Электрические и световые параметры при $T_{окр}=25$ °С

Контраст знака по отношению к фону при $U_{упр}=9$ В, $f_{раб}=64$ Гц, не менее:	
ИЖКЦ3-6/17	90 %
ИЖКЦ4-6/17	87,5 %
Ток потребления, не более	70 мкА
Напряжение управления эффективное	9 В
Рабочая частота управляющего напряжения	64 Гц
Время реакции, не более	300 мс
Время релаксации, не более	300 мс

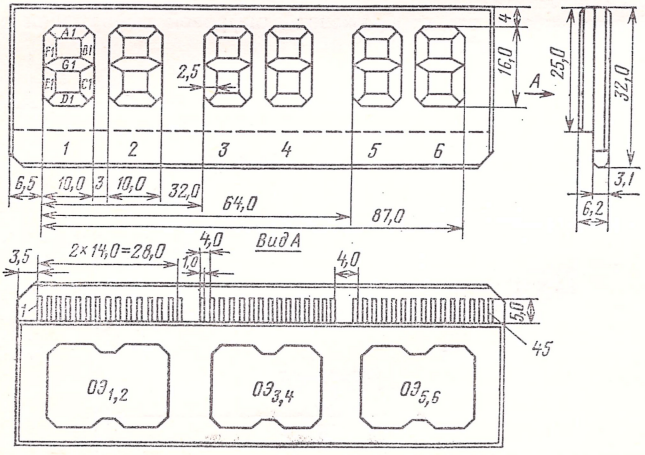
Предельные эксплуатационные данные

Минимальное напряжение управления эффективное	4 В
Максимальное напряжение управления эффективное	10 В
Диапазон рабочей частоты управляющего напряжения	30—300 Гц
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—10÷ +55 °С

ЦИЖ-5

Шестиразрядные цифро-знаковые индикаторы с высотой цифры 16 мм. Работа основана на эффекте динамического рассеяния в жидких кристаллах. Способ индикации — на отражение света. Корпус выполнен из стекла и пластмассы с выводами из износостойких дорожек на стекле под специальный разъем-розетку. Масса не более 45 г.

Основное назначение — отображение цифровой информации в электронных приборах точного времени.



Вывод 1-элемент B1, 2-A1, 3-F1, 4-G1, 5-E1, 6-D1, 7-C1, 8-ОЭ1,2, 9-D2, 10-C2, 12-G2, 13-B2, 14-A2, 15-F2, 16-B3, 17-A3, 18-F3, 19-G3, 20-E3, 21-D3, 22-C3, 23-ОЭ3,4, 24-E4, 25-D4, 26-C4, 27-G4, 28-B4, 29-A4, 30-F4, 31-B5, 32-A5, 33-F5, 34-G5, 35-E5, 36-D5, 37-C5, 38-ОЭ5,6, 39-E6, 40-D6, 41-C6, 42-G6, 43-B6, 44-A6, 45-F6

Электрические и световые параметры при $T_{окр}=25\,^{\circ}C$

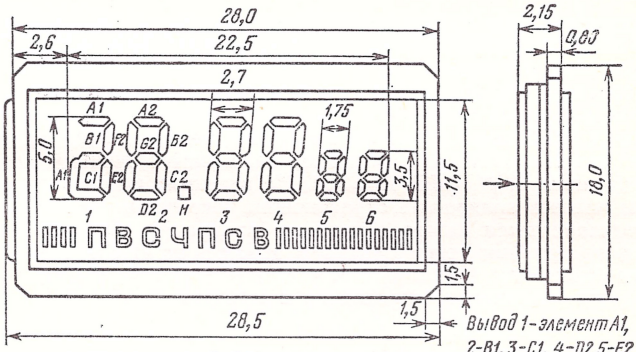
Контраст знака по отношению к фону при $U_{упр}=15$ В, $f_{раб}=32$ Гц, не менее	20 отн. ед.
Ток потребления, не более	60 мкА
Напряжение управления эффективное	15 В
Рабочая частота управляющего напряжения	32 Гц

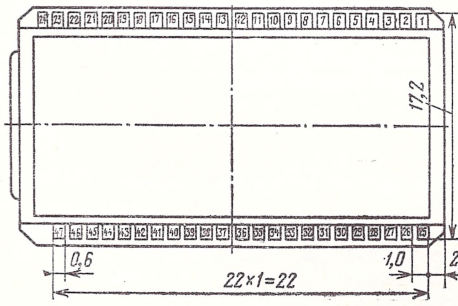
Предельные эксплуатационные данные

Минимальное напряжение управления эффективное	15 В
Максимальное напряжение управления эффективное	30 В
Диапазон рабочей частоты управляющего напряжения	30—50 Гц
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	5 —50 °С

ЦИЖ-9

Шестиразрядные цифро-знаковые индикаторы с высотой цифры 5 мм. Работа основана на твист-эффекте жидких кристаллов. Корпус стеклянный с выводами из износостойких дорожек на стекле, предназначенными под специальный разъем. Масса не более 3 г. Основное назначение — отображение информации в малогабаритных приборах точного времени.





Вывод 1-элемент A1, 2-B1, 3-C1, 4-D2, 5-E2, 6-G2, 7-F2, 8-A2, 9-B2, 10-C2, 11-D3, 12-E3, 13-G3, 14-F3, 15-A3, 16-B3, 17-C3, 18-D4, 19-E4, 20-G4, 21-F4, 22-A4, 23-B4, 24-C4, 25-D3, 26-элемент Н, 27-элемент ПН, 28-элемент ВТ, 29-элемент СР, 30-элемент ЧТ, 31-элемент ПТ, 32-элемент СБ, 33-элемент ВС, 34-F5, 35-G5, 36-E5, 37-D5, 38-C5, 39-B5, 40-A5, 41-F6, 42-G6, 43-E6, 44-D6, 45-C6, 46-B6, 47-A6

Электрические и световые параметры при $T_{окр}=25$ °С

Контраст знака по отношению к фону при $U_{упр}=2{,}7$ В, $f_{раб}=64$ Гц, не менее	83 %
Ток потребления, не более	2 мкА
Напряжение управления эффективное	2,7 В
Рабочая частота управляющего напряжения	64 Гц
Время реакции, не более	400 мс
Время релаксации, не более	400 мс

Предельные эксплуатационные данные

Минимальное напряжение управления эффективное	2,4 В
Максимальное напряжение управления эффективное	6 В
Диапазон рабочей частоты управляющего напряжения	30—1000 Гц
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	1—50 °С

7.5. ДЕВЯТИРАЗРЯДНЫЕ ЦИФРО-ЗНАКОВЫЕ ИНДИКАТОРЫ

ИЖКЦ1-8/5

Девятиразрядные цифро-знаковые индикаторы с высотой цифры 5 мм. Работа основана на твист-эффекте жидких кристаллов. Способ индикации — на отражение света. Корпус стеклянный. На одной стеклянной пластине токопроводящим прозрачным покрытием нанесен рисунок восьми цифровых разрядов и одного служебного, при этом сегменты *AGC*, *BH* и *DEF* всех разрядов соединены между собой. На другой пластине нанесен рисунок электродов, являющихся общими для трех групп сегментов: *CDH*, *BEG*, *AFKNM*. На внешнюю поверхность задней пластины наклеен поляроид с отражающим покрытием. Передний поляроид устанавливается непосредственно в аппаратуре. Выводы изготовлены из износостойких токопроводящих дорожек на стекле. Масса индикатора не более 9 г.

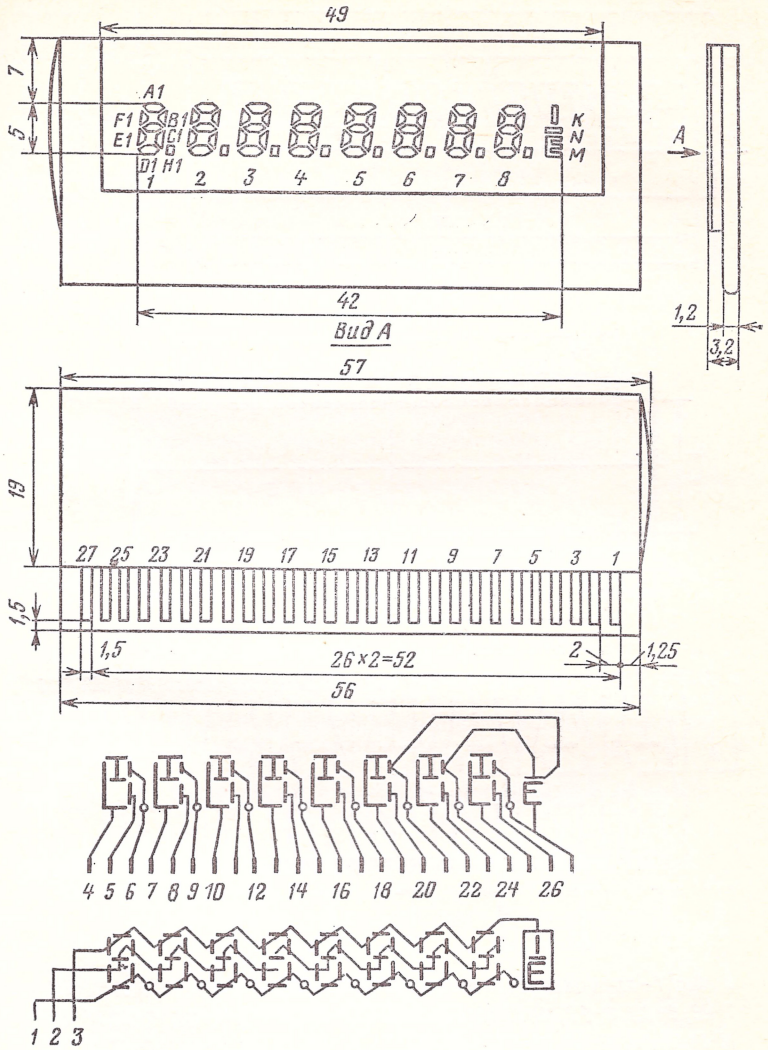
Основное назначение — индикация в микрокалькуляторах.

Электрические и световые параметры при $T_{окр}=25$ °С

Контраст знака по отношению к фону при $U_{упр}=6$ В, $f_{раб}=120$ Гц, не менее	83,5 %
Ток потребления, не более	8 мкА
Напряжение управления амплитудное	6 В
Рабочая частота управляющего напряжения	120 Гц
Время реакции, не более	350 мс
Время релаксации, не более	350 мс

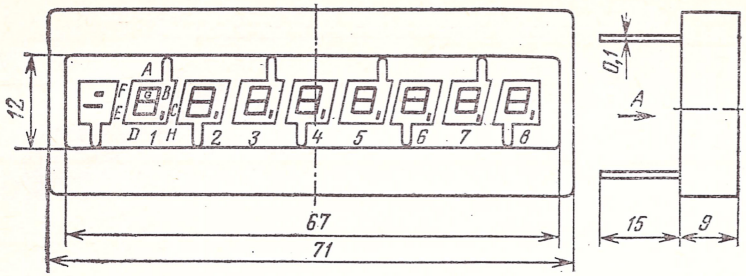
Предельные эксплуатационные данные

Минимальное напряжение управления амплитудное	5,4 В
Максимальное напряжение управления амплитудное	6,3 В
Диапазон рабочей частоты управляющего напряжения	60—180 Гц
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	1—40 °С



ЦИЖ-4

Девятиразрядные цифро-знаковые индикаторы с высотой цифры 6 мм. Работа основана на эффекте динамического рассеяния в жидких кристаллах. Изготавливаются в корпусе из стекла, залитого компаундом, с ленточными выводами под распайку. Способ индикации — на отражение света. Масса не более 40 г.



Вид А

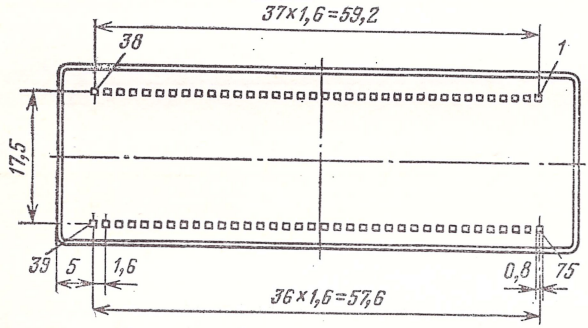
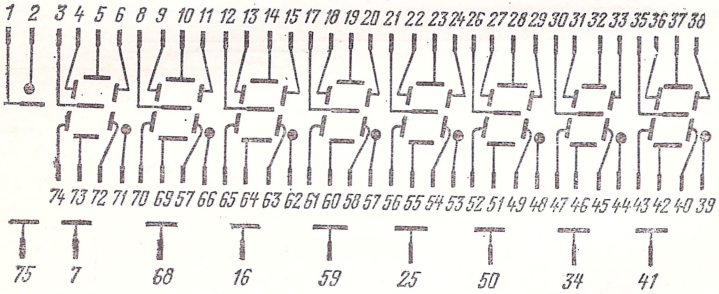


Схема соединения электродов с выводами



Вывод 1 - знак минус, 2 - точка над знаком, 3-G1, 4-F1, 5-A1, 6-B1, 7-D3, 8-G2, 9-F2, 10-A2, 11-B2, 12-G3, 13-F3, 14-A3, 15-B3, 16-D3, 17-G4, 18-F4, 19-A4, 20-B4, 21-G5, 22-F5, 23-A5, 24-B5, 25-D3, 26-G6, 27-F6, 28-A6, 29-B6, 30-G7, 31-F7, 32-A7, 33-B7, 34-D3, 35-G8, 36-F8, 37-A8, 38-B8, 39-H8, 40-C8, 41-D3, 42-D8, 43-E8, 44-H7, 45-C7, 46-D7, 47-E7, 48-H6, 49-C6, 50-D3, 51-D6, 52-E6, 53-H5, 54-C5, 55-D5, 56-E5, 57-H4, 58-C4, 59-D3, 60-D4, 61-E4, 62-H3, 63-C3, 64-D3, 65-E3, 66-H2, 67-C2, 68-D3, 69-D2, 70-E2, 71-H1, 72-C1, 73-D1, 74-E1, 75-D3

Каждый разряд индикатора имеет отдельный общий электрод.

Основное назначение — отображение цифровой информации в приборах с автономным питанием.

Электрические и световые параметры при $T_{окр}=25$ °С

Контраст знака по отношению к фону $U_{упр}=20$ В, $f_{раб}=50$ Гц, не менее	90 %
Ток потребления, не более	100 мкВ
Напряжение управления эффективное	20 В
Рабочая частота управляющего напряжения	50 Гц
Суммарное время реакции и релаксации, не более	800 мс

Предельные эксплуатационные данные

Минимальное напряжение управления эффективное	10 В
Максимальное напряжение управления эффективное	30 В
Диапазон рабочей частоты управляющего напряжения	30—70 Гц
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—10÷ +50 °С

ЦИЖ4-1

Девятиразрядные цифро-знаковые индикаторы с высотой цифры 6 мм. Работа основана на эффекте динамического рассеяния в жидких кристаллах. Изготавливаются в корпусе из стекла, залитого компаундом, с выводами в виде износостойких токопроводящих покрытий на стекле под разъем. Способ индикации — на отражение света. Масса не более 35 г.

Каждый разряд индикатора имеет отдельный общий электрод.

Электрические и световые параметры при $T_{окр}=25$ °С

Контраст знака по отношению к фону при $U_{упр}=20$ В, $f_{раб}=50$ Гц, не менее	90 %
Ток потребления, не более	100 мкА
Напряжение управления эффективное	20 В
Рабочая частота управляющего напряжения	50 Гц
Суммарное время реакции и релаксации, не более	800 мс

Предельные эксплуатационные данные

Минимальное напряжение управления эффективное	10 В
Максимальное напряжение управления эффективное	30 В
Диапазон рабочей частоты управляющего напряжения	30—70 Гц
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—10÷ +50° С

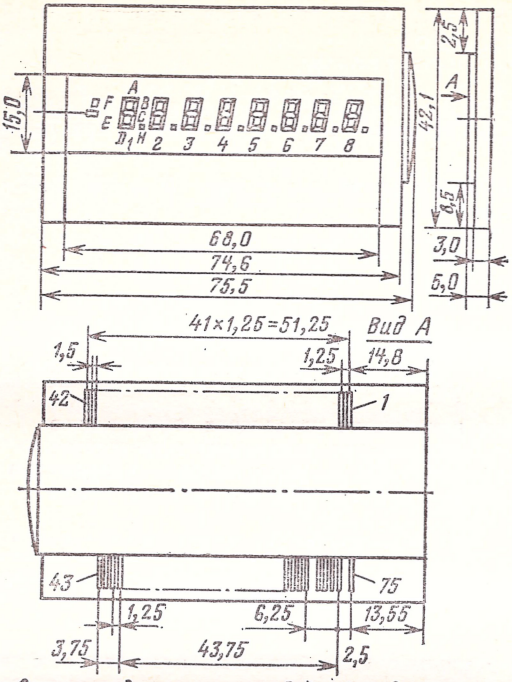
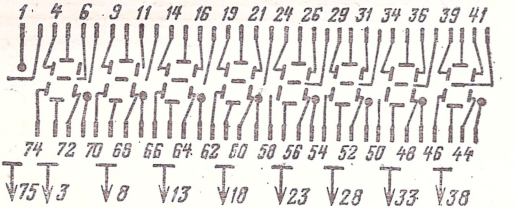


Схема соединения электродов с выводами



Вывод 1-точка над знаком, 2-знак минус, 3-ОЭ, 4-F1, 5-A1, 6-B1, 7-G1, 8-ОЭ, 9-F2, 10-A2, 11-B2, 12-G2, 13-ОЭ, 14-F3, 15-A3, 16-B3, 17-G3, 18-ОЭ, 19-F4, 20-A4, 21-B4, 22-G4, 23-ОЭ, 24-F5, 25-A5, 26-B5, 27-G5, 28-ОЭ, 29-F6, 30-A6, 31-B6, 32-G6, 33-ОЭ, 34-F7, 35-A7, 36-B7, 37-G7, 38-ОЭ, 39-F8, 40-A8, 41-B8, 42-G8, 43-H8, 44-C8, 45-D8, 46-E8, 47-H7, 48-C7, 49-D7, 50-E7, 51-H6, 52-C6, 53-D6, 54-E6, 55-H5, 56-C5, 57-D5, 58-E5, 59-H4, 60-C4, 61-D4, 62-E4, 63-H3, 64-C3, 65-D3, 66-E3, 67-H2, 68-C2, 69-D2, 70-E2, 71-H1, 72-C1, 73-D1, 74-E1, 75-ОЭ

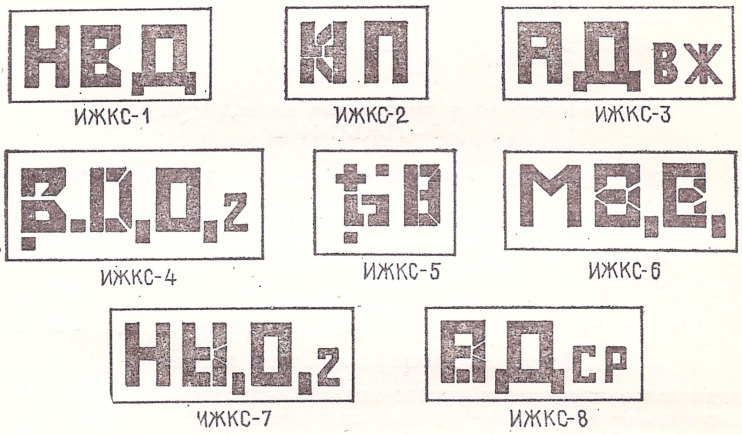
7.6. СИМВОЛЬНЫЕ ИНДИКАТОРЫ

ИЖКС1, ИЖКС2, ИЖКС3, ИЖКС4, ИЖКС5, ИЖКС6, ИЖКС7, ИЖКС8

Символьные индикаторы с высотой символа 14 мм. Работа основана на твист-эффекте жидких кристаллов. Способ индикации — на отражение света.

Габаритные размеры корпуса 84,6×40×8 мм.

Предназначены для использования в медицинской электронной аппаратуре.



ИЖКС-1 ИЖКС-2 ИЖКС-3

ИЖКС-4 ИЖКС-5 ИЖКС-6

ИЖКС-7 ИЖКС-8

Виды рабочего поля символьных индикаторов ИЖКС-1 — ИЖКС-8

Электрические и световые параметры при $T_{окр}=25$ °С

Контраст знака по отношению к фону при $U_{упр}=7$ В, $f_{раб}=50$ Гц, не менее:	
ИЖКС1, ИЖКС2	87,6 %
ИЖКС3, ИЖКС4, ИЖКС5, ИЖКС6, ИЖКС7, ИЖКС8	87,5 %
Ток потребления, не более	70 мкА
Напряжение управления эффективное	7 В
Рабочая частота управляющего напряжения	50 Гц
Суммарное время реакции и релаксации, не более	800 мс

Предельные эксплуатационные данные

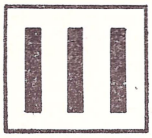
Минимальное напряжение управления эффективное	5 В
Максимальное напряжение управления эффективное	10 В
Диапазон рабочей частоты управляющего напряжения	30—1000 Гц
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	1—50 °С

ИЖКС9, ИЖКС10, ИЖКС11

Символьные индикаторы с высотой символа: ИЖКС9—12 мм, ИЖКС10—15 мм, ИЖКС11—13 мм. Работа основана на твист-эффекте жидких кристаллов.

Габаритные размеры корпуса 42×24,6×7,2 мм.

Предназначены для использования в аппаратуре электронной автоматики.


ИЖКС-9


ИЖКС-10


ИЖКС-11

Виды рабочего поля символьных индикаторов ИЖКС-9—ИЖКС-11

Электрические и световые параметры при $T_{окр}=25$ °С

Контраст знака по отношению к фону при $U_{упр}=7$ В, $f_{раб}=50$ Гц, не менее	83,3%
Ток потребления, не более	8 мкА
Напряжение управления эффективное	7 В
Рабочая частота управляющего напряжения	50 Гц
Суммарное время реакции и релаксации, не более	800 мс

Предельные эксплуатационные данные

Минимальное напряжение управления эффективное	4 В
Максимальное напряжение управления эффективное	10 В
Диапазон рабочей частоты управляющего напряжения	30—1000 Гц
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	−10÷+ +55 °С

ИЖК-1, ИЖК-2, ИЖК-3, ИЖК-4

Символьные индикаторы с высотой символа 10,5 мм.

Габаритные размеры корпуса 24,5×20,5×5 мм.

Предназначены для использования в средствах отображения информации аппаратуры автоматики и промышленной электроники.

Электрические и световые параметры при $T_{окр}=25$ °С

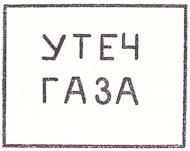
Контраст знака по отношению к фону при $U_{упр}=21$ В, $f_{раб}=50$ Гц, не менее	90%
Ток потребления, не более:	
ИЖК-1, ИЖК-2, ИЖК-3	50 мкА
ИЖК-4	100 мкА
Напряжение управления эффективное	21 В
Рабочая частота управляющего напряжения	50 Гц
Время реакции, не более	300 мс
Время релаксации, не более	300 мс



ИЖК-1



ИЖК-2



ИЖК-3

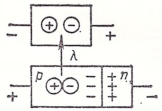


ИЖК-4

Виды рабочего поля символьных индикаторов ИЖК-1 — ИЖК-4

Предельные эксплуатационные данные

Минимальное напряжение управления эффективное	15 В
Максимальное напряжение управления эффективное	30 В
Диапазон рабочей частоты управляющего напряжения	30—60 Гц
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—5÷+55 °С



Раздел 8

РЕЗИСТОРНЫЕ ОПТОПАРЫ

8.1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, УСТРОЙСТВО, ПАРАМЕТРЫ, ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Оптопарой называется оптоэлектронный полупроводниковый прибор, состоящий из излучающего и фотоприемного элементов, между которыми имеется оптическая связь и обеспечена электрическая изоляция. В резисторной оптопаре в качестве фотоприемного элемента используется фоторезистор — полупроводниковый резистор, сопротивление которого уменьшается при воздействии видимых световых или невидимых инфракрасных лучей (конструкция показана на рис. 8.1). Уменьшение сопротивления фоторезистора происходит за счет генерации светом пар свободных носителей заряда — электронов и дырок, увеличивающих электропроводность полупроводника.

Излучателем в резисторной оптопаре может служить светоизлучающий диод, ИК-излучающий диод или сверхминиатюрная лампочка накаливания.

Фоторезисторы оптопар чаще изготавливаются на основе селенида кадмия. Общим требованием является согласованность излучателя и приемника по спектральным характеристикам.

Темновой ток фоторезистора при отсутствии воздействия света от излучателя обычно составляет единицы микроампер. При облучении проводимость фоторезистора значительно возрастает, иногда в сотни и тысячи раз. Проводимость пропорциональна силе света излучателя. Поэтому путем изменения тока через излучатель можно управлять проводимостью фоторезистора. Свойства фоторезисторов не зависят от полярности приложенного напряжения, что позволяет включать их в цепь переменного тока.

Фоторезистор и излучатель объединены внутри корпуса оптопары оптически прозрачной средой (клеем) с большим сопротивлением изоляции. Поэтому цепь излучателя надежно изолирована от выходной цепи оптопары-фотоприемника. Параметры оптопар зависят от температуры. Повышение температуры фоторезистора приводит к увеличению

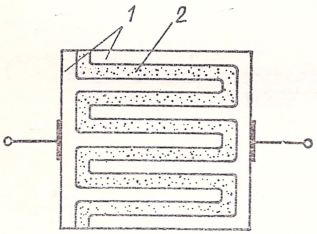


Рис. 8.1. Конструкция фоторезистора в резисторной оптопаре:

1 — металлические электроды; *2* — слой фоторезистора

его светового сопротивления и снижению фототока. При повышении температуры темновой ток увеличивается, темновое сопротивление уменьшается. Отрицательным свойством резисторных оптопар является их низкое быстродействие.

Важнейшим параметром модуляторного резисторного оптрона ОЭП-16 является динамическая кратность, которая выражается отношением

$$\alpha_{\text{дин}} = R_{\text{вых.посл}}/R_{\text{вых.пар}}.$$

Выходные сопротивления измеряются в заданном режиме питания светодиодов при попеременной подаче прямоугольных импульсов с частотой 250 Гц и скважностью 2. Указанный режим является также и оптимальным эксплуатационным режимом, так как позволяет получать наилучшую модуляцию.

Для многоэлементного оптрона ЗОР125А разброс, %, выходных световых сопротивлений двух ближайших по значению (маркированных) фоторезисторных элементов определяется по формуле

$$\alpha_{\min} = (R_{ci} - R_{ck})\ 100/R_{ci},$$

где R_{ci} и R_{ck} — выходные световые сопротивления маркированных фоторезисторных элементов. В формуле должно соблюдаться условие $R_{ci} > R_{ck}$.

Отношение выходных световых сопротивлений между первым и любым другим фоторезисторным элементом производят по формуле $\alpha = R_{ci}/R_{ck}$, где R_{ci} и R_{ck} — выходные световые сопротивления первого и любого другого элемента.

Все оптопары имеют входные параметры, описывающие работу входной цепи, и выходные, относящиеся к нагрузочной цепи. Кроме них

оптопары характеризуются также рядом параметров, отражающих взаимосвязь входной и выходной цепей. Эти параметры называются передаточными или проходными.

Основными параметрами резисторных оптопар являются следующие:

входное напряжение $U_{вх}$ — значение постоянного или эффективного напряжения на входе оптопары при заданном входном токе;

максимальный входной ток $I_{вх\ max}$ — максимальное значение постоянного или среднего входного тока;

выходной коммутируемый ток $I_{вых.ком}$ — номинальное значение среднего выходного тока коммутационной резисторной оптопары;

максимальный выходной коммутируемый ток $I_{вых.ком\ max}$ — максимальное значение среднего выходного тока;

максимальный выходной ток $I_{вых\ max}$ — максимальное значение выходного тока, при котором обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

максимальное выходное коммутируемое напряжение $U_{вых.ком\ max}$ — максимальное эффективное значение выходного напряжения;

максимальная мощность рассеяния $P_{вых.max}$ — мощность на выходе резисторной оптопары, при которой обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

выходное темновое сопротивление $R_{вых.т}$ — сопротивление фоторезистора при отсутствии входного тока;

выходное световое сопротивление $R_{вых.с}$ — сопротивление фоторезистора при заданном входном токе;

выходное сопротивление при последовательно соединенных фоторезисторах $R_{вых.посл}$ — сопротивление модуляторных оптопар при их попеременном освещении световыми сигналами прямоугольной формы частотой 240 Гц и скважностью, равной 2;

выходное сопротивление при параллельно соединенных фоторезисторах $R_{вых.пар}$ — сопротивление выхода модуляторных оптопар при их попеременном освещении;

динамическая кратность выходного сопротивления $\alpha_{дин}$ — отношение выходного сопротивления при последовательно соединенных фоторезисторах к выходному сопротивлению при параллельно соединенных фоторезисторах модуляторных резисторных оптопар;

рабочая частота модуляции $f_{мод}$ — оптимальная частота модуляции резисторных оптопар, при которой достигается наиболее эффективное усиление сигналов;

выходное напряжение смещения $U_{вых.см}$ — паразитная ЭДС, возникающая на выходе модуляторной резисторной оптопары;

время выключения $t_{выкл}$ — интервал времени между моментами снятия входного сигнала и спада выходного сигнала до уровня 0,5 максимального значения;

сопротивление изоляции $R_{из}$ — сопротивление между входной и выходной цепями резисторной оптопары;

проходная емкость $C_{пр}$ — емкость между входом и выходом оптопары;

максимальное напряжение изоляции $U_{из\ max}$ — напряжение, которое может быть приложено между входом и выходом, при котором сохраняется электрическая прочность оптопары.

Важнейшими характеристиками резисторной оптопары являются входная вольт-амперная характеристика, выходная температурная и передаточная характеристики — зависимость выходного сопротивления от входного тока.

Все резисторные оптопары изготавливаются в металлических кор-

пусах. Корпус прибора ОЭП-16 имеет плоский медный радиатор для поддержания стабильного теплового режима фоторезистора при импульсной работе.

Резисторные оптопары применяются преимущественно для бесконтактной коммутации и управления в цепях переменного тока в широком диапазоне частот.

Резисторные оптопары являются почти идеальными устройствами управления электролюминесцентными индикаторами. На рис. 8.2 приведена схема управления электролюминесцентным символьным индикатором. Входная цепь оптопары получает управляющий сигнал от логических устройств с небольшим напряжением питания. За счет высокого сопротивления изоляции выходная высоковольтная цепь надежно изолирована от схем управления.

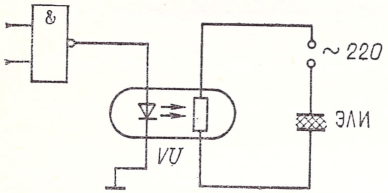


Рис. 8.2. Схема коммутации электролюминесцентного индикатора

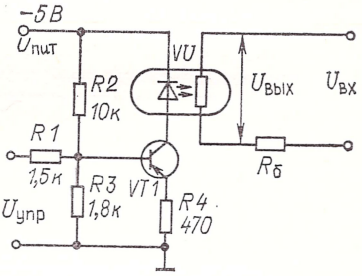


Рис. 8.3. Схема управляемого делителя напряжения

На рис. 8.3 показана схема управляемого делителя напряжения на резисторной оптопаре. От источника питания через светодиод задается некоторый начальный ток, вследствие чего рабочая точка выводится на линейный участок.

Выходная цепь управляемого делителя напряжения состоит из последовательно соединенных резистора и фоторезистора.

При изменении светового потока изменяется сопротивление фоторезистора и, следовательно, коэффициент передачи делителя.

Управляемый бесконтактный делитель на оптопаре обладает достаточным быстродействием, надежной гальванической развязкой между управляющей и входной цепями, способен управлять как постоянным (однополярным), так и переменным напряжением.

Резисторная оптопара применяется в ряде устройств автоматической регулировки усиления. Схема, изображенная на рис. 8.4, используется в телефонных системах связи для поддержания оптимального уровня выходного сигнала при изменении его в широком диапазоне (до 50 дБ и более).

Основой схемы является операционный усилитель, охваченный обратной связью. В качестве сопротивления обратной связи используется фоторезистор оптопары. Когда выходное напряжение операционного усилителя превышает значение начального порогового напряжения светодиода, через входную цепь оптопары протекает ток, что вызывает уменьшение сопротивления обратной связи.

При малом входном сигнале роль сопротивления обратной связи выполняет резистор *R3*. После включения оптрона сопротивление параллельно включенных резистора *R3* и фоторезистора уменьшается и коэффициент усиления операционного усилителя также уменьшается.

На рис. 8.5 показана схема двухкаскадного транзисторного усилителя с оптоэлектрической связью. Оптопара осуществляет преобразование коллекторного тока транзистора *VT1* в световой сигнал, управляющий сопротивлением фоторезистора, включенного в цепь базы транзистора *VT2*. Таким образом обеспечивается прямая передача аналогового сигнала при практически полном отсутствии обратной передачи с выхода на вход оптопары.

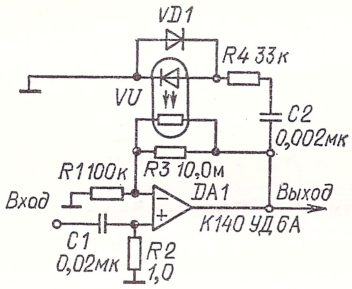


Рис. 8.4. Схема автоматической регулировки усиления

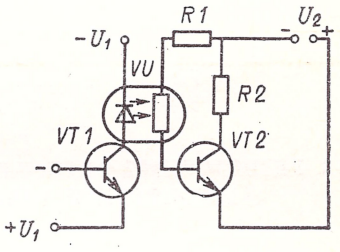


Рис. 8.5. Схема межкаскадной связи

Применение резисторной оптопары для формирования синусоидального сигнала показано на рис. 8.6. На вход подаются симметричные прямоугольные импульсы. Лампочка накаливания оптопары обладает инерционностью при включении и выключении; кроме того, нарастание яркости происходит нелинейно во времени. В результате на выходе получается сигнал, близкий к синусоиде. Изменение частоты осуществляется путем изменения частоты входного сигнала. Амплитуда может изменяться переменным резистором *R2*.

Модуляцию постоянных или медленно изменяющихся напряжений с целью последующего усиления сигнала осуществляют обычно с помощью электромеханических или транзисторных модуляторов.

Оптоэлектронный модулятор на основе резисторной оптопары ОЭП-16 представлен на рис. 8.7.

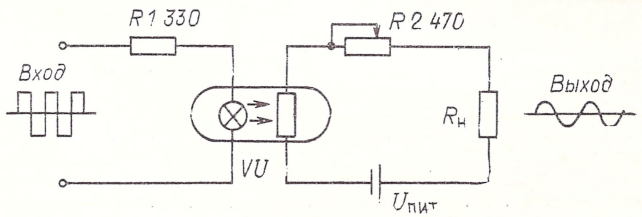


Рис. 8.6. Схема генератора синусоидальных колебаний

Фоторезисторы оптопары соединены последовательно. На светодиоды от внешнего источника подается сигнал модуляции. С одного из фоторезисторов снимается промодулированный микровольтный сигнал. Оптоэлектронный модулятор отличается от других типов простотой устройства, высоким быстродействием, низким потреблением мощности.

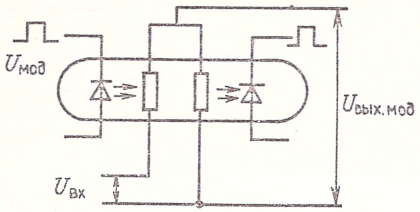
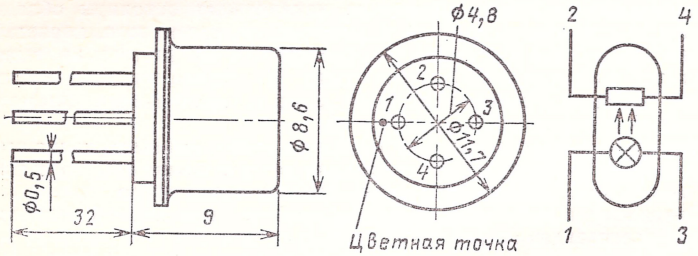


Рис. 8.7. Схема модулятора постоянного напряжения

8.2. РЕЗИСТОРНЫЕ ОПТОПАРЫ, ВЫПОЛНЯЮЩИЕ ФУНКЦИИ КЛЮЧЕВЫХ И АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ОЭП-1, ОЭП-2

Оптопары резисторные коммутационные. Излучатель оптопары представляет собой лампу накаливания, приемник — фоторезистор на основе селенистого кадмия. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 2,4 г.



Электрические параметры

Входное напряжение при $I_{вх}=16$ мА . . . . . 3,8—5,5 В
Выходной коммутируемый ток при $T_{окр} \leqslant 40$ °С:
ОЭП-1 . . . . . 3,5 мА
ОЭП-2 . . . . . 7 мА
Выходное темновое сопротивление, не менее:
при $T_{окр}=20$ °С:
ОЭП-1 . . . . . $3 \cdot 10^8$ Ом
ОЭП-2 . . . . . $3 \cdot 10^7$ Ом
при $T_{окр}=-60$ °С и $T_{окр}=40$ °С:

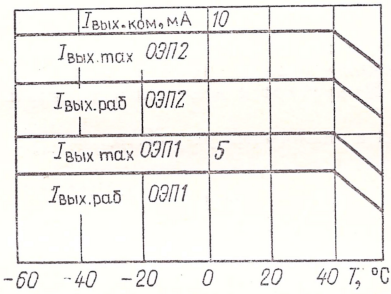
ОЭП-1 . . . . . $5 \cdot 10^7$ Ом
ОЭП-2 . . . . . 10^7 Ом

Выходное световое сопротивление, не более:

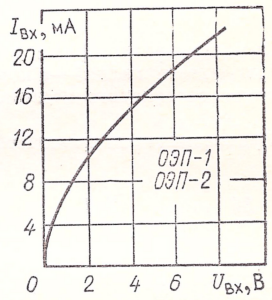
при $T_{окр} \leqslant 40$ °С:
ОЭП-1 . . . . . $4 \cdot 10^3$ Ом
ОЭП-2 . . . . . 500 Ом

при $T_{окр} = 55$ °С:
ОЭП-1 . . . . . $6 \cdot 10^3$ Ом
ОЭП-2 . . . . . 600 Ом

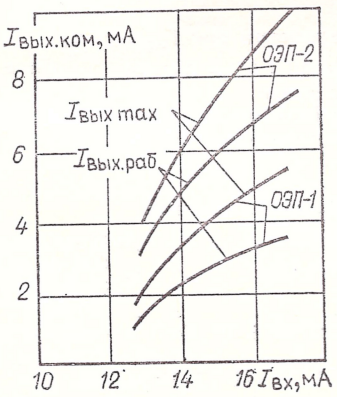
Время включения, не более:
при $T_{окр} = 20 \div 55$ °С . . . . . 200 мс
при $T_{окр} = -60$ °С . . . . . 4000 мс



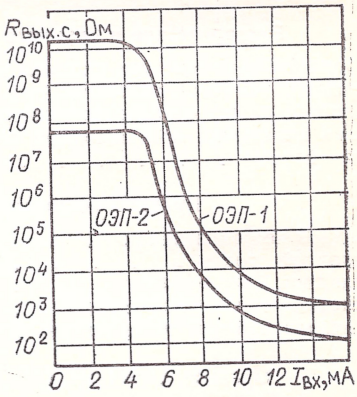
Зависимость коммутируемого тока от температуры



Входная характеристика



Зависимость коммутируемого тока от входного тока



Зависимость выходного светового сопротивления от входного тока

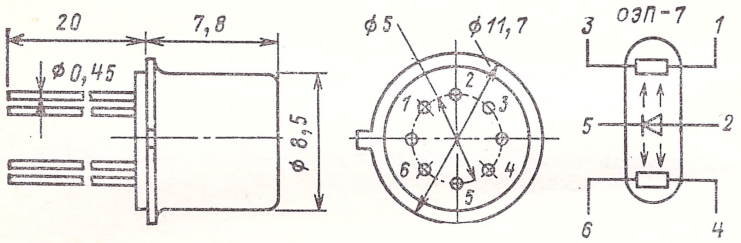
Предельные эксплуатационные данные

Входной средний ток	18 мА
Выходной средний коммутируемый ток:	
при $T_{окр} \leqslant 40$ °С:	
ОЭП-1	5 мА
ОЭП-2	9 мА
при $T_{окр} = 55$ °С:	
ОЭП-1	3,5 мА
ОЭП-2	7 мА
Выходное коммутируемое эффективное напряжение	250 В
Напряжение изоляции	500 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—60÷+55 °С

ОЭП-7

Оптопары резисторные. Излучатель оптопары — светодиодная структура на основе галлий—алюминий—мышьяк; приемник — фоторезистор на основе селенистого кадмия. Выпускаются в металлостеклянном корпусе.

Предназначен для ключевых и аналоговых устройств.



Электрические и световые параметры при $T_{окр} = 25$ °С

Входное напряжение при входном токе 10 мА, не более	3,8 В
Выходное темновое сопротивление, не менее	10^6 Ом
Выходное световое сопротивление при $I_{вх} = 10$ мА, не более	$2 \cdot 10^3$ Ом
Время включения при выходном сопротивлении $2 \cdot 10^5$ Ом, не более	120 мс

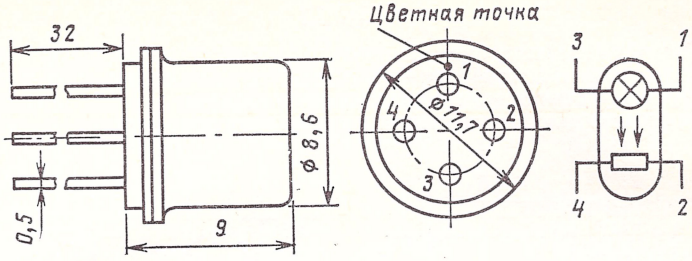
Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный ток	10 мА
Выходной ток	0,2 мА
Выходное напряжение	35 В
Выходная мощность рассеяния	10 мВт
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—60÷+55 °С

ОЭП-9, ОЭП-10, ОЭП-11, ОЭП-12, ОЭП-13

Оптопары резисторные. Излучатель оптопары представляет собой лампу накаливания, приемник — фоторезистор на основе селенистого кадмия. Выпускаются в металлостеклянном корпусе.

Предназначен для ключевых и аналоговых устройств.



Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=16$ мА, не более	5,8 В
Выходное темновое сопротивление, не менее:	
ОЭП-9	10^9 Ом
ОЭП-10	10^{11} Ом
ОЭП-11	10^7 Ом
ОЭП-12	$1{,}5\cdot10^7$ Ом
ОЭП-13	$1{,}5\cdot10^8$ Ом
Выходное световое сопротивление, не более:	
при $I_{вх}=16$ мА:	
ОЭП-9	10^4 Ом
ОЭП-10	10^6 Ом
ОЭП-11	$1{,}5\cdot10^2\div10^3$ Ом
ОЭП-12	400 Ом
ОЭП-13	$3\cdot10^3$ Ом
при $I_{вх}=10$ мА:	
ОЭП-11	$1{,}5\cdot10^3\div10^4$ Ом
Время выключения, не более:	
на уровне выходного сопротивления:	
$2\cdot10^7$ Ом ОЭП-9	100 мс
$2\cdot10^8$ Ом ОЭП-10	100 мс
10^5 Ом ОЭП-11	200 мс
10^5 Ом ОЭП-12	200 мс
$4\cdot10^6$ Ом ОЭП-13	200 мс
Сопротивление изоляции, не менее:	
ОЭП-9, ОЭП-10	10^{11} Ом
ОЭП-11, ОЭП-12, ОЭП-13	$5\cdot10^8$ Ом

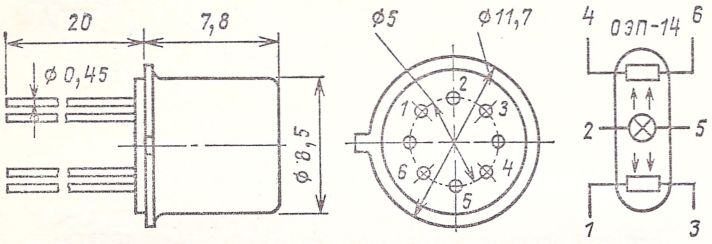
Предельные эксплуатационные данные

Входной средний ток	20 мА
Выходной ток	
ОЭП-9, ОЭП-10	0,2 мА
ОЭП-11	1 мА
ОЭП-12, ОЭП-13	2 мА
Выходное напряжение:	
ОЭП-9, ОЭП-10	20 В
ОЭП-11	10 В
ОЭП-12, ОЭП-13	250 В
Выходная мощность рассеивания	25 мВт
Напряжение изоляции	100 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—60÷+55 °С

ОЭП-14

Оптопары резисторные. Излучатель оптопары представляет собой лампу накаливания, приемник — фоторезистор на основе селенистого кадмия. Выпускаются в металлостеклянном корпусе.

Предназначены для ключевых и аналоговых устройств.



Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при входном токе 10 мА, не более	5,8 В
Выходное темновое сопротивление, не менее	10^7 Ом
Выходное световое сопротивление:	
при $I_{вх}=10$ мА	$1{,}5\cdot10^3 \div 10^4$ Ом
при $I_{вх}=16$ мА	$150—10^3$ Ом
Время выключения на уровне выходного сопротивления 10^5 Ом, не более	200 мс
Сопротивление изоляции, не менее	$5\cdot10^8$ Ом

Предельные эксплуатационные данные

Входной средний ток	20 мА
Выходной ток	1 мА
Выходное напряжение	10 В
Выходная мощность рассеяния	15 мВт
Напряжение изоляции	10 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—60÷+55 °С

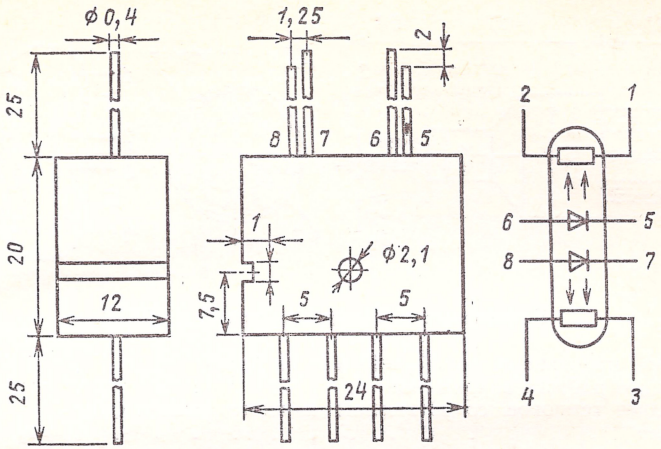
8.3. МОДУЛЯТОРНЫЕ ОПТОПАРЫ

ОЭП-16

Оптопары резисторные модуляторные. Излучатель оптопары арсенидогаллиевый ИК-диод, приемник — фоторезистор на основе соединения ртуть—кадмий—селен. Выпускаются в металлостеклянном корпусе.

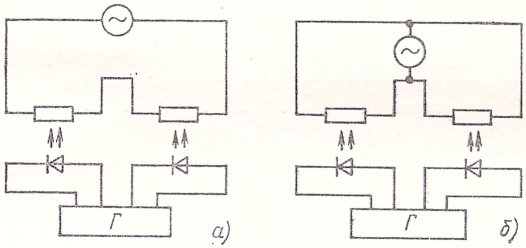
Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение $I_{вх}=10$ мА, не более	2,5 В
Выходное сопротивление при последовательно соединенных фоторезисторах, не более	100 кОм
Выходное сопротивление при параллельно соединенных фоторезисторах, не более	30 кОм
Динамическая кратность выходного сопротивления, не менее	15
Рабочая частота модуляции, не более	250 Гц
Проходная емкость, не более	0,05 пФ
Выходное напряжение смещения, не более	0,7 мкВ



Предельные эксплуатационные данные (для каждой оптопары)

Входной постоянный ток	20 мА
Выходное напряжение	5 В
Выходная мощность рассеяния	5 мВт
Напряжение изоляции	100 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	1—55 °С



Схемы измерения выходных сопротивлений оптопар типа ОЭП-16:

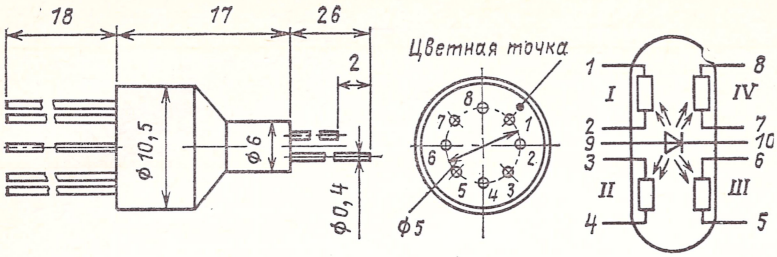
а — измерение $R_{\text{вых.посл}}$; *б* — измерение $R_{\text{вых.пар}}$

8.4. МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЕ ОПТОПАРЫ

3ОР125А

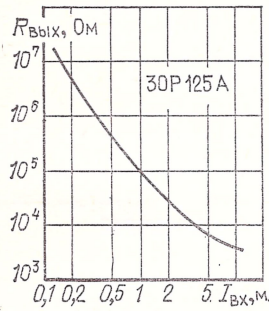
Оптопары резисторные. Излучатель — арсенидогаллиевый излучающий диод инфракрасного спектра, приемник — четырехэлементный планарный фоторезистор на основе соединения селен—кадмий—ртуть. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 4 г.

Маркировка: вывод 1 — белая точка; нечетные выводы выходных элементов с максимально близким R_c обозначены цветными точками.

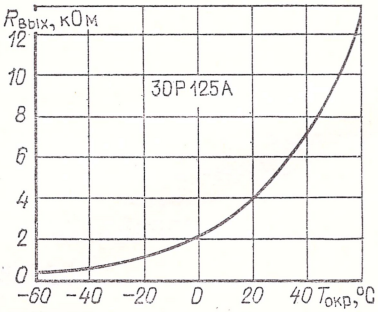


Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более	2 В
Выходное рабочее напряжение	1 В
Выходное темновое сопротивление каждого элемента, не менее	10^7 Ом
Выходное световое сопротивление каждого элемента при $I_{вх}=10$ мА, не более	10 кОм
Разброс выходных световых сопротивлений двух ближайших по значению (маркированных) фоторезисторных элементов при $I_{вх}=10$ мА, не более	20%
Отношение выходных световых сопротивлений между первым и любым другим фоторезисторным элементом при $I_{вх}=10$ мА, не более	3
Время нарастания (спада) импульса выходного тока при $I_{вх}=10$ мА, $U_{вых}=1$ В, не более	1 мс
Сопротивление изоляции между входом и выходом при $U_{из}=100$ В, не менее	10^9 Ом
Сопротивление изоляции между выходными цепями при $U_{из}=100$ В, не менее	$5\cdot10^8$ Ом



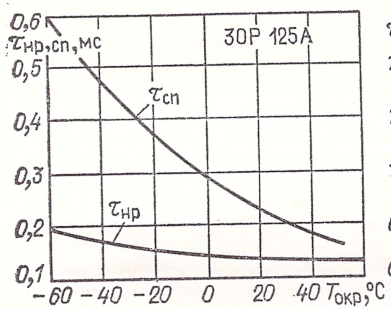
Зависимость выходного сопротивления одного элемента оптопары от входного тока



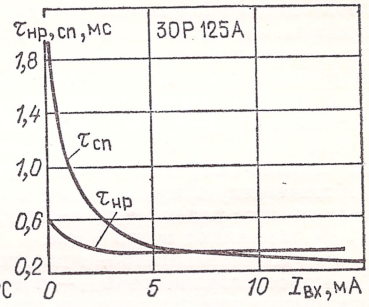
Зависимость выходного светового сопротивления одного элемента от температуры

Предельные эксплуатационные данные

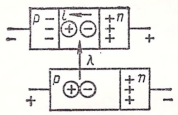
Входной постоянный ток	20 мА
Входное обратное импульсное напряжение при $\tau_и$=50 мс	6 В
Выходное постоянное напряжение (время воздействия ограничено до 1 ч)	6 В
Напряжение изоляции	1500 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды .	—60÷+60 °С



Зависимость времени нарастания и спада выходного сигнала от температуры



Зависимость времени нарастания и спада выходного сигнала от входного тока



Раздел 9
ДИОДНЫЕ ОПТОПАРЫ

9.1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, ПРИМЕНЕНИЕ

В диодной оптопаре в качестве фотоприемного элемента используется фотодиод на основе кремния, а излучателем служит инфракрасный излучающий диод. Максимум спектральной характеристики излучения диода приходится на длину волны около 1 мкм. При облучении оптронного фотодиода светом такой длины волны в нем возникает генерация пар носителей заряда — электронов и дырок. Интенсивность генерации пропорциональна силе света, а следовательно, входному току. Свободные электроны и дырки разделяются электрическим полем перехода фотодиода и заряжают *p*-область положительно, а *n*-область отрицательно. Таким образом, на выходных выводах оптопары появляется фото-ЭДС. В реальных приборах она не превышает 0,7—0,8 В. Описанная физическая картина относится к работе оптопары в генераторном режиме.

Если к фотодиоду оптопары приложено обратное напряжение более 0,5 В, то электроны и дырки, генерированные излучением, увеличивают обратный ток фотодиода. Это фотодиодный режим работы приемного элемента. Диодные оптопары могут работать как в генераторном, так и в фотодиодном режиме. Значение обратного фототока практически линейно возрастает с увеличением силы света излучающего диода.

Для повышения быстродействия фотодиоды создаются со структурой *p-i-n*, где *i* обозначает слой кремния собственной проводимости (полуизолирующий) между легированными областями *p*- и *n*-типа. Технологически данная структура выполняется путем эпитаксиального выращивания на противоположных плоскостях тонкой (40—50 мкм) пластины высокоомного кремния, низкоомных слоев *p*- и *n*-проводимости. Возникающее в *i*-области сильное электрическое поле приводит к сокращению времени пролета носителей заряда через эту область и быстрому нарастанию и спаду фототока. Время нарастания и спада фототока в таких фотодиодах может составлять единицы и даже доли наносекунд. Однако быстродействие оптопары в целом зависит еще и от быстродействия излучателя, а также омической выходной нагрузки. С учетом сказанного реальные значения времени задержки сигнала в диодном оптроне составляют около 1 мкс.

Основными параметрами диодных оптопар являются следующие:

входное напряжение $U_{вх}$ — постоянное прямое напряжение на диоде-излучателе при заданном входном токе;

максимальный входной ток или максимальный импульсный входной ток $I_{вх.max}$, $I_{вх.имax}$ — максимальные значения постоянного входного тока или амплитуды входного импульса, проходящего через входную цепь оптопары, при которых обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

максимальное входное обратное напряжение $U_{вх.обр.max}$ — максимальное значение постоянного напряжения, приложенного ко входу диодного оптрона в обратном направлении, при котором обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

максимальное выходное обратное постоянное и импульсное напряжения $U_{вых.обр.max}$ и $U_{вых.обр.имax}$, определяющие максимальные напряжения в выходной цепи оптопары, при которых обеспечивается ее надежная работа;

выходной обратный ток (темновой) $I_{вых.обр.т}$ — ток, протекающий в выходной цепи диодной оптопары при отсутствии входного тока и заданном напряжении на выходе;

время нарастания выходного сигнала $t_{нр}$ — интервал времени, в течение которого выходной сигнал оптопары изменяется от 0,1 до 0,5 максимального значения;

время спада выходного сигнала $t_{сп}$ — интервал времени, в течение которого выходной сигнал изменяется от 0,9 до 0,5 максимального значения;

статистический коэффициент передачи тока K_I — отношение разности выходного и выходного темнового токов к входному, выраженное в процентах. Коэффициент передачи тока в диодных оптопарах составляет единицы процентов и примерно равен значению квантового выхода светодиода. Так как темновой выходной ток обычно значительно меньше светового, коэффициент передачи тока выражают как

$$K_I \approx I_{вых}/I_{вх};$$

сопротивление изоляции $R_{из}$ и проходная емкость $C_{пр}$ — соответ-

ственно активное сопротивление и емкость между входной и выходной цепями оптопары;

максимальное напряжение изоляции $U_{изmax}$ или максимальное пиковое напряжение изоляции $U_{из.пикmax}$ — максимальное постоянное или пиковое напряжение изоляции, приложенное между входом и выходом оптопары, при котором сохраняется ее электрическая прочность.

Для многоканальных диодных оптопар указывается $C_{пр.к}$ — емкость между информационными каналами;

максимальное напряжение изоляции между каналами $U_{из.кmax}$ — максимальное напряжение, которое может быть приложено между информационными каналами и которое не приводит к потере электрической прочности оптопары.

Многоканальные диодные оптопары типов АОД109 и ЗОД109 содержат три изолированных друг от друга оптоэлектронных канала.

Для характеристики работы диодных дифференциальных оптопар служат три специфических параметра:

коэффициенты передачи по току основной и вспомогательной оптопары K_{IO}, K_{IB} — величины, равные отношению приращения выходного тока основной оптопары (вспомогательной оптопары) к вызвавшему его входному току;

коэффициент неидентичности δ — усредненное относительное расхождение на границах рабочего диапазона передаточных характеристик основной и вспомогательной оптопар после совмещения этих характеристик в рабочей точке.

Диодные дифференциальные оптопары типов КОД301А, ОД301А, КОД302А-В состоят из основной и вспомогательной оптопар. Основная оптопара, образованная излучателем и одним фотоприемником, служит для передачи информационного сигнала и выполняет функцию гальванической развязки. Вспомогательная оптопара образована излучателем и другим фотоприемником и служит для управления электрическим режимом излучателя.

В основе схем гальванической развязки аналоговых сигналов с помощью диодных дифференциальных оптопар лежит компенсационный метод стабилизации и линеаризации передаточной характеристики основной оптопары за счет введения глубокой отрицательной обратной связи через вспомогательную оптопару. Точность передачи аналоговых сигналов определяется подобием передаточных характеристик основной и вспомогательной оптопар, качественным критерием которого является коэффициент неидентичности

$$\delta = (\Delta K_{IO}/K_{IB})_{ср}.$$

Коэффициент неидентичности выражает усредненную разность отношений коэффициентов передачи по току основной и вспомогательной оптопар. Постоянство отношения K_{OI}/K_{IB} в пределах рабочего диапазона определяет линейность передаточной характеристики диодной дифференциальной оптопары.

Для описания свойств диодных оптопар обычно используются входные и выходные вольт-амперные характеристики, передаточные характеристики в фотогенераторном и фотодиодном режимах.

Выходная характеристика оптопары аналогична обратной ветви вольт-амперной характеристики диода. Обратный ток практически не зависит от напряжения. При большом напряжении возникает электрический пробой фотодиода.

Передаточная характеристика в фотодиодном режиме представляет

собой зависимость выходного тока от входного и практически линейна в широком диапазоне входного тока.

Передаточная характеристика в фотогенераторном режиме нелинейна. Фото-ЭДС при увеличении входного тока стремится к насыщению; она не может превышать контактной разности потенциалов на переходе фотодиода и составляет обычно 0,5—0,8 В.

Диодные оптопары типов АОД101А—АОД101Д, ЗОД101А—ЗОД101Г, АОД107А—АОД107В, ЗОД107А, ЗОД107Б могут быть использованы как в фотодиодном, так и в фотогенераторном режиме. Оптопары АОД112А-1 и ЗОД112А-1 используются в фотогенераторном режиме. Для остальных типов диодных оптопар техническими условиями оговаривается возможность использования их только в фотодиодном режиме.

При использовании диодных оптопар в схемах радиоэлектроники учитывается ряд свойств, присущих этому классу оптопар:

самое высокое быстродействие фотоприемников на *p-i-n*-структурах;

малые темновые токи в выходной цепи;

высокое сопротивление гальванической развязки.

Указанные свойства позволяют с успехом применять диодную оптопару в качестве оптоэлектронного импульсного трансформатора, элемента согласования периферийных линий с центральным процессором ЭВМ, а также низковольтного блока с высоковольтным; в схемах защиты от перегрузки.

Укажем ряд конкретных применений.

В современной аппаратуре импульсный трансформатор является распространенным компонентом. Обмен информацией между каналами управляющих вычислительных машин, связь между центральным процессором ЭВМ и внешними устройствами, решение ряда задач в телеметрии и телевизионной связи осуществляются с помощью импульсных трансформаторов.

Ввиду того что сами управляющие машины и измерительные комплексы выполняются в настоящее время на основе микросхем средней и высокой степеней интеграции, при изготовлении отдельных узлов из набора дискретных элементов, а особенно из моточных изделий, резко увеличиваются масса и габаритные размеры аппаратуры.

При слишком высокой частоте сигналов, проходящих через импульсный трансформатор, между первичной и вторичной обмотками появляется паразитная емкостная связь. Кроме того, следует отметить, что наличие обмоток является принципиальным препятствием для включения трансформаторов в интегральную микросхему, так как современная электронная промышленность не располагает технологическими средствами для реализации моточных изделий в микросхемном исполнении.

От перечисленных недостатков свободен оптоэлектронный трансформатор на основе диодного оптрона. Схема оптоэлектронного импульсного трансформатора приведена на рис. 9.1.

Положительный входной импульс открывает транзистор *VT1*, и диодная оптопара включается. Сигнал с выхода оптопары усиливается двумя транзисторами, вследствие чего коэффициент усиления всего устройства по току более 10.

Данная схема реализуется как на дискретных элементах, так и в микросхемном гибридном исполнении. Число выходов оптоэлектронного трансформатора равно числу оптических каналов и может быть большим. Для этого в коллекторную цепь транзистора *VT1* включается необходимое число входных диодов оптопар.

Эффективная передача цифровой информации от ЭВМ к периферий-

ным устройствам требует выполнения двух необходимых условий: достаточно высокой скорости передачи сигналов и изоляции выходного блока аппаратуры от высоковольтных выбросов и электромагнитных наводок со стороны периферийной аппаратуры. Для выполнения этих условий в линию передачи вводят оптическую связь.

В схеме, показанной на рис. 9.2, входной светодиод оптопары возбуждается от логической микросхемы. Сигнал от фотодиода поступает на вход транзисторного усилителя. Усилитель формирует уровни напряжений, согласованные с нагрузкой.

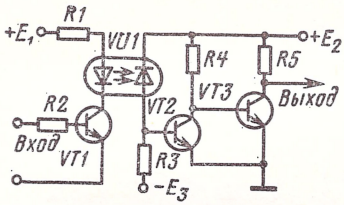


Рис. 9.1. Схема оптоэлектронного трансформатора

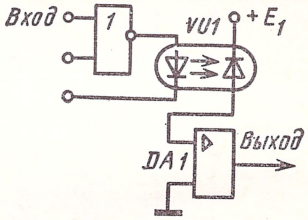


Рис. 9.2. Схема передачи сигналов

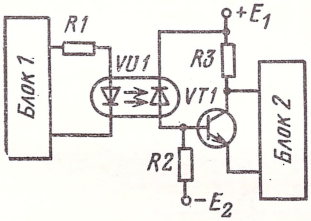


Рис. 9.3. Схема межблочной гальванической развязки

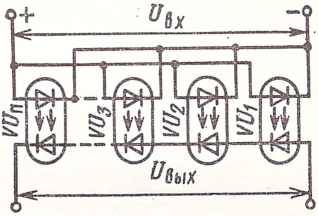


Рис. 9.4. Схема включения оптопар в фотогенераторном режиме

Диодные оптопары могут с успехом использоваться для гальванической развязки отдельных логических блоков в сложных комплексах аппаратуры. На рис. 9.3 приведена схема организации такой развязки. Из блока *1* в блок *2* сигналы проходят через диодную оптопару. На выходе оптопары включается транзисторный усилитель.

В настоящее время в логических устройствах все более широко используются интегральные микросхемы на основе комплементарных МДП (металл—диэлектрик—полупроводник) транзисторов. Особенностью этих микросхем является чрезмерно малый управляющий входной ток. Поэтому для управления микросхемами нет необходимости в усилении выходного тока оптопары. Оптопары используются при этом в фотогенераторном режиме. Для получения сигнала с требуемой амплитудой фотодиоды нескольких оптопар соединяются последовательно (рис. 9.4). Входные излучающие диоды могут соединяться либо параллельно, либо последовательно в зависимости от характеристик входного сигнала.

Пример использования диодной оптопары в бытовой радиоаппаратуре показан на рис. 9.5. Оптопары *VU1* и *VU2* обеспечивают защиту громкоговорителей от возможной перегрузки вследствие неисправности усилителя.

При появлении на выходе любого канала усилителя постоянного напряжения положительной или отрицательной полярности открывается транзистор *VT1* или *VT2* соответственно.

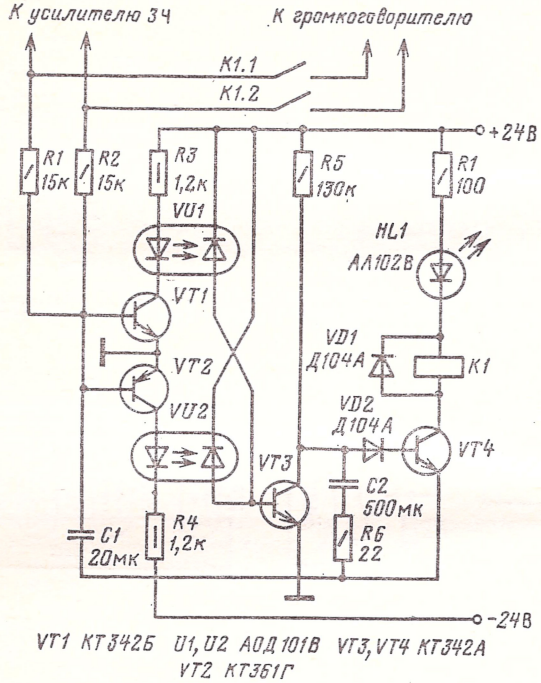


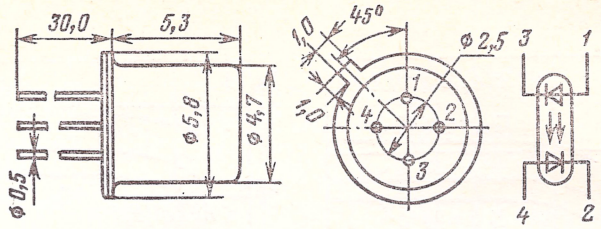
Рис. 9.5. Схема защиты громкоговорителей от перегрузки

В результате включается одна из двух оптопар: *VU1* или *VU2*, что приводит к отпиранию транзистора *VT3* и запиранию *VT4*. Реле *K1* обесточивается, и его контакты *K1.1* и *K1.2* размыкаются, разрывая тем самым цепь питания громкоговорителей.

9.2. ДИОДНЫЕ ОПТОПАРЫ В МЕТАЛЛОСТЕКЛЯННЫХ И ПЛАСТМАССОВЫХ КОРПУСАХ

АОД101(А, Б, В, Г, Д), ЗОД101(А, Б, В, Г)

Оптопары диодные. Излучатель — диод арсенидогаллиевый; приемник — кремниевый фотодиод (излучатель оптопары ЗОД101А на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк). Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 1,1 г.

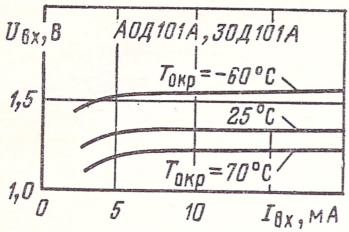


Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

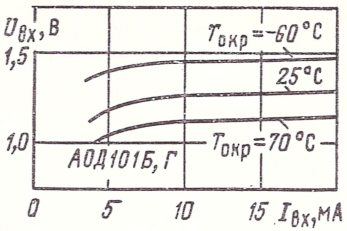
Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более:	
АОД101А, АОД101Б, АОД101В, АОД101Г, ЗОД101А, ЗОД101Б, ЗОД101В, ЗОД101Г	1,5 В
АОД101Д	1,8 В
Коэффициент передачи по току при $I_{вх}=10$ мА, не менее:	
АОД101А, АОД101Д, ЗОД101А	1%
АОД101Б, ЗОД101В, ЗОД101Г	1,5%
АОД101В, ЗОД101В	1,2%
АОД101Г	0,7%
Время нарастания и спада выходного импульса при $I_{вх}=20$ мА, не более:	
АОД101А, ЗОД101А	100 нс
АОД101Б, АОД101Г, ЗОД101Б, ЗОД101Г	500 нс
АОД101В, ЗОД101В	1000 нс
АО101Д	250 нс
Выходной обратный темновой ток, не более:	
АОД101А, АОД101В, ЗОД101А, ЗОД101В, ЗОД101Г	2 мкА
АОД101Б, ЗОД101Б	8 мкА
АОД101Г	10 мкА
АОД101Д	5 мкА
Сопротивление изоляции, не менее:	
АОД101А, АОД101Б, АОД101В, АОД101Д, ЗОД101А, АОД101Б, ЗОД101В, ЗОД101Г	10^9 Ом
АОД101Г	$5\cdot10^9$ Ом
Проходная емкость, не более	2 пФ

Предельные эксплуатационные данные

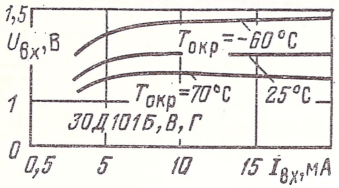
Входной постоянный ток	20 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и=100$ мкс	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Выходное обратное напряжение:	
АОД101А, АОД101В, АОД101Г, АОД101Д, ЗОД101А, ЗОД101В	15 В
АОД101Б, ЗОД101Б	100 В
ЗОД101Г	40 В
Выходное обратное импульсное напряжение при $\tau_и=100$ мс:	
ЗОД101А, ЗОД101В	20 В
ЗОД101Б	100 В
ЗОД101Г	60 В



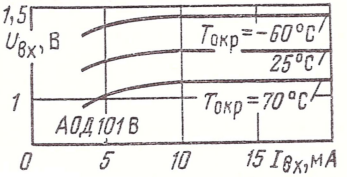
Прямая ветвь вольт-амперной характеристики



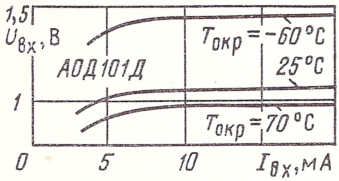
Прямая ветвь вольт-амперной характеристики



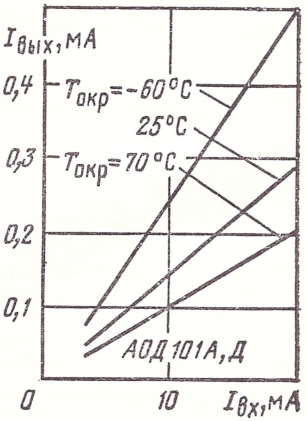
Прямая ветвь вольт-амперной характеристики



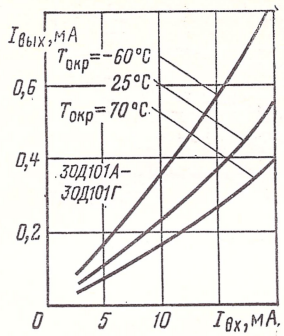
Прямая ветвь вольт-амперной характеристики



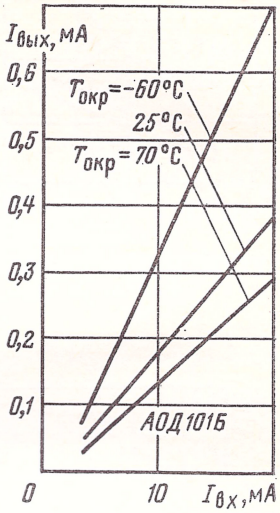
Прямая ветвь вольт-амперной характеристики



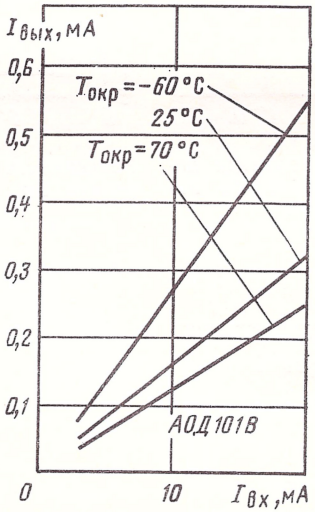
Передаточная характеристика



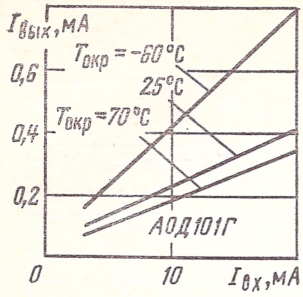
Передаточная характеристика



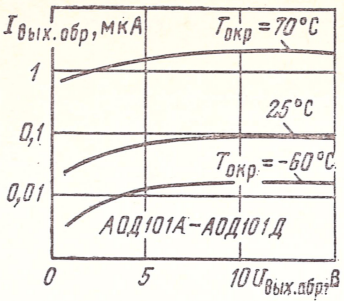
Передаточная характеристика



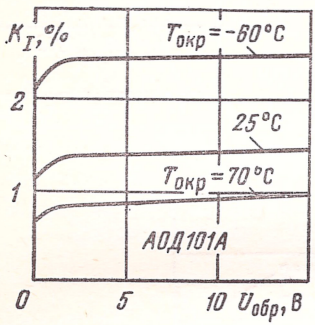
Передаточная характеристика



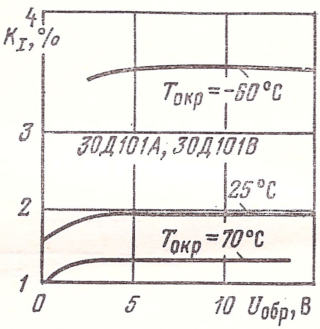
Передаточная характеристика



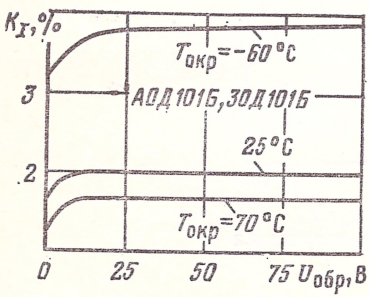
Зависимость выходного тока от обратного напряжения



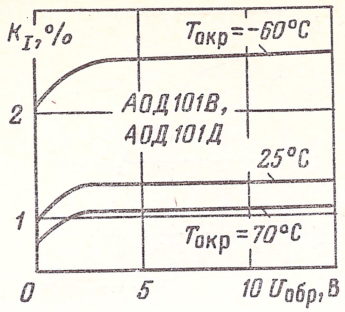
Зависимость коэффициента передачи тока от обратного напряжения



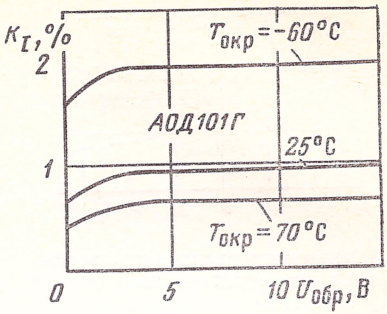
Зависимость коэффициента передачи тока от обратного напряжения



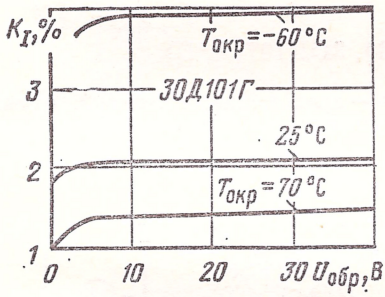
Зависимость коэффициента передачи тока от обратного напряжения



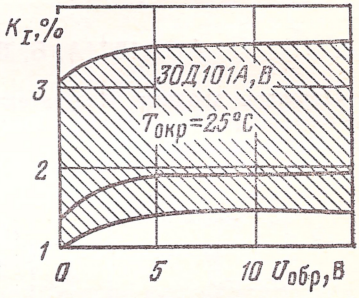
Зависимость коэффициента передачи тока от обратного напряжения



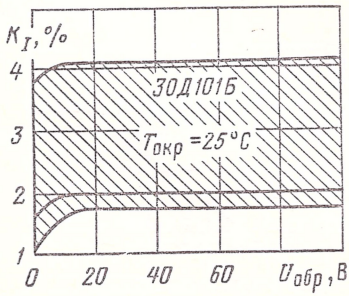
Зависимость коэффициента передачи тока от обратного напряжения



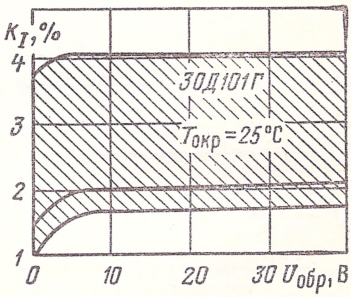
Зависимость коэффициента передачи тока от обратного напряжения



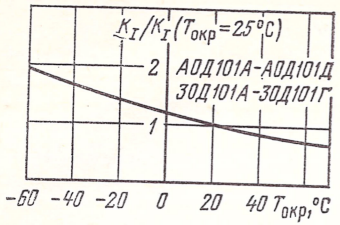
Зависимость коэффициента передачи тока от обратного напряжения (показаны зона разброса и усредненная кривая)



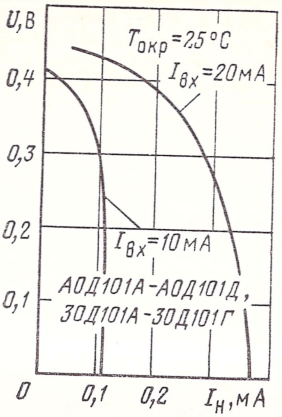
Зависимость коэффициента передачи тока от обратного напряжения (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость коэффициента передачи тока от обратного напряжения (показаны зона разброса и усредненная кривая)



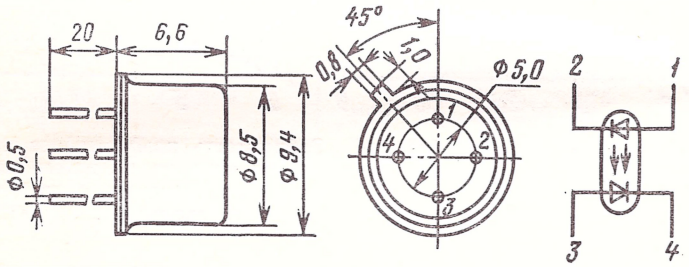
Усредненная зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от температуры

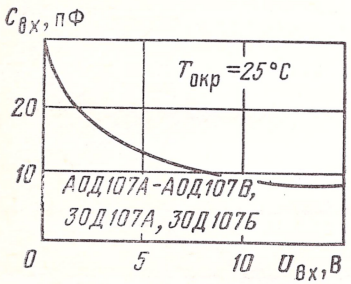


Типовая нагрузочная характеристика при работе фотодиода в вентильном режиме

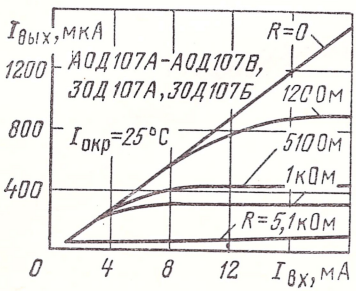
АОД107(А, Б, В), ЗОД107(А, Б)

Оптопары диодные. Излучатель — диод арсенидогаллиевый; приемник — кремниевый фотодиод. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 1,0 г.





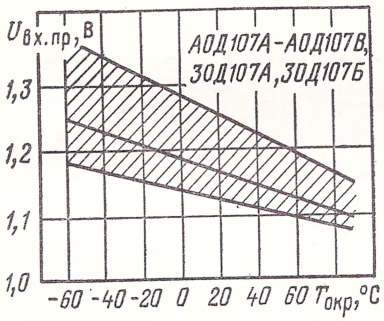
Типовая входная вольт-фарадная характеристика



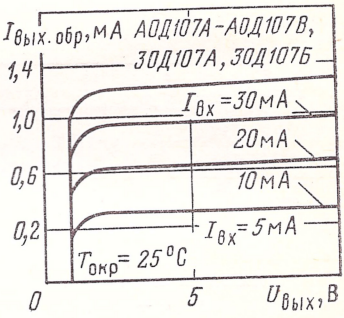
Нагрузочные характеристики в фотогенераторном режиме

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

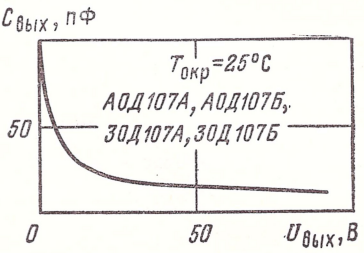
Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более . . . 1,5 В
Коэффициент передачи по току при $I_{вх}=10$ мА, не менее:
АОД107А, ЗОД107А 5%
АОД107Б, ЗОД107Б 3%
АОД107В 1%
Время нарастания и спада выходного импульса при $I_{вх}=20$ мА, не более:
АОД107А, ЗОД107А . . . . . 500 нс
АОД107Б, ЗОД207Б, АОД107В . . . . . 300 нс
Выходной обратный темновой ток, не более . . . . 5 мкА
Сопротивление изоляции, не менее . . . . . 10^{10} Ом
Проходная емкость, не более . . . . . 2 пФ



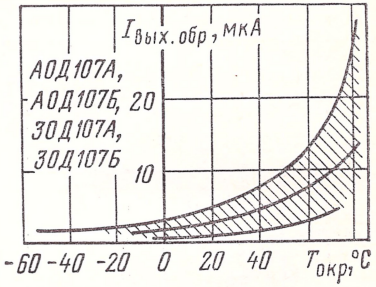
Зависимость постоянного прямого входного напряжения от температуры (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Типовые выходные статические вольт-амперные характеристики

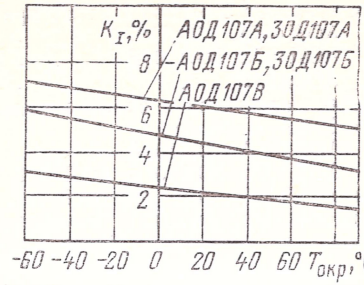


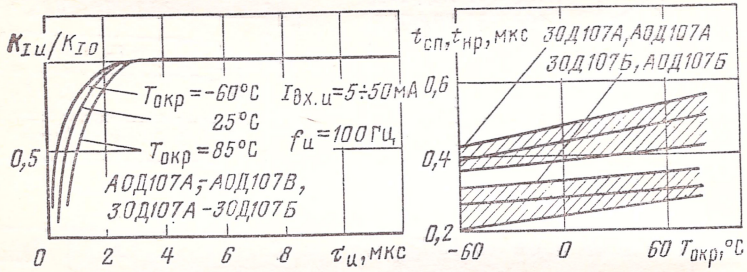
Типовая выходная вольт-фарадная характеристика



Зависимость выходного обратного тока от температуры (показаны зона разброса и усредненная кривая)

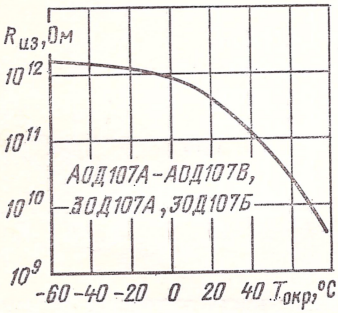
Типовая зависимость коэффициента передачи тока от температуры окружающей среды





Типовая зависимость импульсного приведенного коэффициента передачи тока от длительности импульсов

Зависимость времени нарастания и спада импульса тока от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость сопротивления изоляции от температуры окружающей среды

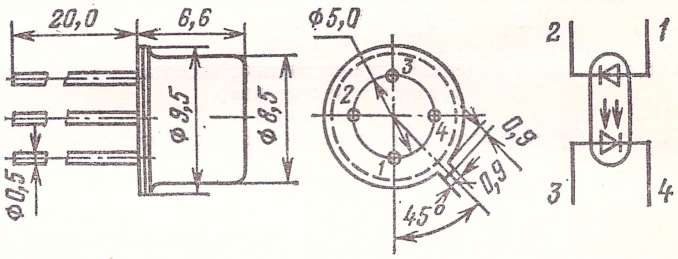
Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный ток	20 мА
Входное обратное напряжение	2 В
Выходное обратное напряжение:	
при $T_{окр}=25$ °С	15 В
при $T_{окр}\leqslant 85$ °С	5 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:	
АОД107А, АОД107Б, АОД107В	—40÷+85 °С
ЗОД107А, ЗОД107Б	—60÷+85 °С

ЗОД129(А, Б)

Оптопары диодные. Излучатель — диод на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемник — кремниевый эпитаксиальный *p-i-n*-фотодиод.

Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 1,9 г.

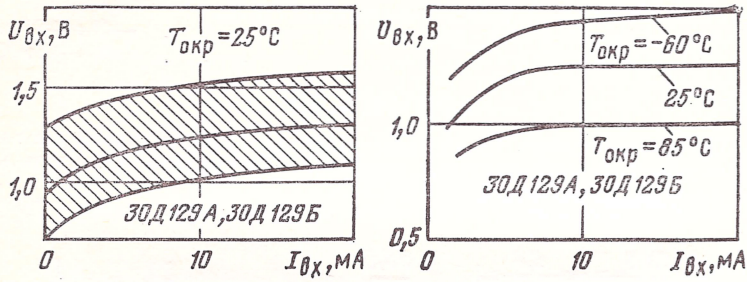


Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более	1,5 В
Коэффициент передачи по току при $I_{вх}=10$ мА, $U_{вых.обр}=5$ В, не мене:	
ЗОД129А	1%
ЗОД129Б	0,5%
Ток утечки на выходе при $U_{вых.обр}=8$ В, не более:	
ЗОД129А	2 мкА
ЗОД129Б	1 мкА
Время нарастания (спада) импульса выходного тока при $I_{вх.и}=10$ мА, $U_{вых.обр}=10$ В, не более	30 нс
Время включения при $I_{вх}=10$ мА, $U_{вых.обр}=10$ В, не более	50 нс
Сопротивление изоляции, не менее	10^{10} Ом
Проходная емкость, не более	2 пФ

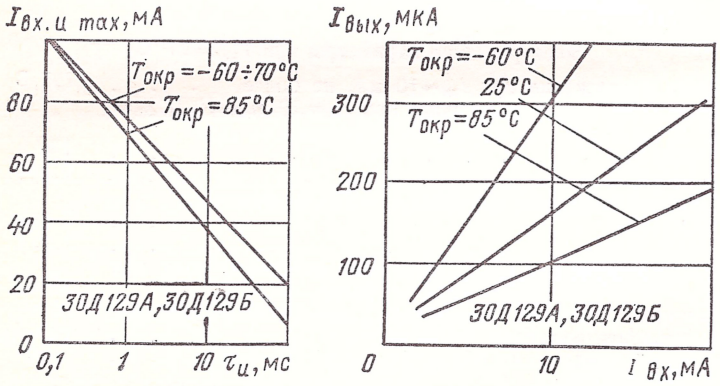
Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный или средний ток:	
при $T_{окр}\leqslant 70$ °С	20 мА
при $T_{окр}=85$ °С	10 мА
Входной импульсный ток при $\tau_{и}=100$ мкс	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Выходное обратное напряжение	10 В
Напряжение изоляции	500 В
Пиковое напряжение изоляции при $\tau_{и}=10$ мс	1000 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—60÷+80 °С



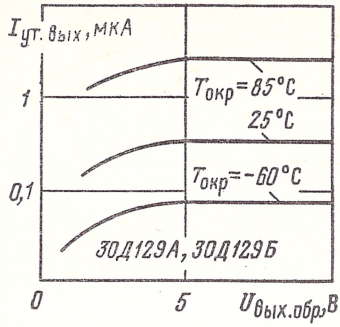
Прямая ветвь вольт-амперной характеристики (показаны зона разброса и усредненная кривая)

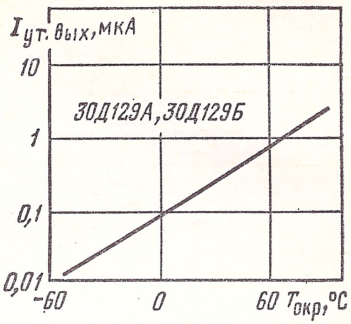
Прямая ветвь вольт-амперной характеристики



Зависимость максимально допустимого импульсного входного тока от длительности импульса в диапазоне рабочей температуры окружающей среды

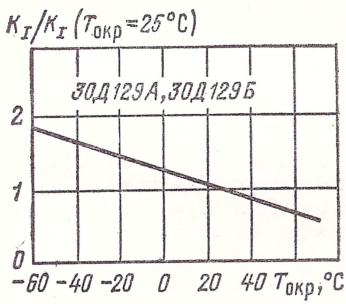
Типовая передаточная характеристика

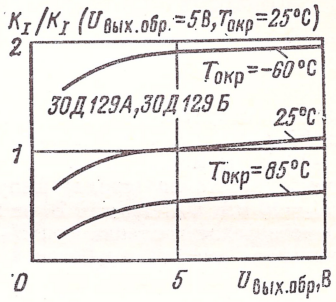




Обратная ветвь выходной вольт-амперной характеристики

Типовая зависимость тока утечки на выходе от температуры окружающей среды





Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от температуры окружающей среды

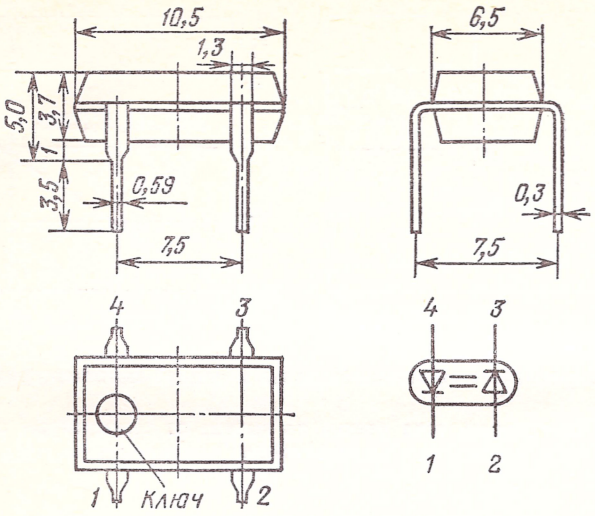
Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от обратного выходного напряжения

АОД130А

Оптопары диодные. Излучатель — эпитаксиальный диод на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемник — кремниевый планарный фотодиод.

Выпускаются в пластмассовом корпусе. Масса не более 1 г.

Предназначены для работы в качестве элементов гальванической развязки в высоковольтной электротехнической и радиоэлектронной аппаратуре.

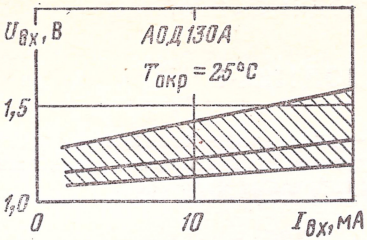


Электрические параметры при $T_{окр}=25\,°C$

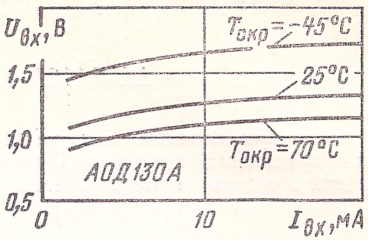
Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более	1,5 В
Коэффициент передачи по току при $I_{вх}=10$ мА, $U_{вых.обр}=10$ В, не менее	1%
Время нарастания (спада) импульса выходного тока при $I_{вх}=10$ мА, $U_{вых.обр}=10$ В, не более	100 нс
Сопротивление изоляции при $U_{из}=500$ В, не менее	10^{11} Ом
Проходная емкость, не более	0,5 пФ

Предельные эксплуатационные данные

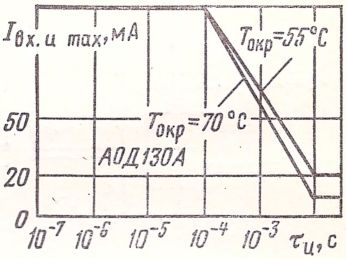
Входной постоянный или средний ток: при $T_{окр}\leqslant 55\,°C$	20 мА
при $T_{окр}=70\,°C$	10 мА
Входной импульсный ток при $\tau_{и}=10$ мкс	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Выходное обратное напряжение	30 В
Напряжение изоляции	1500 В
Пиковое напряжение изоляции при $\tau_{и}=10$ мс	3000 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	$-45\div+70$ °С



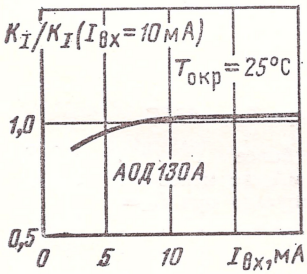
Прямая ветвь вольт-амперной характеристики (показаны зона разброса и усредненная кривая)



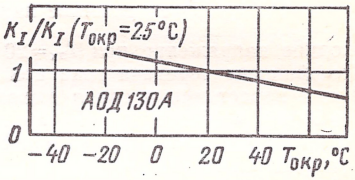
Прямая ветвь вольт-амперной характеристики



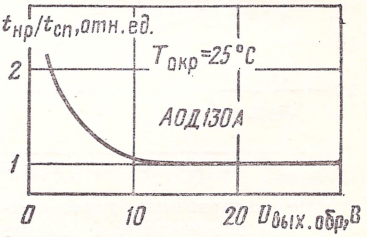
Зависимость максимального входного тока от длительности импульсов



Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от входного тока



Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от температуры окружающей среды

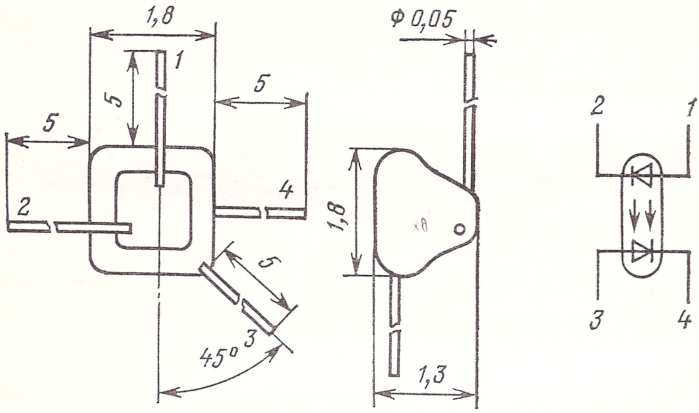


Типовая зависимость времени нарастания и спада выходного импульса (в относительных единицах) от обратного выходного напряжения

9.3. БЕСКОРПУСНЫЕ ДИОДНЫЕ ОПТОПАРЫ

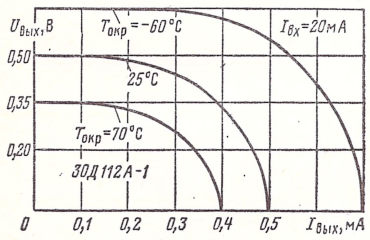
АОД112А-1, ЗОД112А-1

Оптопары диодные. Излучатель — диод арсенидогаллиевый; приемник — кремниевый фотодиод. Бескорпусные, предназначены для использования в составе герметизированных гибридных микросхем.

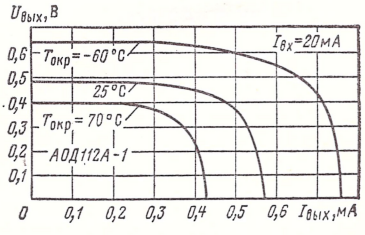


Электрические параметры при $T_{окр}$=25 °С

Входное напряжение при $I_{вх}$=20 мА, не более	1,7 В
Коэффициент передачи тока при $I_{вх}$=10 мА, не менее	2,5%
Время нарастания и спада выходного импульса при $I_{вх}$=20 мА, не более	3 мкс
Сопротивление изоляции, не менее	10^{10} Ом
Проходная емкость, не более	2,5 пФ



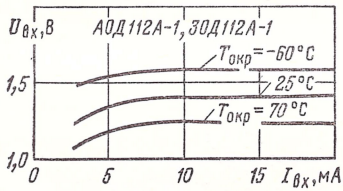
Типовые нагрузочные характеристики в фотогенераторном режиме



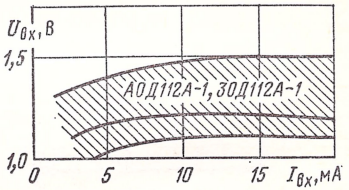
Типовые нагрузочные характеристики в фотогенераторном режиме

Предельные эксплуатационные данные

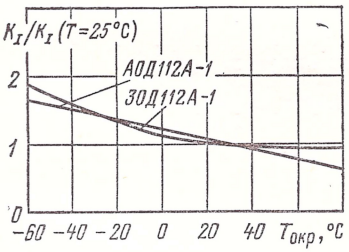
Входной постоянный или средний ток:	
при $T_{окр} \leqslant 35$ °С	30 мА
при $T_{окр} = 70$ °С	20 мА
Входной импульсный ток	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Напряжение изоляции	100 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—60÷+70 °С



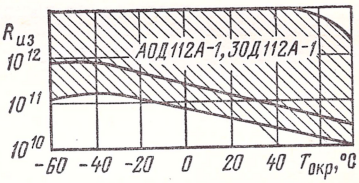
Типовые входные характеристики



Входная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



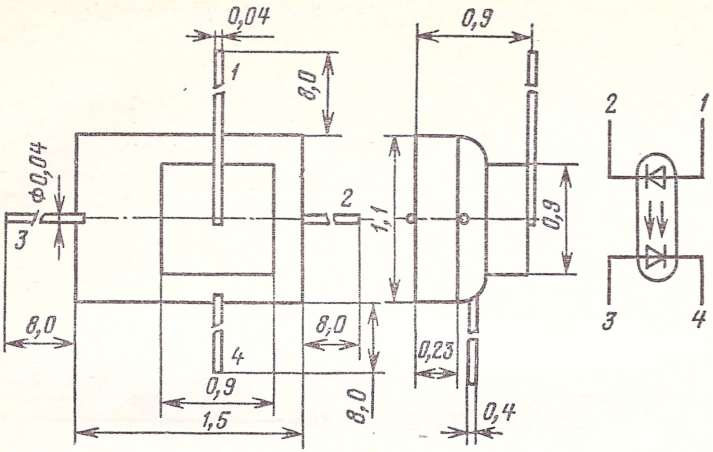
Зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от температуры окружающей среды



Зависимость сопротивления изоляции от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)

АОД120(А-1, Б-1), ЗОД120(А-1, Б-1)

Оптопары диодные. Излучатель — диод на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемник — кремниевый фотодиод. Бескорпусные, предназначены для использования в составе герметизированных гибридных микросхем.



Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более:

АОД120А-1, АОД120Б-1	1,7 В
ЗОД120А-1	1,6 В
ЗОД120Б-1	1,5 В

Коэффициент передачи по току при $I_{вх}=10$ мА, не менее:

АОД120А-1, ЗОД120А-1, ЗОД120Б-1	1%
АОД120Б-1	0,4%

Время нарастания или спада выходного импульса при $I_{вх}=10$ мА, не более:

АОД120А-1, ЗОД120А-1	30 нс
АОД120Б-1	50 нс
ЗОД120Б-1	70 нс

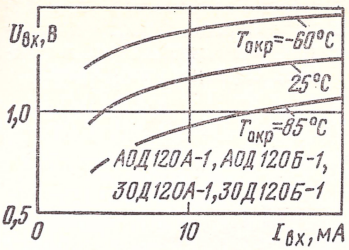
Время задержки включения, не более:

АОД120А-1, ЗОД120А-1	50 нс
АОД120Б-1, ЗОД120Б-1	70 нс
Входной обратный темновой ток, не более	2 мкА
Сопротивление изоляции, не менее	10^{10} Ом
Проходная емкость, не более	2 пФ

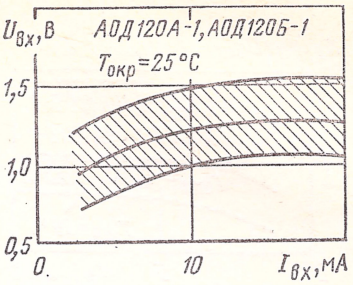
Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный ток:

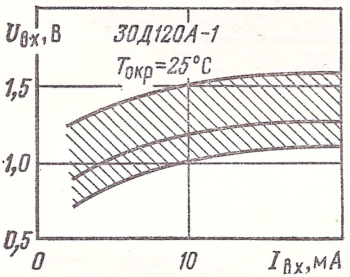
при $T_{окр}\leqslant 70$ °С	20 мА
при $T_{окр}=85$ °С	4 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и=10$ мкс	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Выходное обратное напряжение	10 В
Напряжение изоляции	200 В
Пиковое напряжение изоляции при $\tau_и=1$ с	400 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—60÷+85 °С



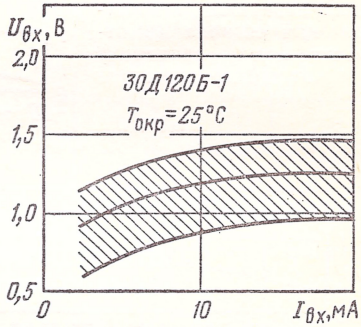
Типовые входные характеристики



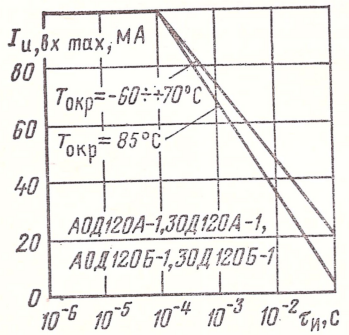
Типовая входная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



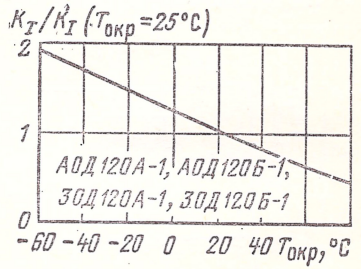
Типовая входная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



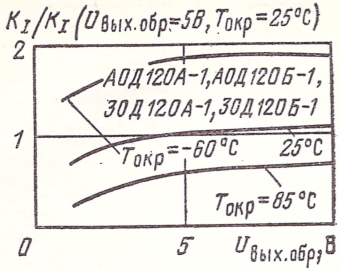
Типовая входная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость максимального входного импульсного тока от длительности импульсов

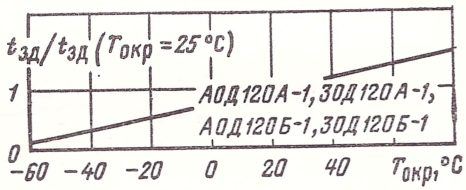


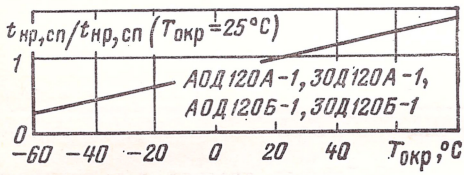
Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от температуры окружающей среды



Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от выходного обратного напряжения

Типовая зависимость времени задержки распространения сигнала (в относительных единицах) от температуры

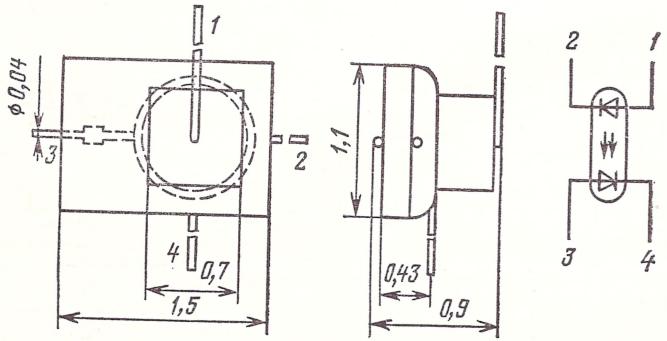




Типовая зависимость времени нарастания и спада импульса (в относительных единицах) от температуры окружающей среды

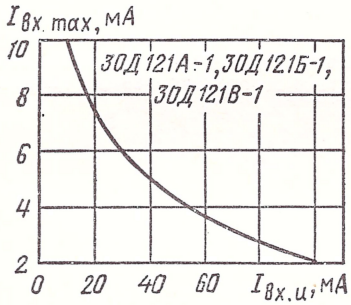
ЗОД121(А-1, Б-1, В-1)

Оптопары диодные. Излучатель — диод на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемник — кремниевый фотодиод. Бескорпусные, предназначены для использования в составе герметизированных гибридных микросхем.

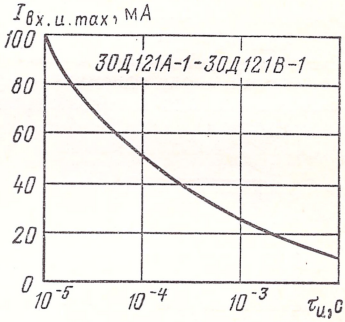


Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

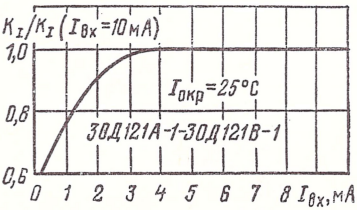
Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более . . . . 1,7 В
Коэффициент передачи по току при $I_{вх}=10$ мА, не менее:
3ОД121А-1 . . . . . 1,5%
3ОД121Б-1 . . . . . 2,5%
3ОД121В-1 . . . . . 3,2%
Время нарастания или спада выходного импульса при $I_{вх}=$ $=50$ мА, не более:
3ОД121А-1 . . . . . 70 нс
3ОД121Б-1, 3ОД121В-1 . . . . . 100 нс
Сопротивление изоляции, не менее . . . . . 10^{10} Ом
Проходная емкость, не более:
3ОД121А-1 . . . . . 1 пФ
3ОД121Б-1, 3ОД121В-1 . . . . . 2 пФ



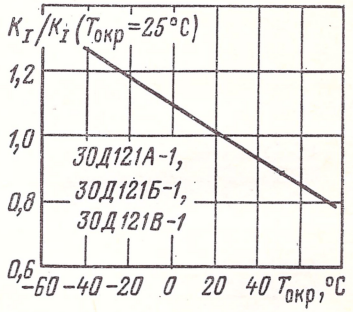
Зависимость максимального входного среднего тока от амплитуды импульсного входного тока во всем интервале рабочей температуры



Зависимость максимального импульсного входного тока от длительности импульса во всем интервале рабочей температуры



Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от входного тока



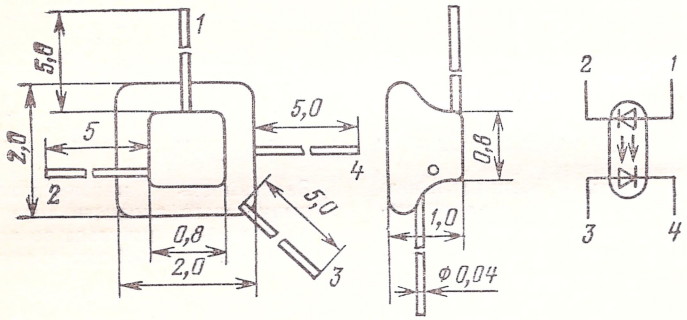
Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от температуры окружающей среды

Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный ток	10 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и = 10$ мкс	100 мА
Входное обратное напряжение	5 В
Выходное обратное напряжение	20 В
Напряжение изоляции	500 В
Пиковое напряжение при $\tau_и = 1$ с	1000 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—60÷+85 °С

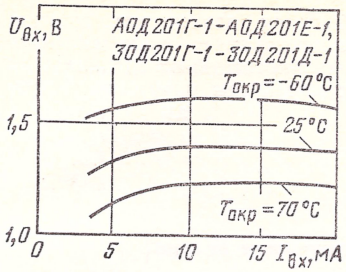
АОД201(А-1, Б-1, В-1, Г-1, Д-1, Е-1), ЗОД201(А-1, Б-1, В-1, Г-1, Д-1, Е-1)

Оптопары диодные. Излучатели оптопар АОД201А-1, АОД201Б-1, АОД201В-1, ЗОД201А-1, ЗОД201Б-1, ЗОД201В-1 — диод на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; оптопары АОД201Г-1, АОД201Д-1, АОД201Е-1, ЗОД201Г-1, ЗОД201Д-1, ЗОД201Е-1 — арсенидогаллиевый диод; приемник — кремниевый фотодиод. Бескорпусные, предназначены для использования в составе герметизированных гибридных микросхем.

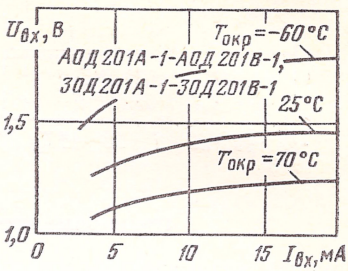


Электрические параметры при $T_{окр} = 25°$ С

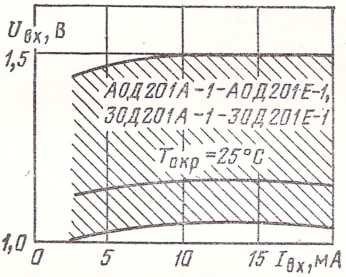
Входное напряжение при $I_{вх} = 10$ мА, не более	1,5 В
Коэффициент передачи по току $I_{вх} = 5$ мА:	
АОД201А-1, АОД201Г-1, ЗОД201А-1, ЗОД201Г-1	0,6—1,3%
АОД201Б-1, АОД201Д-1, ЗОД201Б-1, ЗОД201Д-1	0,9—2%
АОД201В-1, АОД201Е-1, ЗОД201В-1, ЗОД201Е-1	1,5—3,5%
Время нарастания или спада выходного импульса при $I_{вх} = 20$ мА, не более:	
АОД201А-1, АОД201Б-1, АОД201В-1, ЗОД201А-1, ЗОД201Б-1, ЗОД201В-1	100 нс
АОД201Г-1, АОД201Д-1, АОД201Е-1, ЗОД20Г-1, ЗОД201Д-1, ЗОД201Е-1	250 нс
Выходной обратный темновой ток, не более	2 мкА
Сопротивление изоляции, не менее	10^{10} Ом
Проходная емкость, не более	1,8 пФ



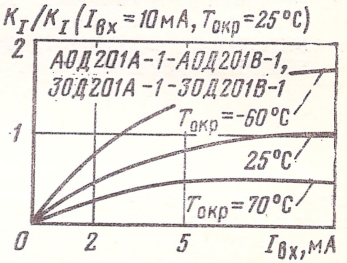
Типовая входная характеристика



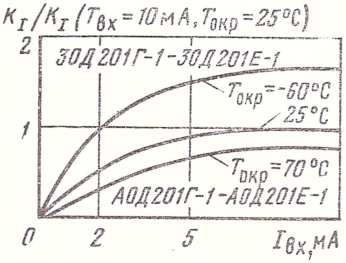
Типовая входная характеристика



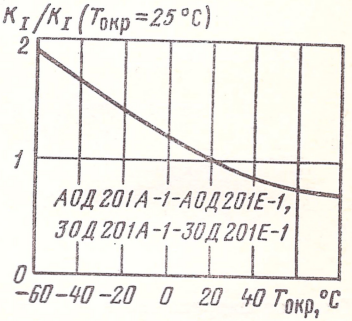
Входная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



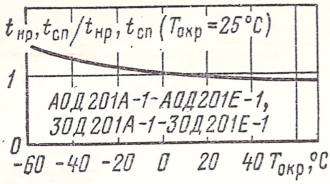
Типовые зависимости коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от входного тока



Типовые зависимости коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от входного тока



Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от температуры окружающей среды



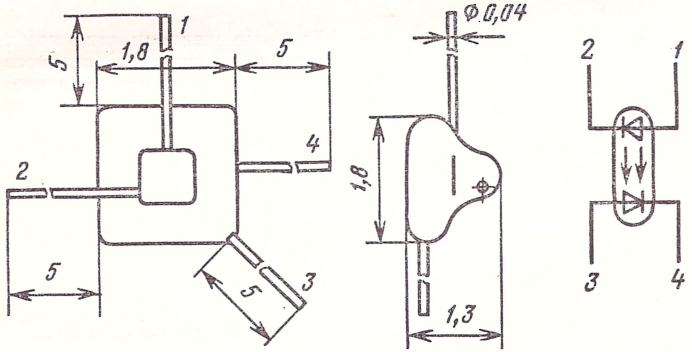
Типовая зависимость времени нарастания и спада импульса (в относительных единицах) от температуры окружающей среды

Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный или средний ток	20 мА
Входной импульсный ток	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Выходное обратное напряжение	6 В
Напряжение изоляции	100 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:	
АОД201А-1, АОД201Б-1, АОД201В-1, АОД201Г-1, АОД201Д-1, АОД201Е-1	−60÷+70 °С
ЗОД201А-1, ЗОД201Б-1, ЗОД201В-1, ЗОД201Г-1, ЗОД201Д-1, ЗОД201Е-1	−60÷+85 °С

АОД202(А, Б)

Оптопары диодные. Излучатель — диод арсенидогаллиевый; приемник — кремниевый фотодиод. Бескорпусные, предназначены для использования в составе герметизированных гибридных микросхем.



Электрические параметры при $T_{окр}$=25 °С

Входное напряжение при $I_{вх}$=10 мА, не более	1,7 В
Коэффициент передачи по току:	
АОД202А	1,5%
АОД202Б	2,5%
Время нарастания или спада выходного импульса, не более:	
АОД202А	100 нс

АОД202Б	150 нс
Выходной обратный темновой ток, не более	1 мкА
Сопротивление изоляции, не менее:	
АОД202А	10^{10} Ом
АОД202Б	10^{9} Ом
Проходная емкость, не более:	
АОД202А	1 пФ
АОД202Б	2 пФ

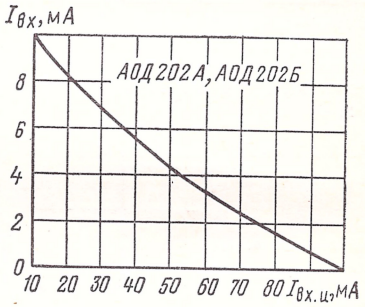
Предельные эксплуатационные данные

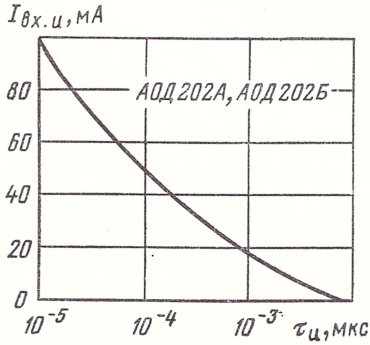
Входной импульсный ток при $\tau_и = 10$ мкс	100 мА
Выходное обратное напряжение	20 В
Напряжение изоляции	200 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	$-60 \div +85$ °С

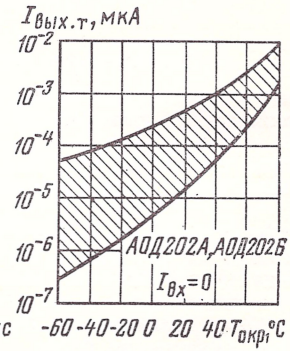
Зависимость входного среднего тока от амплитуды входного импульсного тока

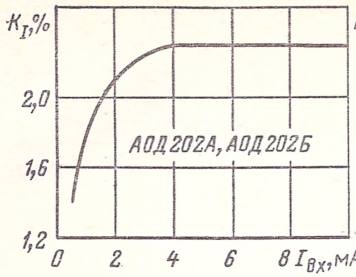
Зависимость снижения входного импульсного тока от длительности импульса

Зависимость выходного темнового тока от температуры окружающей среды (показана зона разброса)

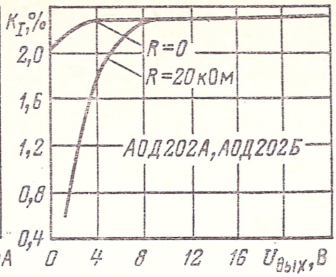








Типовая зависимость коэффициента передачи тока от входного тока

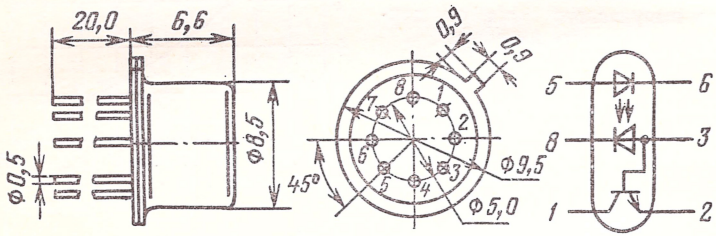


Зависимость коэффициента передачи тока от выходного напряжения

9.4. ДИОДНО-ТРАНЗИСТОРНЫЕ ОПТОПАРЫ

КОЛ201А, ОЛ201А

Оптопары диодно-транзисторные. Излучатель — мезаэпитаксиальный диод на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемник — кремниевый планарно-эпитаксиальный фотодиод с *n-p-n*-транзистором, выполненным интегрально на одной пластине. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Предназначены для передачи логических сигналов по гальванически развязанной цепи. Масса не более 1,9 г.



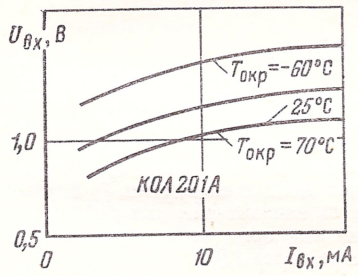
Электрические параметры при $T_{окр}$=25 °С

Входное напряжение $I_{вх}$=10 мА, не более	1,5 В
Коэффициенты передачи по току при $I_{вх}$=0,5 мА, $U_{вых.обр}$= =5 В, не менее	10%
Ток утечки на выходе при $U_{вых.обр}$=5 В, не более	2 мкА
Время нарастания (спада) импульса выходного тока, не более:	
при $I_{вх.и}$=10 мА, $U_{вых.обр}$=5 В	1 мкс
при $I_{вх.и}$=0,5 мА, $U_{вых.обр}$=5 В (микромощный режим):	
$t_{нр}$ на уровне 0,5	2 мкс
$t_{сп}$ на уровне 0,5	0,5 мкс
Сопротивление изоляции при $U_{из}$=500 В, не менее	10^{10} Ом
Проходная емкость, не более	2 пФ

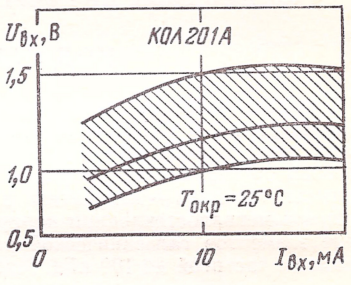
Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный или средний ток:	
КОЛ201А при $T_{окр}$ до 55 °С и ОЛ201А при $T_{окр}$ до 70 °С	10 мА
КОЛ201А при $T_{окр}$=70 °С и ОЛ201А при $T_{окр}$=85 °С	2 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и$=100 мкс	50 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Выходное обратное напряжение:	
на диодном выходе	10 В
на транзисторном выходе	10 В
Выходной постоянный ток (на транзисторном выходе)	10 мА
Напряжение изоляции	500 В
Пиковое напряжение изоляции при $\tau_и$=10 мс	1000 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:	
КОЛ201А	—60÷+70 °С
ОЛ201А	—60÷+85 °С

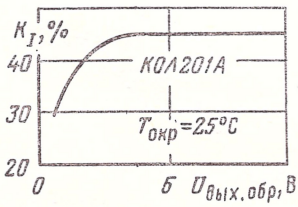
Примечание. Максимальный выходной ток, мА, определяется по формуле $I_{вых.max}=10/U_{кэ}$, но не более 10 мА.



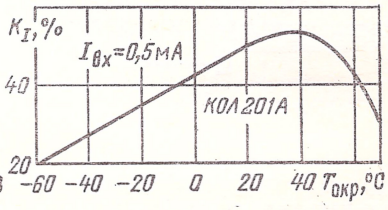
Типовые входные характеристики



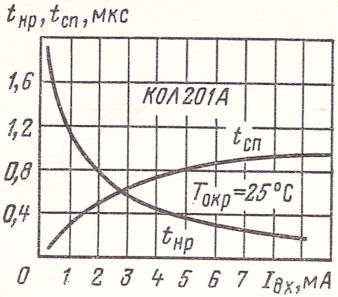
Входная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



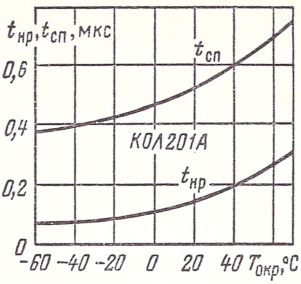
Типовая зависимость коэффициента передачи тока от выходного обратного напряжения



Типовая зависимость коэффициента передачи тока от температуры окружающей среды



Типовая зависимость времени нарастания и спада выходного импульса от входного тока

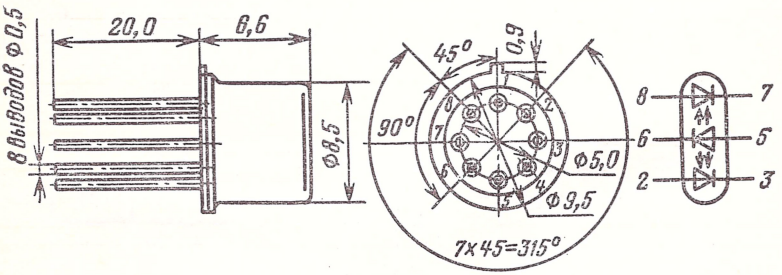


Типовые зависимости времени нарастания и спада выходного импульса от температуры окружающей среды

9.5. ДИОДНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ОПТОПАРЫ

КОД301А, ОД301А

Оптопары диодные дифференциальные, состоящие из основной и вспомогательной оптопар. Излучатель — арсенидогаллиевый эпитаксиальный диод; приемники — два кремниевых эпитаксиальных фотодиода. Основная оптопара — излучатель и фотодиод с выводами *2, 3*. Вспомогательная оптопара — излучатель и фотодиод с выводами *7, 8*. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Предназначены для работы в качестве элементов гальванической развязки при передаче аналоговых сигналов с частотой до 100 кГц. Масса не более 1,9 г.



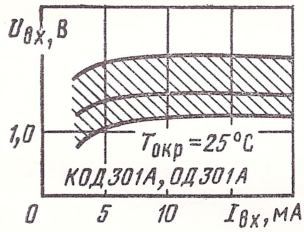
Электрические параметры при $T_{окр}$=25 °С

Входное напряжение при $I_{вх}$=10 мА, не более . . . . . 1,5 В
Коэффициент передачи по току при $I_{вх}$=10 мА, $U_{вых.обр}$= =5 В, не менее:
для основной оптопары 1%
для вспомогательной оптопары 0,6%

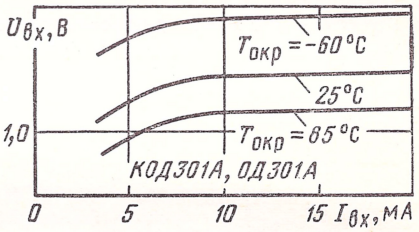
Коэффициент неидентичности при $I_{вх}$ от 4 до 20 мА, $U_{вых.обр}$=5 В, не более 2%
Граничная частота (порог снижения K_I до уровня 0,7), не менее . . . . . 100 кГц
Сопротивление изоляции при $U_{из}$=500 В, не менее . . . 10^9 Ом
Проходная емкость, не более . . . . . 2 пФ

Предельные эксплуатационные данные

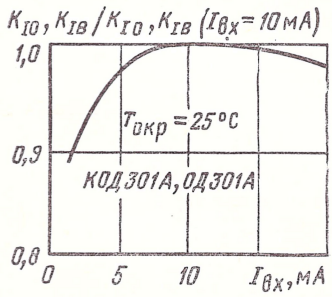
Входной постоянный или средний ток:
при $T_{окр} \leqslant 55$ °С КОД301А и $T_{окр} \leqslant 70$ °С ОД301А . 20 мА
при $T_{окр} \leqslant 70$ °С КОД301А и $T_{окр} = 85$ °С ОД301А . 10 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и$=100 мкс . . . . 100 мА
Входное обратное напряжение . . . . . 3,5 В
Выходное постоянное обратное напряжение основной и вспомогательной оптопар . . . . . 10 В
Выходное импульсное обратное напряжение при $\tau_и$= =100 мкс основной и вспомогательной оптопар . . 20 В
Напряжение изоляции основной оптопары . . . . 500 В
Пиковое напряжение изоляции оптопары при $\tau_и$=10 мс 1000 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:
КОД301А . . . . . —60÷+70 °С
ОД301А . . . . . —60÷+85 °С



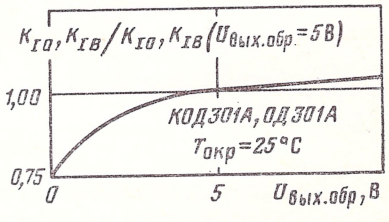
Входная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



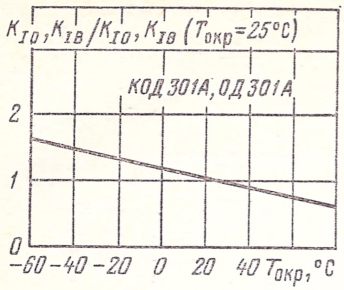
Типовые входные характеристики



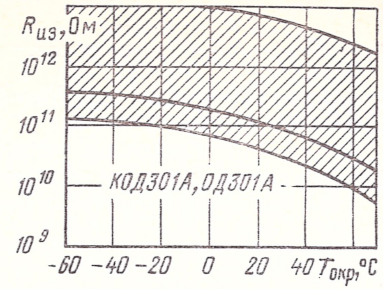
Типовая зависимость коэффициентов передачи тока основной и вспомогательной оптопар (в относительных единицах) от входного тока



Типовая зависимость коэффициентов передачи тока основной и вспомогательной оптопар (в относительных единицах) от выходного обратного напряжения



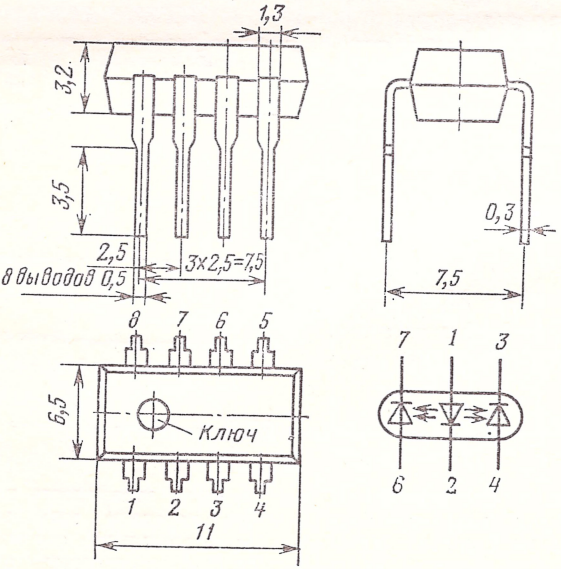
Типовая зависимость коэффициентов передачи тока основной и вспомогательной оптопар (в относительных единицах) от температуры окружающей среды



Зависимость сопротивления изоляции основной оптопары от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)

КОД302(А, Б, В)

Оптопары диодные дифференциальные, состоящие из основной и вспомогательной оптопары. Излучатель — арсенидогаллиевый эпитаксиальный диод; приемники — два кремниевых эпитаксиальных фотодиода. Основная оптопара — излучатель и фотодиод с выводами *6*, *7*. Вспомогательная оптопара — излучатель и фотодиод с выводами *3*, *4*. Выпу-



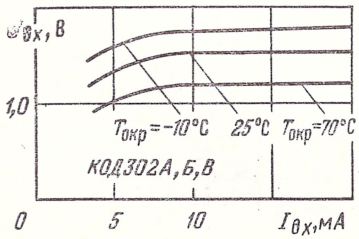
скаются в пластмассовом корпусе. Предназначены для работы в качестве элементов гальванической развязки при передаче аналоговых сигналов. Масса не более 1 г.

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

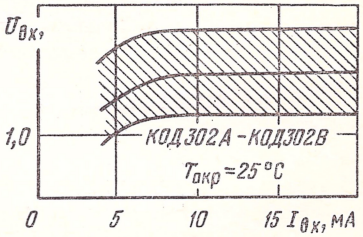
Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более	1,5 В
Коэффициент передачи по току при $I_{вх}=10$ мА, $U_{вых.обр}=5$ В, не менее:	
основной оптопары	1%
вспомогательной оптопары	0,6%
Коэффициент неидентичности при $I_{вх}=4\div20$ мА, $U_{вых.обр}=5$ В, не более:	
КОД302А	2%
КОД302Б	1%
КОД302В	0,2%
Сопротивление изоляции, не менее	10^9 Ом

Предельные эксплуатационные данные

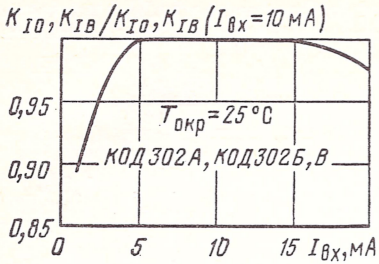
Входной постоянный или средний ток:	
при $T_{окр}\leqslant55$ °С	20 мА
при $T_{окр}=70$ °С	10 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и=100$ мкс	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Выходное постоянное обратное напряжение основной и вспомогательной оптопар	10 В
Выходное импульсное обратное напряжение при $\tau_и=10$ мкс основной и вспомогательной оптопар	20 В
Напряжение изоляции оптопары	500 В
Пиковое напряжение изоляции основной оптопары при $\tau_и=100$ нс	1000 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—10÷+70 °С



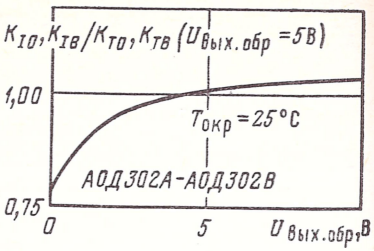
Типовые входные характеристики



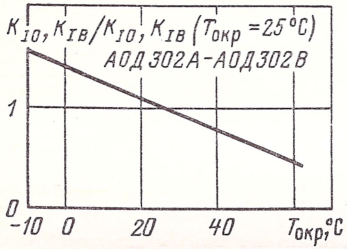
Входная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



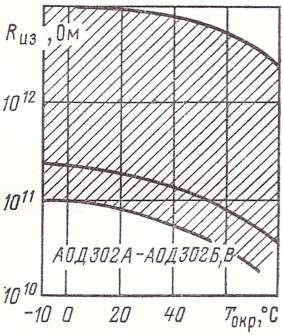
Типовая зависимость коэффициентов передачи тока основной и вспомогательной оптопар (в относительных единицах) от входного тока



Типовая зависимость коэффициентов передачи тока основной и вспомогательной оптопар (в относительных единицах) от выходного обратного напряжения



Типовая зависимость коэффициентов передачи тока основной и вспомогательной оптопар (в относительных единицах) от температуры окружающей среды

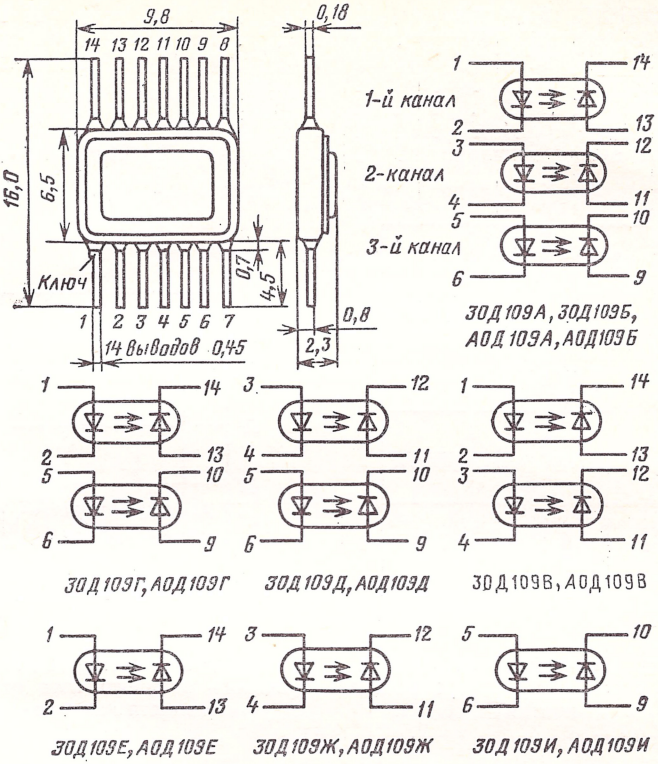


Зависимость сопротивления изоляции основной оптопары от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)

9.6. МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ДИОДНЫЕ ОПТОПАРЫ

АОД109(А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И), ЗОД109(А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И)

Оптопары диодные многоканальные. Излучатель — диод арсенидогаллиевый; приемник — кремниевый фотодиод. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Состоят из трех отдельных оптопар. Масса прибора не более 0,49 г.



Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более . . . . . 1,5 В

Коэффициент передачи по току при $I_{вх}=10$ мА, не менее:

АОД109Б, ЗОД109Б 1%

остальных типов 1,2%

Время нарастания и спада выходного импульса при $I_{вх}=20$ мА, не более:

АОД109Б, ЗОД109Б . . . . . 500 нс

остальных типов . . . . . 1 мкс

Выходной обратный темновой ток, не более . . . . . 2 мкА

Сопротивление изоляции, не менее . . . . . 10^9 Ом

Проходная емкость, не более . . . . . 2 пФ

Число каналов в оптроне:

АОД109А, АОД109Б, ЗОД109А, ЗОД109Б 3

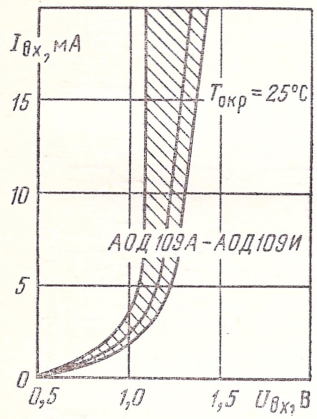
АОД109В, АОД109Г, АОД109Д, ЗОД109В, ЗОД109Г, ЗОД109Д 2

АОД109Е, АОД109Ж, АОД109И, ЗОД109Е, ЗОД109Ж, ЗОД109И 1

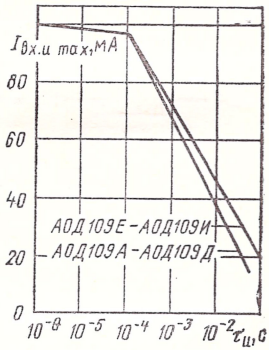
Действующие каналы (номера):

АОД109А, АОД109Б, ЗОД109А, ЗОД109Б . . . 1, 2, 3

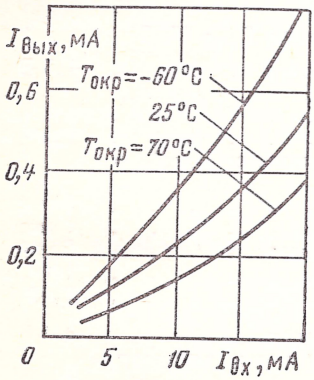
АОД109В, ЗОД109В	1, 2
АОД109Г, ЗОД109Г	1, 3
АОД109Д, ЗОД109Д	2, 3
ЗОД109Е	1
ЗОД109Ж	2
ЗОД109И	3
Емкость между каналами	2 пФ



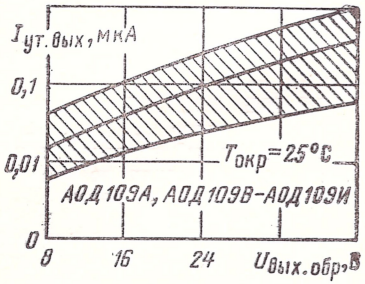
Входная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



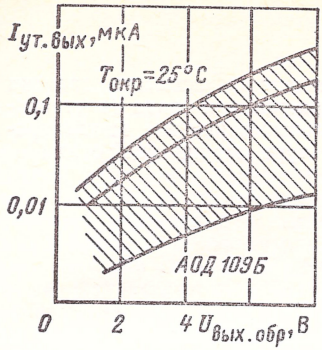
Зависимость максимального импульсного входного тока от длительности импульса



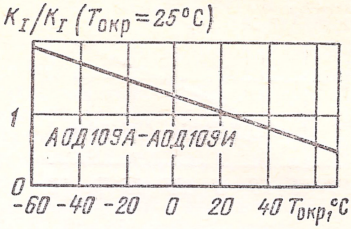
Типовые передаточные характеристики



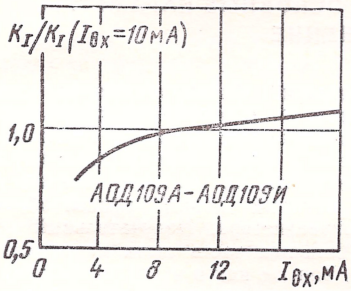
Зависимость выходного тока утечки от выходного обратного напряжения (показаны зона разброса и усредненная кривая)



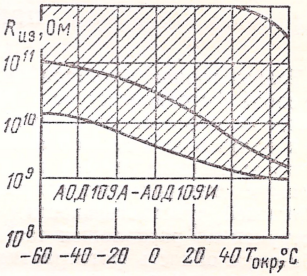
Зависимость выходного тока утечки от выходного обратного напряжения (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от температуры окружающей среды



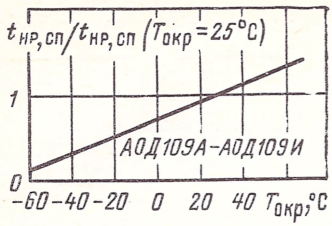
Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от входного тока



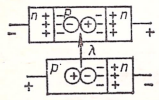
Зависимость сопротивления изоляции от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)

Предельные эксплуатационные данные

Входной ток:	
нескольких работающих каналах	10 мА
одного работающего канала в оптопарах АОД109А — АОД109И	20 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и$=100 мкс	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Выходное обратное напряжение:	
АОД109Б, ЗОД109Б	10 В
остальных типов	40 В
Напряжение изоляции	100 В
Напряжение изоляции между каналами	100 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—60÷+70 °С



Типовая зависимость времени нарастания и спада (в относительных единицах) от температуры окружающей среды



Раздел 10

ТРАНЗИСТОРНЫЕ ОПТОПАРЫ

10.1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, ПРИМЕНЕНИЕ

Транзисторная оптопара выполняется с фотоприемным элементом на основе фототранзистора. Как правило, в оптопарах используются фототранзисторы со структурой *n-p-n* на основе кремния, чувствительные к излучению с длиной волны около 1 мкм. Излучателями служат обычно арсенидогаллиевые диоды или диоды на тройном соединении, максимум спектрального излучения которых лежит вблизи области наибольшей чувствительности фототранзистора. Излучательный диод конструктивно расположен так, что большая часть света направляется на базовую область фототранзистора. Так же как и в других оптопарах, излучатель и приемник изолированы друг от друга оптически прозрачной средой.

При отсутствии излучения в цепи коллектора фототранзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, протекает обратный (темновой) ток, аналогичный по происхождению и характеристикам току в обычных биполярных транзисторах.

Обратный темновой ток сильно зависит от температуры. При повышении температуры на 10 °С он примерно удваивается. Для уменьшения темнового тока между выводами базы и эмиттера фототранзистора включается внешний резистор с сопротивлением 0,1—1,0 МОм.

При облучении в базовой области генерируются пары электрон—дырка. Электроны вытягиваются из базы в сторону положительно заряженного коллектора, а дырки остаются в базе и создают положительный заряд. Это эквивалентно возникновению отпирающего тока базы транзистора, вследствие чего ток коллектора также увеличивается. Соотношение между токами базы и коллектора следующее:

$$I_{вых} = h_{21э} I_{ф.б},$$

где $h_{21э}$ — коэффициент передачи тока базы транзистора; $I_{вых}$ — выходной ток в цепи коллектора; $I_{ф.б}$ — генерированный излучением фототок в базе фототранзистора.

Таким образом, фототранзистор обладает внутренним усилением фототока.

Основные параметры и характеристики входной цепи транзисторной оптопары аналогичны параметрам диодных оптопар, так как в них используются сходные излучатели. Выходные характеристики существенно отличаются от аналогичных характеристик диодных оптопар. Зависимость коэффициента передачи тока от входного тока отклоняется от линейной, причем тем больше, чем больше входной ток и чем выше усилительные свойства фототранзистора. Температурная зависимость коэффициента передачи тока имеет параболический вид с максимумом, соответствующим температуре +20 °С. Существенное повышение коэффициента передачи тока достигается у оптопар с составными фототранзисторами. Однако при этом значительно снижается быстродействие прибора и ухудшается температурная стабильность. Транзисторные оптопары имеют сильную зависимость времени спада выходного сигнала от сопротивлений эмиттер—база и нагрузки, которое в интервале реальных сопротивлений изменяется примерно в 5 раз. Температурная зависимость тока утечки на выходе фототранзистора при постоянном выходном напряжении и $I_{вх}=0$ — линейная и в диапазоне положительных температур изменяется на два — три порядка.

Специфическими для транзисторных оптопар являются следующие параметры:

выходное остаточное напряжение $U_{ост}$ — напряжение на выходных выводах оптопары при открытом фототранзисторе;

ток утечки на выходе $I_{ут.вых}$ — ток, протекающий в выходной цепи закрытого фототранзистора при приложенном выходном напряжении;

максимальная средняя рассеиваемая мощность $P_{срmax}$ — мощность, при которой обеспечивается заданная надежность оптопары при длительной работе;

максимальный выходной ток $I_{выхmax}$ — ток фототранзистора, при котором обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

максимальный выходной импульсный ток $I_{вых.имax}$ фототранзистора в оптопаре;

максимальное коммутируемое напряжение на выходе $U_{коммax}$ транзисторной оптопары;

время нарастания выходного сигнала $t_{нр}$ — интервал времени, в течение которого напряжение на выходе оптопары изменяется от 0,9 до 0,1 максимального значения;

время спада выходного сигнала $t_{сп}$ — интервал времени, в течение которого напряжение на выходе изменяется от 0,1 до 0,9 максимального значения;

время включения $t_{вкл}$ — интервал времени между моментами нарастания входного сигнала до уровня 0,1 и спада выходного напряжения транзисторной оптопары до уровня 0,1 максимального значения;

время выключения $t_{выкл}$ — интервал времени между моментами спада входного сигнала до уровня 0,9 и нарастания выходного напряжения транзисторной оптопары до уровня 0,9 максимального значения.

Так же как и для других оптопар, даются параметры, характеризующие изоляцию выходной цепи от входной.

Транзисторные оптопары находят преимущественное применение в аналоговых и ключевых коммутаторах сигналов, схемах согласования датчиков с измерительными блоками, гальванической развязки в линиях связи, оптоэлектронных реле, коммутирующих большие токи.

На рис. 10.1 показана схема устройства для временно́й выборки сигналов. В нем осуществляется последовательный опрос каждого ин-

формационного входа. Управляющие сигналы, подаваемые на входы оптопар, смещены относительно друг друга по времени. По той же временной программе информационные входы подключаются к измерительному усилителю.

При согласовании датчиков сигналов, а также внешних устройств с электронным оборудованием возникает необходимость защиты от внешних импульсных помех. На рис. 10.2 показано применение транзисторной оптопары для согласования электронного устройства с источником синхронизирующих сигналов, поступающих на вход устройства на фоне мощных импульсных помех. Высокое проходное сопротивление и малая емкость оптопары позволяют значительно уменьшить амплитуду помех, попадающих в устройство.

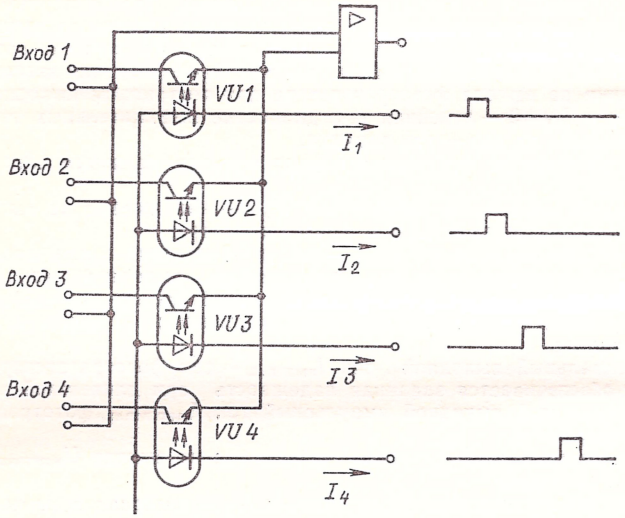


Рис. 10.1. Схема оптоэлектронного коммутатора

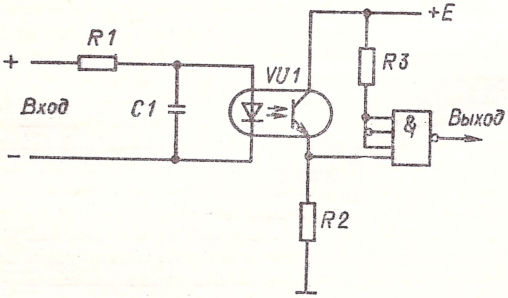


Рис. 10.2. Согласование с датчиком синхронизирующихся сигналов

Особое значение имеет оптоэлектронная развязка датчика и регистрирующей электронной аппаратуры в медицине. Так как датчики обычно прикрепляются к телу человека, то необходима защита их от высокого напряжения, имеющегося в регистрирующей аппаратуре.

На рис. 10.3 изображена схема связи чувствительного датчика жизненных функций человека, имеющего автономное низковольтное питание, с измерительным прибором, питающимся от сети переменного тока.

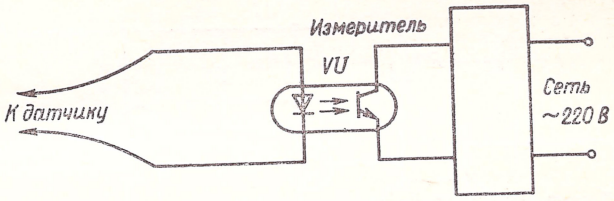


Рис. 10.3. Схема связи датчика с измерительным прибором

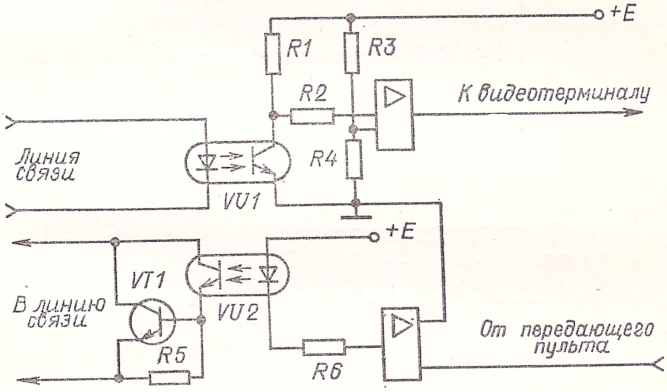


Рис. 10.4. Схема сопряжения видеотерминала с линией связи

Транзисторные оптопары нашли применение для сопряжения телетайпной линии связи с видеотерминалом. При использовании терминала с визуальным отображением информации на основе электронно-лучевой трубки линия связи не должна заземляться в оконечной аппаратуре. На приемном конце линии включают транзисторную оптопару, через которую информация передается для последующего отображения (рис. 10.4). В устройство сопряжения входит также операционный усилитель для получения требуемого уровня сигналов. В передающем канале включена другая оптопара, на которую поступают импульсные сигналы с клавиатуры пульта. На выходе оптопары передаваемые сигналы усиливаются транзистором.

Перспективно использование транзисторных оптопар для подключения различных вспомогательных устройств к телефонной линии, которая

также не должна иметь гальванической связи с этими устройствами. Например, устройство «помощник секретаря» подключается к телефонной линии через транзисторную оптопару. Индикаторы этого устройства указывают состояние телефонов, расположенных на удалении.

Импульсные сигналы, проходящие по линии связи, могут быть сильно искажены по форме. Для восстановления формы сигнала и устранения сопровождающих шумов перед приемным устройством ставят оптоэлектронный одновибратор (рис. 10.5).

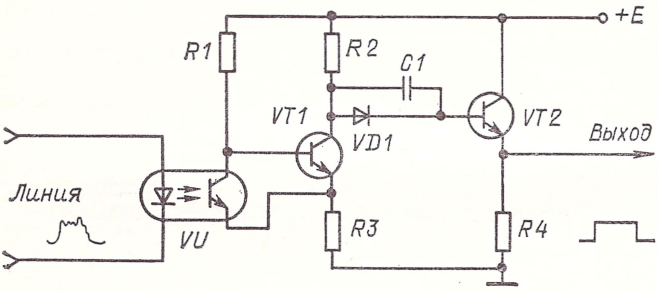


Рис. 10.5. Схема одновибратора

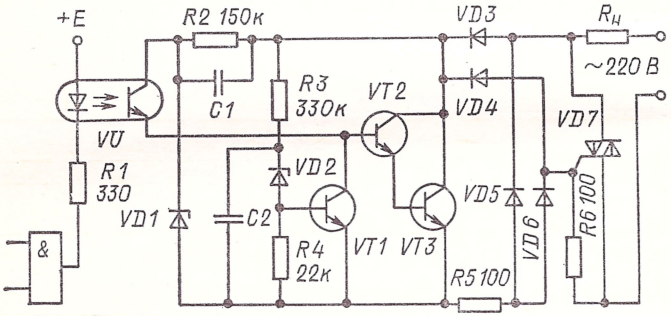


Рис. 10.6. Схема мощного полупроводникового реле

Приходящие на вход оптопары импульсы переводят фототранзистор в насыщение, и транзистор *VT1* запирается. Высокий потенциал, возникающий на коллекторе *VT1*, через диод *VD1* прикладывается к базе транзистора *VT2*, что вызывает его отпирание. После окончания входного сигнала транзистор *VT2* запирается до прихода следующего возбуждающего импульса.

Схема мощного полупроводникового реле с током нагрузки до 10 А и транзисторной оптопарой в качестве развязывающего элемента в цепи управления изображена на рис. 10.6.

Включение реле происходит по команде логического устройства на микросхемах, в выходную цепь которого включен светодиод оптопары. Управляющая схема усиливает сигнал и подает его на управляющий

электрод симметричного тиристора в момент прохождения синусоидального питающего напряжения через нуль. Последнее требование объясняется тем, что включение мощного тиристора на пике синусоиды или вблизи его вызывает сильные высокочастотные помехи, которые могут быть причиной сбоев и отказов располагающейся рядом аппаратуры.

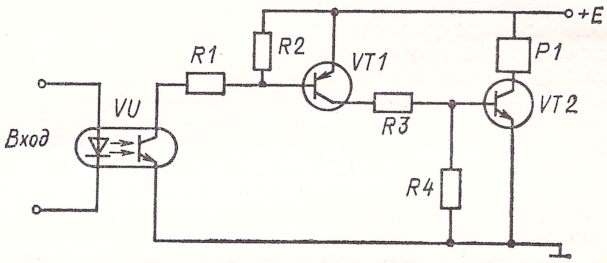


Рис. 10.7. Полупроводниковое нормально разомкнутое реле

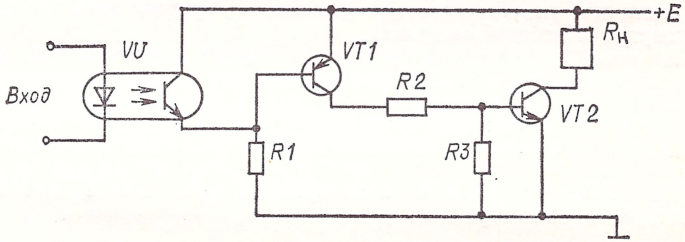


Рис. 10.8. Полупроводниковое нормально замкнутое реле

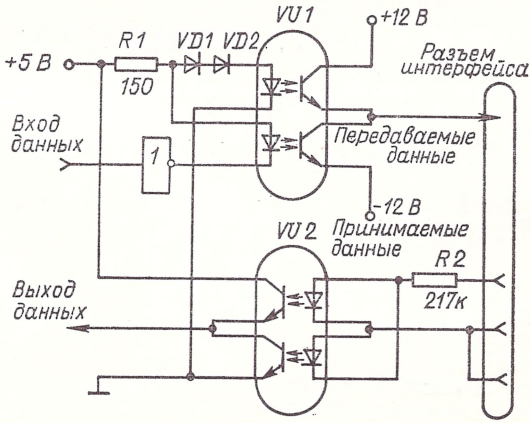


Рис. 10.9. Быстродействующий интерфейс с оптоизолятором

Так как командный сигнал может поступать в любой момент времени, то схема содержит узел на транзисторе *VT1*, задерживающий включение тиристора до момента перехода питающего напряжения через нуль.

Выпрямленный диодами *VD3—VD6* переменный ток проходит через резистор *R2* и стабилитрон *VD1* с напряжением стабилизации 30 В. Пульсирующее напряжение на коллекторе фототранзистора не превышает 30 В. Транзистор *VT1* поддерживается в открытом состоянии в течение почти всего полупериода напряжения питания, закрываясь лишь на короткий отрезок времени, соответствующий мгновенным значениям питающего напряжения от 0 до 25 В.

Если сигнал управления приходит в максимуме напряжения питания, то в это время транзистор *VT1* открыт и положительный сигнал, поступивший с выхода транзисторной оптопары, не включает составной транзистор *VT2, VT3*. Лишь при снижении мгновенного значения амплитуды питания до 25 В, когда запирается *VT1*, составной транзистор включается. В коллекторной цепи *VT3* появляется сигнал, достаточный для отпирания симметричного тиристора *VD7*.

На рис. 10.7 и 10.8 показаны разновидности полупроводниковых реле с гальванической развязкой управляющих схем от выходной цепи. Нормально разомкнутое реле (рис. 10.7) служит для управления постоянным током. Логический сигнал включает транзисторную оптопару, что вызывает последовательное включение транзисторов *VT1, VT2* и коммутацию рабочей нагрузки.

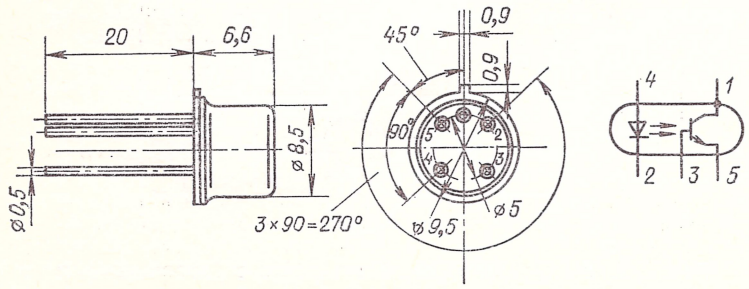
На рис. 10.8 приведена схема аналогичного нормально замкнутого реле. В этой схеме при приходе управляющего сигнала производится выключение рабочей нагрузки.

На рис. 10.9 показана схема интерфейса с оптической изоляцией передатчика и приемника цифровых данных от аппаратуры обработки, например микропроцессора. Использованные здесь двухканальные оптопары обеспечивают высокую помехоустойчивость, малые искажения и высокую скорость передачи.

10.2. ТРАНЗИСТОРНЫЕ ОПТОПАРЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

АОТ123(А, Б, В, Г), ЗОТ123(А, Б, В, Г)

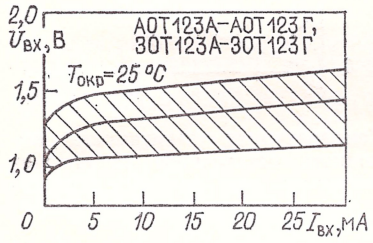
Оптопары транзисторные малой мощности. Излучатель — диодная структура на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемник — кремниевый фототранзистор. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 2 г.



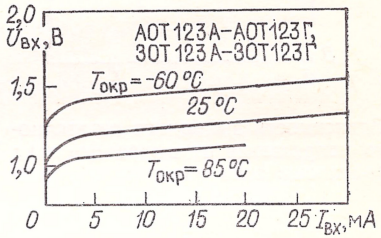
Предназначены для применения в ключевом режиме. Между выводами *3* и *5* должен быть подключен резистор сопротивлением 100 кОм.

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

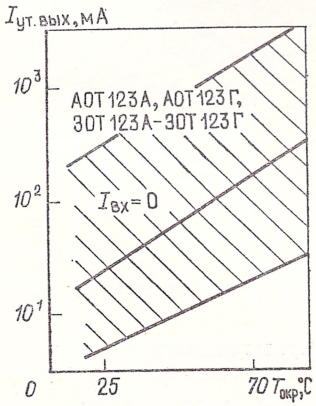
Входное напряжение при $I_{вх}=20$ мА, не более . . . 2 В
Выходное остаточное напряжение, не более:
АОТ123А, АОТ123В, ЗОТ123А, ЗОТ123В при $I_{вх}=10$ мА 0,3 В
АОТ123Б, АОТ123Г, ЗОТ123Б, ЗОТ123Г при $I_{вх}=20$ мА 0,5 В
Ток утечки на выходе АОТ123А, ЗОТ123А при $U_{ком}=50$ В; АОТ123Б, АОТ123В, ЗОТ123Б, ЗОТ123В при $U_{ком}=30$ В, АОТ123Г, ЗОТ123Г при $U_{ком}=15$ В, не более . 10 мкА
Сопротивление изоляции, не менее . . . . . 10^9 Ом
Время нарастания и спада выходного тока, не более:
АОТ123А, АОТ123Б, АОТ123В, АОТ123Г . . . . . 2 мкс
ЗОТ123А, ЗОТ123Б, ЗОТ123В, ЗОТ123Г . . . . . 4 мкс



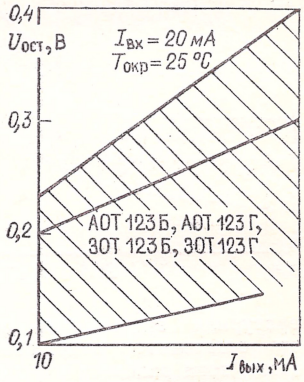
Типовая входная вольт-амперная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



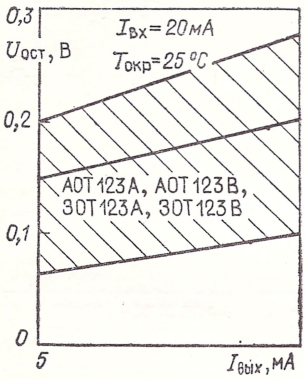
Типовые входные вольт-амперные характеристики



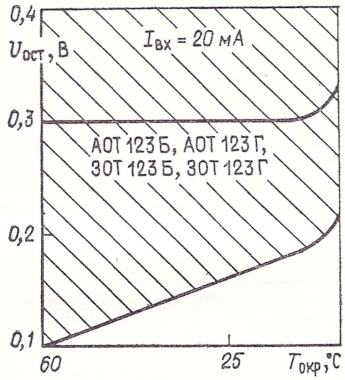
Температурная зависимость выходного тока утечки (показаны зона разброса и усредненная кривая)



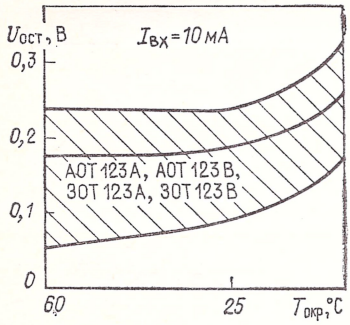
Зависимость выходного остаточного напряжения от выходного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)



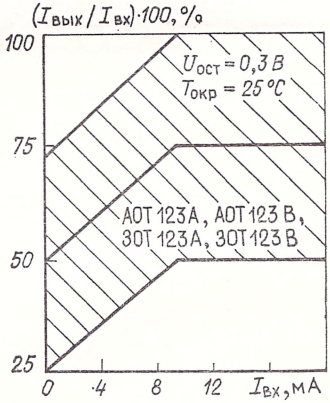
Зависимость выходного остаточного напряжения от выходного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Температурная зависимость выходного остаточного напряжения (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Температурная зависимость выходного остаточного напряжения (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Передаточная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)

Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный или средний ток при $T_{окр} \leqslant 35$ °С . . . 30 мА

Входной импульсный ток при $\tau_и = 10$ мкс . . . . . 100 мА

Входное обратное напряжение . . . . . 0,5 В

Выходное коммутируемое напряжение:

АОТ123А, ЗОТ123А . . . . . 50 В

АОТ123Б, АОТ123В, ЗОТ123Б, ЗОТ123В . . . 30 В

АОТ123Г, ЗОТ123Г . . . . . 15 В

Выходной ток:

АОТ123А, АОТ123В, ЗОТ123А, ЗОТ123В . . . 10 мА

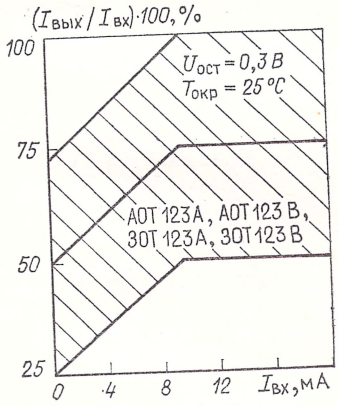
АОТ123Б, АОТ123Г, ЗОТ123Б, ЗОТ123Г . . . 20 мА

Напряжение изоляции . . . . . 100 В

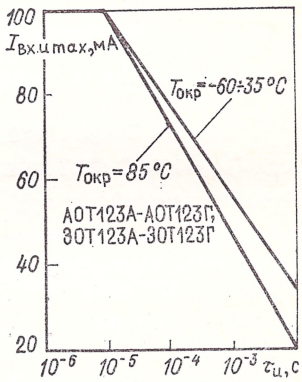
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:

АОТ123А, АОТ123Б, АОТ123В, АОТ123Г . . . —60÷+70 °С

ЗОТ123А, ЗОТ12Б, ЗОТ123В, ЗОТ123Г . . . . —60÷+85 °С



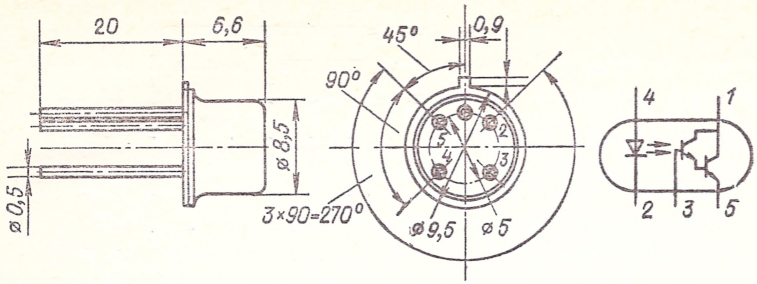
Передаточная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость максимально допустимого входного импульсного тока от длительности импульсов

АОТ126(А, Б), ЗОТ126(А, Б)

Оптопары транзисторные. Излучатель — мезаэпитаксиальный диод на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемник — кремниевый планарно-эпитаксиальный *n-p-n*-фототранзистор. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Предназначены для коммутации цепей постоянного тока. Между выводами *3* и *5* прибора должен быть включен резистор сопротивлением 100 кОм. Масса не более 2 г.

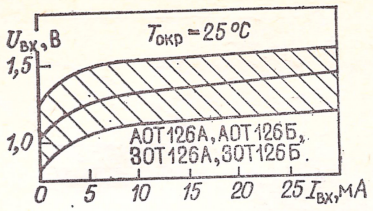


Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

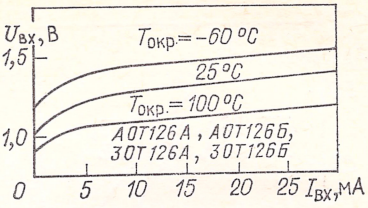
Входное напряжение при $I_{вх}=20$ мА, не более	2 В
Выходное остаточное напряжение при $I_{вх}=20$ мА, $I_{вх}=10$ мА, не более	0,3 В
Ток утечки на выходе при $I_{вх}=0$ и максимальном выходном напряжении, не более	10 мкА
Сопротивление изоляции при $U_{из}=500$ В, не менее	10^{11} Ом
Время нарастания и спада выходного импульсного тока при $I_{вх}=20$ мА, $U_{ком}=10$ В, $R_{н}=100$ Ом	2 мкс

Предельные эксплуатационные данные

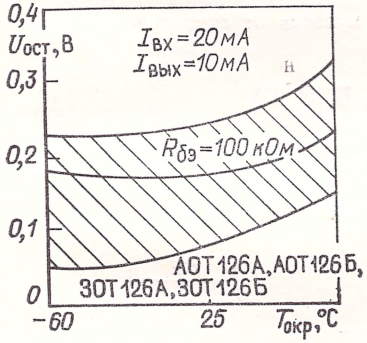
Входной постоянный или средний ток:	
при $T_{окр}\leqslant 35$ °С	30 ма
при $T_{окр}=85$ °С (АОТ126А, Б)	10 мА
при $T_{окр}=100$ °С (3ОТ126А, Б)	10 мА
Входной импульсный ток при $\tau_{и}=10$ мкс	100 мА
Входное обратное напряжение	0,5 В
Выходное коммутируемое напряжение:	
АОТ126А, 3ОТ126А	30 В
АОТ126Б, 3ОТ126Б	15 В
Выходной ток:	
при $T_{окр}$ до 35 °С	10 мА
при $T_{окр}=85$ °С (АОТ126А, Б)	5 мА
при $T_{окр}=100$ °С (3ОТ126А, Б)	5 мА
Напряжение изоляции:	
при $T_{окр}$ до 35 °С	1000 В
при $T_{окр}=85$ °С (АОТ126А, Б)	500 В
при $T_{окр}=100$ °С (3ОТ126А, Б)	500 В
Диапазон рабочей температуры:	
АОТ126А, АОТ126Б	—60÷+85° С
3ОТ126А, 3ОТ126Б	—60÷+100°С



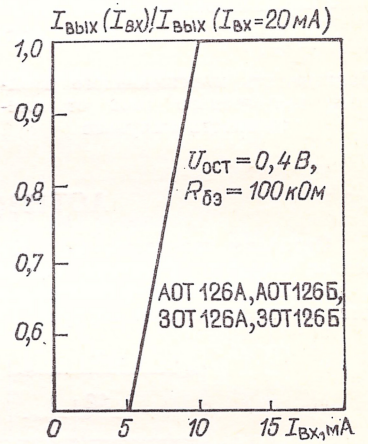
Входная вольт-амперная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Типовые вольт-амперные характеристики

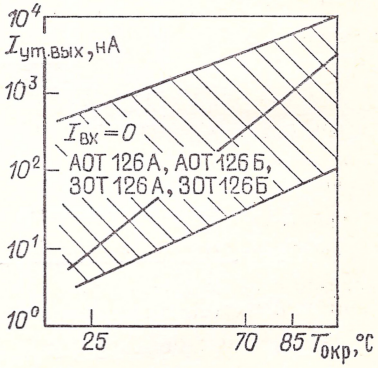


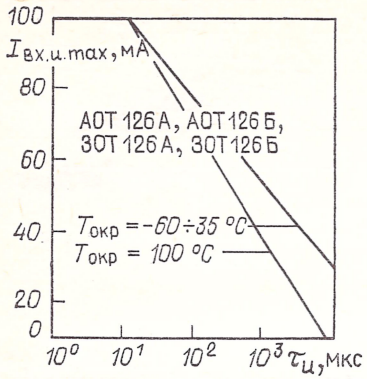
Зависимость остаточного напряжения от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)



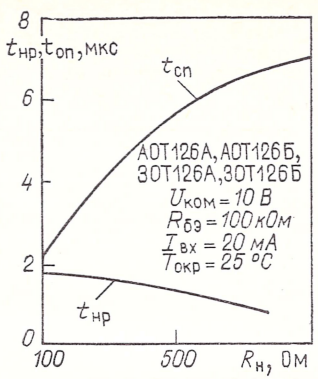
Типовая зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от входного тока

Зависимость входного тока утечки от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)





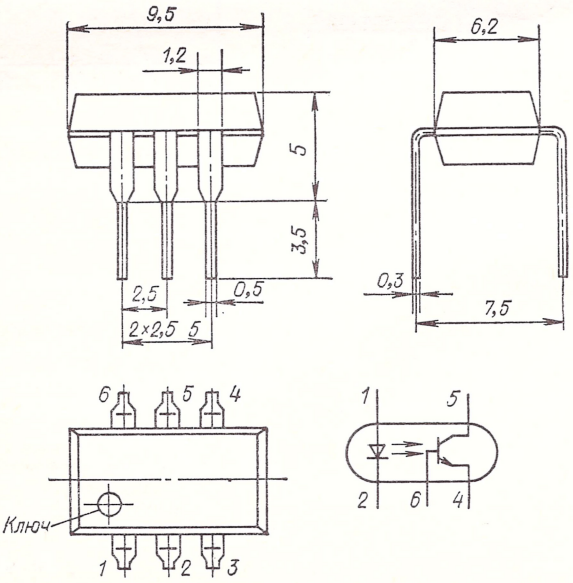
Зависимость максимального входного импульсного тока от длительности импульса



Типовая зависимость времени нарастания и спада выходных импульсов от сопротивления нагрузки

АОТ128(А, Б, В, Г)

Оптопары транзисторные. Излучатель — эпитаксиальный диод на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемник — кремниевый планарно-эпитаксиальный *n-p-n*-фототранзистор. Выпускаются в пластмассовом корпусе. Предназначены для коммутации цепей



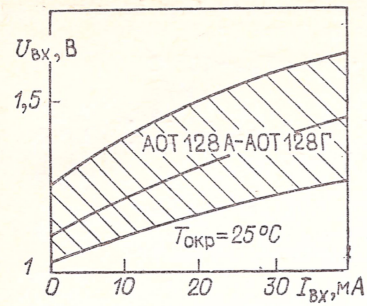
постоянного тока. Между выводами *6* и *4* должен быть подключен резистор сопротивлением 100 кОм. Масса не более 1 г.

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ ° С

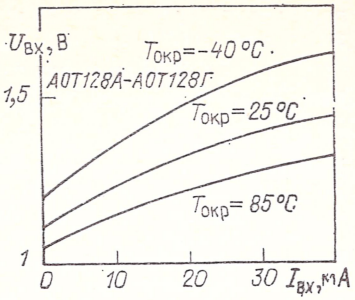
Входное напряжение, не более:	
при $I_{вх}=10$ мА	1,6 В
при $I_{вх}=40$ мА	1,8 В
Выходное остаточное напряжение при $I_{вх}=10$ мА:	
АОТ128А при $I_{вх}=2{,}5$ мА	0,3 В
АОТ128Б при $I_{вх}=10$ мА; АОТ128В, АОТ128Г при $I_{вх}=5$ мА	0,4 В
Ток утечки на выходе при максимальном выходном напряжении, не более	10 мкА
Сопротивление изоляции при $U_{из}=500$ В, не менее	10^{11} Ом
Время нарастания и спада импульса выходного тока при $I_{вх}=10$ мА, $U_{ком}=10$ В, $R_{н}=100$ Ом, не более	5 мкс

Предельные эксплуатационные данные

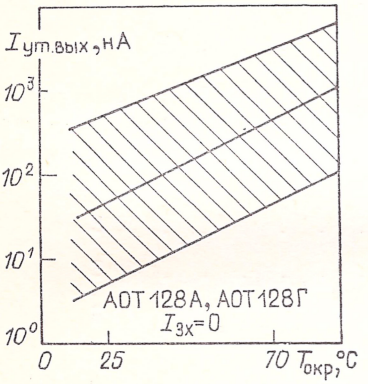
Входной постоянный ток:	
при $T_{окр}\leqslant 35$ °С	40 мА
при $T_{окр}=85$ °С	10 мА
Входной импульсный ток при $\tau_{и}=10$ мкс и среднем входном токе, не превышающем половину $I_{вхmax}$	100 мА
Входное обратное напряжение	0,5 В
Выходное коммутируемое напряжение:	
АОТ128А	50 В
АОТ128Б, АОТ128В	30 В
АОТ128Г	15 В
Выходной постоянный ток:	
при $T_{окр}\leqslant 35$ °С:	
АОТ128А	8 мА
АОТ128Б	32 мА
АОТ128В, АОТ128Г	16 мА
при $T_{окр}=85$ °С:	
АОТ128А	2 мА
АОТ128Б	7 мА
АОТ128В, АОТ128Г	4 мА
Напряжение изоляции	1500 В
Пиковое напряжение изоляции при $\tau_{и}=1$ мин	3000 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—40÷+85 °С



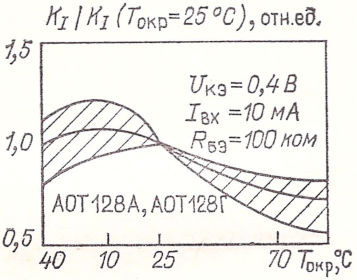
Входная вольт-амперная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



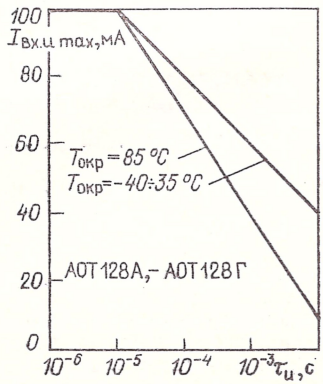
Типовые входные вольт-амперные характеристики



Температурная зависимость выходного тока утечки (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Типовая зависимость коэффициента передачи тока от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)

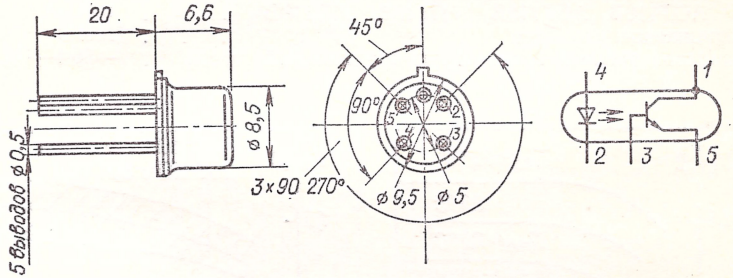


Зависимость максимального входного импульсного тока от длительности импульсов входного тока

10.3. ТРАНЗИСТОРНЫЕ ОПТОПАРЫ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

АОТ110(А, Б, В, Г), ЗОТ110(А, Б, В, Г)

Оптопары транзисторные средней мощности. Излучатель — диодная структура на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемник — кремниевый составной фототранзистор. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 1,5 г.



Между выводами *3* и *5* должен быть подключен резистор сопротивлением от 0,1 до 1 МОм. Нагрузку допускается подсоединять к выводу *1* или *5*. Типовой режим применения — ключевой.

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=25$ мА, не более . . . 2 В
Выходное остаточное напряжение, не более:
при $I_{вых}=200$ мА:
АОТ110А, АОТ110Г, ЗОТ110А, ЗОТ110Г . . 1,5 В
при $I_{вых}=100$ мА:
АОТ110Б, АОТ110В, ЗОТ110Б, ЗОТ110В . . 1,5 В
Ток утечки на выходе, не более:
при $U_{ком}=30$ В АОТ110А, АОТ110В, ЗОТ110А, ЗОТ110В 100 мкА
при $U_{ком}=15$ В АОТ110Г, ЗОТ110Г . . . . . 100 мкА
при $U_{ком}=50$ В АОТ110Б, ЗОТ110Б . . . . . 100 мкА
Входной ток номинальный . . . . . 10 мА
Время включения при $I_{вх}=25$ мА, $R_н=100$ Ом, $U_{ком}=11$ В 1—50 мкс
Время выключения при $I_{вх}=25$ мА, $R_н=100$ Ом, $U_{ком}=11$ В 5—100 мкс
Сопротивление изоляции, не менее . . . . . 10^9 Ом

Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный или средний ток:
при $T_{окр}\leqslant 35$ °С . . . . . 30 мА
при $T_{окр}=70$ °С . . . . . 15 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и=10$ мкс:
при $T_{окр}\leqslant 35$ °С . . . . . 100 мА
при $T_{окр}=70$ °С . . . . . 85 мА
Входное обратное напряжение . . . . . 0,7 В
Средняя рассеиваемая мощность:
при $T_{окр}\leqslant 35$ °С . . . . . 360 мВт

при $T_{окр}=70$ °С . . . . . 80 мВт

Коммутируемое напряжение на выходе при $T_{окр}\leqslant 70$ °С:

АОТ110А, АОТ110В, 3ОТ110А, 3ОТ110В . . . 30 В

АОТ110Б, 3ОТ110Б . . . . . 50 В

АОТ110Г, 3ОТ110Г . . . . . 15 В

Выходной ток при $T_{окр}\leqslant 35$ °С:

АОТ110А, АОТ110Г, 3ОТ110А, 3ОТ110Г . . . 200 мА

АОТ110Б, АОТ110В, 3ОТ110Б, 3ОТ110В . . . 100 мА

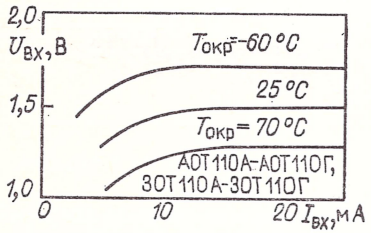
Выходной импульсный ток при $\tau_и=10$ мс, $T_{окр}\leqslant 70$ °С:

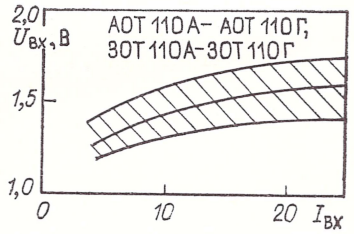
АОТ110А, АОТ110Г, 3ОТ110А, 3ОТ110Г . . . 200 мА

АОТ110Б, АОТ110В, 3ОТ110Б, 3ОТ110В . . . 100 мА

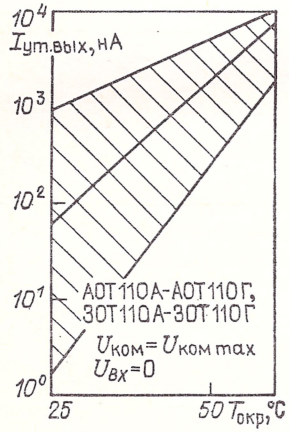
Напряжение изоляции . . . . . 100 В

Диапазон рабочей температуры окружающей среды . —60÷+70 °С





Типовые входные вольт-амперные характеристики



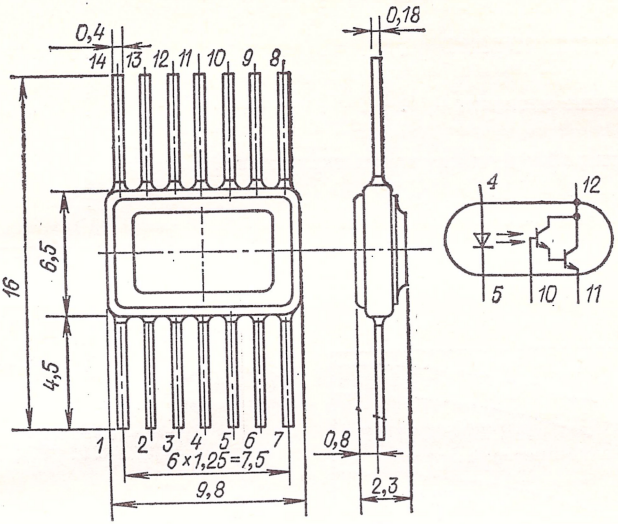
Входная вольт-амперная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)

Температурная зависимость выходного тока утечки (показаны зона разброса и усредненная кривая)

АОТ122(А, Б, В, Г), 3ОТ122(А, Б, В, Г)

Оптопары транзисторные. Излучатель — мезаэпитаксиальный диод на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемник — кремниевый планарный *n-p-n* составной фототранзистор. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Предназначены для коммутации цепей

постоянного тока. Между выводами *10* и *11* должен быть подключен резистор сопротивлением 1 МОм. Масса не более 0,6 г.



Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=5$ мА, не более	1,6 В
Выходное постоянное напряжение при $I_{вх}=5$ мА АОТ122А, АОТ122В, АОТ122Г, 3ОТ122А, 3ОТ122В, 3ОТ122Г при $I_{вых}=15$ мА АОТ122Б, 3ОТ122Б при $I_{вых}=25$ мА, не более	1,5 В
Ток утечки на выходе при максимальном выходном напряжении, не более	10 мкА
Сопротивление изоляции при $U_{из}=100$ В	10^9 Ом
Время нарастания импульса выходного тока при $I_{вх}=5$ мА, $U_{ком}=10$ В, $R_н=100$ Ом, не более	6 мкс
Время спада импульса выходного тока при $I_{вх}=5$ мА, $U_{ком}=10$ В, $R_н=100$ Ом, не более	100 мкс

Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный или средний ток	15 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и=10$ мкс	85 мА
Выходное коммутируемое напряжение:	
АОТ122А, 3ОТ122А	50 В
АОТ122Б, 3ОТ122Б, АОТ122В, 3ОТ122В	30 В
АОТ122Г, 3ОТ122Г	15 В

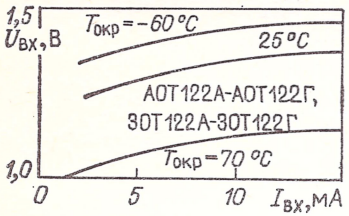
Выходной постоянный или средний ток:

АОТ122А, ЗОТ122А, АОТ122В, ЗОТ122В, АОТ122Г, ЗОТ122Г . . . . . 15 мА

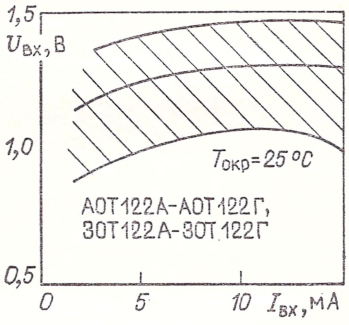
АОТ122Б, ЗОТ122Б . . . . . 25 мА

Напряжение изоляции . . . . . 100 В

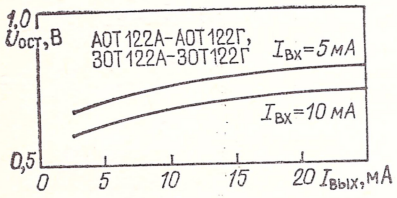
Диапазон рабочей температуры окружающей среды . —60÷+70 °С



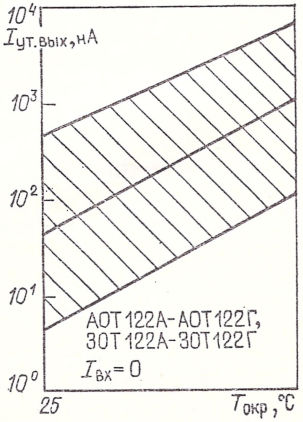
Типовые входные вольт-амперные характеристики



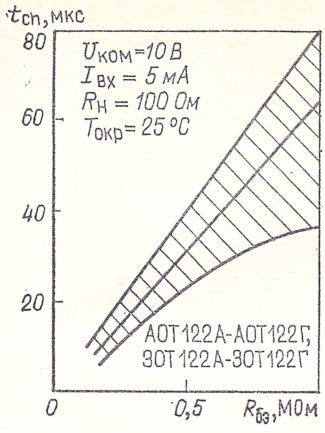
Входная вольт-амперная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



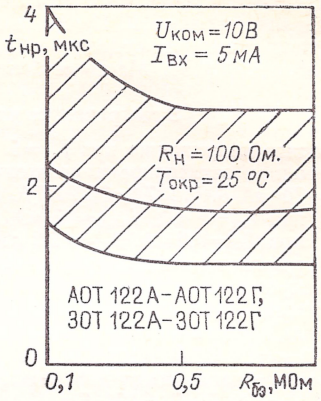
Типовая зависимость выходного остаточного напряжения от выходного тока



Температурная зависимость выходного тока утечки (показаны зона разброса и усредненная кривая)



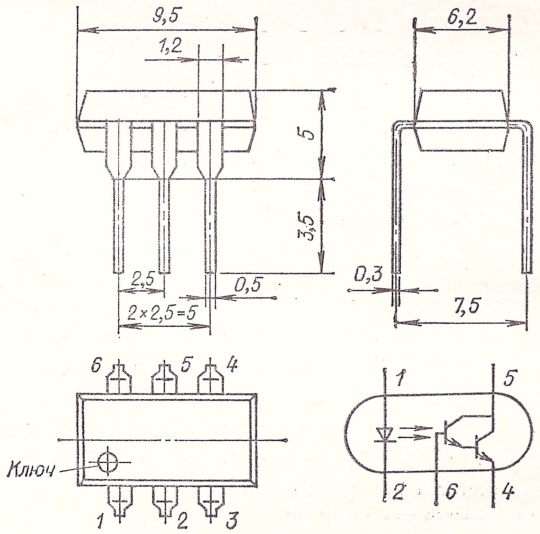
Зависимость времени спада выходного импульса от сопротивления резистора $R_{бэ}$ (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость времени нарастания выходного импульса от сопротивления резистора $R_{бэ}$ (показаны зона разброса и усредненная кривая)

АОТ127(А, Б, В), ЗОТ127(А, Б)

Оптопары транзисторные. Излучатель — мезаэпитаксиальный диод на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемник — кремниевый планарно-эпитаксиальный *n-p-n*-фототранзистор. АОТ127А—



АОТ127В выпускаются в пластмассовом корпусе, 3ОТ127А, 3ОТ127Б — в металлостеклянном. Предназначены для коммутации цепей постоянного тока. Между выводами *4* и *6* должен быть подключен резистор сопротивлением 1 МОм. Масса не более 1 г.

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=5$ мА, не более . . . 1,6 В
Выходное остаточное напряжение при $I_{вх}=5$ мА, $I_{вых}=70$ мА АОТ127А, 3ОТ127А, 3ОТ127Б . . . . . 1,5 В
при $I_{вх}=5$ мА, $I_{вых}=15$ мА АОТ127Б, АОТ127В . . 1,5 В
при $I_{вх}=0{,}5$ мА, $I_{вых}=2{,}5$ мА 3ОТ127А . . . . . 1,2 В
Ток утечки на выходе при $I_{вх}=0$ и максимальном выходном напряжении, не более . . . . . 10 мкА
Сопротивление изоляции при $U_{из}=500$ В, не менее . . 10^{11} Ом
Время нарастания импульса выходного тока при $I_{вх}=5$ мА, $U_{ком}=10$ В, $R_{н}=100$ Ом . . . . . 10 мкс
Время спада импульса выходного тока при $I_{вх}=5$ мА, $U_{ком}=10$ В, $R_{н}=100$ Ом . . . . . 100 мкс

Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный ток:
при $T_{окр}\leqslant 35$ °С:
АОТ127А, АОТ127Б, АОТ127В . . . . . 15 мА
3ОТ127А, 3ОТ127Б . . . . . 20 мА
при $T_{окр}=70$ °С АОТ127А, АОТ127Б, АОТ127В . . 5 мА
при $T_{окр}=85$ °С 3ОТ127А, 3ОТ127Б . . . . 5 мА

Входной импульсный ток при $\tau_{и}=10$ мкс, $I_{вх.\,max}\leqslant 2{,}5$ мА:
при $T_{окр}\leqslant 35$ °С:
АОТ127Б . . . . . 100 мА
3ОТ127А, 3ОТ127Б . . . . . 85 мА
при $T_{окр}=70$ °С АОТ127Б . . . . . 20 мА
при $T_{окр}=85$ °С 3ОТ127А, 3ОТ127Б . . . . . 20 мА

Входное обратное напряжение . . . . . 1,5 В

Выходное коммутируемое напряжение:
АОТ127А, 3ОТ127А, АОТ127Б, 3ОТ127Б . . . 30 В
АОТ127В . . . . . 15 В

Выходной ток:
АОТ127А, АОТ127Б, АОТ127В:
при $T_{окр}\leqslant 35$ °С . . . . . 70 мА
при $T_{окр}=70$ °С . . . . . 20 мА
3ОТ127А, 3ОТ127Б:
при $T_{окр}\leqslant 35$ °С . . . . . 100 мА
при $T_{окр}=85$ °С . . . . . 20 мА

Мощность, рассеиваемая при $T_{окр}\leqslant 35$ °С:
АОТ127А, АОТ127Б, АОТ127В . . . . . 225 мВт

Напряжение изоляции:

3ОТ127А, 3ОТ127Б:

при $T_{окр} \leqslant 35$ °С . . . . . 1000 В

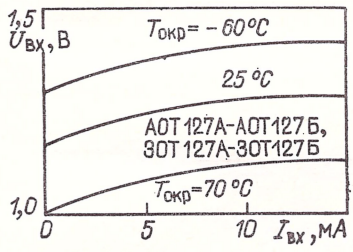
при $T_{окр} = 85$ °С . . . . . 500 В

АОТ127А, АОТ127Б, АОТ127В во всем диапазоне рабочей температуры . . . . . 500 В

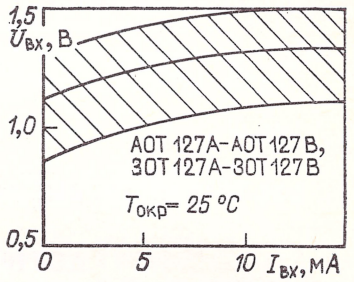
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:

АОТ127А, АОТ127Б, АОТ127В . . . . . —40÷+70 °С

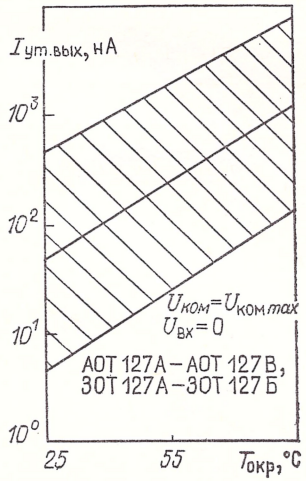
3ОТ127А, 3ОТ127Б . . . . . —60÷+85 °С



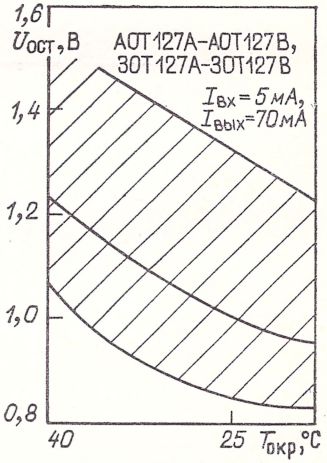
Типовые входные вольт-амперные характеристики



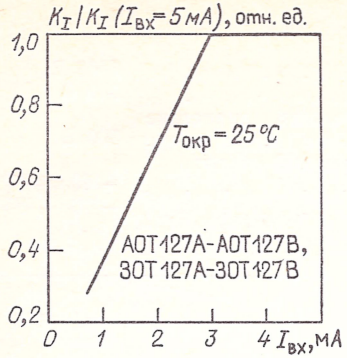
Входная вольт-амперная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Температурная зависимость выходного тока утечки (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Температурная зависимость выходного остаточного напряжения (показаны зона разброса и усредненная кривая)

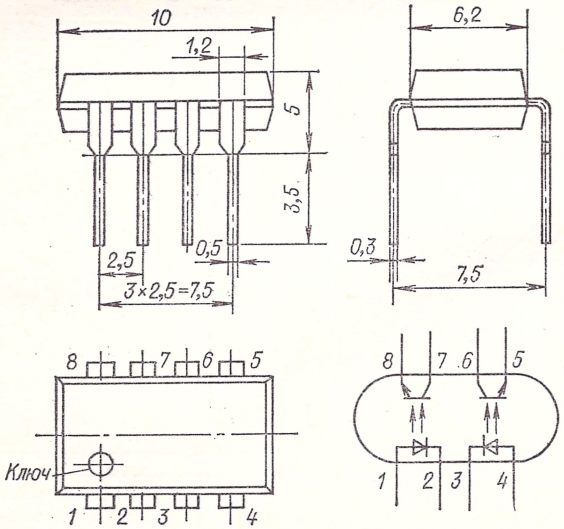


Температурная зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от входного тока

10.4. ТРАНЗИСТОРНЫЕ ДВУХКАНАЛЬНЫЕ ОПТОПАРЫ

АОТ101(АС, БС)

Оптопары транзисторные двухканальные. Излучатели — эпитаксиальные диоды на основе твердого раствора галлий—алюминий—мышьяк; приемники — кремниевые планарные *n-p-n*-фототранзисторы. Выпускаются в пластмассовом корпусе. Масса не более 1,5 г.



Электрические параметры при $T_{окр}=25°$ С

Входное напряжение, не более:
при $I_{вх}=5$ мА . . . . . 1,6 В
при $I_{вх}=15$ мА . . . . . 1,7 В
Выходное остаточное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, АОТ101АС при $I_{вых}=5$ мА, АОТ101БС при $I_{вых}=10$ мА, не более 0,4 В
Ток утечки на выходе при $U_{ком}=10$ В, не более . . . 10 мА
Сопротивление изоляции при $U_{из}=500$ В, не менее . . 10^{11} Ом
Время нарастания и спада импульса выходного тока при $U_{ком}=10$ В, $R_{н}=100$ Ом, не более . . . . . 10 мкс

Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный ток:
при $T_{окр}\leqslant 50$ °С . . . . . 20 мА
при $T_{окр}=70$ °С . . . . . 15 мА

Входной импульсный ток при $\tau_{и}=10$ мкс и среднем входном токе, не превышающем половину $I_{вхmax}$. 50 мА

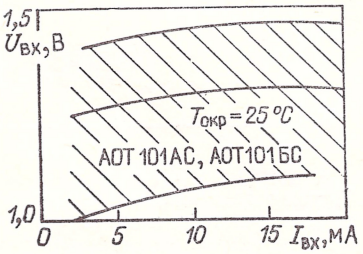
Входное обратное напряжение . . . . . 1,5 В

Выходное коммутируемое напряжение . . . . . 15 В

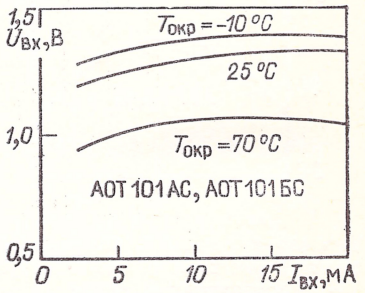
Выходной постоянный или средний ток:
АОТ101АС . . . . . 5 мА
АОТ101БС . . . . . 10 мА

Напряжение изоляции:
при $T_{окр}=25$ °С . . . . . 1500 В
при $T_{окр}=70$ °С . . . . . 500 В

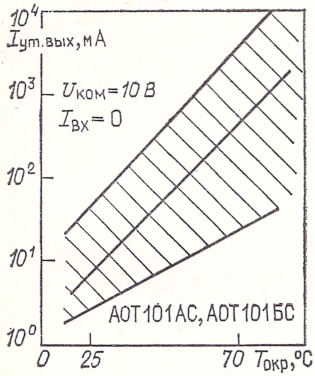
Диапазон рабочей температуры окружающей среды . —10÷+70 °С



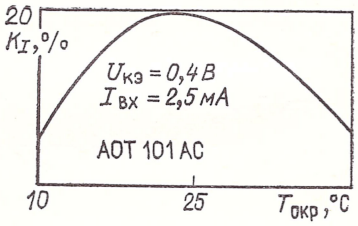
Входная вольт-амперная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



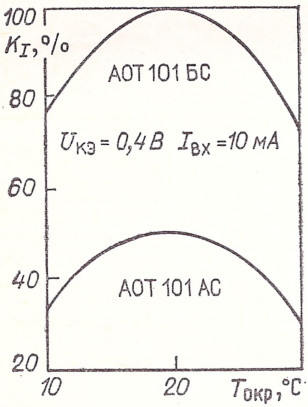
Типовые входные вольт-амперные характеристики



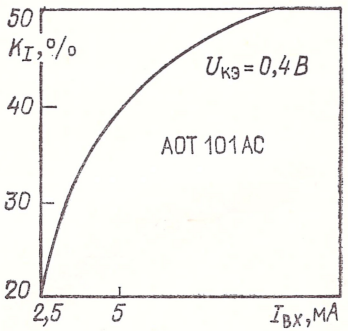
Температурная зависимость выходного тока утечки (показаны зона разброса и усредненная кривая)



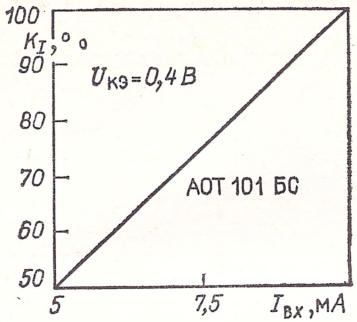
Типовая зависимость коэффициента передачи тока от температуры окружающей среды



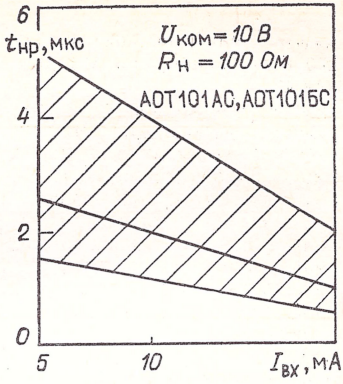
Типовая зависимость коэффициента передачи тока от температуры окружающей среды



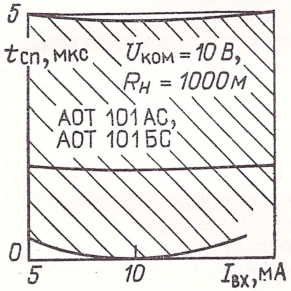
Типовая зависимость коэффициента передачи тока от входного тока



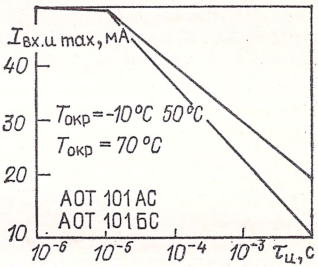
Типовая зависимость коэффициента передачи тока от входного тока



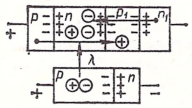
Зависимость времени нарастания выходного импульса от входного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость времени спада выходного импульса от входного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость максимального входного импульсного тока от длительности импульса входного тока



Раздел 11

ТИРИСТОРНЫЕ ОПТОПАРЫ

11.1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, ПРИМЕНЕНИЕ

В тиристорных оптопарах в качестве приемного элемента используется кремниевый фототиристор.

Фототиристор, так же как обычный тиристор, имеет четырехслойную структуру *p-n-p-n*. Конструктивно оптопара выполнена так, что основ-

ная часть излучения входного диода направлена на высокоомную базовую область n фототиристора. К крайним областям — аноду p и катоду n прикладывается внешнее выходное напряжение плюсом к аноду. При облучении в n-базе генерируются пары носителей заряда — электронов и дырок. Электрическим полем центрального перехода между n- и p-областями носители заряда разделяются. При этом электроны остаются в n-базе, а дырки попадают в p-базу, заряжая соответствующие базы отрицательно и положительно. При такой полярности зарядов на базах происходит инжекция неосновных носителей заряда из крайних переходов структуры, называемых эмиттерами. Лавинообразное нарастание тока через структуру приводит к отпиранию тиристора, все три перехода оказываются смещенными в прямом направлении, и падение напряжения на фототиристоре в отпертом состоянии получается малым.

Фототиристор, так же как и фототранзистор, обладает большим внутренним усилием фототока. В отличие от фототранзистора включенное состояние фототиристора сохраняется и при прекращении излучения входного диода. Таким образом, управляющий сигнал на тиристорную оптопару может подаваться только в течение небольшого времени, необходимого для отпирания тиристора. Этим достигается существенное уменьшение энергии, необходимой для управления тиристорной оптопарой.

Чтобы запереть фототиристор, с него надо снять внешнее напряжение. Если тиристор включается в цепь переменного или пульсирующего напряжения, то выключение тиристора происходит в каждый из периодов при уменьшении напряжения и тока через тиристор до значения, при котором не может поддерживаться включенное состояние структуры.

При отсутствии входного сигнала, что соответствует необлученному состоянию базовой n-области, через фототиристор протекает небольшой ток утечки (темновой ток). Темновой ток сильно зависит от температуры. При повышении температуры на 10 °С ток примерно удваивается.

Специфическими параметрами для тиристорных оптопар являются следующие:

ток включения $I_{вкл}$ — постоянный прямой входной ток, который переводит оптопару в открытое состояние при заданном режиме на выходе;

импульсный ток включения $I_{вкл.и}$ — амплитуда входного импульсного тока заданной длительности, при которой оптопара переходит в открытое состояние;

входное напряжение $U_{вх}$ — постоянное напряжение на входе оптопары при заданном токе включения;

максимальный входной ток помехи $I_{вх.помmax}$ — входной ток, при котором тиристорная оптопара не переключается из закрытого состояния в открытое;

максимальное входное напряжение помехи $U_{вх.помmax}$ — наибольшее прямое напряжение на входе оптопары, при котором она не переключается из закрытого состояния в открытое;

выходной ток в закрытом состоянии $I_{вых.закр}$ — ток, протекающий в выходной цепи при закрытом состоянии фототиристора и заданном режиме;

выходной обратный ток $I_{вых.обр}$ — ток, протекающий в выходной цепи в обратном направлении при закрытом состоянии фототиристора;

выходное остаточное напряжение $U_{ост}$ — напряжение на выходных выводах тиристорной оптопары в условиях открытого состояния фототиристора;

выходной удерживающий ток $I_{вых.уд}$ — наименьший выходной ток,

при котором фототиристор еще находится в открытом состоянии при отсутствии входного тока;

выходной минимальный ток при подаче управляющего сигнала $I_{вых\,min}$ — минимальный выходной ток, при котором фототиристор сохраняет включенное состояние при наличии входного сигнала;

выходное минимальное напряжение в закрытом состоянии $U_{вых.пр.закр\,min}$ — минимальное прямое постоянное напряжение на выходе тиристорной оптопары, при котором гарантируется включение прибора при заданном сигнале на входе и сохранение прибором открытого состояния;

максимальное выходное прямое напряжение в закрытом состоянии $U_{вых.пр.закр\,max}$ — прямое напряжение на выходе, при котором фототиристор еще находится в закрытом состоянии при отсутствии входного сигнала и обеспечивается надежность при длительной работе;

максимальное выходное обратное напряжение $U_{вых.обр\,max}$ — обратное напряжение на выходе, при котором обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

выходная емкость $C_{вых}$ — емкость на выходе тиристорной оптопары в закрытом состоянии;

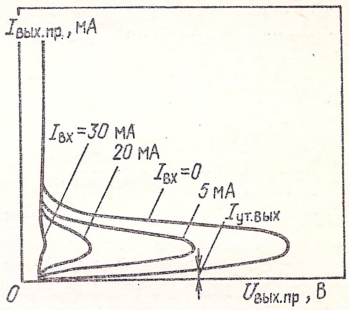


Рис. 11.1. Выходные характеристики тиристорной оптопары

максимально допустимая скорость нарастания выходного напряжения в закрытом состоянии $[dU_{вых.закр}/dt]_{max}$ — скорость нарастания, при которой обеспечивается закрытое состояние фототиристора при отсутствии входного сигнала;

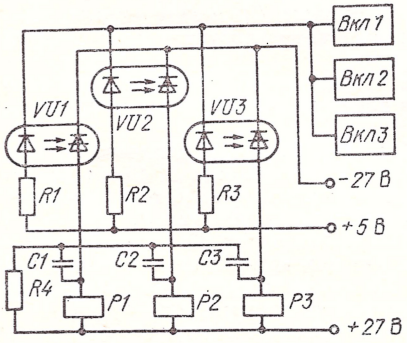


Рис. 11.2. Схема гальванической развязки цепей управления и питания реле

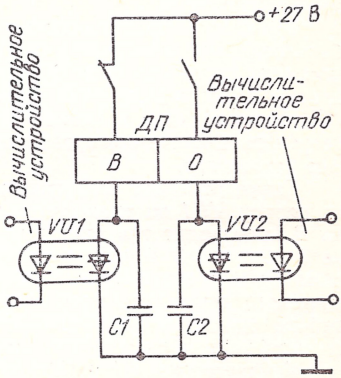


Рис. 11.3. Схема дистанционного управления мощными электродвигателями

время включения $t_{вкл}$ — интервал времени между входным импульсом тока на уровне 0,5 и выходным током на уровне 0,9 максимального значения;

время выключения $t_{выкл}$ — интервал времени от момента окончания выходного тока до момента начала следующего импульса выходного тока, под воздействием которого фототиристор не переключается в открытое состояние.

Так же как и для других оптопар, указываются максимально допустимые режимы во входной и выходной цепях, а также параметры изоляции выходной цепи от управляющей.

На рис. 11.1 показано семейство выходных вольт-амперных характеристик тиристорной оптопары. Параметром семейства является входной ток через излучающий диод.

При некотором значении входного тока происходит «спрямление» характеристики, что соответствует включенному состоянию фототиристора. Время включения оптопары зависит от входного тока. Для уменьшения времени включения входной ток необходимо увеличивать (однако он не должен превышать максимально допустимого импульсного входного тока).

Тиристорные оптопары наиболее целесообразно использовать для гальванической развязки логических цепей управления от высоковольтных цепей нагрузок большой мощности, для формирователей мощных импульсов, управления мощными тиристорами, в том числе симметричными, коммутирующими нагрузку в сети переменного тока, для устройства защиты вторичных источников питания.

На рис. 11.2 представлена схема гальванической развязки низковольтной цепи управления от цепи питания реле, коммутирующей силовые обмотки машин и аппаратов. Такая схема может использоваться в системе телеуправления механизмами, расположенными во взрывоопасной шахте.

Одна из схем дистанционного управления мощными электродвигателями показана на рис. 11.3. На схеме изображен дистанционный переключатель *ДП*, содержащий две обмотки: включающую *В* и отбойную *О*, производящие соответственно включение либо выключение мощного электродвигателя.

Команда, вырабатываемая управляющим устройством, не может быть передана непосредственно в цепь обмоток *ДП* в силу несогласованности по напряжению питания, а также из-за наличия в цепи обмоток значительных индуктивных выбросов.

Использование в данной схеме тиристорной оптопары позволило устранить влияние коммутационных помех на вычислительное управляющее устройство.

Схема работает следующим образом. При подаче входного сигнала на оптрон *VU1* он включается и срабатывает обмотка *В*. Якорь обмотки *В* производит три операции: включает мощный двигатель, замыкает цепь обмотки *О* и размыкает цепь собственной обмотки *В*. Ток через обмотку *В* прекращается, оптрон *VU1* выключается. Конструкция механического коммутирования такова, что при возврате якоря обмотки *В* работа двигателя не прерывается. Двигатель остается включенным до тех пор, пока не поступит входной сигнал на оптрон *VU2*.

Конденсаторы *C1* и *C2* шунтируют фототиристоры, защищая их от возможных всплесков напряжения на индуктивной нагрузке.

На рис. 11.4 показан формирователь разнополярных прямоугольных импульсов тока в диапазоне от 1 до 100 мА.

От устройства управления в зависимости от требуемой полярности

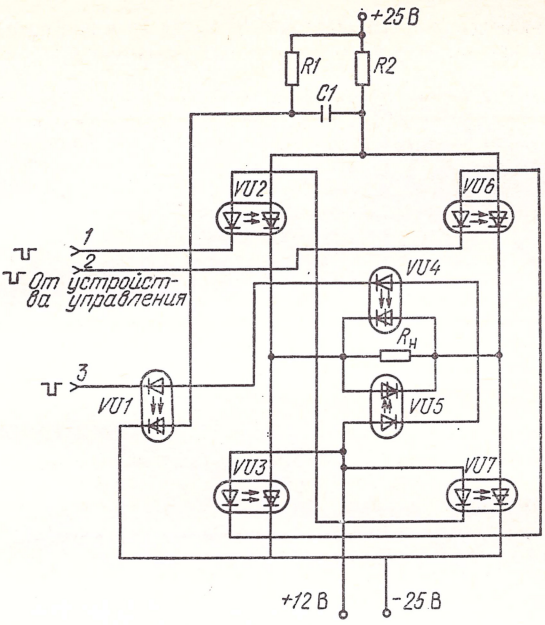


Рис. 11.4. Схема формирователя импульсов

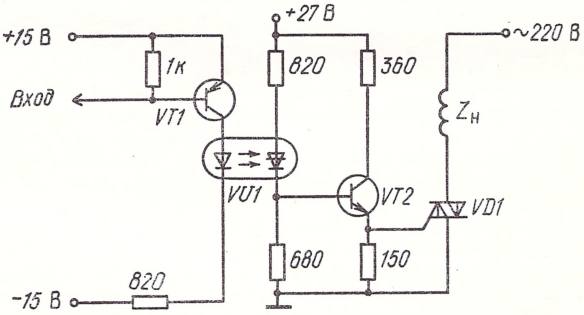


Рис. 11.5. Схема управления симметричным тиристором

выходного импульса в канал *1* или *2* посылается отрицательный запускающий импульс. Если сигнал поступил в канал *1*, включаются оптопары *VU2* и *VU7* и на нагрузке $R_н$ формируется передний фронт импульса. Одновременно происходит заряд емкости *C1*. Рабочий импульс в нагрузке будет длиться до тех пор, пока не поступит управляющий сигнал в канал *3*. Этот сигнал включает оптопары *VU1*, *VU4*, *VU5*.

Оптопары *VU4* и *VU5* включены встречно-параллельно и шунтиру-

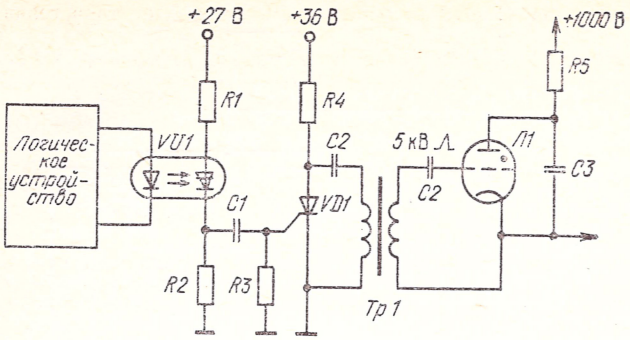


Рис. 11.6. Схема управления импульсным тиристором

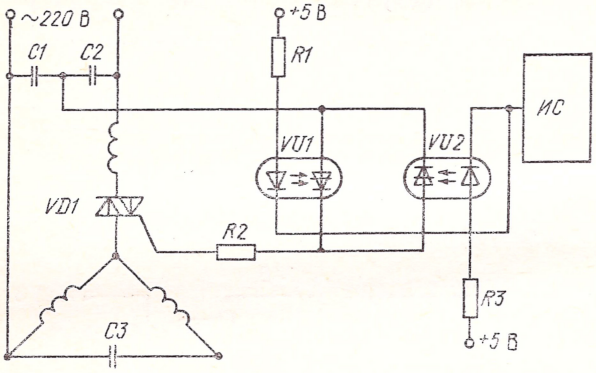


Рис. 11.7. Схема управления электродвигателем

ют нагрузку $R_н$, формируя срез выходного импульса. При отпирании оптопары *VU1* перезаряжается конденсатор *C1*, в результате чего создается противоток в основной цепи и оптопары *VU2*, *VU4*, *VU5*, *VU7* запираются.

В ряде схем для удовлетворения требования помехоустойчивости и повышенного электрического сопротивления развязки цепей прибегают к использованию тиристорной оптопары для управления силовыми и симметричными тиристорами. На рис. 11.5 показана схема управления симметричным тиристором, коммутирующим мощную индуктивную нагрузку.

Как известно, при размыкании цепи с индуктивной нагрузкой возникают кратковременные, но значительные по амплитуде выбросы напряжения. Существуют различные способы подавления и сглаживания этих выбросов, но избавиться от них полностью невозможно. Поэтому необходимо защищать от повышенных напряжений управляющую цепь коммутирующего прибора как наиболее чувствительную к перегрузкам.

Функцию такой защиты в данной схеме выполняет тиристорная оптопара.

При приходе на базу транзистора *VT1* управляющего сигнала включается тиристорная оптопара, после чего на базе транзистора *VT2* создается положительное смещение и он отпирается. На управляющем электроде симметричного тиристора возникает положительный сигнал, который переводит этот прибор в открытое состояние.

На рис. 11.6 показана схема строботрона — мощного импульсного источника света. Тиристор, управляемый тиристорной оптопарой, обеспечивает подачу на сетку лампы *Л1* запускающего высоковольтного импульса.

Выработанный логическим устройством входной сигнал включает тиристорную оптопару, и конденсатор *C1* заряжается от источника питания. Ток заряда переводит тиристор *VD1* в открытое состояние. Через тиристор разряжается конденсатор *C2*, создавая на первичной обмотке трансформатора *Тр1* импульс напряжения. При попадании на сетку строботрона высоковольтного импульса со вторичной обмотки происходит мощная световая вспышка.

На рис. 11.7 показана схема управления симметричным тиристорным устройством на интегральных микросхемах. Симметричный тиристор *VD1* включает электродвигатель, питающийся от сети переменного тока напряжением 220 В.

Команда, выработанная микропроцессором, поступает на входы двух встречно-параллельно включенных оптопар. С выходом этих оптопар попеременно поступают сигналы разной полярности на управляющий электрод симметричного тиристора. По окончании входного сигнала оптопары запираются, запирая и симметричный тиристор.

На рис. 11.8 показана схема ключа для коммутации маломощной нагрузки в цепи переменного тока. В диагональ выпрямительного моста включена выходная цепь оптопары. При подаче управляющего сигнала на транзистор *VT1* оптопара переходит в открытое состояние и через нагрузку течет переменный ток. При снятии управляющего сигнала оптопара запирается в момент прохождения выходного напряжения через нуль.

При мощной нагрузке используют схему, где тиристорная оптопара коммутирует управляющую цепь мощного тиристора (рис. 11.9). Ток нагрузки такого ключа определяется предельным значением прямого тока тиристора. Резистор *R2* ограничивает ток через выходную цепь оптопары.

Современные ЭВМ и системы автоматики содержат большое число вторичных источников питания. Серьезной проблемой является обеспечение эффективного контроля выходных напряжений источников, а также защита устройства от случайного повышения выходных напряжений.

Устройства контроля и защиты используются с низковольтными источниками постоянного напряжения. Интегральные микросхемы, составляющие основу современных ЭВМ, допускают всего лишь кратковременное повышение напряжения питания до 7 В (номинальное напряжение питания около 5 В). Устройство защиты должно отключать источник питания за 30—50 мкс, если выходное напряжение превысит на 15—25 % номинальное значение.

Схема контроля напряжения источника питания изображена на рис. 11.10. Она включает в себя сбалансированный мост (*R1—R3, VD1, R3*), в диагональ которого включен транзистор *VT1*.

При изменениях контролируемого напряжения потенциал в точке *A*

не меняется благодаря включению в одну из ветвей моста стабилитрона *VD1*.

Транзистор *VT1* вырабатывает сигнал включения оптопары в тот момент, когда напряжение поднимается выше установленного предельно допустимого значения.

Фототиристор оптопары разрывает цепь питания в момент создавшейся аварийной ситуации, защищая основное оборудование.

Для коммутации цифровых газоразрядных индикаторов кроме резисторных применяются также и тиристорные оптопары. Преимущество

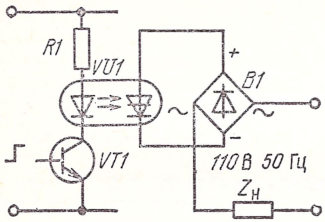


Рис. 11.8. Схема коммутации малой нагрузки переменного тока

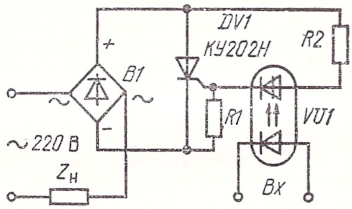


Рис. 11.9. Схема коммутации мощной нагрузки напряжения вторичного источника питания

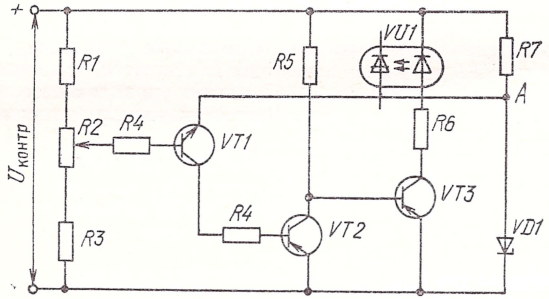


Рис. 11.10. Схема устройства контроля напряжения вторичного источника питания

их состоит в том, что они обладают памятью — сохраняют открытое состояние после снятия входного сигнала. Это обстоятельство позволяет использовать импульсный способ управления, что дает существенную экономию энергии.

Тиристорные оптопары находят применение для управления электролюминесцентными индикаторами большой площади, которые требуют высокого рабочего напряжения и большого тока. Этот способ управления используется, в частности, при создании щитовых электроизмерительных приборов с аналоговым представлением измеряемой величины. Измеряемая величина в этих приборах преобразуется в цифровой код и через

дешифратор управляет поджигом дискретных электролюминесцентных сегментов отсчетного устройства. Последовательное зажигание точек создает иллюзию движения светящейся стрелки.

Весьма эффективным является использование тиристорных оптопар в схемах управления бленкерными знакоместами, которые в последнее время все шире используются в обзорных крупногабаритных информационных табло, устанавливаемых на вокзалах, в аэропортах, на стадионах, в производственных цехах и других общественных местах. Основой бленкерного знакоместа является шарик, окрашенный наполовину в белый и наполовину в черный цвет и свободно вращающийся в электромагнитной катушке. Знакоместо состоит из 35 шариков, которые поворачиваются к наблюдателю белой либо черной поверхностью, отображая

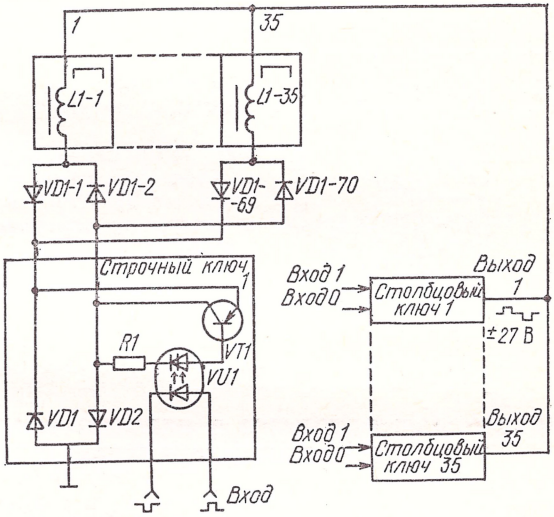


Рис. 11.11. Схема управления бленкерными знакоместами

в совокупности ту или иную цифру или букву. Поворот шарика осуществляется за счет силы взаимодействия поля катушки и небольшого постоянного магнитика, запрессованного в шарик. Информационное табло может содержать до нескольких сотен знакомест.

На рис. 11.11 показана схема управления знакоместом. При поступлении на ключ первого столбца сигнала логической 1 на выход пропускается положительный рабочий импульс с амплитудой 27 В. Этот импульс попадает на первый столбец устройства отображения и проходит в электромагнитную катушку той строки, которая в этот момент оказывается подключенной к источнику через ключ строки. Подключение осуществляется через транзистор *VT1*, управляемый тиристорной оптопарой, на которую командный сигнал поступает от логического устройства. В момент прохождения через катушку электрического импульса

вставленный в нее шарик поворачивается таким образом, что его белая сторона, обращенная к наблюдателю, меняется на черную.

При стирании информации на входы соответствующих столбцовых ключей подаются сигналы логического 0. Тогда через катушки пропускаются отрицательные импульсы тока, и шарики снова поворачиваются белой стороной к наблюдателю.

На рис. 11.12. показана схема оптронного блока, который используется в ограничителе напряжения холостого хода сварочных трансформаторов и выполняет функцию, аналогичную функции электромеханического реле. Ограничитель напряжения ограничивает на абсолютно безопасном уровне напряжение на сварочном электроде после погасания дуги и делает безопасной работу электросварщика. Оптронный блок повышает быстродействие ограничителя (по сравнению с реле), делает его работу надежной и устойчивой к помехам.

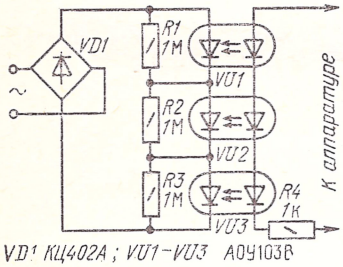
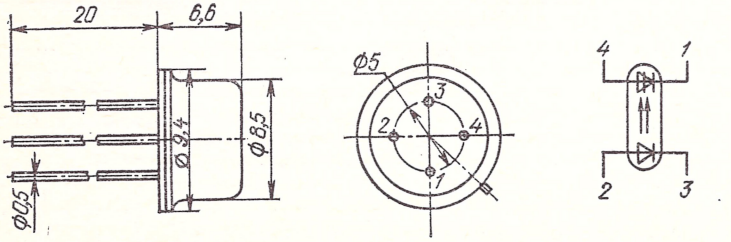


Рис. 11.12. Схема оптронного блока для ограничителя напряжения холостого хода сварочных трансформаторов

11.2. ТИРИСТОРНЫЕ ОПТОПАРЫ В МЕТАЛЛОСТЕКЛЯННЫХ И ПЛАСТМАССОВЫХ КОРПУСАХ

АОУ103(А, Б, В) ЗОУ103(А, Б, В, Г, Д)

Оптопары тиристорные. Излучатель — арсенидогаллиевый диод; приемник — кремниевый фототиристор. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 2 г.



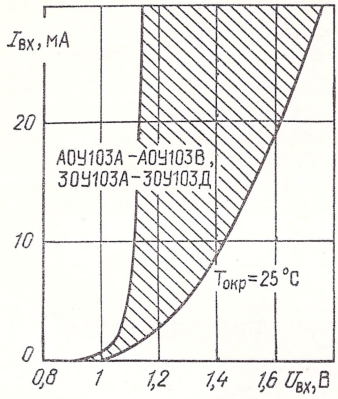
Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входной ток срабатывания фототранзистора при $U_{вых}=10$ В, не более:	
3ОУ103В	10 мА
3ОУ103Д	15 мА
остальных типов	20 мА
Входной импульсный ток срабатывания при $\tau_и=10$ мкс, не более:	
3ОУ103А, 3ОУ103Б, 3ОУ103Г	80 ма
3ОУ103В	40 мА
3ОУ103Д	60 мА
Входное напряжение 3ОУ103В при $I_{вх}=10$ мА; 3ОУ103Д при $I_{вх}=15$ мА; 3ОУ103А, 3ОУ103Б, 3ОУ103Г при $I_{вх}=20$ мА, не более	2 В
Выходной ток при $U_{вых.max}$, не более:	
АОУ103А, АОУ103Б, АОУ103В	100 мкА
3ОУ103А, 3ОУ103Б, 3ОУ103В, 3ОУ103Г, 3ОУ103Д	50 мкА
Выходной обратный ток при $U_{вых.обр.max}$, не более:	
АОУ103В	100 мкА
3ОУ103А — 3ОУ103Д	50 мкА
Выходное напряжение в открытом состоянии фототиристора при $I_{вых}=100$ мА, не более	2 В
Выходной удерживающий ток при $U_{вых}=10$ В, не более:	
АОУ103А, АОУ103Б, АОУ103В	10 мА
3ОУ103А, 3ОУ103Б, 3ОУ103В, 3ОУ103Г, 3ОУ103Д	6 мА
Выходной минимальный ток при подаче управляющего сигнала 3ОУ103А, 3ОУ103Б, 3ОУ103В, 3ОУ103Г, 3ОУ103Д	1 мА
Выходное минимальное прямое постоянное напряжение на фототиристоре в закрытом состоянии 3ОУ103А, 3ОУ103Б, 3ОУ103В, 3ОУ103Г, 3ОУ103Д	10 В
Время включения при подаче $I_{вкл.и}$, не более:	
АОУ103А, АОУ103Б, АОУ103В	15 мкс
3ОУ103А, 3ОУ103Б, 3ОУ103В, 3ОУ103Г, 3ОУ103Д	10 мкс
Время выключения при $I_{вых}=100$ мА и скорости спада выходного напряжения менее 5 В/мкс, не более:	
АОУ103А, АОУ103Б, АОУ103В	100 мкс
3ОУ103А, 3ОУ103Б, АОУ103В, АОУ103Г, АОУ103Д	35 м с
Сопротивление изоляции при максимальном напряжении, не менее:	
АОУ103А, АОУ103Б, АОУ103В	10^9 См
3ОУ103А, 3ОУ103Б, АОУ103В, АОУ103Г, АОУ103Д	$5\cdot10^8$ Ом
Проходная емкость, не более:	
АОУ103А, АОУ103Б, АОУ103В	3 пФ
3ОУ103А, 3ОУ103Б, 3ОУ103В, 3ОУ103Г, 3ОУ103Д	2,5 пФ
Выходная емкость, не более:	
АОУ103А, АОУ103Б, АОУ103В	20 пФ
3ОУ103А, 3ОУ103Б, 3ОУ103В, 3ОУ103Г, 3ОУ103Д	25 пФ

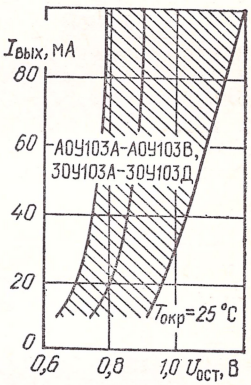
Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный или средний ток:	
АОУ103А, АОУ103Б, АОУ103В	55 мА
ЗОУ103А, ЗОУ103Б, ЗОУ103В, ЗОУ103Г, ЗОУ103Д	30 мА
Входной импульсный ток при среднем токе не более 2 мА, $\tau_и$=10 мкс ЗОУ103А, ЗОУ103Б, ЗОУ103В, ЗОУ103Г, ЗОУ103Д	500 мА
Входной максимальный ток помехи:	
АОУ103А, АОУ103Б, АОУ103В	0,5 мА
ЗОУ103А, ЗОУ103Б, ЗОУ103В, ЗОУ103Г, ЗОУ103Д	0,25 мА
Входное максимальное напряжение помехи ЗОУ103А, ЗОУ103Б, ЗОУ103В, ЗОУ103Г, ЗОУ103Д	0,5 В
Входное обратное напряжение	2 В
Выходной постоянный прямой ток:	
при $T_{окр} \leqslant 50$ °С	100 мА
при $T_{окр}$=70 °С:	
АОУ103А, АОУ103Б, АОУ103В	20 мА
ЗОУ103А, ЗОУ103Б, ЗОУ103В, ЗОУ103Г, ЗОУ103Д	30 мА
Выходной средний прямой ток при угле горения 90 °:	
при $T_{окр} \leqslant 50$ °С	15 мА
при $T_{окр}$=70 °С	5 мА
Выходной средний прямой ток при угле горения 180°:	
при $T_{окр} \leqslant 50$ °С	50 мА
при $T_{окр}$=70 °С:	
АОУ103А, АОУ103Б, АОУ103В	10 мА
ЗОУ103А, ЗОУ103Б, ЗОУ103В, ЗОУ103Г, ЗОУ103Д	15 мА
Выходной импульсный прямой ток при $\tau_и$=50 мкс ЗОУ103А, ЗОУ103Б, ЗОУ103В, ЗОУ103Г, ЗОУ103Д:	
при $T_{окр} \leqslant 50$ °С и $I_{вых.ср}$=10 мА	500 мА
при $T_{окр}$=70 °С и $I_{вых.ср}$=3 мА	150 мА
Выходное постоянное прямое напряжение на фототиристоре в закрытом состоянии:	
АОУ103А, ЗОУ103А	50 В
ЗОУ103Г	400 В
остальных типов	200 В
Выходное обратное постоянное напряжение:	
ЗОУ103А	5 В
АОУ103В, ЗОУ103Б, ЗОУ103В, ЗОУ103Д	200 В
ЗОУ103Г	400 В
Выходная мощность, рассеиваемая в фототиристоре, ЗОУ103А, ЗОУ103Б, ЗОУ103В, ЗОУ103Г, ЗОУ103Д:	
при $T_{окр} \leqslant 50$ °С	130 мВт
при $T_{окр}$=70 °С	40 мВт
Скорость нарастания выходного напряжения, не более	5 В/мкс
Напряжение изоляции	500 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	$-50 \div +70$°С

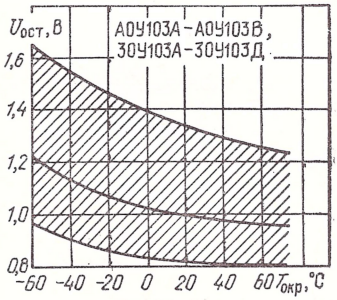
Примечание. Для АОУ103А, АОУ103Б подача обратного напряжения не допускается.



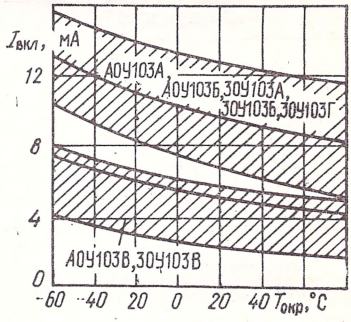
Прямая ветвь входной вольт-амперной характеристики (указана зона разброса)



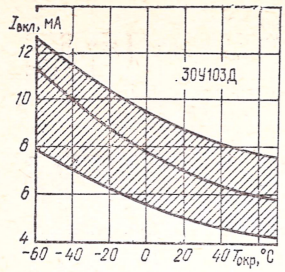
Выходная вольт-амперная характеристика в открытом состоянии оптопары (показаны зона разброса и усредненная кривая)



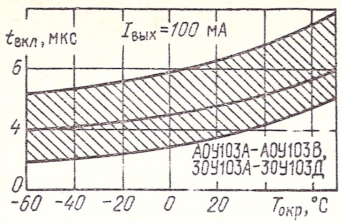
Температурная зависимость выходного остаточного напряжения (показаны зона разброса и усредненная кривая)



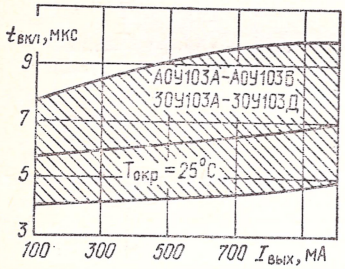
Температурная зависимость тока включения (показаны зона разброса и усредненные кривые)



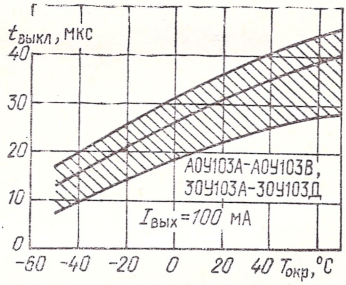
Температурная зависимость тока включения (показаны зона разброса и усредненная кривая)



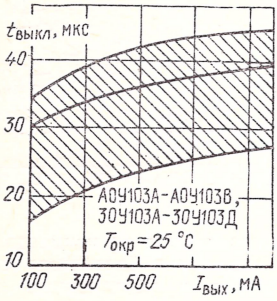
Температурная зависимость времени включения (показаны зона разброса и усредненная кривая)



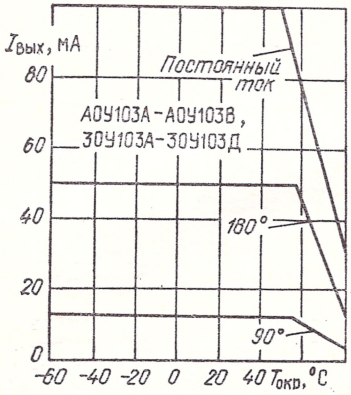
Зависимость времени включения от амплитуды выходного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)



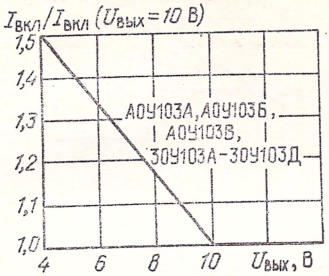
Температурная зависимость времени выключения (показаны зона разброса и усредненная кривая)



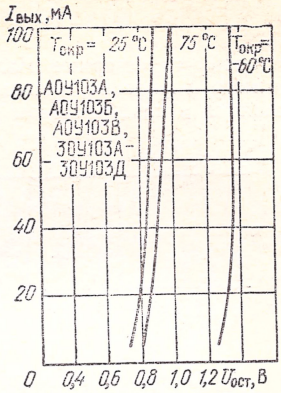
Зависимость времени выключения от амплитуды выходного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)



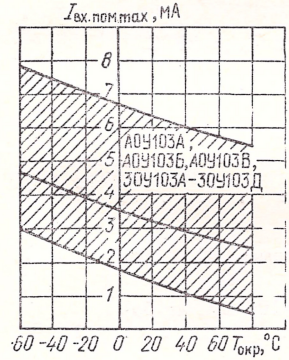
Зависимость выходного тока от температуры окружающей среды при различных значениях угла горения

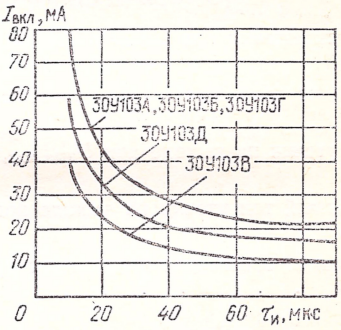


Зависимость входного тока включения (в относительных единицах) от выходного напряжения

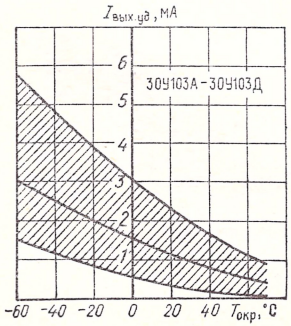


Типовые выходные характеристики в открытом состоянии





Зависимость максимального входного тока помехи от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)

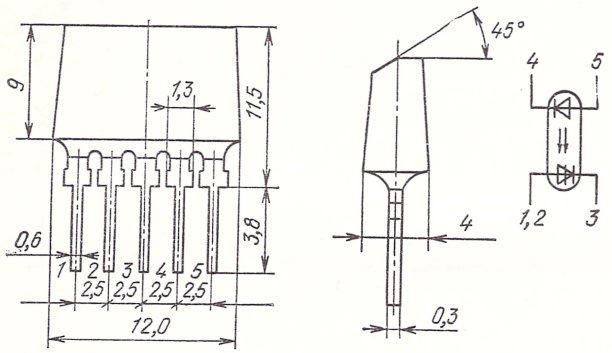


Зависимость тока включения от длительности импульса

Зависимость выходного удерживающего тока от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)

АОУ115(А, Б, В)

Оптопары тиристорные. Излучатель — арсенидогаллиевый диод инфракрасного диапазона; приемник — кремниевый *n-p-n-p*-фототиристор. Выпускаются в пластмассовом корпусе. Масса не более 0,8 г.



Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Ток включения при $U_{вых}=10$ В, не более . . . . . 20 мА

Входное напряжение при $I_{вх}=20$ мА, не более . . . 2 В

Ток утечки на выходе при $U_{вых.max}$, не более . . . . 5 мкА

Обратный ток утечки на выходе при $U_{вых.обрmax}$, не более 5 мкА

Выходное остаточное напряжение при $I_{вых}=100$ мА, не более . . . . . 2,5 В

Выходной удерживающий ток при $U_{вых}=10$ В, не более . 10 мА

Выходное минимальное прямое постоянное напряжение (на фототиристоре) в закрытом состоянии . . . . . 10 В

Время включения при подаче $I_{вх.и}=100$ мА, не более . . 10 мкс

Время выключения при подаче $I_{вх.и}=100$ мА, не более . 200 мкс

Сопротивление изоляции, измеренное при $U_{из}=500$ В, не менее . . . . . 10^{11} Ом

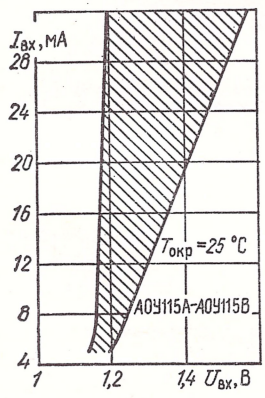
Проходная емкость, не более . . . . . 8 пФ

Предельные эксплуатационные данные

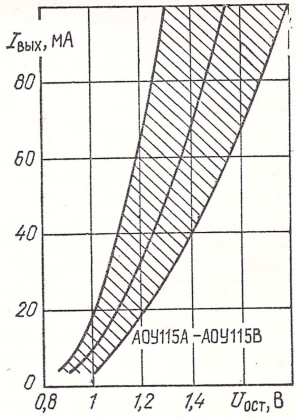
Входной постоянный ток	30 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и = 1$ мс, $Q = 10$	60 мА
Входное максимальное напряжение помехи	0,6 В
Входное обратное напряжение	2 В
Выходной постоянный ток:	
при $T_{окр} \leqslant 25$ °С	100 мА
при $T_{окр} = 55$ °С	20 мА
Выходной средний прямой ток при угле проводимости:	
90°:	
при $T_{окр} \leqslant 25$ °С	15 мА
при $T_{окр} = 55$ °С	5 мА
180°:	
при $T_{окр} \leqslant 25$ °С	50 мА
при $T_{окр} = 55$ °С	10 мА
Выходное постоянное прямое напряжение (на фототиристоре) в закрытом состоянии:	
АОУ115А	50 В
АОУ115Б, АОУ115В	200 В
Выходное обратное постоянное напряжение АОУ115В (для АОУ115А, АОУ115Б подача выходного обратного напряжения не допускается)	200 В
Скорость нарастания выходного напряжения в закрытом состоянии, не более	0,75 В/мкс
Напряжение на изоляции	1500 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—45÷+55°С

Примечания: 1. При применении оптопары в схеме необходимо включать шунтирующий резистор сопротивлением 10 кОм между управляющим и катодным выводами.

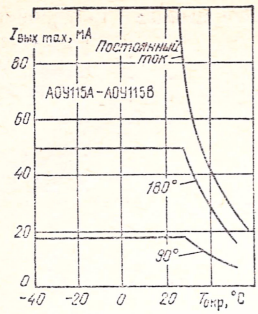
2. При приложении к изоляции оптопары внешнего напряжения более 100 В необходимо покрывать выводы оптопар, часть корпуса между выводами и места пайки лаком УР-231.



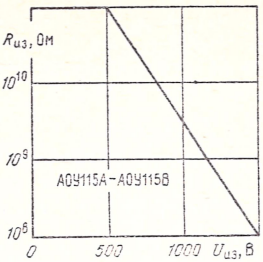
Входная характеристика (показана зона разброса)



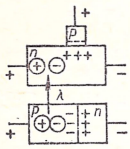
Зависимость выходного остаточного напряжения от выходного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость максимального выходного тока от температуры окружающей среды при различных углах горения



Зависимость сопротивления изоляции от приложенного напряжения изоляции



Раздел 12

ОПТОПАРЫ НА ОДНОПЕРЕХОДНЫХ ФОТОТРАНЗИСТОРАХ

12.1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ, ПРИМЕНЕНИЕ

В качестве фотоприемного устройства в этой оптопаре используется однопереходный фототранзистор; излучателем служит диод из арсенида галлия или на основе тройного соединения.

Однопереходный транзистор (его иногда называют двухбазовый диод) представляет собой планарную кремниевую структуру с одним электронно-дырочным переходом и двумя выводами от базовой области перехода. При запертом переходе сопротивление базы между указанными двумя выводами (межбазовое сопротивление) большое (несколько килоом), так как область базы изготовлена из слаболегированного полупроводника.

Межбазовое сопротивление уменьшается при отпирании эмиттерного перехода внешним сигналом за счет модуляции сопротивления базы инжектированными носителями заряда. Особенностью однопереходного транзистора является то, что при определенных условиях состояние высокой проводимости участка эмиттер — база сохраняется и при снятии входного управляющего напряжения. При этом значительный ток эмиттера поддерживается при небольшом напряжении на участке эмиттер — база 2. Чтобы восстановить высокое сопротивление базовой области, необходимо выключить инжектирующий ток эмиттера или уменьшить его до уровня тока выключения.

Однопереходный фототранзистор конструктивно выполняется так, что основная доля излучения диода направлена на управляющий уча-

сток эмиттер — база 2. Возникающие при облучении полупроводника пары электронов и дырок разделяются полем эмиттерного перехода. Электроны уходят в p-область эмиттера, а дырки остаются в n-области базы, модулируя (уменьшая) ее сопротивление. Таким образом, воздействие облучения эквивалентно увеличению тока эмиттера. При некотором уровне облучения транзистор быстро переходит во включенное состояние.

Вольт-амперная характеристика однопереходного фототранзистора показана на рис. 12.1. При отсутствии облучения (входной ток оптопары равен нулю) эта характеристика совпадает с характеристикой обычного однопереходного транзистора. При небольших напряжениях эмиттер заперт и через него протекает лишь незначительный обратный ток утечки. При некотором напряжении эмиттерный переход отпирается, начинается модуляция межбазового сопротивления и на вольт-амперной характеристике появляется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Напряжение включения однопереходного транзистора

$$U_{\text{вкл}} \approx U_{\text{Б1Б2}}\eta,$$

где $U_{\text{Б1Б2}}$ — напряжение, приложенное между базами; η — коэффициент передачи транзистора.

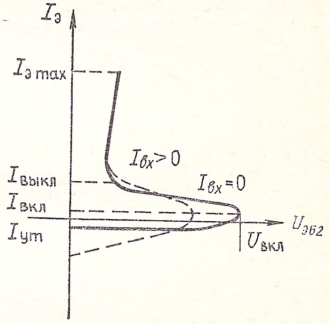


Рис. 12.1. Вольт-амперная характеристика

Если на прибор подан входной ток и фототранзистор облучается светом, то напряжение включения значительно уменьшается, что и лежит в основе управления состоянием выходной цепи в данной оптопаре.

Параметры входной цепи оптопары аналогичны параметрам других оптопар с такими же диодами-излучателями.

Специфическими для данной оптопары являются следующие параметры:

выходной ток включения $I_{\text{вых.вкл}}$ — значение тока эмиттера, при котором происходит переход фототранзистора из закрытого состояния в открытое при отсутствии входного тока;

выходной ток выключения $I_{\text{вых.выкл}}$ — наименьшее значение тока эмиттера, при котором сохраняется открытое состояние транзистора при отсутствии входного тока;

выходное остаточное напряжение $U_{\text{ост}}$ — прямое напряжение на выводах эмиттер — база 2 при открытом транзисторе;

ток утечки эмиттерного перехода $I_{\text{ут}}$ — ток, протекающий в эмиттерной цепи при закрытом транзисторе и заданном межбазовом напряжении;

межбазовое сопротивление $R_{\text{Б1Б2}}$ — сопротивление между базами однопереходного транзистора при заданном межбазовом напряжении и отсутствии входного сигнала;

максимальный постоянный ток эмиттера $I_{э\,max}$ и максимальный импульсный ток эмиттера $I_{э.и\,max}$ — токи, при которых обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

максимальное межбазовое напряжение $U_{\text{Б1Б2}\,max}$ — напряжение,

при котором обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

максимальное обратное напряжение эмиттер — база 2;

$U_{эБ2обрmax}$ — напряжение, при котором обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

коэффициент передачи η — отношение напряжения включения эмиттера к приложенному межбазовому напряжению при отсутствии входного тока оптопары. Указывается также относительное изменение коэффициента передачи $\Delta\eta$ (в процентах) при заданном постоянном входном токе оптопары;

время включения $t_{вкл}$ — интервал времени между входным импульсом тока на уровне 0,5 и током эмиттера на уровне 0,9 максимального значения.

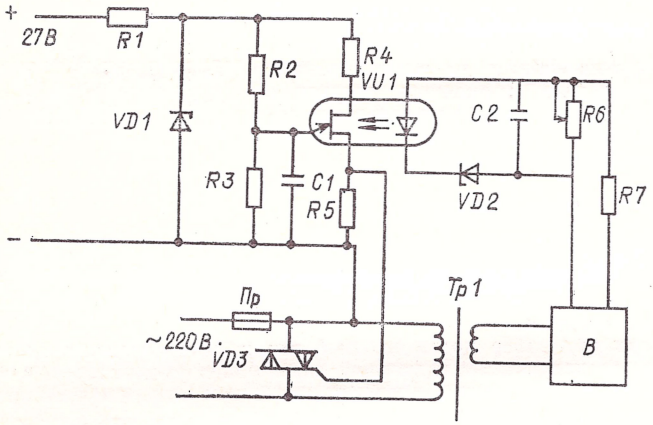


Рис. 12.2. Схема защиты выпрямителя от перегрузок

Однопереходные транзисторы часто используются в релаксационных генераторах. Вследствие этого параметром оптопары является максимальная частота генерации f_{max}, которая может быть получена при оптимальных условиях в релаксационном автогенераторе на однопереходном фототранзисторе.

Так же как и для других оптопар, указываются предельные режимы выходной цепи, в частности рассеиваемая транзистором мощность, а также параметры изоляции выходной цепи от входной. Структура однопереходного фототранзистора позволяет использовать кроме его основного включения еще два: в качестве фоторезистора и фотодиода.

В фоторезисторном режиме эмиттерный переход не подключается, используется эффект модуляции межбазового сопротивления входным током оптопары.

В фотодиодном режиме используется один эмиттерный переход транзистора.

При использовании оптопары в фоторезисторном режиме следует учитывать заметное изменение межбазового сопротивления при изменениях температуры прибора. При повышении температуры на 1 °С межбазовое сопротивление увеличивается на 0,1—0,9 %.

Основными схемами применения оптопар на однопереходных фототранзисторах являются одновибраторы и управляемые релаксационные генераторы.

На рис. 12.2 приведена схема устройства защиты выпрямителя от токовых перегрузок. Ждущий мультивибратор на оптопаре служит для выработки сигнала выключения питания при аварийной ситуации — резком увеличении потребляемого тока. При этом входной ток оптопары скачком возрастает за счет срабатывания стабилитрона *VD2*. Значение тока срабатывания регулируется изменением сопротивления резистора *R6*.

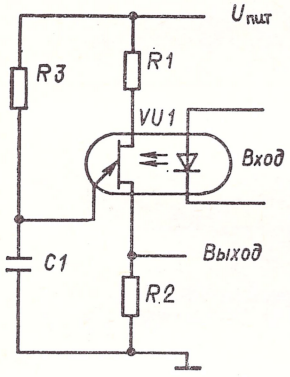


Рис. 12.3. Схема релаксационного генератора

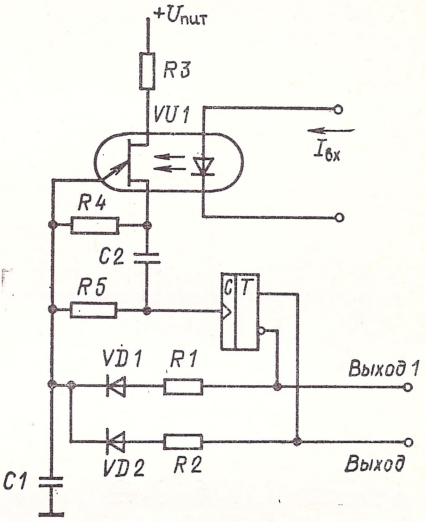


Рис. 12.4. Схема генератора прямоугольных импульсов

Появление входного сигнала приводит к включению фототранзистора. Ток эмиттера протекает до тех пор, пока не разрядится конденсатор *C1*. По мере разряда конденсатора ток падает; когда он достигает уровня тока выключения, фототранзистор запирается. Ток разряда конденсатора *C1* включает мощный симметричный тиристор *VD3*, вследствие чего происходит короткое замыкание питающей сети и выгорание плавкого предохранителя. В результате источник питания отключается от сети.

Весьма перспективно использование оптопар на однопереходных фототранзисторах в генераторах с управлением параметрами колебаний путем изменения входного тока оптопары.

На рис. 12.3 показана схема релаксационного генератора, частота следования импульсов которого регулируется путем изменения входного тока оптопары. Длительность и скважность импульса определяются сопротивлением *R3* и емкостью *C1*.

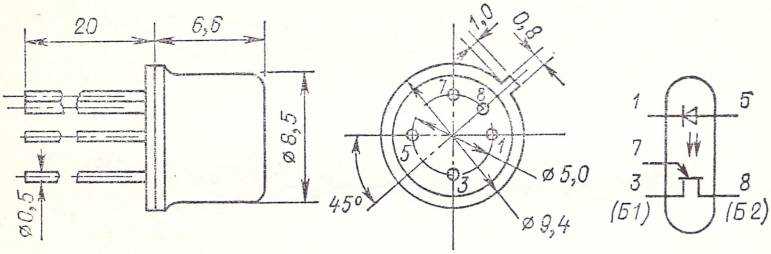
На рис. 12.4 дана другая схема генератора с частотой, управляемой входным током оптопары. Для формирования выходных импульсов в ней используется триггер.

Приведенные генераторы могут использоваться в телеметрических устройствах для гальванической развязки чувствительного элемента от линии передачи данных.

12.2. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

АОТ102(А, Б, В, Г, Д, Е), ЗОТ102(А, Б, В, Г)

Оптопары на однопереходных фототранзисторах. Излучатель — арсенидогаллиевый диод; приемник — кремниевый однопереходный фототранзистор. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 2 г.



Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=15$ мА, не более	2 В
Коэффициент передачи при $U_{Б1Б2}=10$ В:	
АОТ102А, ЗОТ102А	0,51—0,60
АОТ102Б, ЗОТ102Б	0,57—0,67
АОТ102В, ЗОТ102В	0,64—0,75
АОТ102Г, ЗОТ102Г	0,72—0,85
АОТ102Д	0,7—0,78
АОТ102Е	0,77—0,85
Изменение коэффициента передачи при $U_{Б1Б2}=10$ В, не менее:	
при $I_{вх}=15$ мА	15%
при $I_{вх}=40$ мА	30%
Выходной ток выключения при $U_{Б1Б2}=20$ В, не менее	1 мА
Выходное остаточное напряжение при $I_э=50$ мА, не более	4 В
Ток утечки эмиттерного перехода при $U_{Б1Б2}=30$ В, не более	1 мкА
Межбазовое сопротивление	4—12 кОм
Время включения при $I_э=50$ мА, не более	5 мкс
Частота генерации, не менее	200 кГц
Сопротивление изоляции, не менее	10^8 Ом

Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный ток	40 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и=10$ мкс, $Q=200$	150 мА
Постоянный ток эмиттера	50 мА
Импульсный ток эмиттера при $\tau_и=10$ мкс, $Q=200$	1 А
Межбазовое напряжение	30 В
Обратное напряжение эмиттер — база 2	30 В

Рассеиваемая мощность:
при $T_{окр} \leqslant 35$ °С . . . . . 300 мВт

при $T_{окр} = 70$ °С 3ОТ102А — 3ОТ102Е . . . . 165 мВт

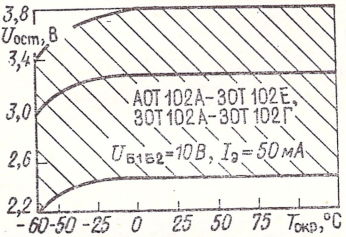
Напряжение изоляции:
при $T_{окр} \leqslant 35$ °С . . . . . 500 В

при $T_{окр} = 35 \div 70$ °С . . . . . 200 В

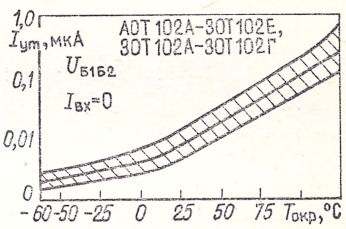
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:
АОТ102А, АОТ102Б, АОТ102В, АОТ102Г, АОТ102Д, АОТ102Е . . . . . —45÷+55 °С

3ОТ102А, 3ОТ102Б, 3ОТ102В, 3ОТ102Г . . . —60÷+70 °С

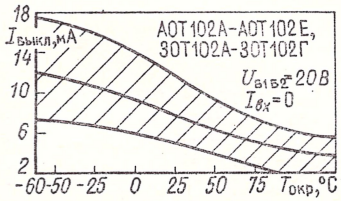
Примечание. Подача обратного напряжения на вход оптопары не допускается.



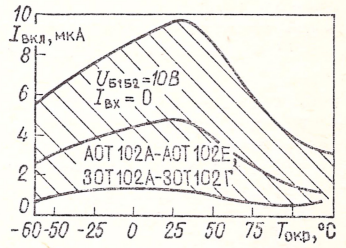
Зависимость выходного остаточного напряжения от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)



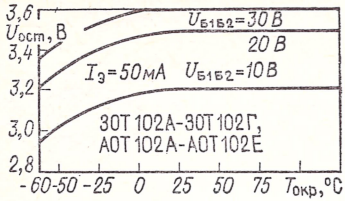
Зависимость выходного тока утечки от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)



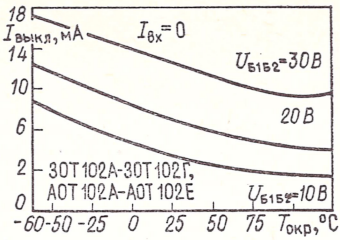
Зависимость тока выключения от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)



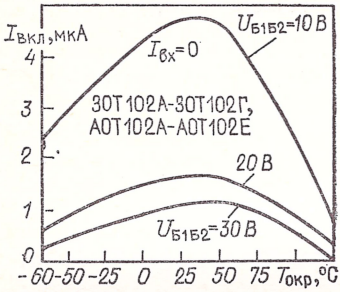
Зависимость тока включения от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)



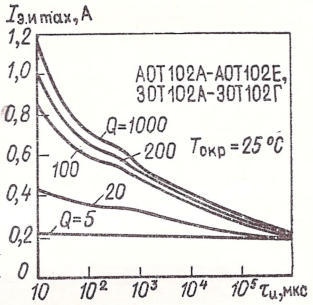
Типовые зависимости остаточного напряжения от температуры окружающей среды



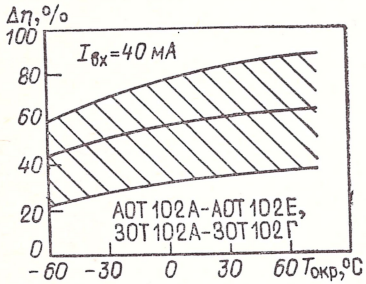
Типовые зависимости тока выключения от температуры окружающей среды



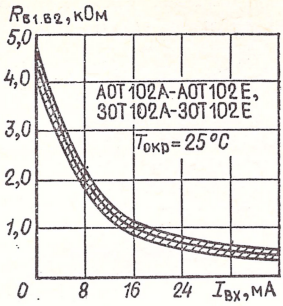
Типовые зависимости тока включения от температуры окружающей среды



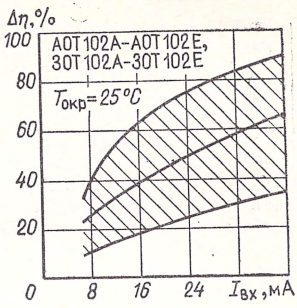
Зависимость максимального импульсного тока эмиттера от длительности импульсов и скважности



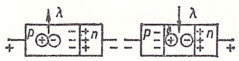
Зависимость относительного изменения коэффициента передачи от температуры окружающей среды (указаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость межбазового сопротивления от входного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость относительного изменения коэффициента передачи от входного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Раздел 13

ОПТОПАРЫ С ОТКРЫТЫМ ОПТИЧЕСКИМ КАНАЛОМ

13.1. УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Отличительным признаком оптопар с открытым оптическим каналом является возможность управления извне количеством излучения, попадающим от излучателя к фотоприемнику оптопары.

Излучателями, так же как и в других оптопарах, служат ИК-диоды, а фотоприемники выполняются на основе фоторезисторов или кремниевых фотодиодов.

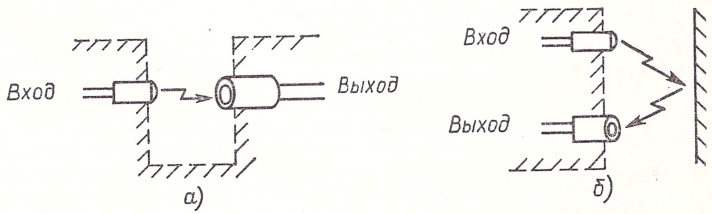


Рис. 13.1. Устройство оптопар с открытым оптическим каналом:

а — с прямым прохождением светового луча; *б* — с отражением луча от внешнего объекта

Существуют две разновидности оптопар с открытым оптическим каналом: с прямым прохождением лучей от излучателя к приемнику и с отражением лучей внешним объектом (рис. 13.1).

В первом случае излучатель и фотоприемник расположены напротив друг друга. В зазоре между ними помещается светонепроницаемая подвижная преграда, с помощью которой можно управлять световым потоком. Такую оптопару называют оптопрерывателем. Во втором случае оптические оси излучателя и фотоприемника расположены под некоторым углом или параллельно друг другу. При отсутствии отражающего объекта энергия, излучаемая светодиодом, рассеивается в пространстве, не попадая на окошко фотоприемника. При появлении объекта отраженный луч направляется на приемник, вследствие чего возникает электрический сигнал о появлении объекта с определенными свойствами.

Принципы работы излучателей и приемников оптопар были изложены ранее.

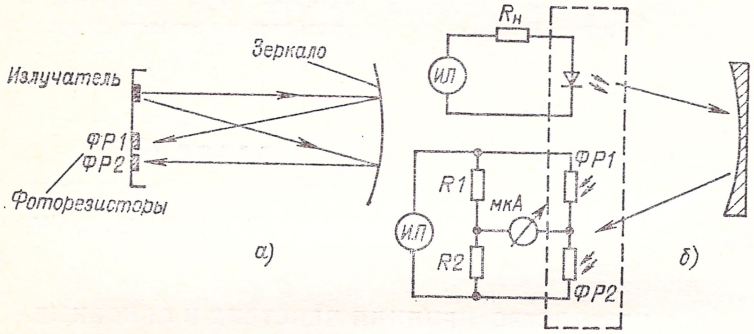


Рис. 13.2. Принцип работы оптопары с открытым оптическим каналом типов АОР113А и АОРС113А:

а — ход лучей; *б* — измерительная схема

Как и для других оптопар, для рассматриваемых приборов даются параметры входной цепи — прямое напряжение и максимальные токи.

Оптопары типов АОР113А и АОРС113А представляют собой позиционно-чувствительные устройства, содержащие излучатель и дифференциальный фоторезистор, помещенный в общий металлический корпус с прозрачным окном для вывода генерируемого и приема отраженного излучения.

На рис. 13.2 показаны конструкция оптопары и траектория лучей, отраженных вогнутым зеркалом диаметром 20 и радиусом кривизны 50 мм. В зависимости от смещения оптической оси зеркала отраженный свет перераспределяется между фоторезисторами *ФР1* и *ФР2*, соответственно изменяя их сопротивления. Изменение сопротивления приводит к разбалансу измерительного моста постоянного тока и появлению тока на выходе. Описанное устройство используется в качестве позиционно-чувствительного датчика в системе автоматики для прецизионных станков с числовым программным управлением.

Основным параметром устройства является выходная позиционная чувствительность $П_{вых}$ — отношение приращения тока в диагонали измерительного моста к единице отклонения отражательного зеркала от начального положения.

Зависимость тока на выходе моста от смещения отражающего зеркала представляет собой позиционную характеристику оптопары. Для оптопары АОРС113А гарантируется позиционная чувствительность в двух взаимно перпендикулярных смещениях.

В оптопарах АОД111А используется принцип отражения света от внешнего объекта. Они содержат излучающий диод и два фотодиода. Конструкция оптопары показана на рис. 13.3. Выходная мощность излучателя составляет 0,2 мВт, чувствительность каждого фотодиода 350—400 мкА/мВт. Излучение выходит через окно в корпусе и после отражения от внешнего предмета возвращается к фотодиодам.

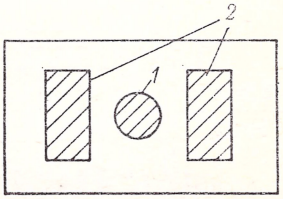


Рис. 13.3. Расположение излучателя *1* и фотоприемников *2* в оптопаре с открытым оптическим каналом типа АОД111А

Параметром, характеризующим чувствительность оптопары, является приращение выходного тока

$$\Delta I_{вых} = I_{обр.вых2} - I_{обр.вых1},$$

где $I_{обр.вых2}$ — выходной обратный ток фотодиода при наличии отражающей поверхности; $I_{обр.вых1}$ — выходной обратный ток при отсутствии отражающей поверхности.

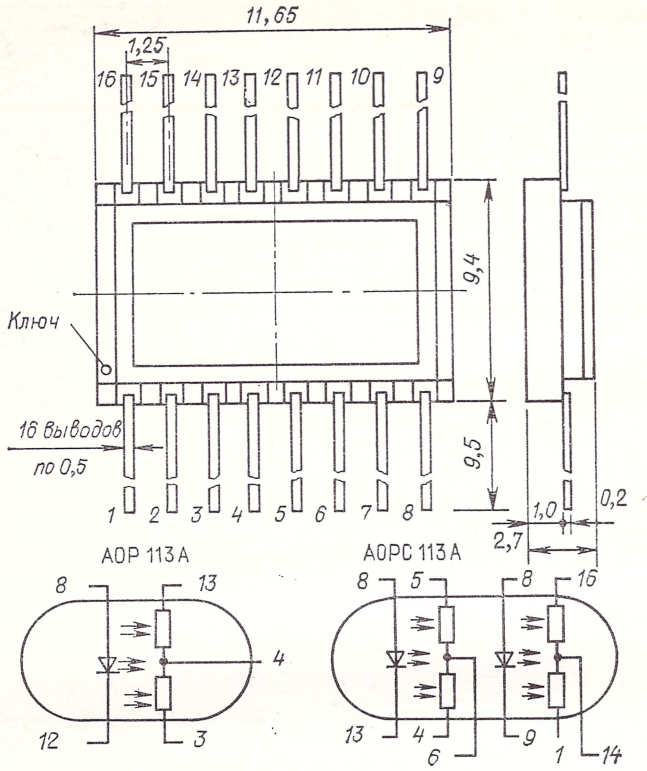
При определении чувствительности используется отражающая алюминиевая или медная пластинка с чисто обработанной поверхностью, располагающаяся непосредственно на оптическом окне оптопары.

13.2. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

АОР113А, АОРС113А

Оптопары резисторные с открытым оптическим каналом отражательного типа. Излучатель — арсенидогаллиевый диод; приемник — дифференциальный.

Предназначены для работы в качестве позиционно-чувствительных датчиков устройств автоматики, прецизионных металлообрабатывающих станков с числовым программным управлением. Для отражения лучей используются зеркала диаметром 20 и радиусом кривизны 50 мм. Выпускаются в металлическом корпусе со стеклянным окном. Масса 1 г.



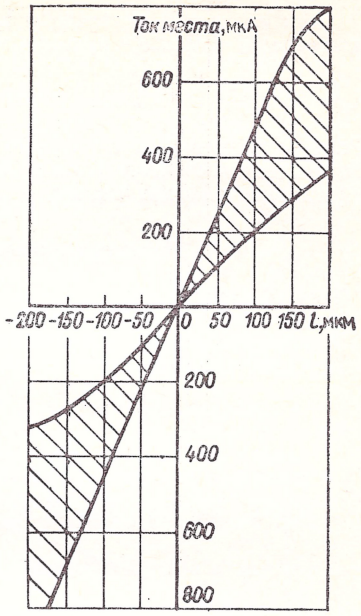
Основные параметры при $T_{окр}=25$ °С

Позиционная чувствительность при $I_{вх}=10$ мА, напряжении на фоторезисторе 10 В и относительном световом отверстии 1 : 1,8, не менее	2 мкА/мкм
Число контролируемых координат:	
АОР113А	1
АОРС113А	2

Предельные эксплуатационные данные

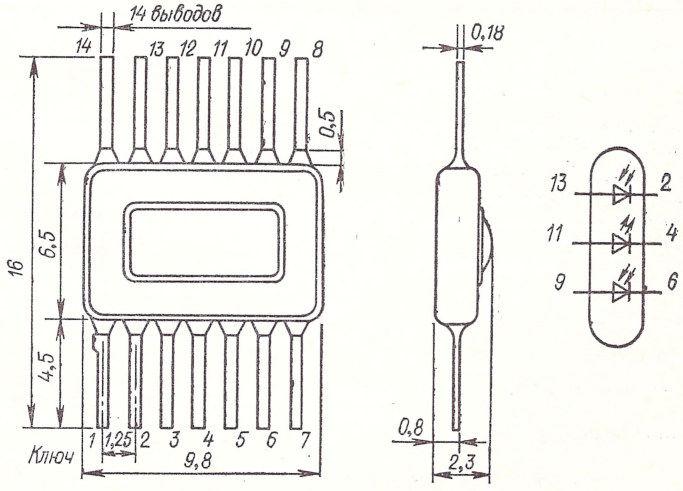
Входной ток каждой оптопары	20 мА
Выходное напряжение	20 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды . .	1—50 °С

Позиционная характеристика оптопар (указана зона разброса)



АОД111А

Оптопары диодные с открытым оптическим каналом отражательного типа. Излучатель — арсенидогаллиевый диод; приемник — кремниевый фотодиод.



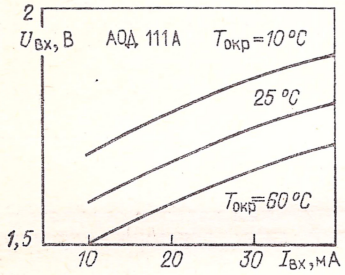
Предназначены для работы в качестве преобразователя в датчиках измерителей частоты и других параметров пульса. Масса 0,5 г.

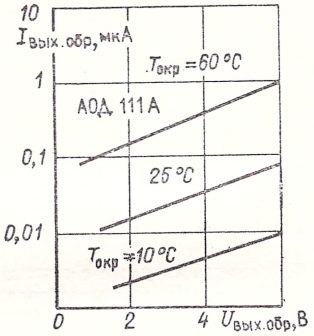
Основные параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более	2 В
Приращение выходного тока, не менее	1 мкА
Предельная рабочая частота	100 кГц

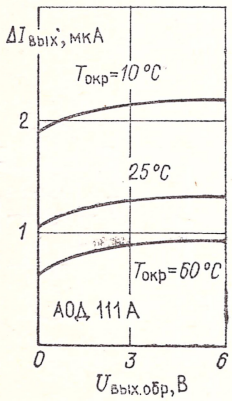
Предельные эксплуатационные данные

Входной средний ток	40 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и=10$ мкс	100 мА
Выходное обратное напряжение	6 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	10—60 °С



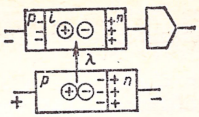


Типовые входные вольт-амперные характеристики



Зависимость выходного тока от обратного напряжения

Зависимость приращения выходного тока от обратного напряжения



Раздел 14

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

14.1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Оптоэлектронными интегральными микросхемами (ОЭ ИМС) называют интегральные микросхемы, в которых реализована оптическая связь между отдельными узлами или компонентами с целью изоляции их друг от друга (гальванической развязки). В ОЭ ИМС кроме излучателя и фотоприемника содержатся элементы усиления сигнала, получаемого от фотоприемника или устройство формирования и обработки этого сигнала.

В частности, в логических ОЭ ИМС устройство обработки обеспечивает согласование оптико-электронного тракта с логическими ИМС по уровням сигналов, быстродействию, функциональным параметрам.

Отличительными особенностями ОЭ ИМС являются гальваническая развязка между входными и выходными цепями и однонаправленность распространения сигналов при практически полном отсутствии обратной связи с выхода на вход.

По функциональному назначению ОЭ ИМС можно классифицировать следующим образом:

оптоэлектронные переключатели, предназначенные для использования в качестве элементов гальванической развязки узлов и блоков и передачи логических сигналов;

оптоэлектронные коммутаторы аналоговых сигналов, предназначенные для переключения сигналов от измерительных датчиков, ключей аналоговых сигналов, модуляторов слабых сигналов постоянного тока;

оптоэлектронные реле, предназначенные для гальванической развязки сигнальных управляющих цепей от выходных цепей мощных исполнительных механизмов. Входные цепи этих ИМС обычно согласованы с типовыми логическими ИМС, а выходные параметры определяются свойствами исполнительных механизмов или мощных полупроводниковых ключей.

Функциональные оптоэлектронные микросхемы помимо гальванической развязки выполняют дополнительно некоторую логическую или генераторную функцию.

Состав параметров ОЭ ИМС определяется функциональным назначением микросхем; кроме параметров, определяющих свойства микросхем без оптической связи, в их состав входят еще специфические параметры, характерные для дискретных оптопар. Основные параметры ОЭ ИМС приводятся ниже:

входное напряжение логической 1 $U_{вх}^{1}$ — значение напряжения на входе ИМС, находящейся в состоянии логической 1;

входное напряжение логического 0 $U_{вх}^{0}$ — значение напряжения на входе ИМС, находящейся в состоянии логического 0;

минимальные напряжения включения $U_{вкл\,min}$ и выключения $U_{выкл\,min}$ — минимальные значения входного напряжения, при которых гарантируется включение или выключение микросхемы;

максимальные напряжения включения $U_{вкл\,max}$ и выключения

$U_{\text{выкл.max}}$ — максимальные значения входных включающего и выключающего напряжений, при которых обеспечивается надежная работа микросхемы;

максимальные обратные напряжения включения $U_{\text{обр.вкл max}}$ и выключения $U_{\text{обр.выкл max}}$ — максимальные значения обратного напряжения на входах включения и выключения, при которых обеспечивается надежная работа микросхемы;

входной ток срабатывания $I_{\text{вх.сраб}}$ и минимальный входной ток $I_{\text{вх min}}$ — значения токов, при которых гарантируется срабатывание микросхемы (переход из запертого состояния в отпертое);

максимально допустимое входное напряжение помехи $U_{\text{вх.пом max}}$ — максимальное значение напряжения помехи на входе микросхемы, при котором гарантируется сохранение логического состояния на выходе;

максимально допустимые напряжения помехи включения $U_{\text{вкл.пом max}}$ и выключения $U_{\text{выкл.пом max}}$ — максимальные значения напряжения помехи на входе включения или выключения, при которых обеспечивается надежная работа микросхемы;

ток включения $I_{\text{вкл}}$ — значение тока во входной цепи включения ИМС при заданном напряжении включения;

входной ток логической 1 $I^1_{\text{вх}}$ и входной ток логического 0 $I^0_{\text{вх}}$ — значения входных токов ИМС, находящейся в состоянии логической 1 или логического 0 соответственно;

максимальные длительности фронтов нарастания $I_{\text{вх.ф.нр max}}$ и спада $I_{\text{вх.ф.сп max}}$ входного импульса — максимальные временные значения, при которых гарантируются все оговоренные электрические параметры микросхемы;

выходное напряжение логической 1 $U^1_{\text{вых}}$ и выходное напряжение логического 0 $U^0_{\text{вых}}$ — значения напряжения на выходе логической ИМС, находящейся в состоянии логической 1 или логического 0 соответственно;

остаточное напряжение $U_{\text{ост}}$ — значение напряжения на выходе ИМС, находящейся во включенном состоянии при заданном значении входного тока включения;

максимальное коммутируемое напряжение $U_{\text{ком max}}$ — максимальное значение напряжения, коммутируемого на выходе микросхемы;

максимальные входное обратное напряжение $U_{\text{вых.обр max}}$ и напряжение в закрытом состоянии $U_{\text{вых.закр max}}$ — максимальные значения напряжений на выходе микросхемы, при которых обеспечивается заданная надежность при длительной работе;

выходной темновой ток $I_{\text{вых.т}}$ и выходной ток утечки $I_{\text{вых.ут}}$ — токи, текущие в выходной цепи микросхемы при заданном значении коммутируемого напряжения и при отсутствии входного тока или при находящемся в закрытом состоянии фотоприемнике (для микросхем с фототиристорной развязкой);

выходной ток утечки между эмиттерами $I_{\text{вых.ут.ээ}}$ — значение тока в выходной цепи коммутатора аналоговых сигналов, содержащего двухэмиттерный модуляторный транзистор;

выходные токи удержания $I_{\text{вых.уд}}$ и срабатывания $I_{\text{вых.сраб}}$ — значения выходных токов, при которых микросхема соответственно удерживается в открытом состоянии при отсутствии входного тока и переключается в открытое состояние при приложенном напряжении срабатывания и воздействии входного тока;

время задержки включения $t_{\text{зд.вкл}}$ и время задержки выключения

$t_{зд.выкл}$ — интервал времени между моментами прохождения входного и выходного импульсов тока амплитудой 0,5 максимального значения при включении и выключении ИМС соответственно;

среднее время задержки распространения сигнала $t_{зд.р.ср}$ — полусумма времен задержки включения и выключения;

максимально допустимая емкость нагрузки ИМС $C_{н.max}$ — емкость нагрузки, при которой обеспечивается заданное быстродействие ИМС.

Для различных типов ОЭ ИМС указывается целый ряд максимально допустимых входных токов: максимальный выходной ток $I_{вых\ max}$, максимальный выходной импульсный ток $I_{вых.и\ max}$, максимальный выходной средний ток $I_{вых.ср\ max}$, максимальный постоянный коммутируемый ток $I_{ком\ max}$, максимальный выходной ток логической 1 $I^1_{вых.max}$ максимальный выходной ток логического 0 $I^0_{вых.max}$ — в предельных эксплуатационных данных даются значения этих токов, протекающих на выходе микросхем, при которых гарантируется надежная работа прибора при длительной эксплуатации.

Дается ряд максимально допустимых для микросхем мощностей рассеяния: максимальная выходная рассеиваемая мощность $P_{вых.\ max}$, максимальная средняя рассеиваемая мощность $P_{вых.ср\ max}$, максимальная средняя рассеиваемая мощность оптоэлектронного канала $P_{ср\ max}$ — предельные значения мощностей рассеяния, при которых обеспечивается заданная надежность при длительной работе.

Указываются также следующие параметры: выходное сопротивление микросхемы в открытом состоянии $R_{вых.откр}$, максимально допустимые скорости нарастания выходного напряжения $(dU_{вых}/dt)_{max}$ и напряжения изоляции $(dU_{из}/dt)_{max}$ (для микросхем с фототиристорной развязкой), максимальная частота выходных импульсов $f_{вых\ max}$, статический коэффициент передачи тока K_I, сопротивление изоляции $R_{из}$ и максимально допустимое напряжение изоляции $U_{из\ max}$.

Для микросхем приводятся номинальные и предельные значения напряжения питания и потребляемых от источника питания токов в различных логических состояниях ИМС.

14.2. ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

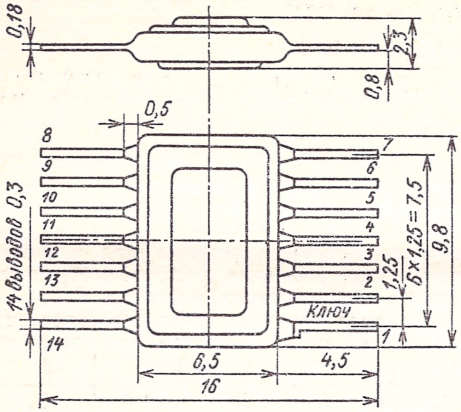
К249ЛП1(А, Б, В, Г), 249ЛП1(А, Б, В)

Оптоэлектронные переключатели-инверторы на основе диодных оптопар. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса 0,4 г.

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более	1,5 В
Минимальный входной ток:	
К249ЛП1А, 249ЛП1А	5 мА
К249ЛП1Б, К249ЛП1В, 249ЛП1Б, 249ЛП1В	8 мА
К249ЛП1Г	12 мА
Выходное напряжение логической 1 при $I_{вх}=10$ мА, не более	0,3 В
Время задержки включения, не более:	
К249ЛП1А, 249ЛП1А	500 нс
К249ЛП1Б, 249ЛП1Б	300 нс
К249ЛП1В, К249ЛП1Г, 249ЛП1В	1000 нс
Время задержки выключения, не более:	

К249ЛП1А, 249ЛП1А	500 нс
К249ЛП1Б, 249ЛП1Б	300 нс
К249ЛП1В, К249ЛП1Г, 249ЛП1В	1000 нс
Сопротивление изоляции, не менее	10^9 Ом
Проходная емкость, не более	2 пФ



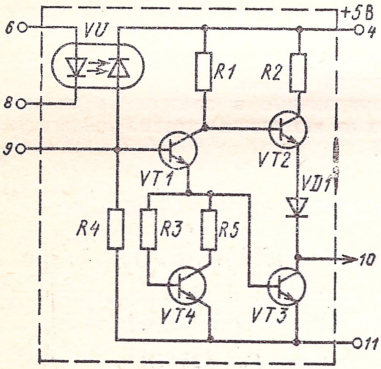
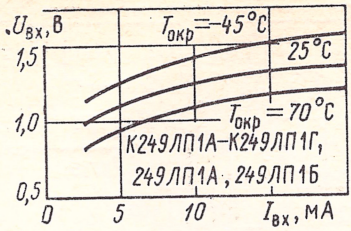


Схема принципиальная электрическая К249ЛП1 и 249ЛП1

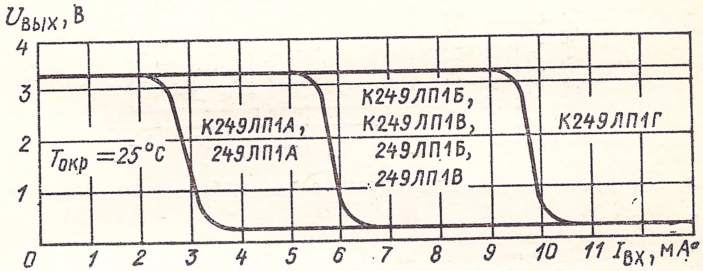
Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный или средний ток	20 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и = 10$ мкс	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Напряжение питания	(5±0,25) В
Выходной ток при логической 1	1,5 мА
Выходной ток при логическом 0	1,8 мА
Напряжение изоляции	100 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:	
К249ЛП1А, К249ЛП1Б, К249ЛП1В, К249ЛП1Г	—45÷+70 °С
249ЛП1А, 249ЛП1Б, 249ЛП1В	—60÷+70 °С



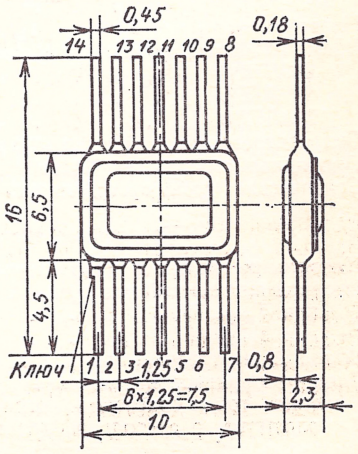
Типовые входные характеристики

Типовые передаточные характеристики



249ЛП3(А, Б, В)

Оптоэлектронные переключатели-инверторы на основе диодных оптопар. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 0,5 г.



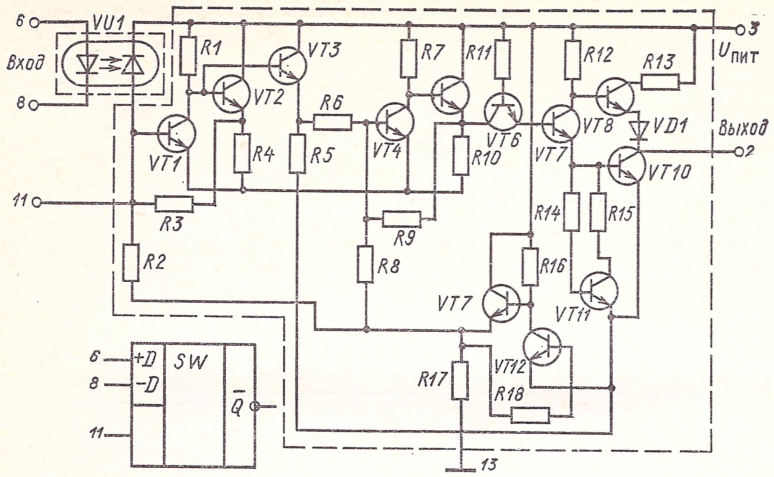


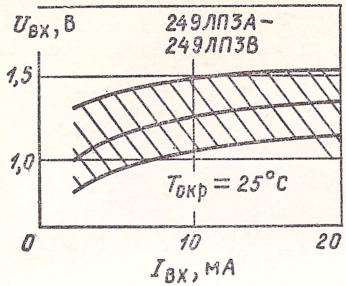
Схема принципиальная электрическая и графическое обозначение 249ЛП3

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

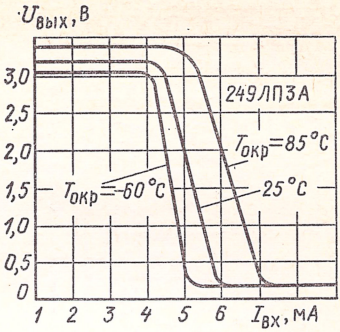
Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА	1—1,7 В
Минимальный входной ток:	
249ЛП3А	8 мА
249ЛП3Б, 249ЛП3В	10 мА
Выходное напряжение логического 0 при $I^0_{вых}=16$ мА, не более	0,4 В
Выходное напряжение логической 1 при $I^1_{вых}=0{,}25$ мА, не менее	2,4 В
Потребляемая мощность	100 мВт
Время задержки включения и выключения, не более:	
249ЛП3А	100 нс
249ЛП3Б	70 нс
249ЛП3В	200 нс
Сопротивление изоляции, не менее	10^9 Ом
Проходная емкость, не более	2 пФ
Статическая помехоустойчивость	0,25 мА

Предельные эксплуатационные данные

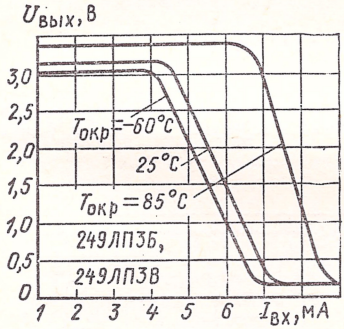
Напряжение питания микросхемы	(5±0,5) В
Входной постоянный или средний ток:	
при $T_{окр}\leqslant 70$ °С	20 мА
при $T_{окр}=85$ °С	4 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и\leqslant 10$ мкс	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Выходной ток в состоянии логического 0	16 мА
Выходной ток в состоянии логической 1	0,8 мА
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—60÷+85 °С



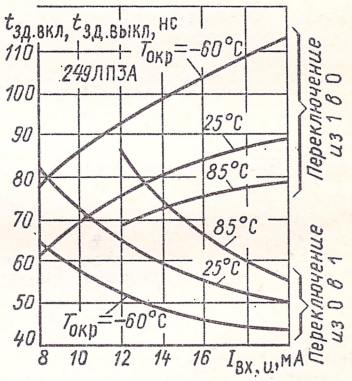
Входная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)



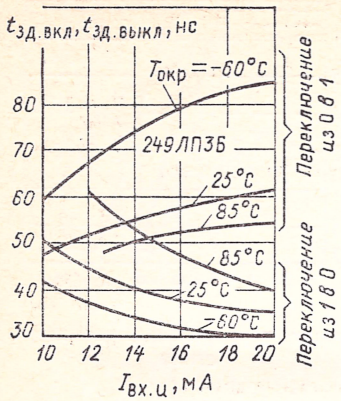
Типовые передаточные характеристики



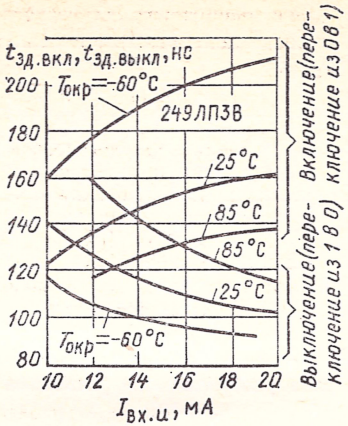
Типовые передаточные характеристики



Типовые зависимости времени включения и выключения от амплитуды входного импульсного тока



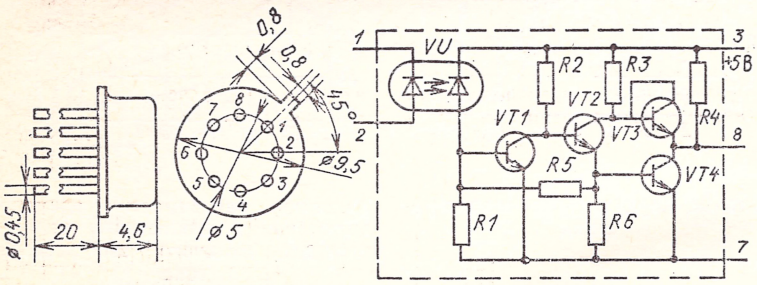
Типовые зависимости времени включения и выключения от амплитуды входного импульсного тока



Типовые зависимости времени включения и выключения от амплитуды входного импульсного тока

К262КП1(А, Б), 262КП1(А, Б)

Оптоэлектронные переключатели с усилителями на основе диодных оптопар. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 1,3 г.



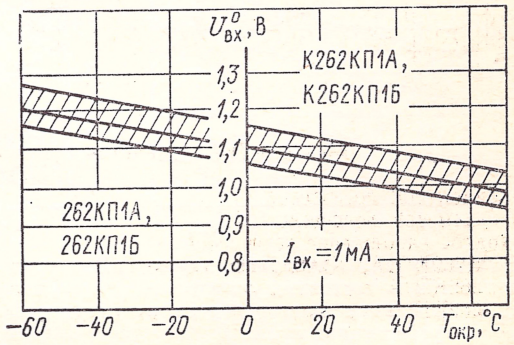
Электрические параметры при $T_{окр} = 25$ °С

Входной ток логической 1	10 мА
Входной ток логического 0	0,5 мА
Входное напряжение логической 1:	
К262КП1А, К262КП1Б, не более	1,4 В
262КП1А	0,95—1,35 В
262КП1Б	0,95—1,7 В

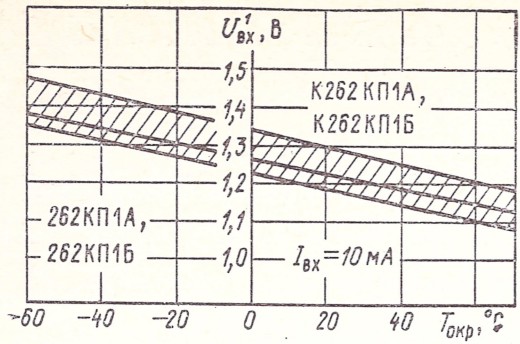
Входное напряжение логического 0, не более	0,7 В
Выходное напряжение логической 1 при $I^1_{вых}=1$ мА, не менее	2,3 В
Выходное напряжение логического 0 при $I^0_{вых}=10$ мА, не более	0,3 В
Ток потребления при логической 1	2 мА
Ток потребления при логическом 0	8 мА
Время задержки включения и выключения при емкости нагрузки 40 пФ, не более:	
К262КП1А, 262КП1А	700 нс
К262КП1Б, 262КП1Б	350 нс
Сопротивление изоляции, не менее:	
К262КП1А, К262КП1Б	10^8 Ом
262КП1А, 262КП1Б	$5\cdot10^8$ Ом
Проходная емкость, не более	5 пФ
Емкость нагрузки, не более	40 пФ

Предельные эксплуатационные данные

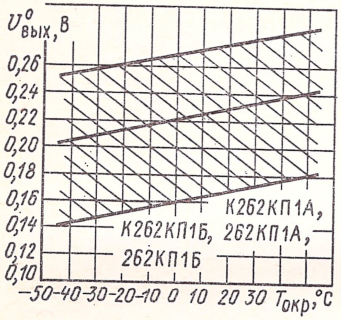
Входной постоянный или средний ток	15 мА
Входной импульсный ток:	
при $\tau_и=10$ мс, $Q=2$	20 мА
при $\tau_и=0{,}1$ мс, $Q=10$	30 мА
Входное обратное напряжение:	
К262КП1А, К262КП1Б	2 В
262КП1А, 262КП1Б	3,5 В
Напряжение питания	(5±0,5) В
Выходной ток при логической 1	1 мА
Выходной ток при логическом 0	10 мА
Напряжение изоляции	100 В
Скорость нарастания напряжения изоляции:	
К262КП1А, К262КП1Б	10 В/мкс
262КП1А, 262КП1Б	15 В/мкс
Максимальная длительность фронта нарастания входного импульса	100 нс
Максимальная длительность спада входного импульса	100 нс
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:	
К262КП1А, К262КП1Б	−45÷+55 °С
262КП1А, 262КП1Б	−60÷+70 °С



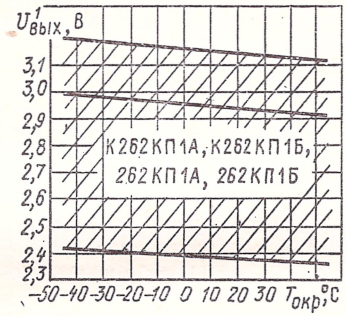
Зависимость входного напряжения в состоянии логического 0 от температуры (показаны зона разброса и усредненная кривая)



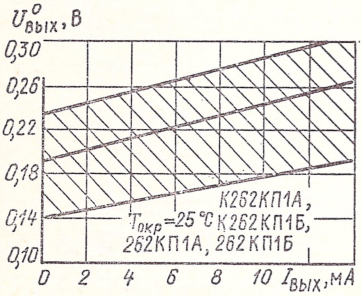
Зависимость входного напряжения в состоянии логической 1 от температуры (показаны зона разброса и усредненная кривая)



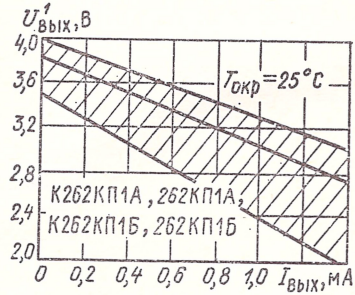
Зависимость выходного напряжения в состоянии логического 0 от температуры (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость выходного напряжения в состоянии логической 1 от температуры (показаны зона разброса и усредненная кривая)

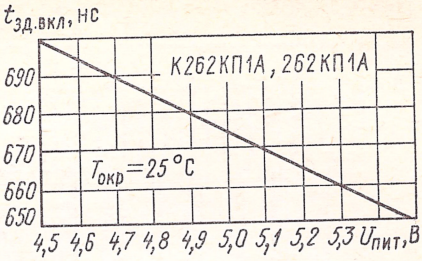


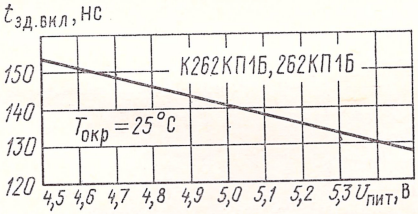
Выходная вольт-амперная характеристика в состоянии логического 0 (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Выходная вольт-амперная характеристика в состоянии логической 1 (показаны зона разброса и усредненная кривая)

Типовая зависимость времени задержки включения от напряжения питания





Типовая зависимость времени задержки включения от напряжения питания

К293ЛП1(А, Б)

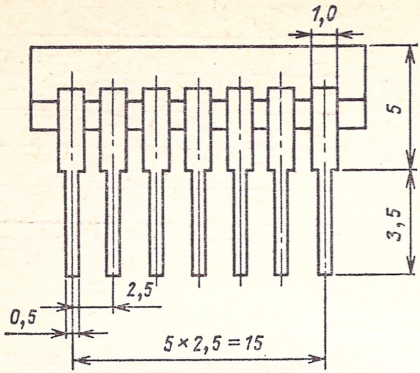
Оптоэлектронные переключатели-инверторы на основе диодных оптопар. Выпускаются в пластмассовом корпусе. Масса не более 1 г.

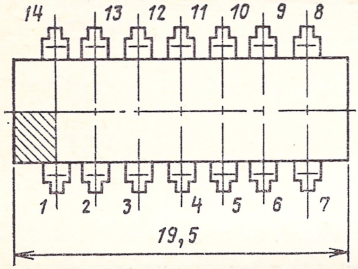
Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входной ток срабатывания:	
К293ЛП1А	3 мА
К293ЛП1Б	8 мА
Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА	1,1—1,5 В
Выходное напряжение в состоянии логического 0 при $I^0_{вых}=16$ мА, не более	0,4 В
Выходное напряжение в состоянии логической 1 при $I^1_{вых}=0{,}8$ мА, не менее	2,4 В
Время задержки распространения сигнала при включении и выключении, не более:	
К293ЛП1А	0,5 мкс
К293ЛП1Б	1 мкс
Проходная емкость, не более	1,7 пФ
Сопротивление изоляции, не менее	10^{12} Ом

Предельные эксплуатационные данные

Напряжение питания	(5±0,5) В
Входной постоянный ток	20 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и=10$ мкс, $Q=2$	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Напряжение изоляции	100 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—10÷+70 °С





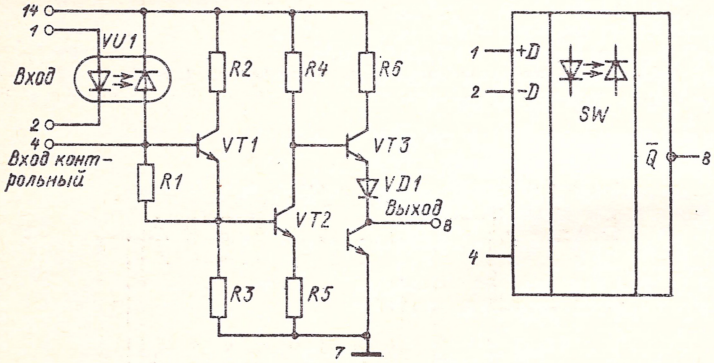
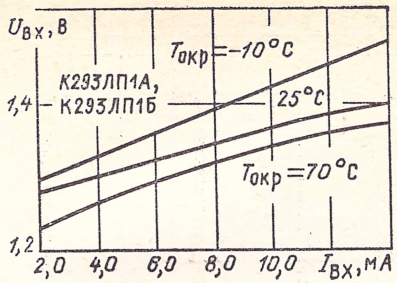
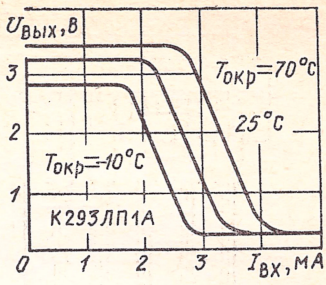
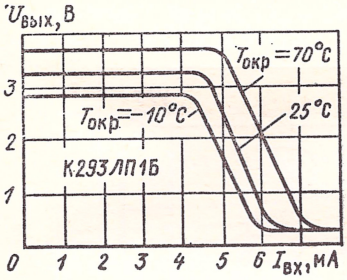


Схема принципиальная электрическая и графическое обозначение К293ЛП1А, К293ЛП1Б





Типовые входные вольт-амперные характеристики



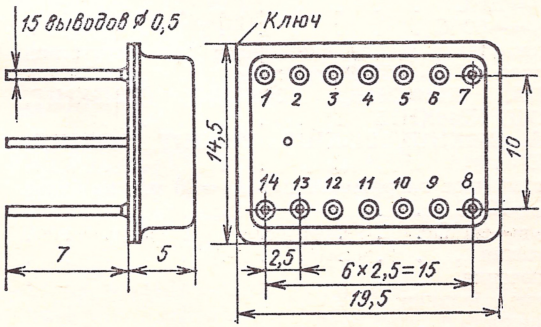
Типовые характеристики переключения

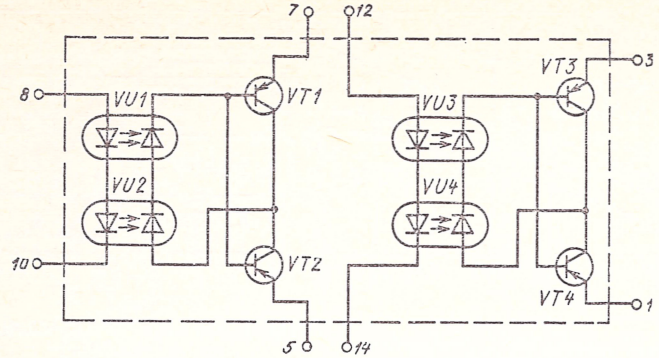
Типовые характеристики переключения

14.3. ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ КОММУТАТОРЫ

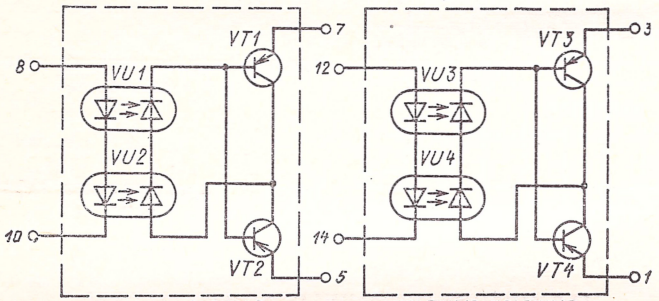
К249КН1(А, Б, В, Г, Д, Е), 249КН1(А, Б, В, Г, Д, Е)

Оптоэлектронные коммутаторы аналоговых сигналов на основе диодных оптопар. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса 4,5 г.





К249КН1А, К249КН1Г, 249КН1А, 249КН1Г



К249КН1Б, К249КН1Д, 249КН1Б, 249КН1Д

К249КН1В, К249КН1Е, 249КН1В, 249КН1Е

Разновидности электрических схем

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

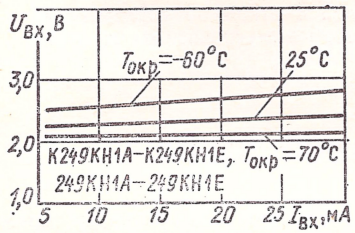
Входное напряжение при $I_{вх}=20$ мА, не более	3,5 В
Выходное сопротивление в открытом состоянии при $I_{вх}=20$ мА, не более	200 Ом
при $T_{окр}=70$ °С	300 Ом
при $T_{окр}=-60$ °С	400 Ом
Выходной ток утечки между эмиттерами при отсутствии входного тока и $U_{ком}=30$ В, не более:	
К249КН1А, К249КН1Б, К249КН1В, К249КН1Г, К249КН1Д, К249КН1Е	100 нА
249КН1А, 249КН1Б, 249КН1В, 249КН1Г, 249КН1Д, 249КН1Е	50 нА
Выходное остаточное напряжение при $I_{вх}=20$ мА, не более	200 мкВ
при $T_{окр}=70$ °С	300 мкВ
при $T_{окр}=-60$ °С	700 мкВ
Время включения	10 мкс
Время выключения	10 мкс
Сопротивление изоляции	10^9 Ом
Проходная емкость	5 пФ

Число действующих оптических каналов:

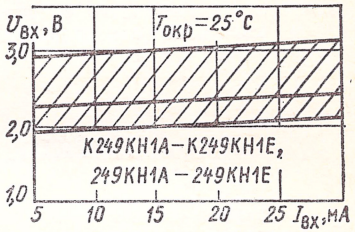
К249КН1А, К249КН1Г, 249КН1А, 249КН1Г . . .	2
К249КН1Б, К249КН1В, К249КН1Д, К249КН1Е, 249КН1Б, 249КН1В, 249КН1Д, 249КН1Е . . .	1

Предельные эксплуатационные данные

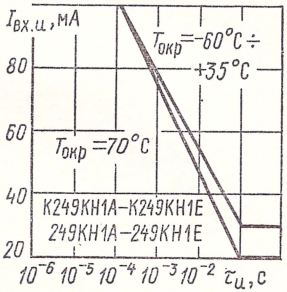
Входной постоянный или средний ток при $T_{окр} \leqslant 35$ °С	30 мА
Входной импульсный ток при $\tau_и = 10$ мкс, $Q = 5$ . .	100 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В
Коммутируемое напряжение	30 В
Коммутируемый ток	500 мкА
Напряжение изоляции	100 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды .	—60÷+70 °С



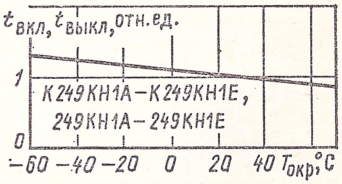
Типовые входные вольт-амперные характеристики



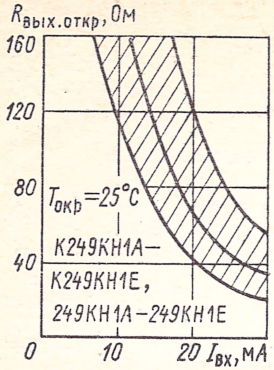
Входная вольт-амперная характеристика (показаны зона разброса и усредненная кривая)

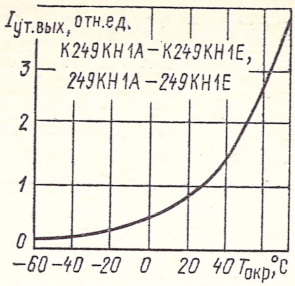


Зависимость максимального импульсного тока от длительности импульса



Типовая зависимость времени включения и выключения от температуры окружающей среды



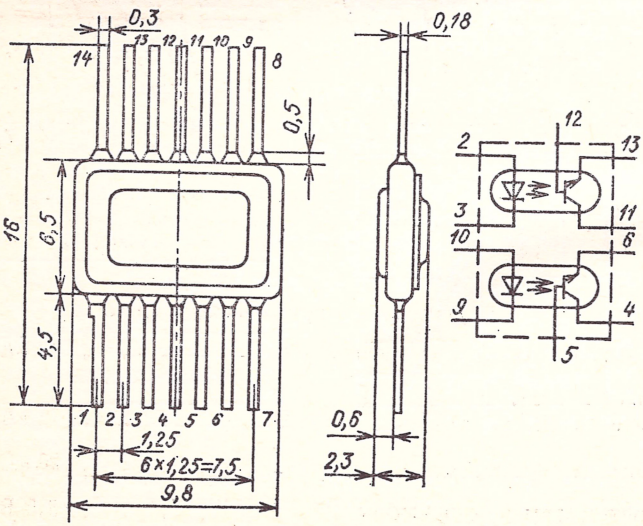


Типовая зависимость выходного тока утечки от температуры окружающей среды

Зависимость выходного сопротивления в открытом состоянии от входного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)

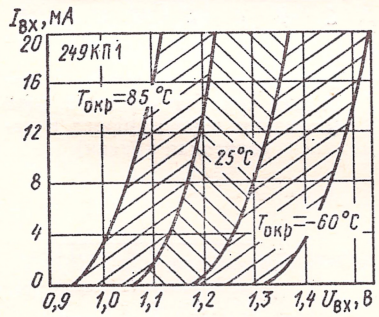
К249КП1, К249КП2, 249КП1

Оптоэлектронные коммутаторы на основе транзисторных оптопар. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 1 г.

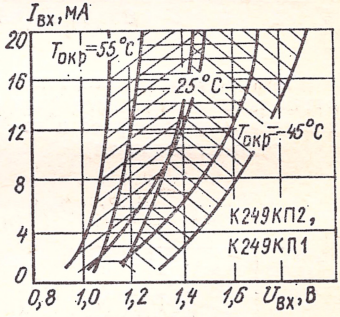


Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Входное напряжение при $I_{вх}=10$ мА, не более:	
249КП1	1,3 В
К249КП1, К249КП2	1,5 В
Коэффициент передачи по току при $I_{вх}=10$ мА, $U_{вых}=10$ В, $R=1200$ Ом, не менее	0,5
Напряжение насыщения на выходе при $I_{вх}=10$ мА, $I_{ком}=2$ мА, не более	0,4 В
Выходной темновой ток при $U_{ком}=30$ В, не более:	
при $T_{окр}=25$ °С	10 мкА
при $T_{окр}\leqslant 85$ °С 249КП1	100 мкА
при $T_{окр}\leqslant 55$ °С К249КП1, К249КП2	100 мкА
Время задержки включения при $I_{вх}=10$ мА, $f=10$ кГц, не более:	
при $\tau_{и.вх}=5$ мкс, $U_{ком}=10$ В, $R_н=100$ Ом	4 мкс
при $\tau_{и.вх}=10$ мкс, $I_{ком}=2$ мА, $R_н=1000$ Ом	8 мкс
Время задержки выключения при $I_{вх}=10$ мА, $f=10$ кГц, не более:	
при $\tau_{и.вх}=5$ мкс, $U_{ком}=10$ В, $R=100$ Ом	4 мкс
при $\tau_{и.вх}=10$ мкс, $I_{ком}=2$ мА, $R_н=1000$ Ом	25 мкс
Сопротивление изоляции, не менее	$5\cdot 10^8$ Ом
Проходная емкость 249КП1, не более	5 пФ



Входные вольт-амперные характеристики (показаны зоны разброса)

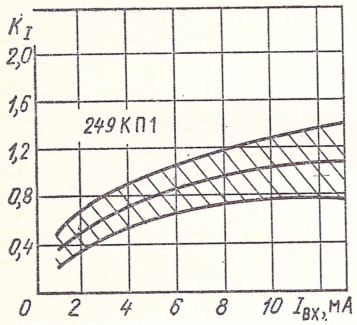


Входные вольт-амперные характеристики (показаны зоны разброса)

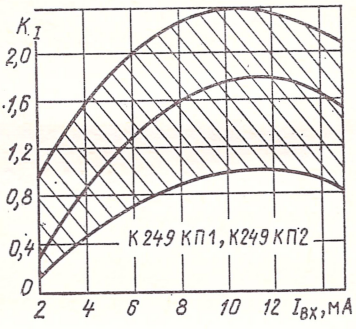
Предельные эксплуатационные данные

Входной постоянный или средний ток	10 мА
Входной импульсный ток:	
при $\tau_и=10$ мс, $Q=2$	15 мА
при $\tau_и=0{,}1$ мс, $Q=10$	20 мА
Входное обратное напряжение	3,5 В

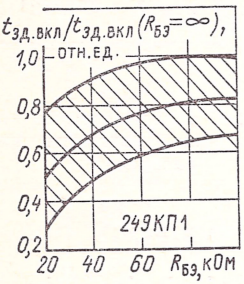
Средняя рассеиваемая мощность одного канала:
при $T_{окр}=55$ °С . . . . . 34 мВт
при $T_{окр}=85$ °С 249КП1 . . . . . 17 мВт
Коммутируемое напряжение . . . . . 30 В
Постоянный коммутируемый ток . . . . . 5 мА
Напряжение изоляции . . . . . 100 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:
249КП1 . . . . . —60÷+85 °С
К249КП1, К249КП2 . . . . . —45÷+55 °С



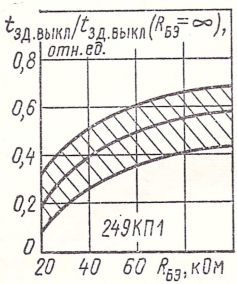
Зависимость коэффициента передачи тока от входного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость коэффициента передачи тока от входного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)

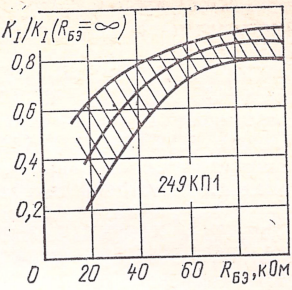


Зависимость времени задержки включения (в относительных единицах) от сопротивления, шунтирующего эмиттерный переход фототранзистора (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость времени задержки выключения (в относительных единицах) от сопротивления, шунтирующего эмиттерный переход фототранзистора (показаны зона разброса и усредненная кривая)

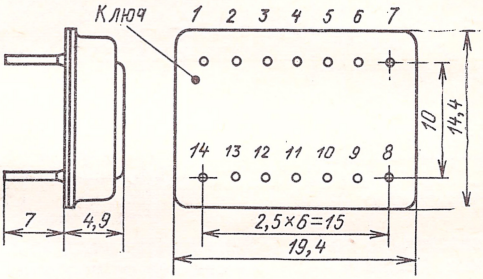
Зависимость коэффициента передачи тока (в относительных единицах) от сопротивления, шунтирующего эмиттерный переход фототранзистора (показаны зона разброса и усредненная кривая)



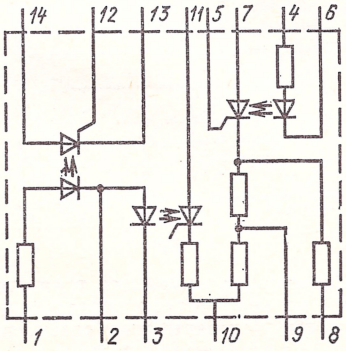
14.4. ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ

К295КТ1(А, Б, В, Г), 295КТ1(А, Б, В, Г)

Оптоэлектронные реле постоянного тока, изготовляемые на основе тиристорных оптопар по пленочной технологии. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 4 г.



Предназначены для коммутации цепей постоянного тока с гальванической развязкой.



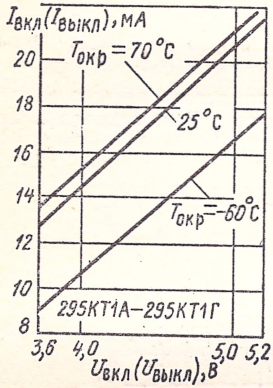
Принципиальная электрическая схема К295КТ1, 295КТ1:

1 и *3* — вход включения; *4* и *6* — вход выключения; *14* — «+» $U_{пит}$; *10* — «—» $U_{пит}$; *13* — выход к нагрузке

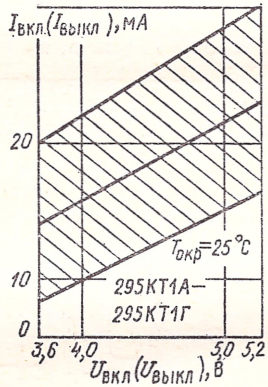
Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Минимальное напряжение включения и выключения, не более:

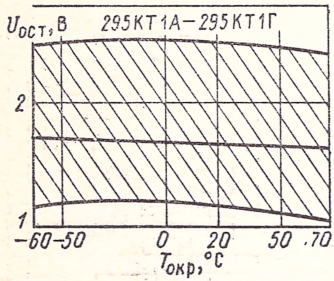
К295КТ1А, К295КТ1Б, К295КТ1В, К295КТ1Г . . .	4,6 В
295КТ1А, 295КТ1Б, 295КТ1В, 295КТ1Г	3,6 В
Ток включения и выключения при $U_{вкл}=3{,}6$ В 295КТ1А, 295КТ1Б, 295КТ1В, 295КТ1Г	20 мА
Выходное остаточное напряжение	2,5 В
Минимальный выходной ток, не более	15 мА
Выходной ток утечки, не более:	
К295КТ1А, К295КТ1Б, К295КТ1В, К295КТ1Г . . .	50 мкА
295КТ1А, 295КТ1Б, 295КТ1В, 295КТ1Г	10 мкА
Сопротивление изоляции, не менее	10^8 Ом



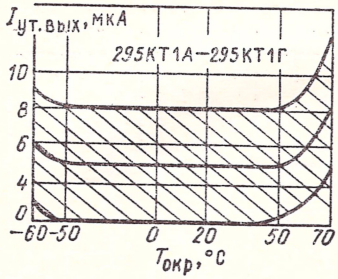
Типовые зависимости тока включения (выключения) от напряжения включения (выключения)



Зависимость тока включения (выключения) от напряжения включения (выключения) (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость остаточного напряжения от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)

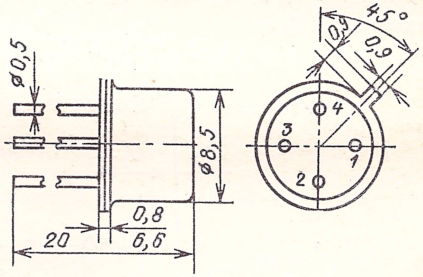


Зависимость выходного тока утечка от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)

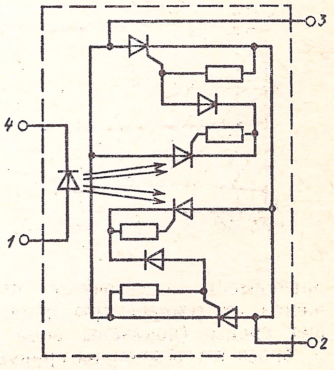
Предельные эксплуатационные данные

Напряжение включения и выключения	5,25 В
Обратное напряжение включения и выключения	0,5 В
Напряжение помехи включения и выключения	1 В
Напряжение питания:	
К295КТ1А, 295КТ1А	(12±1,2) В
К295КТ1Б, 295КТ1Б	(27±2,7) В
К295КТ1В, 295КТ1В	(48±4,8) В
К295КТ1Г, 295КТ1Г	(100±10) В
Выходной ток:	
К295КТ1А, К295КТ1Г	50 мА
К295КТ1Б, К295КТ1В	100 мА
Выходной импульсный ток при $\tau_и$=100 мкс и уменьшении выходного тока к моменту выключения до 50 мА	500 мА
Выходное обратное напряжение	5 В
Скорость нарастания напряжения питания, не более	50 В/мкс
Частота выходных импульсов	400 Гц
Напряжение изоляции	100 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:	100 В
К295КТ1А, К295КТ1Б, К295КТ1В, К295КТ1Г	—45÷+55 °С
295КТ1А, 295КТ1Б, 295КТ1В, 295КТ1Г	—60÷+70 °С

415КТ1(А, Б)



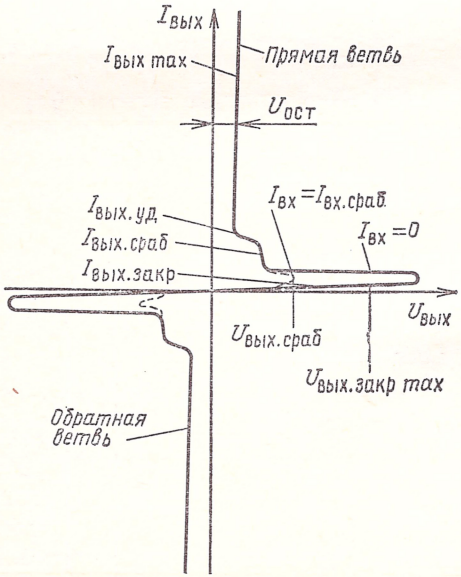
Оптоэлектронные реле на основе тиристорных оптопар для управления тиристорами средней мощности. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 1,7 г.



Принципиальная электрическая схема 415КТ1А, 415КТ1Б

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

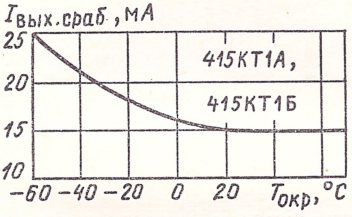
Входной ток срабатывания, не более	15 мА
Входное напряжение при $I_{вх}=15$ мА, не более	1,8 В
Выходной ток срабатывания при $I_{вх}=15$ мА, не более	5 мА
Выходной ток удержания, не более	15 мА
Выходной ток в закрытом состоянии, не более: при $U_{вых}=50$ В 415КТ1А	1 мкА
при $U_{вых}=100$ В 415КТ1Б	1 мкА
Выходное напряжение срабатывания при $I_{вх}=15$ мА, не более	12 В
Выходное остаточное напряжения при $I_{вых}=200$ мА, не более	3,5 В
Время включения, не более	10 мкс
Время выключения, не более	140 мкс
Сопротивление изоляции, не менее	10^8 Ом
Проходная емкость, не более	10 пФ



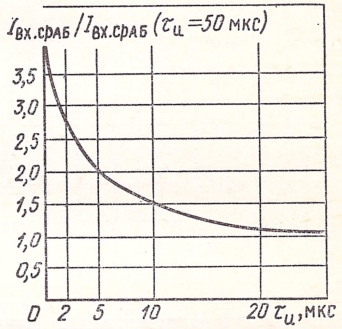
Выходная характеристика 415К1А, 415К1Б

Предельные эксплуатационные данные

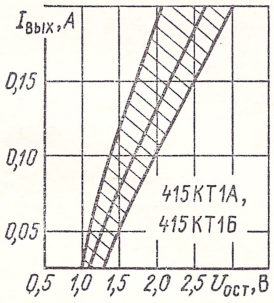
Входной постоянный или средний ток	35 мА
Входной импульсный ток:	
при $\tau_и = 1$ мс, $Q = 10$	60 мА
при $\tau_и = 10$ мс, $Q = 2$	40 мА
Входное напряжение помехи	0,6 В
Входное обратное напряжение	2 В
Выходной средний ток	30 мА
Выходное напряжение в закрытом состоянии:	
415КТ1А	50 В
415КТ1Б	100 В
Выходная рассеиваемая мощность	60 мВт
Скорость нарастания выходного напряжения	0,5 В/мкс
Частота выходного напряжения в закрытом состоянии	400 Гц
Напряжение изоляции	500 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—60÷+70 °С



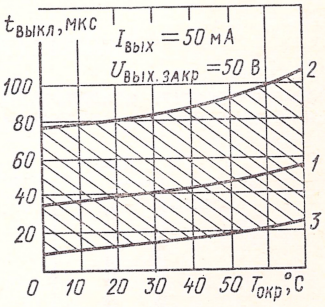
Типовая зависимость выходного тока срабатывания от температуры окружающей среды



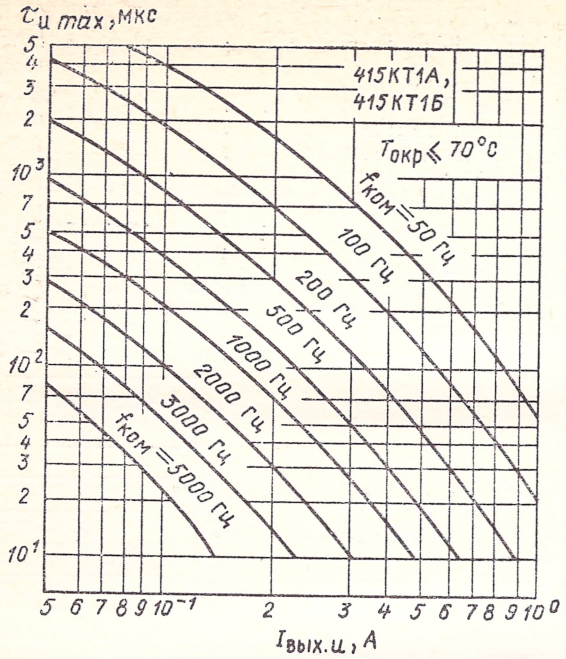
Зависимость входного импульсного тока срабатывания (в относительных единицах) от длительности импульса



Зависимость остаточного напряжения от выходного тока (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость времени выключения от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость максимальной длительности импульса выходного тока от амплитуды выходного импульса и частоты коммутации

14.5. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ МИКРОСХЕМЫ

К295АГ1(А, Б, В, Г, Д)

Оптоэлектронные одновибраторы на основе тиристорных оптопар. Выпускаются в металлостеклянном корпусе. Масса не более 2,5 г.

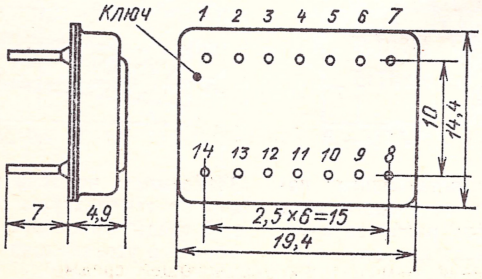
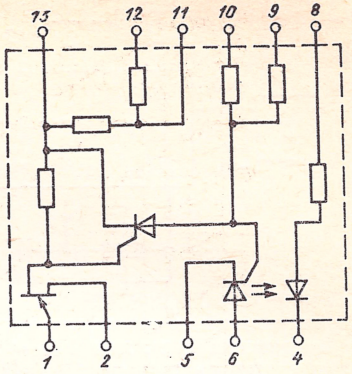


Схема принципиальная электрическая К295АГ1А—К295АГ1Д:

4 и *8* — вход; *6* — «+» $U_{пит}$; *12* — «—» $U_{пит}$; *5* — выход к нагрузке; *9* и *1* — для присоединения резистора задающего длительность выходного импульса; *1* и *13* — для присоединения конденсатора, задающего длительность выходного импульса



Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

Минимальное напряжение включения, не более	3,6 В
Ток включения, не более	25 мА
Выходное остаточное напряжение, не более	2,5 В
Выходной ток утечки, не более	10 мкА
Время включения, не более	50 мкс
Сопротивление изоляции	10^8 Ом

Предельные эксплуатационные данные

Напряжение включения	5,25 В
Напряжение питания:	
К295АГ1А	(12±1,2) В
К295АГ1Б, К295АГ1В	(27±2,7) В
К295АГ1Г, К295АГ1Д	(48±4,8) В
Выходной импульсный ток при $\tau_и=2$ мкс, $T_{окр}\leqslant 35$ °С:	
К295АГ1А, К295АГ1Б	50 мА
К295АГ1В, К295АГ1Г	100 мА
К295АГ1Д	200 мА
Рассеиваемая мощность при $T_{окр}\leqslant 35$ °С	500 мВт
Скорость нарастания напряжения питания	50 В/мкс
Напряжение изоляции	100 В
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—10÷+55 °С

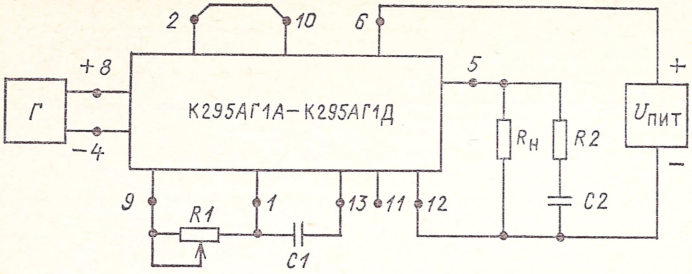
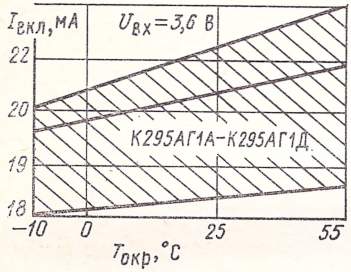
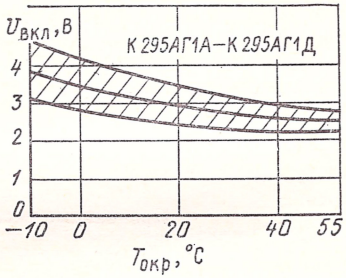


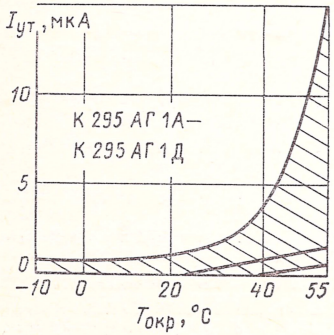
Схема включения оптоэлектронного одновибратора (сделанные на схеме соединения даны для $U_{пит}$=48 В). При напряжении 27 В необходимо соединить выводы *11* и *12*, при напряжении 12 В — выводы *11* и *13*



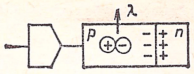
Зависимость тока включения от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость напряжения включения от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Зависимость тока утечки от температуры окружающей среды (показаны зона разброса и усредненная кривая)



Раздел 15

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ С УСТРОЙСТВАМИ УПРАВЛЕНИЯ ИНДИКАЦИЕЙ

15.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Данный класс приборов включает в себя как монолитные полупроводниковые микросхемы, так и гибридные модули, собранные на миниатюрных платах. Предназначены для функциональной обработки информации и дальнейшего преобразования ее в сигналы управления индикацией (чаще эти приборы включают в себя встроенные индикаторы для визуального отображения результата). В состав этих приборов могут входить счетчики, дешифраторы, компараторы, регистры и индикаторы на основе светодиодных структур.

Состав параметров функциональных микросхем со встроенной индикацией определяется их назначением и аналогичен параметрам функционально подобных микросхем без индикации, к которым еще добавляются параметры, характеризующие работу встроенных светоизлучателей.

Основные параметры следующие:

входной ток $I_{вх}$ и входное напряжение микросхем $U_{вх}$ — значения соответственно тока и напряжения на входе микросхемы в заданном режиме;

входные токи в состоянии логического 0 $I^0_{вх}$ и логической 1 $I^1_{вх}$ — значения токов на входе микросхемы в соответствующих логических состояниях;

входное сопротивление $R_{вх}$ — активное сопротивление, измеренное на входе индикатора уровня сигнала;

напряжение срабатывания $U_{сраб}$ — входное напряжение, при котором происходит включение очередного светодиода (у индикатора уровня);

выходные напряжения в состоянии логического 0 $U^0_{вых}$ и логической 1 $U^1_{вых}$ — значения напряжений на выходе микросхемы в соответствующих логических состояниях;

максимальная частота счета $f_{сч\,max}$ — указывается для микросхем счетчиков;

коэффициент неравномерности амплитудно-частотной характеристики $K_{прАЧХ}$ — отношение максимального значения выходного напряжения микросхемы к минимальному значению в заданном диапазоне частотной полосы пропускания;

время задержки включения $t_{зд.вкл}$ и выключения $t_{зд.выкл}$ — интервалы времени соответственно от начала входного импульса до момента возрастания выходного импульса до уровня 0,9 максимального значения и от момента окончания входного импульса до момента спада выходного импульса до уровня 0,1 максимального значения;

указываются также следующие параметры: ток индикации $I_{инд}$ — значение тока, потребляемого индикатором; ток потребления микросхе-

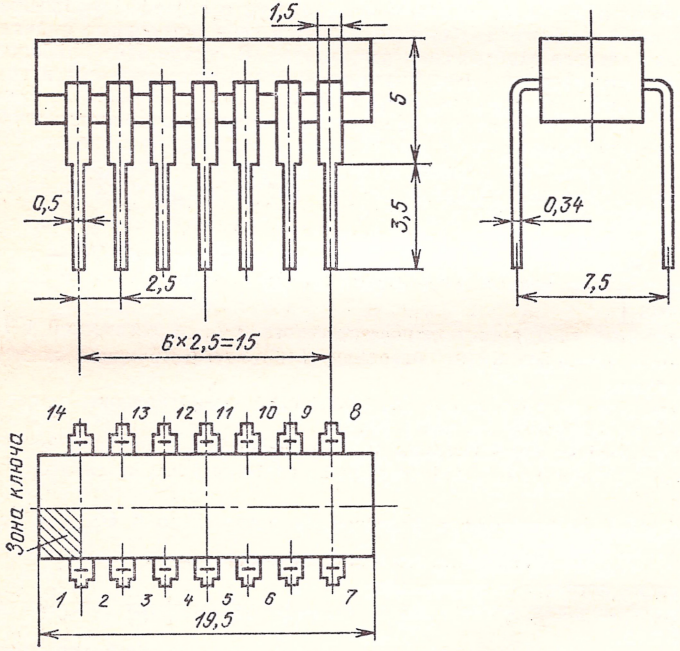
мы $I_{потр}$ (без учета тока, потребляемого схемой индикации); напряжение питания микросхемы $U_{пит}$ и напряжение индикации $U_{инд}$.

Кроме того, даются световые параметры, характеризующие работу встроенных индикаторов: сила света I_v или яркость свечения цифр L.

15.2. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

К176ИЕ3

Счетчики импульсов по модулю 6 с дешифратором, преобразующим двоичный код в сигналы 7-сегментного кода. Изготавливаются на основе кремниевых КМОП-структур. Выпускаются в пластмассовом 14-выводном корпусе.



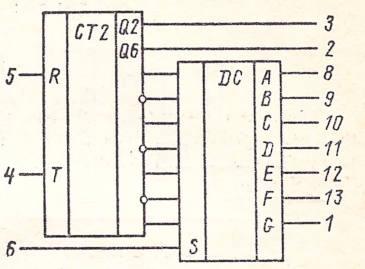
Предназначены для счета импульсов и управления 7-сегментными цифро-буквенными индикаторами. Масса 1 г.

Назначение выводов: T — счетный вход; R — вход установки в нулевое состояние; S — управляющий вход; A—G — выходы, подключаемые к сегментам индикатора; $Q2$ — выход счетчика по модулю 2; $Q6$ — выход счетчика по модулю 6; 14 — $U_{пит}$; 7 — общий.

Подача высокого логического уровня на вход R переводит в нулевое состояние все внутренние триггеры счетчика, при этом состояние

логических нулей во всех выходных разрядах дешифрируется таким образом, что цифровой индикатор, будучи подключенным к выходам *A*—*G*, высвечивает 0. В счетном режиме на входе *R* устанавливают низкий логический уровень, счетные импульсы подаются на вход *T*, а накапливающееся в счетчике число дешифрируется. В результате на выходах *A*—*G* формируются сигналы, обеспечивающие на 7-сегментном индикаторе свечение цифр, соответствующих состоянию очередного числа счетчика.

Сигнал, поступающий на управляющий вход *S*, воздействует на дешифратор так, что активным уровнем на выходах *A*—*G*, вызывающим возбуждение соответствующих сегментов индикатора, может становиться либо уровень логической 1 (при низком логическом уровне на *S*), либо уровень логического 0 (при высоком логическом уровне на *S*). Первый режим устанавливается в случае использования индикаторов с разъединенными анодами сегментов, второй — для работы индикаторов с разъединенными катодами сегментов.



Графическое обозначение микросхем К176ИЕ3

По выходу *Q2* (вывод *3*) микросхемы реализуется деление входных счетных импульсов на 2, а по выходу *Q6* (вывод 2) — деление на 6.

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

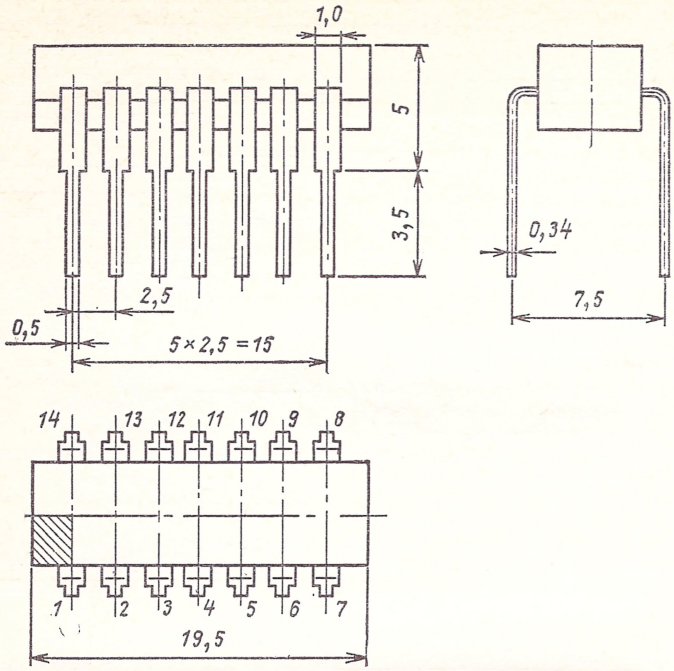
Входной ток в состоянии логического 0, не более	—0,5 мкА
Входной ток в состоянии логической 1, не более	0,5 мкА
Выходное напряжение в состоянии логического 0 при $U_{пит}=9{,}45$ В, не более	0,3 В
Выходное напряжение в состоянии логической 1 при $U_{пит}=8{,}55$ В, не менее	8,2 В
Ток потребления в статическом режиме, не более	0,25 мА
Ток потребления в динамическом режиме при $f=100$ кГц, не более	0,3 мА
Тактовая частота деления, не менее	1 МГц

Предельные эксплуатационные данные

Напряжение питания	(9±0,45) В
Напряжение на входах	—0,5÷+9,5 В
Выходной ток (втекающий или вытекающий)	0,2 мА
Мощность рассеяния микросхемы	27 мВт
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—45÷+70 °С

К176ИЕ4

Счетчик импульсов по модулю 10 с дешифратором, преобразующим двоичный код в сигналы 7-сегментного кода. Изготавливаются на основе кремниевых КМОП-структур, выпускаются в пластмассовом 14-выводном корпусе.

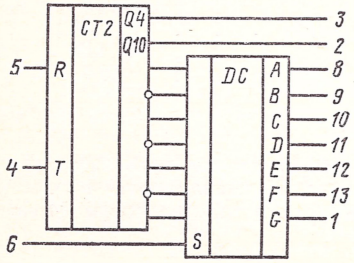


Предназначены для счета импульсов и управления 7-сегментными цифро-буквенными индикаторами. Масса 1 г.

Назначение выводов: *T* — счетный вход; *R* — вход установки в нулевое состояние; *S* — управляющий вход; *A*—*G* — выходы, подключаемые к сегментам индикатора; *Q4* — выход счетчика по модулю 4; *Q10* — выход счетчика по модулю 10.

Функционирование данной микросхемы, установление входных уровней и формирование сигналов на выходе дешифратора — аналогично микросхеме К176ИЕ3.

По выходу *Q4* реализуется деление входных счетных импульсов на 4, а по выходу *Q10* — деление на 10.



Графическое обозначение микросхем К176ИЕ4

Электрические параметры при $T_{окр}=25$ °С

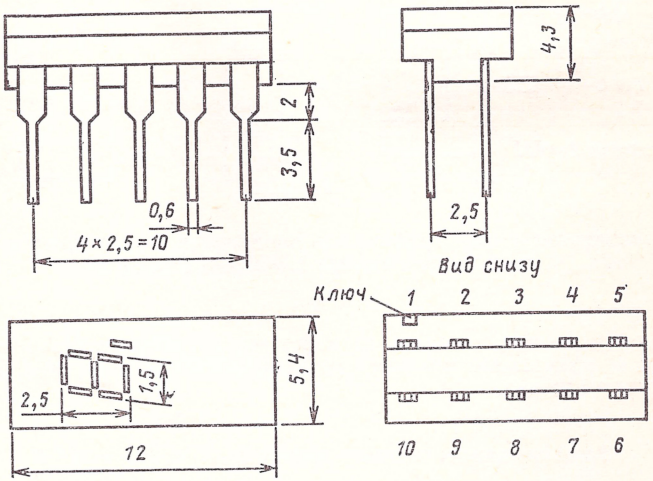
Входной ток в состоянии логического 0, не более	—0,5 мкА
Входной ток в состоянии логической 1, не более	0,5 мкА
Выходное напряжение в состоянии логического 0 при $U_{пит}=9{,}45$ В, не более	0,3 В
Выходное напряжение в состоянии логической 1 при $U_{пит}=8{,}55$ В, не менее	8,2 В
Ток потребления в статическом режиме, не более	0,25 мА
Ток потребления в динамическом режиме при $f=100$ кГц, не более	0,3 мА
Тактовая частота деления, не менее	1 МГц

Предельные эксплуатационные данные

Напряжение питания	(9±0,45) В
Напряжение на входах	—0,5—9,5 В
Выходной ток (втекающий или вытекающий)	0,2 мА
Диапазон рабочей температуры окружающей среды	—45÷+70 °С

К490ИП1, 490ИП1

Десятичный счетчик с внутренней дешифрацией сигналов и встроенным 7-сегментным индикатором. Прибор состоит из двух различных кристаллов. Изготавливается на основе кремниевой МОП-технологии и фосфидоарсенидогаллиевых светодиодных структур. Выпускается в пластмассовом корпусе. Масса не более 1,5 г.



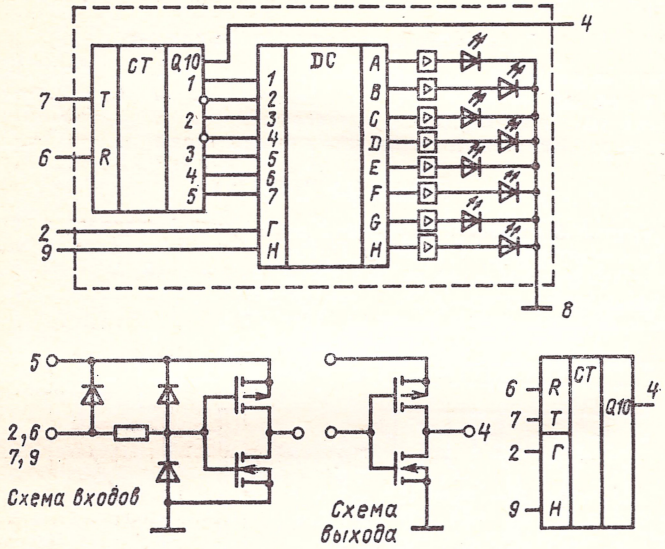
Корпус микросхемы К490ИП1, 490ИП1

Предназначен для счета импульсов и отображения числа в десятичной системе счисления. Высота цифры 2,5 мм. Для увеличения высоты цифры можно применять линзовую крышку, поставляемую в комплекте с микросхемой.

Графическое обозначение микросхемы приведено ниже.

Назначение выводов: *T* — счетный вход; *R* — вход установки счетчика в нуль; *Г* — вход гашения; *H* — вход управления децимальной точкой; *Q10* — десятичный выход; *5* — $U_{пит}$ микросхемы; *1* — $U_{пит}$ светоизлучающих сегментов; *8* — общий.

Установка счетчика в нулевое состояние осуществляется подачей высокого логического уровня на вход *R*. В счетном режиме на входе *R* — низкий логический уровень, а на входе *Г* (гашение) — высокий логический уровень.



Функциональная схема, графическое обозначение и электрические схемы входов и выхода К490ИП1, 490ИП1

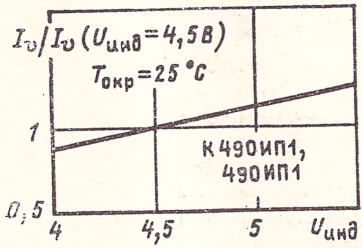
Для построения счетчика на несколько разрядов необходимо *Q10* (вывод *4*) микросхемы младшего разряда соединить со счетным входом *T* старшего разряда.

Электрические и световые параметры при $T_{окр}=25°$ С

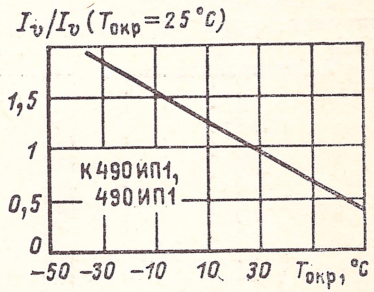
Сила света одного разряда, не менее	75 мккд
Ток индикации, не более	35 мА
Входной ток	—1 ÷ +1 мкА
Выходное напряжение логического 0, не более	0,29 В
Выходное напряжение логической 1, не менее	6,9 В
Ток потребления микросхемы, не более	2 мА
Частота счета, не менее	1 МГц

Предельные эксплуатационные данные

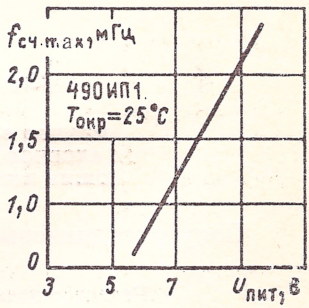
Напряжение питания микросхемы	(9±0,9) В
Напряжение индикации	(5±0,5) В
Входное напряжение	−0,5÷+ +9,2 В
Выходной ток	0,1 мА
Диапазон рабочей температуры окружающей среды:	
К490ИП1	−45÷+70 °С
490ИП1	−60÷+70 °С



Зависимость силы света от напряжения индикации



Зависимость силы света от температуры окружающей среды



Зависимость частоты счета от напряжения питания

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Носов Ю. Р.** Оптоэлектроника. М.: Советское радио, 1977.
2. **Носов Ю. Р., Сидоров А. С.** Оптроны и их применение. М.: Радио и связь, 1981.
3. **Смоляров А. М.** Системы отображения информации и инженерная психология. М. Мир, 1982.
4. **Дисплеи:** Сб. статей/Под. ред. Ж. Панкова. М.: Мир, 1982.
5. **Индикаторные** устройства на жидких кристаллах/Под ред. З. Ю. Готры. М.: Советское радио, 1980.
6. **Воротинский В. А., Дадерко Н. К., Егоров Л. П.** Надежность оптоэлектронных полупроводниковых приборов. М.: Радио и связь, 1983.
7. **Электронная** промышленность. Вып. 5, 6. 1982.

Справочное издание

ИВАНОВ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ
АКСЕНОВ АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ
ЮШИН АНАТОЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ

Полупроводниковые оптоэлектронные приборы

Редактор издательства *А. Н. Гусяцкая*
Художественный редактор *Т. А. Дворецкова*
Технический редактор *Н. Н. Хотулева*
Корректор *И. А. Володяева*
ИБ № 1752

Сдано в набор 22.01.88. Подписано в печать 29.11.88. Т-22610. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 23,52. Усл. кр.-отт. 23,52. Уч.-изд. л. 26,07. Доп. тираж 150 000 экз. Заказ № 14. Цена 2 р. 30 к.

Энергоатомиздат, 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Отпечатано с матриц во Владимирской типографии Союзполиграфпрома при Госкомиздате СССР
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

2р.30к.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

СПРАВОЧНИК