数字 2: 一种统计算法的 Verilog 实现

1.1 一种统计算法的 Verilog 实现

【试题说明】: 一种统计算法的实现。实现常规简单在线测试和复杂在线测试。该测试是一种统计检测算法,

基本简单在线测试原理如下:

- (1) 将串行输入的单比特数据,每个128比特数据分为32组,每组4个比特;
- (2) 由于4个比特共有16种取值情况,因此对于Test 有K=16,自由度 v=K-1=15 ,对于16字节的样本量,独立同分布下各种情况的理论频数为 $E_i=2$ 。对于自由度为v=15 ,显著性水平 $\alpha=3.4\cdot10^{-7}$ 的 χ^2 分布查表可 $\chi^2_{v;\alpha}=65$

计算统计量:

$$\lambda^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

其中Oi为32个分组内16种取值出现的次数。

若计算结果大于阈值65,则统计测试不通过,引发一个随机警报;否则统计测试通过。

上面描述的统计测试可用来进行简单在线测试,另外在统计测试的基础上,可以进行复杂在线测试,复杂在线测试原理如下:

- 一个测试套件最多由N=8个基本测试组成(此处为8个统计测试)。记 $C_1,C_2,...$ 为表示基本测试测试值的随机变量(C_j 为上述单次的计算统计量 λ^2 , 其中 $j=1\sim8$),单次测试套件有三个评估准则: (具体阈值数值在题目设计要求参考数据部分体现)
 - (i)如果任意连续三次 C_{i-2} , C_{i-1} , C_i > thre pre1,则生成一个预备随机警报;
 - (ii)如果任意一次C_i ∉ [thre_pre2, thre_pre3],则生成一个预备随机警报;
 - (iii)如果任意一次C_i > thre entropy,则生成一个随机警报。

如果在一个测试套件过程中没有发生预备随机警报或随机警报,则开始下一个新的测试套件。 当3个连续的基本测试因为预备随机警报(评估准则i或ii)或者一个随机警报(评估准则iii)而结束 时,生成一个总随机警报。总随机警报信号是电平信号。

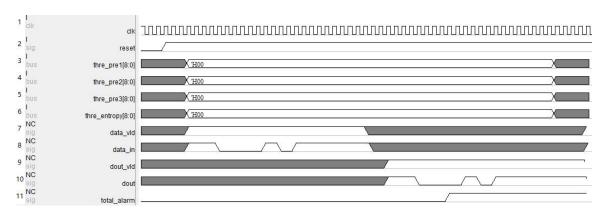
如果存在 C_i > thre_pre1, C_i \in [thre_pre2, thre_pre3] 与 C_i > thre_entropy,这三个单次基本测试发生任意一个,则丢弃该组的128bit数据(实现时可以将dout_vld数据有效信号置为无效)。

题目要求完成至少一个复杂测试套件的数据。数据逐bit串行输入。检测阈值由外部输入,检测期间保持不变。需要使用下述三组golden数据分三次对实现代码进行测试。

【输入信号】clk(时钟),reset(低电平复位信号),data_in(单 bit 数据),data_vld (输入数据用 data_vld 采集 data_in),thre_pre1[8:0](检测阈值 1),thre_pre2[8:0](检测阈值 2),thre_pre3[8:0](检测阈值 3),thre_entropy[8:0](检测阈值 4);

【输出信号】dout(单 bit 输出数据),dout_vld(输出数据有效信号),total_alarm(总随机警报指示信号):

【时序要求】



【EDA 工具】: 选择大赛官方已有的 FPGA 和芯片软件均可。

【设计要求】:

- 1、完成设计文档,格式不限,包括设计思路、框图说明、模块电路设计。设计文档清晰,能准确描述设计方案,准确指导代码编写。
- 2、设计符合题目要求。代码实现和文档描述一致。代码功能正确,golden 数据计算正确。否则仿真、综合阶段无法得分。代码结构合理,思路清晰,可读性好。代码面积越小越好,无冗余代码,代码无编译告警。对代码中影响综合面积的前三个点进行识别、分析说明原因。对代码中影响综合工作频率的前三条关键路径进行识别、分析说明原因。不能有不可综合代码。
- 3、提供验证报告,报告文档格式不限,包括测试点分解、测试用例描述、功能仿真结果、波形截图;验证报告文档清晰,满足题目要求,有测试点完备性说明。提供编译无告警截图,对测试点描述准确。仿真结果正确、时序正确。有至少三条数据波形截图(其中包括 golden 数据仿真波形及数据)。
- 4、参考测试数据,共三组数据,如下: din 左边为高位,右边为低位。

din_vld: 1'b1; thre_pre1: 9'hc0; thre_pre2: 9'h0; thre_pre3: 9'hd0; thre_entropy: 9'he0; dout: 与 din 保持一致; dout vld: 输出 dout 时为 1;

alarm chi tot: 1'b0,即没有随机告警;

8组简单测试对应 λ^{2:}: 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0,

(2) 第二组数据:时钟/复位不体现

din_vld: 1'b1; thre_pre1: 9'h82; thre_pre2: 9'h0; thre_pre3: 9'h8c; thre_entropy: 9'h96; dout: 与 din 保持一致; dout_vld: 一直输出为 1'b0;

alarm chi tot: 1'b1, 即产生随机告警;

8 组简单测试对应 λ^{2:}: 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0, 9`ha0,

(3) 第三组数据:时钟/复位不体现

din:1024'hBAD6B5BA754A0AF57EDA374513E90E77EFCA6CE68484C03B34DA9C 4DF442096B5EF0B7B80239733F92C1AA146854B8774E7A6788062DB85A2C1DD 353AE1D8B0D04E6E1033F04E896718E54A7376D0F24770ED1BD40CC6C0A467B 920AA9D29EBA4E2CCF74E112E21EFABEA9F7DFF0B4ACE137D9EC013699420EC 8AFD6B620E6D3;

din_vld: 1'b1; thre_pre1: 9'h82; thre_pre2: 9'h0; thre_pre3: 9'h8c; thre_entropy: 9'h96; dout: 与 din 保持一致; dout vld: 输出 dout 时为 1;

alarm_chi_tot: 1'b0, 即没有随机告警;

8组简单测试对应 λ^{2:}: 9`h14, 9`h11, 9`h7, 9`hc, 9`he, 9`hf, 9`h15, 9`hb

5、评分标准:

类别	分值权 重	评分标准

设计 (80)	20	设计文档清晰,能准确描述设计方案,准确指导代码编写。
	40	设计符合题目要求。代码实现和文档描述一致。 代码功能正确,golden 数据计算正确。否则仿真、综合阶段无法得分。 对代码中影响综合面积的前三个点进行识别、分析说明原因。对代码中影响综合工作频率的前三条关键路径进行识别、分析说明原因。不能有不可综合代码。
	20	代码结构合理,思路清晰,可读性好。打拍数越少越好。 代码面积越小越好,无冗余代码,代码无编译告警。
功能仿真 (20)	10	验证报告文档清晰,满足题目要求。提供编译无告警截图,对测试点描述准确,有测试点完备性说明。
	10	功能仿真结果正确、时序正确。 告警能正确拉高。 需要使用上述三组 golden 数据进行测试。有三条数据波形 截图(其中包括 golden 数据仿真波形及数据)。