Лекция 4
ARM (продолжение)

API vs ABI

- API (application programming interface) — спецификация функций, классов, типов данных, протоколов и т. п.
- API определяет функциональность независимо от ее реализации
- API определяется на уровне языка высокого уровня (Си, Си++ и т. п.)
- Примеры: POSIX API (определен в терминах Си), WinAPI

ABI

- ABI (application binary interface) — интерфейс между ядром ОС, библиотеками на уровне машинного кода
- Нужен для интероперабельности компиляторов (результат компиляции разными компиляторами можно было бы объединить в один исполняемый файл)

Компоненты ABI

- Размеры базовых типов и правила выравнивания
- Соглашения о вызовых (calling convention)
- Соглашения об именовании объектов
- Соглашения об обработке исключений

Соглашения о вызовах

- Определяет, как одна подпрограмма вызывает другую подпрограмму
  - Как передаются параметры в подпрограмму
  - Какие регистры общего назначения каким образом можно использовать
  - Как возвращается результат
  - Как используется стек

Пример: WinAPI stdcall

- Для передачи параметров используется стек
- Аргументы заносятся в стек в обратном порядке
- Результат (<= 32 бита) возвращается в eax
- Стек очищается вызываемой функцией

- На x86 существует около 10 различных соглашений о вызовах

ARM EABI

- Первые параметры передаются в регистрах r0 … r3, последующие в стеке
- Параметры размера меньшего int передаются как int
- Double и long long выравниваются по 8 байтам
- Стек должен быть выровнен по 8 байтам
- Если используется стек, он очищается вызывающей подпрограммой
- Регистры r4 … r11 не должны «портиться» в результате вызова подпрограммы
- Результат возвращается в r0 … r3

Вызов подпрограммы

- Инструкция bl (branch with link) или blx
  bl TARGET
- Точка возврата (адрес, по которому размещается инструкция bl + 4) копируется в lr (r14), старое значение lr теряется
- В pc загружается адрес TARGET

Возврат из подпрограммы

- Несколько вариантов возврата
- Копируем lr в pc
  mov pc, lr
- Восстанавливаем pc из стека
  ldmfd sp!, { r4, pc }
- Еще...

Subroutine prologue/epilogue

- Простейший пролог:
  stmfd sp!, { r4, lr }
- Простейший эпилог:
  ldmfd sp!, { r4, pc }
- Инструкции ldm[f|e][a|d] reg[!], REGS сохраняют множество регистров
  - ! означает, что значение регистра должно обновиться после выполнения операции
  - F — full, E — empty, a — ascending, d — descending определяют разные варианты стека
- Регистры сохраняются так, что регистр с меньшим номером находится по меньшим адресам

Работа с памятью

- Инструкции ldm и stm загружают 32-битное значение из памяти в регистр и сохраняют значение в память
  ldm r0, [r0]
- Возможные варианты задания адреса в памяти определяются поддерживаемыми режимами адресации процессора

Режимы адресации

- Pre-indexed
  - [breg] — адрес находится в breg
  - [breg, offset] — адрес равен breg + offset
  - [breg, ireg] — адрес равен breg + ireg
  - [breg, -ireg] — адрес равен breg - ireg
  - [breg, ireg shift cnt] — breg + ireg shift cnt
    варианты сдвига рассмотрим далее
  - [breg, -ireg shift cnt]

Режимы адресации

- Pre-indexed writeback — вычисленный адрес записывается в регистр базы
  - [breg]!
  - [breg, offset]!
  - [breg, [-]ireg]!
  - [breg, [-]ireg shift cnt]!

Режимы адресации

- Post-indexed — используется базовый регистр, но после обращения к памяти его значение модифицируется
  - [breg], offset
  - [breg], [-]ireg
  - [breg], [-]ireg shift cnt

Режимы адресации

- Примеры

```
Ldr   r0, [r0]  // загрузить r0 значением по
    // старому адресу r0

Stm  r1, [sp, #-4]! // сохранение r1 в стек

Ldm r1, [sp], #4 // восстановление r1 из стека

Ldm r2, [r3, r4 lsl 2] // адрес в памяти:
                       // r3 + (r4 « 2) — работа с массивом
```

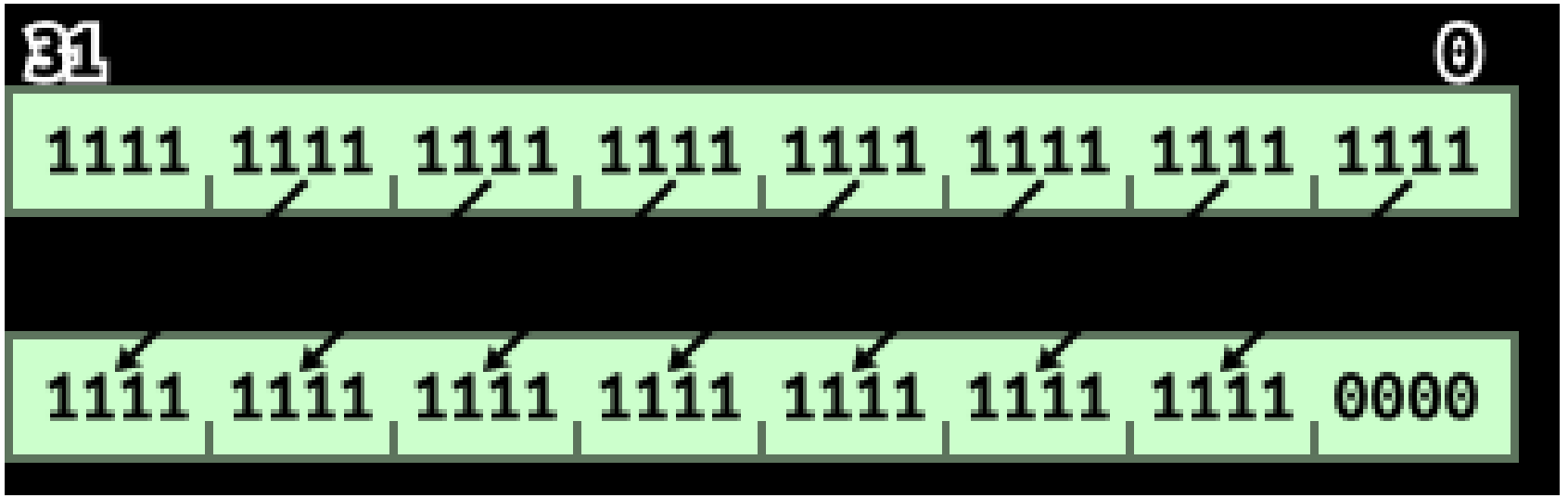
Загрузка/сохранение байтов

```
Ldrb    r0, [r1]    // загрузить беззнаковый байт
Ldrsb   r0, [r1]    // загрузить знаковый байт
Strb    r0, [r1]    // сохранить байт
Ldrh    r0, [r1]    // загрузить unsigned short
Ldrsh   r0, [r1]    // загрузить signed short
Strh    r0, [r1]    // сохранить short
```

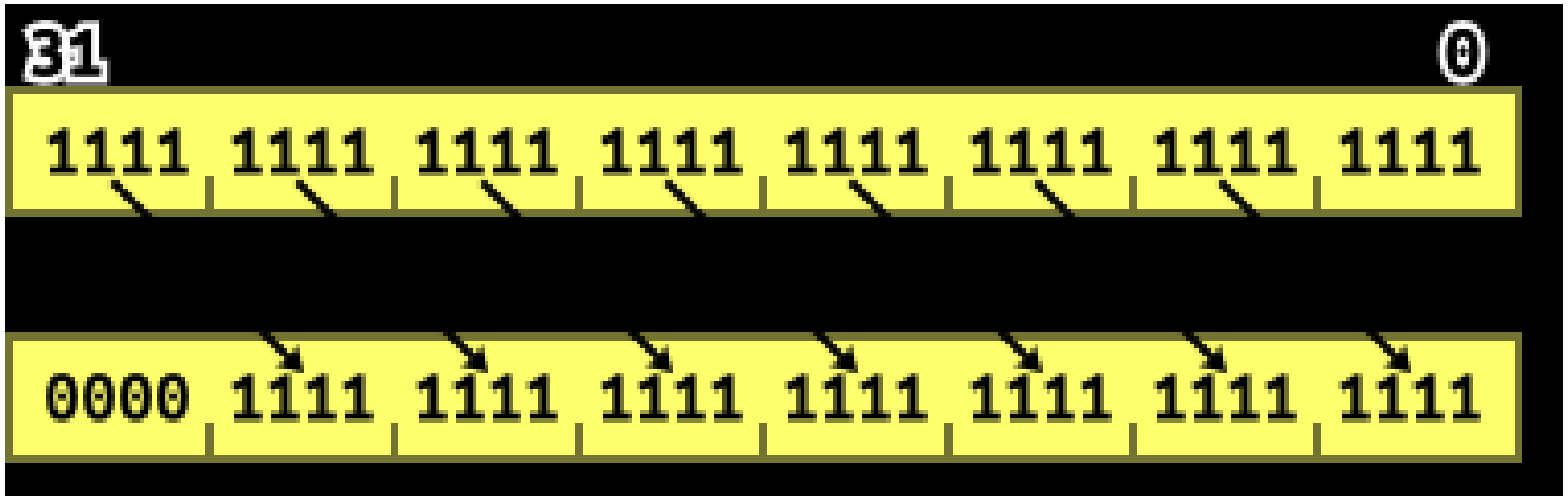
Возможные сдвиги

- Lsl (logical shift left)
- Lsr (logical shift right)
- Asr (arithmetical shift right)
- Ror (rotate right) — циклический сдвиг вправо
- Rrx (rotate right extended) — циклический сдвиг через флаг C

Logical Shift Left

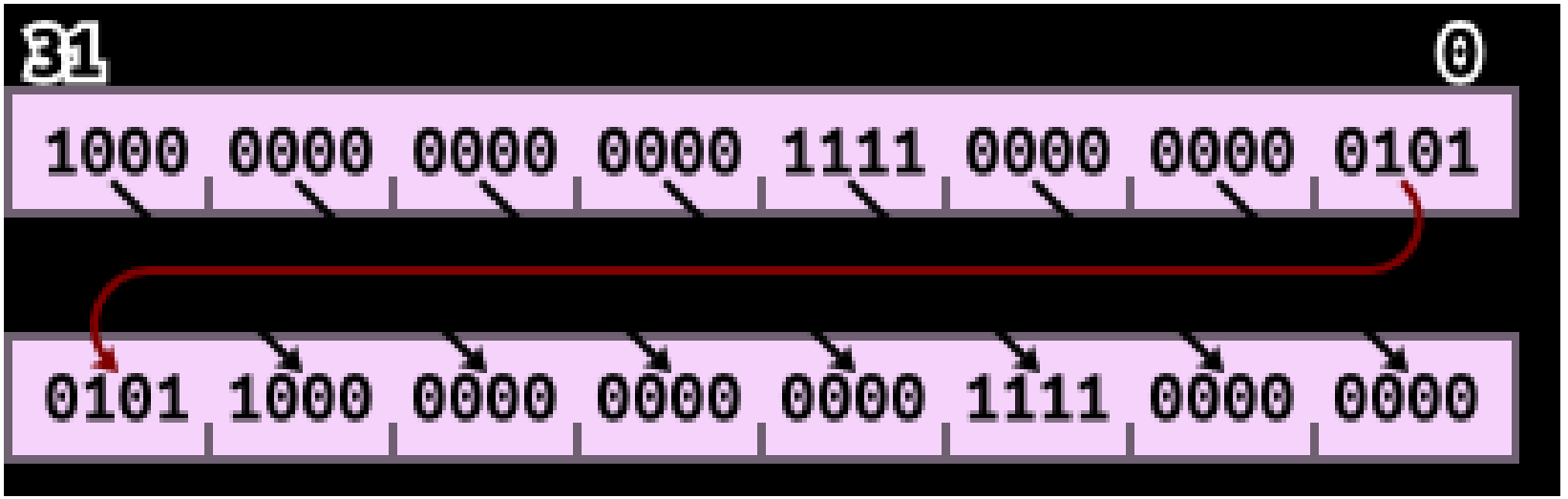


Logical Shift Right

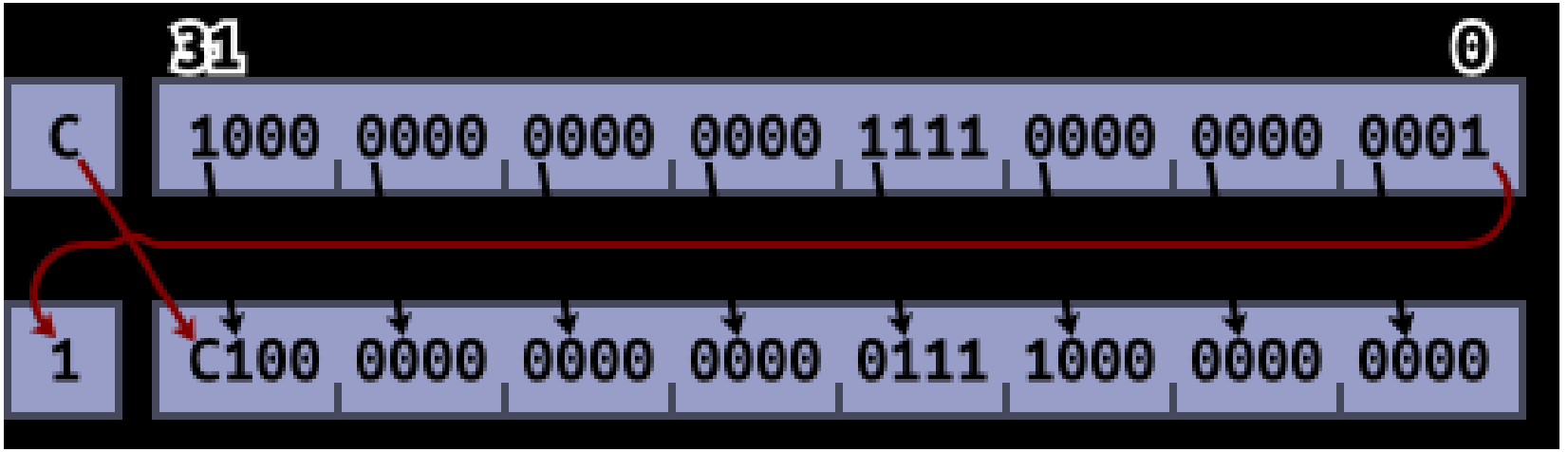


Arithmetical Shift Right

Rotate Right



Rotate Right Extended



Barrel Shifter

- Операции сдвига могут использовать вместе со вторым аргументом бинарных операций или с пересылкой
- С пересылкой:
  mov r1, r2 lsl #1 // r1 = r2 « 1
- С бинарной операцией:
  add r3, r2, r1 lsr #2 // r3 = r2 + r1 » 2

CPSR (current program status register)

- Содержит флаги, отвечающие за разные режимы работы процессора (запрет прерываний, уровни привилегий)
- Содержит арифметические флаги 'Z', 'N', 'C', 'V'
- Флаг 'Z' (zero) — устанавливается в 1, если результат операции равен 0
- Флаг 'N' (negative) — устанавливается в 1, если результат операции отрицателен (то есть старший бит равен 1)

Флаги C, V

- Флаг C устанавливается, если при выполнении операции произошло переполнение разрядной сетки беззнаковых чисел
- Флаг V устанавливается при переполнении знаковых чисел

Пример

- Рассмотрим операции с числами размера 8:

120 + 54 = 174 (-82) : Z = 0, N = 1, C = 0, V = 1

140 (-116) + 130 (-126) = 14 : Z=0, N=0, C=1, V=1

20 + 250 (-6) = 14 : Z=0, N=0, C=1, V=0

Установка флагов

- Инструкции сравнения (cmp, tst, …) устанавливают флаги в зависимости от результата операции
- Обычные арифметические и логические операции не устанавливают флаги
- Чтобы устанавливали — суффикс 's'

```
Add     r0, r1, r2      // флаги не устанавливаются
Adds    r0, r1, r2      // флаги устанавливаются
```

Условное выполнение

- Каждая инструкция может быть пропущена в зависимости от условия

```
Add     r1, r2, r3      // выполняется всегда
Addeq   r1, r2, r3      // выполняется, если 'z'
```

- Инструкция перехода аналогична

```
B       label           // безусловный переход
Bne     label           // переход, если z == 0
```

Поддерживаемые условия

- EQ — равно (нуль)
- NE — не равно (не нуль)
- HS или CS — беззнаковое >=
- LO или CC — беззнаковое <
- MI — знаковое < 0
- PL — знаковое >= 0
- VS — переполнение
- VC — нет переполнения

Поддерживаемые условия

- HI — беззнаковое >
- LS — беззнаковое <=
- GE — знаковое >=
- LT — знаковое <
- GT — знаковое >
- LE — знаковое <=