



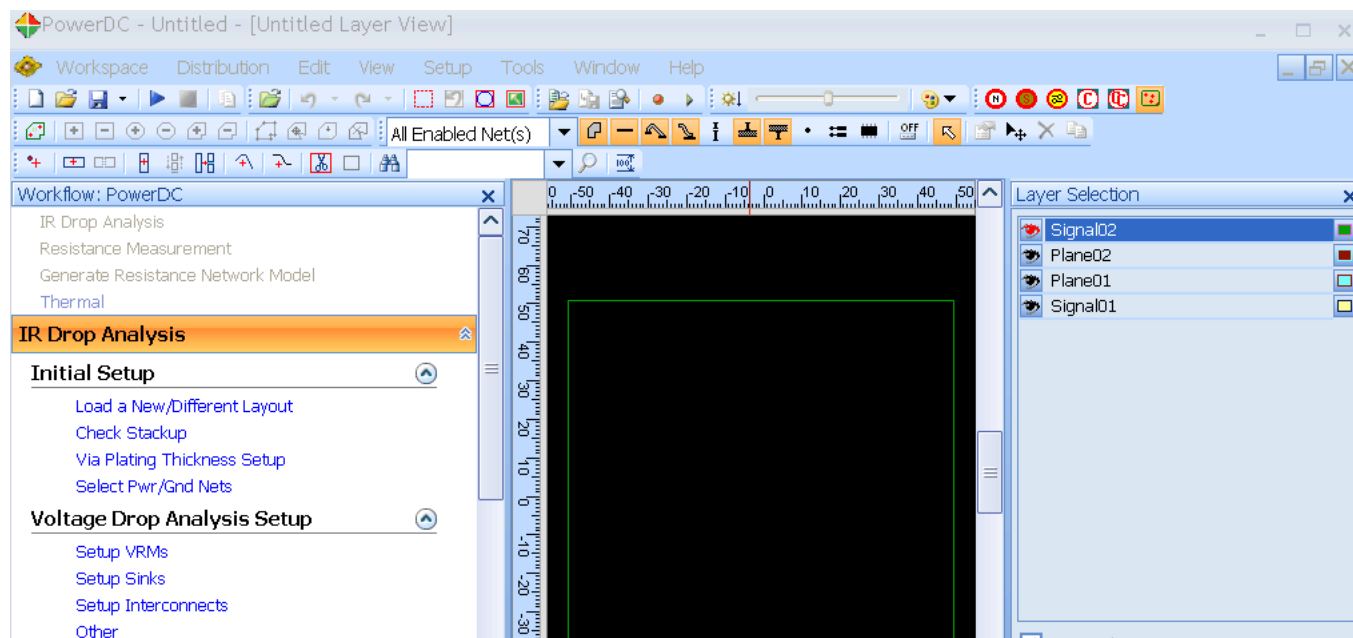
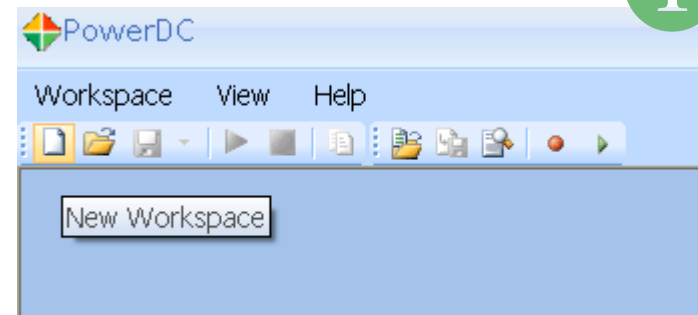
# Sigrity 直流分析 (PowerDC) 操作练习

2010-06-21

# 1. PCB的直流分析

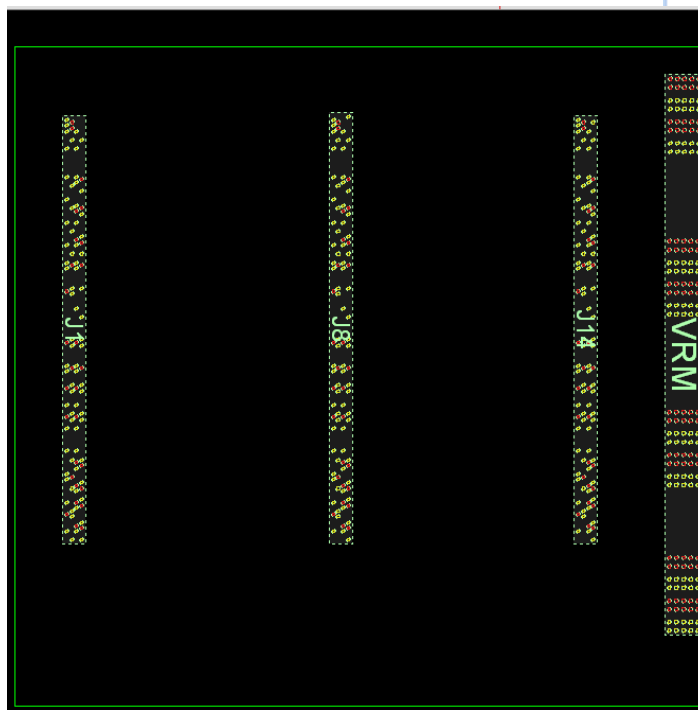
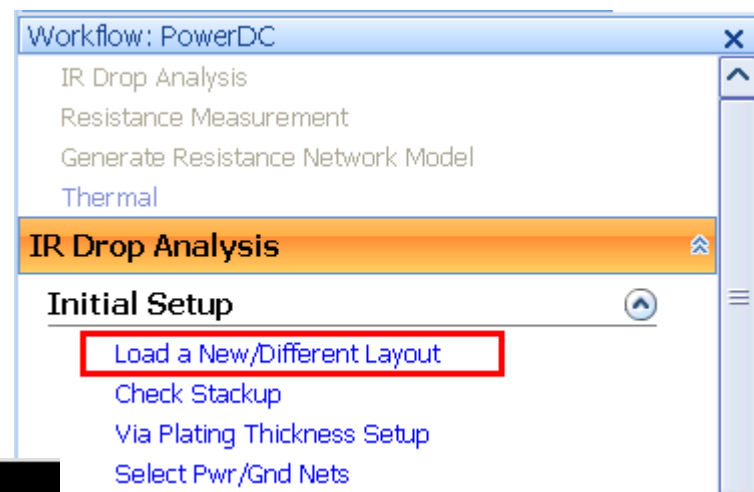
# 创建新项目

- 创建一个新的仿真文件（New Workspace）；
- 界面中将出现一个空白的4层板



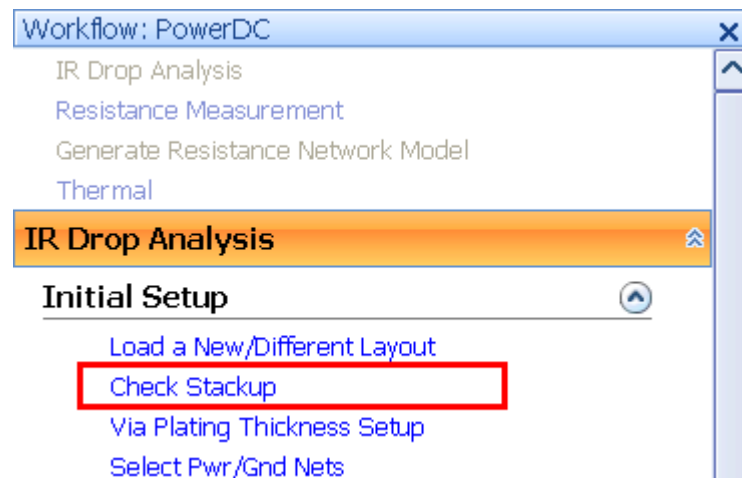
# 加载布线文件

- 确保当前流程为IR Drop Analysis
- 点击Load a New/Different Layout把Lab文件中的 IR\_PCB.spd布线文件加载进来
- 这是一个4层的背板，板上有1个连接器和3个子板插槽






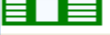





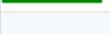

# 检查叠层1

- 点击Check Stackup，检查导入的封装或PCB的叠层信息是否正确
- 界面中将出现Stackup窗口
- 检查1：Layer Name这1列，看叠层的分布是否准确无误
- 检查2：Thickness这1列，看每一层的厚度是否准确无误



Stackup

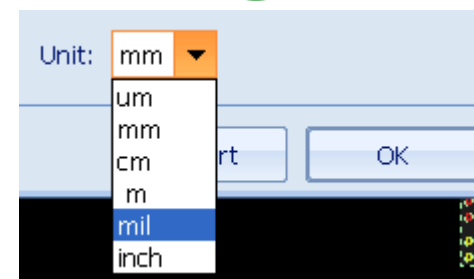
1 2

Layer Icon	Layer Name	Thickness(mm)	Conductivity(S/m)	Color	TraceWidth(...)	Shape Name	Permittivity	Loss Tangent	From File
	Signal\$TOP	4.1021e-002	3.430000e+007		1.0000e-001				<input type="checkbox"/>
	Medium\$4	3.5471e-001					4.5000	0.0000	<input type="checkbox"/>
	Signal\$GND1	8.6868e-002	3.430000e+007		1.0000e-001	Shape\$GND_...			<input type="checkbox"/>
	Medium\$10	7.2390e-002					4.5000	0.0000	<input type="checkbox"/>
	Signal\$POWER	5.7912e-002	3.430000e+007		1.0000e-001	Shape\$POWER2			<input type="checkbox"/>
	Medium\$12	1.2065e-001					4.5000	0.0000	<input type="checkbox"/>
	Signal\$GND2	8.6868e-002	3.430000e+007		1.0000e-001	Shape\$GND1			<input type="checkbox"/>












# 检查叠层2

- 检查3: Conductivity这1列，看金属材料的导电率是否准确无误
- 检查4: 可以在Stackup窗口右下角的Unit下拉菜单中选择不同的显示单位，如可以切换为mil来显示
- 因为是直流DC分析，因此交流AC分析中必须检查的介电常数和介质损耗这里可以不管

4

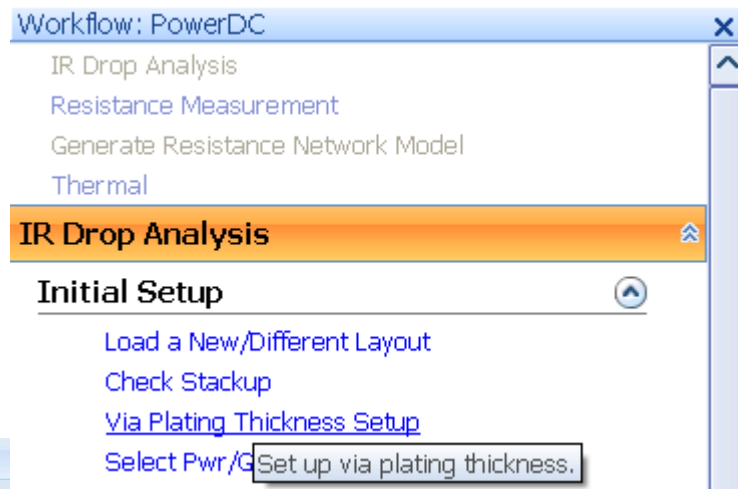


3

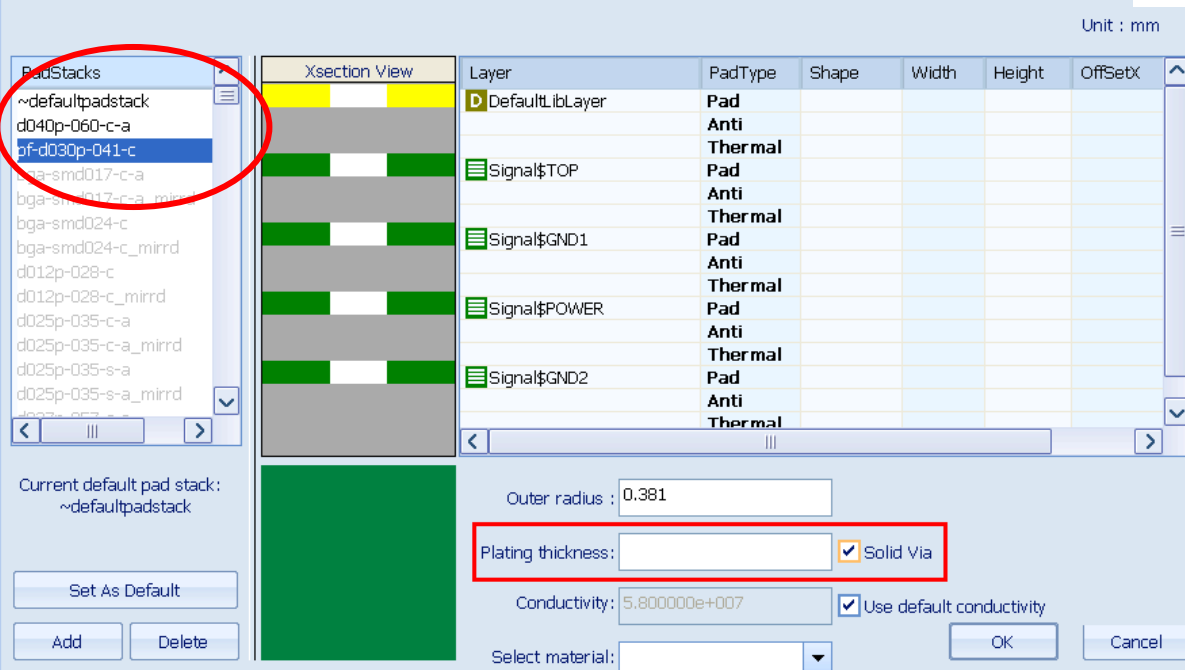
Layer Icon	Layer Name	Thickness(mm)	Conductivity(S/m)	Color	TraceWidth(...)	Shape Name	Permittivity	Loss Tangent	From File
	Signal\$TOP	4.1021e-002	3.430000e+007		1.0000e-001				<input type="checkbox"/>
	Medium\$4	3.5471e-001					4.5000	0.0000	<input type="checkbox"/>
	Signal\$GND1	8.6868e-002	3.430000e+007		1.0000e-001	Shape\$GND_...			<input type="checkbox"/>
	Medium\$10	7.2390e-002					4.5000	0.0000	<input type="checkbox"/>
	Signal\$POWER	5.7912e-002	3.430000e+007		1.0000e-001	Shape\$POWER2			<input type="checkbox"/>
	Medium\$12	1.2065e-001					4.5000	0.0000	<input type="checkbox"/>
	Signal\$GND2	8.6868e-002	3.430000e+007		1.0000e-001	Shape\$GND1			<input type="checkbox"/>

# 设置过孔镀层厚度1

- 点击Via Plating Thickness Setup, 设置过孔的镀层厚度
- 界面中将出现Padstack Library窗口
- 检查1: 对于pf-d030p-041-c这类过孔, 他们的Plating thickness属性为Solid Via, 表示过孔为实心的



PadStack Library : pf-d030p-041-c



# 设置过孔镀层厚度2

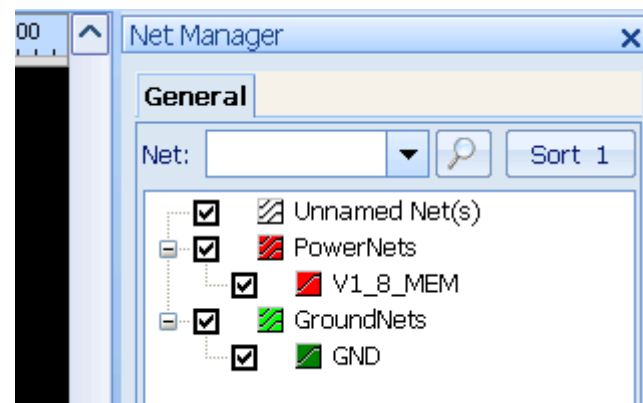
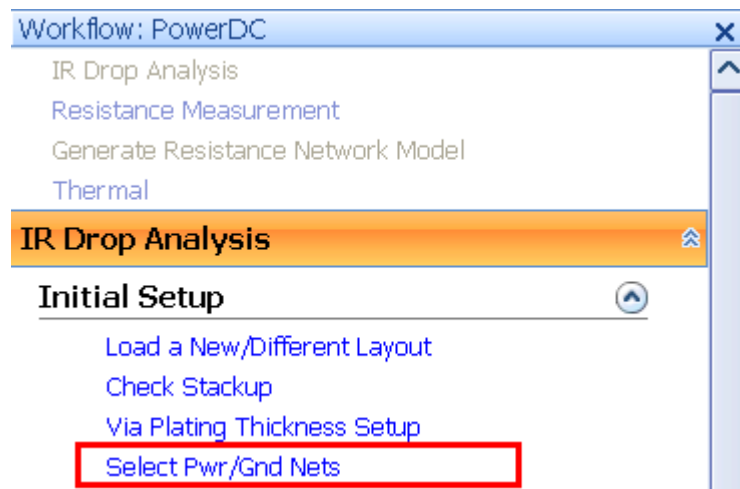


- 在右下角的参数设置窗口中，Outer radius表示过孔Drill外壁的厚度
- 改变镀层厚度Plating thickness，在右边空格中输入0.2，表示该过孔的实际镀层厚度为0.2mm，然后点击OK即可
- 导电率Conductivity，默认的过孔导电率为 $5.8e+7$  (S/m)
- 选择材料Select material，可导入一个txt格式的材料文件，其中可包含频变的导电率，介电常数或介质损耗，从而使仿真精度更高



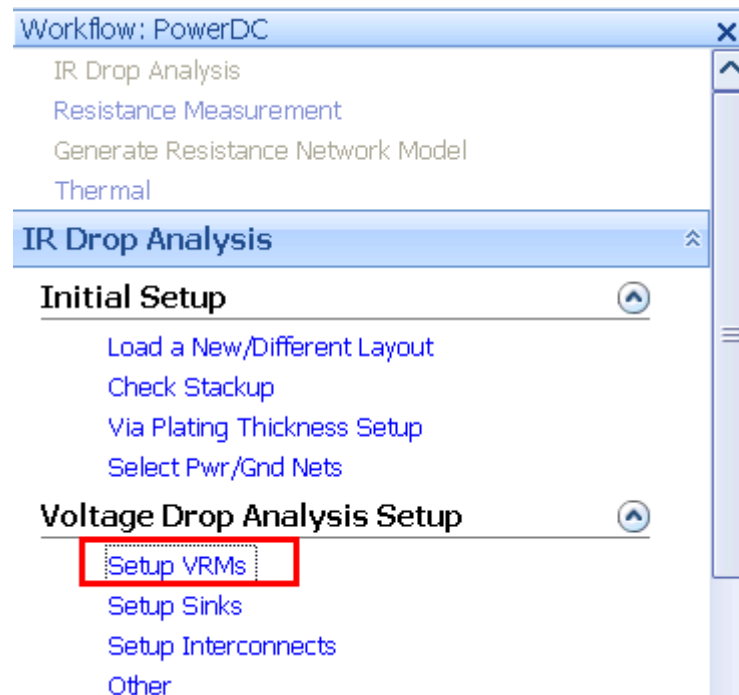
# 选择电源/地网络

- 点击Select Pwr/Gnd Nets，选择要仿真的电源网络和地网络
- 界面的右边将出现Net Manager网络管理器窗口
- 激活电源网络，把他们放在 PowerNets 的分类中；激活地网络，把他们放在 GroundNets 的分类中
- 如果封装或PCB翻译完之后电源地网络属性为普通的信号分类，没有位于上述 PowerNets和GroundNets中，则必须通过点击右键的Assign To PowerNets或Assign To GroundNets将网络正确分类



# 设置供电模块1

- 点击Setup VRMs，设置板上的供电模块VRM
- 界面上将出现设置向导 Wizard
- 在接下来出现的2个对话框中依次按照默认选项，按Next



☒ Create by using existing circuits defined in the layout file

☐ Create manually



Power Net: PowerNets

Ground Net: GND

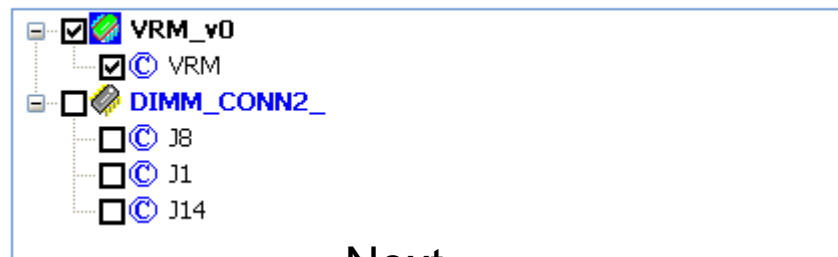
Next

Next

# 设置供电模块2

- 在接下来的窗口中选择VRM\_v0，然后点击Next
- 然后在设置标称电压Nominal Voltage为1.8V，点击Next
- 最后在生成的VRM电路中按Finish，这样1.8v VRM就生成好了

Select one or more circuits from the list and click Next.



Next

The auto-generated VRMs are list below.  
Nominal Voltage is the only required parameter.

☒ Nominal Voltage (V)

☐ Output Tolerance (%)



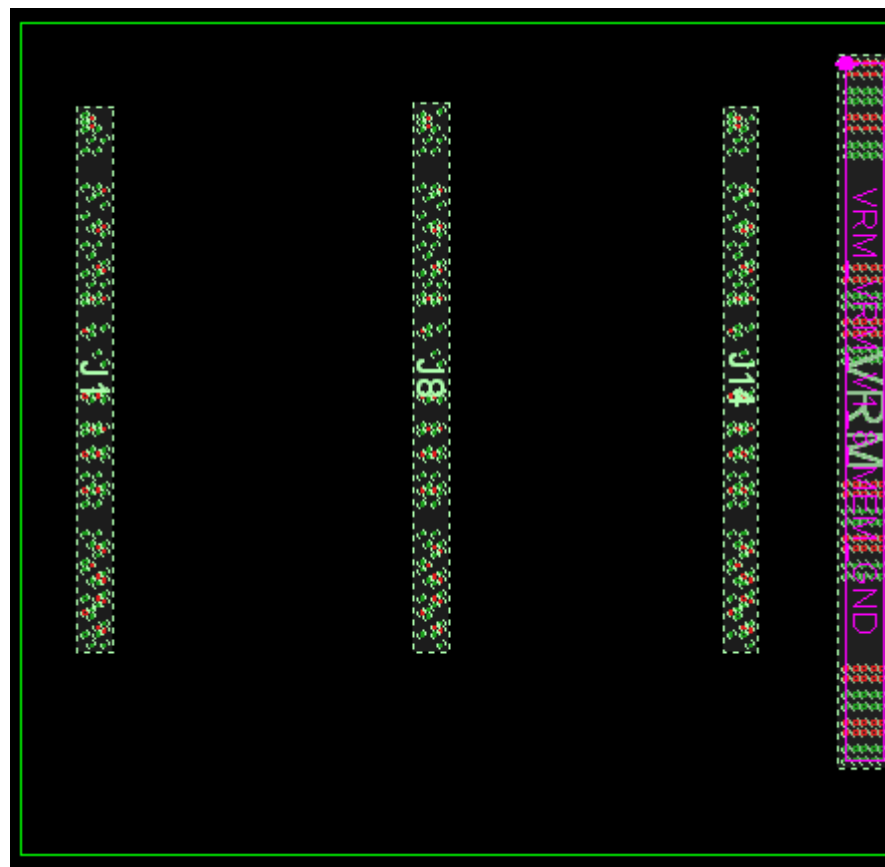
	VRM Name	Nominal Voltage (V)	Output Tolerance (%)
<input checked="" type="checkbox"/>	VRM_VRM_V...	1.8	0


Next

Finish

# 设置供电模块3

- 此时在主界面上将看到粉红色的VRM电路
- 在界面的下方会看到VRM Name, Nominal Voltage, Output Tolerance以及电路的节点连接关系, 所有这些设置都可以手动直接编辑
- 如果板上找不到现成的VRM器件, 此时就需要手动把VRM连接到主界面的版图文件中

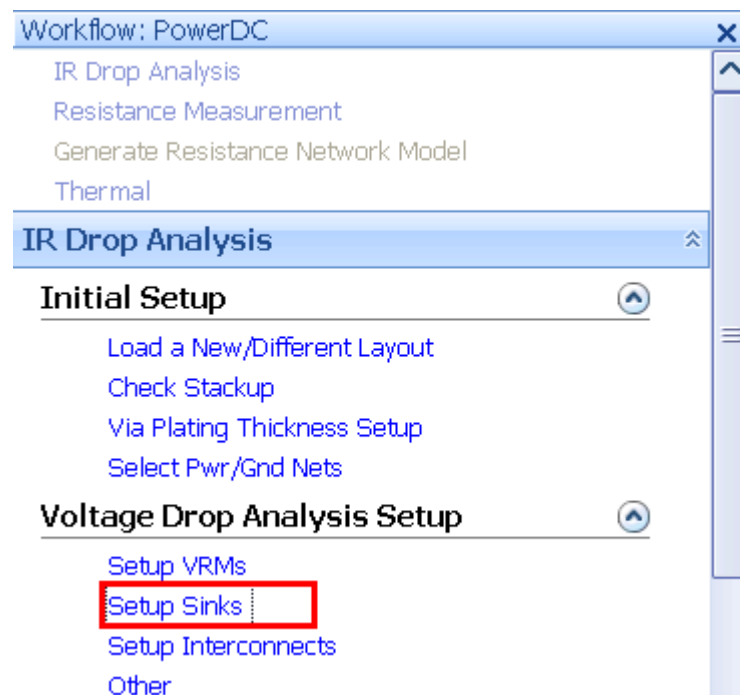


Voltage Drop Analysis Setup -> Setup VRMs -> Setup VRMs			
Setup VRMs			
VRM Name	Nominal Voltage (V)	Output Tolerance (%)	
<input checked="" type="checkbox"/> VRM_VRM_...	1.8	0	
<input checked="" type="checkbox"/> 			

Node Name	Net
VRM_v0.VRM.1 (V1_8_MEN	
Node7422!!B01::V1_8_J	Node7422!!B01... V1_...
Node7425!!B02::V1_8_J	Node7425!!B02... V1_...
Node7428!!B03::V1_8_J	Node7428!!B03... V1_...
Node7431!!B04::V1_8_J	Node7431!!B04... V1_...
Node7434!!B05::V1_8_J	Node7434!!B05... V1_...

# 设置耗电模块1

- 点击Setup Sinks，设置板上的耗电模块Sink
- 界面上将出现设置向导 Wizard
- 在接下来出现的2个对话框中依次按照默认选项，按Next



☒ Create by using existing circuits defined in the layout file

☐ Create manually



Power Net:

Ground Net:

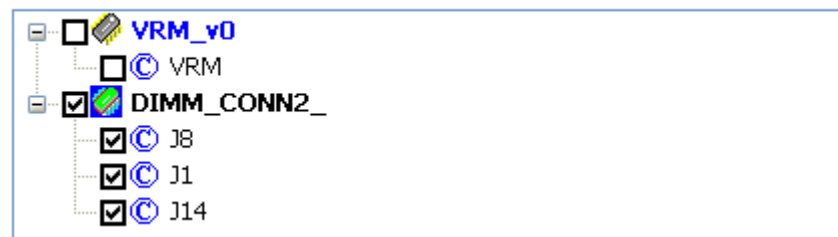
Next

Next

# 设置耗电模块2

- 在接下来的窗口中选择DIMM\_CONN2，这样它下面的3个接插件J8, J1和J14都被选中了，然后点击Next
- 然后按照如下窗口中的参数逐一设置，点击Next
- 最后在生成的Sink电路中按Finish，这样1.8v Sink就生成好了

Select one or more circuits from the list and click Next.



Next

☒ Model
 

Equal Current

☒ Nominal Voltage (V)
 

1.8

☒ Input Tolerance (%)
 

3

☒ P/F Mode
 

Average

☒ Current (A)
 

5

Next

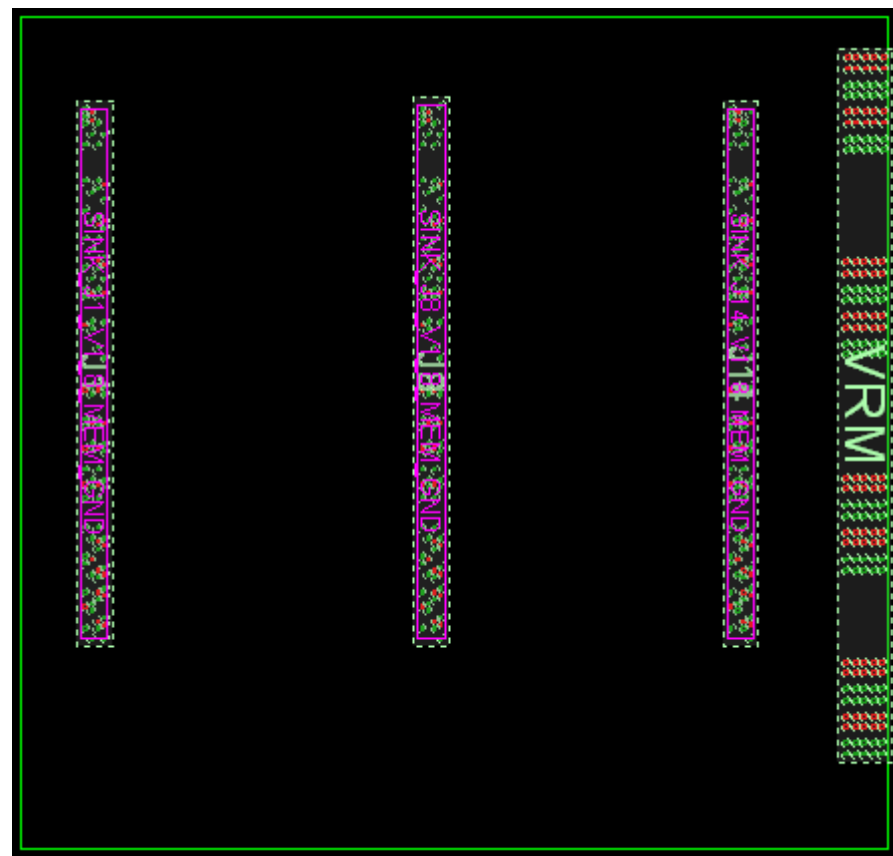
The auto-generated Sinks are list below.

	Sink Name	Model	Nominal Voltage ...	Input Tolerance (...	F
<input checked="" type="checkbox"/>	SINK_J8_V1_...	Equal Current	1.8	3	A
<input checked="" type="checkbox"/>	SINK_J1_V1_...	Equal Current	1.8	3	A
<input checked="" type="checkbox"/>	SINK_J14_V1...	Equal Current	1.8	3	A

Finish

# 设置耗电模块3

- Shift选中界面下方的3个Sink，此时在主界面上将看到粉红色的Sink电路
- 在界面的下方会看到Sink Name, Model, Nominal Voltage, Input Tolerance, P/F Mode, Current以及电路的节点连接关系，所有这些设置都可以手动直接编辑
- 如果板上找不到现成的Sink器件，此时就需要手动把Sink连接到主界面的版图文件中



Voltage Drop Analysis Setup -> Setup Sinks							
	Sink Name	Model	Nominal Voltage...	Input Tolerance ...	P/F Mode	Current (A)	Current Mapping File
<input checked="" type="checkbox"/>	SINK_J8_V1...	Equal Current	1.8	3	Average	5	
<input checked="" type="checkbox"/>	SINK_J11_V1...	Equal Current	1.8	3	Average	5	
<input checked="" type="checkbox"/>	SINK_J14_V...	Equal Current	1.8	3	Average	5	
<input checked="" type="checkbox"/>							

	Node Name
	DIMM_CONN2_J8.1 (V1_8)
	Node12076!!A272::V1_...
	Node12079!!A271::V1_...
	Node12096!!A264::V1_...
	Node12099!!A263::V1_...
	Node12116!!A258::V1_...

# Model的含义

- **Equal Voltage**是指Sink上所有的电源管脚和地管脚上的电压都相等。
- **Equal Current**是指Sink上所有的电源管脚和地管脚上的电流都相等。一旦选择了**Equal Current**就必须设置**P/F Mode**，是**Average**还是**Worst**，其具体含义见下页。此模型最常用。
- **Unequal Current**是指Sink上所有的电源管脚和地管脚上的电流都不等。一旦选择了**Unequal Current**就必须在**Current Mapping File**中指定包含芯片各管脚的电流文件。此模型用的较少。



# P/F Mode的含义

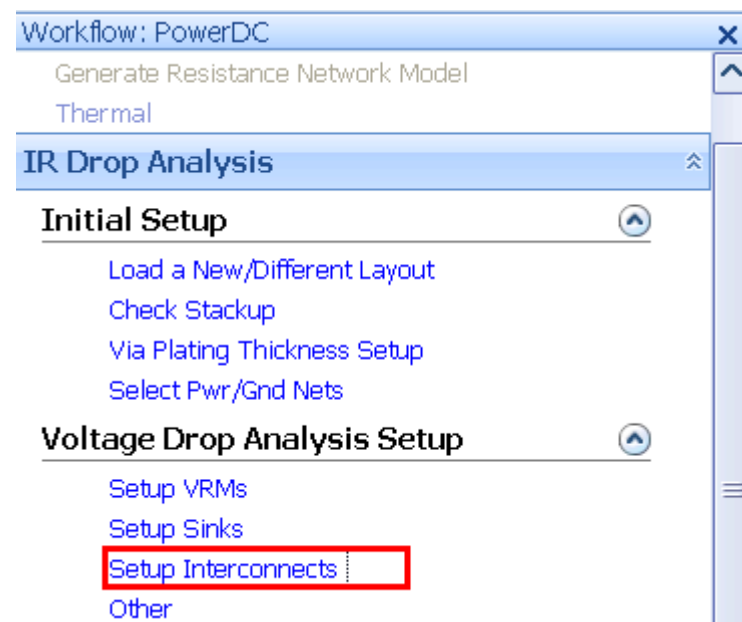
- P/F Mode是指当使用Equal/Unequal Current Mode的时候，用来计算Sink上的实际电压的方法，其结果可与Pass/Fail（通过/不通过）的标准相比较。
- WORST（最差）：Pass/Fail 基于电源管脚的最大电压与地管脚的最小电压之间的差值。
- AVERAGE（平均）：Pass/Fail 基于所有电源管脚的平均电压与所有地管脚的平均电压之间的差值。

# Current的设置

- **Current**是指器件实际消耗的电流，此为必填项。
- 该电流值既可以是平均值也可以是最大值。
- 如果板上有多个**Sink**器件，那么该电流值既可以相等，也可以不等。

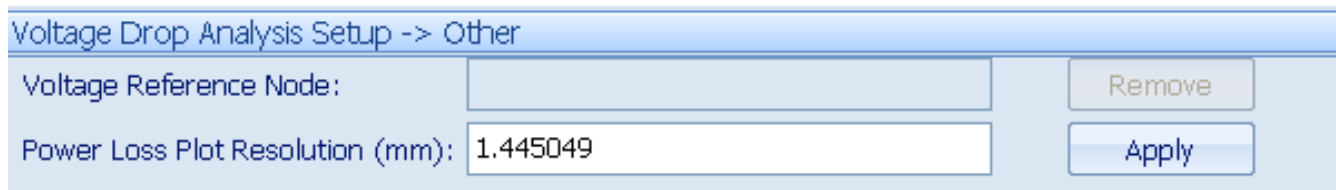
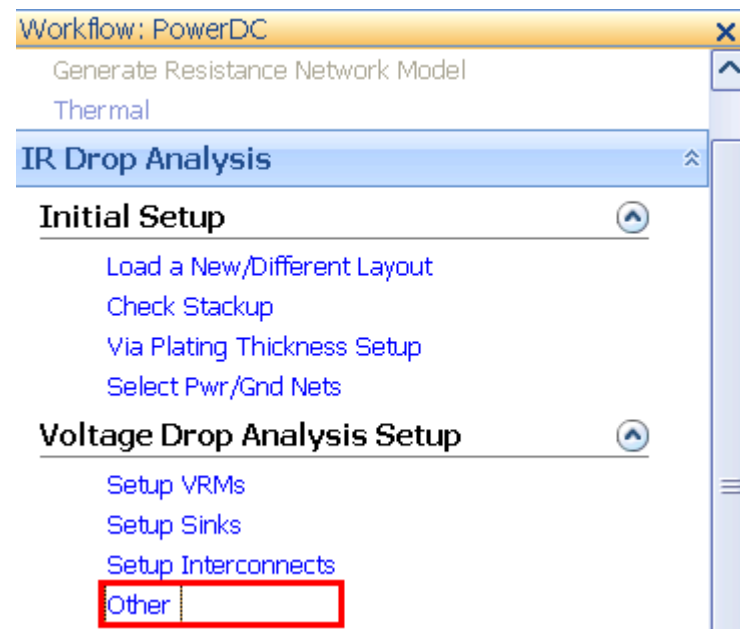
# 设置互连器件

- 对于该培训跳过Setup Interconnect 的设置
- 该步骤一般用来设置磁珠、电感、电阻等互连器件
- 一般来说，interconnect可以通过以下3种方式来设：
  1. 自动从circuit linkage manager中产生
    - 非0Ω 的电阻，电感等
  2. 利用 interconnect 向导，通过布线文件中定义的现有电路完成
    - 0Ω 的电阻
  3. 利用 interconnect 向导，用户手动创建
    - Bus bars
    - 器件的电压感应管脚



# 设置其他参数

- 对于该培训跳过Other 的设置
- 该步骤一般用来设置电压参考点、功耗显示精细度等
- 电压参考点默认为VRM的负节点
- 如果有多个VRM，则参考点为第一个VRM的负节点
- 用户也可以在仿真前自己设定任意的Node节点为整个系统的参考电压零点



# 保存项目文件

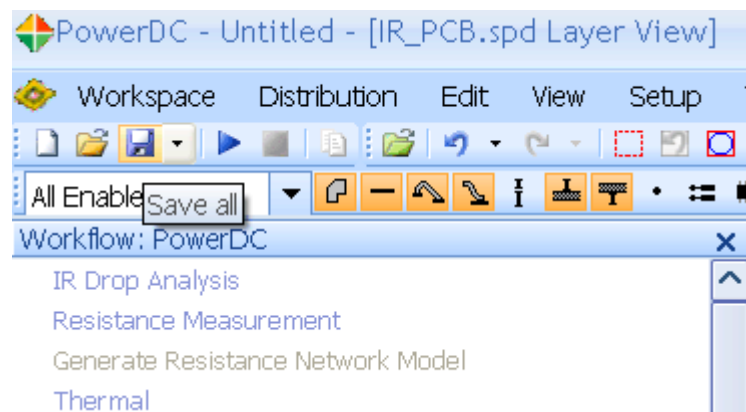
- 在设置完VRM和Sink器件后，跳过Constraints Setup和Parameter Sweeping Setup这2个步骤，这2个步骤为可选项
- 点击主菜单中的Save All，将workspace中的所有参数设置保存为 *IR\_PCB.xml*
- 建议用户在设置过程中要经常保存，以免丢失信息

## Constraints Setup

Sink Voltage  
Interconnect Current  
V/I Probes  
Via Current/Current Density  
Plane Current Density  
Trace Current Density

## Parameter Sweeping Setup

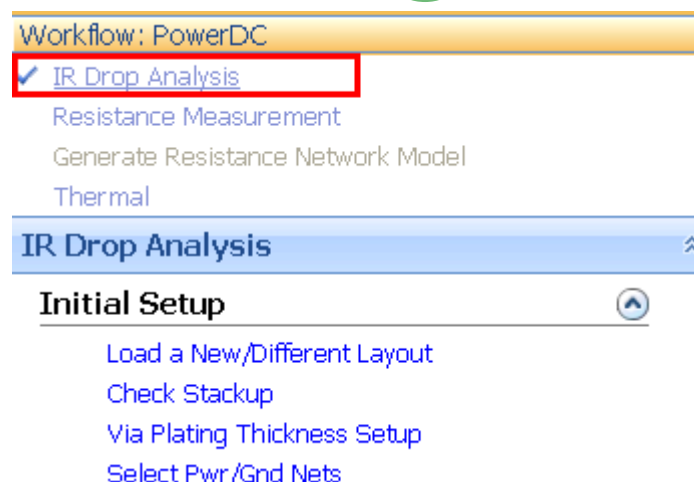
Setup Sweeping Parameters



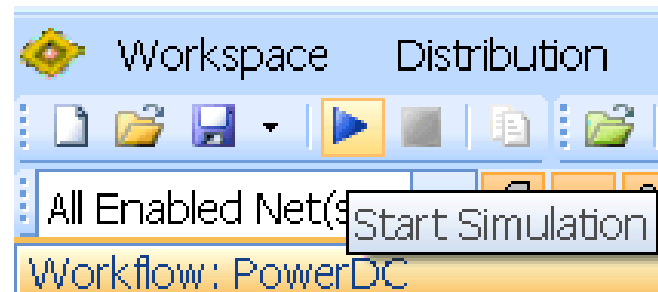
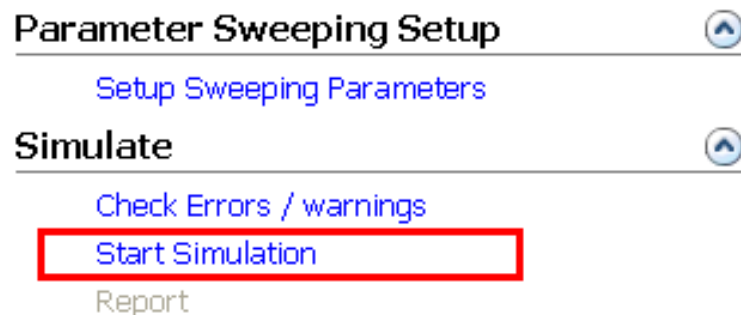
# 开始仿真

- 保存完项目后，回到流程菜单的顶部，点击**IR Drop Analysis**进行直流压降分析
- 点击流程中的 *Start simulation*，或主菜单中的运行按钮，开始仿真

1



2



# 仿真结果：查看表格

- 仿真完成后，PowerDC自动打开Voltage & Current Tables
- 在界面下方有一系列的结果，可以进入每个结果按钮检查结果，有些结果必须在设置了constrains 后才可以得到
- 当前结果为VRM Voltage结果，另外Sink Voltage结果也很常用，而其他结果本培训将不一一介绍，可参考PowerDC\_UG.pdf

Show Results -> VRM Voltage

<b>VRM Voltage</b>	Sink Voltage	Interconnect Current	Probes Measurements	Global Via Current
--------------------	--------------	----------------------	---------------------	--------------------

Global Via Current	Global Via Current Density	Specific Via Current	Global Plane Current Density
--------------------	----------------------------	----------------------	------------------------------

Specific Plane Current Density	Trace Current Density	Zero Current Via and Trace
--------------------------------	-----------------------	----------------------------

# Voltage电压

- Show Results>Voltage & Current Tables>VRM Voltage中包含有仿真得到的VRM结果
- Actual Current是指VRM上实际输出的电流，大小等于各个Sink抽取的电流之和
- 其他信息均为之前的输入信息

Show Results -> VRM Voltage							
VRM Voltage	Sink Voltage	Interconnect Current	Probes Measurements	Global Via Current	Global Via Current Density	Specific Via Current	Global
VRM Name	Output Nominal Voltage (V)		Output Tolerance (%)		Actual Current (A)		
VRM_VRM_V1_8_MEM_GND	1.8		0		15		



# Sink电压

- 点击Sink Voltage，切换到Sink的仿真结果
- Actual Voltage为各个Sink上实际的直流电压，是根据VRM的电压以及Sink上抽取的电流，解电路方程组求得的
- 绿色的对勾表示：所有3个Sink的压降都满足要求
- Margin是指各个Sink上实际的电压容限，计算公式如下  

$$MH = (SinkNominal + SinkTolerance) - (SinkActualSimResult + VRM\ tolerance)$$

$$ML = - (SinkNominal - SinkTolerance) + (SinkActualSimResult - VRM\ tolerance)$$

$$Margin = \min (MH, ML)$$
- 检查SINK\_J8管脚上的电压电流，可以发现：每个pin上的电流相等，电压算出来各不相同。符合之前假设的Equal Current模型

Show Results -> Sink Voltage						
VRM Voltage	Sink Voltage	Interconnect Current	Probes Measurements	Global Via Current	Global Via Current Density	
Sink Name	Model	Nominal Voltage...	Input Tolerance ...	Actual Voltage (V)		Margin (V)
SINK_J8_...	Equal Current	1.8	3	1.79541	✓	0.0494111
SINK_J1_...	Equal Current	1.8	3	1.79389	✓	0.0478859
SINK_J14...	Equal Current	1.8	3	1.79819	✓	0.0521939

# 仿真结果：查看彩图

- 先查看电压分布图，点击Voltage Distribution Plot
- 该步骤一般需要较长的时间，因为工具需要把大量的3维仿真结果全部映射到封装或PCB板的实际物理结构上
- 电压、电流彩图结果的切换既可以在仿真流程中进行，也可以在界面右侧的Distribution菜单中进行

## Show Results

Voltage & Current Tables

Voltage Distribution Plot

Plane Current Density Plot

Plane Power Density Plot

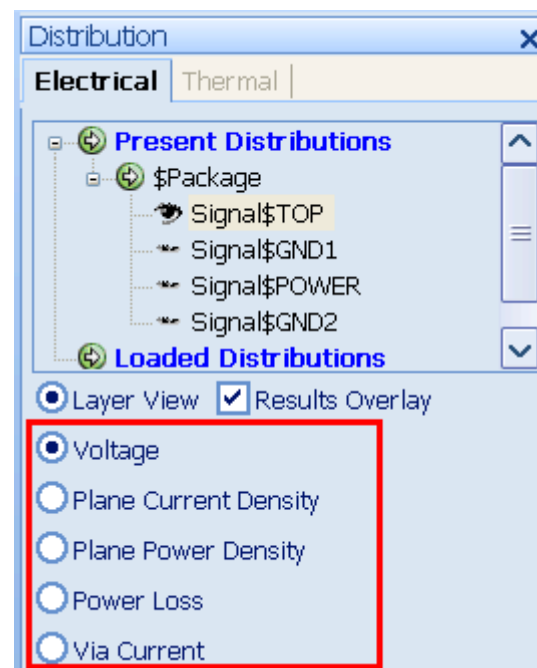
Power Loss Plot

Via Current Plot

Switch to Normal Layer View

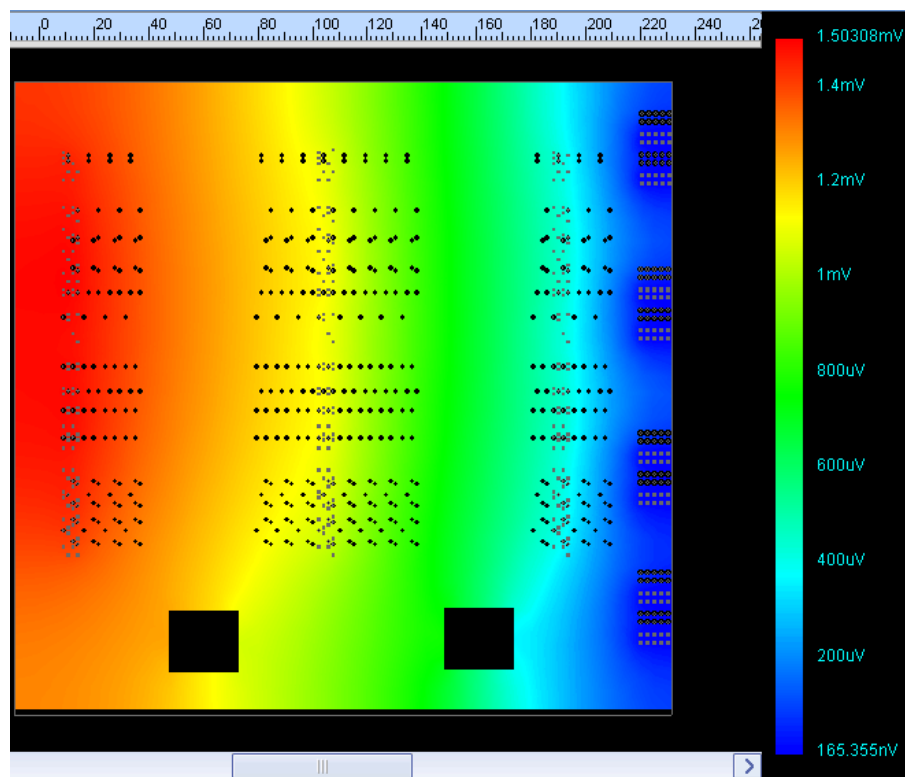
Save Distribution Plot

Load Distribution Plot

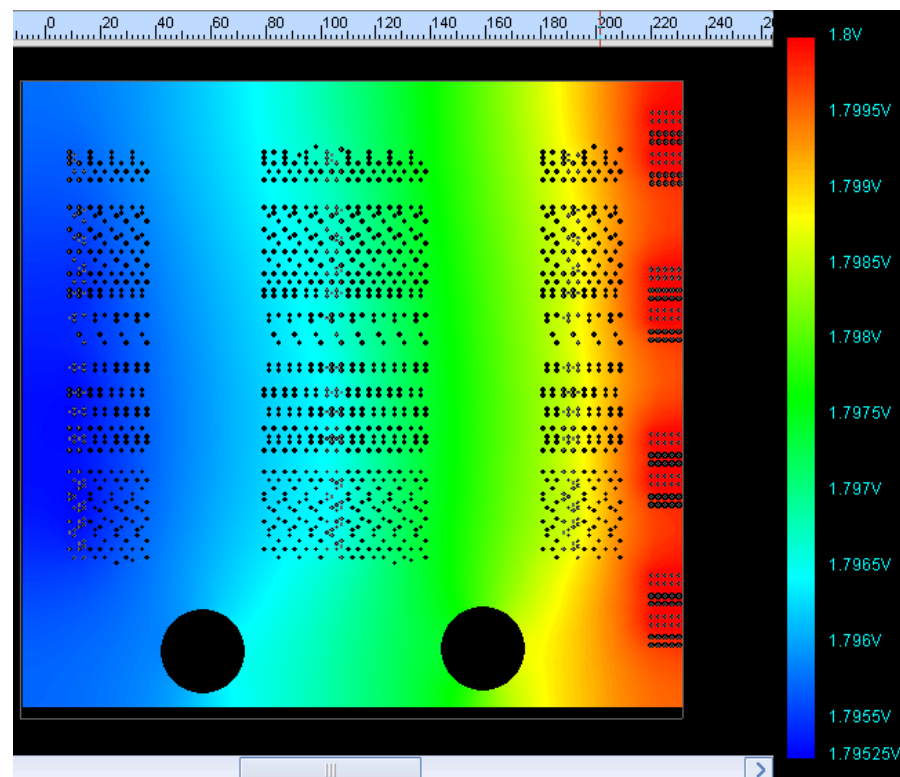


# 电压分布图1 (Voltage)

- 电压分布在每一层的颜色都会按照最小值和最大值的区间自动调节
- 注意：电压在地平面和电源平面上的不同分布情况



GND1

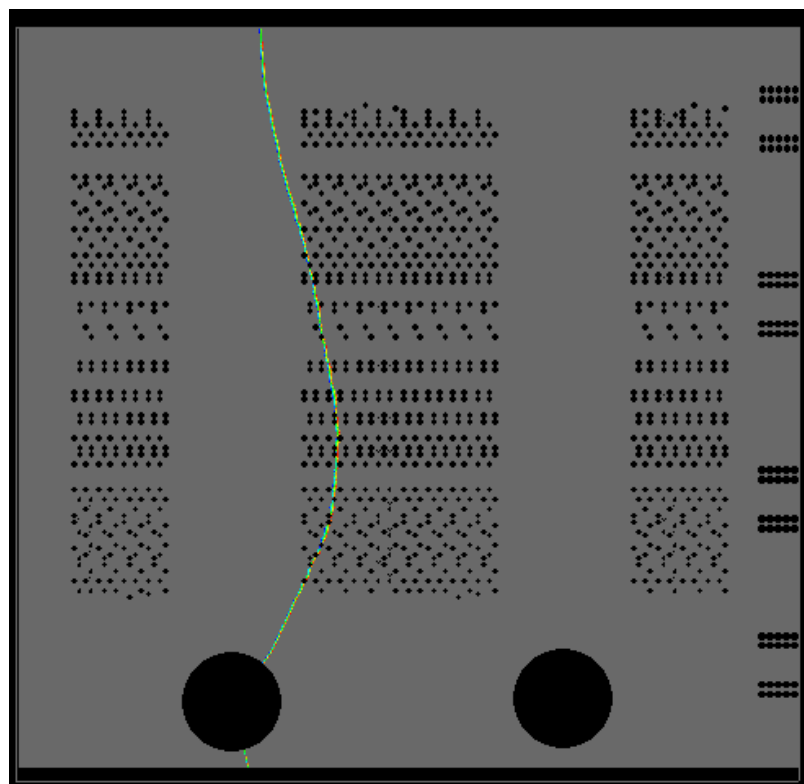


POWER

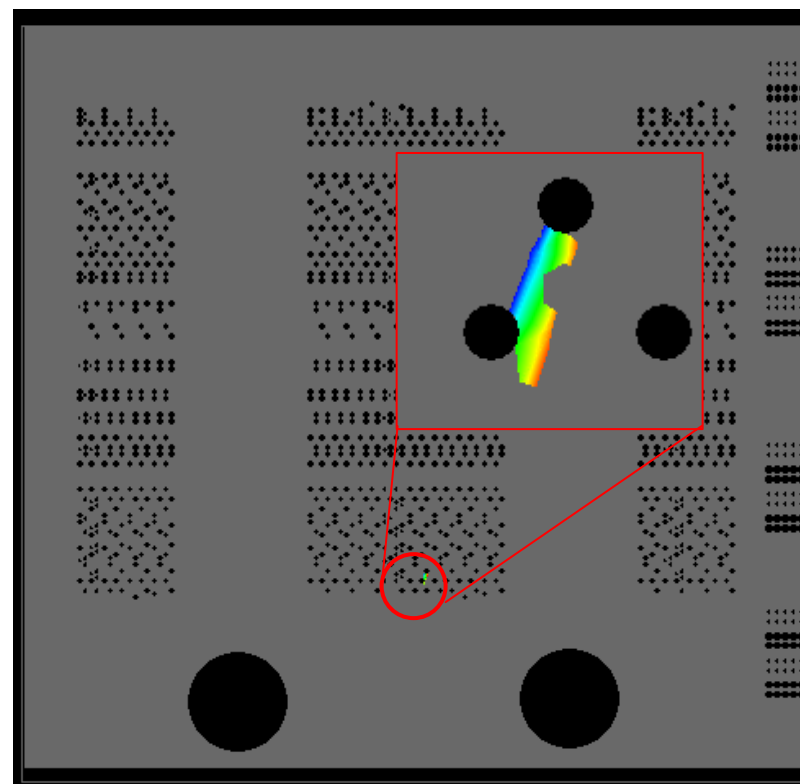
# 电压分布图2 (Voltage)

## ■ 最佳感应线 (POWER平面)

☒ Optimal Sense Locations  
☐ Power/Ground Pair



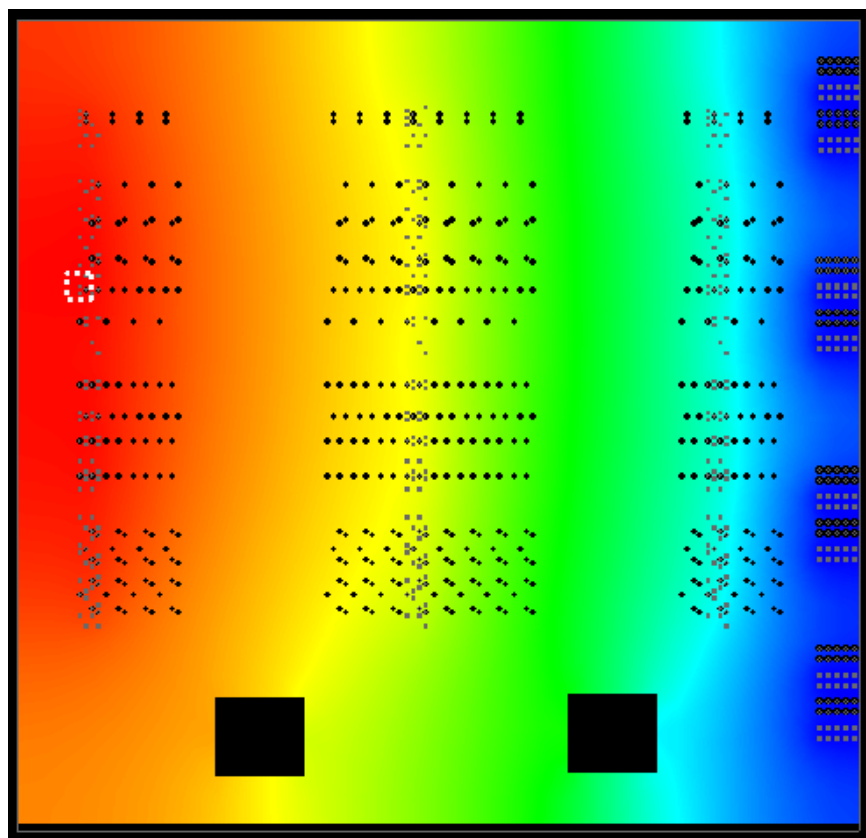
☒ Optimal Sense Locations  
☒ Power/Ground Pair



# 电压分布图3 (Voltage)

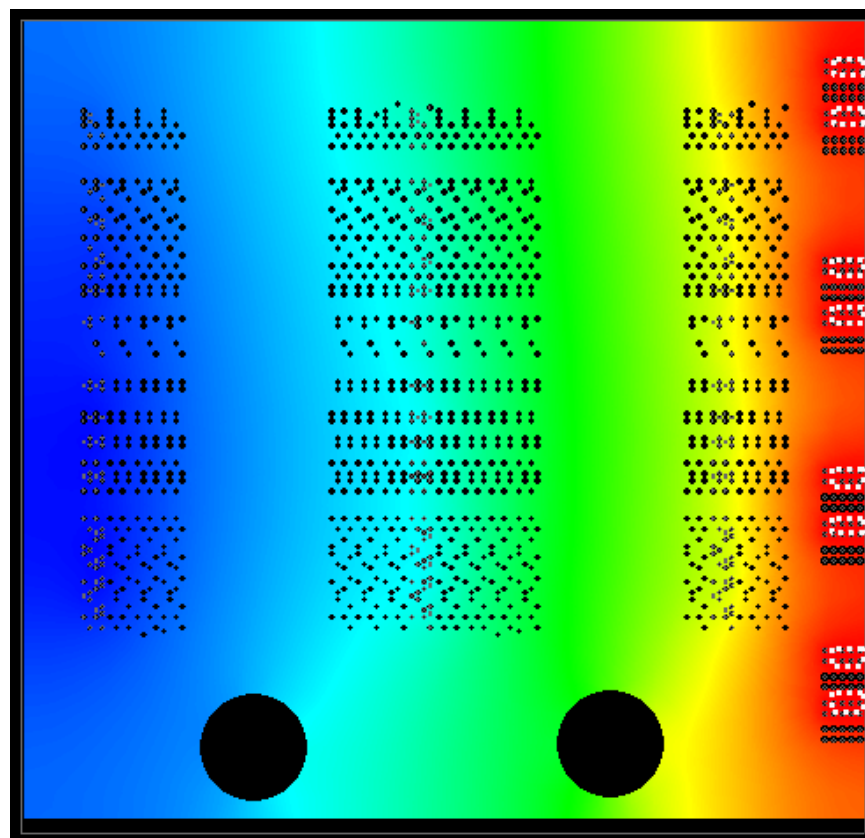
## ■ 电压热点 (Hot Spot)

☒ Show Hotspots



GND1

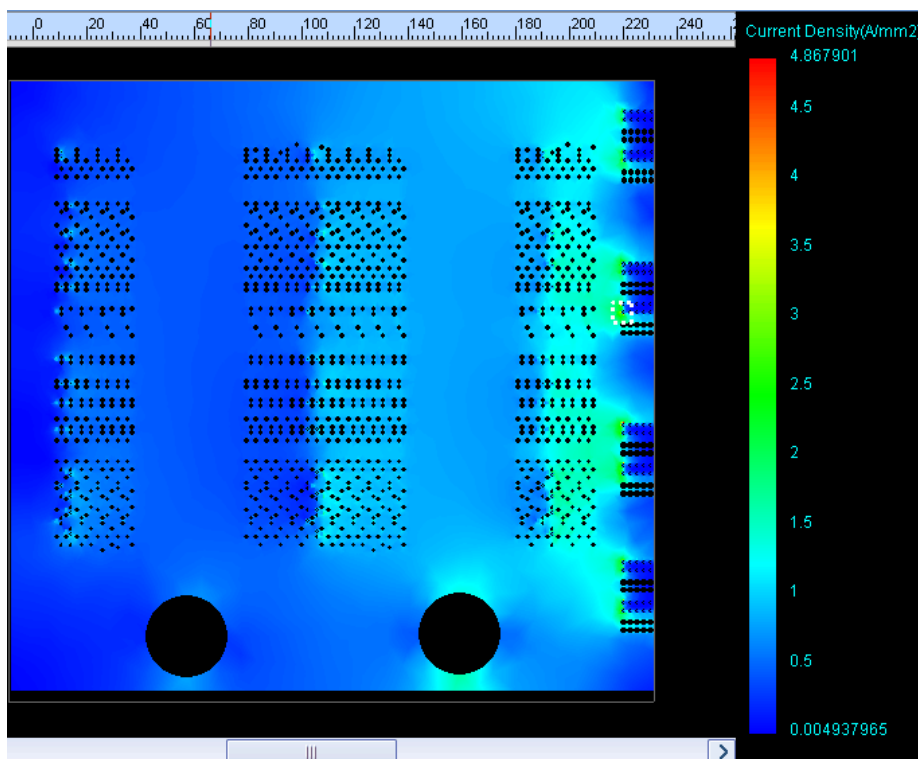
☒ Show Hotspots



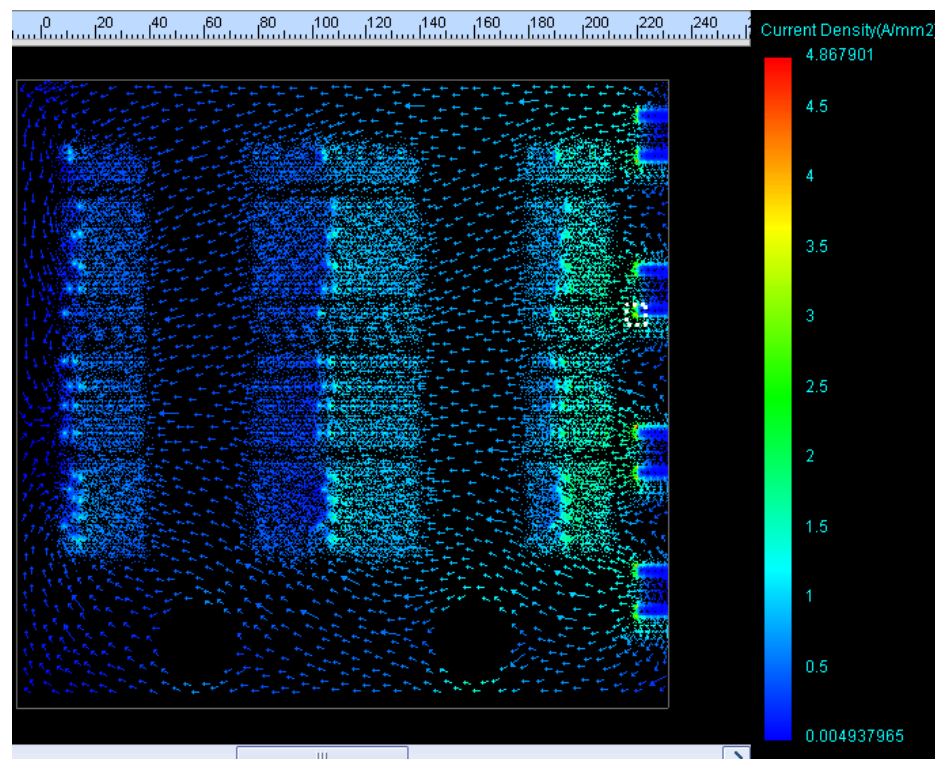
POWER

# 电流密度分布图 (Plane Current Density)

## ■ 平面电流密度 (POWER平面)



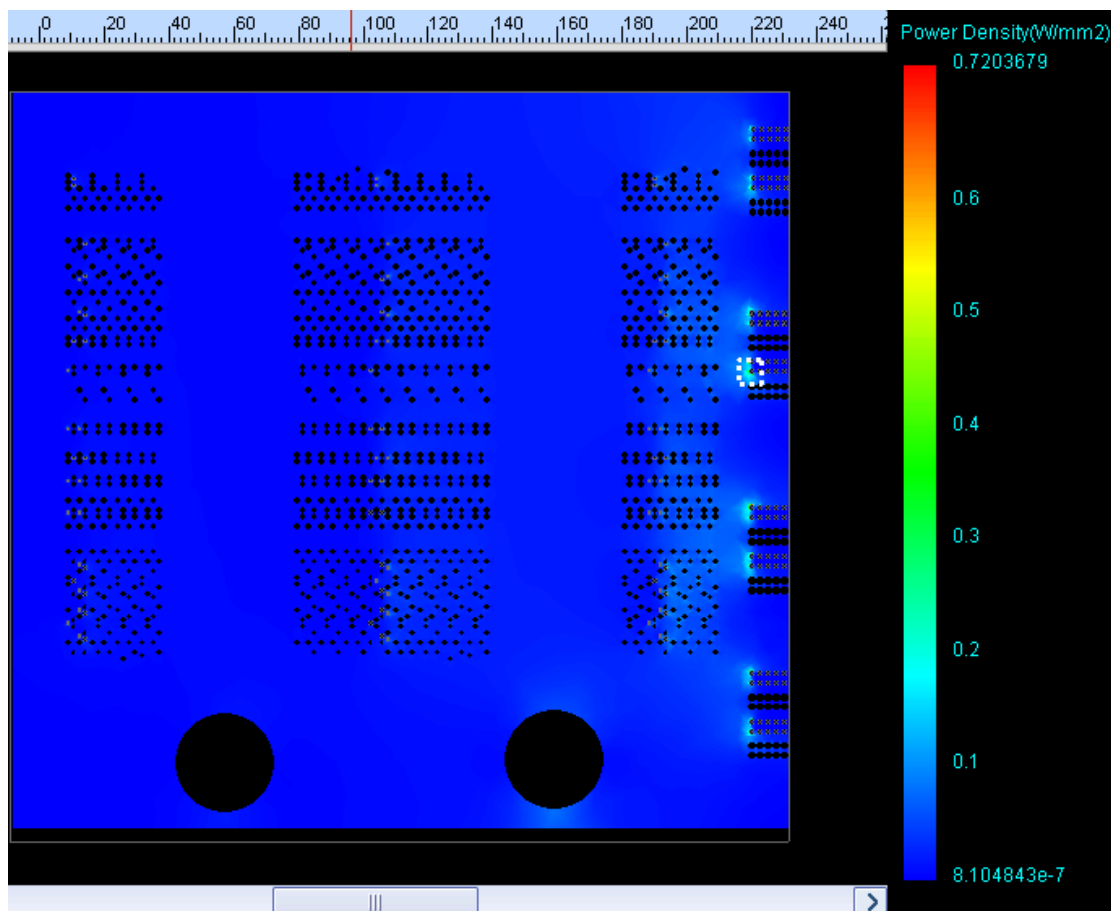
普通模式



矢量模式

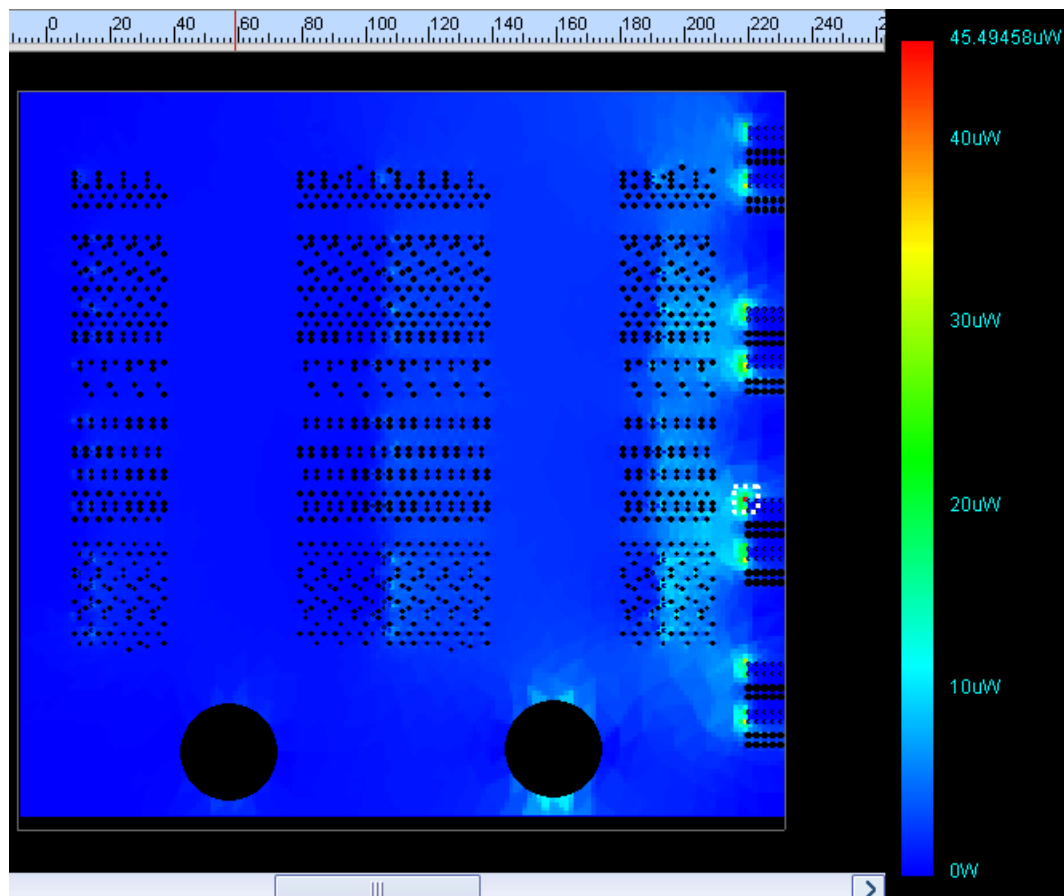
# 功率密度分布图 (Plane Power Density)

## ■ 平面功率密度 (POWER平面)



# 功耗分布图 (Power Loss)

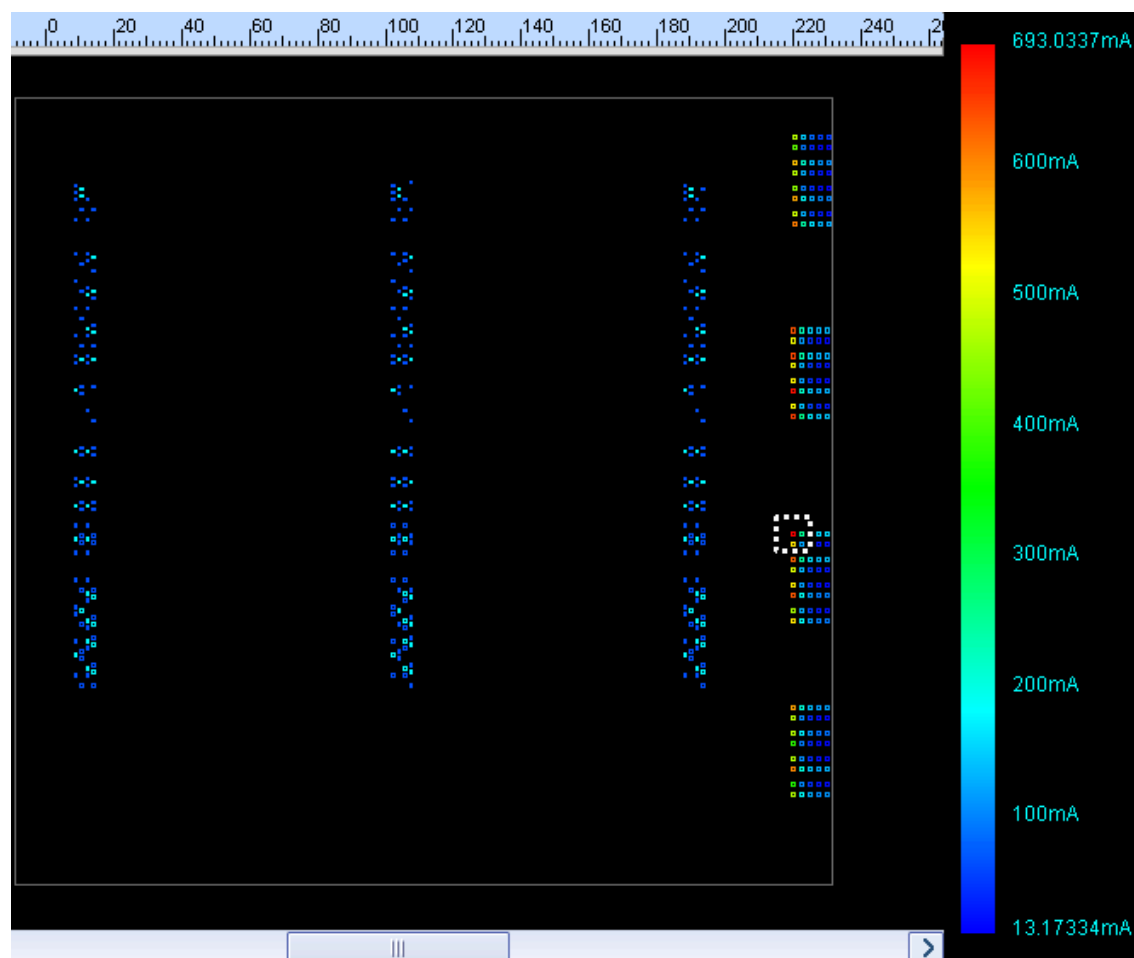
## ■ 功耗 (POWER平面)





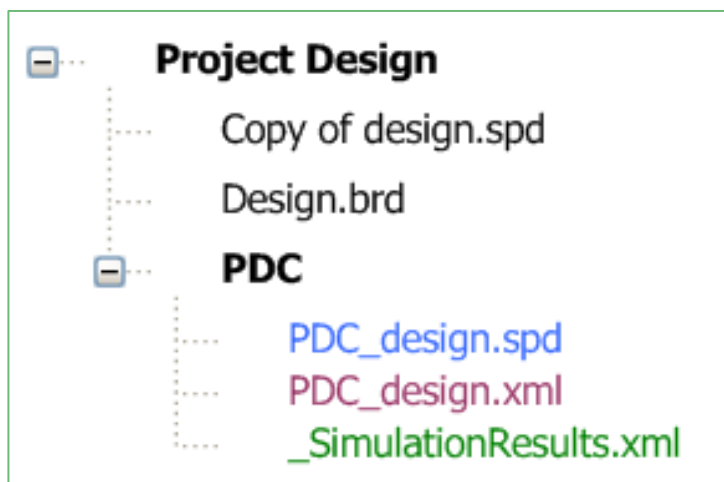
# 过孔电流分布图 (Via Current)

## ■ 过孔电流 (TOP平面)

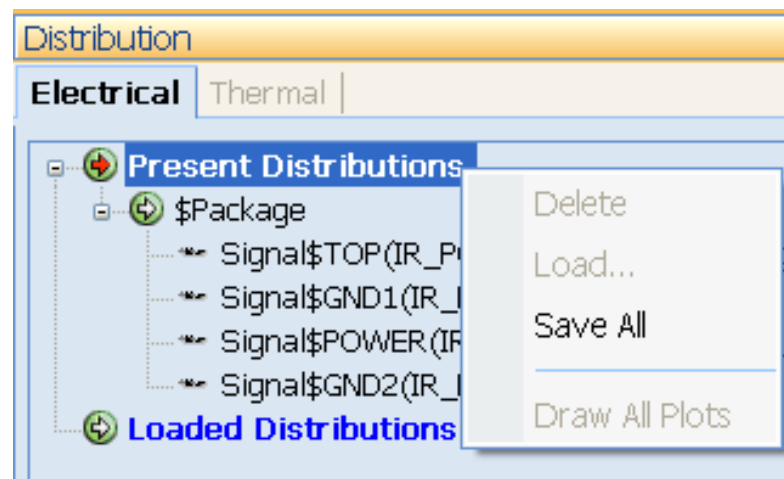


# 保存仿真结果和彩图结果

- 保存仿真结果: 主菜单 *Workspace* > *Simulation Results* > *Save*
- 保存彩图结果: 界面右侧 *Distribution* 菜单, 右键点击 *present distribution* 然后选择 *save all*



仿真结果

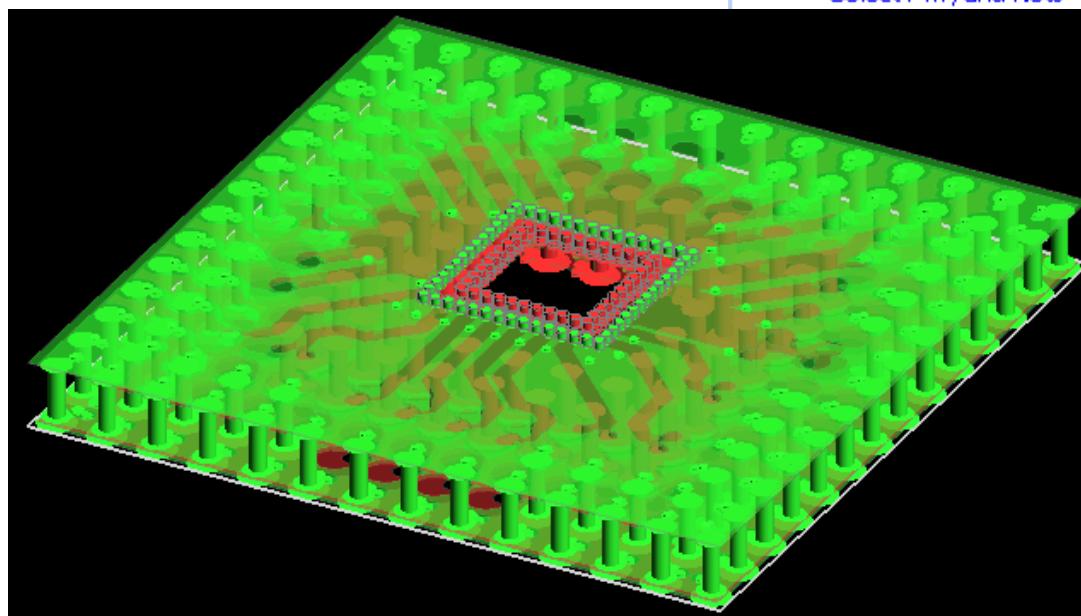
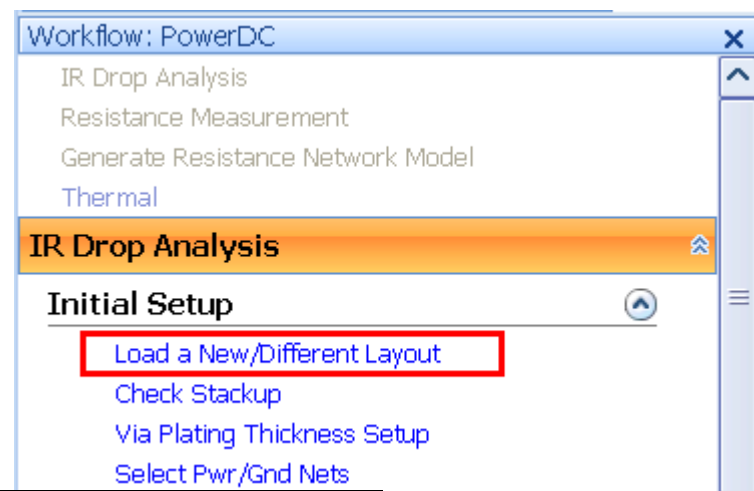


彩图结果

## 2. PKG的直流分析

# 加载布线文件

- 点击主菜单的New，新建一个Workspace
- 确保当前流程为IR Drop Analysis
- 点击Load a New/Different Layout把Lab文件中的 IR\_Package.spd布线文件加载进来
- 这是一个7层的BGA封装



# 检查叠层、镀层、选择网络

- 跳过Check Stackup
- 跳过Via Plating Thickness Setup
- 跳过Select Pwr/Gnd Nets

## Workflow: PowerDC

IR Drop Analysis  
Resistance Measurement  
Generate Resistance Network Model  
Thermal

## IR Drop Analysis

### Initial Setup

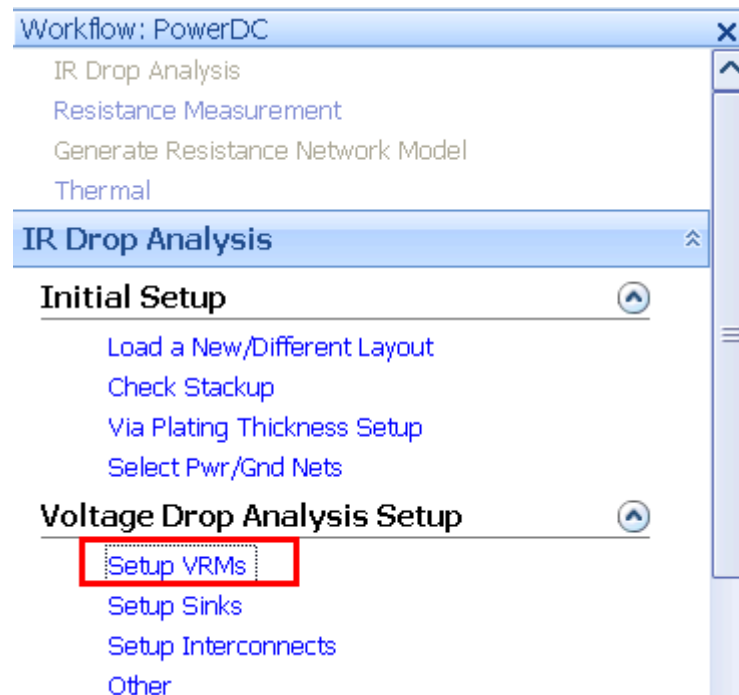
Load a New/Different Layout  
Check Stackup  
Via Plating Thickness Setup  
Select Pwr/Gnd Nets

### Voltage Drop Analysis Setup

Setup VRMs  
Setup Sinks  
Setup Interconnects  
Other

# 设置供电模块1

- 点击Setup VRMs，设置板上的供电模块VRM
- 界面上将出现设置向导 Wizard
- 在接下来出现的2个对话框中依次按照默认选项，按Next



☒ Create by using existing circuits defined in the layout file

☐ Create manually



Power Net: PowerNets

Ground Net: GND

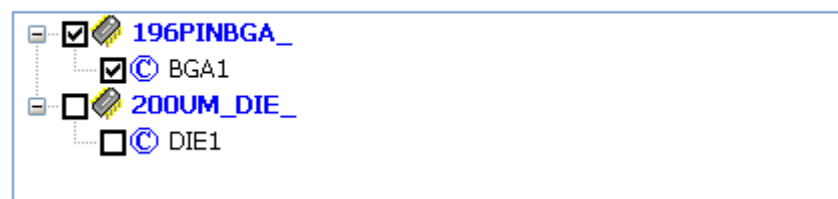
Next

Next

# 设置供电模块2

- 在接下来的窗口中选择BGA1，然后点击Next
- 然后在设置标称电压Nominal Voltage为1.8V，点击Next
- 最后在生成的VRM电路中按Finish，这样1.8v VRM就生成好了

Select one or more circuits from the list and click Next.



Next

☒ Nominal Voltage (V)

☐ Output Tolerance (%)

☐ Pin Resistance (ohm)



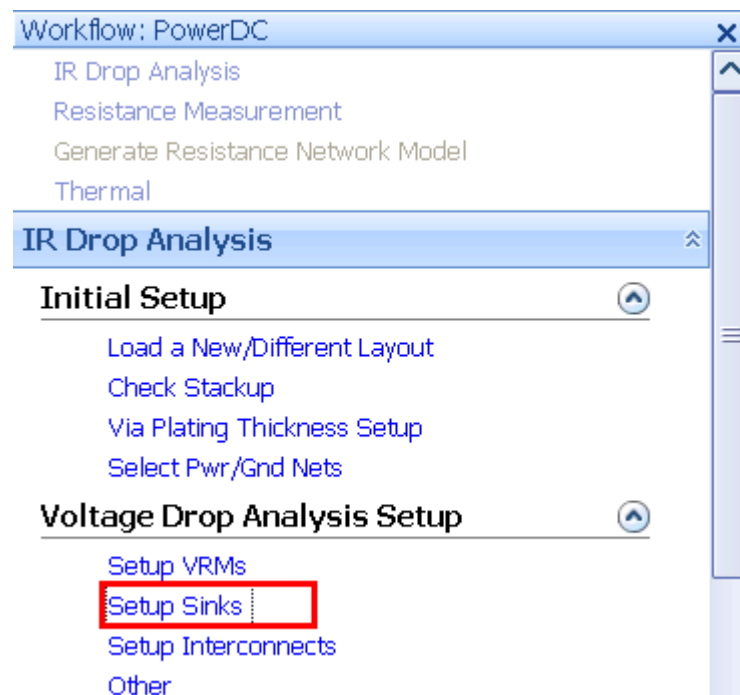
Voltage Drop Analysis Setup -> Setup VRMs -> Setup VRMs			
Setup VRMs		Setup Multi-phase VRMs	
	VRM Name	Nominal Voltage (V)	Output Tolerance (%)
<input checked="" type="checkbox"/>	VRM_BGA1_...	1.8	0
<input checked="" type="checkbox"/>			

Next

Finish

# 设置耗电模块1

- 点击Setup Sinks，设置板上的耗电模块Sink
- 界面上将出现设置向导 Wizard
- 在接下来出现的2个对话框中依次按照默认选项，按Next



☒ Create by using existing circuits defined in the layout file

☐ Create manually



Power Net:

Ground Net:

Next

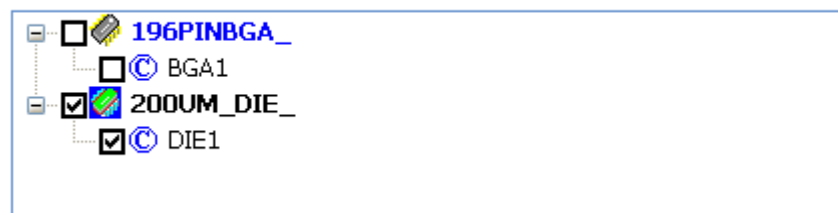
Next



# 设置耗电模块2

- 在接下来的窗口中选择DIE1，然后点击Next
- 然后按照如下窗口中的参数逐一设置，点击Next
- 最后在生成的Sink电路中按Finish，这样1.8v Sink就生成好了

Select one or more circuits from the list and click Next.



Next

☒ Model

☒ Nominal Voltage (V)

☒ Input Tolerance (%)

☒ P/F Mode

☒ Current (A)



Voltage Drop Analysis Setup -> Setup Sinks

	Sink Name	Model	Nominal Voltage...	Input Tolerance ...	P/F Mode	Current (A)
<input checked="" type="checkbox"/>	SINK_DIE1_...	Equal Current	1.8	5	Average	5
<input checked="" type="checkbox"/>						

Next

Finish

# 保存项目文件

- 在设置完VRM和Sink器件后，跳过右图中的加框部分
- 点击主菜单中的Save All，将workspace中的所有参数设置保存为 *IR\_Package.xml*
- 在弹出的Output窗口中会出现ERROR信息

## Voltage Drop Analysis Setup

Setup VRMs

Setup Sinks

Setup Interconnects

Other

## Constraints Setup

Sink Voltage

Interconnect Current

V/I Probes

Via Current/Current Density

Plane Current Density

Trace Current Density

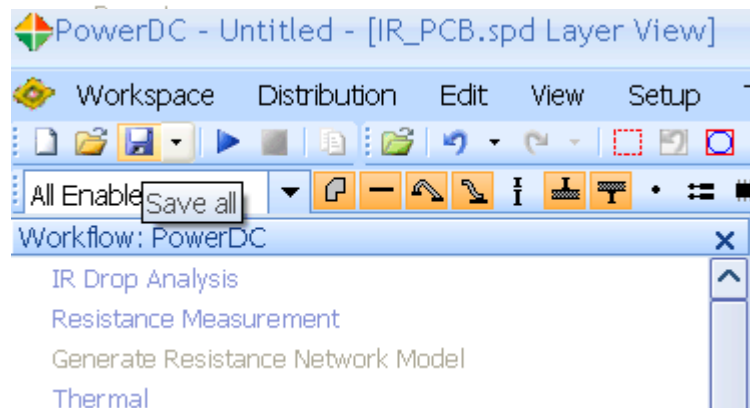
## Parameter Sweeping Setup

Setup Sweeping Parameters

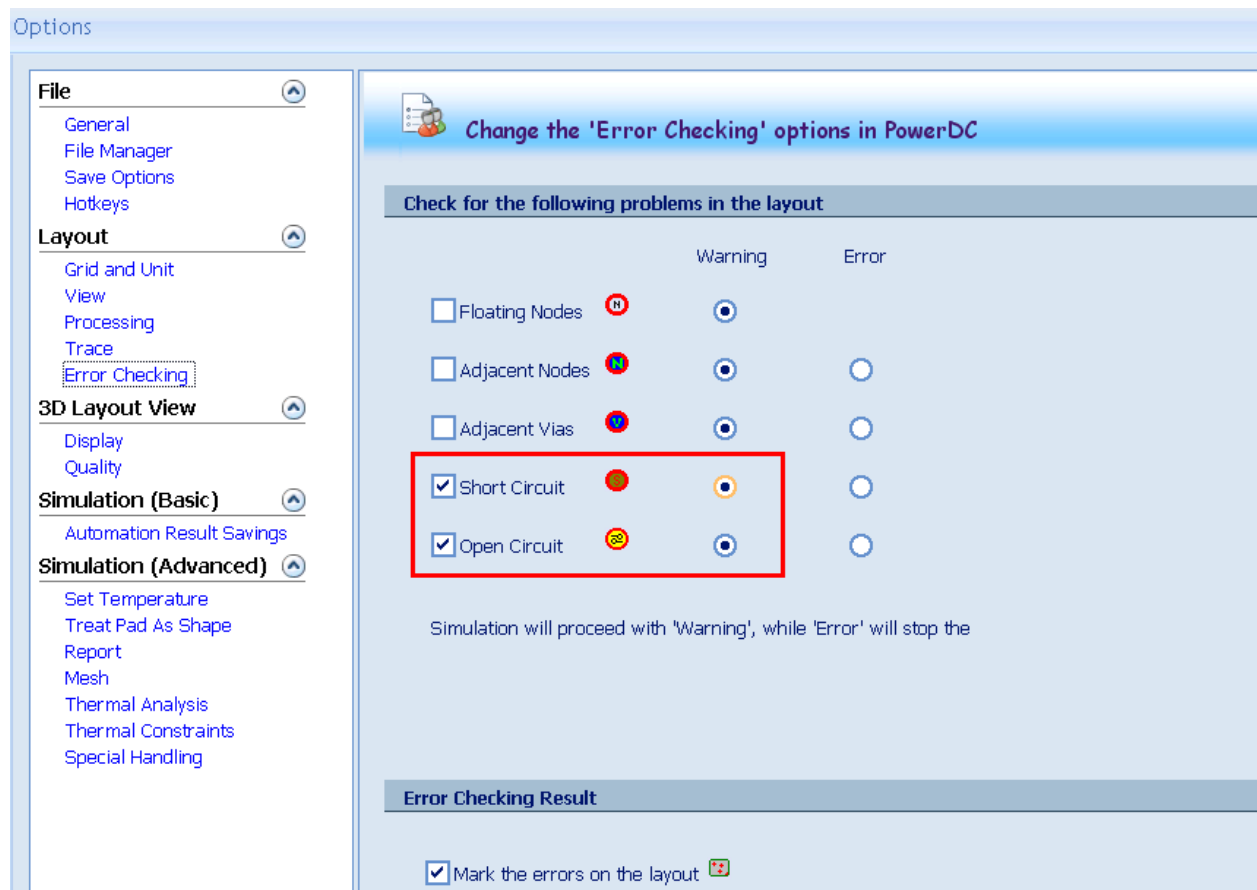
## Simulate

Check Errors / warnings

Start Simulation



# 改变选项设置，消除ERROR



- 为了消除Error，点击Tools>Options>Edit Options...
- 在窗口中点击Options>Error Checking，将Short和Open由默认的Error状态改为Warning状态，这样后续的仿真才可以继续进行

# 开始仿真

Workflow: PowerDC

✓ IR Drop Analysis

Resistance Measurement

Generate Resistance Network Model

Thermal

IR Drop Analysis

Parameter Sweeping Setup

Setup Sweeping Parameters

Simulate

Check Errors / warnings

Start Simulation

Report

- 选择仿真类型，点击IR Drop Analysis
- 点击Simulate>Start Simulation，开始执行直流压降分析

# 创建仿真报告1

## Simulate

Check Errors / warnings

Start Simulation

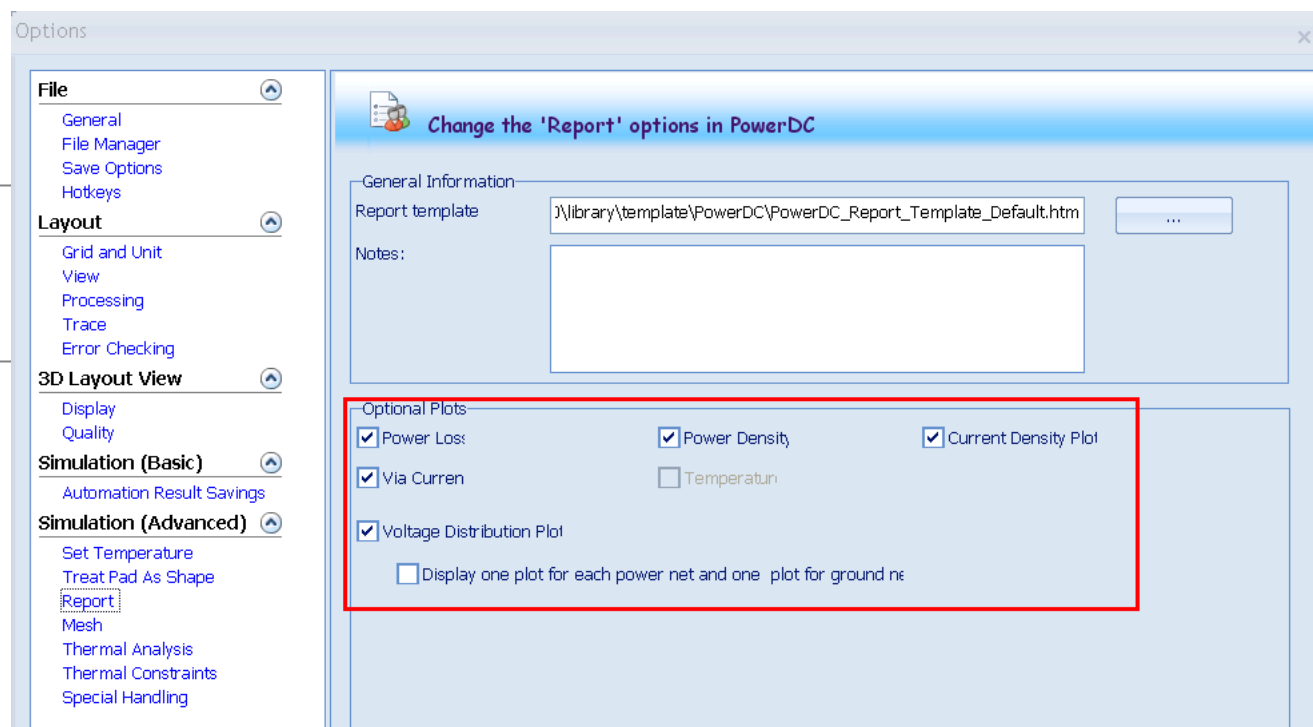
Report

## Show Results

Voltage & Current Tables

Voltage Distribution Plot

Plane Current Density Plot



- 仿真完成后，Report按钮会自动变成深色，表示Report功能已经Ready了
- 点击Report，将打开Options窗口，在窗口中选择框中的选项，以便自动获取各种有用的结果

# 创建仿真报告2

PowerDC\_Report\_Template\_Default.htm\*



## DC Sign-Off Report

Date :19<sup>th</sup> of June 2010

### 1 General Information

#### 1.1 Spd File Name and Location

PowerDC Version :10.0.2.06102

File Names and Locations:

### 3.1 Result Table

VRM	VRM_BGA1_VDDIO_GND
Nominal Voltage(V)	1.8
Actual Current(A)	5
Sink	SINK_DIE1_VDDIO_GND
Actual Voltage(V)	1.79851
Margin(V)	0.0885115
Fail/Pass	Pass

### 3.2 Distribution Plots

#### 3.2.1 Voltage Distribution

#### 3.2.2 Current Distribution

#### 3.2.3 PowerLoss Distribution

#### 3.2.4 Power Density Distribution

#### 3.2.5 Via Current

- 点击Report后，PowerDC将自动创建DC Sign-Off Report
- 在报告中主要包括一些重要的设置信息，Result Table以及Distribution Plots
- Result Table主要报告了Sink上得到的实际电压，Margin和是否Pass
- Distribution Plots中包括每一层的电压、电流、功耗和功率密度分布图

# 查看仿真结果

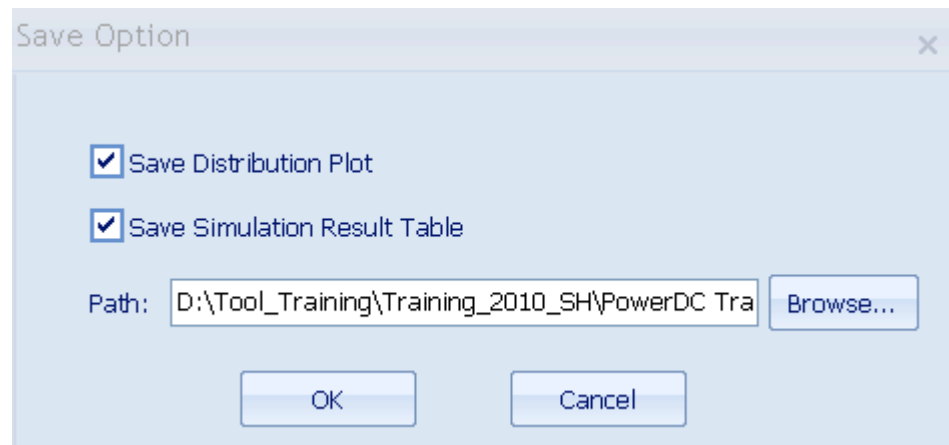
## Simulate

Check Errors / warnings  
Start Simulation  
Report

## Show Results

Voltage & Current Tables  
Voltage Distribution Plot  
Plane Current Density Plot  
Plane Power Density Plot  
Power Loss Plot  
Via Current Plot

Switch to Normal Layer View  
Save Simulation Result  
Load Simulation Result



- 除了运用Report自动生成仿真报告外，还可以在Show Results的流程中手动查看各种图表和Plot彩图，此处不再赘述
- 点击Save Simulation Result，可将仿真结果保存
- 点击Load Simulation Result，可直接加载仿真结果

谢谢！

**Key to the Power and Signal Integrity  
Solution for IC Packages and PCBs**