

КАМЕРТОН МУЗЫКАНТА И ПЕВЦА

В. БАННИКОВ, г. Москва

Электронный аналог традиционного камертона частотой 440 Гц сегодня можно сделать почти столь же портативным, как и его механический предшественник. А вот по точности частоты и громкости звучания электронный камертон значительно превосходит свой аналог.

Созданный в начале XVIII века английским музыкантом Дж. Шором камертон воспроизводил ноту «ля» первой октавы частотой 419,9 Гц. Между тем в знаменитом Миланском оперном театре «Ла Скала» камертон звучал с частотой 451,5 Гц, в Лондонской опере — 455 Гц, а в Петербурге — 436 Гц (так называемый «петербургский камертон»). Теперь же международным стандартом для этой ноты узаконено значение 440 Гц, которое и является образцовым для всего музыкального звукоряда.

Чтобы стабилизировать частоту электронного камертона, потребуется кварцевый резонатор. Из миниатюрных наиболее доступен «часовой» резонатор частотой 32 768 Гц. Однако такая частота для камертона слишком низкая, а потому сначала ее необходимо удвоить. Полученное значение 65 536 Гц достаточно поделить на 149, чтобы получить частоту 439,8 Гц. Она почти совпадает со значением 440 Гц, поскольку погрешность ее воспроизведения составляет всего 0,04 %, что более чем достаточно для практических целей.

Схема камертона, построенного по такому принципу, показана на рис. 1. На микросхеме DD1, резисторах R1, R2, конденсаторах C1, C2 и кварцевом резонаторе ZQ1 выполнен задающий генератор (см. статью С. Алексеева «Применение микросхем серии К176» в «Радио», 1984, № 4), причем задействована лишь генераторная часть микросхемы К176ИЕ5. На ее выходе (выводы 11 и 12) формируются взаимно противофазные прямоугольные импульсы частотой 32 768 Гц. Через разделительные конденсаторы C3 и C4 они подаются на диодный мост VD1—VD4, нагрузкой которого служит резистор R3. Поскольку постоянная времени дифференцирующих цепей C3R3 и C4R3 выбрана равной 10 мкс, по фронту каждого положительного импульса на резисторе R3 формируется импульс длительностью около 8 мкс. Таким образом, на выходе диодного моста

частота импульсов увеличивается вдвое — до 65 536 Гц.

Импульсы удвоенной частоты подаются на вход CN двоичного счетчика DD2.1, который совместно со счетчиком DD2.2, диодами VD5—VD7, резистором R4 и логическими элементами DD3.1—DD3.3 образует делитель частоты на 149. Диоды и элемент DD3.1 дешифрируют это число. Поэтому, пока состояние 8-разрядного двоичного счетчика соответствует числу меньше 149, на выходе элемента DD3.1 присутствует высокий уровень. Следовательно, триггер на элементах DD3.2 и DD3.3 установлен (по нижнему на схеме входу элемента DD3.3) в состояние, при котором на выходе элемента DD3.2 напряжение низкого уровня, а на выходе DD3.3 — высокого. Но как только состояние 8-разрядного счетчика станет соответствовать числу 149, на выходе элемента DD3.1 появится низкий уровень, переключаящий триггер в противоположное состояние. Ранее заряженный конденсатор C7 разрядится через выходную цепь элемента DD3.2 и входную — DD3.4.

Поскольку установочный вход R счетчиков DD2.1 и DD2.2 напрямую соединен с выходом элемента DD3.2, каждый раз после появления на этом выходе напряжения высокого уровня триггеры 8-разрядного счетчика будут установлены в нулевое состояние. Из-за этого на выходе элемента DD3.1 появится напряжение высокого уровня, и примерно через 8 мкс после этого триггер возвращается в первоначальное состояние. В дальнейшем описанный процесс циклически повторяется, в результате чего на выходе элемента DD3.2 с частотой 440 Гц появляется импульс длительностью 8 мкс.

Как только этот импульс заканчивается, разряженный конденсатор C7 вновь заряжается через резистор R5. На выходе элемента DD3.4 формируются импульсы, открывающие транзистор VT1 на время

около 0,6 мс, что соответствует примерно одной четверти от периода повторения импульсов при частоте 440 Гц. Поэтому, во-первых, транзистор VT1 работает в экономичном переключательном режиме, когда он закрыт в течение 75 % общего времени; во-вторых, спектр колебаний, воспроизводимых пьезоэлектрическим излучателем HA1, в значительной степени обогащен высокочастотными гармониками, а потому звук камертона хорошо различим даже на фоне окружающего шума.

Однако при необходимости камертон можно подключить и к входу звукоусилительной аппаратуры, снимая сигнал ЗЧ с низкоомного резистора R7 через разделительный конденсатор C8, благодаря чему уровень фона переменного тока будет весьма небольшим.

От источника напряжением 9 В камертон в среднем потребляет менее 2 мА, поэтому достаточно питать его от батареи «Крона», 5...8 элементов 316 или аккумуляторной батареи, например, 7Д-0,115. Включать камертон целесообразно обычной замыкающей кнопкой с самовозвратом (на рис. 1 она, как и батарея, не показана), выполняющей функцию выключателя питания. Диод VD8 препятствует случайной подаче на устройство напряжения обратной полярности. Блокировочные конденсаторы C5 и C6 служат для устранения в цепи питания высокочастотных и низкочастотных пульсаций напряжения.

Но музыканты применяют не только камертон частотой 440 Гц. Например, оперные певцы и хоровые дирижеры пользуются камертоном, воспроизводящим ноту «до» второй октавы (частотой около 523,3 Гц). Чтобы из частоты 65 536 Гц получить необходимую, следует поделить ее на 125. Тогда будет сформирована частота 524,3 Гц, которая почти (с погрешностью 0,2 %) соответствует ноте «до» 2-й октавы, что вполне приемлемо для пения.

Такой вариант электронного камертона содержит тот же задающий генератор, аналогичный удвоитель частоты и делитель, собранный на счетчиках DD2.1, DD2.2, элементах DD3.1—DD3.3, резисторе R4 и диодах VD5—VD9.

Отличающаяся часть схемы показана на рис. 2. По принципу действия камертон почти такой же, как и описанный выше. Разница состоит лишь в том, что с помощью диодов VD5—VD9 и элемента DD3.1 дешифрируется число 125. Именно поэтому здесь коэффициент деления частоты 65 536 Гц равен 125, а на выходе элемента DD3.2 с частотой 524,3 Гц возникает импульс длительностью около 8 мкс. Он разряжает конденсатор C7 так, что на выходе элемента DD3.4 с той же частотой образуются импульсы длительностью 0,5 мс, также равные приблизительно четверти от периода повторения. В остальном же работа этого камертона ничем не отличается от предыдущего. Одинаков и потребляемый ими ток.

Если такой камертон дополнить строенным двухпозиционным переключателем, отключающим катод трех диодов (VD6, VD7, VD9) от выхода 8 счетчика DD2.1 и выхода 2 и 4 счетчика DD2.2 и одновременно подключающим катод одного из этих диодов

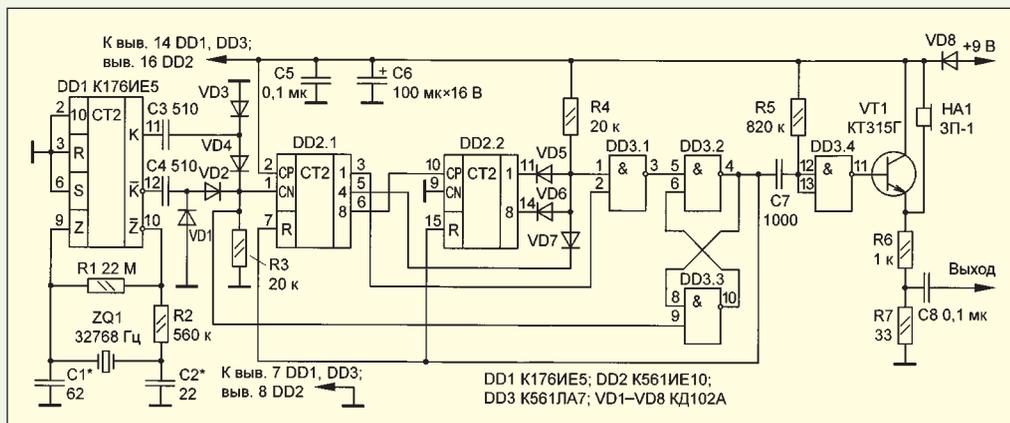


Рис. 1