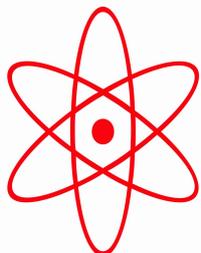


НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



РТТУЛ-5

**ИЗУЧЕНИЕ ПОСТРОЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО БЛОКА
ПИТАНИЯ**

Тула, 2010 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.

изучение построения импульсного блока питания

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом работы импульсного блока питания, исследовать теоретические основы и практические принципы работы микросхемы UC3842, применяемой при конструировании импульсных источников питания.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.

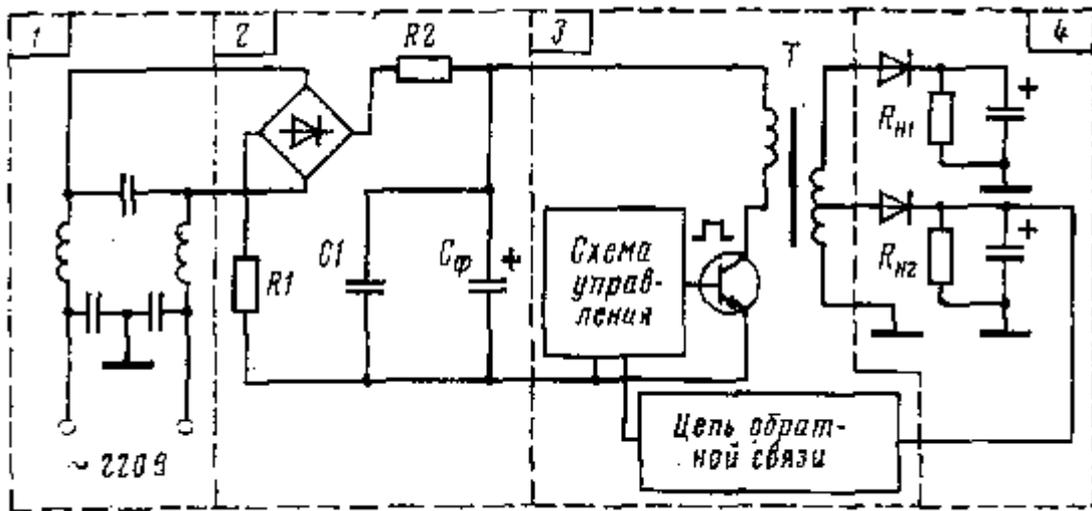
Введение.

Отечественная промышленность из года в год наращивает выпуск различной бытовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). При этом наметилась тенденция в выпуске большего числа моделей повышенного качества. В бытовую РЭА вводятся дополнительные сервисные устройства: дистанционное управление, таймеры для включения — выключения, разнообразные виды индикации на передних панелях, микропроцессорные устройства обработки звуковых и видеосигналов. Микропроцессорные системы управления внедряются и в электромеханическую бытовую аппаратуру — стиральные машины, холодильники, кондиционеры, швейные машинки. Однако новейшие достижения электронной техники сегодня уже не мало затронули источники вторичного электропитания бытовой радиоэлектронной аппаратуры. Блоки электропитания составляют ощутимую долю массы серийных радиоустройств.

Решение проблемы снижения материалоемкости и энергопотребления бытовой РЭА связано с широким использованием импульсных источников вторичного электропитания (ИИЭ). Их преимущества по сравнению с традиционными источниками электропитания обеспечиваются заменой силового трансформатора, работающего на частоте промышленной сети 50 Гц, малогабаритным импульсным трансформатором, работающим на частотах 16 — 200 кГц, а также использованием импульсных методов стабилизации вторичных напряжений взамен компенсационных. Это приводит к снижению материалоемкости в 2 — 3 раза и повышению КПД до 80 -90%.

Импульсный источник электропитания вырабатывает постоянные и переменные напряжения, необходимые для электропитания блоков аппаратуры, путем ключевого преобразования выпрямленного сетевого напряжения промышленной частоты 50 Гц. Его основными функциональными частями являются (см. рис. Функциональная схема ИИЭ) входной помехоподавляющий фильтр (1), сетевой выпрямитель со сглаживающим емкостным фильтром (2), ключевой преобразователь напряжения с импульсным трансформатором и схемой управления (3), цепи вторичных напряжений (выпрямленных или переменных), не имеющие гальванической связи с питающей сетью, (4). Ключевой преобразователь работает, как правило, на частоте 16 — 40 кГц, поэтому габаритные размеры и масса импульсного трансформатора в несколько раз меньше, чем сетевого, работающего на частоте 50 Гц. Это обстоятельство, а также более высокий КПД объясняют преимущества использования

импульсных источников электропитания (ИИЭ) в бытовой РЭА.



функциональная схема ИИЭ

Выпрямительная секция ИИЭ, как правило, выполняется по мостовой схеме. Промышленностью освоен ряд мостовых выпрямителей в моноблочном исполнении (см. табл. П1), которые могут быть использованы в ИИЭ, рассчитанных на различные мощности до 300 — 500 Вт. На входе выпрямителя устанавливается LC-фильтр, назначение которого — ослабить уровень помех, поступающих от преобразователя в сеть. Последовательно в цепь нагрузки и конденсатора сглаживающего фильтра C_{ϕ} иногда включают резисторы R_1 , R_2 сопротивлением 1 — 50 Ом (в зависимости от мощности ИИЭ), служащие для ограничения импульсных токов через диоды моста.

В зависимости от назначения и заданных параметров ИИЭ может содержать различные дополнительные блоки и цепи: стабилизаторы напряжений, устройства защиты от перегрузок и аварийных режимов, цепи первоначального запуска, подавления помех и др. Однако определяющим узлом любого ИИЭ является ключевой преобразователь напряжения и в первую очередь его силовая часть (мощный выходной каскад). Выходные каскады преобразователей напряжения можно разделить на два больших класса: однотактные и двухтактные.

К ИИЭ, применяемым в бытовой РЭА, предъявляются жесткие и противоречивые требования, заставляющие разработчика тщательно подходить к выбору элементной базы, схемотехники и конструкции. Во-первых, это требование низкой стоимости. Стоимость современных блоков питания с сетевыми трансформаторами составляет не более 10 — 15% от стоимости самой аппаратуры. На таком же уровне желательно сохранить и стоимость ИИЭ. Во-вторых, техника безопасности требует, чтобы изоляция между сетевыми проводами и вторичными цепями ИИЭ выдерживала пробивное напряжение не менее 2 кВ. Это предъявляет серьезные требования к качеству

изготовления импульсного трансформатора, а также к конструкции ИИЭ в целом, которая должна к тому же обеспечивать высокую ремонтпригодность.

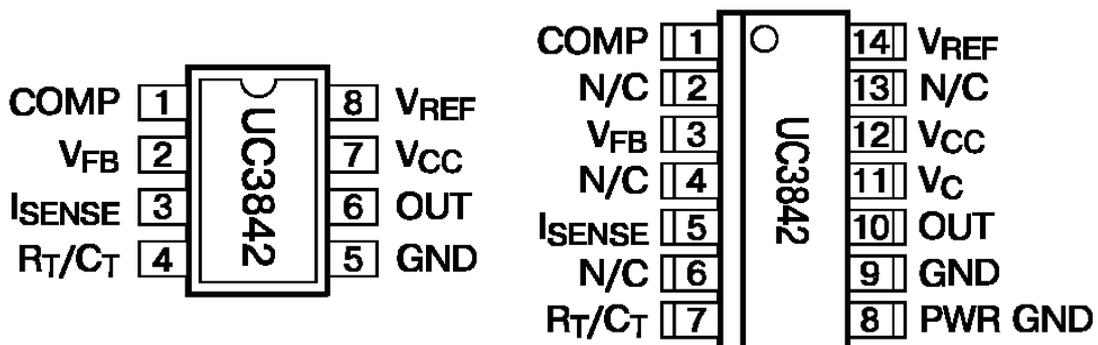
Наконец, очень высоки требования к уровню помех, излучаемых в сеть и наводимых на цепи аппаратуры. Так, согласно ГОСТ 23511 — 79 квазипиковое напряжение помехи, создаваемой на сетевых зажимах бытовой радиоаппаратуры (кроме телевизоров) в диапазоне частот от 0,15 до 0,5 МГц, не должно превышать 1000 мкВ, а для частот выше 0,5 МГц — 400 мкВ. Согласно ГОСТ 24388 — 80 отношение сигнал-шум для высококачественных стереофонических усилителей, в которых использование ИИЭ дает наиболее ощутимый экономический эффект, должно быть не менее 58 дБ. Это заставляет очень тщательно проектировать конструкцию ИИЭ.

Импульсные источники питания на основе микросхемы UC3842.

Начиная со второй половины 90-х годов выпущено огромное количество телевизоров, видеомониторов, факсов и других устройств, в источниках питания (ИП) которых применяется интегральная микросхема UC3842 (далее - ИС). По видимому, это объясняется ее невысокой стоимостью, малым количеством дискретных элементов, нужных для ее «обвеса» и, наконец, достаточно стабильными характеристиками ИС, что тоже немаловажно. Варианты этой ИС, выпускаемые разными производителями, могут отличаться префиксами, но обязательно содержат ядро 3842.

ИС UC3842 выпускается в корпусах SOIC-8 и SOIC-14, но в подавляющем большинстве случаев встречается ее модификация в корпусе DIP-8. На рис. 1 представлена цоколевка, а на рис. 2 - ее структурная схема и типовая схема ИП. Нумерация выводов дана для корпусов с восемью выводами, в скобках даны номера выводов для корпуса SOIC-14. Следует заметить, что между двумя вариантами исполнения ИС имеются незначительные различия. Так, вариант в корпусе SOIC-14 имеет отдельные выводы питания и земли для выходного каскада.

Микросхема UC3842 предназначена для построения на ее основе стабилизированных импульсных ИП с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Поскольку мощность выходного каскада ИС сравнительно невелика, а амплитуда выходного сигнала может достигать напряжения питания микросхемы, то в качестве ключа совместно с этой ИС применяется n-канальный МОП транзистор.



Рис

асто

Рис. 1. Цоколевка микросхемы UC3842 (вид сверху)

встречающегося восьмивыводного корпуса.

1. **Comp**: этот вывод подключен к выходу усилителя ошибки компенсации. Для нормальной работы ИС необходимо скомпенсировать АЧХ усилителя ошибки, с этой целью к указанному выводу обычно подключается конденсатор емкостью около 100 пФ, второй вывод которого соединен с выводом 2 ИС.
2. **Vfb**: вход обратной связи. Напряжение на этом выводе сравнивается с образцовым, формируемым внутри ИС. Результат сравнения модулирует скважность выходных импульсов, стабилизируя, таким образом, выходное напряжение ИП.
3. **C/S**: сигнал ограничения тока. Данный вывод должен быть присоединен к резистору в цепи истока ключевого транзистора (КТ). При повышении тока через КТ (например, в случае перегрузки ИП) напряжение на этом резисторе увеличивается и, после достижения порогового значения, прекращает работу ИС и переводит КТ в закрытое состояние.
4. **Rt/Ct**: вывод, предназначенный для подключения времязадающей RC-цепочки. Рабочая частота внутреннего генератора устанавливается подсоединением резистора R к опорному напряжению Vref и конденсатора C (как правило, емкостью около 3 000 пФ) к общему выводу. Эта частота может быть изменена в достаточно широких пределах, сверху она ограничивается быстродействием КТ, а снизу - мощностью импульсного трансформатора, которая падает с уменьшением частоты. Практически частота выбирается в диапазоне 35...85 кГц, но иногда ИП вполне нормально работает и при значительно большей или значительно меньшей частоте. Следует заметить, что в качестве времязадающего должен применяться конденсатор с возможно большим сопротивлением постоянному току. В практике автора встречались экземпляры ИС, которые вообще отказывались запускаться при использовании в качестве времязадающего некоторых типов керамических конденсаторов.
5. **Gnd**: общий вывод. Следует заметить, что общий провод ИП ни в коем случае не должен быть соединен с общим проводом устройства, в котором он применяется.
6. **Out**: выход ИС, подключается к затвору КТ через резистор или параллельно соединенные резистор и диод (анодом к затвору).
7. **Vcc**: вход питания ИС. Рассматриваемая ИС имеет некоторые весьма существенные особенности, связанные с питанием, которые будут объяснены при рассмотрении типовой схемы включения ИС.
8. **Vref**: выход внутреннего источника опорного напряжения, его выходной ток до 50 мА, напряжение 5 В.

Источник образцового напряжения используется для подключения к нему одного из плеч резистивного делителя, предназначенного для оперативной регулировки выходного напряжения ИП, а также для подключения времязадающего резистора. Рассмотрим теперь типовую схему включения ИС,

представленную на рис. 2.

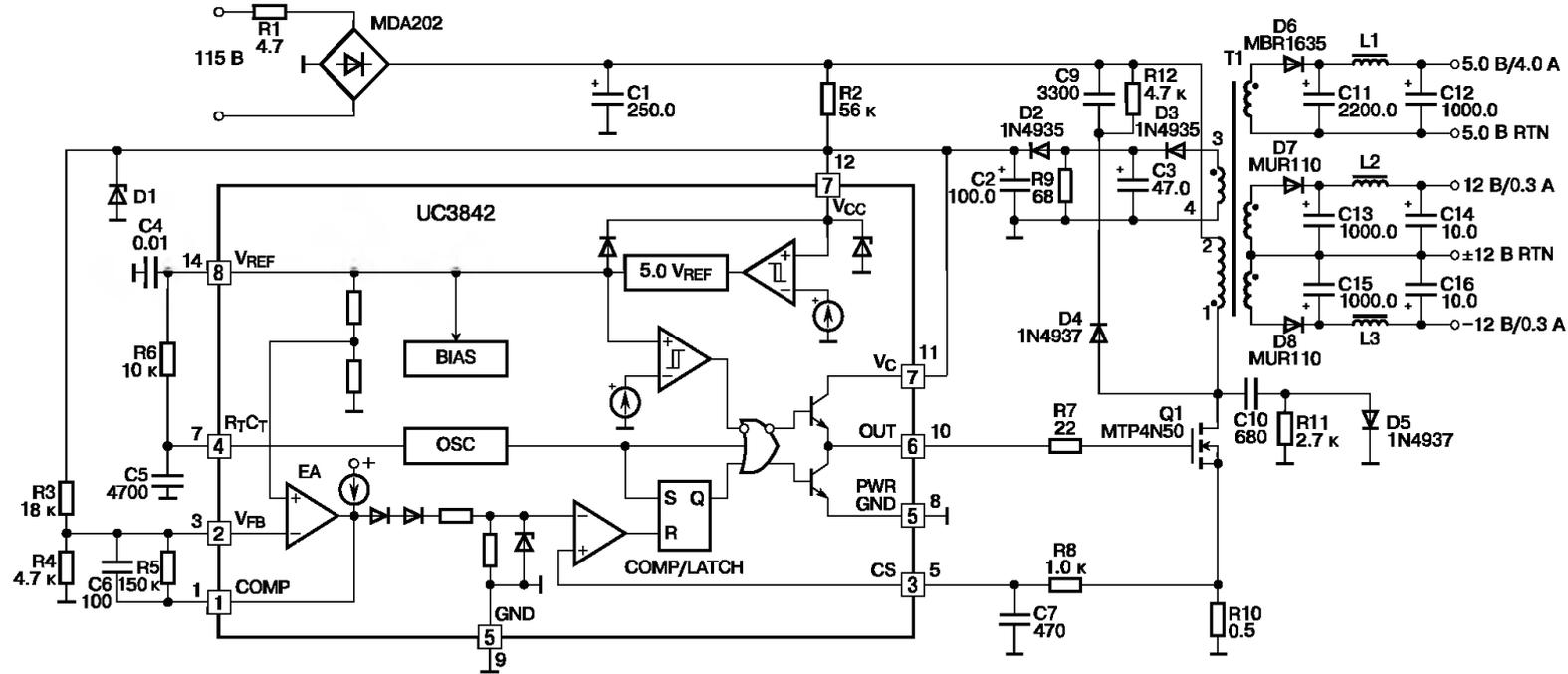


Рис. 2. Типовая схема включения UC3842

В данном варианте схемы ИП рассчитан на напряжение сети 115 В. Несомненным достоинством данного типа ИП является то, что его с минимальными доработками можно использовать в сети с напряжением 220 В, надо лишь:

- заменить диодный мост, включенный на входе ИП на аналогичный, но с обратным напряжением 400 В;
- заменить электролитический конденсатор фильтра питания, включенный после диодного моста, на равный по емкости, но с рабочим напряжением 400 В;
- увеличить номинал резистора R2 до 75...80 кОм;
- проверить КТ на допустимое напряжение сток-исток, которое должно составлять не менее 600 В. Как правило, даже в ИП, предназначенных для работы в сети 115 В, применяются КТ, способные работать в сети 220 В, но, конечно, возможны исключения. Если КТ необходимо заменить, то рекомендуется BUZ90.

Как уже упоминалось ранее, ИС имеет некоторые особенности, связанные с ее питанием. Рассмотрим их подробнее. В первый момент после включения ИП в сеть внутренний генератор ИС еще не работает, и в этом режиме она потребляет от цепей питания очень маленький ток. Для питания ИС, находящейся в этом режиме, достаточно напряжения, получаемого с резистора R2 и накопленного на конденсаторе C2. Когда напряжение на этих конденсаторах достигает значения 16...18 В, запускается генератор ИС, и она начинает формировать на выходе импульсы управления КТ. На вторичных обмотках трансформатора T1, в том числе и на обмотке 3-4, появляется

напряжение. Это напряжение выпрямляется импульсным диодом D3, фильтруется конденсатором C3, и через диод D2 подается в цепь питания ИС. Как правило, в цепь питания включается стабилитрон D1, ограничивающий напряжение на уровне 18...22 В. После того, как ИС вошла в рабочий режим, она начинает отслеживать изменения своего питающего напряжения, которое через делитель R3, R4 подается на вход обратной связи Vfb. Стабилизируя собственное напряжение питания, ИС фактически стабилизирует и все остальные напряжения, снимаемые со вторичных обмоток импульсного трансформатора.

При замыканиях в цепях вторичных обмоток, например, в результате пробоя электролитических конденсаторов или диодов, резко возрастают потери энергии в импульсном трансформаторе. В результате напряжения, получаемого с обмотки 3-4, недостаточно для поддержания нормальной работы ИС. Внутренний генератор отключается, на выходе ИС появляется напряжение низкого уровня, переводящее КТ в закрытое состояние, и микросхема оказывается вновь в режиме низкого потребления энергии. Через некоторое время ее напряжение питания возрастает до уровня, достаточного для запуска внутреннего генератора, и процесс повторяется. Из трансформатора в этом случае слышны характерные щелчки (цыканье), период повторения которых определяется номиналами конденсатора C2 и резистора R2.

При ремонте ИП иногда возникают ситуации, когда из трансформатора слышно характерное цыканье, но тщательная проверка вторичных цепей показывает, что короткое замыкание в них отсутствует. В этом случае надо проверить цепи питания самой ИС. Например, в практике бывали случаи, когда был пробит конденсатор C3. Частой причиной такого поведения ИП является обрыв выпрямительного диода D3 или диода развязки D2.

При пробое мощного КТ его, как правило, приходится менять вместе с ИС. Дело в том, что затвор КТ подключен к выходу ИС через резистор весьма небольшого номинала, и при пробое КТ на выход ИС попадает высокое напряжение с первичной обмотки трансформатора. Рекомендуется при неисправности КТ менять его вместе с ИС, благо, стоимость ее невысока. В противном случае, есть риск «убить» и новый КТ, т. к., если на его затворе будет длительное время присутствовать высокий уровень напряжения с пробитого выхода ИС, то он выйдет из строя из-за перегрева.

Были замечены еще некоторые особенности этой ИС. В частности, при пробое КТ очень часто выгорает резистор R10 в цепи истока. При замене этого резистора следует придерживаться номинала 0,33...0,5 Ом. Особенно опасно завышение номинала резистора. В этом случае, как показала практика, при первом же включении ИП в сеть и микросхема, и транзистор выходят из строя.

В некоторых случаях отказ ИП происходит из-за пробоя стабилитрона D1 в цепи питания ИС. В этом случае ИС и КТ, как правило, остаются исправными, необходимо только заменить стабилитрон. В случае же обрыва стабилитрона часто выходят из строя как сама ИС, так и КТ. Для замены рекомендуется

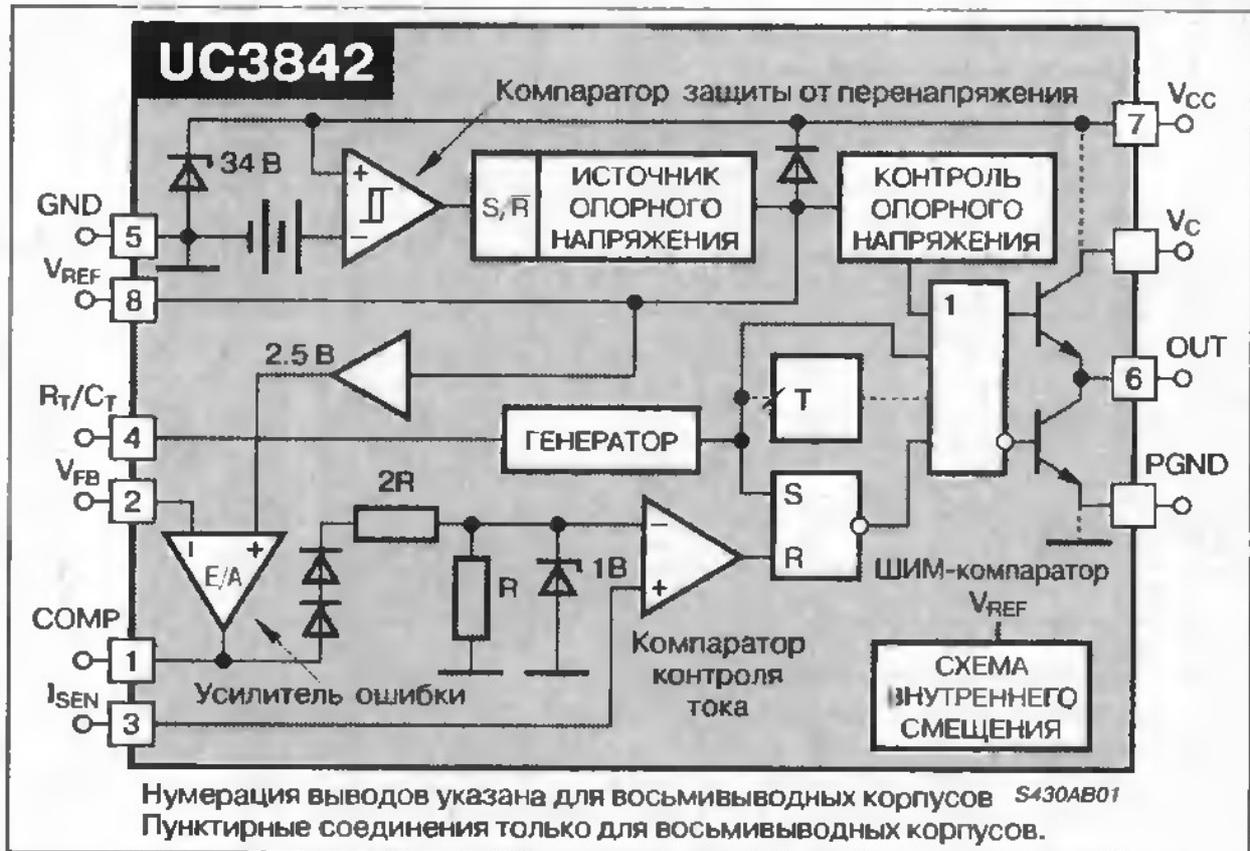
использовать отечественные стабилитроны КС522 в металлическом корпусе. Выкусив или выпаяв неисправный штатный стабилитрон, можно напаять КС522 анодом к выводу 5 ИС, катодом к выводу 7 ИС. Как правило, после такой замены аналогичные неисправности более не возникают.

Следует обратить внимание на исправность потенциометра, используемого для регулировки выходного напряжения ИП, если таковой имеется в схеме. В приведенной схеме его нет, но его не трудно ввести, включив в разрыв резисторов R3 и R4. Вывод 2 ИС надо подключить к движку этого потенциометра. Заметим, что в некоторых случаях такая доработка бывает просто необходима. Иногда после замены ИС выходные напряжения ИП оказываются завышены или занижены, а регулировка отсутствует. В этом случае можно либо включить потенциометр, как указывалось выше, либо подобрать номинал резистора R3.

По наблюдениям, если в ИП использованы высококачественные компоненты, и он не эксплуатируется в предельных режимах, надежность его достаточно высока. В некоторых случаях надежность ИП можно повысить, применив резистор R1 несколько большего номинала, например, 10...15 Ом. В этом случае переходные процессы при включении питания протекают гораздо более спокойно. В видеомониторах и телевизорах это нужно проделывать, не затрагивая цепь размагничивания кинескопа, т. е. резистор ни в коем случае нельзя включать в разрыв общей цепи питания, а лишь в цепь подключения собственно ИП.

Микросхемы ШИМ-контроллеров серии UC384x имеют все необходимые функциональные возможности для создания схем управления сетевыми импульсными источниками питания или преобразователями **постоянный ток-постоянный ток с обратной связью по току и постоянной частотой преобразования. Встроенные структурные элементы микросхемы обеспечивают ее отключение при недопустимо низком входном напряжении и пусковой ток менее 1 мА (0.5 мА для UCx842A). Прецизионный источник опорного напряжения тарирован для повышения точности на входе усилителя сигнала ошибки. ШИМ-компаратор контролирует также ограничение по току, а квазикомплементарный выходной каскад рассчитан на значительные броски тока (как втекающего, так и вытекающего). Выходной каскад обеспечивает работу на нагрузку типа *n*-канального полевого транзистора с изолированным затвором и имеет НИЗКИЙ логический уровень напряжения в отключенном состоянии.**

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА

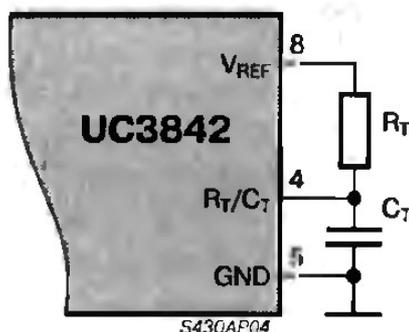
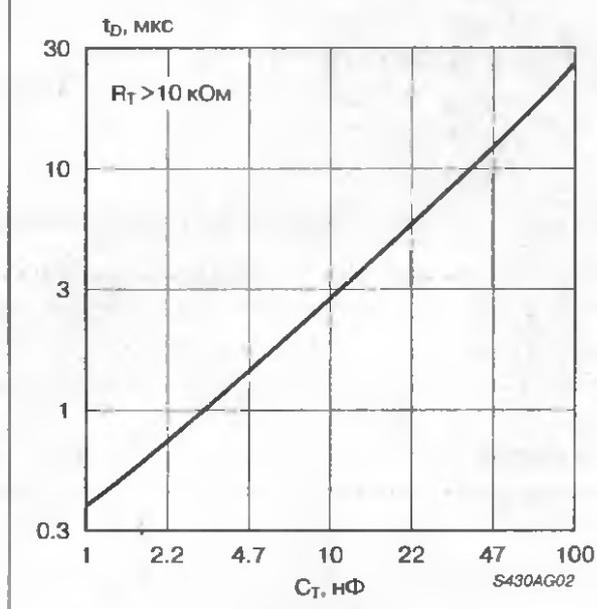
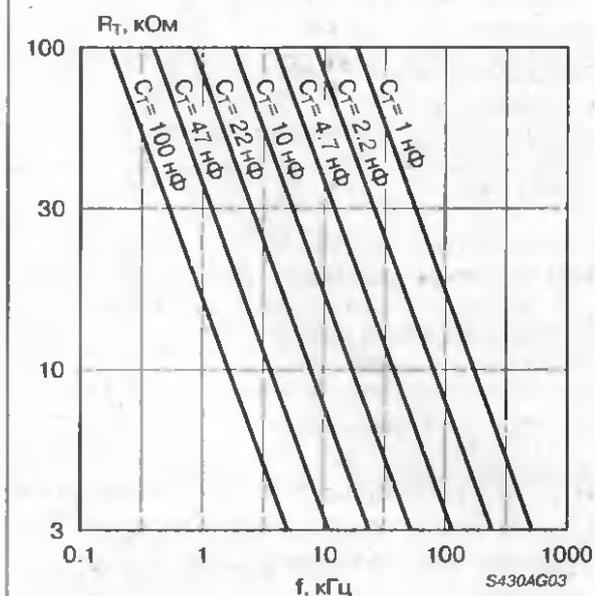


Установка параметров генератора показана на рис. 3. Частотозадающий конденсатор C_T заряжается от V_{REF} (5 В) через частотозадающий резистор R_T , а разряжается внутренним источником тока.

Первым шагом при выборе компонентов генератора надо определить требуемую величину "мертвого" времени. На рис. 4 показана зависимость "мертвого" времени от близких к стандартным значениям емкости C_T . Следующим шагом, с помощью интерполирования, получают соответствующее значение R_T , используя в качестве параметров частоту генератора и емкость C_T . На рис. 5 показана зависимость комбинации R_T/C_T от частоты генератора. Величина частотозадающего резистора может быть рассчитана по следующей формуле:

$$f_{osc} = \frac{1.72}{R_T [\text{кОм}] \times C_T [\text{мкФ}]}$$

Рис. 3 Установка частоты генератора

Рис. 4 Зависимость "мертвого" времени от емкости C_T ($R_T > 5$ кОм)Рис. 5 Зависимость комбинации R_T/C_T от частоты

Микросхемы UC3842 и UC3843 имеют максимальную величину рабочего цикла, равную приблизительно 100%, а максимальная величина рабочего цикла микросхем UC3844 и UC3845 ограничена 50% с помощью встроенного счетного триггера. Эти значения рабочих циклов удобны для большинства обратных и прямых преобразователей. В оптимальном случае "мертвое" время не должно превышать 15% периода тактовой частоты генератора.

Во время разряда конденсатора или в "мертвое" время внутренний сигнал тактовой частоты переводит выход в низкое состояние. Это ограничивает максимальный рабочий цикл $D_c(max)$:

$$D_c(max) = 1 - \frac{t_{DEAD}}{t_{PERIOD}} \quad \text{для UC3842/3,}$$

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

Приборы и оборудование.

Учебная установка представляет собой модель импульсного блока питания на микросхеме UC3842, принципиальная электрическая схема которого изображена на рис. 6.

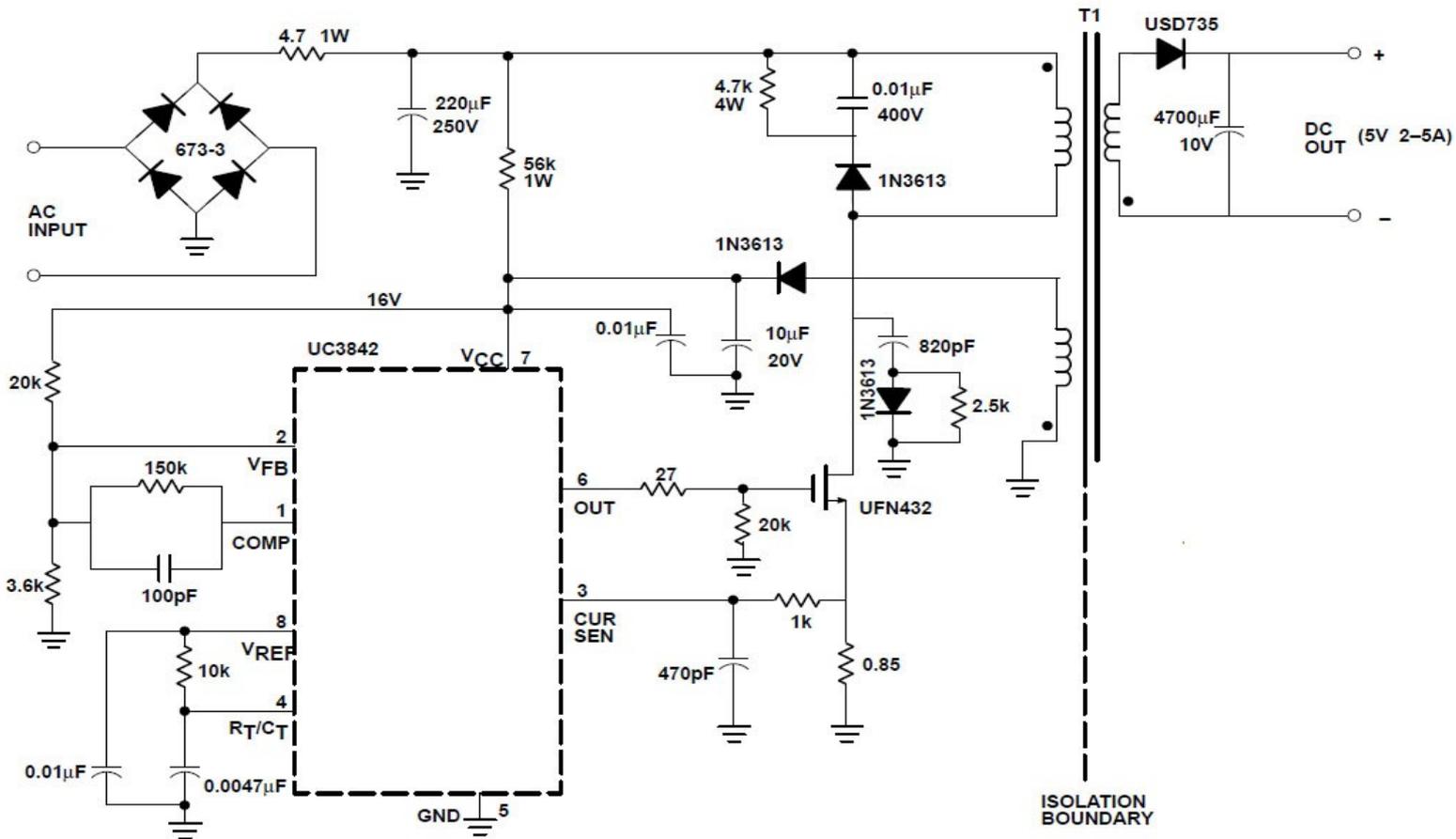


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема ИИП на микросхеме UC3842

В лабораторной работе исследуются различные режимы работы микросхемы UC3842 в импульсном источнике питания в зависимости от параметров вспомогательных элементов (обвязки):

1. Зависимость значения частоты ШИМ генератора f_{OSC} от резистора R_T , задающего частоту работы ШИМ, при различных емкостях конденсатора C_T (R_T C_T цепочка).
2. Зависимость «мертвого» времени (рис. 7 — площадки, когда нет импульса в периоде в % от периода) от частоты генератора f_{OSC} при различных емкостях конденсатора C_T .
3. Зависимость максимальной скважности (в %) от значения резистора R_T при различном токе разрядки I_{dischg}

Выбор режима работы установки осуществляется нажатием кнопки «РЕЖИМ РАБОТЫ». Для входа в выбранный эксперимент необходимо нажать кнопку «ВХОД». Многофункциональные кнопки «- +» служат для изменения

частоты f_{OSC} в эксперименте 1 «Timing resistor versus Fosc» и в эксперименте 2 «Output deadtime versus Fosc». В эксперименте 3 «max output duty cycle versus Rt» данные кнопки служат для изменения значения резистора Rt.

Многофункциональная кнопка « C_T / I_{dischg} » служит для изменения емкости конденсатора C_T в опыте 1 и опыте 2 и для изменения тока I_{dischg} в опыте 3.

Для выхода из текущего эксперимента и возвращения в меню выбора опыта служит кнопка «ВЫХОД».

Все параметры эксперимента отображаются на LCD ЖКД индикаторе.

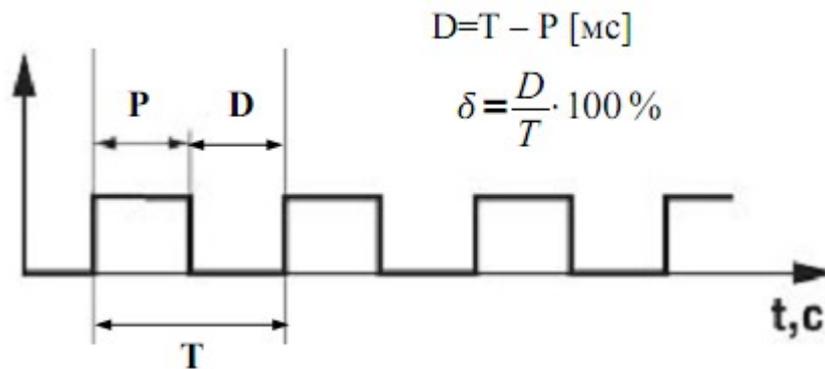
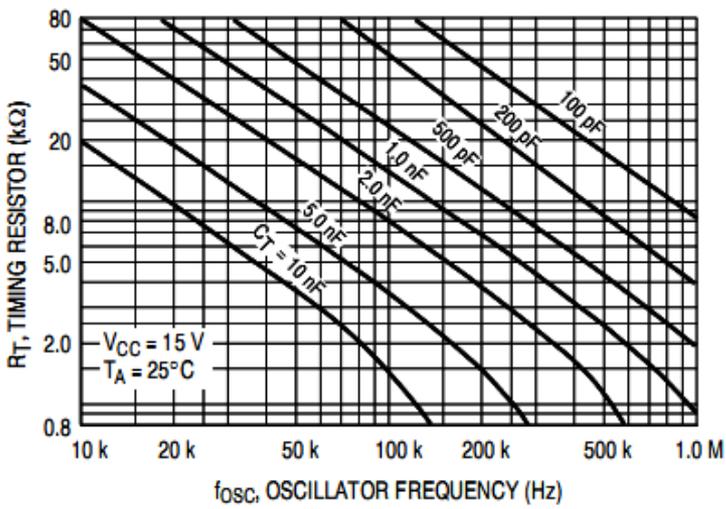


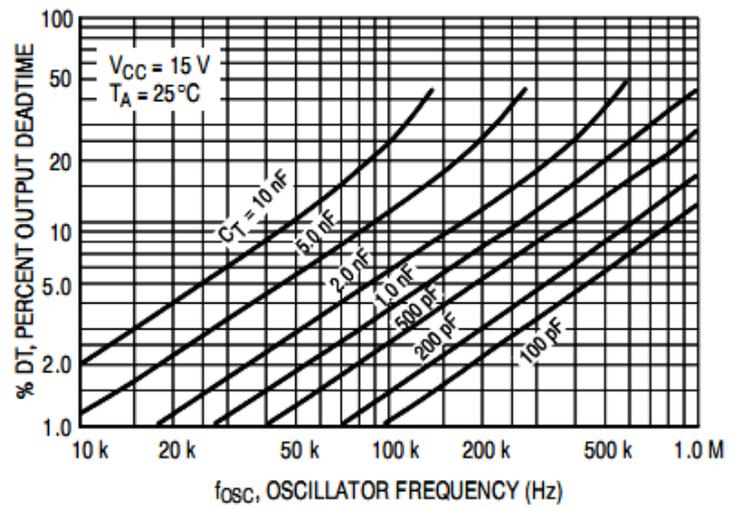
Рис. 7. «Мертвое» время.

Порядок выполнения.

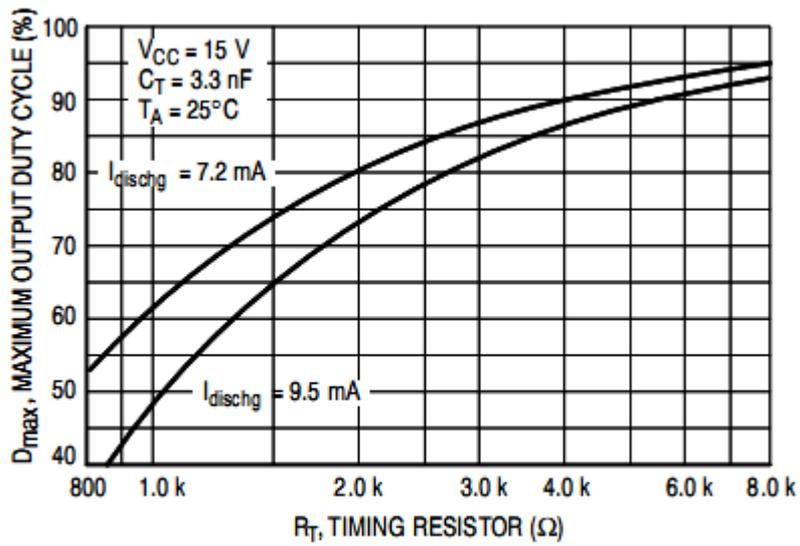
1. Перед включением установки в сеть необходимо убедиться в целостности сетевых и соединительных проводов. Все соединительные провода и контрольные точки использовать следует только по назначению, запрещается замыкать выходы контрольных точек.
2. Включить установку в сеть ~ 220 В с помощью прилагаемого силового сетевого кабеля евро-стандарта. Поставить переключатель сеть на панели учебного модуля в положение «ВКЛ», при этом должен загореться сигнальный индикатор «СЕТЬ».
3. С помощью кнопки «РЕЖИМ РАБОТЫ» выбрать эксперимент 1 «Timing resistor versus f_{osc} ». Нажатием кнопки «ВХОД» войти в режим снятия зависимости $R_T = R_T(f_{osc})$.
4. Изменяя кнопками «- +» частоту ШИМ генератора, снять зависимость R_T от частоты f_{osc} ШИМ – генератора для ёмкости $C_T = 10$ нФ.
5. Кнопкой « C_T / I_{dischg} » изменить значение ёмкости и повторить п. 4.
6. Повторить п. 4 для третьего значения ёмкости.
7. Возвратиться в меню выбора опыта, нажав кнопку «ВЫХОД».
8. С помощью кнопки «РЕЖИМ РАБОТЫ» выбрать эксперимент 2 «Output deadtime versus f_{osc} ». Нажатием кнопки «ВХОД» войти в режим снятия зависимости $D_T = D_T(f_{osc})$.
9. Изменяя кнопками «- +» частоту ШИМ генератора, снять зависимость мертвого времени D_T от частоты f_{osc} ШИМ – генератора для ёмкости $C_T = 05$ нФ.
10. Кнопкой « C_T / I_{dischg} » изменить значение ёмкости и повторить п. 9.
11. Повторить п. 9 для третьего значения ёмкости.
12. Возвратиться в меню выбора опыта, нажав кнопку «ВЫХОД».
13. С помощью кнопки «РЕЖИМ РАБОТЫ» выбрать эксперимент 3 «max output duty cycle versus R_T ». Нажатием кнопки «ВХОД» войти в режим снятия зависимости скважности $DUTY = DUTY(R_{TIMING})$.
14. Изменяя кнопками «- +» значение резистора R_{TIMING} , снять зависимость максимальной скважности $DUTY$ от величины сопротивления R_{TIMING} при токе разрядки $I = 9,5$ мА.
15. Кнопкой « C_T / I_{dischg} » изменить значение тока и повторить п. 14.
16. По результатам всех измерений построить графики функций: $R_T = R_T(f_{osc})$ и $D_T = D_T(f_{osc})$ для разных ёмкостей C_T и $DUTY = DUTY(R_{TIMING})$ для различных токов разрядки I_{dischg} .
17. Сравнить построенные графики с данными из технического паспорта на микросхему рис. 8 и сделать выводы о точности измерений.
18. По окончании работы отключить учебную установку от сети, поставить сетевой переключатель в положение «ВЫКЛ».



Timing Resistor versus Oscillator Frequency



Output Deadtime versus Oscillator Frequency



Maximum Output Duty Cycle versus Timing Resistor

Рис. 8. Данные измерений из технического паспорта на микросхему UC3842.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Перечислите основные элементы импульсного источника питания.
2. Каковы преимущества и недостатки применения ИИЭ по сравнению с обычными источниками в электронной аппаратуре?
3. Для чего необходим ШИМ генератор в ИИЭ, его основные функции.
4. Что называется скважностью импульсов? Как определить скважность импульсов с помощью осциллографа? Можно ли устанавливать скважность импульсов равную 100%?
5. Поясните назначение выводов микросхемы UC3842.
6. Поясните типовую схему включения ИС UC3842, приведенную на рис. 2. Какие изменения необходимо внести в принципиальную схему для работы в сети питания ~220 Вольт?
7. Перечислите наиболее вероятные причины отказа импульсного блока, построенного на микросхеме UC3842 и методы их устранения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Источники электропитания на полупроводниковых приборах. Проектирование и расчет/С. Д. Додик, Ю. Я. Дусавицкий, К. Б. Мазель и др.; Под ред. С. Д. Додика и Е. И. Гальперина. — М.: Сов. радио, 1969. — 448 с.
2. Мелешин В. И. Энергетические соотношения в ключевых преобразователях постоянного напряжения. — В сб. Электронная техника в автоматике. Вып. 9/Под ред. Ю. И. Конева. — М.: Сов. радио, 1977, с. 83 — 98.
3. Мелешин В. И., Конев Ю. И. Миниатюризация преобразователя переменного напряжения в стабилизированное постоянное. — В сб.: Электронная техника в автоматике. Вып. 7/Под ред. Ю. И. Конева. — М.: Сов. радио, 1975, с. 36 — 45.
4. Бриллиантов Д. П. Экономичные генераторы телевизионной строчной развертки. — М.: Радио и связь, 1982. — 272 с.
5. Цветные телевизоры и их эксплуатация/И. Н. Баскир, С. С. Макогонов, Д. М. Мак-Миллин и др.; Под ред. С. В. Новаковского. — М.: Связь, 1974. — 200 с.
6. Мазель Е. З. Мощные транзисторы. — М.: Энергия, 1969. — 280 с.
7. Мазель К. Б. Трансформаторы электропитания. — М.: Энергия, 1982. — 80 с.
8. Букреев С. С. Силовые электронные устройства: введение в автоматизированное проектирование. — М.: Радио и связь, 1982. — 256 с.
9. Конев Ю. И. Техничко-экономическая эффективность микроэлектронных электросистем. — В сб.: Электронная техника в автоматике. Вып. И/Под ред. Ю. И. Конева, — М.: Сов. радио, 1980, с. 3 — 7.
10. Конев Ю. И. О параметрах силовых МДП-транзисторов. — В. сб.: Электронная техника в автоматике. Вып. 13/Под ред. Ю. И. Конева. — М.: Сов. радио, 1982, с. 3 — 7.
11. Митрофанов А. В., Афонин Л. Н. Расчет спада импульса тока при выключении мощных высоковольтных транзисторов. — Электронная техника. Сер. 2. Полупроводниковые приборы, 1977, вып. 1 (III), с. 29 — 34.
12. Преобразователи постоянного напряжения с использованием пьезотрансформаторов/А. А. Богомаз, А. А. Ерофеев, В. К. Захаров и др. — В сб.: Электронная техника в автоматике. Вып. 13/Под ред. Ю. И. Конева. — М.: Сов. радио, 1982, с. М6 — 105.
13. Kruger H. H. Integrierte Schaltnetzteilansteuerung B260D und ihre Einsatzmöglichkeiten. — Radio fernsehen Elektronik, 1982, H. 2, S, 71.
14. Wessel P. A new Horizontal output deflection circuit. — IEEE Trans., 1972, v. BTR-18, № 2, p. 177.
15. Maytum M. Transistorised self-stabilising horizontal deflection systems. — IEEE Trans., 1974, v. BTR-20, № 1, p. 32.
16. Ohr. S. 1000-V power MOSFET aims at switchers. — Electronic Design, 1980, v. 28, № 18, p. 31.
17. Ishigaki Y., Hosoya M., Yasumura M., Sakamoto H. Applications of the cross transformer. — IEEE Trans., 1982, v. CE-28, № 3, p. 305.

Для свободного распространения, НПО «ТулаНаучПрибор», Россия, г. Тула.