

基于 Saber 的 NCP1200 仿真模型建立与应用

张望, 李世光, 冯海兵, 谢冬莹, 张能

(中国矿业大学信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221008)

摘要: 本文首先介绍了控制芯片 NCP1200 内部组成和主要特性, 其次通过对 NCP1200 的功能进行简化, 利用仿真软件 Saber 构建了 NCP1200 主要功能模块的仿真模型, 然后设计了 100~375VDC 输入, 12V/2A 输出, 基于 NCP1200 的反激电源。在 Saber 中运用本文所建立仿真模型搭建所设计反激电源的仿真电路, 验证模型的可行性, 同时对所设计反激电源的控制环路进行设计。仿真结果表明本文所建立的 NCP1200 Saber 仿真模型总体上是可行的, 并且在 Saber 中运用该仿真模型可以很好的对基于 NCP1200 反激电源的控制环路进行设计。

关键词: NCP1200; 仿真模型; Saber

中图分类号: TP

Construction and Application of the Simulation Model for Controller NCP1200 based on Saber

Zhang Wang, Li Shiguang, Feng Haibing, Xie Dongying, Zhang Neng

(college of Information and Electrical Engineering, CUMT, JiangSu XuZhou 221008)

Abstract: Firstly, In this paper the internal structure and main characteristics of controller NCP1200 is proposed. Secondly, The simulation model of controller NCP1200 is constructed by using simulation software Saber while some simplification is made to suit for simulation. Then a 100~375VDC input, 12V/2A output flyback power supply based on NCP1200 is designed. The simulation circuit of flyback power supply is built by using the simulation model in Saber. The authenticity and validity of this simulation model are verified. And the control loop of flyback power supply based on NCP1200 is designed by using the model. Simulation results prove that the Saber simulation model of NCP1200 is feasible in general. The control loop of flyback power supply based on NCP1200 can be designed well by using the simulation model in Saber.

Keywords: NCP1200; Simulation Model; Saber

0 引言

反激变换器具有电路简单、输入输出电压隔离、成本低、空间要求少等优点, 在小功率开关电源中得到了广泛的应用^[1]。NCP1200 是安森美公司出品的低耗开关电源芯片, 该芯片采用固定频率的脉宽调制模式, 内集成“跳周期”工作模式和过流、过热保护功能。基于该芯片设计的开关电源, 具有外围电路结构简单、工作可靠等优点。因此, NCP1200 控制的反激电源具有优越的性能^[2]。

在开关电源的设计过程中, 控制环路设计的优劣关系到系统的稳定与否。因此优良的控制环路, 对开关电源系统是至关重要的。对于 PWM 变换器的控制环路, 传统的方法使用状态空间平均法, 求出小信号模型, 来设计控制环路。此方法计算量大, 效率低, 不利于工程应用。高效的方法是用仿真软件得出电路开环伯德图来设计控制环路。市面的仿真软件非常多, 功能也很强大, 如 Matlab、Pspice 等, 然而 Pspice 软件的收敛算法不好, 带来了非常多的不便; Matlab 软件建模复杂, 其补偿器为传递函数或状态方程, 需利用电网络理论^[3]。

Saber 与其他仿真软件相比, 具有更丰富的元件库和更精确的仿真描述能力, 真实性更

作者简介: 张望, 男, 安徽宿州人, (1988-), 硕士研究生, 主要研究方向是电力电子与电力传动. E-mail: cumtzhangwang@126.com

好。特别是在电源领域的先天优势，借助其强大的仿真功能缩短电源产品的上市时间。但是 Saber 仿真软件中没有 NCP1200 的仿真模型，因此本文根据 NCP1200 芯片内部组成和主要特性建立了一种简化的 Saber 仿真模型，验证了该模型的可行性，并使用该模型对基于 NCP1200 的反激电源的控制环路进行设计。

1 NCP1200 简介

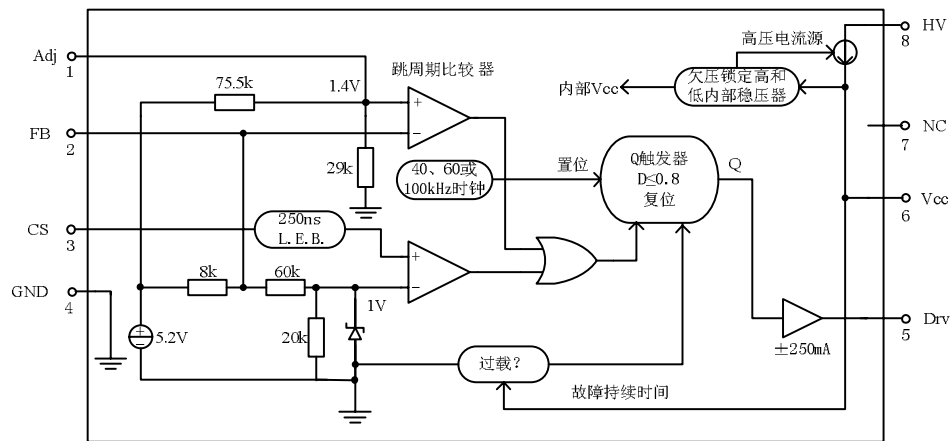


图 1 内部结构图
Fig. 1 Internal Circuit Architecture

NCP1200 是 ON Semiconductor 公司生产的低功率通用离线电源脉宽调制电流模式控制器，其内部结构如图 1 所示^[4]。器件内部集成有跳周期比较器、40 / 60 / 100kHz 时钟、Q 触发器 $D \leq 0.8$ 复位、欠压锁定高低稳压器等。由于 NCP1200 内置有时钟发生器，所以无需外接 R-C 元件。它的工作频率可在 40kHz、60kHz 或 100kHz 中选择。光耦合器直接接至反馈管脚 2 上，内部的集成电路控制监视信号流。250ns 的前缘消隐（LEB）电路节省了一个外部 R-C 网络。NCP1200 采用 SO-8 或 DIP8 封装。其管脚说明如表 1 所示^[5]。

表 1 管脚说明
Tab. 1 Pin Function Description

引脚号	引脚名称	功能	说明
1	Adj	调整起跳峰值电流	该引脚用来调整开始跳周期工作的电平
2	FB	设置峰值电流设置点	通过将一个光电耦合器连接到该引脚，可随输出功率的需求来调整峰值电流设置值
3	CS	电流检测输入	用于检测初级电流并通过一个 L.E.B 将其送入内部比较器
4	Gnd	集成电路接地端	
5	Drv	驱动脉冲	驱动器至外部 MOSFET 的输出
6	Vcc	集成电路电源	该引脚连接一个典型值为 10μF 的外部电容
7	NC	空脚	
8	HV	从交流线路上产生 Vcc	该引脚连接高压干线上，可向 Vcc 大电容注入一恒定电流

2 仿真模型的建立

在 Saber 中建立芯片 NCP1200 仿真模型，首先应当对 NCP1200 的功能进行简化，抽象出主要研究的功能对象^[6]。该芯片主要功能为峰值电流型脉宽调制，在比较器的输入端直接接电流检测信号与电压反馈信号进行比较，以此来控制输出脉冲的占空比；同时通过监视反馈电信号，当输出功率降低到设定的水平值之下，进入跳周期工作模式。因此本文建立的仿真模型省略了保护功能和动态自供电功能。简化的 NCP1200 仿真模型如图 2 所示。

仿真模型主要划分为 3 个部分：脉宽调制、跳周期、驱动。脉宽调制部分，电压反馈信号接入比较器反相输入端，电流检测信号的接入比较器的同相端，250ns 的前沿消隐电路由时间常数由 250ns 的 R-C 延时电路实现。跳周期部分，电压反馈信号接入比较器反相输入端，跳周期发生的电平设置值接入比较器的同相端。驱动部分，两比较器的输出端连接到与门。

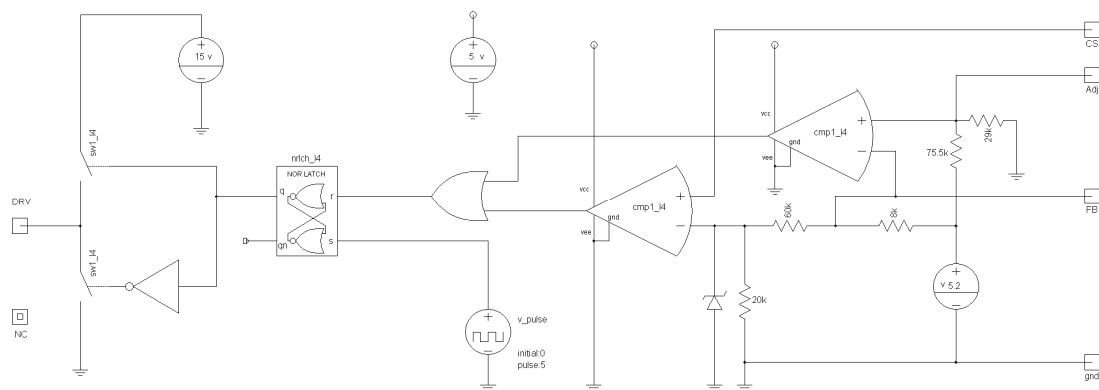


图 2 简化的仿真模型

Fig. 2 Internal Circuit Architecture

再接到 RS 触发器 R 端，方波电压源接 S 端，芯片工作频率的选择通过设置方波电压源占空比实现，Q 端通过两个理想开关的交替工作，实现对 MOSFET 的驱动。将所有部分封装起来就构成了 NCP1200 仿真模型，模型中元件均选用 Saber 元件模型库中理想模型。

3 仿真模型的验证

为了验证所建立的仿真模型，本文以 NCP1200 为核心控制部件，设计了一款 100V~375VDC 输入，12V/2A 输出的反激变换器，开关频率为 100kHz，变压器初级电感为 1.168mH，次级电感为 0.032mH，电流采样电阻为 1Ω，输出电容 470μF，电容的等效串联电阻为 0.01Ω^[7]。运用所建立模型在 Saber 中搭建电路对其进行仿真。系统仿真原理图如图 3 所示。

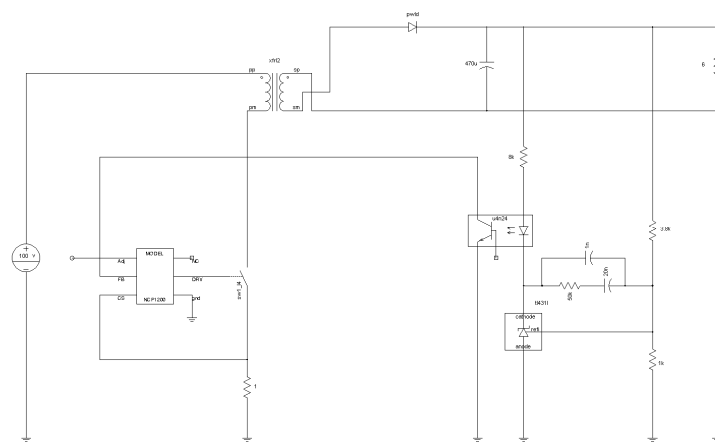
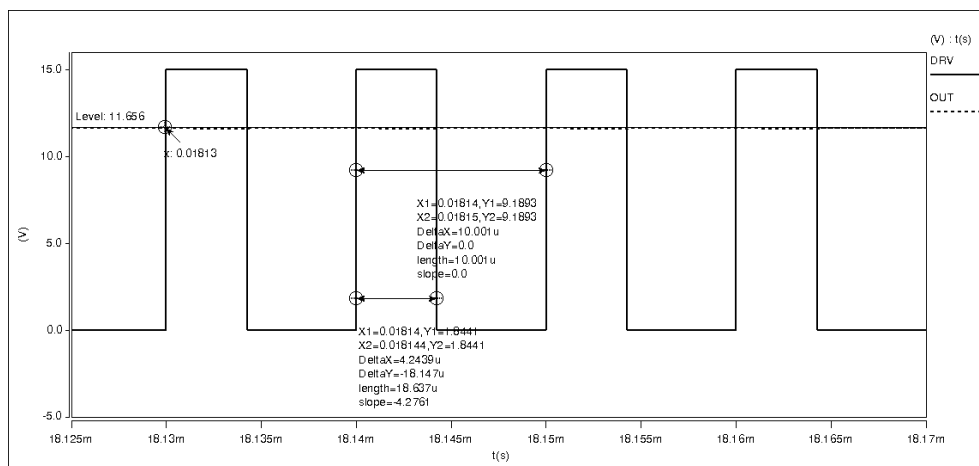


图 3 系统仿真原理图

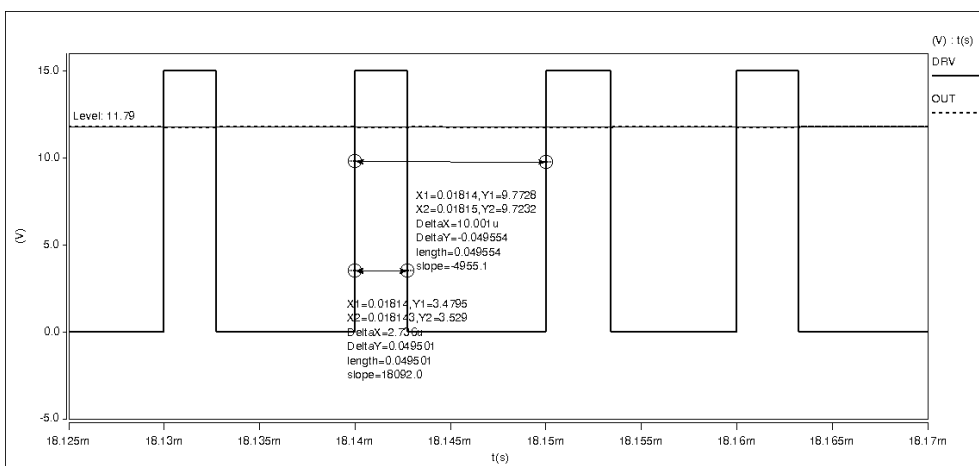
Fig. 3 Simulation Schematic

图 4 (a) 为输入电压 100V 时，输出电压和驱动信号波形；图 4 (b) 为输入电压 200V

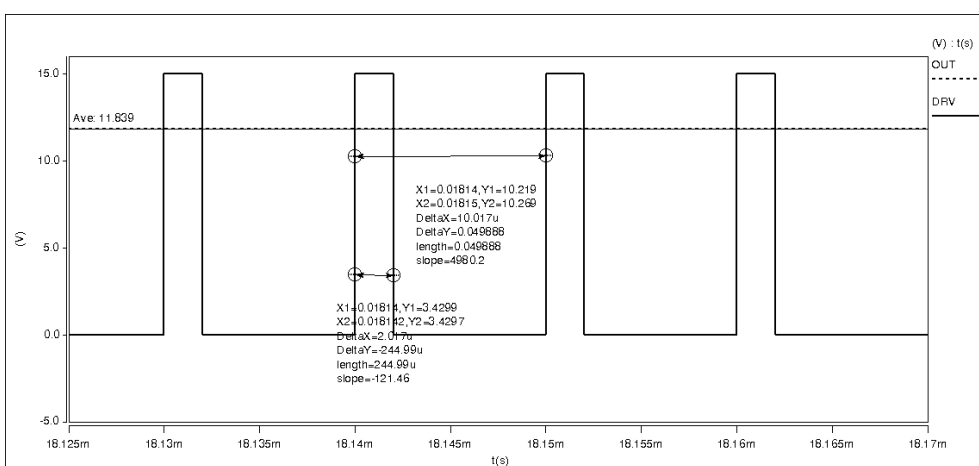
时, 输出电压和驱动信号波形; 图 4 (c) 为输入电压 300V 时, 输出电压和驱动信号波形。



(a) 输入电压 100V
(a) 100 Input



(b) 输入电压 200V
(b) 200 Input



(c) 输入电压 300V
(c) 300V Input

图 4 输出电压和驱动信号波形

Fig. 4 Output Voltage and Drive Signal Wave

从以上波形可以得到不同输入电压下对应的占空比, 并与不同输入电压下理论计算出的

占空比相比较。占空比如表 2 所示。

表 2 占空比
Tab.2 Duty Cycle

输入电压	仿真波形得到的占空比	理论计算出的占空比
100V	0.424	0.419
200V	0.274	0.265
300v	0.202	0.194

从上表可以看出，仿真结果和理论计算误差很小，说明本文所建立的仿真模型脉宽调制功能正常。

图 5 为输入电压 300V，10ms 时系统突减负载，驱动信号波形图。从波形图可以看出系统在 10ms 后进入跳频模式，说明本文所建立的仿真模型跳频功能正常。

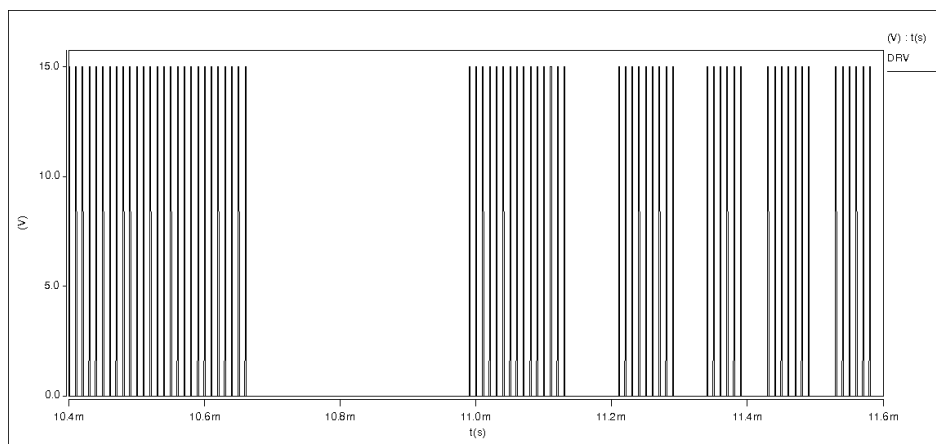


图 5 驱动信号波形
Fig. 5 Drive Signal Wave

4 控制环路的设计

在 Saber 中应用该模型对上文所设计的基于 NCP1200 的反激变换器的控制环路进行设计，首先利用 Saber 软件中的扫频模块仿真出控制到输出的开环伯德图。扫频仿真原理图 6 所示。

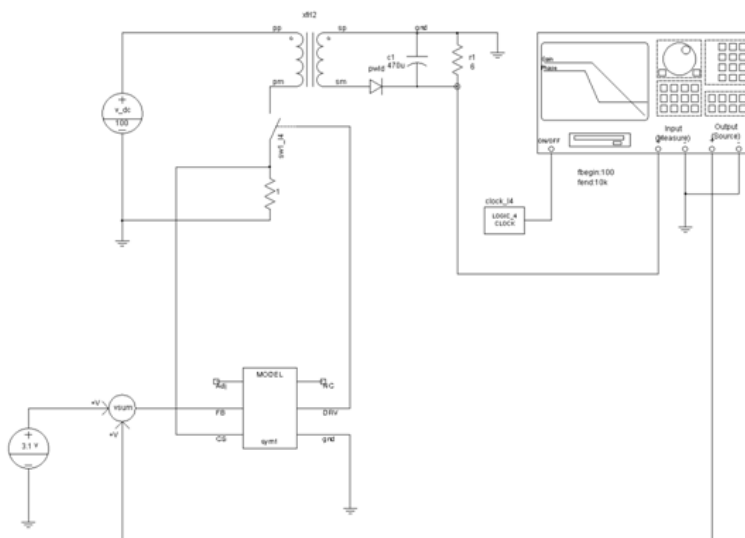
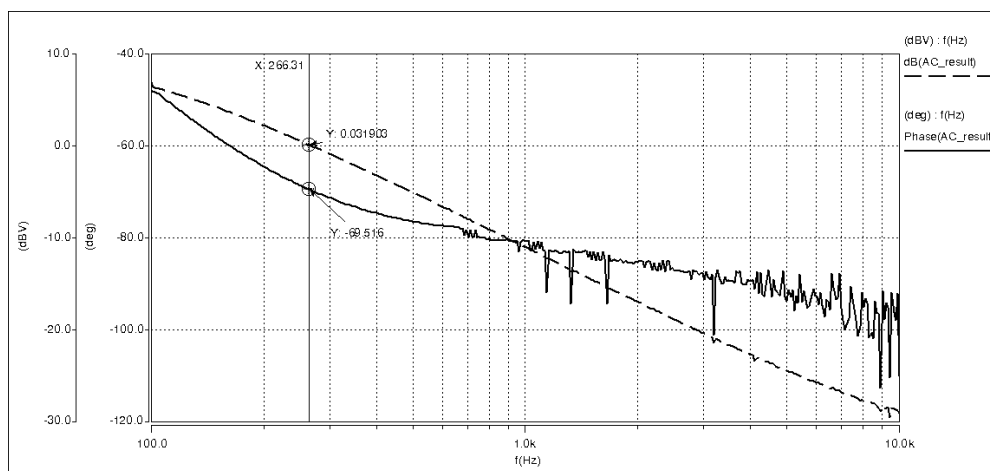
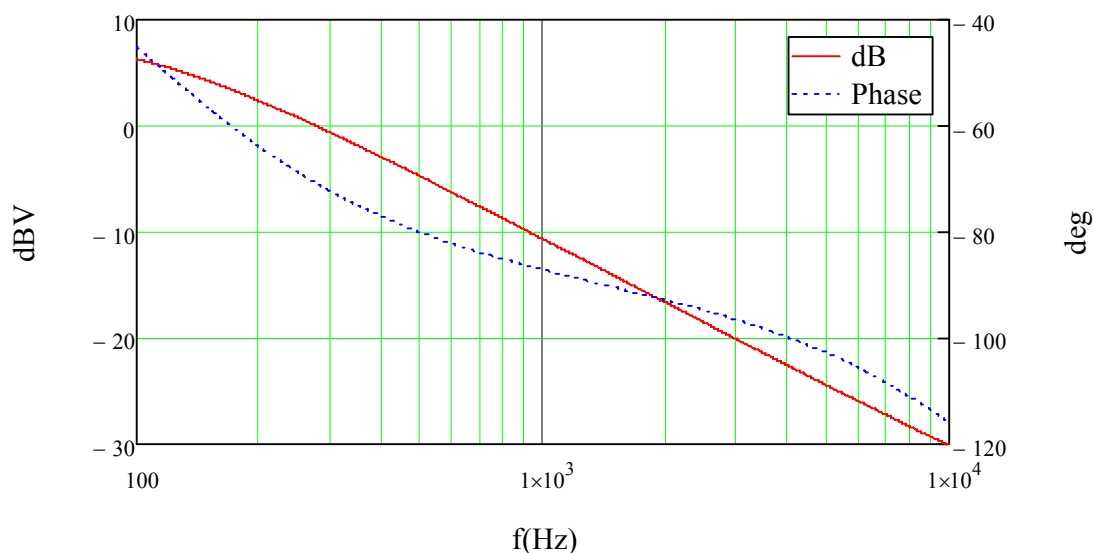


图 6 扫频仿真原理图
Fig. 6 Sweep Frequency Simulation Schematic

扫频得到的控制到输出开环伯德图与根据 Ridley 提出的电流模式小信号模型^[8]计算得到的伯德图进行比较, 结果基本一致, 说明扫频得到的伯德图具有很好的准确性。图 7 (a) 为扫频得到的伯德图, 图 7 (b) 为计算得到的伯德图。



(a) 扫频
(a) Sweep Frequency



(b) 计算
(b) Calculation

图 7 控制到输出开环伯德图

Fig. 7 Control to Output Open-Loop Bode

从扫频得到的控制到输出开环伯德图可以看出系统稳定, 但是系统性能不好。开环增益很低, 稳态误差大; 相角裕度过大, 截止频率太低, 动态性能不好; 高频段增益减小缓慢, 噪声抑制不佳^[9]。据此对反馈电路进行设计, 反馈电路如图 8 所示, 采用精密稳压器 TL431, 线性光耦 PC817, 单零点双极点补偿。 $R_5=8\text{k}\Omega$ 及其上拉参考电压 $V_{\text{ref}}=5.2\text{V}$ 为芯片 NCP1200 内部结构。

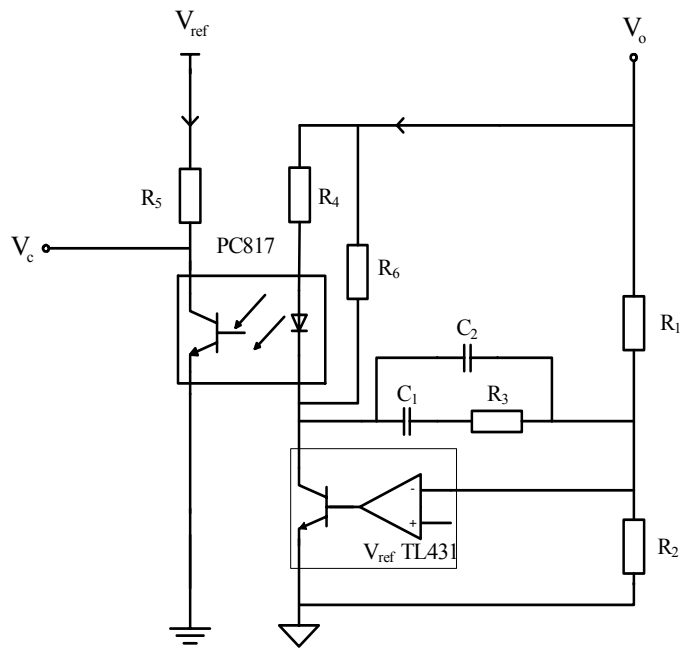


图 8 反馈电路
Fig. 8 Feedback Circuit

反馈电路开环传函为:

$$G_c(s) = \text{CTR} \cdot \frac{R_5}{R_4} \cdot \left[1 + \frac{1 + R_3 C_1 s}{R_1 (C_1 + C_2) s (1 + R_3 \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} s)} \right] \quad (1)$$

式中, CTR 为光耦的电流传输比^[10]。

为改善系统性能, 将截止频率设计在 1kHz 左右, 同时减小相角裕度; 使开环增益增加, 高频段增益尽快减小。设计反馈电路参数, CTR 为 0.5, R_1 为 3.8K Ω , R_2 为 1K Ω , R_4 为 8K Ω , C_1 为 20nF, C_2 为 1nF, R_3 为 50K Ω 。

为验证控制环路设计效果, 在 Saber 中扫频出整个系统的开环伯德图, 扫频结果如图 9 所示。仿真突加、突减负载时, 输出电压的动态变化过程, 仿真结果如图 10 所示。

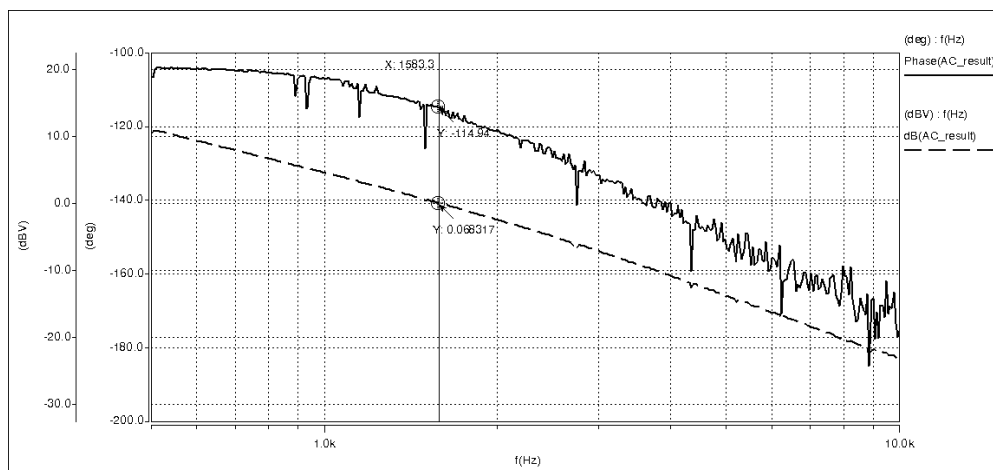


图 9 系统开环伯德图
Fig. 9 System Open-Loop Bode

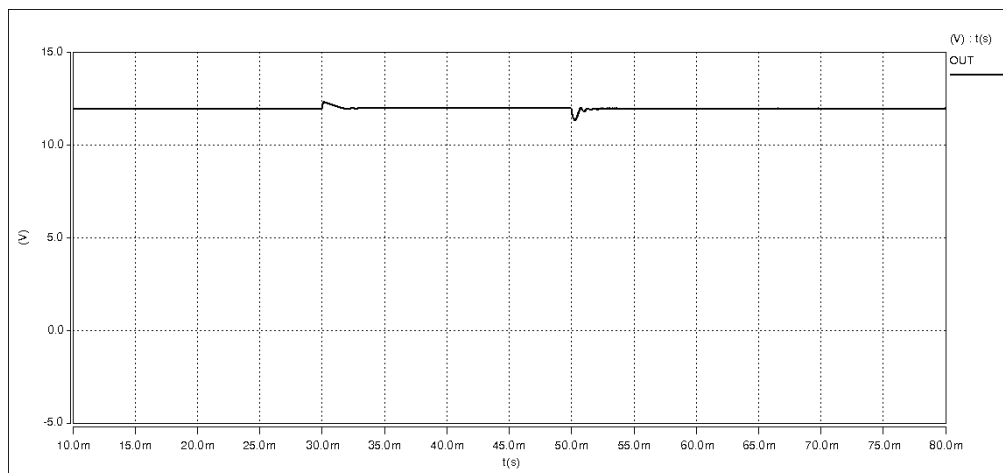


图 10 负载突变时输出电压动态响应

Fig. 10 Output Voltage Response When the Load Changing Suddenly

从图 8 可以看出, 系统截止频率为 1.5kHz, 相角裕度为 66° , 开环增益增大, 高频段增益减小加快, 性能大大改善。从图 9 可以看出, 当负载突变时, 系统经过微小的调节过程后, 输出电压稳定, 系统稳定性好, 动态响应快。

5 结论

根据以上分析, 本文所构建的仿真模型总体上是可行的。当运用芯片 NCP1200 设计开关电源时, 在 Saber 运用仿真该模型搭建电路进行仿真, 可以简化分析的规模, 节省分析时间, 加快设计的速度。

[参考文献] (References)

- [1] 于鹏. UC3842 的一种仿真方法[J]. 长春师范学院学报, 2009.28(5):43-47
- [2] 宋延涛, 杨水涛, 赵慧杰. 基于 NCP1200A 的反激电源的分析和设计[J]. 电源技术应用, 2006.9(5):21-24
- [3] 基于 Saber 仿真器的双管正激参数及控制环路的设计[J]. 电源技术应用, 2009.12(10):8-11
- [4] NCP1200 Datasheet. PWM Current-Mode Controller for Low-Power Universal Off-Line Supplies[Z]. 2009
- [5] 朱俊星, 华伟. 用 NCP1200 代换脉宽调制控制器 UC3842 的应用电路[J]. 国外电子元器件, 2003
- [6] ZVS 谐振控制芯片 MC34067 的建模与应用[J]. 电力电子技术, 2007,41(1):112-114
- [7] Abraham I.Pressman 著;王志强等译. 开关电源设计(第二版)[M]. 北京:电子工业出版社,2005
- [8] R.B. Ridley, A New Small-Signal Model for Current-Mode Control[D], Virginia Polytechnic Institute and State University, November, 1990.
- [9] 胡寿松. 自动控制原理[M]. 北京:科学出版社,2006
- [10] W. Kleebschamper, C. Bunlaksananusorn. Modeling and Control Design of a Current-Mode Controlled Flyback Converter with Optocoupler Feedback[C]. IEEE PEDS 2005:pp787-792