

Университет ИТМО  
Факультет программной инженерии и компьютерной техники

**Домашняя работа №1**  
**«Проектирование гибридной интегральной схемы»**  
по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования»

Выполнил:  
Студент 3 курса группы Р3331  
Дворкин Борис Александрович

Преподаватель:  
Поляков Владимир Иванович

г. Санкт-Петербург

2024 г.

## Содержание

Содержание.....	2
1 Введение.....	3
2 Вариант лабораторной работы.....	3
3 Расчет тонкопленочных резисторов.....	4
3.1 Определение критерия оптимальности.....	4
3.2 Выбор материала резистивной пленки.....	4
3.3 Определение коэффициента формы $k_f$ .....	4
3.4 Определение ширины $b$ для резисторов с $k_f < 10$ .....	5
3.5 Определение длины $l$ для резисторов с $k_f < 10$ .....	5
4 Расчет тонкопленочных конденсаторов.....	6
4.1 Определение материала.....	6
4.2 Определение активной площади конденсаторов.....	6
4.3 Определение конструкции конденсаторов.....	7
5 Итоговая схема.....	7
5.1 Итоговые параметры элементов.....	7
5.2 Параметры располагаемых элементов в масштабе.....	8
5.3 Топология гис ждущего мультивибратора.....	8

## 1 Введение

Целью работы является проектирование тонкопленочной гибридной интегральной схемы ждущего мультивибратора.

## 2 Вариант лабораторной работы

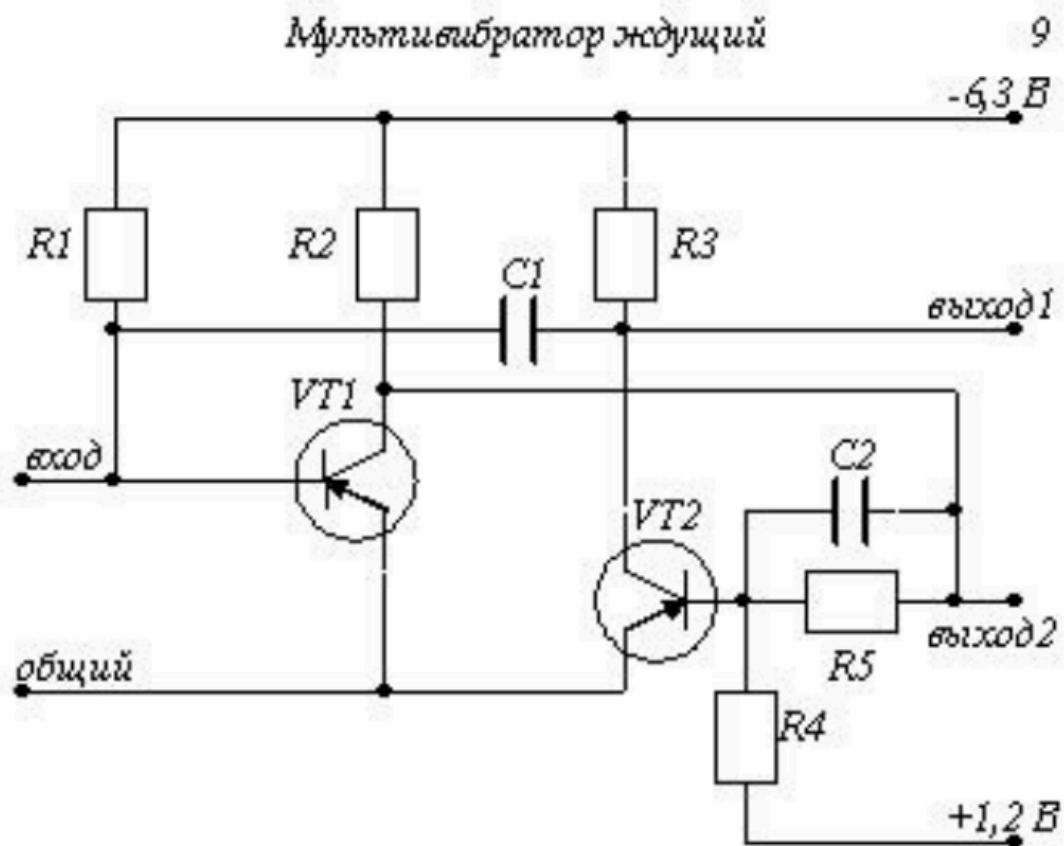


Рис.1: Принципиальная схема ждущего мультивибратора

### Дано:

$R1 = 15 \text{ кОм}; \Delta R1 = 10\%; W1 = 0.005 \text{ Вм}$

$R2 = 1.2 \text{ кОм}; \Delta R2 = 20\%; W2 = 0.01 \text{ Вм}$

$R3 = 1.5 \text{ кОм}; \Delta R3 = 20\%; W3 = 0.01 \text{ Вм}$

$R4 = 5.6 \text{ кОм}; \Delta R4 = 10\%; W4 = 0.01 \text{ Вм}$

$R5 = 0.3 \text{ кОм}; \Delta R5 = 10\%; W5 = 0.005 \text{ Вм}$

$C1 = 1000 \text{ нФ}; C2 = 510 \text{ нФ}$

### 3 Расчет тонкопленочных резисторов

#### 3.1 Определение критерия оптимальности

$$p_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_i}{\sum_{i=1}^n R_i^{-1}}} = 2155.685 \approx 2200 \text{ Ом/}\square$$

Для упрощения вычислений в качестве  $p_{\square}$  выбирают округленное значение  $p_{\text{опт}}$ , следовательно получили удельное поверхностное сопротивление резистивной плёнки  $p_{\square} = 2200 \text{ Ом/}\square$

#### 3.2 Выбор материала резистивной пленки

Наименование материала	$p_{\square}$ , Ом/□	Диапазон значений сопротивления, Ом	Удельная мощность рассеяния $W_0$ , Вт/см <sup>2</sup>
Кермет К-50С	1000 - 10000	100 - 100000	2

#### 3.3 Определение коэффициента формы $k_{\phi}$

$$k_{\phi 1} = \frac{R_1}{p_{\square}} = \frac{15 \cdot 10^3}{2200} \approx 6.818; l > b$$

$$k_{\phi 2} = \frac{R_2}{p_{\square}} = \frac{1,2 \cdot 10^3}{2200} \approx 0.545; l < b$$

$$k_{\phi 3} = \frac{R_3}{p_{\square}} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{2200} \approx 0.682; l < b$$

$$k_{\phi 4} = \frac{R_4}{p_{\square}} = \frac{5,6 \cdot 10^3}{2200} \approx 2.545; l > b$$

$$k_{\phi 5} = \frac{R_5}{p_{\square}} = \frac{0,3 \cdot 10^3}{2200} \approx 0.136; l < b$$

### 3.4 Определение ширины $b$ для резисторов с $k_\phi < 10$

Расчётное значение ширины каждого резистора  $b$  должно удовлетворять условию:  $b \geq \max[b_{\text{точн}}, b_w]$

, где  $b_{\text{точн}}$  определяется заданной точностью изготовления:

$$b_{\text{точн}} = \begin{cases} 0.2 \text{ мм при } \delta R = \pm 20\% \\ 0.3 \text{ мм при } \delta R = \pm 10\% \end{cases}, \text{ а } b_w = \sqrt{\frac{p_{\square} \cdot w}{R \cdot w_0}}$$

$$b_1 = \underline{0.3 \text{ мм}} \geq \max[bw_1 = 0.191 \text{ мм}; b_{\text{точн}} = 0.3 \text{ мм}]$$

$$b_2 = \underline{1.0 \text{ мм}} \geq \max[bw_2 = 0.957 \text{ мм}; b_{\text{точн}} = 0.2 \text{ мм}]$$

$$b_3 = \underline{0.9 \text{ мм}} \geq \max[bw_3 = 0.856 \text{ мм}; b_{\text{точн}} = 0.2 \text{ мм}]$$

$$b_4 = \underline{0.5 \text{ мм}} \geq \max[bw_4 = 0.443 \text{ мм}; b_{\text{точн}} = 0.3 \text{ мм}]$$

$$b_5 = \underline{1.4 \text{ мм}} \geq \max[bw_5 = 1.354 \text{ мм}; b_{\text{точн}} = 0.3 \text{ мм}]$$

### 3.5 Определение длины $l$ для резисторов с $k_\phi < 10$

$$\text{Расчётное значение } l = \frac{R}{r_p} \cdot b = k_\phi \cdot b$$

За длину резистора принимают ближайшее к  $l$  расчётное значение, кратное шагу координатной сетки  $H$ , выбранному как 0.1 мм. При округлении  $l$  рекомендуется оценить погрешность, вызванную округлением и если  $\Delta R' > \Delta R$ , то увеличить ширину резистора и пересчитать  $l$

$$L_1 = 2.0 \text{ мм}; R'_1 = 14666.67 \text{ Ом}; \Delta R' = 2.0\%$$

$$L_2 = 0.5 \text{ мм}; R'_2 = 1100.0 \text{ Ом}; \Delta R' = 8.0\%$$

$$L_3 = 0.6 \text{ мм}; R'_3 = 1466.67 \text{ Ом}; \Delta R' = 2.0\%$$

$$L_4 = 1.3 \text{ мм}; R'_4 = 5720.0 \text{ Ом}; \Delta R' = 2.0\%$$

$$L_5 = 0.2 \text{ мм}; R'_5 = 314.29 \text{ Ом}; \Delta R' = 5.0\%$$

Как видим, для всех резисторов значения  $\Delta R'$  меньше  $\Delta R$ .

## 4 Расчет тонкопленочных конденсаторов

### 4.1 Определение материала

Для повышения точности и надежности конденсаторов необходимо выбирать наиболее простую форму обкладок. Суммарная площадь, занимаемая конденсатором на микроплате, не должна превышать  $2 \text{ см}^2$ , минимальная площадь  $S_{\min}$  конденсатора равна  $0.5 \cdot 0.5 \text{ мм}^2$ .

Площадь конденсатора рассчитывается как  $S = \frac{C}{C_0} (\text{см}^2)$ .

Следовательно, прикинем удельную ёмкость конденсаторов:

$$C_{01}^* = \frac{C}{S_{\min}} = \frac{1000 \text{ пФ}}{0.5 \cdot 0.5 \cdot 0.01 \text{ см}^2} = 400 \cdot 10^3 \text{ пФ/см}^2$$

$$C_{02}^* = \frac{C}{S_{\min}} = \frac{510 \text{ пФ}}{0.5 \cdot 0.5 \cdot 0.01 \text{ см}^2} = 204 \cdot 10^3 \text{ пФ/см}^2$$

=> Прикинь тантала:  $C_0 = 200 \cdot 10^3 \text{ пФ/см}^2$

Наименование материала	Материал обкладок	Удельная емкость $C_0$ , пФ/см <sup>2</sup>	Рабочее напряжение, В	Диэлектрическая проницаемость $\epsilon$ на частоте $f = 1 \text{ кГц}$
Пятиокись тантала	Алюминий А99	$(60-200) \cdot 10^3$	10 - 5	11 - 12

### 4.2 Определение активной площади конденсаторов

$$S_1 = \frac{C_1}{C_0} = 0.5 \text{ мм}^2; S_2 = \frac{C_2}{C_0} = 0.255 \text{ мм}^2$$

### 4.3 Определение конструкции конденсаторов

Исходя из рассчитанных площадей,  $0.1 \leq S_1, S_2 \leq 1 \text{ мм}^2$

Следовательно, выбирается конструкция с последовательным соединением конденсаторов:

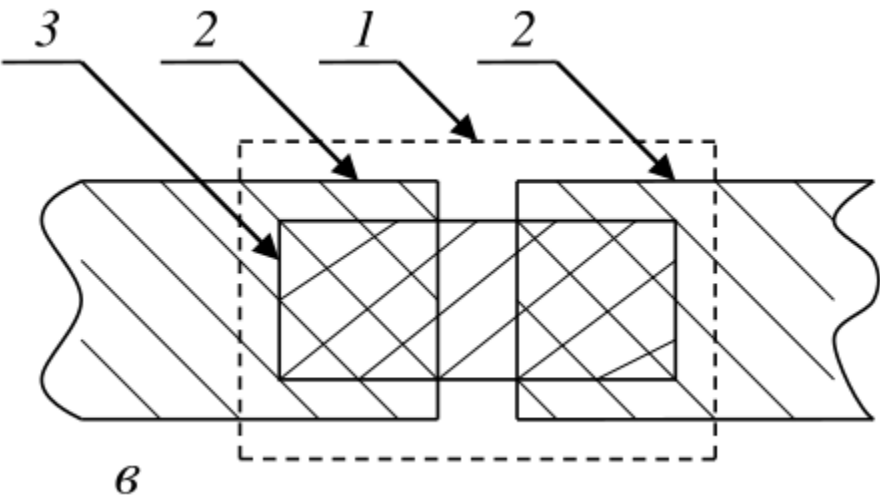


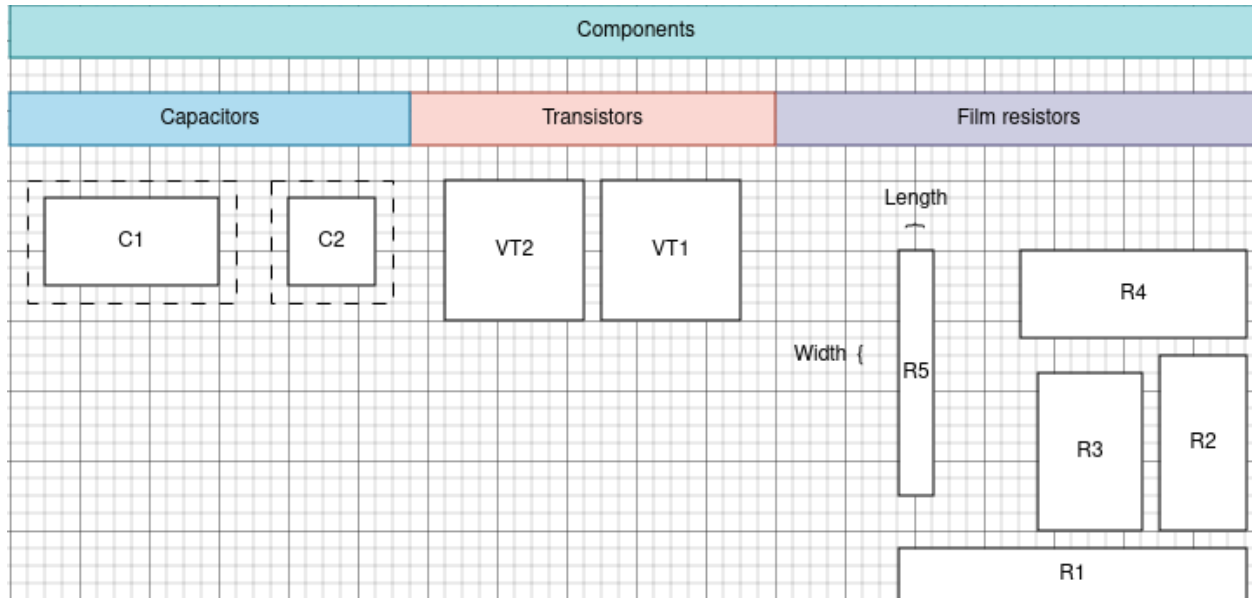
Рис.2: Выбранная конструкция конденсаторов

## 5 Итоговая схема

### 5.1 Итоговые параметры элементов

	Длина элемента, мм	Ширина элемента, мм	Материал
R1	2	0.3	Кермет К-50С
R2	0.5	1	
R3	0.6	0.9	
R4	1.3	0.5	
R5	0.2	1.4	
C1	1	0.5	Проводники - Алюминий А99
C2	0.51	0.5	Диэлектрик - Моноокись германия

## 5.2 Параметры располагаемых элементов в масштабе



## 5.3 Топология гис ждущего мультивибратора

Как hardware инженер, я очень не люблю большие платы с 80% неиспользованного места и просто так выкинутым текстолитом. Поэтому я выбрал маленькую подложку 36x44 мм и постарался запихнуть в неё всю схему ждущего мультивибратора. Получилось вроде даже не плохо)

