

## Автомобильный стробоскоп



- Угол светового луча ..... 10 град.
- Высокая яркость вспышки
- Один сверхмощный светодиод
- Защита от перенапряжения
- Индуктивный датчик
- Простая схема и конструкция

С помощью предлагаемого стробоскопа автолюбитель сможет в течение нескольких минут проверить и отрегулировать начальную установку угла опережения зажигания на своем автомобиле, а также проверить работоспособность центробежного и вакуумного регуляторов опережения. Известно множество конструкций стробоскопов с использованием различных светоизлучателей – импульсных газоразрядных ламп [1], светодиодов [2, 3], лазерной указки [4]. Каждый из них имеет как достоинства, так и недостатки.

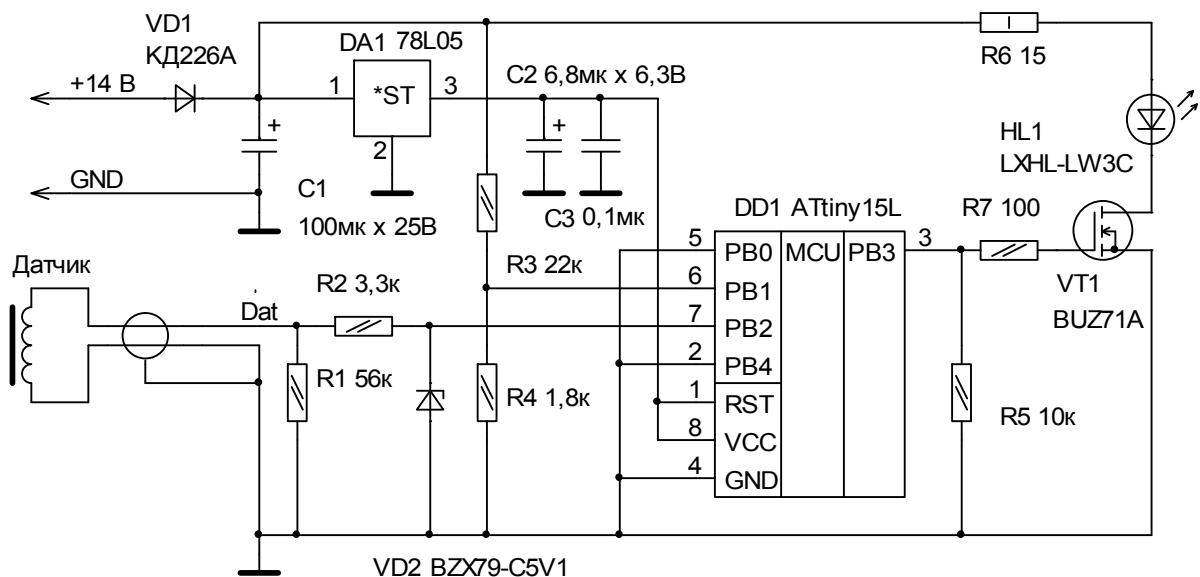
Импульсные лампы обеспечивают высокую яркость вспышек, но имеют ограниченный срок службы и требуют источника повышенного напряжения. Да и приобрести лампу нужного типа сейчас не просто. Светодиоды способны служить очень долго, но яркость их свечения намного меньше, что вынуждает использовать в излучателе группу из нескольких штук, а это усложняет конструкцию, увеличивает габариты и затрудняет получение узконаправленного луча высокой интенсивности. Лазерная указка излучает уж слишком узконаправленный луч, работать с которым неудобно. При искусственной расфокусировке снижается яркость, что сводит к нулю преимущества данного типа излучателя.

Появление на рынке мощных светодиодов, све-

тоотдача у которых достигает 25 Лм/Вт, а это больше, чем у ламп накаливания, позволило создать простой, компактный и экономичный стробоскоп. Он обеспечивает узконаправленный луч высокой интенсивности, что позволяет контролировать работу системы зажигания во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя. Строго говоря, мощные светодиоды (**не путать со сверхъяркими!**) нельзя назвать новыми, но снижение цены на них сделало применение этих приборов экономически оправданным там, где раньше не позволяла их стоимость.

Для синхронизации вспышек с моментом искрообразования использован индуктивный датчик, который представляет из себя трансформатор тока. Такой датчик работает намного стабильнее и более помехоустойчив, чем емкостный, используемый в большинстве дешевых промышленных и любительских стробоскопов.

Принципиальная схема прибора показана на рисунке. Его основа – микроконтроллер DD1. Применение контроллера позволило простыми средствами сформировать вспышки, длительность которых обратно пропорциональна частоте вращения коленчатого вала. Это обеспечивает высокую яркость на малых оборотах двигателя и не приводит к "размыванию" метки на шкиве на больших оборотах.



Кроме того, контроллер обеспечивает надежную защиту светодиода от повреждения в случае аварийного превышения напряжения питания.

По фронту сигнала на входе PB2 микроконтроллера на его выходе PB3 формируется импульс высокого уровня, открывающий транзистор VT1, в цепь стока которого включен излучатель - светодиод HL1.

Использованный светодиод LXHL-LW3C серии "STAR" фирмы LUMILEDS обеспечивает световой поток 65 Лм. При токе 700 мА прямое падение напряжения на нем около 3,7 В, максимально допустимый ток – 1 А. Даже кратковременное превышение этого значения может необратимо повредить светодиод, поэтому последовательно с ним включен токоограничивающий резистор R6. Дополнительную защиту обеспечивает микроконтроллер, контролируя напряжение питания прибора. Через делитель напряжения R3, R4 напряжение, пропорциональное питанию, подается на вход PB1 микроконтроллера. Номиналы делителя подобраны так, что при превышении значения 18 В контроллер прекращает формирование импульсов, предохраняя светодиод от повреждения. Диод VD1 защищает прибор от ошибочной перемены полярности напряжения питания.

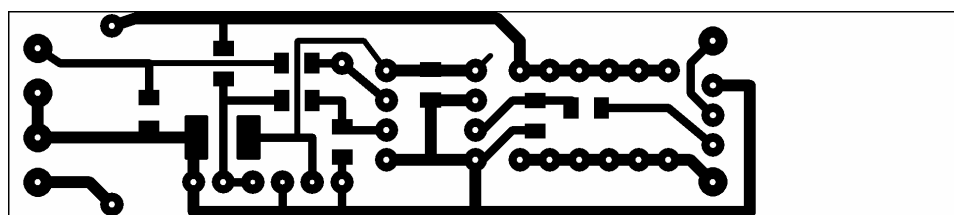
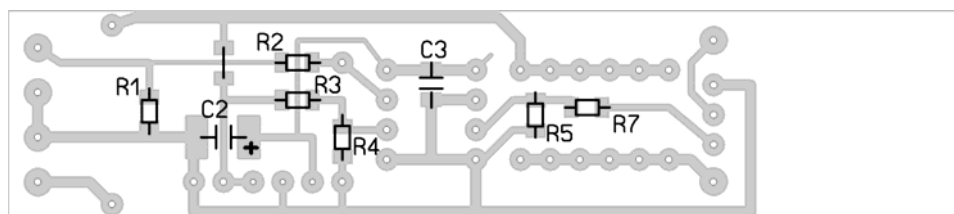
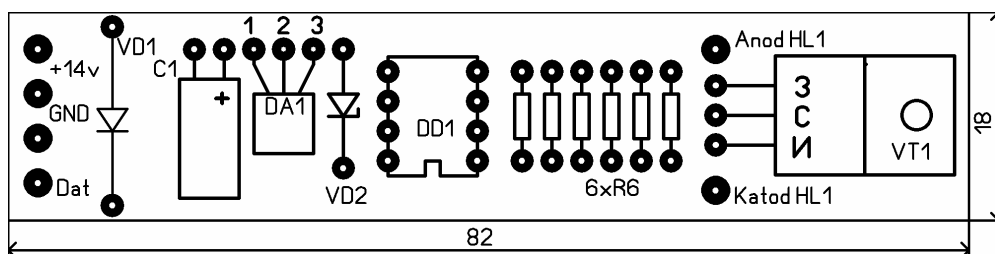
Управляющая программа микроконтроллера формирует импульсы, длительность которых равна приблизительно 1/340 периода частоты вращения коленчатого вала. Например, 750 об/мин соответствует частоте искрообразования 25 Гц, период импульсов в этом случае равен 40 мсек, а длительность вспышки приблизительно 0,12 мсек. Таким образом, "размытость" метки, наблюдаемой на шкиве коленчатого вала, не превышает 1 град. Та-

кое соотношение периода и длительности вспышек поддерживается во всем интервале частот вращения.

Во FLASH память микроконтроллера необходимо загрузить файл **strob.hex** с управляющей программой, все биты конфигурации следует оставить по умолчанию. В последней ячейке FLASH памяти, имеющей адрес \$1FF, в неподвергнувшейся программированию микросхеме записан калибровочный байт, который должен остаться неизменным. Если микросхема подвергалась программированию или стиранию, следует вновь считать калибровочный байт в программаторе и записать его в старший и младший разряды слова по адресу \$1FF. В файл программы калибровочный байт не включен, т.к. он индивидуален для каждого экземпляра микроконтроллера.

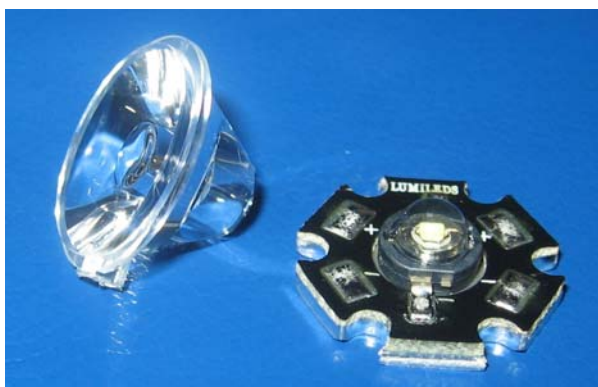
Все детали прибора, кроме светодиода, смонтированы на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. Все резисторы, кроме R6, и конденсаторы, кроме C1, использованы в корпусах для поверхностного монтажа. Транзистор BUZ71A можно заменить любым переключательным полевым транзистором с допустимым импульсным током стока не менее 3 А и рассчитанным на управление логическими уровнями, например, IRLZ14, IRL510, IRL530N и др. Резистор R7 составлен из 6 параллельно включенных резисторов МЛТ 0,25 номиналом 91 или 100 Ом. Это обеспечивает минимальную толщину платы, что позволяет разместить ее в корпусе небольшого диаметра.

Учитывая, что микроконтроллер работает в условиях мощных электромагнитных помех, его неиспользуемые выводы PB0 и PB4 соединены с об-



шим проводом, а вывод RST подключен непосредственно к источнику питания +5 В. Как показала практика, если вывод RST соединить с цепью +5 В через резистор сопротивлением 5...10 К, как это рекомендуется фирмой "Atmel", в момент искрообразования амплитуда наводок на этом резисторе достигает нескольких вольт, что приводит к перезапуску управляющей программы, а это полностью нарушает работу прибора.

Светодиод LXHL-LW3C имеет угол излучения 140 град, но для серии "STAR" фирма LUMILEDS выпускает линзу-коллиматор LXHL-NX05, применение которой позволяет получить световой пучок с углом 10 град. Внешний вид светодиода с линзой показан на рисунке. В качестве излучателя можно также применить мощный светодиод PG1N-3LWS с аналогичной линзой-коллиматором, производимый фирмой ProLight.



Катушка датчика намотана на кольцевом магнитопроводе с внутренним диаметром 12 мм из феррита 2000НМ. Можно использовать кольцевой магнитопровод из феррита любой марки с проницаемостью 1000...3000. Наружный диаметр не критичен, а внутренний должен превышать диаметр высоковольтного провода к свече зажигания на 5...10мм.

Расколоть кольцо такого размера на две равные половинки в любительских условиях сложно, поэтому лучше приобрести два одинаковых кольца и сточить половину каждого из них на наждаке, добиваясь по возможности плотного, с минимальным зазором, прилегания торцов получившихся полуколец. Одно из них нужно обмотать фторопластовой лентой ФУМ или лакотканью, затем намотать на нем катушку из 100 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,1...0,2 мм. Сверху катушку нужно также обмотать лакотканью для защиты от механических повреждений. Половинки датчика клеивают в углубления губок зажима "крокодил" подходящего размера с помощью силиконового автогерметика.

Выводы катушки подпаивают к двухпроводному экранированному кабелю длиной около метра, экранирующую оплетку припаивают к корпусу зажима. Места пайки герметизируют автогерметиком, а кабель выводят через ручку зажима. Обе его ручки

нужно обмотать несколькими слоями изолянты или надеть на них по отрезку термоусадочной трубки. Это необходимо для защиты от возможного поражения электрическим током в случае прикосновения к датчику на работающем двигателе при плохом качестве изоляции высоковольтных проводов. Такая конструкция удобна в эксплуатации, т.к. позволяет при работающем двигателе проверить наличие высоковольтных импульсов на свечах всех цилиндров.

Для прибора использован корпус от серийно выпускаемого стробоскопа "Джет-Гелиос", но подойдет и подходящий по размерам фонарь. Габариты платы могут быть еще меньше, если использовать микроконтроллер, полевой транзистор и резистор R6 в корпусах для поверхностного монтажа.

Стробоскоп не требует налаживания. Убедиться в его работоспособности можно, если отпаять от платы датчик и замкнуть точку соединения резисторов R1 и R2 с цепью питания +14 В. В момент замыкания светодиод кратковременно вспыхнет. Значение напряжения питания, при котором вспышки прекращаются, может быть изменено подборкой резистора R3. Номинал этого резистора рассчитывается по формуле:  $R3 = (U_{max} - 1,22) \times R4 / 1,22$ ; где  $U_{max}$  - максимально допустимое напряжение питания прибора в вольтах, выше которого стробоскоп прекращает формирование вспышек.

Если на работающем двигателе прибор работает неустойчиво, нужно снять зажим с датчиком с высоковольтного провода, повернуть его (зажим) на 180 градусов и снова надеть на провод.

### Литература:

1. Н. Кукса, Г. Птах. Высокоскоростной автомобильный стробоскоп - Радио, 2005, №7, с.50, 51.
2. П. Беляцкий. Светодиодный автомобильный стробоскоп - Радио, 2000, №9, с.43, 44.
3. Л. Кадетов. Стробоскоп - тахометр на светодиодах - Радио, 2006, №8, с.47, 48.
4. Н. Заец. Автомобильный стробоскоп из лазерной указки - Радио, 2004, №1, с.45, 46.

**Прошивку контроллера, чертеж печатной платы в формате Sprint Layout и другие дополнительные материалы к этой конструкции можно загрузить с сайта автора по адресам:**

<http://ra4nal.qrz.ru>  
<http://ra4nal.lanstek.ru>  
<http://ra4nalr.tut.ru>

Разработка 2007 г.

**Коммерческое использование с согласия автора. Перепечатка со ссылкой на первоисточник**