



Виталий Берелидзе (КОМПЭЛ)

## КОНФИГУРИРУЕМЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СЕРИИ IRMCK

*Векторное управление электроприводом как составная часть ядра — преимущество конфигурируемых контроллеров электропривода IRMCK от International Rectifier. Это решение позволило, в отличие от решений конкурентов, интегрировать специализированное гибкое программное обеспечение. С его помощью стало возможным адаптировать разрабатываемый электропривод к требованиям заказчика.*

Для создания регулируемого электропривода доступна широкая номенклатура микроконтроллеров от различных производителей: Texas Instruments, Freescale, Microchip, Atmel, Intel, Fuji, Infineon и др. Контроллеры различаются разрядностью (8...32-битные), архитектурой (RISK, DSP, CISC), производительностью, наличием специализированного блока управления ШИМ некоторых других характеристик. Практика показала успешность применения как специализированных микроконтроллеров электропривода, так и микроконтроллеров общего назначения.

Однако камнем преткновения на пути разработки регулируемого электропривода является разработка специализированного программного обеспечения, требующая обширных знаний теории электропривода. Применение готовых библиотек, набора программ и решений от производителей микроконтроллеров в какой-то мере упростило задачу разработчика и программиста. Но использование в серийном производстве показало ограниченность готовых решений от производителя, сложность внесения изменений и адаптации электропривода к требованиям заказчика. Внесение изменений в существующую программу превращается для разработчика в «подстановку костылей» и неизменно заканчивается глубокой переработкой уже существующих программ. Невысокое качество реализации примеров векторного управления также ограничивает применение электропривода.

Появление в последнее десятилетие экономически и энергетически привлекательных синхронных электродвигателей с постоянными магнитами привело к обострению вышеперечисленных проблем, поскольку такие двигатели могут работать только с внешней системой управления. Из успешных аппаратных реализаций управления приводом можно выделить микроконтроллер МСЗРНАС компании Freescale Semiconductor со скалярным управлением асинхронным электроприводом. Несмотря на то, что МСЗРНАС выпущен достаточно давно, данный контроллер успешно применяется в решениях типовых задач с невысокими требованиями к качеству управления — насосы, вентиляторы и т.д.

Анализ рынка электропривода и направлений его развития привел International Rectifier к разработке специализированных конфигурируемых контроллеров для синхронных машин с постоянными магнитами и трехфазным синусоидальным током с бездатчиковым управлением. В 2004 году компания представила специализированную платформу для электропривода — iMotion. Ядром платформы стали конфигурируемые контроллеры электропривода. В состав платформы также вошли отдельные компоненты силовой электроники —

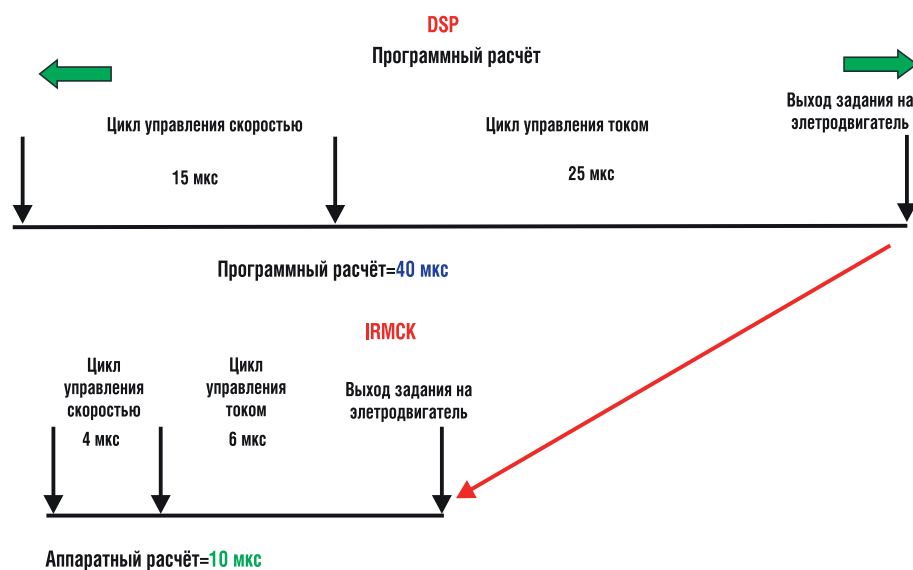


Рис. 1. Сравнение программной и аппаратной реализации времени расчета полного цикла управления по току и скорости

интеллектуальные силовые модули, датчики тока, драйверы.

Важной особенностью конфигурируемых контроллеров International Rectifier является то, что впервые векторное управление электроприводом стало составной частью ядра контроллера. Реализация высококачественного бездатчикового векторного управления непосредственно в ядре микроконтроллера предопределила успех и дальнейшее развитие такого подхода в системах с регулируемым электроприводом. Во всех конфигурируемых контроллерах International Rectifier реализован шестиканальный векторный ШИМ-генератор.

Первое поколение конфигурируемых контроллеров представлено контроллерами **IRMCK201** и **IRMCK203**, второе поколение – существенно более разнообразной по функционалу серий **IRMCK/IRMCF3xx**.

Контроллеры **IRMCKxxx** ориентированы на применение в составе электропривода трехфазных синхронных машин с синусоидальным током. Для применения с асинхронным приводом предназначены решения на **IRMCK201** и **IRMCK341**.

Аппаратная реализация векторного управления позволила получить сочетание высокого быстродействия, точности, устойчивости алгоритмов управления и низкой стоимости контроллера.

Таблица 1. Основные параметры **IRMCK201** и **IRMCK203**

Тактовая частота генератора, МГц	33,3
Внутренняя тактовая частота контроллера, МГц	133,3
Время расчета замкнутого контура управления, мкс	не более 6
Полоса пропускания замкнутого контура по току (-3 dB), кГц	5,5
Выходная частота ШИМ, кГц	до 83,3
Разрешение таймер-счетчиков ШИМ, бит	12
Тактовая частота SPI-интерфейса, МГц	до 8

Производительность **IRMCK201** и **IRMCK203** в четыре раза превышает производительность специализированных DSP для электропривода (рис. 1).

### Первое поколение конфигурируемых контроллеров **IRMCK201** и **IRMCK203**

Конфигурируемые контроллеры электропривода **IRMCK201** (рис. 2) и **IRMCK203** (рис. 3) стали первыми, в ядре которых впервые было успешно реализовано векторное управление электроприводом. Параметры их приведены в таблице 1.

Для обоих микроконтроллеров общей является поддержка нескольких типов интерфейсов: RS232C/RS422, SPI (до 8 МГц), 8-битный параллельный интерфейс. Загрузка настроек конфигурации контроллеров осуществляется из внешней EEPROM. В обоих контроллерах реализован аппаратный модуль пространственной векторной модуляции трехфазного ШИМ. Измерение тока проходит по двум фазам, с

восстановлением тока в третьей фазе. Модуль измерения тока в первую очередь ориентирован на прямое подключение микросхем измерения тока **IR2175** и подобных им.

У **IRMCK201** и **IRMCK203** есть и различия.

**IRMCK201** является наиболее функциональным контроллером: он может работать как в замкнутой по скорости системе управления, так и в разомкнутой. Данный контроллер может применяться как в синхронном электроприводе с постоянными магнитами, так и в асинхронном приводе. Замкнутая система управления позволяет получить высокоточный привод с диапазоном регулирования до 1:5000. **IRMCK201** находит применение в различных следящих системах, сервоприводах роботоманипуляторов, высокоточном электроприводе.

В **IRMCK203** реализована разомкнутая по скорости система управления, ориентированная на применение только с синхронными трехфазными электродвигателями с постоянными магнитами. Тем не менее, векторное управление позволило реализовать устойчивое регулирование скорости в диапазоне 1:50.

Высокая производительность контроллеров позволяет реализовать как привод для типовых применений (промышленный привод, насосное оборудование, вентиляция, привод задвижек и т.п.), так и специализированный высокооборотный привод (до 100000 об/мин). Примеры успешного применения в высокооборотном приводе: турбомолекулярные вакуумные насосы, высокопроизводительный электроинструмент, высокооборотные бормашины, турбодетандоры.

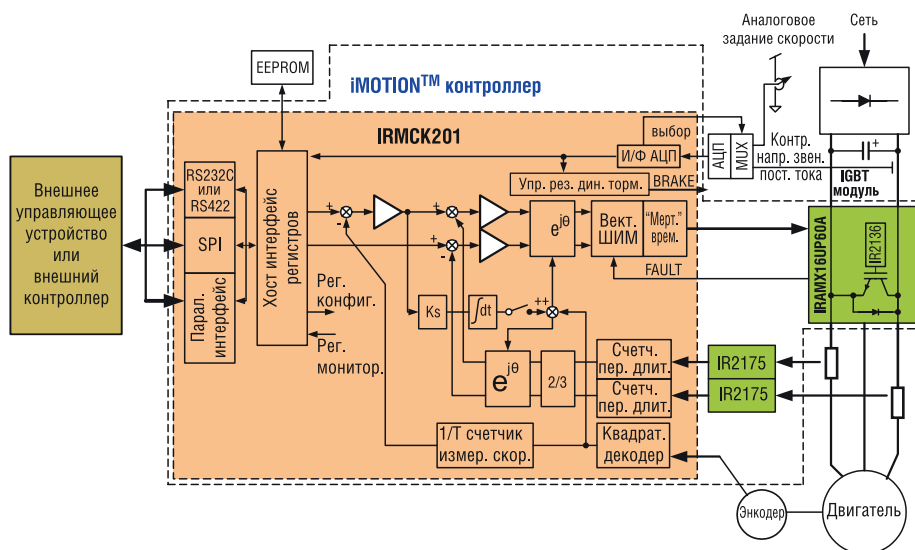


Рис. 2. Упрощенная структура и схема применения **IRMCK201**

Таблица 2. Основные характеристики IRMCK/ IRMCF 3xx

Наименование (Корпус)	Функции	Аналоговый Ввод/ вывод	Цифровые порты ввода/вывода	Интерфейсы
IRMCF312 IRMCK312 (QFP100)	2 двигателя 1 ККМ	12-битный АЦП 11 каналов АЦП POR UVLO Аналоговый сторожевой таймер	36 портов в/в 1 порт захвата 4 таймера	RS232 x 2 I <sup>2</sup> C/SPI
IRMCF311 IRMCK311 (QFP64)	2 двигателя 1 ККМ	12-битный АЦП 6 каналов АЦП POR UVLO Аналоговый сторожевой таймер	14 портов в/в 1 порт захвата 4 таймера	RS232 x 2 I <sup>2</sup> C/SPI
IRMCF343 IRMCK343 (QFP64)	2 двигателя 1 ККМ	12-битный АЦП 5 каналов АЦП POR UVLO Аналоговый сторожевой таймер	23 порта в/в 1 порт захвата 4 таймера	RS232 I <sup>2</sup> C/SPI
IRMCF341 IRMCK341 (QFP64)	1 двигатель	12-битный АЦП 8 каналов АЦП POR UVLO Аналоговый сторожевой таймер	24 порта в/в 1 порт захвата 4 таймера	RS232 I <sup>2</sup> C/SPI
IRMCF371 IRMCK371 (QFP48)	1 двигатель	12-битный АЦП 4 канала АЦП POR UVLO Аналоговый сторожевой таймер	13 портов в/в 1 порт захвата 4 таймера	RS232 I <sup>2</sup> C/SPI

ККМ – корректор коэффициента мощности

IRMCF – программная память 48 кбайт, память данных 8 кбайт

IRMCK – программная память 56 кбайт, память данных 8 кбайт

POR – сброс по питанию;

UVLO – защита от низкого напряжения;

## Второе поколение конфигурируемых контроллеров IRMCK/ IRMCF 3xx

Конфигурируемые контроллеры серии IRMCK2xx и IRMCK/ IRMCF3xx имеют ряд важных отличий. Главные из них – появление во втором поколении усовершенствованного ядра микроконтроллера 8051, модуля MCE™ (Motion Control Engine) и версии со встроенной флеш-памятью программ. Второе поколение конфигурируемых контроллеров пошло по пути реализации бездатчикового векторного управления. Здесь

компания International Rectifier отказалась от идеи одного универсального контроллера, выпустив несколько типов контроллеров с конфигурацией, ориентированной на приложения. Следует отметить, что во всех контроллерах ядро электропривода не претерпело каких-либо упрощений или сокращения функционала.

В таблице 2 приведены основные особенности контроллеров серии IRMCK/IRMCF3xx:

- Аппаратный модуль Motion Control Engine (MCE™). Конфигурируемый модуль с настраи-

ваемыми алгоритмом привода с быстройдействием превышающем DSP-микроконтроллеры. Простое конфигурирование MCE через графический интерфейс.

- Интегрированный 8-битный микроконтроллер серии 8051. Не требуется применения внешних микроконтроллеров.

- Аппаратный аналоговый сторожевой таймер для безопасного отключения инвертора.

- Монитор контроля напряжения питания.

- Версии для управления одним и двумя электродвигателями, интегрированный корректор коэффициента мощности.

- Бездатчиковое векторное управление синхронными машинами постоянного тока.

Функционально контроллер серии IRMCK3xx (рис. 4) состоит из двух блоков: Motion Control Engine, отвечающего за векторное управление приводом, и ядра микроконтроллера 8051. Motion Control Engine (MCE™) – аппаратно реализованный модуль, который позволяет разработку через визуальную среду проектирования сконфигурировать контроллер под требования привода без написания отдельной программы. Motion Control Engine (MCE™) состоит из набора компонентов

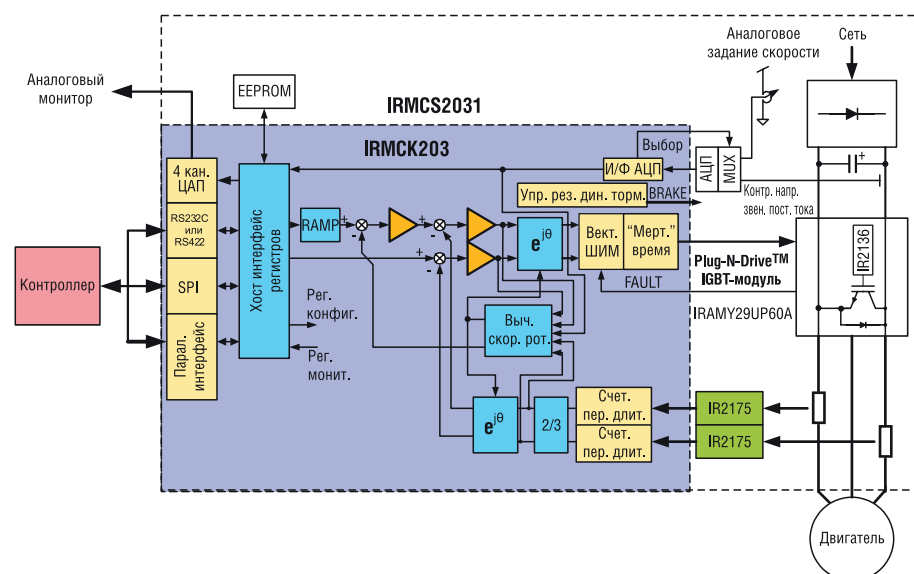


Рис. 3. Упрощенная структура и схема применения IRMCK203

системы автоматического управления. В него входят:

- Пропорционально-интегральное звено;
- низкочастотный фильтр;
- дифференциальное звено;
- ограничитель;
- расчет угла положения ротора (для бездатчикового управления);
- обратное преобразование Кларка;
- поворот вектора;
- пиковый детектор;
- умножение-деление (знаковое, беззнаковое);
- деление (знаковое, беззнаковое);
- сумматор;
- вычитатель;
- компаратор;
- счетчик;
- аккумулятор;
- переключатель;
- сдвигатель;
- АТАН (арктангенс);
- функциональные блоки (сглаживающий фильтр, нелинейные функции);

- 16-битные логические операции (AND, OR, XOR, NOT, NEGATE);
- МСЕ™ память программ и данных (6 кбайт);
- МСЕ™ управление выполнением последовательности команд.

Второй важной составляющей частью IRMCK/IRMCF3xx является ядро восьмиразрядного микроконтроллера 8051. Появление микроконтроллера в составе конфигурируемого контроллера существенно упрощает и расширяет возможности IRMCK/IRMCF3xx. Основные особенности ядра 8051 в составе IRMCK/IRMCF3xx:

- Три 16-битных таймера/счетчика;
- 16-битный таймер;
- 16-битный сторожевой таймер;
- 16-битный таймер захвата;
- до 24 дискретных портов ввода-вывода;
- 8-канальный 12-битный АЦП

– один буферизированный канал для измерения тока (0...1,2 В вход)

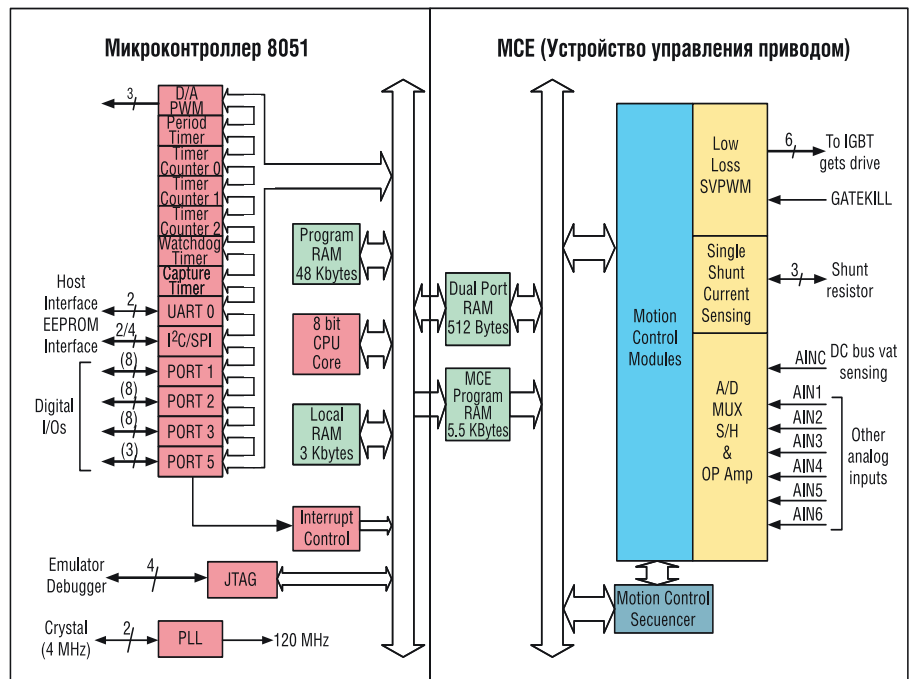


Рис. 4. Внутренняя структура контроллера серии IRMCK/ IRMCF 341

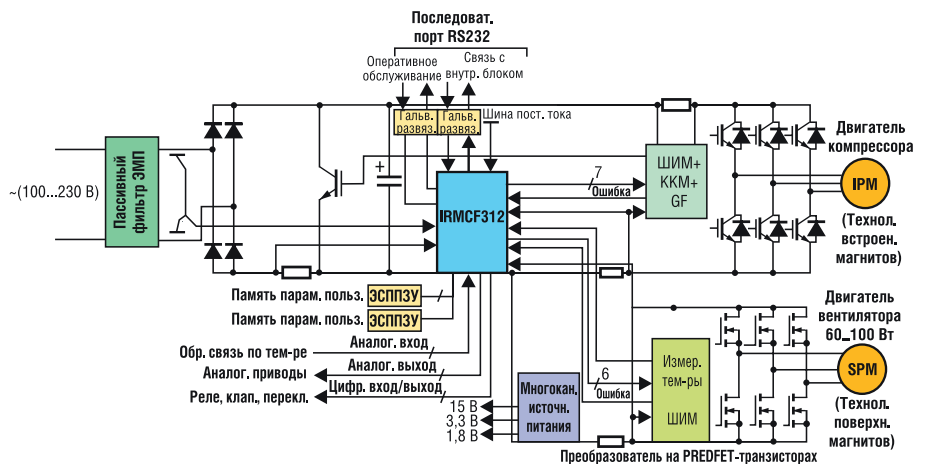


Рис. 5. Пример решения на контроллере IRMCF312 с двумя модулями ШИМ

- семь небуферизированных каналов (0...1,2 В вход);
- JTAG-интерфейс;
- до трех аналоговых выходов (8-битный ШИМ);
- интерфейсы: UART, I<sup>2</sup>C/SPI;
- 48 кбайт памяти программ, загружаемой из внешней EEPROM;
- 2 кбайт памяти данных.

Конфигурируемые контроллеры управления электроприводом от International Rectifier за счет аппаратно реализованного векторного управления электроприводом, конфигурирование через

визуальную среду и наличие популярного ядра микроконтроллера 8051 позволяют за два-три месяца освоить и разработать действующий образец электропривода (рис. 5), приступить к серийному производству.

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Людмила Горева

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: power.vesti@compel.ru