

作业 2：数字电子硬件实操实验报告

破除计算底层硬件黑盒，建立二进制与计算物理实现认知。把抽象的计算，通过可触摸的硬件具象化。区分“计算是软件魔法”与“计算是物理装置完成的过程”，为后续编码、补码、计算机体系建立认知地基。

实验特点：

- 采用定制磁吸模块化实验板，规避面包板复杂布线，降低零基础上手门槛。
- 配套交互式网页预习手册，学生课前可通过模拟器完成虚拟流程演练，课堂再开展实物实操，实现先虚拟预习，再实物动手的虚实结合学习模式。

一、实验总体目标

1) 认知目标

- 理解计算并非软件或数学公式的抽象产物，而是可以由物理器件机械完成的过程，破除“计算是软件魔法”的认知黑盒。
- 理解计算机的底层物理基座是由与门、或门、异或门等基本逻辑门逐级组装、层层抽象构建而成，建立“从门电路到运算部件”的层级观念。
- 理解二进制数与二进制加法的硬件实现形式，知道半加器、全加器如何用真值表和逻辑门描述一位加法，理解串行进位加法器的进位传播原理及其速度瓶颈。
- 理解计算机以加法电路为核心、借助补码等编码复用同一套硬件完成加法与减法的设计思想，体会硬件标准化与模块复用的价值。

2) 能力目标

- 能识别与门、或门、异或门等基础逻辑器件的符号与功能，依据真值表用磁吸模块搭出半加器，并用两种方式实现 1 位二进制数加法。
- 能正确搭建一位全加器，把抽象的二进制运算结果转化为可观察、可验证的可视化输出。
- 能以小组协作方式完成 2 位串行进位加法器的搭建与调试。
- 能用规范的实验报告记录实验过程、绘制真值表、附上实拍图，并结合亲身体验对硬件复用、编码等概念进行结构化表达与思辨。

3) 行为目标

- 主动使用交互式网页预习手册在课前完成虚拟流程演练，带着问题进入课堂，实现“先虚拟预习、再实物动手”的虚实结合学习。
- 在小组实验中明确分工、全员动手接线与调试，敢于试错并乐于讨论，养成规范、安全的实验操作习惯。
- 独立完成个人认知反思与思考题作答，把 AI 仅作为查阅背景资料的助手，不代替自己的动手实践与独立思考。

二、作业信息

作业分值：10 分

完成形式：2-3 人小组协作完成课堂实操，实验报告每人独立完成、独立提交

提交格式：PDF 文档

命名规范：硬件实验_学号.pdf

配套预习手册：<https://edu.cs.tsinghua.edu.cn/cca/lab/presentation.html>

三、实验任务

1. 基本任务（小组完成）

任务 1：用逻辑门搭建半加器，完成 1 位二进制数加法的计算

任务 2：用芯片实现半加器，验证任务 1 搭建的半加器与半加器芯片的功能是否相同

任务 3：连接数码管，完成 1 位二进制数加法的可视化输出

任务 4：验证一位全加器功能，理解全加器执行的计算过程

完整链路：

与门/或门/异或门 → 半加器 → 数码管可视化输出 → 一位全加器

要求：若实物调试失败，需要记录实际现象，对照真值表开展逻辑推演。

2. 协作任务（小组间联合完成）

任务 5：小组合作完成，搭建 2 位串行进位加法器，实现 2 位二进制数加法运算与数码管可视化输出

3. 思考题（写在个人实验报告内，独立作答）

(1) 加法器思辨：多位串行进位加法器具备哪些特点？是否存在运算速度更快的实现方案？

(2) 硬件加减机制思辨：计算机硬件为何以加法电路作为核心，不单独设计专用的减法硬件？这种设计对于硬件标准化、模块复用有什么优势？如何借助编码，让同一套硬件模块同时完成加法与减法运算？

4. 开放题（写在个人实验报告内，独立作答，不计分数）

(1) 这次实验里你最想不通的一个问题是什么？

(2) 如果让你给下一届同学改进这个实验，你会想要改进哪里？

四、作业成绩构成（10 分）

1) 课堂现场小组实操得分（4 分）

- 操作规范安全，遵循实验流程，按要求完成实验任务（2 分）
- 小组分工清晰，全员参与实验活动（2 分）

2) 课后实验报告 + 学情思辨问卷 (6 分)

- 完成课程学情问卷反馈 (1 分)
- 个人认知反思: 选取本次实验最触动自己的环节, 描述动手前后的认知变化 (3 分)
- 加法器思辨: 理解串行进位的原理、速度瓶颈与优化思路 (1 分)
- 硬件加减机制思辨: 理解计算机为何不单独设计减法硬件, 以及如何依靠编码复用硬件模块 (1 分)

关于报告书写注意事项:

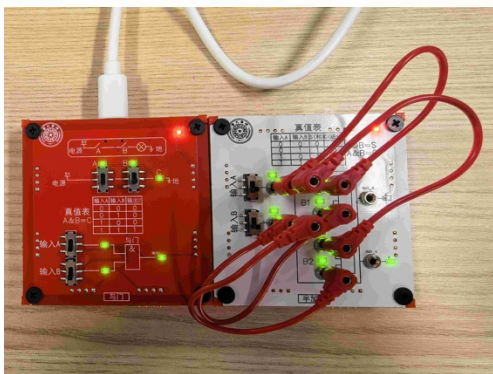
- 报告中应当包含实验实拍图、实拍图解释、个人思考、思辨等
- AI 仅允许用于查阅背景资料, 禁止 AI 直接生成报告正文、反思和思考题答案
- 每个人独立提交一份 PDF 文件, 个人实验收获、思辨问答题必须独立撰写。

五、实验报告模板

本部分为实验报告模板, 可参考模板来完成你的实验报告, 最终导出为 PDF 格式并提交。

一、基本任务

1) 任务一



上图的输入 $A=1$ 、 $B=1$, 得到输出 $S=0$ 、 $C=1$, 计算的是 $1+1=2$ (二进制 10)。

2) 任务二

3) 任务三

4) 任务四

二、个人认知反思

选取本次实验最触动自己的环节, 描述动手前后的认知变化:

我最触动的环节是什么什么, 我动手之前觉得计算机是什么什么, 动手之后觉得是什么什么。

三、思辨

- (1) 加法器思辨: 多位串行进位加法器具备哪些特点? 是否存在运算速度更快的实现方案?

具备的特点有什么什么，是否存在方案，方案可能是什么什么。

- (2) 硬件加减机制思辨：计算机硬件为何以加法电路作为核心，不单独设计专用的减法硬件？这种设计对于硬件标准化、模块复用有什么优势？如何借助编码，让同一套硬件模块同时完成加法与减法运算？

原因是什么什么，有什么什么优势，怎么同时完成。

四、开放题

- (1) 这次实验里你最想不通的一个问题是什么？

我最想不通的是有什么什么。

- (2) 如果让你给下一届同学改进这个实验，你会想要改进哪里？

我想要改进哪里哪里。