

## ЛОГГЕР УСКОРЕНИЙ

Тимофеев В.Ю.

Научный руководитель: Селезнев А.И.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

В настоящее время активно используются услуги по доставке товаров от продавца к покупателю. Ряд проблем затрудняет этот процесс, в частности, при доставке на большие расстояния, товар проходит через множество посредников, что увеличивает риск повредить вещь. В случае если товар все-таки был поврежден, для компании доставки будет важна информация о времени удара, чтобы выяснить на каком этапе произошли повреждения и предотвратить возникновение подобных ситуаций в будущем. Для регистрации времени и силы удара предлагается использовать логгер ускорений. Кроме того, данный прибор может быть полезен в системах мониторинга состояния механизмов, подверженных вибрациям, например, ветряных электростанций и других быстро вращающихся частей механизмов. Российские аналоги данного прибора представлены не многими компаниями. Например, разработки компании «ЛНК» города Пермь представляют собой модули сложных составных систем контроля многих параметров (давления, вибрации, температуры), имеют высокую цену, сложны в использовании, вследствие чего не ориентированы на типичного пользователя. [1]

Разрабатываемый прибор должен измерять вектор ускорения и иметь возможность сохранять время, когда текущее значение превысит пороговое. Поэтому в его состав должен входить сенсор, для отслеживания изменений вектора, и контроллер, для обработки и вывода полученной информации.

В данном приборе в качестве основного датчика будем использовать акселерометр. За последние несколько лет широкое распространение по всему миру получили датчики, основанные на микро электромеханических системах, так называемых МЭМС. Популярность данных устройств обусловлена рядом причин, основными из которых являются простота их использования, относительно низкая цена и малые габариты. МЭМС-датчики, как правило, оснащаются интегрированной электроникой обработки сигнала и не имеют движущихся частей, в отличие от их громоздких высоко стоимостных механических аналогов и сверхточных хрупких оптических. Этим обуславливается их высокая надежность и способность обеспечивать стабильные показания в достаточно жестких условиях окружающей среды (перепады температур, удары, влажность, вибрация, электромагнитные и высокочастотные помехи). Совокупность данных преимуществ

показывает, что МЭМС-сенсоры лучше всего подходят для данной задачи.

В данном приборе рационально использовать акселерометр с цифровым интерфейсом: к ним не предъявляются высокие требования по помехозащищенности, нет необходимости использовать АЦП и источник опорного напряжения для него. С другой стороны, применение высокоточного многозарядного АЦП и аналогового датчика в некоторых случаях позволяет достичь высокой чувствительности прибора. Но организация таких систем требует применения прецизионных компонентов, что, как следствие, удорожает прибор. Для описываемого прибора достаточно использовать датчик, обеспечивающий среднюю точность измерений, поэтому используем цифровой МЭМС.

Для связи датчика с контроллером используем четырех проводной, сравнительно не сложный интерфейс сопряжения SPI (*Serial Peripheral Interface*). Он обеспечивает надежную передачу данных и широко поддерживается многими устройствами.

Возьмем акселерометр фирмы STM - LIS3LV02DL [2]. Данный сенсор имеет цифровой интерфейс передачи данных SPI. Датчик выводит любые изменения проекций вектора  $G$  (вектор результирующего ускорения) на оси  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  (см. рис.1). Совокупность этих данных позволяет делать выводы о характере перемещений датчика. Таким образом, будет известна вся информация о положении в пространстве и приложенной к сенсору силы.

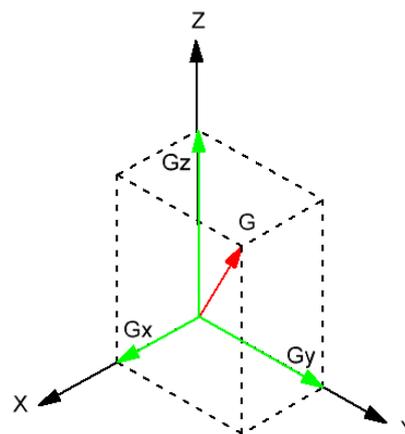


Рис 1. Принцип определения значения вектора

Датчик измеряет значения проекций вектора  $G$   $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ . Само же значение  $G$  равно векторной сумме его проекций

Для задачи конструирования логгера ускорений необходим микроконтроллер средней

производительности, доступной цены, с поддержкой SPI и возможностью создания часов реального времени. Контроллеры фирмы ATMEL, а в частности ATmega8 [3] подходят для данных целей, просты в программировании и широко распространены. Выбранный контроллер имеет все необходимые функции для работы с цифровыми датчиками. Присутствует UART модуль, который позволяет сопрягать микроконтроллер с компьютером. Так же есть внешний вход для тактирования таймера.

Несмотря на то, что данный прибор подразумевается как портативное устройство, работающее от автономного источника питания, внешних устройств вывода, таких как дисплей или индикаторы он не имеет. Поэтому необходим компьютер для вывода информации. Для связи контроллер-ПК используется широко распространенный USB интерфейс. Но его разработка требует больших трудозатрат разработчика, как со стороны написания программы для контроллера, так и для написания ПО для компьютера. По этой причине лучшим решением будет использовать встроенный в ATmega8 UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*). В таком случае для связи с компьютером необходимо наличие на нем COM порта. В современных моделях этот интерфейс почти не устанавливается за ненадобностью (по причине вытеснения его USB), а в современном ноутбуке и вовсе отсутствует. Микросхема FT232 решает данную проблему, являясь преобразователем уровней, ее использование позволяет осуществлять связь USB-UART. Так же преимуществом данного способа является отсутствие необходимости создания софта для работы с ПК, так как все необходимое ПО находится в свободном доступе (разновидности программы Terminal).

Принцип работы прибора состоит в следующем. Во время включения питания микроконтроллер настраивает режим работы SPI и UART модулей, инициализирует работу таймера. Далее необходимо установить реальное время. Для этого используется связь контроллера с компьютером. Используя программу Terminal в режиме диалога, сообщаем о часах, минутах и секундах. Далее прибор работает в нормальном режиме. Постоянно следит за значением вектора G и сравнивает его с пороговым. Использование постоянной записи текущего значения вектора ускорения требует больших объемов памяти, например, подключение дополнительной SD карты. Данный фактор удорожает и усложняет конструкцию и целесообразность использования ATmega8. Достаточно постоянно следить за амплитудой вектора и при превышении порогового значения сохранять в память только амплитуду значения и соответствующее время.

Соответствующие данные целесообразно хранить во FLASH памяти контроллера.

Вывод данных происходит при подключении прибора к компьютеру. По нажатию кнопки контроллер выдает все значения из памяти в следующем формате:

G=1.5 time 13:54:32

G=1.2 time 13:54:40

При отключении питания все предыдущие измерения, включая информацию о текущем времени стираются. При повторном включении необходимо вновь установить текущее время. ATmega8 не имеет специального режима низкого энергопотребления для часов реального времени. Поэтому чтобы реализовать такую систему необходимо будет использовать отдельную микросхему часов, что опять усложняет прибор и программный код в целом. В данных условиях при использовании таких комплектующих это не целесообразно.

Применение компонентов в малогабаритных LGA и TQFP корпусах, а также использование печатных плат с высокой плотностью соединений позволяет создать прибор небольших габаритов.

Так же использование дополнительных преобразователей питающего напряжения позволит уменьшить размеры аккумуляторов и продлить длительность автономной работы прибора.

Некоторые грузы имеют особые требования по температуре и влажности, поэтому одним из направлений развития является установка дополнительных сенсоров, которые позволят регистрировать изменения микроклимата окружающей среды.

Применение логгера ускорений позволит повысить качество работы служб доставки, сократить время разбирательств, связанных с порчей имущества, и принять меры по предотвращению подобных ситуаций в будущем.

В случае необходимости в постоянном мониторинге состояния движущихся частей механизмов данный прибор может быть оснащен функцией выработки сигнала аварийного отключения при превышении установленного порога вибраций.

#### Литература

1. Логгер ускорений HOBO Pendant G. URL: <http://loggers.ru/products/i/logger-uskorenijj-hobo-pendant-g/> (дата обращения: 21.02.2014)
2. ATmega8(L) Complete. URL: [http://www.atmel.com/ru/ru/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8\\_L\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/ru/ru/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8_L_datasheet.pdf) (дата обращения: 21.02.2014)
3. LIS3LV02DL Linear Accelerometer 3-Axis  $\pm 2g/ \pm 6g$  with SPI/I2C digital interface. URL: <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00091417.pdf> (дата обращения: 21.02.2014)