

前 言

NI myRIO 作为 NI“口袋实验室”系列针对嵌入式控制学习及应用的设备,具有成本低、小巧便携、可以满足学生随时随地开展工程创新实践的特点。NI myRIO 包含模拟 I/O、数字 I/O、板载加速度计、Xilinx FPGA 以及双核 ARM Cortex-A9 处理器,有些还包含 WiFi 支持。可以使用 LabVIEW 或 C 语言对 myRIO 进行编程。myRIO 配置合适的分立或集成元件即可用于实时嵌入式控制、机电一体化、机器人、视觉处理等课程教学和课外创新实践。本书将具体介绍如何从零开始进行基于 NI myRIO-1900 和 LabVIEW 的嵌入式系统开发。

本书从分立元件开始,到总线连接,再到综合练习,由入门到进阶,由简单到复杂,一步步引导学生学习使用 myRIO 软硬件平台搭建和真实工程系统设计。其中 1~4 章分别选取了典型的分立 LED、按钮开关、电位器和光敏电阻来介绍 myRIO 对单个数字输出、数字输入、模拟输出、模拟输入信号的处理;第 5 章通过蜂鸣器介绍 myRIO 的 PWM 输出端口的使用;第 6 章通过矩阵键盘介绍多个数字输入信号的处理;第 7~9 章通过基于 I2C 接口的 LCD 液晶显示器、EEPROM 存储器和 RFID 读取器介绍了 myRIO 对 I2C、SPI 和 UART 总线接口的处理方式;第 10 章通过 7 个综合练习,在巩固前 9 章的内容的同时,完成真实工程系统实战训练。

在内容的编排上本书采取案例编排形式,其中第 1~9 章每章内容均包括元件介绍、示例程序和习题三部分;第 10 章综合练习对系统要求、硬件组成和软件实现三部分进行阐述,为了帮助学生深入理解综合系统的设计方法,第 10.1 节特意介绍了 LabVIEW 的几种设计模式。章节间存在承继关系,即前面章节学到的内容会编排到后面章节的习题中去,通过一步步的练习,使学生具备完成设计复杂嵌入式系统的能力。

本书示例程序使用的是 LabVIEW 专为处理数字输出、数字输入、模拟输出、模拟输入、I2C、SPI、UART 等设计的 Express VI,这样做的好处是学生在使用时不用考虑具体时序和底层代码,而且使用很少的步骤就能搭建出功能完善的系统,上手快。如果想设计自己的底层代码处理程序,本书附录附有 LCD1602、I2C 总线、SPI 总线工作原理说明,可供读者自学设计相应底层代码时参考。

本书由上海第二工业大学长期从事虚拟仪器教学工作的一线教师合作编写。书中绝大多数示例通过了实验验证,所用软件为 LabVIEW 2016。由于编者水平有限,书中漏误在所难免,殷切期望读者批评指正(请发邮件至 sjwang@sspu.edu.cn)。

编 者

2020 年 8 月

目 录

第 0 章	NI myRIO 简介	(1)
0.1	NI myRIO-1900 特性	(1)
0.2	开发前的准备工作	(7)
第 1 章	分立 LED	(12)
1.1	LED 的工作原理	(12)
1.2	示例实验	(14)
第 2 章	按钮开关	(19)
2.1	开关的工作原理	(19)
2.2	示例实验	(20)
第 3 章	电位器	(23)
3.1	电位器工作原理	(23)
3.2	示例实验	(24)
第 4 章	光敏电阻	(26)
4.1	光敏电阻的工作原理与参数特性	(26)
4.2	示例实验	(28)
第 5 章	蜂鸣器	(30)
5.1	蜂鸣器工作原理	(30)
5.2	示例实验	(31)
第 6 章	矩阵键盘	(34)
6.1	矩阵键盘的工作原理与检测方法	(34)
6.2	示例实验	(36)
第 7 章	LCD 液晶显示器——基于 I2C	(39)
7.1	I2C LCD 字符显示器	(39)
7.2	LCD_I2C VI	(40)
7.3	示例实验	(41)
第 8 章	EEPROM	(45)

8.1	认识 25LC040A	(45)
8.2	SPI VI	(52)
8.3	示例实验	(53)
第 9 章	RFID 读写器	(56)
9.1	RFID 读写器的工作原理与功能	(56)
9.2	RDM630 模块	(58)
9.3	串行 VI 和函数	(60)
9.4	示例实例	(61)
第 10 章	myRIO 系统综合设计	(64)
10.1	LabVIEW 设计模式	(64)
10.2	交通信号灯	(74)
10.3	光立方	(76)
10.4	计算器	(78)
10.5	微型花园监测与灌溉系统	(84)
10.6	智能咖啡机	(89)
10.7	智能捡乒乓球机器人	(93)
10.8	爬楼梯小车	(100)
附录 A	NI myRIO-1900 规格参数	(105)
附录 B	LCD1602 接口技术及工作原理	(109)
附录 C	I2C 总线工作原理	(112)
附录 D	SPI 总线	(117)
附录 E	认识电阻	(121)
参考文献	(124)

第 0 章 NI myRIO 简介

NI myRIO 是 NI 公司针对教学和学生创新应用而推出的嵌入式系统开发平台。NI myRIO 内嵌 Xilinx Zynq 芯片,使学生可以利用双核 ARM Cortex-A9 处理器和现场可编程门阵列 Xilinx FPGA 定制输入/输出(I/O),学习从简单嵌入式系统开发到具有一定复杂度的系统设计。

NI myRIO 作为可重新配置、可重复使用的教学工具,具有以下重要特点:

- 易于上手使用:引导性的安装和启动界面可使学生更快地熟悉操作,帮助学生学习众多工程概念,完成设计项目。

- 编程开发简单:通过实时应用、FPGA、内置 WiFi 功能,学生可以远程部署应用,“无头”(无需远程计算机连接)操作。三个连接端口(两个 MXP 端口和一个与 NI myDAQ 接口相同的 MSP 端口)负责发送和接收来自传感器和电路的信号,以支持学生搭建的系统。

- 板载资源丰富:共有 40 条数字 I/O 线,支持 SPI(serial peripheral interface, 串行外设接口)、PWM(pulse width modulation, 脉宽调制)输出、正交编码器输入、UART(universal asynchronous receiver/transmitter, 通用异步收发传输器)和 I2C(inter-integrated circuit, 两线式串行总线),以及 8 个单端模拟输入,2 个差分模拟输入,4 个单端模拟输出和 2 个对地参考模拟输出,方便通过编程控制连接各种传感器及外围设备。

- 安全性高:直流供电,供电范围为 6~16 V,根据学生用户特点增设特别保护电路。

- 小巧便携。

NI myRIO 上所有功能都已经在默认的 FPGA 配置中预设好,学生在较短时间内就可以独立开发完成一个完整的嵌入式工程项目应用,同时也支持对 FPGA 自定义,并重新配置 I/O。NI myRIO 的可扩展性使其在学生的入门嵌入式系统到毕业设计或课外创新项目中均可使用,特别适合用于机器人、机电一体化、测控等领域的课程设计或学生创新项目。

本书将具体介绍如何从零开始进行基于 NI myRIO-1900 和 LabVIEW 的嵌入式系统开发。

NI myRIO 分为 NI myRIO-1900 和 NI myRIO-1950 两种型号,两种型号的主要区别是 NI myRIO-1900 带有外壳,多一组 I/O 接口,并支持 WiFi 连接。

0.1 NI myRIO-1900 特性

0.1.1 硬件概述

NI myRIO-1900 在一个紧凑的嵌入式设备上提供了模拟输入(AI)、模拟输出(AO)、数

字输入和输出(DIO)、音频输入和输出、电源输入和输出。它可通过 USB 和无线技术连接到一台主机上。图 0-1 所示为 NI myRIO-1900 的实物图。图 0-2 所示为 NI myRIO-1900 硬件框图。

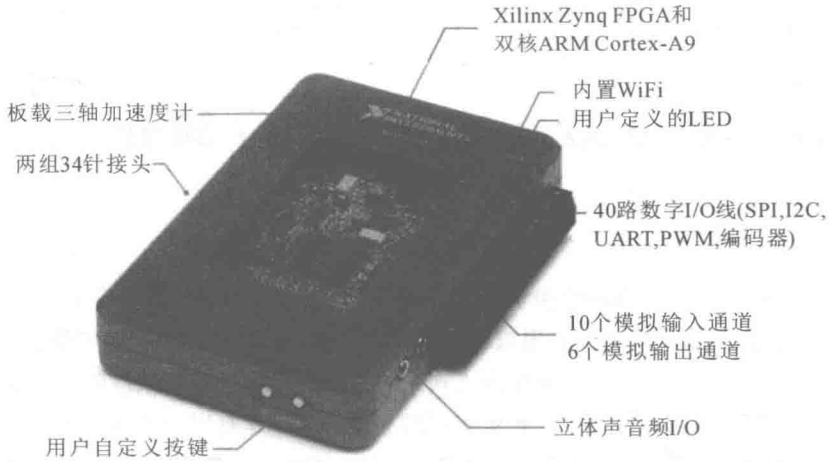


图 0-1 NI myRIO-1900 的实物图

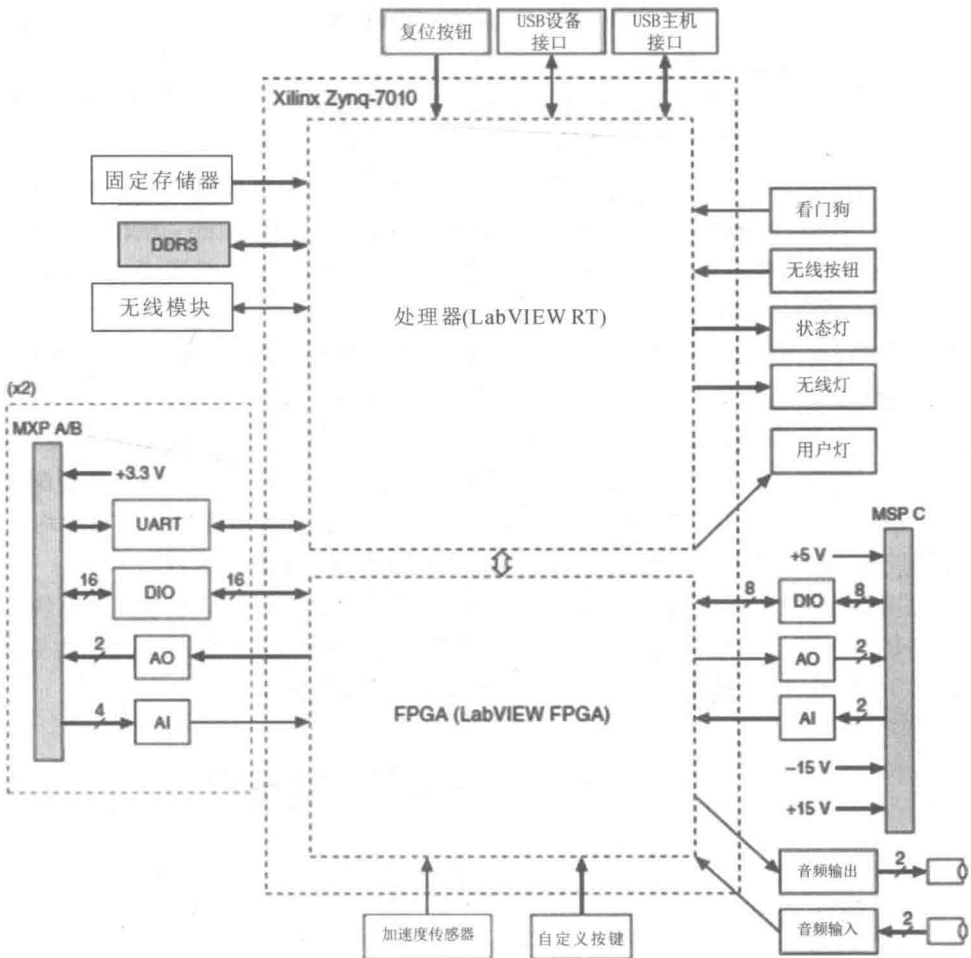


图 0-2 NI myRIO-1900 硬件框图

0.1.2 引脚功能

NI myRIO-1900 扩展端口(MXP)连接器 A 和 B 携带相同的信号组。在软件中,信号通过连接器名称进行区分,如 Connector A/DIO1 和 Connector B/DIO1。图 0-3 和表 0-1 显示了 MXP 连接器 A 和 B 上的信号。注意,有些引脚既具有主要功能,又具有次要功能。

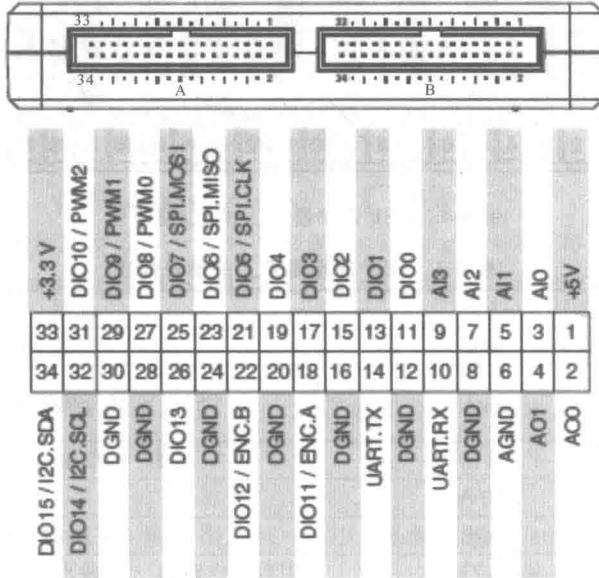


图 0-3 MXP 连接器 A 和 B 上的主/副信号

表 0-1 MXP 连接器 A 和 B 上的信号描述

信号名称	参考值	方向	说明
+5 V	DGND	输出	+5 V 电源输出
AI < 0..3 >	AGND	输入	0~5 V, 单端模拟输入通道
AO < 0..1 >	AGND	输出	0~5 V, 单端模拟输出
AGND	N/A	N/A	
+3.3 V	DGND	输出	+3.3 V 电源输出
DIO < 0..15 >	DGND	输入或输出	通用数字线路, 3.3 V 输出, 3.3 V/5 V 兼容输入
UART.RX	DGND	输入	UART 接收输入
UART.TX	DGND	输出	UART 传输输出
DGND	N/A	N/A	

图 0-4 和表 0-2 显示了微型系统端口(MSP)连接器 C 上的信号。有些引脚既具有主要功能,也具有次要功能。

表 0-3 所示为音频连接器上信号的描述。

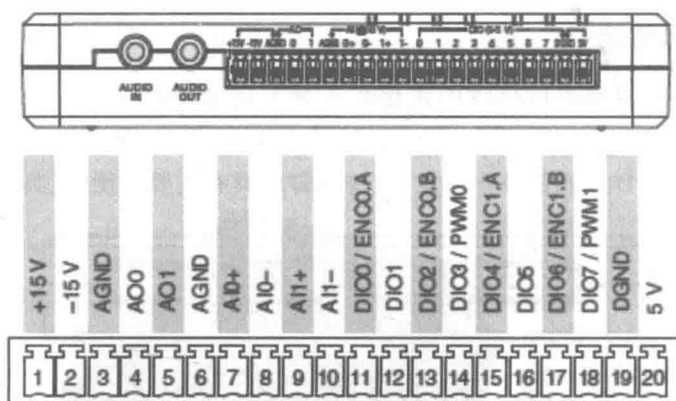


图 0-4 MSP 连接器 C 上的主/副信号

表 0-2 MSP 连接器 C 上的信号描述

信号名称	参考值	方向	说明
+15 V/-15 V	AGND	输出	+15 V/-15 V 电源输出
AI0+/AI0-; AI1+/AI1-	AGND	输入	±10 V, 微分模拟输入通道
AO <0..1>	AGND	输出	±10 V, 单端模拟输出
AGND	N/A	N/A	
5 V	DGND	输出	+5 V 电源输出
DIO <0..7>	DGND	输入或输出	通用数字线路, 3.3 V 输出, 3.3 V/5 V 兼容输入
DGND	N/A	N/A	

表 0-3 音频连接器上信号的描述

信号名称	参考值	方向	说明
AUDIO IN	N/A	输入	音频在立体声上的左右输入连接器
AUDIO OUT	N/A	输出	音频在立体声上的左右输出连接器

0.1.3 加速度计

NI myRIO-1900 包括一个三轴加速度计。加速度计不断地对每个轴进行采样,并用结果更新可读寄存器。

0.1.4 将原始数据值转换为电压值

可以使用以下公式将原始数据值转换为电压值:

$$V = \text{原始数据值} \times \text{LSB 权重}$$

$$\text{LSB 权重} = \text{标称范围} \div 2^{\text{ADC 分辨率}}$$

其中:原始数据值为 FPGA I/O 节点返回的值;LSB 权重为原始数据值之间增量的电压值;标称范围是该通道从峰值到峰值范围内全电压的绝对值;ADC 分辨率是 ADC 的位分辨率 (ADC 分辨率=12)。

① 对于 MXP 连接器上的 AI 和 AO 通道,有

$$\text{LSB 权重} = 5 \text{ V} \div 2^{12} = 1.221 \text{ mV}$$

最大读数 = $4095 \times 1.221 \text{ mV} = 4.999 \text{ V}$

② 对于 MSP 连接器上的 AI 和 AO 通道:

LSB 权重 = $20 \text{ V} \div 2^{12} = 4.883 \text{ mV}$

最大正读数 = $+2047 \times 4.883 \text{ mV} = 9.995 \text{ V}$

最大负读数 = $-2048 \times 4.883 \text{ mV} = -10.000 \text{ V}$

③ 音频输入/输出:

LSB 权重 = $5 \text{ V} \div 2^{12} = 1.221 \text{ mV}$

最大正读数 = $+2047 \times 1.221 \text{ mV} = 2.499 \text{ V}$

最大负读数 = $-2048 \times 1.221 \text{ mV} = -2.500 \text{ V}$

④ 对于加速度计:

LSB 权重 = $16 \text{ g} \div 2^{12} = 3.906 \times 10^{-3} \text{ g}$

最大正读数 = $+2047 \times 3.906 \times 10^{-3} \text{ g} = +7.996 \text{ g}$

最大负读数 = $-2048 \times 3.906 \times 10^{-3} \text{ g} = -8.000 \text{ g}$

0.1.5 数字输入输出

注意: MXP 连接器 A 和 B 各有 16 个 3.3 V 通用 DIO 接线端。0~13 DIO 接线端通过 40 k Ω 上拉电阻连接到 3.3 V, 如图 0-5 所示; 14、15 DIO 接线端通过 2.1 k Ω 上拉电阻连接到 3.3 V, 如图 0-6 所示。

MSP 连接器 C 有 8 个 DIO 接线端。每个 DIO 接线端通过 40 k Ω 下拉电阻连接到地, 如图 0-7 所示。

UART 线与 MXP 连接器上的 0~13 DIO 接线端一样。UART.RX 和 UART.TX 通过 40 k Ω 上拉电阻连接到 3.3 V。

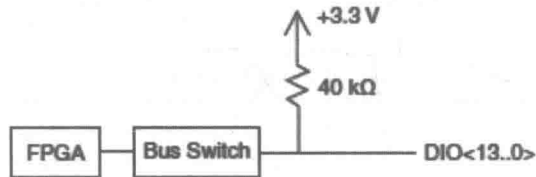


图 0-5 MXP 连接器 A 或 B 上的 DIO 接线端 <13..0>

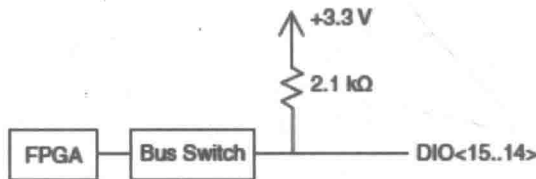


图 0-6 MXP 连接器 A 或 B 上的 DIO 接线端 <15..14>

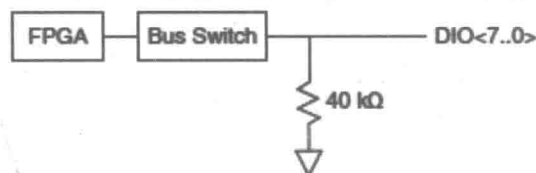


图 0-7 MSP 连接器 C 上的 DIO 接线端 <7..0>

0.1.6 复位按钮

按下和释放复位按钮将重新启动处理器和 FPGA。按住复位按钮 5 s 后松开,重新启动处理器和 FPGA,并迫使 NI myRIO-1900 进入安全模式。在安全模式下,NI myRIO-1900 只提供更新配置和安装软件所需的服务。

当 NI myRIO-1900 处于安全模式时,可以通过 MXP 连接器 A 上的 UART 接线端与它进行通信。UART 与 myRIO 设备进行通信前需做好如下准备。

(1) 一条 USB-TTL 串行 UART 转换器电缆(例如,TTL-232RG-VSW3V3-WE 的 FTD 芯片)。

(2) 串口终端程序进行如下配置:

- ① 115200 bit/s;
- ② 8 位数据;
- ③ 无奇偶校验位;
- ④ 1 位停止位;
- ⑤ 无流量控制。

0.1.7 LED 灯

1. 电源 LED

电源 LED 点亮,表明 NI myRIO-1900 提供的连接到设备的电源是充足的。

2. 状态 LED

在正常运行期间,状态 LED 关闭。NI myRIO-1900 可以在给设备供电的同时进行开机自检(POST)。在 POST 期间,电源和状态 LED 打开。当状态 LED 关闭时,POST 完成。NI myRIO-1900 通过每隔几秒钟刷新一定数量的 LED 状态来表示一些特定的错误,错误指示如表 0-4 所示。

表 0-4 状态 LED 的错误指示

LED 状态	指示
闪烁间隔 2 s	表示设备在其软件中检测到一个错误。这一指示通常发生在试图升级软件的尝试被中断时或者在设备上重新安装软件时
闪烁间隔 3 s	表示设备处于安全模式
闪烁间隔 4 s	表示软件在没有重新启动电源时就崩溃了两次。这一指示通常发生在设备耗尽内存时。检查 RT 终端上的 VI 前面板,并检查内存使用情况,根据需要修改 VI 前面板,以解决内存使用问题
连续闪烁或常亮	表示设备检测到一个不可恢复的错误。应联系 NI 公司解除故障

3. LED 0~3

LED 0~3 可以用来帮助调试应用程序或轻松检索应用程序状态。逻辑 TRUE 打开 LED,逻辑 FALSE 关闭 LED。

0.2 开发前的准备工作

0.2.1 安装软件

在使用一个新的 myRIO 之前需要在计算机上安装软件并对其进行配置以做好系统开发的准备。必须安装的软件有：

- LabVIEW；
- LabVIEW Real-Time(LabVIEW 实时模块)；
- LabVIEW myRIO Module(LabVIEW myRIO 模块)。

安装好软件之后便可以给 myRIO 接通电源,并通过 USB 端口将 myRIO 与计算机连接起来(此时 myRIO 的实时处理器上并没有实际安装任何软件,所以右侧 STATUS 的 LED 指示灯一直处于红色闪烁状态)。当 myRIO 与计算机连接好后,会自动弹出如图 0-8 所示的启动界面,界面中各选项含义如表 0-5 所示。

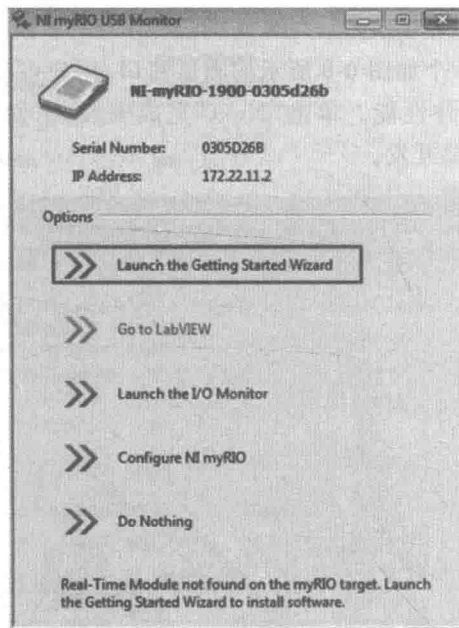


图 0-8 NI myRIO USB 启动窗口

注:如果没有自动弹出 NI myRIO USB Monitor 的启动界面,可以找到 LabVIEW 安装目录下的 myrioautoplay.exe 文件双击打开。

表 0-5 NI myRIO USB 启动窗口各选项含义

选项	说明
Launch the Getting Started Wizard	通过 Getting Started Wizard,用户可以迅速查看 NI myRIO 的功能状态。向导的功能有:检查已连接的 NI myRIO,连接到选中设备,给 NI myRIO 安装软件或进行软件更新,为设备重命名,通过一个自检程序测试加速度传感器、板载 LED 以及自定义板载按钮

续表

选项	说明
Go to LabVIEW	选择此项后直接弹出“LabVIEW Getting Started”窗口
Launch the I/O Monitor	启动 I/O 监视器
Configure NI myRIO	选择后打开一个基于网页的 NI myRIO 配置工具
Do Nothing	可通过此选项关闭 NI myRIO USB 启动窗口

单击“Launch the Getting Started Wizard”对 myRIO 进行相关设置。

找到已安装的设备之后,单击“Next”,在弹出的界面中可以看到 myRIO 序列号,用户也可以修改设备名称,但修改名称后需要重启 myRIO 才有效。再次单击“Next”之后,上位机已经安装的相关软件将自动在 myRIO 上创建一套实时操作的副本,这一过程可能会花费几分钟的时间。由于 myRIO 在安装完软件之后需要重启,所以启动界面会再次出现,点击“Do Nothing”即可。

注:myRIO 的 ARM 处理器上运行的是 Linux RT 实时操作系统,一般情况下用户不需要关心底层的操作系统细节,因为 LabVIEW 实时模块会帮助用户与操作系统打交道,开发者只需要集中精力实现功能即可。

随后安装向导会提供一个如图 0-9 所示的测试窗口,用户可以自由测试 myRIO 上的三轴加速度计和 LED 灯的硬件性能。单击“Next”完成安装,下面就可以在 LabVIEW 中对 myRIO 进行进一步的自定义开发。

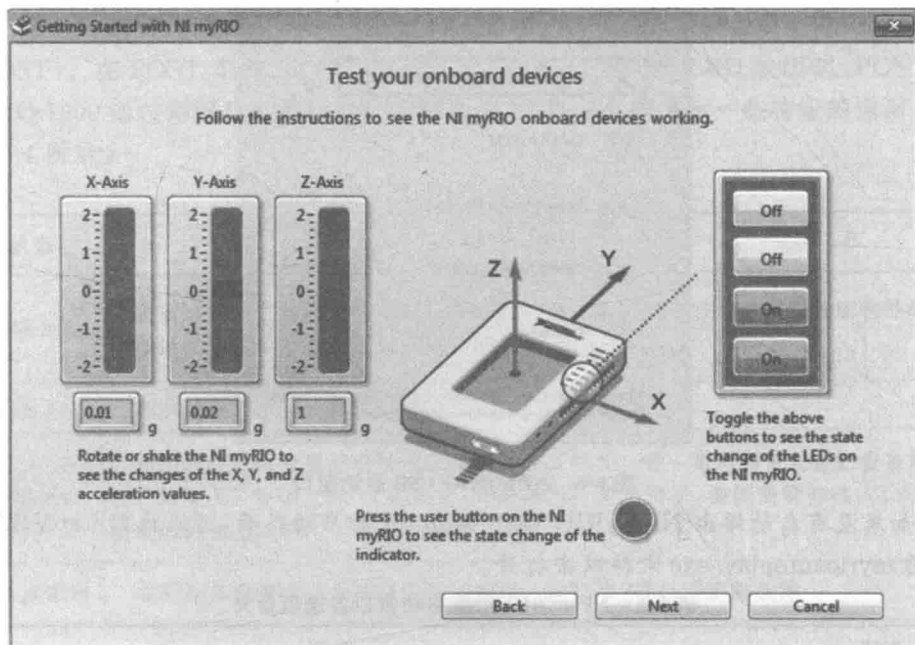


图 0-9 NI myRIO USB 测试窗口

0.2.2 软件配置

在前一小节中我们使用了 myRIO 现有的配置工具完成了初步的配置,如果需要进一步

了解配置,可双击打开配置管理软件 NI MAX,NI MAX 设备配置管理界面如图 0-10 所示,在左侧一栏的远程系统中可查看当前连接的 myRIO 设备。单击当前连接的 myRIO 设备,可在页面右方看到设备的相关信息。在“IP 地址”一栏中,以太网地址是指通过 USB 线连接到网址,无线地址则尚未配置,通过无线方式将 myRIO 与计算机连接的方法会在后面的课程中学习。此页面还显示序列号、操作系统版本号等基本信息。

注:虽然 myRIO 实质上是通过 USB 端口与计算机相连的,但由于计算机的驱动会将 USB 端口虚拟成网络端口,所以计算机会将 myRIO 识别成通过网络与其相连的设备。



图 0-10 NI MAX 设备配置管理界面

在左侧设备管理栏中继续展开 myRIO,就可看到其“设备与接口”的详细信息,如图 0-11 所示。如果 myRIO 上连接有 USB 摄像头,在此处可以查看到 USB 摄像头资源。

继续展开“软件”,可看到 myRIO 上所安装的软件信息,此处的软件是计算机上所安装软件在实时操作系统下的副本,这些软件副本在主机上分别对应的安装软件通过“我的系统”→“软件”下拉菜单查看,必须保持实时操作系统下的软件版本与主机的一致,程序才能正确无误地编译下载至实时操作系统中在



图 0-11 NI MAX 设备配置管理界面

myRIO 上运行。因此当主机有软件或驱动软件的版本升级时,实时操作系统下的软件副本也需要一起升级。可通过右键单击 myRIO 下的“软件”按钮,或者直接点击右侧页面顶端的“添加/删除软件”按钮,添加/删除软件(见图 0-12)。

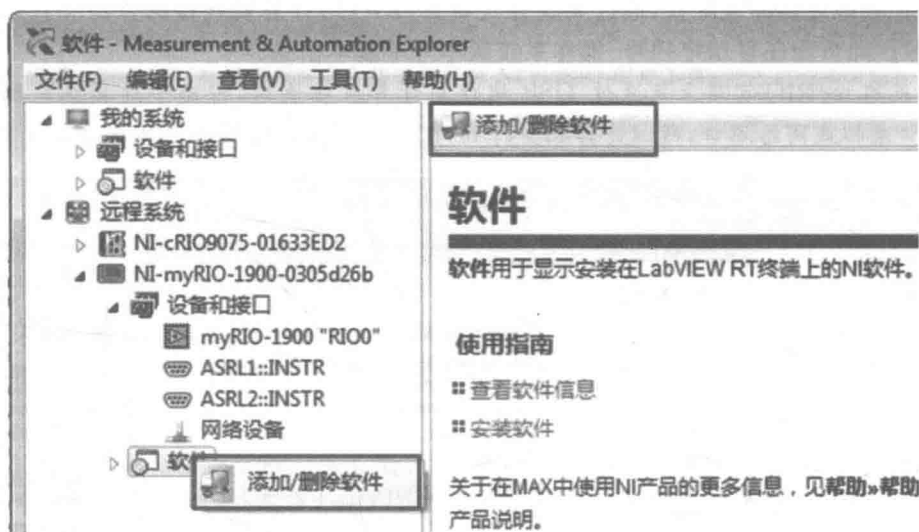


图 0-12 添加/删除软件方法

注:如果此处的操作要求管理员权限,管理员权限密码默认为空。

在打开的对话框中可以看到当前在 myRIO 上安装的软件版本,单击“自定义软件安装”→“下一步”,在弹出的对话框中选择确定要手动安装的组件(见图 0-13)。

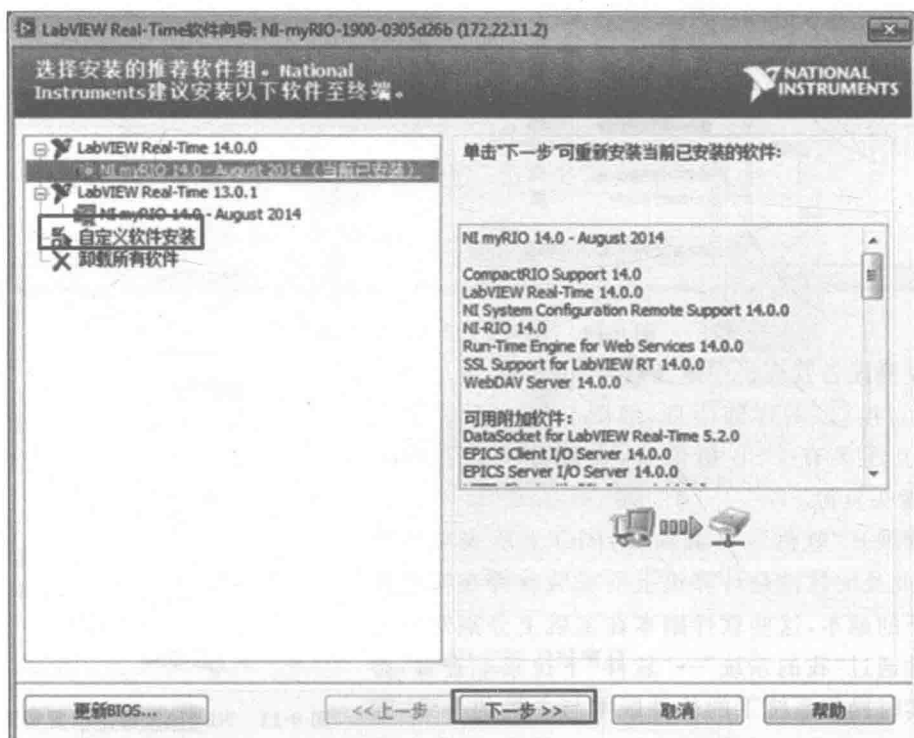


图 0-13 软件安装向导

在左侧滑动栏中便能看到需安装或卸载的组件,选择需要更新的软件,在右侧“主机”→“可用版本”中选择“更新后的版本”,单击“下一步”便能将软件同步更新到 myRIO 上。

注:如果用户安装的是中文版 LabVIEW 软件,在使用上一节中介绍的安装向导自动在 myRIO 上安装软件后,下载 LabVIEW 程序时系统会提示语言版本不匹配的错误,可以通过在上述自定义软件安装的可选组件中选择安装“Language Support for Simplified Chinese”来解决此问题,如图 0-14 所示,安装完之后还需要回到 NI MAX 设备配置管理界面中的系统设置选项卡里,在语言环境的下拉菜单中选择“简体中文”并单击“保存”。



图 0-14 安装中文版 LabVIEW 软件

第 1 章 分立 LED

学习目标

通过本章的学习掌握以下知识：

- ① 与 LED 相关的基本概念；
- ② 根据 LED 类型选择合适的限流电阻（或不使用电阻）；
- ③ NI myRIO 的 DIO 输出电阻和源电压对 LED 接口电路设计的影响；
- ④ 用 NI myRIO 实现 LED 灯的控制。

1.1 LED 的工作原理

LED 是发光二极管的英文缩写，是一种很常用的电子元件，常用来显示电子设备的各种状态信息，如电源是否打开、系统是否出错、检测过程是否结束等，因此，LED 常用作指示元件。图 1-1 展示了一些典型的 LED 灯，包括标准红光、绿光和白光 LED，以及 RGB LED。图 1-2 展示了 LED 灯的构造。图 1-3 所示为 LED 的图形符号。

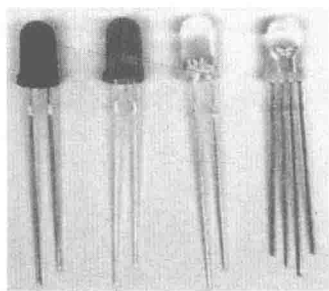


图 1-1 典型的 LED 灯

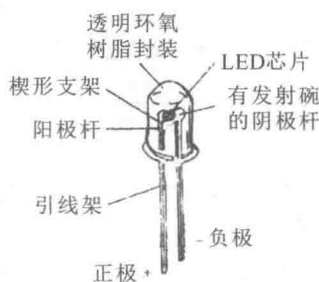


图 1-2 LED 灯的构造

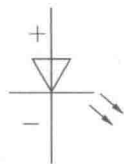


图 1-3 LED 的图形符号

LED 是由 GaAs(砷化镓)、GaP(磷化镓)、GaAsP(磷砷化镓)等半导体材料制成的，其核心是 PN 结。因此它具有一般 PN 结的 I-N 特性，即正向导通，反向截止、击穿的特性。此外，在一定条件下，它还具有发光特性。在正向电压下，电子由 N 区注入 P 区，空穴由 P 区注入 N 区。进入对方区域的少数载流子(少子)一部分与多数载流子(多子)复合而发光。由于使用的半导体材料不同，LED 会发出不同颜色的光。

1.1.1 LED 特性

1. 极限参数

(1) 允许功耗 P_m : 允许加在 LED 两端的正向直流电压与流过它的电流之积的最大值。超过此值, LED 会发热, 甚至损坏。

(2) 最大正向直流电流 I_{Fm} : 允许加在 LED 两端的最大的正向直流电流。超过此值可损坏 LED。

(3) 最大反向电压 V_{Rm} : 允许加在 LED 两端的最大反向电压。超过此值, LED 可能被击穿。

(4) 工作环境温度 t_{opm} : LED 可正常工作的工作环境范围。工作环境温度低于或高于此温度范围, LED 将不能正常工作, 效率大大降低。

2. 电参数

(1) 伏安特性: LED 的伏安特性可用图 1-4 表示。

在正向电压小于某一值(阈值)时, 电流极小, 不发光。当电压超过某一值后, 正向电流随电压迅速增加, 发光。由 U - I 曲线可以得出发光管的正向电压、反向电流及反向电压等参数。

一般 LED 的工作电流在十几毫安至几十毫安, 而低电流 LED 的工作电流在 2 mA 以下(亮度与普通发光管相同)。

(2) 正向工作电流 I_F : 它是指 LED 正常发光时的正向电流值。在实际使用中应根据需要选择 I_F 在 $0.6I_{Fm}$ 以下。

(3) 正向工作电压 U_F : 也称为 LED 的导通压降, 是在给定的正向电流下得到的, 一般是在 $I_F=20$ mA 时测得的。LED 正向工作电压 V_F 随材料、温度不同而不同。当外界温度升高时, V_F 将下降。一般红色 LED 的压降为 1.7~2.5 V, 绿色 LED 的压降为 2.0~2.4 V, 黄色 LED 的压降为 1.9~2.4 V, 蓝/白色 LED 的压降为 3.0~3.8 V。

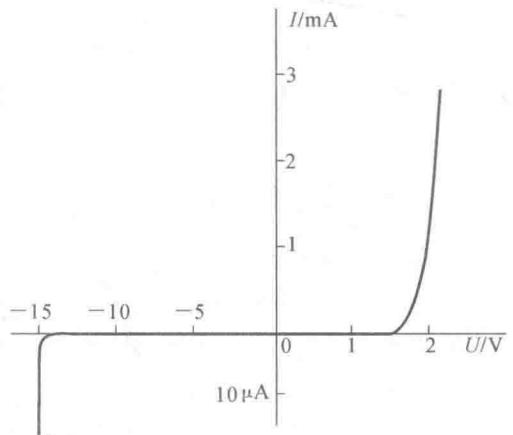


图 1-4 LED 的伏安特性

1.1.2 LED 的应用

LED 具有单向导电性, 通过 5 mA 左右电流即可发光, 电流越大, 亮度越高, 但若电流过大会烧毁, 所以一般应控制流经其的电流为 3~20 mA。为防止 LED 因流经的电流过大而烧毁, 常在电路中串联电阻, 所以该电阻也称为限流电阻。

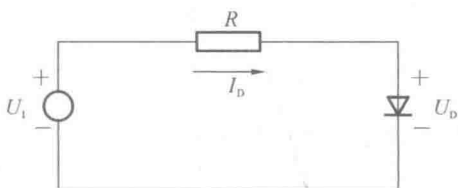


图 1-5 LED 典型应用电路

例 1.1 图 1-5 所示为 LED 的典型应用电路, 假设电源电压为 6 V, LED 的工作电压为 1.5 V, 电流为 5~15 mA, 那么此时限流电阻 R 的取值应是多少?

由图 1-5 可知限流电阻 $R=(U_1-U_D)/I_D$, 则

$$R_{\max} = (6 - 1.5) \text{V} / 5 \text{ mA} = 0.9 \text{ k}\Omega = 900 \Omega$$

$$R_{\min} = (6 - 1.5) \text{V} / 15 \text{ mA} = 0.3 \text{ k}\Omega = 300 \Omega$$

即 R 的取值范围为 $300 \sim 900 \Omega$ 。根据附录 E, 可以选择功率为 $1/4 \text{ W}$ 、标称值为 330 、 360 、 390 、 430 、 470 、 510 、 560 、 620 、 680 、 750 、 820 的电阻。

说明: 更多内容可以观看课程视频(<http://www.niclass.cn/course/17>)。



基本 DIO 操作

1.2 示例实验

1.2.1 实验要求

用上位机上的虚拟开关控制 LED 灯的亮灭。

1.2.2 实验设备

硬件: LED(两脚)、实验板(面包板)、公-母跳线(2 根)、限流电阻(根据 1.1 节介绍的计算方法进行计算以确定电阻阻值)。

软件: NI LabVIEW 2016。

1.2.3 实验步骤

1. 建立接口电路

参阅图 1-6 中所示的电路图和实验板推荐布局, 连接 LED 灯和 myRIO。离散 LED 接口电路需要两条与 NI myRIO MXP 连接器 B 连接的跳线:

- ① 阳极 \rightarrow B/+3.3V(针脚 33);
- ② LED 控制 \rightarrow B/DIO0(针脚 11)。

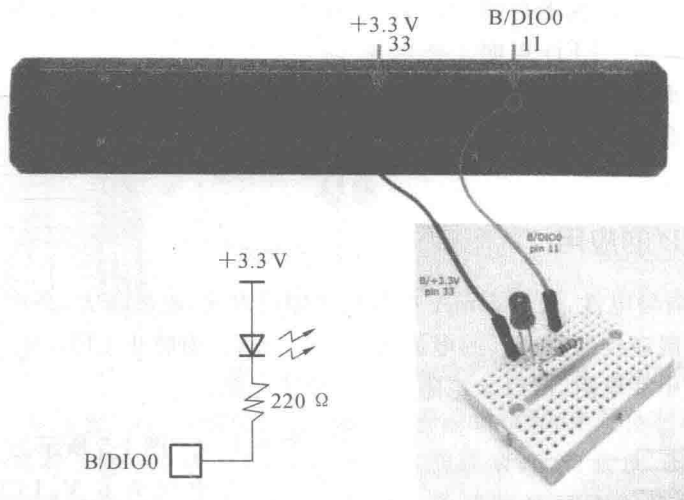


图 1-6 分立 LED 演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接

2. 创建 VI

- ① 确认 NI myRIO 已连接到计算机。