

STR6A161HVD 使用

15 W (15 V、1.0 A)

隔離返馳式變換器設計實例

高電壓的注意事項



這塊板子裡面會產生高電壓。
操作不當可能導致人員死亡或嚴重受傷。
在使用本板之前，請仔細閱讀以下注意事項並正確使用。

當電路板通電時，請不要觸摸它。

本板通電時，內部會產生高電壓，可能導致死亡或嚴重傷害。

短時間內的意外接觸，甚至手靠近產品，都可能造成觸電。

電擊可能導致人員死亡或嚴重受傷。
在接觸電路板之前，一定要確保電容器已經放電。

出於安全考慮，這塊板子應該由具有電氣知識的人處理。

該板用於評估 STR6A161HVD。
禁止將此板納入用戶的批量生產產品中使用。
在使用該板之前，請檢查本文件和 STR6A161HVD 的數據表。
輸入電壓、頻率、輸出電壓和輸出電流應在額定範圍內使用。
嚴格遵守規定的環境條件，如環境溫度和濕度。

目錄

高電壓的注意事項	2
1. 概述	4
2. 電源的特點	4
3. 目的	4
4. 外觀設計實例	4
5. 設計實例	5
5.1 電源規格	5
5.2 電路圖	5
5.3 部品表	6
5.4 基板佈局示例	7
6. 本設計例基本動作	8
7. 電源設計	9
7.1 輸出電壓設定	9
7.2 選擇橋式整流二極體 BR1	9
7.3 選擇箝制緩衝電路 (D1, C4, R1, R8)	9
7.4 為 VCC 端選擇整流二極體 D2	10
7.5 電流檢知電阻 R3 的選擇	10
7.6 二次側整流二極體 D51 的選擇	10
7.7 變壓器規格	11
8. 特性數據	14
8.1 效率	14
8.2 待機功耗特性	16
8.3 電源電壓調整率特性	17
8.4 負載調整率特性	17
9. 操作檢查	18
9.1 確認啟動操作	18
9.1.1 確認電源 IC 的開關操作	18
9.1.2 確認輸出電壓	19
9.1.3 確認 VCC 引腳電壓	19
9.1.4 確認 D51 和 D2 的應用電壓	20
9.2 確認電源 IC 的開關操作	21
9.2.1 穩態動作	21
9.2.2 輕載動作 (Green mode, Burst 振盪模式)	22
9.2.3 空載動作 (Burst 振盪模式)	23
9.3 檢查輸出漣波電壓	23
9.4 確認過電流保護和過載保護的操作	24
9.5 確認過電壓保護的操作	25
9.6 檢查外殼表面溫度	25
10. 電磁兼容性或電磁兼容	26
Important Notes	28

1. 概述

本文展示了一個通用輸入、15V 輸出、1.0A、隔離返馳式變換器的電源設計實例。這個電源設計實例使用 STR6A161HVD。STR6A161HVD 是一個電流模式的 PWM 控制 IC，內置功率 MOS。此外，SARS05 為 RCD 緩衝器的二極體，SJPX-F2 為快速整流二極體為 IC 供電，SJPE-T15 為肖特基二極體進行二次側整流。本文件展示了設計實例的規格、電路圖、零件清單、零件常數的設置示例、圖案佈局示例以及電源特性的評估結果。有關本文件中所列元件的細節，請參考各自的數據表。

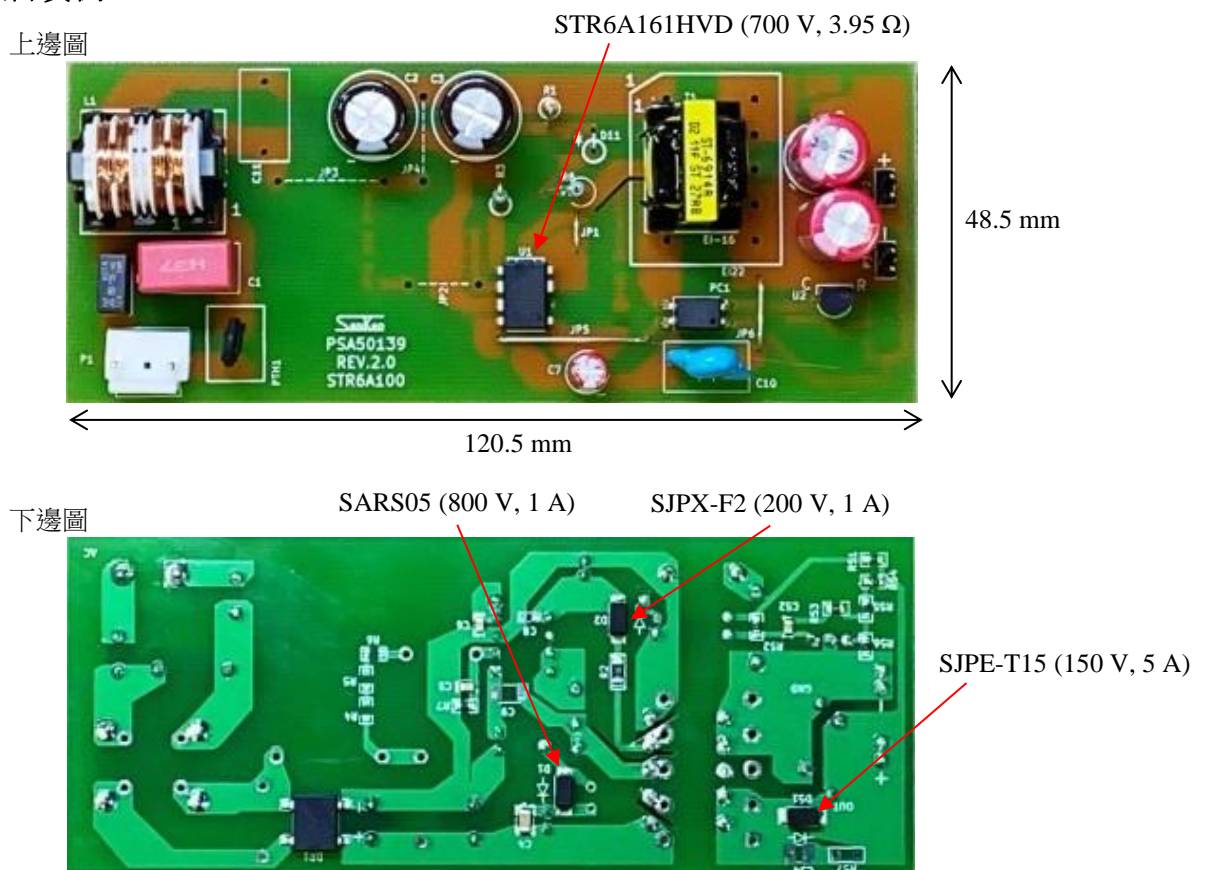
2. 電源的特點

- 電路效率改善（由於 Step Drive 分步驅動，二次側整流二極體可選用比過去更低耐壓的種類，從而降低了 V_F ）
- 待機動作點可變動
- 減少外部元件（內建啟動電路）
- 根據負載自動轉變工作模式，在整個負載範圍內實現高效率。
 頻率固定 PWM 模式 100 kHz (Typ.)
 輕負載時：節能模式 (Green Mode)
 待機動作時：Burst 振盪模式
- 效率：85% (230 VAC、15 W)
- 空載輸入功率：37 mW (230 VAC)
- 降低 EMI 雜訊（內建隨機開關功能）

3. 目的

- 小家電產品
- 白色家電
- 輔助電源
- 電機控制的電源
- 其他 SMPS

4. 外觀設計實例



5. 設計實例

5.1 電源規格

項目	記号	測量條件	Min	Typ.	Max.	單位
輸入						
輸入電壓	V_{INAC}		85	—	265	V
頻率	f_{LINE}		47	50/60	63	Hz
輸出						
定格電壓	V_{NP}		14.25	15	15.75	V
定格電流	I_{NP}		—	1.0	—	A
輸出漣波電壓	V_{RIPPLE}	增加了 20 MHz 帶寬的濾波器 ⁽¹⁾	—	430	—	mV _{P-P}
輸出功率	P_{OUT}		—	15	—	W
效率	η	額定負載、 $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、230 VAC	—	85	—	%
環境						
傳導雜訊	—	$T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$	符合 CISPR22B / EN55022B		—	
溫度						
電源 IC 上升溫度 ⁽²⁾	ΔT_{C-IC}	85 VAC、 $I_O = 1.0\text{ A}$	—	39.1	—	$^\circ\text{C}$
二次側整流二極體的溫升 ⁽³⁾	ΔT_{C-DI}	85 VAC、 $I_O = 1.0\text{ A}$	—	51.4	—	$^\circ\text{C}$
變壓器溫升	ΔT_L	85 VAC、 $I_O = 1.0\text{ A}$	—	43.0	—	$^\circ\text{C}$

5.2 電路圖

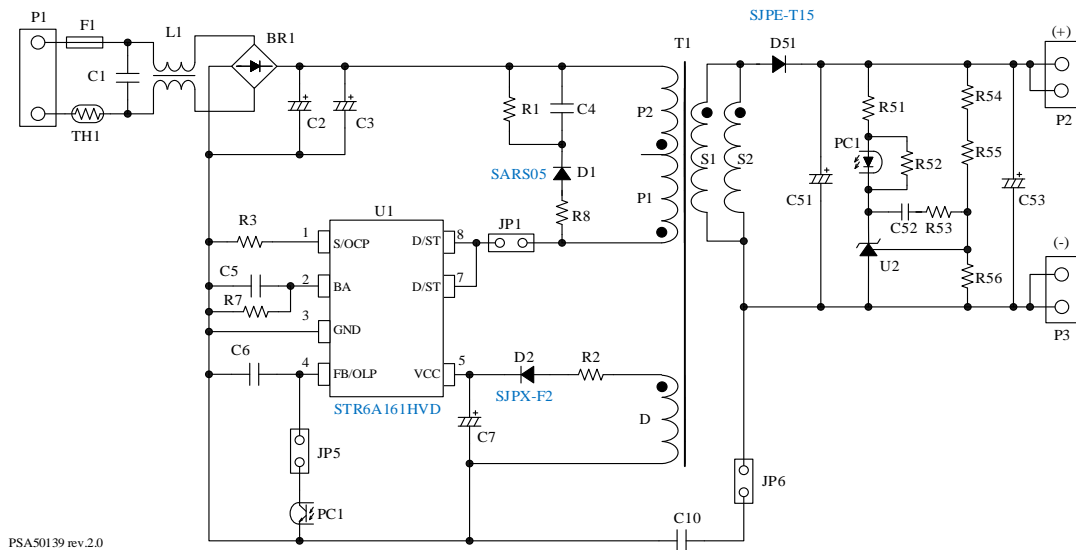


圖 5-1 電路圖

- (1) 將一個電解電容（50 V，1 μF ）和一個陶瓷電容（50 V，0.1 μF ）並聯到電路板上的輸出接口。
- (2) STR6A161HVD 外殼溫度
- (3) SJPE-T15 外殼溫度

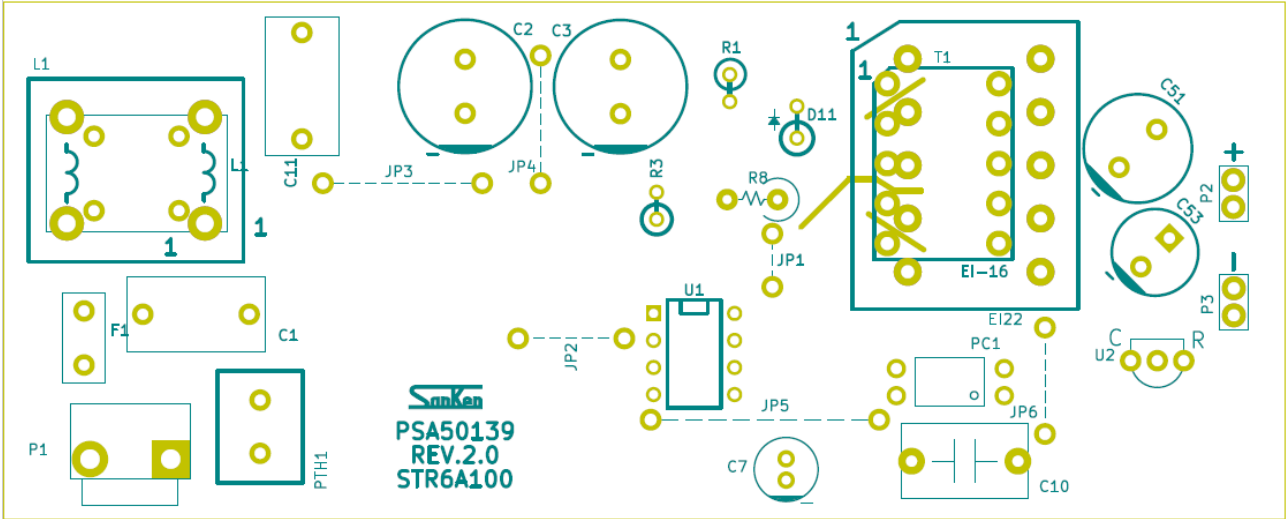
5.3 部品表

零件編號	零件	定格	品名*	公司名稱
F1	保險絲	250 V, 2 A	RSTA 2 BULK	BELLEFUSE
TH1	功率熱敏電阻	4.7 Ω, 3 A	B57153S0479M000	TDKEPCOS
C1	薄膜電容	310 VAC, 0.1 μF	890334023023CS	Würth Electronics
C2	電解電容	105°C, 400 V, 15 μF	UVC2G150MPD	尼吉康
C3	電解電容	105°C, 400 V, 15 μF	UVC2G150MPD	尼吉康
C4	片式陶瓷電容	1 kV, 1000 pF, 3216	GRM31BR73A102KW01L	村田製作所
C5	片式陶瓷電容	X7R, 50 V, 2200 pF, 2012	885012207088	Würth Electronics
C6	片式陶瓷電容	X7R, 50 V, 1000 pF, 2012	885012207086	Würth Electronics
C7	電解電容	105°C, 50 V, 22 μF	860020672011 50YXF22MEFC5x11	Würth Electronics Rubycon
C10	陶瓷電容	250 VAC, 1500 pF	DE1E3KX152MA4BP01F	村田製作所
C51	電解電容	105°C, 25 V, 470 μF	860080475016 25ZL470M 10x16	Würth Electronics Rubycon
C52	片式陶瓷電容	X7R, 50 V, 0.068 μF, 2012	885012207097	Würth Electronics
C53	電解電容	105°C, 25 V, 470 μF	860080475016 25ZL470M 10x16	Würth Electronics Rubycon
BR1	橋式整流二極體	1000 V, 1.5 A	DF10S	ON Semiconductor
D1	緩衝器的二極體	800 V, 1.0A	SARS05	三懇電氣
D2	快速整流二極體	200 V, 1.5 A	SJPX-F2	三懇電氣
D51	肖特基二極體	150 V, 5 A	SJPE-T15	三懇電氣
L1	電感	18 mH, 0.5 A	7448640416	Würth Electronics
T1	變壓器	ST-6914A	EE-16	SANSHIN
R1	電阻	1 MΩ, 1/2 W	RN12S105JK	赤羽電具製作所
R2	片式電阻	15 Ω, 1/2 W, 3216	RK73B2BTTD150J	KOA
R3	電阻	1 Ω, 1/2 W	RN12S1002FK	赤羽電具製作所
R7	片式電阻	330 kΩ, 1/8 W, 1608	CR16TR334J	赤羽電具製作所
R8	電阻	47 Ω, 1/2 W	RSMF12B470J	赤羽電具製作所
R51	片式電阻	2.2 kΩ, 1/8 W, 1608	CR16TR222J	赤羽電具製作所
R52	片式電阻	1.0 kΩ, 1/8 W, 1608	CR16TR102J	赤羽電具製作所
R53	片式電阻	56 kΩ, 1/8 W, 1608	CR16TR563J	赤羽電具製作所
R54	片式電阻	3.3 kΩ, 1/8 W, 1608	CR16TR332F	赤羽電具製作所
R55	片式電阻	47 kΩ, 1/8 W, 1608	CR16TR473F	赤羽電具製作所
R56	片式電阻	10 kΩ, 1/8 W, 1608	CR16TR103F	赤羽電具製作所
U1	PWM 離線轉換器 IC	700 V, 3.95 Ω	STR6A161HVD	三懇電氣
U2	431 穩壓器	V _{REF} = 2.495 V	TL431AILPRE3 KIA431A	Texas Instruments KEC
PC1	光藕合器		TLP781F	東芝
JP1	跳線	Short	φ = 0.6, P = 7 mm	
JP5	跳線	Short	φ = 0.6, P = 7 mm	
JP6	跳線	Short	φ = 0.6, P = 7 mm	
P1	連接器	250 V	B2P3-VH	日本圧着端子製造
P2	連接器	50 V	61300211121	Würth Electronics
P3	連接器	50 V	61300211121	Würth Electronics
—	印刷電路板		PSA50139, REV. 2	三懇電氣

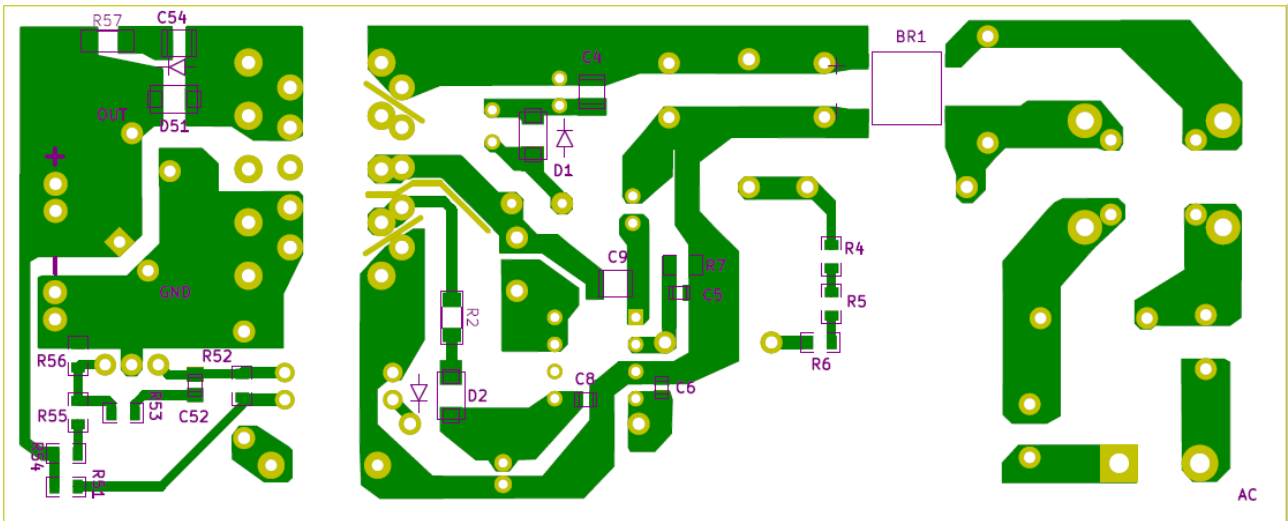
* 如果列出了一個以上，請使用其中的一個。

5.4 基板佈局示例

在這個設計例子中，只使用了電路圖和零件清單中列出的零件。
 板子尺寸：120.5 mm × 48.5 mm



(a) 上邊圖



(b) 下邊圖

圖 5-2 基板佈局示例

6. 本設計例基本動作

將交流電源連接到連接器 P1。當交流電壓被施加時，交流輸入電壓通過輸入濾波器和橋式整流二極體 BR1 進行全波整流，並通過電解電容 C2 和 C3 平滑為直流電壓。

在輸入濾波器部分，C1 用於正常模式雜訊，L1 用於共模雜訊抑制，而功率熱敏電阻 TH1 用於抑制浪湧電流。

當電壓施加到電源 IC (U1: STR6A161HVD) 的 D/ST 引腳時，IC 內部的啟動電路開始動作。VCC 引腳流出啟動電流，並對電解電容 C7，當 VCC 引腳的電壓上升到 IC 的工作啟動電壓時，IC 的控制電路開始工作，IC 中的功率 MOSFET 進行 PWM 切換動作。當開始切換動作時，在變壓器 T1 的輔助繞組 D 中產生一個電壓，經由 D2 和 C7 的平滑整流電壓施加到 VCC 引腳。這時，IC 內部的啟動電路自動截止，此後從輔助繞組 D 向 VCC 引腳供電。請注意，在輔助繞組 D 中產生的湧浪電壓向 C7 充電，VCC 引腳的電壓可能上升。為了抑制此情況，請連接 R2。

為了減低 MOSFET 截止時在汲極和源極之間產生的振鈴電壓，在變壓器 T1 的 P 繞組之間連接了一個箝制緩衝器電路 (D1、C4、R1、R8)。二極體 D1 SARS05 是緩衝電路的專用二極體，它不僅可以降低振鈴電壓，還可以有效利用振鈴的能量，有助於提高電源效率。

S/OCP 引腳上的電阻 R3 是用於過流檢知電阻；光耦合器 PC1 的受光端連接到 FB/OLP 引腳，用於接收輸出恒定電壓控制回授信號。負載的回授電流 I_{FB} 也流過 PC1，此外，加上電容電容 C6 可以做為相位補償及消除高頻雜訊。在 BA 引腳，一個電阻 R7 被連接起來以選擇待機工作點的負載參數，並上電容 C5 被連接起來以消除雜訊。

在返馳式變換器中，變壓器 T1 的初級和次級側的極性是反向連接的。能量從一次側向二次側傳遞如下進行。

當 IC 內的功率 MOSFET 導通時，輸入電壓 V_{INDC} 被施加到變壓器 T1 的 P 繞組上，能量被儲存起來。此時，二次側 S 繞組的極性反轉，所以二次側的整流二極體 D51 截止，功率無法從一次側傳輸到二次側。當功率 MOSFET 截止時，在 P 繞組中會產生一個反電動勢。讓 D51 導通，往電解電容 C51 和 C53 充電，並儲存在變壓器 T1 中的能量釋放到二次側。

光電耦合器 PC1 的發光側的陽極介於輸出端 (連接器 P2) 的 + 端連結限流 R51。陰極端連接到並聯穩壓器 U2。連接在 PC1 發射端陽極和陰極之間電阻 R52，是一個向 U2 提供 PC1 偏壓電流的電阻。為了提高恆定電壓控制的精度，加在並聯穩壓器 U2 參考端子上的分壓用電阻 R54 至 R56 應使用高精度的電阻，其公差為 $\pm 1\%$ 或更小。

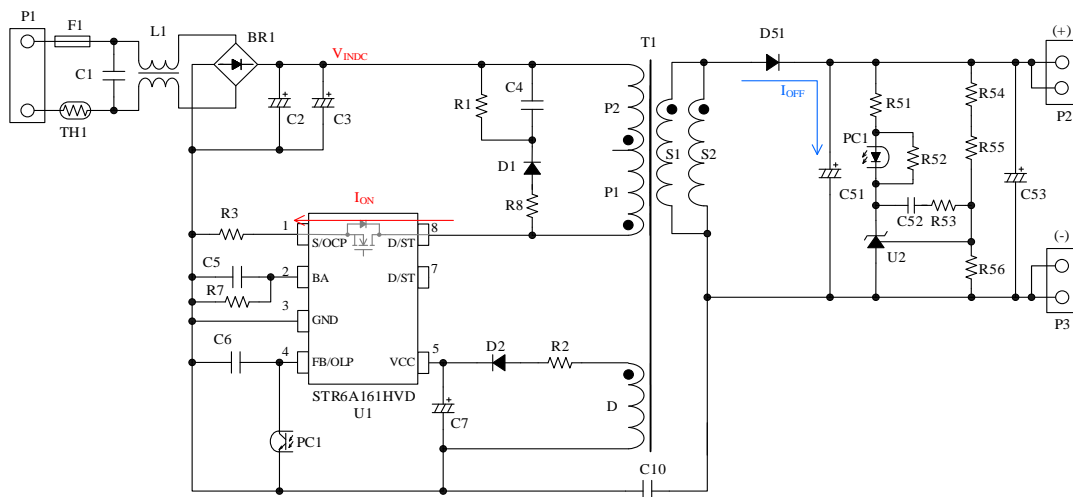


圖 6-1 電路圖

7. 電源設計

7.1 輸出電壓設定

輸出電壓 V_{OUT} ，並聯穩壓器 U2 的參考電壓 $V_{FB(REF)}$ 和電阻 R54 至 R56 之間的關係如下。

$$V_{OUT} = \frac{(R54 + R55 + R56) \times V_{FB(REF)}}{R56} \quad (1)$$

下面是一個設置 $V_{FB(REF)}$ 的例子，當設置 $V_{FB(REF)} = 15 \text{ V}$ 時，R54 至 R56 的電阻值。

$$\begin{aligned} V_{FB(REF)} &= 2.495 \text{ V} \\ R54 &= 3.3 \text{ k}\Omega \\ R55 &= 47 \text{ k}\Omega \\ R56 &= 10 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

7.2 選擇橋式整流二極體 BR1

橋式整流二極體 BR1 的額定電壓和電流的選擇，應該為交流輸入電壓和電流的上限留有足夠的餘裕度。

如果輸入電壓的上限是 265VAC，那麼加在 BR1 上的電壓將是， $V_p = 265 \text{ (VAC)} \times \sqrt{2} \approx 375 \text{ (VDC)}$ 若對 BR1 的耐壓降額設定為 80% 或更高，那麼 BR1 的耐電壓應該是 500V 或更高。

輸入電流 I_{IN} 可以通過以下公式計算。

$$I_{IN} = \frac{P_{OUT}}{V_{INAC(MIN)} \times \eta \times PF} \quad (2)$$

現在，

$$\begin{aligned} P_{OUT} &: \text{出力電力} \\ V_{INAC(MIN)} &: \text{AC 輸入電壓的下限值} \\ \eta &: \text{效率} \\ PF &: \text{功率因素} \end{aligned}$$

$P_{OUT} = 15 \text{ W}$ 、 $V_{INAC(MIN)} = 85 \text{ VAC}$ 、 $\eta = 0.81$ 、 $PF = 0.6$ ，則 $I_{IN} \approx 363 \text{ mA}$ ，由公式(2)可知；若對 BR1 額定電流降額設定為 80% 或更高，則 BR1 的額定電流必須為 454 mA 或更高。

在這個電源範例中，從現有的橋式整流二極體中選擇了一個擊穿電壓為 1000V、額定電流為 1.5A 的橋式整流二極體。

7.3 選擇箝制緩衝電路 (D1、C4、R1、R8)

連接箝制緩衝器電路，以降低電源 IC (U1: STR6A161HVD) 的 D/ST 和 S/OCP 引腳之間的突波電壓。IC 內部的功率 MOSFET 的最大額定值為 700V，因此調整 C4 的電容和放電電阻 R1 的值，使突波電壓峰值變為約 600V。C4 電容的調整範圍為 1000 pF~3300 pF，R1 的調整範圍為 470 k Ω ~1 M Ω 。

對於 D1，從敝司產的緩衝二極體中選擇 800 V，1.0 A 的 SARS05。R8 是能量放電的限制電阻，若使用 SARS05 的話，建議 47 Ω 的電阻。

7.4 為 VCC 端選擇整流二極體 D2

D2 因為流經切換電流，須選擇逆向恢復時間短的快速整流二極體，其額定電壓需有相當的餘裕度，以承受輔助繞組 D 兩端的電壓。

在這個電源例子中，選擇了 200 V 和 1.5 A 的快速整流二極體 SJPX-F2。

7.5 電流檢知電阻 R3 的選擇

電流檢知電阻 R3 的常數是考慮到電源 IC (U1: STR6A161HVD) 的 OCP 門檻值電壓 $V_{OCP(H)}$ 和電阻的損耗來決定的。為了提高過流檢測的準確性，應使用高精度、公差小於±1%的電阻。

當 R3 的電阻設置為 1 Ω 時，STR6A161HVD 的 $V_{OCP(H)}$ 的上限為 0.933 V。因此，流向 R3 的電流的峰值 I_{R3_P} 如下。

$$I_{R3_P} = \frac{0.933 \text{ (V)}}{1 \text{ (}\Omega\text{)}} = 0.933 \text{ (A)}$$

假設電源 IC 的導通週期為 0.5，R3 的有效電流 I_{R3_RMS} 如下。

$$I_{R3_RMS} = \frac{0.933 \text{ (A)}}{\sqrt{3}} \times 0.5 \approx 0.269 \text{ (A)}$$

由此可見，R3 的損失 P_{R3} 如下。

$$P_{R3} = I_{R3_RMS}^2 \times R3 = 0.269^2 \times 1 \approx 0.072 \text{ (W)}$$

如上所述，在這個電源例子中選擇了一個 1 Ω，1/2 W 的電阻。

7.6 二次側整流二極體 D51 的選擇

在這個設計例子中，D51 使用尚特基二極體，以減少正向電壓 VF 對輸出電壓的影響。考慮到安全性和電源效率，請選擇具有低漏電流特性的尚特基二極體。

D51 的額定電流需考慮到額定負載和峰值電流，應取足夠的餘裕度。

D51 的額定電壓 V_{RM} 取決於公式 (3) 變壓器 T1 的匝數比 (N_S/N_P)、輸入電壓 V_{INDC} 、和輸出電壓 V_{OUT} ，應取足夠的餘裕度

$$V_{RM} \gg \left(\frac{N_S}{N_P} \times V_{INDC} \right) + V_{OUT} \quad (3)$$

如果 $V_{INDC} = 265 \text{ V} \times \sqrt{2}$ 、 $V_{OUT} = 15 \text{ V}$ 、 $N_S/N_P = 0.1263$ ，我們可以從公式(3)中計算出 $V_{RM} \gg 62 \text{ V}$ 。由此，本電源實例選擇了 150 V 和 5 A 的尚特基二極體 SJPE-T15。

7.7 變壓器規格

變壓器的設計條件見表 7-1 和表 7-2。

表 7-1 輸入/輸出規格

卷線	記号	仕様	備註
1 次側繞組	P	85 VAC~265 VAC	
輸出繞組	S	15 V、1 A	與 P 繞組絕緣
1 次側輔助繞組	D	19 V	與 P 繞組不絕緣， 用於 VCC 引腳供電

表 7-2 電源規格

項目	仕様	備註
最大負載	15 W	
輸入電壓	265 VAC (max.)	與 P 繞組絕緣
電路效率	85%	與 P 繞組不絕緣， 用於 VCC 引腳供電
平均輸入電流	0.21 A	85 VAC (min.)
開關電流峰值	0.9 A	85 VAC (min.) 啟動時
開關頻率	100 kHz	
最大值工作周期	46%	

根據表 7-1 和表 7-2 的條件設計的變壓器 T1 的規格見表 7-3。

表 7-3 變壓器規格

項目	仕様
1 次側感應器 L_P	600 μ H
鐵芯尺寸	EE16J (表 7-4 參照)
線軸	垂直、10pin (表 7-5 參照)
AL-value	67 nH/N ² (Center gap 1.0 mm)
繞組規格	表 7-6 參照
繞組結構	圖 7-1 參照
外部尺寸	圖 7-2 參照

表 7-4 鐵芯規格

項目	仕様
鐵芯形状	EE16J
鐵芯材料	Mn-Zn、DMR40
鐵芯有效截面積 Ae	19.8 mm ²

表 7-5 線軸規格

項目	仕様
筒管形状	垂直 FEI-16-10P-NPB
Pin	10 Pin
鐵芯有效截面積 Ae	19.8 mm ²
爬行距離	1 次側：4.0 mm 2 次側：4.0 mm

表 7-6 變壓器繞組規格

繞組	記号	卷數 (T)	端子番號		線形 (mm)	形式
			纏繞起始(S)	繞線末端(F)		
1 次側繞組	P1	65	3	2	φ 0.18	Solenoid
2 次側輸出繞組 1	S1	12	9	7	φ 0.37, TEX-E	Solenoid
VCC 用輔助繞組	D	15	4	5	φ 0.18	Center
2 次側輸出繞組 2	S2	12	10	6	φ 0.37, TEX-E	Solenoid
1 次側繞組 2	P2	30	2	1	φ 0.18	Solenoid

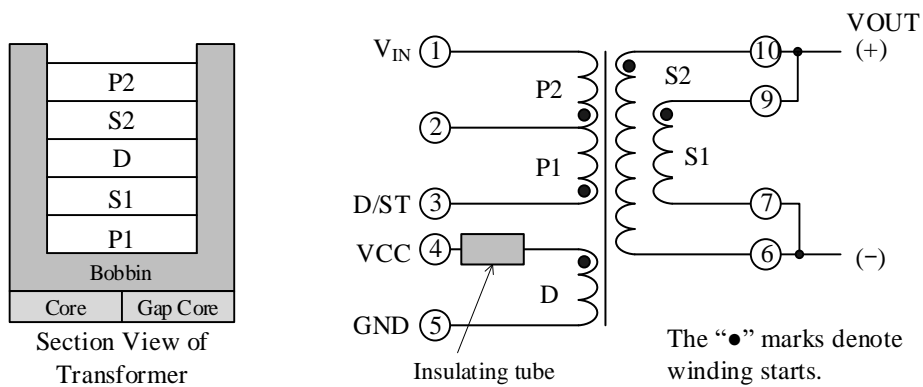


圖 7-1 繞組結構

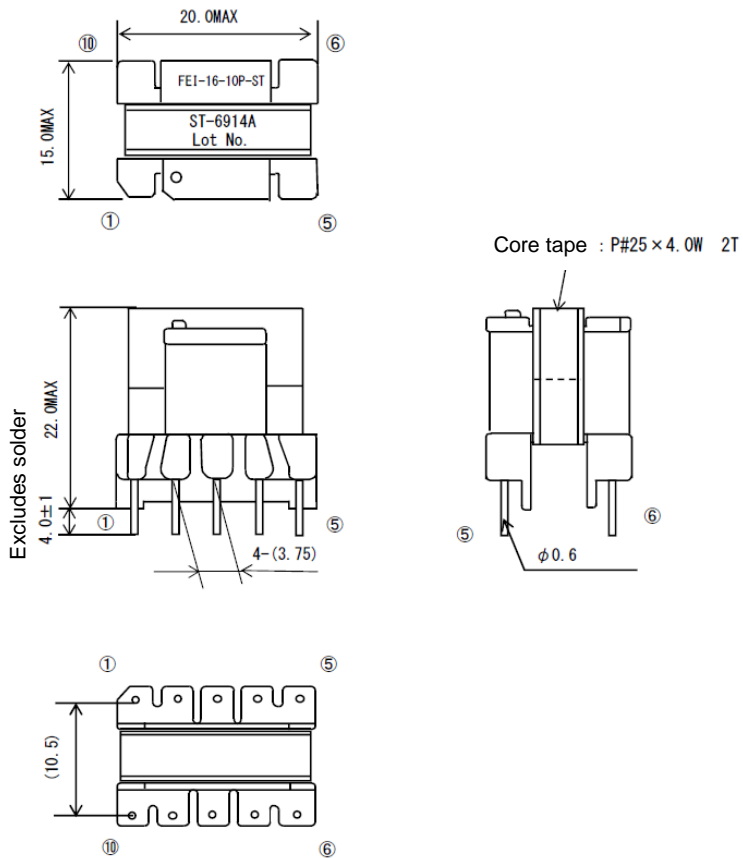


圖 7-2 變壓器外部圖

8. 特性數據

本文檔中的數據是在室溫、交流電線頻率 50 Hz、負載 15 W (15 V、1.0 A) 下測量的。

8.1 效率

圖 8-1 是電源效率的輸入電壓特性，圖 8-2 是電源效率的輸出功率特性。

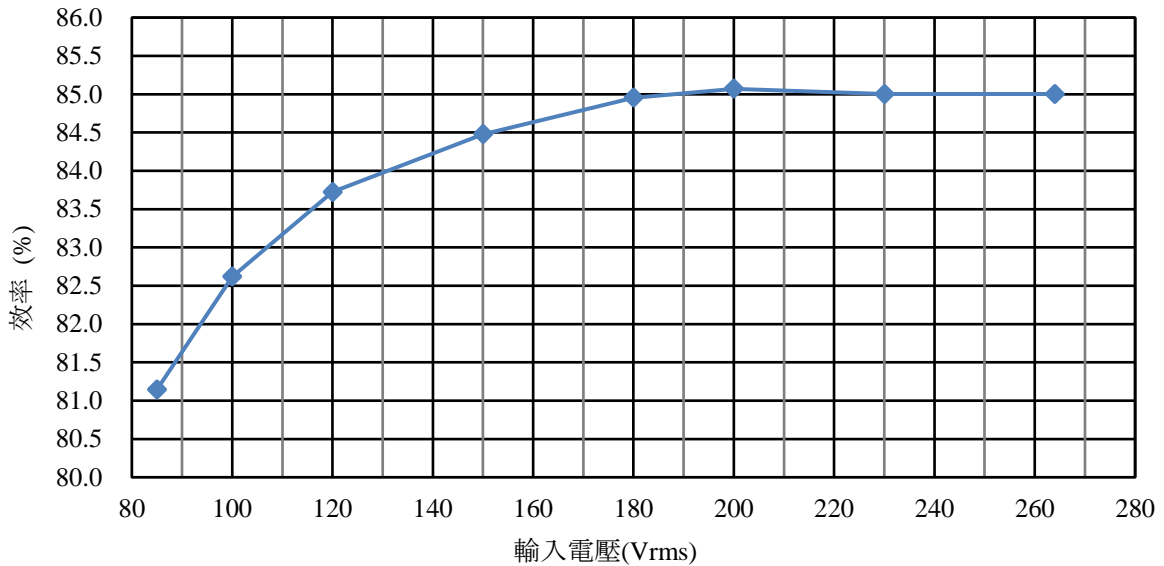


圖 8-1 效率 - 輸入電壓特性

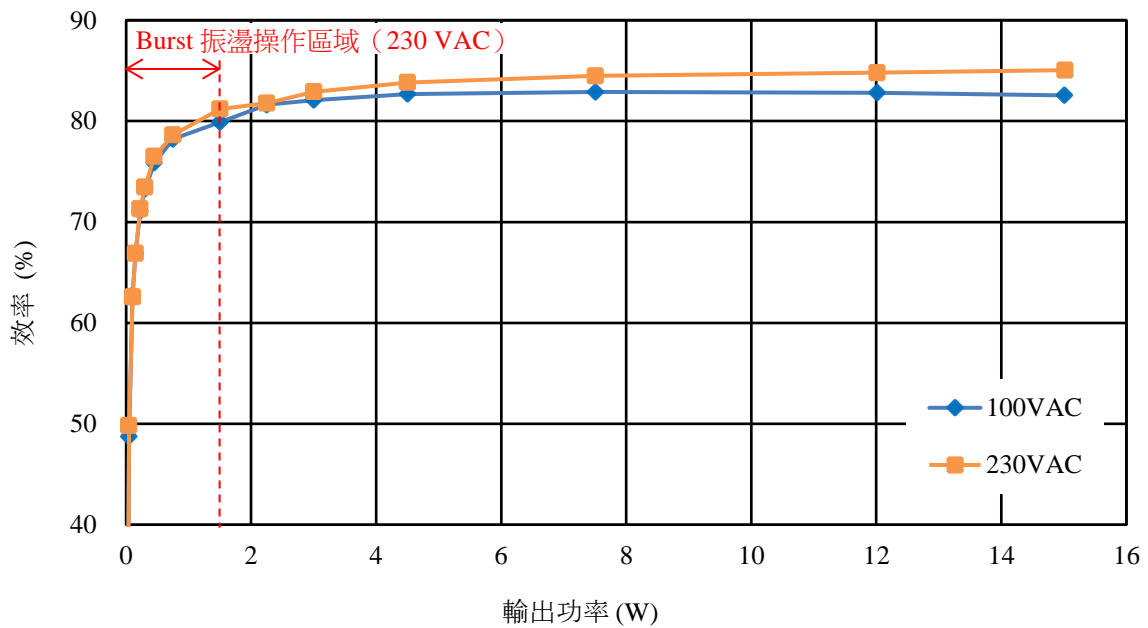


圖 8-2 效率 - 輸出功率特性

待機操作點可以根據連接到 BA 引腳的電阻值來改變。圖 8-3 和圖 8-4 顯示了當 BA 引腳與 GND 之間連接 330 kΩ 的電阻 R7 時，在輕負載下的電源效率和輸出功率特性。

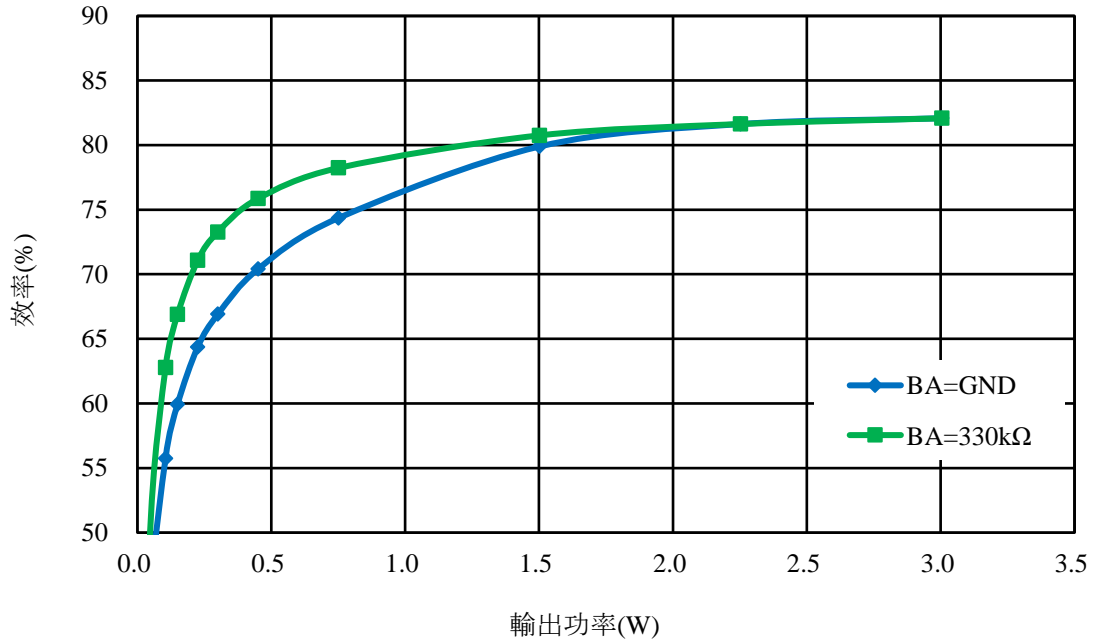


圖 8-3 效率 - 輸出功率特性（輕負載時、100 VAC）

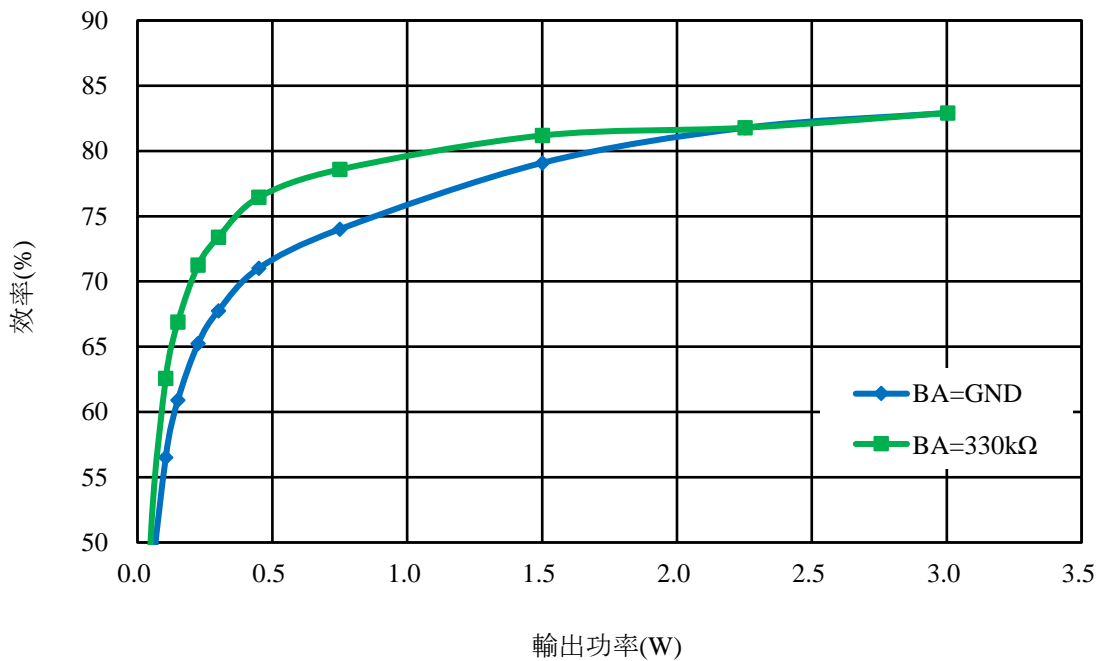


圖 8-4 效率 - 輸出功率特性（輕負載時、230 VAC）

8.2 待機功耗特性

表 8-1 空負載時輸入功率 (BA = 330 kΩ)

入力電壓	輸入功耗
100 VAC	35.5 mW
230 VAC	37.1 mW

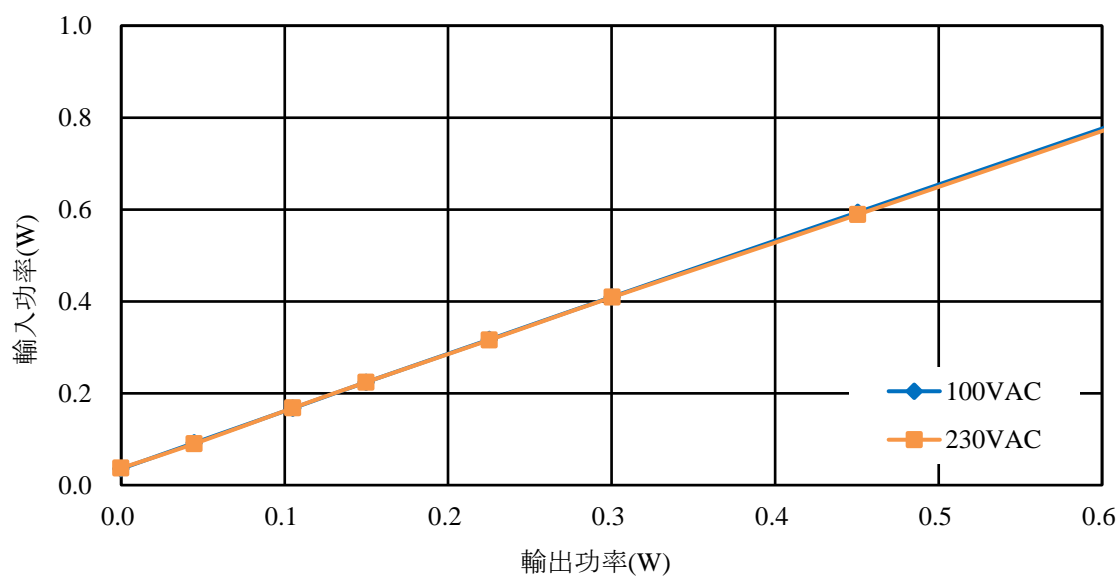


圖 8-5 輸入功率 - 輸出功率特性

8.3 電源電壓調整率特性

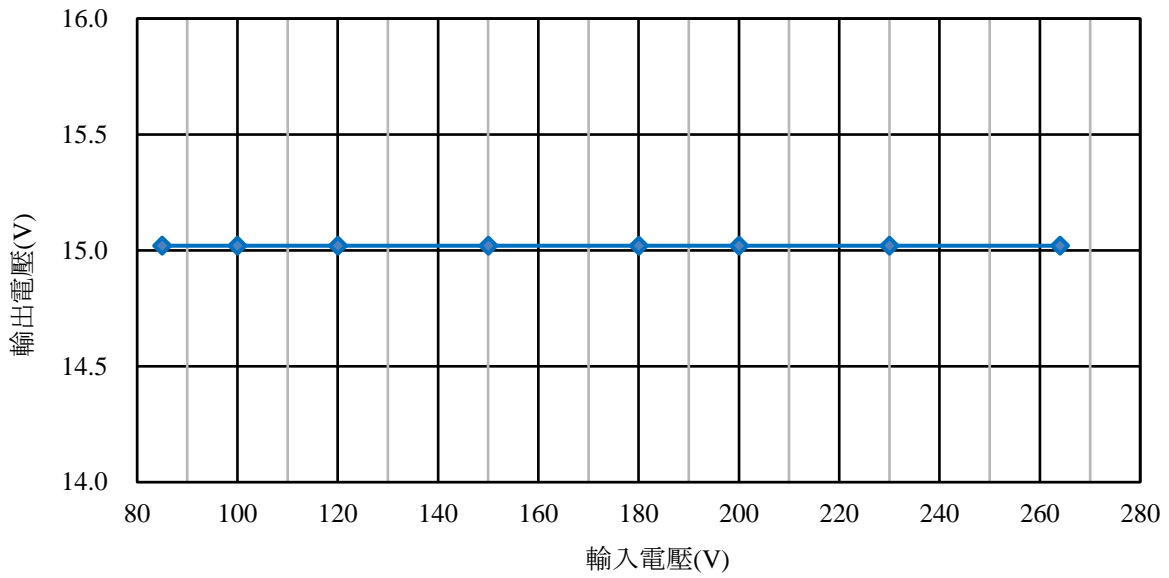


圖 8-6 輸出電壓 – 輸入電壓特性

8.4 負載調整率特性

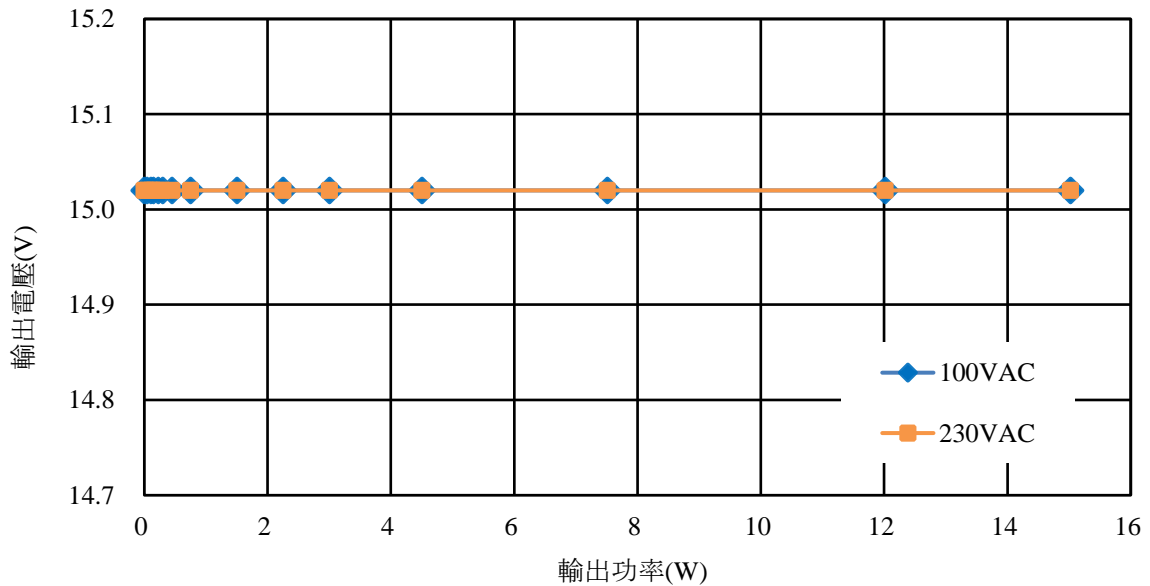


圖 8-7 輸出電壓 – 輸出功率特性

9. 操作檢查

本文介紹的數據是在室溫和交流電源頻率為 50 赫茲的情況下測量的。

最大連續負載為 15W (15V、1.0A)。

關於電源 IC (STR6A16IHVD) 的電氣特性和操作的詳細操作，請參考數據表。

9.1 確認啟動操作

9.1.1 確認電源 IC 的開關操作

當電源啟動時，軟啟動功能工作，電源 IC 的 D/ST 引腳的電流 $I_{D/ST}$ 逐漸上升。當電流檢知電阻 R3 兩端的電壓達到電源 IC 的 OCP 門檻值電壓時，過電流保護功能就會工作，並限制輸出功率。

圖 9-1 中 D/ST 腳電壓 $V_{D/ST}$ 波形的脈動部分是全波整流的輸入漣波成分。在輸出電壓穩定以前，D/ST 引腳的電流 $I_{D/ST}$ 受到過電流保護功能的限制。之後，當輸出電壓變得恆定時， $I_{D/ST}$ 會下降。

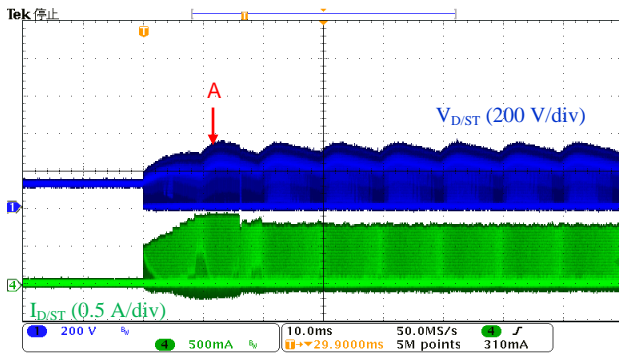


圖 9-1 啟動時的動作波形
($V_{IN} = 85 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 1.0 \text{ A}$)

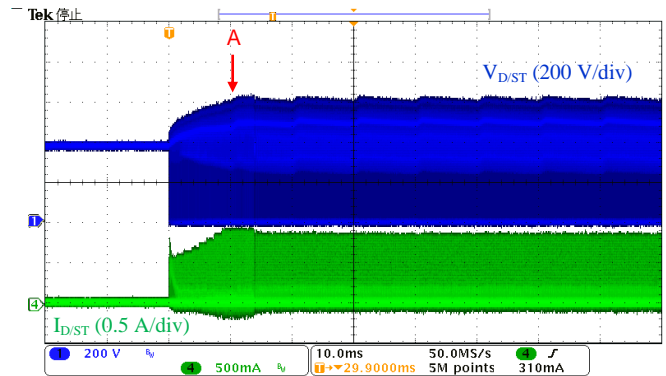


圖 9-2 啟動時的動作波形
($V_{IN} = 265 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 1.0 \text{ A}$)

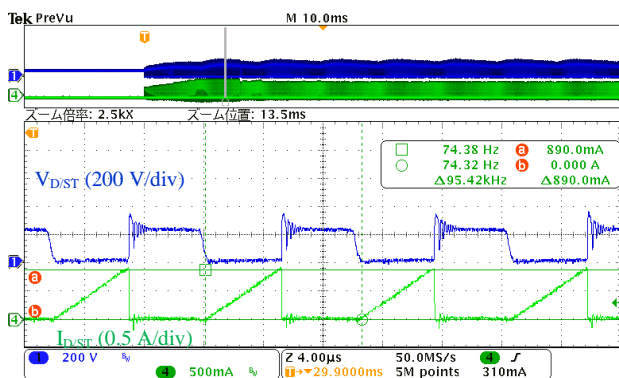


圖 9-3 啟動時的動作波形
(圖 9-1 A 部分擴張)

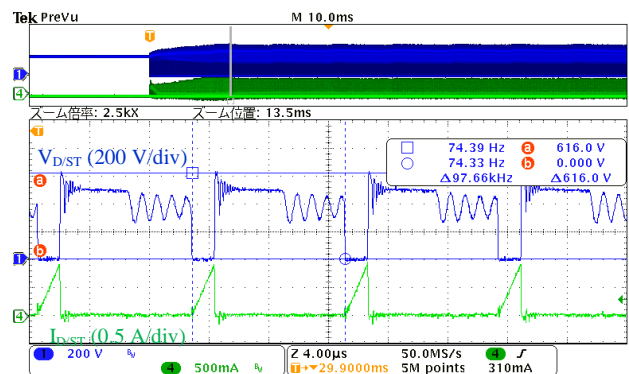


圖 9-4 啟動時的動作波形
(圖 9-2 A 部分擴張)

9.1.2 確認輸出電壓

當電源啟動時，軟啟動功能工作，輸出電壓 V_{OUT} 逐漸上升。在達到設定電壓後，不會出現過衝現象，器件在電源規格範圍內轉為穩態動作。

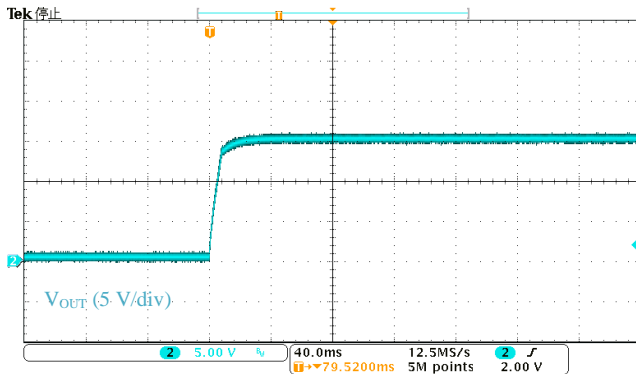


圖 9-5 啟動時輸出電壓波形
($V_{IN} = 85 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 0 \text{ A}$)

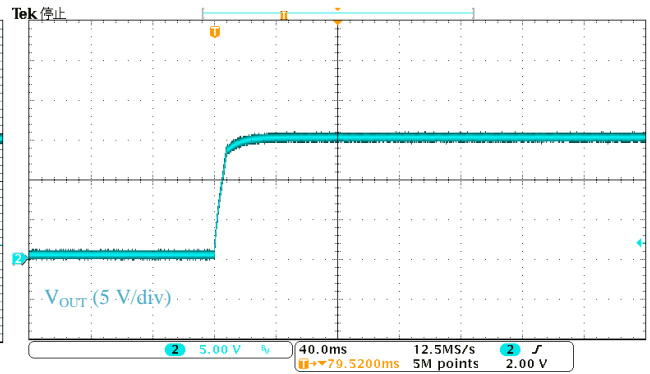


圖 9-6 啟動時輸出電壓波形
($V_{IN} = 265 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 0 \text{ A}$)

9.1.3 確認 VCC 引腳電壓

VCC 終端電壓由變壓器 T1 的輔助繞組 D 提供。設置輔助繞組 D，使 VCC 終端電壓 V_{CC} 在 $V_{CC(BIAS)} < V_{CC} < V_{CC(OVP)}$ 範圍內。輔助繞組 D 的標準電壓 V_D 約為 15 V 至 20 V。在空載運行期間，VCC 引腳電壓上升一次，然後立即下降，因為器件在啟動後一旦進入穩態動作，就會轉入 Burst 振盪（見圖 9-7、圖 9-8）。調整 R2 的值，使 VCC 引腳電壓在整個負載範圍內（包括空載運行）不低於 $V_{CC(BIAS)}=10.5 \text{ V}$ （最大值）。

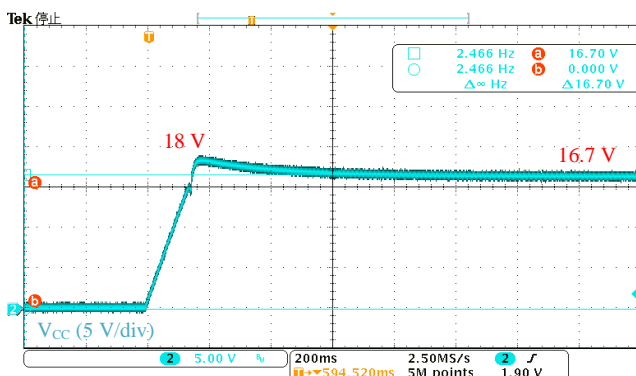


圖 9-7 啟動時 VCC 引腳電壓波形
($V_{IN} = 85 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 0 \text{ A}$)

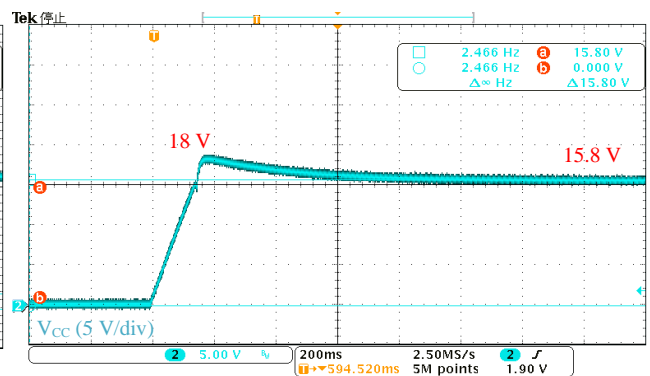


圖 9-8 起動時 VCC 引腳電壓波形
($V_{IN} = 265 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 0 \text{ A}$)

9.1.4 確認 D51 和 D2 的應用電壓

STR6A161HVD 配備了一個階梯式驅動控制電路，在內部根據負載條件優化控制功率 MOSFET 的柵極驅動。因此，在開啟時施加在次級側的整流二極體 D51 和 VCC 引腳上的整流二極體 D2 的浪湧電壓可以減少，所以 D51 和 D2 的耐壓可以設定得比以前低。此外，可以降低二極體的成本，並通過減少 VF 來提高電路效率。

圖 9-9 是啟動時 D51 兩端的電壓波形，圖 9-10 是啟動時 D2 兩端的電壓波形。

圖 9-9 所示，D51 的最大峰值循環反向電壓約為 110V，與 D51 (SJPE-T15) 的峰值反向電壓 V_{RM} 的最大額定值 150V 相比，已經充分減弱 (80%或更少)。

圖 9-10 顯示，D2 的最大峰值循環反向電壓約為 136 V，與 D2 (SJPX-F2) 的峰值反向電壓 V_{RM} 的最大額定值 200 V 相比，有足夠的降額 (低於 70%)。

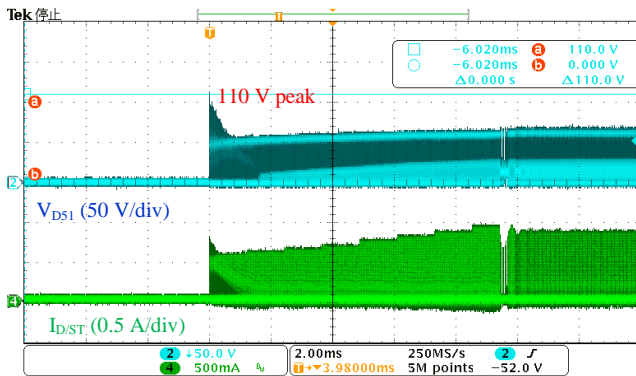


圖 9-9 啟動時 D51 動作波形
($V_{IN} = 265 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 1.0 \text{ A}$)

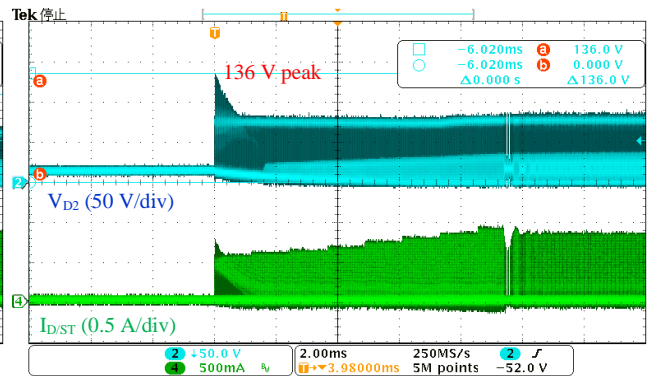


圖 9-10 啟動時 D2 動作波形
($V_{IN} = 265 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 1.0 \text{ A}$)

9.2 確認電源 IC 的開關操作

STR6A161HVD 根據負載自動切換其操作，以提高全負載範圍內的效率。
不僅在穩定狀態下運行，而且在全負載範圍內也是如此。

9.2.1 穩態動作

圖 9-11、圖 9-12 是穩態條件下的工作波形。從這些波形來看，當輸入電壓為 85 VAC 時，IC 工作頻率約為 100 kHz；當輸入電壓為 265 VAC 時，IC 工作頻率約為 77 kHz（節能模式頻率）。在這兩種情況下，漏極電流峰值的設置都會針對過電流工作點設定相當的餘裕度。

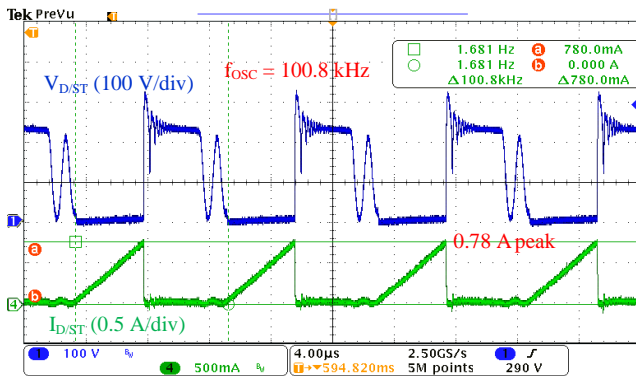


圖 9-11 穩態動作波形
($V_{IN} = 85 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 1.0 \text{ A}$)

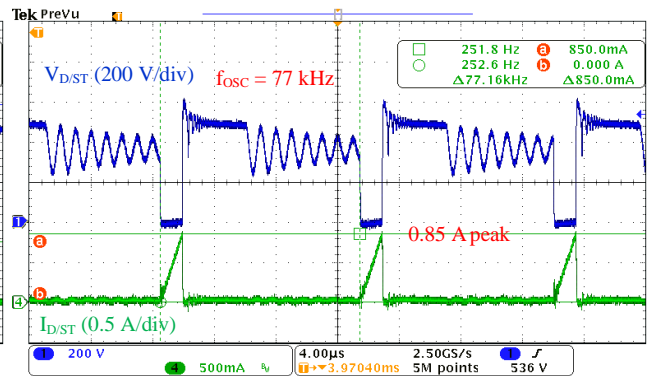


圖 9-12 穩態動作波形
($V_{IN} = 265 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 1.0 \text{ A}$)

9.2.2 輕載動作 (Green Mode, Burst 振盪模式)

當負載變輕時，FB/OLP 引腳電壓降低；當 FB/OLP 引腳電壓低於 $V_{FB(FDS)} = 3.60\text{ V}$ (typ.)時，IC 轉向節能模式並降低頻率，直到 FB/OLP 引腳電壓變為 $V_{FB(FDE)} = 3.10\text{ V}$ (typ.)。

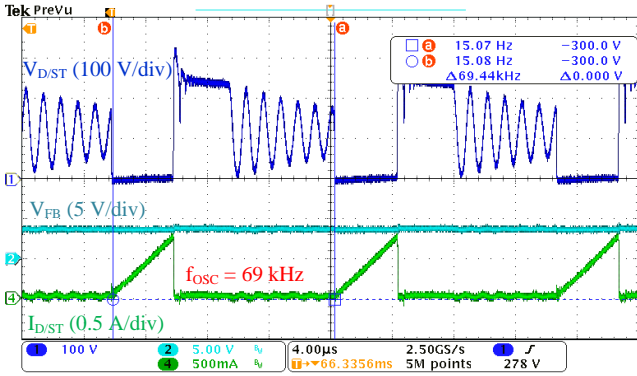


圖 9-13 輕載動作波形

($V_{IN} = 85\text{ VAC}$ 、 $I_O = 0.7\text{ A}$ 、 $R7 = 330\text{ k}\Omega$)

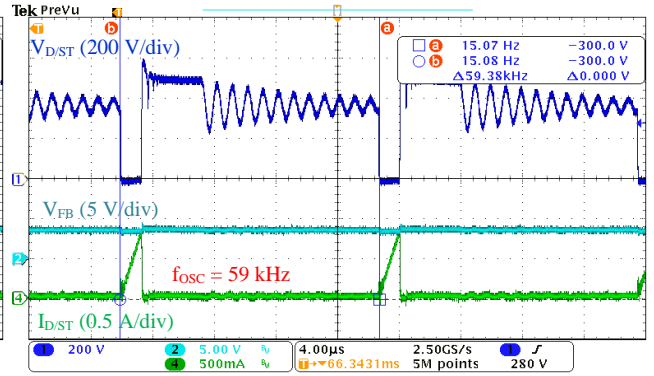


圖 9-14 輕載動作波形

($V_{IN} = 265\text{ VAC}$ 、 $I_O = 0.7\text{ A}$ 、 $R7 = 330\text{ k}\Omega$)

轉為綠色模式後，FB/OLP 引腳電壓變低，當 FB/OLP 引腳電壓達到待機工作點時，進行 Burst 振盪操作。待機工作點可以通過連接到 BA 引腳的電阻值 R7 來調節。如果 STR6A161HVD 中 $R7 = 330\text{ k}\Omega$ ，當過電流保護操作點的負載率為 100%時，待機操作點的負載率為 6%至 11%。

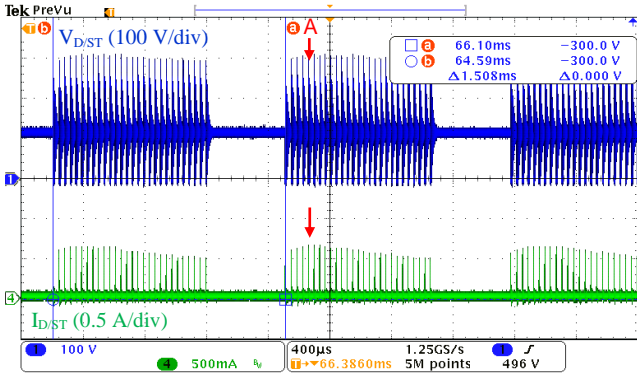


圖 9-15 輕載動作波形

($V_{IN} = 85\text{ VAC}$ 、 $I_O = 0.1\text{ A}$ 、 $R7 = 330\text{ k}\Omega$)

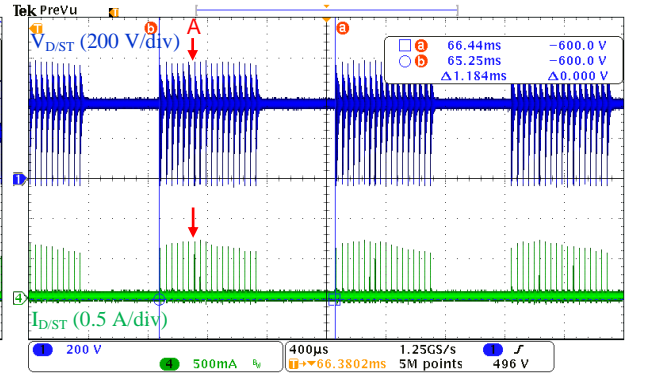


圖 9-16 輕載動作波形

($V_{IN} = 265\text{ VAC}$ 、 $I_O = 0.1\text{ A}$ 、 $R7 = 330\text{ k}\Omega$)

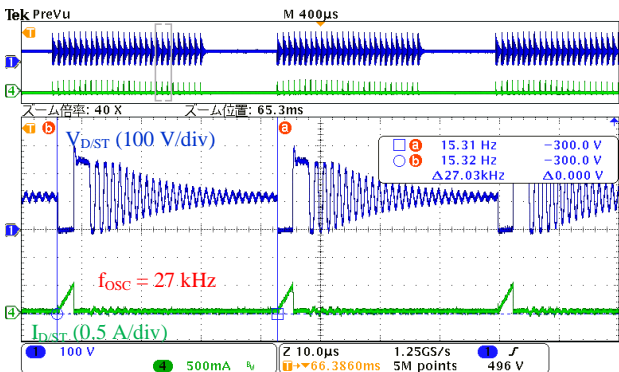


圖 9-17 啟動時動作波形
(圖 9-15 A 部放大)

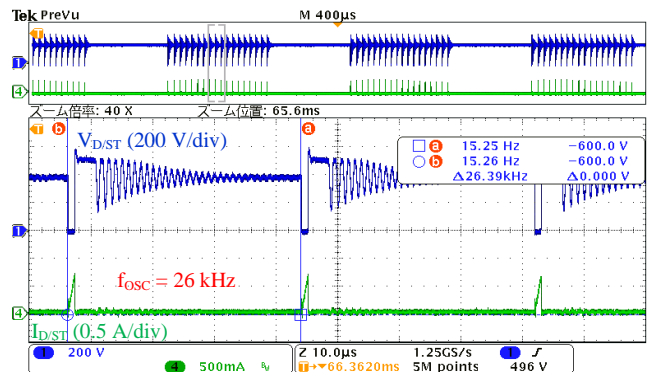


圖 9-18 啟動時動作波形
(圖 9-16 A 部放大)

9.2.3 空載動作 (Burst 振盪模式)

Burst 振盪週期對應負載而改變。在這個設計實例中，空載時的 Burst 振盪週期 T_{STBOP} 在輸入電壓為 85 VAC 時為 26ms，在 265 VAC 時為 28 ms。

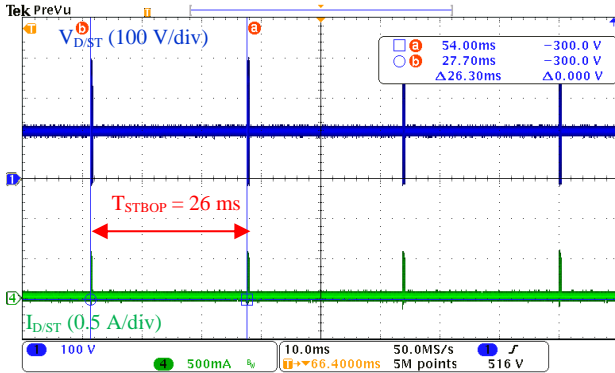


圖 9-19 空載時動作波形
($V_{IN} = 85 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 0 \text{ A}$ 、 $R7 = 330 \text{ k}\Omega$)

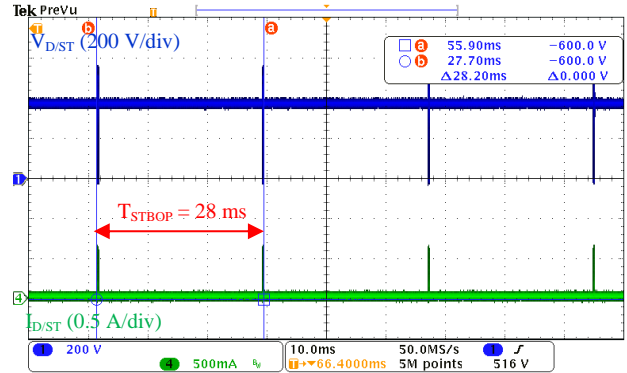


圖 9-20 空載時動作波形
($V_{IN} = 265 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 0 \text{ A}$ 、 $R7 = 330 \text{ k}\Omega$)

9.3 檢查輸出漣波電壓

在這個設計例子中，當輸入電壓為 85 VAC 時，輸出漣波電壓約為 370 mV；當輸入電壓為 265 VAC 時，約為 430 mV。測量條件如下。

- 在电路板的輸出端上加了一個濾波器（電解電容（50 V、1 μF ）和陶瓷電容（50 V、0.1 μF ）並聯）。
- 將示波器帶寬設置為 20 MHz。

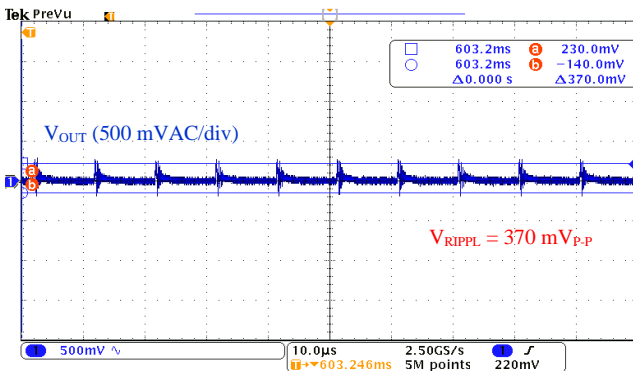


圖 9-21 輸出漣波電壓波形
($V_{IN} = 85 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 1.0 \text{ A}$)

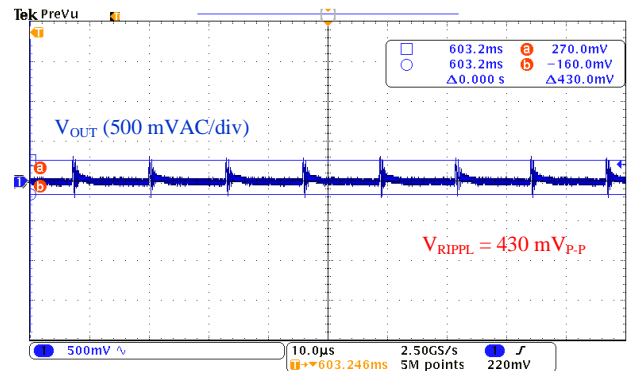


圖 9-22 輸出漣波電壓波形
($V_{IN} = 265 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 1.0 \text{ A}$)

9.4 確認過電流保護和過載保護的操作

當達到一定的負載時，過電流保護（OCP：Overcurrent Protection）將電源 IC 內的功率 MOSFET 的漏極電流 I_{DST} 限制在漏極電流極限 I_{DLIM} 。 I_{DLIM} 和電流檢知電阻 R3 之間有如下關係。

$$I_{DLIM} = \frac{V_{OCP(H)}}{R3} \quad (4)$$

現在，

$V_{OCP(H)}$ ：STR6A161HVD 在 36% ON DUTY 下的 OCP 門檻值電壓

R3：電流檢知電阻 R3 的值

如果 FB/OLP 引腳電壓持續超過 OLP 門檻值電壓 $V_{FB(OLP)} = 7.3 \text{ V (typ.)}$ ，且 OLP 延遲時間 $t_{OLP} = 75 \text{ ms (typ.)}$ 以上，則過載保護（OLP：Overload Protection）被啟動，開關操作被停止。在 OLP 工作期間，通過 VCC 引腳電壓進行間歇性振盪，以減少功率 MOSFET 和次級側整流二極體的元件應力。當過載因素消除後，設備自動恢復正常動作。

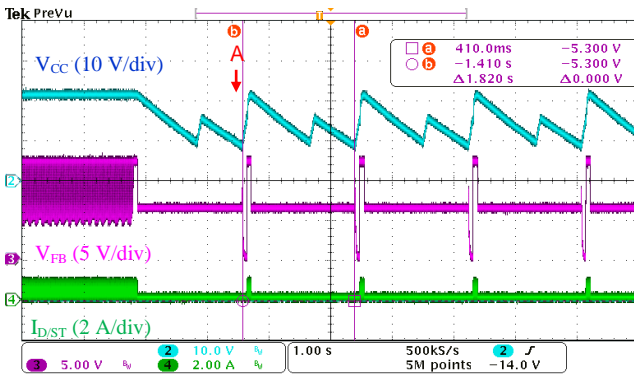


圖 9-23 OCP、OLP 動作波形
($V_{IN} = 85 \text{ VAC}$ 、 $I_O > 1.0 \text{ A}$)

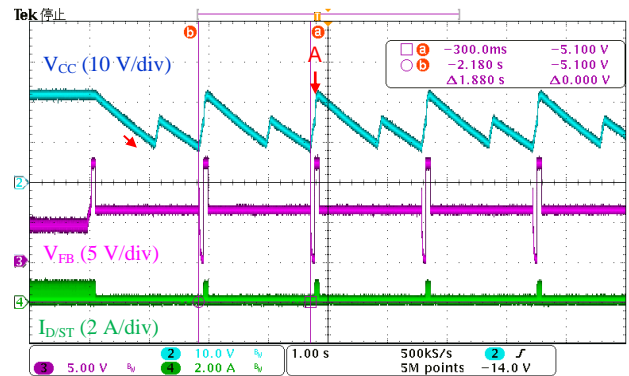


圖 9-24 OCP、OLP 動作波形
($V_{IN} = 265 \text{ VAC}$ 、 $I_O > 1.0 \text{ A}$)

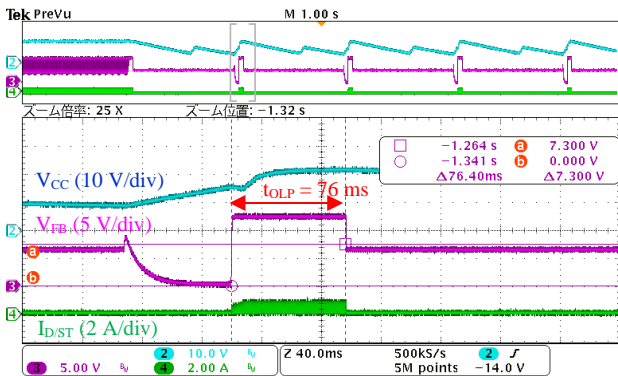


圖 9-25 OCP、OLP 動作波形
(圖 9-23 A 部擴大)

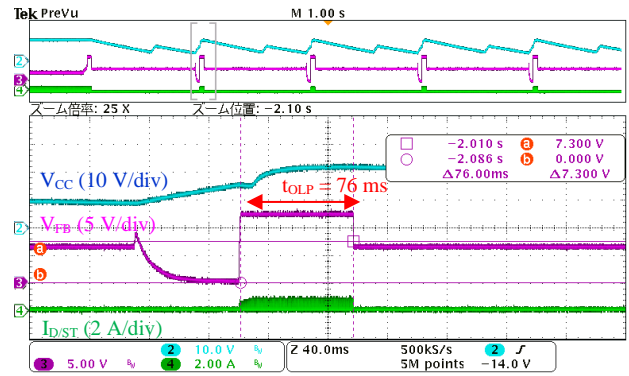


圖 9-26 OCP、OLP 動作波形
(圖 9-24 A 部擴大)

9.5 確認過電壓保護的操作

當電源 IC 的 VCC 引腳和 S/GND 引腳之間的電壓等於或超過 OVP 門檻值電壓 $V_{CC(OVP)} = 29.1 \text{ V (typ.)}$ 時，IC 轉入過壓保護（OVP：Overvoltage Protection）操作，並通過 VCC 引腳的 UVLO 功能重複間歇性振盪操作。當過壓因素消除後，IC 自動恢復到正常工作狀態。

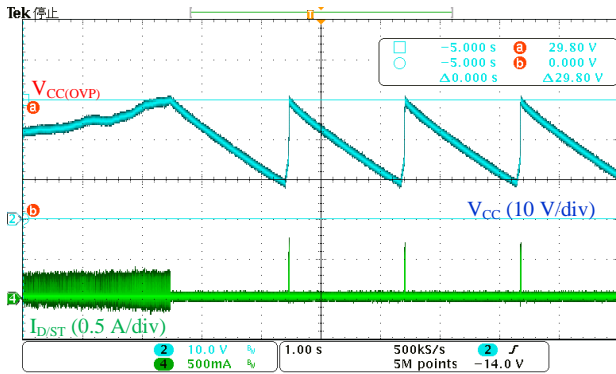


圖 9-27 OVP 動作波形
($V_{IN} = 85 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 0 \text{ A}$)

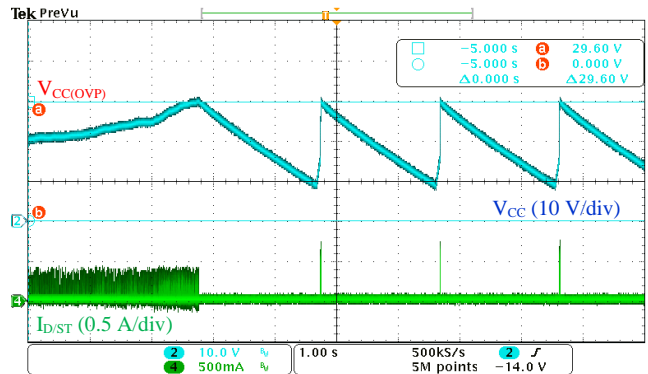


圖 9-28 OVP 動作波形
($V_{IN} = 265 \text{ VAC}$ 、 $I_O = 0 \text{ A}$)

9.6 檢查外殼表面溫度

表 9-1 顯示了在環境溫度為 25 °C 和 60 °C 時，在輸入電壓的上限和下限的情況下，各個部件的測量溫度。

表 9-1 輸入電壓和元件溫度 ($I_O = 1.0 \text{ A}$)

環境溫度 (°C)	輸入電壓 (VAC)	穩態動作時元件溫度 (°C)		
		電源 IC (U1)	二次側整流二極體 (D51)	變壓器 (T1)
25	85	64.0	70.3	61.3
	265	57.5	69.3	62.9
60*	85	99.0	105.3	96.3
	265	92.5	104.3	97.9

*由環境溫度轉換而來的外殼溫度 25 °C

10. 電磁兼容性或電磁兼容

圖 10-1~圖 10-4 顯示了雜訊端子電壓 (EMI) 的測量結果。

測量條件： $I_o = 1.0\text{ A}$ 、FG = Open

測試模式：Average

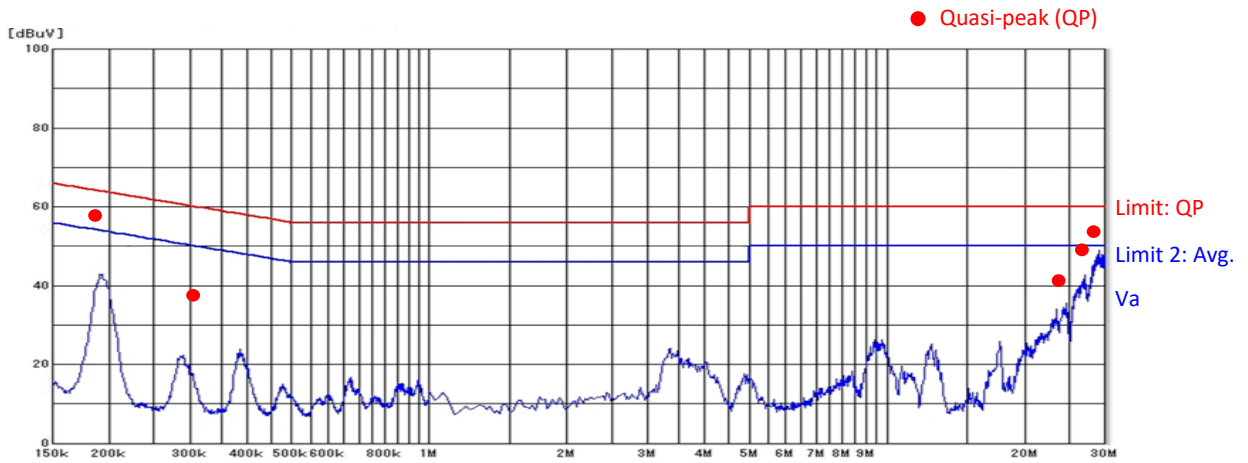


圖 10-1 EMI 測量結果 (Live、 $V_{IN} = 100\text{ VAC}$)

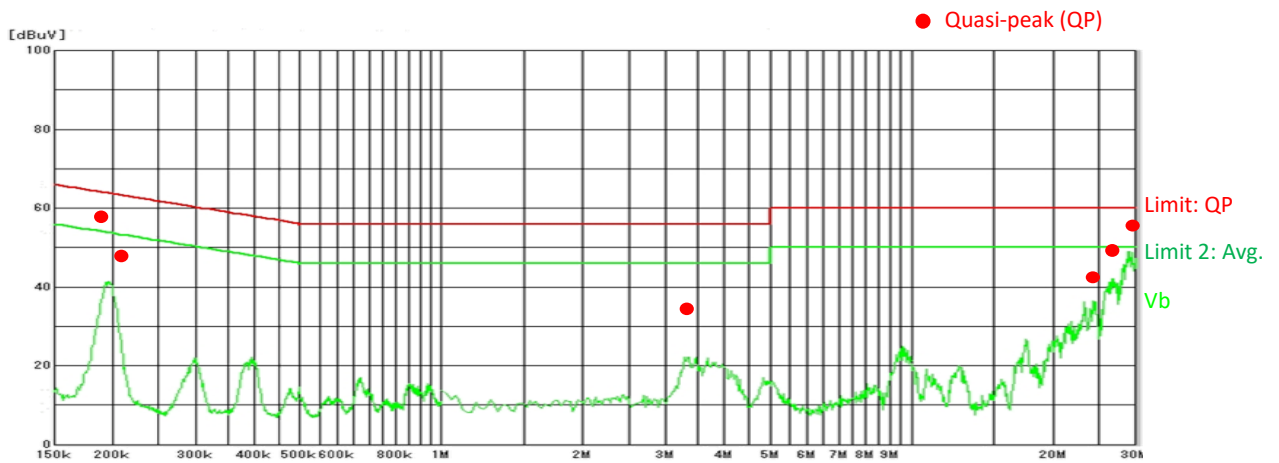


圖 10-2 EMI 測量結果 (Neutral、 $V_{IN} = 100\text{ VAC}$)

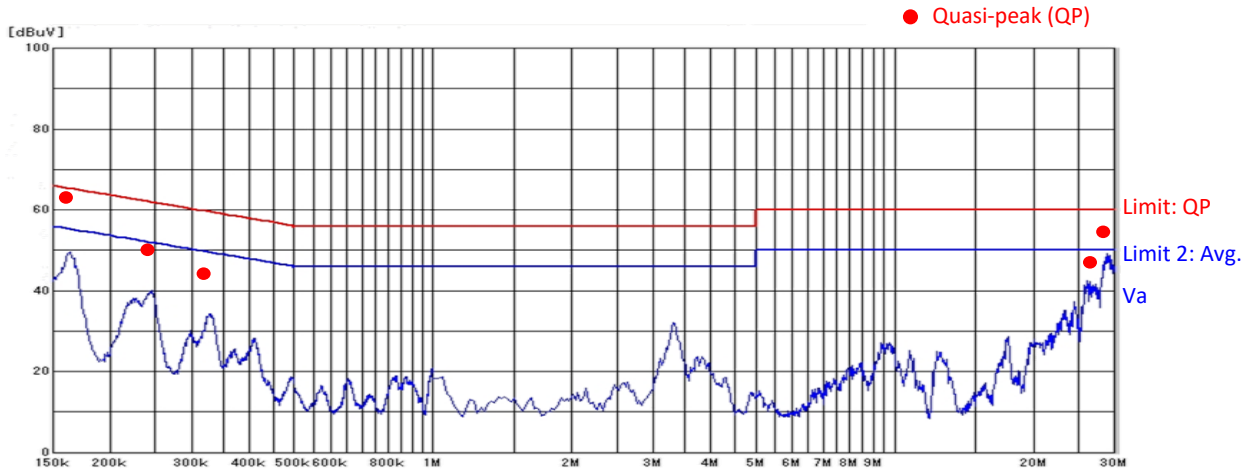


圖 10-3 EMI 測量結果 (Live、 $V_{IN} = 230 \text{ VAC}$)

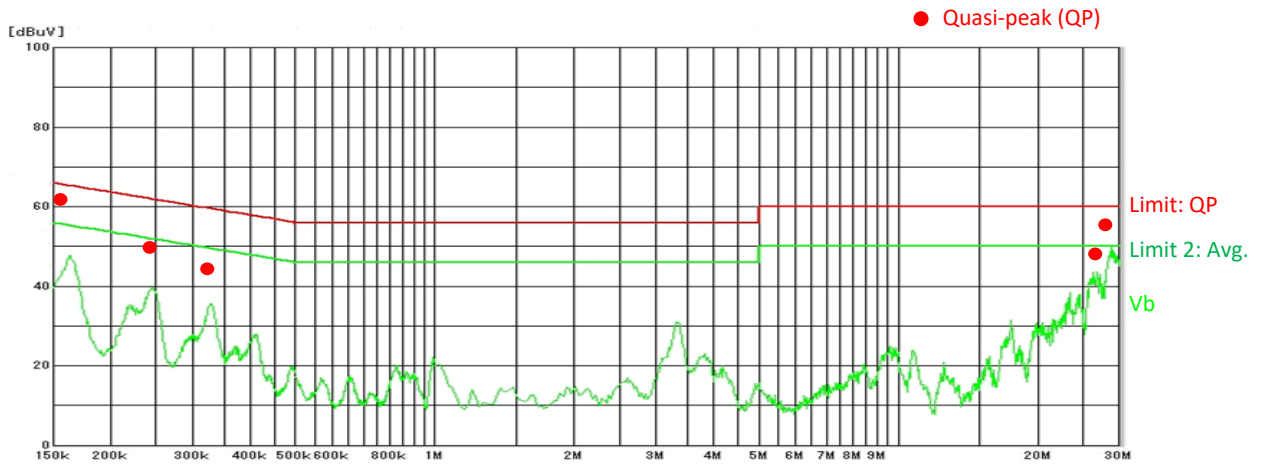


圖 10-4 EMI 測量結果 (Neutral、 $V_{IN} = 230 \text{ VAC}$)

Important Notes

- All data, illustrations, graphs, tables and any other information included in this document (the “Information”) as to Sanken’s products listed herein (the “Sanken Products”) are current as of the date this document is issued. The Information is subject to any change without notice due to improvement of the Sanken Products, etc. Please make sure to confirm with a Sanken sales representative that the contents set forth in this document reflect the latest revisions before use.
- The Sanken Products are intended for use as components of general purpose electronic equipment or apparatus (such as home appliances, office equipment, telecommunication equipment, measuring equipment, etc.). Prior to use of the Sanken Products, please put your signature, or affix your name and seal, on the specification documents of the Sanken Products and return them to Sanken. When considering use of the Sanken Products for any applications that require higher reliability (such as transportation equipment and its control systems, traffic signal control systems or equipment, disaster/crime alarm systems, various safety devices, etc.), you must contact a Sanken sales representative to discuss the suitability of such use and put your signature, or affix your name and seal, on the specification documents of the Sanken Products and return them to Sanken, prior to the use of the Sanken Products. The Sanken Products are not intended for use in any applications that require extremely high reliability such as: aerospace equipment; nuclear power control systems; and medical equipment or systems, whose failure or malfunction may result in death or serious injury to people, i.e., medical devices in Class III or a higher class as defined by relevant laws of Japan (collectively, the “Specific Applications”). Sanken assumes no liability or responsibility whatsoever for any and all damages and losses that may be suffered by you, users or any third party, resulting from the use of the Sanken Products in the Specific Applications or in manner not in compliance with the instructions set forth herein.
- In the event of using the Sanken Products by either (i) combining other products or materials or both therewith or (ii) physically, chemically or otherwise processing or treating or both the same, you must duly consider all possible risks that may result from all such uses in advance and proceed therewith at your own responsibility.
- Although Sanken is making efforts to enhance the quality and reliability of its products, it is impossible to completely avoid the occurrence of any failure or defect or both in semiconductor products at a certain rate. You must take, at your own responsibility, preventative measures including using a sufficient safety design and confirming safety of any equipment or systems in/for which the Sanken Products are used, upon due consideration of a failure occurrence rate and derating, etc., in order not to cause any human injury or death, fire accident or social harm which may result from any failure or malfunction of the Sanken Products. Please refer to the relevant specification documents and Sanken’s official website in relation to derating.
- No anti-radioactive ray design has been adopted for the Sanken Products.
- The circuit constant, operation examples, circuit examples, pattern layout examples, design examples, recommended examples, all information and evaluation results based thereon, etc., described in this document are presented for the sole purpose of reference of use of the Sanken Products.
- Sanken assumes no responsibility whatsoever for any and all damages and losses that may be suffered by you, users or any third party, or any possible infringement of any and all property rights including intellectual property rights and any other rights of you, users or any third party, resulting from the Information.
- No information in this document can be transcribed or copied or both without Sanken’s prior written consent.
- Regarding the Information, no license, express, implied or otherwise, is granted hereby under any intellectual property rights and any other rights of Sanken.
- Unless otherwise agreed in writing between Sanken and you, Sanken makes no warranty of any kind, whether express or implied, including, without limitation, any warranty (i) as to the quality or performance of the Sanken Products (such as implied warranty of merchantability, and implied warranty of fitness for a particular purpose or special environment), (ii) that any Sanken Product is delivered free of claims of third parties by way of infringement or the like, (iii) that may arise from course of performance, course of dealing or usage of trade, and (iv) as to the Information (including its accuracy, usefulness, and reliability).
- In the event of using the Sanken Products, you must use the same after carefully examining all applicable environmental laws and regulations that regulate the inclusion or use or both of any particular controlled substances, including, but not limited to, the EU RoHS Directive, so as to be in strict compliance with such applicable laws and regulations.
- You must not use the Sanken Products or the Information for the purpose of any military applications or use, including but not limited to the development of weapons of mass destruction. In the event of exporting the Sanken Products or the Information, or providing them for non-residents, you must comply with all applicable export control laws and regulations in each country including the U.S. Export Administration Regulations (EAR) and the Foreign Exchange and Foreign Trade Act of Japan, and follow the procedures required by such applicable laws and regulations.
- Sanken assumes no responsibility for any troubles, which may occur during the transportation of the Sanken Products including the falling thereof, out of Sanken’s distribution network.
- Although Sanken has prepared this document with its due care to pursue the accuracy thereof, Sanken does not warrant that it is error free and Sanken assumes no liability whatsoever for any and all damages and losses which may be suffered by you resulting from any possible errors or omissions in connection with the Information.
- Please refer to our official website in relation to general instructions and directions for using the Sanken Products, and refer to the relevant specification documents in relation to particular precautions when using the Sanken Products.
- All rights and title in and to any specific trademark or tradename belong to Sanken and such original right holder(s).

DSGN-CEZ-16003