

WEBENCH 创新设计大赛

项目报告

题目：基于 LMR62421DC-DC-boost 双路可调稳压电源设计

学校：中国计量学院

平台：LMR62421/stellaris

参赛队成员名单：

姓名	学校	学院	学历	邮箱
林章捷	中国计量学院	信息工程学院	本科	535943265@qq.com

视频观看地址：http://v.youku.com/v_show/id_XNjIyODEwNzIw.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 LMR62421DC-DC-Boost 双路可调稳压电源

关键词：WEBENCH 开关电源

目录

题 目 :	3
摘要 (中英文)	3
1. 引言	4
2. 系统应用背景	4
3. 系统方案	5
4. 系统硬件设计	6
5. 系统软件设计	9
6. 测试结果与关键设计分析	10
附录	21

题 目：基于 LMR62421DC-DC-Boost 双路可调稳压电源

关键词：WEBENCH LMR62421 开关电源

摘要（中英文）

本文主要是介绍基于 LMR62421DC-DC-BOOST 双路可调稳压源，用于参加 2013WEBENCH 电源设计大赛。使用的主芯片是 TI 的 LMR62421，处理器是 TI 的 Stellaris Launchpad。实现了双路输出可调恒压源，实验结果验证了所设计的开关电源的可行性。论文主要讲述了系统方案的设计，硬件的设计及分析，软件的控制流程以及实物的测试结果展示。

This paper mainly introduces LMR62421DC-DC-BOOST-based dual adjustable voltage source, for participation in 2013WEBENCH power design contest. The main chip is using TI's LMR62421, the processor is TI's Stellaris Launchpad. This design enables dual output adjustable voltage source, the experimental results verify the feasibility of switching power supply design. Thesis focuses on system program design, hardware design and analysis software control processes and the physical test results.

1. 引言

21 世纪是信息化的时代，时代的快速发展使得人们对电子产品的使用越来越多，具备一个好的电源就成为了当务之急。其中，开关电源相对于传统的线性电源具有效率高，体积小，重量轻等巨大的优势，尤其是高频开关电源使开关电源装置体积更小，并使开关电源进入了更广泛的领域，推动了高新技术产品的小型化，轻便化。

现代电子系统设计涉及的芯片越来越多，芯片功耗越来越大。之前 74 加 51 时代一个 5V 电压统治全板的情况不复存在。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。

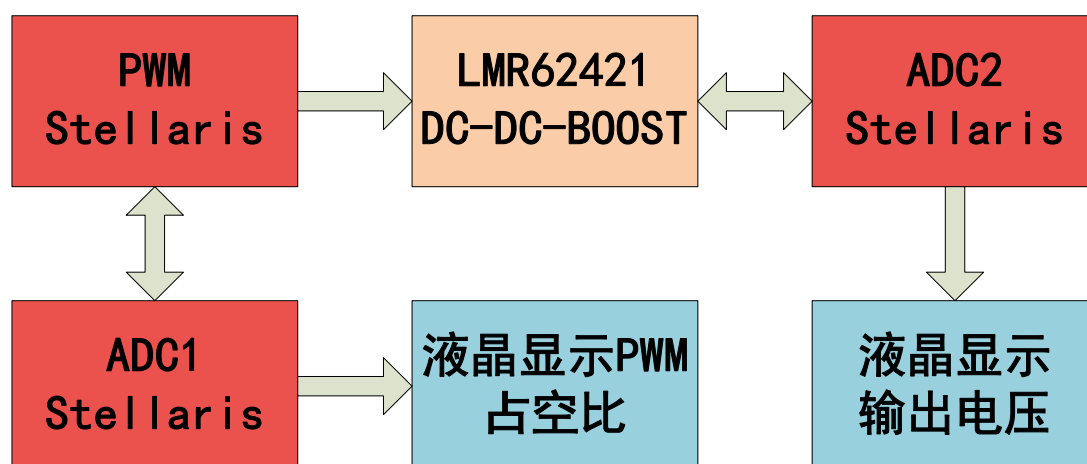
本设计就是使用 WEBENCH 提供的拓扑进行设计并制作的 DC-DC-BOOST 输出可调稳压源。

2. 系统应用背景

本设计是一款 DC-DC-BOOST 开关电源，主要用于输出一个稳定的直流电压。同时，本方案还具有双路输出，以及负压输出的拓扑，可以同时输出稳定的正负压供电。系统的供电电压为 5V 直流供电，输出电压中，正压的输出范围为 16V~22V，负压的输出范围为-30V~0V。

本设计可用于提供正负电源供电，或是直流恒压供电。

3. 系统方案



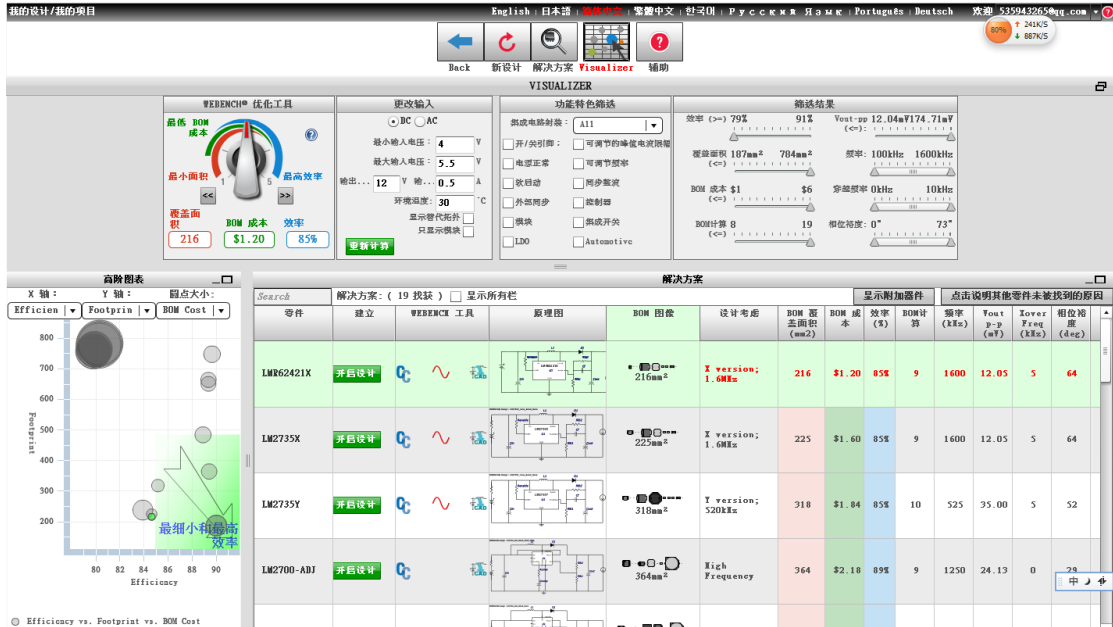
本系统以 Stellaris 处理器为控制核心。

整个系统供电由外接 5V 稳压源供电。

LMR62421 通过以恒定的频率和可变的占空比切换内部 NMOS 控制开关, 输出一个稳定的输出电压。Stellaris 会输出一个由旋钮调节占空比的 PWM 波, 同时 PWM 会被 Stellaris 的 ADC1 采样, 并通过软件计算出占空比, 在 LCD 上显示。通过将 PWM 接入 LMR62421 的 FB 引脚, 可改变 LMR62421 内部 PWM 比较器的占空比, 从而改变输出电压。输出电压将会被 Stellaris 的 ADC2 采样, 并在 LCD 上显示。

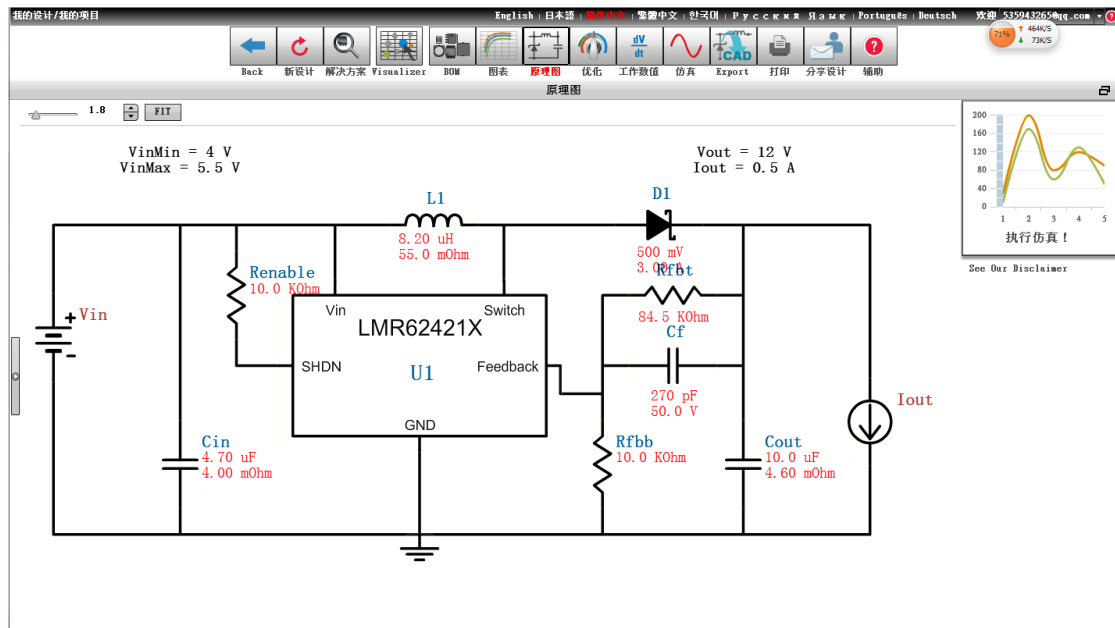
4. 系统硬件设计

最开始设计时，通过 WEBENCH，选择单电源设计，输入电压 5V，输出电压 12V 的设计，得到了很多解决方案，但考虑到还要做 BUCK-BOOST 的拓扑，需要一个非同步的芯片，同时考虑到体积要小，因此选择了 LMR62421。



LMR62421 是一款简单易用且空间利用率很高的 2.1A 低端开关稳压器，非常适用于升压和 SEPIC DC-DC 调节。该器件拥有在尽可能小的 PCB 面积内提供局部 DC/DC 转换以及快速瞬态响应和准确调节所需的全部主动功能。开关频率在内部设定为 1.6MHz，因而允许使用极小的表面贴装型电感器和片式电容器，同时实现了接近 90% 的效率。电流模式控制和内部补偿提供了易用性、极少的组件数量以及众多操作条件下的高性能稳压。外部关断电路具有 80nA 的超低待机电流，非常适合便携式应用。纤巧的 SOT23-5 和 LLP-6 封装可节省空间。这款器件的其他特点还包括用于减小浪涌电流的内部软起动电路、逐脉冲电流限制和热关断功能。

通过以恒定的频率和可变的占空比切换内部 NMOS 控制开关，LMR62421 可提供一个稳定的输出电压。开关周期起始于由内部振荡器生成的复位脉冲的下降沿。当该脉冲走低时，输出控制逻辑电路将接通内部 NMOS 控制开关。在此导通时间里，SW 引脚电压(VSW)降低接近 GND，而电感器电流(IL)则以线性斜率增大。IL 由电流检测放大器负责测量，该放大器生成一个与开关电流成正比的输出。检测信号与稳压器的校正斜坡信号相加，并与误差放大器的输出（其与



“反馈电压和 VREF 之差”成正比) 进行比较。当 PWM 比较器输出走高时，输出开关将断开，直到下一个开关周期开始为止。在开关断开的的时间里，电感器电流通过二极管 D1 放电，这使 SW 引脚电压摆动至“输出电压+二极管的正向电压(VD)”。稳压器环路负责调节占空比(D)，以保持一个恒定的输出电压。

通过 WEBENCH 获得设计的原理图，重新设定输出电压为 20V，因为 $R_{fbb}=10k\Omega$ ，则 $R_{fbt} = (V_{out}/V_{ref} - 1) * R_{fbb} = 150k\Omega$ 。

$$D = (V_{out} - V_{in}) / V_{out} = 0.75;$$

$$T = 1/f = 1/1.6M = 0.625\mu s;$$

$$T_{on} = D * T = 0.75 * 0.625 = 0.469\mu s;$$

$$I_L = I_o / (1 - D) = 1 / (1 - 0.75) = 4A;$$

$$L = V_{in} * D / I_L * f * r = 1.46\mu H;$$

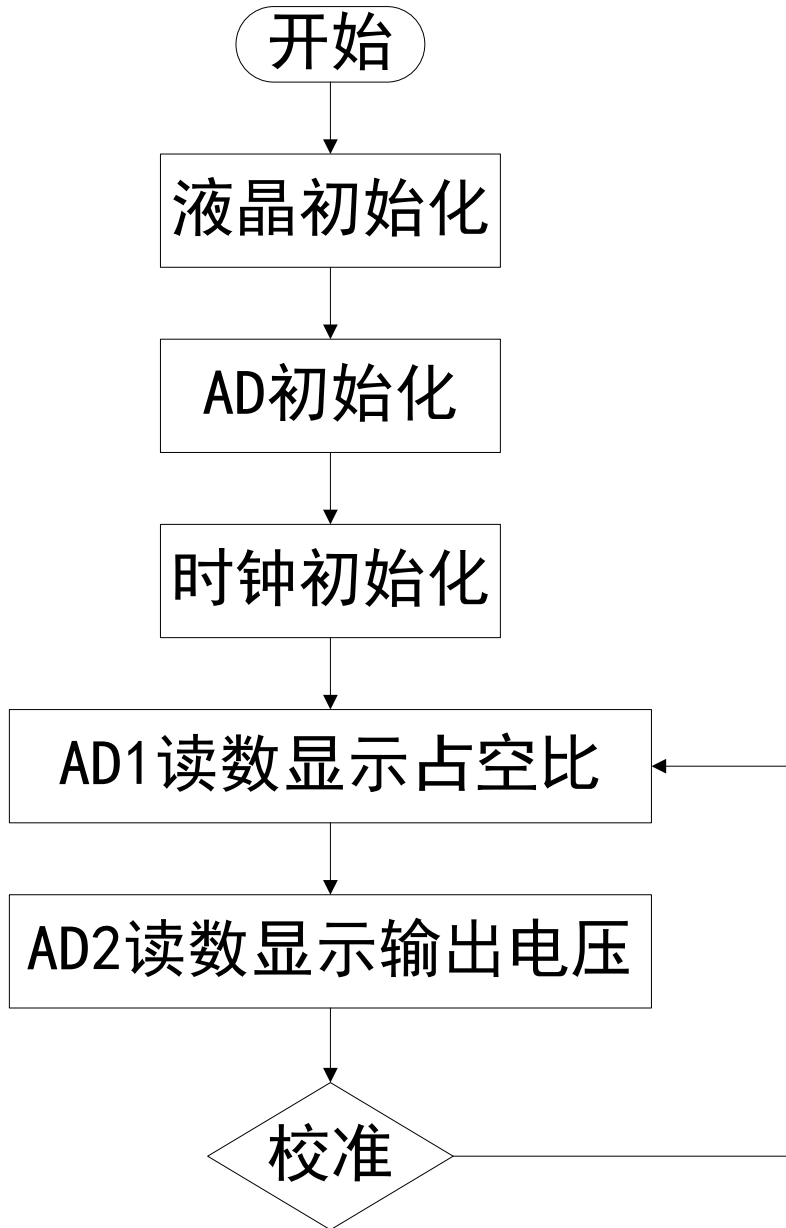
$$I_{pk} = I_L * 1.2 = 4.8A;$$

因此电感选择了 2.2uH，饱和电流 5A 的线圈。

将原理图通过 WEBENCH 的 Export 功能导出到 Altium Designer Summer 09，经过整理并添加 BUCK-BOOST 的拓扑。在电源输入和电压输出的部分增加两个滤波电容，减小电源纹波及噪声。同时输出电压经分压后，即 buff1 通入 ADC 进行采样。BUCK-BOOST 的拓扑是将 SW 引脚通过跳线接出，同时使用两个二极管决定输出电流方向，使得 Vout2 输出为负压。

5. 系统软件设计

软件流程图：



MCU 开发平台为 Code Composer Studio V5。如流程图所示，MCU 上电后先进行液晶，ADC，时钟的初始化设置，然后 ADC1 读取 Stellaris 输出 PWM 占空比的电压有效值，经过计算后得到 PWM 的占空比并在 LCD 上显示。同时 ADC2 读取输出电压并在 LCD 上显示。

6. 测试结果与关键设计分析

表 1 电源输出特性

负载/ Ω	输入电 压/V	输入电 流/A	输出电 压/V	输出电 流/A	纹波 /mV	纹波率	效率
无	5	—	20.01	—	140	0.70%	—
70	5	1.30	19.98	0.28	100	0.50%	86.0%
100	5	1.06	20.01	0.20	112	0.56%	75.5%
120	5	0.90	20.01	0.17	106	0.53%	75.6%
150	5	0.68	20.01	0.13	100	0.50%	76.5%
200	5	0.50	20.01	0.10	90	0.45%	80.0%
无	5	—	-30.15	—	100	0.33%	—

从上表中可以看出电源的纹波非常小，输出电压十分稳定。正压部分的拓扑是参照 WEBENCH 的拓扑进行设计。负压部分的拓扑是将开关引脚输出的电流直接通过两个肖特基二极管导流，形成负压，由于负压拓扑没有引入反馈，使得输出电压跟负载特性有关。输出效率也跟负载特性有关。根据芯片手册提供的输出电流与效率的曲线图，可发现本设计的电源效率与手册中的数据基本接近。

表 2 输出可调时特性

占空比	输入电压/V	输出电压/V	纹波/mV	纹波率
95%	5	16.32	152	0.93%
75%	5	17.63	144	0.82%
50%	5	19.32	130	0.67%
25%	5	21.05	140	0.66%
5%	5	22.31	146	0.65%

通过从 stellaris 上输出一个 PWM 波送入反馈引脚，从而调节芯片内部 PWM 比较器的占空比，从而到达调节输出电压的目的。由于 stellaris 输出的 PWM 电压有效值范围为 0~3.3V，所以输出电压范围为 16.3V~22.3V。加入 PWM 后，输出电压的纹波率依旧非常低，是因为 PWM 输入反馈引脚之前，增加了二阶低通滤波的设计，有效的增加了反馈脚电压的稳定性。

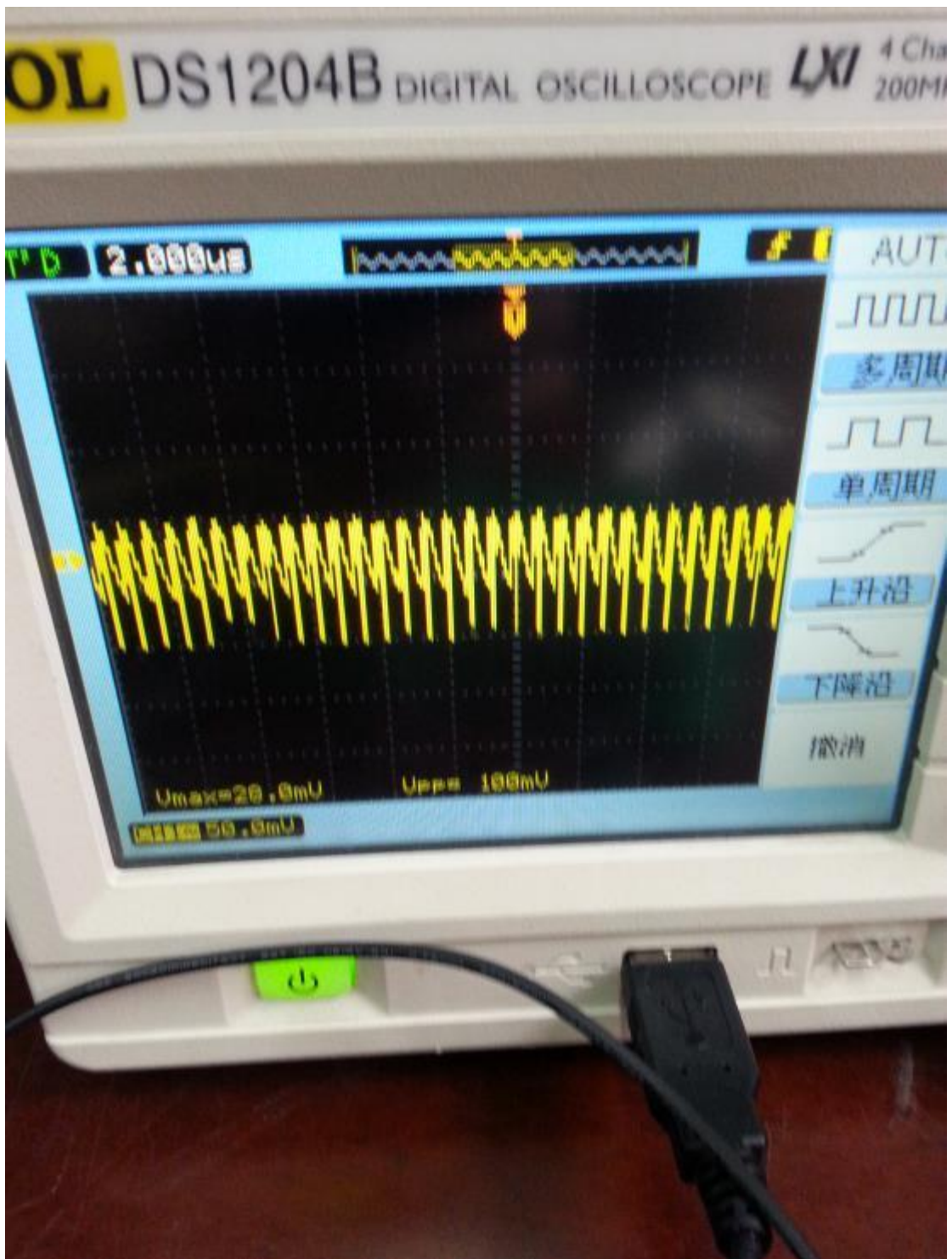


图 1 负载为 70Ω 时纹波

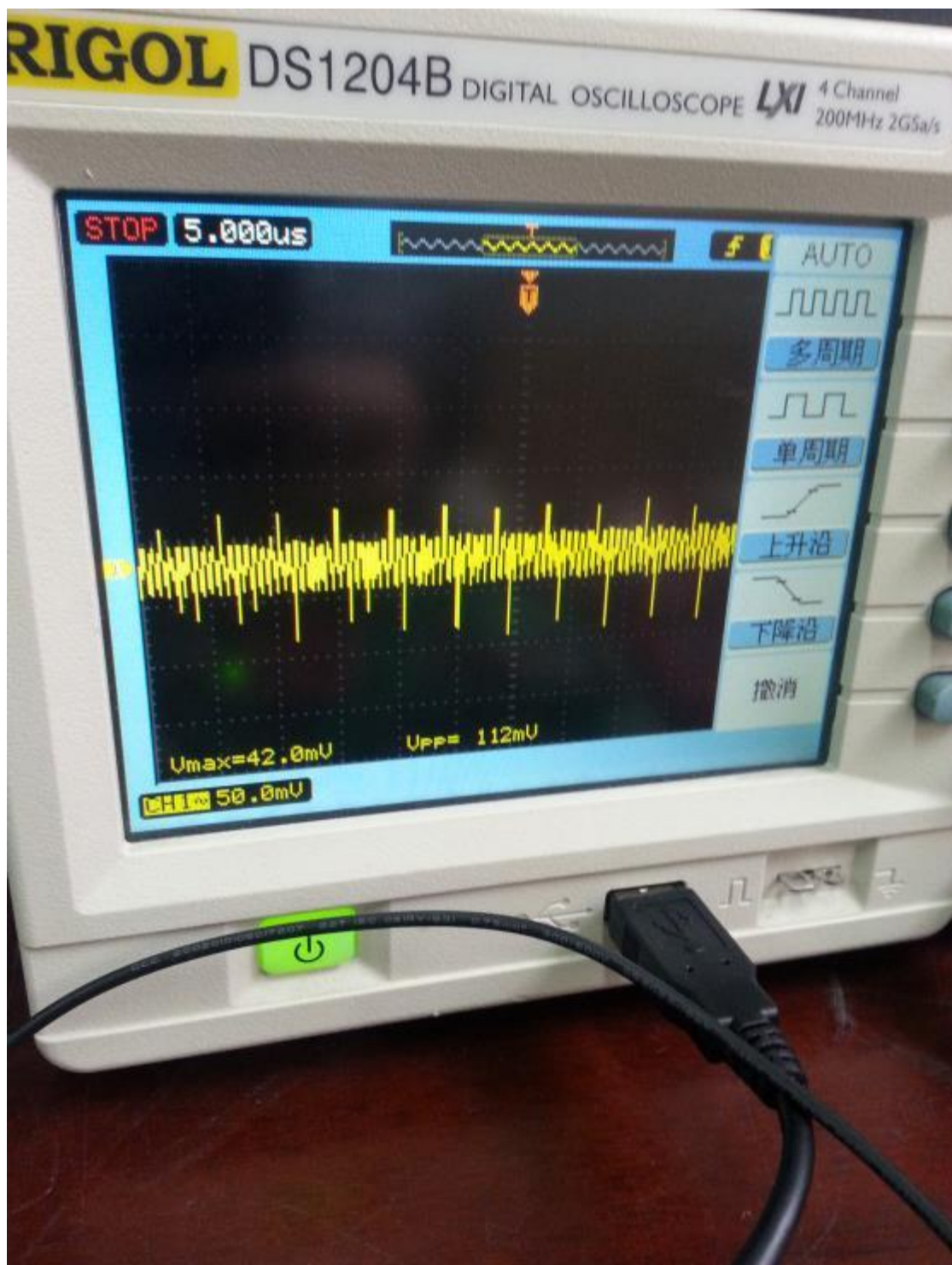


图 2 负载为 100Ω 时纹波

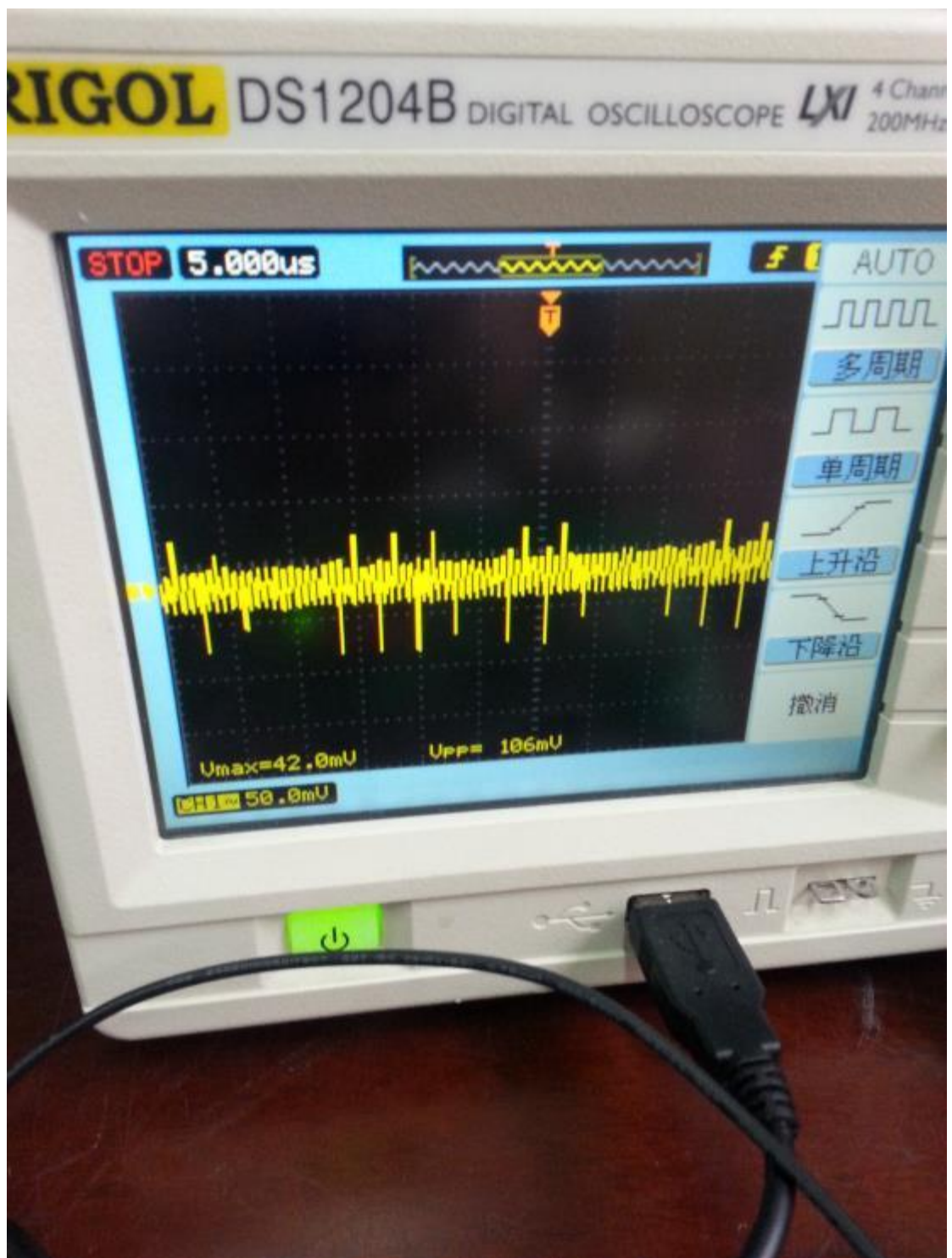


图 3 负载为 120Ω 时纹波

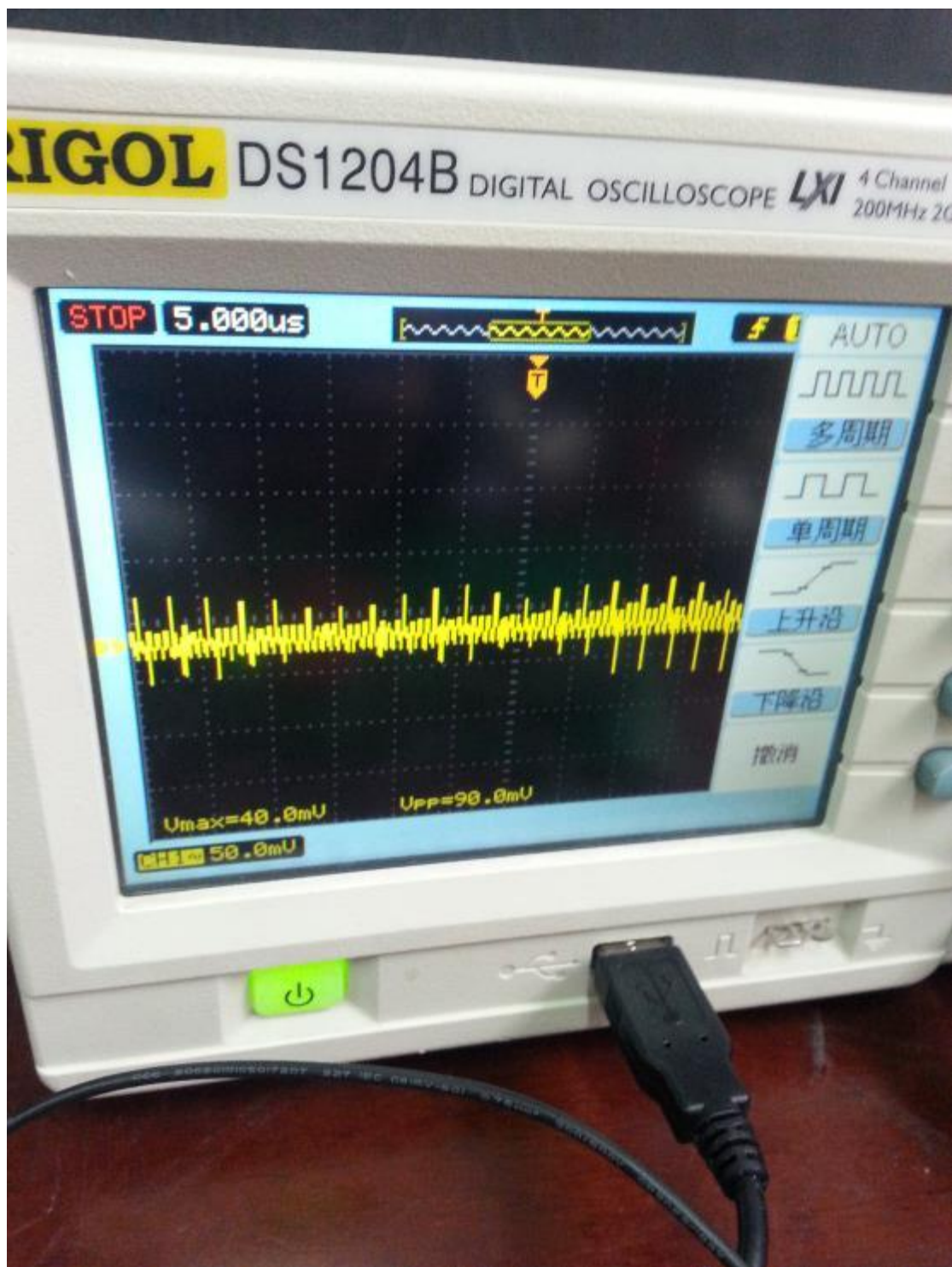


图 4 负载为 200Ω 时纹波

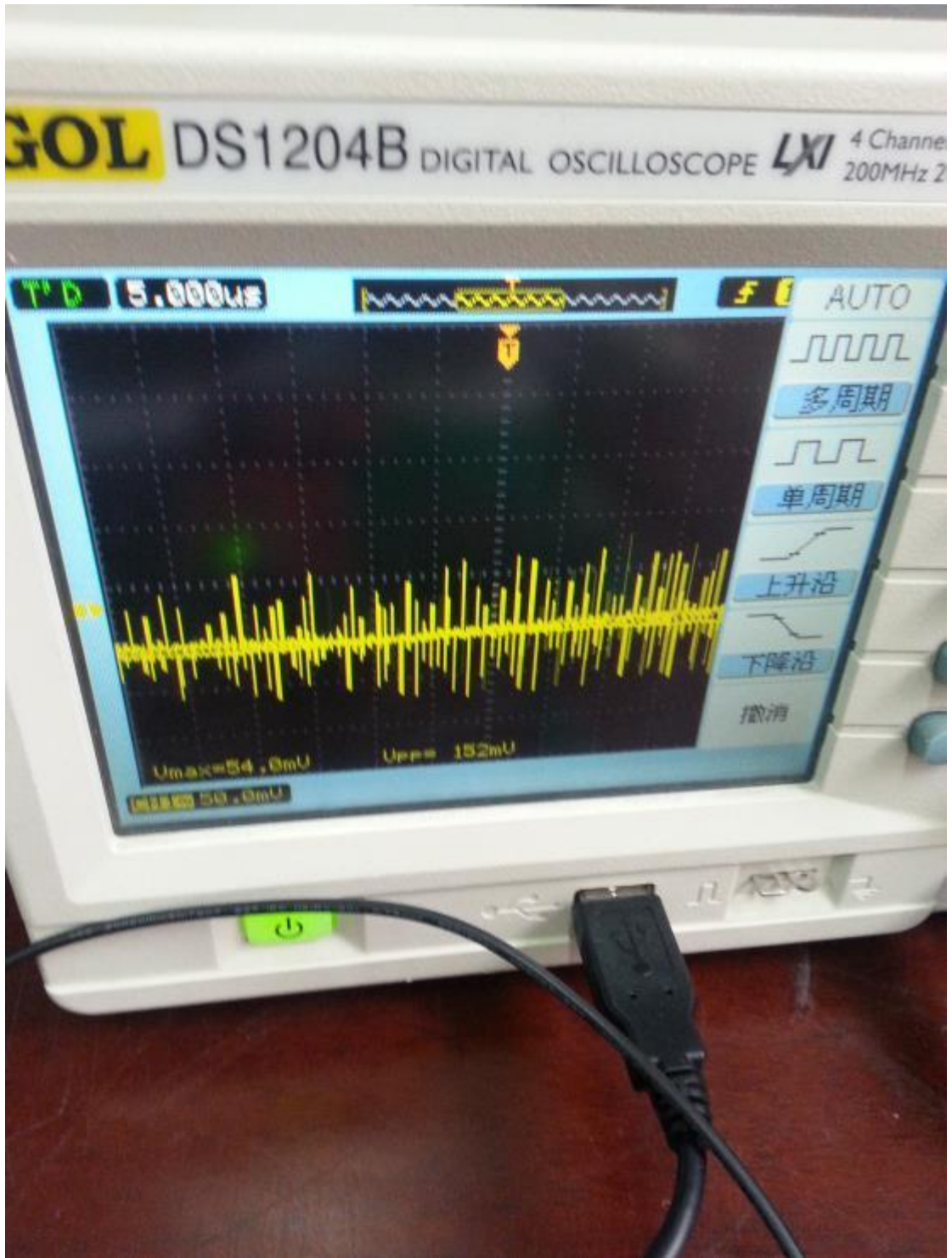


图 5 占空比为 95%时纹波

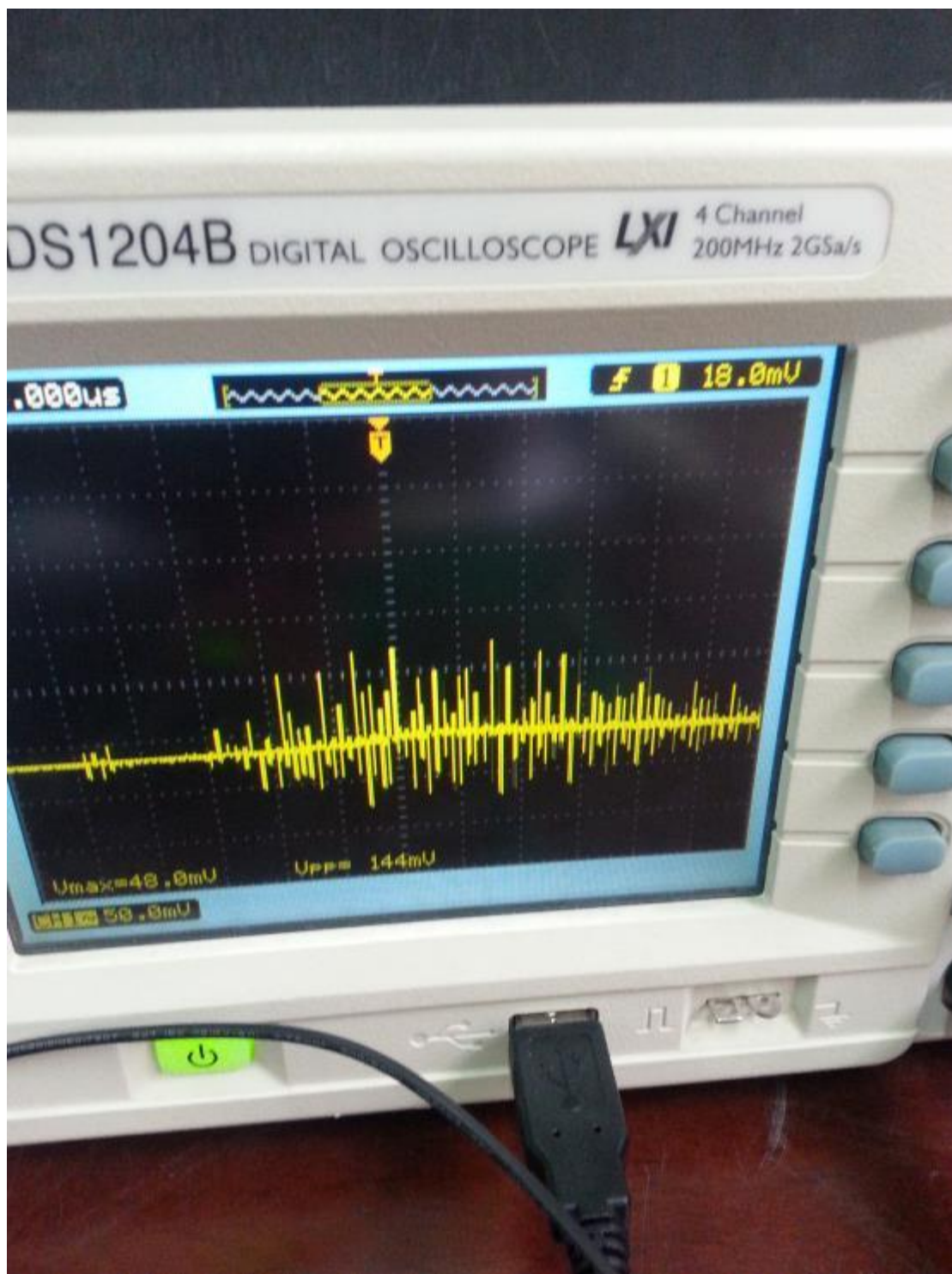


图 6 占空比为 75%时纹波

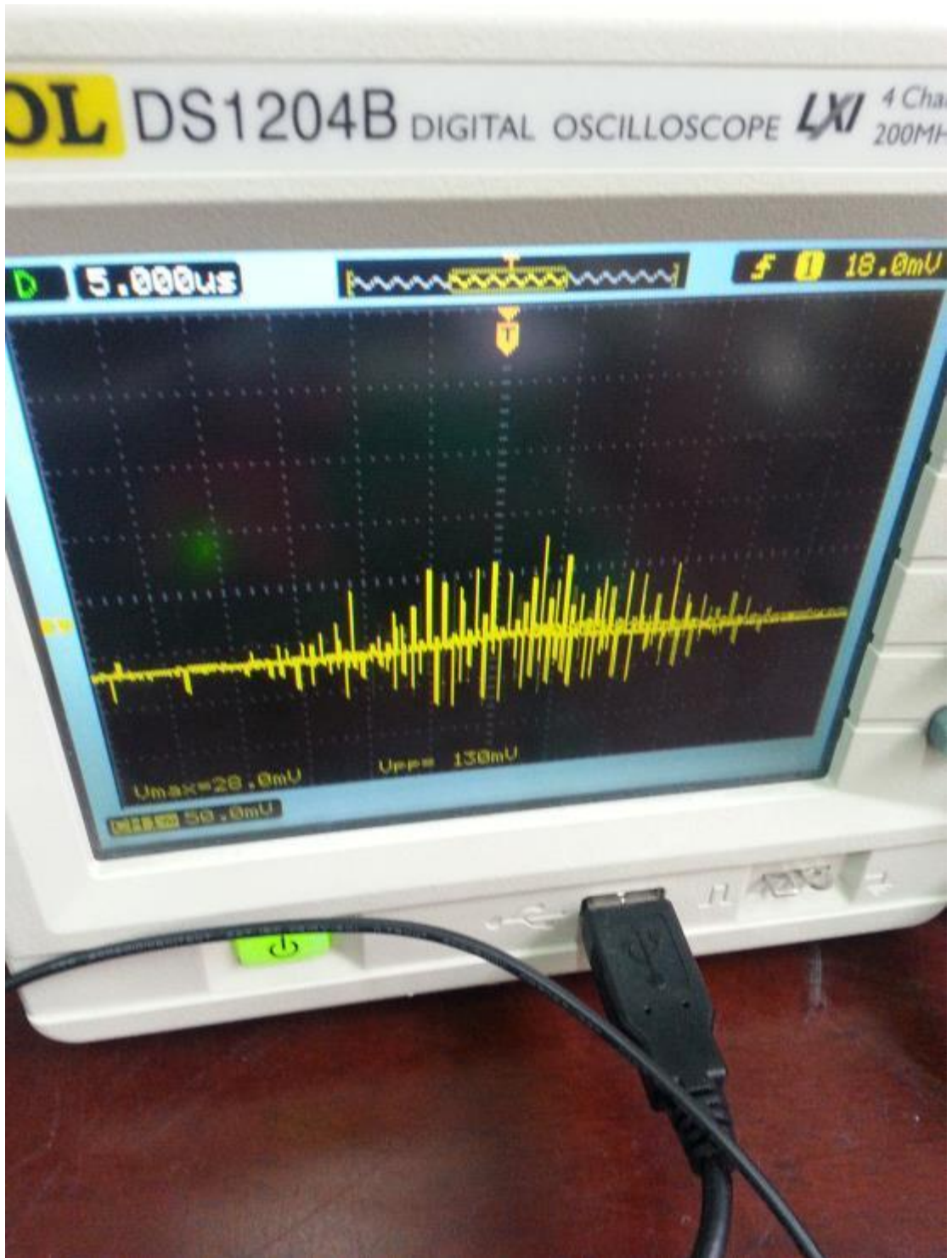


图 7 占空比为 50%时纹波

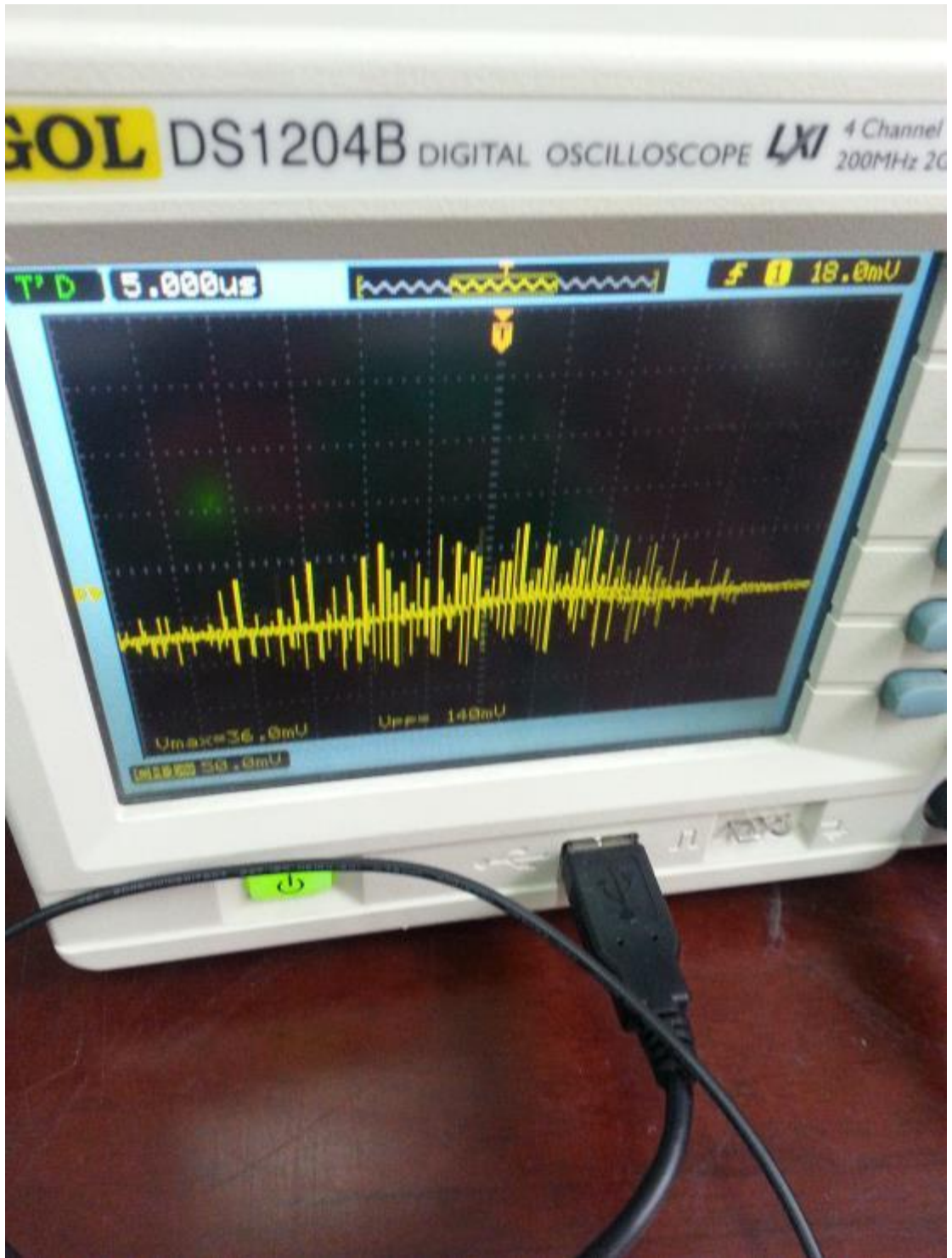


图 8 占空比为 25%时纹波

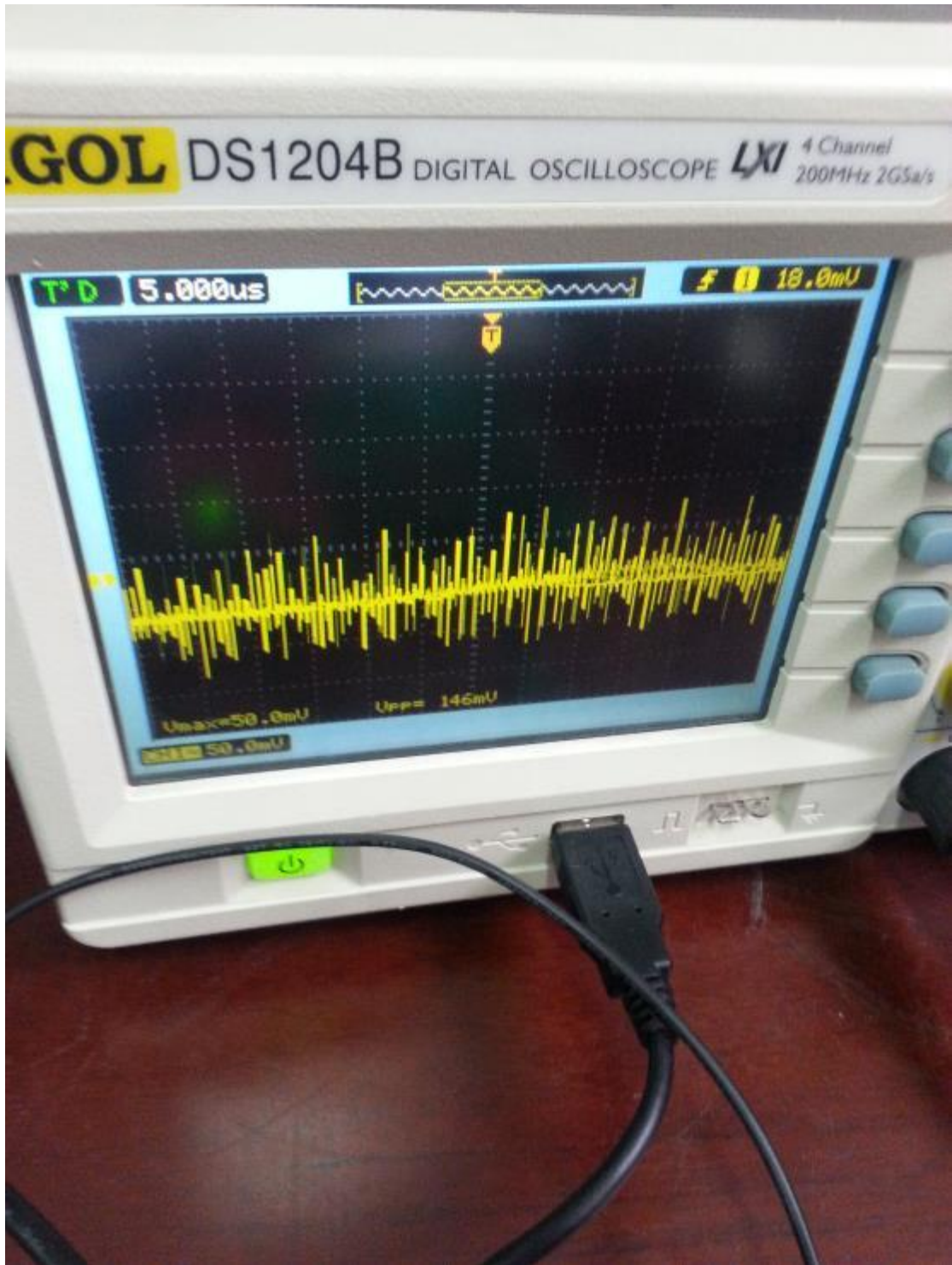


图 9 占空比为 5%时纹波

附录

完成发挥部分的可粘贴作品照片，注意控制照片文件的大小，分辨率不要过高。

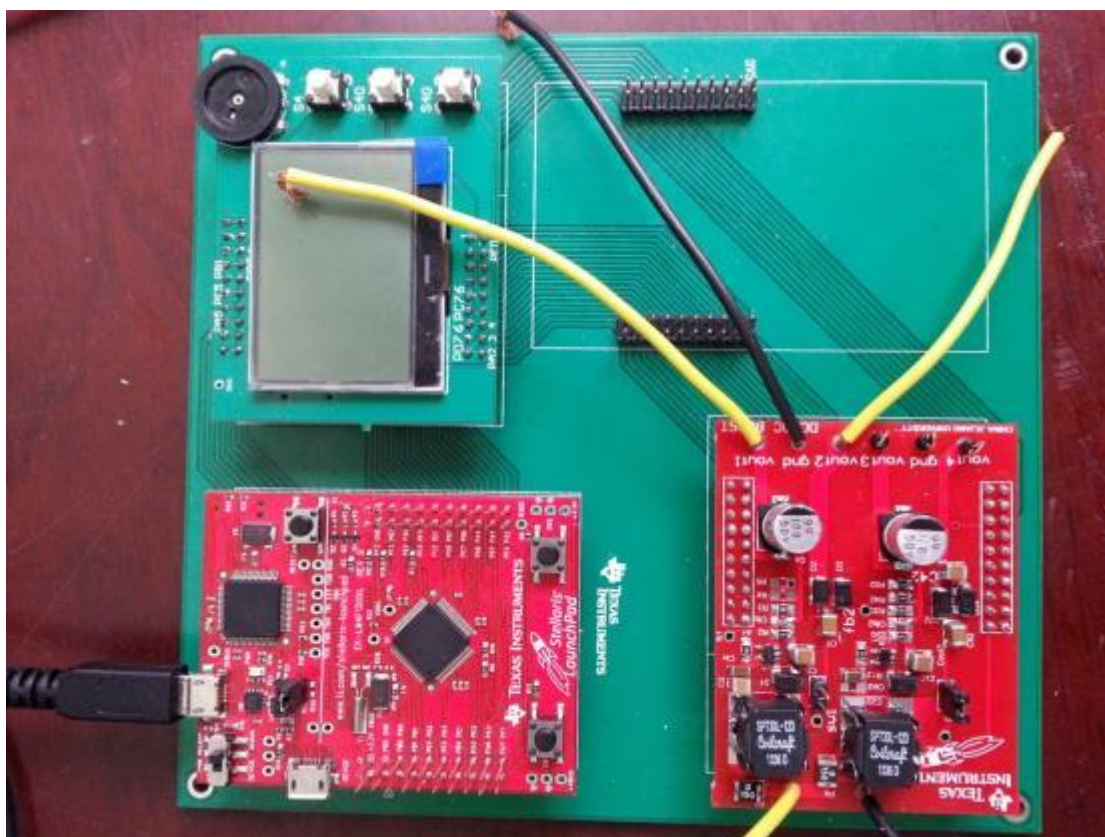


图 10 作品照片