

(25 ноября 1999 г.)

Вообще-то, это - документация от версии 1.03, время будет - допишу.  
Пока приведу только цитаты из новостей сайта.

**25 ноября 1999 г.** Версия 1.06. Возможность самонастройки датчиков по собственной частоте (AutoTune).

**11 ноября 1999 г.** Версия 1.05. Возможность конвертировать wav-файл без необходимости его проигрывания. Поддерживаются форматы PCM, Mono | Stereo, 8 | 16 - bit, 11025 | 22050 | 44100 Hz. Возможность менять MIDI-устройство во время проигрывания MIDI-файла (мелочь, но приятно). Алгоритм пока остался прежний.

**26 октября 1999 г.** Версия 1.04. Добавлено то, что намечал ниже + авто-запуск записи (запись начинается с первой услышанной ноты). Будьте внимательны, теперь программа заметно чувствительна к задаваемой модели гармоник. Эксперименты над алгоритмом продолжаются...

**24 сентября 1999 г.** Версия AudioToMidi 1.03. Расширен диапазон распознаваемых нот (поэтому файлы \*.flt от старых версий не подойдут). Добавлена возможность сохранения общей настройки в отдельных файлах, чтоб потом легко можно было восстановить наиболее удачные настройки. Исправлены недочеты в модуле чтения сигнала с аудио устройств (возможно, из-за них у кого-то программа могла не пойти). Следующим этапом будет возможность записывать мелодию во встроенный секвенсор с учетом громкости нот + существенное улучшение качества конвертации за счет снижения путаницы в гармониках (есть одна замечательная идея).

## ПРОГРАММА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ КОНВЕРТОР ЗВУКА В НОТЫ



### - TS-AudioToMidi Converter - (Версия Freeware 1.06)

1.0 ВОЗМОЖНОСТИ.....	1
2.0 МИНИМАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ.....	2
3.0 УСТАНОВКА.....	2
4.0 ПРИНЦИП РАБОТЫ.....	3
5.0 ПОРЯДОК РАБОТЫ.....	4
6.0 ЛИЦЕНЗИЯ.....	6
7.0 КОНТАКТЫ.....	6

## 1.0 ВОЗМОЖНОСТИ

Программа позволяет преобразовать сигнал со стандартного аудио устройства в MIDI сигнал с незначительной задержкой. Получаемый MIDI сигнал можно подавать на стандартное MIDI устройство, PC Speaker, во встроенный в программу секвенсор. Спектр аудио сигнала показывается в специальном окне в реальном времени. В программу включены специальные настройки:

-Нормирование громкости входного аудио сигнала.

-Корректировка входного аудио сигнала посредством встроенного графического эквалайзера.

-Учет возможного отклонения частот аудио сигнала от стандартных нотных частот, как, например, при неточной настройке гитары относительно камертона.

-Избирательность датчиков нот, определяющая чувствительность датчика определенной ноты к сигналу соседних с ней нот. Предусмотрено графическое представление избирательности. Параметр данной настройки влияет так же на время задержки преобразования.

-Фильтр по четкости ноты. Отбрасываются ноты, пики которых в спектре сигнала недостаточно острые.

-Фильтр по громкости звучания ноты. Позволяет игнорировать тихие ноты и шум.

-Выходной фильтр нот, позволяющий игнорировать ноты заданных высот при формировании MIDI сигнала. Можно задавать интервал нот и/или предполагаемую тональность.

-Фильтр по продолжительности нот или пауз. Позволяет игнорировать случайные короткие ноты или паузы при записи во встроенный секвенсор.

-Графическое моделирование первых четырех гармоник распознаваемого инструмента или голоса.

-Возможность транспонирования MIDI сигнала. Сдвиг высоты результирующих нот на целочисленное количество полутонов.

-Выбор MIDI инструмента при формировании сигнала.

-Выбор громкости результирующих нот.

-Выбор MIDI канала при формировании MIDI сигнала.

-Возможность одноголосного режима. В этом режиме из одновременно звучащих нот выбирается самая низкая нота, что позволяет выделять первую гармонику инструмента или голоса и тем самым практически без ошибок конвертировать одноголосные мелодии.

Общая настройка сохраняется автоматически. Предусмотрено независимое сохранение, открытие и сброс настроек эквалайзера, модели гармоник и фильтра нот. Так же предусмотрено сохранение в отдельных файлах общей настройки.

Результат преобразования представляется в реальном времени в виде засвеченных клавиш клавиатуры пианино. Окно клавиатуры можно использовать так же для генерации звука, соответствующего нажатой клавише.

Спектральное представление сигнала позволяет использовать программу для удобной настройки гитары. При этом нужно добиваться симметричных визуальных пиков при среднем положении бегунка элемента управления Tune.

Встроенный секвенсор позволяет открывать и проигрывать файлы форматов MIDI (\*.mid) и RIFF MIDI (\*.rmi). Можно также дописывать к открытым файлам новые дорожки. Новая запись в секвенсоре происходит путем добавления новой дорожки, следовательно, можно формировать MIDI запись из нескольких дорожек. Запись можно сохранять в файлах форматов MIDI или RIFF MIDI.

В программе есть возможность выбора входного аудио устройства и выходного MIDI устройства. За счет возможности выбора выходного MIDI устройства AudioToMidi может работать с внешним программным секвенсором. Для этого рекомендуется использовать драйвер Sonic Foundry Virtual MIDI Router (VMR). Условие распространения этого драйвера с описанием на английском языке находится в прилагаемом файле Sonic Foundry MIDI Router.wri (пакет файлов для драйвера не прилагается). Во внешний программный секвенсор можно подавать MIDI сигнал, как реального времени, так и записанного во встроенный секвенсор. В последнем случае все дорожки объединяются в одну.

Можно конвертировать звуковые файлы форматов wav, mp3, au и т. д. посредством проигрывания их соответствующими программами, подающими звук на то аудио устройство, которое выбрано на входе AudioToMidi (обычно Wave Mapper).

## 2.0 МИНИМАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ

Процессор:	P100;
ОС:	Windows 95 или Windows NT;
Память:	Примерно 1МВ свободной операционной памяти;
Винчестер:	Примерно 1МВ свободного места;
Устройства:	Любая звуковая карта, по возможности не уступающая SB16; Драйвера и прилагающиеся программы звуковой карты должны быть установлены в операционной системе;
Замечание:	Под Windows NT невозможно подавать звук на PC Speaker, соответствующая опция блокируется;

## 3.0 УСТАНОВКА

Программа устанавливается простым копированием имеющегося пакета файлов в любую директорию с соблюдением заложенной в архив структуры дерева каталогов. Дополнительных библиотек и драйверов не требуется. Запускаемый файл программы – TS-AudioToMidi.exe.

## 4.0 ПРИНЦИП РАБОТЫ

На вход программы поступает с выбранного в списке Wave In аудио устройства непрерывный поток сэмплов, представляющий оцифрованный звук. Этот сигнал попадает в массив датчиков, настроенных каждый на свою частоту, равную с возможной поправкой частоте связанной с датчиком ноты. На выходе каждого датчика формируется величина, показывающая интенсивность звука в окрестности его собственной частоты. Эти величины изображаются графически в окне Spectrum.

Частота для нот вычисляется по общеизвестным правилам. Ноте ля первой октавы соответствует частота 440 Гц. При повышении или понижении ноты на один полутоном частота соответственно умножается или делится на величину, равной корню 12-ой степени из 2-ух. Таким образом, при повышении или понижении ноты на 12 полутонов, т. е. на одну октаву, частота соответственно умножается или делится ровно на 2. Ноте ля малой октавы соответствует 220 Гц, большой октавы - 110 Гц, второй - 880 Гц, третьей - 1760 Гц и т.д. Поправка к собственной частоте датчика зависит от положения бегунка элемента контрольного управления Tune. При среднем положении бегунка поправка равна нулю, при крайнем левом - поправка приводит собственную частоту к частоте ноты, которая ниже на один полутоном соответствующей датчику ноты, а при крайнем правом положении - к частоте ноты, которая выше на полутоном. При плавном изменении положения бегунка от крайнего левого к крайнему правому собственная частота каждого датчика плавно меняется от нижнего значения до верхнего.

Чувствительность каждого датчика по отдельности задается элементом управления Equalizer. Элемент управления Sensitivity изменяет чувствительность всех датчиков одновременно. При изменении положения бегунков в элементах управления Equalizer и Sensitivity в верхнюю сторону чувствительность датчиков увеличивается.

Избирательность датчиков задается элементом управления Selectivity и графически изображается в соответствующем окне желтым цветом. График показывает зависимость чувствительности датчика от частоты звуковой волны. Средняя вертикальная линия соответствует собственной частоте датчика. Соседние вертикальные линии соответствуют частотам, отличающимся в корень 12-ой степени из 2-ух от собственной частоты датчика. Частота по оси абсцисс возрастает слева направо по логарифмической шкале. График избирательности практически симметричен и имеет максимум при собственной частоте.

Датчики обладают свойством инертности, характеризующей скорость реагирования на появление или исчезновение звука в области собственной частоты. Избирательность и инертность датчика строго зависят друг от друга. Чем лучше избирательность датчика (чем уже график избирательности), тем более он инертен, т.е. медлителен. Оптимальное значение избирательности подбирается опытным путем и зависит от характера конвертируемой мелодии, включая темп, степень полифонии, наличие ударных инструментов, среднюю длительность нот и т.д.

Периодически происходит сканирование значений, формирующихся на выходе датчиков, на предмет наличия пиков. Под пиком подразумевается датчик, выходное значение которого выше значений обоих соседних с ним датчиков не менее чем в заданную элемент управления Sharpness величину. Минимальная острота пика показывается графически голубым цветом в том же окне, где и график избирательности. Сканирование происходит слева направо, т.е. от датчика более низкой ноты к датчику более высокой. Перед началом каждого цикла сканирования задается одинаковое пороговое значение для всех датчиков, которое зависит от положения бегунка элемента управления Gate и изображается горизонтальной пунктирной линией в окне Spectrum.

При обнаружении пика происходит прибавка к пороговому значению для датчиков, ноты которых выше текущей ноты на 12, 19 и 24 полутонов. Прибавка к порогу зависит от интенсивности звука на пике и формы гистограммы в окне Harmonic Model. Гистограмму можно интерпретировать следующим образом: первый столбик изображает интенсивность звука на пике, второй - прибавку к пороговому значению для датчика, отстоящей от пика на 12 полутонов, третий - на 19, четвертый - на 24.

Заложенный в алгоритм принцип модели гармоник исходит из того, что отдельно взятая нота голосом или на определенном инструменте помимо основного тона состоит из дополнительных гармоник, частоты которых отличаются от частоты тоники в 2, 3, 4 и т.д. раза. Пропорции гармоник зависят от инструмента или обладателя голоса. Вторая гармоника выше основной первой гармоники ровно на 12 полутонов, третья - с большой точностью на 19 полутонов, четвертая - ровно на 24 полутонов. Алгоритм ограничивается первыми четырьмя гармониками, т.к. осложнения, связанные с дальнейшим увеличением количества учитываемых гармоник, не оправдываются в плане качества конвертации.

При условии, что интенсивность звука на пике превышает его пороговое значение, генерируется сигнал о включении соответствующей ноты, иначе генерируется сигнал о выключении ноты, если она была во включенном состоянии.

В одноголосном режиме работы программы цикл сканирования прерывается после первой включенной ноты, при этом, если до этого была включена нота, отличная от текущей ноты, то предыдущая выключается. Одноголосный режим программы задается выбором флажка Single Voice в группе Method, а полифонический - выбором флажка Poliphony.

Формирующийся на этом этапе сигнал нотного формата фильтруется по высоте нот. Настройка фильтра нот предусмотрена в окне Filter (расположено между окнами клавиатуры пианино и Equalizer). Дальнейшую обработку проходят только ноты, для которых соответствующие элементы в окне Filter находятся во включенном состоянии.

Сигнал прошедший нотную фильтрацию транспонируется, т.е. высота нот сдвигается на целочисленное количество полутонов, при условии, что заданное количество отлично от нуля. Количество полутонов для транспонирования задается в элементе управления Transpose. При положительном значении элемента управления транспонирование повышает ноты, при отрицательном значении - понижает.

Далее сигнал направляется по трем ветвям независимо: на MIDI устройство, выбранное в списке Midi Out, на PC Speaker и во встроенный секвенсор. На MIDI устройство сигнал попадает при условии, что помечен флажок MIDI в группе Play/Keep silence, на PC Speaker - при условии, что помечен флажок PC Speaker, во встроенный секвенсор - в режиме записи, т.е. при нажатом состоянии кнопки Record.

При записи во встроенный секвенсор происходит фильтрация нот или пауз по длительности. Игнорируются ноты или паузы, длительность которых меньше заданного в окне Minimal Duration значения в миллисекундах.

Окончательный MIDI сигнал, попадающий во встроенный секвенсор и на MIDI устройство, формируется с учетом заданного MIDI инструмента, громкости и MIDI канала. Инструмент задается в списке Outlet MIDI Instrument, громкость - контрольным элементом управления Volume, канал - в списке MIDI Channel.

## 5.0 ПОРЯДОК РАБОТЫ

Перед началом конвертации нужно предварительно настроить программу, выставив оптимальные значения для всех параметров во время пробного проигрывания конвертируемой мелодии. В программе “Регулятора Уровня” Windows убедитесь, что устройство, с которого происходит конвертация, помечено флажком в разделе “Запись”. Чтобы активизировать необходимый раздел в программе нужно в меню “Параметры” выбрать пункт “Свойства” и установить переключатель "Настройка уровня" в положение "Запись". В этой же программе выставьте уровень записи для данного устройства в нормальное положение.

В первую очередь в программе AudioToMidi перетащите ползунки контрольных элементов управления Selectivity и Sharpness в среднее положение. Соответствующие такому положению избирательность и четкость наиболее удобны для начала настройки программы.

Посредством контрольного управления Sensitivity добейтесь того, чтобы спектральное изображение ровно умещалось в окне Spectrum. Возможно, потребуется корректировка частотной характеристики звукового сигнала посредством эквалайзера. Задавайте положение бегунков эквалайзера, нажимая левую кнопку мыши или двигая курсор мыши при нажатой кнопке. При нажатии правой кнопки в окне эквалайзера активизируется всплывающее меню с командами сохранения(Save), открытия(Open) и сброса(Reset) настроек эквалайзера. В меню так же доступна команда сглаживания(Smooth) кривой графического эквалайзера.

Далее посредством контрольного управления Tune добейтесь того, чтобы ярко выраженные визуальные пики в окне Spectrum имели симметричную форму. Например, если гитара, сигнал с которой вы конвертируете, настроена на четверть тона ниже относительно камертона, то ползунок надо сдвинуть влево от центра на четверть всей шкалы контрольного элемента. Желательно чтобы гитара была настроена правильно, т.к. в противном случае гитара и конвертированный сигнал будут звучать не в унисон.

При использовании программы для настройки гитары установите ползунок контрольного управления Tune в среднее положение. Удобно настраивать гитару по открытым струнам. Путем изменения натяжения струны добейтесь в первую очередь того, чтобы пик первой гармоники находился на уровне соответствующей струны ноты. Затем для более точной настройки струны добейтесь симметричной формы визуального пика. Для дополнительного слухового контроля настройки включите опцию PC Speaker или MIDI, желательно в однопольном режиме программы.

Следующим этапом, возможно, будет построение гистограммы гармоник в окне Harmonic Model. Высота столбца гистограммы задается щелчком левой кнопки мыши при подведенном к нужной точке курсоре или движением курсора при нажатой кнопке. При нажатии правой кнопки мыши в окне активизируется всплывающее меню с командами сохранения(Save), открытия(Open) и сброса(Reset) настроек гистограммы. Столбцы гистограммы должны по возможности соответствовать гармоникам распознаваемого инструмента. Пропорции гармоник можно посмотреть в окне Spectrum при звучании единственной ноты инструмента в отсутствии каких-либо других звуков. Если нет возможности определить пропорции гармоник, задайте форму гистограммы, похожую на ту, которая задана по умолчанию.

Далее опытным путем подбирайте наилучший порог включения нот посредством элемента контрольного управления Gate. Варьируйте избирательностью(Sensitivity) и четкостью(Sharpness) для достижения наилучшего результата конвертации. После изменения

избирательности корректируйте общую чувствительность датчиков посредством элемента контрольного управления Sensitivity.

Для уменьшения количества нежелательных случайных нот задавайте набор пропускаемых нот в окне Filter. Включить ноту в набор или исключить из него можно щелчком левой кнопки мыши при подведенном к нужной точке курсоре или движением курсора при нажатой кнопке. При двойном щелчке левой кнопки мыши в области ноты указанная операция происходит со всеми одноименными нотами. Альтернативный способ такого метода управления - щелчок правой кнопкой мыши на клавише выбранной ноты в окне клавиатуры пианино. При нажатии правой кнопки в окне Filter активизируется всплывающее меню с командами сохранения(Save), открытия(Open) и сброса(Reset) настроек фильтра. В меню также доступна команда обнуления(Clear) набора пропускаемых нот.

Посредством настройки фильтра можно улучшить качество конвертации за счет сужения интервала пропускаемых нот. Как правило, помехи от ударных инструментов концентрированы в области низких частот. Следовательно, при наличии ударных инструментов в музыкальном произведении нужно отсечь нижнюю часть интервала пропускаемых нот. Во многих случаях назначенная для конвертации мелодия ограничена двумя-тремя, в редких случаях четырьмя или более октавами. Отсюда представляется возможным вырезание и верхней части интервала пропускаемых нот.

Возможно, конвертируемое музыкальное произведение имеет определенную тональность. В этом случае нужно включить в набор пропускаемых нот только ноты, принадлежащие установленной тональности, может быть с добавлением повышенных или пониженных ступеней тональности. В пакет программы включены готовые файлы настроек фильтра для мажорных и минорных всевозможных тональностей. Также включены файлы для минорных тональностей с добавочной повышенной седьмой ступенью. В качестве примера прилагается файл Joe Dassin (+\_Bm7).mid, являющийся результатом конвертации мелодии в тональности си-минор с добавочной повышенной седьмой ступенью, т. е. с нотой ля-диез.

Результат конвертации вы можете прослушивать в реальном времени при включенной опции MIDI в группе Play/Keep silence. В случае одnogолосной мелодии можете также прослушивать результат через встроенный динамик при включенной опции PC Speaker.

Из списка Outlet MIDI Instrument выберите на ваше усмотрение MIDI инструмент, чье звучание будет иметь окончательный MIDI сигнал. Задайте также желаемую громкость сигнала в окне Volume. Для транспонирования сигнала задайте количество полутонов сдвига в окне Transpose. Если вы формируете запись из нескольких дорожек, каждая из которых предназначена для своего MIDI инструмента, то не забывайте также для каждой дорожки задавать свой уникальный MIDI канал. Канал выбирайте в списке MIDI Channel, причем учитывайте, что десятый канал предназначен для ударных инструментов и звуковых эффектов.

Путем пробных записей подберите оптимальное значение в миллисекундах для минимальной длительности нот или пауз в окне Minimal Duration.

Запись во встроенный секвенсор производится при нажатом состоянии кнопки Record. Если во время записи вы хотите прослушивать запись, на которую накладывается новая запись, то предварительно нажмите на кнопку Pause секвенсора или же начните запись из состояния воспроизведения.

Наиболее удачные настройки для конкретного музыкального произведения сохраняйте с помощью кнопки "Save Settings". Сохраненные файлы затем можно открывать с помощью кнопки "Open Settings".

## 6.0 ЛИЦЕНЗИЯ

Настоящая версия распространяется свободно. Автор не несет ответственности за возможные погрешности, связанные с работой настоящей программы, и за их последствия. Все авторские права на эту программу принадлежат Алексею Егорову. Вы не можете продавать настоящую программу, распространять ее в модифицированном виде. Вы можете распространять программу с сохранением настоящей документации.

## 7.0 КОНТАКТЫ

На данный момент информация и файлы, связанные с настоящей программой находятся на сервере по адресу <http://www.midi.ru/AudioToMidi/>. Об ошибках и пожеланиях по поводу усовершенствования программы пишите автору программы Алексею Егорову по адресу [alegorov@mail.ru](mailto:alegorov@mail.ru).

Алексей Егоров  
[alegorov@mail.ru](mailto:alegorov@mail.ru)  
<http://www.midi.ru/AudioToMidi/>

25 ноября 1999 г.