

FT833A11 产品应用设计指南

概述

FT833A11 是一款高性价比的原边恒流 LED 驱动 IC，芯片工作在电感电流断续模式，适用于 85Vac~265Vac 全电压输入范围且输出功率在 6W 以下的反激式隔离 LED 驱动电源。

应用范围

- Ø LED 射灯（如 GU10 等）
- Ø LED 蜡烛灯
- Ø LED 球泡灯
- Ø 其他 LED 照明

特点

- Ø 无需光耦及 431 次边元件
- Ø 无需变压器 VCC 辅助供电绕组
- Ø 上电起机时间超快（<100mS@90Vac）
- Ø 内置高压 650V MOSFET
- Ø 输入线性调整率小于+/-5%
- Ø LED 输出恒流精度小于+/-3%
- Ø 输出多功能保护模式，如 SCP，OVP，OTP 等
- Ø 内置过温保护功能
- Ø 外围元件十分简单，超低物料成本

IC 脚位配置及封装图

脚位	名称	功能描述
1	CS	电流取样
2	GND	IC.的接地
3	VCC	VCC供电
4	TP	测试Pin, 必须悬空
5	DRAIN	内置MOSFET的漏极
6		
7	NC	悬空
8		

表 1. IC 脚位配置及功能描述

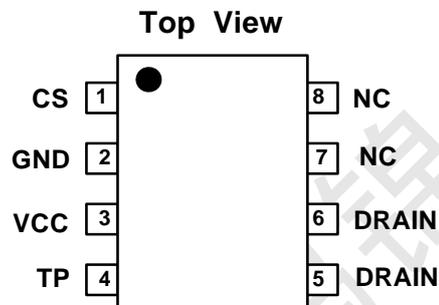


图 1. SOP-8 封装顶视图

典型应用电路

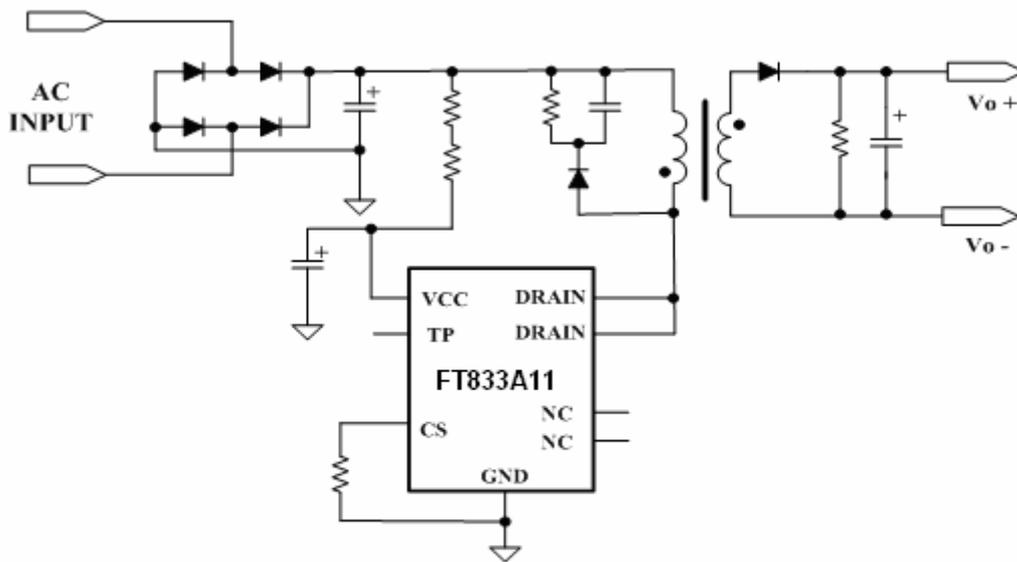


图 2. 典型应用电路

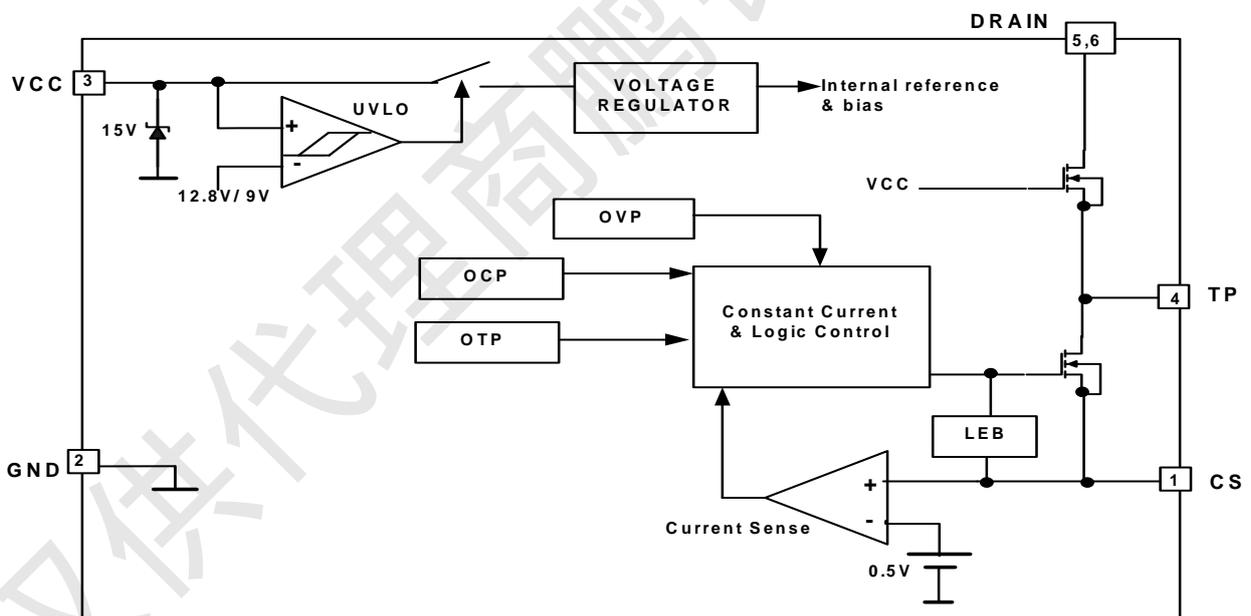


图 3. 内部框图

功能描述

启动控制

FT833A11的启动电流很低，典型值是26uA.. 当系统开始上电时，通过启动电阻给VCC电容充电，一旦VCC电容上的电压达到VCC启动开启电压，FT833A11将开始工作，FT833A11的VCC电压被嵌位在15V. 由于较低的启动及正常工作电流，VCC辅助供电绕组可以省掉。

恒流控制

FT833A11 是采用的逐周期电流检测。通过内部电流比较器的0.5V 参考电压与CS脚上的实际检测电压进行比较；当CS脚上的电压达到0.5V, 内部MOSFET将关断，

通过下面公式计算初级峰值电流：

$$I_{P_PK} = \frac{500}{R_{CS}} (mA)$$

流过LED的电流 I_o 计算如下，

$$I_{OUT} = \frac{I_{P_PK}}{2} * \frac{N_P}{N_S} * K$$

这里，

N_P : 变压器初级绕组匝数，

N_S : 变压器次边绕组匝数

I_{P_PK} : 变压器初级绕组的峰值电流

K: 一个常数，即Tdis/T之比

前沿消隐信号 (LEB)

MOSFET 在每周期开启瞬间，在 CS 脚上会不可避免地产生电压尖峰，在每个周期开启瞬间，IC 内部将会禁止采样大约 500nS 时间；也就是在这 500nS 的时间里 IC 内部 MOSFET 不会关断，不管电压尖峰多高。确保 FT833A11 内部 MOSFET 不会提前误关断。

工作频率

FT833A11是工作在电感电流不连续模式(DCM)；不需要外部环路补偿元件就可以维持系统稳定。最大工作频率建议在50KHz~70KHz, 如果最大工作频率设置太高，将会影响输出LED灯的最大串数；如果最大工作频率设置太低，LED的开路输出电压将会上升太高。为了确保系统工作稳定，在

FT833A11内部具有限制最大与最小工作频率限制功能。

开关频率计算由下式给出。：

$$f = \frac{K^2 N_P^2 * V_{LED}}{2 * N_S^2 * L_P * I_{LED}}$$

在这里，

L_P 是变压器初级绕组的电感量；

K是一个常数，即Tdis/T比值。

过电压保护 (OVP)

当 LED 输出端开路，输出过高的电压将会触发 FT833A11 芯片内部过电压保护逻辑电路，系统立即停止开关，系统 VCC 电压将会被拉低然后再给 VCC 电容充电，随即进入打嗝模式。

LED 短路保护

当系统检测到输出 LED 端存在短路时，系统将保持 5KHz 的频率工作，使系统输入功率损耗降到最低。

过温保护

FT833A11 内部具有过热保护功能。FT833A11 内部过温保护门槛设置在 150 度,迟滞窗口是 25 度。当 FT833A11 内部芯片的温度上升到过热温度门槛值时，内部 MOSFET 将立即被关断，直到芯片的温度低于触发点的温度值大约 25 度以下；内部芯片 MOSFET 又开始打开导通。

一. 应用设计举例

1. 设计步骤

在系统应用设计中，变压器设计时最重要的一个环节。在变压器设计中，系统工作频率，磁芯最大磁通密度以及系统工作模式是变压器设计中需要考虑的主要因素。下面以一个 3-5W LED 球泡灯的驱动电源设计为例，详述了设计步骤及 EXCEL 计算表格使用介绍。

以下是在本系统应用设计涉及到的专业参数名称描述：

Vac_min: 最小交流输入电压；

Vac_max: 最大交流输入电压；

Vdc_min: 输入母线电压最小值；

Vdc_max: 输入母线电压最大值；

C1: 主输入电容的容值；

T: 开关管工作周期；

f: 开关管工作频率；

FL: 交流输入电压频率；

Ton: 功率三极管开通时间；

Tdis: 输出电感放电时间；

L: 初级电感量；

Ls: 次级电感量；

Ipk: 初级电流峰值；

Ipks: 次级电流峰值；

Np: 初级线圈匝数；

Ns: 次级线圈匝数；

Naux: 辅助绕组线圈匝数；

Nps: 初次级线圈匝数比；

Vo: 输出电压；

Io: 输出电流；

V_D: 输出二极管的正向压降；

Vs: Vo 与 V_D 之和；

Vaux: 辅助绕组供电电压；

η: 系统整机转换效率；

K: 芯片内部设定的比例参数；

Rcs: 初级电流采样电阻；

输出: Vo=16.5V(LED Vf=3.3V), Io=300mA;

系统工作频率 f=65KHZ;

恒流比例系数 K=0.5 (K=Tdis/T)

磁芯规格: EE13;

磁芯截面积: Ae =17.2mm²;

最大磁通密度: Bm=270mT;

系统整机转换效率: 85%;

将以上参数设定好填入设计表格中的输入部分。

输入部分				
参数	数值	单位	描述	说明
Vac_min	90	V	最小输入电压 (AC)	
Vac_max	265	V	最大输入电压 (AC)	
FL	50	Hz	输入交流电压的频率	
η	85	%	整机效率	
Vout	16.5	V	输出电压	
Iout	0.3	A	输出电流	
Fsw	65	KHz	最大开关频率	
K	0.5		恒流比例系数	
Min Tdis	5	us	次级最小放电时间	
磁芯规格	EE13		可以查找相应的表格	
Ae	17.2	mm ²	磁心的截面积	
Bm	270	mT	磁心的最大磁通密度	建议取250-300mT之间

表 2. 设计表格输入部分

1). 设定已知参数

交流输入电压:

Vac_min=85V, Vac_max=265V;

输入交流电压频率 FL=50Hz;

2). 确定输入电容 C1

根据经验，当输入交流电压范围为 90~264V 时，输入电容 C1 一般根据输入功率来选择，其典型值为 2uF/W，由于输出为 16.5V0.3A，Excel 表格中计算出 C1 推荐值为 9.90uF，在实际应用中，为了降低成本，可选择 6.8uF，所以在设计表格的 C1 修正值中填入 6.8。

3). 确定最低 BUS 电压和最高 BUS 电压

如图 16 所示，一般 AC 给电容 C1 充电时间 $T_c=3ms$ 左右，所以最低输入母线电压可以由下式计算：

$$V_{dc_min} = \sqrt{2 \times V_{ac_min}^2 \frac{2 \times V_o \times I_o \times (\frac{1}{2 \times FL} - T_c)}{\eta \times C_{bulk}}} \quad (5)$$

$$= \sqrt{2 \times 90^2 - \frac{2 \times 16.5 \times 0.3 \times (10 - 3)}{0.85 \times 6.8 \times 10^{-6} \times 1000}}$$

$$= 64.9V$$

最大输入母线电压为：

$$V_{dc_max} = \sqrt{2} \times V_{ac_max} = 371 V \quad (6)$$

Excel 表格会自动计算出上面的值，以便后面计算。

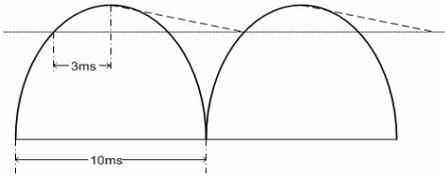


图 10：输入母线电压波形(虚线)

4). 确定最大匝比

这款原边反馈控制芯片要求系统在任何条件下都工作在不连续电流模式(DCM)，如图 17，系统要工作在 DCM，则需要满足：

$$T \geq T_{on} + T_{dis} \quad (7)$$

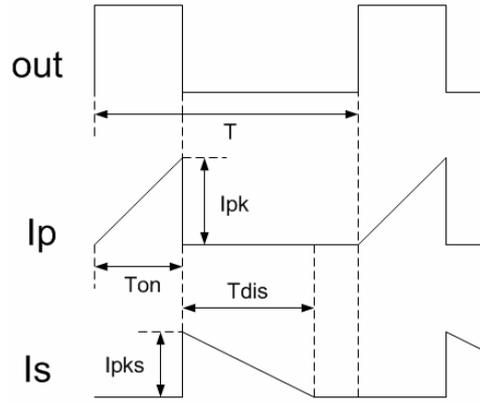


图 11：主要波形

经过公式推导，可以转化为：

$$N_{ps} \leq V_{dc_min} \times (\frac{1}{k} - 1) \times (\frac{1}{V_o + V_D}) \quad (8)$$

$$= 64.9 \times (\frac{1}{0.5} - 1) \times (\frac{1}{16.5 + 1.0}) = 3.71$$

所以为了保证工作在 DCM 状态下，理论上，选择的 Nps 不能大于上面的计算值，这里考虑到实际变压器绕组耦合误差，我们选择 Nps=3.8。

5). 计算初级尖峰电流 Ipk 和电流采样电阻 Rcs

由以下公式

$$I_{pks} = I_{pk} \times N_{ps} \quad (9)$$

$$I_o = \frac{1 \times K \times I_{pks}}{2} \quad (10)$$

$$K_1 = 2 \times \frac{1}{k} - 1 = 4 \quad (11)$$

在这里 K 值在芯片内部设定为 0.5；

可以推导出：

$$I_{pk} = \frac{K_1 \times I_o}{N_{ps}} = \frac{4 \times 0.3}{3.8} = 0.316A \quad (12)$$

所以采样电阻 Rcs 为：

$$R_{cs} = \frac{V_{csth}}{I_{pk}} = \frac{0.50}{0.316} = 1.58\Omega \quad (13)$$

其中，芯片内部设定 Vcsth 为 0.50V

在这里，Rcs 选择 1.50R。

当选择 Rcs 为 1.5Ω 后，Ipk 就可得出，

$$I_{pk} = \frac{0.50}{1.5} = 333mA$$

6). 确定初级电感量 L

由以下公式可求出初级电感量：

$$L = \frac{2 \times P_o}{\eta \times I_{PK}^2 \times f} \quad (14)$$

$$= \frac{2 \times 16.5 \times 0.3}{0.85 \times 0.333^2 \times 65 \times 10^3} = 1.61mH$$

初级电感量一般选取时要比计算值稍小一点，这里取：L=1.50mH

7) 确定初级线圈匝数 Np

先设定磁场强度 Bm，然后计算初级匝数

$$N_p = \frac{L \times I_{pk}}{A_e \times B_m} = \frac{1.5 \times 0.333}{17.2 \times 0.27} = 108T_s \quad (15)$$

其中 Ae 为所选磁芯的 Ae 截面积。

为了配合变压器生产工艺，实际 Np 取 114T。

计算次级线圈匝数 Ns

次级线圈匝数为：

$$N_s = \frac{N_p}{N_{ps}} = \frac{114}{3.8} = 30T_s \quad (16)$$

通过以上设计步骤介绍，让大家了解到系统设计的方法；其中表 3 是设计表格输出部分及验证部分。

备注：

VCC 启动电阻参数选择：

- 全电压范围（90Vac~264Vac）推荐值是 2 个 300KoHm 串联；
- 高电压输入（180Vac~264Vac）推荐值是 2 个 510KoHm 串联。

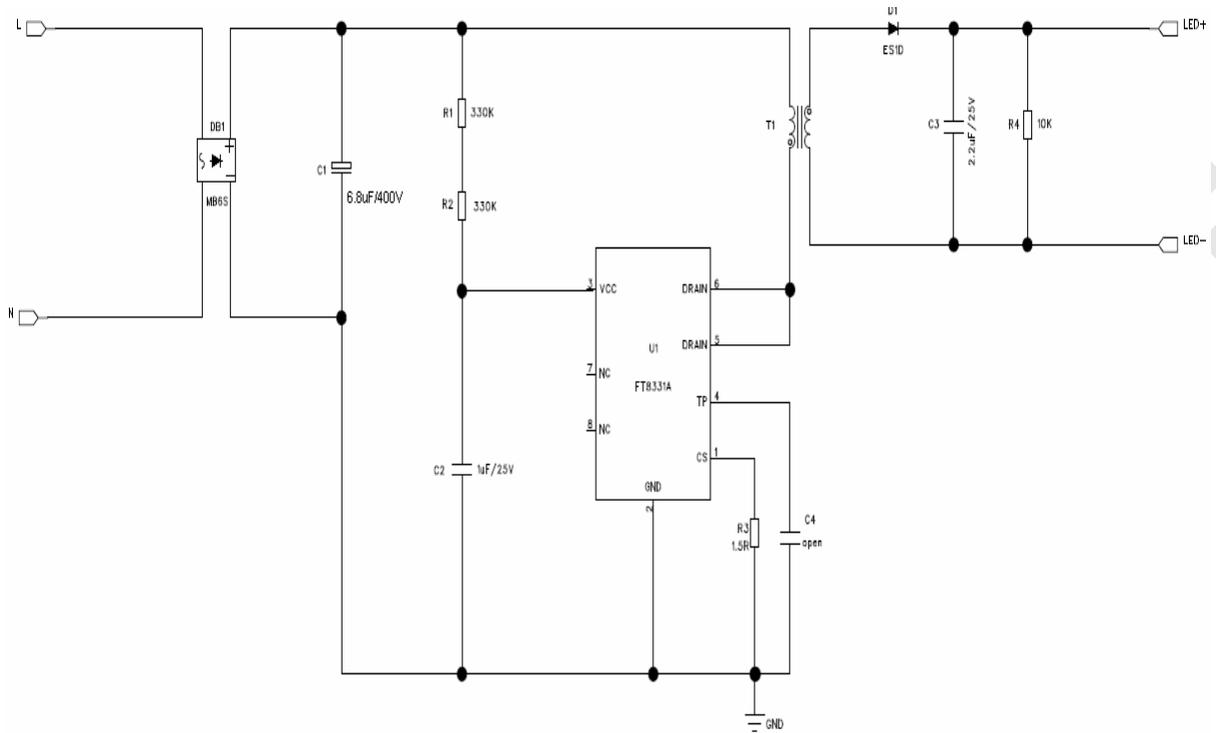
输出部分					
参数	计算值	修正值	单位	描述	说明
Cin	9.9	6.8	uF	输入整流电容值	修正值根据实际空间选取
Vdc_min	64.9	64.9	V	最小整流电压值	
Nps_max	3.77	3.8		原边与副边匝数比的最大值	修正值一定要比计算值小
Ipk	0.316	0.333	A	原边的峰值电流	修正值由Rcs值决定
Rcs	1.58	1.5	Ω	原边电流敏感电阻	
Lm	1.61	1.5	mH	原边电感量	
Np_min	107.7	114	T	原边匝数	
Ns	30.0	30	T	副边匝数	
Vds_max	477	477	V	开关管的最大峰值电压	建议选取时留150V余量
Vp	125	125	V	输出整流二极管的最大反压	建议选取时留10%余量
Vovp	26	26	V	输出开路保护电压	

验证部分				
参数	期望值	最终值	单位	描述
Iout	0.3	0.3167	A	与Nps, Ipk 成正比关系
Fsw	65	63	KHz	与Pin成正比关系, 与Lm, Ipk成反比
Bm	270	255	mT	最终值不能超过300mT
Nps_max	3.8	3.8		最终值不能大于期望值

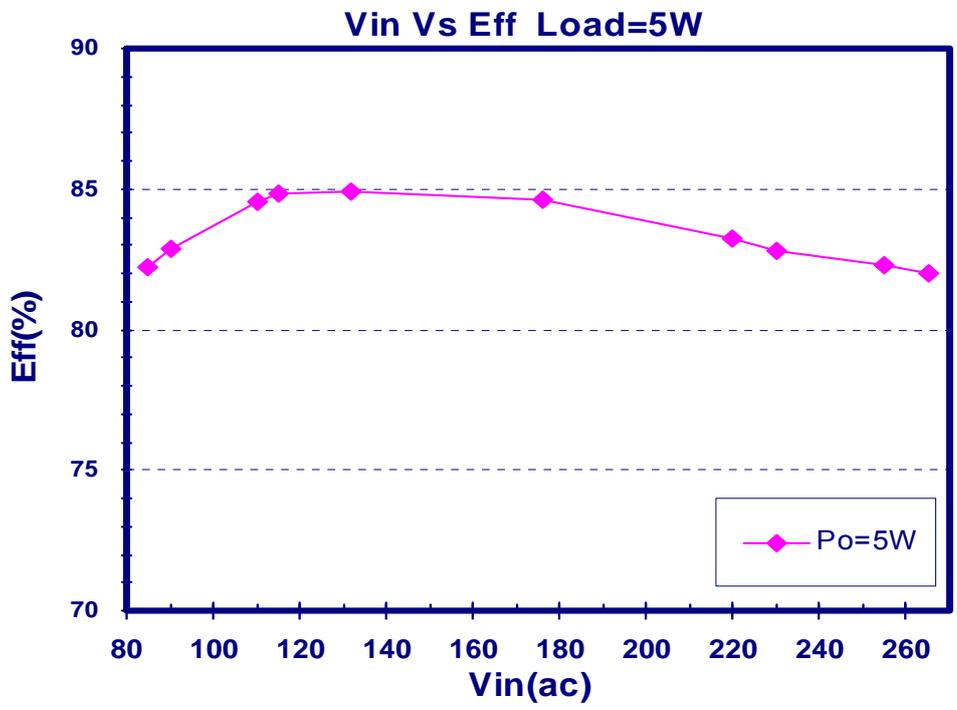
表 3 设计表格输出部分及验证部分

附： 5SX1W LED 球泡灯驱动电源板关键性能测试

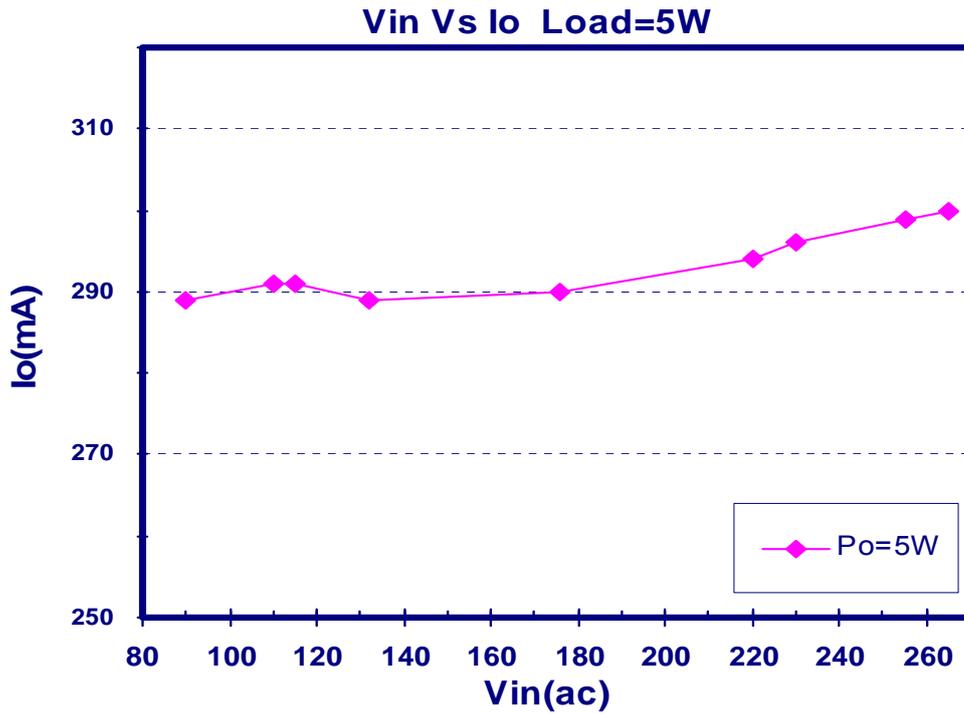
1). 电路图



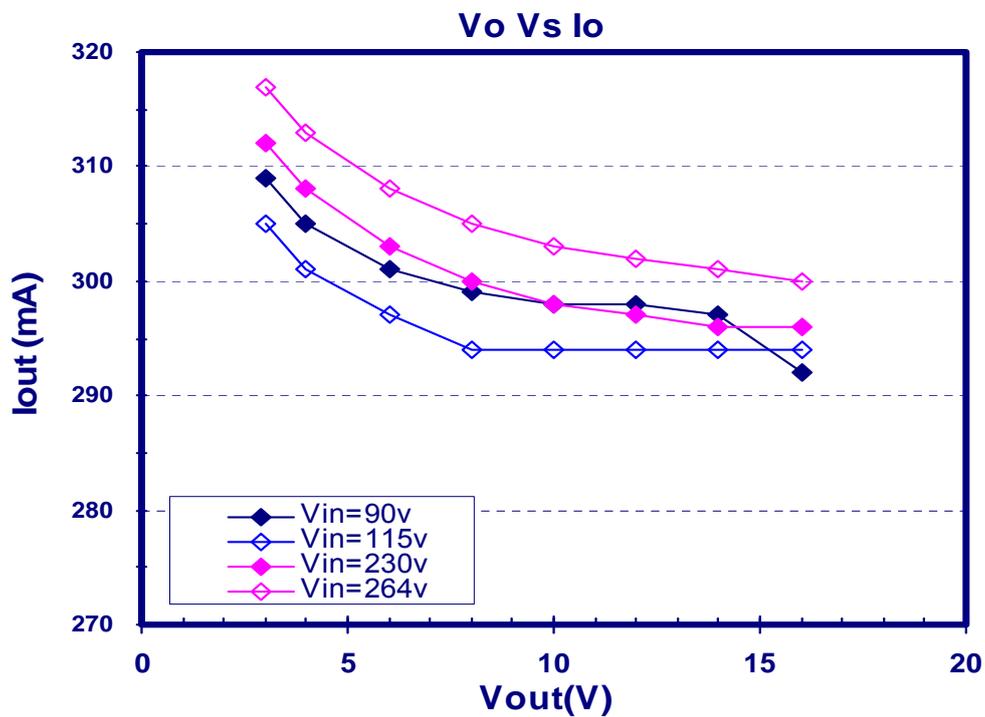
2). 效率测试



3). 线性调整率测试



4). 负载调整率测试



* Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, Fremont Micro Devices, Incorporated (BVI) assumes no responsibility for the consequences of use of such information or for any infringement of patents of other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent rights of Fremont Micro Devices, Incorporated (BVI). Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. Fremont Micro Devices, Incorporated (BVI) products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of Fremont Micro Devices, Incorporated (BVI). The FMD logo is a registered trademark of Fremont Micro Devices, Incorporated (BVI). All other names are the property of their respective owners.