



[calculatoratoz.com](http://calculatoratoz.com)



[unitsconverters.com](http://unitsconverters.com)

# Изготовление МОП-ИС Формулы

Калькуляторы!

Примеры!

Преобразования!

Закладка [calculatoratoz.com](http://calculatoratoz.com), [unitsconverters.com](http://unitsconverters.com)

Самый широкий охват калькуляторов и рост - **30 000+ калькуляторов!**  
Расчет с разными единицами измерения для каждой переменной - **Встроенное преобразование единиц измерения!**

Самая широкая коллекция измерений и единиц измерения - **250+ измерений!**

Не стесняйтесь **ПОДЕЛИТЬСЯ** этим документом с друзьями!

[Пожалуйста, оставьте свой отзыв здесь...](#)



# Список 15 Изготовление МОП-ИС Формулы

## Изготовление МОП-ИС

### 1) Время распространения

$$fx \quad T_p = 0.7 \cdot N \cdot \left( \frac{N + 1}{2} \right) \cdot R_m \cdot C_1$$

[Открыть калькулятор !\[\]\(a870788d6ed9b8fd294b7654a8c8526b\_img.jpg\)](#)

$$ex \quad 0.778203s = 0.7 \cdot 13 \cdot \left( \frac{13 + 1}{2} \right) \cdot 542\Omega \cdot 22.54\mu F$$

### 2) Глубина фокуса

$$fx \quad DOF = k_2 \cdot \frac{\lambda_1}{NA^2}$$

[Открыть калькулятор !\[\]\(c50c8b7b2cc2cf9ff925edec0ee94c0d\_img.jpg\)](#)

$$ex \quad 1.301331\mu m = 3 \cdot \frac{223nm}{(0.717)^2}$$

### 3) Концентрация акцепторной примеси

$$fx \quad N_a = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot L_t \cdot W_t \cdot [Charge-e] \cdot \mu_p \cdot C_{dep}}$$

[Открыть калькулятор !\[\]\(f60b7a900783ac3fd531bfd9c111be6d\_img.jpg\)](#)

$$ex \quad 1E^{32}electrons/m^3 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 3.2\mu m \cdot 5.5\mu m \cdot [Charge-e] \cdot 400m^2/V*s \cdot 1.4\mu F}$$



4) Концентрация донорской легирующей примеси 

$$fx \quad N_d = \frac{I_{sat} \cdot L_t}{[Charge-e] \cdot W_t \cdot \mu_n \cdot C_{dep}}$$

Открыть калькулятор 


$$ex \quad 1.7E^{23} \text{electrons/m}^3 = \frac{2.015A \cdot 3.2\mu m}{[Charge-e] \cdot 5.5\mu m \cdot 30m^2/V^*s \cdot 1.4\mu F}$$

5) Критическое измерение 

$$fx \quad CD = k_1 \cdot \frac{\lambda_1}{NA}$$

Открыть калькулятор 

$$ex \quad 485.1883nm = 1.56 \cdot \frac{223nm}{0.717}$$

6) Максимальная концентрация легирующей примеси 

$$fx \quad C_s = C_o \cdot \exp\left(-\frac{E_s}{[BoltZ] \cdot T_a}\right)$$

Открыть калькулятор 

$$ex \quad 4.9E^{-9} \text{electrons/cm}^3 = 0.005 \cdot \exp\left(-\frac{1E^{-23}J}{[BoltZ] \cdot 24.5K}\right)$$



7) Напряжение точки переключения [Открыть калькулятор !\[\]\(dfbd6b3763a6d1d9afaa974f64e2e4b5\_img.jpg\)](#)

$$fx \quad V_s = \frac{V_{dd} + V_{tp} + V_{tn} \cdot \sqrt{\frac{\beta_n}{\beta_p}}}{1 + \sqrt{\frac{\beta_n}{\beta_p}}}$$

$$ex \quad 19.15938V = \frac{6.3V + 3.14V + 25V \cdot \sqrt{\frac{18}{6.5}}}{1 + \sqrt{\frac{18}{6.5}}}$$

8) Плотность дрейфового тока из-за дырок [Открыть калькулятор !\[\]\(ec9132f1d27c8919987d92907322654d\_img.jpg\)](#)

$$fx \quad J_p = [\text{Charge-e}] \cdot p \cdot \mu_p \cdot E_i$$

$$ex \quad 0.071778A/mm^2 = [\text{Charge-e}] \cdot 1E^{20} \text{electrons}/m^3 \cdot 400m^2/V*s \cdot 11.2V/m$$

9) Плотность дрейфового тока, обусловленная свободными электронами [Открыть калькулятор !\[\]\(758ebdf4629c903da74c2e079717ae32\_img.jpg\)](#)

$$fx \quad J_n = [\text{Charge-e}] \cdot n \cdot \mu_n \cdot E_i$$

$$ex \quad 53.83313\mu A = [\text{Charge-e}] \cdot 1E^6 \text{electrons}/cm^3 \cdot 30m^2/V*s \cdot 11.2V/m$$

10) Сопротивление канала [Открыть калькулятор !\[\]\(248b91fcdac4810ffd15cf33fb6aec6f\_img.jpg\)](#)

$$fx \quad R_{ch} = \frac{L_t}{W_t} \cdot \frac{1}{\mu_n \cdot Q_{on}}$$

$$ex \quad 3.463203\Omega = \frac{3.2\mu m}{5.5\mu m} \cdot \frac{1}{30m^2/V*s \cdot 0.0056 \text{electrons}/m^3}$$




11) Ток стока MOSFET в области насыщения 

$$fx \quad I_d = \frac{\beta}{2} \cdot (V_{gs} - V_{th})^2 \cdot (1 + \lambda_i \cdot V_{ds})$$

Открыть калькулятор 

$$ex \quad 0.013718A = \frac{0.0025S}{2} \cdot (2.45V - 3.4V)^2 \cdot (1 + 9 \cdot 1.24V)$$

12) Умереть на пластину 

$$fx \quad DPW = \frac{\pi \cdot d_w^2}{4 \cdot S_d}$$

Открыть калькулятор 

$$ex \quad 803.2481 = \frac{\pi \cdot (150mm)^2}{4 \cdot 22mm^2}$$

13) Частота MOSFET с единичным коэффициентом усиления 

$$fx \quad f_t = \frac{g_m}{C_{gs} + C_{gd}}$$

Открыть калькулятор 

$$ex \quad 37.41497kHz = \frac{2.2S}{56\mu F + 2.8\mu F}$$


14) Эквивалентная толщина оксида 

$$fx \quad EOT = t_{high-k} \cdot \left( \frac{3.9}{k_{high-k}} \right)$$

Открыть калькулятор 

$$ex \quad 14.66814nm = 8.5nm \cdot \left( \frac{3.9}{2.26} \right)$$



15) Эффект тела в MOSFET 

$$\text{fx } V_t = V_{th} + \gamma \cdot \left( \sqrt{2 \cdot \Phi_f + V_{bs}} - \sqrt{2 \cdot \Phi_f} \right)$$

[Открыть калькулятор](#) 

$$\text{ex } 3.962586\text{V} = 3.4\text{V} + 0.56 \cdot \left( \sqrt{2 \cdot 0.25\text{V} + 2.43\text{V}} - \sqrt{2 \cdot 0.25\text{V}} \right)$$



## Используемые переменные

- $C_{dep}$  Емкость слоя обеднения (Микрофарад)
- $C_{gd}$  Емкость стока затвора (Микрофарад)
- $C_{gs}$  Емкость источника затвора (Микрофарад)
- $C_l$  Емкость нагрузки (Микрофарад)
- $C_o$  Эталонная концентрация
- $C_s$  Максимальная концентрация легирующей примеси (Электронов на кубический сантиметр)
- $CD$  Критическое измерение (нанометр)
- $d_w$  Диаметр пластины (Миллиметр)
- $DOF$  Глубина фокуса (микрометр)
- $DPW$  Умереть на пластину
- $E_i$  Напряженность электрического поля (Вольт на метр)
- $E_s$  Энергия активации твердой растворимости (Джоуль)
- $EOT$  Эквивалентная толщина оксида (нанометр)
- $f_t$  Частота единичного усиления в MOSFET (Килогерц)
- $g_m$  Крутизна МОП-транзистора (Сименс)
- $I_d$  Ток стока (Ампер)
- $I_{sat}$  Ток насыщения (Ампер)
- $J_n$  Плотность дрейфового тока, обусловленная электронами (микроампер)
- $J_p$  Плотность дрейфового тока из-за дырок (Ампер на квадратный миллиметр)
- $k_1$  Зависимая от процесса константа
- $k_2$  Коэффициент пропорциональности



- $k_{\text{high-k}}$  Диэлектрическая проницаемость материала
- $L_t$  Длина транзистора (микронметр)
- $n$  Электронная концентрация (Электронов на кубический сантиметр)
- $N$  Количество проходных транзисторов
- $N_a$  Концентрация акцепторной примеси (Электронов на кубический метр)
- $N_d$  Концентрация донорской легирующей примеси (Электронов на кубический метр)
- $NA$  Числовая апертура
- $p$  Концентрация дырок (Электронов на кубический метр)
- $Q_{\text{on}}$  Плотность носителей (Электронов на кубический метр)
- $R_{\text{ch}}$  Сопротивление канала (ом)
- $R_m$  Сопротивление в МОП-транзисторе (ом)
- $S_d$  Размер каждой матрицы (Площадь Миллиметр)
- $T_a$  Абсолютная температура (Кельвин)
- $t_{\text{high-k}}$  Толщина материала (нанометр)
- $T_p$  Время распространения (Второй)
- $V_{\text{bs}}$  Напряжение, приложенное к телу (вольт)
- $V_{\text{dd}}$  Напряжение питания (вольт)
- $V_{\text{ds}}$  Напряжение источника стока (вольт)
- $V_{\text{gs}}$  Напряжение источника затвора (вольт)
- $V_s$  Напряжение точки переключения (вольт)
- $V_t$  Пороговое напряжение с подложкой (вольт)
- $V_{\text{th}}$  Пороговое напряжение с нулевым смещением тела (вольт)
- $V_{\text{tn}}$  Пороговое напряжение NMOS (вольт)
- $V_{\text{tp}}$  Пороговое напряжение PMOS (вольт)





















- $W_t$  Ширина транзистора (микронметр)
- $\beta$  Параметр крутизны (Сименс)
- $\beta_n$  Коэффициент усиления NMOS-транзистора
- $\beta_p$  Коэффициент усиления PMOS-транзистора
- $\gamma$  Параметр эффекта тела
- $\lambda_i$  Коэффициент модуляции длины канала
- $\lambda_l$  Длина волны в фотолитографии (нанометр)
- $\mu_n$  Электронная подвижность (Квадратный метр на вольт в секунду)
- $\mu_p$  Мобильность отверстий (Квадратный метр на вольт в секунду)
- $\Phi_f$  Объемный потенциал Ферми (вольт)



## Константы, функции, используемые измерения

- **постоянная:** [Charge-e], 1.60217662E-19  
*Заряд электрона*
- **постоянная:** pi, 3.14159265358979323846264338327950288  
*постоянная Архимеда*
- **постоянная:** [BoltZ], 1.38064852E-23  
*постоянная Больцмана*
- **Функция:** exp, exp(Number)  
*В показательной функции значение функции изменяется на постоянный коэффициент при каждом изменении единицы независимой переменной.*
- **Функция:** sqrt, sqrt(Number)  
*Функция извлечения квадратного корня — это функция, которая принимает на вход неотрицательное число и возвращает квадратный корень из заданного входного числа.*
- **Измерение:** **Длина** in микрометр ( $\mu\text{m}$ ), нанометр (nm), Миллиметр (mm)  
*Длина Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение:** **Время** in Второй (s)  
*Время Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение:** **Электрический ток** in Ампер (A), микроампер ( $\mu\text{A}$ )  
*Электрический ток Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение:** **Температура** in Кельвин (K)  
*Температура Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение:** **Область** in Площадь Миллиметр ( $\text{mm}^2$ )  
*Область Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение:** **Энергия** in Джоуль (J)  
*Энергия Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение:** **Частота** in Килогерц (kHz)  
*Частота Преобразование единиц измерения* 



- **Измерение: Емкость** in Микрофарад ( $\mu\text{F}$ )  
*Емкость Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение: Электрическое сопротивление** in ом ( $\Omega$ )  
*Электрическое сопротивление Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение: Электрическая проводимость** in Сименс (S)  
*Электрическая проводимость Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение: Длина волны** in микрометр ( $\mu\text{m}$ ), нанометр (nm)  
*Длина волны Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение: Поверхностная плотность тока** in Ампер на квадратный миллиметр ( $\text{A}/\text{mm}^2$ )  
*Поверхностная плотность тока Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение: Напряженность электрического поля** in Вольт на метр ( $\text{V}/\text{m}$ )  
*Напряженность электрического поля Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение: Электрический потенциал** in вольт (V)  
*Электрический потенциал Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение: Мобильность** in Квадратный метр на вольт в секунду ( $\text{m}^2/\text{V}^*\text{s}$ )  
*Мобильность Преобразование единиц измерения* 
- **Измерение: Электронная плотность** in Электронов на кубический метр ( $\text{electrons}/\text{m}^3$ ), Электронов на кубический сантиметр ( $\text{electrons}/\text{cm}^3$ )  
*Электронная плотность Преобразование единиц измерения* 



## Проверьте другие списки формул

- Изготовление МОП-ИС  
Формулы 
- Триггер Шмитта Формулы 

Не стесняйтесь ПОДЕЛИТЬСЯ этим документом с друзьями!

## PDF Доступен в

[English](#) [Spanish](#) [French](#) [German](#) [Russian](#) [Italian](#) [Portuguese](#) [Polish](#) [Dutch](#)

5/10/2024 | 9:36:04 AM UTC

[Пожалуйста, оставьте свой отзыв здесь...](#)

