

Разработка программно-аппаратного модуля станочной панели с применением одноплатного ARM компьютера¹

Г.М. Мартинов,
д.т.н, проф., martinov@ncsystems.ru
И.А. Ковалев
ст. преп., ilkovalev@mail.ru
М.С. Бабин
магистрант, binafbn88@mail.ru
МГТУ «СТАНКИН», г.Москва

В данном докладе рассматриваются различные подходы к управлению вспомогательным станочным оборудованием, демонстрируются преимущества и недостатки каждого из них. Предлагается вариант унификации способа подключения вспомогательного оборудования к системе управления путем использования одноплатного компьютера с ARM процессором. Описываются принципы построения такой архитектуры, показывается структурная модель работы и передачи информации между станочной панелью, специализированной переходной платой, одноплатным компьютером и ядром системы ЧПУ. Рассматривается разработка и функциональные возможности переходной платы для конвертации электрических сигналов с клавиш станочной панели в пакеты данных, передаваемых по I2C и SPI протоколам в одноплатный компьютер.

This report examines the different approaches to the management of auxiliary machinery equipment, showing the advantages and disadvantages of each. The variant of the unification of ways to connect auxiliary equipment to the control system through the use of single-board computer with an ARM processor. It describes the principles of this architecture method is shown a structural model of work and transfer of information between the machine control panel, a dedicated transition board, single board computer, and the core of the control system. We consider the development and functionality of the riser for the conversion of electrical signals to the machine control panel keys in the data packets transmitted over the I2C and SPI protocols in a single board computer.

Мощность микропроцессорной техники увеличивается с каждым годом, позволяя использовать для систематизированного сбора и обработки информации о подконтрольном объекте не только персональные компьютеры, но и так называемые одноплатники (или одноплатные компьютеры), которые еще несколько лет назад могли обрабатывать ограниченный набор данных и имели ряд других серьезных недостатков (малая тактовая частота процессора, разрядность 8 и 16 бит и т.д.).

В подавляющем большинстве такие одноплатные компьютеры работают на базе ARM-архитектуры. Данные устройства имеют малые габариты, более низкое энергопотребление по сравнению с устройствами на базе архитектур x86 и x64, это обуславливает растущий интерес производителей систем управления к ним.

В основном данные процессоры применяются для переносных мобильных устройств, но как было отмечено выше, мощность данных процессоров растёт с каждым годом и поэтому их применение в области автоматизации для конкретных задач, не требующих сложных вычислений, имеет большие перспективы развития. Использование простого и дешевого решения при автоматизации линий упаковки, систем лазерного спекания (работа в плоскости), станков плоскостной раскройки (лазерные, фрезерные) способно сократить время разработки и повысить качество управления. А учитывая тот факт, что при использовании на PC-платформах операционных систем реального времени, можно добиться жестких тактов исполнения управляющих сигналов, при этом используя для передачи один из многочисленных промышленных протоколов [1].

В настоящее время многие компоненты промышленного вспомогательного оборудования (станочные панели, пульта управления и т.д.) до сих пор используют либо устаревшую элементную базу, либо сконструированы таким образом, что вся периферия подключается напрямую к выводам GPIO отладочных плат. В первом случае вся логика работы реализуется на уровне радиокомпонентов, что делает практически невозможной процедуру модернизации или внесения каких-то корректировок или доработок. Во втором случае стоит учитывать, что новые ревизии плат вынуждают зачастую перерабатывать уже разработанное ПО общения программных и аппаратных компонентов, заново подписываться на прерывания GPIO, добавлять в пакеты обмена данными новую информацию и т.д. Также стоит рассмотреть случай, когда для общения с ядром системы управления производитель вспомогательного станочного оборудования предлагает достаточно устаревшие каналы связи, например, RS485, что вынуждает использовать различные дополнительные сетевые интерфейсы, преобразователи сигналов и т.д., что делает всю конструкцию сопряжения устройств более запутанной.

Описанные выше недостатки увеличивают материальные затраты на разработку, не позволяют создавать гибкие решения, усложняют ремонтпригодность. Необходимо создать такое решение, которое бы по минимуму зависло от отладочных плат, общалось с аппаратной частью дополнительного промышленного оборудования по стандартным протоколам, было легко настраиваемо и модернизируемо.

В предложенной работе предлагается вариант унификации способа подключения вспомогательного оборудования к системе управления путем использования одноплатного компьютера с ARM процессором. Для реализации данного решения была разработана переходная плата, позволяющая передавать сигналы по стандартным протоколам I2C и ISP в одноплатный компьютер.

Для реализации предложенного способа была разработана структурная модель работы компонентов системы управления с использованием вспомогательного станочного оборудования (Рис.1). Особенностью данной модели

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

является использование специальной переходной платы, способной конвертировать электрические сигналы нажатия клавиш и передавать их по протоколу I2C в одноплатный компьютер. Преимуществом такого подхода является возможность свободно программируемых клавиш управления, независимость от выводов GPIO отладочных плат, возможность быстрой модернизации и высокая ремонтопригодность.

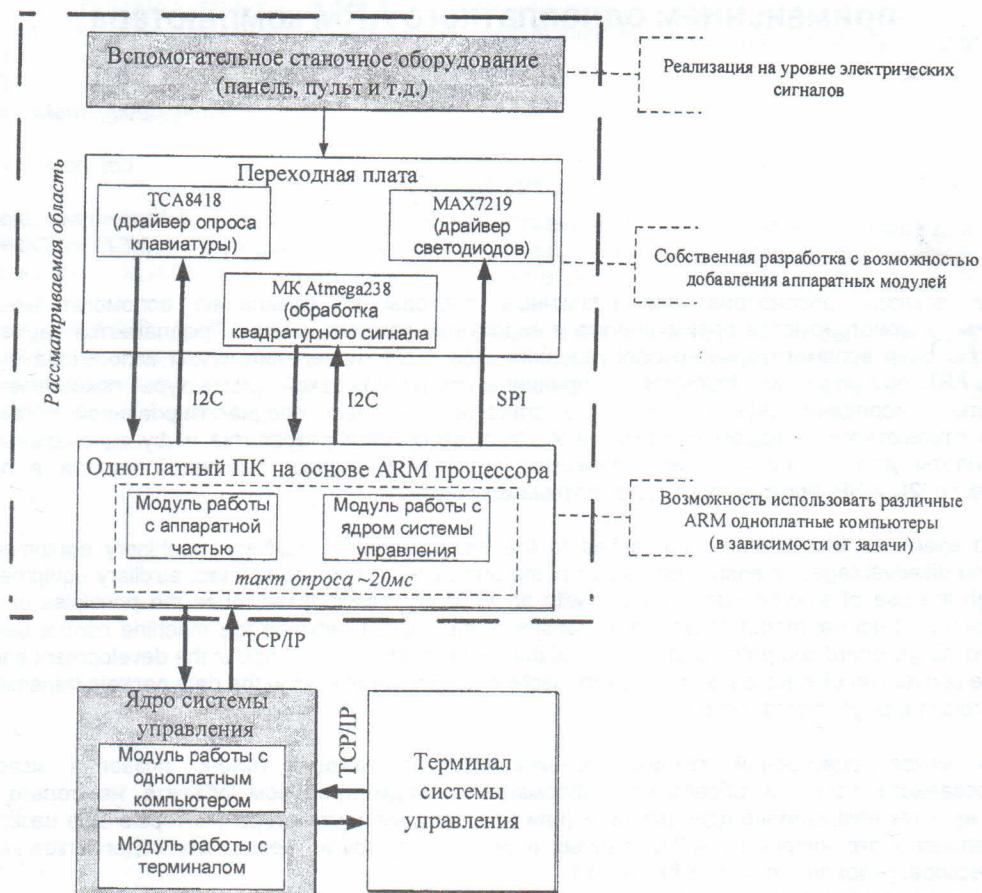


Рис. 1 Структурная модель работы компонентов системы управления с использованием вспомогательного станочного оборудования

Для апробации данного унифицированного подхода была выбрана задача модернизации станочной панели с подключаемым выносным пультом управления на примере системы ЧПУ «АксиОМА Контрол», которая использует открытый модульный подход в построении архитектуры, что позволяет встраивать дополнительные программные модули для расширения функциональных возможностей [3]. В ранних реализациях панели использовалась отладочная плата ижевской фирмы «StarterKit». В данном варианте кнопки статически привязывались к выводам GPIO, что мешало какой-либо гибкой настройки клавиш. Также постоянные новые ревизии платы заставляли заново переписывать ПО общения с GPIO, что отражалось как на материальных, так и на трудовых затратах.

Для модернизации было решено использовать описанный выше подход. В качестве отладочной платы был выбран одноплатный компьютер Raspberry Pi2.

В настоящий момент интерес приобретают устройства на базе ARM-архитектуры. Данные устройства имеют малые габариты, более низкое энергопотребление по сравнению с устройствами на базе архитектур x86 и x64, что обуславливает растущий интерес производителей систем управления к ним [2].

Как уже было отмечено выше, решения на основе ARM архитектуры в каждом году приобретают все больший интерес для разработчика программного обеспечения систем управления. Учитывая тот факт, что в последнее время активно развивается сфера отечественных разработок процессоров, можно утверждать, что разработка программного ядра системы управления и изготовление вспомогательных устройств с поддержкой такой аппаратной платформы исполнения является очень перспективным направлением.

Переход на отечественную элементную базу при построении устройств управления технологическим оборудованием связан с необходимостью обеспечения технологической безопасности страны. В будущем, после выпуска в серию отладочных плат на процессорах производства компании «Т-Платформы» Baikal, замена Raspberry на отечественный одноплатный компьютер не составит труда, при этом большая часть уже разработанного ПО не будет нуждаться в изменении, т.к. предполагается использовать стандартные средства общения со стандартизованными протоколами обмена информацией (I2C, SPI, TCP/IP).

Одной из основных задач было разработать переходную плату между одноплатным компьютером Raspberry и самой станочной панелью, представляющей собой набор из 80 кнопок и маховика. Поэтому изучив какие современные компоненты имеются на рынке радиоэлектроники было принято решение унифицировать способ подключения и использовать именно стандартные протоколы для общения переходной платы с ARM процессором, такие как I2C и SPI. Тем самым закладывается возможность использования одноплатных компьютеров с малым количеством выводов GPIO (но с обязательной поддержкой I2C и SPI – поддерживает до 95% плат).

Используя такой подход можно реализовать опрос некоторых элементов (например, таких как маховики) с более высокой точностью за счет повышения такта частоты считывания квадратурного сигнала.

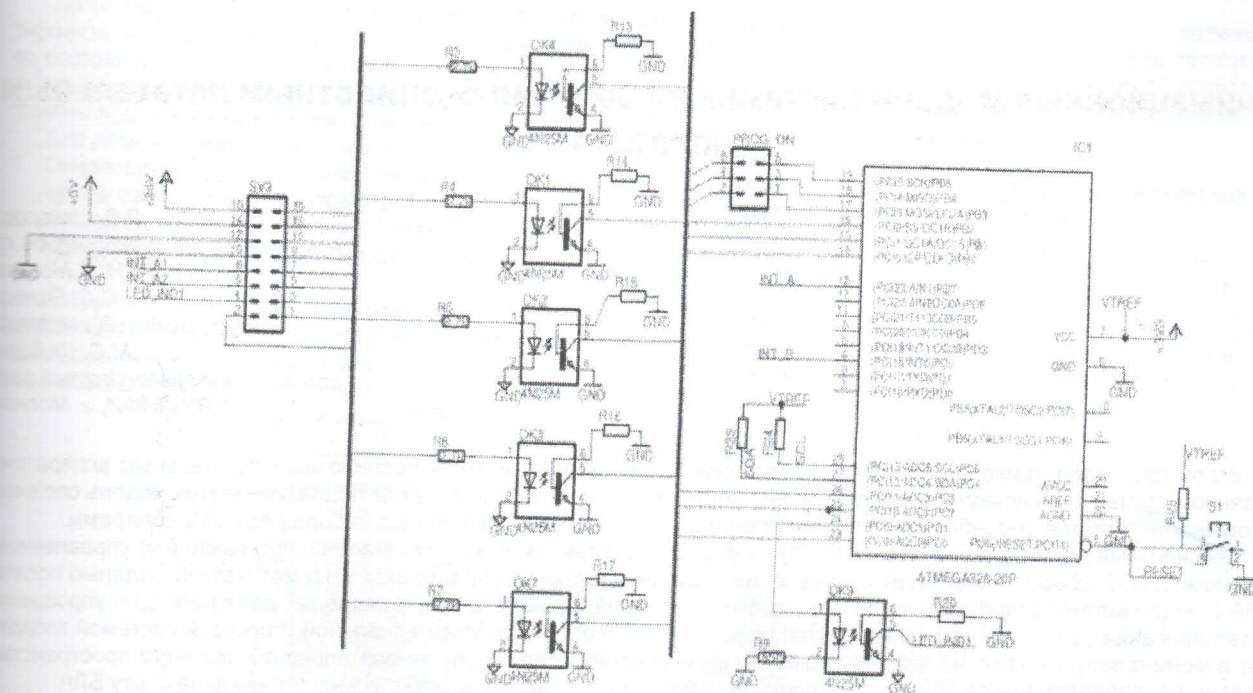


Рис. 2 Электрическая схема для опроса матричной клавиатуры

Для опроса кнопочной клавиатуры был взят за основу TCA8418 - драйвер кнопочной клавиатуры (Рис. 2), таким образом появилась возможность опрашивать матричную клавиатуру из 80 кнопок с подавлением фантомных нажатий и дребезга контактов. Для зажигания светодиодов (обратная связь от ядра системы ЧПУ для сигнализации нажатой клавиши, выбранного режима и т.д.) использовался драйвер светодиодов MAX7219, который общается с одноплатным компьютером по протоколу SPI. Работа корректором подачи осей и скорости вращения шпинделя реализованы на трех экспандерах TCA9555PW подключаемая, которые также подключаются по шине I2C.

Одной из самых нетривиальных задач в этом проекте была реализация возможности опроса сигналов, поступающих от внешнего выносного пульта. Для решения этой задачи было решено использовать микроконтроллер (МК) Atmega238 с реализованной на нем логикой работы с квадратурным сигналом. Переносной пульт подключается с использованием гальванической развязки, реализованной на оптореле. Тем самым согласуются между собой логический уровень 5 вольт микроконтроллера и 24 вольта у переносного пульта. А также повышается помехозащищенность переходной платы от внешних электромагнитных помех. Для согласования логических уровней TTL и CMOS маховика переносного пульта использована микросхема преобразователь уровней выдерживающая повышенные уровни входных сигналов LVC245A.

Таким образом все основные электрические сигналы от матричной клавиатуры передаются с помощью протокола I2C в одноплатный компьютер, где реализована логика работы и со станочной панелью, и с самим ядром системы управления. В данном случае Raspberry Pi2 выступает в роли некоторой программной прослойки, реализует функции передачи сигналов от станочной панели в ядро системы управления и обратно.

На одноплатном компьютере написана специальная программная оболочка, которая в своем роде выступает прошивкой такой отладочной платы. Реализованы 2 потока – опрос аппаратной части станочной панели с подключенным внешним пультом управления и опрос информации от ядра системы ЧПУ по стандартному протоколу TCP/IP. В этой программной реализации хранится state machine ядра системы управления (сделано для того, чтобы определенные сигналы с панели не могли пройти в ядро при определенных состояниях - например, смена режима, при выполнении программы).

В качестве эксперимента станочная панель с выносным пультом была подключена к ядру системы ЧПУ «Аксиома Контроль». Полученное гибкое, компактное решение, с возможностью модернизации и высокой ремонтпригодностью доказывает правильность выбранного подхода к реализации решения создания компонентов промышленного вспомогательного оборудования на примере станочной панели.

Литература

1. Теория и техника построения контроллера автоматизации технологических процессов на базе отечественной элементной базы. Труды 15-й международной конференции "Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2015). Под ред. А.В. Толока. М.: ООО "Аналитик". - 2015. с.159-161.
2. И.А. Ковалёв, С.В. Рыбников, С.В. Соколов Построение модульной архитектуры программно-реализованного контроллера электроавтоматики. Труды CAD/CAM/PDM - 2014. - М.: ООО "Аналитик". - 2014. с.158-161.
3. Мартинов Г.М., Любимов А.Б., Бондаренко А.И., Сорокумов А.Е., Ковалев И.А. Подход к построению мультипротокольной системы ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2012. №5. с.8-11.
4. Ковалев И.А., Бабин М.С. Портинг ядра системы ЧПУ на ARM платформу используя одноплатный компьютер Raspberry Pi. Материалы студенческой научно-практической конференции "Автоматизация и информационные технологии" (АИТ-2016) - I тур (Россия, Москва, ФГБОУ ВПО МГТУ "СТАНКИН", 22 апреля 2016г.)