

## Исследование динамических параметров блока питания в NI Multisim 10 Скворцов С.Ю., Смирнов В.В.

*"Бросая в воду камешки, смотри на круги ими образуемые;  
иначе такое бросание будет пустою забавою."  
Козьма Прутков. "Плоды раздумья"*

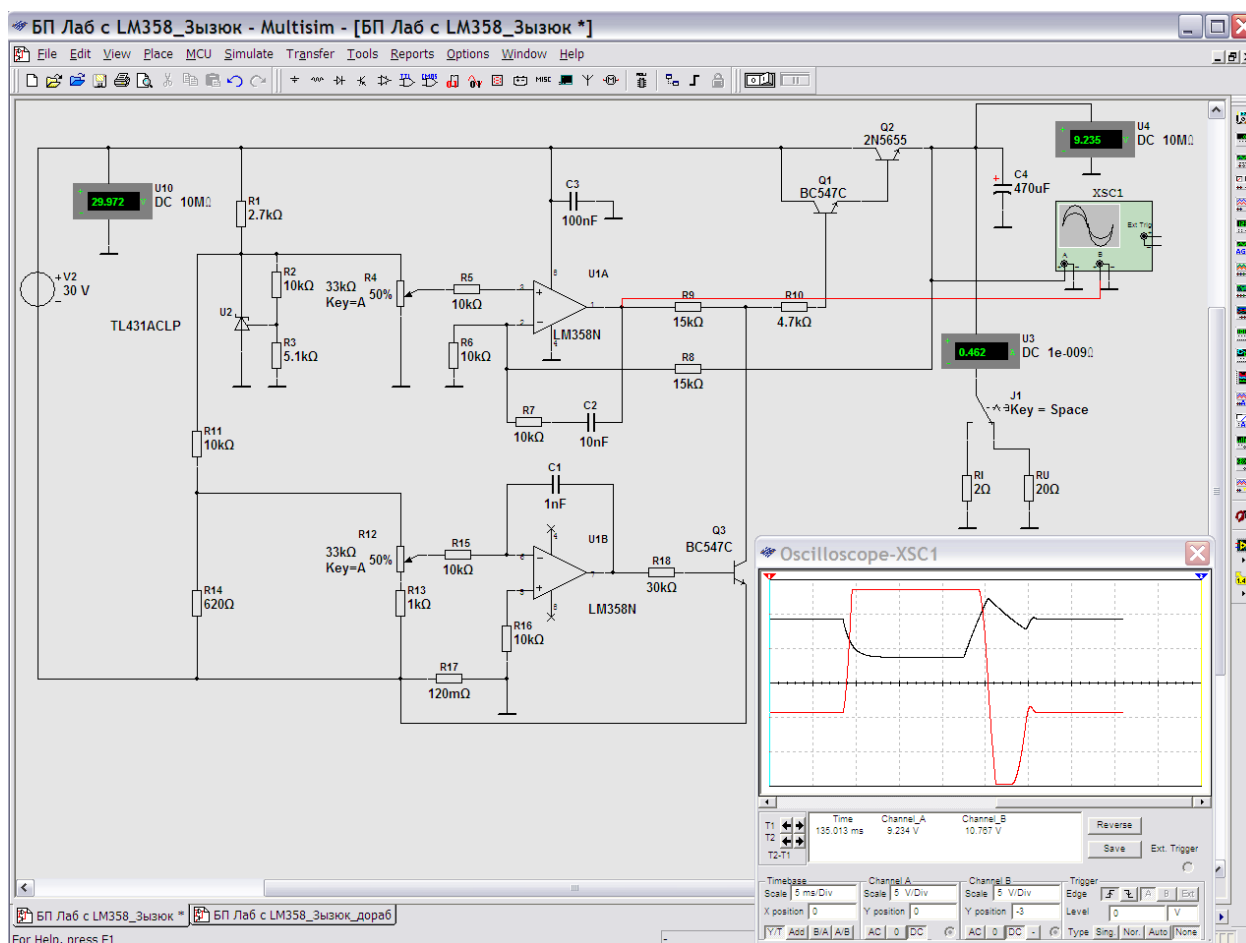


Рис. 1

На прилавках книжных магазинов имеются издания, посвященные программе NI Multisim, разработанной компанией Interactive (Electronics Workbench) в статусе подразделения National Instruments (США). В основном, они ориентированы на лабораторные практикумы для изучения основ электротехники и электроники. В радиолубительских журналах статьи, посвященные этой замечательной программе, практически отсутствуют. Цель публикации - обратить внимание радиолубителей на некоторые практические моменты проверки и отладки схем с помощью Multisim.

«Multisim — это редактор схем и приложение для их симуляции, входящее в систему разработки электрических схем, систему средств EDA (Electronics Design Automation), которые помогут вам в выполнении основных шагов в последовательной разработке схемы. Multisim

разработана для ввода схемы, симуляции и подготовки к следующему этапу, такому как разводка платы» («Руководство пользователя NI Multisim»).

Большой интерес вызвала схема БП из познавательной практической статьи Зызюк А.Г. «Блок питания ремонтника-радиолюбителя с возможностью плавной регулировки стабилизируемого тока» (ж. «Радиоаматор» №12 - 2007, №1, 2 – 2008). К сожалению, в ней не указаны даже примерные значения емкости конденсаторов C1 и C2 (все приведенные ниже позиционные обозначения элементов соответствуют схеме из статьи). Поэтому перед макетированием схемы, решено было исследовать ее работу в программе NI Multisim 10 с целью определения их номинальных значений.

В рабочей области программы была собрана схема рис. 1. Элементы индикации в модель не включались, а к выходу БП была подключена активная нагрузка: 20 Ом (для режима стабилизации напряжения) и 2 Ома (для режима стабилизации тока), переключаемая контактами тумблера. Движки потенциометров R4 и R12 были установлены в среднее положение, которые определяют выходное стабилизированное напряжение равным 9,23 В, а стабилизированный ток - 1,86 А.

Модель БП «заработала» сразу и показала заявленные автором технические параметры.

Одно уточнение - нижний предел регулирования тока стабилизации ограничен снизу резистором R13 на уровне около 100 мА (в статье заявлен 0). По наилучшим динамическим параметрам БП были определены значения емкости конденсаторов C1 = 1 нФ и C2 = 10 нФ. Их оптимальные значения необходимо уточнить в реальной конструкции.

На рис. 2 представлен экран виртуального осциллографа Multisim процесса моделирования работы схемы БП при переключении нагрузки.

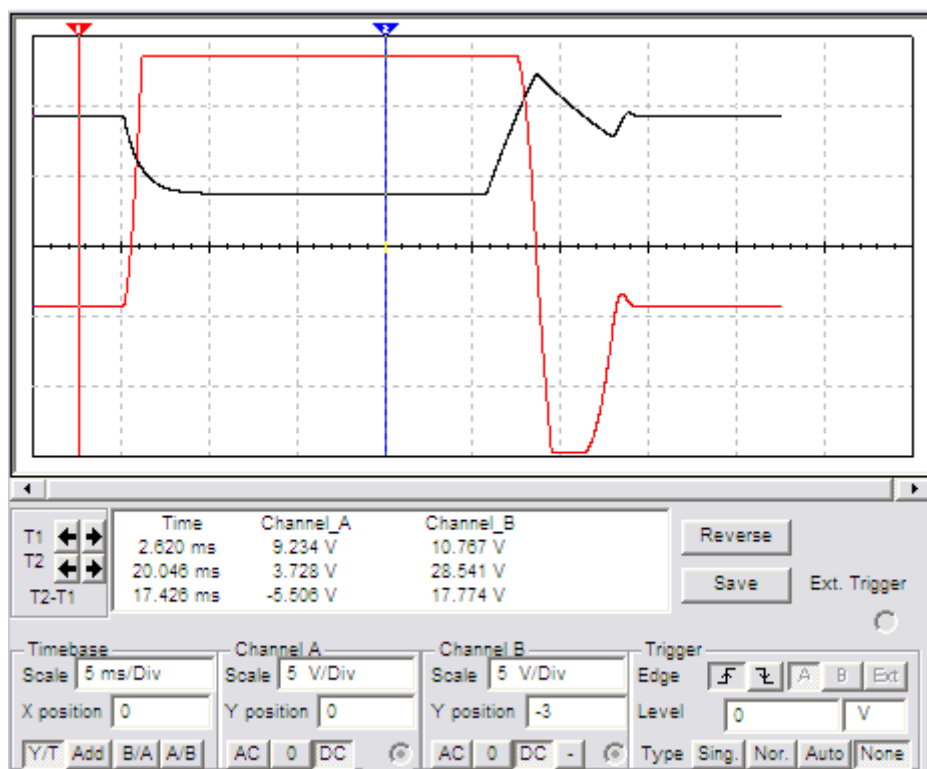


Рис. 2

Здесь вход канала А (Channel A – черный) подключен к эмиттеру транзистора VT2, выходу БП. Вход канала В (Channel B – красный «луч») - к выходу ОУ DA1.1. Цена деления по шкале X (Timebase-Scale) – 5 мс/дел. Цена деления (Scale) по шкале Y для обоих каналов – 5 В/дел. Красный «луч» для удобства просмотра смещен по Y (Channel B - Y position) на 3 деления вниз.

Как видно из осциллограммы (Channel A – черный «луч») на рис. 2, процесс перехода БП из режима стабилизации выходного напряжения в режим стабилизации выходного тока протекает «классически». За 5 мс выходное напряжение устанавливается на новом значении, соответствующему заданному току стабилизации. Это время определяется параметрами нагрузки и значением емкости конденсатора С4. Обратный процесс, т.е. переход БП из режима стабилизации выходного тока в режим стабилизации выходного напряжения, затянут (до 8 мс) и сопровождается заметным выбросом выходного напряжения (перерегулирование около 30%).

На рис. 3 представлен экран виртуального осциллографа Multisim процесса моделирования работы схемы БП для более низкого выходного напряжения (около 5 В).

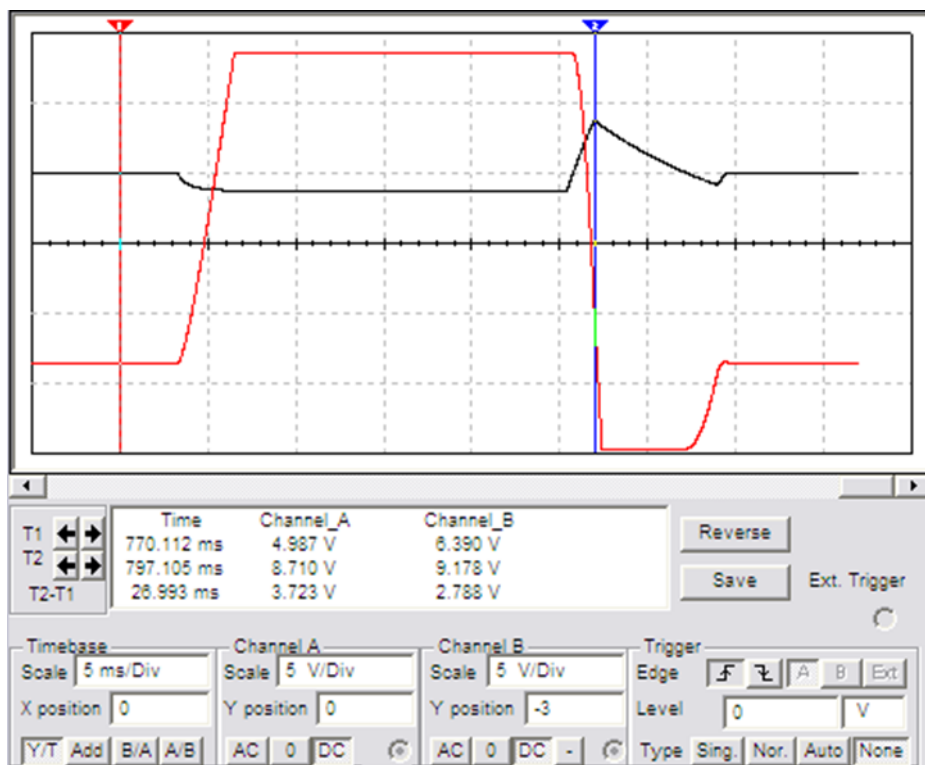


Рис.3

Как видно, переход БП из режима стабилизации выходного тока в режим стабилизации выходного напряжения, также заметно затянут (до 8 мс) и сопровождается существенным выбросом выходного напряжения (до 8,7 В).

Для некоторых устройств такой БП может стать «радиогубительским»!

Если посмотреть на характер изменения напряжения на выходе ОУ DA1.1 (рис. 2 и 3 Channel B – красный «луч»), становится ясным причина такого поведения схемы БП. В режиме стабилизации выходного тока транзистор VT3, открываясь, снижает потенциал в точке соединения резисторов R9 и R10. При этом выходное напряжение БП также снижается. ОУ DA1.1 «откликается» на это

повышением своего выходного напряжения до «упора», т.е. практически до напряжения питания, входя в глубокое насыщение. Естественно, при возвращении в режим стабилизации выходного напряжения БП, когда транзистор VT3 закрыт, требуется большое время для установления ОУ DA1.1 в режим стабилизации. Отсюда вывод: в режиме стабилизации тока ОУ DA1.1 не должен входить в глубокое насыщение.

Предлагается вариант простой доработки схемы, устраняющий указанный недостаток и улучшающий ее динамические характеристики. Для этого резистор  $R5 = 10 \text{ кОм}$  заменяется двумя последовательно соединенными резисторами  $R5.1$  и  $R5.2$  по  $5,1 \text{ кОм}$  каждый, а коллектор транзистора VT3 отсоединяется от резисторов  $R9$ ,  $R10$  и подключается к точке соединения  $R5.1$ ,  $R5.2$ . Полезно также между выводами базы и эмиттера транзистора VT3 установить резистор также  $5,1 \text{ кОм}$ . Такую доработку несложно выполнить в уже готовой конструкции БП. В такой доработанной схеме в режиме стабилизации выходного напряжения транзистор VT3 закрыт и влияния на работу схемы практически не оказывает. В режиме стабилизации выходного тока транзистор VT3, открываясь, снижает напряжение задания ОУ DA1.1 до уровня, соответствующему установленному току стабилизации.

На рис. 4 представлен экран виртуального осциллографа Multisim процесса моделирования работы доработанной схемы.

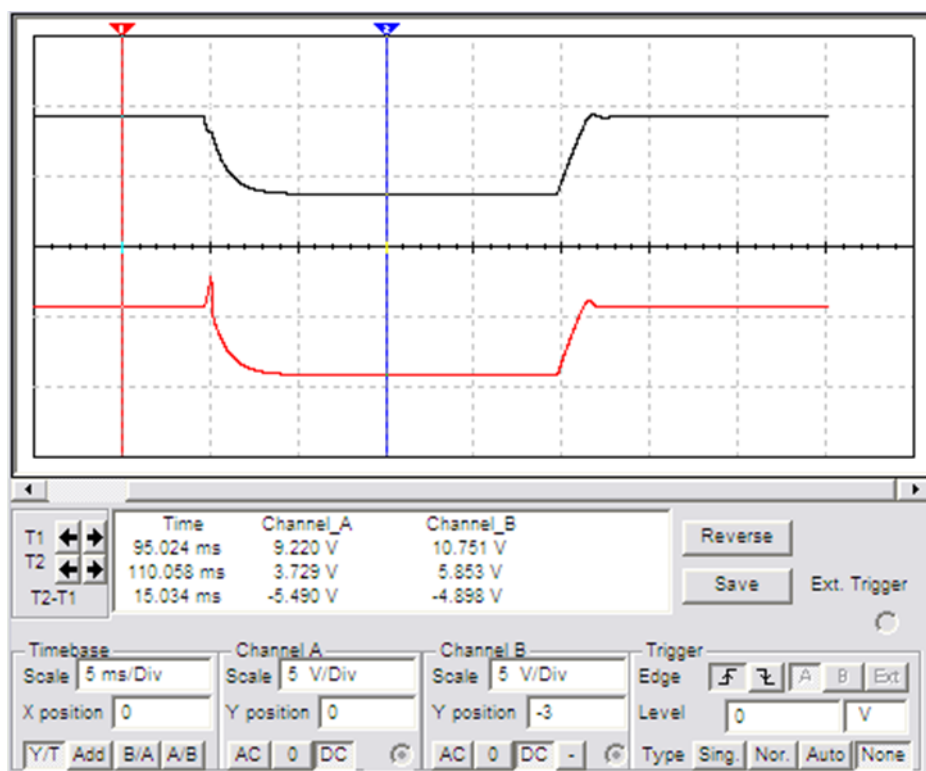


Рис. 4

Положительный результат доработки налицо.

Как видно из осциллограммы на рис.4, процесс перехода БП из режима стабилизации выходного напряжения в режим стабилизации выходного тока не изменился. Обратный процесс, т.е. переход БП из режима стабилизации выходного тока в режим стабилизации выходного

напряжения, теперь приобрел «классический» вид (перерегулирование не более 5%, время установления сократилось с 8 до 2 мс). ОУ DA1.1 работает в линейном режиме.

Можно также посоветовать включением/выключением нагрузки БП управлять «электронным» способом. Для этого между точкой соединения R5.1, R5.2 и общим проводом схемы необходимо включить контакты тумблера или кнопки с фиксацией. При замыкании их контактов напряжение задания ОУ DA1.1 будет равно нулю, регулирующие транзисторы VT1, VT2 закроются, фактически БП будет отключен от нагрузки. При размыкании контактов – БП быстро входит в режим стабилизации. В качестве ключей могут также использоваться маломощные транзисторы или оптроны. Это положительно скажется, в первую очередь, на ресурсе работы сетевого трансформатора БП и мощных выпрямительных диодов за счет исключения импульсных экстратоков в моменты включения нагрузки БП. Визуально в Multisim это удобно наблюдать с помощью токового пробника, который эмулирует поведение промышленных токовых клещей. Ток, протекающий в проводе преобразуется в напряжение, показываемое на выходных клеммах. Последние могут быть подключены к осциллографу, где ток определяется, основываясь на отношении напряжение/ток пробника (подробнее в разделе "8.23.Токовый пробник" Руководства пользователя NI Multisim).

Таким образом, моделирование схемы БП позволило сэкономить время и силы на проверку конструкции, а также отладить устройство, не прибегая к паяльнику. Особо хочется отметить, что наблюдать переходные процессы в реальном устройстве без помощи запоминающего осциллографа невозможно. Multisim же позволяет это сделать.

Неоценимую помощь в освоении Multisim окажет перевод на русский язык «Руководства пользователя NI Multisim» (Multisim 10 User Guide). Как имеющие некоторый опыт работы с этой программой, хотим обратить внимание на "Часть 7. Симуляция" Руководства. Особенно будут полезны советы из раздела "7.11. Использование симуляции для улучшения разработки". С некоторыми примерами применения, полезными на начальном этапе освоения, можно ознакомиться посетив сайт «Международный технический портал Левши» (<http://elektron.ucoz.ru/load/>).

Тот, кто хочет проверить все выше сказанное, может воспользоваться файлами моделирования работы схем, упомянутых в статье, в формате .ms10 (архив RAR, 696 Кб).

Если у радиолюбителей станет обычным делом обмениваться не только схемами и чертежами печатных плат, но и файлами моделирования электронных устройств, то настоящая статья достигла своей цели.

г.Омск, декабрь 2008 г.

