

# Простая демонстрационная модель терменвокса

*Горожанин Д.Б., Панкова А.С., Шаров Л.В.*

Центр Детского творчества Шуйского муниципального района,

МОУ «Колобовская средняя школа»

Руководитель: *Пронин А.А.*, преподаватель Центра Детского творчества Шуйского муниципального района, учитель физики МОУ «Колобовская средняя школа, к.п.н, доцент.

## Введение

Однажды «путешествуя» по просторам интернета мы обнаружили исполнение музыкального произведения на каком-то очень необычном инструменте. У этого инструмента не было ничего такого, что соответствовало бы всем известным музыкальным инструментам (клавиатура, гриф и т.п.). Исполнитель просто в пространстве около антенн производил какие-то манипуляции руками и пальцами, и при этом звучала необычная музыка.

Оказалось, это было звучание первого в истории человечества электромузыкального инструмента («терменвокса»), о котором современные ученики, да и взрослые люди практически ничего не знают. Большинство считают, что мир «электромузыки» начался в конце 50-х начале 60-х годов, когда на свет появились первые электрогитары и электроорганы. Но, оказывается, все произошло гораздо раньше.

Первый электромузыкальный инструмент был изобретен нашим соотечественником советским ученым, инженером-физиком Л. С. Терменом еще в 1920 году. Этот электромузыкальный инструмент позднее стал называться «терменвокс» из сочетания фамилии изобретателя Термена и слова «воке» - искаженного от английского voice, что в переводе означает «голос» (голос Термена).

Как и многие другие гениальные открытия и изобретения этот электромузыкальный инструмент был создан по счастливой случайности, когда Л.С. Термен занимался совсем другой научной проблемой.

Проводя опыты с прибором по исследованию зависимости диэлектрической постоянной газов от давления и температуры, он обнаружил «влияние руки на распределение электрического поля».[3] Это явление и было положено в основу действия первого электромузыкального инструмента, который он назвал «эфирофон» (волны эфира). В 1921 году изобретатель представил свой музыкальный инструмент на VIII Всероссийском электротехническом съезде. Современники Л. С. Термена высоко оценили его изобретение и то необычное звучание, которое было не подвластно всем известным музыкальным инструментам.

В 2021 году исполняется 100 - летие первой демонстрации терменвокса, оригинального инструмента, который используется многими музыкальными коллективами всего мира и сейчас и ,наверное, является весьма актуальным для школьников и знакомство с самим изобретателем, и с его инструментом.

Поэтому основной целью нашей работы явилось создание простейшей действующей демонстрационной модели терменвокса, используя которую можно не только познакомиться с принципом его работы, но и с своеобразным реальным звучание самого инструмента.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Познакомиться с принципом работы терменвокса.
2. Проанализировать, имеющиеся в радиолюбительской практике возможные варианты создания этого инструмента, с использованием доступной элементной базы.
3. Подобрать схему простейшего терменвокса и сконструировать на ее основе законченную конструкцию, пригодную для демонстрационных целей.

### **1. Принцип работы терменвокса**

Для измерения значений диэлектрической постоянной газов при различных давлениях и температурах Л. Термен использовал прибор, который представлял собой генератор электрических колебаний на катодной лампе.

Испытуемый газ помещался в пространство между металлическими пластинами конденсатора колебательного контура («генератора переменной частоты»). При этом, изменение температуры или давления газа между обкладками конденсатора влияло на его емкость и следовательно на частоту электрических колебаний. В процессе работы над повышением чувствительности установки возникла идея объединения генератора с таким контуром с другим, в котором емкость конденсатора не изменялась бы, и который давал бы колебания определённой неизменной частоты. Сигналы от обоих генераторов подавались на катодное реле, на выходе которого формировался сигнал с разностной частотой («биения»). По частоте этих биений и производились расчеты диэлектрической постоянной.

Оказалось, что если разностная частота попадала в звуковой диапазон, то сигнал можно было принимать на слух, а при внешнем непрерывном воздействии (например, нагревании диэлектрика конденсатора) частота непрерывно изменялась давая красивое звучание. Экспериментируя с таким устройством и возникла идея использовать этот прибор в качестве музыкального инструмента.

Для изменения частоты колебаний одного из генераторов этого устройства к пластинам конденсатора колебательного контура позже была припаяна антенна. Получился сверхчувствительный аппарат, который мгновенно реагировал на ничтожные изменения ёмкости колебательного контура, менявшейся даже от положения руки относительно антенн прибора, изменяя тем самым плавно частоту излучаемого звука.

## **2. Схема простого транзисторного терменвокса**

Изучение радиолюбительской литературы и источников сети INTERNET позволило найти несколько вариантов создания этого устройства, на различной элементной базе (радиолампы, транзисторы, микросхемы). [4;6;7]

Однако, как оказалось, разработчики таких устройств, в первую очередь, пытаются создать инструмент с максимальной возможностью для реального (концертного) исполнения музыкальных произведений. Поэтому эти устройства

представляют собой достаточно сложные технические решения, схема которых не дает наглядного представления о структуре и принципе работы этого устройства, и назначении его отдельных узлов и элементов.

Для создания прибора наглядно демонстрирующего структуру и принцип работы терменвокса оказалась наиболее приемлемой схема на транзисторах рис 1., опубликованная еще в 1975 году в журнале «Юный техник», которую мы и взяли за основу создания нашего простейшего демонстрационного терменвокса. [2]

Эта схема в полной мере соответствует структуре классического терменвокса самого изобретателя. В ней визуально можно выделить два одинаковых генератора, которые составляют основу терменвокса.

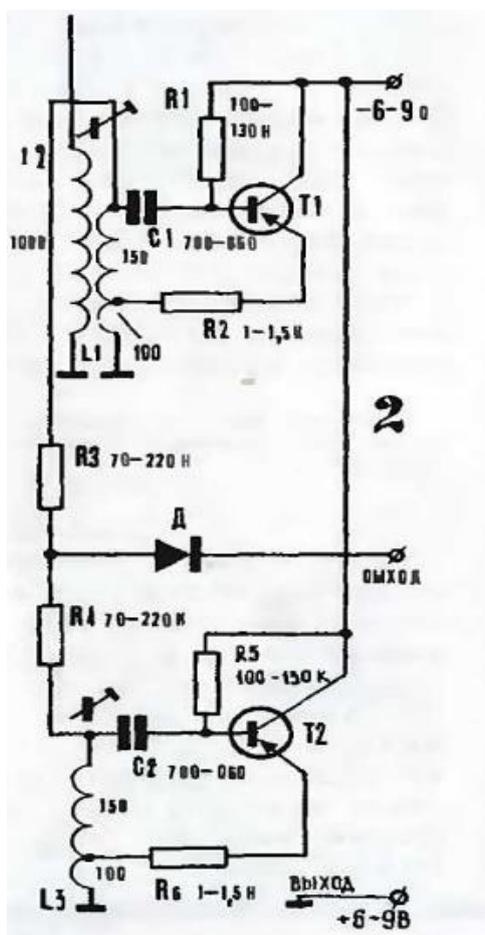


Рис.1. Упрощенная схема терменвокса.

Основные блоки схемы терменвокса: генератор опорной частоты на транзисторе T<sub>2</sub>; генератор переменной частоты на транзисторе T<sub>1</sub>; детектор-смеситель, роль которого выполняет полупроводниковый диод Д.

Генератор переменной частоты управляется изменением расстояния между рукой исполнителя и штырем-антенной, которая подключена к специальной катушке генератора  $L_2$  (использование такой дополнительной отдельной катушки значительно увеличивает чувствительность терменвокса). Между обмотками этого генератора  $L_1$  и  $L_2$  имеется индуктивная связь (они должны быть намотаны на одном каркасе). Обмотка  $L_1$  должна иметь в несколько раз больше витков чем  $L_2$ , тогда при малейшем изменении расстояния между рукой и антенной или просто при шевелении пальцев будет происходить заметное изменение частоты генератора переменной частоты.

Конкретные номиналы деталей необходимых для сборки устройства показаны на схеме, а количество витков в катушках и специфика настройки данного устройства рассмотрена в работе [2].

Достоинством данной схемы терменвокса оказалось то, что он не критичен к подбору элементов схемы, допускает различное конструктивное исполнение катушек генераторов и сохраняет работоспособность при напряжении питания от 3 до 12 В. Однако, как показал наш опыт по изготовлению данного терменвокса, для получения большей амплитуды выходного сигнала и его стабильной работы необходимо использовать два одинаковых транзистора с большим (одинаковым) коэффициентом усиления и напряжение питания не менее 9 В.

Желаемый окрас (тембр) в работе данного терменвокса определяется емкостью конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$ , но в небольшом интервале его можно изменять подбором номиналов резисторов  $R_2$  и  $R_6$ .

Для настройки терменвокса необходимо «согласовать» частоту обоих генераторов. Для этого "...вращая регулировочный винт (сердечник) катушки индуктивности одного из генераторов, нужно добиться появления сначала высокого, а затем низкого тона в громкоговорителе усилителя. При дальнейшем вращении звук должен пропасть» [2].

Практика показала, что если при первой попытке это не получится, то необходимо предварительно установить положение сердечников в катушках

примерно одинаковым. В дальнейшей настройке, если это будет необходимо, можно попытаться вращать сердечники обеих катушек в небольших пределах.

При правильной настройке зона нулевой частоты будет на расстоянии руки в 40-100 мм от штыря антенны. Если теперь поднести руку к антенне, то вновь будет слышен звук, частота которого будет пропорциональна расстоянию между рукой и штырем. (При удалении руки звук будет повышаться, при приближении наоборот - понижаться). Если плавно водить рукой, то будет слышно и плавное изменение частоты звука. Также своеобразное звучание возникает и при шевелении пальцев без изменения расстояния руки до антенны.

### 3. Устройство демонстрационного терменвокса

Демонстрационный терменвокс собран в колонке от проигрывателя «Аккорд» с использованием ее штатного громкоговорителя. Внешний вид и устройство терменвокса показаны на рис.2.

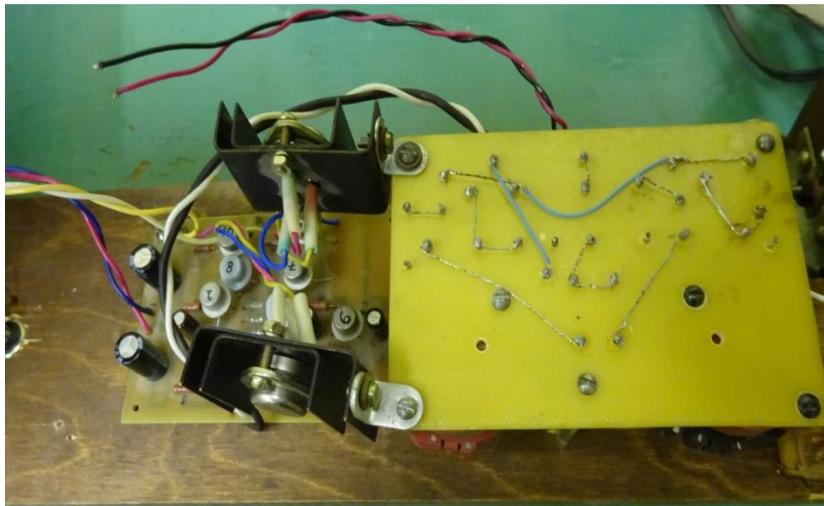


Рис.2. Внешний вид и устройство демонстрационного терменвокса.

Схема, собственно терменвокса, смонтирована на плате из стеклотекстолита, с впрессованными в неё контактными штырьками, к которым припаиваются все элементы схемы. На этой же плате установлены две индукционные катушки ( $L_1$ ,  $L_2$ ) и  $L_3$ , для изготовления которых использованы катушки трансформаторов с ферритовым сердечником от проигрывателя «Лидер 306», рис.3. Ферритовые сердечники в этих катушках закреплены в

алюминиевой головке, что обеспечивает их удобную подстройку с помощью немагнитной отвертки.

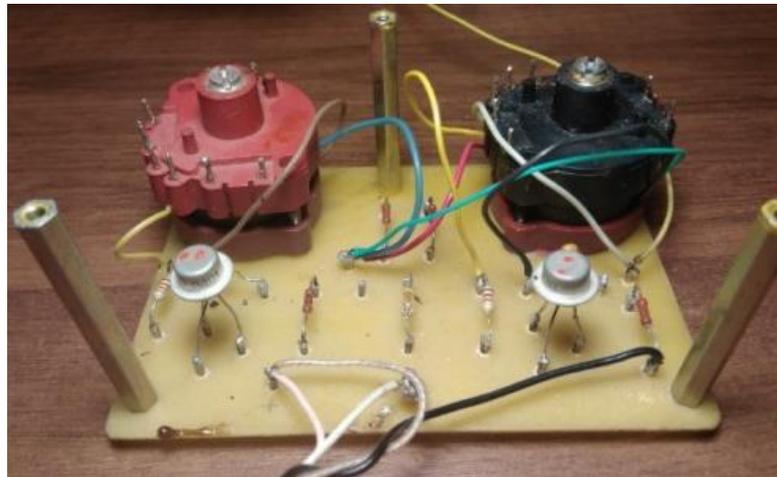


Рис.3. Монтажная плата терменвокса.

Для создания демонстрационного устройства к терменвоксу должен быть подключен усилитель низкой частоты. К сожалению, выходное напряжение самого терменвокса оказалось достаточно мало и для работы с ним не пригодны обычные усилители мощности. Наиболее приемлемым вариантом оказался простой усилитель низкой частоты для электрогитары на германиевых транзисторах, имеющий чувствительность порядка 10 мВ и выходную мощность до 10 Вт, рис.4. [1] Однако, габариты его печатной платы, предложенные автором не позволили установить его в корпус терменвокса. Поэтому была разработана печатная плата уменьшенного размера, на которой и смонтированы все элементы усилителя, за исключением выходных транзисторов. (Выходные транзисторы установлены на небольшие радиаторы охлаждения и крепятся вне платы усилителя).

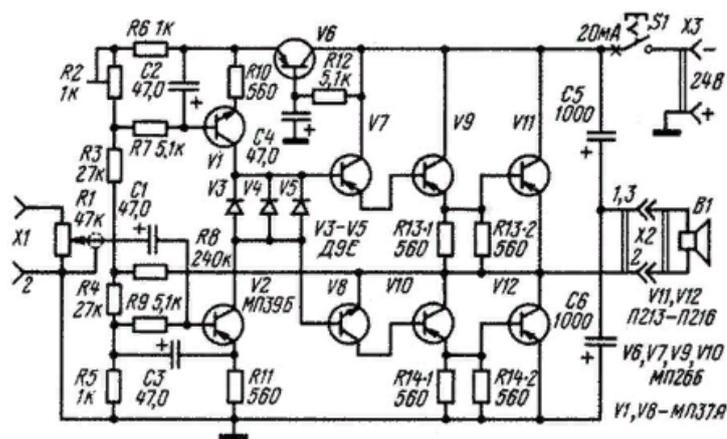


Рис. 4 Схема усилителя низкой частоты терменвокса.

На входе этого усилителя установлен переменный резистор, выполняющий роль регулятора громкости, которым можно пользоваться во время работы с терменвоксом. Этот резистор закреплен на боковой стенке корпуса терменвокса (для праворуких с левой стороны).

Плата самого терменвокса крепится к боковой стенке, с помощью трех специальных стоек. В корпусе с на против сердечников катушек индуктивности просверлены отверстия, через которые с помощью диэлектрической отвертки, можно легко производить подстройку контуров.

В верхней части корпуса установлена телескопическая антенна и общий выключатель питания. В дальнейшем на корпусе терменвокса было установлено гнездо для подключения внешнего усилителя низкой частоты и переключатель, обеспечивающий работу либо с встроенным УНЧ либо с внешним (более мощным) усилителем.

Упрощенная схема терменвокса оказалась очень критичной к источнику питания. Для ее стабильной работы необходима «развязка» с блоком питания самого усилителя (например, за счет установки отдельного стабилизатора напряжения на 9 В). В конечном варианте (чтобы не усложнять конструкцию устройства), мы в качестве источника питания самого терменвокса использовали отдельную батарею типа «Кроны». Так как, потребляемый ток терменвоксом оказался не более 1,5 мА, то этой батарее без замены хватает на продолжительное время. В качестве источника питания усилителя можно

использовать любой блок питания с выходным напряжением от 12 до 24 В, рассчитанный на потребляемый ток до 1 А (в зависимости от напряжения питания изменяется выходная мощность усилителя). Для его подключения на боковой стенке терменвокса установлено специальное гнездо.

### **Заключение**

Созданный нами простейший демонстрационный терменвокс дает наглядное представление о его классической структуре, предложенной самим Л.С. Терменом, а его законченная конструкция, позволяет использовать его для демонстрации оригинального звучания этого электронного инструмента. При определенной тренировке и при наличии музыкального слуха удается даже исполнить простейшую мелодию. Громкость звучания с встроенным УНЧ достаточна для любой классной комнаты. Это позволяет его использовать на мероприятиях, посвященных Л.С. Термену, истории электронной музыки, использованию терменвокса в кино или современными музыкальными коллективами и т.п.

Если подключить более мощный внешний усилитель, то это устройство интересно использовать в различных внеурочных развлекательных мероприятиях. К сожалению, столь простая схема терменвокса оказалась очень критичной к внешним условиям и при их изменении (практически перед каждой демонстрацией) требуется подстройка контуров генераторов (что предусмотрено в конструкции нашего демонстрационного терменвокса) .

### **Список литературы**

1. Васильев В. Усилитель НЧ для электрогитары. //Радио № 6, 1982 г.
2. Варламов Р. Терменвокс. //Юный техник. № 10, 1975 г.
3. История создания терменвокса. <http://synth.market/articles/thereminvox/>
4. Симонов И. Шиванов А. Терменвокс. //Радио № 10, 1964 г.
5. Степанова Е. Терменвокс: прошлое, настоящее и будущее. 2009 г  
<http://www.1000tracks.ru/termenvoks-proshloe-nastoyashhee-budushhee/>

6. Терменвокс на транзисторах. Радиотехническая консультация при центральном радиоклубе СССР, 1976 г., <https://pandia.ru/415663/>

7. Терменвокс на микросхемах. <http://unradio.ru/?p=458>