BP870XD/BP870XBD

集成反激式 PWM 驱动芯片

概述

BP870X 是一系列高集成度、高效率、低待机功耗的电流模式 PWM 控制芯片，适用于全电压范围 90~265VAC 输入，30W 以内输出的 Flyback 变换器应用。

BP870X 系列芯片内部集成了 650V 高压 MOSFET，高压启动电路，支持 CCM 和 DCM 工作模式。重载下芯片工作于 65kHz 固定开关频率，中等负载时由 FB 反馈电压信号控制内部振荡器工作于降频模式，减小系统开关损耗。轻载和空载时工作于跳频模式，进一步降低系统开关损耗，使待机功耗小于 75mW。

BP870X 通过内部的分段软驱动电路结构，并加入频率调制技术，可以达到优异的 EMI 性能。芯片内置有斜坡补偿电路，以改善系统的稳定性，避免次谐波振荡。系统的跳频频率设置在 22kHz 以上，可以避免轻载时的音频噪声。

BP870X 内置多种保护，包括逐周期限流，过载保护（BP870XD）或恒功率输出（BP870XBD），短路保护，VCC 过压/欠压保护，过温保护等，使系统更加安全可靠。

BP870X 系列根据不同输出功率提供三个功率等级，均为 SOP-8 封装，满足 MSL-3 潮敏等级。

SOP-8 封装

特点

- 全电压范围（90~265VAC）满足六级能效，<75mW 待机功耗
- 内部集成 650V 高压 MOSFET
- 集成高压启动电路，无需外加启动电阻
- 内置软启动功能
- 频率调制及分段软驱动电路，优化 EMI 性能
- 满载固定 65kHz，最低工作频率 22kHz，无音频噪声
- 跳频模式，改善轻载效率
- 内置斜坡补偿，避免次谐波振荡
- 高低压引脚之间爬电距离>4mm
- 保护功能
  - 逐周期限流(OCP)
  - 输出过载保护(OLP)
  - 输出短路保护(SCP)
  - VCC 过压保护(OVP)
  - VCC 欠压保护(UVLO)
  - 过温保护(OTP)

应用领域

- QC / USB PD / 可编程 AC-DC 充电器
- 电源适配器
- AC-DC 辅助电源

典型应用

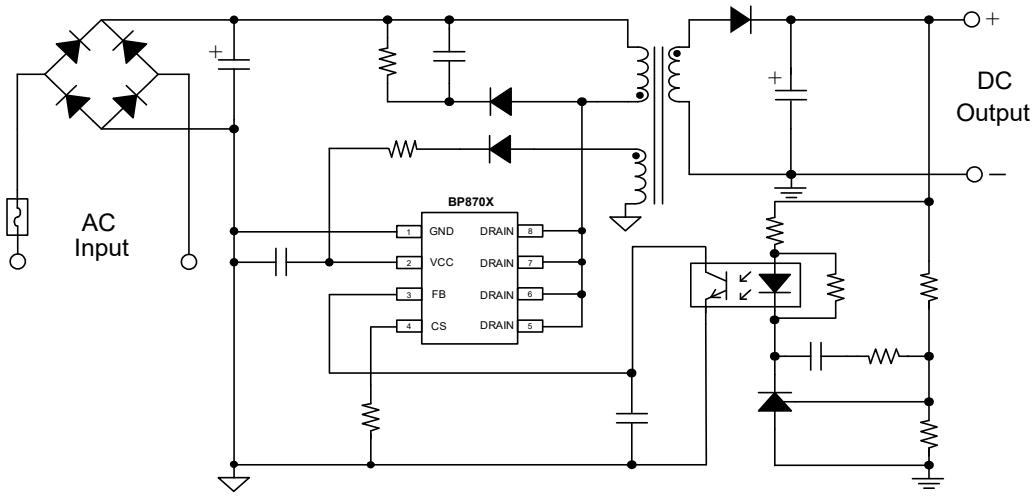
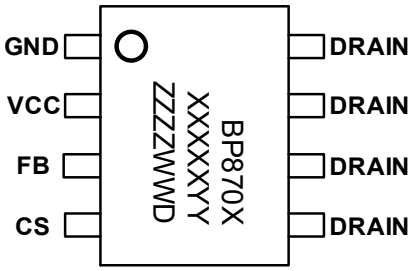


图 1. BP870X 系列典型应用电路

定购信息

定购型号	封装	包装形式	打印
BP8705D	SOP-8	卷盘 4,000 颗/盘	BP8705 XXXXXYY ZZZZWWD
BP8705BD	SOP-8	卷盘 4,000 颗/盘	BP8705B XXXXXYY ZZZZWWD
BP8708D	SOP-8	卷盘 4,000 颗/盘	BP8708 XXXXXYY ZZZZWWD

管脚封装



BP870X：产品型号
XXXXXYY：批次号
ZZZZ：内部标示
WW：周号
D：封装代码（D 代表 SOP-8）

图 2. SOP-8 管脚封装图

管脚描述

管脚号	管脚名称	描述
1	GND	芯片地
2	VCC	芯片电源端，建议接4.7uF以上VCC电容到地
3	FB	输出反馈控制端，连接到光耦集电极。光耦发射极连接到芯片地
4	CS	电流采样输入端，电流采样电阻接 CS 引脚和地之间
5、6、7、8	DRAIN	芯片内部高压 MOSFET 漏极，此引脚也向芯片内部提供高压启动电流

选型推荐表

型号	工作特点	输出功率（90～265VAC）(注 1)
BP8705D	过载保护	18W
BP8708D	过载保护	25W
BP8705BD	恒功率输出	18W

注 1： 最小连续输出功率，测试条件为封闭式塑料外壳，环境温度为 45°C。

极限参数(注 2)

符号	参数	参数范围	单位
V_{DRAIN}	内部高压 MOSFET 漏极到源极电压	-0.3~650	V
V_{CC}	V_{CC} 电压	-0.3~40	V
I_{CC_MAX}	V_{CC} 引脚最大电流	10	mA
V_{FB}	FB 反馈端电压	-0.3~7	V
Vcs	CS 引脚电压	-0.3-7	V
P_{DMAX}	功耗(注 3)	0.97	W
θ_{JA}	结到环境的热阻(注 4)	129	°C/W
T_J	工作结温范围	-40 to 150	°C
T_{STG}	储存温度范围	-55 to 150	°C

注 2：极限参数是指超出该工作范围，芯片有可能损坏。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 3：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 $P_{DMAX} = (T_{JMAX} - T_A)/ \theta_{JA}$ 或是极限范围给出的数字中比较低的那个值。

注 4：1 平方英寸双层 PCB 板，按照 JEDEC 标准测试。

电气参数(注 5)（无特别说明情况下，V_{CC} =18V, T_A =25°C）

符号	描述	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VCC 供电部分						
V_{CC_ON}	VCC 启动阈值电压	VCC 上升至 IC 开启	14.5	16	17.5	V
V_{CC_UVLO}	VCC 欠压保护开启电压	VCC 下降至 IC 关闭	6.2	7.2	8.2	V
V_{CC_HOLD}	VCC 保持电压	V_{FB}=0V, V_{CS}=0V		8.6		V
V_{CC_OV}	过压保护		34	36	38	V
t_{OVP_delay}	过压保护延时			8		cycle
I_{CC_ST}	启动电流	V_{CC}=14V,测试 VCC 端电流		1.6	5	μA
I_{CC}	工作电流	V_{CC}=18V, V_{FB}=3V, V_{CS}=0V	0.7	1.5	2.5	mA
I_{CH}	V_{CC} 电容充电电流	V_{CC}=0V, V_{DRAIN}=100V	180	240	300	μA
FB 反馈						
V_{FB_OPEN}	FB 开环电压		4.7	5.1	5.5	V
I_{FB_SHORT}	FB 短路电流		0.14	0.19	0.26	mA
V_{TH_OLP}	过载保护 FB 阈值	仅 BP870XD	4	4.6	4.8	V
t_{D_OLP}	过载保护延时	仅 BP870XD		90		ms
V_{FB_GREEN}	进入绿色模式 FB 阈值	V_{CC}=18V, V_{CS}=0V，FB 下降至 DRAIN 端频率低于 35kHz	2	2.2	2.4	V
$V_{FB_BURST_L}$	进入跳频模式电压阈值		1.3	1.4	1.5	V
$V_{FB_BURST_H}$	退出跳频模式电压阈值		1.4	1.5	1.6	V
振荡器						
f_{OSC}	振荡频率	V_{CC}=18V, V_{FB}=3V, V_{CS}=0V	59	65	71	kHz
D_{MAX}	最大占空比	V_{CC}=18V ,V_{FB}=3.3V,V_{CS}=0V	65	75	85	%
f_{BURST}	跳频频率		21.5	23.7	26	kHz
f_{PK_PK}	频率抖动峰-峰值			10		kHz
电流采样						
Z_{CS_IN}	CS 脚输入阻抗			40		kΩ
V_{CS_INT}	CS 初始限流值	V_{CC}=18V, V_{FB}=3V, Duty=0	0.74	0.77	0.81	V
V_{CS_PK}	CS 最大限流值	Duty=D_{MAX}		1		V
t_{OFF_Delay}	MOSFET 关断延时	T_J=25°C		100		ns
t_{LEB}	前沿消隐时间	T_J=25°C		400		ns
t_{SS}	软启动时间			4		ms
功率管						
R_{DS_ON}	功率管导通阻抗	BP8705D/ BP8705BD		1.8	2.5	Ω
		BP8708D		0.67	0.8	Ω

符号	描述	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{DSS}	功率管关断漏电流	V_{CC}=18V,V_{DS}=650V,V_{FB}=0V BP8705D/ BP8705BD			10	μA
		V_{CC}=18V,V_{DS}=650V,V_{FB}=0V BP8708D			10	μA
BV_{DSS}	功率管的击穿电压		650			V
V_{DS_SUP}	漏极启动电压				40	V
过热保护						
T_{OTP}	过温保护阈值			150		℃

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。

内部结构框图

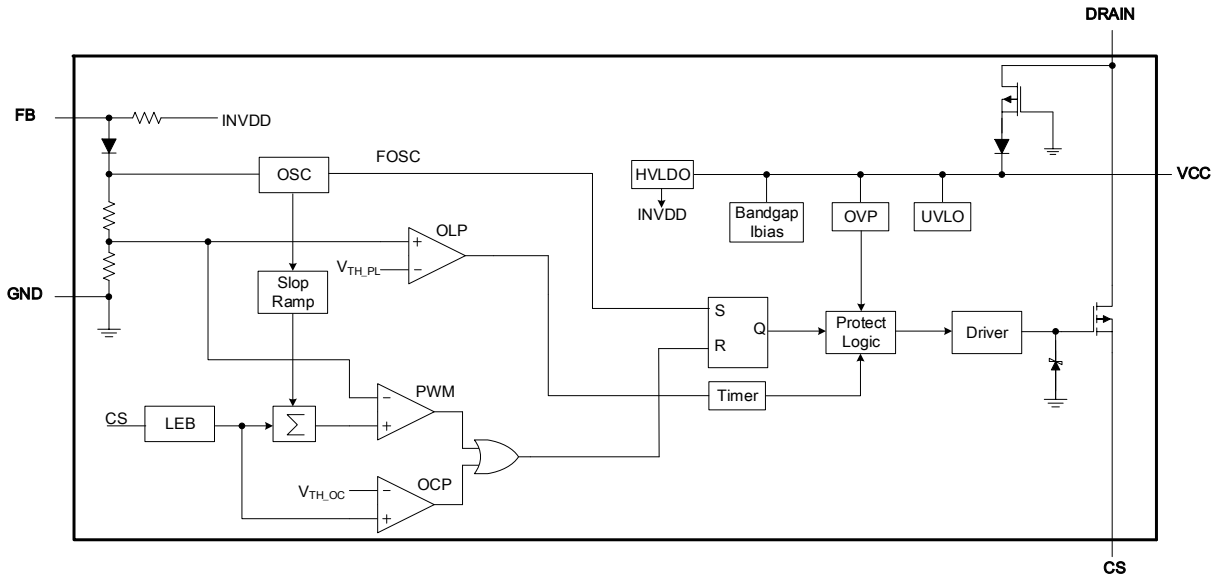


图 3. BP870X 系列内部框图

功能描述

BP870X 系列产品为电流模式 PWM 开关电源控制芯片，内置 650V 高压 MOSFET 以及高压启动电路，不仅外围电路非常简洁，节省了系统成本和体积，而且省去了启动电阻的功耗，能轻松通过最新能效指标对待机功耗的要求。BP870X 支持 CCM 和 DCM 工作模式，低压输入时工作于 CCM 可以降低初级和次级电流有效值，从而提高整机效率；高压输入时工作于 DCM 可以降低开关损耗和次级整流管反向恢复电流，提升效率的同时有利于通过辐射 EMI 测试。BP870X 通过分段驱动 MOSFET，并加入频率调制，可以达到优异的 EMI 性能。BP870X 提供了丰富的保护功能，使系统很容易满足各种可靠性指标要求，因此特别适合于 QC/PD/PPS 手机快充和高端适配器应用。（**注 6：**以下描述到的参数均为电气参数列表中的典型值，除非特别说明是最大或最小值）

高压启动与 VCC 欠压保护

BP870X 系列产品集成了高压启动电路，无需外加启动电阻。系统上电后，当母线电压达到芯片漏极启动电压 V_{DS_SUP} 时，内部高压启动电路通过 DRAIN 端对 VCC 电容充电，充电电流为 I_{CH}（240μA）。当 VCC 电压上升到启动阈值电压 V_{CC_ON}（16.5V）时，充电电路关闭，芯片开始工作（图 4 所示）。因此，启动延迟时间为：

$$t_{START} = C_{VCC} * \frac{V_{CC_ON} - V_{CC_INT}}{I_{CH}}$$

其中，C_{VCC} 为 VCC 电容值，I_{CH} 为充电电流，V_{CC_INT} 为初始 VCC 电压值。此时，VCC 电容给芯片提供工作电流，直到辅助绕组电压建立起来给 VCC 供电。当 VCC 电压下降到欠压保护电压 V_{CC_UVLO} 时，芯片停止工作，高压启动电路重启对 VCC 电容充电，直到 V_{CC_ON}。因此，VCC 电容需要足够大，以至于启动时在辅助绕组电压没有建立起来之前，VCC 电压不会下降到 V_{CC_UVLO}。然而，过大的 VCC 电容不仅会增加成本，也会增加启动时间，通常建议使用 4.7~22μF/50V 的电解电容。很多情况下由于 PCB 布局限制，电解电容离芯片较远，在干扰复杂的环境中，通常建议在 VCC 和 GND 脚之间放置一个 0.1uF 的瓷片电容，并靠近芯片，以提升芯片的抗干扰能力和抗 ESD 能力。

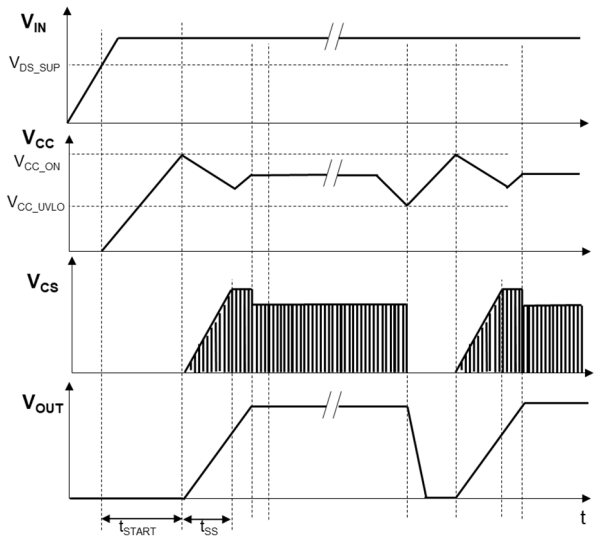


图 4．高压启动与 VCC 欠压保护时序

软启动

芯片内置 4ms 软启动时间。在软启动过程中，控制电路限制 MOSFET 峰值电流，使其从零逐渐增加到最大值，以减小开机时 MOSFET 上的电压和电流应力。由于启动时输出电压一般较低，MOSFET 关断期间输出电压对变压器的去磁较少，原边电流在开通时间内逐渐累积增大，可能超过 MOSFET 安全工作区而导致失效。软启动电路通过控制启动过程中 MOSFET 峰值电流逐渐增加（图 4 所示），可以避免原边累积过大的电流，从而降低 MOSFET 电压电流应力和降低次级二极管的电压尖峰。每一次重启都会经历一次软启动过程。

频率控制

BP870X 系列芯片采用 PWM/PFM 多模式控制技术，能有效提高平均效率，降低系统待机功耗。重载下芯片工作于 PWM 模式，固定开关频率 f_{OSC}（65kHz）。随着负载减小，FB 电压降低到一定值后，芯片进入 PFM（绿色）模式，开关频率随负载减小而降低（如图 5 所示）。降低开关频率的好处是减小了开关损耗，提高了轻载时的效率，从而提高系统的平均效率，满足六级能效要求。为了避免音频噪声，开关频率的最小值设定为 f_{BURST}（23.7kHz）。负载继续降低时，开关频率不再继续下降，芯片进入跳频模式：当 FB 电压降低到阈值 $V_{FB_BURST_L}$ 时，芯片关闭驱动信号，输出电压开始逐渐降低，FB 电压上升，当 FB 电压升高到阈值 $V_{FB_BURST_H}$ 时，芯片又开启驱动信号，如此循环。跳频模式降低了平均开关频率，进一步减小开关损耗，使得系统待机功耗很容易满足 <75mW 的要求。

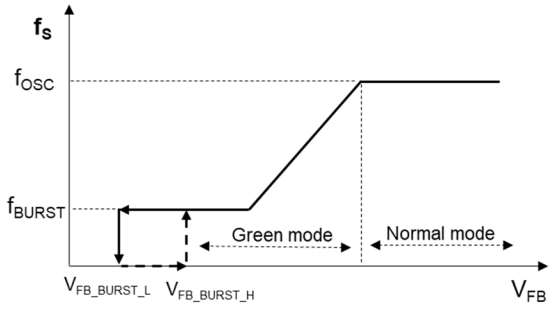


图 5. 频率控制曲线

频率调制

BP870X 采用了频率调制技术，对开关频率进行一定的调制，分散了噪声的频谱分布，可以降低 EMI 的平均值和准峰值。能有效降低 EMI 传导干扰，简化系统 EMI 设计。

电流检测

BP870X 通过外部电阻采样 MOSFET 电流，对其逐周期限制，以实现电流模式控制。当 CS 引脚电压超过 FB 引脚电压设定的限制值时，在该周期剩余阶段会关断功率 MOSFET，直到下一个开关周期开始。内置前沿消隐(Leading Edge Blanking)时间 t_{LEB} 可以避免由于外部电路的容性或次级二极管的反向恢复导致 MOSFET 在开通瞬间出现的电流尖峰误触发 MOSFET 关断（如图 6 所示）。因此，CS 引脚无需外加 RC 滤波网络。

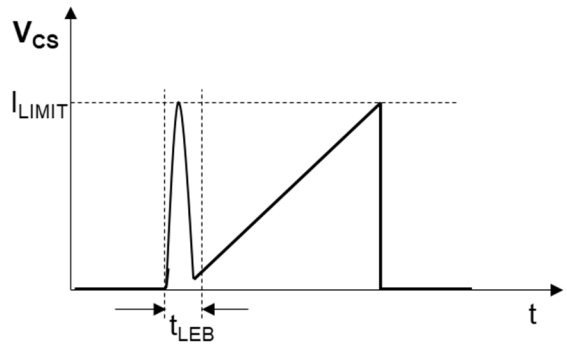


图 6. 前沿消隐

输入线电压补偿

在没有输入电压补偿的情况下，由于 MOSFET 关断延迟时间的存在，初级限流值随输入电压变化差异很大，输入电压越高，初级限流值越大，最大输出功率也随着增加。同时，在相同的频率和峰值电流下，CCM 输出功率也会小于 DCM，导致低压输入时输出功率受限。为了实现高低压输入时最大输出功率相同，BP870X 对初级限流值进行了补偿，使初级限流值随 MOSFET 导通时间增加而增大（如图 7 所示）。因此，高输入电压下导通时间短，限流值低；相反，低输入电压下导通时间长，限流值高。这种通过检测开通时间而对初级电流的补偿，实现了全输入电压范围内功率限制值恒定。改变电流采样电阻值可以改变恒功率的大小。

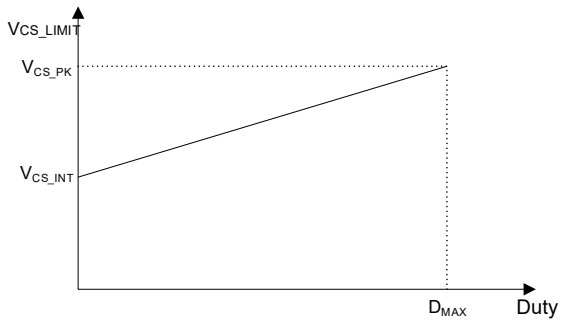


图 7. 输入线电压补偿

斜坡补偿

峰值电流控制变换器工作于 CCM 模式且占空比大于 50%时，存在次谐波振荡问题，为避免此问题，芯片内置了斜坡补偿电路。斜坡补偿的方式为在电流取样信号上叠加斜坡信号。

输出过载保护(仅 BP870XD)

BP870XD 提供了输出过载保护功能，当输出过载时，FB 电压升高超过 V_{TH_OLP}，并且持续时间达到 T_{D_OLP} 后，芯片停止开关动作。VCC 电压开始下降，当下降到 V_{CC_UVLO} 时，系统复位，重新开始高压启动。BP870XBD 没有此功能，当输出过载时，以恒定功率输出。

VCC 过压保护

当 VCC 电压高于 V_{CC_OV}，并持续 t_{OVP_delay} 时间后，芯片停止开关动作。VCC 电压开始下降，当下降到 V_{CC_UVLO} 时，系统复位，重新开始高压启动。

过温保护

BP870X 系列芯片均内置了过温保护电路，当结温达到过温保护阈值 T_{OTP} (150°C)时，芯片会停止工作。VCC 电压开始下降，当下降到 V_{CC_UVLO} 时，系统复位，重新开始高压启动。当 VCC 再次达到 V_{CC_ON} 时，如果温度还是处于 150°C以上，那么再次停止工作，直到温度低于 150°C。

PCB Layout 指南

在设计 BP870X PCB 时，需要遵循以下建议：

1) VCC 电容尽可能靠近 VCC 和 GND 引脚放置，如果由于 PCB 布局限制，电解电容离芯片较远，通常建议在 VCC 和 GND 脚之间放置一个 0.1uF 的瓷片电容，并靠近芯片，以提升芯片的抗干扰能力和抗 ESD 能力。

2) 光耦的信号地应单点接地到芯片地，通常放置一个 1nF 的瓷片电容在 FB 和 GND 脚之间，紧靠芯片。

3) 连接光耦的反馈信号线不要铺大铜皮，以避免容易受到干扰。走线尽可能短，并远离变压器、MOSFET 漏极、初级钳位电路、辅助绕组等强干扰源。当光耦离芯片较远时，反馈信号线和信号地线应并排走线，以减小环路面积。

4) 为了降低辐射干扰，应减小高频功率环路面积。初级母线电容、变压器绕组和芯片组成的环路面积尽可能小；次级绕组、二极管和输出滤波电容组成的环路面积尽可能小；初级绕组和钳位电路组成的环路面积尽可能小。

5) 芯片的 DRAIN 脚（MOSFET 漏极）能很好地起到散热作用，是器件散热的主要途径。但是由于芯片 DRAIN 属于 EMI 动点，在满足散热的条件下铺铜面积应尽量小。

6) 应将 Y 电容放置在初级输入滤波电容正端和次级滤波电容地之间。如果在输入端使用了π型 EMI 滤波

器，那么滤波电感应放置在输入滤波电容的负极之间。

7) 辅助绕组的地端应直接连接到母线电容的负端。

8) ESD 放电针应直接连接在初级输入滤波电容正端和次级滤波电容地或者输出正端之间，并远离芯片控制电路。

设计实例

实例 1 如图 8 所示，使用 BP8705BD 设计的一个全电压输入，18W 输出的高效率小体积 QC 快充实例，该方案满足 QC3.0 对恒功率输出的要求。效率满足 6 级能效要求。

电源输入端包含 F1，BG1，L2，EC1，EC2。其中 F1 为保险丝，在电源故障状态下起保护作用。L2 和 EC1，EC2 组成π形滤波，改善电路 EMI 性能。

主功率电路包含 BP8705BD，变压器 T1，电流采样电阻 R3、R4，输出同步整流 U3，输出电容 EC4。变压器选用 PQ2014，同步整流选用兼容 CCM 和 DCM 的预关断模式控制芯片 BP6211B，集成 60V MOSFET。EC4 为 ESR 较小的固态电容，以达到较小的输出电压纹波。

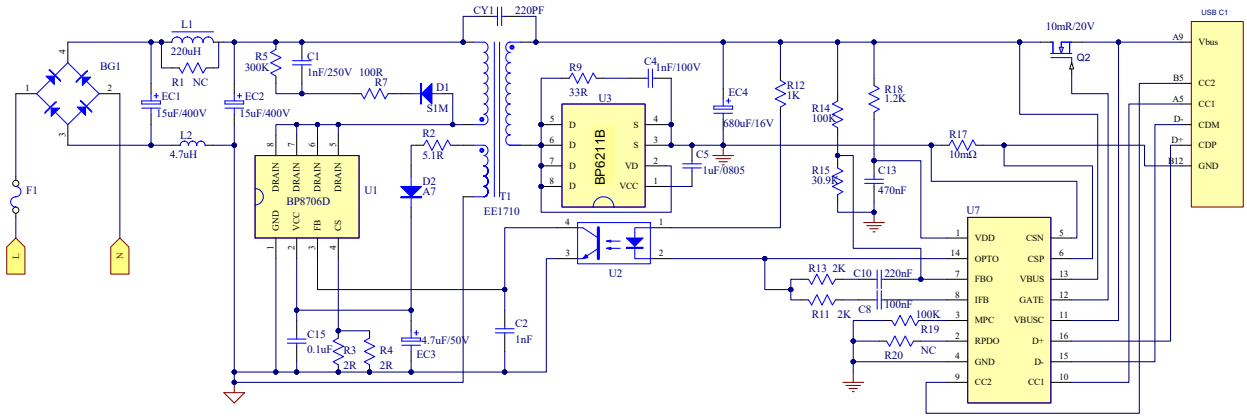


图 8. 18W QC 应用电路图

特性曲线

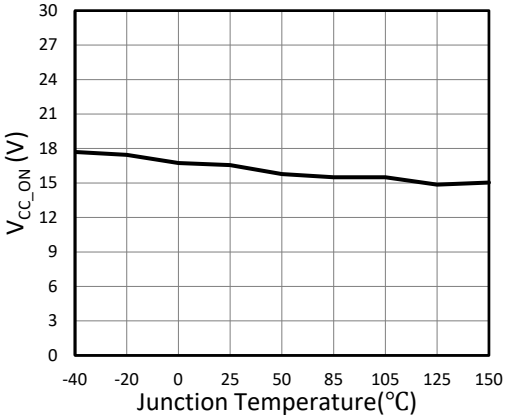


图 9. V_{CC_ON} vs. Temperature

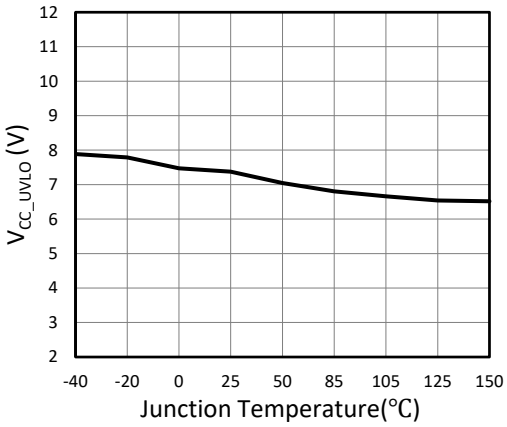


图 10. V_{CC_UVLO} vs. Temperature

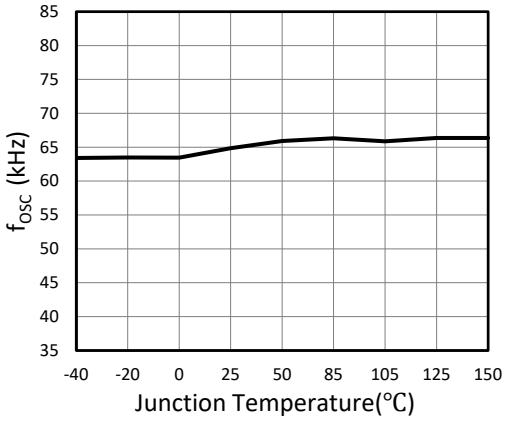


图 11. f_{OSC} vs. Temperature

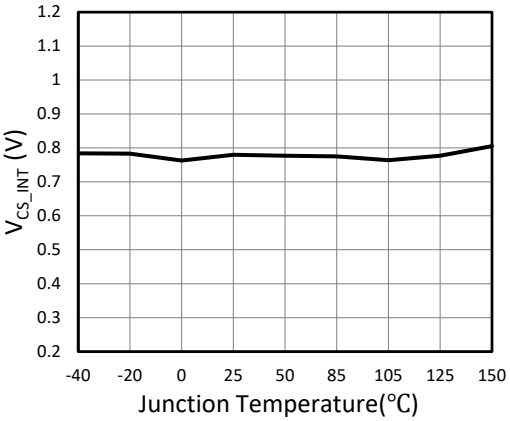


图 12. V_{CS_INT} vs. Temperature

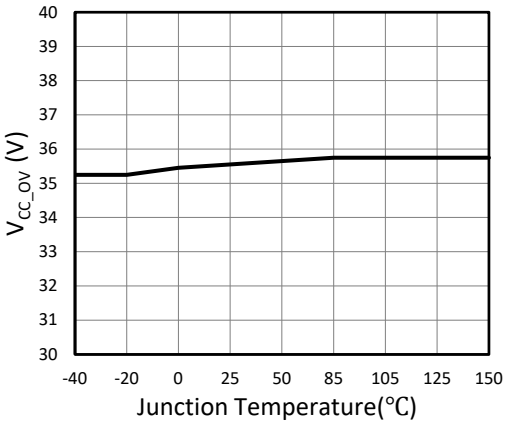


图 13. V_{CC_OV} vs. Temperature

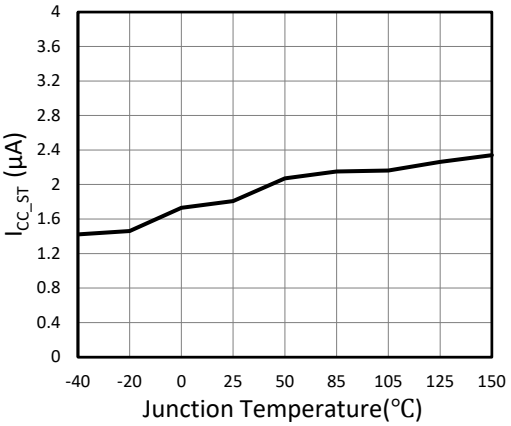
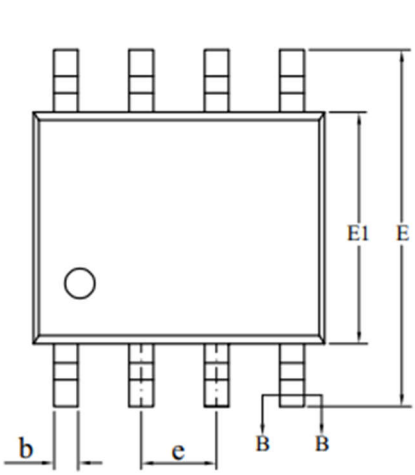
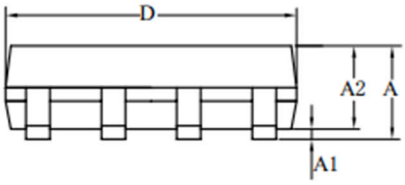


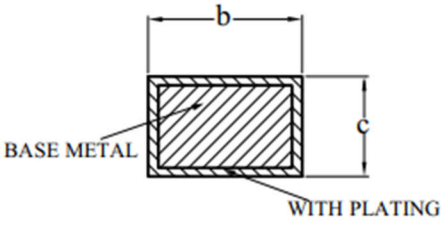
图 14. I_{CC_ST} vs. Temperature

封装信息

SOP-8 封装外形尺寸







SECTION B-B

SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	1.30	—	1.80
A1	0.05	—	0.25
A2	1.25	1.40	1.65
b	0.33	—	0.51
c	0.17	—	0.25
D	4.70	4.90	5.10
E	5.80	6.00	6.30
E1	3.70	3.90	4.10
e	1.27BSC		
L	0.40	—	1.00

版本信息

版本	日期	记录
Rev. 1.0	2021/7	正式发行
Rev. 1.1	2021/10	增加型号 BP8708D
Rev.1.2	2022/5	更新输入线电压补偿描述
Rev.1.3	2024/10	增加潮敏等级描述、删除型号 BP8706D / BP8706BD

免责声明

晶丰明源尽力确保本产品规格书内容的准确和可靠，但是保留在没有通知的情况下，修改规格书内容的权利。

本产品规格书未包含任何针对晶丰明源或第三方所有的知识产权的授权。针对本产品规格书所记载的信息，晶丰明源不做任何明示或暗示的保证，包括但不限于对规格书内容的准确性、商业上的适销性、特定目的的适用性或者不侵犯晶丰明源或任何第三人知识产权做任何明示或暗示保证，晶丰明源也不就因本规格书本身及其使用有关的偶然或必然损失承担任何责任。