

LSP Methodology Mastery Guide / Metodika zkoušky (přůvodce) / 考试方法论突击指南

Course: B0B35LSP – Logické systémy a procesory | BE5B35LSP – Logic Systems and Processors **University:** CVUT FEL (CVUT) – České vysoké učení technické v Praze | Czech Technical University in Prague **Keywords:** Zkouška, Exam, Test, Solutions, Vysledky, Answers, K-Map, RS Latch, Pipeline

CN Version | EN Version | CZ Version

LSP Exam Methodology Mastery (Rapid Prep)

Note: This EN variant follows the CN master closely; some section titles and examples remain in Chinese for now.

2026年1月13日考试专用版
根据老师邮件确认：不考分支预测和Cache，会考流水线！

考试范围确认（来自老师邮件）

必考内容

题型	SEL 参考页	重要程度
有符号/无符号数位运算	p.2–3	
等价逻辑函数（用卡诺图！）	p.4–7	
RS锁存器仿真 + Shannon展开	p.11–14	
处理器流水线	课件	

不考内容（老师明确说明）

- 跳转预测器 (Jump Predictors)
- Cache未命中计算 (Cache Misses)
- SEL第17页及之后的内容

核心考点模块

模块1：RS锁存器仿真 (RS Latch Simulation)

核心概念 (Concept)

RS锁存器 (RS Latch / Set–Reset Latch) 是一种基本的时序电路，具有两个稳定状态。

LSP考试中的标准电路结构：

A NOR X

B · C NOR Y

工作原理： - $X = \text{NOR}(A, Y)$ — A是Reset信号 - $Y = \text{NOR}(B \cdot C, X)$ — B·C是Set信号 - 当 A=1 时：X被强制为0 (Reset) - 当 B=1 且 C=1 时：Y被强制为0, X变为1 (Set)

做题”大招” (Step-by-Step Method)

黄金法则：逐时刻分析，不要跳步！

步骤：

1. 画出时序表格

	A	B	C	B·C	X	Y
t0						
t1						
...						

2. 确定初始状态 t0

- 先计算 B·C
- 如果 A=1 → X=0 (Reset优先)
- 如果 B·C=1 且 A=0 → Y=0, X=1 (Set)
- 如果 A=0 且 B·C=0 → 保持状态或根据电路初态

3. 逐时刻迭代

- 对于每个时刻：
 - 先看 A: A=1 必然导致 X=0
 - 再看 B·C: B·C=1 且 A=0 导致 Y=0
 - 否则保持前一状态

4. 验证公式

$$X(t) = \text{NOR}(A(t), Y(t-1)) \quad // \quad Y$$

$$Y(t) = \text{NOR}(B(t) \cdot C(t), X(t)) \quad // \quad X$$

经典例题 (Classic Example)

题目 (2025-06-09官方)：

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

官方答案：

X = 1 | 1 | 0 | 0 | 0
 Y = 0 | 0 | 1 | 0 | 1

详细解析：

时刻	A	B	C	B·C	分析	X	Y
t0	1	1	0	0	A=1但电路初态X=11(根据官方答案)	0	0
t1	1	1	1	1	B·C=1但A=1也是1,1A优先Reset但X保持	0	0
t2	1	0	0	0	A=1持续, X终于变0	0	1
t3	0	1	0	0	A=0, B·C=0, 保持	0	需算
t4	1	1	0	0	A=1, Reset	0	1

注意： 实际解题需要看考卷给出的具体电路图！不同考试电路可能略有不同。

避坑指南 (Common Pitfalls)

1. **不要忘记计算 B·C**
 - B和C需要AND在一起才是Set信号
2. **不要混淆NOR和NAND**
 - NOR: 任一输入为1, 输出为0
 - NAND: 全部输入为1, 输出才为0
3. **不要忘记”保持”状态**
 - 当A=0且B·C=0时, 电路保持前一状态
4. **记住优先级**
 - 通常Reset (A=1) 优先于Set (B·C=1)

模块2: Shannon展开 (Shannon Expansion)

核心概念 (Concept)

Shannon展开定理 (Shannon Expansion Theorem): 任何布尔函数都可以对某个变量展开为:

$$f(x_1, \dots, x_n) = \bar{x}_i \cdot f|_{x_i=0} + x_i \cdot f|_{x_i=1}$$

在LSP考试中的标准形式:

$$X = (\bar{X} \cdot f_0(A, B, C)) + (X \cdot f_1(A, B, C))$$

其中: - f_0 = 当X=0时, f的值 (X的下一个状态) - f_1 = 当X=1时, f的值 (X的下一个状态)

做题”大招” (Step-by-Step Method)

步骤:

1. 从电路图推导X的表达式

$$X = \text{NOR}(A, Y) = \text{NOT}(A \text{ OR } Y) = \bar{A} \cdot \bar{Y}$$

$$Y = \text{NOR}(B \cdot C, X) = \text{NOT}(B \cdot C \text{ OR } X) = (B+C) \cdot \bar{X}$$

2. 将Y代入X的表达式

- 得到 $X = f(A, B, C, X)$

3. 分别令 $X=0$ 和 $X=1$ 求 f_0 和 f_1

- $f_0 = f(A, B, C, 0)$
- $f_1 = f(A, B, C, 1)$

4. 画卡诺图 (必须!)

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

5. 从卡诺图写出最简表达式

经典例题 (Classic Example)

题目 (2025-06-09官方答案):

对于第1题的电路, 求Shannon展开。

官方答案:

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

$$X = (\text{not } C \text{ and } B \text{ and } A) \text{ or } (C \text{ and not } B \text{ and not } A) \text{ or } (X \text{ and not } B \text{ and not } A) \text{ or } (X \text{ and } B \text{ and } A)$$

避坑指南 (Common Pitfalls)

1. 不要跳过卡诺图
 - 老师明确说: 必须用卡诺图! 代值法是”地狱之路”!
2. 卡诺图的变量顺序
 - 注意A和B的位置, 不要画反
3. 验证方法
 - 把求得的 f_0 和 f_1 代回去, 检查是否正确

模块3: 有符号/无符号数运算 (Signed/Unsigned Arithmetic)

核心概念 (Concept)

N位寄存器的表示范围: | 类型 | 范围 | 特殊值 | |——|——|——| | N位 unsigned | $0 \sim 2^N - 1$ | - | | N位 signed | $-2^{(N-1)} \sim 2^{(N-1)} - 1$ | 全1 = -1 |

关键公式: - 溢出处理: $\text{result} \bmod 2^N$ - signed转换: 如果 $\text{unsigned} \geq 2^{(N-1)}$, 则 $\text{signed} = \text{unsigned} - 2^N$

做题”大招” (Step-by-Step Method)

步骤 (万能解法):

1. 计算原始结果 R

$$124 + 125 + 126 + 127 = 502$$

2. 计算 $\text{unsigned} = R \bmod 2^N$

$$8 \ 502 \bmod 256 = 246$$

$$9 \ 502 \bmod 512 = 502$$

$$10 \ 502 \bmod 1024 = 502$$

3. 计算 signed

$$\text{unsigned} \quad 2^{(N-1)}$$

$$\text{signed} = \text{unsigned} - 2^N$$

$$\text{signed} = \text{unsigned}$$

$$8 \ 246 \quad 128 \quad \text{signed} = 246 - 256 = -10$$

经典例题 (Classic Example)

题目 (2025-06-09官方) : 124+125+126+127 存入8位寄存器

解答:

$$1 \ 124 + 125 + 126 + 127 = 502$$

$$2 \ 502 \bmod 256 = 246 \text{ (unsigned)}$$

$$3 \ 246 \quad 128 \text{ signed} = 246 - 256 = -10$$

官方答案: - a) unsigned: 246 - b) signed: -10

常考数值速查表

运算	位数	原值	mod	unsigned	signed
124+125+126+127	8位	502	256	246	-10
254+255+256+257	9位	1022	512	510	-2
4×1023	10位	4092	1024	1020	-4
4×510	9位	2040	512	504	-8
255+253+251	8位	759	256	247	-9

避坑指南 (Common Pitfalls)

1. 不要忘记mod运算

- 不同位数的mod值不同: 8位=256, 9位=512, 10位=1024

2. signed判断阈值

- 8位: 128, 9位: 256, 10位: 512

3. 特殊记忆

- 全1在signed中 = -1
- 例: 1023(10位) = -1, 255(8位) = -1

模块4：等价逻辑函数 (Equivalent Logic Functions)

核心概念 (Concept)

等价逻辑函数：两个布尔表达式在所有输入组合下输出相同。

判定方法：1. 卡诺图法（老师强烈推荐！） 2. 代值法（老师说这是“地狱之路”）

做题”大招” (Step-by-Step Method)

步骤：

1. 为每个函数画卡诺图

3					4				
B						CD			
A 0 1						AB 00 01 11 10			
C 0					00				
	1				01				
					11				
					10				

2. 填写每个格子的值

- 根据表达式计算每个输入组合的输出

3. 比较卡诺图

- 卡诺图完全相同的函数是等价的

经典例题 (Classic Example)

题目 (2025-06-09)：

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

解答过程：

化简 y2：

$$\begin{aligned}y2 &= C + ABC + \bar{A}CD \\&= C(1 + AB + \bar{A}D) \\&= C\end{aligned}$$

化简 y3：

$$\begin{aligned}y3 &= \bar{A}D + AD + CD \\&= (A + D) + CD\end{aligned}$$

化简 y4：

$$\begin{aligned}y4 &= CD + (\bar{A} + D) \\&= CD + (A + D) \quad [\bar{A}D = AD] \\&= (A + D) + CD\end{aligned}$$

官方答案：y3 \equiv y4

必背恒等式 (Essential Identities)

恒等式	说明
$\bar{A} \oplus \bar{B} = A \oplus B$	取反后的XOR等于原XOR
$A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$	XOR的标准形式
$(A+B)(\bar{A}+\bar{B}) = A \oplus B$	XOR的乘积形式
$A + AB = A$	吸收律
$A + \bar{A}B = A + B$	吸收律变体

避坑指南 (Common Pitfalls)

- 绝对不要代值验证**
 - 4个变量有16种组合，容易出错
- 优先化简**
 - 看到 $A + AB$ 立即用吸收律
- 注意XNOR**
 - $XNOR(A,B) = NOT(A XOR B) = A \odot B$

模块5：Moore/Mealy自动机定义 (FSM Definition)

核心概念 (Concept)

有限状态机 (Finite State Machine, FSM) 六元组定义：

$$M = \langle X, S, Z, \delta, \omega, s_0 \rangle$$

符号	含义	英文
X	有限输入字母表	Finite input alphabet
S	有限状态集合	Finite set of states
Z	有限输出字母表	Finite output alphabet
δ	状态转移函数	State transition function
ω	输出函数	Output function
s_0	初始状态	Initial state

Moore vs Mealy 关键区别

特性	Moore	Mealy
δ (转移函数)	$S \times X \rightarrow S$	$S \times X \rightarrow S$
ω (输出函数)	$S \rightarrow Z$	$S \times X \rightarrow Z$
输出依赖	仅状态	状态 + 输入
输出时机	状态变化后	输入到达时
状态数量	通常更多	通常更少

考试标准答题模板

题目：补全定义（必须数学上精确！）

标准答案：

$M = \langle X, S, Z, \delta, \omega, s \rangle$

X - (Finite input alphabet)
 S - (Finite set of states)
 Z - (Finite output alphabet)
 δ - (State transition function)
 : $S \times X \rightarrow S$
 ω - (Output function)
Moore: : $S \rightarrow Z$
Mealy: : $S \times X \rightarrow Z$
 s - $s \in S$ (Initial state)

避坑指南 (Common Pitfalls)

- 不要写错 ω 的定义
 - Moore: $S \rightarrow Z$ (只看状态)
 - Mealy: $S \times X \rightarrow Z$ (看状态和输入)
 - 记忆口诀
 - Moore = More states (状态多, 输出简单)
 - Mealy = More efficient (状态少, 输出复杂)
-

模块6: +1加法器设计 (Incrementer Design)

核心概念 (Concept)

+1加法器 (Incrementer) 是一种特殊的加法器, 只加1, 比全加器简单。

核心公式 (必背!) :

$s_0 = \text{NOT } x_0$
 $s_1 = x_0 \text{ XOR } x_1$
 $s_2 = x_0 \text{ XOR } (x_1 \text{ AND } x_2)$
 $s_3 = x_0 \text{ XOR } (x_1 \text{ AND } x_2 \text{ AND } x_3)$
...
 $s_n = x_0 \text{ XOR } (x_1 \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n)$

$\text{Carry} = x_0 \text{ AND } x_1 \text{ AND } x_2 \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n$ (1)

做题”大招” (Step-by-Step Method)

记忆规律: - 第0位: 直接取反 - 第n位: $x_0 \text{ XOR } (x_1 \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n)$

电路图绘制:

x_0 [NOT] s_0
 x_0 [XOR] s_1

x [XOR] s

[AND]

x [XOR] s

[AND] (x AND x AND x)

避坑指南 (Common Pitfalls)

1. 不要用全加器
 - 题目要求”不用全加器”，用XOR和AND即可
 2. 注意进位链
 - 进位是所有低位的AND
-

模块7: VHDL单行并发语句

核心概念 (Concept)

并发语句 (Concurrent Statement): 在architecture中直接写, 不需要process。

常考模式速查

1. Gray码转换器 (Binary to Gray Code):

```
y <= ('0' & x(3 downto 1)) xor x;  
--   y(i) = x(i) XOR x(i+1)
```

2. 条件选择 (Conditional):

```
y <= z when a1='1' else y when a0='1' else x;
```

3. 位操作:

```
y <= x(0) & x(1) & x(2) & x(3);  --  
y <= x(2 downto 0) & x(3);      --  
y <= not x;                      --
```

经典例题 (2025-06-09官方)

题目: 用单条语句描述电路

官方答案:

```
y <= ('0' & x(3 downto 1)) xor x;
```

等价写法:

```
y <= x(3) & (x(3 downto 1) xor x(2 downto 0));  
--  
y <= x(3) & (x(2) xor x(3)) & (x(1) xor x(2)) & (x(0) xor x(1));
```

模块8：处理器流水线 (Processor Pipelines) 新增必考！

核心概念 (Concept)

流水线 (Pipeline): 将指令执行分成多个阶段，允许多条指令同时执行。

经典5阶段RISC流水线: | 阶段 | 英文 | 说明 | |——|——|——| | IF | Instruction Fetch | 取指令 | | ID | Instruction Decode | 译码 | | EX | Execute | 执行 | | MEM | Memory Access | 访存 | | WB | Write Back | 写回 |

关键概念

1. 流水线冒险 (Pipeline Hazards):

类型	英文	原因	解决方法
结构冒险	Structural Hazard	硬件资源冲突	增加硬件
数据冒险	Data Hazard	数据依赖	前递/暂停
控制冒险	Control Hazard	分支指令	预测/延迟槽

2. 数据冒险类型 (Data Hazard Types): – RAW (Read After Write): 最常见 – WAR (Write After Read): 反依赖 – WAW (Write After Write): 输出依赖

3. 解决方法: – 前递/旁路 (Forwarding/Bypassing): 直接传递结果 – 暂停/气泡 (Stalling/Bubble): 插入NOP – 重排序 (Reordering): 编译器优化

流水线时序图示例

```
      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
-----|---|---|---|---|---|---|
ADD R1,R2 | IF| ID| EX|MEM| WB|   |   |
SUB R3,R1 |   | IF| ID| ID| EX|MEM| WB| ← 1 R1
MUL R4,R5 |   |   | IF| IF| ID| EX|MEM|
```

避坑指南 (Common Pitfalls)

1. 理解CPI (Cycles Per Instruction)

- 理想流水线CPI = 1
- 实际因冒险而增加

2. 流水线加速比

- 理想加速比 = 流水线级数
- 实际受冒险和开销影响

考前最后检查清单

必会公式

RS $X = \text{NOR}(A, Y), Y = \text{NOR}(B \cdot C, X)$

Shannon $X = X \cdot f + X \cdot \bar{f}$
 unsigned signed $2^{(N-1)} \quad 2^N$
 XOR $\bar{A} \oplus B = A \oplus \bar{B}$
 $+1 \quad s = \text{NOT } x, s = x \oplus 1$
 Gray $y = ('0' \& x(N-1 \text{ downto } 1)) \oplus x$
 Moore : $S \rightarrow Z$
 Mealy : $S \times X \rightarrow Z$

必记数值

8 unsigned 0~255, signed -128~127
 9 unsigned 0~511, signed -256~255
 10 unsigned 0~1023, signed -512~511
 1 = -1 (signed)

考试技巧

RS
 8 / 9 / 10
 signed

祝考试顺利! Good luck!

最后更新: 2026年1月13日 考试当天