

PD-65W1C快充電源-使用MTC-650V Cascode D-GaN

電源板描述

本電源模組是65W單一C介面，其輸出電壓由協議IC可以控制5V/3A, 9V/3A, 15V/3A, 20V/3.25A等電壓輸出，使用QR/DCM反馳式電路架構於輸出20V重載時可達93%效率及功率密度可達 $1.5\text{W}/\text{cm}^3$ ，本系統採用同系列控制單晶片：QR一次側控制IC驅動MTC D-mode GaN FET (MGZ31N65-650V)、二次側同步整流控制IC及PD3.0協議IC)可達到最佳匹配。

本報告內容包括65W1C電氣規格、線路圖、BOM、主變壓器設計參數、線路佈局，最後是效能量測及EMI測試結果。

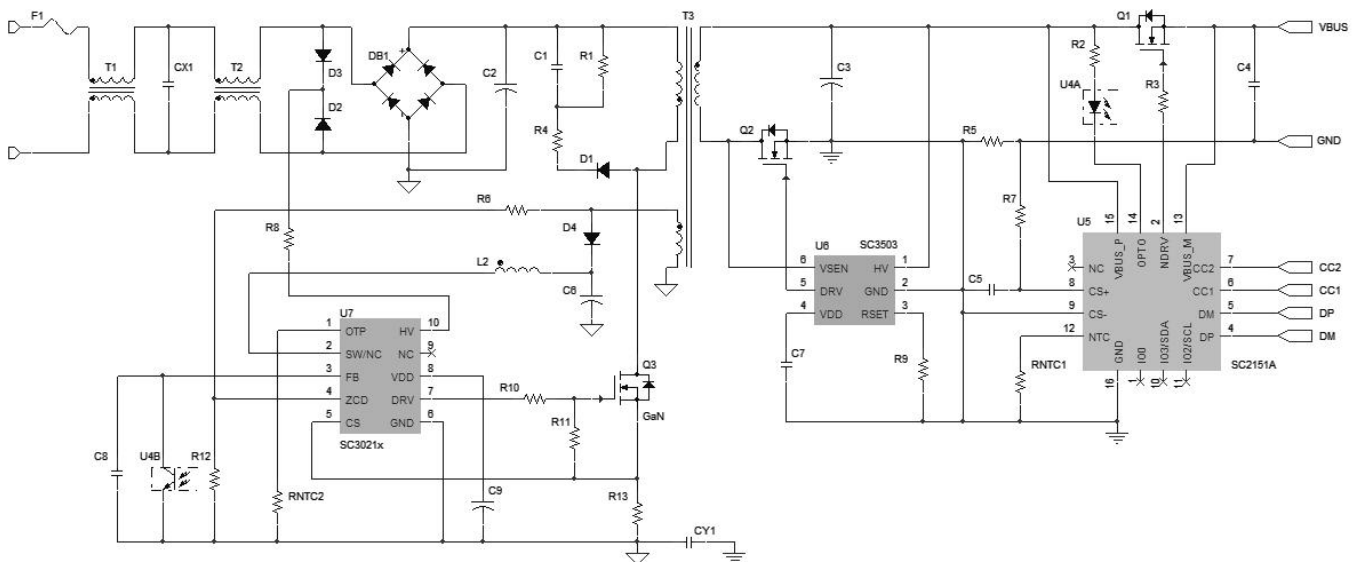
主要規格	描述
輸入電壓	90-264 Vac @ 60/50Hz
輸出電壓	5 V, 9 V, 12V, 15 V, 20 V
最大輸出電流	3.25A@輸出電壓20V
最大輸出功率	65 W
輸出接口	USB-PD C型式
最大效率	93% @ 220Vac/20V重載

優勢

- 返馳式穀底偵測減少開關損失
- 輕載Burst Mode增加效率
- 最佳效能可達93%
- 空載損耗低於50mW
- 控制IC可支持頻率高達160 kHz
- 系統頻率有Jitter降低EMI干擾
- 控制IC可直接驅動GaN
- 進階保護功能如下：
 - (1) VDD過電壓及欠電壓保護
 - (2) 導通時最大峰值電流保護
 - (3) 輸出過電壓保護
 - (4) 輸出短路保護
- 可輸出65W功率

市場應用

- 電源適配器、LED照明驅動器、LCD顯示器電源、帶充電介面排插...



主要電氣規格

測試溫度：環溫25°C

參數描述	符號	最小值	典型值	最大值	單位	備註
輸入						
電壓	V _{in}	90	110/220	264	VAC	
頻率	f _{line}	47	60/50	63	Hz	
電源效率 @ 110Vac / 3A輸出電流						
5V/3A	η _{5V/3A/L}		89		%	@ 110 Vac, 25 °C
9V/3A	η _{9V/3A/L}		91		%	
15V/3A	η _{15V/3A/L}		91		%	
20V/3A	η _{20V/3A/L}		91		%	
電源效率 @ 220Vac / 3A 輸出電流						
5V/3A	η _{5V/3A/H}		89		%	@ 220 Vac, 25 °C
9V/3A	η _{9V/3A/H}		91		%	
15V/3A	η _{15V/3A/H}		92		%	
20V/3A	η _{20V/3A/H}		93		%	
空載損耗	P _{in}			50	mW	@ 220 Vac, 25 °C (C介面開路)
協議IC控制輸出電壓	V _{OUT}	5		20	V	
EMI/EMC測試標準	符合CISPR22 Class B / EN55022					

批註：ESD、雷擊...等安全測試需與外型機構設計同時考慮。

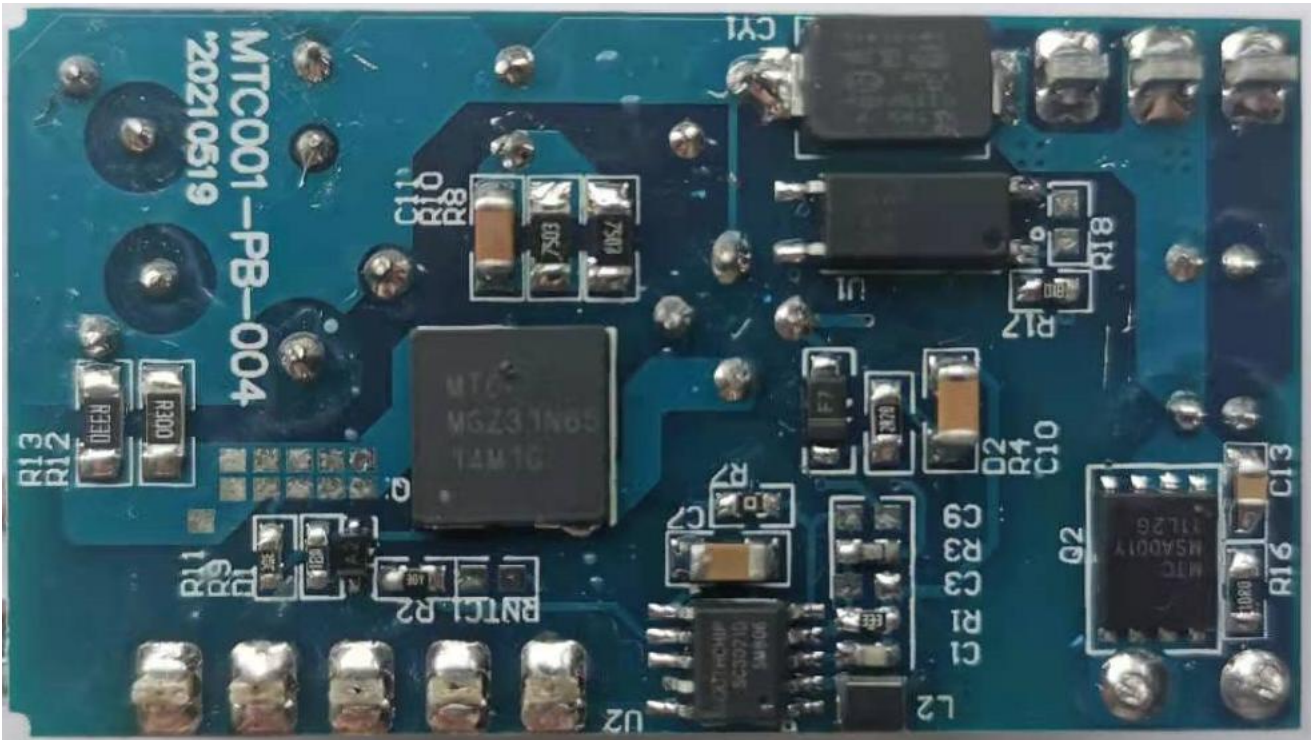
輸出電壓：

輸出電壓由協議IC輸出電壓需求後再提供適當的電壓值，可分為五種電壓值，上下限如下表格所示。

輸出電壓 (V)	輸出電流 (A)	最小值	典型值	最大值	單位
5	0~3	4.75	5	5.35	V
9	0~3	8.55	9	9.45	V
12	0~3	11.4	12	12.6	V
15	0~3	14.25	15	15.75	V
20	0~3.25	19.5	20	21	V

MTC 65W/1C整機外觀

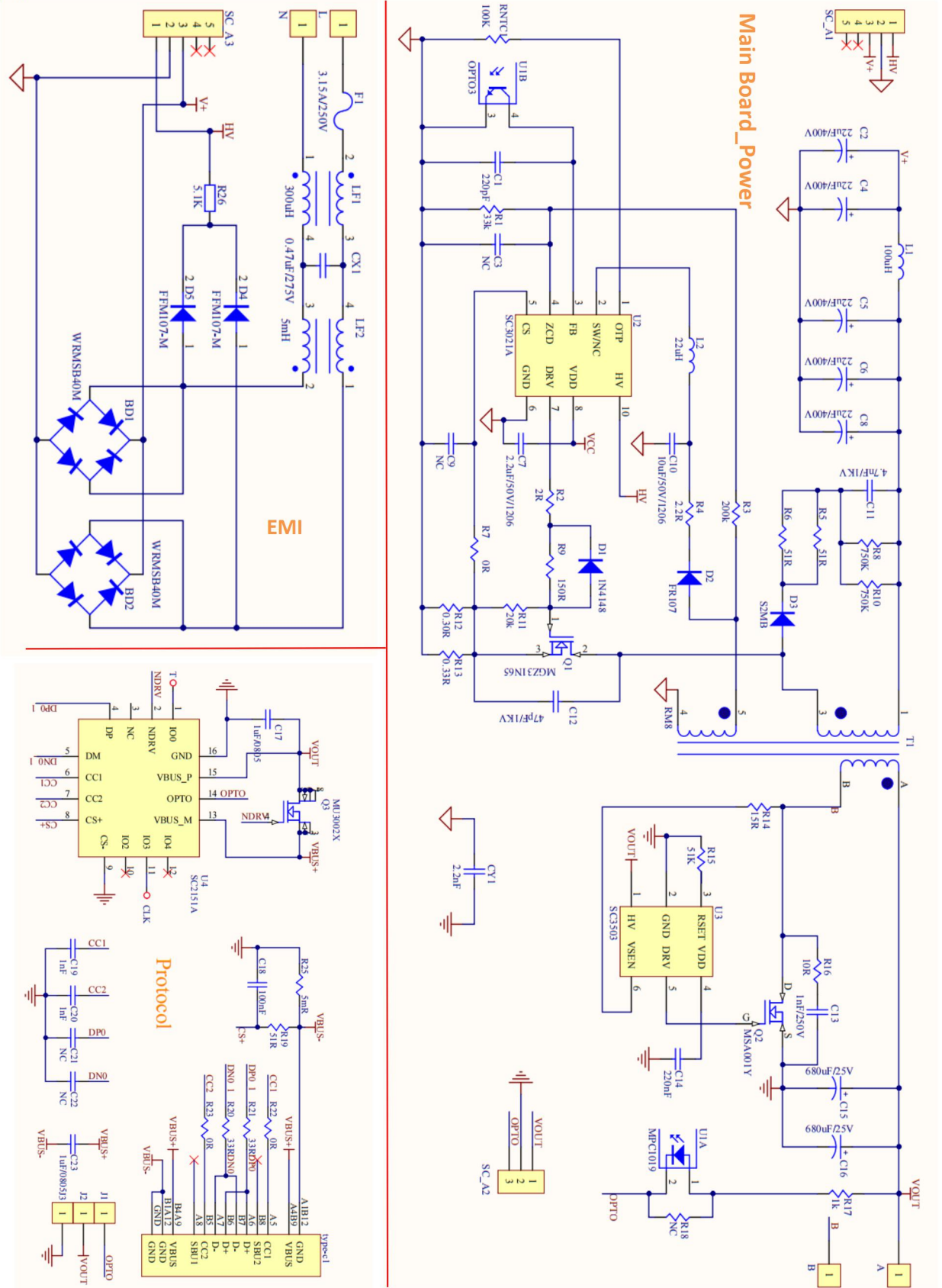
上層



下層

Demo板外觀尺寸：L*W*H: 54mm*30mm*23mm

電路圖



65W 1C 電路圖

電路介紹

EMI濾波器(EMI小板)

為了符合CISPR22B/EN55022的標準，需設計合適的濾波電路，例如共模電感(LM1/LM2)、X電容(CX1)、Y電容(CY1)、濾波電感(L1)且配合電流最佳回路達到最好的EMI效果，EMI小板設計主要是降低電磁干擾。

USB PD3.0 (協議小板)

協議小板主要是採用協議晶片SC2151A設計，其由受電端發出電壓需求給協議IC後，控制主板改變輸出電壓，本協議必需符合PD3.0之協議。

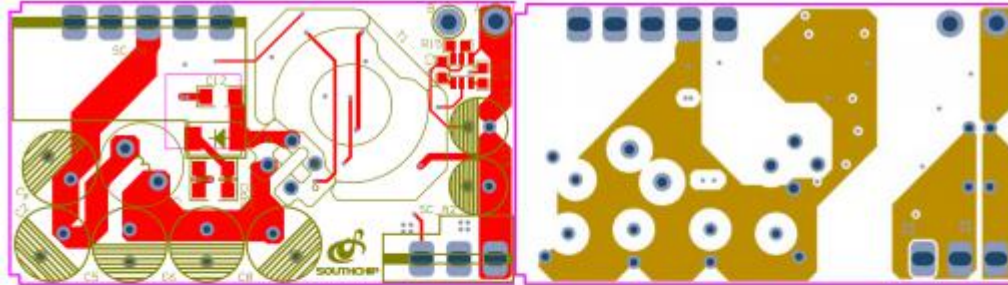
- 本協議晶片支持
 - 支援 DFP / UFP / DRP USB PD 3.0
 - 內鍵PD 3.0協議

保護

保護種類	保護模式
ZCD OVP	Auto-Recovery
Over Load Protection (OLP)	Auto-Recovery
Brown IN/OUT	Auto-Recovery
External Over Temp Protection (OTP)	Auto-Recovery

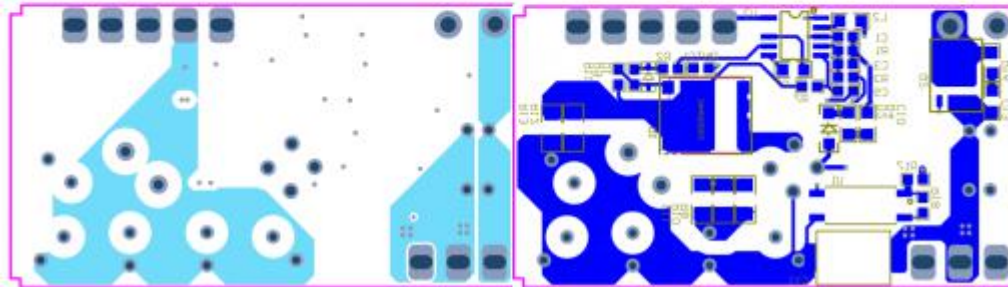
PCB Layout

主板



Main - Top

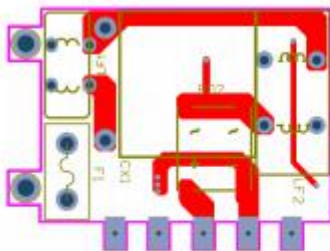
Main - Mid_1



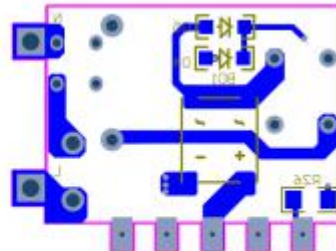
Main - Mid_2

Main - Bottom

EMI小板

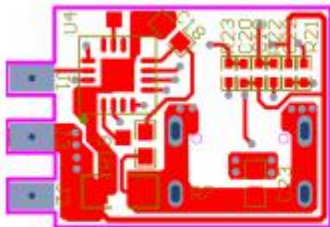


EMI - Top

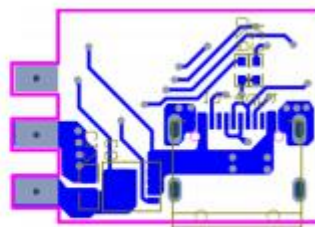


EMI - Bottom

協議小板



Protocol - Top



Protocol - Bottom

Bill of Materials (BOM)

主板

規格	誤差值	PCB 位置	組件包裝	描述	供貨商	數量
0R	1%	R7	0603	SMT Resistor		1
2R	1%	R2	0603	SMT Resistor		1
15R	1%	R14	0603	SMT Resistor		1
150R	1%	R9	0603	SMT Resistor		1
1K	1%	R17	0603	SMT Resistor		1
20K	1%	R11	0603	SMT Resistor		1
33K	1%	R1	0603	SMT Resistor		1
51K	1%	R15	0603	SMT Resistor		1
200K	1%	R3	0603	SMT Resistor		1
NC		RNTC1	0603	NTC Resistor		1
2.2R	1%	R4	0805	SMT Resistor		1
10R	1%	R16	0805	SMT Resistor		1
0.3R	1%	R12	1206	SMT Resistor		1
0.33R	1%	R13	1206	SMT Resistor		1
51R	1%	R5,R6	1206	SMT Resistor		2
750K	1%	R8,R10	1206	SMT Resistor		2
220pF/50V	NPO	C1	0603	SMT Capacitor		1
220nF/50V	X7R	C14	0603	SMT Capacitor		1
2.2uF/50V	X7R	C7	0805	SMT Capacitor		1
10uF/50V	X7R	C10	0805	SMT Capacitor		1
47pF/1KV	NPO	C12	1206	HV SMT Cap.		1
1nF/250V	X7R	C13	0805	HV SMT Cap.		1
4.7nF/1KV	X7R	C11	1206	HV SMT Cap.		1
22uH		L2	2.5*2*1.25mm	SMT Inductor		1
MGZ31N65		Q1	PQFN 8*8	GaN	美祿科技	1
MSA001Y	100V/9mR	Q2	DFN5*6	NMOS	美祿科技	1
MPC1019		U1		光耦	美祿科技	1
1N4148		D1	SOD-323	快恢復二極體		1
FR107W		D2	SOD-123	快恢復二極體		1
S2MBF		D3	SMBF	快恢復二極體		1
2.2nF/400V		CY1		貼片 Y 電容	四川特銳祥	1
SC3021C		U2	SOIC-9	IC	美祿科技	1
SC3503		U3	SOT23-6	IC	美祿科技	1
NC		R18	0603	貼片電阻		0
NC		C3,C9	0603	貼片電容		0
插件						
100uH		L1	直徑 8.5mm	工字電感		1
220uH		T1	RM8 4+0	變壓器		1
22uF/400V		C2,C4,C5,C6,C8	8*18	電解電容	上海永銘電子	5
680uF/25V		C15,C16	6.3*15	固態電容	上海永銘電子	2
CON3		SC_A2		協議小板		1
CON5		SC_A1		EMI 小板		1

EMI小板

5.1K	1%	R26	1206	贴片电阻		1
FR107W		D4, D5	SOD-123	快恢复二极管		2
WRMCB40M		BD1,BD2	TMBF	整流桥		2
插件						
3.15A/250V		F1	脚距 5mm	一次性保险丝		1
300uH		LF1		共模电感		1
5mH		LF2		共模电感		1
0.47uF/275V		CX1		安规 X 电容	國金樂電子	1
		J4		接插件		0

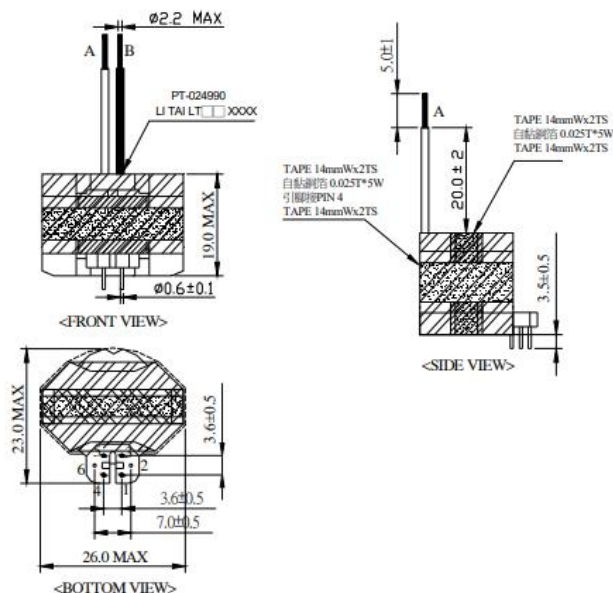
協議小板

0R	1%	R22,R23	0402	贴片电阻		2
33R	1%	R20,R21	0402	贴片电阻		2
1nF/50V	X7R	C19,C20	0402	贴片电容		2
51R	1%	R19	0603	贴片电阻		1
1uF/50V	X7R	C23	0603	贴片电容		1
100nF/50V	X7R	C18	0603	贴片电容		1
1uF/50V	X7R	C17	0603	贴片电容		1
5mR	1%	R25(PCB 為 R7)	1206	採樣電阻		1
MU3002X	30V/4.5mR	Q3	DFN3*3	NMOS	美祿科技	1
SC2151A		U4	QFN_16_4*4		美祿科技	1
Type-C		Type-C1				1
		J1,J2,J3		接插件		
NC		C21,C22	0402	贴片电容		2

主變壓器規格

1.Configuration & Dimension :

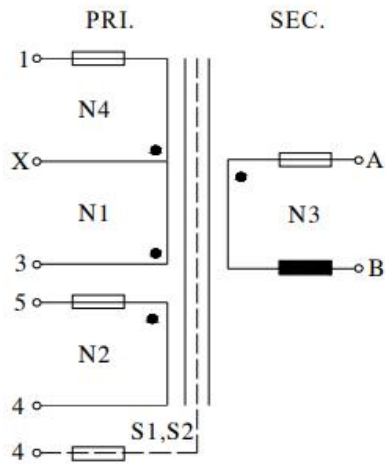
UNIT: m/m



dong,China
hina

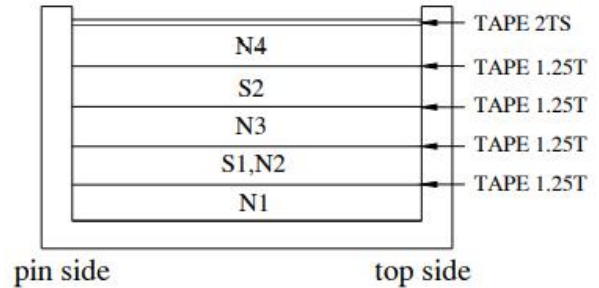
2.Winding Specification :

2-1 Schematic :



"●" START, "□" TEFLON TUBE
 "■" BLACK UL TUBE

2-2 Winding Order :



NO.	Winding	Terminal	Wire	Turns	Remark
1	N1	3---X	LITZ $\varphi 0.10 \times 15c$	15	
2	S1	--4	2UEW $\varphi 0.15 \times 3c$	7	
3	N2	5---4	2UEW $\varphi 0.15 \times 1c$	7	
4	N3	A---B	TIW-M(LZ) $\varphi 0.10 \times 100c$	5	
5	S2	--4	2UEW $\varphi 0.15 \times 3c$	12	
6	N4	X---1	LITZ $\varphi 0.10 \times 15c$	15	

3.Electrical haracteristics :

ELECTRICAL CHARACTERISTICS				
NO.	ITEM	TEST TERMINAL	SPECIFICATION	TEST INSTRUMENT
1	INDUCTANCE	L(3---1)	220uH $\pm 10\%$	WK3260B LCR METER @10kHz, 1V
2	LEAKAGE INDUCTANCE	LK (3---1) (SHORT ALL PINS)	15uH MAX	
3	D.C RESISTANCE	R(3---1)	220m Ω MAX	Zentech 502A @25 $^{\circ}$ C
		R(5---4)	305m Ω MAX	
		R(A---B)	10m Ω MAX	
4	HI-POT TEST	PRI TO SEC	1500VAC/2mA/60SEC	ZENOTECH 9072A
		SEC TO CORE	500VAC/2mA/60SEC	

4. Material List :

NO	SUB PART	RAW		MATERIAL		
		MANUFACTURER	DESCRIPTION	TYPE	FLAME/TEMP	UL NO.
1	CORE	TDK OR EQU	FERRITE CORE RM8	PC40	N/A	N/A
2	BOBBIN	SUMITOMO BAKELITE CO.,LTD	PHENOLIC	PM-9820	150℃	E41429
3	WIRE	PACIFIC ELECTRIC WIRE & CABLE (SHENZHEN) CO LTD	POLYURETHANE	UEW/U@ (ANSI MW-75C)	130℃	E201757
4	TRIPLE WIRE	KBI COSMOLINK CO.,LTD	TRIPLE INSULATED	TIW-M(LZ)	130℃	E213764
5	TAPE	SYMBIO INC	POLYETHYLENE-TEREPHTHALATE	NO.35660(a)	150℃	E50292
		JINGJIANG YAHUA PRESSURE SENSITIVE GLUE CO LTD	POLYETHYLENE TEREPHTHALATE	CT* (c)(g)	130℃	E165111
6	TUBE	GREAT HOLDING INDUSTRIAL CO.,LTD	TEFLON TUBE	TFL	200℃	E156256
		SHENZHEN WOER HEAT-SHRINKABLE MATERIAL	UL TUBE	RSFR-H	125℃	E203950
7	VARNISH	SUZHOU TAIHU ELECTRIC ADVANCED MATERIAL CO LTD	POLYESTER	T-4260(a)	130℃	E228349
8	COPPER FOIL	FUBANG				

第一共模电感

序号	产品名称	型号/规格	制造商	备注
1	共模绿环电感	T8*4*3-300uH(Min)	美创	



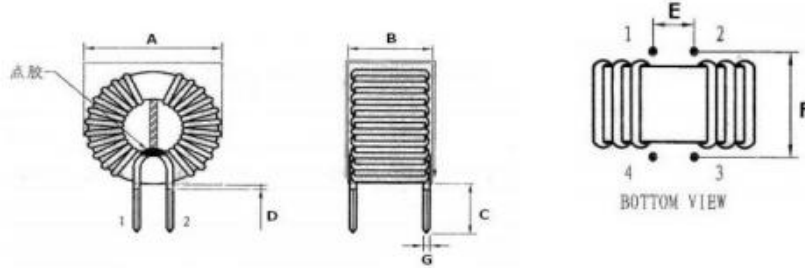
A	B	C	D	E	F	G
11.0(Max)	8.0±1.0	5.0(Ref)	5.0(Max)	Φ0.4±0.10	1.5(Ref)	4.0(Ref)

层次	S	F	线径&根数	圈数	材质	绕线方式
N1	1	2	Φ0.4x1C	8.5 (Ref)	2UEW@ 本色	双绕分绕
N2	4	3	Φ0.4x1C	8.5 (Ref)	2UEW@ 红色	双绕分绕

测试项目	测试点	参数要求	测试仪器	测试条件
电感量 (L)	L(1-2),L(4-3)	300uH Min	LCZ1601/1062	1K/0.25V/25-30℃
直流内阻 (DCR)	L(1-2),L(4-3)	/	CH-502B	/
电感量平衡	L(1-2),L(4-3)	50uH(Max)	LCZ1601/1062	1K/0.25V/25-30℃
抗电强度	L(1-2)-L(4-3)	AC0.6KV/50Hz	TOS5030	1mA/1S

第二共模电感

序号	产品名称	型号/规格	制造商	备注
1	共模绿环电感	T12*6*4-5mH(Min)	美创	



A	B	C	D	E	F	G
15.0 (Max)	7.0 (Max)	8.0±1.0	1.5 (Max)	6.0 (Ref)	5.0 (Ref)	Φ0.40±0.05

层次	S	F	线径&根数	圈数	材质	绕线方式
N1	1	2	Φ0.40x1C	26.5 (Ref)	2UEW 本色	分绕
N2	4	3	Φ0.40x1C	26.5 (Ref)	2UEW 本色	分绕

测试项目	测试点	参数要求	测试仪器	测试条件
电感量 (L)	L(1-2),L(4-3)	5mH Min	LCZ1601/1062	1K/0.25V/25-30℃
直流内阻 (DCR)	L(1-2),L(4-3)	/	CH-502B	/
电感量平衡	L(1-2),L(4-3)	300uH(Max)	LCZ1601/1062	1K/0.25V/25-30℃
抗电强度	L(1-2)-L(4-3)	AC0.6KV/50Hz	TOS5030	1mA/1S

效能實測

電性測試

- 空載損耗

Input Voltage (Vac)	No-Load Power (mW)
110	10
220	34

- 加載效率

$$V_{OUT} / I_{LOAD_MAX} = 20 \text{ V} / 3.25 \text{ A}$$

110Vac			220Vac		
%Load	Efficiency (%)	Avg Efficiency (%)	%Load	Efficiency (%)	Avg Efficiency (%)
100	92.05	91.84	100	92.98	92.02
75	91.72		75	92.75	
50	91.85		50	92.11	
25	91.74		25	90.23	

$$V_{OUT} / I_{LOAD_MAX} = 15 \text{ V} / 3 \text{ A}$$

110Vac			220Vac		
%Load	Efficiency (%)	Avg Efficiency (%)	%Load	Efficiency (%)	Avg Efficiency (%)
100	91.47	91.67	100	92.21	91.44
75	91.87		75	92.12	
50	91.94		50	91.40	
25	91.40		25	90.04	

$$V_{OUT} / I_{LOAD_MAX} = 12 \text{ V} / 3 \text{ A}$$

110Vac			220Vac		
%Load	Efficiency (%)	Avg Efficiency (%)	%Load	Efficiency (%)	Avg Efficiency (%)
100	91.38	91.55	100	91.83	90.71
75	92.03		75	91.72	
50	91.96		50	91.04	
25	90.84		25	88.22	

$$V_{OUT} / I_{LOAD_MAX} = 9 \text{ V} / 3 \text{ A}$$

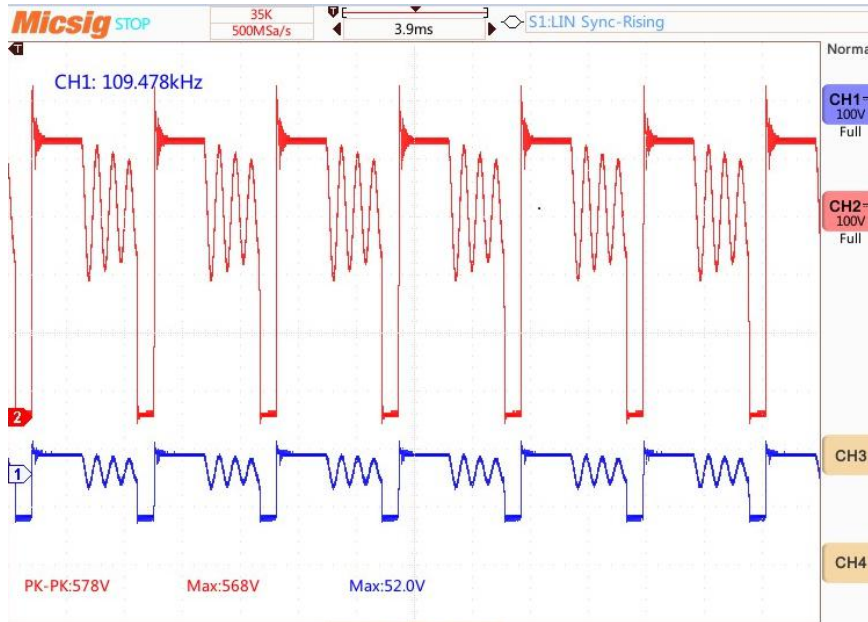
110Vac			220Vac		
%Load	Efficiency (%)	Avg Efficiency (%)	%Load	Efficiency (%)	Avg Efficiency (%)
100	91.06	91.11	100	91.36	90.31
75	91.26		75	91.16	
50	91.67		50	90.16	
25	90.46		25	88.58	

$V_{OUT} / I_{LOAD_MAX} = 5\text{ V} / 3\text{ A}$

110Vac			220Vac		
%Load	Efficiency (%)	Avg Efficiency (%)	%Load	Efficiency (%)	Avg Efficiency (%)
100	89.89	89.73	100	89.17	88.18
75	90.34		75	89.07	
50	90.34		50	87.91	
25	88.33		25	86.56	

264Vac滿載時主開關Vds跨壓波形

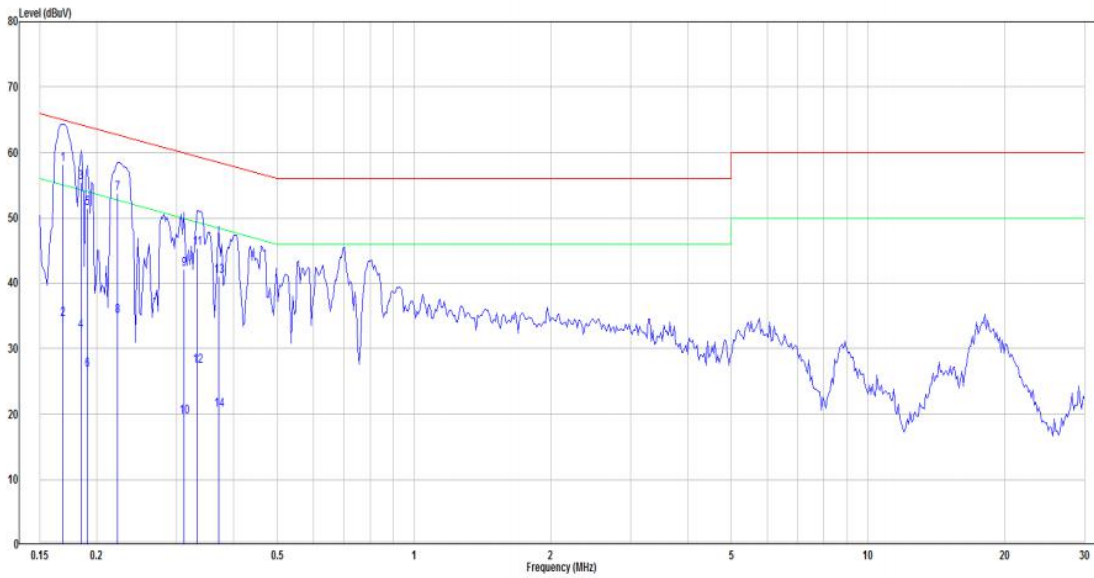
確保變壓器匝數比設計之安全值，264Vac輸入電壓時 $V_{ds} < 650 * 0.9 = 585\text{V}$ ， $V_{ds} = 568\text{V} (< 585\text{V})$ 。



$V_{in} = 265\text{ Vac}$, $V_{out} = 20\text{V}$, heavy load $V_{ds_GaN}(\text{max}) = 568\text{V}$

傳導EMI量測 (CISPR22 Class B/EN55022): Line

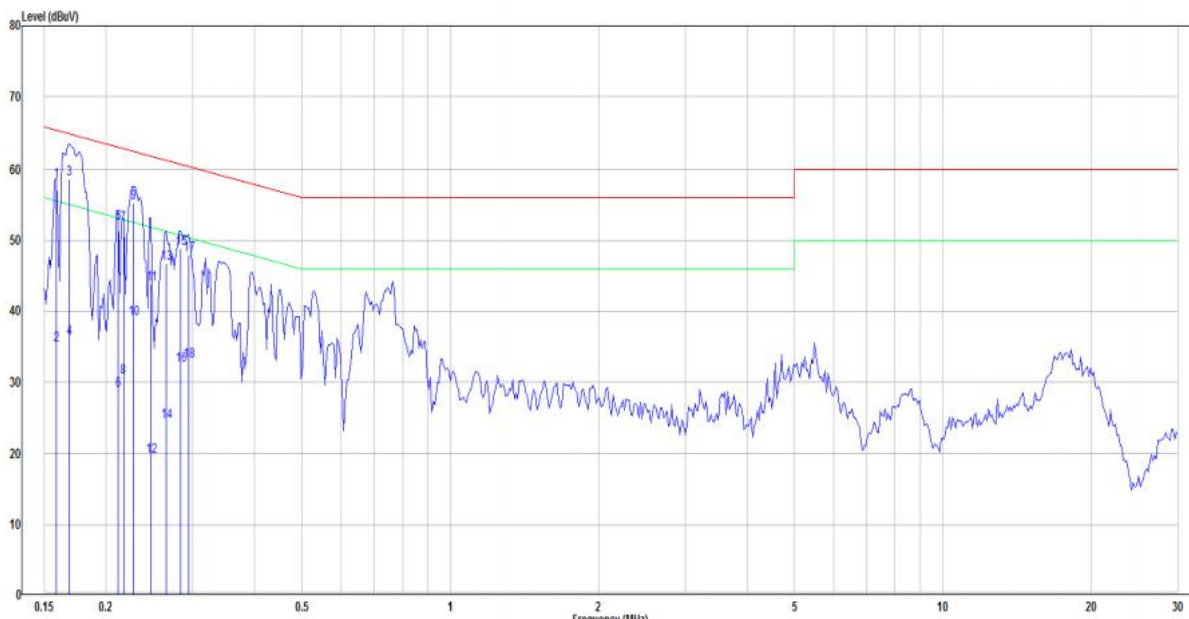
標準: Under 6dB



No.	Frequency (MHz)	Reading dBuV	Correct Factor(dB)	Result dBuV	Limit dBuV	Over limit (dB)	Remark	Phase
1	0.168	38.60	19.59	58.19	65.04	-6.85	QP	Line
2	0.168	14.90	19.59	34.49	55.04	-20.55	Average	Line
3	0.185	35.78	19.58	55.36	64.28	-8.92	QP	Line
4	0.185	13.11	19.58	32.69	54.28	-21.59	Average	Line
5	0.190	31.92	19.58	51.51	64.02	-12.52	QP	Line
6	0.190	7.09	19.58	26.68	54.02	-27.35	Average	Line
7	0.222	34.13	19.58	53.71	62.75	-9.04	QP	Line
8	0.222	15.41	19.58	34.99	52.75	-17.76	Average	Line
9	0.311	22.52	19.58	42.10	59.94	-17.84	QP	Line
10	0.311	0.02	19.58	19.60	49.94	-30.34	Average	Line
11	0.333	25.77	19.58	45.36	59.37	-14.01	QP	Line
12	0.333	7.69	19.58	27.28	49.37	-22.09	Average	Line
13	0.371	21.48	19.58	41.06	58.47	-17.42	QP	Line
14	0.371	1.04	19.58	20.63	48.47	-27.85	Average	Line

傳導EMI量測 (CISPR22 Class B/EN55022): Neutral

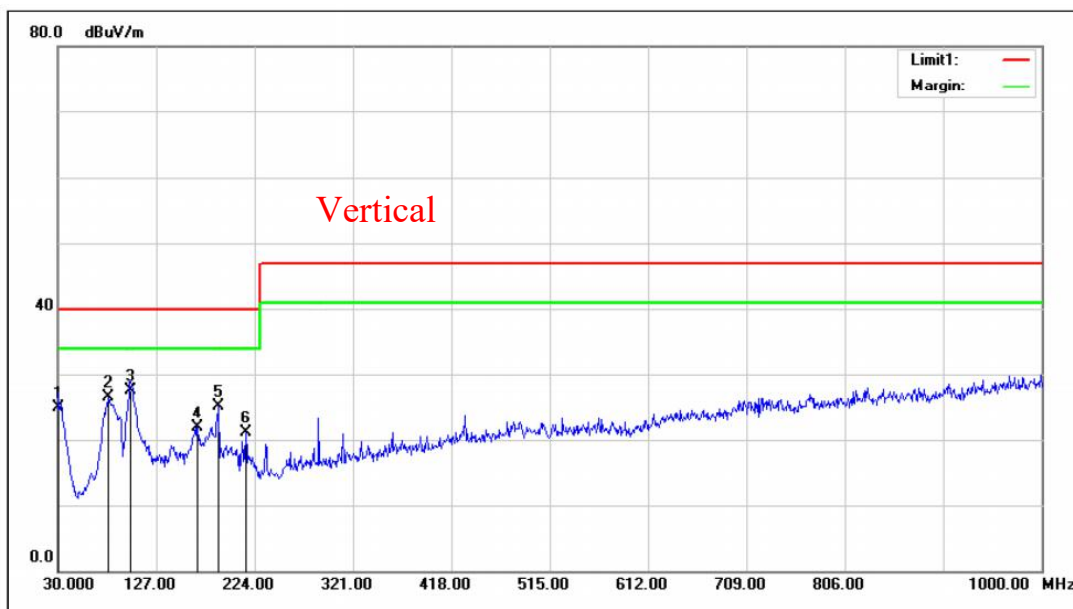
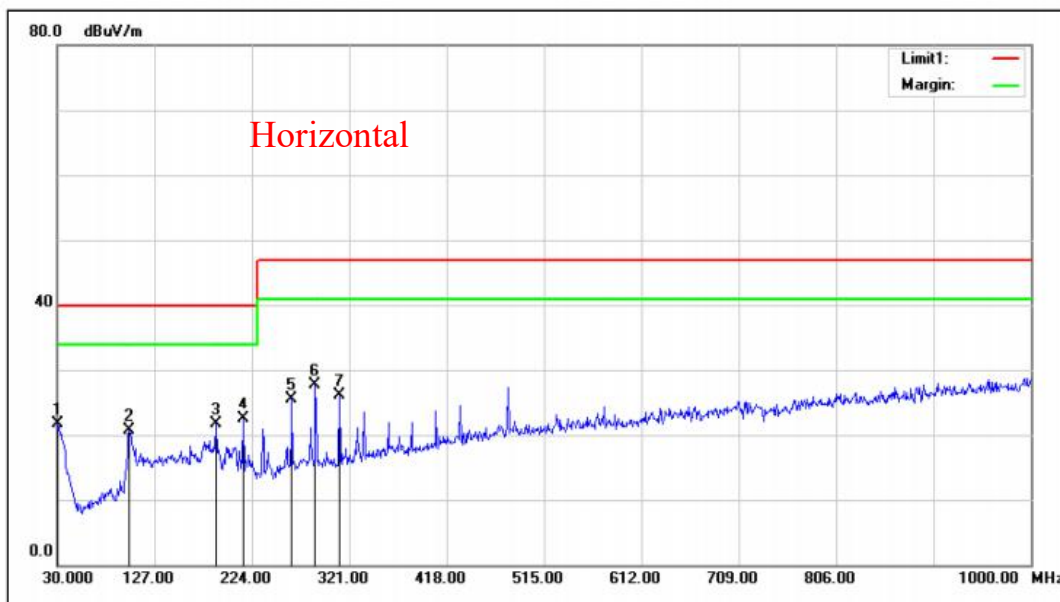
標準: Under 6dB



No.	Frequency (MHz)	Reading dBuV	Correct Factor(dB)	Result dBuV	Limit dBuV	Over limit (dB)	Remark	Phase
1	0.158	38.80	19.59	58.39	65.55	-7.16	QP	Neutral
2	0.158	15.69	19.59	35.28	55.55	-20.27	Average	Neutral
3	0.168	39.00	19.59	58.59	65.04	-6.45	QP	Neutral
4	0.168	16.60	19.59	36.19	55.04	-18.85	Average	Neutral
5	0.212	32.79	19.58	52.37	63.13	-10.76	QP	Neutral
6	0.212	9.34	19.58	28.92	53.13	-24.21	Average	Neutral
7	0.217	32.62	19.58	52.20	62.94	-10.74	QP	Neutral
8	0.217	11.04	19.58	30.62	52.94	-22.32	Average	Neutral
9	0.227	35.62	19.58	55.20	62.56	-7.36	QP	Neutral
10	0.227	19.38	19.58	38.96	52.56	-13.60	Average	Neutral
11	0.247	24.18	19.58	43.76	61.85	-18.09	QP	Neutral
12	0.247	0.01	19.58	19.59	51.85	-32.26	Average	Neutral
13	0.265	27.11	19.58	46.69	61.28	-14.59	QP	Neutral
14	0.265	4.91	19.58	24.49	51.28	-26.79	Average	Neutral
15	0.284	29.26	19.58	48.84	60.71	-11.86	QP	Neutral
16	0.284	12.81	19.58	32.39	50.71	-18.31	Average	Neutral
17	0.295	28.35	19.58	47.94	60.39	-12.45	QP	Neutral
18	0.295	13.46	19.58	33.04	50.39	-17.34	Average	Neutral

輻射EMI量測 (CISPR22 Class B/EN55022): Horizontal/Vertical

標準: Under 6dB



主要零件溫度量測

量測條件: 環溫下滿載65W燒機0.5小時

零件位置	描述	110Vac時溫度(°C)	220Vac時溫度(°C)
BR1	橋堆	71	62
T1	主變壓器	58	60
Q1	GaN FET	72	74
Q2	二次側 FET	80	76