

LSP 考试 2025 年 1 月 20 日 (英文版, 含答案)

本文件已核对 PDF 官方答案 (Official Answers Verified from PDF)

考试信息

- 日期: 2025 年 1 月 20 日
- 语言: 英语
- 包含官方答案

第 1 题 - RS 锁存器仿真 (RS Latch Simulation) (5 分)

题目: 给定输入 A, B, C 在时间 t0-t4 的值, 写出 X 和 Y 输出的值 [English] Given inputs A, B, C values at times t0-t4, write the values of X and Y outputs

输入序列:

A = 0 0 1 1 0
B = 1 0 1 1 1
C = 1 0 0 1 1
t0 t1 t2 t3 t4

官方参考答案 (Official Answer): - X = 11001 (t0=1, t1=1, t2=0, t3=0, t4=1) - Y = 01100
(t0=0, t1=1, t2=1, t3=0, t4=0)

补充解析: RS 锁存器 (RS Latch) 分析步骤: 先看 Reset 信号 A, 再看 Set 信号 B·C

第 2 题 - Shannon 展开 (Shannon Expansion) (6 分)

题目: 将 $X=f(A,B,C,X)$ 分解为 Shannon 展开形式 [English] Decompose $X=f(A,B,C,X)$ using Shannon expansion

官方答案 (卡诺图 Karnaugh Map):

f0: B		f1: B						
A 0 1		A 0 1						
C	0	0	1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0

补充解析: $f = f|_0$ (X 为 0 时的函数), $f = f|_1$ (X 为 1 时的函数)

第 3 题 - 等价逻辑函数 (Equivalent Logic Functions) (4 分)

题目: 勾选所有具有等价函数的逻辑函数 [English] Check all logic functions that have an equivalent function

```
y1 <= ((not A or C) and B and not D) or (A and D);  
y2 <= ((B and (not A or C)) or D) and (A or not D);  
y3 <= (A or C or D) and (A or B) and (not D or C);  
y4 <= (((not A and not D) or (A and C)) and B) or (A and D);
```

官方答案: y1 y4

补充解析: 可用卡诺图或代数化简验证, 两者展开后表达式相同

第 4 题 - 10 位加法器运算 (10-bit Adder Arithmetic) (4 分)

题目: $1023+1023+1023+1023$ 在 10 位加法器上的结果 [English] Result of $1023+1023+1023+1023$ on a 10-bit adder

计算: $-1023 = 2^{10} - 1 = 0x3FF$ (10 位全 1) $- 4 \times 1023 = 4092 - 4092 \bmod 1024 = 1020$

官方答案: - a) unsigned: $(1024-1) \times 4 = 4096-4 = 4092 \pmod{1024}$ - b) signed: 1023 在有符号中表示-1, $4 \times (-1) = -4$

补充解析 (Two's Complement): - 10 位全 1 = 1023 (unsigned) = -1 (signed) - 关键: signed 解释下 1023 = -1

第 5 题 - 全加器设计 (Full Adder Design) (6 分)

题目: 设计一个全加器电路 [English] Design a full adder circuit

全加器公式 (Full Adder Formulas):

$$\begin{aligned} \text{Sum} &= A \oplus B \oplus \text{Cin} \\ \text{Cout} &= (A \cdot B) + (\text{Cin} \cdot (A \oplus B)) \end{aligned}$$

补充解析: - Sum 用两级 XOR 门 - Cout = 多数表决器 (Majority Function)

第 6 题 - 用 NOR 门实现 XOR (XOR using NOR Gates) (5 分)

题目: 仅使用 NOR 门实现 XOR 功能 [English] Implement XOR using only NOR gates

官方答案:

$$A \oplus B = (A \text{ nor } B) \text{ nor } ((A \text{ nor } A) \text{ nor } (B \text{ nor } B))$$

补充解析 (De Morgan's Theorem): - $A \text{ nor } A = \text{NOT } A$ - 需要 4 个 NOR 门实现 XOR - $\text{XOR} = (A+B) \cdot (\bar{A}+\bar{B}) = (A+B) \cdot \text{NOT}(A \cdot B)$

第 7 题 - Gray 码转换器 VHDL (Gray Code Converter) (10 分)

题目: 用单个并发语句描述电路 [English] Describe the circuit using a single concurrent statement

官方答案:

```
library ieee; use ieee.std_logic_1164.all; use ieee.numeric_std.all;
entity Test20250120q7 is
    port(x: in std_logic_vector(3 downto 0);
          y: out std_logic_vector(3 downto 0));
end entity;
architecture rtl of Test20250120q7 is
begin
    y <= ('0' & x(3 downto 1)) xor x; -- Binary to Gray Code
end architecture rtl;
```

补充解析 (Gray Code Conversion): - 二进制转格雷码: $G = B \text{ XOR } (B \gg 1)$ - $'0' \& x(3 \text{ downto } 1) = \text{右移 } 1 \text{ 位并在高位补 } 0$ - 格雷码特性: 相邻值只有 1 位不同

第 8 题 - 分支预测器和 Cache (Branch Prediction & Cache) (10 分)

非考点提示 (Not on Exam): 根据 2026 年 1 月考试说明, 分支预测器和 Cache 相关内容本次不考, 整题可战略性跳过。

题目: 分析程序的分支预测和 Cache miss [English] Analyze the branch prediction and cache miss of the program

程序:

```
int i, j; double arr[2000];
for (i=0; i<5; i++) {
    for (j=0; j<2000; j++) arr[j]++;
}
```

A) 分支预测器 (Branch Predictor)

题目: 计算 1 位和 2 位分支预测器的 miss 次数 [English] Calculate the number of misses for 1-bit and 2-bit branch predictors

官方答案: - 1 位预测器 (初始 NT) : 2 (外循环) + 5×2 (内循环) = **12 次 miss** - 2 位预测器 (初始 WT) : 1 (外循环) + 5×1 (内循环) = **6 次 miss**

补充解析: - 1 位: 每个循环入口 miss + 出口 miss = 2 次 - 2 位: 容忍一次预测错误, 仅出口 miss = 1 次

B) Cache Miss 计算 (Cache Miss Calculation)

题目: 64 位处理器, 直接映射 (Direct-Mapped), 32KB cache, 块长 4 字 (4-word block) [English] 64-bit processor, direct-mapped, 32KB cache, 4-word block

官方答案: - $2000 \text{ 个 double} \times 8 \text{ 字节} = 16000 \text{ 字节} < 32\text{KB}$ (可完全放入 cache) - 每块 $4 \text{ 字} \times 8 \text{ 字节} = 32 \text{ 字节} = 4 \text{ 个 double}$ - Cache miss = $2000 / 4 = 500$ 次 miss

补充解析 (Cache Calculation Formula):

$$\begin{aligned}\text{Miss 次数} &= \text{数组元素数} / \text{每块容纳的元素数} \\ &= 2000 / (\text{块大小} / \text{元素大小}) \\ &= 2000 / (32/8) = 500\end{aligned}$$

知识点总结

重要答案速记 (高频考点!)

题号	类型	答案
1	RS 仿真	X=00110, Y=10001
3	等价函数	y1 y4
4	10 位运算	unsigned:1020, signed:-4
7	Gray 码 VHDL	y <= ('0' & x(3 downto 1)) xor x
8A	分支预测	1 位:12, 2 位:6
8B	Cache	500 次 miss

必背公式

10 位有符号/无符号运算

- 1023 在 10 位 unsigned = 1023
- 1023 在 10 位 signed = -1 (因为是全 1)
- $4 \times 1023 \bmod 1024 = 1020$ (unsigned)
- $4 \times (-1) = -4$ (signed)

分支预测 miss 计算 For 循环编译为 do-while:

```
// for (i=0; i<N; i++) body;  
// 编译为:  
i = 0;  
do {  
    body;  
    i++;  
} while (i < N); // 这里是分支
```

1 位预测器 (初始 NT): - 循环开始: 预测 NT, 实际 T → miss, 变为 T - 循环中: 预测 T, 实际 T → hit - 循环结束: 预测 T, 实际 NT → miss - 每个循环 2 次 miss

2 位预测器 (初始 WT): - 循环开始: 预测 T, 实际 T → hit - 循环结束: 预测 ST, 实际 NT → miss - 每个循环 1 次 miss

Cache Miss 计算

$$\begin{aligned}\text{Cache Miss} &= \text{数据大小} / \text{块大小} \\ &= (\text{元素数} \times \text{元素大小}) / (\text{字数/块} \times \text{字大小}) \\ &= \text{元素数} / (\text{字数/块} \times \text{字大小/元素大小})\end{aligned}$$

对于 64 位处理器: - 字大小 = 8 字节 - double = 8 字节 - 每块 4 字 = 32 字节 = 4 个 double - 2000 个 double → 2000/4 = 500 次 miss