

В. И. Тюрин

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДОЗИРОВАНИЯ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦЕЛЕЙ

Поступила в редакцию 02.05.2021 г.

Рецензия от 15.05.2021 г.

Представлены этапы разработки автоматизированного комплекса, предназначенного для дозирования жидкости на производстве. Рассмотрены основные виды дозирующих устройств, выбран метод дозирования. Охарактеризованы основные компоненты для комплекса по дозированию жидкости, разработана принципиальная схема платы управления, произведена доработка компонентов печатной платы, а также разработка программной части такого комплекса.

35

The article considers the following points: consideration of the main existing dosing devices, and the choice of the dosing method; consideration of the main components for a liquid dosing complex; development of a schematic diagram of a control board, revision of components of a printed circuit board, as well as development of a software part of such a complex.

Ключевые слова: дозатор, печатная плата, принципиальная схема, плата управления, контроллер

Keywords: dispenser, printed circuit board, circuit diagram, control board, controller

На сегодняшний день невозможно представить компанию «Авто-тор», осуществляющую конвейерное производство автомобилей, без какой-либо автоматизации. Назрела необходимость в разработке автоматизированного комплекса, работа которого будет заключаться в сканировании VIN-кода автомобиля вместо ручного поиска, программной обработке номера и последующем задании количества масла, заливаемого в систему кондиционера автомобиля непосредственно через дозатор. При этом важно также, чтобы поддерживался ручной ввод.

Такой комплекс должен быть быстродействующим и доступным для самого широкого круга пользователей. Для сотрудников и администраторов функционал должен быть разделен: сотрудник работает только с внешней системой (осуществляет сканирование штрих-кода и впрыск масла), не взаимодействуя с программной частью.

Дозатор чаще всего представляет собой устройство, благодаря которому осуществляется впрыск его содержимого. Дозаторы используются для дозирования жидкостей, газов, паст, сыпучих твердых материалов. Такое дозирование происходит либо путем постоянного расхода с установленной погрешностью, либо в виде порций.

Дозаторы делятся на два вида: однокомпонентные (одноканальные) и многокомпонентные (многоканальные), с помощью которых осуществляется выдача порций одного или нескольких продуктов.



Источником управления любого дозатора является автоматический регулятор. Наибольшая эффективность достигается, если основная часть или регулятор представляет собой микроЭВМ.

Мы произвели сравнение следующих дозирующих устройств [1]:

- 1) объемный дозатор;
- 2) весовой дозатор;
- 3) двухканальное дозирующее устройство;
- 4) пневматический дозатор;
- 5) дозатор постоянного давления.

В результате был выбран дозатор постоянного давления, имеющий ряд преимуществ: простота, надежность, точность дозирования, многократное использование дозатора, корректность решения поставленной задачи [2].

В целях дальнейшей оптимизации мы предложили в качестве решения, позволяющего уменьшить затраты времени на доливку масла, использовать двухканальное дозирующее устройство, которое будет включать две емкости: расходную и весовую (а не одну, как в дозаторе постоянного давления). Таким образом, не нужно будет постоянно отключать дозатор, снимать емкость и доливать масло — достаточно просто пополнять расходную емкость.

Следующим не менее важным моментом стал выбор стека необходимых компонентов для создания дозирующего устройства. Рассмотрим основные компоненты.

1. Сканер штрихового кода. Сканер позволяет считывать штрихкоды, нанесенные на различные места, например на упаковку товара или обычный лист формата А4. Затем он передает эту информацию в кассовый аппарат, компьютер или POS-систему.

За основу был взят сканер модели PowerScan D8330. Он использует систему зеркал и линз, позволяющую считывать штрихкод независимо от ориентации, и может легко считывать штрихкод на расстоянии до полуметра. Эта модель включает в себя считывающее устройство (пример см. на рисунке 1) и провода для подключения к питанию и к компьютеру. С помощью этого устройства возможно достичь наибольшей автоматизации.



Рис. 1. Пример сканера штрихкода



2. Тензометрические датчики. Тензодатчики – это устройства, которые обычно применяются для измерения воздействия на объект внешних сил. Они измеряют деформацию напрямую, что может использоваться для косвенного определения напряжения, крутящего момента, давления, прогиба и многих других величин [3].

Из трех видов датчиков (проволочные, из фольги и полупроводниковые) для работы был выбран датчик из фольги, поскольку он является более гибким, что позволяет устанавливать фольгу в более удаленных и ограниченных местах и на широком диапазоне криволинейных поверхностей [4]. Также он обладает наибольшей точностью за счет высокого калибровочного коэффициента (для обеспечения высокой чувствительности).

3. Аналого-цифровые преобразователи. С их помощью возможно преобразовать входное напряжение в пропорциональное число [5], которое соответствует количеству жидкости для дозирования в систему кондиционера автомобиля. Основными способами преобразований считают параллельный, взвешивания и счета. В системе используется первый из представленных, поскольку он не только прост, но и эффективен с точки зрения скорости, ограничен только задержками распространения компаратора и затвора. Но у такого преобразователя есть минус – для большого количества выходных битов задержка распространения компаратора и затвора является наиболее ресурсоемким процессом.

Перейдем к рассмотрению самой важной части – программной реализации. Прежде чем собрать весь комплекс и отдать на тестирование, необходимо было подготовить печатную плату, схему платы управления и все это запрограммировать.

Частично печатная плата была готова. Суть ее доработки заключалась в том, что за счет добавления ряда компонентов стала возможна максимальная оптимизация, подключение сканера и работа с ним.

Рассмотрим компоненты, которые были добавлены к печатной плате.

1. Интегральная схема MAX232 (рис. 2) служит для преобразования сигнала последовательного порта RS-232 в сигналы, пригодные для использования в цифровых схемах [6].

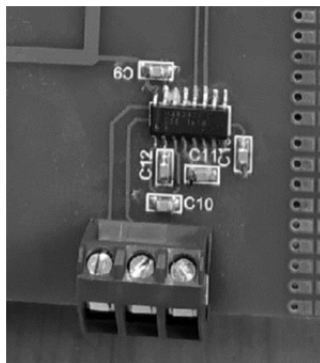


Рис. 2. Интегральная схема MAX232



В нашем случае к ней подключается сканер штрихкода, после сканирования схема позволяет обработать считанный код в программе. А сопоставить коду необходимое число для дозировки позволяет уже написанный код в программе.

На рисунке 3 можно увидеть основную функцию проверки VIN-кода по маске. Маска должна быть задана в таком формате: "A*B*C", где * – любой символ. Она должна иметь размер до 17 символов, поскольку идентификационный номер содержит именно это количество символов. Функция отработает корректно, даже если символы содержатся в середине или в конце номера.

38

```
void mask_compare(char *mask, char *vin) {
    int i, j;
    int maskLength = strlen(mask);
    int vinLength = strlen(vin);

    for (i = 0; i < maskLength; i++) {
        int maskIdx = 0;

        if (mask[0] != vin[i]) continue;

        for (j = i; j < vinLength; j++) {
            // Last iteration
            if (maskIdx == (maskLength - 1) && mask[maskIdx] == vin[j]) {
                is_correct_vin_number = true;
                return;
            }

            // Correct mask item
            if (mask[maskIdx] == vin[j] || mask[maskIdx] == '*') {
                maskIdx++;
                continue;
            }

            // Incorrect mask item
            break;
        }
    }

    is_correct_vin_number = false;
}
```

Рис. 3. Проверка идентификационного номера по маске

Ниже можно увидеть пример кода, с помощью которого проверяется корректность идентификационного номера по всем маскам, которые были заданы в программе.

```
float all_masks_compare(char *vin) {
    int i;

    for (i = 0; i < SIZE_OF_STRUCT; i++) {
        mask_compare(arr_portions[i].mask, vin);

        if (!is_correct_vin_number) continue;

        return arr_portions[i].portion;
    }

    return 0.0;
}
```

Рис. 4. Сравнение идентификационного номера по всем маскам и сопоставление порции для дозирования

2. **LCD-дисплей** является обязательной частью большого количества печатных плат (рис. 5). С его помощью можно отследить корректность работы программы, вывести сообщения об успехе или неудаче [7].

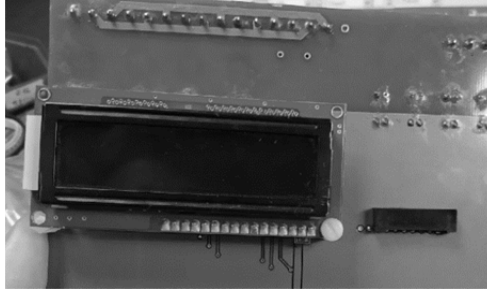


Рис. 5. LCD-дисплей, который используется в качестве принтера

Затем была разработана принципиальная схема платы управления, выполняющая следующие основные задачи:

- 1) содержит общую информацию о принципах взаимодействия в схеме;
- 2) позволяет легко воссоздать по ней заново целевое устройство благодаря чтению символов и следуя их взаимным соединениям.

Принципиальная схема разработана в программе P-CAD. Она отображает все компоненты, из которых состоит печатная плата (рис. 6).

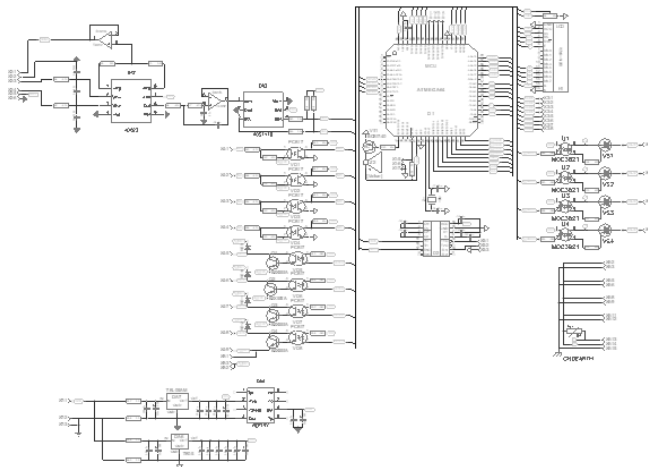


Рис. 6. Принципиальная схема платы управления

Печатная плата (рис. 7) является двусторонней, на обратной стороне располагается LCD-дисплей. Как можно заметить, принципиальная схема действительно полностью соответствует печатной плате. По ней с легкостью можно воссоздать плату заново.

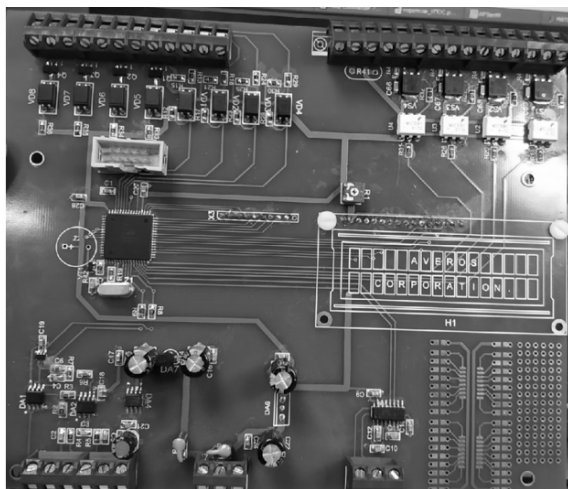


Рис. 7. Печатная плата

Прежде чем приступить к сборке дозатора, необходимо сконфигурировать USART-контроллер и написать основные функции для работы (некоторые частично уже приведены выше). Конфигурация происходит очень легко: нужно зайти в программу CodeVisionAVR (в ней и будет происходить вся разработка), выбрать вкладку USART и задать параметр Receive, а также установить Mode = Asynchronous и скорость передачи 9600 бод [8]. Это необходимо проделать для корректной работы приемопередатчика и для того, чтобы можно было обрабатывать прерывания.

Пример конфигурации предоставлен на рисунке 8 [9].

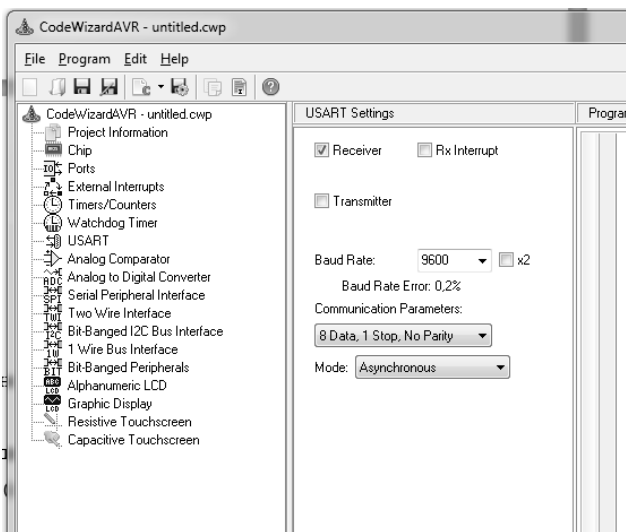


Рис. 8. Конфигурация программы

Также помимо основных функций для сканирования и задания порции с помощью проверки идентификационного номера по маске были написаны функции для задания порции, чтобы дозировать ее вручную. Это является важной частью, поскольку может возникнуть необходимость задать порцию вручную.

На рисунке 9 можно увидеть функции для изменения порции вручную при нажатии клавиш «вниз» и «вверх» [10].

```

unsigned char key_scan ()
{
    unsigned char scan_cod=1;
    unsigned char i;
    for(i=0;i<4;i++)
    {
        PORTA=(0xFF^scan_cod);
        delay_ms (5);
        if (PINA<0xF0)
        {
            Beep_on;
            delay_ms (15);
            Beep_off;
            return (0xFF^PINA);
        };
        scan_cod<<=1;
    };
    return 0;
}

float Portion_change(float Port)
{
    while (key_scan ()==Up)
    {
        Port+=0.5;
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("necessary portion");
        ftoa (Port,1, hmi_data);
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_puts(hmi_data);
        delay_ms(700);
    }

    while (key_scan ()==Down)
    {
        Port-=0.5;
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("necessary portion");
        ftoa (Port,1, hmi_data);
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_puts(hmi_data);
        delay_ms(700);
    }

    return Port;
}

```

Рис. 9. Функции изменения порции и считывание символа с клавиатуры

При сканировании идентификационного номера происходит его обработка и затем задание жидкости для дозирования. Для проверки корректности исполнения программы очень помогает LCD-дисплей, который был подключен к печатной плате. С его помощью можно отслеживать работоспособность программы.

Например, была задана маска "WM**F", далее считан тестовый VIN-код: "WMWMF71010TS13428". Как можно заметить, он полностью соответствует маске, следовательно, была задана порция для дозирования и выведена на дисплей (рис. 10).

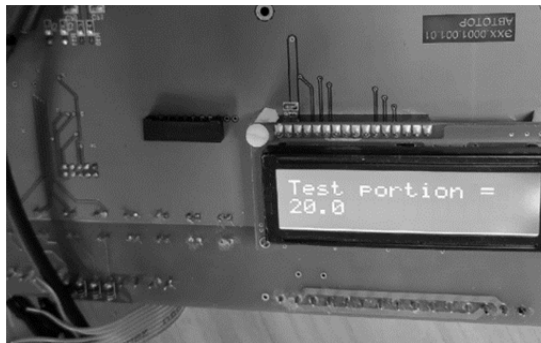


Рис. 10. Вывод тестовой порции после скана на LCD-дисплей



Если код не прошел проверку, на экран выведется 0.0 – признак того, что введен некорректный номер или нет соответствующей маски.

После всех проделанных действий был собран дозатор, включивший все описанные выше компоненты, который был отдан на тестирование и длительную проверку, обязательно предваряющую запуск разработки в масштабное производство.

Выводы

В ходе работы в результате проведенного анализа дозирующих устройств был выбран дозатор постоянного давления, компонентами которого являются крышка, регулятор давления, расходная емкость, трубка с клапаном для дозирования жидкости.

Следующим важным шагом стал выбор компонентов для создания комплекса по дозированию жидкости, без которых такую задачу было бы не решить, а именно: сканер штрихового кода, тензометрические датчики, аналого-цифровые преобразователи, а также компоненты печатной платы (интегральная схема MAX232, LCD-дисплей).

Наконец, были рассмотрены моменты доработки печатной платы и создания схемы платы управления, а затем программной части, с помощью которой происходит само дозирование жидкости.

Выражаю благодарность начальнику отдела промышленной электроники Д. В. Михеенко за предоставленную возможность поработать с промышленным оборудованием и найти решение, благодаря которому должен повыситься уровень автоматизации на предприятии, а также за полученный ценный опыт, который можно использовать повсеместно при работе с электроникой и контроллерами.

Список литературы

1. Глобин А. Н., Краснов И. Н. Дозаторы : монография. М. ; Берлин, 2016.
2. Бурданов В. Н. Непрерывное дозирование жидкости насосами возвратно-поступательного действия. СПб., 2012.
3. Датчики : справ. пособие / под общ. ред. В. М. Шарапова, Е. С. Полищука. М., 2012.
4. Тензометрические датчики. Виды и работа. Устройство. URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/tenzometricheskie-datchiki-tenzodatchik/> (дата обращения: 05.04.2021).
5. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12-е изд. Т. 2 / пер. с нем. М., 2007.
6. What is RS232 and what is it used for? URL: <https://realpars.com/rs232/> (дата обращения: 25.04.2021).
7. Кечиев Л. Н. Практическое руководство по конструированию многослойных печатных плат. М., 2021.
8. Универсальный синхронно-асинхронный приемопередатчик USART. URL: <https://prog-cpp.ru/micro-usart/> (дата обращения: 20.04.2021).
9. Лебедев М. Б. CodeVisionAVR : пособие для начинающих. Додэка-XXI, 2008.
10. Ревич Ю. В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера. СПб., 2014.



Об авторе

Виктор Игоревич Тюрин — магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: viktor10997@mail.ru

The author

Victor I. Turin, Master's Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: viktor10997@mail.ru