

Разработка микропроцессорной системы управления высевом семян

М.А. Литвинов, М.Н. Московский, А.А. Адамян

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

Аннотация: Автоматизация сельского хозяйства на сегодняшний момент является перспективной и активно развивающейся отраслью робототехники. На текущий момент существует множество зарубежных аналогов, предлагающих готовые решения для автоматического управления высевом сельскохозяйственных культур. Однако в России большая часть посева выполняется на механизированных установках под обязательным контролем высококвалифицированного специалиста по обслуживанию установки.

Ключевые слова: управление высевом, микропроцессорная система, селекция, алгоритм посева, архитектура системы, аппаратное обеспечение, структура системы, компоновочная база, методика управления, импортозамещение.

В мировом рейтинге зерновые культуры занимают ведущие позиции, поэтому их производство является значимой задачей, поскольку применяемая техника в большинстве хозяйств практически не имеет электронных систем автоматизации и исполнительные механизмы выполнены в виде стандартных кинематических передач и приводов.

В устройстве большинства селекционных сеялок применяются как ручная системы подачи семенного материала при высеве, так и механическая, что приводит к возрастанию потерь семенного материала, повышению энергоемкости и трудозатрат процесса [1-4]. Кроме того, при проектировании и разработке применяемой селекционной техники и оборудования не учитываются такие важные характеристики для как: почвенно-климатические особенности местности, согласование скорости перемещения сеялки со скоростью вращения высевающего аппарата с учетом изменяющегося коэффициента буксования.

На рынке современной селекционной техники встречаются сеялки с полуавтоматическими системами высева, такие как серия Rowseed и Plotseed от Wintersteiger AG. Их программное обеспечение содержит в себе телеметрическую систему, с которой выводятся информация о пройденном расстоянии на экран, фиксированную базу данных норм высева и настроек механического привода высевающего аппарата вручную, а также автоматическую систему управления распределительным столом и дозатором.

На данный момент времени существуют электронные системы высева ESD, которые используют телеметрические спутниковые системы Trimble, Topcon и электропривод. Система ESD пригодна для применения в крупных хозяйствах и высева продовольственного зерна, поскольку имеет высокую стоимость [5,6].

Цель исследования – разработать микропроцессорную систему управления.

Материалы и методы. Технической задачей микропроцессорной системы управления высевом семян является повышение точности высева семян сельскохозяйственных культур, путем замены механической связи ведомого колеса и высевающего аппарата сеялки на электронную, а также снижение погрешности нормы высева возникшей из-за пробуксовки колес в следствии инерционности механического привода.

Микропроцессорная система управления высевом семян состоит из микрокомпьютера, сенсорного экрана, контроллера шагового двигателя, шагового двигателя, двух энкодеров, индуктивного датчика счетчика ячеек, соленоида дозатора и двигателя привода механизма подачи ячеек.

Обобщенная структурная схема системы (рис. 1) полностью имитирует систему управления, установленную на селекционной сеялке. На основе данной схемы будет осуществлен подбор компонентной базы.

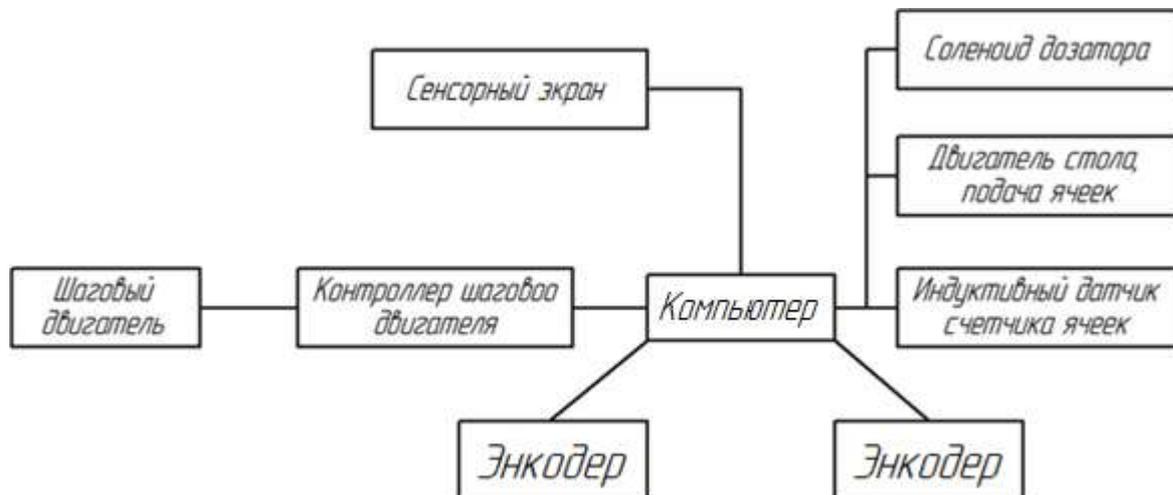


Рис. 1. – Обобщенная структурная схема системы

Выбор компонентной базы. В качестве микрокомпьютера используется одноплатный компьютер Raspberry Pi 3 B+ (рис. 2). Его вычислительная мощность позволяет осуществить управление шагового двигателя по протоколу STEP-DIR, с наименьшей загрузкой центрального процессора, а также обрабатывать несколько потоков информации, на что не способны микроконтроллеры Arduino Mega PRO.



Рис. 2. – Одноплатный компьютер Raspberry Pi 3 B+

За вывод информации и прием команд от пользователя отвечает сенсорный экран Nextion NX4827T043 (рис. 3). Он имеет диагональ 4,3 дюйма и резистивный сенсор касаний. Экран имеет собственную среду разработки графической системы Nexion Editor.

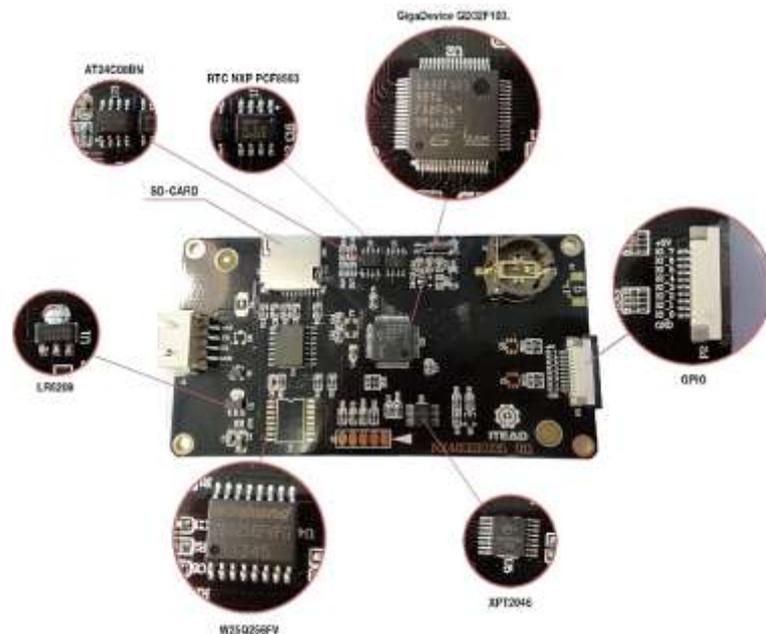


Рис. 3. – Составные части микропроцессорной системы управления экраном.

Для поворота вала привода высевающего аппарата требуется крутящий момент равный 6,3 Н·м, с данной задачей справится биполярный шаговый двигатель типоразмера NEMA34 с максимальным крутящим моментом 8,7 Н·м. Максимальный ток на одну фазу для данного типа двигателей не превышает 4.2 А, исходя из этого принято решение использовать драйвер SMSD-4.2RS-485 (рис. 4), производимой российской компанией «Электропривод».

Данный драйвер предусматривает работу в режиме контроллера, принимая управляющие команды по интерфейсу RS-485 [7].

Для получения информации о расстоянии, пройденном трактором, на оба ведомые колеса были установлены реперные диски со 100 зубьями.

Считывание его положения происходит с помощью щелевого оптрона KTIR0521DS.

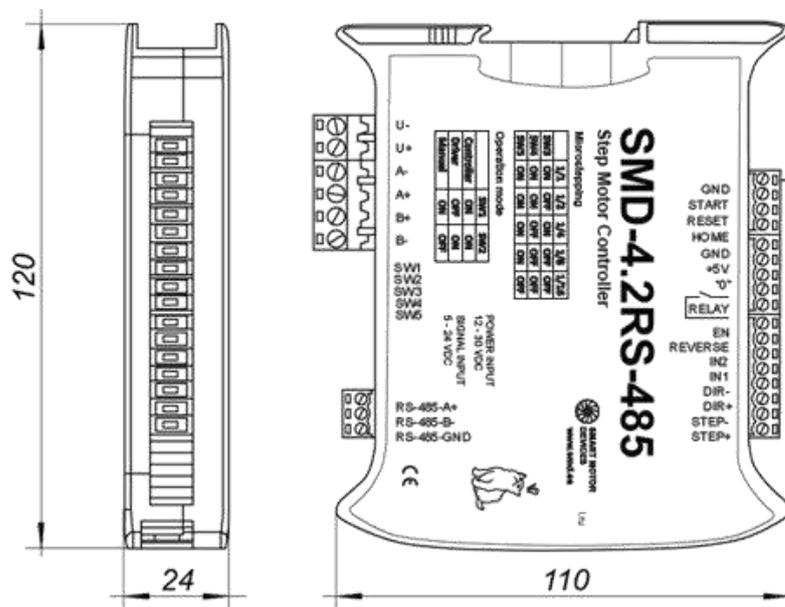


Рис. 4. – Драйвер шагового двигателя

Также требуется управление приводом распределительного стола, в качестве исполнительного механизма которого установлен двигатель постоянного тока Nidec-Valeo 403.847, номинальное напряжение питания которого равно 12В. Управление двигателем будет осуществляться с помощью драйвера VN13SP30 (рис. 5), поддерживающего режим ШИМ.

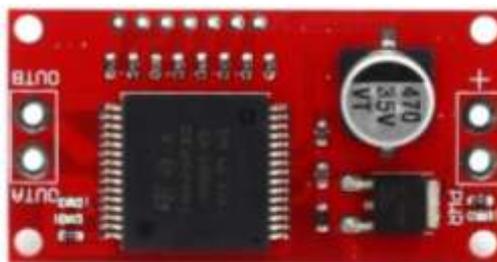


Рис. 5. – Драйвер ДПТ

Исходя из описанных выше составляющих элементов системы была разработана функциональная схема системы автоматического управления (рис. 6). Ее центром является микроконтроллер, который принимает сигналы от датчиков пройденного расстояния и от пользователя через графический интерфейс. На основе этих команд формируются сигналы управления реле и двигателями.

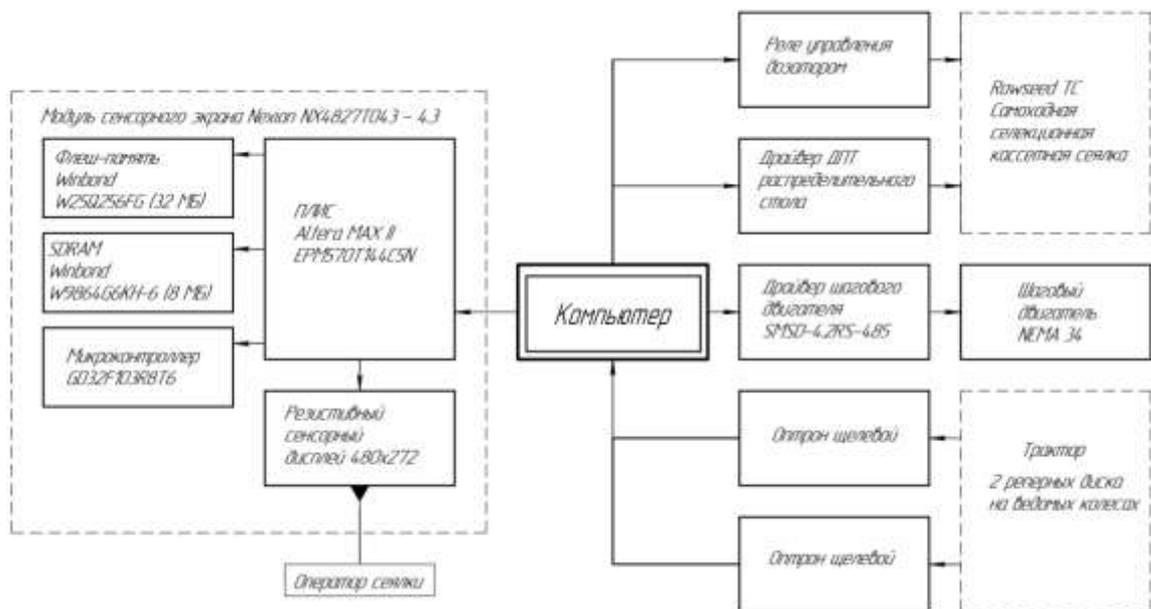


Рис. 6. – функциональная схема системы автоматического управления

Описание интерфейсов. Используемый драйвер шагового двигателя принимает команды управления по интерфейсу RS-485. В стандарте RS-485 для передачи и приёма данных используется одна витая пара проводов, иногда сопровождаемая экранирующей оплеткой или общим проводом. Передача данных осуществляется с помощью дифференциальных сигналов. Разница напряжений между проводниками одной полярности означает логическую единицу, разница другой полярности — ноль [8].

Для связи с одноплатным компьютером требуется преобразователь уровней TTL, основанный на микросхеме MAX485. Данный преобразователь позволяет передавать информацию в полудуплексном режиме.

Интерфейс RS-485 является наиболее распространенным в промышленной автоматизации. Его используют промышленные сети Modbus, Profibus DP, ARCNET, BitBus, WorldFip, LON, Interbus и множество нестандартных сетей. Связано это с тем, что по всем основным показателям данный интерфейс является наилучшим из всех возможных при современном уровне развития технологии. Основными его достоинствами являются:

- двусторонний обмен данными всего по одной витой паре проводов;
- работа с несколькими трансиверами, подключенными к одной и той же линии, т. е. возможность организации сети;
- большая длина линии связи;
- достаточно высокая скорость передачи.

Отправка команд блоку ШД осуществляется кадрами. Кадр представляет собой строку ASCII символов. Формат кадра приведен в таблице 1.

Таблица №1

Формат кадра



Начало кадра	ID блока	Команда	Параметр	Окончание кадра
:	XX (hex)	CC	NN (Dec)	<CR> + <LF> (r/n или 0x0D 0x0A)

1. Начало кадра – символ «:» - начало посылки блоку.
2. ID блока – уникальный идентификатор блока, определяющий его адрес в сети RS-485. ID задается отдельной командой и сохраняется в памяти блока. Значение поля – от 0x01 до 0xFF – в шестнадцатеричном виде. Адрес 0x00 – широковещательный, и ни одно устройство не отвечает на такие сообщения. После приема широковещательной команды (кроме EM) передатчик контроллера отключается до получения блоком адресной команды (с адресом, отличным от 0x00). Для включения передатчика отдельного контроллера необходимо отправить ему любую адресную команду.
3. Команда – код команды, передаваемой блоку.
4. Параметр – параметр команды, в десятичном виде. Окончание кадра – завершение передачи команды блоку.

Результаты исследований. Способы соединения всех элементов системы выполнены по ГОСТ 2.702-2011.

На схеме соединений изображаются все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (соединители, платы, зажимы и т.д.), а также соединения между этими устройствами и элементами [9-11].

Разрабатываемая система поделена на 2 части: цифровую и силовую. Цифровая часть находится в герметичном корпусе (IP56) и включает в себя: плату микроконтроллера, драйвер ДПТ, преобразователь интерфейсов и сенсорный экран на передней поверхности. В корпус встроен промышленный герметичный разъем с 12 контактами типа «мама».

Силовая часть вынесена в отдельный кейс. В нем находятся драйвер ШД, инвертор и блок питания, а также реле управления соленоидом, открывающим дозатор. Оптические датчики установлены непосредственно рядом с ведомыми колесами.

Выводы.

Разработанная система управления высевом семян позволяет контролировать параметры технологического процесса высева, путем снижения погрешности расстояния.

Кроме того, разработанная система управления высевом семян адаптирована под различные типы энкодеров и шаговых двигателей является универсальной и её возможно устанавливать на различные типы высевающих систем.

В ходе проведенного анализа изучены интерфейсы связи между различными устройствами микропроцессорной системы. Определены требования к проектированию и монтажу электронных систем, включающих в себя логическую часть и цепи силового питания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-316-90038.

Литература

1. Litvinov Maksim A., Moskovskiy Maksim N., Smirnov Igor G. 16th ieee east-west design & test symposium (EWDTS): 722-726, 14-17 September 2018 г, Kazan, Russia. pp. 722-726 URL: ieeexplore.ieee.org/document/8524657/metrics#metrics.
2. Yagmur Mehmet, Kaydan Digdem The effects of different sowing depth on grain yield and some grain yield components in wheat cultivars under dryland conditions // African journal of biotechnology. 2009. №8. pp. 44-45.



3. Молофеев В.Ю. Актуальность автоматизации посевных агрегатов в отечественном льноводстве // Агротехника и энергообеспечение. 2014. №4. С. 53-54.
 4. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Механизация селекционно-опытной работы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. №4. С. 20.
 5. Гольпяпин В.Я. Интеллектуальные системы на посевных машинах // Плоды и овощи России. Краснодар: 2019. С. 72-73.
 6. Al-Bayari, O. and Sadoun, B. New centralized automatic vehicle location communications software system under GIS environment // International Journal of Communication System. 2005. №18(9). pp. 31-34.
 7. Контроллер шаговых двигателей SMSD-4.2 с интерфейсами RS-232 и RS-485 // electroprivod.ru URL: electroprivod.ru/smsd-42-rs232-rs485.htm. (дата обращения: 11.09.2019).
 8. Онлайн-сервис для разработки интерфейсов и прототипирования с возможностью организации совместной работы в режиме реального времени // figma.com/. URL: figma.com/ther-collaborative-interface-design-tool (дата обращения: 16.10.2019).
 9. Zoz Frank M., Grisso Robert D. Traction and Tractor Performance // Agricultural Equipment Technology Conference. Louisville, Kentucky: ASAE Publication, 2003. pp. 102-103.
 10. Dhande Kunal A., Sahu Omkar R., Bawane Megha S., Jiwane Achal A., Chaware Priyanka S. Design and Development of Automatic Operated Seeds Sowing Machine // International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication. 2011. №5. pp. 30-42.
-



11. Ms. Shinde1 Trupti A., Engg, R.I.T., Sakhrale Design and Development of Automatic Seed Sowing Machine // SSRG International Journal of Electronics and Communication Engineering - (ICRTESTM). 2017. Special Issue. pp. 32-35
12. Попов. А.Ю., Казачков И.А. К теории дозирования семян пневматическим высевающим аппаратом избыточного давления // Инженерный вестник Дона. 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2345/.
13. Ильичева О.А. Технология логического моделирования и анализа сложных систем // Инженерный вестник Дона. 2012. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1234/.

Reference

1. Litvinov Maksim A., Moskovskiy Maksim N., Smirnov Igor G. 16th iee east-west design & test symposium (EWDTS): 722-726, 14-17 September 2018 г, Kazan, Russia. pp. 722-726 URL: ieeexplore.ieee.org/document/8524657/metrics#metrics.
 2. Yagmur Mehmet, Kaydan Digidem AFRICAN JOURNAL of BIOTECHNOLOGY. 2009. №8. pp. 44-45.
 3. Molofeev V.Ju. Agrotehnika i jenergoobespechenie. 2014. №4. pp. 53-54.
 4. Izmajlov A.Ju., Evtjushenkov N.E. Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. 2016. №4. 20 p.
 5. Gol'tjapin V.Ja. Plody i ovoshhi Rossii. Krasnodar: 2019. pp 72-73.
 6. Al-Bayari, O. and Sadoun, B. International Journal of Communication System. 2005. №18(9). pp. 31-34.
-



7. Kontroller shagovyh dvigatelej SMSD-4.2 s interfejsami RS-232 i RS-485 [Controller stepper engine SMSD-4.2 with interface RA-232 and RS-485]. electroprivod.ru. URL: electroprivod.ru/smsd-42-rs232-rs485.htm. (data obrashhenija: 11.09.2019)
8. Onlajn-servis dlja razrabotki interfejsov i prototipirovanija s vozmozhnost'ju organizacii sovmestnoj raboty v rezhime real'nogo vremeni [Online service for interface development and prototyping with real-time collaboration] figma.com/. URL: figma.com/ther-collaborative-interface-design-tool (data obrashhenija: 16.10.2019).
9. Zoz Frank M., Grisso Robert D. Agricultural Equipment Technology Conference. Louisville, Kentucky: ASAE Publication, 2003. pp. 102-103.
10. Dhande Kunal A., Sahu Omkar R., Bawane Megha S., Jiwane Achal A., Chaware Priyanka S. International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication. 2011. №5. pp. 30-42.
11. Ms. Shinde1 Trupti A., Engg, R.I.T., SSRG International Journal of Electronics and Communication Engineering - (ICRTESTM). 2017. №Special Issue. pp. 32-35.
12. Popov A.Ju., Kazachkov I.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2345/.
13. Il'icheva O.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1234/.