

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВПО

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
КСУП

\_\_\_\_\_ Ю.А. Шурыгин  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2017 г.

**Электроника, электротехника, схемотехника: Методические указания и рекомендации** для проведения практических, самостоятельных, лабораторных, курсовых и домашних занятий по дисциплинам электротехнического и схемотехнического профиля.

Составил, доцент  
кафедры КСУП, к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_ Р.О. Черепанов

## **Содержание.**

Введение.	2
Цель проведения практических (семинарских) занятий	2
Содержание занятий	2
Примеры вопросов по Дисциплине (включая вопросы для самостоятельной работы студента)	2
Учебно–методическая литература по дисциплине	2
Правила выполнения практических занятий по Дисциплине	3
Список компетенций, на формирование которых направлено изучение дисциплины	4
Индивидуальные, домашние, практические, контрольные и курсовые задания для проверки знаний по дисциплинам электротехнического профиля	7
Приложение. Краткий справочник по транзисторам	19
Приложение. Параметры ИМС	42
Литература	45

## **1. Введение**

Данные методические указания и рекомендации предназначены для формирования у студентов представления о правилах и методах выполнения практических занятий по дисциплине "Электротехника, электроника и схемотехника" (далее- Дисциплина).

*Цель преподавания дисциплины– дать студентам знания, необходимые для освоения комплекса специальных дисциплин, изучаемых студентами в соответствии с учебным планом и факультативно.*

*Задачи преподавания дисциплины– сформировать у студентов представления об основных положениях общей электротехники, элементной базе и некоторых устройствах аналоговой и цифровой электроники. На основе изученного материала студенты должны знать физические процессы, происходящие в электрических цепях, аналоговых и цифровых устройствах, знать общие подходы к методам их анализа, уметь выполнять необходимые инженерные оценки, знать области применения изучаемых устройств*

## **2. Цель проведения практических (семинарских) занятий**

Практические занятия направлены на закрепление и расширение знаний, полученных на лекциях. Объем занятий определяется рабочей программой дисциплины, доступной студентам для ознакомления на кафедре.

Практические (семинарские) занятия по дисциплине направлены на углубление и закрепление знаний, приобретенных студентами на лекционных и лабораторных занятиях.

Предусмотрен тестовый контроль полученных знаний который проводится в виде контрольных работ по изучаемым темам.

## **3. Содержание занятий**

Содержание, темы, количество занятий и их продолжительность определены рабочей программой дисциплины.

## **4. Примеры вопросов по Дисциплине (включая вопросы для самостоятельной работы студента)**

Примерный список вопросов для домашних и индивидуальных заданий студентов приведен в Рабочей программе Дисциплины, в разделе ФОС (Фонд оценочных средств). На практических занятиях преподавателем на основе этого списка и текущего состояния группы (уровень базовой подготовки, степень владения математическим аппаратом, качество освоения лекционного материала, индивидуальные особенности студентов и группы в целом) формируются конкретные практические задания по рассматриваемым темам дисциплины, объясняются методы их решения и приводятся примеры решения подобных задач.

## **5. Учебно–методическая литература по дисциплине**

Список литературы приведен в Рабочей программе Дисциплины, в разделе "Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины".

Список содержит основную литературу(издания по теме Дисциплины, удовлетворяющие основному критерию- дата издания) и дополнительную литературу- издания по теме Дисциплины, удовлетворяющие неосновным критериям- понятность изложения материала, последовательность и связность изложения, степень проработанности, наличие иллюстраций и примеров и прочее. Иногда (но не всегда) издания из основного списка

литературы удовлетворяют критериям дополнительной литературы. Также список литературы содержит Обязательные учебно-методические пособия, в которых приводится описание конкретных лабораторных работ, выполняемых студентами в ходе изучения Дисциплины, в лабораториях и на оборудовании кафедры. Изучение этих учебно-методических пособий является необходимым условием для допуска студента к выполнению соответствующих лабораторных работ.

#### **6. Правила выполнения практических занятий по Дисциплине.**

**Практические задания выполняются студентом самостоятельно. Категорически запрещается во время выполнения практических занятий списывать готовые решения у соседей, друзей, коллег и просто знакомых (и незнакомых тоже). В ходе выполнения практических работ студенты приобретают навык решения соответствующих задач, осваивают методы решения и формируют у себя компетенции (согласно рабочей программе дисциплины). Формирование компетенций и приобретение навыков возможны только в ходе самостоятельной, осмысленной и целенаправленной умственной деятельности студента по решению практических задач. К сожалению, переписывание готовых решений (даже с подстановкой "своих" данных) не формирует нужных навыков и компетенций.**

## **7. Список компетенций, на формирование которых направлено изучение дисциплины.**

- \* *способностью использовать основы философских знаний, анализировать главные этапы и закономерности исторического развития для осознания социальной значимости своей деятельности*
- \* *способностью использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов деятельности в различных сферах*
- \* *способностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия*
- \* *способностью работать в команде, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия*
- \* *способностью к самоорганизации и самообразованию*
- \* *способностью использовать общеправовые знания в различных сферах деятельности*
- \* *способностью поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности*
- \* *готовностью пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий*
- \* *способностью использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда*
- \* *способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности*
- \* *способностью использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности*
- \* *способностью участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения*
- \* *способностью участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью*
- \* *способностью собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования*
- \* *способностью проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления*

- \* *способностью участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования*
- \* *способностью аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством*
- \* *способностью участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами*
- \* *способностью выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий*
- \* *способностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций*
- \* *способностью составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством*
- \* *способностью участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения*
- \* *готовностью применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств*
- \* *способностью участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов*

*изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования*

- \* Способностью участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам*
- \* способностью проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа*
- \* способностью участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем*
- \* способностью выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством*
- \* способностью определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления*

## Индивидуальные, домашние, практические, контрольные и курсовые задания для проверки знаний по дисциплинам электротехнического профиля.

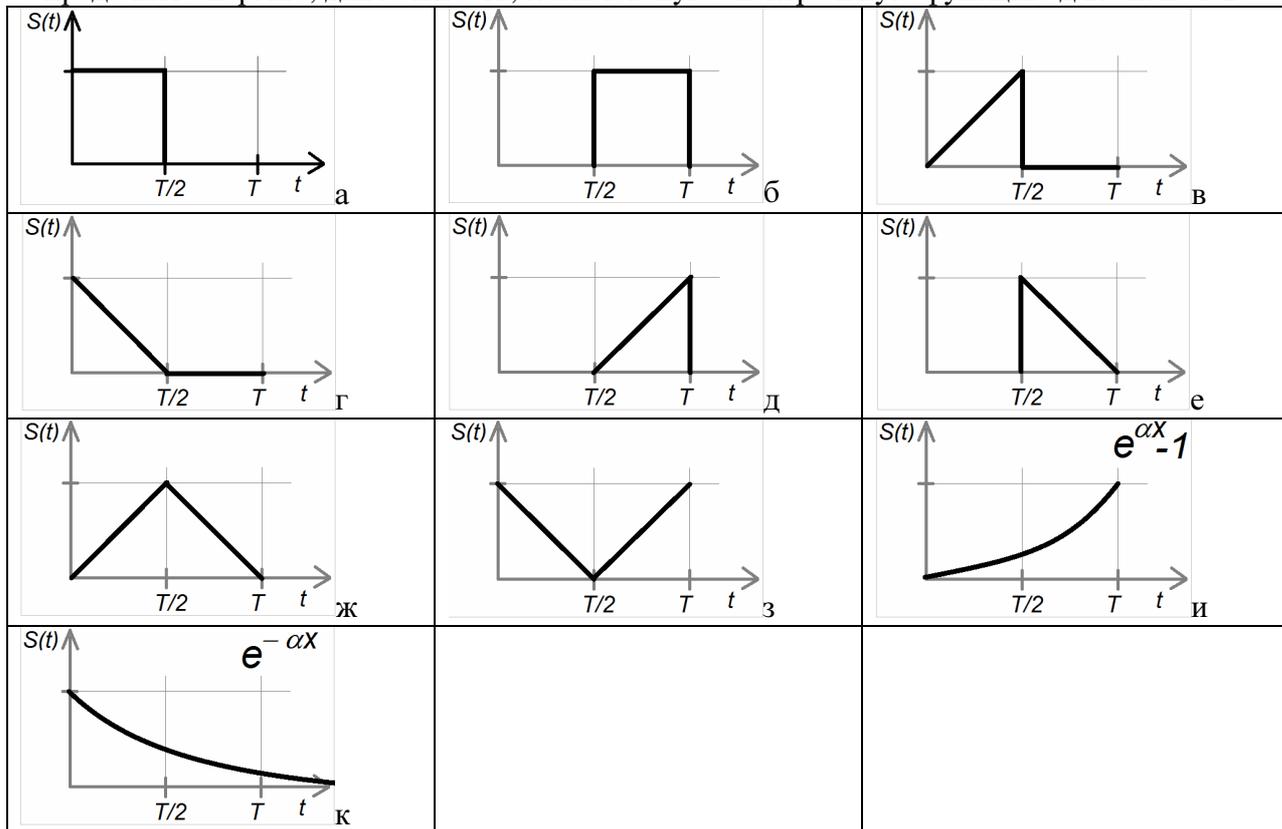
Мы живем в цифровой век, все курсовые за все предыдущие семестры где-то лежат в каких-то незапароленных архивах, на каких-то серверах или флешках, на чьих-то ноутбуках и любой безответственный студент может найти уже готовый вариант решения своего задания. Поэтому, в целях избежания плагиата при выполнении заданий студентами, преподаватель может произвольно изменить любой параметр сигнала, цепи, времени и пр. в момент выдачи заданий студентам!

**Товарищи студенты, изучайте электронику, электротехнику и схемотехнику настоящим образом! Да и все остальные предметы тоже.**

Приведенные ниже задания могут быть как практическими, так и домашними, индивидуальными домашними, курсовыми или лабораторными, в зависимости от того, какой используется РУП (рабочий учебный план) по дисциплине. Ознакомьтесь с РУП студенты могут на обеспечивающей или на выпускающей кафедре.

### ЗАДАНИЕ: Спектральный анализ простейших сигналов.

Определить энергию, длительность, комплексную спектральную функцию для сигналов:



Считать, что при  $t > T$  значения всех сигналов равны 0.

### ЗАДАНИЕ: Спектральный анализ сигналов.

Периодический сигнал  $s(t)$  периода  $T$  задан на интервале  $0 \leq t \leq T/2$  восьмиразрядным двоичным кодом (байтовым словом). Возможны два варианта продления сигнала за интервал задания на периоде  $T$ :

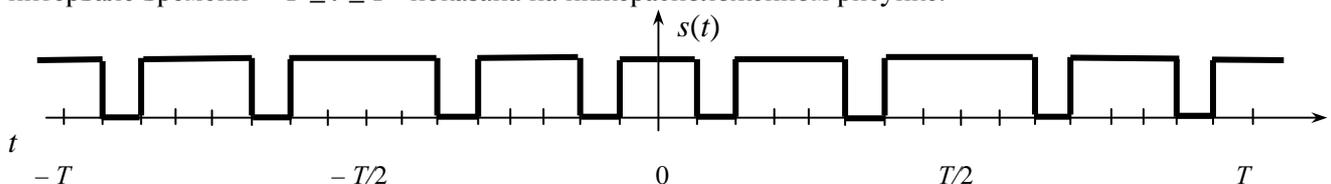
1. нечетным образом относительно моментов времени  $0$  и  $\pm T/2$  (**№ -1**),
2. четным образом относительно моментов времени  $0$  и  $\pm T/2$  (**№ -2**).

Таким образом, на временной оси данный сигнал представляет собой периодически повторяющееся двухбайтовое слово. Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице.

№	Код на интервале $0 - T/2$	№	Код на интервале $0 - T/2$
1	10101010	21	11001101
2	01101011	22	11000010
3	10101100	23	11000011
4	10101101	24	01010110
5	10101110	25	01010111
6	10101111	26	01011000
7	10110000	27	01011001
8	10110001	28	01011011
9	01010101	29	01011100
10	01010111	30	01011101
11	10110010	31	01011110
12	10110011	32	01101101
13	10110100	33	01101110
14	10110111	34	11000100
15	10110101	35	11000101
16	10110110	36	11000110
17	10111000	37	11000111
18	10111011	38	10110010
19	10111010	39	10110011
20	10101011	40	10110100

- Требуется:**
1. Изобразить  $s(t)$  на интервале  $-T \leq t \leq T$ ;
  2. Разложить  $s(t)$  в ряд Фурье, определить амплитуды  $A_n$  и фазы  $\Psi_n$  составляющих сигнала;
  3. Построить спектры амплитуд  $A_n$  и фаз  $\Psi_n$  сигнала  $s(t)$ ;
  4. Определить ширину спектра сигнала  $s(t)$  на основе энергетического критерия, приняв коэффициент  $\eta = 0,9$ ;
  5. Считая  $s(t)$  непериодическим, изобразить (сделать прогноз) график его спектральной плотности  $S(\omega)$ .
- спектральных

**Пример варианта задания 18-2.** Сигнал на интервале  $0 \leq t \leq T/2$  задан кодом 10111011, сигнал является четным относительно  $t = 0$  и  $t = \pm T/2$ . Осциллограмма сигнала на интервале времени  $-T \leq t \leq T$  показана на нижерасположенном рисунке.



**Внимание:** сохраните копию работы, т.к. ее результаты будут Вами использованы при выполнении ДЗ №2.

## **ЗАДАНИЕ: Синтез периодического сигнала**

Задание выполняется на основе материалов отчета по предыдущей выполненной работе – "Спектральный анализ сигналов"

Для заданного периодического сигнала  $s(t)$ :

- 1) привести график заданного сигнала  $s(t)$ ;
- 2) записать ряд Фурье в тригонометрической форме, используя рассчитанные Вами ранее (при выполнении ДЗ-1) **численные значения** амплитуд и фаз гармонических составляющих сигнала. Количество суммируемых гармоник принять равным рассчитанной Вами на основе энергетического критерия ( $\eta = 0,9$ ) ширине спектра сигнала;

3) с помощью пакета Mathcad синтезировать осциллограмму сигнала. Качественно оценить отличия полученного сигнала от исходного, сделать выводы о причинах расхождения форм сигналов. Осциллограмму сигнала привести в отчете.

Повторить названные выше процедуры 2 и 3 при следующих отличиях:

- 4) записать ряд Фурье в тригонометрической форме, используя полученные Вами ранее **аналитические выражения** амплитуд  $a_n$  или  $b_n$  гармонических составляющих сигнала. Количество суммируемых гармоник принять равным порядка 50;

5) с помощью пакета Mathcad синтезировать осциллограмму сигнала. Осциллограмму сигнала привести в отчете. Сделать качественную оценку соответствия полученной осциллограммы заданному сигналу, сформулировать выводы.

**Примечание:** при оценке отчета по выполненной работе будут учтены полнота и грамотность текстовых пояснений по каждому пункту задания, а так же качество оформления отчета. Положительно будет оценен **любой нетривиальный шаг** в демонстрации смысла и практики синтеза периодических сигналов.

## ЗАДАНИЕ: Линейные цепи, контрольные задачи

### Задача 1

Дано:  $R = 1 \text{ кОм}$ ,  $C = 1 \text{ нФ}$ ,  $i_c(t) = 10 \cos(10^6 t - 45^\circ)$ , мА.

Определить

1.1)  $i_R(t)$ ,

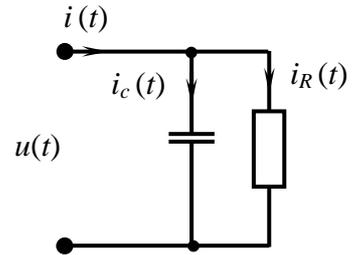
1.2)  $i(t)$ ,

1.3)  $u(t)$ .

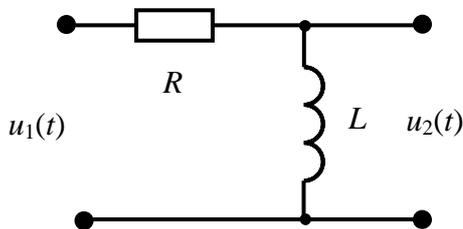
1.4) Построить векторную топографическую диаграмму токов и напряжений в цепи.

1.5) Найти численно полную, активную и реактивную мощности в цепи.

1.6) Построить АЧХ и ФЧХ входного сопротивления цепи в зависимости от аргумента  $\omega t$ , отметив на графиках жирной точкой конкретную координату АЧХ и ФЧХ для заданных значений параметров цепи.



### Задача 2



Дано:  $R = 1 \text{ кОм}$ ;  $L = 1 \text{ мГн}$ ;  $u_2(t) = \sin 10^6 t$ , В.

2.1) Найти  $u_1(t)$ .

2.2) Построить векторную топографическую диаграмму токов и напряжений в цепи.

2.3) Построить частотные и фазовые характеристики передаточной функции цепи в зависимости от аргумента  $\omega t$ , отметив на графиках жирными точками конкретные координаты АЧХ и ФЧХ для заданных значений параметров цепи.

2.4) Найти и построить переходную характеристику цепи  $h(t)$ , отметив на графике жирной точкой конкретную координату для значения  $t/\tau = 1$ .

### Задача 3

На рисунке показаны два непериодических сигнала 1 и 2 одинакового размаха и длительности. Сделайте и обоснуйте правильное суждение относительно ширины спектра (a) и энергии (b) данных сигналов:

3.1) (a) шире у сигнала 1, (b) больше у сигнала 2;

3.2) (a) уже у сигнала 1, (b) больше у сигнала 2;

3.3) (a) уже у сигнала 1, (b) меньше у сигнала 2;

3.4) (a) шире у сигнала 1, (b) меньше у сигнала 2.



**Примечание:** на листе ответа четко указать ФИО, группу, № варианта, № вопроса и номера конкретных ответов на вопросы в следующем формате **1.1, 2.4....**

## Вариант 2

### Задача 1

Дано:  $R=1$  кОм,  $L=1$  мГн,  $i_L(t) = 10 \cos(10^6 t - 30^\circ)$ , мА.

Определить

1.1)  $i_R(t)$ ,

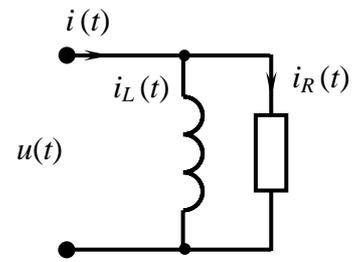
1.2)  $i(t)$ ,

1.3)  $u(t)$ .

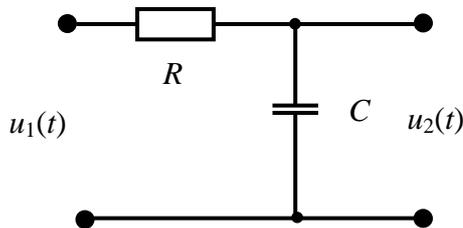
1.4) Построить векторные топографические диаграммы токов и напряжений в цепи.

1.5) Найти численно полную, активную и реактивную мощности в цепи.

1.6) Построить АЧХ и ФЧХ входного сопротивления цепи в зависимости от аргумента  $\omega t$ , отметив на графике жирной точкой конкретную координату АЧХ и ФЧХ для заданных значений параметров цепи.



### Задача 2



Дано:  $R = 1$  кОм,  $C=1$  нФ,  $u_2(t) = \sin 10^6 t$ , В.

2.1) Найти  $u_1(t)$ .

2.2) Построить векторную топографическую диаграмму токов и напряжений в цепи.

2.3) Построить частотные и фазовые характеристики передаточной функции цепи в зависимости от аргумента  $\omega t$ , отметив на графиках жирными точками конкретные координаты АЧХ и ФЧХ для заданных значений параметров цепи.

2.4) Найти и построить переходную характеристику цепи  $h(t)$ , отметив на графике жирной точкой конкретную координату для значения  $t/\tau = 1$ .

### Задача 3

На рисунке показаны два непериодических сигнала 1 и 2 одинакового размаха и длительности. Сделайте и обоснуйте правильное суждение относительно (a) ширины спектра и (b) энергии данных сигналов:

3.1) (a) шире у сигнала 1, (b) больше у сигнала 2;

3.2) (a) уже у сигнала 1, (b) больше у сигнала 2;

3.3) (a) уже у сигнала 1, (b) меньше у сигнала 2;

3.4) (a) шире у сигнала 1, (b) меньше у сигнала 2.



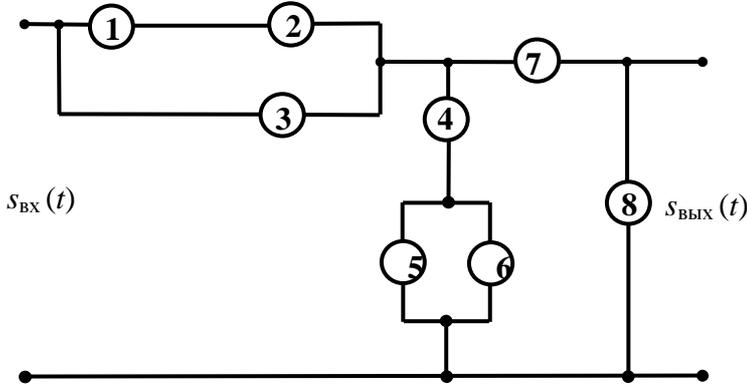
**Примечание:** на листе ответа четко указать ФИО, группу, № варианта, № вопроса и номера конкретных ответов на вопросы в следующем формате **1.1, 2.4....**

## ЗАДАНИЕ: Расчет сигнала на выходе линейной цепи

- Даны:** 1. Схема линейной цепи (варианты 1-14)  
2. Воздействие  $s_{\text{вх}}(t)$  (варианты 1-10)

### 1. Схема линейной цепи.

**Примечание:** в работе использовать обозначения:

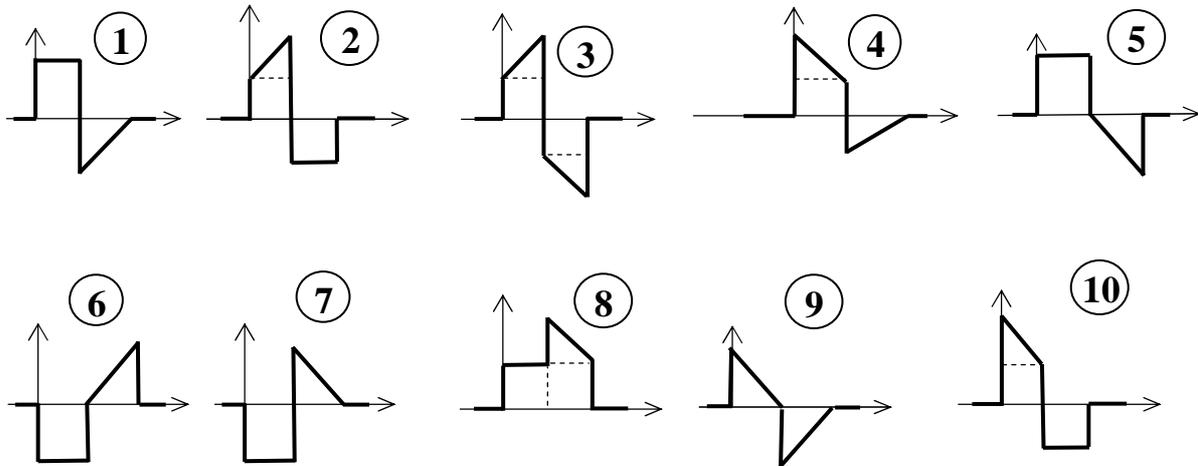


$$\omega_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{\tau} = \frac{R}{L} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

### 2. Воздействие $s_{\text{вх}}(t)$

N	Элементы цепи								N	Элементы цепи							
	1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	7	8
1	R	C	R	1	0	2C	1	0	8	1	R	C	C	2R	0	1	0
2	2R	L	R	1	0	L	1	0	9	L	R	0	1	R	0	1	2L
3	2C	1	0	R	R	C	1	0	10	L	1	R	2L	0	R	1	0
4	2L	1	0	R	R	L	1	0	11	L	2R	0	1	0	C	1	R
5	2R	1	0	C	R	C	1	0	12	L	C	2R	0	1	1	1	R
6	2C	R	0	1	R	0	1	C	13	L	1	C	1	0	R	1	R
7	2R	1	0	L	R	L	1	0	14	1	R	0	L	0	C	1	2R

### 1. Исследовать частотные и временные свойства линейной цепи, при этом



Исходные данные сигналов  $s_{\text{вх}}(t)$ : начало отсчета  $t = 0$ , общая длительность  $T$ , разрыв внутри длительности сигнала при  $t = T/2$ . Размах сигнала  $E$  или  $2E$  ясен из осциллограммы сигнала. Например, сигналы 1, 5, 6, 7, 9 имеют размах  $\pm E$ , остальные сигналы имеют размах  $\pm 2E$  с промежуточным значением  $\pm E$ .

- 1.1. Определить и построить АЧХ –  $K(\Omega)$  и ФЧХ –  $\varphi(\Omega)$  для заданной цепи.
- 1.2. Определить и построить переходную характеристику линейной цепи  $h(t)$ , проверить выполнение предельных соотношений между  $K(\Omega)$  и  $h(t)$ .
- 1.3. Определить, используя известное соотношение  $g(t) = \frac{d}{dt}h(t)$  и построить импульсную реакцию линейной цепи  $g(t)$ .
- 1.4. Привести объяснение полученных результатов на основе физических представлений о свойствах данной цепи.

## **2. Исследовать частотные свойства заданного сигнала, при этом**

- 2.1. Записать математические модели заданного сигнала для двух случаев: непериодический сигнал и периодический сигнал, приняв за период интервал времени  $T$ . Сделать описание временных свойств сигналов.
- 2.2. Выполнить спектральный анализ непериодического сигнала  $s_{\text{вх}}(t)$ , воспользовавшись методикой "экспресс-спектрального анализа".
- 2.3. Определить ширину спектра непериодического сигнала  $s_{\text{вх}}(t)$ , задавшись  $\eta = 0.9$ .
- 2.4. Построить графики спектральной плотности  $S(\Omega)$  и фазового спектра  $\varphi(\Omega)$ .
- 2.5. Выполнить спектральный анализ периодического сигнала  $s_{\text{вх}}(t)$ , при этом амплитуды спектральных составляющих допустимо определить на основе известного соотношения, связывающего спектры непериодического и периодического сигналов.
- 2.6. Определить ширину спектра периодического сигнала  $s_{\text{вх}}(t)$ , приняв  $\eta = 0.9$ .

## **3. Определить сигнал на выходе линейной цепи на основе принципа суперпозиции, при этом**

- 3.1. Определить сигнал на выходе линейной цепи на основе принципа суперпозиции операторным методом или одним из методов временного интегрирования для случая непериодического воздействия  $s_{\text{вх}}(t)$ . По результатам расчета построить в едином масштабе времени графики непериодического воздействия  $s_{\text{вх}}(t)$  и отклика  $s_{\text{вых}}(t)$  на выходе линейной цепи.
- 3.2. Исследовать влияние соотношения между  $\omega_0 = \frac{1}{T}$  и  $T$ , характеризующих инерционные свойства цепи и временные свойства сигнала на форму отклика (расчеты выполнить для  $\omega_0 \cdot T = 0,1; 1; 10$ ). Привести объяснение полученных результатов, основываясь на физических представлениях о свойствах данной цепи.

## **4. Компьютерное моделирование**

- 4.1. С помощью одного из пакетов прикладных программ (МС10) выполнить моделирование частотных (АЧХ и ФЧХ) и временных ( $h(t)$  и  $g(t)$ ) свойств заданной цепи. Промоделировать отклик заданной цепи на заданное воздействие во временной области при различных соотношениях между  $\omega_0$  и  $T$ :  $\omega_0 \cdot T = 0,1; 1; 10$ .

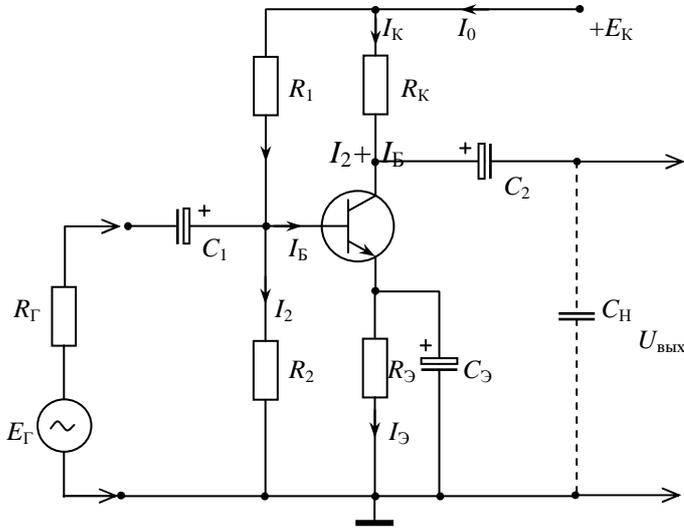
## **5. Сделать обобщающие выводы:**

- 5.1. По временным и частотным свойствам линейной цепи.
- 5.2. По временным и спектральным свойствам воздействия.

5.3. По сопоставлению результатов расчета на основе временных (спектральных) методов, сравнивая полученные аналитические результаты и физические представления о работе цепи, а также результаты компьютерного моделирования

## ЗАДАНИЕ: Проектирование резистивного усилителя

Дана электрическая схема резистивного усилителя



**Примечание:** на электрической схеме показаны постоянные составляющие токов.

### Содержание работы

Для заданного транзистора обеспечить в нагрузке  $R_K$  наибольшую полезную мощность, отдаваемую транзистором в режиме класса "А".

При этом:

#### 1. В статическом режиме

Обосновать, выбрать и рассчитать:  $E_K, R_K, R_1, R_2, R_3, P_0$

#### 2. В динамическом режиме

Рассчитать  $R_{вх}, R_{вых}, C_1, C_3, E_Г, P_K, K_0, \eta, f_{в}, \Delta F, \Pi = K_0 \cdot \Delta F$ , а также рассчитать и построить АЧХ усилителя.

### Варианты индивидуальных заданий

N	Транзистор	$R_Г, \text{Ом}$	$C_{н}, \text{пФ}$	$f_{н}, \text{Гц}$	N	Транзистор	$R_Г, \text{Ом}$	$C_{н}, \text{пФ}$	$f_{н}, \text{Гц}$
1	КТ 3102А	600	60	15	17	КТ 3102А	800	200	20
2	КТ 340А	300	400	20	18	КТ 340А	900	100	30
3	КТ 3107Л	1000	50	15	19	КТ 3107Л	1000	200	20
4	КТ 352А	700	300	20	20	КТ 352А	1200	150	25
5	КТ 373А	800	200	10	21	КТ 373А	1400	150	15
6	КТ 368Б	100	500	20	22	КТ 368Б	1500	100	20
7	КТ 343А	600	600	15	23	КТ 343А	1600	50	10
8	КТ 313А	500	100	10	24	КТ 313А	2000	150	15
9	КТ 316Г	500	100	15	25	КТ 316Г	1500	50	10
10	КТ 352А	1000	200	20	26	КТ 352А	1000	70	20
11	КТ 3102А	800	150	25	27	КТ 3102А	500	80	15
12	КТ 340А	200	200	40	28	КТ 340А	750	100	10
13	КТ 3107Л	1000	100	30	29	КТ 3107Л	300	70	25
14	КТ 352А	300	50	20	30	КТ 352А	1000	100	15
15	КТ 373А	1000	100	10	31	КТ 373А	800	80	20
16	КТ 368Б	1500	75	20	32	КТ 368Б	900	100	10
33	КТ 3107Л	800	200	15	52	КТ 3107Л	1000	70	20
34	КТ 352А	700	50	30	53	КТ 352А	1500	100	10
35	КТ 373А	600	80	20	54	КТ 373А	800	100	20
36	КТ 368Б	500	100	10	55	КТ 368Б	2000	150	15
37	КТ 343А	1000	100	20	56	КТ 343А	1000	100	10
38	КТ 313А	1500	200	30	57	КТ 313А	1000	70	20
39	КТ 316Г	1200	100	20	58	КТ 316Г	700	80	10
40	КТ 352А	1400	150	15	59	КТ 352А	500	100	10
41	КТ 3102А	800	100	20	60	КТ 3102А	1000	50	10

42	КТ 340А	500	50	30	61	КТ 340А	800	100	20
43	КТ 3107Л	600	100	20	62	КТ 3107Л	1000	100	10
44	КТ 352А	1000	200	20	63	КТ 352А	900	150	10
45	КТ 373А	200	80	20	64	КТ 373А	800	100	20
46	КТ 368Б	300	100	10	65	КТ 368Б	700	150	15
47	КТ 343А	400	100	20	66	КТ 343А	600	100	10
48	КТ 313А	500	200	30	67	КТ 313А	500	70	20
49	КТ 316Г	600	100	20	68	КТ 316Г	400	80	10
50	КТ 352А	700	150	15	69	КТ 352А	300	100	10
51	КТ 3102А	800	100	20	70	КТ 3102А	200	50	10

Данные транзисторов приведены в Приложении.

### Указания.

Вольтамперные характеристики транзистора с графическими построениями (выбор поля допуска положения рабочей точки, нагрузочная прямая, рабочая точка с указанием координат) привести в тексте ПЗ на вклейке в виде распечатки или ксерокопии.

В отчете привести также все требуемые при проектировании справочные параметры транзистора, включая предельно допустимые эксплуатационные.

Расчеты усилителя в динамическом режиме выполнить на основе эквивалентной схемы замещения в Н-параметрах.

Для рассчитанных и выбранных резисторов в спецификации указать тип, допустимую мощность рассеивания, номинал, допуск.

**Справка:** шкала номинальных значений ряда Е-24 резисторов типа МЛТ формируется путем умножения базового ряда значений, в Ом:

10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82, 91 на множители  $10^k$ , где  $k = -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5$ .

Запись резистора в спецификацию соответствует формату (например, МЛТ – 0,125 К22 10% – это резистор с номинальной мощностью рассеивания 125 мВт, с номиналом 220 Ом и с допуском  $\pm 10\%$ ).

## ЗАДАНИЕ: Проектирование преобразователя кода

### Варианты исходных данных:

1. Заданы входной (X) и выходной (Y) четырехразрядные\* двоичные коды.

X \ Y	2 с изб 1	2 с изб 2	2 с изб 3	2-10 с изб 1	2-10 с изб 3	Код Грея	2421	4221	2-10 с изб 2
2 с изб 2	31		32	33	34	35	36	37	
2 с изб 3	38	39		40		41	42	43	23
2-10 с изб 2	44		45	46	47	48	49	50	
2-10 с изб 3	51	52		53		54	55	56	
Код Грея	57	58	59	60	61		62	63	24
2421	64	1	2			3		4	25
4221	5	6	7			8	9		26
7 сег инд. прям	10	11	12			13	14	15	27
7 сег инд. инв.	16	17	18			20	21	22	28

(\* за исключением кода семисегментного индикатора )

### 2. Быстродействие $t_{зд.р.}$

Номер варианта	1 - 20	21 - 40	41 - 63
$t_{зд.р.}$ , мкс не более	1	0,01	0,1

### 3. Потребляемая преобразователем кода мощность $P_{потр.}$

Номер варианта	1 - 20	21 - 40	41 - 63
$P_{потр.}$ , мВт не более	0,02	30	Мин. возм.

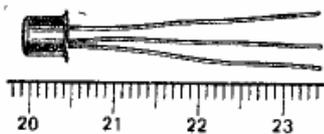
**Содержание задания:**

Спроектировать преобразователь кода (ПК) на отечественной элементной базе, удовлетворяющий условиям технического задания. Результатом работы должна быть электрическая схема ПК, снабженная спецификацией содержащихся в ней элементов и выполненная в соответствии с правилами ЕСКД.

**В отчете отразить все этапы проектирования:**

- составление таблицы истинности,
- составление булевых функций и их минимизация,
- преобразование булевых функций к заданному базису логических элементов,
- составление структурной схемы устройства,
- обоснование и выбор элементной базы устройства,
- составление электрической схемы преобразователя кода с спецификацией входящих в нее элементов,
- расчеты потребляемой мощности и быстродействия преобразователя кода,
- заключение, в котором отразить соответствие параметров разработанного устройства данным ТЗ.

## Приложение. Краткий справочник по транзисторам.



**КТ340А, КТ340Б, КТ340В, КТ340Д**

Общие сведения. Кремниевые эпитаксиальные - планарные п-р-п- транзисторы предназначены для работы в ЭКВМ-70, ЭКВМ-70/70М и других модификациях ЭКВМ. КТ340А и КТ340Д предназначены для работы в схемах усиления, КТ340В - в схемах переключения.

Корпус металлический, с гибкими выводами. Масса транзистора не более 0,6 г.

Условия эксплуатации - в соответствии с таблицей.

Электрические параметры. Классификационные параметры:  $h_{21Э}, \tau_k, t_{рас}$ .

Наименование	Обозначение	Значения		Режимы измерения						
		мини- мальное	Макси- мальное	UК, В	UЭ, В	IK, мА	IB, мА	IЭ, мА	I, мА	
Обратный ток коллектора, мкА:  КТ340А, КТ340В, КТ340Д КТ340Б при Tс=+85°С  КТ340А, КТ340В, КТ340Д КТ340Б	КБО		1 1 10 10	15 20 15 20						
Обратный ток эмиттера, мкА	ЭБО		100		5					
Напряжение насыщения коллектор – эмиттер, В КТ340Б КТ340В	УКЭ нас		0,3 0,4			50 200	5 20			
Модуль коэффициента передачи тока на высокой частоте:	h <sub>21Э</sub>	3		5				10	100	
Статический коэффициент передачи тока в схеме с ОЭ: КТ340А КТ340Б КТ340В КТ340Д	h <sub>21Э</sub>	100 100 35 40	300 - - -	1 1 2 1		10 10 200 10				
Время рассасывания, нс КТ340Б, КТ340В	t <sub>рас</sub>		15			5	1			
Емкость эмиттерного перехода, пФ	СЭ		7		5					10

Емкость коллекторного перехода, пФ	СК		3,7	5					10
Постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте, пс: КТ340А КТ340Д	$\tau_K$		60 150	5 5					10 10

Максимально допустимые параметры. Гарантируются при температуре окружающей среды

$T_c = -10 \dots +85^\circ\text{C}$ .

$I_{K \max}$  - постоянный ток коллектора, мА.....50

$I_{K \text{ и } \max}$  - импульсный ток коллектора ( $t_u \leq 50 \text{ мкс}, I_{K \text{ ср}} \leq I_{K \max}$ ), мА:

КТ340Б.....75

КТ340В.....200

$U_{\text{эб } \max}$  - постоянное напряжение эмиттер-база, В.....15

$U_{\text{кб } \max}$  - постоянное напряжение эмиттер-коллектор, В:

КТ340А, КТ340В, КТ340Д.....15

КТ340Б.....20

$U_{\text{кэ } \max}$  - постоянное напряжение коллектор-эмиттер, В:

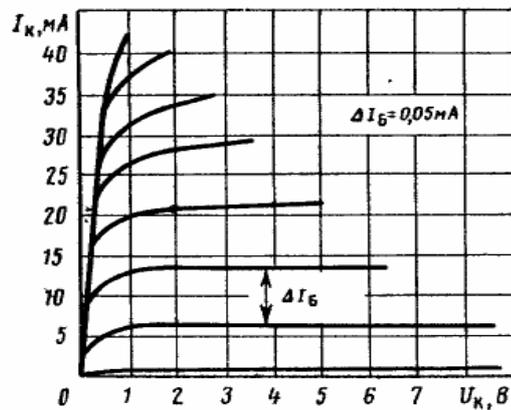
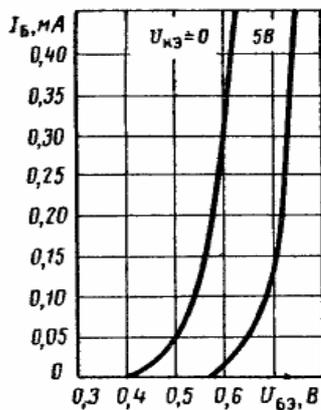
КТ340А, КТ340В, КТ340Д.....15

КТ340Б.....20

$P_{K \max}$  - постоянная рассеиваемая мощность коллектора, мВт.....150

$T_{K \max}$  - температура перехода,  $^\circ\text{C}$ .....+130

Допустимая температура окружающей среды,  $^\circ\text{C}$ .....-10...+85





### КТ343А, КТ343Б, КТ343В

Общие сведения. Кремниевые планарно-эпитаксиальные р-п-р-транзисторы предназначены для использования в импульсных схемах в вычислительных устройствах и приборах автоматики.

Корпус металлический, герметичный, с гибкими выводами. Масса транзистора не более 0,5 г.

Условия эксплуатации - в соответствии с таблицей.

Электрические параметры. Классификационные параметры:  $h_{21Э}, t_{рас}, U_{кЭЭ}$ .

Наименование	Обозначение	Значения			Режимы измерения				
		мини- мальное	типовое	макси- мальное	Uк,В	Uэ,В	Ik,мА	Iб,мА	Iэ,мА
Обратный ток коллектора, мкА: КТ343А, КТ343Б КТ343В при Tс=+85°С: КТ343А, КТ343Б КТ343В при Tс-40°С: КТ343А, КТ343Б КТ343В	IKBO			1 1 10 10 1 1	10 7 10 7 10 7				
Обратный ток коллектор-эмиттер, мкА: КТ343А, КТ343Б КТ343В	IKЭ R			100 100	17 9				
Напряжение насыщения коллектор-эмиттер, В	UKЭ нас	0,1	0,2	0,3			10	1	
Напряжение насыщения База-эмиттер, В	UBЭ нас	0,78	0,8	0,95			10	1	
Модуль коэффициента передачи тока на высокой частоте при f=100 МГц	h <sub>21Э</sub>	3			5				10

Статический коэффициент передачи тока в схеме с ОЭ: КТ343А, КТ343В КТ343Б при T <sub>c</sub> =+85°C: КТ343А, КТ343В КТ343Б при T <sub>c</sub> =-40°C: КТ343А, КТ343В КТ343Б	Н21Э	30	55	70	0,3				10	
		50	65	90	0,3				10	
		30			0,3				10	
		50			0,3				10	
		15			0,3				10	
		25			0,3				10	
		Время рассасывания, нс								
		КТ343А, КТ343В			10			10	1	
КТ343Б			20			10	1			
Емкость коллекторного перехода при f=10 МГц, пФ	СК			6	5					
Емкость эмиттерного перехода при f=10 МГц, пФ	СЭ			8		0				

Максимально допустимые параметры. Гарантируются при температуре окружающей среды

T<sub>c</sub> = -40...+85° С.

I<sub>к max</sub>- постоянный ток коллектора, мА..... 50

I<sub>к и max</sub>- импульсный ток коллектора ( $t_u \leq 10 \text{ мкс}; Q \geq 500$ ), мА.....150

U эб max – постоянное напряжение эмиттер-база, В .....4

U кэ max – постоянное напряжение коллектор-эмиттер ( $R_{\theta} \leq 10 \text{ кОм}; I_{КЭR}=100 \text{ мкА}$ ), В:

КТ343А, КТ343Б.....17

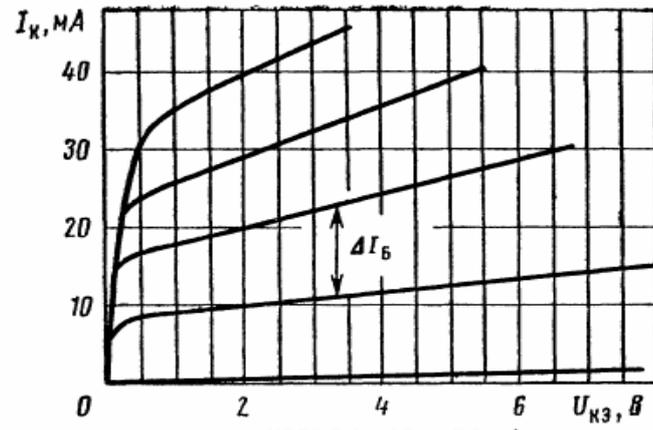
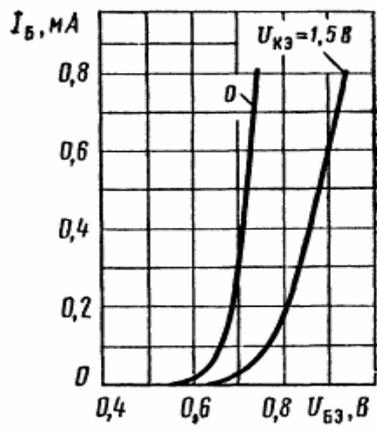
КТ343В.....9

P<sub>к max</sub> – постоянная рассеиваемая мощность коллектора, мВт.....150

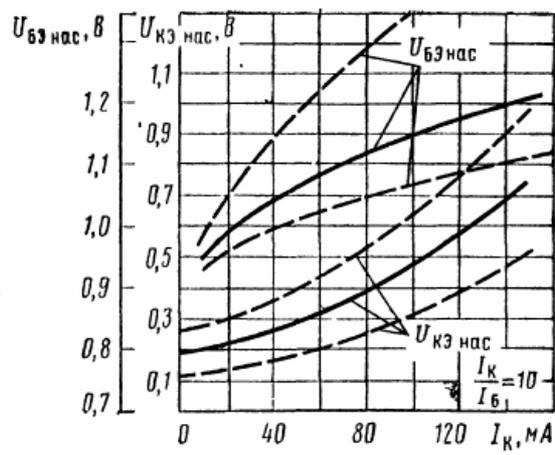
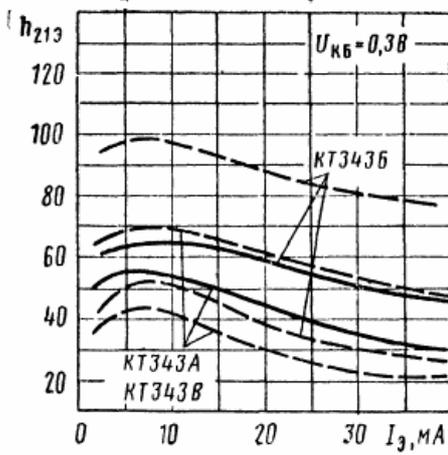
T<sub>и max</sub> – температура перехода, °С .....+130

R<sub>т</sub>, – тепловое сопротивление переход – окружающая среда, °С/мВт...0,5

Допустимая температура окружающей среды, °С.....-40...+85



KT343A -  $\Delta I_B = 0,2 \text{ mA}$   
 KT343B -  $\Delta I_B = 0,2 \text{ mA}$   
 KT343B -  $\Delta I_B = 0,15 \text{ mA}$





**КТ352А, КТ352Б**

Общие сведения. Кремниевые эпитаксиально-планарные р-п-р – транзисторы предназначены для работы в быстродействующих импульсных схемах, в схемах переключения, а также в схемах усилителя и генерирования колебаний высокой частоты. Три варианта корпусов: металлический, герметичный, с гибкими выводами. Масса транзистора не более 0,5 г.

Условия эксплуатации – в соответствии с таблицей.

Электрические параметры. Классификационные параметры:  $h_{21Э}$

Наименование	Обозначение	Значения		Режимы измерения					
		Минимальное	Максимальное	Uк, В	Uэ, В	Ik, mA	Iб, mA	Iэ, mA	I, МГц
Обратный ток коллектора, мкА: при Tс=+85°С	КБ0	0,001 0,05	1 15	10 10					
Обратный ток эмиттера, мкА	ЭБ0		10		4				
Напряжение насыщения коллектор – эмиттер, (ti≤14 мкс, Q≥100), В: КТ351А КТ351Б	УКЭ нас		0,6 0,9			400 400	50 10		
Напряжение насыщения база – эмиттер, (ti≤14 мкс, Q≥100), В: КТ351А КТ351Б	УБЭ нас		1,2 1,1			400 400	40 10		
Модуль коэффициента передачи тока на высокой частоте:	h <sub>21Э</sub>	2		5				10	100

Статический коэффициент передачи тока в схеме с ОЭ: КТ351А КТ351Б при $T_c = +85^\circ\text{C}$ : КТ351А, КТ351Б при $T_c = -40^\circ\text{C}$ : КТ351А, КТ351Б	h21Э	20	80	1				300
		50	200	1				300
		0,9h21Э(25°C)	2h21Э(25°C)	1				300
		0,4h21Э(25°C)		1				300
Емкость эмиттерного перехода, пФ	СЭ		30		1			10
Емкость коллекторного перехода, пФ	$C_K^{(1)}$		20	5				10

Максимально допустимые параметры. Гарантируются при температуре окружающей среды

$T_c = -40...+85^\circ\text{C}$ .

$I_{к\text{max}}$  - постоянный ток коллектора ( $t_u \leq 1\text{мс}$ ), мА .....200

$U_{эб\text{max}}$  - постоянное напряжение эмиттер-база, В .....4

$U_{кб\text{max}}$  - постоянное напряжение коллектор-база, В.....20

$U_{кэ\text{max}}$  - постоянное напряжение коллектор-эмиттер ( $R_{\sigma} \leq 10\text{кОм}$ ), В.....15

$P_{к\text{max}}$  - постоянная рассеиваемая мощность коллектора ( $T_c = -40...+85^\circ\text{C}$ ), мВт ...200

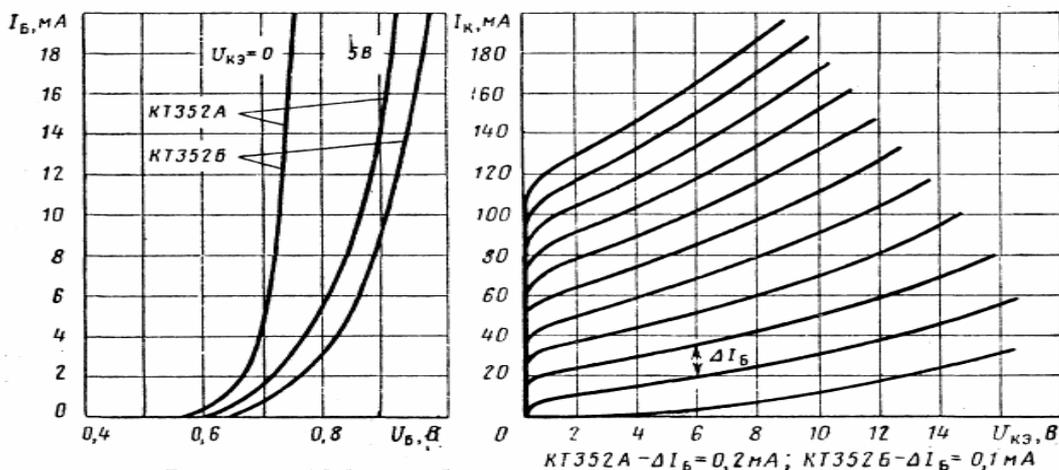
$T_{п\text{max}}$  - температура перехода, °С..... 150

$R_{т, п-е}$  - тепловое сопротивление переход окружающая среда, °С/мВт

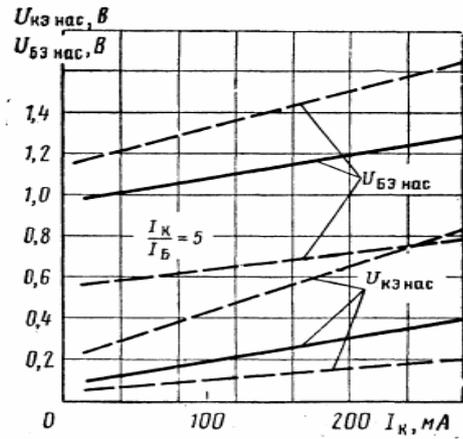
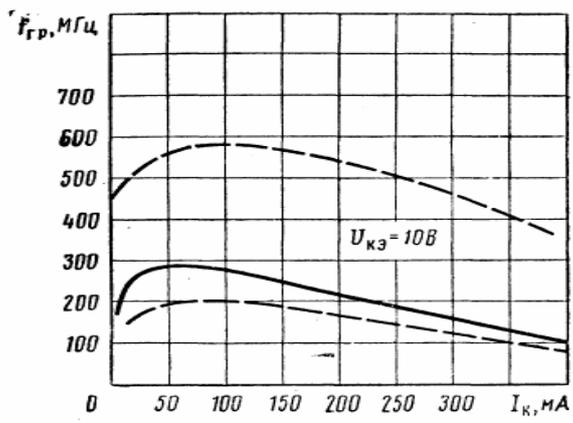
для корпусов 1 и 2.....0,6

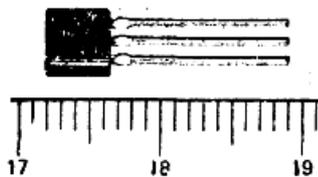
для корпусов 3.....0,4

Допустимая температура окружающей среды, °С .....-40...+85



Внимание! Масштаб тока базы следует уменьшить в 10 раз.





### КТ373А, КТ373Б, КТ373В, КТ373Г,

Общие сведения. Кремниевые эпитаксиально-планарные n-p-n – транзисторы предназначены для работы в системах усиления генерирования колебаний высокой частоты в быстродействующих импульсах, а также в других системах.

Корпус пластмассовый, герметичный, с гибкими выводами. Масса транзистора не более 0,2 г.

Условия эксплуатации – в соответствии с таблицей.

Электрические параметры. Классификационные параметры:  $h_{21Э}$ ,  $|h_{21Э}|$ ,  $IKЭR$ ,  $UBЭ$  нас,  $UBЭO$  гр,  $UKБ$  max,  $UKЭR$  max

Наименование	Обозначение	Значения		Режимы измерения				
		мини-мальное	Макси-мальное	UK, В	IK, мА	IБ, мА	IЭ, мА	I, МГц
Обратный ток коллектора, мкА: КТ373А, КТ373Г КТ373Б КТ373В при $T_c = +85^\circ C$ : КТ373А, КТ373Г КТ373Б КТ373В	КБО	0,5*10 <sup>-5</sup>	0,05	25				
		0,5*10 <sup>-5</sup>	0,05	20				
		0,5*10 <sup>-5</sup>	0,05	10				
		5	10	25				
		5	10	20				
		5	10	10				
Обратный ток эмиттера, мкА при $U_{ЭБ} = 5$ В	IЭБО		30					
Обратный ток коллектор - эмиттер, мкА: КТ373А КТ373Б КТ373В КТ373Г	КЭR	30	30					
		30	25					
		30	10					
		100	60					
Граничное напряжение транзистора, В; КТ373А, КТ373Г КТ373Б КТ373В	UKЭO гр		25				5	
			20				5	
			10				5	
Напряжение насыщения коллектор – эмиттер, В КТ373А- КТ373В КТ340Г	UKЭ нас	0,05	0,1		10	1		
		0,05	0,1		10	1		

Напряжение насыщения база – эмиттер, В КТ373А- КТ373В КТ340Г	УБЭ нас	0,7 0,7	0,9 1,1		10 10	1 1		
Модуль коэффициента передачи тока на высокой частоте: КТ373А, КТ373Г КТ373Б, КТ373В		2,5 3,0		10 10			5 5	100 100
Статический коэффициент передачи тока в схеме с ОЭ: КТ373А КТ373Б КТ373В КТ373Г при T <sub>c</sub> =+85°С: КТ373А КТ373Б КТ373В КТ373Г при T <sub>c</sub> =-40°С: КТ373А КТ373Б КТ373В КТ373Г	h <sub>21Э</sub>	100 200 500 50 100 200 500 50 25 50 125 12	250 600 1000 125 750 1800 3000 375 250 600 1000 125	5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1			
Емкость коллекторного перехода, пФ	СК		8	5				10
Постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте, пс: КТ373А. КТ373Г КТ373Б КТ373В	τК		200 300 700	5 5 5	1 1 1			5 5 5

Максимально допустимые параметры. Гарантируются при температуре окружающей среды  
T<sub>c</sub> = -40...+85° С.

I<sub>к max</sub>- постоянный ток коллектора, мА.....50

I<sub>к и max</sub>- импульсный ток коллектора ( $t_u \leq 50 \text{ мкс}; Q \geq 500$ ), мА.....200

I<sub>к нас max</sub>- постоянный ток коллектора в режиме насыщения, мА....100

U эб max – постоянное напряжение эмиттер-база, В .....5

U кб max – постоянное напряжение коллектор-база, В:

КТ373А .....30

КТ373Б .....25

КТ373В.....10

КТ373Г.....60

U кэ max – постоянное напряжение коллектор-эмиттер

$R_{\theta} \leq 10 \text{кОм}$   
( $R_{\theta}$ ), В:

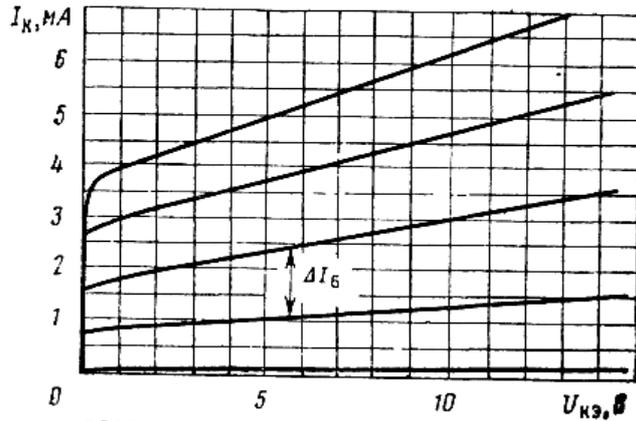
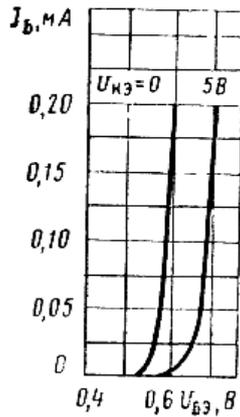
КТ373А .....	30
КТ373Б .....	25
КТ373В.....	10
КТ373Г.....	60

$P_{к \text{ max}}$  – постоянная рассеиваемая мощность коллектора ( $T_c = -40...+85^\circ \text{C}$ ), мВт..100

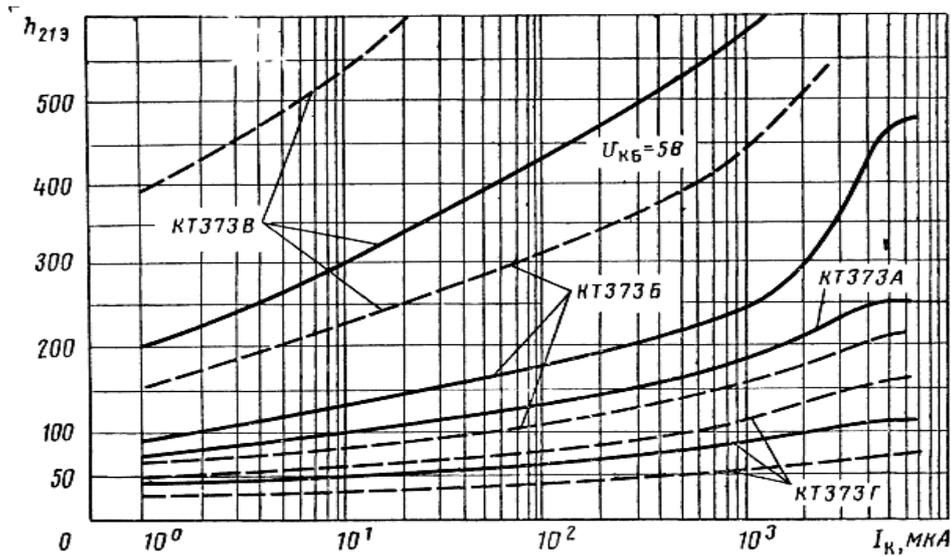
$T_{п \text{ max}}$  – температура перехода,  $^\circ\text{C}$  .....150

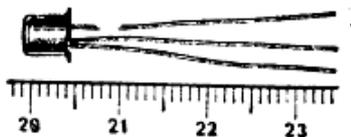
$R_t$  – тепловое сопротивление переход - окружающая среда,  $^\circ\text{C}/\text{мВт}$ ..0,61

Допустимая температура окружающей среды,  $^\circ\text{C}$  .....-40...+85



КТ373А -  $\Delta I_B = 0,01 \text{мА}$ , КТ373Б -  $\Delta I_B = 0,004 \text{мА}$ ;  
КТ373В -  $\Delta I_B = 0,002 \text{мА}$ ; КТ373Г -  $\Delta I_B = 0,008 \text{мА}$





### КТ316А, КТ316Б, КТ316В, КТ316Г, КТ316Д

Общие сведения. Кремниевые планарно-эпитаксиальные n-p-n- транзисторы предназначены для работы в быстродействующих переключающих и усилительных устройствах.

Корпус металлический, герметичный, с гибкими выводами. Масса транзистора не более 0,6 г.

Условия эксплуатации - в соответствии с таблицей.

Электрические параметры. Классификационные параметры:  $h_{21}, t_{рас}, |h_{21Э}|$ .

Наименование	Обозначение	Значения		Режимы измерения					
		мини-мальное	Макси-мальное	UК, В	UЭ, В	IK, мА	IB, мА	IЭ, мА	I, МГц
Обратный ток коллектора, мкА: при +125°C;	КБО		0,5 5	10 10					
Обратный ток эмиттера, мкА	IЭБО		1		4				
Граничное напряжение транзистора ( $t_{и} \leq 50$ мкс, $Q \geq 50$ ), В	УКЭО гр	5				1			
Напряжение насыщения коллектор – эмиттер, В	УКЭ нас		0,4			10	1		
Напряжение насыщения база – эмиттер, В	УБЭ нас		1,1			10	1		
Модуль коэффициента передачи тока на высокой частоте: КТ316А, КТ316Г КТ316Б, КТ316В, КТ316Д	$ h_{21Э} $	6 8		5 5				10 10	100 100

Статический коэффициент передачи тока в схеме с ОЭ: КТ316А КТ316Б, КТ316В КТ316Г КТ316Д при T <sub>c</sub> =+125°С: КТ316А КТ316Б, КТ316В КТ316Г КТ316Д при T <sub>c</sub> =-60°С: КТ316А КТ316Б, КТ316В КТ316Г КТ316Д	h21Э									
		20	60	0		10				
		40	120	0		10				
		20	100	0		10				
		60	300	0		10				
		20	120	0		10				
		40	240	0		10				
		20	200	0		10				
		60	600	0		10				
		10	60	0		10				
		20	120	0		10				
		10	100	0		10				
		30	300	0		10				
Время рассасывания, нс КТ316А, КТ316Б КТ316В	трас									
			10			10	1			
			15			10	1			
Емкость коллекторного перехода, пФ	СК		3	5					10	
Емкость эмиттерного перехода, пФ	СЭ		2,5		0					10
Постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте, пс: КТ316Г, КТ316Д	τК		150	5			10			10

Максимально допустимые параметры. Гарантируются при температуре окружающей среды

T<sub>c</sub> = -60...+125° С.

I<sub>к max</sub>- постоянный ток коллектора, мА..... 30

I<sub>к нас max</sub>- постоянный ток коллектора в режиме насыщения, мА.....50

U<sub>кб max</sub> – постоянное напряжение коллектор-база, В.....10

U<sub>кэ max</sub> – постоянное напряжение коллектор-эмиттер ( $R_{\theta} \leq 3кОм$ ), В..10

U<sub>эб max</sub> – постоянное напряжение эмиттер-база, В .....4

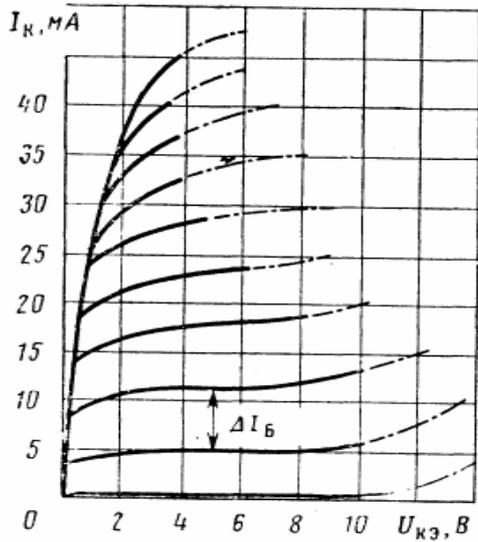
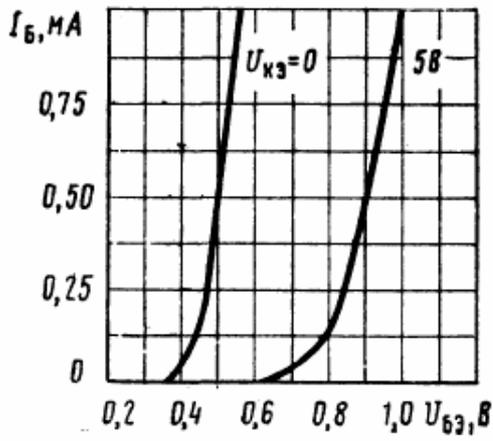
P<sub>к max</sub> – постоянная рассеиваемая мощность коллектора, мВт:

при T<sub>c</sub> = -60...+90° С.....150

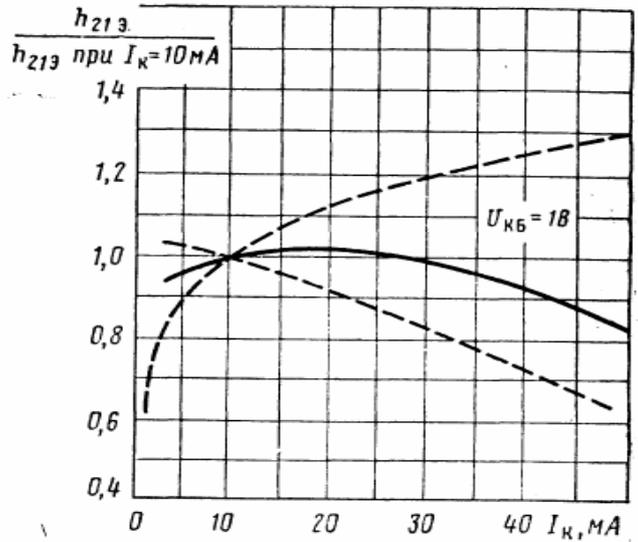
при T<sub>c</sub> =+125° С.....60

T<sub>и max</sub> – температура перехода, °С .....150

Допустимая температура окружающей среды, °С.....-60...+125



KT316A, KT316Б, KT316В, KT316Г -  $\Delta I_B = 100 \mu\text{KA}$ ;  
 KT316Д -  $\Delta I_B = 50 \mu\text{KA}$ .





## КТ3102А, КТ3102Б, КТ3102В, КТ3102Г, КТ3102Д,

### КТ3102Е

Общие сведения. Кремниевые эпитаксиально-планарные n-p-n – транзисторы предназначены для усиления электрических колебаний.

Корпус металлический, герметичный, с гибкими выводами. Масса транзистора не более 0,5 г.

Усилия эксплуатации – в соответствии с таблицей.

Электрические параметры. Классификационные параметры:  $h_{21Э}$ ,  $K_{Ш}$ ,  $I_{КБО}$ ,  $|h_{21Э}|$

Наименование	Обозначение	Значения		Режимы измерения					
		мини-мальное	Макси-мальное	UК, В	UЭ, В	IK, мА	IB, мА	IЭ, мА	I, МГц
Обратный ток коллектора, мкА: КТ3102А, КТ3102Б КТ3102В, КТ3102Д КТ3102Г, КТ3102Е		0,003 0,003 0,003	0,05 0,015 0,015	50 30 20					
Обратный ток эмиттера, мкА	IЭБО		10		5				
Граничное напряжение транзистора, В КТ3102А, КТ3102Б КТ3102В, КТ3102Д КТ3102Г, КТ3102Е	UKЭО гр	30 20 15						10 10 10	
Модуль коэффициента передачи тока на высокой частоте: КТ3102А- КТ3102Б, КТ3102Д КТ3102Г, КТ3102Е	$ h_{21Э} $	1,5 3		5 5				10 10	103 105
Статический коэффициент передачи тока в схеме с ОЭ: КТ3102А КТ3102А- КТ3102В, КТ3102Д КТ3102Г, КТ3102Е	$h_{21Э}$	100 200 400	250 500 1000	5 5 5				2 2 2	

Коэффициент шума, дБ: КТ3102А- КТ3102РГ КТ3102Г, КТ3102Е	Кш		10 4	5 5				0,2 0,2	1 1
Емкость эмиттерного перехода, пФ	СЭ		7		5				10
Емкость коллекторного перехода, пФ	СК		6	5					104
Постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте, нс:	τК		100	5				10	3*104

Максимально допустимые параметры. Гарантируются при температуре окружающей среды

$T_c = -40...+85^\circ \text{C}$ .

$I_{k \text{ max}}$ - постоянный ток коллектора, мА .....100

$I_{k \text{ и max}}$ - импульсный ток коллектора ( $t_u \leq 40 \text{ мкс}; Q \geq 500$ ), мА.....200

$U_{эб \text{ max}}$  – постоянное напряжение эмиттер-база, В .....5

$U_{кб \text{ max}}$  – постоянное напряжение коллектор-база, В:

КТ358А, КТ358Б, КТ358В .....15

КТ358Г, КТ358Д, КТ358Е .....30

$U_{кэ \text{ max}}$  – постоянное напряжение коллектор-эмиттер

КТ358А, КТ358Б.....50

КТ358В, КТ358Д.....30

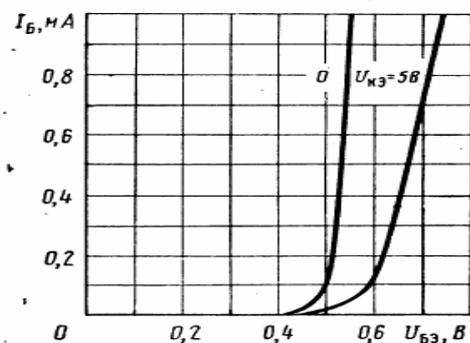
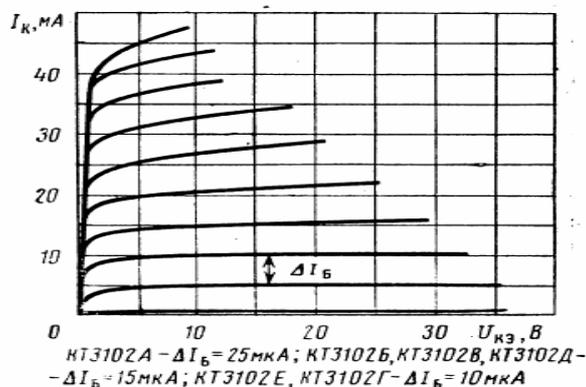
КТ358Г, КТ358Е .....20

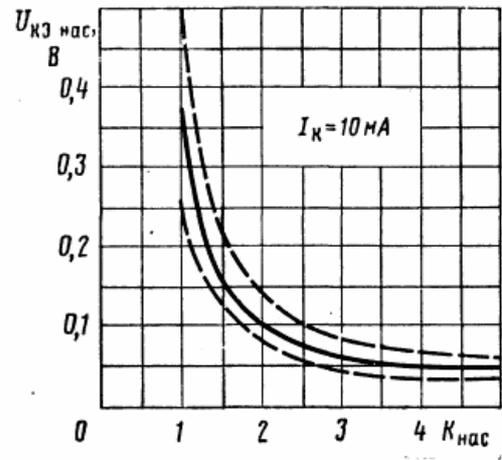
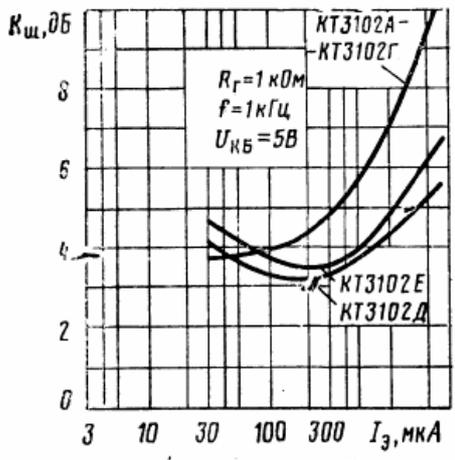
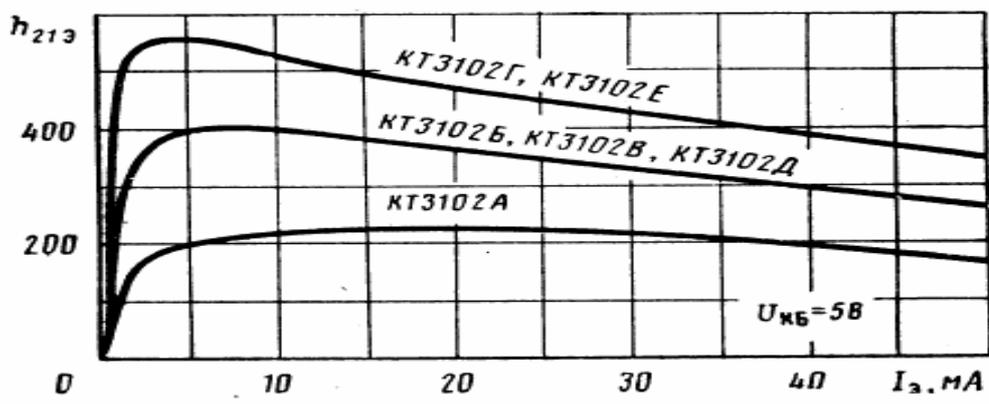
$P_{k \text{ max}}$  – постоянная рассеиваемая мощность коллектора, мВт.....250

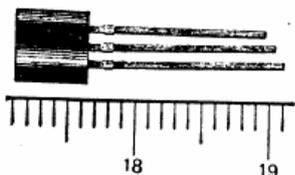
$T_{п \text{ max}}$  – температура перехода,  $^\circ\text{C}$  .....125

$R_{т}$  – тепловое сопротивление переход - окружающая среда,  $^\circ\text{C}/\text{мВт}$ .. 0,4

Допустимая температура окружающей среды,  $^\circ\text{C}$  .....-40...+85.







**КТ3107А, КТ3107Б, КТ3107В, КТ3107Г, КТ3107Д,  
КТ3107Е, КТ3107Ж, КТ3107И, КТ3107К, КТ3107Л**

Общие сведения. Кремниевые эпитаксиально-планарные р-п-р – транзисторы предназначены для использования в усилителях, генераторах и переключающих схемах. Корпус пластмассовый. Масса транзистора не более 0,3 г. Усилия эксплуатации – в соответствии с таблицей.

Электрические параметры. Классификационные параметры:  $h_{21Э}, K_{ш}$ .

Наименование	Обозначение	Значения		Режимы измерения					
		мини-мальное	Макси-мальное	UК, В	UЭ, В	IK, mA	IB, mA	IЭ, mA	I, мГц
Обратный ток коллектора, нА:	КБО		100	20					
Обратный ток эмиттера, нА	ЭБО		100		5				
Напряжение насыщения коллектор – эмиттер, В	УКЭ нас	0,07	0,2			10	0,5		
Напряжение насыщения база – эмиттер, В	УБЭ нас	0,78	0,8			10	0,5		
Модуль коэффициента передачи тока на высокой частоте:	$ h_{21Э} $	2	4,5	5		10			100
Статический коэффициент передачи тока в схеме с ОЭ: КТ3107А, КТ3107В КТ3107Б, КТ3107Г, КТ3107Е КТ3107Д, КТ3107Ж, КТ3107И КТ3107К, КТ3107Л	$h_{21Э}$	70 120 180 380	140 220 460 800	5 5 5 5				2 2 2 2	

Коэффициент шума, дБ ( $R_{г}=0,2\text{кОм}$ ): КТ3107А- КТ3107Д, КТ3107И, КТ3107К КТ3107Е, КТ3107Ж, КТ3107Л	Кш		10	5		0,2		10-3
			4	5		0,2		10-3
Емкость коллекторного перехода, пФ	СК		7	10				10

Максимально допустимые параметры. Гарантируются при температуре окружающей среды

$T_c = -60...+125^\circ\text{C}$ .

$I_{к\text{ max}}$  - постоянный ток коллектора, мА .....100

$I_{к\text{ и max}}$  - импульсный ток коллектора ( $t_u \leq 10\text{мкс}; Q \geq 2$ ), мА.....200

$U_{эб\text{ max}}$  - постоянное напряжение эмиттер-база, В .....5

$U_{кб\text{ max}}$  - постоянное напряжение коллектор-база, В:

КТ358А, КТ358Б, КТ358И .....50

КТ358В, КТ358Д, КТ358К .....30

КТ358Е, КТ358Ж, КТ358Л.....25

$U_{кэ\text{ max}}$  - постоянное напряжение коллектор-эмиттер, В:

КТ358А, КТ358Б, КТ358И .....45

КТ358В, КТ358Д, КТ358К .....25

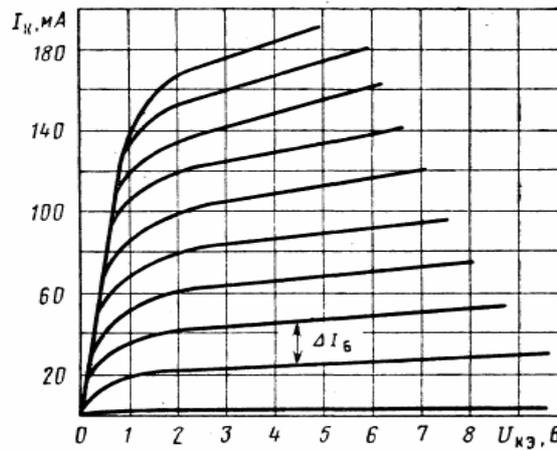
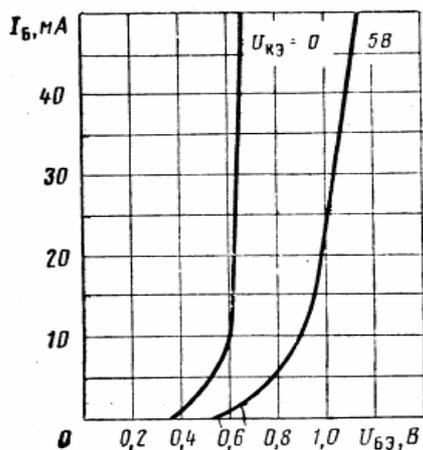
КТ358Е, КТ358Ж, КТ358Л.....20

$P_{к\text{ max}}$  - постоянная рассеиваемая мощность коллектора, мВт.....300

$T_{п\text{ max}}$  - температура перехода,  $^\circ\text{C}$  .....150

$R_{т}$  - тепловое сопротивление переход - окружающая среда,  $^\circ\text{C}/\text{мВт}$ ..0,42

Допустимая температура окружающей среды,  $^\circ\text{C}$ .....-60...+125



Внимание! Масштаб тока базы следует уменьшить в 10 раз.

КТ3107А, КТ3107Б -  $\Delta I_{б} = 0,2\text{мА}$ ; КТ3107В,  
КТ3107Г, КТ3107Д, КТ3107Е, КТ3107Ж, КТ3107И  
-  $\Delta I_{б} = 0,1\text{мА}$ ; КТ3107К, КТ3107Л -  $\Delta I_{б} = 0,04\text{мА}$



КТ313А, КТ313Б, КТ313В

Общие сведения. Кремниевые эпитаксиально-планарные р-п-р – транзисторы предназначены для усиления и генерирования колебаний высокой частоты.

Корпус металлический, герметичный. Масса транзистора не более 0,5 г.

Условия эксплуатации – в соответствии с таблицей.

Электрические параметры. Классификационные параметры:  $h_{21Э}$

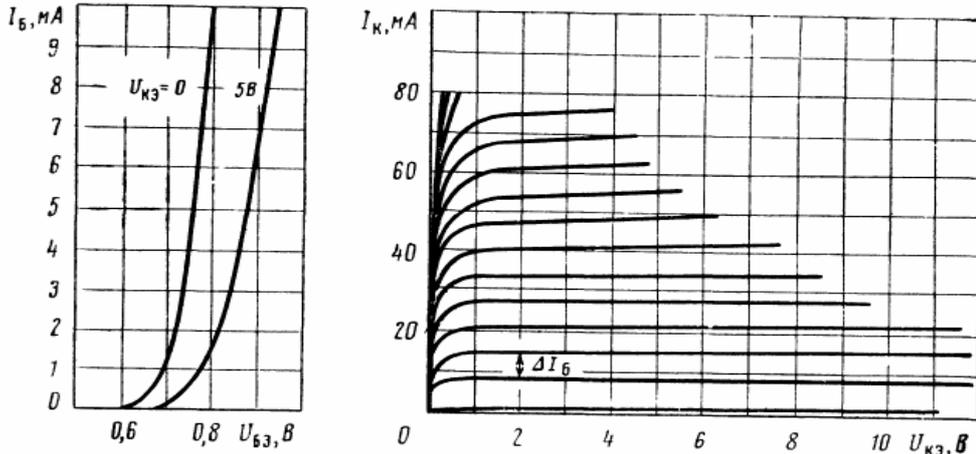
Наименование	Обозначение	Значения			Режимы измерения					
		мини- мальное	типовое	макси- мальное	UК,В	UЭ,В	UК,мА	IБ,мА	IЭ,мА	I, МГц
Обратный ток коллектора, мкА:	КБО	0,004	0,02	0,5	50					
Обратный ток эмиттера, мкА:	IЭ О			0,5		5				
Напряжение насыщения коллектор-эмиттер, В	UКЭ нас			0,5			150	15		
Напряжение насыщения База-эмиттер, В	UБЭ нас			1,3		150	15			
Модуль коэффициента передачи тока на высокой частоте	$ h_{21Э} $			2	20		50			100
Статический коэффициент передачи тока в схеме с ОЭ: КТ313А КТ313Б	H21Э	30 80	65 160	120 300	10 10				1 1	
Емкость коллекторного перехода, пФ	СК			12	10					100
Постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте, пс	$\tau_K$	80	100	120	5				1	30

Максимально допустимые параметры. Гарантируются при температуре окружающей среды

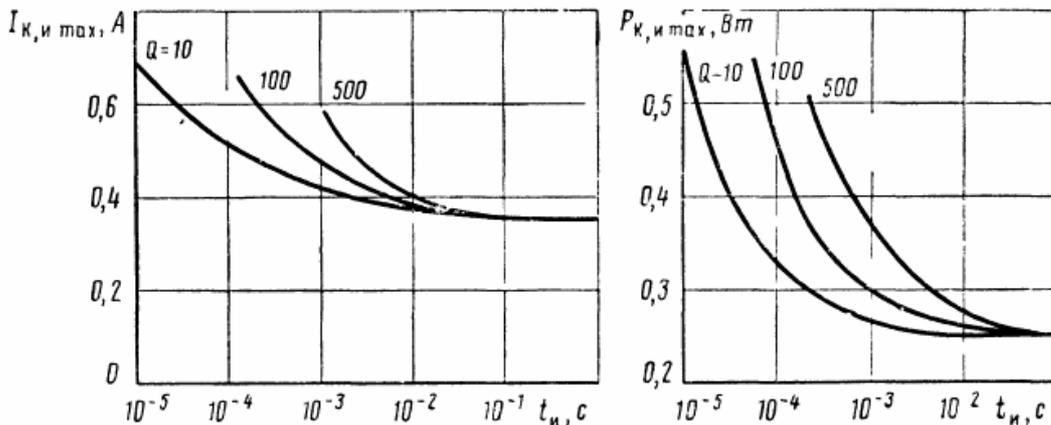
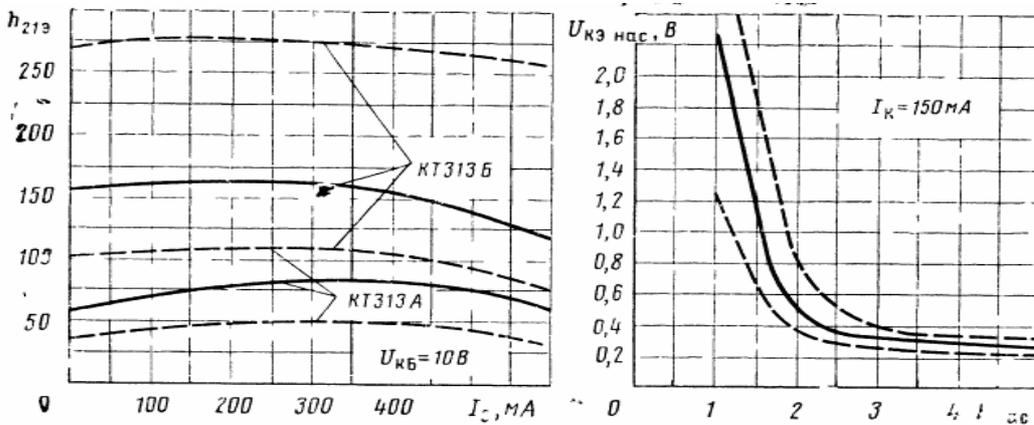
$T_c = -40...+85^\circ \text{C}$ .

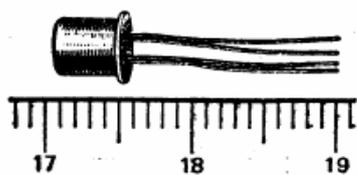
$I_{K \max}$ - постоянный ток коллектора, мА.....350

- И<sub>к</sub> и I<sub>мах</sub> - импульсный ток коллектора ( $t_u \leq 10 \mu\text{с}; Q \geq 10$ ), мА.....700
- U<sub>эб</sub> мах – постоянное напряжение эмиттер-база, В .....5
- U<sub>кб</sub> мах – постоянное напряжение коллектор-база, В .....60
- U<sub>кэR</sub> мах – постоянное напряжение коллектор-эмиттер ( $R_{\delta} \leq 1 \text{кОм}$ ), В.. 30
- P<sub>к</sub> мах – постоянная рассеиваемая мощность коллектора, мВт.....100
- P<sub>и</sub> мах – импульсная рассеиваемая мощность транзистора ( $Q \geq 10, t_u \leq 1 \mu\text{с}$ ), Вт.....1
- T<sub>п</sub> мах – температура перехода, °С .....125
- R<sub>т</sub> – тепловое сопротивление переход - окружающая среда, °С/мВт.....0,33
- Допустимая температура окружающей среды, °С .....-40...+85



Внимание! Масштаб тока базы следует уменьшить в 10 раз.  
 $KT313A - \Delta I_b = 0,1 \text{ мА}, KT313B - \Delta I_b = 0,05 \text{ мА}$





КТ368А, КТ368Б, КТ368В

Общие сведения. Кремниевые планарно-эпитаксиальное p-n-p – транзисторы предназначены для работы в усилительных устройствах.

Корпус металлический, герметичный, с гибкими выводами. Масса транзистора не более 1,2 г.

Конструктивные данные:

Емкость между выводом эмиттера и корпусом  $C1=0,45$  пФ;

Емкость между выводом коллектора и корпусом  $C1=0,6$  пФ;

Емкость между выводом базы и корпусом  $C1=0,4$  пФ;

Емкость между выводами коллектора и эмиттера  $C1=0,8$  пФ;

Емкость между выводом коллектора и базы  $C1=0,15$  пФ;

Усилия эксплуатации – в соответствии с таблицей.

Электрические параметры. Классификационные параметры:  $h_{21Э}, |h_{21}|, K_{ш}$

Наименование	Обозначение	Значения		Режимы измерения				
		минимальное	Максимальное	UК, В	UЭ, В	IK, мА	IЭ, мА	I, МГц
Обратный ток коллектора, мкА: при Tс=+125°C	КБО		0,5 5	15 15				
Обратный ток эмиттера, мкА	IЭБО		1		4			
Граничное напряжение транзистора, В	UКЭО гр	15					10	
Модуль коэффициента передачи тока на высокой частоте:	h <sub>21Э</sub>	9	14	9			10	100
Входное сопротивление транзистора в режиме малого сигнала, Ом	h <sub>11б</sub>		6	5		10		10-3
Статический коэффициент передачи тока в схеме с ОЭ: при Tс=+125°C  при Tс=-60°C	h <sub>21Э</sub>	50 50 0,5h <sub>21Э</sub> при 25°C	300 2h <sub>21Э</sub> при 25°C 300	5 5 5		10 10 10		
Коэффициент шума, дБ при Rг=75 Ом КТ368А	Кш	1,8	3,3	5			10	60
Емкость эмиттерного перехода, пФ	СЭ		3		4			10

Емкость коллекторного перехода, пФ	СК		1,7	5				10
Постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте, пс:	$\tau_K$	4,5	15	5			10	30

Максимально допустимые параметры. Гарантируются при температуре окружающей среды

$T_c = -40...+85^\circ \text{C}$ .

$I_{k \text{ max}}$  - постоянный ток коллектора, мА.....30

$I_{k \text{ и max}}$  - импульсный ток коллектора ( $t_u \leq 0,5 \text{ мкс}; Q \geq 2$ ), мА.....60

$U_{эб \text{ max}}$  - постоянное напряжение эмиттер-база, В .....4

$U_{кб \text{ max}}$  - постоянное напряжение коллектор-база, В .....15

$U_{кэ \text{ max}}$  - постоянное напряжение коллектор-эмиттер ( $R_{\theta} \leq 3 \text{ кОм}$ ), В..15

$P_{k \text{ max}}$  - постоянная рассеиваемая мощность коллектора, мВт.....100

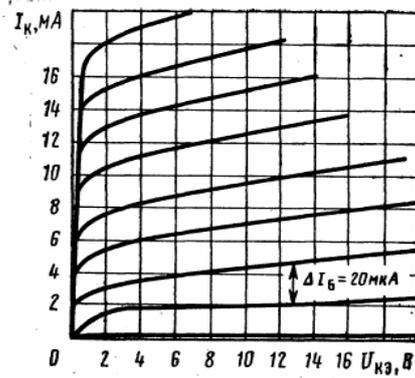
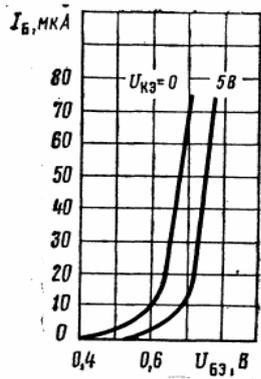
при  $T_c = -60...+65^\circ \text{C}$ .....225

при  $T_c = +125^\circ \text{C}$ .....60

$T_{п \text{ max}}$  - температура перехода,  $^\circ\text{C}$  .....+150

$R_t$  - тепловое сопротивление переход - окружающая среда,  $^\circ\text{C}/\text{мВт}$ ...0,33

Допустимая температура окружающей среды,  $^\circ\text{C}$  .....-60...+125



## Приложение. Параметры ИМС.

### Сравнение основных параметров ИМС различных технологий (данные усреднены и сориентированы на ИМС логической подгруппы)

Таблица 1. Параметры ИМС

Параметры		ЭСЛ	И <sup>2</sup> Л	ТТЛ	ТТЛШ	n-МОП	p-МОП	КМОП	ИСЛ GaAs
1	Тип логики	+	+	+	+	+	-	+	+
2	$U_{num}$ , В	-5-6	1,5	5	5	$\pm 5$	-12 -27	3...15	+4 -2,4
3	$U^0$ , В	-1,63	0,4	0,4	0,5	0,4	-1	0,3*	0
	$U^1$ , В	-0,98	1	2,4	2,7	2,4	-10	8,2*	1,3
4	$K_{раз}$	10	3	10	20	50			8
5	$U^0_{ном}$ , В	0,1	0,1	0,4	0,4	Около 30% от $U_{num}$			0,1
6	$t_{зд,p}$ , нс	1	500** (МП)	10	3	100 – 200			< 0,5
7	$P_{номр}$ , Вт	0,03	$10^{-8}$	0,01	0,002	$(10^{-6} - 10^{-7})$ ***			0,1

\* При напряжении питания 10 В.

\*\* В расчете на один микропроцессор.

\*\*\* В статическом режиме.

### Основные параметры ИМС серий ТТЛ и ТТЛШ

Таблица 2

Параметры	Серии ИМС					
	133 К155 ТТЛ	134 ТТЛ	530 КР531 ТТЛШ	533 К555 ТТЛШ	1533 КР1533 ТТЛШ	1531 FAST
$U^0_{вых}$ , В, не более	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,8
$U^1_{вых}$ , В, не менее	2,4	2,3	2,7	2,5	2,5	2,0
$K_{раз}$	10	10	10	10	20	30
$t_{зд,p}$ , нс, не более	18,5	100	5	10	4	3,8
$P_{ном}$ , мВт, не более	22	2	19	2	1	4
$U_{ном}$ , В, не более	0,4	0,35	0,5	0,7	0,8	0,8
$f$ , МГц, не более	10	3	50	15	100	5000

## Основные параметры ИМС серий КМОП 564 и К176

Таблица 3

Параметры	Серии ИМС	
	564	К176
$U_{ин}$ , В	$10 \pm 10\%$	$9 \pm 5\%$
$U_{вых}^0$ , В, не более	2,9	0,3
$U_{вых}^1$ , В, не менее	7,2	8,2
$K_{раз}$	50	50
$t_{зд.р}$ , нс, не более	140	200
$P_{ном}$ , мкВт, не более	2,5 на частоте 1 МГц	

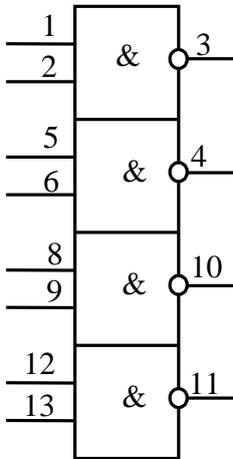
## Отечественные и зарубежные аналоги ИМС ТТЛ и ТТЛШ

Таблица 4

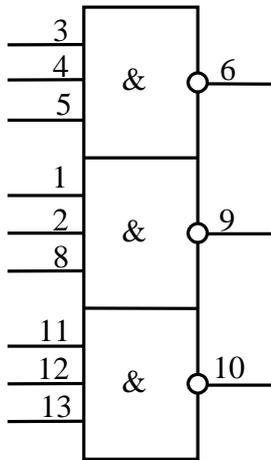
Технология	Серия	Логические элементы					
		$t_{зд.р}$ нс	$U^0$ В	$U^1$ В	$P_{ном}$ мВт	$t_{зд.р} \cdot P_{ном}$ пДж	$K_{раз}$
ТТЛ	133, 155 54/74	10	0,4	2,4	10	100	10
	130* 54Н/74Н	6	0,35	2,4	22	132	10
	134 54L/74L	33	0,3	2,3	1	33	10
ТТЛШ	530, 531 54S/74S	3	0,5	2,7	19	57	10
	533, 555 54LS/74LS	9,5	0,4	2,5	2	19	20
	1530 54AS/74AS	1,5	0,5	2,0	20	30	100
	1533 54ALS/74ALS	4	0,4	2,5	1	4	40
ТТЛШ FAST	1531 54F/74F	3	0,8	2,0	4	12	30

## Логические ИМС с функцией И-НЕ КМОП технологий

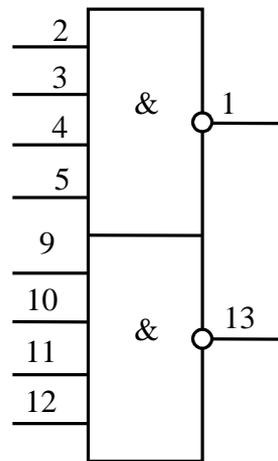
K561ЛА7  
564ЛА7



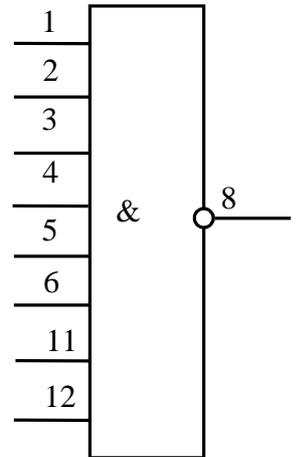
K561ЛА9  
564ЛА9  
КР561ЛА9



K561ЛА8  
564ЛА8

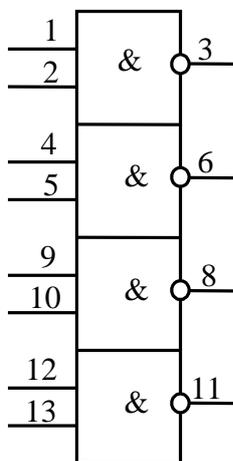


1564ЛА2

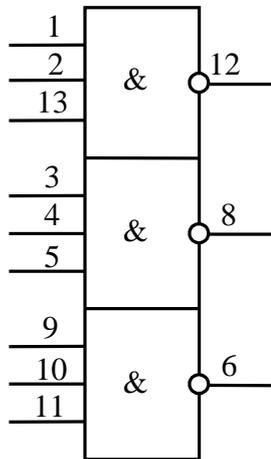


## Логические ИМС с функцией И-НЕ ТТЛ и ТТЛШ технологий

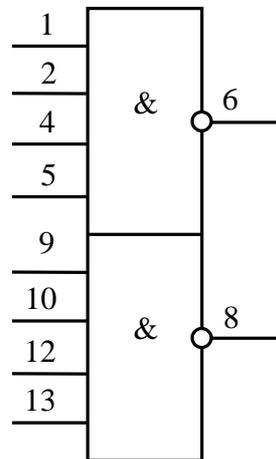
133ЛА3  
K155ЛА3  
533ЛА3  
K555ЛА3  
КР1531ЛА3  
КР1533ЛА3



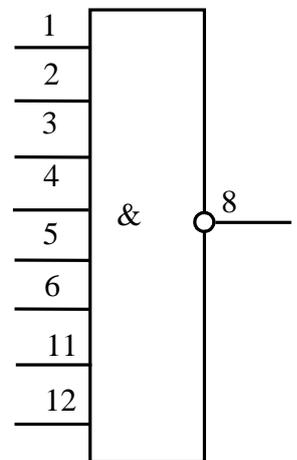
133ЛА4  
K155ЛА4  
КР531ЛА4  
533ЛА4  
K555ЛА4  
КР1531ЛА4



133ЛА1  
K155ЛА1  
530ЛА1  
K555ЛА1  
КР1531ЛА1  
КР1533ЛА1



133ЛА2  
K155ЛА2  
530ЛА2  
K555ЛА2  
КР1531ЛА2  
КР1533ЛА2



## **Литература**

### **Основная литература**

1. Денисов Н.П., Попов А.И., Шибяев А.А. Основы электроники и электронные устройства. – Томск: Изд. ТГУ, 1992. – 281 с.: ил. – ISBN 5-7511-0316-5.
2. Шибяев А.А. Общая электротехника. Учебное пособие, – Томск: Томск, гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 406с. ISBN 978-5-86889-355-1.
3. Денисов Н.П., Шарапов А.В., Шибяев А.А. Электроника и схемотехника. Учебное пособие. Ч.1. Компоненты электронных устройств. Схемотехника цифровых электронных устройств. – Томск: Томск. гос. унт. систем упр. и радиоэлектроники, 2003. – 284 с. – ISBN 5-86889-160-0.
4. Денисов Н.П., Шарапов А.В., Шибяев А.А. Электроника и схемотехника. Учебное пособие. Ч.2. Схемотехника аналоговых электронных устройств. Обзор программных средств для расчета, разработки и моделирования электронных устройств. – Томск: Томск. гос. унт. систем упр. и радиоэлектроники, 2003. – 268 с. – ISBN 5-86889-161-9.

### **Дополнительная литература**

1. Шибяев А.А. Современные пакеты прикладных программ для расчета и моделирования электрических и электронных цепей (обзорная лекция). ТУСУР, 2007, 38 с.
2. Шибяев А.А. Упражнения, задачи и тесты для контроля знаний по дисциплине «Электротехника и электроника» для студентов специальности 230104 «Системы автоматизированного проектирования». 53 с. ТУСУР, 2008.
3. Руководства к лабораторным работам по электротехнике и электронике. ТУСУР, 2004-2006 г.