Межрегиональный центр переподготовки специалистов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ НАНОЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Новосибирск

2026

1. Цель работы

Оценить технико-экономическую эффективность внедрения изделий наноэлектроники.

2. Подготовка к работе

2.1Изучить следующие вопросы курса

Классификация и система обозначений электронных приборов и интегральных схем.

Технико-экономические показатели радиоаппаратуры разных поколений.

3. Выбор варианта

В качестве наноэлектронного изделия студенты рассматривают интегральную схему ультравысокой степени интеграции (УБИС), тип которой соответствует двум последним цифрам пароля (см. табл. 3.1).

Данные наноэлектронного изделия и параметры компонентов, которые используются для реализации изделия соответствующего по сложности наноэлектронному, студенты выбирают из таблицы П.1.

Таблица 3.1. Данные для вариантов элементной базы

Цифра пароля	Тип наноизделия	Тип транзистора	Тип БИС
1.	Intel Core 2 Duo E6300	КТ316А	ATF1500AL
2.	Intel Core 2 Duo E6600	КТ316А	ATF2500B
3.	Dual-Core Intel Xeon 5060	КТ325Б	*ATF1502ASV*
4.	Dual-Core Intel Xeon 5140	КТ339А	ATF2500BL
5.	Dual-Core Intel Xeon 5063	КТ339А	ATF1500A
6.	AMD Sempron M 3000+	КТ368Б	ATF2500C
7.	Dual-Core Intel Xeon 5110	КТ368Б	ATF1504AS
8.	AMD Sempron M 2800+	КТ372А	ATF1504ASL
9.	Dual-Core Intel Xeon 5130	КТ372А	ATF2500BQ
10.	Dual-Core Intel Xeon LV 5148	КТ382АМ	ATF1504ASVL
11.	Dual-Core Intel Xeon 5050	КТ306АМ	ATF1508ASL
12.	Intel Core 2 Extreme X 6800	КТ306АМ	ATF2500BQL
13.	Intel Core 2 Duo E6700	КТ325Б	ATF1508AS
14.	Dual-Core Intel Xeon 5150	КТ355А	ATF1504ASV
15.	Intel Core 2 Duo E6400	КТ382АМ	ATF1508ASVL
16.	Dual-Core Intel Xeon 5160	КТ371А	ATF1508ASV
17.	AMD Turion 64	КТ371А	ATF1500AL
18.	Dual-Core Intel Xeon 5120	КТ373Б	ATF2500C
19.	AMD Sempron M 2600+	КТ373Б	*ATF1502ASV*
20.	Dual-Core Intel Xeon 5080	КТ355А	ATF1500A
21.	Intel Core 2 Duo E6300	КТ355А	ATF1508ASV
22.	AMD Sempron M 3000+	КТ382АМ	ATF2500BQ
23.	Dual-Core Intel Xeon LV 5148	КТ339А	ATF1500A
24.	Intel Core 2 Duo E6700	КТ325Б	ATF1508ASL
25.	Dual-Core Intel Xeon 5140	КТ316А	ATF2500C
26.	Intel Core 2 Duo E6300	КТ316А	ATF1500AL
27.	Intel Core 2 Duo E6600	КТ316А	ATF2500B

Продолжение таблицы 3.1

28.	Dual-Core Intel Xeon 5060	КТ325Б	ATF1502ASV
29.	Dual-Core Intel Xeon 5140	КТ339А	ATF2500BL
30.	Dual-Core Intel Xeon 5063	КТ339А	ATF1500A
31.	AMD Sempron M 3000+	КТ368Б	ATF2500C
32.	Dual-Core Intel Xeon 5110	КТ368Б	ATF1504AS
33.	AMD Sempron M 2800+	КТ372А	ATF1504ASL
34.	Dual-Core Intel Xeon 5130	КТ372А	ATF2500BQ
35.	Dual-Core Intel Xeon LV 5148	КТ382АМ	ATF1504ASVL
36.	Dual-Core Intel Xeon 5050	КТ306АМ	ATF1508ASL
37.	Intel Core 2 Extreme X 6800	КТ306АМ	ATF2500BQL
38.	Intel Core 2 Duo E6700	КТ325Б	ATF1508AS
39.	Dual-Core Intel Xeon 5150	КТ355А	ATF1504ASV
40.	Intel Core 2 Duo E6400	КТ382АМ	ATF1508ASVL
41.	Dual-Core Intel Xeon 5160	КТ371А	ATF1508ASV
42.	AMD Turion 64	КТ371А	ATF1500AL
43.	Dual-Core Intel Xeon 5120	КТ373Б	ATF2500C
44.	AMD Sempron M 2600+	КТ373Б	ATF1502ASV
45.	Dual-Core Intel Xeon 5080	КТ355А	ATF1500A
46.	Intel Core 2 Duo E6300	КТ355А	ATF1508ASV
47.	AMD Sempron M 3000+	КТ382АМ	ATF2500BQ
48.	Dual-Core Intel Xeon LV 5148	КТ339А	ATF1500A
49.	Intel Core 2 Duo E6700	КТ325Б	ATF1508ASL
50.	Dual-Core Intel Xeon 5140	КТ316А	ATF2500C
51.	Intel Core 2 Duo E6300	КТ316А	ATF1500AL
52.	Intel Core 2 Duo E6600	КТ316А	ATF2500B
53.	Dual-Core Intel Xeon 5060	КТ325Б	ATF1502ASV
54.	Dual-Core Intel Xeon 5140	КТ339А	ATF2500BL
55.	Dual-Core Intel Xeon 5063	КТ339А	ATF1500A
56.	AMD Sempron M 3000+	КТ368Б	ATF2500C
57.	Dual-Core Intel Xeon 5110	КТ368Б	ATF1504AS
58.	AMD Sempron M 2800+	КТ372А	ATF1504ASL
59.	Dual-Core Intel Xeon 5130	КТ372А	ATF2500BQ
60.	Dual-Core Intel Xeon LV 5148	КТ382АМ	ATF1504ASVL
61.	Dual-Core Intel Xeon 5050	КТ306АМ	ATF1508ASL
62.	Intel Core 2 Extreme X 6800	КТ306АМ	ATF2500BQL
63.	Intel Core 2 Duo E6700	КТ325Б	ATF1508AS
64.	Dual-Core Intel Xeon 5150	КТ355А	ATF1504ASV
65.	Intel Core 2 Duo E6400	КТ382АМ	ATF1508ASVL
66.	Dual-Core Intel Xeon 5160	КТ371А	ATF1508ASV
67.	AMD Turion 64	КТ371А	ATF1500AL
68.	Dual-Core Intel Xeon 5120	КТ373Б	ATF2500C
69.	AMD Sempron M 2600+	КТ373Б	ATF1502ASV

Продолжение таблицы 3.1

70.	Dual-Core Intel Xeon 5080	КТ355А	ATF1500A
71.	Intel Core 2 Duo E6300	КТ355А	ATF1508ASV
72.	AMD Sempron M 3000+	КТ382АМ	ATF2500BQ
73.	Dual-Core Intel Xeon LV 5148	КТ339А	ATF1500A
74.	Intel Core 2 Duo E6700	КТ325Б	ATF1508ASL
75.	Dual-Core Intel Xeon 5140	КТ316А	ATF2500C
76.	Intel Core 2 Duo E6300	КТ316А	ATF1500AL
77.	Intel Core 2 Duo E6600	КТ316А	ATF2500B
78.	Dual-Core Intel Xeon 5060	КТ325Б	ATF1502ASV
79.	Dual-Core Intel Xeon 5140	КТ339А	ATF2500BL
80.	Dual-Core Intel Xeon 5063	КТ339А	ATF1500A
81.	AMD Sempron M 3000+	КТ368Б	ATF2500C
82.	Dual-Core Intel Xeon 5110	КТ368Б	ATF1504AS
83.	AMD Sempron M 2800+	КТ372А	ATF1504ASL
84.	Dual-Core Intel Xeon 5130	КТ372А	ATF2500BQ
85.	Dual-Core Intel Xeon LV 5148	КТ382АМ	ATF1504ASVL
86.	Dual-Core Intel Xeon 5050	КТ306АМ	ATF1508ASL
87.	Intel Core 2 Extreme X 6800	КТ306АМ	ATF2500BQL
88.	Intel Core 2 Duo E6700	КТ325Б	ATF1508AS
89.	Dual-Core Intel Xeon 5150	КТ355А	ATF1504ASV
90.	Intel Core 2 Duo E6400	КТ382АМ	ATF1508ASVL
91.	Dual-Core Intel Xeon 5160	КТ371А	ATF1508ASV
92.	AMD Turion 64	КТ371А	ATF1500AL
93.	Dual-Core Intel Xeon 5120	КТ373Б	ATF2500C
94.	AMD Sempron M 2600+	КТ373Б	ATF1502ASV
95.	Dual-Core Intel Xeon 5080	КТ355А	ATF1500A
96.	Intel Core 2 Duo E6300	КТ355А	ATF1508ASV
97.	AMD Sempron M 3000+	КТ382АМ	ATF2500BQ
98.	Dual-Core Intel Xeon LV 5148	КТ339А	ATF1500A
99.	Intel Core 2 Duo E6700	КТ325Б	ATF1508ASL

4. Задание

4.1. Определить выигрыш во времени безотказной работы наноэлектронного изделия по отношению к реализации изделия аналогичной сложности на транзисторах и на интегральных схемах большой степени интеграции.

4.2. Определить выигрыш по занимаемому объему наноэлектронного изделия по отношению к реализации изделия аналогичной сложности на транзисторах и на интегральных схемах большой степени интеграции.

4.3. Определить выигрыш по потребляемой мощности наноэлектронного изделия по отношению к реализации изделия аналогичной сложности на транзисторах и на интегральных схемах большой степени интеграции.

4.4. Определить выигрыш по стоимости наноэлектронного изделия по отношению к реализации изделия аналогичной сложности на транзисторах и на интегральных схемах большой степени интеграции.

5. Последовательность расчетов

5.1. Определение выигрыша во времени безотказной работы

Рекомендации по определению выигрыша во времени безотказной работы:

- интенсивность отказов (λ) наноэлектронного изделия указано в П.4;

- время безотказной работы изделий на транзисторах рассчитываются по формуле:

$$t_{Б} = \frac{P_{отк}}{n_э \cdot \lambda_э + n_c \cdot \lambda_c}, \quad (5.1)$$

где $n_э$ – число элементов (это число равно числу элементов наноэлектронного изделия);

$\lambda_э$- интенсивность отказа элемента (для транзисторов $\lambda_э=\lambda_m$, из табл.П.4)

n_c – число паянных или механических соединений (для транзистора $n_c=3 \cdot n_э$)

λ_c – интенсивность отказа соединения (данные для транзисторов приведены в таблице П.4.);

$P_{отк}$ – вероятность отказа (для изделий широкого применения принимается равной 0,05).

− время безотказной работы изделий на основе БИС рассчитывается по формуле:

$$t_{Б} = \frac{P_{отк}}{n_{БИС} \cdot \lambda_{БИС} + n_c \cdot \lambda_c}, \quad (5.2)$$

где $n_{БИС} = \frac{n_{НЭ}}{n_{1БИС}}$ – округляется до ближайшего числа, число элементов в одной БИС ($n_{1БИС}$) приведено в таблице П.2;

$\lambda_{БИС}$ – интенсивность отказа БИС указана в таблице П.4;

$n_c=n_{БИС} \cdot n_В$ (число выводов БИС указана в таблице П.2).

Таблица 5.1 – Данные времени безотказной работы

Показатели одного изделия	НЭ изделие, $t_{НЭ}$, час	Изделие на транзисторах, $t_Т$, час	Изделие на БИС, $t_{БИС}$, час

Таблица 5.2 – Выигрыш во времени безотказной работы

$\frac{t_{НЭ}}{t_Т}$, раз	$\frac{t_{НЭ}}{t_{БИС}}$, *раз*

5.2. Определение выигрыша по занимаемому объему

Рекомендации по определению выигрыша наноэлектронного изделия по объему и массе:

- объем наноэлектронного ($V_{1НЭ}$) и одного БИС изделия ($V_{1БИС}$) рассчитываются по формулам:

$$V_{1НЭ} = S \cdot h, \quad (5.3)$$

$$V_{1БИС} = S \cdot h, \quad (5.4)$$

где S – площадь наноэлектронного изделия (либо площадь одного БИС);

h – высота наноэлектронного изделия (либо высота одного БИС).

- объем для одного транзистора находится по формулам:

$$V_{1Т} = \pi \cdot R^2 \cdot h, \quad (5.5)$$

R – радиус транзистора.

h – высота транзистора.

Данные объема изделий на основе транзисторов рассчитываются по формуле:

$$V_Т = n_Т \cdot V_{1Т}, \quad (5.6)$$

где $V_{1Т}$ объем занимаемый одним транзистором.

Данные объема изделий на основе БИС рассчитываются по формуле:

$$V_{БИС} = n_{БИС} \cdot V_{1БИС}, \quad (5.7)$$

Таблица 5.3 – Данные показателей объема

	НЭ изделие, $V_{НЭ}$, м³	Изделие на транзисторах, $V_Т$, м³	Изделие на БИС, $V_{БИС}$, м³
Показатели одного изделия			

Таблица 5.4 – Выигрыш по занимаемому объему

$V_Т/V_{НЭ}$, *раз*	$V_{БИС}/V_{НЭ}$, *раз*

5.3. Определение выигрыша по потребляемой мощности

Рекомендации по определению выигрыша наноэлектронного изделия по потребляемой мощности:

- потребляемая мощность наноэлектронного изделия указана в таблице П.3;

Потребляемая мощность изделия на основе транзисторов рассчитывается по формуле:

$$P_П = n_Т \cdot I_Т \cdot U_П, \quad (5.8)$$

где $I_Т$ – средний ток, потребляемый транзистором, А;

$U_П$ – напряжение питания, В;

Потребляемая мощность изделия на основе БИС рассчитывается по формуле:

$$P_{БИС} = n_{БИС} \cdot I_П \cdot U_П, \quad (5.9)$$

где $I_П$ – средний потребляемый ток одной БИС, А;

$U_П$ – напряжение питания, В;

Таблица 5.5 Данные потребляемой мощности

	НЭ изделие, $Р_{НЭ,\ Вт}$	Изделие на транзисторах, $Р_{Т,\ Вт}$	Изделие на БИС, $Р_{БИС,\ Вт}$
Показатели одного изделия			

Таблица 5.6 Выигрыш в потребляемой мощности

$Р_Т/Р_{НЭ}$, *раз*	$Р_{БИС}/Р_{НЭ}$, *раз*

5.4. Определение выигрыша в стоимости

Рекомендации по определению выигрыша наноэлектронного изделия по стоимости:

- стоимость изделий указана в таблицах по изделиям в приложении;

- расчет общей стоимости готового изделия на ЭВП, транзисторах и БИС эквивалентные наноизделию производятся по формулам:

Для транзисторов $$Ц_{ЭВП} = n \cdot Ц_{1Т} \cdot К_Т *$$ (5.10)

Для БИС $$Ц_{БИС} = n \cdot Ц_{1БИС} \cdot К_{БИС} *$$ (5.11)

*В расчетах затраты на изготовление изделий (материалы, сборка и др.) учитываются коэффициентами: $К_Т = 1{,}5; К_{БИС} = 1{,}2$.

n – количество транзисторов, БИС для реализации наноэлектронного изделия с аналогичными функциями.

Таблица 5.7 Данные стоимости

	НЭ изделие, $Ц_{НЭ,\ руб}$	Изделие на ЭВП, $Ц_{ЭВП,\ руб}$	Изделие на транзисторах, $Ц_{Т,\ руб}$	Изделие на БИС, $Ц_{БИС,\ руб}$
Показатели одного изделия				

Таблица 5.8 Выигрыш в стоимости

$Ц_{ЭВП}/Ц_{НЭ}$, *раз*	$Ц_Т/Ц_{НЭ}$, *раз*	$Ц_{БИС}/Ц_{НЭ}$, *раз*

Таблица П.1. Параметры транзисторов

№	Наименование	Iпотр, мА	Uпит, В	Диаметр Ø, $м \cdot 10^{-3}$	Высота h, $м \cdot 10^{-3}$	Масса, г	Цена, руб
1	КТ306АМ	40	10	7,3	4	0,65	4,57
2	КТ316А	40	5	6	4,5	0,6	23,01
3	КТ325Б	30	10	9,4	6,6	1,2	11,68
4	КТ339А	12	20	4,95	5,3	0,5	1,22
5	КТ355А	30	10	9,4	6,6	0,5	44,25
6	КТ368Б	30	10	5,84	5,3	1	27,44
7	КТ371А	30	5	5,3	2,7	0,3	12,63
8	КТ372А	10	10	3,6	1,7	0,2	54,87
9	КТ373Б	100	15	5	2,5	0,2	13,90
10	КТ382АМ	30	10	5,3	2,7	0,3	25,70
11	КТ306АМ	40	10	7,3	4	0,65	4,57
12	КТ316А	40	5	6	4,5	0,6	23,01
13	КТ325Б	30	10	9,4	6,6	1,2	11,68
14	КТ339А	12	20	4,95	5,3	0,5	1,22
15	КТ355А	30	10	9,4	6,6	0,5	44,25
16	КТ368Б	30	10	5,84	5,3	1	27,44
17	КТ371А	30	5	5,3	2,7	0,3	12,63
18	КТ372А	10	10	3,6	1,7	0,2	54,87
19	КТ373Б	100	15	5	2,5	0,2	13,90
20	КТ382АМ	30	10	5,3	2,7	0,3	25,70

Таблица П.2. Параметры БИС

№	Наименование	Iпот, мА	Nэлем	Uпит, В	Nвывод	Площадь S, $м^2 \cdot 10^{-6}$	Высота h, $м \cdot 10^{-3}$	Масса, г	Цена, руб
1	*ATF1502ASV*	*180*	3000	3,3	44	100	1,2	10	85,8
2	ATF1500A	70	4000	5,0	44	144	1,2	12	60,84
3	ATF1500AL	100	4000	5,0	44	144	1,2	12	172,38
4	ATF2500C	110	6000	5,0	44	676	3,5	30	172,9
5	ATF2500B	110	6000	5,0	44	676	3,5	30	394
6	ATF2500BL	2	6000	5,0	44	676	3,5	30	1864
7	ATF2500BQ	30	6000	5,0	40	676	3,5	30	2451
8	ATF2500BQL	2	6000	5,0	40	676	3,5	30	2899,26
9	ATF1504AS	130	6000	5,0	100	144	1,2	12	86,32
10	ATF1504ASL	130	6000	5,0	100	144	1,2	12	242,32
11	ATF1504ASV	130	6000	3,3	100	144	1,2	12	190,32
12	ATF1504ASVL	130	6000	3,3	100	144	1,2	12	147,42
13	ATF1508AS	135	12000	5,0	160	256	1,05	15	432,64
14	ATF1508ASL	135	12000	5,0	160	256	1,05	15	372,06
15	ATF1508ASV	135	12000	3,3	160	256	1,05	15	364,26
16	ATF1508ASVL	135	12000	3,3	160	256	1,05	15	392,08
17	*ATF1502ASV*	*180*	3000	3,3	44	100	1,2	10	85,8
18	ATF1500A	70	4000	5,0	44	144	1,2	12	60,84
19	ATF1500AL	100	4000	5,0	44	144	1,2	12	172,38
20	ATF2500C	110	6000	5,0	44	676	3,5	30	172,9

Таблица П.3. Параметры наноизделий

№	Наименование процессора	Количество элементов, млн	Количество выводов	Потребляемая мощность, Вт		Тактовая частота, ГГц	Площадь S, кв. мм	Напряжение питания, В		Высота h, мм	Техно-логия, нм	Цена, руб.
				Min	Max			Min	Max			
1	Dual-Core Intel Xeon 5160	321	771	65	95	3	80	1,2	1,4	2,6	65	45995
2	Dual-Core Intel Xeon 5150	321	771	65	95	2,66	80	1,2	1,4	2,6	65	36738
3	Dual-Core Intel Xeon LV 5148	321	771	65	95	2,33	80	1,2	1,4	2,6	65	28375
4	Dual-Core Intel Xeon 5140	321	771	65	95	2,33	80	1,2	1,4	2,6	65	26389
5	Dual-Core Intel Xeon 5130	321	771	65	95	2,00	80	1,2	1,4	2,6	65	13080
6	Dual-Core Intel Xeon 5120	321	771	65	95	1,86	80	1,2	1,4	2,6	65	9754
7	Dual-Core Intel Xeon 5110	321	771	65	95	1,60	80	1,2	1,4	2,6	65	8257
8	Dual-Core Intel Xeon 5080	321	771	65	95	3,73	80	1,2	1,4	2,6	65	44785
9	Dual-Core Intel Xeon 5063	321	771	65	95	3,20	80	1,2	1,4	2,6	65	38566
10	Dual-Core Intel Xeon 5060	321	771	65	95	3,20	80	1,2	1,4	2,6	65	13444
11	Dual-Core Intel Xeon 5050	321	771	65	95	3,00	80	1,2	1,4	2,6	65	6650
12	Intel Core 2 Extreme X 6800	291	775	55	75	2,93	144	0,85	1,36	2,6	65	25850
13	Intel Core 2 Duo E6700	291	775	55	75	2,66	144	0,85	1,36	2,6	65	13780
14	Intel Core 2 Duo E6600	291	775	55	75	2,40	144	0,85	1,36	2,6	65	8216
15	Intel Core 2 Duo E6400	291	775	55	75	2,13	144	0,85	1,36	2,6	65	5200
16	Intel Core 2 Duo E6300	291	775	55	75	1,86	144	0,85	1,36	2,6	65	4870
17	AMD Turion 64	125	754	25	35	2,2	112	1,05	1,25	3,2	90	3900
18	AMD Sempron M 3000+	109	754	62	35	1,8	112	1,1	1,3	3,2	90	2288
19	AMD Sempron M 2600+	109	754	25	35	1,6	112	1,1	1,3	3,2	90	1742
20	AMD Sempron M 2800+	109	754	25	35	1,6	112	1,1	1,3	3,2	90	2002
21	Intel Celeron D 335	125	478	73	35	2,8	112	1,37	1,6	3,47	90	1505

Nэлем – количество элементов;

Nвывод – количество выводов;

Pпотр – потребляемая мощность;

Fтакт – тактовая частота;

S – площадь;

Uпит – напряжение питания;

Iпот – ток потребления.

Таблица П.4. Интенсивность отказов дискретных элементов

Название радиоэлемента	Интенсивность отказов, 10^{-6}, 1/час
Транзисторы	0,1
Паяное соединение	0,03
БИС	0,2
Наноиздение	0,3
Механическое соединение	0,1

6. Указания по оформлению раздела отчета

1. Указать номер варианта Вашего задания. Привести исходные данные.

2. Привести формулы, используемые для расчетов (1-18) и значения параметров, входящих в них.

3. Привести таблицы с результатами расчетов.

4. Сделать выводы об эффективности внедрения наноэлектрорнных изделий по всем показателям, предусмотренных заданием.