

## Синтезатор частоты вещательной любительской радиостанции средневолнового диапазона

Синтезатор частоты (синтезатор) предназначен для использования в составе вещательной любительской радиостанции средневолнового диапазона.

Синтезатор имеет следующие основные технические характеристики:

- напряжение питания – от 11 до 15 В;
- потребляемая мощность при напряжении питания 12В, не более 15 Вт;
- диапазон частот формируемых синтезатором – от 1449 кГц до 1800 кГц;
- шаг сетки частот формируемых синтезатором – 9 кГц;
- выходное напряжение ВЧ на нагрузке 270 Ом – 1 В(ампл.);
- габаритные размеры, не более 100 мм x 150 мм x 40 мм;

### Устройство и работа синтезатора

Синтезатор представляет собой электронное устройство с микроконтроллерным управлением. Структурная схема синтезатора представлена на рисунке 1

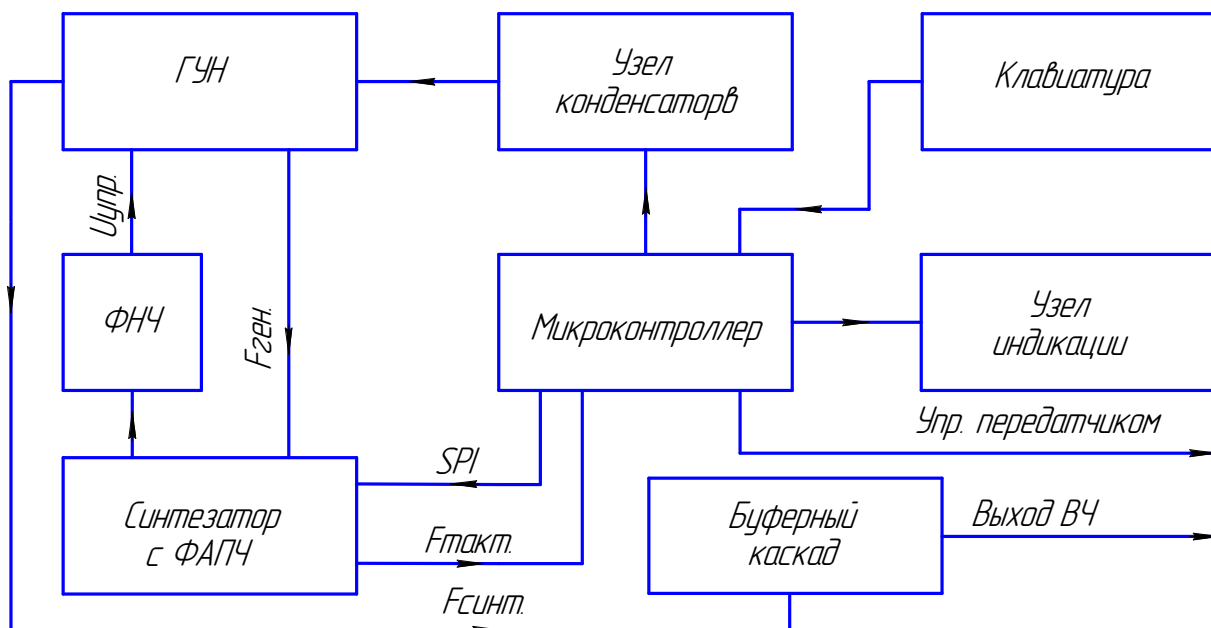


Рисунок 1

Синтезатор состоит из следующих основных узлов:

- генератора управляемого напряжением формирующего ВЧ напряжение;
- синтезатора с ФАПЧ имеющего в своем составе делитель с переменным коэффициентом деления, делитель образцовой частоты, частотно-фазовый детектор, схему управления;
- буферный каскад, обеспечивающий развязку ГУН от подключаемых к выходу синтезатора устройств;
- узел конденсаторов, обеспечивающий требуемый диапазон перестройки ГУН;
- узел индикации, отображающий данные о частоте и режиме работы синтезатора;

- клавиатуры обеспечивающей управление работой синтезатора;
- микроконтроллера управляющего работой синтезатора с ФАПЧ, блока конденсаторов, модуля индикации и формирующего управляющие воздействия на вышеуказанные узлы синтезатора в зависимости от данных поступающих от клавиатуры.
- ФНЧ, сглаживающий пульсации напряжения ошибки поступающего от частотно-фазового детектора микросхемы синтезатора с ФАПЧ

Принципиальная электрическая схема синтезатора представлена на рисунке 2.

Генератор, управляемый напряжением выполнен по схеме индуктивной трехточки на полевом транзисторе VT3, перестройка частоты ГУН выполняется варикапом VD3 подключенным через емкость C29 к контуру ГУНа. На транзисторе VT2 выполнен истоковый повторитель, обеспечивающий развязку других узлов синтезатора от ГУНа. С выхода истокового повторителя ВЧ напряжение подается непосредственно на буферный каскад выполненный по схеме эмиттерного повторителя на транзисторе VT6, и через делитель на резисторах R15 и R20 на вход микросхемы синтезатора с ФАПЧ DD3. Микросхема синтезатора с ФАПЧ сравнивает опорную частоту и частоту ВЧ напряжения поступающего от ГУН и вырабатывает сигнал ошибки который подается на активный инвертирующий ФНЧ выполненный на транзисторе VT1. С выхода ФНЧ напряжение перестройки подается на варикап VD3 – таким образом осуществляется перестройка и удержание частоты напряжения вырабатываемого ГУН.

В зависимости от требуемой рабочей частоты ГУН, узел конденсаторов выполненный на транзисторах VT4 и VT5 управляющих диодами VD1 и VD2, подключает или отключает от задающего контура ГУН конденсаторы C23 и C25 меняя, таким образом, его резонансную частоту.

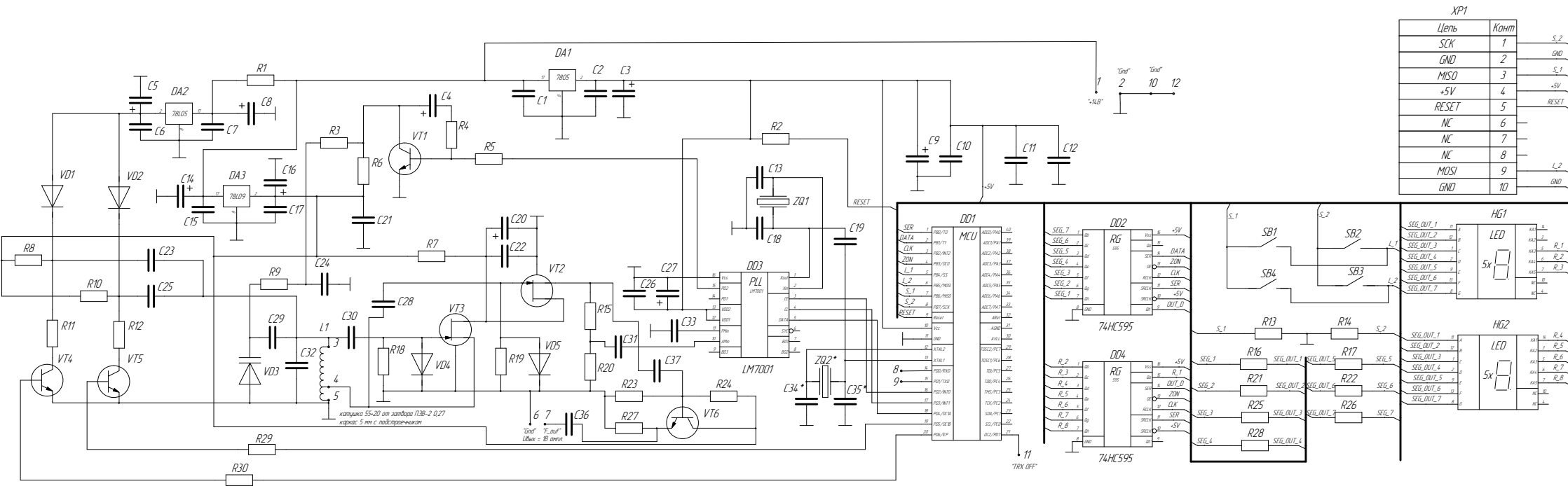
Узел индикации выполнен на регистрах DD2, DD4 и индикаторах HG1 и HG2 отображает номер и значение частоты на выходе синтезатора, а также режим работы синтезатора.

Микроконтроллер управляет работой микросхемы синтезатора с ФАПЧ изменяя коэффициенты деления частоты опорного и входного сигнала в необходимое число раз, до значения частотного шага сетки, управляет узлом индикации формируя данные необходимые для его работы, управляет работой блока конденсаторов в зависимости от требуемой частоты на выходе ГУН, а также производит считывание данных поступающих от клавиатура и управляет режимом работы синтезатора в целом, в зависимости от поступающих команд. Микроконтроллер тактируется от задающего генератора микросхемы синтезатора с ФАПЧ.

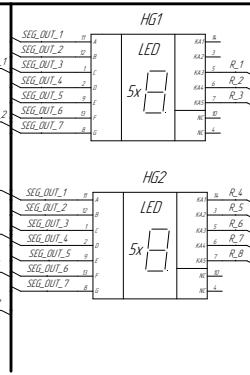
### **Конструктив и детали**

Синтезатор выполнен на печатной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм размером 100 мм x 150 мм.

Проводящие верхний и нижний слой печатной платы представлены на рисунках 3 и 4 соответственно. Расположение деталей представлено на рисунке 5 (индикаторы и кнопки устанавливаются с нижней стороны платы или выполняются на отдельной печатной плате и соединяются с платой синтезатора жгутом).



XP1		
Цепь	Конт	
СК	1	S_2
GND	2	GND
MISO	3	S_1
+5V	4	+5V
RESET	5	RESET
NC	6	
NC	7	
NC	8	
MOSI	9	L_2
GND	10	GND



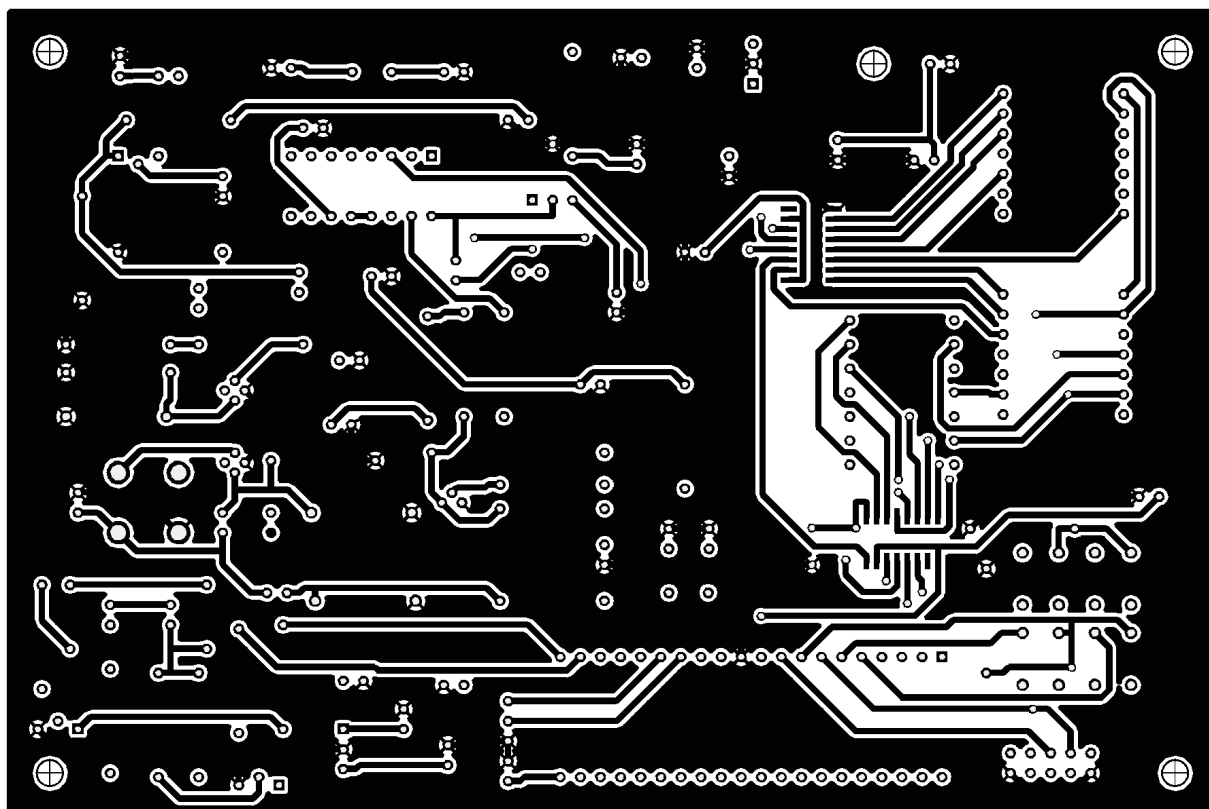


Рисунок 3

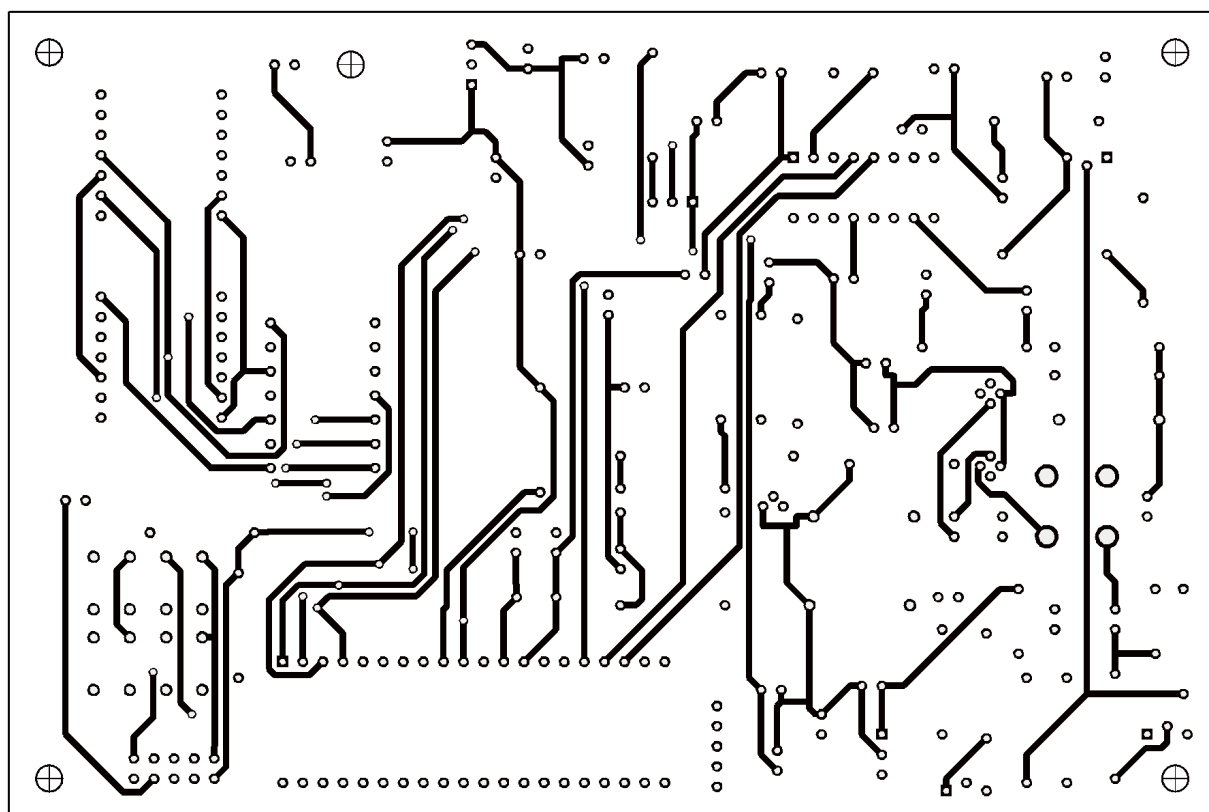


Рисунок 4

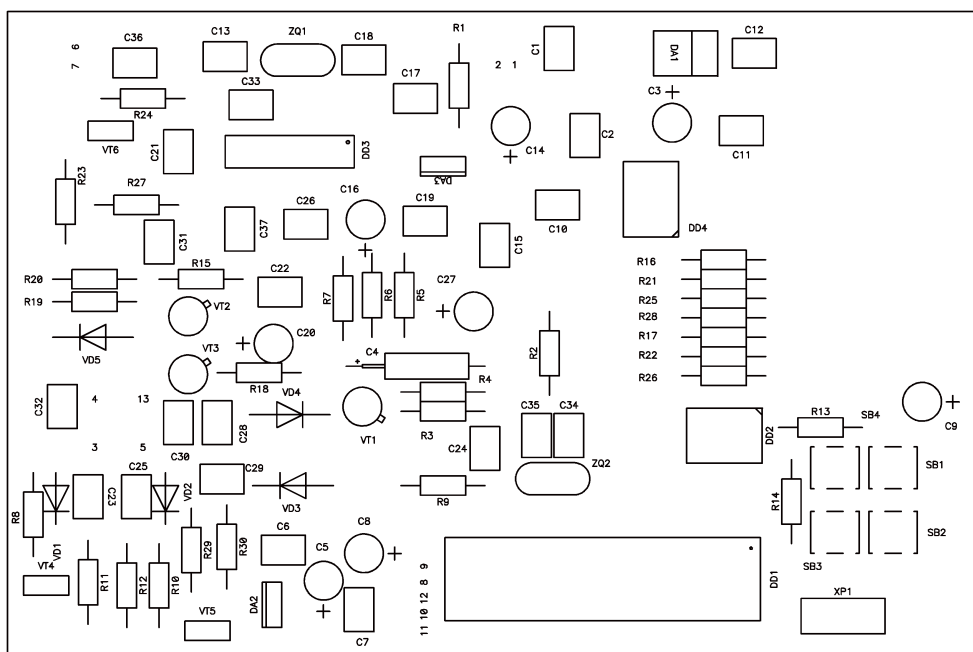


Рисунок 5

Перечень элементов примененных в синтезаторе их тип и количество приведен в таблице 1

Таблица 1

Количество	Наименование/тип	Поз. обозначение	номинал
1	IDR 5X2	XP1	Вилка двухрядная 5x2
1	LM7001	DD3	
1	ATMEGA32	DD1	
4	TS-A1-6	SB1	Тактовая кнопка
	TS-A1-6	SB2	Тактовая кнопка
	TS-A1-6	SB3	Тактовая кнопка
	TS-A1-6	SB4	Тактовая кнопка
2	КП303Е	VT2	
	КП303Е	VT3	
3	КТ315	VT4	
	КТ315	VT5	
	КТ315	VT6	
1	КТ3102Е	VT1	
1	РК386М/НС49	ZQ1	7200 кГц
2	КД409	VD1	
	КД409	VD2	
1	РК386М/НС49	ZQ2	Не устанавли.
1	К10-17А	C36	0.01 мкФ
1	К10-17А	C24	0.022 мкФ
12	К10-17А	C1	0.1 мкФ
	К10-17А	C2	0.1 мкФ
	К10-17А	C6	0.1 мкФ
	К10-17А	C7	0.1 мкФ
	К10-17А	C10	0.1 мкФ
	К10-17А	C11	0.1 мкФ
	К10-17А	C12	0.1 мкФ
	К10-17А	C15	0.1 мкФ
	К10-17А	C17	0.1 мкФ
	К10-17А	C21	0.1 мкФ
	К10-17А	C22	0.1 мкФ
	К10-17А	C26	0.1 мкФ

Количество	Наименование/тип	Поз. обозначение	номинал
3	K10-17A	C13	15 пФ
	K10-17A	C18	15 пФ
	K10-17A	C19	15 пФ
1	K10-17A	C28	18 пФ
2	K10-17A	C25	30 пФ
	K10-17A	C32	30 пФ
2	K10-17A	C34	не устанавли.
	K10-17A	C35	не устанавли.
1	K10-17A	C30	68 пФ
1	K10-17A	C23	82 пФ
3	K10-17A	C31	100 пФ
	K10-17A	C33	100 пФ
	K10-17A	C37	100 пФ
1	K10-17A	C29	620 пФ
1	K53-66 ТИП С	C4	25В-10 МКФ <b>ТАНТАЛОВЫЙ</b>
8	K50-68	C3	25В-22МКФ
	K50-68	C5	25В-22МКФ
	K50-68	C8	25В-22МКФ
	K50-68	C9	25В-22МКФ
	K50-68	C14	25В-22МКФ
	K50-68	C16	25В-22МКФ
	K50-68	C20	25В-22МКФ
	K50-68	C27	25В-22МКФ
1	78L05	DA2	
1	78L09	DA3	
1	7805	DA1	На радиаторе
1	KB104Б	VD3	
2	КД503А	VD4	
	КД503А	VD5	
2	5R_7SEG	HG1	КИПЦ27А-5/8К
	5R_7SEG	HG2	КИПЦ27А-5/8К
2	74НС595	DD2	<b>Корпус SO-16</b>
	74НС595	DD4	<b>Корпус SO-16</b>
5	C2-33H-0,25	R6	1.5 кОм
	C2-33H-0,25	R4	1.5 кОм
	C2-33H-0,25	R5	1.5 кОм
	C2-33H-0,25	R15	1.5 кОм
	C2-33H-0,25	R20	1.5 кОм
2	C2-33H-0,25	R29	3 кОм
	C2-33H-0,25	R30	3 кОм
1	C2-33H-0,25	R23	4.7 кОм
4	C2-33H-0,25	R3	10 кОм
	C2-33H-0,25	R9	10 кОм
	C2-33H-0,25	R13	10 кОм
	C2-33H-0,25	R14	10 кОм
1	C2-33H-0,25	R24	18 кОм
1	C2-33H-0,25	R2	20 кОм
1	C2-33H-0,25	R7	75 Ом
1	C2-33H-0,25	R1	100 Ом
2	C2-33H-0,25	R8	200 кОм
	C2-33H-0,25	R10	200 кОм
1	C2-33H-0,25	R27	230 Ом
1	C2-33H-0,25	R18	270 кОм

Количество	Наименование/тип	Поз. обозначение	номинал
7	C2-33H-0,25	R16	300 Ом
	C2-33H-0,25	R17	300 Ом
	C2-33H-0,25	R21	300 Ом
	C2-33H-0,25	R22	300 Ом
	C2-33H-0,25	R25	300 Ом
	C2-33H-0,25	R26	300 Ом
	C2-33H-0,25	R28	300 Ом
2	C2-33H-0,25	R11	470 Ом
	C2-33H-0,25	R12	470 Ом
1	C2-33H-0,25	R19	510 кОм
1	ИШГД6.687-017	L1	катушка 55+20 от затвора, ПЭВ-2 0,27 каркас $\Phi=7$ мм L=18 мм с подстроечником M5BH20

### Замена элементов

В синтезаторе возможно применение вместо конденсаторов K10-17А керамических конденсаторов K10-17Б, вместо стабилизаторов 78L05 и 78L09 – 7805, 7809 соответственно, вместо транзисторов КТ315 – КТ3102, КТ342, вместо конденсатора K53-66 – любой танталовый указанного номинала. В синтезаторе возможно применение любых семисегментных индикаторов с общим катодом. При изготовлении описанного синтезатора были использованы пятисегментные семиразрядные индикаторы КИПЦ27А-5/8К производства «Протон» (г. Орел).

### Настройка синтезатора

Настройку синтезатора выполнить в следующей последовательности:

– подать на контакты «1» (+) и «2» (–) печатной платы напряжение 12 В и проверить наличие индикации и изменение показаний индикаторов при воздействии на кнопки в следующей последовательности:

а) после первого включения индикатор должен отображать мигающую надпись «PLL ON», а затем перестать мигать и отображать надпись «001 1449» (первая группа цифр – номер волны, вторая – частота в килогерцах);

б) спустя не менее 2 сек после появления надписи «001 1449» кратковременно нажать на кнопку SB2 – индикатор должен отображать мигающую надпись «002 1458», а спустя время не более 3 сек – должен перестать мигать и отображать надпись «001 1449»;

в) нажать и удерживать кнопку SB2 – индикатор должен мигать, значение номера и частоты должны увеличиваться.

г) Установив частоту синтезатора, например 1494 кГц, кнопкой SB2, не позднее 3 секунд, во время отображения мигающей надписи «006 1494» нажать на кнопку SB4 – индикатор должен перестать мигать должна отображаться надпись «006 1494»;

д) кратковременно нажать на кнопку SB3 – индикатор должен отображать мигающую надпись «005 1485», а спустя время не более 3 сек – должен перестать мигать и отображать надпись «006 1494»;

е) нажать и удерживать кнопку SB3 – индикатор должен мигать, значение номера и частоты должны уменьшаться;

ж) Установив частоту синтезатора, например 1449 кГц, кнопкой SB3, не позднее 3 секунд, во время отображения мигающей надписи

«001 1449» нажать на кнопку SB4– индикатор должен перестать мигать должна отображаться надпись «001 1449»;

з) измерить напряжение относительно общего проводника на контакте «11» печатной платы синтезатора – напряжение должно быть  $(5 \pm 0,5) В$ .

и) нажать на кнопку SB1 – на индикаторе должна отобразиться мигающая надпись «OFF 1449», которая через время не более 3 секунд должна перестать мигать. Измерить напряжение относительно общего проводника на контакте «11» печатной платы синтезатора – напряжение должно быть 0В.

к) нажать на кнопку SB1 – на индикаторе должна отобразиться мигающая надпись «On 1449», которая через время не более 3 секунд должна перестать мигать, на дисплее должна отображаться надпись «001 1449». Измерить напряжение относительно общего проводника на контакте «11» печатной платы синтезатора – напряжение должно быть  $(5 \pm 0,5) В$ .

– при помощи осциллографа убедиться в наличии генерации на затворе транзистора VT2 и наличии напряжения ВЧ на контакте «7» печатной платы;

– отсоединить катод варикапа VD3 и регулировкой подстроечного сердечника катушки L1 установить частоту  $(1870 \pm 5)$  кГц на выходе синтезатора (Контакт «7» печатной платы), присоединить катод варикапа VD3

– подбором конденсаторов C23, C25 в небольших пределах добиться перекрытия синтезатором всего диапазона частот учитывая то, что конденсаторы к задающему контуру ГУН подключаются в соответствии с таблицей 2, при этом управляющее напряжение подаваемое на варикап VD3 должно изменяться не менее чем от 1 В до не более чем 8 В.

Измерение управляющего напряжения производить относительно общего проводника в точке соединения резисторов R9 и R3.

Таблица 2

номер частоты	Значение, кГц	Конденсаторы подключаемые к контуру
40-32	1800-1728	–
31-20	1719-1620	C25
19-10	1611-1530	C23
9-1	1521-1449	C23, C25

После настройки синтезатора, проверить перекрытие всего диапазона частот, управляя работой синтезатора с клавиатуры.

Точная подстройка частоты опорного генератора синтезатора производится подбором конденсатора C13.

Назначение контактов печатной платы синтезатора представлено в таблице 3

Таблица 3

Номер контакта	1	2, 6, 10, 12	3, 4, 5, 13	7	8	9	11
Назначение	+12В	Общий	L1	Выход ВЧ	Не используется		Управление передатчиком



Назначение кнопок синтезатора:

- SB1 - установка/снятие логической 1 на выходе управления передатчиком;
- SB2 - увеличение частоты синтезатора;
- SB3 - уменьшение частоты синтезатора;
- SB4 - подтверждение изменения частоты.

### **Программирование микроконтроллера**

Для программирования микроконтроллера на печатной плате имеется разъем внутрисхемного программирования совместимый с программатором «Altera BYTE BLASTER»

Для программирования контроллера используется программатор «Altera BYTE BLASTER» и программа Avreal32. Файлы прошивки (Flash и EEPROM), а также bat-файл находятся в приложении. При программировании микроконтроллера следует учитывать то, что микроконтроллер тактируется от внешнего источника тактового сигнала (генератора микросхемы DD3), т.е. требуется установить при программировании FUSE CKSEL=0.

### **Приложение**

В приложении также кроме файлов прошивки находятся:

- файл печатной платы в формате Pcad-2004;
- схема синтезатора в формате Pcad-2004;
- схема в формате PDF;
- настоящее описание в формате PDF;
- технологические файлы для изготовления ПП;
- фотографии действующего макета синтезатора.