ACM1030 数据采集 USB2.0 数据发送实验

1.1. 数据采集概述

在计算机广泛应用的今天，数据采集在多个领域有着十分重要的应用。

数据采集是计算机与外部物理世界连接的桥梁，通过数据采集工作，自然界的许多模拟量信息能够借助计算机进行保存，分析，还原等操作。技术实践中，我们只需要制订上位机(PC)与移动数据采集器的通信协议,就可以实现两者之间阻塞式通信交互过程。

数据采集系统往往由传感器、模拟多路开关、放大器，采样保持器、AD 转换器、计算机及外设等组成。

在农业、工业、日常生活和航空航天等领域，尤其是在对信息实时性能要求较高或者恶劣的自然环境中，数据采集有其应用的必要性。比如说:在工业生产和科学技术研究的各行业中，常常有利用 PC 或工控机配合末端传感器对诸如液位、温度、压力、频率等参数进行实时监控和记录的需求，这些环境往往有时候并不适合人类直接作业，或者即使人类进行直接作业，也无法达到和计算机自动采集分析处理某一个任务的实施效果。再比如说：在航天航空领域，卫星数据采集系统利用航天遥测、遥控、遥监等技术，对航天器远地点进行各种监测，并根据需求进行自动采集，经过卫星传输到数据中心处理后，送给用户使用。

谈到数据采集，不得不说说数据转换器。现在常用的数据转换方式是通过数据采集板卡进行，常用的有如 A/D 卡以及 422、485 等总线板卡。

前面们提到，数据采集在技术实践中，需要对通信协议进行选取。目前计算机通信比较典型的协议包括串口通信，USB 接口通信，以太网通信等。本工程就是采用的 USB 接口方式进行通信。选取 USB 通信的最突出优势在于通信速度高，采样数据上传快。

1.2. 文档所涉及文件说明

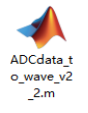
本文档如有更新，会发布在 www.corecourse.cn 网站。如您需查看并获取更新版本，只需要在该网站以本文档文件名为关键词搜索，即可查找到相关内容。

版本记录：

V1.0	首次发布	2022.10.12
……	……	……

本教程配套的文件压缩包名：acx720_ad1030_ddr3_usbV1.0.rar，解压后可以得到配套工程文件、上位机软件和 matlab 绘图代码文件，对于压缩包中的文件

说明如下：

	acx720_ad1030_ddr3_usb.rar：存放本次实验使用到的 vivado 工程。其中包括各个模块的源文件代码： USB 接收数据模块、USB 指令接收和指令解析模块、数据转换模块、ddr3 的含 fifo 的 2 端口封装模块、USB 数据流发送模块等。
	data：测试数据文件夹，用来存放本次实验过程中，生成的数据文件，用户可以使用 Matlab 软件对我们提供的测试数据文件进行数据分析对比。
	FX2_USB 数据采集上位机工具文件夹： cypress 上位机，用来烧写 USB 固件程序以及简单的数据发送接收测试；Win7_8_10_Drivers 文件，首次使用 USB 时，需要使用该文件夹更新驱动；slave_for_adc.iic，烧写 USB2.0 芯片固件时需要的文件。
	小梅哥 USB 数据采集器 V1：使用 USB 上位机软件采集数据时，无需设置发码指令，只需要在软件界面中填好采集信息即可，相比于通过 cypress 上位机进行数据采集，操作方式更简单直接。
	ADCdata_to_wave_v2_2.m：Matlab 源文件代码，对于 USB 传输过来的数据，我们得到的只是一个数据文件，如何判断采集到的数据是否正确，这里采用 Matlab 软件进行数据数据分析，用户可以通过修改我们提供的 matlab 源文件中的文件路径，进行数据分析。

1.3. 实验平台说明

1. ACX720 型 FPGA 开发板：板载 USB2.0 接口物理层芯片，GPIO0 接口。
2. 数据采集模块：ACM1030 模块。
3. 支持 USB2.0 接口，操作系统为 vista，win7，win8 或 win10 的 PC 机。
4. 信号发生器：输出信号给数据采集模块 ACM1030。

1.4. Vivado 和 cypress 工作环境的搭建

Vivado 下载环境搭建，详细内容可以参考小梅哥 xilinx FPGA 自学教程第一章相关内容或者查看我们给的附录 1 中的文件内容。简单概况为：软件解压，设置安装组件，设置非中文安装路径，安装，破解。

ACX720 开发板完成 USB 采样的连线方法如下图 1. 1 所示：

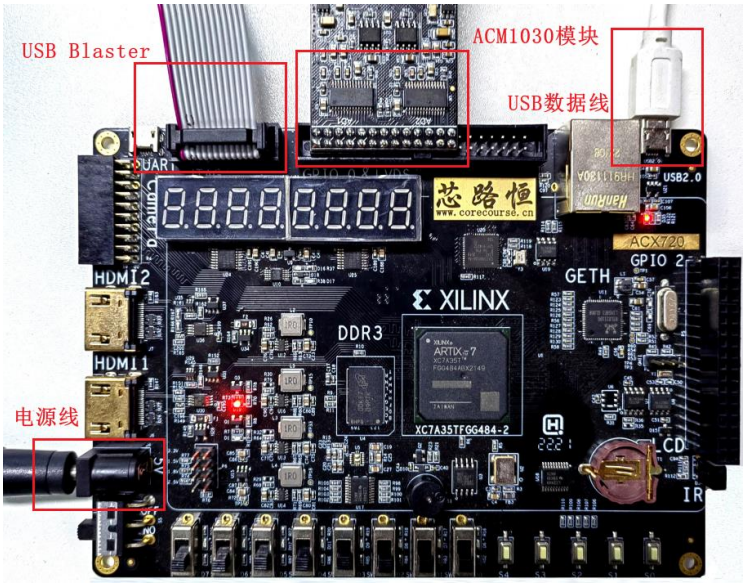


图 1. 1 ACX720 开发板完成 USB 采样硬件连接图

如选用我司 ACM1030 数据采集卡，将其接于开发板 GPIO0 接口，另一端模拟量输入端口接到幅值不大于 5V 的信号源即可。

1.4.1. USB 驱动安装

USB 通信线连接到 PC 机，直接 USB 连线即可，无需任何端口号或接口号设置。但首次使用时，需在设备管理器中安装驱动程序。其步骤如下所示：

1. 使用 USB 线连接开发板 USB 接口和电脑的 USB 接口，此时，系统右下角应该会弹出发现新硬件，提示驱动安装失败，如下图 1. 2 所示。

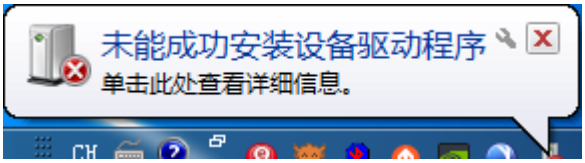


图 1. 2 驱动安装失败示意图

2. 此时查看设备管理器中，应该能看到如下所示的一个未知设备，如下图 1. 3 所示。

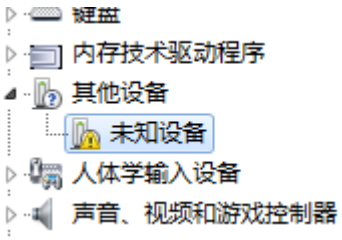


图 1. 3 设备管理器显示图

3. 我们选中该设备，点击鼠标右键，即可查看其详细信息，显示如下图 1.

4 所示。在详细信息这一栏我，我们在属性的下拉表中选择“硬件 ID”，可以看到，其值为 USB\VID_040B&PID_8613，这就是我们的 USB2.0 模块的硬件 ID。

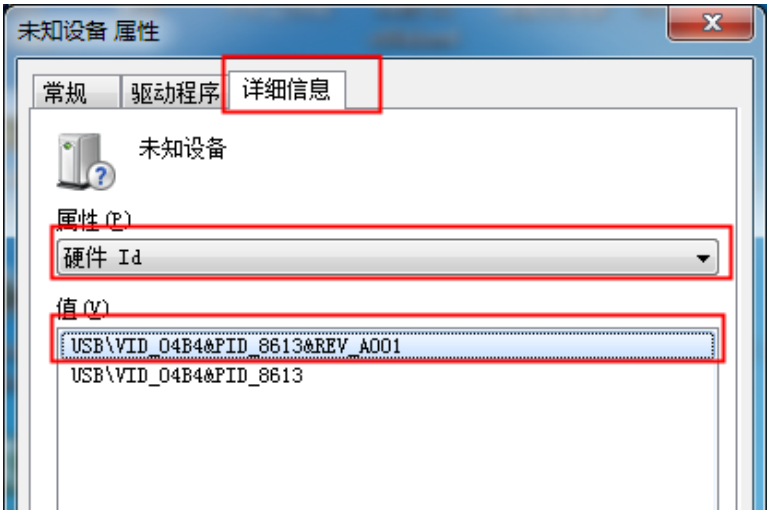


图 1. 4 设备详细信息示意图

4. 在属性选项卡中，切换到驱动程序选项卡，选择“更新驱动程序”，如下图 1. 5 所示。

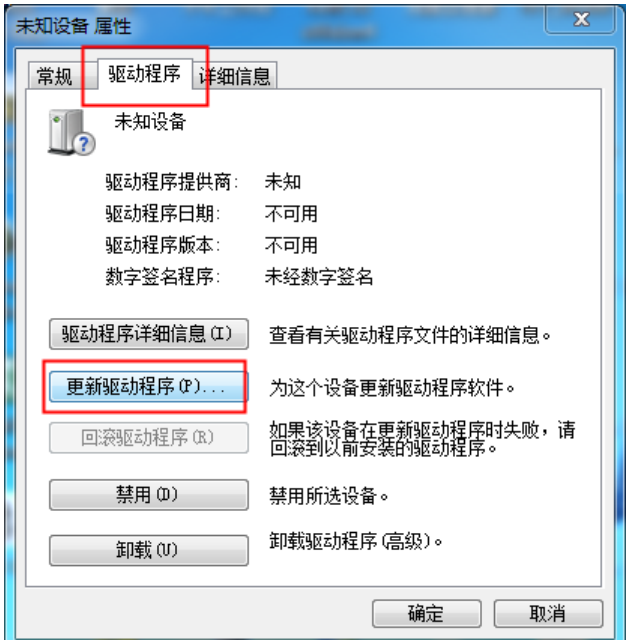


图 1. 5 更新驱动设备

5. 在弹出的界面中，选择“浏览计算机以查找驱动程序软件”，路径定位到我们提供的 USB 开发包的驱动程序安装路径下，然后点击确定，如图 1. 6 所示。

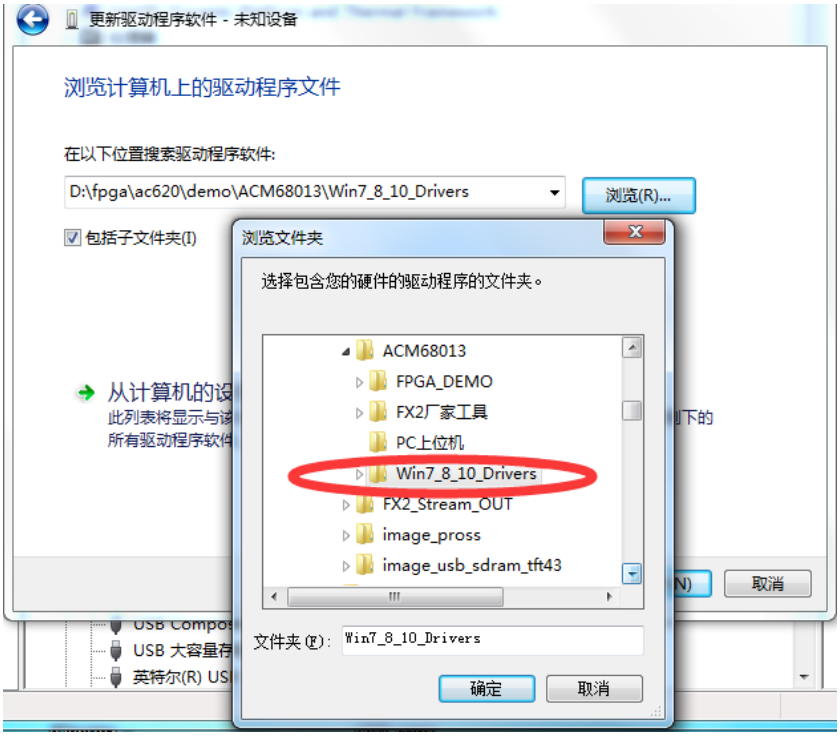


图 1. 6 安装驱动设备

6. 接着点击下一步，就会开始驱动的安装，安装完成后，弹出如下图 1. 7 所示的界面，表明驱动安装完成，点击关闭按钮完成安装。

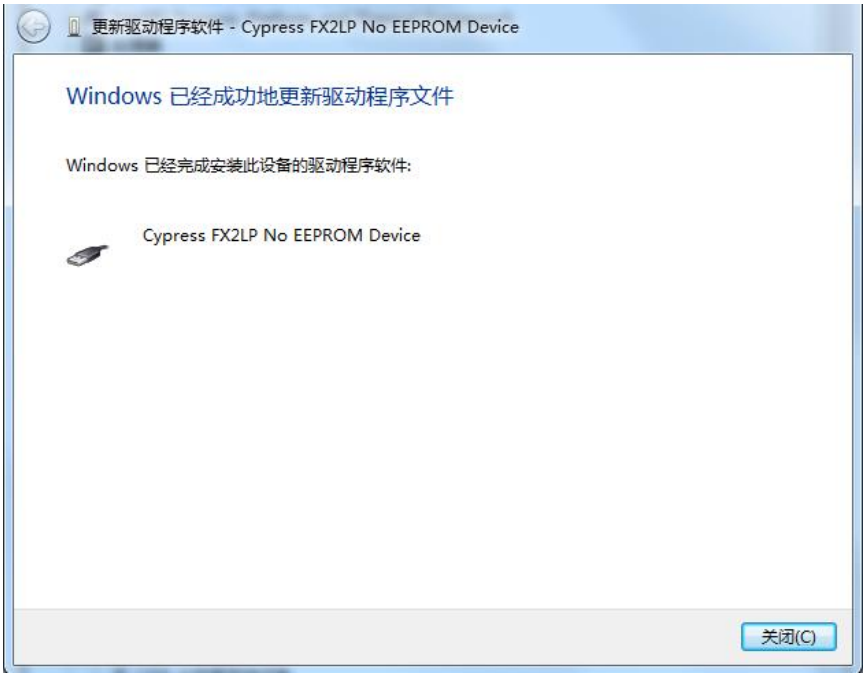


图 1. 7 驱动安装成功示意图

通过上述步骤就完成了 USB 驱动的安装，接着我们回到设备管理器中，在通用串行总线控制器下，可以看到如下图 1. 8 所示的设备，且无叹号提示异常，

则表明驱动程序安装正确，安装成功之后，也可能显示的是“Cypress FX3 USB StreamExample Device”，这是因为我们在出场固件中就已经烧写了对应的固件程序，这样用户就不用再烧写 USB2.0 芯片固件。

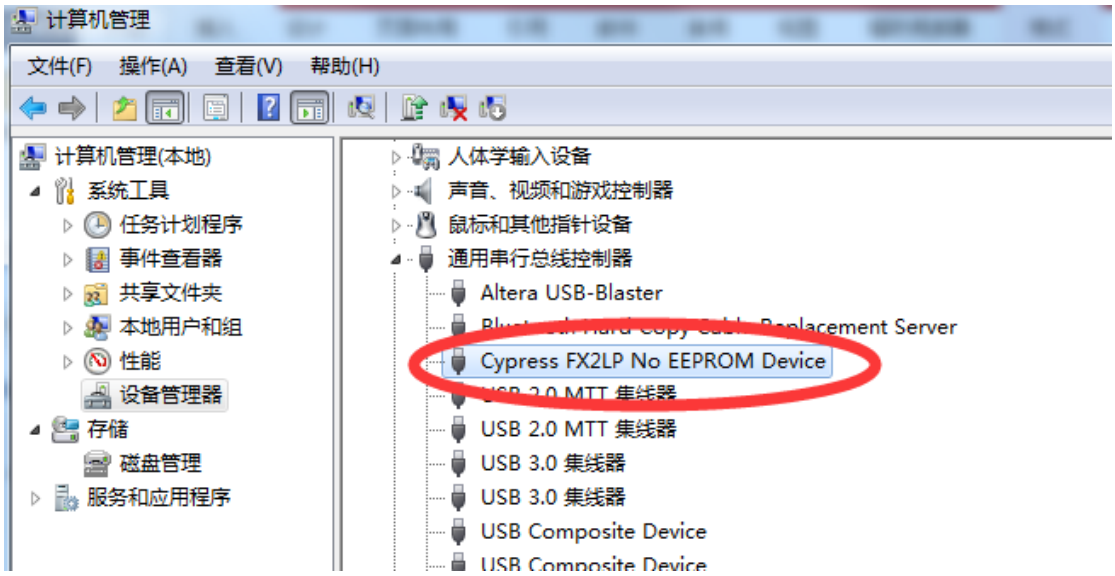


图 1. 8 驱动安装成功之后设备管理器显示

1.4.2. 烧写 USB2.0 芯片固件

在我们提供的文件夹中，有一个名为“FX2_USB 数据采集上位机工具”的文件夹，该件夹中包含了一个名为 CyControl.exe 的软件和 CyUSB.dll 的动态链接库，如下图 1. 9 所示。这个 CyControl.exe 就是 Control Center 软件，我们直接使用这个软件，就可以完成 FX2 芯片的固件烧写和基本的数据传输测试。

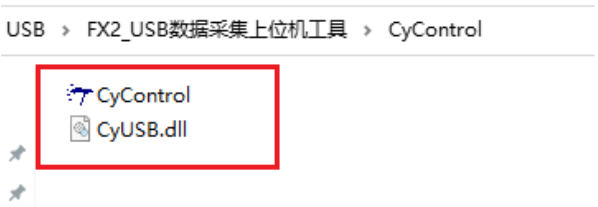


图 1. 9 烧写 USB 固件对应软件

双击 CyConsole.exe 打开软件，如果已经使用 USB 线连接开发板 USB 接口和电脑的 USB 接口，则会显示出一个名为 Cypress FX2LP No EEPROM Device 的设备，如下图 1. 10 所示。

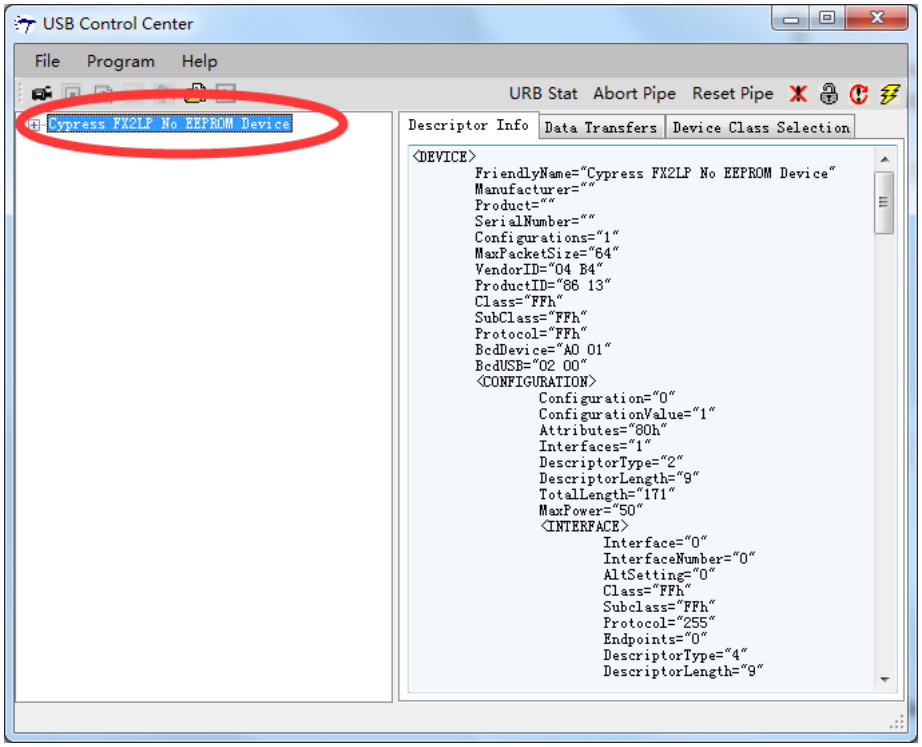


图 1. 10 USB Control Center 显示界面

鼠标选中该设备，点击 Program -> FX2 -> 64KB EEPROM 如下图 1. 11 所示。

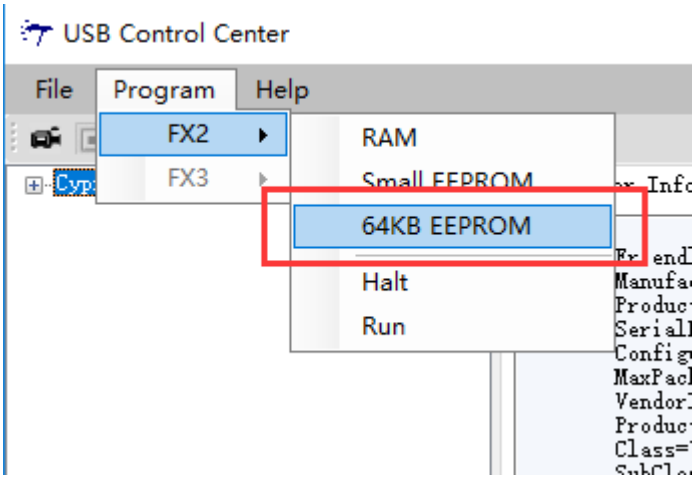


图 1. 11 选择烧写文件存储位置

选择 64KB EEPROM 之后，就会弹出一个选择文件的对话框，在该对话框中，定位路径到工程文件包路径下，烧写 slave_for_adc.iic 文件（位于“FX2_USB 数据采集上位机工具”文件夹中）到 USB 芯片的 EEPROM 中。下次 FX2 接入电脑，或者按下开发板背面的 USB-RST 按键，FX2 就会自动从 EEPROM 中读取程序并加载到芯片的 RAM 中运行，可以实现掉电不丢失，如下图 1. 12 所示。

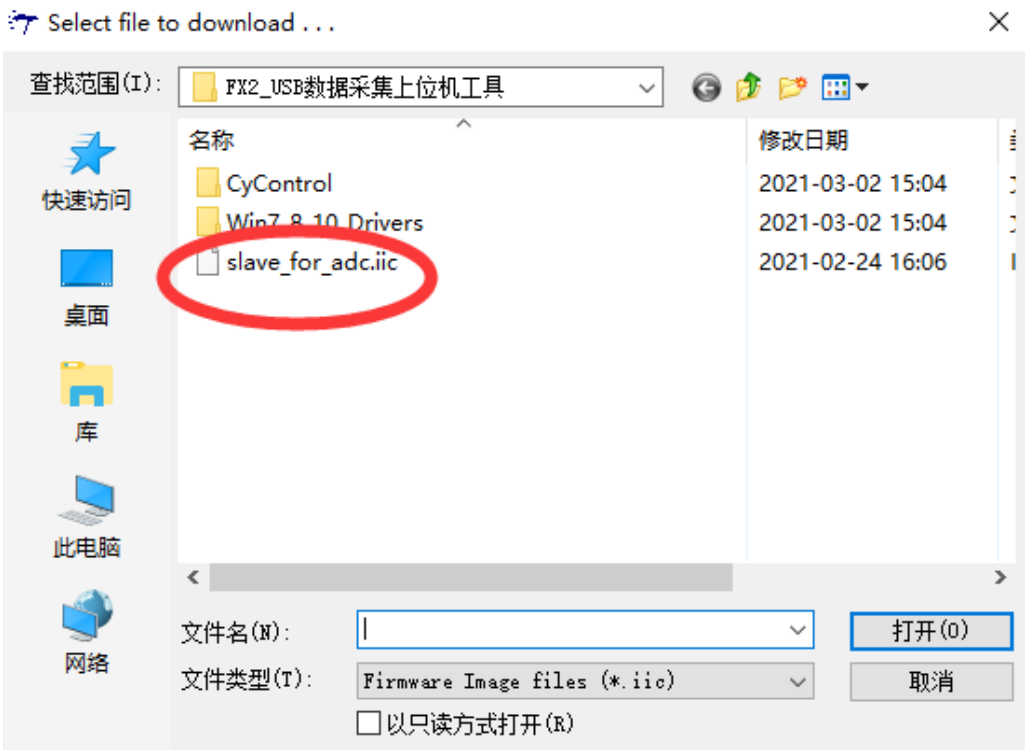


图 1. 12 烧写 IIC 文件

这样，我们就完成了开发板上 USB 芯片的程序固件烧录工作。然后在 Control Center 软件中可以看到，该设备的识别名称已经变为了 Cypress FX3 USB StreamExample Device，之所以识别为 FX3，是因为 FX2 和 FX3 的这个例子使用了同一个 PID 和 VID，所以被识别为了 FX3，但是这并不影响我们的正常使用。此时打开设备管理器，也可以看到设备名称变成了 FX3，如下图 1. 13 所示。

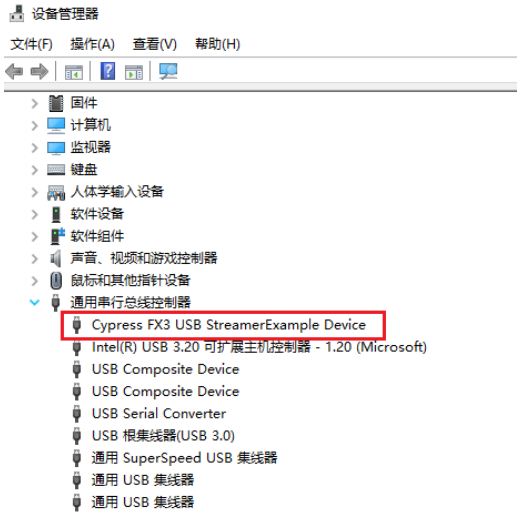


图 1. 13 烧写成功之后，设备管理器显示界面

1.5. 实验内容说明

本次实验实现的内容如下所示：

1. 实验通过数据采集模块实现模数转换，传递给开发板。在这里，我们采用 ACM1030 双通道数据采集模块作为数据采集卡进行数据采集。
2. 使用 CyControl 软件，通过 USB 发送指令，可以设定需要采集的字节数，选择采集通道号，设置采样速率，启动采集，或者直接使用我们提供的“小梅哥 USB 数据采集器 V1.0”软件采集得到的数据。
3. 采集到的数据经过 matlab 波形分析，能够得到和输入波形一致的输出波形，无数据丢失，无杂波。后期可结合实际情况，增加对噪声评定的环节。

1.5.1. 实验总体设计说明

根据实验所要实现的功能，得到模块的整体设计如下图 1. 14 所示：

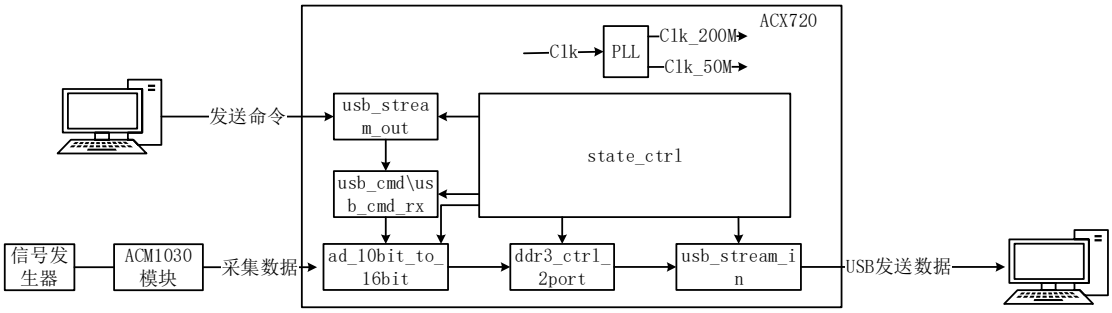


图 1. 14 实验总体设计

对于 ACX720 中每个模块的功能介绍如下所示，具体代码请自行查看工程中的源文件：

1. usb_stream_out：USB 接收数据模块，接收 PC 发送过来的指令。
2. usb_cmd\usb_cmd_rx：USB 指令接收和指令解析模块，将收到的指令进行翻译拆解，指令分类。
3. ad_10bit_to_6bit：数据转换模块，将 ACM1030 发送过来的 10 位数据转换成 16 位的数据。
4. ddr3_ctrl_2port：ddr3 的含 fifo 的 2 端口封装模块，主要负责整个数据的存储功能。
5. usb_stream_in：USB 数据流发送模块，将最终采集到的数据通过 USB 发送出去。
6. state_ctrl：状态机模块，协调各个模块的信号控制，程序状态的总控制模块。
7. pll：锁相环模块，50M 时钟输入，输出 200M 的时钟给 DDR3，50M 的时钟给其他模块。由于我们在设计时，对于时钟频率没有要求的模块，

都可以采用 50MHz 的频率进行设计，而 DDR3 驱动模块的工作时钟频率最低也得 200MHz 才能支持正常工作，所以我们需要使用锁相环模块完成整个工程的频率配置，以实现在工程中引入两种时钟频率的设计需求。

1.6. 实验功能测试

1.6.1. 发码指令设置

我们的发码参数指令，共分为三个类别。

1. 设置采样通道：如 55 A5 01 00 00 00 00 F0，其中 55 A5 是起始码，紧接的 01 是指令类别为采样通道，紧接的 00 00 00 00 是设置采样通道，这里目前只设置了 3 种情况，00 00 00 00 设置的是默认的 FPGA 计数器，00 00 00 01 设置的是 ADC 通道 1，00 00 00 02 设置的是 ADC 通道 2。
2. 设置采样数量：如 55 A5 02 00 00 02 00 F0，其中 55 A5 是起始码，紧接的 02 是指令类别为采样数量，紧接的 00 00 02 00 是设置的采样数量 512，F0 是终止码，中间若干位设置采样数量。
3. 启动指令：如 55 A5 00 00 00 00 00 F0，其中 55 A5 是起始码，紧接的 00 是指令类别为启动，最后的 F0 是终止码。剩余的 4 个 8 位数可以为任意数，推荐默认为全 0，即 00 00 00 00。

指令可以逐条发送，也可以组合发送，组合发送的时候，启动指令必须写在最后。

比如发送：

55 A5 01 00 00 00 00 F0 55 A5 02 00 00 01 00 F0 55 A5 00 00 00 00 00 F0

表示使用 FPGA 内部计数器生成数据，采样 256 个 16bit 的点，开始执行。

再如：

55 A5 01 00 00 00 01 F0 55 A5 02 00 00 02 00 F0 55 A5 00 00 00 00 00 F0

表示使用通道 1 进行采样生成数据，采样 512 个 16bit 的点，开始执行。

1.6.2. 使用 cypress 上位机的操作流程

前面讲解了软件环境的搭建，硬件电路的连接和指令码的含义，下面将演示一次完整的使用 cypress 软的的操作流程，同时指出使用注意事项。

1. 按照前述内容，安装好 vivado 软件，解压、编译工程，打开上位机工具，如下图 1. 15 所示。

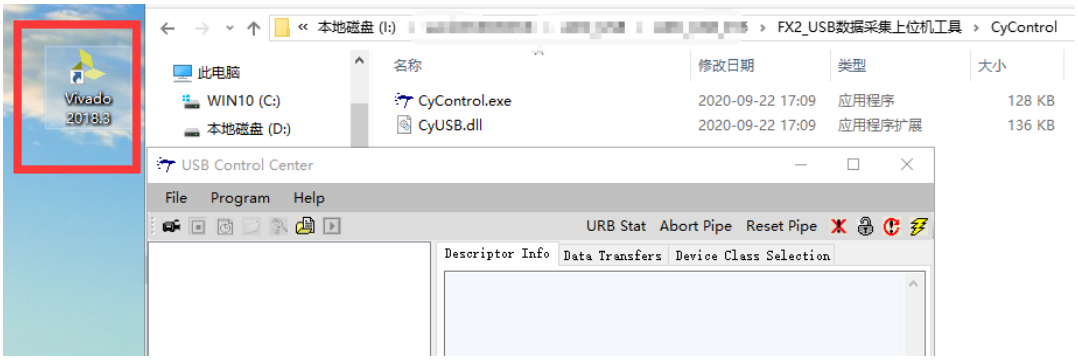


图 1. 15 打开所需软件

2. 按照图 1. 1 连接好硬件资源，使用 ACM1030 模块的通道 1 进行采集。我们设置信号发生器的发生频率为 100Khz，VPP 为 5V 得到正弦波，准备采样 256 个 16bit 数据，信号发生器产生的波形如下图 1. 16 所示。

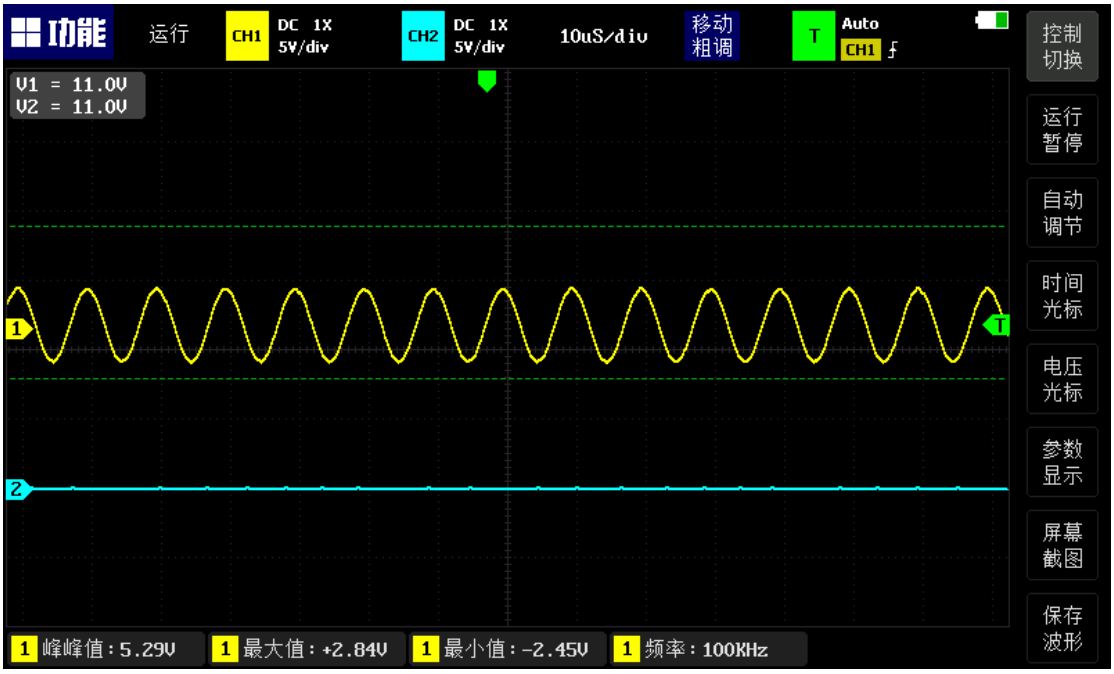


图 1. 16 信号发生器波形显示图

3. 开发板上电，烧写 FPGA 程序，操作如下图 1. 17 所示。

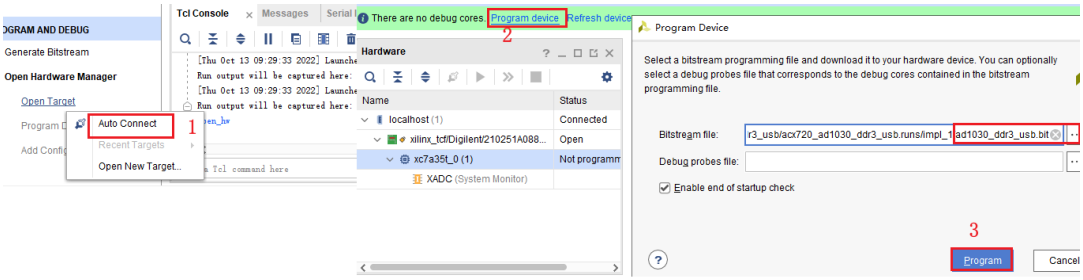


图 1. 17 烧写 FPGA 程序

确认 bit 文件就是我们需要烧写的程序后，开始 program。完成后开发板内

我们的程序将会开始运行。下图为程序烧写正确后，开发板现象如下图 1. 18 所示，下方的 led 灯亮两个，表明锁相环和 DDR 初始化正常。

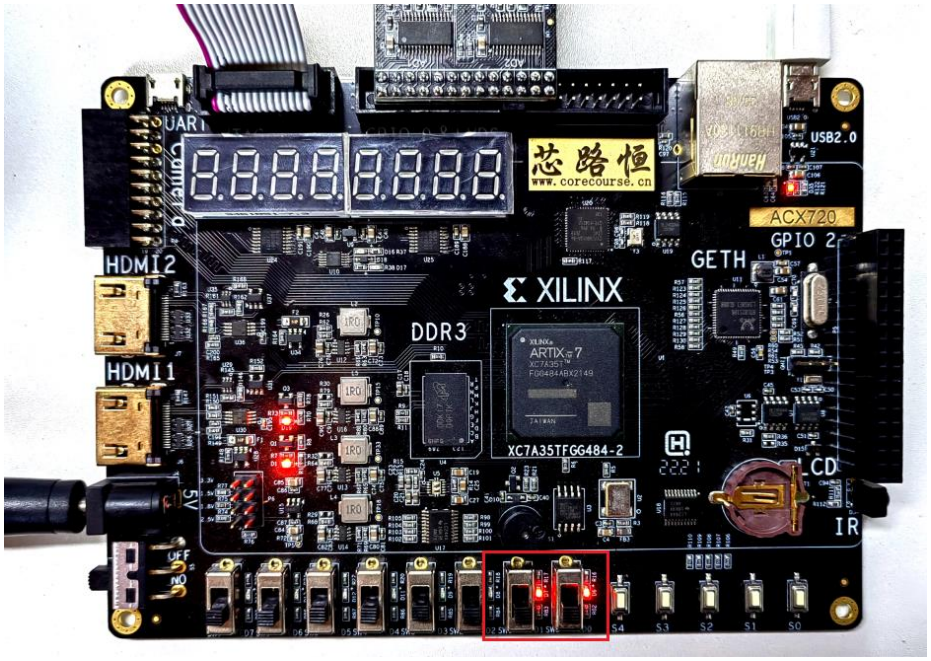


图 1. 18 程序下载成功之后开发板显示图

4. 双击打开上位机软件，如果 USB 连接正常并且软件按前叙步骤正确安装驱动，则可以看到列表框有 FX3 芯片或者 FX2 芯片被识别。确认固件已经正确烧写后，找到 bulk out endpoint（0x02），输入指令串，如下图 1. 19 所示。比如按前述：我们使用通道 1，采样 256 个 16bit 数据，我们可以设置指令串如下所示：

55 A5 01 00 00 00 01 F0 55 A5 02 00 00 01 00 F0 55 A5 00 00 00 00 00 F0

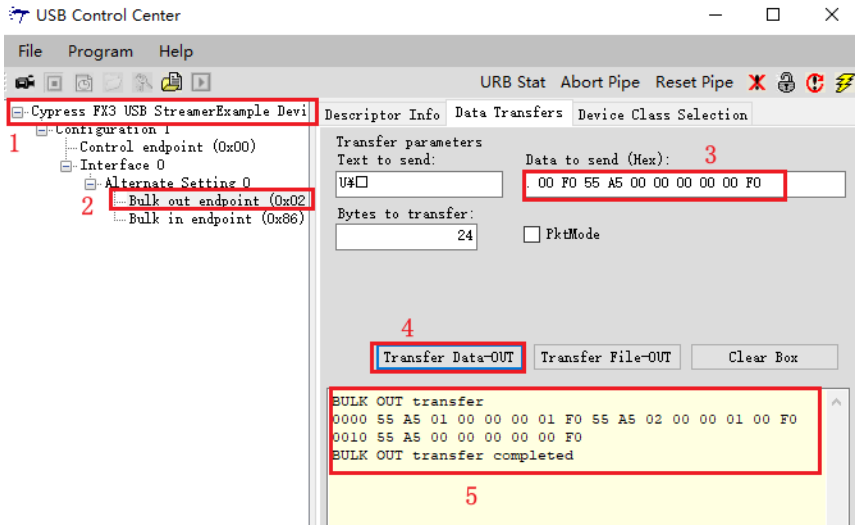


图 1. 19 发送命令示意图

5. 切换到 bulk in endpoint，确认 PktMode 被勾选，同时按照自己的采样设置需求，设定接收数据量，操作步骤如下图 1.20 所示。完成设定后，点击 Transfer File-IN，就可以接收到需要采样的数据，设置保存的文件名及路径，如下图 1.21 所示。

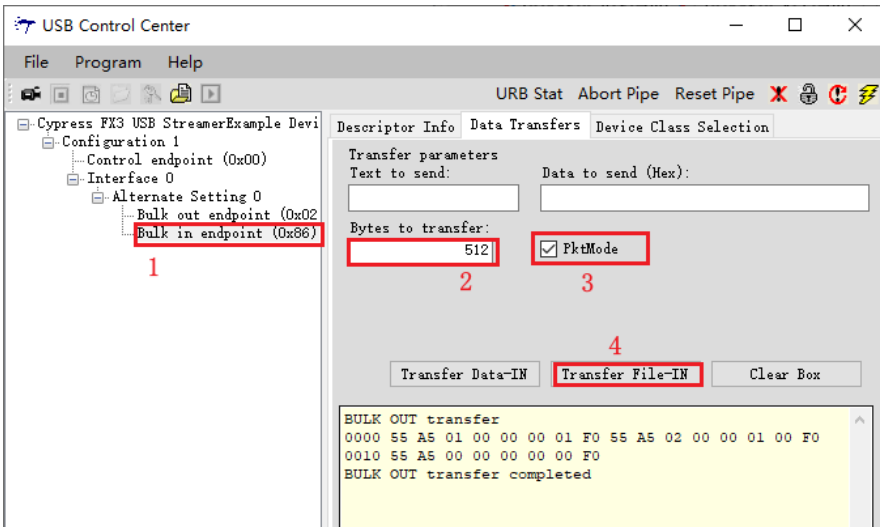


图 1.20 采样数据

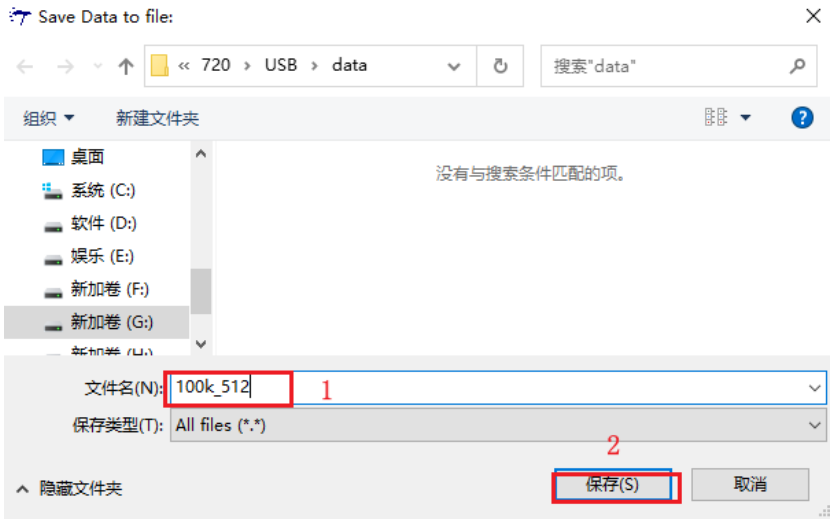


图 1.21 保存接收到的数据

这里，有几点需要再次强调：

1. 上位机接收数据前，一定确认 pktmode 勾选。
2. 采样数量必须为 256 个 16bit 数的整数倍，即接收的 bytes to transfer，一定是 512 个 8bit 数据的整数倍。如果操作失误要求读数据的数量大于指令码设置的写入数据故障，会出现输出框为 997 的故障码。这时候建议将开发板复位，fx2 芯片复位以杜绝上次不正常读写的数据残留。开发板复位，按下 S4 按钮即可，fx2 芯片复位，在背面按下 USB-RST 按钮。

3. 如果是逐条发送指令，则必须确保启动指令在设置通道和设置采样数量指令之后，否则一旦发送采样启动指令，通道和采样数量设置将不会生效。
4. 目前最大采样数量经过测试支持 128M 的 16bit 数，即参数设置为 55 A5 02 08 00 00 00 F0。此时 cypress 软件最大读出量 stream in 为 268435456 的 8bit 数。（最大读出量 stream in 读出时，cypress 软件必须勾选 PktMode，且读出时间较长，不稳定。建议分批次读出，每次 stream in 读出小于等于 16777216 个数）。

1.6.3. 使用 XLH_USB 上位机的操作流程

如果使用 XLH_USB 上位机软件，则要简单很多，可以无需设置发码指令，只需要在软件界面中填好采集信息即可，如下图 1. 22 所示，可以看到界面右边也可以看到采样电压波形图，通过改变信号源，也可以看到波形图发生变化。

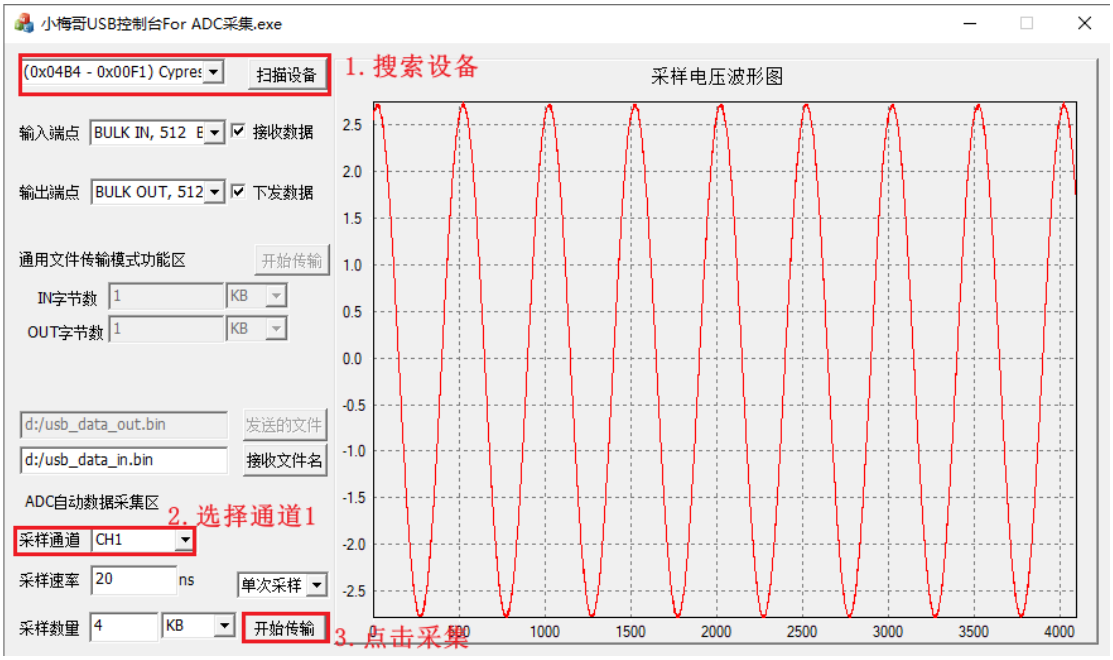


图 1. 22 通过上位机软件采集数据

初次使用，有可能需要进行扫描设备操作。

采样通道 CH0 为 FPGA 内部计数器生成的数据，采样通道 CH1 和 CH2 就是我们使用 ACM1030 的外部数据采样通道，这里连接的通道 ACM1030 的通道 1。

采样得到的数据，默认保存在 d 盘根目录下方。

采样数量可以设置最大为 128M。如果采样数量设置过大，则有可能会占用较长的采样时间，具体可参考 USB 通信协议数据传输速率。

设定好以后，可以点击“开始采样”。

完成后点击“停止采样”，就可以得到采样数据的 bin 文件。

1.7. 简易的数据分析

确认电脑已安装好常规版本的 matlab（安装文件请自行准备）后，点击提供的 ADCdata_to_wave_v2_2.m 文件，检查是否打开后有如下图 1.23 界面出现：

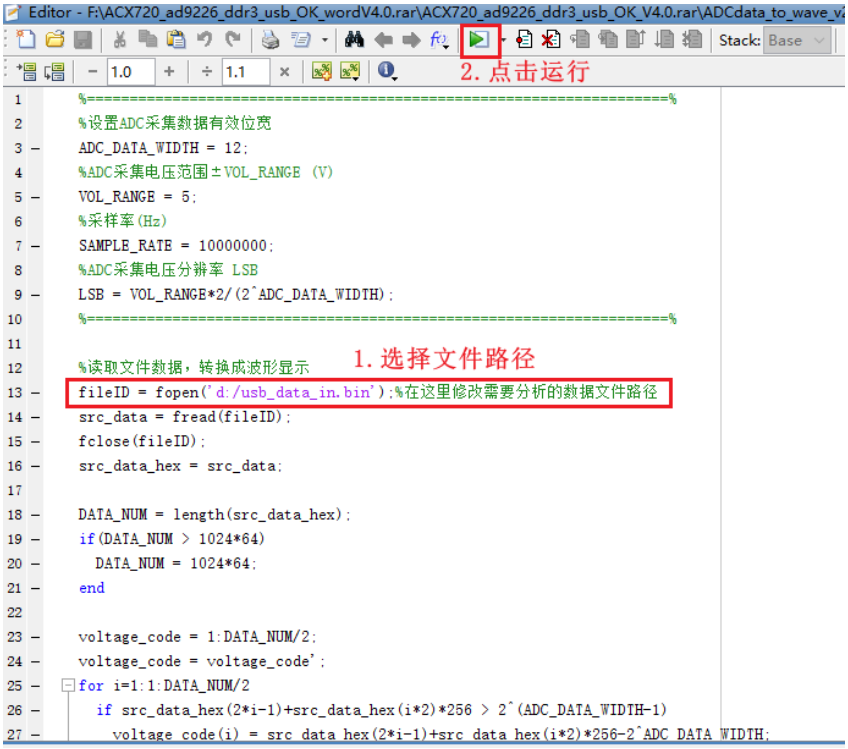


图 1.23 Matlab 软件工程显示

点击运行之后，出现如下图 1.24 所示的波形图，与图 1.16 输入信号波形对比，可以看出得到的波形数据与输入的波形数据是一致的。

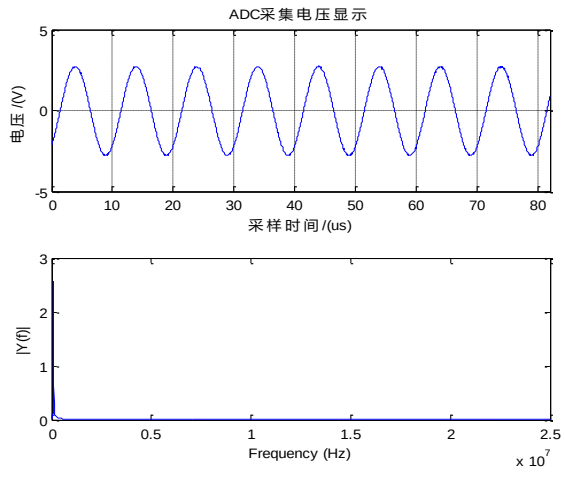


图 1.24 Matlab 运行波形图

1.7.1. 不同数据结果分析

为了证明我们的工程在不同设置状态下工作的可靠性，我们给出一些实验数据结论的波形进行对照参考，对应就是 data 文件夹中的实验数据文件。

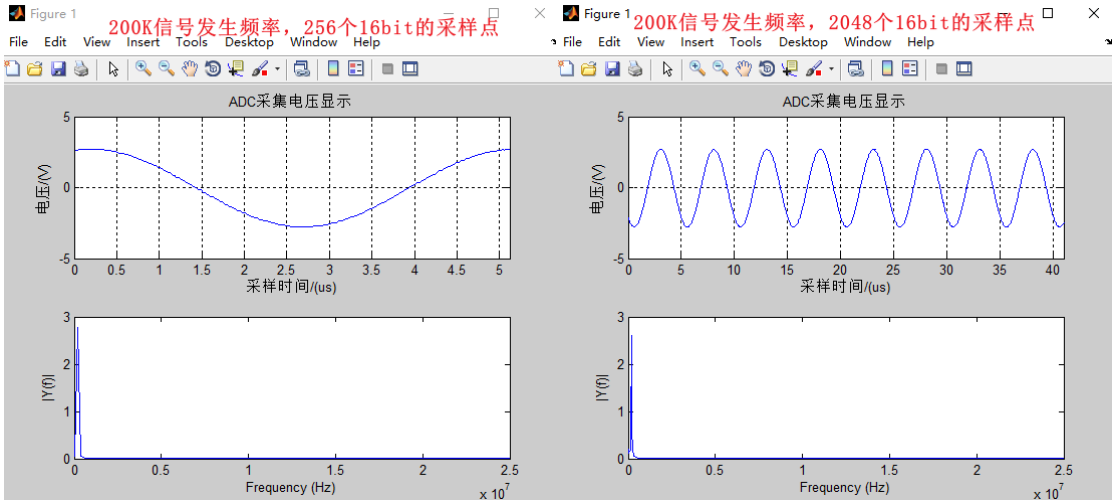


图 10. 1 200kHz 状态下不同采样数据量的波形图

上述波形图展示的是 200kHz 状态下不同采样数据量的波形图。

左边的是 200k 的信号发生频率，采样 256 个 16bit 点，即从 cypress 读出 512 个 8bit 数据的采样数据分析效果图。

指令是：55 A5 01 00 00 00 01 F0 55 A5 02 00 00 01 00 F0 55 A5 00 00 00 00 00 F0

右边的是 200k 的信号发生频率，采样 2048 个 16bit 点，即从 cypress 读出 4096 个 8bit 数据的采样数据分析效果图。

指令是：55 A5 01 00 00 00 01 F0 55 A5 02 00 00 08 00 F0 55 A5 00 00 00 00 00 F0

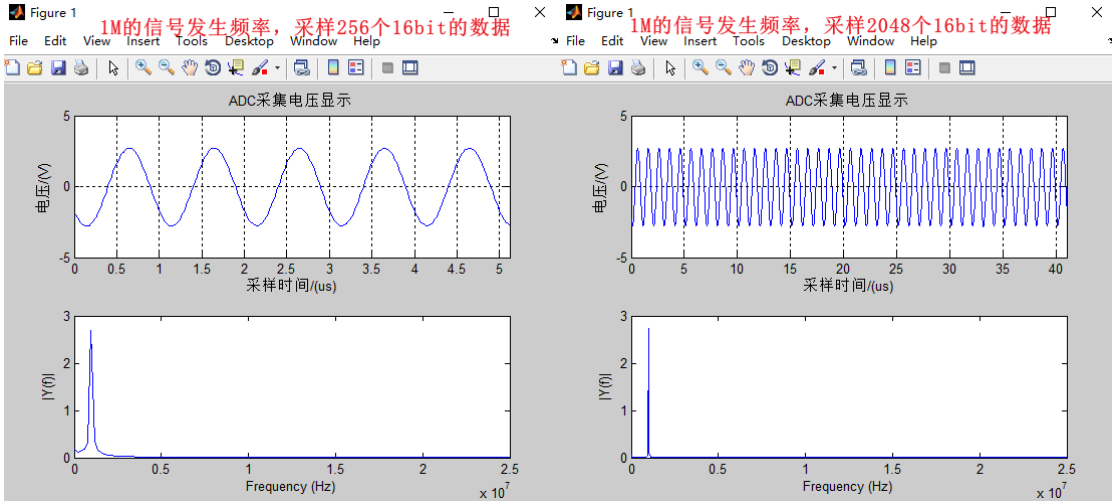


图 10. 2 1Mhz 状态下不同采样数据量的波形图

上述波形图展示的是 1Mhz 状态下不同采样数据量的波形图。

右边的是 1Mhz 的信号发生频率，采样 256 个 16bit 点，即从 cypress 读出 512 个 8bit 数据的采样数据分析效果图。

指令是：55 A5 01 00 00 00 01 F0 55 A5 02 00 00 01 00 F0 55 A5 00 00 00 00 00 F0

左边的是 1Mhz 的信号发生频率，采样 2048 个 16bit 点，即从 cypress 读出 4096 个 8bit 数据的采样数据分析效果图。

指令是：55 A5 01 00 00 00 01 F0 55 A5 02 00 00 08 00 F0 55 A5 00 00 00 00 00 F0

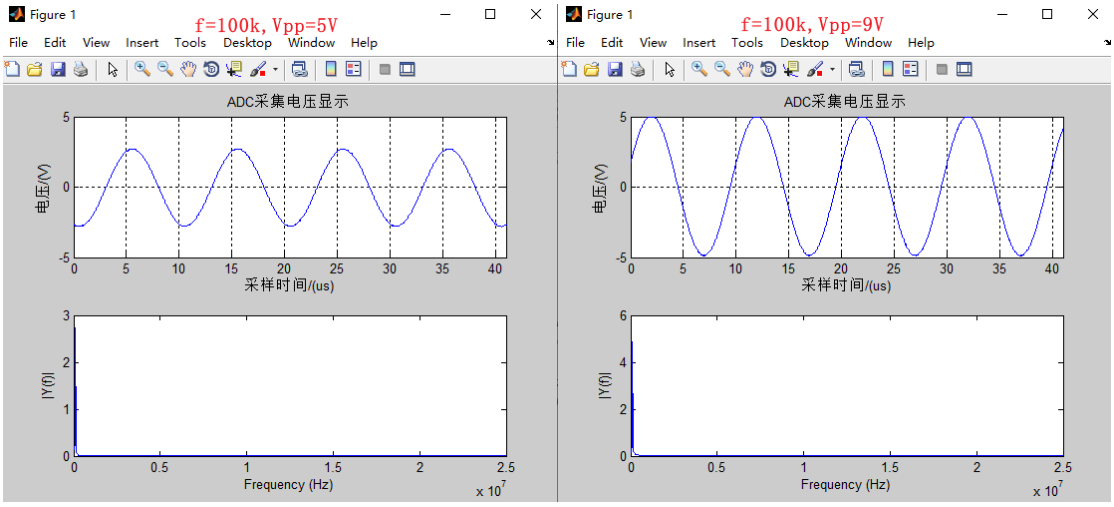


图 1. 25 100k 信号发生频率不同幅值不同波形对比图

上图显示的是在 100Khz 信号发生频率不同幅值不同波形对比图，都是采样 256 个 16bit 点，即从 cypress 读出 512 个 8bit 数据的采样数据。

指令是：55 A5 01 00 00 00 01 F0 55 A5 02 00 00 08 00 F0 55 A5 00 00 00 00 00 F0

这样，我们的数据采集工程正确性就能得到验证。