

# РЕЗОНАТОРЫ КОМПАНИИ АВРАСОН

**СЕРГЕЙ БАРИНОВ**, инженер

*Компания Abracon не очень хорошо известна на российском рынке. В этом кратком обзоре мы буквально в двух словах представим Abracon, рассмотрим кварцевые и керамические резонаторы ее производства.*

Компания Abracon появилась на рынке относительно недавно – в 1992 г. Ее штаб-квартира находится в США (шт. Калифорния), а офисы компании можно найти также в Европе и Азии. Продуктовая линейка компании довольно разнообразна и состоит из трех основных групп:

1. Компоненты времязадающих цепочек и систем синхронизации.
2. РЧ-компоненты и разъемы.
3. Пассивные компоненты для силовых цепей и помехоподавления.

В настоящей статье рассматриваются компоненты из первой группы – кварцевые и керамические резонаторы. В керамических резонаторах вместо кварца применяется недорогая пьезокерамика. Такие резонаторы используются в приложениях, где не требуется очень высокая точность и стабильность частоты. Эквивалентная схема резонатора показана на рисунке 1.

Перечислим основные параметры кварцевых резонаторов, которые следует учитывать при выборе.

- Рабочая частота. Обычно указываются от двух до пяти значащих цифр после запятой.
- Режим работы (operation mode). Указывается диапазон частот при работе на основной (fundamental) частоте или 3-й (3rd overtone) гармонике.
- Диапазон рабочей температуры. Этот параметр резонаторов Abracon находится в пределах: –55...125; –40...125; –40...85; –20...70 или 0–70°C.
- Отклонение частоты от номинального значения. Измеряется в ppm при 25°C.
- Стабильность частоты. Измеряется в ppm при 25°C.
- Эквивалентное последовательное сопротивление (ESR).
- Нагрузочная емкость ( $C_L$ ).
- Шунтирующая емкость ( $C_0$ ).
- Старение. Измеряется в ppm.

Для получения устойчивых колебаний с логическими уровнями КМОП используется генератор Пирса; его схема показана на рисунке 2. В левой части рисунка представлена электрическая схема генератора, а в правой – эквивалентная схема кристалла с учетом всех емкостей.

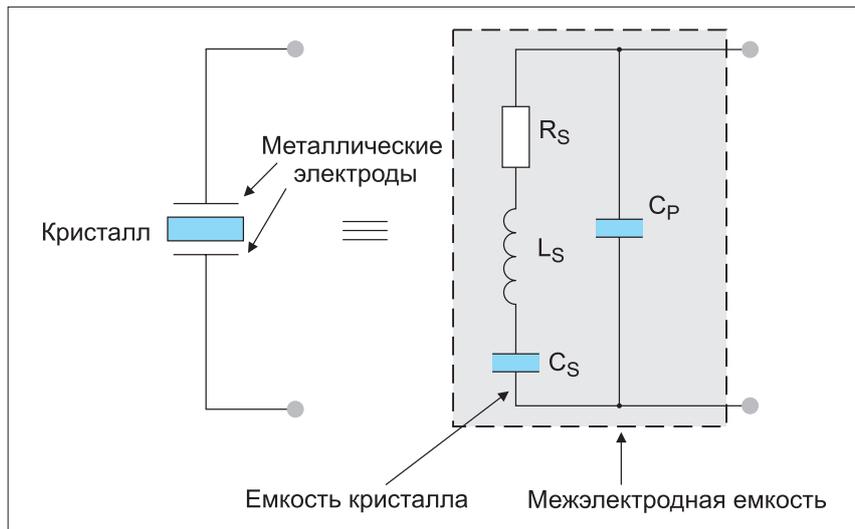


Рис. 1. Эквивалентная схема резонатора

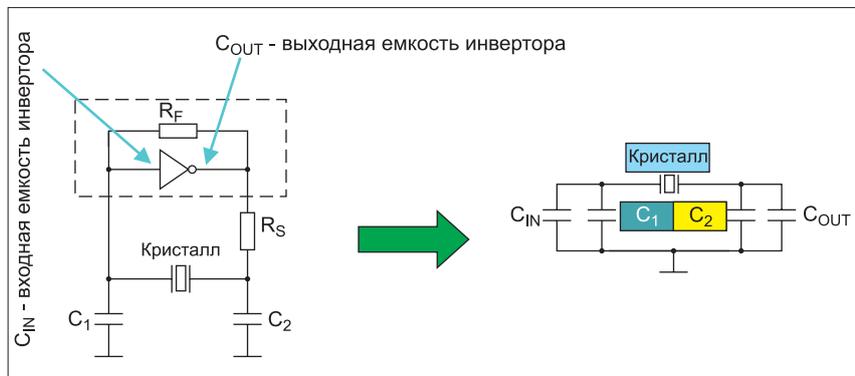


Рис. 2. Генератор Пирса

Из этой схемы можно вычислить нагрузочную емкость ( $C_L$ ), которая указывается в документации изготовителя:

$$C_L = \frac{(C_{IN} + C_1) \cdot (C_2 + C_{OUT})}{C_{IN} + C_1 + C_2 + C_{OUT}} + C_{PCB},$$

где  $C_{IN}$  – входная емкость КМОП-инвертора (см. рис. 2);  $C_{OUT}$  – выходная емкость КМОП-инвертора;  $C_{PCB}$  – емкость проводников печатной платы.

При использовании резонатора совместно с микроконтроллером, СМК, микросхемами генераторов и т. д. следует учесть, что инвертор генератора Пирса встроен в эти микросхемы, и беспокоиться не о чем. Однако в случае, когда требуется автономный генератор Пирса, необходимо очень внимательно относиться к выбору инвертора. Его

трансимпедансный коэффициент передачи  $G$  должен быть выше минимального критического уровня  $G_{CRIT}$ , который определяется следующим соотношением:

$$G_{CRIT} = 4\omega^2 ESR \cdot (C_0 + C_L)^2.$$

Если соотношение  $G > G_{CRIT}$  не выполняется, работа генератора Пирса является неустойчивой. Поскольку чем ниже трансимпедансный коэффициент передачи, не следует выбирать микросхемы с пониженным энергопотреблением. Кроме того, необходимо учитывать изменение сопротивления ESR в зависимости от температуры. В качестве примера на рисунке 3 показана зависимость ESR резонаторов

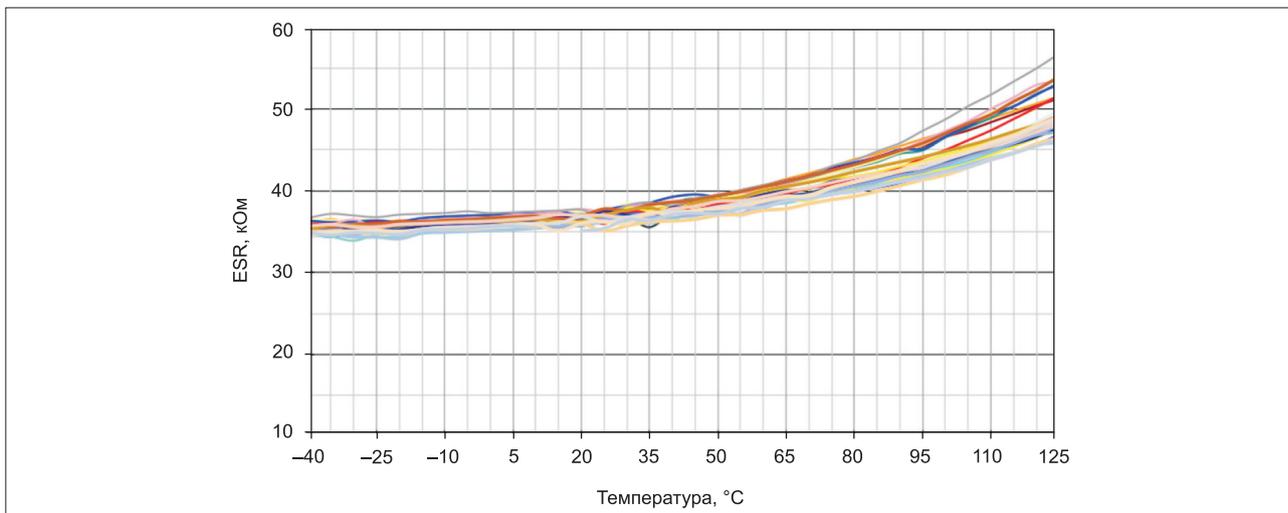


Рис. 3. Температурная зависимость ESR резонаторов разных модификаций семейства ABS 07W

семейства ABS 07W разных модификаций от температуры. Желательно, чтобы для запаса по усилению выполнялось неравенство:

$$K = (G/G_{CRIT}) > 5.$$

Краткий обзор резонаторов компании Abracon начнем с резонаторов семейства с частотой 32,768 кГц. Поскольку резонаторы с этой частотой используются в часах/календарях реального времени в микроконтроллерах, СпК, ASIC иногда в просторечье эти резонаторы называют «часовым» кварцем. Все резонаторы с частотой 32,768 кГц по стабильности частоты в Abracon разделяют на три группы – с высокой, типовой и низкой стабильностью.

На рисунке 4 представлен график отклонения от номинальной частоты в функции температуры для всех перечисленных групп.

Резонатор ABS 07, который производится во влагозащищенном корпусе, не чувствителен к изменению влажности окружающей среды. Приведем основные параметры этого резонатора:

- частота: 32,768 кГц;
- отклонение частоты от номинального значения: ±10; ±20; ±30 ppm в зависимости от модификации;
- температурный коэффициент: -0,036 ppm/T<sup>2</sup>;
- диапазон рабочей температуры: -55...125; -40...125 или -40...85°C в зависимости от модификации;
- мощность «раскачки»: 0,1 мкВт;
- размер: 3,2×1,5×0,9 или 3,2×1,5×0,65 мм в зависимости от модификации.

Упомянем еще резонаторы семейства ABS 25. Их основная частота также составляет 32,768 кГц, но они могут работать в диапазоне частот 30–100 кГц. У них только один диапазон рабочей темпе-

ратуры: -40...85°. Их размеры больше, чем у резонаторов ABS 07, и составляют 3,8×8,4×2,5 мм. Соответственно, им требуется большая мощность для раскачки (1 мкВт). Таким образом, стоимость этих резонаторов почти в два раза ниже стоимости резонаторов ABS 07. Мы сравнили эти два резонатора, чтобы показать наличие в производственной линейке компании изделий одинакового назначения, но разной ценовой категории, что обеспечивает оптимальный выбор для конкретного проекта.

Если требуется получить более высокие частоты, можно обратиться, например, к семейству кварцевых резонаторов ABLS. В нем имеются резонаторы с разной стабильностью и разными

диапазонами рабочей температуры и, следовательно, с разной ценой. Их основные параметры:

- частота на основной гармонике: 3,579545–24 МГц;
- частота на 3-й гармонике: 24,01–75,00 МГц;
- отклонение частоты от номинального значения: выбирается из ряда ±5... ±30 ppm в зависимости от модификации;
- стабильность частоты: выбирается из ряда ±10... ±150 ppm в зависимости от модификации;
- диапазон рабочей температуры: выбирается из ряда от -10...60 до -55...125°C в зависимости от модификации;

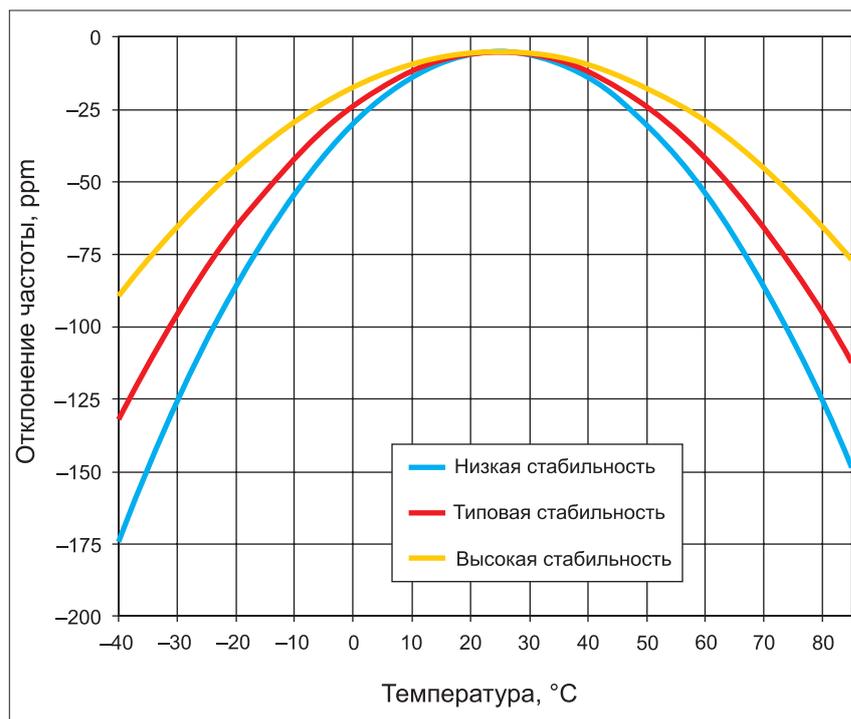


Рис. 4. Отклонения от номинальной частоты в зависимости от температуры резонаторов разных групп стабильности

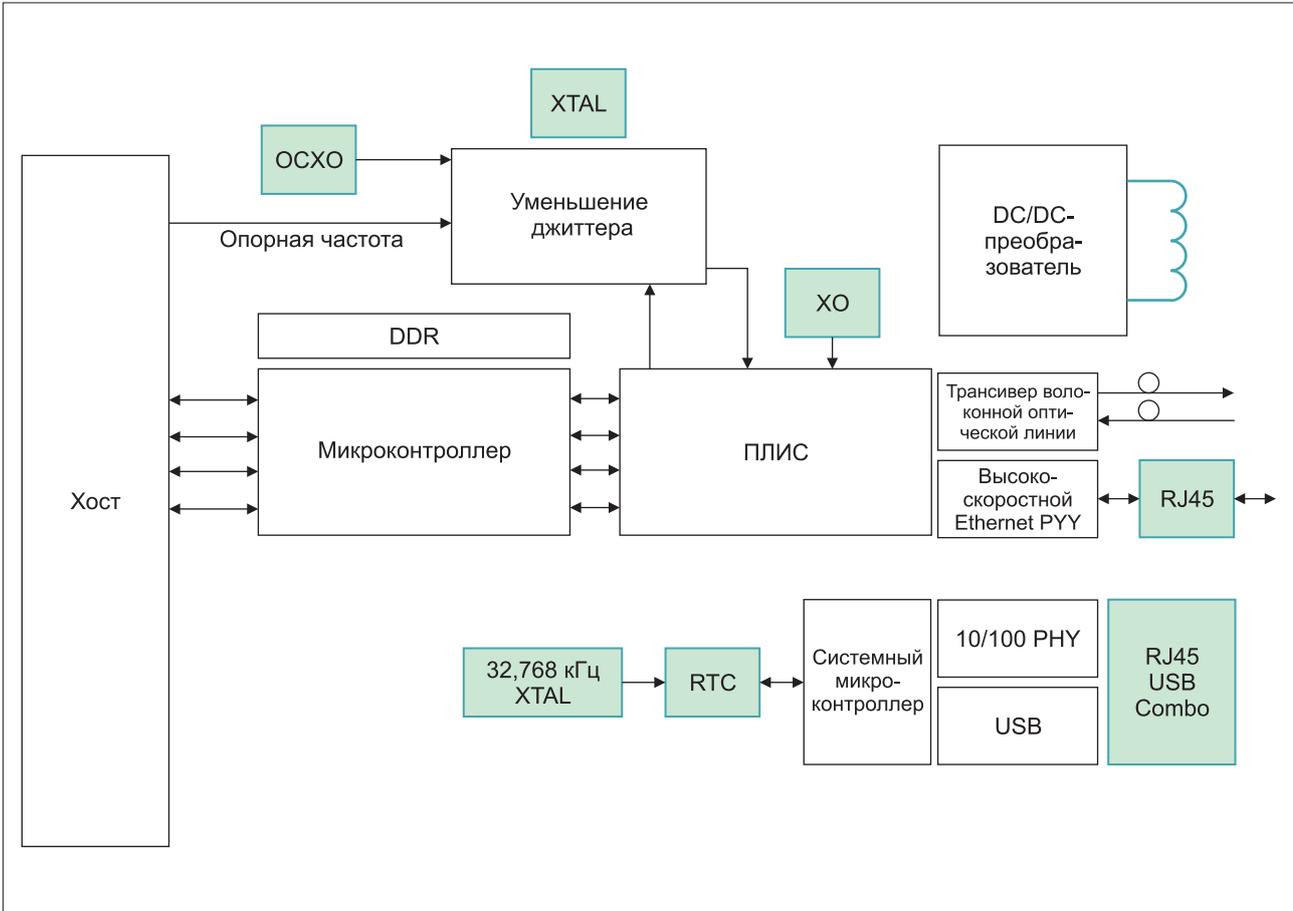


Рис. 5. Функциональная схема сети для передачи данных со скоростью в диапазоне 32–56 Гбит/с

- мощность «раскачки»: 1–500 мкВт;
- размер: 12,5×4,7×4,2 мм.

Для сравнения с кварцевым резонатором ABLS приведем основные параметры керамического резонатора ABM7 примерно с таким же общим частотным диапазоном:

- частота на основной гармонике: 8–39,999999 МГц;
- частота на 3-й гармонике: 40,00–80,00 МГц;
- отклонение частоты от номинального значения: выбирается из ряда  $\pm 10 \dots \pm 30$  ppm в зависимости от модификации;
- стабильность частоты: выбирается из ряда  $\pm 10 \dots \pm 100$  ppm в зависимости от модификации;
- диапазон рабочей температуры: выбирается из ряда от 0...70 до –40...85°C в зависимости от модификации;
- расширенный диапазон рабочей температуры (только для стабильности частоты  $\pm 100$  ppm): выбирается из ряда от –40...85 до –55...125°C;
- мощность «раскачки»: 10–100 мкВт;
- размер: 6,0×3,5×1,4 мм.

Как видно из этого сравнения, если не требуется высокая стабильность частоты в расширенном диапазоне температур,

Таблица. Компоненты компании Abrason для высокоскоростных сетей

Функциональное назначение	Наименование	Краткое описание
резонатор XO с очень малым джиттером	серия AX7 ClearClock	осциллятор с фазовым джиттером 117 фс, диапазон частот: 50–2100 МГц
разъем RJ45	серия ARJM11	поддерживает стандарты 2.5GBase-T и 5GBase-T emerging, а также стандарт 10/100/1000GBase-T
OCXO	серия АОСЮ6	высокоточный осциллятор, отлично подходит для удержания фиксированной частоты
XTAL для модуля аттенуатора джиттера	серия ABM8-116-114.285MHZ-T	для аттенуаторов джиттера необходим высокочастотный кристалл с низким фазовым шумом; этот кристалл подходит для широко используемых аттенуаторов Si5326 и Si53xx
XO	серии ABLJO, ASFLMX, ASVMX	XO с очень малым фазовым джиттером 50–200 фс и частотой до 850 МГц
RTC	серии АВx8x5 и АВ-RTC	часы реального времени с низким энергопотреблением (не более 22 нА)
32,768-кГц XTAL	серия ABS06	генератор в компактном корпусе 2,0×1,2 мм с гарантированно малым ESR для схем тактирования микроконтроллера

вместо кварцевого резонатора вполне можно использовать керамический меньшего размера. Мы упомянули лишь малую толику резонаторов производства компании Abrason – в ее производственной линейке гораздо больше компонентов. В ней представлены не только резонаторы, но и осцилляторы, а также другие компоненты времязадающих систем.

В заключение нашего краткого обзора приведем рисунок 5, на котором

показана функциональная схема сети для передачи данных со скоростью 32–56 Гбит/с. При таких скоростях передачи повышаются требования ко всем компонентам сети и, в первую очередь, к времязадающим цепям. Цветом на рисунке 5 выделены компоненты компании Abrason, которые могут использоваться в подобных сетях, а в таблице приведены краткие описания этих компонентов. ▬