

Программно-логическая модель центрального процессора ARM Cortex-M0

Регистры центрального процессора

Регистры общего назначения	Младшие регистры	R0		
		R1		
		R2		
		R3		
		R4		
		R5		
		R6		
		R7		
	Старшие регистры	R8		
		R9		
		R10		
		R11		
R12				
Специальные регистры		SP (R13)		Указатель стека
		LR (R14)		Регистр связи
		PC (R15)	Счетчик команд	

Специальные регистры	xPSR	Регистр состояния программы
	PRIMASK	Регистр маскирования прерывания
	CONTROL	Регистр контроля

биты	31	30	29	28			24													5	4	3	2	1	0		
xPSR	N	Z	C	V			T													Номер прерывания							
APSR	N	Z	C	V																							
IPSR																					Номер прерывания						
EPSR							T																				

биты	31																					1	0
PRIMASK																							
																					PRIMASK		

биты	31																					1	0
CONTROL																							
																					0 – MSP, 1 – PSP		

Регистры общего назначения и специальные регистры

Некоторое количество регистров внутри центрального процессора требуется для выполнения операций. Если необходимо сделать какие-либо операции с данными, то данные необходимо вначале загрузить из памяти в регистр, провести обработку данных и сохранить результат в памяти (Load-Store Architecture).

Банк регистров центрального процессора содержит шестнадцать 32-х разрядных регистров. Из них 13 регистров – это регистры общего назначения (РОН), остальные – специальные регистры.

Регистры R0-R12

Регистры R0-R12 – это регистры общего назначения. Они предназначены для выполнения операций с данными. Большинство команд могут обращаться только к регистрам R0-R7 из-за ограничений 16-ти разрядных команд Thumb. Но некоторые команды, например MOV, имеют доступ ко всем регистрам.

Регистр SP(R13)

R13 – это регистр указатель стека (Stack Pointer). Он используется для доступа к стеку через команды PUSH и POP. В процессоре ARM Cortex-M0 два регистра указателя стека: главный указатель стека (MSP) и указатель стека процесса (PSP). Обращение к обоим указателям стека осуществляется через SP (R13). Выбор стека осуществляется в регистре CONTROL. Главный указатель стека используется после сброса и при обработке прерываний. Указатель стека процесса используется в режиме процесса (Thread Mode). Разделение указателя стека полезно в системах с операционными системами, где операционная система использует главный стек, а задачи стек процесса. В программах без операционной системы можно использовать только MSP.

Начальное значение MSP загружается из первого 32-х разрядного слова таблицы векторов прерываний, который находится по адресу 0x00000000 в процессе запуска процессора. Начальное значение PSP неопределенное.

Два младших бита указателя стека всегда равны нулю. В процессорах ARM команды PUSH и POP всегда обращаются к 32-ти разрядным данным, поэтому все операции со стеком выровнены по 32-х битным словам.

Процессор использует полный нисходящий стек. При этом регистр SP указывает на последний элемент в памяти стека. Когда процессор помещает новый элемент в стек (команда PUSH), он вначале уменьшает указатель стека на 4, а затем записывает элемент в новое место памяти. При извлечении элемента из стека (команда POP) процессор вначале читает память по указателю стека, а затем увеличивает его на 4.

Регистр LR(R14)

R14 – это регистр связи (Link Register). Регистр используется для хранения адреса возврата из подпрограммы. В конце подпрограммы адрес возврата, сохраненный в LR, загружается в счетчик команд PC, чтобы исполнение вызвавшей программы было возобновлено.

Несмотря на то, что адрес возврата в процессоре ARM Cortex-M0 всегда четный (самый младший бит равен нулю и команды 16-ти разрядные), самый младший бит LR доступен для записи и для чтения. Некоторые команды процессора используют последний бит как индикатор набора команд Thumb.

Регистр PC(R15)

R15 – это счетчик команд (Program Counter). Чтение регистра возвращает адрес текущий команды плюс 4. Это вызвано особенностями внутреннего строения конвейера. Запись в регистр PC приводит к переходу (ветвлению). Адрес в регистре PC всегда четный (самый младший бит всегда равен нулю и команды 16-ти разрядные). Однако при выполнении команд перехода (BX или BLX, выполняющих копирование из регистра PC в регистр LR) самый младший бит регистра PC устанавливается в 1 для индикации набора команд Thumb. Начальное значение PC загружается из второго 32-х разрядного слова таблицы векторов (вектор сброса), который находится по адресу 0x00000004 в процессе запуска процессора.

Регистр xPSR

Регистр xPSR – это составной регистр состояния (Program Status Register). Регистр содержит информации об состоянии программы и флаги арифметико-логического устройства.

Регистр состоит из трех регистров: регистр программы (APSR), регистр прерывания (IPSR) и регистр выполнения (EPSR).

Регистр IPSR содержит номер исполняемого прерывания. Каждое прерывание в процессоре ARM Cortex-M0 имеет свой номер. Номер прерывания полезен при отладке и для подпрограммы обработчика, который обслуживает несколько прерываний.

Регистр EPSR содержит бит T, который служит индикатором режима 16-ти разрядных команд (Thumb). В процессоре ARM Cortex-M0 этот бит всегда установлен. Если его сбросить, то будет сгенерировано прерывание «аппаратная ошибка» (Hard Fault) при исполнении следующей команды.

Регистр APSR содержит флаги результатов выполнения операций над данными. Эти флаги управляют командами условного ветвления.

N	Флаг отрицательного числа. Устанавливается в 1, когда результат вычисления отрицательный. Флаг принимает значение самого старшего бита результата.
Z	Флаг нуля. Устанавливается в 1, когда результат вычисления равен нулю.
C	Флаг переноса. При сложении чисел без знака флаг устанавливается в 1, когда произошло переполнение. При вычитании чисел без знака флаг устанавливается в 1, когда не было займа.
V	Флаг переполнения. При сложении или вычитании чисел со знаком флаг устанавливается в 1, когда произошло переполнение.

Регистр PRIMASK

Регистр PRIMASK – это однобитовый регистр маскирования прерывания. Когда бит установлен в 1 все прерывания запрещены (кроме немаскируемого прерывания (NMI) и «аппаратная ошибка» (Hard Fault)). Доступ к регистру осуществляется командами MSR и MRS.

Регистр Control

Регистр Control – это однобитный регистр для выбор главного стека (MSP) или стека процесса (PSP). Когда бит сброшен в 0 используется главный стек.