

# Семейства x51 микроконтроллеров фирмы Cygnal

**Читатель журнала, интересующийся микропроцессорной и микроконтроллерной техникой, наверняка знает, как динамично развивается современная элементная база. Еще совсем недавно пресса восхищалась новыми микроконтроллерами фирм Atmel и Microchip. И вот на рынке появились новые мощные микроконтроллеры от фирмы Cygnal.**

**Олег Николайчук**

info@atos.ru

**М**ощные микроконтроллеры от фирмы Cygnal продолжают развитие ставших промышленным стандартом de facto микроконтроллеров семейства x51. В то же время они содержат на кристалле много очень полезных подсистем, которые превращают старый добрый микроконтроллер серии x51 в мощную высокоинтегрированную систему обработки сигналов. Но об этом немного позже. Прежде следует сказать несколько слов о фирме-производителе.

Полное название компании — Cygnal Integrated Products, Inc. Это молодая компания, которая была основана в марте 1999 года. Ее стартовый капитал составил 16 млн долларов, и организована она была на инвестиции ряда известных компаний: Austin Ventures, Jato Tech, Sanyo Semiconductor, Cirrus Logic. Фирма расположена в столице штата Техас, городе Austin. Направлением деятельности является разработка, производство и распространение однокристалльных высокоинтегрированных систем обработки данных, состоящих из эффективных аналого-цифровых узлов, высокопроизводительного ядра x51 и Flash-памяти.

Организовали фирму Cygnal три известных и опытных личности:

Derrell C. Coker — президент и руководитель исполнительного офиса компании. До марта 1999 г. он девять лет работал в Benchmark Microelectronics, а также был вице-президентом Dallas Semiconductor и главным менеджером в Mostek Corporation;

Donald E. Alfani — вице-президент по маркетингу продаж. До этого был директором по маркетингу на TelCom Semiconductor и Dallas Semiconductor;

Douglas R. Holberg — доктор наук, вице-президент по инженерии и руководитель технического руководства. Он является видным специалистом в области создания смешанных аналого-цифровых узлов на CMOS. До начала своей деятельности в фирме Cygnal он был директором по изображениям и видеопродуктам на Crystal Semiconductor — Cirrus Logic.

Такой опытный и известный состав руководства позволил за неполные три года существования фирмы разработать и выпустить на рынок четыре

новых семейства x51-совместимых микроконтроллеров [1].

## **Первое семейство микроконтроллеров C8051F00x — C8051F01x**

Первое семейство насчитывает 12 типов микроконтроллеров, отличающихся производительностью, объемом встроенной оперативной памяти IRAM, типом корпуса и некоторыми другими параметрами. Все характеристики этого семейства микроконтроллеров приведены в таблице 1.

Рассмотрим основные особенности этого семейства.

Все микроконтроллеры этого семейства имеют развитые узлы аналогового ввода-вывода.

На кристалле имеется аналого-цифровой преобразователь ADC с разрядностью 12 или 10 бит, оснащенный программно-управляемыми входным усилителем и аналоговым мультиплексором. Для входного усилителя может быть программно установлен коэффициент усиления, равный 16, 8, 4, 2, 1 или 0,5. Аналоговый мультиплексор на 8 или 4 входа может быть настроен как однополярный или с дифференциальным входом. Аналого-цифровой преобразователь не имеет «пропущенных» кодов и имеет погрешность  $\pm 1$  младший разряд. Имеется возможность генерации прерываний при изменении значения аналогового сигнала. Кроме этого, имеется интегрированный датчик температуры, позволяющий измерять температуру кристалла с точностью  $\pm 3$  °C.

Все микроконтроллеры этого семейства имеют два быстродействующих (время установления 10 мкс) цифро-аналоговых 12-разрядных преобразователя DAC с выходом по напряжению.

Имеется также 2 или 1 аналоговый компаратор с 16 значениями программно устанавливаемого гистерезиса. Они могут быть настроены на формирование сигнала сброса или прерывания.

Кроме того, имеется встроенный источник опорного напряжения на 2,4 В.

Все микроконтроллеры работают от источника питания 2,7–3,6 В. Потребляемый ток не превышает

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКА	C8051F000	C8051F001	C8051F002	C8051F005	C8051F006	C8051F007	C8051F010	C8051F011	C8051F012	C8051F015	C8051F016	C8051F017
Производительность, MIPS	20	20	20	25	25	25	20	20	20	25	25	25
Flash Memory, К	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
IRAM	256	256	256	2,25 К	2,25 К	2,25 К	256	256	256	2,25 К	2,25 К	2,25 К
Разрядность ADC (100ksps)	12	12	12	12	12	12	10	10	10	10	10	10
Количество входных каналов ADC	8	8	4	8	8	4	8	8	4	8	8	4
Коэффициент усиления входов	16; 8; 4; 2; 1; 0,5											
Встроенный датчик температуры	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество DAC	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Разрядность DAC	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Количество компараторов	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1
Наличие встроенной системы JTAG	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество линий ввода/вывода	32	16	8	32	16	8	32	16	8	32	16	8
Наличие интерфейсов	I2C, SPI, UART											
16-разрядный таймер-счетчик	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Количество 16-разрядных таймеров	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Наличие охранного таймера WDT	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Встроенный монитор питания	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Встроенный прог. генератор	2–16 MHz											
Температурный диапазон, °C	-40°C : +85°C											
Тип корпуса	TQFP	TQFP	LQFP	TQFP	TQFP	LQFP	TQFP	TQFP	LQFP	TQFP	TQFP	LQFP
Количество выводов	64	48	32	64	48	32	64	48	32	64	48	32
Диапазон напряжений питания, В	2,7 В–3,6 В											
Рабочий ток потребления, мА	10	10	10	12	12	12	10	10	10	12	12	12

ет 10 мА при частоте 20 МГц (12 мА при частоте 25 МГц). Все микроконтроллеры имеют встроенный монитор контроля питания (супервизор).

Важным преимуществом этого семейства является развитая встроенная система отладки программного обеспечения, так называемая JTAG. При наличии фирменного программно-аппаратного обеспечения (стоимостью 99\$) система обеспечивает отладку программ по точкам останова, в пошаговом режиме, в режиме останова по истечении заданного времени. При этом имеется возможность проверки и модификации значительной памяти и регистров.

Все микроконтроллеры имеют высокопроизводительное x8051-совместимое ядро, 70 % инструкций выполняются за 1 или 2 системных такта. Ядро оснащено развитой системой прерываний (до 22 источников).

Характеристики памяти и портов ввода/вывода приведены в таблице. Flash-память всех микроконтроллеров программируется внутрисхемно. Следует подчеркнуть, что все входы и выходы совместимы с внешними 5-вольтовыми микросхемами. Набор периферии (таймеры, интерфейсы) также приведен в таблице. Примечательно, что в набор входит охранный таймер WDT. На кристалле имеется программируемый встроенный генератор 2–16 МГц. Микросхема может программироваться на работу с кварце-

вым резонатором, времязадающей RC-цепочкой, только конденсатором или внешним генератором — причем переключение между режимами возможно в ходе выполнения программы. Все микросхемы имеют режимы энергосбережения.

Подробно с параметрами и режимами работы микроконтроллеров этого семейства можно ознакомиться в документе [2], кратких справочных листах (имена которых образуются добавлением к типу микроконтроллера short.pdf, например C8051F002\_short.pdf) и на многочисленных примерах на сайте производителя [1].

На рис. 1 в качестве примера приведена структура микроконтроллера C8051F000 [3].

### Второе семейство микроконтроллеров C8051F02x

Второе семейство насчитывает всего 4 типа микроконтроллеров, отличающихся от первого семейства наличием второго быстродействующего аналого-цифрового преобразователя, большим объемом встроенной оперативной памяти IRAM и Flash-памяти программ, наличием двух последовательных интерфейсов UART, типом корпуса и некоторыми другими параметрами. Все характеристики этого семейства микроконтроллеров приведены в таблице 2.

Второе семейство микроконтроллеров более мощное, чем первое.

Как и в первом семействе, на кристалле имеется аналого-цифровой преобразователь ADC с разрядностью 12 или 10 бит, оснащенный программно-управляемым входным усилителем и аналоговым мультиплексором. Его параметры и возможности такие же, как и у первого семейства.

Кроме того, на кристалле имеется второй высокопроизводительный восьмиразрядный ADC, оснащенный программно-управляемым входным усилителем и аналоговым мультиплексором. Для входного усилителя может быть программно установлен коэффициент усиления, равный 4, 2, 1 или 0,5. Аналоговый мультиплексор имеет 8 входов.

Как и в первом семействе, все микроконтроллеры имеют два быстродействующих 12-разрядных DAC и 2 аналоговых компаратора, а также встроенный источник опорного напряжения на 2,4 В. Все микроконтроллеры работают от источника питания 2,7–3,6 В. Потребляемый ток не превышает 10 мА при частоте 25 МГц. Все микроконтроллеры имеют встроенный монитор контроля питания (супервизор). Важным преимуществом этого семейства является более развитая встроенная система отладки программного обеспечения, так называемая «JTAG DEBUG & BOUNDARY SCAN». При наличии фирменного программно-аппаратного обеспечения (стоимостью

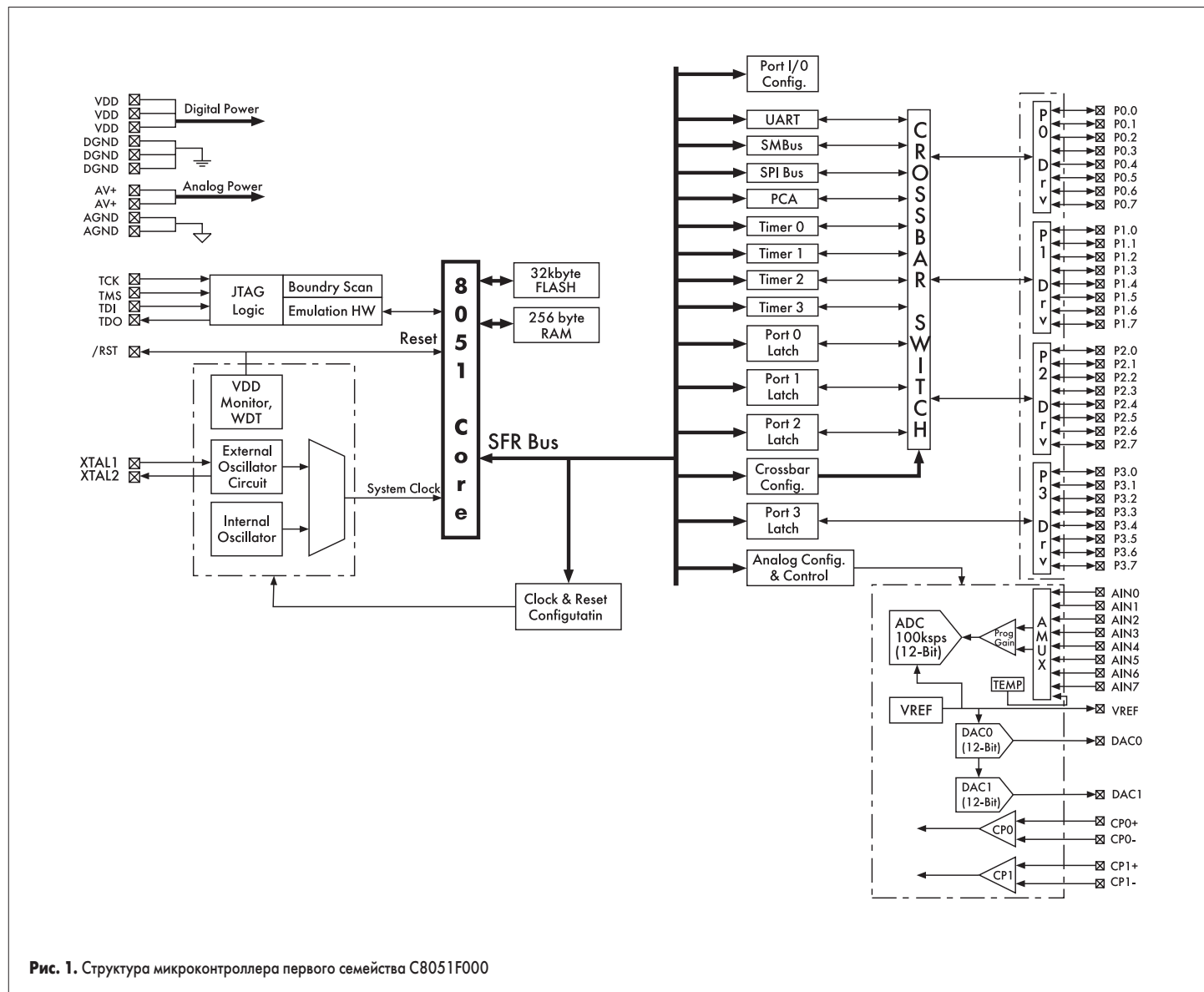


Рис. 1. Структура микроконтроллера первого семейства C8051F000

§129) система обеспечивает отладку программ по точкам останова, в пошаговом режиме, в режиме останова по истечении заданного времени. При этом имеется возможность проверки и модификации значений памяти и регистров.

Все микроконтроллеры имеют высокопроизводительное x8051-совместимое ядро, 70 % инструкций выполняются за 1 или 2 системных такта. Ядро оснащено развитой системой прерываний (до 22 источников).

Характеристики памяти и портов ввода-вывода приведены в таблице. Flash-память всех микроконтроллеров программируется внутрисхемно. Следует подчеркнуть, что все входы и выходы совместимы с внешними пяти-вольтовыми микросхемами. Кроме того, имеется высокопроизводительный параллельный интерфейс с внешней памятью (до 5 Мб/с). Набор периферии (таймеры, интерфейсы) также приведен в таблице. В отличие от предыдущего семейства имеется два универсальных последовательных порта UART. В состав входит также охраняемый таймер WDT. На кристалле имеется программируемый встроенный генератор 2–16 МГц. Микросхема может программироваться на работу с кварцевым резонатором, времязадающей RC-цепочкой, только конденсатором или внешним генера-

тором — причем переключение между режимами возможно в ходе выполнения программы. Все микросхемы имеют режимы энергосбережения.

Подробно с параметрами и режимами работы микроконтроллеров этого семейства можно ознакомиться в документе [4], кратких справочных листах и примерах по применению [1].

На рис. 2 приведена структура микроконтроллера C8051F020 [5].

### Третье семейство микроконтроллеров C8051F2xx

Третье семейство насчитывает 7 типов микроконтроллеров, основные характеристики которых приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, это семейство микроконтроллеров менее мощное, чем первое. Только в четырех микросхемах имеется ADC, зато с большим числом входов мультиплектора. Только в одной модели имеется программно-управляемый входной усилитель и разрядность ADC равна 12 битам. Остальные ADC — восьмиразрядные. Во всех моделях, имеющих аналоговый мультиплексор, переопределение входов можно производить в ходе выполнения программы.

Все микроконтроллеры работают от источника питания 2,7–3,6 В. Потребляемый ток не превышает 9 мА при частоте 25 МГц. Все микроконтроллеры имеют встроенный монитор контроля питания (супервизор).

Микроконтроллеры этого семейства имеют обычный JTAG (как у первого семейства). При наличии фирменного программно-аппаратного обеспечения (стоимостью 99\$) система обеспечивает отладку программ по точкам останова, в пошаговом режиме, в режиме останова по истечении заданного времени. При этом имеется возможность проверки и модификации значений памяти и регистров.

Все микроконтроллеры имеют высокопроизводительное x8051-совместимое ядро, 70 % инструкций выполняются за 1 или 2 системных такта. Ядро оснащено развитой системой прерываний (до 21 источников).

Характеристики памяти и портов ввода-вывода приведены в таблице. Flash-память всех микроконтроллеров программируется внутрисхемно. Все входы и выходы совместимы с внешними пяти-вольтовыми микросхемами. Набор периферии (таймеры, интерфейсы) также приведен в таблице (в состав входит охраняемый таймер WDT). На кристалле имеется программируемый встроенный генератор 2–16 МГц. Микросхема

Таблица 2

ХАРАКТЕРИСТИКА	C8051F020	C8051F021	C8051F022	C8051F023
Производительность, MIPS	25	25	25	25
Flash Memory, К	64	64	64	64
IRAM, К	4.25	4.25	4.25	4.25
Разрядность первого ADC (100 ksps)	12	12	10	10
Количество входных каналов первого ADC	8	8	8	8
Коэффициент усиления входов первого ADC	16; 8; 4; 2; 1; 0,5			
Встроенный датчик температуры	+	+	+	+
Количество DAC	2	2	2	2
Разрядность второго ADC (500 ksps)	8	8	8	8
Количество входных каналов второго ADC	8	8	8	8
Коэффициент усиления входов второго ADC	4; 2; 1; 0,5			
Разрядность DAC	12	12	12	12
Количество компараторов	2	2	2	2
Наличие встроенной расширенной системы JTAG	+	+	+	+
Количество линий ввода/вывода	64	32	64	32
Наличие интерфейсов	I2C, SPI, 2 x UART			
16-разрядный таймер-счетчик	+	+	+	+
Количество 16-разрядных таймеров	5	5	5	5
Наличие охранного таймера WDT	+	+	+	+
Встроенный монитор питания	+	+	+	+
Встроенный программируемый генератор	2-16 МГц			
Температурный диапазон, °C	-40°C ... +85°C			
Тип корпуса	TQFP	TQFP	TQFP	TQFP
Количество выводов	100	64	100	64
	64	100	64	100
Диапазон напряжений питания, В	2,7 В-3,6 В			
Рабочий ток потребления, мА	10	10	10	10

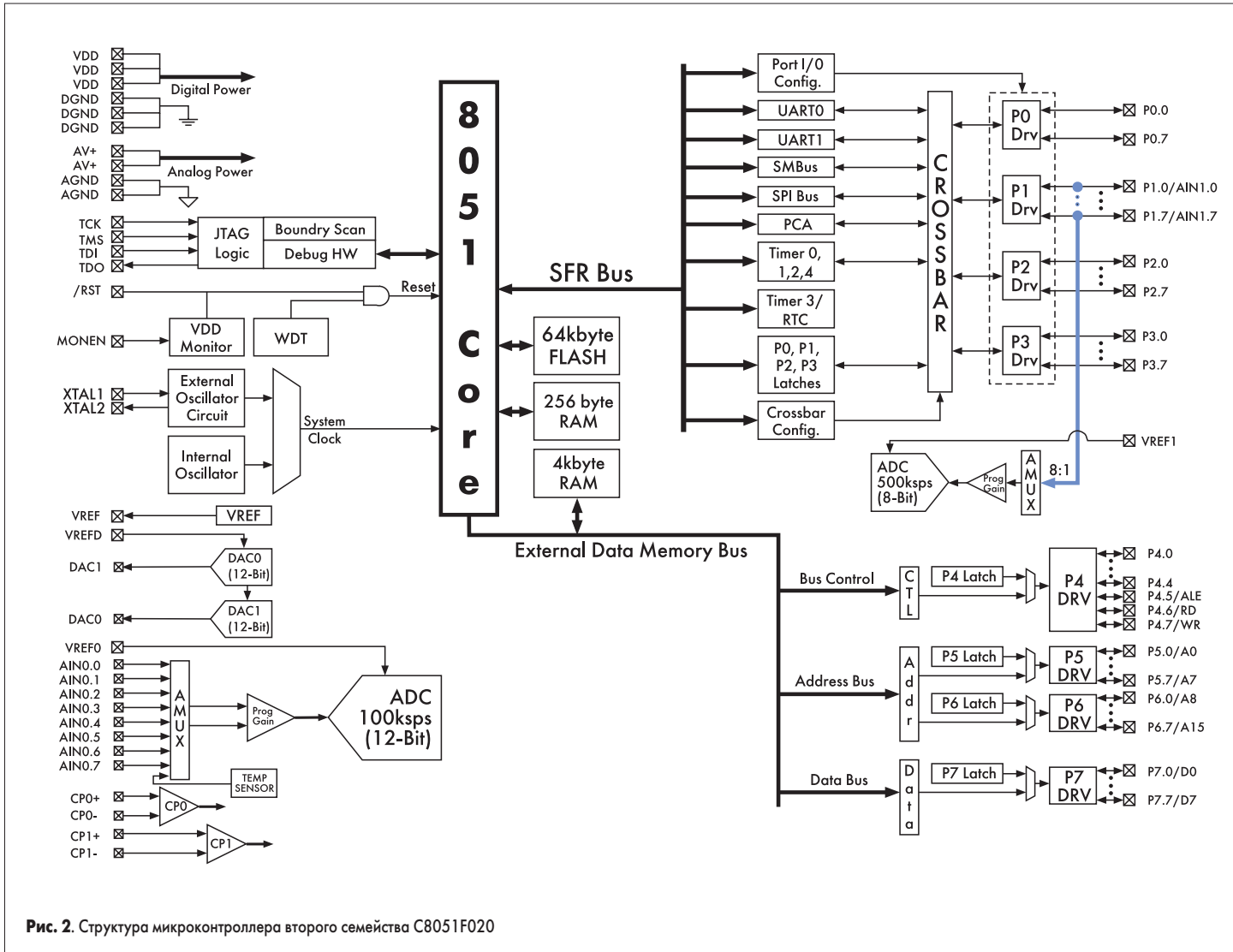


Рис. 2. Структура микроконтроллера второго семейства C8051F020

Таблица 3

ХАРАКТЕРИСТИКА	C8051F206	C8051F220	C8051F221	C8051F226	C8051F230	C8051F231	C8051F236
Производительность, MIPS	25	25	25	25	25	25	25
Flash Memory, K	8	8	8	8	8	8	8
IRAM	1,25 Kк				256	256	1,25 K
Разрядность ADC (100ksp/s)	12	8	8	8	-	-	-
Количество входных каналов ADC	32	32	22	32	-	-	-
Коэффициент усиления входов 16, 8, 4, 2, 1, 0.5	+	-	-	-	-	-	-
Количество компараторов	2	2	2	2	2	2	2
Наличие встроенной системы JTAG		+			+	+	+
Количество линий ввода/вывода	32	32	22	32	32	22	32
Наличие интерфейсов	SPI, UART						
Количество 16-разрядных таймеров	3	3	3	3	3	3	3
Наличие охранного таймера WDT	+	+	+	+	+	+	+
Встроенный монитор питания		+			+	+	+
Встроенный прог. генератор	2-16 MHz						
Температурный диапазон, °C	-40°C...+85°C						
Тип корпуса	TQFP	TQFP	LQFP	TQFP	TQFP	LQFP	TQFP
Количество выводов	48	48	32	48	48	32	48
Диапазон напряжений питания, В	2,7 В-3,6 В (9 мА)						

может программироваться на работу с кварцевым резонатором, времязадающей RC-цепочкой, только конденсатором или внешним генератором, причем переключение между режимами возможно в ходе выполнения программы. Все микросхемы имеют режимы энергосбережения.

Подробно с параметрами и режимами работы микроконтроллеров этого семейства можно ознакомиться в документе [6], кратких справочных листах и примерах по применению [1].

На рис. 3 приведена структура микроконтроллера C8051F220 [7].

### Четвертое семейство микроконтроллеров C8051F3xx

Четвертое семейство насчитывает всего 4 типа микроконтроллеров, зато это, пожалуй, самые маленькие из x51-совместимых микроконтроллеров. Эти микроконтроллеры имеют оригинальный корпус с размерами всего 3,3 мм и 11 выводами (рис. 5). Основные характеристики этого семейства приведены в таблице 4.

Четвертое семейство содержит уникальные малогабаритные микроконтроллеры. Два ми-

кроконтроллера имеют восьмиканальные восьмиразрядные ADC.

Все микроконтроллеры работают от источников питания 2,7-3,6 В. Потребляемый ток не превышает 5,8 мА при частоте 25/20 МГц.

Все микроконтроллеры имеют высокопроизводительное x8051 — совместимое ядро, 70 % инструкций выполняются за 1 или 2 системных такта. Ядро оснащено системой прерываний.

Микроконтроллеры этого семейства имеют встроенную систему отладки.

Характеристики памяти и портов ввода-вывода приведены в таблице. Flash-память всех

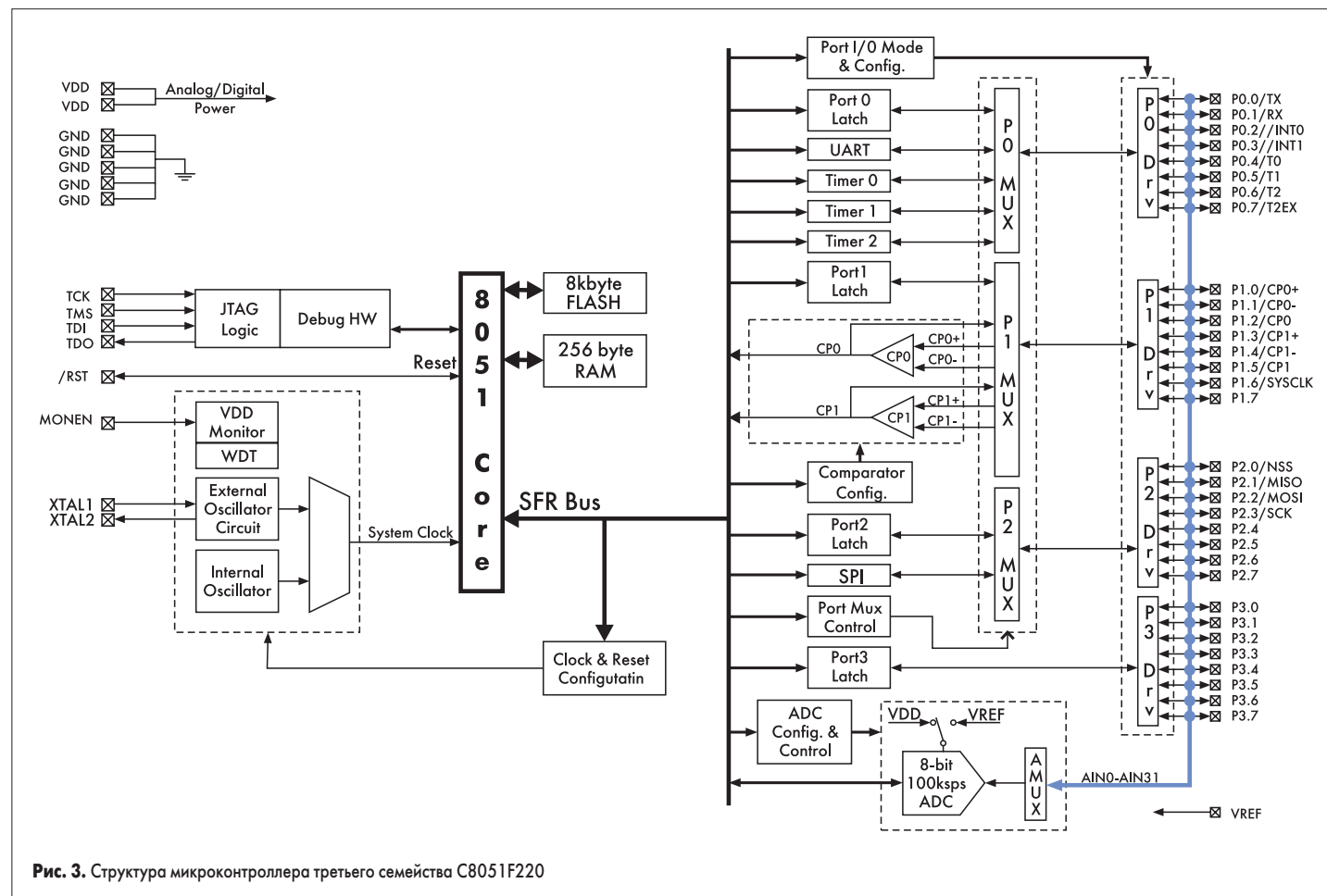


Рис. 3. Структура микроконтроллера третьего семейства C8051F220

Таблица 4

ХАРАКТЕРИСТИКА	C8051F300	C8051F301	C8051F302	C8051F303
Производительность, MIPS	25	25	25	25
Flash Memory, К	8	8	8	8
IRAM	256	256	256	256
Разрядность ADC (500ksp/s)	8	-	8	-
Количество входных каналов ADC	8	-	8	-
Коэффициент усиления входов	4; 2; 1; 0,5			
Встроенный датчик температуры	+	-	+	-
Количество компараторов	1	1	1	1
Наличие встроенной системы отладки	+	+	+	+
Количество линий ввода/вывода	8	8	8	8
Наличие интерфейсов	SMBus, UART			
16-разрядный таймер-счетчик	+	+	+	+
Количество 16-разрядных таймеров	3	3	3	3
Наличие охранного таймера WDT	+	+	+	+
Таймер реального времени	+	+	+	+
Встроенный монитор питания	+	+	+	+
Встроенный генератор, МГц	25	25	20	20
Температурный диапазон, °C	-40°C ... +85°C			
Тип корпуса	11-Pin Micro Lead			
Диапазон напряжений питания, В	2,7 В–3,6 В (5,8 мА)			

микроконтроллеров программируется внутрисхемно. Следует подчеркнуть, что все входы и выходы совместимы с внешними пятивольтовыми микросхемами. Набор периферии (таймеры, интерфейсы) также приведен в таблице (в состав входит также охранный таймер WDT).

На кристалле имеется непрограммируемый встроенный генератор на 25 (300, 301) или 20 (302, 303) МГц. Из-за этого работа UART для моделей 300, 301 (25 МГц) допускает вероятность 2 % ошибки.



Рис. 5. Корпус микроконтроллера четвертого семейства

Подробно с параметрами и режимами работы микроконтроллеров этого семейства можно ознакомиться в документе [8], кратких справочных листах и примерах по применению [1].

На рис. 4 приведена структура микроконтроллера C8051F300 [9].

**Заключение**

Описанные в данной статье микроконтроллеры компании Cugnal являются мощными интегрированными системами сбора и обработки аналоговых сигналов, в которых высокопроизводительное и «традиционное» ядро микроконтроллеров семейства x51 удачно сочетается с аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми узлами с входными мультиплексорами и программируемыми усилителями. Микросхемы оснащены достаточно большими объемами Flash-памяти с внутрисхемным программированием, а многие из них — еще

и достаточно большим объемом встроенной оперативной памяти. Пониженное напряжение питания обеспечивает малые токи потребления при достаточно высоких тактовых частотах, но это никак не сказывается на стыковке этих микросхем с традиционными пятивольтовыми микросхемами. Некоторые представители этих семейств являются практически завершенными микроконтроллерными системами с очень широким спектром применений.

**Литература**

1. <http://www.cugnal.com>
2. c8051fxxx.pdf
3. c8051f000\_short.pdf
4. c8051f02x.pdf
5. c8051f020\_short.pdf
6. c8051f2xx.pdf
7. c8051f220\_short.pdf
8. c8051f3xx.pdf
9. c8051f300\_short.pdf

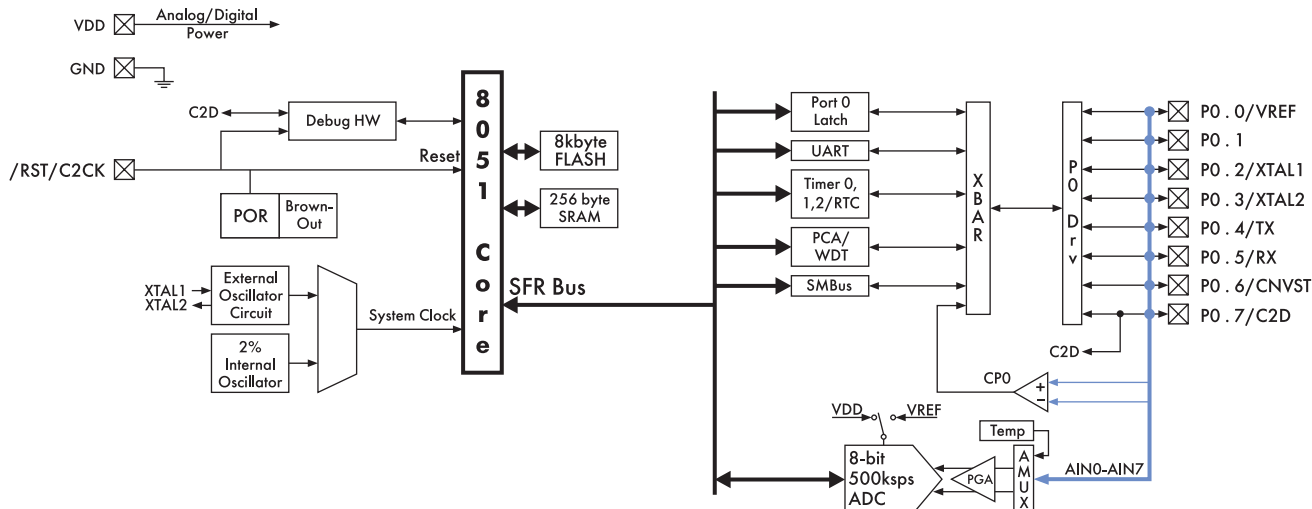


Рис. 4. Структура микроконтроллера четвертого семейства C8051F300