

## Лекция 7. Импульсные фотометры

---

**Импульсные фотометры работают по принципу трансмиссометров.**

**Рассмотрим импульсные фотометры на примере ФИ-1.**

**Основные блоки – фотометрический блок (БФ) и два отражателя.**

**Дальний отражатель (ОД) находится на расстоянии 100 м от БФ.**

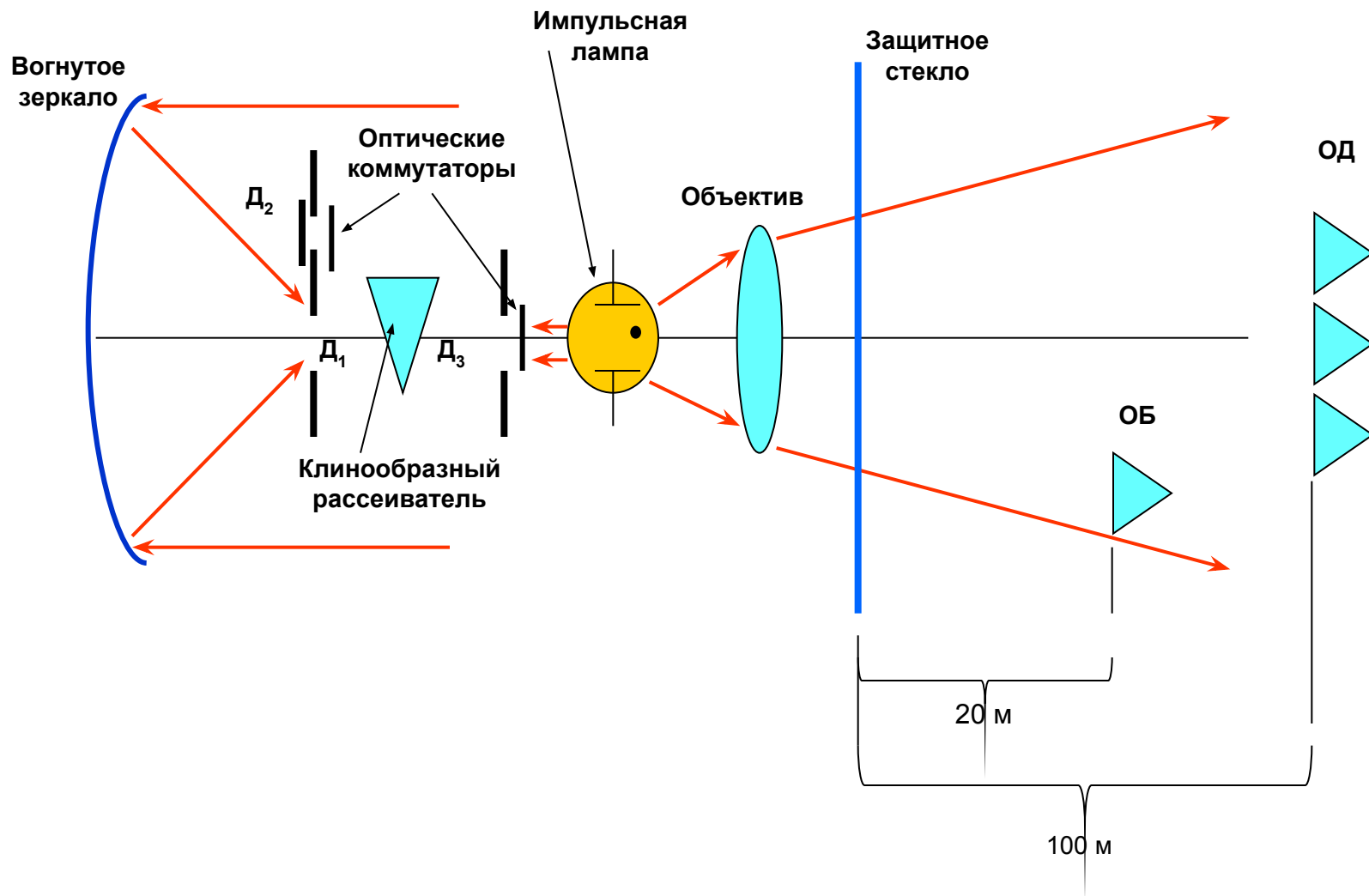
**Ближний отражатель (ОБ) находится на расстоянии 20 м от БФ.**

**Источником света является импульсная газоразрядная лампа.**

**Пределы измерения МДВ – от 50 до 6000 метров.**

# Лекция 7. Импульсные фотометры

Оптическая схема ФИ-1 была рассмотрена на 3-м курсе.



## Лекция 7. Импульсные фотометры

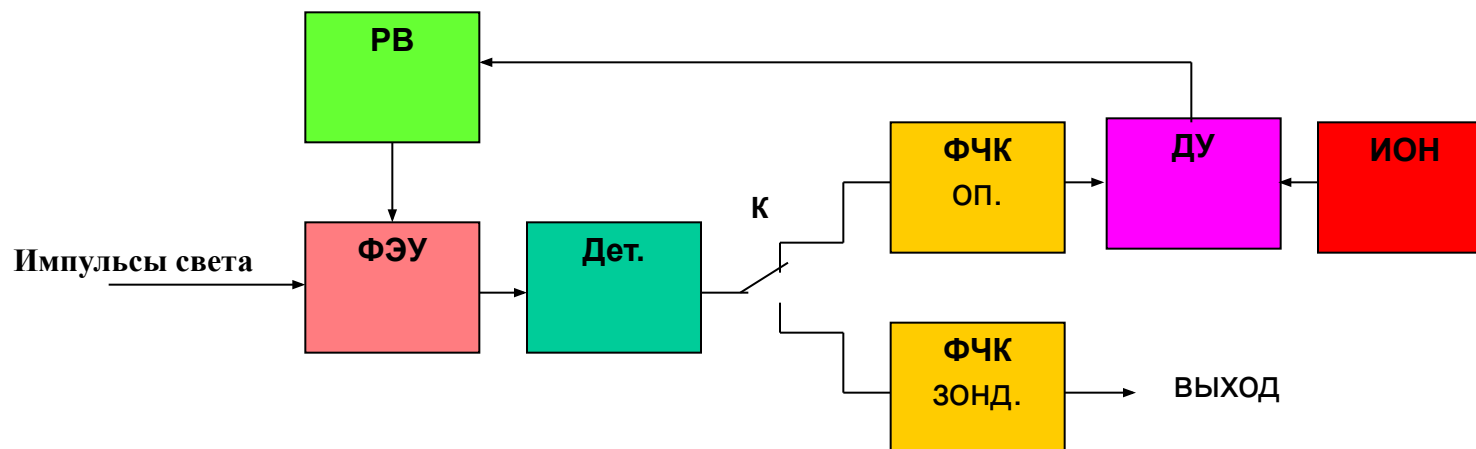


Рис.6.5.3. Блок-схема ФИ-1.

**ФЭУ** – фотозлектронный умножитель,

**Дет.** – детектор,

**К** – электронный коммутатор,

**ФЧК** – фильтры частоты коммутации (опорного и зондирующего сигналов),

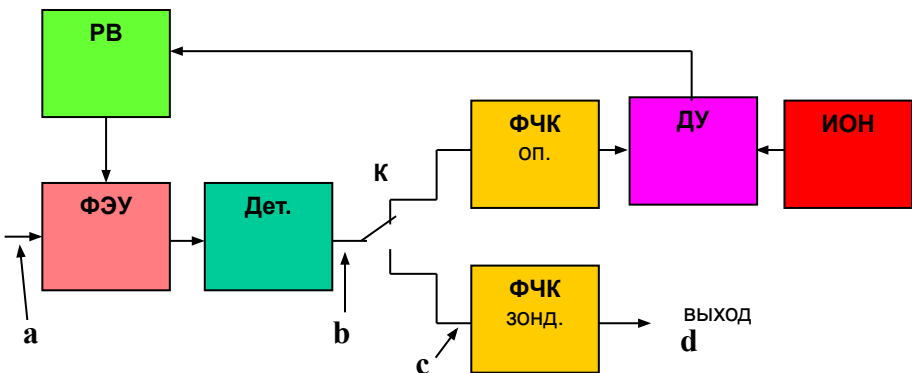
**ДУ** – дифференциальный усилитель,

**ИОН** – источник опорного напряжения,

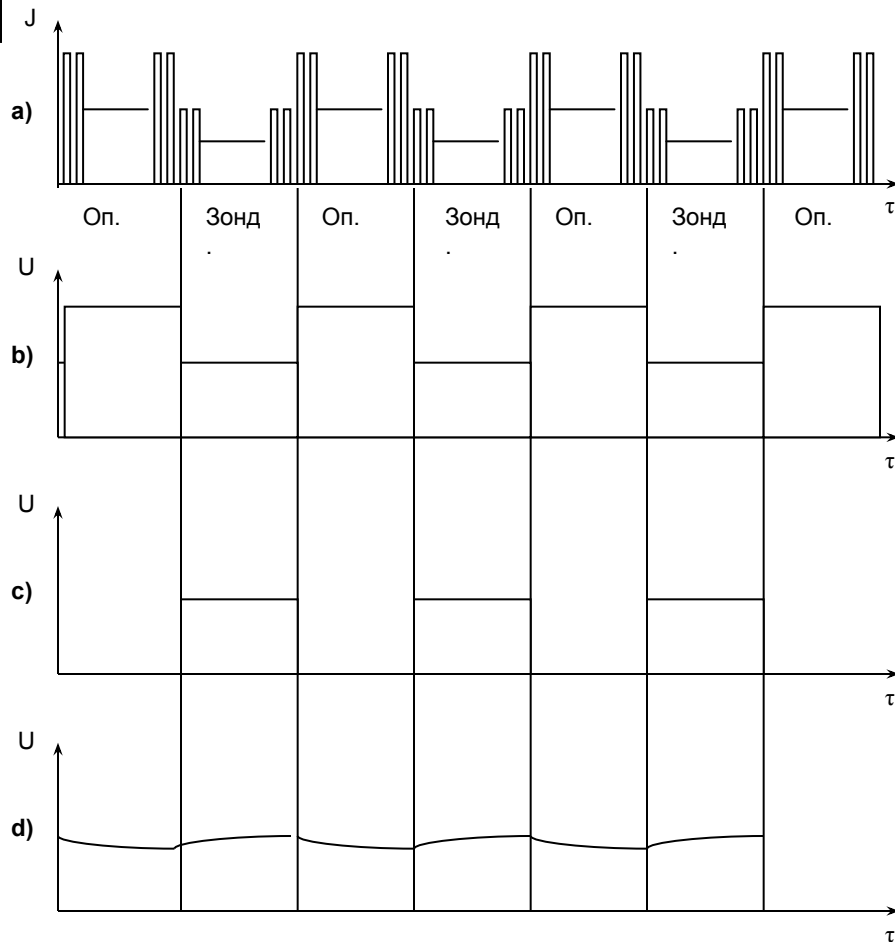
**РВ** – регулируемый выпрямитель.

**Яркость зондирующего пучка является мерой МДВ.**

## Лекция 7. Импульсные фотометры

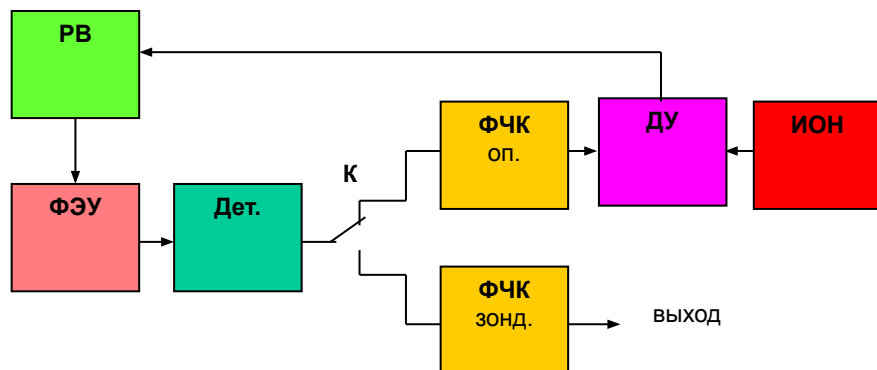


**На ФЭУ поступают зондирующие и опорные импульсы света (a). Детектор настроен на частоту модуляции и вырезает огибающую сигнала (b). Коммутатор разделяет этот сигнал по двум каналам (c). ФЧК настроен на частоту коммутации и дает практически постоянное напряжение (d).**



Эпюры напряжения для ФИ-1.

## Лекция 7. Импульсные фотометры



Напряжение на выходе зависит от МДВ и от яркости лампы.

Чтобы оно зависело только от МДВ, используют следящую систему с обратной связью.

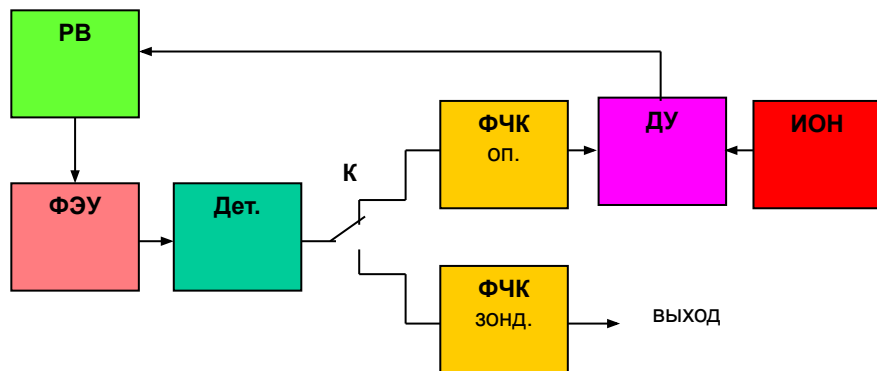
Напряжение с выхода  $\text{ФЧК}_{\text{оп}}$  зависит только от яркости лампы. Его направляют на один из входов дифференциального усилителя (ДУ).

На второй вход ДУ направляют постоянное напряжение с ИОН.

ДУ усиливает разность между  $U_{\text{фчк}}$  и  $U_{\text{ион}}$ .

Если яркость лампы возрастает, то  $U_{\text{фчк}} > U_{\text{ион}}$ , разность положительна, регулируемый выпрямитель РВ уменьшает напряжение питания ФЭУ. Все сигналы рис. 6.5.4. уменьшаются.

## Лекция 7. Импульсные фотометры



Если яркость лампы падает, то  $U_{\text{фчк}} < U_{\text{ион}}$ , разность отрицательна, регулируемый выпрямитель РВ увеличивает напряжение питания ФЭУ. Все сигналы рис. 6.5.4. возрастают.

Единственное устойчивое состояние:  $U_{\text{фчк}} = U_{\text{ион}} = \text{const}$ . Тогда выходное напряжение не зависит от яркости лампы, а только от МДВ.

Его измеряют стрелочным или цифровым прибором.

При МДВ от 50 до 1600 м используют ОБ. При МДВ от 400 до 6000 м используют ОД.

## Лекция 7. Импульсные фотометры

---

При условии такой обратной связи выходное напряжение  $U$ :

$$U \sim \frac{J}{J_0} \quad (7.1)$$

$J$  – яркость принятого сигнала,

$J_0$  – яркость излученного сигнала.

По уравнению Бугера-Ламберта:

$$J = J_0 e^{-kl}$$

Откуда:

$$\frac{J}{J_0} = e^{-kl} \quad \Rightarrow \quad -k = \frac{\ln \frac{J}{J_0}}{l}$$

## Лекция 7. Импульсные фотометры

Теперь выразим МДВ из уравнения Кошмидера:

$$-k = \frac{\ln \frac{J}{J_0}}{1}$$

$$L = \frac{\ln \varepsilon}{\ln \frac{J}{J_0}} \cdot l$$

$$L \equiv = \frac{\ln \varepsilon}{k}$$

Учитывая  $l_1 = 100\text{м}$ ,  $l_2 = 20\text{м}$ , обозначим:

$$A_1 = l_1 \ln \varepsilon \quad A_2 = l_2 \ln \varepsilon$$



## Лекция 7. Импульсные фотометры

---

Тогда:

$$L = \frac{A_1}{\ln U} \quad \text{- на дальней базе,}$$
$$L = \frac{A_2}{\ln U} \quad \text{- на ближней базе.}$$

(7.1)

Значит, зависимость МДВ от выходного сигнала будет **нелинейной**.

Для линеаризации показаний в фотометрах ФИ предусмотрен специальный блок.

## Лекция 7. Импульсные фотометры

---



**В настоящее время в ГГО им. А.И. Воейкова разработан прибор ФИ-3.**

# Лекция 7. Импульсные фотометры

## Принципиальная схема импульсного фотометра.

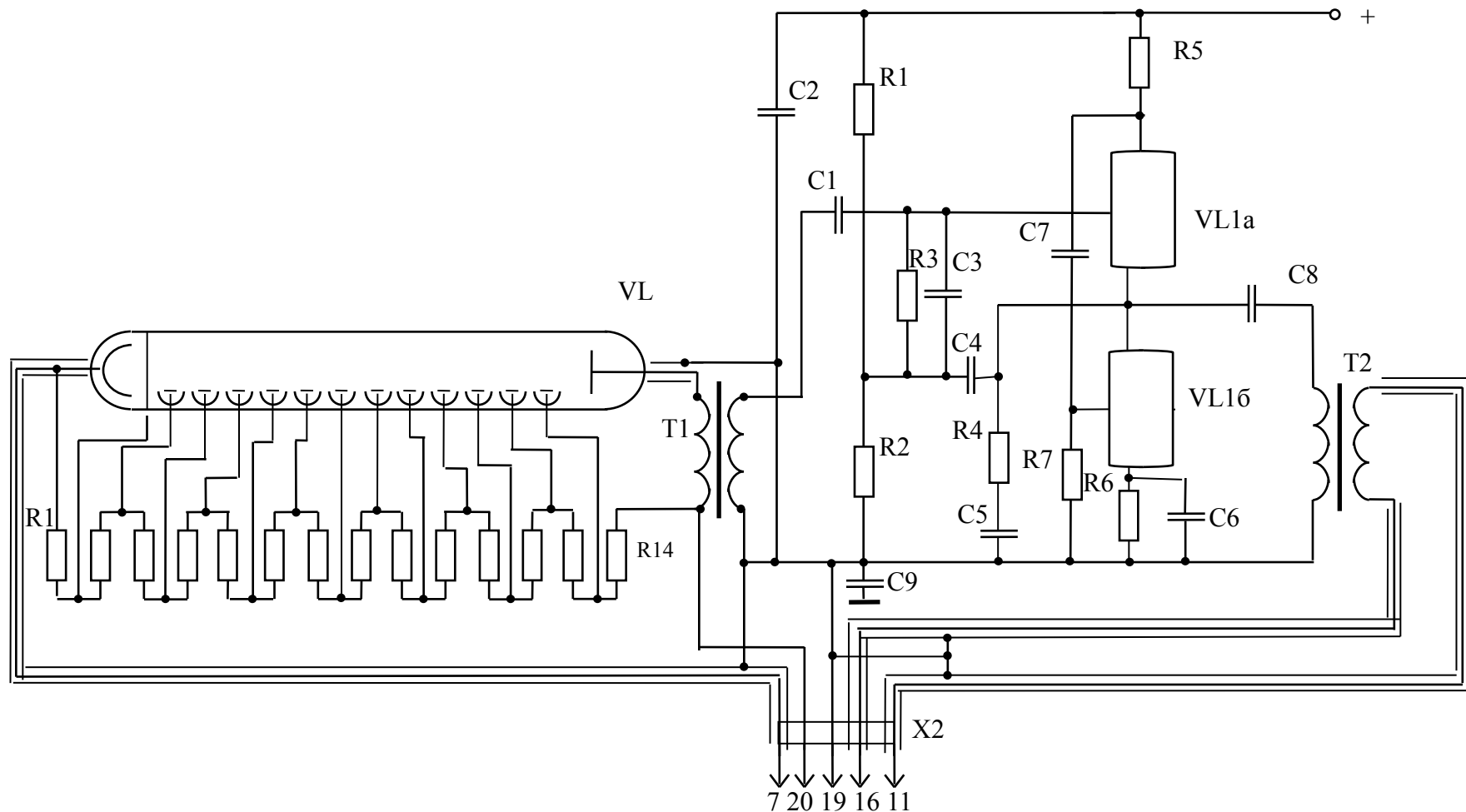
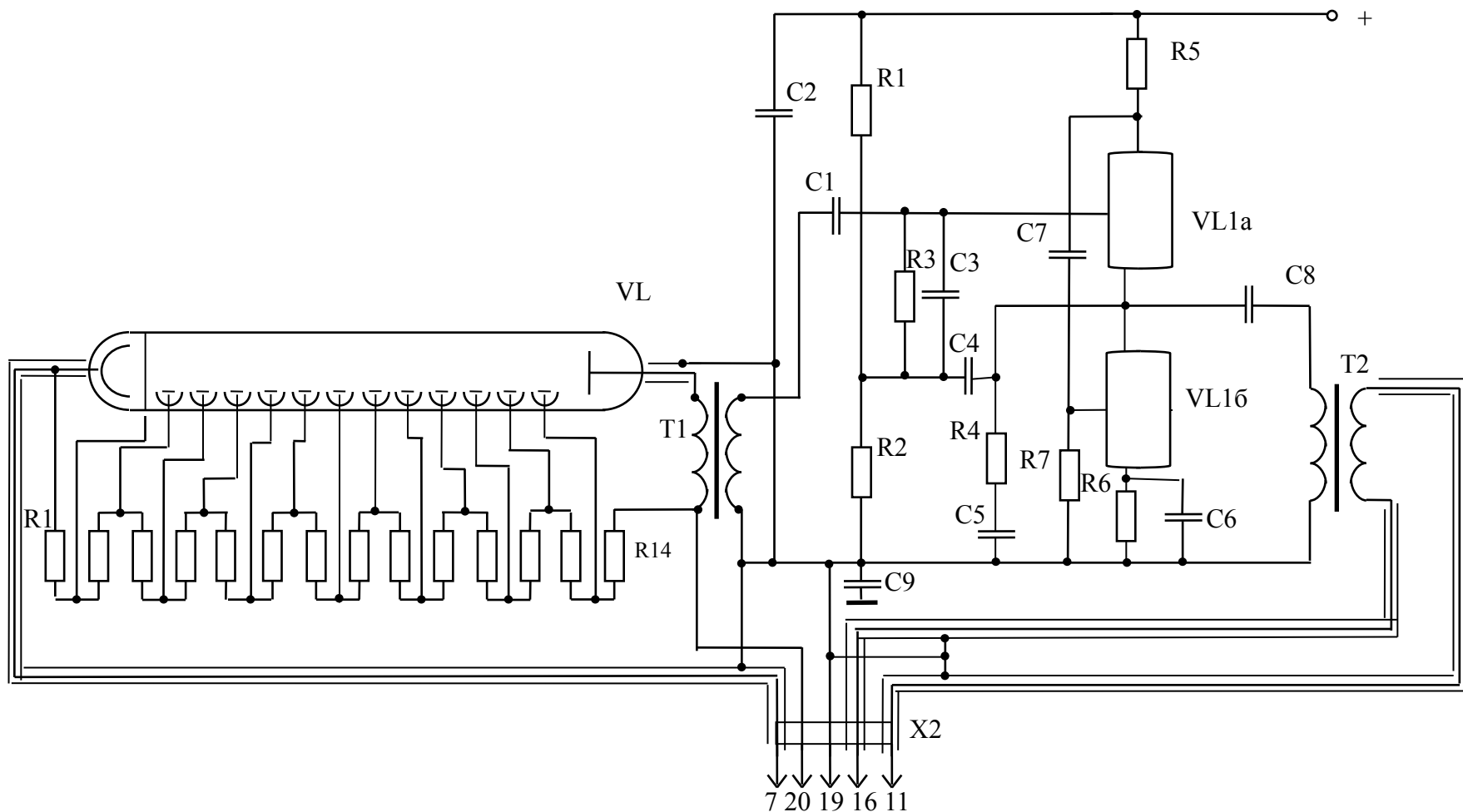


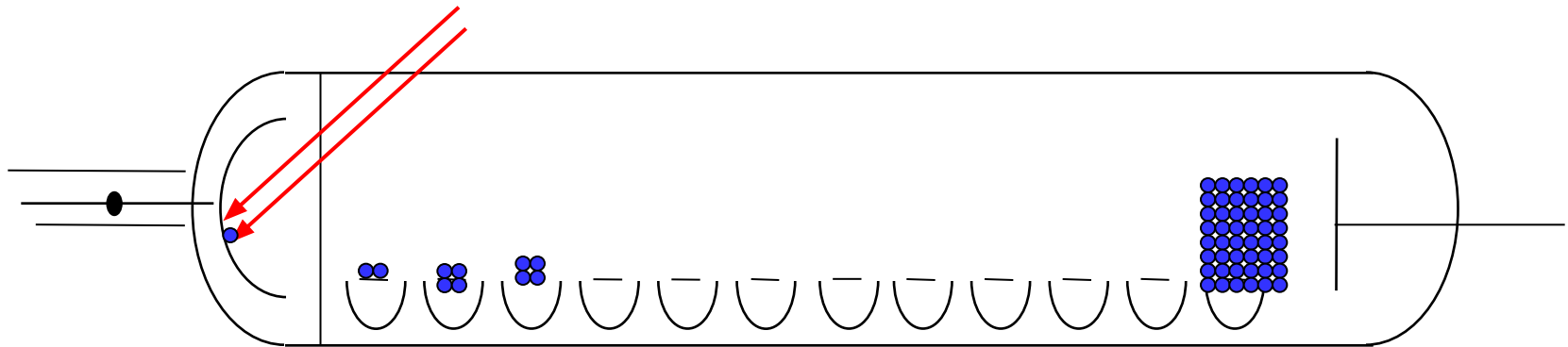
Рис. 7.1. Блок фотоумножителя ФИ-1

## Лекция 7. Импульсные фотометры



**Цепочка резисторов R1 – R14 обеспечивает падение напряжения на динодах. Сетка обеспечивает ускорение выбитых с катода электронов.**

## Лекция 7. Импульсные фотометры



**Напряжение на аноде резко падает:**

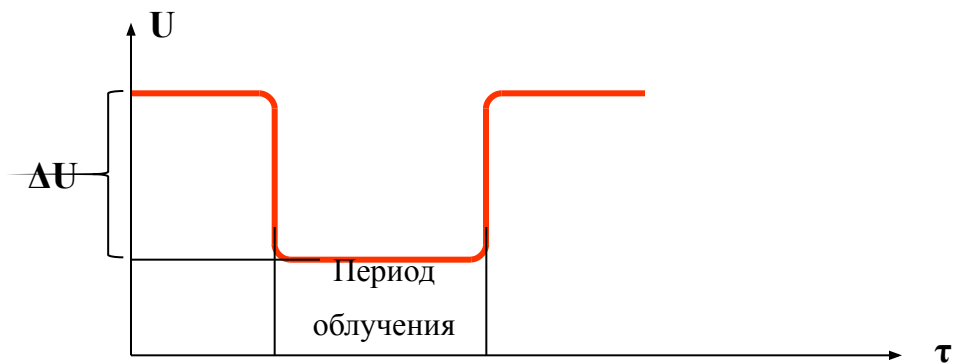
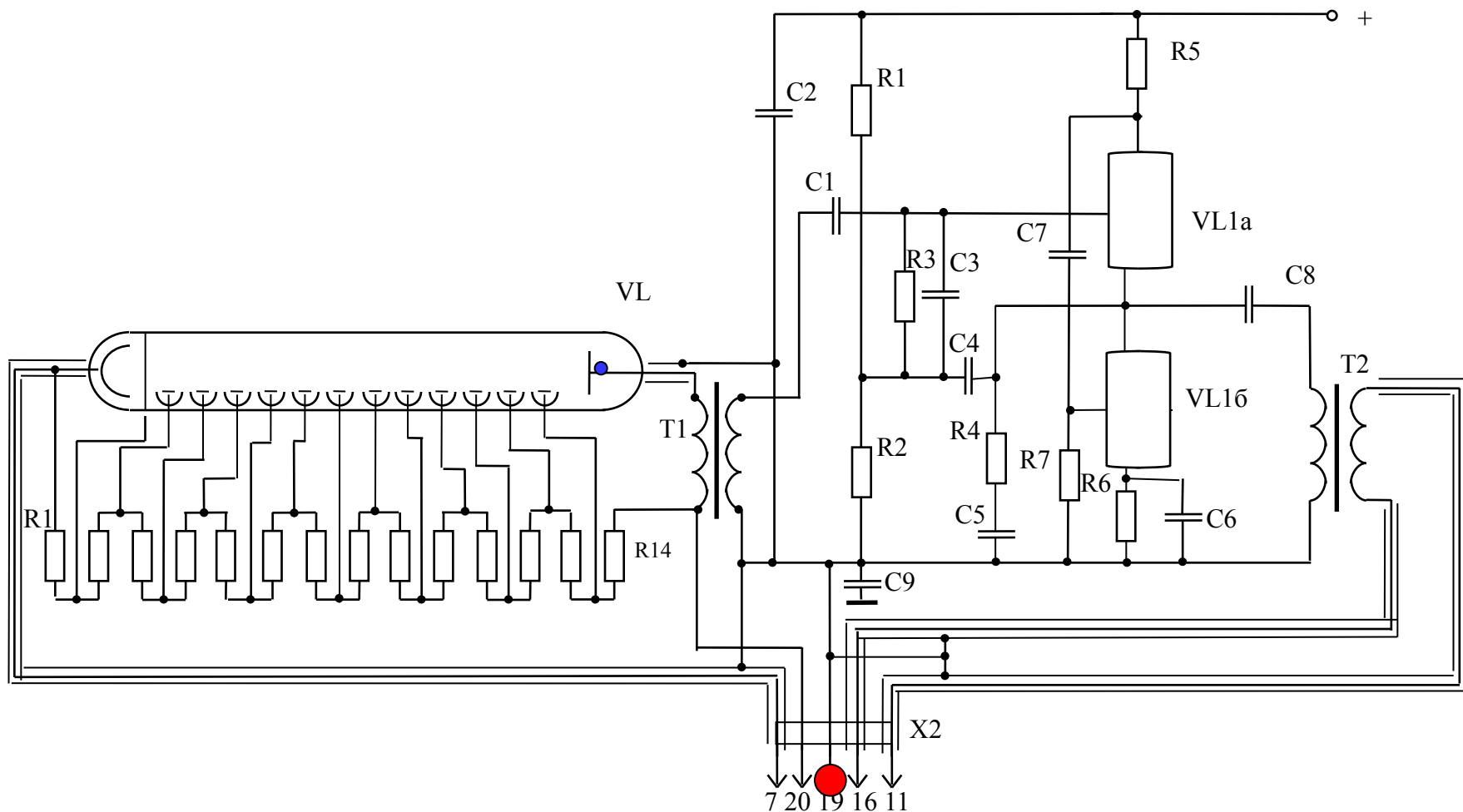


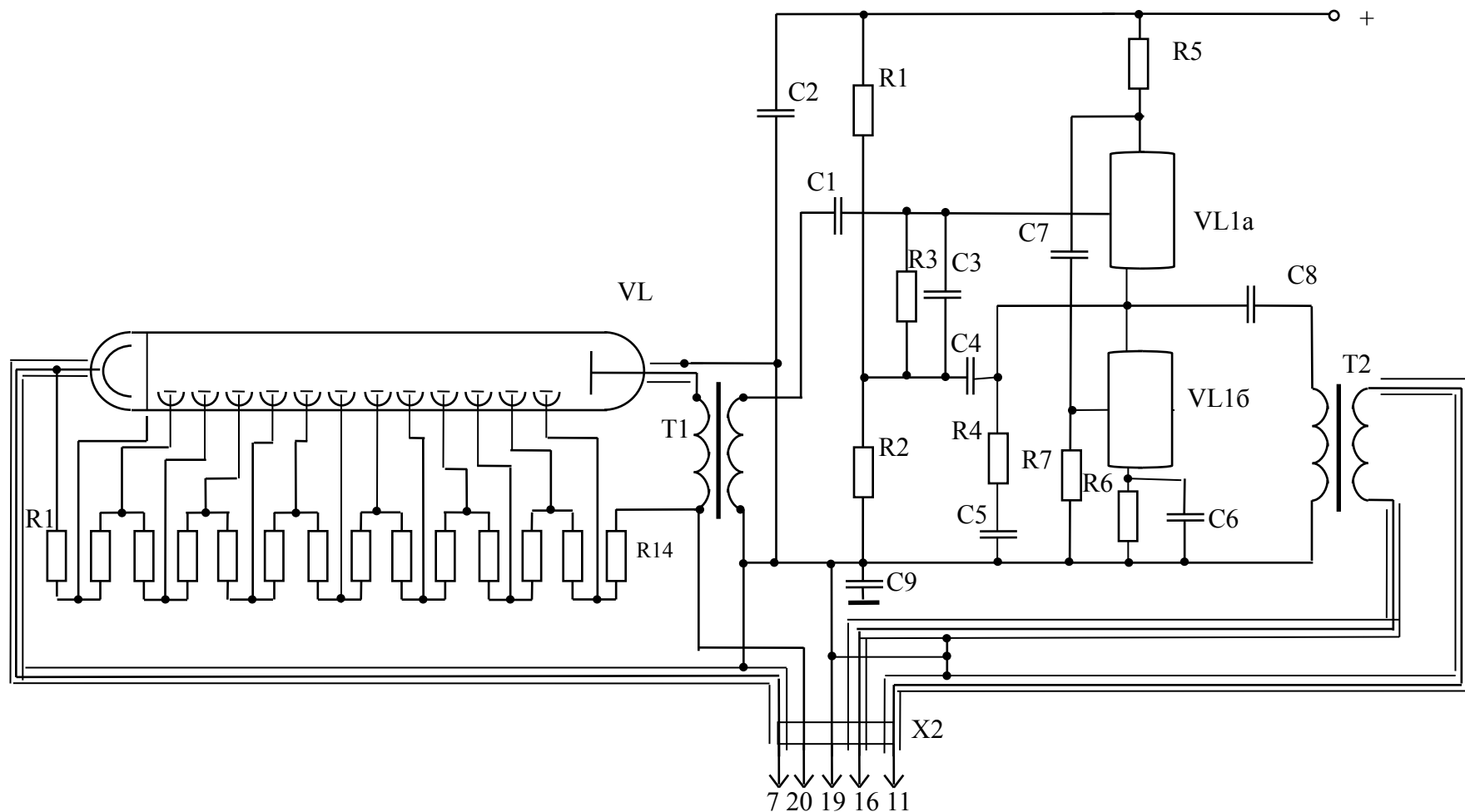
Рис. 7.2.

## Лекция 7. Импульсные фотометры



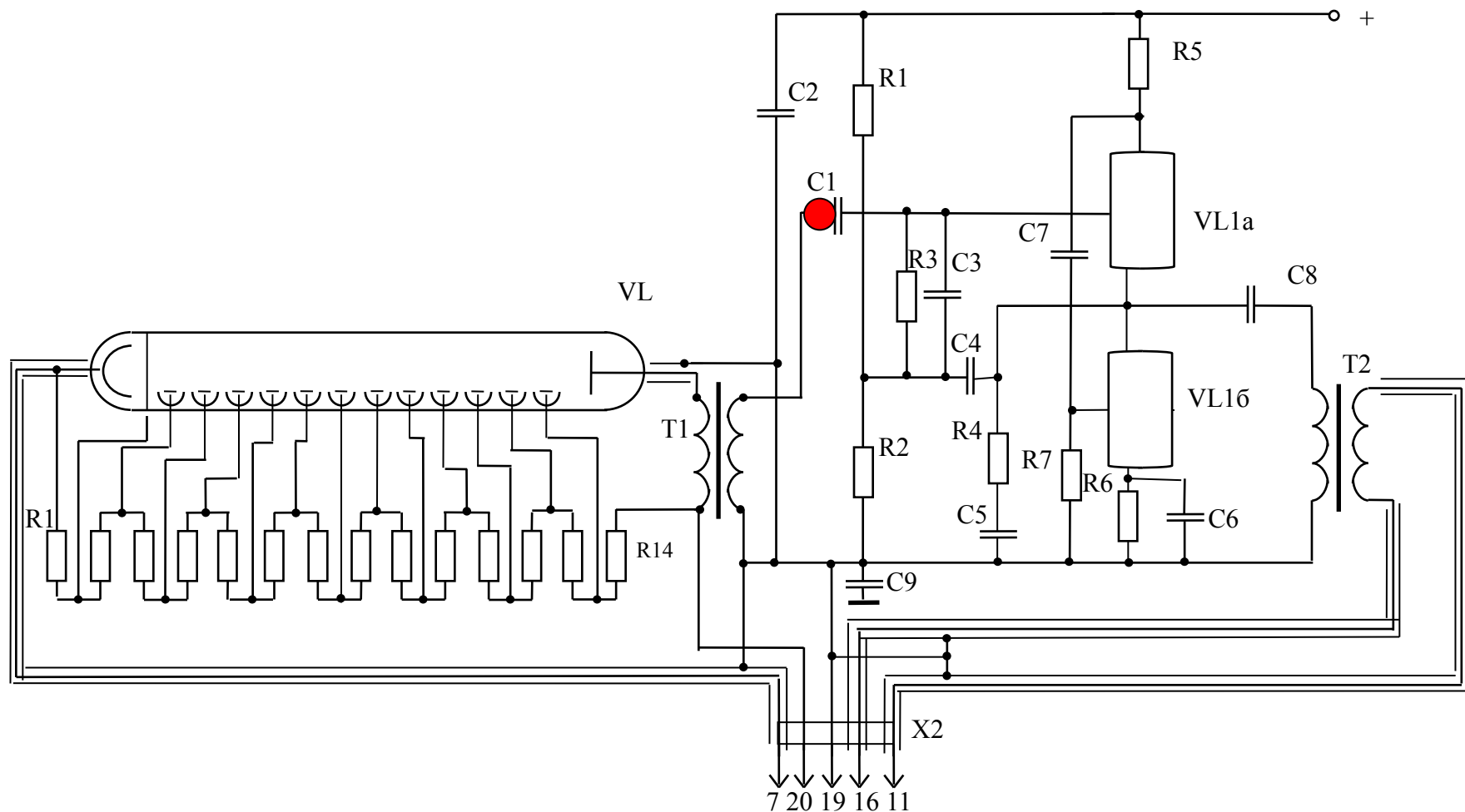
**Через первичную обмотку трансформатора Т проходит импульс тока. Трансформатор увеличивает его амплитуду в 4 раза.**

## Лекция 7. Импульсные фотометры



**Трансформатор Т пропускает только переменную часть сигнала!  
Постоянное напряжение (питание ФЭУ) через него не проходит.**

## Лекция 7. Импульсные фотометры

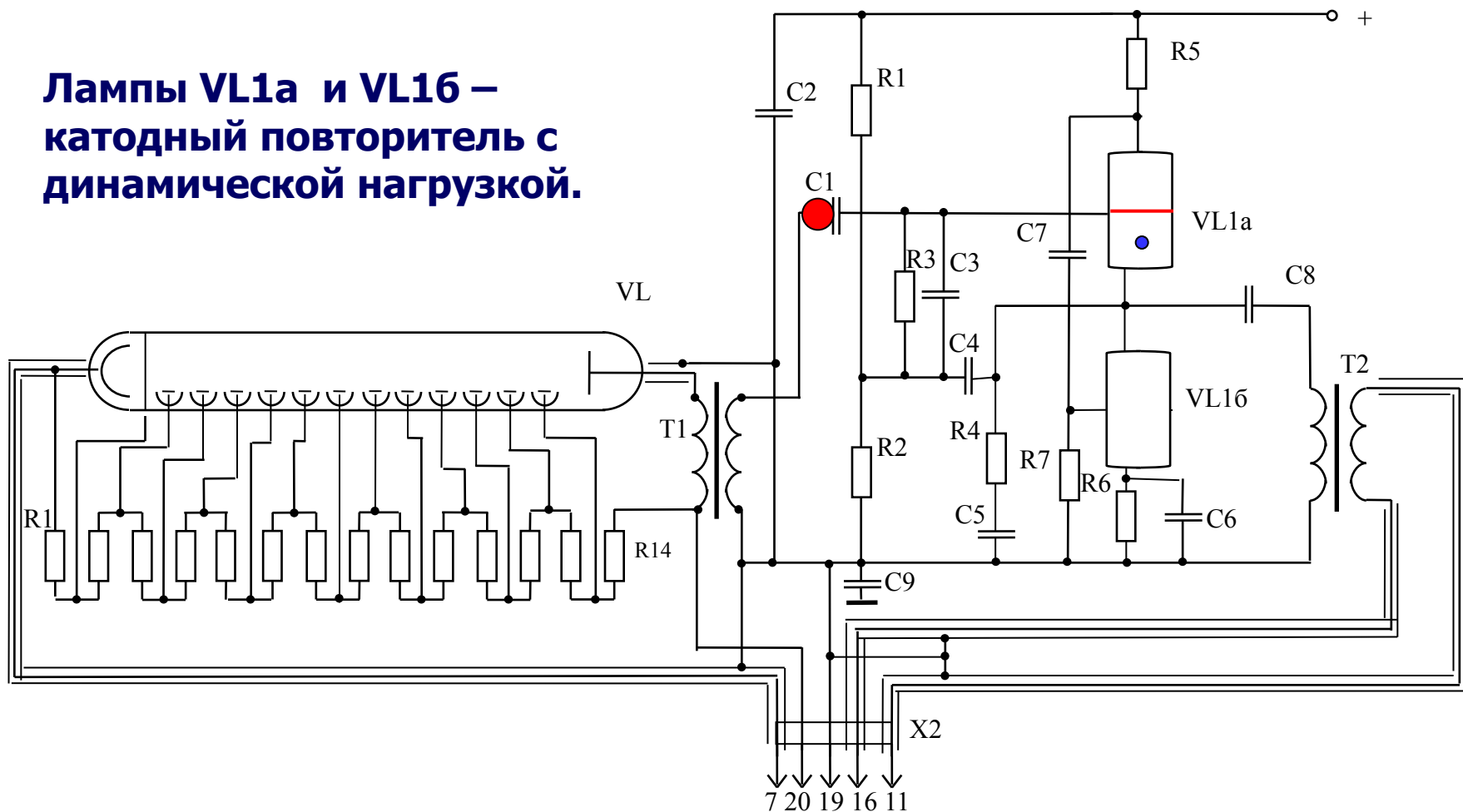


**Короткий положительный импульс проходит через C1 . Фильтр R3 – C3 настроен только на частоту полезного сигнала 50 Гц. На сетку лампы VL1a поступает только полезный сигнал.**



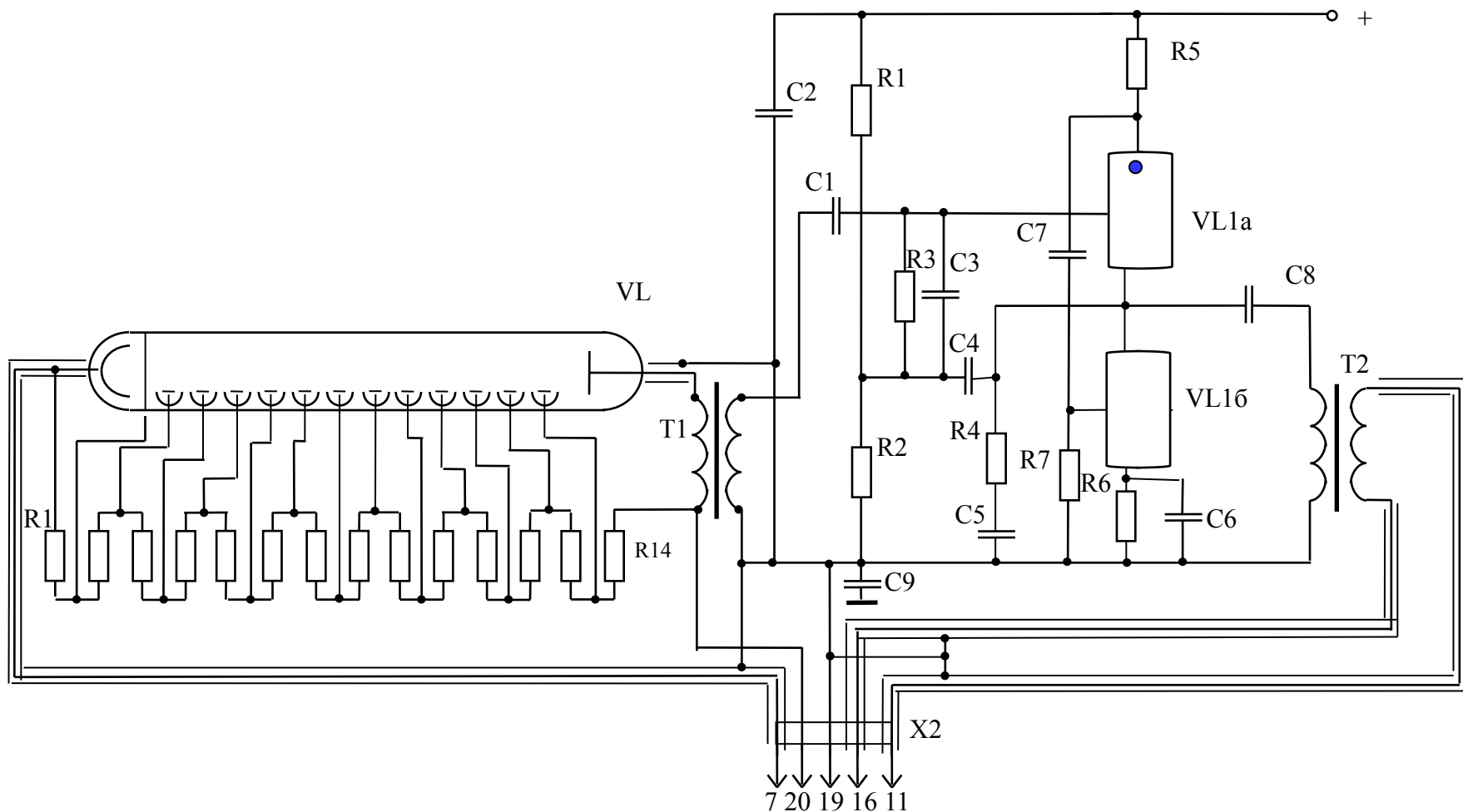
## Лекция 7. Импульсные фотометры

**Лампы VL1a и VL16 –  
катодный повторитель с  
динамической нагрузкой.**



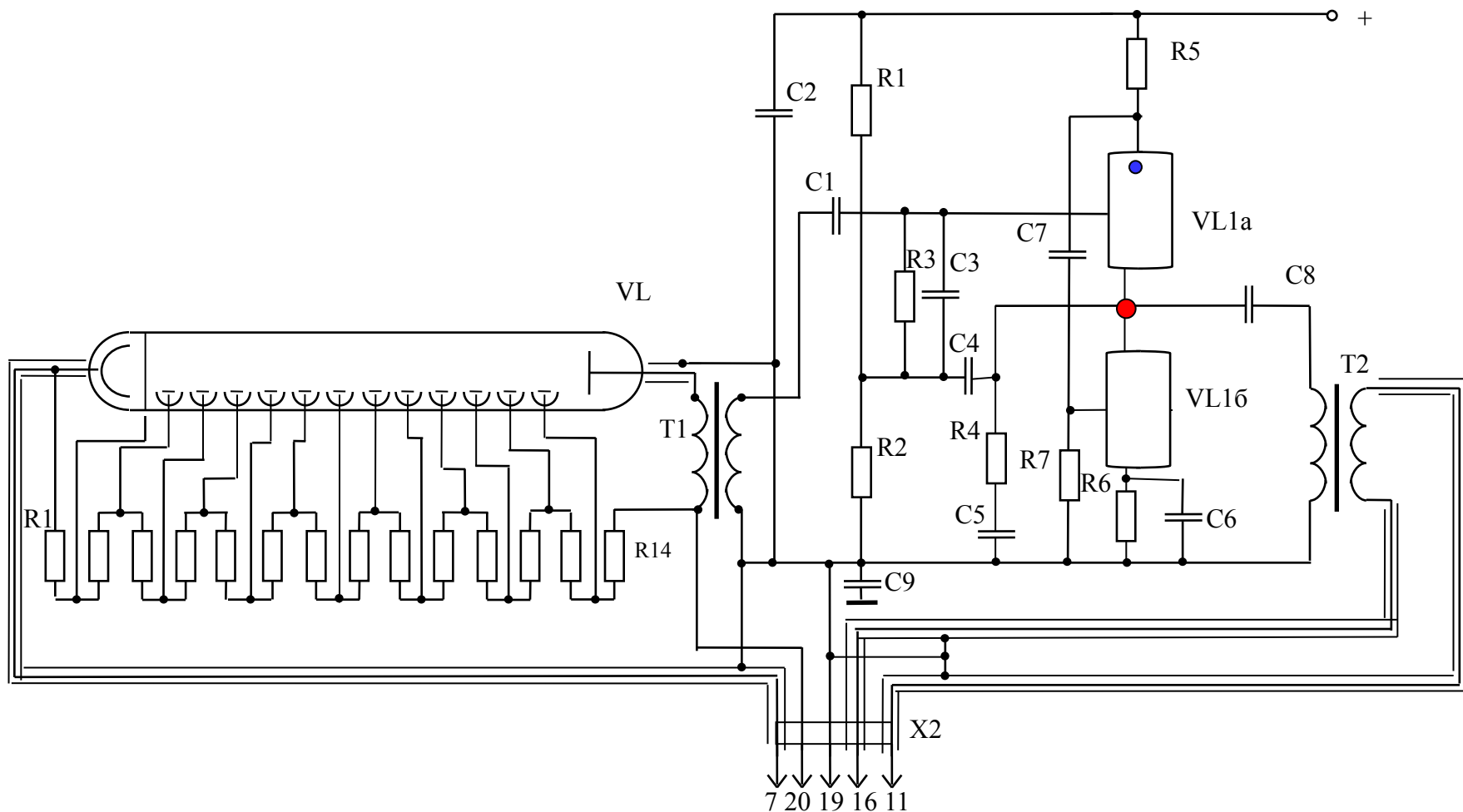
**Лампа VL1a была закрыта. При поступлении положительного импульса она приоткрывается. Электроны летят с катода на анод.**

## Лекция 7. Импульсные фотометры



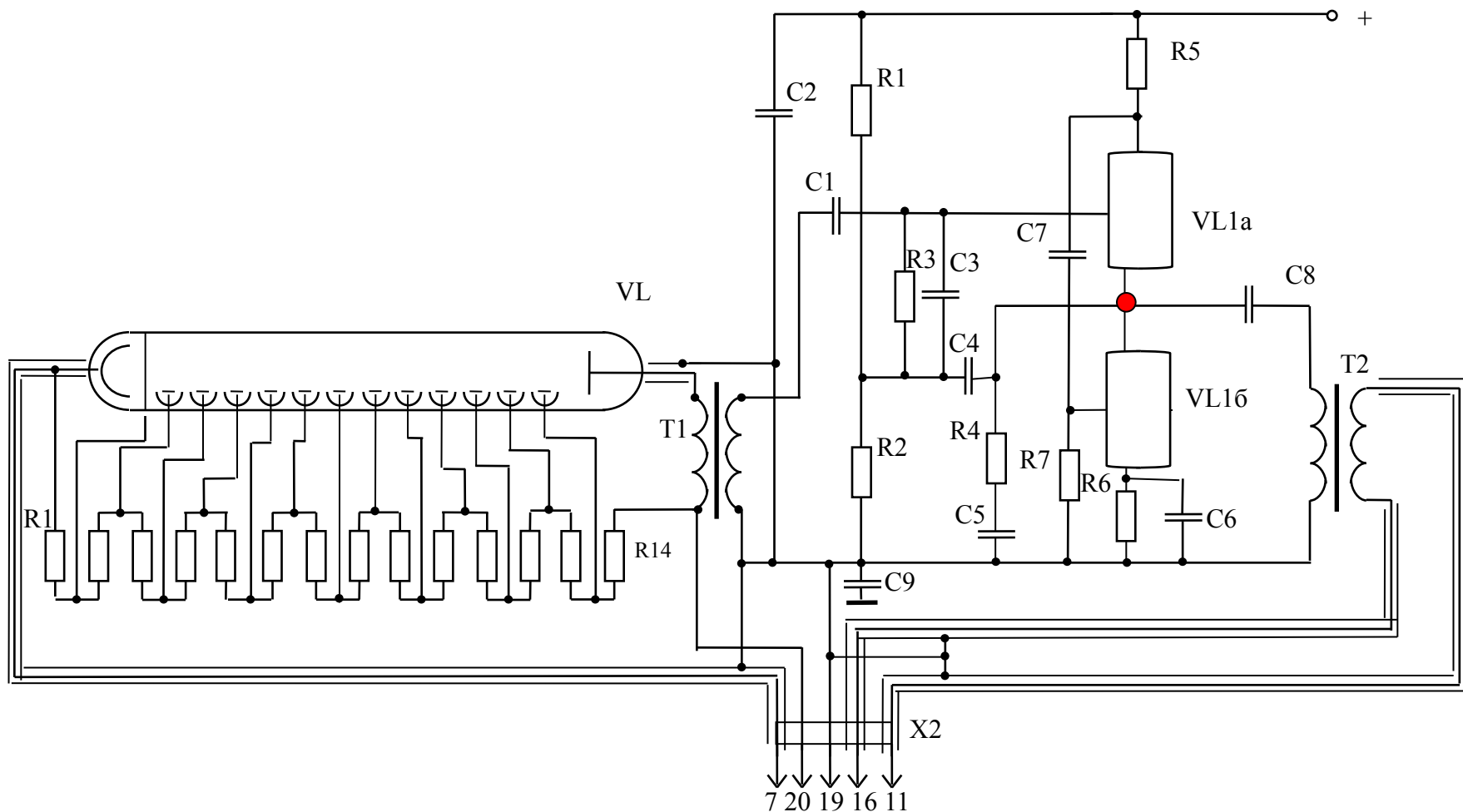
**Напряжение на катоде VL1a возрастает, а на аноде – падает. Значит, короткий отрицательный импульс с анода идет через разделительный конденсатор C7 на сетку VL16.**

## Лекция 7. Импульсные фотометры



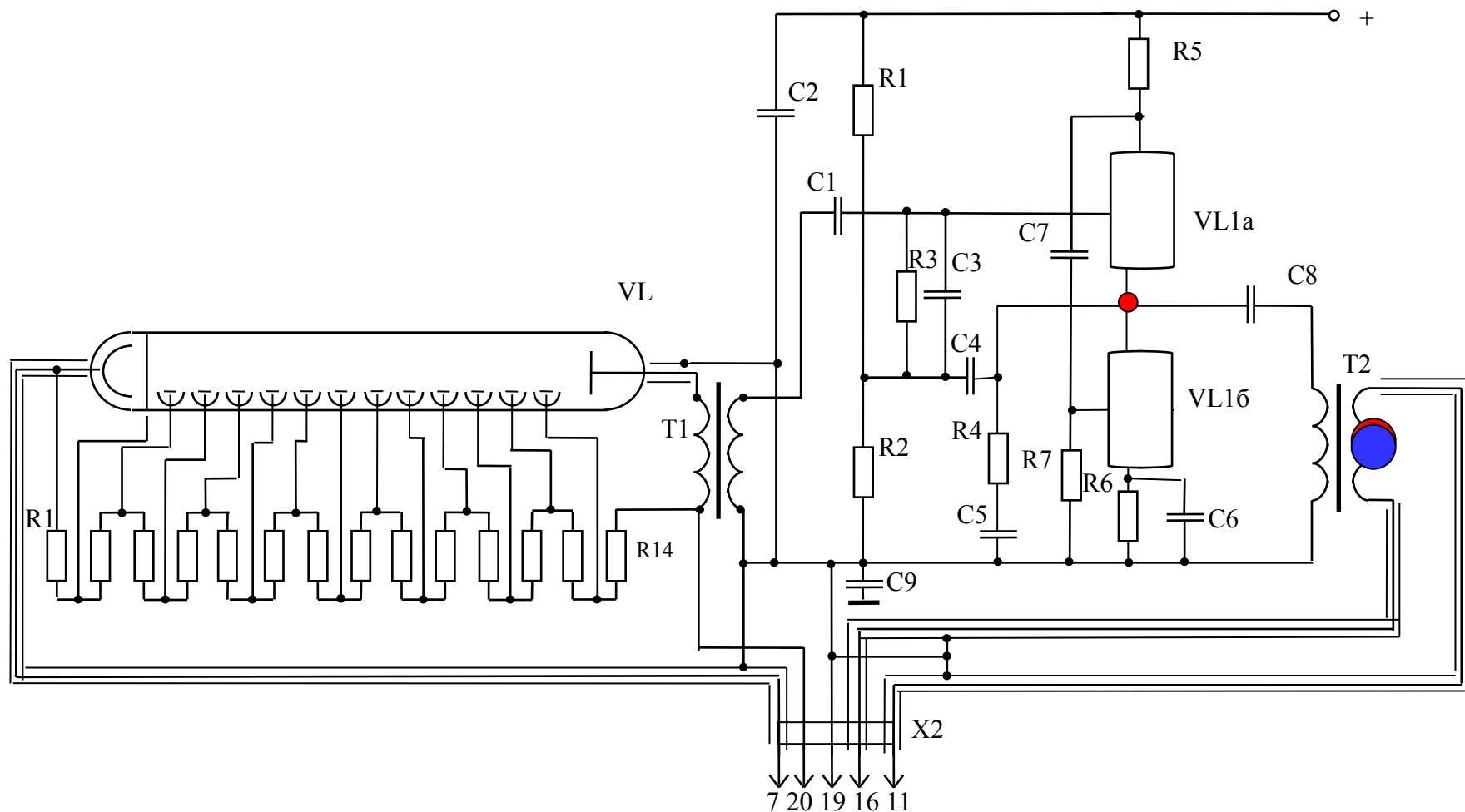
**Лампа VL16 прикрывается. Электроны к аноду не летят, напряжение на аноде возрастает. Оно складывается с возрастанием напряжения на катоде VL1a. Таким образом, на аноде VL16 напряжение резко возрастает.**

## Лекция 7. Импульсные фотометры



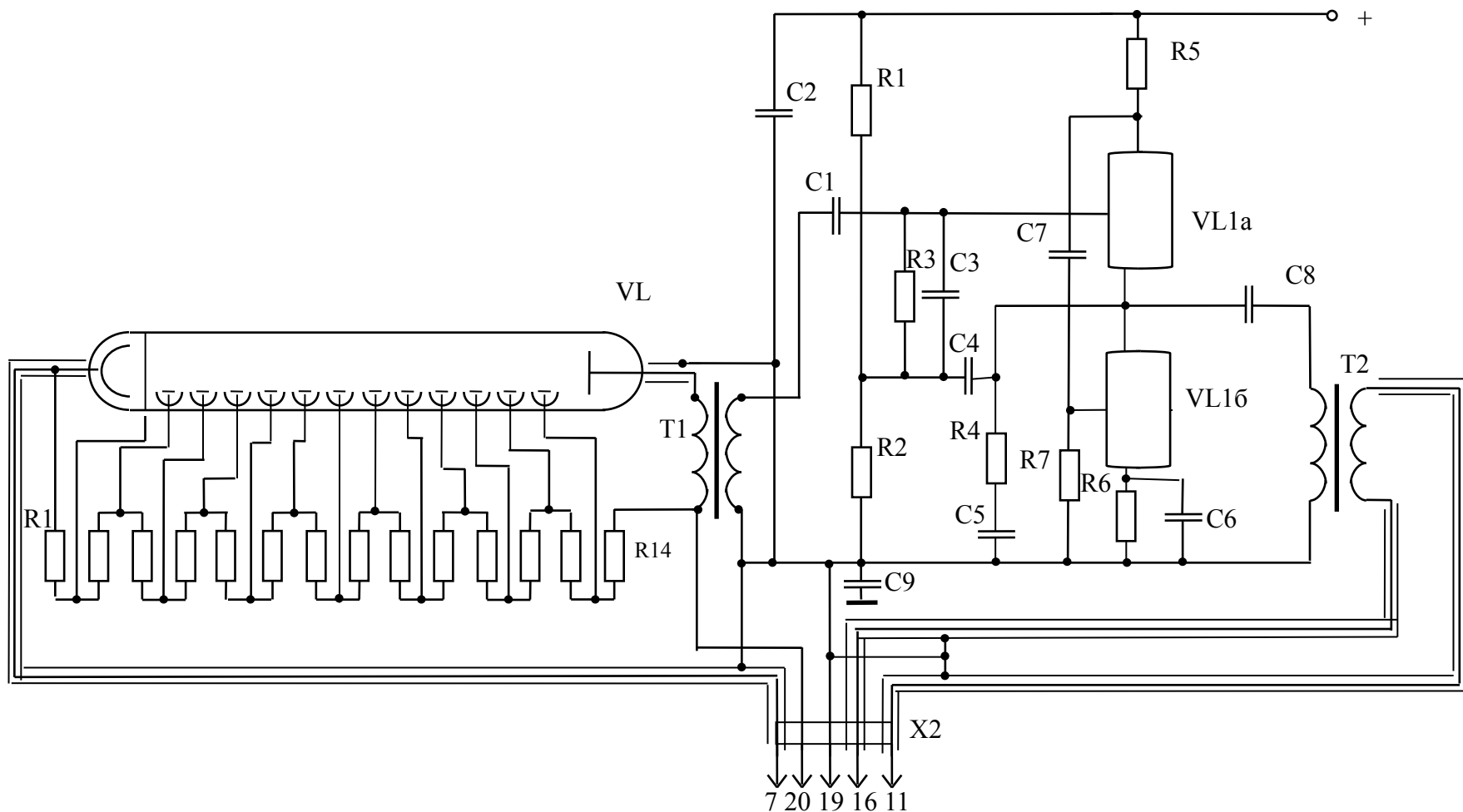
**Короткий положительный импульс поступает через развязывающий конденсатор C8 на трансформатор T2.**

## Лекция 7. Импульсные фотометры



**Трансформатор T2 еще усиливает амплитуду импульса. Далее импульс поступает на пиковый детектор через разъемы 16, 11.**

## Лекция 7. Импульсные фотометры



**Анодной нагрузкой лампы VL16 является лампа VL1a. Её сопротивление меняется в процессе работы. Поэтому такая схема называется **катодным повторителем с динамической нагрузкой**.**