

УДК 621.383

**ОПТРОНЫ: КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ
OPTOCOUPERS: CLASSIFICATION AND APPLICATION**

Д.М. Густарник, М.С. Каминский
Научный руководитель – Т.Е. Жуковская, старший преподаватель,
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
D. Gustarnik, M. Kaminskiy
Supervisor – T. Zhukovskaya, Senior Lecturer
Belarussian national technical university, Minsk

Аннотация: В данной статье мы обобщаем один из основных компонентов оптоэлектроники, а именно оптрон. Разбираем их строение, классификацию, область применения, а также в данной работе приведены примеры схем подключения оптронов. Особенностью работы является то, что мы в ней разобрали как старые области применения оптронов, так и абсолютно новые и высокотехнологичные.

Abstract: In this article we review one of the main components of optoelectronics, namely the optocoupler. We analyze their structure, classification, scope of application, as well as examples of optocoupler connection schemes are given in this paper. The peculiarity of the work is that we have analyzed both the old fields of application of optocouplers and completely new and high-tech ones.

Ключевые слова: оптроны, излучатель, фотоприёмник, классификация, применение.

Keywords: optocouplers, emitter, photodetector, classification, application

Введение

Основным компонентом оптоэлектроники является “пара с фотонной связью”, называемая оптроном. Оптрон или оптопара состоит из двух элементов: излучателя и фотоприемника, объединенных, как правило, в общий герметичный корпус. Оптрон – это прибор, содержащий источник и приемник излучения, которые оптически и конструктивно связаны друг с другом.

Элементную основу оптронов составляют фотоприемники и излучатели, а также оптическая среда между ними. Ко всем этим элементам предъявляются такие общие требования, как малые габариты и масса, высокая долговечность и надежность, устойчивость к механическим и климатическим воздействиям, технологичность, низкая стоимость. Желательно также чтобы элементы прошли достаточно широкую и длительную промышленную апробацию.

Функционально (как элемент схемы) оптрон характеризуется в первую очередь тем, какой вид фотоприемника в нем используется.

Успешное использование фотоприемника в оптроне определяется выполнением следующих основных требований: эффективность преобразования энергии квантов излучения в энергию подвижных электрических; наличие и эффективность внутреннего встроенного усиления; высокое быстродействие; широта функциональных возможностей.

В оптронах используются фотоприемники различных структур, чувствительные в видимой и ближней инфракрасной области, так как именно в этом диапазоне спектра имеются интенсивные источники излучения и возможна работа фотоприемников без охлаждения.

Наиболее универсальными являются фотоприемники с р - n-переходами (диоды, транзисторы и т. п.), в подавляющем большинстве случаев они изготавливаются на основе кремния и область их максимальной спектральной чувствительности находится вблизи $\lambda = 0,7...0,9$ мкм.

Многочисленные требования предъявляются и к излучателям оптронов. Основные из них: спектральное согласование с выбранным фотоприемником; высокая эффективность преобразования энергии электрического тока в энергию излучения; преимущественная направленность излучения; высокое быстродействие; простота и удобство возбуждения и модуляции излучения.

Основная часть

Классификация.

Оптопары могут быть классифицированы по различным критериям, таким как конструкция, тип фотоприемника и степень интеграции. Ниже приведен обзор основных видов оптопар.

Оптопары по конструкции:

- Открытые. Открытые оптроны имеют конструкцию, в которой между элементами оптрона есть воздушный зазор. Одним из главных преимуществ заключается в том, что они обладают очень высокой скоростью ответа благодаря отсутствию фильтров и задержек, которые могут возникать в других типах оптопар. Кроме того, такие оптроны могут использоваться для измерения очень маленьких величин, таких как смещение, ускорение и давление. рис.1(а)
- Щелевые. Щелевые оптроны представляют собой тип оптопар, где между элементами оптрона имеется щель, в которую свет из излучателя попадает на приемник. Эти устройства могут быть различной конструкции и размеров, в зависимости от конкретных требований и условий эксплуатации. Некоторые щелевые оптопары могут иметь маленькую щель, что позволяет использовать их для измерения очень малых величин, таких как перемещение, угол, вибрации и деформации. Другие щелевые оптопары могут быть более крупными и мощными, что позволяет им использоваться для контроля скорости, позиции и наличия объектов, а также в системах автоматического управления и контроля. рис.1(б)
- Закрытые. В закрытых оптронах элементы находятся внутри герметичного корпуса, который защищает их от внешних воздействий и помех. Одним из главных преимуществ закрытых оптопар является их высокий коэффициент передачи и защита от внешних помех. Это делает их более надежными и точными в измерении и контроле различных параметров, таких как скорость, позиция, уровень и прочее. Кроме того, закрытые оптопары могут использоваться в широком диапазоне

температур и влажности, что делает их универсальными и широко применяемыми в различных отраслях промышленности. рис.1(в)

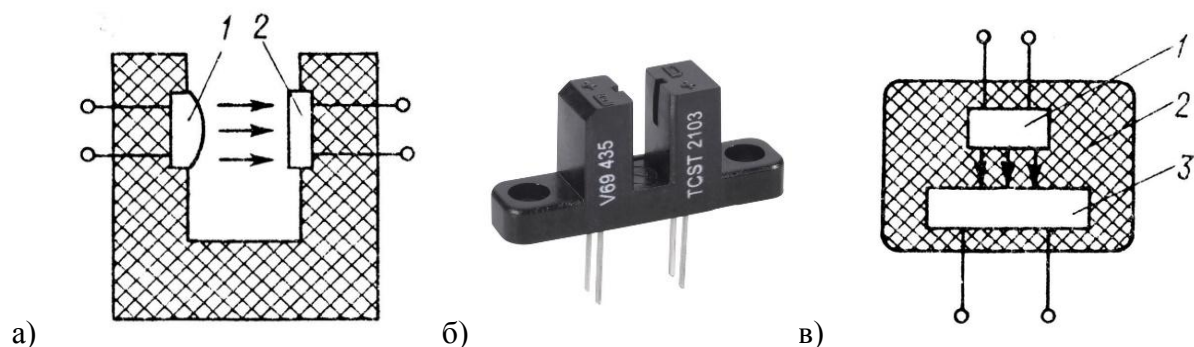


Рисунок 1 – открытый (а), щелевой (б) и закрытый (в) оптроны

Оптопары по типу фотоприемника:

- диодные
- транзисторные
- резисторные
- тиристорные
- симисторные

Оптопары по степени интеграции:

- оптические (элементарные)
- электронно-оптические (микросхемы)

Применение. Детекторы.

Оптроны, благодаря своим функциям, могут использоваться в качестве детекторов наличия сетевого напряжения с оптронной развязкой. Приведённая ниже схема (рис.2) может использоваться для диагностики наличия на нагрузке сетевого напряжения, либо для диагностики замкнутости контактов силового реле, управляющего включением нагрузки (в зависимости от места подключения). Выходной сигнал организован через оптронную развязку, что позволяет спокойно и безопасно забирать его для дальнейшего использования в различных схемах на микроконтроллерах.

Принцип действия схемы очень простой:

- при наличии сетевого напряжения на входе, – светодиод оптрона запитан, соответственно, транзистор оптрона открыт и на выходе схемы низкий уровень сигнала;
- при отсутствии напряжения на входе, – светодиод оптрона не запитан, соответственно, транзистор оптрона закрыт и на выходе схемы высокий уровень сигнала.

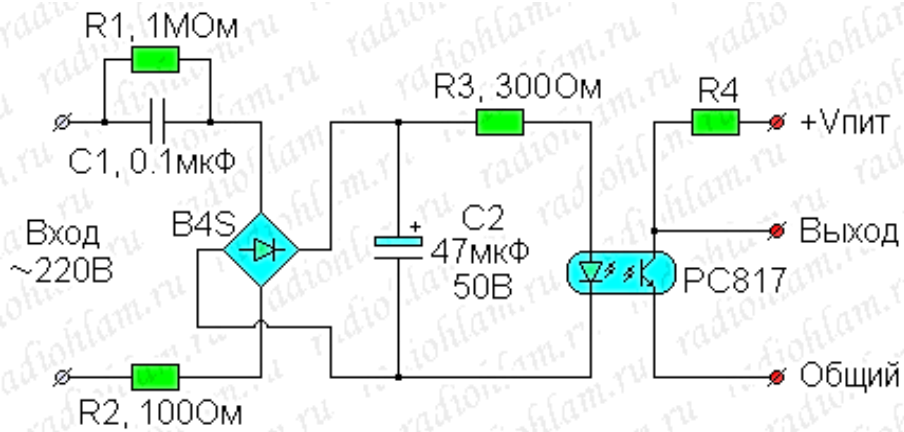


Рисунок 2 – пример схема для диагностики сетевого напряжения



Рисунок 3 – варианты подключения детектора

Если детектор подключен параллельно нагрузке, то он будет запитываться одновременно с нагрузкой и, соответственно, сигнализировать о наличии или отсутствии напряжения на нагрузке (если детектор запитан – значит нагрузка тоже запитана, если детектор не запитан – значит не запитана и нагрузка).

Если детектор подключен параллельно контактам силового реле, то он будет запитан при разомкнутых контактах реле и не запитан при замкнутых контактах. Соответственно, в этом случае детектор будет сигнализировать о состоянии контактов силового реле, из чего, впрочем, всё равно можно сделать вывод о наличии или отсутствии напряжения на нагрузке (здесь наоборот, если детектор запитан – значит нагрузка не запитана, если детектор не запитан – значит нагрузка запитана).

В медицине.

Оптроны (оптические транзисторы) имеют широкий спектр применений в медицине. Вот некоторые из них:

- Оптоэлектронная стимуляция нервных клеток: Оптроны могут использоваться для активации нервных клеток с помощью световых импульсов, что позволяет исследовать и лечить нервные заболевания, такие как паралич и болезни Паркинсона.
- Оптоэлектронные системы обнаружения рака: Оптроны могут использоваться для разработки систем обнаружения раковых клеток. Их светочувствительные свойства позволяют обнаруживать опухоли и отличать их от здоровых тканей.
- Оптоэлектронные системы мониторинга: Оптроны могут использоваться

для наблюдения и мониторинга физиологических параметров, таких как пульс, кровяное давление и уровень кислорода в тканях. Это поможет врачам оценивать состояние пациента и быстро реагировать на изменения.

- Оптроны для искусственного зрения: Оптроны могут быть использованы для разработки искусственного зрения, что может помочь людям с зрительными нарушениями восстановить или улучшить зрение.
- Оптроны в офтальмологии: Оптроны могут использоваться для диагностики и лечения глазных заболеваний. Например, они могут использоваться для фокусировки световых лучей на определенных участках глаза или для измерения интраокулярного давления.

Это только некоторые примеры применения оптронов в медицине. Благодаря своим оптическим свойствам и эффективности передачи сигналов, оптроны предлагают многообещающий потенциал для медицинских исследований и практического применения.

Получение информации оптическим методом.

Специальные оптроны с открытым оптическим каналом могут применяться в бесконтактной дистанционной технике в качестве индикаторов положения объектов и состояния их поверхности, датчиков заполнения сосудов жидкостью, устройств считывания информации с перфоносителей на входе ЭВМ и т. д. Существуют два типа подобных оптронов. Приборы первого типа (оптопрерыватели) реагируют на попадание в оптический канал непрозрачного предмета, который прерывает (или изменяет) световой поток, падающий на фотоприемник. Область применения оптопрерывателей – индикация положения и счет объектов, сигнализация об изменении параметров воздушной среды между излучателем и фотоприемником (например, при появлении дыма), считывание информации с перфолент и др. Приборы второго типа (отражательные оптроны) регистрируют световой поток, отраженный от исследуемой поверхности. Эти приборы позволяют, например, осуществлять автоматический контроль шероховатости поверхности, ее дефектности.

Из-за наличия воздушного зазора в оптическом канале коэффициент передачи по току таких оптронов мал, причем у отражательных оптронов он еще зависит и от свойств исследуемой поверхности, а также от расстояния до нее. Реально это расстояние не должно превышать нескольких миллиметров.

Управление процессами в высоковольтных цепях.

Для бесконтактного управления процессами в высоковольтных (до 1300 В) и сильнотоковых (до 320 А) цепях используют мощные ключевые оптроны, типичными представителями которых являются тиристорные и транзисторные оптопары. По своим техническим показателям оптоэлектронные переключатели успешно конкурируют с электромагнитными реле и герконами (герметизированными переключателями), превосходя их по надежности, долговечности и помехоустойчивости.

Пример схемного варианта высоковольтного оптоэлектронного ключа, в котором тиристорный оптрон, переключающий ток в цепи с постоянным

напряжением, управляется сразу по двум каналам – оптическому и электрическому, приведен на рисунке 5. Если входной транзистор Т1 открыт и работает в режиме насыщения, то на выходе усилителя у поддерживается высокий потенциал и ток течет лишь через излучатель тиристорной оптопары – фототиристор включен. Для его выключения транзистор Т1 запирается, в результате чего, во-первых, снижается напряжение на светодиоде тиристорной оптопары, и он перестает излучать свет, и, во-вторых, на шину нулевого потенциала закорачивается управляющий электрод фототиристора. Закорачивание обусловлено тем, что после снижения напряжения на выходе усилителя – инвертора у светодиода тиристорной оптопары открывается и через фотоприемник начинает течь ток, переводящий транзистор Т2 в режим насыщения. Подобная схема может управлять током в цепи постоянного напряжения 50 – 400 В, причем длительность переключения фототиристора составляет 5 – 10 мкс.

Обобщенным параметром, характеризующим качество ключевых оптронов, является отношение максимальной мощности коммутируемой цепи к входной мощности, необходимой для управления. Это отношение носит название коммутационной добротности и для современных оптронов составляет примерно 10² – 10⁶.

Для управления цепями высокого напряжения могут применяться и оптопары других типов. Так, в схемах управления электролюминесцентными индикаторами, возбуждающимися переменным напряжением с амплитудой 115 – 300 В, используют резисторные оптроны. В цепь питания индикатора включают фоторезистор оптопары; изменение напряжения на индикаторе (а следовательно, и яркость его свечения) регулируют малым сигналом на входе оптрона.

В высоковольтных цепях находят широкое применение оптоизоляторы – оптопары с высоким допустимым напряжением изоляции (и, в частности, с волоконно-оптическими каналами). Использование оптронов этого типа в системах энергораспределения, высоковольтных СВЧ-устройствах, аппаратуре привода, в линиях электропередачи позволяет не только с успехом заменять традиционно используемые элементы, но и стимулирует дальнейшее совершенствование вновь разрабатываемых для этих целей приборов.

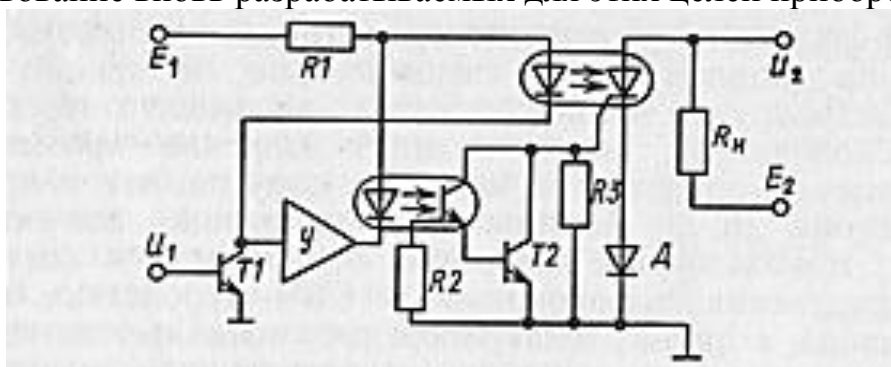


Рисунок 5 – Схемный вариант высоковольтного оптоэлектронного ключа

Заключение

В наше время говорить о важности применения оптронов не приходится. Круг их применения обширен и разнообразен. Уже в 60-е годы оптроны подобного типа эффективно использовались для регистрации предметов и объектов. При такой регистрации, характерной в первую очередь для устройств автоматического контроля и счета объектов, а также для обнаружения и индикации различного рода дефектов и отказов, важно четко определить местонахождение объекта или отразить факт его существования. Функции регистрации оптроны выполняют надежно и оперативно.

Литература

1. Оптроны и оптоэлектронные микросхемы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/vvedenie-v-optoelektroniku/2-optrony-i-optoelektronnye-mikroskhemy> – Дата доступа: 23.09.2023.
2. Оптопары (оптроны): что это, принцип действия, виды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elec.ru/publications/tsifrovye-tehnologii-svjaz-izmerenija/7715/> – Дата доступа: 23.09.2023.
3. Оптопары (оптроны): что это, принцип действия, виды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dip8.ru/articles/chto-takoe-optrony/> – Дата доступа: 23.09.2023.
4. Что такое оптроны, для чего применяются? [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://dzen.ru/a/XvGFgtGzjSjrRh2a?utm_referer=yandex.by – Дата доступа: 23.09.2023.
5. Оптроны и их применение [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/opto/optron_1.htm – Дата доступа: 23.09.2023.