

VICOR DC/DC 模块及其应用

西安爱科电子有限责任公司 张志 牛王强

摘要：介绍 VICOR DC/DC 模块的原理及应用经验。

关键词：DC/DC 模块 VICOR 模块 ZCS 技术 电压调节

VICOR DC/DC Module and Its Applications

Abstract: This paper introduces the principle and application experience of VICOR DC/DC module.

Keywords: DC/DC module, VICOR module, ZCS technology, Voltage regulation

1 引言

DC/DC 模块是目前电源产业中较为成熟的产品，国内外许多厂家都有其技术成熟、各具特色的品种、规格。DC/DC 模块的广泛应用，简化了产品设计，提高了产品可靠性，为 DC/DC、DC/AC 产品的二次开发提供了有利条件。

VICOR(怀格)公司是美国的专业模块电源生产厂家，其产品最大特点是功率密度高、可靠性好。产品系列覆盖 10W~600W，输入输出隔离，使用方便，广泛应用于电信、工控、电力电子、军工、三航等领域。第一代 VICOR 模块借以提高电源转换效率的核心技术是 ZCS（零电流开关）技术；第二代 VICOR 模块使用了 ZCS/ZVS（零电流/零电压开关）技术，为通信专用 48V 输入系列。二者原理相似，并且功能、管脚兼容，这里以现在市场上较多的 VICOR 第一代模块（VI-2XX、VI-JXX、MI-2XX、MI-JXX 等）为例，介绍该类产品的原理及应用过程中的经验。

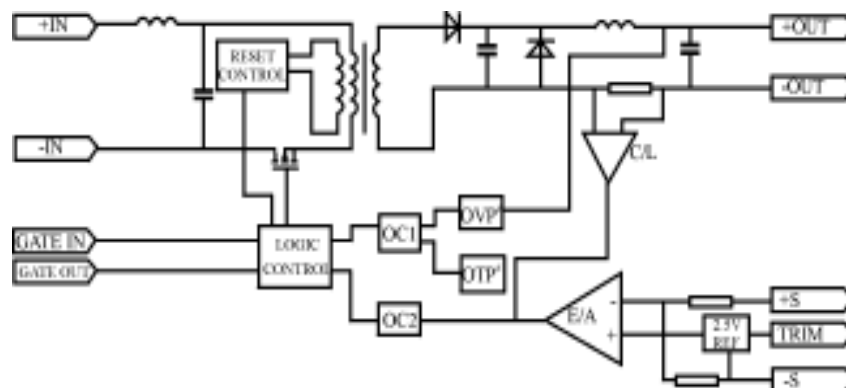


图 1 原理框图（VI-J00 系列无*部分）

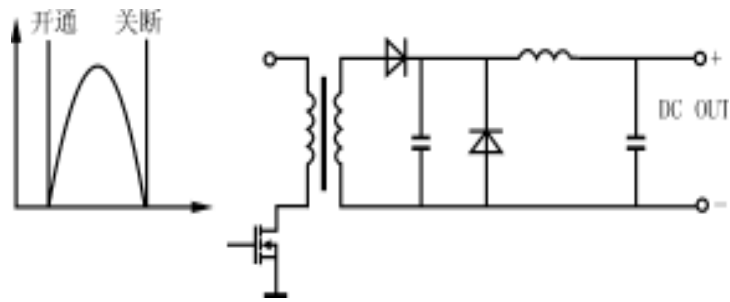


图2 ZCS 技术

2 VICOR 模块介绍

2.1 原理简介

该 DC/DC 模块电路结构与通常的斩波 DC/DC 转换器相似，可参考原理框图（见图 1）及相关资料，这里不再赘述。

在原理上，VICOR 模块区别于通常产品之处主要是它使用了软开关的 ZCS 技术，见图 2。

通常的硬开关斩波器波形近似为矩形波，即强迫开关器件在电压不为零时开通，电流不为零时关断，这样在矩形波的边沿就会因寄生参数而产生高频振荡，导致开关损耗增大，频率越高，开关损耗越大；而 VICOR 模块应用谐振技术，使开关器件中的电流波形近似于半周期的正弦信号，这样开关的导通、关断时刻都对应零输入电流（即开关管电流），从而即使开关频率超过 1MHz，开关损耗也只占极小的百分比。高的开关频率、低的开关损耗便产生了一系列优点：功率密度高、传导和辐射噪声小、响应快、转换效率高等。

VICOR 模块的另一特点是输出电压可在额定值基础上，在 5% 到 110% 的范围内方便地调节(12V、15V 是 $\pm 10\%$)。电路原理参见图 3。

内部误差放大器的负输入端是输出电压的采样值，正输入端与 Trim 端相连。当 Trim 端悬空时，其上的电位由 2.5V 的基准源 (Band gap) 决定，亦为 2.5V，此时电路输出为额定值。以简单的外接电阻网络，通过调节 Trim 端电压（即误差放大器的基准电压），可相应地调节输出电压。

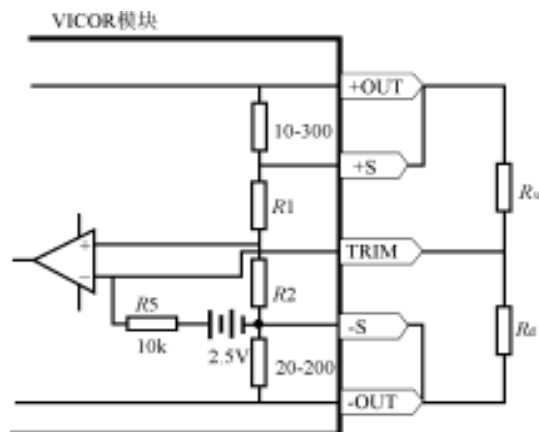


图3 VICOR 模块调压原理

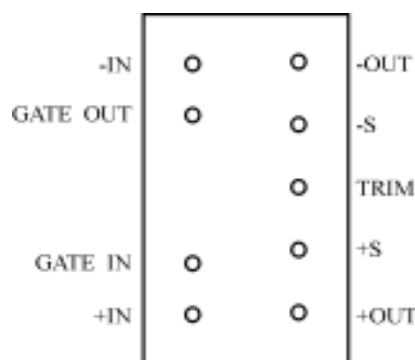


图4 DC/DC 模块管脚

降压时外接元件值的计算与额定输出电压无关。只需在 Trim 端与 -OUT 端间接一电阻与 R5 分压以确定 Trim 端电压。其值的计算方法如下（以 -20% 为例）：

要使输出电压降低 20%，Trim 端电压也需降低 20%，这些电压都降落在内部电阻 R5 上：

$$UR5 = 2.5V \times 20\% = 0.5V$$

$$IR5 = 0.5V / 10k\Omega = 50\mu A$$

$$IR5 = IRd$$

$$\text{故 } Rd = (2.5V - 0.5V) / 50\mu A = 40k\Omega$$

升压时，需提高 Trim 端电压，一般是从 +OUT 端接一电阻 Ru 到 Trim 端，故外接元件值的计算与额定输出电压相关。Ru 的计算方法如下（以 24V 提高 5% 为例）：

要使输出电压提高 5%，Trim 端电压也需相应提高 5%，这些电压也都降落在内部电阻 R5 上（但方向与降压时相反）：

$$UR5 = 2.5V \times 5\% = 0.125V$$

$$IR5 = 0.125V / 10k\Omega = 12.5\mu A$$

$$IR5 = IRu$$

又

$$URu = U_{out} - U_{trim}$$

$$= (24V + 24V \times 5\%) - (2.5V + 0.125V)$$

$$= 22.575V$$

故

$$Ru = 22.575V / 12.5\mu A = 1.8M\Omega$$

当用 VICOR 模块进行二次开发时，有时要利用 Trim 功能构成闭环（见本文的应用举例），此时就不需要上述的电阻网络。但需注意的是，对于‘-2XX’模块，若 Trim 端电压超过一定值时，模块将会发生过压保护关断（OVP Shut Down），此值额定为 2.75V（实际值一般略高于此值，可达 3V）。为避免模块的保护性关断，必须有措施防止此端电压过高。

2.2 管脚含义及接法

DC/DC 模块管脚图见图 4。

+IN、-IN: 直流电压输入正、负端。输入电压可在额定值的- (20~50) %到+ (25~60) %范围内变动, 具体值请参阅产品数据手册。

GATEOUT: 当多个模块并联以提高输出功率时, 此端输出的脉冲信号可用于模块间的同步。同步信号一般按‘雏菊链’连接, 即一模块的 GATEOUT 端连到下一模块的 GATEIN 端, 可以得到几乎没有限制的功率提升能力。

GATEIN: 此端是集电极开路结构, 可以看作模块的使能/同步端。当它被拉低时 (以-IN 为基准, 低于 0.65V, 6mA), 模块关闭; 浮空时, 模块工作。另外, 模块频繁开关时, 此端接 1 μ F 左右电容, 可提供软起动功能。

+S、-S: 正、负输出电压感受/遥感端。若+S 端电压高于额定输出值的 110%, 将激活模块的过压保护功能 (‘-JXX’无过压保护功能), 关闭模块。-S 端电位不可超过 0.25V, 否则电流限制点将提高。

这两端用于遥感 (REMOTESENSING), 即当负载离模块较远、负载电流较大时, 将+S 与+OUT、-S 与-OUT 分别与负载两端相连, 模块将略微提高输出电压以补偿+OUT、-OUT 连线上的压降, 从而保证负载上的电压为额定值。当不需要遥感时, 须将+S 与+OUT、-S 与-OUT 直接相连。

TRIM: 此端使输出电压在额定值的 5%到 110%的范围内可调。

+OUT、-OUT: 直流电压输出正、负端。

2.3 应用注意

(1) 若将输出电压调低, 因为截流点 (CURRENT LIMMIT POINT) 并不随之变化, 输出功率将降低。此外效率降低、输出电压纹波百分比升高、输入电压范围变宽。注意, 此时应提供一额定输出功率 1%的假负载, 若调得低于 75%, 所需的假负载更大。

输出电压升高时, 上述参数相反变化, 此时应注意不可超过额定功率, 因此, 不可将输出电压调得高于额定值的 110%。

(2) 模块应接到一呈低交流阻抗的源上。若不能保证源的低阻抗, 应在模块输入端就近安装一电解电容, 其最小值为: $C=400\mu\text{F}/U_{\text{in.min}}$ 。

(3) 按 VICOR 的规程, 即使没有 EMI/RFI 要求, 模块也应被适当地旁路。一般可用 RC 串联网路将+IN、-IN 分别与基板相连, C 为 Y 级 4700p, R 是为降低 Q 值用, 选 1 Ω 。用 RC 并联网络将+OUT、-OUT 分别与基板相连, C 也为 Y 级 4700p, R 为 2M Ω 。连线应尽量短。

(4) 因 VICOR 模块效率较高, 对散热的要求相对较低。但为了提高模块及系统的 MTBF, 常规的散热考虑和设计准则都应遵循。模块与其散热的底盘之间应有良好的导热性, 并且是电绝缘的。

3 应用实例

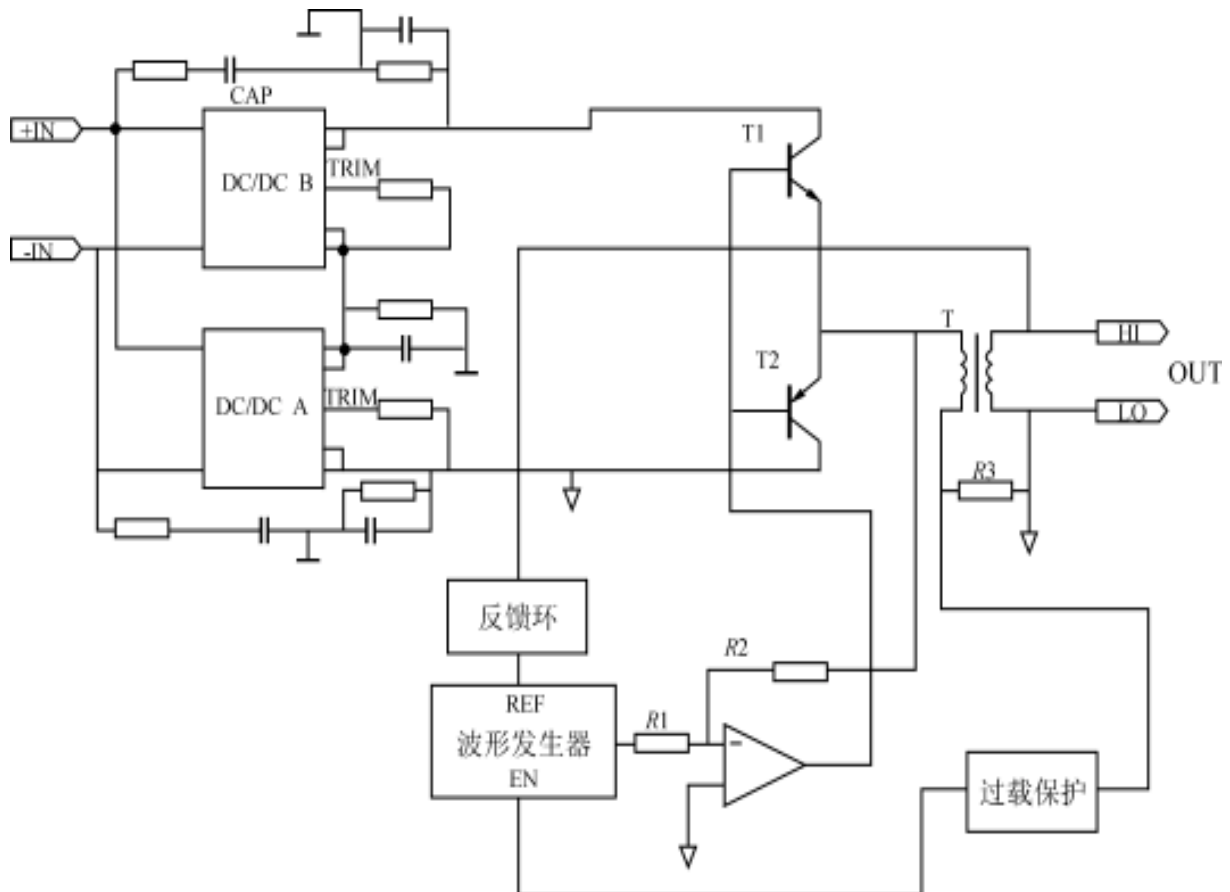


图 5 应用电路框图 (1)

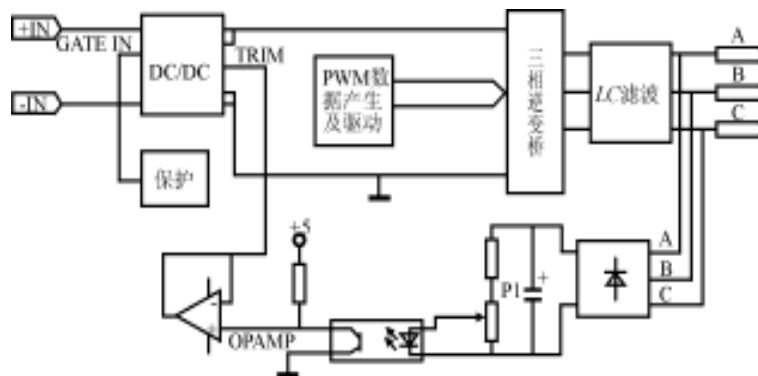


图 6 应用电路框图 (2)

(1) 利用两只 VICOR 模块，设计一输入 24VDC、输出 36V/400Hz 的线性逆变电源。模块本身输入 24V，输出 24V，输出功率 50W。原理框图如图 5 所示。

两只模块输入并联，输出串联，运放输出为 30Vp-p 电压。为在满载时输出也不出现削顶失真的同时，尽量降低额外的功率损耗，需将模块输出调到 17V，为此，在模块的 TRIM 端接固定调节电阻到各自的一OUT 端。电路有内外两个反馈环，其中外环调节波形发生器的参

考电压实现输出电压的稳定。

VICOR 模块的+IN、-IN、+OUT、-OUT 端均按 2.3 (3) 条所述, 连接阻容网络到基板, 以使耦合到输出电压上的高频干扰最小。

(2) 在 VICOR 模块基础上进行二次开发, 设计一输出电压为 36V/400Hz 的小型三相逆变电源。原理框图如图 6 所示。

模块型号为 VI-2W4-CV, 输入 24V, 输出 48V, 输出功率 150W。逆变部分产生交流输出, 因直流源、开关管、滤波电感均有阻抗存在, 带载后输出电压将降低。反馈环节取自输出并整流、倒相、缓冲, 得到一变化方向与输出相反的反馈信号, 其幅值不大于 2.7V。将此信号接到下模块的 TRIM 端, 就构成了负反馈闭环。调节反馈系数, 可以在规定的负载变动范围内 (空、满载), 使该模块输出电压相应地在 38~50V 之间变动, 系统输出电压也被稳定在 36V。

参考文献

VICOR Corporation. PRODUCT USER GUIDE, 1998

作者简介

张志 1978 年生, 毕业于西安航专, 现就职于西安爱科电子有限责任公司研发部, 负责开发模块电源类产品。

收稿日期: 2000.9.25

定稿日期: 2000.10.8