

УДК 621.316.71

## СИНХРОНИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХМОДУЛЬНЫМ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

*Р. А. Какурин*

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Разработана структурная схема синхронизации двигателей двухмодульного мобильного робота (ДМР). Рассмотрены способы измерения скоростей модулей с помощью датчиков Arduino. Установлено, что в данном случае оптимальным решением будет использование датчика Холла и магнитов.

**Ключевые слова:** двухмодульный мобильный робот, ДМР, синхронизация, «Ардуино», Arduino, измерение скорости, датчики Холла.

## SYNCHRONIZED CONTROL SYSTEM OF A TWO-MODULE MOBILE ROBOT

*R. A. Kakurin*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

A block diagram of synchronization of propulsion devices of a two-module mobile robot is developed. Methods for measuring module speeds using Arduino sensors are considered. It was found that in this case, the optimal solution would be to use the Hall sensor and magnets.

**Keywords:** two-module mobile robot, TMR, synchronization, «Arduino», Arduino, speed measurement, Hall sensors.

**Введение.** Двухмодульный мобильный робот (ДМР) — запатентованная разработка сотрудников кафедры «Робототехника и мехатроника» Донского государственного технического университета [1]. Представляет собой два двигателя — одинаковые герметичные модули, соединенные подшипниковым шарниром [2]. Принцип движения основан на смещении центра масс. Работу регулирует оператор с пульта дистанционного управления. Робот может быть использован в экстремальных условиях: для патрулирования территорий, разведки и ведения переговоров на расстоянии.

На кафедре собран макет для демонстрации работы запатентованного концепта (рис. 1).



Рис. 1. Макет двухмодульного мобильного робота

Система управления выполнена на платформе Arduino. Команда управления поступает с пульта управления на ведущий модуль, который передает ее по радиоканалу ведомому модулю. Для качественного прямолинейного движения необходимо, чтобы скорости обоих двигателей

были равны, однако этого не происходит (в основном, из-за неидеальных двигателей и неровного рельефа). Через какое-то время после начала движения оно отклоняется, поэтому необходима синхронизация двух модулей по скорости.

Чтобы добиться прямолинейного движения, следует измерять скорости обоих модулей и сравнивать скорость ведомого и ведущего. При этом, если разность скоростей отлична от нуля, важно повышать или уменьшать напряжение, подаваемое на двигатель.

**Основная часть.** Данная работа призвана решить перечисленные ниже задачи.

1. Построить структурную схему синхронизации.
2. Рассмотреть способы измерения скоростей двух движителей.
3. Выбрать один из них для использования в ДМР.

Структурная схема синхронизации ДМР представлена на рис. 2.

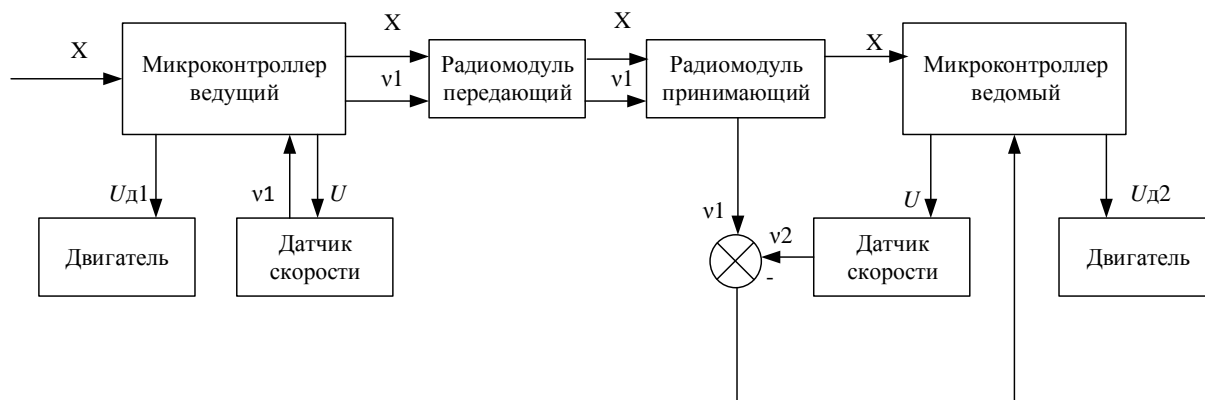


Рис. 2. Структурная схема синхронизации ДМР:  $X$  — команда управления;  $U_{д1}$  — напряжение, подаваемое на двигатель ведущего модуля;  $U_{д2}$  — напряжение, подаваемое на двигатель ведомого модуля;  $U$  — напряжение питания датчика скорости;  $v1$  — скорость ведущего модуля;  $v2$  — скорость ведомого модуля

**Выбор датчика для измерения скорости.** Скорость измеряется с помощью датчика скорости — тахометра (чаще всего используется энкодер). Такой принцип измерения скорости основан на подсчете импульсов, пришедших на датчик за промежуток времени — период отсчета  $T$  (рис. 3).

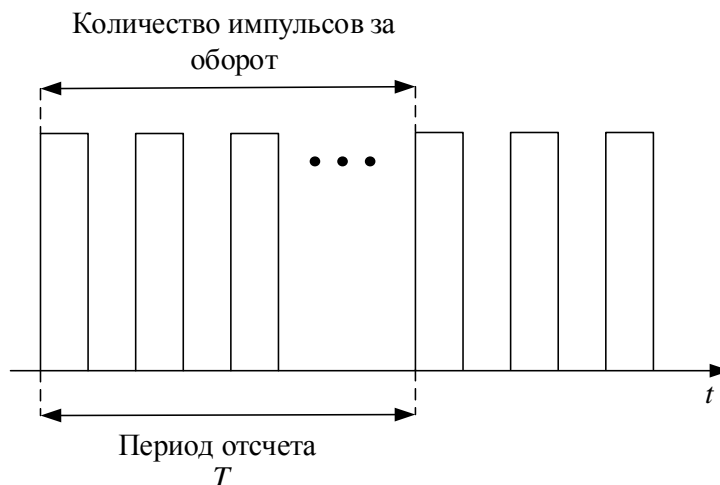


Рис. 3. Временная диаграмма энкодера

Зная время полного оборота, можно найти угловую скорость по формуле:

$$\omega = \frac{\varphi}{T}, \quad (1)$$

где  $\omega$  — угловая скорость;  $\varphi$  — угол поворота (в нашем случае угол — 1 оборот равен  $360^\circ$ , или  $2\pi$  радиан);  $T$  — период отсчета.

Далее вычисляем линейную скорость:

$$V = \omega \times r, \quad (2)$$

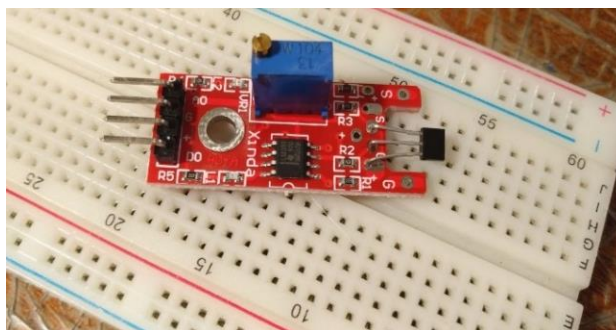
где  $V$  — линейная скорость,  $r$  — радиус модуля робота.

В качестве энкодера можно использовать такие модули Arduino, как:

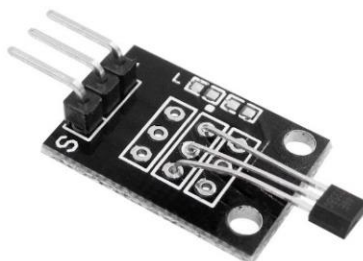
- датчик Холла и магниты,
- оптический энкодер,
- датчик линии.

Рассмотрим каждый из них подробнее.

На рис. 4 представлены модули цифровых датчиков Холла.



а)



б)

Рис. 4. Модули цифровых датчиков Холла: 49Е (а), KY-003 (б)

В ДМР на маятнике можно закрепить сам датчик, а на внутренней поверхности корпуса робота — несколько магнитов. Датчик будет регистрировать изменение напряженности магнитного поля, выдавая импульсы на микроконтроллер. Считая эти импульсы, можно вычислить скорость по приведенным выше формулам.

Преимущества датчиков Холла:

- могут использоваться для таких функций датчика, как определение положения, скорости, направления движения;
- являются твердотельными устройствами, поэтому абсолютно не подвержены износу из-за отсутствия движущихся частей;
- невосприимчивы к вибрации, пыли и воде.

Недостатки датчиков Холла:

- точность измеренного значения всегда является проблемой, поскольку внешние магнитные поля могут влиять на значения;

— высокая температура влияет на сопротивление проводника, а от этого зависит подвижность носителя заряда и чувствительность датчиков Холла.

Оптический энкодер представляет собой оптопару — прибор, состоящий из излучателя света (обычно светодиод) и фотоприемника (фотодиод, фототранзистор и т. п.). Между элементами оптопары вставляется диск с отверстиями. При его вращении фотоприемник получает импульсы в момент попадания излучения диода сквозь отверстия в диске. Пример модуля оптического энкодера представлен на рис. 5.



Рис. 5. Модуль датчика оборотов RKP-MWES-LM393

Оптические энкодеры дешевы, надежны и достаточно точны, однако в ДМР для его использования потребуется дополнительно устанавливать большой диск с прорезями на главную ось модулей, что усложнит общую конструкцию.

Датчик линии также состоит из оптопары. Он освещает поверхность направленным инфракрасным светодиодом (рис. 6).

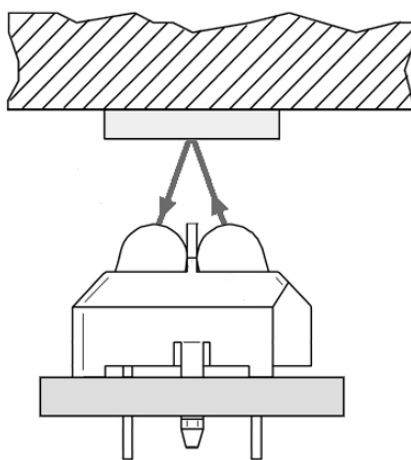


Рис. 6. Принцип работы датчика линии

Световой поток отражается от поверхности и попадает на фотоприемник, где преобразуется в электрический сигнал. Для использования в ДМР не годится, так как в герметичном корпусе отсутствует освещение.

Помимо энкодеров можно измерять скорость с помощью акселерометра (гироскопа, рис. 7).

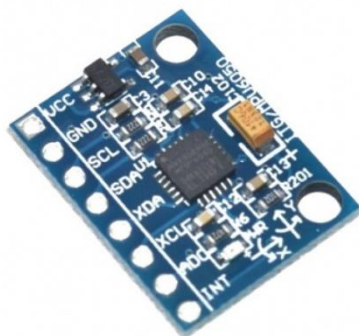


Рис. 7. Модуль GY-521

Акселерометр — это прибор, позволяющий измерять ускорение тела под действием внешних сил. Гироскоп — это устройство, реагирующее на изменение угловой скорости на одной или нескольких осях. Через угловую скорость можно вычислить линейную скорость по формуле (2).

Датчик со всей электроникой модуля (которая вместе с источником питания является маятником и остается неподвижной относительно плоскости движения робота) не даст необходимой информации об угловой скорости. Его нужно расположить на внутренней поверхности корпуса, а значит, придется добавить отдельный источник питания и дополнительный канал связи для датчика и платы Arduino.

**Заключение.** В результате проведенной работы создана структурная схема синхронизации ДМР, рассмотрены способы измерения скоростей модулей с помощью датчиков Arduino. Установлено, что в данном случае оптимальным решением будет использование датчика Холла и магнитов.

#### Библиографический список

1. Двухмодульный мобильный робот : патент 172377 Рос. Федерация : В25J 9/00 (2006.01) ; В25J 11/00 (2006.01) / В. В. Мартынов, Е. А. Лукьянов, А. Ю. Зайцев [и др.]. — № 2015153288 ; заявл. 14.12.15 ; опубл. 06.07.17, Бюл. № 19. — 10 с.
2. Лосев, М. В. Система управления двухмодульного мобильного робота с защищенными от внешней среды движителями / М. В. Лосев, М. А. Тросин, В. В. Мартынов // Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития. — 2017. — С. 153–156.

*Об авторе:*

**Какурин Роман Александрович**, магистрант кафедры «Робототехника и мехатроника» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [romonekxv@gmail.com](mailto:romonekxv@gmail.com)

*Author:*

**Kakurin, Roman A.**, master's degree student of the Department of Robotics and Mechatronics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), [romonekxv@gmail.com](mailto:romonekxv@gmail.com)