

通嘉 LD7681+LD7781 非对称式半桥多组输出显示器电源应用

作者:通嘉科技-张伟群/张江

参考文献:LD7681+LD7781 应用手册及 IC 规格书

1. 显示器电源双组输出背景说明

显示器大功率电源传统架构如图 1 所示共三组电源架构包含 Standby(STB) Flyback 电路, 功率因数修正电路(Power Factor Correction), 对称式半桥电路(LLC), 其中 STB Flyback 输出 12V 提供给主板电源及喇叭, LLC 输出 20V 后级连接 DC/DC Converter 驱动 LED, PFC 电路将 AC 交流 90Vac-264Vac 输入转换成直流 390VDC 提供后级对称式半桥电路(LLC)供电。此架构于电路设计及 EMI 设计复杂度较高。

通嘉 LD7681+LD7781 新型电源架构如图 2 所示共两组电源架构包含功率因数修正电路(Power Factor Correction)及非对称式半桥电路,可节省一组 Standby(STB) Flyback 电路,减少电路及元件设计复杂度。架构优势说明如下

1. LLC IC LD7781 具有高壓启动脚(HVPin),功能可节省一组 Standby(STB)Flyback 电路且 HV pin 具有 X-Cap Discharge 功能相较于传统架构可节省 X-Cap Discharge IC。
二次侧 LED 电路可采用 DC/DC 或 LED 直推电路
2. PFC IC LD7681 电感设计不需零电流侦测(ZCD)绕组可节省绕线成本, 侦测 PFC MOS Vds 电压搭配电阻及电容分压电路之技术进行 ZCD 侦测及 2nd OVP 功能。
3. 非对称式 LLC 电路 LD7781 技术特性:
 - 半桥上下臂开关设计在不同的导通时间, 并对应不同输出瓦特数搭配双组输出电压, 这个电压回授控制开关的导通时间; 对比对称式半桥上下臂开关设计固定导通时间仅对应单组输出电压回授。
 - 两组输出电压有独立输出电压调整及保护模式包含输出过压保护(OVP),过流保护(OCP),输出短路保护(SCP), 对比对称式半桥仅对应单组输出保护。
 - 二次侧元件设计非对称式半桥对比对称式半桥可节省一半的元件数包含变压器

二次侧绕组数及整流二極管元件数。

4. 通嘉 LD7681(CTRLA Pin)+LD7781(CTRLB Pin)双向沟通功能增加系统稳定性包含啟動, 保護及待機功耗,于待机模式(PS OFF mode) LD7681+LD7781 会同时进入 Burst mode 省电模式对应低待机功耗,藉由此功能可加速研發人員排除問題。

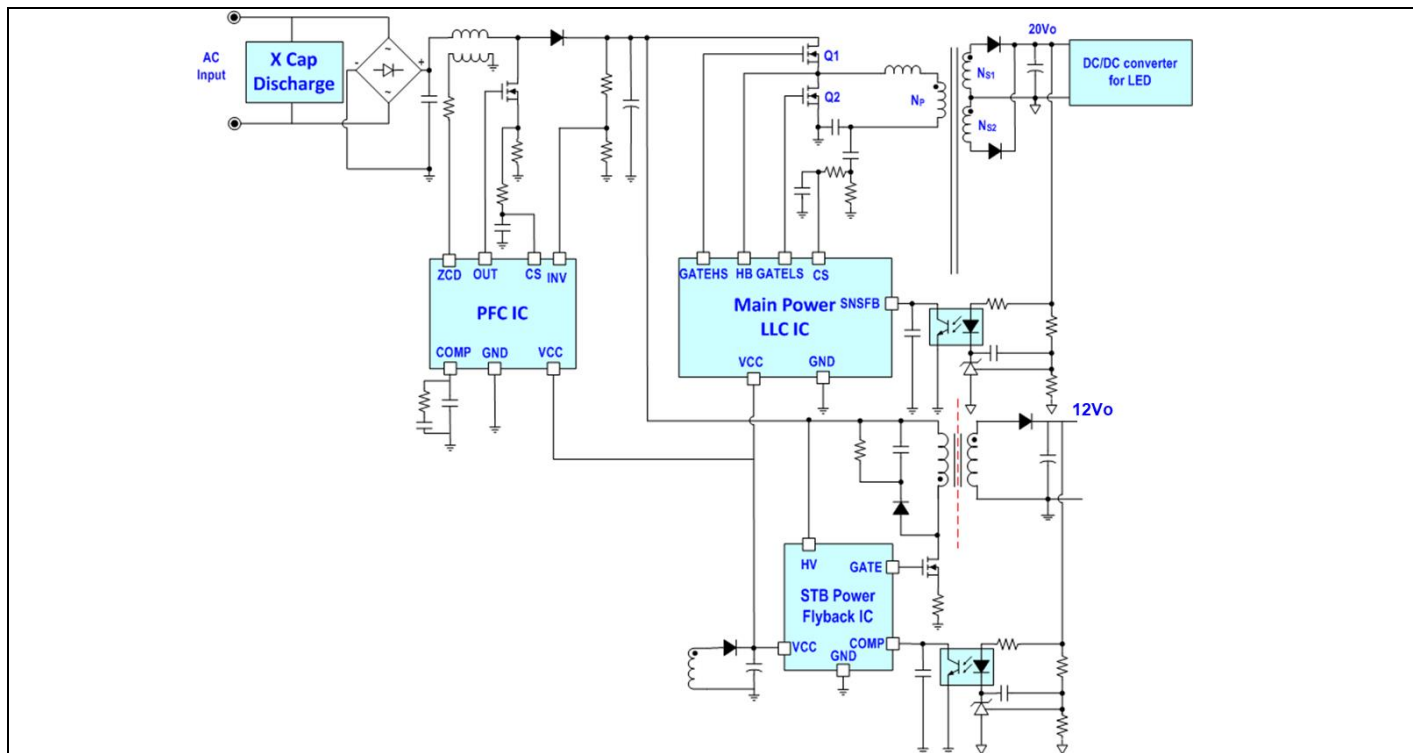


图 1 传统式大功率显示器电源架构

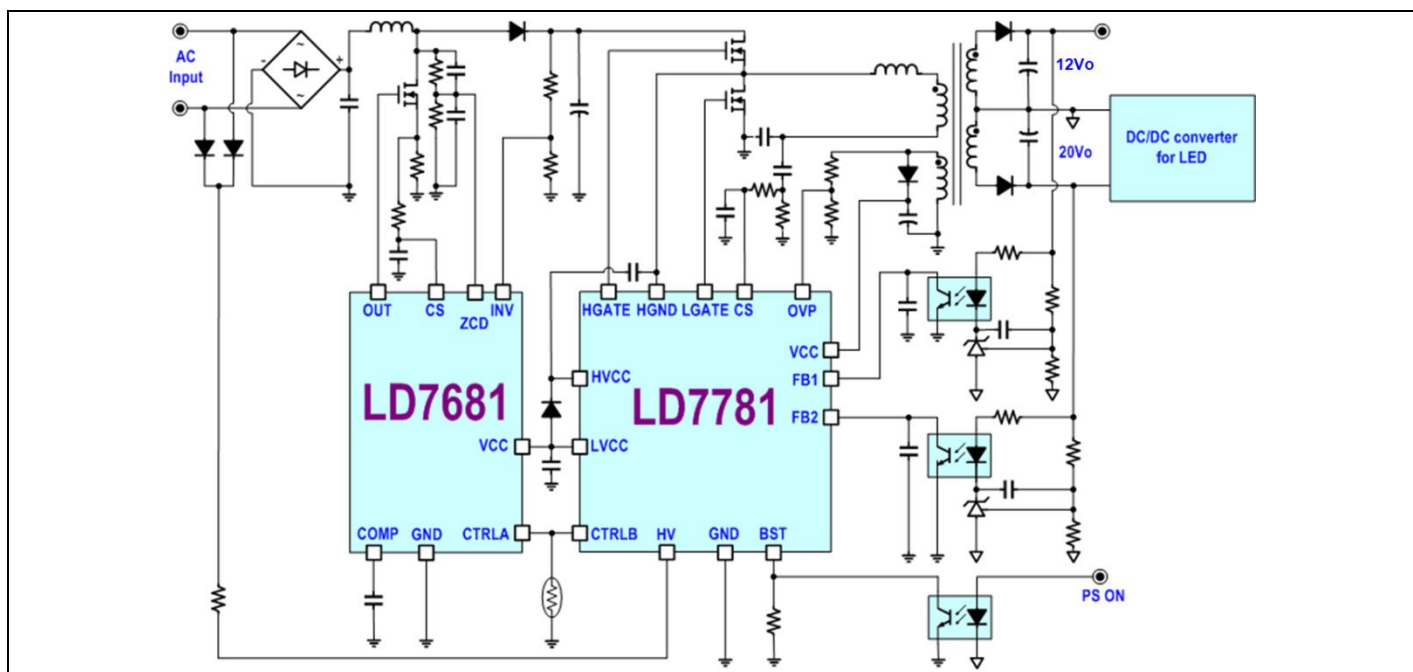


图 2 通嘉新型大功率显示器电源架构

2. 对称式半桥与非对称式半桥的特性差异说明

表 1 对称式半桥及非对称式半桥架构差异

项目	对称式半桥架构	LD7781 非对称式半桥架构
变压器 二次侧线圈	4 组线圈	2 组线圈 绕线工艺比对称式半桥简单
二次侧二极管	4 个二极管	2 个二极管 组件数量为对称式半桥的一半
输出电压调整	单组回授电路 AP431 /回授两组输出电压+光藕 1PCS	双组回授电路 AP431 x2pcs+ 光藕 x2pcs 非对称式半桥电压调整率优于对称式半桥
保护方式	单组电压进行保护包含 OVP/OCP/SCP	两组输出电压独立保护包含 OVP/OCP/SCP

3. DCM PFC LD7681 技術特点说明

1. ZCD 侦测方式: 偵測 MOS VDS 下降斜率进行 ZCD 侦测达成 Valley switching 在 1st 2nd 3rd 4th 波谷切换並可节省 PFC 电感的辅助绕组
2. 轻载效率提升: 降頻曲線設計轻载條件降低切换频率並减少切换损失提升效率
3. 两段式 OVP 保护: 第一段设定 INV PIN 第二段设定 ZCD PIN 增加系統安全性
4. 回授控制: 内部採用 GM 控制迴路搭配外部一个电容設計。在動態負載條件下對 PFC 輸出電壓進行補償設計增加系統穩定性。
5. 过功率保护电路: 偵測输入电压高低 CS pin 设定不同 VCS_max, 使輸入高低壓过功率保护一致。
6. PFC 与 LLC 雙向沟通功能: LD7681(CTRLA)与 LD7781(CTRLB)在启动/保护互相沟通可增加系統穩定性

如图 3 為 LD7681 PFC 電路圖

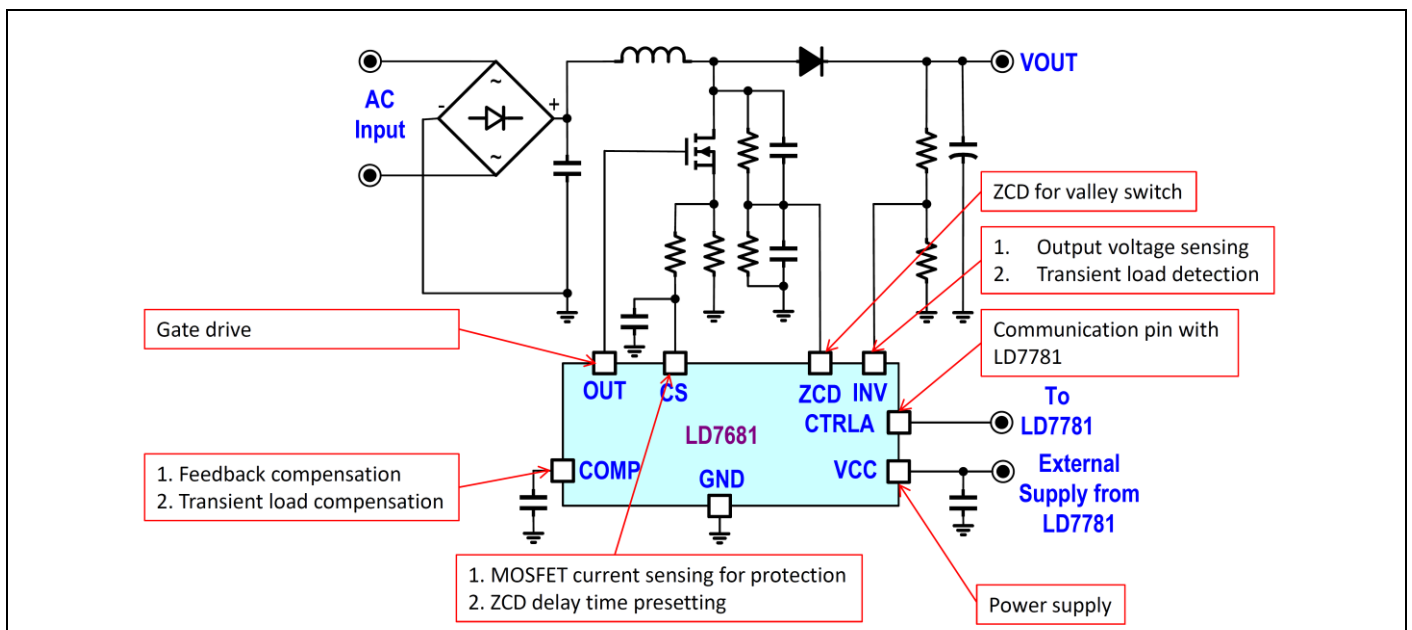


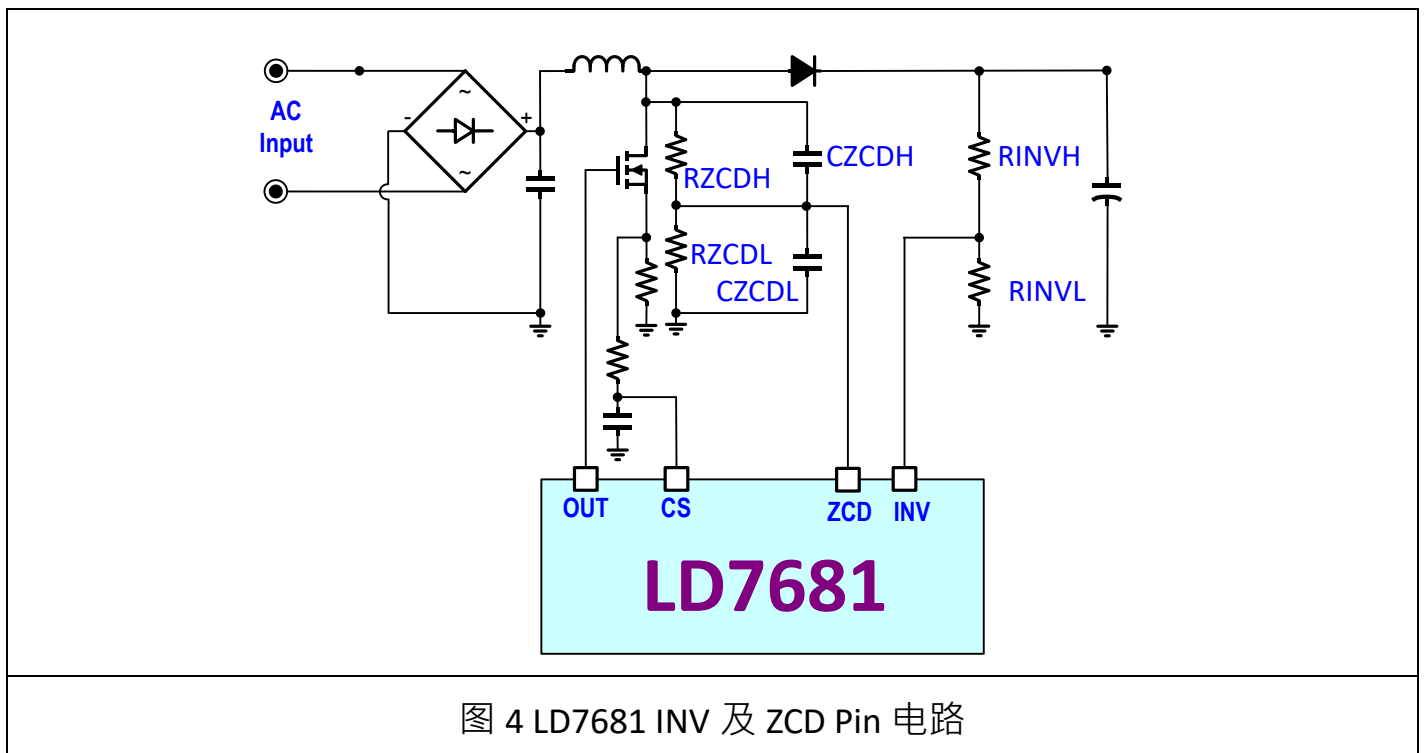
图 3 LD7681 電路功能及功能說明

LD7681 IC Pin 脚功能应用说明

INV Pin	输出电压调整,第一阶过压 OVP, LLC Brown in/out, PFC Brown in
CTRLA pin	LD7681 与 LD7781 双向沟通功能增加系统稳定性
Comp pin	外部链接一阶补偿电路(电容)调整系统响应速度, 最高频率 300K 最低频率 30K
ZCD pin	Zero current detect 及第二阶过压保护
CS pin	过功率保护 Cycle by cycle limit, PFC diode Short 保护
OUT Pin	Source current:700mA Sink current:-300mA
Vcc Pin	UVLO (on)=12V, UVLO(off)=8.4V, Vcc OVP=26.5V

4. INV PIN/ZCD PIN/CS PIN 应用说明

如图 4 为 LD7681 INV 及 ZCD Pin 电路



4.1 INV Pin 系统输出电压设定

设计公式 $V_o = V_{ref} \times (R_{INVH} + R_{INVL}) / R_{INVL}$

Vref: 参考电压 2.5V, R_{INVH} : INV pin 上臂电阻, R_{INVL} : INV pin 下臂电阻

案例说明关键参数计算 :

参数设定: $R_{INVH}=17400\text{kohm}$, $R_{INVL}=110\text{kohm}$

	INV PIN 参数范围	PFC 输出电压计算
输出过压保护	2.675	425.8
输出电压调整参考电压	2.5	398.0
LLC 启动 Brown in 电压	2.45	390.0
PFC 动态补偿电压	2.3	366.1
LLC 关闭 Brown out 电压	2	318.4
PFC 启动 brown in 电压	0.45	71.6

4.2 ZCD Pin OVP 电压设定

目的: 当第一段 INV PIN 失效后才会启动 ZCD OVP

设计原理:

正常工作 ZCD 平台设计为 2.4V 如图 5 当输出电压发生 OVP 时 $ZCD\ OVP=2.7V$ 如图 6, 两者相差 1.11 倍, 故 $OVP = 398V \times 1.11 = 441.8V$

案例说明:

设计公式 $V_{ZCD} = V_{out} \times (R_{ZCDL} / (R_{ZCDL} + R_{ZCDH}))$, $R_{ZCDL} \times C_{ZCDL} = R_{ZCDH} \times C_{ZCDH}$

参数设定: $R_{ZCDH}=17.4M$, $C_{ZCDH}=22\text{pF}$, $R_{ZCDL}=100K$, $C_{ZCDH}=3480\text{pF}$

正常工作: $V_{ZCD} = 390V \times (110K / (110K + 17.4M)) = 2.45V$, $C_{ZCDL} = (17.4M \times 22p) / 100K = 3480\text{pF}$

输出 OVP : $V_{ZCD} = 440V \times (110K / (110K + 17.4M)) = 2.7V$

计算结果 : 第二阶 OVP 设计为 440V

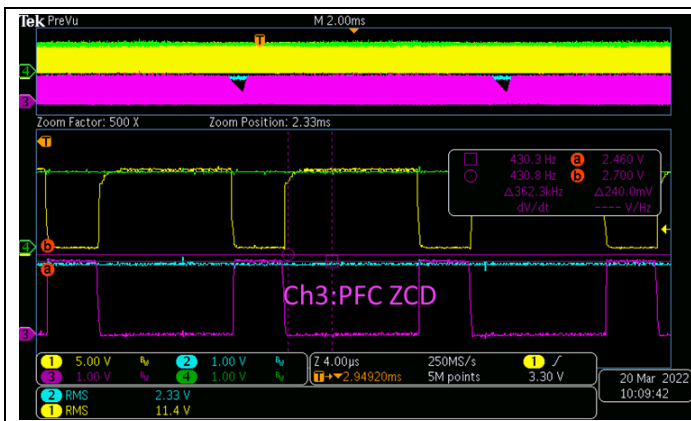


图 5 正常工作 VZCD 设计 2.46V

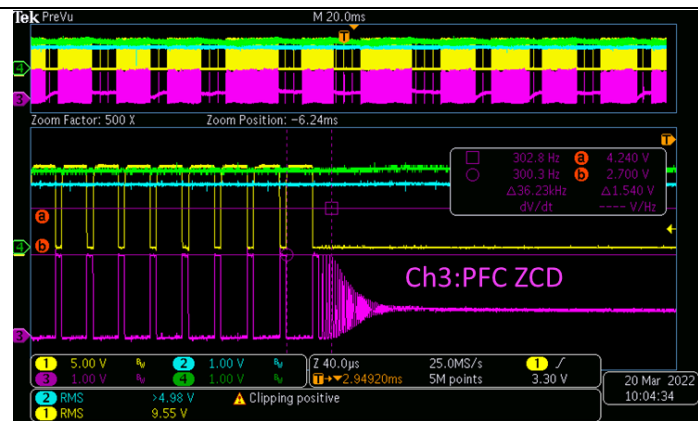


图 6 输出 OVP VZCD 触发 2.7V

Ch1: PFC Gate, Ch2: PFC Vcomp, Ch3: PFC ZCD, Ch4: PFC INV

4.3 CS Pin 设定

目的: 当 PFC 输出過功率時进行 Cycle By cycle limit 过功率保护

设计原理: 输入低压 $V_{cs_max1}=0.8V$ 输入高压 $V_{cs_max2}=0.4V$

當 V_{cs} 觸發到 V_{cs_max} 進行 Cycle By cycle limit 時波形如圖 7 所示

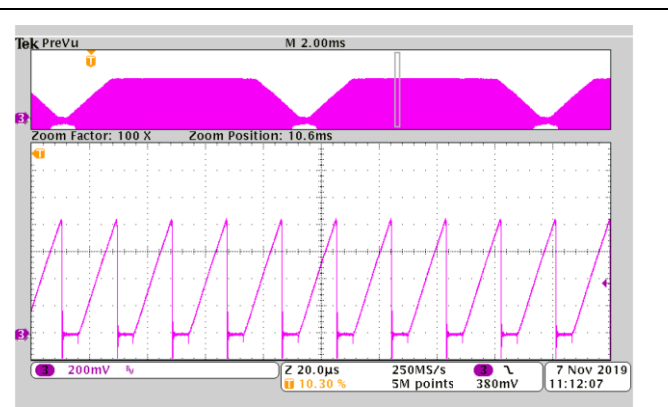


图 7 CS PIN Cycle By cycle limit $V_{csmax}=0.8V$

Ch1: CS Pin

5. 非对称式半桥 LD7781 特点说明

1. HVPIN 具有高压启动, X Cap Discharge 及 AC Brown in/out 功能
2. 两组输出电压回授控制上下臂開關的導通時間增加輸出電壓穩定性
3. 两组输出电压独立 OVP/OCP/SCP 增加系統安全性
4. 二次侧 PS ON/OFF 控制 PFC LD7681 及 LLC LD7781 进入 Burst mode 符合待机功耗
5. LLC 电容性区域保护(CMP: Capacitive mode protection)
6. 外部过温度保护功能
7. PFC 与 LLC 雙向沟通功能: LD7681 与 LD7781 在启动/保护互相沟通可增加系统稳定性

如图 8 為 LLC LD7781 電路圖

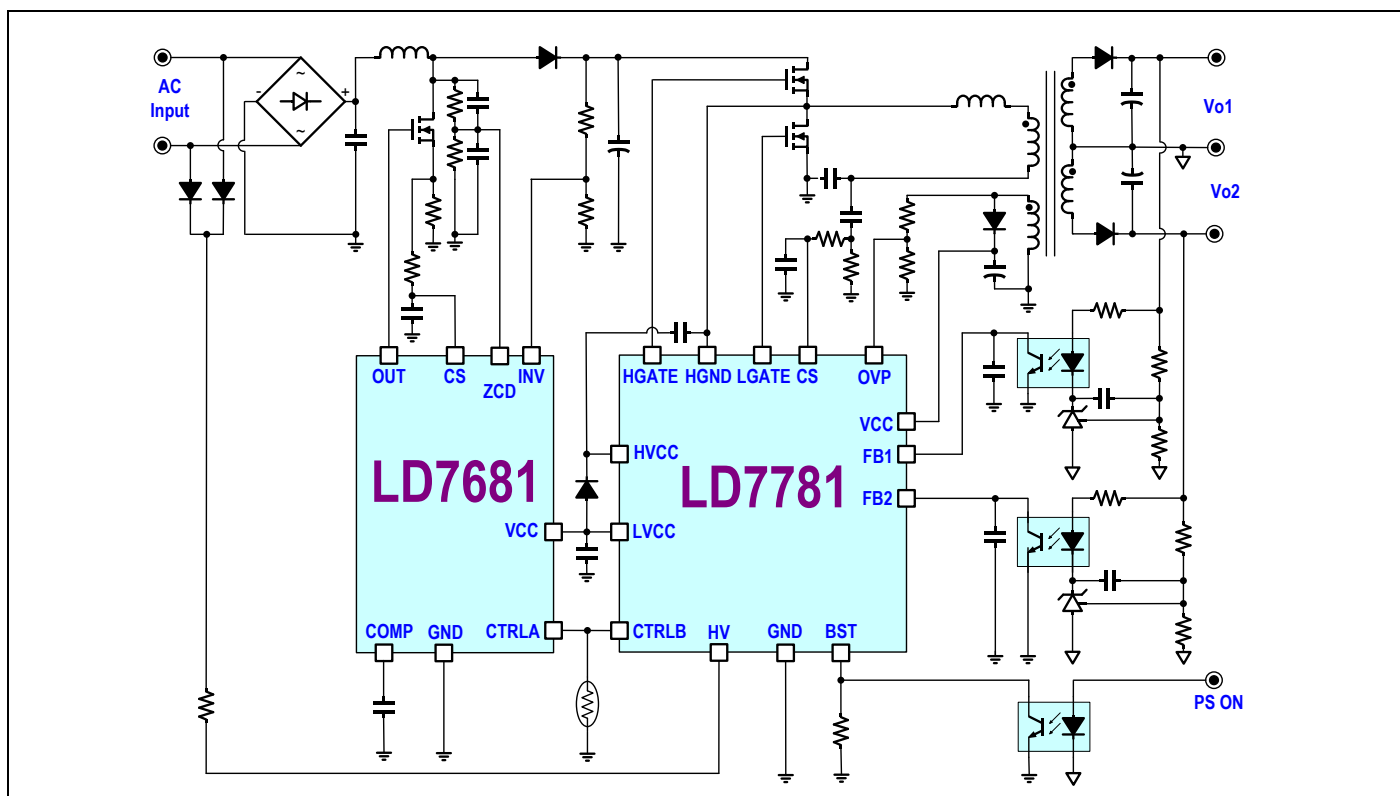


图 8 LD7781 電路圖

LD7781 IC Pin 脚功能应用说明

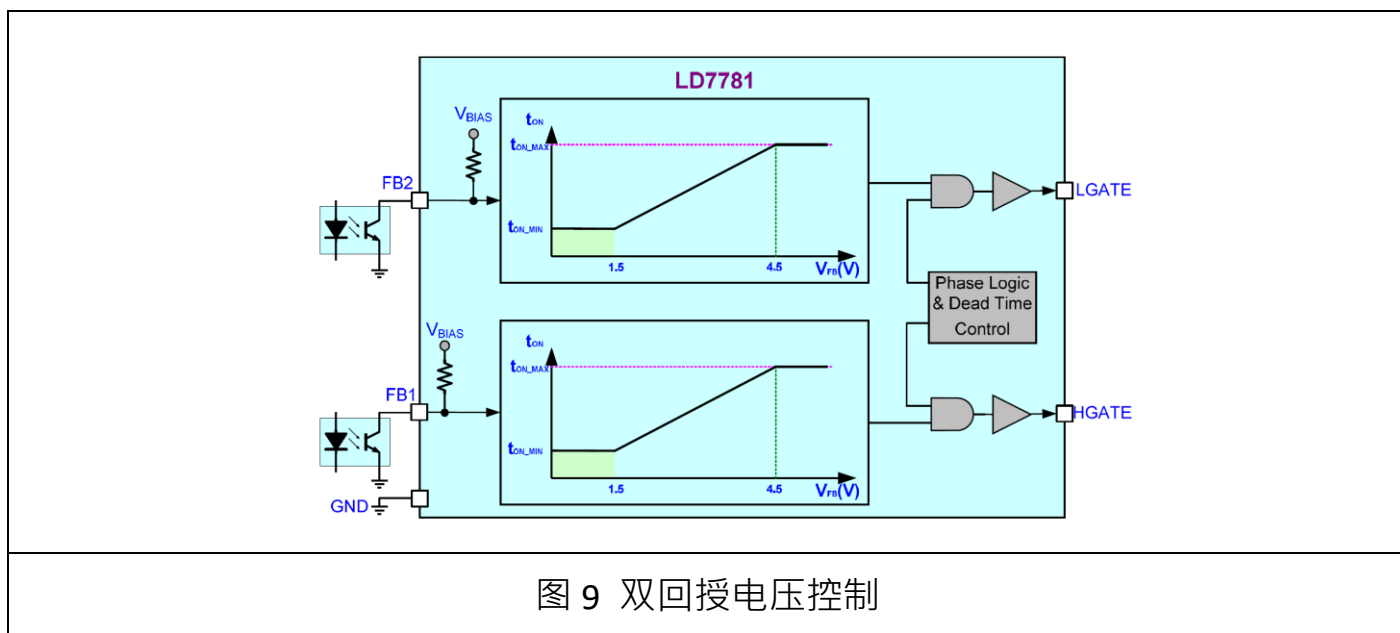
HV Pin	高压启动, AC Brown in/out, X-CAP Discharge
Vcc pin	Vcc UVLO(on)=25V, Vcc UVLO(off)=13.4V,Vcc OVP=30V
CTRLB pin	LD7681 与 LD7781 双向沟通功能增加系统稳定性
BST pin	PS ON/OFF 控制及 Burst mode Ton 时间调整
FB1 pin	Vo1 回授控制
FB2 Pin	Vo2 回授控制
OVP Pin	Vo1 及 Vo2 OVP 控制 Vo1 偵測 OVP PIN 的電壓大於 2.65V Vo2 偵測 OVP PIN 電流大於 300uA
CS Pin	Vo1 及 Vo2 OCP 及 SCP 控制 OCP :Vo1 Positive voltage=1.5V ,Vo2 Negative voltage=-1.75V SCP: Vo1 Positive voltage=2.3V, Vo2 Negative voltage=-2.65V CMP: +/- 0.1V
LGATE	Low side MOS 驱动电压
LVCC	提供 LD7681 Vcc 电源
HVCC	High Side MOS 驱动电源
HGND	Low side MOS 地
HGATE	High side MOS 驱动电压

5.1 双输出电压回授控制

LD7781 内部有两组降频曲线对应两组输出电压调整如下图 9 所示,依据不同 VFB 的电压对应不同 MOS 导通时间。

FB1 PIN 控制 VO1 电压调整及依据 VFB1 调整 Low side Gate 的 Ton 时间

FB2 PIN 控制 VO2 电压调整及依据 VFB2 调整 High side Gate 的 Ton 时间



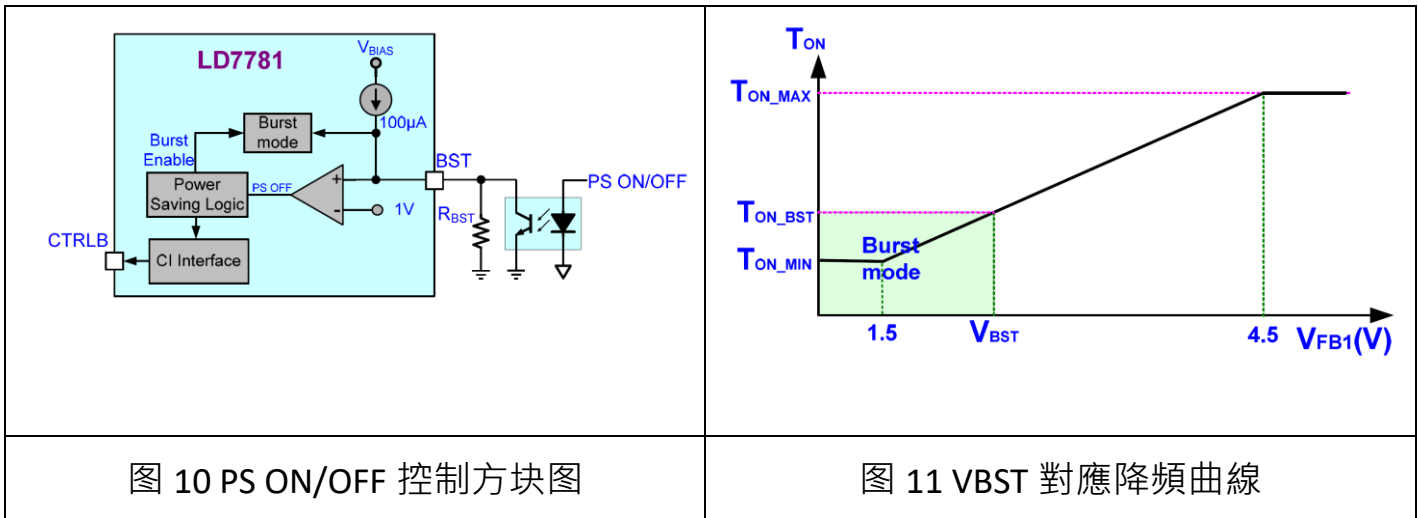
5.2 PS ON/OFF Mode 操作原理

PS OFF Mode 进入待机模式:

1. BST 内部 100uA 会流过外部串联电阻 RBST 并产生 VBST($VBST=100\mu A \times RBST$)如图 10, VBST 与降频曲线会决定 LLC Burst mode 时 MOS 导通时间(T_{on})的时间如图 11。
2. VBST 为高电位, LD7681 LLC 进入 Burst mode 且 CTRLB 会与 LD7861 CTRLA 进行沟通, 使 LD7681 同时进入 Burst mode

PS ON Mode 进入正常工作模式

1. VBST 为低电位
2. LLC 及 PFC 进入正常工作模式



5.3 OVP 应用说明

两组输出电压可独立进行保护 VO1 采用电压侦测(VOVP>2.65V), VO2 采用电流侦测 (IOVP>300uA), 电路設計如圖 12 所示

设计公式

$$V_{OVP_Vo1} = 2.65V \times (R_{OVPH} + R_{OVPL}) / R_{OVPL} \times (N_{S_Vo1} / N_{aux})$$

$$V_{OVP_Vo2} = (300\mu A \times R_{OVPH} \times N_{S_Vo2}) / N_{aux}$$

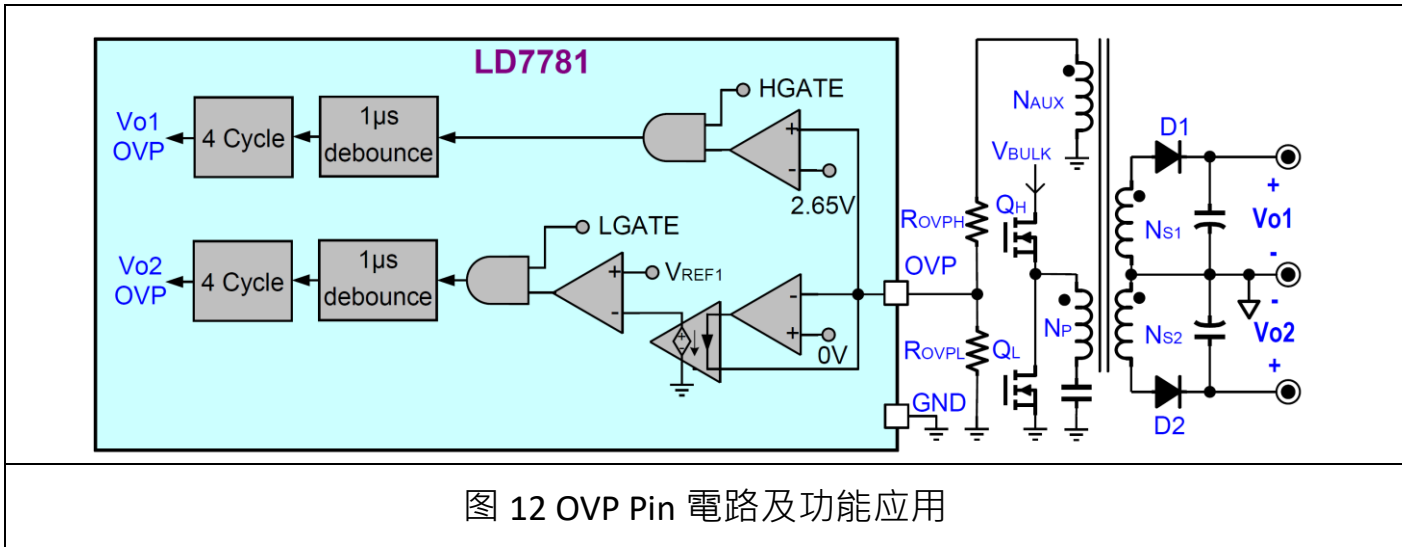


图 12 OVP Pin 电路及功能应用

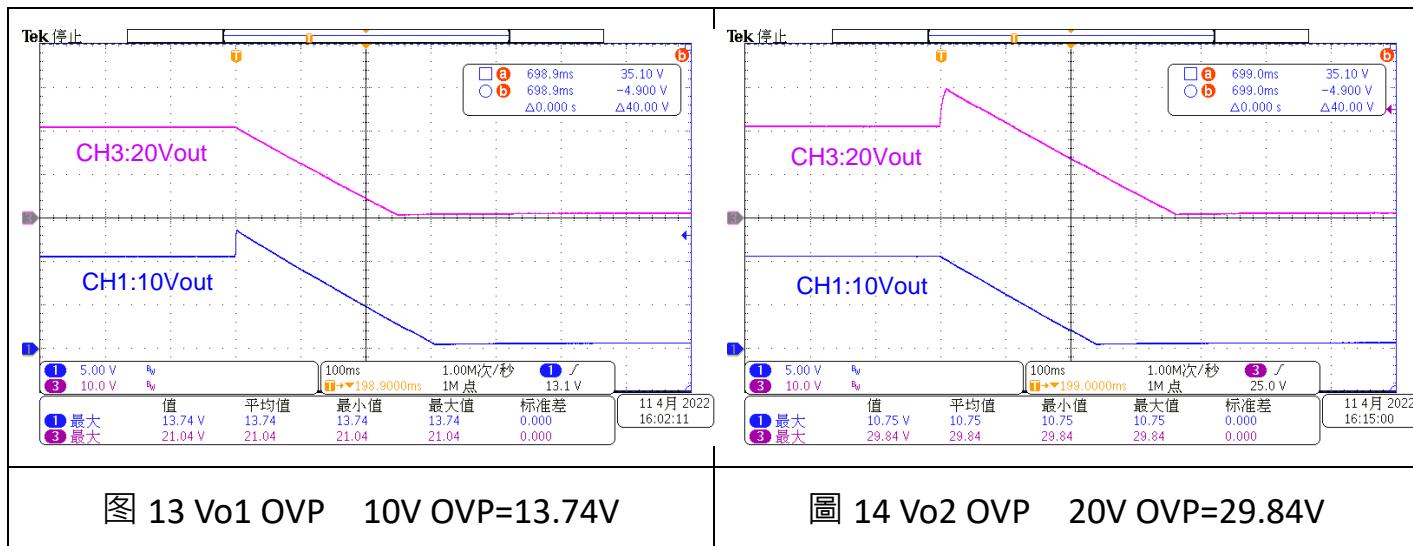
案例说明 OVP PIN 关键参数计算：

$V_{o1}=10V, V_{o2}=20V, N_p=38T, N_{s1}=2T, N_{s2}=4T, N_{aux}=6T, R_{OVPH}=147K, R_{OVPL}=10K$

$V_{OVP_Vo1}=2.65V \times (147K+10K) / 10K \times (2T/6T)=13.87V$

$V_{OVP_Vo2}=(300\mu A \times 147K \times 4T) / 6T=29.4V$

OVP 测试波形图



5.4 OCP/SCP/CMP 应用说明

两组输出电压可独立进行保护电路如图 15 所示保護說明如下

输出过流保护(OCP)操作模式参考图 16 :

$V_{CS} > 1.5V$ 且维持 400ms 触发 VO1 OCP 保护

$V_{CS} > -1.73V$ 且维持 400ms 触发 VO2 OCP 保护

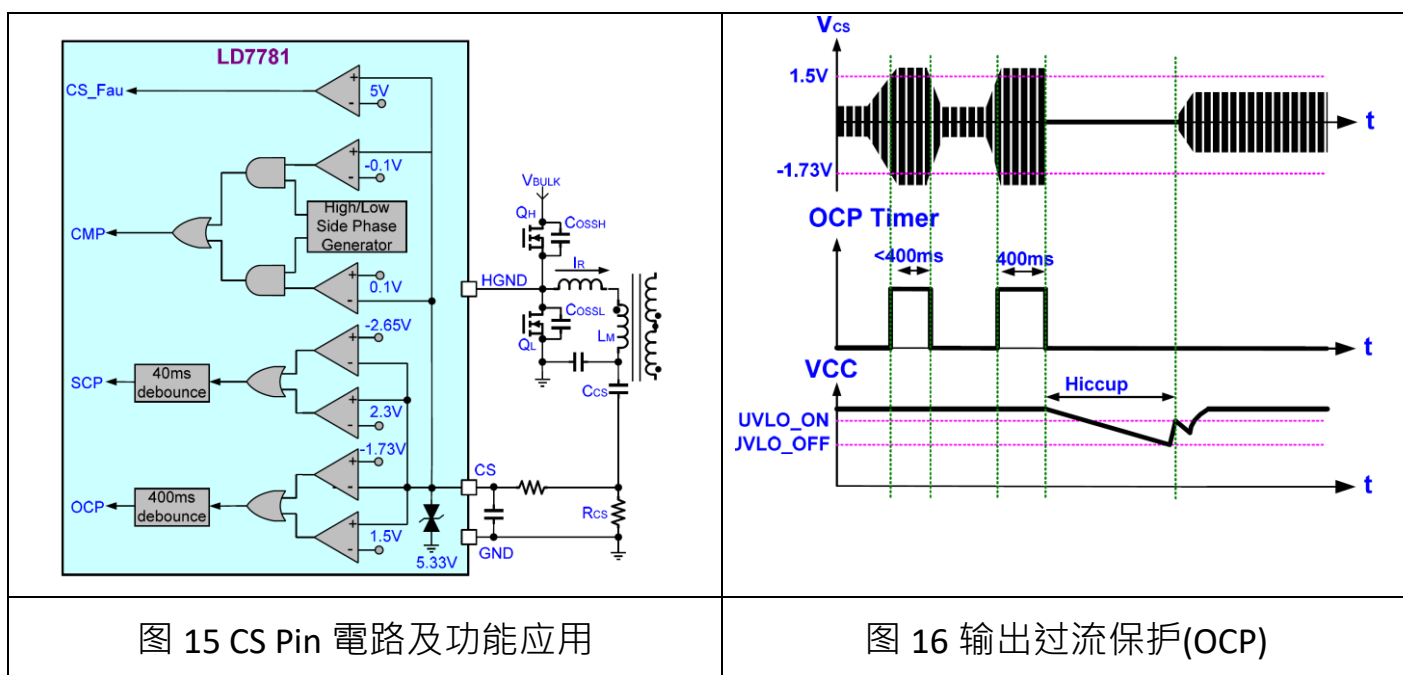
输出短路保护(SCP)操作模式参考图 17:

$V_{CS} > 2.3V$ 且维持 40ms 触发 VO1 SCP 保护

$V_{CS} > -2.65V$ 且维持 40ms 触发 VO2 SCP 保护

电容性区域保护(CMP)操作模式参考图 18:

输出短路使谐振槽进入电容性区域此时谐振电流超前谐振电压时, V_{CS} 侦测到此现象时驱动立即关闭。



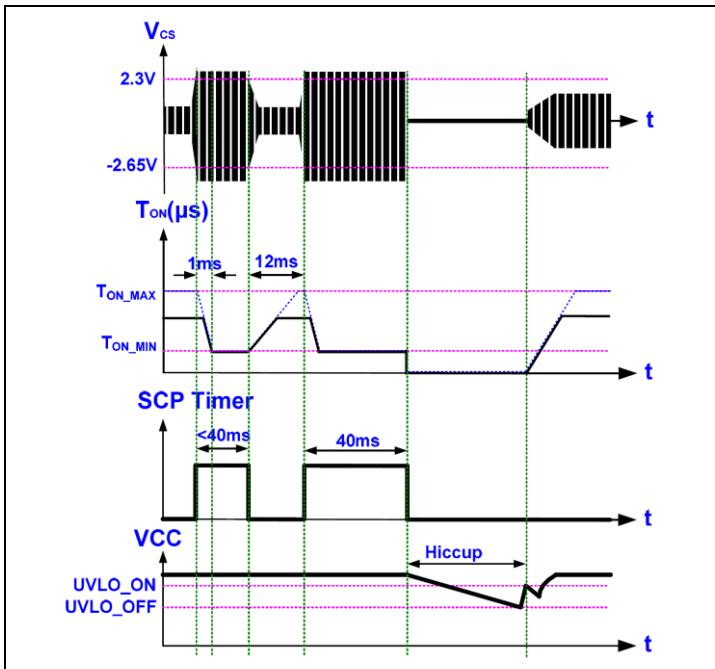


图 17 输出短路保护(SCP)

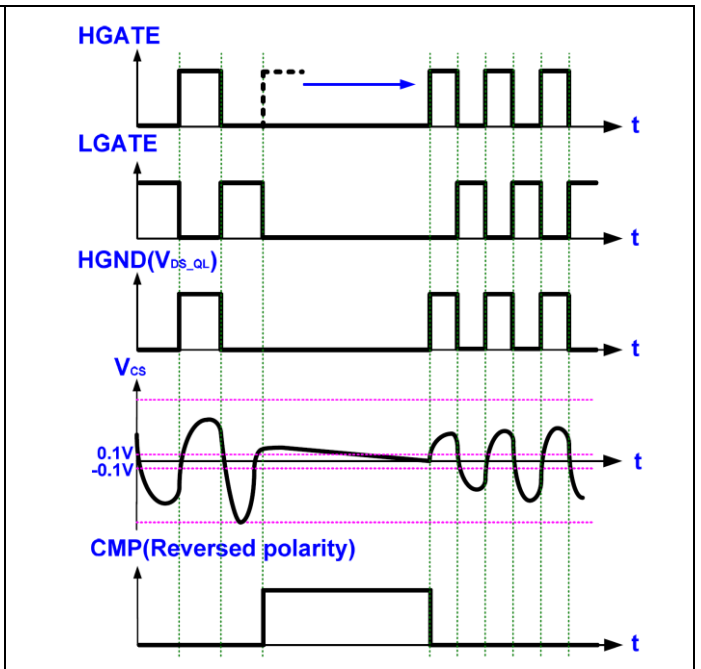


图 18 电容性区域保护(CMP)

6. Demo Board 设计范例

Item		Min.	Typ.		Max.	Test Result
Input Voltage (V_{AC})		90	115	230	264	—
Input Frequency (Hz)		47	60	50	63	—
Dual Output Voltage & Current (V / A)	PS OFF Mode	12 / 0.01 , 48 / 0			—	
	PS ON Mode	12 / 0.3~4.5 , 48 / 0.05~3			—	
Power Factor		> 0.9			Pass	
Efficiency (%)		> 87			Pass	
PS OFF Power Saving (mW)		< 300			Pass	
Output Voltage Accuracy (%)		< ± 5			Pass	
Over Power Protection (W)		< 280			Pass	
Over Voltage Protection (V)		12V < 16.2V , 48V < 64.8V			Pass	
Short Circuit Protection (V)		After 3 cycles auto recovery into latch mode			Pass	
Ripple & Noise Voltage (V)		12V < 120mV , 48V < 320mV			Pass	
Dynamic Load (%)		< ± 5 of $V_{BUS,SET}$			Pass	
Turn-on Delay Time (S)		< 3			Pass	
Overshoot (%)		< 5			Pass	
Componet Stress (%)		< 90			Pass	
AC Brown in (Vac)		< 85			Pass	
AC Brown out (Vac)		> 60			Pass	

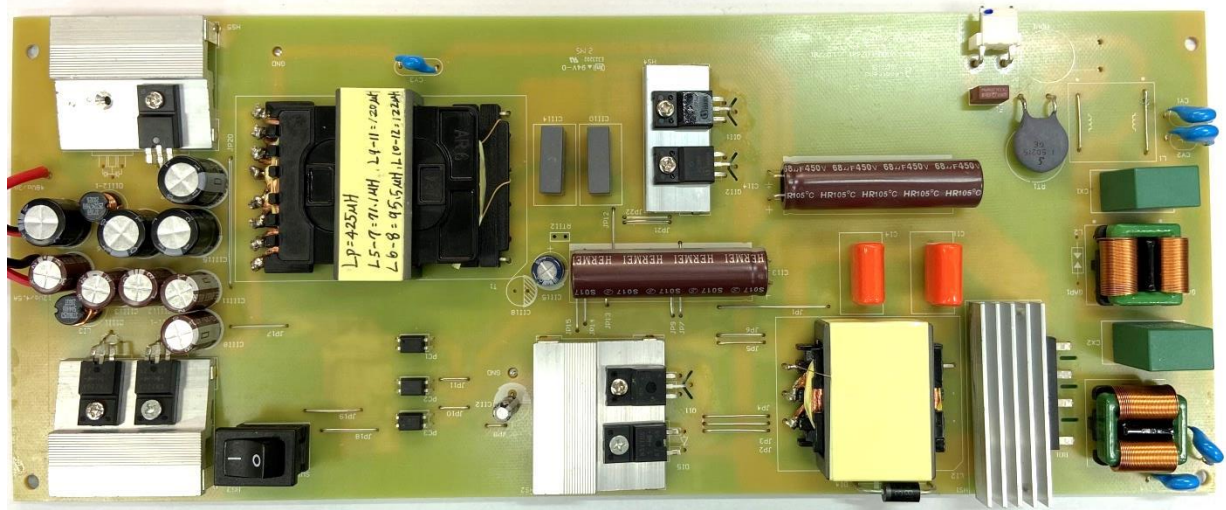


图 19 Demo board 正面图

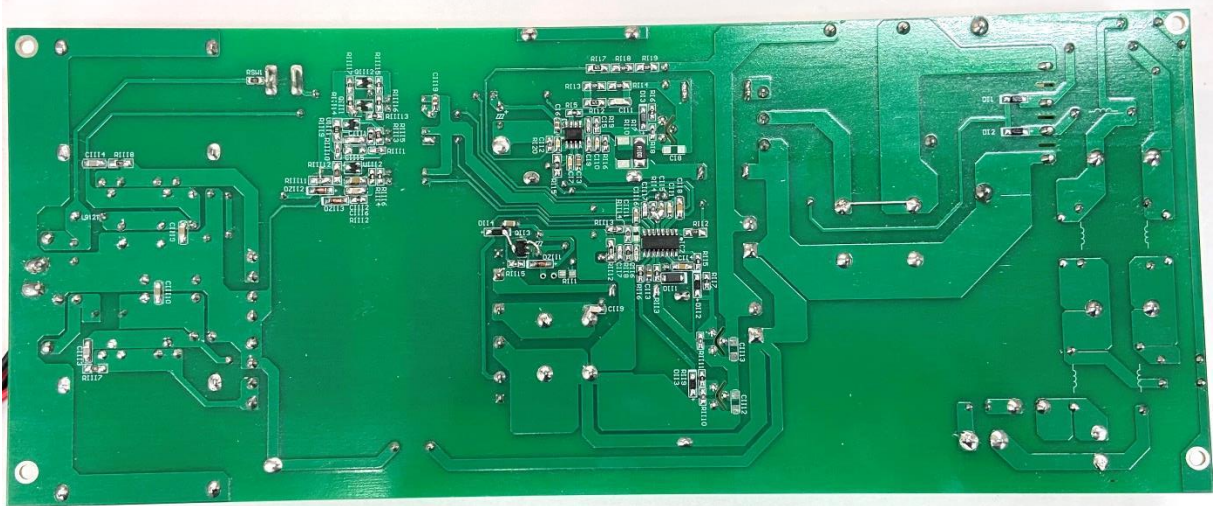


图 20 Demo board 反面图

Power Saving

Input Voltage	115 V _{AC} / 60 Hz	230 V _{AC} / 50 Hz
Standby Current	12V / 10 mA , 48V / 0A	
Requirement	< 300 mW	

MODE	V _{IN,AC} (V / Hz)	Output (V)	I _o (mA)	P _o (mW)	Pin (mW)	Requirement (mW)
	115 / 60	12.144	10	121.54	258.64	
		41.327	0			
	230 / 50	12.131	10	121.34	273.93	
		41.356	0			

Line / Load / Cross Regulation

Input Voltage	90 V _{AC} / 47 Hz	264 V _{AC} / 60 Hz
PS OFF Output Current	12V : 0.01A / 0.1A , 48V : 0A	
PS ON Output Current	12V : 0.1A / 4.5A , 48V : 0.05A / 3A	
Output Voltage	End of PCB	
Requirement	< ± 5 %	

Mode	Load (A)		90Vac		264Vac		Requirement
	Io_12V	Io_48V	12V	48V	12V	48V	
PS OFF	0.01	0	12.132	41.817	12.112	41.638	REF
	0.1	0	12.143	44.616	12.143	44.657	REF
PF ON	0.3	0.05	12.078	47.771	12.083	47.801	< ± 5 %
	4.5	3	12.045	47.725	12.046	47.753	
	0.3	3	12.077	47.734	12.081	47.760	
	4.5	0.05	12.049	47.754	12.051	47.786	

Over Power Protection

Input Voltage		90 V _{AC} / 47 Hz	264 V _{AC} / 63 Hz
Requirement	Protection Mode	After 3 cycles autorecovery into latch mode	
	OPP Trigger Point	< 280 W	

V _{IN,AC} (V / Hz)	V _{BUS,SET} (V)	I _{OUT,OPP} (A)	Po (W)	Requirement	
				Protection Mode	OPP Trigger Point (W)
90 / 47	12	4.5	241.2	Auto then into	< 280
	48	3.9		Latch	
264 / 63	12	4.5	246	Auto then into	
	48	4		Latch	

Over Voltage Protection

Input Voltage	90 V _{AC} / 47 Hz	264 V _{AC} / 63 Hz
Output Current	12V : 0.3A / 4.5A , 48V : 0.05A / 3A	
Output Voltage	End of PCB	
Protection Mode	Latch off	
Requirement	Output Voltage < 135%	

Mode	V _{BUS,SET} (V)	V _{IN,AC} (V / Hz)	V _{BUS,OVP} (V)		Requirement (V)
			min Load	Full Load	
PS ON	12	90 / 47	14.7	14.7	< 16.2
		264 / 63	14.7	14.7	
	48	90 / 47	61.8	61	< 64.8
		264 / 63	61.8	61	

Dynamic Load

Input Voltage	90 V _{AC} / 47 Hz
Output Current	12V : 0.3A / 4.5A , 48V : 0.05A/3A
Frequency of Load	100 Hz (5 mS High / 5 mS Low)
Slew Rate of Load	0.1 A / μ S
Output Voltage	End of PCB
Requirement	$< \pm 5 \%$ of V _{BUS,SET}

Mode	V _{IN,AC} (V / Hz)	V _{BUS,SET} (V)	I _{OUT} (A)	V _{BUS} , (V)		Requirement (V)
				Min	Max	
PS ON	90 / 47	12	0.3 ~ 4.5	11.9	12.3	12V : 11.4V ~ 12.6V 48V : 45.6V ~ 50.4V
		48	3	47.6	48.3	
		12	0.3 ~ 4.5	11.9	12.3	
		48	0.05	47.8	48.5	
		12	0.3	12.0	12.2	
		48	0.05 ~ 3	47.6	48.6	
		12	4.5	11.9	12.2	
		48	0.05 ~ 3	47.6	48.6	

Mode	$V_{IN,AC}$ (V / Hz)	$V_{BUS,SET}$ (V)	I_{OUT} (A)	V_{BUS} (V)		Requirement (V)	
				Min	Max		
PS ON	264 / 63	12	0.3 ~ 4.5	11.8	12.3	12V : 11.4V ~	
		48	3	47.6	48.3		
		12	0.3 ~ 4.5	11.9	12.3	12.6V	
		48	0.05	47.8	48.5	48V : 45.6V ~	
		12	0.3	12.0	12.2		
		48	0.05 ~ 3	47.6	48.6		50.4V
		12	4.5	11.9	12.2		
				48	0.05 ~ 3	47.6	48.6

Turn-on Delay Time

Input Voltage	90 V _{AC} / 47 Hz
Output Current	12V / 0.01 A , 48V / 0A
Output Voltage	End of PCB
Requirement	< 3 S

Mode	$V_{IN,AC}$ (V / Hz)	$V_{BUS,SET}$ (V)	I_{OUT} (A)	T_{ON} (S)	Requirement (S)
PS OFF	90 / 47	12	0.01	1.747	< 3
		48	0		

LD7681+LD7781 设计应用于显示器电源产品，可减少组件数对应产品小型化设计且可容易替换副边回授控制方案,我们将提供最详细的信息及应用说明给您。

