

Тактовая частота и разрядность

Луцив Дмитрий Вадимович

Кафедра системного программирования СПбГУ



1 Характеристики ЭВМ в целом

2 Тактовый сигнал

3 Разрядность

- Разрядность ОЗУ

Характеристики ЭВМ в целом

- Характеристики процессора
- Объём оперативной памяти
- Объём и скорость устройств хранения данных
- Состав и характеристики интерфейсных устройств

- Качественная: система команд и архитектура в целом — об этом позже
- Количественная: тактовая частота
- Количественная и качественная: разрядность

Тактовый сигнал

- **Тактовый сигнал** — периодический электрический сигнал, служащий для синхронизации электронных схем
- **Такт** — промежуток времени между тактовыми сигналами
- **Тактовая частота** — частота тактовых сигналов ($1/\text{длину такта}$)
- **Тактовый генератор** — электронная схема, генерирующая тактовый сигнал

Зачем нужен тактовый сигнал? (1)

- Для многих электронных компонент (например, сумматоров) задано максимальное время на операцию
- Время задаётся в тактах, например
 - Для Zilog Z80:
 - `push RR` (положить значение 16-битного регистра на стек) — 11 тактов
 - `pop RR` (снять со стека и сохранить в 16-битном регистре) — 10 тактов
 - `add a, R` (прибавить 8-битное значение в регистре R к a) — 4 такта
 - Для Intel 80386
 - `add eax, DWORD PTR [ebp-0x8]` (прибавить к 32-битному `eax` значение из памяти по адресу `ebp-8`) — 7 тактов
- Можно быть уверенным в том, когда операция завершена, а не проверять прогресс

Зачем нужен тактовый сигнал? (1)

- Для многих электронных компонент (например, сумматоров) задано максимальное время на операцию
- Время задаётся в тактах, например
 - Для Zilog Z80:
 - `push RR` (положить значение 16-битного регистра на стек) — 11 тактов
 - `pop RR` (снять со стека и сохранить в 16-битном регистре) — 10 тактов
 - `add a, R` (прибавить 8-битное значение в регистре R к a) — 4 такта
 - Для Intel 80386
 - `add eax, DWORD PTR [ebp-0x8]` (прибавить к 32-битному `eax` значение из памяти по адресу `ebp-8`) — 7 тактов
- Можно быть уверенным в том, когда операция завершена, а не проверять прогресс
- На самом деле даже для Intel i80386 это не всегда так, а для более новых и подавно

Зачем нужен тактовый сигнал? (2)

- Ясно, в какой момент можно начинать выполнять следующую команду
- Ясно, как синхронизировать разные стадии выполнения одной и той же команды
- Ясно, как синхронизировать различные узлы ЭВМ

При этом

- В ЭВМ обычно много тактовых генераторов и тактовых частот — несколько для ЦП, для ОЗУ (пониже), для шин — чем дальше от ядра процессора, тем ниже
- Тактовый сигнал не привязан к реальному времени: частота высокая, но может «плавать» или понижаться для экономии энергии

Примеры значений тактовой частоты

1 Гц — (с^{-1}), единица частоты периодических событий, 1 событие в секунду

У ЭВМ первого поколения типичное значение тактовой частоты было в пределах 100 КГц

Процессор	Год выпуска	Тактовая частота
Intel 4004	1971	740 КГц
Motorola 6800	1974	2 МГц
Zilog Z80	1976	2,5 МГц
Intel 80186	1982	6 МГц
Intel 80486 DX	1989	20 МГц
Intel 80486 DX4	1994	100 МГц
Pentium 4	2000	1,6 ГГц
Intel Xeon Westmere	2010	3,6 ГГц

Примеры значений тактовой частоты

1 Гц — (с^{-1}), единица частоты периодических событий, 1 событие в секунду

У ЭВМ первого поколения типичное значение тактовой частоты было в пределах 100 КГц

Процессор	Год выпуска	Тактовая частота
Intel 4004	1971	740 КГц
Motorola 6800	1974	2 МГц
Zilog Z80	1976	2,5 МГц
Intel 80186	1982	6 МГц
Intel 80486 DX	1989	20 МГц
Intel 80486 DX4	1994	100 МГц
Pentium 4	2000	1,6 ГГц
Intel Xeon Westmere	2010	3,6 ГГц

По идее, чем выше, тем «лучше», но у современного сложного процессора сигнал за 1 такт не успевает пройти даже от одной части кристалла к другой. Одно из косвенных решений — конвейеризация — позже

Асинхронные ЭВМ

- Блок процессора / узел внутри ЭВМ подаёт сигнал по мере готовности результата
- Позволяют добиться большей производительности, но сложнее в проектировании и устройстве

Примеры (не экзотические)!

- ILLIAC I и II, GA144 (стековый, для Forth)
- Длинные асинхронные операции на современных процессорах, например, деление на RISC-процессорах

Асинхронные ЭВМ

- Блок процессора / узел внутри ЭВМ подаёт сигнал по мере готовности результата
- Позволяют добиться большей производительности, но сложнее в проектировании и устройстве

Примеры (не экзотические)!

- ILLIAC I и II, GA144 (стековый, для Forth)
- Длинные асинхронные операции на современных процессорах, например, деление на RISC-процессорах
- Устройства расширения в «обычных» ЭВМ — выполняют длительные операции (например, с участием DMA), сообщают о выполнении команд и получают следующие по мере готовности

Разрядность

- Разрядность ОЗУ

- **Разрядность** — обычно — количество битов в шине данных и в машинном слове
- **Машинное слово** — минимальная единица обмена данными между процессором и ОЗУ

Понятие разрядности

- **Разрядность** — обычно — количество битов в шине данных и в машинном слове
- **Машинное слово** — минимальная единица обмена данными между процессором и ОЗУ

А ещё обычно

- Количество битов в шине данных
- Количество битов в арифметических регистрах
- Размер целого числа, над которым аппаратно производится операция (машинное слово)

Понятие разрядности

- **Разрядность** — обычно — количество битов в шине данных и в машинном слове
- **Машинное слово** — минимальная единица обмена данными между процессором и ОЗУ

А ещё обычно

- Количество битов в шине данных
- Количество битов в арифметических регистрах
- Размер целого числа, над которым аппаратно производится операция (машинное слово)

И иногда

- Количество битов в шине адреса и в адресных регистрах
- размер стандартного типа `int` в C (совсем не всегда, может зависеть от архитектуры, ОС и транслятора)

- **Внутренняя разрядность** — количество битов, из которых состоят регистры и шины между блоками процессора
- **Внешняя разрядность** — количество битов, из которых состоят шины компьютера

Обычно речь идёт об арифметических регистрах и шине данных, но понятия внутренней и внешней разрядности также применяются и к адресным регистрам и шине адреса

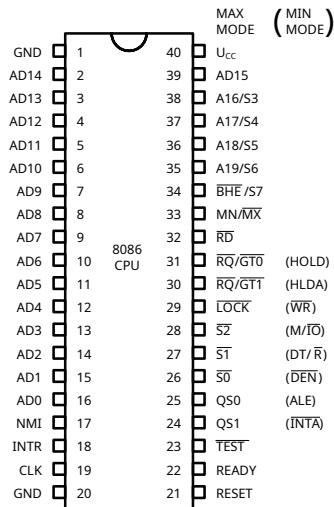
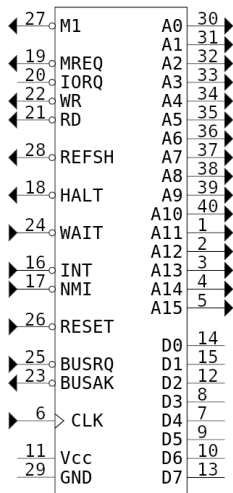
- Шина данных — 16 битов
- Арифметические регистры и операции — по 16 битов
 - Но `mul ax`, R/M считает 32-битный результат $DX:AX \leftarrow AX * R/M$
- Адресные регистры — 16 битов (адресуют по 64 КиБ)
- Шина адреса — 20 битов (16-битный адрес складывается с адресом сегмента, это позволяет адресовать до 1 МиБ, об этом позже)

Примеры, подтверждения и исключения (1): Intel 8086

- Шина данных — 16 битов
- Арифметические регистры и операции — по 16 битов
 - Но `mul ax`, R/M считает 32-битный результат $DX:AX \leftarrow AX * R/M$
- Адресные регистры — 16 битов (адресуют по 64 КиБ)
- Шина адреса — 20 битов (16-битный адрес складывается с адресом сегмента, это позволяет адресовать до 1 МиБ, об этом позже)
- Intel 8088 (сделан позже 8086, первый процессор IBM PC)
 - Всё то же самое, но шина данных 8 битов

- Шина адреса — 16 битов
- Шина данных — 8 битов
- Арифметические регистры и операции — по 8 битов
 - Но `add hl, bc` считает 16-битный результат над парами регистров

Примеры, подтверждения и исключения (3)



«Распиновка» Zilog Z80 ↗


«Распиновка» Intel 8086 ↗

Разрядность ОЗУ (1): зачем сделали Intel 8088?

Сделали позже 8086, а разрядность шины данных меньше.

Разрядность ОЗУ (1): зачем сделали Intel 8088?


Сделали позже 8086, а разрядность шины данных меньше.

Оперативная память **30-контактные**  single in-line memory module — 8-битный

А тогда зачем сделали 16-битный 8086? Точнее, как он пользовался 8-битной памятью?

Разрядность ОЗУ (1): зачем сделали Intel 8088?

Сделали позже 8086, а разрядность шины данных меньше.

Оперативная память **30-контактные**  single in-line memory module — 8-битный

А тогда зачем сделали 16-битный 8086? Точнее, как он пользовался 8-битной памятью?

- Один 16-битный модуль можно собрать из двух 8-битных. С 16-битными процессорами семейства x86 так и делали.
- В итоге «память вообще» получает номер «слова памяти», но слово может быть 8 или 16-битным, в зависимости от исполнения компьютера

Процессоры даны с внутренней / внешней разрядностью

- **SIMM 30-контактный** ↗ — 8 битов
 - X1 — i8088 16/8
 - X2 — i8086 16/16, i80186 16/16 , i80286 16/16, i386SX 32/16
- **SIMM 72-контактный** ↗ — 32 битов
 - X1 — i386 32/32, i486 32/32, i586 Overdrive 32/32 (специально на место 80486)
 - X2 — i586 32/64
- **DIMM (Dual in-line memory module)** ↗ 100-контактный — 64 битов
 - X1 — i586 _32/64

Способы экономии

- Если есть старая память или системная плата — можно поставить «урезанный» по внешней разрядности процессор — 8088, 386SX, 586 Overdrive
- Если есть старая память, на новую системную плату можно ставить старые модули меньшей разрядности парами (DIMM — 2xSIMM)

Способы экономии

- Если есть старая память или системная плата — можно поставить «урезанный» по внешней разрядности процессор — 8088, 386SX, 586 Overdrive
- Если есть старая память, на новую системную плату можно ставить старые модули меньшей разрядности парами (DIMM — 2xSIMM)

Способ повышения производительности

У некоторых процессоров (i586) внешняя разрядность выше внутренней для более производительного обмена данными с памятью. Про это позже в лекции про кэш.

Упражнения

- Найдите документацию по системной плате своего ПК, выясните, какие виды памяти и в каких сочетаниях в неё можно устанавливать
- Выясните разрядность шины адреса своего ПК — внутреннюю и внешнюю

Вопросы

- Что такое тактовый сигнал, тактовая частота и тактовый генератор?
- Приведите примеры асинхронных операций, не управляемых тактами
- Что такое внутренняя и внешняя разрядность?
- Зачем Intel выпускали версии процессоров с пониженной внешней разрядностью?

Вопросы



[EDU.DLUCIV.NAME](#) ↗