

规格书变更记录

版本	变更内容	变更日期	变更签名
0.99	首版	2021.02.26	AE
1.0	更新电气参数 F_{MIN} , V_{CSMAX} , V_{CSMIN}	2021.07.17	AE
1.1	电气参数增加: V_{CC_SUP}	2021.07.28	AE
1.2	电气参数: 调整最小值和最大值	2021.09.15	AE
1.3	更新部分电气参数上下限值	2021.12.31	AE
1.4	电气参数 V_{REFCCP} 进行分档 (恒流精度分档)	2022.04.14	AE

概述

LP8778B 是一款适合于副边控制反激应用的恒压恒流控制器。

LP8778B 采用特有的检测方式和算法，系统可以工作在恒压恒流输出状态。

系统采用多模式控制方案，在恒压工作状态时，芯片采用峰值电流控制模式，并且在中载以下开始降低频率以提升平均效率，在轻载或者空载时，系统工作在打嗝模式。

恒流工作状态时，固定电流限流基准值来实现恒流功能。

芯片采用特有的频率抖动技术来改善 EMI 指标。

LP8778B 具有多重保护功能，包括 VCC 欠压保护，VCC 过压保护，输出短路保护、输出同步整流短路保护，电感过电流保护，过温保护，输入欠压保护，输出过压保护，光耦输入端短路保护，CS 电阻短路保护等功能。

LP8778B 采用 SOT23-6L 封装

LP8778B 采用 MSL3 封装等级

典型应用

特点

- 峰值电流模式的恒压控制
- 专利的恒流控制
- 特有的抖频技术，优化EMI
- 特有的斜坡补偿技术
- 谷底导通提升系统效率
- 低待机功耗<75mW
- 高低压输出电流补偿
- 多重保护功能
 - VCC欠压保护
 - VCC过压保护
 - CS电阻短路保护
 - 输出同步整流短路保护
 - 输出短路保护
 - 原边电感电流累积保护
 - 可编程的外置OTP保护
 - 可编程的输入欠压保护
 - 光耦输入端短路保护

应用

- 户外屏反激电源市场
- 其他恒压恒流应用场合

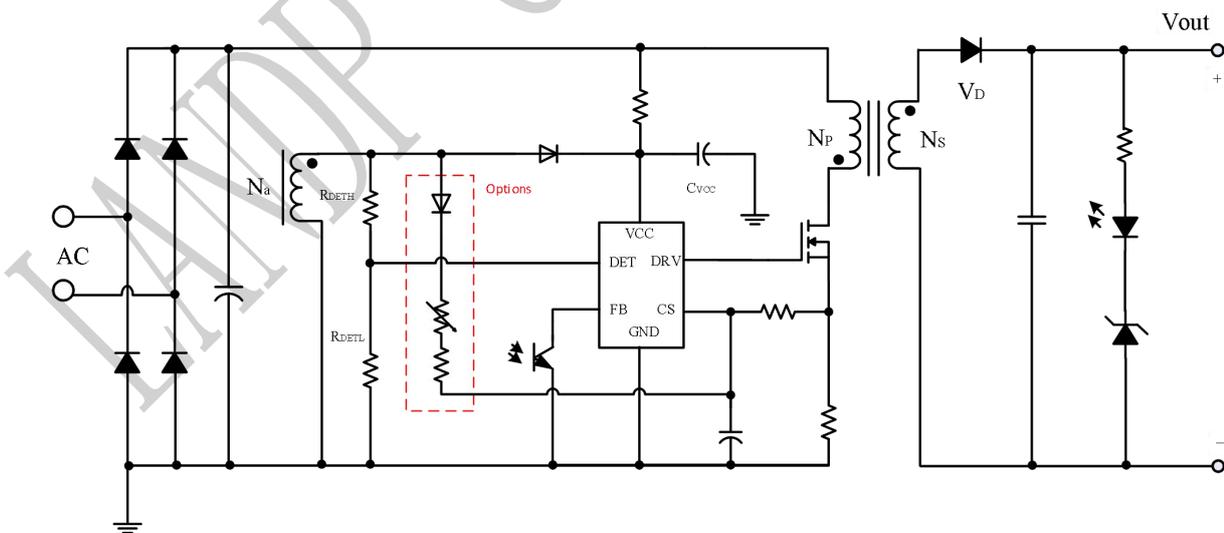


图 1 LP8778B 典型应用

V/I 特性曲线

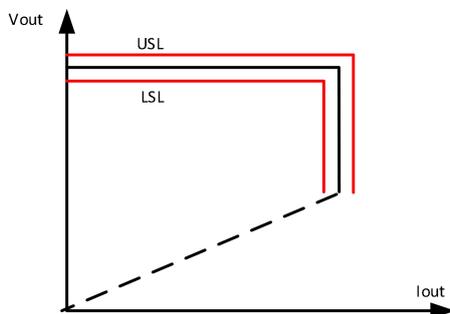


图 2 V/I 曲线

订购信息

订购型号	封装	包装形式	印章
LP8778B	SOT23-6L	编带 3000 颗/盘	8BXXXX

*XXXX: 批号

印章说明:

8B: LP8778B

X: 第一个字母代表年份, A: 2014 年, B: 2015 年, C: 2016 年, D: 2017 年.....按顺序依此类推

X: 第二个数字或字母代表周数, 第 1 周: 数字 1,2,3,4,5,6,7,8 依此类推到第 9 周: 数字 9。第 10 周开始用大写字母 A B C.....Z,依此类推“Z”代表第 35 周。第 36 周开始用小写字母 abcd.....z 依此类推到本年份的最后一周。

XX: 第三个和第四个代表内部序号

管脚封装

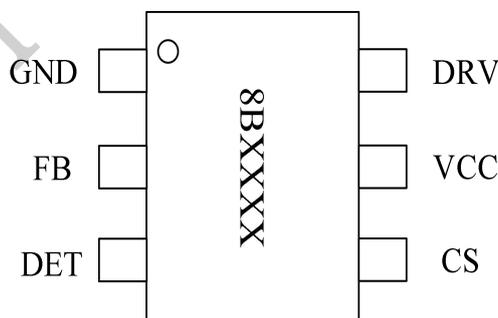


图 3 管脚封装图

管脚描述

编号	管脚名称	描述
1	GND	芯片基准地
2	FB	芯片光耦反馈接受脚位，根据此电位电压实现恒压功能
3	DET	芯片多功能脚位，实现退磁检测，输入欠压检测，输出过压检测，输出短路保护等功能
4	CS	峰值电流检测脚位
5	VCC	芯片电源脚位
6	DRV	芯片驱动脚位

极限参数(注 1)

符号	参数	参数范围	单位
VCC	芯片供电脚位	-0.3~60	V
CS, DET, FB	探测脚位	-0.3-6.5	V
DRV	芯片驱动脚位 (注 1)	-0.3-30	V
P _{DMAX}	功耗(注 2)	0.30	W
θ_{JA}	PN结到环境的热阻	240	°C/W
T _A	推荐工作温度	-20 to 85	°C
T _J	工作结温范围	-40 to 150	°C
T _{STG}	储存温度范围	-55 to 150	°C
	ESD (注 3)	> 2	KV

注 1: 最大极限值是指超出该工作范围，芯片有可能损坏。推荐工作范围是指在该范围内，器件功能正常，但并不完全保证满足个别性能指标。电气参数定义了器件在工作范围内并且在保证特定性能指标的测试条件下的直流和交流电参数规范。对于未给定上下限值的参数，该规范不予保证其精度，但其典型值合理反映了器件性能。

注 2: 温度升高最大功耗一定会减小，这也是由 T_{JMAX}, θ_{JA} , 和环境温度 T_A 所决定的。最大允许功耗为 P_{DMAX} = (T_{JMAX} - T_A) / θ_{JA} 或是极限范围给出的数字中比较低的那个值。

注 3: 人体模型，100pF 电容通过 1.5K Ω 电阻放电。

电气参数(注 4, 5) (无特别说明情况下, $V_{CC}=20V, T_A=25^{\circ}C$)

符号	描述	说明	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压						
V_{CC_ST}	V_{CC} 启动电压	V_{CC} 上升	15.0	16.5	18.0	V
V_{CC_UVLO}	V_{CC} 欠压保护阈值	V_{CC} 下降	7.5	8.5	9.5	V
V_{CC_SUP}	V_{CC} 托管电压(注 6)	$V_{CC} < V_{CC_SUP} @ V_{FB} < 1V$, 出 周期为 2ms 的最小 CS 脉冲	10.2	10.5	10.8	V
V_{VCCOVP}	V_{CC} 过压保护		52.5	56.0	59.5	V
N_{VCCOVP}	过压保护计数周期数(注 6)	$V_{CC} > V_{VCCOVP}$		3		--
I_{ST}	启动电流	$V_{CC} = V_{CC_ST} - 0.5V$		1	6	μA
I_{CC}	工作电流	$V_{CC} = V_{CC_ST} + 0.5V$ $DRV = open$	700	1000	1400	μA
I_{SKIP}	待机电流	$FB < 1V$	100	150	200	μA
I_{FAULT}	VCC 保护泄放电流	$V_{CC} = 20V$ CS 接地, FB 悬空	2.2	3.0	3.8	mA
R_{FAULT}	VCC 的下拉电阻	保护状态下	5.5	7.3	9.2	$K\Omega$
FB 恒压控制						
R_{FB}	FB 上拉电阻(注 6)			20		$K\Omega$
I_{FB_SHORT}	FB 对地短路电流	芯片启动之后	200	250	300	μA
Z_{FB}	FB 脚小信号等效输入阻抗(注 6)			17.6		$K\Omega$
V_{FBOPEN}	FB 开路电压	V_{CC} 启动, FB 悬空	4.3	4.8	5.3	V
F_{MIN}	最小工作频率	GREEN 模式	11	14	17	KHz
F_{MAX}	最大工作频率	满载	60	65	70	KHz
V_{GREEN}	$FB < V_{GREEN}$, 系统开始降频		2.00	2.30	2.60	V
$V_{GREENMIN}$	$FB = V_{GREENMIN}$, $F_{SW} = F_{MIN}$		1.20	1.40	1.70	V
ΔF_{SW}	抖频比例			± 7		%
$T_{SHUFFLING}$	抖频周期(注 6)			2		ms
V_{SKIPIN}	进入 SKIP 模式电压	FB 下降	0.9	1.0	1.1	V
V_{SKOUT}	离开 SKIP 模式电压	FB 上升	1.0	1.1	1.2	V
峰值电流控制						
$R_{FB/CS}$	FB 电压到 CS 电压增益(注 6)	$(V_{FB} - 0.7) / V_{CS}$		3.8		--
D_{MAX}	最大占空比		73	78	83	%
V_{SLOPE}	CS 斜坡补偿值(注 6)			52		mV/us
V_{CSMAX}	最大 CS 关断电压			850		mV
V_{CSMIN}	最小 CS 关断电压(注 6)			200		mV
T_{LEB}	CS 关断屏蔽时间(注 6)			320		ns
T_{SOFT}	软启动时间(注 6)			9		ms

恒流控制单元						
V _{REFCCP}	$V_{REFCCP} = \overline{V_{CS}} \times \frac{T_{DEM}}{T}$	A 档	0.187		0.193	V
		B 档	0.193		0.199	V
		C 档	0.199		0.205	V
T _{CO}	V _{REFCCP} 的温度系数(注 6)	T=0-100℃@V _{REFCCP} =0.2V		3		%
驱动单元						
V _{DRV}	DRV 驱动电压	VCC=40V	12.0	13.5	16.0	V
T _R	DRV 最大上升时间(注 6)	1.2V-10.8V@C _L =1nF		100		ns
T _F	DRV 最小下降时间(注 6)	10.8V-1.2V@C _L =1nF		50		ns
CS 短路保护						
V _{CSSHORT}	开通周期内的判定阈值(注 6)			30		mV
T _{SHORT}	最长开通时间(注 6)	CS 电阻短路		2.5		us
N _{SHORT}	触发保护的周期数(注 6)	CS 电阻短路		3		--
同步短路保护						
V _{SR}	判定副边共通 V _{CS} 阈值			2		V
T _{SR}	发生共通后 CS 持续导通时间(注 6)	副边发生共通到原边 MOS 关断			180	ns
N _{SR}	副边共通, 触发保护计数周期数(注 6)			3		--
输出短路保护						
V _{HICCUP}	DET<V _{HICCUP} 触发保护			0.65		V
T _{HICCUP}	超过 T _{HICCUP} , 芯片重启			45		ms
外置可编程输入欠压保护						
I _{BROWNOUT}	DET 电流小于 I _{BROWNOUT} , 进入保护 计时(注 6)	MOS 管开通	76	80	84	uA
T _{BROWNOUT}	计时超过 T _{BROWNOUT} , 触发保护		20	28	35	ms
I _{BROWNIN}	启动时的 DET 电流判定电流阈值 (注 6)		95	100	105	uA
N _{BROWNIN}	系统启动后 N _{BROWNIN} 个周期内, DET 电流小于 I _{BROWNIN} , 触发保护(注 6)			6		--
外置可编程 OTP						
V _{OTP1}	OTP 保护时, CS 检测阈值	V _{DET} ≤1.2V		0.58		V
V _{OTP2}	OTP 保护时, CS 检测阈值(注 6)	1.2V<V _{DET} ≤3V		V _{DET} /2		V
T _{SHOTP}	OTP 检测屏蔽时间(注 6)	续流阶段		1.3		us
T _{OTP}	OTP 保护计时(注 6)	超过此值, 触发保护	15	20	25	ms
内置 OTP						
T _{SD}	过温保护温度(注 6)			150		℃
T _{HYS}	过温保护迟滞(注 6)			30		℃
光耦输入端短路保护						
V _{OVP}	DET 脚位电压超过此值芯片进入		2.7	3.0	3.3	V

OVP 计数.					
T_{SHOVP}	开关管关断之后, OVP 判定屏蔽时间(注 6)		1.8		us
N_{OVP}	芯片 OVP 计数个数超过此值, 芯片 触发 OVP 保护(注 6)		3		--

注 4: 典型参数值为 25°C 下测得的参数标准。

注 5: 规格书的最小、最大规范范围由测试保证, 典型值由设计、测试或统计分析保证。

注 6: 设计保证。

内部结构框图

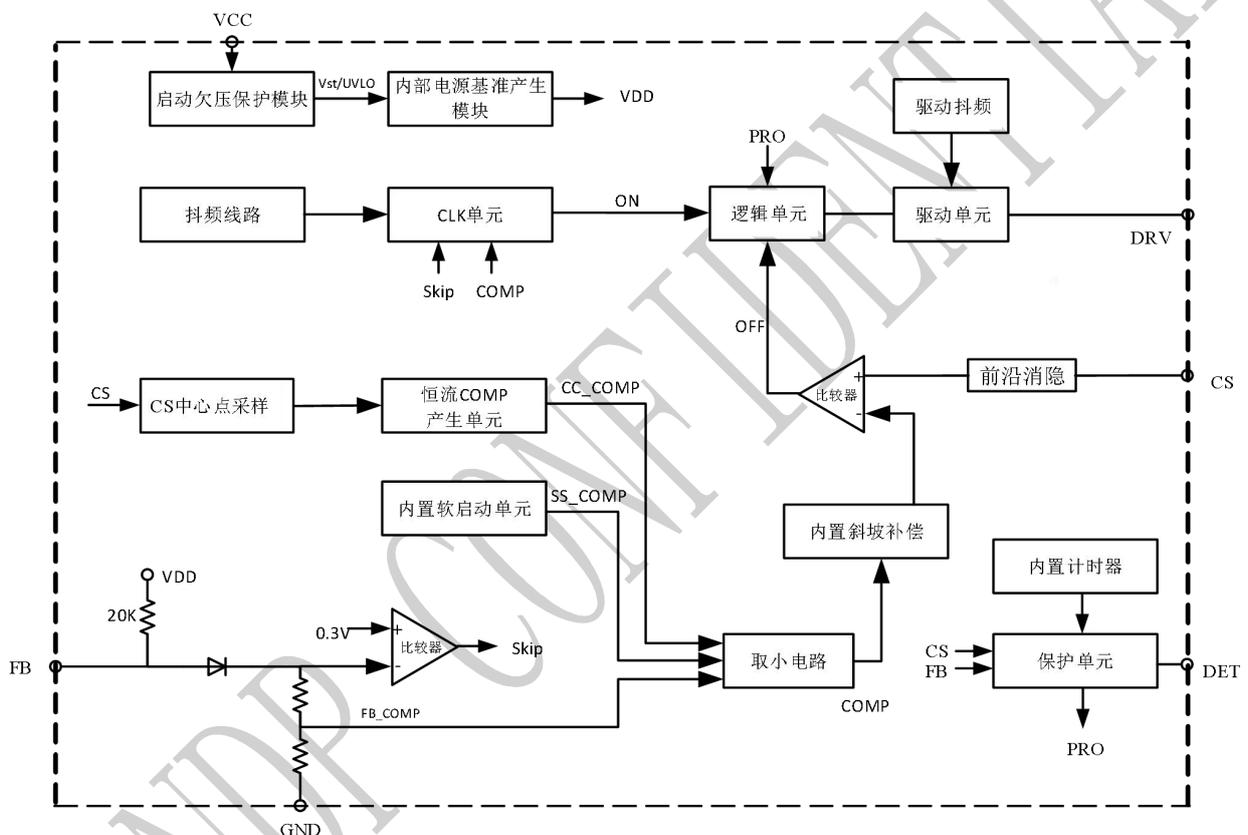
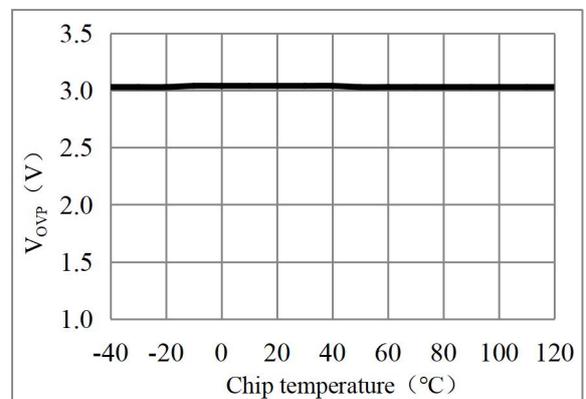
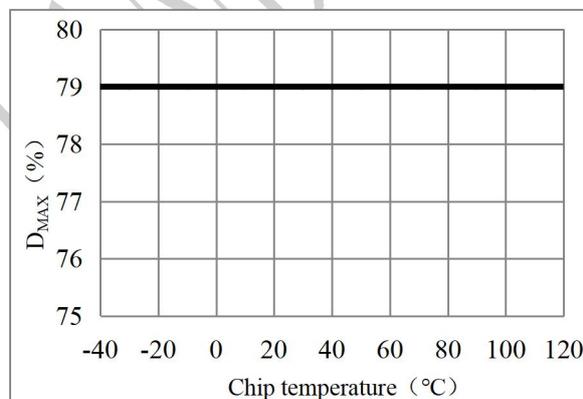
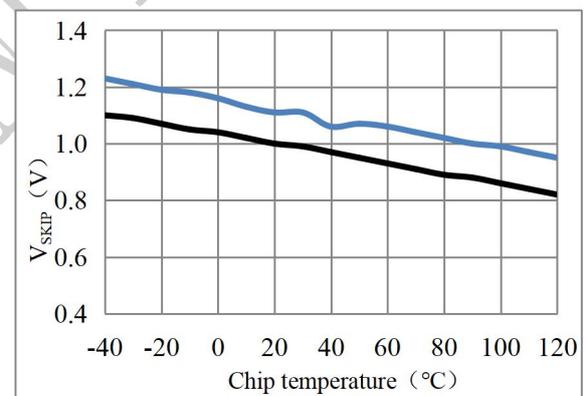
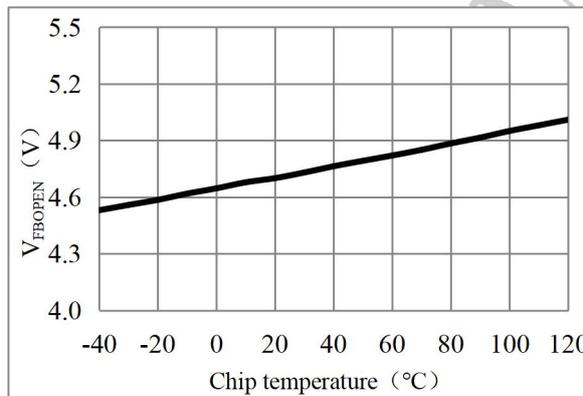
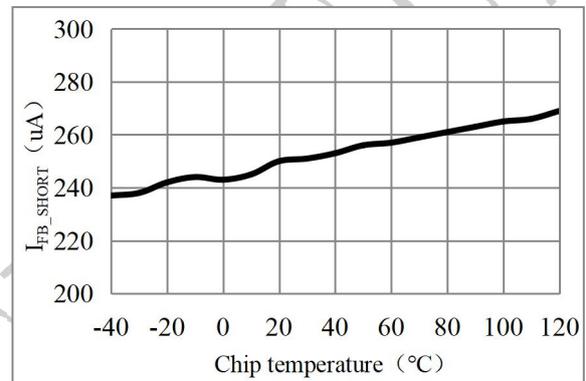
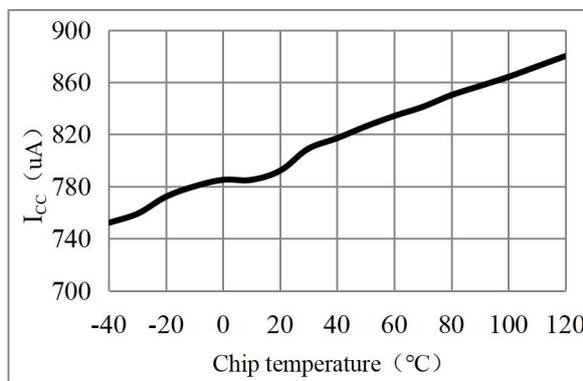
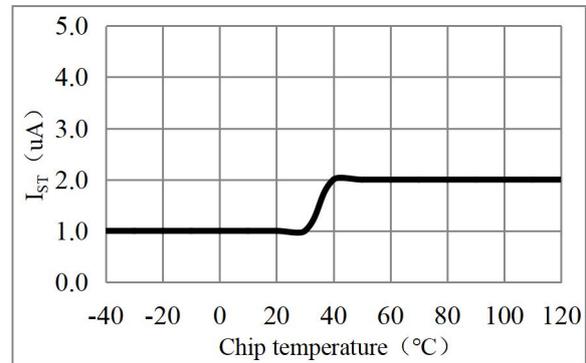
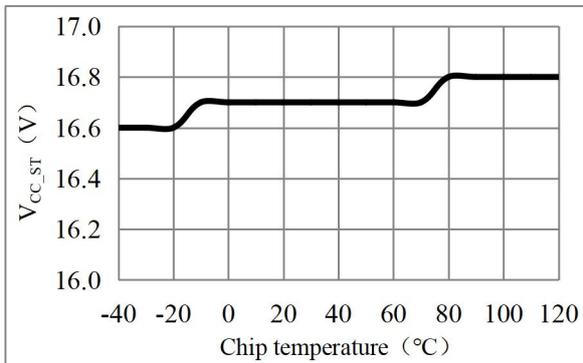


图 4 LP8778B 内部框图

电气特性图



应用信息

LP8778B 是一款适合于副边控制反激应用的恒压恒流控制器。LP8778B 采用特有的检测方式和算法，系统可以工作在恒压恒流输出状态。

启动

在芯片开始工作之前，芯片仅需 1uA 的启动电流，超低启动电流可以帮助增加启动电阻阻值以达到降低由母线电压流经启动电阻的电流和待机功耗的目的。系统上电后通过启动电阻 R_{ST} 对 V_{CC} 的电容进行充电，当 V_{CC} 电压达到芯片的开启阈值 V_{CC_ST} 时，芯片开始出脉冲工作，输出电压上升，之后 V_{CC} 电容持续为芯片供电直至输出电压建立后由辅助绕组 Na 为芯片供电。

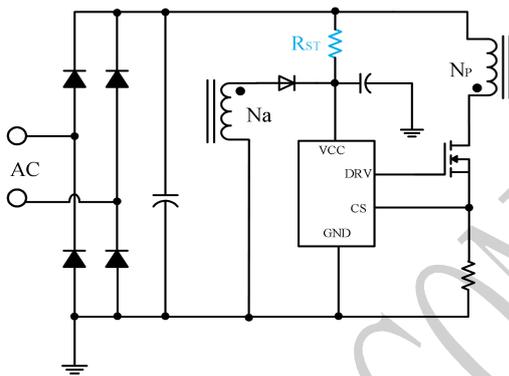


图 5

恒压控制

通过光耦连接 FB 脚位，恒压时输出带载大小控制 FB 脚位的电压高低；FB 脚位的电压高低调制 V_{CS} 和开关频率 F_{SW} ，从而达到恒压控制。如下图 6：

V_{CS} ：

当 $V_{FB} \geq 3.8V$ 时，

$$V_{CS} = V_{CSMAX}$$

当 $1.5V \leq V_{FB} \leq 3.8V$ 时：

$$V_{CS} = (V_{FB} - 0.7) / 3.8$$

当 $V_{FB} \leq 1.5V$ 时：

$$V_{CS} = V_{CSMIN}$$

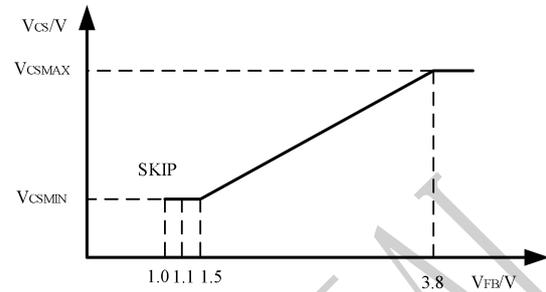


图 6

F_{SW} ：

频率调制曲线如图 7：

$V_{FB} \geq 2.3V$ 时：

频率维持 $F_{MAX} = 65KHz$

$1.65V \leq V_{FB} \leq 2.3V$ 时：

开始降低频率以提升平均效率

$V_{FB} \leq 1.65V$ 时：

频率维持 $F_{MIN} = 15KHz$

轻载或者空载时，系统工作在打嗝模式（ V_{FB} 下降到 1.0V，进入打嗝模式； V_{FB} 上升到 1.1V，离开打嗝模式；打嗝模式内开关频率是 F_{MIN} ）。

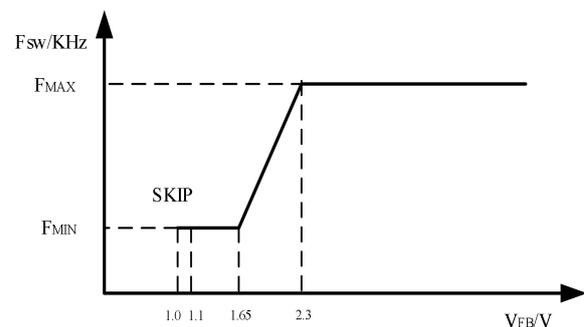


图 7

打嗝模式

LP8778B 为了解决轻载或空载状态下能量平衡的情况，采用打嗝模式，降低开关周期次数。当 V_{FB} 电压下降到 V_{SKIPIN} （典型值 1.0V）时，进入打嗝模式，不出开关脉冲；当 V_{FB} 电压上升到 V_{SKOUT} （典

型值 1.1V) 时, 离开打嗝模式, 出开关脉冲。打嗝模式能有效的提升系统效率和降低待机功耗。

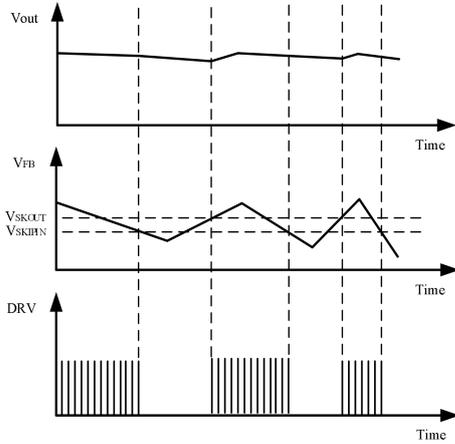


图 8

恒流控制

芯片采用特殊的检测和算法, 固定电流限流基准值 V_{REF_CCP} 来实现恒流功能, 恒流计算如下:

$$I_{out} = (V_{REF_CCP} \times \frac{N_p}{N_s}) / R_{CS}$$

I_{out} : 输出恒流电流

V_{REF_CCP} : 芯片内部电流限流基准值

N_p : 变压器初级匝数

N_s : 变压器次级匝数

R_{CS} : V_{CS} 采样电阻

软启动

LP8778B 内置典型值 9mS 的软启动功能, 通过启动阶段逐周期增加 V_{CS} 保护阈值的方式实现。此功能有利于避免变压器的饱和和降低副边二极管的应力。系统上电后通过启动电阻 R_{ST} 对 V_{CC} 的电容进行充电, 当 V_{CC} 电压达到芯片的开启阈值电压 V_{CC_ST} 时, EN 信号使 Q1 关闭, 电流源 I_{SS} 给电容 C_{SS} 充电; SS_COMP 电压从零缓慢增大并且开始计时, 在 9mS 时间内, SS_COMP 电压除以 4 得到 CS 的比较基准电压 SS_REF 且设定此软启阶段最大开关频率为 65KHz。计时 9mS 后, 与恒压环路做比较, 若恒压环路电压值较小, 则恒压环

路接管, 软启动结束。当芯片 UVLO 时, 断开 Q1, 关闭 Q2, 释放电容 C_{SS} 电压, 为下次软启动做准备。

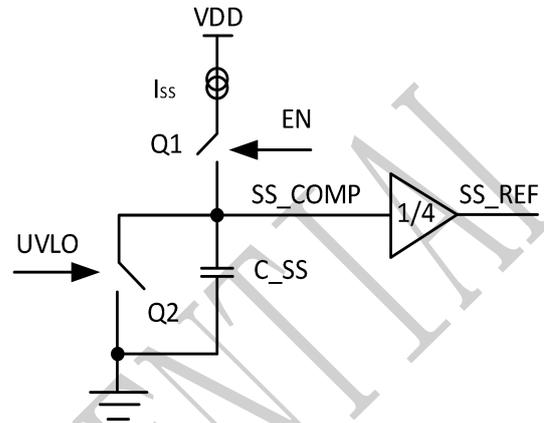


图 9

频率抖频

LP8778B 采用图 10 的频率抖频方式, 2mS 为一个大抖频周期, 一个大抖频周期平分 128 个阶段, 每个阶段的频率抖动幅度是 125Hz, 频率抖动总幅度是 $\Delta F_{sw}=8KHz$ 。通过此种抖频方式, 能够有效的改善系统 EMI, 特别是改善系统传导。

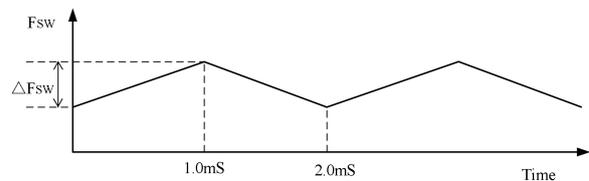


图 10

斜坡补偿

对于传统的电流模式控制, 如何避免在连续模式下, 当占空比超过 50% 时, 出现系统稳定性问题是关键。LP8778B 内部采用在采样电压信号上叠加斜率电压的方式实现斜率补偿, 这样极大的增加了系统工作在连续模式下的稳定性, 避免了次谐波振荡的产生且降低了输出电压纹波。

输入欠压保护

情况 1: V_{CC} 大于启动电压 V_{CC_ST} , 母线电压 V_{BULK} 由大变小, 相应的进 DET 脚电流也在减小, 当电流小于 $I_{BROWNOUT}$ 且持续 $T_{BROWNOUT}$ 时间后, 电流

若还小于 $I_{BROWNOUT}$ ，则判定发生 BROWNOUT 欠压保护，系统重启。

情况 2：系统上电后对 V_{CC} 电容进行充电当 V_{CC} 电压大于启动电压 V_{CC_ST} ，芯片出开关脉冲；此时检测进 DET 脚的电流，在 $N_{BROWNIN}$ 个周期内，电流若小于 $I_{BROWNIN}$ ，则判定发生 BROWNIN 欠压保护，系统重启。

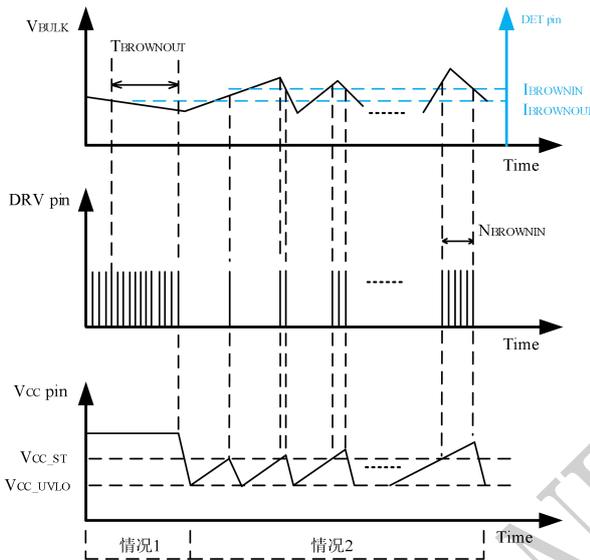


图 11

外置可编程的 OTP

开关关断时，辅助绕组的关断电压 V_a 通过图 12 虚框电路给 CS 充电；抬高 CS 脚位电压（图 13），屏蔽 T_{SHOTP} 时间后采样 CS 脚位电压与 V_{OTP} 比较，若高于设定值 V_{OTP} 且持续时间大于 T_{OTP} ，则判定发生 OTP 保护，系统重启。虚框回路可以选用适当的 NTC 电阻，利用 NTC 电阻的温度特性，调节 CS 充电电流的大小，从而达到外置可编程的 OTP 功能。

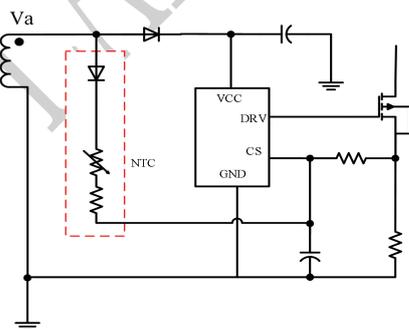


图 12

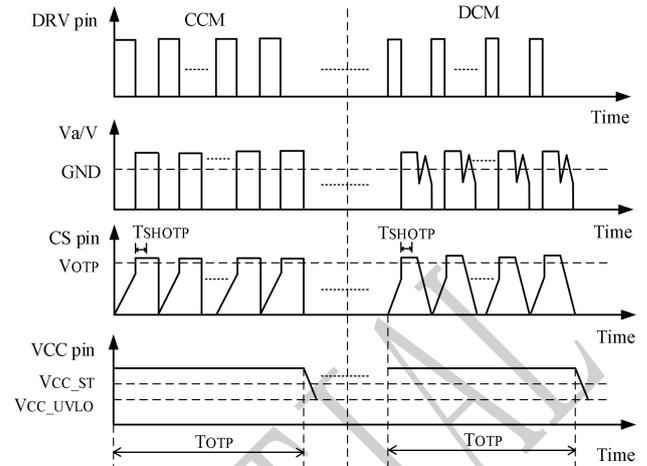


图 13

CS 电阻短路保护

当芯片工作时，突然检测到 V_{CS} 电压小于 50mV 且持续 3 个周期，则判定 CS 电阻短路保护，系统重启；当系统重启， V_{CC} 大于 V_{CC_ST} 时，检测到 V_{CS} 电压且只要 1 个周期内小于 50mV，则判定 CS 电阻短路保护，系统重启。

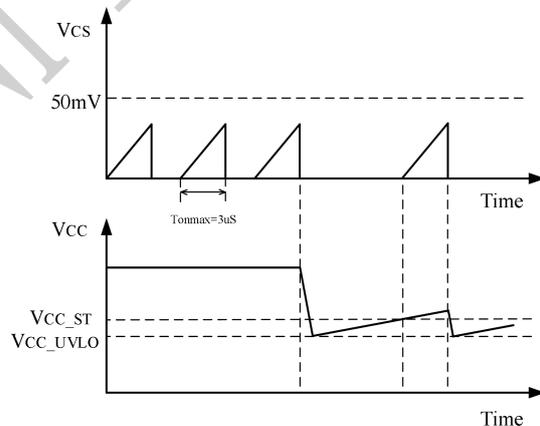


图 14

次级同步短路或共通保护

当芯片工作时，突然检测到 V_{CS} 电压大于 2V 且持续 3 个周期，则判定次级同步短路或共通，系统重启；当系统重启， V_{CC} 大于 V_{CC_ST} 时，检测到 V_{CS} 电压且只要 1 个周期内大于 2V，则判定次级同步短路或共通，系统重启。

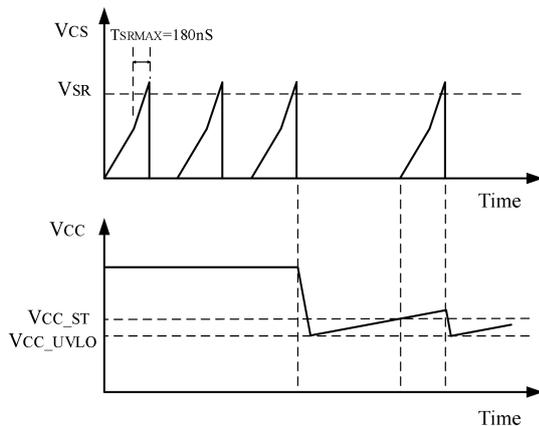


图 15

光耦输入端短路保护

DET 脚检测到的关断电压大于 $V_{OVP}=3.0V$ 且持续 3 个周期，则判断光耦输入端短路，触发保护，系统重启。

输出短路保护

当 DET 脚检测到的关断电压小于 V_{Hiccup} (典型值 $0.65V$) 且持续时间大于 T_{Hiccup} (典型值 $45mS$) 时，则判定输出短路保护，系统重启。

VCC 过压保护

当芯片正常工作，突然 V_{CC} 电压高于 V_{VCCOVP} 且持续 3 个周期，则判定发生 V_{CC} 过压保护，系统重启。

自动重启保护

一旦某种故障被检测到时，芯片立即停止开关动作，之后由于芯片无法通过辅助绕组供电而使得

V_{CC} 电压下降。当 V_{CC} 电压下降到关断电压 V_{CC_UVLO} 时保护逻辑被复位且芯片工作电流同时降低至启动电流 I_{ST} ，之后 V_{CC} 电压再次重新上升。当 V_{CC} 电压超过开启电压 V_{CC_ST} 时再次重新开关动作。如果故障仍然存在，那么系统将继续重复以上保护动作；否则系统恢复正常工作。依靠以上功能，系统可以针对性地开始和停止开关动作并直至故障消失。

PCB 设计

在设计 LP8778B PCB 时，需要遵循以下指南：

V_{CC} 旁路电容 C_{VCC} ：

C_{VCC} 需要紧靠芯片 V_{CC} 和 GND 引脚；

DET 引脚

接到 DET 的分压电阻必须靠近 DET 引脚，且节点要远离变压器原边绕组的动点

DRV 引脚

DRV 与外驱 MOS 的 Gate 连线尽量短

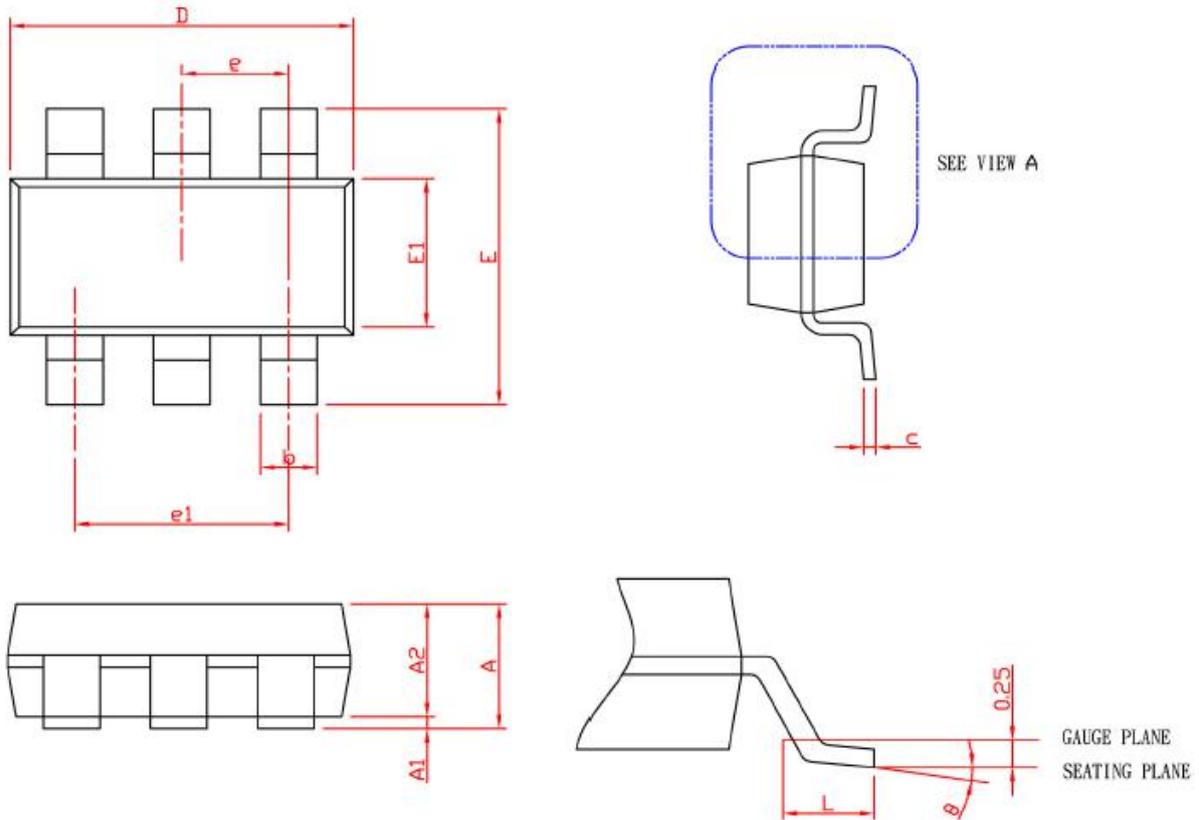
FB 引脚

FB 引脚尽量远离变压器原边绕组的动点

功率环路的面积

减小功率环路的面积，如变压器、功率管、母线电容的环路面积，以及变压器、续流二极管、输出电容的环路面积，以减小 EMI 辐射。

封装信息 (SOT23-6L)



SYMBOL	SOT23-6L			
	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
A		1.45		0.057
A1	0.00	0.15	0.000	0.006
A2	0.90	1.30	0.035	0.051
b	0.30	0.50	0.012	0.020
c	0.08	0.22	0.003	0.009
D	2.70	3.10	0.106	0.122
E	2.60	3.00	0.102	0.118
E1	1.40	1.80	0.055	0.071
e	0.95 BSC		0.037 BSC	
e1	1.90 BSC		0.075 BSC	
L	0.30	0.60	0.012	0.024
θ	0°	8°	0°	8°