



Евгений Звонарев

## КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ И ГЕНЕРАТОРЫ GEYER ELECTRONIC

Немецкая компания **Geyer Electronic** производит кварцевые резонаторы и генераторы, которые пользуются широкой популярностью. Они помогают сформировать стабильную частоту, необходимую для точной и надежной работы прибора. Так как от качества кварцевого кристалла может зависеть работоспособность целой системы, выбор таких резонаторов и генераторов имеет большое значение при разработке.

Немецкая компания Geyer Electronic ([www.geyer-electronic.com](http://www.geyer-electronic.com)) была основана в 1964 году. Она производит кварцевые и керамические резонаторы, кварцевые генераторы с популярными рабочими частотами в широко распространенных выводных корпусах и корпусах для поверхностного монтажа. Изделия предназначены для аппаратуры связи, автомобильной электроники, мультимедиа, промышленной и бытовой электронной аппаратуры. Основной офис компании находится в Германии (Мюнхен), производство размещено в Юго-Восточной Азии — Японии, Корее и Китае. Фирма выпускает более 8 млн. штук изделий в месяц,

которые пользуются устойчивым спросом во всем мире.

### КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ GEYER ELECTRONIC

Для правильного выбора кварцевого резонатора необходимо знать основные важные параметры его эквивалентной схемы, которая вместе с основными формулами показана на рисунке 1.

Как видно из схемы на рисунке 1, из-за наличия емкости  $C_1$  резонатор имеет частоту последовательного резонанса  $f_s$ , а благодаря  $C_0$  емкости — частоту параллельного резонанса  $f_p$ . Величины  $L_1$  и  $C_1$  зависят от механических свойств кварцевой пластины, а сопротивление  $R_1$  характеризует за-



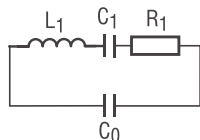
### Новая серия кварцевых резонаторов

Компания Geyer Electronic объявила о начале выпуска новой серии кварцевых резонаторов в SMD-корпусах КХ-8. Размеры изделий составляют 4,0x2,5 мм, а высота 0,8 мм. Частотный диапазон от 12 до 60 МГц с допуском от  $\pm 10$  ppm до  $\pm 50$  ppm при температуре от  $-20$  до  $70^\circ\text{C}$ . Допустимая емкость нагрузки от 10 до 16 пФ. Резонаторы поставляются также для расширенного температурного диапазона и специфицированы для пайки методом плавления припоя. Резонаторы найдут применение в сфере телекоммуникаций и беспроводной связи.

тухание механических колебаний. Значение емкости  $C_0$  определяется электродами резонатора и емкостью подводных проводов. Из формул видно, что частота последовательного резонанса зависит только от строго определенных параметров резонатора  $L_1$  и  $C_1$ , а частота параллельного резонанса изменяется от значительно менее определенной величины межэлектродной емкости  $C_0$ . Важнейшим параметром кварцевого резонатора является добротность  $Q$  (ее называют именно « $Q$ » от первой буквы «Quality factor» или фактор (параметр) качества). С точки зрения электрических параметров кварцевый резонатор ведет себя как колебательный контур с высокой добротностью. Стабильность частоты LC-генераторов в большинстве практических случаев недостаточна. С помощью кварцевых резонаторов практически достижимые значения нестабильности частоты  $\Delta f/f$  находятся в пределах от  $10 \dots 6$  до  $10 \dots 10$ .

Часто возникает необходимость подстраивать частоту кварцевого резонатора в небольших пределах для достижения требуемого значения частоты. Для этого последовательно с кварцевым резонатором включают регулировочную емкость  $C_L$ , емкость которого ве-

Эквивалентная схема кварцевого резонатора



$f_s$  - частота последовательного резонанса кварцевого резонатора

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$$

$f_p$  - частота параллельного резонанса

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{C_0 \times C_1}{C_0 + C_1} \cdot L_1}}$$

$Q$  - добротность (Quality factor - фактор качества)

$$Q = \frac{1}{2\pi f_s R_1 C_1}$$

$r$  - важное соотношение емкостей, имеющее большое практическое значение

$$r = \frac{C_0}{C_1}$$

$r_n$  - отношение емкостей для гармоники с номером "n"

$$r_n = nr^2 \quad C_L = \frac{C_0}{nr^2}$$

Рис. 1. Эквивалентная схема кварцевого резонатора и основные важные для практики формулы, иллюстрирующие взаимосвязь основных параметров

Таблица 1. Кварцевые резонаторы фирмы Geyer Electronic для монтажа в отверстие

Серия	Диапазон доступных частот <sup>1</sup> , (МГц)	Диапазоны рабочих температур <sup>2</sup> , (°C)	Нестабильность частоты при 25°C, (ppm)	C <sub>L</sub> , (пФ)	R <sub>1</sub> , (Ом)	C <sub>0</sub> , (пФ)	Размеры, (мм)		
КХ-26	32,768 кГц	-20...70 -40...85	±30	12,5	30 кОм	1,3	2,0x6,2		
	77,5						3,0x8,0		
КХ-38	32,768 кГц		±20	16,0 (12...20) <sup>3</sup>	50...150	7,0	3,0x10,0		
КХ-39	3,579545...40,0							±30	см. Datasheet
	30,0...70,0	±50	12,0	40	3,0				
КХ-49	40,0...100,0		-20...70 -40...85 -40...105	±30 (±5...50) <sup>3</sup>	30,0 (10...30) <sup>3</sup>	60...600	7,0	11,3/4,9/13,6	
	1,84320...30,0	30...60							
	20,0...90,0	см. Datasheet							40...70
	50,0...150,0	80...120							
КХ-3Н	110,0...200,0	±30 (±10...50) <sup>3</sup>	16,0 (12...20) <sup>3</sup>	50...150	50...150	11,35/5,0/3,5			
КХ-3Н	3,20...70,0								

<sup>1</sup> Диапазон доступных частот включает сетку стандартных (наиболее распространенных) значений частот. Большинство кварцев на эти частоты всегда поддерживаются на складе, а в случае отсутствия оперативно поставляются со склада Geyer Electronics. Кварцевые резонаторы на уникальные частоты, не входящие в сетку стандартных, также доступны, но имеют больший срок поставки.

<sup>2</sup> Кварцевые резонаторы Geyer Electronics выпускаются на диапазоны температур, соответствующие коммерческому, промышленному или автомобильному (не все серии) применениям. При заказе кварцевого резонатора это учитывается добавлением соответствующих букв после названия серии. Например, для диапазона -20...70°C к названию серии ничего не добавляется, для диапазона -40...85°C добавляется «Т», а для -40...105 добавляется «Е». Пример: КХ-49, КХ-49Т, КХ-49Е соответственно.

<sup>3</sup> В таблице указаны стандартные величины нагрузочной емкости кварцевого резонатора. В скобках указаны значения емкости, доступные по запросу.

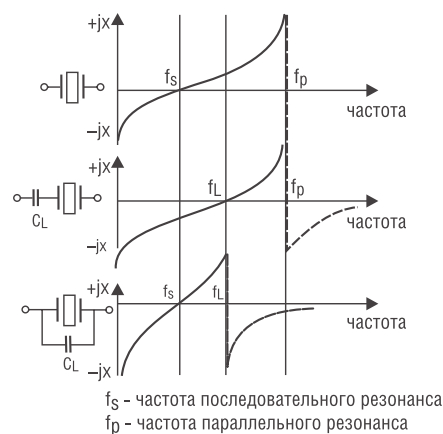
лика по сравнению с C<sub>1</sub> (см. рисунок 2).

При последовательном включении емкости C<sub>L</sub> изменяется только частота последовательного резонанса. При параллельном подключении конденсатора C<sub>L</sub> меняет свое значение только частота параллельного резонанса (см. верхнюю часть рисунка 1). Кварцевый резонатор всегда является частью схемы генератора. Сам по себе без усилителя в автогенераторном включении кварц мало интересен. Это означает, что на генерируемую частоту влияют не только параметры резонатора, но и входная цепь усилителя. Зная эквивалентную емкость уси-

лителя, которая, по сути дела, и есть емкость C<sub>L</sub>, можно точно рассчитать частоту на выходе кварцевого генератора. Именно поэтому при выборе кварцевого резонатора необходимо обращать внимание на величину емкости нагрузки C<sub>L</sub>, указываемую производителем в технической документации. Примеры графиков, показывающих величину влияния нагрузочной емкости C<sub>L</sub> на диапазон изменения резонансной частоты, приведены в нижней части рисунка 2. Хорошо видно, что чем больше величина C<sub>L</sub>, тем меньше диапазон изменения частоты вблизи этого значения емкости. Конечно, для более точно-

го расчета необходимо учитывать и значение емкости C<sub>0</sub>.

Для формирования частот более 35...40 МГц часто используют колебания третьей, пятой, седьмой и более высоких гармоник кварцевых резонаторов. Эта информация обычно отмечается в документации производителя. Для частот, генерируемых на гармониках, отличающихся от основной, соотношение емкостей C<sub>0</sub> и C<sub>1</sub> зависит от квадрата номера гармоники (см. формулы в нижней части рисунка 1). Обычно генерация на первой гармонике более устойчива и стабильна, чем на неосновных гармониках (чаще всего используется третья гармоника).



f<sub>s</sub> - частота последовательного резонанса  
f<sub>p</sub> - частота параллельного резонанса

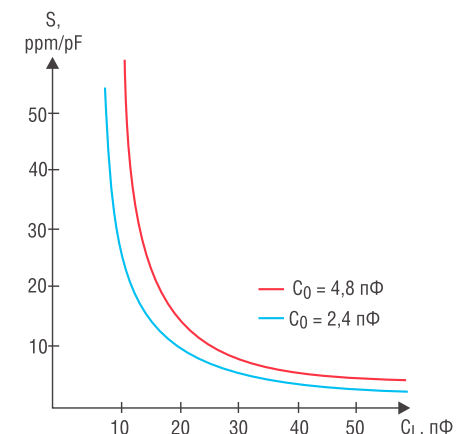
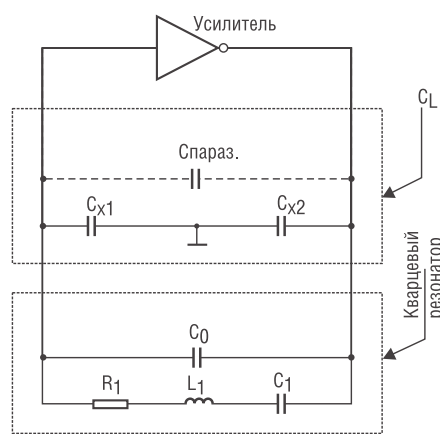


Рис. 2. Иллюстрация влияния емкости CL на резонансные частоты

Таблица 2. Кварцевые резонаторы фирмы Geyer Electronic для поверхностного монтажа

Серия	Диапазон доступных частот <sup>1</sup> , (МГц)	Диапазоны рабочих температур <sup>2</sup> , (°C)	Нестабильность частоты при 25°C, (ppm)	C <sub>L</sub> , (пФ)	R <sub>1</sub> , (Ом)	C <sub>0</sub> , (пФ)	Размеры, (мм)			
KX-327S	32,768 кГц	-20...70 (-40...85)	±30	12,5	50	2,0	8,7/3,8/2,5			
KX-327L			±20	12,5	65	0,8	7,0/1,5/1,4			
KX-327NT		-40...85	±30 (±20)	12,5 (7...9) <sup>3</sup>	50	2,0	3,2/1,2/0,95			
KX-327XS		-20...70 (-40...85)		12,5 (6...12,5) <sup>3</sup>	65	2,0	4,95/1,82/0,96			
KX-K	3,5...70,0	-20...70 (-40...85)	±30	16 (12...30) <sup>3</sup>	50...150	7,0	12,3/4,5/5,0			
KX-KS							12,3/4,5/3,2			
KX-MC	3,5...60,0	-20...70 -40...85 -40...105	±50	16 (12...20) <sup>3</sup>	50...120	7,0	13,0/4,7/4,1			
KX-CPB	3,5...70,0	-20...70 (-40...85)					13,0/4,73/4,3			
KX-CPBS			13,0/4,73/3,8							
KX-20	3,579545...25,0	-20...70 -40...85 -40...105	±30	16 (10...20) <sup>3</sup>	50...150	5,0	11,6/5,5/1,6			
KX-13	6,0...160,0						30...120	7,0/5,0/1,3		
KX-12A	8,0...150						±50	40...100	5,0	6,0/3,5/1,1
KX-12B	8,0...50,0						±30	40...80	7,0	6,5/3,5/1,2
KX-9A	8,0...300,0						±30 (±10...±50) <sup>3</sup>	30...100	5,0	5,0/3,2/0,85
KX-9B	8,0...50,0						±30	40...100		5,0/3,2/1,0
KX-8	12,0...60,0						±30 (±10...±50) <sup>3</sup>	16 (10...20) <sup>3</sup>	50...80	4,0/2,5/0,8
KX-7	12,0...60,0							16 (7...20) <sup>3</sup>	50...100	3,2/2,5/0,7
KX-6	16,0...80,0							10 (8...16) <sup>3</sup>	50...120	2,5/2,0/0,55
KX-5	20,0...80,0							8 (8...16) <sup>3</sup>	80...100	2,0/1,6/0,55

<sup>1, 2, 3</sup> – см. сноски для таблицы 1.

Таблица 3. Кварцевые генераторы Geyer Electronic для поверхностного монтажа

Серия	Диапазон доступных частот <sup>1</sup> , (МГц)	Диапазоны рабочих температур <sup>2</sup> , (°C)	Нестабильность частоты, (ppm)	Напряжение питания (В)	Емкость нагрузки, макс. (пФ)	Переключение выхода в третье состояние	Размеры корпуса, (мм)				
KXO-97	1,0...50,0	-20...70 -40...85	±50 (±100) <sup>4</sup>	5±10%	50	+	7,0/5,08/1,8				
	50,1...80,0				15...25						
	80,1...100,0				30						
KXO-V97	1,0...50,0			±50 (±100) <sup>4</sup>	3,3±10% <sup>5</sup>			3,3	20	+	5,0/3,2/1,0
	50,1...80,0								15		
	80,1...160,0								15		
KXO-V99	1,0...181,0			±50 (±100) <sup>4</sup>	3,3			2,5/3,0/3,3	15	+	3,2/2,5/1,2
KXO-V96	1,0...80										
KXO-V95	1,0...70,0										

<sup>1, 2</sup> – см. сноски для таблицы 1

<sup>4</sup> ±50 (±100) в скобках указано значение нестабильности для диапазона температур от -40 до 85°C

<sup>5</sup> доступны с напряжениями питания 1,8/2,5/3,0 В (с допуском ±10%)

В таблице 1 приведены параметры популярных серий кварцевых резонаторов компании Geyer Electronic для монтажа в отверстия, а в таблице 2 – наиболее популярные серии для поверхностного монтажа.

### КВАРЦЕВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ GEYER ELECTRONIC

Geyer Electronic выпускает кварцевые генераторы для тактирования цифровых схем. Кварцевый генератор – это кварцевый резонатор и схема автогенератора в одном корпусе. В последние годы все большую популярность при-

обретают кварцевые генераторы в миниатюрных корпусах для поверхностного монтажа. Их основные параметры сведены в таблицу 3.

Большинство современных микроконтроллеров и цифровых процессоров уже содержат встроенную схему автогенератора. Остается только подключить внешний кварцевый резонатор. Однако для многих приложений удобнее именно кварцевый генератор. В этом случае устройство получается компактнее и надежнее, а разработчику остается только правильно выбрать подходящий генератор. Расчет, изго-

товление и настройка собственной схемы кварцевого генератора для частот более 30...40 МГц требует определенных профессиональных знаний, опыта и специального оборудования. Даже на частотах до 30 МГц генератор, собранный на дискретных компонентах, часто запускается не на той частоте. Применение готового кварцевого генератора всегда гарантирует стабильный результат при меньшей занимаемой площади на печатной плате. Большинство серий кварцевых генераторов Geyer Electronic имеют вход для отключения выхода (перевода в третье состоя-

ние с большим выходным сопротивлением). Кварцевые генераторы широко применяют в портативных радиостанциях, в качестве опорных генераторов в GPS- или ГЛОНАСС-навигаторах, в системах точного измерения времени.

Компания также выпускает следующие типы кварцевых генераторов:

- кварцевые генераторы, управляемые напряжением (VCXO – Voltage Controlled Crystal Oscillator). Частоту такого генератора в определенных пределах можно изменить, подавая управляющее напряжение на соответствующий вход;

- термокомпенсированные кварцевые генераторы (TCXO – Temperature Compensated Crystal Oscillator). Эти генераторы имеют высокую температурную стабильность благодаря аналоговому или цифровому методу компенсации зависимости частоты от температуры. Термокомпенсированные кварцевые генераторы применяются в устройствах, где требуется быстрый выход на рабочий режим и повышенная стабильность частоты (радиолокационные станции, опорные генераторы мобильных и переносных радиопередающих устройств и т.п.);

- термокомпенсированные кварцевые генераторы, управляемые напряжением (VCTCXO – Voltage Controlled Temperature Compensated Crystal Oscillator). Возможность корректировки частоты внешним управляющим напряжением позволяет при необходимости еще больше повысить стабильность генерируемой частоты. Генераторы, управляемые напряжением применяются в системах фазовой автоматической подстройки частоты (ФАПЧ), частотной модуляции (ЧМ), импульсно-кодовой модуляции (ИКМ).

Для многих разработчиков могут представлять интерес ке-

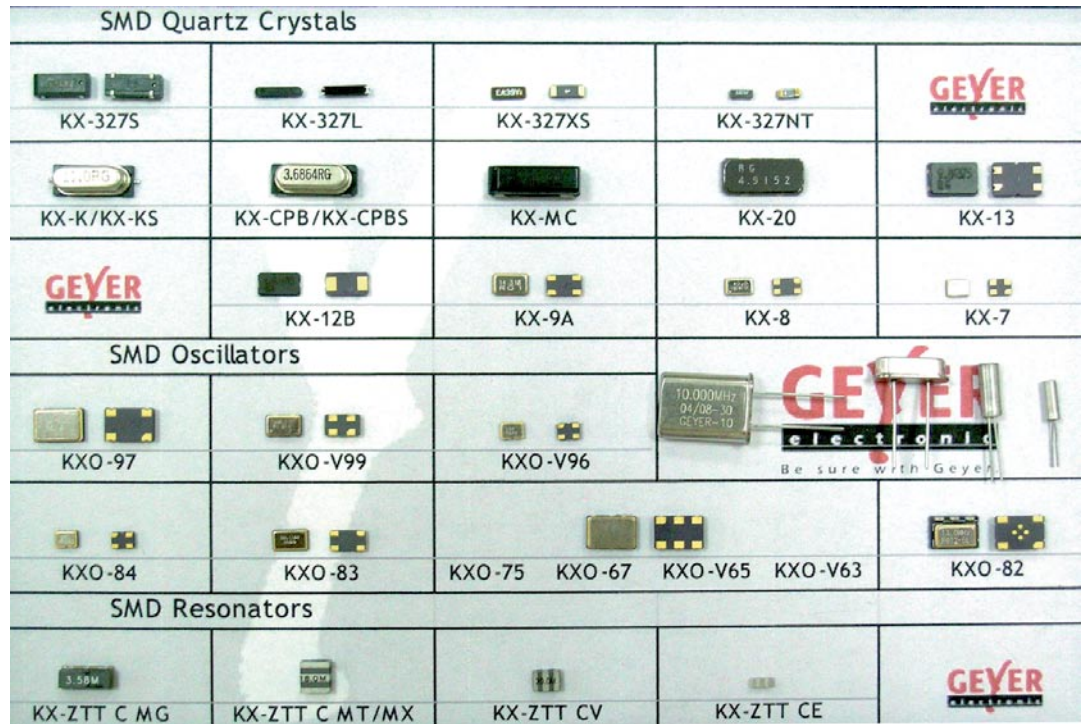


Рис. 3. Внешний вид некоторых серий кварцевых резонаторов, кварцевых генераторов и керамических резонаторов для поверхностного монтажа Geyer Electronic

рамические резонаторы Geyer Electronic серий KX-ZTT, KX-ZTA, KX-XTB.

С помощью рисунка 3 можно легко сравнить габаритные размеры разных серий кварцевых резонаторов, генераторов и керамических резонаторов Geyer Electronic.

### КАК ЗАКАЗАТЬ КВАРЦЕВЫЙ РЕЗОНАТОР С ТРЕБУЕМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ?

*Выбор со склада:*

На складе компании КОМПЭЛ в широком ассортименте поддерживаются кварцевые резонаторы и генераторы различных серий на различные частоты со стандартными значениями нестабильности частоты и нагрузочной емкости (Cl).

Набрав в окне поиска на сайте [www.compel.ru](http://www.compel.ru) (правый верхний угол страницы) наименование интересующей Вас серии кварцевого резонатора, Вы увидите список всех ее компонентов, которые поддерживаются на складе в данный момент.

Пример: **KX-КТ 13.56 МГц**

*Поставка на заказ:*

Если компонент требуемой серии с необходимыми значениями частоты и ее отклонения, на-

грузочной емкости и диапазоном рабочих температур отсутствует на складе, составьте и отправьте Вашему менеджеру запрос, руководствуясь примерами ниже:

- Пример запроса кварцевого резонатора серии KX-9A на стандартную частоту 25 МГц со стандартным отклонением  $\pm 30$  ppm, стандартной емкостью нагрузки 16 пф и диапазон рабочих температур  $-20...70^{\circ}\text{C}$ : **KX-9A 25.0 МГц;**

- Пример запроса кварцевого резонатора серии KX-9A на нестандартную частоту 26,3 МГц с нестандартным отклонением  $\pm 10$  ppm, с нестандартной емкостью нагрузки 12 пф и диапазоном рабочих температур  $-40...85^{\circ}\text{C}$ : **KX-9AT 26,3 МГц 12 pF 10 ppm.**

Подробную информацию о продукции Geyer Electronic можно найти на сайте: [www.geyer-electronic.com](http://www.geyer-electronic.com) в разделе Frequency Control Products.

По вопросам получения технической информации, заказа образцов и поставки обращайтесь в компанию КОМПЭЛ.

E-mail: [passiv.vesti@compel.ru](mailto:passiv.vesti@compel.ru).