

DC/DC 变换器的 PWM 控制技术

DC/DC 变换器广泛应用于便携装置（如笔记本电脑、蜂窝电话、寻呼机、PDA 等）中。它有两种类型，即线性变换器和开关变换器。开关变换器因具有效率高、灵活的正负极性和升降压方式的特点，而备受人们的青睐。

开关稳压器利用无源磁性元件和电容电路元件的能量存储特性，从输入电压源获取分离的能量，暂时地把能量以磁场形式存储在电感器中，或以电场形式存储在电容器中，然后将能量转换到负载，实现 DC/DC 变换。

实现能量从源到负载的变换需要复杂的控制技术。现在，大多数采用 PWM（脉冲宽度调制）技术。从输入电源提取的能量随脉宽变化，在一固定周期内保持平均能量转换。PWM 的占空因数（ δ ）是“on”时间（ t_{on} ，从电源提取能量的时间）与总开关周期（ T ）之比。对于开关稳压器，其稳定的输出电压正比于 PWM 占空因数，而且控制环路利用“大信号”占空因数做为对电源开关的控制信号。

开关频率和储能元件

DC/DC 变换器中，功率开关和储能元件的物理尺寸直接受工作频率影响。磁性元件所耦合的功率是： $P(L) = 1/2 (LI^2f)$ 。随着频率的提高，为保持恒定的功率所要求的电感相应地减小。由于电感与磁性材料的面积和线匝数有关，所以可以减小电感器的物理尺寸。

电容元件所耦合的功率是： $P(c) = 1/2(CV^2f)$ ，所以储能电容器可实现类似的尺寸减小。元件尺寸的减小对于电源设计人员和系统设计人员来说都是非常重要的，可使得开关电源占用较小的体积和印刷电路板面积。

开关变换器拓扑结构

开关变换器的拓扑结构系指能用于转换、控制和调节输入电压的功率开关元件和储能元件的不同配置。很多不同的开关稳压器拓扑结构可分为两种基本类型：非隔离型（在工作期间输入源和输出负载共用一个共同的电流通路）和隔离型（能量转换是用一个相互耦合磁性元件（变压器）来实现的，而且从源到负载的耦合是借助于磁通而不是共同的电器）。变换器拓扑结构是根据系统造价、性能指标和输入线/输出负载特性诸因素选定的。

非隔离开关变换器

有四种基本非隔离开关稳压器拓扑结构用于 DC/DC 变换器。

1. 降压变换器

降压变换器将一输入电压变换成一较低的稳定输出电压。输出电压（ V_{out} ）和输入电压（ V_{in} ）的关系为：

$$V_{out}/V_{in} = \delta \quad (\text{占空因数}) \quad V_{in} > V_{out}$$

2. 升压变换器

升压变换器将一输入电压变换成一较高的稳定输出电压。输出电压和输入电压的关系为：

$$V_{out}/V_{in} = 1/(1 - \delta) \quad V_{in}$$

3. 逆向变换器

逆向变换器将一输入电压变换成一较低反相输出电压。输出电压与输入电压的关系为：

$$V_{out}/V_{in} = -\delta / (1 - \delta) \quad V_{in} > |V_{out}|$$

4. Cuk 变换器

Cuk(“丘克”)变换器将一输入电压变换成一稳定反相比较低值或较高值输出电压(电压值取决于占空因数)。输出电压输入电压的关系为:

$$V_{out}/V_{in} = -\delta / (1 - \delta) \quad |V_{in}| > |V_{out}|, \quad \delta < 0.5 \quad |V_{in}| < |V_{out}|, \quad \delta > 0.5$$

隔离开关变换器

有很多隔离开关变换器拓扑结构,但其中三种比较通用,它们是:逆向变换器、正向变换器、推挽变换器。在这些电路中,从输入电源到负载的能量转换是通过一个变压器或其他磁通耦合磁性元件实现的。

1. 逆向隔离变换器

逆向隔离变换器将一输入电压变换成一稳定的取决于变压器匝数比的较低值或较高值输出电压。输出电压与输入电压的关系式为:

$$V_{out}/V_{in} = (1/N) (\delta / (1 - \delta)) \quad V_{in} > V_{out} \quad \text{或} \quad V_{in} < V_{out} \quad \text{式中 } N \text{ 为变压器匝数比。}$$

2. 正向隔离变换器

正向隔离变换器将一输入电压变换成一稳定的取决于变压器匝数比的较低值或较高值输出电压。输出电压和输入电压关系为:

$$V_{out}/V_{in} = (1/N) \delta \quad V_{in} > V_{out} \quad \text{或} \quad V_{in} < V_{out}$$

3. 推挽隔离变换器

推挽隔离变换器将一输入电压变换成一稳定较低值输出电压。它们的关系为:

$$V_{out}/V_{in} = (2/N) \delta \quad V_{in} > V_{out}$$

PWM 控制技术

控制开关 DC/DC 变换器的反馈回路和稳压特性有两种方法:电压模式控制和电流模式控制。在电压模式控制中,变换器的占空因数正比于实际输出电压与理想输出电压之间的误差差值;在电流模式控制中,占空因数正比于额定输出电压与变换器控制电流函数之间的误差差值。控制电流可以是非隔离拓扑结构中的开关电流或隔离拓扑结构中的变压器初级电流。

电压模式控制只响应(调节变换器的占空因数)输出(负载)电压的变化。这意味着变换器为了响应负载电流或输入线电压的变化,它必须“等待”负载电压(负载调整)的相应变化。这种等待/延迟会影响变换器的稳压特性,通常“等待”是一个或多个开关周期。负载或输入电压扰动会产生相应(尽管不一定成比例)的输出电压干扰。

在此电路中, A1 是环路误差放大器, A2 是 PWM 比较器, A3 是输出驱动器(与功率开关的接口)。斜波振荡器提供输出电压 VOSC, VOSC 在变换器开关周期 t_s 期间从 0V 到某最大值(对应于最大占空因数)呈线性斜波。误差放大器对精密温度补偿基准(VREF)和变换器输出电压分量 $V_{out} (R_2 / (R_1 + R_2))$ 之间的差值进行比较。A1 的输出 VE 正比于基准电压和 V_{out} 之间的差值。假若输出电压为零,则 A1 的输出为其最大值,此最大值与振荡器输出斜波最大值相同。当在 PWM 比较器 A2 的输入存在这种条件时,则 A2 的输出电压在变换器整个开关周期中保持在最大值。所以,当 V_{out} 为最小值时,占空因数是在其最大值。

假若实际的输出电压超过 V_{out} 的调整范围,则 A1 的输出将为(或接近)零。在这种条件下, A2 的输出在整个开关周期期间将保持在其最小值。输出电压和变换器占空因数之间的反比关系(即输出电压太低会产生最大占空因数,输出电压太高会产生最小占空因数)为变换器的控制环路提供稳定的反馈机构。

假若能有一种机械使 PWM 控制可以在单个变换周期内响应负载电流的变化, 则“等待”问题和与电压模式控制有关的相应负载调整补偿可以消除。用电流模式控制做到这点是可能的。

电流模式控制把变换器分成两条控制环路——电流控制通过内部控制环路而电压控制通过外部控制环路。其结果在逐个开关脉冲上不仅仅可以响应负载电压的变化而且也可响应电流的变化。

上图示出一个典型的电流模式 PWM 控制电路。在此电路中, A1 是电压环路误差放大器, A2 是 PWM 比较器, A3 是输出驱动器 (与功率开关的接口)。振荡器以开关频率 f_s 提供窄同步脉冲。它把 PWM 锁存 (G1) 的输出 (Q) 置于逻辑高态并表示另一变换周期的开始。

和电压模式控制的情况一样, 误差放大器 A1 对精密温度补偿基准 (V_{REF}) 和变换器输出电压分量 $V_{out} (R_2 / (R_1 + R_2))$ 之间的差值进行比较。A1 的输出正比于基准电压和 V_{out} 之间的差值。

假若输出电压为零, 则 A1 输出是它的最大值。假若输出电压超过 V_{out} 的调整范围, 则 A1 输出将为 (或接近) 零。所以, 当变换器输出正在调整时 A1 的输出处在最大和最小值之间的某一平均值 (V_A)。此值对 PWM 比较器 A2 是反相输入, 实质上它变成电流反馈信号的基准。

注意, 假若在 A2 的-输入上电压大于其+输入上的电压, 则 A2 的输出电压是在其最小值 (逻辑低态)。假若电阻器 R_s 检测到开关或初级电流, 则呈现在 A2+输入端的电压 V_s 为 $I_s R_s$, V_s 电压正比于开关电流。当 V_s 值达到 V_A 值时, A2 输出将转换到它的最大值 (逻辑高态) 并复位 PWM 锁存 G1, 使 G1 的输出转换到逻辑低态。这种作用确定整个开关周期期间的的时间, 在此期间 G1 的输出是高态并确定变换器的占空因数。

电流模式控制和电压模式控制一样在输出电压与占空因数之间具有相同的反比关系。而且电流模式还具有如下的特点: 外 (电压) 控制环路设置阈值, 而在阈值内内 (电流) 环路调整开关或初级电路中的峰值电流。由于输出电流正比于开关或初级电流, 所以在逐个脉冲上控制输出电流, 从而电流模式控制具有比电压模式控制更优越的电源电压和负载调整特性。

本文内容来自互联网, 著作权归原作者所有。由电子零件城 (<http://www.epcity.com/>) 整理并制作成 PDF 文件, 仅供个人学习之用, 不得用于任何商业目的, 否则后果自负。如果您认为本 PDF 文件侵犯了您的任何权利, 请来信 epcity@epcity.com 通知, 本站立即删除。

搜集整理: 电子零件城-笨笨兔 (QQ: 154502842) 2004-04-10