

621.38(07)
3154

№4320

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Технологический институт
Федерального государственного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Южный федеральный университет»**

**ЗАДАЧНИК
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕЙТИНГОВ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО
КУРСУ
«АНАЛОГОВАЯ СХЕМОТЕХНИКА»
Для студентов направлений
200100 «Приборостроение»
200300 «Биомедицинская инженерия»**

Кафедра электрогидроакустической и медицинской техники

ФЭП

Таганрог 2008

УДК 621.38.06 (076.2)

Составитель Максимов В.Н.

Задачник для проведения рейтингов и практических занятий по курсу «Аналоговая схемотехника». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008.– 43 с.

Приведены задачи для рейтингов и практических занятий учебного курса «Аналоговая схемотехника» Даны решения типовых задач по основным разделам курса. Предназначен для студентов направлений 200100, 200300, а также специальностей 200105, 200102, 180301, 200401 всех форм обучения.

Ил. 55. Библиогр.: 9 назв.

Рецензент д-р техн. наук, профессор кафедры антенн и радиопередающих устройств
ТТИ ЮФУ

Семенихина Д. В.

Типовые задачи для входного контроля

Задача 1

Как выглядят вольт-амперные характеристики (ВАХ) диодов, стабилитронов, тиристоров? Нарисовать ВАХ кремниевого диода, германиевого диода, стабилитрона с напряжением стабилизации 9 В.

Задача 2

Нарисовать входную и выходную характеристики кремниевого $n-p-n$ -транзистора при $H_{21} = 50$.

Задача 3

На выходных характеристиках показать нагрузочные прямые и рабочие точки для схем включения транзисторов с общим эмиттером для следующих вариантов:

- $I_k = 5 \text{ мА}$, $U_{п} = 12 \text{ В}$, $H_{21} = 50$, $H_{11} = 1 \text{ кОм}$, $R_k = 1 \text{ кОм}$;
- $I_k = 2 \text{ мА}$, $U_{п} = 9 \text{ В}$, $H_{21} = 40$, $H_{11} = 2 \text{ кОм}$, $R_k = 2 \text{ кОм}$;
- $I_k = 1 \text{ мА}$, $U_{п} = 5 \text{ В}$, $H_{21} = 100$, $H_{11} = 1,5 \text{ кОм}$, $R_k = 3 \text{ кОм}$;
- $I_k = 1 \text{ А}$, $U_{п} = 12 \text{ В}$, $H_{21} = 40$, $H_{11} = 200 \text{ Ом}$, $R_k = 6 \text{ Ом}$.

Определить коэффициенты усиления данных схем по напряжению, току и мощности.

Задача 4

Определить величину сопротивления резистора нагрузки в коллекторной цепи и резистора, задающего ток базы, а также коэффициенты усиления по напряжению, току и мощности для схемы включения транзистора, показанной на рис.1, для следующих вариантов:

- $I_k = 3 \text{ мА}$, $U_{п} = 24 \text{ В}$, $H_{21} = 30$, $H_{11} = 2 \text{ кОм}$;
- $I_k = 10 \text{ мА}$, $U_{п} = 16 \text{ В}$, $H_{21} = 50$, $H_{11} = 800 \text{ Ом}$.

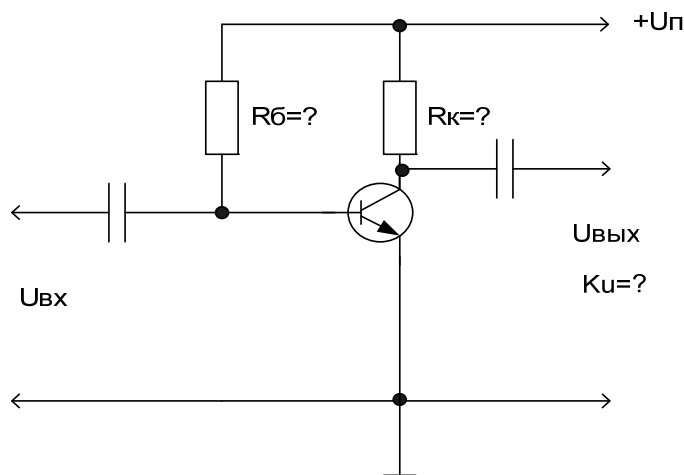


Рис. 1

Задача 5

В усилителях напряжения, показанных на рис. 2 – 5, определить входное сопротивление схемы $R_{вх}$, номиналы резисторов и значения других параметров с индексами «?». Обозначено: K_u – коэффициент усиления по напряжению, $K_u(вч)$, $K_u(нч)$ – коэффициенты усиления по напряжению соответственно на высоких и низких частотах.

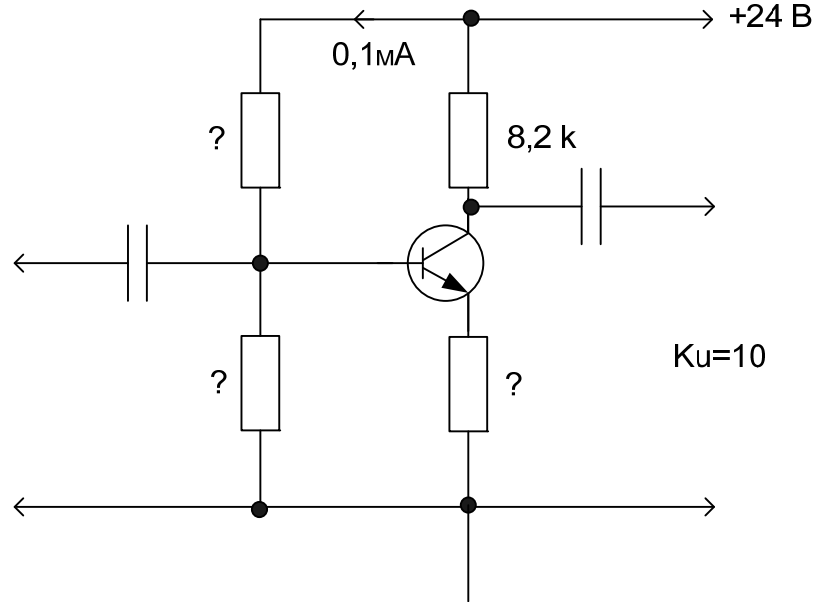
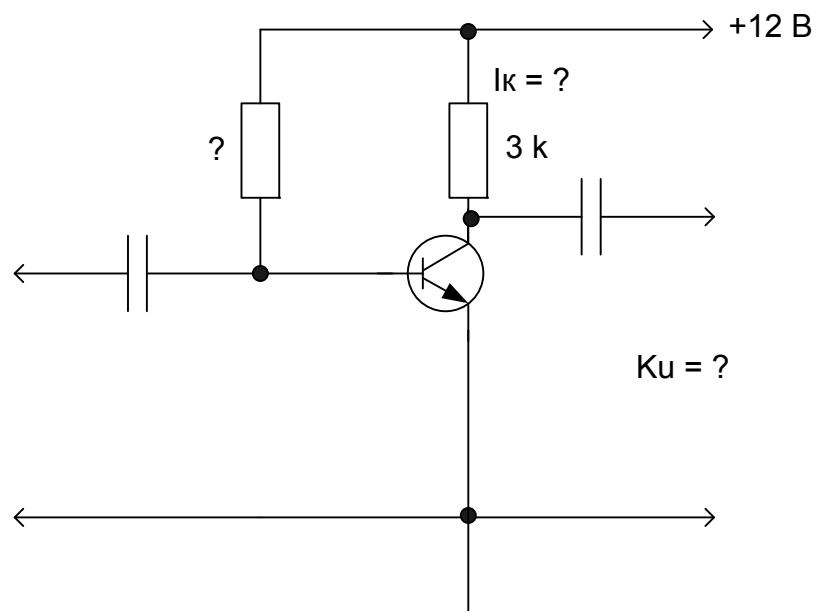


Рис.2



$H_{11}=1k; H_{21}=60.$

Рис.3

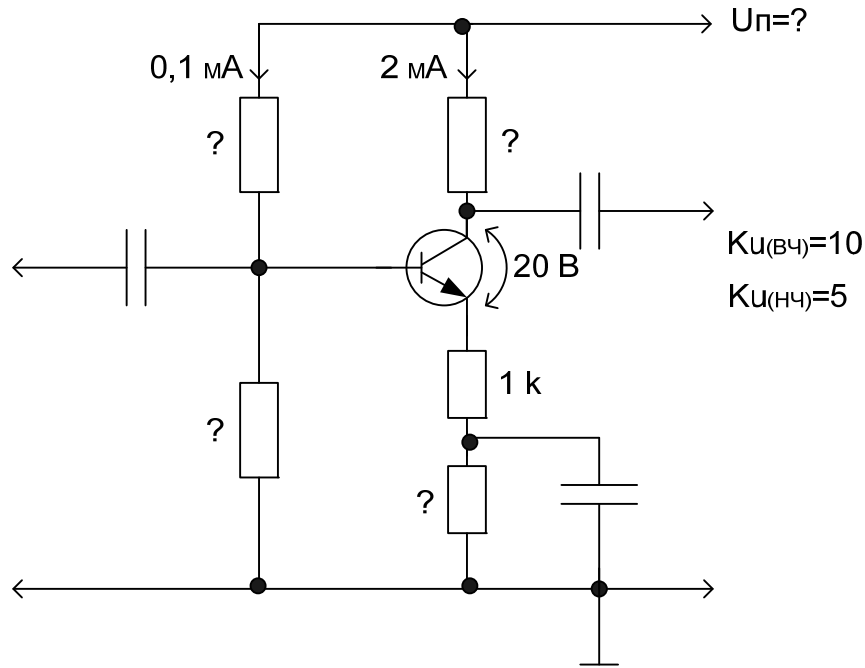


Рис.4

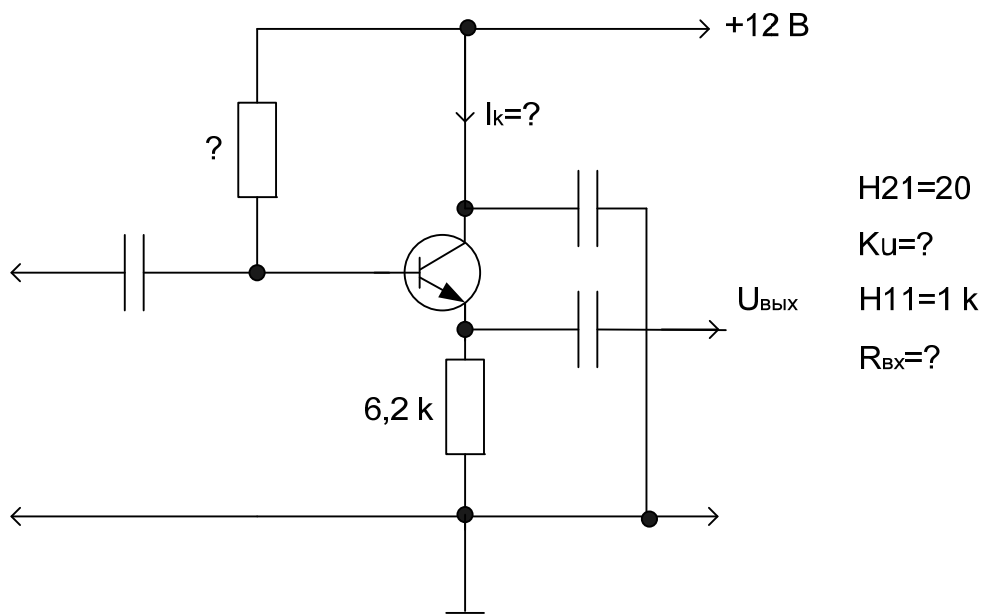


Рис.5

Задача 6

Имеется аттенюатор, принципиальная электрическая схема которого показана на рис. 6. Какие величины должны иметь сопротивление резистора R_2 и ёмкость конденсатора C_2 , чтобы коэффициент передачи аттенюатора не зависел от частоты сигнала и был равен 0,1? При полученных значениях элементов R_2 и C_2 изменить номиналы элементов R_1 и C_1 так, чтобы коэффициент передачи стал равен 0,01.

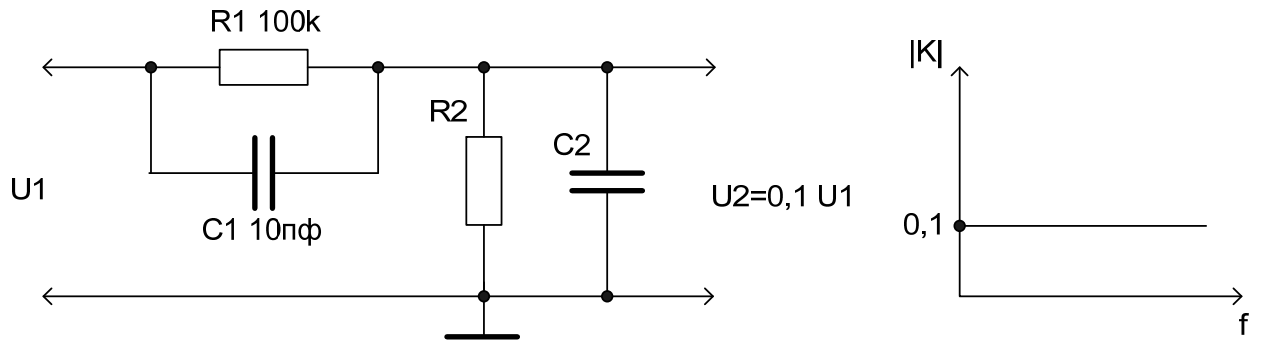


Рис.6

Задача 7

Нарисовать эпюры сигналов для напряжений $U_3 - U_7$, если на входы логических элементов, показанных на рис.7, подаются сигналы U_1 и U_2 .

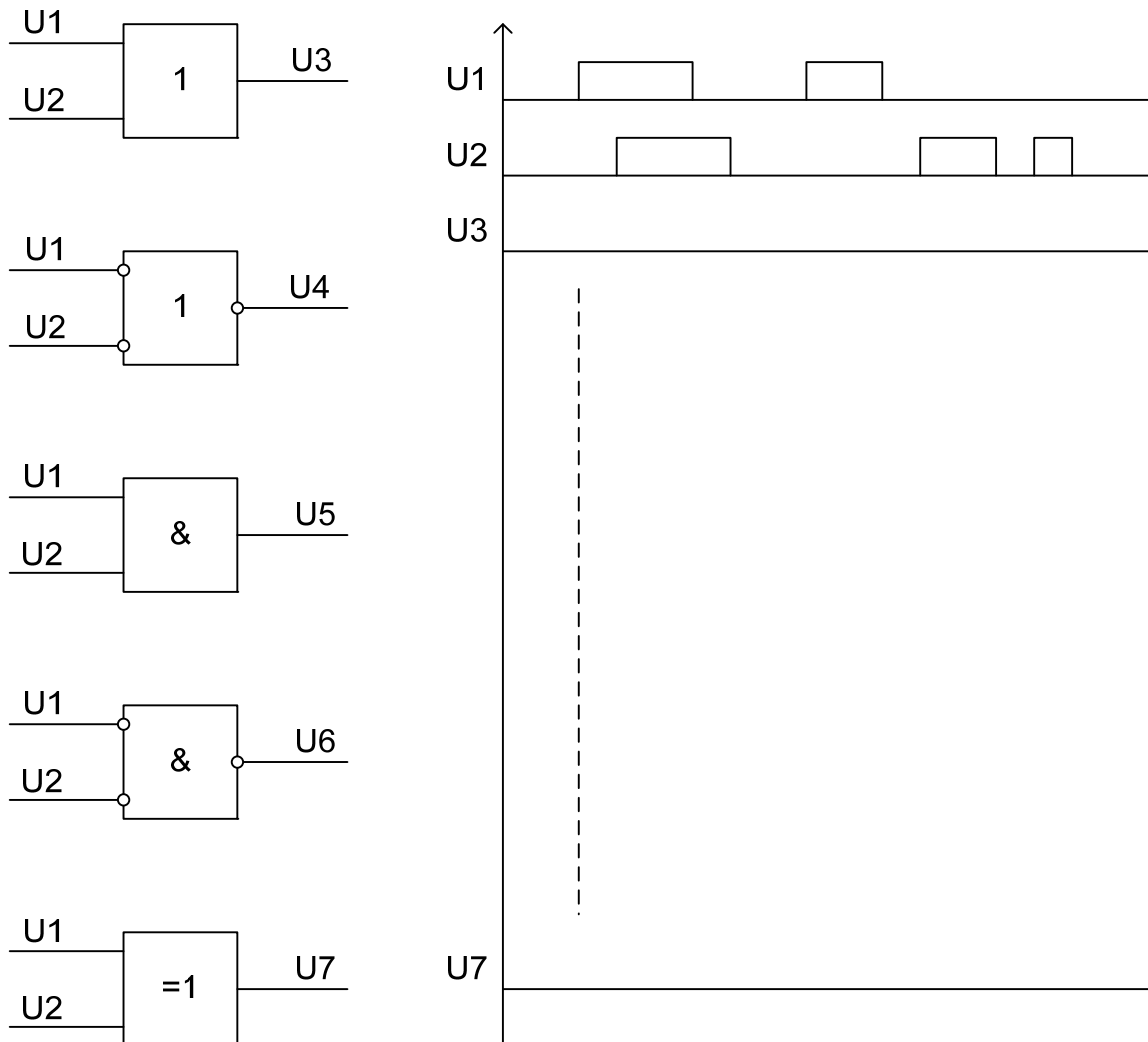


Рис.7

Задача 8

Какие коэффициенты пересчёта у четырёхразрядных двоичного и двоично-десятичного счётчиков? На основе двоичного счётчика

выполнить двоично-десятичный счётчик. Привести примеры счётчиков из микросхем ТТЛ, ТТЛШ и КМОП серий.

Задача 9

На основе микросхемы К1533ИЕ5 реализовать счётчики с коэффициентами пересчёта 7, 9, 11, 12, 14.

Задача 10

На основе микросхемы К561ИЕ10 построить счётчики с коэффициентами пересчёта 87, 99, 137, 149, 244.

Задача 11

Какая часть сигнала является активной для входов, показанных на рис.8?

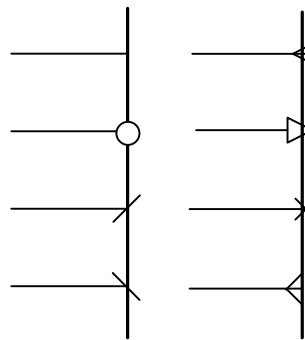


Рис.8

Задача 12

Что такое открытый коллектор у цифровых микросхем? Назвать несколько микросхем с открытым коллектором. Объяснить работу микросхемы К155ИД1.

Задача 13

Что такое микросхемы с Z-состоянием? Привести примеры использования таких микросхем. Разобрать работу микросхем К555ИР22, К555КП11, К561ЛН1.

Задача 14

На основе повторителей с Z-состоянием построить двунаправленный четырёхразрядный шинный формирователь.

Задача 15

Используя микросхемы К555ИД7, построить дешифратор четырёхразрядного цифрового слова.

Задача 16

На основе микросхем К555ИР22 реализовать мультиплексирование четырёх восьмиразрядных цифровых слов.

Задача 17

Привести примеры микросхем, реализующих функции аналоговых коммутаторов. На основе микросхем К561КП2 выполнить электрически управляемый распределитель, позволяющий подключать один из восьми аналоговых сигналов на любой из четырёх входов усилителя.

Задача 18

Заполнить свободные клетки в таблицах. Найти ошибки во второй таблице.

| Числа | | |
|----------|---|------------|
| Двоичные | Н | Десятичные |
| 101101 | | |
| | A | |
| | | 252 |
| | | 243 |
| | F | |
| 11100110 | | |
| | | 1569 |
| | | |

| Двоично-десятичные | Десятичные |
|------------------------|------------|
| 1000 0111 0100 1001 | |
| | 35764 |
| | 10019 |
| 0011 0000 1001 0110 | |
| | 987654 |
| 1100 0110 1101 1110 | |

Задача 19

Построить эпюры для напряжения U_2 (масштаб по времени показан на рис. 9). Что собой представляют дифференцирующие и интегрирующие цепочки?

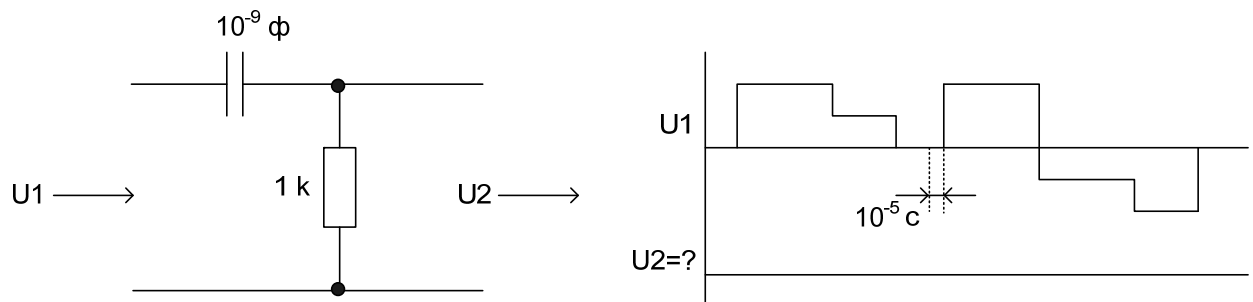


Рис.9

Задача 20

Где находятся рабочие точки на выходных и входных характеристиках транзисторов, используемых в усилителях мощности синусоидального сигнала с разными режимами работы и разными

схемными реализациями? Определить максимальную выходную мощность усилителя $P_{\text{вых}}$ и требования к используемым транзисторам:

- однотактного, класса А. Напряжение питания $U_{\text{пит}} = 200 \text{ В}$, сопротивление нагрузки $R_{\text{н}} = 10 \text{ Ом}$;
- двухтактного, класса В с выходным трансформатором, имеющим коэффициент трансформации 1:2, $U_{\text{пит}} = 200 \text{ В}$, $R_{\text{н}} = 100 \text{ Ом}$;
- двухтактного, класса В, полумостового, бестрансформаторного, $U_{\text{пит}} = 20 \text{ В}$, $R_{\text{н}} = 10 \text{ Ом}$;
- двухтактного, класса В, мостового, бестрансформаторного, $U_{\text{пит}} = 80 \text{ В}$, $R_{\text{н}} = 10 \text{ Ом}$.

Задача 21

Все резисторы схемы, показанной на рис. 10, имеют одинаковое сопротивление 10 кОм. Найти сопротивление между точками А и В.

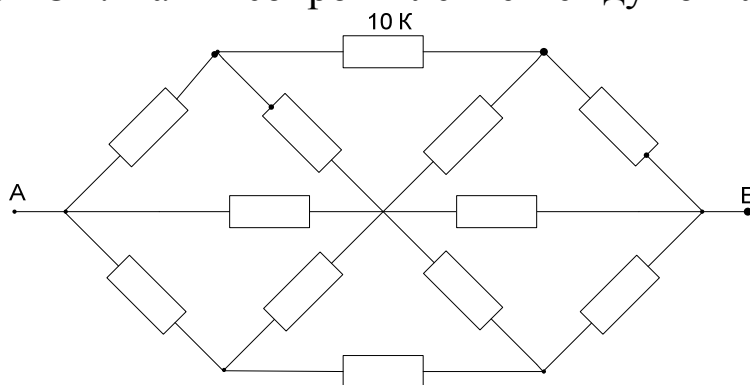


Рис.10

Эта задача была задана на олимпиаде школьникам, которым ещё неизвестны законы Кирхгофа. Будем её решать, используя закон Ома и особенности схемы.

По закону Ома $R = U/I$, поэтому вместо R попробуем найти ток I , протекающий от точки А к точке В, подключив к ним источник напряжения с известной величиной, например 20 В. Схема при этом будет выглядеть так, как показано на рис.11, где $R_1, R_2, \dots, R_{12} = 10 \text{ кОм}$. Данная схема симметрична относительно плоскости MN, т. е. падения напряжений на элементах, лежащих правее плоскости MN, будут равны падениям напряжений на элементах, лежащих левее этой плоскости. Следовательно, падения напряжений на резисторах R_6 и R_7 будут равны между собой и составят $U_{R_6} = U_{R_7} = 20 \text{ В} / 2 = 10 \text{ В}$. Схему, изображённую на рис.11, представим в несколько ином виде (рис. 12). Точку В представим как базовую и относительно неё будем определять потенциалы всех остальных точек: $U_A = +20 \text{ В}$ (знак + можно опустить), $U_C = U_D = U_E = 10 \text{ В}$. Разорвём цепь между точками С, D и E и посмотрим, изменятся ли потенциалы этих точек.

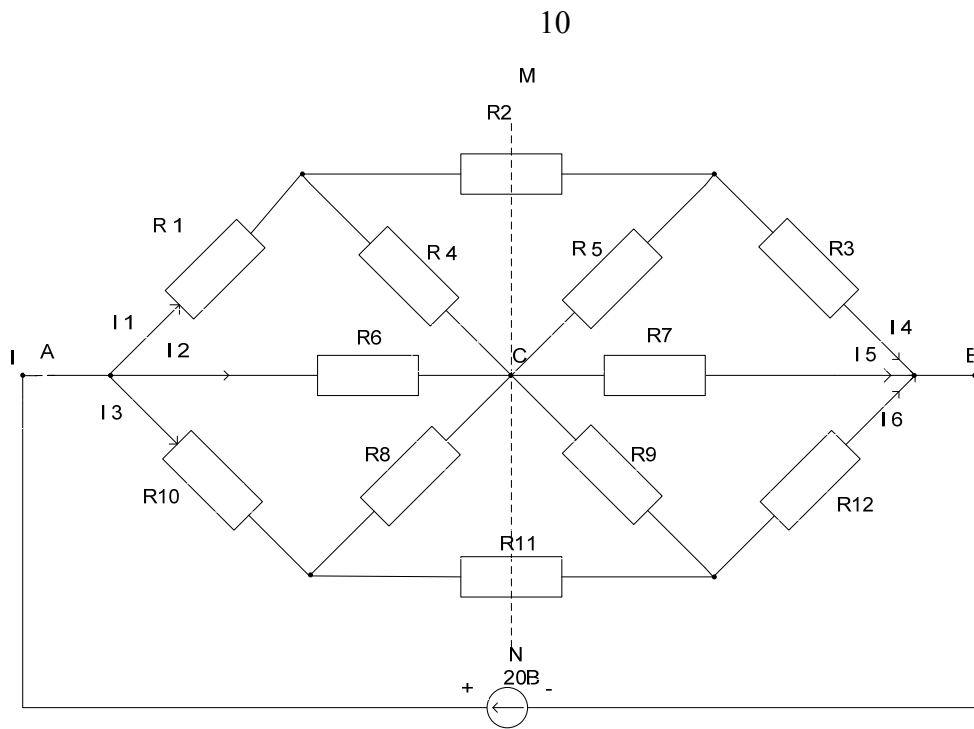


Рис.11

В результате разрыва связей CD и CE симметрия схемы относительно плоскости MN не изменится и потенциалы точек C, D и E останутся теми же, т. е. равными 10 В. Схема при этом примет вид, показанный на рис.13.

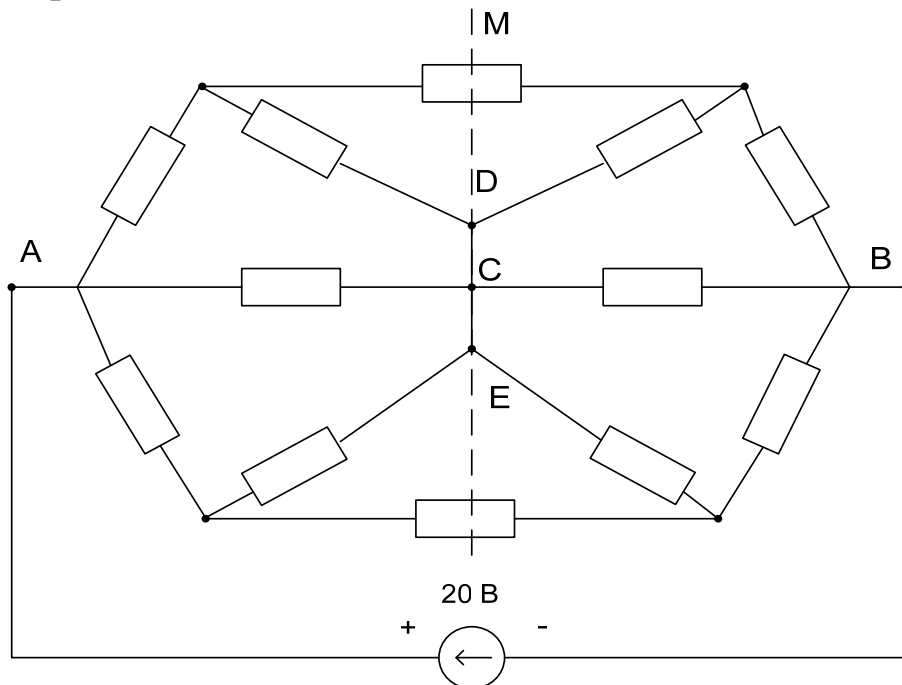


Рис.12

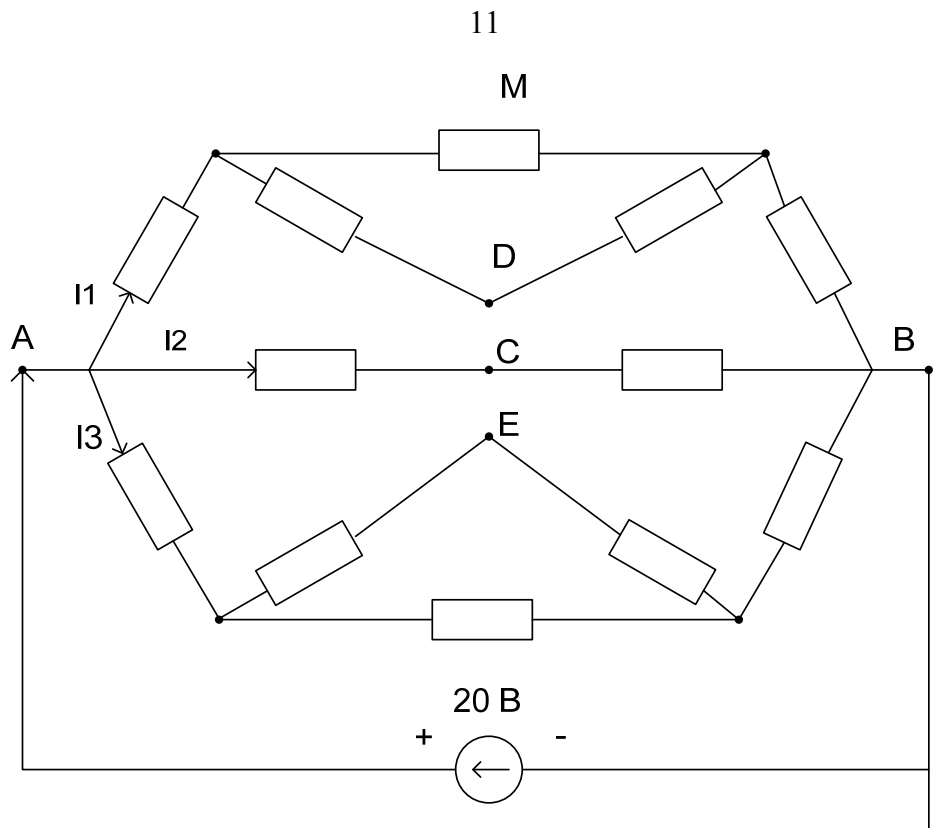


Рис.13

Определим токи в каждой из ветвей. Токи I_1 и I_3 будут равны между собой, так как верхняя и нижняя цепочки идентичны (рис. 14):

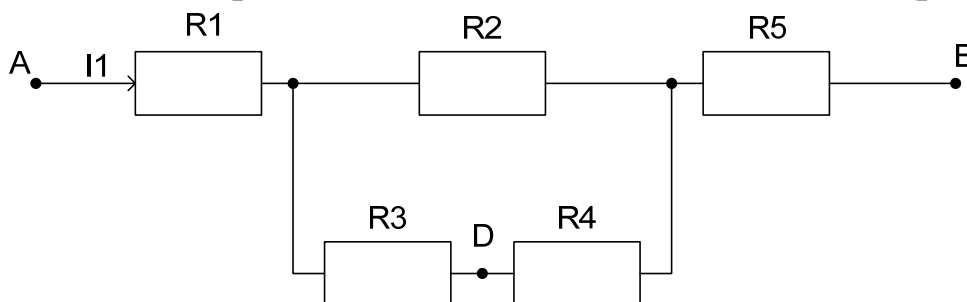


Рис.14

$$I_1 = I_3 = 20V / R_{\Sigma}, \text{ где } R_{\Sigma} = R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4} + R_5 = 10 + \frac{10 \cdot (10 + 10)}{10 + 10 + 10} + 10 = \frac{80}{3} \text{ Ом},$$

откуда $I_1 = (20/80) \cdot 3 = 0,75 \text{ мА}$.

$$\text{Ток } I_2 \text{ будет равен: } I_2 = \frac{20V}{10 \text{ кОм} + 10 \text{ кОм}} = 1 \text{ мА}.$$

Общий ток I будет равен: $I = I_1 + I_2 + I_3 = 0,75 \text{ мА} + 1 \text{ мА} + 0,75 \text{ мА} = 2,5 \text{ мА}$.

Сопротивление между точками А и В будет равно:

$$R_{AB} = 20V / 2,5 \text{ мА} = 8 \text{ кОм} (8000 \text{ Ом}).$$

Задача 22

В схеме, показанной на рис. 15, сопротивления резисторов $R_1, R_3, R_5, R_7, R_9, R_{11}, R_{13}$ и R_{14} равны 1 кОм . Сопротивления остальных резисторов равны 2 кОм . Определить напряжение источника сигнала U_1 , если напряжение на резисторе R_{14} равно 2 В . Определить токи,

протекающие в каждом из резисторов с чётными индексами R_2, R_4, \dots, R_{14} .

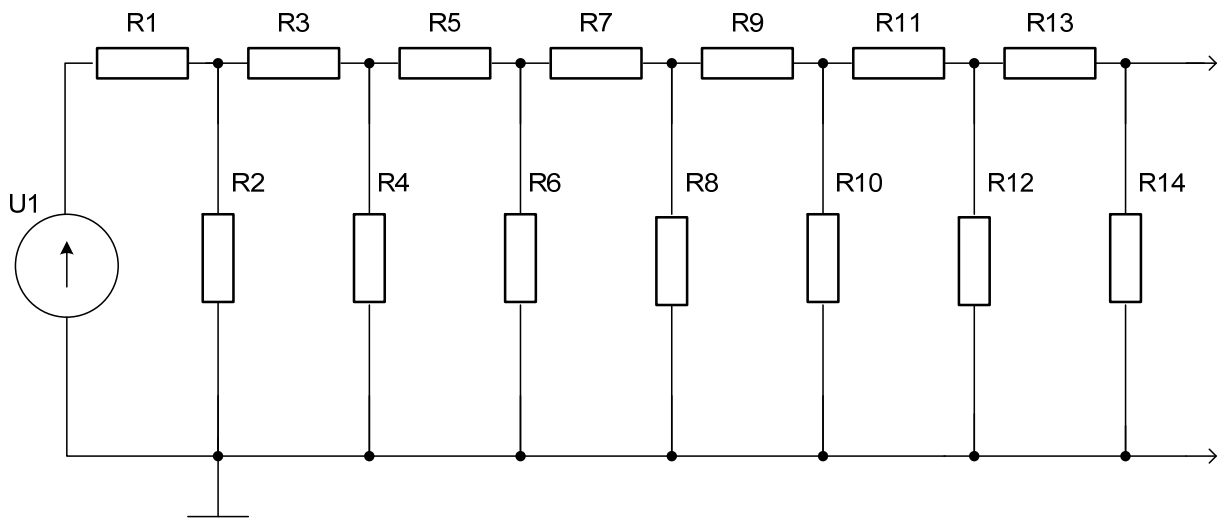


Рис.15

Данная схема представляет собой так называемую лестничную структуру. Анализ таких структур начинают с последних элементов, в данном случае с резисторов R_{13} и R_{14} . Эти резисторы образуют делитель с коэффициентом передачи $K = R_{14}/(R_{13} + R_{14}) = 1/2$. Следовательно, чтобы напряжение на резисторе R_{14} было равно 2 В, к цепочке резисторов R_{13} , R_{14} необходимо приложить напряжение, равное 4 В, как показано на рис. 16.

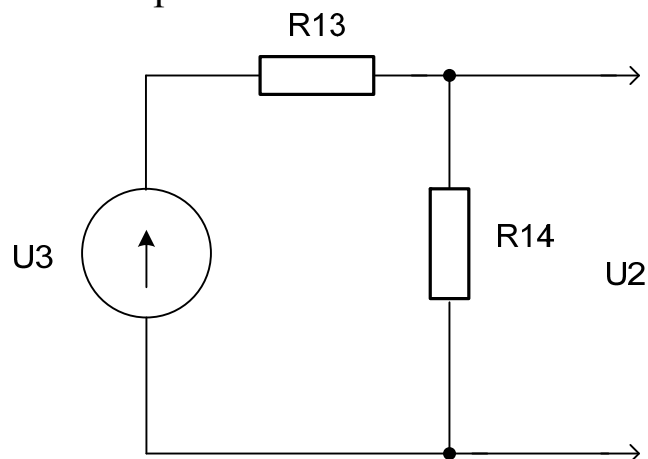


Рис.16

Определив напряжение $U_3 = 4$ В, заменяем резисторы R_{13} , R_{14} и R_{12} одним резистором $R_{15} = R_{12}(R_{13} + R_{14})/(R_{12} + R_{13} + R_{14}) = 1$ кОм и находим коэффициент передачи цепочки R_{11} , R_{15} , который также будет равен $1/2$ (рис 17). Таким образом последовательно анализируем всю схему и находим, что напряжение $U_1 = 256$ В.

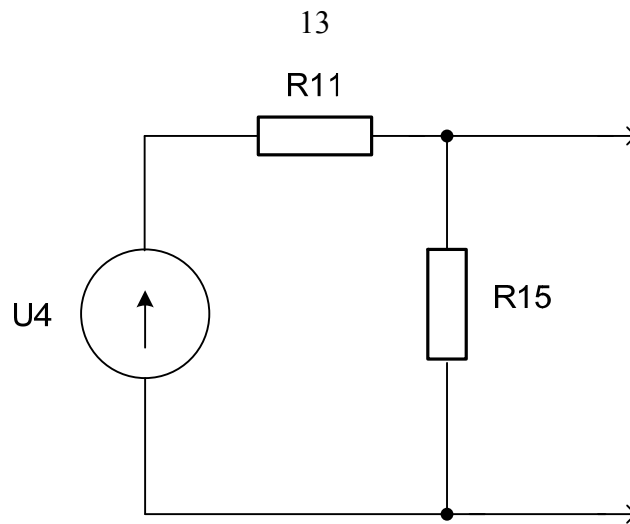


Рис.17

Токи, протекающие в резисторах R_2, R_4, \dots, R_{14} , будут соответственно равны: 64 мА, 32 мА, ..., 2 мА. Такие резистивные цепочки называются цепочками $R - 2R$ и широко используются в микросхемах ЦАП и АЦП.

Задача 23

На вход цепочки конденсаторов $C_1, C_3, C_5, C_7, C_9, C_{10} = 2C$; $C_2, C_4, C_6, C_8 = C$ (рис. 18) подаётся переменное напряжение U , равное 128 В. Определить напряжение на выходе цепочки.

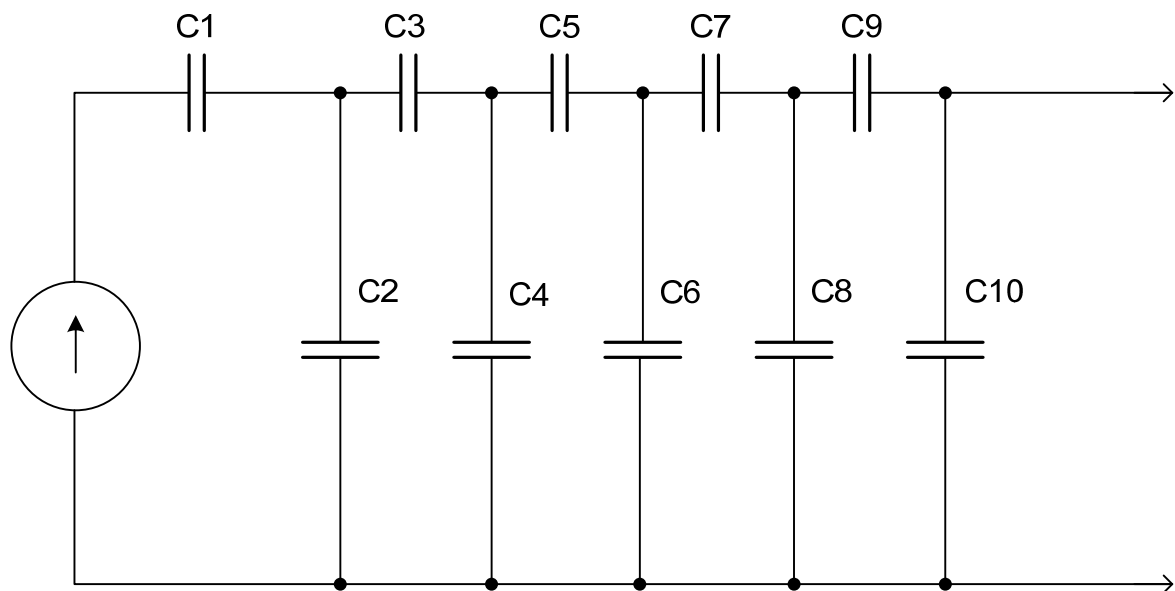


Рис. 18

Задача 24

Определить напряжение U_2 , если переменное напряжение $U_1 = 64$ В, а катушки индуктивности имеют следующие номиналы: $L_1, L_3, L_5, L_7, L_8 = L$, $L_2, L_4, L_6 = 2L$ (рис. 19).

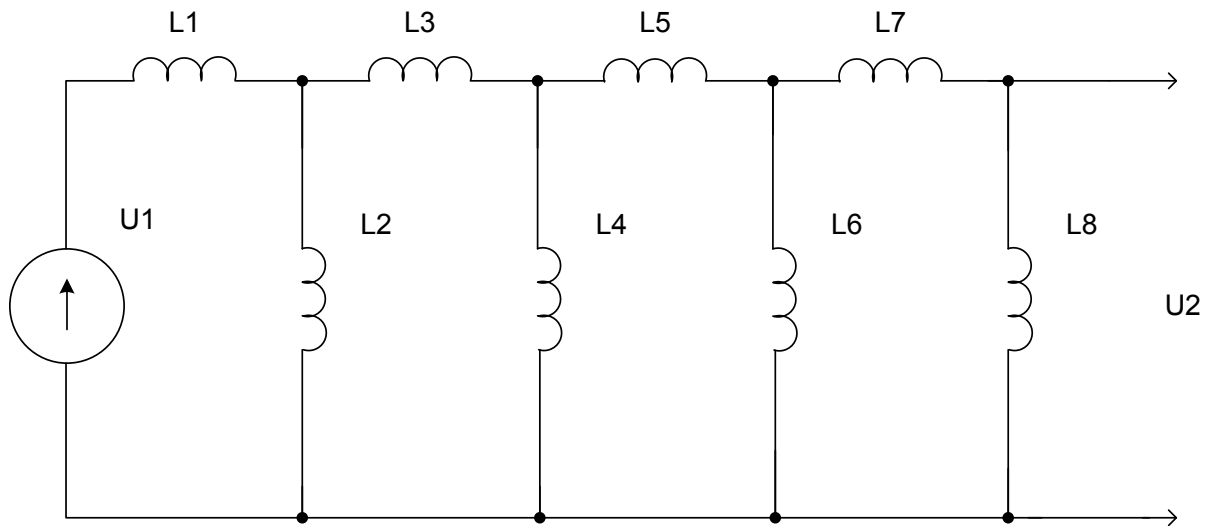


Рис.19

Задачи для рейтингов и практических занятий

Задача 1

На вход схемы, показанной на рис.20, подаются тактовые видеоимпульсы U_1 . Описать работу счётчика, определить его коэффициент пересчёта. Какой вид будет иметь сигнал U_2 ?

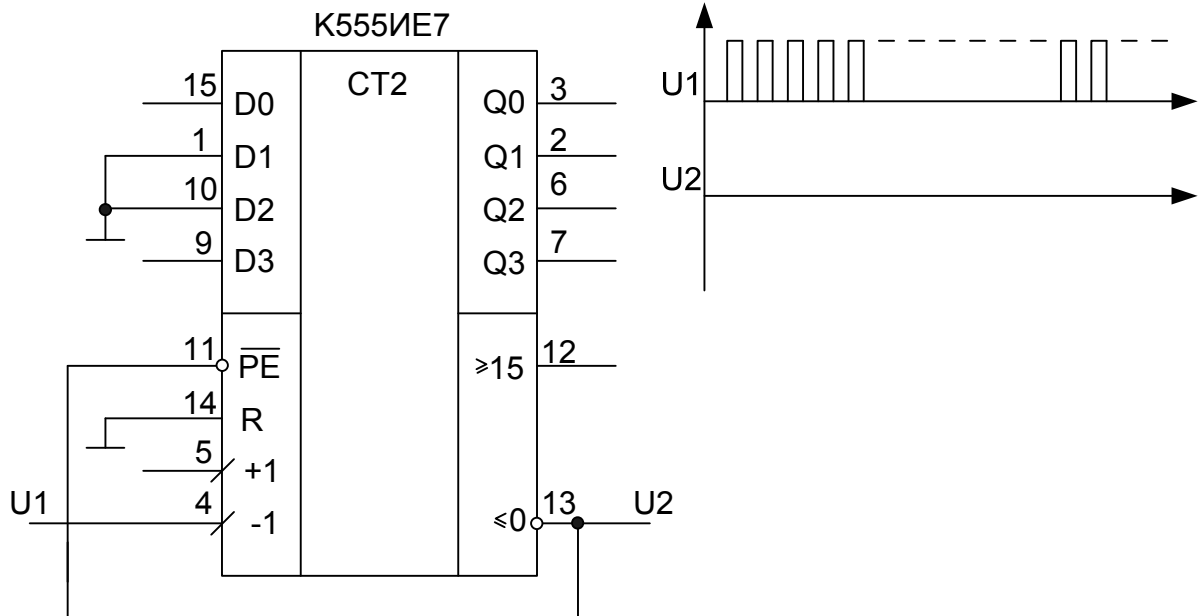


Рис.20

Что изменится, если сигнал U_1 подавать на вывод 5 микросхемы, соединив при этом выводы 11 и 12?

Задача 2

На входы триггеров (рис.21) подаются тактовые импульсы U_1 . Какие сигналы будут на их выходах Q ?

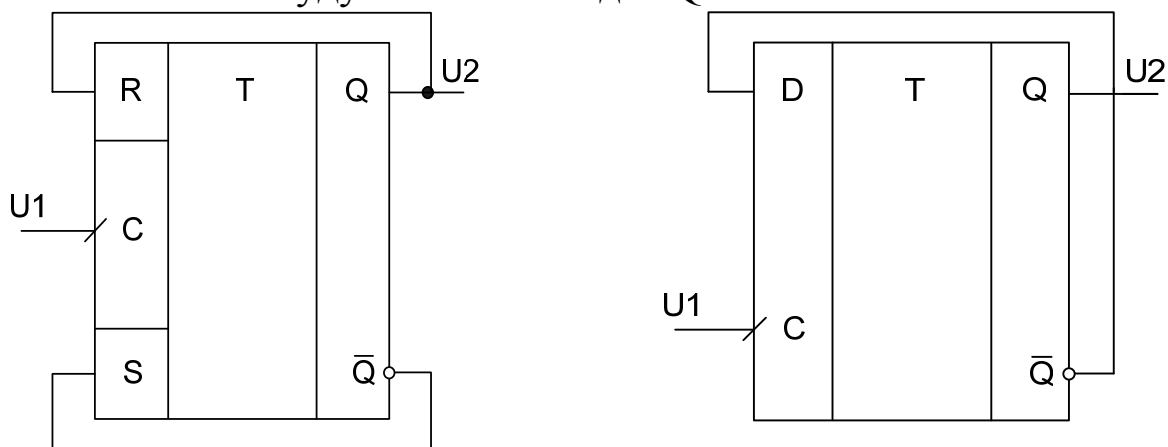


Рис.21

Задача 3

Что будет на выходе схемы, показанной на рис.22, если на её вход подадут последовательность видеоимпульсов U_1 ? Что собой представляет микросхема К561ИЕ8? Используя микросхемы К561ИЕ8, построить счётчики с коэффициентами пересчёта 9, 17, 47, 83, 194, 765, 983.

Задача 4

На вход блока поступают сигналы U_1 , на его выходе получают напряжение U_2 (рис.23). Составить функциональную и принципиальные электрические схемы блока на микросхемах 555-й и 561-й серий, если напряжение U_2 повторяется для каждого десяти импульсов сигнала U_1 .

Задача 5

То же самое реализовать для другой формы сигнала U_2 , рис.24:

- каждый третий импульс U_1 не проходит на выход блока;
- каждый пятый импульс U_1 не проходит на выход блока;
- каждый третий и пятый импульсы U_1 не проходят на выход блока;
- на выход блока проходят каждый третий и пятый импульсы U_1 ;
- на выход блока проходят чётные импульсы U_1 ;
- на выход блока проходят каждый первый, второй, третий и пятый импульсы U_1 .

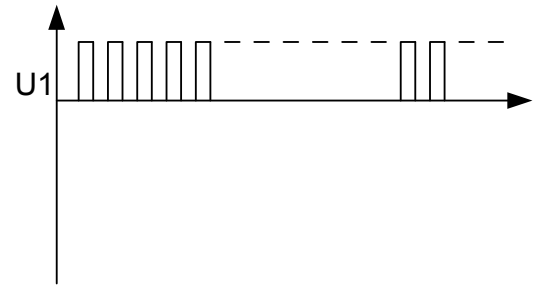
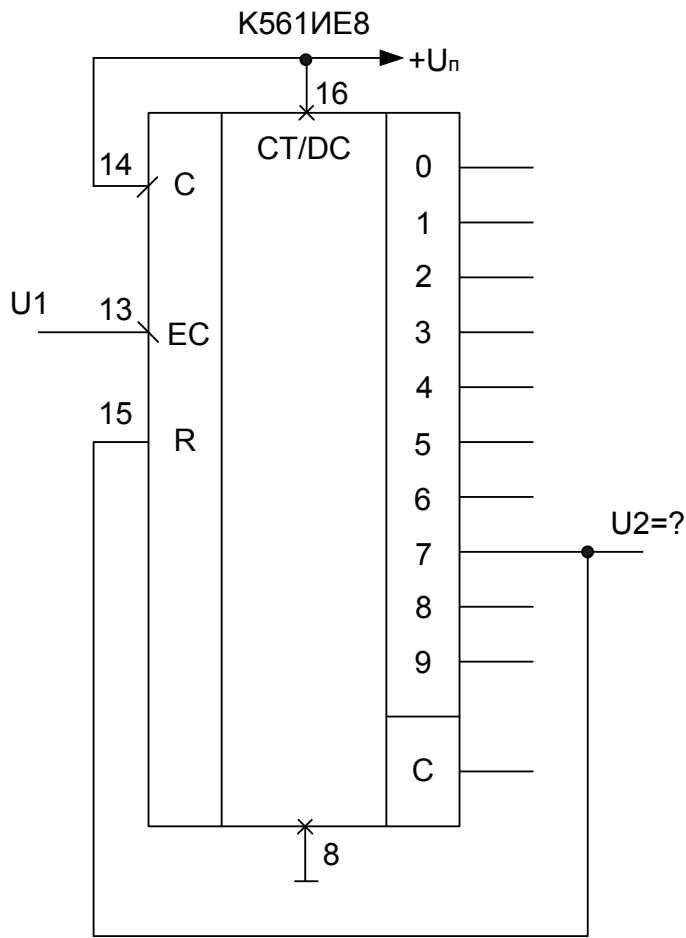


Рис. 22

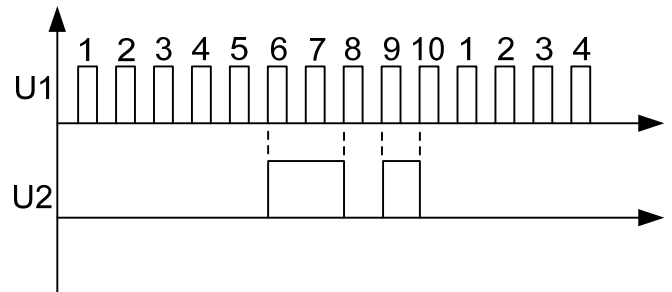
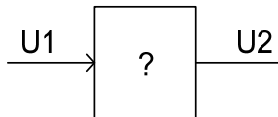


Рис.23

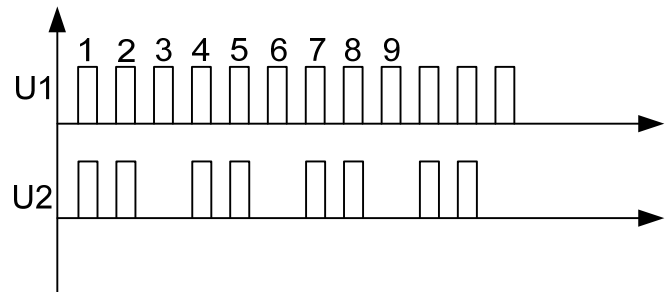
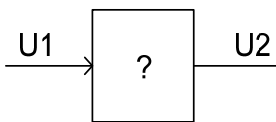


Рис.24

Задача 6

Расшифруйте сокращения: ВАРУ, АСД, DIP, ТТЛ, КМОП, ВРЧ, ЖКИ, ФНЧ, ФВЧ, ЭСТЛ, АЦП, ОЗУ, RAM, PROM, ПЗУ, ТТЛШ, ЭДС, ГГц, ЦАП, АЧХ, БП, ОУ, УВХ, УЗД, ЭЛТ, БПФ, ДПФ, ХН, ФЧХ.

Задача 7

Подобрать транзисторы для усилителя мощности с выходной эффективной мощностью $P_{\text{вых}} = 1000 \text{ Вт}$. (рис.25).

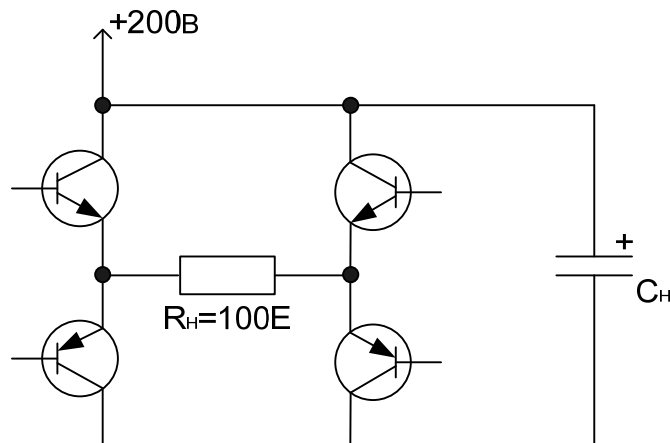


Рис.25

Усилитель усиливает сигналы синусоидальной формы, режим работы «В». Для длительности зондирующего сигнала, равной 2 мс, рассчитать ёмкость накопительного конденсатора C_n , если уменьшение излучаемой мощности к концу зондирующего сигнала равно 9 %. Рассчитать также мощность, рассеиваемую на транзисторах, и мощность источника питания при периоде циклов лоцирования 0,1с.

Задача 8

Имеется усилитель мощности параметрического гидролокатора (рис.26) со следующими параметрами.

Вариант 1. Дано: Мощность излучаемого акустического сигнала $P_{\text{акуст}} = 600 \text{ Вт}$, акустоэлектрический КПД $\eta = 0,5$, сопротивление излучения акустического преобразователя $R_s = 40 \text{ Ом}$, максимальное рабочее напряжение транзисторов $U_{\text{си max}} = 600 \text{ В}$, коэффициент запаса по напряжению $U_{\text{си max}}$ равен двум.

Определить: U_n , I_n , U_p , $I_c \text{ max}$ (при коэффициенте запаса по току $I_c \text{ max}$, равном двум), если коэффициент трансформации трансформатора n равен 1:1.

Вариант 2. Дано: $U_p = 400 \text{ В}$; $n = 1:2$; $R_s = 80 \text{ Ом}$.

Определить: $U_{\text{си}}$ (при коэффициенте запаса по напряжению 1,5), $I_c \text{ max}$ (при коэффициенте запаса по току $I_c \text{ max}$, равном двум), U_n , I_n , R_n , $P_{\text{акуст}}$ (при $\eta = 0,6$), площадь антенны S (при интенсивности акустического сигнала, равной 2 Вт/см^2).

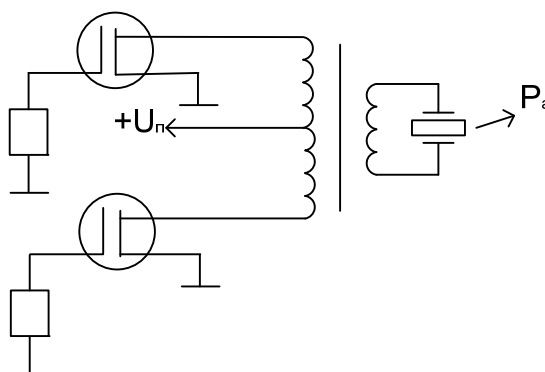


Рис.26

Задача 9

Рабочая частота гидролокатора $f = 200 \text{ кГц}$. Максимальная скорость носителя $V = 36 \text{ км/час}$, максимальная скорость цели $V = 72 \text{ км/час}$. Длительность зондирующего импульса $\tau = 0,5 \text{ мс}$. Нестабильность частоты зондирующего сигнала $0,001\%$. Определить полосу пропускания приёмного тракта гидролокатора.

Задача 10

Необходимо сформировать зондирующий сигнал сложной формы со следующими параметрами: наивысшая частота спектральной составляющей сигнала $f_b = 1 \text{ МГц}$, длительность сигнала $\tau = 1 \text{ мс}$, точность воспроизведения амплитуды сигнала 1% . Составить функциональную схему формирователя. Определить требования к блокам его функциональной схемы. Выбрать электронные элементы, на которых можно реализовать эти блоки.

Задача 11

Составить функциональную схему формирователя зондирующих сигналов параметрического профилографа, вырабатывающего два сигнала накачки с частотами f_1 и f_2 такой длительности, что в среде лоцирования формируется сигнал ВРЧ с частотой $F = |f_1 - f_2|$, содержащий 12 полных периодов колебаний, привязанных по фазе к синхронизирующему видеоимпульсу.

Задача 12

Имеется кварцевый резонатор на частоту $f = 15 \text{ МГц}$. Необходимо получить сигналы с частотами $11/17f$, $9/17f$, $9/15f$. Составить функциональную схему синтезатора с использованием ФАПЧ. Привести примеры микросхем, имеющих элементы систем ФАПЧ.

Задача 13

Нарисовать принципиальные электрические схемы фазовых детекторов для сигналов синусоидальной и прямоугольной формы. Как выглядят их амплитудные характеристики?

Задача 14

Нарисовать принципиальные электрические схемы блоков удвоения частоты сигнала.

Задача 15

Составьте функциональную и принципиальную электрические схемы блока АСД для ультразвукового дефектоскопа. Материал контролируемого изделия – сталь, расстояние до начала зоны контроля – 5 см, протяженность контролируемой зоны – 30 см.

Задача 16

В эхоимпульсном измерителе расстояний в воздушной среде используется цифровой индикатор, собранный на элементах АЛС-324. Измеритель имеет следующие параметры: $r_{\max} = 20$ м, $r_{\min} = 0,4$ м. Точность индикации расстояния $\Delta r = 0,02$ м. Определить разрядность цифрового индикатора n , частоту тактового генератора в индикаторе f_T , примерную рабочую частоту измерителя f , частоту повторения зондирующих сигналов F , их длительность τ . Какова конструкция используемых акустических преобразователей? Какой первичный источник питания Вы выберете?

Решение

Период повторения зондирующих сигналов T определяется выражением $T \geq K2r_{\max}/c_{\min}$, где K – количество переотражений в канале лоцирования, c_{\min} – минимальная скорость распространения акустических сигналов в среде лоцирования [1]. Для сухого атмосферного воздуха при давлении $P_0=760$ мм ртутного столба скорость звука определяется выражением

$$c_{\theta} = 331,46 \sqrt{1 + 0,0018 \cdot \theta^{\circ}\text{C}} \text{ [м/с]}.$$

Кроме того, скорость звука c зависит от парциального давления водяных паров F

$$c_F = c_{\theta}(1 + A \cdot F),$$

где A – постоянная, равная 0,00022 для диапазона частот лоцирующего сигнала 50 – 200 кГц: от давления (при $P > P_0$)

$$c_P = c_F(1 + 0,001P/P_{\theta}),$$

где P – текущее давление воздуха, а также от наличия примесей других газов [2].

Выбираем $c_{\min}=330$ м/с, $K=1$. Получаем $T \approx 0,13$ с, а $F=1/T \approx 7,7$ Гц. Рабочую частоту f локатора выбираем в пределах 20–80 кГц. При $f < 20$ кГц акустические сигналы локатора будут воздействовать на человека, а при $f > 80$ кГц на дистанции лоцирования 20 м будет наблюдаться значительное затухание лоцирующего сигнала [2].

Длительность зондирующих сигналов τ выбираем, исходя из величины минимальной дальности лоцирования r_{\min} . Отражённый эхосигнал не должен сливаться по времени с зондирующим сигналом. Это будет наблюдаться при

$$\tau < \frac{2r_{\min}}{c_{\max}},$$

где c_{\max} – максимальная скорость звука в среде лоцирования. Приняв $c_{\max}=360$ м/с, получим, что $\tau < 0,0022$ с. Примем $\tau \approx 2$ мс. Следует учесть, что за это время акустический преобразователь при подаче на него зондирующего сигнала должен достичь своей максимальной амплитуды смещения [2, с. 57–59], [3, с. 238–243].

Цифровые индикаторы имеют систематическую погрешность, равную единице младшего показываемого разряда. Поэтому в разрабатываемом измерителе расстояний необходимо использовать, как минимум, четырёхразрядный цифровой индикатор ($n = 4$).

Частота тактового генератора f_T в разрабатываемом измерителе определяется выражением $f_T = c/2$, где c – скорость звука в среде лоцирования, выраженная в тех единицах, которые показывают младший разряд цифрового индикатора. При $n = 4$ младший разряд будет показывать сантиметры. Поэтому f_T (Гц) = c (см/с)/2.

При $c = 33000 \div 36000$ см/с получим, что $f_T = 16500 \div 18000$ Гц. Так как для различных состояний воздушной среды скорость звука в ней изменяется в широких пределах, то в проектируемом измерителе расстояний необходимо предусмотреть ручную или автоматическую подстройку частоты f_T [1].

Для лоцирования в газовых средах чаще всего используют биморфные ультразвуковые преобразователи, рассмотренные в работах [4, с. 257-272; 5]. Для уменьшения r_{\min} часто используют отдельно излучающий и приёмный преобразователи. Это обусловлено большой механической добротностью преобразователей, работающих на газовые среды, и их значительным послезвучанием. Конструктивно преобразователи могут быть выполнены в виде ячейки Керри или в виде биморфной пластины, помещённой в отражатель.

Так как используемые цифровые индикаторы АЛС-324 потребляют значительный ток (порядка 5–10 мА на один сегмент) [6], то в качестве первичного источника питания выбираем или аккумулятор значительной ёмкости, или сеть 220 В, 50 Гц.

Задача 17

Для измерителя расстояний (см. задачу 16) выбрать дешифраторы для цифровых индикаторов. Нарисовать принципиальную электрическую схему соединения дешифратора с индикатором.

Решение

Индикаторы АЛС-324 – это семисегментные светодиодные индикаторы с децимальной точкой, причём в индикаторах АЛС-324А у светодиодов объединены катоды, а в индикаторах АЛС-324Б – аноды [6]. Вместе с индикаторами можно использовать дешифраторы К514ИД1, К514ИД2, К514ИД4, К514ПР1, К555ИД18 и др. На рис. 27 приведена принципиальная электрическая схема соединения дешифратора К514ИД2 (DD1) с индикатором АЛС 324Б (НЛ1).

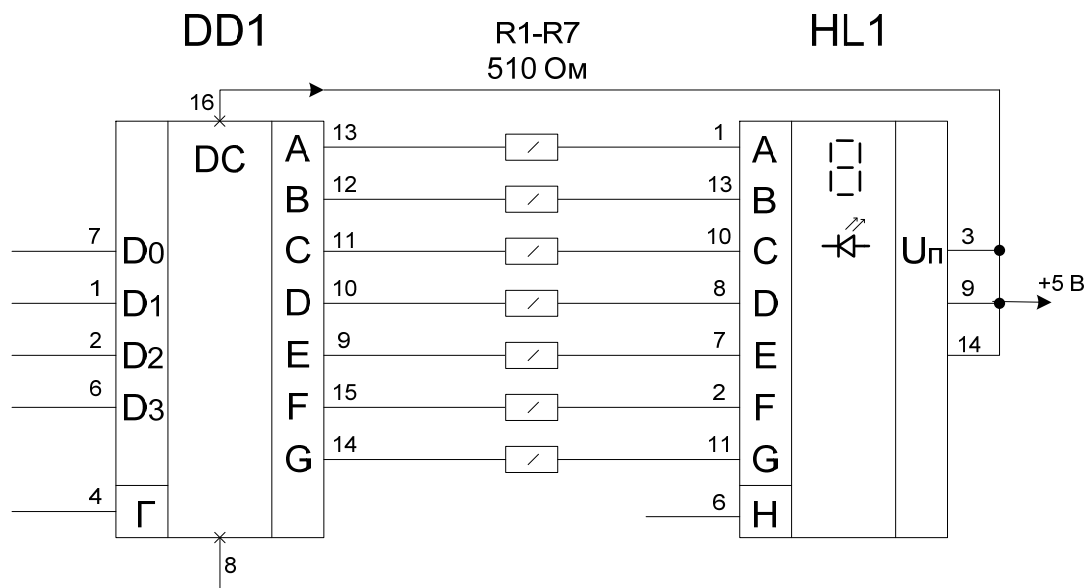


Рис.27

На входы D0–D3 дешифратора подаётся двоично-десятичный код показываемого числа. При подаче высокого логического уровня на вход гашения “Г” происходит дешифрирование входных сигналов, при подаче логического нуля все сегменты индикатора НЛ1 гаснут. Резисторы R1–R7 ограничивают ток через сегменты индикатора на уровне 5–6 мА. Их величину определяют следующим образом. Уровень логического нуля на выходе дешифратора равен 0,2–0,4 В, на

индикаторе падает напряжение порядка 2 В. Следовательно, на резисторах R1–R7 должно падать напряжение $U = 5 - 0,4 - 2 = 2,6$ В.

Отсюда $R1 = 2,6\text{В} / 5\text{мА} = 0,52$ кОм. Ближайший номинал для величины сопротивлений резисторов R1–R7 = 510 Ом.

Вывод Н индикатора HL1 – вывод десятичной точки. Для её высвечивания вывод Н соединяют с общей шиной через резистор с сопротивлением 510–560 Ом.

Задача 18

Для измерителя расстояний (см. задачу 17) выбрать дешифратор, если используют цифровой индикатор АЛС-324А. Нарисовать принципиальную электрическую схему их соединения.

Задача 19

Для измерителя расстояний (см. задачу 16) выбрать цифровые индикаторы с малым потреблением электрической энергии. Подобрать к ним соответствующие дешифраторы и счётчики. Нарисовать принципиальную электрическую схему соединений счётчика, дешифратора и индикатора для представления одного разряда.

Задача 20

Для измерителя расстояний (см. задачу 17) к индикатору и дешифратору выбрать и подсоединить дополнительно двоично-десятичный счётчик и регистр для хранения результатов счёта. Нарисовать принципиальную электрическую схему их взаимных соединений.

Задача 21

Для измерителя расстояний (см. задачу 20) подобрать элементную базу с повышенной степенью интеграции. Нарисовать принципиальную электрическую схему с использованием этих элементов.

Задача 22

Портативный эхолот для яхты имеет следующие характеристики: $r_{\text{max}} = 30$ м; $\Delta r = 0,08$ м; $f_0 = 200$ кГц; количество переотражений в канале лоцирования $K = 8$; индикатор – цифровой; питание эхолота – от встроенного аккумулятора.

Определить: T , $\tau_{\text{и}}$, частоту тактового генератора $f_{\text{т}}$, количество разрядов индикатора, выбрать элементы для индикатора (счётчики, регистры, дешифраторы, цифровые индикаторы), составить функциональную схему эхолота с сигнализатором опасных глубин.

Решение

Укрупнённая функциональная схема эхолота с сигнализатором опасных глубин представлена на рис. 28, а эпюры напряжений в различных точках схемы – на рис.29 [1].

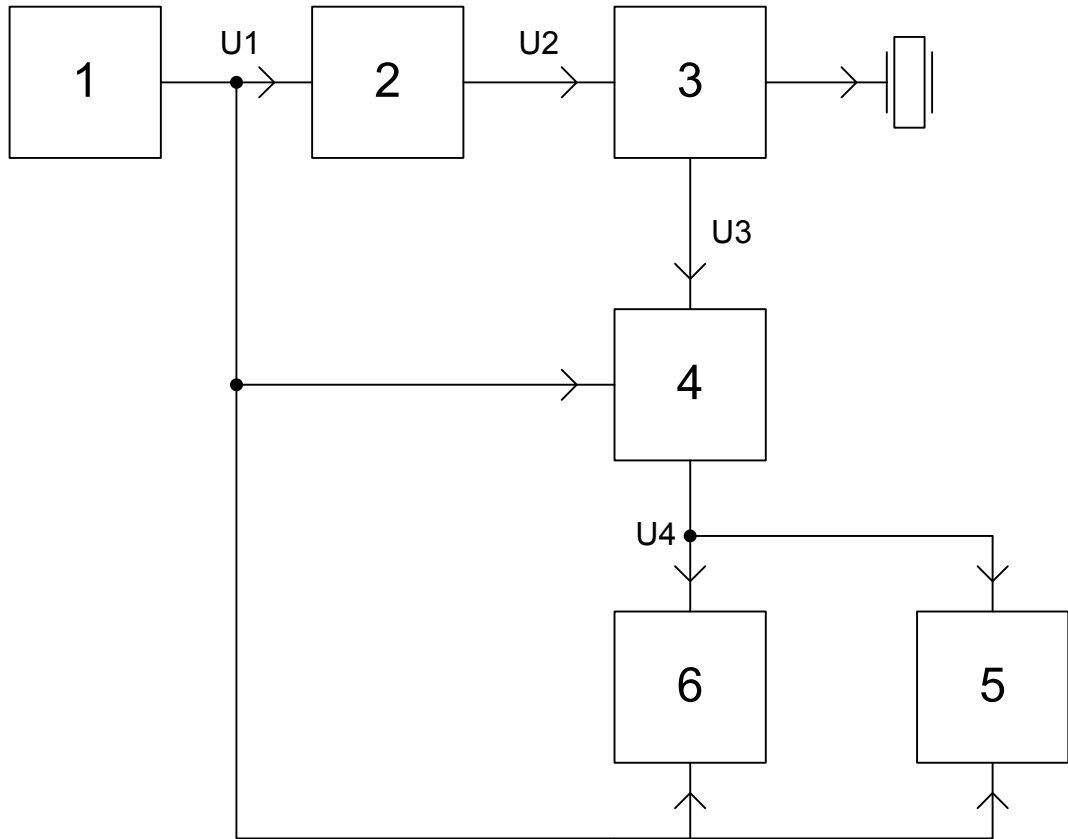


Рис. 28

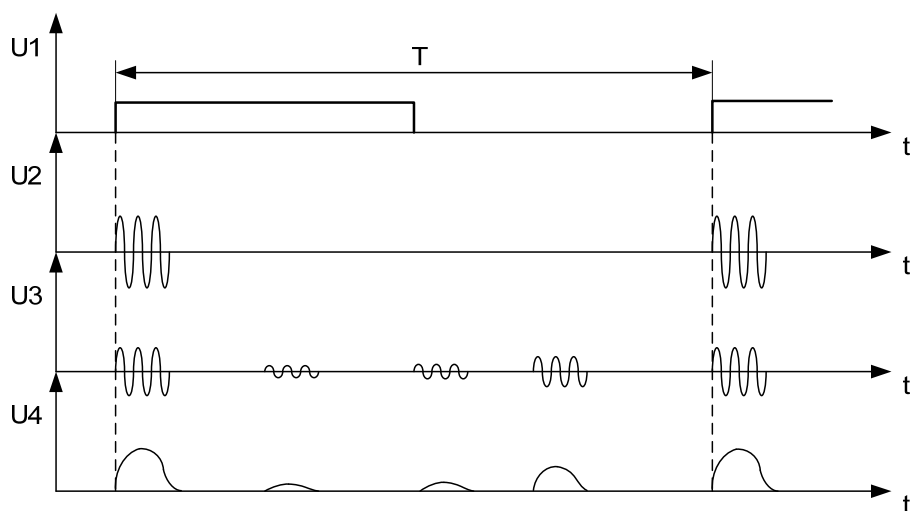


Рис. 29

Синхронизатор 1 вырабатывает видеоимпульсы U_1 с $T \geq K \frac{2r_{\max}}{c} = 8 \cdot \frac{2 \cdot 30}{1500} = 0,32$ с. Передний фронт сигнала U_1 запускает

генераторный тракт 2, на выходе которого формируется зондирующий радиоимпульс U_2 длительностью $\tau_{\text{и}} \leq \frac{2\Delta r}{c} = \frac{2 \cdot 0,08}{1500} \approx 0,1 \text{ мс}$ и с частотой заполнения 200 кГц. Проверяем количество N периодов высокочастотных сигналов в зондирующем импульсе, которое не должно быть меньше 6 – 10: $N = \tau_{\text{и}} \cdot f_0 = 0,0001 \times 200\,000 = 20$. Окончательно принимаем $\tau_{\text{и}} = 0,1 \text{ мс}$.

Задача 23

Для портативного эхолота (см. задачу 22) составить функциональную электрическую схему сигнализатора опасных глубин с тремя уровнями сигнализации.

1. При глубине $r < 4,5 \text{ м}$ зажигается предупредительный светодиод, который проблескивает с периодичностью 2 с (1 с – свет, 1 с – пауза).

2. При глубине $r < 3 \text{ м}$ дополнительно включается звуковой оповещатель с частотой акустического сигнала порядка 1 кГц с периодом повторения 3 с и паузой 2,5 с.

3. При глубине $r < 1,5 \text{ м}$ звуковой оповещатель переходит в двухтональный режим (1,5 с – сигнал с частотой порядка 400 – 600 Гц и 1,5 с – частотой порядка 1 кГц).

Решение

Схема, реализующая первый уровень сигнализации, представлена на рис. 30, а эюоры, иллюстрирующие ее работу, – на рис. 31.

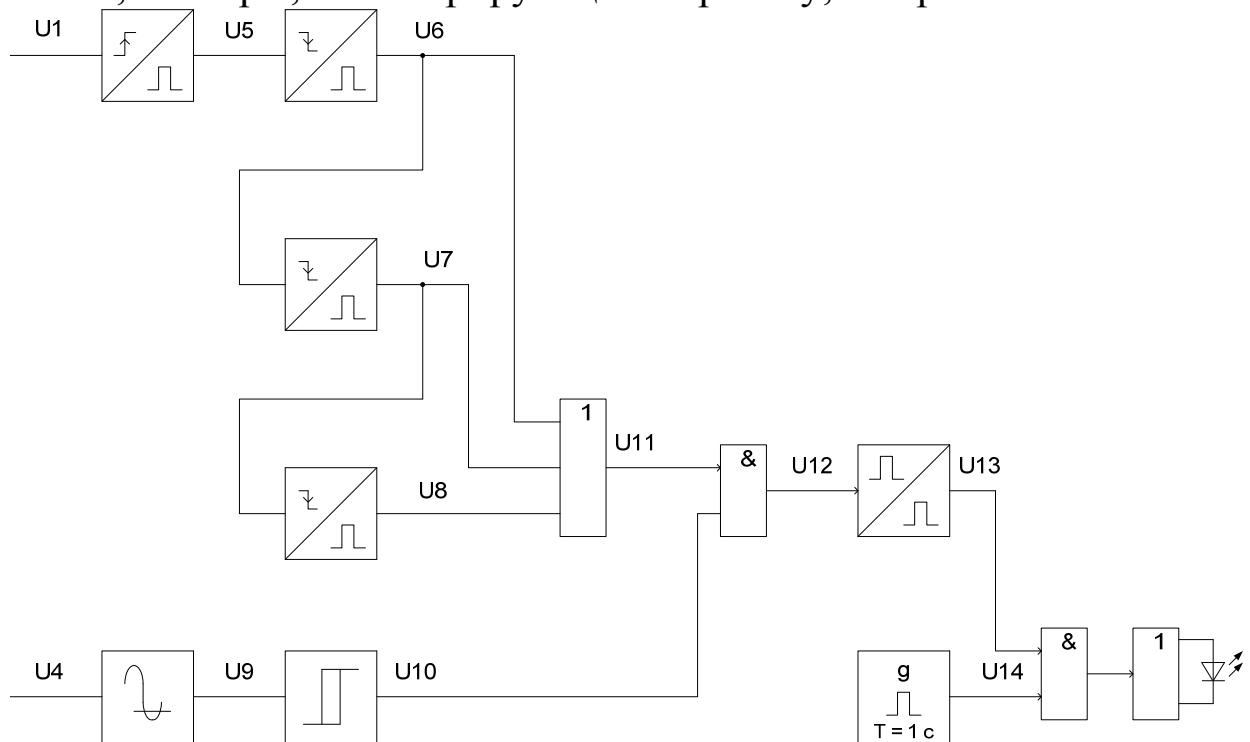


Рис.30

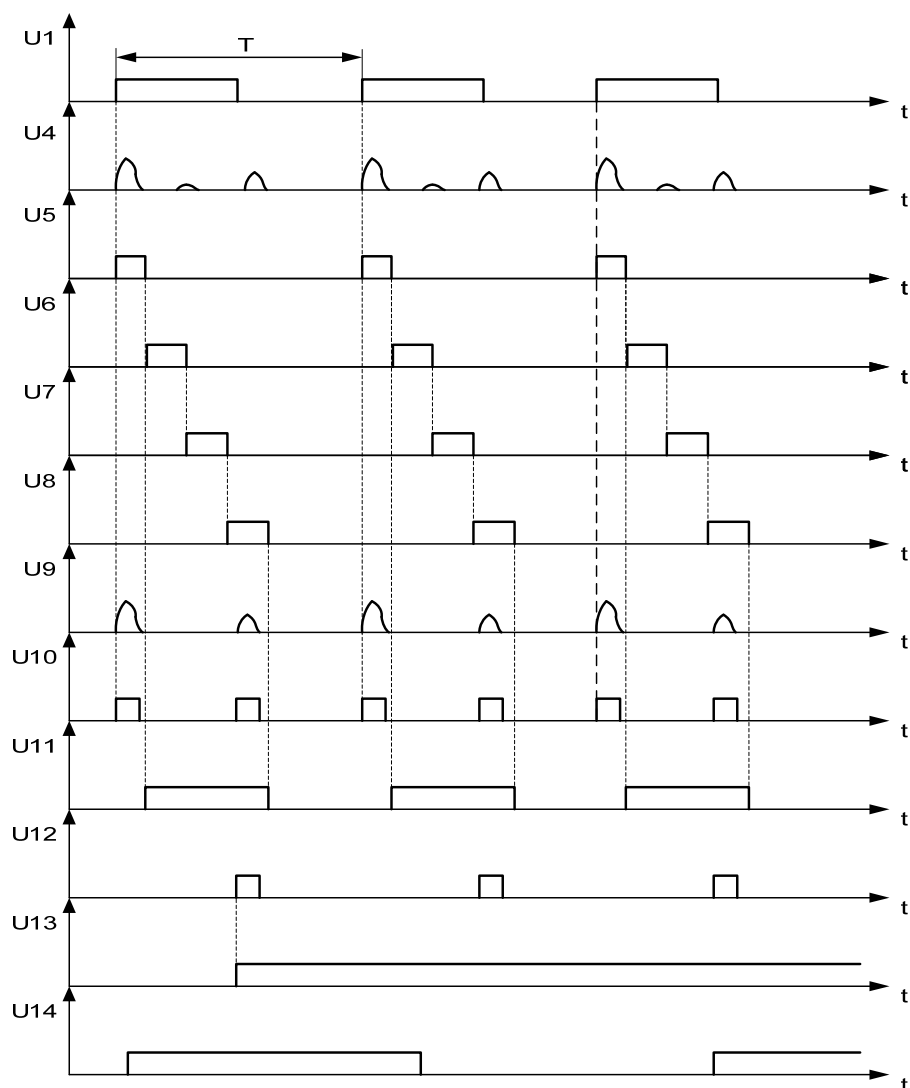


Рис. 31

Синхроимпульс U_1 передним фронтом запускает ждущий мультивибратор, на выходе которого формируется видеоимпульс U_5 с длительностью, большей длительности зондирующего сигнала эхолота. Задний фронт сигнала U_5 запускает второй ждущий мультивибратор, сигнал U_6 запускает третий ждущий мультивибратор, а сигнал U_7 – четвёртый ждущий мультивибратор. Видеоимпульсы U_7 , U_8 , U_9 определяют протяженность трёх зон сигнализации $0 \div 1,5$ м, $1,5 \div 3$ м и $3 \div 4,5$ м. На выходе логического элемента «3ИЛИ» получаем видеоимпульс U_{11} , соответствующий зоне сигнализации $0 \div 4,5$ м. Эхоимпульсы U_4 проходят через ограничитель по минимуму, компаратор и поступают на один из входов логического элемента «2И», на второй вход которого подаётся видеоимпульс U_{11} . Таким образом, на выходе логического элемента «2И» получаем видеоимпульс U_{12} только тогда, когда донный сигнал совпадает по времени с сигналом U_{11} , т. е. когда глубина будет меньше 4,5 м. Сигнал U_{12} запускает

пятый ждущий мультивибратор, который имеет возможность перезапуска. Он вырабатывает видеоимпульс U13 с длительностью большей, чем период циклов лоцирования T. Сигнал U13 при глубине, меньшей 4,5 м будет представлять собой постоянное напряжение с высоким логическим уровнем, поступающее на вход второго логического элемента «2И» и разрешающее прохождение сигналов U14 с периодом 2 Гц на повторитель, к выходу которого подключён светодиод, проблёскивающий с тем же периодом.

Схема, реализующая второй уровень сигнализации, представлена на рис. 32, а эюры, иллюстрирующие её работу, – на рис. 33.

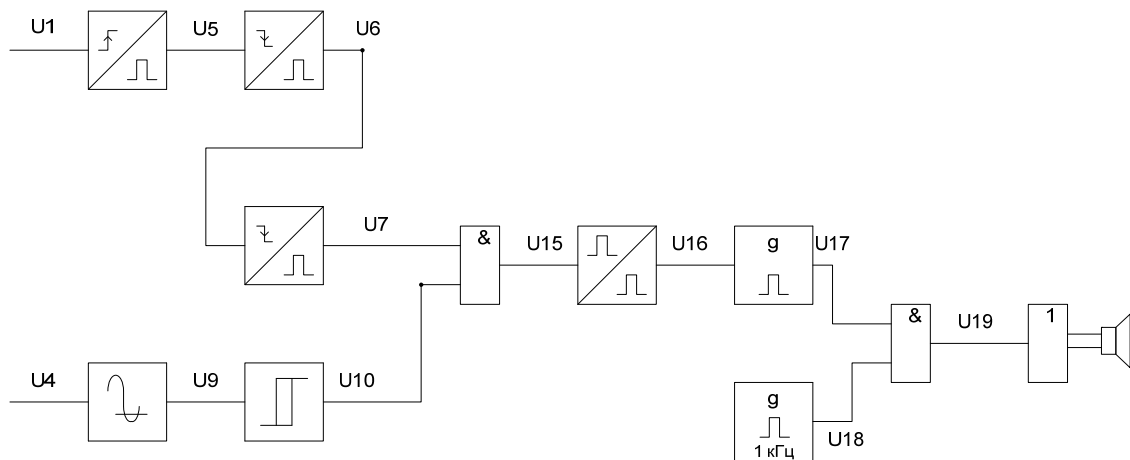


Рис. 32

Видеоимпульс U7 соответствует зоне сигнализации $3 \div 1,5$ м, и когда значение глубины будет находиться в этих пределах, появится видеоимпульс U15, запускающий ждущий мультивибратор с возможностью перезапуска. Сигнал U16 с высоким логическим уровнем разрешит работу генератора, формирующего видеоимпульсы U17 длительностью 0,5 с и с паузой между ними 2,5 с, поступающие на один из входов логического элемента «2И», на выходе которого получаем пачки импульсов U19 длительностью по 0,5 с и с частотой заполнения 1 кГц, поступающие после повторителя на акустический излучатель.

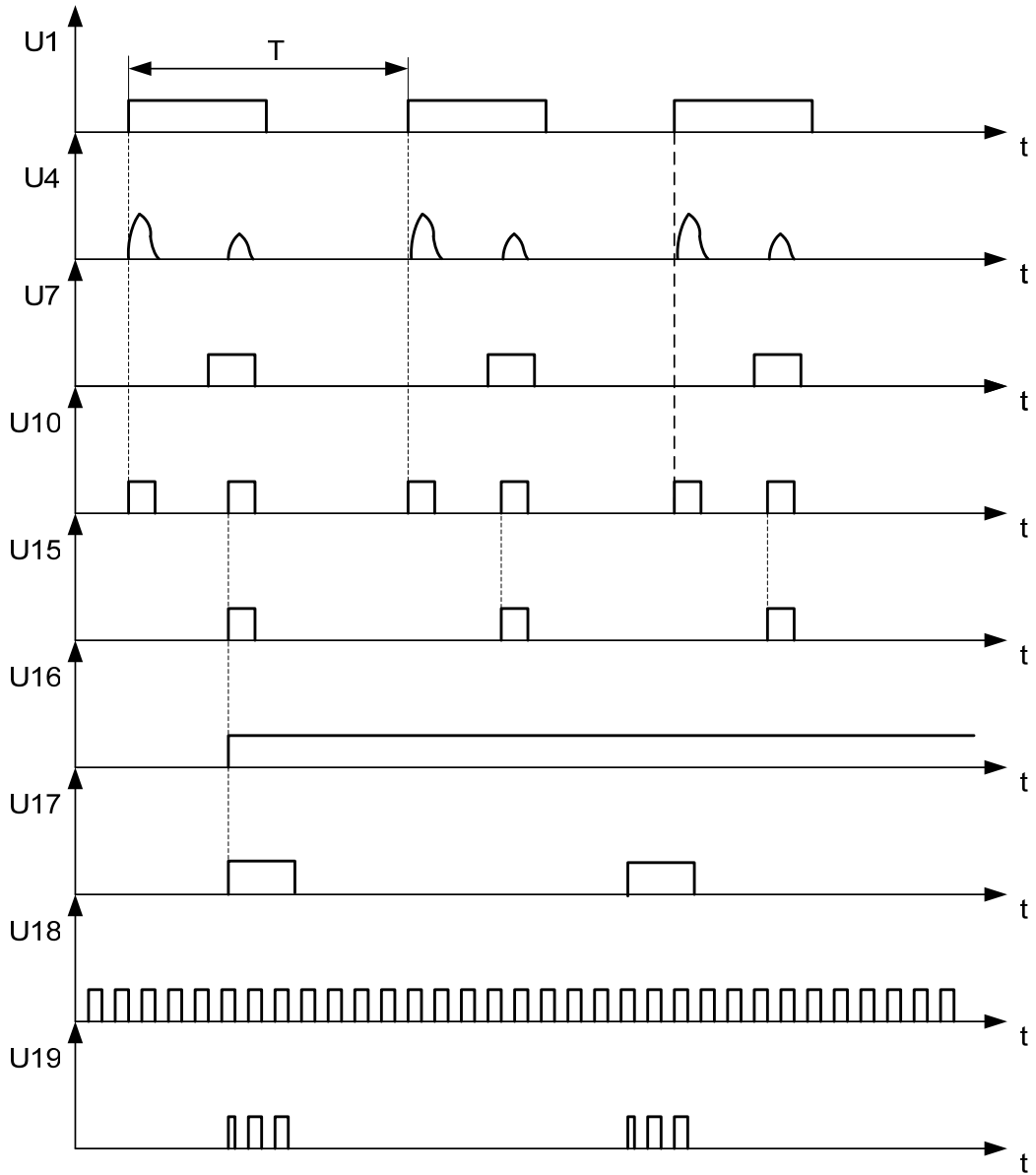


Рис. 33

Схема, реализующая третий уровень сигнализации, представлена на рис. 34, а эюры, иллюстрирующие её работу, – на рис. 35.

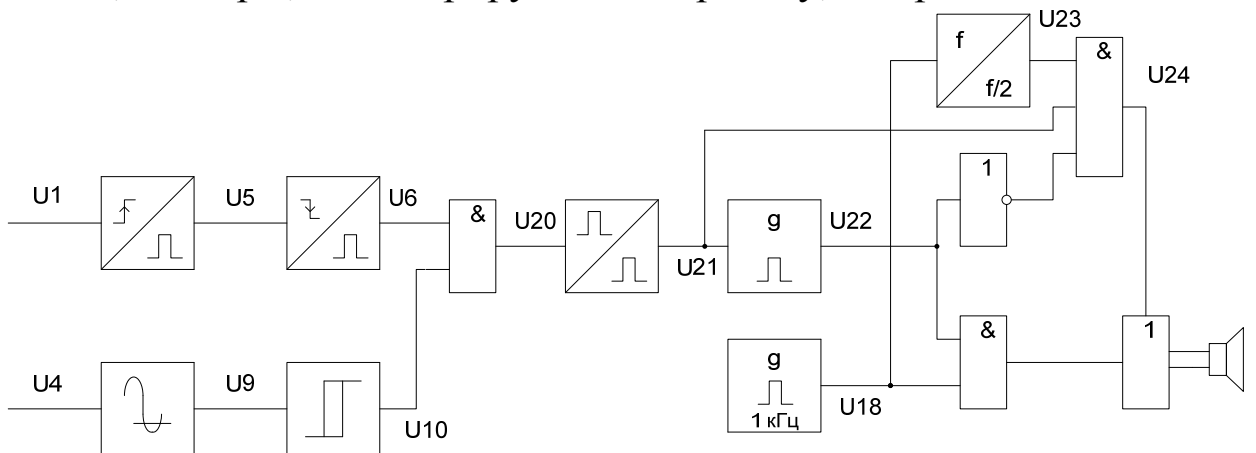


Рис. 34

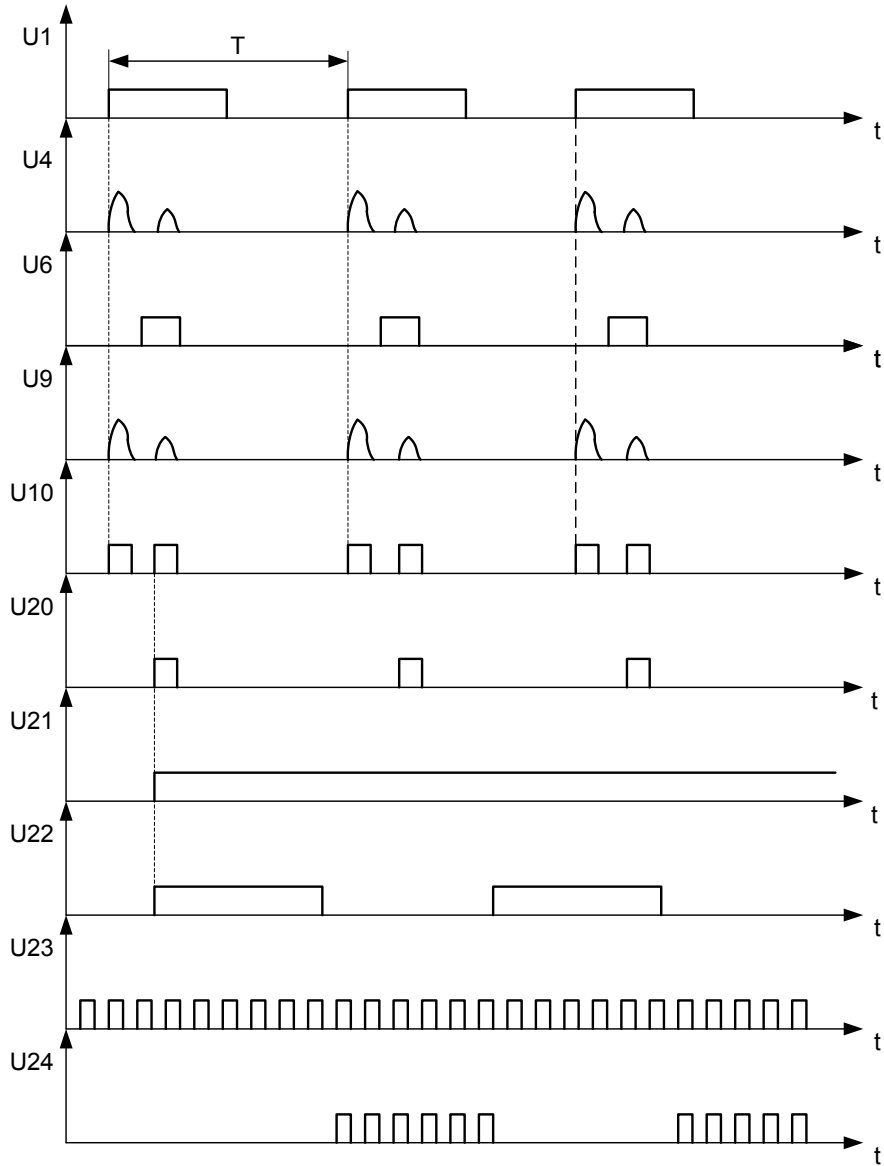


Рис. 35

Видеоимпульс U_6 , соответствующий зоне сигнализации $0 \div 1,5$ м, поступает на логический элемент «2И», и при глубине, значение которой будет находиться в этих пределах, на его выходе формируется сигнал U_{20} , запускающий ждущий мультивибратор с возможностью перезапуска. Напряжение U_{21} разрешает работу генератора, вырабатывающего видеоимпульсы U_{22} с периодом 3 с, пропускающие на акустический излучатель пачки импульсов с чередующимися частотами 1 – 0,5 кГц.

Общая схема сигнализатора представлена на рис. 36.

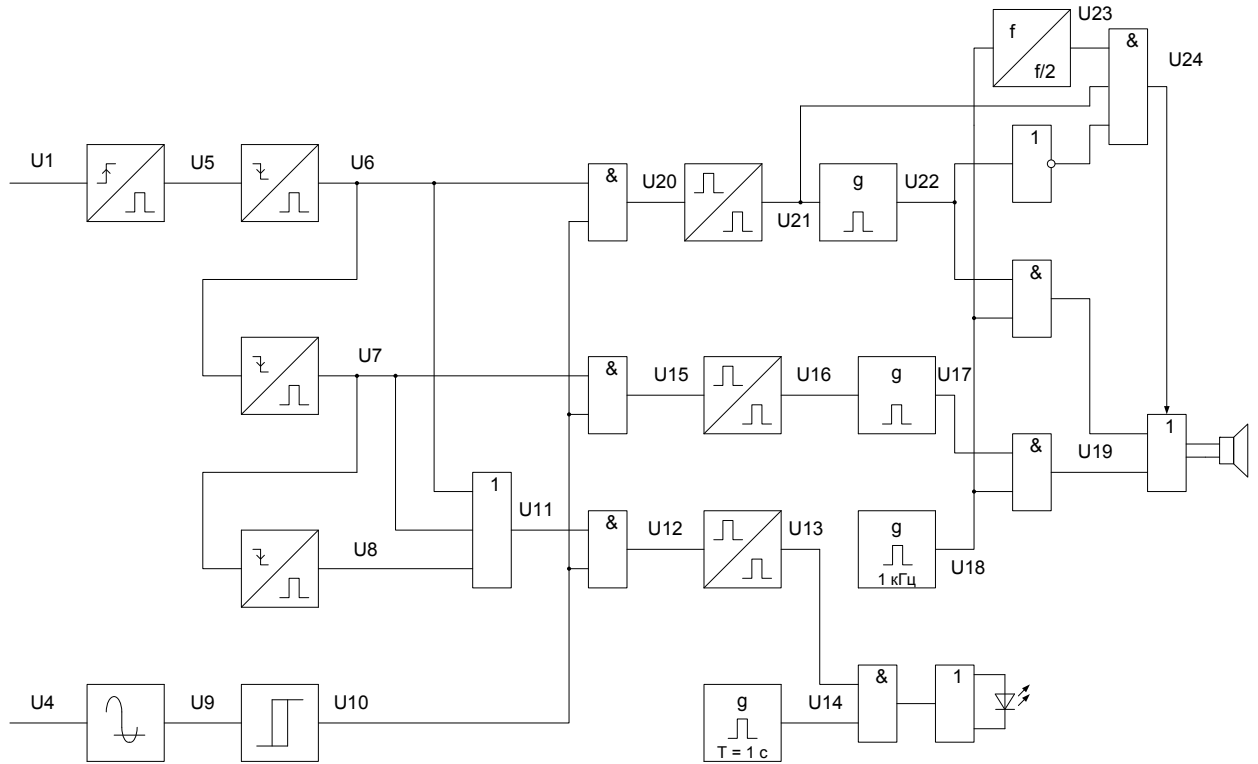


Рис. 36

Задача 24

В ультразвуковом расходомере используется акустическая система, показанная на рис. 37.

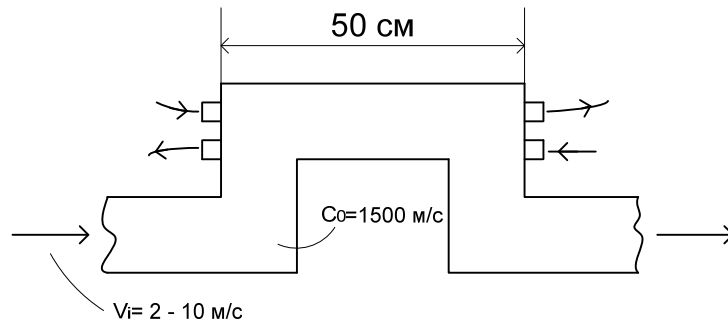


Рис. 37

Используется импульсный метод измерений с цифровой индикацией скорости V_i . Точность представления информации 1%. Составить функциональную схему расходомера. Определить частоту f_t тактового генератора, разрядность цифрового индикатора.

Задача 25

Для выявления включений в листе пластмассы используется УЗД с автоматическим сигнализатором дефектов (АСД). Акустический тракт при контроле показан на рис. 38.

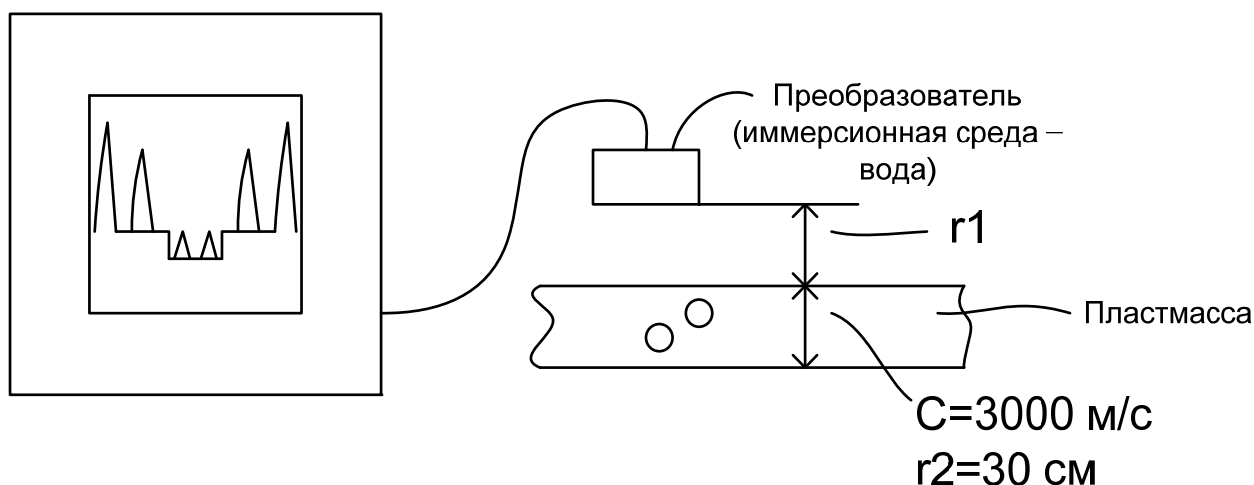


Рис.38

Определить необходимую величину расстояния r_1 и временные соотношения для строба АСД. Нарисовать точные осциллограммы для реальных соотношений r_1 и r_2 . Определить период лоцирования T при десяти учитываемых переотражениях в акустическом тракте.

Задача 26

В УЗД использован микропроцессорный контроллер, в котором используется адресная шина, имеющая 16 разрядов, а распределение адресного пространства имеет следующий вид:

| | | |
|--|--------|------|
| Выборка осуществляется сигналом низкого логического уровня | Порт 1 | FFFF |
| | | E000 |
| | Порт 2 | DFFF |
| | | D000 |
| | ОЗУ | CFFF |
| | | 8000 |
| | ПЗУ | 7FFF |
| | | 0000 |

На элементах 555-й серии разработать дешифраторы для выбора портов, ОЗУ и ПЗУ, если в качестве ОЗУ и ПЗУ используются микросхемы, занимающие всё отведённое им адресное пространство.

То же самое реализовать на микросхемах 561-й серии. Как изменится схема дешифратора, если ОЗУ выполнено на двух, четырёх, восьми микросхемах?

Задача 27

Составить функциональную схему устройства, формирующего сигналы U_2 , показанные на рис. 39, а также принципиальную электрическую схему с использованием микросхем 561-й серии.

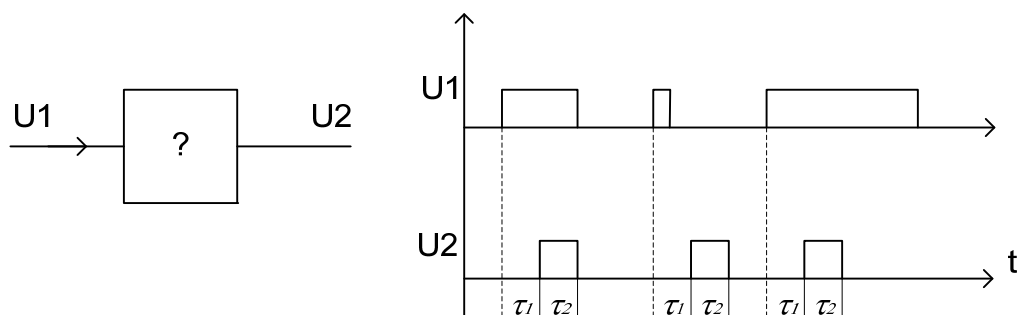


Рис.39

Решение

Сигнал U_2 можно получить, соединив последовательно два ждущих мультивибратора, причём первый мультивибратор запускается передним фронтом сигнала U_1 и формирует видеоимпульсы U_3 длительностью τ_1 , а второй мультивибратор запускается задним фронтом сигнала U_3 и формирует видеоимпульсы U_2 длительностью τ_2 . Один из вариантов принципиальной электрической схемы таких мультивибраторов, реализованных на микросхеме К561ТМ2, показан на рис.40.

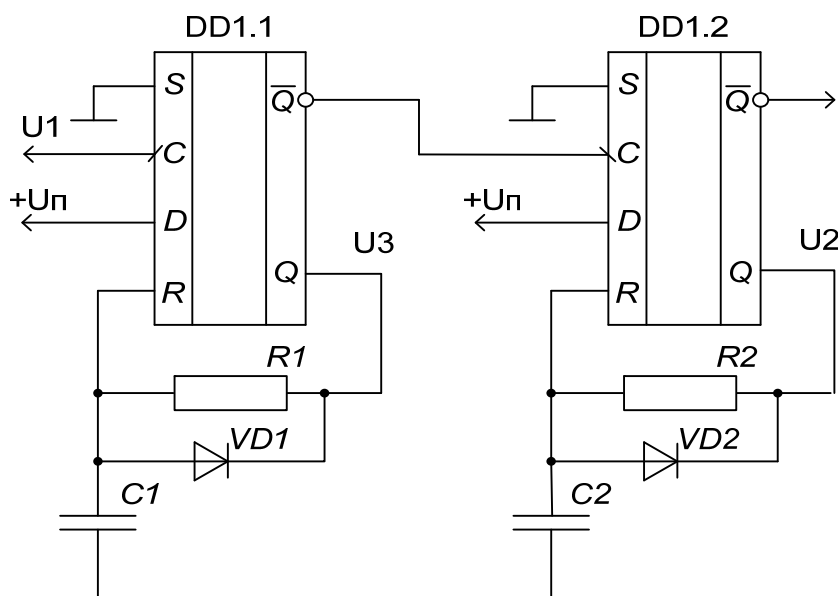


Рис.40

Задача 28

Рассчитать величину сопротивления резистора в генераторе ударного действия (рис.41) так, чтобы накопительный конденсатор заряжался, как минимум, до 280 В, если период T циклов лоцирования равен 1мс.

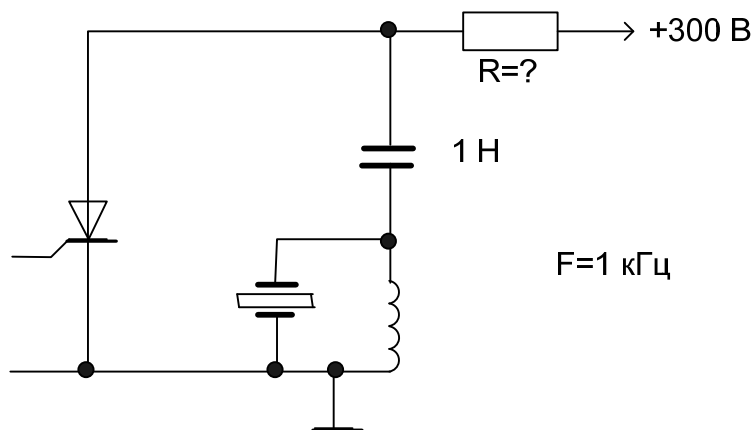


Рис. 41

Задача 29

Рассчитать ёмкость накопительного конденсатора (рис. 42), используемого для питания усилителя гидролокатора так, чтобы при формировании зондирующего сигнала длительностью 1мс он разрядился не более чем на 20 В.

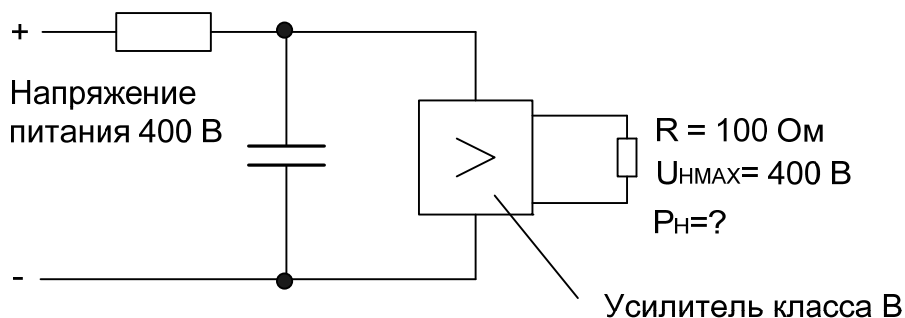


Рис. 42

Задача 30

Определить максимальные и эффективные мощности, выделяемые на нагрузке сопротивлением 220 Ом, пробивные напряжения диодов и рабочие напряжения конденсаторов C для схем, показанных на рис. 43.

Ёмкости конденсаторов C могут принимать следующие значения: 10000 мкФ, 1000 мкФ, 100 мкФ, 10 мкФ, 1 мкФ, 0,1 мкФ.

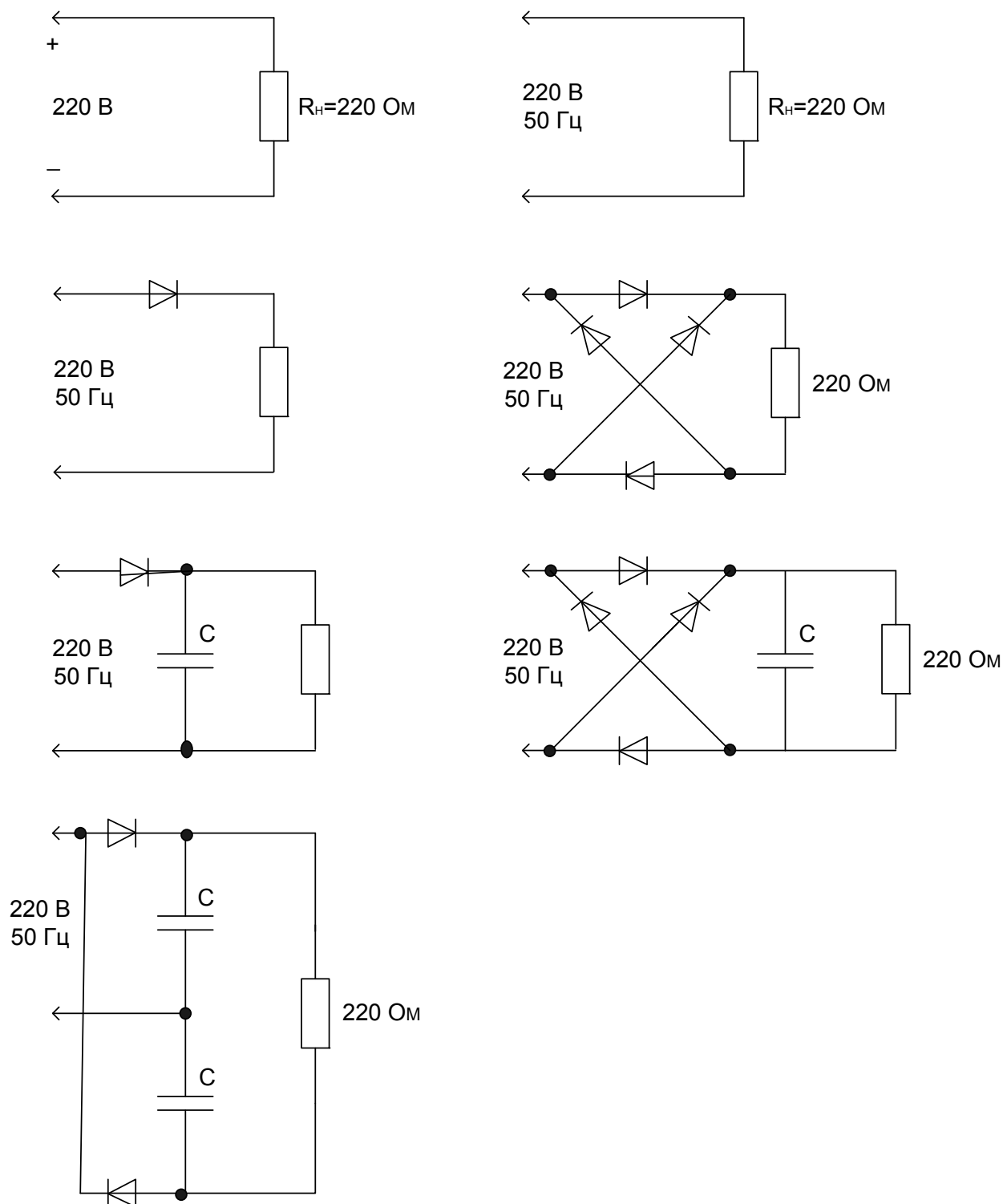


Рис.43

Задача 31

В резонансном усилителе, показанном на рис. 44, определить номиналы элементов и коэффициент усиления на резонансной частоте. Добротность колебательного контура $Q = 60$, волновое сопротивление $\rho = 2 \text{ кОм}$, резонансная частота $f_0 = 20 \text{ кГц}$.

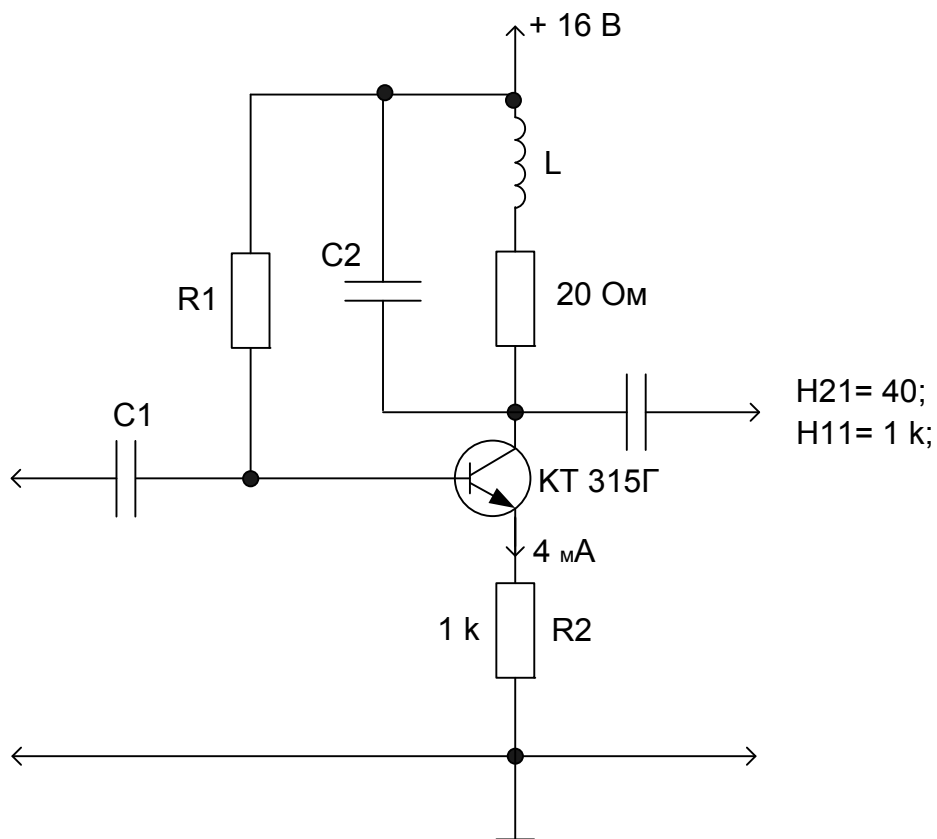


Рис.44

Задача 32

Определить коэффициент усиления усилителя (рис.45) на очень низких частотах и на очень высоких частотах. Найти номиналы неизвестных резисторов.

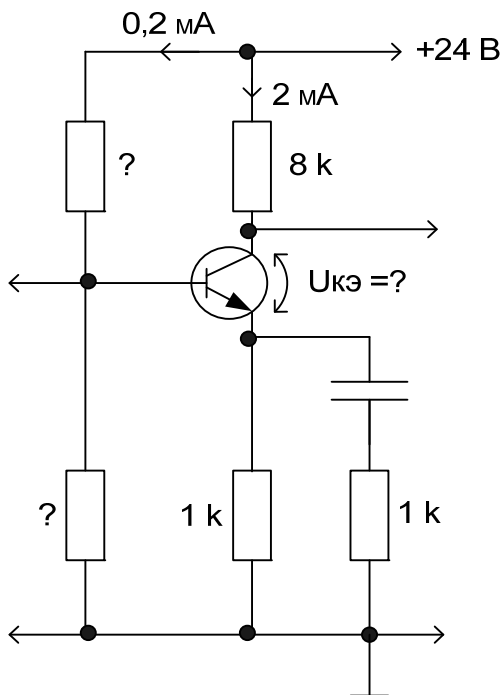


Рис. 45

Задача 33

Необходимо сформировать сложный сигнал (рис. 46) с периодом повторения 0,02 с. Частота его высшей спектральной составляющей равна 10^5 Гц. Погрешность восстановления амплитуды сигнала не хуже 0,5 %. Разработать принципиальную электрическую схему формирователя, используя микросхемы 561, 572, 573-й серий.

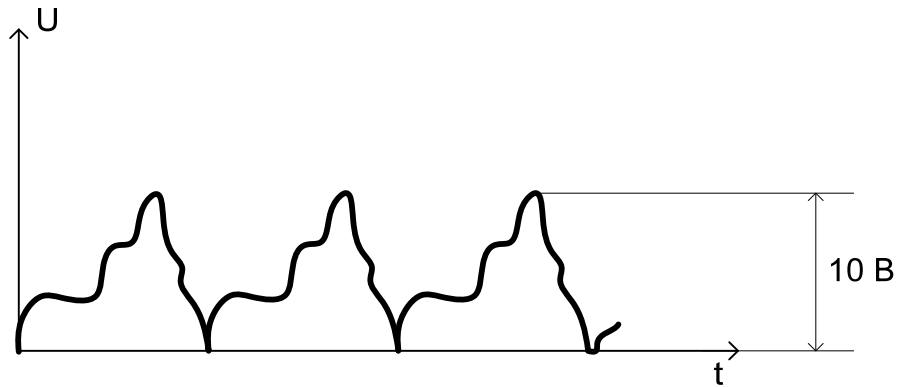


Рис. 46

Задача 34

Разработать принципиальную электрическую схему генератора зондирующих сигналов, формирующего напряжения U_1 , U_2 и U_3 , показанные на рис.47. Использовать микросхемы 561-й серии.

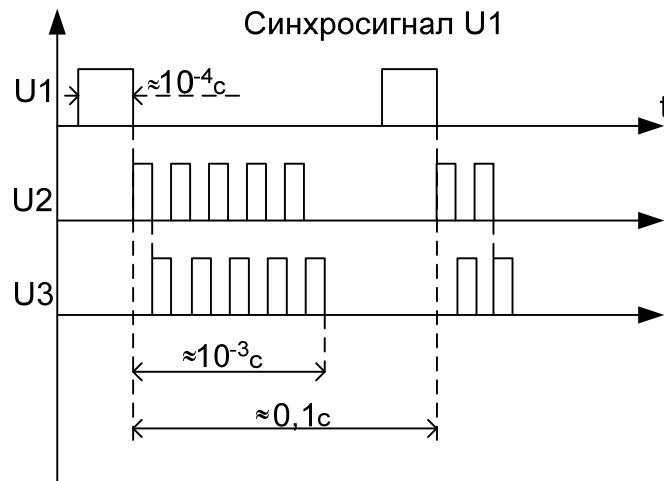


Рис.47

Задача 35

Какой вид имеет амплитудно-частотная характеристика схемы, представленной на рис. 48, если резонансные частоты колебательных контуров L_1, C_1 и L_2, C_2 равны 10 и 100 кГц?

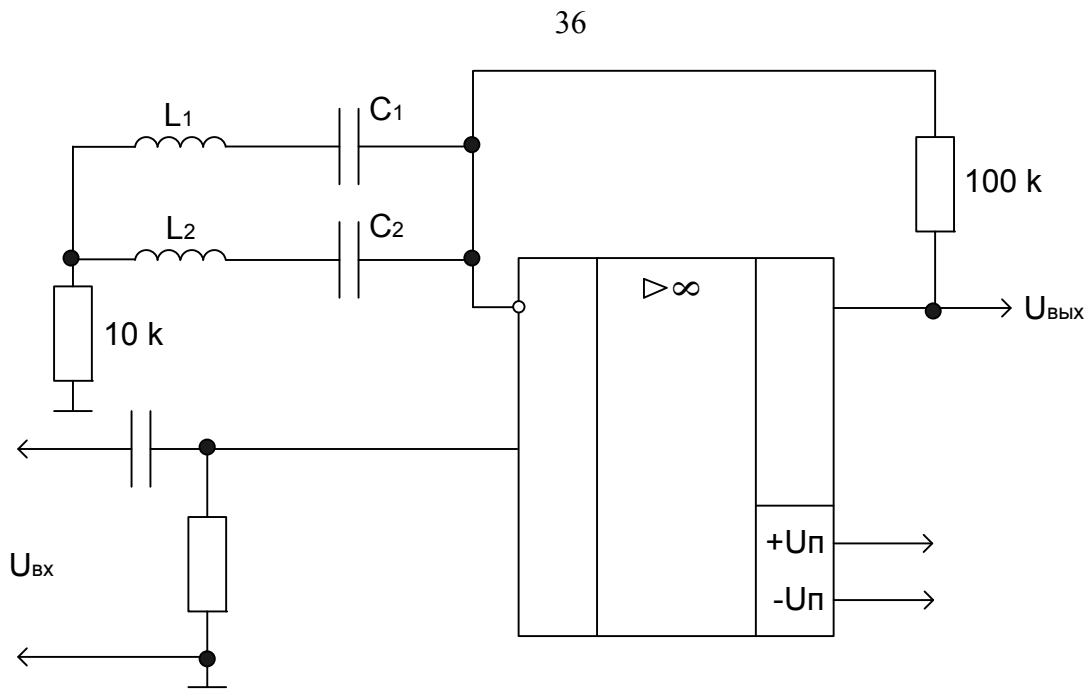


Рис.48

Задача 36

Какой вид имеет напряжение U_2 для схемы, показанной на рис. 49,

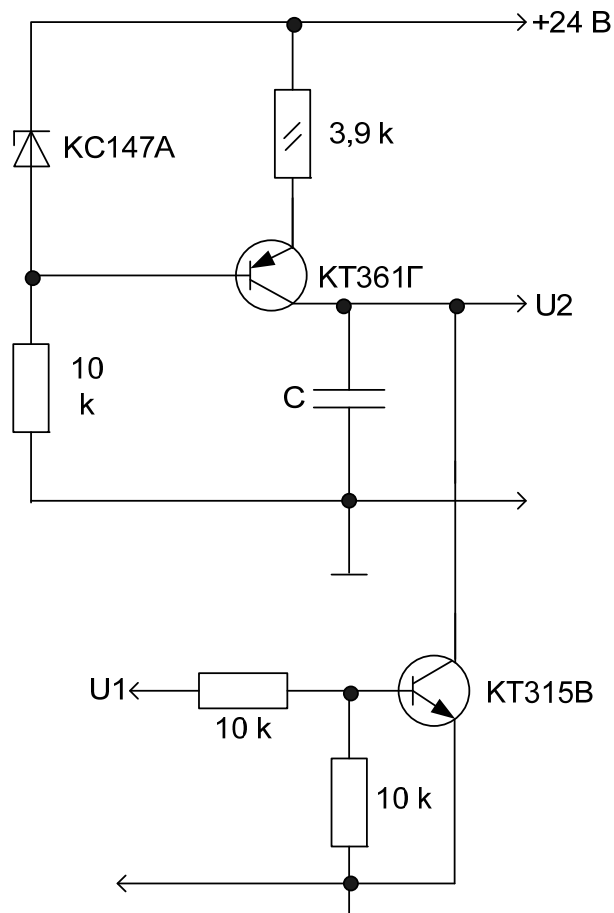


Рис.49

если сигнал U_1 представляет собой последовательность видеоимпульсов положительной полярности с амплитудой 10 В,

длительностью 0,1 с и периодом повторения – 1 с. Ёмкость конденсатора С может принимать значения 1, 10, 50, 200, 500 мкФ.

Задача 37

Ультразвуковой дефектоскоп работает на нескольких частотах в диапазоне 0,8 – 10 МГц. По какой функциональной схеме и на каких элементах можно реализовать его приёмный тракт? Рассмотреть один из возможных вариантов.

Решение

Так как дефектоскоп работает на нескольких частотах, то выполним его приёмный тракт по супергетеродинной схеме [8]. Для этого можно использовать, например, микросхему К174ХА2, содержащую все необходимые элементы супергетеродинного приёмника и имеющую диапазон рабочих частот 0,1 – 27 МГц [9]. Её структурная схема представлена на рис.50.

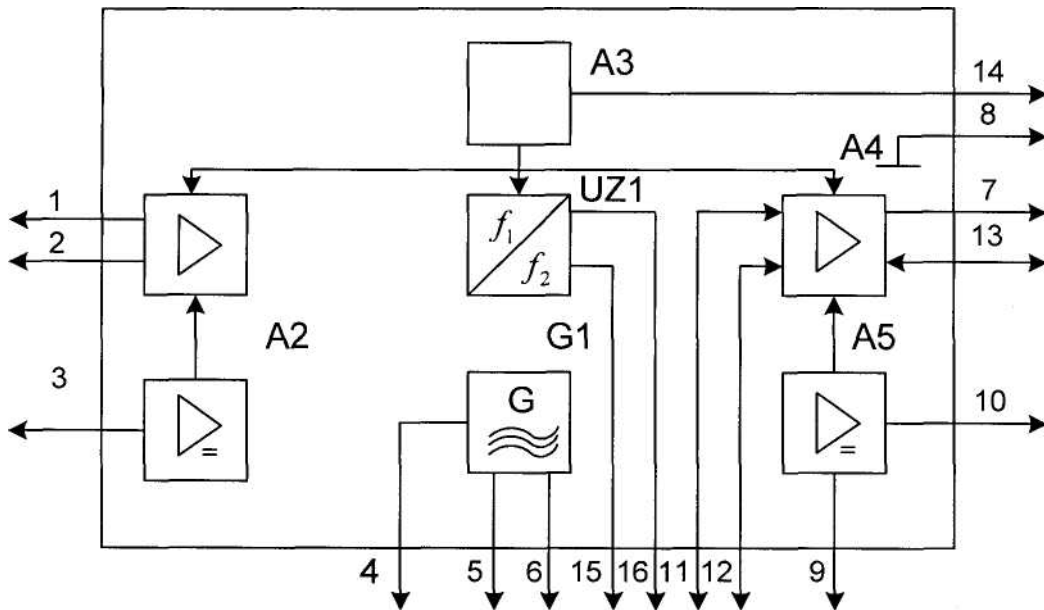


Рис.50

Она содержит усилитель сигналов радиочастоты с системой АРУ А2, смеситель UZ1, усилитель промежуточной частоты А4 с системой АРУ А5, гетеродин G1, стабилизатор питающего напряжения А3. Типовая схема включения микросхемы приведена на рис. 51, где L1, L2 – входной резонансный контур, L3, L4 – колебательный контур гетеродина и L5, L6, L7 – фильтры промежуточной частоты. Диод VD1 детектирует сигнал, и на выходе получаем последовательность

видеоимпульсов. Так как несущая сигнала в паузах отсутствует, то элементы регулировок АРУ не используем, а на выводы 3 и 9 микросхемы подаём напряжения ВРЧ и ручной регулировки усиления. Для получения управляющего напряжения ВРЧ используем цифровой метод формирования [1], как показано в задаче 38.

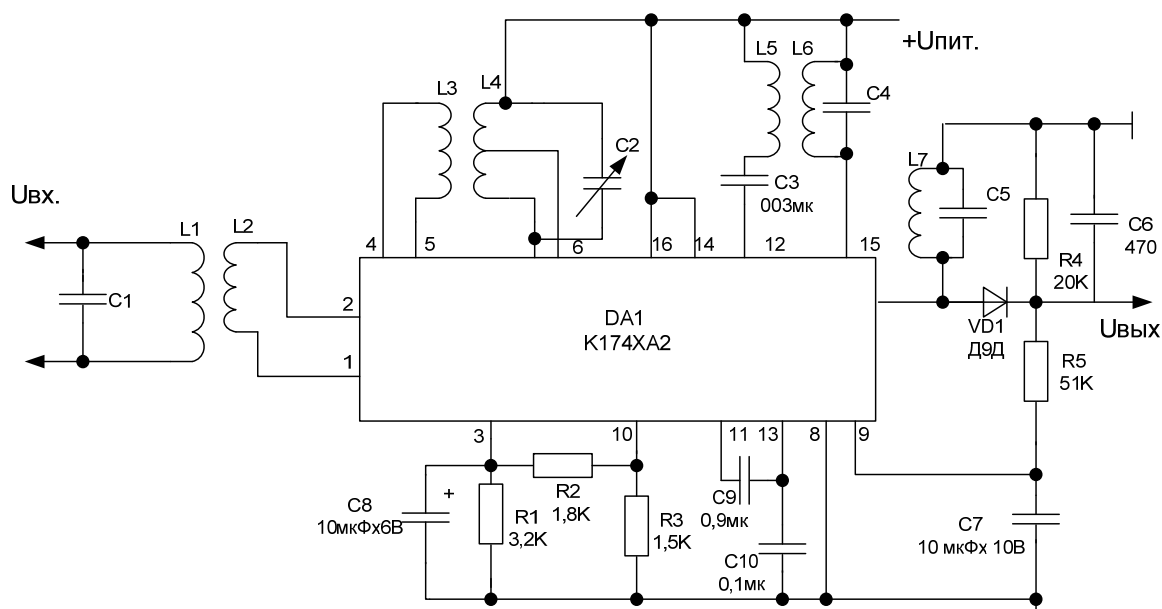


Рис. 51

Задача 38

Разработать принципиальную электрическую схему цифрового формирователя управляющего напряжения блока ВРЧ ультразвукового дефектоскопа.

Решение

Принципиальная электрическая схема цифрового блока ВРЧ представлена на рис. 52, где DD1 – К561ЛН2, DD2 – К561ИЕ10, DD3 – К573РФ2, DD4 – К572ПА2, DA1 – К140УД24, DA2 – К154УД3. Генератор импульсов, собранный на элементах DD1.1, DD1.2, R1, R2, C1, вырабатывает тактовые импульсы, поступающие на счетный вход С счетчика DD2, на вход R которого подается импульс U1, формируемый в генераторном тракте во время выработки зондирующего сигнала. Напряжение U1 сбрасывает на ноль все регистры счетчика DD2, а также запрещает его работу. Выходы счетчика соединены с адресными входами постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) DD3, выходы шины данных которого соединены с управляющими входами цифроаналогового преобразователя (ЦАП) DD4. Таким образом, после начала каждого рабочего цикла счетчик выполняет перебор адресов

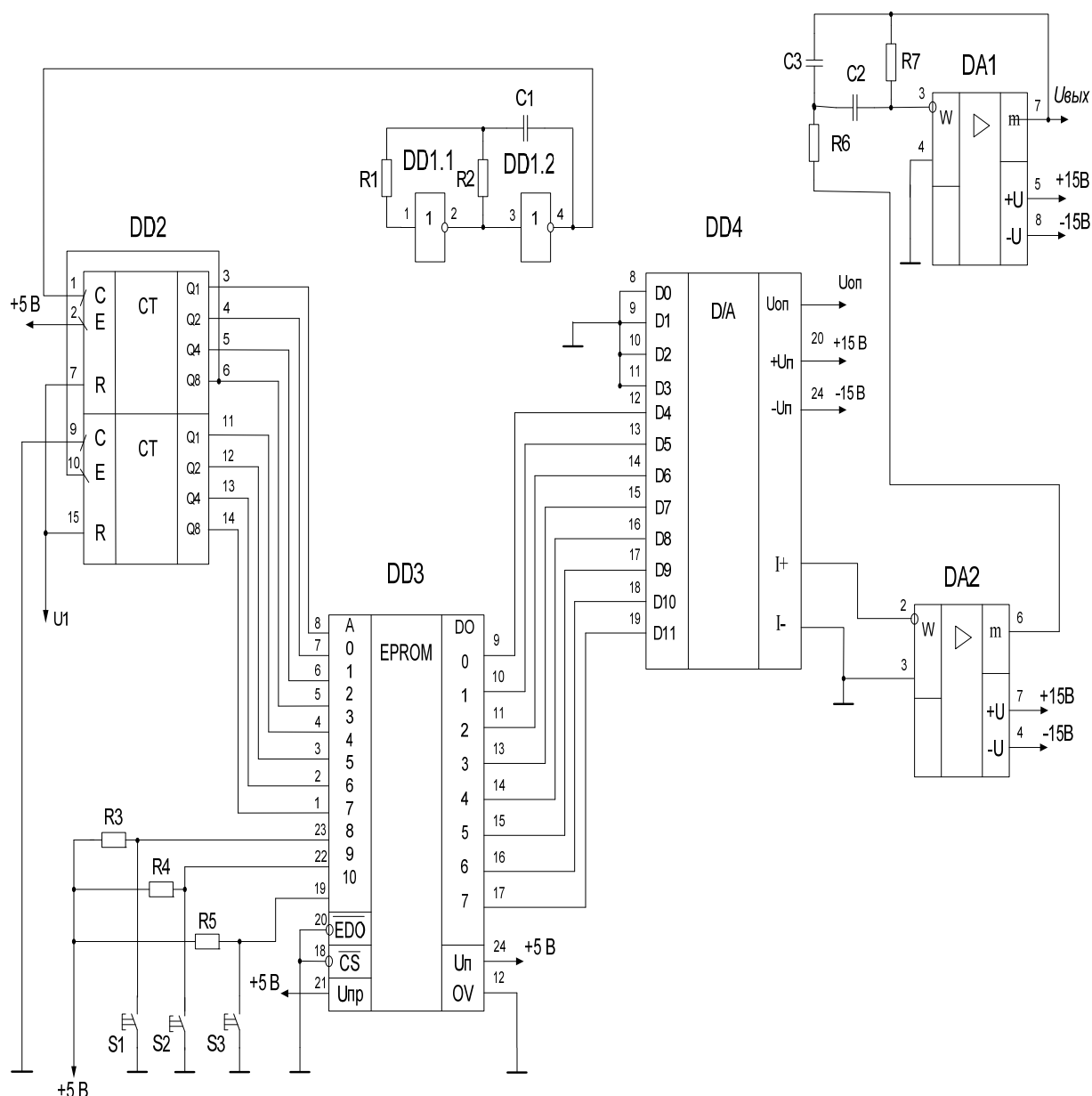


Рис. 52

ПЗУ, начиная с нулевого. На выходе ПЗУ выставляются двоичные слова, записанные по каждому из адресов ПЗУ, а на выходе ЦАП при этом формируется соответствующий аналоговый сигнал U , который после сглаживания фильтром низкой частоты (ФНЧ) может использоваться в качестве напряжения, регулирующего коэффициент передачи приёмного тракта дефектоскопа. На неиспользуемые младшие адреса ЦАП подаётся напряжение низкого логического уровня. Так как при формировании управляющего сигнала используют только 256 ячеек памяти ПЗУ, то в нём можно записать несколько реализаций сигнала. Выбор той или иной реализации осуществляется путём подачи на старшие адреса ПЗУ соответствующего цифрового кода, устанавливаемого с помощью переключателей S1 – S3.

Задача 39

С генератора на вход счётчика подаются импульсы U_1 , как показано на рис.53. На одном графике нарисовать эюры сигналов U_1 и $U_{\text{вых}}$. Составить полную электрическую принципиальную схему данного блока с использованием микросхем 155-й серии.

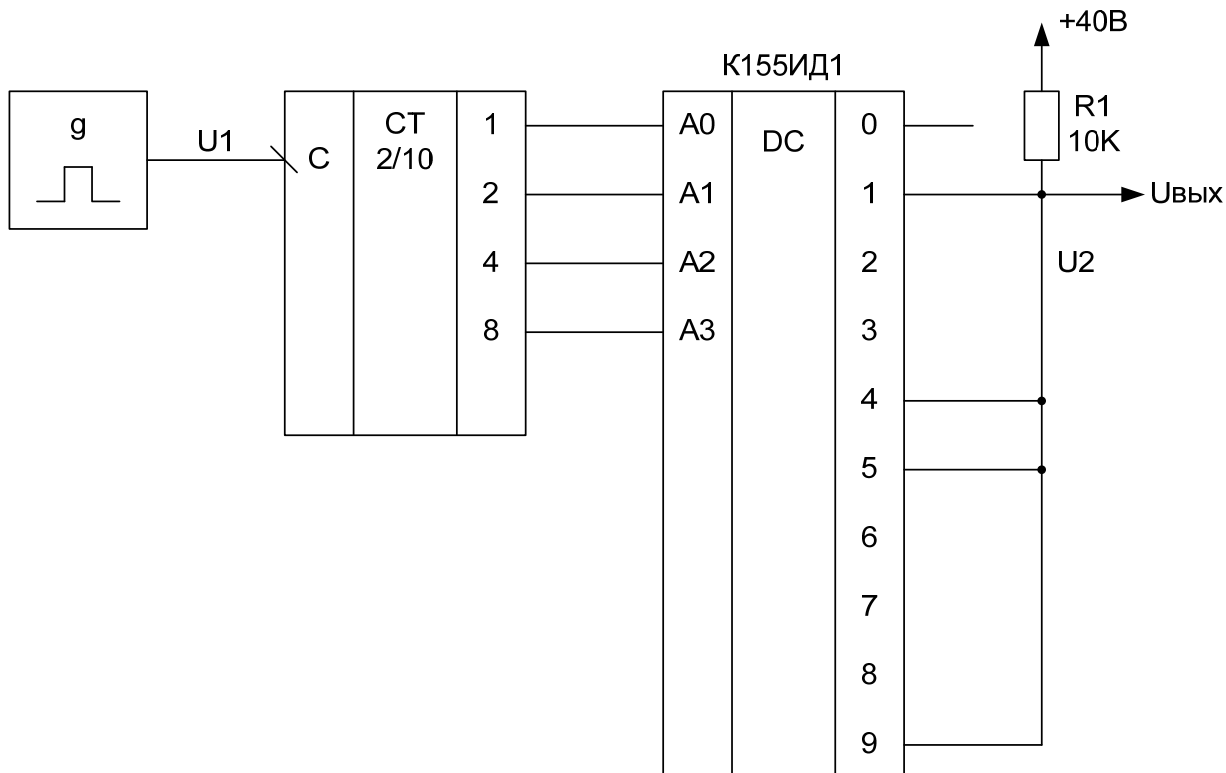


Рис. 53

Задача 40

Нарисовать эюры сигналов U_2 и U_3 , если постоянная времени цепочки RC на рис.54 равна $0,3T$. Заменить микросхему К561ЛП2 на К561ЛА7. Как в этом случае будут выглядеть эюры сигналов U_2 и U_3 ? То же самое выполнить для микросхемы К561ЛЕ5.

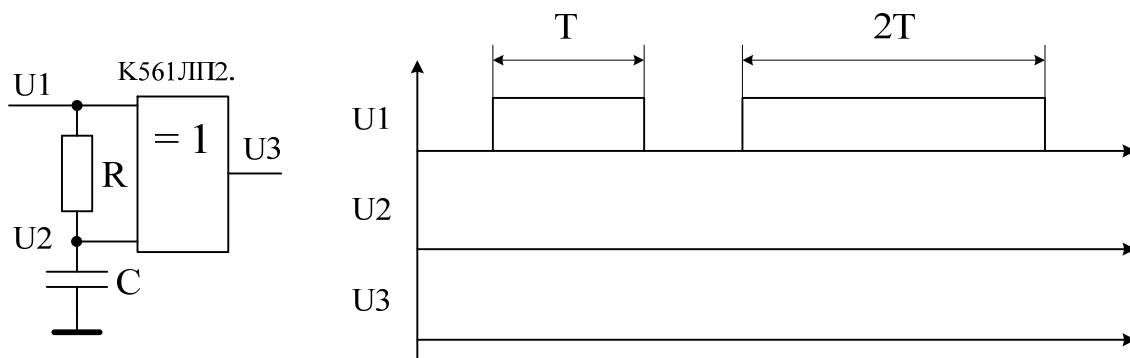


Рис.54

Задача 41

Составить эквивалентные схемы усилителей, принципиальные электрические схемы которых представлены на рис.55, а также на рис.44 и рис.45.

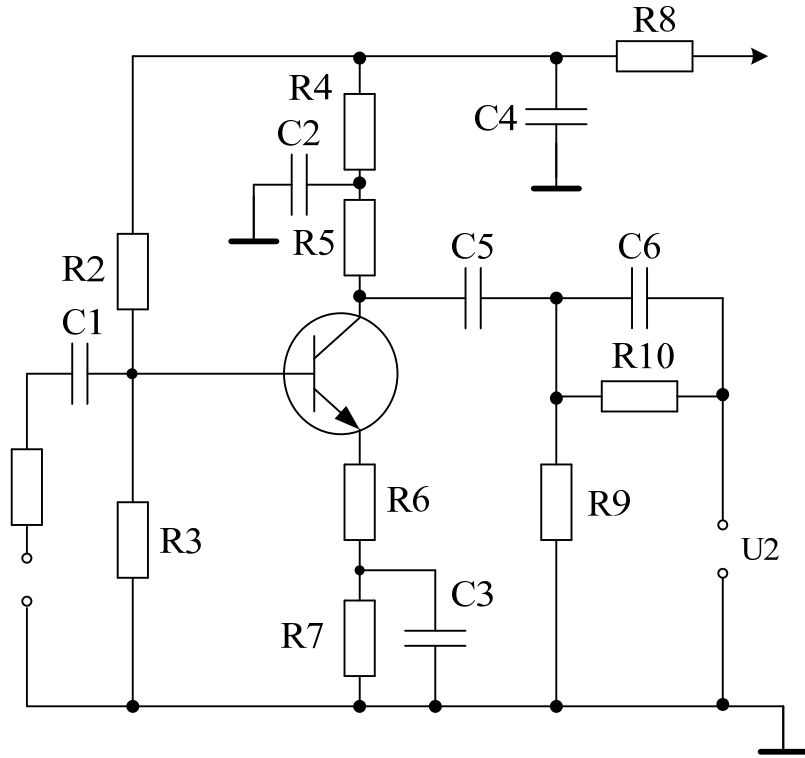


Рис. 55

Библиографический список

1. Максимов В. Н. Эхоимпульсные лоцирующие системы. Методические разработки №2124, 2124–2, 2124–3.– Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1995, 1997, 1998.
2. Горбатов А.А., Рудашевский Г.Е. Акустические методы и средства измерения расстояний в воздушной среде.– М.: Энергия, 1973. – 144 с.
3. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы.– М.: Сов. радио, 1971. – 672 с.
4. Ультразвуковые преобразователи/ Под ред. Е. Кикучи. – М.: Мир, 1972. – 424 с.
5. Антоняк Ю.Т., Вассергисер М.Е. Расчет характеристик изгибаемого пьезоэлектрического преобразователя мембранного типа // Акустический журнал. 1982. Т.28. №3. – С. 294 – 302.
6. Иванов В.И. и др. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 448 с.
7. Лачин В. И., Савёлов Н. С. Электроника: Учеб. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2000. – 448 с.
8. Банков В. Н., Барулин Л. Г. и др. Радиоприёмные устройства. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.
9. Атаев Д. И., Болотников В. А. Аналоговые интегральные микросхемы для бытовой радиоаппаратуры: Справочник. – М.:Изд-во МЭИ, 1991. – 240 с.

Максимов Виталий Николаевич

Задачник для проведения рейтингов и практических занятий по курсу «Аналоговая
схемотехника»

Для студентов направлений
200100 «Приборостроение»,
200300 «Биомедицинская инженерия»

Ответственный за выпуск Максимов В. Н.

Редактор Маныч Э. И.

Корректор Маныч Э. И.

ЛР № 020565 от 23. 06. 1997г.

Подписано к печати

Формат 60 x 84 1/16. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. п. л. – 2,4. Уч. – изд. л. – 2,2.

Заказ №

Тираж 50 экз.

“ С ”

Издательство Технологического института
Южного федерального университета
ГСП 17А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44

Типография Технологического института
Южного федерального университета
ГСП 17А, Таганрог, 28, Энгельса, 1