

Стили описания цифровых устройств

При разработке цифровых устройств решается множество задач, каждая из которых требует специфической информации об устройстве.

Одно и то же устройство может быть описано разными способами.

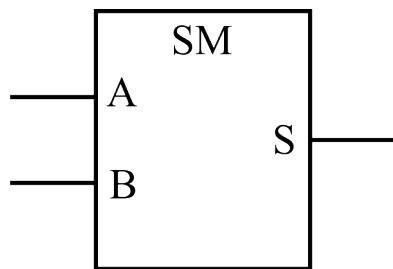
Три основных стиля описания цифрового устройства :

- Поведенческое описание.
- Структурное описание.
- Физическое описание.

Стили описания цифровых устройств (поведенческое описание)

Поведенческое описание подразумевает описание функциональности или “поведения” разрабатываемой системы.

При поведенческом описании основное внимание уделяется функциональной зависимости выходов системы от ее входов. Сама система при этом рассматривается как «черный ящик», а ее внутренняя реализация игнорируется.



...

$$S \leq A + B$$

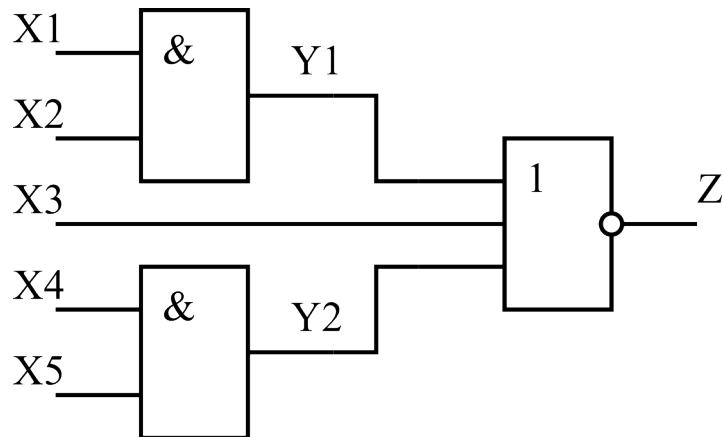
...

Стили описания цифровых устройств (структурное описание)

При структурном стиле описания отображается внутренняя реализация устройства, то есть его структура.

Описание строится путем указания элементов, из которых состоит система и связей между ними.

В современных САПР используется термин *net* для обозначения одной линии связи и термин *netlist* для обозначения совокупности компонентов и их связей между ними.



...

$Y1 \leq X1 \text{ and } X2$

$Y2 \leq X4 \text{ and } X5$

$Z \leq \text{not } (X1 \text{ or } X2 \text{ or } X3)$

...

Стили описания цифровых устройств (физическое описание)

Физическое описание отражает детали технической реализации устройств и добавляет дополнительную информацию к структурному стилю описания.

При этом стиле описания могут находить отражение такие параметры как физические размеры компонентов и их расположение на плате или кристалле, расположение линий связи и их физические характеристики и т.д.

Физический стиль описания предоставляет наиболее детальную информацию о системе и в большинстве случаев является документацией на ее производство.

Уровни абстракции процесса проектирования цифровых устройств

Сложность современных цифровых устройств требует обработки огромных объемов информации при их разработке. Человек, а зачастую и компьютер, не в состоянии обработать все и сразу.

Для уменьшения количества информации и упрощения разработки процесс проектирования выполняют на разных уровнях абстракции.

На каждом уровне абстракции разрабатываемое цифровое устройство представляется моделью, которая содержит только необходимую на данном уровне информацию, а детали опускаются.

Уровни абстракции процесса проектирования цифровых устройств

При разработке цифровых устройств выделяют четыре основных уровня абстракции :

- Системный уровень (*System Level*).
- Уровень регистровых передач (*Register Transfer Level – RTL*).
- Вентильный уровень (*Gate Level*).
- Транзисторный уровень (*Transistor Level*).

Верхние уровни абстракции содержат наиболее общую информацию о разрабатываемом устройстве. Нижние уровни абстракции наиболее точно описывают разрабатываемое устройство и наиболее близки к его физическому воплощению в железе.

Уровни абстракции процесса проектирования цифровых устройств

Каждый уровень абстракции определяется значением определенного набора характеристик :

- базовый набор элементов ;
- представление сигналов ;
- представление времени ;
- поведенческое описание ;
- физическое описание .

Транзисторный уровень абстракции

Транзисторный уровень абстракции – наиболее низкий уровень.

Характеристики этого уровня абстракции :

- базовый набор элементов – *транзисторы, резисторы, конденсаторы* и т.д. ;
- поведенческое описание – дифференциальные уравнения ;
- разрабатываемая система рассматривается как аналоговая, в которой сигналы также являются аналоговыми и могут принимать любые значение из определенного диапазона ;
- физическое описание – расположение компонентов и связи между ними.

Вентильный уровень абстракции

Характеристики вентильного уровня абстракции :

- базовый набор элементов – простая логика (*and*, *or*, *xor* и т.д.), простые *мультиплексоры*, базовые элементы памяти (*триггеры*);
- сигналы принимают дискретные значения, которые интерпретируются как логические '0' и '1';
- поведенческое описание системы – булевы выражения ;
- физическое описание – расположение элементов и связи между ними.
- в качестве временных параметров – задержка переключения базовых элементов .

Уровень регистровых передач (RTL)

Характеристики регистрового уровня абстракции :

- базовый набор элементов – функциональные узлы (*сумматоры, компараторы, сложные мультиплексоры* и т.д.), элементы памяти (*регистры*) ;
- сигналы группируются по выполняемой функции и интерпретируются как специализированные типы данных (*integer, system state* и т.д.).
- при поведенческом описании используются общие выражения, отражающие операции, выполняемые системой, и пути передачи данных;

Уровень регистровых передач (RTL)

Характеристики регистрового уровня абстракции :

- физическое описание (*floor planing*) используется для определения наиболее “длинного” пути передачи данных и расчета частоты сигнала синхронизации, на которой сможет работать разрабатываемое устройство.
- все данные на этом уровне абстракции сохраняются в элементах памяти по единому сигналу синхронизации. В этом случае время рассматривается в терминах количества тактов синхронизации для выполнения того или иного действия. Задержки переключения отдельных элементов в этом случае можно не учитывать.

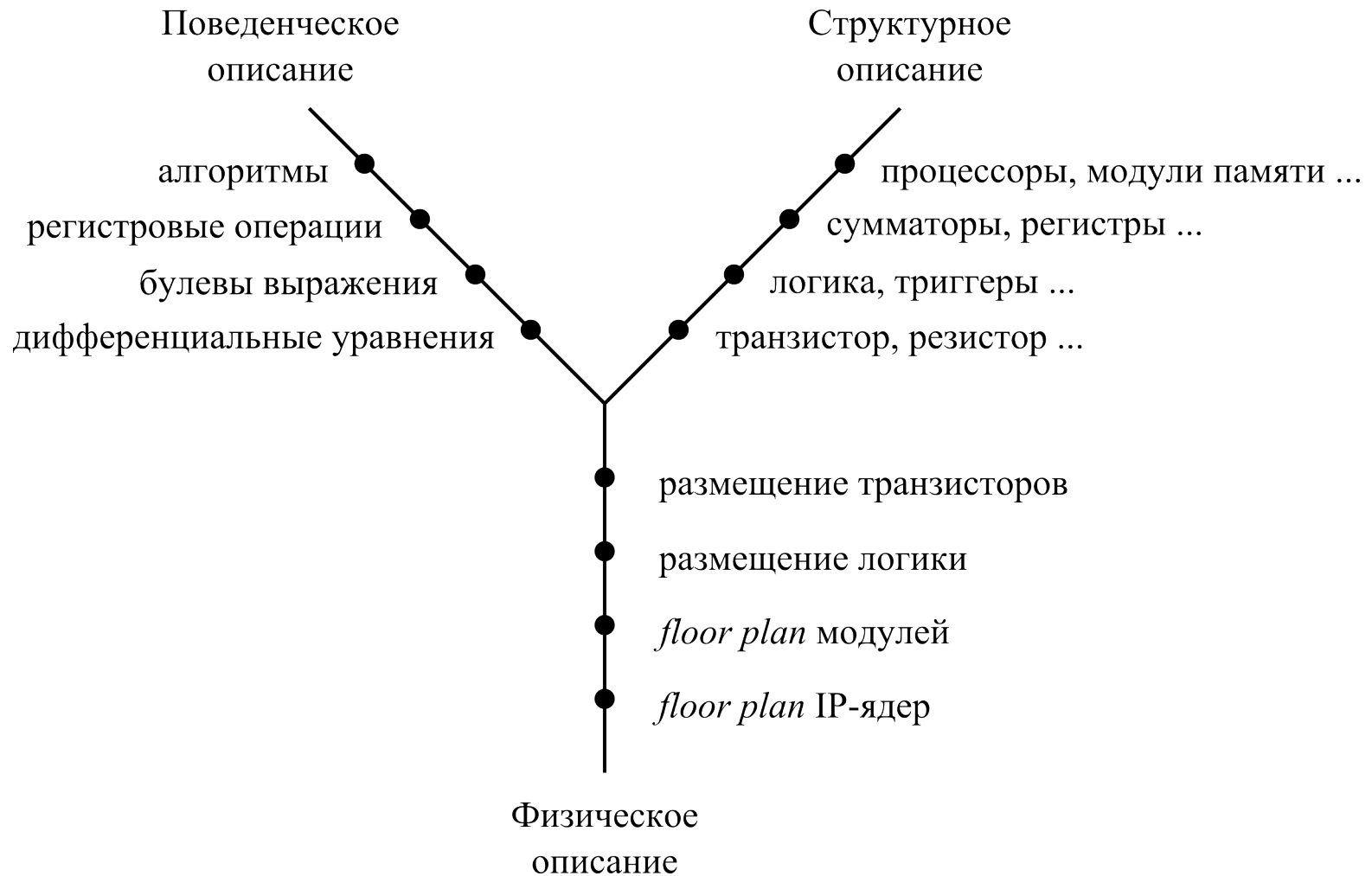
Системный уровень абстракции

Системный уровень абстракции является наивысшим и наиболее общим.

Характеристики системного уровня абстракции :

- базовый набор элементов – *процессоры, модули памяти, интерфейсы шин* и т.д. ;
- сигналы группируются и образуют любые абстрактные типы данных ;
- поведенческое описание похоже на код обычных языков программирования, состоящий из модулей обработки данных и интерфейсных модулей ;
- физическое описание (*floor planing*) аналогичен RTL уровню, только блоки значительно крупнее.
- время рассматривается в терминах вычислительных шагов.

Взаимосвязь между стилями описания и уровнями абстракции



Задачи решаемые при разработке цифровых устройств

Разработка цифровых устройств состоит из последовательности итераций, на каждой из которых выполняется преобразование и оптимизация определенного описания устройства.

Основные задачи, решаемые при разработке цифровых устройств :

- синтез ;
- физическая реализация ;
- верификация ;
- тестирование .

Синтез

Синтез – это процесс преобразования описания разрабатываемого устройства с целью перехода с одного уровня абстракции на другой, более низкий, или с целью перехода от одного стиля описания к другому.

В процессе синтеза в описание разрабатываемого устройства обычно добавляется новая информация, либо уточняется уже существующая.

Синтез является сложным процессом и для улучшения его управляемости его разбивают на несколько этапов :

- этап высокоуровневого синтеза ;
- этап регистрового синтеза ;
- этап вентиляного синтеза ;
- этап технологического синтеза .

Синтез

На этапе ***высокоуровневого синтеза*** выполняется преобразование алгоритмов работы разрабатываемого устройства в описание регистрового уровня в терминах регистровых передач.

Из-за большой сложности задачи ***высокоуровневого синтеза*** преобразованы могут быть только достаточно простые алгоритмы.

На этапе ***регистрового синтеза*** выполняется анализ описания устройства в терминах регистровых передач и осуществляется построение структуры разрабатываемого устройства на базовых элементах регистрового уровня.

На этапе ***регистрового синтеза*** может выполняться ограниченная оптимизация, для уменьшения количества элементов в устройстве.

Синтез

На этапе *вентильного синтеза* осуществляется построение структуры разрабатываемого устройства на базовых элементах вентильного уровня.

После получения структуры устройства на этапе *вентильного синтеза* выполняется многоуровневая оптимизация устройства с целью улучшения его временных и топологических параметров.

Все этапы синтеза до вентильного включительно являются аппаратно независимыми.

На этапе *технологического синтеза* выполняется реализация устройства на базе примитивов выбранной технологии производства разрабатываемого устройства.

Этап технологического синтеза является уже аппаратно зависимым.

Физическая реализация

На этапе физической реализации выполняется создание топологии разрабатываемого устройства, а также проводится анализ и оптимизация его электрических характеристик.

Основные задачи, решаемые на этапе физической реализации :

- Планирование размещения (*floor planning*) .
- Размещение и разводка (*placement and routing*) .
- Расчет электрических характеристик.

Физическая реализация

На этапе *Floor planning* выполняется планирование размещения элементов разрабатываемого устройства на основе его описания преимущественно системного и регистрового уровня абстракции.

Разрабатываемое устройство делится на большие функциональные блоки, которые предварительно размещаются в соответствующей области.

На этапе *размещения и разводки* создается топология вентиляльного уровня. Эта топология включает детальную информацию о размещении каждого вентиля устройства и разводку каждого сигнала схемы.

На последнем этапе выполняется расчет паразитных емкостей и индуктивностей линий связи для получения задержек распространения по ним сигналов.

Верификация и тестирование

Верификация – это процесс, в ходе которого определяется, отвечает или нет разработанное устройство предъявляемым техническим требованиям.

Тестирование – это процесс в задачу которого входит определение дефектов, возникших либо на этапе производства устройства, либо на этапе его эксплуатации.

Для сложных цифровых устройств требуется учитывать необходимость их тестирования на этапе их разработки, что в большинстве случаев приводит к необходимости включать в само устройство дополнительную функциональность.

Методика такого проектирования получила название *design-for-test*.