

电子科技大学 (深圳) 高等研究院

实 验 报 告

课程名称：混合集成电路测试技术实验

学生姓名：陈玉熙

学 号：202122280534

指导教师：黄 敏

实验地点：2 号楼 1 楼实验室

实验时间：2021.12.04

实验评分：

1 实验室名称：数字集成电路测试实验室

2 实验项目名称：数字集成电路测试实验

3 实验目的

- 1) 理解常用数字集成电路的原理、结构以及技术指标；
- 2) 掌握数字集成电路测试的一般方法；
- 3) 掌握数字集成电路测试激励的产生以及对测试结果进行分析的方法；
- 4) 掌握 CT1000P 实验平台相关参数的配置与使用。

4 实验内容

- 1) 提取芯片 SN74HC08N 测试指标；
- 2) 编写测试计划；
- 3) 编写与调试测试程序；
- 4) 输出完备性测试报告。

5 实验器材（设备、元器件）

- 1) 硬件：待测芯片（SN74HC08N）、机箱、DIB（器件接口板）、显示器等
- 2) 软件：PXIE 码型模块上位机软件

6 被测芯片简介

6.1 功能简介

SN74HC08N

功能表如下：

INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
H	H	H
L	X	L
X	L	L

图 1 SN74HC08N 功能图

6.2 管脚信息

本实验所采用的芯片封装类型为 DIP14，总共 14 个管脚。管脚具体排布信息如下图所示：

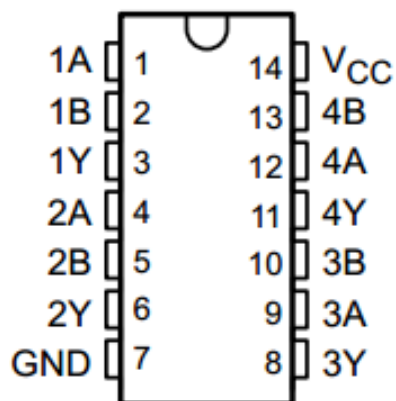


图 2 SN74HC08N 管脚信息

6.3 DC 参数

此处只列举常温下推荐的直流参数取值，其他条件下直流参数的取值请参考 SN74HC08N 芯片手册。

PARAMETER	TEST CONDITIONS		V _{CC}	T _A = 25°C			SN54HC08		SN74HC08		UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
V _{OH}	V _I = V _{IH} or V _{IL}	I _{OH} = -20 µA	2 V	1.9	1.998		1.9		1.9		V
			4.5 V	4.4	4.499		4.4		4.4		
			6 V	5.9	5.999		5.9		5.9		
		I _{OH} = -4 mA	4.5 V	3.98	4.3		3.7		3.84		
		I _{OH} = -5.2 mA	6 V	5.48	5.8		5.2		5.34		
V _{OL}	V _I = V _{IH} or V _{IL}	I _{OL} = 20 µA	2 V		0.002	0.1		0.1		0.1	V
			4.5 V		0.001	0.1		0.1		0.1	
			6 V		0.001	0.1		0.1		0.1	
		I _{OL} = 4 mA	4.5 V		0.17	0.26		0.4		0.33	
		I _{OL} = 5.2 mA	6 V		0.15	0.26		0.4		0.33	
I _I	V _I = V _{CC} or 0		6 V		±0.1	±100		±1000		±1000	nA
I _{CC}	V _I = V _{CC} or 0, I _O = 0		6 V			2		40		20	µA
C _i			2 V to 6 V			3		10		10	pF

图 3 SN74HC08N DC 参数

6.4 AC 参数及波形

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	V _{CC}	T _A = 25°C			SN54HC08		SN74HC08		UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
t _{pd}	A or B	Y	2 V		50	100		150		125	ns
			4.5 V		10	20		30		25	
			6 V		8	17		25		21	
t _t		Y	2 V		38	75		110		95	ns
			4.5 V		8	15		22		19	
			6 V		6	13		19		16	

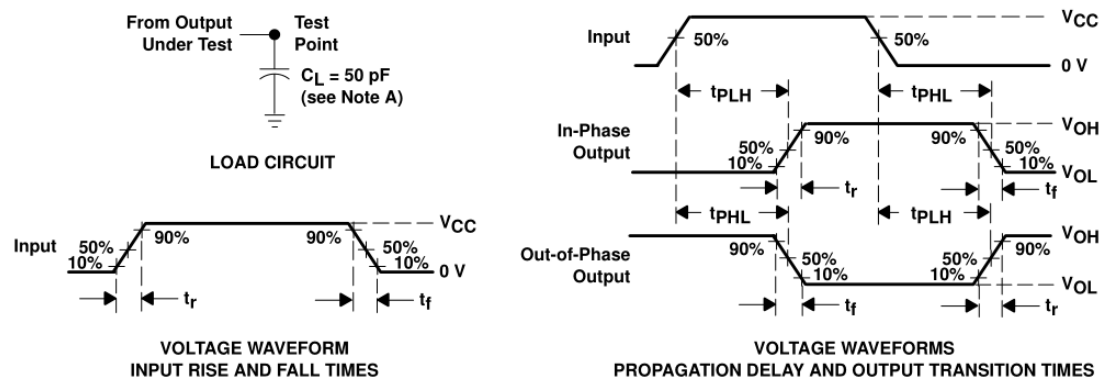


图 4 SN74HC08N AC 参数及波形

7 测试子项提取

根据前面的芯片简介以及实验指导书中介绍的 74HC04 的测试点，完成 SN74HC08N 测试点的提取。提取的测试项填入下表：

Feature	测试项	操作步骤简介
连接性测试	测试管脚与 VCC 管脚逻辑电路	将所有引脚接地包括 VDD 将电压钳位设置为 3.0V 使用 PPMU 强制电流 100uA, 一次一个引脚 等待几个毫秒的安定时间 测量因此而产生的电压
	测试管脚与 GND 管脚逻辑电路	将所有引脚接地包括 GND 将电压钳位设置为 3.0V 使用 PPMU 强制电流-100uA, 一次一个引脚 等待几个毫秒的安定时间 测量因此而产生的电压
功能测试	两组两输入与门功能	1、(A1-B1)~(A4-B4)依次输入高电平；检测 Y1~Y4 是否为高电平； 2、A1~A4 依次输入低电平，B1~B4 依次输入随机电平；检测 Y1~Y4 是否为低电平； 3、A1~A4 依次输入随机电平，B1~B4 依次输入低电平；检测 Y1~Y4 是否为低电平。
DC 参数测试	I_{IL} (漏电流) 测试	使用 VDD Max 使用 PPMU 强制 VDD Min 等待几毫秒建立时间 测量因此而产生的电流
	I_{IH} (漏电流) 测试	使用 VDD Max 使用 PPMU 强制 VDD Max 等待几毫秒建立时间

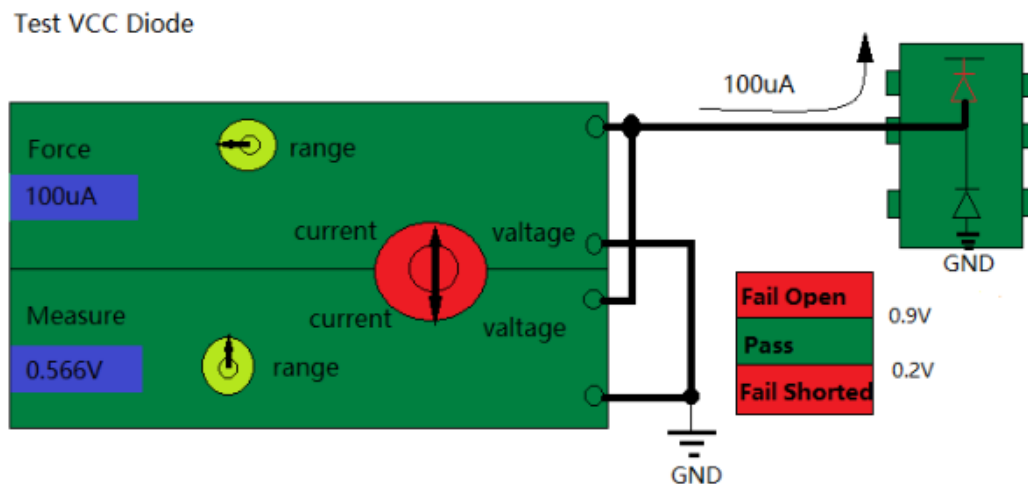
			测量因此而产生的电流
	V_{OL} （输出低门限）测试		使用 VDD Min PPMU 强制使用 I_{OL} （设置电压钳位） 等待几毫秒建立时间 测量因此而产生的电压
	V_{OH} （输出高门限）测试		使用 VDD Min PPMU 强制使用 I_{OH} （设置电压钳位） 等待几毫秒时间 测量因此而产生的电压
	V_{IH}/V_{IL} （输入门限）测试		设置参数表格包含三个选择器 创建用来调节参数表格参数的电平集 创建测试的 PAT 文件 执行程序对高低门限分别进行测试
AC 参数测试	输入端到输出端 传输延时	t_{PLH}	选择相应条件下的 VDD（2V/4.5V） 设置时序集，选择窗口比较 设置 PAT 向量，使输出由低电平转换到高电平 设置 t_{PLH} 在相应条件下的功能向量 执行程序 通过不断的调整时间集开始比较时间，找到相应的临界值 （开始比较的时间-数据开始的时间）*4 即为延迟时间
		t_{PHL}	选择相应条件下的 VDD（2V/4.5V） 设置时序集，选择窗口比较 设置 PAT 向量，使输出由低电平转换到高电平 设置 t_{PHL} 在相应条件下的功能向量 执行程序 通过不断的调整时间集开始比较时间，找到相应的临界值 （开始比较的时间-数据开始的时间）*4 即为延迟时间

8 测试方案简介

8.1 连接性测试

连接性测试是用以确认在器件测试时所有的信号引脚都与测试系统相应的通道在电性能上完成了连接，无短路或断路发生。

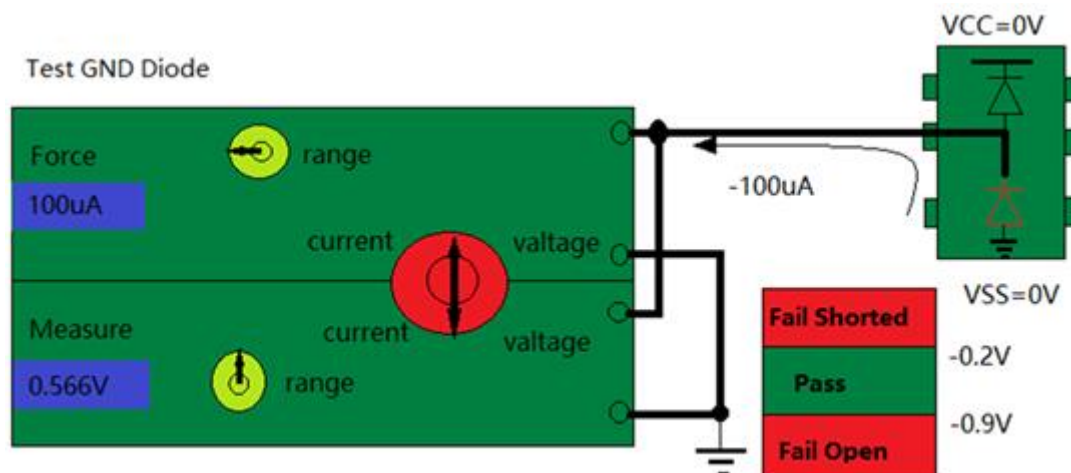
8.1.1 测试管脚与 VCC 管脚逻辑电路测试



测试步骤:

1. 将所有引脚接地包括 VCC
2. 将钳位电压设置为 3.0V
3. 使用 PPMU 强制 100uA，一次一个引脚
4. 等待几个毫秒的安定时间
5. 测量因此而产生的电压

8.1.2 测试管脚与 GND 管脚逻辑电路测试



测试步骤:

1. 将所有引脚接地包括 GND
2. 将钳位电压设置为 3.0V
3. 使用 PPMU 强制-100uA，一次一个引脚

4. 等待几个毫秒的安定时间

5. 测量因此而产生的电压

8.2 两组两输入与门功能测试

1. (A1-B1)~(A4-B4)依次输入高电平；检测 Y1~Y4 是否为高电平；

2. A1~A4 依次输入低电平，B1~B4 依次输入随机电平；检测 Y1~Y4 是否为低电平；

3. A1~A4 依次输入随机电平，B1~B4 依次输入低电平；检测 Y1~Y4 是否为低电平。

8.3 DC 参数测试

8.3.1 I_{IH} 漏电流测试

1. 使用 VDD Max

2. 使用 PPMU 强制 VDD Min

3. 等待几毫秒建立时间

4. 测量因此而产生的电流

8.3.2 I_{IL} 漏电流测试

1. 使用 VDD Max

2. 使用 PPMU 强制 VDD Max

3. 等待几毫秒建立时间

4. 测量因此而产生的电流

8.3.3 V_{OH} （输出高门限）测试

1. 使用 VDD Min

2. PPMU 强制使用（设置电压钳位）

3. 等待几毫秒时间

4. 测量因此而产生的电压

8.3.4 V_{OL} （输出低门限）测试

1. 使用 VDD Min

2. PPMU 强制使用（设置电压钳位）

3. 等待几毫秒建立时间

4. 测量因此而产生的电压

8.3.5 V_{IH}/V_{IL} 测试

1. 设置参数表格包含三个选择器

2. 创建用来调节参数表格参数的电平集

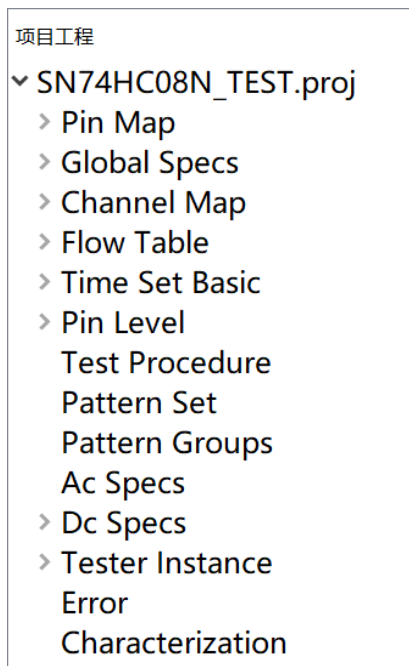
3. 创建测试的 PAT 文件

4. 执行程序对高低门限分别进行测试

9 实验步骤

(1) 连接被测芯片、DIB 板，板卡，显示器等，完成设备连接

(2) 项目创建



(3) 引脚定义

引脚表格

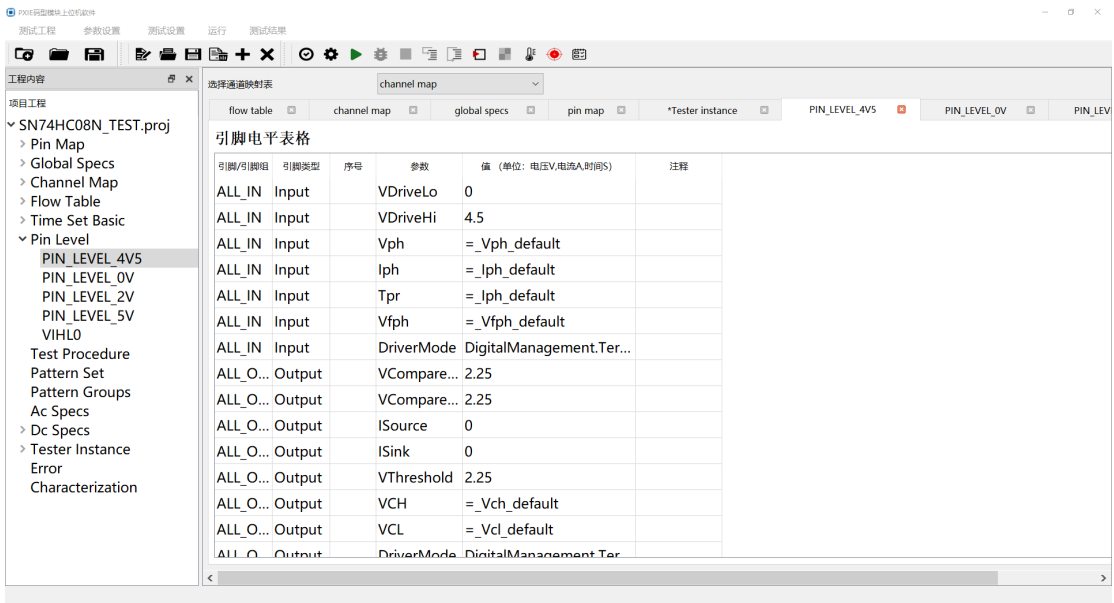
引脚组名	引脚名	引脚类型
ALL_IN	A1	Input
ALL_IN	A2	Input
ALL_IN	A3	Input
ALL_IN	A4	Input
ALL_IN	B1	Input
ALL_IN	B2	Input
ALL_IN	B3	Input
ALL_IN	B4	Input
ALL_OUT	Y1	Output
ALL_OUT	Y2	Output
ALL_OUT	Y3	Output
ALL_OUT	Y4	Output
	VCC	Power

(4) 通道映射

通道映射表格

引脚名称	类型	通道
A1	Input	7
A2	Input	4
A3	Input	1
A4	Input	8
B1	Input	6
B2	Input	3
B3	Input	10
B4	Input	9
Y1	Output	5
Y2	Output	2
Y3	Output	0
Y4	Output	11
VCC	DPS	0

(5) 电平集的设置



(6) 时序集的设置

时序集表格

时序模式:

Extdec

选通脉冲定时:

转换时序:

	周期	引脚/引脚组		数据		驱动 (单位: s)				比较				
时序集	周期	周期时钟系列	名称	硬件模式	逻辑值模式	数据格式	周期开始(/s)	数据开始(/s)	数据返回(/s)	数据结束(/s)	模式类型	比较开始边缘	比较关闭边缘	注释
TSB0	100		ALL_IN				1E-8	3E-8	9E-8	1E-7	Off	0	0	
TSB0	100		ALL_OUT								Wind...	7E-8	8.5E-8	
TSB1	100		ALL_IN				1E-8	3E-8	9E-8	1E-7	Off	0	0	
TSB1	100		ALL_OUT								Wind...	6.3E-8	8.5E-8	

(7) Pattern 配置

```
import tset TSB0;
```

```
vector($tset, A1, B1, A2, B2, A3, B3, A4, B4, Y1, Y2, Y3, Y4){
```

```
>TSB0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 L L L L;
>TSB0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 L L L L;
>TSB0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 L L L L;
>TSB0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 L L L H;
>TSB0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 L L L L;
>TSB0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 L L L L;
>TSB0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 L L L L;
>TSB0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 L L L H;
>TSB0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 L L L L;
>TSB0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 L L L L;
>TSB0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 L L L L;
>TSB0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 L L L L;
```

(8) 根据测试流程完成测试方案中所有指标点的测试

(9) 测试完成后，在显示器开始菜单中选择关机，关机完成后再关闭机箱电源。同时清理桌面，实验结束。

10 子项目测试程序设计、执行结果及数据分析

(一)测试 1：测试管脚与 VCC 管脚逻辑电路测试

(1) 测试子项目涉及配置截图如下（如电平集、时序集、Pattern 等）：

测试名称	类型	名称	调用方式	选择器	类别	选择器	类别	时序集	边沿集	引脚电平
CON_VCC	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_0V

PPMU测试编辑器

?

×

必须参数

引脚列表

☒ 比较高

0.9

...

9.00000e-1

☒ 比较低

0.2

...

2.00000e-1

激励值1

1e-4

...

1.00000e-4

可选参数

PPMU

电平和时序

码型

引脚

插入函数

失败处理

激励值2

=_Vcl_default

...

-2.60000e+0

测试方式

FIMV

建立时间

0

0

电流档位

100uA

采样时间

0

0

继电器模式

Unpowered(default)

样本数

0

浮动

Yes

高钳位电压

3

3

低钳位电压

-1.5

-1.5

☐ 预充电

0

0

注释

最大索引值

0

复制

暂停

添加

删除

成员序号

0

帮助

确定

取消

应用

(2) 运行结果截图如下：

```
test type: PinPmu_T test name: CON_VCC pin name: Y3 force : 0.0001 measure value: 0.608801 hi limit: 0.9 lo limit: 0.2 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: CON_VCC pin name: Y4 force : 0.0001 measure value: 0.605721 hi limit: 0.9 lo limit: 0.2 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: CON_VCC pin name: Y1 force : 0.0001 measure value: 0.606215 hi limit: 0.9 lo limit: 0.2 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: CON_VCC pin name: Y2 force : 0.0001 measure value: 0.609653 hi limit: 0.9 lo limit: 0.2 result: Pass
```

(3) 对测试结果进行分析总结：

基于 PPMU 的连接性参数，首先将器件包括电源和地的所有引脚置 0，接着连接 PPMU 到 DUT 的所有输入输出引脚，并驱动电流顺着偏置方向经过引脚的保护二极管，一个正向的电流会流经连接到 VCC 的二极管，电流的大小设置为 100uA。由于电流流经二极管时，会在其 P-N 结上引起大约 0.4 ~ 0.6V 的压降，只要检测连接点的电压就可判定芯片是否存在短路/断路。结果显示平均值为 0.6V 左右，与正常压降值相符，测试通过。

(二)测试 2：测试管脚与 GND 管脚逻辑电路测试

(1) 测试子项目涉及配置截图如下（如电平集、时序集、Pattern 等）：

测试名称	类型	名称	调用方式	选择器	类别	选择器	类别	时序集	边沿集	引脚电平
CON_GND	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_0V

PPMU测试编辑器

?

×

必须参数

引脚列表

比较高

比较低

激励值1

可选参数

ALL_OUT

...

-0.2

...

-2.00000e-1

-0.9

...

-9.00000e-1

-1e-4

...

-1.00000e-4

PPMU

电平和时序

码型

引脚

插入函数

失败处理

激励值2

测试方式

电流档位

继电器模式

浮动

=_Vcl_default

...

-2.60000e+0

FIMV

建立时间

0

0

100uA

采样时间

0

0

Unpowered(default)

样本数

0

Yes

高钳位电压

3

3

低钳位电压

-1.5

-1.5

☐ 预选中

0

0

注释

最大索引值

成员序号

0

复制

暂停

添加

删除

0

帮助

确定

取消

应用

(2) 运行结果截图如下：

```
test type: PinPmu_T test name: CON_GND pin name: Y3 force : -0.0001 measure value: -0.445590 hi limit: -0.2 lo limit: -0.9 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: CON_GND pin name: Y4 force : -0.0001 measure value: -0.451179 hi limit: -0.2 lo limit: -0.9 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: CON_GND pin name: Y1 force : -0.0001 measure value: -0.445782 hi limit: -0.2 lo limit: -0.9 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: CON_GND pin name: Y2 force : -0.0001 measure value: -0.446927 hi limit: -0.2 lo limit: -0.9 result: Pass
```

(3) 对测试结果进行分析总结：

基于 PPMU 的连接性参数，首先将器件包括电源和地的所有引脚置 0，接着连接 PPMU 到 DUT 的所有输入输出引脚，并驱动电流顺着偏置方向经过引脚的保护二极管，一个负向的电流会流经连接到地的二极管，电流的大小设置为 100uA 。由于电流流经二极管时，会在其 P-N 结上引起大约 0.4 ~ 0.6V 的压降，只要检测连接点的电压就可判定芯片是否存在短路/断路。结果显示平均值为 -0.45V 左右，与正常压降值基本相符，测试通过。

(三)测试 3：两组两输入与门功能测试

(1) 测试子项目涉及配置截图如下（如电平集、时序集、Pattern 等）：

测试名称	类型	名称	调用方式	选择器	类别	选择器	类别	时序集	边沿集	引脚电平
FUNC_2V	UESTC Template	Functional_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_2V
DPS_2V	UESTC Template	PowerSupply_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_2V
FUNC_4V5	UESTC Template	Functional_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_4V5
DPS_4V5	UESTC Template	PowerSupply_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_4V5
FUNC_5V	UESTC Template	Functional_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_5V
DPS_5V	UESTC Template	PowerSupply_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_5V

功能测试编辑器

必需参数

码型文件及设置

码型文件: E:/研究生文件/文件(研一上)/混合集成电路测试技术实验/第一次实验资料/SN74HC08N/msg/PAT.txt

码型选择: ... 码型集和码型组: ... 记录码型结果: ☐ 等待时间: ...

继电器模式: RUN 设置失败记录: Log All Tests(default) 电流限制: ☐ 线程: Off

可选参数

电平与时序	引脚	插入函数	PatFlag函数	失败处理
时序设置: TIME_SET		交流选择器		
边沿设置:		交流类别		
电平: PIN_LEVEL_2V		直流选择器	Selector0	
覆盖值:		直流类别	Cat0	

注释:

最大索引值: 0 复制 暂停 添加 删除

成员序号: 0 帮助 确定 取消 应用

(2) 运行结果截图如下:

```
test type: Functional_T test name: FUNC_2V test result: Pass
test type: PowerSupply_T test name: DPS_2V pin name : VCC force : 2
test type: Functional_T test name: FUNC_4V5 test result: Pass
test type: PowerSupply_T test name: DPS_4V5 pin name : VCC force : 4.5
test type: Functional_T test name: FUNC_5V test result: Pass
test type: PowerSupply_T test name: DPS_5V pin name : VCC force : 5
```

(3) 对测试结果进行分析总结:

SN74HC08N 由四组 2 输入与门组成,每一组与门真值表如上图,本实验的输入引脚总共有 8 个,其对应的真值表应该包含 2^8 条。我们将真值表写入 PAT 文件,并对 PAT 文件向量遍历测试。在多电平功能测试上均通过,故芯片功能完好,实验成功。

(四)测试 4: I_{IH} 漏电流测试

(1) 测试子项目涉及配置截图如下(如电平集、时序集、Pattern 等):

测试名称	类型	名称	调用方式	选择器	类别	选择器	类别	时序集	边沿集	引脚电平
IIH	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_5V

PPMU测试编辑器

?

×

必须参数

引脚列表

ALL_IN

...

☒ 比较高

1E-6

...

1.00000e-6

☒ 比较低

-1E-6

...

-1.00000e-6

激励值1

5

...

5.00000e+0

可选参数

PPMU

电平和时序

码型

引脚

插入函数

失败处理

激励值2

= _Vcl_default

...

-2.60000e+0

测试方式

FVMI

建立时间

0

0

电流档位

2uA

采样时间

0

0

继电器模式

Unpowered(default)

样本数

0

浮动

Yes

高钳位电压

6

6

低钳位电压

-1.5

-1.5

☐ 预充电

0

0

注释

最大索引值

0

复制

暂停

添加

删除

成员序号

0

帮助

确定

取消

应用

(2) 运行结果截图如下:

test type: PinPmu_T	test name: IIH	pin name: B2	force : 5	measure value: 0.00	hi limit: 1e-06	lo limit: -1e-06	result: Pass
test type: PinPmu_T	test name: IIH	pin name: B1	force : 5	measure value: 0.00	hi limit: 1e-06	lo limit: -1e-06	result: Pass
test type: PinPmu_T	test name: IIH	pin name: A3	force : 5	measure value: 0.00	hi limit: 1e-06	lo limit: -1e-06	result: Pass
test type: PinPmu_T	test name: IIH	pin name: B4	force : 5	measure value: 0.00	hi limit: 1e-06	lo limit: -1e-06	result: Pass
test type: PinPmu_T	test name: IIH	pin name: A1	force : 5	measure value: 0.00	hi limit: 1e-06	lo limit: -1e-06	result: Pass
test type: PinPmu_T	test name: IIH	pin name: A4	force : 5	measure value: 0.00	hi limit: 1e-06	lo limit: -1e-06	result: Pass
test type: PinPmu_T	test name: IIH	pin name: A2	force : 5	measure value: 0.00	hi limit: 1e-06	lo limit: -1e-06	result: Pass
test type: PinPmu_T	test name: IIH	pin name: B3	force : 5	measure value: 0.00	hi limit: 1e-06	lo limit: -1e-06	result: Pass

(3) 对测试结果进行分析总结:

漏电流测试的是芯片输入脚上的输入电流，一个芯片的输入脚，输入阻抗通常很高，因此当施加电压时，仅流过非常小的电流（几十 μA ）；如果电流过大，则说明该引脚有故障。该测试的目的是检查 DUT 的输入负载特性。

I_{IH} 使用引脚输入高电平(5V)时的漏电流, 我们使用 FVMI 进行测试, 经过实验漏电流未超过设定阈值范围, 测试通过。

(五)测试 5: I_{II} 漏电流测试

(1) 测试子项目涉及配置截图如下（如电平集、时序集、Pattern等）：

测试名称	类型	名称	调用方式	选择器	类别	选择器	类别	时序集	边沿集	引脚电平
IIL	UESTC Template	PinPmu T		Selector0	Cat0			TIME SET		PIN_LEVEL_4V5

PPMU测试编辑器

?

×

必须参数

引脚列表

ALL_IN

...

比较高

1E-6

...

1.00000e-6

比较低

-1E-6

...

-1.00000e-6

激励值1

0

...

0.00000e+5

可选参数

PPMU

电平和时序

码型

引脚

插入函数

失败处理

激励值2

=_Vcl_default

...

-2.60000e+0

测试方式

FVMI

建立时间

0

0

电流档位

2uA

采样时间

0

0

继电器模式

Unpowered(default)

样本数

0

浮动

Yes

高钳位电压

6

6

低钳位电压

-1.5

-1.5

☐ 预充电

0

0

注释

最大索引值

0

复制

暂停

添加

删除

成员序号

0

帮助

确定

取消

应用

(2) 运行结果截图如下：

```

test type: PinPmu_T test name: IIL pin name: B2 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 1e-06 lo limit: -1e-06 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: IIL pin name: B1 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 1e-06 lo limit: -1e-06 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: IIL pin name: A3 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 1e-06 lo limit: -1e-06 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: IIL pin name: B4 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 1e-06 lo limit: -1e-06 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: IIL pin name: A1 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 1e-06 lo limit: -1e-06 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: IIL pin name: A4 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 1e-06 lo limit: -1e-06 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: IIL pin name: A2 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 1e-06 lo limit: -1e-06 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: IIL pin name: B3 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 1e-06 lo limit: -1e-06 result: Pass

```

(3) 对测试结果进行分析总结：

漏电流测试的是芯片输入脚上的输入电流，一个芯片的输入脚，输入阻抗通常很高，因此当施加电压时，仅流过非常小的电流（几十 μA ）；如果电流过大，则说明该引脚有故障。该测试的目的是检查 DUT 的输入负载特性。

I_{IL} 使用引脚输入高电平(0V)时的漏电流，我们使用 FVMI 进行测试，经过实验漏电流未超过设定阈值范围，测试通过。

(六)测试 6: V_{OH} （输出高门限）测试

(1) 测试子项目涉及配置截图如下（如电平集、时序集、Pattern 等）：

测试名称	类型	名称	调用方式	选择器	类别	选择器	类别	时序集	边沿集	引脚电平
PRE_AB_2V	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_2V
PRE_AB_4V5	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_4V5
VOH_2V_20uA	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_2V
VOH_4V5_20uA	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_4V5
VOH_4V5_4mA	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_4V5

PPMU测试编辑器

PRE_AB_2V

必须参数

引脚列表

☐ 比较高
 ☐ 比较低

激励值1

可选参数

PPMU

电平和时序

码型

引脚

插入函数

失败处理

激励值2

测试方式

电流档位

继电器模式

浮动

注释

最大索引值

成员序号

复制

暂停

添加

删除

帮助

确定

取消

应用

ALL_IN

...

...

...

2

...

2.00000e+0

=_Vcl_default

...

-2.60000e+0

FV

建立时间

0

0

40mA

采样时间

0

0

Unpowered(default)

样本数

0

Yes

高钳位电压

5

5

低钳位电压

-1.5

-1.5

☐ 预充电

0

0

0

0

0

PPMU测试编辑器

VOH_2V_20uA

?

×

必须参数

引脚列表

比较高

比较低

激励值1

可选参数

ALL_OUT

...

...

1.7

...

1.70000e+0

-20E-6

...

-2.00000e-5

PPMU

电平和时序

码型

引脚

插入函数

失败处理

激励值2

=_Vcl_default

...

-2.60000e+0

测试方式

FIMV

建立时间

0

0

电流档位

100uA

采样时间

0

0

继电器模式

Unpowered(default)

样本数

0

浮动

Yes

高钳位电压

5

5

低钳位电压

-1.5

-1.5

桥压中

0

0

注释

最大索引值

0

复制

暂停

添加

删除

成员序号

0

帮助

确定

取消

应用

（2）运行结果截图如下：

```

test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_2V pin name: B2 force : 2 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_2V pin name: B1 force : 2 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_2V pin name: A3 force : 2 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_2V pin name: B4 force : 2 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_2V pin name: A1 force : 2 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_2V pin name: A4 force : 2 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_2V pin name: A2 force : 2 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_2V pin name: B3 force : 2 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOH_2V_20uA pin name: Y3 force : -2e-05 measure value: 2.0004959 hi limit: 0 lo limit: 1.7 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOH_2V_20uA pin name: Y4 force : -2e-05 measure value: 1.9991413 hi limit: 0 lo limit: 1.7 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOH_2V_20uA pin name: Y1 force : -2e-05 measure value: 1.9972506 hi limit: 0 lo limit: 1.7 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOH_2V_20uA pin name: Y2 force : -2e-05 measure value: 1.9985578 hi limit: 0 lo limit: 1.7 result: Pass

```

```

test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_4V5 pin name: B2 force : 4.5 measure value: 0.000 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_4V5 pin name: B1 force : 4.5 measure value: 0.000 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_4V5 pin name: A3 force : 4.5 measure value: 0.000 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_4V5 pin name: B4 force : 4.5 measure value: 0.000 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_4V5 pin name: A1 force : 4.5 measure value: 0.000 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_4V5 pin name: A4 force : 4.5 measure value: 0.000 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_4V5 pin name: A2 force : 4.5 measure value: 0.000 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_4V5 pin name: B3 force : 4.5 measure value: 0.000 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOH_4V5_20uA pin name: Y3 force : -2e-05 measure value: 4.4881385 hi limit: 0 lo limit: 4.4 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOH_4V5_20uA pin name: Y4 force : -2e-05 measure value: 4.4901336 hi limit: 0 lo limit: 4.4 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOH_4V5_20uA pin name: Y1 force : -2e-05 measure value: 4.4788153 hi limit: 0 lo limit: 4.4 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOH_4V5_20uA pin name: Y2 force : -2e-05 measure value: 4.4816183 hi limit: 0 lo limit: 4.4 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOH_4V5_4mA pin name: Y3 force : -0.004 measure value: 3.65508 hi limit: 0 lo limit: 3.98 result: Fail
test type: PinPmu_T test name: VOH_4V5_4mA pin name: Y4 force : -0.004 measure value: 3.65965 hi limit: 0 lo limit: 3.98 result: Fail
test type: PinPmu_T test name: VOH_4V5_4mA pin name: Y1 force : -0.004 measure value: 3.54357 hi limit: 0 lo limit: 3.98 result: Fail
test type: PinPmu_T test name: VOH_4V5_4mA pin name: Y2 force : -0.004 measure value: 2.92739 hi limit: 0 lo limit: 3.98 result: Fail

```

(3) 对测试结果进行分析总结:

V_{OH} 通过测量器件输出逻辑为 1 时, 输出端口的阻抗来检验输出引脚输送电流的能力。结果可以看出 20uA 下, 输入 2V 输出平均值也基本 2V, 输入 4.5V 输出平均值也基本 4.5V, 测试通过; 但在 4mA 下 4.5V 的电压达不到, 是因为仪器电压达不到要求。

(七)测试 7: V_{OL} (输出低门限) 测试

(1) 测试子项目涉及配置截图如下 (如电平集、时序集、Pattern 等):

测试名称	类型	名称	调用方式	选择器	类别	选择器	类别	时序集	边沿集	引脚电平
PRE_AB_0V	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_0V
VOL_2V_20uA	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_2V
VOL_4V5_20uA	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_4V5
VOL_4V5_4mA	UESTC Template	PinPmu_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		PIN_LEVEL_4V5

PPMU测试编辑器

VOL_2V_20uA

必须参数

引脚列表

☒ 比较高

☐ 比较低

激励值1

可选参数

ALL_OUT

0.1

20E-6

...

1.00000e-1

...

2.00000e-5

PPMU	电平和时序	码型	引脚	插入函数	失败处理
激励值2	=_Vcl_default				-2.60000e+0
测试方式	FIMV	建立时间	0		0
电流档位	100uA	采样时间	0		0
继电器模式	Unpowered(default)	样本数			0
浮动	Yes	高钳位电压	5		5
		低钳位电压	-1.5		-1.5
		<input type="checkbox"/> 预充电	0		0

注释

最大索引值 0

成员序号 0

复制 暂停 添加 删除

帮助 确定 取消 应用

(2) 运行结果截图如下：

```

test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_0V pin name: B2 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_0V pin name: B1 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_0V pin name: A3 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_0V pin name: B4 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_0V pin name: A1 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_0V pin name: A4 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_0V pin name: A2 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: PRE_AB_0V pin name: B3 force : 0 measure value: 0.00 hi limit: 0 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_2V_20uA pin name: Y3 force : 2e-05 measure value: 0.0059229 hi limit: 0.1 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_2V_20uA pin name: Y4 force : 2e-05 measure value: 0.0020649 hi limit: 0.1 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_2V_20uA pin name: Y1 force : 2e-05 measure value: 0.0079917 hi limit: 0.1 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_2V_20uA pin name: Y2 force : 2e-05 measure value: 0.0106562 hi limit: 0.1 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_4V5_20uA pin name: Y3 force : 2e-05 measure value: 0.0071565 hi limit: 0.1 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_4V5_20uA pin name: Y4 force : 2e-05 measure value: 0.0034970 hi limit: 0.1 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_4V5_20uA pin name: Y1 force : 2e-05 measure value: 0.0082615 hi limit: 0.1 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_4V5_20uA pin name: Y2 force : 2e-05 measure value: 0.0096628 hi limit: 0.1 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_4V5_4mA pin name: Y3 force : 0.004 measure value: 0.13141 hi limit: 0.26 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_4V5_4mA pin name: Y4 force : 0.004 measure value: 0.16844 hi limit: 0.26 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_4V5_4mA pin name: Y1 force : 0.004 measure value: 0.14008 hi limit: 0.26 lo limit: 0 result: Pass
test type: PinPmu_T test name: VOL_4V5_4mA pin name: Y2 force : 0.004 measure value: 0.13616 hi limit: 0.26 lo limit: 0 result: Pass

```

(3) 对测试结果进行分析总结：

V_{OL} 通过测量当器件输出逻辑为 0 时输出端口的阻抗来检验输出引脚输送电

流的能力。结果显示输出均大致为 0，测试通过。

(八)测试 8: V_{IH}/V_{IL} 测试

(1) 测试子项目涉及配置截图如下（如电平集、时序集、Pattern 等）:

参数名	参数值(/v)	名称	值	标准值(/v)	最小值(/v)	最大值(/v)	注释
VCC	4.5	Selector0	Typ	4.5	2	6	
VIH	3.15	Selector0	Typ	3.15	1.5	4.2	
VIL	1.35	Selector0	Typ	1.35	0.5	1.8	
VOH	2.25	Selector0	Typ	2.25	1	3	
VOL	2.25	Selector0	Typ	2.25	1	3	
参数名	参数值(/v)	名称	值	标准值(/v)	最小值(/v)	最大值(/v)	注释
VCC	2	Selector1	Min	4.5	2	6	
VIH	1.5	Selector1	Min	3.15	1.5	4.2	
VIL	0.5	Selector1	Min	1.35	0.5	1.8	
VOH	1	Selector1	Min	2.25	1	3	
VOL	1	Selector1	Min	2.25	1	3	
参数名	参数值(/v)	名称	值	标准值(/v)	最小值(/v)	最大值(/v)	注释
VCC	6	Selector2	Max	4.5	2	6	
VIH	4.2	Selector2	Max	3.15	1.5	4.2	
VIL	1.8	Selector2	Max	1.35	0.5	1.8	
VOH	3	Selector2	Max	2.25	1	3	
VOL	3	Selector2	Max	2.25	1	3	

引脚电平表格

脚/引脚:	引脚类型	序号	参数	(单位: 电压V,电流A,时间:	注释
ALL_IN	Input		VDriveLo	= _VIL	
ALL_IN	Input		VDriveHi	= _VIH	
ALL_IN	Input		Vph	= _Vph_default	
ALL_IN	Input		Iph	= _Iph_default	
ALL_IN	Input		Tpr	= _Iph_default	
ALL_IN	Input		Vfph	= _Vfph_default	
ALL_IN	Input		DriverMode	DigitalManagement.Ter...	
ALL_O...	Output		VCompare...	= _VOH	
ALL_O...	Output		VCompare...	= _VOL	
ALL_O...	Output		ISource	0	
ALL_O...	Output		ISink	0	
ALL_O...	Output		VThreshold	0	
ALL_O...	Output		VCH	= _Vch_default	
ALL_O...	Output		VCH	= _Vch_default	

测试名称	类型	名称	调用方式	选择器	类别	选择器	类别	时序集	边沿集	引脚电平
VIHL_2V	UESTC Template	Functional_T		Selector1	Cat0			TIME_SET		VIHL0
VIHL_4V5	UESTC Template	Functional_T		Selector0	Cat0			TIME_SET		VIHL0

```
import tset TSB0;

vector($tset, A1, B1, A2, B2, A3, B3, A4, B4, Y1, Y2, Y3, Y4){
    >TSB0 0 0 0 0 0 0 0 0 L L L L;
    >TSB0 0 0 0 0 0 0 0 1 L L L L;
    >TSB0 0 0 0 0 0 0 1 0 L L L L;
    >TSB0 0 0 0 0 0 0 1 1 L L L H;
    >TSB0 0 0 0 0 0 1 0 0 L L L L;
    >TSB0 0 0 0 0 0 1 0 1 L L L L;
    >TSB0 0 0 0 0 0 1 1 0 L L L L;
    >TSB0 0 0 0 0 0 1 1 1 L L L H;
    >TSB0 0 0 0 0 1 0 0 0 L L L L;
    >TSB0 0 0 0 0 1 0 0 1 L L L L;
    >TSB0 0 0 0 0 1 0 1 0 L L L L;
    >TSB0 0 0 0 0 1 0 1 1 L L L H;
```

(2) 运行结果截图如下：

test type: Functional_T test name: VIHL_4V5 test result: Pass

test type: Functional_T test name: VIHL_2V test result: Pass

(3) 对测试结果进行分析总结：

判定输入电平为高/低的判定门限，编辑 PAT 文件对其进行测试，结果显示测试通过。

11 实验中遇到的问题及相应的解决办法

(1) 在测试 GND 管脚逻辑电路时，虽然测试结果显示通过，但测试输出平均值比 0 大很多，明显是错误的，在老师的提醒指导下，发现是设置时比较值与激励值都错误设置为正，修改为下图参数后，成功输出正确值。

PPMU测试编辑器

必须参数

引脚列表

☒ 比较高
 ☒ 比较低

激励值1

可选参数

ALL_OUT

...

-0.2

...

-2.00000e-1

-0.9

...

-9.00000e-1

-1e-4

...

-1.00000e-4

PPMU

电平和时序

码型

引脚

插入函数

失败处理

激励值2

=_Vcl_default

...

-2.60000e+0

测试方式

FIMV

建立时间

0

0

电流档位

100uA

采样时间

0

0

继电器模式

Unpowered(default)

样本数

0

浮动

Yes

高钳位电压

3

3

低钳位电压

-1.5

-1.5

☐ 预充电

0

0

注释

最大索引值

0

复制

暂停

添加

删除

成员序号

0

帮助

确定

取消

应用

(2) 在测试芯片输出为高/低时的输出电压时，程序运行时卡住，在老师提醒后，修改测试流程表格（flow table）中的顺序，在每个VOH前面先执行PRE，正确设置后，测试通过。

Test	PRE_AB_2V
Test	VOH_2V_20uA
Test	PRE_AB_4V5
Test	VOH_4V5_20uA
Test	PRE_AB_4V5
Test	VOH_4V5_4mA

报告评分：

指导教师签字：