



## **PCB Calculator**

**22 апреля 2019 г.**

---

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Калькуляторы</b>	<b>2</b>
2.1	Регуляторы . . . . .	2
2.2	Ширина дорожки . . . . .	2
2.3	Электрический зазор . . . . .	3
2.4	Линия передачи . . . . .	3
2.5	СВЧ аттенюатор . . . . .	4
2.6	Цветовой код . . . . .	4
2.7	Классы плат . . . . .	5

---

*Справочное руководство*

## Авторские права

Авторские права © 2019 на данный документ принадлежит его разработчикам (соавторам), перечисленным ниже. Документ можно распространять и/или изменять в соответствии с правилами лицензии GNU General Public License (<http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>), версии 3 или более поздней, или лицензии типа Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), версии 3.0 или более поздней.

## Соавторы

Neitor de Bittencourt. Mathias Neumann

## Перевод

Барановский Константин <[baranovskiykonstantin@gmail.com](mailto:baranovskiykonstantin@gmail.com)>, 2019

## Отзывы

Оставить свои комментарии или замечания можно на следующих ресурсах:

- О документации KiCad: <https://github.com/KiCad/kicad-doc/issues>
- О программном обеспечении KiCad: <https://bugs.launchpad.net/kicad>
- О переводе программного обеспечения KiCad: <https://github.com/KiCad/kicad-i18n/issues>

## Дата публикации и версия ПО

04 марта 2019 года

# 1 Введение

Калькулятор предоставляет возможность вычислить наиболее важные параметры не покидая KiCad.

Калькулятор содержит следующие инструменты:

- Регуляторы
  - Ширина дорожки
  - Электрический зазор
  - Линия передачи
  - СВЧ аттенюатор
  - Цветовой код
  - Классы плат
-

## 2 Калькуляторы

### 2.1 Регуляторы

Этот калькулятор помогает определить сопротивление резисторов, необходимых для линейных регуляторов напряжения и регуляторов с низким падением напряжения.

The screenshot shows the 'Regulators' tab in the PCB Calculator. On the left is a schematic diagram of a linear voltage regulator with a feedback network consisting of two resistors, R1 and R2. The input is labeled Vin, the reference voltage is Vref, and the output is Vout. On the right, the software interface has several input fields: R1 (10 кОм), R2 (10 кОм), Vout (12 В), Vref (3 В), and Iadj (0 мкА). There is a 'Calculate' button. Below the inputs, there are fields for 'Стабилизатор:' and 'Файл стабилизаторов:'. At the bottom, the formula  $V_{out} = V_{ref} \cdot (R1 + R2) / R2$  is displayed.

Для стандартного типа регуляторов, выходное напряжение  $V_{out}$  является функцией от опорного напряжения  $V_{ref}$  и сопротивления резисторов  $R1$  и  $R2$ , и вычисляется по формуле:

$$V_{out} = V_{ref} \cdot \left( \frac{R1 + R2}{R1} \right)$$

В случае с 3-х выводным типом регуляторов, коэффициент понижения напряжения основывается на величине стабильного тока  $I_{adj}$ , выходящего из вывода Adj:

$$V_{out} = V_{ref} \cdot \left( \frac{R1 + R2}{R1} \right) + I_{adj} \cdot R2$$

Опорный ток, обычно, не превышает 100 мкА и им можно пренебречь, если не требуется высокой точности.

Чтобы выполнить расчёт, введите параметры регулятора  $V_{in}$ ,  $V_{ref}$  и, если потребуется,  $I_{adj}$ . Выберите поле, которое требуется рассчитать (один из резисторов или выходное напряжение) и укажите оставшиеся два значения.

### 2.2 Ширина дорожки

Калькулятор ширины дорожки вычисляет ширину проводника на печатной плате для заданного тока. Используются формулы из стандарта IPC-2221 (ранее IPC-D-275).

PCB Calculator

Регуляторы | Ширина дорожки | **Электрический зазор** | Линия передачи | СВЧ аттенуатор | Цветовой код | Классы плат

Параметры:

Ток:  А

Превышение температуры:  °C

Длина проводника:  мм

Удельное сопротивление:  Ом/м

Внешний слой трассировки:

Ширина трассировки:  мм

Толщина трассировки:  мм

Площадь поперечного сечения: 0,0105135 мм х мм

Сопротивление: 0,0327197 Ом

Падение напряжения: 0,0327197 В

Потери мощности: 0,0327197 Ватт

Внутренний слой трассировки:

Ширина трассировки:  мм

Толщина трассировки:  мм

Площадь поперечного сечения: 0,0273503 мм х мм

Сопротивление: 0,0125776 Ом

Падение напряжения: 0,0125776 В

Потери мощности: 0,0125776 Ватт

Если указать максимальный ток, то будет рассчитана соответствующая ширина трассировки.  
 Если указать одну трассировочную ширину, то будет рассчитан допустимый максимальный ток. Также будет рассчитана ширина других трассировок, допускающих данный ток.  
 Контрольные значения выделены жирным.

Вычисления справедливы для токов до 35 А (внешний) или 17,5 А (внутренний), повышение температуры до 100 °C и ширина до 10 мм (400 мил).  
 Формула из IPC 2221

$$I = K * \Delta T^{0.44} * (W \cdot H)^{0.725}$$

где:  
 I = максимальный ток в А  
 $\Delta T$  = превышение температуры выше окружающей среды в °C  
 W, H = ширина и толщина в мил

## 2.3 Электрический зазор

На изображении можно видеть, что при изменении величины напряжения, калькулятор выводит рассчитанные значения.

Значения минимальных зазоров также определяются по стандарту IPC-2221.

PCB Calculator

Регуляторы | Ширина дорожки | **Электрический зазор** | Линия передачи | СВЧ аттенуатор | Цветовой код | Классы плат

mm

Напряжение > 500В:

Обновить значения

Примечание: минимальные значения (из IPC 2221)

	B1	B2	B3	B4	A5	A6	A7
<b>0 ... 15В</b>	0,05	0,1	0,1	0,05	0,13	0,13	0,13
<b>16 ... 30В</b>	0,05	0,1	0,1	0,05	0,13	0,25	0,13
<b>31 ... 50В</b>	0,1	0,6	0,6	0,13	0,13	0,4	0,13
<b>51 ... 100В</b>	0,1	0,6	1,5	0,13	0,13	0,5	0,13
<b>101 ... 150В</b>	0,2	0,6	3,2	0,4	0,4	0,8	0,4
<b>151 ... 170В</b>	0,2	1,25	3,2	0,4	0,4	0,8	0,4
<b>171 ... 250В</b>	0,2	1,25	6,4	0,4	0,4	0,8	0,4
<b>251 ... 300В</b>	0,2	1,25	12,5	0,4	0,4	0,8	0,8
<b>301 ... 500В</b>	0,25	2,5	12,5	0,8	0,8	1,5	0,8
<b>&gt; 500В</b>	0,25	2,5	12,5	0,8	0,8	1,5	0,8

\* B1 - Внутренние проводники  
 \* B2 - Внешний проводник, без изоляции, высота до 3050м над уровнем моря  
 \* B3 - Внешний проводник, без изоляции, высота выше 3050м над уровнем моря  
 \* B4 - Внешние проводники с постоянным полимерным покрытием (любая высота)  
 \* A5 - Внешние проводники с конформным покрытием поверх монтажа (любая высота)  
 \* A6 - Внешние компоненты пайка/выводы, без покрытия  
 \* A7 - Внешние компоненты пайка/выводы, с конформным покрытием (любая высота)

## 2.4 Линия передачи

Теория линии передачи является основой знаний об СВЧ и проектировании микроволновых устройств.

В этом калькуляторе можно выбрать один из различных типов линий и задать желаемые параметры.

PCB Calculator

Регуляторы | Ширина дорожки | Электрический зазор | **Линия передачи** | СВЧ аттенюатор | Цветовой код | Классы плат

Тип линии передачи:

- Микроразрывные линии
- Копланарный волновод
- Копланарный волновод с земляной плоскостью
- Прямоугольный волновод
- Коаксиальная линия
- Связанная микроразрывная линия
- Полосковая линия
- Витая пара

Параметры подложки:

E<sub>r</sub>: 4,6

TanD: 0,02

Rho: 1,72e-08

H: 0,2 мм

a: 0,2 мм

T: 0,035 мм

μ<sub>отн. пров.</sub>: 1

Параметры компонента:

Частота: 1 ГГц

Физические параметры:

W: 0,2 мм

L: 50 мм

Электрические параметры:

Z<sub>0</sub>: 50 Ом

Ang<sub>l</sub>: 0 рад

Результаты:

E<sub>r</sub>Eff:

Потери в проводнике:

Потери в диэлектрике:

Глубина проникновения:

## 2.5 СВЧ аттенюатор

С помощью СВЧ калькулятора можно вычислить параметры различных аттенюаторов:

- П-образный
- Т-образный
- Т-образный мост
- Резистивный разветвитель

если указать все их параметры.

PCB Calculator

Регуляторы | Ширина дорожки | Электрический зазор | Линия передачи | **СВЧ аттенюатор** | Цветовой код | Классы плат

Аттенюаторы:

- П-образный
- Т-образный
- Т-образный мост
- Резистивный разветвитель

Параметры:

Ослабление: 6 дБ

Z<sub>in</sub>: 50 Ом

Z<sub>out</sub>: 50 Ом

Значения:

R1: Ом

R2: Ом

R3: Ом

Сообщения:

Формула:

Z<sub>in</sub> desired input impedance in Ω

Z<sub>out</sub> desired output impedance in Ω

**Z<sub>in</sub> = Z<sub>out</sub>**

**Attenuation is 6dB**

**Splitted attenuator**

**R1 = R2 = R3 = Z<sub>out</sub>/3**

## 2.6 Цветовой код

Этот калькулятор поможет перевести цветовой код резисторов и определить их номинал. Чтобы воспользоваться им, сперва укажите *точность* резистора: 10%, 5%, равно или меньше 2%. Например:

- Жёлтый Фиолетовый Красный Золотой: 4 7 x100 5% = 4700 Ом ±5%
- 1кОм, точность 1%: Коричневый Чёрный Чёрный Коричневый Коричневый

PCB Calculator

Регуляторы | Ширина дорожки | Электрический зазор | Линия передачи | СВЧ аттенуатор | Цветовой код | Классы плат

	1-я полоска	2-я полоска	3-я полоска	4-я полоска	Множитель	Точность
Black 0	0	0	0	0	x 1	
Brown 1	1	1	1	1	x 10	± 1%
Red 2	2	2	2	2	x 100	± 2%
Orange 3	3	3	3	3	x 1k	
Yellow 4	4	4	4	4	x 10k	
Green 5	5	5	5	5	x 100k	± 0.5%
Blue 6	6	6	6	6	x 1M	± 0.25%
Violet 7	7	7	7	7	x 10M	± 0.10%
Grey 8	8	8	8	8	x 100M	± 0.05%
White 9	9	9	9	9	x 1G	
Gold					x 0.1	± 5%
Silver					x 0.01	± 10%

Точность

10% / 5%

≤ 2%

## 2.7 Классы плат

PCB Calculator

Регуляторы | Ширина дорожки | Электрический зазор | Линия передачи | СВЧ аттенуатор | Цветовой код | Классы плат

мм

Примечание: минимальные значения

	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5	Класс 6
Ширина дорожек	0.8	0.5	0.31	0.21	0.15	0.12
Мин. зазор	0.68	0.5	0.31	0.21	0.15	0.12
Перех.отв.: (диаметр - сверло)	--	--	0.45	0.34	0.24	0.2
Метал. конт.пл.: (диаметр - сверло)	1.19	0.78	0.6	0.49	0.39	0.35
Неметал. конт.пл.: (диаметр - сверло)	1.57	1.13	0.9	--	--	--