

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ 78K0R/Fx3 КОМПАНИИ RENESAS – НАДЕЖНОСТЬ ПРЕВЫШЕ ВСЕГО



Г.Горюнов, Н.Елисеев, к.т.н.
gennady.gr@eltech.spb.ru

Во многих современных приложениях необходимы микроконтроллеры, обладающие высокой надежностью. К числу таких приложений относятся, например, системы управления автомобилями. Очевидно, что сбой в работе этих систем может привести к самым нежелательным последствиям – от непредвиденной задержки в пути до аварии. Помимо надежности микроконтроллеры для автомобилей должны обладать и другими свойствами – способностью работать при высоких температурах, интерфейсами, необходимыми для интеграции в автомобильную электронику, достаточной производительностью и др. Всем этим требованиям отвечают микроконтроллеры 78K0R/Fx3 компании Renesas Electronics Corporation.

Компания Renesas Electronics Corporation (она появилась в апреле 2010 года в результате слияния NEC Electronics и Renesas Technology) является одним из ведущих поставщиков различной элементной базы, в том числе микроконтроллеров, для автомобильных систем. Так, в автомобилях уже в течение ряда лет используются семейства 8-разрядных конт-

роллеров 78K0/Fx2 и 32-разрядных контроллеров V850ES/Fx3. Опыт эксплуатации и различные экспериментальные исследования подтвердили эффективность и высокую надежность этих приборов [1, 2].

Новые 16-разрядные контроллеры 78K0R/Fx3 заполнили промежуток в шкале цена/производительность между 8- и 32-разрядными устройствами. Посмотрим, как устроены эти контроллеры, и какими возможностями они обладают.

Контроллеры 78K0R/Fx3 основаны на CISC-ядре 78K0R (см. рисунок) [3, 4]. Ядро работает на частоте 24 МГц, и его производительность достигает 31 MIPS (миллион операций в секунду) (по системе тестирования Drystone) [3]. Это в шесть раз выше, чем у 8-разрядных контроллеров 78K0. Высокая производительность достигнута, в том числе, за счет использования в архитектуре ядра трехстадийного конвейера.

В семейство 78K0R/Fx3 входят несколько серий контроллеров – 78K0R/FB3, 78K0R/FC3, 78K0R/FE3, 78K0R/FF3, 78K0R/FG3. Серии различаются объемами ОЗУ и ПЗУ, наличием тех или иных интерфейсов, числом таймеров и прерываний, корпусами (см. таблицу).

Контроллеры 78K0R/Fx3 относятся к типу All Flash [5] – в качестве ПЗУ в них используется только флеш-память. Часть этой памяти (16 Кбайт) отведена под хранение данных. При работе с ней поддерживается режим эмуляции EEPROM. Это позволяет во многих случаях обойтись без внешних модулей EEPROM-памяти. В результате увеличивается скорость работы и уменьшается стоимость системы.

Помимо ядра и флеш-памяти в состав микроконтроллеров входят ОЗУ, набор последовательных интерфейсов (CSI/I2C/UART), массив таймеров, 10-разрядный АЦП, детектор низкого напряжения, порты ввода-вывода и ряд других модулей (см. рисунок). В контроллерах есть встроенный высокочастотный тактовый генератор, но можно подключать и внешний кварцевый резонатор.

Поскольку микроконтроллеры 78K0R/Fx3 ориентированы на автомобильные приложения, в них есть интерфейс для работы с шинами LIN (Local Interconnect Network). Сегодня эта новая шина становится стандартной для различных сис-

Таймеры 2x8 каналов	Флеш-память от 64 до 256 Кбайт	ОЗУ от 4 до 16 Кбайт	1xCAN
Сторожевой таймер	Ядро 78K0R 31 MIPS на 24 МГц 1,0 мВт/MIPS		4xCSI
Встроенный низкочастотный тактовый генератор (30 кГц)			1xUART
Встроенный высокочастотный тактовый генератор (4/8 МГц)	Делитель/умножитель		2xLIN-UART
Схема ФАПЧ	Четырехканальный контроллер ПДП		2x°C
Монитор тактовой частоты	Схема безопасного включения/ детектор низкого напряжения		24-канальный 10-разрядный АЦП
			89 портов ввода-вывода

Блок-схема микроконтроллеров 78K0R/FG3

Характеристики микроконтроллеров 78K0R/Fx3

Название серии	Название контроллера	Флеш-память, про-грамм, Кбайт	ОЗУ, Кбайт	Число портов ввода-вывода	Число каналов 16-рядного таймера	Наличие CAN-контроллера	Число интерфейсов UART	Число интерфейсов CSI	Число интерфейсов I ² C	Число внешних прерываний	Число внутренних прерываний	Число каналов 10-разрядного АЦП	Число выводов	Тип корпуса
78K0R/FE3	μPD78F1804	24	1,5	23	13	Нет	Нет	2	Нет	8	32	8	30	SSOP
	μPD78F1804			25					1			6	32	QFN
	μPD78F1805	32	2	23					Нет			8	30	SSOP
	μPD78F1805			25					1			6	32	QFN
	μPD78F1806	48	3	23					Нет			8	30	SSOP
	μPD78F1806			25					1			6	32	QFN
	μPD78F1807	64	4	23					Нет			8	30	SSOP
	μPD78F1807			25					1			6	32	QFN
78K0R/FC3	μPD78F1808	24	1,5	33	16	Нет	Нет	2	1	9	37	8	40	QFN
	μPD78F1809	32	2											
	μPD78F1810	48	3											
	μPD78F1811	64	4											
	μPD78F1812	24	1,5	41		10				41	11	48	LQFP, QFN	
	μPD78F1813	32	2											
	μPD78F1814	48	3											
	μPD78F1815	64	4											
	μPD78F1816	96	6											
	μPD78F1817	128	8											
	μPD78F1826	64	4											
	μPD78F1827	96	6											
	μPD78F1828	128	8											
	μPD78F1829	192	12											
μPD78F1830	256	16												
78K0R/FE3	μPD78F1818	32	2	55	20	Нет	Нет	3	1	10	41	15	64	LQFP
	μPD78F1819	48	3											
	μPD78F1820	64	4											
	μPD78F1821	96	6											
	μPD78F1822	128	8			Есть	1	2	11	47				
	μPD78F1831	64	4											
	μPD78F1832	96	6											
	μPD78F1833	128	8											
	μPD78F1834	192	12											
	μPD78F1835	256	16											
78K0R/FF3	μPD78F1823	64	4	71	20	Нет	1	3	2	12	43	16	80	LQFP
	μPD78F1824	96	6											
	μPD78F1825	128	8											
	μPD78F1836	64	4											
	μPD78F1837	96	6			Есть				47				
	μPD78F1838	128	8											
	μPD78F1839	192	12											
	μPD78F1840	256	16											
78K0R/FG3	μPD78F1841	64	4	89	24	Есть	1	4	2	12	49	24	100	LQFP
	μPD78F1842	96	6											
	μPD78F1843	128	8											
	μPD78F1844	192	12											
	μPD78F1845	256	16											

* Без учета LIN-UART; ** Речь идет о маскируемых аппаратных прерываниях.

тем управления автомобилями. Для взаимодействия с LIN в 78K0R/Fx3 используется два специальных UART-интерфейса – LIN-UART – с аппаратной поддержкой протоколов шин LIN [4, 6]. В контроллерах этих интерфейсов на аппаратном уровне реализована поддержка автоматического определения скорости передачи данных.

В ряде устройств семейства 78K0R/Fx3 присутствует также контроллер шины CAN (Control Area Network) – еще одной стандартной шины автомобильных систем. Интерфейс CAN сегодня широко используется и в промышленных системах – это еще больше расширяет спектр применения микроконтроллеров 78K0R/Fx3.

Еще одна – ключевая для автомобильных приложений – особенность контроллеров 78K0R/Fx3 – способность работать при высоких температурах. Диапазон рабочих температур может составлять $-40...85^{\circ}\text{C}$ (специальный класс качества A (Special Quality grade A) – по терминологии Renesas [7]), $-40...125^{\circ}\text{C}$ (класс A2) или $-40...140^{\circ}\text{C}$ (класс A3). Чтобы обеспечить надежную работу при высоких температурах, контроллеры подвергаются процедуре электротермотренировки – нагреваются до требуемой температуры и работают в течение долгого времени. Устройства, не прошедшие этот тест, отбраковываются.

Микроконтроллеры 78K0R/Fx3 обладают очень низким энергопотреблением – ниже, чем у аналогичных устройств других производителей. Оно составляет 1,0 мВт на MIPS [3]. Это также очень важная характеристика для автомобилей – когда контроллеры работают при выключенном зажигании.

Микроконтроллеры размещаются в различных корпусах – в зависимости от серии – с числом выводов от 30 до 100 (см. таблицу). В сериях 78K0R/FB3 и 78K0R/FC3 используются новые компактные корпуса типа QFN с 32, 40 и 48 выводами.

Напряжение питания всех контроллеров 78K0R/Fx3 составляет 2,7–5,5 В.

Как отмечалось, контроллеры для автомобильных применений должны обладать очень высокой надежностью. Надежность контроллеров 78K0R/Fx3 обеспечивается целым комплексом использованных в них решений. Одно из них уже упоминалось выше – тестирование устройств для работы при высоких температурах.

Существенным фактором, влияющим на надежную работу микроконтроллеров, является устойчивость к воздействию электромагнитных полей. В автомобилях эта проблема особенно актуальна, т.к. электромагнитная обстановка в них весьма сложная [1]. В микроконтроллерах 78K0R/Fx3 предусмотрено несколько "эшелонов" защиты от электромагнитных помех [1].

Первый – использование в составе контроллера сторожевого таймера, который тактируется от специального встроенного низкочастотного тактового генератора. Срыв его генерации под воздействием импульсных помех практически невозможен [1]. При зависании системы сторожевой тай-

мер дает сигнал на ее перезагрузку, после которой ядро контроллера начинает работать от встроенного высокочастотного тактового генератора. В контроллерах же, где сторожевой таймер тактируется от внешнего кварцевого резонатора, при срыве генерации резонатора таймер не сможет "разбудить" систему [1].

Безотказную работу микроконтроллеров обеспечивает также монитор тактовой частоты. Он следит за работой системного тактового генератора. Если используется внешний резонатор и его генерация пропадает из-за воздействия электромагнитных помех, монитор тактовой частоты инициирует перезагрузку системы. После перезагрузки ядро и другие модули тактируются встроенным высокочастотным тактовым генератором.

Еще одно решение, повышающее надежность с точки зрения устойчивости к воздействию электромагнитных полей, – разделение шин питания [1, 4]. Микроконтроллеры 78K0R/Fx3 имеют отдельные шины питания для цепей портов ввода-вывода. За счет этого помехи, наведенные на портах ввода-вывода, не попадают в цепи питания ядра и других модулей. В результате значительно повышается устойчивость контроллеров к электромагнитным помехам.

Устойчивость к импульсным помехам повышается также за счет применения в микроконтроллерах 78K0R/Fx3 синтезатора частоты на основе петли ФАПЧ. В случае использования внешнего резонатора, паразитные высокочастотные сигналы, наведенные его выводах, фильтруются при прохождении через ФНЧ системы ФАПЧ [1, 4].

Свой вклад в надежность работы микроконтроллеров 78K0R/Fx3 вносят и специальные механизмы работы с флеш-памятью, отработанные на многих контроллерах NEC/Renesas. К ним относятся контроль ошибок при записи данных во флеш-память и чтения из памяти, коррекция данных "на лету" при обнаружении ошибок и др. [2].

Таким образом, контроллеры 78K0R/Fx3 обладают высокой надежностью работы в сложных условиях и богатой функциональностью. Способность функционировать при высоких температурах, устойчивость к воздействию электромагнитных полей, высокая производительность, широкий набор интерфейсов позволяют успешно использовать их в различных автомобильных приложениях: модулях управления дверями, окнами и сидениями; системах отопления, вентиляции и кондиционирования и др. [8]. Вместе с тем, эти же характеристики делают контроллеры 78K0R/Fx3 оптимальным выбором и для целого ряда других ответственных приложений, где условия работы тяжелые, а цена отказа высока – различных промышленных производств, буровых установок и многих других.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горюнов Г. "Что позволено Юпитеру...", или почему одни микроконтроллеры надежнее других. –

Компоненты и технологии, 2008, №7, с.100.

2. **Горюнов Г.** ARM7 или V850 – какое ядро выбрать? – Компоненты и технологии, 2006, №7, с.1.

3. 78K0R/Fx3 16-bit MCU family now geared for automotive applications. Pamflet. – www.renesas.eu.

4. 78K0R/Fx3 16-bit Single-Chip Microcontrollers. User's Manual. – www2.renesas.eu/_pdf/U19145EJ3V0UD00.PDF.

5. **Горюнов Г., Елисеев Н.** Flash и только Flash – микроконтроллеры 78K0R компании Renesas. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2010, №4, с.74.

6. NEC Electronics' LIN-Family. – www2.renesas.eu/applications/automotive/ee/lin/index.html.

7. Quality grades on NEC semiconductor devices. Document No. C11531EJ4V11F00 (4th edition). – NEC Corporation, 1998.

8. Body Control. – www2.renesas.com.