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.

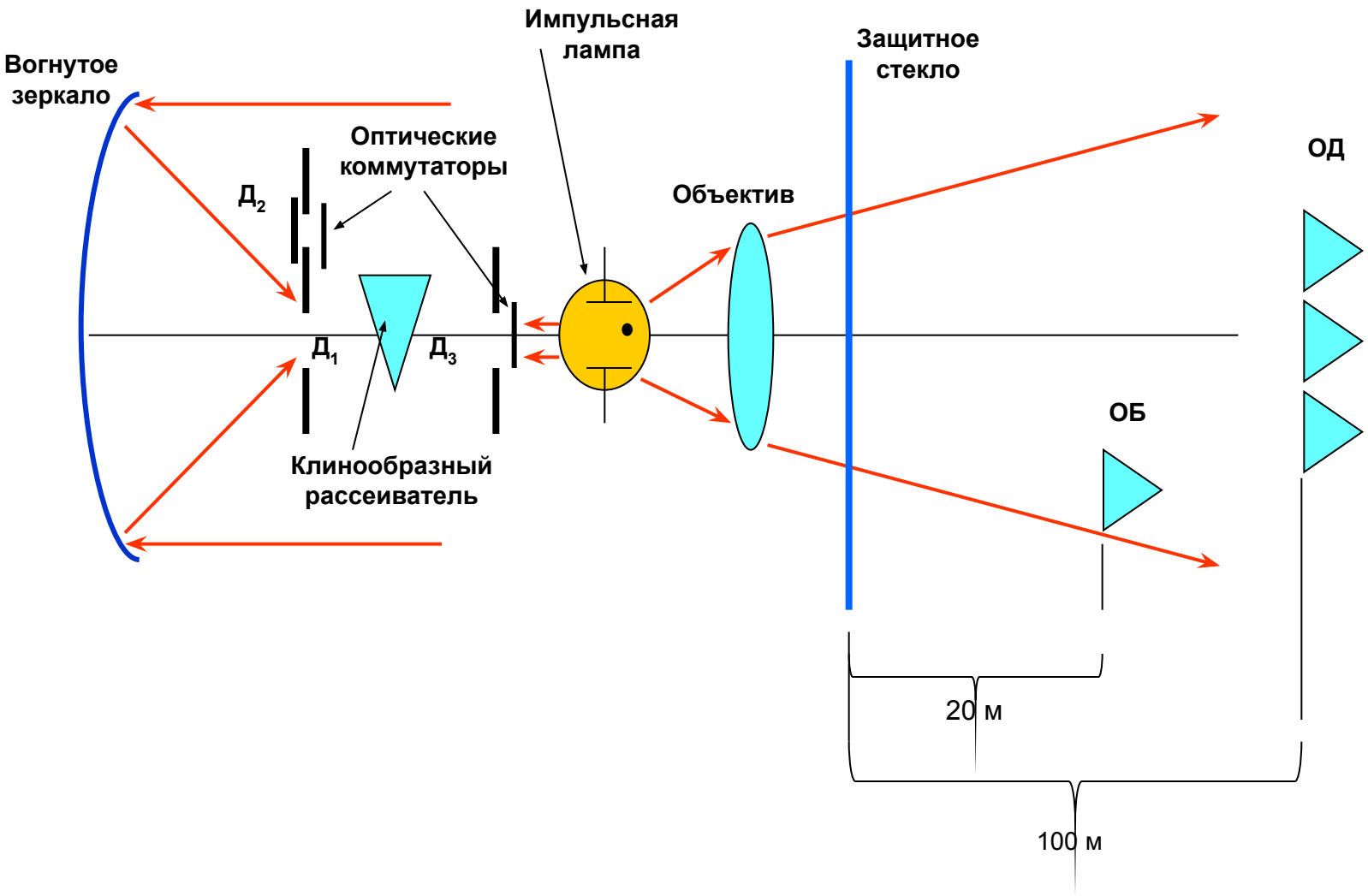
Ближний отражатель (ОБ) находится на расстоянии 20 м от БФ.

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

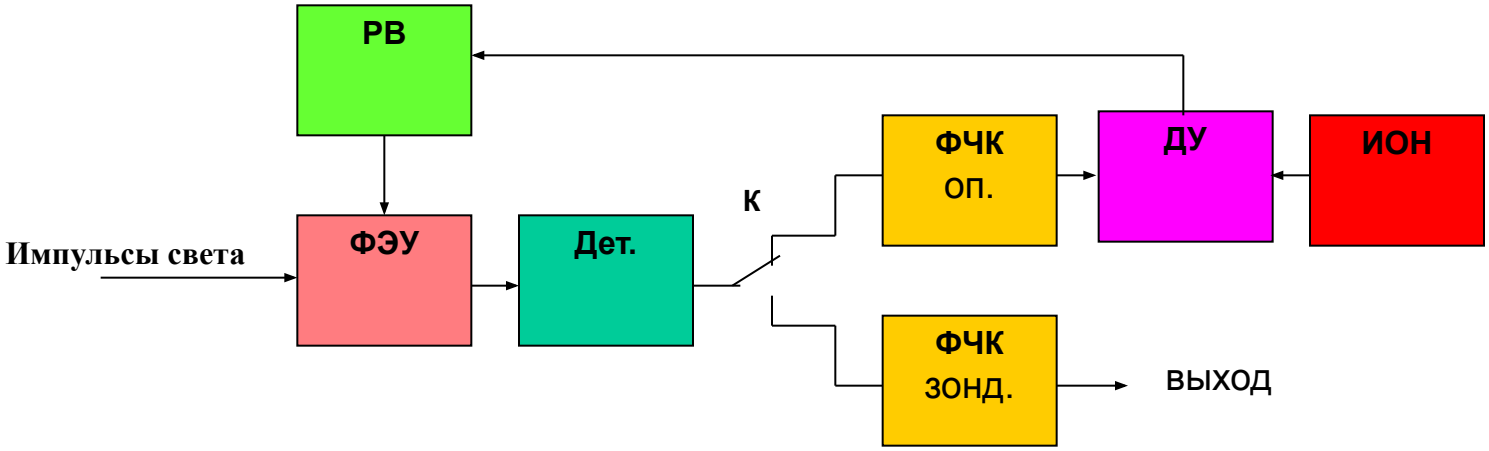


Рис.6.5.3. Блок-схема ФИ-1.

ФЭУ – фотоэлектронный умножитель,

Дет. – детектор,

К – электронный коммутатор,

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

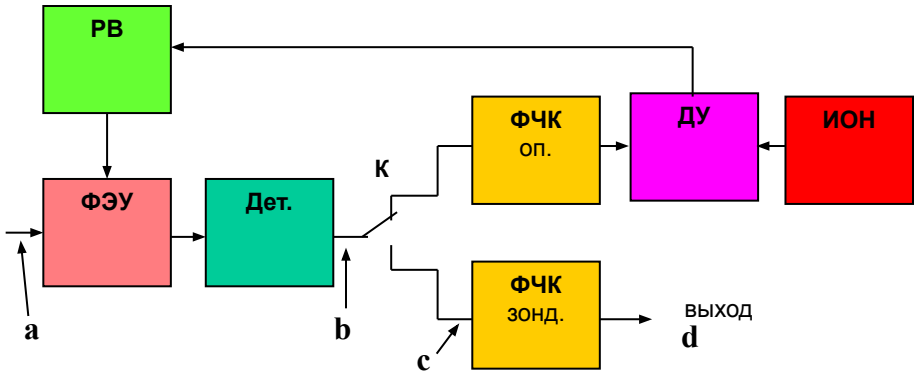
ДУ – дифференциальный усилитель,

ИОН – источник опорного напряжения,

РВ – регулируемый выпрямитель.

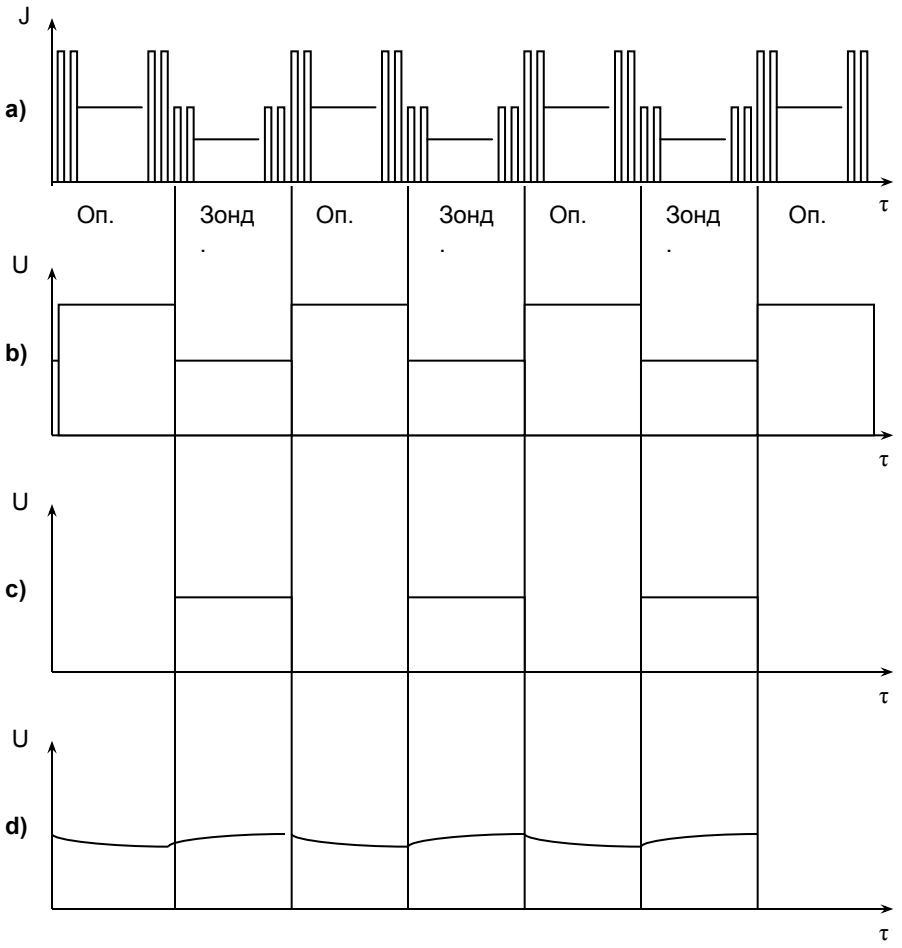
Яркость зондирующего пучка является мерой МДВ.

Лекция 7. Импульсные фотометры



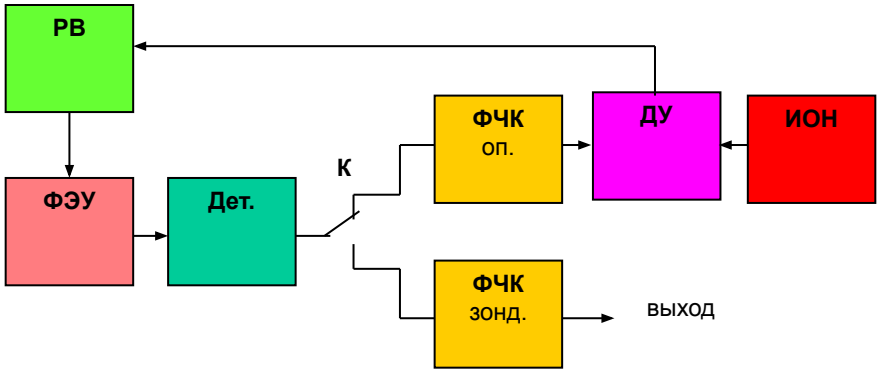
На ФЭУ поступают зондирующие и опорные импульсы света (a). Детектор настроен на частоту модуляции и вырезает огибающую сигнала (b). Коммутатор разделяет этот сигнал по двум каналам (c).

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.

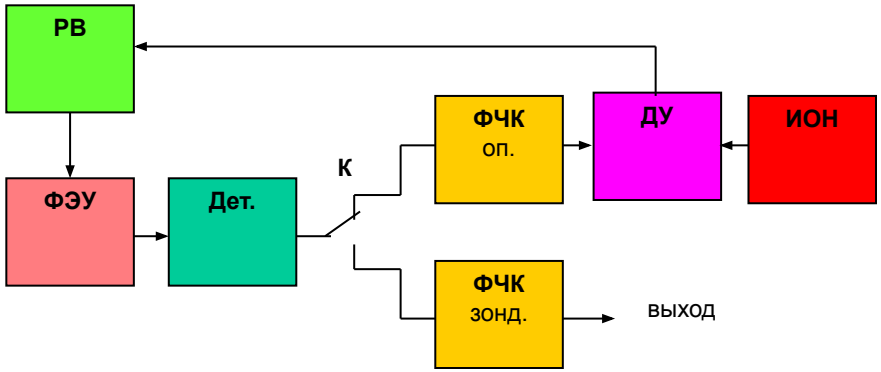
Напряжение с выхода $ФЧК_{оп}$ зависит только от яркости лампы. Его направляют на один из входов дифференциального усилителя (ДУ).

На второй вход ДУ направляют постоянное напряжение с ИОН.

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

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

Единственное устойчивое состояние: $U_{фчк} = U_{ион} = const$. 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.

При условии такой обратной связи выходное напряжение U:

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

J **– яркость принятого сигнала,**

J_0 **– яркость излученного сигнала.**

По уравнению Бугера-Ламберта:

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

Откуда:

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

Теперь выразим МДВ из уравнения Кошмидера:

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

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

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

Учитывая l_1= 100м, l_2= 20м, обозначим:

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

Тогда:

$$L = \frac{A_1}{\ln U}$$ **- на дальней базе,**

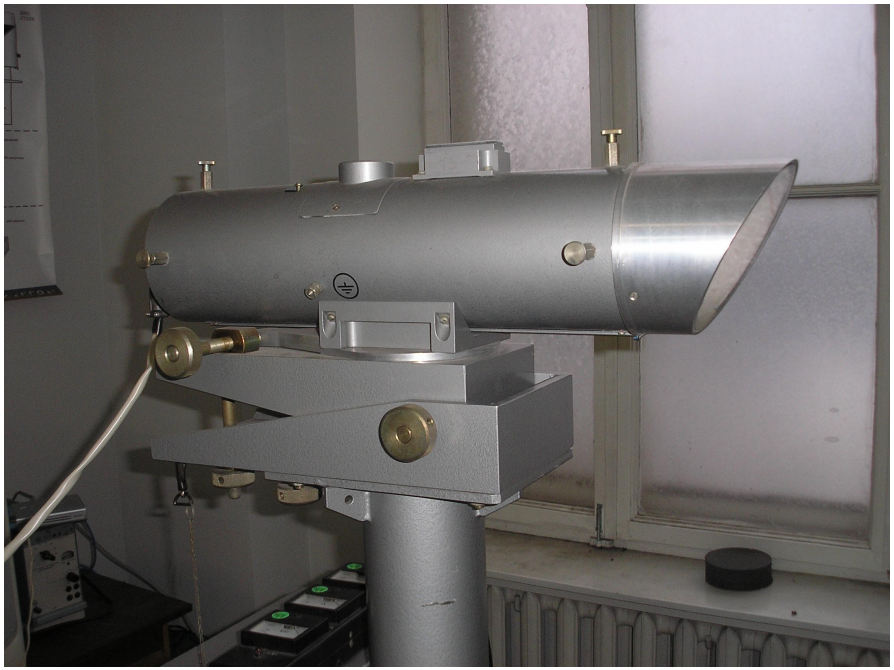
$$L = \frac{A_2}{\ln U}$$ **- на ближней базе.**

(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.

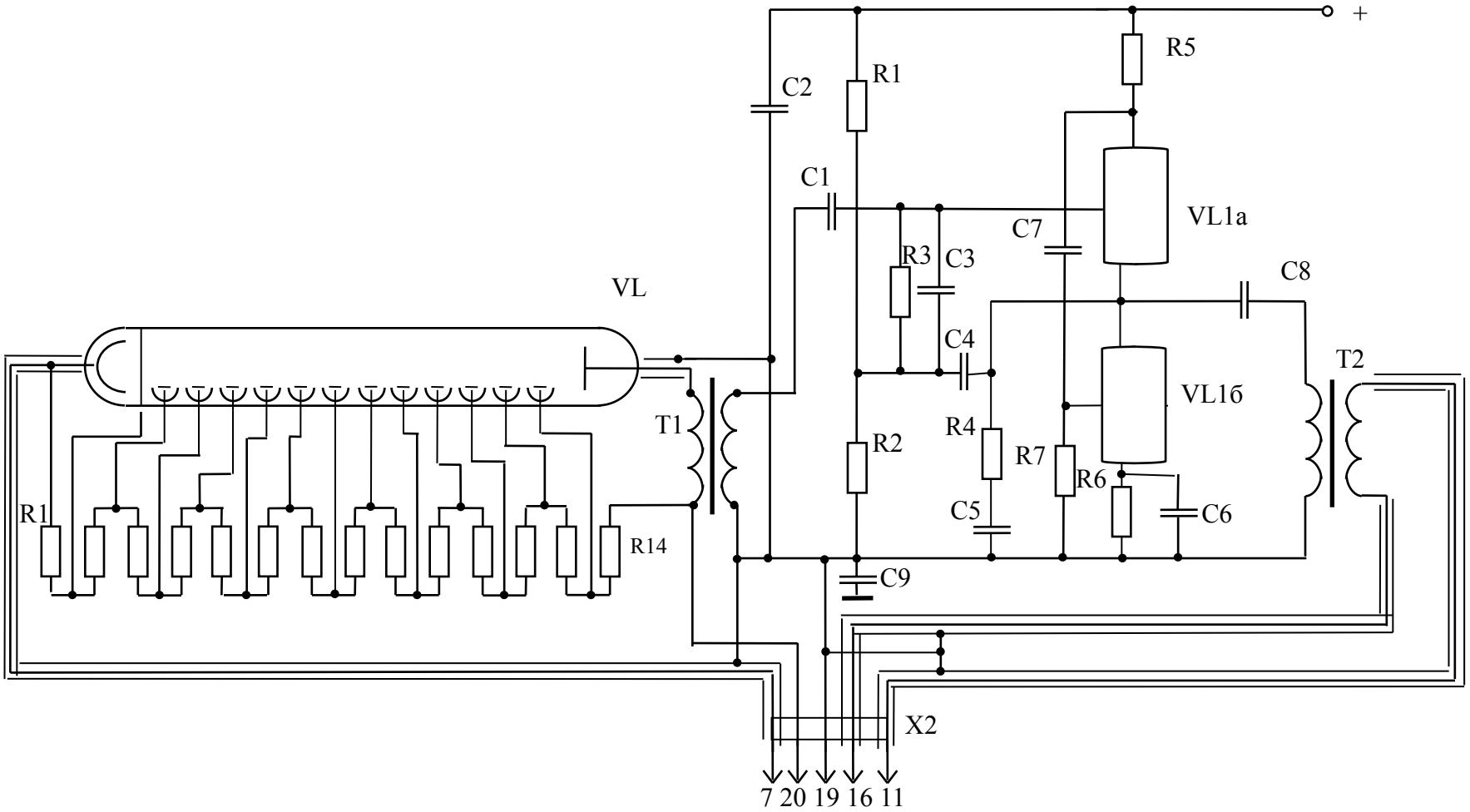
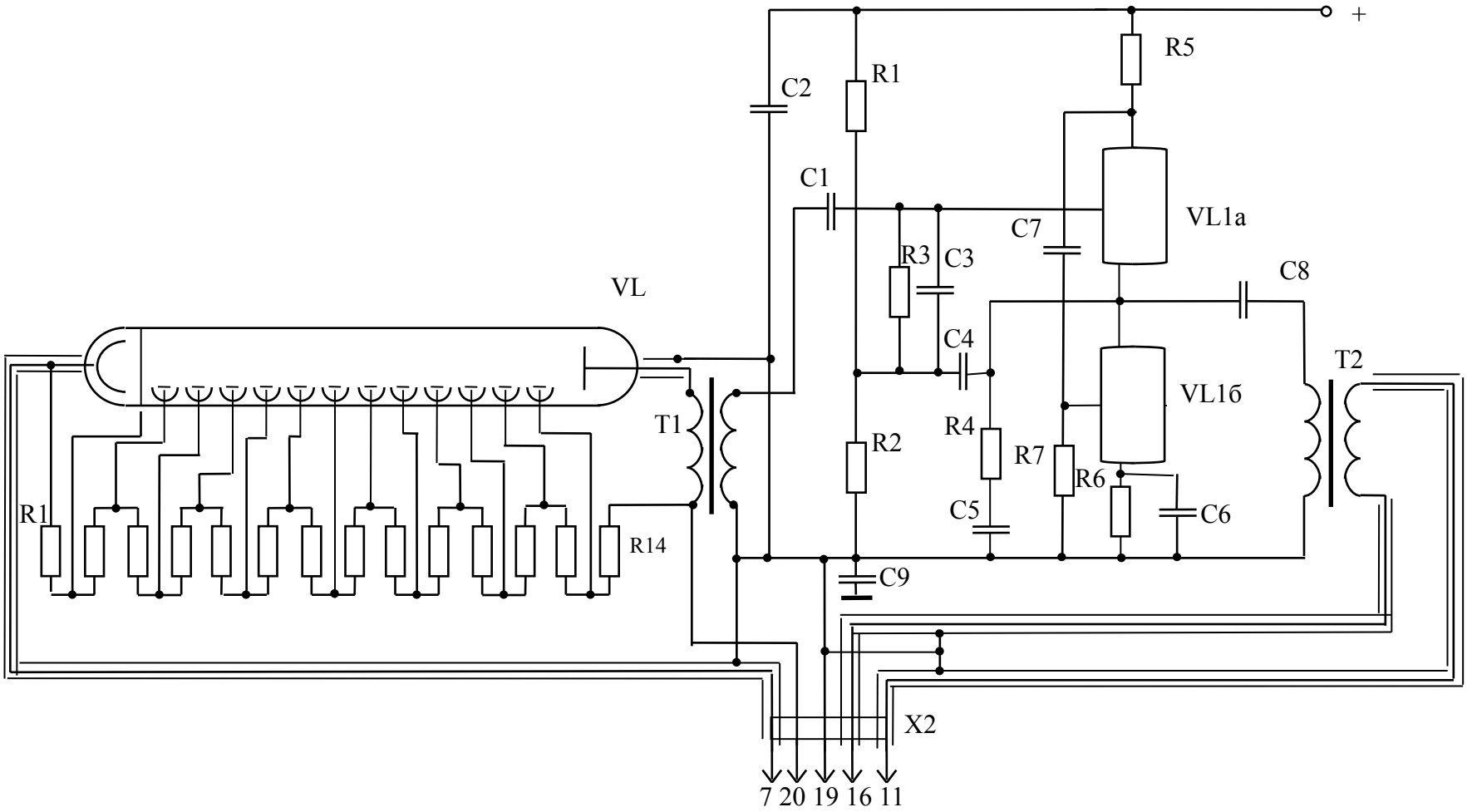


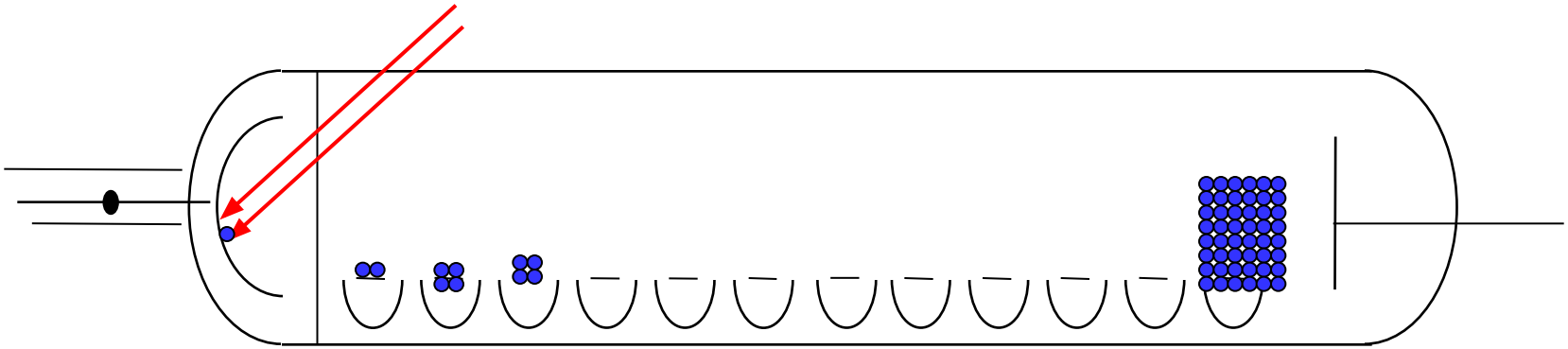
Рис. 7.1. Блок фотоумножителя ФИ-1

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:

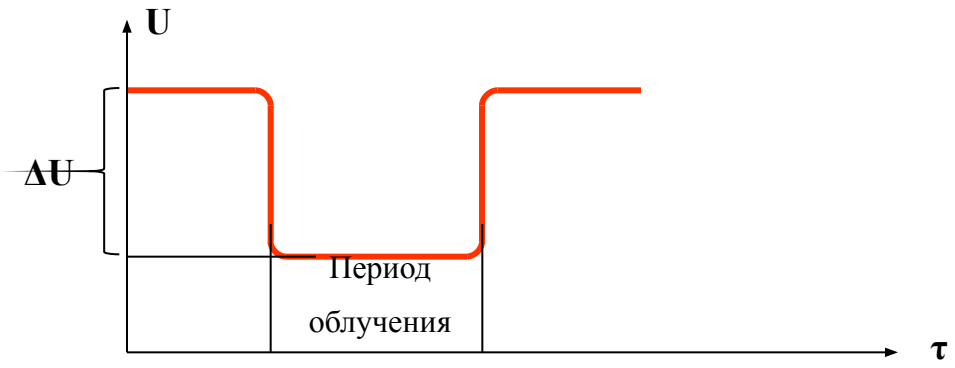
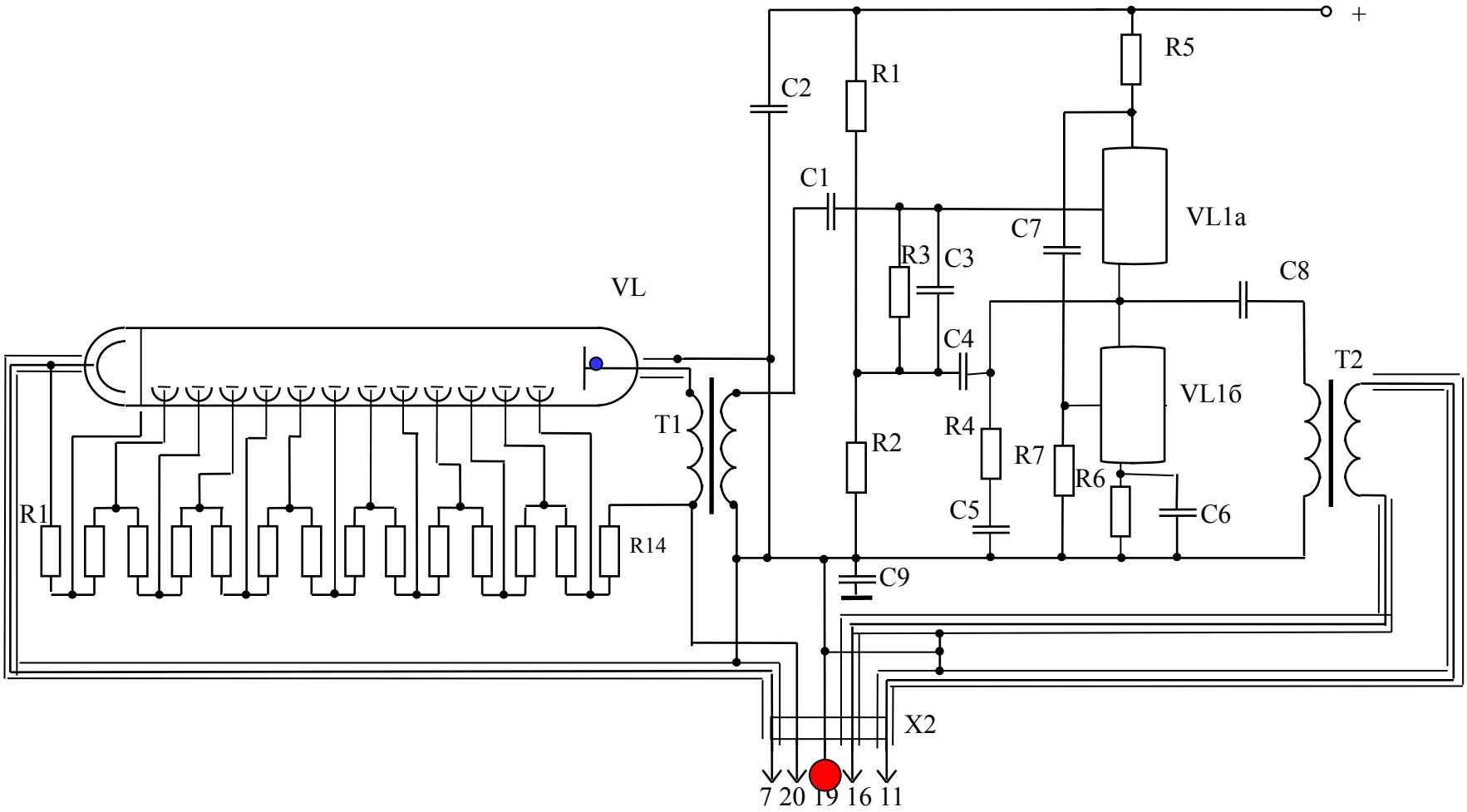


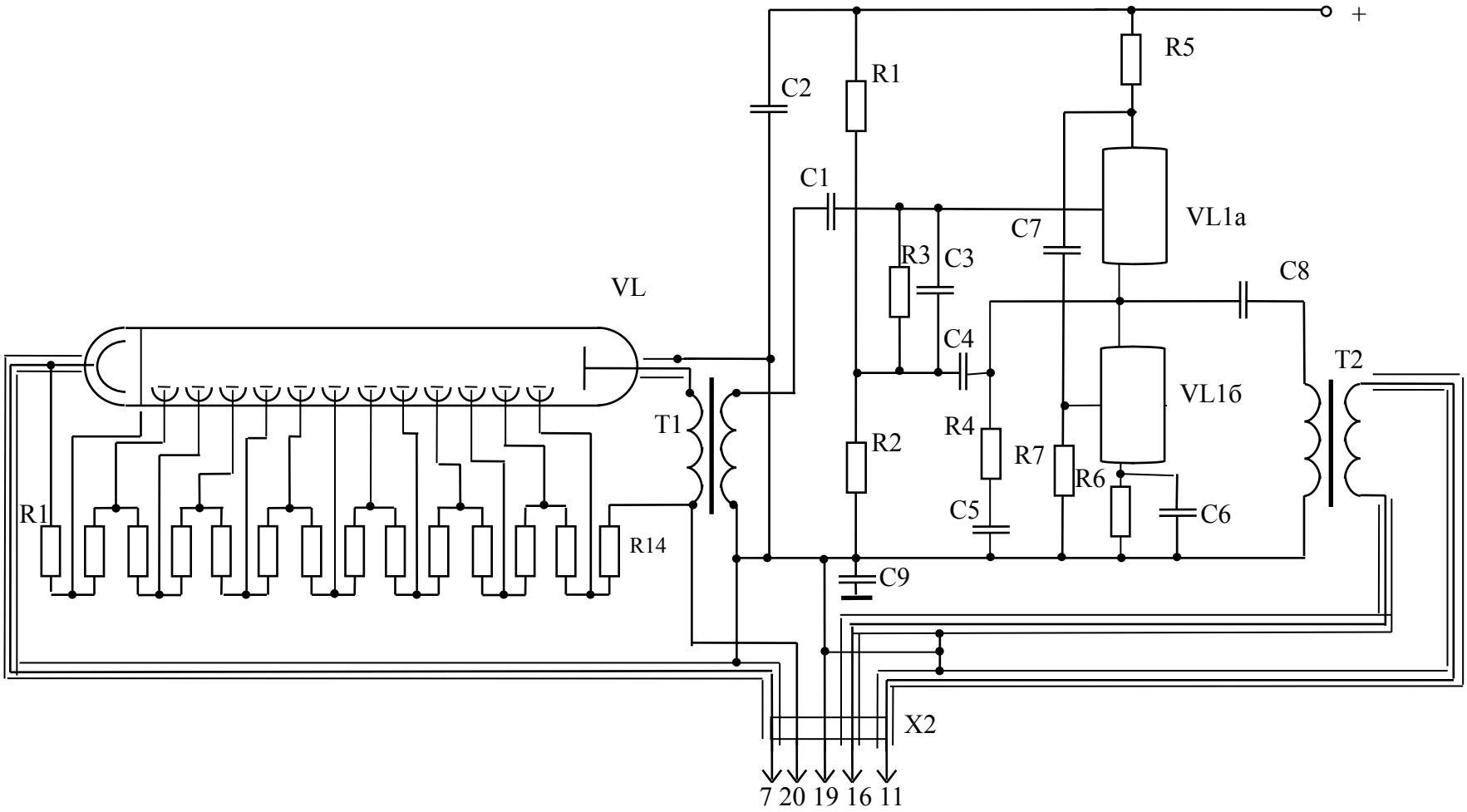
Рис. 7.2.

Лекция 7. Импульсные фотометры



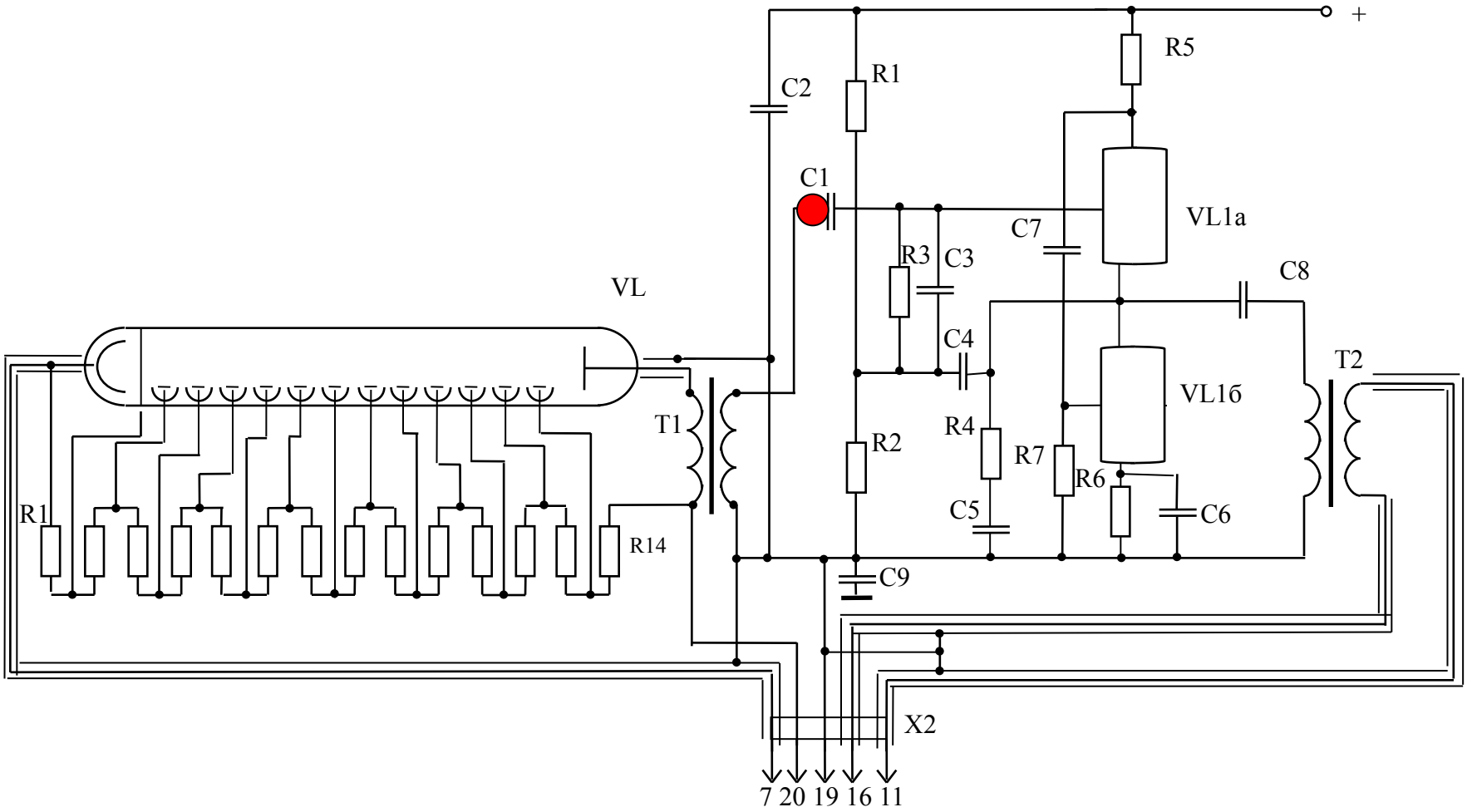
Через первичную обмотку трансформатора Т проходит импульс тока. Трансформатор увеличивает его амплитуду в 4 раза.

Лекция 7. Импульсные фотометры



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

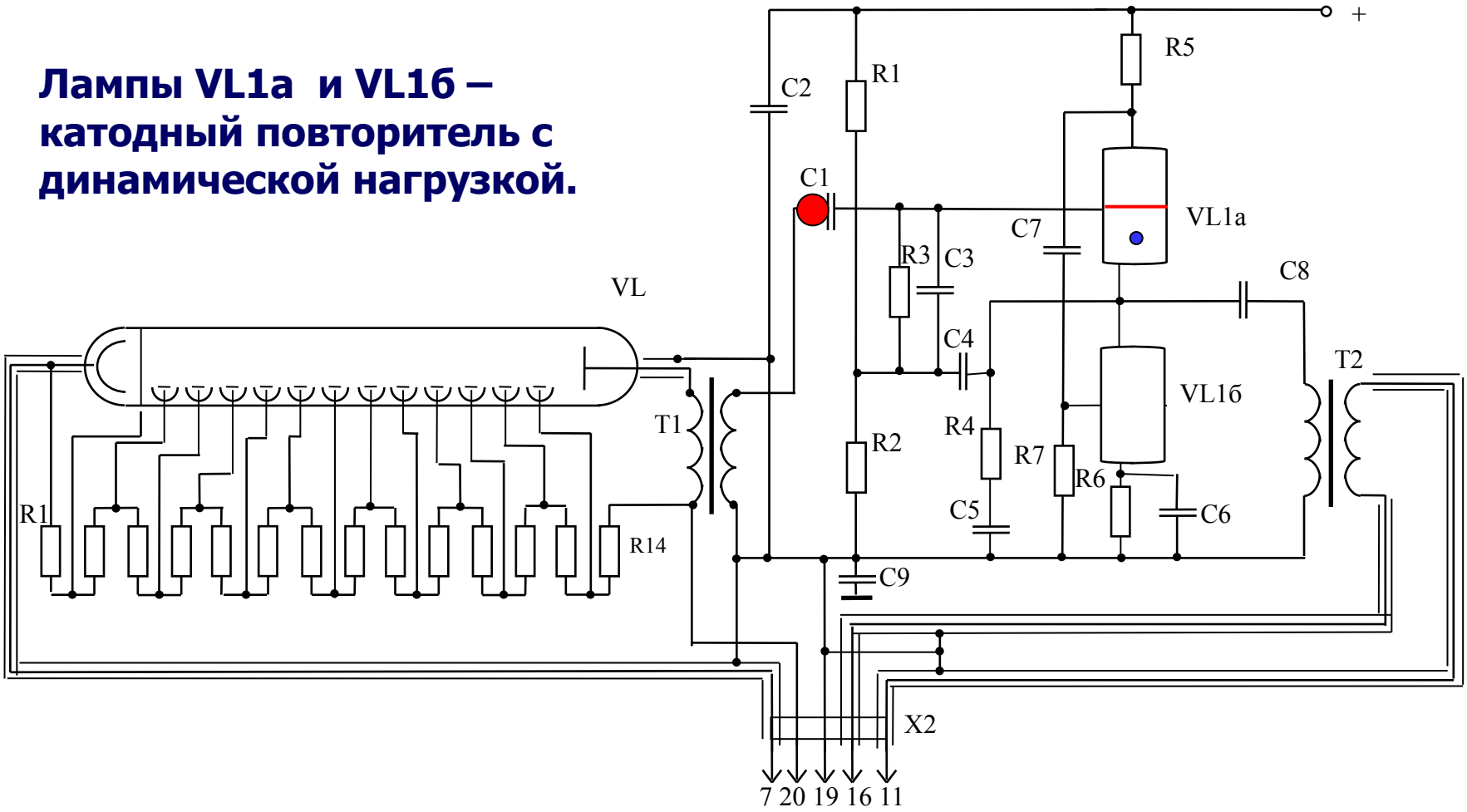
Лекция 7. Импульсные фотометры



Короткий положительный импульс проходит через С1 . Фильтр R3 – С3 настроен только на частоту полезного сигнала 50 Гц. На сетку лампы VL1a поступает только полезный сигнал.

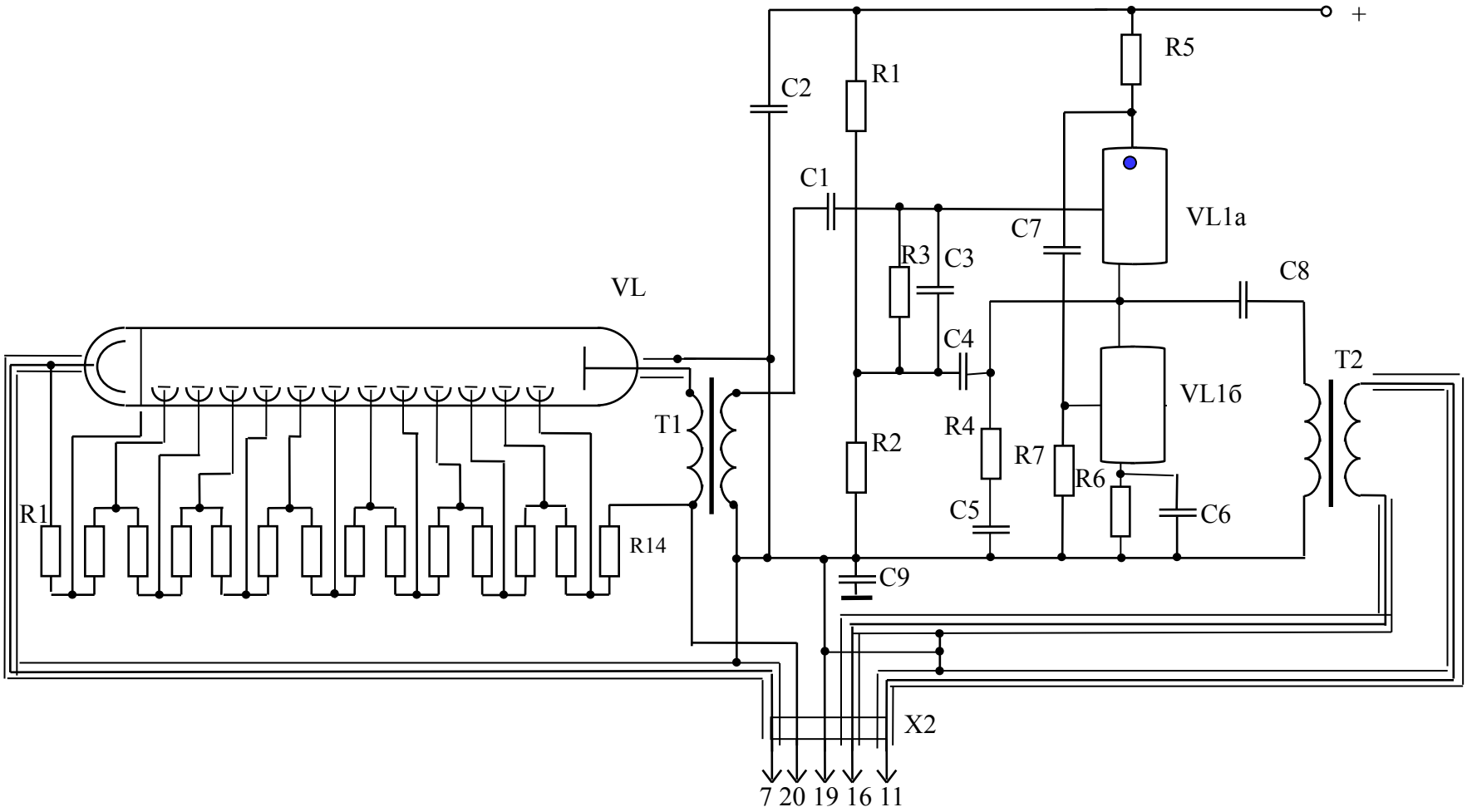
Лекция 7. Импульсные фотометры

Лампы VL1а и VL1б – катодный повторитель с динамической нагрузкой.



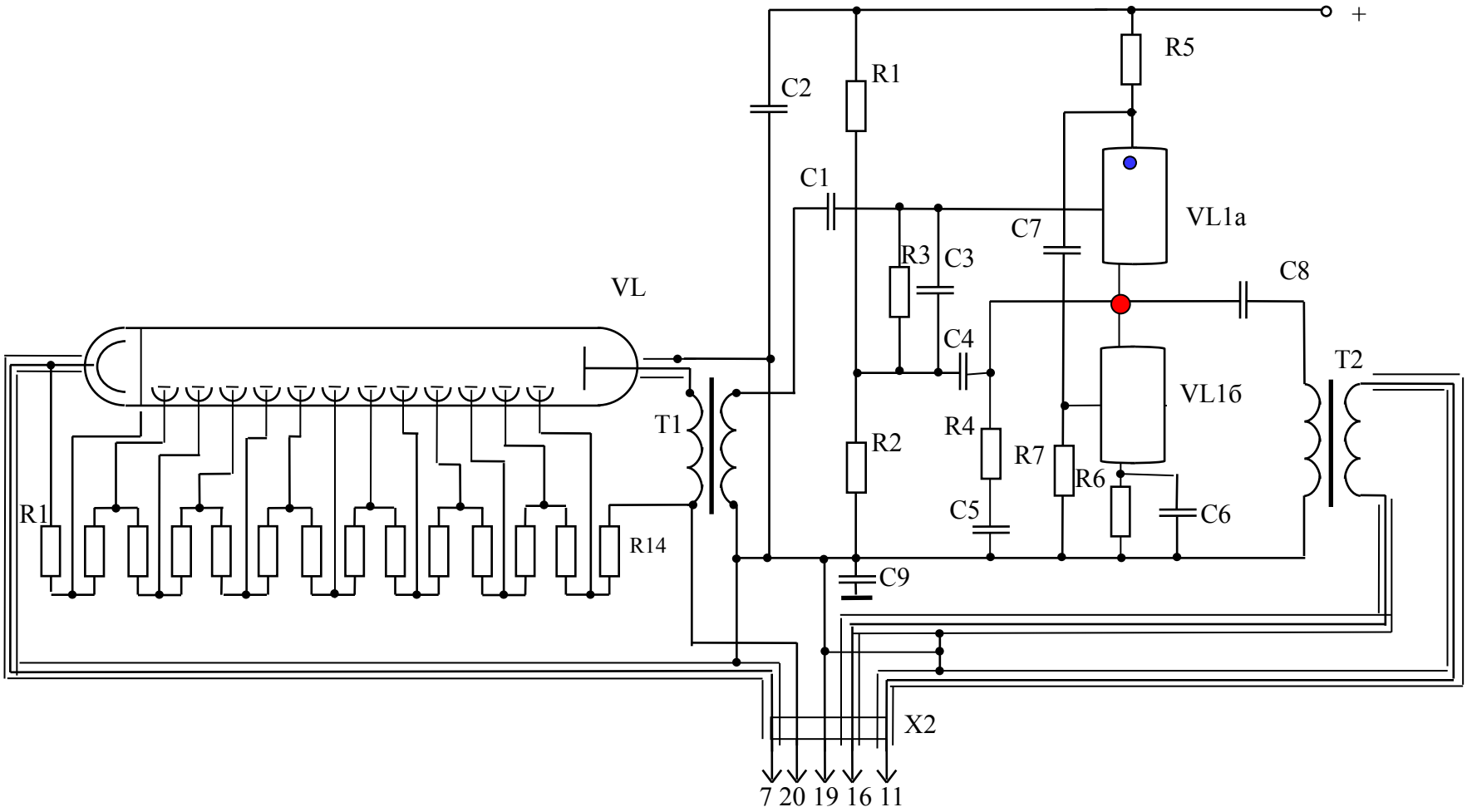
Лампа VL1а была закрыта. При поступлении положительного импульса она приоткрывается. Электроны летят с катода на анод.

Лекция 7. Импульсные фотометры



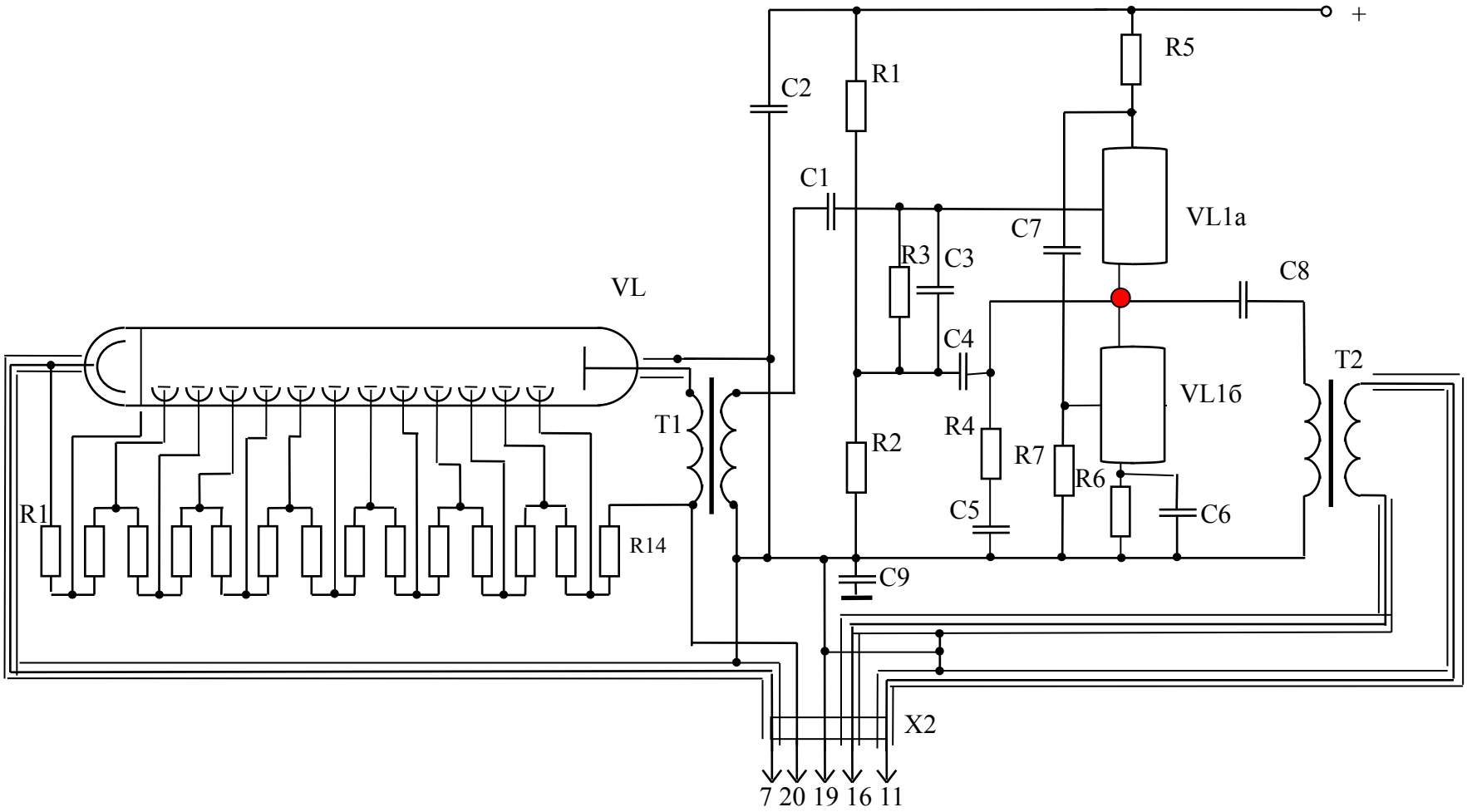
Напряжение на катоде VL1a возрастает, а на аноде – падает. Значит, короткий отрицательный импульс с анода идет через разделительный конденсатор C7 на сетку VL1б.

Лекция 7. Импульсные фотометры



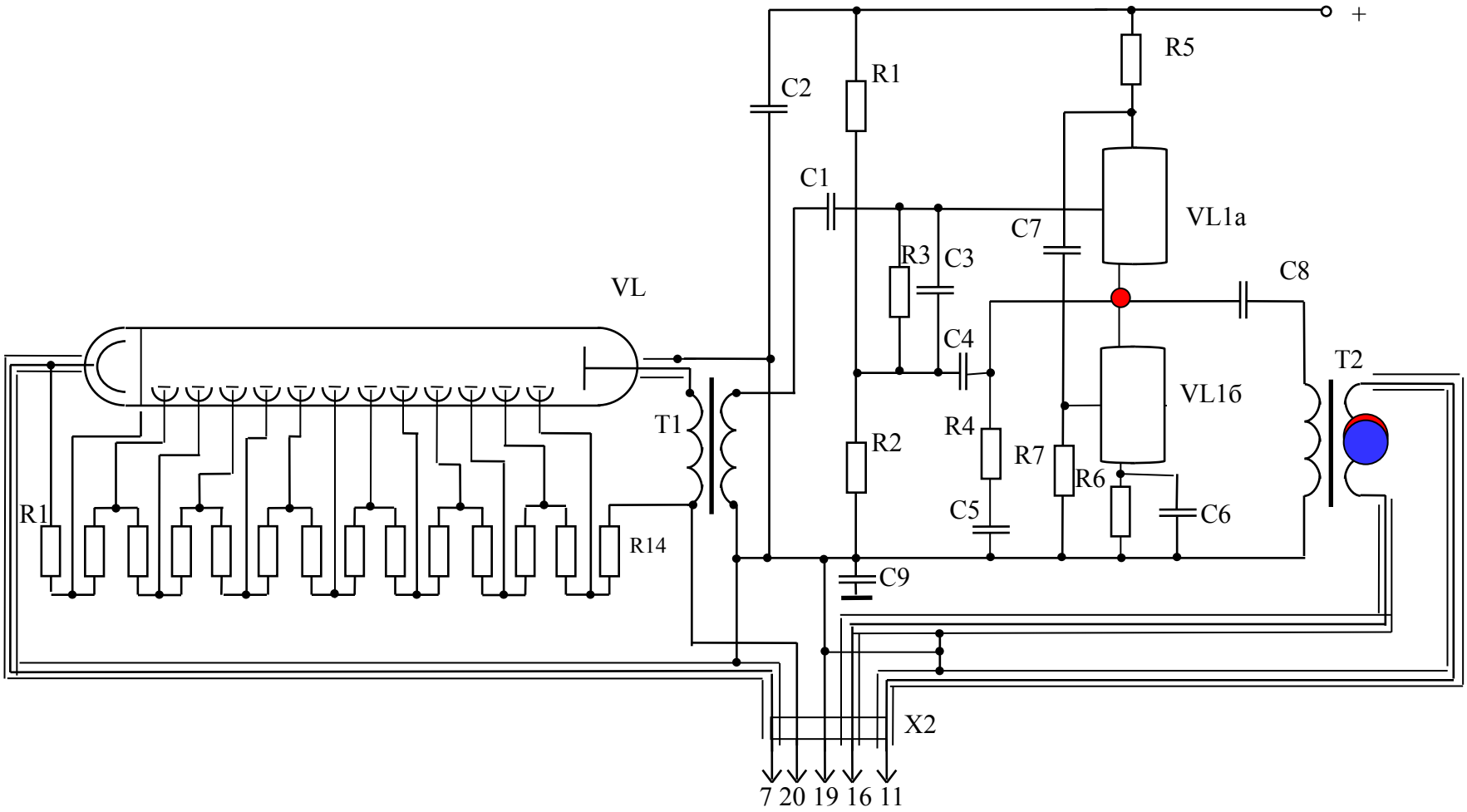
Лампа VL1б призакрывается. Электроны к аноду не летят, напряжение на аноде возрастает. Оно складывается с возрастанием напряжения на катоде VL1а. Таким образом, на аноде VL1б напряжение резко возрастает.

Лекция 7. Импульсные фотометры



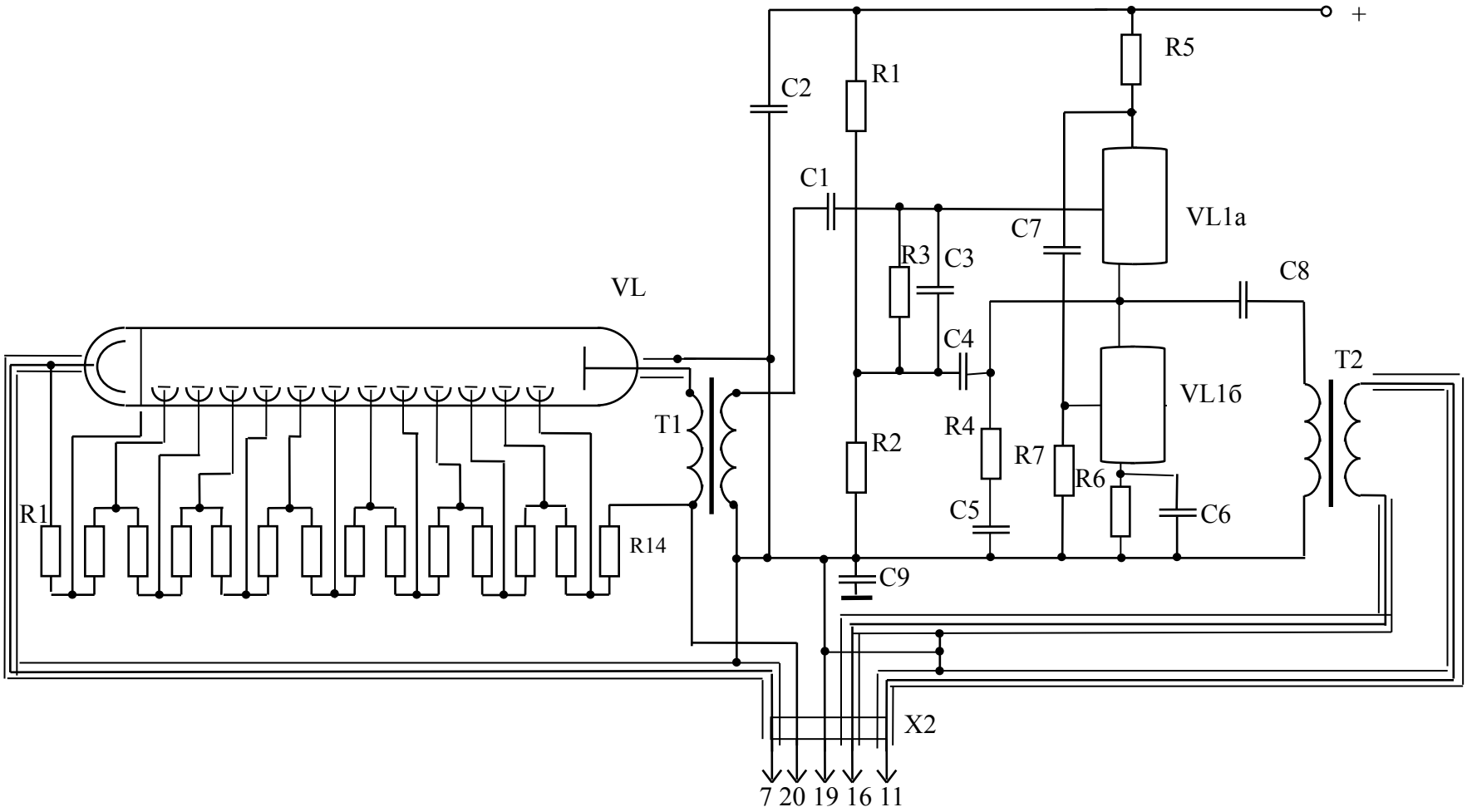
Короткий положительный импульс поступает через развязывающий конденсатор С8 на трансформатор Т2.

Лекция 7. Импульсные фотометры



Трансформатор Т2 еще усиливает амплитуду импульса. Далее импульс поступает на пиковый детектор через разъемы 16, 11.

Лекция 7. Импульсные фотометры



Анодной нагрузкой лампы VL1б является лампа VL1а. Её сопротивление меняется в процессе работы. Поэтому такая схема называется катодным повторителем с динамической нагрузкой.