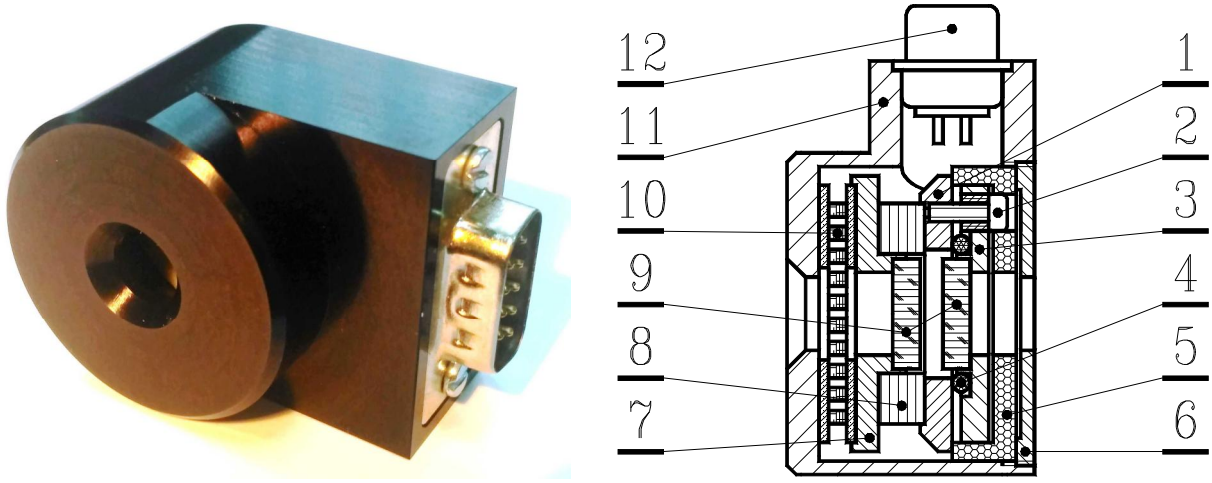
Техническое описание и руководство по эксплуатации термостабилизированного перестраиваемого интерферометра Фабри-Перо TSFPI

Термостабилизированный перестраиваемый интерферометр Фабри-Перо (TSFPI – Thermo-Stabilized tunable Fabry-Perot Interferometer) представляет собой два плоских зеркала, установленных параллельно друг другу и разделенных воздушным промежутком. Расстояние между зеркалами может изменяться с помощью пьезокерамического кольца, обеспечивая тем самым перестройку резонансной частоты интерферометра. Чтобы устранить влияние внешней температуры на частоту интерферометра, сборка из зеркал и пьезокерамики установлена на термоэлектрический микрохолодильник, и температура сборки активно стабилизируется (Рис.1).

Такой интерферометр, будучи, например, размещенным внутри лазерного резонатора, позволяет производить одновременно селекцию генерируемых лазерных мод и перестройку выходной частоты лазера. Также он может быть внешним опорным резонатором, к резонансу пропускания которого осуществляется привязка частоты генерации перестраиваемого лазера.



а) **б)**

Рис.1. Внешний вид и внутреннее устройство TSFPI. 1 – подвижная оправа; 2 – регулировочный винт; 3 – юстируемая оправа; 4 – резиновое кольцо; 5 – пенопластовая рубашка; 6 – зажимное кольцо; 7 – неподвижная оправа-хладопровод; 8 – пьезокерамическое кольцо; 9 – зеркала; 10 – микрохолодильник Пельтье; 11 – корпус TSFPI; 12 – разъем DB-9M.

Типовые оптические, электромеханические и массогабаритные параметры интерферометра приведены в таблице 1, внешний вид и внутреннее устройство – на рисунке 1, спектральные характеристики зеркал и просветляющих покрытий – на рисунках 2 и 3.

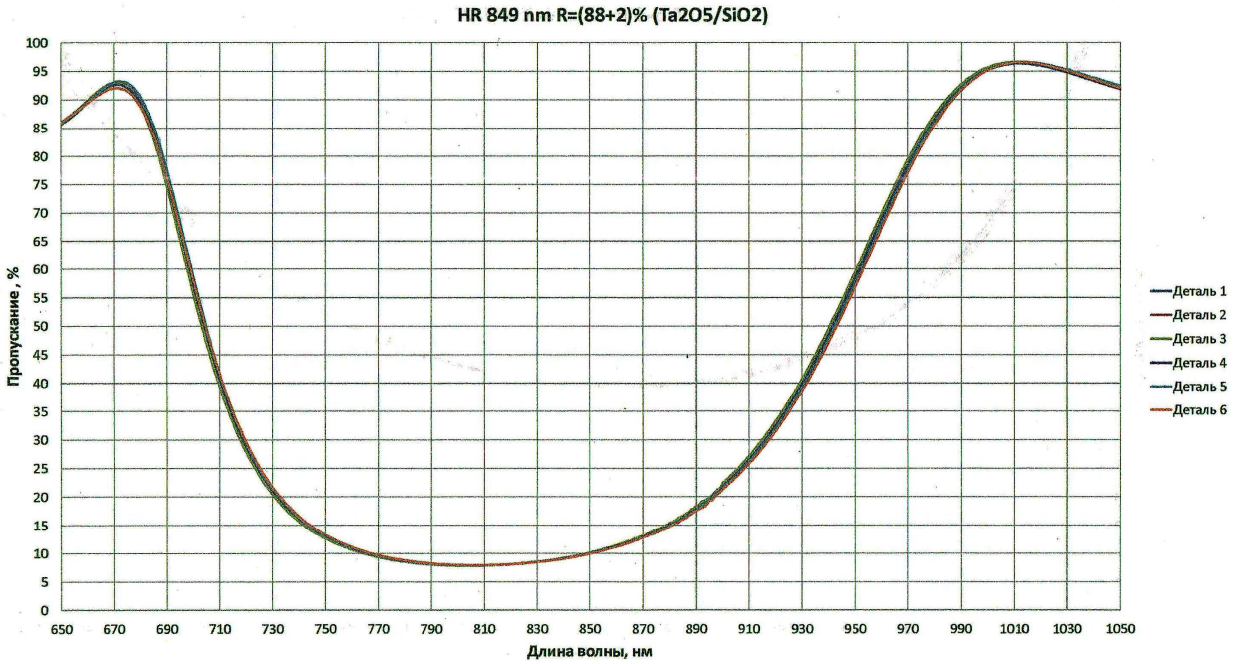


Рис.2. Спектральная характеристика покрытия зеркал TSFPI.

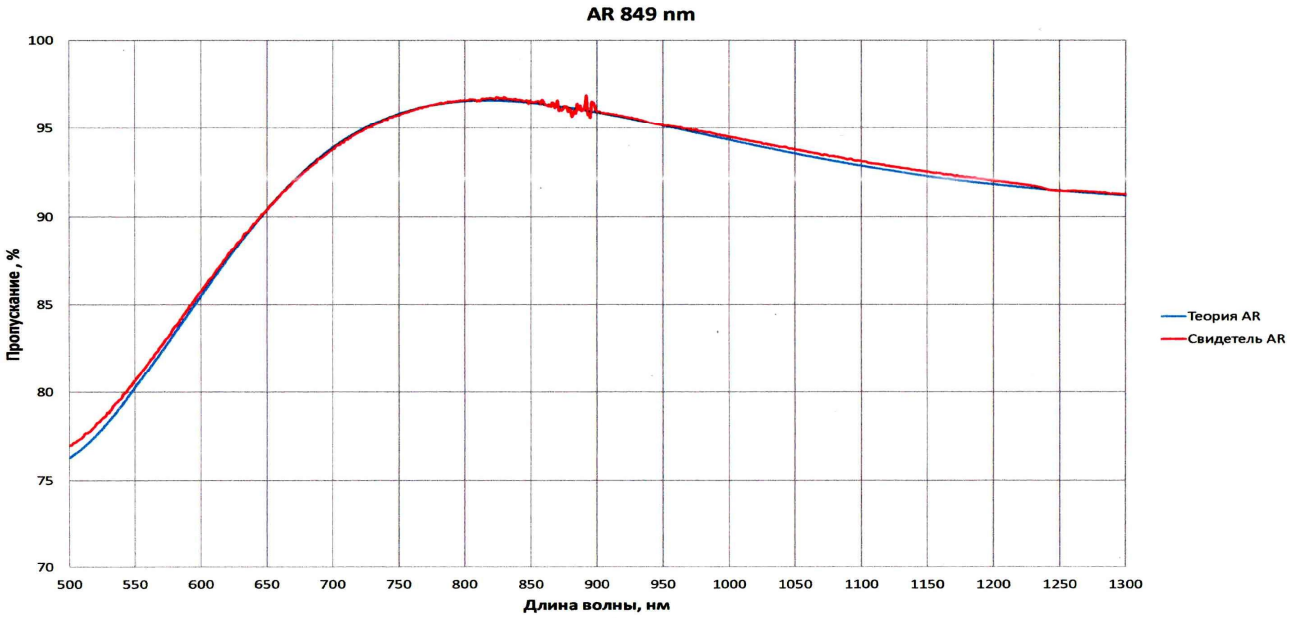


Рис.3. Спектральная характеристика просветляющего покрытия подложек TSFPI.

Таблица 1

Диапазон рабочих длин волн	740 ÷ 880 нм
Оптическая база эталона	1.6 мм
Материал подложек зеркал	кварц КИ
Коэффициент отражения зеркал в середине рабочего диапазона	92 %
Область свободной дисперсии	91 ГГц
Резкость на длине волны 795 нм	31
Аппаратная ширина на длине волны 795 нм	2960 МГц

Диаметр входной апертуры	8 мм
Пропускание на длине волны 795 нм	83 %
Максимальное напряжение питания пьезокерамики	± 150 В
Максимальная частота сканирования	50 Гц
Диапазон изменения базы эталона	1 мкм
Чувствительность смещения по напряжению	3 нм/В
Габариты оптического модуля	27×35×51 мм^3
Габариты блока управления	245×200×55 мм^3
Максимальный ток микрохолодильника	2 А
Диапазон регулировки температуры	± 5 ºС
Масса оптической части, не более	0,3 кг
Масса блока управления, не более	1,2 кг
Длина соединительного кабеля	1,8 м

Блок управления TSFPI.

Универсальный контроллер ULDC012S (S/N 032280) предназначен для управления интерферометром или эталоном, в которых предусмотрена возможность регулирования и поддержания их температуры. Контроллер позволяет управлять высоковольтной пьезокерамикой, сканирующей базу интерферометра, а также термоэлектрическим модулем Пельтье, обеспечивающим его термостабилизацию.

Аналоговый блок питания обеспечивает все напряжения, требуемые для работы электронных узлов: стабилизированные ±15В, +200В, ±5В и нестабилизированные ±6В. Под крышкой блока управления рядом с сетевым разъемом расположены два гнезда для плавких сетевых предохранителей. Одно гнездо соответствует переменному напряжению силовой сети 230В, другое – напряжению 117В. **Единственный предохранитель номиналом 1А должен быть установлен в соответствующее гнездо!** Дополнительный предохранитель в 100 мА (F1 на Рис.6) защищает выход высоковольтного блока питания от случайного замыкания. Для того чтобы снять крышку блока управления, следует выкрутить четыре винта с его верхней стороны.

Передняя панель блока управления TSFPI разделена на несколько функциональных зон, отражающих работу трансимпедансного (фото-) усилителя (PHOTO), контроллера температуры (THERMO) и высоковольтного усилителя (PZT) (Рис.4).

В зоне PHOTO расположены цифровой индикатор, который отображает напряжение на пьзоэлементе в вольтах, триммер (R40 на Рис.7) установки коэффициента преобразования фототока в напряжение (GAIN) и выходной разъем фотоусилителя (OUTPUT).

Трансимпедансный усилитель работает по фотогальванической схеме, т.е. анод внешнего фотодиода подключается на землю питания (ножка 7 разъема J16 DHR-15M), а его катод соединяется с виртуальной землей операционного усилителя U7 (ножка 9 разъема J16). Напряжение на разъеме OUTPUT пропорционально фототоку подключенного к разъему J16 фотодиода.

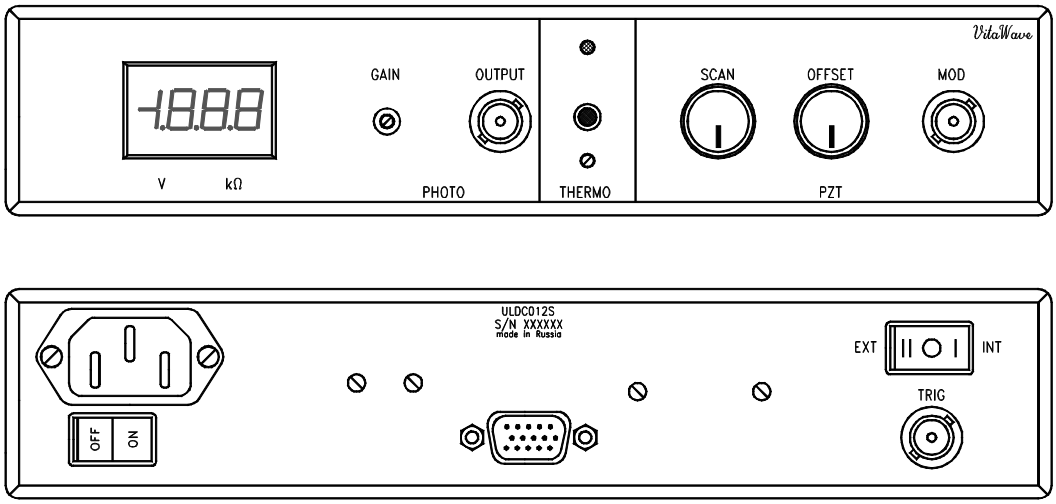


Рис.4. Вид спереди и сзади на блок управления TSFPI.

В зоне THERMO расположено подстроечное сопротивление, задающее температуру сборки из зеркал и пьезокерамики. Вращение по часовой стрелке приводит к увеличению ее температуры. Двухцветный светодиод над триммером отражает состояние термостабилизации. Отсутствие свечения свидетельствует об установлении требуемой температуры интерферометра. Зеленый цвет светодиода информирует об активном охлаждении объекта, т.е. внешняя температура выше предустановленной для интерферометра. Красный цвет светодиода индицирует нагрев (внешняя температура ниже предустановленной). Светодиод также горит красным, если TSFPI разъединен с блоком управления.

Кнопка в зоне THERMO переключает цифровой дисплей из режима измерения напряжения на пьзоэлементе в режим измерения величины сопротивления, задающего температуру интерферометра. При нажатии на нее дисплей показывает значение данного сопротивления в килоомах.

В функциональной зоне PZT установлены рукоятки регулировки амплитуды переменного (SCAN) и постоянного (OFFSET) напряжения, подаваемого на пьезоэлемент, а также входной разъем высокочастотной (до нескольких кГц) модуляции пьезоэлемента (MOD).

Встроенный генератор треугольного сигнала может модулировать подаваемое на пьезоэлемент напряжение на сетевой частоте **f** и ее субгармониках **f/2**, **f/4**, **f/8**. Для установки частоты модуляции один из движков переключателя DIP-8 на печатной плате (SW5) должен быть установлен в положение ON. Принимая во внимание низкочастотный механический отклик сборки зеркал, для TSFPI предустановлена частота **f/4** (т.е. 12,5 Гц для Европы и 15 Гц для США). Максимальный уровень (8 В) сигнала встроенного генератора обеспечивает полный размах (300 В) выходного напряжения высоковольтного усилителя. Максимальная перестройка базы интерферометра достигается при среднем положении рукоятки OFFSET и полностью введенной рукоятке SCAN.

На задней панели ULDC012S установлены:

сетевой разъем с выключателем,

разъем подключения эталона к блоку управления (DHR-15M),

переключатель управляющих сигналов (EXT-INT) и

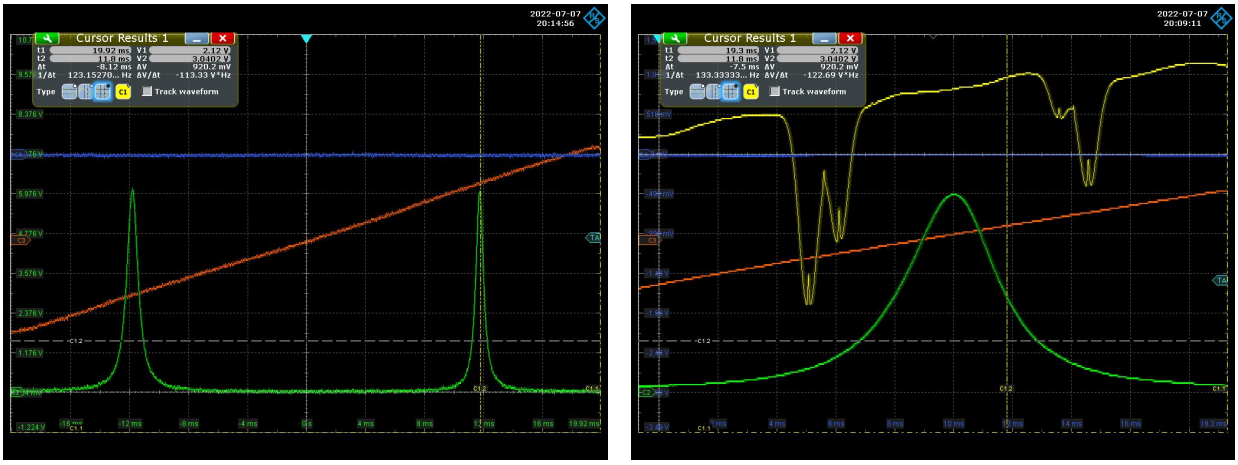
разъем синхронизации (TRIG).

В положении INT переключателя управляющих сигналов на разъем TRIG подается треугольный сигнал размахом 8В с выхода встроенного генератора, который может быть использован для синхронизации внешних устройств. Для того чтобы управлять TSFPI внешним сигналом, переключатель управляющих сигналов должен быть установлен в положение EXT. В этом случае выход встроенного генератора отсоединяется от входа высоковольтного усилителя, на который теперь, как и на разъем TRIG, подается внешний сигнал.

Тест протокол TSFPI.

На рисунках 5а и 5б показаны осциллограммы, позволяющие измерить оптические параметры интерферометра S/N 032280. Зеленый трек на Рис.5а показывает два последовательных резонанса пропускания TSFPI, регистрируемых при сканировании его базы. Частота лазера фиксирована. Синий трек показывает сигнал на фотоприемнике при изъятом из лазерного пучка интерферометре (регистрируются 100% мощности), красный – сигнал управления напряжением на пьезокерамике. Ширины резонансов

несколько отличаются, что связано с нелинейным откликом пьезоэлемента на линейный управляющий сигнал.



а) **б)**

Рис.5. Измерение оптических параметров TSFPI.

Диапазон непрерывной перестройки лазера меньше области свободной дисперсии интерферометра, поэтому для измерения резкости и длины базы интерферометра использовался спектр поглощения света в атомах изотопа ^{87}Rb на длине волны 795 нм (D1 линия). На рисунке 5б показаны осциллограммы, зарегистрированные при неизменной базе интерферометра и перестраиваемой частоте лазерного излучения. Желтый трек – спектр поглощения на D1 линии рубидия, зелёный – пик пропускания TSFPI, красный – сигнал управления частотой лазера. В спектре поглощения видны четыре доплеровских контура с узкими пиками нелинейного поглощения на вершинах. Частотное расстояние между двумя парами контуров – 6,8 ГГц, между «доплерами» в парах – 812 МГц. Из этих данных следует, что пропускание интерферометра составляет 83%, область свободной дисперсии FSR – 91 ГГц, полуширина резонанса пропускания – 2,96 ГГц, резкость – более 30.

Приложение. Принципиальные и монтажные схемы ULDC012S.

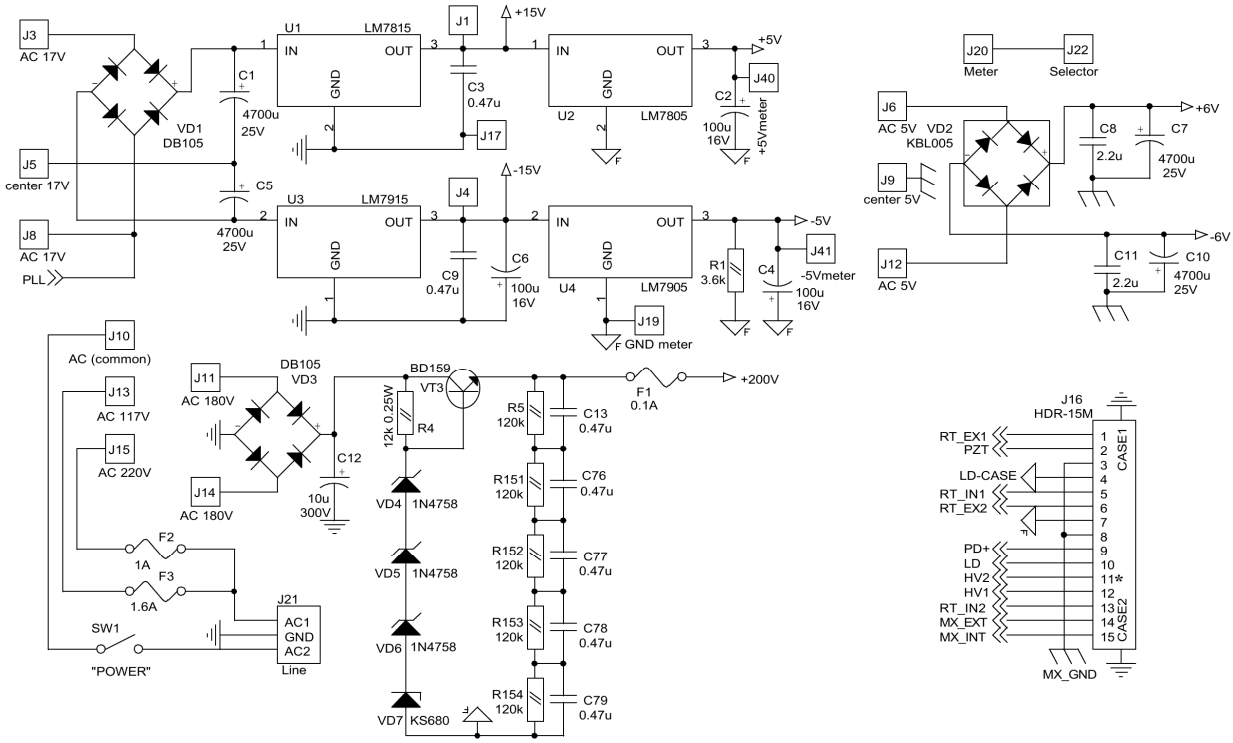


Рис.6. Схема блока питания.

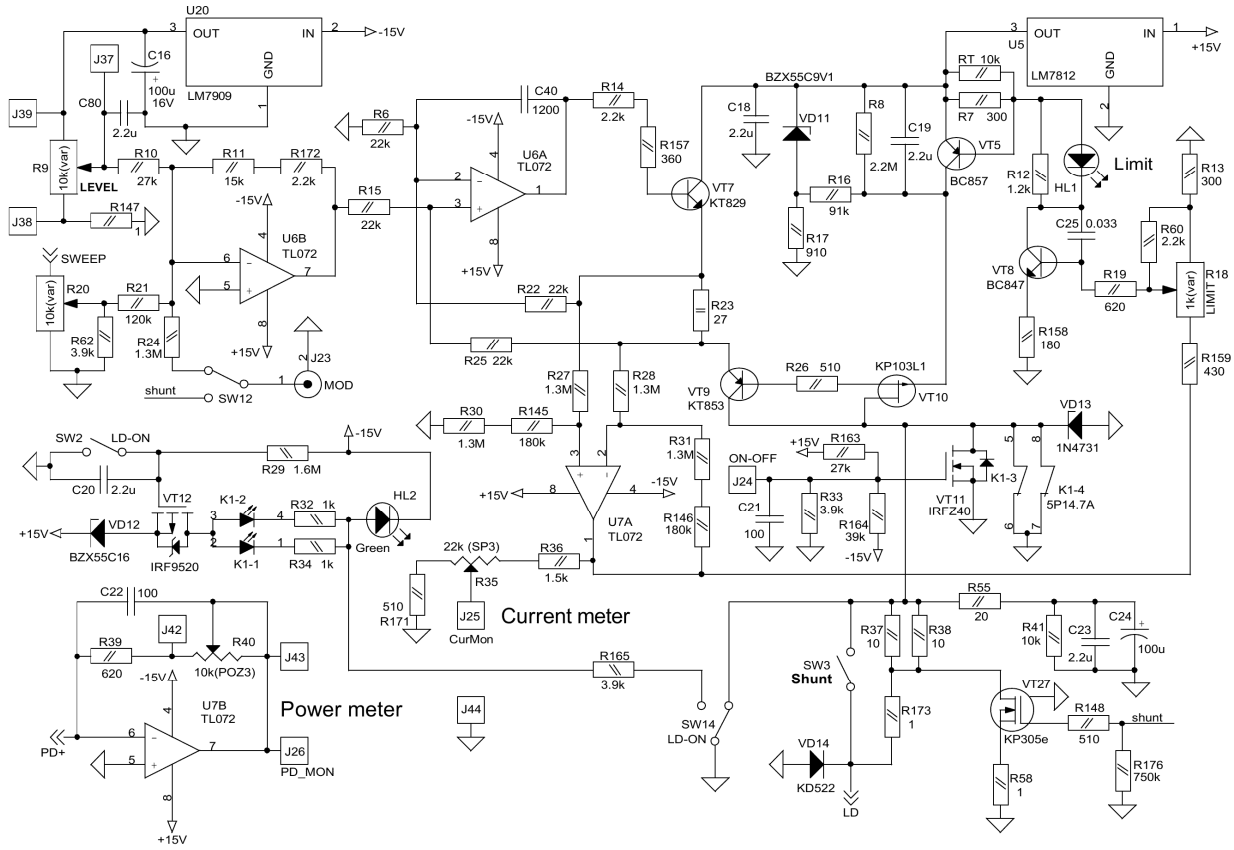


Рис.7. Схема источника тока и трансимпедансного усилителя.

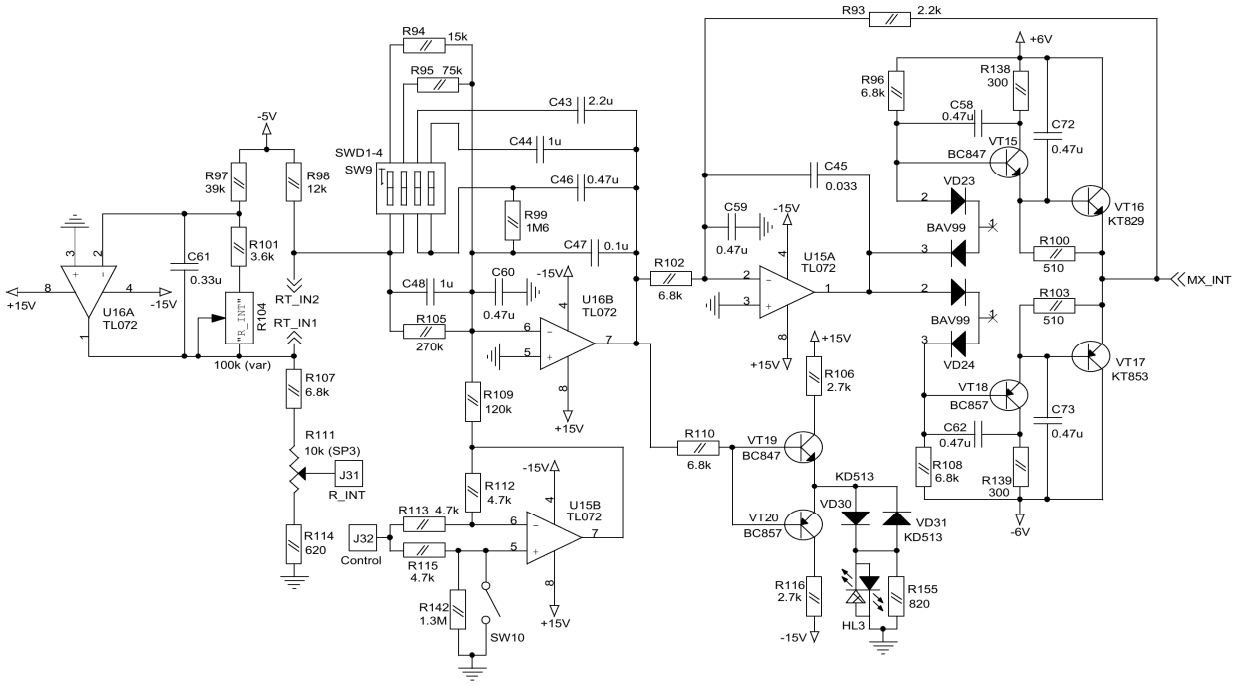


Рис.8. Схема контроллера температуры.

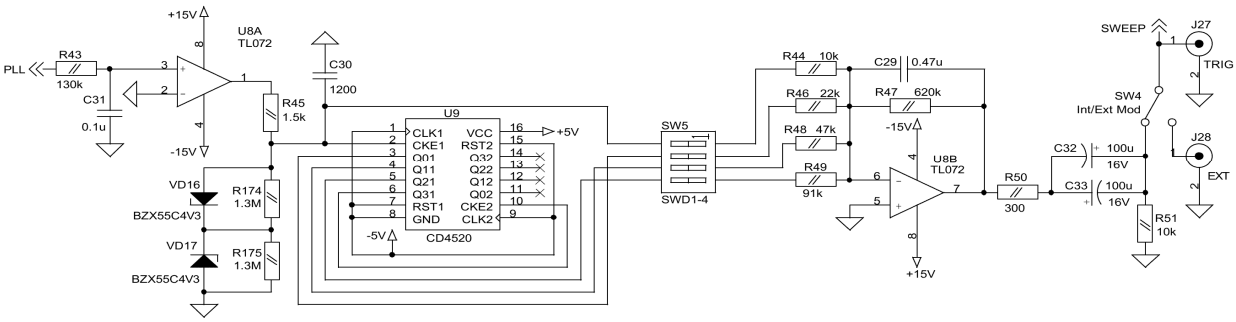


Рис.9. Схема генератора треугольного сигнала.

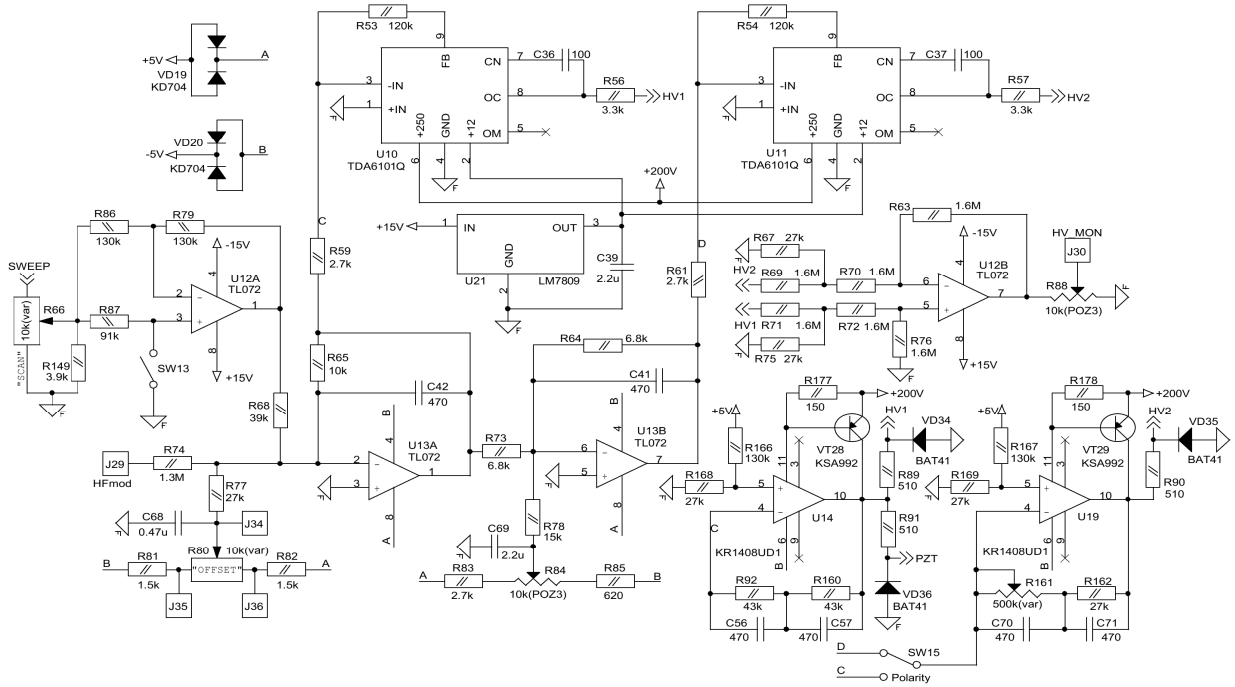


Рис.10. Схема высоковольтного усилителя.

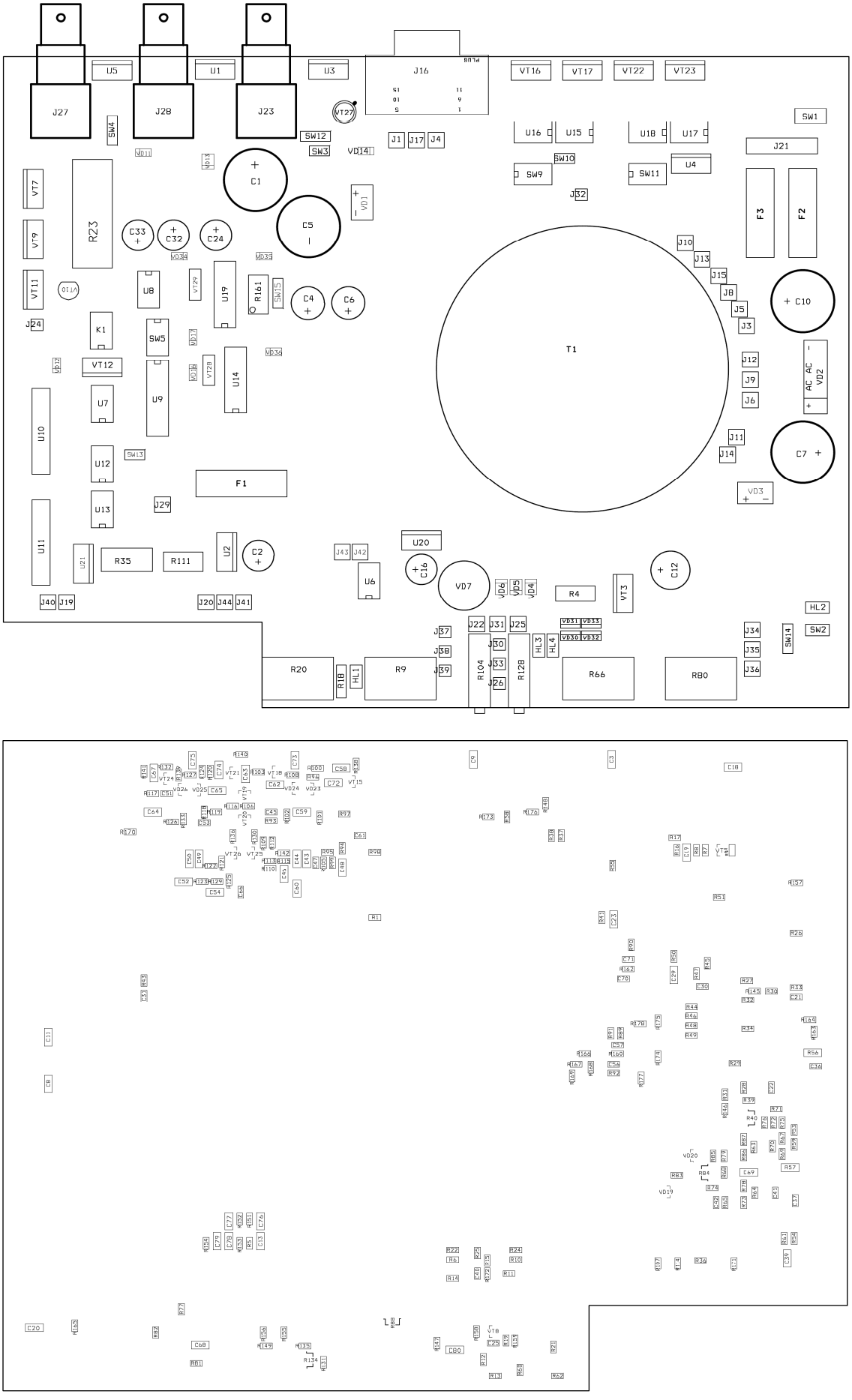


Рис.11. Монтажные схемы ULDC012S.