

**Термостабилизированный перестраиваемый  
эталон TSTE-10-810.**

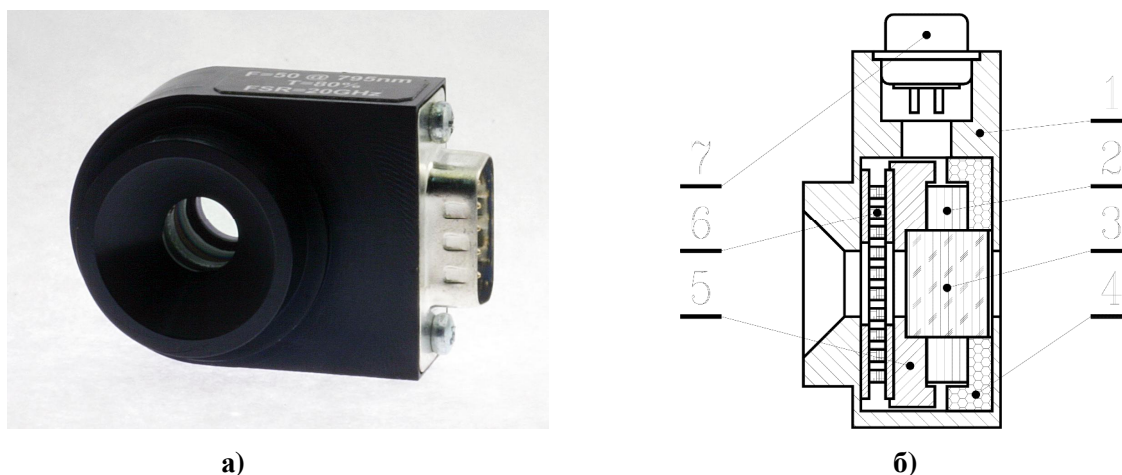
**Техническое описание  
и инструкция по эксплуатации.**

**Москва 2024 г.**

### Назначение и принцип работы.

Термостабилизированный перестраиваемый эталон (TSTE – Thermo-Stabilized Tunable Etalon) представляет собой кварцевую плоскопараллельную пластину, на обе плоскости которой нанесено зеркальное покрытие. Пластина вклеена в пьезокерамическое кольцо, которое установлено на микрохолодильник. При подаче напряжения на пьезокерамическое кольцо оно сдвигает кварцевую пластину, изменяя расстояние между ее плоскостями. Тем самым обеспечивается перестройка резонансной частоты эталона. Такой эталон, будучи, например, размещенным внутри лазерного резонатора, позволяет производить одновременно селекцию генерируемых лазерных мод и перестройку выходной частоты лазера.

Благодаря термостабилизации эталона стабильность частоты генерации повышается. Типовые оптические, электромеханические и массогабаритные параметры эталона приведены в таблице 1, внешний вид – на рисунке 1, спектральные характеристики зеркал в диапазоне 700÷1700 нм и рабочих диапазонах 770÷840 нм, 1250÷1450 нм – на рисунках 2 и 3 (кривая зеленого цвета относится к модели TSTE-10, красного – к модели TSTE-20).

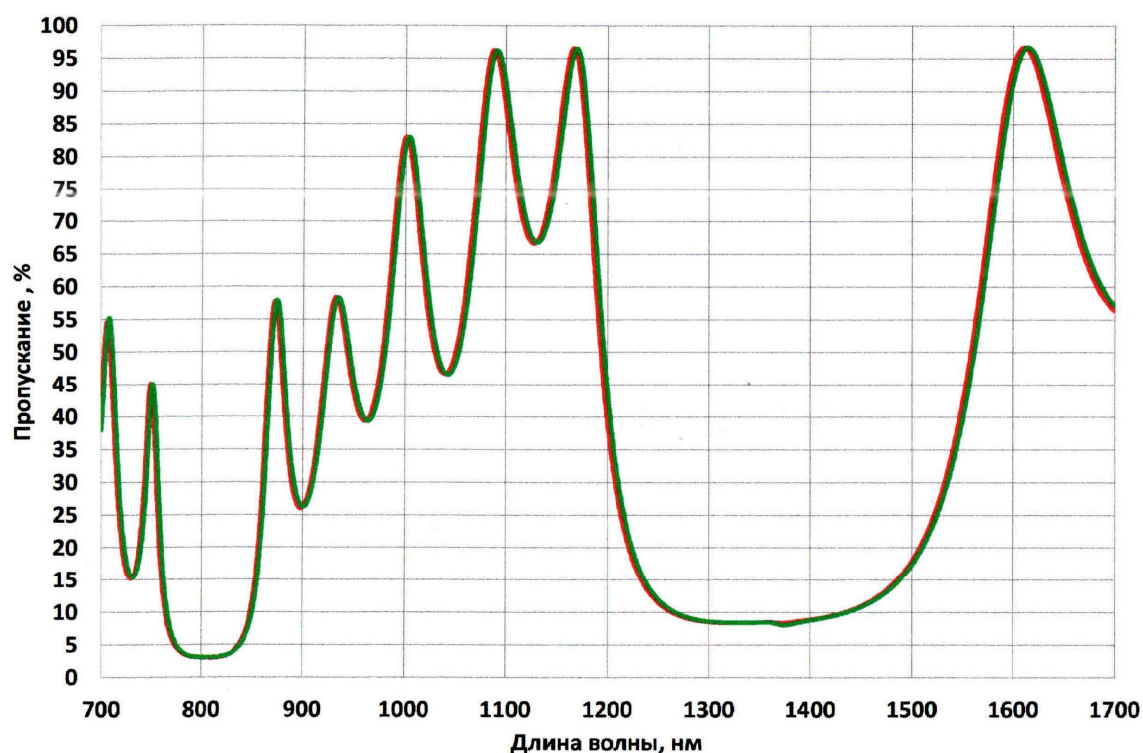


**Рис.1. Внешний вид и внутреннее устройство TSTE.** 1 – корпус TSTE; 2 – пьезокерамическое кольцо; 3 – кварцевый эталон; 4 – пенопластовая рубашка; 5 – хладопровод; 6 – микрохолодильник Пельтье; 7 – разъем DB-9M.

Таблица 1

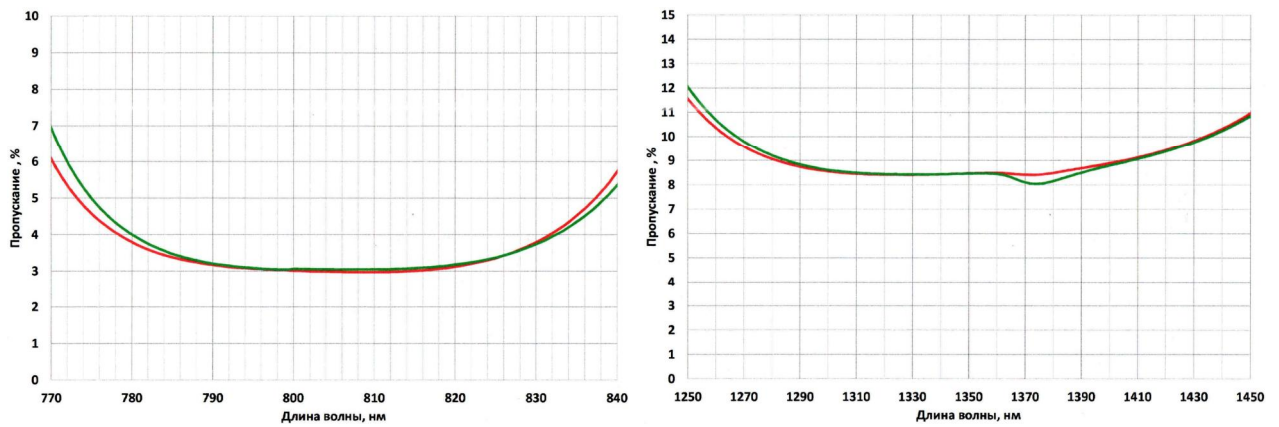
Диапазон рабочих длин волн	770÷850 нм
Оптическая база эталона	15 мм
Материал эталона	кварц КВ
Коэффициент отражения зеркал на 795 нм	97 %
Резкость на 795 нм	50
Аппаратная ширина на 795 нм	200 МГц

Пропускание на 795 нм	50 %
Диаметр входной апертуры	8 мм
Максимальное напряжение питания пьезокерамики	$\pm 150$ В
Максимальная частота сканирования	50 Гц
Диапазон перестройки частоты эталона пьезокерамикой на 795 нм	2,8 ГГц
Диапазон изменения базы эталона пьезокерамикой	0,12 мкм
Чувствительность смещения по напряжению	0,4 нм/В
Габариты оптического модуля	24×35×52 мм <sup>3</sup>
Габариты блока управления	245×200×55 мм <sup>3</sup>
Максимальный ток микро-охладителя	1 А
Диапазон регулировки температуры	$\pm 7$ °С
Масса оптической части, не более	0,3 кг
Масса блока управления, не более	1,2 кг
Длина соединительного кабеля	1,8 м



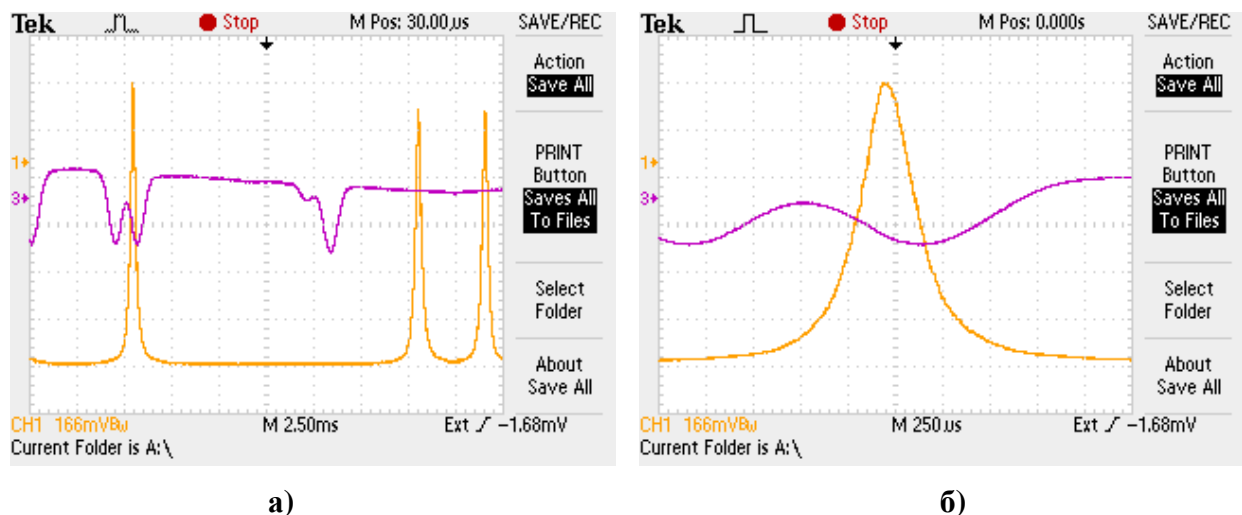
**Рис.2. Спектральная характеристика покрытия зеркал TSTE-10-810.**

Резкость и пропускание TSTE-10-810 были измерены с помощью одночастотного полупроводникового перестраиваемого лазера типа VCSEL с шириной спектра около 100 МГц и центральной длиной волны 795 нм (Рис.4 и Рис.5).



**Рис.3. Спектры пропускания зеркал TSTE-10-810 в рабочих диапазонах.**

При перестройке частоты диодного лазера одновременно регистрировались спектры пропускания эталона (желтые треки) и поглощения в парах рубидия (фиолетовые треки). Диапазон перестройки лазера превышает область свободной дисперсии эталона, что позволяет напрямую измерить резкость, используя отношение времени между регистрацией последовательных пиков пропускания к времени прохождения полуширины пика. Более точный отсчет времени прохождения полуширины производился с более быстрой разверткой осциллографа (Рис.4б). Значение измеренной таким образом резкости составляет 46.



**Рис.4. Измерение резкости TSTE-10-810.** Желтые кривые: резонансы пропускания эталона; фиолетовые: спектры поглощения на D1 линии рубидия (794,7 нм).

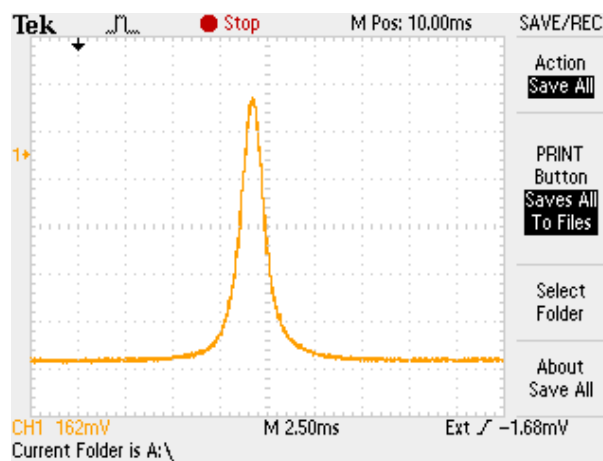
Также можно использовать в качестве частотной шкалы два соседних пика поглощения в рубидии, соответствующих переходам  $F_g=2 \rightarrow F_c=1$  и  $F_g=2 \rightarrow F_c=2$  на D1 линии Rb, между которыми 812 МГц (Рис.4б). Это дает значение аппаратной ширины 211 МГц и резкость 47. Учитывая ширину линии генерации VCSEL, резкость TSTE-10-810 должна быть не менее 50.

Пропускание эталона продемонстрировано на рисунке 5. Серый трек отражает

изменение мощности VCSEL при перестройке его частоты, желтый – сигнал на фотоприемнике с установленным перед ним эталоном при тех же настройках лазера. Отношение мощности в пике пропускания к ее полному значению на данной частоте составляет 50%.



**Рис.5. Измерение пропускания эталона.** Желтая кривая: резонансы пропускания эталона; серая: изменение мощности VCSEL при перестройке его частоты.



**Рис.6. Перестройка частоты эталона.**

На рисунке 6 показан резонанс пропускания TSTE-10-810 при сканировании его базы и фиксированной частоте лазерного диода. Исходя из ранее измеренной аппаратной ширины, можно оценить диапазон перестройки частоты эталона в 2,8 ГГц.

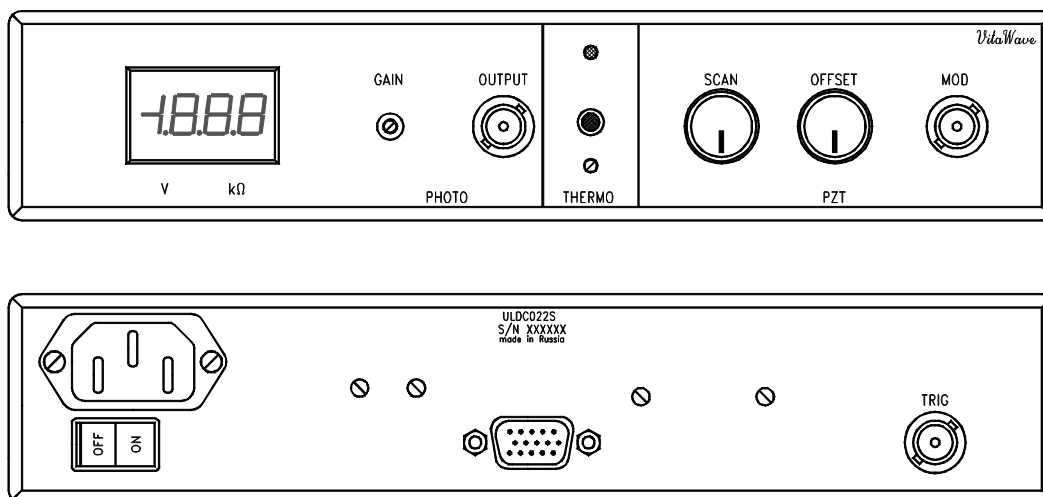
### Блок управления TSTE.

Универсальный контроллер ULDC022S (S/N 082302) 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  $\pm 15\text{V}$ ,  $+200\text{V}$ ,  $\pm 5\text{V}$  и нестабилизированные  $\pm 6\text{V}$ . 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 120В. **Единственный предохранитель номиналом 0,6 А должен быть установлен в соответствующее гнездо!** Дополнительный предохранитель в 100 мА (F1 на Рис.8) 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 TSTE разделена на несколько функциональных зон, отражающих работу трансимпедансного (фото-) усилителя (PHOTO), контроллера температуры (THERMO) и высоковольтного усилителя (PZT) (Рис.7).



**Рис.7. Вид спереди и сзади на блок управления ULDC022.**

В зоне PHOTO расположены цифровой индикатор, триммер (R40 на Рис.8) установки коэффициента преобразования фототока в напряжение (GAIN) и выходной разъем фотоусилителя (OUTPUT).

Цифровой индикатор отображает напряжение на пьезоэлементе в вольтах или величину сопротивления, задающего температуру эталона, в килоомах.

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.

В зоне THERMO расположено подстроечное сопротивление, задающее температуру сборки из эталона 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 эталона. Зеленый цвет светодиода информирует об активном охлаждении объекта, т.е. внешняя температура выше предустановленной для эталона. Красный цвет светодиода индицирует нагрев (внешняя температура ниже

предустановленной). Светодиод также горит красным, если TSTE разъединен с блоком управления

Кнопка в зоне THERMO переключает цифровой дисплей из режима измерения напряжения на пьезоэлементе в режим измерения величины сопротивления, задающего температуру эталона. 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. Для TSTE предустановлена частота  $f/2$  (т.е. 25 Гц для Европы и 30 Гц для США). Максимальный уровень (8 В) сигнала встроенного генератора обеспечивает полный размах (300 В) выходного напряжения высоковольтного усилителя. Максимальная перестройка базы эталона достигается при среднем положении рукоятки OFFSET и полностью введенной рукоятке SCAN.

На задней панели ULDC022S установлены:

сетевой разъем с выключателем,

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

разъем синхронизации (TRIG).

Переключатель управляющих сигналов (SW4) расположен на плате блока управления вблизи разъема TRIG. По умолчанию на разъем TRIG подается треугольный сигнал размахом 8 В с выхода встроенного генератора, который может быть использован для синхронизации внешних устройств. Для того чтобы управлять TSTE внешним сигналом, переключатель управляющих сигналов должна быть переставлена в соседнее положение. В этом случае выход встроенного генератора отсоединяется от входа высоковольтного усилителя, на который, как и на разъем TRIG, подается внешний сигнал.

## Приложение. Принципиальные и монтажные схемы ULDC022S.

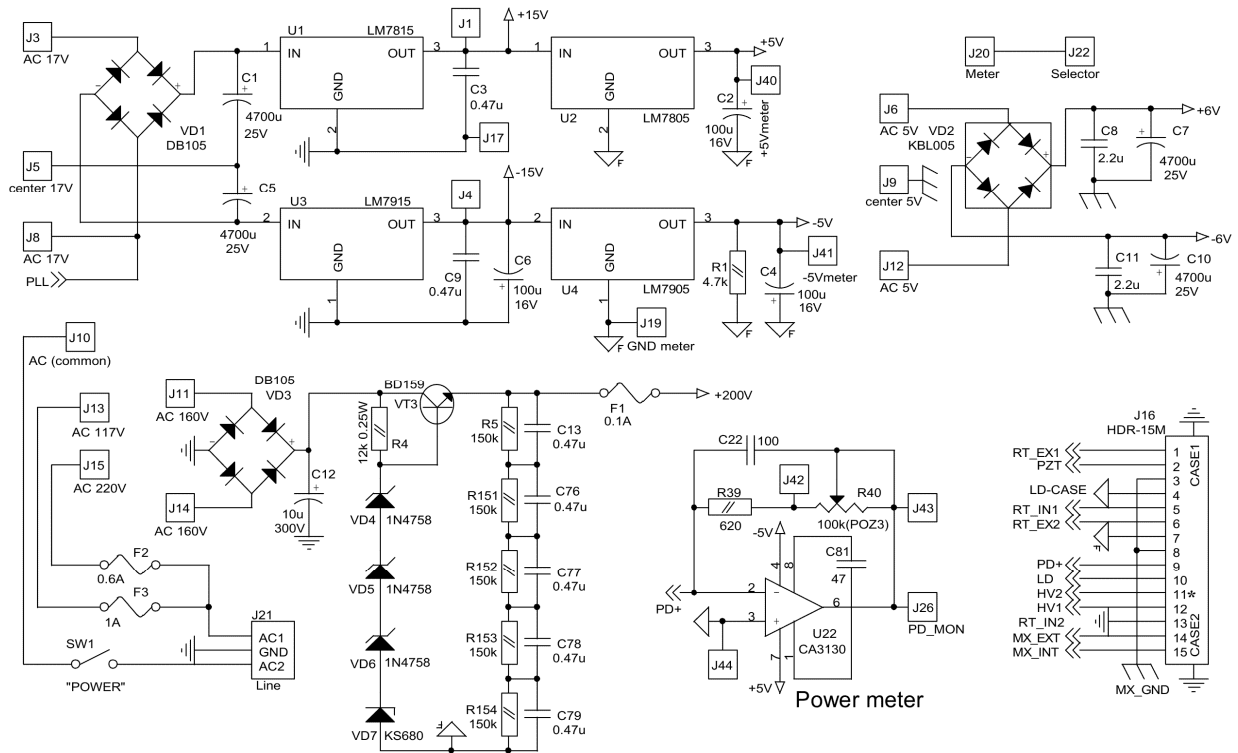


Рис.8. Схема блока питания.

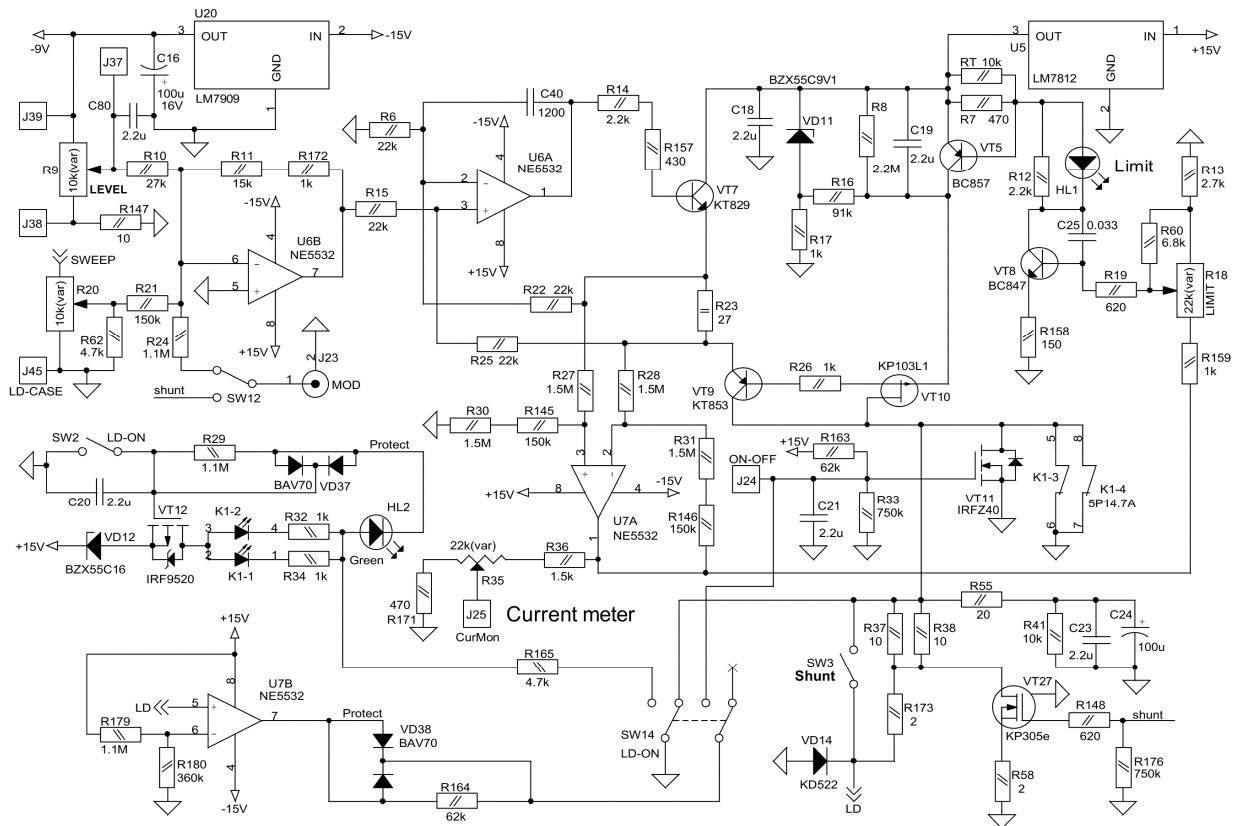


Рис.9. Схема источника тока и трансимпедансного усилителя.



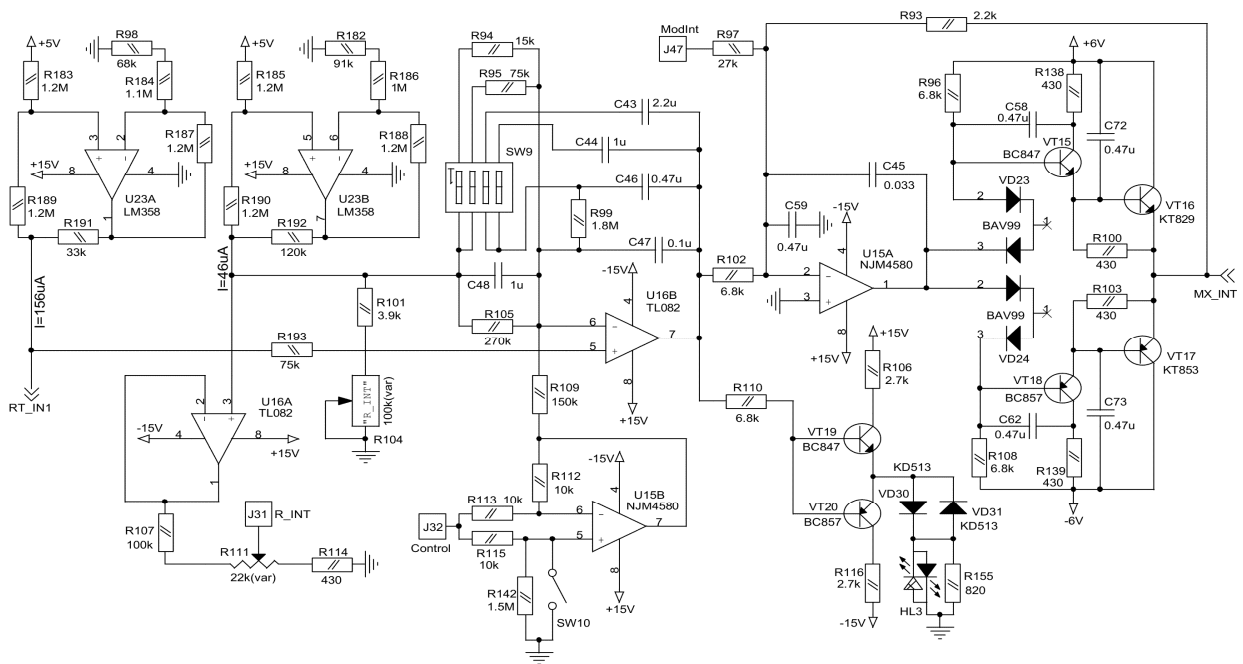


Рис.10. Схема контроллера температуры.

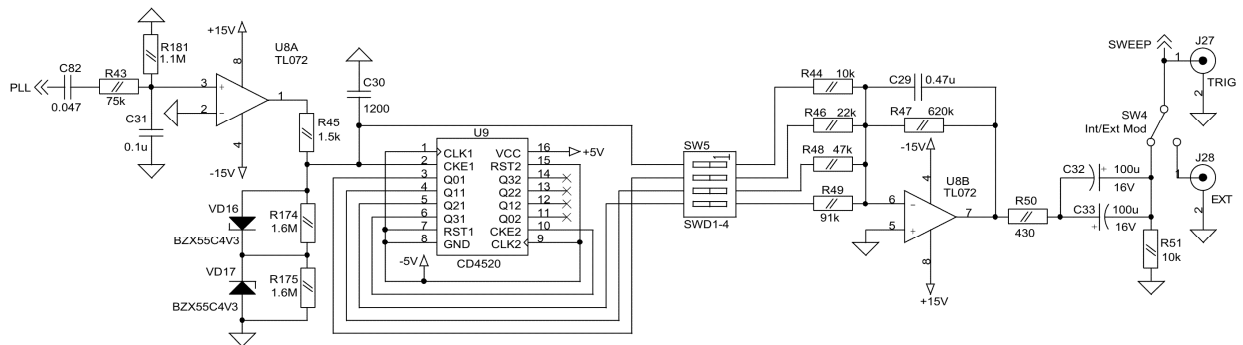


Рис.11. Схема генератора треугольного сигнала.

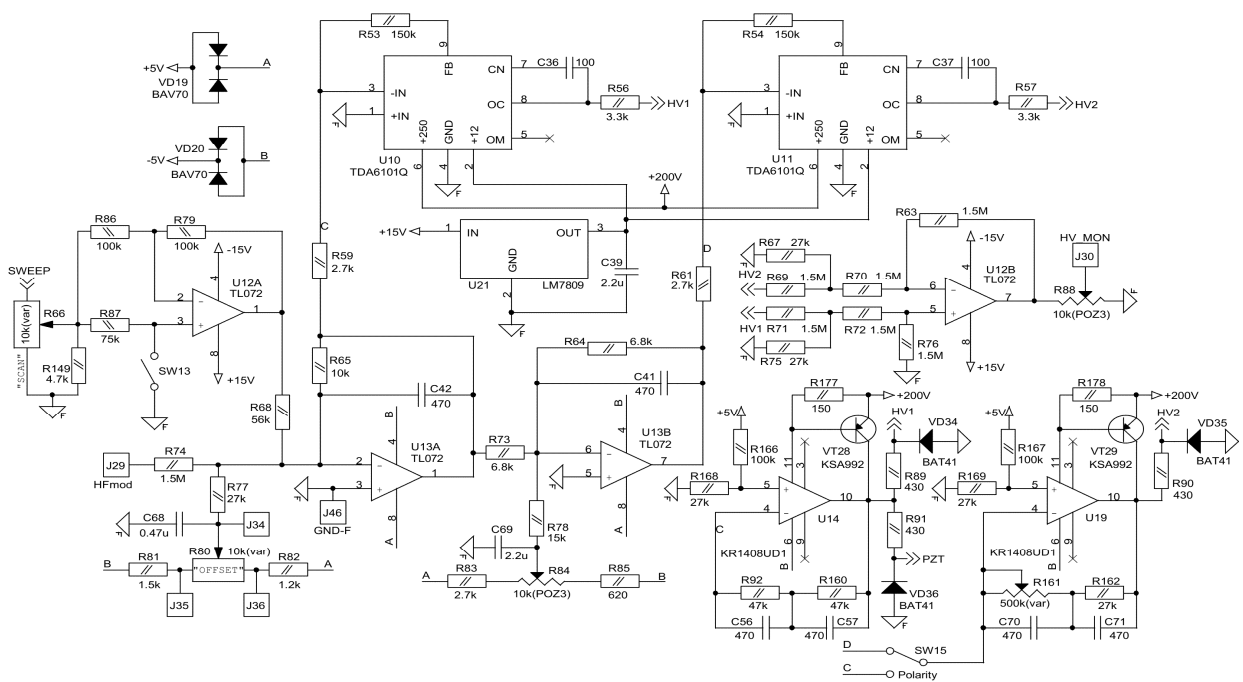


Рис.12. Схема высоковольтного усилителя.

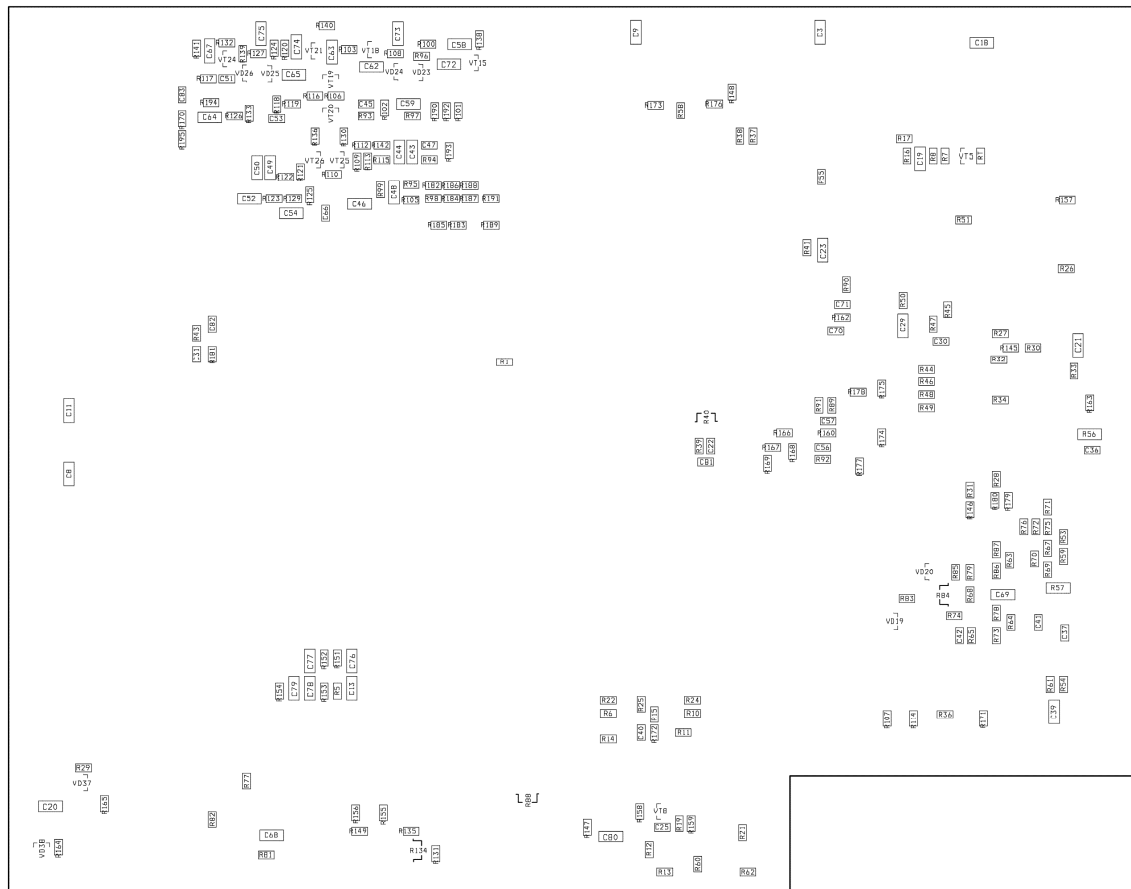
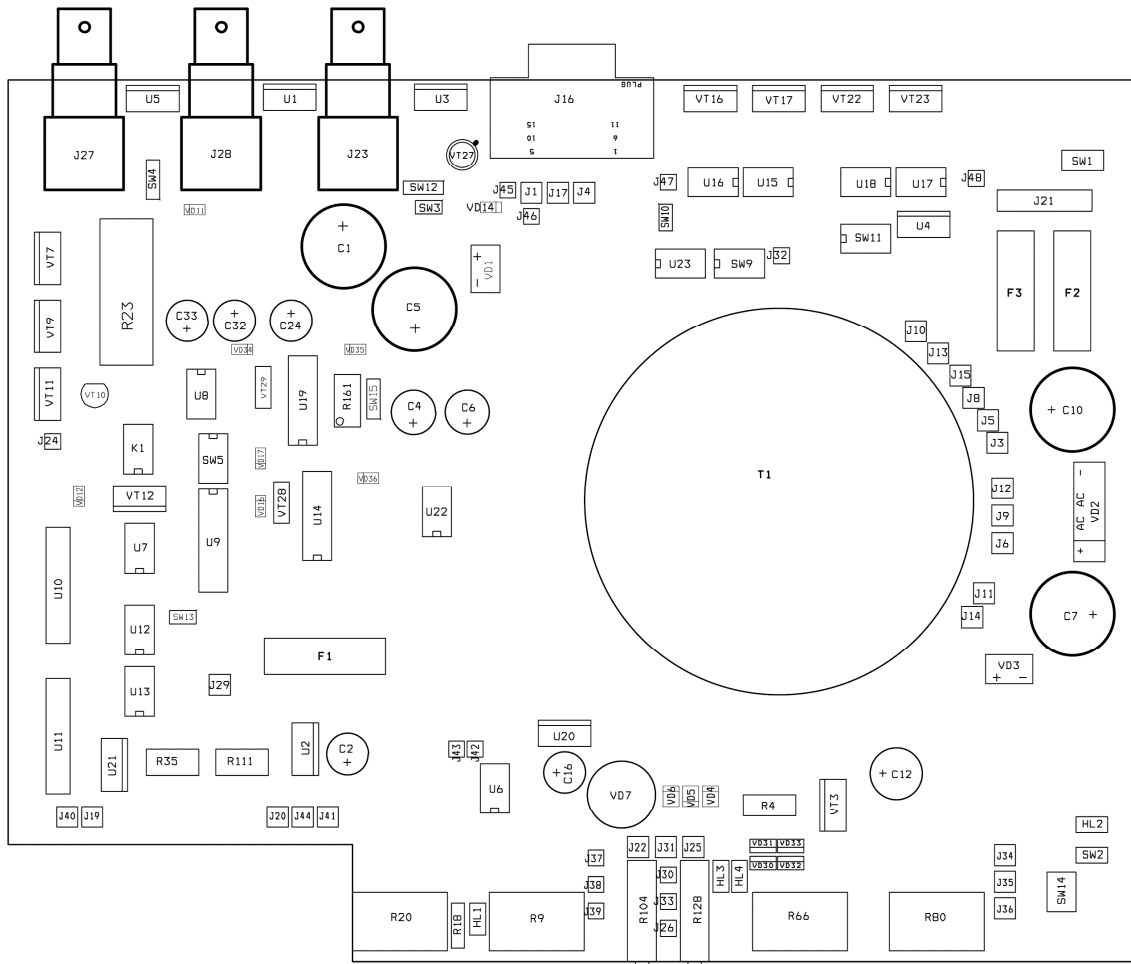


Рис.13. Монтажные схемы ULDC022S.