

РАЗРАБОТКА МАТРИЦЫ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ ТАКТИЛЬНОГО СЕНСОРА ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ*

З.А. СУНДУКОВ¹, К.Ч. БЖИХАТЛОВ¹, В.А. ДЕНИСЕНКО²

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»
360002, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2
E-mail: cgrkbncran@bk.ru

² Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»
360000, КБР, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а
E-mail: iipru@rambler.ru

В данной статье описывается процесс разработки тактильного сенсора для робототехнических систем, представляющего собой матрицу датчиков давления. Подобные сенсоры необходимы для реализации в робототехнических манипуляторах отслеживания прикосновений и степени давления на перемещаемые объекты. Для реализации датчика давления использовались аналоговые датчики Холла (датчики магнитного поля) и постоянные магниты, установленные в упругой матрице. Сенсор состоит из матрицы датчиков магнитного поля, расположенных достаточно близко друг к другу, что позволит определять некоторые параметры формы исследуемого объекта.

В работе приведены схема подключения датчиков тактильного сенсора, результаты исследований зависимости выходного сигнала от степени давления на сенсоре и алгоритмы работы программы по опросу и визуализации данных с матрицы датчиков. Применение подобного тактильного сенсора при использовании интеллектуальной обработки данных позволит определять форму и свойства изучаемого объекта.

Ключевые слова: датчик Холла, тактильный сенсор, аналоговые датчики

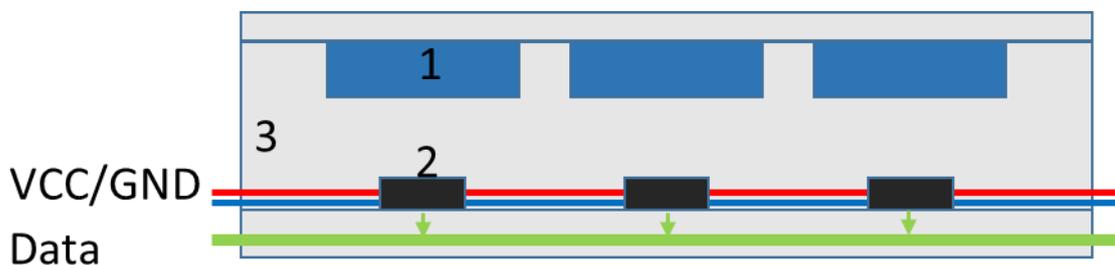
ВВЕДЕНИЕ

В связи с ростом сложности задач, выполняемых робототехническими системами, растут требования к количеству информации, получаемой интеллектуальной системой от внешнего мира. Взаимодействие с внешним миром требует контроля прикосновений к объектам. Для решения некоторых задач уже недостаточно бинарных датчиков касания или приближения (к примеру, концевой выключатель и геркон) и встает вопрос о реализации аналоговых тактильных сенсоров у робота. Задачей тактильного сенсора является регистрация прикосновения и степени давления на определенные участки робототехнического манипулятора. При этом существует множество методов регистрации прикосновения, например, емкостные датчики прикосновения, резистивные датчики давления, пьезоэлектрические преобразователи, тензометрические датчики на металлической основе и ряд других [1]. Но в зависимости от задач меняются требования к тактильному сенсору, в частности, для робототехнического манипулятора необходимо разработать гибкий датчик, работающий в широком диапазоне давлений.

* Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ 19-01-00648 А

РАЗРАБОТКА ТАКТИЛЬНОГО СЕНСОРА

В данной работе рассматривалась методика измерения давления на тактильный сенсор за счет изменения степени сжатия упругого материала. Для измерения степени сжатия использовались датчики магнитного поля (датчик Холла) и постоянный магнит, помещенные в упругий материал. Принцип работы сенсора основан на изменении магнитного поля, измеряемого датчиком Холла, за счет приближения постоянного магнита к датчику под внешним давлением. Зависимость напряжения на выходе датчика от внешнего давления определяется индукцией магнитов, характеристиками датчиков Холла и упругостью материала сенсора. Схема разработанного датчика приведена на рис. 1. Стоит отметить, что датчики Холла имеют широкий спектр применения в автоматизации [2, 3] и, соответственно, данная схема может быть модифицирована применением различных вариантов конструктивного исполнения датчика.



*Рис. 1. Схема разработанного тактильного сенсора:
1 – постоянный магнит, 2 – датчик Холла,
3 – оболочка из упругого материала*

На схеме датчика указано расположение постоянных магнитов (1) и датчиков Холла (2). К датчикам Холла необходимо подвести общую шину питания (VCC/GND) и шлейф выводов (Data). Все элементы сенсора полностью погружены в оболочку из упругого материала (3). В качестве материала предполагается использование полиуретана, поскольку у данного полимера широкий диапазон механических свойств и высокий показатель диэлектрической проницаемости.

Стоит отметить, что применение одиночных датчиков позволит лишь определить давление в указанной области, то есть зарегистрировать касание с исследуемым предметом. А применение нескольких датчиков, расположенных достаточно близко друг к другу, позволит определять некоторые параметры формы исследуемого предмета. В частности, наличие резких перепадов значений давления от соседних датчиков позволят детектировать углы предмета. При этом плотность датчиков ограничивается размерами магнита и датчика, а также возможностью АЦП, используемого для сбора данных. При этом наложение магнитного поля от соседних магнитов тоже влияет на допустимую плотность расположения датчиков. Стоит отметить, что существует ряд технических решений, позволяющих изготавливать матрицу датчиков Холла на одной подложке [4]. Схема подключения матрицы 3x3 датчиков Холла показана на рис. 2.

Для изготовления образца тактильного сенсора использовались биполярные аналоговые датчики Холла SS494В [5], позволяющие детектировать магнитную индукцию от -400 до 400 Гаусс. Размеры датчика 5x5 мм. Все датчики подключались к источнику питания с напряжением 5В с общей шиной. Отдельно проведен шлейф сигнальных проводов от каждого датчика к входам АЦП. На показанном примере необходимо наличие 9 входов АЦП.

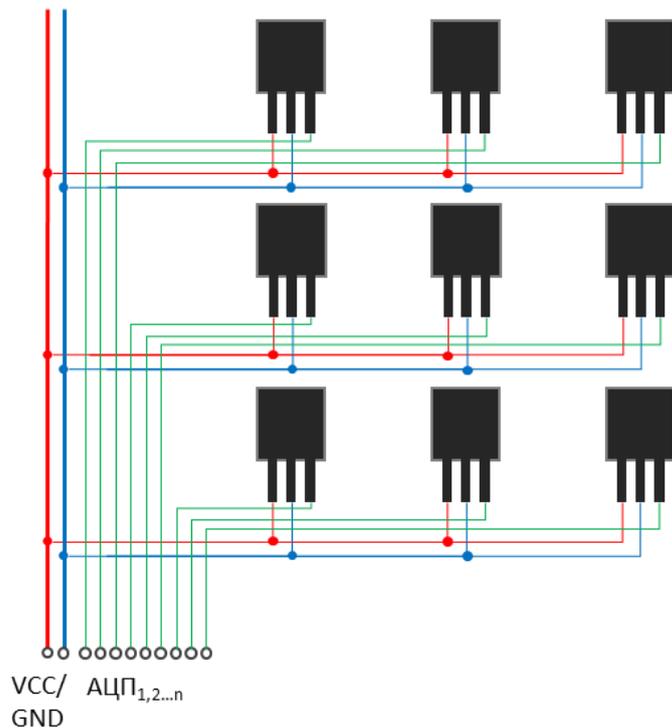


Рис. 2. Схема подключения матрицы датчиков Холла тактильного сенсора

ИСПЫТАНИЯ ТАКТИЛЬНОГО СЕНСОРА

Для макета разработанного тактильного сенсора проводились измерения зависимости сигнала на входе АЦП от степени нагрузки на сенсор. На датчик устанавливались разновесы от 0,5 до 2,5 кг и измерялось напряжение на аналоговом выводе датчика (с помощью 10-битного АЦП). Результаты приведены на рис. 3.

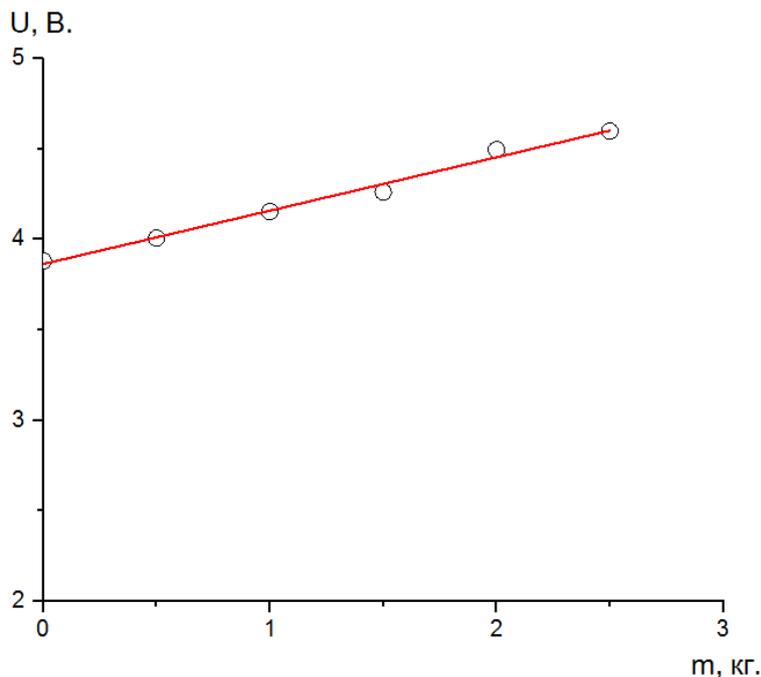


Рис. 3. Зависимость напряжения на входе АЦП от давления на тактильный сенсор

В результате получена практически линейная зависимость. Без нагрузки датчик выдает напряжение около 3,9 В, а увеличение нагрузки повышает выходной сигнал с датчика. Линейная аппроксимация позволила получить зависимость напряжения (В) от массы нагрузки:

$$U = 3,864 + 0,295 \cdot m, \quad (1)$$

где m – масса нагрузки, кг.

Среднеквадратичное отклонение экспериментальных данных от полученной зависимости составляет $R = 0,000686$.

Кроме того, для анализа данных с тактильного сенсора была разработана программа сбора данных от матрицы аналоговых датчиков. В программе реализована возможность опроса матрицы аналоговых датчиков через СОМ-порт ПК, обработка сигнала и вывод данных. Алгоритм работы программы приведен на рис. 4.

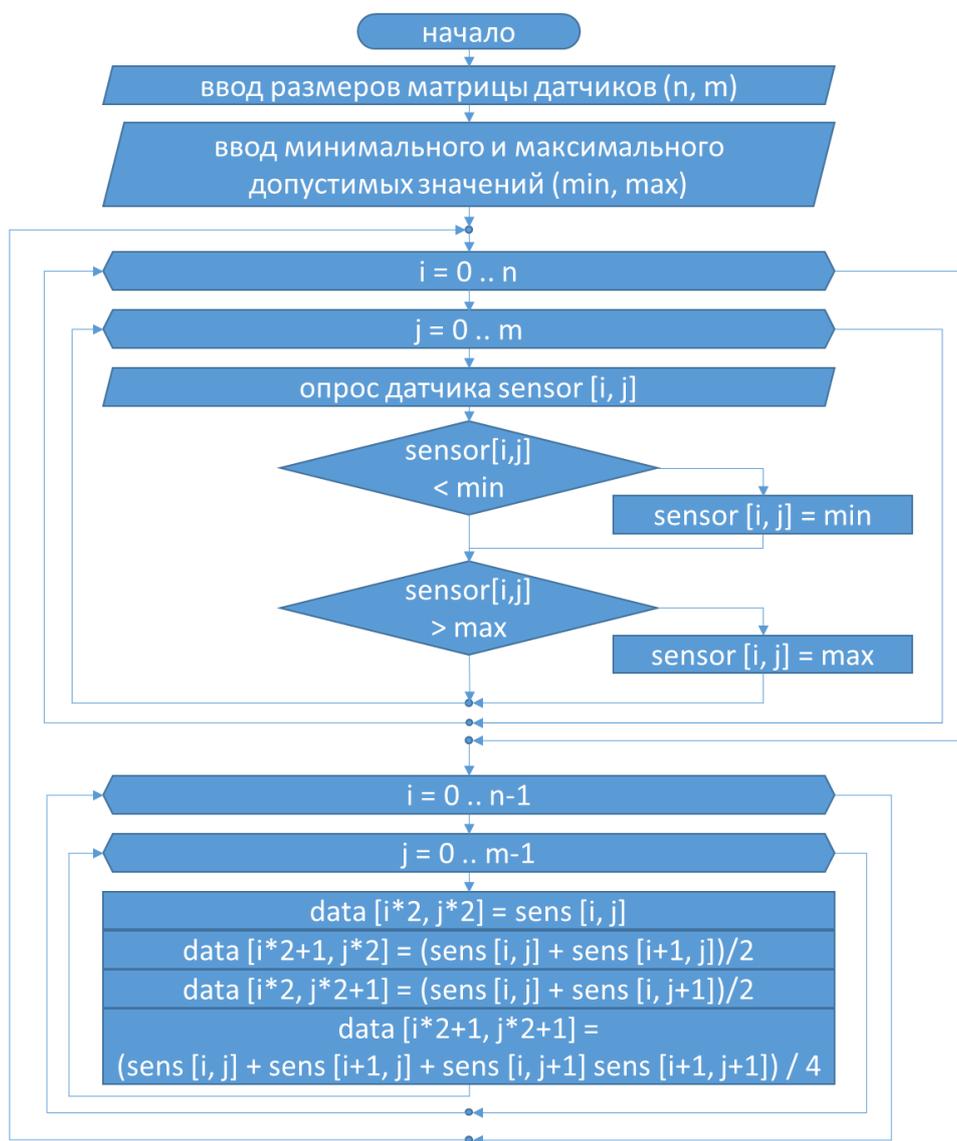


Рис. 4. Алгоритм работы программы для визуализации данных с тактильного сенсора

После ввода размеров матрицы и предельных допустимых значений программа опрашивает датчики, проводит нормировку и сглаживание данных и выводит результат на окно программы. Обработка данных проходит в цикле, опрашивающем все датчики Холла в тактильном сенсоре. Внешний вид разработанной программы показан на рис. 5.

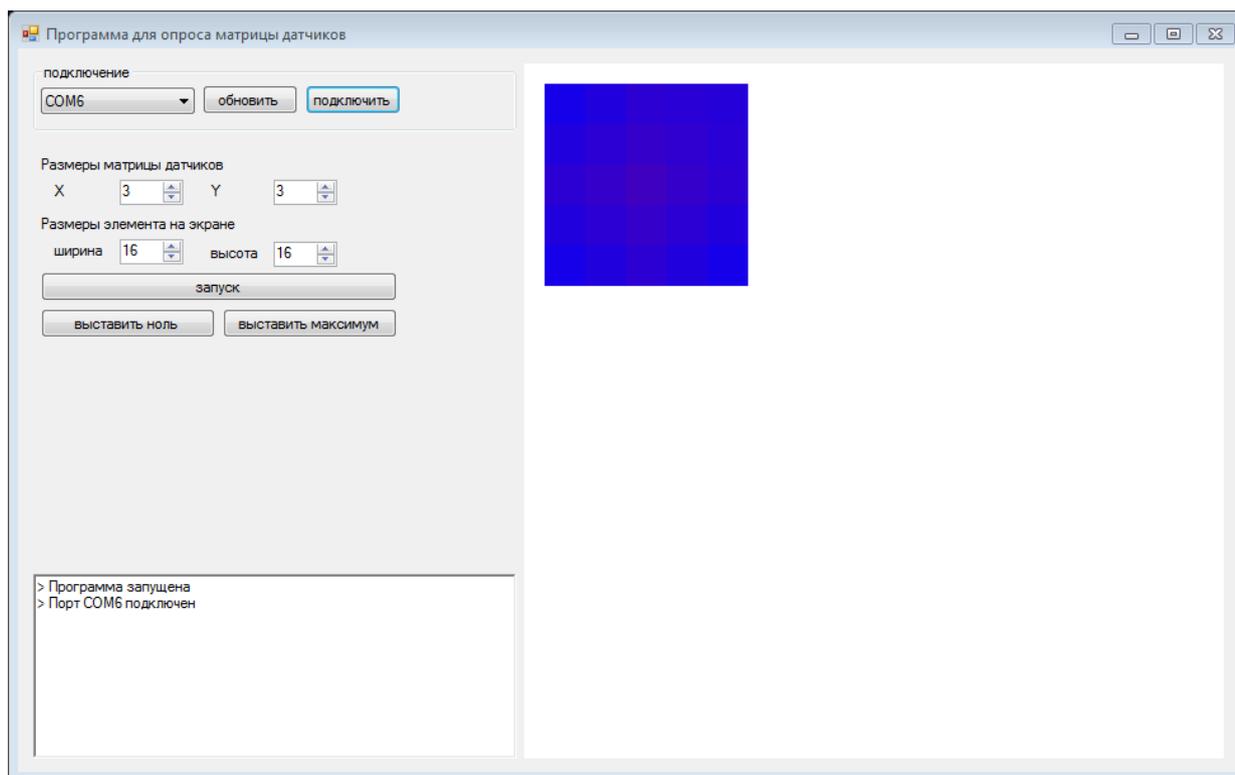


Рис. 5. Внешний вид программы для визуализации данных с тактильного сенсора

На окне программы выведена область ввода имени COM порта, размеров матрицы датчиков и размеров изображения на экране. Также добавлены кнопки для задания нуля и максимума на датчиках. Результаты измерения выводятся в виде изображения, на котором за счет градации цвета показывается степень давления на разных датчиках Холла. Такое представление данных позволяет достаточно легко анализировать распределение давления по поверхности тактильного сенсора. Это в свою очередь за счет интеллектуальной обработки выходного сигнала позволит определять форму и упругие свойства предмета, изучаемого с помощью данного сенсора. На изображении углы объекта выглядят как красные области на синем фоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе предложен вариант тактильного сенсора, в котором для измерения степени сжатия использовались датчики магнитного поля (датчик Холла) и постоянный магнит, помещенные в упругий материал. Причем предполагается использование матрицы датчиков, что позволит получить набор данных о распределении давления по площади сенсора, что в свою очередь при применении интеллектуальной обработки данных позволит определять форму и свойства изучаемого сенсором объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhanat Kappassov, Juan Antonio Corrales Ramon, Véronique Perdereau. Tactile sensing in dexterous robot hands - Review. Robotics and Autonomous Systems, Elsevier, 2015, 74, Part A, pp.195-220. doi:10.1016/j.robot.2015.07.015.
2. Bolshakova I., Duran I., Holyaka R., Hristoforov E., Marusenkov A. Performance of Hall Sensor-Based Devices for Magnetic Field Diagnosis at Fusion Reactors // Sensor letters Vol. 5, 283-288, 2007.

3. Paun M.-A., Sallese J.-M., Kayal M. Offset and drift analysis of the hall effect sensors. The geometrical parameters influence // Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures. 2012. July – September. Vol. 7.No. 3. P. 883-891.
4. Tumanski S., Baranowski S. Magnetic sensor array for investigations of magnetic field distribution // Journal of electrical engineering, VOL 57. NO 8/S. 2006. P.185-188.
5. Miniature ratiometric linear hall effect sensor ss494 series / URL:<https://static.chipdip.ru/lib/205/DOC000205445.pdf>

REFERENCES

1. Zhanat Kappassov, Juan Antonio Corrales Ramon, Véronique Perdereau. Tactile sensing in dexterous robot hands - Review. Robotics and Autonomous Systems, Elsevier, 2015, 74, Part A, pp.195-220. doi:10.1016/j.robot.2015.07.015.
2. Bolshakova I., Duran I., Holyaka R., Hristoforov E., Marusenkov A. Performance of Hall Sensor-Based Devices for Magnetic Field Diagnosis at Fusion Reactors // Sensor letters Vol. 5, 283-288, 2007.
3. Paun M.-A., Sallese J.-M., Kayal M. Offset and drift analysis of the hall effect sensors. The geometrical parameters influence // Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures. 2012. July – September. Vol. 7. No. 3. P. 883-891.
4. Tumanski S., Baranowski S. Magnetic sensor array for investigations of magnetic field distribution // Journal of electrical engineering, VOL 57. NO 8/S, 2006. P. 185-188.
5. Miniature ratiometric linear hall effect sensor ss494 series / URL:<https://static.chipdip.ru/lib/205/DOC000205445.pdf>

DEVELOPMENT OF A MATRIX OF TACTILE PRESSURE SENSORS FOR ROBOTIC SYSTEMS

Z.A. SUNDUKOV¹, K.CH. BZHUKHATLOV¹, V.A. DENISENKO²

¹Federal state budgetary scientific establishment "Federal scientific center
"Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"
360002, KBR, Nalchik, 2, Balkarov street
E-mail: cgrkbncran@bk.ru

²Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of Federal public budgetary scientific establishment "Federal scientific center
"Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"
360000, KBR, Nalchik, 37-a, I. Armand St.
E-mail: iipru@rambler.ru

This article describes the process of developing a tactile sensor for robotic systems, which is a matrix of pressure sensors. Such sensors are necessary for the implementation in robotic manipulators of tracking touch and the degree of pressure on moving objects. To implement the pressure sensor, analogue Hall sensors (magnetic field sensors) and permanent magnets mounted in an elastic matrix were used. The sensor consists of a matrix of magnetic field sensors located close enough to each other. This will allow you to determine some parameters of the shape of the investigated object.

The work shows the connection diagram of the tactile sensor sensors, the results of studies of the dependence of the output signal on the degree of pressure on the sensor and the algorithms of the program for interrogating and visualizing data from the sensor matrix. The use of this tactile sensor along with intellectual data processing will allow to determine the shape and properties of the studied object.

Keywords: Hall sensor, tactile sensor, analog sensors.

Работа поступила 06.12.2019 г.