

# PCB 计算器

## Table of Contents

介绍 .....	1
计算器 .....	2
稳压器 .....	2
RF 衰减器 .....	3
E 系列 .....	3
色环 .....	4
传输线 .....	4
过孔外径 .....	6
布线宽度 .....	6
电气间距 .....	7
电路板类型 .....	7

## 参考手册

### Copyright

本文件的版权（C）2019-2021 年由下列贡献者所拥有。您可以根据 GNU 通用公共许可证（<http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>）第 3 版或更高版本，或知识共享署名许可证（<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>）第 3.0 版或更高版本的条款发布它和/或修改它。

### Contributors

Heitor de Bittencourt. Mathias Neumann

### 翻译人员

taotieren <[admin@taotieren.com](mailto:admin@taotieren.com)>, 2019-2024.

### Feedback

KiCad 项目欢迎与软件或其文档相关的反馈、错误报告和建议。有关如何提交反馈或报告问题的详细信息，请参阅 <https://www.kicad.org/help/report-an-issue/> 上的说明

## 介绍

KiCad PCB 计算器是一组实用程序，可帮助您查找布局的元件或其他参数的值。计算器具有以下工具：

- 稳压器
- 布线宽度
- 电气间距
- 传输线

射频衰减器

- 色环电阻
- 电路板类型

## 计算器

### 稳压器

该计算器有助于找到线性和低压差稳压器所需的电阻值。

The screenshot shows the 'PCB 计算器' (PCB Calculator) application window. The '稳压器' (Voltage Regulator) tab is selected. On the left, a schematic diagram shows a voltage regulator with input  $V_{in}$ , output  $V_{out}$ , and a reference voltage  $V_{ref}$  connected to a divider of resistors  $R_1$  and  $R_2$ . The '类型' (Type) dropdown is set to '标准' (Standard). Input fields are:  $R_1$  (30 k $\Omega$ ),  $R_2$  (10 k $\Omega$ ),  $V_{out}$  (12 V),  $V_{ref}$  (3 V), and  $I_{adj}$  (0  $\mu$ A). Buttons for '计算' (Calculate) and '重置为默认值' (Reset to Default) are present. A formula box displays  $V_{out} = V_{ref} \times (R_1 + R_2) / R_2$ . At the bottom right, there are buttons for '编辑稳压器' (Edit Regulator), '添加稳压器' (Add Regulator), and '移除稳压器' (Remove Regulator).

对于 **标准型**，输出电压  $V_{out}$  作为参考电压  $V_{ref}$  和电阻  $R_1$  和  $R_2$  的函数，由以下公式给出：

$$V_{out} = V_{ref} \cdot \left( \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right)$$

对于 **\_3 端子类型\_**，由于从调整引脚流过的静态电流  $I_{adj}$ ，有一个校正系数：

$$V_{out} = V_{ref} \cdot \left( \frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) + I_{adj} \cdot R_2$$

该电流通常低于 100uA，可以谨慎忽略。

要使用这个计算器，请输入稳压器的参数 *Type*、*Vref*，如果需要，请输入 *Iadj*，选择你要计算的字段（其中一个电阻或输出电压），并输入其他两个值。

## RF 衰减器

利用射频 (RF) 衰减器工具，你可以计算出不同类型衰减器所需的电阻值：

- PI (π) 型
- T 型
- 桥式三通
- 电阻分压型

要使用这个工具，首先选择你需要的衰减器类型，然后输入所需的衰减（单位：dB）和输入/输出阻抗（单位：欧姆）。

PCB 计算器

稳压器RF 衰减器E 系列色环电阻传输线过孔外径布线宽度电气间距电路板类别

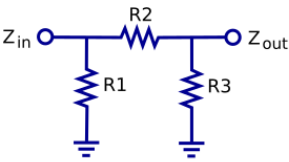
衰减器

☒ Pi

☐ T 型

☐ 桥 T 型

☐ 电阻分压器



参数

衰减 (a):6dB

输入阻抗 (Zin):50Ω

输出阻抗 (Zout):50Ω

计算

↓

值

R1:150.476Ω

R2:37.3519Ω

R3:150.476Ω

消息

计算公式

π 型衰减器

*a* 为衰减 (单位为 dB )

*Z<sub>in</sub>* 为期望的输入阻抗 (单位为 Ω )

*Z<sub>out</sub>* 为期望的输出阻抗 (单位为 Ω )

$$L = 10^{a/20}$$
$$A = (L+1) / (L-1)$$
$$R2 = (L-1) / 2 \cdot \sqrt{(Z_{in} \cdot Z_{out} / L)}$$
$$R1 = 1 / (A/Z_{in} - 1/R2)$$
$$R3 = 1 / (A/Z_{out} - 1/R2)$$

## E 系列

这个计算器可以帮助确定满足所需电阻的标准 E 系列电阻的组合，可以选择排除几个没有的电阻值。

3

PCB 计算器

稳压器

RF 衰减器

E 系列

色环电阻

传输线

过孔外径

布线宽度

电气间距

电路板类别

输入

所需电阻: 4.6 kΩ

排除值 1: kΩ

排除值 2: kΩ

☐ E1

☐ E3

☒ E6

☐ E12

☐ E24

解决方案

简单的解决方案: 4K7 | 220K0 错误: -0.04 %

3R 解决方案: 4K7 | ( 68K + 150K ) 错误: -0.02 %

4R 解决方案: 100R + 100R + 2K2 + 2K2 错误: 精确 %

计算

帮助

E 系列是在 IEC (国际电工委员会) 60063 中定义的。  
可用值在对数刻度上近似等距。  
E24(5%): 1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.7 3.0 3.3 3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1  
E12(10%): 1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.8 8.2  
E6(20%): 1.0 - 1.5 - 2.2 - 3.3 - 4.7 - 6.8 -  
E3(50%): 1.0 - - 2.2 - - 4.7 - - -  
E1: 1.0 - - - - - - - - -  
• 这个计算器可以查找标准 E 系列 (在 10 Ω 和 1 MΩ 之间) 的组合以创建任意的数值。  
• 您可以输入 0.0025 到 4000 kΩ 之间所需的电阻。  
• 给出了最多使用 4 个元件的解决方案。  
所要求的值总是被排除在解决方案集之外。  
如果出现元件可用性问题, 最多可以排除两个额外的值。  
解决方案依照下列格式提供:  
R1 + R2 +...+ Rn 串联电阻  
R1 | R2 |...| Rn 并联电阻  
R1 + (R2 | R3)... 以上任意组合

## 色环

此计算器有助于将电阻器的颜色条转换为其值。要使用它, 首先选择电阻的 公差 : 10%, 5% 或等于或小于 2%。  
例如 :

- 黄 紫 红 金 :  $47 \times 100 \pm 5\% = 4700\Omega$ , 5% 公差
- 1kΩ, 1% 公差 : 棕 黑 棕 棕

PCB 计算器

稳压器

RF 衰减器

E 系列

色环电阻

传输线

过孔外径

布线宽度

电气间距

电路板类别

误差

☒ 10% / 5%

☐ <= 2%

	第一环	第二环	第三环	乘数	误差
Black 0	0	0	0	x 1	
Brown 1	1	1	1	x 10	± 1%
Red 2	2	2	2	x 100	± 2%
Orange 3	3	3	3	x 1k	
Yellow 4	4	4	4	x 10k	
Green 5	5	5	5	x 100k	± 0.5%
Blue 6	6	6	6	x 1M	± 0.25%
Violet 7	7	7	7	x 10M	± 0.10%
Gray 8	8	8	8	x 100M	± 0.05%
White 9	9	9	9	x 1G	
Gold				x 0.1	± 5%
Silver				x 0.01	± 10%

## 传输线

传输线理论是射频和微波工程教学的一个基石。

在计算器中，您可以选择不同种类的线类型及其特殊参数。实现的模型依赖于频率,因此它们不同意在高（足够）频率下更简单的模型。

这个计算器在很大程度上是基于 [Transcalc](#)。

传输线路类型及其数学模型的参考如下：

- 微带线：
  - H. A. Atwater, "Simplified Design Equations for Microstrip Line Parameters"(微带线参数简化设计方程),《微波杂志》,第 109-115 页,1989 年 11 月。
- 共面波导。
- 具有地平面的共面波导。
- 矩形波导:
  - S. Ramo, J. R. Whinnery 和 T. van Duzer, "Fields and Waves in Communication Electronics" (通信电子学中的场和波) , Wiley-India, 2008, ISBN: 9788126515257。
- 同轴线。
- 耦合微带线:
  - H. A. Atwater, "Simplified Design Equations for Microstrip Line Parameters"(微带线参数简化设计方程),《微波杂志》,第 109-115 页,1989 年 11 月。
  - M. Kirschning 和 R. H. Jansen,"Accurate Wide-Range Design Equations for the Frequency-Dependent Characteristic of Parallel Coupled Microstrip Lines," (平行耦合微带线频率依赖特性的精确广范围设计方程) , 在 IEEE 微波理论与技术汇刊, 第 32 卷, 第 1 卷, 第 83-90 页,1984 年 1 月。doi:10.1109/TMTT.1984.1132616。
  - Rolf Jansen, "High-Speed Computation of Single and Coupled Microstrip Parameters Including Dispersion, High-Order Modes, Loss and Finite Strip Thickness" (单和耦合微带参数的高速计算,包括分散、高阶模式、损耗和有限条带厚度) ,IEEE 汇刊。MTT,第 26 卷,第 2 期,第 75-82 页,1978 年 2 月。
  - S. March, "Microstrip Packaging: Watch the Last Step" (微带封装：看最后一步) ,微波,第 20 卷,第 13 页,第 83.94 页,1981 年 12 月。
- 带状线。
- 双绞线。

PCB 计算器

稳压器 RF 衰减器 E 系列 色环电阻 传输线 过孔外径 布线宽度 电气间距 电路板类别

传输线类型

- ☒ 微带线
- ☐ 共面波导
- ☐ 共面波导与接地层
- ☐ 矩形波导
- ☐ 同轴线
- ☐ 耦合微带线
- ☐ 带状线
- ☐ 双绞线

基板参数

er: 4.6

tan δ: 0.02

ρ: 1.72e-08

H: 0.2 mm

H(top): 1e+20 mm

T: 0.035 mm

粗糙度: 0 mm

μ(基): 1

μ(导): 1

物理参数

W: 0.2 mm

L: 50 mm

↓ 分析 合成 ↑

电气参数

Z0: 50 Ω

Ang. I: 0 rad (拉德)

结果

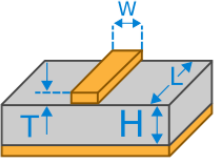
有效 er:

导体损耗:

介电损耗:

趋肤深度:

重置为默认值



## 过孔外径

过孔尺寸工具可计算给定电镀化过孔或过孔的电气和热性能。

PCB 计算器

稳压器 RF 衰减器 E 系列 色环电阻 传输线 过孔外径 布线宽度 电气间距 电路板类别

参数

成品通孔直径 (D): 0.4 mm

镀层厚度 (T): 0.035 mm

过孔长度: 1.6 mm

过孔焊盘外径: 0.6 mm

间隙孔直径: 1.0 mm

Z0: 50 Ω

应用电流: 1 A

镀层电阻率: 1.72e-8 Ω·m

基板相对介电常数: 4.5

温升: 10 °C

脉冲上升时间: 1 ns

结果

阻抗: 0.000575362 Ω

压降: 0.000575362 V

电源损耗: 0.000575362 W

热阻: 83.2937 °C/W

估计的载流量: 2.9993 A

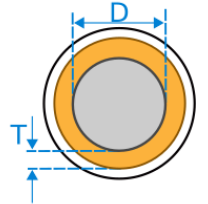
电容: 0.599508 pF

上升时间下降: 32.9729 ps

电感: 1.20723 nH

电抗: 3.79262 Ω

重置为默认值



## 布线宽度

布线宽度工具计算出在给定电流和温升下印刷电路板导体的布线宽度。它使用 IPC-2221（以前是 IPC-D-275）的公式。

PCB 计算器

稳压器RF 衰减器E 系列色环电阻传输线过孔外径布线宽度电气间距电路板类别

参数

电流 (I):1.0A

温升 (ΔT):10.0°C

导线长度:20mm

铜电阻率:1.72e-08Ω·m

如果你指定最大电流，则会计算相应的布线宽度。

如果你指定其中一个布线宽度，则将计算它可以处理的最大电流。然后将计算另外的同样处理此电流的布线宽度。

控制值以粗体显示。

计算适用于最大 35A（外部）或 17.5A（内部）的电流、高达 100 °C 的温升和最多 400mil（10mm）的宽度。

来自 IPC 2221 的该公式，为

$$I = K D^{\Delta T^{0.44}} \left( \frac{V}{H} \right)^{0.725}$$

其中：I = 最大电流（单位：A 安培） ΔT = 环境温度温升（单位：°C 摄氏度） V = 布线的宽度（单位：mil 密耳） H = 布线的厚度（单位：mil 密耳） K = 0.024 用于内部布线，0.048 用于外部布线

外层布线

布线宽度 (W):0.300387mm

线路厚度 (H):0.035mm

截面积:0.0105135mm²

阻抗:0.0327197Ω

压降:0.0327197V

电源损耗:0.0327197W

内层布线

布线宽度 (W):0.781437mm

线路厚度 (H):0.035mm

截面积:0.0273503mm²

阻抗:0.0125776Ω

压降:0.0125776V

电源损耗:0.0125776W

重置为默认值

## 电气间距

该表有助于找到导体之间的最小间隙。

表格的每一行都有一个给定电压（直流 (DC) 或交流 (AC) 峰值）范围的导体之间的最小建议距离。如果你需要高于 500V 的电压值，请在左角的方框中输入数值并按 **更新数值**。

PCB 计算器

稳压器

RF 衰减器

E 系列

色环电阻

传输线

过孔/外径

布线宽度

电气间距

电路板类别

mm

电压 > 500 V:  
500  
更新电压值

注意: 表内数值最小值 (来自《IPC-2221 印制板通用设计标准》)

	B1	B2	B3	B4	A5	A6	A7
0 .. 15 V	0.05	0.1	0.1	0.05	0.13	0.13	0.13
16 .. 30 V	0.05	0.1	0.1	0.05	0.13	0.25	0.13
31 .. 50 V	0.1	0.6	0.6	0.13	0.13	0.4	0.13
51 .. 100 V	0.1	0.6	1.5	0.13	0.13	0.5	0.13
101 .. 150 V	0.2	0.6	3.2	0.4	0.4	0.8	0.4
151 .. 170 V	0.2	1.25	3.2	0.4	0.4	0.8	0.4
171 .. 250 V	0.2	1.25	6.4	0.4	0.4	0.8	0.4
251 .. 300 V	0.2	1.25	12.5	0.4	0.4	0.8	0.8
301 .. 500 V	0.25	2.5	12.5	0.8	0.8	1.5	0.8
> 500 V	0.25	2.5	12.5	0.8	0.8	1.5	0.8

\* B1 - 内层导体

\* B2 - 外层导体, 无涂层, 海拔高度 3050 米

\* B3 - 外层导体, 无涂层, 海拔高度 3050 米 以上

\* B4 - 外层导体, 无涂层, 永久性聚合物涂层 (任何高度)

\* A5 - 外层导体, 装配上有保形涂层 (任何高度)

\* A6 - 外部元件引线/端接, 无涂层

\* A7 - 外部元件引线/端接, 带保形涂层 (任何高度)

## 电路板类型

## 性能等级

在 IPC-6011 中，已经建立了三个性能等级

- Class 1 General Electronic Products:** Includes consumer products, some computer and computer peripherals suitable for applications where cosmetic imperfections are not important and the major requirement is function of the completed printed board.
- Class 2 Dedicated Service Electronic Products:** Includes communications equipment, sophisticated business machines, instruments where high performance and extended life is required and for which uninterrupted service is desired but not critical. Certain cosmetic imperfections are allowed.
- Class 3 High Reliability Electronic Products:** Includes the equipment and products where continued performance or performance on demand is critical. Equipment downtime cannot be tolerated and must function when required such as in life support items or flight control systems. Printed boards in this class are suitable for applications where high levels of assurance are required and service is essential.

## PCB 类型

在 IPC-6012B 中，还定义了 6 种类型的 PCB：

- 无电镀通孔的电路板 (1)
  - 1 单面板
- 和带电镀通孔的电路板 (2-6)
  - 2 双面板
  - 3 无盲孔或埋孔的多层板
  - 4 带有盲孔和/或埋孔的多层板
  - 5 无盲孔或埋孔的多层金属芯板
  - 6 带有盲孔和/或埋孔的多层金属芯板

PCB 计算器

稳压器

RF 衰减器

E 系列

色环电阻

传输线

过孔外径

布线宽度

电气间距

电路板类别

注意: 该值为最小值

mm

	类别 1	类别 2	类别 3	类别 4	类别 5	类别 6
线宽	0.8	0.5	0.31	0.21	0.15	0.12
最小间距	0.68	0.5	0.31	0.21	0.15	0.12
过孔: (外径 - 内径)	--	--	0.45	0.34	0.24	0.2
金属化焊盘: (外径 - 内径)	1.19	0.78	0.6	0.49	0.39	0.35
非金属化焊盘: (外径 - 内径)	1.57	1.13	0.9	--	--	--