

基于 Simulink/Matlab 的 DC-DC 变换器系统仿真

卢 博

(贵州大学理学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要 通过对 Buck 型开关电源工作过程的分析, 运用 Matlab/Simulink 建立仿真模型并仿真。仿真结果表明该模型能正确反应电路的工作情况。仿真模型的建立能大大提高设计效率。

关键词 DC-DC 转换器; Buck; Matlab; Simulink

中图分类号 TH112 文献标识码 A 文章编号 :1673-1131(2013)01-0014-02

0 引言

数字电源, 因其灵活性、智能、便于集成的优点广泛应用于笔记本、服务器和数字电视(DTV)等高端场所, 是近年来电源管理研究的重点领域之一。

计算机仿真(EDA)在 DC-DC 变换器设计中发挥着重要的作用。利用计算机模拟仿真电路的工作情况, 可以验证设计方案的可行性, 找出设计中存在的问题, 找到改进方法, 以避免一些不必要的损失, 节约产品的开发成本, 缩短了开发周期。

MATLAB/SIMULINK 是一种可以对动态系统进行建模、仿真和分析的软件包, 它具有可视化、可重载、可封装、面向结构图编程及模块化等特点, 能够大大提高系统仿真的可靠性和效率。本文利用 Simulink 模拟 Buck 型 DC-DC 数字转换器的工作情况, 重点是使用真实的数字补偿器代替模型中的理想传输函数数学表达式模型, 使得模型可以更加接近真实电路。

1 Buck 型数字 DC-DC 转换器模型提取

图 1 是 Buck 型数字电源的系统框图。上半部分是功率级器件, 包括开关功率管、电感、电容和电阻(简称 LRC 网络)。下半部分为数字控制系统, 一个完整的数字电源控制

系统的数字控制环路有 ADC、DPID 补偿器和 DPWM 三部分组成。

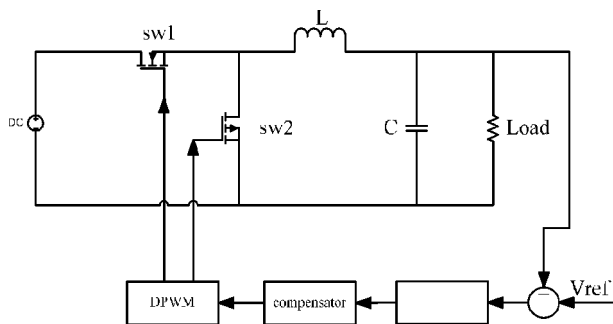


图 1 Buck 型 DC-DC 变换器结构图

1.1 功率级

对于功率级器件, 根据开关电源领域的状态平均法和电路系统相关理论, 我们可以得到如下等式

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L}(V_g d - i_L R_L - v_o) \quad (1)$$

$$\frac{dv_c}{dt} = \frac{1}{C}(i_L - i_{out}) \quad (2)$$

(4) 基于虚拟化技术实现复制。服务器映像是传统容灾的重要组成部分。随着业务系统复杂度增加, 比如系统中多个服务器使用不同的操作系统, 业务系统对灾难的响应就更为困难。人们被迫在不同的硬件环境下恢复系统, 因此恢复需要更长的时间, 错误和数据丢失的可能性也增大了。

云计算通过虚拟化屏蔽了底层的复杂性, 优化了设施的利用。由于使用了虚拟化技术, 整个服务器包括操作系统、应用、补丁和数据都封装在一个单独的软件包或者虚拟服务器内。整个虚拟服务器能够备份到离线的数据中心, 在需要的时候重新运行。虚拟服务器与硬件、操作系统、应用、数据都无关, 可以安全无误地从一个数据中心传输到另一个数据中心。这样就不需要在恢复服务器时重新装载操作系统、应用软件到以前的配置状态, 极大减少传统灾难恢复的时间。为了支持不同类型的环境, 云计算的容灾方案中必须提供物理环境到虚拟环境和虚拟环境到物理环境的恢复。

(5) 减少复制距离。基于云计算的容灾需要大量的服务器复制, 因此网络带宽是这种方法需要重点考虑的问题。为了节约带宽, 在进行服务器复制的时候应该尽量选择附近的节点进行复制。

(6) 结合传统容灾方法。虽然基于云计算的容灾对于关键应用来说具有很多优点, 不过一般有效的灾难恢复计划倾向于结合使用传统的方法和基于云计算的方法。将多种方法集成

在一起可以进一步提高实现数据完整的可靠性, 减轻了应用向云转化的负担。

3 结语

云计算的出现给容灾系统提供了新的选择, 降低了实现容灾的成本, 使得中小企业也能实现容灾应用。不过云计算给应用带来一些新的安全威胁还有待于进一步研究, 基于云计算的容灾机制还可以进一步地完善。

参考文献:

- [1] 李乔, 郑啸. 云计算研究现状综述[J]. 计算机科学, 2011(4)
- [2] 陈康, 郑纬民. 云计算: 系统实例与研究现状[J]. 软件学报, 2009(5)
- [3] Armbrust M, Fox A, Griffith R, et al. A view of cloud computing[J]. Commun. ACM(CACM), 2010, 53(4): 50-58
- [4] 杨健, 汪海航, 王剑, 俞定国. 云计算安全问题研究综述[J]. 小型微型计算机系统, 2011(3)
- [5] 崔可升, 赵建福, 朱祥磊, 曹璐, 李世冲. 云计算技术在多中心业务容灾中的应用[J]. 山东通信技术, 2010(3)

作者简介: 蔡建宇(1976-), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向为分布计算、仿真。

$$v_o = v_c + R_{csr}(i_L - i_{out}) \quad (3)$$

式(1)(2)(3)中 L 为电感, i_L 为电感电流, R_L 为电感电阻, C 为电容, v_c 为电容电压, R_{csr} 为电容电阻, V_g 为输入电压, V_o 为输出电压, i_{out} 为输出电流。

以上几式可以描述 Buck 型开关电源的功率级模型。用 Simulink 进行数学建模如图 2, 模型中 V_g 是输入电压, d 为占空比信号, i_L 为电感电流, V_o 为输出电压。该模型是根据式(1)(2)(3), 利用电压和电流的互为微积分关系搭建而成。模型上半部分电感电流的状态方程的模型实现, 下半部分是电容电压 V_c 的状态方程的模型实现。

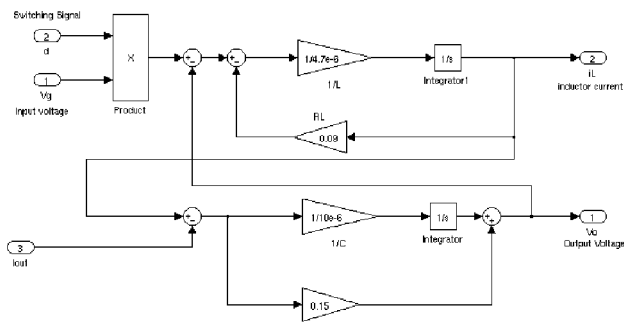


图 2 功率级仿真模型

左边入口的乘法器是根据平均状态模型, 占空比与电源电压的乘积被送入 Buck 网络。中间的两个三角增益是电感和电容值的倒数。由式(1)知电感上的电流等于电压对时间的积分, 由式(2)知电容上的电压等于电流对时间的积分。而开关通过监视电流的大小, 选择进入 DCM (扣留断续模式)/CCM(电流连续模式)。

1.2 ADC 模块

环路中的 ADC 主要完成模拟信号到数字信号的转换, 量化电压误差。ADC 模块由模拟误差经过延迟、ADC 的上下限制量化器组成。从 ADC 输出的信号, 最后还要除以 LSB 的精度, 成为输入 DPID 的数字信号。

1.3 补偿器(DPID)

接下来的 DPID 本身是一种数字滤波器, 其输入信号是 ADC 的输出误差信号, 输出是占空比信号。DPID 数字补偿器可采用传递函数直接描述, 它实现了 2P/2Z 补偿。另外, 也可以采用带有定点信息的直接型实现电路图, 这种实现方式是把传输函数转换成差分方程, 如式(4)。

$$d(n) = d(n-1) + ae(n) + be(n-1) + ce(n-2) \quad (4)$$

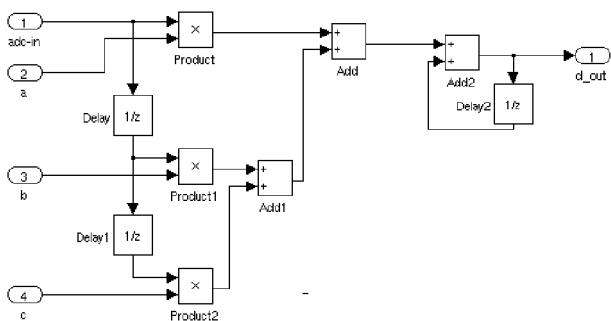


图 3 补偿器仿真模型

然后, 用乘法器、加法器和延迟单元搭建模型。图 4 为 DPID 数字补偿器的实现结构。DPID 电路是一种数字二阶 IIR 滤波器, 这种方式既可以更好地接近实际设计, 重要的是可以

运用 Matlab 自带的 HDL Coder 工具自动生成 HDL 代码。这样可以大大减少设计时间, 提高设计速度。

1.4 DPWM

最后是 DPWM 模块, DPWM 的作用是将 2 进制表示的数字转化成为有一定占空比的时间脉冲信号, 从而来控制功率管的开关。DPWM 的实现是通过输入的占空比信号与锯齿波的幅度相比较而得到脉冲信号。它的输入是 8 位的二进制, 代表从小到大的 2^8 级占空比。在一个开关周期内, 占空比信号 d 与峰值为 2^8-1 的锯齿波相减, 结果进入过零比较器, 从而控制输出信号的反转。

由以上可得出 Buck 型数字开关的仿真模型。整个系统模型的建立, 可以为参数和补偿器的系数的确定提供依据。

2 仿真结果

模型建立后, 填入所需的参数。本例中的仿真参数如下:

- 开关频率 f_{sw} : 1M Hz;
- 输入电压 v_g : 5v;
- 参考电压 v_{ref} : 1.9v;
- 电感 L: 4.7uh;
- 电感电阻: 90mΩ;
- 电容 C: 10uh;
- 电容电阻: 150mΩ;

实例中的 ADC 采用的 4 位 ADC, 延迟为 80ns。

补偿器采用的二阶补偿, 补偿器的传递函数为式(5):

$$G_c = \frac{36.618(z-0.858)(z-0.9598)}{z(z-1)} \quad (5)$$

DPWM 模块位数为 8。

填入参数之后就可以对整个系统仿真。

在 Simulink 环境下仿真, 负载电流从 0.6A 阶跃到 1A, 电路能工作稳定, 输出电压经过震荡后稳定在 1.9V, 纹波也很小, 符合设计要求。

由以上的整个系统的仿真实况可以看出, 该系统模型可以正确地反应电路的工作状况, 所用的补偿器能使 BUCK 电路快速、稳定地工作。

3 结语

本文利用 Matlab/Simulink 建立了 Buck 型 DC-DC 数字电源的仿真模型。模型的建立为模块的参数和补偿器的系数确定提供了依据, 能够有效地加快数字电源的设计。尤其是在控制参数和元器件的发生改变时, 利用模型仿真, 可以避免大量繁琐的调试工作, 有效地提高了工作效率。

参考文献:

- [1] 薛定宇, 陈阳泉. 基于 MATLAB/Simulink 的系统仿真技术与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011
- [2] 王沫然. simulink4 建模及动态仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002
- [3] 张占松, 蔡宣三. 开关电源的原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004
- [4] 熊光楞. 控制系统数字仿真[M]. 北京: 清华大学出版社, 1988

作者简介: 卢博(1987-), 男, 山东菏泽人, 硕士, 研究方向为数字 IC 设计。