



издательство

# МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ALTIUM DESIGNER И AUTOCAD

Москва • 2019

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)**

---

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
В ALTIUM DESIGNER И AUTOCAD**

Методические указания к курсовой работе

Утверждено  
на заседании редсовета  
26 ноября 2018 г.

Москва  
Издательство МАИ  
2019

*Авторы-составители:* Д.А. Сударенко, Д.С. Жарков, М.С. Какадей, А.А. Бахромкин

Проектирование радиотехнических систем в Altium Designer и AutoCAD: Методические указания к курсовой работе. — М.: Изд-во МАИ, 2019. — 48 с.: ил.

В методическом указании даны варианты заданий для курсовых работ и примеры их оформления.

Данные указания предназначены для студентов 3-го курса специалитета, обучающихся по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатации ракет и ракетно-космических комплексов» (специализация «Антенно-фидерные устройства»).

*Рецензенты:*

НТС ПАО «Радиофизика» (Ген. директор канд. техн. наук *Б.А. Левитан*);

докт. техн. наук, проф. *Л.Г. Гагарина*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Печатные платы входят в состав конструкторской документации большинства радиотехнических систем и применяются на всех стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации этих систем.

Графические задания по выполнению печатных плат являются обязательной составляющей курса «Система автоматизированного проектирования» для студентов технических специальностей.

В методическое пособие включена необходимая информация для выполнения курсовых работ, варианты которых представлены в методических указаниях. Приведены примеры их оформления и выполнения. Материал изложен последовательно, в соответствии с нормативными документами государственных стандартов ЕСКД.

Методические указания к данному пособию приведены в [1].

Заданию «Автогенератор прямоугольных импульсов» соответствует вариант корпуса «Корпус А».

Заданию «Вторичный источник питания» соответствует вариант корпуса «Корпус Б».

Заданию «Генератор звуковых сигналов» соответствует вариант корпуса «Корпус В».

Заданию «Ячейка управления и контроля» соответствует вариант корпуса «Корпус Г».

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АПИ — автогенератор прямоугольных импульсов  
ВИП — вторичный источник питания  
ГЗС — генератор звуковых сигналов  
ГОСТ — межгосударственный стандарт  
ЕСКД — единая система конструкторской документации  
КД — конструкторская документация  
ПП — печатная плата  
САПР — система автоматизированного проектирования  
ТЗ — техническое задание  
УГО — условные графические обозначения  
ЯУК — ячейка управления и контроля  
ISO — International Organization for Standardization (Международная организация по стандартизации)

# 1. ОФОРМЛЕНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Представленные задания должны быть оформлены в виде курсовой работы.

Для защиты курсовой работы необходимо подготовить комплект конструкторской документации, а именно:

- 1) титульный лист курсовой работы;
- 2) содержание;
- 3) соответствующее задание, вариант задания и корпус печатной платы курсовой работы;
- 4) титульный лист технического задания;
- 5) техническое задание;
- 6) пояснительная записка (текст пояснительной записки должен содержать подробное описание хода выполнения курсовой работы);
- 7) схема электрическая принципиальная (рис. 9);
- 8) перечень элементов (рис. 10);
- 9) Gerber-файлы (рис. 11);
- 10) топология печатной платы (рис. 12);
- 11) чертеж корпуса (рис. 13);
- 12) 3D-модель корпуса (рис. 14).

## 2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КУРСОВЫХ РАБОТ

В параграфе рассматриваются четыре варианта задания для курсовых работ:

- автогенератор прямоугольных импульсов;
- вторичный источник питания;
- генератор звуковых сигналов;
- ячейки управления и контроля.

### 2.1. АВТОГЕНЕРАТОР ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ (МУЛЬТИВИБРАТОР)

**Назначение:** устройство предназначено для автогенерации прямоугольных импульсов частотой от 1 до 10 кГц (рис. 1).

X1	Цепь	Конт.
	V+	1
	GND	2

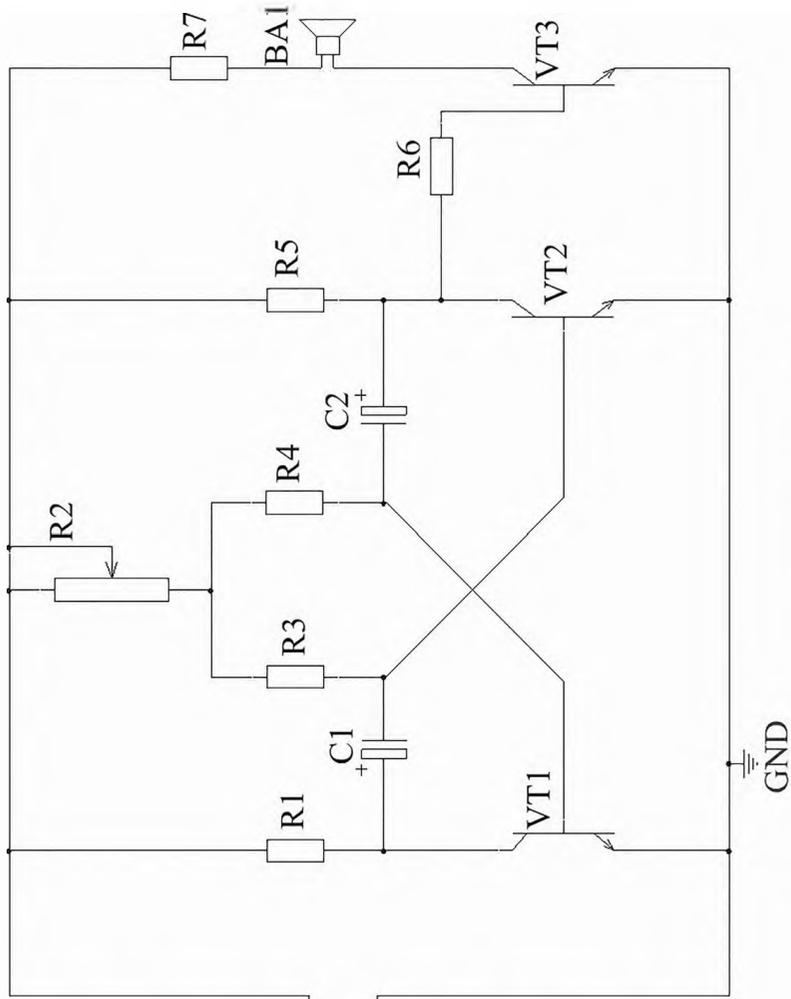


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная (Э3)

При подаче постоянного напряжения в диапазоне от 5 до 7 В на входной разъём X1 возникает автогенерация импульсов из-за стремления транзисторов VT1 и VT2 закрыть друг друга вследствие насыщения конденсаторов C1 и C2. С помощью потенциометра R2 можно изменять частоту генерируемого сигнала. Усилительный каскад на транзисторе VT3 усиливает высокочастотный сигнал для вывода на динамик.

Для понимания работы данной схемы выделим функциональные группы элементов (рис. 2):

группа 1: автогенератор (мультивибратор);

группа 2: потенциометр;

группа 3: усилитель мощности звукового сигнала;

группа 4: динамик с ограничительным резистором (по току).

### Вариант 1

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/тип корпуса
VT1–VT2	Биполярный транзистор 2N5551	DIP	ТО-92
VT3	Биполярный транзистор BC547	DIP	SOT-54A
BA1	Динамик 26CR08FE	МГТФ 0,12	$R = 8 \text{ Ом}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
X1	Входной винтовой разъем для источника питания	DIP	Серия 301
R1, R5	Постоянный штыревой резистор C1-4	DIP	$R = 470 \text{ Ом}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R3, R4	Постоянный штыревой резистор C1-4	DIP	$R = 47 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R2	Потенциометр серии S16KN1	DIP	$R = 100 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R6	Постоянный штыревой резистор C1-4	DIP	$R = 1 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R7	Постоянный штыревой резистор C1-4	DIP	$R = 100 \text{ Ом}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
C1, C2	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 150 \text{ нФ}$ , $U = 25 \text{ В}$

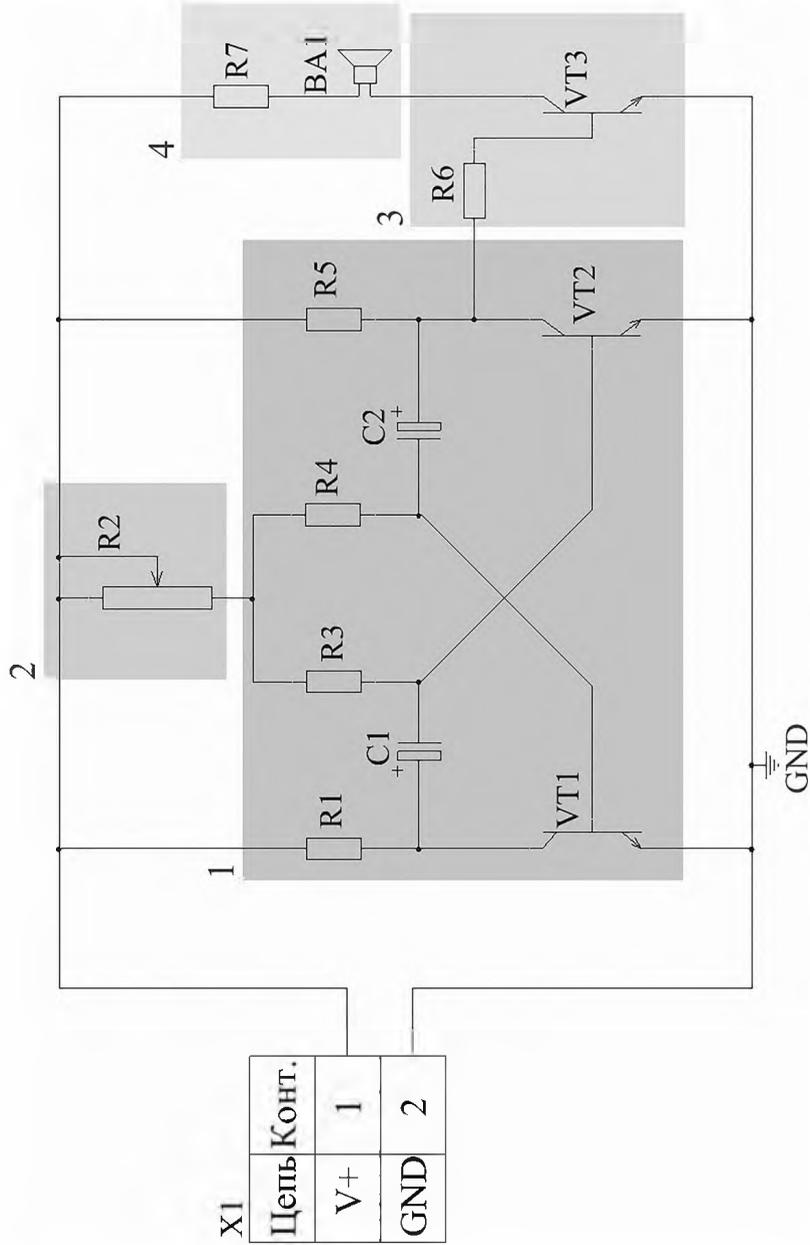


Рис. 2. Функциональные группы элементов

## Вариант 2

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
VT1–VT2	Биполярный транзистор КТ315Б	DIP	КТ-13
VT3	Биполярный транзистор С3198 GR	DIP	ТО-92
BA1	Динамик ЗГДШ2	МГТФ 0,12	$R = 8 \text{ Ом}$ , $P = 3 \text{ Вт}$
X1	Входной винтовой разъем для источника питания	DIP	Серия 340
R1, R5	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 300 \text{ Ом}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R3, R4	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 27 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R2	Потенциометр серии 16К1	DIP	$R = 50 \text{ кОм}$ , $P = 1 \text{ Вт}$
R6	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 820 \text{ Ом}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R7	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 50 \text{ Ом}$ , $P = 0,125 \text{ Вт}$
C1, C2	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 470 \text{ нФ}$ , $U = 25 \text{ В}$

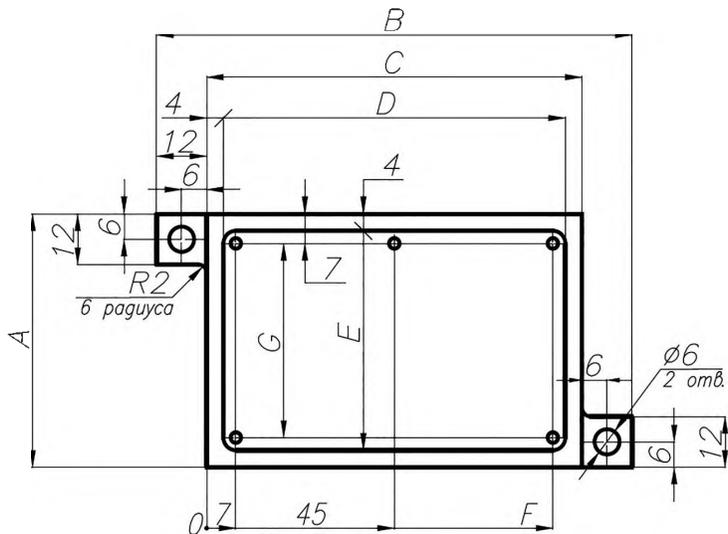
## Вариант 3

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
VT1–VT2	Биполярный транзистор 2N2222A	DIP	ТО-18
VT3	Биполярный транзистор BC547	DIP	SOT-54
BA1	Динамик 32КС08-1	МГТФ 0,12	$R = 8 \text{ Ом}$ , $P = 3 \text{ Вт}$
X1	Входной винтовой разъем для источника питания	DIP	Серия 350
R1, R5	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 400 \text{ Ом}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R3, R4	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 27 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R2	Потенциометр серии SH-655MCL	DIP	$R = 50 \text{ кОм}$ , $P = 1 \text{ Вт}$
R6	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 820 \text{ Ом}$ , $P = 0,125 \text{ Вт}$
R7	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 100 \text{ Ом}$ , $P = 0,125 \text{ Вт}$
C1, C2	Электrolитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 1 \text{ мкФ}$ , $U = 50 \text{ В}$

#### Вариант 4

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/тип корпуса
VT1–VT2	Биполярный транзистор КТ315Б	DIP	КТ-13
VT3	Биполярный транзистор BC547	DIP	SOT-54A
BA1	Динамик ЗГДШ2	МГТФ 0,12	$R = 8 \text{ Ом}$ , $P = 3 \text{ Вт}$
X1	Входной винтовой разъем для источника питания	DIP	Серия 301
R1, R5	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 500 \text{ Ом}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R3, R4	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 10 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R2	Потенциометр серии SH-655MCL	DIP	$R = 100 \text{ кОм}$ , $P = 1 \text{ Вт}$
R6	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 1 \text{ кОм}$ , $P = 0,125 \text{ Вт}$
R7	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 50 \text{ Ом}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
C1, C2	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 100 \text{ нФ}$ , $U = 25 \text{ В}$

### Корпус А



Размер	Вариант			
	1	5	9	13
<b>A</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>64</b>	<b>56</b>
<b>B</b>	<b>114</b>	<b>130</b>	<b>120</b>	<b>108</b>
<b>C</b>	<b>90</b>	<b>106</b>	<b>96</b>	<b>84</b>
<b>D</b>	<b>82</b>	<b>98</b>	<b>88</b>	<b>76</b>
<b>E</b>	<b>52</b>	<b>62</b>	<b>56</b>	<b>48</b>
<b>F</b>	<b>83</b>	<b>99</b>	<b>89</b>	<b>77</b>
<b>G</b>	<b>46</b>	<b>56</b>	<b>50</b>	<b>42</b>

## 2.2. ВТОРИЧНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ

**Назначение:** устройство предназначено для преобразования входного переменного напряжения в диапазоне  $U = 5\text{--}35$  В в постоянное выходное напряжение  $U = 1,2\text{--}30$  В с максимальным выходным током  $I = 1$  А (рис. 3).

Блок питания способен преобразовывать переменное напряжение с вторичных обмоток трансформатора, поступающее на входной разъем X1, в постоянное напряжение, которое снимается с выходного разъема X2.

С помощью диодного моста, состоящего из четырех диодов VD1–VD4, переменное напряжение преобразуется в постоянное.

Стабилизирующие емкости C1–C5 позволяют нивелировать перепады сетевого напряжения, которые могут пагубно отразиться на нагрузке блока.

Величина максимального тока определяется элементом D1 и радиатором, отводящим тепло от этого элемента.

Регулировка по напряжению производится потенциометром R2.

С помощью индикации можно определить величину напряжения на выходе устройства.

Для простоты понимания данную схему можно поделить на функциональные группы (рис. 4):

группа 1: диодный мост;

группа 2: стабилизирующие ёмкости;

группа 3: стабилизатор напряжения;

группа 4: управление выходным напряжением;

группа 5: индикация.

### Вариант 1

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/тип корпуса
D1	Стабилизатор напряжения LM317T	DIP	ТО-220
VD1–VD5	Диод 1N4007	DIP	DO-41
VD6	Светодиод АЛ336Б	DIP	КИ2-3
VT1	Биполярный транзистор 2N5551	DIP	ТО-92

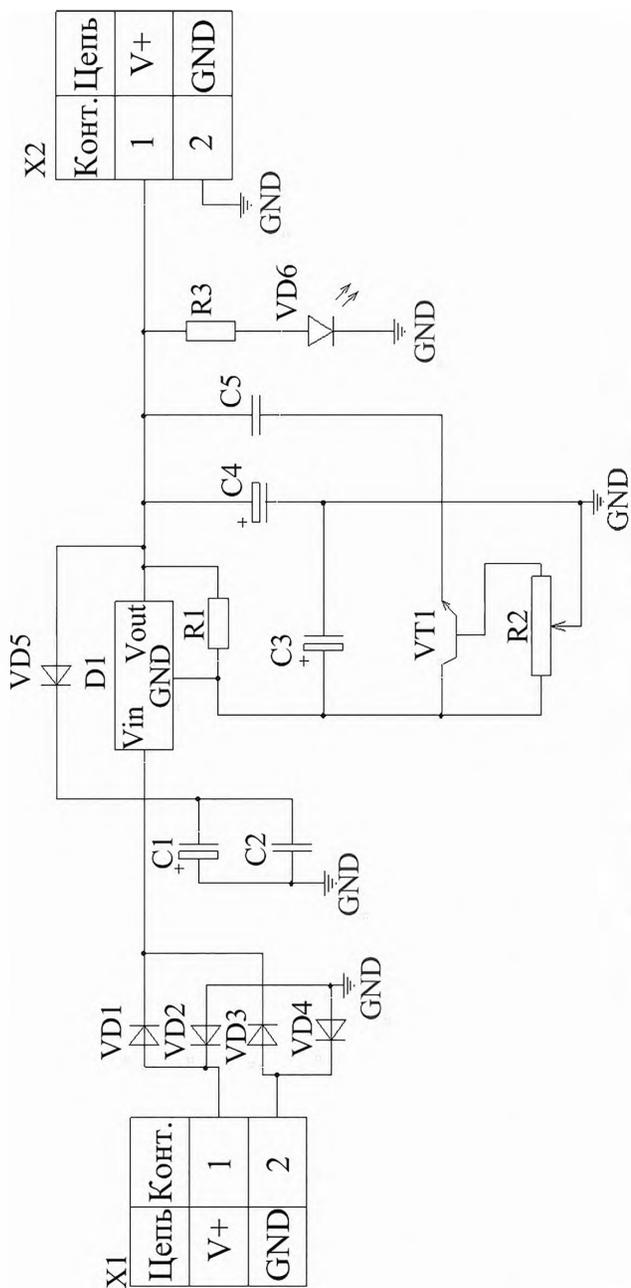


Рис. 3. Схема электрическая принципиальная

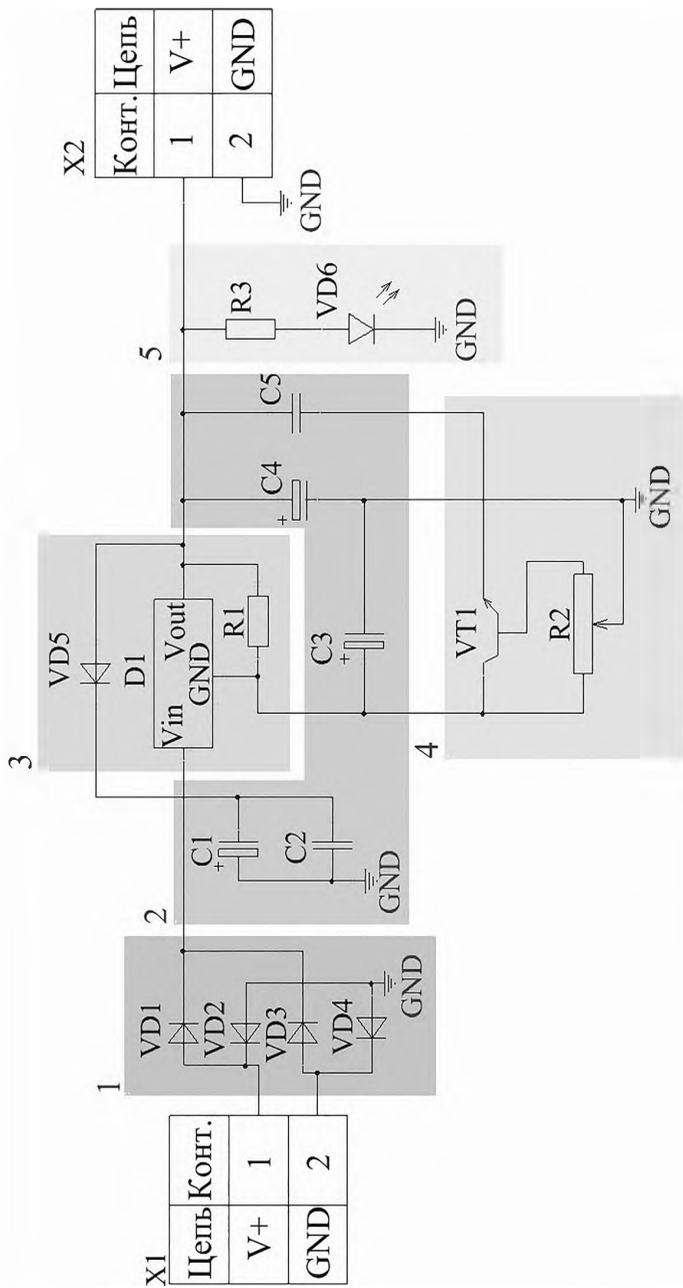


Рис. 4. Схема функциональная

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
X1	Входной винтовой разъем переменного напряжения $U = 5-35 \text{ В}$		Серия 301
X2	Выходной винтовой разъем постоянного напряжения $U = 1,2-30 \text{ В}$		Серия 360
R1	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 220 \text{ Ом},$ $P = 0,5 \text{ Вт}$
R2	Потенциометр S16KN1	DIP	$R = 5 \text{ кОм},$ $P = 1 \text{ Вт}$
R3	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 470 \text{ Ом},$ $P = 0,25 \text{ Вт}$
C1	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 2,2 \text{ мФ},$ $U = 50 \text{ В}$
C2	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 100 \text{ нФ},$ $U = 25 \text{ В}$
C3	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 10 \text{ мкФ},$ $U = 25 \text{ В}$
C4	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 470 \text{ мкФ},$ $U = 25 \text{ В}$
C5	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 100 \text{ нФ},$ $U = 25 \text{ В}$

## Вариант 2

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
D1	Стабилизатор напряжения LM317P	DIP	ТО-220FP
VD1–VD5	Диод 1N5399	DIP	DO-15
VD6	Светодиод АЛ307БМ	DIP	КИ2-2
VT1	Биполярный транзистор 2N2222А	DIP	ТО-18
X1	Входной винтовой разъем переменного напряжения $U = 5-35 \text{ В}$		Серия 350
X2	Выходной винтовой разъем постоянного напряжения $U = 1,2-30 \text{ В}$		Серия 340
R1	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 220 \text{ Ом},$ $P = 0,25 \text{ Вт}$
R2	Потенциометр S16KN1	DIP	$R = 10 \text{ кОм},$ $P = 1 \text{ Вт}$
R3	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 680 \text{ Ом},$ $P = 0,25 \text{ Вт}$
C1	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 4,7 \text{ мФ},$ $U = 50 \text{ В}$

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
C2	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 470$ нФ, $U = 25$ В
C3	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 10$ мкФ, $U = 25$ В
C4	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 470$ мкФ, $U = 25$ В
C5	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 470$ нФ, $U = 25$ В

### Вариант 3

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
D1	Стабилизатор напряжения LM317D2T	DIP	D <sup>2</sup> PAK
VD1–VD5	Диод 1N4006	DIP	DO-41
VD6	Светодиод АЛ336Б	DIP	КИ2-3
VT1	Биполярный транзистор КТ315Б	DIP	КТ-13
X1	Входной винтовой разъем переменного напряжения $U = 5–35$ В		Серия 340
X2	Выходной винтовой разъем постоянного напряжения $U = 1,2–30$ В		Серия 301
R1	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 470$ Ом, $P = 0,5$ Вт
R2	Потенциометр S16KN1	DIP	$R = 10$ кОм, $P = 0,5$ Вт
R3	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 470$ Ом, $P = 0,5$ Вт
C1	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 2,2$ мФ, $U = 50$ В
C2	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 150$ нФ, $U = 16$ В
C3	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 10$ мкФ, $U = 25$ В
C4	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 470$ мкФ, $U = 50$ В
C5	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 150$ нФ, $U = 16$ В

#### Вариант 4

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
D1	Стабилизатор напряжения LM317T	DIP	ТО-220
VD1–VD5	Диод 1N5399	DIP	DO-15
VD6	Светодиод АЛ307БМ	DIP	КИ2-2
VT1	Транзистор С3198	DIP	ТО-92
X1	Входной винтовой разъем переменного напряжения $U = 5–35$ В		Серия 360
X2	Выходной винтовой разъем постоянного напряжения $U = 1,2–30$ В		Серия 350
R1	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 470$ Ом, $P = 0,25$ Вт
R2	Потенциометр S16KN1	DIP	$R = 5$ кОм, $P = 0,5$ Вт
R3	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 470$ Ом, $P = 0,25$ Вт
C1	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 4,7$ мФ, $U = 50$ В
C2	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 15$ нФ, $U = 25$ В
C3	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 22$ мкФ, $U = 50$ В
C4	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 470$ мкФ, $U = 50$ В
C5	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 15$ нФ, $U = 25$ В



## 2.3. ГЕНЕРАТОР ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

**Назначение:** устройство предназначено для генерации звукового сигнала в диапазоне частот от 1 до 10 кГц (рис. 5).

Генерация звукового сигнала осуществляется при подаче постоянного напряжения  $U = 6$  В на входной разъем X1. Элементами группы 1 генерируются импульсы с частотой около 1 Гц. С помощью связующих элементов группы 2 импульсы управляют элементами группы 3, которые задают частоту сигнала. Если подавать сигнал сразу на динамик, то звук окажется слишком тихим, поэтому используется двухкаскадный усилитель группы 4, который усиливает сигнал в 500 раз. Такой сигнал и поступает на динамик ВА1.

Для понимания работы данной схемы можно выделить функциональные группы элементов (рис. 6):

- группа 1: генерация импульсов, управляющих звуком;
- группа 2: связующая цепь между первой и второй группой;
- группа 3: генерация звукового сигнала;
- группа 4: двухкаскадный усилитель мощности звукового сигнала;
- группа 5: динамик.

### Вариант 1

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/тип корпуса
VT1, VT2	Программируемый однопереходный транзистор 2N6027	DIP	ТО-92
VT3, VT4	Биполярный транзистор 2N2222A	DIP	ТО-18
ВА1	Динамик 26CR08FE	МГТФ 0,12	$R = 8 \text{ Ом}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
X1	Входной винтовой разъем для источника питания	DIP	Серия 301
R1	Потенциометр серии 16К1	DIP	$R = 1 \text{ МОм}$ , $P = 1 \text{ Вт}$
R2	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 27 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R3	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 15 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R4	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 10 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$

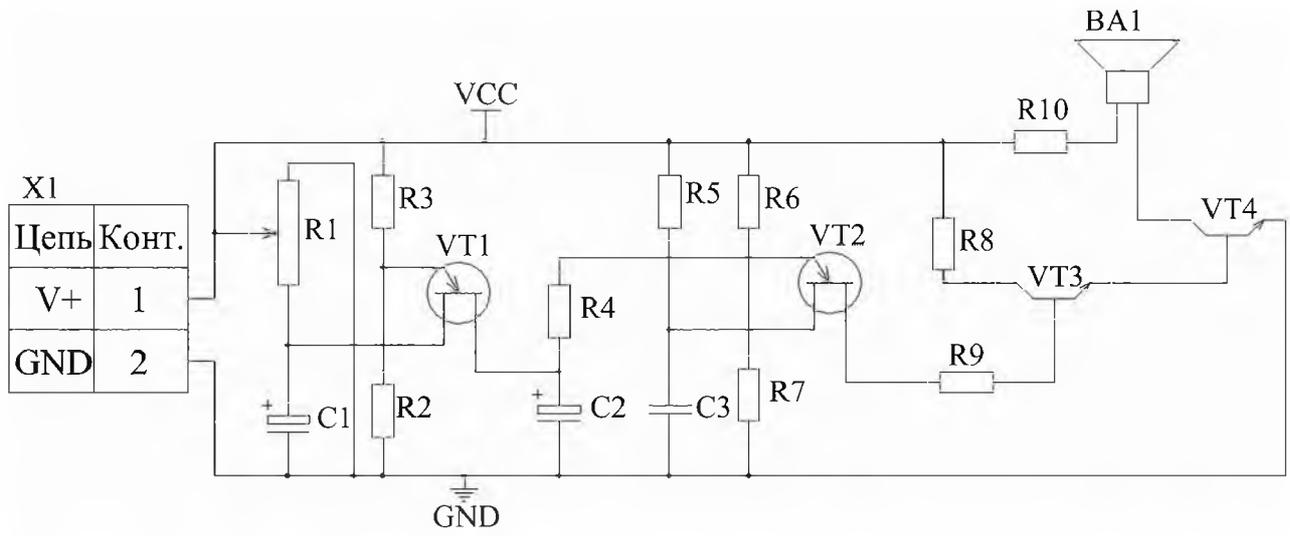


Рис. 5. Схема электрическая принципиальная

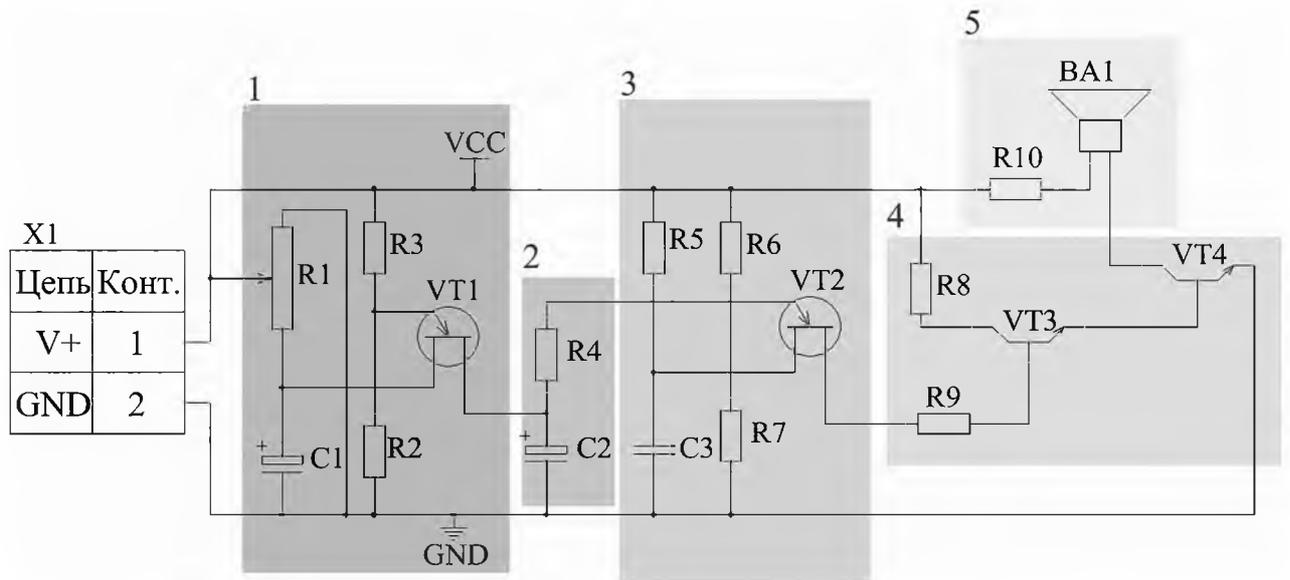


Рис. 6. Схема функциональная

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
R5	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 470 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R6	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 33 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R7	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 27 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R8	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 2,2 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R9	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 1 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R10	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 100 \text{ Ом}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
C1	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 2,2 \text{ мкФ}$ , $U = 50 \text{ В}$
C2	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 2,2 \text{ мкФ}$ , $U = 50 \text{ В}$
C3	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 47 \text{ нФ}$ , $U = 25 \text{ В}$

## Вариант 2

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
VT1, VT2	Программируемый однопереходный транзистор 2N6027	DIP	ТО-92 (ТО-226АА)
VT3, VT4	Биполярный транзистор КSP2222А	DIP	ТО-92
BA1	Динамик ЗГДШ2	МГТФ 0,12	$R = 8 \text{ Ом}$ , $P = 3 \text{ Вт}$
X1	Входной винтовой разъем для источника питания	DIP	Серия 340
R1	Потенциометр серии S16KN1	DIP	$R = 1 \text{ МОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R2	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 18 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R3	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 10 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R4	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 10 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R5	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 470 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
R6	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 20 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R7	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 18 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R8	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 2 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R9	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 2 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R10	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 100 \text{ Ом}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
C1	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 1 \text{ мкФ}$ , $U = 50 \text{ В}$
C2	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 1 \text{ мкФ}$ , $U = 50 \text{ В}$
C3	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 4,7 \text{ нФ}$ , $U = 25 \text{ В}$

### Вариант 3

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
VT1, VT2	Программируемый однопереходный транзистор 2N6027	DIP	ТО-92
VT3, VT4	Биполярный транзистор BC547	DIP	SOT-54
BA1	Динамик 32КC08-1	МГТФ 0,12	$R = 8 \text{ Ом}$ , $P = 3 \text{ Вт}$
X1	Входной винтовой разъем для источника питания	DIP	Серия 350
R1	Потенциометр серии SH-655MCL	DIP	$R = 1 \text{ МОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R2	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 27 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R3	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 20 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R4	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 15 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R5	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 470 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R6	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 20 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$

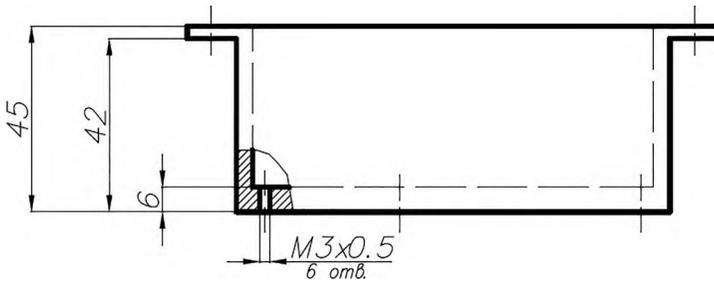
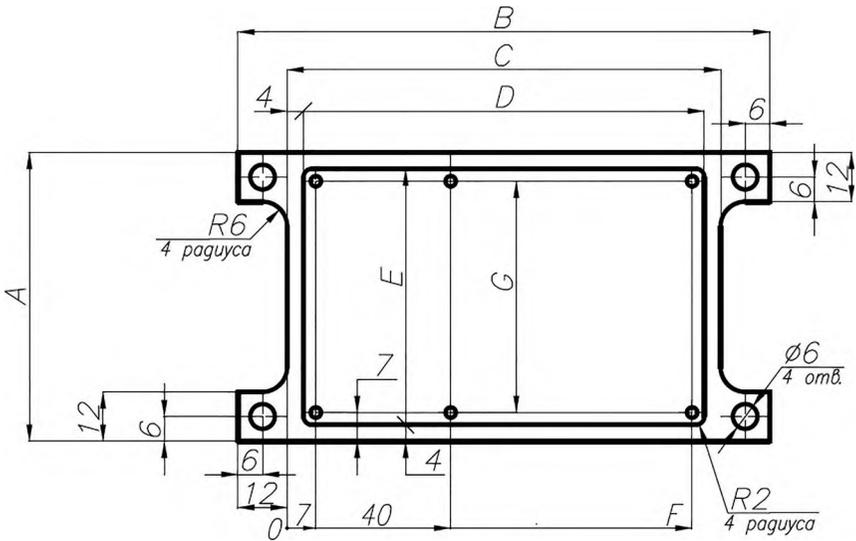
Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
R7	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 18 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R8	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 1,5 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R9	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 2 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R10	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 100 \text{ Ом}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
C1	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 0,22 \text{ мкФ}$ , $U = 50 \text{ В}$
C2	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 2,2 \text{ мкФ}$ , $U = 50 \text{ В}$
C3	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 1 \text{ нФ}$ , $U = 25 \text{ В}$

#### Вариант 4

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
VT1, VT2	Программируемый однопереходный транзистор 2N6027	DIP	ТО-92 (ТО-226АА)
VT3, VT4	Биполярный транзистор BC547	DIP	SOT-54А
BA1	Динамик 26CR08FE	МГТФ 0,12	$R = 8 \text{ Ом}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
X1	Входной винтовой разъем для источника питания	DIP	Серия 360
R1	Потенциометр серии S16KN1	DIP	$R = 1 \text{ МОм}$ , $P = 1 \text{ Вт}$
R2	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 27 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R3	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 10 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R4	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 7 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R5	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 470 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R6	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 40 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$
R7	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 32 \text{ кОм}$ , $P = 0,5 \text{ Вт}$

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
R8	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 1,5 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R9	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 2 \text{ кОм}$ , $P = 0,25 \text{ Вт}$
R10	Постоянный штыревой резистор С1-4	DIP	$R = 100 \text{ Ом}$ , $P = 0,125 \text{ Вт}$
C1	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 4,7 \text{ мкФ}$ , $U = 50 \text{ В}$
C2	Электролитический конденсатор К50-35	DIP	$C = 2,2 \text{ мкФ}$ , $U = 50 \text{ В}$
C3	Керамический конденсатор К10-7В	DIP	$C = 0,15 \text{ нФ}$ , $U = 25 \text{ В}$

## Корпус В



Размер	Вариант			
	3	7	11	15
A	60	70	64	56
B	114	130	120	108
C	90	106	96	84
D	82	98	88	76
E	52	62	56	48
F	83	99	89	77
G	46	56	50	42

## 2.4. ЯЧЕЙКА УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

**Назначение:** устройство предназначено для контроля температуры и управления внешним термостатом (рис. 7).

Микроконтроллер D1 является центральным звеном схемы. Ножки микроконтроллера PA2 и PA3 принимают аналоговый сигнал с датчиков температуры D2, D3, который в соответствии с программой, прошиваемой с помощью разъема X1, обрабатывается. После этого цифровые сигналы с ножек PA0 и PA1 поступают на подсхему индикации и выходной разъем X3, который ведет к внешнему термостату. Питание всей ячейки  $U = 3,3$  В осуществляется от входного разъема X2. С помощью конденсаторов C1-C4 осуществляется стабилизация напряжения.

Для понимания работы данной схемы можно выделить функциональные группы элементов (рис. 8):

группа 1: разъем для программирования микроконтроллера;

группа 2: микроконтроллер;

группа 3: входной разъем для источника питания  $U = 3,3$  В;

группа 4: выходной разъем для цифрового сигнала;

группа 5: индикация;

группа 6: входные аналоговые датчики температуры.

### Вариант 1

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/тип корпуса
D1	Микроконтроллер ATtiny26L	SMD	20S
D2,D3	Датчик температуры TMP36	SMD	RN-8 (SOIC)
VD1	Светодиод BL-HG536A	SMD	Тип 0603
VT1	Полевой транзистор NDS331N	SMD	SuperSOT™-3
X1	Штыревой разъем для программирования микроконтроллера PLD-6S	SMD	—
X2	Входной клеммный разъем для источника питания	DIP	Серия 301
X3	Цифровой клеммный выходной разъем	DIP	Серия 360
R1	Резистор P1-12, $P = 0,062$ Вт	SMD	$R = 270$ Ом, тип 0603



Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/тип корпуса
R2	Резистор P1-12, $P = 0,062$ Вт	SMD	$R = 10$ кОм, тип 0603
R3	Резистор P1-12, $P = 0,062$ Вт	SMD	$R = 10$ кОм, тип 0603
C1	Конденсатор GRM, $U = 50$ В	SMD	$C = 100$ нФ, тип 0603
C2	Конденсатор GRM, $U = 25$ В	SMD	$C = 470$ нФ, тип 0603
C3	Конденсатор GRM, $U = 25$ В	SMD	$C = 470$ нФ, тип 0603
C4	Конденсатор GRM, $U = 50$ В	SMD	$C = 100$ нФ, тип 0603

## Вариант 2

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/тип корпуса
D1	Микроконтроллер ATTINY26L	DIP	20P3
D2,D3	Датчик температуры TMP36	SMD	RT-5 (SOT-23)
VD1	Светодиод BL-HG536A	SMD	Тип 0603
VT1	Полевой транзистор NDS331N	SMD	SuperSOT™-3
X1	Штыревой разъем для программирования микроконтроллера PLD-6S	SMD	—
X2	Входной клеммный разъем для источника питания	DIP	Серия 340
X3	Цифровой клеммный выходной разъем	DIP	Серия 350
R1	Резистор P1-12, $P = 0,125$ Вт	SMD	$R = 270$ Ом, тип 0805
R2	Резистор P1-12, $P = 0,125$ Вт	SMD	$R = 10$ кОм, тип 0805
R3	Резистор P1-12, $P = 0,125$ Вт	SMD	$R = 10$ кОм, тип 0805
C1	Конденсатор GRM, $U = 50$ В	SMD	$C = 100$ нФ, тип 0805
C2	Конденсатор GRM, $U = 25$ В	SMD	$C = 470$ нФ, тип 0805
C3	Конденсатор GRM, $U = 25$ В	SMD	$C = 470$ нФ, тип 0805
C4	Конденсатор GRM, $U = 50$ В	SMD	$C = 100$ нФ, тип 0805

### Вариант 3

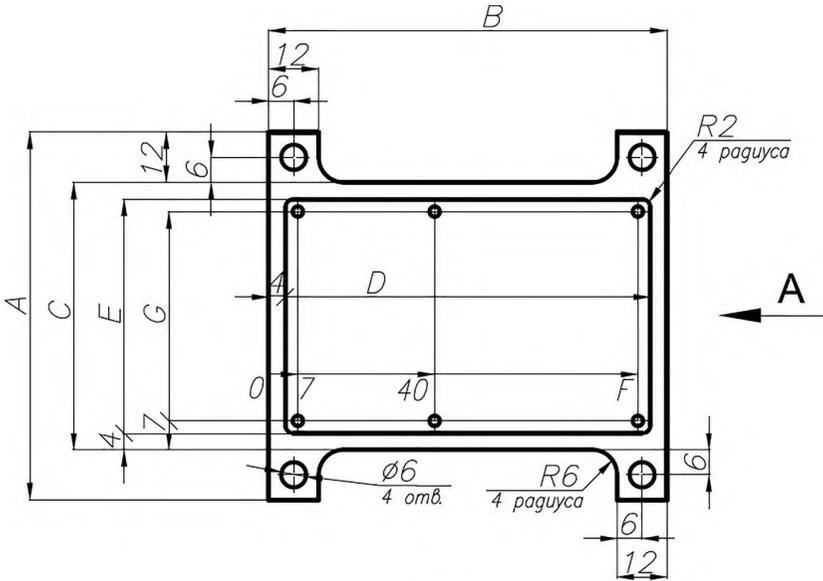
Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/тип корпуса
D1	Микроконтроллер ATTINY26L	SMD	32M1-A
D2, D3	Датчик температуры TMP36	SMD	TO-92
VD1	Светодиод BL-HG536A	SMD	тип 0603
VT1	Полевой транзистор NDS331N	SMD	Super SOT™-3
X1	Штыревой разъем для программирования микроконтроллера PLD-6S	SMD	—
X2	Входной клеммный разъем для источника питания	DIP	Серия 350
X3	Цифровой клеммный выходной разъем	DIP	Серия 301
R1	Резистор P1-12, $P = 0,1$ Вт	SMD	$R = 220$ Ом, тип 0805
R2	Резистор P1-12, $P = 0,1$ Вт	SMD	$R = 10$ кОм, тип 0805
R3	Резистор P1-12, $P = 0,1$ Вт	SMD	$R = 10$ кОм, тип 0805
C1	Конденсатор GRM, $U = 50$ В	SMD	$C = 100$ нФ, тип 0603
C2	Конденсатор GRM, $U = 25$ В	SMD	$C = 470$ нФ, тип 0603
C3	Конденсатор GRM, $U = 25$ В	SMD	$C = 470$ нФ, тип 0603
C4	Конденсатор GRM, $U = 50$ В	SMD	$C = 100$ нФ, тип 0603

### Вариант 4

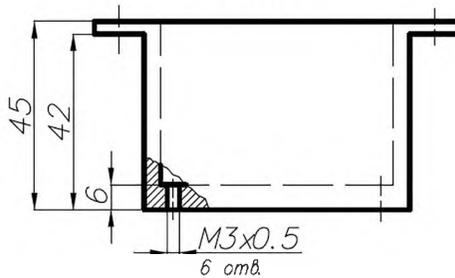
Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/тип корпуса
D1	Микроконтроллер ATTINY26L	SMD	20S
D2, D3	Датчик температуры TMP36	SMD	RN-8 (SOIC)
VD1	Светодиод BL-HG536A	SMD	Тип 0603
VT1	Полевой транзистор NDS331N	SMD	SuperSOT™-3
X1	Штыревой разъем для программирования микроконтроллера PLD-6S	SMD	—
X2	Входной клеммный разъем для источника питания	DIP	Серия 360

Позиционное обозначение	Наименование	Монтаж	Номинал/ тип корпуса
X3	Цифровой клеммный выходной разъем	DIP	Серия 340
R1	Резистор P1-12, $P = 0,062$ Вт	SMD	$R = 220$ Ом, тип 0603
R2	Резистор P1-12, $P = 0,062$ Вт	SMD	$R = 10$ кОм, тип 0603
R3	Резистор P1-12, $P = 0,062$ Вт	SMD	$R = 10$ кОм, тип 0603
C1	Конденсатор GRM, $U = 50$ В	SMD	$C = 100$ нФ, тип 0805
C2	Конденсатор GRM, $U = 25$ В	SMD	$C = 470$ нФ, тип 0805
C3	Конденсатор GRM, $U = 25$ В	SMD	$C = 470$ нФ, тип 0805
C4	Конденсатор GRM, $U = 50$ В	SMD	$C = 100$ нФ, тип 0805

### Корпус Г



### A-A



Размер	Вариант			
	4	8	12	16
A	84	94	88	80
B	90	106	96	84
C	60	70	64	56
D	82	98	88	76
E	52	62	56	48
F	83	99	89	77
G	46	56	50	42

## **3. ОБРАЗЦЫ ОФОРМЛЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

### **3.1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ (НА ПРИМЕРЕ ГЗС)**

#### **1 НАИМЕНОВАНИЕ, ИСПОЛНИТЕЛЬ И СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАЗРАБОТКИ**

1.1 Наименование разработки — разработка генератора звуковых сигналов.

1.2 Исполнитель — студент \_\_\_\_\_ группы 90-\_\_\_\_\_  
Вариант №\_\_ (с 1 по 4)

1.3 Сроки выполнения работ:

начало — \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.;

окончание — \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.;

#### **2 ЦЕЛЬ РАЗРАБОТКИ, НАИМЕНОВАНИЕ И ИНДЕКС ИЗДЕЛИЯ**

2.1 Целью работы является разработка конструкторской документации для производства генератора звуковых сигналов в соответствии с единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

2.2 Наименование изделия — генератор звуковых сигналов.

2.3 Индекс изделия — уточняется в процессе разработки

#### **3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

##### **3.1 Состав**

3.1.1 Состав и принцип работы генератора звуковых сигналов (ГЗС) приведен в задании курсовой работы.

##### **3.2 Конструктивные требования**

3.2.1 Требования к печатным платам:

3.2.1.1 Печатная плата должна быть разработана в соответствии с электрической принципиальной схемой, приведенной в задании курсовой работы.

3.2.1.2 Габаритные размеры печатной платы ГЗС должны быть не больше \_\_\_\_\_ (вписать соответствующий вариант из задания).

3.2.1.3 Условно графические обозначения элементов, используемые в схемах, должны быть выполнены в соответствии со второй главой ЕСКД по выполнению электрических схем.

3.2.1.4 Позиционные обозначения должны располагаться рядом с соответствующим элементом.

3.2.1.5 Позиционные обозначения должны располагаться рядом с УГО элементов с правой стороны или над ними

3.2.1.6 Размеры посадочных мест под компоненты на печатной плате должны соответствовать размерам компонентов, указанным в документации.

3.2.1.7 При компиляции электрической схемы не должно быть сообщений об ошибках.

3.2.1.8 Для разводки печатной платы должно быть использовано два слоя печатной платы.

3.2.1.9 Цепи питания печатной платы должны быть разведены дорожками толщиной не менее 0,5 мм.

3.2.1.10 Цепи «земли» печатной платы должны быть разведены с помощью полигонов.

3.2.1.11 Сигнальные цепи печатной платы должны быть разведены дорожками толщиной не менее 0,2 мм.

3.2.1.12 Цепи должны быть разведены максимально простым способом и не пересекаться друг с другом.

3.2.1.13 Шелкография компонентов на печатной плате должна занимать наиболее удобное место для чтения.

3.2.1.14 При DRC-проверке печатной платы не должно быть сообщений об ошибках.

3.2.2 Требования к корпусам печатных плат:

3.2.2.1 Конструкция корпуса ГЗС должна соответствовать варианту эскиза № \_\_\_\_\_ на корпус из задания.

3.2.2.2 Габаритные размеры корпуса ГЗС должны быть не больше \_\_\_\_\_.  
(вписать соответствующий вариант из задания).

3.2.2.3 На корпусе должны быть предусмотрены элементы крепления ГЗС, которые указаны в задании курсовой работы вариант \_\_\_\_\_.

3.2.2.4 Чертеж детали должен содержать минимальное, но достаточное для представления формы детали количество изображений, видов, разрезов и сечений со всеми необходимыми размерами.

3.2.3 Для подсоединения к ГЭС внешних кабелей питания должны использоваться разъемы \_\_\_\_\_ (вписать соответствующий вариант из задания).

3.2.4 Масса ГЭС должна быть рассчитана в ходе выполнения курсовой работы.

#### **4 ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Этапы выполнения работы устанавливаются в соответствии с план-графиком, который уточняется в процессе разработки.

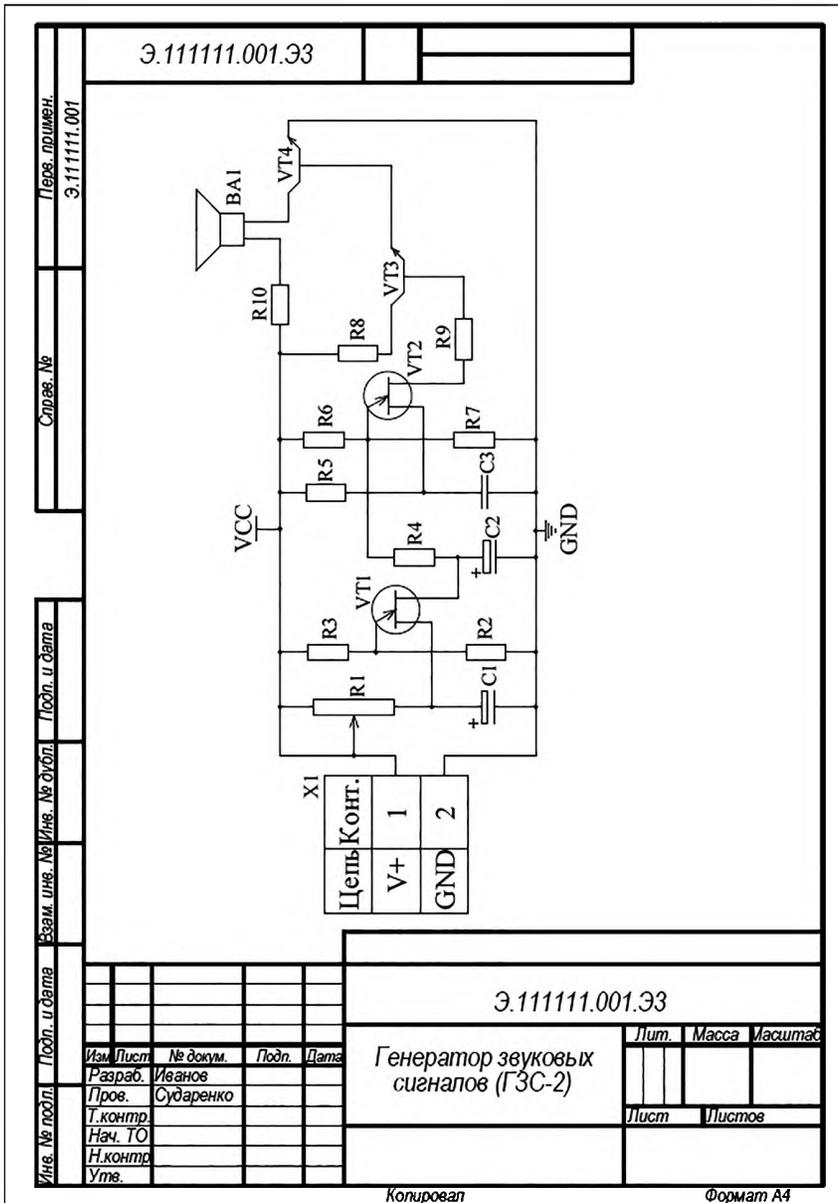
#### **5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ПРИЕМКИ РАБОТЫ**

5.1 Настоящее ТЗ должно храниться до защиты курсовой работы.

5.2 Настоящее ТЗ может уточняться в установленном порядке.

5.3 К защите курсовой работы допускаются студенты с комплектом конструкторской документации, оформленной в соответствии с требованиями.

### 3.2. СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПАЛЬНАЯ (рис. 9)



### 3.3. ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ (начало рис. 10)

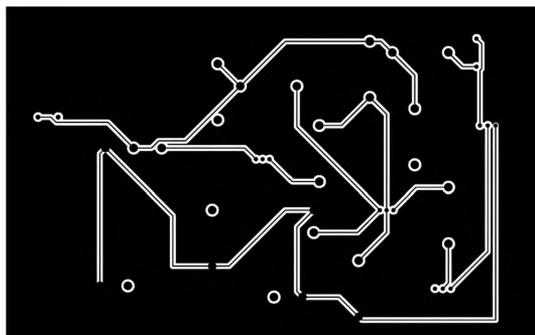
		Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
Перв. примен.	СИКЛ.468213.013		<i>Конденсаторы</i>						
		C1...C2	K50-35 1 мкФ ± 20 % 25 В ОЖО.460.208 ТУ	2					
		C3	K10-7B 4,7 нФ ± 10 % 25 В ОЖО.460.208 ТУ	1					
			<i>Резисторы</i>						
Справ. №		R1	Потенциометр S16KN1	1					
		R2	C1-4 - 18 кОм ±2% - АПШК.434110.001 ТУ	1					
		R3...R4	C1-4 - 10 кОм ±2% - АПШК.434110.001 ТУ	2					
		R5	C1-4 - 470 кОм ±2% - АПШК.434110.001 ТУ	1					
		R6	C1-4 - 20 кОм ±2% - АПШК.434110.001 ТУ	1					
		R7	C1-4 - 18 кОм ±2% - АПШК.434110.001 ТУ	1					
		R8...R9	C1-4 - 2 кОм ±2% - АПШК.434110.001 ТУ	2					
		R10	C1-4 - 100 Ом ±2% - АПШК.434110.001 ТУ	1					
			<i>Транзисторы</i>						
Подп. и дата		VT1...VT2	2N6027	2	Fairchild				
		VT3...VT4	KSP2222A	2	Fairchild				
Изм. № дубл.									
Взам. ил. №									
Подп. и дата									
Изм. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Э.111111.007.ПЭЗ		
		Разраб.	Иванов				Лит.	Лист	Листов
		Пров.	Сударенко					1	2
		Нач. ГО					<b>Генератор звуковых сигналов</b> Перечень элементов		
		Н. контр.							
		Уте.	Сударенко						

Формат А4

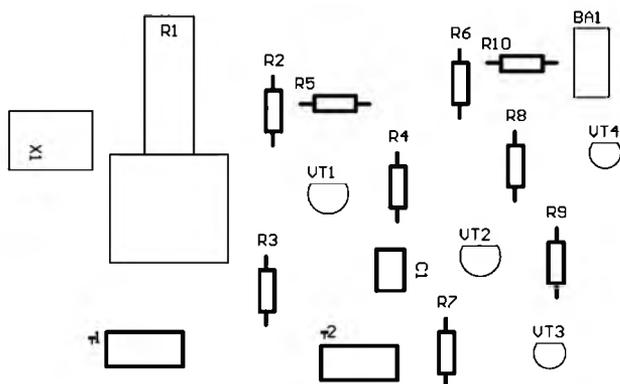


### 3.4. GERBER-ФАЙЛЫ (рис. 11)

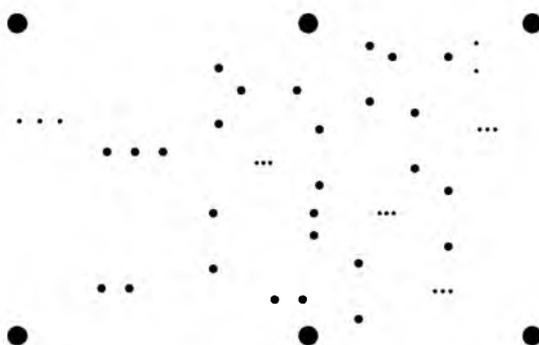
а

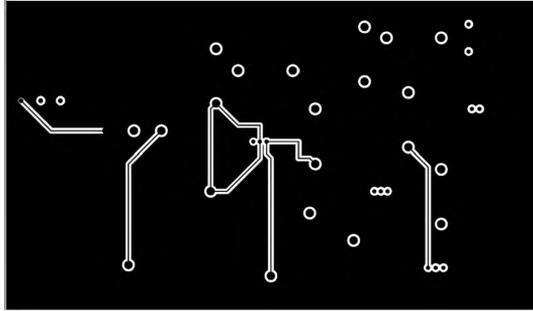


б

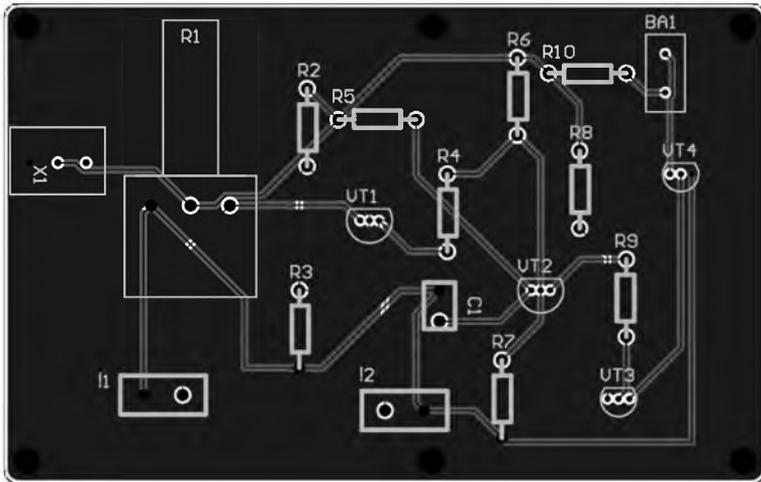


в



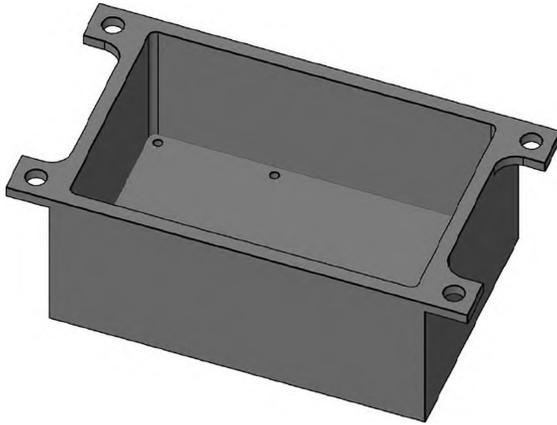


### 3.5. ТОПОЛОГИЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ (рис. 12)

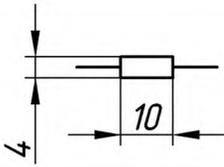
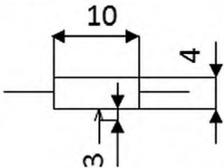
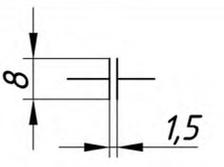
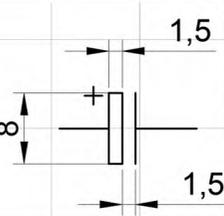
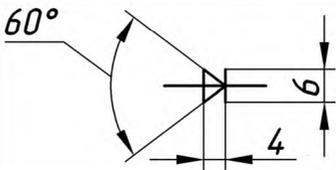


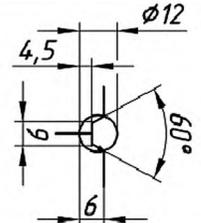
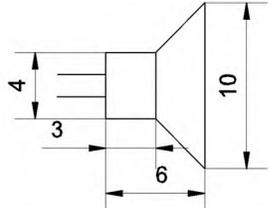
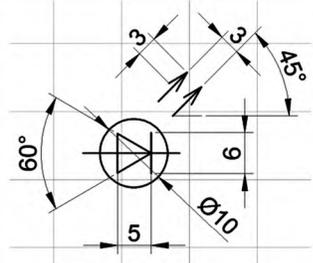
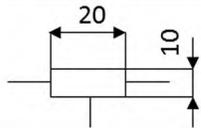
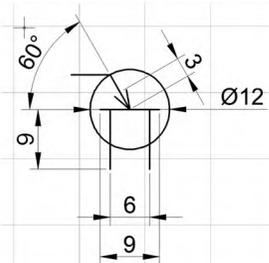


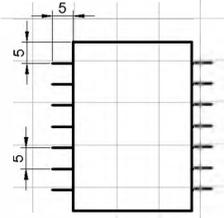
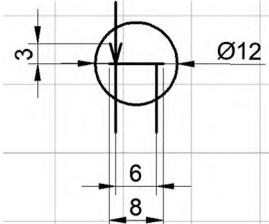
### 3.7. 3D-МОДЕЛЬ КОРПУСА (рис. 14)



## ПРИЛОЖЕНИЕ. Условные графические обозначения

Наименование	Графическое обозначение	Буквенное обозначение (ГОСТ 2.710–81)
Резистор постоянный		R
Резистор переменный, потенциометр		R
Конденсатор керамический		C
Конденсатор электролитический		C
Диод		VD

Наименование	Графическое обозначение	Буквенное обозначение (ГОСТ 2.710–81)
Биполярный транзистор		VT
Громкоговоритель, динамик		BA
Светодиод		VD
Стабилизатор напряжения, датчик температуры		D
Однопереходный транзистор		VT

Наименование	Графическое обозначение	Буквенное обозначение (ГОСТ 2.710–81)
Микросхема, микроконтроллер		D
Полевой транзистор		VT

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Левитан Б.А., Сударенко Д.А.* Проектирование радиотехнических систем в Altium Designer и AutoCAD. — М.: Дашков и К°, 2017.
2. *Анамова Р.Р., Архипова О.В.* Правила выполнения электрических схем в курсе «Инженерная и компьютерная графика». — М.: Изд-во МАИ, 2016.
3. ГОСТ 2.701–2008 ЕСКД. Схемы.
4. ГОСТ 2.702–2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
5. *Лопатик А.В.* Проектирование печатных плат в Altium Designer. — М.: ДМС Пресс, 2016.
6. *Сабунин А.Е.* Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. Сер. «Системы проектирования». — М.: Солон-пресс, 2009.
7. *Волжанова О.А.* Схемы электрические принципиальные: Учебно-методическое пособие. — Ижевск: Удмуртский университет, 2012.
8. *Кукушкин Л.А., Ивкина О.П.* Правила выполнения электрических принципиальных схем радиоэлектронной аппаратуры ЛА. — М.: МАИ, 1987.
9. *Куприков М.Ю., Маркин Л.В.* Инженерная графика: Учебник для втузов. — М.: Дрофа, 2010.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
Список сокращений .....	4
<b>1. Оформление и порядок выполнения курсовой работы .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Задания для курсовых работ .....</b>	<b>5</b>
2.1. Автогенератор прямоугольных импульсов (мультивибратор) .....	5
2.2. Вторичный источник питания .....	12
2.3. Генератор звуковых сигналов .....	19
2.4. Ячейка управления и контроля .....	27
<b>3. Образцы оформления конструкторской документации .....</b>	<b>34</b>
3.1. Техническое задание .....	34
3.2. Схема электрическая принципиальная .....	37
3.3. Перечень элементов .....	38
3.4. Gerber-файлы .....	40
3.5. Топология печатной платы .....	41
3.6. Чертеж корпуса .....	42
3.7. 3D-модель корпуса .....	43
<b>Приложение. Условные графические обозначения .....</b>	<b>44</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>46</b>

Тем. план 2019, поз. 17

Авторы-составители:

**Сударенко Дмитрий Александрович**  
**Жарков Дмитрий Сергеевич**  
**Какадей Мария Сергеевна**  
**Бахромкин Александр Андреевич**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
В ALTIUM DESIGNER И AUTOCAD**

Редактор *М.С. Винниченко*  
Компьютерная верстка *О.А. Пелипенко*

Сдано в набор 08.04.2019. Подписано в печать 17.06.2019.  
Бумага писчая. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,0. Тираж 100 экз.  
Заказ 1011/678.

Издательство МАИ  
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4  
Москва, А-80, ГСП-3 125993

Типография Издательства МАИ  
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4  
Москва, А-80, ГСП-3 125993