

## Подход к реализации аппаратно-независимого управления электроавтоматикой токарных и токарно-фрезерных станков с ЧПУ

**Г.М. МАТИНОВ**,  
д-р техн. наук,  
**Р.А. НЕЖМЕТДИНОВ**,  
канд. техн. наук,  
**А.У. КУЛИЕВ**,  
аспирант  
(ФГБОУ ВПО МГТУ  
«СТАНКИН», Москва)  
neramil@ncsystemc.ru

Предложено решение логической задачи в рамках системы числового программного управления (ЧПУ) с применением программно-реализованного контроллера (Soft PLC), которое позволяет унифицировать алгоритмы управления вспомогательным оборудованием станков смежных групп и сократить время выпуска нового оборудования на рынок.

**Система ЧПУ, токарно-фрезерные станки, Soft PLC, револьверная головка, управление электроавтоматикой**

Аппаратно-независимое управление электроавтоматикой станков с ЧПУ предполагает переход от программируемого логического контроллера (ПЛК) автономного исполнения к интегрированному в ядро системы ЧПУ Soft PLC-контроллеру [1], что позволяет разделить уровень реализации управляющей программы электроавтоматики и аппаратное обеспечение. В этом случае управляющая программа может быть адаптирована для работы с различными наборами модулей ввода/вывода посредством изменения настроек конфигурирования непосредственно в среде программирования.

В случае временных, финансовых, кадровых и других ограничений допускается построение комбинированной системы управления электроавтоматикой с использованием автономного ПЛК, на котором выполняются уже имеющиеся и отлаженные программы электроавтоматики, а Soft PLC-контроллер реализует новые функции управления, отсутствующие в предыдущем решении [2]. Предложенный подход позволяет сократить время выпуска на рынок новых модификаций станков с ЧПУ. Функциональная модель аппаратно-независимого управления представлена на рис. 1.

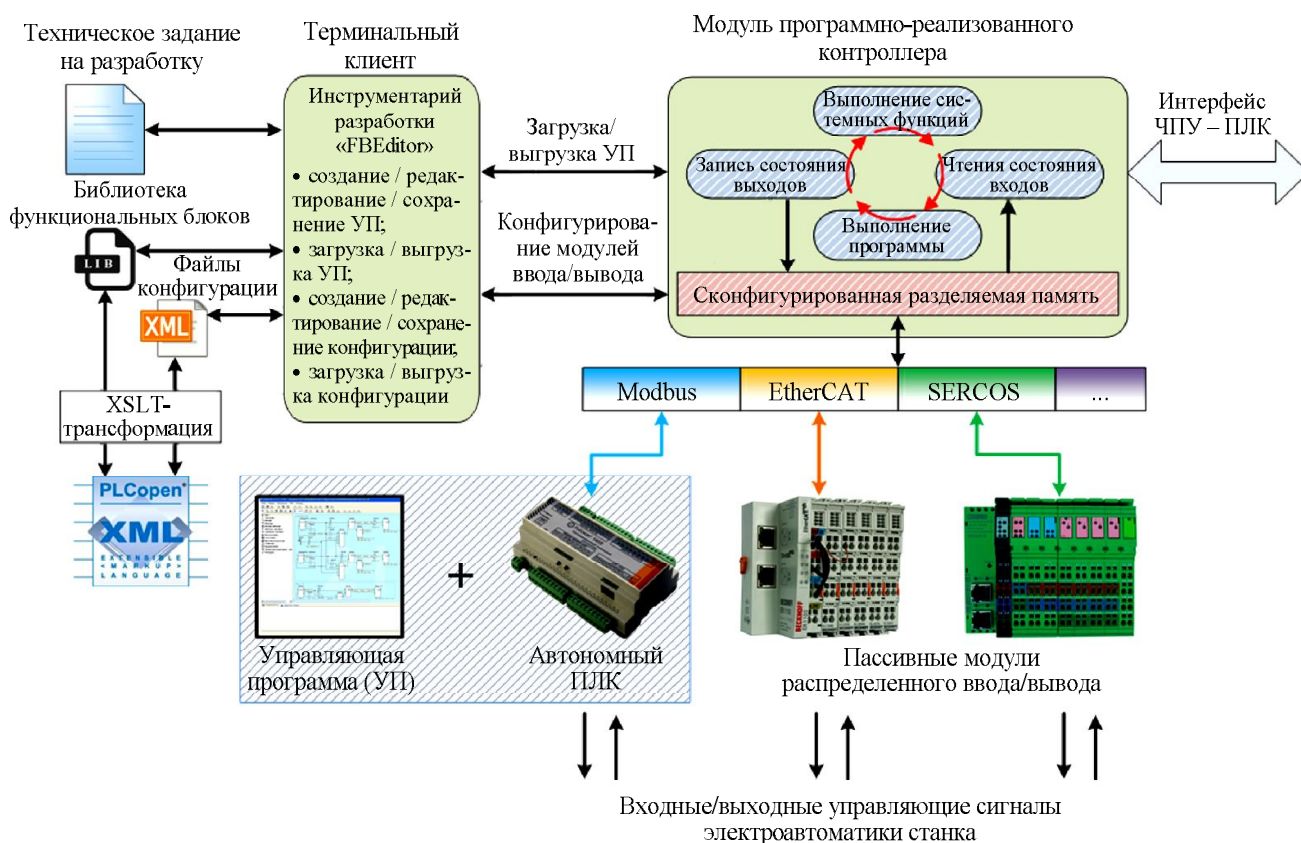


Рис. 1

При проектировании системы управления электроавтоматикой в качестве входных данных выступает техническое задание на разработку системы. Функции разрабатываемой системы распределяются между автономным ПЛК и программно-реализованным контроллером с учетом полного перехода в будущем на Soft PLC. Команды управления (S-, M-, T-функции кадра УП или команды с органов управления станка) через интерфейс ЧПУ – ПЛК записываются в разделяемую память (т.е. передаются из ядра системы ЧПУ в контроллер электроавтоматики). Программно-реализованный контроллер выполняет как диспетчерские функции, координируя взаимодействие ядра системы числового управления и автономного ПЛК, так и функции управления вновь добавляемым оборудованием [3].

В терминальном клиенте формируется управляющая программа ПЛК, использующая готовые функциональные блоки и конфигурацию устройств, подключенных к системе управления в качестве модулей ввода/вывода. Сформированная программа и конфигурация устройств передаются в модуль программно-реализованного контроллера, находящегося в ядре системы управления. При запуске технологического оборудования в цикле контроллера периодически опрашиваются входы удаленных устройств, выполняется алгоритм управления и устанавливаются соответствующие состояния выходов. Синхронизация данных с входов и выходов удаленных устройств реализуется механизмом разделяемой памяти [4].

Аппаратно-независимое управление электроавтоматикой предоставляет возможность разработчику системы управления самостоятельно определять номенклатуру и состав аппаратных средств автоматизации в зависимости от стоимости, сроков поставки, возможности повторного использования уже установленных модулей (например, при модернизации станка), избегая дорогостоящих комплексных решений. Использование открытых высокоскоростных протоколов коммуникации (например, SERCOS или EtherCAT) позволяет строить распределенные, хорошо структурированные промышленные системы реального времени с высоким быстродействием. Механизм взаимодействия использует разделяемую память, в которой при каждом выполнении цикла работы контроллера осуществляется синхронизация данных аппаратных входов/выходов и ядра системы управления и актуализация данных в интерфейсе оператора [5].

Сопоставление логического адреса, используемого в УП, и физического адреса аппаратных модулей требует расчета параметров конфигурирования, идентифицирующих каждое устройство ввода/вывода в общем массиве данных. В разработанной методике конфигурирования аппаратных средств ввода/вывода (рис. 2) принято следующее определение понятий. Модуль – независимое устройство, имеющее уникальный идентификационный номер в рамках высокоскоростной промышленной сети; слот – составная часть модуля, работающая с одним видом сигнала (дискретным, аналоговым или др.).

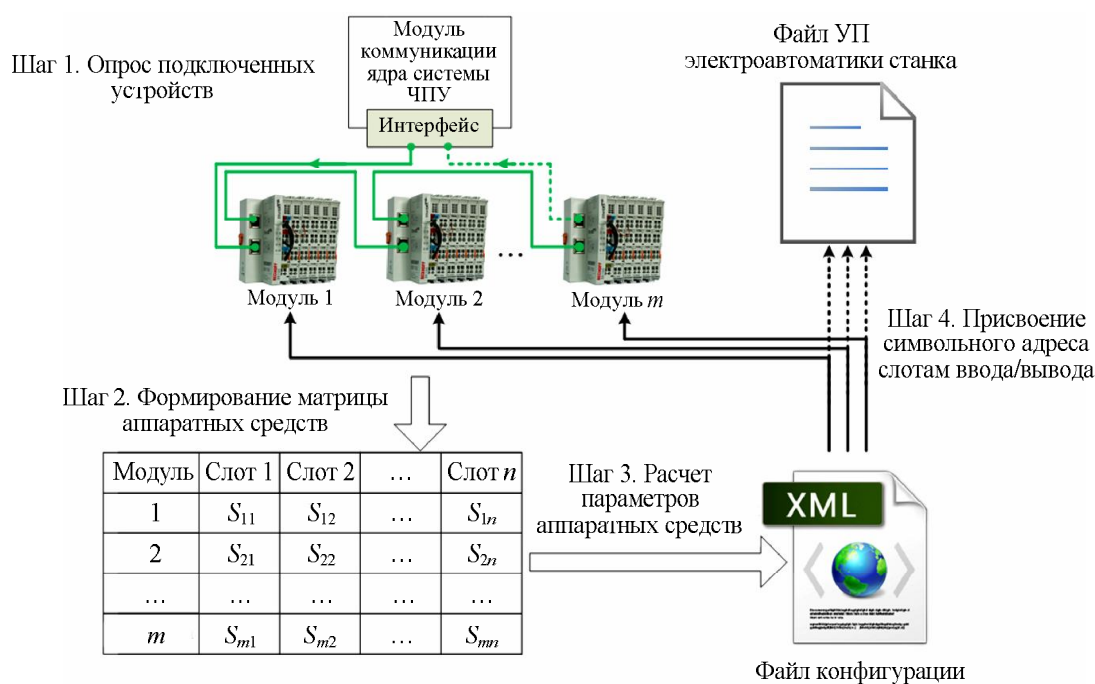


Рис. 2

На первом шаге осуществляется начальная идентификация устройств, подключенных к ядру системы ЧПУ. Программный модуль коммуникации инициирует получение первичной информации о модулях ввода/вывода, определяя код производителя и модель («Vendor ID» и «Device ID») и формирует список доступных устройств.

На втором шаге список доступных устройств преобразуется в матрицу аппаратных устройств ввода/вывода. Устройство ввода/вывода состоит из головного (коммуникационного) модуля и входных/выходных слотов, объединенных по внутренней шине. Входной слот осуществляет преобразование физического сигнала (дискретного или аналогового) в логический сигнал для последующей его синхронизации с ячейкой разделяемой памяти и обработки данных в ядре программно-реализованного контроллера. Выходной слот осуществляет обратное преобразование выработанного контроллером логического сигнала в физический посредством механизма разделяемой памяти. Каждый слот характеризуется двумя параметрами – объемами входных и выходных данных. Ячейка матрицы сопоставлена слоту как минимально доступной аппаратной единице, а строка – отдельному устройству ввода/вывода.

На третьем шаге проводится расчет параметров конфигурирования аппаратных устройств. Определяется адрес начального байта  $(N)_{ij}$  ячейки в разделяемой памяти размером  $(S_S)_{ij}$ , в которой хранится пакет данных для каждого  $j$ -го слота, входящего в состав  $i$ -го модуля. Для каждого  $i$ -го модуля рассчитывается суммарный объем пакета данных  $(S_D)_i$  всех входящих в него слотов (1):

$$(S_D)_i = \sum_{j=1}^m (S_S)_{ij}, \quad (1)$$

для каждого  $i$ -го модуля рассчитывается смещение  $(O_D)_i$  относительного начального байта области памяти, как сумма общего объема пакетов данных предшествующих модулей (с 1-го по  $(i-1)$ -й). По умолчанию для входных данных смещение начального байта (Off) 204800, для выходных – (Off) 256000:

$$(O_D)_i = \text{Off} + (O_D)_{i-1} + (S_D)_{i-1} = \text{Off} + \sum_{k=1}^{i-1} (S_D)_k. \quad (2)$$

Для каждого  $j$ -го слота рассчитывается смещение  $(O_S)_{ij}$  относительно начального байта данных  $i$ -го модуля:

$$(O_S)_{ij} = (O_S)_{i(j-1)} + (S_S)_{i(j-1)} = \sum_{i=1}^{(j-1)} (S_S)_{ii}. \quad (3)$$

Итоговый номер начального байта  $(N)_{ij}$  равен сумме смещения начального байта  $i$ -го модуля относительно нулевого байта разделяемой памяти и смещения начального байта  $j$ -го слота относительно начального байта  $i$ -го модуля (4):

$$(N)_{ij} = (O_D)_i + (O_S)_{ij}. \quad (4)$$

На четвертом шаге номеру первого байта каждого слота и общему размеру пакета данных каждого слота сопоставляется логический адрес с использованием общепринятых обозначений:  $I_{xy}$  – бит  $Y$  байта  $X$  области входных переменных;  $Q_{xy}$  – бит  $Y$  байта  $X$  области выходных переменных;  $I_{B_x}$  – байт  $X$  ( $B_x$ ) области входных переменных;  $Q_{B_x}$  – байт  $X$  ( $B_x$ ) области выходных переменных.

Предложенный подход позволяет при проектировании УП абстрагироваться от типа и конкретного производителя применяемых модулей ввода/вывода. В результате исполняемый код привязывается к конкретной платформе не во время компиляции, а во время исполнения посредством XML файла конфигурации, в котором определены используемый промышленный протокол и конкретные аппаратные модули.

Представленная на рынке широкая номенклатура металлообрабатывающего оборудования машиностроительных предприятий требует индивидуального решения для организации управления электроавтоматикой и вспомогательными средствами технологического оснащения [6]. Предложенный подход к организации аппаратно-независимого управления использует разделение вспомогательного оборудования по характерным признакам на группы с выделением в них ключевых критериев, что помогает уни-

фицировать процесс разработки УП для ПЛК и позволяет повторно использовать разработанные модули УП электроавтоматики [7]. Предложенный подход предоставляет возможность разрабатывать системы управления электроавтоматикой станков, независимые от типа применяемых аппаратных средств автоматизации, и повторно использовать разработанные и отлаженные ранее функциональные блоки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев С.Н. и др. Метод технологического аудита проектов технического перевооружения авиационных предприятий // Изв. вузов. Авиационная техника. 2015. № 2. С. 103–108.
2. Mori M., Fujishima M. Remote monitoring and maintenance system for CNC machine tools // Procedia CIRP. 2013. Vol. 12. P. 7–12.
3. Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Соколов С.В. Способ построения инструментария систем мониторинга и настройки параметров мехатронного технологического оборудования на основе специализированных программных средств // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. № 7. С. 45–50.
4. Мартинова Л.И., Григорьев А.С., Соколов С.В. Диагностика и прогноз износа режущего инструмента в процессе обработки на станках с ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2010. № 5. С. 46–50.
5. Нежметдинов Р.А. и др. Расширение функциональных возможностей систем ЧПУ для управления механолазерной обработкой // Автоматизация в промышленности. 2011. № 5. С. 49–53.
6. Мартинова Л.И. Практические аспекты применения отечественной многофункциональной системы ЧПУ «Аксиома Контрол» // Автоматизация в промышленности. 2012. № 5. С. 36–40.
7. Коровин Е.М., Лунев А.Н., Царева В.В. Оптимизация процессов обработки деталей на станках с ЧПУ по экономическим критериям // Изв. вузов. Авиационная техника. 2012. № 1. С. 54–57.

Поступила в редакцию 9.10.14

### **Approach to Implementing Hardware-Independent Automatic Control Systems of Lathes and Lathe-Milling CNC Machines**

G.M. MARTINOV, R.A. NEZHMETDINOV, AND A.U. KULIEV

*We propose the solution of a logical task in CNC system using software-implemented programmable logical controller (Soft PLC). The solution proposed allows unifying the control algorithms of auxiliary equipment of machine tools and reducing the product launch time of new equipment.*

**CNC system, mill turn center, SoftPLC, tool turret, automatic control systems**