

Импульсные блоки питания (ИБП) очень распространены. Компьютер, который вы используете сейчас, имеет ИБП с несколькими выходными напряжениями (+12, -12, +5, -5 и + 3,3 В, по крайней мере). Практически все такие блоки имеют специальную микросхему ШИМ-контроллера, как правило, типа TL494CN. Аналог ее – отечественная микросхема М1114ЕУ4 (КР1114ЕУ4).

Производители

Рассматриваемая микросхема относится к перечню наиболее распространенных и широко применяемых интегральных электронных схем. Предшественником ее была серия UC38xx ШИМ-контроллеров компании Unitrode. В 1999 г. эта фирма была куплена компанией Texas Instruments, и с тех пор началось развитие линейки этих контроллеров, приведшее к созданию в начале 2000-х гг. микросхем серии TL494. Кроме уже отмеченных выше ИБП, их можно встретить в регуляторах постоянного напряжения, в управляемых приводах, в устройствах плавного пуска, – словом везде, где используется ШИМ-регулирование.

Среди фирм, клонировавших данную микросхему, значатся такие всемирно известные бренды, как Motorola, Inc, International Rectifier, Fairchild Semiconductor, ON Semiconductor. Все они дают подробное описание своей продукции, так называемый TL494CN datasheet.

Документация

Анализ описаний рассматриваемого типа микросхемы от разных производителей показывает практическую идентичность ее характеристик. Объем сведений, приводимых разными фирмами, практически одинаков. Более того, TL494CN datasheet от таких брендов, как Motorola, Inc и ON Semiconductor повторяют друг друга в своей структуре, приводимых рисунках, таблицах и графиках. Несколько отличается от них изложение материала у фирмы Texas Instruments, однако при внимательном его изучении становится ясно, что имеется в виду идентичное изделие.

Назначение микросхемы TL494CN

Описание ее по традиции начнем с назначения и перечня внутренних устройств. Она представляет собой ШИМ-контроллер с фиксированной частотой, предназначенный преимущественно для применения в ИБП, и содержащий следующие устройства:

- генератор пилообразного напряжения (ГПН);
- усилители ошибки;
- источник эталонного (опорного) напряжения +5 В;
- схема регулировки «мертвого времени»;
- выходные транзисторные ключи на ток до 500 мА;
- схема выбора одно- или двухтактного режима работы.

Предельные параметры

Как и у любой другой микросхемы, у TL494CN описание в обязательном порядке должно содержать перечень предельно допустимых эксплуатационных характеристик. Дадим их на основании данных Motorola, Inc:

1. Напряжение питания: 42 В.
2. Напряжение на коллекторе выходного транзистора: 42 В.
3. Ток коллектора выходного транзистора: 500 мА.
4. Диапазон входного напряжения усилителя: от - 0,3 В до +42 В.
5. Рассеиваемая мощность (при $t < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$): 1000 мВт.
6. Диапазон температур хранения: от -55 до +125 $^{\circ}\text{C}$.
7. Диапазон рабочих температур окружающей среды: от 0 до +70 $^{\circ}\text{C}$.

Следует отметить, что параметр 7 для микросхемы TL494IN несколько шире: от -25 до +85 $^{\circ}\text{C}$.

Конструкция микросхемы TL494CN

Описание на русском языке выводов ее корпуса приведено на рисунке, расположенном ниже.



Микросхема помещена в пластиковый (на это указывает литера N в конце ее обозначения) 16-контактный корпус с выводами pdp-типа.

Внешний вид ее показан на фото ниже.

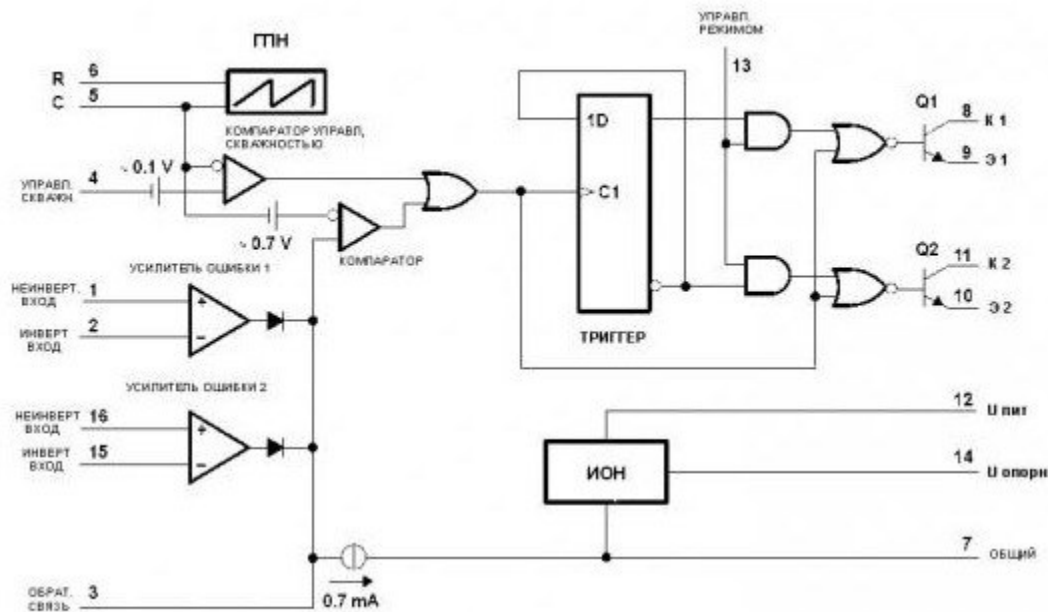


TL494CN: схема функциональная

Итак, задачей данной микросхемы является широтно-импульсная модуляция (ШИМ, или англ. Pulse Width Modulated (PWM)) импульсов напряжения, вырабатываемых внутри как регулируемых, так и нерегулируемых ИБП. В блоках питания первого типа диапазон длительности импульсов, как правило, достигает максимально возможной величины (~ 48% для каждого выхода в двухтактных схемах, широко используемых для питания автомобильных аудиоусилителей).

Микросхема TL494CN имеет в общей сложности 6 выводов для выходных сигналов, 4 из них (1, 2, 15, 16) являются входами внутренних усилителей ошибки, используемых для защиты ИБП от токовых и потенциальных перегрузок. Контакт № 4 – это вход сигнала от 0 до 3 В для регулировки скважности выходных прямоугольных импульсов, а № 3 является выходом компаратора и может быть использован несколькими способами. Еще 4 (номера 8, 9, 10, 11) представляют собой свободные коллекторы и эмиттеры транзисторов с предельно допустимым током нагрузки 250 мА (в длительном режиме не более 200 мА). Они могут соединяться попарно (9 с 10, а 8 с 11) для управления мощными полевыми [транзисторами \(MOSFET-транзисторов\)](#) с предельно допустимым током 500 мА (не более 400 мА в длительном режиме).

Каково же внутренне устройство TL494CN? Схема ее показана на рисунке ниже.



Микросхема имеет встроенный источник опорного напряжения (ИОН) +5 В (№ 14). Он обычно используется в качестве эталонного напряжения (с точностью $\pm 1\%$), подаваемого на входы схем, потребляющих не более 10 мА, например, на вывод 13 выбора одно- или двухтактного режима работы микросхемы: при наличии на нем +5 В выбирается второй режим, при наличии на нем минуса напряжения питания – первый.

Для настройки частоты генератора пилообразного напряжения (ГПН) используют конденсатор и резистор, подключаемые к контактам 5 и 6 соответственно. И, конечно, микросхема имеет выводы для подключения плюса и минуса источника питания (номера 12 и 7 соответственно) в диапазоне от 7 до 42 В.

Из схемы видно, что имеется еще ряд внутренних устройств в TL494CN. Описание на русском языке их функционального назначения будет дано ниже по ходу изложения материала.

Функции выводов входных сигналов

Как и любое другое электронное устройство, рассматриваемая микросхема имеет свои входы и выходы. Мы начнем с первых. Выше уже было дан перечень этих выводов TL494CN. Описание на русском языке их функционального назначения будет далее приведено с подробными пояснениями.

Вывод 1

Это положительный (неинвертирующий) вход усилителя сигнала ошибки 1. Если напряжение на нем ниже, чем напряжение на выводе 2, выход усилителя ошибки 1 будет иметь низкий уровень. Если же оно будет выше, чем на контакте 2, сигнал усилителя ошибки 1 станет высоким. Выход усилителя по существу, повторяет положительный вход с использованием вывода 2 в качестве эталона. Функции усилителей ошибки будут более подробно описаны ниже.

Вывод 2

Это отрицательное (инвертирующий) вход усилителя сигнала ошибки 1. Если этот вывод выше, чем на выводе 1, выход усилителя ошибки 1 будет низким. Если же напряжение на этом выводе ниже, чем напряжение на выводе 1, выход усилителя будет высоким.

Вывод 15

Он работает точно так же, как и № 2. Зачастую второй усилитель ошибки не используется в TL494CN. Схема включения ее в этом случае содержит вывод 15 просто подключенный к 14-му (опорное напряжение +5 В).

Вывод 16

Он работает так же, как и № 1. Его обычно присоединяют к общему № 7, когда второй усилитель ошибки не используется. С выводом 15, подключенным к +5 В и № 16, подключенным к общему, выход второго усилителя низкий и поэтому не имеет никакого влияния на работу микросхемы.

Вывод 3

Этот контакт и каждый внутренний усилитель TL494CN связаны между собой через диоды. Если сигнал на выходе какого-либо из них меняется с низкого на высокий уровень, то на № 3 он также переходит в высокий. Когда сигнал на этом выводе превышает 3,3 В, выходные импульсы выключаются (нулевая скважность). Когда напряжение на нем близко к 0 В, длительность импульса максимальна. В промежутке между 0 и 3,3 В, длительность импульса составляет от 50% до 0% (для каждого из выходов ШИМ-контроллера - на выводах 9 и 10 в большинстве устройств).

Если необходимо, контакт 3 может быть использован в качестве входного сигнала или может быть использован для обеспечения демпфирования скорости изменения ширины импульсов. Если напряжение на нем высокое ($> \sim 3,5$ В), нет никакого способа для запуска ИБП на ШИМ-контроллере (импульсы от него будут отсутствовать).

Вывод 4

Он управляет диапазоном скважности выходных импульсов (англ. Dead-Time Control). Если напряжение на нем близко к 0 В, микросхема будет в состоянии выдавать как минимально возможную, так и максимальную ширину импульса (что задается другими входными сигналами). Если на этот вывод подается напряжение около 1,5 В, ширина выходного импульса будет ограничена до 50% от его максимальной ширины (или $\sim 25\%$ рабочего цикла для двухтактного режима ШИМ-контроллера). Если напряжение на нем высокое ($> \sim 3,5$ В), нет никакого способа для запуска ИБП на TL494CN. Схема включения ее зачастую содержит № 4, подключенный напрямую к земле.

- **Важно запомнить!** Сигнал на выводах 3 и 4 должен быть ниже $\sim 3,3$ В. А что будет, если он близок, например, к + 5 В? Как тогда поведет себя TL494CN? Схема преобразователя напряжения на ней не будет вырабатывать импульсы, т.е. не будет выходного напряжения от ИБП.

Вывод 5

Служит для присоединения времязадающего конденсатора C_t , причем второй его контакт присоединяется к земле. Значения емкости обычно от 0,01 μF до 0,1 μF . Изменения величины этого компонента ведут к изменению частоты ГПН и выходных импульсов ШИМ-контроллера. Как правило здесь используются конденсаторы высокого качества с очень низким температурным коэффициентом (с очень небольшим изменением емкости с изменением температуры).

Вывод 6

Для подключения времязадающего резистора R_t , причем второй его контакт присоединяется к земле. Величины R_t и C_t определяют частоту ГПН.

- $f = 1,1 : (R_t \times C_t)$.

Вывод 7

Он присоединяется к общему проводу схемы устройства на ШИМ-контроллере.

Вывод 12

Он замаркирован литерами VCC. К нему присоединяется «плюс» источника питания TL494CN. Схема включения ее обычно содержит № 12, соединенный с коммутатором источника питания. Многие ИБП используют этот вывод, чтобы включать питание (и сам ИБП) и выключать его. Если на нем имеется +12 В и № 7 заземлен, ГПН и ИОН микросхемы будут работать.

Вывод 13

Это вход режима работы. Его функционирование было описано выше.

Функции выводов выходных сигналов

Выше они же были перечислены для TL494CN. Описание на русском языке их функционального назначения будет ниже приведено с подробными пояснениями.

Вывод 8

На этой микросхеме есть 2 прп-транзистора, которые являются ее выходными ключами. Этот вывод – коллектор транзистора 1, как правило, подключенный к источнику постоянного напряжения (12 В). Тем не менее в схемах некоторых устройств он используется в качестве выхода, и можно увидеть на нем меандр (как и на № 11).

Вывод 9

Это эмиттер транзистора 1. Он управляет мощным транзистором ИБП (полевым в большинстве случаев) в двухтактной схеме либо напрямую, либо через промежуточный транзистор.

Вывод 10

Это эмиттер транзистора 2. В одноконтном режиме работы сигнал на нем такой же, как и на № 9. В двухтактном режиме сигналы на №№ 9 и 10 противофазны, т. е. когда на одном высокий уровень сигнала, то на другом он низкий, и наоборот. В большинстве устройств сигналы с эмиттеров выходных транзисторных ключей рассматриваемой микросхемы управляют мощными полевыми транзисторами, приводимыми в состояние ВКЛЮЧЕНО, когда напряжение на выводах 9 и 10 высокое (выше ~ 3,5 В, но он никак не относится к уровню 3,3 В на №№ 3 и 4).

Вывод 11

Это коллектор транзистора 2, как правило, подключенный к источнику постоянного напряжения (+12 В).

- *Примечание:* В устройствах на TL494CN схема включения ее может содержать в качестве выходов ШИМ-контроллера как коллекторы, так и эмиттеры транзисторов 1 и 2, хотя второй вариант встречается чаще. Есть, однако, варианты, когда именно контакты 8 и 11 являются выходами. Если вы найдете небольшой трансформатор в цепи между микросхемой и полевыми транзисторами, выходной сигнал, скорее всего, берется именно с них (с коллекторов).

Вывод 14

Это выход ИОН, также описанный выше.

Принцип работы

Как же работает микросхема TL494CN? Описание порядка ее работы дадим по материалам Motorola, Inc. Выход импульсов с широтной модуляцией достигается путем сравнения положительного пилообразного сигнала с конденсатора C_t с любым из двух управляющих сигналов. Логические схемы ИЛИ-НЕ управления выходными транзисторами Q1 и Q2, открывают их только тогда, когда сигнал на тактовом входе (C1) триггера (см. функциональную схему TL494CN) переходит в низкий уровень.

Таким образом, если на входе C1 триггера уровень логической единицы, то выходные транзисторы закрыты в обоих режимах работы: одноктакном и двухтактном. Если на этом входе присутствует сигнал **тактовой частоты**, то в двухтактном режиме транзисторные ключи открываются поочередно по приходу среза тактового импульса на триггер. В одноктактном режиме триггер не используется, и оба выходных ключа открываются синхронно.

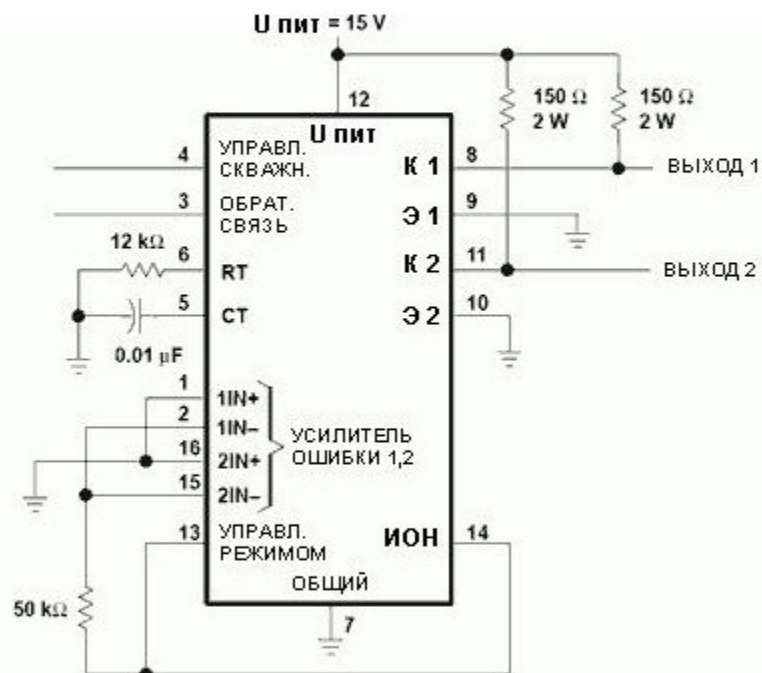
Это открытое состояние (в обоих режимах) возможно только в той части периода ГПН, когда пилообразное напряжение больше, чем управляющие сигналы. Таким образом, увеличение или уменьшение величины управляющего сигнала вызывает соответственно линейное увеличение или уменьшение ширины импульсов напряжения на выходах микросхемы.

В качестве управляющих сигналов может быть использовано напряжение с вывода 4 (управление «мертвым временем»), входы усилителей ошибки или вход сигнала обратной связи с вывода 3.

Первые шаги по работе с микросхемой

Прежде чем делать какое-либо полезное устройство, рекомендуется изучить, как работает TL494CN. Как проверить ее работоспособность?

Возьмите свою макетную плату, установите на нее микросхему и подключите провода согласно нижеприведенной схеме.

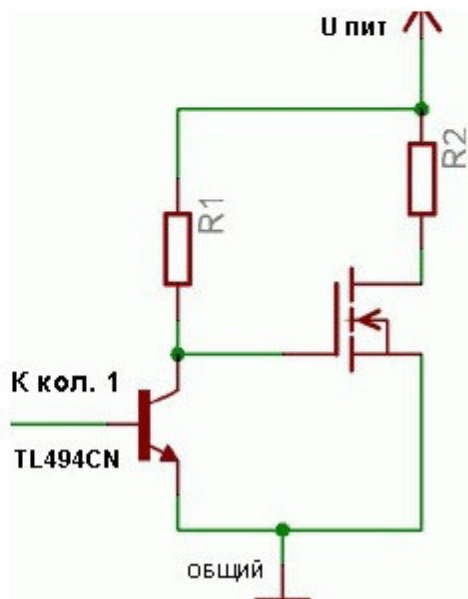


Если все подключено правильно, то схема будет работать. Оставьте выводы 3 и 4 не свободными. Используйте свой осциллограф, чтобы проверить работу ГПН – на выводе 6 вы должны увидеть пилообразное напряжение. Выходы будут нулевыми. Как же определить их работоспособность в TL494CN. Проверка ее может быть выполнена следующим образом:

1. Подключите выход обратной связи (№ 3) и выход управления «мертвым временем» (№ 4) к общему выводу (№ 7).
2. Теперь вы должны обнаружить прямоугольные импульсы на выходах микросхемы.

Как усилить выходной сигнал?

Выход TL494CN является довольно слаботочным, а вы, конечно же, хотите большей мощности. Таким образом, мы должны добавить несколько мощных транзисторов. Наиболее просто использовать (и очень легко получить - из старой материнской платы компьютера) n-канальные силовые МОП-транзисторы. Мы должны при этом проинвертировать выход TL494CN, т. к. если мы подключим n-канальный МОП-транзистор к нему, то при отсутствии импульса на выходе микросхемы он будет открытым для протекания постоянного тока. При этом МОП-транзистор может попросту сгореть... Так что достаем универсальный p-n-транзистор и подключаем согласно нижеприведенной схеме.

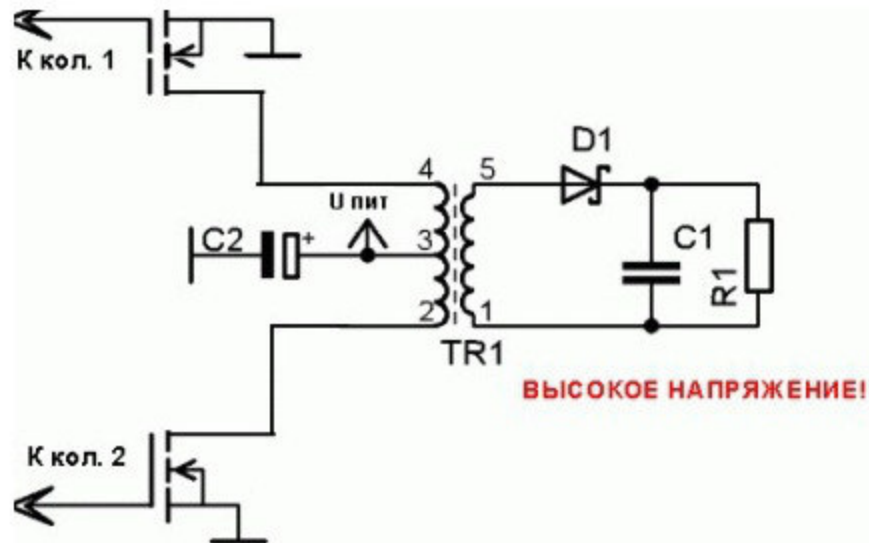


Мощный МОП-транзистор в этой схеме управляется в пассивном режиме. Это не очень хорошо, но для целей тестирования и малой мощности вполне подходит. R1 в схеме является нагрузкой прп-транзистора. Выберите его в соответствии с максимально допустимым током его коллектора. R2 представляет собой нагрузку нашего силового каскада. В следующих экспериментах он будет заменен трансформатором.

Если мы теперь посмотрим осциллографом сигнал на выводе 6 микросхемы, то увидите «пилу». На № 8 (K1) можно по-прежнему видеть прямоугольные импульсы, а на стоке МОП-транзистора такие же по форме импульсы, но большей величины.

А как поднять напряжение на выходе?

Теперь давайте получим некоторое напряжение повыше при помощи TL494CN. Схема включения и разводки используется та же самая – на макетной плате. Конечно, достаточно высокого напряжения на ней не получить, тем более что нет какого-либо радиатора на силовых МОП-транзисторах. И все же, подключите небольшой трансформатор к выходному каскаду, согласно этой схеме.



Первичная обмотка трансформатора содержит 10 витков. Вторичная обмотка содержит около 100 витков. Таким образом, коэффициент трансформации равен 10. Если подать 10В в первичную обмотку, вы должны получить около 100 В на выходе. Сердечник выполнен из феррита. Можно использовать некоторый среднего размера сердечник от трансформатора блока питания ПК.

Будьте осторожны, выход трансформатора под высоким напряжением. Ток очень низкий и не убьет вас. Но можно получить хороший удар. Еще одна опасность - если вы установите большой конденсатор на выходе, он будет накапливать большой заряд. Поэтому после выключения схемы, его следует разрядить.

На выходе схемы можно включить любой индикатор вроде лампочки, как на фото ниже.



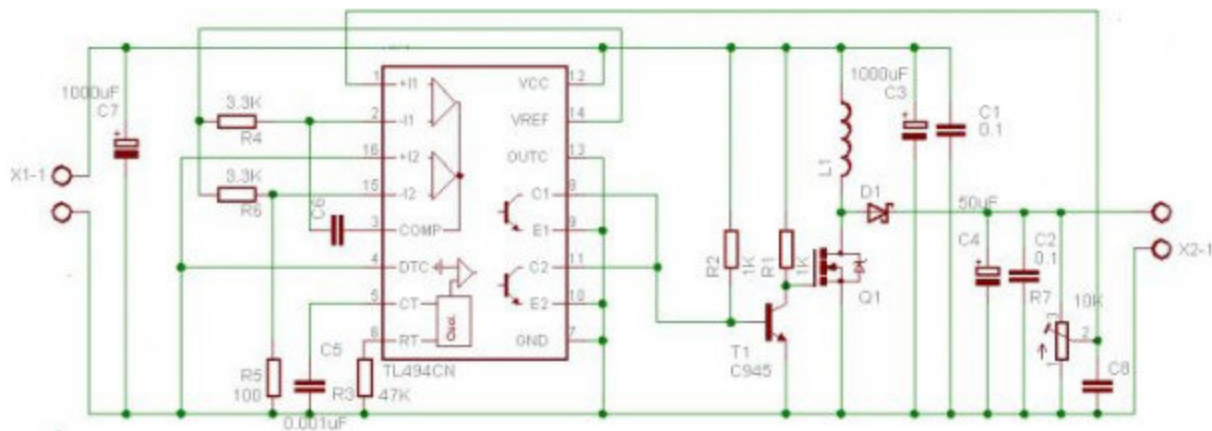
Она работает от напряжения постоянного тока, и ей необходимо около 160 В, чтобы засветиться. (Питание всего устройства составляет около 15 В – на порядок ниже.)

Схема с трансформаторным выходом широко применяется в любых ИБП, включая и блоки питания ПК. В этих устройствах, первый трансформатор, подключенный через **транзисторные ключи** к выходам ШИМ-контроллера, служит для **гальванической развязки** низковольтной части схемы, включающей TL494CN, от ее высоковольтной части, содержащей трансформатор сетевого напряжения.

Регулятор напряжения

Как правило, в самодельных небольших электронных устройствах питание обеспечивает типовой ИБП ПК, выполненный на TL494CN. Схема включения БП ПК общеизвестна, а сами блоки легкодоступны, поскольку миллионы старых ПК ежегодно утилизируются или продаются на запчасти. Но как правило, эти ИБП вырабатывают напряжения не выше 12 В. Этого слишком мало для [частотно-регулируемого привода](#). Конечно, можно было бы постараться и использовать ИБП ПК повышенного напряжения для 25 В, но его будет трудно найти, и слишком много мощности будет рассеиваться на напряжении 5 В в логических элементах.

Однако на TL494 (или аналогах) можно построить любые схемы с выходом на повышенную мощность и напряжение. Используя типичные детали из ИБП ПК и мощные МОП-транзисторы от материнской платы, можно построить ШИМ-регулятор напряжения на TL494CN. Схема преобразователя представлена на рисунке ниже.



На ней можно увидеть схему включения микросхемы и выходной каскад на двух транзисторах: универсальном pnp- и мощном МОП.

Основные части: T1, Q1, L1, D1. Биполярный T1 используется для управления мощным МОП-транзистором, подключенным упрощенным способом, так наз. «пассивным». L1 является дросселем индуктивности от старого принтера HP (около 50 витков, 1 см высота, ширина 0,5 см с обмотками, открытый дроссель). D1 - это [диод Шоттки](#) от другого устройства. TL494 подключена альтернативным способом по отношению к вышеописанному, хотя можно использовать любой из них.

C8 – конденсатор малой емкости, чтобы предотвратить воздействие шумов, поступающих на вход усилителя ошибки, величина 0,01 μF будет более или менее нормальной. Большие значения будут замедлять установку требуемого напряжения.

C6 - еще меньший конденсатор, он используется для фильтрации высокочастотных помех. Его емкость - до нескольких сотен пикофарад.