

Высоковольтный блок.

Некоторые форумчане критикуют ранее написанные главы за вольную, несколько игривую манеру изложения, дескать, предпочли бы читать тексты, написанные более конкретным, техническим языком. Я это могу сделать, приходилось так излагать свои идеи в заявках на авторские свидетельства, а «их есть у меня», и в аннотациях к ним (там только так излагать и полагается). Не стал этого делать потому, что подавляющему большинству участников форума было бы скучно и непонятно читать, а всё тем же критиканам дал бы повод упрекнуть меня в заумности и излишней наукообразности изложения (им, как всегда, всё, что вышло не из-под них - будет плохо). Поэтому стараюсь излагать так, чтобы заинтересовать большинство, как форумчан, так и зашедших на форум, и как можно доступнее и нагляднее объяснить достаточно сложные вещи, которые разбирались на форуме по электростатике на протяжении последних трёх лет. Те же, кому не нравится мой стиль изложения, могут взять томик Донцовой, Устиновой или Марининой (благо, ныне это не дефицит) и отдыхать.

Итак, **ВВ блок (высоковольтный блок)** - сердце камеры электростатического копчения. Именно он выдаёт высокое напряжение, которое создаёт поле в камере, которое разгоняет образовавшиеся ионы, которые бомбардируют наш продукт, который мы так любим.

Давайте рассмотрим, из каких же узлов он состоит.



Тиристорный ВВ блок



Генератор импульсов предназначен для формирования последовательности прямоугольных импульсов (в разбираемых далее схемах это будут генераторы на тиристоре, микросхемах NE555 и UC3843 и реле аварийного зажигания).

Силовой элемент предназначен для усиления этой последовательности импульсов (в разбираемых далее схемах это будут

полевые транзисторы, тиристоры и выходные транзисторы автомобильных коммутаторов).

Согласующий (буферный) каскад предназначен для согласования выходного сигнала генератора со входом силового элемента (в разбираемых далее схемах это будут отдельные транзисторы и буферная часть схемы автомобильных коммутаторов).

Блок питания обязан обеспечить эти каскады необходимыми напряжением и током.

Высоковольтный трансформатор увеличивает амплитуду импульсов во столько раз, во сколько раз количество витков его вторичной (высоковольтной) обмотки больше количества витков его первичной обмотки (в разбираемых далее схемах это будут ТВС, ТДКС и катушки зажигания автомобилей).

Умножитель напряжения предназначен для пропускания только положительной составляющей импульсов (привязка последовательности импульсов к «0») и для ещё большего увеличения их амплитуды.

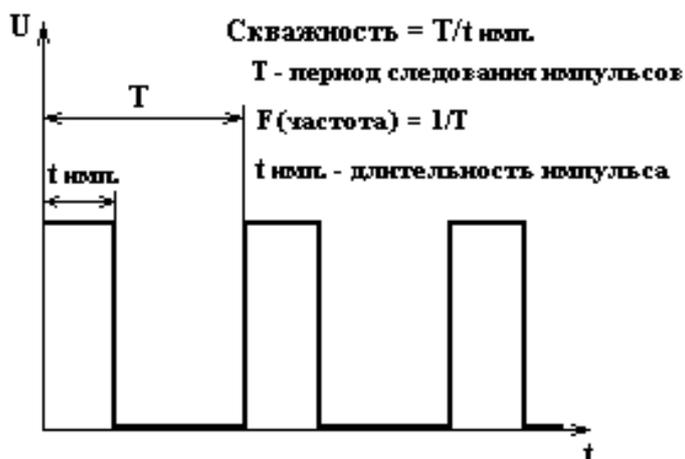
Теперь рассмотрим каждый из этих узлов в отдельности, каким он должен быть, чтобы по возможности полностью решать наши задачи.

Высокое напряжение занимало людей давно и на форумах, посвящённых ему, наличествует очень много схем, с помощью которых его можно получить. Однако, собрать схему для демонстрации дуги (высокого напряжения), работающую в течении нескольких минут, совсем не то, что сконструировать схему, которая будет работать годами, при этом оставаясь ещё и экономичной. Давайте эффективность отделим от эффективности.

Силовой элемент не требует много объяснений. Это тиристор или транзистор, который нужно подбирать под конкретную схему, исходя из её требований: структура, мощность, предельные напряжение и ток. Либо коммутатор зажигания автомобиля: одноканальный или двухканальный.

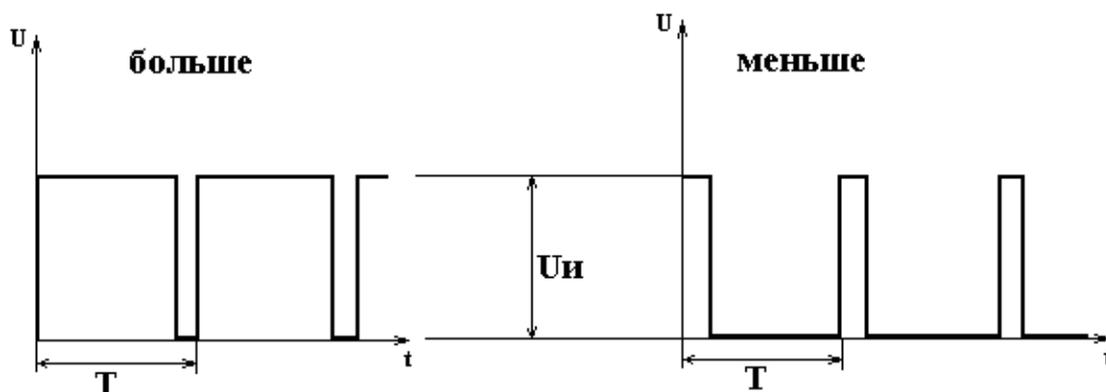
Согласующий (буферный) каскад для схем с коммутаторами не нужен (он уже в них собран), а **для согласования выхода микросхемы NE555 с полевым транзистором он просто необходим**, о нём поговорим на разборе схемы.

Генератор должен вырабатывать импульсы и, в идеале, позволять управлять их частотой и скважностью. Попробуем разобраться, зачем эти регулировки нужны и можно ли без них обойтись. **Частота** – количество импульсов в единицу времени. **Скважность** – величина, характеризующая соотношение длительности самого импульса и периода его следования. **Частота и скважность не зависят друг от друга (в правильном генераторе одна не меняется при изменении другой)**. Реальная форма импульсов далека от идеально прямоугольной, особенно в силу переходных процессов в высоковольтном трансформаторе и на конденсаторах умножителя, но мы, для наглядности, будем изображать их прямоугольными.



Длительность импульса это для нас - длительность воздействия высокого напряжения на продукт, грубо говоря, именно столько времени за один период будет существовать поле в камере. Поэтому, должно быть понятно, что эффективность копчения будет тем больше, чем большей будет длительность импульса.

Мощность, отданная в коптилку при разных скважностях импульсов



В электронике есть термин ШИМ (широтно-импульсная модуляция):
«процесс управления мощностью, подводимой к нагрузке, путём изменения скважности импульсов, при постоянных напряжении питания и частоте».

Таким образом, Вы видите, что, изменяя скважность (ширину импульса при постоянных его амплитуде « $U_{и}$ » и частоте, т.е. при постоянном периоде « T »), мы можем в широких пределах регулировать эффективность нашей коптильной камеры (от «совсем чуть-чуть» до «полный вперёд»). Это и есть ШИМ (широтно-импульсная модуляция).

Теперь о частоте следования импульсов. Изменяя количество продукта в камере, мы тем самым меняем её ёмкость (не как объём, а, как конденсатор, ведь вывешенный продукт и коронирующие электроды есть, суть, две пластины конденсатора). В паре с высоковольтной обмоткой трансформатора этот конденсатор представляет собой «колебательный контур», который по-разному ведёт себя на разных частотах, подаваемых на

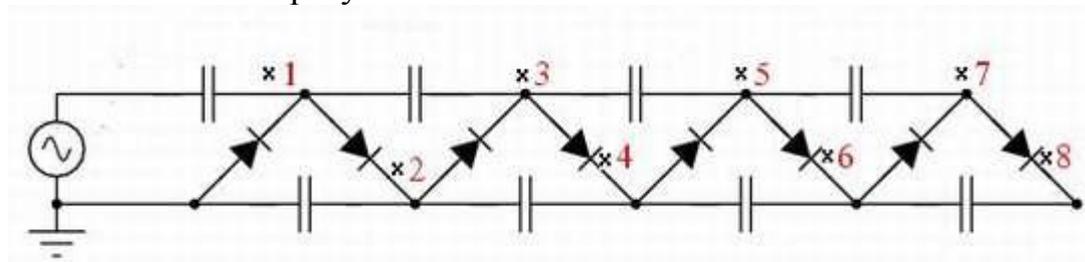
него импульсов. Проще говоря, нужно согласовать нашу камеру (с нынешним количеством продукта в ней) с ВВ блоком, изменяя частоту генератора. Зачем это делать? В любом электрическом приборе, часть энергии идёт нам на пользу, а часть уходит на нагрев прибора. Мы можем, изменяя частоту генератора, несколько её перераспределить, направить больше в камеру и меньше на нагрев силового элемента (согласовав нынешнюю загрузку камеры по частоте с ВВ блоком). Это, естественно, желательно делать при каждой загрузке. Можно ли без этих регулировок обойтись? Разумеется. Регулировку скважности можно заменить периодическим выключением высокого напряжения (таймером или вручную). Изменением частоты многим на начальном уровне, особенно выбравшим схему на катушке зажигания, можно вообще, пренебречь и заняться этим, когда будет освоено основное.

Блок питания, насколько показал анализ представленных на форуме ВВ блоков, должен удовлетворять следующим требованиям: от 9 до 12 вольт, обеспечивающий ток нагрузки не менее 5 ампер. При применении для питания ВВ блока компьютерного блока питания необходим высокочастотный фильтр между ними, чтобы избежать выхода из строя компьютерного блока питания (всплески напряжения, обусловленные мощной индуктивной нагрузкой силового элемента) и для предотвращения перегрева силового элемента (наличие импульсной составляющей на выходе блока питания). **Применять регулируемый блок питания для управления мощностью ВВ блока категорически нельзя**, т.к. при изменении общего напряжения меняются одновременно все параметры схемы (и частота и скважность и амплитуда импульсов генератора) **и, что самое неприятное, сдвигается рабочая точка характеристики силового элемента со всеми вытекающими проблемами (перегрев, выход из строя)**. Вы не найдёте ни одной схемы промышленного электронного устройства, где бы в процессе его работы регулировалось питающее напряжение его силового элемента. А всё потому, что **задача стабилизации питающего напряжения силового элемента любого электронного устройства является основополагающей при его разработке, её фундаментом**. Для управления мощностью, отдаваемой в нагрузку, применяется рассмотренная выше ШИМ (широтно-импульсная модуляция). Это, что касается законов схемотехники. Если Вы, всё же, выбрали для управлением мощностью регулировку питания, нужно быть готовым к тому, что при изменении напряжения питания будут меняться все характеристики схемы сразу и, не имея возможности их контролировать, Вы вынуждены будете гадать, что получите в результате. Повторить же режим работы копилки, если он Вам понравился, Вы не сможете никогда. Это, как менять громкость приёмника изменением его питания, громкость, естественно, будет меняться, но будет много сюрпризов (начали тихо слушать одну станцию, продолжили громко наслаждаться другой). **Желающим использовать в своей схеме таймер NE555 не стоит забывать, что он перестает устойчиво работать уже при 4,5 вольт** и, что

будет выдавать при более низком его питании, сказать невозможно. Генератор в любом устройстве должен быть самым точным узлом и его необходимо питать стабилизированным напряжением. Минимальным питанием для NE555 может быть питание через стабилизатор 78L05, который уверенно будет выдавать на своём выходе 5V, только, если на его вход подать не менее 8V (но не более 20V). 78L05 стоит несколько рублей, а пользы принесёт немерено.

Высоковольтный трансформатор на форуме представлен строчными телевизионными трансформаторами и катушками зажигания автомобилей. Следует помнить, что катушки зажигания бывают двухкатушечными и однокатушечными, последние бывают для контактной системы зажигания и бесконтактной (разнятся по мощности и выходному напряжению). Самое главное, **катушки зажигания нельзя применять в схемах с генератором частотой более 1,5-2кГц** (у них сердечник металлический и при больших частотах со временем возможен перегрев, разгерметизация и взрыв). Строчные трансформаторы все разные, они разработаны каждый под свою схему телевизора и отличаются мощностью, количеством обмоток и числом их витков (получаемое высокое напряжение у всех будет разное при одних и тех же питании, генераторе и силовом элементе).

Умножитель напряжения для применяющих в своих схемах ТДКС не нужен (он уже в них есть), но необходим для тех, кто применяет старые советские ТВС и катушки зажигания. Можно применять советские же УН9/27 и УН8,5/25 или собирать умножитель из высоковольтных диодов и высоковольтных конденсаторов, меняя количество плеч умножения до достижения желаемого результата.



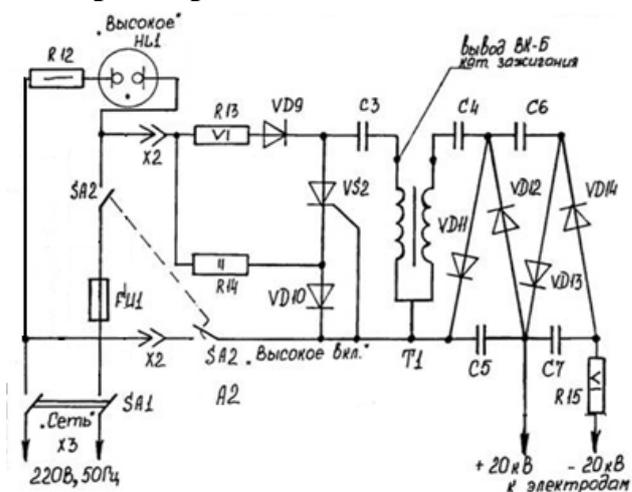
Схем ВВ блоков, получивших на нашем форуме наибольшее распространение пять:

- тиристорная, представлена на форуме [Александр29-](#) ([Как коптить за 15 минут - написано здесь.](#));
- на таймере NE555, представлена на форуме [Recov](#) (<http://goo.gl/0fW4g9>);
- на ШИМ регуляторе UC3843, представлена на форуме [vvsamojlov](#) (<https://yadi.sk/i/DaHjiyQgpLXu7>);
- модульная схема одноконтная, представлена на форуме [Александр31регион](#);
- модульная схема двухконтная, представлена на форуме [Спиридоныч](#);

Макетный монтаж детализация и описание обеих модульных схем приведены [vvsamojlov](#) (<https://yadi.sk/i/UaUV53P3qsgvf>).

Все пять схем описаны и не имеет смысла тиражировать эти описания, желающие могут ознакомиться с ними из указанных первоисточников. Для копчения продуктов подходит любая из используемых данными схемами частот: 50Гц – тиристорная схема, от 100Гц до 2кГц – при использовании автомобильных катушек зажигания (металлический сердечник), от 5кГц до 50кГц – при использовании ТВС или ТДКС (ферритовый сердечник). Разницы во времени копчения нет. Каждая из приведённых схем имеет свои достоинства и свои недостатки. Остановимся коротко на особенностях каждой из них.

Электрическая схема генератора высоковольтных импульсов с емкостным накопителем энергии с сетевым питанием и коммутатором на тиристоре.

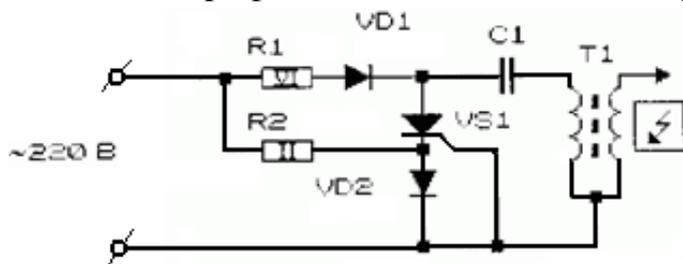


Она была приведена на сайте:

http://www.patlah.ru/etm/etm-05/koptilni/elstatic_koptilna/elstatic_koptilna.htm,

а на нашем форуме представлена [Александр29-](#).

Для желающих разобраться, принцип работы этой схемы приводим мелким шрифтом, остальные могут его просто пропустить:



Во время положительного полупериода сетевого напряжения конденсатор C1 заряжается через резистор R1, диод VD1 и первичную обмотку трансформатора T1. Тиристор VS1 при этом закрыт, поскольку отсутствует ток через его управляющий электрод (падение напряжения на диоде VD2 в прямом направлении мало по сравнению с напряжением, необходимым для открывания тиристора).

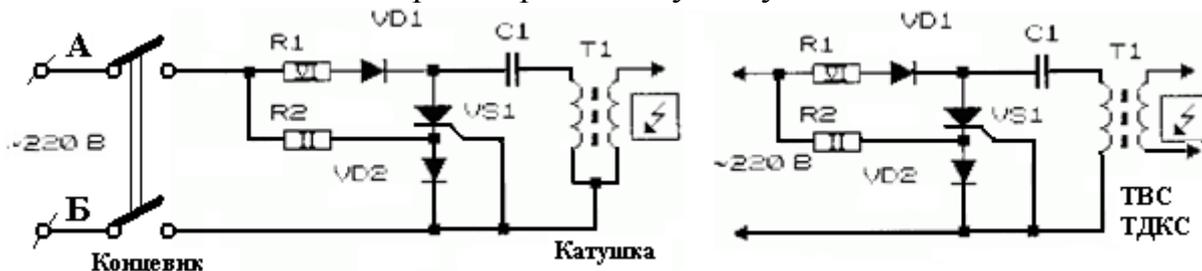
При отрицательном полупериоде диоды VD1 и VD2 закрываются. На катоде тиристора образуется падение напряжения относительно управляющего электрода (минус — на катоде, плюс — на управляющем электроде), в цепи управляющего электрода появляется ток, и тиристор открывается. В этот момент конденсатор C1 разряжается через него и первичную обмотку трансформатора. Во вторичной обмотке появляется импульс высокого напряжения. И так — каждый период сетевого напряжения.

На выходе устройства формируются двухполярные импульсы высокого напряжения с частотой 50Гц .

К достоинствам этой схемы можно отнести простоту, отсутствие блока питания, при правильно подобранных тиристоре, конденсаторе и резисторах у неё очень приличные стабильность и надёжность в работе.

Главный недостаток этой схемы – наличие напряжения сети переменного тока 220V внутри камеры копчения при применении высоковольтной катушки (бобины) со связанными (соединёнными) обмотками.

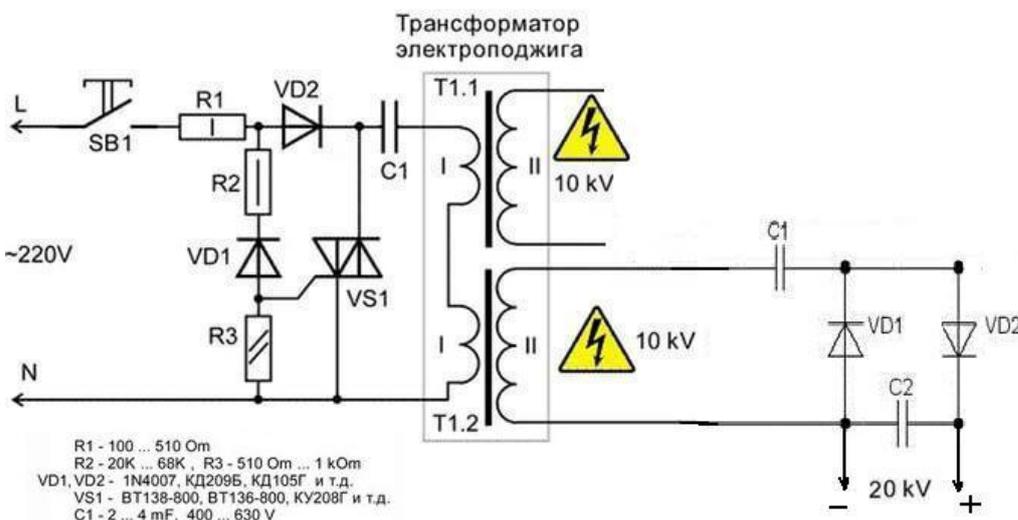
Опасность этого можно предотвратить двумя путями:



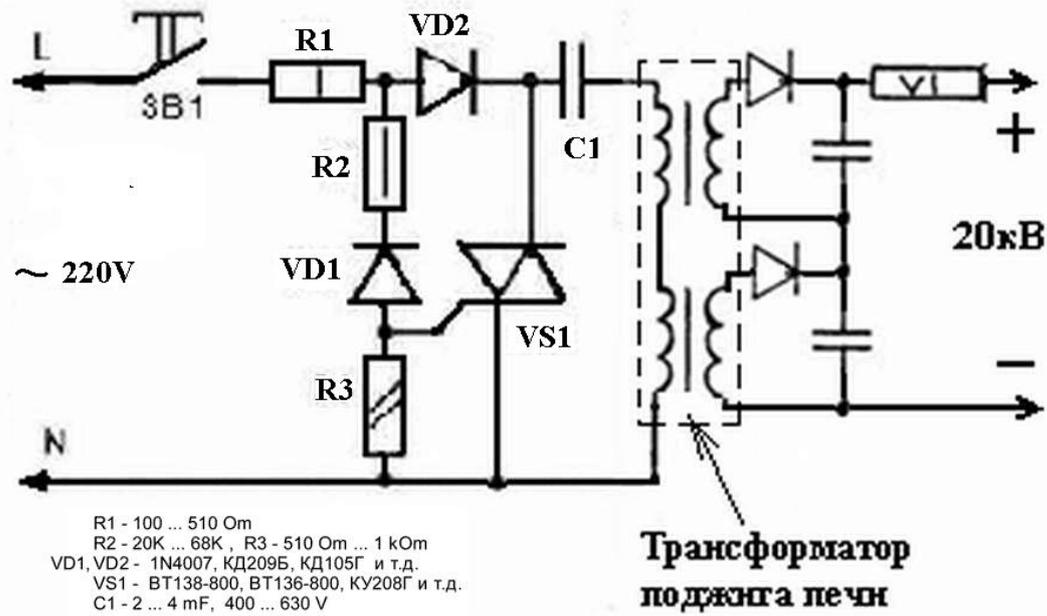
- применить высоковольтный трансформатор с независимыми первичной и вторичной обмотками (ТВС, ТДКС, автомобильные бобины с не связанными обмотками, такие есть). Это вариант, с так называемой гальванической развязкой, показан на правой схеме;

- при монтаже коптильной камеры сделать стационарное подключение «фазы 220V» к точке «А», а «нуля 220V» к точке «Б» схемы (левая схема), ни в коем случае не использовать двухполюсную вилку для подвода напряжения к коптилке и предусмотреть, в качестве выключателя высокого напряжения, концевик, обрывающий обе линии питания от схемы при открывании дверцы камеры копчения.

master ink предложил применить в качестве высоковольтного трансформатора трансформатор поджига газовой плиты. По своим характеристикам некоторые из них эквивалентны ТДКС, некоторые автомобильным катушкам зажигания. Его можно подключить либо используя его одну высоковольтную обмотку и стандартную тиристорную схему поджига газовой плиты:

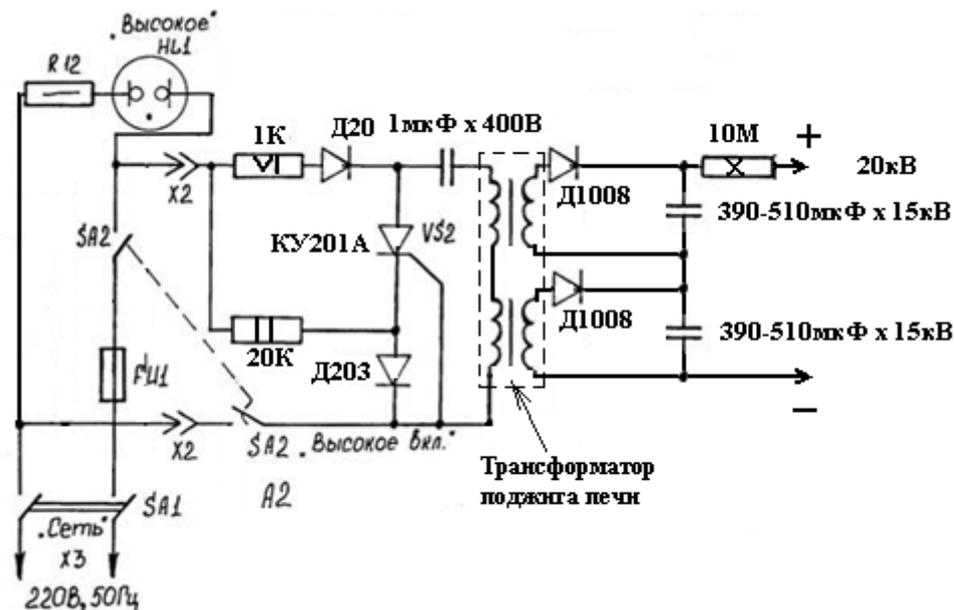


или использовать обе обмотки, соединив их по схеме предложенной [Спиридоныч:](#)



Следует учесть, что родная схема поджига бытовых газовых плит выдаёт 1 импульс в секунду, нужно будет переделать её, чтобы она работала с частотой сети, т.е. давала 20-50 импульсов в секунду.

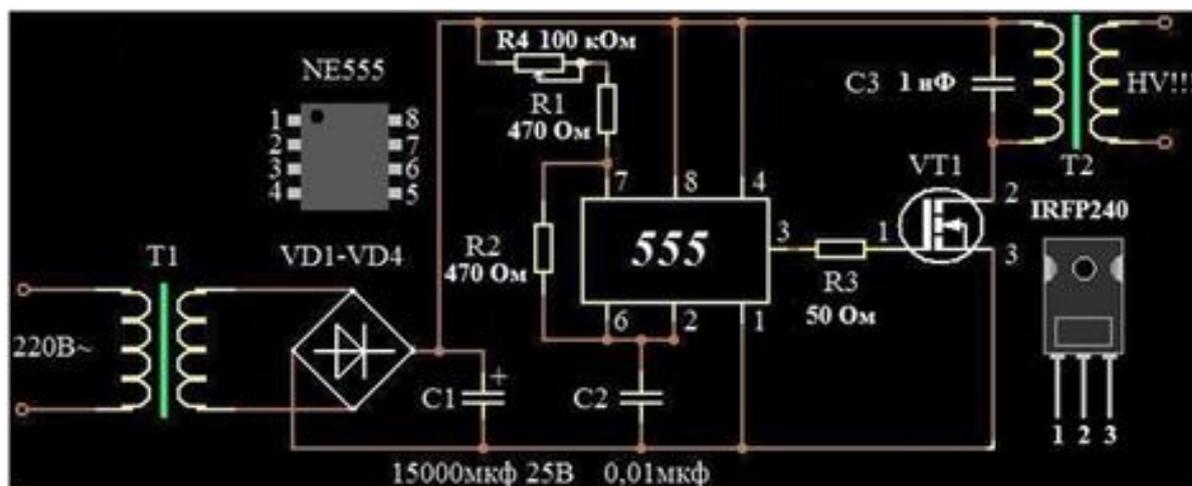
Можно применить этот трансформатор в схеме от [Александр29-](#) вместо автомобильной катушки зажигания:



В этих схемах благодаря гальванической развязке, обеспеченной данным трансформатором, напряжение 220В не попадает в коптильную камеру.

Одним из недостатков данной схемы можно считать отсутствие регулировок, но здесь сможет помочь внешний таймер, который будет периодически включать и выключать питание схемы по заданной программе, регулируя мощность (время) копчения.

Схема для получения высокого напряжения на таймере NE555 и полевом транзисторе IRFP240.



Она была приведена ещё в 90х прошлого века на форуме <http://flyback.org.ru> его членом Stalin, а на нашем форуме представлена [Recov](#).

Принцип действия: генератор на таймере NE555 вырабатывает прямоугольные импульсы, которые заставляют полевой транзистор работать в ключевом режиме, в результате чего на выходе образуются двухполярные импульсы высокого напряжения с частотой генератора (при указанных номиналах частота будет до десятков кГц). Следует заметить, что, желающим использовать в этой схеме автомобильную катушку зажигания, необходимо будет изменить номиналы C2, R1, R2, R4 для того, чтобы частота генератора не поднималась выше 2кГц (причина рассмотрена выше).

К достоинствам этой схемы можно отнести доступность элементной базы, наличие печатного монтажа.

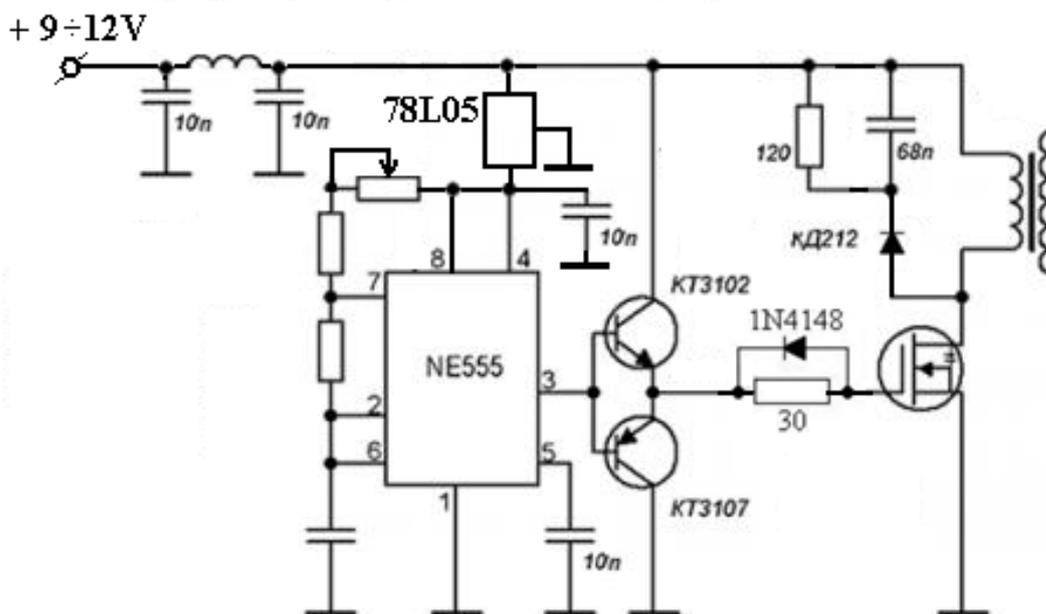
К недостаткам этой схемы следует отнести:

- отсутствие согласования выхода микросхемы NE555 с затвором полевого транзистора (таймер был выпущен в начале 70х прошлого века, когда полевые транзисторы были только в зачатке, и не предназначен для работы с ними, ну, не может он их ни открывать ни закрывать полностью), в результате перегрев силового элемента и сгорание его со временем неминуемы, с каким бы колоссальным запасом мощности Вы его не брали и на какие бы радиаторы не ставили (ещё в начале 2014г. [Андрей6319](#) указывал причины перегрева транзистора и приводил способы устранения его в посте №284: <http://fermer.ru/comment/1074612967#comment-1074612967>, но не был услышан). Полевой транзистор в ключевом режиме **при грамотном управлении**, с такой нагрузкой, как наша, греться не должен;
- невозможность (без приличного усложнения схемы) независимых регулировок частоты и скважности, то есть невозможность управления эффективностью копилки. При проектировании этой доступной, любимой многими микросхемы не ставились такие задачи, а со своими, как таймер,

она превосходно справляется (кто сомневается – к первоисточнику: <https://yadi.sk/d/OLcvNNZ93DzN7M> стр.41);

- завязка по питанию генератора и силовой части схемы и, как результат, нестабильная работа генератора будет гарантирована;

Что же мы можем сделать, чтобы облегчить жизнь этой схеме и её пользователям? Добавим в эту схему несколько узлов:



- буферный каскад на микросхеме (например IR2117) или, самое простое, на комплементарной паре транзисторов, чем согласуем генератор с полевым транзистором. В последнее время разработана цепочка полевых транзисторов, способных работать непосредственно от логического уровня микросхем (например серия IRLxxx), но, вообще-то, **правильней, все же, - ставить буферный каскад (драйвер) даже с ними, ведь кроме основных функций формирования управляющих сигналов он ещё обеспечивает и токовую защиту, и защиту от пробоя и перенапряжения, оптимизирует скорость полного открытия транзистора, в общем, кушает свой ток не напрасно;**

- снаббер (цепочка, параллельная первичной обмотке трансформатора) – это демпфирующее устройство, работающее в качестве фильтра низкой частоты, которое замыкает на себе ток переходного процесса и подавляет индуктивные выбросы;

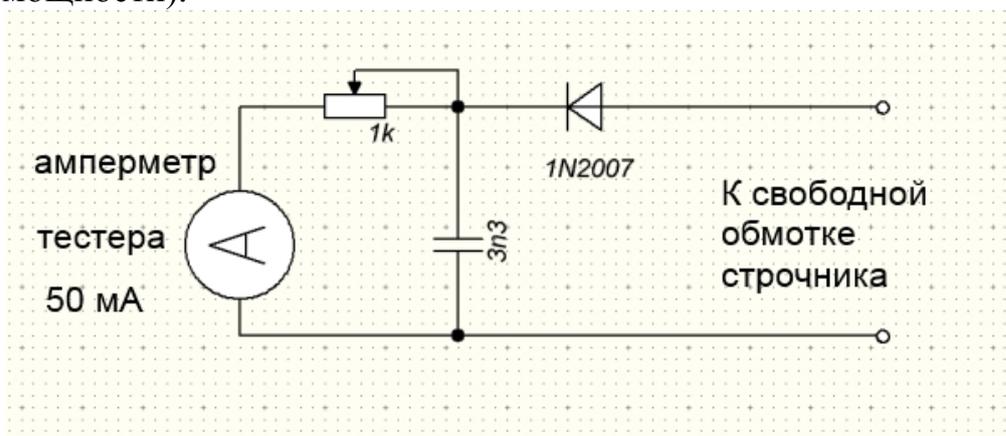
- стабилизатор напряжения 78L05 для питания генератора;

- конденсатор 10n на 5 ногу, чтобы поддержать опорное напряжение таймера;

- фильтр по питанию из 2х конденсаторов и дросселя (ферритовое кольцо 20x12x6мм или 28x16x9мм, самое большое из компьютерного блока питания с намотанным на него максимальным числом витков проводом 0,8 – 1мм);

- ввести независимую (от регулировки частоты) регулировку скважности импульсов, но без коренной переделки схемы, увы, не удастся. **Так, что мощностью копилки нам, увы, управлять не удастся, именно поэтому пользователи этой схемы вынуждены регулировать напряжение питания, о недопустимости чего было написано выше.**

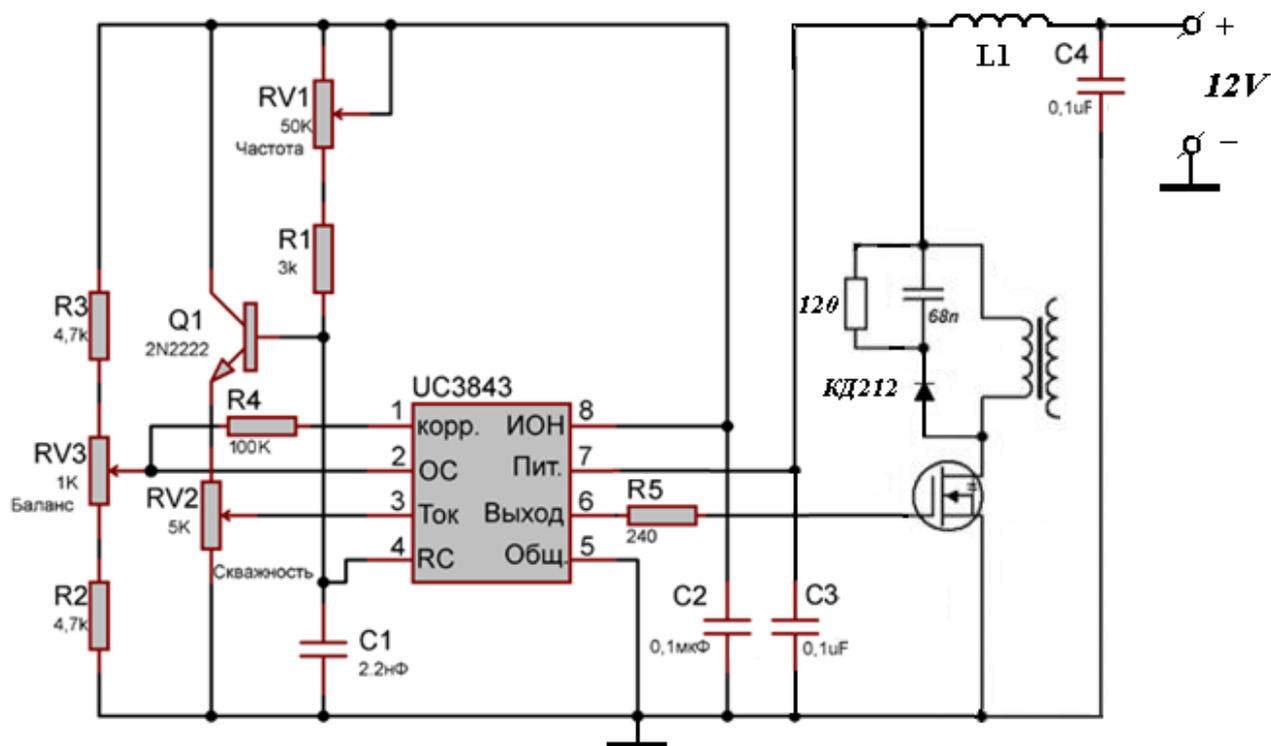
В описании у [Recov](#) есть небольшой блок со стрелочным индикатором, подключаемый к накаливающей обмотке любого ТВС или ТДКС. Он очень удобен для визуального контроля согласования загруженной камеры копчения с ВВ блоком изменением частоты генератора (по максимуму отклонения стрелки, соответствующему максимальной, отдаваемой в камеру мощности).



Вместо головки амперметра прекрасно работают стрелочные индикаторы уровня советских магнитофонов, тем более цифровых данных нам не нужно, важен момент максимального отклонения стрелки.



Схема с генератором на UC3843, на, так называемом, ШИМ (широотно-импульсном модуляторе).



Она была представлена в интернете в качестве статьи <https://yadi.sk/i/QQFgTNLA3DzyhS> (сайта сейчас не нашли.)

В отличие от таймера NE555, эта микросхема:

- разработана, специально, для управления N-канальными полевыми транзисторами (можно подключать напрямую к её выходу большинство N-канальных полевых транзисторов, а не только специальных, с логическим входом);
- содержит свой собственный стабилизатор напряжения, можно её питание не развязывать относительно общего питания;
- позволяет полностью независимо друг от друга регулировать частоту и скважность, то есть позволяет в широких пределах регулировать эффективность копчения (скважность регулируется от «0» до 90%, чего никогда не добьются на NE555);
- стоит 20 – 30 рублей.

Силовая и высоковольтная часть идентичны, рассмотренным только что (снаббер здесь тоже не помешает).

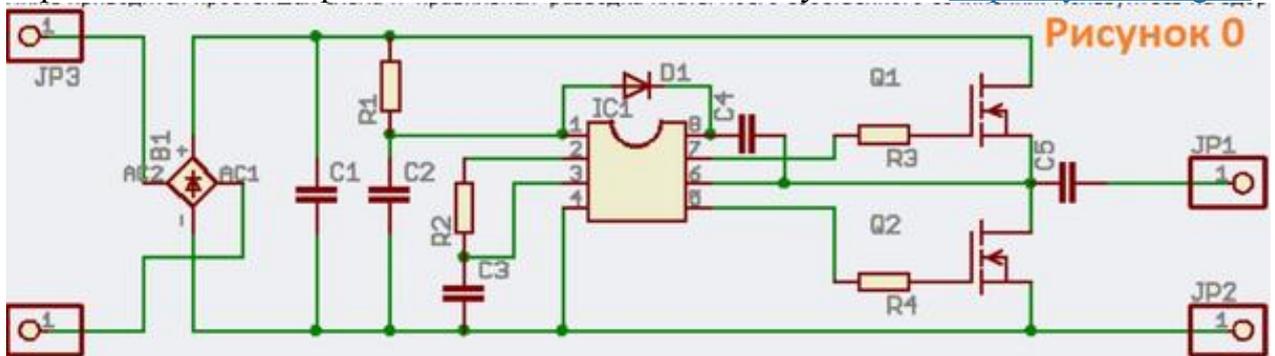
Данная схема при начальной настройке нуждается в том, чтобы мы смогли увидеть форму генерируемых ей импульсов. В идеале для этого нужен осциллограф, которого у многих нет. Но зато у всех есть компьютеры, в каждом из которых есть звуковая карта. Если Вам очень захотелось собрать

эту схему, Вам не составит труда, подсоединив несколько сопротивлений и диодов к микрофонному разъёму, получить виртуальный осциллограф на экране своего монитора <https://yadi.sk/i/iT5sNWUqqQG2H> , который ещё не раз сослужит Вам службу.

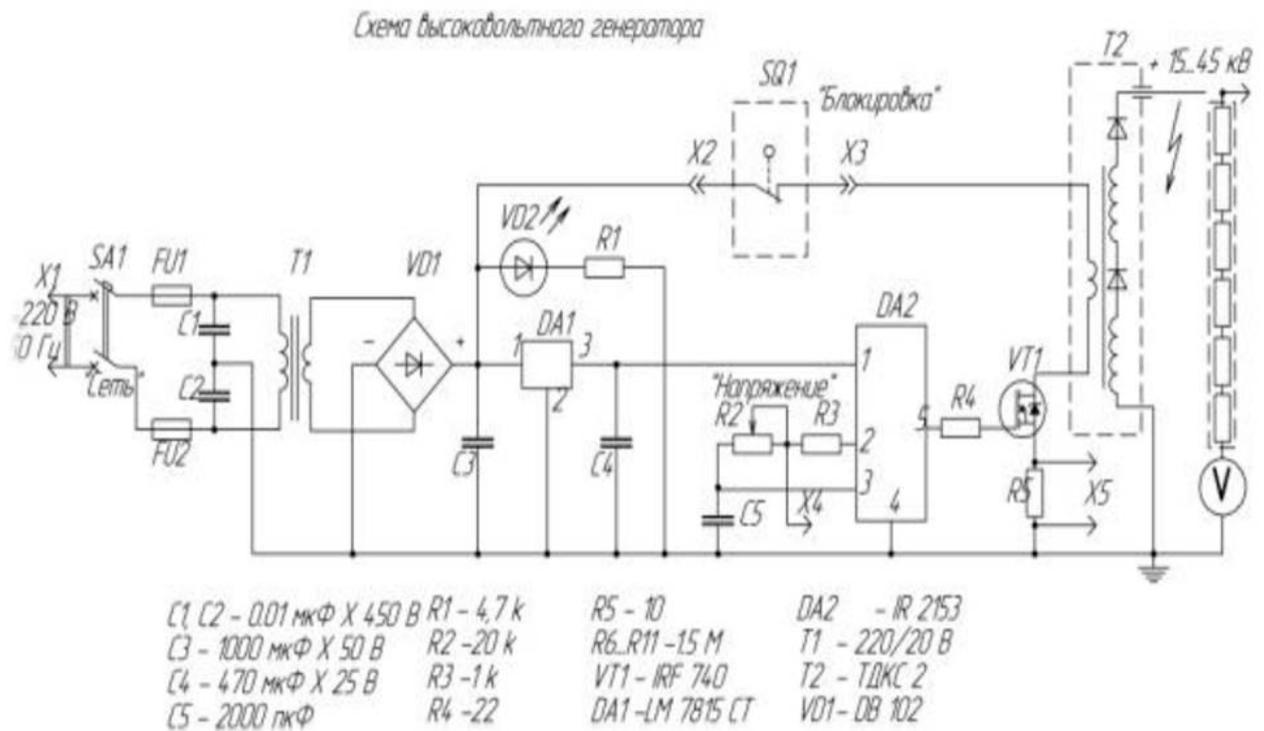
Схемы на драйверах управления полевыми и IGBT транзисторами.

[mr kiper](https://fermer.ru/comment/1074812783#comment-1074812783) <https://fermer.ru/comment/1074812783#comment-1074812783>

первоисточник – портал высоковольтщиков и энтузиастов <http://flyback.org.ru>



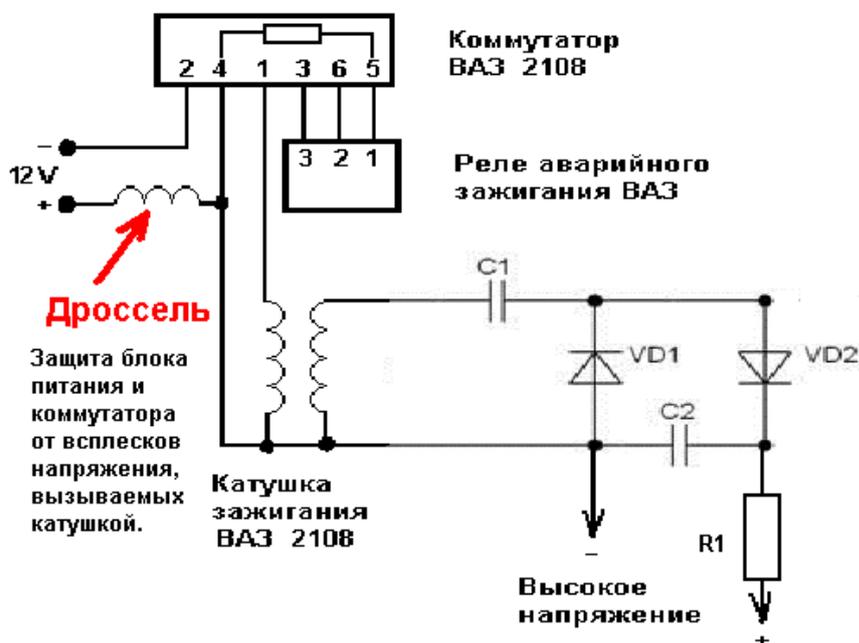
и [Karel17](https://fermer.ru/comment/1077731733#comment-1077731733) <https://fermer.ru/comment/1077731733#comment-1077731733>



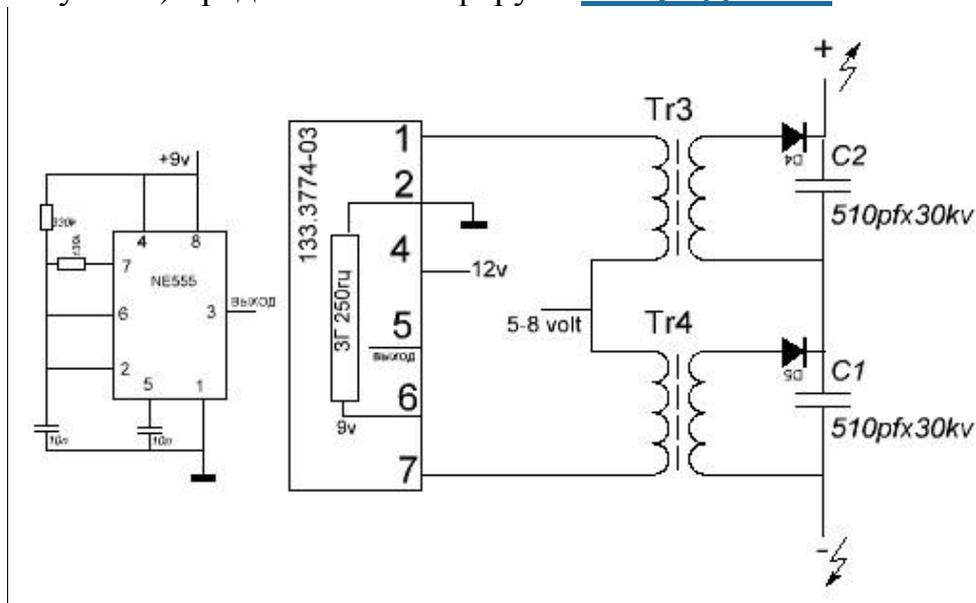
Обе схемы собраны на современном драйвере управления полевыми транзисторами **IR2153**, что обеспечивает прекрасный полноценный ключевой режим работы силовых элементов (полевых транзисторов), исключая их перегрев и выход из строя, как в схемах с **NE555**.

Схема модульная.

Вернее две схемы, одна на одноконтном коммутаторе зажигания и катушке зажигания автомобиля, представлена на форуме [Александр31регион](#)



другая на двухтактном коммутаторе и сдвоенной катушке (или двух катушках) представлена на форуме [Спиридоньч](#).



Поскольку [Спиридоньч](#) не вывесил описание схемы в подписи, приводим его комментарий об этой схеме в постах:

<http://fermer.ru/comment/1076919667#comment-1076919667>

и <http://fermer.ru/comment/1076919834#comment-1076919834>

Цитата: «ВВ блок сделан из двухканального коммутатора с задающим генератором на КР1006ВИ на 250гц и двухкатушечной бобины. Каждая катушка работает на свой однополупериодный выпрямитель, они соединяются последовательно и ВВ свечными проводами с распределенным

сопротивлением (они же токоограничительные) подсоединяются к кускам трубок, держащих штанги. Переставить провода снаружи без открытия ящика - секунды. Нигде не шьет при любом напряжении. Все просто и не требует больших знаний электроники. Питание от компового БП, на катушку хватает вполне 5 вольт (делал регулятор от 5 до 8 вольт - убрал). И 12 вольт от этого же БП. Хватает БП от самого дохлого компа. Плата задающего генератора размещается внутри коммутатора. Диоды до 15 кв. Кондеры зеленые от старых ламповых теликов. При 5 вольт на катушке выход суммы напряжений около 30 кв.»

Небольшое добавление: КР1006ВИ это советская копия NE555, генератор, собранный на этом таймере (левая маленькая схемка) Спиридонич разместил в корпусе коммутатора под названием «ЗГ 250Гц».

Разбор, детализация и макетный монтаж обеих схем, сделанные [vvsamojlov](https://yadi.sk/i/UaUV53P3qsgvf), приведены здесь: <https://yadi.sk/i/UaUV53P3qsgvf>

Сообщения об обеих этих модульных схемах появились ещё в самом начале 2014г. <http://fermer.ru/comment/1074618754#comment-1074618754>

Очень жаль, что [Андрей6319](#), автор этих постов, грамотный инженер, вынужден был из-за амбиций наших «доброжелателей» уйти с нашего форума два года назад. Достоинства этих схем в том, что их можно собрать практически без паяльника из деталей, основные из которых можно найти даже не в магазине, а на любой СТО или на площадках разбора авто и, собрав, коптить с помощью этих схем можно, питаясь от автомобильного аккумулятора, к примеру, на рыбалке.

ВВ блок от [allalone](#)

<https://fermer.ru/comment/1077820764#comment-1077820764>

