



## **PCB Calculator**

**4 ноября 2021 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 . . . . .	5
2.6	Цветовой код . . . . .	5
2.7	Классы плат . . . . .	6
2.7.1	Классы эффективности . . . . .	6
2.7.2	Типы плат . . . . .	6

## 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

Heitor 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://gitlab.com/kicad/services/kicad-doc/issues>
- О программном обеспечении KiCad: <https://gitlab.com/kicad/code/kicad/issues>
- О переводе программного обеспечения KiCad: <https://gitlab.com/kicad/code/kicad-i18n/issues>

### Дата публикации и версия ПО

05 марта 2020 года

## 1 Введение

KiCad PCB Calculator — это набор инструментов, помогающих определить параметры компонентов или прочих параметров печатной платы. Калькулятор имеет 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.

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 и прироста температуры. 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: 1.0 A

Превышение температуры: 10.0 °C

Длина проводника: 20 мм

Удельное сопротивление: 1.72e-8 Ом/м

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

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

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

Внешний слой трассировки:

Ширина трассировки: 0.300387 мм

Толщина трассировки: 0.035 мм

Площадь поперечного сечения: 0.0105135 мм x мм

Сопротивление: 0.0327197 Ом

Падение напряжения: 0.0327197 В

Потери мощности: 0.0327197 Ватт

Внутренний слой трассировки:

Ширина трассировки: 0.781437 мм

Толщина трассировки: 0.035 мм

Площадь поперечного сечения: 0.0273503 мм x мм

Сопротивление: 0.0125776 Ом

Падение напряжения: 0.0125776 В

Потери мощности: 0.0125776 Ватт

### 2.3 Электрический зазор

Эта таблица помогает определить минимальный зазор между проводниками.

В каждой строке таблицы указано рекомендуемое минимальное расстояние между проводниками для указанного диапазона напряжений (как для постоянного тока, так и для амплитуды переменного тока). Если нужно определить значения для напряжения больше 500В, введите значение в поле слева и нажмите кнопку *Обновить значения*.

PCB Calculator

Регуляторы

Ширина дорожки

Электрический зазор

Линия передачи

СВЧ аттенуатор

Цветовой код

Классы плат

мм

Напряжение > 500В: 500

Обновить значения

Примечание: минимальные значения (из IPC 2221)

	B1	B2	B3	B4	A5	A6	A7
0 ... 15В	0.05	0.1	0.1	0.05	0.13	0.13	0.13
16 ... 30В	0.05	0.1	0.1	0.05	0.13	0.25	0.13
31 ... 50В	0.1	0.6	0.6	0.13	0.13	0.4	0.13
51 ... 100В	0.1	0.6	1.5	0.13	0.13	0.5	0.13
101 ... 150В	0.2	0.6	3.2	0.4	0.4	0.8	0.4
151 ... 170В	0.2	1.25	3.2	0.4	0.4	0.8	0.4
171 ... 250В	0.2	1.25	6.4	0.4	0.4	0.8	0.4
251 ... 300В	0.2	1.25	12.5	0.4	0.4	0.8	0.8
301 ... 500В	0.25	2.5	12.5	0.8	0.8	1.5	0.8
> 500В	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 передач и задать желаемые параметры. Реализованные модели частотно-зависимы, поэтому их результаты расходятся с результатами более простых моделей на *очень* высоких частотах.

Этот калькулятор в большей степени основан на [Transcalc](#).

Ниже указаны типы линий передач и источники, в которых описываются их математические модели:

- Микрополосковые линии:
  - Н. А. Atwater, "Simplified Design Equations for Microstrip Line Parameters", Microwave Journal, pp. 109-115, November 1989.
- Копланарный волновод.
- Копланарный волновод с земляной плоскостью.
- Прямоугольный волновод:
  - S. Ramo, J. R. Whinnery and T. van Duzer, "Fields and Waves in Communication Electronics", Wiley-India, 2008, ISBN: 9788126515257.
- Коаксиальная линия.
- Связанная микрополосковая линия:
  - Н. А. Atwater, "Simplified Design Equations for Microstrip Line Parameters", Microwave Journal, pp. 109-115, November 1989.
  - M. Kirschning and R. H. Jansen, "Accurate Wide-Range Design Equations for the Frequency-Dependent Characteristic of Parallel Coupled Microstrip Lines," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 32, no. 1, pp. 83-90, Jan. 1984. 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", IEEE Trans. MTT, vol. 26, no. 2, pp. 75-82, Feb. 1978.
  - S. March, "Microstrip Packaging: Watch the Last Step", Microwaves, vol. 20, no. 13, pp. 83-94, Dec. 1981.
- Полосковая линия.
- Витая пара.

PCB Calculator

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

Тип линии передачи:

- ☐ Микрополосковые линии
- ☐ Копланарный волновод
- ☐ Копланарный волновод с земляной плоскостью
- ☐ Прямоугольный волновод
- ☐ Коаксиальная линия
- ☐ Связанная микрополосковая линия
- ☒ Полосковая линия
- ☐ Витая пара

Параметры подложки:

Er: 4,6

TanD: 0,02

Rho: 1,72e-08

H: 0,2 мм

a: 0,2 мм

T: 0,035 мм

ми отн. пров.: 1

Параметры компонента:

Частота: 1 ГГц

Физические параметры:

W: 0,2 мм

L: 50 мм

Анализ | Синтез

Электрические параметры:

Z0: 50 Ом

Ang\_l: 0 рад

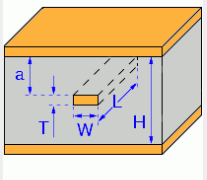
Результаты:

ErEff:

Потери в проводнике:

Потери в диэлектрике:

Глубина проникновения:



## 2.5 СВЧ аттенюатор

С помощью СВЧ калькулятора можно вычислить необходимое сопротивление резисторов для различных типов аттенюаторов:

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

Чтобы воспользоваться этим инструментом, сначала выберите тип аттенюатора, а затем введите желаемое ослабление (в дБ) и входной/выходной импеданс (в омах).

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

Zin: Ом

Zout: 50 Ом

Рассчитать

Значения:

R1: Ом

R2: Ом

R3: Ом

Сообщения:

Формула:

$Z_{in}$  desired input impedance in  $\Omega$

$Z_{out}$  desired output impedance in  $\Omega$

$Z_{in} = Z_{out}$

Attenuation is 6dB

Splitted attenuator

$R1 = R2 = R3 = Z_{out}/3$

## 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:  $47 \times 100 \pm 5\% = 4700 \text{ Ом} \pm 5\%$
- 1кОм, точность 1%: Коричневый Чёрный Чёрный Коричневый Коричневый



	1-я полоска	2-я полоска	3-я полоска	4-я полоска	Множитель	Точность
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%
Grey	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%

Точность  
☐ 10% / 5%  
☒ ≤ 2%

## 2.7 Классы плат

### 2.7.1 Классы эффективности

В стандарте IPC-6011 определено три класса эффективности

- Класс 1 "Общие электронные устройства" включает потребительские устройства, некоторые компьютеры и компьютерные комплектующие, в которых внешний вид не важен, а основные требования предъявляются к функционированию завершённой печатной платы.
- Класс 2 "Специализированные электронные устройства" включает коммуникационное оборудование, сложную офисную технику, инструменты, для которых важны высокая точность и расширенный срок службы, а также желательна, но не обязательна, непрерывная работа. Допустимы незначительные дефекты во внешнем виде.
- Класс 3 "Высоконадёжные электронные устройства" включает оборудование и устройства от которых требуется непрерывная эффективность, либо эффективность, предоставляемая по требованию. Отказ оборудования неприемлем и функциональность должна предоставляться по первому требованию, например в оборудовании для поддержания жизни или в системах управления полётом. Печатные платы этого класса применимы в устройствах, где требуется высокая надёжность и безотказная работа.

### 2.7.2 Типы плат

В IPC-6012B также определены 6 типов печатных плат:

- Печатные платы без металлизации сквозных контактных площадок (1)
  - 1 Односторонние платы
- Печатные платы с металлизацией сквозных контактных площадок (2-6)
  - 2 Двухсторонние печатные платы
  - 3 Многослойные печатные платы без глухих или внутренних переходных отверстий

- 4 Многослойные печатные платы с глухими или внутренними переходными отверстияй
- 5 Многослойные печатные платы с металлическим ядром и без глухих или внутренних переходных отверстий
- 6 Многослойные печатные платы с металлическим ядром и с глухими или внутренними переходными отверстияй

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	--	--	--