

NI myRIO 项目要点指南

Ed Doering



NI myRIO 项目要点指南

Ed Doering

罗斯-霍曼理工学院电气与计算机工程系

2016 年 2 月 9 日印制。要下载最新版本，请前往：<http://www.ni.com/myrio/project-guide>。

©2013 National Technology and Science Press.

保留所有权利。未经出版社书面许可，严禁以任何方式或形式复制或重现本书或本书中的任何部分。

NTS Press 保证尊重他人的知识产权，我们也要求读者尊重 NTS Press 的知识产权。本书受版权法和其他知识产权法律保护。本书中涉及的软件可能用于重现归他人所有的软件或其他资料，若您使用此类软件重现资料，必须确保重现资料的行为符合所有适用许可或其他法律限制的条款。

LabVIEW 和 National Instruments 是 National Instruments 的商标。

所有其他商标或产品名称是其各自所有者的财产。

附加免责声明：对于使用本书，以及使用本书中包含或介绍的所有信息、原理和程序的所有相关风险，读者需自行承担。本书中可能包含技术错误、印刷错误、其他错误和遗漏，以及过时信息。如果存在任何类型的错误或遗漏、未能更新任何信息，或侵犯任何专利权或其他知识产权，作者或出版社均不承担任何责任或法律责任。

作者或出版社不作任何类型保证，包括但不限于不保证本书或本书中包含或介绍的任何信息、原理或程序的充分性，也不保证本书中包含或介绍的任何信息、理论或程序的使用不侵犯任何专利权或其他知识产权。本书按“现状”提供。本书不作任何明示或暗示保证，包括但不限于关于适销性、针对特定用途的适用性，以及不侵犯知识产权的暗示保证。

出版社或作者未根据任何专利权或其他知识产权以明示或暗示方式授予任何权利或许可或禁止提出异议。

在任何情况下，出版社或作者均不对由本书或本书中包含或介绍的任何信息、原理或程序造成的任何直接、间接、特殊、意外、涵盖、经济或后继损害承担责任，即使出版社或作者被告知会出现这样的损害，以及此类损害由出版社、作者或其他方的疏忽所致仍然如此。适用法律可能不允许排除或限制意外或后继损害，因此上述限制或排除声明可能对您不适用。

目录

1 简介	1
第 I 部分 NI myRIO 起步附件包	3
2 分立 LED	5
3 七段 LED 显示器	9
4 按钮开关	13
5 DIP 开关	17
6 继电器	21
7 电位器	27
8 热敏电阻	31
9 光敏电阻	35
10 驻极体麦克风	39
11 蜂鸣器/扬声器	43
12 电机	47
13 旋转编码器	51
14 光中断器	55

15 霍尔效应传感器	59
16 压电效应传感器	63
第 II 部分 NI myRIO 机电一体化附件包	67
17 伺服电机	69
18 适用于 NI myRIO 的电机适配器和减速电机	75
19 红外测距仪	81
20 声波测距仪	85
21 加速度计	89
22 陀螺仪	95
23 罗盘	101
24 环境光传感器	107
第 III 部分 NI myRIO 嵌入式系统附件包	111
25 小键盘	113
26 液晶字符显示屏 – UART 接口	117
27 液晶字符显示屏 – SPI 接口	121
28 液晶字符显示屏 – I2C 总线接口	125
29 LED 矩阵	129
30 串行 EEPROM	135
31 蓝牙模块	141
32 数字电位器	147
33 温度传感器	151
34 MEMS 麦克风	157

第 IV 部分 附加设备	163
35 H 桥和减速电机	165
36 USB 闪存驱动器	171
37 网络摄像头	175
38 GPS 接收器	179
39 RFID 读取器	183
第 V 部分 集成项目构想	189
40 手持仪表	191
41 无线传感器	193
42 数据记录仪	195
43 NTP 时钟	197
44 线控驾驶	199
45 数字温度计	201
46 3D 颜色控制器	203
47 QR 码扫描仪	205
48 RPN 计算器	207
49 酒店客房保险箱控制器	209
50 转速计	211
51 扫描传感器	213
52 开关控制系统	215
53 监控摄像头	217
54 带倾斜校正功能的罗盘	219

55 吉他调音器	221
56 音乐制作器	223
57 数字式气泡水平仪	225
58 气象站	227
59 EEPROM 编程器	229
第 VI 部分 附录	231
A MXP 和 MSP 连接器示意图	233
B 构建独立应用程序	235
C NI myRIO 起步附件包数据表	237
D 视频教程链接	239

1 简介

欢迎学习《NI myRIO 项目要点指南》，欢迎来到精彩的 NI myRIO 世界！本书将指导您根据项目需求将 NI myRIO 与各种传感器、致动器和显示器相连接。每章集中介绍一种特定组件或设备，并结合文字和视频引导您完成必要学习过程，帮助您成功将此组件或设备集成到您的系统。

以第 9 章（位于第 35 页）介绍的 NI myRIO 起步附件包中的器件之一“光敏电阻”为例，通过构建简单的演示电路、将其连接到某个 NI myRIO 扩展端口，以及运行自带的 LabVIEW 程序确认光敏电阻工作正常，您可以获得有关光敏电阻的切身体验。接着，您将通过视频教程了解光敏电阻的工作原理，并学习如何设计适用的接口电路。然后，您可以亲手尝试对 LabVIEW 示范代码实施修改建议，从而加深对光敏电阻行为及 LabVIEW 编程技术的理解。最后，您要准备好处理建议的系统集成项目，并在其中将光敏电阻与其他设备结合使用。

本书适用于大学三年级或四年级学生，尤其适合正在开展毕业项目设计和研究的学生。学生若有电气和计算机工程设计方面的背景知识最佳，不过本书足够详细，因此也适合其他专业的学生。

本文档中的各章节和插图引用均已全面采用超链接形式，而且所有视频链接均为有效超链接。打开此文档的 PDF 版本即可以最高效的方式使用所有超链接；若点击视频超链接，系统会自动在浏览器中打开并开始播放视频。在 PDF 中，使用 ALT+左箭头可以返回超链接起点。

本书分为六大部分：第 I 部分到第 III 部分详细介绍 NI myRIO 起步附件包、机电一体化附件包和嵌入式系统附件包中的组件和设备；第 IV 部分包含额外章节（USB 闪存驱动器、网络摄像头、GPS 接收器和 RFID 读取器）；第 V 部分介绍建立完整项目的构想，而且所有构想中均集成两个或更多个设备和组件；第 VI 部分（附录）包含 NI myRIO 连接器示意图、制作独立应用程序的教程（启动 NI myRIO 后，应用程序会立即运行）、数据表连接汇总，以及所有视频教程链接。

我们已尽最大努力保证第 1 章到第 35 章展示的组件与它们所对应的 NI myRIO 组件包中的实际组件保持一致。不过，它们之间可能偶尔有所不同。若发现这种差异，您可以访问以下网址，了解相关变动的详情以及更新的数据表链接：
<http://www.ni.com/white-paper/52319/en/>

1.1 鸣谢

很多人对本书的内容做出了贡献，我非常感谢 National Instruments 下列人员的支持：感谢 Gretchen Edelman 对本书内容和结构给予的技术支持和鼓励；感谢 Margaret Barrett 邀请我参加 NI myRIO 测试计划；感谢 Sam Kristoff 就 LabVIEW 编程技术提供的及时建议；感谢 Charles Yarbrough 与我讨论 myRIO 硬件设计；以及感谢 Andrew Watchorn 长期以来对大学学术课程的支持。我也非常感谢 NTS Press 的 Tom Robbins 为此项目提供的社论支持。

Ed Doering
罗斯-霍曼理工学院
电气与计算机工程系
印第安纳州特雷霍特（邮编：47803）

doering@rose-hulman.edu

第 I 部分

NI myRIO 起步附件包

2 分立 LED

LED（发光二极管）能提供简单而又必要的目视指示信号，来指示系统状态或错误状态。图 2.1 展示了一些典型 LED；右侧的透明 LED 包含在 NI myRIO 起步附件包之中。



图 2.1：典型 LED 包括标准红光和绿光 LED、各种颜色高效 LED 以及 RGB LED。

学习目标：完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述与 LED 相关的基本概念：
 - (a) LED 是只能单向传导电流的二极管；
 - (b) 颜色（波长）不同，LED 的正向导通压降也不同；

- (c) 接口电路设计取决于对 DIO 输出电阻和源电压的了解；
 - (d) 在某些情况下，LED 可以与 DIO 直接连接；
2. 根据 LED 类型选择合适的限流电阻（或不使用电阻）。

2.1 组件演示

按照以下步骤演示离散 LED 组件的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- 两个 100 Ω 串联电阻或两个 470 Ω 并联电阻
- LED 二极管
- 实验板
- M-F 系列跳线（2 根）

建立接口电路：请参阅下页图 2.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。离散 LED 接口电路需要两条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

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

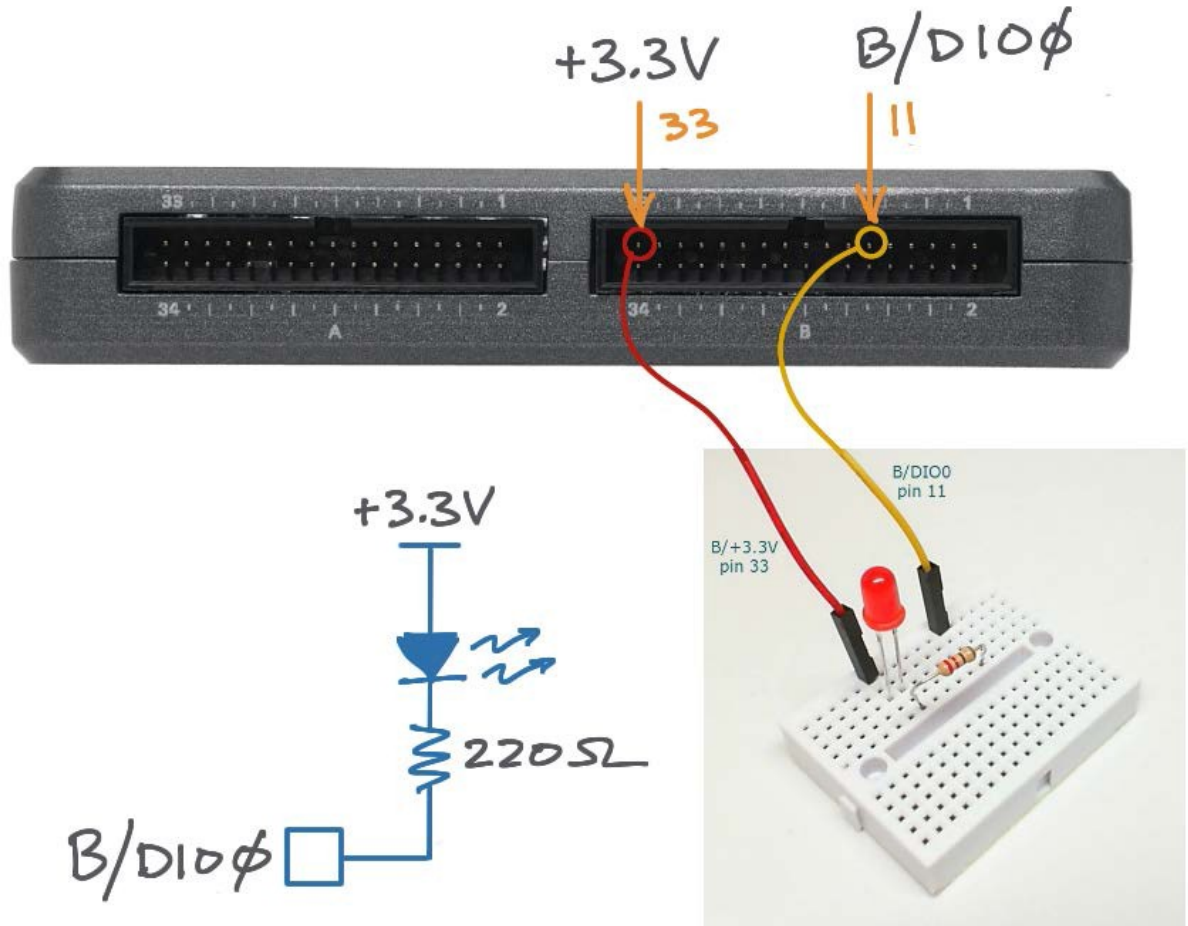


图 2.2: 离散 LED 演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Discrete LED demo”子文件夹中的项目 Discrete LED demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：电路图中指示使用了一个 220 Ω 限流电阻；您可以从 NI myRIO 起步附件包中选择两个 100 Ω 串联电阻或两个 470 Ω 并联电阻实现此效果。另外，起步附件包中的所有 LED 都有多种颜色的透明塑料镜片。您不妨多试几个 LED 研究颜色选项。

离散 LED 的开/关闪烁应与前面板指示器的数字输出状态保持同步。点击前面板“启用闪烁”按钮可以停用闪烁并启用数字电平按钮；点击此按钮可以手动将数字输出状态设置为“高”或“低”。由于此接口电路采用是“吸收电流”形式（此形式的相关解释见下一节），因此，该 LED 在数字输出状态为“低”时有效，也就是说，这是一个低电位有效 LED 接口电路。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO；重置 myRIO 会导致所有数字 I/O 引脚恢复输入模式。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- LED 方向正确：二极管只能在一个方向传导电流；取下 LED 并反方向重新插入；
- 电阻值正确：用欧姆表确保电阻接近 220 欧姆。

2.2 接口原理

接口电路：观看视频“分立 LED 连接原理”（youtu.be/9-RIGPVgFW0, 6:55），了解有关 LED 的基础知识和两类接口电路（电流吸收和电流源发）。另请观看“LED 电流管理”（youtu.be/JW-19uXrWNU, 15:06），了解 NI myRIO 起步附件包中包含的各类二极管（标准、超亮和 RGB）的伏安特性、了解 LED 接口电路（包括电流吸收和电流源发类型）的工作原理，以及了解如何选择限流电阻的大小。

LabVIEW 编程：观看视频“Digital Output Express VI”（youtu.be/Y8mKdsMAqrU, 2:21），了解如何通过 NI myRIO Digital Output Express VI 访问所有可用数字输出（包括单路输出、多路输出和连接器类型）。

2.3 基本修改

观看视频“LED Demo 指导”（youtu.be/SHJ-vu4jorU, 2:03），了解 Discrete LED demo 的设计原理，然后尝试对接口电路和 Main.vi 进行以下修改：

1. 添加一个前面板控件，以赫兹为单位调整闪烁频率；当闪烁频率达到多高时将变得难以察觉？
2. 让相邻的两个 LED 模拟铁路道口信号闪烁。
3. 使用与铁路道口信号相同的 LabVIEW 代码，让 RGB LED 的绿色和蓝色 LED 闪烁；有关 RGB LED 的引脚分配图，请参阅下页图 2.3。使用电流源发接口电路。

- 使用 PWM Express VI 创建可变强度 LED 调光器，以形成脉宽调制数字输出。将频率设为默认常量值 1000 Hz，然后创建一个用于调整占空比的指针式滑动控件，并为该控件选择对数映射选项。添加一些代码，以解释低电位有效电流吸收 LED 接口（如果能使用布尔控件选择电流吸收接口和电流源发接口的话更好）。

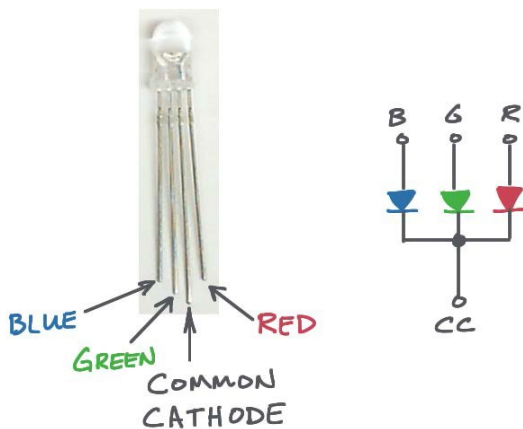


图 2.3: RGB LED 针脚和电路图。

2.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用离散 LED，接下来请考虑将离散 LED 与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 3D 颜色控制器 (46)
- 数字式气泡水平仪 (57)
- NTP 时钟 (43)

2.5 更多详情

- 5 毫米 LED 混合包（由 SparkFun 提供）~ 需要更多 LED? SparkFun 提供的 LED 混合包中包含与 NI myRIO 起步附件包中相同类型的 LED；另外，您还可以在 SparkFun 网站上搜索到更多其他大小和其他类型的 LED：
<http://www.sparkfun.com/products/9881>
- 周四工程设计：LED 灯箱（由 SparkFun 提供）~ 彩色灯箱亮起来就像一件家居艺术品：
<http://www.sparkfun.com/news/1210>
- 将 LED 用作光电二极管（由 EDN 提供）~ LED 也能感光，这让其成为一种有趣的光传感器：
<http://www.edn.com/design/led/4363842/Use-LEDs-as-photodiodes>
- LED 照明应用（由 OSRAM Opto Semiconductors 提供）~ LED 近来已变得无处不在，包括用于室外路灯照明、建筑照明、筒灯（即天花板灯）、手电筒和温室：
<http://ledlight.osram-os.com/applications/>

3 七段 LED 显示器

利用排成 8 字形的七段 LED，简单显示数字 0 到 9 和字母表中的某些字母。NI myRIO 起步附件包中包含的七段显示器如图 3.1 所示。

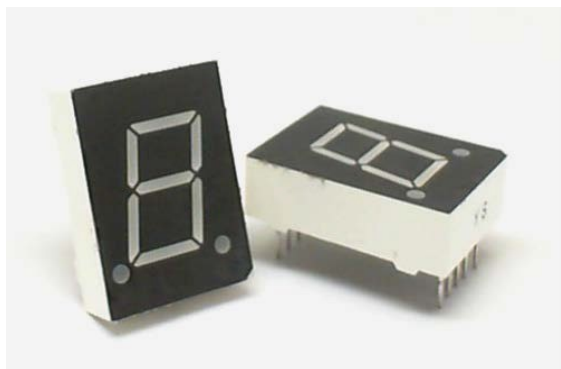


图 3.1: NI myRIO 起步附件包七段显示器。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述共用一个阳极连接的 LED 接线；
2. 运用对 DIO 输出电阻、源电压、LED 伏安特性的了解设计接口电路；
3. 知道无需使用限流电阻即可直接将蓝光 LED 连接到 NI myRIO DIO。

3.1 组件演示

按照以下步骤演示七段 LED 组件的正确操作。

选择以下器件：

- 七段 LED 显示器， <http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LED/YSD-160AB3C-8.pdf>
- 实验板
- M-F 系列跳线（9 根）

建立接口电路： 请参阅第 11 页图 3.2 中所示的针脚图和实验板推荐布局。

提示：DIO 接线颜色应当使用电阻颜色标识，例如黑色 (0) 代表 B/DIO0，棕色代表 B/DIO1 等。

接口电路需要九条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. 共用阳极 (CA) → B/+3.3V（针脚 33）
2. 分段 a → B/DIO0（针脚 11）
3. 分段 b → B/DIO1（针脚 13）
4. 分段 c → B/DIO2（针脚 15）
5. 分段 d → B/DIO3（针脚 17）
6. 分段 e → B/DIO4（针脚 19）

7. 分段 $f \rightarrow$ B/DIO5 (针脚 21)
8. 分段 $g \rightarrow$ B/DIO6 (针脚 23)
9. 小数点 \rightarrow B/DIO7 (针脚 25)

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Seven-Segment LED demo”子文件夹中的项目 Seven-Segment LED demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 切换八个前面板开关, 以激活和停用从 a 到 g 的每个分段以及小数点; 再次参阅对开页上的图 3.2, 查看各分段的标准标记方案。激活前面板开关会导致相应分段亮起。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;

- 接线正确: 确保接线顺序正确, 并且从 B/DIO0 (针脚 11) 开始接线;
- 确保七段 LED 共用阳极 (CA) 端连接到电源 B/+3.3V (针脚 33)。

3.2 接口原理

接口电路: 七个分段和小数点都是单独 LED, 均有各自的阳极和阴极。为节省显示器接线数量, 八个阳极联结在一起形成“共用阳极”针脚。观看视频“七段 LED 连接原理” (youtu.be/P0ER0VXvfSw, 4:11), 了解各个 LED 分段的伏安特性、为什么分段控制为低电位有效, 以及为什么该特定设备无需限流电阻。

LabVIEW 编程: 观看视频“Digital Output Express VI” (youtu.be/Y8mKdsMAqrU, 2:21), 了解如何通过 NI myRIO Digital Output Express VI 访问所有可用数字输出 (包括单路输出、多路输出和连接器选择)。另外, 观看视频“数字式输出低层次 VI” (youtu.be/WvnInG3ffqY, 4:53), 了解如何访问和使用由 Express VI 创建的低层次代码来直接将布尔阵列连接到数字式输出 (即作为总线访问)。

3.3 基本修改

观看视频“Seven-Segment LED Demo 指导” (youtu.be/ejyOo_k9KI0, 2:03), 了解 7-segment LED demo.lvproj 的设计原理, 然后尝试对 Main.vi 进行以下修改:

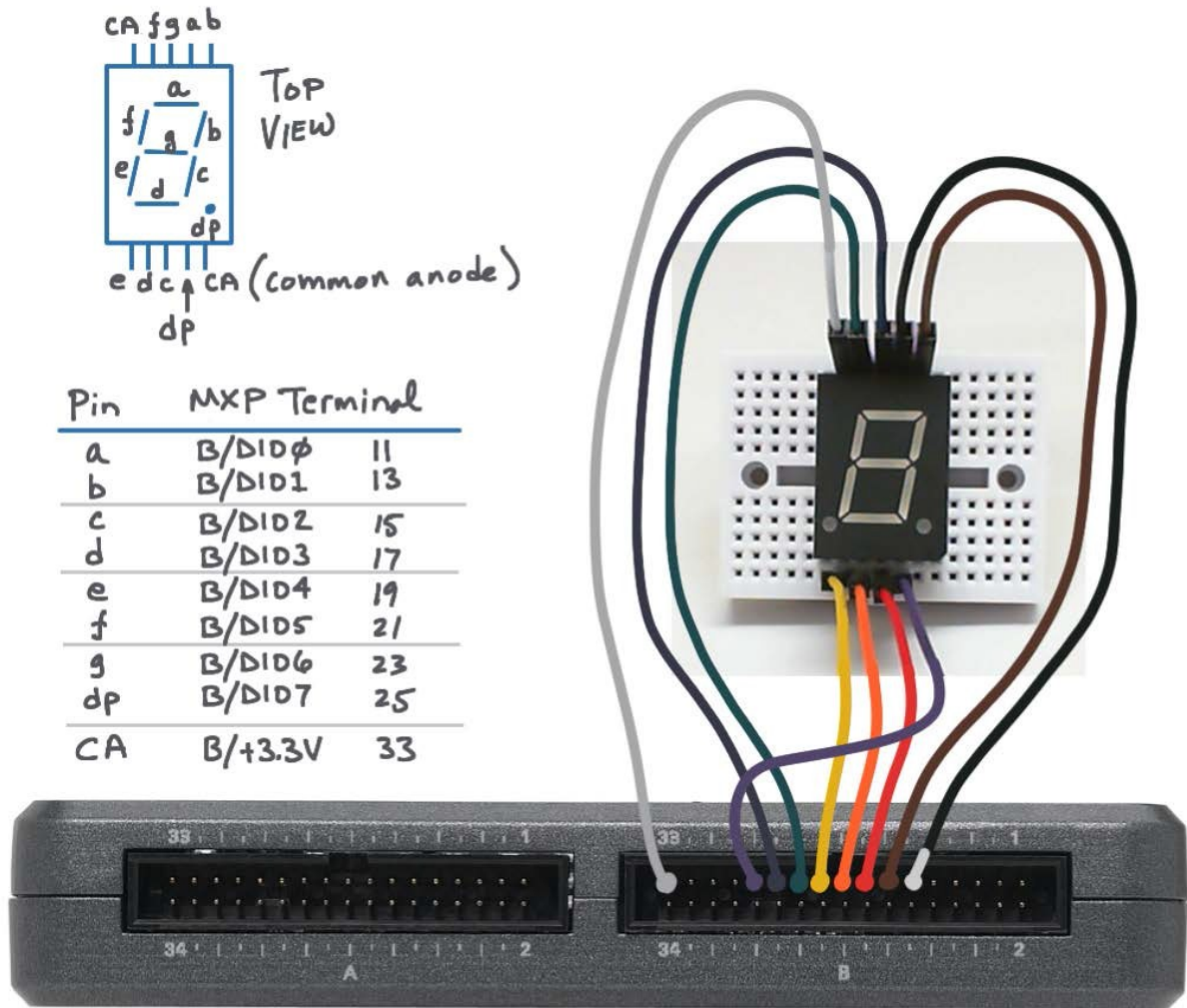


图 3.2: 七段显示器演示电路: 引脚图、实验板推荐布局, 以及NI myRIO MXP 连接器 B 上八个数字式 I/O 端的连接。

1. 保持相同行为，但是将 Digital Output Express VI 转换成其底层代码，然后通过“NI myRIO Advanced I/O → Digital I/O”子面板直接将阵列式前面板控件连接到 Write VI。另外，创建一个前面板控件，建立可由用户选择的数字 I/O 通道。
2. 显示前面板控件的数字（整数）值，作为在七段显示器上显示的相应图案；在此过程中，采用布尔阵列常量的选择结构效果很好（请参阅 <http://cnx.org/content/m14766/latest/?collection=col10440>）。显示值 0 到 9，当值大于 9 时显示短划线（如果能使用 A 到 F 显示十六进制数字的话更好）。
3. 创建一个旋转追逐序列：显示器上仅有一个分段处于活动状态，并形成处于活动状态的分段显示器在显示器外围转圈显示的效果。将速度设为可调整，并添加可反转旋转方向的控件。考虑在“Programming → Array”子面板中为“Rotate 1D Array”应用一个布尔阵列常量。提示：使用快速放置（Ctrl+空格键）可以按名称搜索编程要素。

3.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用七段显示器，接下来请考虑将七段显示器与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *NTP 时钟* (43)

3.5 更多详情

- *七段显示器 - LED（蓝光）*（由 SparkFun 提供）~ 需要显示更多数字？看看相同（或极其相似的）产品：

<http://www.sparkfun.com/products/9191>

- *世界上最简单的字体*（由 Twyman Enterprises 提供）~ 适用于七段显示器的 TrueType 字体；将此字体与您最爱用的文本处理程序相结合，快速将文本短语转换为合适的分段图案：

<http://www.twyman.org.uk/Fonts>

- *数码管和项目*（由 Neonixie 提供）~ 在使用分段显示器之前，您可能用过数码管；有关数码管的起源，请参阅 http://en.m.wikipedia.org/wiki/Nixie_tube。您可以访问以下网址购买数码管和相关项目：

<http://neonixie.com/>

4 按钮开关

按钮开关（也称为瞬时接触开关）是一种基本用户界面设备，也可用作简单传感器（例如碰撞传感器）。图 4.1 展示的是与旋转编码器集成的按钮的图片（有关旋转编码器的内容将在后续章节介绍）。



图 4.1：与旋转编码器集成的 NI myRIO 起步附件包按钮开关。

学习目标：完成本章中的活动后，您将能够：

1. 论述与按钮开关相关的基本概念：
 - (a) 按钮开关在按下时显示为短路状态，其他时候显示为断路状态；
 - (b) DIO 内部的拉电阻（在 MXP 连接器 A 和 B 上为上拉电阻，在 MSP 连接器 C 上为下拉电阻）让数字输入接口电路省去了额外组件；
 - (c) 在方框图中，开关用作一种布尔（二电平）信号，具体是高电位有效还是低电位有效信号视电阻为上拉电阻还是下拉电阻而定；
2. 运用基于软件的边界检测将按钮按压操作转化为触发事件。

4.1 组件演示

按照以下步骤演示按钮开关的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- 按钮开关（与旋转编码器集成），
<http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/TW-700198.pdf>
- 实验板
- M-F 系列跳线（2 根）

建立接口电路：请参阅对开页图 4.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。

提示：将旋转编码器任一侧的卡舌放平，确保旋转编码器齐平地放在实验板表面上。

按钮开关接口电路需要两条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. 按钮端子 1 → B/DIO0（针脚 11）
2. 按钮端子 2 → B/GND（针脚 12）

运行演示 VI：

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“Pushbutton demo”子文件夹中的项目 Pushbutton demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：演示 VI 会显示三个 DIO 的输入状态，每个连接器对应一个。在连接器 A 和 B 上，由于内部 DIO 电阻为上拉电阻，因此 DIO 应处于高电位状态；在连接器 C 上，由于内部 DIO 电阻为下拉电阻，因此 DIO 应处于低电位状态。按下按钮后，您应当看到 B/DIO0 状态指示器变为低电位状态；松开按钮后将恢复为高电位状态。

演示 VI 还会对在 B/DIO0 上检测到的按钮按下次数进行计数。停止并重新启动 VI 即可清除计数器值。

断开按钮端子 1 并重新连接到 A/DIO0（针脚 11）。确认 A/DIO0 状态指示器随按钮是否按下而变化。

断开按钮端子 1 并重新连接到 C/DIO0（针脚 11）。C/DIO0 状态指示器是否随按钮是否按下而变化？您能否解释自己观察到的现象？

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO；重置 myRIO 会导致所有数字 I/O 针脚恢复输入模式。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- MXP 连接器端子正确无误：确保您使用的是连接器 B，并且针脚连接正确无误。

4.2 接口原理

接口电路：按钮开关通常情况下为断路状态，在按下后变为短路。由于 NI myRIO DIO 线路中有内部拉电阻，因此按钮无需任何其他组件即可直接连接到数字输入。

观看视频“按钮连接原理”（youtu.be/e7UcL5Ycpho, 4:24），了解 DIO 拉电阻，以及如何正确连接具有上拉电阻（MXP 连接器 A 和 B）和下拉电阻（MSP 连接器 C）的按钮开关。观看“检测开关信号变换”（youtu.be/GYBmRJ_qMrE, 4:42），了解如何在软件 while 循环结构中检测开关信号变换。

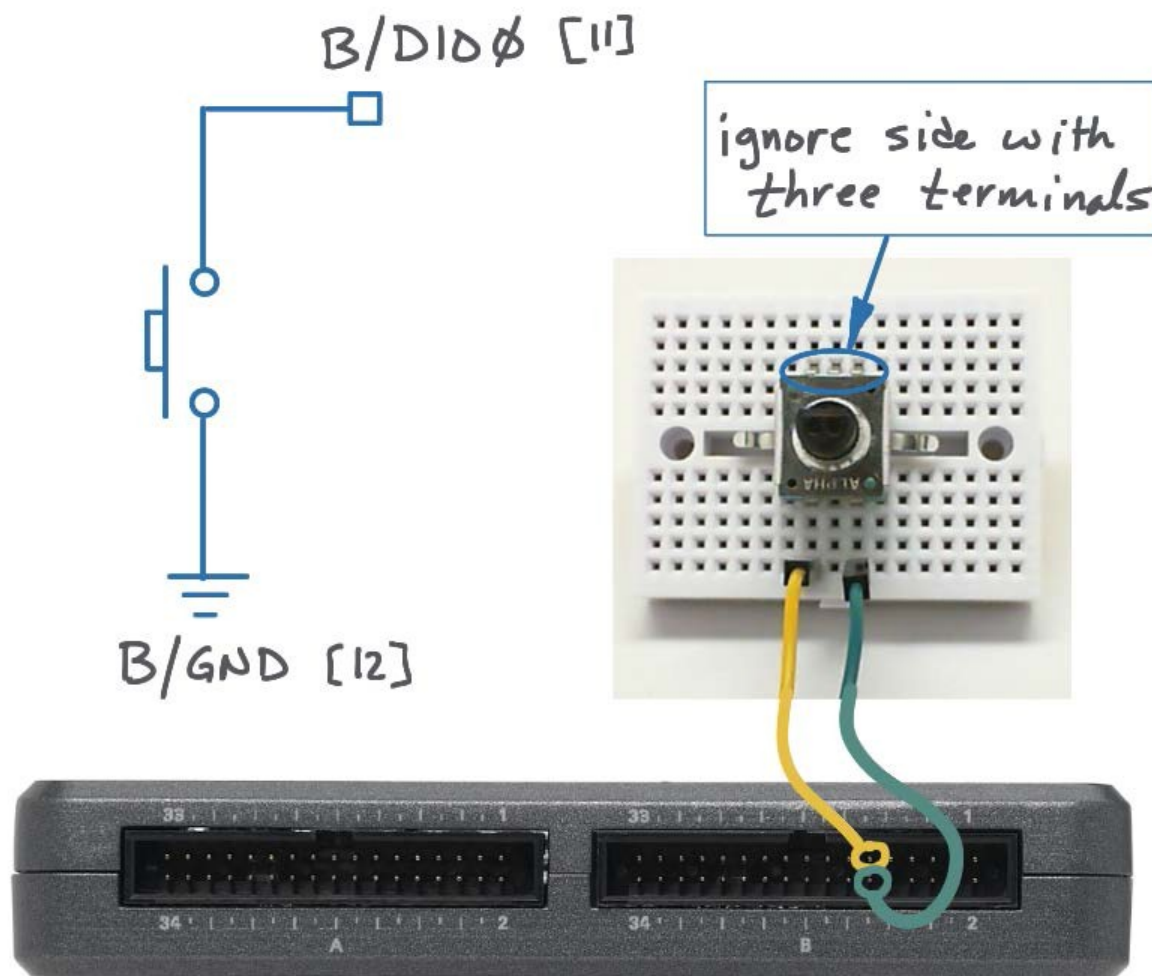


图 4.2: 按钮开关演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

LabVIEW 编程: 观看视频 “*Digital Input Express VI*” (youtu.be/litswKgOmZA, 1:53), 了解如何使用 Digital Input Express VI 检测按钮的状态。

4.3 基本修改

观看视频“*Pushbutton Demo 指导*”（youtu.be/Xm1A4Cw2POU，3:16），了解 Pushbutton demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 添加板载 LED Express VI（“myRIO | Onboard”子面板）作为边缘检测器输出指示器（与门）。确认 LED 在您按下按钮后短暂闪烁。
2. 通过调整“Wait (ms)”的值试验不同的循环速度值；您可能会发现将常量更改为前面板控件会更加方便。当将值调整为多少时，VI 响应按钮按下动作会产生可感觉到的延迟？
3. 调整按钮按下次数计数器的行为，将统计按钮按下测试改为统计按钮松开次数。
4. 调整按钮按下次数计数器的行为，改为既统计按钮按下次数也统计按钮松开次数。
提示：尝试在“Programming | Boolean”子面板中使用单异或门。
5. 修改循环终止条件，让 VI 仅在按钮按下时运行。

注意：包含在 NI myRIO 起步附件包中的 SPDT（单刀单掷）滑动开关（见图 4.3）可以按与连接按钮开关相同的方式连接到 myRIO。只需使用中间端子和任一端的端子代替按钮开关端子。如果您需要将 DIO 保持在特定电位（例如用于 NI myRIO 程序模式设置），随时可以使用滑动开关。

4.4 更多详情

- *迷你按钮开关*（由 SparkFun 提供）~ 在电路板上使用的方便开关：
<http://www.sparkfun.com/products/97>



图 4.3：包含在 NI myRIO 起步附件包中的 SPDT（单刀单掷）开关。

- *应用*（由 Knitter-Switch 提供）~ 了解开关的大量实际应用和多种开关类型：
http://www.knitter-switch.com/p_applications.php

5 DIP 开关

DIP 开关将多个 SPST 开关封装在一起，形成一个组件；DIP 表示“双列直插封装”，这是与实验板兼容的标准 IC 封装形式；SPST 表示最简单的开关类型“单刀单掷”开关。图 5.1 展示了两种常用 DIP 开关样式的图片：包含八个 SPST 开关的标准 DIP 开关和 16 档旋转 DIP 开关（用于以二进制序列形式操控四个 SPST 开关的开闭状态）。

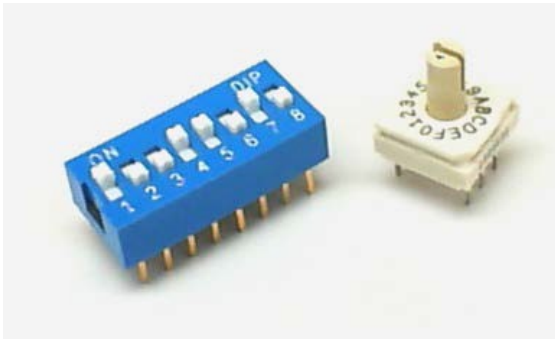


图 5.1：NI myRIO 起步附件包 DIP 开关：DIP 开关（蓝色）和 16 档旋转 DIP 开关。

学习目标：完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述以下与开关和 NI myRIO 接口相关的概念：
 - (a) DIP 开关将 N 个 SPST 开关封装在一个组件之中，其中每个开关在一个档位显示为短路状态，在另一档位显示为断路状态；

- (b) 2^N 档位旋转开关将 N 个 SPST 开关封装在一个组件之中；旋转转盘会建立二进制形式的开关开闭状态序列；
2. 使用 DIO 内部拉电阻（在 MXP 连接器 A 和 B 上为上拉电阻，在 MSP 连接器 C 上为下拉电阻），将开关连接到任意 NI myRIO 连接器，无需任何其他组件；以及
 3. 将组合开关开闭模式解读为整数值、二进制阵列和单独位域。

5.1 组件演示

按照以下步骤演示 DIP 开关的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- DIP 开关，http://www.resonswitch.com/p_rs_rsr.htm
- 旋转 DIP 开关，<http://www.mantech.co.za/datasheets/products/ERD1-5.pdf>
- 实验板
- M-F 系列跳线（14 根）
- 小螺丝刀

建立接口电路：请参阅对开页图 5.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。DIP 开关接口电路需要五条与 NI myRIO MXP 连接器 A 和九条与连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. DIP 开关 8 → B/DIO0（针脚 11）
2. DIP 开关 7 → B/DIO1（针脚 13）
3. DIP 开关 7 → B/DIO2（针脚 15）
4. DIP 开关 5 → B/DIO3（针脚 17）
5. DIP 开关 4 → B/DIO4（针脚 19）
6. DIP 开关 3 → B/DIO5（针脚 21）
7. DIP 开关 2 → B/DIO6（针脚 23）
8. DIP 开关 1 → B/DIO7（针脚 25）
9. DIP 开关共用 → B/GND（针脚 8）
10. 旋转 DIP 1 → A/DIO0（针脚 11）
11. 旋转 DIP 2 → A/DIO1（针脚 13）
12. 旋转 DIP 4 → A/DIO2（针脚 15）
13. 旋转 DIP 8 → A/DIO3（针脚 17）
14. 旋转 DIP C（共用）→ A/GND（针脚 20）

运行演示 VI：

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“DIP Switches demo”子文件夹中的项目 DIP Switches demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：demo VI 显示两种 DIP 开关的各个开关状态。开路开关显示为高电位状态，因为 MXP 连接器 A 和 B 均在每个 DIO 中包含上拉电阻。

旋转 DIP 开关拨到档位 0 时，所有 A/DIO 状态指示灯均应为有效状态；逆时针旋转一档，拨到档位 F 时，所有指示灯应均会熄灭。尝试将转盘拨到剩余每个档位并观察二进制序列，记住开关显示低电位有效。

逐个尝试 DIP 开关上的八个开关，确认可以分别激活 A/DIO 状态指示器。当开关在“上方”位置时，是处于开路还是闭合状态？

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO；重置 myRIO 会导致所有数字 I/O 针脚恢复输入模式。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- MXP 连接器端子正确无误：确保您同时使用连接器 A 和连接器 B，并且针脚连接正确无误；
- 接线将 DIP 开关的八个下方针脚接地。

5.2 接口原理

接口电路：标准 DIP 开关中的每个 SPST 开关为断路状态或短路状态，具体取决于开关是在“上方”档位还是“下方”档位。

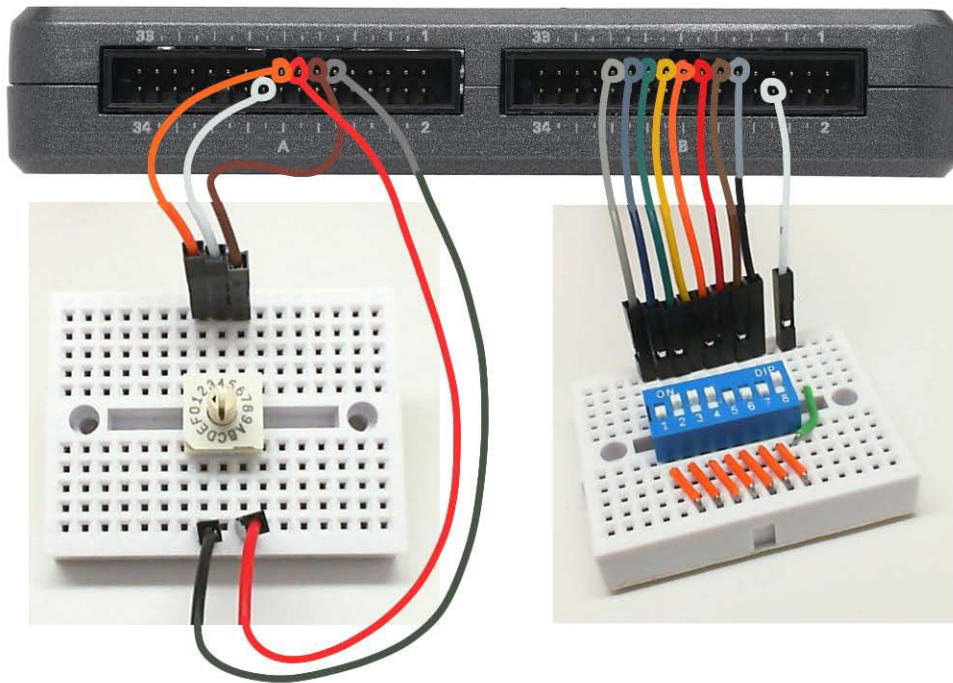
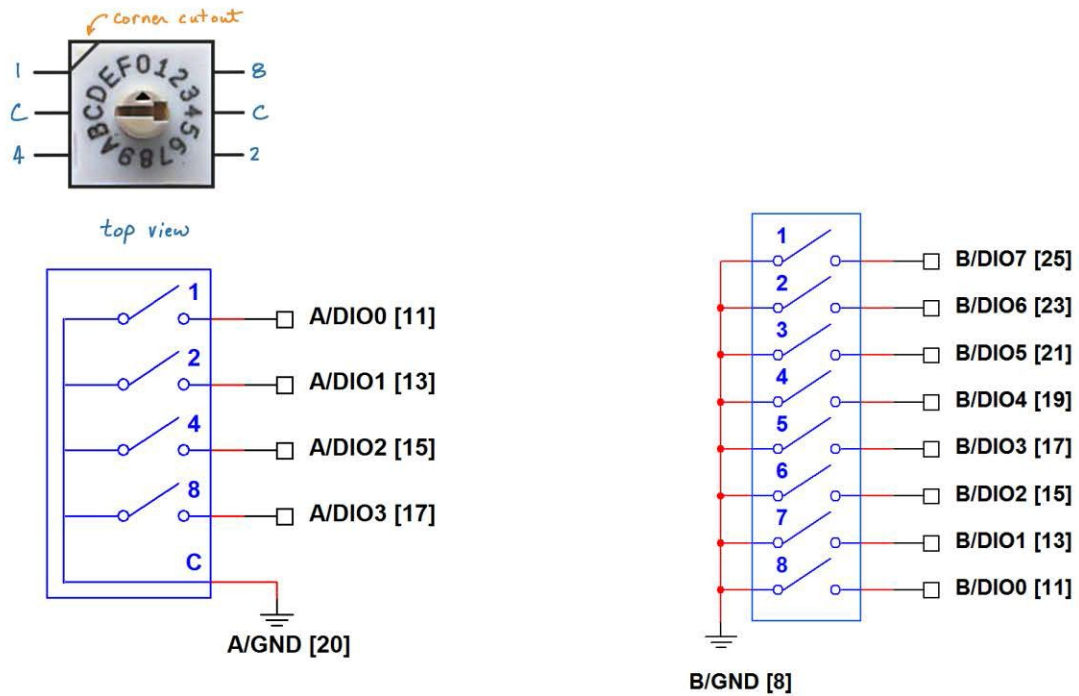


图 5.2: DIP 开关演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 A 和 B 的连接。

在档位 0 时，16 档旋转开关中的四个 SPST 开关均为断路状态，按顺时针顺序调整转盘档位时，旋转开关按二进制升序序列闭合相应 SPST 开关。由于 NI myRIO DIO 线路中有内部拉电阻，因此 DIP 开关无需任何其他组件即可直接连接到数字输入。

每个 DIP 开关可以由软件以多种不同方式解读，包括：单个整数值、单个布尔阵列模式，以及名为位域的二进制模式或数值组。

观看视频“[按钮连接原理](https://youtu.be/e7UcL5Ycpho)”（youtu.be/e7UcL5Ycpho, 4:24），了解 DIO 拉电阻，以及如何正确连接具有上拉电阻（MXP 连接器 A 和 B）和下拉电阻（MSP 连接器 C）的单个 SPST 开关。标准 DIP 开关中的每个 SPST 开关必须有一个接地低电位端（上拉电阻）或接电源高电位端（下拉电阻）；依惯例，所有端子都在给定侧绑在一起，不过您可以使用自己喜欢的任何模式。

观看视频“[DIP 开关连接原理](https://youtu.be/KNzEyRwcPlg)”（youtu.be/KNzEyRwcPlg, 7:16），详细了解 DIP 开关和旋转 DIP 开关，尤其是了解在软件中将开关模式解读为有意义信息的各种方式。

LabVIEW 编程：观看视频“[运行时可选的 I/O 通道](https://youtu.be/uJW7CaL6L5c)”（youtu.be/uJW7CaL6L5c, 1:54），了解如何使用低层次数字输入 VI 从前面板选择 DIP 开关连接器针脚，而不用对 VI 本身进行编辑。

5.3 基本修改

观看视频“[DIP Switch Demo 指导](https://youtu.be/ZMyYRSsQCac)”（youtu.be/ZMyYRSsQCac, 2:30），了解 DIP Switches demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 将 DIP 开关模式显示为不带正负号的 8 位整数（UINT8 数据类型），并将最右侧的开关作为最低二进制数位 (LSB)，将“向下”档位作为逻辑 0。
2. 将 DIP 开关模式显示为以下三个不同的域：域 1 (bits 2:0) = 3 位整数、域 2 (bits 6:3) = 4 位整数和域 3 = 单位元布尔值。
3. 将 16 档旋转 DIP 开关模式显示为采用十进制和十六进制的 4 位整数。
4. 将一个或两个 DIP 开关移到 MSP 连接器 C（注意，这些开关有下拉电阻）并重复前述练习。使用一个有战略意义的非门，避免更改框图中的其他器件。另请注意将 DIP 开关共用端子连接到 C/+5V（引脚 20）。

5.4 更多详情

- **2 线控制数字 DIP 开关**（由 Maxim Integrated 提供）~ DS3904 是能够替代机械式 DIP 开关的电子装置，其中包含由微控制器控制的**非易失性可变电阻**，占用空间更小、更可靠，而且成本更低：
<http://www.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/238>

6 继电器

低功率数字输出缺乏操控电机、灯和其他大电流设备所必需的驱动电流。继电器使用功率相对较低的电磁线圈控制要传输大电流的开关，从而弥合功率差距。NI myRIO 起步附件包中包含的 SPDT 继电器如图 6.1 所示。



图 6.1: NI myRIO 起步附件包继电器。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 论述继电器工作原理；

2. 改变接口晶体管大小，以承受继电器线圈电流；
3. 解释为什么必须要使用整流器来抑制在晶体管导通和关断时产生的反电动势峰值；
4. 设计接口电路，与采用内部拉电阻的 DIO 配合使用；
5. 确保继电器在 NI myRIO 通电和复位期间保持关闭。

6.1 组件演示

按照以下步骤演示继电器的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- 继电器， <http://www.cndongya.com/pdf/relayjzc-11f.pdf>
- 1N4001 通用整流器， <http://www.vishay.com/docs/88503/1n4001.pdf>
- ZVP2110A P 通道增强型场效应晶体管， <http://www.diodes.com/datasheets/ZVP2110A.pdf>
- 实验板
- M-F 系列跳线（3 根）

建立接口电路: 请参阅第 23 页图 6.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。请注意，三个

继电器开关触点中心距并非十分之一英寸，因此继电器的这一侧必须探出实验板侧边。接口电路需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. 5V 电源 → B/+5V（针脚 1）
2. 接地 → B/GND（针脚 6）
3. 继电器控制 → B/DIO0（针脚 11）

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“Relay demo”子文件夹中的项目 Relay demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：继电器触点开闭应与前面板指示器 DIO 状态保持同步。点击前面板“循环”按钮可以停用自动模式并启用手动按钮；点击此按钮可以手动将数字输出状态设置为“高”或“低”。继电器控制信号为低电位有效，因此当 DIO 为低电位时，线圈会通电。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO；重置 myRIO 会导致所有数字 I/O 针脚恢复输入模式。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- 晶体管方向正确无误：晶体管有一侧为圆形；
- 整流器方向正确无误：若整流器方向装反，继电器线圈永远达不到接通所需的电压等级。

6.2 接口原理

接口电路：继电器包含一个用于操控弹簧定位开关的电磁线圈。线圈电流约为 100 mA，远超 NI myRIO 数字输出驱动电流限值。接口电路使用 P 通道增强型 FET 作为接通和关断线圈电流的开关，并使用整流器保护晶体管免受晶体管关断线圈电流时产生的反电动势峰值电压的损害。

观看视频“[继电器连接原理](https://youtu.be/jLFL9_EWlwl)”（youtu.be/jLFL9_EWlwl, 11:11），详细了解继电器工作原理和接口电路设计原理，包括：改变晶体管大小以承受继电器线圈电流、使用整流器消除反电动势电压峰值的重要性，以及采用内部上拉电阻（MXP 连接器）和内部下拉电阻（MSP 连接器）的 DIO 的电路拓扑。

LabVIEW 编程：观看视频“[运行时可选的 I/O 通道](https://youtu.be/uJW7CaL6L5c)”（youtu.be/uJW7CaL6L5c, 1:54），了解如何利用运行时可选的 DIO 通道，通过低层次数字 I/O VI Open、Write 和 Close 创建 VI（即直接从前面板选择 DIO 通道，而不用对 VI 本身进行编辑）。

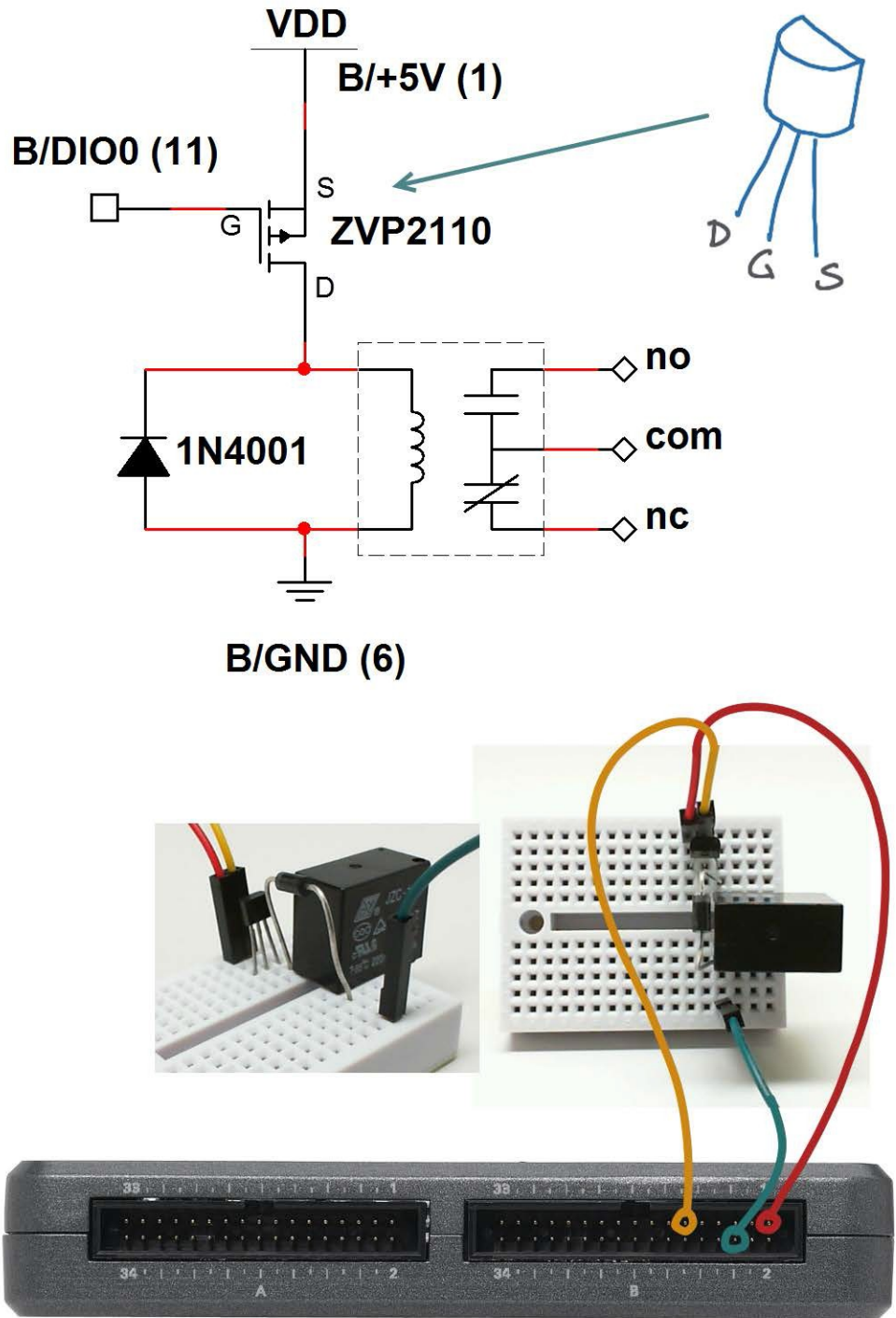


图 6.2: 继电器演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

6.3 基本修改

观看视频“*Relay Demo 指导*” (youtu.be/W2iukd8WVIA, 3:30)，了解 Relay demo.lvproj 的设计原理，然后尝试进行以下修改：

1. 添加一个前面板控件，以赫兹为单位调整循环频率；当频率达到多高时，继电器将跟不上循环速度？
2. 通过让两个 LED 闪烁来模拟铁路道口信号；使用如上一页图 6.2 所示的三个继电器触点：“常开” (NO)、“常闭” (NC) 和“共用” (COM)。
3. 建立并测试受控于 MSP 连接器的继电器接口电路；见对开页图 6.3。在 myRIO DIO 通道前面板控件上选择 C/DIO7（针脚 18）作为继电器控制线路。使用 C/+5V（针脚 20）和数字接地端 C/DGND（针脚 19）通过 MSP 连接器为电路供电。

6.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用继电器，接下来请考虑将继电器与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *开关控制系统* (52)
- *NTP 时钟* (43)

6.5 更多详情

- *使用继电器（提示和技巧）*（由 Jumper One 提供）~ 了解如何缩短继电器开关时间和最大限度减少电池供电应用的继电器电流：<http://jumperone.com/2011/10/using-relays>

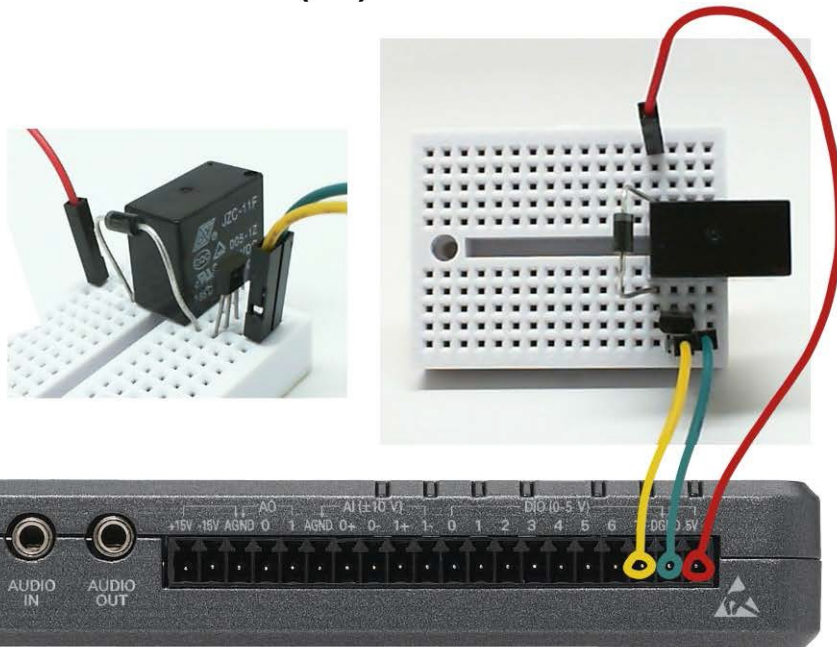
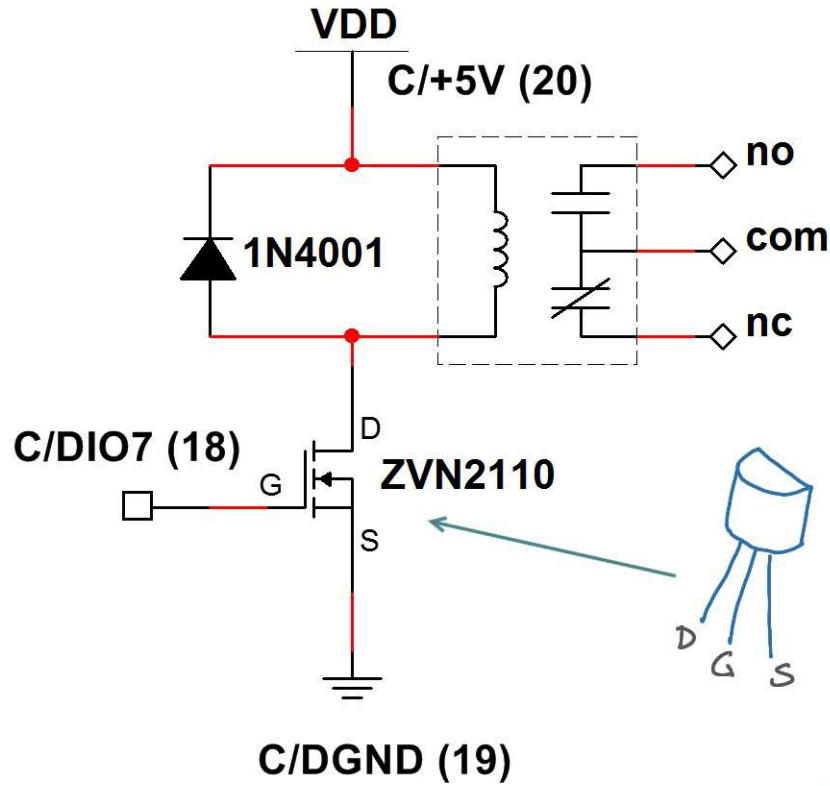


图 6.3: 适合 NI myRIO MSP 连接器 C 中内部下拉电阻的继电器接口电路。

7 电位器

电位器是有三个端子的可变电阻。连接到电源形成分压器时，电位器能发挥比例型旋转传感器作用。图 7.1 展示了 NI myRIO 起步附件包中包含的电位器的图片。



图 7.1: NI myRIO 起步附件包电位器。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 论述如何将电位器用作一个可变电阻，或两个串联补充可变电阻；

2. 以分压器形式连接电位器，从而根据选择角度按比例调整输出电压；
3. 选择电位器电阻值，以最大限度降低功耗和负荷效应。

7.1 组件演示

按照以下步骤演示电位器的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- 电位器 (10 k Ω) <http://www.supertech.com.tw/electronic/resistors/potentiometers/PDF/rotary3/23/R0904N.pdf>
- 实验板
- M-F 系列跳线 (3 根)

建立接口电路: 请参阅第 29 页图 7.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。

提示：将电位器任一侧的两个卡舌放平，确保电位器齐平地放在实验板表面上。

电位器接口电路需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 B (见第 233 页图 A.1) 的连接：

1. 电位器端子 1 → B/GND (针脚 16)
2. 电位器端子 2 → B/AI0 (针脚 3)
3. 电位器端子 3 → B/+5V (针脚 1)

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Potentiometer demo”子文件夹中的项目 Potentiometer demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 显示模拟输入 B/AI0 上的电压。转动电位器转盘, 您将观察到模拟输入上感知到的电压发生相应变化。电位器用作地面和 +5V 电压之间的可调分压器, 您应当会观察到电位器转盘从一个极端到另一个极端转动一圈能让电压从 0V 变到 5V。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 B, 并且针脚连接正确无误。

7.2 接口原理

接口电路: 电位器在两个外部端子之间提供固定电阻, 而中间的端子则连接到一个可移动触点, 能够有效地让电位器显示为两个可变电阻。当一个电阻的电阻值增加时, 另一电阻的电阻值等量减小。在地面与电源之间的接线中使用电位器时, 电位器将发挥分压器作用, 能够根据触点位置按比例调整输出电压。将此可变电压与 NI myRIO 模拟输入相连接, 能够提供方便的角度位置感知技术。

观看视频“*电位器特性*” (youtu.be/3gwwF9rF_zU, 7:51), 了解如何将电位器用作可变电压来源, 以及了解如何适当调整电位器电阻大小以最大限度降低功耗, 以及最大限度降低可能造成测量误差的负荷效应。

LabVIEW 编程: 观看视频“*Analog Input Express VI*” (youtu.be/N6Mi-VjBlmc, 2:00), 了解如何使用 Analog Input Express VI 测量分压器输出电压。

7.3 基本修改

观看视频“*Potentiometer Demo 指导*” (youtu.be/RYeKluU6DX8, 3:07), 了解 Potentiometer demo 的设计原理, 然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改:

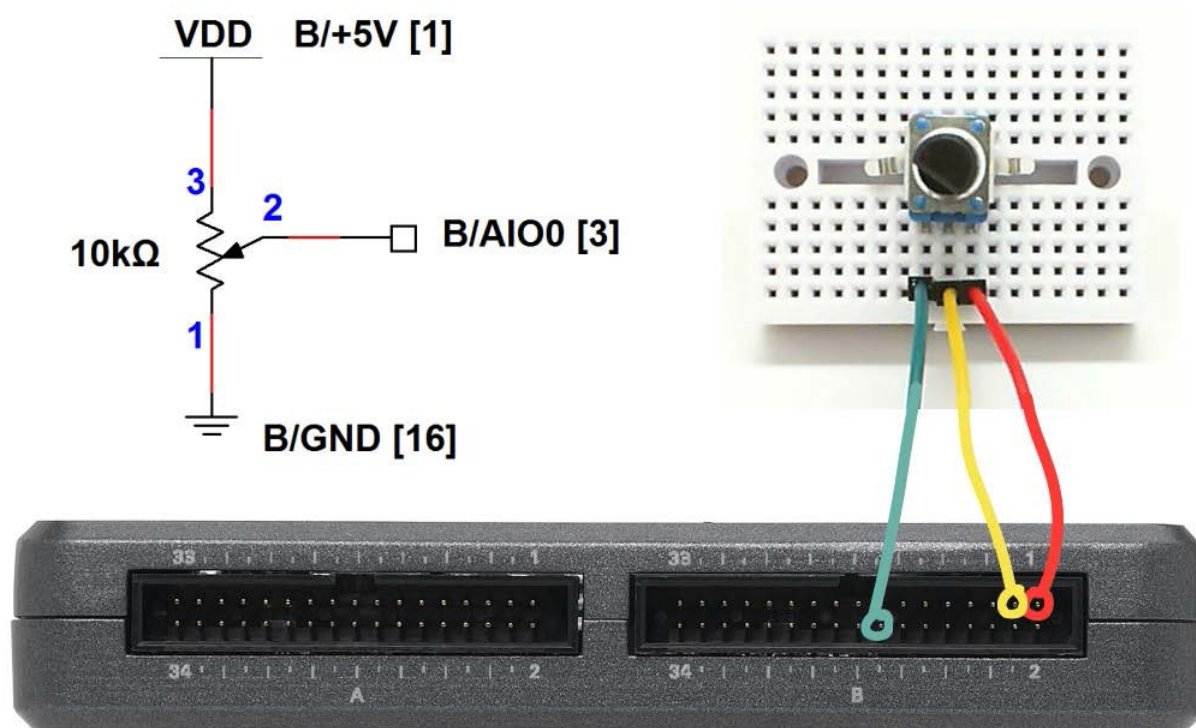


图 7.2: 电位器演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

1. 将前面板控件变为可选;
2. 将刻度盘指示器换为其他类型指示器;
3. 连接到 DIO 输入并监控它在循环中的状态; 调整电位器电压, 寻找数字输入的滞后边界;
4. 利用板载 LED 为电位器触点位置制作柱状图指示器。

7.4 集成项目构想

现在, 您已经学会了如何使用电位器, 接下来请考虑将继电器与其他设备集成, 以建立完整项目。例如:

- *线控驾驶* (44)

7.5 更多详情

电位器 (由 Resistorguide 提供) ~ 介绍各种类型和特性的电位器:

<http://www.resistorguide.com/potentiometer>

8 热敏电阻

热敏电阻这个词的英文是“thermistor”，由“thermal”（热）和“resistor”（电阻）两个词缩并而来，这是一种包含两个端子的半导体设备，在不同的温度下表现出不同的电阻值。大多数热敏电阻为负温度系数 (NTC) 类型，也就是说温度越高，电阻值越低。图 8.1 展示了 NI myRIO 起步附件包中包含的热敏电阻的图片。

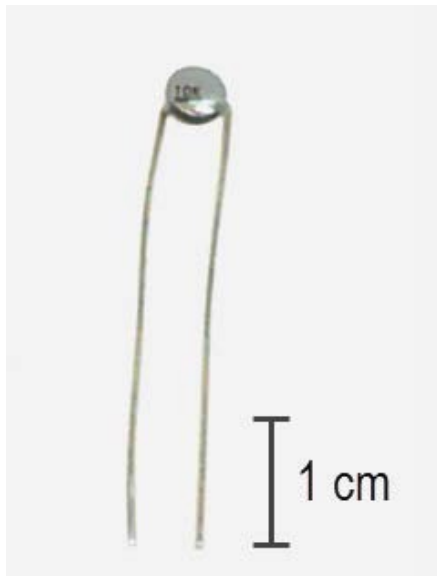


图 8.1: NI myRIO 起步附件包热敏电阻。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 论述热敏电阻工作原理；
2. 使用分压器和模拟输入测量热敏电阻；
3. 使用 Steinhart-Hart（斯坦哈特-哈特）方程将测量得到的电阻转化为温度；
4. 调整分压器电阻大小，获得最佳测量敏感度和测量范围。

8.1 组件演示

按照以下步骤演示热敏电阻的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- 热敏电阻 (10 k Ω)，EPCOS B57164K103J，
http://www.epcos.com/inf/50/db/ntc_09/LeadedDisks__B57164__K164.pdf
- 电阻 (10 k Ω)
- 0.1 μ F 瓷片电容，标有“104”，
<http://www.avx.com/docs/Catalogs/class3-sc.pdf>
- 实验板
- M-F 系列跳线（4 根）

建立接口电路： 请参阅第 33 页图 8.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。接口电路需要四条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. 5V 电源 \rightarrow B/+5V（针脚 1）
2. 接地 \rightarrow B/GND（针脚 6）

3. 温度测量 → B/AI0 (针脚 3)
4. 电源电压测量 → B/AI1 (针脚 5) 使用欧姆表测量 10 kΩ 电阻的电阻值, LabVIEW VI 需要用到此值。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开 “Thermistor demo” 子文件夹中的项目 Thermistor demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的 “Run” 按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示 “Deployment Process” 窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择 “Close on successful completion” 选项, 让 VI 自动开始运行。

以 R [欧姆] 的形式输入测量到的 10 kΩ 电阻的电阻值。

预期结果: 演示 VI 会展示测量热敏电阻得到的电阻值; 在室温下得到的电阻值预期接近 10 kΩ。试着用指尖轻轻捏住热敏电阻对其加热; 您也可以使用吸管或吹风机对着热敏电阻吹热风。您会观察到电阻值下降。您可以将电阻值降低到多少?

在塑料夹层袋中装上两块冰块或一些碎冰。将冰袋放在热敏电阻周围, 您应观察到电阻值上升。您可以将电阻值升高到多少?

点击 “Stop” 按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO; 重置 myRIO 会导致所有数字 I/O 针脚恢复输入模式。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的 “Run” 按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 B, 并且针脚连接正确无误。

8.2 接口原理

接口电路: 通过热敏电阻和固定值电阻构建分压器是既轻松又高效的接口电路建立方法。将热敏电阻置于分压器上方支路中后, 温度越高, 测量得到的电压也会随之升高。

观看视频 “[热敏电阻特性](https://youtu.be/US406sjBUxY)” (youtu.be/US406sjBUxY, 4:54), 详细了解热敏电阻特性以及 Steinhart-Hart (斯坦哈特-哈特) 方程, 该方程能将测量得到的热敏电阻电阻值换算为温度 (以开尔文为单位)。观看视频 “[测量热敏电阻的电阻值](https://youtu.be/PhZ2QICrwuQ)” (youtu.be/PhZ2QICrwuQ, 6:10), 了解如何使用分压器测量热敏电阻的电阻值, 以及如何通过调整电阻 (R) 大小获得最佳测量敏感度和测量范围。另请观看 “[使用分压器测量电阻](https://youtu.be/9KUVD7RkxNI)” (youtu.be/9KUVD7RkxNI, 9:44), 全面了解如果将分压器作为测量技术使用。

LabVIEW 编程: 观看视频 “[Analog Input Express VI](https://youtu.be/N6Mi-VjBlmc)” (youtu.be/N6Mi-VjBlmc, 2:00), 了解如何使用 Analog Input Express VI 测量分压器主要输出以及分压器电源电压。

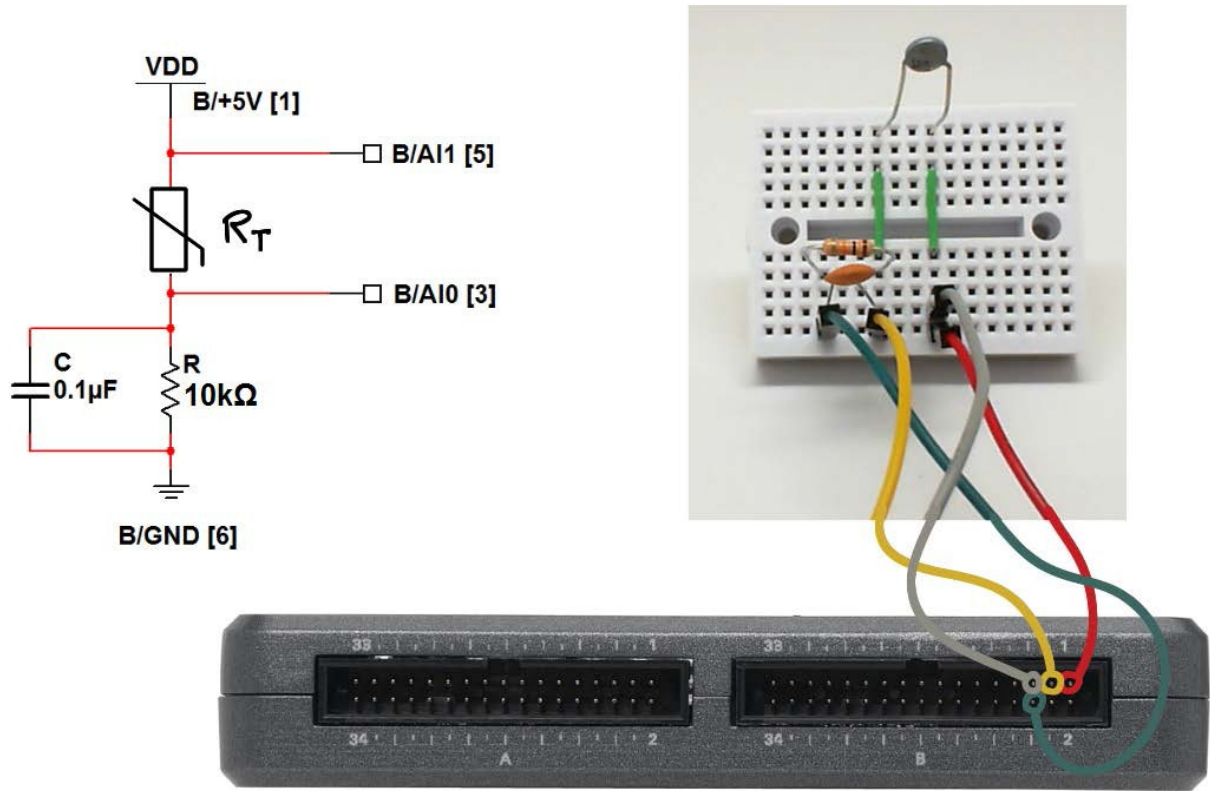


图 8.2: 热敏电阻演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

8.3 基本修改

观看视频 “*Thermistor Demo 指导*” (youtu.be/xi0VlpGpf4w, 2:28), 了解 Thermistor demo 的设计原理, 然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改:

1. 添加必要的计算, 将测量到的电阻值换算为以摄氏度为单位的温度; 将温度显示在前面板的大尺寸刻度盘指示器上。使用内置 VI “Mathematics | Elementary | Natural Logarithm” 和 “Mathematics | Polynomial | Polynomial Evaluation”。使用之前视频中介绍的多项式系数值。

2. 修改为以华氏度为单位显示温度。
3. 建立布尔指示器, 当测量得到的温度超过 (或低于) 预算阈值时发出提示。

8.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用热敏电阻，接下来请考虑将热敏电阻与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 手持仪表(40)
- 无线传感器(41)
- 数据记录仪(42)
- 线控驾驶(44)
- 数字温度计(45)
- 开关控制系统(52)
- 气象站(58)

8.5 更多详情

- **热敏电阻**（由 National Instruments 提供）~ 热敏电阻特性和 Steinhart-Hart（斯坦哈特-哈特）热敏电阻方程：
<http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/370466V-01/measfunds/thermistors>
- **NTC 热敏电阻**（由 Vishay 提供）~ 了解热敏电阻工作原理、筛选标准、设计方程式和电路与应用示例：
<http://www.vishay.com/docs/29053/ntcintro.pdf>

9 光敏电阻

光敏电阻是以硫化镉 (CdS) 为制造材料，包含两个端子的设备，接受照射的可见光波长不同 (400 到 700 纳米)，其阻值也将不同。图 9.1 中所示的光敏电阻的电阻值变化幅度跨越多个数量级：在中等照明情况下为 10 k Ω 、在高照明情况下小于 100 Ω ，在无光情况下超过 10 M Ω 。



图 9.1: NI myRIO 起步附件包光敏电阻。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述光敏电阻工作原理；
2. 使用分压器和模拟输入测量光敏电阻；
3. 调整分压器电阻大小，获得最佳测量敏感度和测量范围。

9.1 组件演示

按照以下步骤演示光敏电阻的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- 光敏电阻，API PDV-P9203，http://www.advancedphotonix.com/ap_products/pdfs/PDV-P9203.pdf
- 电阻 (10 k Ω)
- 实验板
- M-F 系列跳线 (3 根)

建立接口电路: 请参阅下页图 9.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。接口电路需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 B (见第 233 页图 A.1) 的连接：

1. 5V 电源 \rightarrow B/+5V (针脚 1)
2. 接地 \rightarrow B/GND (针脚 6)
3. 光敏电阻测量 \rightarrow B/AIO (针脚 3)

使用欧姆表测量 10 k Ω 电阻的电阻值，LabVIEW VI 需要使用此值。

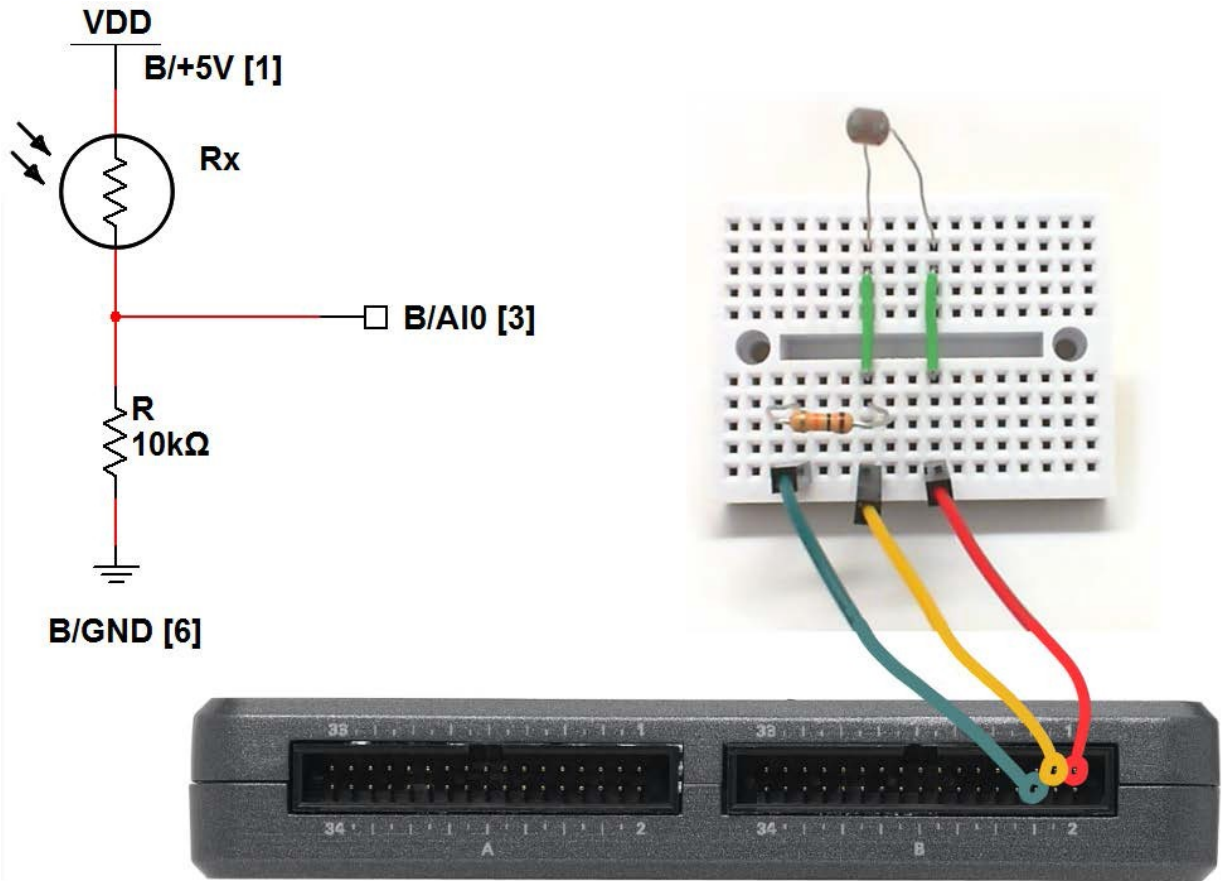


图 9.2: 光敏电阻演示电路：电路图、实验板推荐布局，以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Photocell demo”子文件夹中的项目 Photocell demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;

- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果：演示 VI 会展示测量光敏电阻得到的电阻值；在中等照明情况下，展示的值预期在 1 k Ω 到 10 k Ω 范围之间。试着用罩子或圆柱形遮罩（例如黑石草帽）遮挡光源。您会观察到电阻值上升。您可以将电阻值升高到多少？

使用手电筒或明亮的 LED 作为照明光源；您会观察到电阻值下降。您可以将电阻值降低到多少？

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO；重置 myRIO 会导致所有数字 I/O 引脚恢复输入模式。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- MXP 连接器端子正确无误：确保您使用的是连接器 B，并且引脚连接正确无误。

9.2 接口原理

接口电路：通过光敏电阻和固定值电阻构建分压器是既轻松又高效的接口电路建立方法。将光敏电阻置于分压器上方支路中后，光照强度越大，测量得到的电压也会随之升高。

观看视频“*光敏电阻特性*”（youtu.be/geNeoFUjMjQ，4:45），了解光敏电阻特性；观看视频“*使用分压器测量电阻*”（youtu.be/9KUVD7RkxNI，9:44），了解如何使用分压器测量光敏电阻的电阻值，以及了解如何选择适当电阻 (R)，以最大程度提高测量敏感度和测量范围。

LabVIEW 编程：观看视频“*Analog Input Express VI*”（youtu.be/N6Mi-VjBlmc，2:00），了解如何使用 Analog Input Express VI 测量分压器主要输出。

9.3 基本修改

观看视频“*Photocell Demo 指导*”（youtu.be/jZQqsc5GmoY，3:07），了解 Photocell demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行修改：

1. 添加一个布尔型前面板控件，建立可由用户选择的分压器配置，即该控件的一种状态对应下方支路中的光敏电阻，另一种状态可以选择上方支路。调换光敏电阻和固定电阻的位置，确认您所做的修改有效。
2. 利用“Programming | Comparison”子面板中适用的节点和前面板布尔指示器建立“房灯打开”探测器。以前面板数值型控件的形式添加可由用户选择的阈值电阻。
3. 由于模拟输入不像数字输入那样多，在建立上述“房灯打开”探测器时，您可以直接通过数字输入进行比较；观看视频“*电阻式传感器阈值探测器*”（youtu.be/TqLXJroefTA，9:22）了解设计程序。

9.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用光敏电阻，接下来请考虑将光敏电阻与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 手持仪表 (40)
- 无线传感器 (41)
- 数据记录仪 (42)
- 线控驾驶 (44)
- 扫描传感器 (51)
- 音乐制作器 (56)
- 气象站 (58)

9.5 更多详情

- *光敏电阻教程*（由 Digital DIY 提供）~ 一份超棒教程，其中包含多种模拟和数字输入接口电路：
<http://digital-diy.com/general-electronics/269-photocell-tutorial.html>
- *光敏电阻*（由 Adafruit 提供）~ 通过光控电机、循迹机器人和激光棒光束截断传感器等有趣应用很好地概述 Cds 光敏电阻：
<http://learn.adafruit.com/photocells/overview>
- *光敏电阻教程*（由 Digital DIY 提供）~ 介绍多种不同的光探测器电路，包括用作双稳态门锁的双光敏电阻版本：
<http://digital-diy.com/general-electronics/269-photocell-tutorial.html>

10 驻极体麦克风

麦克风是用于记录音频信号和监测声级的声学传感器。驻极体麦克风能以较低成本提供不错的性能。图 10.1 展示了 Chenyun CY-502 驻极体麦克风的图片，这款麦克风设计用于直接连接笔记本电脑声卡输入，也可直接连接 NI myRIO AUDIO IN 插孔。



图 10.1: NI myRIO 起步附件包驻极体麦克风。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 论述基于平行板电容的驻极体麦克风的工作原理；
2. 利用由 NI myRIO AUDIO IN 插孔提供的“幻象电源”为驻极体麦克风 JFET 阻抗-电平转移器供电；
3. 利用由 NI myRIO AUDIO IN 插孔供电的简单内联式前置放大器电路调高麦克风增益。

10.1 组件演示

按照以下步骤演示麦克风的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- Chenyun CY-502 计算机麦克风，
http://www.chenyun.cc/product_en.asp?ProductID=859

建立接口电路: 此麦克风集成了标准 3.5 毫米音频插孔，可以直接插入 NI myRIO AUDIO IN 插孔，因此无需特殊电路。请参阅下页图 10.2 所示的示意图。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“Electret Microphone demo”子文件夹中的项目 Electret Microphone demo.lvproj；



图 10.2: 直接连接 AUDIO IN 的驻极体麦克风演示电路。

- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：演示 VI 以示波器图形的形式显示麦克风检测到的音频信号。

试着吹口哨、说话、唱歌或发出其他任何声音，您应会看到相应的波形。麦克风位置必须足够靠近声源。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- 麦克风插入的是 AUDIO IN 插孔，而非邻近的 AUDIO OUT 插孔。

10.2 接口原理

接口电路：Chenyun CY-502 驻极体麦克风能够生成单声道音频信号，信号电压为几分之一伏（最高可超过一伏），具体取决于与声源的邻近程度和声源强度。观看视频“*驻极体麦克风原理和前置放大器电路*”（youtu.be/izJni0PM0bl，8:48），了解驻极体麦克风工作原理、为驻极体麦克风供电的 AUDIO IN 插孔 NI myRIO 对等电路，以及 AC 信号耦合；该视频还介绍了由三个组件组成的简单视频前置放大器电路（见下页图 10.3）该电路通过应用超过 100× 的增益系数极大提高了麦克风的灵敏度。

10.3 基本修改

观看视频“*Electret Mic Demo 指导*”（youtu.be/kZoFwQRYz98，2:52），了解 Electret Microphone demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 添加实时振幅谱显示；使用内置的 Amplitude and Phase Spectrum VI（位于“Signal Processing | Point by Point | Spectral”子面板中）的逐点版本。
2. 添加显示信号强度的 VU（音量）计；使用内置的 AC & DC Estimator PtByPt VI（位于“Signal Processing | Point by Point | Sig Operation”子面板中）的 AC 输出。
3. 如果您发现驻极体麦克风为应用提供的灵敏度不够，可以尝试按下页图 10.3 所示建立由三个组件组成的简单音频前置放大器电路。建立此电路时，您可以使用小型“穿孔板”（孔中心距为 0.1 英寸的穿孔塑料板），其一侧为 CY-502 提供插孔，另一侧提供插头；将 NI myRIO 附带的音频线缆输出侧插孔连接。连接到 NI myRIO 5V 电源的可选 2.2 kΩ 电阻可以让信号余量加倍（达到 ±2V），并将提供给 AUDIO IN 模拟数字转换器的信号提升到最高强度。

10.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用驻极体麦克风，接下来请考虑将驻极体麦克风与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 手持仪表 (40)
- 无线传感器 (41)
- 数据记录仪 (42)
- 线控驾驶 (44)
- 吉他调音器 (55)

10.5 更多详情

- *计算机麦克风*（由 Hobby-Hour.com 提供）~ 介绍驻极体麦克风和计算机声卡的 TRS（尖环套）插孔接线和电源连接：http://www.hobby-hour.com/electronics/computer_microphone.php
- *驻极体麦克风*（由 Open Music Labs 提供）~ 详细剖析和解释驻极体麦克风工作原理：<http://www.openmusiclabs.com/learning/sensors/electret-microphones>
- *驻极体麦克风前置放大器*（由 Instructables 提供）~ 前置放大器简单有效，能够将驻极体麦克风电压电平提高到线路电平：<http://www.instructables.com/id/Pre-amp-to-electret-mic>

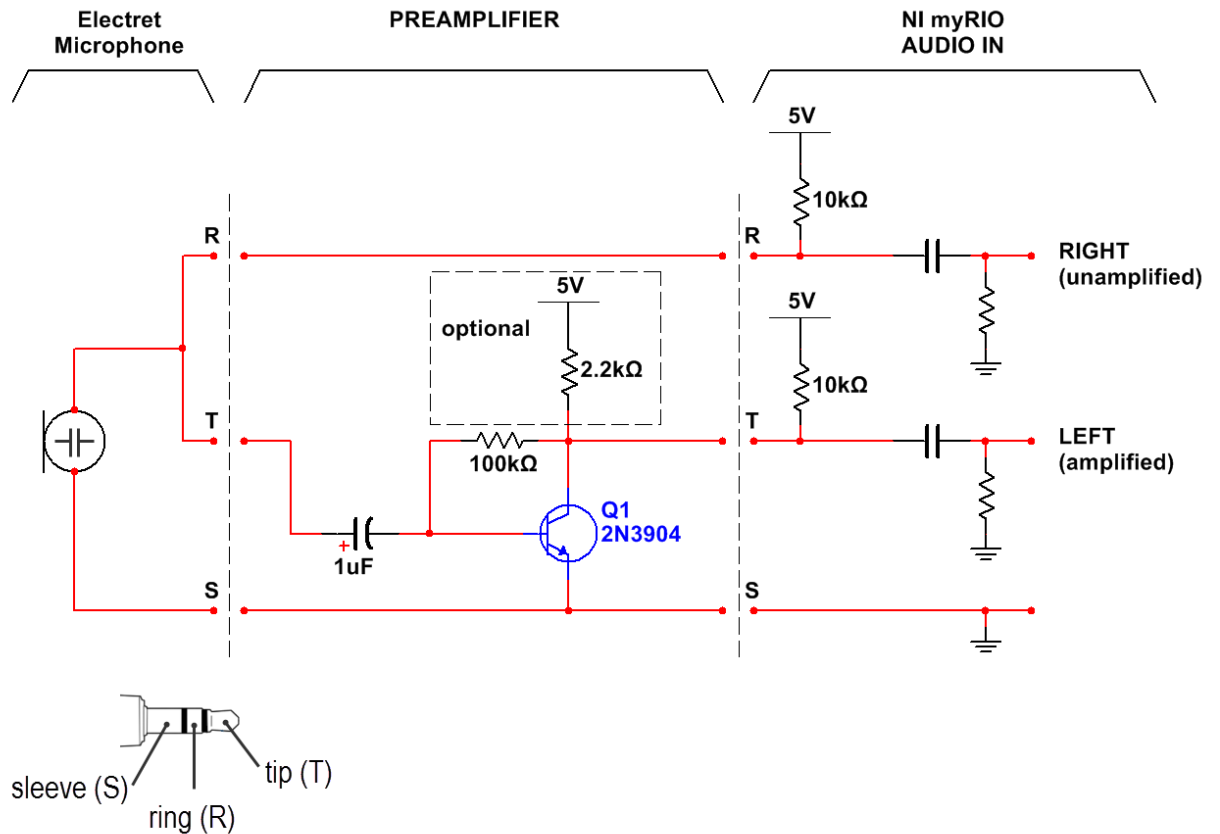


图 10.3: 连接驻极体麦克风与 AUDIO IN 的前置放大器电路。NI myRIO AUDIO IN 插孔同时为驻极体麦克风和前置放大器电路供电。连接到 NI myRIO 5V 电源的可选 2.2 kΩ 电阻可以让信号余量加倍 (达到 ±2V)。

11 蜂鸣器/扬声器

图 11.1 展示了蜂鸣器/扬声器的图片，该设备也被称作磁传感器，能生成覆盖广泛可听频谱范围的声调。扬声器线圈设计为执行接通-断开操作（接通时为 5 V，80 mA），因此通过由数字输出形成的方波实现扬声器循环是操作扬声器的最直接方法。驱动线圈必须使用基于晶体管的接口电路。

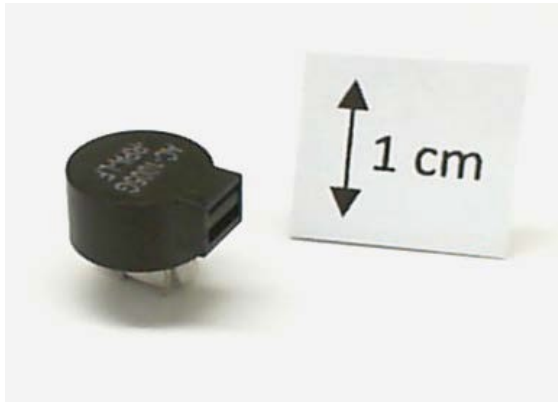


图 11.1: NI myRIO 起步附件包蜂鸣器/扬声器。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述蜂鸣器/扬声器工作原理：基于电磁线圈让小尺寸膜片形成振动；
2. 选择一个晶体管，以通过数字输出驱动线圈；

3. 保护晶体管免受晶体管接通/切断线圈电流时产生的反电动势峰值电压的损害；
4. 设计接口电路，与采用上拉电阻或下拉电阻的数字输出配合使用。

11.1 组件演示

按照以下步骤演示蜂鸣器/扬声器的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- 蜂鸣器/扬声器，Soberton GT-0950RP3，<http://www.soberton.com/product/gt-0950rp3>
- 1N3064 小信号二极管，<http://www.fairchildsemi.com/ds/1N/1N3064.pdf>
- 2N3904 npn 晶体管，<http://www.fairchildsemi.com/ds/MM/MMBT3904.pdf>
- 电阻 (1.0 k Ω)
- 实验板
- M-F 系列跳线 (3 根)

建立接口电路: 请参阅第 45 页图 11.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。请注意，蜂鸣器/扬声器的两个端子与中心距十分之一英寸的针孔不搭配，不过它们正好可以插入实

验板上对角相邻的两个针孔。接口电路需要三条与 NI myRIO MXP 连接器B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. 5V 电源 → B/+5V（针脚 1）
2. 接地 → B/GND（针脚 6）
3. 蜂鸣器/扬声器控制 → B/PWM0（针脚 27）

运行演示 VI：

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“Buzzer-Speaker demo”子文件夹中的项目 Buzzer-Speaker demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：蜂鸣器/扬声器应当发出 40 Hz 低频音调。移动前面板控件“频率 [Hz]”以提高频率。声音输出最高可以达到多高频率？您最高可以听到多高频率？试着挡住端口（矩形孔）– 这对不同频率的声音有何影响？

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO；重置 myRIO 会导致所有数字 I/O 针脚恢复输入模式。

故障解决提示：未能听到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- 晶体管方向正确无误：晶体管有一侧为圆形；
- 二极管方向正确无误：若二极管方向装反，蜂鸣器/扬声器线圈永远达不到接通所需的电压等级。

11.2 接口原理

接口电路：蜂鸣器/扬声器包含让小尺寸膜片形成振动的电磁线圈。线圈电流约为 80 mA，远超 NI myRIO 数字输出驱动电流限值。接口电路使用 NPN 晶体管作为接通和关闭线圈电流的开关，并使用一个二极管包含晶体管免受晶体管突然切断线圈电流时产生的反电动势峰值电压的伤害。

观看视频“[蜂鸣器/扬声器特性](https://youtu.be/81bTWH9MpV0)”（youtu.be/81bTWH9MpV0, 5:14），详细了解蜂鸣器/扬声器特性和接口电路设计原理，包括：改变晶体管大小以承受继电器线圈电流、使用二极管消除反电动势峰值的重要性，以及采用内部上拉电阻（MXP 连接器）和内部下拉电阻（MSP 连接器）的 DIO 的电路拓扑。

LabVIEW 编程：观看视频“[PWM Express VI](https://youtu.be/mVN9jfwXlel)”（youtu.be/mVN9jfwXlel, 2:41），了解如何使用 PWM Express VI（PWM = 脉冲宽度调制）以频率范围 40 Hz 到 40 kHz 在 B/PWM0（针脚 27）上建立可调脉冲宽度的方波输出。

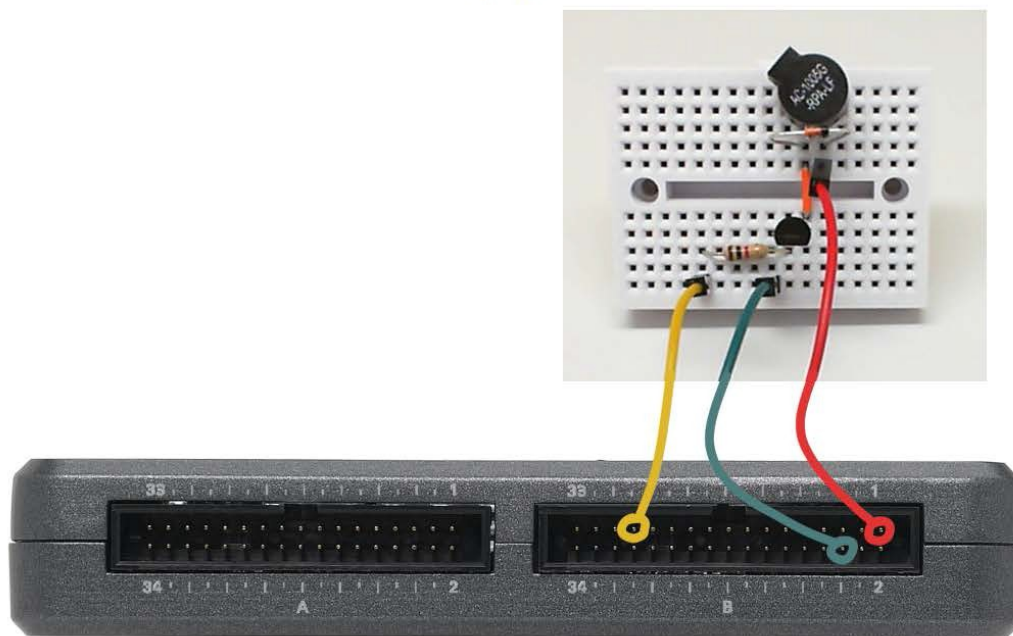
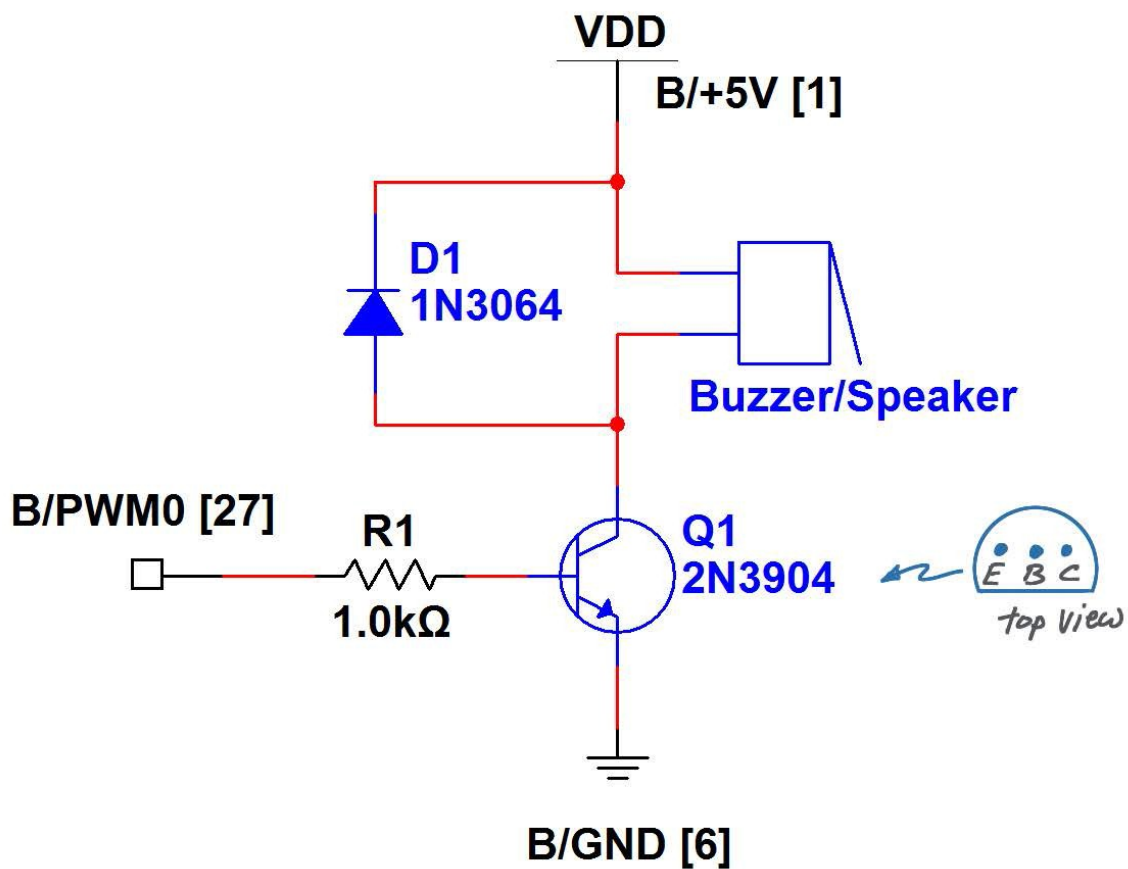


图 11.2: 蜂鸣器/扬声器演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

11.3 基本修改

观看视频 “*Buzzer/speaker Demo 指导*” (youtu.be/kW4v16GuAFE, 2:06), 了解 Buzzer-Speaker demo 的设计原理, 然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改:

1. 添加一个前面板控件, 以调整波形脉冲宽度 (所谓的 “占空比”), 幅度为 0% 到 100%。窄脉冲 (低占空比) 对各种频率的音调质量有何影响?
2. 使用布尔型前面板控件创建作为使能信号的双音调警报信号。回顾第 7 页第 2.3 节介绍的 Discrete LED demo.lvproj, 了解如何建立双态振荡器。

11.4 集成项目构想

现在, 您已经学会了如何使用蜂鸣器/扬声器, 接下来请考虑将蜂鸣器/扬声器与其他设备集成, 以建立完整项目。例如:

- *音乐制作器* (56)
- *NTP 时钟* (43)

11.5 更多详情

- *产品* (由 Soberton Inc. 提供) ~ 探索与 NI myRIO 起步附件包中的蜂鸣器/扬声器相关的产品:

<http://www.soberton.com/products>

12 电机

图 12.1 展示了低压直流电机的图片，这种电机能为驱动小风扇和旋转小重量物体提供足够机械动力。虽然电机电压相对较低（1.5V 到 4.5V），不过在阻转（阻挡转动）状态下，电流可以高达几百毫安甚至几安。出于这个原因，功率场效应晶体管被用作电机驱动器。图12.1 展示了 NI myRIO 起步附件包中包含的直流电机。



图 12.1: NI myRIO 起步附件包直流电机。

学习目标：完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述直流电机工作原理；
2. 调整功率晶体管大小，在不同负载情况下驱动电机；
3. 保护晶体管免受晶体管接通/切断电机电流时产生的反电动势峰值电压的损害；

4. 设计电源电平转移电路，范围为 3.3V 到 5V；
5. 设计接口电路，与采用上拉电阻或下拉电阻的数字输出配合使用。

12.1 组件演示

按照以下步骤演示电机的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- 直流电机， http://www.mabuchi-motor.co.jp/cgi-bin/catalog/e_catalog.cgi?CAT_ID=ff_180phsh
- 1N4001 通用整流器， <http://www.vishay.com/docs/88503/1n4001.pdf>
- ZVN2110A N 通道增强型场效应晶体管， <http://www.diodes.com/datasheets/ZVN2110A.pdf>
- ZVP2110A P 通道增强型场效应晶体管， <http://www.diodes.com/datasheets/ZVP2110A.pdf>
- IRF510 N 通道增强型功率场效应晶体管， <http://www.vishay.com/docs/91015/sihf510.pdf>
- 实验板
- M-F 系列跳线（4 根）

建立接口电路：请参阅对开页图 12.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。接口电路需要四条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. 5V 电源 → B/+5V（针脚 1）
2. 3.3V 电源 → B/+3.3V（针脚 33）
3. 接地 → B/GND（针脚 30）
4. 电机控制 → B/DIO8（针脚 27）

运行演示 VI：

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“Motor demo”子文件夹中的项目 Motor demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：点击 DIO 状态按钮将数字输出状态设置为低，此时电机应以高速旋转，然后再次点击此按钮控制电机停止。请注意，电机驱动器接口电路为低电位有效。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO；重置 myRIO 会导致所有数字 I/O 针脚恢复输入模式。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；

- 晶体管方向正确无误：认真照针脚图连接每个晶体管；尤其注意，IRF510 的栅极引脚位于一侧而非像低功率场效应晶体管那样位于中间；
- 整流器方向正确无误：若整流器方向装反，电机将永远达不到接通所需的电压等级。

12.2 接口原理

接口电路：空载时，电机约需要 180 mA (3.3 V)，以最高效率运行时，则需要 1000 mA，这比三个 NI myRIO 连机器加起来能提供的最大电流还要高两倍。由于电机电阻小于 1 Ω，当由于负荷过大或转子被阻挡，导致电机阻转时，电机会产生更高的电流需求。因上述原因，我们采用 IRF510 N 通道增强型功率场效应晶体管作为高电流固态开关来操控电机。IRF510 栅极-源极阈值电压 $V_{GS(th)}$ 范围为 2 V 至 4 V，而 NI myRIO DIO 输出电压仅为 3.3 V，不足以使 IRF510 导通。两个低功率场效应晶体管被布置为由 5V 电源供电的标准 CMOS 逻辑反向器，它能够发挥 3.3V-5V 电平转移器作用，从而确保 IRF510 栅极电源为 0V（关）或 5V（开）。

观看视频“电机连接原理”（youtu.be/C_22XZaL5TM, 6:49），详细了解电机工作原理和接口电路设计原理，包括：根据不同负载情况下的电机电流改变功率晶体管大小、使用整流器消除反电动势电压峰值的重要性、3.3V-5V 电平转移电路，以及将接口连接到采用集成下拉电阻的 MSP 连接器必须要做的修改。

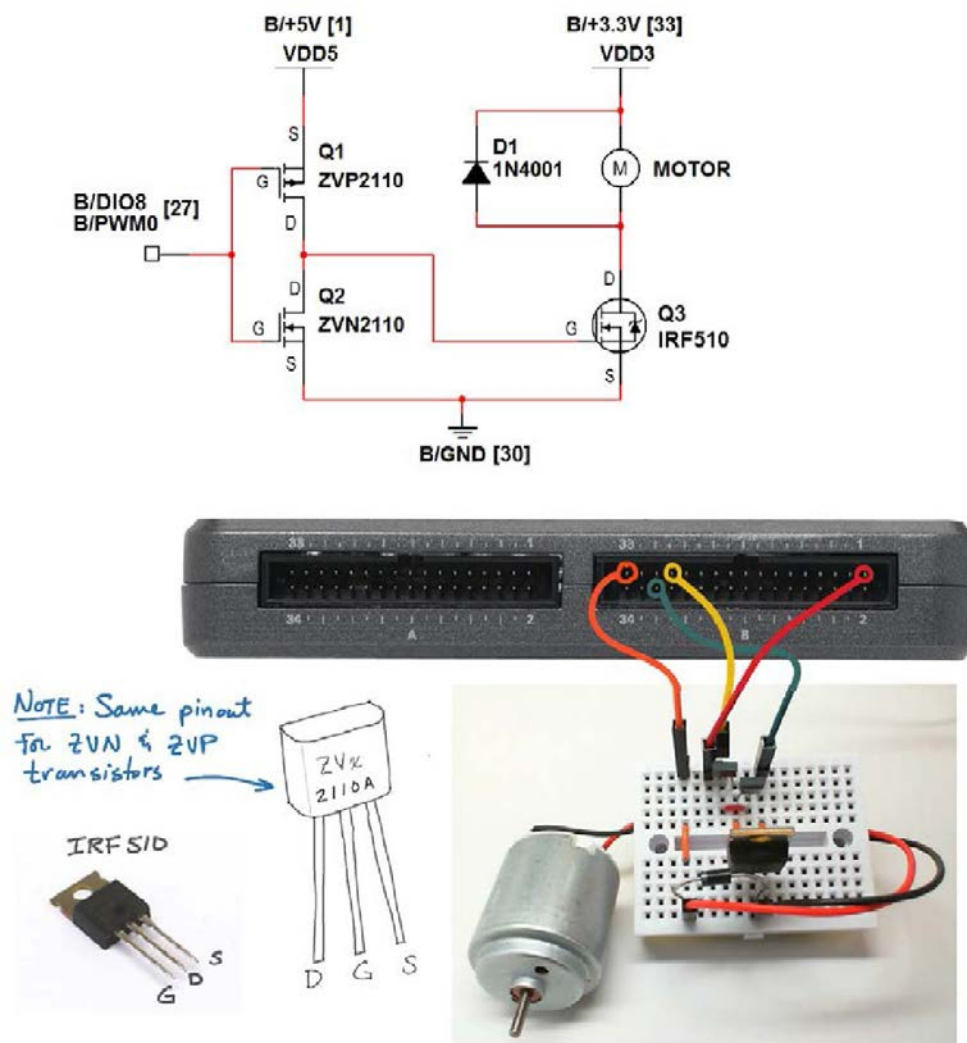


图 12.2: 直流电机演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

LabVIEW 编程：观看视频“*PWM Express VI*”（youtu.be/mVN9jfwXleI, 2:41），了解如何使用 PWM Express VI 创建脉冲宽度调制方波，以便在电机运转时调整其转速。

12.3 基本修改

观看视频“*Motor Demo 指导*”（youtu.be/UCqFck0CLpc, 1:56），了解 Motor demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

- 按如下步骤让电机运转速度可调：
 - 将现有 Digital Output Express VI 换为 PWM Express VI。为 PWM 通道选择 B/PWM0，与 B/DIO8（针脚 27）相同的连接器针脚。选择剩余对话框选项，让频率和占空比均可作为输入项提供；
 - 为每项创建前面板指针式滑动控件；右击每个控件并选择“Visible items”和“Digital display”；
 - 右击频率控件，依次选择“Scale”、“Mapping”和“Logarithmic”。另外，双击频率控件的上限并输入“40000”，然后通过类似操作将下限设为“40”。

测试占空比和频率。在频率多高时，可听到的 PWM 噪音最小并让您能最大限度地减慢电机速度？电机停止后，您在重新启动电机时发现什么现象？如果您手边有 DMM 电流计，可以观察在不同情况下（包括机械负荷、空转和启动时）通过电机的电流。

- 根据电机控制接口为低电位有效这一事实添加更多节点。也就是，您希望在占空比为 0 % 时关掉电机，而不是像现在这样达到最大速度。

- 添加一个作为电机使能信号的布尔型前面板控件。尝试使用“Programming | Comparison”子面板下的“Select”节点将占空比设为 0 或前面板占空比控件的值。
- 断开电机控制线路并重新连接到 MSP 连接器 C 上的 C/PWM0（针脚 14）；同时将 VI 调整为适用于此通道。由于内部下拉电阻原因，您应观察到电机启动。现在，使用电机控制线路和 +5V 电源之间连接的 4.7 k Ω 外部上拉电阻抵消内部下拉电阻的影响。现在，NI myRIO 首次通电时或执行 myRIO 复位后，电机应保持关闭。

12.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用直流电机，接下来请考虑将直流电机与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *转速计* (50)
- *开关控制系统* (52)

12.5 更多详情

- *有刷直流电机基础知识*（由 Microchip 提供）~ 了解直流电机工作原理、驱动电路、H 桥方向控制，以及通过霍尔效应传感器反馈控制速度：

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00905B.pdf>

13 旋转编码器

旋转编码器又称为正交编码器，由一个旋钮和两个随旋钮旋转交错接通和闭合的两个开关组成。通过对开关波形进行适当解码可以感知旋钮角度和旋转方向。图 13.1 展示了 NI myRIO 起步附件包中包含的旋转编码器的图片。



图 13.1: NI myRIO 起步附件包旋转编码器。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 论述与旋转编码器相关的基本概念：
 - (a) 正交波形 A 和 B；
 - (b) 通过 NI myRIO 内置编码器输入和相关 LabVIEW VI 编码器指示计数（位置）和方向；
 - (c) 开关抖动，需要通过抖动消除电路确保可靠操作；
2. 连接旋转编码器“共用”端子，与采用上拉电阻或下拉电阻的数字输入配合使用。

13.1 组件演示

按照以下步骤演示旋转编码器的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- 旋转编码器， <http://www.mantech.co.za/Datasheets/Products/F-11E.pdf>
- 电阻 (10 k Ω) (2 个)
- 0.01 μ F 瓷片电容，标有“103” (2 个)， <http://www.avx.com/docs/Catalogs/class3-sc.pdf>
- 实验板
- M-F 系列跳线 (5 根)

建立接口电路： 请参阅第 53 页图 13.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。

提示：将旋转编码器任一侧的两个卡舌放平，确保旋转编码器齐平地放在实验板表面上。

旋转编码器接口电路需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. 编码器 A → B/ENC.A（针脚 18）
2. 编码器 A → B/DIO0（针脚 11）
3. 编码器 B → B/ENC.B（针脚 22）
4. 编码器 B → B/DIO1（针脚 13）
5. 编码器 COM → B/GND（针脚 20）

运行演示 VI：

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“Rotary Encoder demo”子文件夹中的项目 Rotary Encoder demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后。
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：演示 VI 显示编码器 A 和 B 开关状态“开路”或“闭合”。缓慢顺时针旋转编码器转轴，您会观察到开关状态按以下顺序变化：“A”开关状态为闭合，“B”开关状态为开路，然后两个开关都变为闭合，再然后 A 变为开路，B 变为闭合，最后两个开关再次都变为开路。

您还会发现，当编码器转轴位于十二个缓冲档位并处于静止状态时，两个开关均会处于开路状态。如果以逆时针方向旋转转轴，您会发现开关状态变化顺序类似，不过最初状态为开关 B 闭合。

演示 VI 中还提供一个针对 A/B 开关转换的计数器，编码器在顺时针方向转一下，计数会增加四，在逆时针方向转一下，计数会减小四。前面板指示器也会显示计数器方向。点击“Reset Counter”控件可将计数器清零；再次点击则可继续计数。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- MXP 连接器端子正确无误：确保您使用的是连接器 B，并且针脚连接正确无误。

13.2 接口原理

接口电路：旋转编码器将转轴转动行为转换为开关开路/闭合模式配对，也就是所谓的正交编码。名为 A 和 B 的这对开关直接连接到与标准数字输入/输出 (DIO) 端子共用的四个 NI myRIO 编码器输入之一。Encoder Express VI 对开关模式进行解码，从而生成计数值和计数器方向。这些输出能够指示旋转编码器转轴自计数器上次初始化以来，位置的相对变化。

注意：B/DIO0 和 B/DIO1 上的其他连接只是为了提供观察开关活动的另一种方式；这些连接并非进行解码所必需的连接。

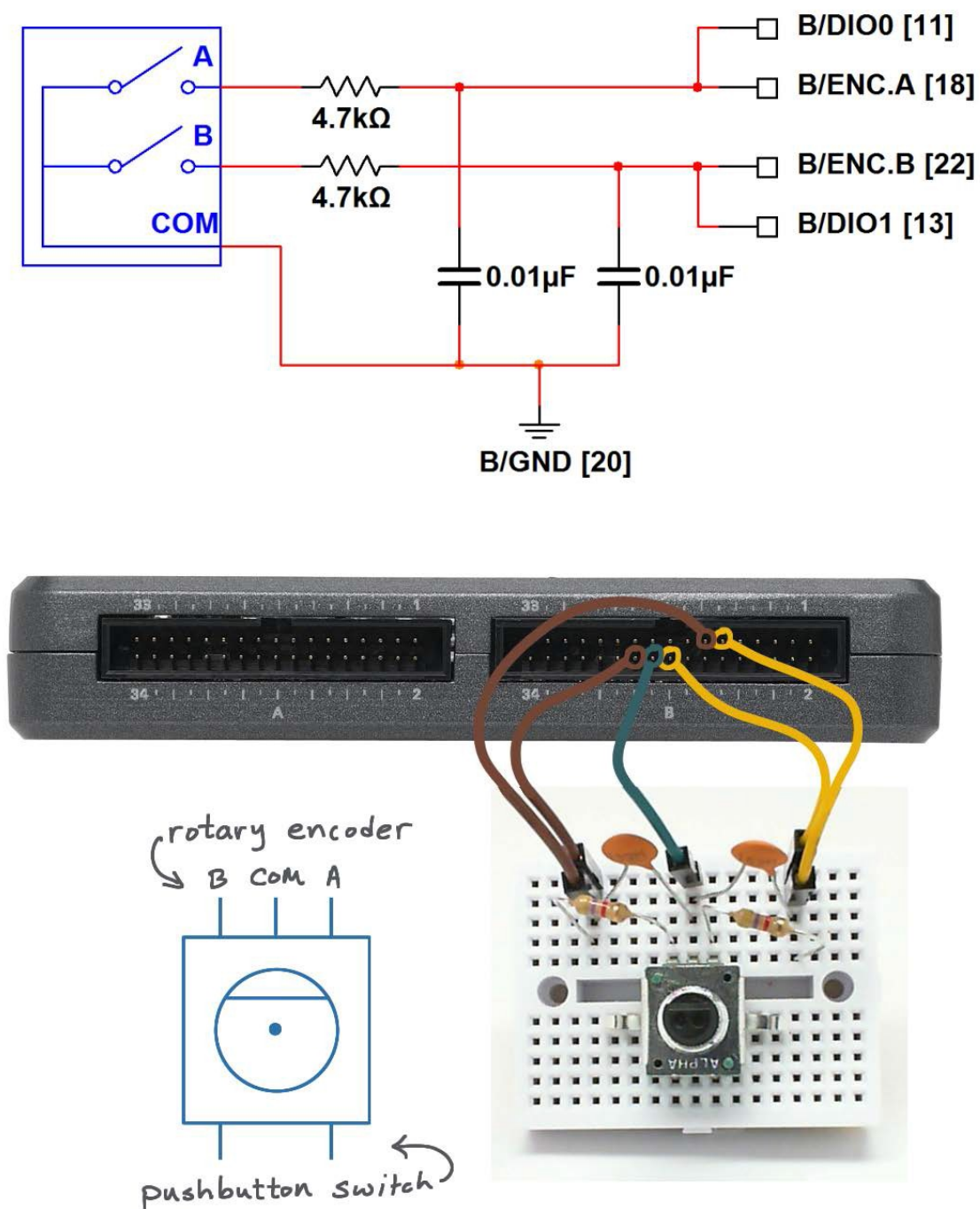


图 13.2: 旋转编码器演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

观看视频“*旋转编码器连接原理*” (youtu.be/CpwGXZX-5Ug, 10:08), 了解旋转编码器的工作原理、开关 A 和开关 B 生成的正交波形、NI myRIO MXP 和 MSP 连接器的连接技术, 以及如何处理开关抖动 (若忽视这个问题的话, 可能会导致开关波形错误解码)。

13.3 基本修改

观看视频“*Rotary Encoder Demo 指导*” (youtu.be/nmGIrQhQ6Rw, 3:15), 了解 Rotary Encoder demo 的设计原理, 然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改:

1. 暂时从电路中断开两个电容器, 从而移除抖动消除电路。实验不同的转轴旋转速度, 看看旋转速度和技术错误之间有无任何关系。替换电容器, 看看是否会带来任何计数错误 (请记住, 每转到一个缓冲档位应对应四个计数)。
2. 创建前面板指示器, 显示编码器转轴转了多少圈。
3. 通过“myRIO | Onboard | Button Express VI”再添加一个板载按钮作为重置计数器值的方式。
4. 添加两条接线以使用解码器上的按钮。

13.4 集成项目构想

现在, 您已经学会了如何使用旋转编码器, 接下来请考虑将旋转编码器与其他设备集成, 以建立完整项目。例如:

- *线控驾驶* (44)

13.5 更多详情

- *使用 CompactRIO 和 LabVIEW FPGA 估计正交编码器速度和加速度* (由 National Instruments 提供) ~ 对正交编码器的极佳概述:
<http://www.ni.com/white-paper/3921/en>
- *旋转编码器中的正交编码* (由 Robot Room 提供) ~ 剖析旋转编码器内部构造, 更好地了解其工作原理; 另请参阅本文中相邻的几页:
<http://www.robotroom.com/Counter5.html>
- *旋转编码器: 通过硬件消除抖动、通过软件消除抖动, 还是不采取抖动消除措施?* (由 HiFiDUINO 提供) ~ 有关旋转编码器开关抖动问题的精彩论述, 其中提供了硬件和软件解决方案:
<http://hifiduino.wordpress.com/2010/10/20/rotaryencoder-hw-sw-no-debounce>

14 光中断器

光中断器也被称作光栅，通过结合生成可见光路径的红外 LED 发射器和一个红外线检测器感知光路径何时被中断。通过与计时器和交替变为透明和不透明的适用目标结合使用，光中断器可被用作测量位置和速度的基本装置。图 14.1 展示了 NI myRIO 起步附件包中包含的光中断器的图片。



图 14.1: NI myRIO 起步附件包光中断器。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 为红外发射器调整限流电阻的大小；
2. 应用基于软件的边界检测，对光中断事件进行计数。

14.1 组件演示

按照以下步骤演示光中断器的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- 光中断器， <http://sharpmicroelectronics.com/download/gp1a57hr-epdf>
- 电阻 (470 Ω)
- 实验板
- M-F 系列跳线 (3 根)

建立接口电路: 请参阅下页图 14.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。光中断器接口电路需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 B (见第 233 页图 A.1) 的连接：

1. +5V 电源 \rightarrow B/+5V (针脚 1)
2. 接地 \rightarrow B/GND (针脚 6)
3. 光中断器输出 \rightarrow B/DIO0 (针脚 11)

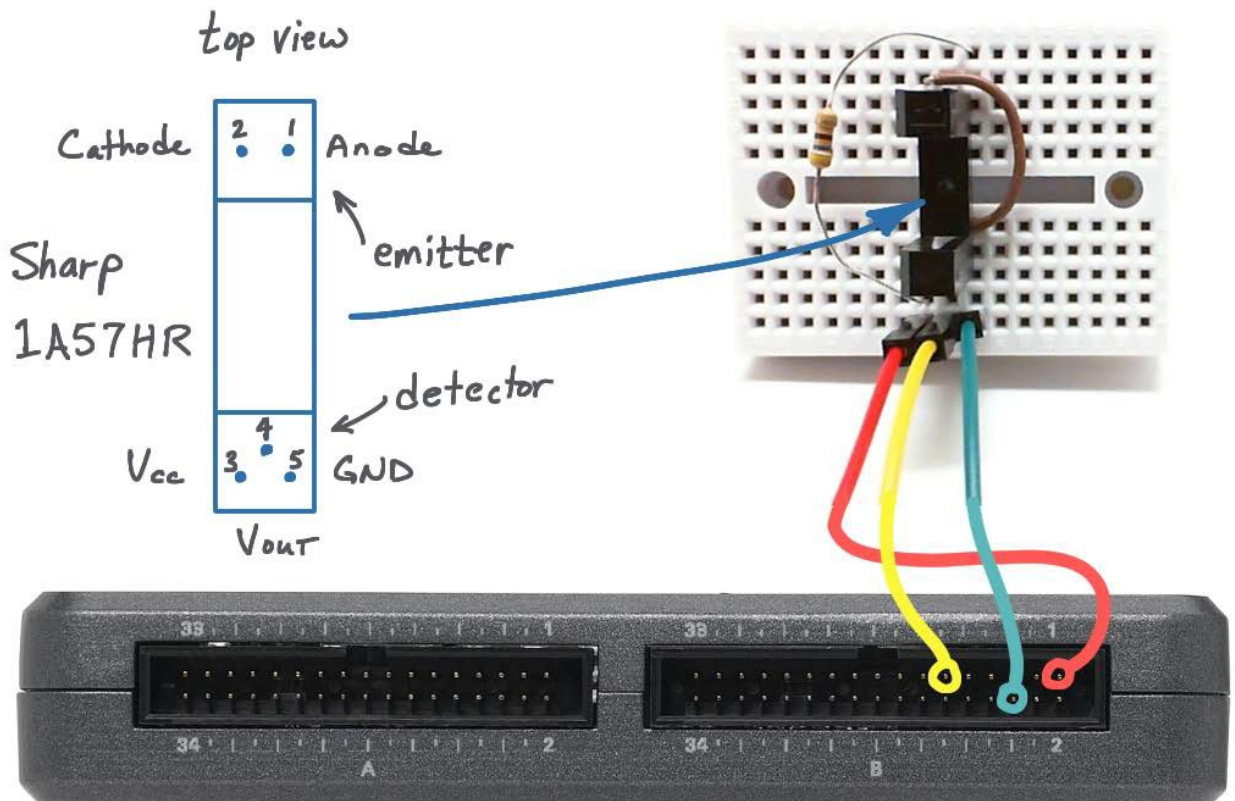
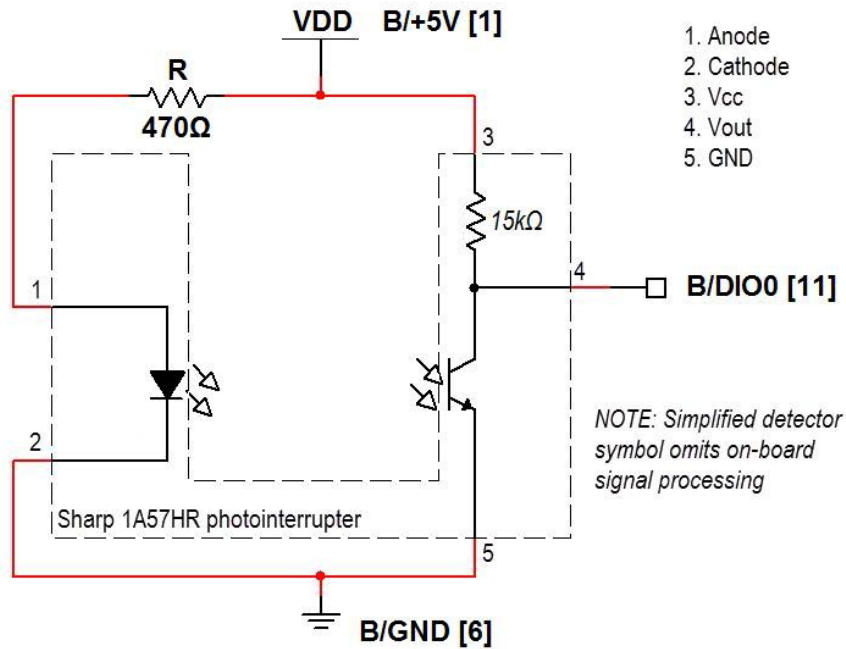


图 14.2: 光中断器演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Photointerrupter demo”子文件夹中的项目 Photointerrupter demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮(加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后。
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署(下载)到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 显示光中断器输出状态和事件计数。状态通常为高。使用不透明卡片、指尖和一张纸遮挡光中断器可见光路径。不透明度要达到多高, 光中断器才能触发事件计数器?

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 B, 并且引脚连接正确无误;
- 电阻值正确: 确保使用的是 470 Ω 电阻(黄-紫-棕)而非 470 k Ω 电阻(黄-紫-黄)。

14.2 接口原理

接口电路: 光中断器在缺口一侧放置一个红外 LED 作为光发射器, 在另一侧放置具有信号调节电路的光探测器。输出通常为 5V, 当光路被遮挡时变为 0V。光中断器输出可能与任何 NI myRIO 数字输入(MXP 和 MSP 连接器)直接关联。

观看视频“*光中断器特性*”(youtu.be/u1FVfEvSdkg, 4:59), 详细了解光中断器特性(包括电压输出详情, 以及为红外 LED 发射器调整限流电阻大小的要求)。

LabVIEW 编程: 观看视频“*Digital Input 低层次 VI*”(youtu.be/4nzt7THqU8U, 4:09), 了解如何使用低层次 Digital Input VI 感知光中断器的状态。

14.3 基本修改

观看视频“*Photointerrupter Demo 指导*”(youtu.be/yuzNb1ZDbv4, 3:22), 了解 Photointerrupter demo 的设计原理, 然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改:

1. 添加板载 LED Express VI (“myRIO | Onboard”子面板)作为边缘检测器输出指示器(与门)。确认当您遮挡光中断器可见光路径时, LED 短暂闪烁。
2. 测量并显示光中断器事件之间跨越的时间: 在选择结构中使用 Elapsed Time Express VI (“Programming | Timing”子面板), 结合与边缘检测器输出相连接的选择端口。

14.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用光中断器，接下来请考虑将光中断器与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 转速计 (50)

14.5 更多详情

- *如何设置光栅以收集数据？*（由 Vernier 提供）~ 查看多种使用光中断器进行基于时间的测量的方式（例如跨越的时间和速度）：
<http://vernier.com/tit/1623>
- *开关提示：光中断器开关*（由 Machine Design 提供）~ 将机械式按钮替换为基于光中断器的按钮，以提升可靠性和最大限度延长设备寿命：
<http://machinedesign.com/archive/switch-tips-photointerrupter-switches>

15 霍尔效应传感器

霍尔效应是根据电压变化感知磁场变化的有效方法。霍尔效应传感器能提供数字输出或模拟输出，前者能提供检测邻近性的多种应用和感知位置与速度，后者则可以映射磁体的磁场强度特征。图 15.1 展示了典型霍尔效应传感器的图片。

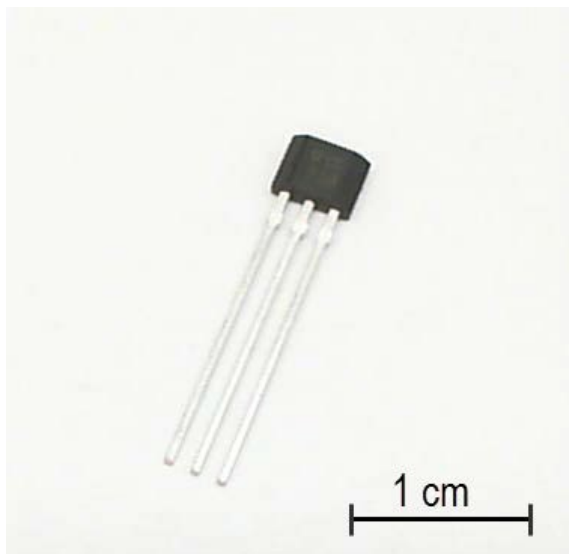


图 15.1: NI myRIO 起步附件包霍尔效应传感器。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 论述霍尔效应原理；
2. 论述两类霍尔效应传感器行为（闩锁和开关）；
3. 使用上拉电阻（MXP 连接器）或下拉电阻（MSP 连接器）将开集电极传感器输出连接到数字输入。

15.1 组件演示

按照以下步骤演示霍尔效应传感器的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- US1881 霍尔效应闩锁，<http://www.melexis.com/Hall-Effect-Sensor-ICs/Hall-Effect-Latches/US1881-140.aspx>
- 0.1 μF 瓷片电容，标有“104”，<http://www.avx.com/docs/Catalogs/class3-sc.pdf>
- 实验板
- M-F 系列跳线（3 根）

建立接口电路: 请参阅第 61 页图 15.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。霍尔效应传感器接口电路需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. +5V 电源 → B/+5V（引脚 1）
2. 接地 → B/GND（引脚 6）
3. 霍尔效应传感器输出 → B/DIO0（引脚 11）

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Hall-Effect Sensor demo”子文件夹中的项目 Hall-Effect Sensor demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮(加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署(下载)到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 显示霍尔效应传感器输出状态和最近施加到标记侧的磁极(北极或南极)。US1881 发挥门锁作用, 也就是说必须施加相对极性的磁极才能将门锁翻转到相反状态。请尽量多找些磁体(电冰箱磁体很不错), 实验传感器的敏感度(要距离磁体多近, 状态才会翻转)以及磁体上南北极的位置。您可以在磁体上检测到多少个不同的磁极位置? 答案会让您大吃一惊!

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;

- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 B, 并且引脚连接正确无误;
- US1881 方向正确无误: 若面对传感器标签侧, 从左到右应依次是 V_{DD} 端子、接地端子和输出端子。

15.2 接口原理

接口电路: 霍尔效应基于电子做切割磁场线运动时会受力这一原理。电流源在名为霍尔板的一个小半导体上生成电流, 当位于磁场中时, 电子会趋向于偏移至霍尔板一侧, 正电荷则留在霍尔板另一侧。US1881 上完整的霍尔效应传感器能够以电压形式感知电荷位移、执行信号放大等信号调节操作, 并指示感知到的磁极类型(采用的形式为适用于数字输入的漏极开路输出状态)。

观看视频“霍尔效应传感器连接原理”(youtu.be/T9GP_cnz7rQ, 9:48), 详细了解霍尔效应、各种类型的霍尔效应输出行为(门锁、开关和线性), 以及 MXP 和 MSP 连接器接口电路技术。

LabVIEW 编程: 观看视频“Digital Input 低层次 VI”(youtu.be/4nzn7THqU8U, 4:09), 了解如何使用低层次 Digital Input VI 感知霍尔效应传感器的状态。

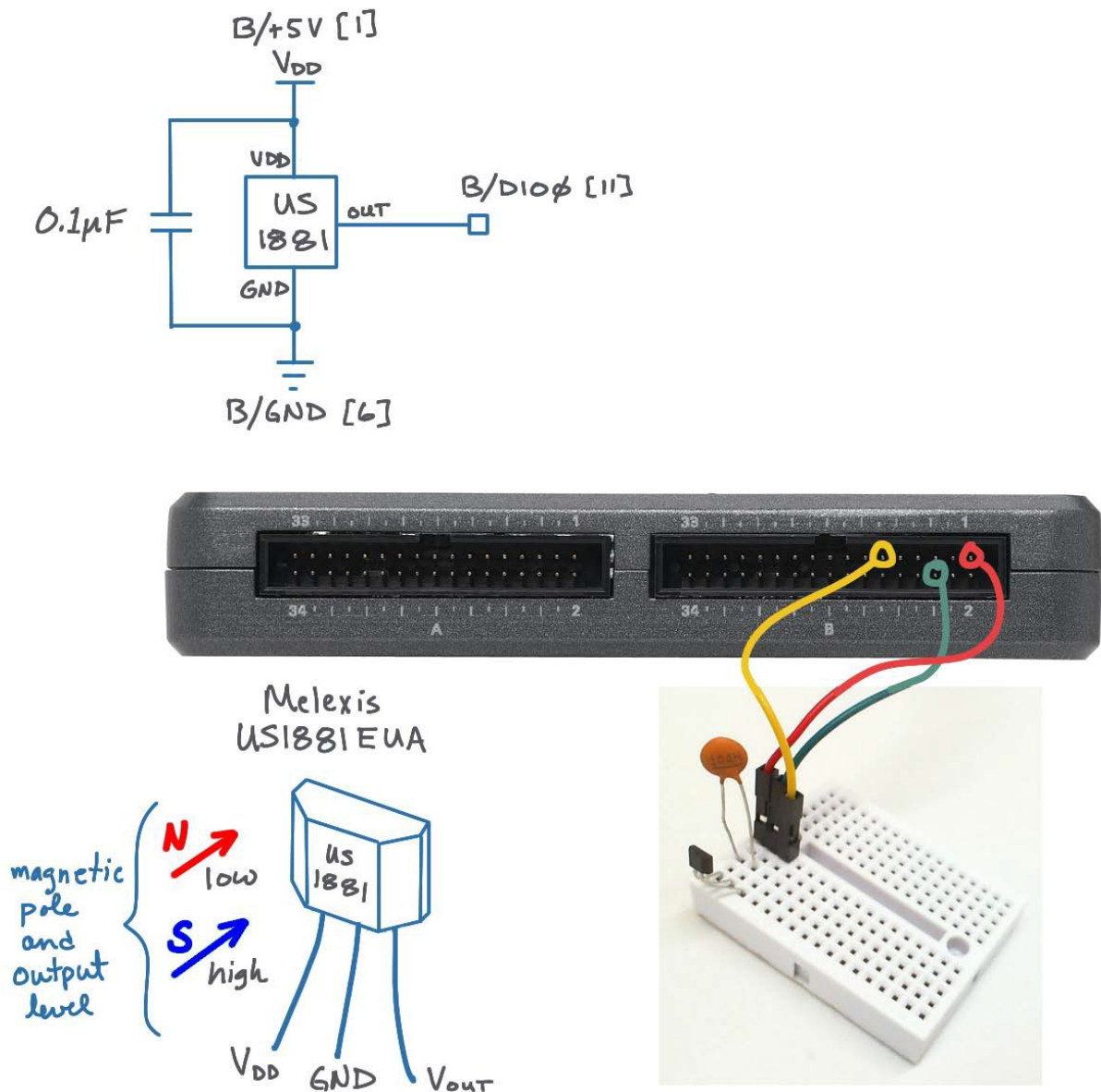


图 15.2: 霍尔效应传感器演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

15.3 基本修改

观看视频 “*Hall-Effect Sensor Demo 指导*” (youtu.be/BCJLg-WbIK4 , 2:36) , 了解 Hall-Effect Sensor demo 的设计原理, 然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改:

1. 添加板载 LED Express VI (“myRIO | Onboard” 子面板), 指示霍尔效应传感器输出状态。

15.4 集成项目构想

现在, 您已经学会了如何使用霍尔效应传感器, 接下来请考虑将霍尔效应传感器与其他设备集成, 以建立完整项目。例如:

- *手持仪表* (40)
- *无线传感器* (41)
- *数据记录仪* (42)
- *线控驾驶* (44)

15.5 更多详情

- *什么是霍尔效应?* (由 Melexis.com 提供) ~ 利用精彩动画展示电荷因磁场作用产生的移动:

<http://www.melexis.com/Assets/What-is-the-Hall-Effect-3720.aspx>

- *霍尔应用指南* (由 Melexis.com 提供) ~ 滑动开关、近距离传感器、旋转中断开关、按钮、流量计、液位传感、无刷直流电机换向等; 包括对磁体性质的详细介绍:

<http://www.melexis.com/Assets/Hall-Applications-Guide--3715.aspx>

- *异样诱惑: 各种霍尔效应传感器* (由 bildr.org 提供) ~ 通过视频展示门锁、开关和线性模式的行为:

<http://bildr.org/2011/04/various-hall-effect-sensors>

16 压电效应传感器

压电效应传感器将一层压电材料夹在两个板状电极之间。传感器变形时会产生电荷位移，就像是在两层板状电极之间施加了可测量的电压，就跟平板电容器差不多。压电效应传感器与电荷到电压转换器可以组成非常有用的传感器，能够检测撞击与振动。图 16.1 展示了 NI myRIO 起步附件包中包含的压电效应传感器。



图 16.1: NI myRIO 起步附件包压电效应传感器。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述压电效应；
2. 设计电荷到电压转换器，作为模拟输入接口电路；
3. 为不同应用（包括偏移传感器和高度敏感的振动/撞击传感器）设置电荷到电压转换器增益。

16.1 组件演示

按照以下步骤演示压电效应传感器的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- 压电薄膜传感器（DT 系列），
http://meas-spec.com/product/t_product.aspx?id=2478
- AD8541 轨到轨单电源运算放大器，
<http://www.analog.com/AD8541>
- 100 pF 瓷片电容，标有“101”，
<http://www.vishay.com/docs/45171/kseries.pdf>
- 0.001 μ F 瓷片电容，标有“102”，
<http://www.vishay.com/docs/45171/kseries.pdf>
- 电阻 (10 M Ω)
- 电阻 (10 k Ω) (2 个)
- 实验板
- M-F 系列跳线 (3 根)

建立接口电路: 请参阅下页图 16.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。压电效应传感器接口电路需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. +5V 电源 \rightarrow B/+5V（引脚 1）
2. 接地 \rightarrow B/GND（引脚 6）
3. 传感器输出 \rightarrow B/AIO（引脚 3）

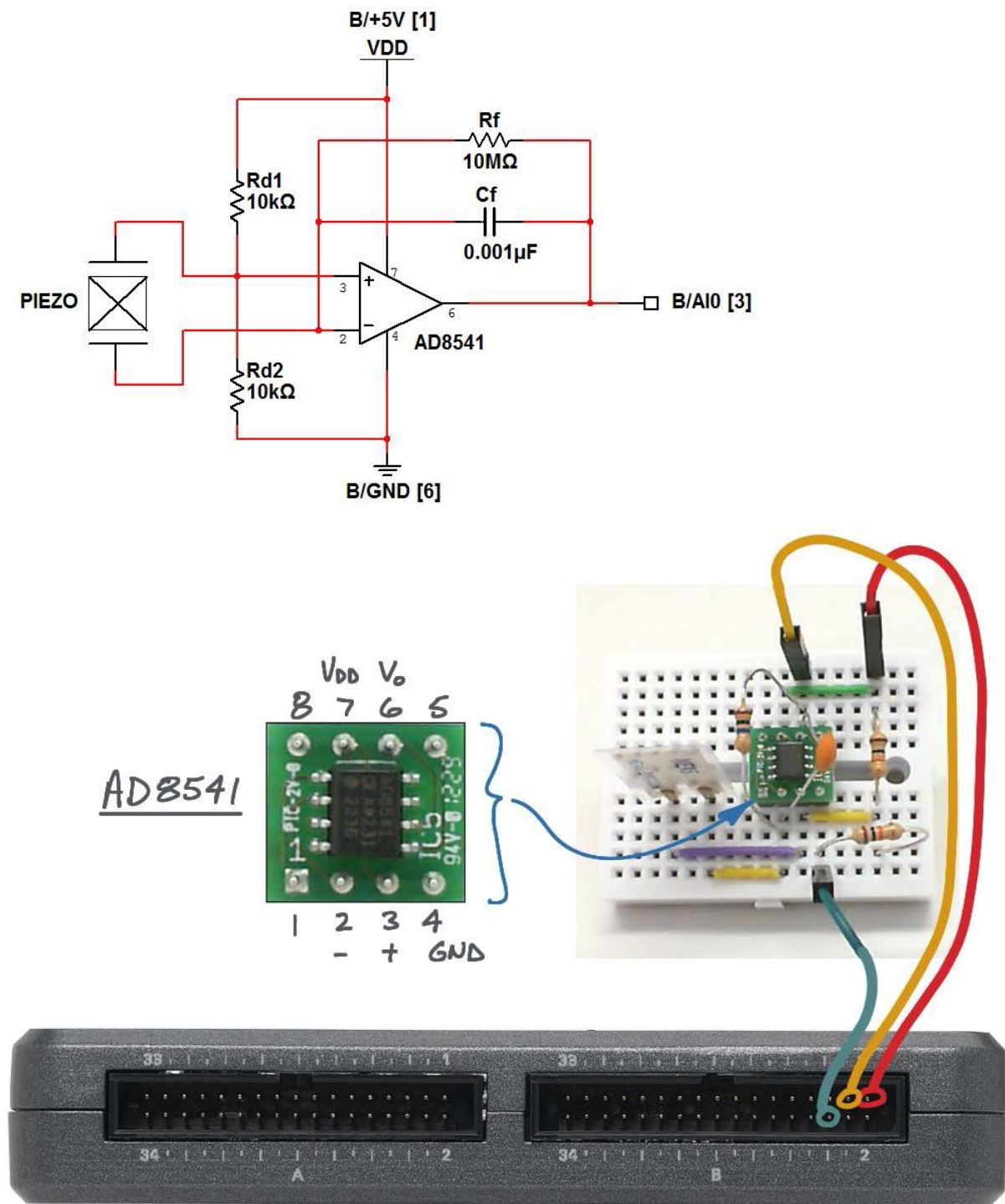


图 16.2: 压电效应传感器演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“Piezoelectric-Effect Sensor demo”子文件夹中的项目 Piezoelectric-Effect Sensor demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：演示 VI 展示压电效应传感器放大器输出，非常类似示波器图形。您应当观察到电压为接近 2.5V 的常量。弯曲光电传感器，您应当看到电压发生相应变化；观察朝不同方向弯曲传感器的效果有什么不同。接下来，尝试轻弹传感器和推挤实验板。您应当会看到与欠阻尼二阶系统类似的衰减正弦波。通过实验确定传感器的敏感度，即显示屏上能显示的最轻微干扰是怎样的？

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；

- 运算放大器接线正确无误：确保您理解 AD8541 的针脚分配图；
- MXP 连接器端子正确无误：确保您使用的是连接器 B，并且针脚连接正确无误。

16.2 接口原理

接口电路：当被弯曲时，压电效应传感器所起的作用就像是电荷泵（电流来源）。接口电路是基于运算放大器的**电荷到电压转换器**。

观看视频“[压电效应传感器连接原理](https://youtu.be/dHaPUJ7n-UI)”（youtu.be/dHaPUJ7n-UI, 5:13），了解压电效应和电荷到电压转换器，以及如何选择反馈电容器来控制传感器的敏感度。

16.3 基本修改

观看视频“[Piezoelectric-Effect Sensor Demo 指导](https://youtu.be/b1me4f-3iOE)”（youtu.be/b1me4f-3iOE, 2:54），了解 Piezoelectric-Effect Sensor demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 添加板载 LED Express VI（“myRIO | Onboard”子面板）作为“碰撞”指示器；使用“Programming | Comparison | In Range and Coerce VI”作为模拟输入 Read VI 的测试范围上限和下限。确认 LED 在您碰撞传感器后短暂闪烁。尝试通过以下一种或多种方法提高碰撞传感器的敏感度：

- 将反馈电容器更改为 100pF，从而将电荷-电源转换器增益提高 10 倍。
- 右击波形图 Y 轴，选择自动缩放模式，然后在传感器处于静止状态时观察传感器波形的最小值和最大值。使用此信息可以更准确地为 In Range and Coerce VI 设置阈值。
- 增加传感器突出部的重量（橡皮泥效果不错）。

尝试让碰撞指示器能够通过闪烁指示最轻微的扰动（例如轻敲桌子）。

16.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用压电效应传感器，接下来请考虑将压电效应传感器与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 无线传感器 (41)
- 数据记录仪 (42)

16.5 更多详情

- 压电碰撞和振动传感器基础知识（由 Digi-Key TechZone 提供）~ 检测可能会损坏设备的过大碰撞和振动：
<http://www.digikey.com/us/es/techzone/sensors/resources/articles/fundamentals-of-piezoelectric-sensors.html>
- 自行车防盗报警器电路图（由 Electronic Circuit Diagrams & Schematics 提供）~ 基于 NI myRIO 起步附件包中的压电效应传感器设计的报警器电路：
<http://circuitsstream.blogspot.com/2013/05/bicycle-anti-theft-alarm-circuit-diagram.html>
- 信号调节压电传感器（由 Texas Instruments 提供）~ 压电传感器工作原理和电路模型、电压模式放大器和电荷模式放大器电路：
<http://www.ti.com/lit/an/sloa033a/sloa033a.pdf>

第 II 部分

NI myRIO 机电一体化附件包

17 伺服电机

伺服电机（通常简称*伺服*）由直流电机、齿轮箱、电位器和电子控制器组成，可以相对精确地控制转轴的角度位置。伺服电机可以控制机械手、旋转传感器的扫描器和其他致动器的动作。伺服电机用在遥控飞机、汽车和船舶中已经有许多年，主要用于操纵控制面（副翼、升降舵、方向舵）和转向装置。图 17.1 展示了 NI myRIO 机电一体化附件包中包含的 GWS S03N STD 伺服电机；该附件包还包含可用作机器人传动系统的 GWS S35+ XF 连续旋转型传感器。

学习目标：完成本章中的活动后，您将能够：

1. 论述伺服电机反馈控制系统的主要组件：脉冲式命令输入、控制器、直流电机、齿轮箱和用作角度位置传感器的电位器；
2. 创建脉冲宽度调制 (PWM) 信号，以命令伺服电机花键转到所需角度；
3. 将任何非理想的角度位置偏移归零；
4. 解释标准伺服电机和连续操作型伺服电机之间的基本差异。



图 17.1：NI myRIO 机电一体化附件包附带的伺服电机。

17.1 组件演示

按照以下步骤演示伺服电机的正确操作。

从 NI myRIO 机电一体化附件包中选择以下器件：

- 伺服电机 GWS S03N STD，<http://gwsus.com/english/product/servo/standard.htm>
- M-F 系列跳线（3 根）

建立接口电路：请参阅下一页的图 17.2 显示的电路图；伺服电机需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. Vcc（红色）→ B/+5V（针脚 1）
 2. 接地（黑色）→ B/GND（针脚 6）
 3. 命令信号（白色）→ B/PWM0（针脚 27）
- 确定您使用了正确的伺服电机（GWS S03N STD）；NI myRIO 机电一体化附件包中包含了外观相似的连续旋转型伺服电机。

运行演示 VI：

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“Servo demo”子文件夹中的项目 Servo demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：演示 VI 包含一个用于调整伺服电机角度的指针式滑动控件。移动滑块，确认伺服轴相应转动。也可以使用 Page-Up 和 Page-Down 键移动滑动。哪个滑块值（正或负）对应顺时针运动？

伺服电机的备件包中包含各种“伺服臂”（也称为“伺服角”，见第 72 页图 17.3）。将双臂伺服角连接到伺服电机“花键”（伺服电机的齿轮形转轴），以便更容易看到伺服电机的旋转角度。

滑块刻度是用“满刻度百分比”(%FS)标定的。请估算与 100%FS 和 -100%FS 对应的伺服电机角度。使用滑块顶部的直接输入框输入步长变化范围（例如 +100%FS 到 -100%FS）；伺服电机在这两个角度之间转得有多快？

滑块的默认极限允许达到“越程”因数的 2 倍。伺服电机在哪些 %FS 值下达到旋转极限？

伺服电机的命令输入是可变宽度脉冲（在 -100%FS 时为 1.0 ms，在 +100%FS 时加倍到 2.0 ms）；中点脉冲宽度 1.5 ms（称为中位脉冲宽度）对应于 0%FS。必须以足够快的速度（但不能太快）重复脉冲。尝试将频率 [Hz] 控件调整到较低的频率（比如 10 Hz）和较高的频率（比如 200 Hz），而且每次都移动位置滑块，以命令伺服电机转到不同的角度。注意此控件下的两个指示器，它们指示发往伺服电机命令输入的信号的脉冲宽度和“占空比”（脉冲的工作时间百分比）。在这些频率极限下，伺服电机角度有何变化？通过实验确定能令人满意地控制伺服电机角度的频率范围。

断开伺服电机，换上连续旋转型伺服电机（GWS GWS S35+ XF）；此伺服电机使用略微不同的连接器：红色 = +5 V，棕色 = 接地，黄色 = 命令输入。研究此伺服电机的行为，并将结果与前面的结果进行比较。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

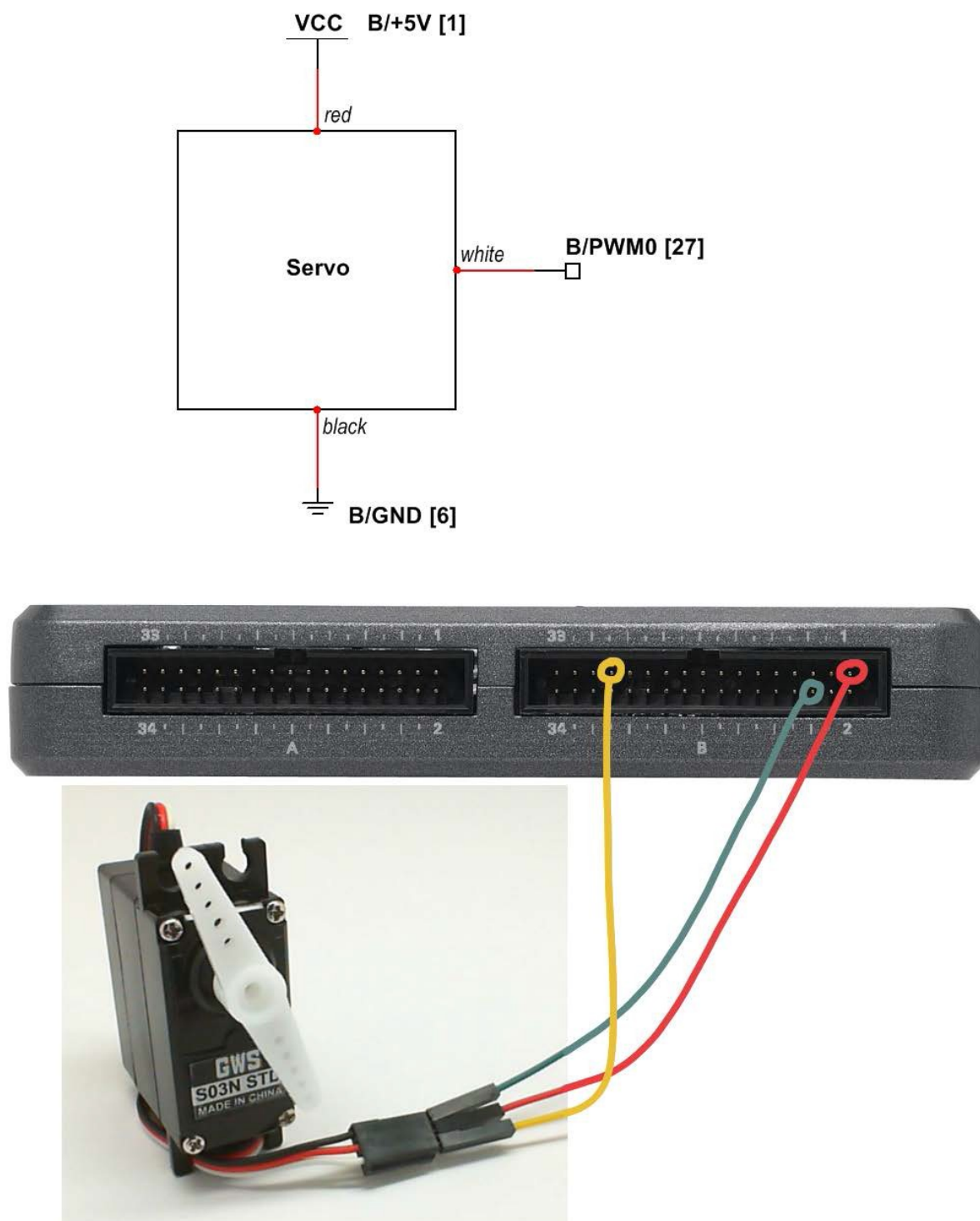


图 17.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的 GWS S03N STD 伺服电机的接线演示。



图 17.3: GWS S03N STD 附带的伺服电机控制角。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 B, 并且针脚连接正确无误;
- 伺服电机连接正确: 仔细检查连接, 确保红线连接到 +5V 电源、黑线连接到接地而且白线连接到 PWM0 输出。

17.2 接口原理

接口电路: 伺服电机按照命令输入 (宽度在 1.0 到 2.0 ms 之间变化的定期脉冲) 调整其轴角。介于这两个极限中间 (1.5 ms) 的脉冲宽度命令伺服电机转到中间 (居中) 位置。

伺服电机需要 5V 电源, 还需要一条与 NI myRIO 的其中一个脉冲宽度调制 (PWM) 输出端的连接。

观看视频“[伺服电机连接原理](https://youtu.be/DOu5AvSDP2E)” (youtu.be/DOu5AvSDP2E, 7:18), 了解伺服电机的应用、伺服电机的内部组件 (控制器、电机驱动电路、齿轮箱和电位器)、伺服电机反馈控制系统的工作原理和连续旋转型伺服电机的制造方法。

LabVIEW 编程: 观看视频“[PWM Express VI](https://youtu.be/mVN9jfwXleI)” (youtu.be/mVN9jfwXleI, 2:41), 了解如何使用 PWM VI 打开通往 PWN 输出的通道和设置脉冲宽度及脉冲重复率。

17.3 基本修改

观看视频“[Servo Demo 指导](https://youtu.be/QXHe0DFbUdc)” (youtu.be/QXHe0DFbUdc, 4:23), 了解 Servo demo 的设计原理, 然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改:

1. 添加必要的计算, 以旋转度数为单位标定指针式滑动控件的刻度。使用与零点偏移代码相同的方法, 但现在使用乘法比例因子 (请务必将反馈节点初始化为 1)。如下所示测试代码:
 - 将偏移归零;
 - 将伺服电机角度设置为零, 并记下伺服角臂的位置;
 - 调整伺服电机角度, 直至角臂旋转 +90 度;
 - 点击“scale”按钮, 松开它, 然后
 - 在指针式滑动控件的直接输入框中输入 90 度, 确认角臂正好从中心位置旋转 90 度。

2. 使伺服电机按照 *角度位置轨迹*（也即存储在数组中的角度序列）运动：
 - 将 while 循环替换为 for 循环（右击 for 循环 并 选择 “Conditional Terminal” 选项）；
 - 使用 “Signal Processing | Sig Generation” 子面板中的 “Sine Pattern” 发生器创建一个数组；为将在伺服角臂的整个可能行程范围内移动它的正弦模式选择幅度；
 - 将指针式滑动控件更改为指示器；
 - 通过 for 循环框架将 “Sine Pattern” 的输出连接到位置控制线。

17.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用伺服电机，接下来请考虑将伺服电机与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *线控驾驶* (44)
- *酒店客房保险箱控制器* (49)
- *扫描传感器* (51)
- *NTP 时钟* (43)

17.5 更多详情

- *致动器和伺服电机*（由机器人协会提供）~ 有关伺服电机的许多实践细节：
http://www.societyofrobots.com/actuators_servos.shtml
- *伺服控制*（由 PC Control Learning Zone 提供）~ 另一个优秀的伺服电机教程：
http://www.pc-control.co.uk/servo_control.htm

18 适用于 NI myRIO 的电机适配器和减速电机

适用于 NI myRIO 的电机适配器会使用脉冲宽度调制 (PWM) 转速控制直接连接至 MXP 端口，并将 H 桥电机控制器和电源管理器集成到可靠的解决方案，以便为两个直流电机提供动力。电机适配器和兼容的减速电机包含在 NI myRIO 机电一体化附件包（图 18.1）内。电机适配器支持的电机电压范围是 6 到 16 V，并且支持最高 1.5 A 的电流；可适应位置和转速控制的正交编码器反馈；可以感知波形电机电流和电压，以便进行监控；支持伺服电机和步进电机，并提供电流越限保护。

学习目标：完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述 H 桥工作原理；
2. 说明如何控制电机转速和旋转方向；
3. 画出顺时针和逆时针旋转时轴位置传感器的正交编码输出波形草图；
4. 应用 LabVIEW PWM Express VI 来控制电机转速；
5. 应用 LabVIEW Encoder Express VI 来测量电机轴位置和转速。



图 18.1: NI myRIO 机电一体化附件包附带的电机适配器和减速电机。

18.1 组件演示

按照以下步骤演示电机适配器和减速电机的正确操作。

从 NI myRIO 机电一体化附件包中选择以下器件：

- 适用于 NI myRIO 的电机适配器：
<http://store.digilentinc.com/motor-adapter-for-ni-myrio>

- 减速电机：<http://diligentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,403,625&Prod=MT-MOTOR>
- 小螺丝刀

您还需要 6 V 到 12 V 之间的直流电源；9 V 的电池效果也非常好。

建立接口电路：请参阅下一页上的图 18.2 中所示的图。只需按照演示将电机适配器连接至 MXP 连接器，然后依次连接减速电机和电源即可。使用小型 Phillips 或一字螺丝刀拧松和拧紧电机电源的电压连接器的螺丝。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开子文件夹“Motor Adapter & Geared Motor demo”中的项目 Motor Adapter & Geared Motor demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：增大 PWM 占空比滑块的值，直至电机开始旋转。您应看到电机旋转、“Counter Value”指示器的值朝着正方向增大，“Counter Direction”指示器显示“Counting Up”，而且电机电流和电压波形上的活动会显示。继续增大 PWM 占空比滑块的值，以加快电机转速。

降低电机转速，然后点击“Direction”按钮，反转电机方向。您应看到方向指示器的显示变为“Counting Down”，而且计数器值减小。

点击“Reset Counter”按钮，然后用电机转速进行试验。请注意，计数器现在充当转速指示器，它报告每隔 100 毫秒测量一次的“计数”次数。

尝试改变 PWM 频率滑动控件的值，以调整向 H 桥“使能”输入端施加脉冲的速度。寻找 PWM 频率与占空比之间的关系，特别是从以下几点出发：

1. 从零开始增大 PWM 占空比时，在哪个 PWM 频率范围下最容易启动已停止的电机？
2. 哪个 PWM 频率范围导致可听见的声音？
3. 哪个 PWM 频率范围最适合非常缓慢的旋转？

将电机转速恢复为零，然后重置计数器，并让“Reset Counter”开关保留“关闭”状态。手动旋转电机背面的磁体，观察“Counter Value”的显示。在磁体旋转一圈时，您看到多少个计数？

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；

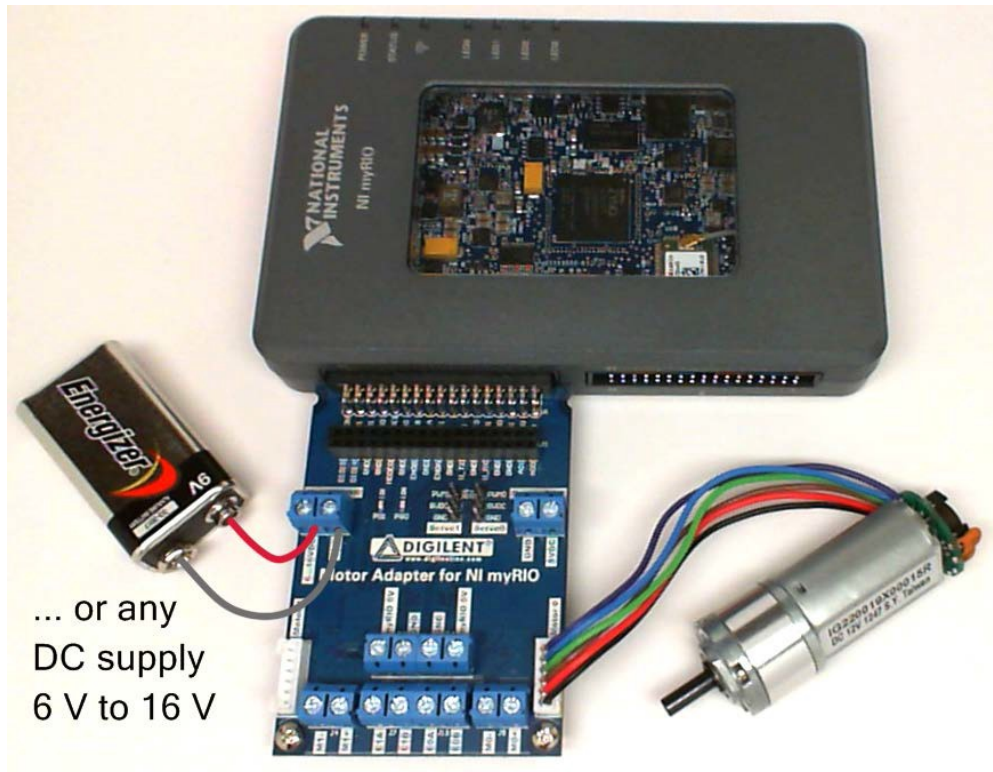


图 18.2: 电机适配器和减速电机演示电路: 已通过电机和电机电源连接连接至 NI myRIO MXP 连接器 A。

- MXP 连接器端子正确无误: 确保为电机适配器使用的是连接器 A;
- 直流电源端子正确无误: 仔细检查连接, 确保直流电源端子没有颠倒;
- 电机适配器主板上的“运行状况良好”LED 指示灯 (PG0 和 PG1) 亮起。

18.2 接口原理

接口电路: 适用于 NI myRIO 的电机适配器可以提供灵活可靠的方式, 将交流电机、伺服电机和步进电机连接至您的 myRIO。观看视频“适用于 NI myRIO 和减速电机的电机适配器连接原理” (youtu.be/bkiopa5nxiE, 8:54), 详细了解此主板的功能以及减速电机, 以便了解适配器的高电平功能行为、如何将电机和电源连接至适配器, 以及 MXP 接口处提供的各种控制和反馈/状态信号。

观看视频“H 桥和减速电机连接原理” (youtu.be/W526ekpR8q4, 11:26), 详细了解 H 桥工作原理、利用脉冲宽度调制 (PWM) 进行的转速控制、霍尔效应传感器和正交编码传感器信号, 以及使用传感器信号作为反馈对电机位置和转速进行的闭环控制的概述。本视频专门介绍了 PmodHB5 H 桥, 但其中的技术概念也全部适用于电机适配器。有关详情, 请查看第 165 页上的第 35 章。

LabVIEW 编程：观看视频“*PWM Express VI*”（youtu.be/mVN9jfwXlel, 2:41），了解如何使用 PWM Express VI 创建脉冲宽度调制方波，以便在电机运转时调整其转速。

18.3 基本修改

观看视频“*Motor Adapter for NI myRIO Demo 指导*”（youtu.be/wg8FQ7kEmdE, 8:08），了解 Motor Adapter & Geared Motor demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 确定齿轮箱输出轴转一圈时轴编码器计数的次数（提示：（提示：您需要知道齿轮箱减速比和传感器磁体转一圈时编码器计数的次数），然后添加框图代码，以度为单位显示齿轮箱输出轴的角度。
2. 添加一个显示器，以显示齿轮箱输出轴 RPS（每秒转数）。
3. 添加电机电压和电流前面板计；使用 AC & DC Estimator.vi（位于“Signal Processing | Signal Operation”子面板中）的“DC”输出。注意，此 VI 至少需要三个波形期，才能正确估算 DC 值。
4. 根据上一步测量的电压和电流输出，添加电机电源前面板计。研究电机电流、电压和功率在不同电机负荷下的变化。
5. 尝试进行伺服电机连接；查看第 69 页上的第 17 章，了解全部详情。注意，您可以将伺服电机电源端子模块“5VDC”连接至“myRIO 5V”，以使用 myRIO 为伺服电机提供电源。

6. 为故障（“FLT”）和运行状况良好（“PG”）状态信号添加布尔指示器。

18.4 更多详情

- *适用于 NI myRIO 的电机适配器参考手册*（由 Digilent 提供）~ 电机适配器参考手册：

https://reference.digilentinc.com/ni:mxp_motor_adapter:refmanual

- *适用于 NI myRIO Schematic 的电机适配器*（由 Digilent 提供）~ 电机适配器电路图：

https://reference.digilentinc.com/_media/ni:motoradapter_sch.pdf

- *A4973 全桥 PWM 电机驱动器*（由 Allegro 提供）~ 电机适配器中心的 H 桥电机驱动器数据表：

<http://www.allegromicro.com/en/Products/Motor-Driver-And-Interface-ICs/Brush-DC-Motor-Drivers/A4973.aspx>

- *TPS24711 2.5V 至 18V 高效功率限制热插拔控制器*（由 Texas Instruments 提供）~ 电机适配器所用的功率管理器数据表：

<http://www.ti.com/product/tps24711>

- *电机齿轮箱*（由 Digilent 提供）~ 您的项目需要更多减速电机？IG22 由 Digilent 提供：

<http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,403,625&Prod=MT-MOTOR>

- *IG22 减速电机数据表*（由 Sha Yang Ye 提供）~ 电机和行星齿轮箱的数据表：

<http://www.geared-motor.com/english/pdf/IG-22GM-01&02.pdf>

- 双通道编码器数据表（由 Sha Yang Ye 提供）~ 双通道正交编码器数据表：
<http://www.geared-motor.com/english/pdf/Magnetic-Encoders.pdf>

19 红外测距仪

红外测距仪使用一束反射的红外光来感测传感器与反射目标之间的距离。到物体的距离与红外测距仪输出电压的倒数成正比。红外测距仪的用途包括机器人测距和物体探测、接近感应以及无接触开关等。图 19.1 展示了 NI 机电一体化附件包附带的红外测距仪。



图 19.1: NI myRIO 机电一体化附件包附带的红外测距仪。

学习目标: 完成本章中的活动后, 您将能够:

1. 描述 SHARP GP2Y0A21YK0F 红外测距仪的功能;
2. 论述红外测距仪的工作原理;
3. 应用校准技术 (使用单次或多次测量)。

19.1 组件演示

按照以下步骤演示红外测距仪的正确操作。

从 NI myRIO 机电一体化附件包中选择以下器件:

- 红外测距仪, <http://www.digilentinc.com/Data/Products/IR-RANGE-SENSOR/IR%20Range%20Sensor%20rm.pdf>
- M-F 系列跳线 (3 根)

建立接口电路: 请参阅下一页图 19.2 中所示的电路图和实验板推荐布局。接口电路需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 B (见第 233 页图 A.1) 的连接:

1. 5V 电源 → B/+5V (针脚 1)
2. 接地 → B/GND (针脚 6)
3. 输出信号 → B/AIO (针脚 3)

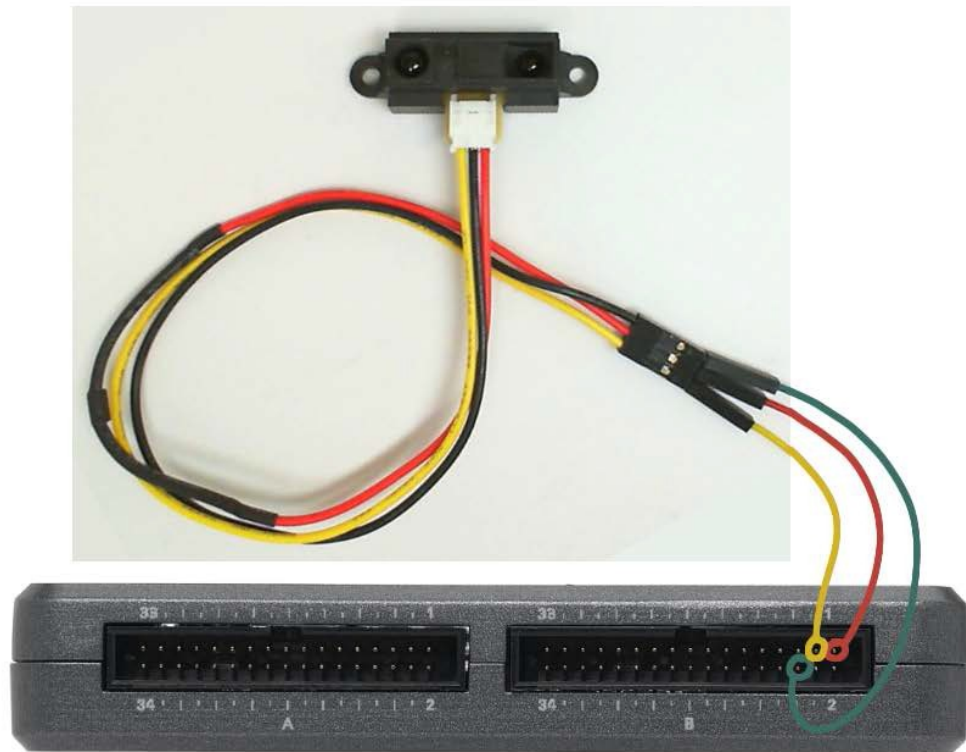
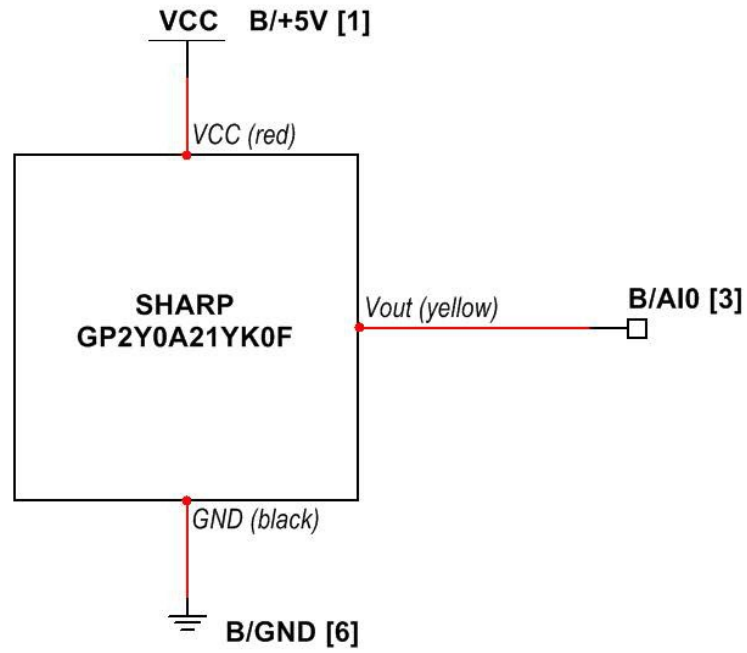


图 19.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的红外测距仪的接线演示。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开 IR Range Finder demo 子文件夹中的项目 IR Range Finder demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 显示红外测距仪输出电压以及与反射目标的距离 (以厘米为单位)。使用米尺或码尺测量从传感器背面到反射目标 (放置在 0 cm 到 80 cm 之外) 的距离。将测出的距离与已知距离进行比较; 这两个值的相符程度如何?

记录将目标放在已知距离 R (介于 10 cm 到 40 cm 之间) 处时的传感器电压 V_O , 计算校准比例因子 $K_{scale} = R \times V_O$, 然后将此值输入到 Kscale [cm-V] 前面板控件中。重复前面的测距操作; 是否注意到测量精度有所提高?

尝试将目标移到 10 cm 之内。您应注意到, 即使目标明显离传感器很近, 但测出的距离仍然开始增大。通过确保将传感器装在与最近的目标至少相距 10 cm 的地方, 可以减轻这种非理想的行为。例如, 对于机器人平台, 将传感器装在靠近平台内部而不是边缘的地方。

使用智能手机的摄像头或网络摄像头来观看红外距离传感器。红外光在此类数字图像传感器上呈现为蓝色。传感器的哪一面是红外发射器?

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO; 重置 myRIO 会导致所有数字 I/O 针脚恢复输入模式。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 B, 并且针脚连接正确无误。

19.2 接口原理

接口电路: SHARP GP2Y0A21YK0F 红外测距仪产生的输出电压 V_O 与测距仪到反射目标的距离成反比。

观看视频“*红外测距仪连接原理*” (youtu.be/Xwr-j-2WT3k, 9:59), 详细了解红外测距仪, 包括功能、工作原理、根据相似三角形的几何原理利用传感器电压计算距离以及使用单次或多次测量技术校准传感器。

LabVIEW 编程: 观看视频“*Analog Input Express VI*” (youtu.be/N6Mi-VjBlmc, 2:00), 了解如何使用 Analog Input Express VI 测量分压器的主输出。

19.3 基本修改

观看视频“*IR Range Finder Demo 指导*”（youtu.be/BFgeIRQxJ_E，3:51），了解 IR Range Finder demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 添加一个用于禁用或启用平均函数的布尔控件。
2. 以英寸而不是厘米为单位显示距离。
3. 添加接近探测功能：当距离小于在前面板上输入的阈值时，点亮板载 LED。
4. 添加一个布尔指示器，在距离超过 80 cm 时指示“超出距离”。
5. 添加增强型接近探测功能：用三个板载 LED 分别指示“在距离内”、“太近”和“太远”。

19.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用红外测距仪，接下来请考虑将红外测距仪与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *手持仪表* (40)
- *无线传感器* (41)
- *数据记录仪* (42)
- *线控驾驶* (44)
- *扫描传感器* (51)

19.5 更多详情

- *红外距离传感器参考手册*（由 Diligent 提供）~ *红外测距仪参考手册*：
<http://www.diligentinc.com/Data/Products/IR-RANGE-SENSOR/IR%20Range%20Sensor%20rm.pdf>
- *GP2Y0A21YK0F 数据表*（由 SHARP Micro-electronics 提供）~ *GP2Y0A21YK0F 测距传感器单元数据表*：
http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk_e.pdf

20 声波测距仪

声波测距仪测量从目标反射（传回）的、超出人耳听觉 (42 kHz) 的短声脉冲的往返飞行时间。将飞行时间乘以空气中的声速将获得目标距离。声波测距仪的用途包括非接触性测距、物体探测、接近感应和机器人领域测绘等。图 20.1 展示了 NI 机电一体化附件包附带的声波测距仪。

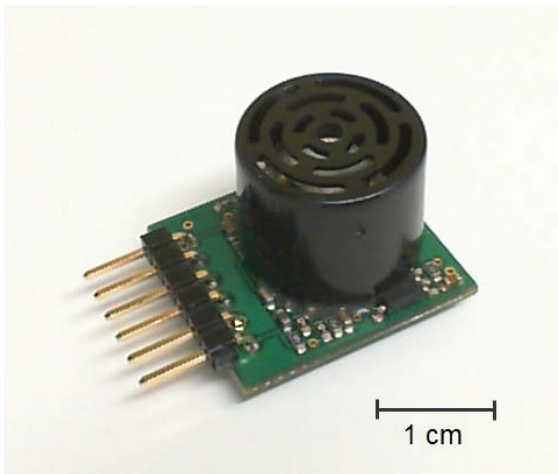


图 20.1: NI myRIO 机电一体化附件包附带的声波测距仪。

学习目标: 完成本章中的活动后, 您将能够:

1. 描述 MaxBotix MB1010 声波测距仪的功能;
2. 通过 UART 和模拟输出来确定测量的距离;
3. 论述声波测距仪的工作原理;
4. 对测量进行气温补偿;
5. 了解数据表中介绍的波束特性。

20.1 组件演示

按照以下步骤演示声波测距仪的正确操作。

从 NI myRIO 机电一体化附件包中选择以下器件:

- 声波测距仪, http://maxbotix.com/documents/MB1010_Datasheet.pdf
- F-F 系列跳线 (3 根)

建立接口电路: 请参阅下一页的图 20.2 显示的电路图; 声波测距仪需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 A (见第 233 页图 A.1) 的连接:

1. VCC → A/+3.3V (针脚 33)
2. GND → A/GND (针脚 30)
3. TX → A/UART.RX (针脚 10)

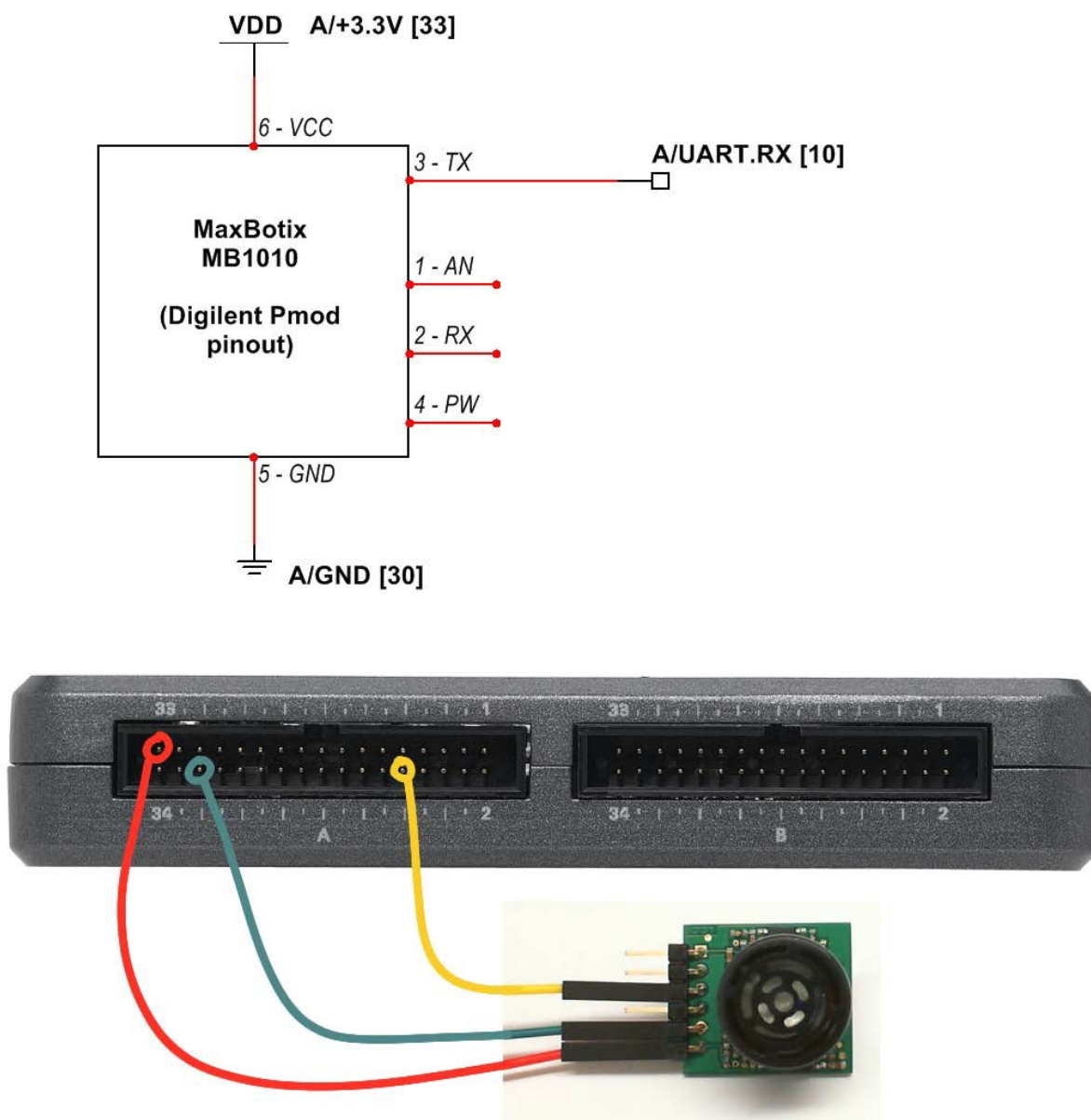


图 20.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 A 的声波测距仪的接线演示。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Sonic Range Finder demo”子文件夹中的项目 Sonic Range Finder demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮(加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署(下载)到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 将测出的距离作为水平填充滑动杆和数值来显示(以英寸为单位)。MB1010 生成的输出字符出现在左下角。

给测距仪通电时, 留出至少 14 英寸的空隙, 以便测距仪的通电校准功能正确工作, 然后尝试在距测距仪已知的距离处固定一个物体。您会发现测距仪准确显示与该物体的距离。

尝试将物体固定在离传感器非常近(即比六英寸更近)的地方。注意测距仪如何报告最短距离为六英寸。

双击水平填充滑动杆的上限, 将其值改为 254; 这是 MB1010 的最大距离。将声波测距仪放在至少 22 英尺外的开阔场地中。您能否看到最大可能测距值?

尝试不同厚度的物体(例如钢笔或铅笔)。除非距离足够近, 否则测距仪无法“看到”小直径的物体。您能否确定最大探测距离?

尝试将物体放在一边。测距仪的波束图案有点类似于手电筒光束: 在传感器附近较窄, 然后呈扇形传播到远处。您能否确定多个不同距离处的波束宽度?

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 A, 并且针脚连接正确无误;
- MB1010 连接器端子正确无误: 仔细检查连接, 确保已将 NI myRIO UART 的“RX”线连接到 MB1010 的“TX”端子; 另请检查并未意外地将电源交叉连接;

注意: 如果看到“Timeout expired before operation completed”或类似的消息, 请再次仔细检查“RX”和“TX”连接; 此消息表示 NI myRIO 并未从 MB1010 的“TX”输出中收到预期的字符。

20.2 接口原理

接口电路: MaxBotix MB1010 声波测距仪的传感器(也称为 LV-MaxSonar-EZ1)生成短的声脉冲(这些脉冲在从物体传回时能被同一个传感器探测到)。

将脉冲飞行时间与声速结合可算出与物体的距离。MB1010 通过 UART、模拟输出和脉冲宽度输出提供数字格式的测距结果。

观看视频“*声波测距仪连接原理*” (youtu.be/UcpmrcJR_D8, 9:26)，了解声波测距仪的工作原理、用途、MaxBotix MB1010 功能、信号连接、温度补偿技术和波束图案。

观看“*串行通信：UART*” (youtu.be/odN66E85J5E, 7:56)，更好地了解 UART 发射器和接收器之间的信令波形。

20.3 基本修改

观看视频“*Sonic Range Finder Demo 指导*” (youtu.be/-MVa9HkIgKI, 3:33)，了解 Sonic Range Finder demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

- 更新前面板以显示距离（以厘米为单位）。
- 在前面板上添加一个带有可调阈值水平控件的接近探测器（布尔指示器或板载 LED）。例如，将阈值设置为 20 英寸后，距离小于 20 英寸的任何物体均会激活接近探测器指示器。
- 添加一个 Analog Input Express VI，以显示 MB1010 的模拟输出“AN”。将电压换算为距离，然后将此值与 UART 值进行比较。您是否在使用模拟输出与使用数字输出之间发现任何差异？
- 创建按需应变的 VI 版本：添加两个 Digital Output Express VI，使 MB1010 的“RX”输出保持通常较低的电平，并通过短的高电平脉冲来触发单次测量。

20.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用声波测距仪，接下来请考虑将声波测距仪与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *手持仪表* (40)
- *无线传感器* (41)
- *数据记录仪* (42)
- *线控驾驶* (44)
- *扫描传感器* (51)

20.5 更多详情

- *MB1010 数据表*（由 MaxBotix 提供）~ MB1010 声波测距仪数据表：
http://maxbotix.com/documents/MB1010_Datasheet.pdf
- *声波测距仪的温度补偿*（由 MaxBotix 提供）~ 声速随温度的变化极大。以下页面介绍了一个用于计算任何给定温度下的声速的方程，可用作温度补偿的基础：
http://www.maxbotix.com/documents/Temperature_Compensation.pdf
- *声波测距仪教程*（由 MaxBotix 提供）~ 声波测距仪的全方位教程：
<http://maxbotix.com/tutorials.htm>

21 加速度计

加速度计测量片上悬浮式检测质量块的位置，并将检测质量块的运动以加速度（单位为“g”，即 $1g = 9.81m/s^2$ ）的形式报告。加速度计为应用调平传感器、倾斜传感器和跌落传感器的场合测量静态加速度，并为撞击和振动数据采集过程测量动态加速度。图 21.1 展示了 NI myRIO 机电一体化附件包附带的加速度计（基于 Analog Devices ADXL345 三轴数字加速度计，具有 I²C 总线串行通信功能）。ADXL345 提供很高的灵活程度，并且包含片上事件检测功能（包括单击和双击、活动和自由落体）。

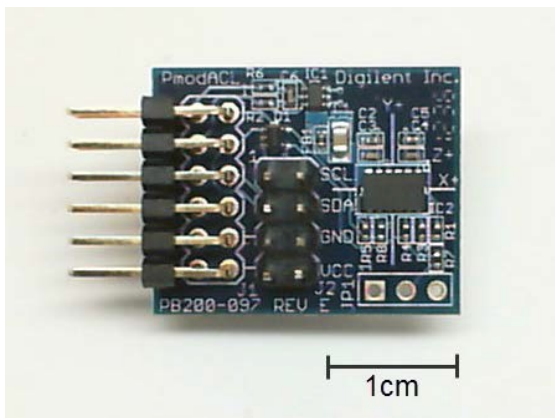


图 21.1: NI myRIO 机电一体化附件包附带的加速度计。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 为加速度计配置数据速率、分辨率和量程；
2. 设置单击检测和中断输出引脚；
3. 读取和显示加速度值。

21.1 组件演示

按照以下步骤演示加速度计的正确操作。

从 NI myRIO 机电一体化附件包中选择以下器件：

- 加速度计 (PmodACL), http://diligentinc.com/Data/Products/PMOD-ACL/PmodACL_rm.pdf
- F-F 系列跳线 (6 根)

建立接口电路: 请参阅下一页的图 21.2 显示的电路图；加速度计需要六条与 NI myRIO MXP 连接器 A (见第 233 页图 A.1) 的连接：

1. +3.3V 电源 → A/+3.3V (引脚 33)
2. 接地 → A/GND (引脚 30)
3. 串行数据 (SDA) → A/I2C.SDA (引脚 34)
4. 串行时钟 (SCL) → A/I2C.SCL (引脚 32)
5. 中断 #1 → A/DIO0 (引脚 11)
6. 中断 #2 → A/DIO0 (引脚 13)

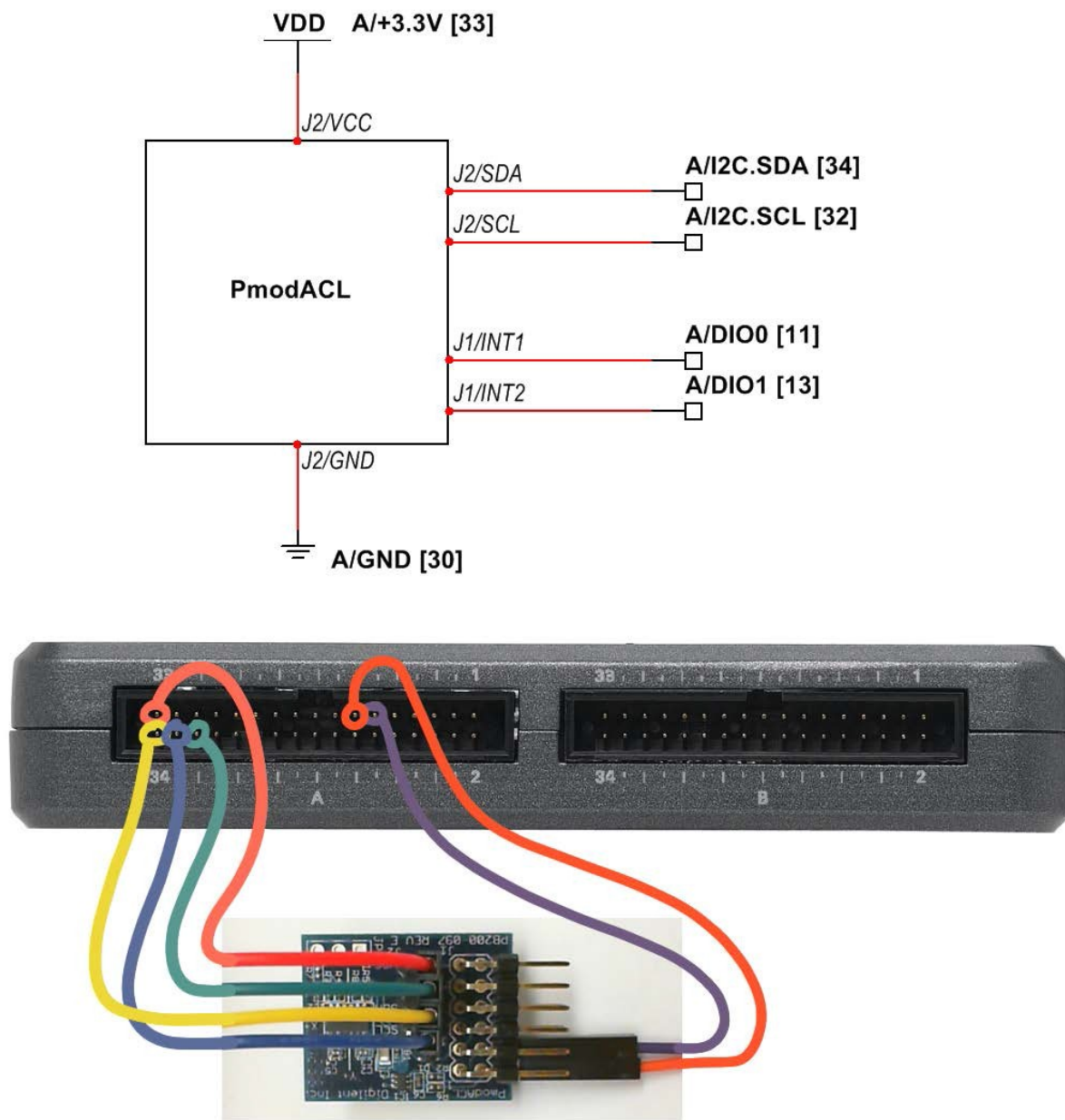


图 21.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 A 的加速度计的接线演示。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Accelerometer demo”子文件夹中的项目 Accelerometer demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮(加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署(下载)到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 以三种格式显示三轴加速度计的值: 从加速度计的“DATA”寄存器中检索的六个字节; 由每个轴检索到的两个字节组成的三个符号整数; 以及波形图。您很快将会学习如何将 these 值换算为“g”。该 VI 还显示“INTERRUPT_SOURCE”寄存器的内容。在运行主循环之前, 该 VI 将为加速度计寄存器配置数据速率、分辨率、量程和 X 轴上的单击检测。

运行该 VI, 然后, 在摇动加速度计时观察前面板的显示。仔细查看 PmodACL 接口板, 以查看“X+”和“Y+”坐标系轴。尝试沿特定的轴摇动加速度计, 然后将此运动与您在前面板上看到的内容关联起来。坐标系遵循右手定则, 因此, “Z+”轴从接口板顶部向上指。

接下来, 尝试进行一些静态(恒定)加速度测量(它们构成水平和倾斜传感应用的基础)。例如, 将标有“X+”的接口板边缘放在水平面上, 然后将接口板前后摆动, 同时观察前面板。对于所测量的 X 轴加速度的符号, 您观察到什么? 在 X 轴加速度达到其最大零偏差时, 注意接口板的位置。您能否想出如何将静态加速度测量转化为倾斜传感器(以偏离中心的度数为单位报告结果)?

最后, 尝试在桌子上敲击接口板的边缘, 或者用手指敲击边缘。NI myRIO 板载 LED0 将会闪烁, 以指示加速度计检测到单击事件。单击检测是仅沿 X 轴启用的。尝试单击三个不同的轴, 同时观察 LED。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 A, 并且针脚连接正确无误;
- PmodACL 连接器端子正确无误: 仔细检查连接, 确保已将 NI myRIO I2C 总线的“SDA”线连接到 PmodACL 连接器 J2 上的“SDA”端子, 并将“SCL”线连接到 SCL 端子; 另请检查并未意外地将电源交叉连接;
- PmodACL 中断端子与 NI myRIO DIO 线的连接正确无误: 前面板仅会为了响应“数据就绪”中断而更新。

注意：如果看到“Error-36011 occurred at myRIO Write I2C.vi”或类似的消息，请仔细检查“SDA”和“SCL”连接；此消息表示NI myRIO并未从PmodACL I²C总线接口中收到预期的确认。

21.2 接口原理

接口电路：作为PmodACL核心的Analog Devices ADXL345三轴加速度计支持I²C总线串行接口（通常表示为“I2C”）；ADXL345还支持SPI串行接口，但是，本章专门介绍I²C总线接口。ADXL345包含两个中断输出，分别标示为“INT1”和“INT2”。通过这两个针脚可以访问八个不同的中断源（可按需启用这些源）。三十个可寻址寄存器可让您访问三个加速度测量值以及各种配置选项。

观看视频“*加速度计连接原理*”（youtu.be/uj76-JtT_xk, 15:55），了解加速度计的工作原理、用途、Analog Devices ADXL345功能以及Digilent PmodACL连接和传感器轴方向。继续观看视频，了解有关配置ADXL345寄存器和读取加速度计数据的必要细节。ADXL345提供各种选项，是一种相对复杂的设备；因此，视频教程集中介绍将让您快速上手的那部分功能。详细的示例向您演示：如何设置数据速率、分辨率和量程；如何设置单击阈值和持续时间值以及将单击中断指向输出针脚；如何读取三组数据寄存器并将这些加速度计值换算为测量的加速度（以“g”为单位）。

观看“*串行通信：I2C*”（youtu.be/7CgNF78pYQM, 8:47），更好地了解I²C总线发射器和接收器之间的信令波形。

21.3 基本修改

观看视频“*Accelerometer Demo 指导*”（youtu.be/_GWEsrfxU4, 8:37），了解Accelerometer demo的设计原理，然后尝试对Main.vi的框图进行以下修改：

1. 将设备地址改为其他值。
您看到了什么LabVIEW错误消息？
2. 添加必要的计算，显示以“g”为单位的加速度。
3. 添加代码以读取ADXL345设备ID寄存器（地址0x00），以及在ID与期望值不匹配时生成错误条件；通过这种方式，您的VI可以检测到正确的I²C总线设备已连接到NI myRIO I2C端子。仔细查看ADXL345数据表的寄存器映射表（表19），以确定期望值。从“Programming | Dialog & User Interface”子面板选择一个弹出对话框VI，以显示错误消息。
4. 通过额外设置一组前面板指示器，将该加速度计的性能与NI myRIO板载加速度计的性能进行比较；请参阅“myRIO | Onboard”子面板中的Accelerometer Express VI。用一条胶带将PmodACL粘在myRIO的外壳上。

21.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用加速度计，接下来请考虑将加速度计与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 无线传感器(41)
- 数据记录仪(42)
- 数字式气泡水平仪(57)

21.5 更多详情

- *PmodACL 参考手册* (由 Digilent 提供) ~
加速度计参考手册:
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-ACL/PmodACL_rm.pdf
- *PmodACL 电路图* (由 Digilent 提供) ~
加速度计电路图:
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-ACL/PmodACL_sch.pdf
- *ADXL345 数据表* (由 Analog Devices 提供) ~ ADXL345 数字加速度计的数据表:
<http://www.analog.com/ADXL345>
- *UM10204 I²C 总线规格和用户手册* (由 NXP Semiconductors 提供) ~ 完整阐述 I²C 总线标准, 包括时序图和多主系统:
http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf

22 陀螺仪

陀螺仪测量绕轴旋转的角速度（转速）。该速率的报告单位为每秒度数，而且，对它求积分可获得相对角位移。装在机器人平台上的三轴陀螺仪可产生 3D 姿态（俯仰、滚转和偏航），并提供用于保持载具稳定性的重要信息。图 22.1 展示了 NI myRIO 机电一体化附件包附带的陀螺仪（基于 STMicroelectronics L3G4200D 三轴数字输出陀螺仪，具有 I²C 总线串行通信功能）。

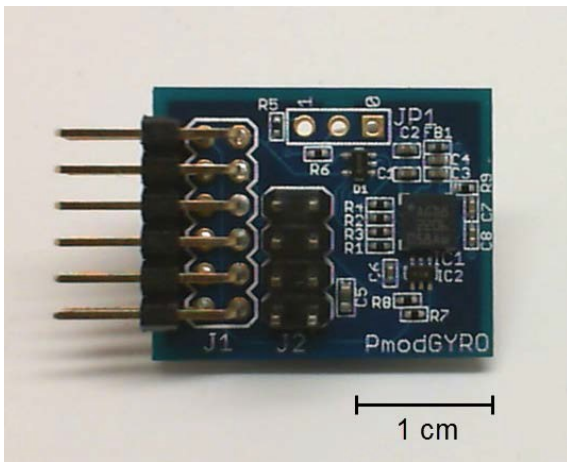


图 22.1: NI myRIO 机电一体化附件包附带的陀螺仪。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 为陀螺仪配置数据速率和满刻度量程；
2. 为板载阈值限制检测设置中断输出；
3. 读取并显示角速率值；
4. 处理零速率电平输出偏置的非零值。

22.1 组件演示

按照以下步骤演示陀螺仪的正确操作。

从 NI myRIO 机电一体化附件包中选择以下器件：

- 陀螺仪 (PmodGYRO), https://www.digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GYRO/PmodGYRO_rm_RevA.pdf
- F-F 系列跳线（6 根）

建立接口电路: 请参阅第 97 页图 22.2 显示的电路图；陀螺仪需要六条与 NI myRIO MXP 连接器 A（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. +3.3V 电源 → A/+3.3V（针脚 33）
2. 接地 → A/GND（针脚 30）
3. 串行数据 (SDA) → A/I2C.SDA（针脚 34）
4. 串行时钟 (SCL) → A/I2C.SCL（针脚 32）
5. 中断 #2 → A/DIO0（针脚 11）
6. 中断 #1 → A/DIO0（针脚 13）

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Gyroscope demo”子文件夹中的项目 Gyroscope demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 显示 L3G4200D 陀螺仪的六字节速率输出、格式化为 16 位符号整数的值, 以及显示三种陀螺仪速率的时间历史记录波形图。该 VI 还显示可算出相对角位移的积分速率值。通过点击“reset integrator”, 然后再次点击, 可将积分器重置为零。

举起 PmodGYRO 接口板的右侧, 让右下角的“PmodGYRO”一词面对着您。X 轴指向右, Y 轴指向上, 而 Z 轴从接口板中指向您。分别绕这三个轴旋转接口板。您应观察到, 逆时针绕灵敏轴旋转对应于 VI 前面板顶部的角速率显示中的正值。在您改变转速时, 您观察到什么情况?

VI 前面板的下半部分包含角位移的显示。让 PmodGYRO 接口板保持在最初的位置, 然后点击“reset integrator”两次。绕某个轴旋转接口板, 然后将其转回最初的位置。您应观察到, 位移值从零位移变为一个很大的正 (或负) 值, 然后恢复为相同的值。

L3G4200D 陀螺仪的输出包含一种称为零速率电平的非理想效应。将 PmodGYRO 安静地放在桌子上, 然后重置积分器。由于数据速率极快, 因此您可能难以读出顶部的速率值, 但是, 您应会看到底部的位移值从零开始沿着线性斜坡增大。即使陀螺仪完全静止 (此为“零速率”输入), 输出仍会包含某个残余的非零值 (“零速率电平”), 该值导致积分器输出量级无限增大。您可以如下所述估算零速率电平: 重置积分器, 经过一段相对较长的时间 (例如一分钟或 60 秒), 停止 VI, 然后将测出的位移除以 60 秒。将此值与速率指示器显示的典型值进行比较。请注意, 您可以双击“amplitude”轴上的上限值和下限值, 以调整角速率图的极限值。选择较窄的范围, 以更好地预测陀螺仪的输出特性 (包括零速率电平偏移和噪声电平)。

NI myRIO 上的 LED0 显示陀螺仪生成的 Z 轴上限阈值中断。尝试绕 Z 轴快速旋转, 以点亮此 LED。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

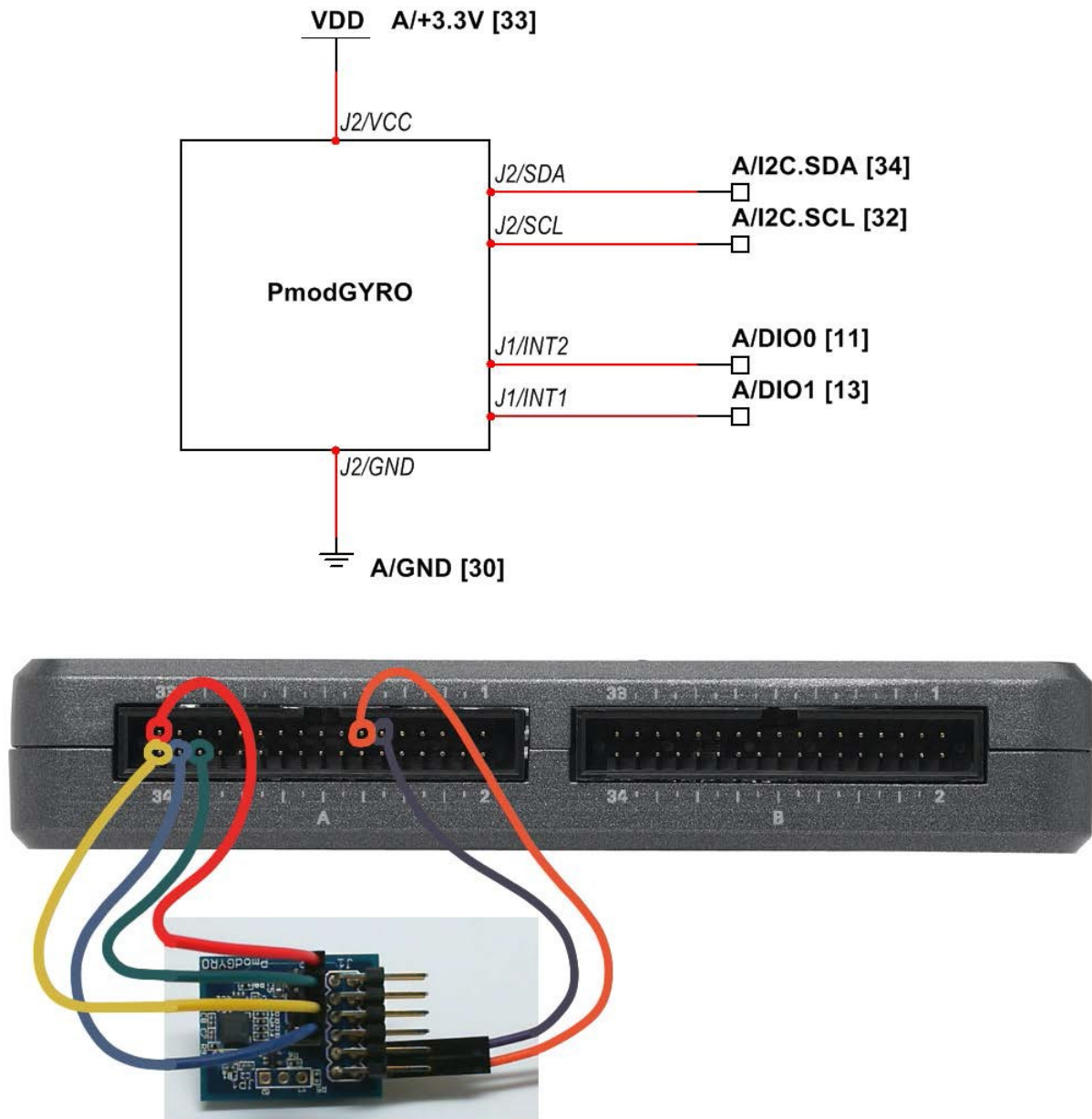


图 22.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 A 的陀螺仪的接线演示。

故障解决提示： 未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- MXP 连接器端子正确无误：确保您使用的是连接器 A，并且针脚连接正确无误；
- PmodGYRO 连接器端子正确无误：仔细检查连接，确保已将 NI myRIO I²C 总线的“SDA”线连接到 PmoDAACL 连接器 J2 上的“SDA”端子，并将“SCL”线连接到 SCL 端子；另请检查并未意外地将电源交叉连接；
- PmodGYRO 中断端子与 NI myRIO DIO 线的连接正确无误：前面板仅会为了响应“数据就绪”中断而更新。

注意： 如果看到“Error-36011 occurred at myRIO Write I2C.vi”或类似的消息，请仔细检查“SDA”和“SCL”连接；此消息表示 NI myRIO 并未从 PmodGYRO I²C 总线接口中收到预期的确认。

22.2 接口原理

接口电路： 作为 PmodGYRO 核心的 STMicroelectronics L3G4200D 三轴陀螺仪支持 I²C 总线串行接口（通常表示为“I2C”）；L3G4200D 还支持 SPI 串行接口，但是，本章专门介绍 I²C 总线接口。L3G4200D 包含两个中断输出，分别标示为“INT1”和“INT2”。通过这两个针脚可以访问不同的中断源（可按需启用这些源）。二十六个可寻址寄存器可让您访问三个角速率测量值以及各种配置选项。

观看视频“*陀螺仪连接原理*”（youtu.be/5JDkwG2rr1o, 13:48），了解陀螺仪的工作原理、用途、STMicroelectronics L3G4200D 功能以及 Digilent PmodGYRO 连接和传感器轴方向。继续观看视频，了解有关配置 L3G4200D 寄存器、读取角速率数据以及对速率测量值求积分以获得相对角位移的必要细节。L3G4200D 提供各种选项，是一种相对复杂的设备；因此，视频教程集中介绍将让您快速上手的那部分功能。详细的示例向您演示如何执行以下操作：

- 设置数据速率和满刻度量程
- 设置高电平阈值，在“INT1”输出针脚上生成比较器样式的中断
- 在“INT2”输出针脚上生成“数据就绪”中断
- 读取三组数据寄存器，并将这些速率值换算为测量的角速率（以“dps”即每秒度数为单位）
- 对速率值求积分，以获得相对角位移；
- 估算零速率电平偏移，以缩短积分器的上升斜坡。

观看“*串行通信：I2C*”（youtu.be/7CgNF78pYQM, 8:47），更好地了解 I²C 总线发射器和接收器之间的信令波形。

22.3 基本修改

观看视频“*Gyroscope Demo 指导*”（youtu.be/o_iuY0M3yDk, 6:36），了解 Gyroscope demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

- 1 将设备地址改为其他值。

您看到了什么 LabVIEW 错误消息？

2. 添加必要的计算，显示以“dps”（每秒度数）为单位的角速率；观看原理视频或参阅数据表，以获得将“LSB”（最低有效位）单位换算为 dps 单位的必要的灵敏度比例因子。
3. 添加代码以读取“WHO_AM_I”设备 ID 寄存器。
4. 添加代码以读取 L3G4200D 设备 ID 寄存器（地址 0x0F），以及在 ID 与期望值不匹配时生成错误条件；通过这种方式，您的 VI 可以检测到正确的 I²C 总线设备已连接到 NI myRIO I2C 端子。仔细查看 L3G4200D 数据表的寄存器映射表（表 18），以确定期望值。从“Programming | Dialog & User Interface”子面板选择一个弹出对话框 VI，以显示错误消息。
5. 添加必要的计算，以减去零速率电平。

22.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用陀螺仪，接下来请考虑将陀螺仪与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 无线传感器 (41)
- 数据记录仪 (42)
- 线控驾驶 (44)
- 3D 颜色控制器 (46)

22.5 更多详情

- *PmodGYRO 参考手册*（由 Digilent 提供）~ 陀螺仪参考手册：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GYRO/PmodGYRO_rm_RevA.pdf
- *PmodGYRO 电路图*（由 Digilent 提供）~ 陀螺仪电路图：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GYRO/PmodGYRO_sch.pdf
- *L3G4200D 数据表*（由 STMicroelectronics 提供）~ L3G4200D 数字输出陀螺仪的数据表：
<http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00265057.pdf>
- *L3G4200D 数据表*（由 STMicroelectronics 提供）~ *TA0343: Everything about STMicroelectronics 3-axis digital MEMS gyroscopes (TA0343: STMicroelectronics 三轴数字 MEMS 陀螺仪详解)*—此技术文章对陀螺仪工作原理和零速率电平的处理方法进行了精彩的论述：
http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/technical_article/DM00034730.pdf
- *UM10204 I²C 总线规格和用户手册*（由 NXP Semiconductors 提供）~ 完整阐述 I²C 总线标准，包括时序图和多主系统：
http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf

23 罗盘

NI myRIO 机电一体化附件包附带了 Digilent PmodCMPS (如图 23.1 所示), 而作为其核心的 Honeywell HMC5883L 三轴罗盘以数字化形式提供了令人熟悉的罗盘及其寻找磁北的指针。HMC5883L 生成 12 位测量结果 (由 I²C 总线串行通信功能以最高为 160 Hz 的频率提供), 并提供多种灵敏度范围以寻北 (寻找地球的磁北极) 或测量更强的磁场 (最高为 8 高斯)。

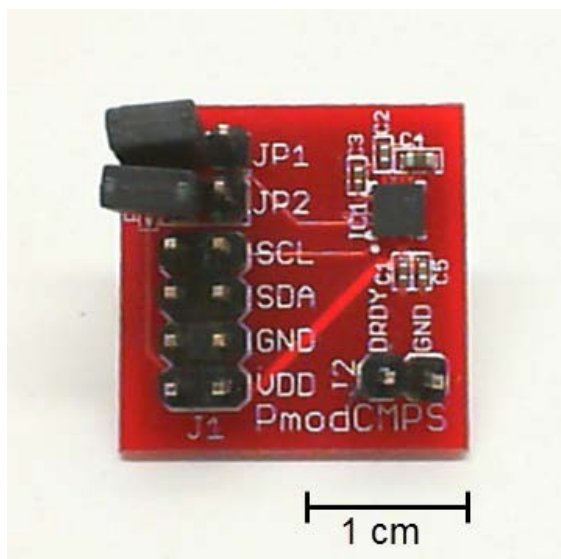


图 23.1: NI myRIO 机电一体化附件包附带的罗盘。

学习目标: 完成本章中的活动后, 您将能够:

1. 论述寻北原理, 包括地球的磁场倾角和偏角 (磁北和真北之间与地点无关的差异);
2. 解读三轴罗盘的输出以找出真北方向;
3. 为罗盘配置数据速率、量程和连续测量;
4. 读取和显示罗盘方向。

23.1 组件演示

按照以下步骤演示罗盘的正确操作。

从 NI myRIO 机电一体化附件包中选择以下器件:

- 罗盘 (PmodCMPS), <http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-CMPS/PmodCMPS-rm-revA1.pdf>
- F-F 系列跳线 (5 根)

建立接口电路: 请参阅第 103 页图 23.2 显示的电路图; 罗盘需要五条与 NI myRIO MXP 连接器 A (见第 233 页图 A.1) 的连接:

1. +3.3V 电源 (VDD) → A/+3.3V (针脚 33)
2. 接地 (GND) → A/GND (针脚 30)
3. 串行数据 (SDA) → A/I2C.SDA (针脚 34)
4. 串行时钟 (SCL) → A/I2C.SCL (针脚 32)
5. 数据就绪 (DRDY) #1 → A/DIO0 (针脚 11)

注意: 让跳线 JP1 和 JP2 保持断开状态; 这两根跳线将启用已包含在 NI myRIO SCA 和 SCL 线上的 2.2 kΩ 上拉电阻。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Compass demo”子文件夹中的项目 Compass demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮(加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署(下载)到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 以三种格式显示三轴罗盘的值: 从罗盘的“DATA”寄存器中检索的六个字节; 由每个轴检索到的两个字节组成的三个符号整数; 以及波形图。您很快将会学习如何将 these 值换算为磁场强度(以高斯为单位)。在进入主循环之前, 该 VI 将为罗盘寄存器配置平均模式、数据速率、量程和连续测量模式。

运行该 VI, 然后, 在移动和旋转罗盘时观察前面板的显示。举起接口板的组件侧并使其与地面平齐, 然后旋转接口板并观察 X 值; 在 X 达到其最大正值时(此时接口板仍保持水平), 接口板的右侧即指向磁北。

举起 PmodCMPS 接口板的组件侧并使其与地面平齐。逐渐倾斜接口板, 直至 Z 轴达到正或负的极值, 而且 X 轴和 Y 轴指示零。接口板此时垂直于地球的磁场方向, 也即 Z 轴与地球的磁场线平行。在磁场方向出自接口板的组件侧时, 罗盘传感器产生正 Z 值。因此, 如果您位于北半球, 将会看到负值; 如果您位于南半球, 将会看到正值。接口板的角度指示了磁场的倾角, 该倾角在磁北极和磁南极为 90 度, 在其他地方为更尖锐(更小)的角度。

尝试让接口板靠近磁体。磁体的磁场强度与地球的磁场强度相比如何? 如果愿意, 您可以更改灵敏度范围, 以防止值饱和。停止 VI, 打开框图(按 Ctrl+E), 将配置寄存器 B 的所有三个增益配置位都设置为一(布尔值“true”), 返回到前面板(再次按 Ctrl+E), 然后重新运行 VI。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 A, 并且针脚连接正确无误;

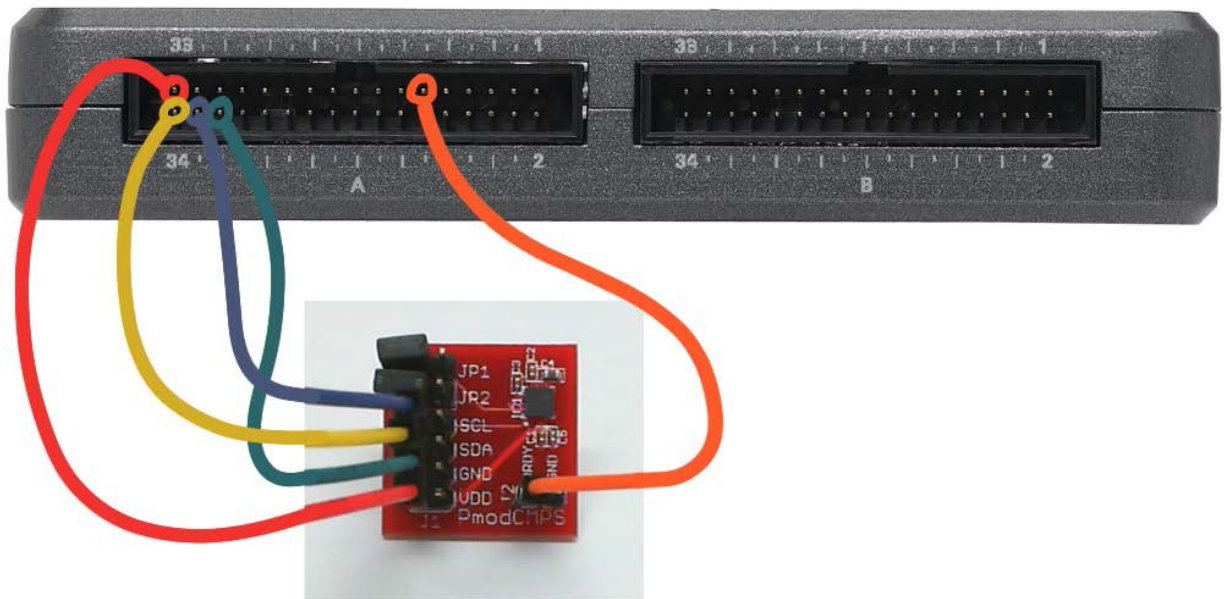
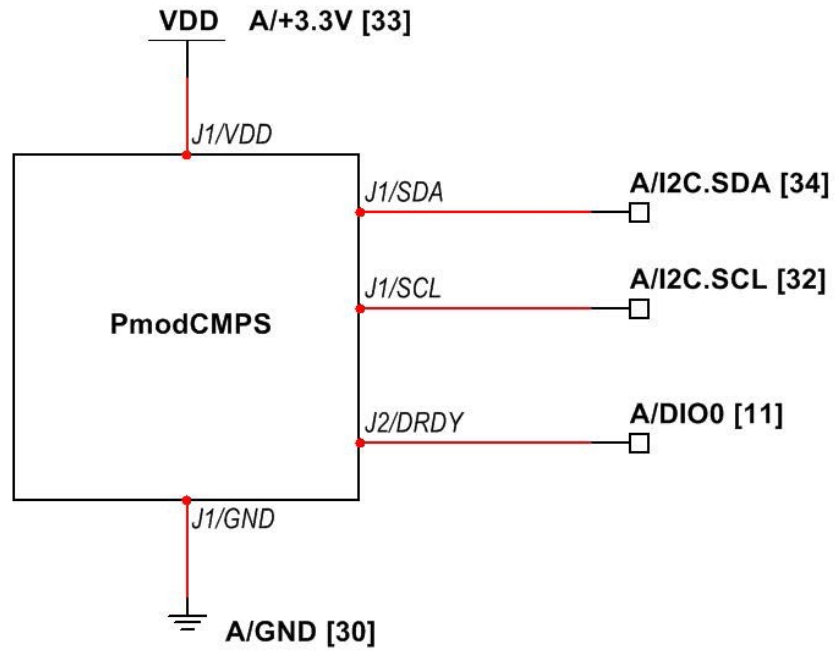


图 23.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 A 的罗盘的接线演示。

- PmodCMPS 连接器端子正确无误：仔细检查连接，确保已将 NI myRIO I²C 总线的“SDA”线连接到 PmodCMPS 连接器 J1 上的“SDA”端子，并将“SCL”线连接到 SCL 端子；另请检查并未意外地将电源交叉连接；
- PmodCMPS 数据就绪“DRDY”端子与 NI myRIO DIO 线的连接正确无误：前面板仅会为了响应“数据就绪”中断而更新。

注意： 如果看到“Error-36011 occurred at myRIO Write I2C.vi”或类似的消息，请仔细检查“SDA”和“SCL”连接；此消息表示 NI myRIO 并未从 PmodCMPS I²C 总线接口中收到预期的确认。

23.2 接口原理

接口电路： 作为 PmodCMPS 接口板核心的 Honeywell HMC5883L 三轴罗盘支持 I²C 总线串行接口（通常表示为“I2C”）。HMC5883L 包含一个标示为“DRDY”的数据就绪输出。十二个可寻址寄存器可让您访问三个罗盘测量值以及各种配置选项。

观看视频“罗盘连接原理”（youtu.be/3WkJ7ssZmEc, 12:47），了解罗盘用途、Honeywell HMC5883L 功能、Digilent PmodCMPS 连接和传感器轴方向以及寻北原理：磁北和真北（偏角）、倾角和罗盘输出校正（以读取真北）。继续观看视频，了解有关配置 HMC5883L 寄存器和读取罗盘数据的必要细节。详细的示例向您展示如何设置数据速率、平均模式、灵敏度范围和连续测量模式，以及如何读取三组数据寄存器并将这些罗盘值换算为测量的磁场强度（以“高斯”为单位）。

观看“串行通信：I2C”（youtu.be/7CgNF78pYQM, 8:47），更好地了解 I²C 总线发射器和接收器之间的信令波形。

23.3 基本修改

观看视频“Compass Demo 指导”（youtu.be/bWew4fHWVko, 7:48），了解 Compass demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 将设备地址改为其他值。您看到了什么 LabVIEW 错误消息？
2. 添加必要的计算，显示以“高斯”为单位的罗盘测量结果。请注意，比例因子取决于配置寄存器 B 中的增益设置。
3. 添加原理视频教程中所述的 X 轴和 Y 轴偏移校正；它们对于改善罗盘精度是必需的。
4. 添加计算，将 X 值和 Y 值转换为极坐标形式，并在前面板刻度盘指示器上显示角度；请参阅内置的 Re/Im To Polar VI。假设您已添加了偏移校正代码（前面的修改），接下来将罗盘测量的精度与其他仪器的测量精度进行比较。例如，可以找到许多适用于您的智能手机的罗盘应用。
5. 添加代码以读取三个 HMC5883L 设备 ID 寄存器（地址 0x0A 到 0x0C），以及在 ID 与期望值不匹配时生成错误条件；通过这种方式，您的 VI 可以检测到正确的 I²C 总线设备已连接到 NI myRIO I2C 端子。仔细查看 HMC5883L 数据表的寄存器映射表（表 18 到 20），以确定期望值。从“Programming | Dialog & User Interface”子面板选择一个弹出对话框 VI，以显示错误消息。

23.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用罗盘，接下来请考虑将罗盘与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 手持仪表 (40)
- 无线传感器 (41)
- 数据记录仪 (42)
- 线控驾驶 (44)
- 带倾斜校正功能的罗盘 (54)

23.5 更多详情

- *PmodCMPS 参考手册* (由 Digilent 提供) ~ 罗盘参考手册：
<http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-CMPS/PmodCMPS-rm-revA1.pdf>
- *PmodCMPS 电路图* (由 Digilent 提供) ~ 罗盘电路图：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-CMPS/PmodCMPS_A1_sch.pdf
- *HMC5883L 数据表* (由 Honeywell 提供) ~ HMC5883L 三轴罗盘的数据表；点击页面底部的“HMC5883L Brochure”链接：
<http://www.magneticsensors.com/three-axis-digital-compass.php>
- *使用磁强计的罗盘航向* (由 Honeywell 提供) ~ 将三轴罗盘测量结果换算为航向角；点击“Literature”链接，然后从“Application Notes”菜单中选择“AN203”：
<http://www.magneticsensors.com/three-axis-digital-compass.php>
- *参考设计：低成本罗盘* (由 Honeywell 提供) ~ 有关实用罗盘设计的更多详情；点击“Literature”链接，然后从“Application Notes”菜单中选择“AN214”：
<http://www.magneticsensors.com/three-axis-digital-compass.php>
- *磁性传感器在低成本罗盘系统中的应用* (由 Honeywell 提供) ~ 罗盘设计的详细论述，包括误差效应的补偿；点击“Literature”链接，然后从“Technical Articles”菜单中选择此文：
<http://www.magneticsensors.com/three-axis-digital-compass.php>
- *磁偏角* (由 NOAA 国家地球物理数据中心提供) ~ 美国和全球的磁偏角地图：
<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/declination.shtml>
- *磁场特性的估算值* (由 NOAA 国家地球物理数据中心提供) ~ 根据美国邮政编码或您所在的城市和国家/地区查找偏角 (磁北和真北之间的差异) 和倾角 (地球磁场的角度)。在“Magnetic component”菜单中选择“Declination”或“Inclination”：
<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#igrfwmm>
- *UM10204 I²C 总线规格和用户手册* (由 NXP Semiconductors 提供) ~ 完整阐述 I²C 总线标准，包括时序图和多主系统：
http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf

24 环境光传感器

环境光传感器 (ALS) 提供具备基本功能的“眼睛”，能让机器人感知一般光照条件、跟踪和跟随光源以及跟随画线的路径。图 24.1 中展示的 PmodALS 集成了光电晶体管传感器，以及通过 SPI 串行总线通信的 8 位模拟数字转换器 (ADC)。

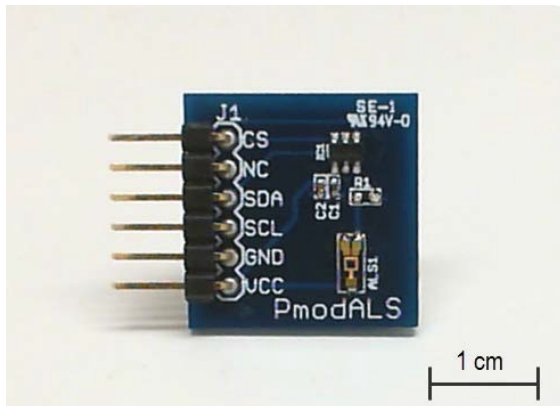


图 24.1: NI myRIO 机电一体化附件包附带的环境光传感器。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述集成到 PmodALS 接口板上的光电晶体管和模拟数字转换器 (ADC) 的工作原理；
2. 说明芯片选择和 SPI 时钟的时序要求；
3. 解读 SPI 数据字输出的格式。

24.1 组件演示

按照以下步骤演示环境光传感器的正确操作。

从 NI myRIO 机电一体化附件包中选择以下器件：

- 环境光传感器 (PmodALS) ,
<http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,1190&Prod=PMOD-ALS>
- F-F 系列跳线 (5 根)

建立接口电路: 请参阅下一页的图 24.2 显示的电路图；环境光传感器需要五条与 NI myRIO MXP 连接器 B (见第 233 页图 A.1) 的连接：

1. VCC → B/+3.3V (针脚 33)
2. GND → B/GND (针脚 30)
3. SCL → B/SPI.CLK (针脚 21)
4. SDA → B/SPI.MISO (针脚 23)
5. CS → B/DIO0 (针脚 11)

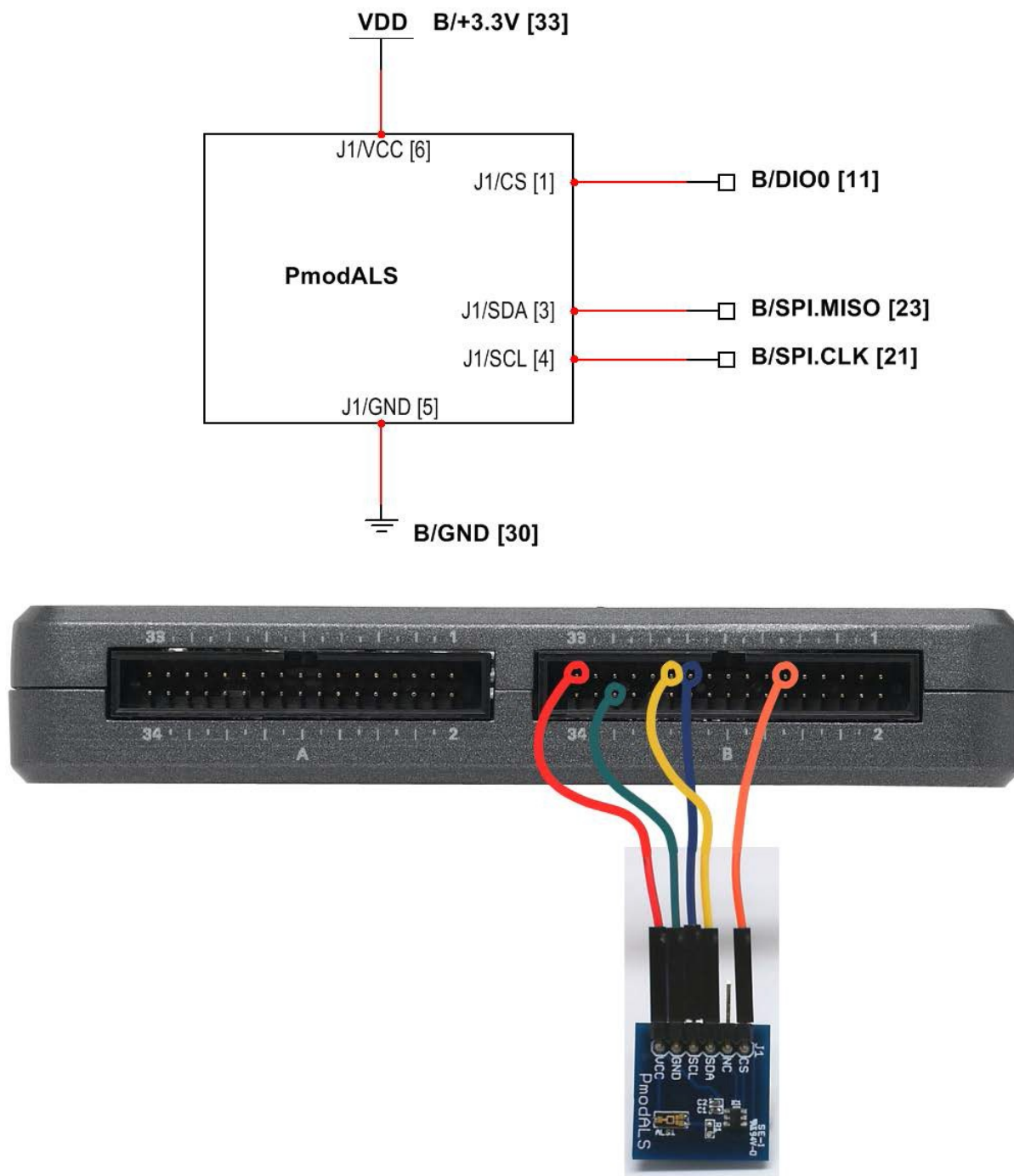


图 24.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的环境光传感器的接线演示。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Ambient Light Sensor demo”子文件夹中的项目 Ambient Light Sensor demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 以刻度盘的形式显示环境光传感器的 8 位值。盖住光传感器 (“PmodALS” 徽标正上方的组件), 您应看到值下降至零。用强光手电筒照射传感器, 您将看到值增大到上限 255。您会看到大约 ± 1 LSB (最低有效位) 的随机变化。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误;
- SPI 连接器端子正确无误: 仔细检查连接, 确保已将 NI myRIO SPI 的“MISO”输入连接到环境光传感器的“SDA”输出, 并将数字输出 DIO0 连接到芯片选择输入。

24.2 接口原理

接口电路: Digilent PmodALS 接口板集成了 Vishay Semiconductors TEMT6000X01 光电晶体管, 以及 Texas Instruments ADC081S021 模拟数字转换器 (ADC)。ADC 将光电晶体管的输出电压转换为 8 位的值, 然后通过 SPI (串行外围接口) 传输此测量结果。

观看视频“*环境光传感器连接原理*” (youtu.be/zKnn1SskqRQ, 7:38), 详细了解环境光传感器的工作原理、SPI 总线和芯片选择时序以及 SPI Express VI 的正确设置 (以便读取传感器测量结果)。观看视频“*串行通信: SPI*” (youtu.be/GaXtDamw5As, 7:02), 了解 SPI Express VI 配置选项与 SPI 发射器和接收器之间的信令波形的关系。特别地, 观看从 4:29 开始的论述, 以更好地了解 SPI Express VI 有关时钟相位和极性的“Advanced Options”; ADC081S021 需要“Trailing”边缘时钟相位和“High”时钟极性。

LabVIEW 编程: 观看视频“*SPI Express VI*” (youtu.be/S7KkTeMfmc8, 5:51), 了解如何使用 SPI Express VI。

24.3 基本修改

观看视频“*Ambient Light Sensor Demo 指导*” (youtu.be/XcwEjM6TOig, 3:02), 了解 Ambient Light Sensor demo 的设计原理, 然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改:

1. 将环境光照水平作为在 0 到 1 之间的归一化值显示。

2. 添加一个前面板布尔指示器，或添加一个连接，以连接到将在环境光照水平超过用户定义的阈值时亮起的 NI myRIO 板载 LED。
3. 将 Wait 常量转换为前面板控件。试验不同的循环时间。

24.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用环境光传感器，接下来请考虑将环境光传感器与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 手持仪表 (40)
- 无线传感器 (41)
- 数据记录仪 (42)
- 线控驾驶 (44)
- 扫描传感器 (51)
- 音乐制作器 (56)
- 气象站 (58)

24.5 更多详情

- *PmodALS 参考手册* (由 Digilent 提供) ~ 环境光传感器接口板的参考手册：
<http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-ALS/PmodALS-rm-RevA.pdf>
- *PmodALS 电路图* (由 Digilent 提供) ~ 环境光传感器接口板的电路图：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-ALS/PmodALS_A.1_sch.pdf
- *ADC081S021 数据表* (由 Texas Instruments 提供) ~ 有关 PmodALS 接口板上的 ADC081S021 模拟数字转换器的完整信息：
<http://www.ti.com/product/ad081s021>

- *TEMT6000X01 数据表* (由 Vishay Semiconductors 提供) ~ 有关 PmodALS 接口板上的 TEMT6000X01 环境光传感器 (光电晶体管) 的完整信息：
<http://www.vishay.com/product?docid=81579>
- *M68HC11 参考手册* (由 Freescale Semiconductor 提供) ~ 参考第 8 节，其中完整阐述了 SPI 串行总线标准，包括时序图和多主系统：
http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/M68HC11RM.pdf

第 III 部分

NI myRIO 嵌入式系统附件包

25 小键盘

小键盘提供个人用户界面必需的组件。图 25.1 展示了 NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的小键盘。可以扫描以 4×4 矩阵形式连接的小键盘按钮开关，以确定所按下的单个和多个按键。



图 25.1: NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的小键盘。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述小键盘开关阵列使用的矩阵连接；
2. 使用内部上拉和下拉电阻消除附加的组件；
3. 确定可对其进行唯一解码的多按键模式。

25.1 组件演示

按照以下步骤演示小键盘的正确操作。

从 NI myRIO 嵌入式系统附件包中选择以下器件：

- 4x4 矩阵小键盘 (PmodKYPD) , <http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,940&Prod=PMODKYPD>
- F-F 系列跳线 (9 根)

建立接口电路: 请参阅第 115 页图 25.2 显示的电路图；小键盘需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 B (见第 233 页图 A.1) 的连接：

1. +3.3V 电源 → B/+3.3V (针脚 33)
2. 列线 1 → B/DIO0 (针脚 11)
3. 列线 2 → B/DIO1 (针脚 13)
4. 列线 3 → B/DIO2 (针脚 15)
5. 列线 4 → B/DIO3 (针脚 17)

6. 行线 1 → B/DIO4 (针脚 19)
7. 行线 2 → B/DIO4 (针脚 21)
8. 行线 3 → B/DIO4 (针脚 23)
9. 行线 4 → B/DIO4 (针脚 25)

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Keypad demo”子文件夹中的项目 Keypad demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮(加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署(下载)到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 将小键盘按钮的状态显示为一个 4×4 网格和扫描结果的 1D 布尔阵列。尝试各种单键组合, 并确认只有一个 LED 指示灯亮起。另请确认小键盘按钮指示器的位置与您按下的按钮的位置完全匹配。接下来, 尝试多种双键组合。它们是否全都工作正常?

利用涉及到三个或更多个按键的多键组合进行试验。您应会发现有些组合按预期起作用(即前面板指示器正确对应实际按下的键), 而另一些组合产生错误的显示。请尝试找出模式, 以说明给定的多键组合何时会或不会导致错误的显示。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 B, 并且针脚连接正确无误;
- 小键盘连接器端子正确无误: 仔细检查连接, 并确保未意外地交换行线和列线。

25.2 接口原理

接口电路: 小键盘包含十六个单刀单掷(SPST)按钮(排列为 4×4 网格); 请参阅第 13 页第 4 章, 其中完整阐述了按钮与 MXP 和 MSP 连接器的连接。由于小键盘通常接收一系列按下单个按钮的操作(偶尔会接收同时按下两个甚至三个按钮的操作), 因此, 基于共用的行线和列线的矩阵连接只需要八条与 NI myRIO DIO 线的连接, 而不是可能更合乎预期的十六条连接(将需要正确感知所有 2^{16} (65536) 种可能的开关开闭模式)。

观看视频“小键盘连接原理”(youtu.be/oj2-CYSnyo0, 13:10), 详细了解小键盘开关接线的矩阵法、行线上的上拉电阻背后的推理、利用低电平电压驱动列线和读取行线的小键盘扫描过程, 以及对多键按钮组合何时将产生“幽灵”按键(虚假读取)进行解释的规则。

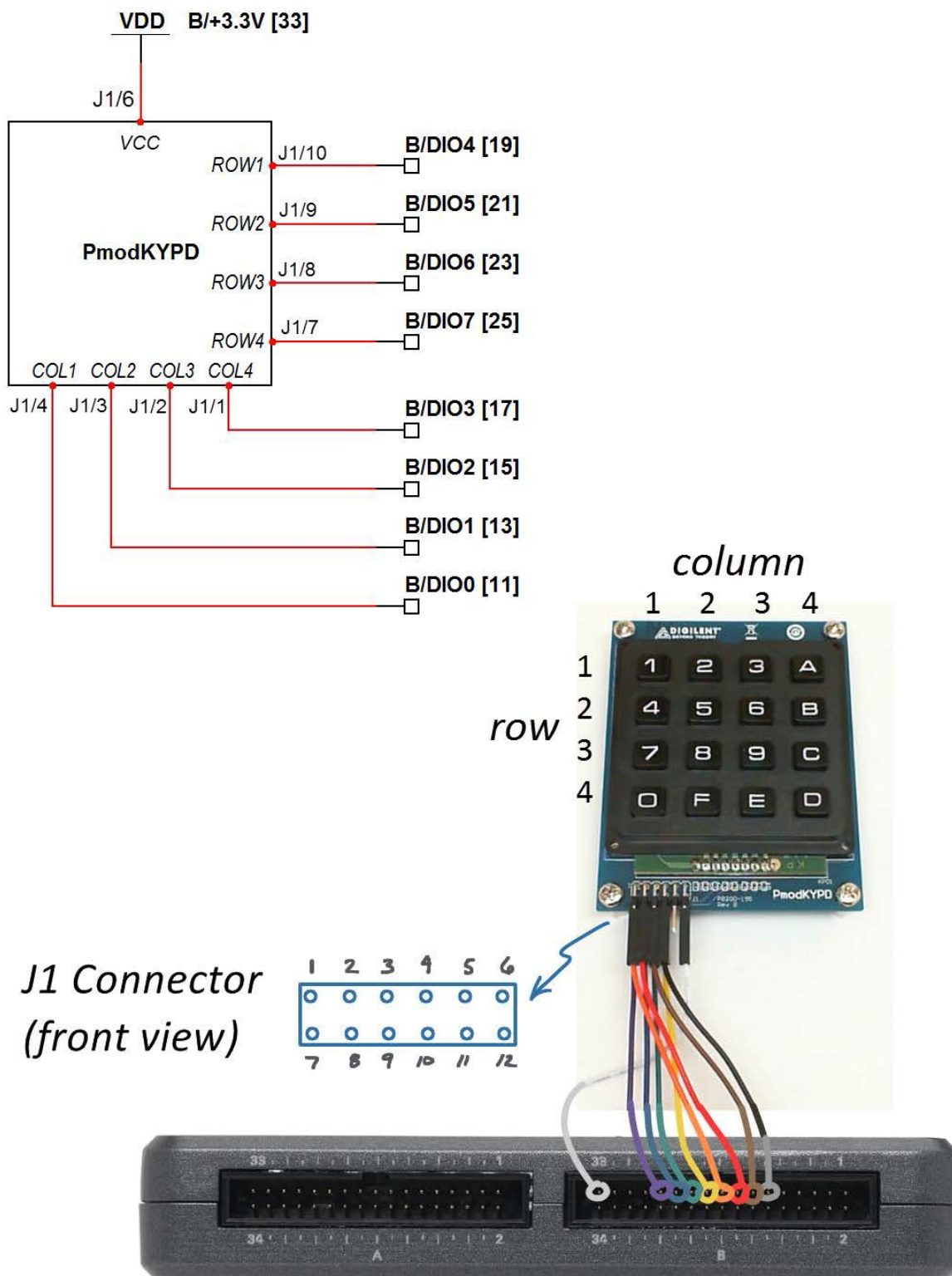


图 25.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的小键盘的接线演示。

寻找视频中提出的“挑战”，看看您能否确定不会产生“幽灵”问题的最大可能多键组合。

LabVIEW 编程：观看视频“*Digital Output 低层次 VI*”（youtu.be/WvnlG3ffqY，4:53），了解如何使用低层次 Digital Output VI 将 DIO 设置为高阻抗或已定义的电压电平。

25.3 基本修改

观看视频“*Keypad Demo 指导*”（youtu.be/7r_LwcDa2AM，4:58），了解 Keypad demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 临时移除“Transpose 2D Array”节点，观察小键盘按钮前面板指示器的新行为。思考“Scan”的显示，您能否解释转置操作如何更正小键盘按钮的信息显示？
2. 向“Number”节点添加布尔阵列（恰好在“Scan”指示器连接之前），然后创建一个数字指示器。尝试不同的单按钮和多按钮按键组合，直至您了解按键与指示的数值之间的关系。
3. 创建一个数字指示器，其值与印在小键盘的每个按钮上的值匹配，而且带有与十六进制值对应的字母；在没有按下按键时，该指示器应显示 -1。考虑对“Number”节点和选择结构使用布尔阵列。

4. 将显示器重新连接到 MSP 连接器，并相应地更新 DIO 值。请注意，MSP 连接器包含内部下拉电阻，而不是 MXP 连接器上的上拉电阻。您可以依靠 PmodKYPD 上的 10 k Ω 上拉电阻来替代大约 40 k Ω 的 MSP 下拉电阻（对 PmodKYPD 使用 MSP 5V 电源），也可以将 PmodKYPD 的“V”端子连接到接地，从而将 10 k Ω 电阻转换为下拉电阻 – 后面的这个连接要求您也将列驱动电路更改为高电平（布尔值为“T”而不是当前的“F”）。

25.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用小键盘，接下来请考虑将小键盘与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *酒店客房保险箱控制器* (49)
- *RPN 计算器* (48)

25.5 更多详情

- *PmodKYPD 参考手册*（由 Digilent 提供）~ 4 × 4 小键盘的参考手册；滚动到此页的底部：
<http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,940&Prod=PMODKYPD>
- *PmodKYPD 电路图*（由 Digilent 提供）~ 4 × 4 小键盘的电路图；滚动到此页的底部：
<http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,940&Prod=PMODKYPD>

26 液晶字符显示屏 - UART 接口

借助液晶字符显示屏，LabVIEW 框图代码能使用 ASCII 字符串很好地显示测量结果、状态和条件。液晶字符显示屏还能提供用户界面的视觉反馈。图 26.1 展示了 NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的液晶字符显示屏（支持三种不同的串行通信标准）；本章重点介绍 UART 接口，后面两章则介绍显示屏的 SPI 和 I²C 总线接口。

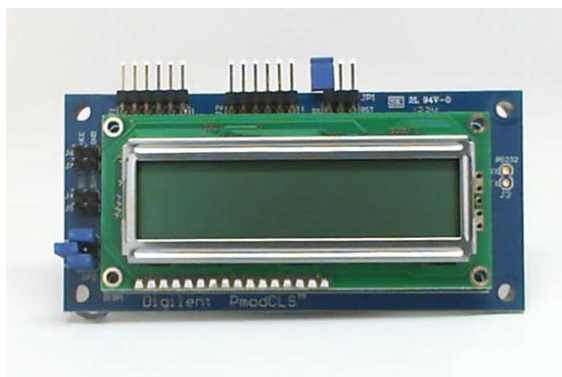


图 26.1：NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的液晶字符显示屏。

学习目标：完成本章中的活动后，您将能够：

1. 配置显示屏以按照所需的波特率进行 UART 串行通信；
2. 直接发送字符，让其出现在显示屏上；
3. 发送转义序列，以调整显示模式。

26.1 组件演示

按照以下步骤演示液晶字符显示屏的正确操作。

从 NI myRIO 嵌入式系统附件包中选择以下器件：

- 串行接口液晶字符显示屏 (PmodCLS), <http://diligentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,473&Prod=PMOD-CLS>
- F-F 系列跳线（3 根）

建立接口电路：请参阅下一页的图 26.2 显示的电路图；液晶字符显示屏需要三条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. +3.3V 电源 → B/+3.3V（针脚 33）
2. 接地 → B/GND（针脚 30）
3. UART 接收器 → B/UART.TX（针脚 14）

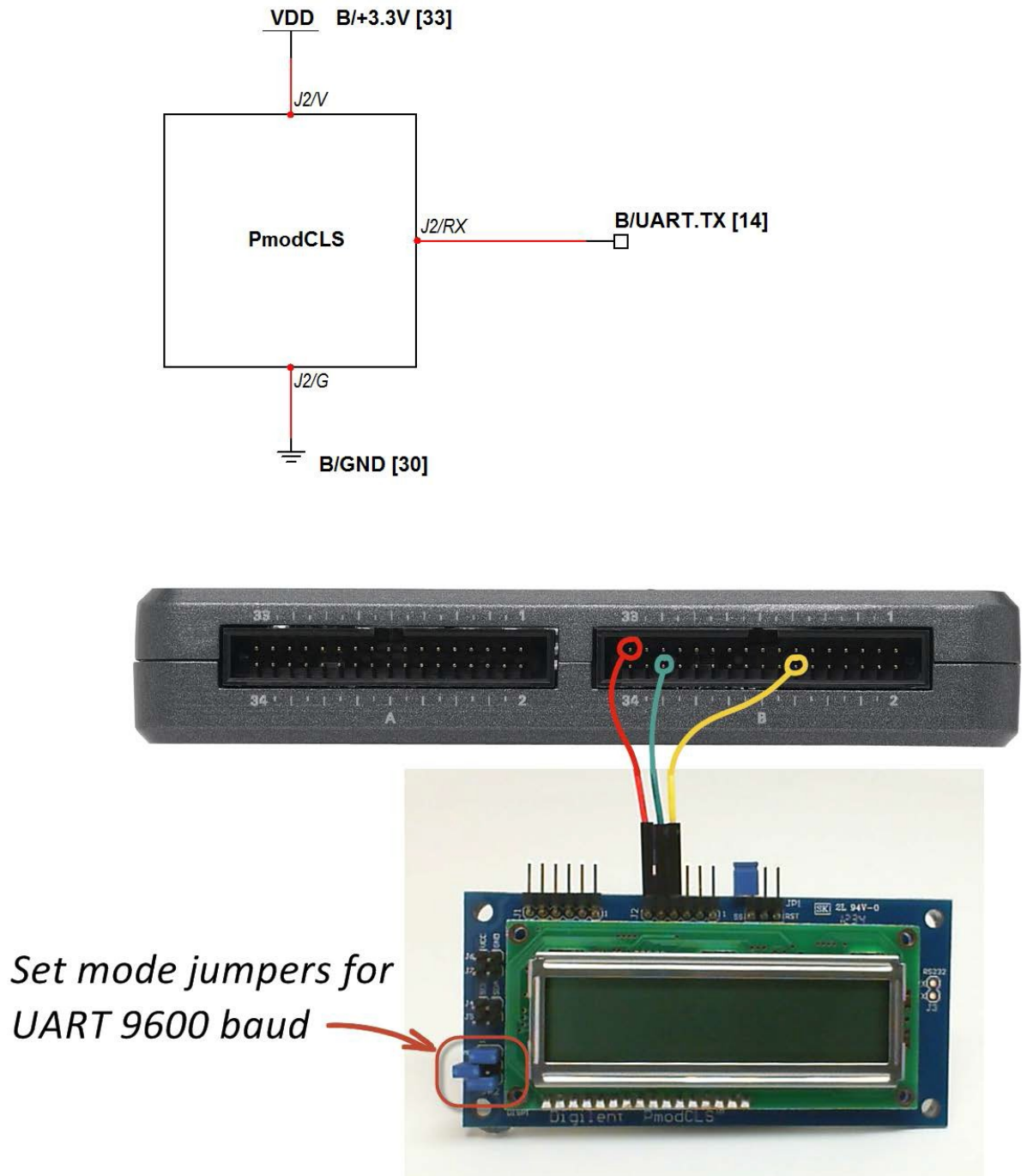


图 26.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的液晶字符显示屏的接线演示。
 请记住如图所示为 UART 串行通信设置模式跳线。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“LCD (UART) demo”子文件夹中的项目 LCD (UART) demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 将 NI myRIO 板载 3 轴加速度计的状态显示为三个值 (X、Y 和 Z 方向), 并显示 myRIO 底部内置按钮的状态; 按此按钮可以看到状态从 0 变为 1。改变 myRIO 的方向可以看到加速度计值的变化, 摇晃 myRIO 可以看到更大的加速度值。您也可以将液晶字符显示屏固定或粘贴到 myRIO 顶部。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;

- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 B, 并且引脚连接正确无误;
- 液晶字符显示屏连接器端子正确无误: 仔细检查连接, 确保已将 NI myRIO UART 的“transmit”输出连接到液晶字符显示屏的“receive”输入; 另请检查并未意外地将电源交叉连接;
- 模式跳线的设置正确无误: 再次参阅对开页图 26.2 中的画圈部分, 以了解正确的设置。

26.2 接口原理

接口电路: 液晶字符显示屏支持三种串行通信标准: UART (通用异步收发器)、SPI (串行外围接口) 和 I²C 总线 (IC 间)。本章集中介绍 UART 接口, 而后面两章介绍其他接口; 液晶字符显示屏本身的功能仍然独立于所选的通信标准。将 ASCII 字符直接发送到显示屏的 UART 接收线路, 使它们出现在显示屏上。使用“转义序列”配置显示屏其他方面的行为, 例如光标归位、显示光标并闪烁、显示屏滚动等。

观看视频“[液晶字符显示屏连接原理](https://youtu.be/m0Td7Kbhvdl)” (youtu.be/m0Td7Kbhvdl, 10:36), 详细了解在 UART 接口下操作的液晶字符显示屏, 包括设置波特率、发送显示信息和转义序列以及可用的配置指令。观看视频“[串行通信: UART](https://youtu.be/odN66E85J5E)” (youtu.be/odN66E85J5E, 7:56), 了解 UART Express VI 配置选项与 UART 发射器和接收器之间的信令波形的关系。

LabVIEW 编程：观看视频“*UART Express VI*” (youtu.be/0FMnkFDsGQs, 5:29)，了解如何使用 UART Express VI 读取和写入字符串（包括带有特殊字符的字符串）。

- 数字式气泡水平仪 (57)
- EEPROM 编程器 (59)

26.3 基本修改

观看视频“*LCD (UART) Demo 指导*” (youtu.be/JsEMMnIWg4k, 3:44)，了解 LCD (UART) demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 在 NI myRIO 板载按钮处于按下状态时，互换显示的两行；松开按钮后恢复原来的显示。
2. 显示完整字符集：循环展示所有可能的 256 种 8 位模式，看看您能否认出代表“度”符号的 ASCII 代码。
3. 创建指令测试仪：创建两个字符串控件，一个用于指令，另一个用于显示屏；使用布尔控件禁止发送任意一个。

26.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用液晶字符显示屏，接下来请考虑将液晶字符显示屏与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 手持仪表 (40)
- 无线传感器 (41)
- 数据记录仪 (42)
- NTP 时钟 (43)
- 数字温度计 (45)
- QR 码扫描仪 (47)
- RPN 计算器 (48)
- 酒店客房保险箱控制器 (49)
- 转速计 (50)
- 带倾斜校正功能的罗盘 (54)
- 吉他调音器 (55)

26.5 更多详情

- *PmodCLS 参考手册*（由 Digilent 提供）~ 液晶字符显示屏参考手册：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-CLS/PmodCLS_rm_RevD-E.pdf
- *PmodCLS 电路图*（由 Digilent 提供）~ 液晶字符显示屏电路图：
<http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,473&Prod=PMOD-CLS>

27 液晶字符显示屏 - SPI 接口

借助液晶字符显示屏，LabVIEW 框图代码能使用 ASCII 字符串很好地显示测量结果、状态和条件。液晶字符显示屏还能提供用户界面的视觉反馈。图 27.1 展示了 NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的液晶字符显示屏（支持三种不同的串行通信标准）。本章重点介绍显示屏的 SPI 接口，而前一章介绍 UART 接口，后一章介绍 I²C 总线接口。

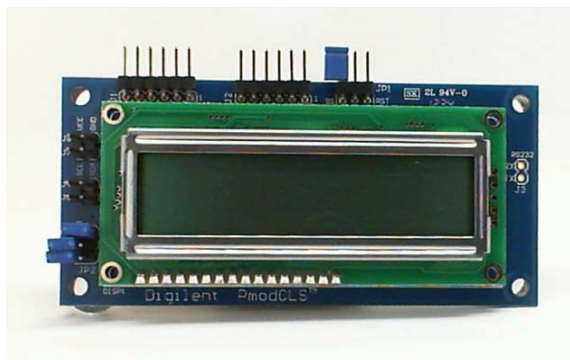


图 27.1: NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的液晶字符显示屏。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 配置显示屏以按照所需的时钟频率进行 SPI 串行通信；
2. 直接发送字符，让其出现在显示屏上；
3. 发送转义序列，以调整显示模式。

27.1 组件演示

按照以下步骤演示液晶字符显示屏的正确操作。

从 NI myRIO 嵌入式系统附件包中选择以下器件：

- 串行接口液晶字符显示屏 (PmodCLS), <http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,473&Prod=PMOD-CLS>
- F-F 系列跳线（4 根）

建立接口电路: 请参阅下一页的图 27.2 显示的电路图；液晶字符显示屏需要四条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. +3.3V 电源 → B/+3.3V（针脚 33）
2. 接地 → B/GND（针脚 30）
3. SPI 接收器 → B/SPI.MOSI（针脚 25）
4. SPI 时钟 → B/SPI.CLK（针脚 21）

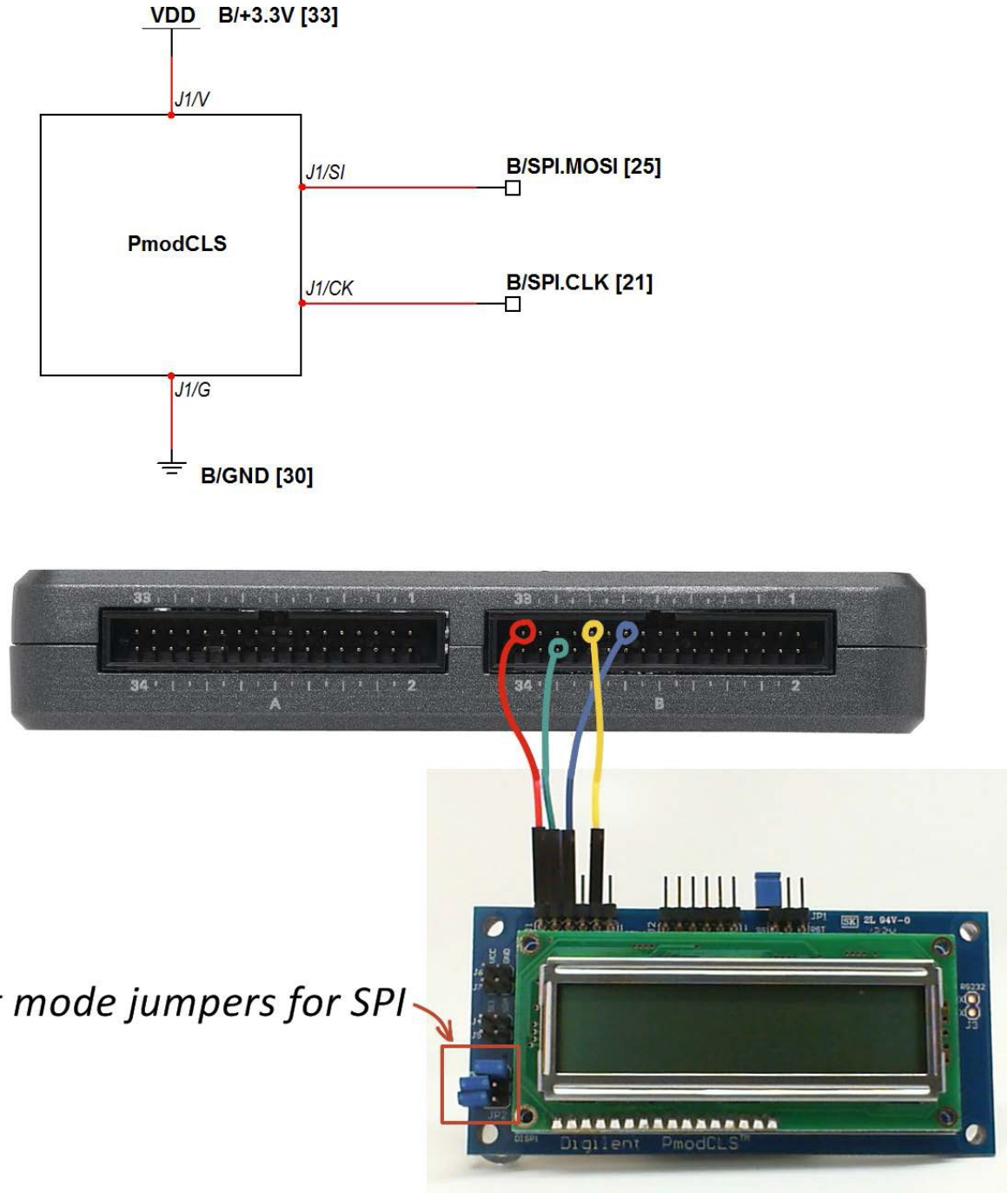


图 27.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的液晶字符显示屏的接线演示。请记得如图所示为 SPI 串行通信设置模式跳线。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“LCD (SPI) demo”子文件夹中的项目 LCD (SPI) demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 将 NI myRIO 板载 3 轴加速度计的状态显示为三个值 (X、Y 和 Z 方向), 并显示 myRIO 底部内置按钮的状态; 按此按钮可以看到状态从 0 变为 1。改变 myRIO 的方向可以看到加速度计值的变化, 摇晃 myRIO 可以看到更大的加速度值。您也可以将液晶字符显示屏固定或粘贴到 myRIO 顶部。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;

- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 B, 并且针脚连接正确无误;
- 液晶字符显示屏连接器端子正确无误: 仔细检查连接, 确保已将 NI myRIO SPI 的“MOSI”输出连接到液晶字符显示屏的“MOSI”输入; 另请检查并未意外地将电源交叉连接;
- 模式跳线的设置正确无误: 再次参阅对开页图 27.2 中的画圈部分, 以了解正确的设置。

27.2 接口原理

接口电路: 液晶字符显示屏支持三种串行通信标准: UART (通用异步收发器)、SPI (串行外围接口) 和 I²C 总线 (IC 间)。本章集中介绍 SPI 接口, 而相邻两章介绍其他接口; 液晶字符显示屏本身的功能仍然独立于所选的通信标准。将 ASCII 字符直接发送到显示屏的 SPI 接收线路, 使它们出现在显示屏上。使用“转义序列”配置显示屏其他方面的行为, 例如光标归位、显示光标并闪烁、显示屏滚动等。

观看视频“[液晶字符显示屏连接原理](https://youtu.be/m0Td7Kbhvdl)” (youtu.be/m0Td7Kbhvdl, 10:36), 详细了解液晶字符显示屏的操作, 包括设置波特率、发送显示信息和转义序列以及可用的配置指令。观看视频“[串行通信: SPI](https://youtu.be/GaXtDamw5As)” (youtu.be/GaXtDamw5As, 7:02), 了解 SPI Express VI 配置选项与 SPI 发射器和接收器之间的信令波形的关系。

LabVIEW 编程：观看视频“*SPI Express VI*” (youtu.be/S7KkTeMfmc8, 5:51)，了解如何使用 SPI Express VI 读取和写入字符串（包括带有特殊字符的字符串）；视频“*UART Express VI*” (youtu.be/0FMnkFDsGQs, 5:29) 提供了更多实用的字符串格式化方法。

27.3 基本修改

观看视频“*LCD (SPI) Demo 指导*” (youtu.be/oOXYryu4Y-c, 4:23)，了解 LCD (SPI) demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 在 NI myRIO 板载按钮处于按下状态时，互换显示的两行；松开按钮后恢复原来的显示。
2. 显示完整字符集：循环展示所有可能的 256 种 8 位模式，看看您能否认出代表“度”符号的 ASCII 代码。
3. 创建指令测试仪：创建两个字符串控件，一个用于指令，另一个用于显示屏；使用布尔控件禁止发送任意一个。
4. 利用串行时钟频率进行试验：仍能可靠与液晶显示屏通信的最高可能频率是多少？在不会造成明显滞后的同时仍能更新液晶显示屏的最低频率是多少？请记得更改两个 SPI Express VI 的速度。注意：每次更改串行时钟频率时都必须重启液晶显示屏，这是因为，虽然显示屏能自动适应 SPI 时钟频率，但它只能自动适应一次。

27.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用液晶字符显示屏，接下来请考虑将液晶字符显示屏与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *手持仪表* (40)
- *无线传感器* (41)
- *数据记录仪* (42)
- *NTP 时钟* (43)
- *数字温度计* (45)
- *QR 码扫描仪* (47)
- *RPN 计算器* (48)
- *酒店客房保险箱控制器* (49)
- *转速计* (50)
- *带倾斜校正功能的罗盘* (54)
- *吉他调音器* (55)
- *数字式气泡水平仪* (57)
- *EEPROM 编程器* (59)

27.5 更多详情

- *PmodCLS 参考手册*（由 Digilent 提供）~ 液晶字符显示屏参考手册：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-CLS/PmodCLS_rm_RevD-E.pdf
- *PmodCLS 电路图*（由 Digilent 提供）~ 液晶字符显示屏电路图：
<http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,473&Prod=PMOD-CLS>
- *M68HC11 参考手册*（由 Freescale Semiconductor 提供）~ 参考第 8 节，其中完整阐述了 SPI 串行总线标准，包括时序图和多主系统：
http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/M68HC11RM.pdf

28 液晶字符显示屏 - I²C 总线接口

借助液晶字符显示屏，LabVIEW 框图代码能使用 ASCII 字符串很好地显示测量结果、状态和条件。液晶字符显示屏还能提供用户界面的视觉反馈。图 28.1 展示了 NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的液晶字符显示屏（支持三种不同的串行通信标准）。本章重点介绍显示屏的 I²C 总线接口，而前面两章介绍 UART 和 SPI 接口。

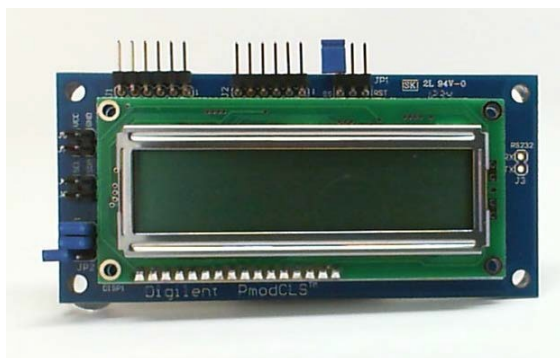


图 28.1: NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的液晶字符显示屏。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 配置显示屏以进行 I²C 总线串行通信；
2. 直接发送字符，让其出现在显示屏上；
3. 发送转义序列，以调整显示模式。

28.1 组件演示

按照以下步骤演示液晶字符显示屏的正确操作。

从 NI myRIO 嵌入式系统附件包中选择以下器件：

- 串行接口液晶字符显示屏 (PmodCLS), <http://diligentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,473&Prod=PMOD-CLS>
- F-F 系列跳线（4 根）

建立接口电路: 请参阅下一页的图 28.2 显示的电路图；液晶字符显示屏需要四条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. +3.3V 电源 → B/+3.3V（针脚 33）
2. 接地 → B/GND（针脚 30）
3. 串行数据 (SD) → B/I2C.SDA（针脚 34）
4. 串行时钟 (SC) → B/I2C.SCL（针脚 32）

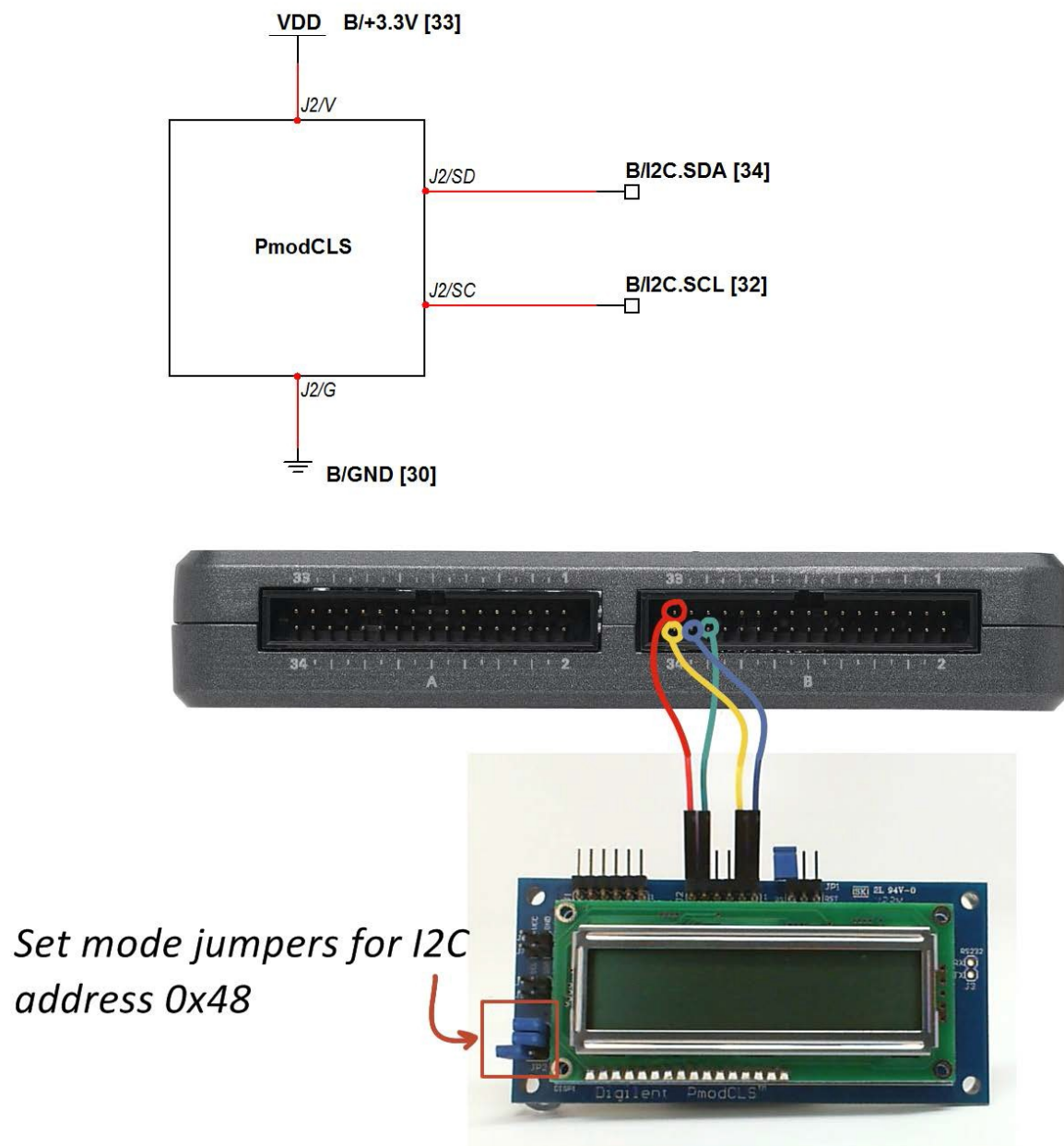


图 28.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的液晶字符显示屏的接线演示。请记得如图所示为 I²C 总线串行通信设置模式跳线。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“LCD (I2C) demo”子文件夹中的项目 LCD (I2C) demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 将 NI myRIO 板载 3 轴加速度计的状态显示为三个值 (X、Y 和 Z 方向), 并显示 myRIO 底部内置按钮的状态; 按此按钮可以看到状态从 0 变为 1。改变 myRIO 的方向可以看到加速度计值的变化, 摇晃 myRIO 可以看到更大的加速度值。您也可以将液晶字符显示屏固定或粘贴到 myRIO 顶部。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;

- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 B, 并且针脚连接正确无误;
- 液晶字符显示屏连接器端子正确无误: 仔细检查连接, 确保已将 NI myRIO I²C 总线的“SDA”线连接到液晶字符显示屏连接器 J2 上的“SD”端子, 并将“SCL”线连接到 SC 端子; 另请检查并未意外地将电源交叉连接;
- 模式跳线的设置正确无误: 再次参阅对开页图 28.2 中的画圈部分, 以了解正确的设置。

注意: 如果看到“Error-36011 occurred at myRIO Write I2C.vi”或类似的消息, 请仔细检查“SDA”和“SCL”连接; 此消息表示 NI myRIO 并未从液晶字符显示屏 I²C 总线接口中收到预期的确认。

28.2 接口原理

接口电路: 液晶字符显示屏支持三种串行通信标准: UART (通用异步收发器)、SPI (串行外围接口) 和 I²C 总线 (IC 间)。本章集中介绍 I²C 总线接口 (通常表示为“I2C”), 而前面两章介绍其他接口: 液晶字符显示屏本身的功能仍然独立于所选的通信标准。将 ASCII 字符直接发送到显示屏的 I²C 总线接收线路, 使它们出现在显示屏上。使用“转义序列”配置显示屏其他方面的行为, 例如光标归位、显示光标并闪烁、显示屏滚动等。

观看视频“[液晶字符显示屏连接原理](https://youtu.be/m0Td7Kbhvdl)” (youtu.be/m0Td7Kbhvdl, 10:36)，了解如何向液晶字符显示屏发送显示信息、转义序列和配置指令。观看视频“[串行通信：I2C](https://youtu.be/7CgNF78pYQM)” (youtu.be/7CgNF78pYQM, 8:47)，了解 I2C Express VI 配置选项与 I²C 总线发射器和接收器之间的信令波形的关系。

LabVIEW 编程：观看视频“[UART Express VI](https://youtu.be/0FMnkFDsGQs)” (youtu.be/0FMnkFDsGQs, 5:29)，了解实用的字符串格式化方法。

28.3 基本修改

观看视频“[LCD \(I2C\) Demo 指导](https://youtu.be/qbD31AeqOMk)” (youtu.be/qbD31AeqOMk, 4:32)，了解 LCD (I2C) demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 在 NI myRIO 板载按钮处于按下状态时，互换显示的两行；松开按钮后恢复原来的显示。
2. 显示完整字符集：循环展示所有可能的 256 种 8 位模式，看看您能否认出代表“度”符号的 ASCII 代码。
3. 创建指令测试仪：创建两个字符串控件，一个用于指令，另一个用于显示屏；使用布尔控件禁止发送任意一个。
4. 利用串行时钟频率进行试验；液晶字符显示屏是否支持“标准模式”和“快速模式”频率？请记得更改两个 I2C Express VI 的速度。
5. 尝试从液晶字符显示屏断开 I²C 总线线路。您看到了什么 LabVIEW 错误消息？
6. 将“slave”地址改为其他值。您看到了什么 LabVIEW 错误消息？

28.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用液晶字符显示屏，接下来请考虑将液晶字符显示屏与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- [手持仪表](#) (40)
- [无线传感器](#) (41)
- [数据记录仪](#) (42)
- [NTP 时钟](#) (43)
- [数字温度计](#) (45)
- [QR 码扫描仪](#) (47)
- [RPN 计算器](#) (48)
- [酒店客房保险箱控制器](#) (49)
- [转速计](#) (50)
- [带倾斜校正功能的罗盘](#) (54)
- [吉他调音器](#) (55)
- [数字式气泡水平仪](#) (57)
- [EEPROM 编程器](#) (59)

28.5 更多详情

- [PmodCLS 参考手册](#) (由 Digilent 提供) ~ 液晶字符显示屏参考手册：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-CLS/PmodCLS_rm_RevD-E.pdf
- [PmodCLS 电路图](#) (由 Digilent 提供) ~ 液晶字符显示屏电路图：
<http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,473&Prod=PMOD-CLS>
- [UM10204 I²C 总线规格和用户手册](#) (由 NXP Semiconductors 提供) ~ 完整阐述 I²C 总线标准，包括时序图和多主系统：
http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf

29 LED 矩阵

图 29.1 中展示的 LED 矩阵是一个 8×8 网格，而且每个圆点后面都有一个绿色 LED 和一个红色 LED。LED 矩阵使用与第 25 章的小键盘相同的行/列接线方案，并且使用两条列线（每个 LED 一条）和一条共用的行线。

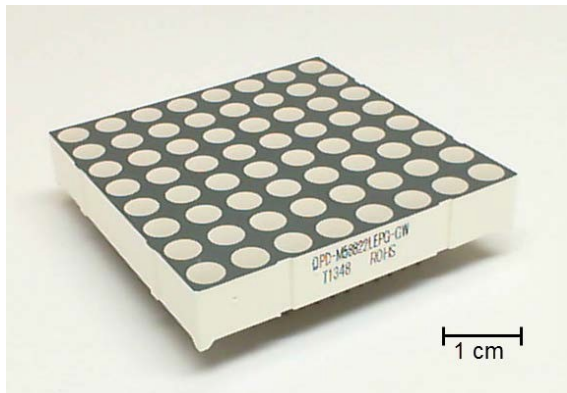


图 29.1: NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的 LED 矩阵。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述 LED 矩阵的接线图；
2. 说明可显示任意模式的光栅显示技术；
3. 描述轮流激活绿色和红色 LED 的必要性；
4. 设计动画序列。

29.1 组件演示

按照以下步骤演示 LED 矩阵的正确操作。

选择以下器件：

- LED 矩阵， <http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SanYoung-Medium-RG.pdf>
- 实验板（2 块）
- M-F 系列跳线（24 根）

建立接口电路： 请参阅第 131 页图 29.2 中所示的引脚图，以及第 132 页图 29.3 中所示的实验板推荐布局。

提示： DIO 接线颜色应当使用电阻颜色标识，例如黑色 (0) 代表 B/DIO0，棕色代表 B/DIO1 等。

接口电路需要八条与 NI myRIO MXP 连接器 A 和十六条与连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. 行 1 (1) → A/DIO0（针脚 11）
2. 行 2 (2) → A/DIO1（针脚 13）
3. 行 3 (3) → A/DIO2（针脚 15）
4. 行 4 (4) → A/DIO3（针脚 17）
5. 行 5 (21) → A/DIO4（针脚 19）
6. 行 6 (22) → A/DIO5（针脚 21）

7. 行 7 (23) → A/DIO6 (针脚 23)
8. 行 8 (24) → A/DIO7 (针脚 25)
9. 列 1 绿色 (5) → B/DIO0 (针脚 11)
10. 列 2 绿色 (6) → B/DIO1 (针脚 13)
11. 列 3 绿色 (7) → B/DIO2 (针脚 15)
12. 列 4 绿色 (8) → B/DIO3 (针脚 17)
13. 列 5 绿色 (9) → B/DIO4 (针脚 19)
14. 列 6 绿色 (10) → B/DIO5 (针脚 21)
15. 列 7 绿色 (11) → B/DIO6 (针脚 23)
16. 列 8 绿色 (12) → B/DIO7 (针脚 25)
17. 列 1 红色 (20) → B/DIO8 (针脚 27)
18. 列 2 红色 (19) → B/DIO9 (针脚 29)
19. 列 3 红色 (18) → B/DIO10 (针脚 31)
20. 列 4 红色 (17) → B/DIO11 (针脚 18)
21. 列 5 红色 (16) → B/DIO12 (针脚 22)
22. 列 6 红色 (15) → B/DIO13 (针脚 26)
23. 列 7 红色 (14) → B/DIO14 (针脚 32)
24. 列 8 红色 (13) → B/DIO15 (针脚 34)

提示：缺少跳线？可以连接阵列的一部分，例如，连接行 1 到行 4 和列 1 到列 4，以便仅显示绿色（只需八条跳线）。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“LED Matrix demo”子文件夹中的项目 LED Matrix demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: VI 在“自动模式”模式下开始, 而且显示器应显示收拢的正方形动画 (显示内容每半秒变化一次)。移动模式循环时间指针式滑动杆, 以调节动画速度。是否注意到低于 100 ms 的循环时间有任何异常?

点击自动模式开关, 然后尝试点击绿色 2D 阵列控件上的按钮。您应看到对应的绿色 LED 在显示器上亮起。花些时间尝试每行和每列, 以确保接线正确无误。对红色 2D 阵列控件重复这些步骤。

阵列控件下的绿色模式和红色模式指示器将 8×8 2D 布尔阵列的状态显示为一个 64 位十六进制值。选择“Edit | Reinitialize Values to Default”, 以清除所有 64 个阵列按钮, 然后点击右下方的按钮。注意这如何对应到 64 位值中的最低有效位。点击左上方的按钮; 这是最高有效位。点击更多按钮, 以确定剩余位的排序。利用这些 64 位模式代码, 您可以方便地创建要用于动画的各种显示模式。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- 接线正确: 确保接线顺序正确 (很容易出错)。

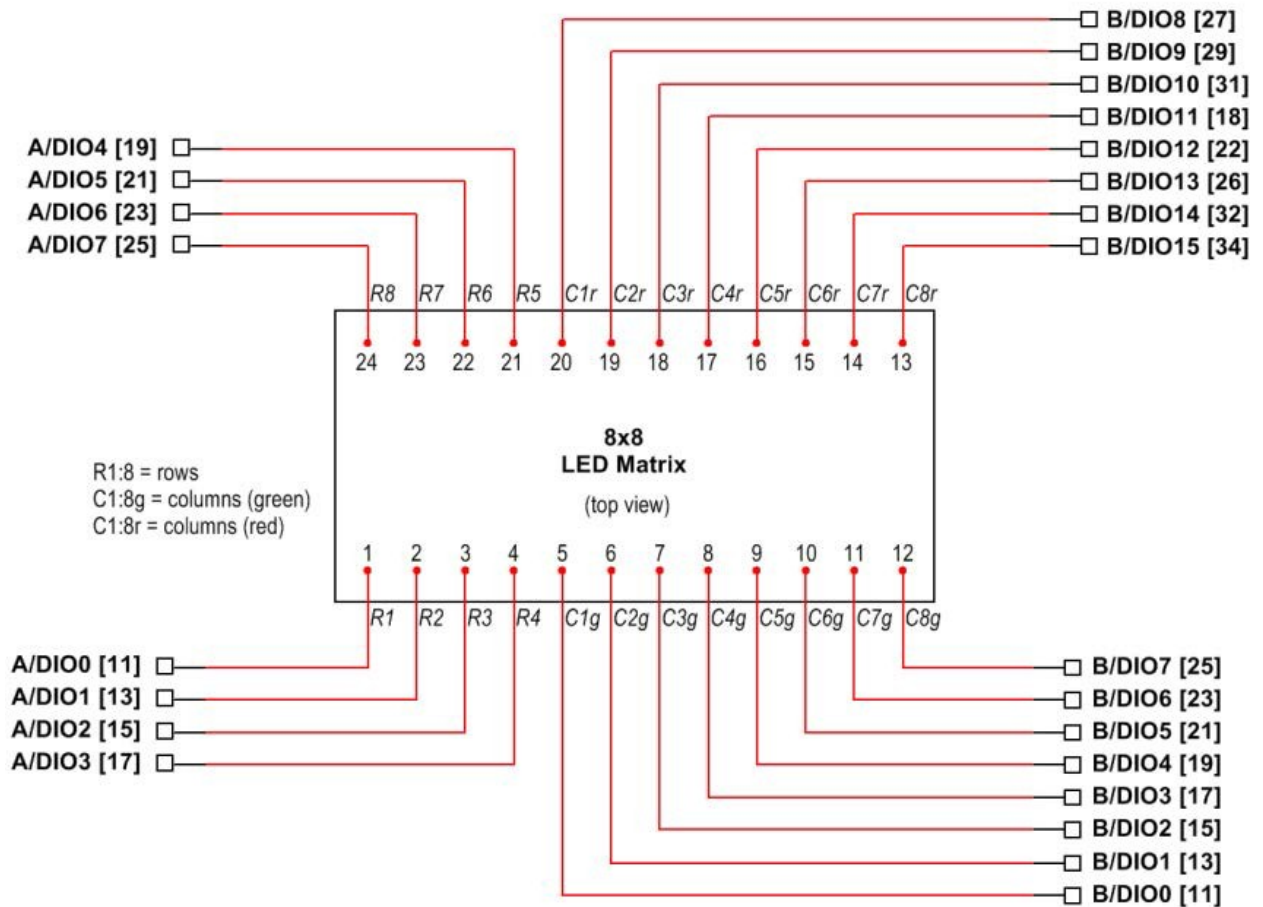


图 29.2: LED 矩阵演示电路: 针脚图以及与 NI myRIO MXP 连接器 A 和 B 上的 24 个数字式 I/O 端子的连接。

29.2 接口原理

接口电路: 8×8 LED 矩阵的每个圆点均包含一个绿色 LED 和一个红色 LED。每个二极管对的阴极均连接到相同的水平线。同一列中的所有绿色 LED 的阳极均连接到相同的垂直列线; 红色 LED 的阳极以类似方式连接, 因此, 可以单独控制每个点处的两个 LED。同时点亮这两个 LED 可以将颜色混合为黄色。

观看视频“LED 矩阵连接原理” (youtu.be/vsBjZBLdeNc, 9:51), 详细了解 LED 矩阵接线图和引脚连接、电气连接 (特别是红色和绿色 LED 之间巨大的电压/电流失配), 以及允许选择任意点模式的光栅显示技术。

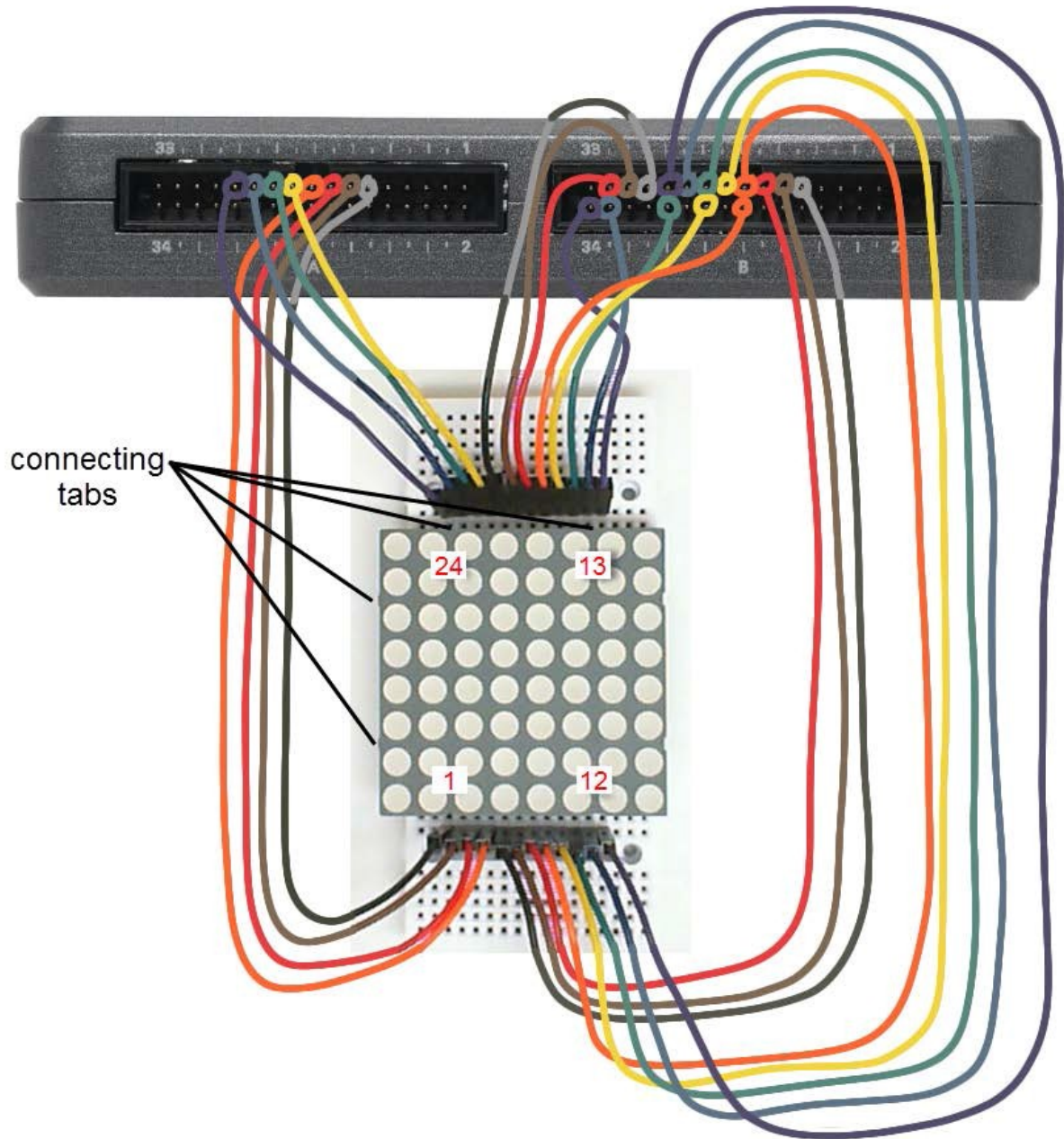


图 29.3: LED 矩阵演示电路: 实验板推荐布局。

注意：本章中描述的连接技术不需要任何附加器件，而且还帮助您了解如何设置光栅显示器（也称为多路复用显示器）。但是，24 个 DIO 使用了超过一半的可用 DIO（共 40 个），而且还占用了共享的资源（例如 SPI、I2C 总线 PWM 和编码器）。此外，光栅扫描代码需要进行大量 CPU 运算。请考虑改为使用 MAX7219 LED 显示驱动器（参见本页底部的“更多详情”部分），以完全卸除 LED 矩阵的精细控制负荷；您只需通过 SPI 总线传输所要的模式。如果您的应用需要更多 LED 矩阵来构建更大的显示器，则必须使用此方法。

LabVIEW 编程：观看视频“*Digital Output 低层次 VI*”（youtu.be/WvnlnG3ffqY, 4:53），了解如何使用低层次 VI 将布尔阵列直接连接到数字输出（即用作总线）。

29.3 基本修改

观看视频“*LED Matrix Demo 指导*”（youtu.be/Bqq63sKwQKE, 12:14），了解 LED Matrix demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 完成“Auto pattern generator”循环并更新主循环，为红色 LED 添加模式代码阵列。
2. 创建一组 64 位模式代码以制作您自己的动画，然后更新“Auto pattern generator”循环中的 1D 阵列常量。您可能会发现将常量更改为前面板控件会更加方便。您也可以不使用常量“4”，而是使用“Programming | Array”子面板中的“Array Size”，以使代码适应任意数量的 64 位模式。

3. 设法将一个或多个测量结果（例如板载加速度计的输出或模拟输入电压）映射到显示器上。例如，可以创建八个条形图以显示八个模拟输入电压，也可以将加速度计的 X 和 Y 输出映射到笛卡尔网格上。映射目标是 2D 布尔阵列全局变量。
4. 添加一个指针式滑动杆，以改变定时循环的循环时间：在定时循环内部右上方的“Right Data Node”上向下拉，以显露“Next Loop Iteration Timing”端子（出现在 dt 处），然后创建一个以交互方式调整循环时间的前面板控件。将下限设置为 1 ms，以避免选择 0 ms（这会挂起应用程序）。
5. 在显示器上观察抖动的影响：将定时循环更改为标准的 while 循环（右击循环框架并选择“Replace with While Loop”），然后添加 1 ms 的时延。您应注意到，显示亮度出现轻微的随机闪烁，这是因为实时处理器现在可以更自由地处理后台任务。另一方面，定时循环确保了精确的循环时间。

29.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用 LED 矩阵，接下来请考虑将 LED 矩阵与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- 数字式气泡水平仪 (57)
- NTP 时钟 (43)

29.5 更多详情

- *8 × 8 LED 矩阵数据表* (由 SparkFun 提供) ~ 8 × 8 LED 矩阵的数据表:
<http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SanYoung-Medium-RG.pdf>
- *带 SPI 接口的 MAX7219 LED 显示驱动器* (由 Maxim Integrated 提供) ~ 包含功率晶体管 and 光栅显示控制器, 可完全卸除每个 LED 的精细控制负荷。通过 SPI 串行总线直接发送模式:
<http://www.maximintegrated.com/MAX7219>

30 串行 EEPROM

EEPROM（电可擦除可编程只读存储器）提供非易失性数据存储，即使断电也能保存数据。EEPROM 的用途包括传感器校准表、数字密钥和自适应设备等。Microchip 25LC040A 串行 EEPROM（图 30.1）提供了 4 Kb 的存储空间（组织为由 512 个 8 位字节构成的一个阵列，可通过 SPI 串行总线访问）。

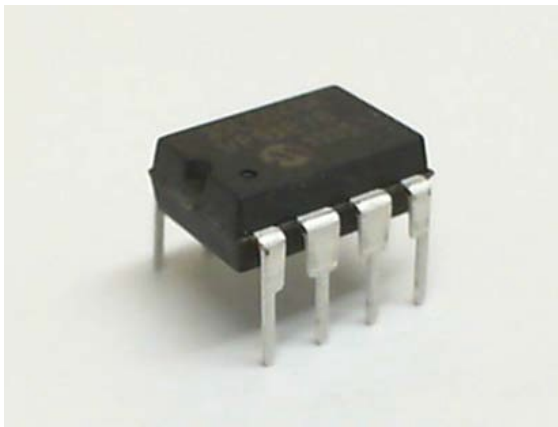


图 30.1: NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的串行 EEPROM。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述 Microchip 25LC040A 的功能和器件引脚分配；

2. 应用 25LC040A 指令集读取数据，以及将数据写入到存储器阵列和状态寄存器；
3. 使用 LabVIEW 低层次 SPI 接口 VI 与 25LC040A 通信。

30.1 组件演示

按照以下步骤演示串行 EEPROM 的正确操作。

从 NI myRIO 嵌入式系统附件包中选择以下器件：

- Microchip 25LC040A 串行 EEPROM，
<http://www.microchip.com/25LC040A>
- M-F 系列跳线（7 根）

建立接口电路: 请参阅下一页的图 30.2 显示的电路图；串行 EEPROM 需要六条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. VCC → B/+3.3V（引脚 33）
2. VSS → B/GND（引脚 30）
3. SI → B/SPI.MOSI（引脚 25）
4. SO → B/SPI.MISO（引脚 23）
5. SCK → B/SPI.SCLK（引脚 21）
6. \overline{CS} → B/DIO0（引脚 11）
7. \overline{WP} → B/DIO0（引脚 13）

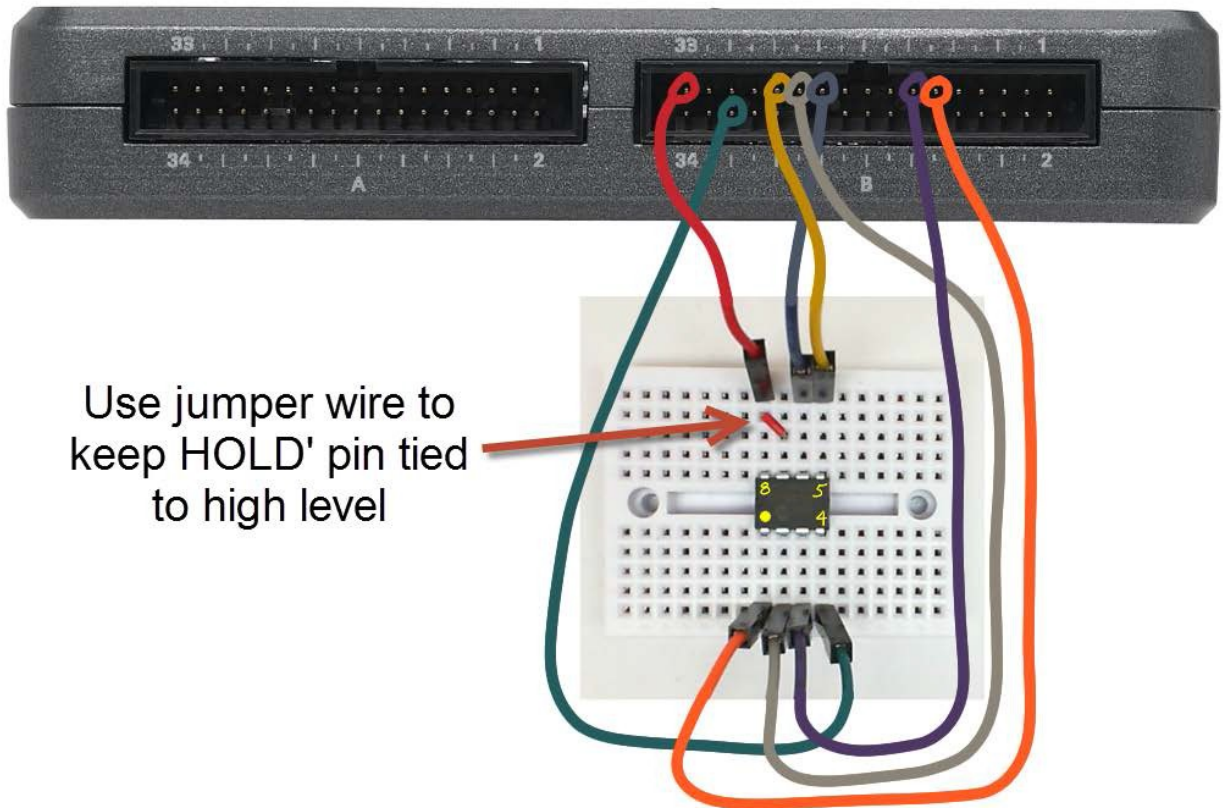
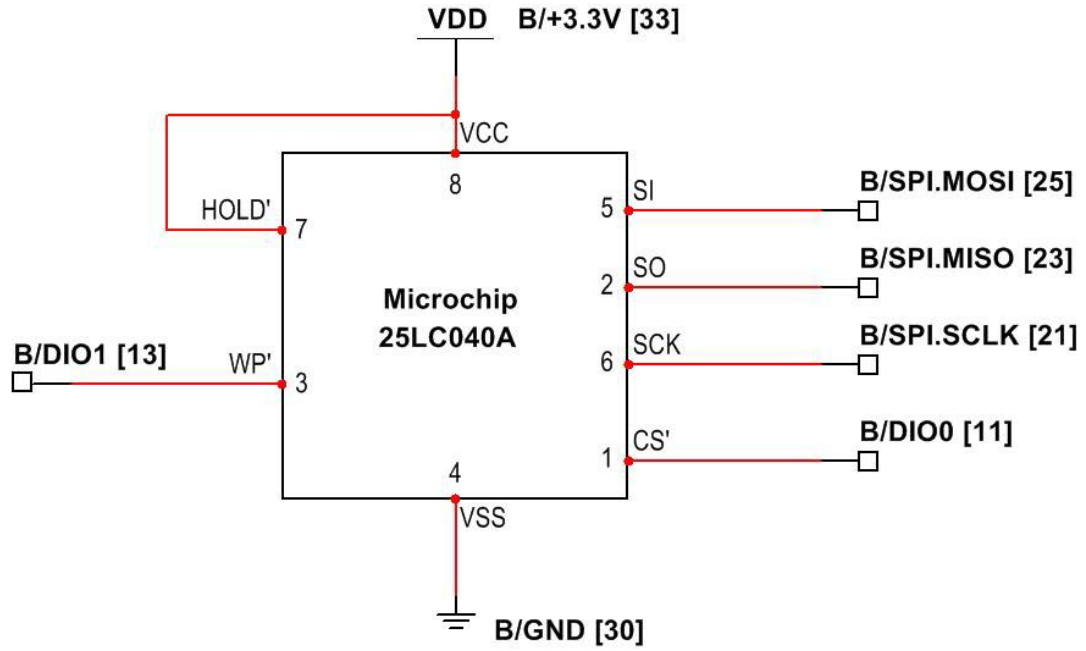


图 30.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的串行 EEPROM 的接线演示。

请务必包含一根短跳线，以将 $\overline{\text{HOLD}}$ 输入连接到 NI myRIO 3.3V 电源。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“EEPROM demo”子文件夹中的项目 EEPROM demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 提供一个“Action”控件, 可让您选择四种不同的操作 (读取整个存储器阵列、写入到阵列、读取 STATUS 寄存器和写入到 STATUS 寄存器), 另外还提供三个关联的数据面板 (从存储器阵列中读取的数据、要写入的数据和要写入的 STATUS 字节)。在“Action”控件的值改变时, VI 仅执行一次选定的操作, 因此, 在两个相同类型 (例如写入到阵列) 的连续操作之间必须选择“Idle”操作。

选择“Read entire array”操作。如果尚未对 EEPROM 编程 (即它仍然处于新出厂状态), 您应会看到填充了 255 (十六进制为 FF) 的 EEPROM 阵列指示器, 并会看到关联的图形 (绘出了值与地址函数相同的常量 (共 512 个))。

选择“Write to array”操作。默认情况下, VI 执行单字节写入 (将值 0 写入地址 0)。您会看到 EEPROM 阵列和图形现在都是空的, 因此, 您需要选择“Read entire array”以更新这两个显示。由于最初设置了写入保护控制 (这使 $\overline{\text{WP}}$ 针脚处于低电平), 因此, 您应会看到阵列仍然完全由值 255 填充。点击“Write protect”按钮以允许写入, 选择“Write to array”, 然后选择“Read entire array”。现在, 您应看到地址 0 包含值 0。

尝试向其他地址写入一些单字节值, 然后确认绘制的值出现在您期望的地方。在 EEPROM 阵列索引控件中键入一个新值, 以查看阵列指示器的其他区域。例如, 键入 511 以查看最后一个阵列值。

点击“Bytes to write”控件, 输入更多值以进行多字节写入。如果地址在页边界开始 (地址的低四位为零), 则在一个给定的写入操作中最多可以写入十六个字节 (一“页”)。右击“Bytes to write”, 选择“Data Operations”, 然后选择“Delete Element”, 以从阵列控件中删除值。通过选择“Edit | Reinitialize Values to Default”, 也可以将整个前面板重新初始化为原始设置。

选择“Read STATUS register”, 以查看 EEPROM 的 STATUS 寄存器的内容; 您应会看到零值。在“STATUS to write”控件中输入十六进制值 0x08, 然后依次选择“Write STATUS register”、“Read STATUS register”, 以确认 STATUS 寄存器已更新。在此设置下, 无论 $\overline{\text{WP}}$ 针脚的状态如何, 存储器的上半部分均受到写入保护。尝试将数据写入到低位地址 (0 到 127), 然后写入到高位地址 (128 到 511); 请记得取消选择写入保护开关。确认低位地址的值改变, 而高位地址的值不变。

在您完成时，向 STATUS 寄存器写入 0x00 值，使该寄存器恢复为出厂时的默认值（两个“块保护”位是非易失性的）。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- MXP 连接器端子正确无误：确保您使用的是连接器 B，并且针脚连接正确无误；
- 25LC040A 针脚连接正确无误：仔细检查连接，确保没有将 NI myRIO B/SPI.MOSI 线和 B/SPI.MISO 线接反；另请检查并未意外地将电源交叉连接。

30.2 接口原理

接口电路：Microchip 25LC040A 提供了 4 Kb 的非易失性存储空间（组织为 512 个 8 位字节）。存储器阵列的额定寿命达到一百万个擦除/写入周期，而且数据保留时间超过 200 年。在一个读取操作中可以任意读取阵列（从单个字节到整个阵列均可）。将数据写入到阵列时，可以将数据作为单个字节，也可以将数据作为由 16 个字节组成的一页（如果起始地址是页边界的话）。

观看视频“*EEPROM 连接原理*”（youtu.be/RxRwyDOCeRw, 11:18），详细了解 25LC040A 功能、用途、8 针脚 DIP 封装的针脚分配、指令集和 NI myRIO SPI VI 的必要配置设置。该视频接着详细说明了读取和写入阵列及 STATUS 寄存器所需的芯片选择 (CS) 时序（包括写入整个阵列的注意事项），最后介绍了如何使用 HOLD 针脚暂时挂起 SPI 总线事务。

观看视频“*串行通信：SPI*”（youtu.be/GaXtDamw5As, 7:02），更好地了解 SPI 发射器和接收器之间的信令波形。

LabVIEW 编程：观看视频“*SPI Express VI*”（youtu.be/S7KkTeMfmc8, 5:51），了解如何使用 SPI VI 来读取和写入数据。

30.3 基本修改

观看视频“*EEPROM Demo 指导*”（youtu.be/UNdVUnYHE4U, 13:07），了解 EEPROM demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 添加将填充存储器阵列的“Write entire array”操作：
 - 将“Write entire array”项添加到“Action”控件中；
 - 创建包含 512 个值的阵列，该阵列将在图形显示上产生可识别的模式，例如“Signal Processing | Sig Generation”子面板中的“Sine Pattern”；
 - 使用“Programming | Array”子面板中的“Reshape Array”构成一个 32×16 的 2D 阵列（32 页，每页 16 个字节）；
 - 复制选择结构的“Write to array”子图，然后
 - 将操作包含在 for-loop 结构中。
 请注意，在两次页写入操作之间，**必须**使用 5 ms 的延迟。

30.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用串行 EEPROM，接下来请考虑将串行 EEPROM 与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *EEPROM 编程器* (59)

30.5 更多详情

- *25LC040A 数据表*（由 Microchip 提供）~ Microchip 25LC040A 串行 EEPROM 的数据表：
<http://www.microchip.com/25LC040A>
- *M68HC11 参考手册*（由 Freescale Semiconductor 提供）~ 参考第 8 节，其中完整阐述了 SPI 串行总线标准，包括时序图和多主系统：
http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/M68HC11RM.pdf

31 蓝牙模块

蓝牙无线技术在移动设备（例如智能手机、笔记本电脑、耳机和音频系统）之间提供短距离（不超过 20 米）的数据通信。图 31.1 展示了 Digilent PmodBT2，而作为其核心的 Roving Networks（现在名为 Microchip）RN42 蓝牙模块在嵌入式控制器和其他具备蓝牙功能的设备之间提供了易于使用的接口。PmodBT2 模块用作 UART 式数据线的无线替代品。

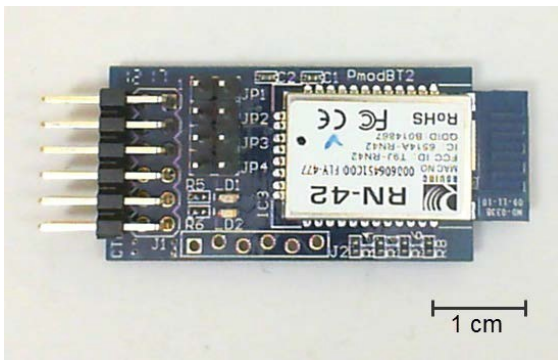


图 31.1: 基于 Roving Networks RN42 的 Digilent PmodBT2 模块。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述 RN42 蓝牙模块的基本功能和引脚分配；

2. 将 RN42 与笔记本电脑或台式机配对，以创建虚拟的 COM 端口；
3. 利用终端模拟器和 LabVIEW VI，以交互方式访问该 COM 端口；
4. 建立无线数据链；
5. 配置 RN42 名称、配对代码和配置文件。

31.1 组件演示

按照以下步骤演示蓝牙模块的正确操作。

从 NI myRIO 嵌入式系统附件包中选择以下器件：

- 蓝牙模块 (PmodBT2)，http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-BT2/PmodBT2_rm.pdf
- F-F 系列跳线（8 根）

您还需要具备蓝牙功能的笔记本电脑或台式机。

建立接口电路: 请参阅第 143 页图 31.2 显示的电路图；蓝牙模块需要八条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. +3.3V 电源 (VCC3V3) → B/+3.3V (引脚 33)
2. 接地 (GND) → B/GND (引脚 30)
3. TX → B/UART.RX (引脚 10)

4. RX → B/UART.TX (针脚 14)
5. STATUS → B/DIO0 (针脚 11)
6. RTS → B/DIO1 (针脚 13)
7. CTS → B/DIO2 (针脚 15)
8. RESET → B/DIO3 (针脚 17)

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“Bluetooth demo”子文件夹中的项目 Bluetooth demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮(加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署(下载)到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 配备有串行通信(“COM”)端口的旧款台式机可以直接连接到 NI myRIO UART 并交换数据。RN42 默认为“串行端口配置文件”(SPP), 这意味着 RN42 对台式机而言如同虚拟 COM 端口, 对 myRIO 而言如同物理 COM 端口。换言之, RN42 将台式机 COM 端口无线地延伸到 myRIO。

演示 VI 显示 RN42 从具备蓝牙功能的笔记本电脑或台式机收到的数据字符, 并且在收到字符“d”和“t”时传输 NI myRIO 的系统日期和时间。传入字符指示器使用“反斜杠代码”显示模式, 以便非打印字符(例如回车)显示为“\r”, 而 ASCII 十六进制代码指示器显示字符关联的十六进制代码。该 VI 还在 myRIO 板载 LED 上显示收到的字符的低四位。RN42 的“STATUS”和“RTS”输出作为 LED 指示灯显示, 而其“RESET”和“CTS”输入是利用按钮控制的。

按 RESET 以重置模块; 您应看到 PmodBT2 上的绿色状态 LED 熄灭。松开 RESET 按钮, 您应看到状态 LED 以中等速度闪烁, 这表示 RN42 是可发现的并且正等待连接。

使用默认的 RN42 配对代码“1234”将 RN42 与具备蓝牙功能的笔记本电脑或台式机配对。观看视频教程“*Bluetooth Demo 指导*”(youtu.be/LFCThGa681A, 15:08)直到 2:30 处, 以了解在 Windows 7 操作系统中进行蓝牙配对的逐步过程; 配对过程在 Mac OS 中是类似的。记下为 RN42 SPP 服务所创建的 COM 端口。

从 <http://www.putty.org> 下载并运行 PuTTY 终端模拟器。进行以下设置(在同一个视频教程中, 从 2:52 开始演示了此设置过程):

1. Connection type = Serial;
2. Serial line = 通过配对 RN42 而创建的 COM 端口;
3. Speed = 115200 波特(点击左下方的“Serial”类别);
4. Data bits = 8;
5. Stop bits = 1;
6. Flow control = None。

您可以保存此配置, 以便稍后加载; 为“Saved Sessions”键入名称, 然后点击“Save”按钮。

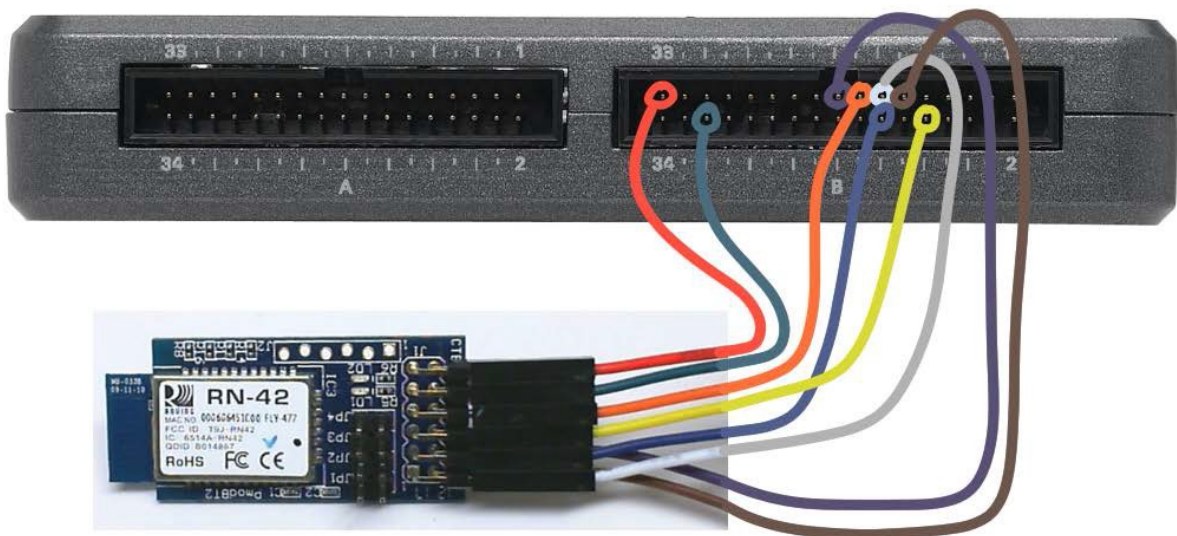
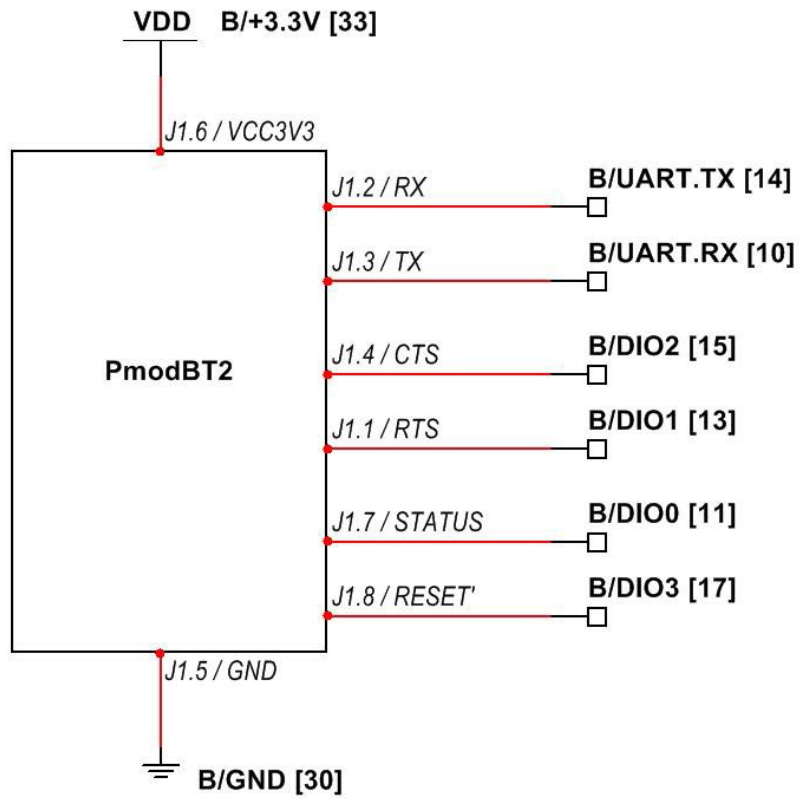


图 31.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的蓝牙模块的接线演示。

点击“Open”以打开与 COM 端口的连接。您会看到 PmodBT2 的绿色状态 LED 变暗，而且还应看到前面板 STATUS 指示灯亮起；这两个迹象表明，RN42 已经与其他蓝牙设备建立了数据连接。在 PuTTY 终端模拟器窗口中键入字符，您会看到这些字符出现在 VI 前面板上。键入“t”和“d”，确认您看到了 NI myRIO 的系统时间和日期。点击“enable echo”，键入另一些字符；现在，当您在 PuTTY 终端模拟器窗口中键入字符时，您应看到这些字符。

点击“CTS”（清除发送）按钮，键入几个字符。激活 CTS 功能时，RN42 会暂停从其 UART 接口传输数据，而您应看到 NI myRIO 没有接收到字符。再次点击“CTS”按钮，您应看到缓冲的字符快速连续地出现在传入字符指示器上。

关闭 PuTTY 窗口；您将看到 PmodBT2 绿色状态 LED 重新闪烁，而前面板 STATUS 指示灯变暗，这表示 RN42 正等待新的数据连接。

再次打开 PuTTY 窗口，键入 \$\$\$ 以进入命令模式。到目前为止，默认的 60 秒配置时间窗口已经过期，一切如常。点击“RESET”按钮两次，同时观察 PmodBT2 的绿色状态 LED；您是否注意到闪烁速度现在如何加快？加快为中等速度表示 RN42 可以接受进入命令模式的请求。再次键入 \$\$\$，您将看到 CMD 提示符出现；您还应看到，在命令模式下状态 LED 高速闪烁。键入“h”以显示所有可用命令的帮助。特别地，键入“d”以显示基本设置，键入“e”以显示扩展的设置，键入“v”以显示固件版本。键入 -- 以退出命令模式。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示： 未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- MXP 连接器端子正确无误：确保您使用的是连接器 B，并且针脚连接正确无误；
- PmodBT2 端子正确无误：仔细检查连接，确保已将 NI myRIO UART 的“receive”输入连接到 RN42 的“transmit”输出；另请检查并未意外地将电源交叉连接。

31.2 接口原理

接口电路： Roving Networks RN42 是一种独立、完全合格且集成天线的蓝牙 2 类模块。默认情况下，RN42 在“从”模式下工作，可通过代码“1234”配对，并且提供“串行端口配置文件”（SPP）服务。通过将 NI myRIO UART 直接连接到 RN42 UART，RN42 在具备蓝牙功能的笔记本电脑或台式机作为虚拟 COM 端口出现。

观看视频“[蓝牙连接原理](https://youtu.be/WidjSMNU1QM)”（youtu.be/WidjSMNU1QM, 15:34），详细了解作为 *串行电缆* 替代无线应用基础的 RN42，其中包括基本的 RN42 功能和 PmodBT2 针脚分配、将 RN42 与计算机配对、通过终端模拟器和 LabVIEW 桌面应用程序访问虚拟 COM 端口，以及利用 NI myRIO 低层次 UART VI 访问 RN42 UART。

31.3 基本修改

观看视频“[Bluetooth Demo 指导](https://youtu.be/LFCThGa681A)”（youtu.be/LFCThGa681A, 15:08），了解 Bluetooth demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 创建一个与 COM 端口交互的桌面 LabVIEW VI；观看视频“*蓝牙连接原理*”（youtu.be/WidjSMNU1QM，15:34），以寻找思路。
 2. 添加额外的选择结构，以返回 NI myRIO 的其他内部状态。例如，在收到字符“x”时，返回板载加速度计 X 轴的值。
 3. 添加数据流功能：在收到字符“a”时，开始每隔 100 ms 传输一次板载加速度计的三个值（三个由空格分隔的值，后跟回车符和换行符的组合）；继续流式输出数据，直至再次收到字符“a”。
- *RN42 数据表*（由 Microchip 提供）~ RN42 蓝牙模块的数据表；选择此页底部的“RN42” PDF 文档：
<http://microchip.com/RN42>
 - *蓝牙数据模块命令参考和高级信息用户指南*（由 Microchip 提供）~ 有关在命令模式下配置 RN42 的完整信息；选择此页底部的“Bluetooth Advanced User Manual”（蓝牙高级用户手册）PDF 文档：
<http://microchip.com/RN42>
 - *蓝牙基础知识*（由 SparkFun 提供）~ 有关蓝牙和无线移动设备的优秀教程：
<http://learn.sparkfun.com/tutorials/bluetooth-basics/all>
 - *蓝牙资源*（由蓝牙开发者门户提供）~ 致力于蓝牙技术设计的综合性网站：
<http://developer.bluetooth.org>

31.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用蓝牙模块，接下来请考虑将蓝牙模块与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *无线传感器* (41)

31.5 更多详情

- *PmodBT2 参考手册*（由 Digilent 提供）~ 蓝牙模块参考手册：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-BT2/PmodBT2_rm.pdf
- *PmodBT2 电路图*（由 Digilent 提供）~ 蓝牙模块电路图：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-BT2/PmodBT2_sch.pdf

32 数字电位器

数字电位器是具有三个端子的可变电阻，其行为与对应的机械模拟电位器（参见第 27 页第 7 章）基本相同，但它通过数字化的数值来设置虚拟的旋钮位置。数字电位器的优点是，可以方便地替换机械电位器，可通过计算机调节放大器的增益控制，并可通过软件调整用于将电阻式传感器的电路偏移归零的微调电位器。图 32.1 展示了 NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的数字电位器（具有 10 kΩ 的端到端电阻和 8 位分辨率）；SPI 串行总线传递数字化的触点位置。

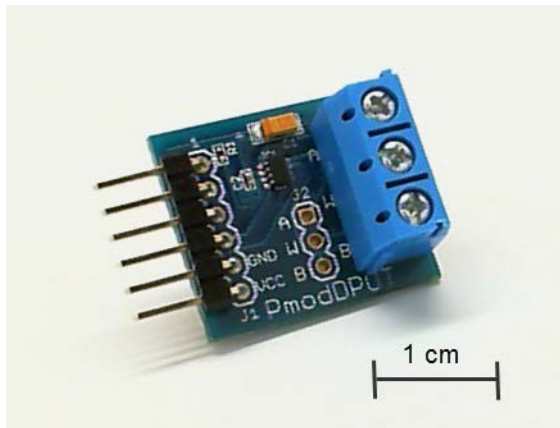


图 32.1: NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的数字电位器。

学习目标：完成本章中的活动后，您将能够：

1. 通过 SPI 串行通信来调整数字电位器的触点位置；
2. 正确连接数字电位器，并将其作为变阻器或分压器使用；
3. 论述由固态开关阵列实现的“虚拟触点”的原理。

32.1 组件演示

按照以下步骤演示数字电位器的正确操作。

从 NI myRIO 嵌入式系统附件包中选择以下器件：

- 数字电位器 (PmodDPOT), <http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,1075&Prod=PMOD-DPOT>
- F-F 系列跳线（5 根）
- M-F 系列跳线（3 根）
- 小螺丝刀

建立接口电路：请参阅第 149 页图 32.2 显示的电路图；数字电位器需要五条与 NI myRIO MXP 连接器 A 的连接，以及三条与 MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. +5V 电源 → A/+5V (针脚 1)
2. 接地 → A/GND (针脚 6)
3. SPI 接收器 → A/SPI.MOSI (针脚 25)
4. SPI 时钟 → A/SPI.CLK (针脚 21)
5. 芯片选择 → A/DIO0 (针脚 11)
6. “A” → B/+5V (针脚 1)
7. “B” → B/GND (针脚 6)
8. “W” → B/AIO (针脚 3)

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开 “Dpot demo” 子文件夹中的项目 Dpot demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的 “Run” 按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示 “Deployment Process” 窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择 “Close on successful completion” 选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 提供一个前面板滑动控件, 用于设置虚拟触点位置 (作为 8 位的值)。跨电位器末端连接的 5V 电源在触点端 “W” 处产生比例变量电压, 该电压由模拟输入读取并显示在指示器刻度盘上。移动滑杆, 您应看到刻度盘上的位置发生相应变化。按 page-up 和 page-down 键, 对数字值进行单位的更改。

如果旁边有欧姆表, 则断开所有三个电位器端子与 NI myRIO 的连接, 然后, 在改变数字化的触点位置时测量 “W” 和 “B” 端子之间的电阻; 对 “W” 和 “A” 端子重复此步骤。如果测量结果并未足够稳定, 则尝试将 “A” 或 “B” 连接到 NI myRIO 接地端子之一。

点击 “Stop” 按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的 “Run” 按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用连接器 A 为数字电位器的接口板供电, 并使用连接器 B 建立电位器的可变电压;
- SPI 连接器端子正确无误: 仔细检查连接, 确保已将 NI myRIO SPI 的 “MOSI” 输出连接到数字电位器的 “SDI” 输入, 并将数字输出 DIO0 连接到芯片选择输入。

32.2 接口原理

接口电路: Digilent PmodDPOT 接口板提供一组便于使用的接口连接器, 可连接 Analog Devices AD5160 数字电位器。数字电位器像机械电位器一样提供传统的三个端子, 而通过 SPI (串行外围接口) 传输的 8 位值 (介于 0 到 255 之间) 将会精确关闭 256 个固态开关之一 (这些开关与端子 “A” 和 “B” 之间的一系列共 256 个等值电阻建立连接点), 以设置虚拟触点位置。

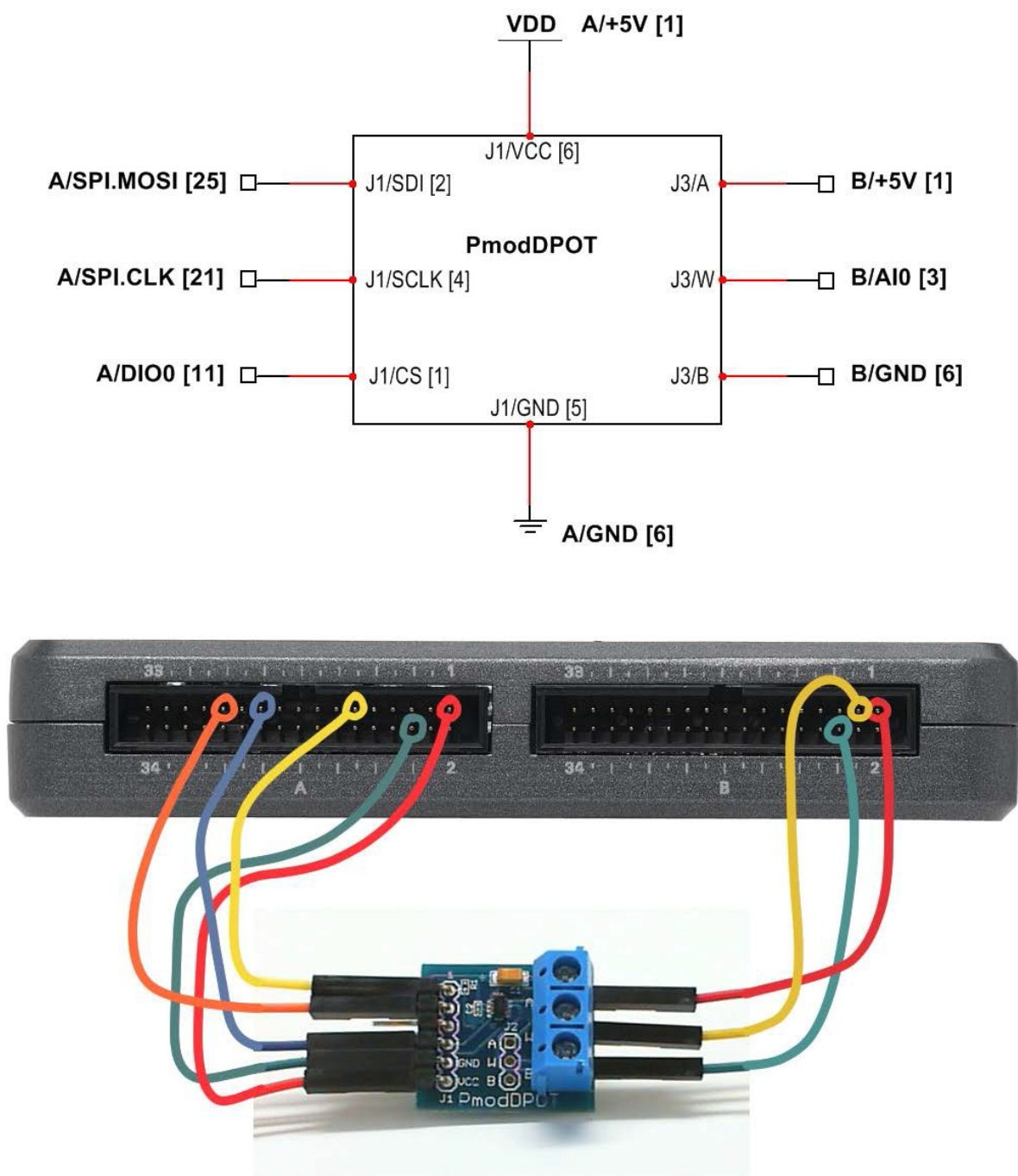


图 32.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的数字电位器的接线演示。请使用 M-F 系列跳线和螺丝刀来连接三个电位器端子。

观看视频“*数字电位器连接原理*” (youtu.be/C4iBQjWn7OI, 9:15), 详细了解数字电位器的工作原理, 包括 SPI 总线和芯片选择时序、内部开关阵列电路, 以及与在变阻器模式 (单个可变电阻) 和分压器模式 (提供可调电压的分压器) 下使用数字电位器相关的设计方程式。观看视频“*串行通信: SPI*” (youtu.be/GaXtDamw5As, 7:02), 了解 SPI Express VI 配置选项与 SPI 发射器和接收器之间的信令波形的关系。

LabVIEW 编程: 观看视频“*SPI Express VI*” (youtu.be/S7KkTeMfmc8, 5:51), 了解如何使用 SPI Express VI。

32.3 基本修改

观看视频“*Dpot Demo 指导*” (youtu.be/dtwXOj5vvy4, 4:57), 了解 Dpot demo 的设计原理, 然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改:

1. 交换“A”和“B”连接, 并确认在您增大数字值时模拟电压下降。
2. 评估数字电位器的线性: 将 while 循环结构改为 for 循环, 创建一个阵列以包含每个数字值对应的模拟电压, 然后将模拟电压作为数字电压的函数绘图。
3. 将测量到的模拟电压与理想的模拟电压之间的差异绘图, 以继续进行前一步的线性评估。利用此差异图, 可以更轻松地识别任何非线性趋势。

32.4 更多详情

- *PmodDPOT 参考手册* (由 Digilent 提供) ~ 数字电位器接口板的参考手册:
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-DPOT/PmodDPOT_rm.pdf
- *PmodDPOT 电路图* (由 Digilent 提供) ~ 数字电位器接口板的电路图:
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-DPOT/PmodDPOT_sch.pdf
- *AD5160 数据表* (由 Analog Devices 提供) ~ 有关作为数字电位器接口板核心的 AD5160 的完整信息:
<http://www.analog.com/ad5160>
- *M68HC11 参考手册* (由 Freescale Semiconductor 提供) ~ 参考第 8 节, 其中完整阐述了 SPI 串行总线标准, 包括时序图和多主系统:
http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/M68HC11RM.pdf

33 温度传感器

温度传感器提供了很有用的环境条件指示。图 33.1 展示了 NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的温度传感器（基于 Microchip TCN75A 温度传感器，具有 I²C 总线串行通信功能）。该传感器在 -40°C 到 +125°C 的范围内提供 ±1°C 的精度，并提供 9 到 12 位的分辨率以及从 30 ms 到 240 ms 的转换时间。该传感器还提供“警报”输出。在测量到的温度超过用户可调的极限时，将触发该输出。

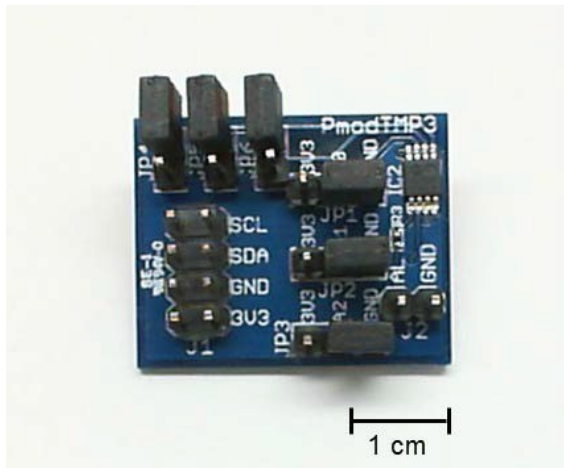


图 33.1: NI myRIO 嵌入式系统附件包附带的温度传感器。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述连续转换、单次和关闭工作模式；
2. 配置 ALERT 输出极性、比较器和中断模式；
3. 读取并解读环境温度。

33.1 组件演示

按照以下步骤演示温度传感器的正确操作。

从 NI myRIO 嵌入式系统附件包中选择以下器件：

- 温度传感器 (PmodTMP3), http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-TMP3/PmodTMP3-rm-revA_1.pdf
- F-F 系列跳线 (5 根)

建立接口电路: 请参阅下一页的图 33.2 显示的电路图；温度传感器需要五条与 NI myRIO MXP 连接器 B (见第 233 页图 A.1) 的连接：

1. +3.3V 电源 → B/+3.3V (针脚 33)
 2. 接地 → B/GND (针脚 30)
 3. 串行数据 (SDA) → B/I2C.SDA (针脚 34)
 4. 串行时钟 (SCL) → B/I2C.SCL (针脚 32)
- 确保完全按照图中所示设置所有 PmodTMP3 跳线。

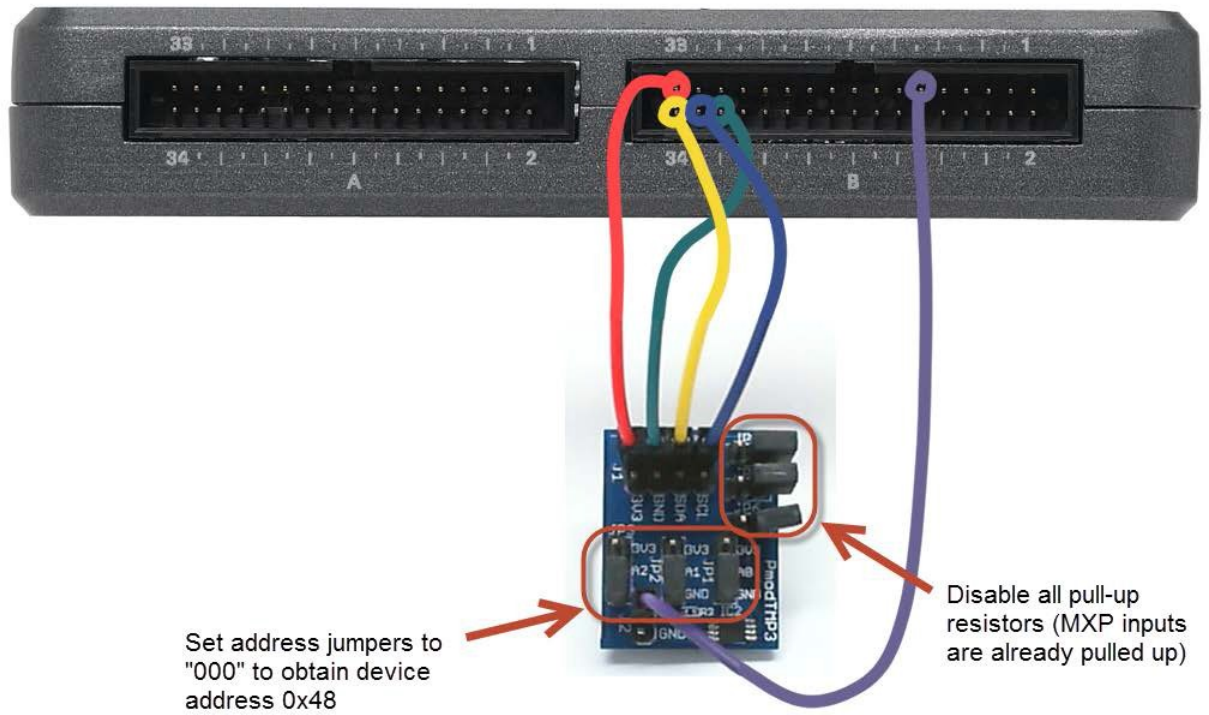
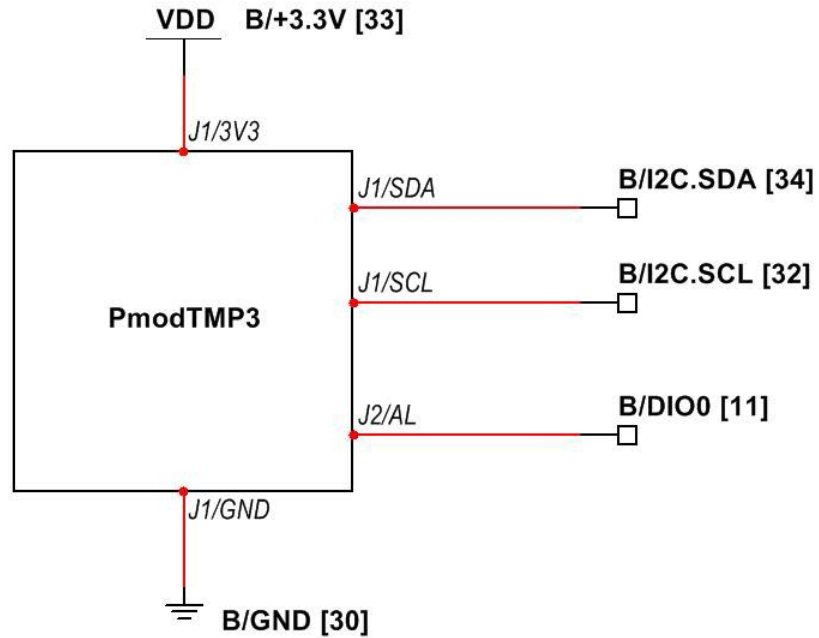


图 33.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的温度传感器的接线演示。请完全按照图中所示设置所有跳线。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开 Temperature Sensor demo 子文件夹中的项目 Temperature Sensor demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的 “Run” 按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示 “Deployment Process” 窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择 “Close on successful completion” 选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 显示 Microchip TCN75A 温度传感器测量到的环境温度 (以摄氏度为单位, 精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$); 您应看到与室温相符的温度读数。双击温度计指示器的最大值和最小值, 以更改其显示范围。尝试加热传感器: 用手指触摸传感器, 或者使用吸管或吹风机对着热敏电阻吹热风。您观察到的最高温度是多少?

在塑料夹层袋中装入一块冰或一些碎冰。将冰袋放在温度传感器周围, 您应观察到测量的温度下降。您观察到的最低温度是多少?

警报 LED 指示灯显示 TCN75A 的 “ALERT” 输出的状态。在温度超过 26°C 时, 您应观察到警报指示灯发出警报, 然后在温度低于 $24.5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 时解除警报。

VI 显示四个 TCN75A 寄存器的内容: 环境温度 (主测量项)、配置、温度极限 (将激活 ALERT 输出) 和温度滞后下限; 停止 VI, 编辑框图, 保存然后重新运行, 以更改后三个寄存器中的值。

点击 “Stop” 按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的 “Run” 按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 B, 并且针脚连接正确无误;
- PmodTMP3 连接器端子正确无误: 仔细检查连接, 确保已将 NI myRIO I²C 总线的 “SDA” 线连接到 PmodTMP3 连接器 J1 上的 “SDA” 端子, 并将 “SCL” 线连接到 SCL 端子; 另请检查并未意外地将电源交叉连接;
- PmodTMP3 地址跳线的设置正确无误: 再次参阅对开页图 33.2 中的画圈部分, 以了解正确的设置。

注意: 如果看到 “Error-36011 occurred at myRIO Write I2C.vi” 或类似的消息, 请仔细检查 “SDA” 和 “SCL” 连接; 此消息表示 NI myRIO 并未从 PmodTMP3 I²C 总线接口中收到预期的确认。

33.2 接口原理

接口电路：PmodTMP3 封装的 Microchip TCN75A 温度传感器支持 I²C 总线串行接口（通常表示为“I2C”）。两个 8 位寄存器每隔 30 ms（分辨率为 9 位）和 240 ms（分辨率为 12 位）提供一次测量到的温度（以摄氏度为单位）；每个额外的位都会使转换时间加倍。“ALERT”开漏输出提供设定值极限，以指示温度何时超过用户定义的极限。

观看视频“[温度传感器连接原理](https://youtu.be/HwzTgYp5nF0)”（youtu.be/HwzTgYp5nF0, 10:03），了解如何读取测量的环境温度、如何配置设备以调整分辨率和“ALERT”输出行为（包括极性、温度极限设定值、滞后和故障队列（在断言 ALERT 输出之前故障条件必须为真的连续转换周期的数量）），以及在按需进行单次测量时如何让设备进入关闭模式（节电闲置）。观看视频“[串行通信：I2C](https://youtu.be/7CgNF78pYQM)”（youtu.be/7CgNF78pYQM, 8:47），了解 I2C Express VI 配置选项与 I²C 总线发射器和接收器之间的信令波形的关系。

33.3 基本修改

观看视频“[Temperature Sensor Demo 指导](https://youtu.be/1Oib10sojds)”（youtu.be/1Oib10sojds, 6:25），了解 Temperature Sensor demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 将设备地址改为其他值。您看到了什么 LabVIEW 错误消息？
2. 添加必要的计算，显示以华氏度为单位的温度。
3. 在 while 循环内部移动配置寄存器代码，并将布尔阵列常量转换为前面板控件；通过这种方式，您可以更轻松地试验不同的配置选项。

4. 为温度极限设定值和滞后值（以摄氏度为单位）创建前面板控件，然后，在 while 循环内部移动关联的 I2C Express VI，以便在 VI 运行时调整这些值。在您调整这两个与温度相关的控件时，确认警报指示灯的行为与您的期望相符。在滞后值高于极限设定值时，会发生什么情况？
5. 为测量的温度添加一个波形图指示器，然后将 while 循环的时间间隔更改为更大的值（例如一分钟）。绘制 24 小时的长期温度曲线。
6. 重复前一步，修改框图代码，以便温度传感器在关闭模式下工作并按需执行单次测量。在读取温度寄存器之前，请务必等待必要的转换时间：分辨率为 9 位时，转换时间为 30 ms，分辨率每增加一位，转换时间都将加倍，最长为 240 ms（分辨率为 12 位）。
7. 添加最低和最高记录温度的显示（带有重置按钮）。

33.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用温度传感器，接下来请考虑将温度传感器与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- [手持仪表 \(40\)](#)
- [无线传感器 \(41\)](#)
- [数据记录仪 \(42\)](#)
- [线控驾驶 \(44\)](#)
- [数字温度计 \(45\)](#)
- [开关控制系统 \(52\)](#)
- [气象站 \(58\)](#)

33.5 更多详情

- *PmodTMP3 参考手册* (由 Digilent 提供) ~ 温度传感器的参考手册:
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-TMP3/PmodTMP3-rm-revA_1.pdf
- *PmodTMP3 电路图* (由 Digilent 提供) ~ 温度传感器电路图:
<http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,1202&Prod=PMOD-TMP3>
- *TCN75A 数据表* (由 Microchip 提供) ~ TCN75A 双线串行温度传感器的数据表:
<http://www.microchip.com/TCN75A>
- *UM10204 I²C 总线规格和用户手册* (由 NXP Semiconductors 提供) ~ 完整阐述 I²C 总线标准, 包括时序图和多主系统:
http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf

34 MEMS 麦克风

麦克风是用于记录音频信号和监测声级的声学传感器。图 34.1 中展示的 Analog Devices ADMP504 麦克风是 MEMS（微机电传感器）器件，它具有板载的放大器，可用在智能手机中。此器件封装在 DIP 载体上，以便在实验板上使用。

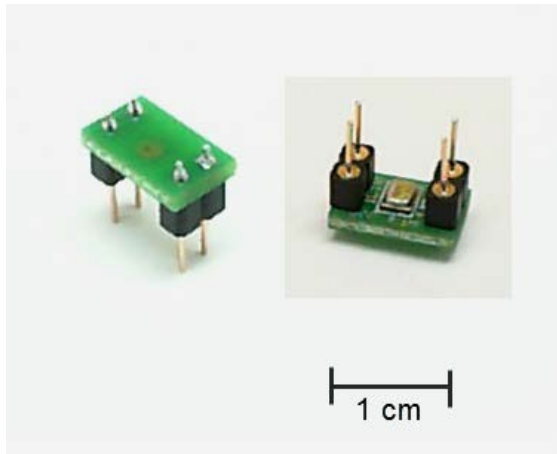


图 34.1：NI myRIO 起步附件包附带的 MEMS 麦克风。右侧的照片显示了装在 DIP 载体底面的麦克风。

学习目标：完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述 ADMP504 MEMS 麦克风的输出特性；
2. 隔阻麦克风输出的直流分量；
3. 通过运算放大器来放大麦克风信号；
4. 通过模拟输入来读取麦克风信号。

34.1 组件演示

按照以下步骤演示麦克风的正确操作。

从 NI myRIO 起步附件包中选择以下器件：

- ADMP504 超低噪声麦克风，
<http://www.analog.com/ADMP504>
- OP37 低噪声精密高速运算放大器，
<http://www.analog.com/OP37>
- AD8541 轨到轨单电源运算放大器，
<http://www.analog.com/AD8541>
- μF 瓷片电容，标有“104”，
<http://www.avx.com/docs/Catalogs/class3-sc.pdf>
- μF 电解电容，
<http://industrial.panasonic.com/www-data/pdf/ABA0000/ABA0000CE12.pdf>
- 电阻，10 k Ω （3 个）
- 电阻，100 k Ω
- 实验板
- M-F 系列跳线（5 根）
- 3.5 毫米立体声音频线（随 NI myRIO 提供）
- 测试夹（2 个）

建立接口电路：请参阅对开页图 34.3 中所示的电路图和实验板推荐布局。接口电路需要四条与 NI myRIO 连接器 B 和 C（见第 233 页图 A.1 和第 234 页图 A.2）的连接：

1. +15V 电源 → C/+15V（针脚 1）
2. -15V 电源 → C/-15V（针脚 2）
3. +3.3V 电源 → B/+3.3V（针脚 33）
4. 接地 → C/AGND（针脚 3）
5. 麦克风输出 → AUDIO IN

将 3.5 毫米立体声音频线连接到 AUDIO IN。使用测试夹将另一个插头（左声道）连接到麦克风输出，并将插头套接地；请参阅图 34.2。

或者，也可以建立设计为直接连接到 MXP 模拟输入的接口电路；请参阅第 160 页图 34.4。此版本需要五条与 NI myRIO MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. +5V 电源 → B/+5V（针脚 1）
2. 接地 → B/GND（针脚 6）
3. +3.3V 电源 → B/+3.3V（针脚 33）
4. 接地 → B/GND（针脚 30）
5. 麦克风放大器输出 → B/AIO（针脚 3）

运行演示 VI：

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“MEMS Microphone demo”子文件夹中的项目 MEMS Microphone demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

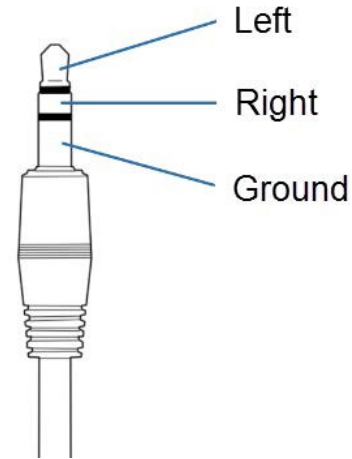


图 34.2：3.5 毫米立体声音频线插头的接地连接、左声道连接和右声道连接。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：演示 VI 以示波器图形的形式显示麦克风检测到的音频信号。根据您的接口电路，选择合适的麦克风输入：AudiIn/Left 或 B/AIO。此外，双击波形图的上限和下限，将它们设置为 -2.5 和 2.5（对于 AudiIn/Left），或者 0 和 5（对于 B/AIO）。

试着吹口哨、说话、唱歌或发出其他任何声音，您应会看到相应的波形。请注意，在使用音频输入时，波形将以零为中心；在使用模拟输入时，波形将以大约 2.5V 为中心。

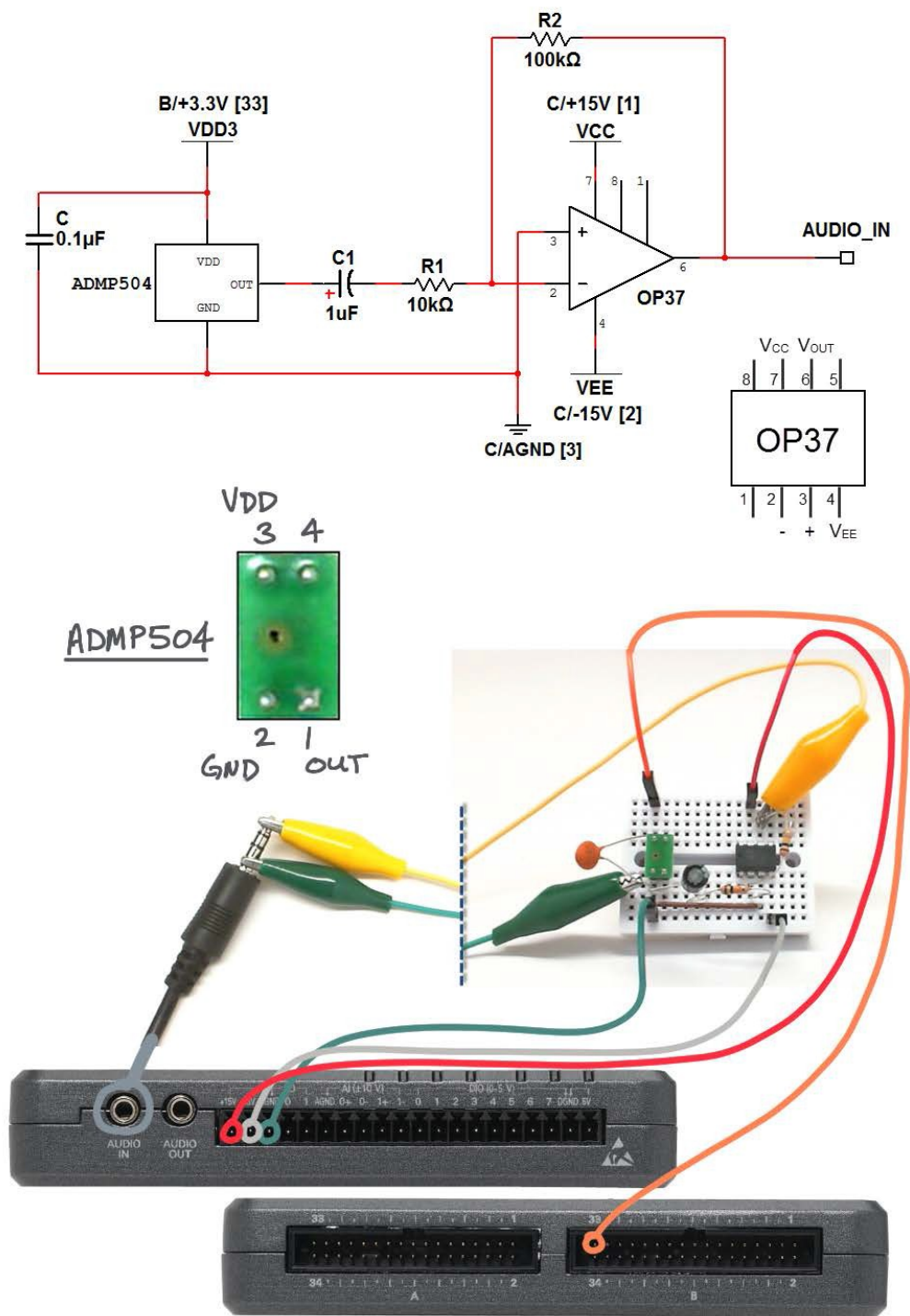


图 34.3: 带有 AUDIO IN 的 MEMS 麦克风的演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO 连接器 B 和 C 的连接。

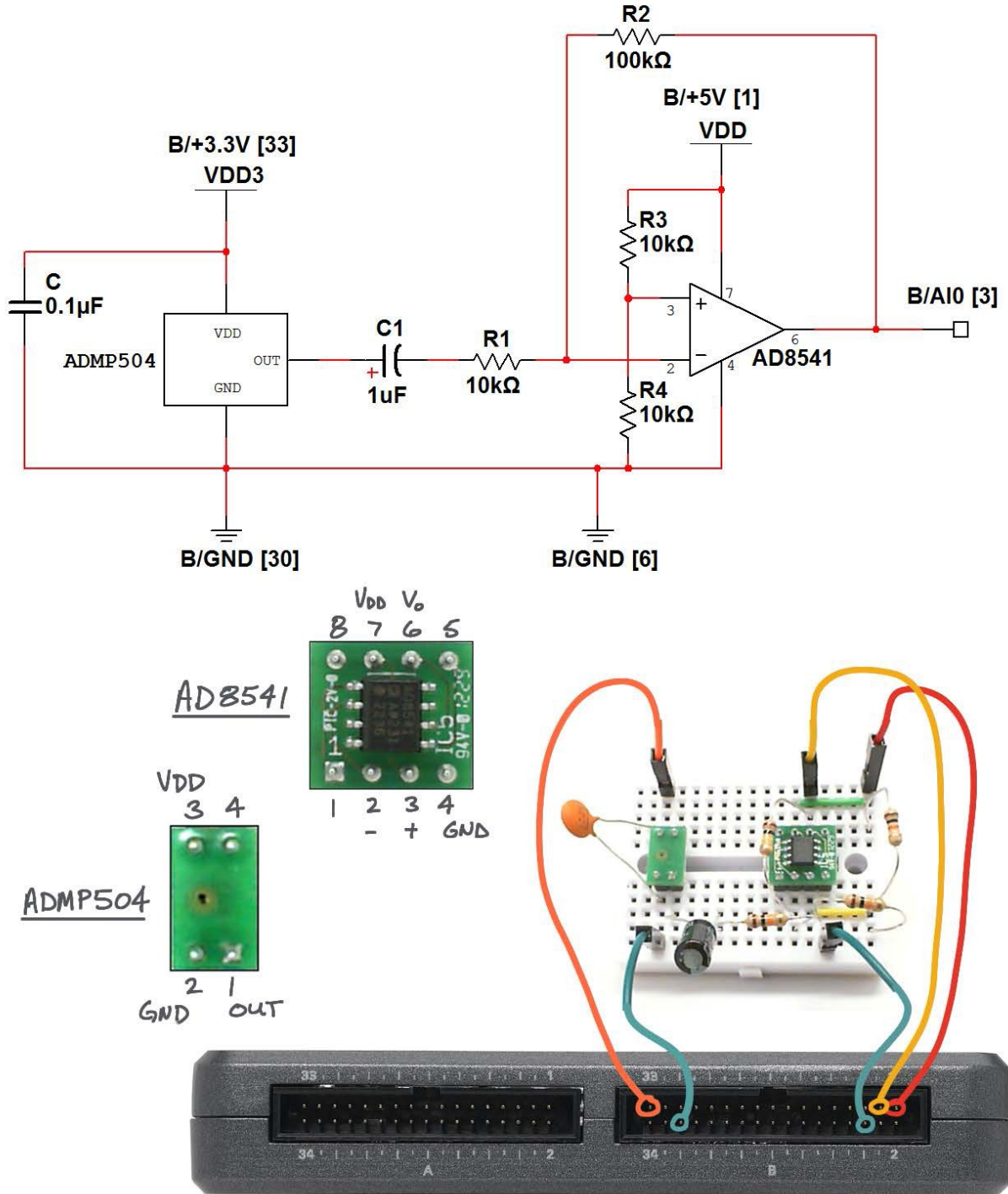


图 34.4: 带有模拟输入 (AI) 的 MEMS 麦克风的演示电路: 电路图、实验板推荐布局, 以及与 NI myRIO MXP 连接器 B 的连接。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示： 未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- MXP 连接器端子正确无误：确保您使用的是连接器 B（还可能包括连接器 C），并且针脚连接正确无误；
- 使用 B/AIO（针脚 3）跳线作为探针来检查以下信号点：
 - ADMP504 输出：带有信号的 0.8V 直流偏移（最多为 $\pm 0.25V$ ）
 - 1 μF 电容的负端：与 ADMP504 输出相同，但直流偏移为零（对于 OP37）或 2.5V (AD8541)
 - 同相 (+) 运算放大器端子：零（对于 OP37）或 2.5V 偏移 (AD8541)
 - 反相 (-) 运算放大器端子：零（对于 OP37）或 2.5V 偏移 (AD8541)；如果是其他级别，请仔细检查所有运算放大器连接，或尝试使用其他运算放大器

34.2 接口原理

接口电路： ADMP504 产生 0.25V 的最大电压，直流偏移为 0.8V。观看视频“*ADMP504 麦克风连接原理*”（youtu.be/99lpj7yUmuY, 6:36），了解麦克风特性、对电源旁路电容的需求、隔直电容、反相放大器（将麦克风输出提升到与音频输入和模拟输入的 $\pm 2.5V$ 输入范围相匹配的级别）。

34.3 基本修改

观看视频“*MEMS Mic Demo 指导*”（youtu.be/2Zpl_uDwOg4, 2:31），了解 MEMS Microphone demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 添加实时振幅谱显示；使用内置的 Amplitude and Phase Spectrum VI（位于“Signal Processing | Point by Point | Spectral”子面板中）的逐点版本。
2. 添加显示信号强度的 VU（音量）计；使用内置的 AC & DC Estimator PtByPt VI（位于“Signal Processing | Point by Point | Sig Operation”子面板中）的 AC 输出。
3. 通过添加带有反馈电阻的并联电容，创建抗混叠滤波器。

34.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用 MEMS 麦克风，接下来请考虑将 MEMS 麦克风与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *手持仪表* (40)
- *无线传感器* (41)
- *数据记录仪* (42)
- *线控驾驶* (44)
- *吉他调音器* (55)

34.5 更多详情

- 利用 ADMP504 实现的麦克风阵列波束形成 (由 Analog Devices 提供) ~ 通过视频演示将两个 ADMP504 麦克风与 DSP (数字信号处理) 组合使用, 以创造虚拟指向性麦克风:

<http://videos.analog.com/video/products/MEMS-sensors/1979997938001/Microphone-Array-Beamforming-with-the-ADMP504>

- ADMP504 Flex Eval Board (由 Analog Devices 提供) ~ ADMP504 与旁路电容和延长线一起封装:

<http://www.analog.com/en/evaluation/EVAL-ADMP504Z-FLEX/eb.html>

第 IV 部分

附加设备

35 H 桥和减速电机

H 桥电机驱动电路使用四个功率场效应晶体管指引电流朝某个方向流过直流电机，因而允许电机控制器在需要时使电机反向旋转。场效应晶体管还以足够快的速度切换，使一对导通的场效应晶体管的脉冲宽度调制 (PWM) 端能够调整电机转速。NI myRIO 机电一体化附件包附带的 H 桥和减速电机 (图 35.1) 提供了相对高的转矩，适用于机器人平台的传动系统。此外，集成的轴位置正交编码器提供了适用于电机位置和转速控制的反馈。



图 35.1: NI myRIO 机电一体化附件包附带的 H 桥和减速电机。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述 H 桥工作原理；
2. 说明如何控制电机转速和旋转方向；
3. 画出顺时针和逆时针旋转时轴位置传感器的正交编码输出波形草图；
4. 了解在改变电机旋转方向时如何使场效应晶体管免遭瞬时短路电流的损害；
5. 应用 LabVIEW PWM Express VI 来控制电机转速；
6. 应用 LabVIEW Encoder Express VI 来测量电机轴位置和转速。

35.1. 组件演示

按照以下步骤演示 H 桥和减速电机的正确操作。

从 NI myRIO 机电一体化附件包中选择以下器件：

- H 桥 (PmodHB5), http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-HB5/PmodHB5_RevD_rm.pdf
- 减速电机, <http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,403,625&Prod=MT-MOTOR>
- 小螺丝刀
- F-F 系列跳线 (6 根)
- M-F 系列跳线 (2 根)

建立接口电路：请参阅下一页的图 35.2 显示的电路图；H 桥和减速电机需要六条与 NI myRIO MXP 连接器 A 和两条与 MXP 连接器 B（见第 233 页图 A.1）的连接：

1. J2.VM → B/+5V（针脚 1）
2. J2.GND → B/GND（针脚 6）
3. J1.VCC → A/+3.3V（针脚 33）
4. J1.GND → A/GND（针脚 30）
5. J1.EN（使能）→ A/PWM0（针脚 27）
6. J1.SA（传感器 A）→ A/ENCA（针脚 18）
7. J1.SB（传感器 B）→ A/ENCB（针脚 22）
8. J1.DIR（方向）→ A/DIO0（针脚 11）

使用小型一字螺丝刀拧松和拧紧电机电源的电压连接器 J2 的螺丝。

运行演示 VI：

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“H-Bridge & Geared Motor demo”子文件夹中的项目 H-Bridge & Geared Motor demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：点击“Enable”按钮，增大 PWM 占空比滑块的值，直至电机开始旋转。您应看到电机旋转、“Counter Value”指示器的值朝着正方向增大以及“Counter Direction”指示器显示“Counting Up”。继续增大 PWM 占空比滑块的值，以加快电机转速。

将滑块向下滑向零，然后继续向下滑到负值。您应看到方向指示器的显示变为“Counting Down”，而且计数器值减小。

点击“Reset Counter”按钮，然后用电机转速进行试验。请注意，计数器现在充当转速指示器，它报告每隔 100 毫秒测量一次的“计数”次数。

尝试改变 PWM 频率滑动控件的值，以调整向 H 桥“使能”输入端施加脉冲的速度。寻找 PWM 频率与占空比之间的关系，特别是从以下几点出发：

1. 从零开始增大 PWM 占空比时，在哪个 PWM 频率范围下最容易启动已停止的电机？
2. 哪个 PWM 频率范围导致可听见的声音？
3. 哪个 PWM 频率范围最适合非常缓慢的旋转？

将电机转速恢复为零，然后重置计数器，并让“Reset Counter”开关保留“关闭”状态。手动旋转电机背面的磁体，观察“Counter Value”的显示。在磁体旋转一圈时，您看到多少个计数？

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

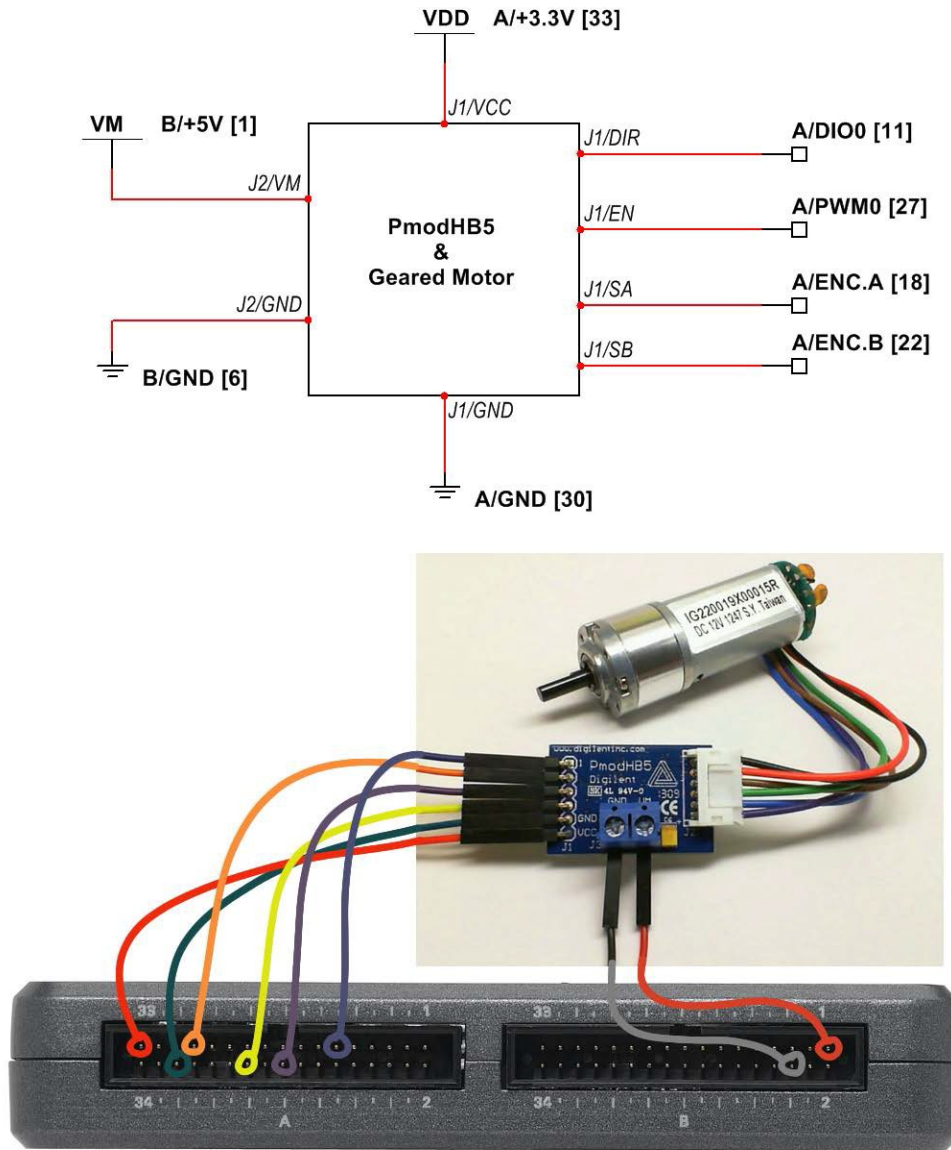


图 35.2: H 桥和减速电机演示电路: 电路图以及与 NI myRIO MXP 连接器 A 和 B 的连接。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- MXP 连接器端子正确无误：确保您使用连接器 A 来传输 H 桥的控制和传感器信号，并且引脚连接正确无误；
- PmodHB5 端子正确无误：仔细检查连接，确保没有颠倒 NI myRIO 编码器的输入；另请检查并未意外地将电源交叉连接。

35.2. 接口原理

接口电路：PmodHB5 H 桥电机驱动器通过贴在电机背面的一对霍尔效应传感器提供电机使能信号、方向输入和正交传感器输出；装在电机轴上的小块圆形磁铁将会激活这些传感器。Sha Yang Ye IG22 减速电机通过 JST 型连接器直接连接到 PmodHB5。HB5 上的螺丝接线端子接受 18 号线，可适应电压/电流最高为 12V/2A 的电机。

观看视频“*H 桥和减速电机连接原理*”（youtu.be/W526ekpR8q4，11:26），详细了解 H 桥工作原理、PmodHB5 和 IG22 功能、利用脉冲宽度调制 (PWM) 进行的转速控制、霍尔效应传感器和正交编码传感器信号，以及使用传感器信号作为反馈对电机位置和转速进行的闭环控制的概述。

LabVIEW 编程：观看视频“*PWM Express VI*”（youtu.be/mVN9jfwXlel，2:41），了解如何使用 PWM Express VI 创建脉冲宽度调制方波，以便在电机运转时调整其转速。

35.3. 基本修改

观看视频“*H-Bridge and Geared Motor Demo 指导*”（youtu.be/Q1UXVtVN-oQ，6:01），了解 H-Bridge & Geared Motor demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 确定齿轮箱输出轴转一圈时轴编码器计数的次数（提示：您需要知道齿轮箱减速比和传感器磁体转一圈时编码器计数的次数），然后添加框图代码，以度为单位显示齿轮箱输出轴的角度。
2. 添加一个显示器，以显示齿轮箱输出轴 RPS（每秒转数）。
3. 框图已被特意设计为便于您添加 PID（比例/积分/微分）控制器，以实施闭环转速控制系统：
 - (a) 在紧靠 Encoder Express VI 右侧的地方，按住“Ctrl”键，点击鼠标左键并拖动光标以创造一些垂直空间，然后从编码器 VI 中断开错误群集；
 - (b) 将“Real-Time | Function Blocks | Control”子面板中的 PID 控制器放入此空间；
 - (c) 重新连接错误群集，确保 PID VI 在编码器 VI 之后和 PWM VI 之前执行；
 - (d) 为比例增益、积分时间和微分时间值创建前面板控件；
 - (e) 右击 PWM 占空比控件并选择“Change to indicator”；
 - (f) 将 PID 输出连接到 PWM 占空比指示器；
 - (g) 创建一个用于输入 PID 设定值的控件；
 - (h) 让“Reset Counter”开关保持活动状态，或将其更改为真值常量。

在互联网上搜索短语“Ziegler-Nichols PID tuning”，以查找有关如何为三个 PID 控制器常量选择合适值的教程，然后自由地独自进行试验（从比例增益开始）。

35.4. 更多详情

- *PmodHB5 参考手册*（由 Digilent 提供）~ H 桥模块参考手册：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-HB5/PmodHB5_RevD_rm.pdf
- *PmodHB5 电路图*（由 Digilent 提供）~ H 桥模块电路图：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-HB5/PmodHB5_D_sch.pdf
- *电机/齿轮箱*（由 Digilent 提供）~ 您的项目需要更多减速电机？IG22 由 Digilent 提供：
<http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,403,625&Prod=MT-MOTOR>
- *IG22 减速电机数据表*（由 Sha Yang Ye 提供）~ 电机和行星齿轮箱的数据表：
<http://www.geared-motor.com/english/pdf/IG-22GM-01&02.pdf>
- *双通道编码器数据表*（由 Sha Yang Ye 提供）~ 双通道正交编码器数据表：
<http://www.geared-motor.com/english/pdf/Magnetic-Encoders.pdf>

36 USB 闪存驱动器

NI myRIO 包含 USB 端口，而且其操作系统支持 USB 闪存驱动器，这极大地扩展了 NI myRIO 的能力，从而能使用大型数据集和执行长期的数据记录任务，而不必受制于板载的固态硬盘驱动器。图 36.1 展示了插入 NI myRIO USB 连接器中的 USB 闪存驱动器。



图 36.1：插入了 USB 闪存驱动器的 NI myRIO USB 连接器。

学习目标：完成本章中的活动后，您将能够：

1. 通过以下任何方式访问 NI myRIO 文件系统的板载磁盘驱动器：

- (a) Web 浏览器；
 - (b) 网络映射驱动器；
 - (c) 交互式安全外壳 (SSH)；
2. 通过 LabVIEW 读取和写入文件。

36.1 组件演示

按照以下步骤演示 USB 闪存驱动器的正确操作。

选择以下器件：

- 格式化为 Windows FAT16 或 FAT32 的 USB 闪存驱动器

运行演示 VI：

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“USB Flash Drive demo”子文件夹中的项目 USB Flash Drive demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：演示 VI 展示了一个简单的数据记录应用程序。如前一页图 36.1 所示，将 USB 闪存驱动器插入 NI myRIO 顶部的 USB 连接器中，运行 VI，然后移动 myRIO，使 X 轴加速度指示器出现一些活动。VI 会持续监视 NI myRIO 板载加速度计的活动，之后，在您停止 VI 时，它会将这些测量结果保存为 CSV 格式（逗号分隔值）的电子表格文件；点击“Stop”按钮或按 Esc 键。使用默认的基本文件名“logfile”，或者输入新名称。请注意，每次您运行 VI 时，VI 都会覆盖该文件。取出 USB 闪存驱动器，然后使用 Excel 等电子表格应用程序读取该电子表格文件。第一列是时间，第二列是加速度；将这两列绘制为 X-Y 图，以确认绘图与“Acquired data”波形图相符。

演示 VI 还显示 USB 闪存驱动器的容量和可用空间，以及闪存驱动器顶层文件夹中的文件和文件夹。利用不同的日志文件名反复运行 VI，您应看到这些新创建的文件出现在最左侧的指示器中。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- USB 闪存驱动器已插入 USB 连接器中
 - 如果未插入 USB 闪存驱动器，演示 VI 将生成错误消息。

36.2 接口原理

NI myRIO 文件系统：NI myRIO RT（实时）目标运行 NI Linux 实时 OS（操作系统），该操作系统管理容量为 387 MB 的板载固态硬盘驱动器 (HDD)，以及 USB 闪存驱动器。插入 USB 闪存驱动器会自动将该驱动器作为文件夹安装到 HDD 上的大多数文件夹都是只读的，但是，以下三个文件夹提供了读写权限：/home/lvuser、/home/webserv 和 /tmp（重置后会自动清除此文件夹）。可以通过 Web 浏览器、映射的网络驱动器和带安全外壳 (SSH) 的交互式命令行提示符来访问文件系统。LabVIEW 程序也可以直接读取和写入文件，以及执行各种文件管理任务。

观看视频“NI myRIO 文件系统”（youtu.be/BuREWnD6Eno，12:55），了解 NI myRIO 文件系统，其中包括通过 Web 浏览器访问和下载板载硬盘驱动器 (HDD) 中的文件、将板载 HDD 映射为 Windows 中的网络驱动器、通过 LabVIEW 以编程方式创建文本文件和电子表格文件，以及通过 PuTTY SSH 客户端建立安全外壳 (SSH) 连接，以交互方式浏览 NI myRIO 文件系统。

36.3 基本修改

观看视频“USB Flash Drive Demo 指导”（youtu.be/YIQukBt1IWI，8:22），了解 USB Flash Drive demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 启用加速度计的 Y 轴和 X 轴输出，并将这些输出作为两个附加列记录到 CSV 电子表格文件中。在 PC 上读取该电子表格文件，确认要绘图的数据正确。
2. 添加一项功能，以创建包含日志文件创建时间和日期的文本文件。使用“Programming | Timing”子面板中的“Get Time/Date VIs”创建字符串。

36.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用 USB 闪存驱动器，接下来请考虑将 USB 闪存驱动器与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *数据记录仪* (42)
- *监控摄像头* (53)
- *EEPROM 编程器* (59)

36.5 更多详情

- *使用 WebDAV 将文件传输到您的实时目标*（由 National Instruments 提供）~ 说明如何将 myRIO 文件系统映射到 Windows 驱动器：
<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/4EBE45E8A816B19386257B6C0071D025>
- *在实时目标上使用文件路径*（由 National Instruments 提供）~ 指定文件夹和文件名（文件路径）的最佳做法：
<http://www.ni.com/tutorial/14669/en/>
- *哪些文件系统可与 NI Linux 实时 OS 一起使用？*（由 National Instruments 提供）~ 建议进行的 USB 闪存驱动器格式化：
<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/4819E4118F382D4586257C1A00592CF3>

37 网络摄像头

NI myRIO 支持 USB 网络摄像头（图 37.1），而且可以使用通过 USB 集线器连接的多个网络摄像头。安装了“Vision Acquisition and Development”模块后，您可以利用各种图像处理和计算机视觉工具获取并处理静止图像和视频流。



图 37.1：连接到 NI myRIO USB 端口的网络摄像头。

学习目标：完成本章中的活动后，您将能够：

1. 获取并处理单个图像；
2. 获取并处理视频流；
3. 设置网络摄像头的视频模式（分辨率和帧速率）；
4. 设置网络摄像头的属性（例如饱和度）；
5. 使用 NI-MAX 确定可用于网络摄像头的视频模式和属性。

37.1 组件演示

按照以下步骤演示网络摄像头的正确操作。

选择以下器件：

- USB 网络摄像头

运行演示 VI：

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>（如果您之前未下载）并将其中内容解压到方便的位置；
- 打开“Webcam demo”子文件夹中的项目 Webcam demo.lvproj；
- 展开 myRIO 内容层次按钮（加号），然后双击 Main.vi 将其打开；
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机，然后
- 运行 VI：点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前，您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口，向您展示项目如何编译并部署（下载）到 NI myRIO。

注意：您可以选择“Close on successful completion”选项，让 VI 自动开始运行。

预期结果：此项目包含三个不同的Main.vi 顶层应用程序：

1. Main - single image.vi – 此演示 VI 捕捉单个图像并检测图像中的边缘。通过网络摄像头前面板控件选择网络摄像头，然后运行 VI。您应在左侧看到网络摄像头图像，并在右侧看到已检测其边缘的版本。调整高阈值 HThresh 控件，以更改边缘检测器的敏感度。
2. Main - video stream.vi – 此演示 VI 捕捉并实时处理视频流。通过网络摄像头前面板控件选择网络摄像头，然后运行 VI。您应在左侧看到网络摄像头图像，并在右侧看到它的已处理版本；VI 开始时并不执行处理（直通模式）。通过视频处理前面板控件选择视频处理的类型。调整高阈值 HThresh 控件，以更改边缘检测器的敏感度。尝试进入“hue”处理模式，以显示灰度图像（每个灰度均代表一种不同的颜色）；您能否将图像中的颜色与其灰度色调关联？另请尝试进入“luma”处理模式，以显示源图像的灰度等值图像。点击“adjust saturation”以允许调整网络摄像头的“Saturation”属性，然后移动水平指针式控件。哪种程度提供了最赏心悦目的色彩平衡？
3. Main - camera info.vi – 此演示 VI 显示已连接到 NI myRIO 的所有摄像头的信息，以及可用于所选网络摄像头的属性和视频模式。通过网络摄像头控件选择特定的网络摄像头，然后运行 VI 以更新显示（每次选择另一个网络摄像头时，您都需要重新运行 VI）。点击所有摄像头的阵列索引控件上的向上/向下箭头，以查看每个摄像头的详细信息。确定除列表顶部的模式之外的一种视频模式（分辨率和帧速率），记下其编号，然后将此值输入到 Main - video stream.vi 中（您需要重新运行 VI 才能更改视频模式）。确认分辨率与在左侧源图像下显示的摄像头信息中报告的分辨率相符。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- 网络摄像头已插入 USB 连接器中。

37.2 接口原理

NI myRIO 文件系统：LabVIEW Vision and Motion VI 提供一整套工具，用于获取并处理图像，以及从图像中提取有用的数字信息。将一个网络摄像头连接到 NI myRIO USB 端口，或通过 USB 集线器连接多个网络摄像头，然后使用 Vision and Motion VI 快速创建应用程序。

观看视频“[网络摄像头连接原理（单个图像）](https://youtu.be/lizzs9rBmYA)”（youtu.be/lizzs9rBmYA, 7:50），了解获取并处理单个图像的基础知识，然后继续观看“[网络摄像头连接原理（视频流）](https://youtu.be/L7tMeKshd38)”（youtu.be/L7tMeKshd38, 10:59），了解如何实时处理视频流。观看视频“[网络摄像头连接原理（设置视频模式）](https://youtu.be/lxsioDcCuwA)”（youtu.be/lxsioDcCuwA, 5:13），了解如何调整视频模式（分辨率和帧速率），然后继续观看“[网络摄像头连接原理（设置属性）](https://youtu.be/wcM6fXOT6I)”（youtu.be/wcM6fXOT6I, 4:49），了解如何调整网络摄像头属性（例如颜色饱和度、亮度和曝光）。

37.3 基本修改

观看三个视频“*Webcam Demo 指导（单个图像）*”（youtu.be/Fup-ro7qWxk，4:53）、“*Webcam Demo 指导（视频流）*”（youtu.be/lbTN6pBu_EM，8:19）和“*Webcam Demo 指导（摄像头信息）*”（youtu.be/Pta6_REo41c，3:17），了解 Webcam demo 的设计原理，然后尝试对 Main - video stream.vi 的框图进行以下修改：

1. 通过扩展枚举的前面板控件，然后向选择结构添加新的子图来添加额外的处理功能。Vision and Motion VI 包含丰富的处理功能供您试用。

37.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用网络摄像头，接下来请考虑将网络摄像头与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *无线传感器* (41)
- *数据记录仪* (42)
- *线控驾驶* (44)
- *QR 码扫描仪* (47)
- *扫描传感器* (51)
- *监控摄像头* (53)

37.5 更多详情

- *计算机视觉概念*（由 National Instruments 提供）~ 点击“Table of Contents”链接，详细了解视觉基础知识、图像处理和分析以及计算机视觉：
http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372916P-01/nivisionconcepts/machine_vision/

38 GPS 接收器

所有现代导航技术均依靠全球定位系统 (GPS) 卫星网络在全球各地提供 GPS 接收器的高精度 3D 坐标 (纬度、经度和高度)。虽然全球定位系统整体上是一个精密、复杂的系统, 但基于 GlobalTech Gms-u1LP GPS 模块的 PmodGPS (见图 38.1) 提供了出奇简单的方法来访问大量信息, 这些信息除了坐标外还包括精确的时间、日期、方位、速度和其他与可看见的特定卫星相关的有用信息。

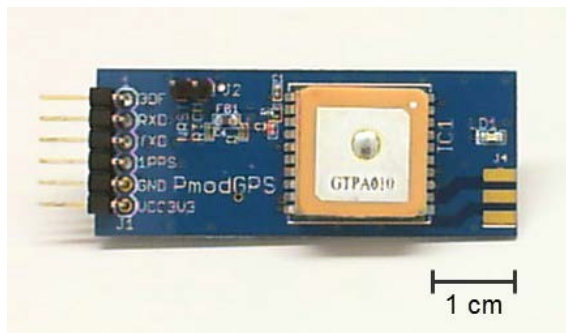


图 38.1: 基于 GlobalTech Gms-u1LP 的 Digilent PmodGPS 接收器。

学习目标: 完成本章中的活动后, 您将能够:

1. 论述 GPS 概念 (包括三边测量的 3D 坐标);

2. 在 LabVIEW 中将 Gms-u1LP 生成的 NMEA 语句 (ASCII 文本字符串) 作为字符串数组捕捉;
3. 分析语句以提取各个数据字段;
4. 使用 LabVIEW Scan From String 和 Format Into String VI 从数据字段中提取信息。

38.1 组件演示

按照以下步骤演示 GPS 接收器的正确操作。

选择以下器件:

- GPS 接收器 (PmodGPS), http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GPS/PmodGPS_rm.pdf
- F-F 系列跳线 (5 根)

建立接口电路: 请参阅下一页的图 38.2 显示的电路图; GPS 接收器需要五条与 NI myRIO MXP 连接器 A (见第 233 页图 A.1) 的连接:

1. +3.3V 电源 (VCC3V3) → A/+3.3V (针脚 33)
2. 接地 (GND) → A/GND (针脚 30)
3. UART 传输数据 (TXD) → A/UART.RX (针脚 10)
4. UART 接收数据 (RXD) → A/UART.TX (针脚 14)
5. 每秒一个脉冲 (1PPS) → A/DIO0 (针脚 11)

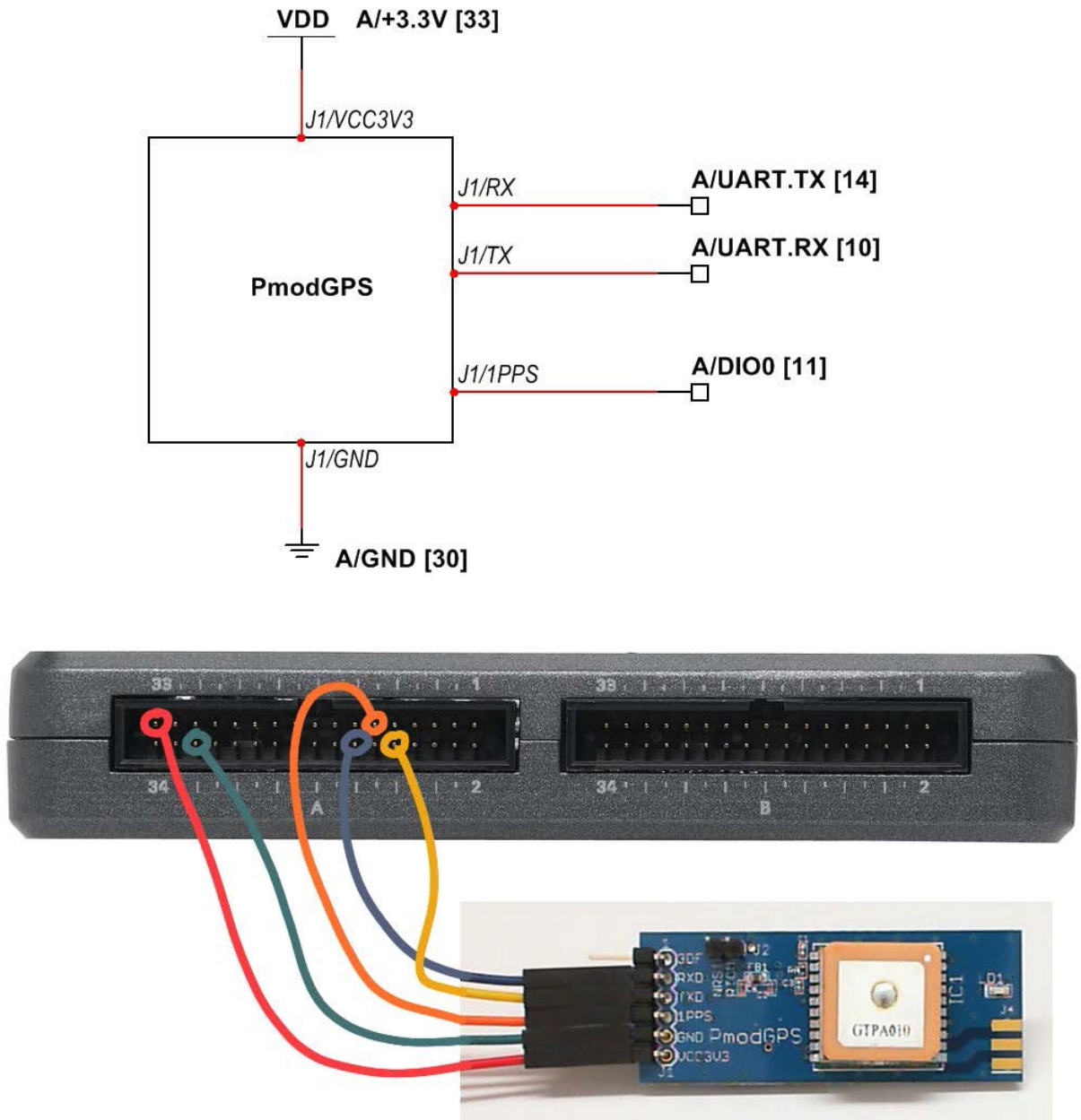


图 38.2: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 A 的 GPS 接收器的接线演示。

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;
- 打开“GPS Receiver demo”子文件夹中的项目 GPS Receiver demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮(加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的“Run”按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示“Deployment Process”窗口, 向您展示项目如何编译并部署(下载)到 NI myRIO。

注意: 您可以选择“Close on successful completion”选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 包含三个主要的前面板指示器区域:

1. 左下方的“NMEA sentences”显示从 Gms-u1LP GPS 模块收到的语句(ASCII 文本字符串); 最新的语句出现在指示器底部;
2. 前面板顶部的“Time”、“Latitude [deg]”和“Longitude [deg]”显示从 NMEA 语句中提取的格式化数据的示例;
3. 来自“\$GPRMC”(建议的最少导航信息)语句的 NMEA 数据字段(右侧)。

运行演示 VI, 您应看到一组新的 NMEA 语句每秒出现一次。在“冷启动”时, Gms-u1LP GPS 接收器需要大约一分钟才能开始生成有效的信息; 此时, 前面板和 NI myRIO LED0 上的“1PPS”指示器会同时开始闪烁。请注意, 阴天和建筑物障碍可能会增加接收器寻获足够数量的卫星所需的时间。

如果具有 NI myRIO 的电池组和笔记本电脑, 您可以一边移动到其他位置一边观察显示结果。对地速度值与您的速度的相符情况如何? 您能否看到纬度和经度指示器改变值?

找出您的时区偏差, 然后将此值输入到时区控件中。例如, 美国东部时区是 -5, 这表示在协调世界时(UTC)(以本初子午线经过的英国格林尼治为中心)以西五个小时。将左上角“Time”指示器中的值与美国国家标准和技术局(网址为 <http://nist.time.gov>)维护的正式时间进行比较。您是否观察到任何差异?

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

故障解决提示: 未能看到预期结果? 请确认以下几点:

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起;
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色, 表示 VI 处于运行模式;
- MXP 连接器端子正确无误: 确保您使用的是连接器 A, 并且针脚连接正确无误;
- GPS 接收器端子正确无误: 仔细检查连接, 确保已将 NI myRIO UART 的“receive”输入连接到 GPS 接收器的“transmit”输出; 另请检查并未意外地将电源交叉连接。

38.2 接口原理

接口电路：GlobalTech Gms-u1LP 是集成了天线的独立 GPS 模块。

GPS 模块生成“NMEA 语句”，即由回车符和换行符的组合来终止的 ASCII 文本字符串。NMEA（美国国家海洋电子协会）语句可包含各种导航信息（GPS 语句只是当中的很小一部分）。每条语句均以“\$”开始，后跟两字符的“talker ID”（“GP”用于 GPS 语句）和三字符的语句类型。语句正文包含由逗号分隔的字段，并以校验和结束。默认情况下，Gms-u1LP 以 9600 波特（8 位加 1 个停止位）的速率发射 ASCII 字符，并且每秒生成一组共四条（有时会更好）语句。

观看视频“*GPS 接收器连接原理*”（youtu.be/ptp2bGU9EHU, 12:56），详细了解常规的 GPS 概念，其中包括 2D 三边测量示例（说明如何通过卫星信号确定未知的位置）、Digilent GPS 接口板和 GlobalTop Gms-u1LP GPS 模块的功能、Gms-u1LP 模块生成的五条 NMEA 语句，以及一个详细的“\$GPRMC”语句分析示例（可获得纬度、经度、时间、日期和其他信息）。

38.3 基本修改

观看视频“*GPS Receiver Demo 指导*”（youtu.be/SebcpkbYBd4, 9:46），了解 GPS Receiver demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 添加一个高度前面板指示器；请参阅“\$GPGGA”语句。
2. 添加一个前面板指示器，以显示可看见的卫星数量；请参阅“\$GPGGA”或“\$GPGSV”语句。
3. 添加一个显示项，以显示与参考经纬度坐标之间的距离。请参阅下面提到的“大圆距离”一文，了解如何计算球面上的两点间距离。

38.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用 GPS 接收器，接下来请考虑将 GPS 接收器与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *无线传感器* (41)
- *数据记录仪* (42)

38.5 更多详情

- *PmodGPS 参考手册*（由 Digilent 提供）~ GPS 接收器参考手册：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GPS/PmodGPS_rm.pdf
- *PmodGPS 电路图*（由 Digilent 提供）~ GPS 接收器电路图：
http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GPS/PmodGPS_sch.pdf
- *Gms-u1LP 数据表*（由 GlobalTop 提供）~ 基于 MediaTek GPS MT3329 芯片组的 Gms-u1LP GPS 模块的数据表；此文档包含有关该模块生成的 NMEA 语句的详细信息。如果您在 GlobalTop 未能搜索到短语“Gms-u1LP PDF”，请尝试在 Web 上以常规方式搜索它：
<http://www.gtop-tech.com>
- *破解 GPS 数据字符串*（由农业和自然资源研究所提供）~ 一篇详细介绍与 GPS 相关的 NMEA 语句的好文章：
<http://www.ianrpubs.unl.edu/epublic/live/ec157/build/ec157.pdf>
- *大圆距离*（由 Wolfram 提供）~ 可以使用球体上任意两点间的大圆距离来估算任何两个 GPS 经纬度坐标之间的距离；这种相对简单的方法忽略了地球是扁球体（两极略微扁平）这一事实：
<http://mathworld.wolfram.com/GreatCircle.html>

39 RFID 读取器

RFID（射频识别）提供了可用于访问控制和库存管理的非接触性扫描方法。RFID 读取器查询 RFID 标签，以确定在标签中编码的唯一位模式。被动式 RFID 标签通过读取器产生的磁场为其板载的电子元件供电。图 39.1 展示了 ID-Innovations ID-12LA RFID 读取器，以及将 2 毫米的针脚间距转换为实验板的标准 0.1 英寸针脚间距的分线板。

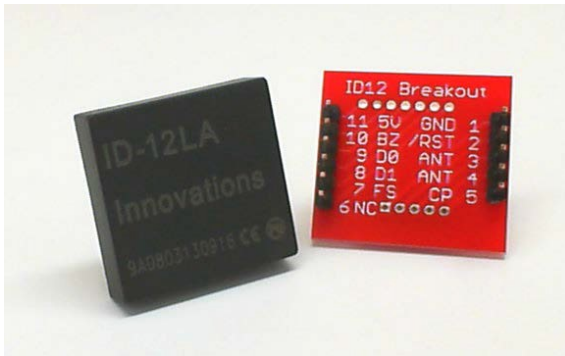


图 39.1: ID-Innovations ID-12LA RFID 读取器和分线板。

学习目标: 完成本章中的活动后，您将能够：

1. 描述 EM4001 RFID 标签标准；
2. 解读 ID-12LA UART 输出格式；
3. 执行校验和计算。

39.1 组件演示

按照以下步骤演示 RFID 读取器的正确操作。

选择以下器件：

- ID-Innovations ID-12LA RFID 读取器，
<http://www.hobbytronics.co.uk/datasheets/sensors/ID-12LA-ID-20LA.pdf>
- ID-12LA RFID 读取器的分线板；
<http://www.sparkfun.com/products/8423>
- 分离式接头、直针脚，<https://www.sparkfun.com/products/116>
- RFID 标签，125 kHz，EM4001 格式（2 个）；<https://www.sparkfun.com/products/8310>
- LED [需要信息]
- M-F 系列跳线（4 根）

您还将需要使用焊台。

建立接口电路： RFID 读取器的分线板需要焊接。请参阅下一页上的图 39.2，了解在完成时读取器和分线板的具体外观。首先将分离式接头的 5 针脚部分和 6 针脚部分分离。将接头放入实验板中（长针脚向下），使其正确对齐，然后将分线板装在接头上（*针脚编号朝下*，SparkFun 徽标朝上）。将短针脚焊接到位。冷却后，取下分线板，然后将 RFID 读取器装在分线板上。将 RFID 读取器针脚焊在分线板的另一面上。



图 39.2: 焊接后的 RFID 读取器、分线板和接头。

请参阅对开页图 39.3 中所示的电路图和实验板推荐布局。请注意，紧凑的布局需要在 RFID 读取器下使用几条实验板跳线连接。RFID 读取器需要四条与 NI myRIO MXP 连接器 B (见第 233 页图 A.1) 的连接:

1. +3.3V 电源 → B/+3.3V (针脚 33)
2. 接地 → B/GND (针脚 30)
3. UART 输出 D0 → B/UART.RX (针脚 10)
4. 距离内的标签 → B/DIO0 (针脚 11)

运行演示 VI:

- 下载 <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip> (如果您之前未下载) 并将其中内容解压到方便的位置;

- 打开 “RFID demo” 子文件夹中的项目 RFID demo.lvproj;
- 展开 myRIO 内容层次按钮 (加号), 然后双击 Main.vi 将其打开;
- 确认 NI myRIO 已连接到您的计算机, 然后
- 运行 VI: 点击工具栏上的 “Run” 按钮或按 Ctrl+R。

在 VI 开始运行之前, 您应当会看到屏幕上显示 “Deployment Process” 窗口, 向您展示项目如何编译并部署 (下载) 到 NI myRIO。

注意: 您可以选择 “Close on successful completion” 选项, 让 VI 自动开始运行。

预期结果: 演示 VI 包含三个主要指示器:

1. 在有效的 RFID 标签处于 RFID 读取器的读取距离内时, “tag detected” 会亮起;
2. “RFID tag bytes” 显示 RFID 读取器传输的十六个字节 (对应于有效的 RFID 标签);
3. “data string” 提取消息的数据部分, 然后将其显示为十六进制数值。

将一张 RFID 标签卡 (见第 186 页图 39.4) 放在 RFID 读取器附近, 如果卡放得足够近, 您应看到 “tag detected” 指示灯亮起。“data string” 指示器应显示一个五位的十六进制数字 (包含数字 0 到 9 和 A 到 F), 而 “RFID tag bytes” 指示器应显示一个从 0x02 (ASCII “文本开始” 字符) 开始并以 0x03 (ASCII “文本结束” 字符) 结束的序列。

尝试使用其他 RFID 标签卡, 并确认您看到不同的数据字符串值。另外, 利用 RFID 读取器扫描标签时所需的最小距离进行试验。挥动卡片或快速移动卡片是否会造成差别?

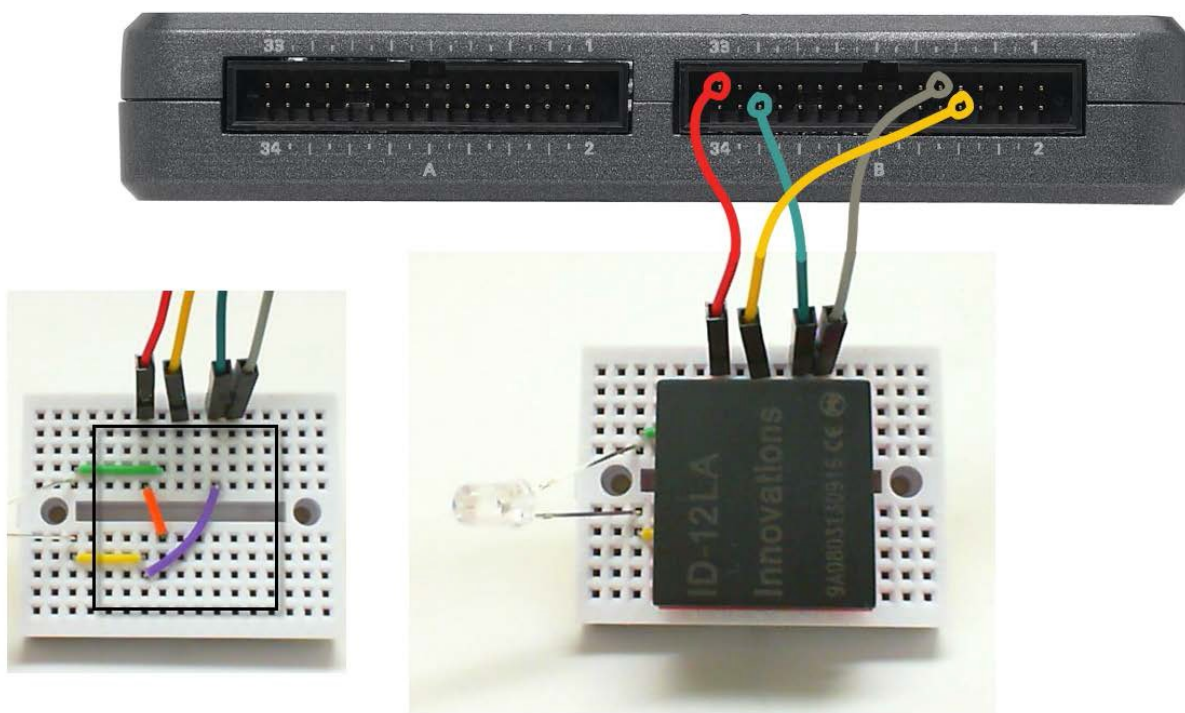
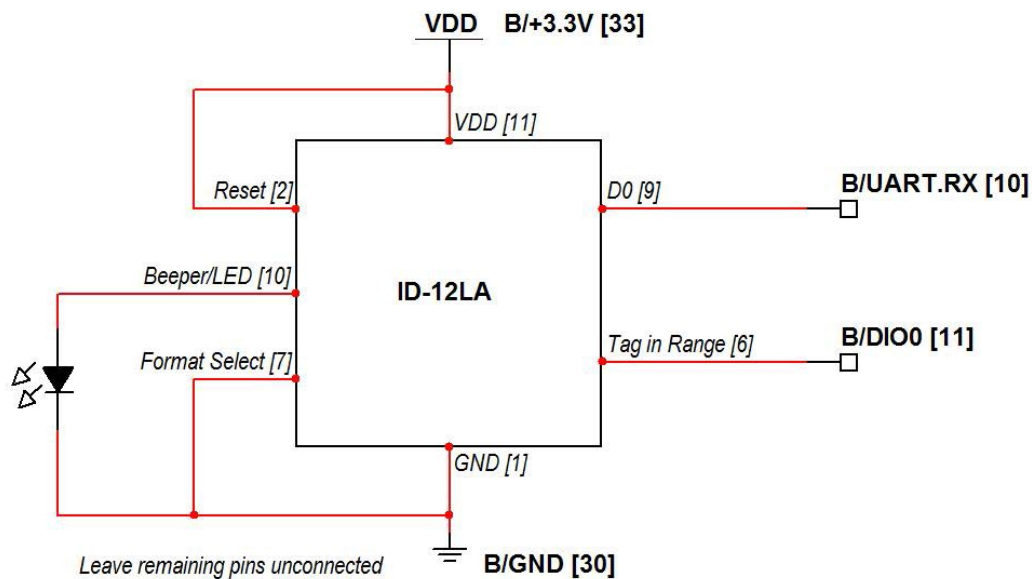


图 39.3: 连接到 NI myRIO MXP 连接器 B 的 RFID 读取器的接线演示。请注意, 紧凑的布局需要在 RFID 读取器下使用几条实验板跳线连接。

点击“Stop”按钮或按 Esc 键即可停止 VI 并重置 NI myRIO。

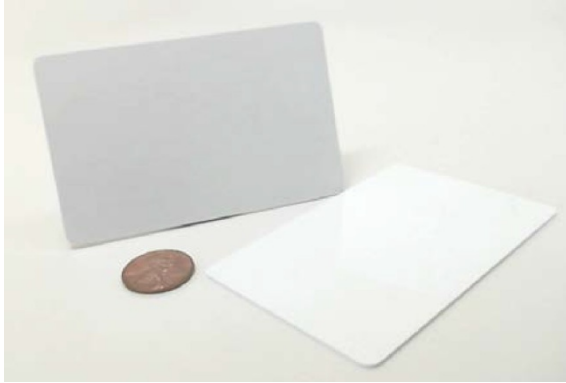


图 39.4: RFID 卡片应答器。

故障解决提示：未能看到预期结果？请确认以下几点：

- NI myRIO 上的电源 LED 指示灯亮起；
- 工具栏上的“Run”按钮为黑色，表示 VI 处于运行模式；
- MXP 连接器端子正确无误：确保您使用的是连接器 B，并且针脚连接正确无误；
- RFID 读取器端子正确无误：仔细检查连接，确保已将 NI myRIO UART 的“receive”输入连接到 RFID 读取器的“D0”输出；另请检查并未意外地将电源交叉连接；
- 隐藏的跳线：确定已按照前一页图 39.3 中所示添加了隐藏的跳线。

39.2 接口原理

接口电路：RFID 读取器使用电磁场向 RFID 标签供电，以及接收标签传输的数字信号。这种非接触性方法在身份牌识别和库存控制中很流行。ID-Innovations ID-12LA RFID 读取器读取利用 EM4001 标准编码的 RFID 标签，并将标签信息格式化为三种格式之一（其中一种兼容于 NI myRIO UART 串行通信端口）。

观看视频“*RFID 读取器连接原理*”（youtu.be/z1v0vCue83c, 11:29），详细了解 RFID 读取器的工作原理，其中包括 EM4001 标签标准、ID-12LA RFID 读取器配置和 UART 数据输出格式以及校验和的计算。

39.3 基本修改

观看视频“*RFID Demo 指导*”（youtu.be/Jovn0kPJOKs, 5:18），了解 RFID demo 的设计原理，然后尝试对 Main.vi 的框图进行以下修改：

1. 计算数据段的校验和，然后与 RFID 标签消息的校验和字段进行比较；使用布尔指示器显示是否从 RFID 读取器收到了有效消息。

39.4 集成项目构想

现在，您已经学会了如何使用 RFID 读取器，接下来请考虑将 RFID 读取器与其他设备集成，以建立完整项目。例如：

- *酒店客房保险箱控制器* (49)

39.5 更多详情

- *EM4001 协议描述* (由 Priority 1 Design 提供) ~ RFID 标签卡使用的 EM4001 协议的详细教程:

http://www.priority1design.com.au/em4100_protocol.html

- *轻松实现 RFID (AppNote 411)* (由 EM Microelectronic 提供) ~ 全面介绍 RFID: 系统原理、电磁理论、天线设计和数据编码方法:

<http://www.emmicroelectronic.com/webfiles/Product/RFID/AN/AN411.pdf>

第 V 部分

集成项目构想

40 手持仪表

利用诸如数字万用表 (DMM) 之类的手持仪表，可以轻松测量电压、电流和电阻。您也可以推广手持仪表的概念，以测量其他各种物理参数。将液晶显示屏与一个或多个传感器组合使用，可以创造出您自己的手持仪表：

- 测量结果显示：液晶显示屏 (26、27、28)
- 光传感器：光敏电阻 (9)、环境光传感器 (24)
- 温度传感器：热敏电阻 (8)、温度传感器 (33)
- 音量传感器（测量音频波形的 RMS）：
驻极体麦克风 (10)、MEMS 麦克风 (34)
- 范围（距离）传感器：红外测距仪 (19)、
声波测距仪 (20)
- 磁场传感器：霍尔效应传感器 (15)、
罗盘 (23)

请参阅 LabVIEW 应用示例 Digital Tape Measure（组合了声波测距仪和液晶显示屏）。

41 无线传感器

无线传感器在离开数据采集系统一定距离的地方（通常是用电困难或难以进入的地方）提供有用的信息。将电池组装入 myRIO，然后将蓝牙模块与一个或多个传感器组合使用；您也可以加入本机显示器，以确认无线传感器正确传输信息：

- 无线数据链：*蓝牙模块* (31)
- 本机显示器：*液晶显示屏* (26、27、28)
- 光线和视觉传感器：*光敏电阻* (9)、*环境光传感器* (24)、*网络摄像头* (37)
- 温度传感器：*热敏电阻* (8)、*温度传感器* (33)
- 音量传感器（测量音频波形的 RMS）：*驻极体麦克风* (10)、*MEMS 麦克风* (34)
- 范围（距离）和位置传感器：*红外测距仪* (19)、*声波测距仪* (20)、*GPS 接收器* (38)
- 磁场传感器：*霍尔效应传感器* (15)、*罗盘* (23)
- 运动和振动传感器：*压电效应传感器* (16)、*板载加速度计*、*加速度计* (21)、*陀螺仪* (22)

42 数据记录仪

数据记录仪在很长一段时间内监视一个或多个传感器，并将获得的数据保存到文件中，以便日后复查和分析。数据记录仪定期获取测量结果，并会立即将带有时间标记的记录附加到文件中，以确保在数据记录会话执行期间不会因断电而丢失数据记录。

在示例项目 Data Logger - Light+Temperature 中，使用了 LabVIEW 的数据记录和时间标记 VI 将温度传感器和环境光传感器的测量结果记录到 USB 闪存驱动器中。使用台式机在 USB 闪存驱动器上创建一个名为 config.txt 的配置文件。该文件包含一个字符串和两个整数，字符串显示数据日志文件的基本名称，而两个整数分别指示在两次测量之间要等待的毫秒数，以及会话的总测量次数。例如，显示为 temp+light 10000 360 的行将导致程序创建一个扩展名为 .log 的数据记录文件，文件名中的时间标记指示了数据记录会话的开始时间，还指示了每隔 10 秒收集一次测量结果和收集 360 个测量结果（相当于一小时的数据）。将 USB 闪存驱动器插入 NI myRIO USB 端口，然后启动应用程序。每次轮询传感器和将数据记录附加到日志文件时，板载 LED0 都会闪烁。按下 NI myRIO 的板载按钮可提前退出数据记录会话。错误条件（例如未插入闪存驱动器）或与温度传感器之间的通信问题将会导致所有四个板载 LED 都亮起。创建了数据日志文件之后，重新连接 USB 闪存驱动器，然后运行项目中包含的“Read log file”桌面应用程序，将所收集的数据绘成图形。务必

要注意的是，LabVIEW 数据记录 VI 允许您读取所有传感器的测量结果（这些结果与当时记录的结果一模一样，也即数据类型是完全相同的）。这样一来，您无需决定如何将数值格式化为文本文件（这样做可能会丢失可用的分辨率）。

您可以轻松调整 NI myRIO 的系统时间。通过 USB 连接 myRIO 时，将 Web 浏览器指向 172.22.11.2，然后选择“Time Configuration”选项卡。

注意：*NI myRIO 未包含用于系统时钟的备用电池，因此，在断电时系统时钟会暂停工作。*

研究数据记录仪应用程序 VI，然后按照您自己的需求利用其他可用的传感器来修改它；考虑使用液晶显示屏作为本机显示器来显示当前的测量结果：

- 数据日志文件存储器：*USB 闪存驱动器 (36)*
- 本机显示器：*液晶显示屏 (26、27、28)*
- 光线和视觉传感器：*光敏电阻 (9)、环境光传感器 (24)、网络摄像头 (37)*
- 温度传感器：*热敏电阻 (8)、温度传感器 (33)*

- 音量传感器（测量音频波形的 RMS）：
驻极体麦克风 (10)、*MEMS 麦克风* (34)
- 范围（距离）和位置传感器：*红外测距仪* (19)、*声波测距仪* (20)、*GPS 接收器* (38)
- 磁场传感器：*霍尔效应传感器* (15)、*罗盘* (23)
- 运动和振动传感器：*压电效应传感器* (16)、*板载加速度计*、*加速度计* (21)、*陀螺仪* (22)

43 NTP 时钟

网络时间协议 (NTP) 服务器向任何连接到互联网的设备提供精确的时间和日期信息。请参阅 <http://nist.time.gov>，以查看 Web 风格的界面。LabVIEW 项目 NTP Clock 说明了如何使用 LabVIEW TCP/IP VI 来查询 NTP 时间服务器，以获得当前的日期和时间。例如，打开与 nist.time.gov 的 TCP/IP 连接将会返回字符串 56742 14-03-26 22:10:29 50 0 0 172.1 UTC(NIST) *。之后，可以分析该字符串，以获得日期（2014 年 3 月 26 日）和时间（22:10:29，协调世界时）。

注意：请启用 NI myRIO 上的 Wi-Fi 联网功能，以便让 NTP Clock 正确工作。在通过 USB 连接 myRIO 的情况下，访问 172.22.11.2，选择“Network Configuration”选项卡，选择“Connect to wireless network”，然后填写表单中的剩余条目。在您看到“IPv4 Address”的有效条目时，即表示 myRIO 已准备好连接到 NTP 服务器。

您可以通过多种方式扩展此项目。添加液晶显示屏以显示日期和时间、购买额外的七段显示器模块以制作传统的数字时钟、使用 LED 矩阵创造二进制时钟显示屏（每一对行都将数值显示为二进制模式），或者以创意方式排列离散 LED 以指示一天中的时间。您还可以添加致动器或输出设备，以便在特定的时间“引发一些事情”。例如，使用扬声器每隔十五分钟鸣钟一次，以及在整点鸣钟（像伦敦的“大本钟”一样）；使用继电器作为“响片”而不是鸣钟；或者将伺服电机的角作为假“分针”移动（伺服角在 60 秒内旋转超过 180 度，然后迅速复位）：

- 时间和日期显示：液晶显示屏（26、27、28）
- 基于 LED 的显示器：分立 LED（2）、七段 LED 显示器（3）、LED 矩阵（29）
- 致动器和输出设备：继电器（6）、蜂鸣器/扬声器（11）、伺服电机（17）

44 线控驾驶

“线控飞行”一词适用于飞机系统，具体而言，传感器、电子控制装置和伺服电机取代了飞行员操纵杆、方向舵踏板和控制面（包括襟翼、副翼和方向舵）之间的连杆机构。Waterloo Labs 的工程师运用这一想法创造出“线控驾驶”（实际上无线）系统。该系统使用 iPhone 作为控制器，并使用 Compact RIO 来控制驾驶杆、加速度计和制动器；请前往 youtu.be/_x5lziyOcAg，观看引人入胜的视频演示。将伺服电机与旋转式用户输入设备组合使用，可以创造出您自己的线控驾驶系统（利用伺服电机来控制机器人平台上的方向盘位置）。使用加速度计或陀螺仪作为手持式控制器（如 Waterloo Labs 的系统）；请参阅 LabVIEW 的应用示例“Steer-By-Wire”，它使用 NI myRIO 板载加速度计的 X 轴来控制伺服电机位置。您还可以使用传感器让转向系统自动响应物理测量结果（例如光照和温度）：

- 方向盘致动器：*伺服电机* (17)
- 方向盘控制输入：*电位器* (7)、*旋转编码器* (13)
- 光线和视觉传感器：*光敏电阻* (9)、*环境光传感器* (24)、*网络摄像头* (37)
- 温度传感器：*热敏电阻* (8)、*温度传感器* (33)
- 音量传感器（测量音频波形的 RMS）：*驻极体麦克风* (10)、*MEMS 麦克风* (34)
- 距离传感器：*红外测距仪* (19)、*声波测距仪* (20)
- 磁场传感器：*霍尔效应传感器* (15)、*罗盘* (23)
- 运动传感器：*板载加速度计*、*加速度计* (21)、*陀螺仪* (22)

45 数字温度计

开发数字温度计，以使用热敏电阻或 I²C 总线温度传感器测量环境温度，并在液晶显示屏上显示温度。功能包括以华氏度或摄氏度显示温度（使用 NI myRIO 板载按钮在这两个选项之间选择），还包括显示最低和最高的观测温度。

- 时间和日期显示：液晶显示屏（26、27、28）
- 温度传感器：热敏电阻 (8)、温度传感器 (33)

46 3D 颜色控制器

陀螺仪和加速度计都提供了与传感器方向相关的三轴测量。RGB LED 混合了基色光的颜色，可产生任意颜色。通过将 X 轴对应到红色、Y 轴对应到绿色和 Z 轴对应到蓝色，使用这些 3D 传感器中的一个来控制 RGB LED 的颜色。使用三个 PWM 输出来控制每个 LED 的亮度。提供校准传感器值的选项，以便每个轴上的给定值在每个 LED 上产生相同的亮度。另请研究非线性映射功能，该功能将使 LED 的亮度按比例随传感器变量而变化：

- RGB LED：分立LED (2)
- 3D 传感器：板载加速度计、*加速度计* (21)、*陀螺仪* (22)

47 QR 码扫描仪

QR 码是一种常见的 2D 条形码，用于对网站的 URL 进行编码。LabVIEW Vision 库包含了 VI IMAQ Read QR Code，可将 URL 作为字符串提取。在互联网上快速搜索一下，就能找到许多免费的 QR 码生成服务，例如 www.qrstuff.com。由于您可以输入任意文本，因此，生成的 QR 码模式并不局限于 URL，而是可用于表示您想要的任何类型的信息。例如，可以为库存控制系统创建唯一的 QR 码，使每个对象或容器都具有可由网络摄像头轻松扫描的 QR 码标签。另一个例子是，可以给参加公路赛的每个机器人都贴上 QR 码标签，这样一来，扫描仪可以在机器人通过检查点时自动按名称识别每个机器人。

将网络摄像头与液晶显示屏组合使用，可以创造出您自己的 QR 码扫描仪。LabVIEW 示例项目“QR 码扫描仪”为您提供入门基础：

- 本机显示器：*液晶显示屏* (26、27、28)
- *网络摄像头* (37)

48 RPN 计算器

将小键盘与液晶显示屏组合使用，可以在常见袖珍计算器的基础上创造出您自己的版本。LabVIEW 项目“RPN 计算器”可让您开始了解基于堆栈的 RPN（逆波兰表示法）计算器的基本框架。此项目演示“简单状态机”设计模式 — 计算器等待在小键盘上按下某个按钮（“空闲”状态），根据按下的按钮转变为若干个计算状态之一，然后恢复为空闲状态以等待下一次按键事件。RPN 计算器要求输入两个值，然后选择所需的运算。例如，通过以下方式将两个值相加：首先按下第一个值的数字键，按下“E”以将该值输入堆栈，按下第二个值的数字键，然后按下“A”将两个值相加。请参阅 Main.vi 的框图以了解小键盘布局。

“RPN 计算器”项目包含多个 VI，它们充当小键盘的高级 API（应用程序编程接口）。第 113 页上的第 25 章介绍了 LabVIEW 演示项目“Keypad demo”，它演示了如何扫描小键盘以确定在任意给定时刻按下的按钮。此扫描操作构成了计算器项目随附的扫描小键盘 VI 的基础；扫描小键盘 VI 会扫描小键盘一次，然后返回表示所按下的按钮的扫描代码整数。相关的打开小键盘和关闭小键盘 VI 简化了向小键盘的行和列驱动器线开放 DIO 通道的过程。

读取小键盘 VI 合并了扫描小键盘内部循环的两个实例（一个用于等待释放所有键，另一个用于等待按键事件），从而进一步简化了小键盘的接口。VI 块会继续执行，直至检测到按键事件，或者超时周期已过（可以使用打开小键盘 VI 选择超时值）。使用此 VI 时，主应用程序仅等待读取小键盘 VI 返回有效扫描代码，该代码进而可以通过扫描代码到数字 VI 转换为数值；后一个 VI 还会筛选出多个按键事件。总之，这些小键盘 API VI 显著简化了小键盘的接口，可更快地开发出需要通过小键盘进行用户输入的任何应用程序。

首先向空闲状态添加液晶显示屏接口代码。可使用两个显示行；考虑显示堆栈 0 和堆栈 1，或者用于指示最近进行的运算的文本字符串。接下来，向计算器添加更多运算（目前计算器仅支持加法、更改符号、乘法、平方和平方根）；由于按键数量有限，因此需要将其他功能添加为“功能键”。例如，要调用平方根运算，可以先按下“F”以选择功能键，然后按下“2”应用平方根运算。您也可以将堆栈数据类型从整数更改为双精度，然后添加更多代码以处理小数点：

- 本机显示器：液晶显示屏 (26、27、28)
- 小键盘 (25)

49 酒店客房保险箱控制器

一些酒店客房提供小型保险箱以保护贵重物品。酒店客房保险箱的数字控制器按照下述方式工作：将个人财产放入保险箱中，关上门，键入四位代码（您必须记住此代码！）以锁上保险箱，然后键入相同代码以再次打开保险箱。LabVIEW 项目“RPN 计算器”中介绍的“简单状态机”设计模式十分适用于此项目的数字控制器。状态包括“打开”（保险箱已打开，正在等待输入四位代码）、“正在锁上”（将四位代码保存到内存，将锁栓移动到锁上位置）、“已锁上”（保险箱已锁上，正在等待输入相同的四位代码）和“正在打开”（输入了正确的四位代码，将锁栓移动到打开位置）。

将小键盘与液晶显示屏组合使用，可以创造出您自己的酒店客房保险箱控制器。使用 RPN 计算器项目随附的高级小键盘 API VI 可确保状态机只会看到单按钮按下事件，而且，随附的打开小键盘 VI 和读取小键盘 VI 的超时功能可以轻松处理部分输入的代码（例如，如果某人输入了三位，受到打扰然后离开，则应清除部分输入的代码）。可以使用 LED 指示锁栓位置（打开或已锁上），或者使用伺服电机作为更现实的锁栓模型。还可考虑添加基于 RFID 标签的主密钥选项，以在忘记四位代码的情况下打开保险箱：

- 本机显示器：液晶显示屏（26、27、28）
- 小键盘 (25)
- 伺服电机 (17)
- RFID 读取器 (39)

50 转速计

转速计按每分钟转数 (RPM) 测量旋转机械的转速。可按以下所述测量直流电机的转速：将一个圆形纸板盘（直径大约 3 英寸，边缘处有一个切口）连接到电机轴，然后将该盘边缘置于光中断器的光路径中；纸板盘每转一圈，光中断器的检测器会生成一个脉冲。获取两次脉冲之间的测量时间的倒数（适用于低 RPM），或测量给定时间间隔中的脉冲数（适用于高 RPM）。可使用 LabVIEW myRIO | Encoder 的“步进和方向信号”模式（“Reset”输入连线到“True”）来统计自上次调用以来的光中断器脉冲总数。不会遗漏任何脉冲（即使处于高脉冲速率下），因为 LabVIEW myRIO | Encoder 采用 FPGA 结构来实现其计数器。将编码器 VI 嵌入定时循环以实现最高精度，并在液晶显示屏上显示测量的 RPM：

- 本机显示器：液晶显示屏 (26、27、28)
- 电机 (12)
- 光中断器 (14)

51 扫描传感器

可使用伺服电机作为 180 度传感器扫描的转塔式扫描平台。选择可用的最大圆形伺服角（请参阅第 72 页上的图 17.3）以创建大型平台，然后连接所需的传感器。设置一个 for 循环结构，以命令伺服电机转到某个角度范围内的角度，同时将传感器测量值收集到一个数组中。例如，将声波测距仪作为传感器时，测量值数组会以角度函数的形式指示与物体之间的距离，从而为更高级的机器人导航系统提供有用信息：

- *伺服电机* (17)
- *红外测距仪* (19)
- *声波测距仪* (20)
- *光敏电阻* (9)
- *环境光传感器* (24)
- *网络摄像头* (37)

52 开关控制系统

室内恒温器和空调设备可作为熟悉的开关控制器（也称为“继电器式”控制器）示例。恒温器使用传感器持续监测室温，并将测量的温度与所需的室温设置进行比较。当测量的室温上升到高于所需温度时，恒温器会关闭继电器以启动空调。向室内添加冷气会使测量的温度下降，一旦测量的温度下降到低于所需温度，继电器便会打开，空调会关闭。开关控制器代表着一种成本低廉的闭环反馈控制系统形式，对于可以容忍受控变量出现某种程度的上下起伏行为的应用而言，其性能令人满意。

开关控制器包含一个滞后区间，可防止控制器过于频繁地循环执行开关控制操作。例如，假设恒温器传感器的分辨率是 0.1°C ，而所需温度设置为 20.5°C 。如果没有滞后，则恒温器会在测量的温度为 20.6°C 时启动空调，稍过片刻在温度恢复为 20.5°C 时关闭空调，随后很快在温度再次上升到 20.6°C 时恢复制冷。如果具有以 20.5°C 为中心的 0.2°C 滞后区间，则测量的温度需要超过 20.6°C ，空调才会开启，随后在下降到低于 20.4°C 时使空调关闭。滞后区间的宽度定义可接受的温度变化量与空调循环时间之间的折衷。

创造出您自己的开关控制系统版本。制作或购买风扇，以连接到直流电机充当“空调”，并使用一个可用的温度传感器测量室温。包含一个用于滞后区间值的前面板控件：

- 电机 (12)
- 继电器 (6)
- 热敏电阻 (8)
- 温度传感器 (33)

53 监控摄像头

将网络摄像头与 USB 闪存驱动器组合使用，可以创造出监控摄像头，以便监视房间并在探测到动作时保存带有时间标记的图像。考虑使用一对 IMAQdx Grab 实例来收集相邻的网络摄像头帧、使用 IMAQ Absolute Difference 来确定两帧之间的差异图像、使用 IMAQ Cast Image 将图像转换为灰度图像，并使用 IMAQ Quantify 2 来确定差异图像的平均值；高于适当阈值的差异表示两帧之间存在重大差异，也即动作。

或者，也可以将当前的网络摄像头图像与参考图像（通过按下板载按钮获得，或在 VI 启动时获得）进行比较。通过采用此方法，即使是静止不动的入侵者也能被探测到。

使用 IMAQ Write File 2 将图像帧保存到 USB 闪存驱动器。请参阅项目“Data Logger - Light+Temperature”，了解如何访问 NI myRIO 系统时间，以帮助添加时间标记：

- *网络摄像头* (37)
- *USB 闪存驱动器* (36)

54 带倾斜校正功能的罗盘

第 101 页上的第 23 章中描述的罗盘能感知 3D 磁场，而且教程视频“*罗盘连接原理*”（youtu.be/3WkJ7ssZmEc，12:47）介绍了一种校正罗盘以便在导航时指示真北的基本方法。这种基本方法要求罗盘与地面保持平行，但是，有时可能很难甚至无法做到这一点。如果可以使用加速度计来指示罗盘相对于地面的角度，则可以执行罗盘倾斜校正过程。

第 23 章末尾的“更多详情”部分提供了“*磁性传感器在低成本罗盘系统中的应用*”一文的链接，请学习此文，以了解如何在数学上校正罗盘的倾斜，然后开发出您自己的已补偿倾斜的罗盘。包含一个解除倾斜补偿的选项，以便您能够对改善的性能进行研究：

- 测量结果显示：*液晶显示屏* (26、27、28)
- *罗盘* (23)
- 板载加速度计、*加速度计* (21)

55 吉他调音器

在您对吉他进行调音时，麦克风可让 NI myRIO 有机会“倾听”您。内置的 VI Extract Single Tone Information 将分析麦克风的音频信号，并返回振幅最高的音调的频率（即单条吉他弦的基频）。

按照平均律调音的六弦吉他具有以下弦频（请参阅 *Perception of Sound* <http://cnx.org/content/m15439> 以了解平均律，并请访问 <http://cnx.org/content/m15440>，以了解显示音调频率的交互式钢琴键盘）：

- 弦 1 (E4): $440 \times 2^{-5/12} = 329.6$ Hz
- 弦 2 (B3): $440 \times 2^{-10/12} = 246.9$ Hz
- 弦 3 (G3): $440 \times 2^{-14/12} = 196.0$ Hz
- 弦 4 (D3): $440 \times 2^{-19/12} = 146.8$ Hz
- 弦 5 (A2): $440 \times 2^{-24/12} = 110.0$ Hz
- 弦 6 (E2): $440 \times 2^{-29/12} = 82.41$ Hz

创建一个显示器，它最低限度将显示检测到的音调的频率（以 Hz 为单位）。通过检测并显示最接近的弦名（指示高音或低音的音分数量）添加更多细节；一音分等于半音的百分之一。例如，假设检测到的频率是 333.5 Hz。这是最接近弦 1 的频率，但此频率过高（超过了 3.9 Hz）。在目标频率 $440 \times 2^{-5/12}$ 处，音分中的误差 e 会导致频率变为 $440 \times 2^{(-5-e/100)/12}$ 。通过为 e 求解此方程，可算出误差为 +20.2 音分，或大约为半音高音的 20%。

执行以下操作，使用户更易于使用此显示器：在检测到的频率下显示一个条形图，以指示调音误差的趋势（右侧的条形对应高音，左侧的条形对应低音），并且利用条形长度来指示误差量：

- 测量结果显示：液晶显示屏 (26、27、28)
- 驻极体麦克风 (10)
- MEMS 麦克风 (34)

56 音乐制作器

从频率和振幅由传感器控制的音频发生器来驱动扬声器。例如，可以使用光传感器检测到的光级来控制加速度计的频率和方向，以控制振幅：

- 蜂鸣器/扬声器 (11)
- 光敏电阻 (9)
- 环境光传感器 (24)
- 板载加速度计、加速度计 (21)

57 数字式气泡水平仪

木工和挂过相框的人很熟悉气泡水平仪。如果水平，气泡水平仪的气泡处于液体管的中间位置，否则气泡会漂到一边或另一边。可以使用加速度计的任何轴来确定轴在地面上直接指向的角度，也就是说，单位量级将告诉您轴是否与铅垂线完全对齐。

将加速度计与离散 LED 的阵列、LED 矩阵的一行或液晶显示屏组合使用，可以模拟气泡位置。添加一个数字显示器，以显示斜率：

- 测量结果显示：*液晶显示屏* (26、27、28)
- *分立LED* (2)
- *LED 矩阵* (29)
- 板载加速度计、*加速度计* (21)

58 气象站

气象站通常包含温度、湿度、风速（风力计）、风向、气压和降雨传感器。通过在互联网上搜索带有“I2C”、“SPI”或“UART”的传感器名称，您会找到各式各样的传感器来创造您自己的气象站。创建一个前面板显示器（包含波形图），以显示过去一小时或更长时间间隔的天气情况。

NI myRIO 附件包提供了一些必要的传感器，以帮助您开始工作：

- *热敏电阻* (8)
- *温度传感器* (33)
- *光敏电阻* (9)
- *环境光传感器* (24)

59 EEPROM 编程器

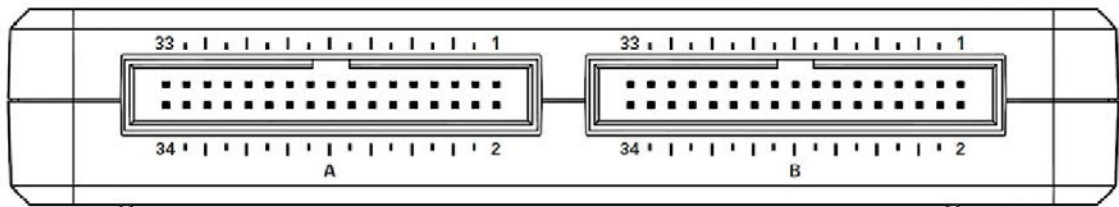
创建一个 EEPROM 编程器应用程序，以从 USB 闪存驱动器中读取编程文件、将数据复制到 EEPROM，然后从 EEPROM 中读回数据，以确认这些数据与 USB 闪存驱动器文件中的数据一模一样。包含液晶显示屏，以显示编程过程的状态：

- *USB 闪存驱动器* (36)
- *串行 EEPROM* (30)
- *液晶显示屏* (26、27、28)

第 VI 部分

附录

A MXP 和 MSP 连接器示意图



PRIMARY/SECONDARY SIGNALS

	+3.3 V	DIO10 / PWM2	DIO9 / PWM1	DIO8 / PWM0	DIO7 / SPI.MOSI	DIO6 / SPI.MISO	DIO5 / SPI.CLK	DIO4	DIO3	DIO2	DIO1	DIO0	A13	A12	A11	A10	+5V
33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3	1	
34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	
DIO15 / I2C.SDA	DIO14 / I2C.SCL	GND	GND	DIO13	GND	DIO12 / ENC.B	GND	DIO11 / ENC.A	GND	UART.TX	GND	UART.RX	GND	GND	AO1	AO0	

图 A.1: MXP (myRIO 扩展端口) 连接器示意图。

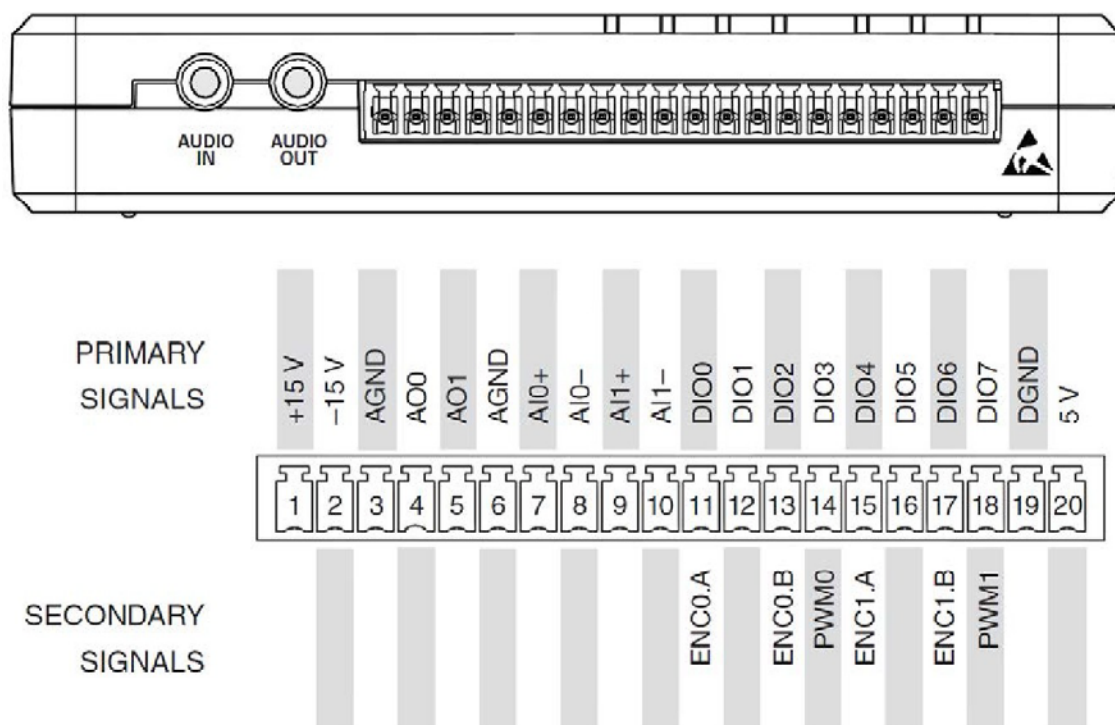


图 A.2: MSP (微型系统端口) 连接器示意图。

B 构建独立应用程序

在开发过程中，您通常使用 USB 电缆将 NI myRIO 连接到计算机。在完成开发后，您可以将项目作为存储在 myRIO 固态硬盘驱动器上的独立应用程序轻松进行部署（接通 myRIO 的电源时，该应用程序会自动启动）；无需使用 USB 电缆。学习教程“*部署独立应用程序*”（youtu.be/JXoJECRS-eo, 8:29），以学习如何一步步地为实时 (RT) 目标创建编译版本、将编译版本作为开机启动应用程序部署，以及如何禁用开机启动应用程序（如有必要）。

我们已尽最大努力保证第 1 章到第 35 章展示的组件与它们所对应的 NI myRIO 组件包中的实际组件保持一致。不过，它们之间可能偶尔有所不同。若发现这种差异，您可以访问以下网址，了解相关变动的详情以及更新的数据表链接：<http://www.ni.com/white-paper/52319/en/>

C NI myRIO 起步附件包数据表

开关

- SPDT 开关，<http://www.switch.com.tw/product/slide23.html>
- DIP 开关，http://www.resonswitch.com/p_rs_rsr.htm
- 旋转 DIP 开关，<http://www.mantech.co.za/datasheets/products/ERD1-5.pdf>
- 旋转编码器，<http://www.mantech.co.za/Datasheets/Products/F-11E.pdf>
- 按钮开关（与旋转编码器集成），<http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/TW-700198.pdf>

传感器

- 电位器，10 k Ω ，<http://www.supertech.com.tw/electronic/resistors/potentiometers/PDF/rotary3/23/R0904N.pdf>
- US1881 霍尔效应闩锁，<http://www.melexis.com/Hall-Effect-Sensor-ICs/Hall-Effect-Latches/US1881-140.aspx>
- AD22151G 线性输出磁场传感器，<http://www.analog.com/AD22151>
- 压电薄膜传感器（DT 系列），http://meas-spec.com/product/t_product.aspx?id=2478
- 光中断器，<http://sharpmicroelectronics.com/download/gp1a57hr-epdf>
- Chenyun CY-502 计算机麦克风，http://www.chenyun.cc/product_en.asp?ProductID=859
- 热敏电阻（10 k Ω ），EPCOS B57164K103J，http://www.epcos.com/inf/50/db/ntc_09/LeadedDisksB57164_K164.pdf
- AD22100 温度传感器，<http://www.analog.com/AD22100>
- 光敏电阻，API PDV-P9203，http://www.advancedphotonix.com/ap_products/pdfs/PDV-P9203.pdf

指示器

- 七段 LED 显示器，<http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LED/YSD-160AB3C-8.pdf>

致动器

- 蜂鸣器/扬声器, Soberton GT-0950RP3, <http://www.soberton.com/product/gt-0950rp3>
- 直流电机, http://www.mabuchi-motor.co.jp/cgi-bin/catalog/e_catalog.cgi?CAT_ID=ff_180phsh
- 继电器, <http://www.cndongya.com/pdf/relayjzc-11f.pdf>

二极管、晶体管和有源器件

- 1N3064 小信号二极管, <http://www.fairchildsemi.com/ds/1N/1N3064.pdf>
- 1N4001 通用整流器, <http://www.vishay.com/docs/88503/1n4001.pdf>
- 2N3904 npn 晶体管, <http://www.fairchildsemi.com/ds/MM/MMBT3904.pdf>
- 2N3906 pnp 晶体管, <http://www.fairchildsemi.com/ds/2N/2N3906.pdf>
- AD8541 轨到轨单电源运算放大器, <http://www.analog.com/AD8541>
- IRF510 n 通道增强型功率场效应晶体管, <http://www.vishay.com/docs/91015/sihf510.pdf>
- OP37 低噪声精密高速运算放大器, <http://www.analog.com/OP37>
- ZVN2110A n 通道增强型场效应晶体管, <http://www.diodes.com/datasheets/ZVN2110A.pdf>
- ZVP2110A p 通道增强型场效应晶体管, <http://www.diodes.com/datasheets/ZVP2110A.pdf>

D 视频教程链接

组件工作原理和连接技术

- [加速度计连接原理](https://youtu.be/uj76-JtT_xk) (youtu.be/uj76-JtT_xk, 15:55)
- [环境光传感器连接原理](https://youtu.be/zKnn1SskqRQ) (youtu.be/zKnn1SskqRQ, 7:38)
- [蓝牙连接原理](https://youtu.be/WidjSMNU1QM) (youtu.be/WidjSMNU1QM, 15:34)
- [罗盘连接原理](https://youtu.be/3WkJ7ssZmEc) (youtu.be/3WkJ7ssZmEc, 12:47)
- [DIP 开关连接原理](https://youtu.be/KNzEyRwcPIg) (youtu.be/KNzEyRwcPIg, 7:16)
- [数字电位器连接原理](https://youtu.be/C4iBQjWn7OI) (youtu.be/C4iBQjWn7OI, 9:15)
- [EEPROM 连接原理](https://youtu.be/RxRwyDOCeRw) (youtu.be/RxRwyDOCeRw, 11:18)
- [驻极体麦克风原理和前置放大器电路](https://youtu.be/izJni0PM0bl) (youtu.be/izJni0PM0bl, 8:48)
- [旋转编码器连接原理](https://youtu.be/CpwGXZX-5Ug) (youtu.be/CpwGXZX-5Ug, 10:08)
- [NI myRIO 文件系统](https://youtu.be/BuREWnD6Eno) (youtu.be/BuREWnD6Eno, 12:55)
- [GPS 接收器连接原理](https://youtu.be/ptp2bGU9EHU) (youtu.be/ptp2bGU9EHU, 12:56)
- [陀螺仪连接原理](https://youtu.be/5JDkwG2rr1o) (youtu.be/5JDkwG2rr1o, 13:48)
- [霍尔效应传感器连接原理](https://youtu.be/T9GP_cnz7rQ) (youtu.be/T9GP_cnz7rQ, 9:48)
- [H 桥和减速电机连接原理](https://youtu.be/W526ekpR8q4) (youtu.be/W526ekpR8q4, 11:26)
- [光中断器特性](https://youtu.be/u1FVfEvSdkg) (youtu.be/u1FVfEvSdkg, 4:59)
- [小键盘连接原理](https://youtu.be/oj2-CYSnyo0) (youtu.be/oj2-CYSnyo0, 13:10)
- [液晶字符显示屏连接原理](https://youtu.be/m0Td7Kbhvdl) (youtu.be/m0Td7Kbhvdl, 10:36)
- [LED 矩阵连接原理](https://youtu.be/vsBjZBLdeNc) (youtu.be/vsBjZBLdeNc, 9:51)
- [离散 LED 连接原理](https://youtu.be/9-RIGPVgFW0) (youtu.be/9-RIGPVgFW0, 6:55)
- [LED 电流管理](https://youtu.be/JW-19uXrWNU) (youtu.be/JW-19uXrWNU, 15:06)
- [ADMP504 麦克风连接原理](https://youtu.be/99lpj7yUmuY) (youtu.be/99lpj7yUmuY, 6:36)
- [电机连接原理](https://youtu.be/C_22XZaL5TM) (youtu.be/C_22XZaL5TM, 6:49)
- [光敏电阻特性](https://youtu.be/geNeoFUjMjQ) (youtu.be/geNeoFUjMjQ, 4:45)
- [压电效应传感器连接原理](https://youtu.be/dHaPUJ7n-UI) (youtu.be/dHaPUJ7n-UI, 5:13)
- [电位器特性](https://youtu.be/3gwwF9rF_zU) (youtu.be/3gwwF9rF_zU, 7:51)
- [按钮连接原理](https://youtu.be/e7UcL5Ycpho) (youtu.be/e7UcL5Ycpho, 4:24)
- [红外测距仪连接原理](https://youtu.be/Xwr-j-2WT3k) (youtu.be/Xwr-j-2WT3k, 9:59)
- [声波测距仪连接原理](https://youtu.be/UcpmrcJR_D8) (youtu.be/UcpmrcJR_D8, 9:26)

- *继电器连接原理* (youtu.be/jLFL9_EWlwl, 11:11)
- *RFID 读取器连接原理* (youtu.be/z1v0vCue83c, 11:29)
- *伺服电机连接原理* (youtu.be/DOu5AvSDP2E, 7:18)
- *七段 LED 连接原理* (youtu.be/P0ER0VXvfSw, 4:11)
- *蜂鸣器/扬声器特性* (youtu.be/8IbTWH9MpV0, 5:14)
- *检测开关信号变换* (youtu.be/GYBmRJ_qMrE, 4:42)
- *温度传感器连接原理* (youtu.be/HwzTgYp5nF0, 10:03)
- *热敏电阻特性* (youtu.be/US406sjBUxY, 4:54)
- *测量热敏电阻的电阻值* (youtu.be/PhZ2QICrwuQ, 6:10)

教程

- *使用分压器测量电阻* (youtu.be/9KUVD7RkxNI, 9:44)
- *电阻式传感器阈值探测器* (youtu.be/TqLXJroefTA, 9:22)
- *检测开关信号变换* (youtu.be/GYBmRJ_qMrE, 4:42)
- *串行通信: UART* (youtu.be/odN66E85J5E, 7:56)
- *串行通信: SPI* (youtu.be/GaXtDamw5As, 7:02)
- *串行通信: I2C* (youtu.be/7CgNF78pYQM, 8:47)
- *部署独立应用程序* (youtu.be/JXoJECRS-eo, 8:29)

适用于 myRIO 的 LabVIEW 方法

- *Analog Input Express VI* (youtu.be/N6Mi-VjBlmc, 2:00)
- *Digital Input Express VI* (youtu.be/litSwKgOmZA, 1:53)
- *Digital Input 低层次 VI* (youtu.be/4nZr7THqU8U, 4:09)
- *Digital Output Express VI* (youtu.be/Y8mKdsMAqrU, 2:21)
- *Digital Output 低层次 VI* (youtu.be/WvnlnG3ffqY, 4:53)
- *PWM Express VI* (youtu.be/mVN9jfwXlel, 2:41)
- *运行时可选的 I/O 通道* (youtu.be/uJW7CaL6L5c, 1:54)
- *SPI Express VI* (youtu.be/S7KkTeMfmc8, 5:51)
- *UART Express VI* (youtu.be/0FMnkFDsGQs, 5:29)

LabVIEW 演示项目指导

- *Accelerometer Demo 指导* (youtu.be/_GWEsrfxU4, 8:37)
- *Ambient Light Sensor Demo 指导* (youtu.be/XcwEjM6TOig, 3:02)
- *Bluetooth Demo 指导* (youtu.be/LFCThGa681A, 15:08)
- *Compass Demo 指导* (youtu.be/bWew4fHWVKo, 7:48)
- *DIP Switch Demo 指导* (youtu.be/ZMyYRSsQCac, 2:30)
- *Dpot Demo 指导* (youtu.be/dtwXOj5vvy4, 4:57)

- *EEPROM Demo 指导* (youtu.be/UNdVUnYHE4U, 13:07)
- *Electret Mic Demo 指导* (youtu.be/kZoFwQRYz98, 2:52)
- *Rotary Encoder Demo 指导* (youtu.be/nmGIRqhQ6Rw, 3:15)
- *GPS Receiver Demo 指导* (youtu.be/SebcpkbYBd4, 9:46)
- *Gyroscope Demo 指导* (youtu.be/o_iuY0M3yDk, 6:36)
- *Hall-Effect Sensor Demo 指导* (youtu.be/BCJLg-WbIK4, 2:36)
- *H-Bridge and Geared Motor Demo 指导* (youtu.be/Q1UXVtVN-oQ, 6:01)
- *Photointerrupter Demo 指导* (youtu.be/yuzNb1ZDbv4, 3:22)
- *Keypad Demo 指导* (youtu.be/7r_LwcDa2AM, 4:58)
- *LCD (I2C) Demo 指导* (youtu.be/qbD31AeqOMk, 4:32)
- *LCD (SPI) Demo 指导* (youtu.be/oOXYryu4Y-c, 4:23)
- *LCD (UART) Demo 指导* (youtu.be/JsEMMniWg4k, 3:44)
- *LED Matrix Demo 指导* (youtu.be/Bqq63sKwQKE, 12:14)
- *LED Demo 指导* (youtu.be/SHJ-vu4jorU, 2:03)
- *MEMS Mic Demo 指导* (youtu.be/2Zpl_uDwOg4, 2:31)
- *Motor Demo 指导* (youtu.be/UCqFck0CLpc, 1:56)
- *Photocell Demo 指导* (youtu.be/jZQqsc5GmoY, 3:07)
- *Piezoelectric-Effect Sensor Demo 指导* (youtu.be/b1me4f-3iOE, 2:54)
- *Potentiometer Demo 指导* (youtu.be/RYeKluU6DX8, 3:07)
- *Pushbutton Demo 指导* (youtu.be/Xm1A4Cw2POU, 3:16)
- *IR Range Finder Demo 指导* (youtu.be/BFgeIRQxJ_E, 3:51)
- *Sonic Range Finder Demo 指导* (youtu.be/-MVA9HkIlgKI, 3:33)
- *Relay Demo 指导* (youtu.be/W2iukd8WVIA, 3:30)
- *RFID Demo 指导* (youtu.be/Jovn0kPJOKs, 5:18)
- *Servo Demo 指导* (youtu.be/QXHe0DFbUdc, 4:23)
- *Seven-Segment LED Demo 指导* (youtu.be/ejyOo_k9KI0, 2:03)
- *Buzzer/speaker Demo 指导* (youtu.be/kW4v16GuAFE, 2:06)
- *Temperature Sensor Demo 指导* (youtu.be/1Oib10sojds, 6:25)
- *Thermistor Demo 指导* (youtu.be/xi0VIpGpf4w, 2:28)
- *USB Flash Drive Demo 指导* (youtu.be/YIQukBt1IWI, 8:22)