



“Электронные генераторы”

Автоколебательная система. Генерирование колебаний

- До сих пор изучались различные процессы в линейных и нелинейных электрических схемах, на которые воздействовали периодические сигналы, созданные внешними источниками колебаний – генераторами. Генератор – это нелинейное устройство, преобразующее энергию источника постоянной ЭДС в энергию колебаний заданной частоты.
- Принято различать:
- Генераторы с внешним возбуждением (являющиеся по существу резонансными усилителями мощности, работающими в режиме больших амплитуд).
- Автогенераторы (генераторы с самовозбуждением), использующие для возбуждения колебаний положительную обратную связь или активный прибор, имеющий участок характеристики с отрицательным сопротивлением.

- Структурная схема автогенератора в общем виде

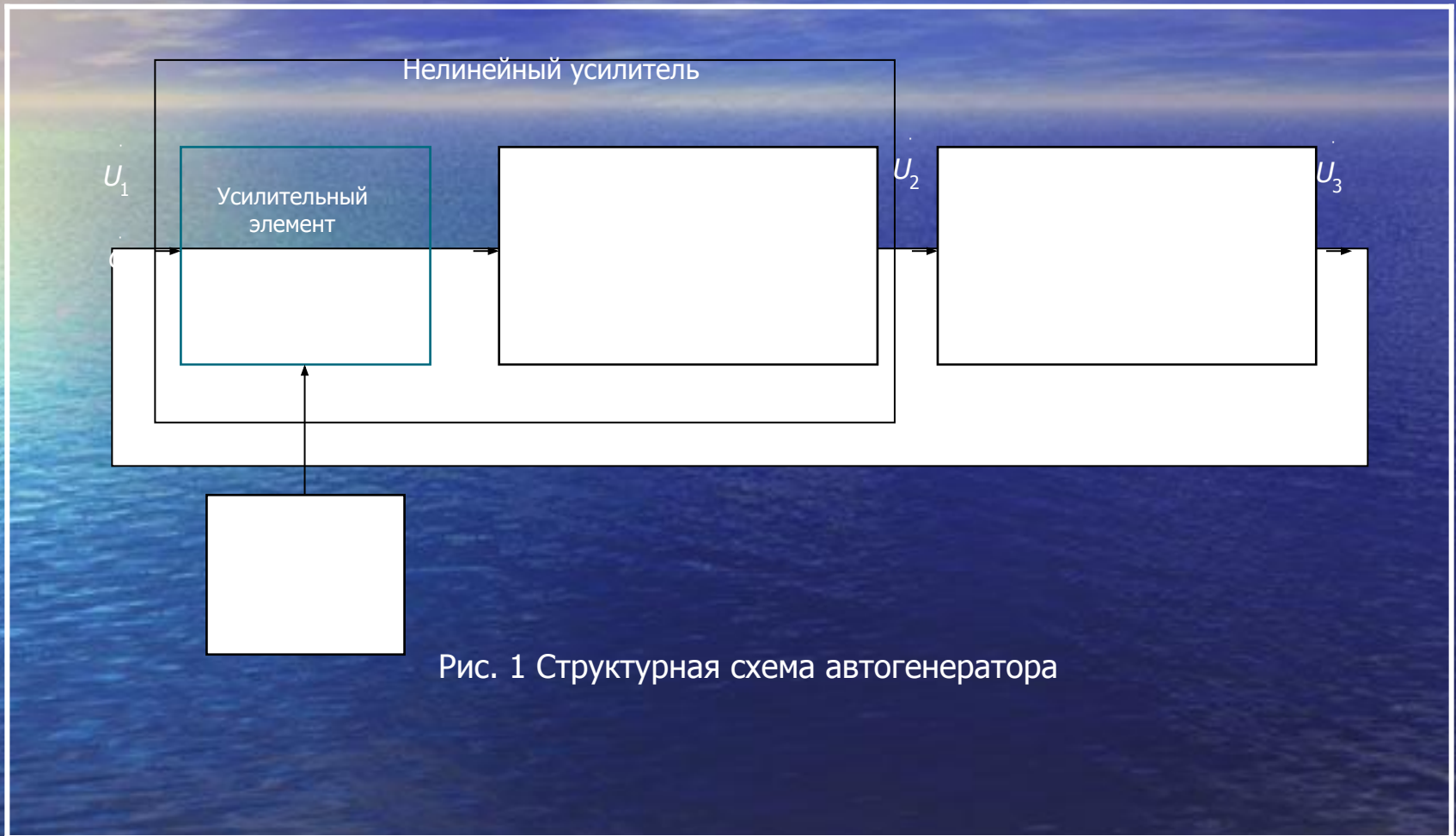
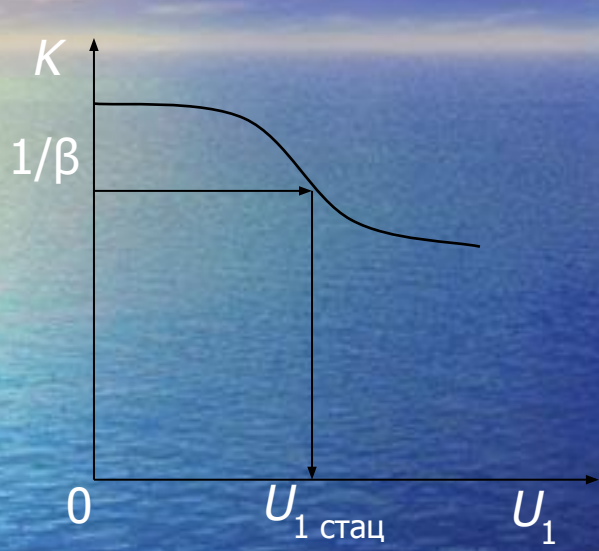


Рис. 1 Структурная схема автогенератора

- Частота и амплитуда автоколебания в стационарном режиме определяется только параметрами самого генератора. Схема, представленная на рис. 4.28 справедлива для систем с внешней обратной связью.
- Усилительный элемент совместно с избирательным четырехполюсником, обеспечивающим фильтрацию (или подавление) необходимых гармоник, представляет собой обычный нелинейный усилитель, развивающий на выходе гармоническое напряжение. В общем случае его усиление зависит как от частоты генерации ω из-за избирательности четырехполюсника, так и от амплитуды (из-за нелинейности усилительного элемента).
- Коэффициент усиления устройства
$$K(j\omega U_1) = \frac{U_2}{U_1}$$
- Коэффициент передачи линейного четырехполюсника обратной связи
$$K(j\omega U_1)\beta(j\omega) = 1$$
- но, поэтому в стационарном режиме автогенератора $S(t)$ Т.к. коэффициент передачи линейного четырехполюсника не зависит от амплитуды колебаний, то выражение можно использовать для определения установившейся амплитуды колебания при заданном ω . Именно, когда K , уменьшаясь с ростом амплитуды U_1 (из-за нелинейности ВАХ усилительного элемента), достигает величины $1/\beta$, дальнейший рост амплитуды прекращается. Сказанное поясняется рис. 4.29. Стационарная амплитуда U_1 стац определяется как абсцисса точки пересечения графика K с горизонталью, проведенной на уровне $1/\beta$. С другой стороны, выражение можно использовать для поддержания определенной амплитуды при заданном $K(U_1)$.



a



б

Рис.4.29. К определению $U_{1 \text{ стая}}$: *a* – мягкий режим работы генератора;

б – жесткий режим работы генератора

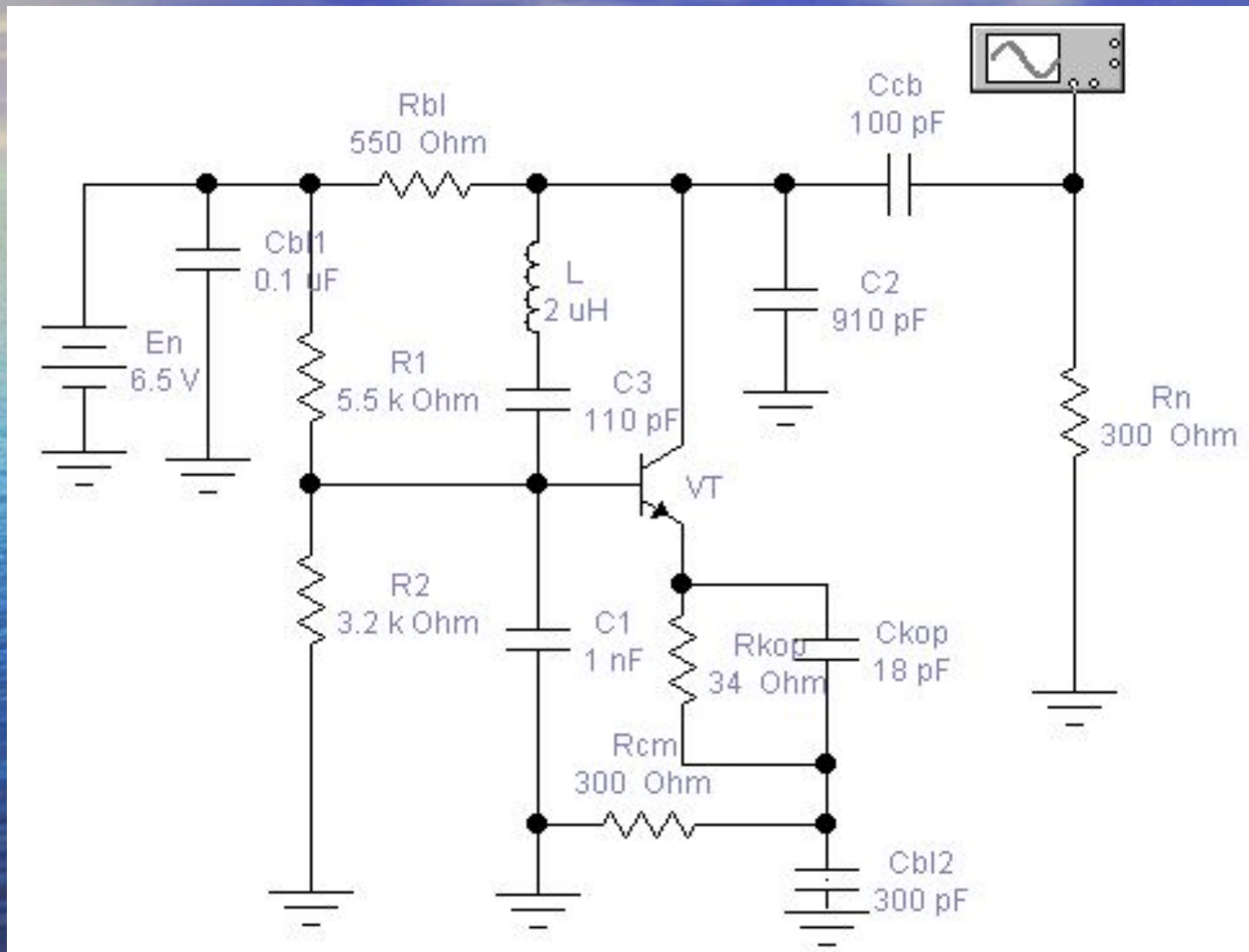
Условия самовозбуждения генератора

- В зависимости от того, выполнены или не выполнены условия самовозбуждения, начальные колебания переходного процесса, вызванного флуктуацией, могут возрастать или затухать.
- Для работы генератора в режиме самовозбуждения необходимо выполнение следующих условий:
- Наличие собственно положительной обратной связи (баланс фаз);
- Наличие определенной величины этой положительной обратной связи (баланс амплитуд).
- Это возможно, если:
 - 1. $\phi_{\beta} + \phi_K = 2\pi n$, $n=0, 1, 2, 3 \dots$ – условие баланса фаз;
 - $\beta K = 1$ или $\beta = 1/K$ – условие баланса амплитуд.

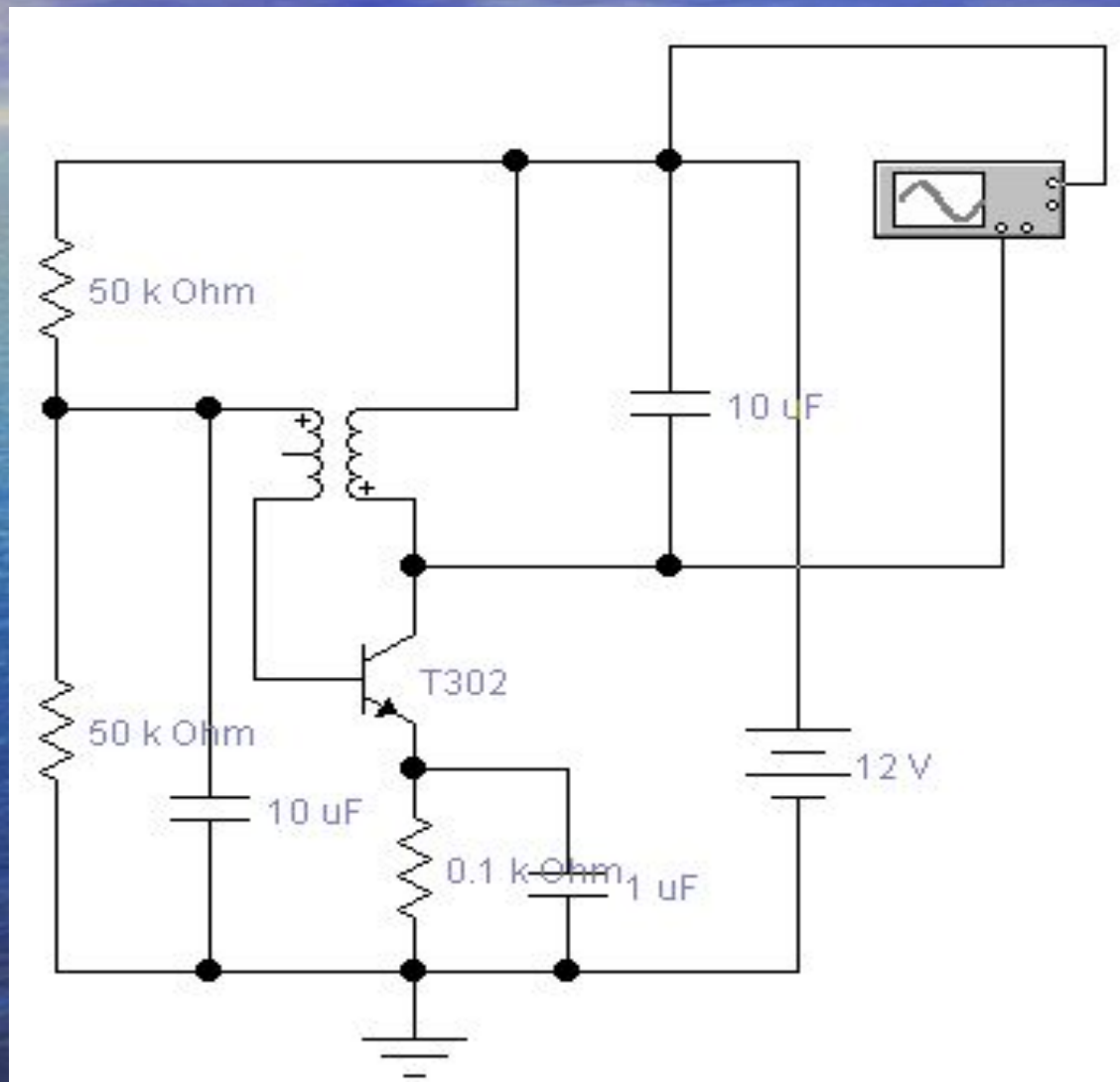
Наиболее распространённые схемы генераторов

- Так как идея данной презентации носит только ознакомительный характер и не является материалом для более углубленного изучения устройства и функционирования электронных генераторов ,то на первых страницах мы в кратце раскрыли тему электронных генераторов ,а далее представляем наиболее распространённые схемы

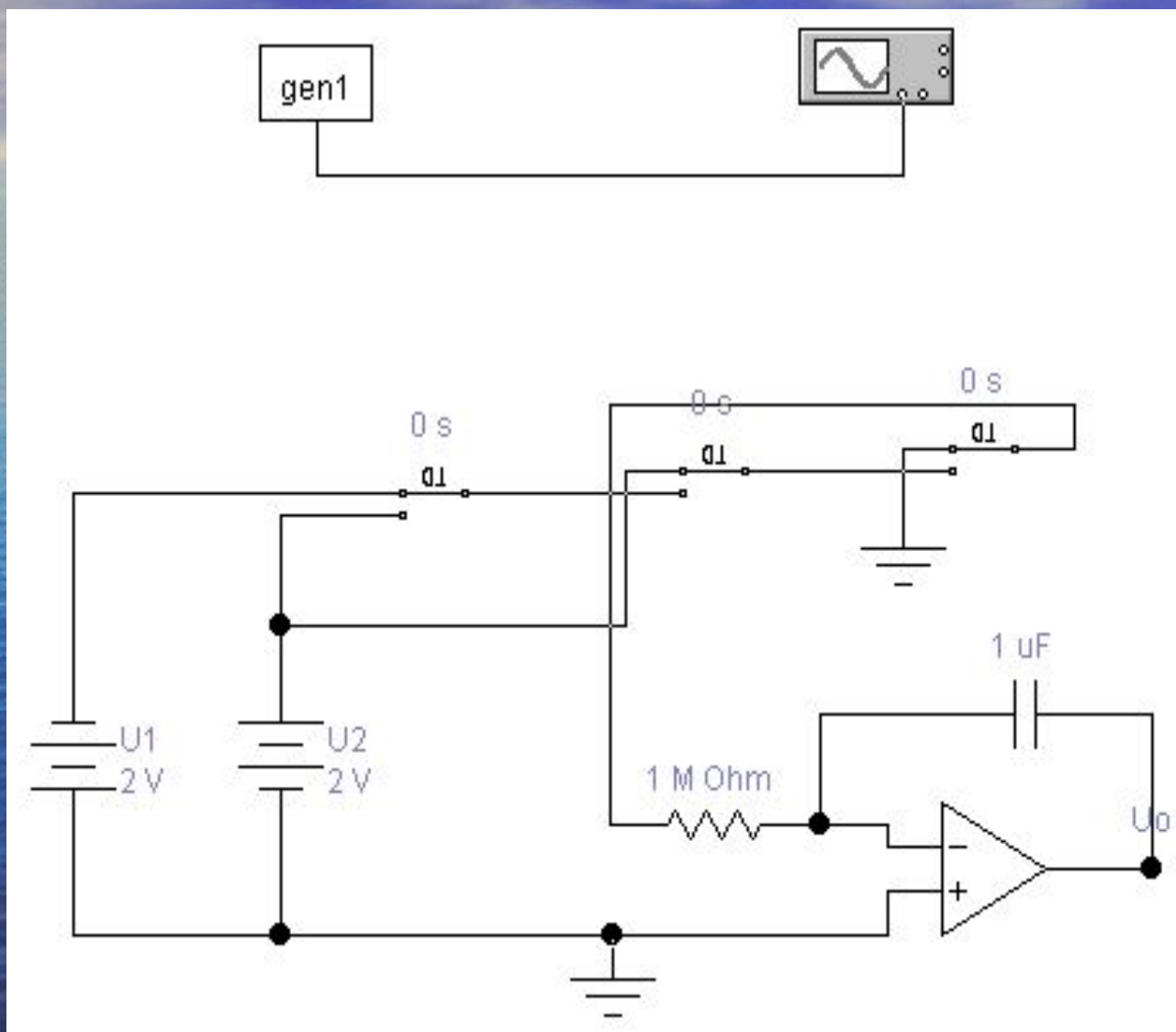
Автогенератор на БТ



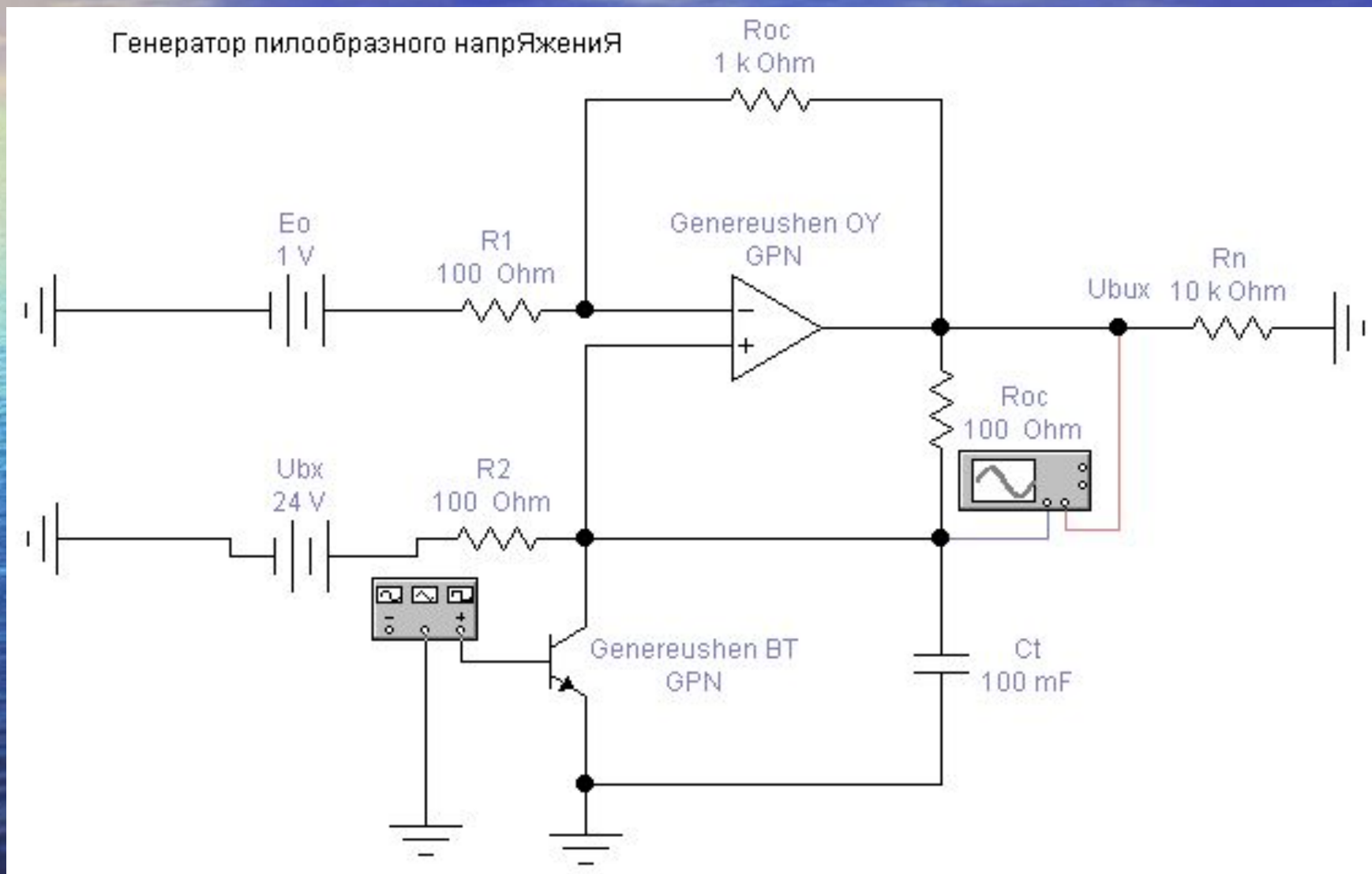
Генератор электронный на БТ



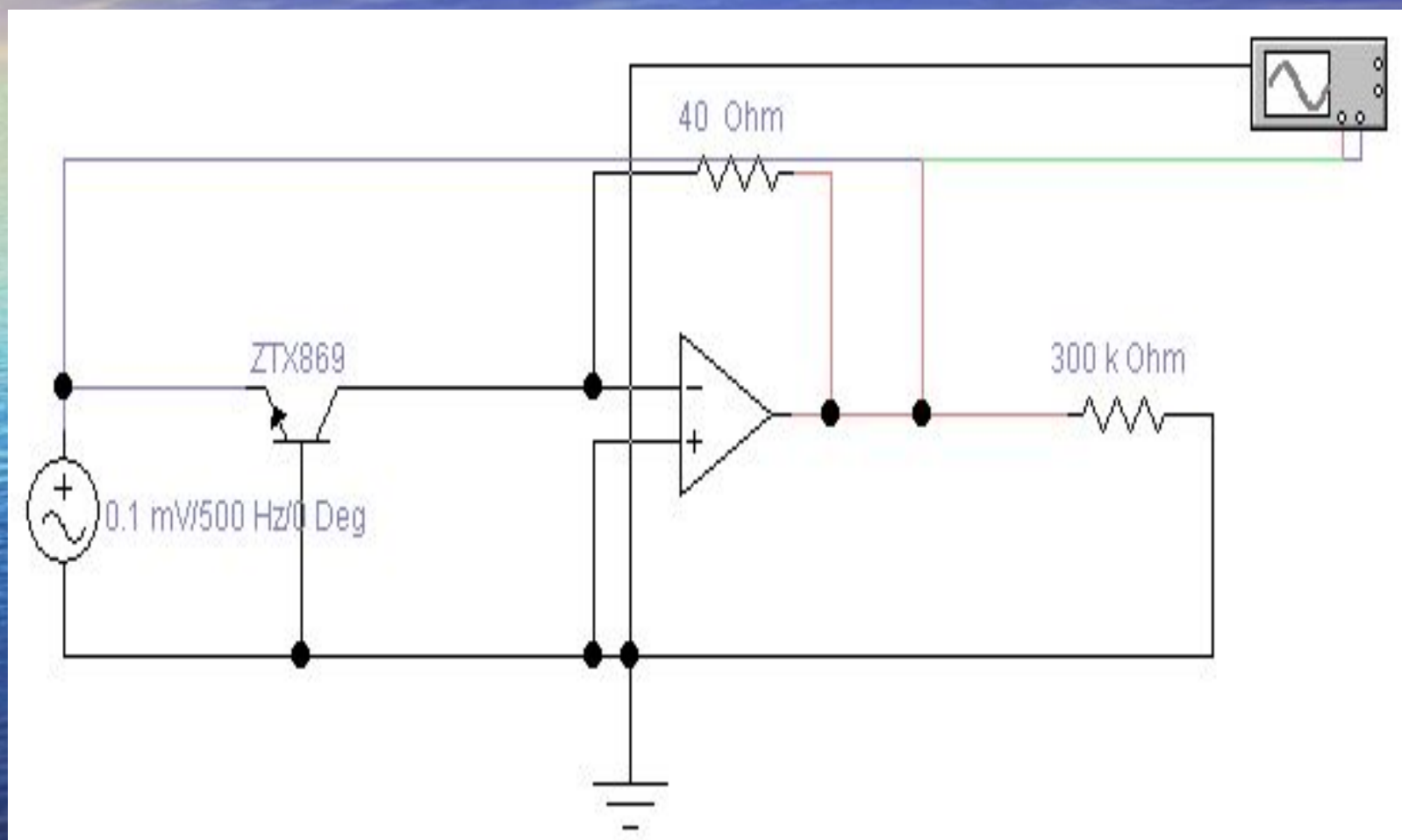
Генератор треугольных импульсов



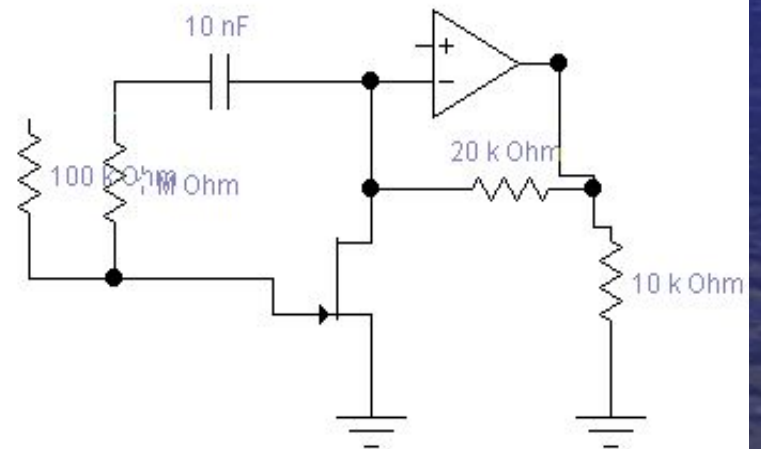
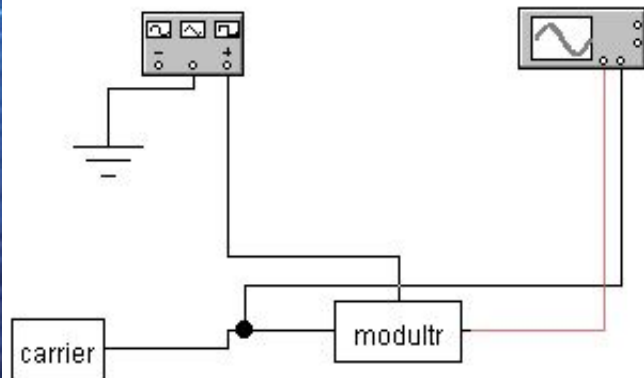
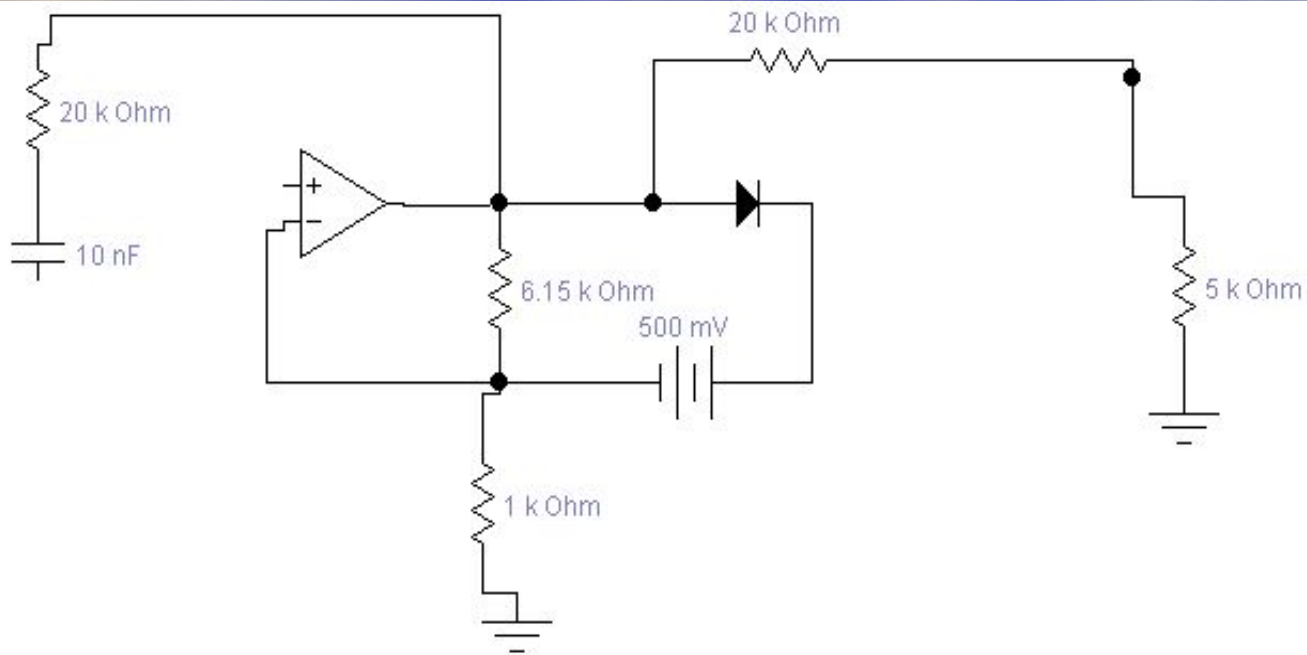
Генератор пилообразного напряжения



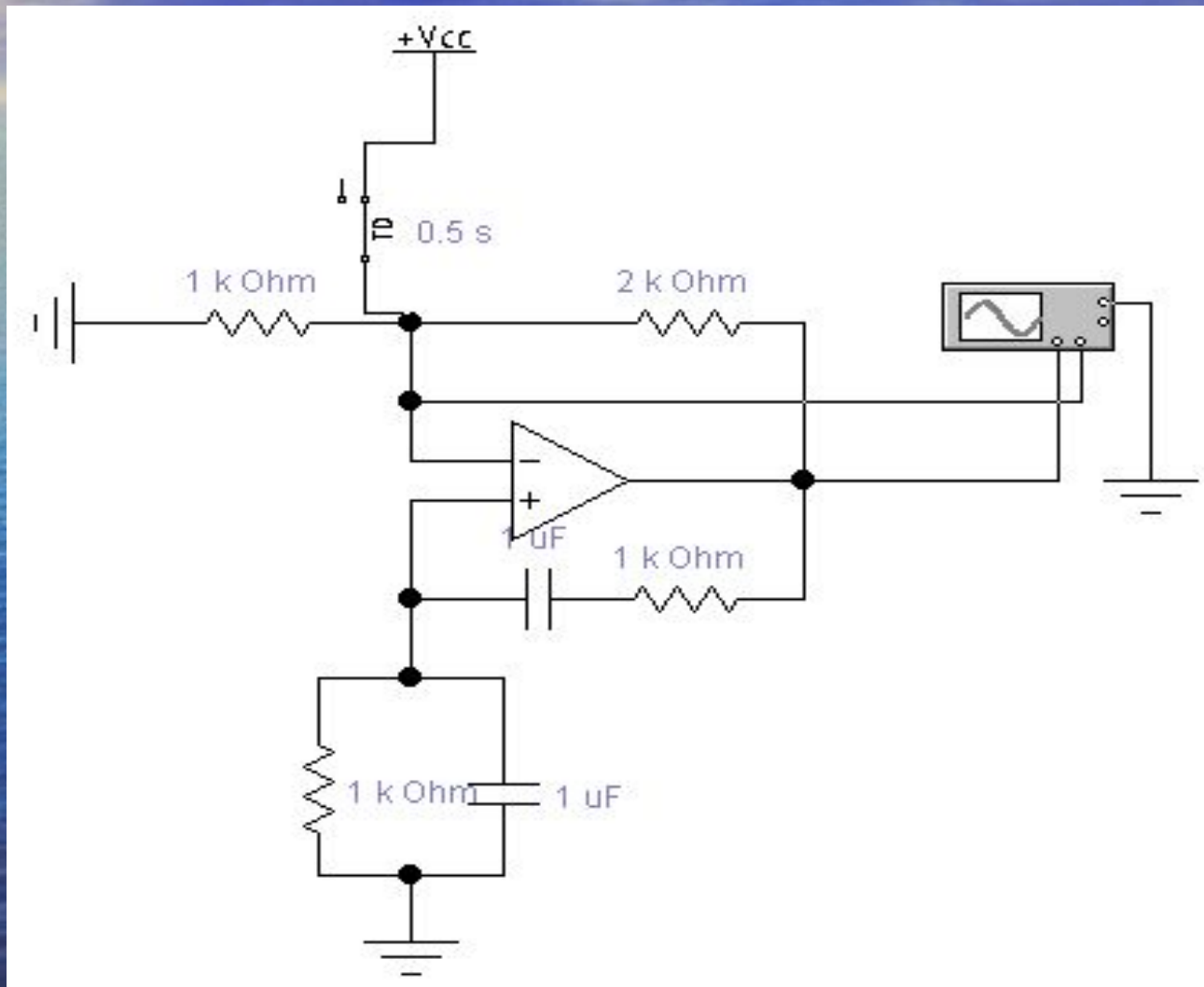
Экспоненциальный генератор



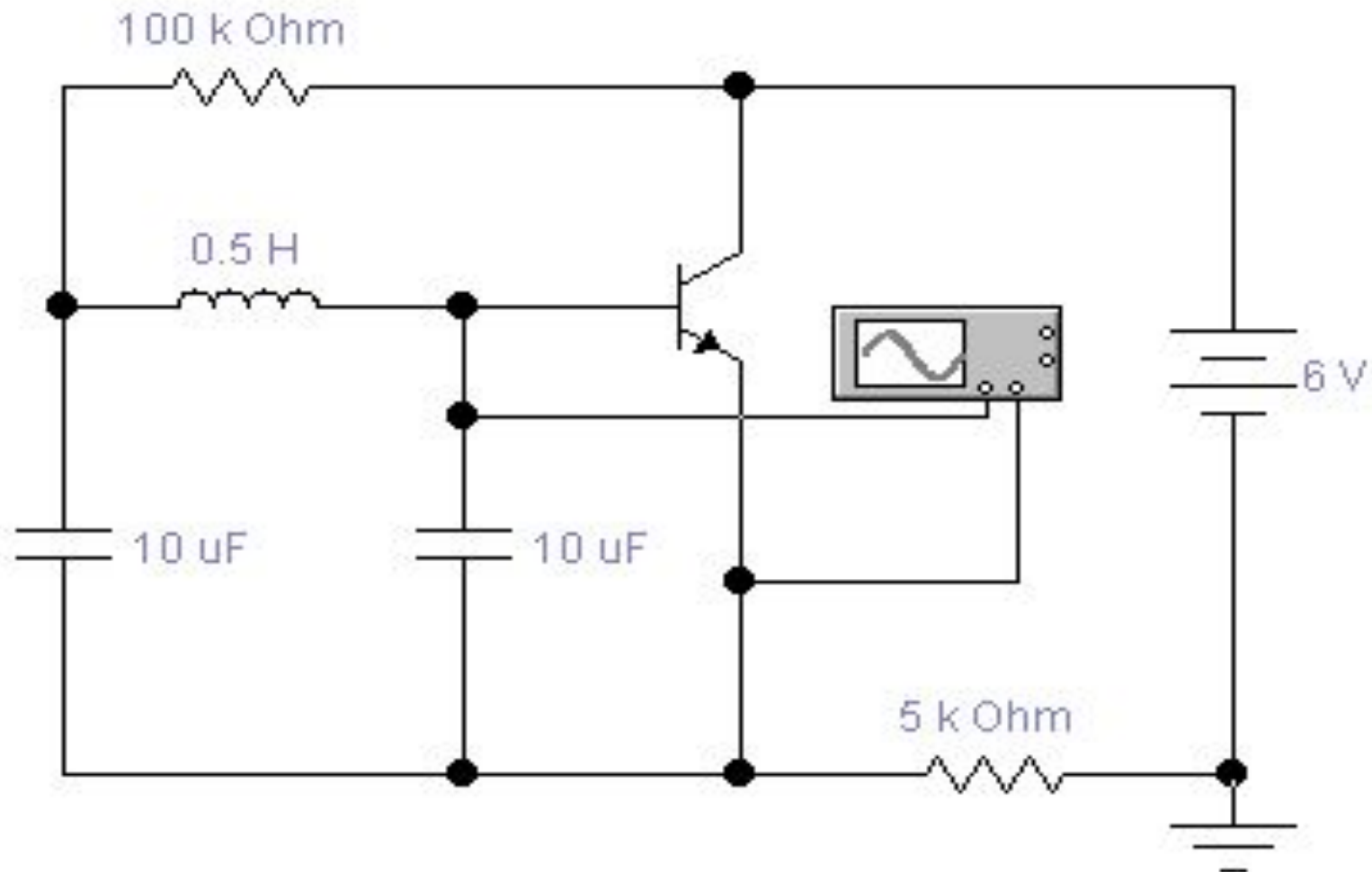
Генератор на ОУ



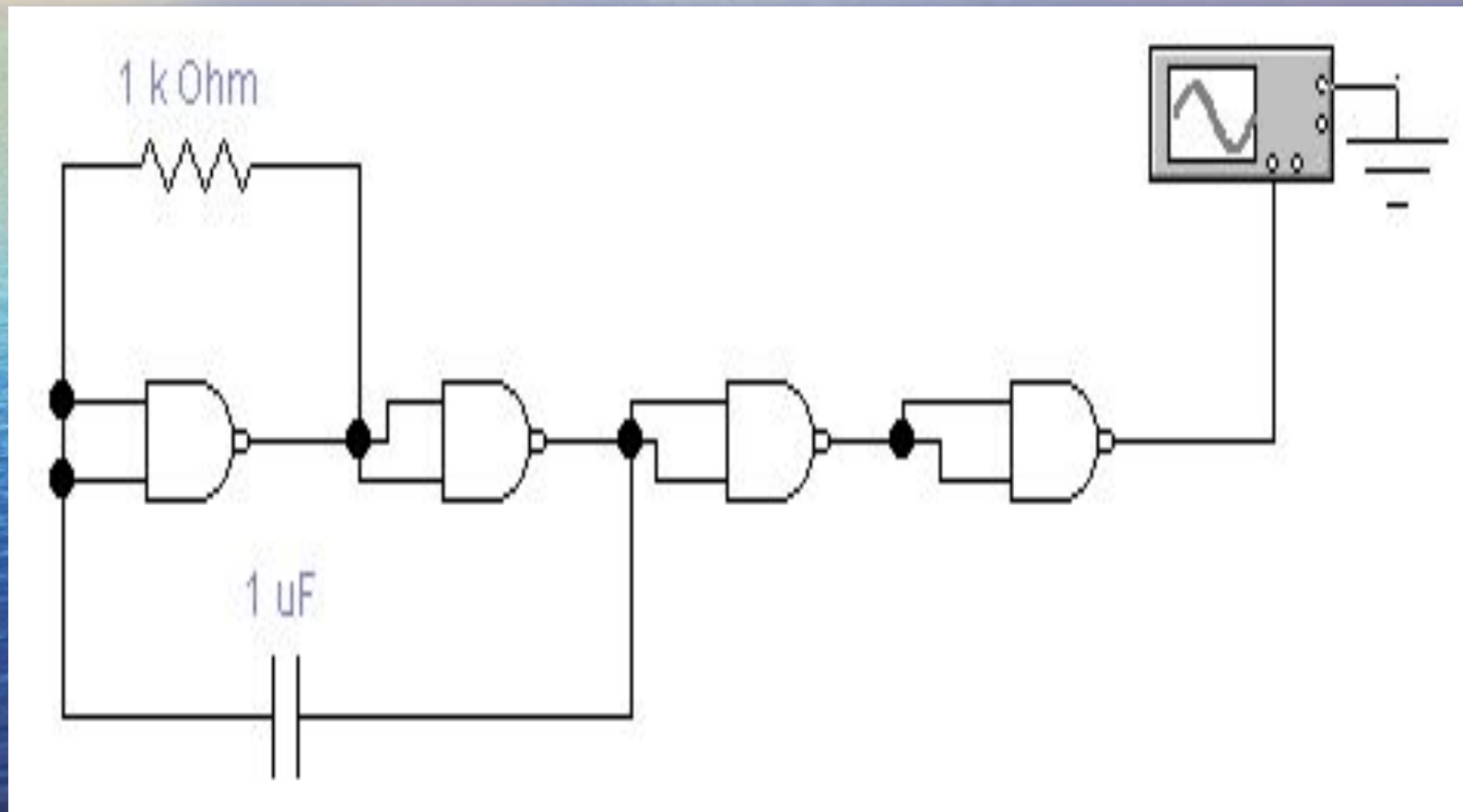
Генератор гармонических колебаний с мостом Вина



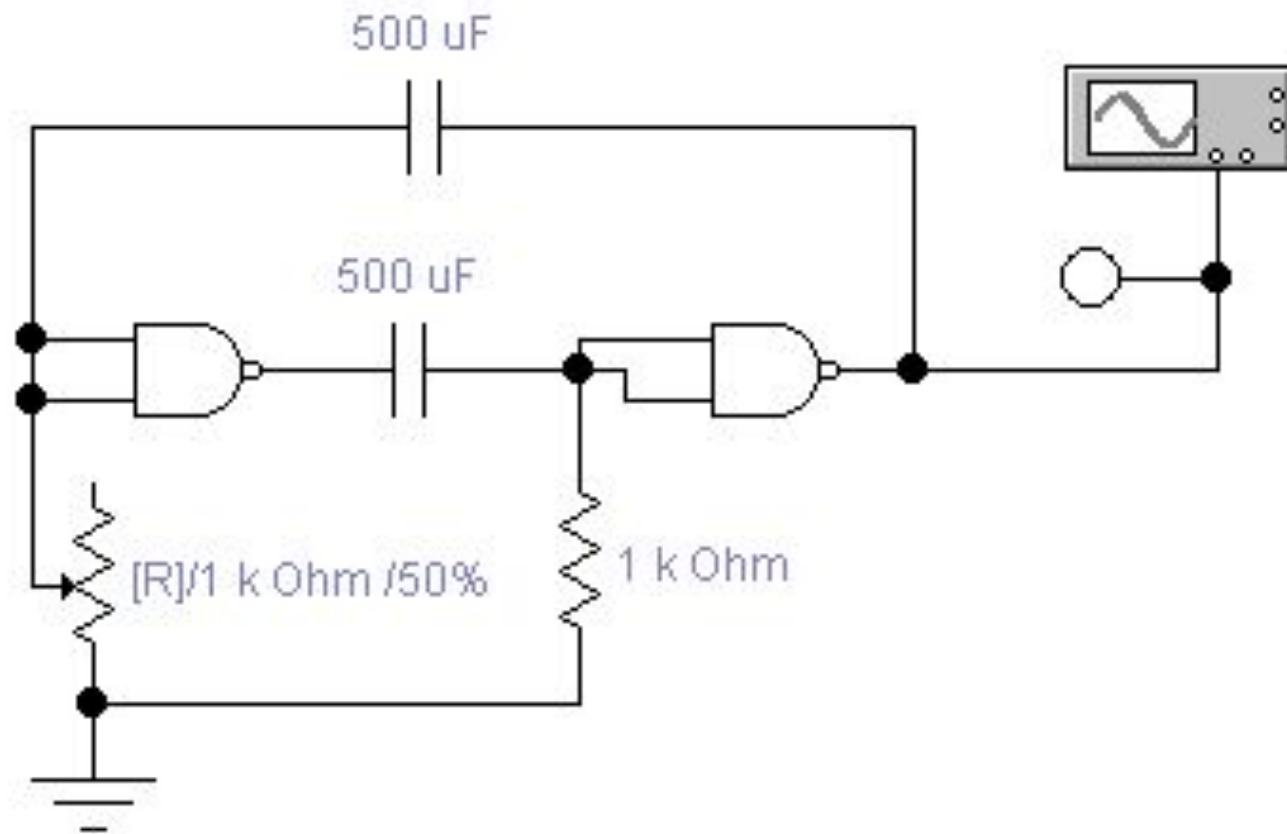
Генератор Калпитца



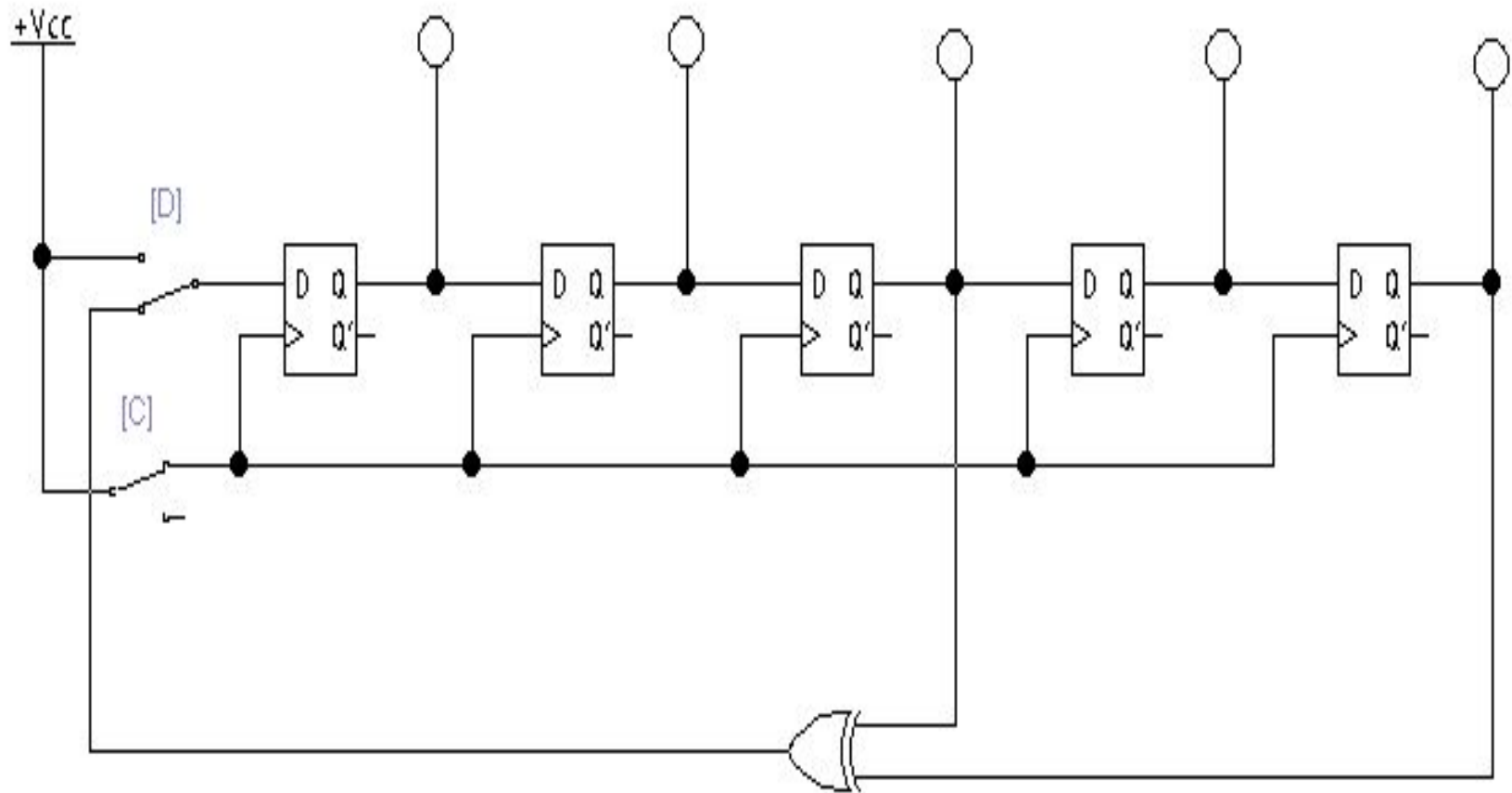
Генератор на ЛЭ



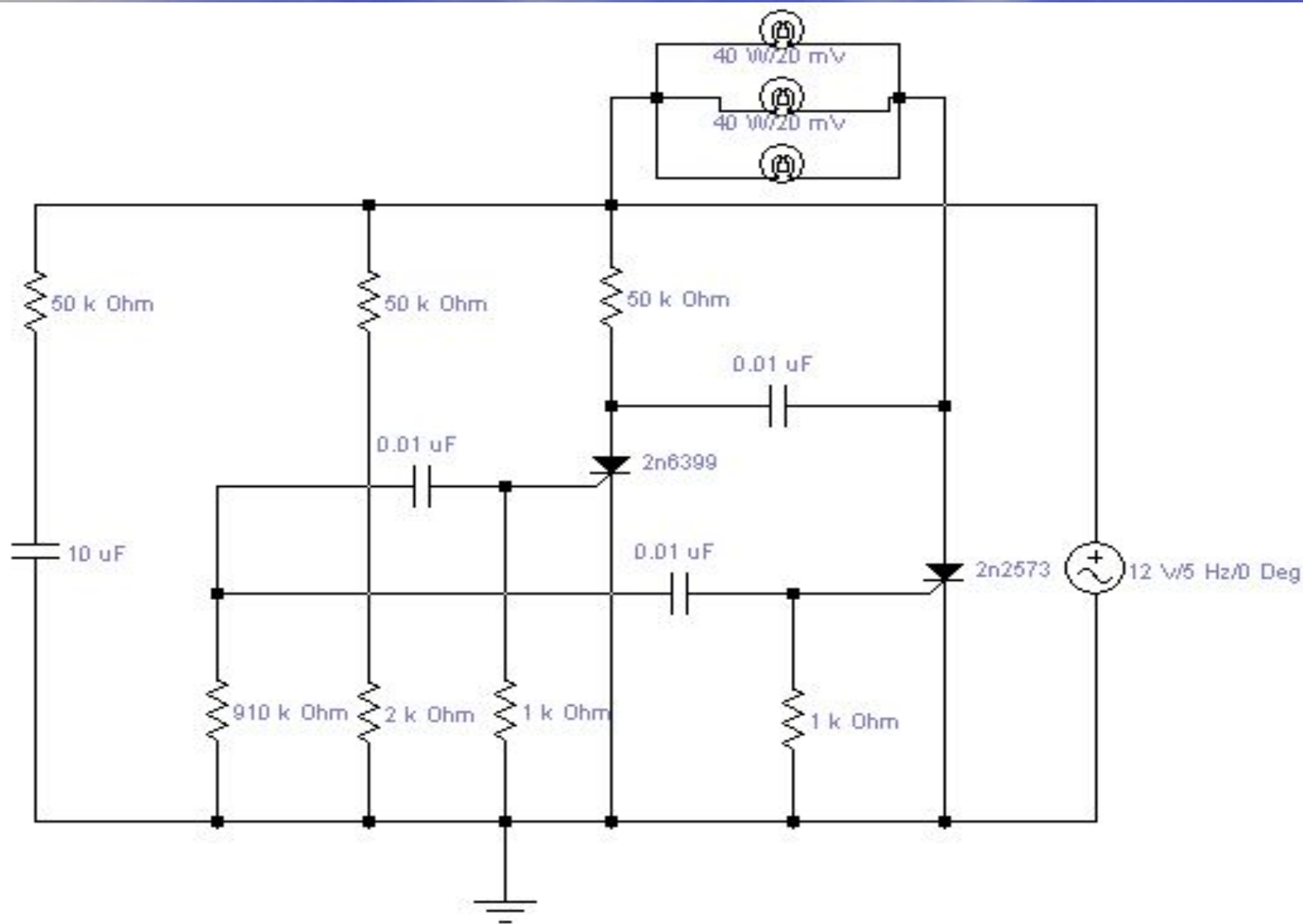
Генератор на ЛЭ2



Генератор шумоподобного сигнала



Генератор сигналов



Тиристоры

The background of the slide is a photograph of a sunset over a vast, calm ocean. The sun is partially visible on the left side, creating a bright, shimmering reflection on the water's surface. The sky is a deep blue with wispy white clouds. The word 'Тиристоры' is written in a large, bold, yellow sans-serif font across the upper portion of the image.

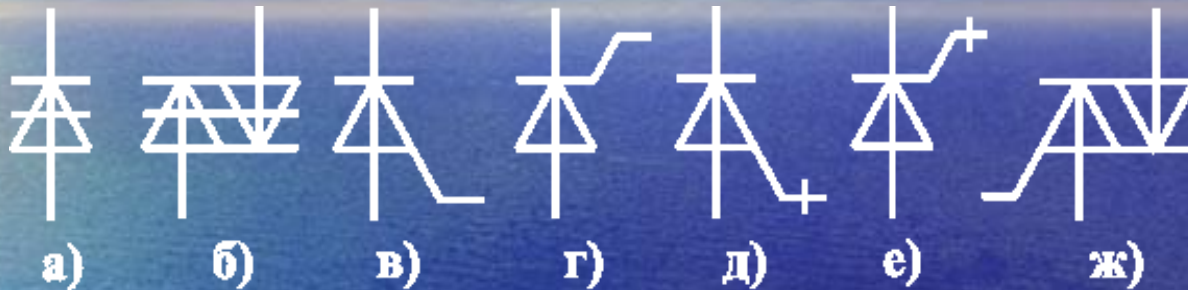
Определение:

- Тиристор – п/п прибор с тремя и более р-п переходами, ВАХ которого имеет участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.

Тиристоры бывают:

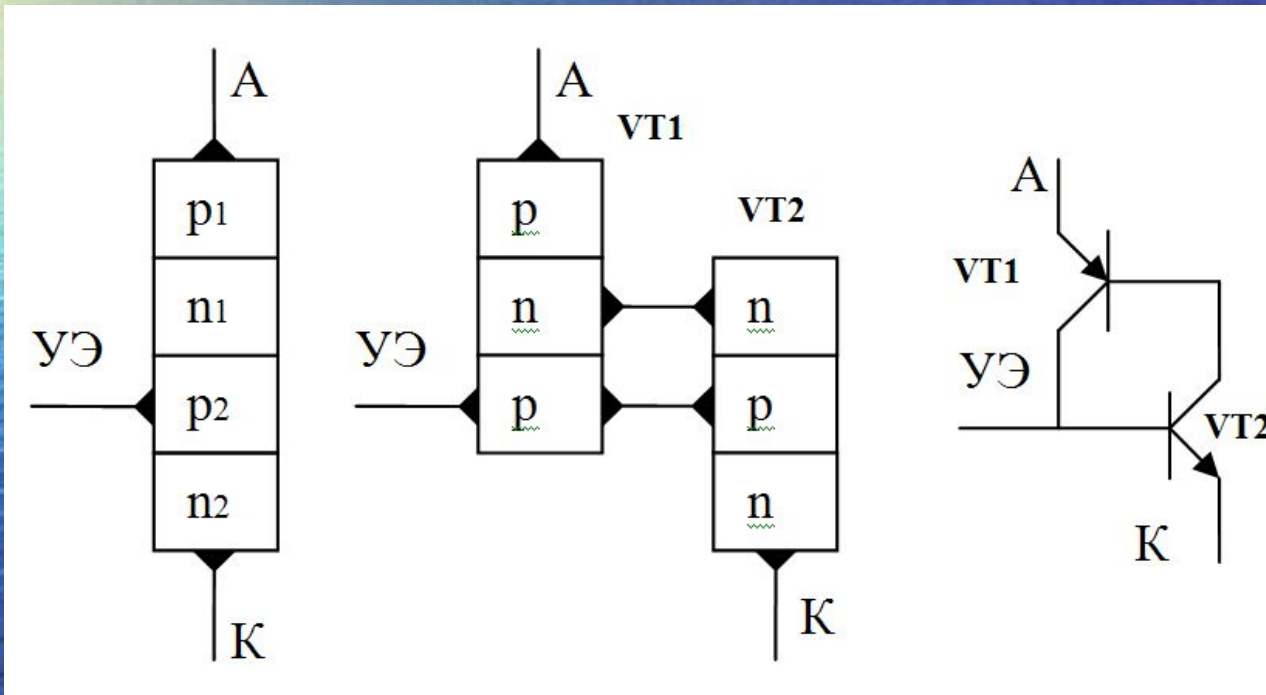
- диодные (динисторы) и триодные (тринисторы)
- с управлением по катоду и по аноду
- незапираемые и запираемые

Типы и условные обозначения:

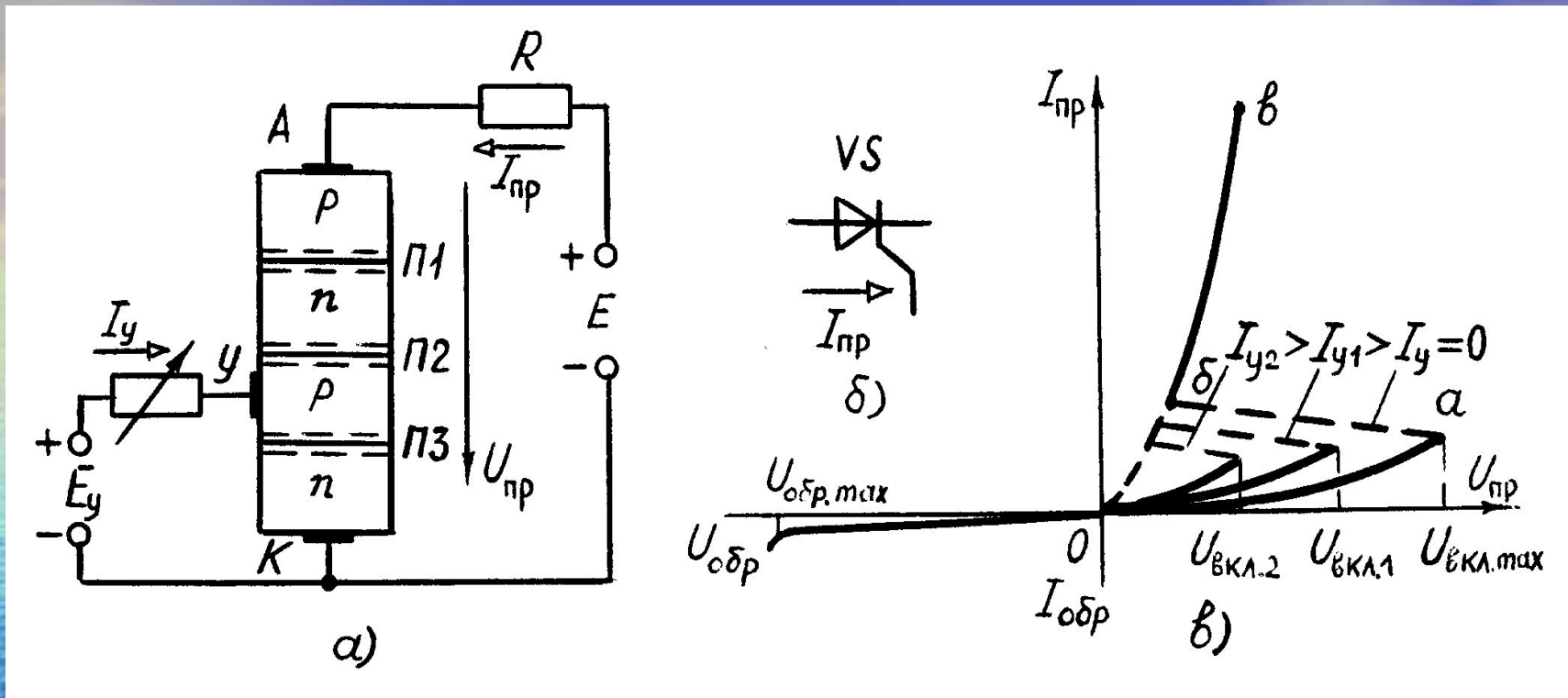


- а) динистор
- б) симметричный динистор
- в) незапираемый тринистор с управлением по аноду
- г) незапираемый тринистор с управлением по катоду
- д) запираемый тринистор с управлением по аноду
- е) запираемый тринистор с управлением по катоду
- ж) симметричный тринистор

Структура тиристора



- Тиристор имеет А (анод), К (катод) и две базы, к одной из которых подключается управляющий электрод.



Наличие управляющего электрода позволяет извне подавать ток, необходимый для открывания тиристоров.

На ВАХ тиристора можно выделить несколько областей с соответствующими режимами работы:

Режим 1 – (0-1) - режим прямого запираания - напряжение на аноде положительно относительно катода, ток незначителен.

Режим 2 – (1-2) - напряжение в этой точке называется напряжением включения , а ток через прибор – током включения .


Режим 3 – (2-3) – режим прямой проводимости. Это минимальные напряжение и ток, необходимые для поддержания тиристора в открытом состоянии.

Режим 4 – (0-4) – режим обратного запираания, когда напряжение анода относительно катода отрицательно.

Режим 5 – (4-5) – режим обратного пробоя.

Основными параметрами тиристоров являются:

- напряжение и ток включения;
- ток выключения (удержания);
- максимально допустимый ток в открытом состоянии;
- время задержки включения и выключения;
- класс по напряжению (понимается предельное эксплуатационное напряжение в сотнях вольт, не вызывающее самопроизвольного включения тиристора или разрушения его структуры).



Электронные лампы

- **Электронная Лампа** - электровакуумный прибор с несколькими электродами(диод, триод, тетрод, пентод и т. д.), в котором создается поток электронов, движущихся в вакууме, и осуществляется управление этим потоком.
- Электронная лампа представляет собой, по существу, герметичную ампулу, в вакууме или газовой среде которой движутся электроны. Ампулу обычно изготавливают из стекла или металла. Управление электронным потоком осуществляется посредством электродов, имеющих внутри лампы. Хотя в большинстве приложений на смену электронным лампам пришли полупроводниковые приборы, лампы все еще находят применение в видеотерминалах, радиолокаторах, спутниковой связи и во многих других электронных приборах.

- В лампе имеется несколько проводящих элементов, называемых электродами. Эмиссию электронов в лампе осуществляет катод. Эта эмиссия вызывается либо нагревом катода, в результате которого электроны «закипают» и испаряются с его поверхности, либо воздействием света на катод. Движением эмиттированных электронов управляют электрические поля, создаваемые другими электродами внутри лампы. Электроды, которые служат для управления движением электронов, называются сетками; электроды, на которые электроны собираются, называются анодами.
- В электронной лампе относительно просто управлять величиной, продолжительностью, частотой и другими характеристиками электронного потока. Эти простота и легкость управления делают ее ценным прибором в многочисленных приложениях.

Термоэлектронная эмиссия

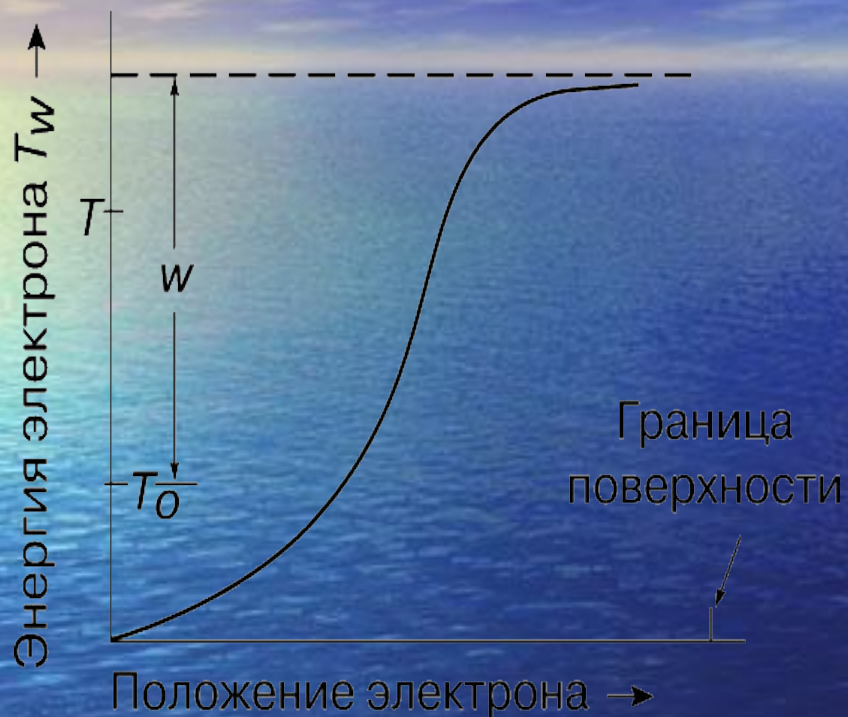


рис.
1

- Электроны самопроизвольно не выходят за пределы поверхностного слоя металла из-за действия сил притяжения, источником которых является сам металл. Потенциальную энергию электрона в любой точке металла вблизи его поверхности можно представить в виде графика (рис. 1), из которого видно, что для выхода за пределы поверхности металла электрон должен увеличить свою энергию T_0 , которой он обладает при абсолютном нуле температуры, дополнительно на величину w . В электронных лампах необходимая тепловая энергия обеспечивается электрическим током, пропускаемым по проволочной нити накала (подогревателю), находящейся в лампе.

Диод

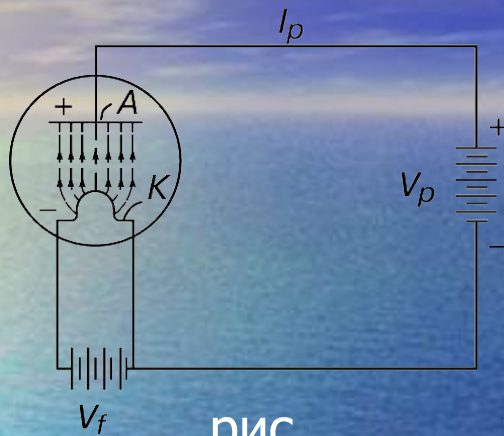


рис.
2

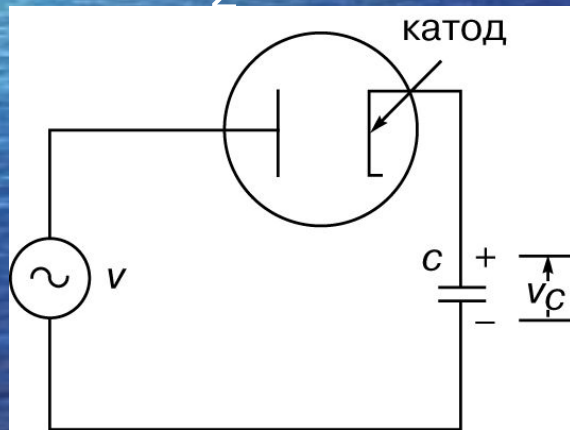
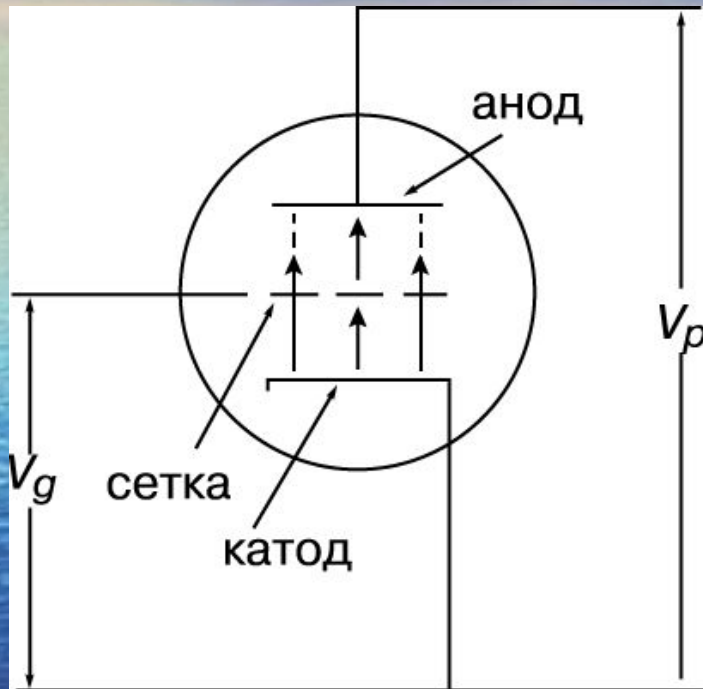


рис.
3

- После того как электроны покинули катод, их движение определяется силами электрических полей, действующих на них в вакууме. В простейшей электронной лампе – диоде – электроны притягиваются положительным потенциалом второго электрода – анода, где они собираются и проходят в цепь соответствующей схемы (рис. 2). Диод представляет, таким образом, прибор, пропускающий ток только в одном направлении – от анода к катоду, – и, следовательно, является выпрямителем.
- Простой иллюстрацией применения диода может служить схема, приведенная на рис. 3, где диод используется для зарядки конденсатора напряжением от источника переменного тока. Когда потенциал катода ниже анодного потенциала, через диод течет ток, так что, в конце концов, конденсатор заряжается до пикового напряжения источника переменного тока.

Триод



(рис.
4)

- Триод – это электронная лампа, в которой имеется третий (управляющий) электрод, установленный между катодом и анодом (рис. 4). Этот электрод обычно представляет собой сетку из тонких проволок, установленную очень близко к катоду, чтобы при небольшой разности потенциалов между сеткой и катодом в области между этими двумя электродами действовало сравнительно высокое электрическое поле. При этом потенциал сетки будет оказывать сильное воздействие на электроны.

- Типичная схема усилителя, выполненного на триоде, приведена на рис. 5. К сетке подключена батарея отрицательного напряжения смещения, обозначенная E_{gg} . Поскольку сетка имеет отрицательный потенциал по отношению к катоду, она не будет привлекать к себе электроны потока, движущегося от катода к аноду. На аноде поддерживается положительный потенциал относительно катода, что обеспечивается батареей E_{pp} . Значения параметров E_{gg} , E_{pp} , сопротивлений резистора R_g в цепи сетки и нагрузочного резистора R_L выбирают так, чтобы через лампу шел некоторый ток. Потенциал анода, следовательно, получается несколько меньшим, чем потенциал E_{pp} его источника питания, вследствие протекания тока через R_L .

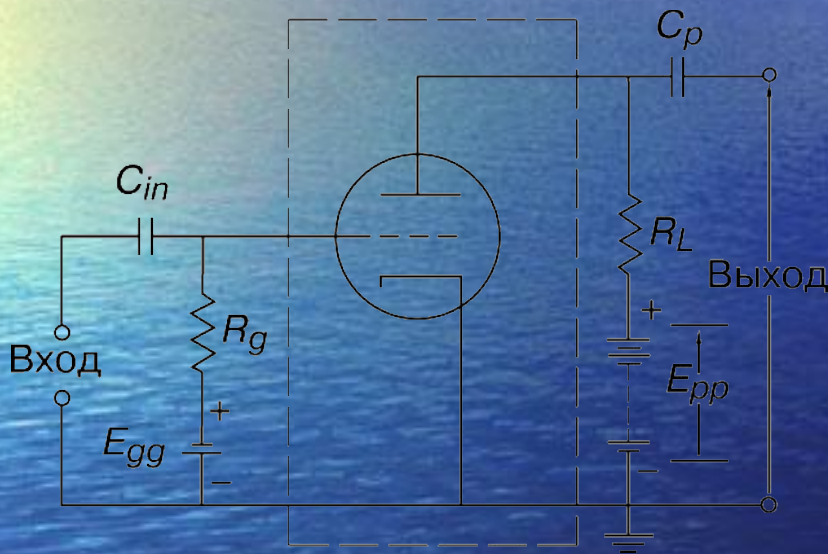


рис.
5

Многоэлектродные лампы

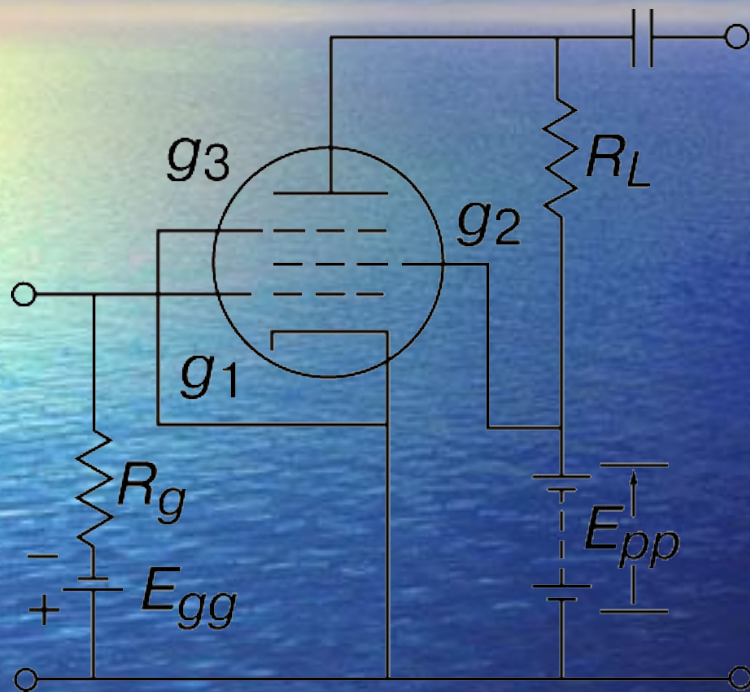


рис.
6

- Логично задать вопрос: каким может быть эффект увеличения числа сеток в электронной лампе? Обычно вторая сетка, которая называется экранной и поддерживается под положительным потенциалом, находится между управляющей сеткой и анодом. Ее роль состоит в том, чтобы экранировать управляющую сетку от анода, уменьшая, таким образом, емкость между ними, которая в ряде случаев может привести к нежелательным эффектам обратной связи. Лампа с двумя сетками (четырьмя электродами) называется тетродом. В некоторых случаях между экранной сеткой и анодом добавляют еще одну сетку – антидинатронную, в результате получается пятиэлектродная лампа, или пентод. На рис. 6 показана типичная схема включения пентода.

Электронно-лучевые трубки

- В электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) для воспроизведения изображения на люминесцентном экране используется пучок электронов, получаемых с нагретого катода. Этот пучок тщательно фокусируется в луч, создающий на экране маленькое пятно и возбуждающий электроны люминофора экрана, что и приводит к излучению света. Этот луч отклоняется под действием электрического или магнитного поля, описывая при этом траектории на экране, а интенсивность луча можно изменять посредством управляющего электрода, меняя тем самым яркость пятна. Часть ЭЛТ, в которой создается сфокусированный электронный луч, называется электронным прожектором.

Системы отклонения луча

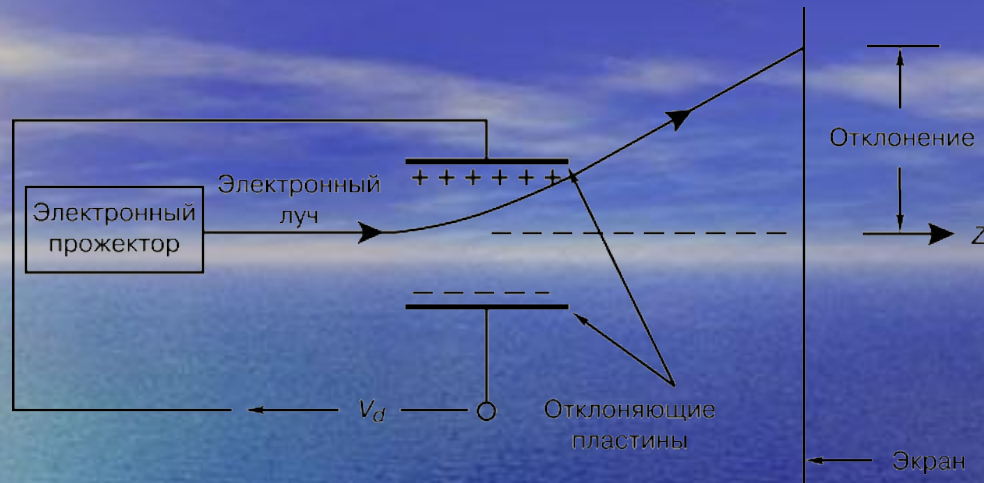


рис.

7

- На выходе электронного прожектора получается узкий электронный луч, который на своем пути к экрану может отклоняться электрическим или магнитным полем.
- В системах отклонения электрическим полем вектор поля ориентирован перпендикулярно начальной траектории луча (которую обычно обозначают направлением z). Отклонение осуществляется приложением разности потенциалов к паре отклоняющих пластин, как показано на рис. 7. Обычно отклоняющие пластины делают отклонение в горизонтальном направлении (направление x) пропорциональным времени. Это достигается приложением к отклоняющим пластинам напряжения, которое равномерно возрастает, пока луч перемещается поперек экрана. Затем это напряжение быстро падает до своего исходного уровня и снова начинает равномерно возрастать. Сигнал, который требует исследования (обычно периодическое колебание), подают на пластины, отклоняющие в вертикальном направлении (y). В результате, если продолжительность однократной горизонтальной развертки равна периоду или соответствует частоте повторения сигнала y , на экране будет непрерывно воспроизводиться один период волнового процесса.

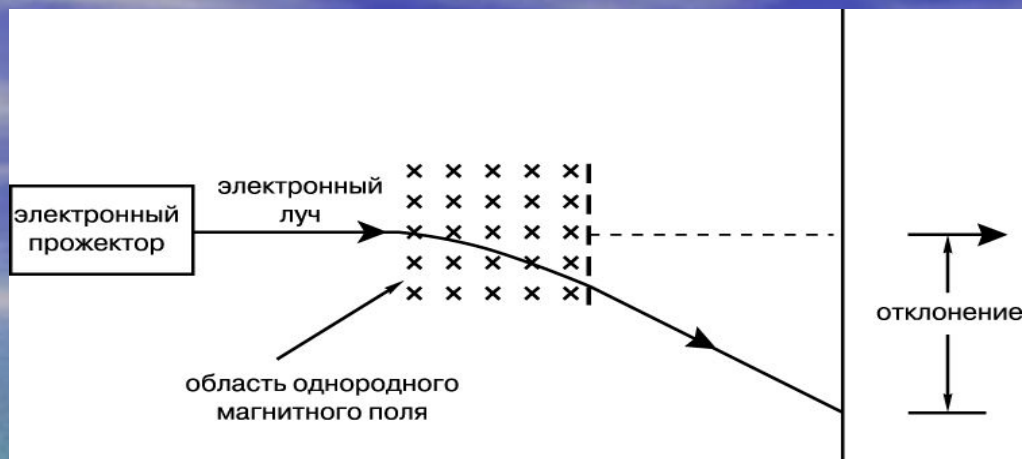


рис.
8

- Чтобы луч создавал на экране достаточно яркое пятно, а отклоняющий потенциал не достигал величины напряжения пробоя между отклоняющими пластинами, электроны должны получать большое ускорение. Более того, ЭЛТ не должна быть слишком длинной, чтобы прибор, в котором ее предполагается использовать, не стал неприемлемо громоздким. Наконец, ограничивается и длина отклоняющих пластин. При использовании магнитных полей для отклонения луча на большие углы ЭЛТ получается короткой (рис. 8).

Люминесцентный экран

- Люминесцентный экран формируется путем нанесения тонкого слоя люминофора на внутреннюю поверхность торцевой стенки конической части ЭЛТ. Кинетическая энергия электронов, бомбардирующих экран, превращается в видимый свет.

Электронный прожектор

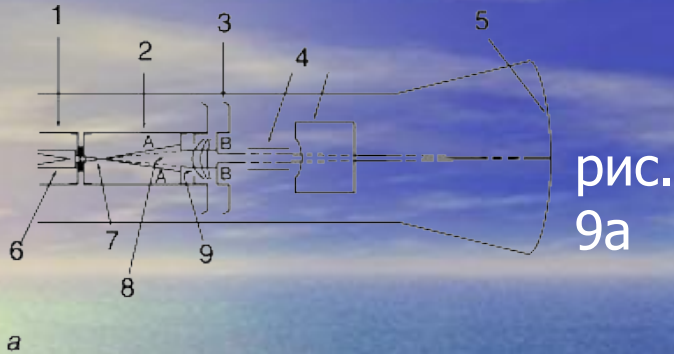


рис.
9а

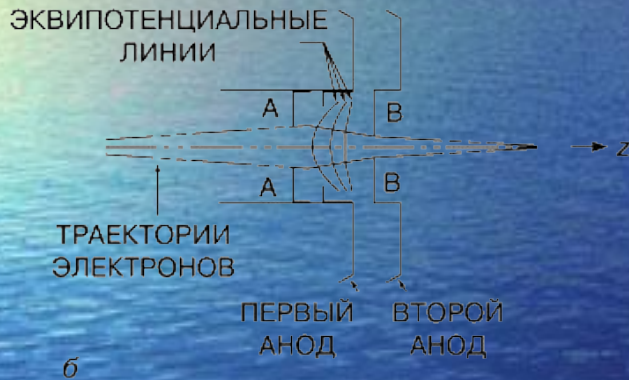


рис.
9б



рис.
9в

- Электронный прожектор размещается в узкой горловине колбы ЭЛТ. Одна из многих возможных конструкций электронного прожектора схематически изображена на рис. 9,а. Катод и ряд близко расположенных друг к другу цилиндрических электродов выровнены вдоль их общей оси.
- На рис. 9,б с увеличением показана область фокусировки луча (т.е. «линза» электронного прожектора), в которой действует неоднородное, но осесимметричное электрическое поле. Векторы электрического поля везде перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям и направлены на рисунке влево, так как второй анод находится под более высоким потенциалом, чем первый. При этом электроны формируются в сходящийся пучок, который благодаря надлежащей подстройке формы электродов и их относительных потенциалов точно фокусируется при достижении поверхности экрана.
- На рис. 9,в поясняется принцип такой фокусировки.

Фотоэлектронные приборы

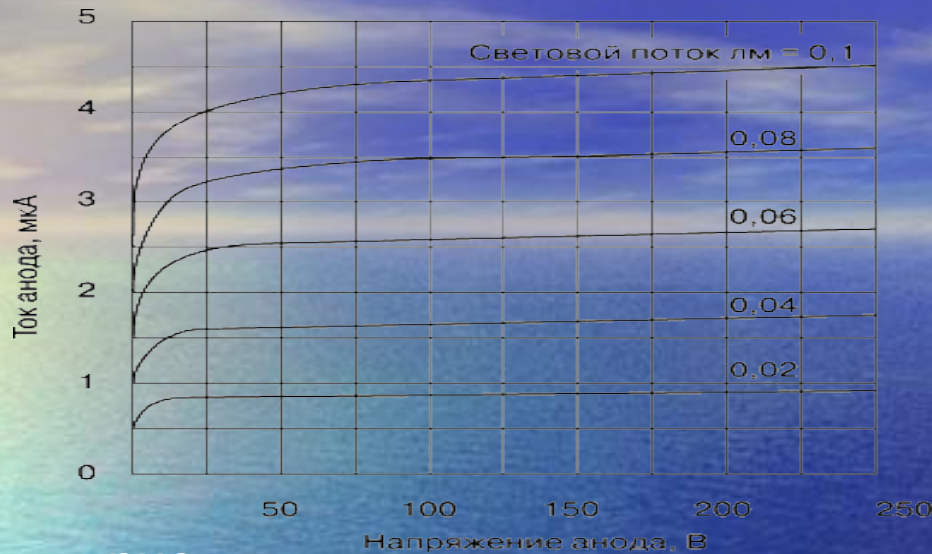


рис.
10а

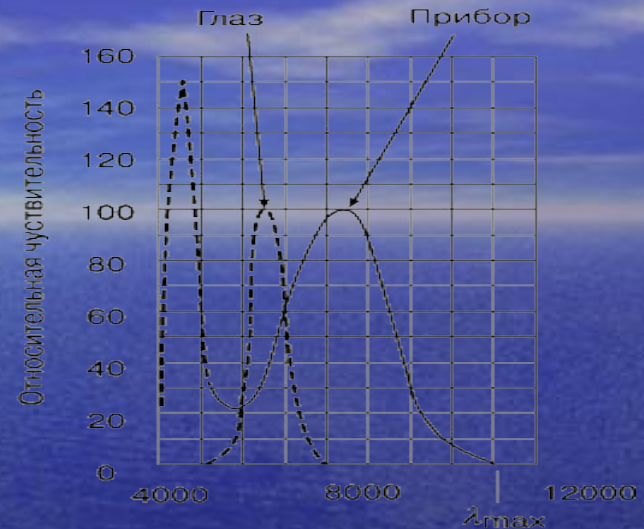


рис.
10б

- Фотоэлектронный электровакуумный прибор (фотоэлемент) – это электронная лампа, имеющая катод, который эмитирует электроны, когда на него попадает видимый свет или инфракрасное либо ультрафиолетовое излучение. Изменения интенсивности излучения вызывают соответствующие изменения электронного потока в лампе, а следовательно, и тока во внешней цепи.
- На рис. 10,а показаны вольтамперные характеристики типичного электровакуумного фотоэлемента, а на рис. 10,б – относительные спектральные характеристики типичного фотоэлектронного прибора и глаза человека при постоянной световой интенсивности и изменяющейся длине волны излучения. Абсолютные значения амплитуд спектральных характеристик зависят от выбора материала чувствительной поверхности фотокатода.



рис.
11

- В некоторых случаях внутрь прибора вводят газ, чтобы повысить его токовую чувствительность. Однако такая чувствительность становится сильно зависящей от потенциала анода, тогда как в вакуумном фотоэлементе выходной сигнал остается неизменным в широком диапазоне значений анодных потенциалов (рис. 11).

Фотоумножитель

- Действие фотоэлектронного умножителя основано на использовании вторичных электронов, которые освобождаются, когда электрон, обладающий высокой скоростью, ударяется о поверхность металла. Электроны, эмиттируемые обычным фотокатодом, притягиваются электрическим полем динода – электрода, потенциал которого несколько выше потенциала катода. Когда электрон ударяется о динод, из него вылетает несколько вторичных электронов. Они ускоряются в направлении второго динода, который находится под более высоким потенциалом, чем первый, и в результате соударения образуется еще большее число вторичных электронов. После нескольких таких ступеней каскадного «размножения» электронов процесс достигает, наконец, анода, собирающего электроны. Если каждый электрон, ударяющийся о динод, выбивает n вторичных электронов, то при числе динодов, равном k , коэффициент усиления тока будет nk . Положение динодов тщательно рассчитывается, с тем чтобы большинство электронов, вылетев с одного динода, попадало на другой и т.д.



рис. 12а

- На рис. 12,а показано, как этот процесс реализуется в сравнительно ограниченном объеме электронной лампы.



рис. 12б

- На рис. 12,б представлена схема подключения типичного фотоэлектронного умножителя.

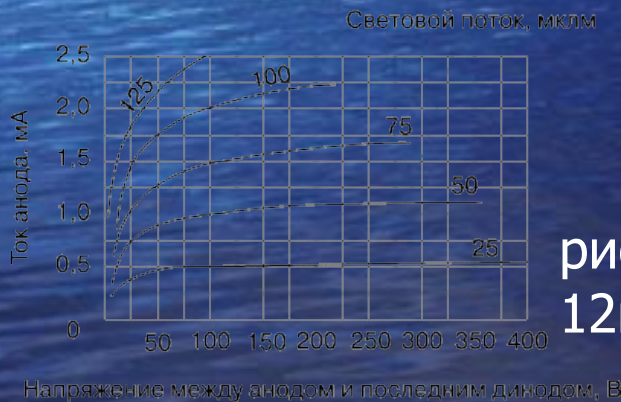


рис. 12в

- На рис. 12,в приведена токовая характеристика фотоумножителя. В данном случае разность потенциалов между соседними динодами равна 100 В, а полученный коэффициент усиления тока составляет 10^6 .

Газоразрядные лампы

- Газоразрядная лампа – это электронная лампа, содержащая достаточно газа, чтобы существенным образом влиять на ее характеристики. Давление этого газа ниже атмосферного. Обычно для наполнения газоразрядных ламп используют инертные газы (неон, аргон и др.) или пары ртути. Характеристики лампы определяются как свойствами используемого газа, так и его давлением внутри лампы.

Соударения и ионизация

- Присутствие молекул газа в электронной лампе может быть причиной двух эффектов. Соударения с молекулами могут вызвать торможение потока электронов в лампе (такие соударения способны приводить к нарастанию пространственного заряда с образованием облака электронов вокруг катода, что вызывает уменьшение тока), а если электроны ускоряются достаточно большой разностью потенциалов, они могут выбивать электроны из молекул газа, оставляя после себя положительно заряженные ионы. Этот процесс называется ионизацией. Если ускоряющий потенциал в лампе еще более высокий, то первичный электрон и электрон, высвобожденный из молекулы в процессе ионизации, могут ускориться до такой большой скорости, что вызовут дальнейшую ионизацию. Такой процесс приводит к разряду – распространению ионизации в пространстве между анодом и катодом лампы. Образование большого числа положительных ионов и освободившихся при ионизации электронов увеличивает ток, текущий через лампу, и сопротивление лампы во время разряда становится очень малым.