



三垦电气开关电源控制 IC
STR-E1500 系列应用手册

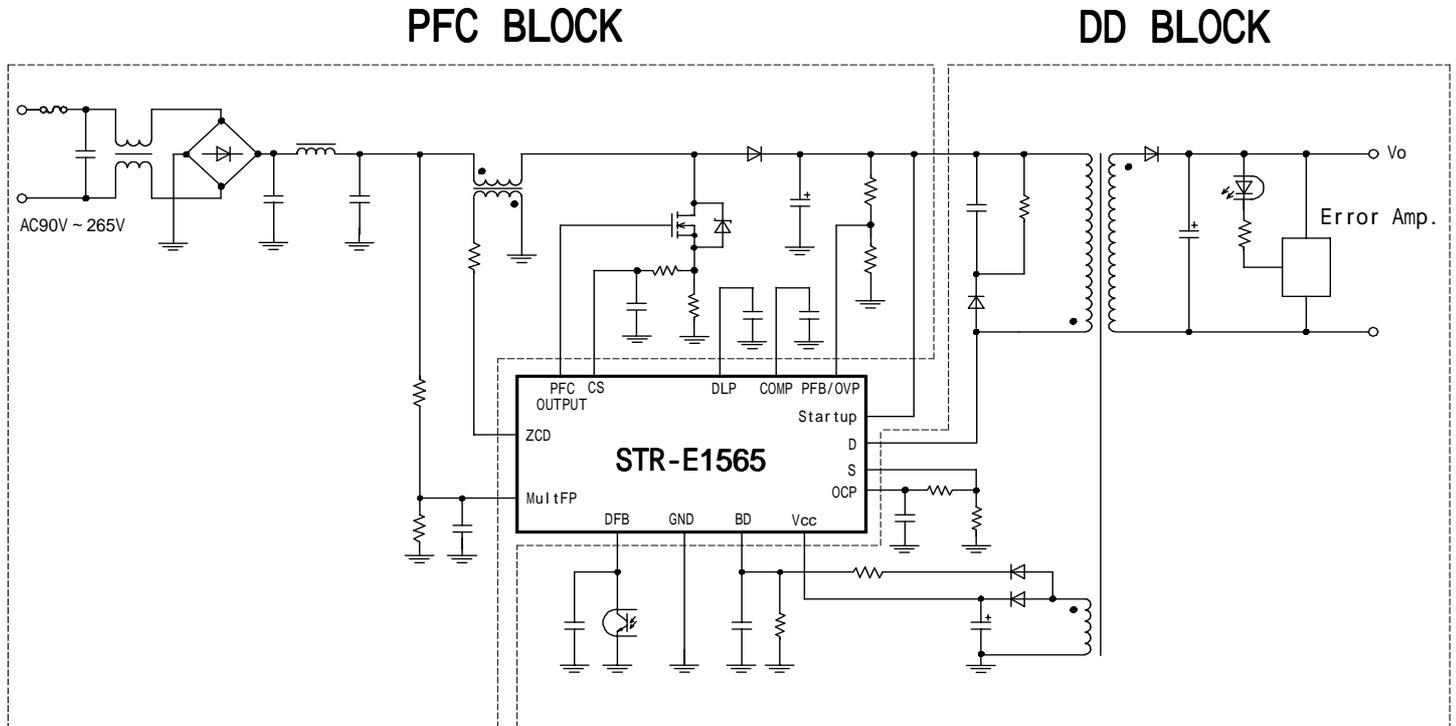
注：根据产品改良本资料内容有变更的地方恕不事前通知，敬请谅解。

目 录

1. 概要	3
2. 特长	3
3. 外形图	3
4. 电路方框图	4
5. 电气特性	5~8
6. 各端子功能及其动作说明	8~13
7. 有关变压器设计	13~17
8. 应用电路例	17~19
9. 基本电路构成例	19
10. 使用时的注意事项	20~22
11. 产品系列	23

1. 概要

Sanken 公司 STR-E1500 系列是由高次谐波对策用前置变换器(PFC)和后置 DC/DC 变换器共同组合在一起的混合集成 IC。在 SLA21 脚封装结构中集成前置变换器(升压斩波型 PFC)的控制电路、后置 DC/DC 变换器中控制用 MIC 和功率 MOSFET。PFC 部分用功率 MOSFET 外接。外围电路元器件少, 电路设计简单, 容易实现电源小型化和标准化。



Typical Application Circuit

2. 特长

- 采用 BCD-600V 高耐压控制系统工艺。
单芯片控制器(PFC、DC/DC、起动电路)
- 集成 PFC 控制模块。
 - 1) 临界导通电流模式(CCM)
 - 2) 内藏 AC 输入补偿用乘法器
 - 3) 高速 OVP(非锁定方式)
 - 4) 具有 PFC 输出电压可变功能 (仅 STR-E1555V)
- DC/DC 部分具有多种模式控制功能。
 - 1) 准共振动作.....中~重负载
 - 2) 带有 jitter 功能的 PWM.....轻~中负载: PWM 基本频率 100KHz(typ)
 - 3) 低频动作.....无负载~轻负载
 - 4) OCP MIX 模式控制
- 内置 PFC⇔DC/DC 协调动作系统
 - 1) 根据内置起动电路实现最佳起动时序
 - 2) 自动待机功能.....待机电作时 PFC 部分自动停止 (带有延迟)

- 3) 为避免受到输入电压影响, 待机动作时负载范围随着输入电压范围而进行校正
- 4) 低频动作时为防止 Vcc 下降, 采用了自动偏置功能

● 保护功能

- 1. OCP: 过电流保护(PFC 和 DC/DC 都是逐个脉冲检测保护)
- 2. OVP: 过电压保护
- 3. 外部锁定功能: 通过外部对锁定端子设置触发信号, 进行锁定关断→过负载、过电压保护等。
- 4. DFB 端子 OLP 保护
- 5. TSD: 过热保护

3. STR-E1500 外形图

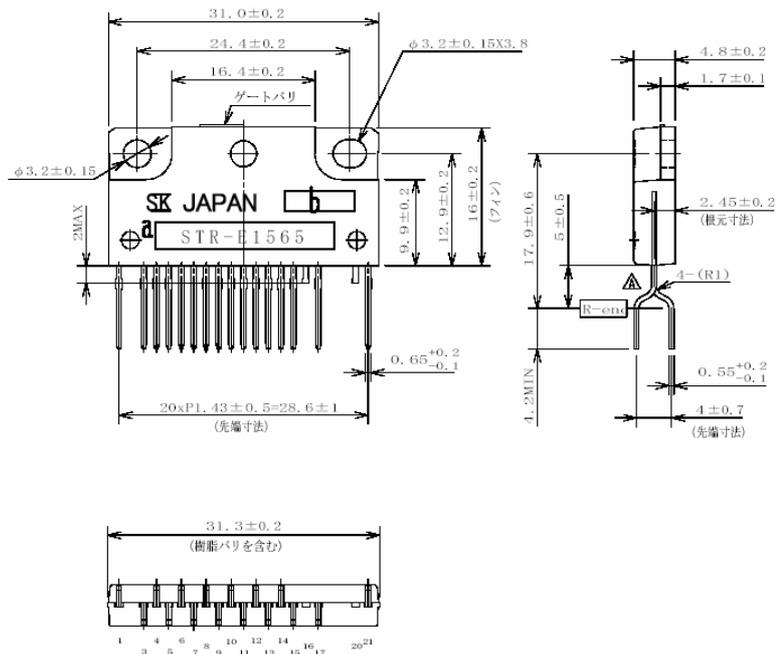


Fig.2 IC 外部尺寸(正面左起是 1 号脚、右边为 21 号脚)

* 外观尺寸, 管脚排列请参考规格书。

4. STR-E1500 电路方框图

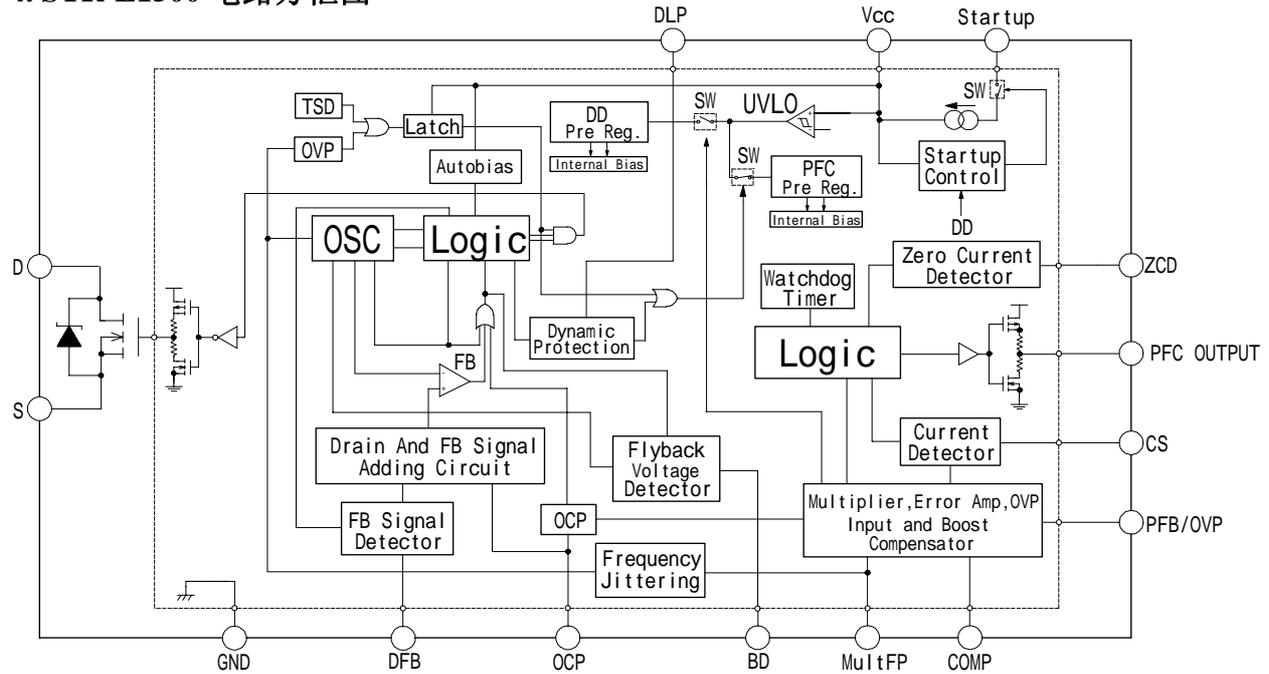


Fig.4 STR-E1500 Block Diagram

4-1) 各端子功能

端子号	名称	功能/说明
1	Startup	DD、PFC 起动电流输入端子
2	NC	
3	PFC Out	PFC 部分 MOSFET 门极驱动信号输出端子
4	ZCD	PFC 部分零电流检测端子
5	CS	PFC 部分 MOSFET 漏极电流检测端子
6	PFB/OVP	PFC 输出定电压控制信号输入端子、PFC 输出过电压检出端子
7	COMP	PFC 部分误差放大器输出及相位补偿端子
8,9	GND	PFC、DC/DC 控制电路接地端子
10	MultFP	PFC 的乘法器输入端子、外部锁定触发端子
11	DLP	PFC 停止延迟调整端子
12	BD	准共振信号输入端子(底部检出)
13	OCP	DC/DC 部分过电流检测端子
14	DFB	DC/DC 部分定电压控制用信号输入端子
15	Vcc	IC 驱动用电源端子
16	DD out	(剪脚)
17	Source	DC/DC 侧内藏 MOSFET 源极端子
18,19	NC	
20	Drain	(剪脚)
21	Drain	DC/DC 侧内藏 MOSFET 漏极端子

5.电气特性: STR-E1565 例 (供参考, 详细请参考各自产品规格书)

5-1) 绝对最大额定值(Ta=25°C)

項目 Parameter	端子 Terminal	記号 Symbol	规格值 Ratings	单位 Unit	備考 Note
漏极電流 Drain Current	21-17	I_{Dpeak}^{*1}	10	A	单个脉冲 Single Pulse
最大开关電流 Maximum switching current	21-17	I_{Dmax}^{*5}	5.2	A	Ta=-20~+125°C
雪崩击穿耐量 Single pulse avalanche energy	21-17	EAS ^{*2}	150	mJ	单个脉冲 Single Pulse VDD=30V, L=10mH ILpeak=5.4A
控制部電源電圧 Input voltage for control part	15-9	Vcc	30	V	
MultFp 端子流入電流 Mult Fp terminal input current	10-9	ImultFp	10	mA	
Startup 端子電圧 Startup terminal voltage	1-9	Vstartup	-0.3~600	V	
CS 端子電圧 CS terminal voltage	5-9	Vcs	-0.5~+10	V	
PFB/OVP 端子電圧 PFB/OVP terminal voltage	6-9	VPFB/OVP	-0.5~+7	V	
PFB/OVP 端子流入電流 PFB/OVP terminal input current		IPFB/OVP	5	mA	
ZCD 端子流入電流 ZCD terminal input current	4-9	IZCD(I)	5	mA	
ZCD 端子流出電流 ZCD terminal output current		IZCD(O)	-5		
PFC out 端子源极電流 PFC out terminal source current	3-9	IoPFC(source)	300	mA	
PFC out 端子 sink 電流 PFC out terminal sink current	3-9	IoPFC(sink)	500	mA	
DFB 端子電圧 DFB terminal input voltage	14-9	VDFB	-0.5~+15	V	
DFB 端子流出電流 DFB terminal output current		IDFB	2.2	mA	
OCP 端子電圧 OCP terminal input voltage	13-9	VOCP	-0.5~+7	V	
BD 端子許容印加電圧 BD terminal input voltage	12-9	VBD	-0.5~+7	V	
MOSFET 部許容損失 Power dissipation for MOSFET	—	PD1 ^{*3}	8.9	W	無限大放熱器 With infinite heatsink
			1.8		无放熱器 Without heatsink
控制部許容損失 (MIC) Power dissipation for control part (MIC)	—	PD2 ^{*4}	1.1	W	Tj=135°C
動作周围温度 Operating ambient temperature	—	Top	-20 ~ +125	°C	
保存温度 Storage temperature	—	Tstg	-40 ~ +125	°C	
通道温度 Channel temperature	—	Tch	+150	°C	

5-2)电气的特性)

没有特别注明时 (Ta=25℃)

項目 Parameter	端子 Terminal	記号 Symbol	規格值 Rating			单位 Unit	測定条件 Measurement Condition
			MIN	TYP	MAX		
動作開始電源電圧 Operation start voltage	15-9	Vcc(ON)	14.5	16.0	17.5	V	
動作停止電源電圧 Operation stop voltage	15-9	Vcc(OFF)	9.0	9.7	10.5	V	
動作時回路電流 Circuit current in operation	15-9	Icc(ON)	—	—	22	mA	
非動作時回路電流 Circuit current in non-operation	15-9	Icc(OFF)	—	—	350	μA	
鎖定回路解除電源電圧*6 Latch circuit release voltage	15-9	Vcc(La.off)	6.5	7.2	7.9	V	
鎖定回路動作時電源電圧*6 Input voltage in latch circuit operated	15-9	Vcc(La.on)	8.4	9.6	11.5	V	
鎖定回路保持電流 *6 Latch circuit sustaining current	15-9	IH	—	500	1200	μA	
起動電流 Startup circuit	1-9	Istartup	3.4	5.4	7.7	mA	
起動回路停止時起動端子 bias 電流 Bias current at startup terminal when startup circuit is not operated	1-9	Istartup(off)	—	20	80	μA	
MultFP 端子鎖定電圧 Latch threshold voltage of MultFP terminal	10-9	Vmult(La)	6.5	7.2	8.0	V	
再起動電源電圧 Restart power supply voltage	15-9	Vcc(RS)	7.0	7.8	8.6	V	
Auto bias 電圧 Auto bias voltage	15-9	Vcc(BIAS)	10.1	11.0	11.8	V	
Vcc(RS) - Vcc(La.off)	—	—	0.3	0.6	—	V	
Vcc(OFF) - Vmult(La)	—	—	1.7	2.5	—	V	
热保护動作温度 Thermal shutdown operating temperature	—	TSD	135	150	—	℃	—

5-3)PFC 部分电气的特性(Ta=25℃暂定)

項目 Parameter	端子 Terminal	記号 Symbol	規格值 Rating			单位 Unit	測定条件 Measurement Condition
			MIN	TYP	MAX		
誤差放大器部分 (Error Amp. Part)							
PFB/OVP 端子门坎電圧 (Hi) PFB/OVP terminal threshold voltage(Hi)	6-9	VPFB(Hi)	3.905	4.000	4.056	V	
PFB/OVP 端子输入 bias 電流 PFB/OVP terminal input bias current	6-9	IPFB(B)	-5	-2	—	μA	

COMP 端子 Source 電流 COMP terminal source current	7-9	Icomp(SOU)	5	11	16	μ A	
COMP 端子 Sink 電流 COMP terminal sink current	7-9	Icomp(SIN)	-16	-11	-5	μ A	
COMP 端子 Hi 電压 COMP terminal Hi voltage	7-9	Vcomp(H)	5.8	6.4	—	V	
COMP 端子 Low 電压 COMP terminal Lo voltage	7-9	Vcomp(Hgl)	—	1.6	1.9	V	
过电压检测部分 (Over voltage detective part)							
过电压检测输入门槛電压 Over voltage detective input threshold voltage	6-9	VPF(th)	4.14	4.27	4.40	V	
乘法器部分 (Multiplier part)							
MultFP 端子输入 bias 電流 MultFP terminal input bias current	10-9	Imult(B)	-10	-1	—	μ A	
乘法器增益 (Multiplier Gain)	—	K	0.4	0.6	0.8	—	
零電流检测器部分 (Zero Current Detective part)							
ZCD 端子输入门槛電压 Zero Current Detective threshold voltage	4-9	VZCD(th)	1.4	1.6	1.8	V	
ZCD 端子迟滞幅值 Zero Current Detective hysteresis	4-9	VZCD(HIS)	150	190	260	mV	
ZCD 端子 Hi clamp 電压 Zero Current Detective Hi clamp voltage	4-9	VZCD(HC)	6.0	6.6	7.0	V	
ZCD 端子 Lo clamp 電压 Zero Current Detective Lo clamp voltage	4-9	VZCD(LC)	0.53	0.63	0.77	V	
Restart timer 部 (Restart timer part)							
Restart 遲延時間 Restart delay time	—	tDLY	150	520	—	μ s	
電流比较器部分 (Current sense comparator part)							
CS 端子输入 bias 電流 CS terminal input bias current	5-9	ICS (B)	-8.0	-1	—	μ A	
CS 端子输入 offset 電压 CS terminal input offset voltage	5-9	VCS(LOS)	—	16.9	25.0	mV	
CS 端子输入校正前 最大输入门槛值電压 Maximum current sense input threshold voltage(when compensation is not operated)	5-9	VCSMAX(th1)	1.18	1.37	1.52	V	

CS 端子输入校正后 最大输入门槛电压 Maximum current sense input threshold voltage(when compensation is operated)	5-9	VCSMAX(th2)	0.60	0.66	0.73	V	
DD 動作開始信号输出部分 (Output of DD Operation start signal)							
PFB/OVP 端子 DD 動作開始门槛电压 PFB/OVP terminal threshold voltage for DD Operation start signal	6-9	V _{PFB(DD ON)}	2.9	3.2	3.5	V	
输出部分 (Output part)							
PFCout 端子输出电压 PFCout terminal output voltage	3-9	V _{PFCOUT}	10.2	11.8	—	V	
UVLO 時動作电压 Operation Voltage at UVLO	3-9	V _{PFCOUTUVLO}	0.9	1.3	1.6	V	

5-4)DC/DC 部分电气的特性(Ta=25°C 暂定)

項目 Parameter	端子 Terminal	記号 Symbol	規格值 Rating			单位 Unit	測定条件 Measurement Condition
			MIN	TYP	MAX		
振荡器部分 (Oscillation part)							
振荡频率(1) Oscillation frequency (1)	16-9	fosc(1)	91	100	109	kHz	
振荡频率(2) Oscillation frequency (2)	16-9	fosc(2)	76	83	90	kHz	
最大 ON 時間(1) Maximum ON time(1)	16-9	T _{ON(MAX1)}	7.4	8.8	9.7	μs	
最大 ON 時間(2) Maximum ON time(2)	16-9	T _{ON(MAX2)}	9.0	10.7	11.7	μs	
Bottom 检测部分 (Bottom detector part)							
BD 端子输入门槛电压 Bottom detective terminal input threshold voltage	12-9	V _{BD(th)}	0.67	0.76	0.84	V	
BD 端子输入 bias 电流 Bottom detective terminal input bias current	12-9	I _{BD(B)}	-6	-3	—	μA	
過電流检测部分 (Over current detector part)							
OCP 端子检测电压(1) OCP terminal detective voltage(1)	13-9	V _{OCP(1)}	0.70	0.76	0.82	V	
OCP 端子检测电压(2) OCP terminal detective voltage(2)	13-9	V _{OCP(2)}	0.54	0.60	0.66	V	

OCP 端子输入 bias 電流 OCP terminal input bias current	13-9	IOCP(B)	-12	-6	—	μ A	
Standby 部分 (Standby part)							
Standby 動作開始 ON 時間 Standby operation start on-time	16-9	TON(STB IN)	290	350	410	ns	
Standby 動作時最小 ON 時間(1) Minimum on-time in Standby operation (1)	16-9	TON(STBMIN1)	460	580	700	ns	
Standby 動作時最小 ON 時間(2) Minimum on-time in Standby operation (2)	16-9	TON(STBMIN2)	0.8	1.2	1.6	μ s	
Standby 動作解除 ON 時間(1) Standby operation Release on-time(1)	16-9	TON(STBout1)	1.50	1.85	2.20	μ s	
Standby 動作解除 ON 時間(2) Standby operation Release on-time(2)	16-9	TON(STBout2)	2.4	3.0	3.6	μ s	
Standby 输入校正检测電压 Standby detective voltage at input compensation	6-9	VFB(STB)	1.8	2.4	3.0	V	
PFC 動作 ON/OFF 部分 (PFC operation ON/OFF part)							
DLP 端子流出定電流 L DLP terminal constant current L	11-9	IDPL	—	1	4	μ A	
DLP 端子流出定電流 H DLP terminal constant current H	11-9	IDPH	20	40	60	μ A	
DLP 端子切换门槛电压 L DLP terminal threshold voltage L for changed over	11-9	VDLPL	0.7	0.9	1.1	V	
DLP 端子切换门槛電压 H DLP terminal threshold voltage H for changed over	11-9	VDLPH	4.1	4.6	5.1	V	
DFB 端子流出定電流 DFB terminal constant current	14-9	ICONST	15	21	27	μ A	
OLP 部 (OLP part)							
OLP 端子门坎電压 OLP terminal threshold voltage	14-9	VOLP	5.9	6.5	7.3	V	
输出部 (Output part)							
DD out 端子输出電压 DD out terminal output voltage	16-9	VDDOUT	11.7	12.5	—	V	

5-5) MOSFET 部分电气的特性(Ta=25°C 暂定)代表: STR-E1565

項目 Parameter	端子 Terminal	記号 Symbol	規格值 Rating			单位 Unit	測定条件 Measurement Condition
			MIN	TYP	MAX		
漏源間電圧 Drain-to-Source breakdown voltage	21-17	V _{DSS}	800	—	—	V	
漏極漏電流 Drain leakage current	21-17	I _{DSS}	—	—	300	μA	
ON 电阻 On-resistance	21-17	R _{DS(ON)}	—	—	1.8	Ω	
开关时间 Switching time	21-17	t _f	—	—	350	ns	
熱电阻 Thermal resistance	—	θ _{ch-F}	—	—	3.3	°C/W	

※以上内容若有变更，敬请参考本公司相应 IC 规格书。

6.功能说明

6-1) Mult FP 端子: ⑩脚

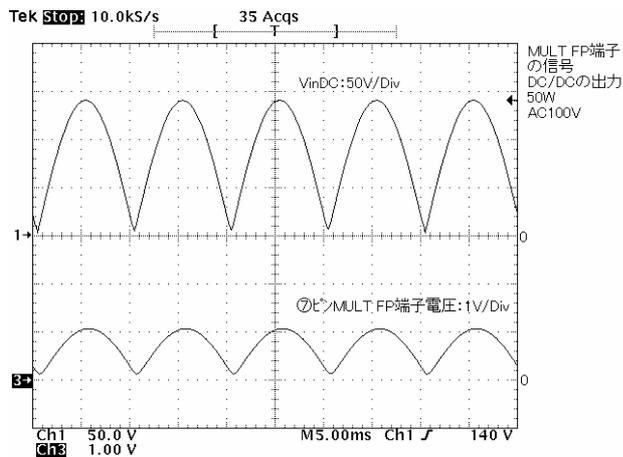
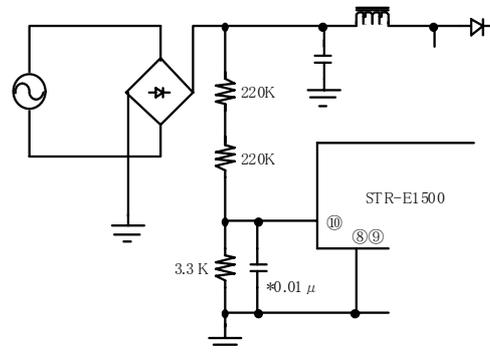


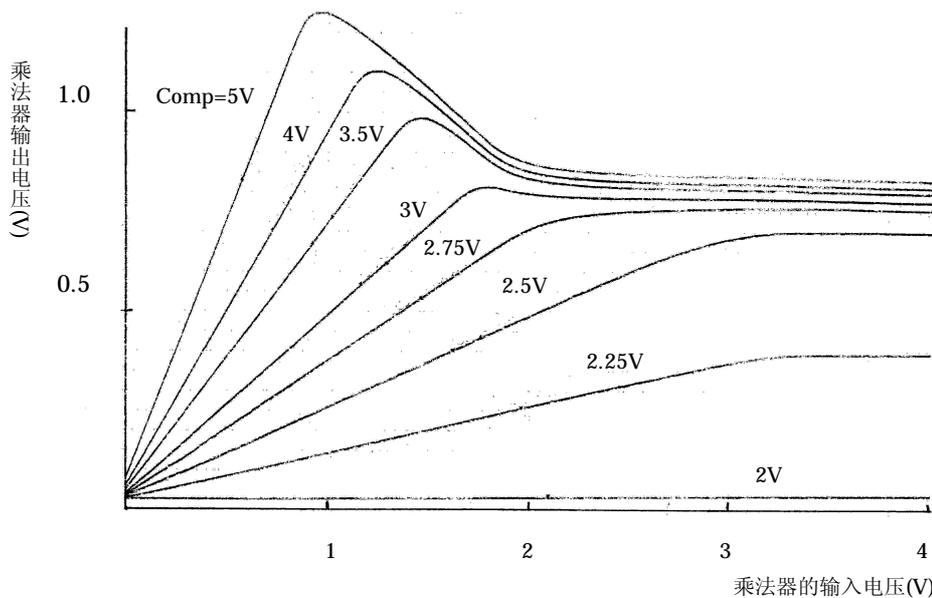
Fig.5、Mult FP 端子的波形例

Fig.6 外部电路



Mult FP 是乘法器的输入端子。输入电压先经全波整流，再通过分压输入到该端子。为了使输入电流波形正弦化，该端子电压波形非常重要。乘法器的特性如图 Fig.7 所示。

Fig.7 乘法器特性



周围电路如图 Fig.6 所示。如果⑩脚~Gnd 间的滤波电容容量过大，使正弦波信号变得过平滑而导致 PFC 无法稳定工作。推荐尽量使用小容量的电容，但考虑到噪声而引起误动作，需要保证一定的电容容量。有必要对其进行适当调整。

注意：

上侧分压电阻必需选用阻值较高，金属膜等耐电蚀性的电阻。

Mult FP 端子外部触发锁定功能

通过外部电路将该端子电压强制上升到 7.2V(typ)，PFC 和 DC/DC 将共同被锁定关断。

※注：Mult FP 端子流入电流最大为 10mA。

6-2) PFB / OVP 端子: ⑥脚

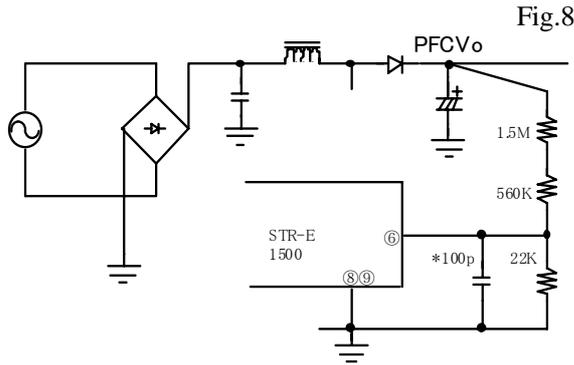


Fig.8

PFB/OVP 端子用来控制 PFC 的输出电压，并能够进行过电压检测。定电压控制的阈值是 4V(typ)，高速 OVP 的阈值是 4.27V(typ)。

如果 PFC 升压用线圈 L 值太小、轻负载等情况下输出电压可能出现上升趋势。为了防止该现象发生，将 PFB 和 OVP 进行双重控制。

另外，该端子在起动过程中被用到。AC 电源投入后，PFC 比 DC/DC 先起动。当 PFC 输出电压经电阻分压后该端子达到 3.2V 后 DC/DC 开始起动，以此提高了起动性能。如图 Fig.8 所示，如果滤波电容的容量较大，虽然有利于稳定工作，但 PFC 的定电压控制响应特性会恶化，有可能出现发振异常现象。保证没有因噪声引起的误动作前提下，请尽量使用容量小的电容。如图 Fig.8 所示。

注意:

上侧的分压电阻必需选用阻值较高，金属膜等耐电蚀性电阻。

6-3) ZCD 端子: ④脚

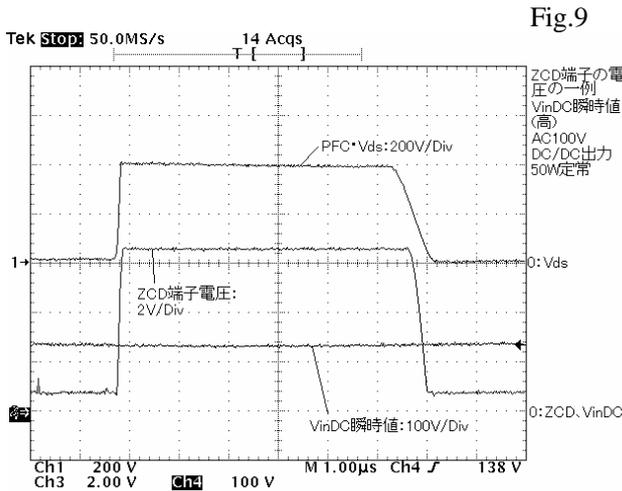


Fig.9

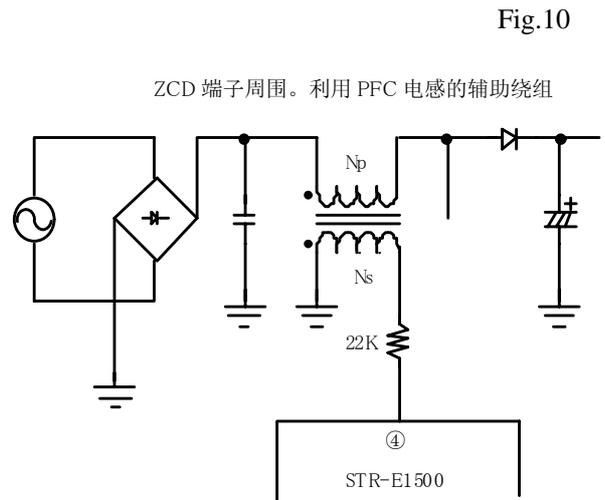


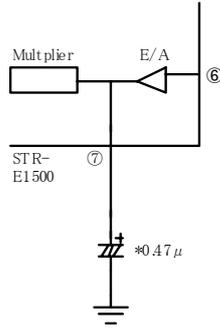
Fig.10

ZCD 端子是零电流检测电路的输入端子。STR-E1500 的 PFC 采用临界电流检测方式。MOSFET 的导通是由 ZCD 端子信号进行控制的，当流过电感的峰值电流达到由乘法器设定的阈值时被关断。如图 Fig10 所示，通过 ZCD 端子检测辅助绕组电压是否低于门坎值电压以下间接检测出 PFC 电感中的电流。当 V_{ZCD} 超过 $V_{ZCD(th)}=1.6(\text{typ})$ 时，判断为进入关断期间；紧接着当 ZCD 端子电压减小到 $V_{ZCD(th)}-V_{ZCD(His)}$ 以下时，再次进入到下一导通周期。为了防止误动作设置了 0.19V (typ) 的滞环。ZCD 内部有两个钳位保护功能。6.5V 防止该端子过电压；0.62V 防止负电压出现。动作波形请参考 Fig9。另外需要注意的是该端子的输入

电流必须低于 5mA，请选用以下限流电阻 $R > (V_{O(PFC)} \times \frac{N_s}{N_p}) \div 5mA$ 。

6-4) Comp 端子: ⑦脚

Fig.11 Comp 端子



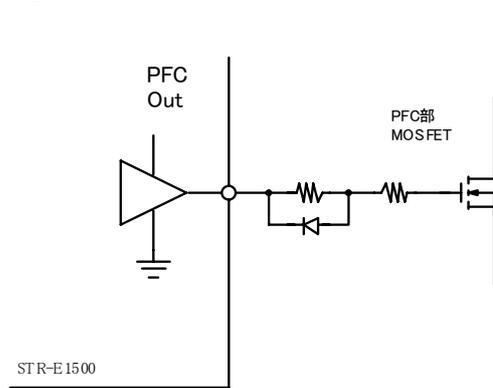
COMP 端子用于 PFC 控制电路中相位校正。通过加大外接电容的容量，可以提高电路的稳定性，但根据相位的超前或者滞后有必要对其进行参数调整。参考 Fig.11 的参数，根据实际动作状态请进行参数的选定和确认。1) 正常工作条件下工作是否稳定。2) 是否有起动不良的情况。3) 在负载突变时是否有误动作现象。4) 电流和电压的相位差。

另外，该端子输出电压与 PFC 部分 CS 端子的阈值相关。

6-5) PFC Out 端子: ③脚

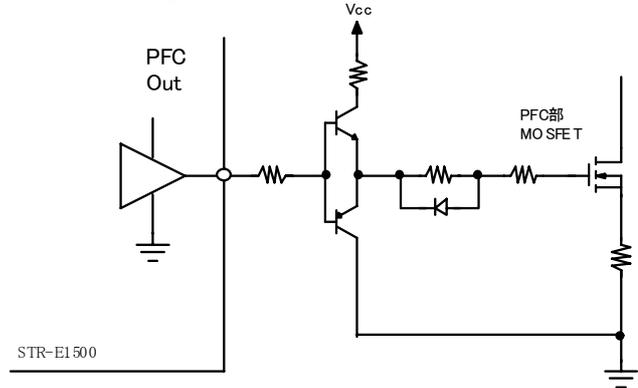
STR-E1500 和 STR-E1717 不同，PFC 部分的 MOSFET 接在 IC 外部。PFC OUT 作为输出端子驱动 PFC MOSFET。该端子拥有最大 Source 300mA, Sink 500mA 的驱动能力。根据所使用的 MOSFET 特性，确定是采用直接驱动或者外部追加缓冲电路。

Fig.12 直接驱动



※使用 Ciss 值较小的 MOSFET 时

Fig.13 带有外部缓冲电路的驱动



※MOSFET 并列使用时或 Ciss 值较大的 MOSFET 时

Fig.14 驱动例

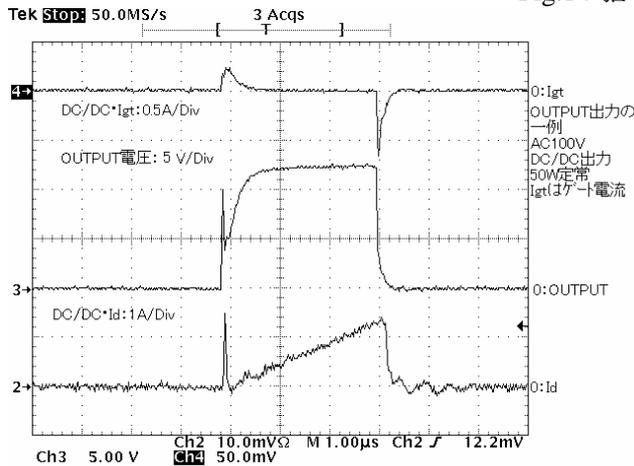
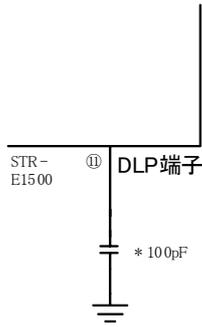


Fig. 14 是 Ciss 在 2000pF 以上, To-3P 外形的 MOSFET 通过外部缓冲进行驱动的例子。该例以准共振模式为中心，为抑制源极电流而延迟了 MOSFET 的打开。关断时同样因为噪声的关系而抑制了关断速度。

※关断时 Sink 电流越大, Id 的关断速度越快，关断时损耗越小，但噪声可能会增大。建议在实机上根据实际动作进行调整。

6-6) DLP 端子: ⑪脚

Fig.15 DLP 端子



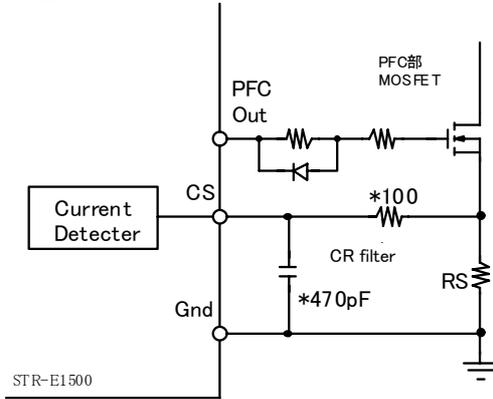
IC 起动后, 对于频繁在 Min 负载~Max 负载之间等状态下进行迅速的负载变动场合下, Min 负载时 DC/DC 进入低频动作, PFC 反复在起动→停止间来回切换, 变压器等器件可能会发出异常的声音。E1500 在 DC/DC 部分进入低频动作后, 在外接电容所产生的延迟时间达到后才停止 PFC。具体动作为 DC/DC 部分负载减轻, 进入低频动作的同时, IC 内部的定电流电路对 DLP 端子外接的电容进行充电。当 DLP 端子电压上升到 IC 内部的门槛值 4.6V (typ) 时 PFC 动作停止。PFC 动作停止的同时, DLP 端子的电容通过 IC 内部的放电回路进行放电。根据这一系列的动作, 在对 DLP 端子电容充电期间内, 即使负载急剧变化, PFC 不会关断, 因此变压器不会发出异常的声音。

根据这一系列的动作, 在对 DLP 端子电容充电期间内, 即使负载急剧变化, PFC 不会关断, 因此变压器不会发出异常的声音。

6-7) CS 端子: ⑤脚

该端子用来检测 PFC 部分 MOSFET 流过的漏极电流 Id。

Fig.16 CS 端子的连接



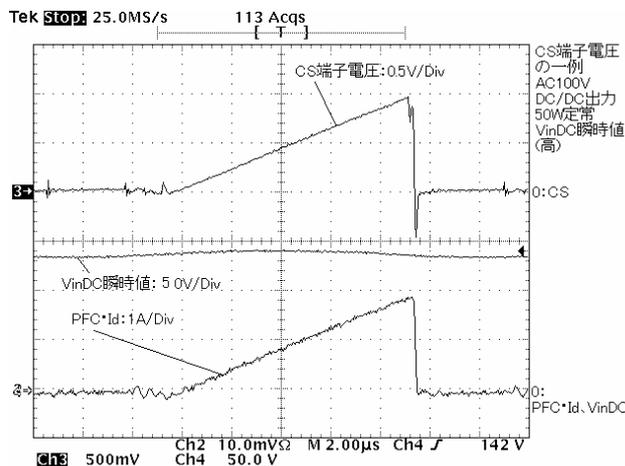
在 PFC 部分 MOSFET 的源极一侧插入浪涌耐量好的金属电阻等器件, 将漏极电流 Id 转换成电压。为了避免导通时产生浪涌电流等不稳定动作, 插入 RC 滤波器 (请参考 Fig. 16 的参数) 但是, 如果 RC 滤波器的时间常数设置过长, 可能会使电流检测延迟, 导致 MOSFET 损坏。请在实机上进行调整, 在没有没有误动作的前提下, 尽可能设定较小的值。

另外, E1500 用在 AC200V 系时, 为防止 PFC 部分输出功率

大, CS 端子的阈值是在 AC100V 系/1.4V \Leftrightarrow AC200V 系/0.65V 自动切换。检出电阻 RS 按照 AC100V 系设定。

由于 PFC 部分 MOSFET 的 Id 峰值是在正弦波上取到的, 所以依照峰值电流设定检测电阻。例如, Idp=8A 时, PFC 部分 RS = 1.4/8A = 0.175 Ω , 调整为 0.15 Ω 左右。

Fig.17 是 CS 端子的波形例。



PFC 部分的漏极电流 Id 峰值包络线和输入电流相同都为正弦波状, 通过波形放大后可以看出当它的最大值达到 CS 端子的瞬时阈值时 Id 电流峰值被控制, 将其关断。

Fig.17 是未达到阈值的通常工作状态。

Fig.17

6-8) StartUp 端子: ①以及 Vcc 端子: ⑮脚

Fig.18 補助电源

通常连接到 PFC 高压输出端

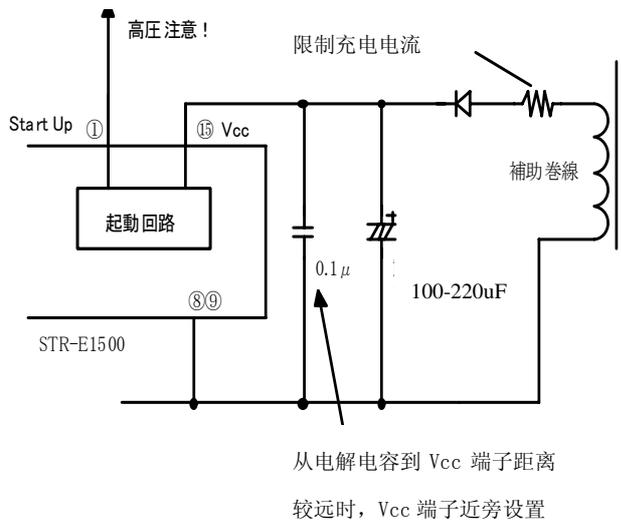
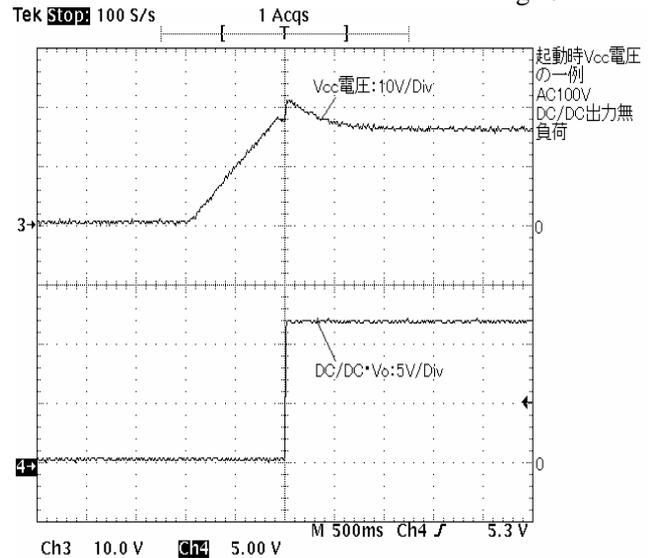


Fig.19

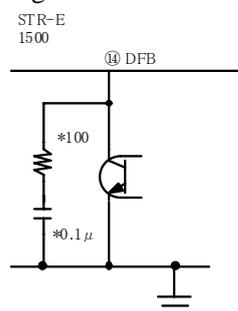


IC 内部, Start Up 端子通过起动电路和 Vcc 端子(控制部分用电源)相连。通常超过 $V_{PFBD(DD ON)}=3.2V$ 后, 起动电路停止动作。起动电路动作期间以 $5.6mA$ 的定电流对 Vcc 端子外接的电解电容充电, 当 $V_{cc} > 16.2V(\text{typ})$ 时 IC 起动。轻负载下 DC/DC 部分进入低频动作时, 補助绕组为 Vcc 提供的充电电压下降, 容易产生低于停止电压($9.6V(\text{typ})$)后和间歇动作等不良情况, 敬请注意。

- ① 補助绕组的输出目标设定在 23V。(计算和副边控制绕组的比例)
- ② 为了对应非常轻的负载, Vcc 端子的电解电容大小有必要选取 $100\mu F \sim 220\mu F$ 的容量。

6-9) DFB 端子: ⑭脚

Fig.20



DFB 端子是 DC/DC 部分定电压控制用反馈端子。通常通过光耦来进行反馈。Fig20 中的 R 和 C 是用来进行相位校正的。副边使用增益较大的误差放大器时, 在 Fig20 中, 加入 R、C 有利于系统稳定工作。但是同时须注意:

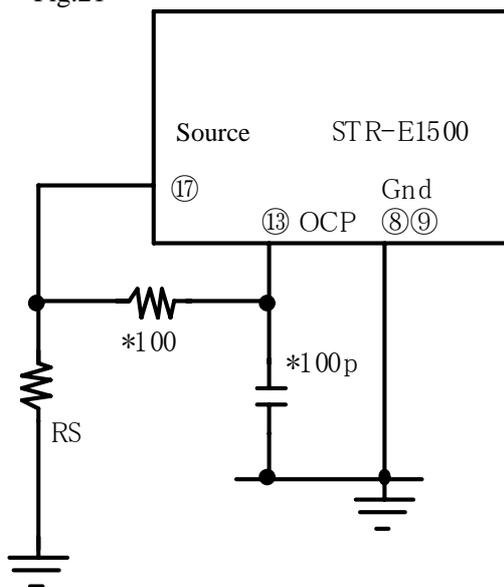
- 过渡响应有多大程度的恶化
- 在高温或低温时, 是否出现异常发振等

另外, 定电压控制时, 随着负载变化 DFB 端子电压发生变动。假定光耦断开的情况下, 该端子的输出电压会上升到 IC 内部 Regulator 电压(约 12V)。

※ Fig.20 的参数例

6-10) OCP 端子: ⑬脚; 源极端子: ⑰脚

Fig.21



E1500 系列的 DC/DC 部分 MOSFET 内藏。

DC/DC 部分的过电流设定采用和 CS 端子同样的检出方式。首先在源极端子串联检出电阻。以此将漏极电流 Id 转换成电压信号。为了避免在导通时产生浪涌电流等不稳定动作, 插入 CR 滤波器(请参考 Fig. 21 的参数)但是, 由 CR 滤波器确定的时间常数如果过长, 可能会延缓电流峰值检出而导致异常发生。请在实机上进行调整。若没有误动作等发生, 尽可能使用较小的 CR 值。

(DC/DC 部分 Rs 的设定)

OCP 端子阈值有 VOCP(1):0.75V/AC100V 系、VOCP(2):0.6V/AC200V 系两种。使用 PFC 输出电压可变 Type 的 E1500 系列时, 门坎值为 VOCP(1)。使用 PFC 输出电压固定 Type 的 E1500 时, 门坎值为 VOCP(2)。请按照以下计算式设定峰值电流检测电阻 Rs (=VOCP / Idp)。

6-11) BD 端子: ⑫脚

Fig.22 BD 端子周围电路

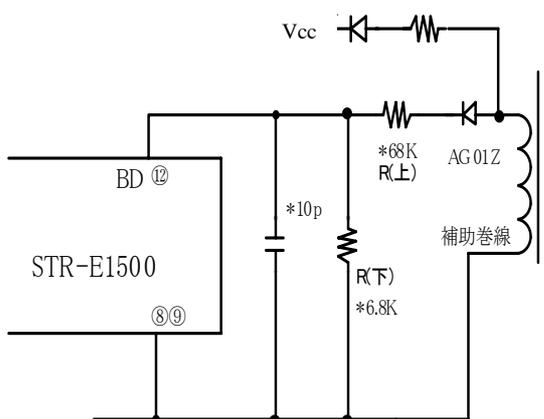
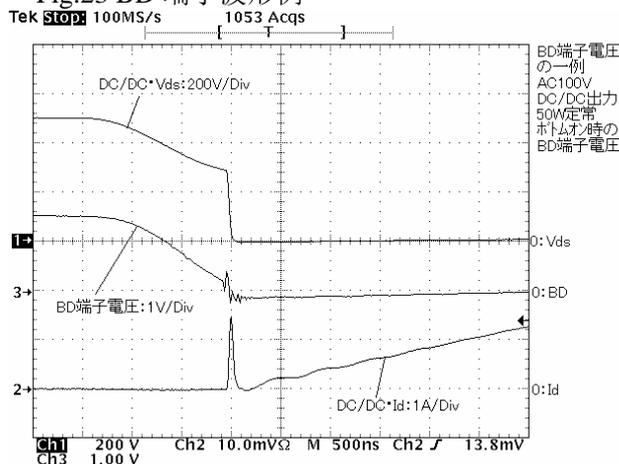


Fig.23 BD 端子波形例



在 STR-E1500 的工作模式当中, 准共振模式下对共振电压的谷底点进行检测, 通过延迟电路实现谷底点导通。Fig.22 是谷底点导通可调的谷底点检测 (BD) 回路。和一般的准共振模式延迟时间调整方法一样, 最终要在实机上对波形进行确认, 对参数进行适当调整。BD 端子的输入阈值电压为 0.76V(typ)。如果该端子的输入电压达不到其阈值电压, 则 IC 进不了准共振工作模式而工作在 100KHz 的 PWM 工作方式下。通常根据辅助绕组的输出电压设定该端子电压信号幅值在其阈值的 2 倍左右。参考 Fig.22 的参数。延迟时间是由 DC/DC 部分主变压器的电感量 L_p 和电压共振电容容量构成的 $\tau = \pi \sqrt{L_p \times C_r}$ 所决定。一方面 BD 端子

的信号振幅保持在阈值的 2 倍左右，另一方面通过 τ 来调节底部导通的时间。假定准共振动作时辅助绕组的电压为 20V，则 BD 端子电压幅值大小由 $(20V - V_f) \times \frac{R_{(下)}}{R_{(上)} + R_{(下)}}$ 大致决定。在实际动作时根据需要

请稍加调整。根据 Fig.22 的参数，大约得到 1.8V。另外，BD 端子电压的下降沿达到阈值 0.76V 时导通。请通过微调分压电阻比，调整到能够在谷底点导通。Fig.22 的延迟电路对于辅助绕组可以看作是一组负载，考虑到此电路的功耗，请使用高阻值的电阻。但是，不要忽视噪音对其带来的影响。因此参照 Fig.22 追加滤波电容。但是作为延迟要素的 τ 值很小时，出现不能完全消除噪音影响的情况下，请增大变压器的 L_p 值或者电压共振电容的容量，使 τ 本身变大。

7. 变压器设计

7-1) PFC 部分电感设计

由于 STR-E1500 系列 IC 其工作方式为准共振工作模式，其相应储能电感的电感量等相关计算如下所示

1. 电感量和峰值电流

$$L_p = \frac{T \cdot \left(\frac{V_o}{\sqrt{2}} - V_{inAC(min)} \right) \cdot \eta \cdot V_{inAC(min)}^2}{V_o \cdot P_o \cdot \sqrt{2}} \qquad I_{Lp} = I_{dp} = \frac{2\sqrt{2} \times P_o}{\eta \times V_{inAC(min)}}$$

L_p : 储能电感的电感量

T : PFC 部分最大工作周期(宽电源输入通常取 40uS)

$V_{inAC(min)}$: AC 输入电压有效值下限

V_o : PFC 输出直流电压

η : PFC 部分变换效率

P_o : PFC 部分输出功率

I_{Lp} : 电感中电流峰值

I_{dp} : PFC 用开关元件电流峰值

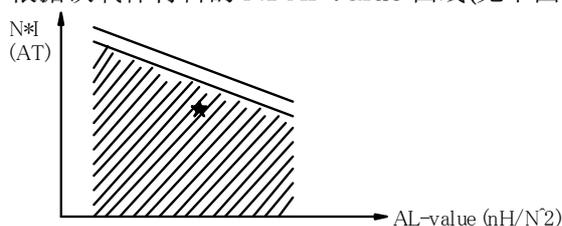
$f = \frac{1}{T}$ 根据实际条件可以设定为 50-70KHz 左右。但是从上式中可以看出开关元件中开关峰值电流大小与开关频率无关。频率升高意味着关断时损耗增加(打开时虽为 ZCS 方式，但是关断为硬开关),所以效率有可能反而降低，敬请注意。

2. 电感匝数

$$N_p = \sqrt{\frac{L_p}{AL\text{-value}}}$$

$AL\text{Value}$: 电感系数

根据铁氧体材料的 NI-AL-Value 曲线(见下图示)可以求出绕线匝数。(该数据请向磁芯制作厂家索取)



依照以上计算式，以 PFC 输出 400V/120W 为例计算得到如下数据

输入条件			計算结果		
Vo	400	V	Idp	4.44	A
VinAC (Min)	85	V	Iin (Ave)	2.22	A
η (PFC)	0.9		Lp	379.04	μ H
振荡周期 T	20	μ S	Np	44	T
输出功率 Po	120	W	NI	193.15	AT
AL 值設定	200	nH/N ²			

ZCD 端子用辅助绕组设计。

根据 SanKen 公司 STR-E1414/1717 等生产实绩, PFC 部分 MOSFET 在 OFF 期间其辅助绕组电压幅值设定在 30V 左右。依据上表计算结果 Np=44T, 那么 Ns=44TX(30V/400V)=3.3T 选取 4T。

绕线

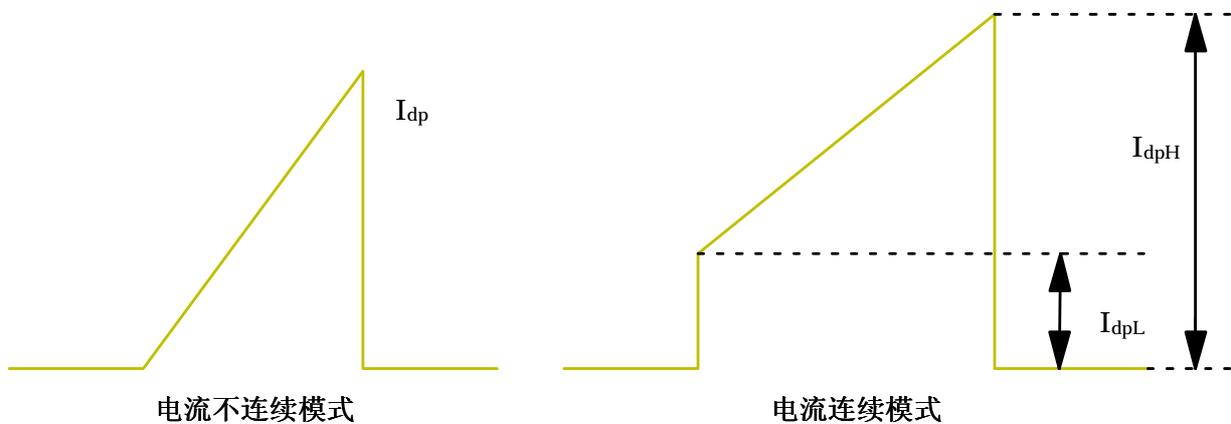
变压器内部基本上只有原边回路, 不需要空间绝缘胶带。Np 和 Ns 之间为低压和高压, 使用基础绝缘和附加绝缘即可。主线圈推荐使用多股线, 辅助绕组采用氨甲酸酯电线 (UEW) 即可。

7-2) DC/DC 部变压器

DC/DC 部变压器根据实际需要, 重负载时采用 PWM 方式还是准共振工作方式其设计不同。

1. PWM 动作时

将 STR-E1500 系列 IC 的 BD 端子短接至 GND 端子后, 准共振动作模式被取消。即使是重负载也将工作在 PWM 模式下。此时其变压器参数计算如下:



(1) 变压器峰值电流 I_{dp}

$$I_{dp} = \frac{2 \times P_0 \times \frac{1}{f}}{(1 + K) \times \eta \times V_{inDC(min)} \times T_{on}}$$

P_0 : 变压器副边峰值输出功率

f : 开关频率

K : 电流连续模式下 I_{dpL} 和 I_{dpH} 的比例。连续模式下通常取 0.4-0.6 左右。

η : DC/DC 变换效率 (副边高压输出时可取 0.95 左右; 低压大电流输出时可取 0.85-0.9 左右)

$V_{inDC(min)}$: 直流输入电压下限

T_{on} : 导通期间

(2) 原边电感量 L_p

$$L_p = \frac{V_{inDC(min)} \times T_{on}}{(1-K) \times I_{dp}}$$

(3) 匝数比 n

$$n = \frac{V_o \times (T - T_{on})}{V_{inDC(min)} \times T_{on}}$$

(4) 变压器副边控制绕组匝数 N_s

$$N_s = \frac{N \times I_{dp} \times L_p}{A_e \times B_{max}}$$

(5) 变压器原边匝数 N_p

$$N_p = \frac{N_s}{n}$$

(6) 辅助绕组匝数 N_D

$$N_D = \frac{N_s \times V_D}{V_o}$$

注：以上所有计算式中请以 [国际单位制单位](#) 代入计算

计算例

该表是根据上述算式计算所得。该例中在 DC100V 输入时 Duty 设定为 50%。

输入条件						Core	Ae(mm ²)
AC(Min)	71	(V)	Vo	12	(V)	EER-28	82.1
Vin(DC)Min	100.4082	(V)	Ae	107	mm ²	EER-28L	81.4
K	0.6		Bm	2300	(G)	EER-35	107
效率	0.85		V(D)	20	V	EER-40	149
Ton	5	× 1E-6(S)	Po	100	W	EER-42	194
計算結果			匝数修正			EER-42/42/20	240
Idp	2.929	(A)	Ns'	6	T	EER-49	231
N	0.1195		Np'	50.204	T		
Lp	428.477	μH	ND'	10.000	T		
Ns	6.095	T	其它输出			其它绕线	
ND	10.158	T	V2	6	(V)	3	T
Np	51.000	T	V3	22	(V)	11.000	T
AL 值	164.737	nH/N ²	V4	30	(V)	15	T
NI	149.389	AT	Trig	5	(V)	2.5	T

绕线

由于是反激式动作方式，其绕线方法和准共振、RCC 方式基本相同。上述计算中仅为输出电压较低输出的一例。如果不考虑原边绕线和副边绕线的耦合，Vds 值在关断时浪涌会很大。由于这个原因，推荐原边和副边绕线采用三明治绕法。

变压器原边和副边要满足安全规格 EN60、950 等要求。在不使用三层绝缘线时必须使用绝缘胶带以满足安规要求。特别是由于 PFC 的升压，有比 $\sqrt{2} V_{inAC}$ 更高的电压出现。敬请加以考虑。

2. 准共振工作模式

运用 BD 端子检测共振电压的谷底点时, 工作模式改变为准共振工作模式。由于打开时间被延迟, 所以必需对 Duty 进行校正。计算式如下:

1. 变压器原边电感 L_p

$$L_p = \frac{(V_{inDC(min)} \cdot D)^2}{\left(\sqrt{\frac{2 \cdot P_o \cdot f_o}{\eta}} + V_{inDC(min)} \cdot \pi \cdot f_o \cdot D \cdot \sqrt{C_{QRC}}\right)^2}$$

$V_{inDC(min)}$: DC 输入电压下限

D: Duty (直流输入电压下限时最大占空比)

f_o : 准共振工作开关频率

η : 变换效率 (与输出端负载电压高低和电流有关。通常取 0.85-0.9)

C_{QRC} : 准共振电容

2. 占空比 D

$$D = \frac{V_f}{V_{inDC(min)} + V_f}$$

V_f : 反激电压 (根据 MOSFET 耐压等选取)

3. 延迟时间 t_{delay}

$$t_{delay} = \pi \times \sqrt{L_p \times C_{QRC}}$$

由于延迟时间的存在, 校正后的占空比为

$$D' = (1 - f_o \times t_{delay}) \times D$$

4. 直流平均输入电流 I_{in}

$$I_{in} = \frac{\frac{P_o}{\eta}}{V_{inDC(min)}}$$

5. 变压器峰值电流

$$I_{dp} = \frac{2 \times I_{in}}{D'}$$

7. 变压器原边匝数

$$N_p = \sqrt{\frac{L_p}{A l_{Value}}}$$

同样 $A l_{Value}$ 值和 PFC 电感一样, 相关数据请向铁芯制作厂家索取。

8. 变压器副边匝数 N_s

$$N_s = \frac{N_p \times (V_o + V_{diode})}{V_f}$$

V_o : 变压器副边控制端直流输出电压

V_{diode} : 副边整流二极管压降

计算例：输出 12V/120W 负载

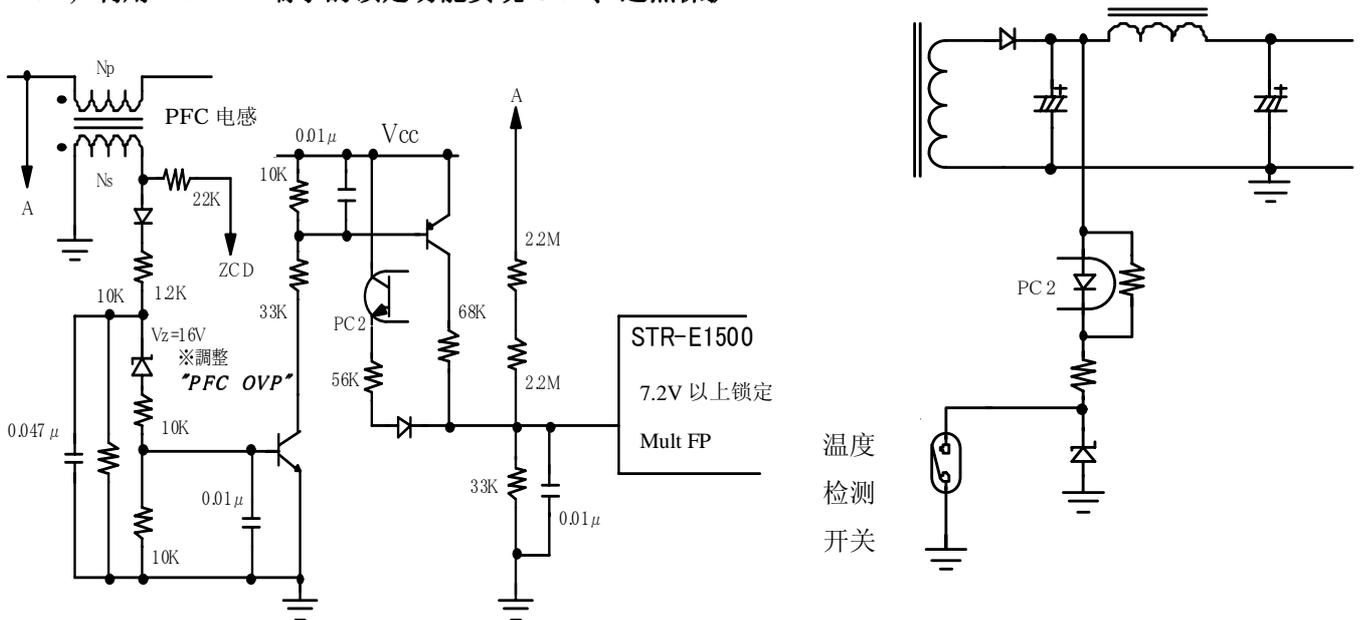
输入			计算值		
VinAC (Min)	85	V	Lp	238.3	μH
VinDC (Min)	108.2	V	延迟时间 t _{delay}	1.051	μS
开关频率 (Min)	50	KHz	D'	0.54	
共振电容	470	pF	I _{in}	1.305	A
电源变换效率	0.85		I _{dp}	4.833	A
V _r	141	V	N _p	34.52	T
D	0.57		N _s	3.11	T
P _o	120	W	ND	5.96	T
变压器 AL 值	200	nH/N ²	匝数比 N	0.090071	N _s /N _p
控制部输出电压	12	V			
输出整流二极管压降	0.7	V			

注意

PWM 模式下设计的变压器使用到准共振工作方式时因工作频率下降，DC 部分的 I_{dp} 和原边匝数 N_p 共同决定的 NI 值和磁芯 Al_{value} 的关系请根据实际工作条件进行确认。

8. 应用电路

8-1) 利用 Mult FP 端子的锁定功能实现 OVP、过热保护

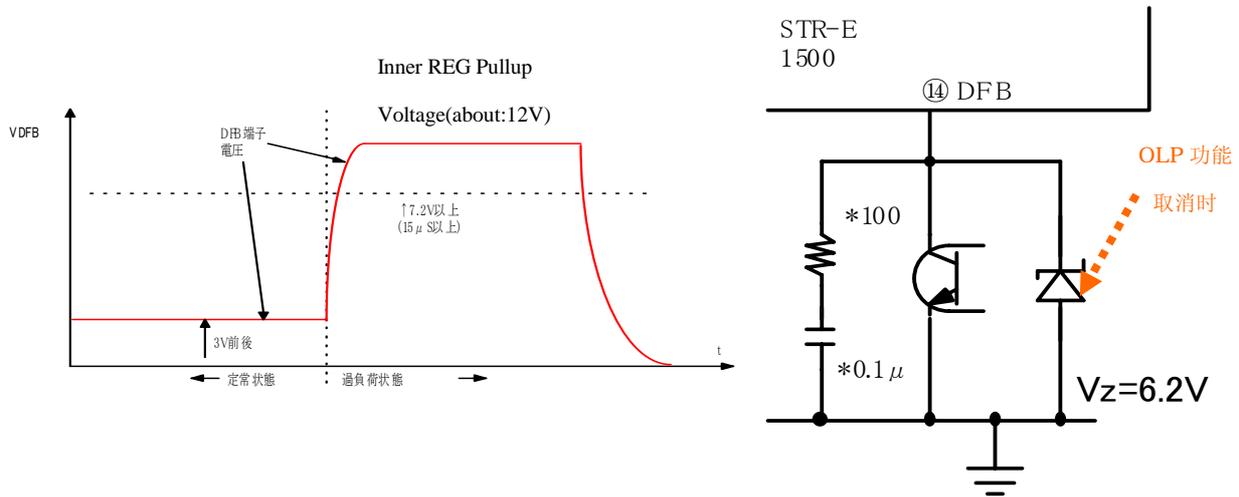


考虑到 PFC 过电压、变压器副边输出过压、外围发热元件过热等异常现象发生，利用该端子的锁定实现其保护功能。PFC 的 OVP 保护可以通过直接检测进行保护，但是考虑到 PFC 输出电压较高，本方案中通过检测 PFC 辅助绕线整流滤波后电压、利用 Vcc 电压对 Mult FP 进行触发实现 PFC 输出 OVP 保护。变压器副边 OVP、过热等通过光耦同样利用 Vcc 电压可以实现锁定功能。

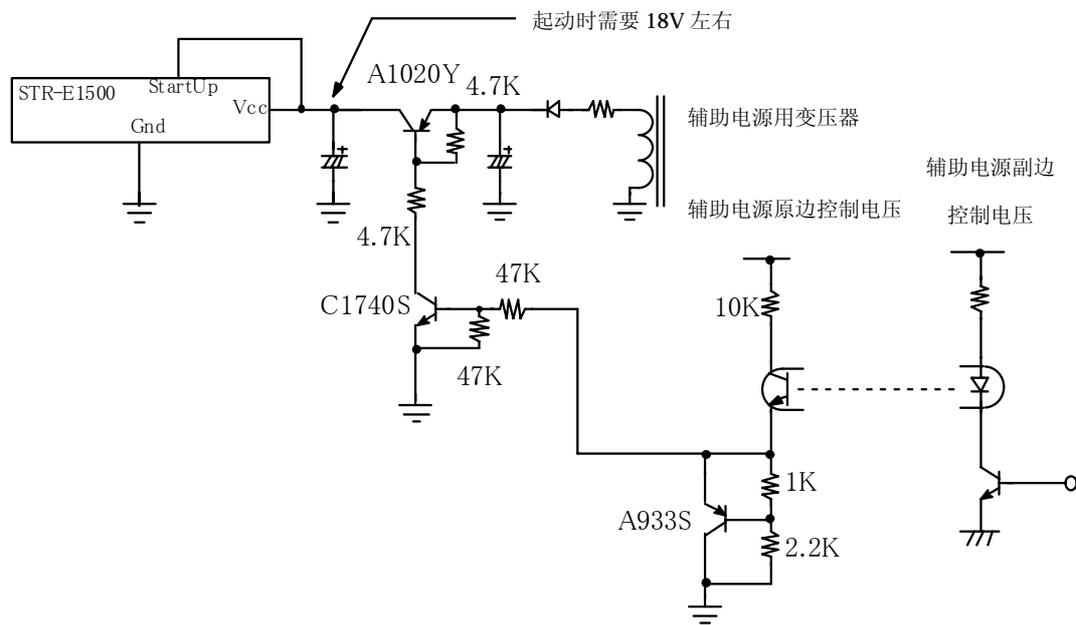
8-2) OLP 功能解除

关于过负载状态如图 Fig.27 DFB 端子所示。当变压器副边进入过负载状态，副边光耦反馈电流减少，

根据 IC 内部 Reg 的上拉电阻, DFB 端子电压开始上升, 当 DFB 端子的电压达到 7.2V 时 IC 内部进行锁定。DC/DC 部、PFC 部被关断。作为 OLP 功能, 当出现因 OLP 功能而引起电源工作不稳定时可以在 DFB 端子和 GND 之间插入一个 6.2V 的稳压二极管取消 OLP 功能。



8-3) STR-E1500 外部的 ON/OFF 控制



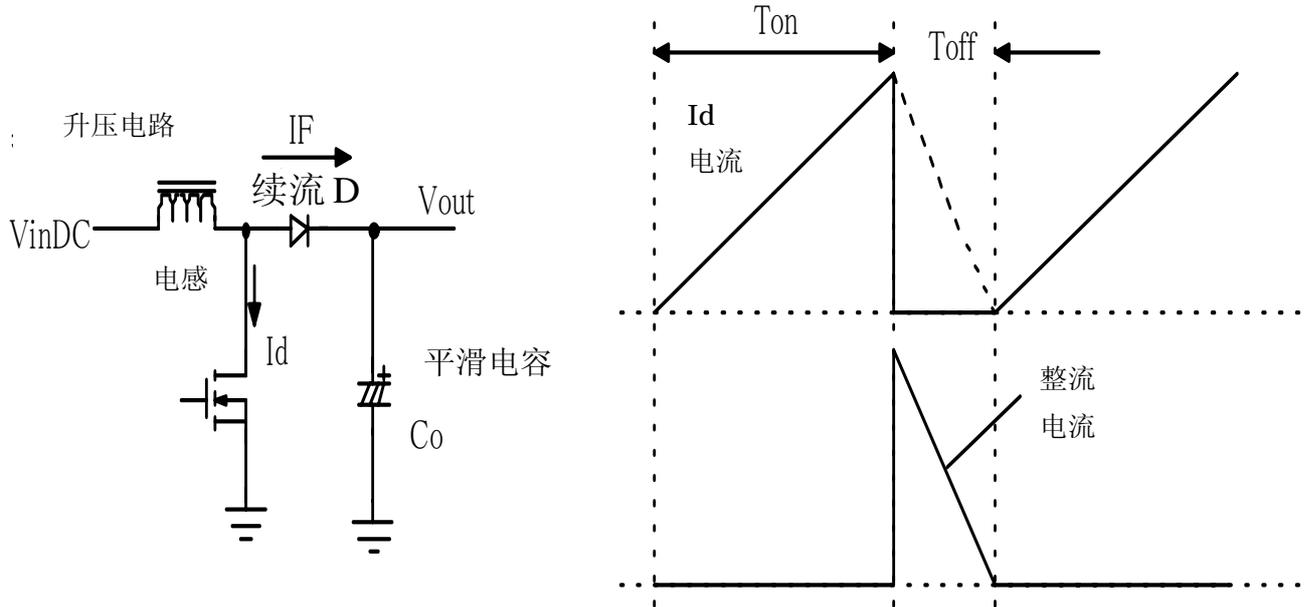
STR-E1500 系列在外部进行 ON/OFF 控制时, 将 DFB 端子接至 GND 可以将 DC/DC 部输出停止。由于从辅助绕组的供电没有, 所以依靠起动回路连续起动。由于该动作的存在, 轻负载待机时即使外部辅助电源对其进行切换, 由此而引起的功率损耗也不容忽视。为了避免该现象的发生, 使用 Fig.28 所示的电源构成。

该电路中为了获取 STR-E1500 的 Vcc 端子供电, 从辅助电源的追加绕组实现 E1500 的 ON/OFF 控制。但是, 起动时 Vcc 需要 18V (Vcc 起动电压 Max: 17.5V) 左右的电压, 请依照此电压决定辅助电源追加绕组的匝数。另外, 该方案中 Startup 端子不接到高压端, 将其与 Vcc 端子连接在一起。

8-4)PFC 部平滑电容和整流二极管

PFC 部平滑用电解电容根据输出保持时间、纹波电流等条件进行设定。

Fig.29



根据保持时间计算

$$C_0 = \frac{2 \times P_0 \times \eta \times t_{hold}}{V_{out}^2 - V_{op(Low)}^2}$$

P_0 : DC/DC 的输出功率(W)

η : PFC 的效率

t_{hold} : 输出保持时间 (秒)

V_{out} : PFC 输出电压 (V)

$V_{op(Low)}$: DC/DC 动作保证电压下限 (V)

C_0 : 平滑电容容量 (F)

STR-E1500 系列中有输出电压可变型，在 AC100 系输入时 PFC 输出电压下降，上式中 V_{out} 变小。需要对长时间 AC 瞬间关断对应的情况下，有必要选取大容量的电容。

根据纹波电流计算

$$I_{r1} = \frac{I_{out(DC)}}{\sqrt{2}} \qquad I_{out(DC)} = \frac{P_0 \times \eta}{V_{out}}$$

I_{r1} : PFC 侧纹波电流;

I_{out} : PFC 的 DC 输出电流

在 PFC 输出电容中有 DC/DC 侧开关电流流过，该部分的纹波电流作为 I_{r2}

$$I_{r(total)} = \sqrt{I_{r1}^2 + I_{r2}^2}$$

I_{r2} 为 DC/DC 部 I_d 的有效值

所以请根据上述 I_{r1} 、 I_{r2} 中最大值设定输出电容的大小。

续流二极管

STR-E1500 为临界电流控制模式，与连续模式不同的是可以不考虑 PFC 续流二极管因反向恢复速度引起

的损耗。只需考虑反向耐压、 I_{FSM} 、 $I_{O(DC)}$ 等选择二极管。 V_{out} 输出电压从 DC260V 到 DC400V 变化，耐压选取 600V。考虑到正常时的整流电流最大值和电源投入时的冲击电流最大值选取 I_{FSM} 值。 I_F 值（DC 平均电流）可以依据上述 $I_{out(DC)}$ 值进行选定。最终请根据温升条件选取二极管形状。

9. 基本电路构成

Fig.30

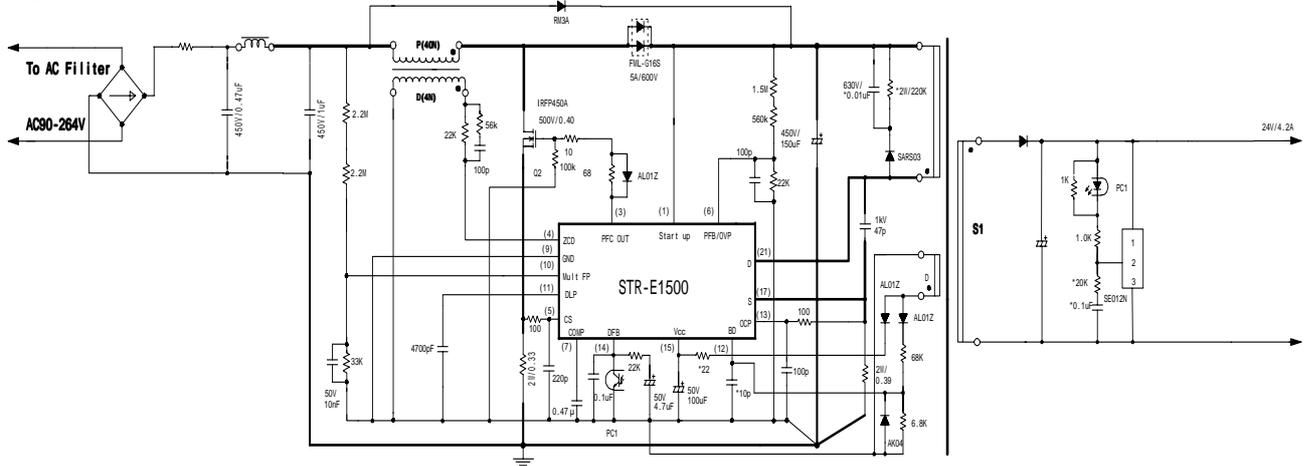
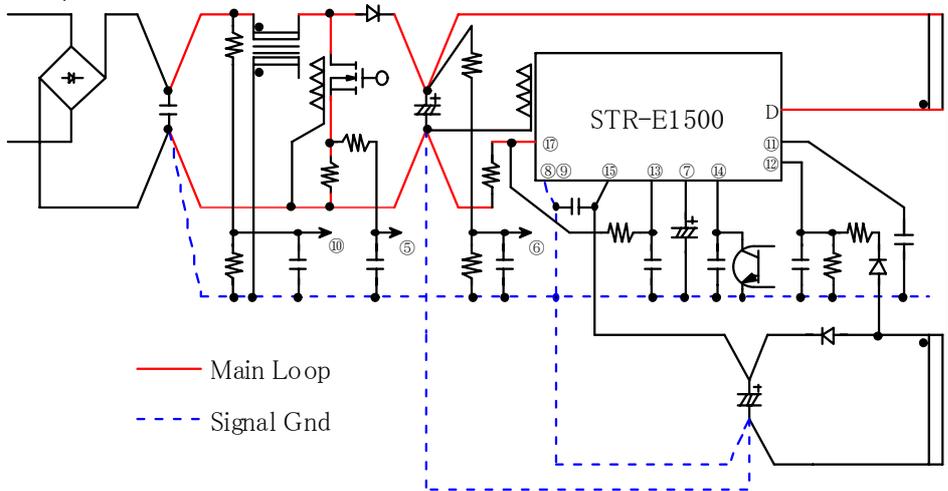


Fig.30 是用 STR-E1500 构成的 DC/DC 部输出 100W(24V/4.2A)、PFC 部无输出的一例。

10. 使用时注意事项

10-1) 印制板基板走线和 EMI 对策



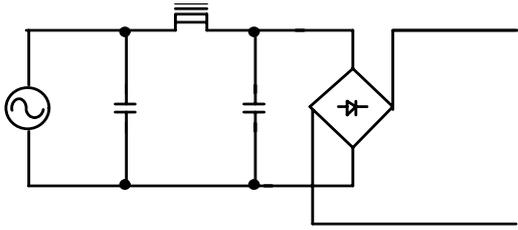
基板走线

上图中红色线中为大电流环线，请使用短的走线。另外为了防止 PFC 部分和 DC/DC 部分开关电流互相干扰，请在走线中避免产生共同阻抗。图中蓝色虚线为信号系地线，不能流过大电流，可以使用较细的线。为了防止 DC/DC 和 PFC 互相干扰，信号地线要求低阻抗。由于 IC 的控制部分为了降低消耗电流其阻抗设置很高，所以请注意在控制部分端子上尽可能不要引入噪音干扰。这些走线在 PFC 电感、变压器正下方走线时有可能由于漏磁场而感应噪声引起误动作。另外，IC 周边的电容其接地侧尽可能靠近 IC 的 8、9 脚。

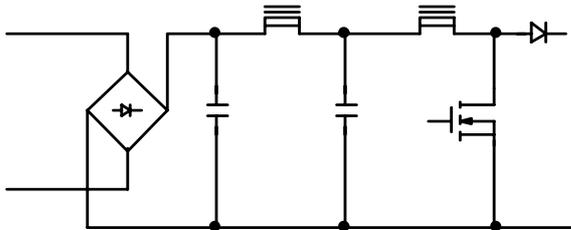
低通滤波器

STR-E1500 为临界电流模式 PFC。通常临界模式和不连续模式下，从输入电流波形中除去高频成分，推荐使用共模线圈和电容构成的低通滤波器。

低通滤波器例(AC 侧)



低通滤波器例(DC 侧)

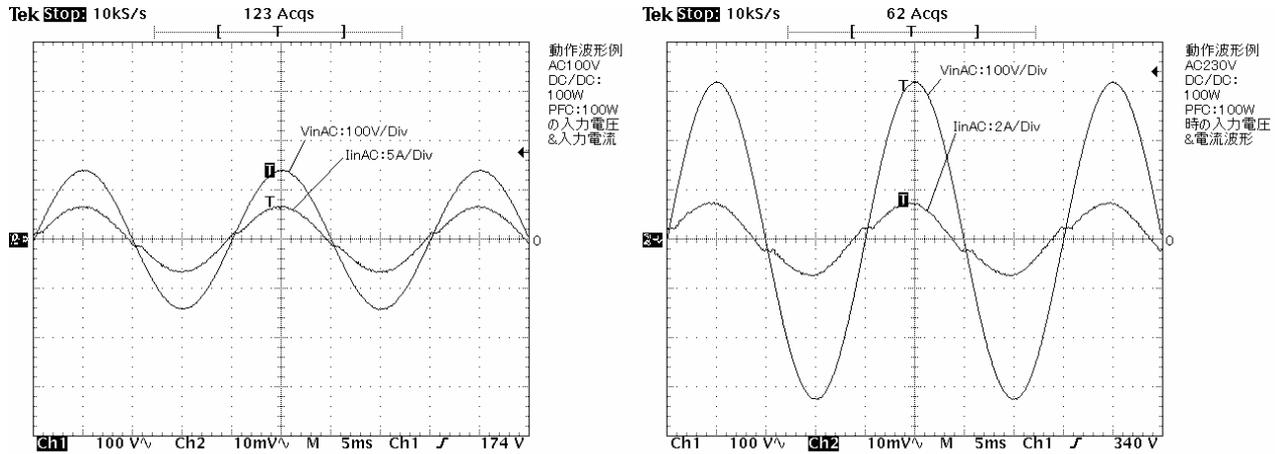


* π 型滤波的一例。如果能够确认结果, 仅 LC 或许也能满足要求。

PFC 部分电流在临界电流模式下从零到峰值变化。AC 侧的平均电流约为峰值电流的一半。在临界电流模式下, 无论怎样在工频电流波形中叠加有高频的开关成分, 在 PFC 的振荡频率范围内产生杂音端子电压恶化现象。该种情况下, 请使用共模或差模滤波构成的噪音滤波器以便除去高频成分。

Fig.33

Fig34、35 是低通滤波的一个使用例。共模线圈为 100uH、电容为 0.47uF。如果没有如图所示波形, 在 AC 电压瞬时值高端出现电流波形较脏时, 意味着高频成分还未除去。



10-2) IC 的锁定解除和再启动

STR-E1500 的 Mult FP 端子触发等锁定关断时, 必需按照以下顺序实现再启动。

锁定触发

关断 (振荡停止)

切断 AC 输入

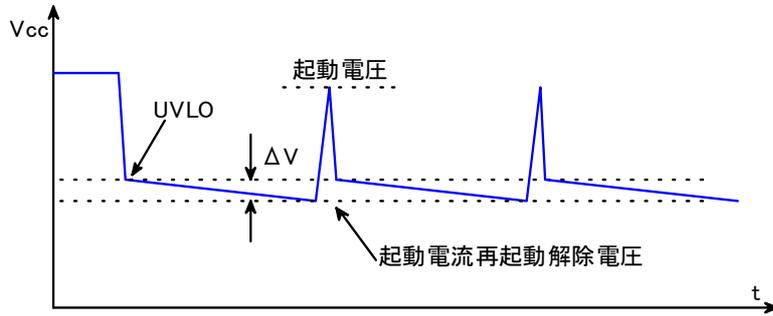
Vcc 电压下降

Vcc < 锁定解除电源电压

再启动

- Vcc 下降 ULVO(Typ:9.6V) 启动电流再起解除电压 (typ:7.8V) 锁定解除电压(Typ:7.2V) 再启动。
- 启动电路的时序中, Vcc 电压即使低于 UVLO 也不能再启动。启动电路的再起启动电压在 UVLO 以下, 在 Vcc 电压低于启动电流再起解除电压点开始使启动电路能够动作而进行初期化。当 Vcc 电压 < 锁定解除电压点, 就变成完全能够启动状态。

所以要使电源快速启动的方法是追加 Vcc 端子强制放电回路。另外，DC/DC 过负载状态下让其工作在间歇振荡模式时，通常情况下输入电压升高时间歇振荡周期加快，IC 发热。对 STR-E1500 而言，由于 ULVO 电压和再起启动解除电压之间设有差值 ΔV ，该现象大幅度降低。



AC 输入端进行 ON/OFF 试验时，由于上述 ΔV 的放电较慢，ON/OFF 时刻不同可能会发生 IC 没有反应的情况，敬请谅解。

11. Lineup

No	type	内部 MOSFET	PFC 输出自动切换功能有无	DC/DC 部输出功率	量产计划
1	STR-E1565	800V/1.8	无	120W	已量产
2	STR-E1555	700V/0.7	无	240W	8 月中旬量产
3	STR-E1555V	700V/0.7	有	240W	7 月上旬工程样片

注：

DC/DC 部输出功率为参考值。重负载工作在准共振领域前提下的最终目标值。

PFC 部分的输出由 PFC 部分的 MOSFET 等在内相关元器件共同决定

STR-E1555 长时间输出 300W 已经进行确认

STR-E1555V 的 PFC 输出电压根据 DC/DC 部的负载自动进行切换(如图 Fig.35)

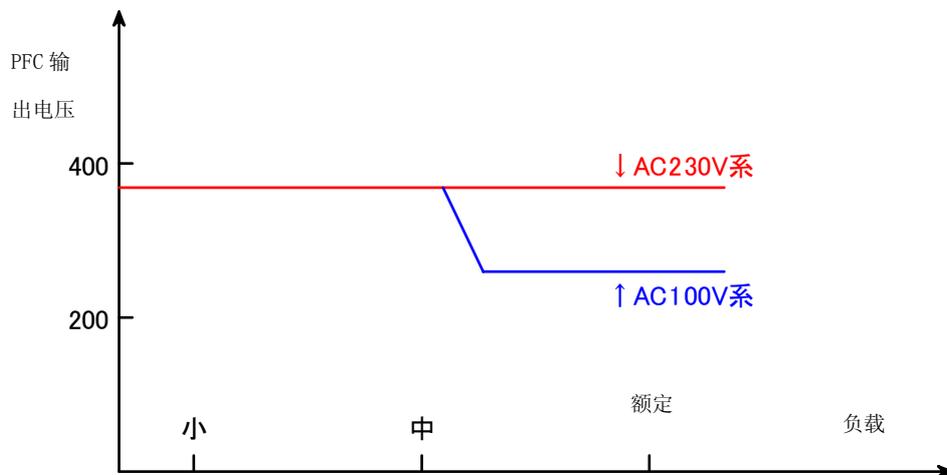


Fig.35

变更履历(2005年6月15日作成: Version0.1)

Version 变更		变更内容	变更理由
变更前版本	变更后版本		