

## **Часть II**

# **Набор мехатроники NI myRIO**

# 17 Сервопривод

*Сервопривод* сочетает в себе электродвигатель постоянного тока, редуктор, потенциометр и регулирующую электронику и обеспечивает относительно точное регулирование углового положения ротора. Сервопривод используется для управления движением манипуляторов робота, управления датчиками поворота и другими приводными механизмами. Сервоприводы довольно давно используются в радиоуправляемых самолетах, автомобилях и лодках для регулировки управляющих поверхностей (закрылки, руль высоты, киль-стабилизатор) и рулевого управления. На рис. 17.1 показан сервопривод GWS S03N STD из набора мехатроники NI myRIO, в который также входит датчик непрерывного вращения GWS S35+ XF, используемый в качестве основания приводного механизма провода.

**Задачи обучения.** Эта глава содержит следующие сведения:

1. Назначение основных компонентов замкнутой системы регулирования сервопривода: импульсный командный вход, электродвигатель постоянного тока, редуктор и потенциометр (датчик углового положения).
2. Создание ШИМ-сигнала для поворота сервопривода на заданный угол.
3. Устранение погрешностей углового положения.
4. Фундаментальное различие между стандартным сервоприводом и сервоприводом, предназначенным для непрерывной работы.



Рис. 17.1. Сервопривод из набора мехатроники NI myRIO.

## 17.1 Демонстрация работы компонентов

Выполните следующие действия, чтобы проследить за правильной работой сервопривода.

Найдите в наборе мехатроники NI myRIO следующие детали:

- Сервопривод, GWS S03N STD, <http://gwsus.com/english/product/servo/standard.htm>
- Монтажные провода, M-F (3×)

**Соберите схему подключения.** См. принципиальную схему на рис. 17.2 на следующей странице.

В схеме подключения сервопривода используются три соединения с разъемом MXP B на NI myRIO (см. рис. A.1 на стр. 227):

1. Vcc (красный) → V/+5 В (контакт 1)
2. Земля (черный) → V/GND (контакт 6)
3. Управляющий сигнал (белый) → V/PWM0 (контакт 27)

Убедитесь, что используется требуемый сервопривод (GWS S03N STD); в комплекте мехатроники NI myRIO есть сервопривод непрерывного действия, который имеет схожий вид.

#### **Запустите демонстрационный виртуальный прибор.**

- Загрузите файл <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>, если это не сделано ранее, и извлеките его содержимое в удобную папку.
- Откройте проект Servo demo.lvproj (сервопривод, демонстрация), расположенный в папке Servo demo.
- Разверните элемент myRIO (значок +) и откройте двойным щелчком файл Main.vi.
- Убедитесь, что NI myRIO подключен к компьютеру.
- Запустите ВП с помощью кнопки Run (Запуск) на панели инструментов или с помощью клавиш Ctrl+R.

Сначала открывается окно Deployment Process (Процесс развертывания), в котором отображается процесс компиляции и развертывания (загрузки) проекта на устройство NI myRIO перед запуском ВП. Примечание. Установите флажок Close on successful completion (Закреть окно после завершения процесса), чтобы ВП запустился автоматически.

**Ожидаемый результат.** На демонстрационном ВП есть ползунок для управления углом поворота ротора сервопривода. Передвиньте этот ползунок, чтобы проверить работу сервопривода. Можно воспользоваться клавишами Page Up и Page Down. Какие значения ползунка (положительные или отрицательные) соответствуют вращению по часовой стрелке?

К сервоприводу прилагается набор деталей с различными серворычагами (см. рис. 17.3 на стр. 72). Установите двухсторонний серворычаг на шлицевой ротор сервопривода (конец ротора сервопривода, похожий на шестеренку), благодаря чему будет легче заметить углы поворота сервопривода.

Ползунок откалиброван в процентах от натурального масштаба (%FS). Проверьте угол поворота ротора сервопривода на 100%FS и -100%FS. Воспользуйтесь полем прямого ввода сверху ползунка, чтобы изменять угол с заданным шагом, т. е. +100%FS или -100%FS. Насколько быстро сервопривод реагирует на эти изменения?

Ограничение по умолчанию для ползунка допускает перебег величиной 2×. При каких значениях %FS достигается предельное положение сервопривода?

Командный вход сервопривода — это импульс переменной ширины, начиная с 1,0 мс при -100%FS и заканчивая 2,0 мс при +100%FS; средняя ширина импульса 1,5 мс отвечает импульсу нейтрального положения или 0%FS. Импульс должен повторяться с достаточной, но не слишком высокой частотой. Измените значение регулятора freq [Hz], установив более низкую частоту (например, 10 Гц) и более высокую частоту (например, 200 Гц), при этом перемещая ползунок на разные угловые положения. Обратите внимание на два индикатора под этим полем, которые отображают ширину импульса и рабочий цикл (процентное отношение активного времени импульса) сигнала, переданного на командный вход сервопривода. Как изменяется угол поворота ротора сервопривода при экстремальных значениях частоты? Экспериментальным путем установите диапазон частот, обеспечивающий удовлетворительное регулирование угла сервопривода.

Отсоедините сервопривод и подключите сервопривод непрерывного действия (GWS GWS S35+ XF); он подключается через другой разъем: красный = +5 В, коричневый = земля, желтый = командный вход. Проверьте работу этого сервопривода и сравните с предыдущим.

Нажмите кнопку Stop (Остановить) или клавишу Esc, чтобы остановить ВП и сбросить устройство NI myRIO.

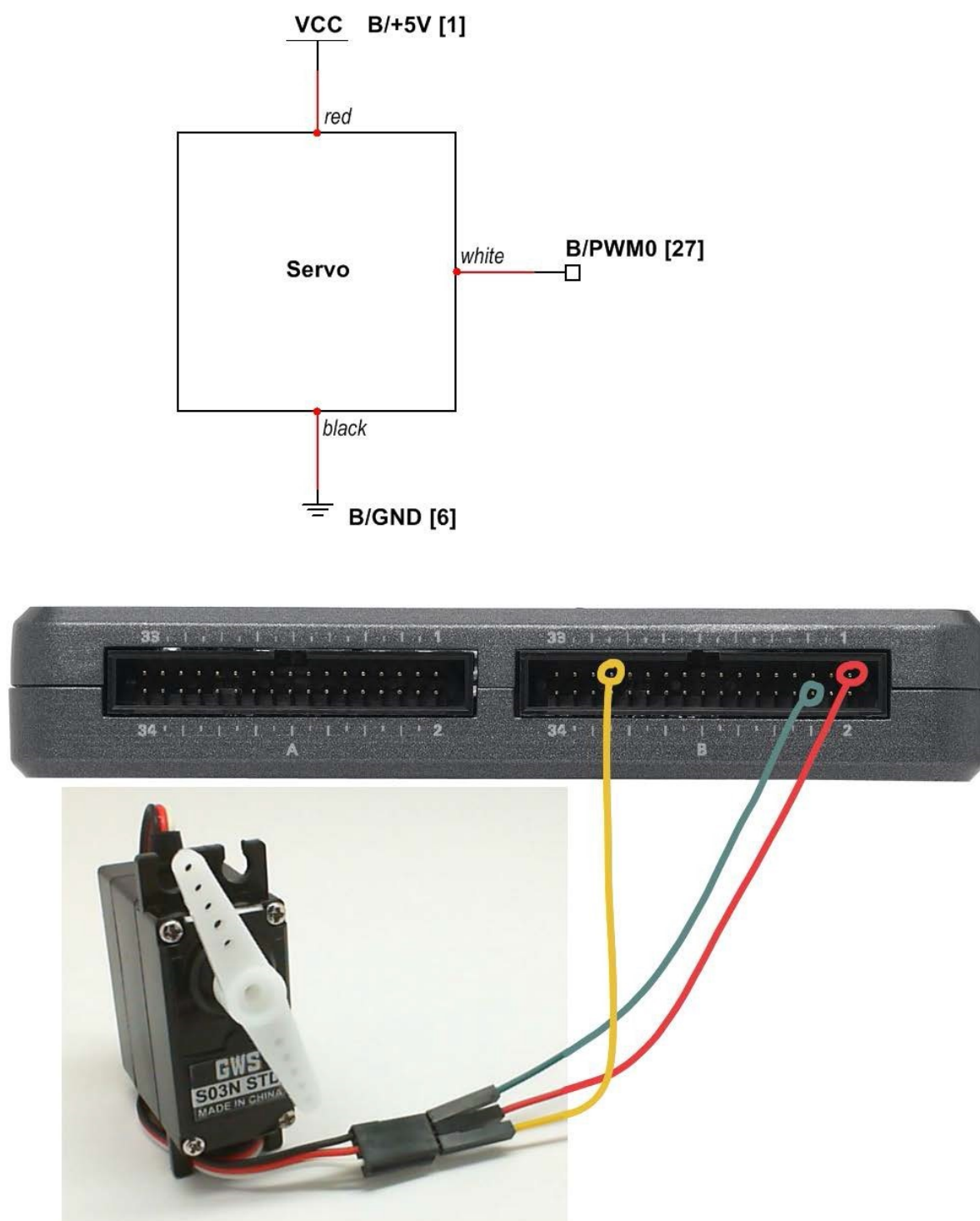


Рис. 17.2. Демонстрационная установка для сервопривода GWS S03N STD, подключенного к разъему MXP B на NI myRIO.

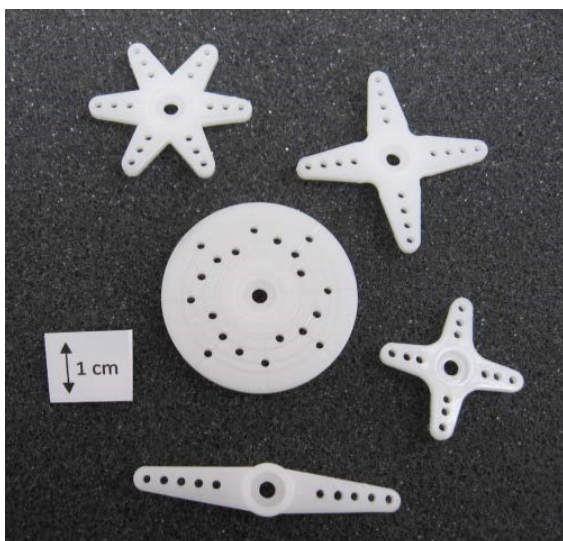


Рис. 17.3. Серворычаги из комплекта сервопривода GWS S03N STD.

**Советы по поиску и устранению неисправностей.** Результаты не соответствуют ожиданиям? Проверьте следующее.

- Индикатор питания на NI myRIO горит.
- Кнопка Run (Запуск) на панели инструментов окрашена в черный цвет, что соответствует рабочему режиму ВП.
- Выбраны правильные контакты разъема MXP — убедитесь, что используется разъем В и подключены соответствующие контакты.
- Сервопривод правильно подключен — перепроверьте соединения и убедитесь, что красная линия подключена к питанию с напряжением +5 В, черная линия — к земле, а белая — к выходу PWM0.

## 17.2 Теоретические сведения о подключении

**Схема подключения.** Угол поворота ротора сервопривода изменяется согласно *входному командному сигналу*, в качестве которого выступает периодический импульс шириной 1,0–2,0 мс. Импульс, расположенный по центру между этими двумя пределами (1,5 мс), дает команду сервоприводу вернуться в нейтральное (центральное) положение.

В схеме подключения сервопривода используется питание с напряжением 5 В и одно соединение с одним из ШИМ-выходов на NI myRIO.

См. видеоролик *Принцип подключения сервопривода* ([youtu.be/DOu5AvSDP2E](https://youtu.be/DOu5AvSDP2E), 7:18), чтобы узнать больше способов применения сервопривода, о внутренних компонентах сервопривода (контроллер, электродвигатель, редуктор и потенциометр), принципе действия замкнутой системы регулирования сервопривода и технологиях создания сервопривода непрерывного действия.

**Программирование LabVIEW.** См. видеоролик *Виртуальный прибор PWM Express* ([youtu.be/mVN9jfwXleI](https://youtu.be/mVN9jfwXleI), 2:41), чтобы узнать больше об использовании ВП PWM (ШИМ) для открытия канала сигнала с ШИМ и установки ширины и частоты импульса.

## 17.3 Базовые модификации

См. видеоролик *Пошаговая инструкция к проекту Servo Demo (сервопривод, демонстрация)* ([youtu.be/QXHe0DFbUdc](https://youtu.be/QXHe0DFbUdc), 4:23), чтобы узнать о принципах конструирования проекта Servo Demo (сервопривод, демонстрация), а затем внесите следующие модификации в принципиальную схему из файла Main.vi.

1. Добавьте необходимые расчеты, чтобы ползунком регулировать градусы угла поворота. Используйте метод, подобный смещению нуля, но с коэффициентом масштабирования (обязательно установите узел обратной связи — 1). Проверьте код программы следующим образом.
  - Обнулите смещение.
  - Установите угол поворота ротора сервопривода равным нулю и проверьте положение серворычага.
  - Изменяйте угол поворота ротора сервопривода до тех пор, пока рычаг не повернется на +90 градусов.
  - Нажмите и отпустите кнопку scale.
  - Введите «90» в поле прямого ввода ползунка и убедитесь, что рычаг поворачивается ровно на 90 градусов от центрального положения.

2. Задайте для сервопривода *траекторию вращения ротора*, т. е. последовательность углов в виде массива.
  - Замените цикл `while` циклом `for` (щелкните правой кнопкой мыши по циклу `for` и выберите опцию Conditional Terminal (Клемма с условием)).
  - Создайте массив с помощью генератора синусоиды Sine Pattern, расположенного в поднаборе инструментов Signal Processing (Обработка сигналов) | Sig Generation (Создание сигнала), выберите амплитуду синусоиды, при которой серворычаг будет поворачиваться в пределах допустимого диапазона.
  - Сделайте ползунок индикатором.
  - Подключите выход генератора синусоиды Sine Pattern через рамку цикла `for` к проводу управления положением.

## 17.4 Идеи для комплексного проекта

Теперь известно, как использовать сервопривод. Придумайте способы комбинирования его с другими устройствами для создания комплексных систем, например:

- Система электронного управления (43)
- Контроллер сейфа в гостиничном номере (48)
- Сканирующий датчик (50)
- Часы с поддержкой NTP (42)

## 17.5 Дополнительные материалы

- *Actuators and Servos (Приводные механизмы и сервоприводы)* от Society of Robots ~ Множество практических сведений о сервоприводах: [http://www.societyofrobots.com/actuators\\_servos.shtml](http://www.societyofrobots.com/actuators_servos.shtml)
- *Servo Control (Управление сервоприводами)* от PC Control Learning Zone ~ Еще один учебный материал о сервоприводах: [http://www.pc-control.co.uk/servo\\_control.htm](http://www.pc-control.co.uk/servo_control.htm)

# 18 Н-мост и мотор-редуктор

В двигателе с Н-мостом используются четыре МОП-транзистора для подачи тока на двигатель постоянного тока в прямом или обратном направлении, тем самым позволяя контроллеру электродвигателя изменять направление вращения ротора. Кроме того, МОП-транзисторы осуществляют переключение с такой скоростью, что широтно-импульсная модуляция (ШИМ) пары активных МОП-транзисторов позволяет регулировать скорость вращения ротора электродвигателя. Н-мост и мотор-редуктор из набора мехатроники NI myRIO (рис. 18.1) обеспечивают относительно высокий крутящий момент и пригодны для использования в приводном механизме для робототехники. Кроме того, встроенный импульсный датчик положения вала обеспечивает обратную связь для регулирования положения и скорости ротора электродвигателя.



Рис. 18.1. Н-мост и мотор-редуктор из набора мехатроники NI myRIO.

**Задачи обучения.** Эта глава содержит следующие сведения:

1. Принцип действия Н-моста.
2. Способ регулирования скорости электродвигателя и направления вращения.
3. Форма волны выходного сигнала импульсного датчика положения вала в случаях вращения по часовой стрелке и против часовой стрелки.
4. Способы защиты МОП-транзисторов от мгновенных токов короткого замыкания при изменении направления вращения.
5. Методы применения ВП PWM Express в LabVIEW для регулирования скорости электродвигателя.
6. Методы применения ВП Encoder Express в LabVIEW для измерения положения и скорости вала электродвигателя.

## 18.1 Демонстрация работы компонентов

Выполните следующие действия, чтобы проследить за правильной работой Н-моста и мотор-редуктора.

Найдите в наборе мехатроники NI myRIO следующие детали:

- Н-мост (PmodHB5),  
[http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-HB5/PmodHB5\\_RevD\\_rm.pdf](http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-HB5/PmodHB5_RevD_rm.pdf)
- Мотор-редуктор,  
<http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,403,625&Prod=MT-MOTOR>
- Маленькая отвертка
- Монтажные провода, F-F (6×)
- Монтажные провода, M-F (2×)

**Соберите схему подключения.** См. принципиальную схему на рис. 18.2 на следующей странице. В схеме подключения Н-моста и мотор-редуктора используются 6 соединений с разъемом MXP A и 2 соединения с разъемом MXP B на устройстве NI myRIO (см. рис. A.1 на стр. 227):

1. J2.VM → B/+5 В (контакт 1)
2. J2.GND → B/GND (контакт 6)
3. J1.VCC → A/+3,3 В (контакт 33)
4. J1.GND → A/GND (контакт 30)
5. J1.EN (включение) → A/PWM0 (контакт 27)
6. J1.SA (датчик A) → A/ENCA (контакт 18)
7. J1.SB (датчик B) → A/ENCB (контакт 22)
8. J1.DIR (направление) → A/DIO0 (контакт 11)

Для затяжки и выкручивания винтов на разъеме питания J2 используйте маленькую плоскую отвертку.

#### Запустите демонстрационный виртуальный прибор.

- Загрузите файл <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>, если это не сделано ранее, и извлеките его содержимое в удобную папку.
- Откройте проект H-Bridge & Geared Motor demo.lvproj, расположенный в папке H-Bridge & Geared Motor demo.
- Разверните элемент myRIO (значок +) и откройте двойным щелчком файл Main.vi.
- Убедитесь, что NI myRIO подключен к компьютеру.
- Запустите ВП с помощью кнопки Run (Запуск) на панели инструментов или с помощью клавиш Ctrl+R.

Сначала открывается окно Deployment Process (Процесс развертывания), в котором отображается процесс компиляции и развертывания (загрузки) проекта на устройство NI myRIO перед запуском ВП.

Примечание. Установите флажок Close on successful completion (Заккрыть окно после завершения процесса), чтобы ВП запускался автоматически.

**Ожидаемый результат.** Нажмите кнопку Enable (Включить) и перемещайте ползунок PWM duty (Рабочий цикл ШИМ) до тех пор, пока ротор двигателя не начнет вращаться. При вращении ротора электродвигателя величина счетчика Counter Value будет изменяться в положительном направлении, если на индикаторе направления Counter Direction (Направление вращения) отображается значение Counting Up (Прямое). Продолжайте перемещать ползунок для увеличения скорости двигателя.

Верните ползунок в нулевое положение, а затем переместите вниз до отрицательного значения. Индикатор направления будет отображать Counting Down (Обратное), а величина счетчика будет уменьшаться.

Нажмите кнопку Reset Counter (Сброс счетчика) и поэкспериментируйте со скоростью электродвигателя. Учитывайте, что теперь счетчик отображает скорость, показывая число тактов за интервал времени 100 мс.

Перемещайте ползунок PWM freq (Частота ШИМ), чтобы изменять частоту импульсов, подаваемых на вход включения Н-моста. Проследите за связью между частотой ШИМ и рабочим циклом, особенно в отношении следующих аспектов.

1. При каком диапазоне частот ШИМ проще всего запустить электродвигатель по мере увеличения рабочего цикла ШИМ от нуля?
  2. При каком диапазоне частот ШИМ появляется слышимый звук?
  3. Какой диапазон частот ШИМ лучше всего подходит для очень медленного вращения?
- Уменьшите скорость двигателя до нуля и сбросьте счетчик, оставьте переключатель сброса счетчика выключенным. Вручную поверните магнит сзади электродвигателя и проверьте показания счетчика. Какое значение отображается за один полный оборот магнита?

Нажмите кнопку Stop (Остановить) или клавишу Esc, чтобы остановить ВП и сбросить устройство NI myRIO.

#### Советы по поиску и устранению неисправностей.

Результаты не соответствуют ожиданиям? Проверьте следующее.



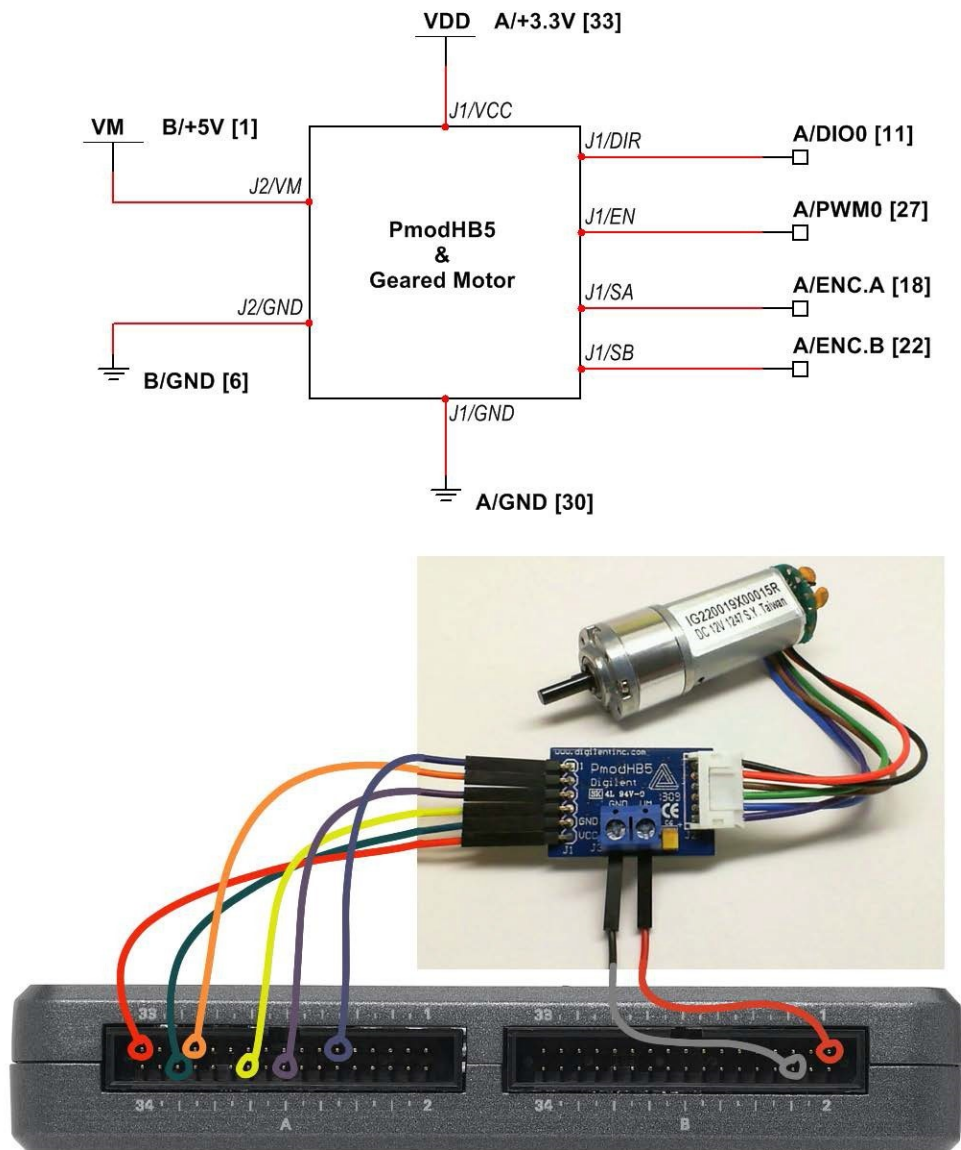


Рис. 18.2. Демонстрационная цепь для H-моста и мотор-редуктора: принципиальная схема и подключения к разъемам MXP A и B на NI myRIO.

- Индикатор питания на NI myRIO горит.
- Кнопка Run (Запуск) на панели инструментов окрашена в черный цвет, что соответствует рабочему режиму ВП.
- Выбраны правильные контакты разъема MXP — убедитесь, что для сигналов регулирования и датчиков Н-моста используется разъем А и подключены соответствующие контакты.
- Выбраны правильные клеммы PmodHB5 — перепроверьте соединения и убедитесь, что входы датчиков NI myRIO не перепутаны местами; кроме того, проверьте полярность подключенного кабеля питания.

## 18.2 Теоретические сведения о подключении

**Схема подключения.** Двигатель с Н-мостом PmodHB5 оборудован входами включения и выбора направления вращения, выходами угла поворота от пары датчиков Холла, закрепленных в задней части двигателя: небольшой круговой магнит на валу двигателя активирует эти датчики. Мотор-редуктор Sha Yang Ye IG22 подключается к плате PmodHB5 напрямую через разъем типа JST. Блок клемм с винтовым креплением на HB5 поддерживает провода до калибра 18 и двигателя с напряжением до 12 В и силой тока 2 А. См. видеоролик *Принцип подключения электродвигателя и Н-моста* (youtu.be/W526ekpR8q4, 11:26), чтобы узнать больше о принципе действия Н-моста, особенностях PmodHB5 и IG22, управлении скоростью с использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ), датчиках Холла и сигналах импульсных датчиков положения. Кроме того, приведен обзор регулирования положения и скорости электродвигателя в замкнутой системе за счет использования сигналов датчиков в качестве обратной связи.

**Программирование LabVIEW.** См. видеоролик *ВП PWM Express* (youtu.be/mVN9jfwXlel, 2:41), чтобы узнать больше об использовании PWM Express VI для создания прямоугольного ШИМ-сигнала для управления регулируемым двигателем.

## 18.3 Базовые модификации

См. видеоролик *H-Bridge and Geared Motor Demo Walk-Through* (youtu.be/Q1UXVtVN-oQ, 6:01), чтобы ознакомиться с принципами конструирования Н-моста и привода мотор-редуктора, а затем попробуйте самостоятельно собрать эти модификации на основании схемы в файле Main.vi.

1. Определите количество импульсов датчика положения вала на один оборот выходного вала редуктора (совет: необходимо знать передаточное отношение редуктора и количество импульсов датчика на один оборот магнита датчика), а затем добавьте соответствующий код для отображения угла поворота выходного вала редуктора в градусах.
2. Добавьте поле, в котором будет отображаться частота вращения выходного вала редуктора (в об/с).
3. Принципиальная схема упрощает добавление ПИД-регулятора (пропорционально-интегро-дифференцирующего регулятора) и реализацию замкнутой системы регулирования скорости.
  - (a) Добавьте немного свободного пространства по вертикали справа от виртуального прибора (ВП) Encoder Express (удерживая клавишу Ctrl, нажмите левую кнопку мыши и переместите курсор), а затем отсоедините пакет ошибок от ВП Encoder.
  - (b) Разместите в этом месте ПИД-регулятор, который находится в поднаборе Real-Time (Объекты реального времени) | Function Blocks (Функциональные блоки) | Control (Регулирование).
  - (c) Подключите пакет ошибок и убедитесь, что ВП PID обрабатывается *после* ВП Encoder и *перед* ВП PWM.
  - (d) Создайте регуляторы лицевой панели для величин пропорционального усиления, времени интегрирования и времени дифференцирования.
  - (e) Щелкните правой кнопкой мыши по ШИМ-регулятору и выберите Change to indicator (Сделать индикатором).
  - (f) Подключите ПИД-выход к индикатору ШИМ.
  - (g) Создайте элемент управления для ввода заданных значений ПИД-регулятора.
  - (h) Активируйте переключатель сброса счетчика (Reset Counter) или задайте для счетчика допустимую константу.

Найдите в Интернете учебные материалы по запросу «настройка ПИД-регулятора по методу Циглера-Никольса», чтобы научиться выбирать правильные величины для констант ПИД-регулятора, а также поэкспериментируйте с этими величинами (начните с величины пропорционального усиления).

## 18.4 Дополнительные материалы

- *PmodHB5 Reference Manual (PmodHB5 — справочное руководство)* от Digilent ~ Справочное руководство для модуля Н-моста: [http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-HB5/PmodHB5\\_RevD\\_rm.pdf](http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-HB5/PmodHB5_RevD_rm.pdf)
- *PmodHB5 Schematics (PmodHB5 — схема)* от Digilent ~ Принципиальная схема Н-моста: [http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-HB5/PmodHB5\\_D\\_sch.pdf](http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-HB5/PmodHB5_D_sch.pdf)
- *Motor/Gearbox (Мотор-редуктор)* от Digilent ~ В проекте требуется больше мотор-редукторов? IG22 поставляется фирмой Digilent: <http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,403,625&Prod=MT-MOTOR>
- *IG22 Geared Motor Datasheet* от Sha Yang Ye ~ Технические характеристики электродвигателя и планетарного редуктора: <http://www.geared-motor.com/english/pdf/IG-22GM-01&02.pdf>
- *Two-Channel Encoder Datasheet (Технические характеристики двухканального датчика углового положения)* от Sha Yang Ye ~ Технические характеристики двухканального импульсного датчика положения: <http://www.geared-motor.com/english/pdf/Magnetic-Encoders.pdf>

# 19 ИК-дальномер

Инфракрасный (ИК) дальномер определяет расстояние между датчиком и отражающей поверхностью цели с использованием отраженного луча света инфракрасного спектра. Расстояние до объекта обратно пропорционально выходному напряжению ИК-дальномера. К областям применения ИК-дальномера относятся измерение расстояния и обнаружение объектов в робототехнике, распознавание приближения и бесконтактное переключение. На рис. 19.1 показан ИК-дальномер из набора мехатроники NI.



Рис. 19.1. ИК-дальномер из набора мехатроники NI myRIO.

**Задачи обучения.** Эта глава содержит следующие сведения:

1. Описание функций ИК-дальномера SHARP GP2Y0A21YK0F.
2. Принцип действия ИК-дальномеров.
3. Технологии калибровки с одним или несколькими измерениями.

## 19.1 Демонстрация работы компонентов

Выполните следующие действия, чтобы проследить за правильной работой фотоэлемента.

Найдите в наборе мехатроники NI myRIO следующие детали:

- ИК-дальномер, <http://www.digilentinc.com/Data/Products/IR-RANGE-SENSOR/IR%20Range%20Sensor%20rm.pdf>
- Монтажные провода, M-F (3×)

**Соберите схему подключения.** См. принципиальную схему и рекомендованную компоновку макетной платы на рис. 19.2 на следующей странице. В схеме подключения используются три соединения с разъемом MXP B на устройстве NI myRIO (см. рис. A.1 на стр. 227):

1. Питание 5 В → V/+5 В (контакт 1)
2. Заземление → V/GND (контакт 6)
3. Выходной сигнал → V/AIO (контакт 3)

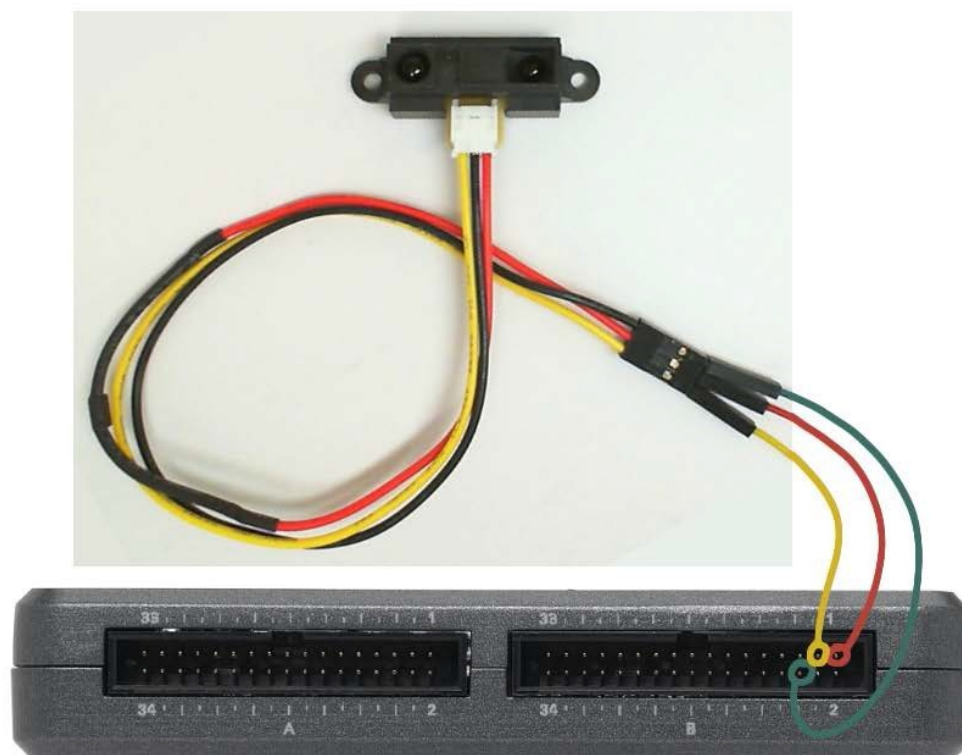
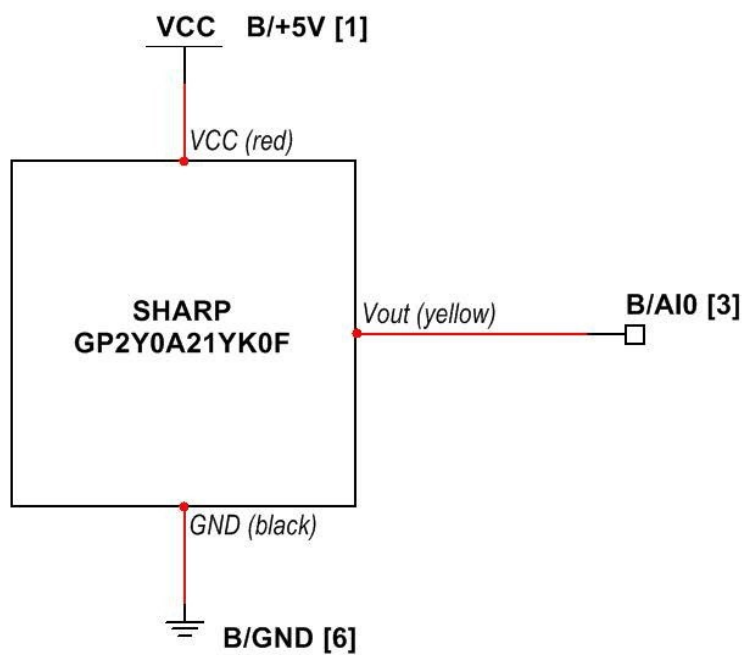


Рис. 19.2. Демонстрационная установка для ИК-дальномера, подключенного к разъему MXP B на NI myRIO.

**Запустите демонстрационный виртуальный прибор.**

- Загрузите файл <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>, если это не сделано ранее, и извлеките его содержимое в удобную папку.
- Откройте проект IR Range Finder demo.lvproj (ИК-дальномер, демонстрация), расположенный в папке IR Range Finder demo.
- Разверните элемент myRIO (значок +) и откройте двойным щелчком файл Main.vi.
- Убедитесь, что NI myRIO подключен к компьютеру.
- Запустите ВП с помощью кнопки Run (Запуск) на панели инструментов или с помощью клавиш Ctrl+R.

Сначала открывается окно Deployment Process (Процесс развертывания), в котором отображается процесс компиляции и развертывания (загрузки) проекта на устройство NI myRIO перед запуском ВП. ПРИМЕЧАНИЕ. Установите флажок Close on successful completion (Закрыть окно после завершения процесса), чтобы ВП запускался автоматически.

**Ожидаемый результат.** На демонстрационном ВП отображается выходное напряжение ИК-дальномера и расстояние в сантиметрах до отражающей поверхности. Измерьте линейкой расстояние от боковой стороны датчика до отражающей поверхности, расположенной на расстоянии от 0 до 80 см. Сопоставьте измеренное расстояние с известным расстоянием: насколько точны показания дальномера? Запишите напряжение  $V_O$  датчика, расположив объект на известном расстоянии  $R$  в пределах 10–40 см, определите калибровочный коэффициент  $K_{scale} = R \times V_O$ , а затем введите его величину в регулятор  $K_{scale}$  [см-V] на лицевой панели. Повторите предыдущее измерение расстояния. Точность измерения повысилась? Поместите объект на расстоянии менее 10 см. Можно заметить, что отображаемое расстояние начинает увеличиваться, хотя объект находится в непосредственной близости к датчику. Этот недостаток можно устранить, установив датчик таким образом, чтобы расстояние до ближайшего целевого объекта превышало 10 см. Например, для робота на платформе размещайте датчик подальше от края платформы.

Наведите камеру смартфона или веб-камеру на ИК-дальномер. При съемке цифровой камерой инфракрасный свет выглядит синим. Где на датчике расположен ИК-излучатель? Нажмите кнопку Stop (Остановить) или клавишу Esc, чтобы остановить ВП и сбросить состояние устройства NI myRIO, при этом все контакты цифровых входов-выходов myRIO переключаются в режим входа.

**Советы по поиску и устранению неисправностей.**

Результаты не соответствуют ожиданиям? Проверьте следующее.

- Индикатор питания на NI myRIO горит.
- Кнопка Run (Запуск) на панели инструментов окрашена в черный цвет, что соответствует рабочему режиму ВП.
- Выбраны правильные контакты разъема MXP — убедитесь, что используется разъем B и подключены соответствующие контакты.

## 19.2 Теоретические сведения о подключении

**Схема подключения.** ИК-дальномер SHARP GP2Y0A21YK0F создает выходное напряжение  $V_O$ , которое обратно пропорционально расстоянию до отражающего целевого объекта. См. видеоролик *Принцип подключения ИК-дальномера* ([youtu.be/Xwg-j-2WT3k](https://youtu.be/Xwg-j-2WT3k), 9:59), чтобы узнать больше об ИК-дальномере, включая его функции, принцип действия, расчет расстояния по напряжению датчика на основании геометрического свойства подобных треугольников, а также о калибровке датчика за одно или несколько измерений.

**Программирование LabVIEW.** См. видеоролик *ВП Analog Input Express* ([youtu.be/N6Mi-VjBlmc](https://youtu.be/N6Mi-VjBlmc), 2:00), чтобы узнать больше об использовании виртуального прибора аналогового ввода Analog Input Express для измерения внешнего выходного значения делителя напряжения.

### 19.3 Базовые модификации

См. видеоролик *Пошаговая инструкция к проекту IR Range Finder Demo (ИК-дальномер, демонстрация)* ([youtu.be/BFgeIRQxJ\\_E](https://youtu.be/BFgeIRQxJ_E), 3:51), чтобы ознакомиться с принципами конструирования проекта IR Range Finder demo (ИК-дальномер, демонстрация), а затем внесите следующие модификации в схему из файла Main.vi.

1. Добавьте элемент управления Boolean (Бинарный) для включения и выключения функции усреднения.
2. Настройте отображение расстояния в дюймах вместо сантиметров.
3. Добавьте функцию обнаружения приближения — активация встроенного индикатора, если расстояние меньше порогового значения, заданного на лицевой панели.
4. Добавьте бинарный индикатор «вне диапазона», который будет загораться при превышении расстояния 80 см.
5. Добавьте функцию улучшенного обнаружения приближения: один из трех встроенных индикаторов будет загораться, указывая, что объект «в диапазоне», «слишком близко» или «слишком далеко».

- *GP2Y0A21YK0F Datasheet (GP2Y0A21YK0F — технические характеристики)* от SHARP Microelectronics ~ Технические характеристики блока датчиков для измерения расстояния GP2Y0A21YK0F: [http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk\\_e.pdf](http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk_e.pdf)

### 19.4 Идеи для комплексного проекта

Теперь известно, как использовать ИК-дальномер. Придумайте способы комбинирования его с другими устройствами для создания комплексных систем, например:

- *Портативный измерительный прибор* (39)
- *Беспроводной датчик* (40)
- *Регистратор данных* (41)
- *Система электронного управления* (43)
- *Сканирующий датчик* (50)

### 19.5 Дополнительные материалы

- *IR Range Sensor Reference Manual (ИК-дальномер — справочное руководство)* от Digilent ~ Справочное руководство по ИК-дальномеру: <http://www.digilentinc.com/Data/Products/IR-RANGE-SENSOR/IR%20Range%20Sensor%20rm.pdf>

# 22 Гироскоп

Гироскоп предназначен для измерения угловой скорости (частоты вращения) вокруг оси вращения. Скорость указывается в градусах в секунду, а интеграл этой величины равен углу поворота. При установке на платформе робота трехкоординатный гироскоп обеспечивает возможность пространственного позиционирования (углы поворота вокруг поперечной, продольной и вертикальной осей) и предоставляет полезные сведения для поддержания устойчивости машины. На рис. 22.1 показан гироскоп из набора мехатроники NI myRIO, основанный на трехкоординатном цифровом гироскопе STMicroelectronics L3G4200D с последовательной шиной передачи данных I<sup>2</sup>C.

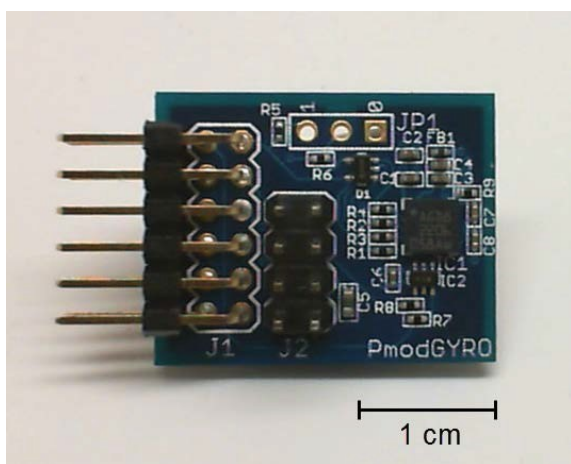


Рис. 22.1. Гироскоп из набора мехатроники NI myRIO.

**Задачи обучения.** Эта глава содержит следующие сведения:

1. Настройка пропускной способности и полного диапазона измерения гироскопа.
2. Настройка вывода сигнала прерывания для реагирования на встроенное ограничение порогового значения.
3. Считывание и отображения величины угловой скорости.
4. Порядок действий с ненулевыми значениями дрейфа нулевого уровня.

## 22.1 Демонстрация работы компонентов

Выполните следующие действия, чтобы проследить за правильной работой гироскопа.

**Найдите в наборе мехатроники NI myRIO следующие детали:**

- Гироскоп (PmodGYRO),  
[https://www.digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GYRO/PmodGYRO\\_rm\\_RevA.pdf](https://www.digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GYRO/PmodGYRO_rm_RevA.pdf)
- Монтажные провода, F-F (6×)

**Соберите схему подключения.** См. принципиальную схему на рис. 22.2 на стр. 97. В схеме используются 6 соединений с разъемом MXP A на NI myRIO (см. рис. A.1 на стр. 227):

1. Питание +3,3 В → A/+3,3 В (контакт 33)
2. Заземление → A/GND (контакт 30)
3. Последовательный канал данных (SDA) → A/I2C.SDA (контакт 34)
4. Последовательный канал синхронизации (SCL) → A/I2C.SCL (контакт 32)
5. Сигнал прерывания 2 → A/DIO0 (контакт 11)
6. Сигнал прерывания 1 → A/DIO0 (контакт 13)



### Запустите демонстрационный виртуальный прибор.

- Загрузите файл <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>, если это не сделано ранее, и извлеките его содержимое в удобную папку.
- Откройте проект Gyroscope demo.lvproj (гироскоп, демонстрация), расположенный в папке Gyroscope demo.
- Разверните элемент myRIO (значок +) и откройте двойным щелчком файл Main.vi.
- Убедитесь, что NI myRIO подключен к компьютеру.
- Запустите ВП с помощью кнопки Run (Запуск) на панели инструментов или с помощью клавиш Ctrl+R.

Сначала открывается окно Deployment Process (Процесс развертывания), в котором отображается процесс компиляции и развертывания (загрузки) проекта на устройство NI myRIO перед запуском ВП. ПРИМЕЧАНИЕ. Установите флажок Close on successful completion (Закреть окно после завершения процесса), чтобы ВП запускался автоматически.

**Ожидаемый результат.** На демонстрационном виртуальном приборе отображаются 6 байт данных гироскопа L3G4200D, форматированные данные в виде 16-битных целых чисел со знаком, а также график, на котором приведена история изменения всех трех угловых скоростей гироскопа. Кроме того, на ВП отображаются проинтегрированные величины угловой скорости, равные относительному углу поворота. Интеграторы можно обнулить, щелкнув два раза кнопку reset integrator.

Возьмите плату PmodGYRO правой стороной вверх, надпись PmodGYRO должна находиться в правом нижнем углу. Ось X направлена вправо, ось Y — вверх, а ось Z направлена от платы вверх. Поверните плату вокруг каждой из трех осей. Вращение против часовой стрелки соответствует положительному направлению на угловой скорости на дисплее (вверху лицевой панели ВП). Что происходит при изменении скорости вращения?

В нижней части лицевой панели ВП расположены поля для отображения угла поворота.

Удерживайте плату PmodGYRO в начальном положении, а затем нажмите два раза кнопку сброса интегратора. Проверните плату вокруг одной оси, а затем поверните обратно в исходное положение. Можно заметить, что угол поворота изменяется до большого положительного или отрицательного значения, а затем возвращается к прежнему значению.

Выходной сигнал гироскопа L3G4200D подвержен эффекту т. н. *дрейфа нулевого уровня*. Положите плату PmodGYRO на стол и сбросьте интегратор. Величины угловой скорости могут вызывать затруднения при считывании, но углы поворота внизу экрана изменяются линейно, начиная с нуля. Даже когда гироскоп полностью неподвижен (нулевой сигнал), выходной сигнал сохраняет некоторый остаточный уровень (дрейф нулевого уровня), в результате чего величина на выходе интегратора непрерывно растет. Оценить дрейф нулевого уровня можно следующим образом: сбросьте интегратор, подождите некоторое время, например 1 минуту (60 секунд), остановите ВП, а затем разделите отображаемый угол поворота на 60. Сравните эту величину с отображаемыми числами на индикаторе угловой скорости. Пределы графика угловой скорости можно изменить, дважды щелкнув по верхней и нижней величинам на оси амплитуды с надписью *amplitude*. Установите более узкий диапазон, чтобы лучше разглядеть выходные характеристики гироскопа, а именно дрейф нулевого уровня и уровень высокочастотного шума.

Индикатор LED0 на NI myRIO отображает подаваемый гироскопом сигнал прерывания при достижении порогового значения верхнего ограничения по оси Z. Чрезмерно быстрое вращение вокруг оси Z приводит к активации этого индикатора.

Нажмите кнопку Stop (Остановить) или клавишу Esc, чтобы остановить ВП и сбросить устройство NI myRIO.

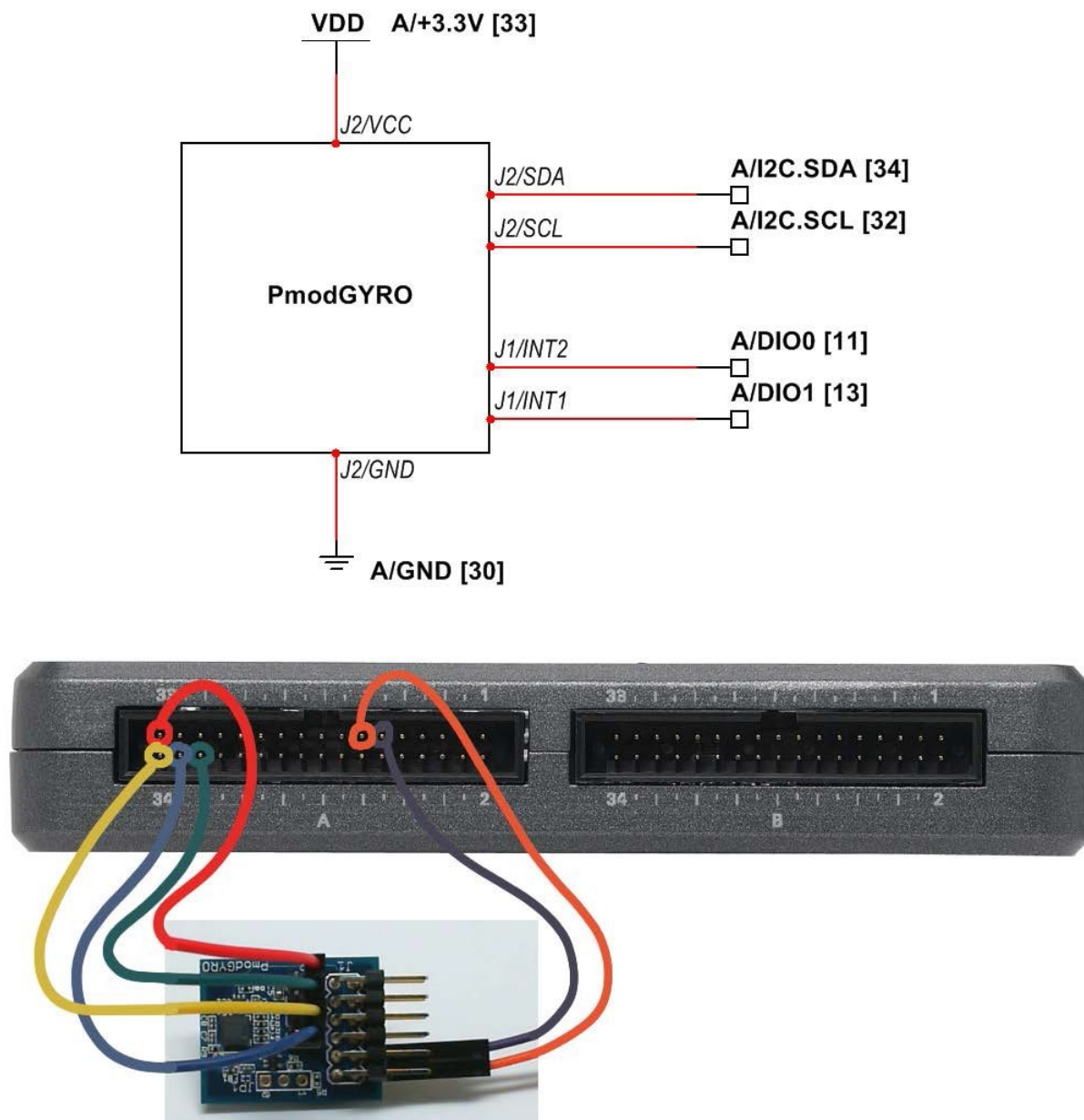


Рис. 22.2. Демонстрационная установка для гироскопа, подключенного к разъему MXP A на NI myRIO.

**Советы по поиску и устранению неисправностей.** Результаты не соответствуют ожиданиям? Проверьте следующее.

- Индикатор питания на NI myRIO горит.
- Кнопка Run (Запуск) на панели инструментов окрашена в черный цвет, что соответствует рабочему режиму BFL.
- Выбраны правильные контакты разъема MXP — убедитесь, что используется разъем A и подключены соответствующие контакты.
- Используются правильные клеммы разъема PmodGYRO — перепроверьте соединения и убедитесь, что линия SDA шины I<sup>2</sup>C на NI myRIO подключена к клемме SDA разъема J2 на PmodGYRO, а линия SCL подключена к клемме SCL; кроме того, проверьте полярность подключенного кабеля питания.
- Клеммы сигнала прерывания PmodGYRO подключены к цифровым линиям NI myRIO — величины на лицевой панели изменяются только в ответ на прерывание data ready.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Если отображается сообщение «Error-36011 occurred at myRIO Write I2C.vi» (Обнаружена ошибка 36011 в файле myRIO Write I2C.vi), перепроверьте соединения линий SDA и SCL, поскольку данное сообщение указывает на то, что NI myRIO не получает ожидаемого подтверждения через интерфейс шины I<sup>2</sup>C от платы PmodGYRO.

## 22.2 Теоретические сведения о подключении

**Схема подключения.** Трехкоординатный гироскоп STMicroelectronics L3G4200D, используемый в плате PmodGYRO, поддерживает последовательный интерфейс шины I<sup>2</sup>C (который называют просто I2C); L3G4200D также поддерживает последовательный интерфейс SPI, но в этой главе рассматривается только использование интерфейса шины I<sup>2</sup>C. Гироскоп L3G4200D имеет два выхода прерывания, обозначенные INT1 и INT2. Эти контакты предоставляют доступ к различным источникам сигналов прерывания, которые могут включаться при необходимости. Три величины угловой скорости и множество различных настроек доступны посредством 26 адресуемых регистров.

См. видеоролик *Принцип подключения гироскопа* (youtu.be/5JDkwG2rr1o, 13:48), чтобы узнать больше о принципе действия гироскопа и его назначении, функциях STMicroelectronics L3G4200D, разъемах Digilent PmodGYRO и направлениях осей датчика. Кроме того, видеоролик освещает необходимые сведения для настройки регистров L3G4200D, о считывании данных об угловых скоростях и интегрировании результатов измерений для получения относительного угла поворота. Гироскоп L3G4200D — это довольно сложное устройство с широким спектром различных настроек, поэтому в видеоролике рассматривается ряд функций, необходимых для быстрого ознакомления и начала работы. На подробном примере показывается, как выполняются следующие операции:

- Настройка пропускной способности и полного диапазона измерения.
- Установка верхнего ограничения для аналитического создания сигнала прерывания на выходном контакте INT1.
- Создание сигнала прерывания data ready на выходном контакте INT2.
- Считывание трех наборов регистров данных и конвертация этих величин угловой скорости в градус/с (градусы в секунду, dps).
- Интегрирование величин угловой скорости для получения относительного угла поворота.
- Оценка дрейфа нулевого уровня и компенсация линейного прироста выхода интегратора.

См. *Последовательный интерфейс I2C* (youtu.be/7CgNF78pYQM8:47), чтобы ознакомиться с форматом сигнала, передаваемого между передатчиками и приемниками шины I<sup>2</sup>C.

## 22.3 Базовые модификации

См. видеоролик *Пошаговая инструкция к проекту Gyroscope Demo (гироскоп, демонстрация)* (youtu.be/o\_iuY0M3yDk, 6:36), чтобы ознакомиться с принципами конструирования проекта Gyroscope demo (гироскоп, демонстрация), а затем внесите следующие модификации в схему из файла Main.vi.

1. Измените адрес устройства.  
Какое сообщение об ошибке отображается в LabVIEW?

2. Добавьте требуемые расчеты для отображения угловой скорости в градусах в секунду (dps). Коэффициент шкалы чувствительности можно узнать из видеоролика и технических характеристик, а с помощью этого коэффициента величину в формате LSB (младший разряд) можно преобразовать в градусы в секунду.
3. Добавьте код для считывания регистра идентификатора устройства WHO\_AM\_I.
4. Добавьте код для считывания трех регистров L3G4200D идентификатора устройства (адрес 0x0F) и генерации ошибки, если идентификатор не совпадает с ожидаемым. Благодаря этому ВП может определять корректное устройство с шиной I<sup>2</sup>C, подключенное к клеммам шины I2C на NI myRIO. См. карту регистров в технических характеристиках L3G4200D (табл. 18), чтобы определить требуемое значение. Выберите одно из всплывающих диалоговых окон виртуальных приборов в поднаборе Programming (Программирование) | Dialog & User Interface (Диалоговые окна и пользовательский интерфейс), в котором будет отображаться сообщение об ошибке.
5. Добавьте требуемые расчеты для компенсации дрейфа нулевого уровня.

## 22.4 Идеи для комплексного проекта

Теперь известно, как использовать гироскоп. Придумайте способы комбинирования его с другими устройствами для создания комплексных систем, например:

- *Беспроводной датчик* (40)
- *Регистратор данных* (41)
- *Система электронного управления* (43)
- *Трехмерный контроллер цвета* (45)

## 22.5 Дополнительные материалы

- *PmodGYRO Reference Manual (PmodGYRO — справочное руководство)* от Digilent ~ Справочное руководство для гироскопа: [http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GYRO/PmodGYRO\\_rm\\_RevA.pdf](http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GYRO/PmodGYRO_rm_RevA.pdf)
- *PmodGYRO Schematics (PmodGYRO — схема)* от Digilent ~ Принципиальная схема гироскопа: [http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GYRO/PmodGYRO\\_sch.pdf](http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-GYRO/PmodGYRO_sch.pdf)
- *L3G4200D Datasheet (L3G4200D — технические характеристики)* by STMicroelectronics ~ Технические характеристики цифрового гироскопа L3G4200D: <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00265057.pdf>
- *L3G4200D Datasheet (L3G4200D — технические характеристики)* от STMicroelectronics ~ *TA0343: Everything about STMicroelectronics 3-axis digital MEMS gyroscopes (TA0343: подробное описание 3-координатных МЭМС-гироскопов STMicroelectronics)* — эта техническая статья содержит исчерпывающее описание принципов действия гироскопа и методы компенсации дрейфа нулевого уровня: [http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/technical\\_article/DM00034730.pdf](http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/technical_article/DM00034730.pdf)
- *UM10204 I<sup>2</sup>C-bus Specification and User Manual (UM10204: спецификация и руководство пользователя шины I2C)* от NXP Semiconductors ~ Полное описание стандарта шины I<sup>2</sup>C, включая временные диаграммы и мультимастерные системы: [http://www.nxp.com/documents/user\\_manual/UM10204.pdf](http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf)

# 23 Компас

Обычный компас, магнитная стрелка которого указывает на северный полюс, имеет цифровой аналог в виде трехкоординатного компаса Honeywell HMC5883L, который используется в плате Digilent PmodCMPS (см. рис. 23.1) и поставляется в наборе мехатроники NI myRIO. Компас HMC5883L генерирует 12-битный сигнал и передает результаты измерения через последовательную шину I<sup>2</sup>C на частоте до 160 Гц, при этом предоставляет разные диапазоны чувствительности для поиска северного магнитного полюса Земли или для обнаружения сильных магнитных полей индуктивностью до 8 Гс.

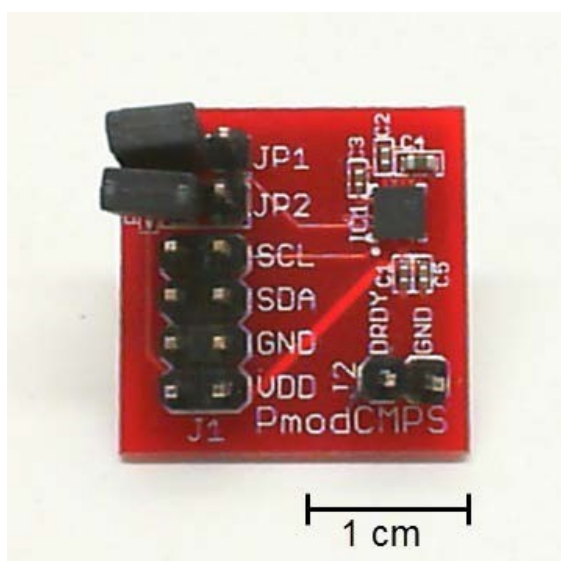


Рис. 23.1. Компас из набора мехатроники NI myRIO.

**Задачи обучения.** Эта глава содержит следующие сведения:

1. Принципы работы компаса, в том числе угол наклона магнитного поля Земли и угол отклонения полюса (разница между положением магнитного полюса и географического полюса в зависимости от местоположения).
2. Порядок преобразования выходного сигнала компаса в координаты трех осей для вычисления направления географического полюса.
3. Настройка пропускной способности, диапазона измерений и непрерывной работы компаса.
4. Считывание и отображение направления компаса.

## 23.1 Демонстрация работы компонентов

Выполните следующие действия, чтобы проследить за правильной работой компаса.

**Найдите в наборе мехатроники NI myRIO следующие детали:**

- Компас (PmodCMPS),  
<http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-CMPS/PmodCMPS-rm-revA1.pdf>
- Монтажные провода, F-F (5×)

**Соберите схему подключения.** См. принципиальную схему на рис. 23.2 на стр. 103. В схеме подключения компаса используется 5 соединений с разъемом MXP A на NI myRIO (см. рис. A.1 на стр. 227):

1. Питание +3,3 В (VDD) → A/+3,3 В (контакт 33)
2. Заземление (GND) → A/GND (контакт 30)
3. Последовательный канал данных (SDA) → A/I2C.SDA (контакт 34)
4. Последовательный канал синхронизации (SCL) → A/I2C.SCL (контакт 32)

5. Сигнал готовности данных (DRDY) 1→ A/DIO0 (контакт 11)  
 ПРИМЕЧАНИЕ. Оставьте переключки JP1 и JP2 неподключенными — они включают подтягивающие резисторы на 2,2 кОм, которые уже присутствуют в линиях SCA и SCL устройства NI myRIO.

#### Запустите демонстрационный виртуальный прибор.

- Загрузите файл <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>, если это не сделано ранее, и извлеките его содержимое в удобную папку.
- Откройте проект Compass demo.lvproj (компас, демонстрация), расположенный в папке Compass demo.
- Разверните элемент myRIO (значок +) и откройте двойным щелчком файл Main.vi.
- Убедитесь, что NI myRIO подключен к компьютеру.
- Запустите ВП с помощью кнопки Run (Запуск) на панели инструментов или с помощью клавиш Ctrl+R.

Сначала открывается окно Deployment Process (Процесс развертывания), в котором отображается процесс компиляции и развертывания (загрузки) проекта на устройство NI myRIO перед запуском ВП. ПРИМЕЧАНИЕ. Установите флажок Close on successful completion (Закреть окно после завершения процесса), чтобы ВП запускался автоматически.

**Ожидаемый результат.** На демонстрационном виртуальном приборе отобразятся показания трехосевого компаса в виде 6 байт, полученных через регистры DATA компаса, трех целых чисел со знаком, полученных из комбинации двух байт на каждую ось, и график. Вскоре будет показано, как преобразовывать эти величины в магнитную индукцию поля в гауссах. Перед запуском основного цикла ВП выполняет настройку регистров для режима усреднения, настраивает пропускную способность, диапазон измерения и режим непрерывной работы. Запустите ВП и просмотрите показания на лицевой панели, одновременно двигая и вращая компас. Держите плату горизонтально, стороной монтажа вверх, а затем вращайте плату в горизонтальной плоскости, наблюдая за величиной X. Когда X достигает максимального положительного значения (и плата все еще в горизонтальном положении), правая сторона платы указывает на северный магнитный полюс.

Держите плату PmodCMPS горизонтально, стороной монтажа вверх. Постепенно наклоняйте плату до тех пор, пока координата Z не достигнет экстремального значения, а координаты X и Y — нуля. В этом положении плата располагается нормально к направлению магнитного поля Земли, т. е. ось Z параллельна силовым линиям магнитного поля Земли. Датчик компаса указывает положительное направление Z, если силовые линии поля направлены от стороны монтажа платы, поэтому отображается отрицательное значение, если вы находитесь в Северном полушарии, или положительное значение, если вы находитесь в Южном полушарии. Угол наклона платы отображает *угол наклона* силовых линий магнитного поля и равен 90 градусам на северном и южном магнитных полюсах и более острый на других широтах. Поднесите плату к магниту. Сравните силу поля магнита с магнитным полем Земли. Если необходимо, можно изменить диапазон чувствительности. Для этого остановите ВП, откройте принципиальную схему (сочетание клавиш Ctrl+E), установите три настроечных бита регистра конфигурации B в значение 1 (бинарная истина), вернитесь к лицевой панели (Ctrl+E) и повторно запустите ВП. Нажмите кнопку Stop (Остановить) или клавишу Esc, чтобы остановить ВП и сбросить устройство NI myRIO.

#### Советы по поиску и устранению неисправностей.

Результаты не соответствуют ожиданиям? Проверьте следующее.

- Индикатор питания на NI myRIO горит.
- Кнопка Run (Запуск) на панели инструментов окрашена в черный цвет, что соответствует рабочему режиму ВП.
- Выбраны правильные контакты разъема MXP — убедитесь, что используется разъем A и подключены соответствующие контакты.

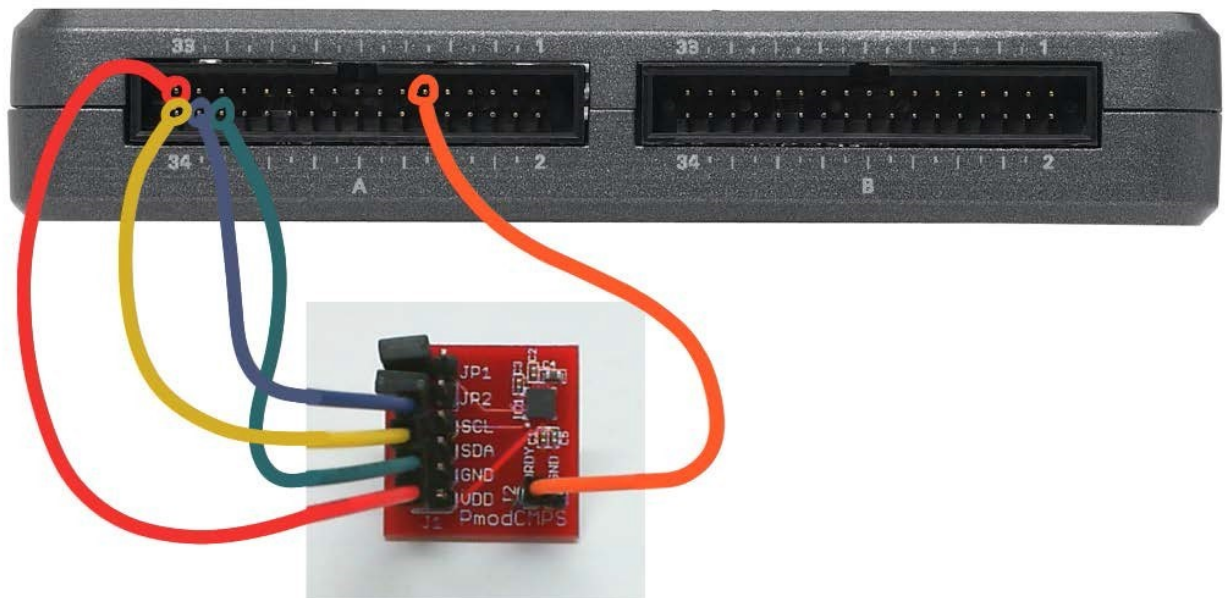
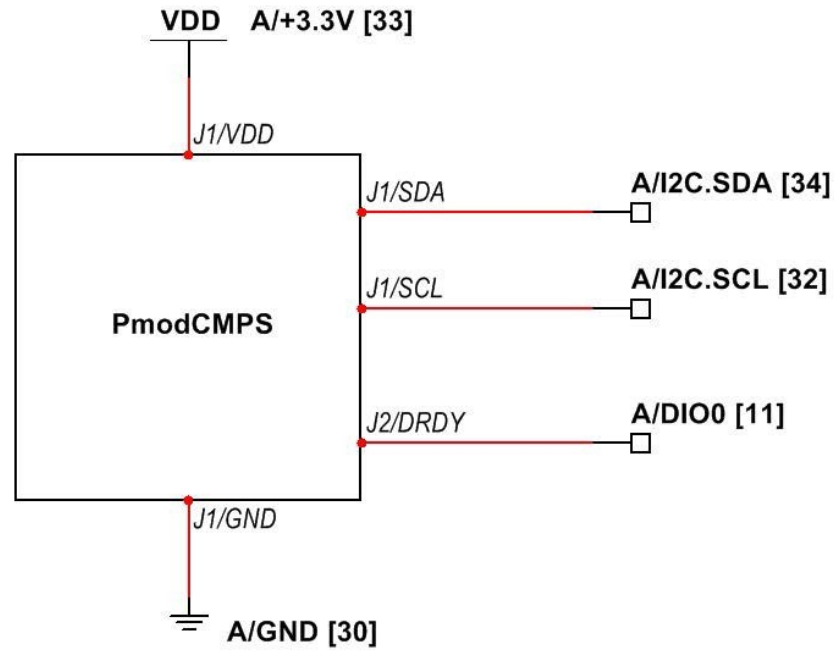


Рис. 23.2. Демонстрационная установка для компаса, подключенного к разъему MXP A на NI myRIO.

- Используются правильные клеммы разъема PmodCMPS — перепроверьте соединения и убедитесь, что линия SDA шины I<sup>2</sup>C на NI myRIO подключена к клемме SDA разъема J1 на PmodCMPS, а линия SCL подключена к клемме SCL; кроме того, проверьте полярность подключенного кабеля питания.
- Клемма сигнала прерывания DRDY платы PmodCMPS подключена к цифровой линии NI myRIO — величины на лицевой панели изменяются только в ответ на сигнал прерывания data ready.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Если отображается сообщение «Error-36011 occurred at myRIO Write I2C.vi» (Обнаружена ошибка 36011 в файле myRIO Write I2C.vi), перепроверьте соединения линий SDA и SCL, поскольку данное сообщение указывает на то, что NI myRIO не получает ожидаемого подтверждения через интерфейс шины I<sup>2</sup>C от платы PmodCMPS.

## 23.2 Теоретические сведения о подключении

**Схема подключения.** Трехкоординатный компас Honeywell HMC5883L, используемый в плате PmodCMPS, поддерживает последовательный интерфейс шины I<sup>2</sup>C (или просто I2C). HMC5883L имеет выход для сигнала data-ready под названием DRDY. Три параметра компаса и множество различных настроек доступны посредством 12 адресуемых регистров. См. видеоролик *Принцип подключения компаса* (youtu.be/3WkJ7ssZmEc, 12:47), чтобы ознакомиться с областями применения компаса, функциями Honeywell HMC5883L, разъемами платы Digilent PmodCMPS и направлением осей датчика; изучить принципы работы компаса: магнитный и географический полюс (угол отклонения), угол наклона и коррекция результатов измерения компаса для поиска географического полюса. Кроме того, видеоролик освещает необходимые сведения для настройки регистров HMC5883L и считывания данных компаса. На подробном примере показывается: как настроить пропускную способность, режим усреднения и диапазон чувствительности, режим непрерывной работы, как считывать три набора регистров данных и преобразовывать эти величины в магнитную индуктивность в гауссах.

См. *Последовательный интерфейс I2C* (youtu.be/7CgNF78pYQM, 8:47), чтобы ознакомиться с форматом сигнала, передаваемого между передатчиками и приемниками шины I<sup>2</sup>C.

## 23.3 Базовые модификации

См. видеоролик *Пошаговая инструкция к проекту Compass Demo (компас, демонстрация)* (youtu.be/bWew4fHWVKo, 7:48), чтобы ознакомиться с принципами конструирования проекта Compass Demo (компас, демонстрация), а затем внесите эти модификации в схему из файла Main.vi.

1. Измените адрес устройства. Какое сообщение об ошибке отображается в LabVIEW?
2. Добавьте требуемые расчеты для отображения результатов измерения компаса в гауссах. Учитывайте, что коэффициент масштабирования зависит от установленного диапазона чувствительности в регистре В.
3. Добавьте поправочный сдвиг для осей X и Y, следуя инструкциям из видеоролика, это необходимо для повышения точности компаса.
4. Добавьте требуемые расчеты для преобразования координат X и Y в полярные координаты и отображения углов на индикаторе часового типа на лицевой панели, см. встроенный ВП Re/Im To Polar. Если вы уже добавили поправочный сдвиг (см. выше), сравните точность измерения компаса с другим прибором. Например, можно воспользоваться специальным приложением для смартфона.
5. Добавьте код для считывания с платы HMC5883L трех регистров идентификатора устройства (адреса с 0x0A по 0x0C) и генерации ошибки, если идентификатор не совпадает с ожидаемым. Благодаря этому ВП может определять корректное устройство с шиной I<sup>2</sup>C, подключенное к клеммам шины I2C на NI myRIO. См. карту регистров в технических характеристиках HMC5883L (табл. 18–20), чтобы определить требуемые величины. Выберите одно из всплывающих диалоговых окон виртуальных приборов в поднаборе Programming (Программирование) | Dialog & User Interface (Диалоговые окна и пользовательский интерфейс), в котором будет отображаться сообщение об ошибке.



## 23.4 Идеи для комплексного проекта

Теперь известно, как использовать компас. Придумайте способы комбинирования его с другими устройствами для создания комплексных систем, например:

- *Портативный измерительный прибор* (39)
- *Беспроводной датчик* (40)
- *Регистратор данных* (41)
- *Система электронного управления* (43)
- *Компас с коррекцией наклона* (53)

## 23.5 Дополнительные материалы

- *PmodCMPS Reference Manual (PmodCMPS — справочное руководство)* от Digilent ~ Справочное руководство для компаса: <http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-CMPS/PmodCMPS-rm-revA1.pdf>
- *PmodCMPS Schematics (PmodCMPS — схема)* от Digilent ~ Принципиальная схема компаса: [http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-CMPS/PmodCMPS\\_A1\\_sch.pdf](http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-CMPS/PmodCMPS_A1_sch.pdf)
- *HMC5883L Datasheet (HMC5883L — технические характеристики)* от Honeywell ~ Технические характеристики трехкоординатного компаса HMC5883L; щелкните по ссылке HMC5883L Brochure внизу страницы: <http://www.magneticsensors.com/three-axis-digital-compass.php>
- *Compass Heading Using Magnetometers (Ориентирование по компасу с использованием магнитометров)* от Honeywell ~ Преобразование результатов измерения компаса по трем координатам в курсовые углы. Щелкните по ссылке Literature и выберите AN203 в меню Application Notes: <http://www.magneticsensors.com/three-axis-digital-compass.php>
- *Reference Desing: Low Cost Compass (Эталонная конструкция: бюджетный компас)* от Honeywell ~ Подробные сведения о конструировании практического компаса. Щелкните по ссылке Literature и выберите AN214 в меню Application Notes: <http://www.magneticsensors.com/three-axis-digital-compass.php>
- *Applications of Magnetic Sensors for Low Cost Compass Systems (Применение магнитных датчиков для бюджетных систем с компасом)* от Honeywell ~ Подробное описание конструкции компаса, включая компенсацию погрешности. Щелкните по ссылке Literature и выберите статью в меню Application Notes: <http://www.magneticsensors.com/three-axis-digital-compass.php>
- *Magnetic Declination (Отклонение магнитного поля)* от NOAA National Geophysical Data Center ~ Карты отклонения магнитного поля Земли для США и всего мира: <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/declination.shtml>
- *Estimated Values of Magnetic Field Properties (Ориентировочные значения свойств магнитного поля)* от NOAA National Geophysical Data Center ~ Найдите требуемый угол отклонения (разница между магнитным северным полюсом и географическим полюсом) и магнитного наклона (угол наклона магнитного поля Земли), указав zip-код для США или название государства и города. Выберите Declination или Inclination в меню Magnetic component: <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#igrfwmm>
- *UM10204 I<sup>2</sup>C-bus Specification and User Manual (UM10204: спецификация и руководство пользователя шины I2C)* от NXP Semiconductors ~ Полное описание стандарта шины I<sup>2</sup>C, включая временные диаграммы и мультимастерные системы: [http://www.nxp.com/documents/user\\_manual/UM10204.pdf](http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf)

# 36 Веб-камера

NI myRIO поддерживает USB веб-камеры (рис. 36.1) и может работать с несколькими веб-камерами, подключенными через USB-концентратор. При установке модулей Vision Acquisition и Development появляется возможность захвата и обработки снимков и видеопотоков с использованием разнообразных инструментов обработки изображений и видео.



Рис. 36.1. Веб-камера, подключенная к разъему USB NI myRIO.

**Задачи обучения.** Эта глава содержит следующие сведения:

1. Захват и обработка изображений.
2. Захват и обработка видеопотока.
3. Установка режима работы веб-камеры (разрешение и частота смены кадров).
4. Установка характеристик веб-камеры, например насыщенности.
5. Использование NI-MAX для определения доступных видеорежимов и характеристик веб-камеры.

## 36.1 Демонстрация работы компонентов

Выполните следующие действия, чтобы проследить за правильной работой веб-камеры.

**Возьмите следующие детали:**

- USB-веб-камера

**Запустите демонстрационный виртуальный прибор.**

- Загрузите файл <http://www.ni.com/academic/myrio/project-guide-vis.zip>, если это не сделано ранее, и извлеките его содержимое в удобную папку.
- Откройте проект Webcam demo.lvproj (веб-камера, демонстрация), расположенный в папке Webcam demo.
- Разверните элемент myRIO (значок +) и откройте двойным щелчком файл Main.vi.
- Убедитесь, что NI myRIO подключен к компьютеру.
- Запустите ВП с помощью кнопки Run (Запуск) на панели инструментов или с помощью клавиш Ctrl+R.

Сначала открывается окно Deployment Process (Процесс развертывания), в котором отображается процесс компиляции и развертывания (загрузки) проекта на устройство NI myRIO перед запуском ВП.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Установите флажок Close on successful completion (Заккрыть окно после завершения процесса), чтобы ВП запускался автоматически.

**Ожидаемый результат.** В этом проекте имеется три отдельных приложения верхнего уровня Main.vi.

1. Main - single image.vi — этот демонстрационный ВП выполняет захват единичного изображения и обнаружение границ изображения. Выберите веб-камеру из раскрывающегося списка на лицевой панели, а затем запустите ВП. Слева должно появиться изображение с веб-камеры, а справа — версия изображения с обнаружением краев. Отрегулируйте верхний порог с помощью регулятора HThresh, чтобы изменить чувствительность обнаружения краев.
2. Main - video stream.vi — этот демонстрационный ВП осуществляет захват видеопотока и его обработку в режиме реального времени. Выберите веб-камеру из раскрывающегося списка на лицевой панели, а затем запустите ВП. Слева отобразится изображение с веб-камеры, а справа — его обработанная версия. В начальном состоянии ВП не выполняет никакой обработки (режим ретрансляции). Выберите тип обработки видео из раскрывающегося списка на лицевой панели. Отрегулируйте верхний порог с помощью регулятора HThresh, чтобы изменить чувствительность обнаружения краев. Попробуйте режим обработки hue — изображение будет отображаться в градациях серого, все цвета будут отображаться различными оттенками серого. Можно ли угадать, какой цвет отвечает разным оттенкам серого? Также попробуйте режим обработки luma, чтобы получить черно-белый аналог исходного изображения. Нажмите кнопку adjust saturation (регулировка насыщенности), чтобы активировать регулировку насыщенности изображения веб-камеры, а затем передвиньте горизонтальный ползунок. На каком уровне цветовой баланс наиболее приятен?
3. Main - camera info.vi — этот демонстрационный ВП отображает информацию обо всех камерах, подключенных к NI myRIO, а также доступные характеристики и видеорежимы для выбранной веб-камеры. Выберите любую веб-камеру из раскрывающегося списка и запустите ВП, чтобы обновить отображаемые данные (ВП следует перезапускать при каждом выборе другой камеры). Щелкните стрелку вверх или вниз около

поля с номером камеры, чтобы просмотреть данные о каждой камере. Определите один из видеорежимов (разрешение и частота смены кадров), отличный от верхнего в списке, запишите его номер, а затем введите это число в файле «Main - video stream.vi» (чтобы изменить видеорежим, следует перезапустить ВП). Убедитесь, что разрешение соответствует отображаемому на информационном дисплее камеры под картинкой с камеры в левой части окна.

#### Советы по поиску и устранению неисправностей.

Результаты не соответствуют ожиданиям? Проверьте следующее.

- Индикатор питания на NI myRIO горит.
- Кнопка Run (Запуск) на панели инструментов окрашена в черный цвет, что соответствует рабочему режиму ВП.
- Веб-камера подключена к разъему USB.

## 36.2 Теоретические сведения о подключении

**Файловая система NI myRIO.** ВП LabVIEW Vision and Motion предоставляют всеобъемлющий набор инструментов для сбора и обработки изображений, а также извлечения полезных данных из изображений. Подключите одну веб-камеру к USB-разъему на NI myRIO или несколько веб-камер через USB-концентратор, а затем используйте ВП Vision and Motion, чтобы быстро создать приложение.

См. видеоролик *Принцип подключения веб-камеры (режим одиночного снимка)* (youtu.be/lizzs9rBmYA, 7:50), чтобы ознакомиться с основами сбора и обработки изображений, а затем см. *Принцип подключения веб-камеры (режим видеопотока)* (youtu.be/L7tMeKshd38, 10:59), чтобы освоить обработку видеопотоков в режиме реального времени. См. видеоролик *Принцип подключения веб-камеры (установка режима видео)* (youtu.be/lxsioDcCuW, 5:13), чтобы научиться изменять видеорежим (разрешение и частота смены кадров), а затем см. *Принцип подключения веб-камеры (установка характеристик)* (youtu.be/wcM6xfXOT6I, 4:49), чтобы изучить способы изменения характеристик камеры, таких как насыщенность, яркость и экспозиция.

### 36.3 Базовые модификации

См. три видеоролика: *Пошаговая инструкция к проекту Webcam Demo (режим одиночного снимка)* (youtu.be/Fup-ro7qWxk, 4:53), *Пошаговая инструкция к проекту Webcam Demo (режим видеопотока)* (youtu.be/lbTN6pBu\_EM, 8:19) и *Пошаговая инструкция к проекту Webcam Demo (сведения о камере)* (youtu.be/Pta6\_REo41c, 3:17), чтобы ознакомиться с принципами конструирования проекта Webcam demo (веб-камера, демонстрация), а затем внесите следующие модификации в принципиальную схему из файла Main - video stream.vi.

1. Добавьте больше функций обработки, для чего увеличьте число элементов списка на лицевой панели и добавьте новые схемы в структуру выбора. ВП Vision and Motion имеют множество различных функций обработки, которые следует испробовать.

### 36.4 Идеи для комплексного проекта

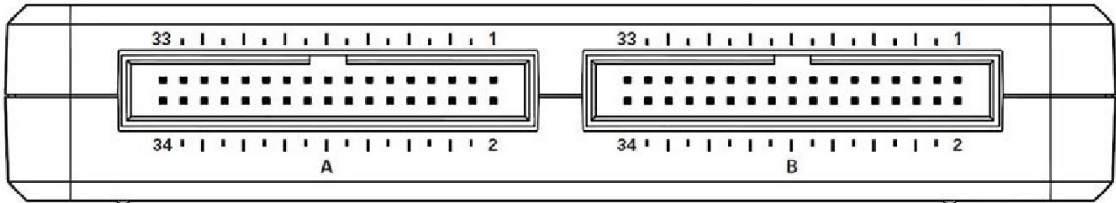
Теперь известно, как использовать веб-камеру. Придумайте способы комбинирования его с другими устройствами для создания комплексных систем, например:

- *Беспроводной датчик* (40)
- *Регистратор данных* (41)
- *Система электронного управления* (43)
- *Сканер QR-кода* (46)
- *Сканирующий датчик* (50)
- *Камера видеонаблюдения* (52)

### 36.5 Дополнительные материалы

- *Machine Vision Concepts (Принципы машинного зрения)* от National Instruments ~ Щелкните ссылку Table of Contents, чтобы узнать больше об основах электронного зрения, обработке и аналитике изображений и машинного зрения: [http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372916P-01/nivisionconcepts/machine\\_vision/](http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372916P-01/nivisionconcepts/machine_vision/)

# А Схемы разъемов MXP и MSP



PRIMARY/SECONDARY SIGNALS																																																																			
	34	33	DIO15 / I2C.SDA	+3.3 V	32	31	DIO14 / I2C.SCL	DIO10 / PWM2	30	29	GND	DIO9 / PWM1	28	27	GND	DIO8 / PWM0	26	25	DIO13	DIO7 / SPI.MOSI	24	23	GND	DIO6 / SPI.MISO	22	21	DIO12 / ENC.B	DIO5 / SPI.CLK	20	19	GND	DIO4	18	17	DIO11 / ENC.A	DIO3	16	15	GND	DIO2	14	13	UART.TX	DIO1	12	11	GND	DIO0	10	9	UART.RX	AI3	8	7	GND	AI2	6	5	GND	AI1	4	3	AO1	AI0	2	1	AO0

Рис. А.1. Схема разъема MXP (порт расширения myRIO eXpansion).

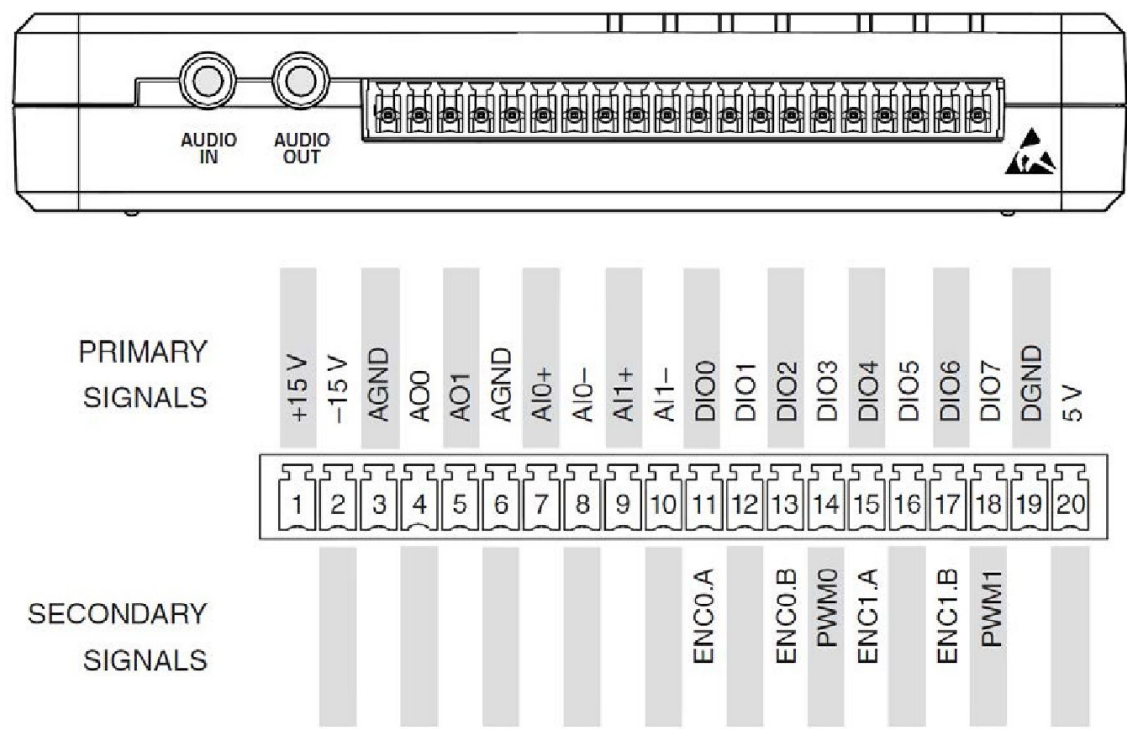


Рис. А.2. Схема разъемов MSP (порт расширения miniSystem).