

Магнитометры и компасы фирмы Honeywell

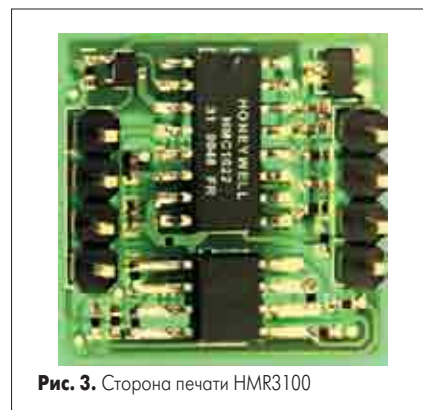
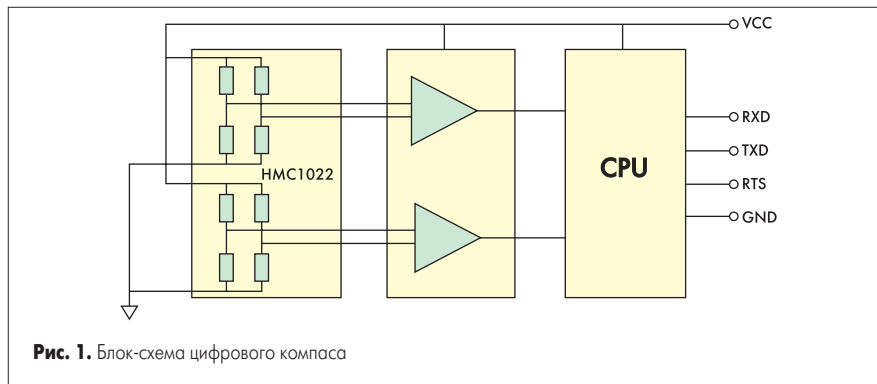
Фирма Honeywell является одной из немногих компаний, которая производит достаточно широкую линейку магниточувствительных датчиков, начиная от простейших пороговых датчиков на эффекте Холла и заканчивая сложными микропроцессорными устройствами с программным управлением. Среди таких устройств — магнитометры и компасы с выходом в цифровом коде.

Александр Зыбайло

alex@platan.ru

В общем случае и компас, и магнитометр представляют собой схему, собранную на одной плате и состоящую из чувствительного элемента на основе магниторезистора с мостовой схемой, усилителя сигнала и микропроцессора, который осуществляет связь по какому-либо интерфейсному протоколу (RS232, USART или RS485), оцифровку и пересчет сигнала с датчика. Общая блок-схема такого устройства приведена на рис. 1.

В реальной схеме присутствуют также дополнительные элементы, такие, как стабилизаторы питания, элементы калибровки, источники опорного напряжения и элементы электромагнитной совместимости.



Младшим представителем семейства цифровых компасов Honeywell (www.magneticsensors.com) можно считать решение под названием HMR3100.

HMR3100 (рис. 2–3) представляет собой двухстороннюю плату размером 19×19×4,5 мм с элементами и клеммами подключения.

Устройство собрано на основе магниторезистора HMC1022 и имеет следующие технические характеристики:

- Точность: 5°.
- Разрешение: 0,5°.
- Повторяемость: 3°.
- Чувствительность: 6 мГс.
- Измерение по двум осям.
- Встроенный калибровочный элемент.
- Скорость обмена данными: 2400, 4800, 9600, 19200 кбит/с.
- Интерфейс USART, кодирование ASCII.
- Устройство работоспособно в диапазоне температур от 0 до 70 °С и напряжении питания 2,6–5 В пост. тока.
- Потребляемый ток: 0,5 мА (рабочий режим), 1 мкА (режим ожидания), 17,3 мА (режим калибровки).
- Вес: не более 1,5 г.

Основные области применения:

- навигационные системы;
- автомобильные компасы;
- позиционирование телескопов и антенн;
- портативная аппаратура.

Устройство измеряет напряженность магнитного поля Земли в двух взаимно перпендикулярных направлениях с использованием двухмостовой схемы HMC1022. В режиме измерения устройство должно находиться в горизонтальном положении. Аналоговые данные от двух мостов поступают на аналоговые усилители, а потом на АЦП микроконтроллера, который обрабатывает их с учетом напряжения питания, сдвига нуля и данных по калибровке. Устройство получает питание от литиевой батареи. Электрическая схема спроектирована с общей «землей» для питания, логики и аналоговой части.

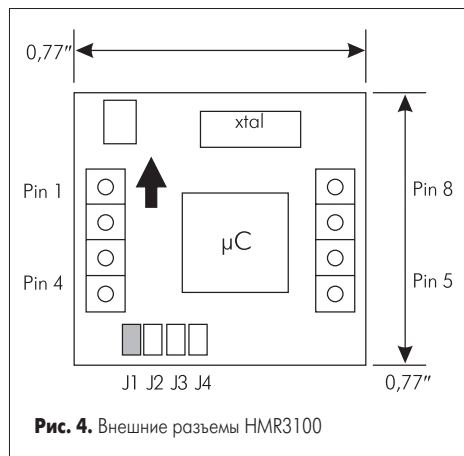


Рис. 4. Внешние разъемы HMR3100

Таблица 1. Назначение выводов внешних разъемов HMR3100

Номер	Наименование	Назначение
1	Vcc	Вход напряжения питания
2	NC	Не используется
3	RTS	Готовность к передаче (входной)
4	NC	Не используется
5	TXD	Передаваемые данные
6	RXD	Принимаемые данные (входной)
7	GND	Общая «земля»
8	NC	Не используется

Расположение и распиновка внешних разъемов устройства приведена на рис. 4. Стрелка указывает направление на «север». Назначение выводов приведено в таблице 1.

Скорость обмена USART может устанавливаться джамперами J1 и J3. Заводская установка — J1 замкнут, скорость 9600. Установка перемычек на J1 и J3 переводит скорость обмена на 19200. Скорость 2400 — без перемычек. Скорость 4800 — перемычка на J3. J2 — служебный. J4 служит для инвертирования сигнала по оси Y при установке устройства «стрелкой назад» в рабочем положении. Передача и прием осуществляется по стандартной процедуре USART для 3-проводного соединения. Активное состояние сигнала — низкий логический уровень. В зависимости от управляющих сигналов устройство может находиться в одном из 3 режимов:

1. Нормальное состояние (измерение).
2. Состояние передачи.
3. Состояние калибровки.

Нормальное состояние

RX-в состоянии 1 (высокий уровень). При появлении на выводе RTS нулевого импульса от внешнего устройства HMR3100 начинает передавать по линии TXD байты состояния и данных. При этом внешнее устройство должно удерживать линию RXD в высоком состоянии. Линия RTS должна удерживаться внешним устройством в высоком состоянии. HMR3100 посылает пакет состояния или данных три раза, и, если в течение этих посылок линия RTS ни разу не перешла в низкое состояние, то HMR3100 возвращается в состояние ожидания и низкого энергопотребления. Временная диаграмма этого режима показана на рис. 5.

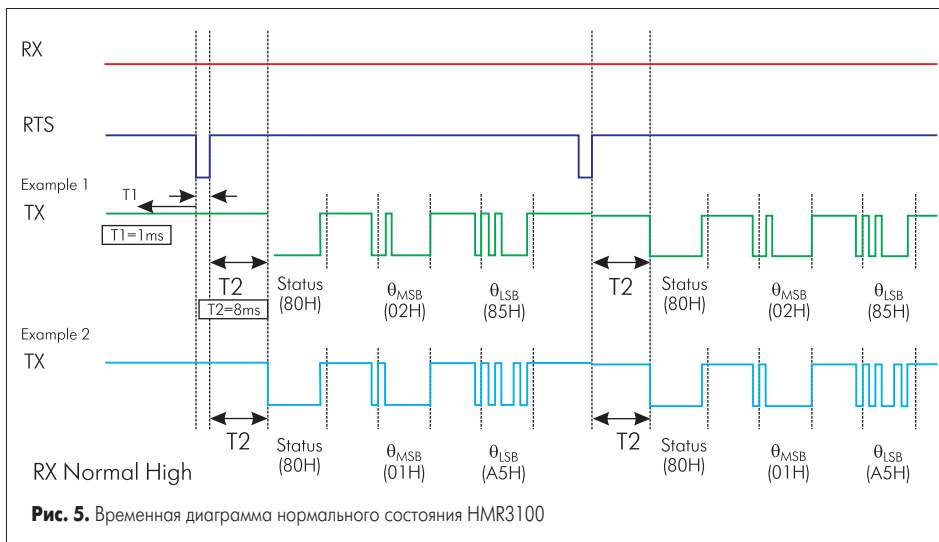


Рис. 5. Временная диаграмма нормального состояния HMR3100

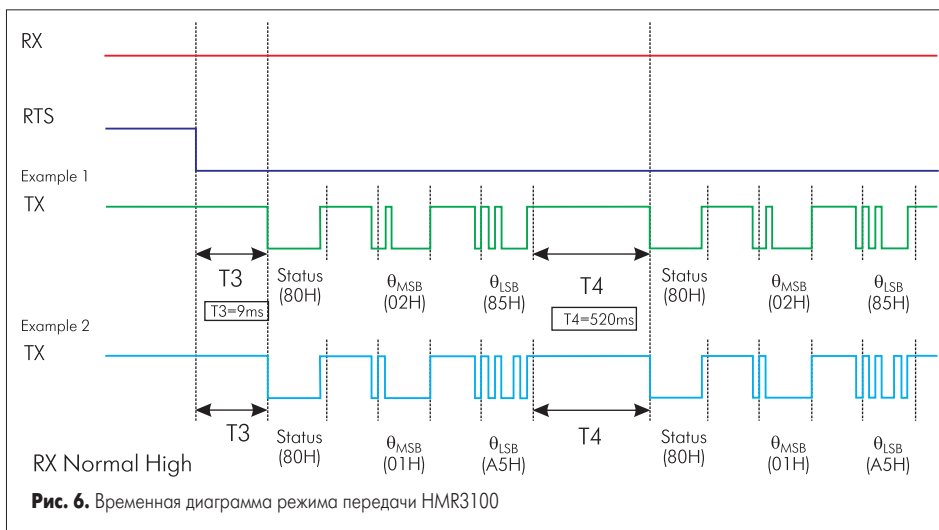


Рис. 6. Временная диаграмма режима передачи HMR3100

Состояние передачи

Когда внешнее устройство удерживает линию RTS в низком состоянии, HMR3100 непрерывно посылает пакеты данных на вывод TXD. Внешнее устройство должно удерживать линию RXD в высоком состоянии в течение всего режима. Частота передачи пакетов порядка 2 Гц. HMR3100 возвращается в состояние ожидания и низкого энергопотребления при переходе сигнала RTS в высокое состояние. Временная диаграмма этого режима показана на рис. 6.

Режим калибровки

Для перевода HMR3100 в режим калибровки необходимо установить на линии RX низ-

кий уровень и подать импульс низкого уровня на линию RTS. Калибровка производится по образцу магнитного материала, который закреплен на плате HMR3100. После перевода устройства в режим калибровки необходимо произвести два оборота устройства, расположив его на плоской немагнитной поверхности. Каждый оборот необходимо производить не менее чем за 5 с. Во время вращения устройство производит измерение и калибровку. После завершения этой процедуры необходимо вернуть линию RXD в высокое состояние, при этом HMR3100 перейдет в состояние ожидания. Начало процедуры калибровки подтверждается передачей от HMR3100 кода 53h 54h 41h, завершение — 52h 44h 59h. Временная диаграмма режима калибровки HMR3100 представлена на рис. 7.

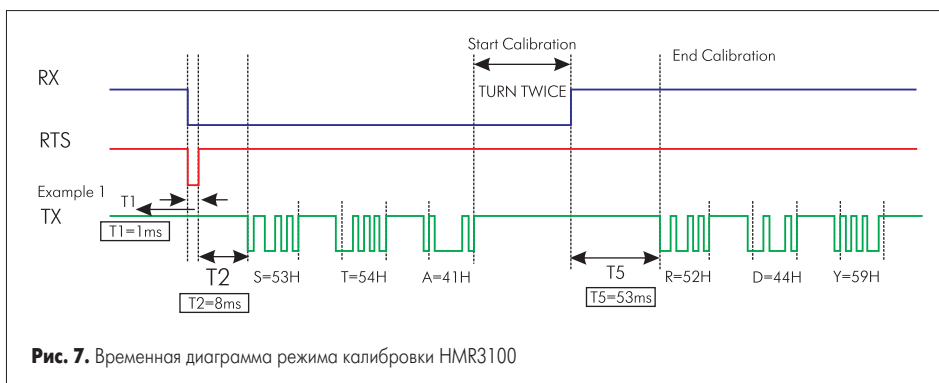


Рис. 7. Временная диаграмма режима калибровки HMR3100

Формат передаваемых данных

Устройство передает измеряемые параметры в двоичном коде по линии RTS. Активное состояние — низкий уровень. Начало передачи слова состояния или данных предваряется передачей кода 80h или 81h. Код 81h указывает на то, что возможно уменьшение точности измерения вследствие ослабления сигнала или наличия дополнительной ошибки иного рода. В этом случае, если необходима максимальная точность измерения, следует провести калибровку. Если точные измерения не нужны, то эта ситуация может быть проигнорирована. Передача данных о текущем курсе (угле между направлением на север и направлением, указанным на плате стрелкой) ведется в двоичном коде старшим и младшим байтами. Например, 80h 02h 85h соответствует курсу 322,5°. При этом 80h — это стартовый байт, 02h переводится в десятичный формат и умножается на 256. Младший байт 85h переводится в десятичный формат (соответственно это будет 133 десятичное) и прибавляется к 512 десятичное. В результате получается сумма 133+512=645. Результат делится на 2, что дает 322,5 градуса. Данная форма представления данных позволяет достичь точности в 0,5 градуса за счет наличия перевода из двоичного в десятичный формат и деления на 2.

Для удобства освоения выпускается демонстрационная плата для HMR3100, которая включает в себя печатную плату для установки компаса с двумя разъемами под батарею 9 В и RS232 (9 pin), совместимого с Windows программного обеспечения и руководства пользователя. На рис. 8 показан внешний вид демонстрационной платы.

Компания Honeywell выпускает также цифровые компасы с большей точностью. Это приборы HMR3200 и HMR3300.

Компасы этих типов собраны с использованием магниторезистора HMC1022 и HMC1021 и имеют следующие технические характеристики:

- Точность: 1°.
- Разрешение: 0,1°.
- Повторяемость: 0,5°.
- Чувствительность: 6 мГс.



Рис. 8. Внешний вид демонстрационной платы HMR3100

- Измерение по двум осям (HMR3200) и трем осям (HMR3300).
 - Встроенный калибровочный элемент.
 - Частота обмена данными: 15 Гц.
 - Интерфейс USART/SPI, кодирование ASCII.
 - USART 2400, 4800, 9600, 19200 кбит/с.
 - SPI SKE=0, СКР=0 псевдомастер.
 - Устройство работоспособно в диапазоне температур от -40 до 85 °С при напряжении питания 6–15 В пост. тока или 5 В стабилизированного.
 - Потребляемый ток: 20/24 мА.
 - Вес: не более 7,5 г.
- Основные области применения:
- навигационные системы;
 - позиционирование телескопов и антенн;
 - портативная аппаратура;
 - позиционирование платформ;
 - GPS-устройства;
 - лазерные системы наведения.

HMR3200 представляет собой цифровой компас, измеряющий напряженность магнитного поля по двум осям, и может быть ориентирован при измерении либо горизонтально, либо вертикально.

В состав HMR3300 для увеличения точности дополнительно включен акселерометр, измеряющий ускорение по двум осям. На рис. 9 представлена блок-схема цифрового компаса HMR3200 и HMR3300. Назначение выводов приведено в таблице 2. Расположение элементов на плате и нумерация внешних выводов показана на рис. 10.

По интерфейсу UART можно подать на модуль целый ряд команд:

Таблица 2. Назначение выводов HMR3200 и HMR3300

№	Наименование	Назначение
1	SCK	Выходной тактовый сигнал интерфейса SPI
2	RX/SDI	UART-принимаемые данные/SPI-входные данные
3	TX/SDO	UART-передаваемые данные/SPI-выходные данные
4	CS	Выбор кристалла (для режима SPI, активируется задним фронтом)
5	CAL	Включение-выключение калибровки (активируется задним фронтом)
6	+5VDC	Вход 5 В постоянного стабилизированного тока
7	GND	Общая «земля»
8	+V	Вход нерегулированного постоянного напряжения от +6 до +15 В

- Выбор режима выдачи результатов (*H<cr><lf>)
- Перевод магнитометра в режим выдачи курса, тангажа и рысканья (*M<cr><lf>)
- Старт и стоп передачи данных (*S<cr><lf>)
- Запрос (*Q<cr><lf>)
- Обнуление величины поворота (*O<cr><lf>)
- Обнуление величины тангажа (*P<cr><lf>)
- Запрос средней величины (*A<cr><lf>)
- Сброс (*R<cr><lf>)
- Калибровка (*C<cr><lf>)

При калибровке платформа с компасом вращается с постоянной скоростью вокруг оси на 360°. Скорость вращения должна быть небольшой. Процесс необходимо продолжать в течение 1 мин. В случае с HMR3200 вращение необходимо проводить в плоскости платы. В случае с HMR3300 вращение можно проводить и при отклонении от плоскости платы. Процесс калибровки начинается подачей на модуль команды перехода в командный режим (*X<cr><lf>) и команды собственно калибровки (*C<cr><lf>) по интерфейсу UART. После завершения необходимых процедур для выхода из режима калибровки необходимо подать ту же команду (*C<cr><lf>).

Ответ модуля на переданные команды представляет собой последовательность: #Dxxx<cr><lf> — данные; #I<cr><lf> — признак неидентифицируемости предыдущей команды.

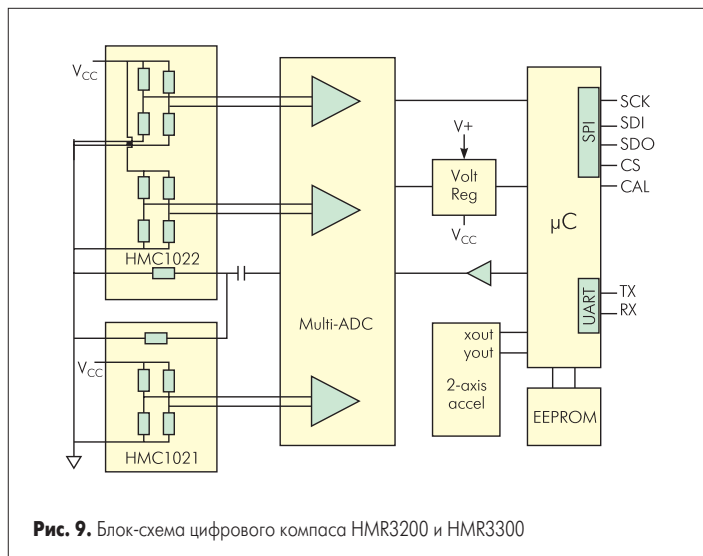


Рис. 9. Блок-схема цифрового компаса HMR3200 и HMR3300



Рис. 10. Расположение элементов и нумерация выводов на плате HMR3200 и HMR3300

Интерфейс SPI

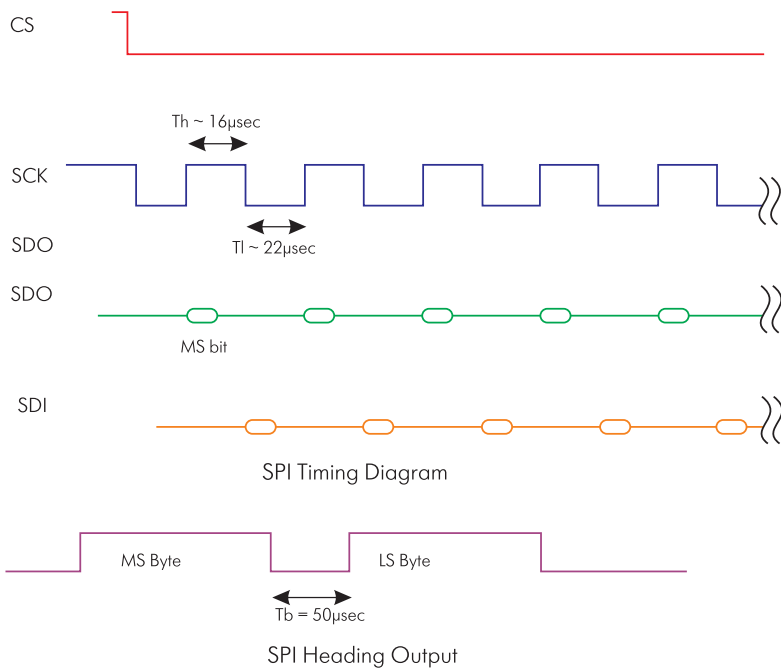


Рис. 11. Временные характеристики интерфейса SPI

Модули HMR3200 и HMR3300 контролируют выдачу синхронного тактового сигнала (SCK) и выдачу синхронного сигнала выходных данных (SDO). Внешний процессор контролирует сигналы — выбор кристалла (CS) и сигнала входных данных (SDI). Для активации интерфейса SPI внешнее устройство должно на 20 мкс подать сигнал низкого уровня на линию CS. Модуль посылает в ответ символ 's' в ASCII. После этого внешнее устройство должно выдать разрешенную команду. Модуль декодирует команду и выдает соответствующие данные и завершает SPI-передачу. Если команда не декодирована или неизвестна, то модуль посылает в ответ символ 'e' в ASCII. Модуль посылает данные двумя байтами. Старший байт передается первым. Каждый из байтов отражает величину, умноженную на 10.

Временные характеристики интерфейса SPI приведены на рис. 11.

Модули HMR3200 и HMR3300 поставляются как отдельно, так и в составе отладочного модуля с соответствующим программным обеспечением.