

# 实验1：基础逻辑门

---

典型的计算机架构基于一组基本的逻辑门，如与门（And）、或门（Or）、多路复用器（Mux）等，以及它们的多比特位版本，如 And16、Or16、Mux16 等（假设使用16位机器）。在这个实验中，你将构建一组典型的基本逻辑门。这些门是构建计算机CPU和RAM芯片的基本组成部分，后续中将用到这些门。

下面我们描述了完成实验1所需的工具、资源和实现技巧。

## 目标

构建以下芯片（在这里我们互换地使用“芯片”和“门”这两个术语）：

- Nand（给定）
- Not
- And
- Or
- Xor
- Mux
- DMux
- Not16
- And16
- Or16
- Mux16
- Or8Way
- Mux4Way16
- Mux8Way16
- DMux4Way
- DMux8Way

这里假设Nand是最基本的，因此不需要实现它。

文件：对于列表中的每个芯片 Xxx，我们提供了一个框架程序 Xxx.hdl，也称为“存根文件”，其中缺少 PARTS 部分。此外，对于每个芯片，我们还提供了一个 Xxx.tst 脚本，告诉硬件模拟器如何测试该芯片，以及一个 Xxx.cmp 比较文件，包含了测试预期生成的正确输出。你的任务是编写和测试芯片实现（具体来说就是：将提供给你的 Xxx.hdl 文件补充完整）。

约定：对于列表中的每个芯片，你的芯片实现（修改后的 Xxx.hdl 文件），必须通过提供的 Xxx.tst 文件进行测试，并生成 Xxx.cmp 文件中列出的输出。如果你的芯片实际生成的输出与期望的输出不一致，模拟器就报错。

## 构建芯片

现在有两种方式供你选择来完成实验1：

1. 如果你使用 [Nand2Tetris 在线 IDE](#) (推荐), 所有 Xxx.hdl、Xxx.tst 和 Xxx.cmp 文件都可以在你的浏览器内存中访问。要开发和测试特定芯片, 从模拟器的下拉菜单中选择实验/芯片。你编辑的 HDL 代码会被自动保存。若想将 HDL 文件下载到本地计算机, 就点击下载按钮, 实验的所有Xxx.hdl 文件的当前版本将作为一个 zip 文件下载。

2. 也可以使用桌面版 Nand2Tetris 硬件模拟器。从 [www.nand2tetris.org](http://www.nand2tetris.org) 下载了Nand to Tetris 软件套件, 并将其解压到计算机上名为 nand2tetris 的文件夹中, 那么 nand2tetris/tools 文件夹中包含了桌面版硬件模拟器, nand2tetris/projects/1 文件夹中包含了完成此实验所需的所有文件。你可以使用任何纯文本编辑器编写/编辑每个 Xxx.hdl 文件的 HDL 代码, 然后使用桌面模拟器测试你的代码。

**HDL 文档:** 我们有时使用简化的符号。例如, 注释“if (in) out = 1, else out = 0”意思是: “如果 (in = 1) 则将 out 设置为 0, 否则将 out 设置为 1”。同样, 条件“if (a and b) ...”的意思是“如果 (a = 1 且 b = 1) ...”等。

## 参考资料

- HDL 指南 (教材附录2)
- 芯片组 API (教材附录4)

## 教程

以下教程主要关注桌面版硬件模拟器的使用。将很快提供在线模拟器的教程 (这是本实验推荐的工具)。不过, 在在线模拟器中执行类似的操作, 也可以应用这些教程中的原则, (主要区别在于在线模拟器不需要加载任何文件)。

- 硬件模拟器: 简介 (视频)
- 构建和测试芯片 (视频)
- 硬件模拟器教程 (英文版slides)

根据需要查阅这些参考资料/教程: 没有必要通读所有的资源。

## 实现提示

0. 在实现一个芯片之前, 建议先用它的内置实现来做一下实验。如果你使用在线模拟器, 只需点击**内置 (builtin)** 按钮; 如果你使用桌面版, 加载 tools/builtInChips 文件夹中的内置芯片。

1. 每个芯片可以有多种实现方式, 实现越简单越好。一般而言, 要尽量使用尽可能少的芯片部件。

2. 尽管每个芯片可以仅通过 Nand 门实现, 但你可以根据需要使用实验1中的其他芯片作为芯片部件 (见前一条提示)。

3. 不需要自己设计“辅助芯片”。你的 HDL 程序应仅使用本实验中列出的芯片。

4. 我们建议按列表中的顺序实现芯片。如果由于某种原因，你没有完成某个芯片的 HDL 实现，你仍然可以在其他 HDL 程序中将其作为芯片部件使用。在线模拟器中，芯片评估过程使用内置芯片实现，因此无需进一步操作。如果你使用桌面版，请重命名你没有实现的芯片文件，或将其从实验1文件夹中删除。这样桌面模拟器会转而使用芯片的内置实现。

5. 可以采用交互测试来测试芯片，也可以使用测试脚本。在线模拟器中，只需运行测试脚本。在桌面模拟器中，你必须先加载芯片的测试脚本，再运行它。