

**Контрольная работа по дисциплине «Электроника»**  
**«Аналоговые электронные устройства»**  
(весенний семестр 2024)

Контрольная работа выполняется в ходе изучения дисциплины «Электроника» («Аналоговые электронные устройства», 4 семестр) и предназначена для проверки самостоятельного изучения теоретического материала и оценки приобретенных практических навыков.

Контрольная работа состоит из трех частей:

Часть 1. Теоретическое изложение двух вопросов курса (см. табл.1).

Часть 2. Практические расчеты и проектирование (см. табл.2).

Часть 3. Дайджест выпуска периодического издания (см. табл.3).

Первые две части обязательны к выполнению, третья – носит рекомендательный характер.

К выполнению контрольной работы предъявляются следующие основные требования:

1) теоретическая часть включает самостоятельное изложение, в соответствии со своим вариантом, вопроса из табл. 1 на основании рекомендованной литературы и самостоятельно найденных источников;

2) практическая часть должна включать расчет (по исходным данным табл.2) и принципиальную схему устройства;

3) дайджест журнала «Современная электроника» должен содержать краткий обзор одного выпуска журнала (по табл.3), содержащий анализ одной или нескольких, наиболее интересных на взгляд студента публикаций. Обзор объемом одна - две страницы излагается в произвольной форме. Допускается рассмотрение по желанию любой иной периодической или непериодической публикации.

4) работа оформляется на листах формата А4 электронным или машинописным, или рукописным способом в соответствии с общими требованиями ВУЗа к отчетным работам (титульный лист, основная часть, выводы, использованные источники);

5) контрольная работа выполняется индивидуально;

6) контрольная работа содержит 21 вариант заданий. Каждый студент выполняет один вариант, выбирая его из таблиц 1-3 по номеру. Номер исполняемого варианта должен соответствовать порядковому номеру студента в списке группы. При количестве студентов больше 21 выполняется вариант, начиная с первого (22-й по списку – 1 вариант и т.д.).

## ЧАСТЬ 1

Таблица 1

Вариант	Аналоговые электронные устройства
1.	Диод Шоттки. Конструкция, применение, типы. Структура операционного усилителя (ОУ). Взаимодействие каскадов.
2.	Туннельный диод. Вольт-амперная характеристика (ВАХ), условно-графическое обозначение (УГО), применение. Схемотехника симметричной (мостовой, балансной) схемы на резисторах (отдельно) и транзисторах (отдельно).
3.	Стабилитрон. Стабилитрон в схеме стабилизации. Дифференциальный усилитель. Варианты входов и выходов. Сравнение.
4.	Варикап. Несимметричная и дифференциальная передачи сигналов.
5.	Светодиод. Природа синфазной помехи и ее подавление
6.	Фотодиод. Работа с амплитудной и АЧХ ОУ.
7.	Схема включения биполярного транзистора (БТ) с общей базой (ОБ). Применение. Виды и характеристики обратной связи (ОС) в ОУ.
8.	Схема включения БТ с ОЭ. Применение. Принцип улучшения частотной характеристики ОУ с применением отрицательной ОС (ООС).
9.	Схема включения БТ с ОК. Применение. Расширение полосы пропускания ОУ с применение ООС.
10.	БТ. Расчет графо-аналитическим методом. Математическое обоснование работы дифференциатора и интегратора на ОУ.
11.	БТ. Система z-параметров. Пример расчета. Математическое обоснование работы логарифмирующего и экспоненциального ОУ.
12.	БТ. Система h-параметров. Пример расчета. ОУ. Обоснование работы Сумматора.
13.	БТ. Система y-параметров. Пример расчета.

	ОУ. Обоснование работы Умножителя.
14.	МОП, МДП-транзисторы.
	ОУ. Обоснование работы ОУ без изменения знака.
15.	БТ и ПТ. Сравнение устройства и характеристик.
	ОУ. Обоснование работы ОУ с изменением знака.
16.	Динистор, тринистор, симистор.
	ОУ. Обоснование работы разностного ОУ.
17.	АЧХ и ЛАЧХ усилителя.
	Применение ОУ для селективного усиления определенной полосы частот.
18.	Дрейф нуля и методы борьбы с ними.
	Применение ОУ в качестве ограничителя напряжения.
19.	Дифференциальный усилитель. Принцип действия.
	Применение ОУ в качестве фазовращателя.
20.	Понятие о рабочей точке усилителя. Выбор РТ.
	Применение ОУ в качестве генератора прямоугольных и треугольных импульсов.
21.	Нагрузочная прямая усилителя и пример ее построения. Соотношение с рабочей точкой
	Применение ОУ в качестве компаратора.

## ЧАСТЬ 2

### РАЗРАБОТКА СХЕМЫ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ

В практических приложениях иногда необходимо решать дифференциальные уравнения (ДУ) второго порядка вида

$$A_1 x(t) = A_2 y(t) + A_3 \frac{dy(t)}{dt} + \frac{d^2 y(t)}{dt^2}, \quad (1)$$

где  $x(t)$  – сигнал, поступающий на вход системы,

$y(t)$  – выходной сигнал

$A_1, A_2, A_3$  – постоянные коэффициенты.

Схема решения этого уравнения с помощью операционных усилителей (ОУ) имеет следующую структуру (рис.1)

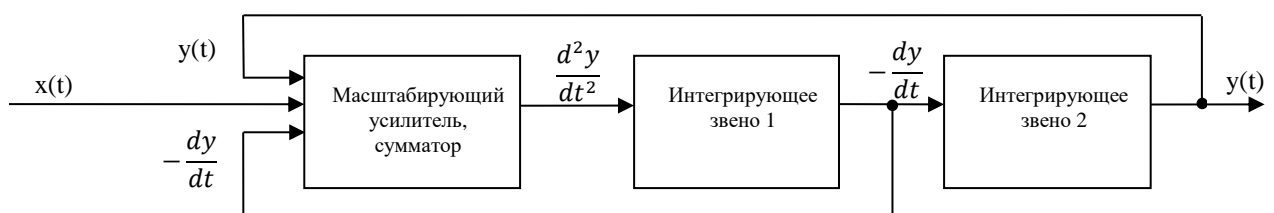


Рис.1. Структурная схема решения ДУ второго порядка

Масштабирующий усилитель, сумматор и интегрирующее звено можно выполнить на одном ОУ (DA1), включенным по схеме (рис.2)

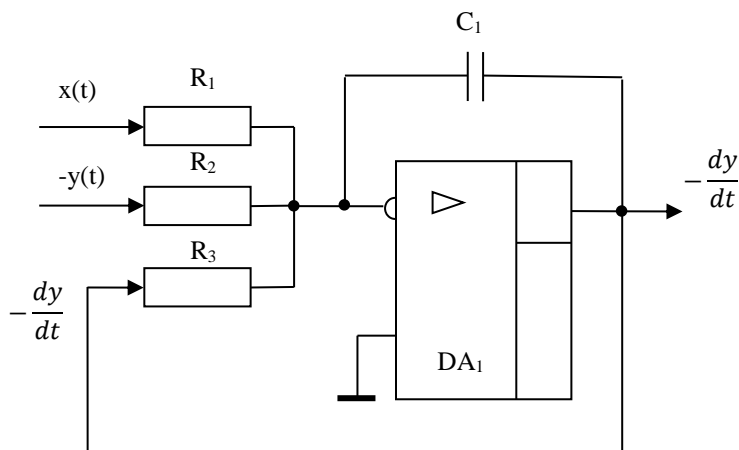


Рис.2. Структурная схема решения первого компонента схемы

На резистор  $R_1$  подается входной сигнал  $x(t)$ ; на резистор  $R_2$  должен быть подан сигнал  $-y(t)$ , эквивалентный решению дифференциального уравнения; на резистор  $R_3$  – значение первой производной решения.

Второе интегрирующее звено, обеспечивающее получение решения ДУ, можно реализовать по схеме (рис.3)

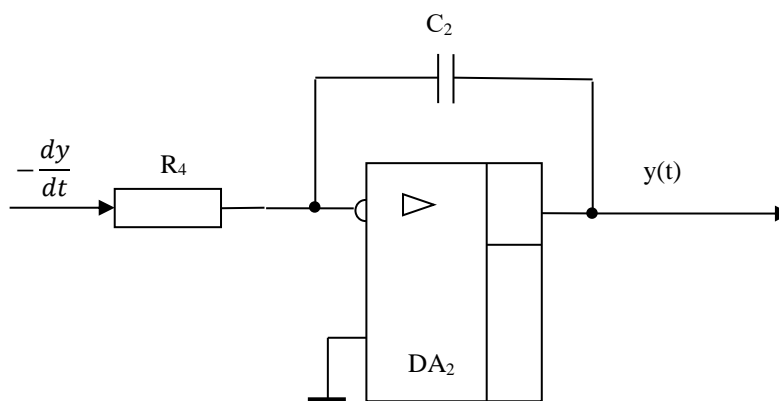


Рис.3. Структурная схема интегрирующего звена

Первое интегрирующее звено формируется аналогичным образом (рис.3).

Поскольку на вход схемы требуется подавать инверсный сигнал  $-y(t)$ , последовательно в цепь схемы необходимо включение инвертора (рис.4)

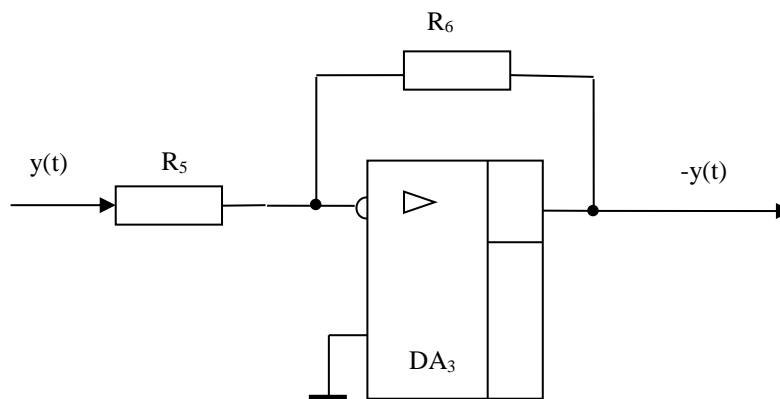


Рис.4. Структурная схема инвертора

Таким образом, общая схема решения ДУ (1) на ОУ имеет вид (рис.5)

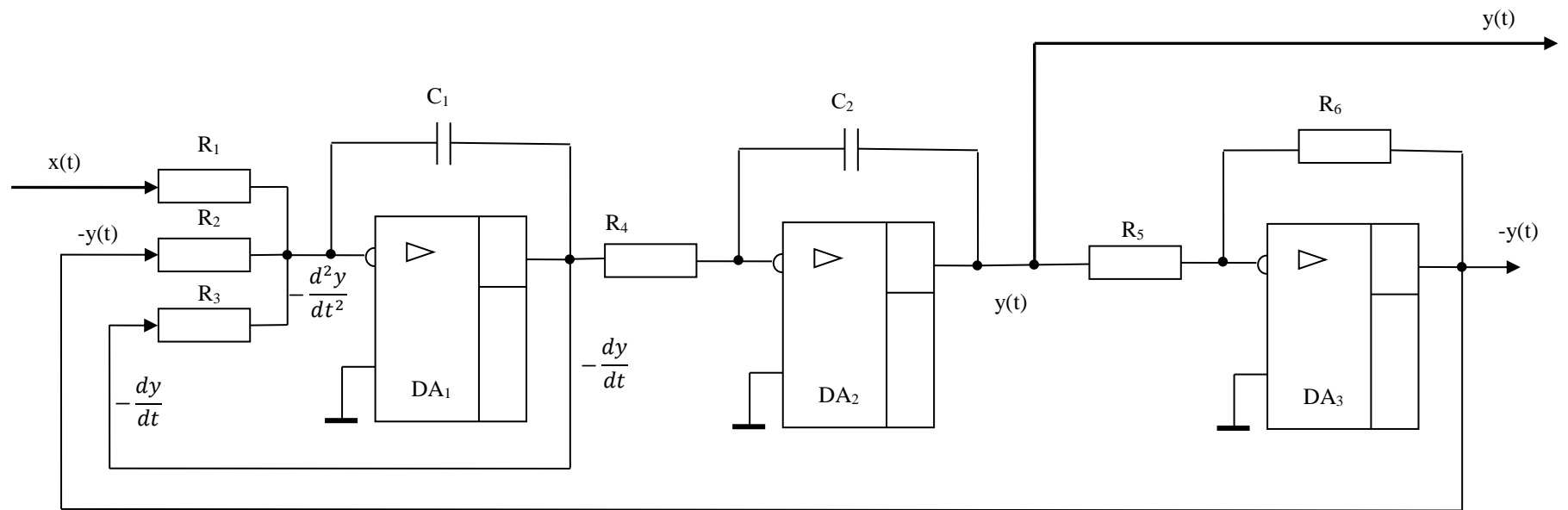


Рис.5. Схема решения ДУ второго порядка на ОУ

Безотносительно к параметрам ОУ основная задача состоит в расчете значений параметров резисторов и конденсаторов, которые определяют значение коэффициентов  $A_1, A_2, A_3$ , входящих в ДУ (1). Расчет коэффициентов рассмотрим на примере.

Пусть ДУ имеет вид

$$2 x(t) \sin wt = 0,5 y(t) + 5 \frac{dy(t)}{dt} + \frac{d^2 y(t)}{d t^2},$$

т.е.  $A_1 = 2; A_2 = 0,5; A_3 = 5$ .

Решение:

1) Перепишем уравнение относительно второй производной:

$$\frac{d^2 y(t)}{d t^2} = 2 x(t) \sin wt - 0,5 y(t) - 5 \frac{dy(t)}{dt};$$

2) Проинтегрируем (при условии, что постоянная интегрирования равна 0) :

$$\frac{d y(t)}{d t} = \int \left( 2 x(t) \sin wt - 0,5 y(t) - 5 \frac{dy(t)}{dt} \right) dt;$$

Поскольку при использовании интегратора на ОУ последний реализует на выходе напряжение

$$- \frac{1}{RC} = \int x(t) dt;$$

то схема для получения первой производной при интегрировании второй производной имеет вид

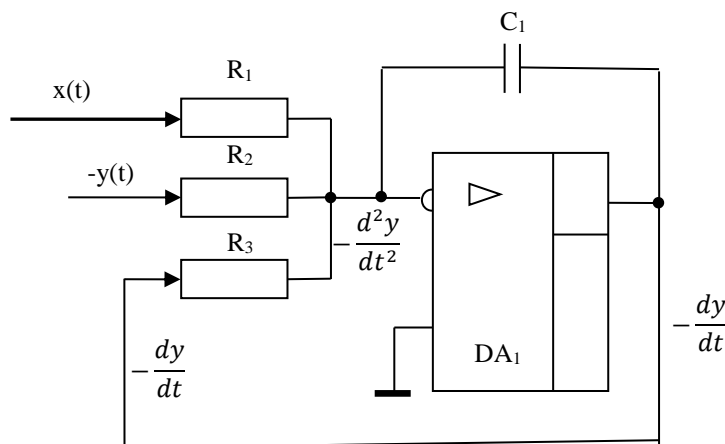


Рис.6. Схема получения первой производной на ОУ

3) Как видно схема на рис.6 выполняет функцию не только интегрирования, но и суммирования трех входных слагаемых и масштабирования каждого из них (умножения на коэффициент). В этих действиях, кроме собственно ОУ, участвуют три входных резистора (по количеству слагаемых) и конденсатор в цепи обратной связи ОУ. Их расчет (подбор) осуществляется следующим образом:

а. Поскольку все резисторы, конденсатор и коэффициенты дифференциального уравнения связаны через соотношение

$$A_i = \frac{1}{R_i C},$$

выбор параметров элементов целесообразно начать с параметра конденсатора, который будет являться общим при расчете параметров всех резисторов. Пусть емкость конденсатора составляет 1 мкФ (может быть и другой). Тогда

- поскольку коэффициент  $A_1$  равен 2, то  $R_1 = 1 / (1 * 10^{-6} * 2) = 0,5 * 10^6$ , т.е. 0,5 МОм;

- аналогично поскольку  $A_2$  равен 0,5; то  $R_2 = 1 / (1 * 10^{-6} * 0,5) = 2 * 10^6$ , т.е. 2 МОм;

- аналогично поскольку  $A_3$  равен 5; то  $R_3 = 1 / (1 * 10^{-6} * 5) = 0,2 * 10^6$ , т.е. 0,2 МОм.

б. Схема получения первой производной дает ее на выходе со знаком минус. Необходимо этот выходной сигнал по цепи обратной связи подать на вход резистора  $R_3$ .

4) Для получения выходного сигнала  $y(t)$  первую производную необходимо снова проинтегрировать. Параметры второго интегратора на ОУ  $DA_2$  выбираются (рассчитываются) аналогичным образом. Фигурантами интегратора выступают входной резистор и конденсатор в цепи обратной связи. Тривиальный выбор дает  $R_4 = 1$  МОм;  $C_2 = 1$  мкФ (рис.5).

5) Поскольку на выходе второго интегратора сигнал  $y(t)$  имеет положительный знак, а на вход схемы (на резистор  $R_2$ ) требуется подавать отрицательное значение с схему последовательно включен инвертор на ОУ  $DA_3$  на резисторах  $R_5$  и  $R_6$ . Поскольку никакого масштабирования при инвертировании не производится параметры этих резисторов идентичны и могут составлять 1 МОм.

Общая схема решения ДУ с параметрами элементов приведена на рис.7

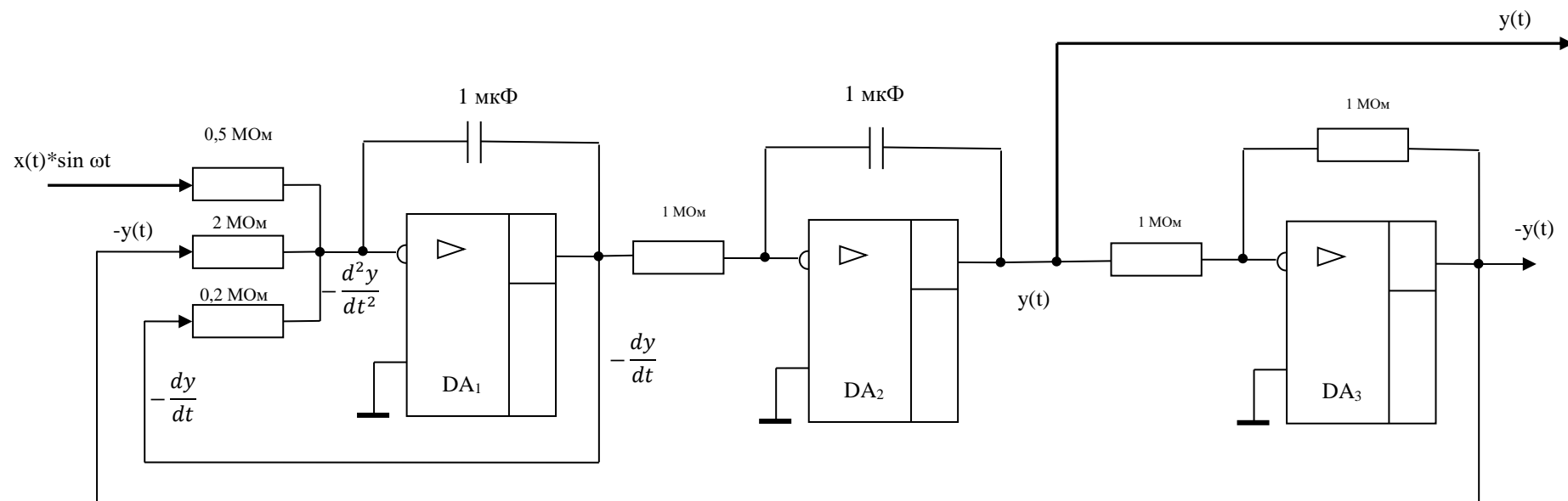


Рис.7. Схема решения ДУ второго порядка на ОУ с параметрами

### Задание

Разработать схему устройства на ОУ для решения ДУ второго порядка

Таблица 2

Вариант	$x(t)$	A1	A2	A3	Примечание
1.	$V_{BX} \cdot \sin \omega t$	2	0,5	5	
2.	$V_{BX} \cdot \sin \omega t$	4	0,5	5	
3.	$V_{BX} \cdot \sin \omega t$	5	0,5	5	
4.	$V_{BX} \cdot \sin \omega t$	1	0,5	5	
5.	$V_{BX} \cdot \cos \omega t$	2	1	1	
6.	$V_{BX} \cdot \cos \omega t$	4	1	2	
7.	$V_{BX} \cdot \cos \omega t$	5	1	4	
8.	$V_{BX} \cdot \cos \omega t$	1	1	5	
9.	$V_{BX} \cdot \operatorname{tg} \omega t$	2	0,5	4	
10.	$V_{BX} \cdot \operatorname{tg} \omega t$	4	1	2	
11.	$V_{BX} \cdot \operatorname{tg} \omega t$	5	0,5	2	
12.	$V_{BX} \cdot \operatorname{tg} \omega t$	5	0,5	5	
13.	$V_{BX} \cdot \operatorname{ctg} \omega t$	1	0,5	5	
14.	$V_{BX} \cdot \operatorname{ctg} \omega t$	2	1	1	
15.	$V_{BX} \cdot \operatorname{ctg} \omega t$	4	1	2	
16.	$V_{BX} \cdot \operatorname{ctg} \omega t$	5	1	4	
17.	$V_{BX} \cdot 2^t$	1	1	5	
18.	$V_{BX} \cdot e^t$	2	0,5	4	
19.	$V_{BX} \cdot \lg t$	4	1	2	
20.	$V_{BX} \cdot t^2$	5	0,5	2	
21.	$V_{BX} \cdot 3^t$	4	1	2	

### ЧАСТЬ 3

Таблица 3

**Журнал «Современная электроника»; выходит 9 раз в год.**

**Сайт для чтения:**

[www.cta.ru](http://www.cta.ru)

**-> журналы -> журнал «Современная электроника» -> Архив -> выбрать номер -> pdf-версия -> скачать или смотреть на сайте**

Вариант	Год	Выпуск	Примечание
1.	2024	4	
2.	2024	3	
3.	2024	2	
4.	2024	1	
5.	2023	9	
6.	2023	8	
7.	2023	7	
8.	2023	6	
9.	2023	5	
10.	2023	4	
11.	2023	3	
12.	2023	2	
13.	2023	1	
14.	2022	9	
15.	2022	8	
16.	2022	7	
17.	2022	6	
18.	2022	5	
19.	2022	4	
20.	2022	3	
21.	2022	2	

## Список литературы

### (Основной)

1. Основы промышленной электроники/ Под ред.В.Г.Герасимова. М.: Высшая школа, 1986. – 336 с.
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. – М.: Мир, 1983. – 512 с.
3. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники. – М.: Радио и связь, 1990. – 512 с.
4. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. – М.: Высшая школа, 1982. – 496 с.

### (Дополнительный)

5. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. М.: Высшая школа, 1991. - 495 с.
6. Проектирование импульсных и цифровых радиотехнических систем/ Под ред. Ю.М.Казаринова. М.: Высшая школа, 1985. – 319 с.
7. Захаров В.К., Лыпарь Ю.И. Электронные устройства автоматики и телемеханики. Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 432 с.
8. Жеребцов И.П. Основы электроники. Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
9. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы/ Под ред. С.В.Якубовского. М.: Радио и связь, 1985. – 432 с.
- 10.Калабеков Б.А., Мамзелев И.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. М.: Радио и связь, 1987. – 400 с.
- 11.Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 303 с.