

УДК 681.518.3

## **Основные этапы проектирования исполнительного органа системы автоматического полива и калибровка датчика влажности почвы**

*Чистяков И. Ю., студент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Информационные системы и телекоммуникации»*

*Научный руководитель: Крупна З.П., старший преподаватель  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[iu3@bmstu.ru](mailto:iu3@bmstu.ru)*

### **Введение**

В настоящее время системы автоматического полива пользуются большим спросом, в основном у людей, имеющих загородные дома, в которых они не живут в течение всего года. На данный момент большинство систем автоматического полива являются довольно дорогостоящими продуктами (в среднем, цена системы составляет порядка 70000-100000 рублей). На иностранном рынке цены ощутимо дешевле (порядка 2000\$), но, тем не менее, всё равно достаточно велики, особенно для людей со средним достатком.

Система автоматического полива состоит из следующих основных элементов: поливочные оросители для равномерного распыления, от самых маленьких, для полива цветов, до самых больших, для полива спортивных площадок; электромагнитные клапаны, сгруппированные в зоны и спрятанные под землей и электронный контроллер, который включает и отключает систему. Функционирование осуществляется полностью автоматически. В данной статье описывается проектирование и калибровка локальной системы полива, которая впоследствии может быть расширена до глобальной.

### **Алгоритм работы**

Принцип работы системы – устройство измеряет текущее значение влажности на определенном участке почвы при помощи чувствительного элемента (датчика). Затем происходит сравнение полученного значения влажности с оптимальным на текущий момент значением. Если значение влажности больше или равно эталонному, система возвращается в «спящее» состояние на некоторое время (оно может быть настроено в зависимости от времени года или погодных условий – например, в сезон дождей

необязательно проверять влажность каждый час – достаточно это делать 1-2 раза в сутки, тем самым экономя энергию).

Если полученное значение процента влажности почвы оказывается меньше заданного, то система входит в основной режим работы – например, открывается клапан подачи воды из баллона или трубопровода. Вода подаётся в течение определенного времени (опять же, настраиваемого), после чего клапан закрывается, снова производится проверка значения влажности и, в случае большего или равного значения, система уходит в «сон».

### **Составные части системы**

В состав системы входят чувствительный элемент (датчик влажности почвы), управляющее устройство (микроконтроллер) и мотор, открывающий клапан. Помимо этого, к каждому элементу предъявляются соответствующие требования по корректной работе.

На аналоговый вход микроконтроллера подается напряжение, снятое с датчика влажности, если напряжение меньше определенного значения, включается мотор-редуктор, открывающий клапан. Вал мотора имеет ограниченный угол поворота, поэтому дальнейшее пропускание тока через мотор при достижении максимального угла, может привести к дополнительному износу или даже выходу техники из строя.

Для ограничения превышения максимального угла поворота вала редуктора используются два датчика Холла, работающих в режиме «коромысла». При повороте вала мотора так же опускается/поднимается коромысло с закрепленными магнитами. При достижении максимального угла поворота магнит, закрепленный на коромысле, подносится к датчику Холла, с которого на микроконтроллер поступает сигнал о необходимости прекращения вращения вала. При этом датчики Холла могут быть как аналоговыми, так и цифровыми.

Мотор-редуктор — агрегат, представляющий собой совмещённые в одном блоке электродвигатель и редуктор. Как элемент электропривода, широко применяется во всех областях промышленности; достоинства его — высокий КПД, простота обслуживания, компактность, упрощённый монтаж.

В данной работе мотор-редуктор управляет открытием/закрытием клапана подачи воды. На рис. 1 в качестве примера показан мотор-редуктор от фирмы *Tricore - GM1507A*. Для работы с мотор-редуктором необходимо спроектировать систему H-bridge (полный мост) или выбрать драйвер управления мотором [2,5]. Так как одним из основных критериев выбора компонентов является цена устройства, драйвер использовать нецелесообразно. Выбрано полуинтегральное решение h-моста на базе полевых МОП

транзисторов *ELM14800/14801*. Они представляют собой сборку из двух р-канальных и п-канальных транзисторов

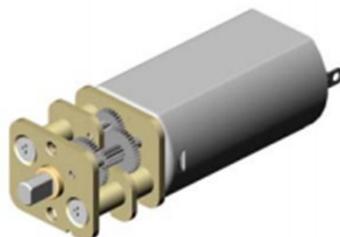


Рис. 1. Мотор-редуктор *GM1507A*

В качестве управляющего устройства при эксперименте использовалась экспериментальная плата *MSP430FG4816 Experimental Board*, показанная на рис. 2.



Рис. 2. Плата *MSP430FG4618*

Питанием для устройства служат 2 элемента питания типа АА (1,5 В). Питание от них нельзя считать стабилизированным, поскольку в ходе работы напряжение на выходе элементов питания падает с 3 до 2,2 В, следовательно необходимо подобрать вторичный источник электропитания, который бы выдавал необходимое стабилизированное напряжение на выходе.

Необходимый вторичный источник питания – повышающий импульсный стабилизатор с выходным напряжением 3 В. Выбран преобразователь от компании *TexasInstruments TPS61015DGS* (рис. 3).

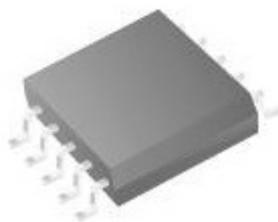


Рис. 3. Импульсный повышающий преобразователь *TPS61015DGS*

В качестве чувствительного элемента выбран емкостной датчик влажности *SEN0114 DFRobot* (рис. 4)

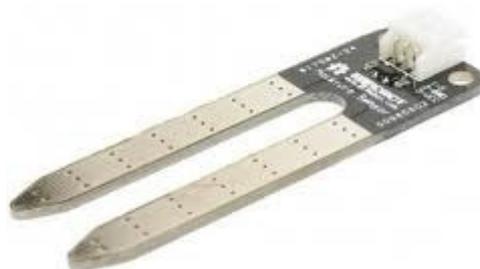


Рис. 4. Датчик влажности почвы *SEN0114 DFRobot*

### Эксперименты и калибровка

Для корректной интерпретации данных, полученных с датчика, необходимо провести эксперимент, в котором показания датчика влажности будут сравниваться с достоверно известными значениями уровня влажности почвы (например, проводя анализ влажности почвы ручным или весовым методом). Ручной метод измерения влажности почвы описан в ГОСТ 5180-84 [1]. Однако данные, полученные таким методом, не пригодны для использования в системах автоматического регулирования, поэтому необходимо произвести их сопоставление с результатами показаний датчика.

Предварительно берётся 0,5 л почвы и высушивается до состояния критической влажности (0-25%). Затем проводится измерение, полученное значение сохраняется в таблицу. Следующий шаг – почва слегка увлажняется и производится новый замер. Повторять необходимо до 75%-100% влажности почвы. Высушим почву до состояния критической влажности и начнём замерять. В первой итерации в регистр микроконтроллера *ADC12MEM0* записалось число 0x00A1. Это число можно перевести в значение напряжения по формуле  $U_{\text{ВЫХ}} = \frac{V_{\text{CC}} * \text{ADC12MEM0}_{10}}{4096}$ , где  $V_{\text{CC}}$  – напряжение питания микроконтроллера,  $\text{ADC12MEM0}_{10}$  – значение регистра в десятичной системе счисления, 4096 – количество отсчётов АЦП. Получаем  $U_{\text{ВЫХ}} = 0.12 \text{ В}$

Следующий шаг – необходимо увлажнить почву несколькими каплями воды (чем меньше – тем точнее будут результаты эксперимента). Например, будем добавлять по 2 мл воды после каждого замера. Все замеры заносим в таблицу.

Влажность почвы	Содержание воды, мл	Значение регистра АЦП	Напряжение, В
Критическая (<25%)	0	0x00A1	0,12
Критическая (<25%)	2	0x01F4	0,37
Критическая (<25%)	4	0x0208	0,38
Критическая (<25%)	6	0x048D	0,83
Критическая (<25%)	8	0x0797	1,23
Критическая (<25%)	10	0x08EF	1,62
Критическая (<25%)	12	0x091A	1,74
Умеренная (<50%)	14	0x09EE	1,81
Умеренная (<50%)	16	0x0A10	1,86
Умеренная (<50%)	18	0x0A55	1,93
Умеренная (<50%)	20	0x0AA5	1,99
Умеренная (<50%)	22	0x0B15	2,07
Умеренная (<50%)	24	0x0B96	2,17
Умеренная (<50%)	26	0x0C11	2,26
Высокая (<75%)	28	0x0CA2	2,37
Высокая (<75%)	30	0x0D32	2,47
Высокая (<75%)	32	0x0DD0	2,59
Высокая (<75%)	34	0x0E1F	2,65
Высокая (<75%)	36	0x0EFF	2,81
Высокая (<75%)	38	0x0F32	2,85
Высокая (<75%)	40	0x0FA1	2,93
Максимальная (~100%)	42	0x0FA8	2,94
Максимальная (~100%)	44	0x0FAA	2,95
Максимальная (~100%)	46	0x0FB5	2,96
Максимальная (~100%)	48	0x0FE9	2,98
Максимальная (~100%)	50	0x0FF2	2,99
Максимальная (~100%)	52	0x0FFF	3

Результаты эксперимента в виде графика зависимости напряжения на АЦЦ микроконтроллера от объема воды в образце почвы представлены на рис. 5.



Рис. 5. График зависимости показаний датчика влажности от количества воды в почве

Таким образом, система откалибрована и при следующих экспериментах, получив значение напряжения на АЦЦ, можно будет сопоставить полученное значение с теоретическим уровнем влажности без повторной калибровки.

### Заключение

Полученные значения напряжений теперь соотнесены с теоретическими значениями уровня влажности. На их основе можно создавать программы, обеспечивающие автоматизацию работы системы автоматического полива, а также помогающие продлить срок работы элементов питания системы. Например, при получении значений, соответствующих максимальному уровню влажности, можно на некоторое время погрузить систему в «режим сна» с целью минимизации расходов электроэнергии.

### Список литературы

1. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Изд-во стандартов, 1984. 20 с.
2. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: учеб. пособие для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 816 с.
3. Семейство микроконтроллеров MSP430x2xx. Архитектура, программирование, разработка приложений / пер. с англ. Евстифеева А.В. М.: Додэка-XXI, 2010. 544 с.: ил.
4. Семейство микроконтроллеров MSP430. М.: Компэл, 2005. 544с.
5. Roboforum Н-мост. Режим доступа: <http://roboforum.ru/wiki/H-%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82> (дата обращения 21.02.2014).