

## ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЙ ОПТРОН К294ПП1АП.

Стремление к микро миниатюризации функциональных элементов электрических цепей привело к созданию нового класса оптоэлектронных интегральных микросхем, так называемых «твердотельных реле», совмещающих достижения физики полупроводниковых приборов, оптики тонких пленок, интегральной технологии и микро схемотехники.. Фотовольтаический оптрон К294ПП1АП позволяет создать новую серию твердотельных реле, предназначенных для коммутации больших токов, а также существенным образом расширить возможности разработчика в выборе схемотехнических решений при проектировании миниатюрных источников питания, линейных трансформаторов тока и конвертеров, интерфейсных драйверов.

Фотовольтаический оптрон К294ПП1АП, выполненный в стандартном пластмассовом 8-выводном DIP- корпусе типа 2101.8-1, является гибридной интегральной схемой, содержащей два независимых оптоэлектронных канала (рис.1). Каждый из каналов состоит из светодиода (СД), оптически связанного с линией последовательно соединенных фотодиодов (ДД) и устройства ускорения разряда (УУР), обеспечивающего быстрый разряд емкости нагрузки при выключении фотовольтаического оптрона.

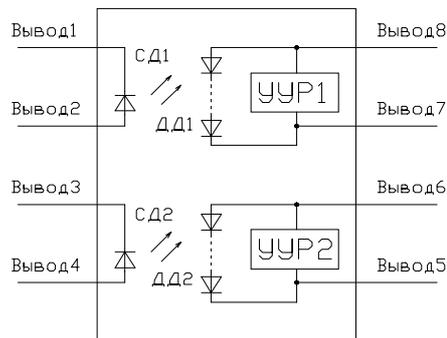


Рисунок 1.

Входной светодиод, изготовленный на арсенид галлиевой гетероструктуре типа GaAs-Ga<sub>0.8</sub>Al<sub>0.2</sub>As излучает свет в области длин волн 0.82-0.9 нм. Квантовый выход  $\eta$  такого светодиода достигает 2-4% при пропускании через p-n переход прямого тока величиной всего в несколько миллиампер. Световой поток через оптически прозрачный барьер, в качестве которого используется кремний органический компаунд с высоким коэффициентом преломления, освещает цепочку из четырнадцати последовательно соединенных фотодиодов, которая является источником фото э.д.с. малой мощности. Изоляция отдельных фотодиодов друг от друга осуществляется с помощью диэлектрика, например, двуокиси кремния. Это предотвращает паразитные утечки между отдельными фотодиодами, приводящие к снижению суммарной фото-эдс. На одном кристалле с фотодиодами расположено устройство ускорения разряда. Непрозрачный экран закрывает те его элементы, посторонняя засветка которых может помешать нормальному функционированию оптрона.

Конструктивные особенности прибора, а именно: зазор между входными и выходными выводами не менее 8 мм, изолирующий барьер между светодиодным излучателем и кристаллом фотоприемника толщиной 0.4 мм, отвечают требованиям электробезопасности и обеспечивают устойчивость фотовольтаический оптрон К294ПП1АП к воздействию испытательного напряжения изоляции не менее 1500В , прикладываемого между входными и выходными выводами корпуса прибора в течение 1 минуты.

### Электрическая схема.

На рисунке 2 показана электрическая схема одного канала фотовольтаического оптрона.

VD1 - светоизлучающий диод. Кристалл фотоприемника содержит цепочку последовательно соединенных фотодиодов VD2 - VD15, высокоомный резистор R1, схему ускорения разряда, состоящую из тиристора на транзисторах VT3 ,VT4 и фототранзисторов VT1, VT2.

Схема работает следующим образом. Благодаря оптической связи светодиода VD1 с элементами фотоприемника протекание во входной цепи электрического тока вызывает возникновение фототока в фототранзисторах VT1 , VT2, надежно шунтирующих тиристор на транзисторах VT3 , VT4, а также, обеспечивает фотовольтаический режим работы фотодиодов VD2 - VD15, физические основы которого подробно рассмотрены в [2]. При выключении светодиода фототранзисторы VT3 , VT4 отключаются, что

приводит к срабатыванию тиристора на транзисторах VT3, VT4, непосредственно через базу которых начинает протекать разрядный ток. Высокоомный резистор R1 кроме функций дополнительного элемента разряда шунтирует малые уровни фототока, которые могут возникнуть в результате воздействия помех на входе фотовольтаического оптрона.

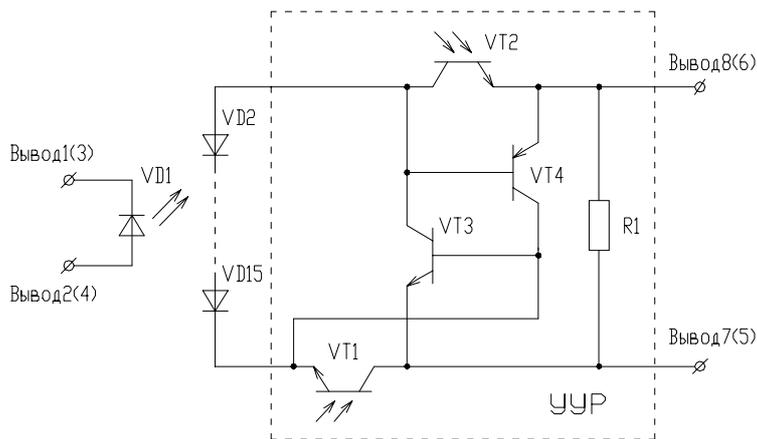


Рисунок 2.

### Электрические параметры.

Типовые значения основных электрических и эксплуатационных характеристик фотовольтаического оптрона К294ПП1АП при температуре окружающей среды 25°C представлены в таблице 1.

На рисунке 3 приведено семейство входных вольт-амперных характеристик, снятое при различных значениях температуры окружающей среды.

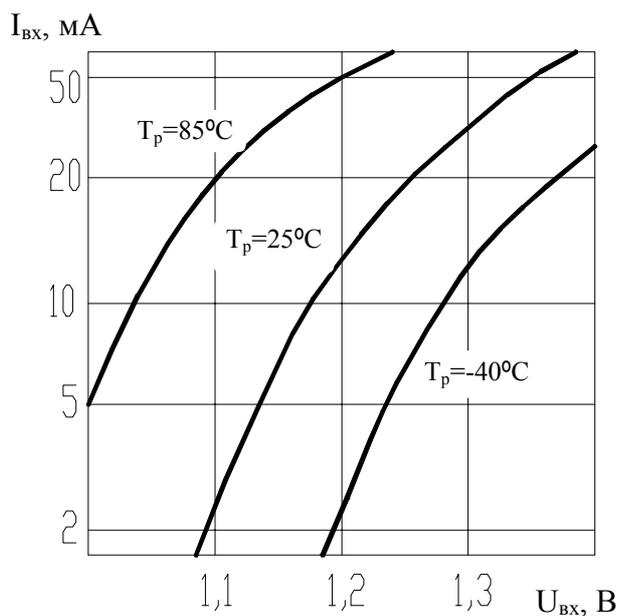


Рисунок 3.

Типовая зависимость выходного напряжения от входного тока при различных величинах сопротивления нагрузки показана на рисунке 4. Отметим, что уменьшение входного тока относительно номинального значения, приводит к значительному уменьшению выходного напряжения. В то же время увеличение входного тока практически не дает сколько-нибудь заметного улучшения этого параметра. Напротив, время включения является практически линейной функцией от величины входного тока, а выходной ток короткого замыкания с высокой точностью можно определить из соотношения  $I_{к.з.} = K_I I_{вх.}$

Время включения фотовольтаического оптрона К294ПП1АП также существенно зависит от характера нагрузки (рис.5), а время выключения благодаря схеме ускорения разряда остается практически неизменным в широком интервале нагрузочных характеристик. Следует также отметить, что надежное выключение микросхемы возможно только при поддержании на входе напряжения менее 0.8В.

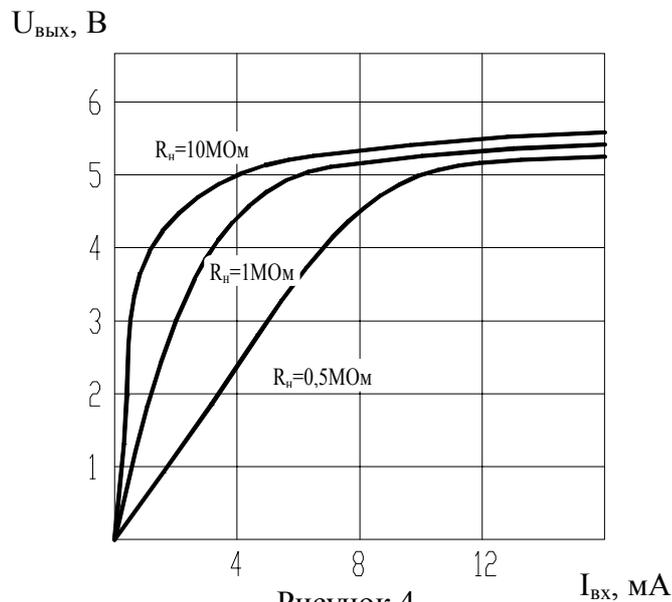


Рисунок 4.

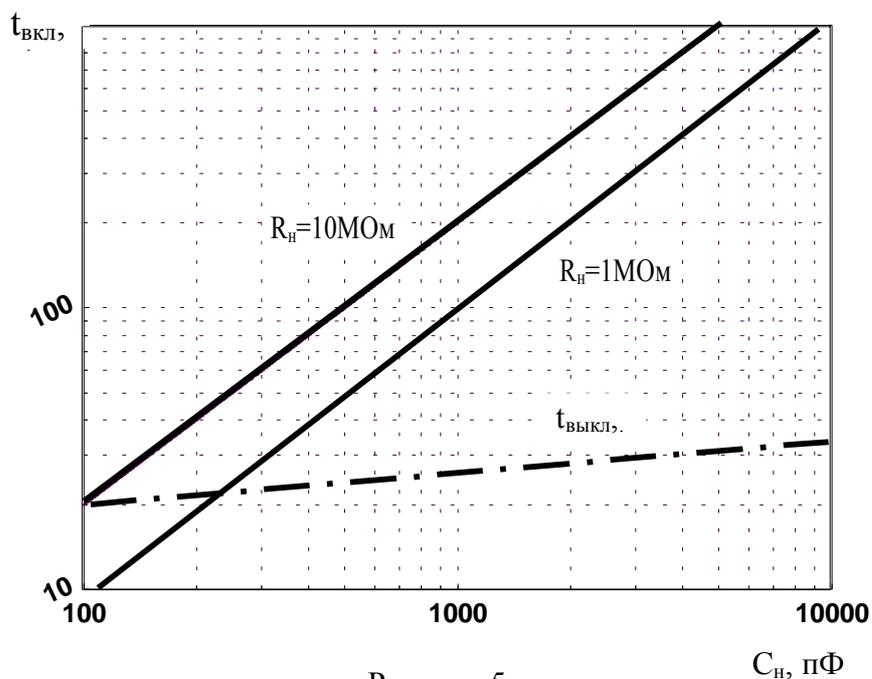


Рисунок 5.

Выше приведенные зависимости убеждают, что не следует выбирать входной ток ниже номинального. В тоже время необходимо помнить - микросхем К294ПП1АП сохраняет свои функциональные возможности и высокий уровень надежности, если рабочая температура полупроводниковых кристаллов не превышает  $125^{\circ}\text{C}$ . Тепло может поступать как из окружающей среды, так и в результате тепловыделения в самом приборе, главным образом во входных цепях в результате протекания тока. Необходимо следить, чтобы средний входной ток не превышал  $50 \text{ мА}$  при температуре меньше или равной  $25^{\circ}\text{C}$  и снижался с ростом температуры окружающей среды на  $0,5 \text{ мА}$  на каждый градус. В случае, когда требуется уменьшить время включения фотовольтаического оптрона рекомендуется использовать импульсное управление входным светодиодом, регулируя величину среднего тока скважностью входного сигнала (рис.6).

Температурный режим работы фотовольтаического оптрона оказывает определенное влияние и на другие параметры микросхемы. Так, при входном токе  $10 \text{ мА}$  температурные коэффициенты выходного тока короткого замыкания и напряжения холостого хода составляют минус  $0,07 \text{ мкА/градус}$  и минус  $0,03 \text{ В/градус}$ , соответственно.

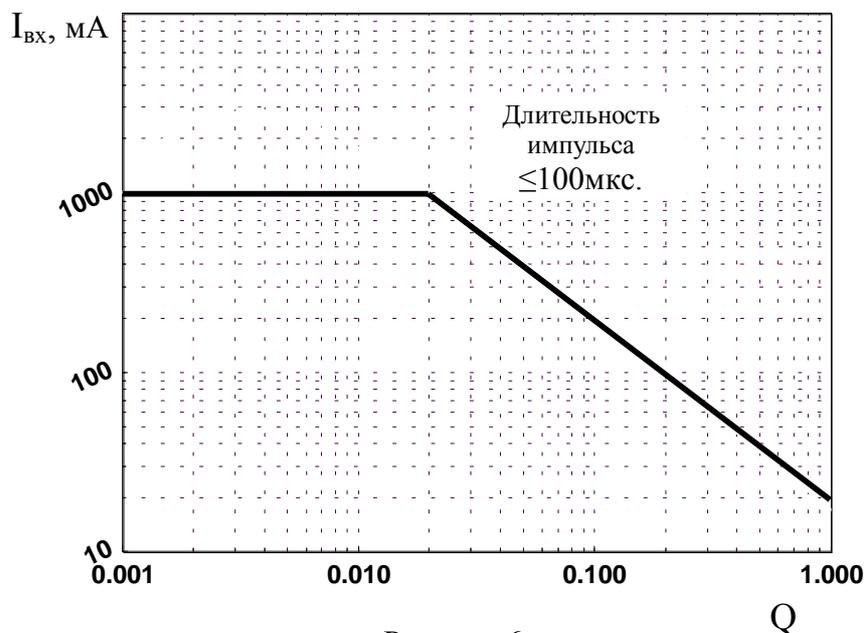


Рисунок 6.

### Типовые схемы применения.

Так как выходная мощность фотовольтаической оптрона составляет всего около 50 мВт, следует тщательно подбирать величину нагрузки. Однако, при необходимости, параллельно последовательным соединением выходов микросхемы можно кратно увеличивать уровень выходных токов и напряжений, соответственно. На рисунке 7, в качестве примера, представлена электрическая схема преобразователя переменного напряжения 220 В в 10 В постоянного с током короткого замыкания 5 мА. Следует отметить, что уровень выходного напряжения такого устройства будет оставаться практически неизменным даже при значительном уменьшении амплитуды входного сигнала.

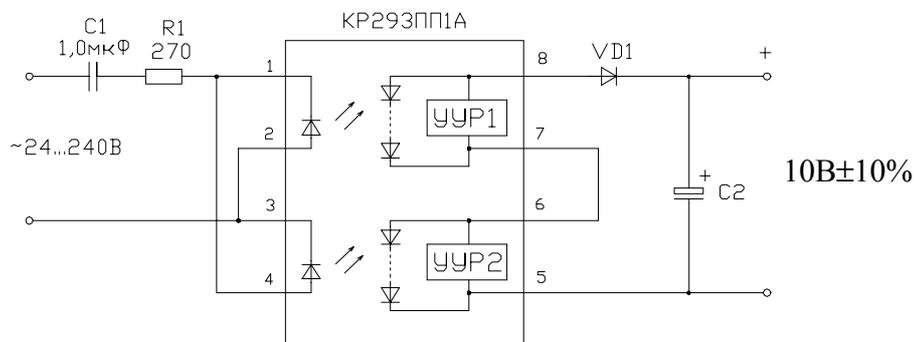


Рисунок 7.

Выходные характеристики микросхемы К294ПП1АП наиболее подходят для управления коммутационными приборами с изолированным затвором, входная цепь которых является практически идеальной емкостью. Электрическая схема, изображенная на рисунке 8 стала базовой для «твердотельных реле», которые по совокупности параметров способны заменить электромагнитные аналоги. Подобно механическим контактам пара встречно включенных ДМОП транзисторов, управляемая фотовольтаическим оптроном, способна коммутировать линию передающую аналоговые сигналы. Параллельное включение каналов микросхемы К294ПП1АП по выходу позволяет удвоить ее нагрузочную способность, что улучшает динамические характеристики при работе на большую входную емкость затвора мощного ДМОП транзистора.

Наряду с принципиально новыми схемотехническими возможностями, которые открывает микросхема К294ПП1АП, простые решения могут быть реализованы и для хорошо известных технических задач. Например, на рисунке 9 представлена схема управления транзистором с изолированным затвором, так называемого «верхнего уровня».

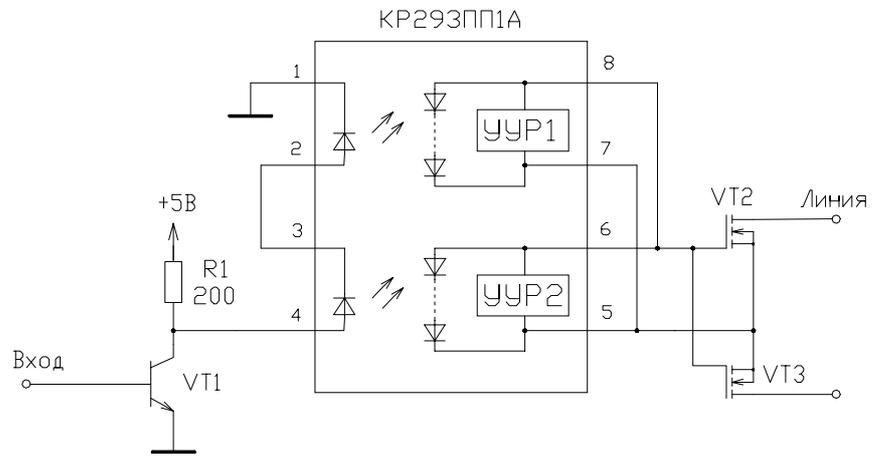


Рисунок 8.

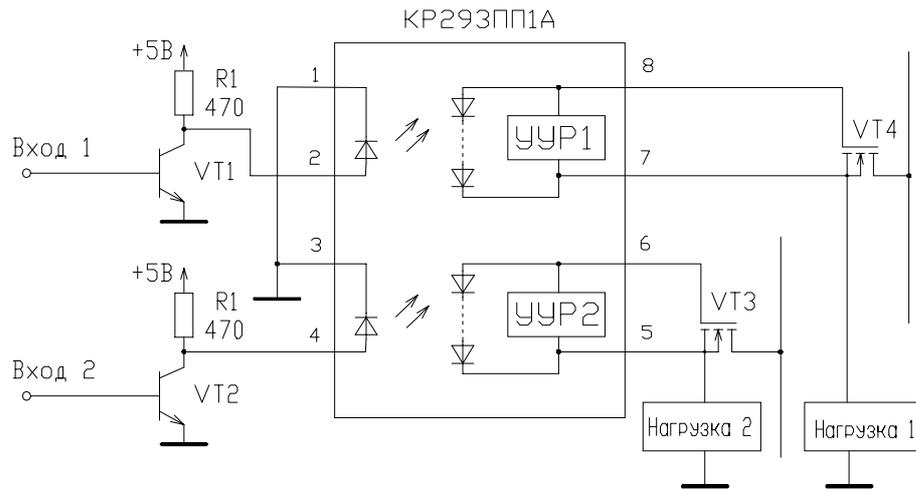


Рисунок 9.

Таблица 1.

Наименование параметра	Усл. обозн.	Ед. измер.	Значение параметра ( T = 25°C )			Режим измерения
			Мин.	Типовое	Мак с.	
Входной ток	$I_{вх.}$	мА	2		50	
Температурный коэффициент входного тока	$K_{TI}$	мА/°С		- 0.5		
Прямое входное напряжение	$U_{вх.}$	В		1.4		$I_{вх.} = 10\text{мА}$
Обратное входное напряжение	$U_{вх.о}$	В			7	$I_{вх.} = 100\text{мкА}$
Обратный входной ток	$I_{вх.о}$	мкА			10	$U_{вх.о} = 7\text{В}$
Импульсный прямой входной ток	$I_{вх.имп.}$	А			1	
Прямое выходное напряжение	$U_{вых.}$	В			1	$I_{вых.} = 1\text{мА}, U_{вх.} = 0.8\text{В}$
Обратный выходной ток	$I_{вых.о}$	мкА			10	$U_{вых.о} = 10\text{В}, U_{вх.} = 0.8\text{В}$
Напряжение холостого хода	$U_{х.х.}$	В	5			$I_{вх.} = 10\text{мА}, I_{вых.} = 0$
Ток короткого замыкания	$I_{к.з.}$	мкА	10			$I_{вх.} = 10\text{мА}, U_{вых.} = 0$
Коэффициент передачи тока	$K_I$		0.001			$U_{вых.} = 0$
Температурный коэффициент тока короткого замыкания	$K_{TI}$	мкА/°С		- 0.07		
Температурный коэффициент напряжения холостого хода	$K_{TU}$	В/°С		- 0.03		
Время включения	$t_{вкл.}$	мкс			20	$I_{вх.} = 20\text{мА}, C_{н.} = 100\text{пФ}, R_{н.} = 10\text{МОм}$
Время выключения	$t_{выкл.}$	мкс			20	$I_{вх.} = 20\text{мА}, C_{н.} = 100\text{пФ}, R_{н.} = 10\text{МОм}$
Напряжение изоляции	$U_{из.}$	В	1500			$t = 1\text{мин}$
Сопротивление изоляции	$R_{из.}$	Ом	$10^{11}$			$U_{из.} = 100\text{В}$
Тепловое сопротивление кристалл - окружающая среда	$R_T$	°С/мВт		1.2		
Предельно допустимая температура кристалла		°С			125	
Рабочий диапазон температур	$T_p$	°С	-40		85	
Температура хранения	$T_{из.}$	°С	-40		100	