

Pango Power Calculator 用户手册

(Version 1.0)

深圳市紫光同创电子有限公司

版权所有 侵权必究

文档版本修订记录

版本号	发布日期	修订记录
V1.0	2022.07.12	初始版本

目录

文档版本修订记录	1
目录	2
图目录	3
名词术语解释	4
1 总体介绍	5
1.1 Pango Power Calculator 总体介绍	5
1.2 功耗介绍	5
1.2.1 功耗的基本概念	5
1.2.2 FPGA 电路功耗组成和分析	5
1.2.3 功耗影响因素	6
1.2.4 PPC 计算 FPGA 功耗的组成部分	7
2 功能描述	8
2.1 PPC 功能简介	8
2.2 软件运行	8
2.2.1 软件执行流程	8
2.2.2 索引窗口	19
2.2.3 Setting 页面	19
2.2.4 Summary 页面	20
2.2.5 Device 页面	21
免责声明	22

图目录

图 2-1 右键菜单配置选项	9
图 2-2 PPC 参数配置界面	9
图 2-3 Environment 参数配置界面	10
图 2-4 Simulation Settings 配置界面	11
图 2-5 Switching 配置界面	12
图 2-6 Power Supply 配置界面	13
图 2-7 Input/Output 配置界面	14
图 2-8 Flow 窗口界面	15
图 2-9 PPC 产生的功耗报告	15
图 2-10 PDS 工具栏的 Power Calculator 图标	16
图 2-11 PPC 配置图形界面	16
图 2-12 PPC 详细参数配置界面	17
图 2-13 PPC 功耗计算窗口	18
图 2-14 PPC 界面的功耗报告	18
图 2-15 功耗报告的索引窗口	19
图 2-16 Setting 界面	19
图 2-17 Summary 界面	20
图 2-18 Device 界面	21

名词术语解释

Abbreviations 缩略语	Full Spelling 英文全拼
PPC	Pango Power Calculator
PPP	Pango Power Planner
PDS	Pango Design Suit
ppf	Pango Power File
ppr	Pango Power Report
pps	Pango Power Settings
VCD	Value Change Dump

1 总体介绍

1.1 Pango Power Calculator 总体介绍

Pango Power Calculator 是用来计算用户设计产生功耗的软件，简称 PPC，是集成在 PDS 中的一个组件。用户在完成 design 设计，经过综合、map、布局布线后，可以使用 PPC 计算出芯片的功耗。

在布局布线后，PPC 可以得到真实的 FPGA 资源使用情况（包括各种资源的数目、绕线情况、Clock 主频等），通过这些信息可以计算出较准确的功耗值。

PPC 主要有三项数据输入：

- 布局布线完成之后，各项资源的使用信息，包括：各种 Grid device 资源的实际数目、配置信息、绕线信息、以及 Clock 的主频、Clock 数量等。
- Signal activities 信息，有两种方式获取该信息：一种是由用户指定默认值，软件根据用户指定的默认 toggle 和 static probability，通过遍历整个网表来估算所有资源的 signal activities；另一种是读入仿真工具(如 Modelsim)产生的 VCD 文件来得到精确的 signal activities。
- 用户提供的外部工作条件，主要包括环境、电压等参数。

PPC 利用以上的输入数据可以精准的计算出功耗数值，较准确的反映 design 的功耗和芯片温升情况。

1.2 功耗介绍

1.2.1 功耗的基本概念

功耗是电路在单位时间内消耗的能量，国际标准单位是瓦特 (w)。

能量是物理系统做功本领的量度，国际标准单位是焦耳 (j)。

1.2.2 FPGA 电路功耗组成和分析

- 静态功耗 (Static Power)

静态功耗是指 FPGA 在正常运行时所有电路各种漏电 (leakage) 产生的功耗。随着工艺尺寸的小型化，静态功耗占芯片总功耗的比例会越来越高。

- 动态功耗

动态功耗是用户设计 (design) 产生的功耗，由 design 本身的功能及数据输入的模式决定，主要包括瞬时功耗和充放电功耗。瞬时功耗在 FPGA 首次通电时产生，随着供电电压的

不同而改变。充放电功耗是电路在充放电过程中产生的功耗。

➤ 片上功耗

片上功耗是 FPGA 芯片内部产生的功耗，对芯片的结点温度有影响。

➤ 片外功耗

片外功耗是电流通过芯片 IO 引脚驱动芯片外部电路产生的功耗，主要包含 IO 终端，LED，IO buffer 等，对芯片的结点温度没有影响。

1.2.3 功耗影响因素

➤ 电压 (Voltage)

电压主要影响动态充放电功耗，动态功耗和电压的平方成正比。

➤ 负载 (Load)

负载主要影响动态充放电功耗，动态功耗和负载成正比。

➤ 时钟频率 (Frequency)

时钟频率主要影响动态充放电功耗。动态功耗和时钟频率成正比。

➤ 信号翻转率 (Toggle rate)

一个时钟周期之内信号翻转的次数，主要影响动态充放电功耗。动态功耗计算公式为：

$$P = 0.5 C V^2 f d$$

其中 d 表示 Toggle rate。

➤ 输入状态概率 (Input static probability)

输入状态概率是单位时间内输入为高电平的概率，主要影响 input-dependent 功耗。

➤ 输入信号转换速率 (Input signal slew rate)

输入信号转换速率主要影响动态瞬时功耗。

➤ 工艺偏差 (Process variation)

工艺偏差影响静态功耗和动态功耗。

➤ 环境温度 (Ambient temperature)

环境温度是芯片周围空气的温度，主要影响静态功耗。

➤ 结点温度 (Junction temperature)

结点温度是在设备运行时，FPGA 中半导体电路 PN 结的温度。通常在选择 device 之后，会选择一个温度等级。这个等级定义了一个温度范围，在此范围下保证 device 可以按照指定的状态运行。如果运行环境超过了温度范围，将无法保证设备的正常运行。

$$\text{结点温度} = \text{环境温度} + \text{片上功耗} * \text{对空气的有效热阻}$$

➤ 对空气的有效热阻 (Effective Thermal Resistance to Air (θ_{JA} (°C/W)))

对空气的有效热阻是一个定义功耗从 FPGA 中的硅单元以热量的形式扩散到空气的系数。

主要包含两部分：

- 1) 热量从硅单元向上传到周围空气中的热阻，用 θ_{JA} 表示。
- 2) 热量从硅单元向下传到电路板然后到达空气的热阻，用 θ_{JB} 表示。

1.2.4 PPC 计算 FPGA 功耗的组成部分

PPC 主要针对 FPGA 芯片在上电之后，芯片正常工作时的功耗进行分析，包含各种资源的静态和动态功耗分析。鉴于各种资源的功耗模型或者分析手段不同，PPC 的功耗分析按照以下资源类别来进行：

➤ 逻辑资源

包括 LUT, flop, gate, MUX 等可编程逻辑块内部的功耗。

➤ APM

乘法器，累加器，flop 等 APM 模块内部功耗。

➤ DRM

DRM 内部功耗。

➤ PLL

PLL 内部功耗。

➤ Clock network

Clock network 产生的功耗，占全芯片功耗的较大比例。

➤ Routing 资源

Signal routing 的功耗，占全芯片功耗的最大比例，而且随着工艺的小型化，这部分比例会越来越大。

➤ IO

IO 的功耗包括 IO 自身功耗，和 IO 驱动外部电路的功耗两个部分。

➤ Hard-IP

包括 SERDES、DDR2/3 等。

➤ 其他模块

如 Configuration RAM、CCS、解密模块、e-fuse 等。

2 功能描述

2.1 PPC 功能简介

PPC 通过遍历布局布线之后的电路网表，根据相关的配置情况（环境参数、电源电压、信号翻转率等）计算出用户设计中用到的各项资源的功耗数据。每次改变相关配置后需要重新执行 PPC 来计算功耗数据。

在执行 PPC 计算功耗之前，用户可以指定 VCD 文件用于计算信号的 toggle rate，如果没有指定 VCD 文件，软件将会根据用户指定的默认 signal activities 估算出信号的 toggle rate。

功耗数据计算完成之后，软件将会产生一个后缀为.ppr 的功耗报告文件，该文本文件以表格的形式记录了 setting 信息和 summary 信息。setting 信息包含器件、工作环境、电源电压等参数配置情况。summary 中记录了总的功耗信息、各类资源的功耗分布以及各个电源的功耗分布情况。

2.2 软件运行

2.2.1 软件执行流程

PPC 集成在 PDS 中，需通过 PDS 来运行 PPC，PDS 中提供了两种执行 PPC 的方式。

1) 双击 Flow 窗口下的 Report Power，可产生文本类型的功耗报告。

在执行 PPC 之前用户可以配置 PPC 运行的相关参数，若不进行配置，PPC 将使用默认参数计算功耗。

在 Flow 窗口中点击鼠标右键弹出菜单，如下图所示

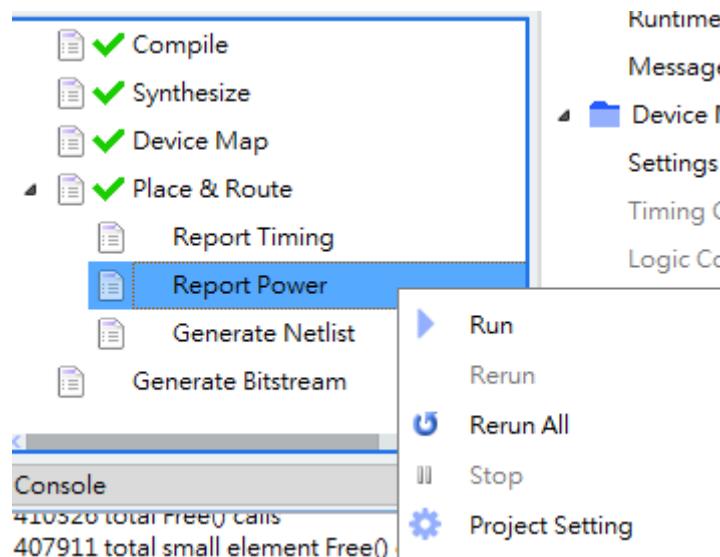


图 2-1 右键菜单配置选项

选择 Project setting, 在弹出对话框的左侧窗口中选择 Report Power, 右侧窗口跳转到 PPC 相应的配置界面。如下图所示。

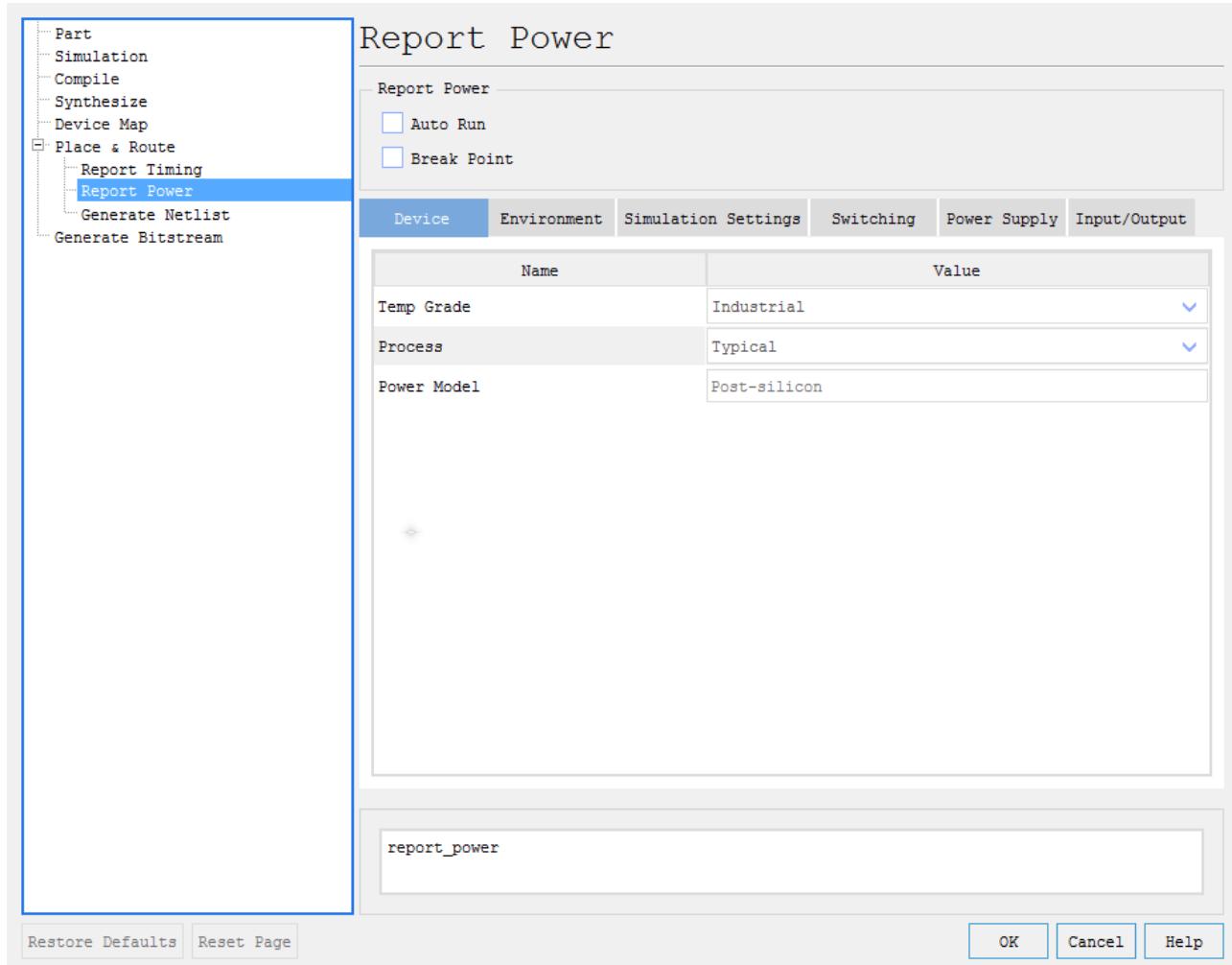


图 2-2 PPC 参数配置界面

该窗口中有两个复选框和六个 Tab 页面：Device、Environment、Simulation Settings、Switching、Power Supply 和 Input/Output 。

➤ Device 页面中，如上图所示，有两项需要用户选择的器件相关参数，更改的选项将会出现在下框中，分别如下：

Temp Grade: 温度等级，包括商业级 Commercial 和工业级 Industrial，主要影响 Environment 中结温和环境温度的设置范围。

Process: 工艺偏差，包括标准 Typical 和最差 Worst，影响最终功耗评估结果。

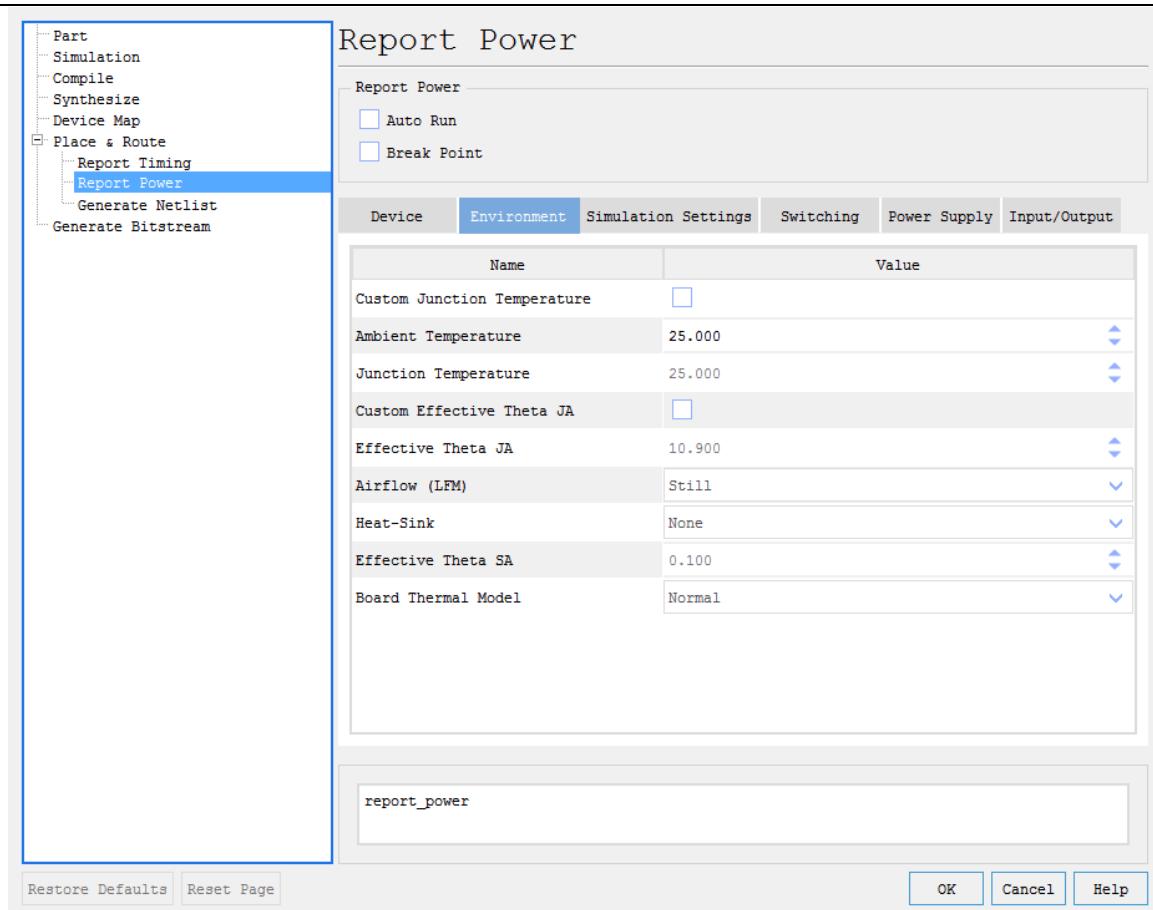


图 2-3 Environment 参数配置界面

➤ Environment 页面中，有 9 项需要用户勾选或者指定的环境参数配置，如上图所示，分别为：

Custom Junction Temperature：是否用户指定结点温度，勾选后，除了 Junction Temperature 可以设置外，其余均不可修改。不勾选则为默认值 25.000。

Ambient Temperature：环境温度，由 Device 中的 Temp Grade 的设置而定，具体为：Commercial (0~85), Industrial (-40~100)。

Junction Temperature：默认值为 25.000，同样由 Device 中的 Temp Grade 的设置而定，范围同环境温度。

Custom Effective Theta JA：是否用户指定热系数，勾选后，用户可修改默认热系数。

Effective Theta JA：芯片产生的热量扩散到外界的等效热阻抗，与器件的工艺、封装、散热等有关。

Airflow(LFM)：气流条件，有 Still, Low, Medium 和 High 四个选项。

Heat-Sink：散热情况，有 None, Custom, Low, Medium 和 High 五个选项。

Effective Theta SA：散热热阻系数，当 Heat-Sink 选为 Custom 时可修改，其余不可修改。

Board Thermal Model : 板子散热情况，有 JEDC, Best, Normal, Worst 四个选项。

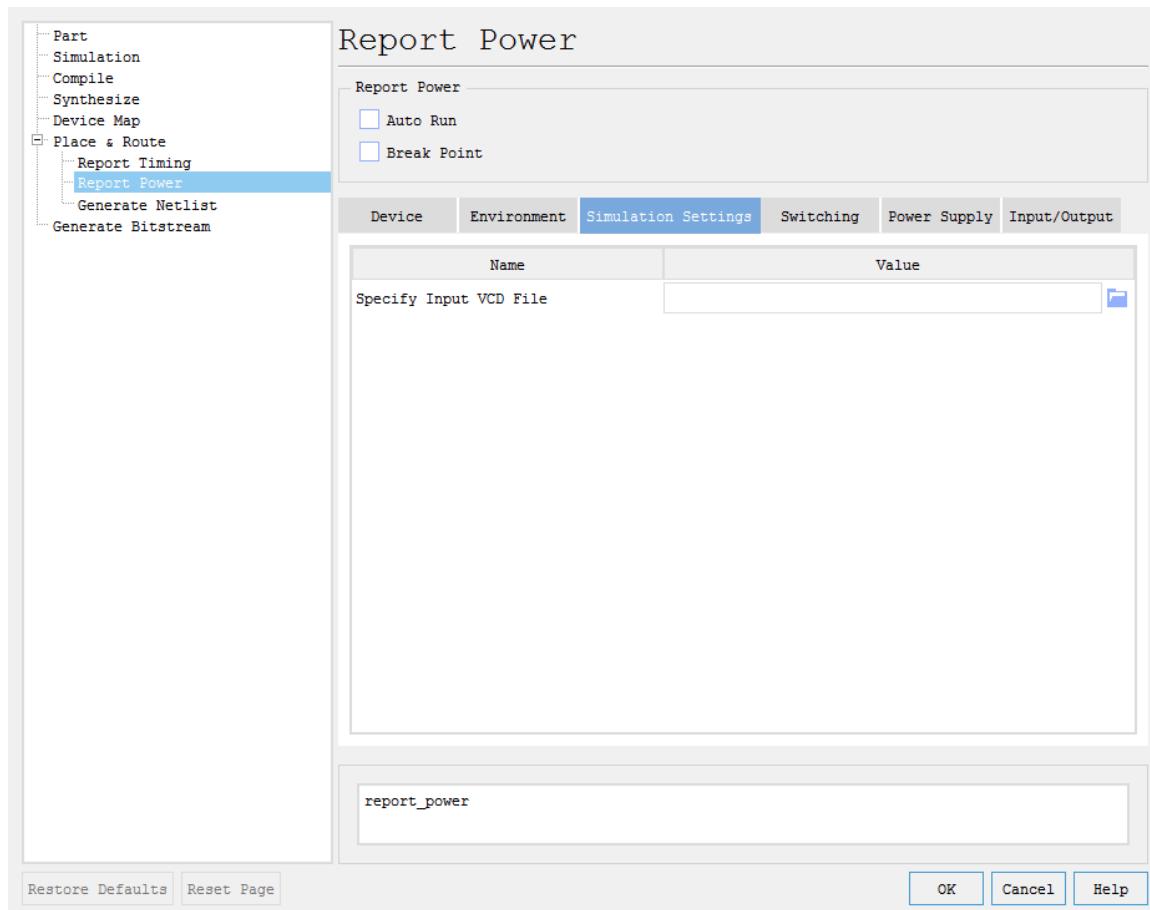


图 2-4 Simulation Settings 配置界面

➤ Simulation Settings 仿真波形设置页面中：

Specify Input VCD File: 用户指定的后仿真文件，该文件记录了仿真波形，通过该文件能够获取信号的翻转情况。

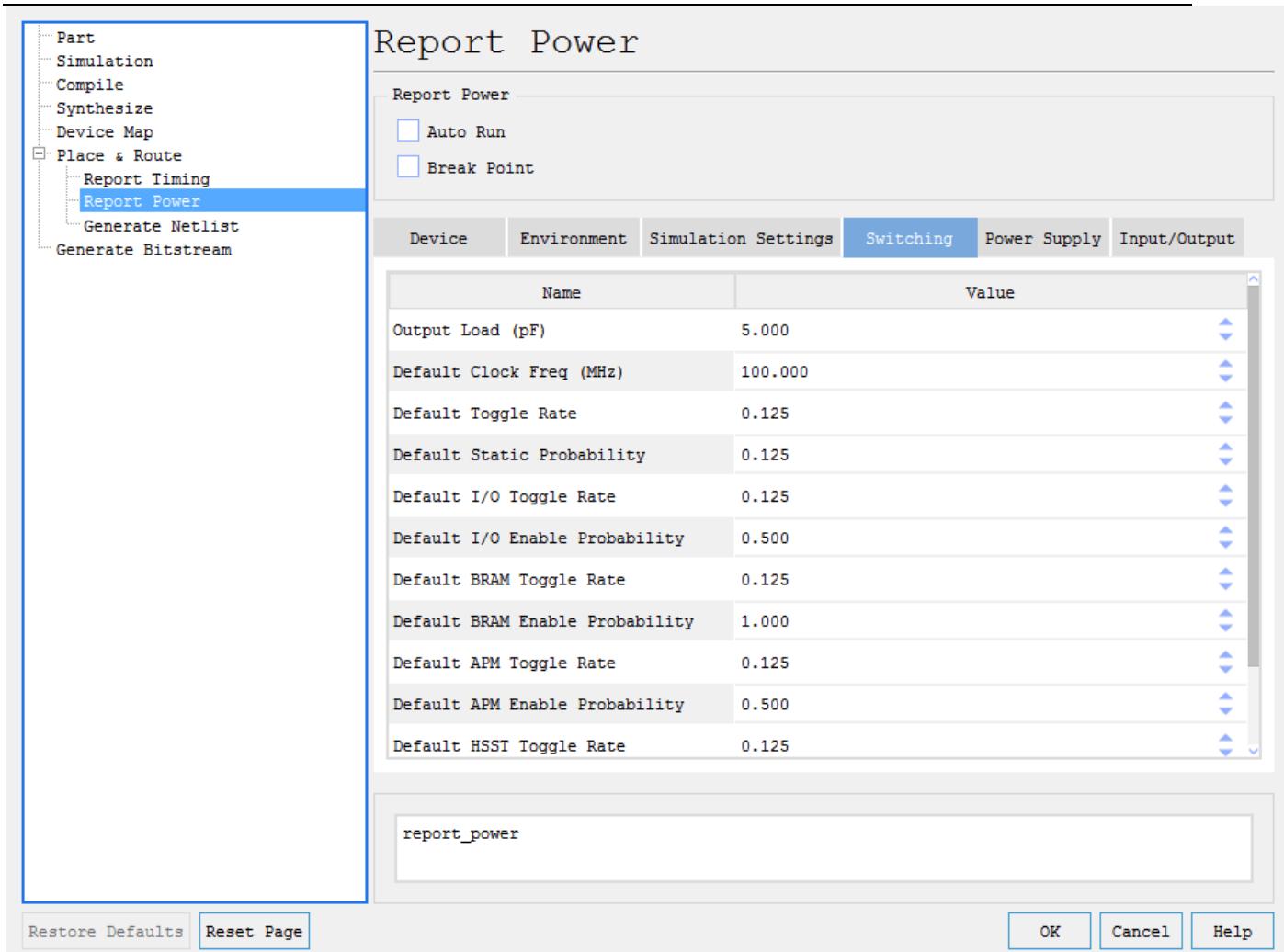


图 2-5 Switching 配置界面

➤ **Switching** : 信号相关参数配置界面如上图所示，有 12 项需要用户设置的参数值，分别为：

Output Load (pF): IO 外部负载等电容，取值为[0~50];

Default Clock Freq (MHz): 默认时钟频率[0~500];

Default Toggle Rate: 默认翻转率[0~1];

Default Static Probability: 默认静态高电平概率[0~1];

Default I/O Toggle Rate: I/O 的默认翻转率[0~1];

Default I/O Enable Probability: I/O 的默认使能概率[0~1];

Default BRAM Toggle Rate: DRM 的默认翻转率[0~1];

Default BRAM Enable Probability: DRM 的默认使能概率[0~1];

Default APM Toggle Rate: APM 的默认翻转率[0~1];

Default APM Enable Probability: APM 的默认使能概率[0~1];

Default HSST Toggle Rate: HSST 的默认翻转率[0~1];

Default HSST Enable Probability: HSST 的默认使能概率[0~1]。

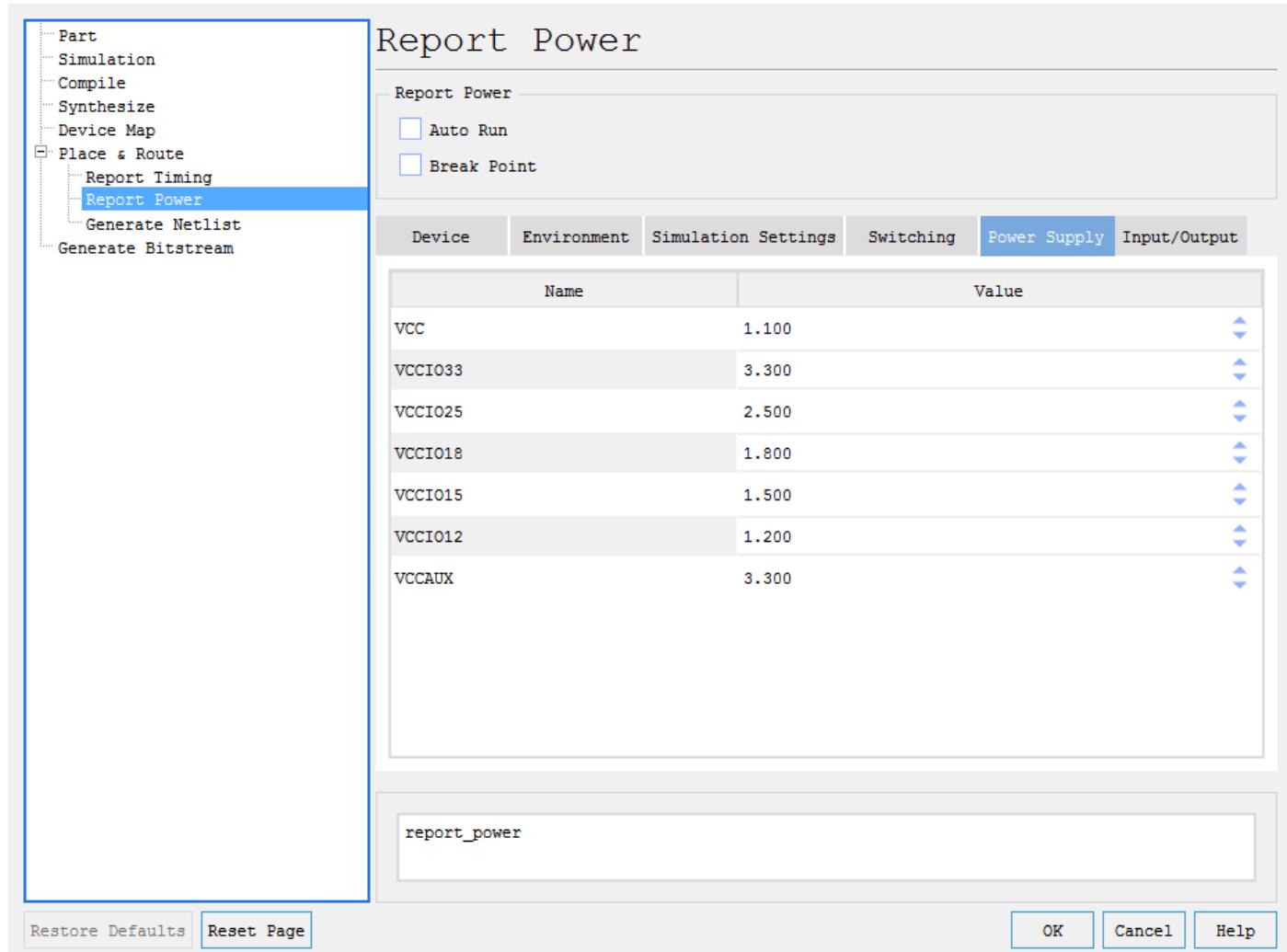


图 2-6 Power Supply 配置界面

➤ Power Supply: 主要电源电压设定界面如上图所示, 包括 7 项电压值, 分别为: Core VCC 电压[0.99-1.21]; Bank VCCIO3.3 电压[2.97-3.63]; Bank VCCIO2.5 电压[2.25-2.75]; Bank VCCIO1.8 电压[1.62-1.98]; Bank VCCIO1.5 电压[1.35-1.65]; Bank VCCIO1.2 电压[1.08 - 1.32]; 辅助电源 VCCAUX 电压[2.97-3.63]。

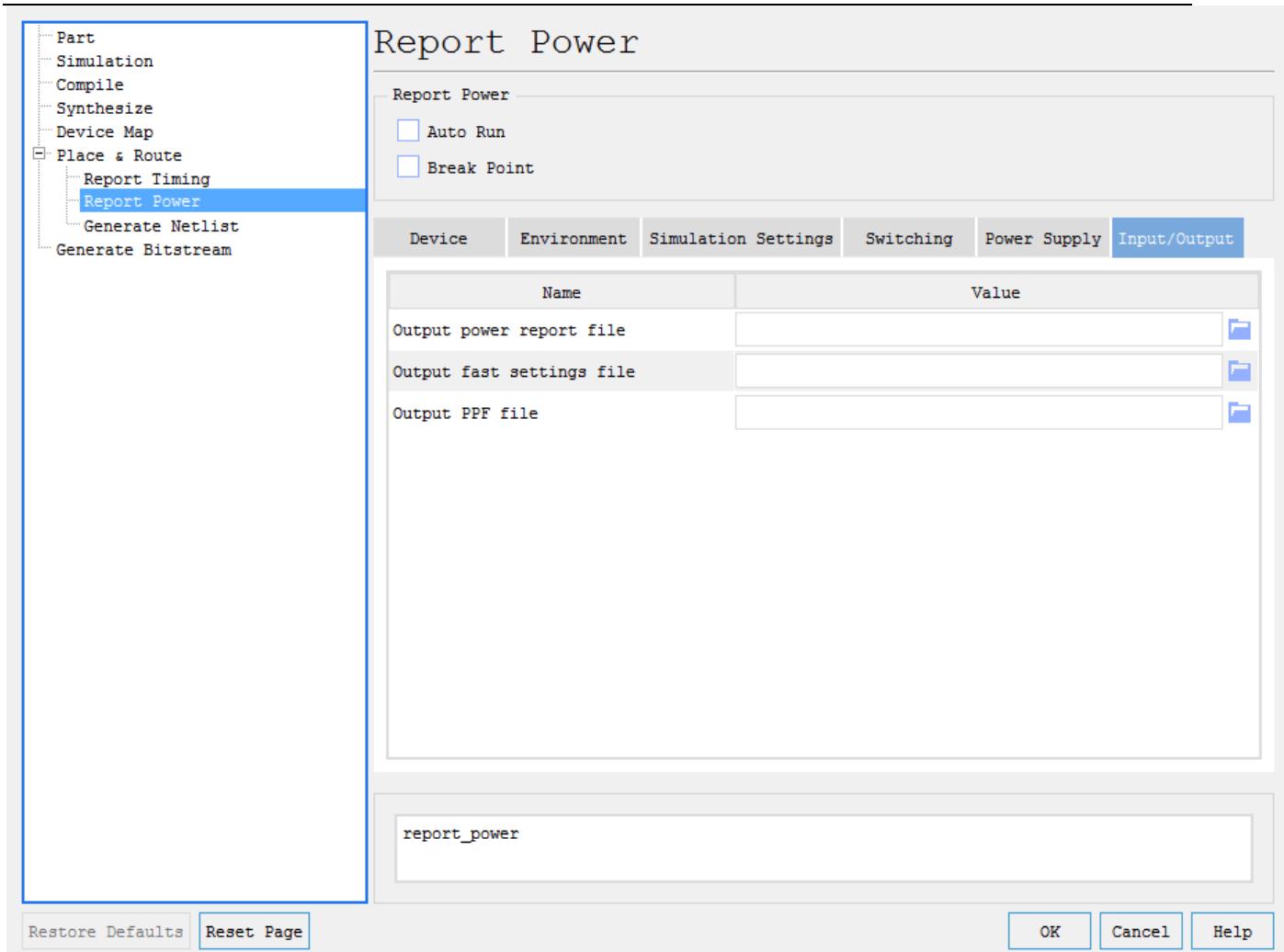


图 2-7 Input/Output 配置界面

➤ **Input/Output:** 输入输出设置界面如上图所示，主要选择导入配置文件及输出功耗文件路径。包含三项内容：

Output power report file: 功耗报告输出文件；

Output Fast settings file: 工程的功耗报告设置文件；

Output PPF file: 输出到 PPP 的功耗评估文件；

在完成配置之后点击 OK 按钮保存配置。

双击 Flow 窗口下的 Report Power 执行 PPC 功耗计算流程，如下图所示：

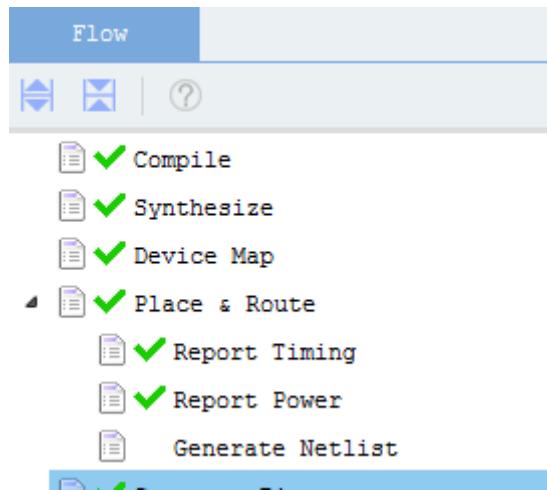


图 2-8 Flow 窗口界面

Report Power 前面会出现一个进度条指示 PPC 执行功耗计算的进度情况，若在 PPC 执行过程中出现错误，PPC 会停止执行并在 Console 窗口输出错误信息。PPC 正常完成之后，点击 PDS Report Summary 界面中 Report 窗口下的 Report Power 选项，即可在 PDS 上打开 PPC 产生的功耗报告。如下图所示：

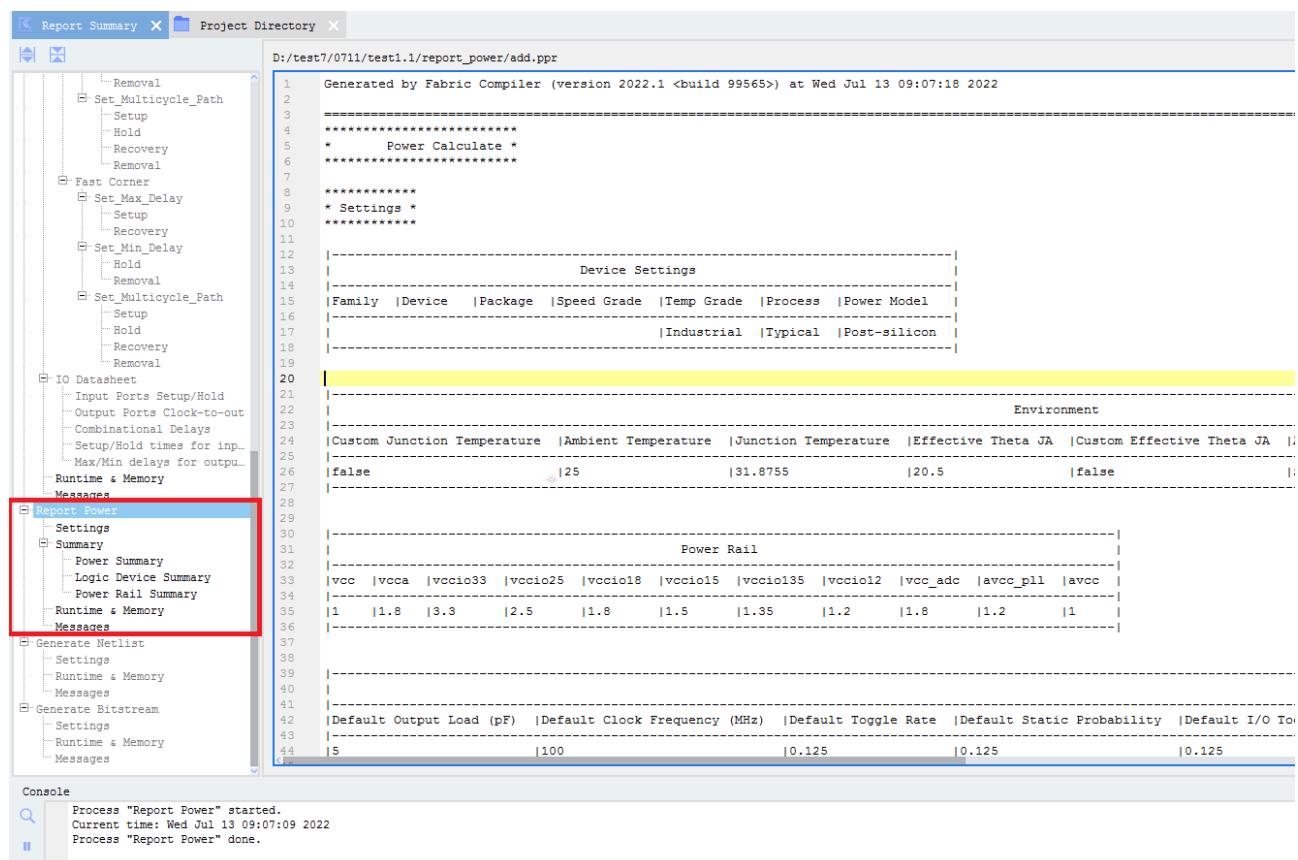


图 2-9 PPC 产生的功耗报告

2) 点击 PDS 工具栏的 Power Calculator 图标，PPC 会将功耗计算结果显示在界面中。

在 PDS 的工具栏中点击 Power Calculator 图标，如下图所示：

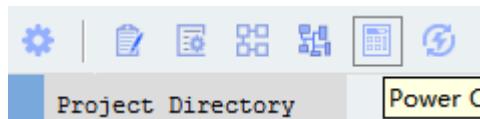


图 2-10 PDS 工具栏的 Power Calculator 图标

PPC 首先解析工程文件，加载模型文件，读取网表信息。之后弹出详细配置向导界面，如下图所示：

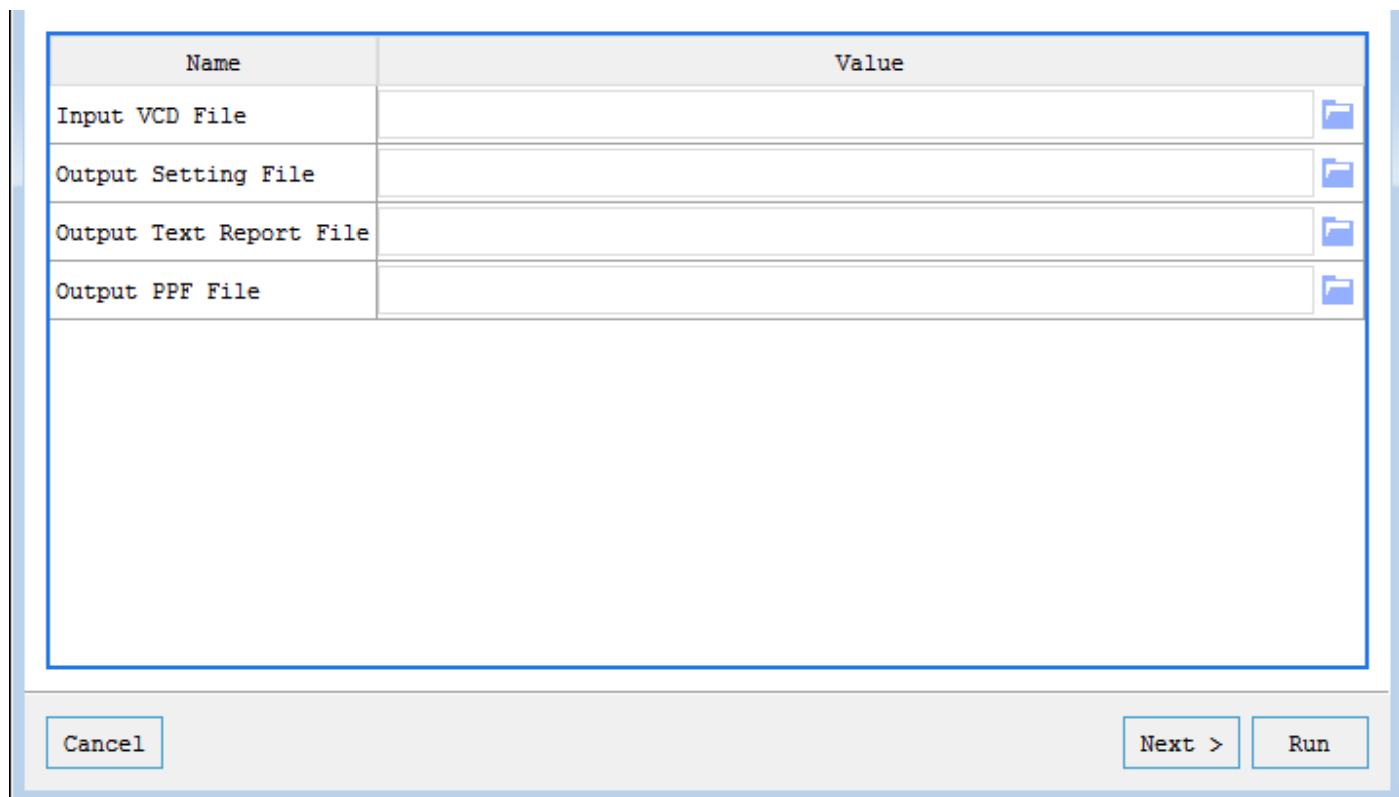


图 2-11 PPC 配置图形界面

该页面中有 2 个按钮:Next、Run。Next：跳转到下一个配置界面。Run：执行 PPC 计算功耗。

配置向导中有两个页面。分别如下：

- 文件配置向导，如上图所示。页面中有 4 个选项：

Input VCD File: 用户指定的布局布线后的仿真 VCD 文件（后仿 VCD 文件）。

Output Setting File: 用户指定输出的设置文件名和保存路径，PPC 在运行完成之后会把运行时的相关参数保存下来，若不指定则在当前工作路径下保存默认设置文件。

Output Text Report File: 用户指定输出的功耗报告文件，PPC 在运行完成之后会把功耗计算结果保存在功耗报告文件中。若不指定该文件则会在当前工作路径下保存默认功耗报告文件。

Output PPP File: 用户指定的 PPP 文件名和路径。PPP 文件可作为 PPP 的工程文件，记录了 PPC 计算功耗中所有的参数和数据。若不指定则在当前工作路径下保存默认文件。

点击 Next 按钮进入参数配置界面。

- 详细参数配置界面，该界面的参数配置会自动与 PDS 主界面设置的器件以及配置选项信息保持同步，不需要用户再重新设置一次，如下图所示。

Device Settings		Environment		Power Rail		Default Activity Rate	
Family		Ambient Temperature		Custom Junction Temperature	false	Custom Effective Theta JA	
Device		Junction Temperature		Effective Theta JA	25	Heat Sink	
Package		Effective Theta SA		Board Thermal Model	25	None	
Speed Grade		Default Output Load (pF)		Default Clock Frequency (MHz)	16.7	NA	
Temp Grade	Industrial	Default Toggle Rate		Default I/O Toggle Rate	Normal	Default BRAM Enable Rate	
Process	Typical	Default Static Probability		Default I/O Enable Rate	Still	Default BRAM Toggle Rate	
Power Model	Post-silicon	Default I/O Toggle Rate		Default APM Toggle Rate	50%	Default APM Enable Rate	
		Default HSST Toggle Rate		Default HSST Enable Rate	12.5%	Default HSST Toggle Rate	
		Default HSST Enable Rate			50%		

Device Settings		Environment		Power Rail		Default Activity Rate	
vcc	1.2	Default Output Load (pF)		Default Clock Frequency (MHz)	5	Default Toggle Rate	
vccio33	3.3	Default Static Probability		Default I/O Toggle Rate	100	Default I/O Enable Rate	
vccio25	2.5	Default I/O Toggle Rate		Default APM Toggle Rate	12.5%	Default BRAM Toggle Rate	
vccio18	1.8	Default Static Probability		Default APM Enable Rate	50%	Default BRAM Enable Rate	
vccio15	1.5	Default I/O Toggle Rate		Default HSST Toggle Rate	12.5%	Default APM Toggle Rate	
vccio12	1.2	Default I/O Enable Rate		Default HSST Enable Rate	100%	Default HSST Toggle Rate	
vcc33a	3.3	Default BRAM Toggle Rate				Default APM Enable Rate	
vcca_lane	1.2	Default BRAM Enable Rate				Default HSST Enable Rate	
vcca_pll0	1.2	Default APM Toggle Rate					
vcca_pll1	1.2	Default APM Enable Rate					

图 2-12 PPC 详细参数配置界面

该界面中有 4 个 Tab 页面分别为 Device Settings、Environment、Power Rail、Default Activity Rate。

Device Settings: 器件参数，灰色表示只读，不可改变。

Environment: 环境参数，包括温度、散热情况、空气热阻等。

Power Rail: 电源电压参数，单位为伏特(V)。

Default Activity Rate: 默认的信号翻转情况和时钟频率。

点击 Run 后，PPC 即开始进行功耗计算，此时会弹出一个包含进度条和输出窗口的对话

框，如下图所示：

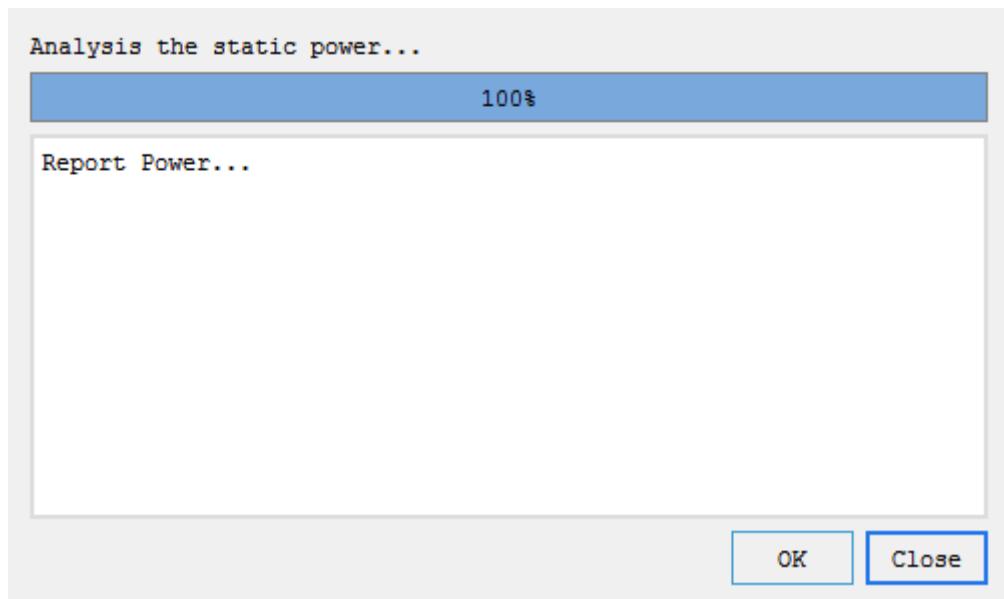


图 2-13 PPC 功耗计算窗口

进度条显示当前功耗计算的完成度，而下边的输出窗口用来输出打印信息，在功耗计算结束后，用户可以查看计算中是否有错误或者警告产生，点击 Close 按钮将关闭该对话框，点击 OK 按钮将进入主界面，当计算完成之后进度条消失，显示如下图所示的功耗报告界面。

Power Rail	Default Activity Rate
vcc	1
vcca	1.8
vccio33	3.3
vccio25	2.5
vccio18	1.8
vccio15	1.5
vccio135	1.35
vccio12	1.2
vcc_adc	1.8

	Default Activity Rate
Default Output Load (pF)	5
Default Clock Frequency (MHz)	100
Default Toggle Rate	12.5%
Default Static Probability	12.5%
Default I/O Toggle Rate	12.5%
Default I/O Enable Rate	50%
Default BRAM Toggle Rate	12.5%
Default BRAM Enable Rate	100%
Default APM Toggle Rate	12.5%

图 2-14 PPC 界面的功耗报告

2.2.2 索引窗口

左上角的索引窗口包括 Setting、Summary、Device 三个选项，如下图所示：

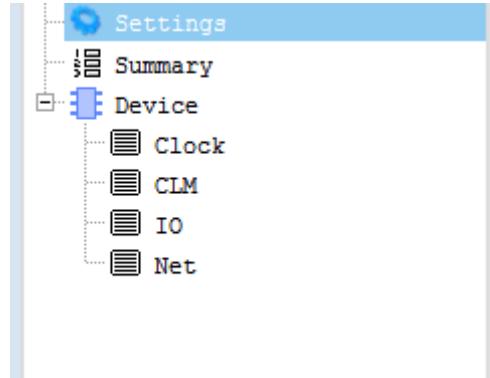
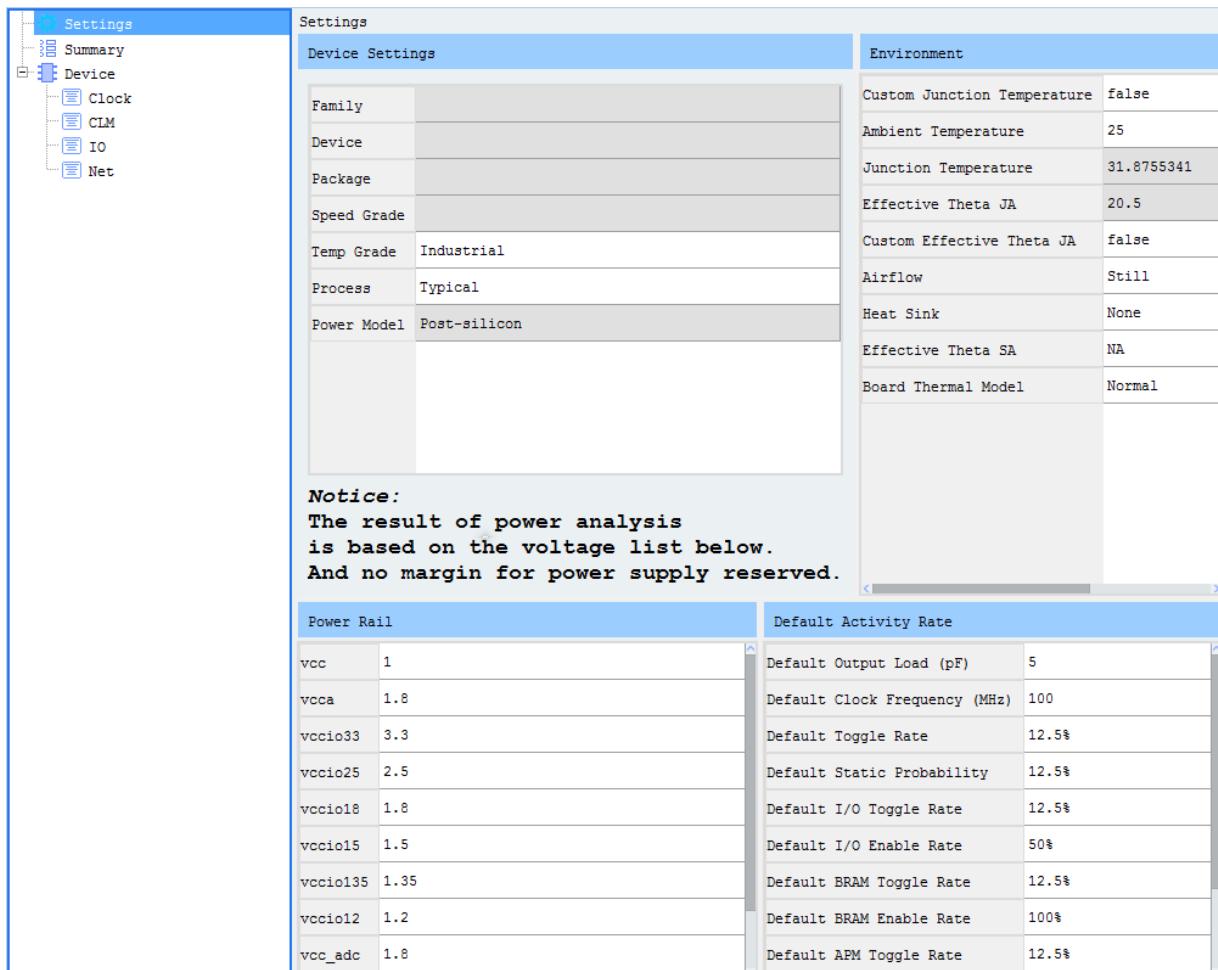


图 2-15 功耗报告的索引窗口

2.2.3 Setting 页面

点击 Setting 选项打开的页面可以看到用户在 Configure 界面所进行的设置，如下图所示：



Device Settings	
Family	
Device	
Package	
Speed Grade	
Temp Grade	Industrial
Process	Typical
Power Model	Post-silicon

Environment	
Custom Junction Temperature	false
Ambient Temperature	25
Junction Temperature	31.8755341
Effective Theta JA	20.5
Custom Effective Theta JA	false
Airflow	Still
Heat Sink	None
Effective Theta SA	NA
Board Thermal Model	Normal

Power Rail	
vcc	1
vcca	1.8
vccio33	3.3
vccio25	2.5
vccio18	1.8
vccio15	1.5
vccio135	1.35
vccio12	1.2
vcc_adc	1.8

Default Activity Rate	
Default Output Load (pF)	5
Default Clock Frequency (MHz)	100
Default Toggle Rate	12.5%
Default Static Probability	12.5%
Default I/O Toggle Rate	12.5%
Default I/O Enable Rate	50%
Default BRAM Toggle Rate	12.5%
Default BRAM Enable Rate	100%
Default APM Toggle Rate	12.5%

图 2-16 Setting 界面

界面提示信息“Notice: The result of power estimation is based on the voltage list below, And

no margin for power supply reserved”, 说明是以当前设定电压评估功耗，没有预留电源纹波影响的余量。

2. 2. 4 Summary 页面

在 Summary 页面上，用户可以查看整体的功耗信息。如下图所示：

Summary				
Power Summary		Logic Device Summary		
Total On Chip Power	0.147409431	Device	Power	Percent
Static Power	0.102290675	Clock	4.8502704e-06	0.00329034%
External Power	0	CLM	2.2286208e-07	0.000151186%
Junction Temperature	27.4617375	IO	0.04510815	30.6006%
Thermal Margin	72.5382625	DRM	0	0%
Power Margin	4.34360853	APM	0	0%
		PLL	0	0%
		HSST	0	0%
		PCIE	0	0%
		Net	5.5323035e-06	0.00375302%
Power Rail Summary				
Power Rail	Voltage	Current	External Current	On Chip Power
vcc	1.2	0.0552694126	0	0.0663232951
vccio33	3.3	0.01345	0	0.044385
vccio25	2.5	0	0	0
vccio18	1.8	0	0	0
vccio15	1.5	0	0	0
vccio12	1.2	0	0	0
vcc33a	3.3	0.0111215563	0	0.0367011358
vcca_lane	1.2	0	0	0
vcca_pll0	1.2	0	0	0
vcca_pll1	1.2	0	0	0

图 2-17 Summary 界面

Power Summary 页面简明的显示了芯片功耗和温度的相关情况，包括总的片上功耗，静态功耗，外部功耗，结点温度等。

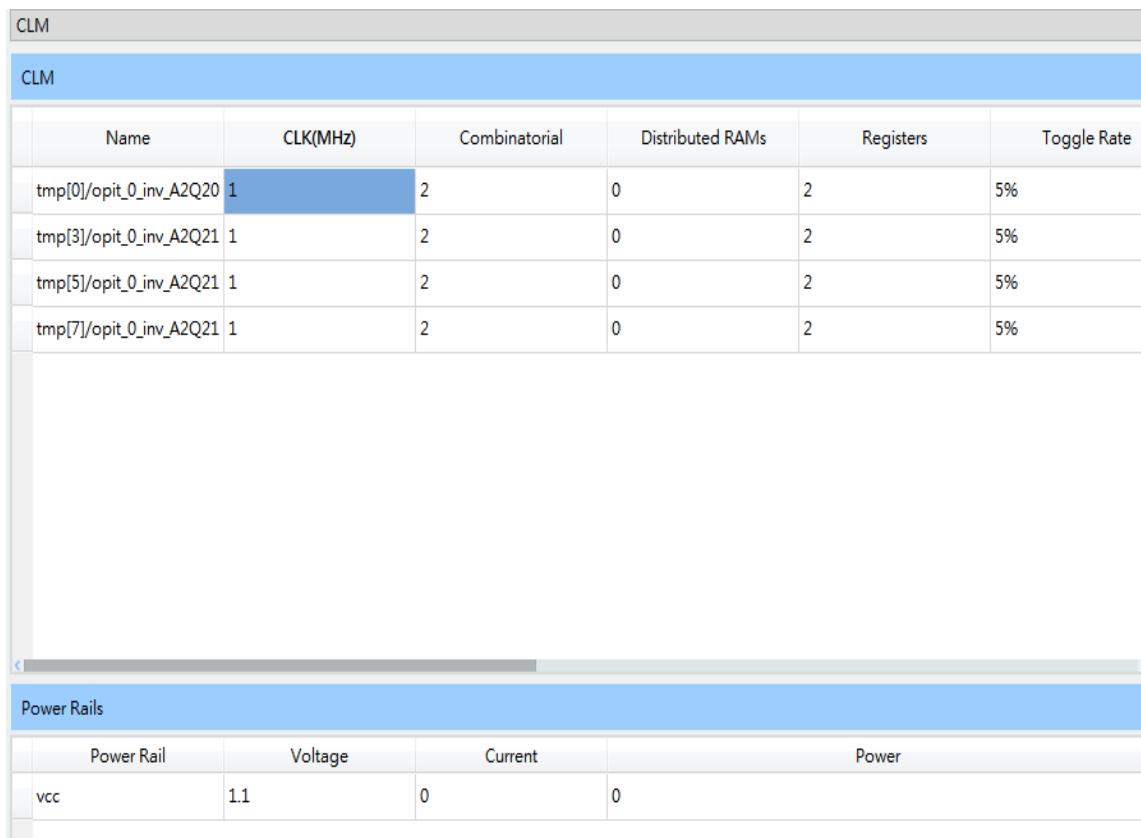
Logic Device Summary 页面显示了不同资源的功耗及各个资源功耗所占总功耗的比例。

Power Rail Summary 面板显示了不同电源的电流值及估算出的功耗值。

这个页面中的所有数据都是不可编辑的只读数据，这些数据反映了用户设计的功耗和分布情况。

2. 2. 5 Device 页面

Device 下的选项对应芯片中各类资源的配置和功耗计算数据页面。主要包括：Clock、DRM、CLM、IO、APM、PLL 和 Net 等。本列只显示被使用了的资源的信息，未使用的资源将不会显示。点击这些选项可以查看这些资源的使用情况和功耗数据，如下图所示为 CLM 的数据页面。



The screenshot shows the Device interface with two main sections:

- CLM** section: A table showing resource usage for four logic elements (tmp[0] to tmp[7]).
- Power Rails** section: A table showing power consumption for one rail (vcc).

Name	CLK(MHz)	Combinatorial	Distributed RAMs	Registers	Toggle Rate
tmp[0]/opit_0_inv_A2Q20	1	2	0	2	5%
tmp[3]/opit_0_inv_A2Q21	1	2	0	2	5%
tmp[5]/opit_0_inv_A2Q21	1	2	0	2	5%
tmp[7]/opit_0_inv_A2Q21	1	2	0	2	5%

Power Rail	Voltage	Current	Power
vcc	1.1	0	0

图 2-18 Device 界面

注：

PPC 所有文件所在文件夹名：只允许字母数字下划线（_）杠（-）点（.）@ 和空格（ ），但空格不能出现在路径名首尾；

文件名：只允许字母数字下划线（_）杠（-）点（.）

免责声明

版权声明

本文档版权归深圳市紫光同创电子有限公司所有，并保留一切权利。未经书面许可，任何公司和个人不得将此文档中的任何部分公开、转载或以其他方式披露、散发给第三方。否则，公司必将追究其法律责任。

免责声明

1、本文档仅提供阶段性信息，所含内容可根据产品的实际情况随时更新，恕不另行通知。如因本文档使用不当造成的直接或间接损失，本公司不承担任何法律责任。

2、本文档按现状提供，不负任何担保责任，包括对适销性、适用于特定用途或非侵权性的任何担保，和任何提案、规格或样品在他处提到的任何担保。本文档在此未以禁止反言或其他方式授予任何知识产权使用许可，不管是明示许可还是暗示许可。

3、公司保留任何时候在不事先声明的情况下对公司系列产品相关文档的修改权利。