

电源管理简介

简介

本文是在一系列帮助用户熟悉电源管理元件之文章中的第一篇。首先，介绍不同的电源管理架构，其次，特别介绍主要的选择标准，最后提供了在线产品参数搜索和设计支持工具，有助于加速在电源管理设计时选择适当的元件。

目录

1. 电源转换的基本需知.....	2
2. 电源管理 IC 的选用标准.....	3
3. 检视主要电源架构及电源管理元件.....	3

1. 电源转换的基本需知

选择适当的电源管理元件取决于该应用的输入和输出条件。

电源输入是交流 (AC) 或直流 (DC)? 输入电压是高于或低于所需的输出电压? 所需的负载电流是多少? 负载是否对噪声敏感, 或需恒流 (如 LED 的应用), 又或是变化较大的电流?



各应用基于其特殊的需求, 会选择不同电源转换元件。

下图显示数个应用实例和其典型常用的电源转换元件; 而这些元件均可在立锜科技的产品目录中找到。

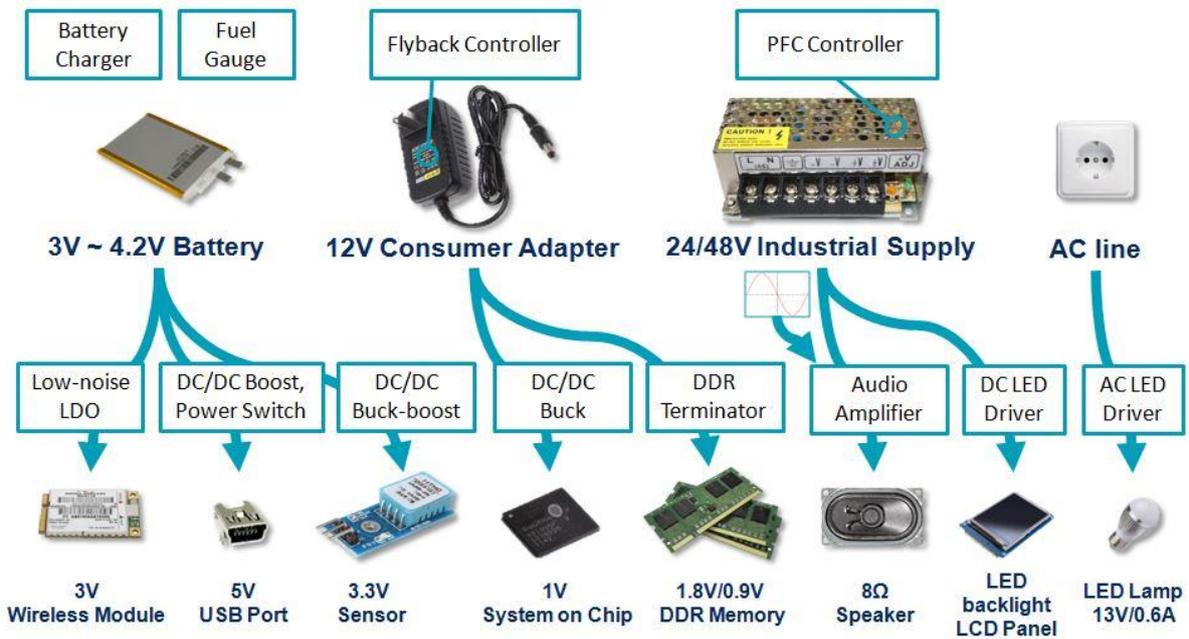


图 1. 电源管理的应用实例

从上述实例可清楚知道, 欲得最佳元件选择就必须考虑各种参数。以下将会详细介绍这些参数。

2. 电源管理 IC 的选用标准

立锜科技拥有大规模低压差线性稳压器 (LDO) 和 直流-直流转换器/控制器的产品组合。下表可快速地检视一般选用低压差稳压器 (LDO) 和直流-直流切换式电压转换器产品的标准。

在设计时，首先考虑的是输入到输出的电压差 ($V_{IN} - V_{OUT}$)。

在选择最佳的电源解决方案时，该应用的特殊需求，如效率、 散热限制、 噪声、 复杂度和成本等都必须考虑。

表 1. 选择低压差稳压器、 降压、升压、升-降压转换器的基本标准

输入、输出关系	电路拓扑	优势	劣势	使用场合
$V_{OUT} < V_{IN}$	线性稳压器 (LDO)	<ul style="list-style-type: none"> 简单 价格适中 低噪声 快速 	<ul style="list-style-type: none"> 低效率 散热问题 	<ul style="list-style-type: none"> 小电流 低 V_{IN} / V_{OUT} 噪声敏感应用
	降压转换器 (Buck)	<ul style="list-style-type: none"> 高效率 灵活性高 	<ul style="list-style-type: none"> 开关噪声 	<ul style="list-style-type: none"> 大电流 高 V_{IN} / V_{OUT}
$V_{OUT} > V_{IN}$	升压转换器 (Boost)	<ul style="list-style-type: none"> 高效率 	<ul style="list-style-type: none"> 开关噪声 	<ul style="list-style-type: none"> $V_{OUT} > V_{IN}$
$V_{OUT} <> V_{IN}$ (changing V_{IN})	升/降压转换器 (Buck-boost)	<ul style="list-style-type: none"> 高效率 	<ul style="list-style-type: none"> 开关噪声 	<ul style="list-style-type: none"> 输入电压既可能高于也可能低于输出 电压的应用 (如电池应用)

3. 检视主要电源架构及电源管理元件

当 V_{OUT} 小于 V_{IN} ，所需输出电流和 V_{IN} / V_{OUT} 比是考虑选择[低压差线性稳压器 \(LDO\)](#) 或 [降压转换器 \(Buck\)](#)的重要因素。

低压差线性稳压器 (LDO) 非常适合需要低噪声、低电流及低 V_{IN} / V_{OUT} 比之应用。其基本电路图可见图 2。低压差线性稳压器 (LDO) 藉由线性方式控制导通元件的导通，以调节输出电压。线性稳压器提供准确且无噪声的输出电压，能快速因应输出端的负载变化。然而，线性调节意味着输入输出的电压差乘上平均负载电流就是线性稳压器导通元件所消耗的功率，即 $P_d = (V_{IN} - V_{OUT}) * I_{LOAD}$ 。高 V_{IN} / V_{OUT} 比与高负载电流都会导致过多额外的功率损耗。

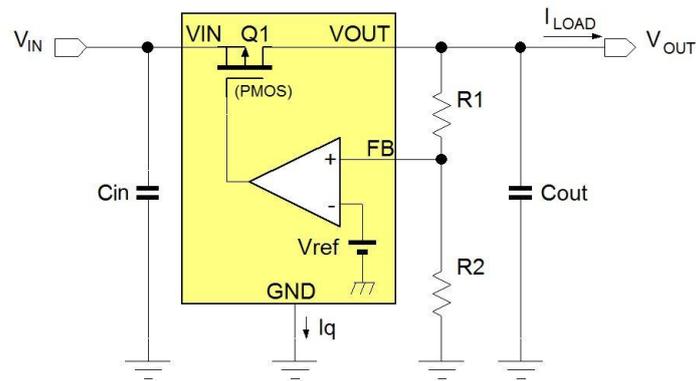


图 2. 低压差线性稳压器 (LDO) 基本电路示意图

功率消耗较高的低压差线性稳压器 (LDO) 需要较大的封装尺寸, 而这会增加成本、PCB 板空间和热能消耗。所以当 LDO 功耗超过 $\sim 0.8W$ 时, 较明智的作法是改采降压转换器作为替代方案。

在选择 LDO 时, 须考虑输入和输出电压的范围、LDO 的电流大小和封装的散热能力。LDO 电压差是指在可调节范围内, $V_{IN} - V_{OUT}$ 的最小电压。在微功率应用中, 如靠单一电池供电很多年之应用, LDO 静态电流 I_Q 必须够低, 以减少电池不必要的消耗; 而这类应用就需要特殊的、具低静态电流 I_Q 之低压差线性稳压器 (LDO)。

降压转换器是一种切换式降压转换器, 它可在较高的 V_{IN} / V_{OUT} 比和较高的负载电流之下, 提供高效率和高弹性的输出。它的基本电路如图 3 所示。大多数降压转换器包含一个内部高侧 MOSFET 和一个低侧作为同步整流器的 MOSFET, 借着内部占空比控制电路来控制两者的交替开、关 (ON/OFF) 以调节平均输出电压。切换造成的噪声可由外部 LC 滤波器来过滤。

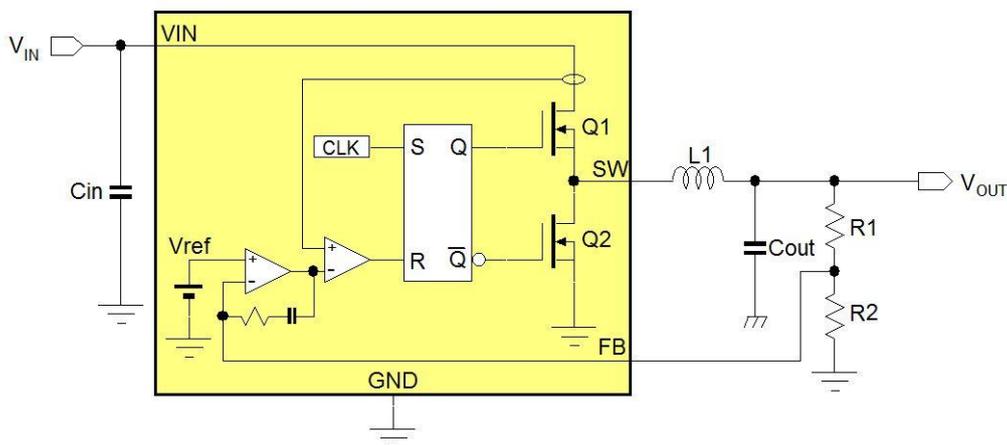


图 3. 转换器基本电路示意图

由于两个 MOSFET 是交替开关 (ON 或 OFF), 所以功率消耗非常小; 藉由控制占空比, 可以产生较大 V_{IN} / V_{OUT} 比的输出。内部 MOSFET 的导通电阻 $R_{DS(ON)}$ 决定了降压转换器的电流处理能力, 而 MOSFET 的额定电压决定最大输入电压。开关切换频率与外部 LC 滤波器元件则共同决定输出端的纹波电压大小; 较高开关切换频率之降压转换器所用之滤波元件可较小, 但开关切换造成的功耗则会增加。具脉冲跳跃模式 (PSM) 的降压转换器会在轻载时降低其开关切换频率, 从而提高轻载时的效率, 此特性

对需低功耗待机模式之应用是非常重要的。有些特殊降压型架构，如 [ACOT™](#) 具有非常快的回路响应，非常适合需要非常快速的负载瞬态反应，如 DDR, Core SoC, FPGA 和 SIC 等的电源应用。

升压转换器是用于 V_{OUT} 高于 V_{IN} 之应用。基本电路图如图 4 所示。升压转换器将输入电压升至较高的输出电压。其操作原理是经由内部 MOSFET 对电感器充电，而当 MOSFET 断路时，透过至负载端之整流器将电感放电。电感充电转为放电会使电感电压变为反向，从而升高输出电压使之高于 V_{IN} 。MOSFET 开关的 ON/OFF 占空比将决定升压比 V_{OUT}/V_{IN} ，并且反馈回路也控制占空比以维持稳定的输出电压。输出电容是缓冲元件，用来减小输出电压连波。

MOSFET 电流绝对最大额定值和升压比一起决定最大负载电流，而 MOSFET 电压绝对最大额定值决定最大输出电压。有些升压转换器则会将整流器以 MOSFET 整合于内部，达到同步整流之功效。

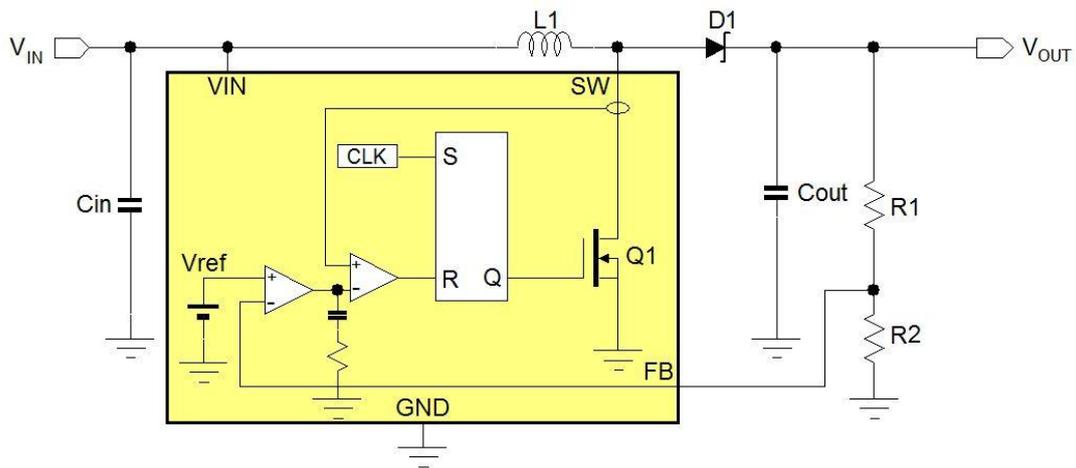


图 4. 升压转换器基本电路示意图

升-降压转换器用于输入电压可能会改变，可低于或高于输出电压之应用。如图 5 所示的升-降压转换器中，当 V_{IN} 高于 V_{OUT} 时，四个内部的 MOSFET 开关将自动配置成降压转换器，而当 V_{IN} 低于 V_{OUT} 时则转为升压操作模式。这使得升-降压转换器非常适合以电池作为供电之应用，特别是当电池电压低于调节输出电压值时，得以延长电池使用时间。因为四开关升-降压转换器是完全同步的操作模式，故可达较高的效率。降压模式时的输出电流能力比升压模式时为高；因为在相同的负载条件下，升压模式和降压模式相比之下，前者需要较高的开关电流。

MOSFET 的电压绝对最大额定值将决定最大输入和输出电压范围。在输出电压不需要参考接地的应用中，如 LED 驱动器，可使用只有单开关和整流器的升-降压转换器。而在大多数情况下，输出电压是参考到 V_{IN} 。

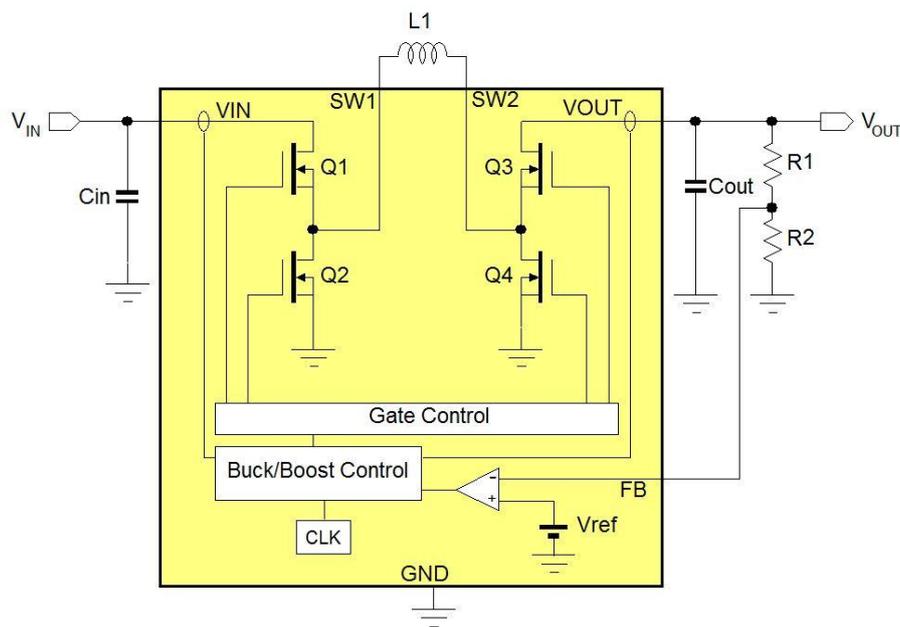


图 5. 有四个内部开关的升-降压转换器

多数的电源管理元件都是使用上述四个转换器架构其中一种。

采用内部或外部的 MOSFET?

需要非常大开关电流（如 $>10A$ ）的应用，通常都会使用外部的开关 MOSFET，并且配合使用[降压控制器](#)或[升压控制器](#)。这类配置方式通常都是用在输出功率超过 25W 的功率转换器。

输出电流 $>25A$ 的降压应用多使用[多相位降压控制器](#)，即不同的相位阶段分享同一电流。

具非常高切换电压的电路，例如从 AC 线电压供电的应用电路中，通常会采用的控制器是使用外部、耐高压的 MOSFET。（例如[反激式控制器](#)和[PFC 控制器](#)）

LED 驱动器调节的是**稳定输出电流**，而不是稳定输出电压，因为 LED 特定的光输出是完全由电流来决定。大多数高亮度 LED 的正向电压是 3~3.5V；而根据输入电压和 LED 串中 LED 的数量，转换器可以是降压，升压或升-降压型（例如，某些应用甚至需要配合不同的 LED 串）。

LCD 背光系统须驱动大量的 LED，因此会使用到**多串型 LED 驱动器**。

某些离线式 LED 驱动器则会使用**线性 LED 驱动器**的架构。

大多数 LED 驱动器还包括**调光功能**，以便能够控制输出电流，并进而控制 LED 的光输出。

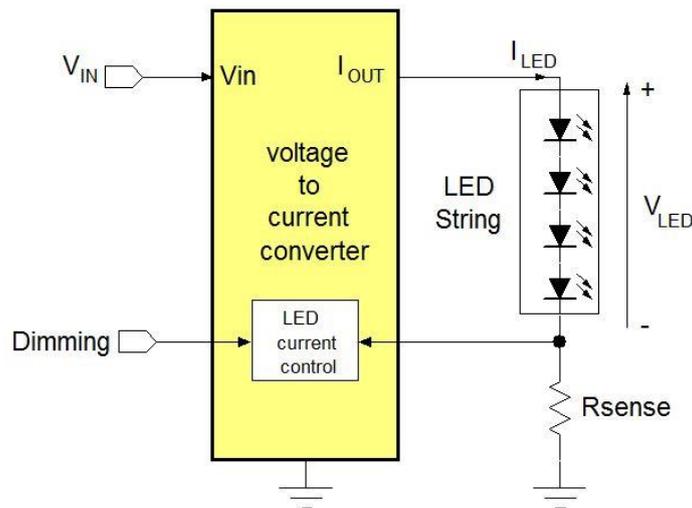


图 6. LED 驱动器基本电路

选择适当的 LED 驱动器的主要考虑因素是输入电压，LED 串电压和 LED 串电流，单/多串 LED 灯和是否调光。从交流线路供电的 **LED 驱动器**中，重要的是要先知道该电路是否需是**隔离式**的或**非隔离式**的，及 LED 驱动器是否需要满足**功率因数 (power factor)** 和**总谐波失真率 (THD)** 的要求。

保护功能

安全性和可靠性是电源供应器需特别注意的。大多数转换器都包括保护功能，使其能在负载过大或工作温度过高的情况下，将电源供应器安全地关闭。

功率开关可用来控制电源轨是否接通于电路。其基本电路如图 7 所示。EN 接脚用于启动由 MOSFET 所构成的导通元件，它具有之特殊井状结构可阻挡通过本体二极管的反向电流。当输出电流超过限流门坎值时，电流限制电路会将开关打开(Open)。当任何保护功能被启动时，则 FAULT 脚会被拉至低电位，并且以此信号来告知系统故障已发生。功率开关通常也被用于保护 USB 接口，因通常 USB 对电流的需要最大，也必须有短路保护。功率开关主要的选择标准是电流限制值的大小，不论电流限制是恒定或可调的。

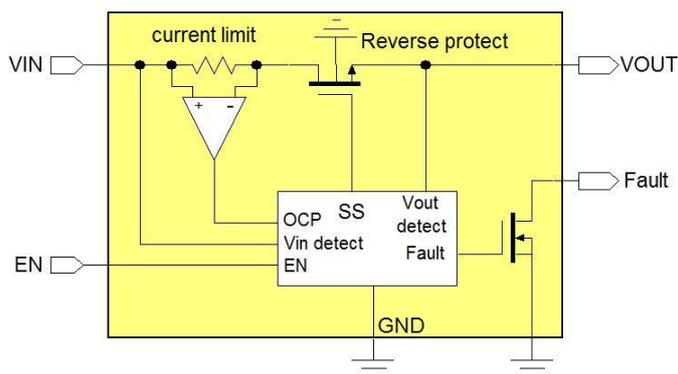


图 7. 搭配不同保护功能的功率开关

[供应器的监控 IC](#) 会监控电源过压或欠压的情形。图 8 显示一个典型的电源监控器侦测电源欠压的情形。当电源低于特定电压时，IC 将启动重置 (RESET) 信号。这个信号被用来重置由同一电源供电的 MCU，以避免任何可能由 MCU 电源电压过低而造成的数据损坏。当电源电压恢复到正常水平，监控 IC 将延迟一段时间后回复重置信号，以确保 MCU 正确初始化。有些监控 IC 也有可外部控制的重置引脚，借着外部重置开关来重置 MCU。

监控 IC 的选择标准是电压门坎值，重置延迟时间，开路汲极式或推挽式输出，和是否可外部控制的重置功能。

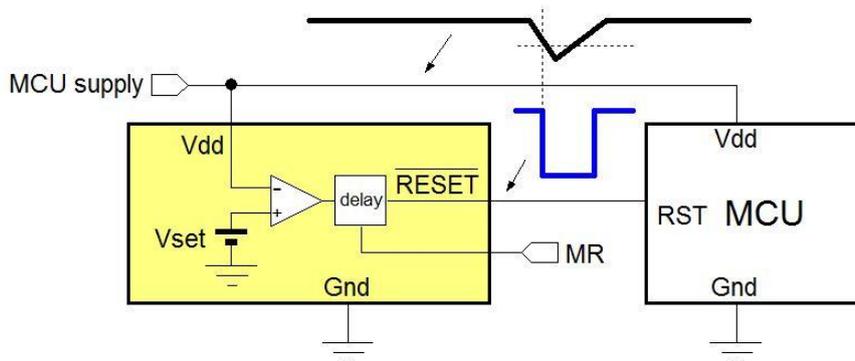


图 8. 电源监控 IC 侦测电源欠压状态

电池充电器 IC 可于应用中针对特定的电池提供正确的充电电流和电压。目前大多数电池充电器是为锂离子电池所设计的，因为是手持装置最常用的。电池充电器会量测电池充电电流和电池电压，并控制 **MOSFET** 的导通，以按所要求的电池充电操作模式来提供充电电流：预充电 - 恒流 - 定电压 - 电流截止。最大充电电流可以透过一个外部电阻进行调整；置于电池附近的热敏电阻 **NTC** 会将电池的温度讯息送至充电器。充电状态接脚则显示充电状态。大多数适用于单节锂离子电池的**线性充电器**是使用 **5V** 电源并适合 **1A** 以下的充电电流，该充电器较适合不超过 **1Ah** 电池容量的电池。大容量电池的充电则是需要较高的充电电流；在这种情况下，就必须选择**开关式充电器**（降压架构）。有些电池充电器包含**电源路径控制**，使系统能透过适配器或电池供电。电池充电器可以在线性/切换式架构，单/双输入，恒定/可调节的电流，有/无 **NTC** 感测，适配器输入电流限制及自动电源路径等中作适当的选择。

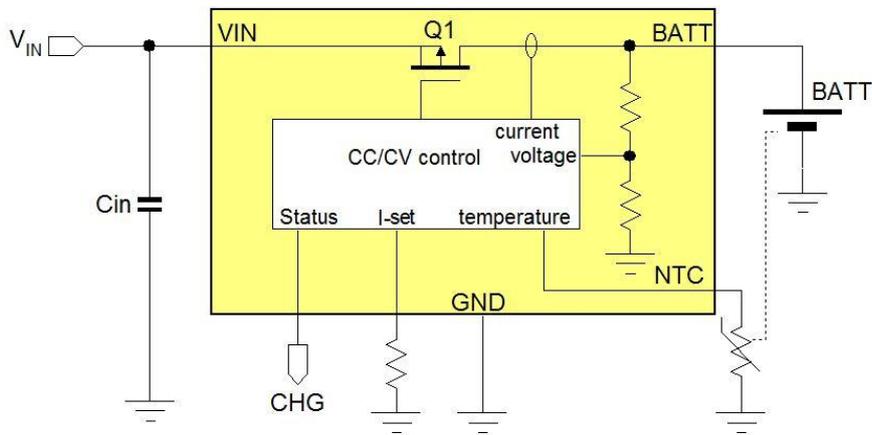


图 9. 线性电池充电器之基本电路

AC/DC 反激式控制器用于需将 **AC** 线电压转为一个稳定、隔离的电源电压之应用。图 10 所示为一个基本的反激式电源。首先将 **AC** 线电压整流成一个高直流电压。反激式电源和单开关升-降压转换器的工作原理类似，只不过当中的电感被分开，如同形成一个变压器。反激式控制器会控制耐高压开关 **MOSFET Q1** 的导通 (**ON**) 时间，然后藉由电流流过初级绕组，储存变压器的磁能。当开关 **MOSFET** 断路 (**OFF**) 时，变压器的能量就转移到次级绕组，并进而对输出电容进行充电。变压器使初级（热）侧和次级（冷）侧之间达到隔离的目的。透过电阻网络感测次级输出电压，再将它与参考电压进行比较，并藉由一个光耦合器将调节用的反馈信号传回初级侧控制器，而控制器调整 **MOSFET** 的导通时间 (**ON**) 以保持次级稳定输出电压。反激式控制器是由变压器的辅助绕组供电。反激式电源可以用于广泛的应用中，从微小的充电器适配器到高达 **100W** 较大的主电源。在待机模式需低输入功率的应用中，必须尽可能减少功率元件的开关损耗。大多数反激式控制器可以在轻载情况下，切换至特殊从发操作模式以减低切换造成的损耗。反激式控制器的其他重要特点还有各种保护模式、抑制 **EMI** 的功能和快速启动所需的高电压启动电路等。在低功率，如充电器的适配器之应用中，所使用的反激式控制器往往是使用**初级侧调节 (PSR)** 的反馈方式：这些控制器不需次级侧的光耦合器和反馈网络；它们透过辅助绕组感测开关电压，并且从辅助绕组的开关波形和初级侧电流而得到次级输出电压作为反馈。

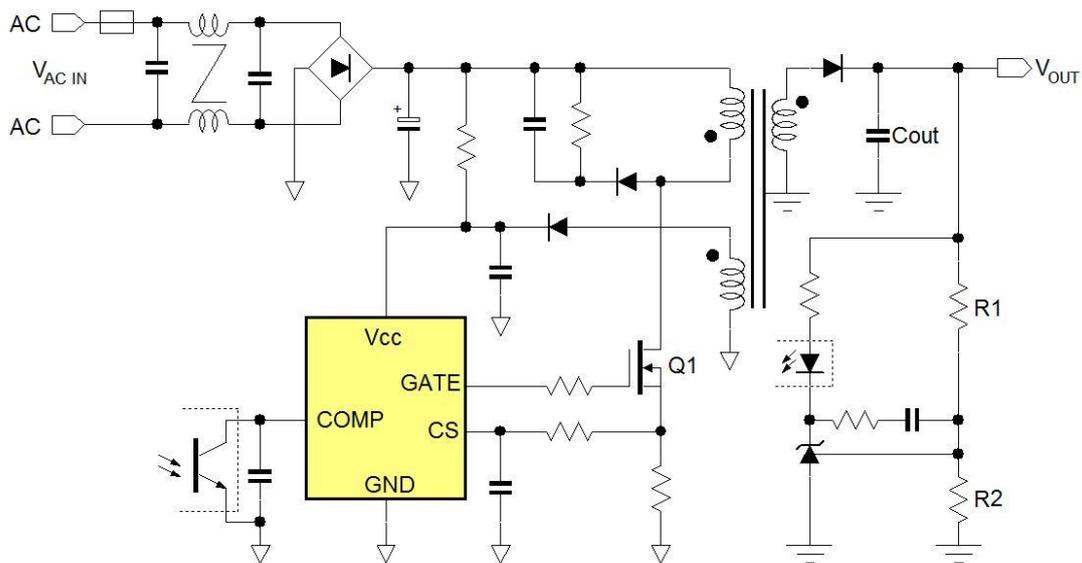


图 10. 基本 AC/DC 反激式电源

功率绝对最大额定值大于 75W 的电源供应器（如机架式工业电源）需要满足功率因数的要求，所以会加 PFC 升压转换级作预处理。此 PFC 升压转换级会使用 [PFC 控制器](#)，来控制输入电流，以满足功率因数及电流谐波的要求。

许多[隔离、离线式 LED 驱动器](#)也采用反激式架构；为能精确控制 LED 电流且不用光耦合器，这类 LED 反激式控制器会用初级侧检测方式以控制次级绕组的电流。交流供电之 LED 照明应用对功率因数 (PF) 和交流线电流谐波都有较严格的要求，所以大部分脱机反激式 LED 控制器还需具备良好功率因数和低 THD 之特性。

相关资源	
立锜科技电子报	Subscribe Richtek Newsletter
Landing Page	电源管理芯片简介及选择指南
产品参数搜索	Parametric Search
设计支持工具	Design Support

Richtek Technology Corporation

14F, No. 8, Tai Yuen 1st Street, Chupei City

Hsinchu, Taiwan, R.O.C.

Tel: 886-3-5526789

Richtek products are sold by description only. Richtek reserves the right to change the circuitry and/or specifications without notice at any time. Customers should obtain the latest relevant information and data sheets before placing orders and should verify that such information is current and complete. Richtek cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Richtek product. Information furnished by Richtek is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Richtek or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Richtek or its subsidiaries.