

ПРЕЦИЗИОННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ОПТРОНОВ

ЯСУФУМИ КАКИХАНА (YASUFUMI KAKIHANA), старший инженер,
МИЧИНАРИ АСАИ (MICHINARI ASAI), старший менеджер, Renesas Electronics Corp.

Современные приводные устройства в сфере промышленной автоматизации совершенствуются в направлении прецизионного управления, обеспечения высокой точности и стабильности даже в самых сложных условиях эксплуатации. Немаловажную роль играет и решение проблемы стандартизации схемных решений. Микросхема RV1S9353A отвечает обоим требованиям благодаря наличию прецизионного сигма-дельта-модулятора с большим входным сопротивлением. Эту оптопару можно использовать и для прецизионного измерения тока, и для мониторинга напряжения.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ ТОЧНОСТИ

Типовая схема инвертора, показанная на рисунке 1, часто применяется в высоковольтном промышленном автоматизированном оборудовании. В этом инверторе реализовано управление двигателем с малым энергопотреблением и низкими потерями на преобразование мощности.

В схеме инвертора применяются оптроны. Управление IGBT и питанием интеллектуального силового модуля (intelligent power module, IPM) осуществляется ШИМ-сигналами от микроконтроллера, которые подаются на силовые устройства, например IGBT. Для измерения силы тока в двигателе и мониторинга напряжения на шине используются изолированные

усилители и сигма-дельта-модуляторы. Они обеспечивают электрически изолированную связь между устройством ввода/вывода контроллера (микропроцессора, микроконтроллера, системы-на-кристалле или ПЛИС) и внешним оборудованием.

Мы кратко рассмотрим задачи по реализации требований к точному измерению электрического тока в обмотках двигателя и стандартизации решений.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

Точность функционирования контроллеров роботов, сервоприводов переменного тока и сервоприводов ЧПУ

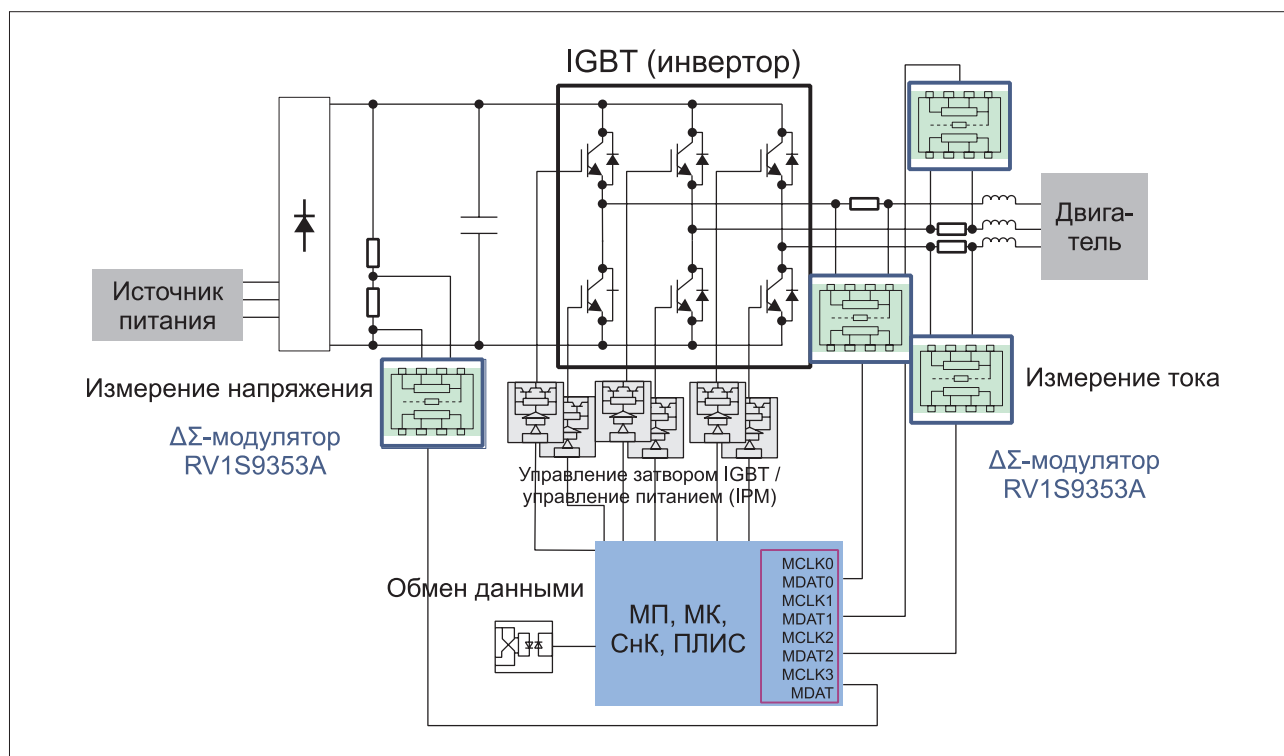


Рис. 1. Пример схемы инвертора

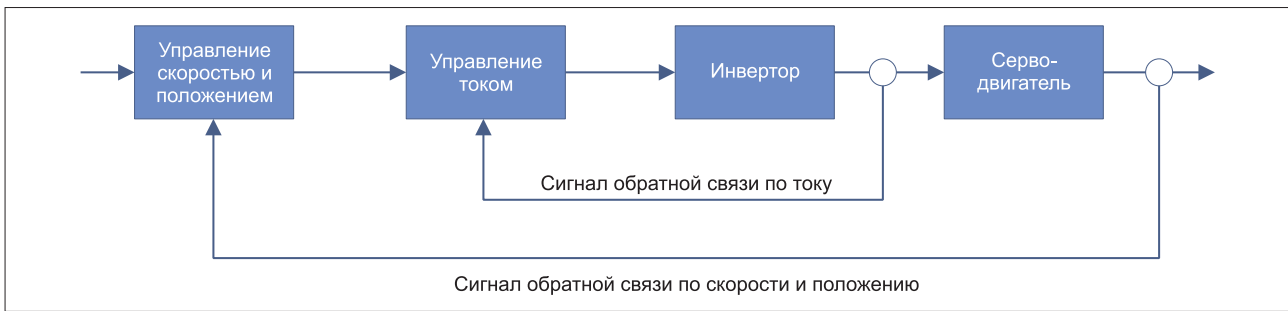


Рис. 2. Обратная связь по положению, скорости и току

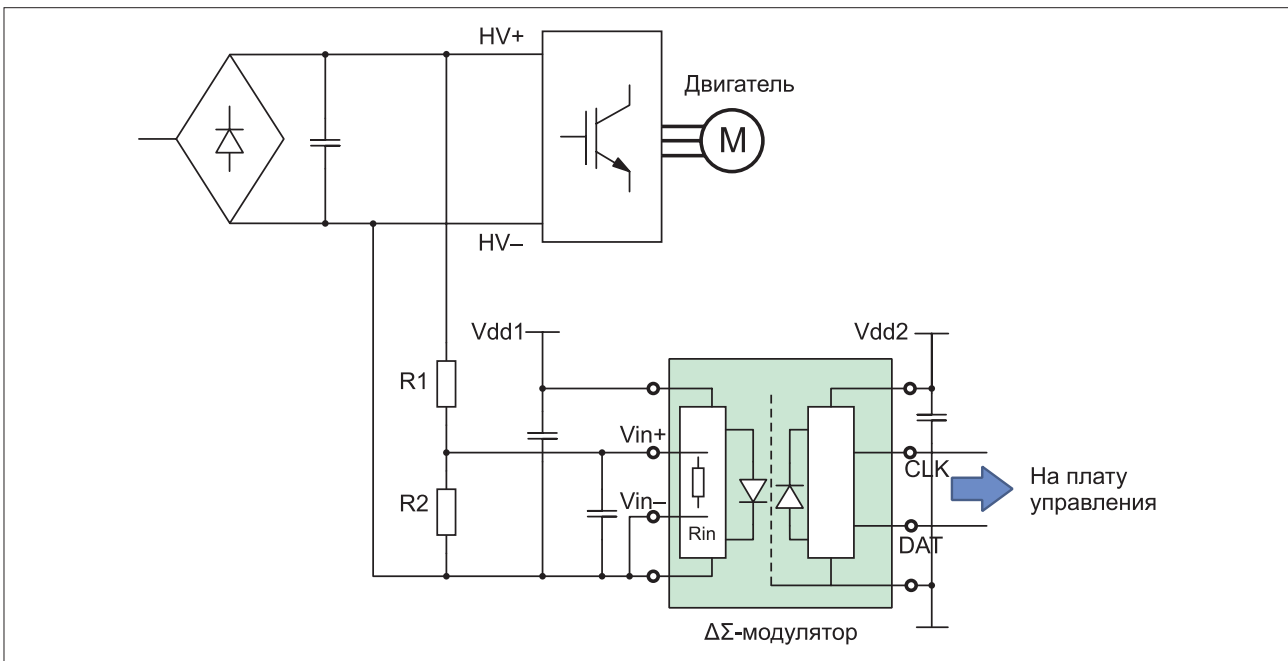


Рис. 3. Пример схемы контроля (измерения) напряжения

необходимо повысить, например, когда требуется обеспечить:

- миниатюризацию оборудования для производства полупроводников и дисплеев высокой четкости;
- высокую плотность монтажа высокоскоростного компактного сборочного оборудования;
- механизацию квалифицированного труда.

Для решения этих задач требуются высокоточное позиционирование, прецизионная механообработка и стабильное управление скоростью в сложных производственных условиях (большая температура окружающей среды и высокий уровень шума).

На рисунке 2 показана схема сервоуправления, применяемая в контроллерах роботов, сервоприводах переменного тока, сервоприводах с ЧПУ и т.д. В ней имеется контур обратной связи (ОС) по положению, скорости и значению тока для обеспечения высокой точности и быстрого позиционирования. Контур ОС по току управляет силой тяги (крутя-

щим моментом) двигателя. Командное значение, полученное от контроллера, сравнивается с фактическим значением тока в обмотках двигателя. В результате ширина импульса ШИМ регулируется таким образом, чтобы форма синтезированного выходного сигнала как можно точнее соответствовала эталонной форме (синусоиде).

Для мониторинга напряжения обычно используется схема, показанная на рисунке 3. Резисторы R_1 и R_2 образуют делитель высокого напряжения. Сопротивление R_2 подбирается таким образом, чтобы входное напряжение сигма-дельта-модулятора или развязывающего (изолирующего) усилителя равнялось 200 мВ. Если $R_1 \gg R_2$, а входное сопротивление сигма-дельта-модулятора или развязывающего (изолирующего) усилителя равно R_{IN} , ошибка измерения составляет $R_2 / (R_2 + R_{IN})$. Следовательно, если входное сопротивление R_{IN} сигма-дельта-модулятора достаточно велико по сравнению с сопротивлением делителя напряжения R_2 , ошибку измерения можно уменьшить, а само измерение выполнить с более высокой точностью.

Таблица 1. Основные характеристики микросхемы RV1S9353A

Номер компонента	Корпус		Макс. ном. значения		Электрические характеристики								
	Код	Путь тока утечки, мм	Электрическая прочность изоляции, В (КЗ)	$T_{\text{бюр.}}$ (макс.), °С	Частота выходного сигнала (тип.), МГц	Погрешность усиления (макс.), %	Температурный дрейф опорного напряжения, ppm/°С	Температурный дрейф напряжения смещения, мкВ/°С	Стандартное значение SNR, дБ	Стандартное значение CMR, кВ/мкс	VDD1/VDD2, В	Стандартное входное сопротивление, кОм	
RV1S9353A CCSP-120C	SDIP8	8	5000	110	10	0,5	30	0,2	85	25	4,5~5,5/3~5,5	500	

СТАНДАРТИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ РАСШИРЯЕТ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Необходимо не только уменьшить стоимость самого изделия (оптрона), но и сократить расходы, начиная с исходного этапа разработки и заканчивая массовым производством. Например, стандартизация компонентов позволит сократить объем требований к проектированию и оценке качества, время тестирования на надежность и сертификацию, а также управленческие затраты при массовом производстве.

Обычно в схеме измерения тока применяются точные сигма-дельта-модуляторы, а в схеме мониторинга (измерения) напряжения – аналоговые развязывающие (изолирующие) усилители с относительно малой точностью и высоким входным сопротивлением. В этом случае требуется отдельное проектирование, тестирование, определение температурных характеристик и т.д. Если один и тот же компонент применяется для решения обеих задач, срок разработки уменьшается, что позволяет сократить общие затраты.

СТАНДАРТЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Стремление сократить расходы не должно отразиться на безопасности и надежности оптрона. Оптопары для электроприводов, соответствующие стандартам безопасности UL1577, EN60747-5-5 и недавно обновленному UL61800-5-1, играют важную роль в производстве промышленного оборудования.

ОПТРОН RV1S9353A ОТ RENESAS

Микросхема RV1S9353A компании Renesas представляет собой оптически изолированный $\Delta\Sigma$ -модулятор, характеристики которого представлены в таблице 1. Он обеспечивает высокую точность управления промышленными изделиями, имеет стандартную конструкцию и отвечает отраслевым требованиям по устойчивости к синфазным помехам.

ИС RV1S9353A с высоким отношением сигнал/шум, малым температурным дрейфом и низким дрейфом напряжения смещения предназначена не только для измерения фазного тока двигателя, но и для измерения напряжения благодаря высокому входному сопротивлению.

Как видно из рисунка 4, корпус оптрона представляет собой 8-контактный SDIP с шагом выводов 1,27 мм. Значения пути утечки и воздушных зазоров составляют 8 мм, а электрическая прочность изоляции – 5 кВ (СКЗ). Несмотря на свои миниатюрные размеры, оптрон RV1S9353A применяется в устройствах привода электродвигателей переменного тока с напряжением 200 и 400 В с усиленной изоляцией.

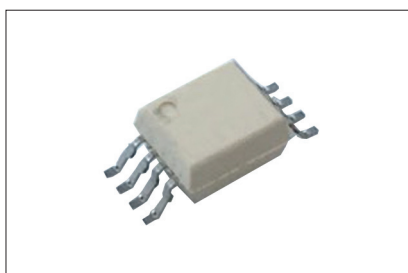


Рис. 4. Микросхема RV1S9353A в корпусе SDIP-8

ВЫСОКАЯ ТОЧНОСТЬ

Для измерения тока с высокой точностью у компактного оптрона RV1S9353A имеется оптимизированная схема $\Delta\Sigma$ -АЦП 2-го порядка, благодаря чему обеспечивается высокое отношение сигнал/шум и низкий темпера-

турный дрейф напряжения смещения. На рисунке 5 показаны результаты сравнения этого компонента со стандартным кристаллом PS9352A. Влияние температурных колебаний на точность измерения и управления оборудованием с помощью оптрона RV1S9353A меньше благодаря тому, что у него – высокий показатель SNR = 85 дБ; эффективная разрядность (ENOB) равна 13,8 бит (тип.); температурный дрейф входного напряжения смещения равен 0,2 мкВ/°С, а температурный дрейф опорного напряжения составляет 30 ppm/°С. Микросхема RV1S9353A работает в диапазоне входного напряжения 200 мВ и предназначена для измерения тока до 150 А совместно с соответствующим токовым шунтом.

В приложениях для мониторинга напряжения входное сопротивление модуля RV1S9353A составляет 500 кОм, что в 10 раз выше входного сопротивления $\Delta\Sigma$ -модулятора для измерения тока (несколько десятков кОм). В результате значительно сокращается ошибка измерения (см. рис. 3).

СТАНДАРТИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ

Кристалл RV1S9353A – единственный в мире прецизионный $\Delta\Sigma$ -модулятор с высоким входным сопротивлением (500 кОм) для измерения силы тока. Поскольку оптрон RV1S9353A можно использовать и для измерения силы тока, и для мониторинга напряжения, он находит широкое применение в сфере промышленной автоматизации. Кроме того, применение изделия RV1S9353A

Таблица 2. Сравнение аналогового и цифрового фильтров

	Аналоговый фильтр	Цифровой фильтр
Особенности	<ul style="list-style-type: none"> • фильтр с иными характеристиками требует установки других компонентов и использования другой схемы; • на характеристики фильтра влияет температурный дрейф; • на точность фильтрации влияют характеристики компонентов (разброс) 	<ul style="list-style-type: none"> • фильтр с другими характеристиками можно получить с прежними компонентами и схемами; • на характеристики фильтра не влияет температурный дрейф; • на точность фильтрации не влияют вариации параметров компонентов; • у цифровых фильтров более высокого порядка – проще конструкция по сравнению с аналоговыми фильтрами

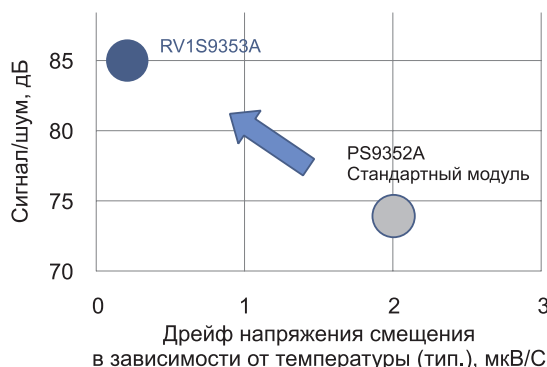


Рис. 5. Сравнение RV1S9353A со стандартным кристаллом PS9352A

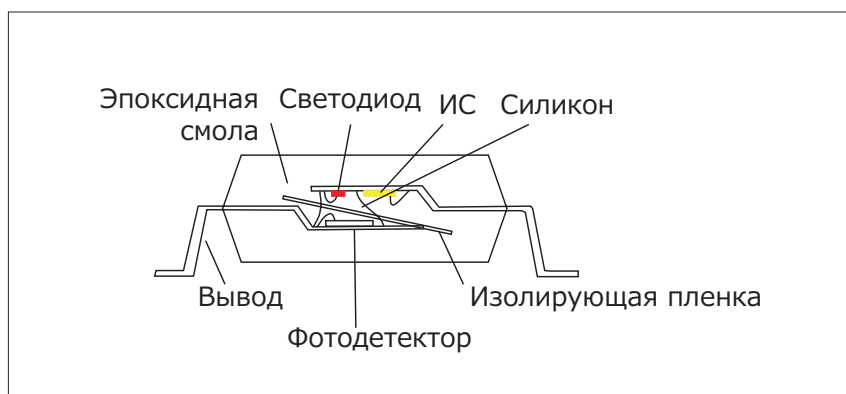


Рис. 6. Поперечное сечение оптрона RV1S9353A

для мониторинга напряжения устраняет необходимость в сложных многокомпонентных решениях, основанных на традиционных аналоговых развязывающих (изолирующих) усилителях. Это связано с тем, что фильтрация осуществляется цифровым фильтром, который можно реализовать с использованием тех же компонентов и схемы. На характеристики цифрового фильтра не влияют вариации параметров компонентов или температурные колебания (см. табл. 2).

СТАНДАРТЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Поперечное сечение микросхемы RV1S9353A показано на рисунке 6. В каче-

стве защитной поверхности используются силиконовая и полиимидная пленки. Светодиод и схема фотодетектора размещены таким образом, чтобы путь утечки тока составил 400 мкм. Такая конструкция отличается от конструкции цифровых изоляторов, у которых путь тока утечки не превышает 10 мкм при большем расстоянии между входом и выходом. Оptron RV1S9353A обеспечивает более широкий диапазон номинальной электрической прочности изоляции.

Как известно, в конце срока службы опtron переходит в разомкнутое состояние из-за снижения

яркости светодиода, а цифровой изолятор, наоборот, – в короткозамкнутый режим из-за разрушения оксидной или полиамидной пленки, что может стать причиной короткого замыкания и поражения электрическим током. Это обстоятельство необходимо учитывать.

Микросхема RV1S9353A имеет надежную стандартную двойную защиту в соответствии с требованиями UL1577, а также в качестве опции – DIN EN 60747-5-5 (VDE 0884-5). Хотя стандарт электроприводов изменился с UL508C на UL61800-5-1 и вместе с ним изменилось требование к величине воздушного зазора, изделие RV1S9353A обеспечивает усиленную изоляцию для работы с оборудованием переменного тока на 200 и 400 В.

ВЫВОДЫ

В жестких условиях эксплуатации приводных устройств электродвигателей, например контроллеров роботов, сервоприводов переменного тока и сервоприводов с ЧПУ, ΔΣ-модулятор RV1S9353A от Renesas Electronics обеспечивает прецизионные измерения тока и контроль напряжения в широком диапазоне промышленных применений. ☐