



Рис. 3. Локализация опасного объема кости с поражением (А) и кости в норме (В) в соответствии с критерием по максимальным сдвиговым деформациям

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конечно-элементный анализ поврежденности бедренной кости показал, что наиболее опасным для возникновения патологического перелома является возникновение новообразования в задней части большого вертела.

Библиографические ссылки

1. *Edwards W. B., Pharr G. M.* Finite element prediction of surface strain and fracture strength at the distal radius // *Medical Engineering and Physics*. 2012. Vol. 34. P. 290–298.
2. *Derikx L. C., Van Aken J. B., Janssen D., Snyers A., Van der Linden Y. M., Verdonchot N., Tanck E.* The assessment of the risk of fracture in femora with metastatic lesions // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 2012. Vol. 94-B. P. 1135–1142.
3. *Marco M., Giner E., Larraínzar-Garijo R., Caeiro J.R., Miguélez M.H.* Modelling of femur fracture using finite element procedures // *Engineering Fracture Mechanics*. 2018. Vol. 196. P. 157–167.

РАЗРАБОТКА ЭХО-МОДУЛЯ ДЛЯ НАЗЕМНОГО ДВИЖУЩЕГОСЯ РОБОТА НА БАЗЕ СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ SMARTFUSION2

А. М. Позняк

*Белорусский государственный университет, г. Минск;
krucios@mail.ru; науч. рук. – В. Я. Степанец, канд. техн. наук, доц.*

В данной работе представлен способ создания модуля аппаратного ускорения для устройств, использующих ультразвуковой модуль для измерения расстояния до препятствий и сервопривод, для управления позицией ультразвукового модуля. Описываются его преимущества и недостатки.

Ключевые слова: аппаратное ускорение; наземное движущееся устройство; система на кристалле; ультразвуковой модуль; сервопривод.

Беспилотное наземное движущееся устройство (англ. *UGV – unmanned ground vehicle*) – это движущееся устройство, передвигающееся по земле без непосредственного участия человека. Беспилотные наземные движущиеся устройства применяются в местах, где человеку трудно, опасно или невозможно присутствовать. В общем случае такие устройства имеют множество датчиков для получения данных об окружающей их среде и могут управляться как человеком посредством удалённого управления, так и самостоятельно принимать решения о дальнейших действиях.

В проектах беспилотных наземных движущихся устройств разработчики сталкиваются с задачей определения расстояния до ближайшего препятствия в различных направлениях [1]. В малогабаритных проектах используют ультразвуковой модуль (УЗ-модуль) и сервопривод, а для управления ими используют микроконтроллер [2]. Однако используя модули аппаратного ускорения, есть возможность снизить нагрузку на микроконтроллер путем вынесения логики управления периферийными устройствами. В данной работе для реализации модуля аппаратного ускорения используется программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС). Блок-схема такой системы представлена на Рис. 1.

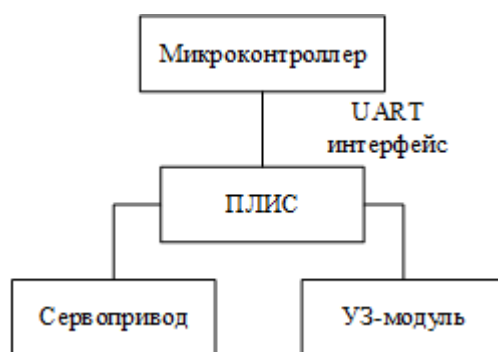


Рис. 1. Общая архитектура системы с Эхо-модулем

Обозначим совокупность всех модулей, представленных на Рис. 2, новым термином – Эхо-модуль. Эхо-модуль реализуется с использованием следующих компонентов:

1. Сервопривода TowerPro SG90 [4].
2. Ультразвукового модуля HC-SR04 [3].
3. Система на кристалле (СнК) SmartFusion2 [5].

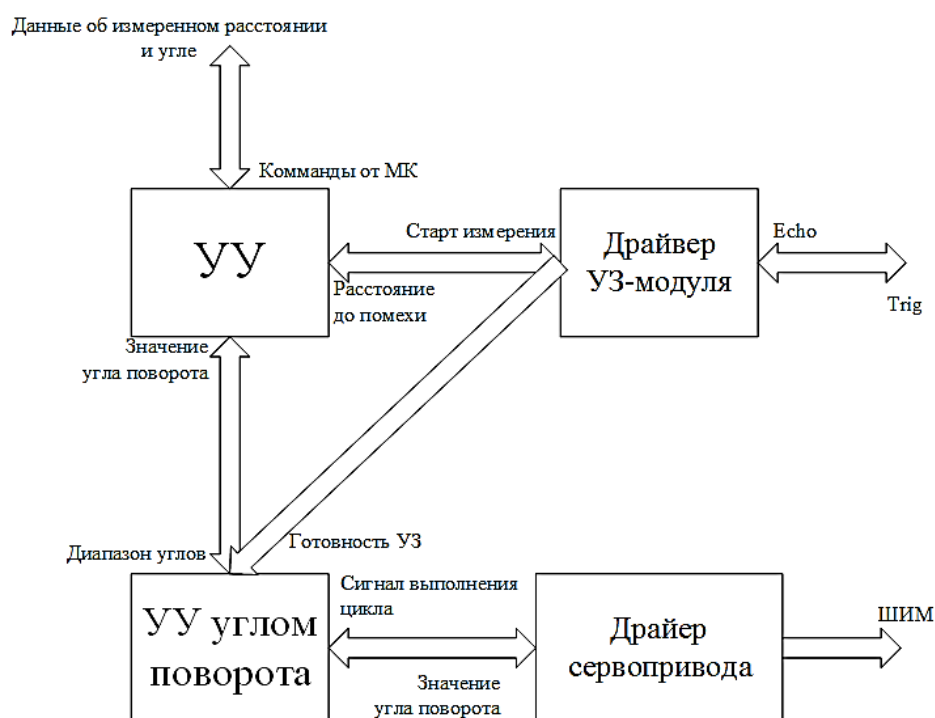


Рис. 2. Структурная схема Эхо-модуля

Отличительной особенностью SmartFusion2 является наличие микроконтроллера ARM Cortex M3 и ПЛИС на одном кристалле. Эта особенность позволяет реализовать Эхо-модуль и предоставить удобный интерфейс для работы с ним для микроконтроллера, расположенного на СнК.

Составными частями модуля являются:

1. Драйвер сервопривода.
2. Драйвер УЗ-модуля.
3. Блок управления.

Драйвер сервопривода – это часть Эхо-модуля, которая принимает на входе 8-ми битное значение угла, а на выходе выдает ШИМ сигнал, соответствующий заданному значению угла. Из спецификации устройства SG90 следует, что период управляющего ШИМ сигнала должен быть 20 мс, а ширина импульса от 1 мс до 2 мс [4]. Для реализации алгоритма были использованы конечный автомат Мили с 4-мя состояниями, 32-х битный счётчик, 32-х битный регистр и триггер.

Драйвер ультразвукового модуля – это часть Эхо-модуля, которая принимает на входе запрос на измерение (управляющий сигнал в состоянии логической единицы). Выходы драйвера включают в себя сигнал готовности данных и 8-ми битное значение расстояния. Также драй-

вер имеет порты TRIG и ECHO, соответствующие пинам устройства HC-SR04. Для измерения расстояния пин TRIG удерживается в состоянии логической единицы в течении 10 мкс, затем по переднему фронту сигнала ECHO запускается таймер [3]. Останавливается таймер по заднему фронту сигнала ECHO. Для реализации алгоритма были использованы конечный автомат Мили с 5-ю состояниями, два 32-х битный счётчика и 32-х битный регистр.

В процессе измерения расстояния драйвер увеличивает внутренний 32-х битный регистр на значение, равное расстоянию в нанометрах, которое проходит звуковая волна за период тактового сигнала. Поскольку возвращаются только старшие 8 бит внутреннего регистра, то для правильной интерпретации итогового значения расстояния, его следует умножать на $16777216 (2^{24})$, чтобы получить расстояние в нанометрах.

Немаловажным компонентом Эхо-модуля является блок управления. В задачи блока входят:

1. Управление сервоприводом.
2. Управление измерением расстояния с помощью HC-SR04.
3. Хранение и передача результатов.
4. Обработка входящих данных.

Эхо-модуль имеет 2 режима работы:

Автономный. В этом режиме модуль сам раз за разом измеряет расстояние до ближайшего препятствия и отправляет собранные данные через UART. Пользователь имеет возможность установить диапазон углов, в котором будут проводиться измерения расстояния. Со стороны микроконтроллера достаточно только считывать данные, передаваемые Эхо-модулем.

Ручное управление. Этот режим подразумевает установку требуемого угла и запрос измерения пользователем. Со стороны микроконтроллера требуется управляющая команда по установке угла, запрос измерения и только после этих действий на микроконтроллер будут отправлены данные о расстоянии до ближайшего препятствия в заданном направлении.

Связь блока управления с микроконтроллером осуществляется посредством блока приема\передачи по протоколу UART. Для реализации алгоритма были использованы конечный автомат Мили с 10-ю состояниями, четыре 8-ми битных регистра и пять триггеров.

Преимущества использования Эхо-модуля:

1. Снижение нагрузки на микроконтроллер.
2. Возможность быстрой интеграции в другие системы благодаря использованию интерфейса UART.

3. Ускорение процесса разработки системы путем исключения необходимости реализовывать логику управления сервоприводом и ультразвуковым модулем.

Однако использование Эхо-модуля также накладывает ряд ограничений:

1. Необходимость наличия ПЛИС или реализации модуля на кристалле.
2. Требования к тактовой частоте модуля.
3. Ограничения, связанные с движением сервопривода.

Библиографические ссылки

1. *Bugaje A. I., Loko A. Z., Ismail A. U., Anugwom Samuel* Design and Implementation of an Unmanned Ground Vehicle for Fumigation Purpose // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). 2015. Vol. 30 (9). P. 440–443.
2. *Krutika Basinge, Sejal Nagpure, Punam Shinde, Prof. Y. K. Sharma* Unmanned Ground Vehicle Using Ultrasonic Ranging module // International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT). 2016. Vol. 7 (2). P. 908–909.
3. HC-SR04 | Ultrasonic Ranging Module [Электронный ресурс]. URL: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf> (дата обращения: 11.03.2017).
4. SG-90 TowerPro | Micro Servo [Электронный ресурс]. URL: <http://www.micropik.com/PDF/SG90Servo.pdf> (дата обращения: 11.03.2017).
5. SmartFusion2 Actel [Электронный ресурс]. URL: http://www.keil.com/dd/docs/datashts/actel/m2sxxx/smartfusion2_ds.pdf (дата обращения: 11.03.2017).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ПРИ ЭЛЛИПТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ ПОЛУПРОСТРАНСТВА МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Е. А. Соловей, М. Д. Шелюто

*Белорусский государственный университет, г. Минск;
helen_solovey@mail.ru; shelyuto_max@mail.ru;
науч. рук. – Д. Е. Мармыш, канд. физ.-мат. наук*

В работе проведено моделирование напряженного состояния и состояния повреждаемости полупространства при действии на него нормальной к поверхности нагрузки распределенной по эллиптическому закону. Повреждаемость определялась путем построения регулярной сетки в полупространстве в окрестности приложения нагрузки и определения напряженного состояния в узлах сетки. Особое внимание уделено вопросу сеточной сходимости проводимых вычислений.

Ключевые слова: деформируемое твердое тело, повреждаемость, полупространство, метод граничных элементов.