

Четыре тысячелетия Звукозаписи

Дэвид Керк,
лондонский корреспондент Media Vision

Часть 1

Самая ранняя известная попытка записать звуковую информацию на некий носитель произошла примерно 4 тыс. лет назад. Речь идет о шумерской глиняной табличке, содержащей нотацию Хурритской песни № 6 (Hurrian Hymn Number 6) – мелодию для девятиструнной лиры. Древнейшая музыкальная композиция, сохранившаяся полностью, несколько моложе – она относится к I веку н.э. Это греческая мелодия, известная как «Эпитафия Сейкила» (Seikilos Epitaph). Ее текст и музыка записаны как показано на рис. 1, из которого видно, что текста в ней больше, чем графических обозначений, которые появятся позднее. Текст содержит великолепную строку: «Сияй, пока живешь, не печалься ни о чем».

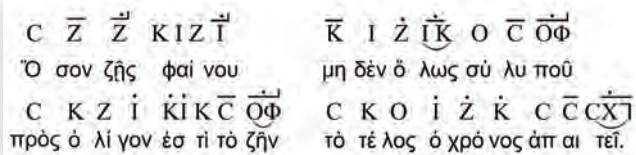


Рис. 1. Текст и музыка «Эпитафии Сейкила»

В ранних нотных записях зафиксирована относительная высота каждой ноты, а затем пришли более сложные стили, включавшие и относительную длительность.

Фоноавтограф

Ранняя попытка записать колебания воздуха, которые люди воспринимают как звук, была сделана 9 апреля 1860 года французским изобретателем Эдуардом-Леонам Скоттом де Мартенвилем (Édouard-Léon Scott de

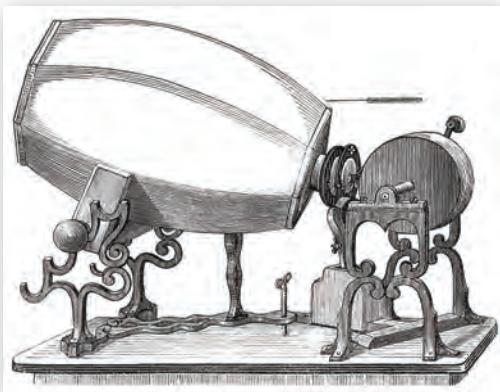


Рис. 2. Фоноавтограф де Мартенвиля

Martinville) с помощью созданного им фоноавтографа (рис. 2). Изобретатель записывал песню, исполнявшуюся высоким голосом, путем нанесения отметок на барабан, покрытый копотью или черной бумагой (<https://youtu.be/7Vqvq-f-UtU>).

Фоноавтографу не хватало важной функции воспроизведения, которая появилась в 1877 году, когда Томас Эдисон (Thomas Edison) добился записи и воспроизведения звука с помощью вращаемого вручную цилиндра, покрытого тонкой оловянной фольгой. Созданный им аппарат (рис. 3) усиливал звук с помощью рупора и направлял его на механический стилус, выдавливавший спиральную дорожку на покрытой фольгой поверхности. Рупор действовал как средство согласования импеданса, концентрируя энергию на стилусе, чтобы тот мог выдавливать дорожку в фольге без применения активного усиления. Для воспроизведения нужно было просто выполнить процедуру, обратную записи, включая возможность прослушивать звук быстрее, медленнее и в обратном направлении.



Рис. 3. Фонограф Эдисона

Граммофонные записи

В граммофонную запись заложена схожая концепция, базирующаяся на нанесении спиральной дорожки на плоский диск-матрицу. Имелась возможность выпуска большого числа копий, причем делать это было так же просто, как печатать страницы книги. Один из недостатков заключался в том, что скорость записи/воспроизведения дорожки граммофонной записи постепенно уменьшается от начала (большой радиус) до конца (малый радиус), если диск вращается с постоянной скоростью. Это ограничение будет преодолено гораздо позднее, с появлением

компакт-диска, скорость вращения которого постепенно снижается по мере движения от меньшего радиуса, где начинается дорожка, к большому радиусу, где она заканчивается. За счет этого достигается постоянная скорость записи/воспроизведения дорожки.

Первые аналоговые диски изготавливались из шеллака – смолы, производимой самкой насекомого *Kerria lacca*. Они (диски, а не насекомые) вращались со скоростью 78 об/мин, а с 1948 года им на смену пришли более медленные и менее абразивные, а потому и более тихие виниловые долгоиграющие диски.

Магнитная проволока

Первый документально подтвержденный магнитофон датируется 1898 годом. В телеграфоне (рис. 4) датского инженера-электрика Вальдемара Польсена (Valdemar Poulsen) использовалась стальная проволока как носитель для записи телеграфных сигналов. Сам аппарат запомнился еще и тем, что тоже не требовал какого-либо усиления ни при записи, ни при воспроизведении. Немецкий инженер Курт Штилле (Kurt Stille) в 1924 году внедрил данную концепцию в диктофон, но качество записи было слишком далеко от вещательных стандартов даже для того времени.

Неотъемлемым ограничением записи на проволоку было легкое скручивание проволоки при перемотке с одной катушки на другую. Это приводило к потере чувствительности к высокочастотному материалу при воспроизведении.

Еще один немец – Людвиг Блаттнер (Ludwig Blattner, также известный как Louis Blattner) – создал компанию, чтобы развивать изобретения Штилле. В его магнитофоне, получившем название Блаттнерфон (Blattnerphone), использовалась стальная лента шириной 6 мм, транспортировавшаяся со скоростью 154,5 см/с (5 фут/с). Общая длина ленты в катушке пре-



Рис. 4. Телеграфон, созданный Вальдемаром Польсеном

вышала 1 милю (1609,3 м), имела массу 9,53 кг и обеспечивала запись 20 мин звука. Монтаж выполнялся путем разрезания и сварки ленты, что из-за высокой температуры приводило к потере сигналов в месте стыка.

Применение стальной ленты для записи, начиная с середины 1920-х и далее, позволило решить проблему скручивания, но сама лента была, по сути, тонким, скрученным в рулон бритвенным лезвием, двигавшимся с высокой скоростью. Не слишком безопасная штука, особенно если она выскакивала из аппарата при первом же обороте.

Справедливость требует, чтобы природа была отмечена раньше, чем деятельность человека, поскольку природный процесс движения континентов оставил магнитную запись на морском дне, отражающую изменение полярности магнитного поля Земли в течение миллионов лет.

Лента с покрытием из оксида железа

Настоящий прогресс начался примерно в 1930-е годы, когда магнитный лак на основе оксида железа был нанесен сначала на бумажную, а потом и на пластиковую ленту. Достоинством бумаги было то, что она меньше подвергалась растяжению, чем первая пластиковая лента, но это нивелировалось тем, что бумага легче сминалась и производила много пыли. Магнитный лак в те времена наносили также на киноплёнку, что упрощало синхронизацию звуковой дорожки с изображением. Звуковые дорожки также можно было легко записывать в виде аналоговых оптических осциллограмм, идущих параллельно кадрам с изображением. Еще один метод записи звука на киноплёнку заключался в применении перфорированной магнитной ленты, протягивавшейся тем же рейферным механизмом, что транспортировал киноплёнку, за счет чего поддерживалась синхронизация.

Пластиковую ленту можно было разрезать, менять порядок расположения кусков и снова легко соединять, используя те же методы монтажа, что и для работы с киноплёнкой. Качество записи на ленту было значительно повышено за счет применения подмагничивания высокочастотным током. Авторство этого метода принято отдавать компании AEG-Telefunken, чей винтажный магнитофон (Magnetophon) времен Второй мировой войны представлен на рис. 5. Портативные ленточные магнитофоны появились в 1950-х, и ярким их представителем является модель Nagra (рис. 6), созданная Стефаном Кудельски (Stefan Kudelski), родившимся в Польше и работавшим в Швейцарии. Как и во многих ранних кинокамерах, в этом аппарате применялся мотор на базе механизма с заводной пружиной.



Рис. 5. Магнитофон AEG-Telefunken



Рис. 6. Модель Nagra

Аналоговый магнитный диск

Эта концепция практически потерялась во времени, потому что никогда не была достаточно популярной и представляла собой гибридное сочетание обычной грампластинки и магнитной звукозаписи. Аналоговый сигнал записывался магнитным способом на спиральную дорожку как на 30-см долгоиграющей грампластинке и с такой же скоростью. Количество проданных дисков было невелико, равно как и аппаратов для их записи и воспроизведения.

Многодорожечная магнитная лента

Прогресс в сфере магнитофонов шел быстро, и в 1960-х появились многодорожечные аппараты. Стандартная ширина ленты до тех пор составляла 6,25 мм (1/4"), и этого хватало для записи до четырех дорожек,



Рис. 7. Многодорожечный Teac Tascam 85

как отдельно, так и в виде одной или двух стереопар. Запись до 24 дорожек на ленту шириной 2" получила широкое распространение в студийных проектах с применением большого количества микрофонов. На рис. 7 показан аппарат Teac Tascam 85, способный записывать 16 дорожек на 1" ленту.

Меллотрон

Одним из наиболее остроумных ленточных записывающих аппаратов был меллотрон (Mellotron, рис. 8), разработанный в 1963 году. С точки зрения пользователя он служил больше для воспроизведения, чем для записи. Концептуально он аналогичен современному музыкальному синтезатору на базе сэмплов, но в данном случае сэмплы хранились на аналоговой ленте, а не в твердотельной памяти, как сейчас. По сути, меллотрон был 36-клавишным музыкальным инструментом с одной головкой воспроизведения с ленты на каждую клавишу.

В большинство меллотронов загружалась лента шириной 3/8", каждая ее часть несла три дорожки, выбор которых осуществлялся с передней панели управления. Эта функция позволяла динамически перенастраивать инструмент во время игры на нем. На рис. 9 показан тракт транспортировки ленты для каждой клавиши меллотрона, включая механизм быстрого отката назад, предназначенный для обнуления положения каждой ленты в конце каждой ноты. Здесь хорошо видны стандартные компоненты магнитофона, такие как привод, прижимной ролик и воспроизводящая головка. Одного приводного блока было достаточно на весь инструмент. Перемещение ленты производилось только в случае нажатия клавиши, что заставляло соответствующий прижимной ролик вступать в контакт со своей лентой.



Рис. 8. Меллотрон

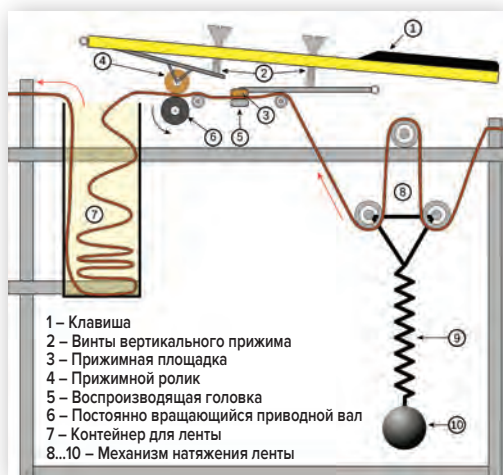


Рис. 9. Тракт транспортировки ленты в меллотроне



Рис. 10. Меллотрон со снятой крышкой

Несмотря на их техническую сложность (рис. 10), выпуск различных моделей меллотронов продолжался довольно долго – до 2007 года.

Цифровая лента

Переход от аналоговой звукозаписи к цифровой начался в начале 1970 годов, когда появились дорогие катушечные аппараты таких компаний, как Denon и Mitsubishi. Массово выпускавшиеся видеокассеты для наклонно-строчной записи, включая Sony U-matic и Betamax, открывали возможность недорогой цифровой записи и привели к появлению миниатюрной кассеты R-DAT (Rotary-head Digital Audio Tape), которую в дальнейшем называли просто DAT. При записи использовалась частота дискретизации 48 кГц (переключаемая в 44,1 кГц) и глубина квантования 16 бит. В бытовой версии отсутствовал элемент защиты от копирования, что ограничило ее распространение. Появились и другие цифровые форматы, такие как восьмидорожечный ADAT, опиравшийся на видеокассету S-VHS.

Компакт-диск

Важнейшей разработкой в сфере носителей для записи звука до сих пор был компакт-диск – CD (Compact Disc), разра-

ботанный совместно компаниями Philips и Sony. Его премьера состоялась в 1982 году. CD вмещает до 80 мин некомпьютеризованного цифрового стереофонического звука (44,1 кГц) в формате wav, физическим носителем выступает оптический диск диаметром 120 мм, а считывание выполняется с помощью лазера. Критически важным для этого формата стало создание средств электронной защиты от выпадений в процессе изготовления. Выпадения в отражающем субстрате можно видеть на многих дисках первых поколений, просто посмотрев на них на просвет. Если выпадений слишком много, они становятся слышимыми как щелчки. Еще одним потенциальным дефектом было окисление субстрата, вызванное проникновением влаги со стороны внешней или внутренней грани. Зеркала в ваннах порой разрушаются подобным образом. Потеря данных при длительном хранении является проблемой больше для CD-R, чем для изготовленных на заводе CD. Она же присуща носителям типа DVD-R.

MiniDisc

Формат MiniDisc, разработанный Sony, широко использовался с 1992 до примерно 2013 года и позволял пользователям делать цифровые записи без сложностей, свойственных для CD-R. MiniDisc был магнитооптическим гибридом на базе миниатюрного диска, заключенного в достаточно надежный пылезащитный корпус. Для записи применялась компрессия данных, как позднее в цифровом радиовещании, но большинство слушателей находило качество звука вполне приемлемым. Правда, терялась низкочастотная составляющая, такая как шум от вентиляторов кондиционеров (они часто применяются во многих студиях), а вместе с ней исчезала и, к примеру, реверберация. С мини-дисками пришла и небольшая проблема закрытия цифрового файла: если по какой-то причине во время записи отключалось питание, весь файл вплоть до этого момента терялся. У DAT это ограничение отсутствовало.

Цифровой магнитный диск

К середине 1990-х магнитные диски для хранения данных стали достаточно малы по размерам и достаточно большими по емкости, чтобы обеспечить очень быстрый и гибкий монтаж звука. Звуковые рабочие станции первого поколения вскоре ощутили конкуренцию со стороны гораздо более дешевых программных решений, работавших на персональных компьютерных платформах Apple и IBM. Сегодня такую обработку можно выполнить в бесплатном ПО типа Audacity.

Твердотельные средства хранения данных

Характеристики цифрового звука продолжали улучшаться по мере появления улучшенных типов CD, но предпочтения публики были отданы менее дорогостоящим и более удобным файлам с компрессией MP3. Они изначально продавались как загружаемые файлы для воспроизведения на таких устройствах, как Apple iPod, содержащий миниатюрный цифровой жесткий диск. Современные устройства для воспроизведения файлов MP3 оснащаются твердотельной памятью.

Сегодня твердотельная память является предпочтительным носителем для многих профессионалов звукозаписи, использующих такое оборудование, как Zoom H4N Pro (рис. 11). Чуть больше бруска мыла, он содержит стереопару электретных микрофонов и способен записывать с частотой дискретизации до 96 кГц. В отличие от многих современных одноразовых приборов с намертво встроенными батареями, этот питается от двух сменных элементов типоразмера AA.

Чуть позднее новостные репортеры стали записывать звук и видео на стандартные смартфоны, отправляя контент на базу в виде либо уже готовых файлов, либо как живой поток. Смартфоны обычно дороже специализированных аудиорекодеров, но большинство репортеров все равно имеют такой смартфон, так что как средство записи и доставки материала он не стоит им ничего. Эффективность еще никогда не была столь высокой!



Рис. 11. Твердотельный аудиорекодер Zoom H4N Pro

Окончание следует

Во второй части статьи предпринимается попытка обзора развития аналоговых и цифровых синтезаторов, включая низкотехнологичный (безтехнологичный) подход к созданию музыки на клавишных инструментах.