

4. Мікроконтролери сімейства AVR

Однокристалною мікро-ЕОМ (мікроконтролером) називають велику інтегральну схему (BIC), в якій цілком реалізована закінчена МПС з центральним процесором, пам'яттю (ПЗП та ОЗП), портами введення-виведення і іншими периферійними пристроями.

Першими ідею створення мікроконтролера (МК) в 1971 році висунули співробітники американської компанії Texas Instruments. Випущений в 1972 році МК був 4-х разрядний TMS1000, який мав ОЗУ (32 байта), ПЗУ (1К), таймер і порти введення-виведення. Перший найбільш популярний МК з'явився в 1976 році від фірми Intel, який отримав назву I8048.

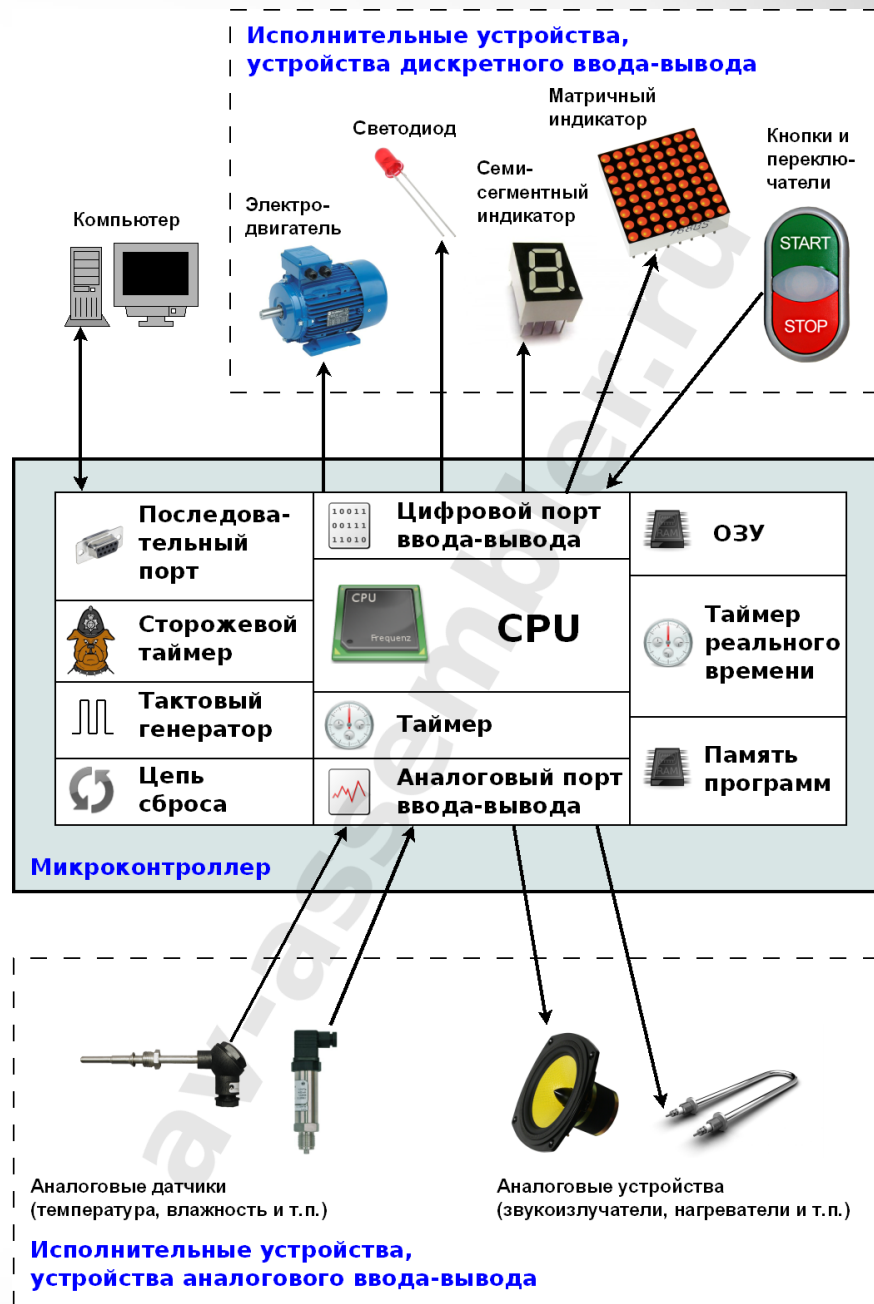


За своєю суттю мікроконтролер - це **невеликий комп'ютер**, призначений для виконання певних завдань.

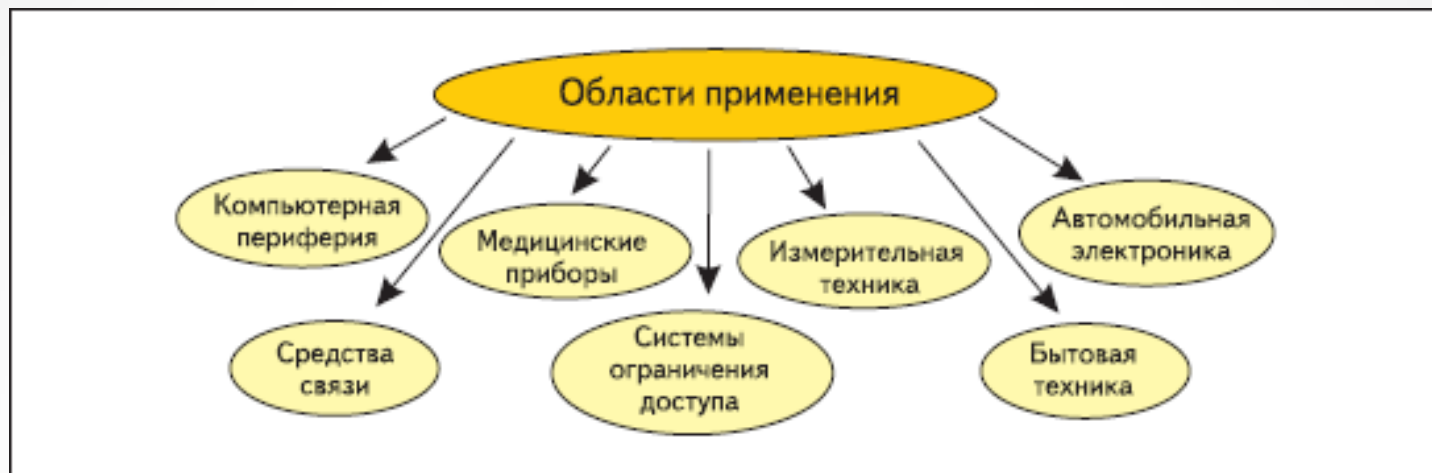
МК може вміщувати, крім основних вузлів, наступні вузли: таймери, АЦП, ЦАП, послідовні інтерфейси тощо.

Список найбільш популярних в даний час на ринку сімейств мікроконтролерів, призначених для застосувань в пристроях з автономним живленням:

- MSP430 (Texas Instruments);
- AVR (Microchip, раніше Atmel);
- PIC (Microchip);
- клони I8051 (велика кількість виробників);
- 68HC08 (Freescale, раніше Motorola);
- 78K0S, 78K0, 78K0R (NEC);
- Z8 (Zilog);
- H8 (Renesas, раніше Hitachi).

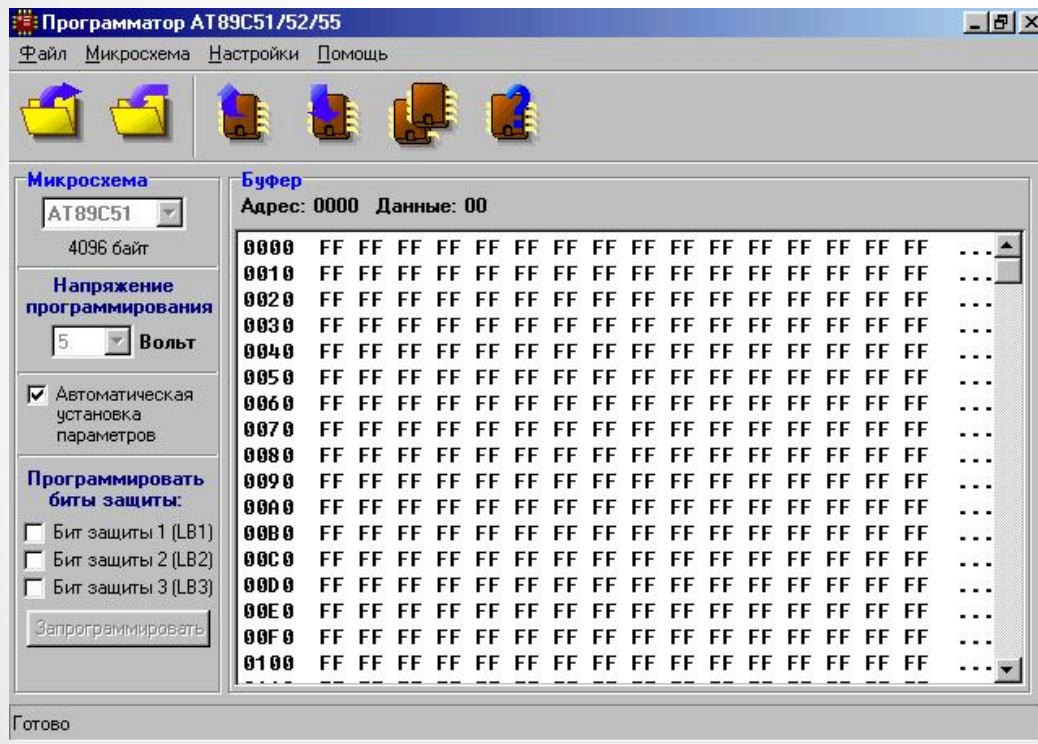


Мікроконтролери застосовуються переважно у вбудованих системах:



Вбудована система (англ. embedded system) – спеціалізована мікропроцесорна система управління (контролю, вимірювання), яка розроблена таким чином, щоб працювати безпосередньо в пристрої, яким вона керує.

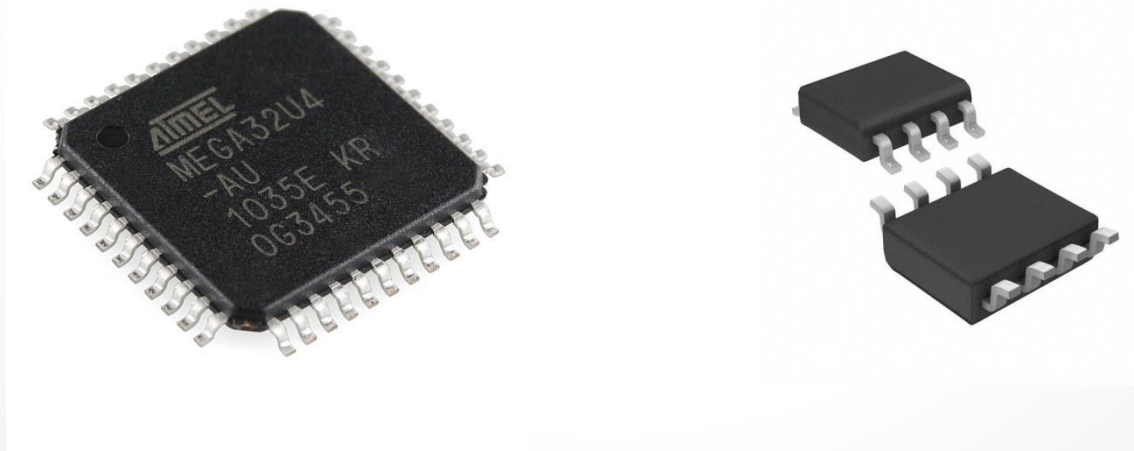
Так як пам'ять програм є ПЗП, то для запису програми необхідно використати спеціальний прилад – програматор. Фахівці використовують жаргонний вислів "прошити" ПЗП, тому програмне забезпечення для МК називають прошивкою (англ. firmware).



Справжня революція в світі МК сталася в 1996 році, коли корпорація Atmel представила своє сімейство чіпів на новому ядрі AVR. Більш продумана архітектура AVR, швидкодія, приваблива цінова політика сприяли відтоку симпатій багатьох розробників від недавніх лідерів.

МК AVR мають більш розвинену систему команд, що налічує до 133 інструкцій, продуктивність, що наближається до 1 MIPS/МГц, Flash ПЗУ програм з можливістю внутрисхемного перепрограмування. Багато чіпи мають функцію самопрограмування. AVR-архітектура оптимізована під мову високого рівня Сі. Крім того, всі кристали сімейства сумісні "від низу до верху".

МК AVR поділяються на 2 великі групи: ATmega и ATtiny.



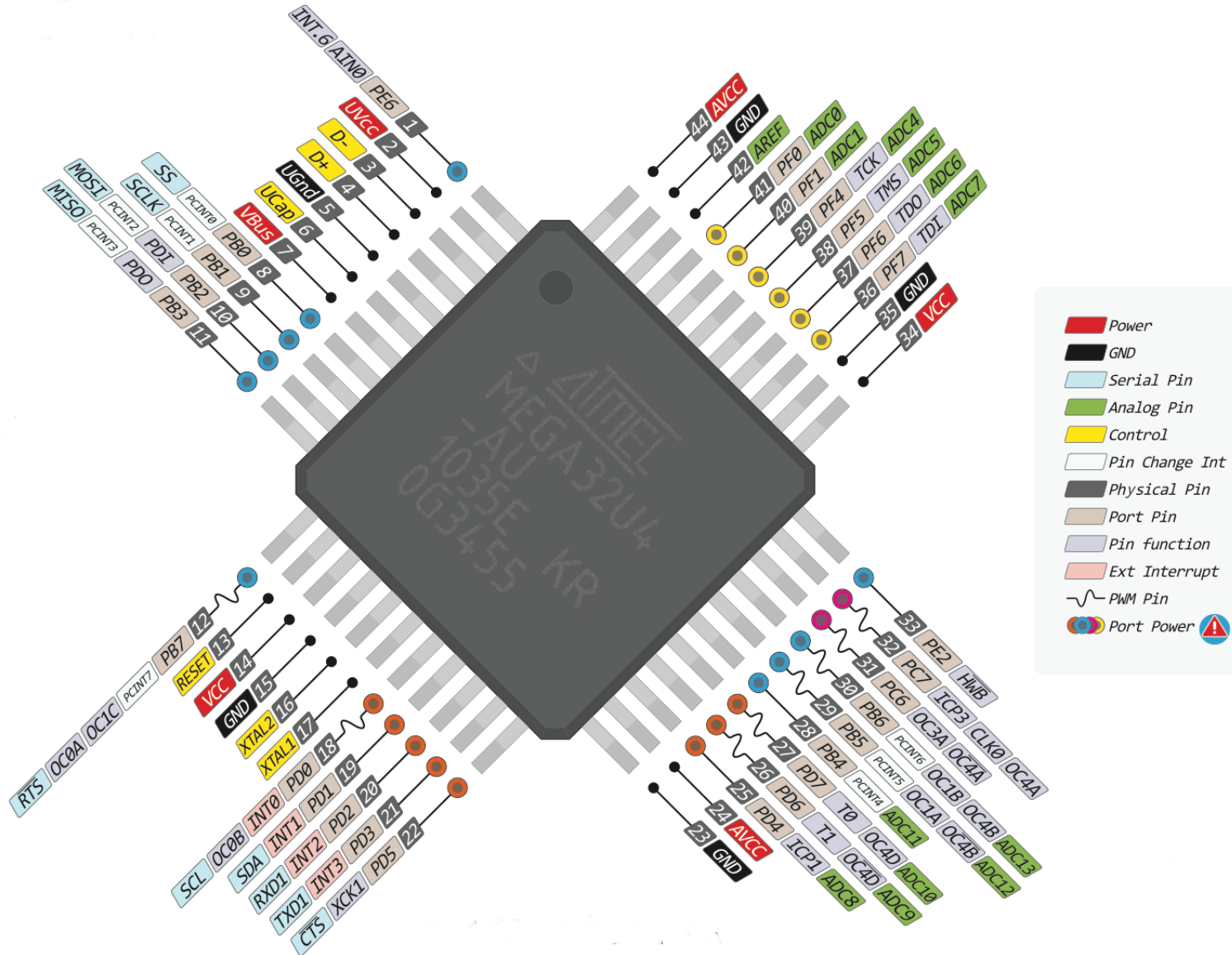
Микроконтроллеры Atmel AVR серия ATmega

Наименование	Flash ROM	EEPROM	RAM	Доп. внешн. RAM	ISP	Self Prog Mem	JTAG	I/O (Pins)	8/16 Tmr	AC	АЦП	Вн. RC-ген-р	WDT	UART	SPI	I2C	RTC	Каналы ШИМ	Умножитель	Кол-во команд	Питание Vcc, В	Частота, МГц
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ATmega8515L	8 KB	512 B	512 B	до 64K	+	+		35	1/1	+		+	+	1	+		+	3	+	130	2,7–5,5	0–8
ATmega8515	8 KB	512 B	512 B	до 64K	+	+		35	1/1	+		+	+	1	+		+	3	+	130	4,5–5,5	0–16
ATmega8535L	8 KB	512 B	512 B		+	+		35	2/1	+	8	+	+	1	+	+	+	4	+	130	2,7–5,5	0–8
ATmega8535	8 KB	512 B	512 B		+	+		35	2/1	+	8	+	+	1	+	+	+	4	+	130	4,5–5,5	0–8
ATmega8L	8 KB	512 B	1024 B		+	+		23	2/1	+	6/8	+	+	1	+	+	+	3	+	130	2,7–5,5	0–8
ATmega8	8 KB	512 B	1024 B		+	+		23	2/1	+	6/8	+	+	1	+	+	+	3	+	130	4,0–5,5	0–16
ATmega16L	16 KB	512 B	1024 B		+	+	+	32	2/1	+	8	+	+	1	+	+	+	4	+	130	2,7–5,5	0–8
ATmega16	16																				4,0–5,5	0–16

Микроконтроллеры Atmel AVR серия Tiny

Наименование	Flash ROM	EEPROM	RAM	ISP	I/O (Pins)	8/16-bit Timer	AC	USI	Каналы ADC	Вн. RC-цепочка	WDT	BDC	Кол-во команд	Питание Vcc, В	Частота МГц
ATtiny11L	1 KB			+	6	1/-	+			+	+		90	2.7–5.5	0–2
ATtiny11	1 KB			+	6	1/-	+			+	+		90	4.0–5.5	0–6
ATtiny12V	1 KB	64 B		+	6	1/-	+			+	+		90	1.8–5.5	0–1
ATtiny12L	1 KB	64 B		+	6	1/-	+			+	+		90	2.7–5.5	0–4
ATtiny12	1 KB	64 B		+	6	1/-	+			+	+		90	4.0–5.5	0–8

MK ATmega32U4



Основні характеристики

ЦПУ: F, МГц - от 0 до 16

ЦПУ: MIPS - 16

Память: Flash, КБайт - 32

Память: RAM, КБайт - 2.5

Память: EEPROM, КБайт - 1

I/O (макс.),шт. - 26

Таймеры: 8-бит, шт - 1

Таймеры: 16-бит, шт - 2

Таймеры: Каналов ШИМ, шт - 6

Интерфейсы: UART, шт - 1

Интерфейсы: SPI, шт - 1

Интерфейсы: I2C, шт - 1

Интерфейсы: USB, шт - 1

Аналоговые входы: Разрядов АЦП, бит - 10

Аналоговые входы: Каналов АЦП, шт - 12

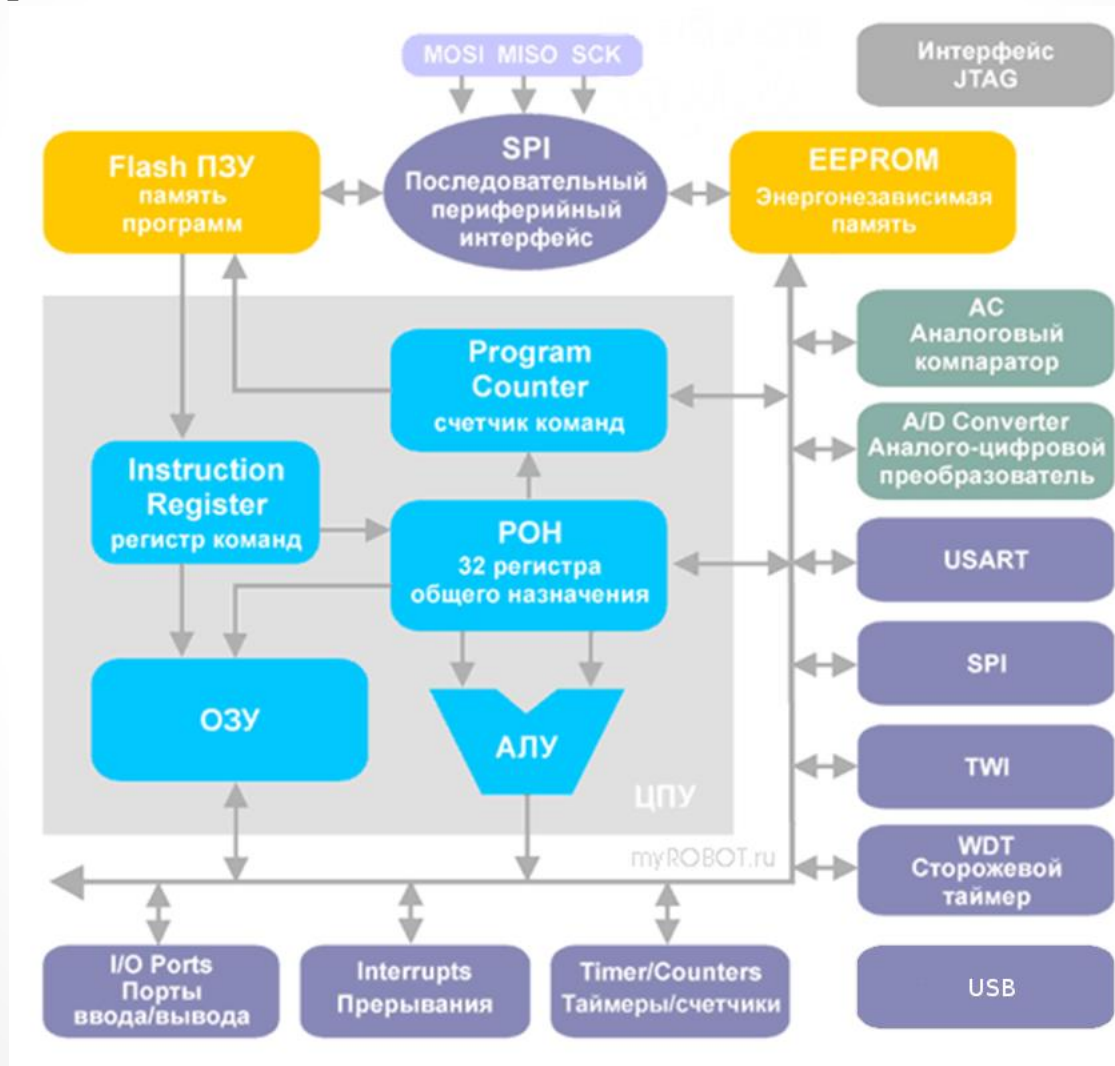
Аналоговые входы: Быстродействие АЦП, kSPS - 15

Аналоговые входы: Аналоговый компаратор,шт - 1

Напряжение питания, В - от 2.7 до 5.5

Ток потребления, мА - 18

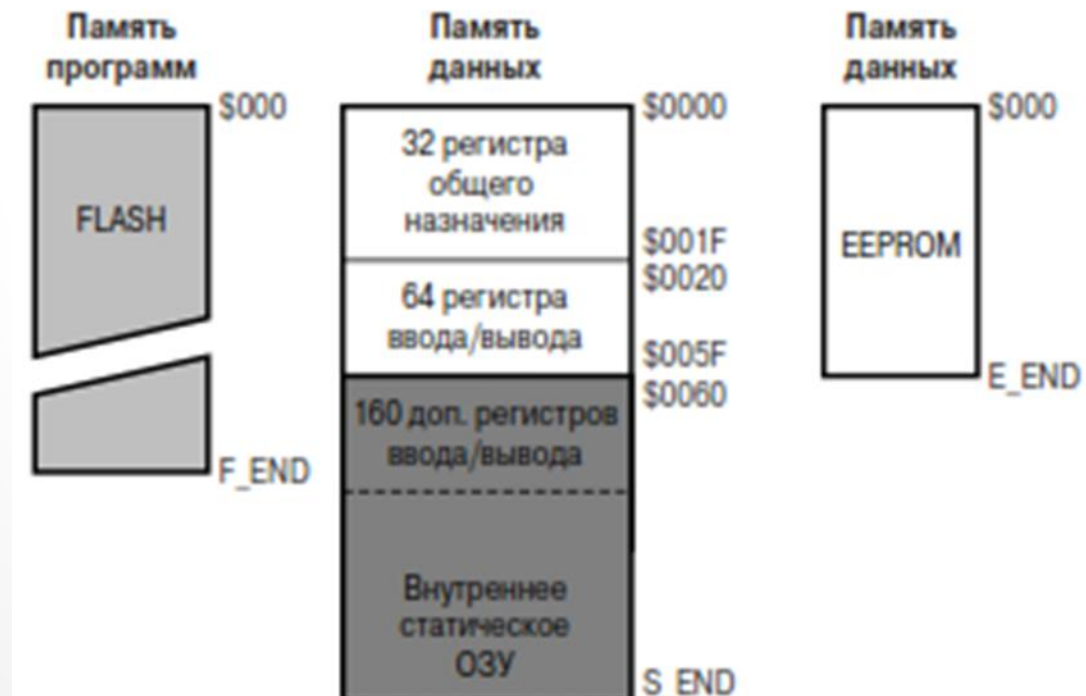
МК АТmega32U4 є 8-розрядним, який призначений для вбудованих додатків. Він виготовляється за мало споживаючою КМОП технологією. МК побудований за гарвардською архітектурою і має роздільні шини пам'яті програм і пам'яті даних.



Організація пам'яті

Відповідно до Гарвардської архітектури розділені не тільки адресні простори пам'яті програм і пам'яті даних, але також і шини доступу до них. Способи адресації і доступу до цих областей пам'яті також різні. Така структура дозволяє центральному процесору працювати одночасно як з пам'яттю програм, так і з пам'яттю даних, що істотно збільшує продуктивність.

Кожна з областей пам'яті даних (ОЗП та ЕСППЗП) також розташована в своєму адресному просторі.



Пам'ять програм має 16 розрядну організацію, тому для ATmega32U4 її довжина дорівнює 32 К 16-ти розрядних слів.

Гарантоване число циклів перезапису пам'яті програм у МК для ATmega32U4 становить не менше 10 тис. циклів.

Логічно пам'ять програм розділена на дві нерівні частини – область прикладної програми і область завантажувача. В останній може розташовуватися спеціальна програма (bootloader), що дозволяє МК самостійно управляти завантаженням прикладних програм.

Для адресації пам'яті програм використовується 16-ти розрядний лічильник команд (Program Counter).

За адресою 0x0000 пам'яті програм знаходиться вектор скидання. Після ініціалізації МК, виконання програми починається за цією адресою.

Пам'ять даних МК розділена на три частини:

- реєстрова пам'ять;
- оперативна пам'ять (статичне ОЗП);
- незалежне ЕСППЗП (EEPROM).

Реєстрова пам'ять включає:

- 32 регістра загального призначення (РЗП);
- службові регістри введення/виводу (РВВ) і додаткові регістри вводу-виводу (ДРВВ).

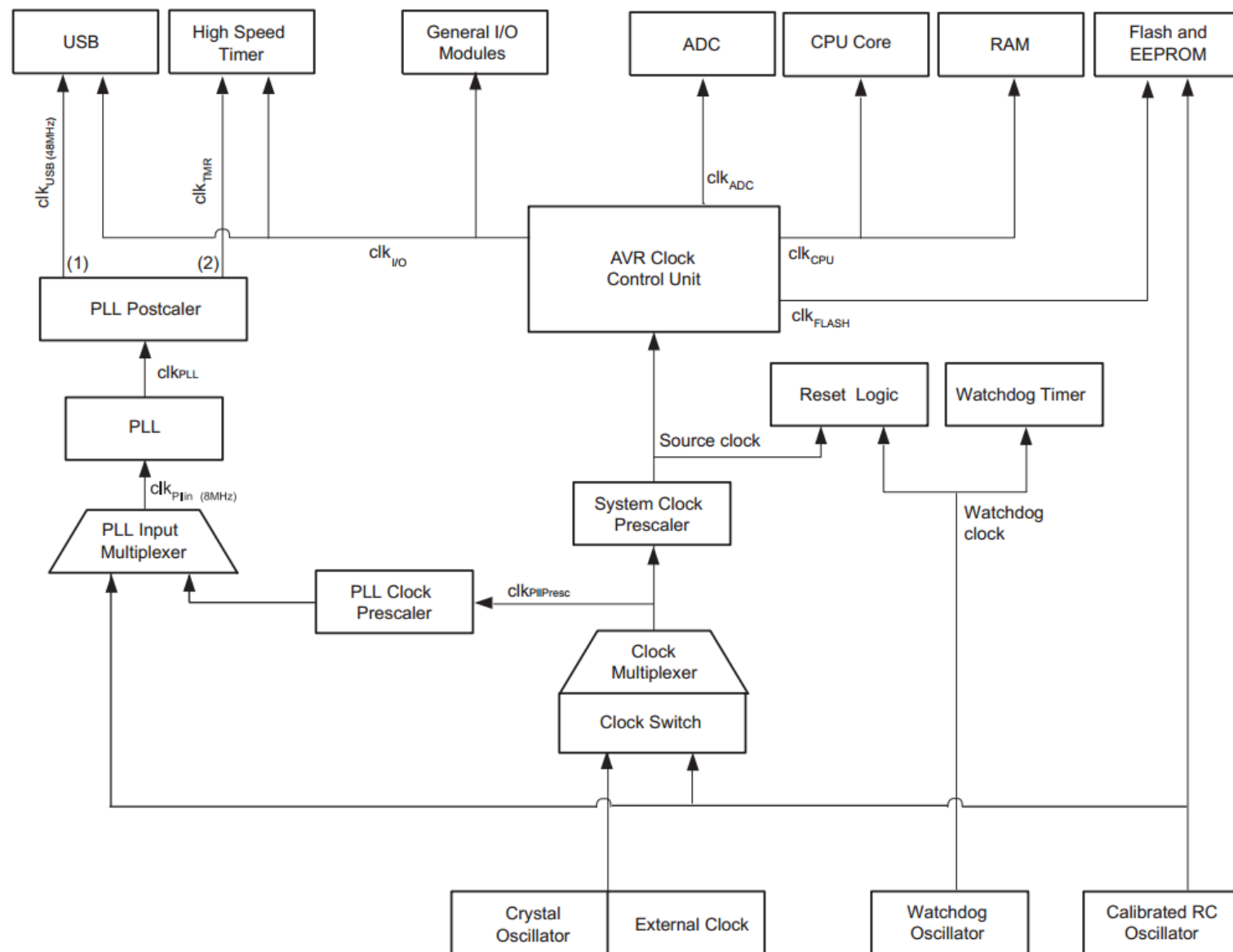
Оперативна пам'ять об'ємом 2,5 Кбайт служить для зберігання змінних програм.

Незалежна постійна пам'ять (ЕСППЗП) служить для довготривалого зберігання різної інформації, яка може змінюватися в процесі функціонування готової системи (калібрувальні константи, серійні номери, ключі і т. П.). Її обсяг 1 Кбайт. Ця пам'ять розташована в окремому адресному просторі, а доступ до неї здійснюється за допомогою спеціальних регістрів введення-виведення (РВВ).

Гарантоване число циклів перезапису ЕСППЗП у МК для ATmega32U4 становить не менше 100 тис. циклів.

Memory		Mnemonic	ATmega32U4
Flash	Size	Flash size	32KB
	Start Address	- 0x0000	
	End Address	Flash end	0x7FFF ⁽¹⁾ 0x3FFF ⁽²⁾
32 Registers	Size	-	32 bytes
	Start Address	-	0x0000
	End Address	-	0x001F
I/O Registers	Size	-	64 bytes
	Start Address	-	0x0020
	End Address	-	0x005F
Ext I/O Registers	Size	-	160 bytes
	Start Address	-	0x0060
	End Address	-	0x00FF
Internal SRAM	Size	ISRAM size	2.5KB
	Start Address	ISRAM start	0x100
	End Address	ISRAM end	0x0AFF
External Memory	Not Present.		
EEPROM	Size	E2 size	1KB
	End Address	E2 end	0x03FF

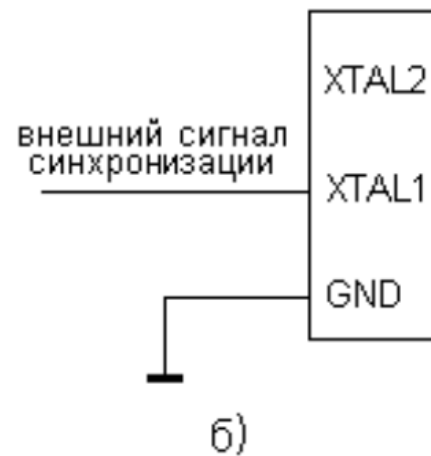
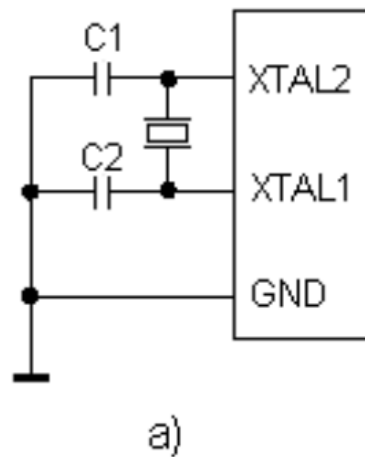
Організація синхронізації МК



У МК ATmega32U4 реалізовані кілька джерел тактових імпульсів:

- генератор з кварцовим,
- керамічним резонатором,
- зовнішнє джерело синхроімпульсів.

Передбачена також можливість синхронізації імпульсами від внутрішнього каліброваного RC-генератора.



Джерела скидання МК

МК ATmega32U4 має п'ять джерел скидання:

- скидання при включенні;
- зовнішнє скидання;
- скидання сторожовим таймером;
- скидання при зниженні напруги нижче порога;
- скидання JTAG-інтерфесом.

Реалізація зовнішнього джерела скидання:

