

# Применение микропроцессора

## при построении современного импульсного блока питания

Игорь Косырев

igor.kosyrev@gmail.com

Цифровые технологии широко применяются в современной жизни. Низкая стоимость, малые габариты и доступность приобретения делают микропроцессоры незаменимыми при конструировании различных систем, начиная от «умного» дома и заканчивая построением сложных автоматических производственных комплексов. Этому же немало способствует популяризация в литературе и Интернете демоплат для микропроцессорной техники, которые позволяют в короткие сроки освоить принципы и особенности работы того или иного микропроцессора и плат расширения.

До недавнего времени применение цифровой технологии в производстве источников электропитания считалось излишним, и разработчики обходились традиционной аналоговой техникой на ОУ и компараторах не только при построении схем управления выходными транзисторами, но и для поддержания сервисных параметров: блокировок, сигнализации, логики внешнего управления и т. д. Эти схемы обеспечивают достаточные быстродействие и устойчивость, но приходится уделять особое внимание топологии печатной платы, чтобы избежать наводок от импульсных силовых цепей. С появлением быстродействующих микропроцессоров появилась возможность перевода схем управления источника питания на логический уровень, повышая тем

самым помехозащищенность и облегчая выполнение дополнительных функций.

В настоящее время существуют специализированные цифровые устройства Digital Signal Controllers DSC, сочетающие в себе цифровые и аналоговые компоненты. Они способны обеспечить необходимое быстродействие при построении схем импульсных источников питания. Впервые эту технологию применила MicroChip в 2002 году [1], и в настоящее время ее используют многие фирмы — Freescale, Texas Instruments и др. Примером такого устройства может служить источник на 500 Вт фирмы Freescale [2]. Все эти устройства требуют программирования, и может быть поэтому разработчики источников электропитания не уделяют должного внимания таким системам, ограничиваясь проблемами аналогового управления, тем более что сейчас на рынке можно найти великое множество различных микросхем контроллеров. Построение источника питания по технологии DSC требует наличия определенных навыков в конструировании и программировании подобных систем, и мы, как первый шаг к освоению подобной технологии, предлагаем смешанную аналого-цифровую схему блока питания, комбинируя традиционную аналоговую технологию и микропроцессор.

Если посмотреть на типичную схему блока питания, использующую ШИМ-контроллер для управления выходным транзистором, и представить, что опорное напряжение будет не постоянным, а управляемым, то мы получим устройство с дополнительными функциями (рис. 1):

1. Опорное напряжение — служит опорой в цепи обратной связи.
2. Датчик тока — сигнал с датчика тока управляет режимом работы контроллера, обеспечивая устойчивый режим при пуске, параллельной работе и перегрузках.
3. Датчик напряжения — сигнал, пропорциональный выходному напряжению источника, сравнивается с опорой в цепи обратной связи по напряжению.
4. Сигналы управления — сигналы включения/выключения блока.

В качестве источника опорного напряжения возьмем цифро-аналоговый преобразователь, управляемый микроконтроллером. Поскольку, как правило, практически любой микроконтроллер имеет несколько



Рис. 1. Схема блока питания

аналого-цифровых преобразователей, то, добавив в него сигналы с датчиков напряжения, тока и температуры, получим аналого-цифровой блок питания со свойствами, обеспечивающими стабилизацию выходных параметров по аналоговой схеме и дополнительные функции, присутствующие встроенному микроконтроллеру.

Рассмотрим эти функции на примере разработанных в компании ООО «Силовая электроника» новых одноканальных блоков питания ESB122.1xxx3 (аналоговый) и ESD122.1xxx3 (цифровой) (рис. 2, табл. 1).

Блоки выполнены по модульной системе, имеют основную силовую плату с входным, выходным и управляющим разъемами, плату дополнительного источника, плату управления корректором мощности, плату драйверов и плату ШИМ-контроллера. Плата ШИМ-контроллера опционально может содержать микропроцессор (рис. 3). Блоки имеют встроенные вентиляторы и не требуют дополнительного охлаждения. Блоки имеют вход включения/выключения, вход внешней аналоговой регулировки выходного напряжения, вход параллельной работы, выход постоянного напряжения с встроенного дополнительного источника питания +12 В/200 мА.

Блоки исполнения ESD122 содержат микроконтроллер STM32F100C и плату сопряжения с компьютером. Плата сопряжения внешняя по отношению к блоку питания, и она присоединяется к разъему управления блока. Такая компоновка позволяет использовать различные интерфейсы, не изменяя основную плату: RS232, RS485, I<sup>2</sup>C, USB. Поскольку при разработке платы мы руководствовались принципом универсальности, блоки ESD122 имеют все возможности аналогового управления, так же как и блоки ESB122. Соответствие разъема управления блока ESD122 и сигналов показано в табл. 2.

Пользователь сам может легко изменить плату сопряжения под конкретные задачи, не затрагивая основную плату блока питания. Блок может работать вообще без платы сопряжения, достаточно предварительно запрограммировать его на какой-либо режим. Подключение внешнего компьютера через плату сопряжения нужно лишь для программирования блока, мониторинга его параметров и для обновления прошивки микропрограммы, если потребуется. Необходимость в перепрошивке может возникнуть тогда, когда заказчик захочет запрограммировать свой специфический режим работы блока питания. Файл с новой микропрограммой можно получить от фирмы-производителя и самостоятельно «зашить» его в микроконтроллер, используя вывод «BOOT0» и «Reset». Сигналы управления платы расширения гальванически не развязаны с блоком, но, если понадобится, такую развязку можно осуществить, используя стандартные схемы развязок (например, ADuM1300 фирмы Analog Devices).

Управляющие команды представляют собой текстовые строки. Все управление может осуществляться без специальной программы в обычном терминальном режиме или с помощью распространенных терминальных программ типа Terminal.exe. Полный список таких команд прилагается к документации блока.

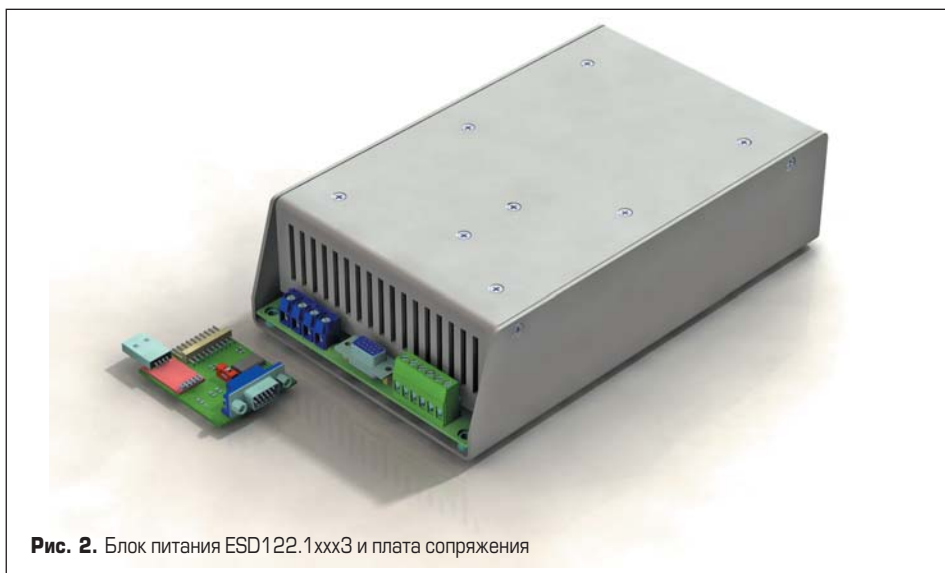


Рис. 2. Блок питания ESD122.1xxx3 и плата сопряжения

Таблица 1. Характеристики блоков питания

Параметры	ESB122.1xxx3	ESD122.1xxx3
Вход, В	~220 ±20%	
Выход, В	27–400	
Мощность, Вт	1200	
Коэффициент мощности	0,98	
Электрическая прочность изоляции, В	1500	
Защита от перегрузки с самовосстановлением	+	
Рабочая температура окр. среды, °С	–40...+50	
Пульсации от пика до пика, %	1	
Суммарная нестабильность, %	3	
Параллельная работа (до 3 блоков)	+	
Внешнее вкл./выкл. (аналог)	+	
Дистанционное вкл./выкл. (цифра)	–	+
Рег. выходного напряжения (аналог)	+	
Программирование вых. напряжения	–	+
Программирование T вкл. вентиляторов	–	+
Программирование T выкл. блока	–	+
Цифровое ограничение тока	–	+
Цифровая стабилизация тока	–	+
Измерение и вывод U <sub>вых</sub> , I <sub>вых</sub> , T °С	–	+
Чтение байта состояния	–	+
Импульсная работа (вкл./выкл. и т. д.)	–	+
Режим генератора	–	+
Программирование задержки вкл.	–	+
Программирование фронта вкл.	–	+
Габариты, мм	230×136×60,5	
Масса, кг	2,1	

Таблица 2. Контакты разъема X3 DB-15F

Номер контакта	Наименование вывода	Назначение вывода
1	BOOT0	Вывод BOOT0 микропроцессора
2	AIP	Выход «Авария источника питания»
3	REG	Регулировка U <sub>вых</sub> (аналоговый сигнал 0...+3 В)
4, 9	COMM	Общий вывод
5	RST	Вывод «Reset» микроконтроллера
6	+12V	Выход +12 В, 200 мА
7, 8	NC	Не подсоединен
10	+5V	Выход +5 В, 100 мА
11	PARR	Вывод «Параллельная работа»
12	PA4	Вывод микроконтроллера PA4 (резерв)
13	DU	Дистанционное управление вкл./выкл.
14	UART_RX	Вывод UART_RX
15	UART_TX	Вывод UART_TX

Рабочая версия микропрограммы предусматривает следующие режимы работы блока питания:

- дистанционное включение/выключение блока;
- регулировка выходного напряжения блока в пределах  $0-1,05 \cdot U_{ном}$ ;
- измерение выходного напряжения, тока нагрузки, рабочей температуры;
- режим регулируемой задержки включения  $0-65536$  мс и регулируемого плавного нарастания включения  $0-65536$  мс с шагом  $1$  мс;
- режим ограничения тока нагрузки (цифровой)\*;
- режим стабилизации тока нагрузки (цифровой)\*;
- защита от превышения выходного напряжения;
- выключение при превышении максимального тока («перегрузка по току»);
- выключение при токе, меньшем минимального («нет тока»);
- импульсный режим работы блока включен/выключен с регулируемыми параметрами ( $1 \dots 18$  ч);
- режим генератора; синус, прямоугольный, треугольный импульс;

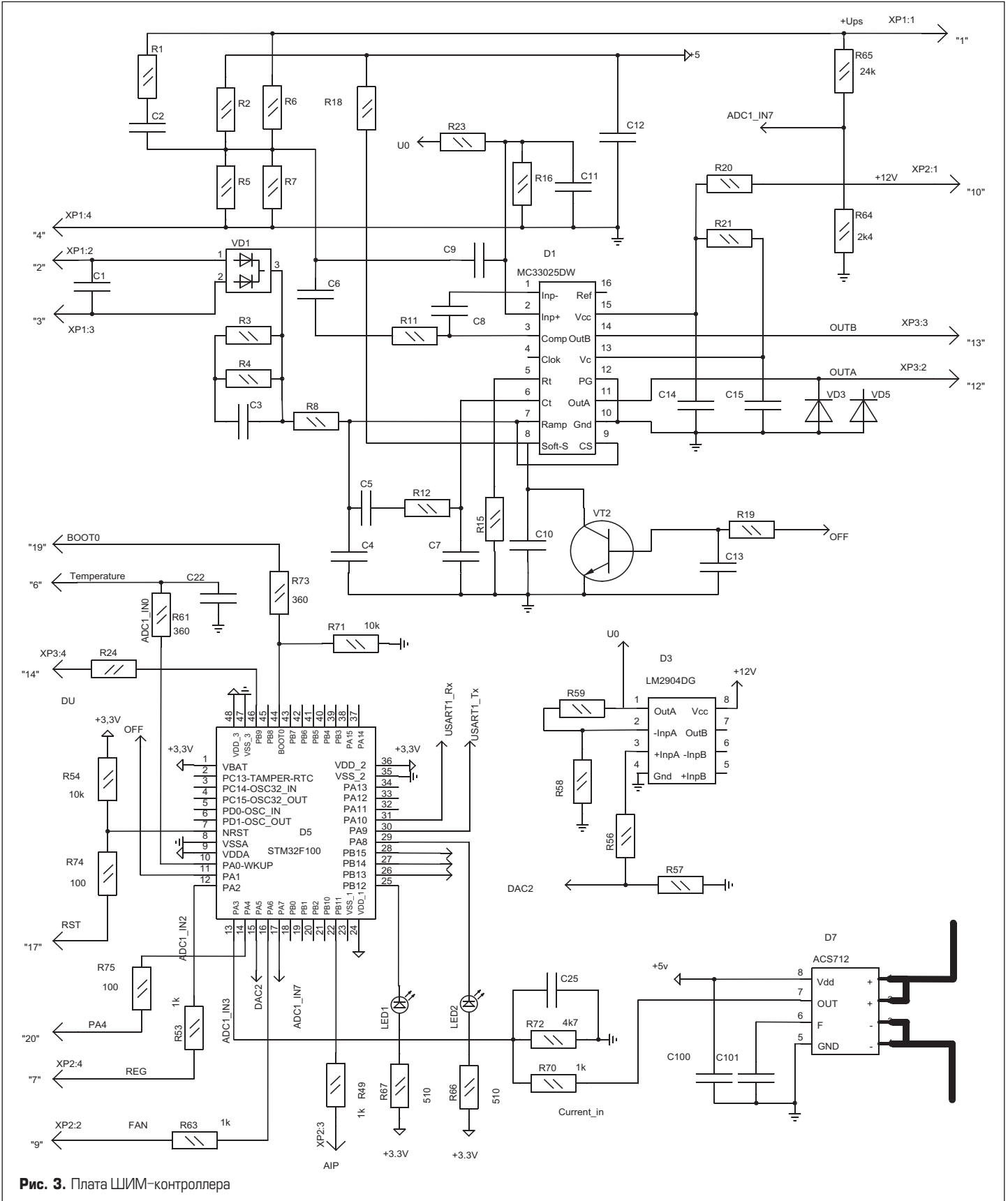


Рис. 3. Плата ШИМ-контроллера

- защита от перегрева с выключением блока;
- регулируемая температура включения вентиляторов охлаждения;
- «маскировка» выключения блока для режимов блокировки;
- чтение байта состояния блока.

\*) При цифровом режиме ограничение и стабилизация тока осуществляются программным способом.

Все параметры режимов программируются и сохраняются в энергонезависимой памяти контроллера, не изменяя своих значений при выключении питания. Режим работы блока определяется байтом режима MODEX, который программируется и анализируется при включении блока.

Преимущество блока питания с цифровым управлением заключается в том, что все режимы можно изменять без паяльника, только программным методом. Одними командами блок превращается в мощное зарядное устройство со стабилизацией тока заряда, другими можно оперативно изменять выходное стабилизируемое напряжение, а третьи позволяют дистанционно определить выходные параметры блока и статус его состояния. В принципе, благодаря модульной конструкции легко осуществлять все эти функции удаленно, видоизменив плату сопряжения. Подобные блоки можно подключить к локальной сети и управлять ими через Интернет — все зависит от фантазии заказчика.

На рис. 3 приведена упрощенная схема платы цифрового ШИМ-контроллера блока ESD122.10273. Непосредственно ШИМ-контроллер основан на микросхеме D1 MC33025DW. На входы XP1:2 и XP1:3 подается сигнал с трансформатора тока. В качестве опорного напряжения выбран DAC2 микроконтроллера. С него напряжение через операционный усилитель D3, обеспечивающий согласование уровней, поступает на вывод 2 микросхемы D1. На входы АЦП микроконтроллера подаются сигналы с делителя выходного напряжения (ADC\_IN7), датчика температуры (ADC\_IN0) и датчика тока нагрузки (ADC\_IN3). В качестве датчика тока применяется интегральный датчик D7 ACS712 фирмы Allegro Microsystems. В нем используется эффект Холла, его измерительная часть гальванически развязана от силовой, и поэтому его можно вставить в разрыв как отрицательной, так и положительной цепи выходного напряжения.

Светодиоды сигнализируют о режиме работы системы. На вход XP3:4 подается управляющий сигнал включения/выключения блока в ручном режиме, на вход XP2:4 аналоговый сигнал подстройки выходного напряжения. Выход XP2:2 управляет включением вентиляторов охлаждения, а на выход XP2:3 выводится сигнал «Авария источника питания».

Аналого-цифровые преобразователи контроллера работают в циклическом режиме

с прямым доступом к памяти. Их значения, отражающие основные параметры работы блока, используются программой при отработке защиты. Они могут быть считаны во внешнее устройство по внешней команде. Конструктивно силовая плата и платы ШИМ-контроллера выполнены таким образом, что блок может работать с платами ШИМ-контроллеров обоих типов.

Основной интерфейс управления совместим с уровнями 5 В UART. Скорость обмена выбрана равной 57 600 бит/с, поэтому для управления блоком используются только два сигнала RX и TX, выведенные на контакты 14, 15 разъема управления. Плата сопряжения, внешняя по отношению к блоку, подсоединяется через разъем DB-15M. Размер платы и ее наполнение зависят от выбранного интерфейса. Мы использовали универсальную плату собственной разработки USB-RS485, размером 53×43 мм, в которую могут быть установлены соответствующие контроллеры. В настоящее время ведется разработка платы сопряжения с управлением по Wi-Fi на основе модуля SPWF01SA.11.

#### Литература

1. [www.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/DS-70095K.pdf](http://www.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/DS-70095K.pdf)
2. [www.freescale.com/webapp/sps/site/prod\\_summary.jsp?code=RD56F8300SMPS](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=RD56F8300SMPS)
3. [www.silel.ru](http://www.silel.ru)