



Зарядный модуль для гелиевого аккумулятора

Евгений Карпов

В статье описан модуль быстрой зарядки для аккумуляторов небольшой емкости на базе микросхемы XL4015

Пролог

Извращенная любовь ружских «братьев» к Украине, и ее проявление в виде регулярных ракетных обстрелов критической инфраструктуры, привели к некоторым сложностям в энергообеспечении. Критической ситуации это не создало, уровень русофобии подняло (что не делает дурак – все он делает не так), но создало для нас дополнительные мелкие неудобства, влияние которых надо было быстро нивелировать. Всплыл такой факт, что во многих устройствах бесперебойного питания время зарядки аккумуляторов слишком велико. То, что не являлось критическим в мирных условиях, в военных – оказалось весьма существенным. Вины производителей этой техники я совсем не усматриваю, ну кто мог вообще вообразить, что огромная ядерная страна в 21 веке развяжет империалистическую войну в Европе и будет придумывать всевозможные дегенеративные обоснования своих действий. Величие оказалось сильно дутым, а их параллельная реальность - из королевства кривых зеркал.

Этот зарядный модуль и призван эти неудобства устранить. Ключевыми моментами при создании этого модуля было – быстро сделать, быстро заряжать и из подручных материалов (которых у людей, делающих что-то своими руками, всегда в избытке).

Зарядный модуль

Известно два варианта быстрой зарядки кислотных аккумуляторов – по закону ампер-часов Вудбриджа и двухступенчатая зарядка в режимах $CI - CV$. Первый вариант, конечно, обеспечивает более быструю зарядку, но требует учета энергии и периодических контрольных циклов. Второй вариант немного медленней, но техническая реализация гораздо проще, на него я и ориентировался.

За основу модуля была взята самая простая (и самая дешевая) китайская плата понижающего преобразователя на чипе XL4015E1, найденная в шухлядке с разным барахлом. В принципе, не смотря на функциональную ограниченность, весьма удачная микросхема: высокий КПД, простота использования, стабильность и надежная защита. Сразу хочу обратить внимание, что при токах более 2 ампер (не важно, что пишут продавцы) использовать ее в первоизданном виде нежелательно из-за чересчур напряженных тепловых режимов. Как это обойти, я расскажу позже.

Модуль проектировался с заделом на будущее. Меня совершенно не устраивал датчик тока в общем проводе, что используется китайцами в платах с регулировкой тока, и он был перенесен в плюсовую цепь, была добавлена возможность подключения процессора для ввода термокомпенсации, управления выходным напряжением, и порога переключения в режим CV .

Полная схема модуля приведена на рисунке 1. Для удобства описания и понимания в нее включена и схема включения чипа XL4015E1. Сам модуль физически реализован на двух платах – собственно сам преобразователь и схема управления. Чип XL4015E1 включен по типовой схеме, и его работа подробно описана в документации.

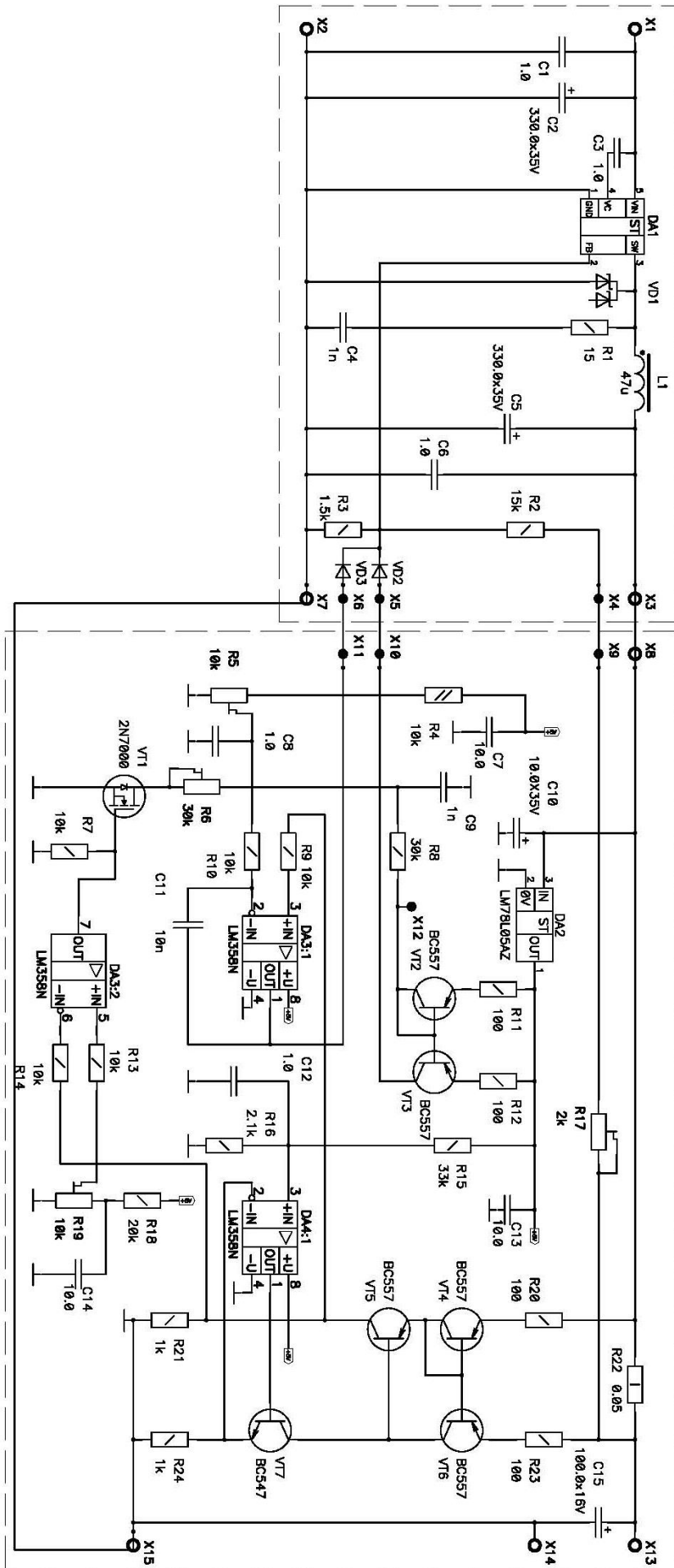


Рисунок 1

Единственным отличием является добавление демпфирующей цепочки R1, C4, обеспечивающей стабильную работу при больших токах нагрузки.

Схема управления питается от напряжения +5V от трехвыводного стабилизатора DA2. Информация о токе снимается с резистора R22 и после усиления УПТ VT4÷VT6 поступает на вход усилителя ошибки по току DA3:1 и порогового устройства DA3:2. Фактически, УПТ представляет собой каскодный источник тока, режим которого, не зависящий от величины выходного напряжения, задается источником тока на транзисторе VT7 и ОУ DA4:1. Хочу обратить внимание, что такая упрощенная схема хорошо подходит для регистрации пороговых значений, но не очень подходит для точных измерений. Схема имеет хорошую стабильность, особенно когда VT4, VT5 является подобранной парой на одном кристалле, но недостаточную линейность. Порог ограничения тока задается резистором R5. С выхода DA3:1, через диод VD3, усиленный сигнал ошибки поступает в цепь основного делителя R2, R3, определяющего выходное напряжение. Пока выходной ток не достиг порога ограничения, на выходе DA3:1 присутствует низкий потенциал, диод VD3 заперт и не влияет на выходное напряжение.

Управление выходным напряжением стабилизатора происходит инжекцией тока в цепь основного делителя токовым зеркалом VT2, VT3 через диод VD2. Такой способ позволяет менять выходное напряжение в широких пределах, не изменяя остальные параметры стабилизатора.

Момент перехода в режим «содержания» аккумулятора определяется величиной тока заряда, который контролируется компаратором, реализованным на ОУ DA3:2. Пороговое значение тока задается резистором R19. Пока ток заряда превышает порог, на выходе DA3:2 присутствует низкий потенциал, транзистор VT1 заперт, и инжектируемый ток равен нулю.

При снижении тока заряда ниже порога, транзистор VT1 отпирается высоким потенциалом на выходе DA3:2, и цепочка R6, R8 задает величину тока инжектируемого в основной делитель стабилизатора.

Вводить в компаратор дополнительные цепи положительной обратной связи нет необходимости, она образуется естественным путем.

В процессе заряда модуль может неоднократно переходить из режима заряда в режим «содержания».

Какой-либо индикации о режиме работы модуля не предусмотрено. В основном потому, что смотреть на этот модуль я не собирался. При желании можно такую индикацию ввести, используя сигнал с выхода DA3:2.

Конструкция и детали

Никаких особых требований нет – детали должны быть исправны. ОУ LM358 можно заменить на LM324. Транзисторы в токовых зеркалах желательно подобрать в пары. Рези-

сторы R21, R24 желателно использовать однопроцентные или подобрать в пары, подстроечные резисторы – многооборотные.

Печатная плата не разрабатывалась, схема управления была на скорую руку собрана на небольшой макетной плате. Плата управления соединяется с платой преобразователя короткими проводами.

Настройка модуля

При правильной сборке настройка модуля заключается в установке необходимых напряжений и порогов тока. Для этого понадобится источник питания с напряжением 18÷25 вольт и допустимым током 3÷4 ампера, мультиметр, нагрузка и, желателно, осциллограф. Последовательность действий такая:

1. Устанавливают движки подстроечных резисторов в среднее положение.
2. Отключают цепи, подходящие к диодам VD2, VD3.
3. Подают на стабилизатор напряжение питания, нагрузку не подключают. Проверяют наличие +5V и напряжения на резисторах R21, R24. Они должны быть около 0.3V и равны. Резистором R17 устанавливают максимальное выходное напряжение (обычно 15V). Желателно потом измерить сопротивление R17, и подстроечный резистор заменить на постоянный.
4. Восстанавливают цепь диода VD2. Так как тока нагрузки нет, то включится источник тока на транзисторах VT2, VT3. Резистором R6 устанавливают напряжение «содержания» (обычно 13.4÷13.5V).
5. Восстанавливают цепь диода VD3, подключают нагрузку и устанавливают R5 максимальный ток нагрузки (зависит от типа и емкости используемого аккумулятора). Момент начала ограничения тока фиксируется по началу снижения выходного напряжения. Теоретически, при плавном увеличении тока нагрузки может «мешать» компаратор тока. Чтобы исключить его влияние, временно отключают цепь диода VD2.
6. Восстанавливают все соединения и, плавно увеличивая ток, устанавливают порог компаратора тока резистором R19 (обычно, длительный безопасный ток для аккумулятора равен 100÷150mA).
7. При наличии осциллографа проверяют отсутствие самовозбуждения стабилизатора во всех режимах работы.

Конкретно в моем случае, максимальный ток заряда – 4A, порог компаратора – 0.3A, максимальное напряжение заряда - 15V, напряжение «содержания» - 13.5V. Аккумулятор емкостью 14Ач. Если вы планируете ограничиться максимальным током заряда до 2A, то номинал резистора датчика тока надо увеличить до 0.1 Ома. Если будете использовать микросхему с большим выходным током (например, XL4016), то номинал надо будет уменьшить.

Переделка стабилизатора

Хотя по документации чип XL4015 позволяет обеспечить выходной ток до 5А, но конструкция имеющейся у меня платы, ну никак этого не позволяла.

Ни достаточной площади фольги под чипом, ни thermal pads, ни места, чтобы припаять радиатор. В итоге, с платы были «сдуты» компоненты, которые могли пригодиться, а плата отправилась в мусор.

Вопрос был решен таким образом: была сделана очень простая новая плата с использованием только SMD компонентов, сам чип стабилизатора, диод и дроссель с платы вынесены. Для платы использовался стеклотекстолит толщиной 1 мм равный по толщине керамической прокладки под корпус TO220. Как это выглядит, показано на рисунке 2.

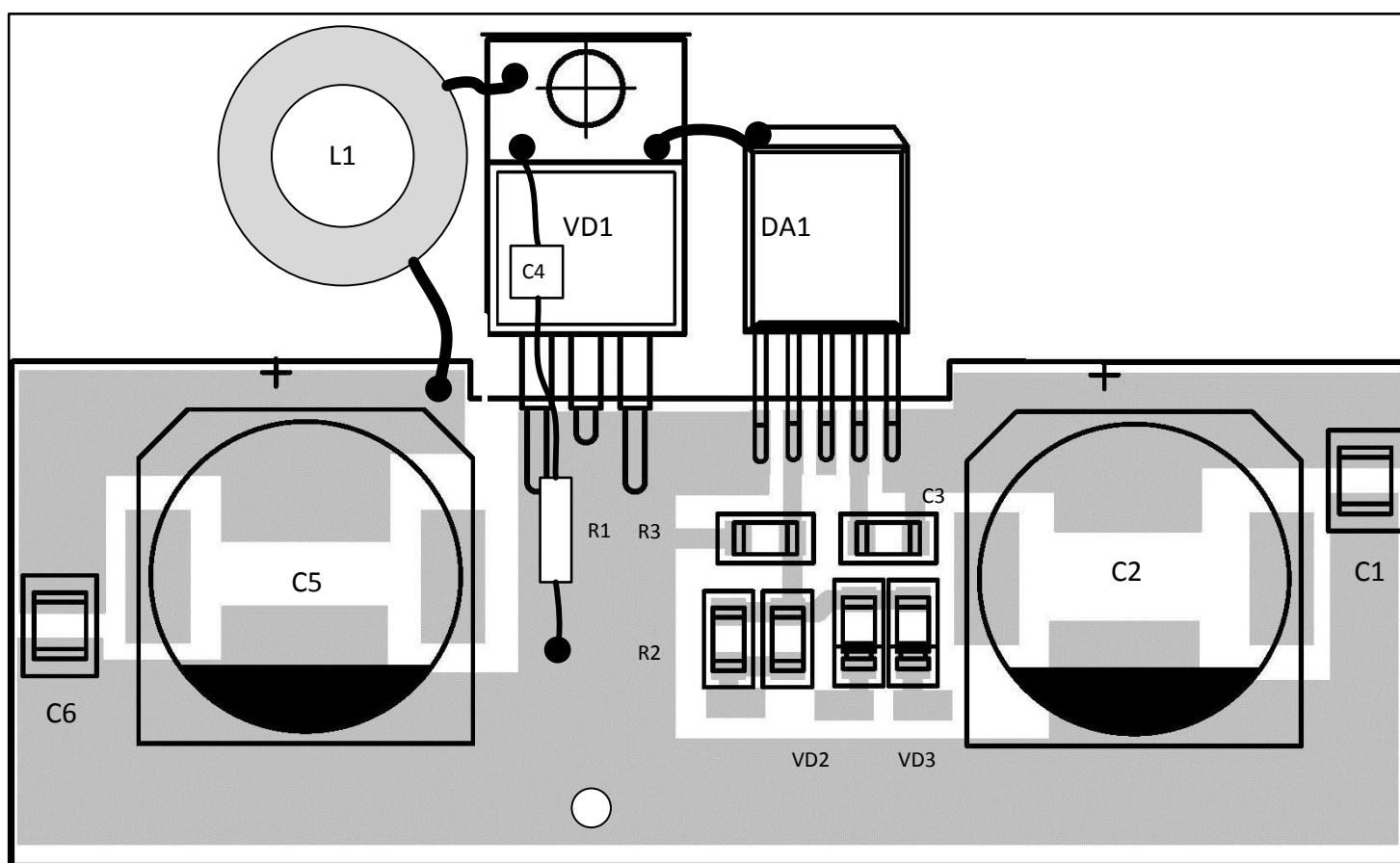


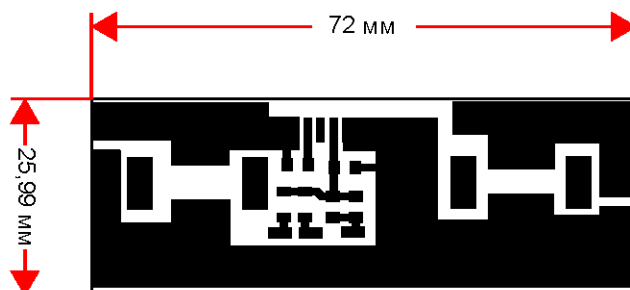
Рисунок 2

Из рисунка, в общем, все ясно. Вся эта конструкция устанавливается на охладитель, под чип стабилизатора и диод устанавливаются керамические прокладки. Диод крепится штатным образом, чип стабилизатора прижимается к прокладке стандартной пружинной клипсой. Под дроссель подкладывается термоизолирующая прокладка и прижимается винтом с шайбой.

Пару слов о выборе диода VD1. Диод в корпусе TO220 выбран исключительно из-за удобства крепления. В схеме следует использовать диод с обратным напряжением 40÷45 вольт и допустимым током 5-6 ампер. Не следует использовать диоды с большими прямыми токами из-за значительной собственной емкости. Поэтому в схеме используется только

один диод, если в корпусе их два. Хорошо подойдут диоды типа 12CTQ045, 6TQ045P, MBR1045CT.

Еще раз повторяю – приведенное решение вынужденное и связано с ограниченным временем. Но если кто-то захочет повторить это решение, то ниже приведен чертеж печатной платы в масштабе 1:1. Плата уже зеркальна и пригодна для изготовления по упрощенной технологии.



Заключение

Хотя все ниже сказанное уже не относится непосредственно к зарядному модулю, но может представлять интерес читателям. Модуль использовался в мини УПС для питания телекоммуникационного оборудования. Достаточно важным является стабильное напряжение его питания и безразрывное переключение.

Поэтому в УПС присутствует и выходной стабилизатор. Здесь очень важно использовать стабилизатор с максимально высоким КПД, имеющим возможность поддерживать выходное напряжение независимо от величины входного (как выше, так и ниже). Для этих целей очень хорошо подходит стабилизатор на базе чипа LTC3780, имеющего исключительно высокий КПД и автоматическое переключение между повышающим и понижающим режимом работы. На части доступных плат с таким чипом имеется еще и компаратор входного напряжения, который после небольшой доработки схемы позволяет защитить аккумулятор от переразряда.