

## Методы решения проблемы нехватки входов и выходов контроллера при разработке автоматизированных систем управления

*А.Н. Долидзе*

*Государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург*

**Аннотация:** В статье рассматриваются различные решения проблемы нехватки входов и выходов программируемых логических контроллеров при построении автоматизированных систем управления. Отмечается, что управляющие сигналы, которыми оперирует контроллер, могут быть разделены на две категории: первая отвечает за непосредственное управление оборудованием системы, а вторая организует человеко-машинный интерфейс. Описанные в статье методы позволяют существенно сократить нагрузку человеко-машинного интерфейса на контроллер или же полностью делегировать её сенсорной панели оператора. Приводится пример работы контроллера с панелью оператора по протоколу MODBUS. Перечисляются плюсы и минусы описанных методов, а также условия, при которых они являются предпочтительными.

**Ключевые слова:** программируемый логический контроллер, программируемое реле, сенсорная панель оператора, человеко-машинный интерфейс, управляющий сигнал.

### Введение

Часто при разработке и модернизации автоматизированных систем управления возникает проблема нехватки входов и выходов программируемых логических контроллеров (ПЛК), особенно сильно эта проблема касается программируемых реле (ПР) – упрощённых ПЛК. Как правило, ПР имеет жёсткое ограничение на количество входов/выходов, например, Logo! фирмы Siemens, в максимальной конфигурации, позволяет использовать только 24 входных и 20 выходных дискретных сигналов, а также до 8 аналоговых входных и 8 выходных сигналов [1]. Хотя этот контроллер имеет сетевой интерфейс, позволяющий обмениваться информацией с другими контроллерами, использование дополнительных контроллеров для расширения доступных входов/выходов может быть неоправданно дорогим решением. Иногда проще и дешевле использовать более мощный контроллер, но что делать, если такой возможности нет?

Прежде всего, стоит отметить, что сигналы в автоматизированной системе управления можно разделить на два класса в зависимости от

---

назначения: первые предназначены для непосредственной реализации управления (подключение исполнительных устройств и датчиков), вторые реализуют общение с пользователем (оператором), иначе говоря, человеко-машинный интерфейс (ЧМИ). В простейшем виде ЧМИ представляет собой набор тумблеров и индикаторов, позволяющих оператору взаимодействовать с системой [2]. Разница между двумя классами состоит в том, что реализация ЧМИ накладывает значительно меньшие требования на характеристики сигналов, такие как: быстродействие, рабочее напряжение и ток [3], в результате, применяя различные методы, можно сравнительно легко расширить доступное количество таких сигналов. В статье будет рассматриваться работа именно с такими сигналами.

### Кодирование управляющих сигналов

Один из простейших способов строится «от обратного»: вместо увеличения доступных входов и выходов, можно сократить количество необходимых, это достигается путём применения кодирования. Вместо того, чтобы выводить и принимать информацию в прямом виде (один индикатор – один выход, одна кнопка – один вход), можно применить какое-либо кодирование [4], например, используем двоичное кодирование для четырёх выходных сигналов, очевидно, теперь нам доступны 16 комбинаций (рис. 1).

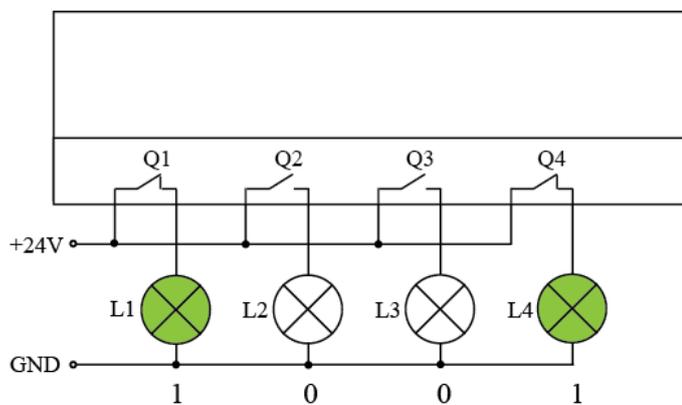


Рис. 1. – Вывод кодированного сообщения на четырёх индикаторах (контроллер с релейным выходом, выводимое сообщение:  $1001_2=9_{10}$ )

Минус этого подхода очевиден: закодированную информацию тяжелее воспринимать «на глаз» и, если в случае с 16 комбинациями сравнительно не трудно разобраться (при этом оператору придётся запомнить все комбинации сигналов или каждый раз сверяться с таблицей для их расшифровки), то при увеличении числа сигналов это станет попросту невозможным. Ещё раз акцентируем внимание на том, что этот метод практически не подходит для работы с сигналами, предназначенными для работы с датчиками и исполнительным оборудованием, теоретически, датчики можно было бы подключить с использованием кодирования, но в системе могут быть датчики с различными типами выходов и, соответственно, разным рабочим напряжением [5]. В случае с выходными сигналами применение метода кодирования невозможно без установки внешнего дешифратора, это может стать серьёзной проблемой, потому что исполнительные устройства, подключаемые к контроллеру, зачастую работают с высоким напряжением, а значит, потребуются дополнительные внешние реле или мощные транзисторные ключи для подключения этих устройств.

### **Применение сдвигового регистра**

Другой, более сложный метод, был предложен в статье [6], там описывается подход увеличения числа выходных сигналов с помощью внешнего сдвигового регистра. Сигналы ЧМИ выводятся не параллельно, а последовательно, при этом для работы с регистром на любое число выходов (точнее с комбинацией из последовательно соединённых регистров) потребуется всего два выхода контроллера (рис. 2).

Метод не может использоваться для работы с исполнительным оборудованием по двум причинам. Первый существенный недостаток метода заключается в необходимости сдвигать содержимое регистра до тех пор, пока каждый бит не окажется на своём месте, что приводит к кратковременной

---

активации других выходов, а также прерыванию работы тех выходов, которые до этого уже были активны.

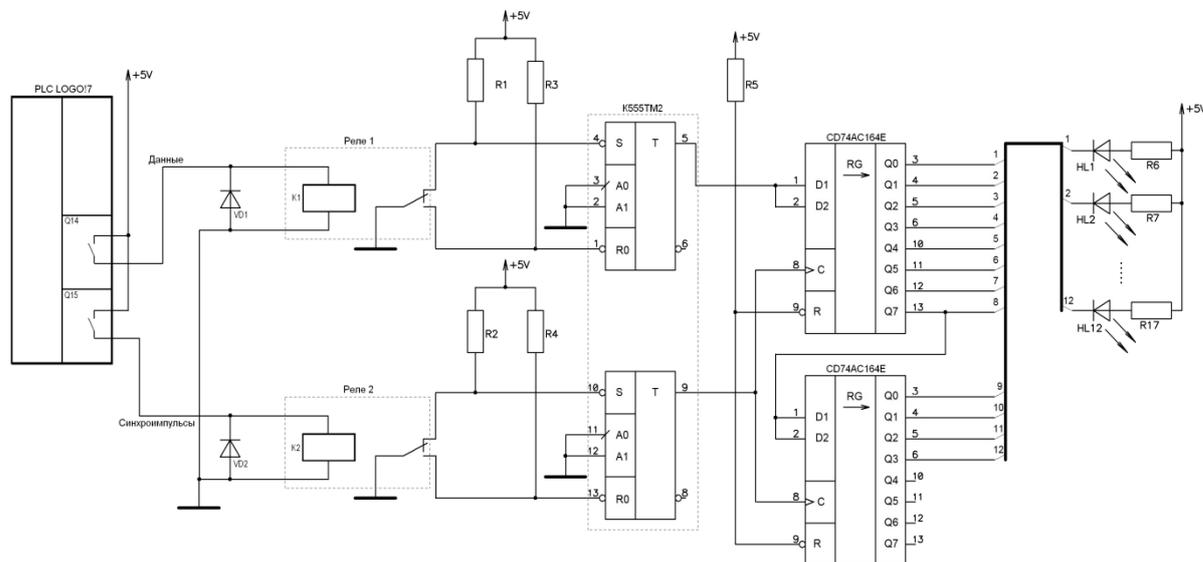


Рис. 2. – Система индикации на основе сдвиговых регистров CD74AC164E

Упомянутую проблему можно решить, подключив регистр с параллельной записью входов к выходам сдвигового регистра. Таким образом, сначала будет производиться последовательная запись в сдвиговый регистр, затем, когда все биты встанут на своё место, произойдёт единовременный перенос состояний выходов сдвигового регистра в регистр с параллельной записью, который, в свою очередь, будет управлять исполнительным оборудованием. В конечном итоге процесс записи в сдвиговый регистр больше не будет создавать проблемы, но возникнет ещё один значительный недостаток – подобная конструкция будет вносить ощутимые задержки в работу системы управления, именно по этой причине данный метод эффективен только для работы с ЧМИ.

### Использование сенсорной панели оператора

Большинство современных контроллеров оснащаются каким-либо сетевым интерфейсом (Ethernet, RS-485, RS-232 и т.п.), служащим для

подключения модулей расширения и прочего оборудования. Использование сетевого интерфейса для реализации ЧМИ посредством подключения сенсорной панели оператора является наиболее эффективным и современным решением. Сенсорная панель оператора – специализированное вычислительное устройство, оснащённое сенсорным дисплеем и набором портов для подключения к системе управления. В некоторых случаях панели оснащаются дополнительными органами управления (кнопками, потенциометрами и т.п.).

Рассмотрим преимущества использования сенсорной панели оператора на примере контроллера ПР200 фирмы ОВЕН [7] и панели МТ8070iН2 фирмы Weintek [8]. Панель оператора МТ8070iН2 является универсальной и поддерживает работу с контроллерами большинства производителей. Также панелью поддерживается несколько популярных сетевых протоколов, без привязки к конкретному устройству или производителю, таких, как MODBUS [9], именно этот протокол мы и будем использовать. Программируемое реле ПР200 поддерживает подключение устройств по интерфейсу RS-485, на основе которого может работать протокол MODBUS RTU. Протокол оперирует регистрами устройств, позволяя обращаться к ним для чтения или записи [10], таким образом, панель получает возможность работать с данными во внутренних регистрах ПР.

Физическое подключение устройств по интерфейсу RS-485 производится с использованием витой пары (ПР200 поддерживает только двухпроводную версию интерфейса). Для обеспечения связи между панелью и ПР необходимо настроить параметры протокола со стороны обоих приборов. Настройка сетевого подключения ПР200 довольно проста – сначала указываются типовые настройки, характерные для большинства протоколов: номер порта, роль прибора, скорость передачи, проверка на четность и т.п. (рис. 3).

---

Тип интерфейса: RS-485  
Номер слота: 1  
Режим: Slave  
Протокол: Авто  
Скорость: 115200  
Четность: Нет  
Число стоп-бит: 1  
Биты данных: 8  
Интервал между запросами: 10 мс

Рис. 3. – Пример сетевых настроек ПР200

Затем формируется список переменных – регистров, с которыми будет работать панель оператора (рис 4).

Имя: Сам Адрес: 1  
 Старшим регистром вперед  Старшим байтом вперед  
Float: 2 1 4 3  
Комментарий:

Имя переменной	Тип	Адрес регистра	Комментарий
Var1	Целочислен...	512	
Var2	Целочислен...	513	
Var3	Целочислен...	514	

Имя: Var1  
Тип: Целочисленное  
Регистр: 512  
Комментарий:

Рис. 4. – Пример задания сетевых переменных с присвоением номеров регистров

Со стороны панели оператора производится аналогичная настройка, включающая выбор порта панели и сетевых параметров (рис 5).

Добавляя элементы на ЧМИ, требуется указать номер регистра, с которым данный элемент будет связан (рис 6).

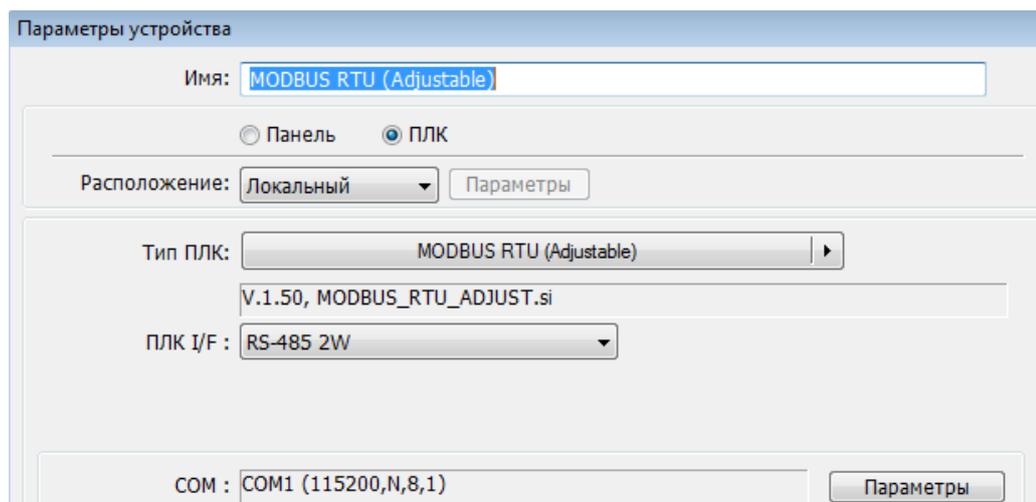


Рис. 5. – Настройки сетевого подключения сенсорной панели оператора Weintek MT8070iH2

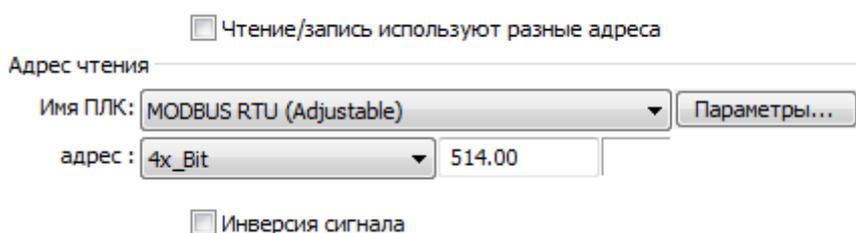


Рис. 6. – Настройка элемента ЧМИ типа «битовый переключатель»

После успешного сопряжения устройств можно создавать ЧМИ любой сложности, включающий в себя элементы ввода/вывода как дискретных значений, так и аналоговых, а также объекты для работы с вещественными числами. Сенсорная панель оператора Weintek MT8070iH2 (как и панели других производителей) помимо своей непосредственной задачи – реализации ЧМИ, позволяет взять на себя и другие функции, например: ведение журнала событий, хранение предустановленных значений переменных, предварительную обработку данных и т.п., что может значительно повысить эффективность работы ПЛК [11].

## Выводы

Сенсорная панель оператора может взять на себя все функции реализации ЧМИ, тем самым освобождается значительное число входов/выходов контроллера, при этом в работу системы не вносятся существенных задержек, как при применении метода с использованием сдвигового регистра.

Важно понимать, когда именно экономически оправданно применение сенсорной панели. Без панели не обойтись, когда требуется создать мощный ЧМИ с десятками входных/выходных сигналов (как аналоговых, так и дискретных), также панель необходима, когда ресурс контроллера на увеличение количества входных/выходных сигналов исчерпан (в систему больше нельзя добавлять модули расширения, либо эти модули стоят дороже панели).

Если ЧМИ визуализирует небольшое число сигналов, а у контроллера остались свободные входы/выходы, можно обойтись и без панели, используя другие методы, описанные в статье. В том случае, когда ресурс контроллера на увеличение количества входных/выходных сигналов не исчерпан, будет дешевле добавить дополнительный модуль (при условии, что визуализировать нужно небольшое количество однотипных сигналов).

Несмотря на то, что кодирование выходных сигналов может усложнить восприятие информации, эта проблема может быть решена с помощью внешней схемы дешифрации (что будет дешевле покупки дополнительного модуля или панели оператора), то же относится и к входным сигналам: если требуется подключить множество кнопок, можно использовать готовую клавиатуру, которая минимизирует количество затрачиваемых входов контроллера.

## Литература

1. Siemens AG LOGO! - System Manual. Nuremberg: Siemens AG, 2022. 371 с.
  2. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. Москва: Солон-Пресс, 2016. 254 с.
  3. Назаренко Н.А., Каминская Ж.К. Методика проектирования человекомашинных интерфейсов SCADA-систем // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2017. №7. С. 31-38.
  4. Тидвелл Дж Разработка пользовательских интерфейсов. СПб.: Питер, 2008. 416 с.
  5. Hugh Jack Automating Manufacturing Systems with PLCs. Lulu.com, 2010. 644 с.
  6. Елизаров В.Н., Долидзе А.Н. Программно-аппаратный метод увеличения выходов в системах с ПЛК // Научная сессия ГУАП. 2014. №2. С. 190-193.
  7. ПР200 Устройство управляющие многофункциональное: Руководство по эксплуатации // Owen-Prom.Ru: 2019. URL: [owen-prom.ru/files/re\\_pr200\\_1-ru-38699-1.46.pdf](http://owen-prom.ru/files/re_pr200_1-ru-38699-1.46.pdf) (дата обращения: 30.07.2024).
  8. MT-8000/6000 series. Human Machine Interface with 7" TFT LCD display // Taipei: Weintek, 2014. 8с.
  9. What is Modbus and How does it work? // Schneider Electric Life is On URL: [se.com/us/en/faqs/FA168406/](http://se.com/us/en/faqs/FA168406/) (дата обращения: 31.07.2024).
  10. Фрасын П.Г., Никитин Н.В., Масанов Д.В., Рыжкова Е.А. Методологические основы работы с протоколом Modbus TCP с примером на высокоуровневом языке программирования Python // Инженерный вестник Дона. 2023. №11. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_81\\_\\_10\\_Frasyn.pdf\\_cd9fe09b51.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_81__10_Frasyn.pdf_cd9fe09b51.pdf).
-

11. Сафаров И.М., Богданова Н.В., Латыпов Т.И. Комплексный критерий оценки эффективности программируемых логических контроллеров // Инженерный вестник Дона, 2023, №9. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8706](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8706).

### References

1. Siemens AG LOGO! - System Manual. Nuremberg: Siemens AG, 2022. 371 p.
2. Petrov I.V. Programmiruemye kontrollery. Standartnye yazyki i priyomy prikladnogo programmirovaniya [Programmable controllers. Standard languages and techniques of application programming]. Moskva: SOLON-Press, 2016. 254 p.
3. Nazarenko N.A., Kaminskaya Zh.K. Izvestia SPbETU «LETI». 2017. №7. pp. 31-38.
4. Tidvell Dzh Razrabotka pol'zovatel'skikh interfeysov [Development of user interfaces]. SPb. Piter, 2008. 416 p.
5. Hugh Jack Automating Manufacturing Systems with PLCs. Lulu.com, 2010. 644 p.
6. Elizarov V.N., Dolidze A.N. Nauchnaya sessiya GUAP. 2014. №2. pp. 190-193.
7. PR200 Ustroystvo upravlyayushchie mnogofunktsional'noe: Rukovodstvo po ekspluatatsii [PR200 Multifunctional control device: Operation Manual]. 2019. URL: [owen-prom.ru/files/re\\_pr200\\_1-ru-38699-1.46.pdf](http://owen-prom.ru/files/re_pr200_1-ru-38699-1.46.pdf) (date accessed 30.07.24).
8. MT-8000/6000 series. Human Machine Interface with 7" TFT LCD display. Taipei: Weintek, 2014. 8p.
9. What is Modbus and How does it work? Schneider Electric Life is On URL: [se.com/us/en/faqs/FA168406/](http://se.com/us/en/faqs/FA168406/) (date accessed 31.07.2024).
10. Frasyn P.G., Nikitin N.V., Masanov D.V., Ryzhkova E.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №11. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_81\\_\\_10\\_Frasyn.pdf\\_cd9fe09b51.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_81__10_Frasyn.pdf_cd9fe09b51.pdf).



11. Safarov I.M., Bogdanova N.V., Laty`pov T.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №9. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8706](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8706)

**Дата поступления: 3.08.2024**

**Дата публикации: 9.09.2024**