

06, июнь 2016

УДК 004.415.2

Мобильный программно-аппаратный комплекс автоматического контроля параметров системы

Степанов А.В., студент

*Россия 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана,
кафедра «Системы обработки информации и управления»*

*Научный руководитель: Чёрненький В.М., д.т.н., профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана,
кафедра «Системы обработки информации и управления»*

chernen@bmst.ru

Программно-аппаратный комплекс состоит из следующих составляющих:

- Плата RBX-877V2.0 на базе микроконтроллера PIC16F877
- Датчик температуры на основе микросхемы TMP36
- Датчик влажности почвы
- Датчик освещённости
- Инфракрасный датчик движения
- Датчик газа
- GPRS Shield на базе SIMCom SIM900R
- Солнечная батарея с выходным напряжением 6 V
- Аккумулятор DT6012 для бесперебойного питания в выходным напряжением 6 V
- Электромагнитное реле TRQ2-5VDC/1A, 250 VAC
- Исполнительные устройства
- USB программатор PICkit2
- Программное обеспечение

Рассмотрим технические возможности комплекса и разберём отдельно каждую комплектующую составляющую.

Плата управления - Плата RBX-877V2.0

Структурная схема платы представлена на рис. 1.

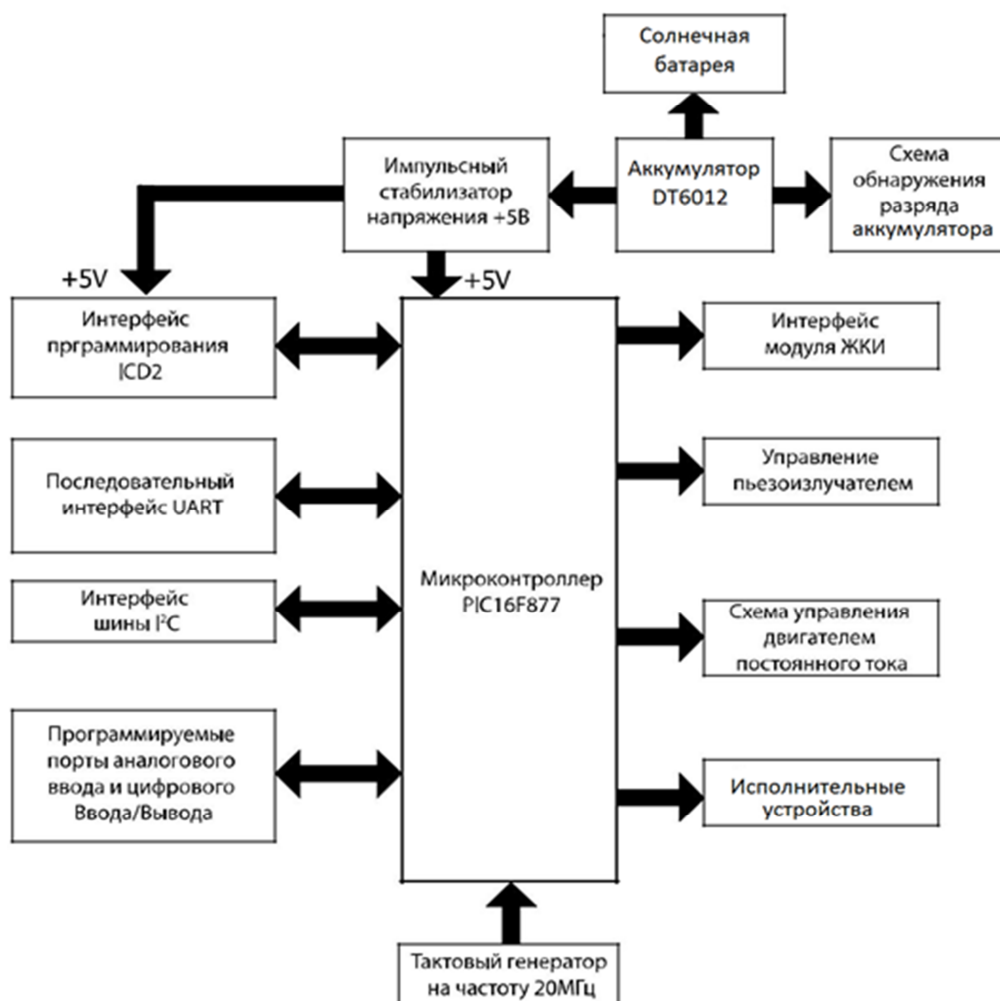


Рис. 1. Структурная схема платы управления.

- Управление происходит с помощью микроконтроллера PIC16F877, работающего на тактовой частоте 20 МГц
- ЖКИ-индикатор 16x2
- Порт шины I²C
- Порт UART для организации обмена с последовательными устройствами, такими как: приёмопередатчики шины RS-232, модули XBee и Bluetooth
- 9 программируемых портов, поддерживающих как аналоговый ввод, так и цифровой ввод/вывод
- Управление двумя двигателями постоянного тока, с напряжением питания в диапазоне от 4,5-6 V и тремя сервомоторами RC типа в диапазоне от 4,8 до 6 V
- Питание осуществляется от аккумулятора с напряжением 6V

Базовой частью платы является микроконтроллер PIC16F887. Чтобы получить тактовую частоту 20 МГц для PIC16F887, используется керамический резонатор CR1 на частоту 20 МГц. Микросхема управления импульсным источником питания NCP1450-5.0 позволяет обеспечить регулируемое напряжение +5 V. Эта схема позволяет обеспечивать постоянное напряжение для питания микроконтроллера до тех пор, пока уровень напряжения источника питания не упадет ниже 1,5 V. Плата RBX-877 представлена на рис. 2.

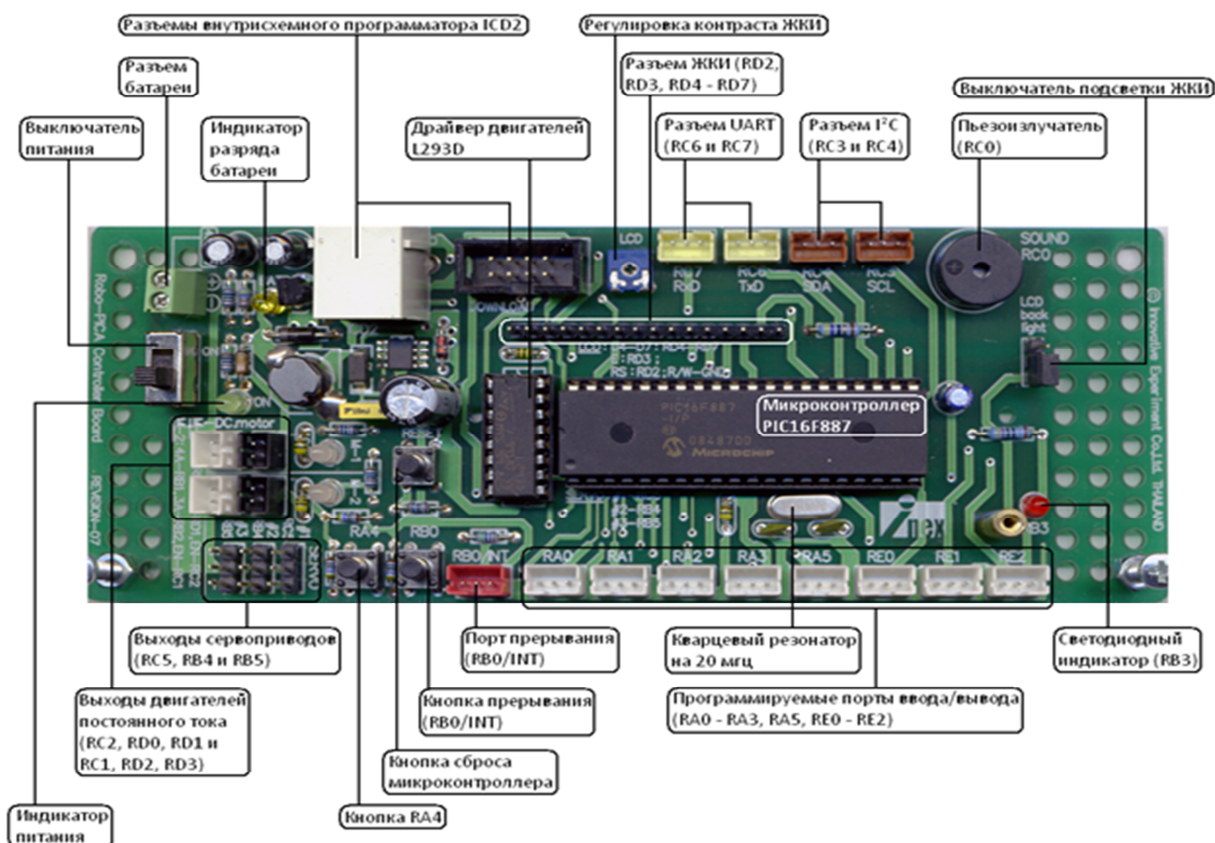


Рис. 2. Плата RBX-877

Для программирования платы требуется внутрисхемный программатор, подключаемый к разъемам ICD2 или ISP. USB-программатор присоединяется к плате управления RBX-877 V2.0 посредством ICD2-разъема. Он использует напряжение питания непосредственно от USB-порта компьютера. Сигнал программирования будет поступать на выводы RB6 и RB7 микроконтроллера PIC16F887. Высокое напряжение для программирования подается на вывод MCLR. Все стадии операции программирования можно пронаблюдать в окне ПО PICkit2 на мониторе компьютера..

Плата имеет разъем для подключения модуля ЖКИ. Она может работать с ЖКИ-индикатором размером 16 символов в 2 строках, который подключается к выводам

RD4...RD7 (сигналы управления ЖКИ) и выводам D4...D7 (шина данных ЖКИ) микроконтроллера PIC16F877, вывод RD3 используется как сигнал E и вывод RD2 как сигнал RS для выбора режима обмена данными с ЖКИ. Потенциометр VR1 используется для изменения яркости экрана ЖКИ. Принципиальная схема подключения ЖКИ-интерфейса показана на рис. 3.

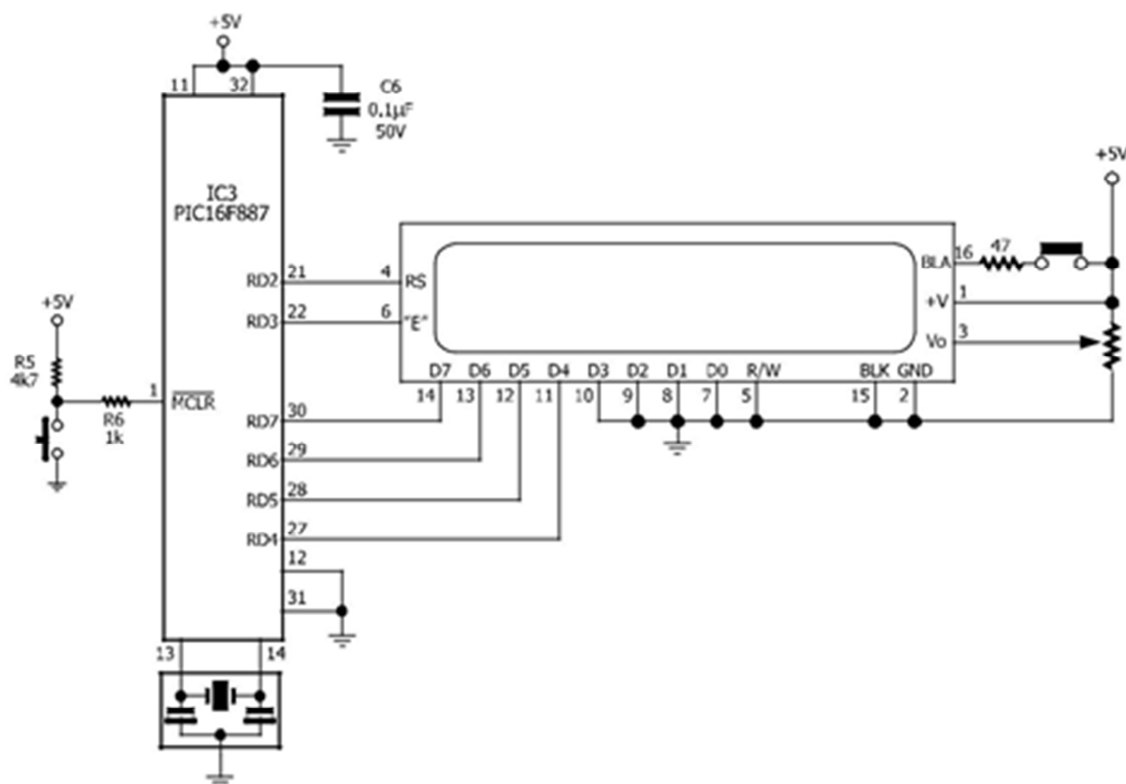


Рис. 3. Принципиальная схема подключения ЖКИ-интерфейса.

9-программируемых многофункциональных портов включают в себя выводы RA0-RA3, RA5, RE0-RE2 и RB0. Все порты могут быть запрограммированы для выполнения любой из следующих 3 функций:

- Аналоговый вход – чтобы отправить аналоговый сигнал на схему аналого-цифрового преобразователя внутри микроконтроллера. Входное напряжение должно находиться в диапазоне от 0 до 5 V. Разрешающая способность преобразователя составляет 10 разрядов.
- Цифровой вход – чтобы принять цифровой сигнал от цифрового устройства или переключателя (кнопки).
- Цифровой выход – чтобы передать цифровой логический сигнал (“0” или “1”) внешнему устройству. Все порты выведены на 3-контактные JST-разъемы. На каждом

разъеме, кроме сигнального вывода присутствуют выводы напряжения питания +5 В и общего провода GND.

Плата RBX-877 V2.0 использует IC4, типа L293D, ИС-полумостовой схемы управления двигателями для управления 2 каналами двигателей постоянного тока. Рабочее напряжение двигателей может находиться в пределах 4,5-6 В, рабочий ток 100-200 мА, в пределе до 400 мА. Частота вращения двигателя А управляется выводами RD0 и RD1 и выводом разрешения вращения RC2. Частота вращения двигателя В управляется выводами RB1 и RB2 и выводом разрешения вращения RC1. Светодиоды LED4 и LED5 – двухцветные. Они используются для индикации выходного состояния двигателей.

Напряжение питания L293D включает напряжение питания ядра микросхемы +5 В и напряжения питания выходных каскадов для управления двигателями (+Vm). Вывод +Vm присоединен непосредственно к батареям для лучшего использования источников питания. Плата управления имеет выводы 3 портов для RC-сервомоторов. Они включают в себя выводы RB4, RB5 и RC5. RC-сервомоторы запитываются от аккумулятора. Типичным является управление сервомоторами RC с напряжением питания от 4,8 до 6 В и потребляемым током примерно 100-200 мА. Схема модуля управления двигателем постоянного тока изображена на рис.4.

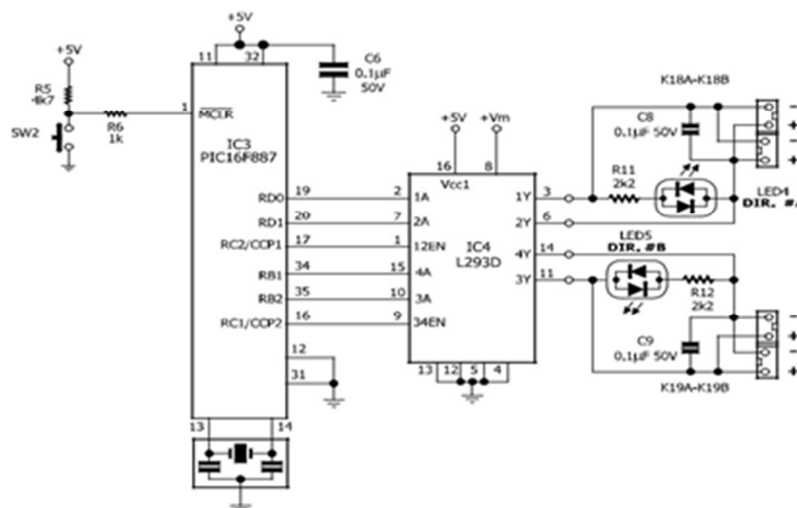


Рис. 4. Схема модуля управления двигателем постоянного тока

В зависимости от выполняемого алгоритма, замыкается контакт реле, и исполняемое устройство начинает выполнять поставленную задачу.

Одним из путей расширения функциональных возможностей платы RBX-877 V2.0 является использование разъема шины I²C. Для работы со многими внешними устройствами необходимо наличие обмена по протоколу шины I²C. К таким устройствам

относятся часы реального времени, микросхемы памяти, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, микросхемы расширителей портов ит.п. Сигналы RC3/SCL и RC4/ SDA-микроконтроллера PIC16F887 выведены на разъем шины I²C, включающий контакты напряжения питания +5 В и общего провода GND.

Микроконтроллер PIC16F887 содержит модуль 14-канального 10-разрядного аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Все порты аналогового ввода можно сконфигурировать, также, и для цифрового ввода/вывода. Они включают в себя RA0...RA3, RA5, RB0...RB5 и RE0...RE2. Аналого-Цифровой Преобразователь позволяет преобразовывать аналоговый входной сигнал в его 10-разрядное двоичное представление. Этот модуль использует аналоговые входы, которые мультиплексируются в одну схему выборки-хранения. Выход схемы выборки-хранения соединен со входом преобразователя. Преобразователь выдает на выходе 10-разрядный двоичный результат Методом последовательных приближений и сохраняет результат преобразования в регистрах результата АЦП (ADRESL и ADRESH). Важными для модуля АЦП являются регистры ADCON0 и ADCON1. Регистр ADCON0 используется для функции выбора аналогового входа, а регистр ADCON1 используется для выбора формата выходных данных и источника образцового напряжения.

Приведем пример процедуры использования АЦП для выполнения аналого-цифрового преобразования микроконтроллером PIC16F887:

1. Конфигурирование порта
 - 1.1 Отключить выходной драйвер вывода
 - 1.2 Сконфигурировать вывод как аналоговый вход, записав необходимое значение в регистр ANSEL или регистр ANSELH
2. Конфигурирование модуля АЦП (используя регистр ADCON0):
 - 2.1 Выбрать частоту преобразования АЦП
 - 2.2 Сконфигурировать источник опорного напряжения
 - 2.3 Выбрать входной канал АЦП
 - 2.4 Выбрать формат результата преобразования, используя регистр ADCON1
 - 2.5 Включить модуль АЦП
3. Конфигурирование Прерываний от АЦП:
 - 3.1 Очистить флаг прерывания от АЦП
 - 3.2 Разрешить прерывания от АЦП
 - 3.3 Разрешить прерывания от периферии

3.4 Разрешить глобальные прерывания

4. Ожидание окончания завершения всех вышеперечисленных операций в течение некоторого промежутка времени.

5. Запуск преобразования установкой бита GO/DONE регистра ADCON0.

6. Ожидание завершения АЦП-цикла преобразования одним из следующих способов:

6.1 Опрос бита GO/DONE

6.2 Ожидание прерывания от АЦП

7. Чтение результата преобразования АЦП. Данные результата преобразования записываются в регистры ADRESH и ADRESL.

8. Очистка флага прерывания от АЦП (требуется, если прерывания разрешены).

Датчики

Рассмотрев технические вопросы, связанные с аппаратной частью, перейдём к детальному разбору датчиков, средств связи и исполнительных устройств. Плата управления обрабатывает полученные данные и с помощью GSM-модуля отправляет SMS-сообщение пользователю. Такой отчет о показаниях датчиков отправляется каждые 24 часа в строго назначенное пользователем время или, если показания какого-либо из датчиков вышли за пределы допустимой нормы для измеряемого параметра. Исключения составляют датчики газа и инфракрасные датчики движения.

Датчик температуры. Написанное программное обеспечение (далее ПО), при выходе какого-либо допустимого значения за пределы нормы не дожидается очередного сеанса связи и включает 20-ти минутный таймер. Если за этот срок показания остаются в красной зоне, то система принимает решение об информировании пользователя о проблеме. После отправки сообщения назначен временной интервал, за который пользователь должен отреагировать на полученное SMS-оповещение. По истечении этого интервала при условии отсутствия соответствующей команды, система самостоятельно принимает решение. Если температура выше нормы, то на магнитное реле подается управляющий сигнал, который замыкает контакты, отвечающие за включение сервоприводов. При понижении температуры ниже нормы, происходит закрытие заслонок и включается обогрев. Исполнительные устройства обогрева, вентиляции или открытие/закрытие заслонок включаются за счёт замыкания электромагнитного реле.

– Диапазон измеряемой температуры от -40 °C до +125 °C

- Точность ± 1 °C при температуре 25 °C, ± 3 °C на всём диапазоне
- Напряжение питания от 2,7 V до 5,5 V
- Потребляемый ток 50 мА

Его принцип действия основан на следующем. Характеристики полупроводникового р-п перехода в диодах и биполярных транзисторах сильно зависят от температуры. Если прямосмещенный переход соединить с источником постоянной ЭДС, то выходное напряжение, снимаемое с р-п перехода, будет прямо пропорционально изменению его температуры. Таким образом, главным достоинством такого датчика является его линейность.

Датчик освещенности. При достаточном освещении показания находятся в пределах нормы. Как только освещённость падает до критической отметки, то включается часовой таймер, по истечении которого будет отправлено SMS-сообщение. После отправки сообщения назначен временной интервал, за который пользователь должен отреагировать на полученное SMS-оповещение. По истечении этого времени при условии отсутствия соответствующей команды, система самостоятельно принимает решение. Длинный интервал задержки оповещения обусловлен тем, что уровень освещённости мог понизиться из-за климатических условий. В первом случае включение искусственного освещения не понадобится и позволит снизить экономические затраты на освещение. При недостаточной освещённости происходит замыкание реле на исполнительное устройство и включается искусственное освещение.

Датчик влажности. Простейший датчик влажности позволит измерять уровень влажности. Между двумя электродами создаётся небольшое напряжение. Если почва сухая, сопротивление велико и ток будет меньше. Если земля влажная - сопротивление меньше, ток - чуть больше. По итоговому аналоговому сигналу можно судить о степени влажности. Максимальный потребляемый ток составляет 50 мА. Сенсор при работе потребляет ток около 35 мА. Напряжение питания 3,3—5 В. Возвращаемый сигнал при питании от 5 В: 0—4,2 В. Отобразив эти значения на 10-битный диапазон, можно воспользоваться следующими приближениями:

- 0-300 сухая почва
- 300-700 влажная почва
- 700-950 датчик погружен в воду

Как только влажность падает до критической отметки, то включается часовой таймер, по истечении которого будет отправлено SMS-сообщение. После отправки сообщения назначен временной интервал, за который пользователь должен отреагировать

на полученное SMS-оповещение. По истечении этого времени при условии отсутствия соответствующей команды, система самостоятельно принимает решение о технологическом решении.

Датчики охраны. Для охраны и безопасности объекта применим два датчика: датчик угарного газа и инфракрасный датчик движения. Датчики движения и датчики присутствия реагируют на появление или исчезновение инфракрасного света на фотоэлементе, являющимся основой этих устройств.

При срабатывании датчика газа, незамедлительно будет совершён звонок пользователю. Реле замкнётся на исполнительное устройство, отвечающее за пожаротушение. При срабатывании охранного датчика, так же незамедлительно будет совершён звонок на пост охраны. Реле замкнётся на исполнительное устройство, отвечающее за закрытие ставень, блокировку двери и включение сигнализации. При устранении пожара и отсутствии теплового движения, система возвращается в исходное состояние.

Рассмотрим возможности импортозамещения и стоимость готовой системы.

Результаты сравнения представлены в таблице 1.

	Импорт	Цена, руб.	Российский аналог	Цена, руб.
Плата	RBX-877	3.500	Iskra NEO	890
Микроконтроллер	PIC16-877	117,74	KP1816BE51	132
Датчик температуры	TMP-36	63	K1019EM1	110
Датчик света	GL5528	138,12	SVPIR/L	195,42
Датчик влажности почвы	D1U	74,72	MP538	550
Датчик газа	MQ2	107,18	MP526	600
Датчик движения	HC-SR501	94,38	SVPIR/L	195,42
GSM-модуль	SIMCom SIM900R	1962	IRZ MG 21	2.220
Электромагнитное реле	TRQ2-5VDC	180	РЭС60РС4.569.435	160
Итого:		6.120,14		4.920,84

Исходя из выше представленной таблицы, можно сделать следующие выводы:

– Собрать представленную систему из полностью российских комплектующих - возможно.

– Ценовая составляющая российского аналога ниже, чем у китайского. К сожалению, остаётся проблема стоимости датчиков.

Вывод. Разработана автоматизированная система контроля параметров для использования на предприятиях и производстве. В примерах использования датчиков она рассмотрена в приложении для управления теплицами: датчики температуры, освещенности и влажности почвы. При использовании датчиков углеродных газов, температуры помещения, движения можно расширить функции системы применив ее для контроля состояния складских помещений, охранных систем, систем помощи в медицинских учреждениях.

Список литературы

- [1]. Шарапов В.М., Полищук Е.С., Кошевой Н.Д., Ишанин Г.Г., Минаев И.Г., Совлуков А.С. Датчики: Справочное пособие. М.: Техносфера, 2012. 624 с.
- [2]. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. В 3 т. Т. 2.: пер. с англ. 4-е изд., перераб. и доп.: пер. с англ. / под ред. М. В. Гальперина. М.: Мир, т. 2: 590 с. [Paul Horowitz, Winfield Hill. The Art of Electronics. Cambridge University Press 1983]
- [3]. Бурцев В.С. Подходы к изучению сложных систем // Информационные технологии и вычислительные системы // 2002. № 3. С. 42-43.
- [4]. Спиридонов С.Б. Схемотехника дискретных устройств: учебно-методическое пособие кафедры «Системы обработки информации и управления» / под ред. В.М. Чёрненко. М: Изд-во ООО «АртКом». 2014. 128 с.