

## Преобразователь напряжения

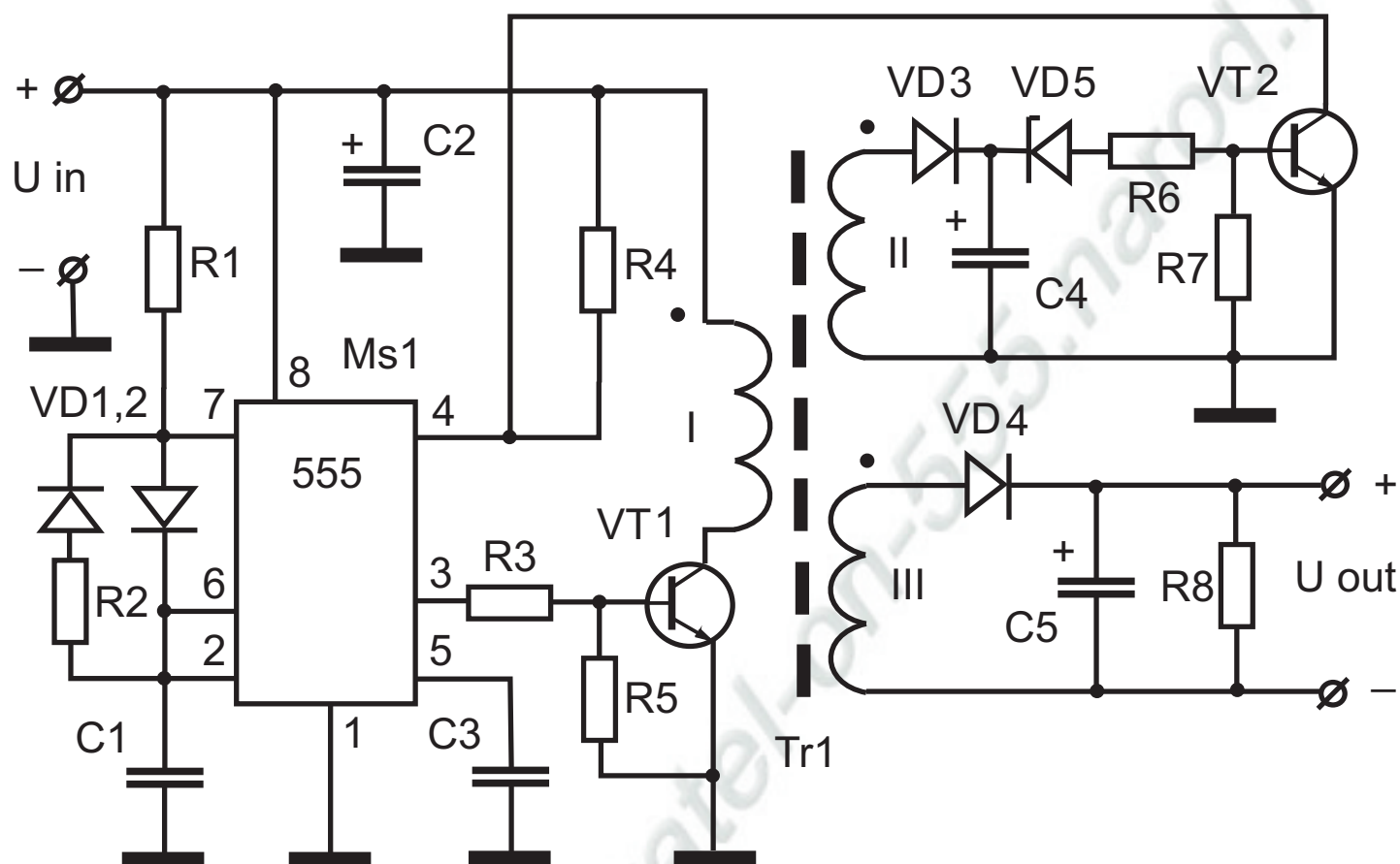


Рис.1 Схема преобразователя напряжения

Изображенный на схеме преобразователь напряжения имеет полную гальваническую развязку выхода, что делает возможным применение преобразователя для питания любых схем положительным или отрицательным напряжением относительно общей шины питаемого устройства. Коэффициент полезного действия данного преобразователя порядка 80%. Столь высокий КПД получен благодаря тому, что при достижении заданного напряжения на выходе, таймер останавливается, транзистор VT1 выключается и ток потребления преобразователя, в этот момент времени, очень мал и обусловлен только потреблением таймера в ждущем режиме.

При снижении выходного напряжения ниже пороговой величины, вновь запускается таймер и цикл работы преобразователя повторяется. При увеличении тока нагрузки, частота работы преобразователя повышается и также повышается ток, потребляемый преобразователем от источника питания. В режиме холостого хода, частота и ток минимальны.

Преобразователь устойчиво работает с динамическими нагрузками и поддерживает стабильное напряжение на выходе с достаточной, для практического применения, точностью. Данная особенность преобразователя позволяет использовать его в качестве зарядного устройства для аккумуляторов. Максимальный выходной ток преобразователя задается режимом работы таймера. Благодаря ограничению выходного тока, преобразователь не критичен к коротким замыканиям на выходе. Преобразователь допускает разброс питающих напряжений от 3 до 15 вольт. Мощность преобразователя зависит от параметров трансформатора Tr1, транзистора VT1, диода VD4 и может варьироваться в широких пределах без изменения схемы. При использовании в качестве VT1 транзистора КТ827, в качестве VD4 диода КД2999 и в качестве магнитопровода трансформатора Tr1 кольца из феррита марки 2000НМ типоразмера К28х16х9 (мм), мощность преобразователя может достигать 200 Вт, при питающем напряжении 12 В.

### Описание работы схемы

После подачи питающего напряжения на выводе (3) таймера появляется высокий уровень, в результате чего транзистор VT1 открывается через резистор R3, и в обмотке I трансформатора начинает течь ток. Через резистор R1 и диод VD2 начинается заряд конденсатора C1. При повышении напряжения на конденсаторе C1 до уровня срабатывания таймера, на выводе (7) таймера появляется низкий уровень и конденсатор начинает разряжаться через диод VD1 и резистор R2. Одновременно на выводе (3) таймера также появляется низкий уровень напряжения, который закрывает транзистор VT1. Ток через обмотку I трансформатора прекращается. Когда конденсатор C1 разрядится, на выводе (3) таймера появится высокий уровень и транзистор VT1 снова откроется. Длительность положительного импульса (открывающего транзистор) зависит от номиналов конденсатора C1 и резистора R1. Длительность отрицательного импульса определяется номиналами конденсатора C1 и резистора R2. Процесс повторяется циклично, что вызывает появление на выводах обмоток II и III трансформатора переменного напряжения. Напряжение на обмотке III трансформатора выпрямляется диодом VD4, сглаживается конденсатором C5 и подается на выходные клеммы преобразователя. Резистор R8 создает небольшую нагрузку, для формирования напряжения холостого хода. Обмотка II трансформатора служит для ограничения выходного напряжения преобразователя. Когда напряжение на конденсаторе C4 достигает уровня напряжения стабилизации стабилитрона VD5, стабилитрон открывается, что вызывает открывание транзистора VT2. Открытый транзистор VT2 создает низкий уровень на выводе (4) таймера, что приводит к сбросу таймера и появлению на выводе (3) низкого уровня, закрывающего транзистор VT1. Когда напряжение на конденсаторе C4 становится ниже напряжения стабилизации стабилитрона VD5, транзистор VT2 закрывается и таймер снова начинает работать. Конденсатор C3 необходим для стабильной работы таймера. Резисторы R5 и R7 в цепи базы транзисторов VT1 и VT2 способствуют их четкому закрыванию. Конденсатор C2 сглаживает пульсации входного напряжения. Резистор R4 является нагрузкой транзистора VT2 и, когда транзистор закрыт, создает высокий уровень напряжения на выводе сброса таймера.

## График работы таймера

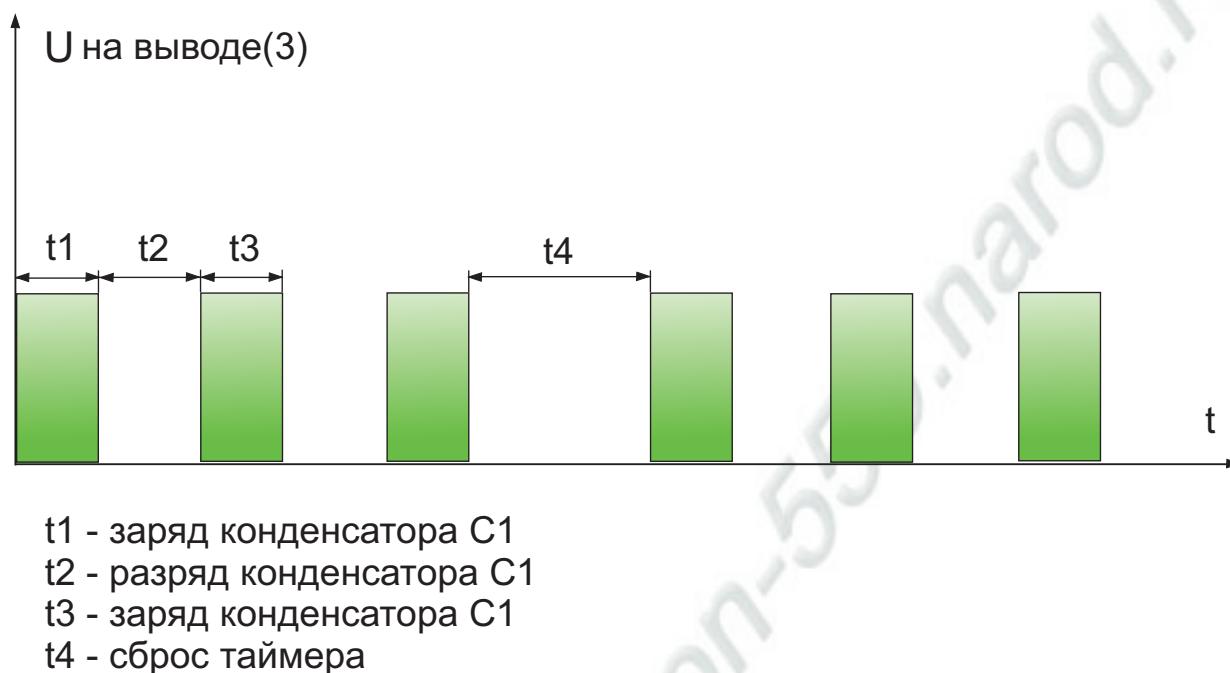


Рис.2

## Выбор элементов схемы преобразователя

Для начала надо определиться с входными и выходными напряжениями и токами. Например, от аккумулятора напряжением 6 В и емкостью 2 А/час необходимо получить напряжение 12 В при токе нагрузки 0.5 А. Следовательно мощность выхода  $12\text{В} \cdot 0.5\text{А} = 6\text{ Вт}$ . Мощность, потребляемая от аккумулятора в режиме максимальной нагрузки, будет на 20% больше (с учетом КПД преобразователя), то есть 7.2 Вт. Ток, потребляемый от аккумулятора в режиме максимальной нагрузки, будет достигать 1.2А. Следовательно, транзистор VT1 должен выдерживать постоянный ток коллектора не менее 1.5А. Хорошо подойдет транзистор КТ972, при токе базы 50мА он способен пропускать ток до 4А. Транзистор VT2 – КТ3102 или даже КТ315. Диоды VD1-VD3 могут быть практически любыми точечными кремниевыми диодами, например КД503А. Так как величина максимального выходного тока преобразователя задана 0.5А, диод VD4 может быть типа КД212 (максимальный ток 1А). Таймер может быть КР1006ВИ1, NE555Р или любой другой этого типа. Стабилитрон VD5 – любой маломощный стабилитрон с напряжением стабилизации от 3В до 9В. Резисторы и конденсаторы подбираются во время настройки преобразователя.

Магнитопровод трансформатора выбираем по таблице 1. Таблица составлена для кольцевых магнитопроводов марки 2000НМ и частоты преобразования 20 кГц. Для других магнитопроводов и других частот преобразования данные будут отличаться, поэтому магнитопровод надо выбирать с запасом по мощности.

Таблица 1

типоразмер (мм)	мощность (Вт)	типоразмер (мм)	мощность (Вт)
K4x2.5x1.2	0.17	K20x10x5	60.6
K5x3x1.5	0.5	K20x12x6	72.6
K7x4x1.5	1.4	K28x16x9	232
K7x4x2	1.8	K31x18.5x7	251
K10x6x2	4.8	K32x16x8	284
K10x6x3	6.75	K32x16x12	366
K10x6x4.5	9.4	K32x20x6	241
K12x5x5.5	16	K32x20x9	329
K12x8x3	10.6	K38x24x7	421
K16x8x6	39.4	K40x25x11	668
K16x10x4.5	32.2	K45x28x8	727
K17.5x8.2x5	41.9	K45x28x12	951

По данным таблицы 1 подходит магнитопровод K10x6x4.5 мощностью 9.4 Вт, но на практике намотать трансформатор на таком магнитопроводе будет очень сложно, из-за малых размеров. Предпочтение следует отдавать кольцам с возможно большим внутренним диаметром. Вполне подойдет ферритовое кольцо марки 2000НН типоразмера K19x11x5. По таблице 1 его мощность примерно 50Вт, что более чем достаточно для данного примера, а запас не помешает. Если на магнитопроводе останется свободное место, то на нем можно будет намотать еще одну обмотку, чтобы получить от преобразователя еще одно напряжение.

По таблице 2 выбираем необходимый диаметр провода для обмоток.

Таблица 2  
для плотности тока в обмотках  $4\text{A}/\text{мм}^3$

диаметр провода (мм)	допустимый ток (А)
0.18	0.10
0.20	0.13
0.25	0.20
0.30	0.28
0.35	0.38
0.40	0.50
0.45	0.64
0.50	0.80
0.60	1.13
0.70	1.54
0.80	2.08
0.90	2.54
1.00	3.14
1.20	4.52
1.30	5.32
1.40	6.16
1.50	7.08
1.60	8.00
1.70	9.00
1.80	10.2
1.90	11.4
2.00	12.6

Для первичной обмотки подойдет провод диаметром 0.7мм, для обмотки III потребуется провод диаметром 0.45мм. Обмотка II – измерительная (то есть слаботочная) и для нее подойдет любой тонкий провод, желательно изолированный фторопластом, например МГТФ 0.1.

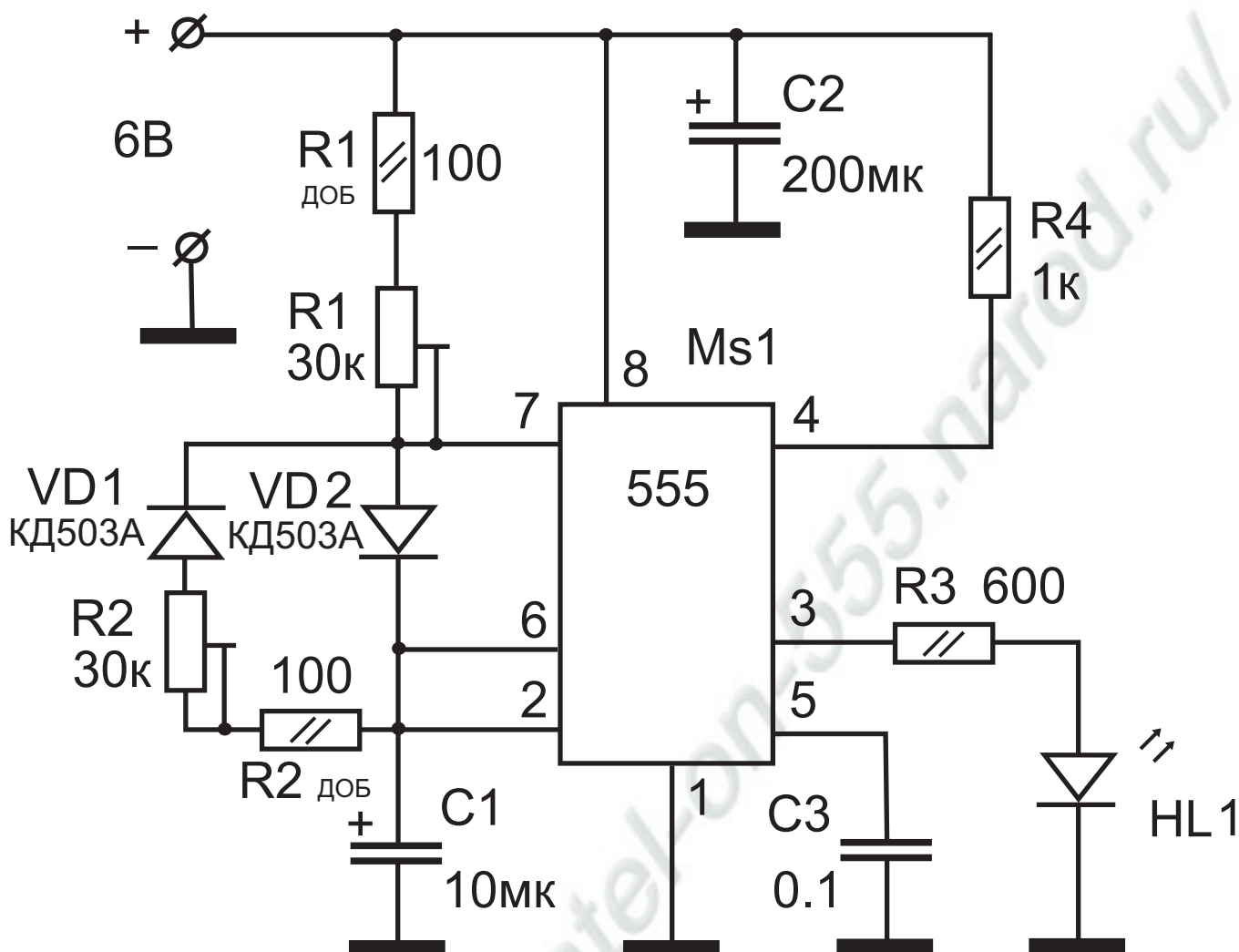


Рис.3

### Сборка и настройка преобразователя

На макетной плате собираем схему изображенную на рис.3. Движки подстроечных резисторов R1 и R2 устанавливаем в среднее положение. Если схема собрана правильно и все детали исправны, светодиод HL1 будет периодически зажигаться и гаснуть. Легко убедиться, что время включенного состояния светодиода зависит от величины резистора R1, а длительность выключенного состояния пропорциональна величине резистора R2.

Отключаем питание от схемы и подключаем амперметр на 3А, транзистор VT1 (который желательно установить на небольшой радиатор) и, в качестве нагрузки транзистора, автомобильную или мотоциклетную лампу указателя поворота. Движки подстроечных резисторов R3 и R5 выставляем в среднее положение и подаем на схему питание.



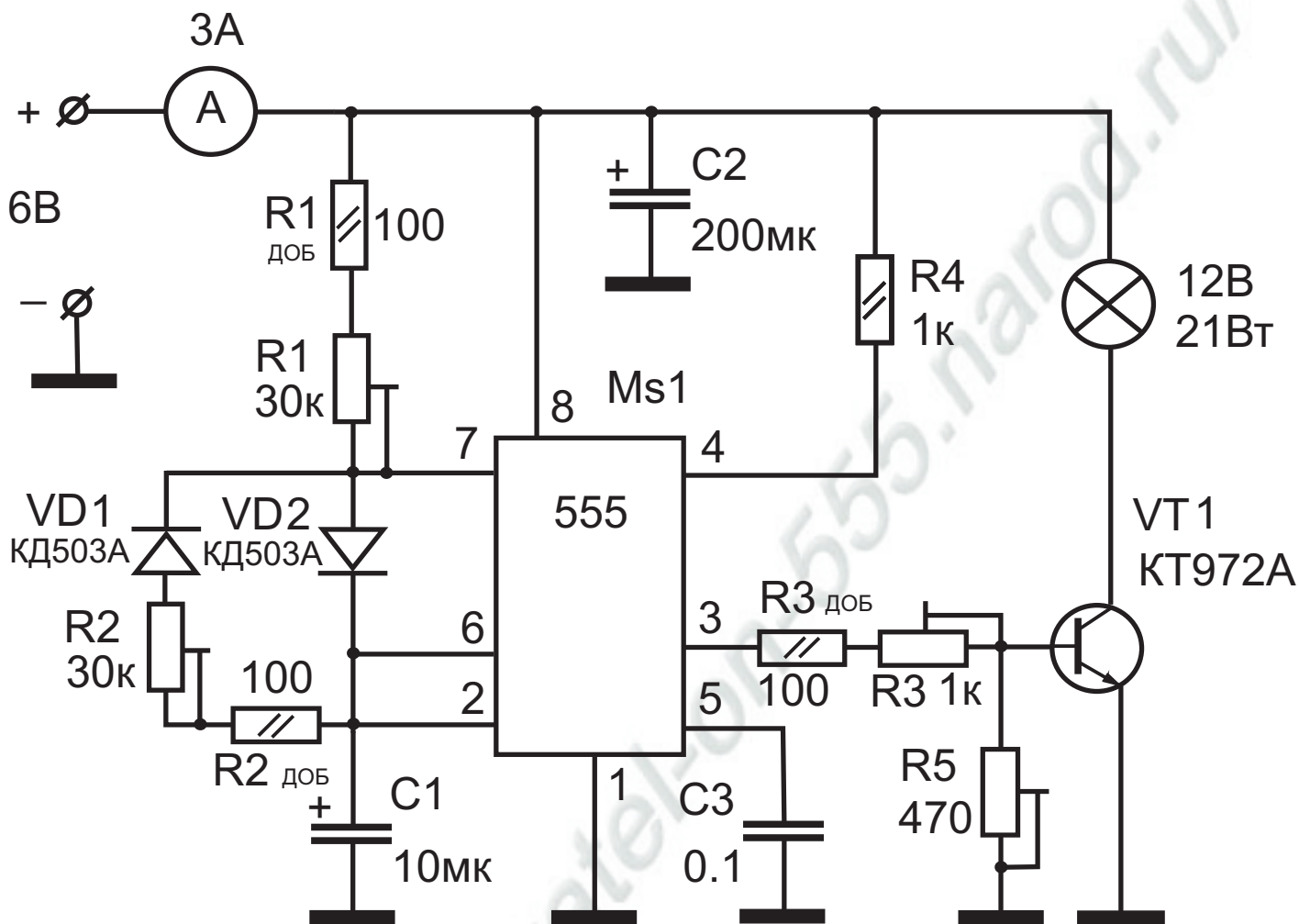
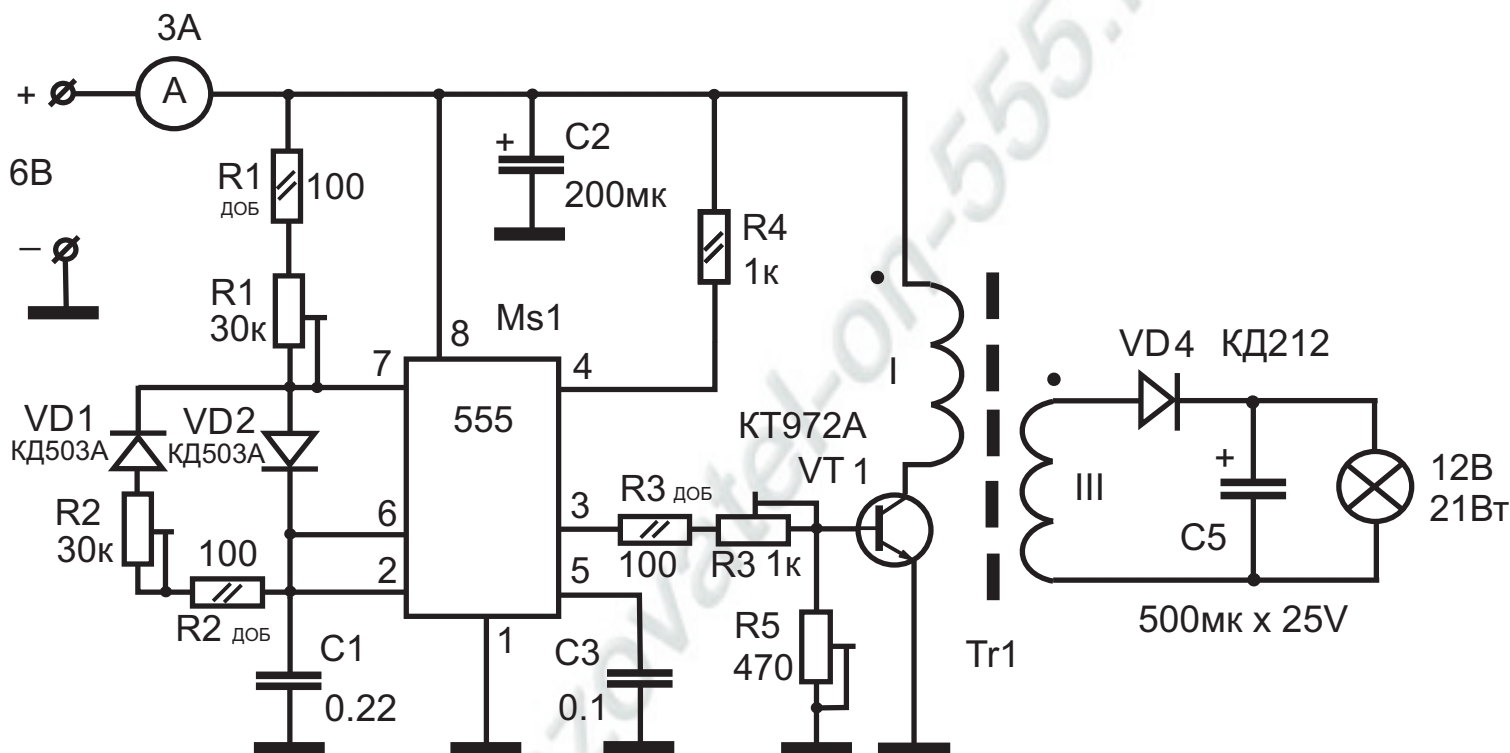


Рис. 4

Если новые элементы исправны и подключены правильно, лампа будет мигать. Поворачивая ползунок подстроечного резистора R3, надо найти такое его положение, при котором яркость свечения лампы максимальна, а ток, показываемый амперметром, минимальный. Регулировку необходимо повторить при различных положениях движка подстроечного резистора R5 и добиться оптимального результата. В таком виде схема почти готова к подключению трансформатора. Необходимо только уменьшить емкость времязадающего конденсатора C1.

Преобразователь не критичен к выбору магнитопровода. Это могут быть Ш-образные, П-образные, Г-образные и стержневые магнитопроводы из феррита, пермаллоя и даже из трансформаторного железа. Меняя номиналы резисторов R1, R2 и конденсатора C1, можно подобрать своё соотношение длительности и скважности импульсов для трансформатора с практически любым ферромагнитным сердечником. Но для обычного применения лучше всего подходит магнитопровод на базе ферритового кольца. С кольцевым магнитопроводом и КПД повыше и радиопомех будет поменьше.

Ферритовое кольцо должно пройти технологическую подготовку, а именно – скругление кромок. Это можно сделать наждачной бумагой. Затем обматываем кольцо слоем фторопластовой ленты, и закрепляем ее нитками. Далее наматываем первичную обмотку проводом ПЭВ или ПЭЛ диаметром 0.7мм. Количество витков обмоток трансформатора можно попытаться рассчитать при помощи одной из многочисленных формул или программ (находятся на сайте в разделах “трансформатор” и “программы”), но результат, как правило, будет очень далек от реальности. Поэтому лучше использовать эмпирический метод. Для этого наматываем первичную обмотку в два слоя виток к витку, а поверх нее мотаем 20 витков пробной обмотки проводом МГТФ 0.5. Обмотки следует наматывать в одном направлении, а начальные выводы пометить (на схеме они обозначены точками). Собираем схему изображенную на рис.5. Емкость конденсатора С1 уменьшаем до 0.22 мкф.



Подстроечный резистор R1 надо установить в положение минимального сопротивления, а R2 на максимум. Затем, включив питание, плавно уменьшаем сопротивление R2, до появления свечения лампочки. Когда, нить накала лампочки начнет светиться, меняем местами выводы выходной обмотки трансформатора. Если яркость свечения возросла, оставляем выводы в новом положении, если уменьшилась - возвращаем старое. После этого увеличиваем сопротивление R1, наблюдая за яркостью свечения лампочки и показаниями амперметра. В момент, когда ток продолжает расти, а яркость свечения увеличивается незначительно, фиксируем положение движка резистора R1. Установленная длительность импульса является оптимальной для данного трансформатора. Затем, уменьшая сопротивление резистора R2, добиваемся максимальной яркости свечения лампочки, не допуская значительного увеличения тока.



Завершив регулировку, измеряем напряжение на лампочке. Затем в пропорции пересчитываем необходимое количество витков на напряжение, превышающее на 25-30% заданное. Запас по напряжению необходим для стабилизации.

По полученным данным наматываем новую обмотку, подключаем трансформатор к схеме и повторяем настройку. В той же пропорции наматываем измерительную обмотку. Напряжение на измерительной обмотке должно превышать напряжение стабилизации стабилитрона на 30-40%. Подбором стабилитрона VD5, сопротивления резисторов R6 и R7 и количества витков измерительной обмотки, устанавливаем требуемое напряжение на выходе преобразователя. По окончании настройки собираем преобразователь в выбранном конструктиве.

Таблица 3

Таблица связей преобразователя напряжения	
номер связи	соединить
1	<GND><-Uin><C1/2><Ms1/1><C2/2><C3/2><R5/2><VT1/Э> <Tr1/II/2><C4/2><R7/2><VT2/Э>
2	<+Uin><R1/1><Ms1/8><C2/1(+)><R4/1><Tr1/II/1>
3	<R1/2><VD1/1(K)><VD2/1(A)><Ms1/7>
4	<VD1/2(A)><R2/1>
5	<VD2/2(K)><Ms1/6><Ms1/2><R2/2><C1/1>
6	<Ms1/4><R4/2><VT2/K>
7	<Ms1/3><R3/1>
8	<Ms1/5><C3/1>
9	<R3/2><R5/1><VT1/Б>
10	<VT1/K><Tr1/II/2>
11	<Tr1/III/1><VD3/1(A)>
12	<VD3/2(K)><VD5/1(K)><C4/1(+)>
13	<VD5/2(A)><R6/1>
14	<R6/2><R7/1><VT2/Б>
15	<Tr1/III/1><VD4/1(A)>
16	<VD4/2(K)><C5/1(+)><R8/1><+Uout>
17	<Tr1/III/2><C5/2><R8/2><-Uout>

В таблице связей между знаками < > заключены названия шин или номера контактов элементов. Так обозначение <GND> означает общую шину, а <Ms1/8> - это восьмая ножка микросхемы Ms1. У резисторов и конденсаторов, а также у других двух-выводных элементов верхний по схеме вывод обозначается "1", а нижний - "2", левый по схеме вывод обозначается "1", а правый, соответственно, "2". У диодов дополнительно буквой (А) обозначается анод, а буквой (К) - катод. Плюсовой вывод электролитических конденсаторов дополнительно обозначается знаком (+). Все контакты, записанные в таблице как отдельная связь, надо соединить между собой.