

ритель, например щупом, магнитную проницаемость рассчитывают по формуле

$$\mu = \frac{L \cdot Q}{2T - L \cdot \delta}.$$

Здесь, кроме магнитной проницаемости, появилась ещё одна неизвестная величина — немагнитный зазор. Если же зазор измерить нечем, можно пойти по другому пути. Неизвестные параметры должны удовлетворять неравенствам

$$\mu > \frac{L \cdot Q}{2T}, \quad (3)$$

$$\delta < \frac{2T}{L}. \quad (4)$$

Задают значение магнитной проницаемости из числа стандартных, удовлетворяющее неравенству (3), и вычисляют зазор

$$\delta = \frac{2\mu \cdot T - L \cdot Q}{\mu \cdot L},$$

который также должен удовлетворять неравенству (4). Обычно бывает достаточно двух-трёх расчётов, чтобы сделать вывод о том, какие значения магнитной проницаемости и немагнитного зазора подходят.

Если на Ш-образном магнитопроводе намотана обмотка, и магнитопровод не планируется разбирать, поскольку необходимо определить параметры этого дросселя или трансформатора, визуально проверяют, есть ли зазоры в боковых кернах. Если такие зазоры отсутствуют, предполагают, что зазор есть в центральном керне. На боковой керн в любом месте, где есть небольшой промежуток между поверхностью существующей обмотки и боковым керном, наматывают пробную обмотку и измеряют её индуктивность. Магнитная проницаемость в этом случае должна удовлетворять неравенствам

$$\frac{2L \cdot P \cdot Q}{T \cdot N} < \mu < \frac{2L \cdot P}{T}.$$

Сначала вычисляют границы неравенства, затем внутри этих границ

выбирают стандартное значение магнитной проницаемости и, подставляя в уравнение, рассчитывают зазор

$$\delta = \frac{2L \cdot P^2}{\mu \cdot (2L \cdot P - T \cdot \mu)} - \frac{N}{\mu}.$$

Как показывает практика, обычно требуются два-три вычисления. Из полученных результатов выбирают приемлемое значение зазора и соответствующей ему магнитной проницаемости.

По приведённым выше формулам были рассчитаны параметры двух трансформаторов. Результаты расчётов сведены в табл. 3.

Вычисления показывают, что выбирать магнитную проницаемость стоит ближе к верхней границе неравенства.

цаемость и зазор) уже рассчитаны вышеприведённым способом, измеряют индуктивность обмотки или обмоток и вычисляют число витков:

$$w = \sqrt{\frac{L \cdot (\mu \cdot \delta + Q)}{2\mu \cdot \mu_0 \cdot d \cdot c}}. \quad (5)$$

В первом трансформаторе, оказавшемся дросселем, была намотана одна обмотка, её измеренная индуктивность — 3,32 мГн. Рассчитанное по (5) число витков — 67. Во втором трансформаторе оказалось две обмотки. Индуктивность одной — 106,2 мГн, второй — 4,26 мГн. Число витков — 17 и 52 соответственно.

Следует помнить, что вышеприведённые формулы дают приближённый

Таблица 3

№	Размеры магнитопровода, мм	Индуктивность пробной обмотки, мкГн	Границы неравенства	Варианты магнитной проницаемости и зазора, мм
1	a = 13, b = 12, d = 1, c = 6,5	49,9	2812; 1677	2000; 0,011 2500; 0,06
2	a = 16, b = 14, d = 2, c = 5	57,3	2372; 1409	1500; 0,004 2000; 0,05

Из табл. 3 видно, что при малых значениях магнитной проницаемости зазор слишком мал, чтобы его физически можно было реализовать. Поэтому, скорее всего, в первом трансформаторе магнитная проницаемость материала магнитопровода — 2500, зазор в центральном керне — 0,06 мм, во втором — соответственно 2000 и 0,05 мм.

Конечно, возможно, что в этих трансформаторах зазор отсутствует. В таком случае во втором трансформаторе магнитная проницаемость материала магнитопровода — 1500, а зазор, равный 0,004 мм, можно отнести к погрешности измерения и вычисления.

Далее, если необходимо определить число витков обмотки или обмоток трансформатора, параметры магнитопровода которого (магнитная прони-

результат. Кроме того, при изготовлении магнитных материалов их проницаемость может иметь заметные отклонения от номинала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малинин Р. Расчёт индуктивностей на кольцевых магнитопроводах. — Радио, 1980, № 7, с. 45.
2. Расчёт индуктивности катушки. — URL: http://radio-stv.ru/radio_tehnologii/izuchenie-radio-programm/raschet-induktivnosti-katushki (12.04.19).
3. Расчёт катушки на ферритовом кольце. — URL: <http://coil32.ru/calc/ferrite-core.html> (12.04.19).
4. Илтич Ю. Расчёт магнитной проницаемости магнитопроводов. — Радио, 2011, № 4, с. 30—32.

Доработка осциллографа С1-101

Автор в статье [1] уже делился с читателями опытом ремонта малогабаритного осциллографа С1-101. На этот раз речь пойдёт о доработке его генератора развёртки.

С. ГЛИБИН, г. Москва

В осциллографах С1-101, как известно, отсутствует принудительный перевод генератора развёртки в ждущий режим. Вместо механического переключателя, размещаемого на передней панели, как, например, в ещё популярном осциллографе С1-94, применён электронный узел. Он автоматически переключает автоколебательный

режим работы генератора в ждущий и обратно в зависимости от наличия синхросигнала в блоке развёртки. Например, на экране ЭЛТ при отсутствии входного сигнала или измерении постоянного напряжения будет видна прямая линия, поскольку электронный узел перевёл генератор развёртки в автоколебательный режим. Несомненно, это

создаёт определённое удобство для пользователей, но одновременно лишает возможности получения неподвижного и стабильного изображения на экране ЭЛТ сигналов низких частот, начиная с некоторого порогового значения частоты и ниже. Согласно Техническому описанию и инструкции по эксплуатации 1987 г. [2] осциллографа С1-101, доступным для скачивания в Интернете, нижняя частота исследуемых входных сигналов, синхронизирующих развёртку, ограничена значением 20 Гц (реально 10...15 Гц). Ниже этого значения их автоматическая синхронизация невозможна. Подобный недостаток присутствует и в некоторых других моделях осциллографов, имеющих электронный узел переключения режимов синхронизации. Можно ли его устранить? Обратимся к схеме осциллографа С1-101. Аналогичные обозначения блоков и электронных компонентов будут даны в соответствии с [2].

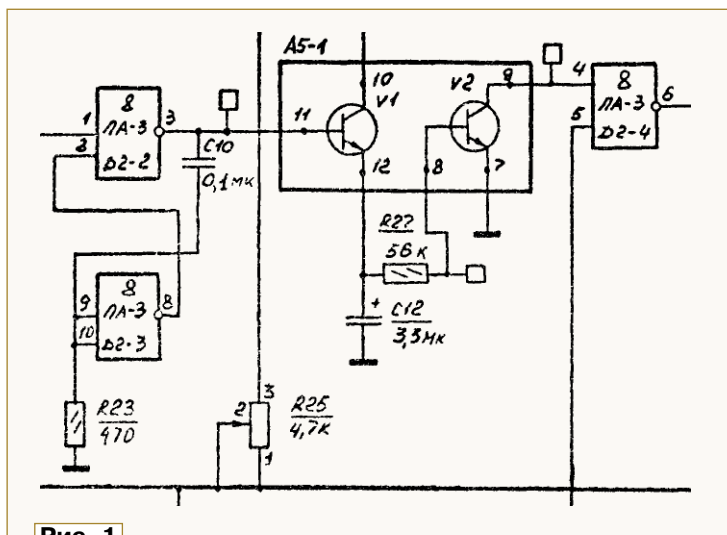


Рис. 1

Фрагмент оригинальной схемы узла переключения автоколебательного и ждущего режимов в блоке АЗ ("Генератор развёртки и преобразователь. Схема электрическая принципиальная И23 263 035 ЭЗ лист 1" [2]) показан на рис. 1. Упомянутый узел собран на логических элементах D2.2—D2.4 (2И-НЕ) микросхемы D2 133ЛА3 и транзисторах V1, V2 (поз. А5-1), входящих в состав микросхемы А5 (198НТ3). Элементы D2.2, D2.3, C10, R23 образуют одновибратор. При поступлении каждого спада синхросигнала на вход (вывод 1 D2.2) одновибратор формирует на выходе (вывод 3) импульс длительностью, заданной цепью R23C10. Импульс поступает на амплитудный детектор, выполненный на транзисторе V1, конденсатор C12 заряжается и открывается транзистор V2, устанавливая на входе элемента D2.4 (вывод 4) уровень лог. 0. Генератор развёртки переключается и удерживается в ждущем режиме. При отсутствии синхросигналов или длительности их периода повторения более 50...100 мс конденсатор C12 успевает разрядиться через резистор R27 и эмиттерный переход транзистора V2. Последний после разрядки конденсатора закрывается, и генератор развёртки переходит в автоколебательный режим. Очевидно, что при таком алгоритме работы электронного переключателя добиться неподвижного изображения на экране ЭЛТ в автоколебательном режиме невозможно. Выход прост — автономно подать на вход элемента D2.4 уровень лог. 0.

Схема доработки узла формирования с принудительным переключением режимов приведена на рис. 2. Установлен всего один дополнительный элемент — переключатель SA1, выделенный на рис. 2 красным цветом. Запуск развёртки при замкнутых контактах SA1 начнётся только с появлением синхросигнала, но уже без ограничения его периода повторения по длительности (или частоты). При разомкнутых контактах развёртка работает в прежнем штатном режиме.

Если необходимости в получении неподвижного изображения сигналов с

частотой менее 1 Гц нет, например, в практике пользователя достаточно наблюдения сигналов максимум до секундной длительности (электронные часы), дополнительный переключатель можно не устанавливать. В этом случае следует только увеличить сопротивление резистора R27 в десять раз (до 560...620 кОм) и вместо транзистора V2

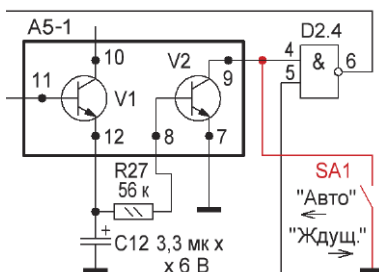


Рис. 2

установить другой с коэффициентом передачи тока $h_{21\beta}$ не менее 1000. Подойдут, например, транзисторы 2SC3576, 2SC4204 и 2SD2144S.

Конструктивно дополнительный переключатель удобно разместить на правой боковой панели прибора, на которую выведены гнезда внешней синхронизации, калибратора амплитуды и длительности, а также контрольный выход ГПН. На фото рис. 3 показан монтаж переключателя. Применён малогабаритный движковый переключатель ПД9-1. В пластмассовом держателе гнезд под него сделан вырез и удалён средний крепёжный винт с гайкой М3, мешающий установке. Также для движка переключателя надфилем сделан по месту небольшой вырез в нижней полукрышке корпуса.

В осциллографе, выпущенном в 1982 г., был обнаружен дефект, заложённый, по мнению автора статьи, ещё



Рис. 3

на этапе разработки принципиальной схемы упомянутого выше блока АЗ (генератор развёртки). Как видно из общей схемы И22 44 091 ЭЗ [2], верхний по схеме вывод (вывод 1) переменного резистора R5 сдвига луча по горизонтали соединён с контактной площадкой 15 в блоке АЗ. На схеме этого блока в [2] контакт 15 соединён с резистором R45, нижний вывод которого соединён с линией питания

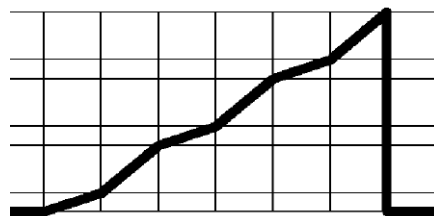


Рис. 4

+6,3 В. А вот на плате генератора развёртки выпуска 1982 г. печатный проводник от контакта 15 идёт в точку соединения конденсатора C2 с резистором R5. Этот конденсатор дополнительно подавляет ВЧ-наводки. Казалось бы, всё нормально. Однако при наблюдении на экране импульсных сигналов с частотой повторения менее 500 Гц было замечено увеличение их скважности. Сжатие импульса и растяжение паузы особенно наглядно про-

являлись на сигналах формы меандр.

Причина крылась в следующем. Входной сигнал для синхронизации развёртки поступает в блок АЗ из УВО через конденсатор С1 на базу транзистора V2 (поз. А1-1) микросхемы А1 (198НТ1Б). С уменьшением частоты входного сигнала из-за малой ёмкости конденсатора С2 транзистор начинает работать не как эмиттерный повторитель, а как включённый по схеме с ОЭ, и на его коллекторной нагрузке — резисторе R5 — выделяется инвертированное входное напряжение. Через вывод 1 переменного резистора R5 сдвига луча по горизонтали, подключённого к коллектору V2, далее через средний вывод 2 и резистор R50 часть этого напряжения поступает на базу и повторяется на эмиттере транзистора поз. А4-3 микросхемы А4 (198НТ3) и базе транзистора V5 (2Т602Б) блока. Происходит паразитная модуляция входным сигналом пилообразного напряжения на вертикально отклоняющих пластинах ЭЛТ. На **рис. 4** показана его искажённая форма. При действии импульса сигнала крутизна наклона "пилы" уменьшена, а при паузе — увеличена. Это и приводит к указанному выше визуальному дефекту в отображении входного сигнала. Конечно, с ростом частоты входного сигнала указанный дефект становится незаметным благодаря влиянию интегрирующей цепи, составленной из указанных выше резисторов и конденсатора С18, подключённого к базе транзистора поз. А4-3 микросхемы А4 (198НТ3).

Как уже отмечено, на схеме и плате блока АЗ 1987 г. в [2] эта ошибка исправлена. Но если ваш осциллограф

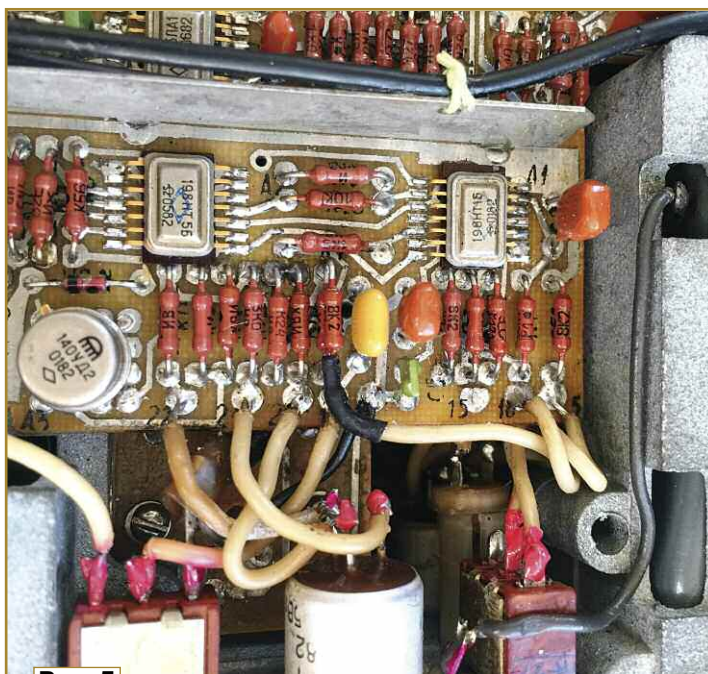


Рис. 5

нечно, с ростом частоты входного сигнала указанный дефект становится незаметным благодаря влиянию интегрирующей цепи, составленной из указанных выше резисторов и конденсатора С18, подключённого к базе транзистора поз. А4-3 микросхемы А4 (198НТ3).

Как уже отмечено, на схеме и плате блока АЗ 1987 г. в [2] эта ошибка исправлена. Но если ваш осциллограф

обладает таким дефектом, его легко устранить. Необходимо отпаять вывод 1 переменного резистора от контакта 15 в блоке АЗ и соединить его пайкой через дополнительный резистор сопротивлением 7,5...10 кОм с правым по схеме выводом резистора R5 1 кОм. На фото **рис. 5** показано, как это сделать. Дополнительный резистор устанавливают над резистором R5, который на фото расположен слева от конденсатора С1 жёлтого цвета. Ёмкость этого конденсатора увеличена до 1,5 мкФ, что расширило полосу пропускания усилителя синхронизации в области низких частот.

В заключение следует отметить, что в блоке АЗ выпуска 1982 г. транзистора V10 КТ326Б не было, а был использован транзистор поз. А5 микросхемы А5 (198НТ3) и резистор R47 номиналом 270 кОм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глибин С. Ремонт осциллографа С1-101. — Радио, 2017, № 4, с. 28.
2. Техническое описание на осциллограф С1-101. — URL: <https://www.qrz.ru/schemes/detail/2573.html> (10.03.20).

Низковольтный источник питания на LM3409

для светодиодной лампы

В. ЛАЗАРЕВ, г. Вязьма Смоленской обл.

Автор предлагает вариант источника питания на специализированной микросхеме для низковольтной светодиодной лампы.

Практически любой искусственный источник света в наши дни — светодиодный. А для питания любого светодиодного прибора требуется источник его питания (LED-драйвер) или, другими словами, — стабилизатор постоянного тока, т. е. источник питания со стабилизацией тока. Существ-

ует огромное число различных вариантов реализации LED-драйверов, отличающихся друг от друга по сложности, мощности, принципу работы (повышающие, понижающие, обратноточные и т. д.), функционалу (с регулировкой и без неё, управляемые и неуправляемые). Наряду с преобразо-

вателями переменного напряжения (обычно сетевого) в постоянное (AC/DC LED-драйверы), часто бывают востребованы и низковольтные преобразователи постоянного напряжения в постоянное (DC/DC LED-драйверы). Вариант конструкции подобного преобразователя и описывается в этой статье.

Схема устройства приведена на **рис. 1**. По принципу действия — это классический импульсный понижающий преобразователь постоянного напряжения в постоянное. Собран он на основе популярной, надёжной и проверенной временем микросхеме LM3409 (LM3409, -Q1, LM3409HV, -Q1 P-FET Buck Controller for High-Power LED Drivers. — URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm3409.pdf> (27.02.20)). Одно из немаловажных достоинств этой микросхемы — её техническая документация, содержащая, помимо описания работы и подробного расчёта элементов обвязки, большое число уже готовых схемных вариантов с рассчитанными номиналами на разные выходные токи и напряжения. Схема описываемого LED-драйвера также, практически без изменений, взята из этого документа.