

# АВТОМОБИЛЬНАЯ РАДИОСТАНЦИЯ «ГРАНИТ 2Р-21М» (описание работы схемы)

Принципиальные схемы основной платы и платы управления приведены в журналах «Радиоконструктор» №4 и №5 за 2015 год.

Функционально радиостанция состоит из следующих узлов: микрокомпьютер; приёмник; передатчик; синтезатор частоты; тракт ЗЧ передатчика; тракт ЗЧ приёмника.

Конструктивно микрокомпьютер расположен на плате управления (ж. «Радиоконструктор» №5-2015), которая находится под передней панелью радиостанции. Приёмник, передатчик, синтезатор, звуковые тракты смонтированы на основной плате (ж. «Радиоконструктор» №4-2015), расположенной в корпусе радиостанции.

Микрокомпьютер выполнен на базе микроконтроллера ATMEGA 32-16AI (D3). Индикация режимов работы, номера выбранного канала осуществляется светодиодами HL1...HL4, и светодиодными матрицами HL14, HL15. Светодиоды HL5...HL13 служат для подсветки кнопок управления.

Светодиодные матрицы HL14 и HL15 подключены к микроконтроллеру через драйвер SAA1064 (D1) по интерфейсу I2C.

Микроконтроллер питается напряжением 5В от стабилизатора напряжения 78M05 (D2). Напряжение на стабилизатор D2 поступает непосредственно от источника питания, минуя цепь коммутации, чтобы обеспечить питание микроконтроллера и тогда, когда радиостанция подключена к источнику питания, но находится в выключенном (энергосберегающем) состоянии.

Приёмник радиостанции 2Р-21 состоит из усилителя высокой частоты (УВЧ), балансного смесителя и тракта промежуточной частоты. УВЧ состоит из преселектора L19, L23, L24, C87, C102, C88, C89, C103, C90, C104, усилительного каскада на VT10 и послеселектора L16, L17, L18, C80, C91, C81, C92, C93, C82, C94.

УВЧ выполнен на транзисторе BFR93A (VT10). Питается напряжением 9В и потребляет ток 25 мА, обеспечивает усиление около 10 дБ в рабочей полосе частот.

Преселектор и послеселектор представляют собой полосовые фильтры 3-го порядка, выделяющие рабочую частоту и согласовывающие 50-омный вход приёмника, УРЧ и балансного смесителя.

Смеситель выполнен на транзисторах 2SK302 (VT8, VT9).

Принятый радиочастотный сигнал преобразуется в первую промежуточную частоту 21,4 МГц и поступает в тракт промежуточной частоты (ПЧ).

Тракт ПЧ состоит из следующих узлов: каскад 1-й ПЧ; второй гетеродин; тракт 2й ПЧ.

Продукты преобразования в смесителе выделяются контуром L14, C68, C71 и поступают на диплексор R41, C100, L22 и на фильтр 1-й ПЧ Z1, Z2 21,4 МГц. Отфильтрованный сигнал проходит на фильтр 1-й ПЧ VT11, где выделяется в контуре L20, C83 и далее поступает на 2-й смеситель микросхемы MC3361BD (DA5). Там он смешивается с частотой второго гетеродина 20,950 МГц. В результате на выходе смесителя выделяется сигнал 2-й ПЧ 450 кГц.

Далее этот сигнал фильтруется внешним керамическим фильтром Z3 и усиливается усилителем-ограничителем в DA5, детектируется квадратичным детектором и поступает на вывод 9 DA5.

Передатчик состоит из следующих основных узлов: усилителя мощности; антенного коммутатора; фильтра гармоник; схемы управления мощностью и защиты.

Усилитель мощности передатчика представляет собой трехкаскадный усилитель на транзисторах 2SC2954 (VT6), RD06HNF1 (VT5), RD70HNF1 (VT4). Рабочая точка 2го и 3го каскадов определяется цепочкой R9, R16, R21, R17, R22.

Рабочая точка первого каскада определяется цепочкой R12, R25.

Выходная мощность передатчика регулируется изменением напряжения смещения, поступающего на базы второго и третьего каскадов.

Выходное сопротивление усилителя мощности сопрягается с 50-омным входом с помощью двойного П-контура L3, L4, C35, C36, C37.

Схема антенного коммутатора собрана на двух PIN-диодах XB15A709 (VD2, VD3) и цепи R4, L1, L13, C46. Резистор R4 задаёт ток через диоды.

В режиме "передача" оба диода открываются. VD2 пропускает сигнал передатчика в антенну, а VD3 шунтирует вход приёмника.

В режиме "приём" оба диода закрыты и сигнал из антенны поступает на вход приёмника.

Фильтр гармоник состоит из индуктивностей L5, L6, L7, L8 и конденсаторов C38, C39, C40, C41, C42 и представляет собой Чебышевский фильтр нижних частот.

Схема управления мощностью и защиты состоит из детекторов сигнала передатчика VD4, VD15, C48, C152, C154, регулятора мощности R18, C52 и усилителя постоянного тока VT7, R20, C67, R99. При работе на согласованную нагрузку с детекторов на регулятор мощности поступают примерно одинаковые напряжения и выделяются на R18. С движка R18 напряжение поступает в базу VT7 и открывает его. При этом напряжение на конденсаторе C63 уменьшается, уменьшая напряжения смещения на базах транзисторов VT5, VT4, что приводит к снижению выходной мощности.

Регулируя R18 можно изменять выходную мощность передатчика.

Схема защиты работает аналогично. В случае обрыва в антенне ВЧ напряжение на резисторе R14 возрастает, соответственно увеличивается и напряжение на выходе детектора C48, VD4, C54, что прикрывает транзисторы усилителя мощности, снижая выходную мощность.

В случае короткого замыкания в антенне возрастает напряжение на C41, что так же ведёт к уменьшению выходной мощности передатчика.

Цепочка из терморезисторов R103 и R102 служит для поддержания постоянной мощности во всем рабочем диапазоне температур.

Синтезатор частоты предназначен для формирования высокостабильного по

частоте напряжения гетеродина приёмника в режиме приёма и напряжения задающего генератора в режиме передачи. При этом в режиме передачи осуществляется частотная модуляция ВЧ напряжения передатчика.

Схема состоит из трёх частей: микросхемы-синтезатора LMX2306 (DA6), усилителя постоянного тока управляющего напряжения VT20, VT24, VT23, и генератора управляемого напряжением (ГУН).

Синтезатор питается от 2х стабилизированных напряжений +5 В и +9 В. Причём напряжение +9 В используется только в синтезаторе. Дополнительно это напряжение фильтруется активным фильтром VT12, R61, C118, C115, C110 и используется для питания ГУНа.

Частота 2го гетеродина 20,950 МГц, формируемая микросхемой DA5, используется в синтезаторе частот как опорная. Для нормальной работы синтезатора величина этого напряжения на выводе 8 DA6 должна быть примерно 300 мВ для нормальной работы синтезатора.

Работа синтезатора программируется микроконтроллером D3 по шинам LE, DATA, CLK, выходы 11, 12, 13 микросхемы DA6.

Сигнал FO/LD вывод 14 DA6 анализируется микроконтроллером D3. В исправном синтезаторе на этом выводе устанавливается лог. 1, что разрешает работу на передаче. В противном случае режим передачи заблокирован.

Управляющее напряжение на варикапы ГУНа формируется на выводе 2 DA6 и имеет значение 0...5 В.

Для получения большего диапазона перекрытия и более линейной зависимости частоты ГУНа от управляющего напряжения служит усилитель постоянного тока на транзисторах VT20, VT24, VT23. Благодаря ему диапазон управляющего напряжения увеличен до 2...9 В.

Цепь R84, C139, C138, R80, C144 фильтрует необходимую фазочастотную и амплитудно-частотную характеристики петли ФАПЧ синтезатора.

Генератор управляемый напряжением (ГУН) двойной, он состоит из двух ГУНов, собран на транзисторах VT21, VT22, VT16, он и генерирует напряжение ВЧ для приёмника и передатчика. Сигнал Rx/Tx с микроконтроллера определяет какой из этих ГУНов в данный момент будет работать. Этот сигнал поступает на ключи VT25, VT26, VT27. В режиме приёма сигнал Rx/Tx - лог. 1, в режиме передачи - лог. 0. Таким образом

ГУНы переключаются. Транзистор VT16 является буферным усилителем, с его коллектора напряжение ВЧ поступает на вход передатчика (транзистор VT6) и на буферный усилитель гетеродина (транзистор VT15), и далее через фильтр L21, C98, C99 на смеситель приёмника.

Звуковой тракт передатчика формируется аудиопроцессором CMX838E1 DA4. Эта микросхема управляется микроконтроллером по шинам CS, IRQ, RD, CD, SCL выходы 14, 15, 16, 17, 18 соответственно. DA4 включает в себя микрофонный усилитель, усилитель-корректор, усилитель-ограничитель речевого сигнала, фильтры верхних и нижних частот. Микроконтроллер устанавливают коэффициенты усиления усилителей, степень ограничения сигнала, а также вводит в канал выбранный субтон CTCSS. Сума этих сигналов с выхода (вывод 21) является модулирующим напряжением и подается на варикап VD14, осуществляющий частотную модуляцию сигнала, генерируемого ГУНом на VT22. Частотно-модулированный сигнал усиливается каскадами передатчика и поступает в антенну.

При приеме демодулированный сигнал с вывода 9 DA5 через цепочку R46, C97, C86, R47 поступает на микросхему CMX838E1 (DA4) вывод 1. Здесь сигнал проходит через регулируемый усилитель, фильтр верхних частот, усилитель-корректор и поступает на вывод 23 микросхемы DA4 (Rx OUT) и далее на выходной УНЧ на TDA7056B (U2).

Регулировка громкости осуществляется с помощью кнопок на передней панели радиостанции. Микроконтроллер управляет коэффициентом передачи усилителя в аудиопроцессоре DA4. Выходной усилитель U2 обеспечивает мощность 1 Вт на встроенный динамик сопротивлением 50 Ом. При использовании внешней 8-омной акустической системы мощность увеличится до 5 Вт.

При наличии в сигнале субтона CTCSS в аудиопроцессоре этот сигнал поступает на фильтр, CTCSS декодер и опознаётся. Если частота субтона совпадает с запрограммированной, то открывается аудиоканал и аудиосигнал поступает на выходной усилитель низкой частоты. В случае несовпадения, канал остаётся закрытым, в этом случае для прослушивания сообщения его нужно открыть принудительно.

Аудиосигнал с приёмника (вывод 9 DA5) одновременно поступает на вход полосового фильтра R45, R37, C74, C79, R40, настроенного на частоту примерно 7 кГц. На

выходе этого фильтра подключен детектор на диодах VD5, VD8 и конденсаторах C72, R32, C61. Напряжение на его выходе пропорционально уровню шумов в канале приёма. Чем больше уровень полезного сигнала, тем меньший уровень шума в канале и тем меньше напряжение на C61. Напряжение с C61 поступает на встроенный аналого-цифровой преобразователь микроконтроллера D3 и сравнивается с опорным напряжением. Если измеренное напряжение ниже опорного, то происходит открывание аудиоканала и сигнал поступает на усилитель низкой частоты и далее на динамик.

Величину опорного напряжения можно регулировать с помощью кнопок управления, изменяя порог срабатывания шумоподавителя.

Терморезистор R33 служит для компенсации изменения напряжения на выходе детектора при изменении температуры.

Радиостанция переводится из режима "приём" в режим "передача" сигналом Rx/Tx, поступающим от микроконтроллера. При этом режиму "приём" соответствует лог. 1, а режиму "передача" – лог. 0. Этим сигналом управляются ключи VT17, VT19, формирующие напряжение 9 В в режиме приёма и VT17, VT14, VT18, формирующие напряжение 9 В в режиме передачи. Это же напряжение поступает на ключ VT1, VT3, который управляется сигналом PAON (лог. 1), поступающим от микроконтроллера.

Сигнал PAON формируется после анализа сигнала FO/LD с синтезатора. В результате передатчик включится только после того, как в синтезаторе частоты произойдёт захват петель ФАПЧ частоты и процесс перейдёт в стабильный режим.

Подключенная к источнику питания радиостанция, остаётся в выключенном (энергосберегающем) состоянии до тех пор, пока кнопкой включения не будет подан сигнал микроконтроллеру на включение радиостанции. При этом на выводе 42 D3 устанавливается лог. 1, поступающая на ключ U1, VT2, открывая его. Напряжение питания поступает через открытый ключ TPC8111 на стабилизаторы напряжения DA1, DA2, DA3, а также на УНЧ TDA7056B.

При разборке радиостанции Необходимо помнить о том, что перед снятием платы радиоканала нужно отвинтить и отпаять антенный разъём.

Постоянные напряжения на выводах  
микросхем и транзисторов

DA4 CMX838E1	
Выводы	Напряже- ние (V)
1	2,48
2	2,49
3	2,51
4	2,51
5	0,34
6	1,26
7	5,00
8	4,13
9	4,14
10	0,00
11	1,58
12	2,07
13	2,08
14	5,06
15	5,05
16	0,05
17	5,06
18	0,00
19	0,00
20	2,51
21	2,49
22	5,00
23	2,49
24	2,47
25	2,48
26	2,50
27	2,48
28	2,48

DA5 MC3361BD	
Выводы	Напряже- ние (V)
1	4,29
2	3,60
3	4,01
4	4,36
5	3,87
6	3,84
7	3,85
8	4,39
9	2,45
10	0,72
11	1,17
12	0,00
13	4,25
14	0,00
15	0,00
16	1,70

DA6 LMX2306TM	
Выводы	Напряже- ние (V)
1	0,00
2	Уупр.
3	0,00
4	0,00
5	1,4
6	1,45
7	4,98
8	2,26
9	0,00
10	5,00
11	0,00
12	5,06
13	0,00
14	5,00
15	5,00
16	5,00

U2 TDA7056B	
Выводы	Напряже- ние (V)
1	0,00
2	Упит.
3	2,43
4	0,00
5	0,88
6	6,67
7	0,00
8	6,62
9	0,00

Электронные ключи типа DTC114EU (напряжения на выв. V)								
Вывод	VT2	VT3	VT14	VT18	VT19	VT25	VT26	VT27
1 (RX)	4,95	0,00	0,00	4,84	4,84	4,84	0,00	4,84
1 (TX)	4,95	5,01	4,61	0,00	0,00	0,00	3,09	0,00
3 (RX)	0,00	0,00	8,97	0,00	0,01	0,04	4,21	0,00
3 (TX)	0,00	0,01	0,01	4,60	8,95	4,47	0,06	3,09
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

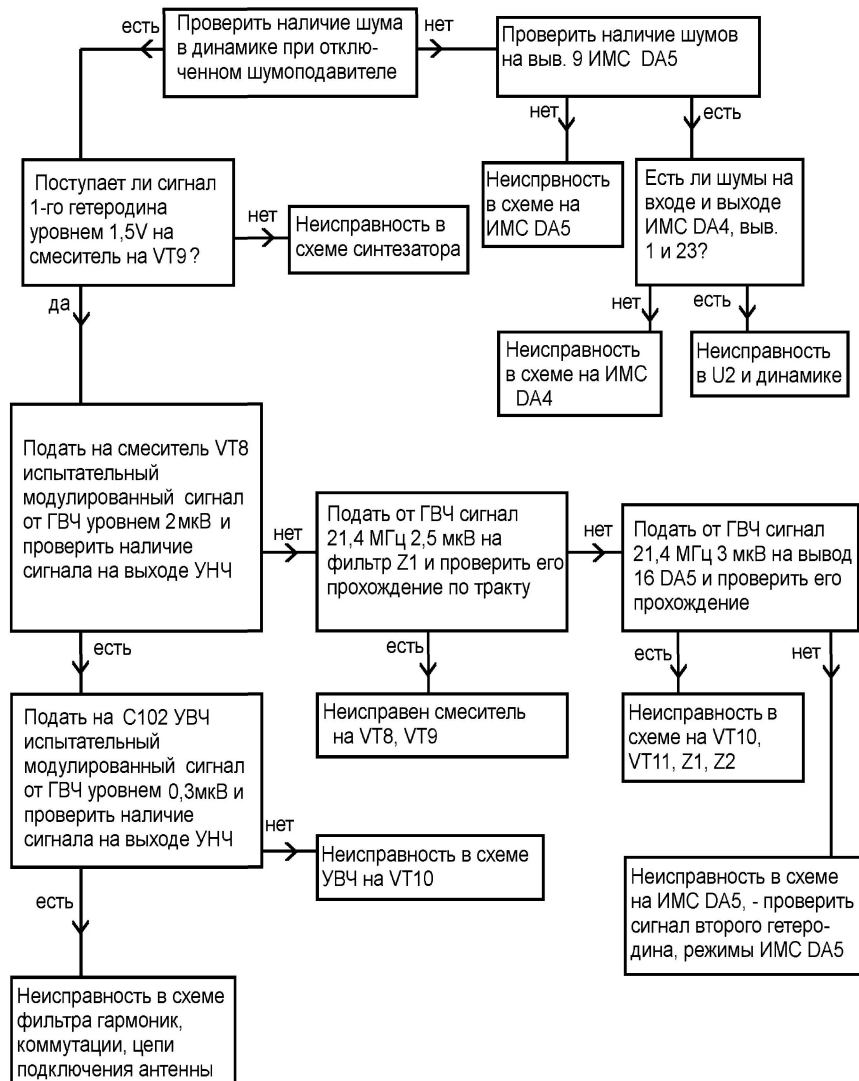
Транзисторы (напряжения на выводах V)											
Вывод	VT1	VT6	VT10	VT11	VT12	VT13	VT15	VT16	VT17	VT21	VT22
Э (RX)	0,00	0,00	0,22	1,96	8,34	8,98	0,67	5,30	8,98	1,98	4,19
Э (TX)	8,89	0,86	0,22	1,96	8,34	8,96	0,67	5,30	8,95	4,49	1,81
К (RX)	0,00	0,00	6,34	8,71	9,04	0,00	8,31	8,33	8,94	5,14	5,17
К (TX)	8,81	8,43	6,34	8,71	9,04	8,90	8,31	8,33	0,00	5,34	5,34
Б (RX)	0,00	0,00	0,94	2,68	9,02	8,97	1,18	5,87	8,27	2,97	4,78
Б (TX)	8,16	1,36	0,94	2,68	9,02	8,24	1,18	5,87	8,95	5,08	2,98



# АВТОМОБИЛЬНАЯ РАДИОСТАНЦИЯ «ГРАНИТ 2Р-21М» (поиск неисправностей)

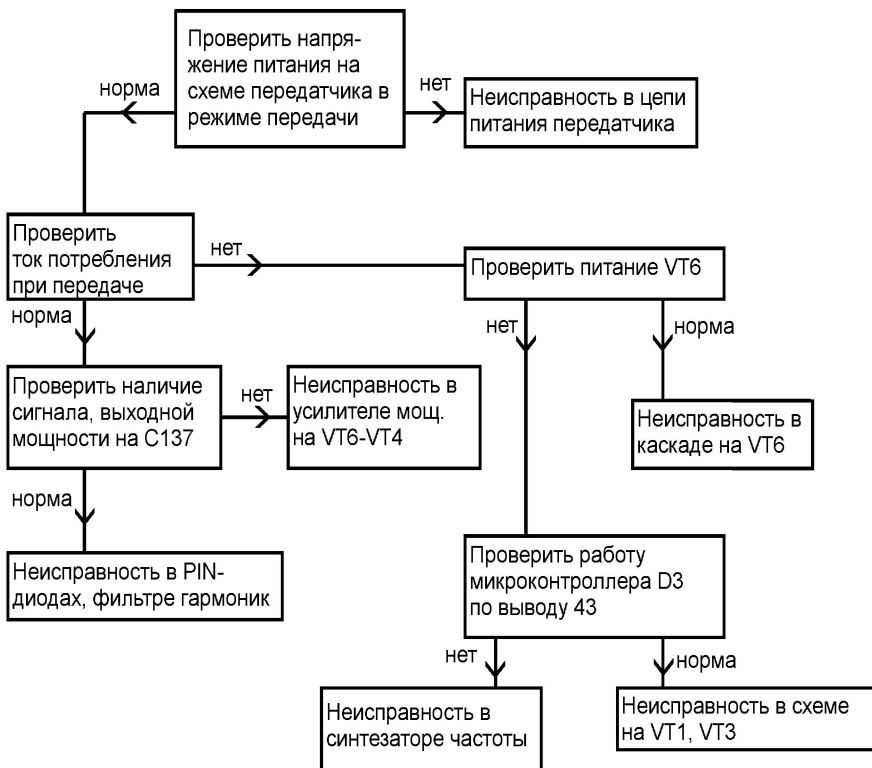
## Неисправность приемного тракта.

Пониженная чувствительность, нет приема, напряжение питания нормальное.



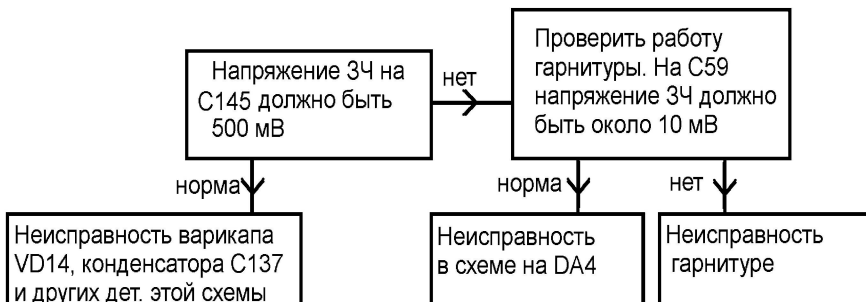
## Неисправность передающего тракта.

Нет выходного сигнала, поступающего в антенну.

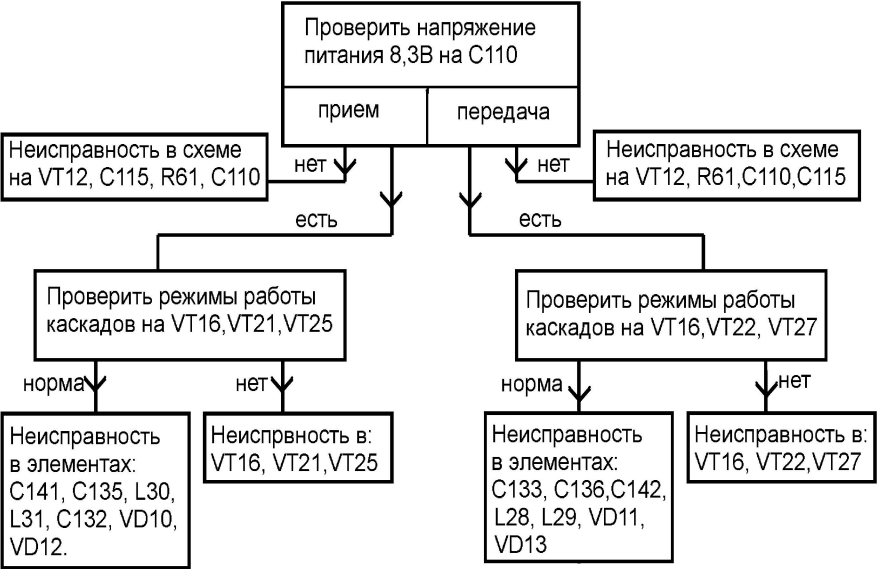


## Неисправность передающего тракта.

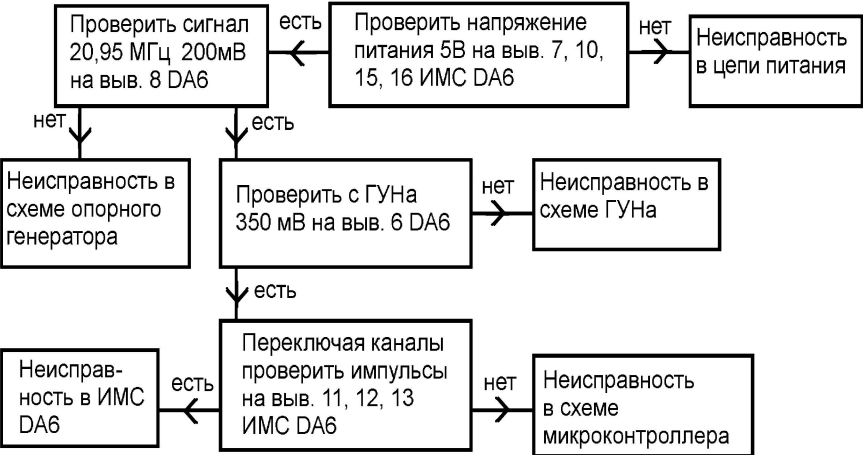
Мощность несущей частоты нормальная, но модуляции нет.



Неисправность ГУНа (генератора, управляемого напряжением). ГУН не работает.



Неисправность синтезатора частоты.  
Нет сигнала первого гетеродина.



РЕМОНТ  
АВТОМОБИЛЬНАЯ РАДИОСТАНЦИЯ «ГРАНИТ 2Р-21М»  
(основная плата, принципиальная схема)

