

WEBENCH 创新设计大赛

项目报告

题目： 基于 TPS55340 的 DC-DC-Boost 可调恒流源

学校： 中国计量学院

平台： TPS55340/Stellaris EK-LM4F120XL

参赛队成员名单：

姓名	学校	学院	学历	邮箱
周苍苍	中国计量学院	信息工程学院	本科	543724779@qq.com

视频观看地址：http://v.youku.com/v_show/id_XNjIyNzM5MDQw.html

粘贴上传视频的网站链接(可选项，有实物作品的必须填写)

题目： 基于 TPS55340 的 DC-DC-Boost 可调恒流源

关键词： TPS55340，开关电源，恒流源

目录

题 目 :	3
摘要	3
1. 引言	4
2. 系统应用背景	4
3. 系统方案	4
4. 系统硬件设计	5
5. 系统软件设计	10
6. 测试结果与关键设计分析	11
附录	14

题 目：基于 TPS55340 的 DC-DC-Boost 可调恒流源

关键词： TPS55340 , 开关电源 , Boost , 恒流源

[摘要] 本设计是为 2013WEBENCH 创新挑战赛而设计，使用 TI 的 TPS55340 电源芯片做为开关电源的主电路，以 TI 的 Stellaris Launchpad 做为处理器，实现开关电源输出恒流的程控调节，实验结果验证了所设计的开关电源的可行性。

本论文从整体硬件的设计、关键电路的设计、电路仿真以及软件部分等方面进行了介绍。在整体硬件的设计方面，主要分析了开关电源的组成电路；在关键电路设计方面，进行了输入输出电路、控制电路等电路的分析；在电路仿真方面，运用 TINA 搭建仿真电路，分析仿真结果。通过具体设计及仿真软件的验证，证明了设计的正确性，为后期的实际设计提供了指导意义。

Abstract: This module was designed for 2013WEBENCH innovation challenge, which used TI's TPS55340 power chip as the main circuit switching power supply, and TI's Stellaris Launchpad as a processor, achieved a programmable constant current switching power supply output regulation. The experimental results verified the feasibility of switching power supply design.

In this thesis, it introduced the overall design of the hardware, the key circuit design, circuit simulation, and other aspects of the software. In the overall design of the hardware, it was mainly composed of the switching power supply circuit; In the key circuit design, it had an analysis on Input and Output circuit control; In circuit simulation, it used TINA building circuit simulation, and analyzed the results. The correctness of this design had been proved by specific design and simulation software, which provided the latter part of the actual design guidance.

Key words: TPS55340 , DC-DC , Boost , Constant current source

1. 引言

随着大规模和超大规模集成电路的快速发展，特别是微处理器和半导体存储器的开发利用，孕育了电子系统的新一代产品。显然，那种体积大而笨重的使用工频变压器的线性调节稳压电源已经过时。取而代之的是小型化、重量轻、效率高的隔离式开关电源。

现代电子系统设计涉及的芯片越来越多，芯片功能也越来越强大。现代的电子系统对电源要求多种多样，电压方面：1V、1.2V、1.8V、3.3V 和 5V 等；性能方面：大电流的，高精度的，低噪声的，低功耗和高效率的等等。为了应对如此之多的需求，多种多样的电源芯片应运而生。

电源系统一般采用树形结构进行设计，各个芯片的电源作为树叶，各模块的支路电源作为树枝，为各个支路供电的电源作为树干。电源树中的电压自顶向下逐级变换，电源树中的电流自下而上逐级汇聚。根据这些电压和电流情况，并考虑到需要的性能、功耗和体积，工程师从众多的电源芯片中选型并优化。这是一个复杂而辛苦的过程，急需一种软件工具配合工程师工作，TI 为电源的设计选型提供了强大的设计软件：WEBENCH

2. 系统应用背景

本设计是一款 DC-DC-Boost，主要用于 1A 的恒流输出，同时具有恒流输出大小可调的功能，可用于大功率器件的供电。系统以 12V 直流电源供电，输出电压范围为 12V-40V。输出电流范围为 50mA-1000mA。

3. 系统方案

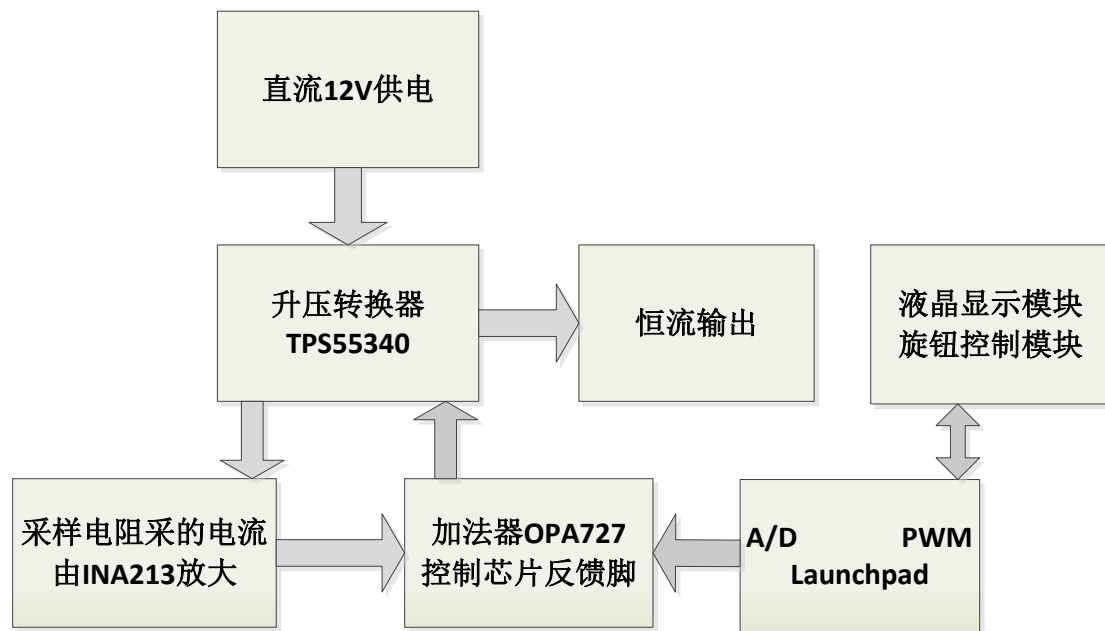


图 1 系统整体设计框图

本系统以 TPS55340 和 Stellaris EK-LM4F120XL 处理器为控制核心

单元部分：整个系统由供电模块，升压转换模块，反馈控制电路模块，以及恒流输出模块组成。

供电模块：整个系统的供电主要由外接的 12V 直流电源供电，launchpad 的供电由 USB 线供电。

升压转换模块：由 TPS55340 为核心组成的电路。

反馈电路控制模块：由采样电阻采得电流大小，经 INA213 放大后与 PWM 相加后作用于 TPS55340 的 FB 脚，作为调节恒流输出的大小。

在后面我将会详细讲解各个模块的原理以及计算等。

4. 系统硬件设计

4.1 WEBENCH 的使用

当我刚报名此次创新大赛时，发现 TI 的电源芯片种类非常齐全，以至于我一时之间无法选择自己想要的电源芯片。幸好，TI 为电源的设计选型提供了强大的设计软件：**WEBENCH**

首先我明确了自己想要设计一款大功率的 DC-DC-Boost，用于恒流输出。在 WEBENCH 的帮助下，我很快的选定了自己想要的芯片。WEBENCH 的使用非常方便，第一次使用就能很快的了解它的用法和强大功能。对于我这个电源设计的新手来说，带来了很大的便利，其中包括芯片的选型，电路原理图，电路仿真，工作数值等。

当我在 WEBENCH 的主页面中输入



很快就得到了很多的芯片模型

TPS55340	开启设计				Wide Input Range Boost DC/DC Converter	293	\$3.43	90%	14	646
LM3481	开启设计				Low-side Controller with 1A FET Drive, Boost	936	\$3.68	90%	21	469
TPS40210	开启设计				Current Mode Boost Controller, 10 pin DCQ PowerPAD	1596	\$3.92	94%	24	513
TPS40210-Q1	开启设计				Automotive Catalog Wide Input Current Mode Boost Controller with 1A FET Drive, Synchronous	1596	\$4.06	94%	24	513
TPS43061	开启设计				Boost Controller with wide Vin range with	649	\$4.30	90%	32	390
TPS43060	开启设计				Low Iq Synchronous Boost Controller with wide Vin range	658	\$4.37	91%	34	390

最后我选择了 TPS55340 这款具有强大输出能力的芯片。在参考 WEBENCH 里所提供给我的电路拓扑之下，我将其修改成了一款 DC-DC-Boost 可调恒流源。下面我将开始详细讲解我的系统硬件设计。

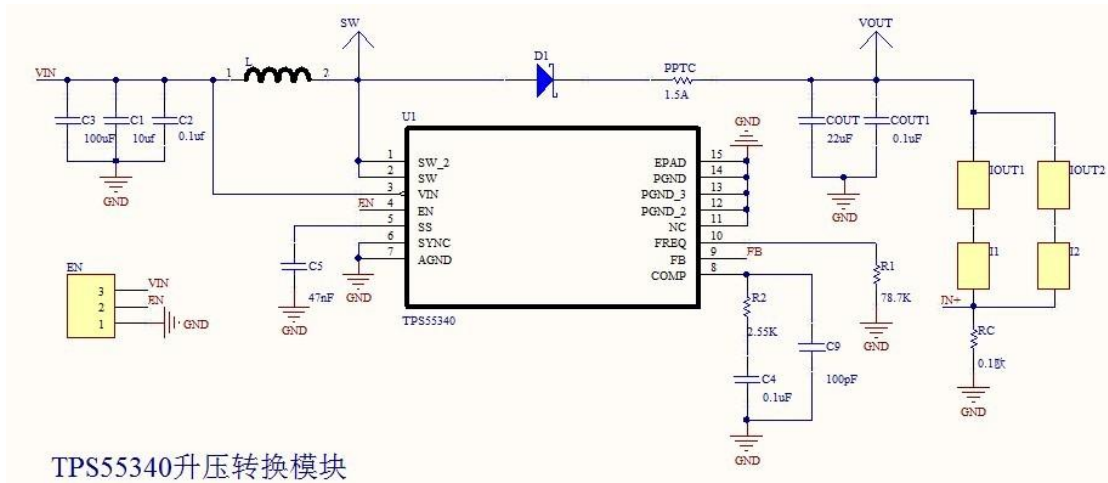
4.2 系统硬件主要组成部分

系统的硬件设计主要分为 TPS55340 升压转换的设计，反馈电路的设计。以下将对各个模块的设计进行讲解叙述。总电路图在附录中。

4.3 TPS55340 升压转换设计

TPS55340 是一款单片非同步开关稳压器，此稳压器带有集成的 5A，40V 电源开关。此器件可在几种标准开关稳压器拓扑结构中进行配置，这些拓扑结构包括升压、SEPIC 和隔离式 flyback。此器件具有一个宽输入电压范围以支持由多节电池或者经调节的 3.3V，5V，12V 和 24V 电源轨供电的应用。TPS55340 使用电流模式 PWM（脉宽调制）控制来调节输出电压，并装有一个内部振荡器。

下图为我参考 WEBENCH 中的原理图所用的升压转换电路，该拓扑主要实现升压输出，其中主要实现恒流输出的关键点在于，输出时，在负载后增加一个采样电阻作为电流控制，具体我会在后面的反馈控制电路中讲到。



TPS55340升压转换模块

图 2 TPS55340 升压转换模块

对于该拓扑的仿真，在 TINA 里就可以完成。以下为其仿真电路及结果

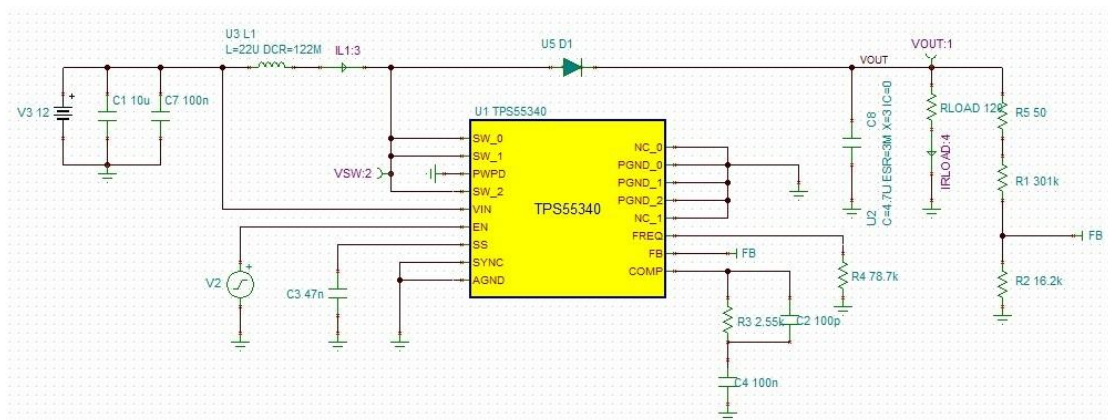


图 3 TINA 仿真电路

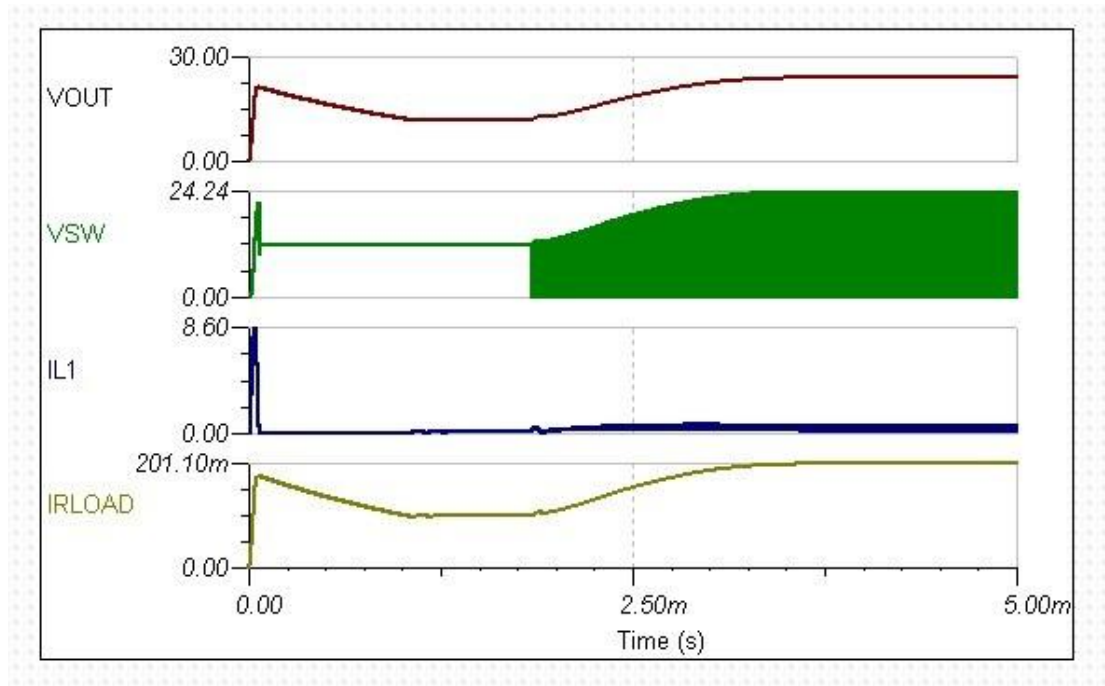


图 4 TINA 仿真结果

下面将对该电路中的主要参数的选型进行说明。

计算线圈的参数以及选型，需要知道一下几个数据： V_{in} ， V_{out} ， I_{out} 。

整个系统由 12V 的直流电流供电，故 $V_{in}=12V$ ，我选定最大输出情况为 $V_{out}=24V$ ， $I_{out}=1A$ 。

则升压转换器的占空比 $D = (V_{out} - V_{in}) / V_{out} = 0.5$

因此 $I_L = I_{out} / (1 - D) = 2A$

假设电流纹波率 $r = 0.4$

则 $I_{PK} = I_L (1 + r/2) = 2.4A$

对于 Boost 电路， $V_{ON} = V_{OFF}$

线圈的感值为 $L = (V_{ON} * D) / (r * I_L * f)$

其中 $V_{ON} = V_{out} - V_{in}$ $f = 600KHz$

故 $L = 12.5\mu H$

所以最后我选择的线圈是 感值为 $15\mu H$ ，直流饱和电流为 3.8A 的线艺成产的 MSS1038T-153MLB 型号的线圈。

还有就是肖特基二极管的选型，由于此次设计的开关电源为大功率输出，故肖特基二极管的正向导通电流要大，我选择了 VISHAY 的 MBR10H150CI。

4.4 反馈控制电路的设计

一般此类开关电源的芯片，多用于恒压输出，这次我将其改成恒流输出，所以反馈控制电路是此次设计成功与否的关键之一。下面来看我设计的电路

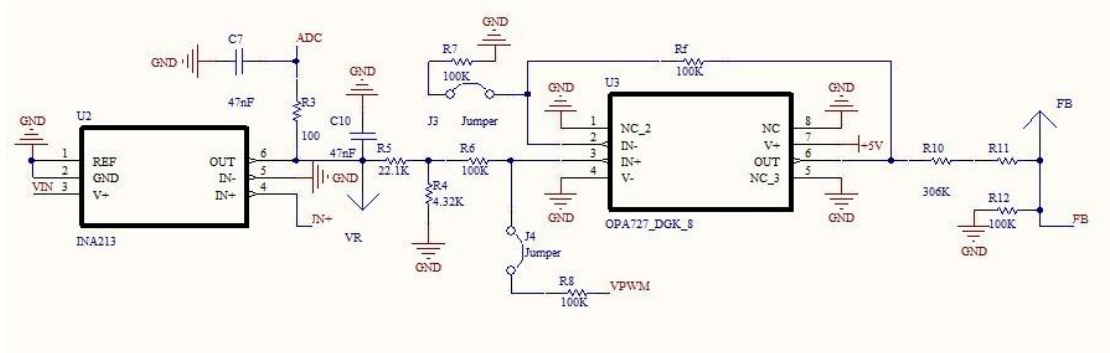


图 5 反馈控制电路

该反馈控制电路由 INA213 和 OPA727 组成，由 100 毫欧的采样电阻，经 INA213 可以得知输出电流大小，再与 PWM 波经加法器 OPA727 后控制 FB 脚的电压大小，达到可调的恒流输出的目的。

TPS55340 在稳定输出时 FB 脚的电压为 1.25V，由这个数据可以去计算反馈控制电路各个参数。

当 PWM 不加时，采样电阻 $R_c=100$ 毫欧，INA 为固定 50 倍增益的差动放大器，可得 $VR=I_{out} \cdot R_c \cdot 50$ ，当 $I_{out}=1A$ 时。 $VR=5V$ ，经 R4 R5 分压，R10 R11 R12 再分压，最后 $FB=1.25V$ 。既不加 PWM 时，输出可稳定在 $I_{out}=1A$ 。

当加 PWM 时，PWM 由 Stellaris 产生并输出，通过旋钮来控制 PWM 的占空比，先将 PWM 通过一个二阶低通滤波电路，其参数由 TI 的 SwitcherPro 软件计算得。然后再与 INA213 输出的电压通过 OPA727 相加，通过计算可得 V_{pwm} 与 I_{out} 的关系为 $I_{out} = (3.3 - V_{pwm}) / 3.3$ 。

最终实现恒流可调输出。

5. 系统软件设计

软件平台说明

- 操作系统：Windows 7
- MCU 开发平台：Code Composer Studio V5
- PCB 设计平台：Altium Designer Summer 09

本系统采用的处理器为 TI 的 Stellaris EK-LM4F120XL，对于它的程序的设计开发，是通过 CCS5.1 来进行完成的。程序流程图如下图所示。

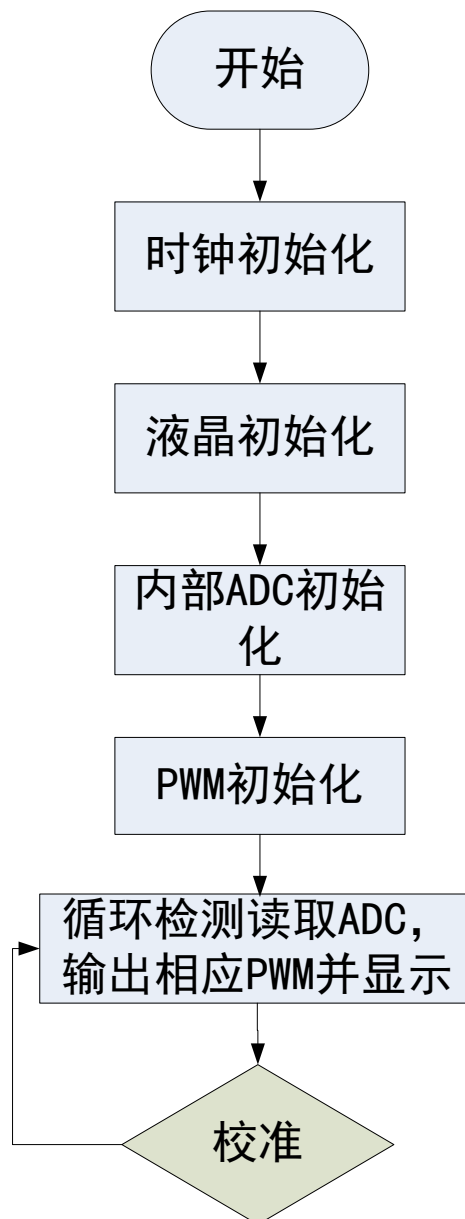


图 6 软件流程图

6. 测试结果与关键设计分析

不加 PWM 波时的测量

表格 1 1A 恒流输出时的测量值

负载/ Ω	输入电压/V	输入电流/A	输出电压/V	输出电流/mA	电压纹波/mV	电源效率
20.3	12	2.1	20.6	1010	760	82.6%
25.4	12	2.7	26.0	1019	800	81.8%
30.3	12	3.2	31.2	1022	1200	83.0%

由表中的数据可知，该电源模块的恒流驱动能力是非常强大的。由于是恒流输出，所以该电源模块的电压纹波率比一般的恒压输出要大是很正常的。

对于该模块的电源效率，TPS55340 手册中提供的 12V 输入的方案效率可达 90%，而我制作的效率为 83%，还是有一点点的差距，这点我还需再去改进。

加上 PWM 时的测量

表格 2 恒流可调时的测量值

PWM 占空比	负载/ Ω	输入电压/V	输出电压/V	输出电流/mA
5%	20	12	18.9	943
10%	20	12	17.8	895
30%	20	12	14.5	703
50%	20	12	11.5	562
50%	40	12	19.6	494

由表中的数据可知，恒流可调功能已实现，与理论计算基本相符。

在此做出补充说明，由于是升压模块，输入为 12V 的直流电源，肖特基二极管的压降为 0.5V，那么输出的电压也必须大于 12.5V，否则芯片将不会工作，既输出电流 I_{out} 与负载 R 的乘积必须大于 12.5。同时，由于 TPS55340 的驱动能力， $V_{out} \leq 40V$ ，既得 $12.5V \leq I_{out} * R \leq 40V$ 。故，当你需要更小的电流时，就需要更换大的负载。

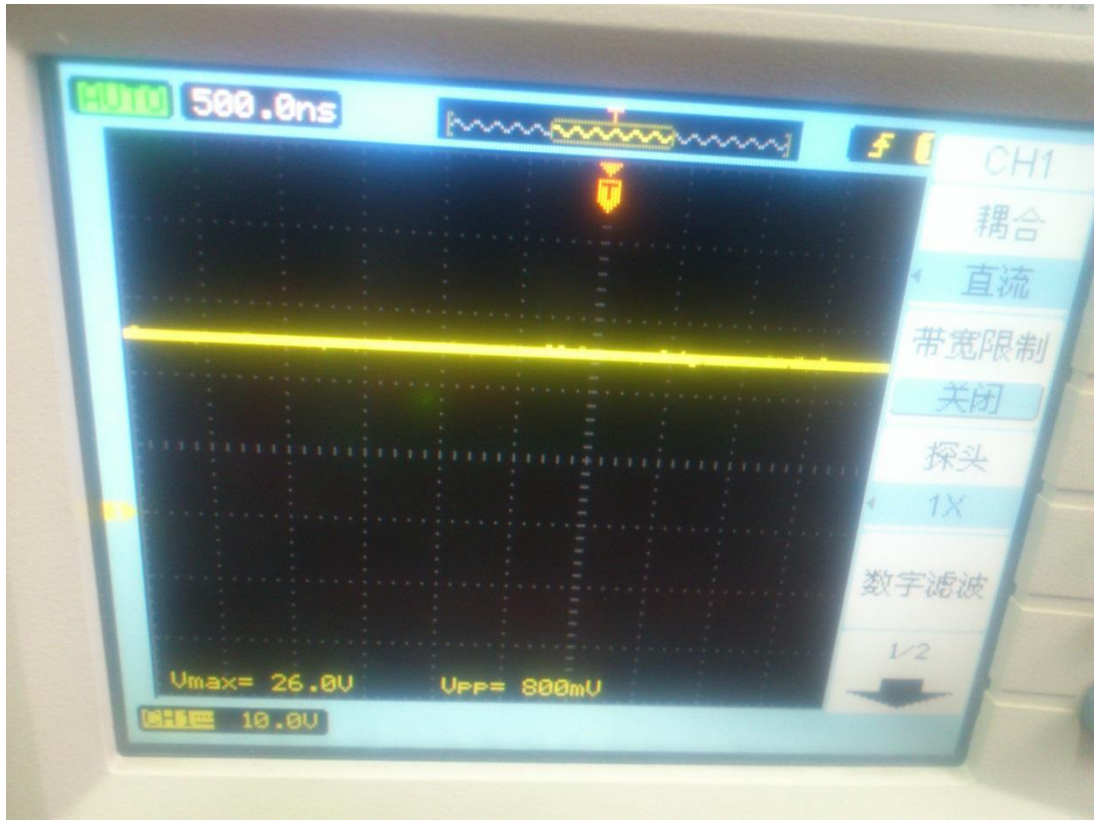


图 7 负载为 20 欧姆时的输出电压

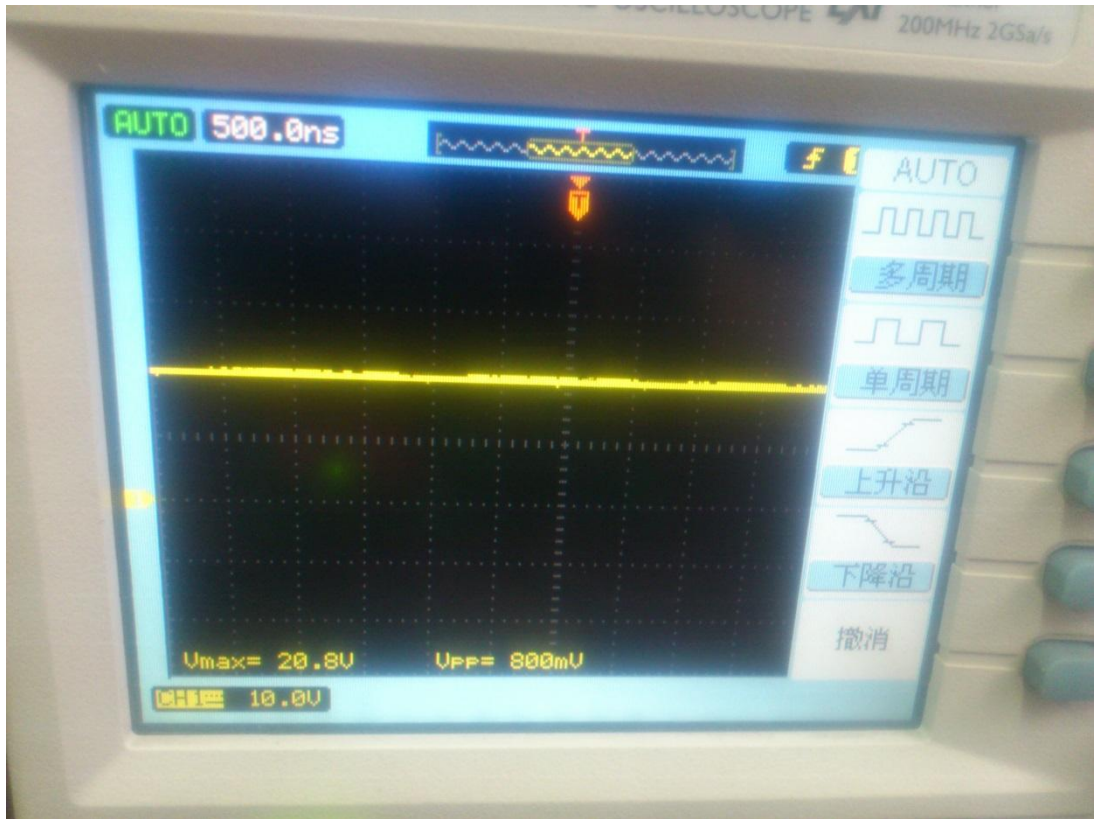


图 8 负载为 25 欧姆时的输出电压



图 9 负载为 20 欧姆时的电压纹波

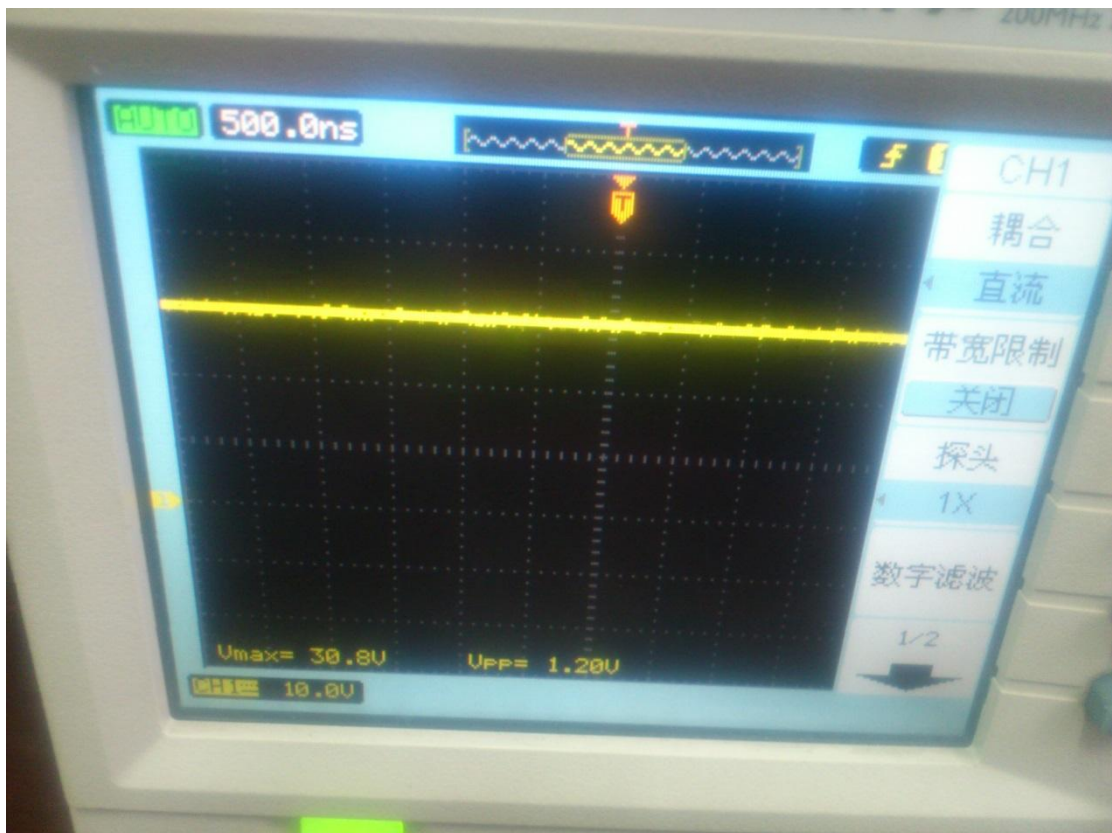


图 10 负载为 30 欧姆时的输出电压

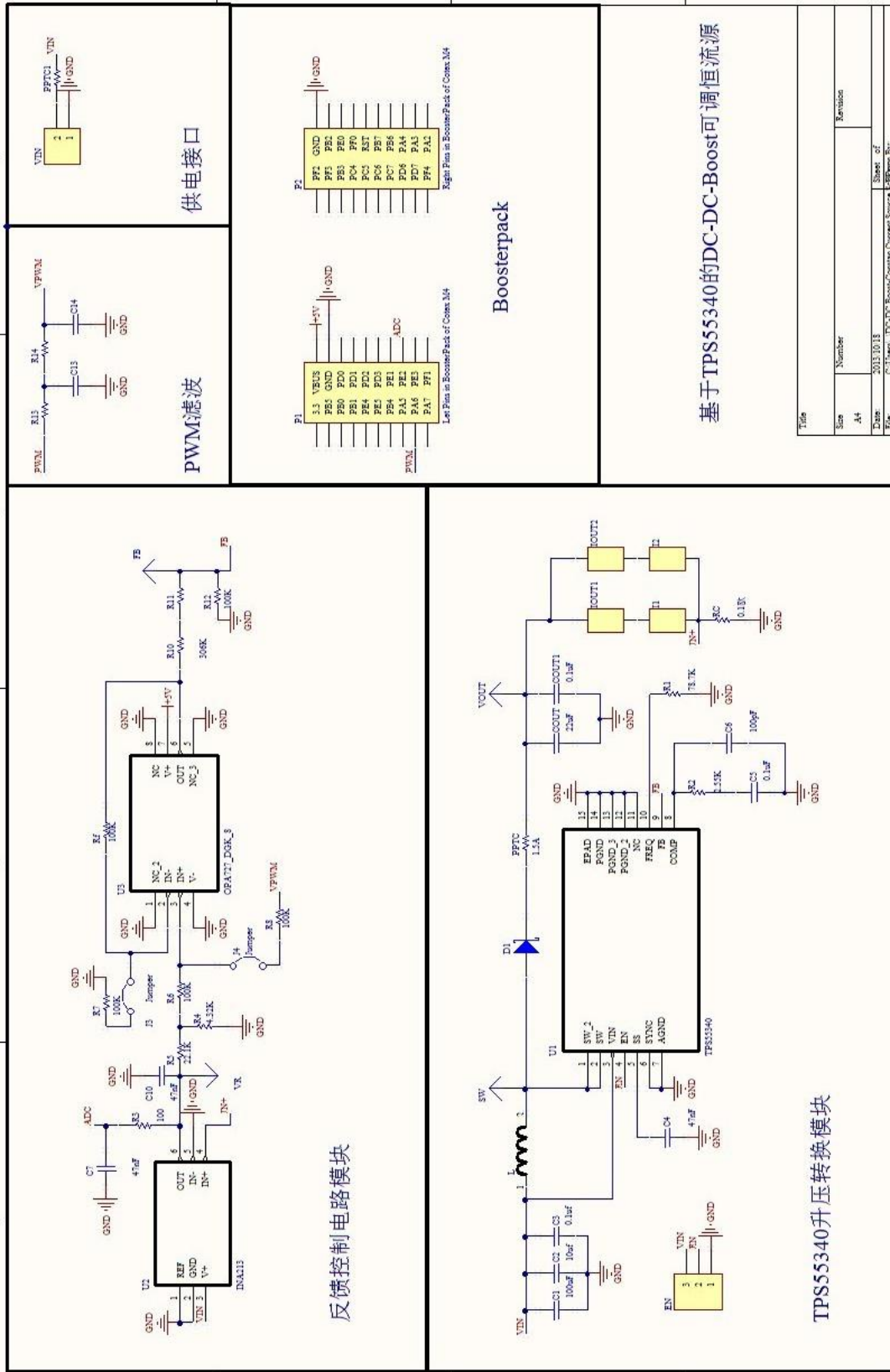


图 11 总电路图

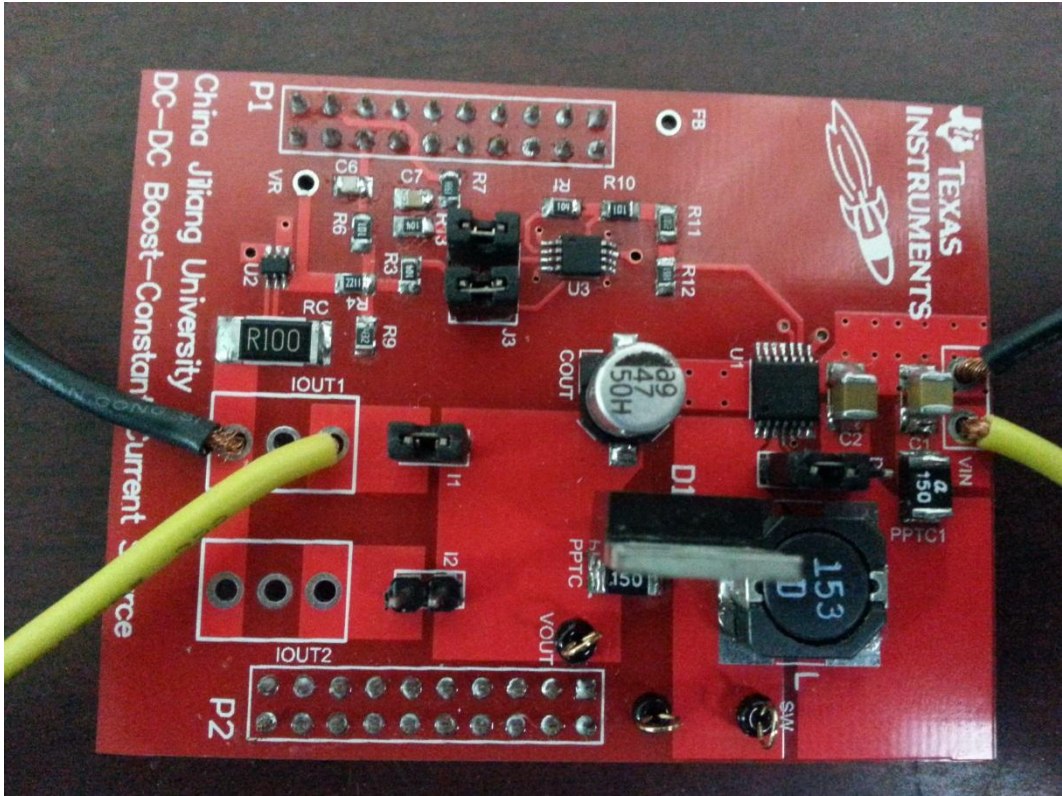


图 12 作品实物图

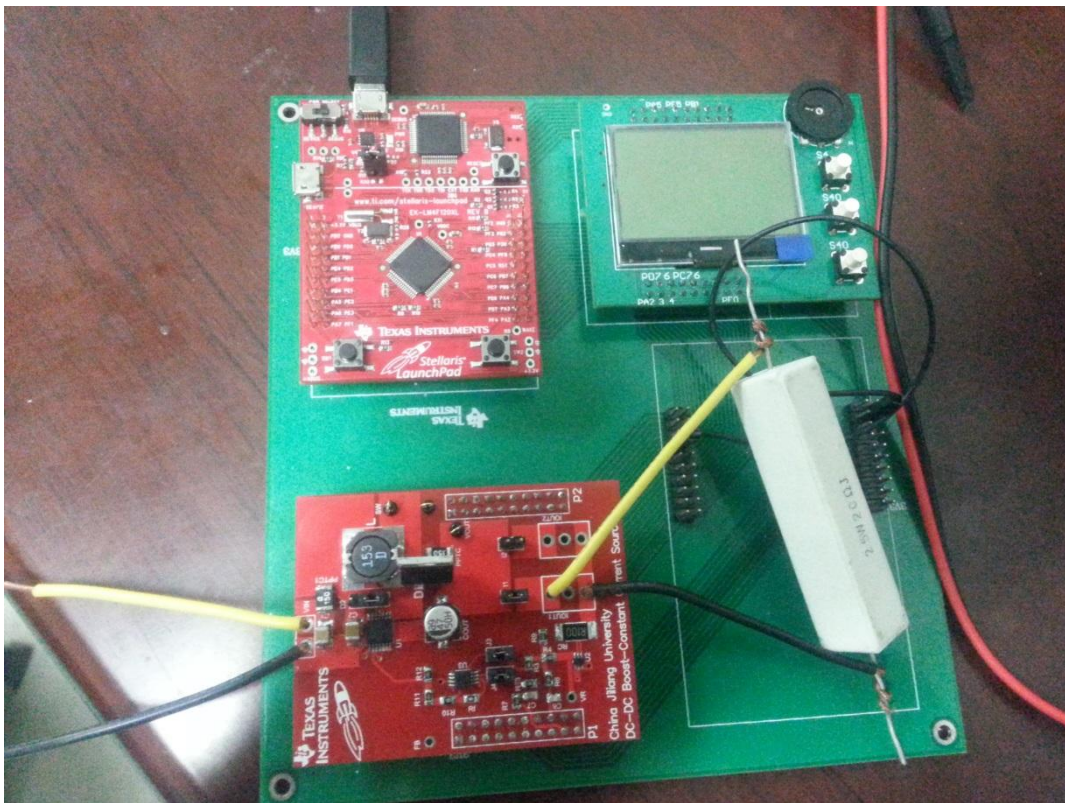


图 13 作品实物图

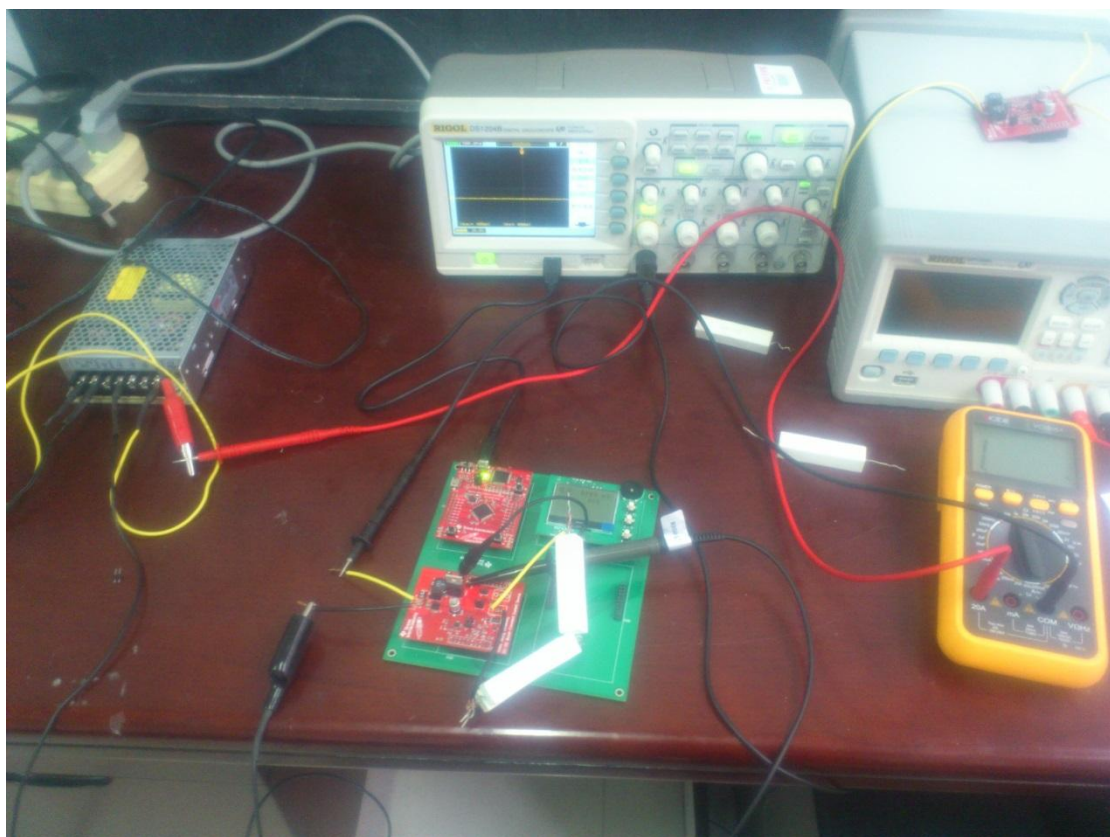


图 14 作品调试环境