

SIMetrix/SIMPLIS 应用探讨

李桦 方卫中 杭州易泰达科技有限公司 (310014)

摘要: 本文比较了几种常用电力电子仿真软件优缺点, 重点介绍了一种新的仿真软件—SIMetrix/SIMPLIS。通过实例说明了该软件仿真速度快, 对开关电源电路不需要建立平均模型即可进行小信号分析。非常适合于开关电源产品的设计, 分析和优化。

关键词: 计算机仿真 开关电源 建模

A novel simulation software for switching circuit – SIMetrix/SIMPLIS

Abstract: The paper compares several widely used simulation software and introduces a novel simulation software, i.e., SIMetrix/SIMPLIS. Through examples, it is shown that the software can perform a transient analysis with fast simulation speed and can plot gain and phase for switching circuit without having to derive average models.

Key Words: Computer simulation, switching circuit, modeling

1 引言

随着电力电子技术的发展和应用, 电能的精细变换已经成为现实, 电源成为许多领域不可缺少的基本设备。电源的计算机仿真技术彻底改变了以往依靠人工计算、电路实验、实物试验和调试的传统设计方法, 成为现代电力电子研究与开发的关键技术之一。

计算机仿真不仅可以取代系统的许多繁琐的人工分析, 减轻劳动强度, 避免因解析法在近似处理中带来的较大误差, 还可以与实物调试相互补充, 最大限度地降低设计成本, 缩短研发周期。

本文介绍了一种用于新的电力电子与电力传动的仿真软件—SIMetrix/SIMPLIS, 简单的对几种常用的电力电子仿真软件作了比较; 通过实例说明了该软件在仿真速度, 收敛性, 小信号分析方面独具优势, 非常适合

于开关电源产品的开发设计。

2 开关电源仿真现状^[1,2,4]

基于构成电源系统的基本元件和基本控制单元自身的特点, 出现了很多优秀的计算机仿真软件。PSpice 是较早出现的 EDA 软件之一, 也是目前使用最为广泛的电力电子仿真软件。由原理图编辑、电路仿真、激励编辑、元器件编辑、波形图等几个部分组成。它可以得出比较精确的暂态仿真结果。对开关电源仿真电路来说, 其仿真结果往往包含大量开关波形信息, PSpice 处理数据庞大, 速度较慢, 收敛问题也制约软件进一步分析结构较复杂的电源电路。

Saber 是一个功能更为强大, 适用范围更广的仿真软件, 它可以同时仿真模拟、事件驱动、数字和混合模拟/数字设备, 在模拟和数字领域提供完全交互。仿真结果的真实性

很好。和 PSpice 类似，对开关电源仿真来说，Saber 也存在处理数据庞大，速度较慢等问题。

Matlab 是美国 MathWorks 公司推出的一种使用简便的工程计算语言。作为 Matlab 重要组成部分的 Simulink 已经成为在动态系统建模和仿真方面应用最为广泛的软件包之一，特别适用于研究电源的控制特性。由于它基于一般电路元器件模型和数学模块（如传递函数）来仿真的，因此和实际电路差别较大。

SIMetrix/SIMPLIS 美国 Transim 公司开发的软件包。它包含两个仿真内核—SIMetrix 和 SIMPLIS，共用一个原理图编辑界面，界面简单，相对更容易掌握。其中 SIMetrix 是在 SPICE 和 XSPICE 基础上开发出来的混合信号电路仿真器，它和其他 SPICE 类仿真软件类似，可以精确分析电路元件工作的暂态过程。SIMPLIS 是以状态空间法为基础的仿真内核，它的元器件采用分段线性的建模方式，运算效率很高，仿真速度是一般 SPICE 类仿真软件的 10 到 50 倍。并可以直接进行开关电源的小信号分析。适合于电源系统分析，设计和优化。

3 SIMetrix/SIMPLIS的特点^[1]

SIMetrix SPICE 本质上和 PSpice 等仿真软件相似，此外它还提供了丰富的分析模式，以 AC 分析为例，标准 SPICE 只能进行频率扫描，SIMetrix SPICE 可以提供 5 种扫描模式。例如通过对固定频率下的放大器直流输入电压扫描，查看输入偏置及其增益的关系曲线，或进行放大器源电阻噪声扫描分析给出优化值等等。同时可对电路做蒙特卡罗等分析，优化电路性能。

SIMPLIS 是 “Simulation For Piecewise Linear System” 首字母缩写词。专门为开关电源系统的快速建模仿真而设计。SIMPLIS 对非线性器件采用分段线性建模，将一个完整的系统定义为线性电路拓扑的循环序列，以描述开关电源系统中半导体器件的开关特性。因此可以取得很高的速度，同样硬件配置下，其仿真速度比 SPICE 类软件快 10 到 50 倍，这一特点是 SIMPLIS 在工程应用中尤其是电源行业里与其他仿真软件竞争的优势所在。其缺点在于分段线性模型没有利用非线性方程描述的 SPICE 模型精确，因此在模拟实际电路波形方面，如开关电流，电压尖刺等开关暂态过程可借助 SIMetrix。

SIMPLIS 具有两种独有的分析模式，POP（Period Operating Point）分析和 AC 分析。POP 分析是一种快速确定开关电源稳态工作点的算法。在这种分析模式下，电路无需进行较长时间电路启动瞬态仿真，就可快速确定开关系统的稳态工作点。它比通常意义上的瞬态仿真快 100 倍以上。大幅缩短了仿真时间。

SIMPLIS 另一个非常突出的特点是可直接对开关电源进行小信号分析。我们知道传统的静态频率扫描方法并不适用于开关电路。通常设计人员需要再次解析开关电源的状态方程建立平均模型，建模难度较大，要求工程设计人员具备较好的拓扑分析和控制理论基础。SIMPLIS 的 AC 分析不需要获得平均模型即可得到频域响应，它模拟真实硬件电路的扫频测量方法。在创建好的原理图中加入 AC 扰动源即可进行小信号分析（见图 1）。其分析过程可简单描述为首先开始 POP 分析，计算出系统的稳态工作点，然后

进行小信号扫描，得出所需频域曲线。

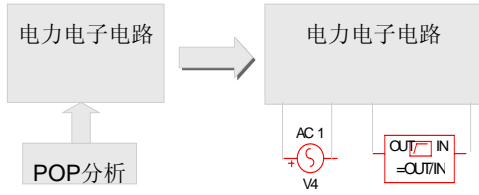


图 1: SIMetrix/SIMPLIS 小信号分析图释

4 应用举例

图 2 是一个简单的利用 UC3842 做开关控制器的 BOOST 电路。在 SPICE 类软件平台上仿真耗时 51 秒，利用 SIMPLIS 仿真耗时 0.71 秒。这是因为 SPICE 开关模型中包含了大量非线性方程，SIMPLIS 是利用分段线性建模方式，也就是说，在任意时刻，SIMPLIS 系统都可看作一个线性网络系统，因此在仿真速度上有着无可比拟的优势。

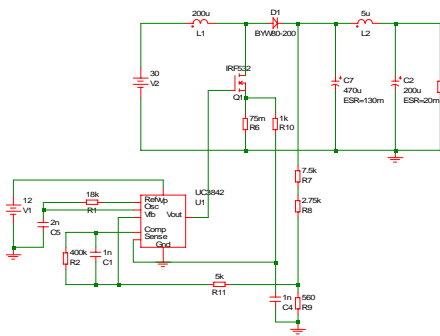
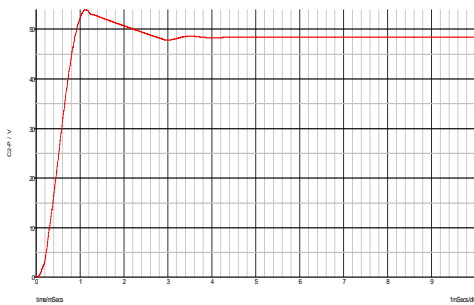


图 2: (a) 利用 UC3842 控制的 BOOST 电路



(b) 输出电压启动过程仿真

图 3 以一个电压控制型，输入 12V，输出 1.5V/15A 的同步整流 BUCK 电路为例。图中 U1 为开关控制模块。DRV 为内置 LDO

输出端，作为自举驱动电路电源。主电路参数为 $L = 1.2\mu\text{H}$ ， $C = 3.6\text{mF}$ ，利用 POP 分析 + 瞬态分析，可以得到图 4 (a) 由负载变化时，输出电压的响应波形。图 2 (b) 是响应的实验波形。

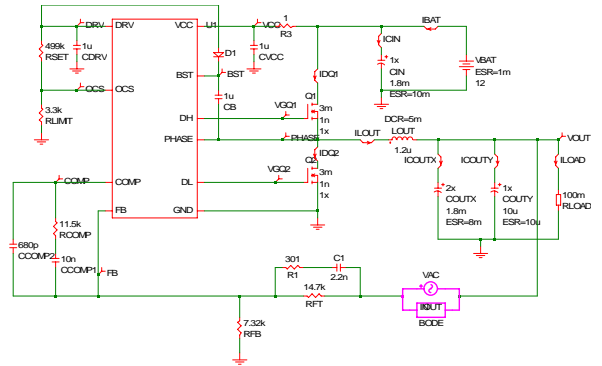


图 3: 同步整流 BUCK 电路

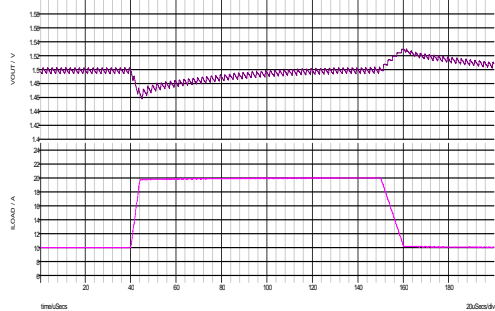
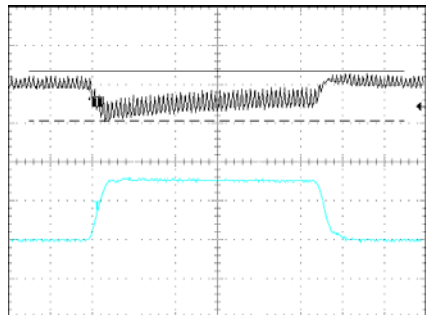


图 4: 负载变化与输出电压波形 (a) 仿真结果



(b) 实验波形

前面已经介绍过，SIMPLIS 环境下的开关电源小信号分析不需要建立平均模型。只需在电路中合适的地方注入扰动信号即可。理论上，要得到精确的环路响应波特图，AC

扰动源应放置在误差放大器输出端与PWM比较器输入端之间。但是大多数芯片生成厂商通常不会为PWM比较器输入端专门引出一个管脚，因此在实际测量中，我们通常在输出反馈端注入扰动信号，这种方法虽然不如前者精确，但引起的误差非常小，可以忽略。如图2所示，我们同样将AC源放置在反馈端并调入POP+AC分析，得到图5(a)所示的环路频域响应。为了便于比较分析，图5(b)是根据图2电路建立平均模型^[5]所绘制的电路环路响应波特图。可以看出，二者的频域特性基本完全一样。

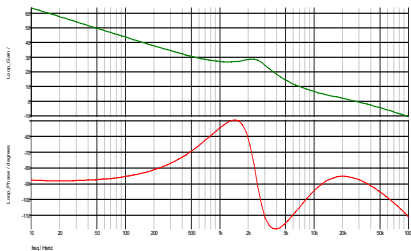
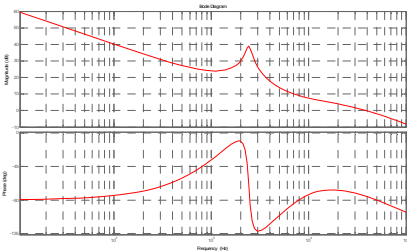


图5: (a) SIMPLIS 小信号分析结果



(b) 平均模型分析结果

SIMetrix/SIMPLIS 这个特性极大的减轻了开关电源设计人员的负担，尤其有利分析一些较复杂的建模难度较大的拓扑的控制特性。

5 结论

SIMetrix 是一个增强版的 SPICE 软件，SIMPLIS 则在电力电子电路仿真方面独具特色。分段线性建模方式和算法使得仿真过程更加迅速，利用其独有的 POP 与 AC 分析模

式，不需要建立平均模型即可对开关电路进行小信号分析。十分有利于开关电源系统的设计，分析和优化。

参考文献

- [1] SIMetrix/SIMPLIS User Manual, Transim Technology Corporation, 2005
- [2] 吕征宇等，一种新的仿真工具—PSIM 的应用探讨，第十四届全国电源协会论文集，57—59
- [3] 王润新等，SIMPLIS 环境中开关电源集成电路控制器模型的开发应用，通信电源技术，2006，23（4），5—9
- [4] 陆治国编著，电源的计算机仿真计算，北京，科学出版社。
- [5] 蔡宣三编著，高频功率电子学 直流—直流变化部分，北京，科学出版社

作者介绍



李桦，女，硕士。研究方向为开关电源集成控制器和半导体器件建模与研究