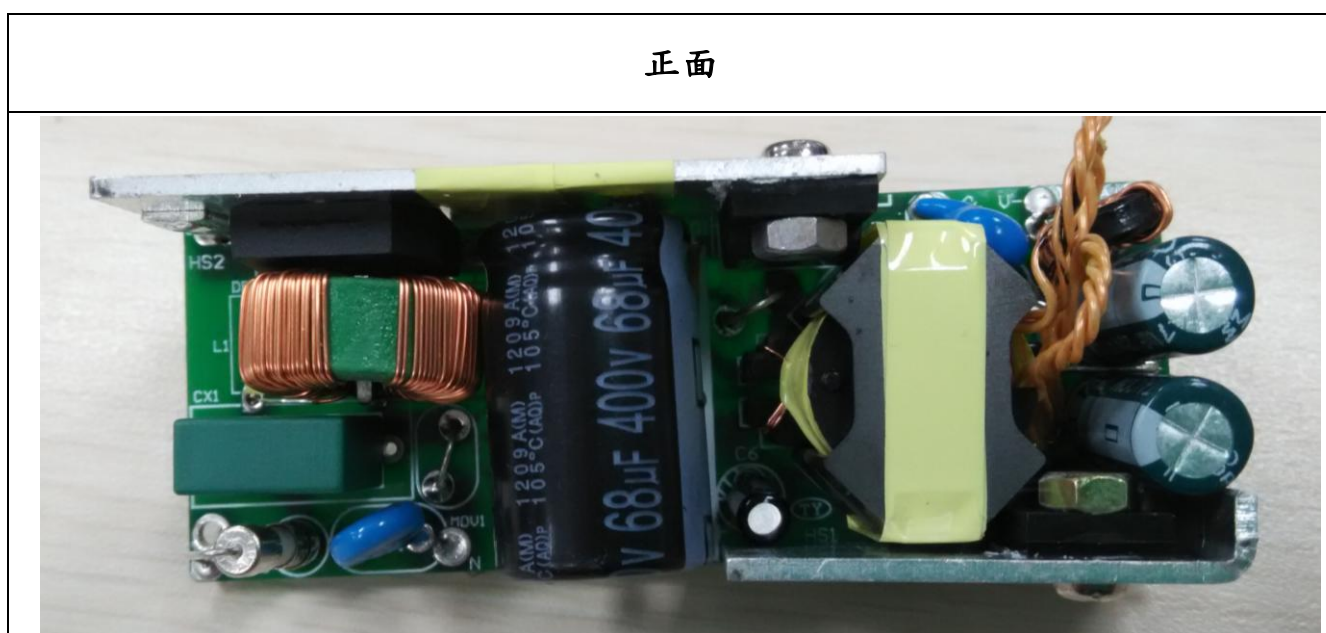


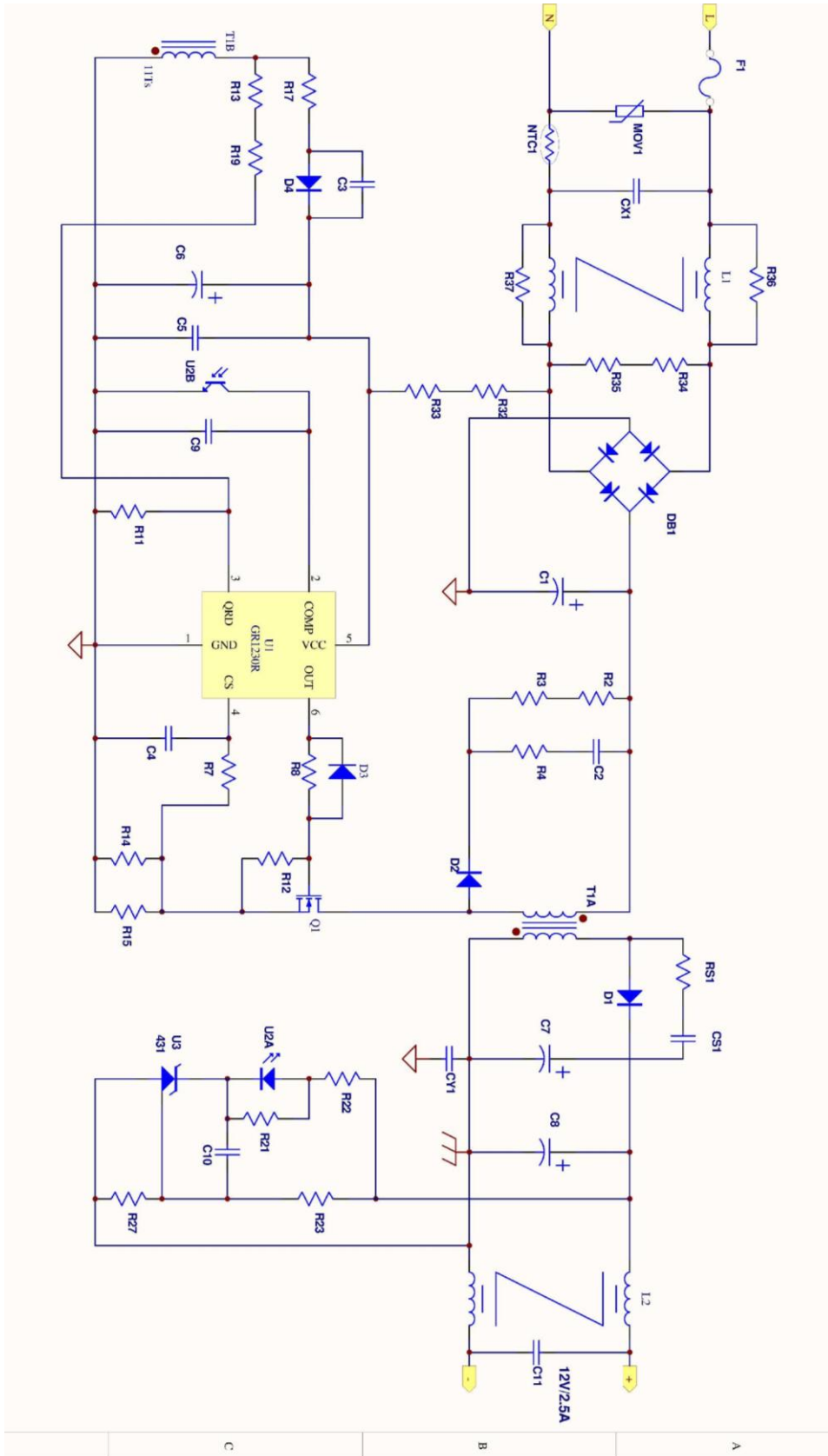
設計實例

系統規格

Parameter	Specification
Input Voltage	90Vac~264Vac
Output Voltage and Current	12V/2.5A
Output Power	30W

實體圖



電路圖


組件表

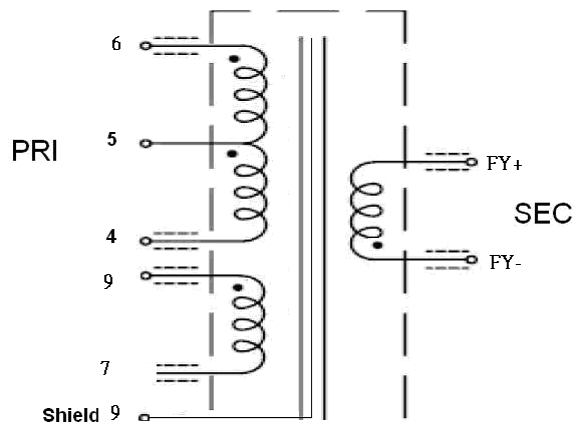
項目	說明			數量	位置
1	IC	GR1230R	SOT-23	1	IC1
2	Resistor	SMD 1206	100KΩ	2	R2,R3
3	Resistor	SMD 1206	0Ω	3	R4,R13,R17
4	Resistor	SMD 1206	1.2Ω	2	R14,R15
5	Resistor	SMD 1206	510KΩ	2	R32,R33
6	Resistor	SMD 1206	22Ω	1	RS1
7	Resistor	SMD 0805	200Ω	1	R7
8	Resistor	SMD 0805	10Ω	1	R8
9	Resistor	SMD 0805	22.1KΩ	1	R11
10	Resistor	SMD 0805	10kΩ	1	R12
11	Resistor	SMD 0805	100KΩ	1	R19
12	Resistor	SMD 0805	4.7KΩ	1	R21
13	Resistor	SMD 0805	470Ω	1	R22
14	Resistor	SMD 0805	127KΩ	1	R23
15	Resistor	SMD 0805	33KΩ	1	R27
16	Capacitor	SMD 1206	1nF/1kV 10% X7R	2	C2,CS1
17	Capacitor	SMD 0805	470pF/50V NPO	1	C4
18	Capacitor	SMD 0805	0.1uF/50V 10% X7R	2	C5,C11
19	Capacitor	SMD 0805	5.6nF/50V NPO	1	C9
20	Capacitor	SMD 0805	22nF/50V NPO	1	C10
21	Capacitor	68uF / 400V	BXF	1	C1
22	Capacitor	4.7uF / 50V		1	C6
23	Capacitor	470uF / 25V	PW	2	C7,C8
24	FTA06N60D	6A/600V	TO-220AB	1	Q1
25	Capacitor-X1	0.1uF/300V 20%	14x12x8	1	CX1
26	Capacitor-Y1	1000pF/		1	CY1
27	Brodige Diode	KBP206	2A/600V DIP	1	BD1
28	Schottky Rectifier	SB2060LFCT	20A/60V TO-220AB	1	D1
29	Fast Recovery Rectifier	PR1007	1A/1000V DO-41	1	D2
30	Rectifier	GS1008FL	1A/800V SOD-123FL	1	D4
31	Rectifier	1N4148	1A/1000V SOD-123	1	D3
32	RM8			1	T1
33	T16107-303N			1	L1
34	FC09032HW60-9R0			1	L2
35	PC-817			1	U2
36	GL431			1	U3

37	7D471K DIP 7Φ	1	MOV1
38	FUSE 3.15A / 250V	1	F1
39	JAMP 0.5mm	1	NTC

變壓器規格

1. Core : RM8
2. Bobbin : RM8
3. $L_p = 1.7\text{mH} \pm 5\%$ between Pin 4 and Pin 6

結構圖



繞線資料:

Winding No (組別)	Margin Tape (擋牆膠帶)	PIN(腳位)		Wire & Wire Copper (線徑X股數)	Turns (圈數)	Winding Tape (繞線方式)	Tape Layer (膠帶層次)	Tube (套管)
		進	出					
N 1	0	4	5	0.3 ϕ x 1P (漆包線)	50TS	密繞	1 L	
N 2	0	9		0.15 ϕ x 1P (漆包線)	滿層	密繞 Shield	2L	
N 3	0	FY+	FY-	0.5 ϕ x 3P (三層絕緣線)	8TS	密繞	2 L	FY+:白(紅)色 FY-:黑色
N 4	0	5	6	0.3 ϕ x 1P (漆包線)	30TS	密繞	2 L	
N 5	0	7	9	0.2 ϕ x 3P (漆包線)	11TS	密繞	1 L	

繞線注意事項:

1. BOBBIN 上下二側不加安規絕緣擋牆，進出線加絕緣套管。
3. 磨 GAP。
4. 絕緣含浸處理。
5. 感值驗證 4 對 6 腳. 感值為 $1.7\text{mH} \pm 5\%$ 在 65KHz, 1V 下量測.

測試結果

1. 效率

測試條件:

- i. Input voltage= 90V, 115V, 230V, 264V
- ii. Output= 12V → 0.625A~2.5A(25%~100%)
- iii. Output cable:20AWG,1.8M

GR1230R	90V/60Hz	115V/60Hz	230V/50Hz	264V/50Hz
100%	84.75%	86.23%	87.69%	88.00%
75%	86.24%	87.16%	88.74%	88.52%
50%	87.36%	88.93%	88.33%	88.06%
25%	87.86%	88.27%	87.99%	87.56%
Average	86.55%	87.65%	88.19%	88.04%

2. 空載輸入功率

測試條件:

- i. Input voltage= 90V, 115V, 230V, 264V
- ii. Output=12V / 0A
- iii. Output cable:20AWG,1.8M
- iv. X.CAP=0.1uF

Test data and results are as follows:

Power Saving (mW)				
GR1230R	90V/60Hz	115V/60Hz	230V/50Hz	264V/50Hz
	34.3	35.3	53.7	61.3

3. 輸入與負載調整率

測試條件:

- i. Input voltage= 90V, 115V, 230V, 264V
- ii. Output cable:20AWG,1.8M

Test data and results are as follows:

Load		Output Voltage (V)				Line Regulation
		90V/60Hz	115V/60Hz	230V/50Hz	264V/50Hz	
GR1230R	12V 0%	12.169	12.169	12.169	12.169	0.00%
	12V 25%	12.068	12.068	12.068	12.068	0.00%
	12V 50%	11.966	11.966	11.966	11.966	0.00%
	12V 75%	11.87	11.869	11.869	11.869	0.01%
	12V 100%	11.766	11.765	11.765	11.765	0.01%
Load Regulation		3.43%	3.43%	3.43%	3.43%	

4. 過電流保護

測試條件:

- i. Input voltage= 90V, 115V, 230V, 264V

Test data and results are as follows:

OLP (A)				
	90V/60Hz	115V/60Hz	230V/50Hz	264V/50Hz
GR1230R	3.49	3.45	3.34	3.3

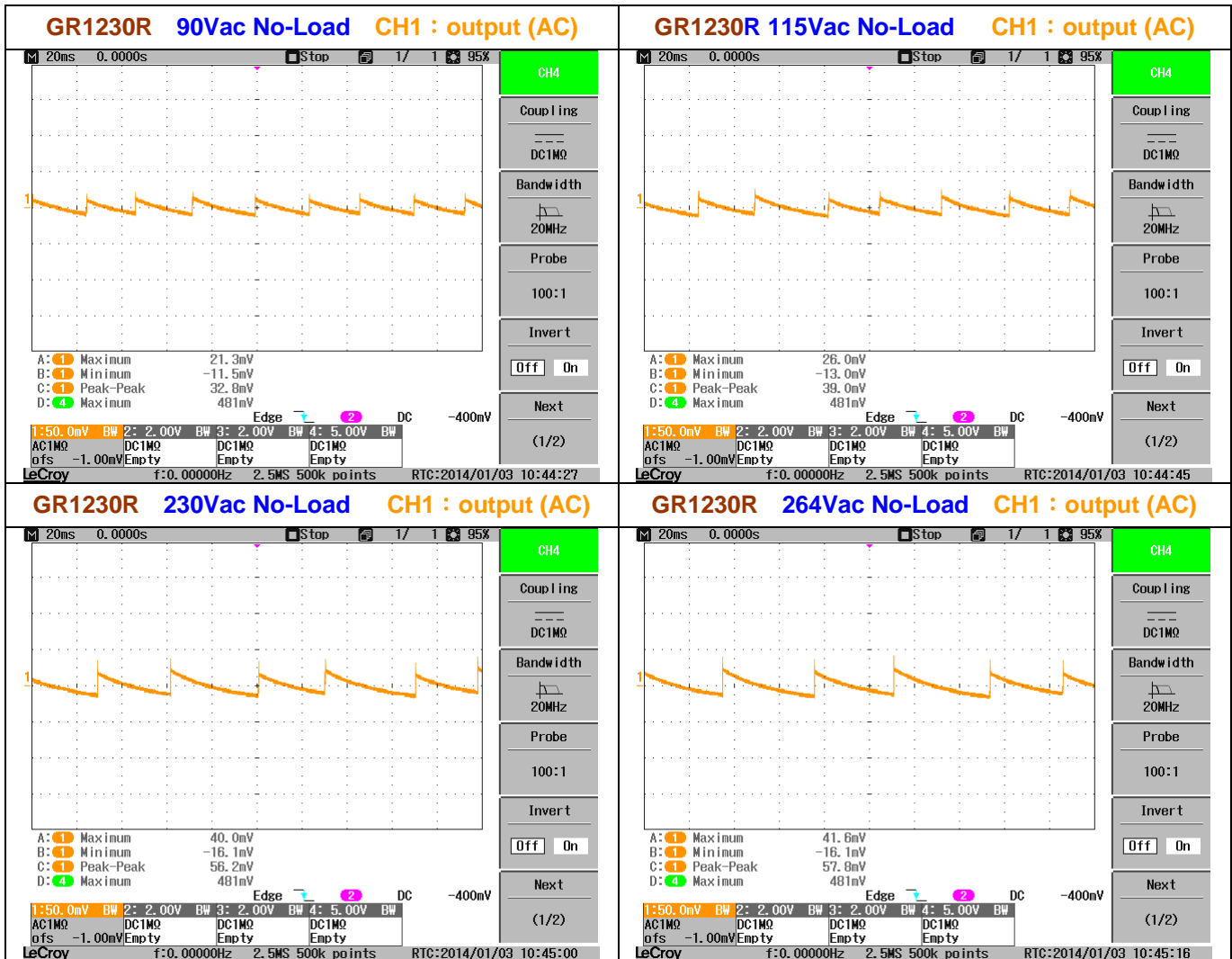
5. 輸出漣波電壓

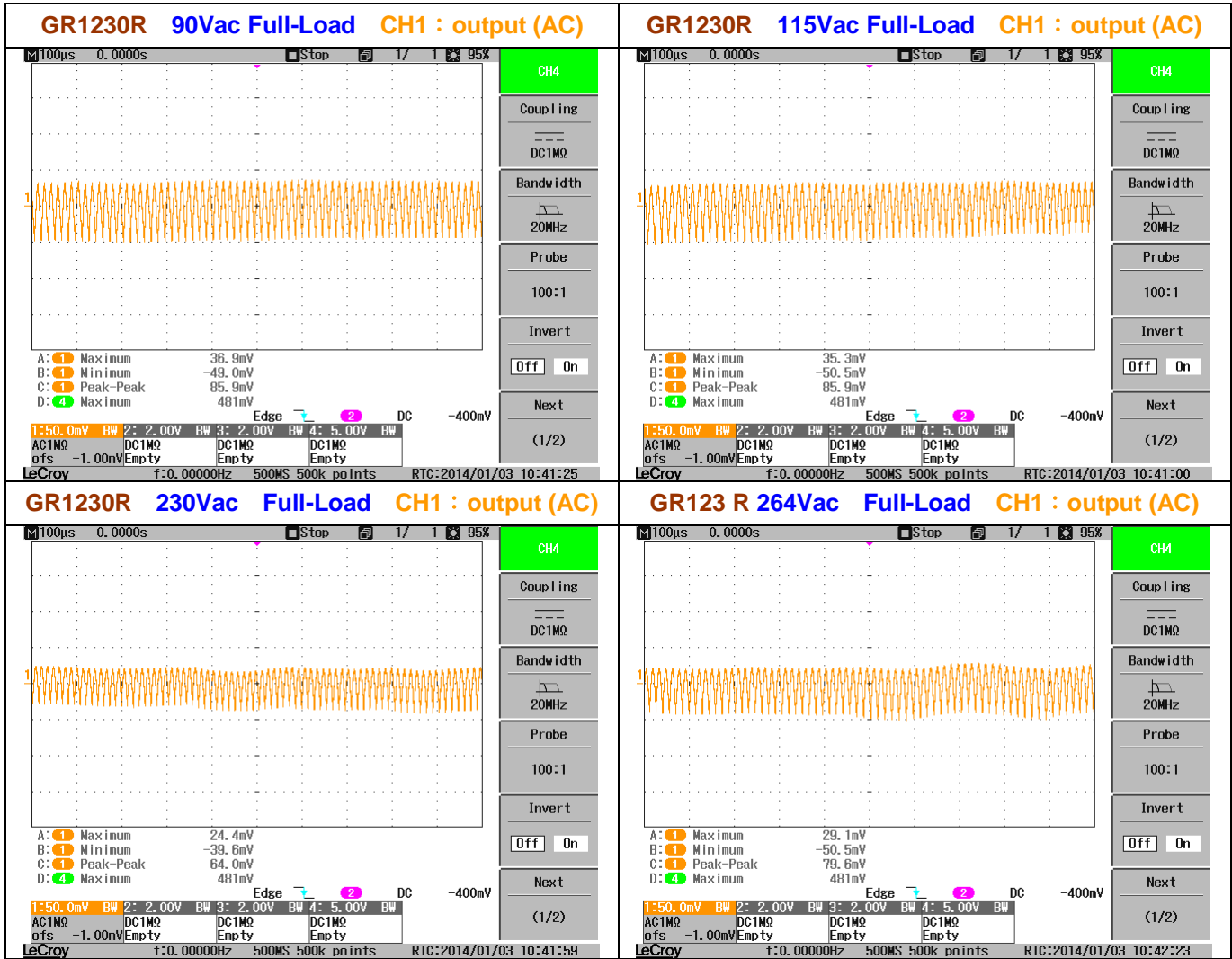
測試條件:

- i. Input voltage= 90V, 115V/Hz, 230V, 264V
- ii. Test Point Add 10uF& 0.1uF
- iii. Output cable:20AWG,1.8M

Test data and results are as follows:

Ripple & noise				
GR1230	90V/47Hz	115V/60Hz	230V/50Hz	264V/50Hz
No-load(線端)	32.8 mV	39 mV	56.2 mV	57.8 mV
Full-load(線端)	85.9mV	85.9mV	64 mV	79.6mV





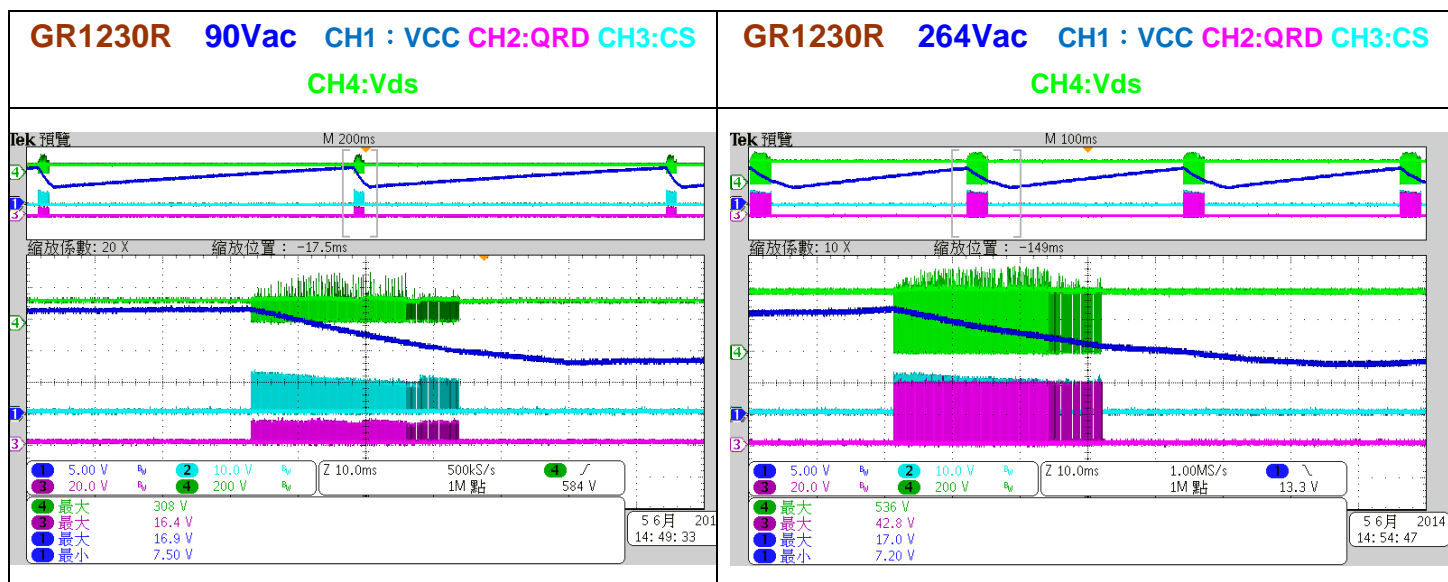
6. 輸出短路測試

測試條件:

- i. Input Voltage= 90V, 264V
- ii. 12V Output Short

Test data and results are as follows:

SCP Max. Input Power	
Vin(AC)	GR1230R
90V/60Hz	58mW
264V/50Hz	166mW

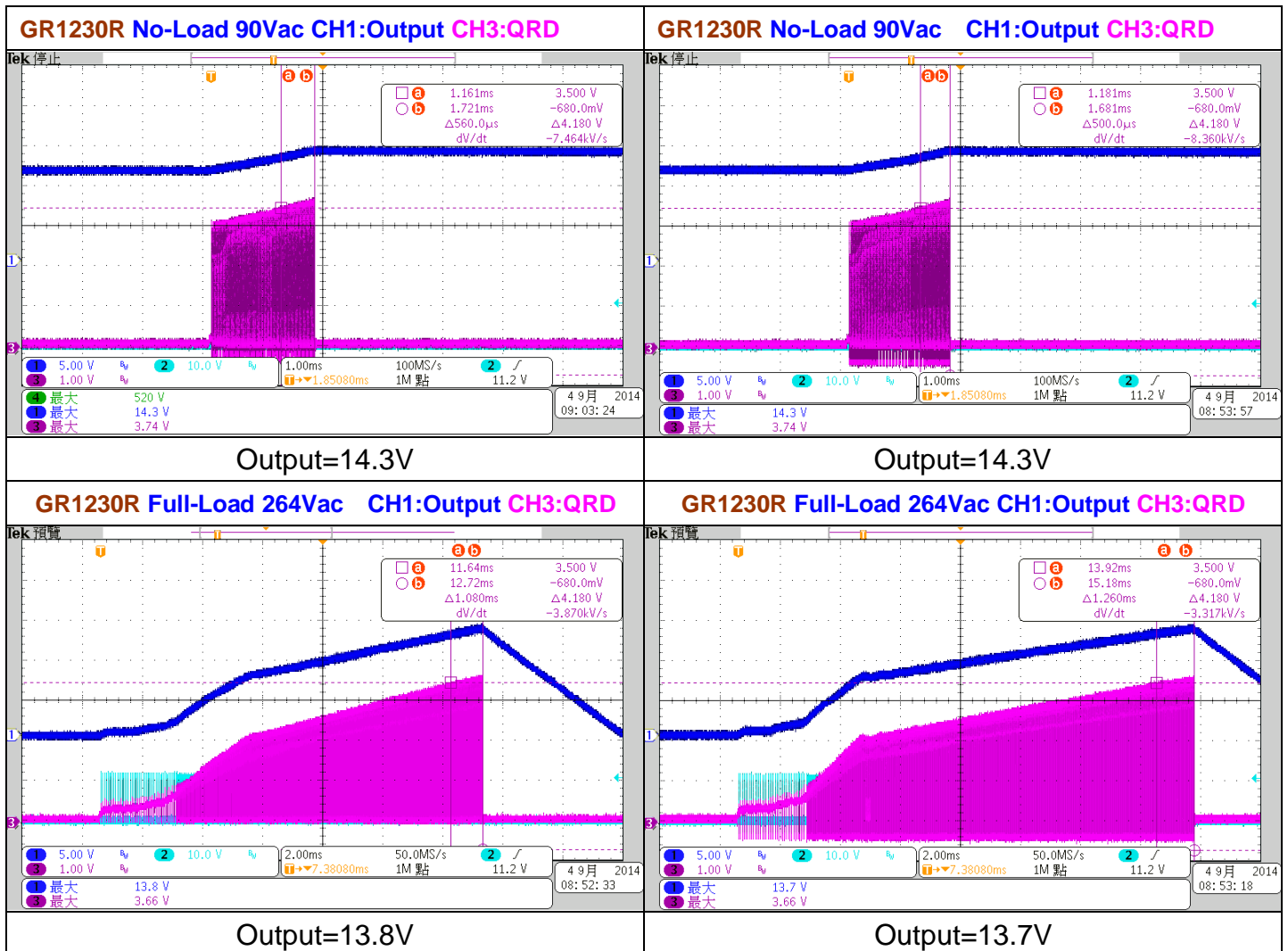


7. QRD OVP

測試條件:

- i. Input voltage= 90V, 264V
- ii. Photo Couple Secondary Short

Test data and results are as follows:



8. MOSFET 和 Diode 電壓應力

	MOS $V_{DS}(V)$	Diode $V_{REC} (V)$
Vin(AC)	VAC264V	VAC264V
Start up	596	55.6
Normal	580	52.8