

Областное государственное автономное
профессиональное образовательное учреждение
«Новгородский химико-индустриальный техникум»
15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических
процессов и производств (по отраслям)

РЕФЕРАТ

На тему: Кварцевый генератор

По учебной дисциплине: Основы электротехники и электроники

Руководитель работы
Преподаватель, Гулецкий Евгений
Николаевич

Студент гр. 1АТП
Сорокин Владислав Сергеевич

(дата)

Великий Новгород

2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Кварцовый генератор	4
2. Виды кварцевых генераторов.....	8
3. Разновидности кварцевых резонаторов.....	15
4. Как проверить кварцевые резонаторы.....	16
5. Сфера применения.....	17
Заключение.....	18
Литература.....	19

ВВЕДЕНИЕ

Кварцевый генератор – важный электронный компонент, обеспечивающий очень точную генерацию тактовой частоты за небольшие деньги. Из-за пьезоэлектрического эффекта его электрические свойства меняются в процессе вибрации. Поскольку можно сделать кристалл, который будет вибрировать с определённой частотой, кварцевые генераторы очень полезны для множества применений. Появились они в 1920-х, и сначала обеспечивали точную генерацию волн для радиостанций.

По мере развития электроники все большую роль в аппаратуре начинает играть цифровая техника. Никакие мало-мальски технически сложные устройства, будь то спутниковый ресивер либо схема управления электродвигателем, не обходятся без микропроцессорных узлов, и в них все большую роль играют электронные компоненты, отвечающие за генерацию тактовой частоты: ведь от этого зависит и надежность управляющей системы, и точность показаний измерительного прибора, и устойчивость работы связного передатчика.

Кварцовый генератор

Бурный прогресс в электронике и смежных отраслях привел к тому, что появился новый тип прибора, предназначенного для генерации сигналов с высокой стабильностью. Если рассмотреть схемы многих цифровых (и не только) устройств, то легко заметить, что достаточно распространенными являются узлы генерации частоты. Естественно, если подобный узел достаточно часто приходится включать в устройство, то вполне логичным ходом является разработка унифицированного модуля, предназначенного как раз для генерации сигнала.

Эти готовые функционально законченные узлы представляют собой резонатор со схемой генерации, усиления и формирования выходного сигнала, помещенные в герметичный корпус. Такой электронный прибор, как правило, не требует большого количества дополнительных элементов обвязки и отличается широким диапазоном исполнений. Если рассматривать корпуса, то тут существует масса исполнений — от полноразмерного DIL-14 до сверхминиатюрных SMD толщиной 1 мм (рис.1). Есть полностью экранированные приборы с заземленным корпусом, есть приборы в керамическом корпусе, существуют и устройства в пластмассовом корпусе — для недорогой техники. Наиболее известными производителями генераторов в мире являются Epson, Ralton, Jauch и Hosonic.



Рис. 1 Корпусы кварцевых генераторов

Генераторы выпускаются во всем разнообразии возможных требований к выходному сигналу: есть генераторы, работающие со стандартной ТТЛ-логикой, с выходным сигналом с КМОП-уровнем для экономичных устройств, а есть и такие, которые выдают на выходе чистую синусоиду, как, например, некоторые генераторы компании Morion. Существует достаточно много видов кварцевых генераторов, имеющих различные функциональные возможности и области применения. В первую очередь стоит отметить отключаемые генераторы, которые имеют управляющий вывод для переключения их в третье высокоимпендансное состояние, благодаря чему появляются довольно широкие возможности для управления генератором. Например, с помощью управляющего вывода можно организовать режим

stand-by в том случае, когда необходимо отключить генерацию, либо же в целях снижения энергопотребления устройства.

Типичный представитель — серия генераторов HO-26 производства корпорации Hosonic, способная выдавать КМОП-сигнал с частотой до 125 МГц.

Для кварцевых резонаторов наиболее критичным параметром является стабильность тактовой частоты. Для некоторых устройств, таких, как системы связи, навигации, точной настройки и точного времени, допуск по стабильности, которым обладают типовые резонаторы, уже не удовлетворяет как класс. Следовательно, возникла потребность в других приборах, обладающих совершенно другими характеристиками стабильности. Так что же это за компоненты?

Одна из бурно развивающихся ветвей отрасли — VCXO, генераторы, управляемые напряжением. Эти приборы обладают отличительной особенностью — возможностью изменения тактовой частоты в зависимости от напряжения на управляющем входе (диапазон подстройки может составлять от 200 ppm), что открывает широкие возможности для настройки и калибровки вплоть до использования в качестве PLL-генератора. Производством подобных приборов занимается компания Hosonic. Они выпускаются в различных исполнениях — от типового генератора в стандартном корпусе VC-61 до сверхминиатюрного компонента для SMD-монтажа VC-S толщиной менее 2 мм.

Частота генератора может изменяться от множества внешних факторов и наиболее критичным здесь является изменение температуры. Теоретически можно взять VCXO и подключить к нему через калибровочный вход схему, которая будет отслеживать изменения через внешний датчик и выдавать некий компенсационный сигнал на выходе, но никакому разработчику не хочется себе лишней головной боли, а стабильность генерации критична... Здесь назревает еще одно техническое решение — термокомпенсированные генераторы напряжения. Они уже содержат схему компенсации температурного дрейфа частоты, при этом точность может достигать значений вплоть до 0,5 ppm. Более того, термостатированные генераторы работают в более широком диапазоне температур, нежели их нетермостатированные собратья — работоспособность сохраняется при температуре вплоть до -60°C . Термостатированные генераторы обладают еще одним достоинством — меньшим временем выхода на режим (стабильная частота устанавливается за несколько секунд). Существуют различные разновидности генераторов-термостатов, в том числе приборы со схемой термической стабилизации и генераторы с устройствами подогрева кварцевого кристалла. Для высокоточной аппаратуры разработаны ультрапрецизионные генераторы, которые имеют выдающиеся характеристики по стабильности и не менее выдающуюся стоимость.

Еще одно из направлений в разработке кварцевых генераторов — так называемые программируемые генераторы. Суть в следующем: часто производители имеют в своей номенклатуре сотни позиций с различными значениями тактовых частот, но все равно в связи с появлением новых разработок есть потребность в том, чтобы расширять линейку продуктов, и все это требует ресурсов и времени. А если появляется какая-либо новая разработка и необходимо срочно ее внедрять, то тут-то можно и воспользоваться программируемым осциллятором. Не менее эффективно их использовать в качестве генераторов на нестандартные частоты в малых партиях приборов. Такие компоненты выпускает, например, фирма Epson. Так, серия SG-8002CA может работать с частотами от 1 до 125 МГц при типовом значении стабильности 50 ppm (рис.2).



Рис. 2 Кварцевый генератор

Следующий виток эволюции — еще более интересное устройство VCXO со схемой умножения частоты для работы на более высоких частотах, нежели стандартный потолок для подобного рода приборов (125 МГц). Например, очень интересный генератор MLO80100 выпускает фирма M/A-COM, входящая в концерн Tyco Electronics. Этот прибор может работать на частотах 920–950 МГц, перестраиваясь в этом диапазоне при температурном дрейфе всего 0,06 МГц/°С. Прибор выпускается в виде гибридного экранированного модуля под бескорпусный монтаж (рис.3).



Рис. 3 Кварцевый генератор

Устройство позиционируется производителем как эффективное решение для систем связи и телеметрии. Эта же компания производит синтезаторы частоты, по сути дела являющиеся гипертрофированными

VCXO (рис.4). Они содержат схему стабилизированного генератора, устройство умножения частоты с программируемым коэффициентом умножения, несколько петель обратной связи для калибровки и устройство управления генерацией. Типичный представитель таких устройств — синтезатор частоты для CDMA базовых станций MLS9203-01815 с частотным диапазоном работы 1780–1850 МГц. Он имеет шаг перестройки частоты всего 50 кГц (рис. 5). У фирмы M/A-COM есть целая линейка подобного рода приборов для работы в составе различных высокочастотных устройств: абонентских базовых станций, беспроводных сетей, систем навигации и т.п. Частотный диапазон работы компонентов лежит в интервале от 30 МГц до 2,5 ГГц. Более подробно схемотехнику и особенности этих элементов мы предполагаем описать в отдельной статье.

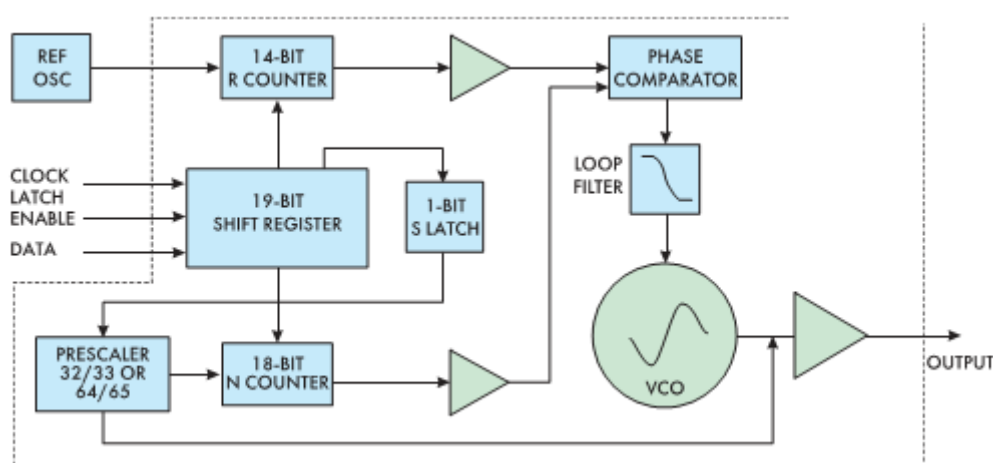


Рис. 4

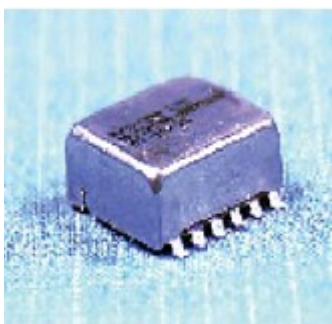


Рис. 5

Виды кварцевых генераторов

На практике шире всего распространены два вида кварцевых генераторов:

- а) генераторы, в которых кварцевый резонатор является частью колебательного контура и эквивалентен индуктивности;
- б) генераторы, в которых кварцевый резонатор включен в цепь обратной связи, используется как узкополосный фильтр и эквивалентен активному сопротивлению.

Кварцевые генераторы, в которых кварцевый резонатор используется в качестве элемента контура с индуктивной реакцией, называют осцилляторными, а генераторы, в которых кварцевый резонатор включен в цепь обратной связи, называют генераторами последовательного резонанса.

Осцилляторная схема кварцевого генератора с кварцем между коллектором и базой, выполненная по схеме с заземленным эмиттером (емкостная трехточка) приведена на рис.6.

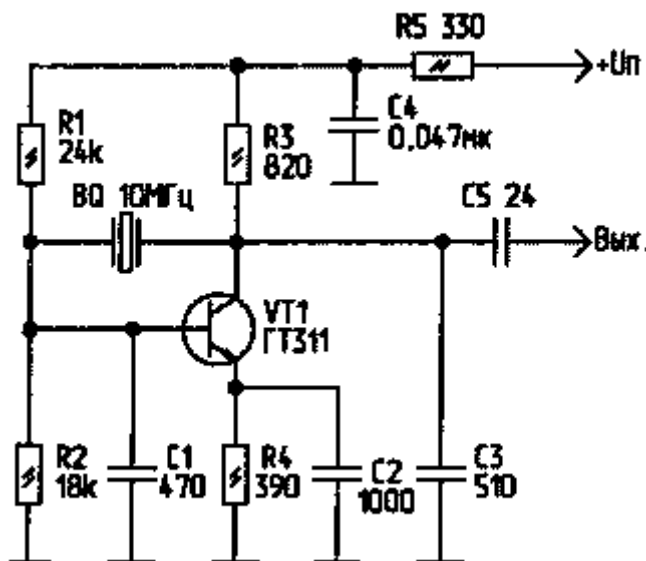


Рис.6

В настоящее время емкостная трехточка находит широкое применение в диапазоне частот до 22 МГц при работе резонатора на основной частоте, и до 66 МГц при возбуждении на третьей механической гармонике (рис.7). Автогенератор с кварцевым резонатором между коллектором и базой в схеме с заземленным по высокой частоте эмиттером, не склонен к паразитным колебаниям на ангармонических обертонах, имеет превосходную стабильность частоты при изменении питающего напряжения и температуры окружающей среды.

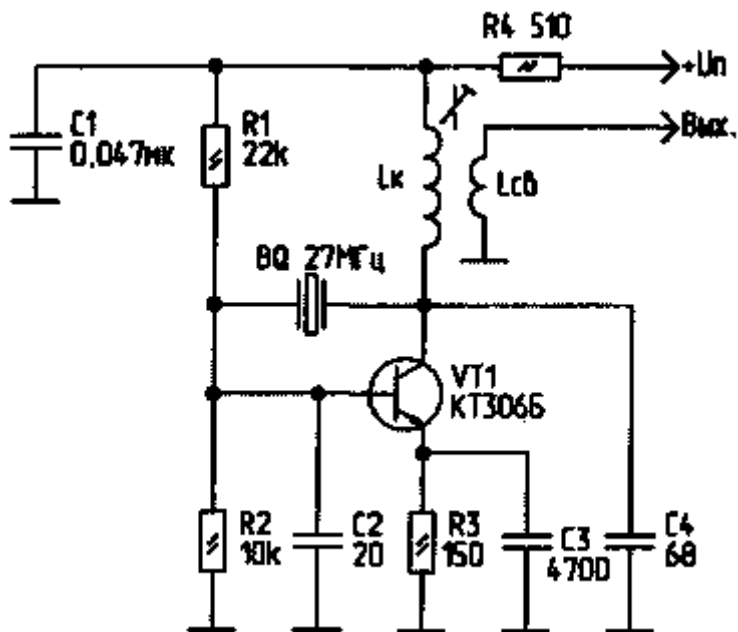


Рис.7

Влияние изменений реактивных параметров транзистора, зависящих от напряжения питания и времени, ослабляется с ростом емкостей $C1$, $C3$ (рис.6), т. е. с приближением рабочей частоты автогенератора к F_g . Однако чрезмерное увеличение емкостей приводит к ухудшению условий самовозбуждения. С другой стороны, с увеличением емкостей растет рассеиваемая на резонаторе мощность, что ведет к увеличению нестабильности генерируемой частоты. По техническим условиям рассеиваемая мощность на кварце ограничена 1...2 мВт. Однако в диапазоне частот 1...22 МГц при такой рассеиваемой мощности частота последовательного резонанса зависит от рассеиваемой мощности, а коэффициент пропорциональности составляет $(0,5...2) \cdot 10^{-9}$ Гц/мкВт, поэтому для высокостабильных генераторов рассеиваемую мощность на резонаторе следует ограничить величиной 0,1...0,2 мВт.

На практике рекомендуется выбирать емкости $C1$, $C3$ так, чтобы частота генерации отстояла от F_s не более чем на четверть резонансного интервала. При возбуждении кварцевого резонатора на нечетных механических гармониках кварца, вместо резистора $R3$ включают катушку индуктивности L_k (рис.7). На частоте генерации контур L_k - $C4$ должен иметь емкостное сопротивление, т. е. его резонансная частота должна быть ниже частоты генерации. Параметры контура следует выбирать так, чтобы его собственная частота составляла 0,7...0,8 от частоты генерации. В результате контур имеет емкостную проводимость на частоте необходимой гармоники, что исключает возможность генерации на низших гармониках и основной частоте.

В осцилляторных генераторах, работающих на частоте выше 22 МГц, резонатор обычно возбуждают на 3-й или 5-й гармонике, но не на более

высоких, так как сильно сказывается влияние параллельной емкости. Чаще чем приведенная на рис.6, применяется емкостная трехточечная схема кварцевого генератора с кварцевым резонатором между коллектором и базой в схеме включения транзистора с заземленным коллектором (рис.8). Эта схема особенно удобна для генераторов с электронной перестройкой частоты (при включении последовательно с кварцем варикапа), и имеет меньшее количество блокировочных элементов, чем схема с заземленным эмиттером. Многие специалисты в области кварцевых генераторов считают емкостную трехточку наилучшей из всех схем кварцевых генераторов, работающих на основной или 3-й механической гармонике резонатора. Следует отметить, что существует схема емкостной трехточки, не содержащая индуктивности, которая возбуждается на 3-й и 5-й гармониках.

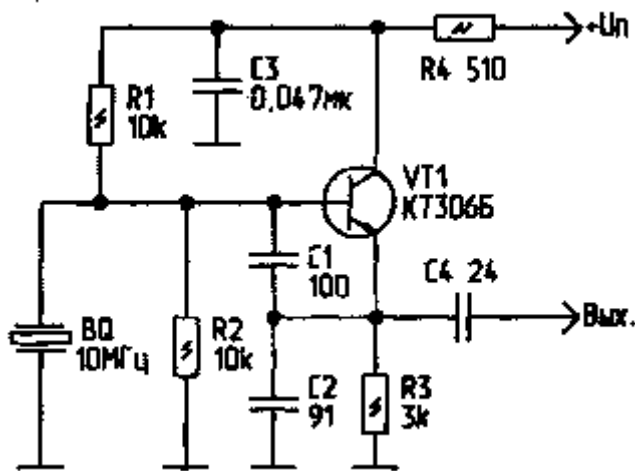


Рис.8

Автогенератор с кварцем в контуре. Если в схеме на рис.8 последовательно с кварцем включить катушку индуктивности L1, это приведет к появлению новых свойств, т. е. в генераторе (рис.9) возможны автоколебания, не стабилизированные кварцевым резонатором.

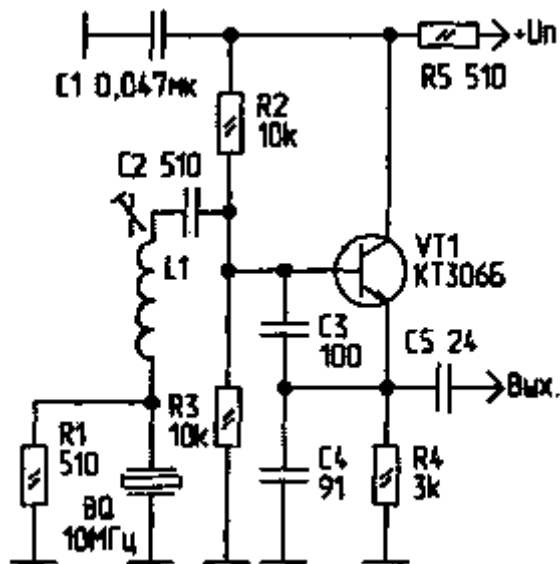


Рис.8

На высоких частотах, где реактивное сопротивление параллельной емкости резонатора меньше реактивного сопротивления динамической ветви кварцевого резонатора, возможно самовозбуждение через параллельную емкость C_p . Наличие индуктивности $L1$ означает возможность выполнения баланса фаз на

частоте последовательного резонанса, а также в некоторой области расстроек ниже частоты последовательного резонанса. Индуктивность $L1$ обеспечивает выполнение баланса фаз в условиях, когда $M < 2$, и эквивалентное реактивное сопротивление кварца не может иметь индуктивный характер. Это значит, что генератор с кварцем в контуре может работать на более высоких частотах и более высоких номерах механических гармоник кварцевого резонатора. Для исключения паразитного самовозбуждения через параллельную емкость C_p , которое наиболее вероятно на высоких частотах и на высших механических гармониках, параллельно резонатору включают резистор $R1$, который вносит потери в контур паразитного самовозбуждения.

Снизить требования к активности кварцевого резонатора на механических гармониках можно при использовании схем генераторов последовательного резонанса. Так как при повышении частоты и номера гармоники активность кварцевого резонатора уменьшается из-за увеличения его эквивалентного сопротивления и повышения шунтирующего влияния статической (параллельной) емкости C_p , необходимо ее нейтрализовать или компенсировать. Нейтрализацию можно осуществить в мостовой схеме, где кварц помещают в одно из плеч сбалансированного моста.

Мостовой автогенератор последовательного резонанса. В схеме, приведенной на рис.6, при точном балансе моста ($C_p = C2$, $XL1-2 = XL2-3$) обратная связь осуществляется только через динамическую ветвь резонатора. На механической гармонике кварцевого резонатора резко возрастает

проводимость последовательной ветви резонатора, мост разбалансируется, и при соответствующем выборе элементов схемы генератор возбуждается. Контур L1-C3 должен быть настроен на частоту требуемой гармоники.

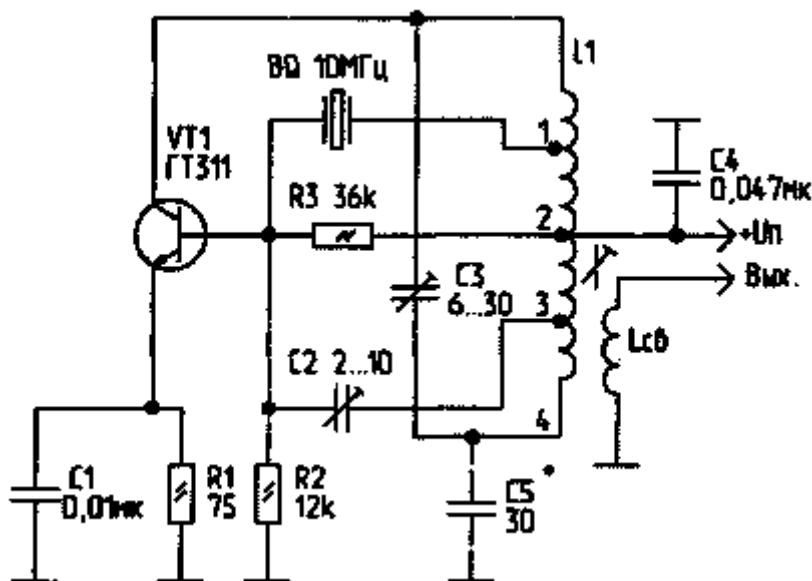


Рис.9

В этой схеме удается возбудить кварцевые резонаторы на 5-й или 7-й гармониках. Схемы с нейтрализацией статической емкости резонатора весьма критичны к режиму работы и сложны в регулировке, хотя их можно применять на частотах до 100 МГц. Верхний предел частот генератора с нейтрализацией обусловлен трудностью получения большого эквивалентного сопротивления контура с ростом частоты, так как начальную емкость контура нельзя сделать малой из-за паразитных емкостей.

Схема Батлера (рис.10) характеризуется наибольшей устойчивостью к дестабилизирующим факторам в диапазоне до 100 МГц. Верхний предел генерируемых частот обусловлен ухудшением свойств эмиттерного повторителя. В схеме Батлера кварцевый резонатор включен в цепь обратной связи между эмиттерами транзисторов. Транзистор VT1 включен по схеме с общим коллектором, а транзистор VT2 - с общей базой. Недостатком этой схемы является склонность к паразитному самовозбуждению из-за связи выхода со входом через параллельную емкость кварца C_p . Для устранения этого явления параллельно кварцу подключают катушку индуктивности, образующую совместно с параллельной емкостью кварца резонансный контур, настраиваемый на частоту паразитного колебания.

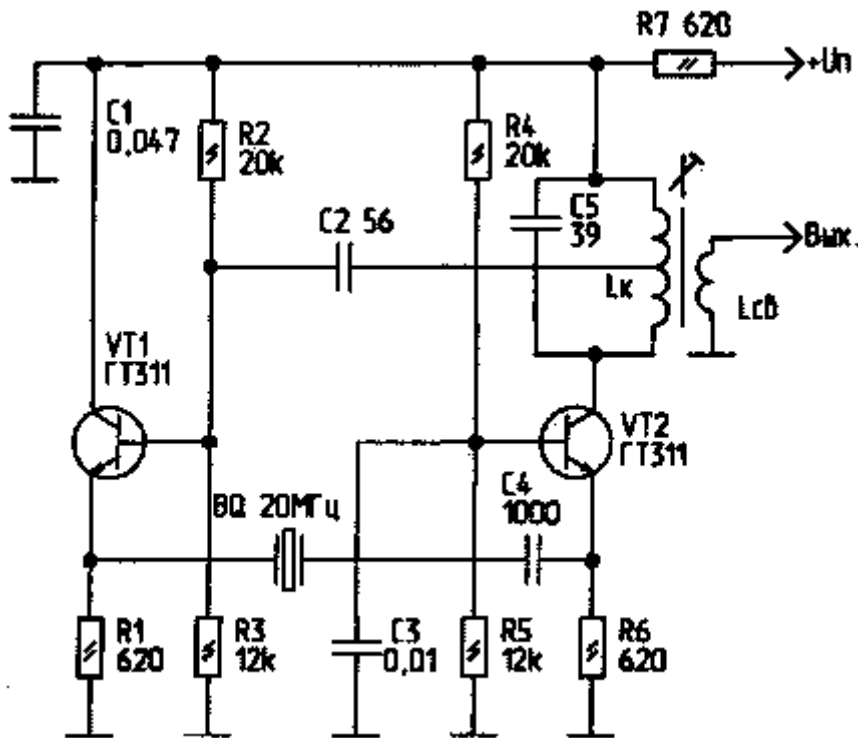


Рис.10

Автогенератор по схеме Батлера на одном транзисторе с компенсацией C_p . На частотах до 300 МГц целесообразно применять однокаскадные схемы фильтров, например, схему фильтра с общей базой (рис.10). По существу, такой автогенератор представляет собой однокаскадный усилитель, в котором контур соединен с эмиттером биполярного транзистора через кварцевый резонатор, выполняющий роль узкополосного фильтра. Контур, образованный параллельной емкостью кварца C_p и катушкой L_2 , настраивают на частоту используемой гармоники. С увеличением рабочей частоты возрастают эквивалентные проводимости транзистора, т. е. выполнение условий самовозбуждения ухудшается. Однако, несмотря на это, условия самовозбуждения этого автогенератора на высоких частотах выполняются легче, чем автогенераторов с кварцем между коллектором и базой и кварцем в контуре, что определяет его преимущество.

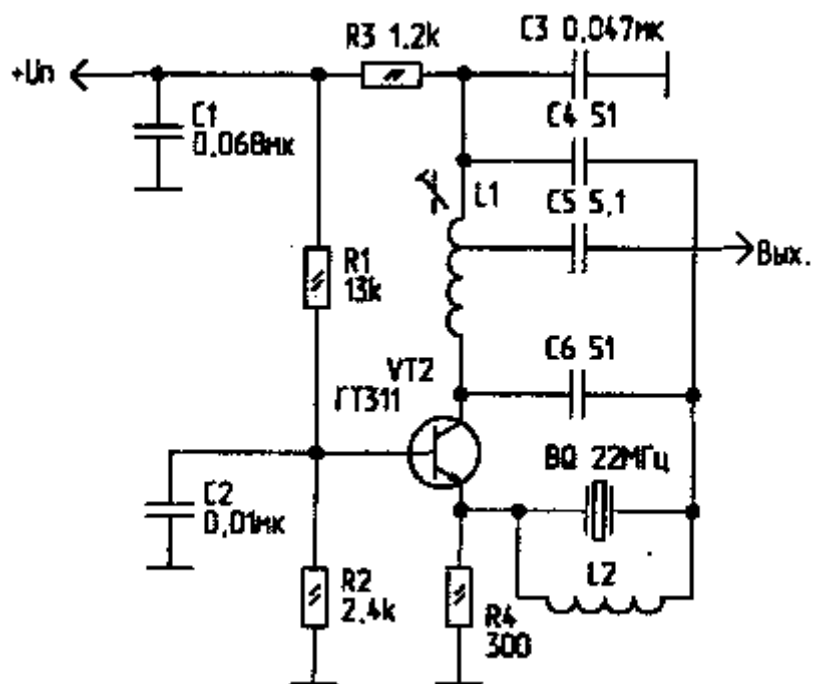


Рис.10

Разновидности кварцевых резонаторов

По типу корпуса:

- Для объемной установки (цилиндрические и стандартные).
- Для поверхностного монтажа.

По материалу корпуса:

- Металлические.
- Стекланные.
- Пластиковые.

По форме корпуса:

- Круглые.
- Прямоугольные.
- Цилиндрические.
- Плоские.

По количеству резонансных систем:

- Одинарные.
- Двойные.

По защите корпуса:

- Герметичные.
- Негерметизированные.
- Вакуумные.

По назначению:

- Фильтровые.
- Генераторные.

Важным свойством кварцевых резонаторов для успешной работы является их активность. Но она не определяется только собственными свойствами. Вся электрическая схема влияет на его активность. В резонаторах, используемых в фильтрах, применяются такие же виды колебаний, как и в генераторных резонаторах. В фильтрах используются 2-х и 4-х электродные вакуумные резонаторы. В многорезонансных фильтрах чаще всего применяются 4-х электродные модели, так как они более экономичные.

Как проверить кварцевые резонаторы

Для проверки резонатора на его работоспособность, собирают специальный простой тестер, помогающий проверить кроме работы резонатора, еще и его частоту резонанса. Схема такого устройства похожа на кварцевый генератор, собранный на транзисторе.

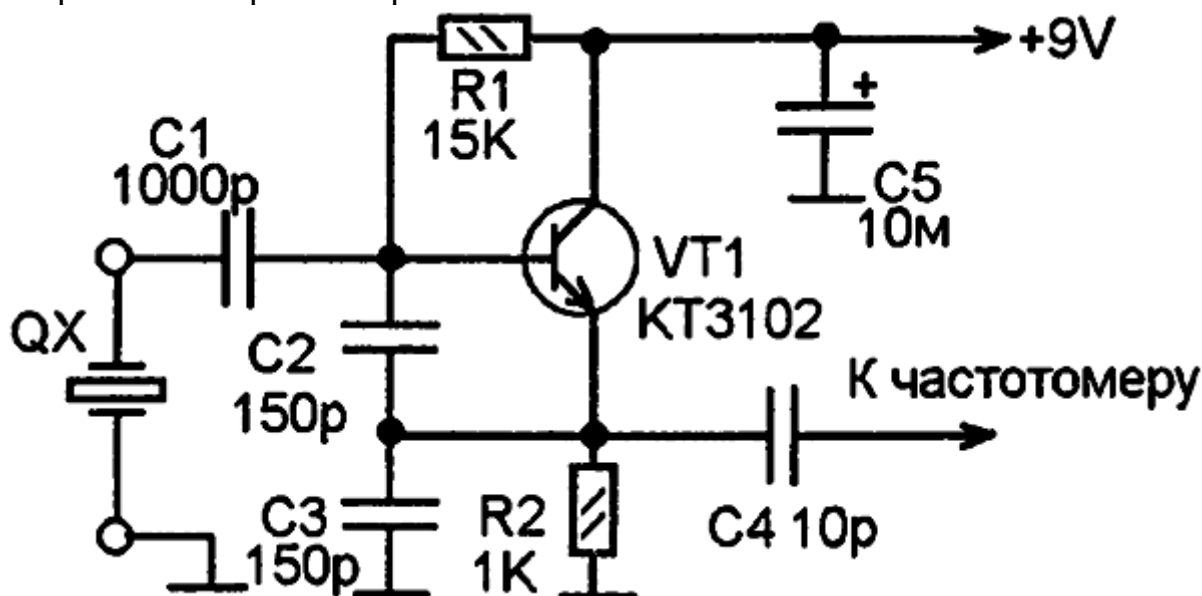


Рис. 11 - Схема для проверки кварцевого резонатора

Подключив резонатор между отрицательным полюсом и базой транзистора через защитный конденсатор, с помощью частотомера измеряют частоту резонанса. Такая схема подходит для настройки контуров колебаний. При включенной схеме исправный резонатор создает колебания. В результате на эмиттере транзистора возникает переменное напряжение с частотой резонанса тестируемого резонатора.

Если к выходу тестера подключить частотомер, то можно измерить частоту резонанса. При стабильной частоте и небольшом нагревании корпуса резонатора паяльником частота не должна значительно изменяться. Если частотомер не обнаруживает возникновения частоты, либо она сильно изменяется или имеет большие отличия от номинала, то резонатор негоден и требует замены.

При использовании такого тестера для настройки контуров, емкость C1 обязательна. Но при проверке исправности резонаторов ее присутствие в схеме не требуется. При этом колебательный контур просто подсоединяют на место кварцевого резонатора и тестер начинает создавать колебания таким же образом.

Тестер, выполненный по рассмотренной схеме, хорошо зарекомендовал себя на частоте 15-20 МГц

Сфера применения

Кварцевые генераторы применяются в производстве медицинской техники, приборов для космического слежения и навигации. Автомобилестроение — здесь генератор применяется для контроля работы стереосистем, двигателя, бортового компьютера, часов, систем GPS. Еще одна популярная сфера применения кристаллических генераторов — производство различных потребительских товаров.

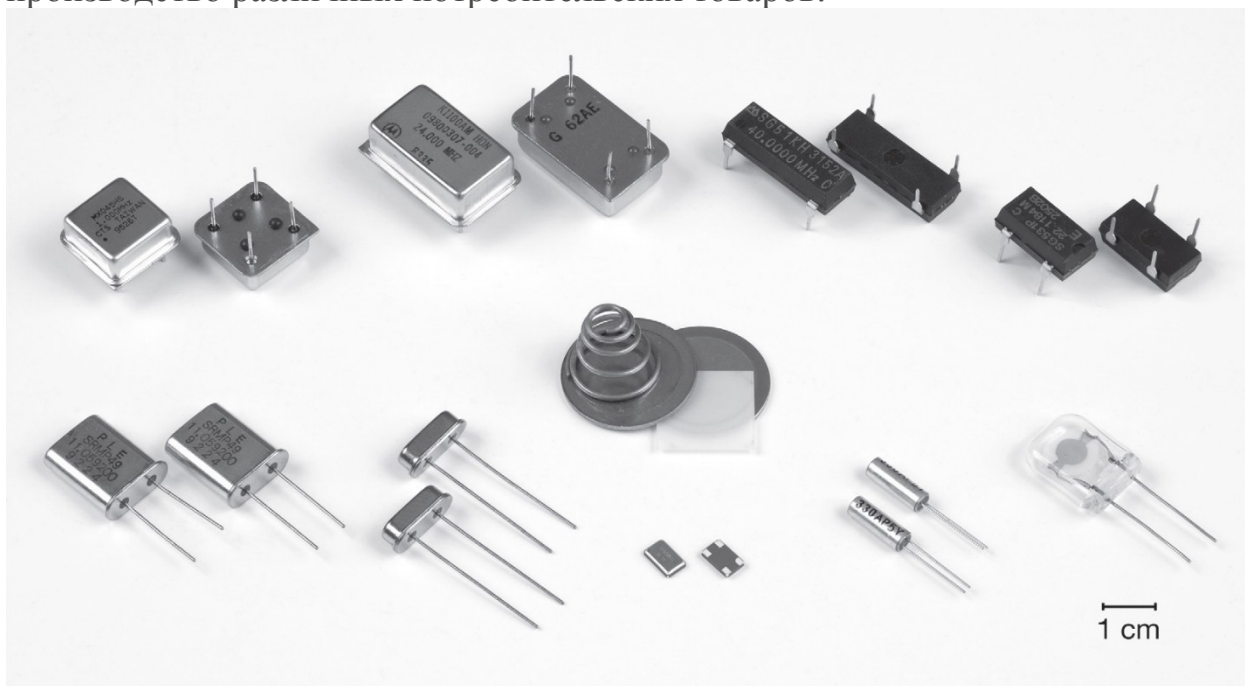


Рис.12

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, существует устойчивая тенденция к развитию кварцевых резонаторов и интеграции их с другими электронными блоками. При использовании кварцевых генераторов и им подобных компонентов появляется хорошая возможность упростить схему устройства, уменьшить количество дискретных элементов, и как следствие, резко повысить надежность разрабатываемого прибора. Следуя общей тенденции интеграции электронных блоков (в особенности это касается подстраиваемых генераторов и синтезаторов частоты), подобные компоненты существенно улучшают как массо-габаритные характеристики разрабатываемых устройств, так и их технический уровень.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уткин Г.М. проектирование радиопередающих устройств. -М.: Сов. радио, 1979.

2. Шитиков Г.Т. Стабильные диапазонные автогенераторы. -М.: Сов. радио, 1965г.

3. Зельдин

4. http://www.hosonic.com/index_frequency.htm.

5. <http://www.morion.com.ru/russian/contact/>.

6. <http://www.murata.com/ceralock/index.html>.

7. <http://www.raltron.com/products/clocks/default.asp>.

8. <http://www.macom.com/parametric/parametable.jsp?id=Synthesizers>.