Моделирование центрального процессора с помощью интерпретации

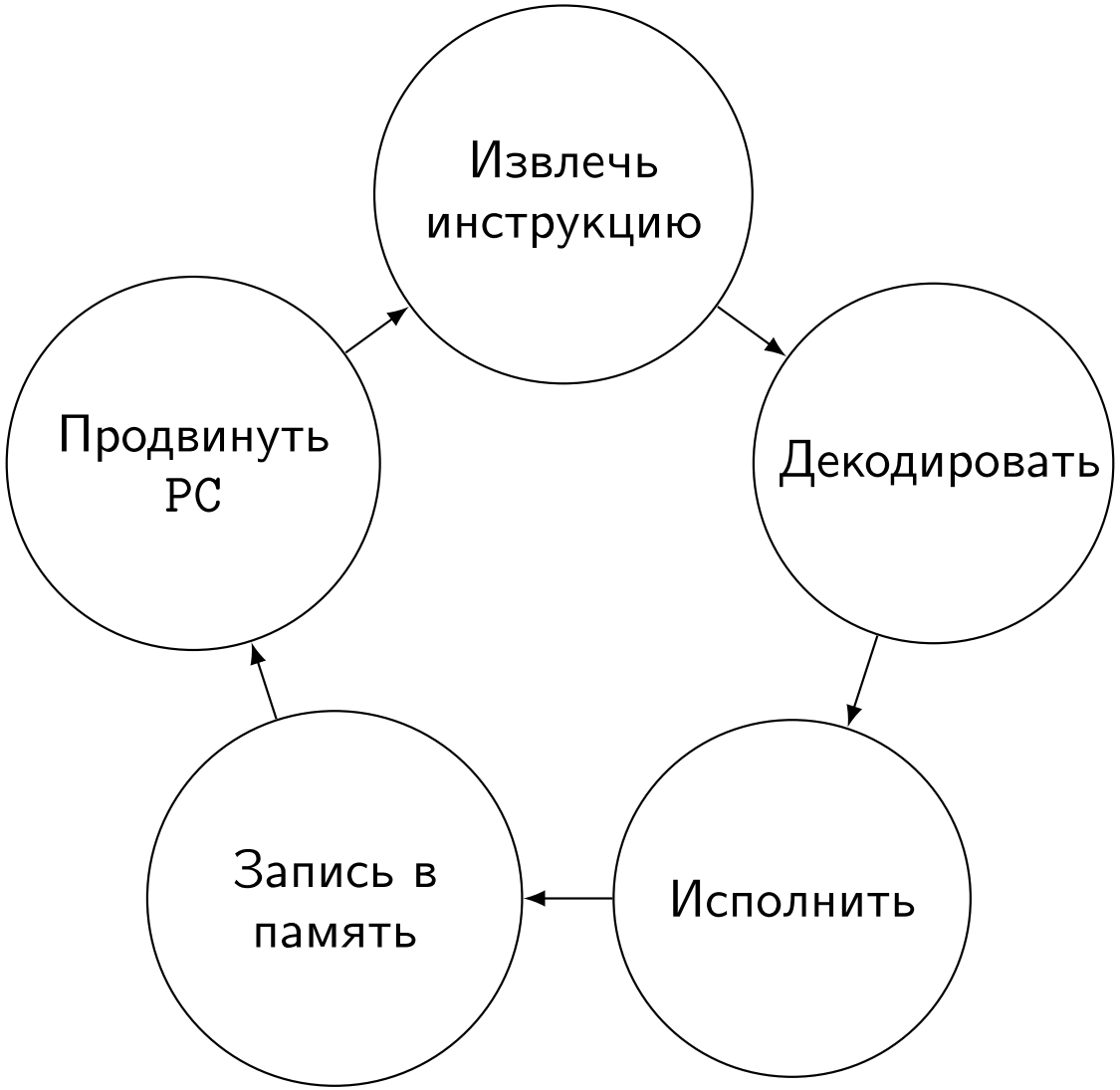
Курс «Программное моделирование вычислительных систем»

Евгений Юлюгин
yulyugin@gmail.com

September 26, 2014

На этой лекции

Цикл работы процессора



Переключаемый интерпретатор (switched)

```
while (run) {
    raw_code = fetch(PC);
    (opcode, operands) = decode(raw_code);
    switch (opcode) {

    case opcode1:
        func1(operands); PC++; break;

    case opcode2:
        func2(operands); PC++; break;

    /*...*/
    }
}
```

Чтение инструкции из памяти

«Простое» чтение байт из памяти?

Чтение инструкции из памяти

«Простое» чтение байт из памяти?

- Невыровненный (***англ.*** unaligned) адрес в памяти. Вызывает эффекты в некоторых архитектурах.

Чтение инструкции из памяти

«Простое» чтение байт из памяти?

- Невыровненный (***англ.*** unaligned) адрес в памяти.
  Вызывает эффекты в некоторых архитектурах.

- Доступ на границе двух страниц памяти.
  Разные страницы могут иметь разные характеристики.

Порядок байт при доступах

- Порядок от младшего к старшему (***англ.*** little-endian);
- Порядок от старшего к младшему (***англ.*** big-endian);
- Смешанный порядок (***англ.*** middle-endian).

Порядок байт при доступах

- Порядок от младшего к старшему (***англ.*** little-endian);
- Порядок от старшего к младшему (***англ.*** big-endian);
- Смешанный порядок (***англ.*** middle-endian).

Представление	D4 + C3 * 100 + B2 * 10000 + A1 * 1000000
Little-endian	D4, C3, B2, A1
Big-endian	A1, B2, C3, D4

Бит, байт, слово

Бит

Бит, байт, слово

Бит — наименьшая единица информации.

Бит, байт, слово

Бит — наименьшая единица информации.

Байт

Бит, байт, слово

Бит — наименьшая единица информации.

Байт — минимальная адресуемая (в данной архитектуре) единица хранения информации.

Бит, байт, слово

Бит — наименьшая единица информации.

Байт — минимальная адресуемая (в данной архитектуре) единица хранения информации.

Октет — восемь бит.

Бит, байт, слово

Бит — наименьшая единица информации.

Байт — минимальная адресуемая (в данной архитектуре) единица хранения информации.

Октет — восемь бит.

Машинное слово

Бит, байт, слово

Бит — наименьшая единица информации.

Байт — минимальная адресуемая (в данной архитектуре) единица хранения информации.

Октет — восемь бит.

Машинное слово — максимальный объём информации, который ЦПУ может обработать единовременно.

Бит, байт, слово

Бит — наименьшая единица информации.

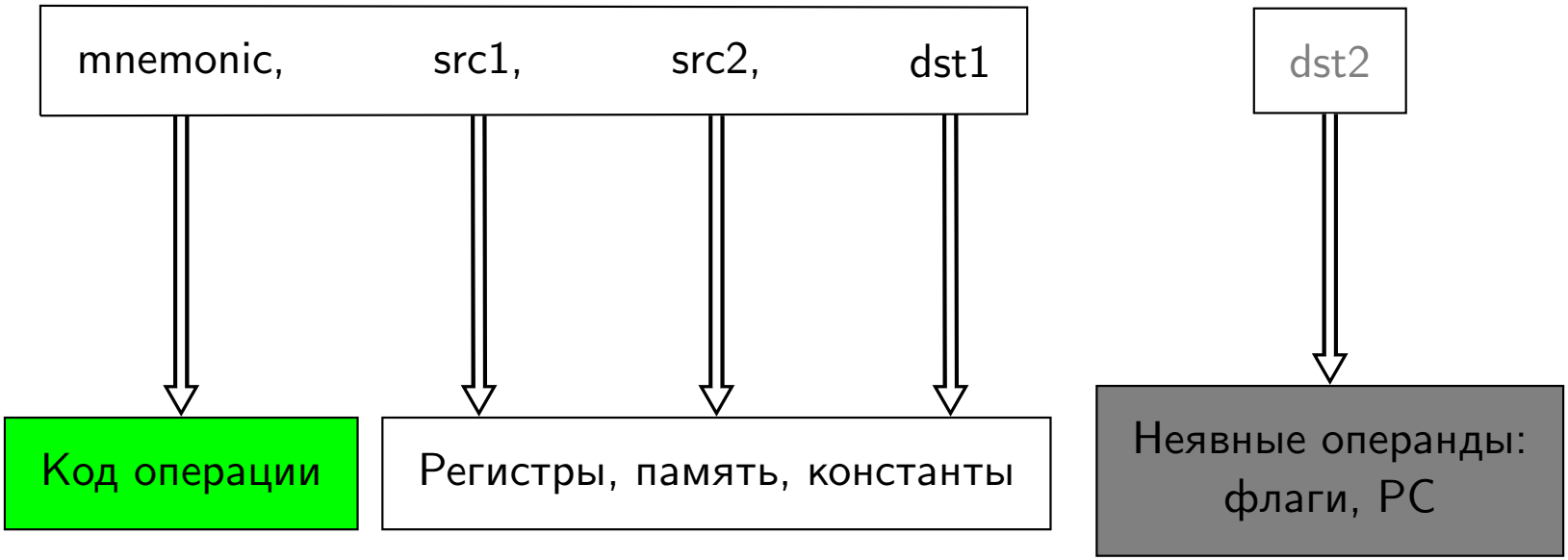
Байт — минимальная адресуемая (в данной архитектуре) единица хранения информации.

Октет — восемь бит.

Машинное слово — максимальный объём информации, который ЦПУ может обработать единовременно.

Intel: word — 16 бит, dword — 32 бит, qword — 64 бит.

Анатомия инструкции



Декодирование

Задача декодирования — перевод данных об инструкции из машинного представление во внутреннее (высокоуровневое) удобное для последующего анализа.

Декодирование

Задача декодирования — перевод данных об инструкции из машинного представление во внутреннее (высокоуровневое) удобное для последующего анализа.

Вход: `0x40 0x05 0xab 0x12`

Результат:

```
instruction {
    opcode = ADDI, num_operands = 2,
    dst = {type = OP_REG, reg = R5},
    src = {type = OP_IMM, val = 0x12ab},
    disasm = "addi r5, 0x12ab",
    addr = 0x1234
}
```

Декодирование

Код декодера редко пишется вручную, он генерируется по описанию:

A5 YX 0Z 00 $\Rightarrow$ MOD RX, RY, RZ

Декодирование

Код декодера редко пишется вручную, он генерируется по описанию:

A5 YX 0Z 00 $\Rightarrow$ MOD RX, RY, RZ

В общем случае классическаяя задача построения синтаксического анализатора.

Декодирование

Код декодера редко пишется вручную, он генерируется по описанию:
A5 YX 0Z 00 $\Rightarrow$ MOD RX, RY, RZ

В общем случае классическая задача построения синтаксического анализатора.

Пример декодера — XED (x86 encoder-decoder)
https://software.intel.com/sites/landingpage/pintool/docs/61206/Xed/html/.

Дизассемблирование

Дизассемблирование — перевод инструкций из машинного представление понятный человеку вид (мнемонику).

Дизассемблирование

Дизассемблирование — перевод инструкций из машинного представление понятный человеку вид (мнемонику).

Закодирование (encoding) — перевод инструкций из мнемонической записи в машинный код.

Исполнение

Базовая единица — функция-эмулятор одной инструкции (service routine).

s.r. пишутся на языке высокого уровня — переносимость кода между хозяйскими платформами, компиляторами.

Используются генераторы кода.
Пример: SimGen — из одного описания генерируются декодер, дизассемблер и s.r.

Запись результата в память

«Обычная» запись в память:

Запись результата в память

«Обычная» запись в память:

- Невыровненные адрес,
- Граница страниц,
- Попытка изменить регион памяти доступный только для чтения,
- Часть результата может быть записана, а потом случится исключение.

Продвижение $PC

- Для большинства команд увеличение счетчика на длину обработанной инструкции.
  Ислючение: `REP MOVS`.

Продвижение $PC

- Для большинства команд увеличение счетчика на длину обработанной инструкции.
  Ислючение: `REP MOVS`.

- Явное изменение $PC — команды управления исполнением:
  - (Un)conditional (In)direct Jump/Branch,
  - Call/Return (subroutine).

Структура кода

Файл `modules/chip16/chip16.h`

`struct chip16_t;` — состояние процессора.

Структура кода

Файл `modules/chip16/chip16.h`
`struct chip16_t;` — состояние процессора.

Файл `modules/chip16/chip16.c`
Функции:

- chip16_string_decode — дизассемблер,
- chip16_execute — декодирование и исполнение,
- cr_register_attributes — регистрация атрибутов.

Тестирование

test/chip16/unit-tests/nop/s-nop.py

```
# This test checks NOP instruction
import stest

cli.run_command("run-python-file %s/targets/chip16/machine.py" %
    conf.sim.workspace)

def test_nop_availability(cpu):
    paddr = 0
    cpu.pc = paddr
    # NOP
    simics.SIM_write_phys_memory(cpu, paddr, 0, 4)
    SIM_continue(1)
    stest.expect_equal(cpu.pc, paddr + 4)
    print "NOP: success"

test_nop_availability(conf.chip0)
```

Запуск: `> bin/test-runner test/chip16/unit-tests/nop`

Инструкции для реализации

1. MULI RX, HHLL;
2. XOR RX, RY;
3. ADD RX, RY;
4. SUB RX, RY;
5. CMPI RX, HHLL;
6. AND RX, RY, RZ.

Спасибо за внимание!

Замечание: все торговые марки и логотипы, использованные в данном материале, являются собственностью их владельцев. Представленная здесь точка зрения отражает личное мнение автора, не выступающего от лица какой-либо организации.