

## 高性能初级侧恒压恒流反激电源功率开关集成电路

### 主要特点

- u 内置 TruePSR™ 高精度采样技术
- u 内置 650V 高压 NMOSFET 开关
- u 全电压峰值输出功率可达 24W
- u 精确初级侧稳压 精度优于 2%
- u 精确初级侧恒流 精度优于 3%
- u 可外部电阻调节的输出线补功能
- u 低开关损耗的全程 QR 谷底开关
- u 低待机能效满足 CoC&DoE 要求
- u 无负载待机功耗低至 50mW 以下
- u 内置 CT-PSR™ 主动周期回转技术
- u 低频启动特性控制优化开机性能
- u 带软钳位高可靠低 EMI 栅极驱动
- u 内置输出过压、短路和过载保护
- u 优化的全范围无音频噪声工作方式
- u 使用合理布局的 DIP7 封装形式

### 应用领域

- 2 手机充电器
- 2 电源适配器
- 2 电池充电器
- 2 敞开式电源

### 概述

LN1F25 是新一代的高性能、高集成度电流模式 PSR 功率开关集成电路，可以方便地在高达 24W 的应用中构建满足 CoC V5 及 DoE LEVEL VI 等能效标准的低待机功耗、高转换效率、高性能的 PSR 初级侧 CC/CV 开关电源解决方案。芯片内置高精度恒流恒压控制并具有优化的谷底开关技术，可在全范围提供优于  $\pm 3\%$  精度的输出电流误差和  $\pm 2\%$  精度的输出电压误差。

最高达 70kHz 的开关频率允许使用相对较小的变压器尺寸完成设计，同时极小的死区时间控制使

系统可工作在接近临界导通模式从而提高变压器的利用率，远优于传统的 PSR 控制器架构。

具有 PWM/PFM/PBM 模式多段曲线控制的工作方式可进一步优化系统在不同负载下的转换效率，尤其是轻负载时的转换效率，极轻负载条件下还将自动锁定峰值电流阈值从而保持高效的转换，分段的调制方式设计使得系统具有高转换效率的同时有效避免人耳可听见的音频噪声出现，待机功耗则得以低至 50mW 以下。

低频率启动特性可在每次开机和系统重置时自动工作一次，从而优化启动特性并有效降低开关机时对高压功率开关的冲击，具有软钳位的栅极驱动控制则进一步解除了高供电条件下 MOSFET 的驱动过压风险，同时主动栅极斜率控制则显著优化了开关干扰水平，配合力生美专用于 PSR 架构的新一代周期回转技术使系统具有极佳的 EMI 特性。

芯片还可通过专门设置的线性输出线缆压降补偿调节引脚进一步对输出电压降进行实时补偿，从而提高负载条件下的输出电压精度，保持负载端精确的电压不受负载变化的影响。

LN1F25 还提供了非常完善的具有自动恢复功能的保护电路，包括逐周期电流限制 (OCP)、具有高低压补偿功能的输出过流保护 (OCP)、VDD 过压保护与欠压锁定功能 (UVLO)。

现可提供无卤标准的 DIP7 绿色环保封装。

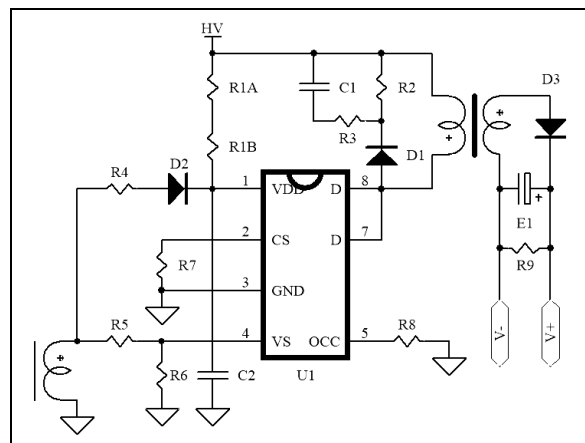


Fig1. 典型连接图

## 内部功能框图

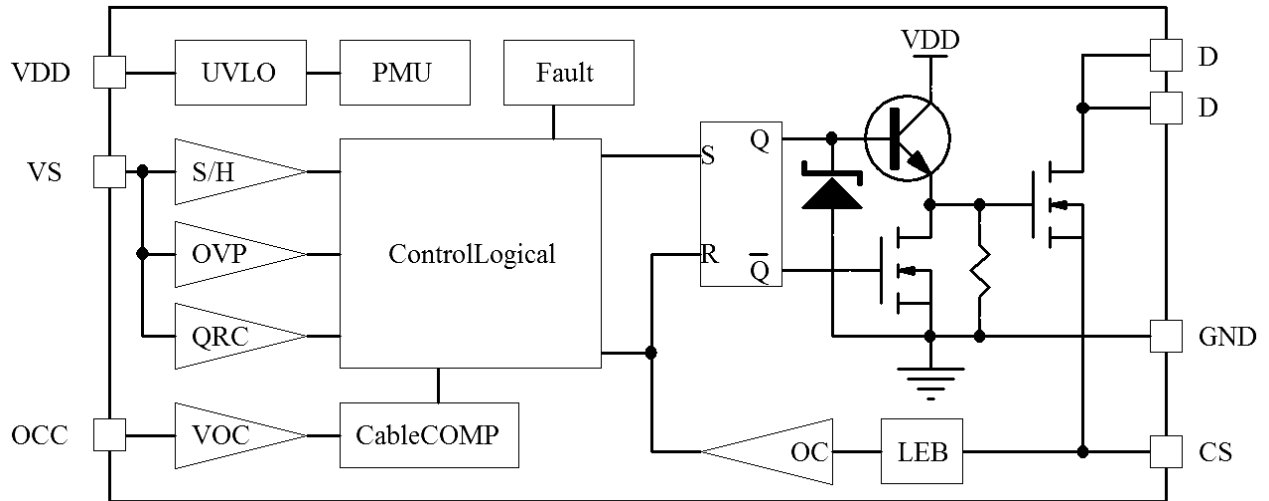


Fig2. 内部框图

## 引脚定义

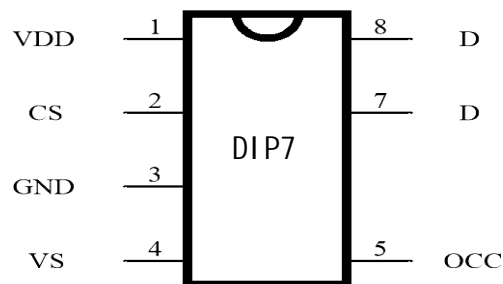


Fig3. 引脚定义(芯片无 PIN6 引脚, 标示 8 脚仅为便于理解)

## 引脚功能描述

引脚号	引脚名称	引脚功能说明
1	VDD	供电脚, 连接启动电阻与辅助供电回路
2	CS	开关电流检测信号输入, 连接到电流检测电阻
3	GND	接地脚
4	VS	输出电压与开关信号检测输入脚, 连接反馈采样网络
5	OCC	输出电缆压降补偿调节脚, 连接补偿设定电阻
7/8	D	高压 MOSFET 开关的漏极输出脚, 连接变压器

## 极限参数\*

项目	参数	单位	
D 漏极开关脚	650*	V	
VDD 输入电压	30**	V	
其它 PIN 输入电压	-0.3 to +7	V	
D 漏极最大电流	4***	A	
PJ 最高结温范围	150	°C	
Min/Max 操作温度 T <sub>J</sub>	-20 to 125	°C	
Min/Max 储存温度 T <sub>stg</sub>	-55 to 160	°C	
PD 允许耗散功率	1500	mW	
ESD 信息	HBM 人体模式	3000	V
	MM 机器模式	300	V

Note\*: Stresses beyond those listed under “absolute maximum ratings” may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under “recommended operating conditions” is not implied. Exposure to absolute maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability. \*: with 1mA limit. \*\*: with 10mA limit. \*\*\*: For test, Pulse width is 1ms and cycle is 1S.

## 推荐工作条件

符号	参数	最小	典型	最大	单位
D	D 漏极峰值电压	-	-	600	V
VDD	VDD 供电电压	10		25	V
TA	工作环境温度	-20		85	°C

## 电气参数（无标注时均按 Ta=25°C）

### 功率开关 (D Pin)

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
BV <sub>DSS</sub>	最大开关脚电压	VDD=0V, I <sub>D</sub> =1mA	650	700		V
I <sub>HV</sub>	开关漏电流	V <sub>D</sub> =650V			10	uA
V <sub>DS(ON)</sub>	开关正向导通压降	I <sub>D</sub> =0.75A, T <sub>J</sub> =25°C		2		V
Tr	开关上升时间	CL=1mH		50		nS
Tf	开关下降时间	CL=1mH		100		nS
I <sub>D</sub>	最大 I <sub>ds</sub> 电流	T <sub>J</sub> =25°C		4		A
		T <sub>J</sub> =105°C		1.5		A

## 供电电压 (VDD Pin)

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
$I_{OS}$	VDD 启动电流	VDD=20V	-	1	10	uA
$I_O$	工作电流	VDD=25->16V, GATE=OPEN	-	0.5	-	mA
$V_{STOP}$	UVLO 门限电压	VDD=25V->0V	7.8	8.8	9.8	V
$V_{START}$		VDD=0V->25V	-	21	-	V
$V_{OVP}$	VDD 过压保护	$I_{VDD}=5mA$	-	27.5	-	V
VDD_CL	VDD 钳位电压	$I_{VDD}=10mA$	-	30	-	V

## 电压采样输入部分 (VS Pin)

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
$V_{CV}$	VS 参考电压			4.05		V
$V_{VSOVP}$	VS 过压保护阈值			4.5		V
$I_{VS,S}$	VS 偏置电流			0.30		mA

## 输出补偿部分 (OCC Pin)

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
$V_{OCCMIN}$	最小 OCC 补偿电压	OCC=OPEN		0		V
$V_{OCCMAX}$	最大 OCC 补偿电压	OCC=0V		0.45		V
$V_{OCC}$	最大 OCC 电压			3		V

## 电流检测部分 (CS Pin)

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
$T_{LEB}$	前沿消隐时间		-	250	-	nS
$Z_{CS}$	CS 输入阻抗		-	40	-	KΩ
$T_{CS}$	CS 延时	VDD=16V, $V_{CS}>V_{TH\_OC}$	-	75	-	nS
$V_{CSMAX}$	最大 CS 门限电压		-	0.75	-	V
$V_{CSMIN}$	最小 CS 门限电压		-	0.20	-	V
$V_{CSOSP}$	直接保护门限电压	OSP>2 Cycle	-	1.45	-	V

## 振荡器 (OSC)

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
$F_{OSC}$	额定连续开关频率		22		70	kHz
$F_{OSCMIN}$	等效最小开关频率			500		Hz
$\Delta F_{OSC\_T}$	开关频率温度稳定性	VDD = 16V, Ta=-20°C to 100 °C		5		%
$\Delta F_{OSC\_V}$	开关频率电压稳定性	VDD = 12-25V		5		%
Duty <sub>MAX</sub>	最大开通占空比			50		%
T <sub>OFFMIN</sub>	最小泄放时间			2		us

## Cycl returning™ PSR (C. T. PSR)

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
$\Delta F_{OSC}$	C. T. 回转范围		-2	-	+2	%
T <sub>CT</sub>	C. T. 回转时间		-	4	-	mS

## 过温度保护部分 (OTP)

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
OTP	OTP 阈值	VDD = 16V		150		°C
OTP <sub>HYT</sub>	OTP 迟滞	VDD = 16V		30		°C

## 典型热阻

符号	说明	参数	单位
$\theta_{JA1}$	半导体结到环境热阻	60	°C/W
$\theta_{JC2}$	半导体结到封装体热阻	15	°C/W

注释：1，所有引脚焊接在 250mm<sup>2</sup> 面积、2 盎司厚度的铜箔上测量；2，在靠近引脚 7 的封装体表面测量。

## 应用信息

LN1F25 是高集成度的恒流恒压 PSR 控制器 IC，针对 24W 以下的离线式应用做了大量的优化。其高效率的 BM 及 QR 混合模式控制极大地降低了待机损耗，提高了轻载时的转换效率，可以容易地满足 CoC V5 及 DoE LEVEL VI 6 级能效等国际节能标准的要求。

### 启动电流和启动控制

LN1F25 可工作于极低的启动电流条件下，通过准确的 UVLO 控制可使电源在很短的时间内快速而可靠地启动。允许使用较大的启动电阻阻值可以显著地降低启动功耗，例如  $4M\Omega$ ，虽然一个  $1/8\text{ W}$  功率级别的电阻即可满足需要的功率要求但仍然必须谨慎地考虑其耐压能力，使用多个电阻串联使用是被推荐的方式，例如使用两个 1206 型贴片电阻串联。

启动电阻可连接在输入直流高压的正极或交流输入端子和 VDD 储能电容之间，上电后当 VDD 电压被充电至 21V 时系统开始启动工作，内部电路被逐一建立并最终开始输出驱动脉冲至内部 MOS GATE 端子，系统工作开始。

### 工作电流与 VDD 电容

LN1F25 的正常工作电流低至 0.8mA，工作时 IC 本身的损耗很小，一个容量不小于 3.3 $\mu\text{F}$  的电容即可满足 IC 供电及驱动所需要的足够能量，考虑 MOSFET 的较大输入电容和较宽的工作温度范围，应选择具有较低内阻 (ESR) 的电容类型，以在 MOSFET 开启时提供快速的较大电流，加快 MOSFET 导通，在典型的系统设计中推荐使用 4.7 $\mu\text{F}$  的电容作为 VDD 电容。为了满足最大工作条件下的 VDD 范围，电容耐压应不小于 35V 为佳。在靠近芯片 VDD 引脚的位置并联一个无极性电容可以进一步降低噪声影响。

### CycleTurn ing™ PSR (C.T. PSR)

LN1F25 集成了经过专为 PSR 优化的力生美第二代 CycleTurn ing™ 专有技术，在工作工程中，时钟周期按设定的时间被调制 (CT-PSR)，从而使开关脉冲的频谱得到较大

的扩展，减小了窄带能量密集程度，使任意单一带宽内的平均干扰强度大大降低。因此，系统在 EMI 上所发费的成本也大大降低。

### 扩展的 BM 工作特性

在空载或轻载条件下，MOSFET 开关损耗所占总损耗的比例将明显上升，而开关损耗与开关频率是成正比的，降低开关频率即可显著地降低 MOSFET 的开关损耗。LN1F25 通过检测 VS 电压和时间的大小，在系统空载或轻载时会自动调整开关频率到较低的值，内部调制电压低于设定的控制电压越多，频率下降的就越多，但电路会自动限制频率下降的最低值在 22kHz 以上，以避免出现音频噪声。

在系统频率降到接近 22kHz 时，若调制电压仍然趋向低于设定的控制电压大小，输出将被禁止以确保输出电压不会过高，此时系统将进入 BM 模式，以避免音频噪声，并随着负载的进一步降低持续减小脉冲数量直至变成单脉冲状态，为了优化系统动态负载响应性能，系统会自动锁定最低等效开关频率在 500Hz。

### 电流检测与前沿消隐

LN1F25 提供了逐周期的电流限制功能，开关电流通过电流限制电阻被采样到 IC 内部。内置的前沿消隐功能去掉进入 IC 的电流开启尖峰，避免电流限制功能错误动作，MOSFET 不会因此而被错误关断，因此传统的外部消隐电路将不再需要。

最大电流限制阈值即电流比较器的最大门限电压是 0.75V。

### 恒压控制

LN1F25 通过采样辅助绕组上的电压波形，经过芯片内部一系列采样、保持、分析、处理，产生所需的各种信号。其中电压信号与内部基准电压进行比较后产生电压误差信号，并根据电压误差信号大小对开关状态进行对应调整，从而补偿输出负载增加或减小和输入电压增加或减小带来的输出电压变化，典型的



输出电压为：

$$V_{OUT} = \left(\frac{R_U}{R_D} + 1\right) * V_{CV} * \frac{N_S}{N_A}$$

这里，Ru 为电压采样上拉电阻，Rd 为电压采样下拉电阻；Vcv 为内部电压基准，典型值为 4.05V；Ns 和 Na 分别为变压器次级绕组匝数和辅助绕组匝数。

通过独特的 TruePSR™ 波形分析技术，输出电压可不受负载电流大小的影响从而保持在极高的精度。

当负载持续增加到系统处于最大工作状态但采样到的电压依然低于内部基准电压时系统将进入恒流工作状态。

### 恒流控制

在系统进入恒流输出状态时，LN1F25 会通过检测 VS 端子波形的时间参数来确定开关波形的比例关系，并通过改变死区时间使去磁时间 T<sub>DIS</sub> 始终与开关周期保持固定的比例，从而使输出电流保持在恒定的大小，系统最大的去磁占空比（去磁时间与开关周期的比值）是 50%，即：

$$\frac{T_{DIS}}{T_{ON} + T_D + T_{DIS}} = \frac{T_{DIS}}{T} = 0.50$$

其中，T<sub>ON</sub> 为导通时间；T<sub>D</sub> 为死区时间，最小值为主电感谐振周期的 1/4，例如对于 500kHz 的谐振周期来说，T<sub>D</sub> 约为 0.5us；T<sub>DIS</sub> 为变压器去磁时间；

因此输出恒流点 I<sub>out</sub> 与变压器匝比 N<sub>p</sub>/N<sub>s</sub> 和初级峰值开关电流 I<sub>peak</sub> 的关系为：

$$I_{OUTCC} = 0.5 * I_{PEAK} * \frac{N_P}{N_S} * 0.50$$

对于给定的系统，若指定反激电压或匝比，则可根据要求的输出恒流值大小依据上式得到所需的初级峰值开关电流 I<sub>peak</sub> 大小：

$$I_{PEAK} = \frac{N_S * I_{OUTCC}}{N_P * 0.25}$$

根据得到的初级峰值开关电流值，即可根据下式计算得到需要的限流电阻大小：

$$R_{CS} = \frac{V_{CSMAX}}{I_{PEAK}}$$

这里，V<sub>csmax</sub> 是芯片最大电流限制阈值，典型值为 0.75V。

### 频率控制

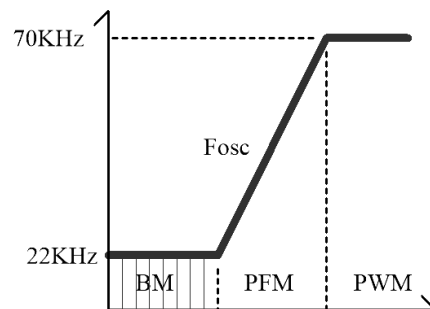
LN1F25 通过调节开关脉冲的时间参数来自动调节开关电流大小，并对输出状态进行对应控制，对于一个指定的系统其每一个时刻的开关频率均是系统自动平衡的结果，因此系统开关频率是由变压器和系统共同决定的，当依据输出恒流要求合理设定变压器的匝比和系统的最大峰值开关电流后，最高开关频率将由变压器电感量决定，典型的最高开关频率为：

$$F_{MAX} = \frac{2 * P_{OUT}}{I_{PEAK}^2 * L_p * \eta}$$

这里，P<sub>out</sub> 是输出恒流点对应的最大输出功率；L<sub>p</sub> 为变压器初级电感量；η 为转换效率。

应合理设定系统的最高工作频率，使其不超过芯片内部的最高频率限制（典型值是 70kHz），兼顾系统转换开关损耗和 EMI 的影响。对于一般的应用，可将最高开关频率设定在 35~65kHz 之间。

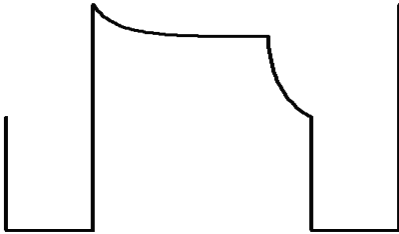
正常工作中，芯片则会根据负载大小和输入电压高低自动调整开关频率或开关电流大小，从而保持在各种条件下均具有较好的转换效率，同时避免出现音频噪声，典型的开关频率曲线如下图所示：



### 谷底开关控制

LN1F25 会将每一个开通动作设定在谐振周期的固定位置，从而可在合理设计的系统中自动在每个谐振波形的较低电压位置（最佳时

为谐振的谷底位置) 开启当前周期, 因此可在轻载条件下获得额外的低开通损耗特性, 从而进一步提高轻载效率。



## 启动特性

LN1F25 会在每次启动时依然确保临界模式有效, 从而可以使系统以较低的频率开始启动进程, 并自动随着输出电压的升高而自动提高工作频率, 这样启动时就不会发生像连续电流模式电源的开机电流过冲问题, 可有效降低启动电流冲击, 减轻功率开关电流应力。

## 输出导线压降补偿

LN1F25 内部设计了优秀且易于使用的输出导线压降补偿技术, 而补偿幅度可通过简单的外部电阻进行设定, 在输出电流增加时可实时进行线性的输出电压补偿处理, 从而可完全抵消输出导线上产生的电压降, 实现极为精确的负载端电压稳压输出, 而最大补偿幅度则由内部固定为 0.45V。

典型的补偿电压  $V_{occ}$  与输出电压  $V_{out}$  的比例系数  $K_{occ}$  为:

$$k_{occ} = \frac{V_{occ}}{V_{out}} = \frac{2315}{R_{occ} + 28000}$$

$R_{occ}$  为外部补偿电阻, 单位为  $\Omega$ 。

## 保护功能

优秀的电源系统需要完善的异常保护功能以实现较高的可靠性。LN1F25 设计了丰富的保护功能满足用户的需求, 包括逐周期的电流限制 (OCP)、输出过载保护 (OLP)、VDD 过压钳位和欠压锁定 (UVLO) 等。

当 VS 端子电压单位时间内超过 5V 多于两次或 CS 电压超过 1.45V 多于两次时将直接触发系统进入过压保护和过流保护状态, 直至重新启动。

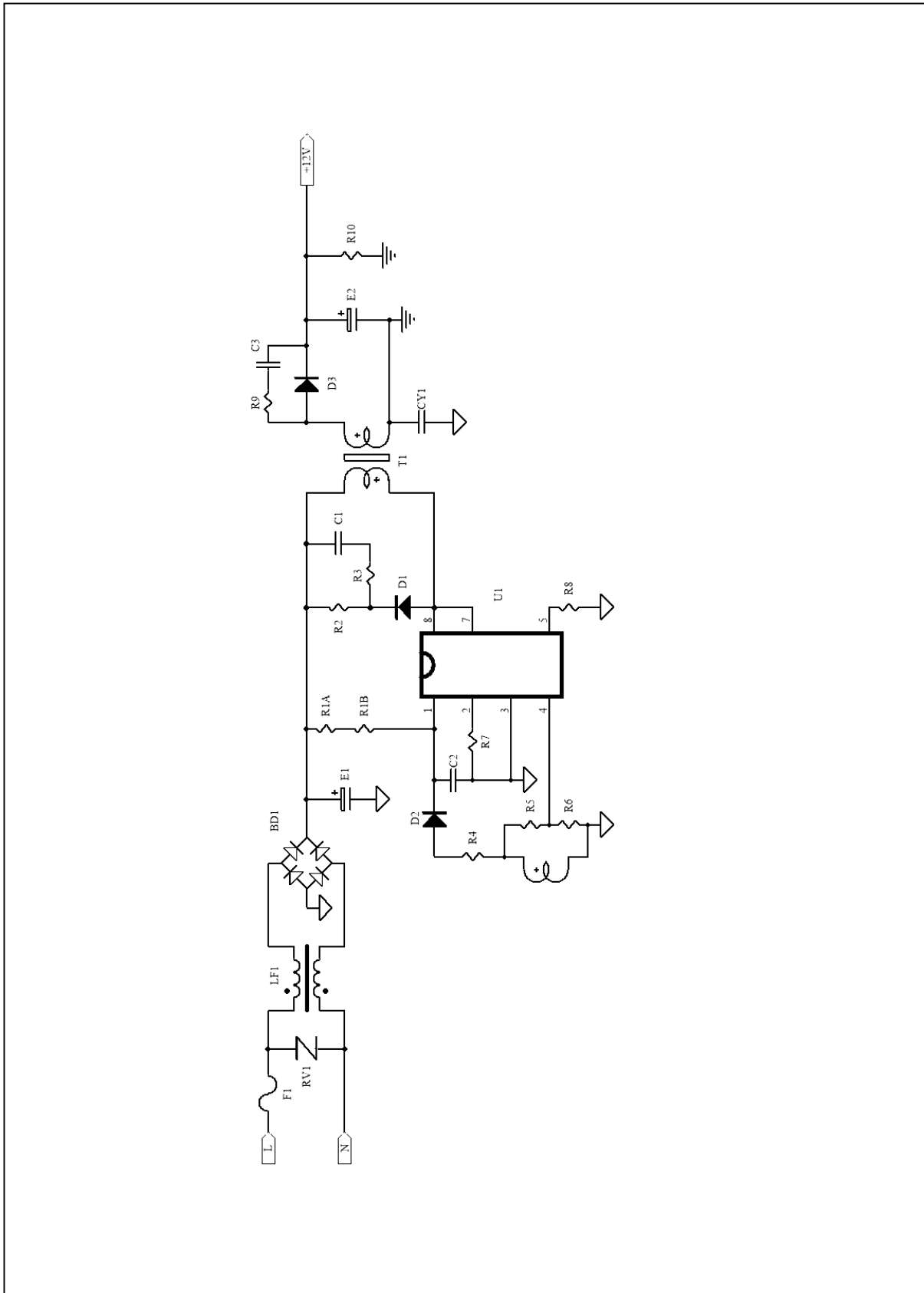
## 内置开关与散热处理

LN1F25 内部集成了一个耐压高达 4A 650V 的低  $R_{ds(on)}$  高开关速度的 MOSFET 功率开关, 可在开关频率高至 65kHz 条件下依然保持较低的开关损耗, 但芯片工作仍将因为功率消耗而产生一定的热量, 因此应用中应进行相应的散热处理, 一个简单的办法是在芯片的 PIN7/8 铺设足够面积的铜箔并镀锡处理, 作为散热措施, 一个典型的 18W 的应用铜箔面积应不小于  $150\text{mm}^2$  为佳。

PCB 布线时还应确保高压连接脚与其它低压引脚或器件保持足够的安全距离, 最小安全距离至少应不小于 1mm 为宜, 从而避免放电造成损坏。

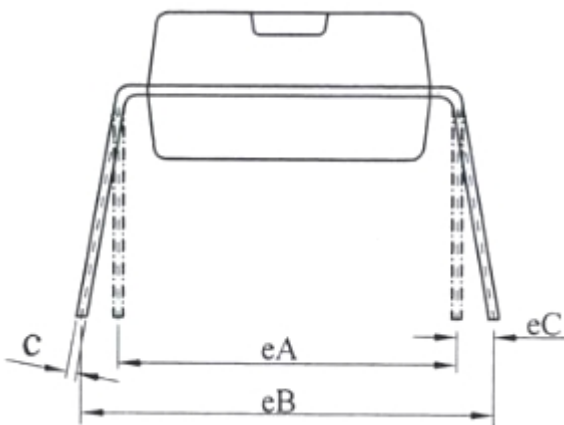
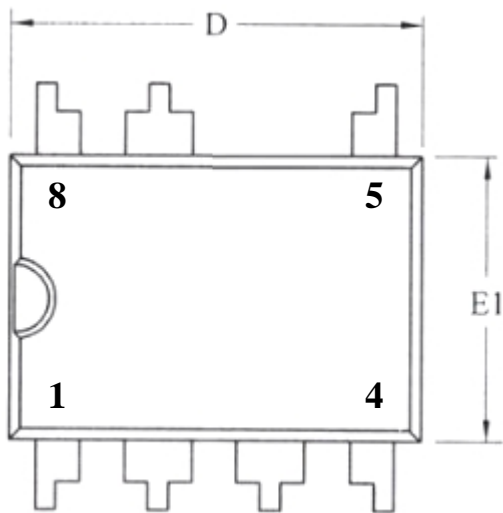
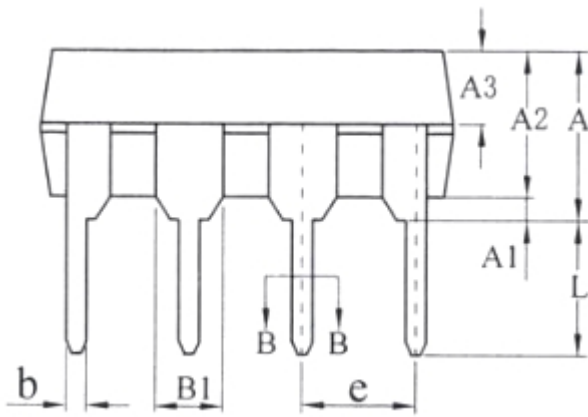


应用电路原理图 (input: 90~265Vac, output: 12Vdc 1.5A)



## 封装信息

DIP7L




SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	3.60	3.80	4.00
A1	0.51	—	—
A2	3.00	3.30	3.40
A3	1.55	1.60	1.65
b	0.44	—	0.53
b1	0.43	0.46	0.48
B1	1.52BSC		
c	0.25	—	0.31
c1	0.24	0.25	0.26
D	9.05	9.25	9.45
E1	6.15	6.35	6.55
e	2.54BSC		
eA	7.62BSC		
eB	7.62	—	9.30
eC	0	—	0.84
L	3.00	—	—

## 订购信息

型号	环保标准	功率管耐压	封装	包装方式
LN1F25	Halogen Free	650V	DIP7	50PCS/TUBE

## 声明

力生美、Lii semi、 等均为力生美半导体器件有限公司的商标或注册商标，未经书面允许任何单位、公司、个人均不得擅自使用，所发布产品规格书之著作权均受相关法律法规所保护，力生美半导体保留全部所有之版权，未经授权不得擅自复制其中任何部分或全部之内容用于商业目的。

产品规格书仅为所描述产品的特性说明之用，仅为便于使用相关之产品，力生美半导体不承诺对文档之错误完全负责，并不承担任何因使用本文档所造成的任何损失，本着产品改进的需要，力生美半导体有权在任何时刻对本文档进行必要的修改，并不承担任何通知之义务。

力生美半导体系列产品均拥有相关技术之自主专利，并受相关法律法规保护，未经授权不得擅自复制、抄袭或具有商业目的的芯片反向工程，力生美半导体保留相关依法追究之权利。

力生美半导体不对将相关产品使用于医学、救护等生命设备所造成的任何损失承担责任或连带责任，除非在交易条款中明确约定。

最新信息请访问：

[www.liisemi.com](http://www.liisemi.com)