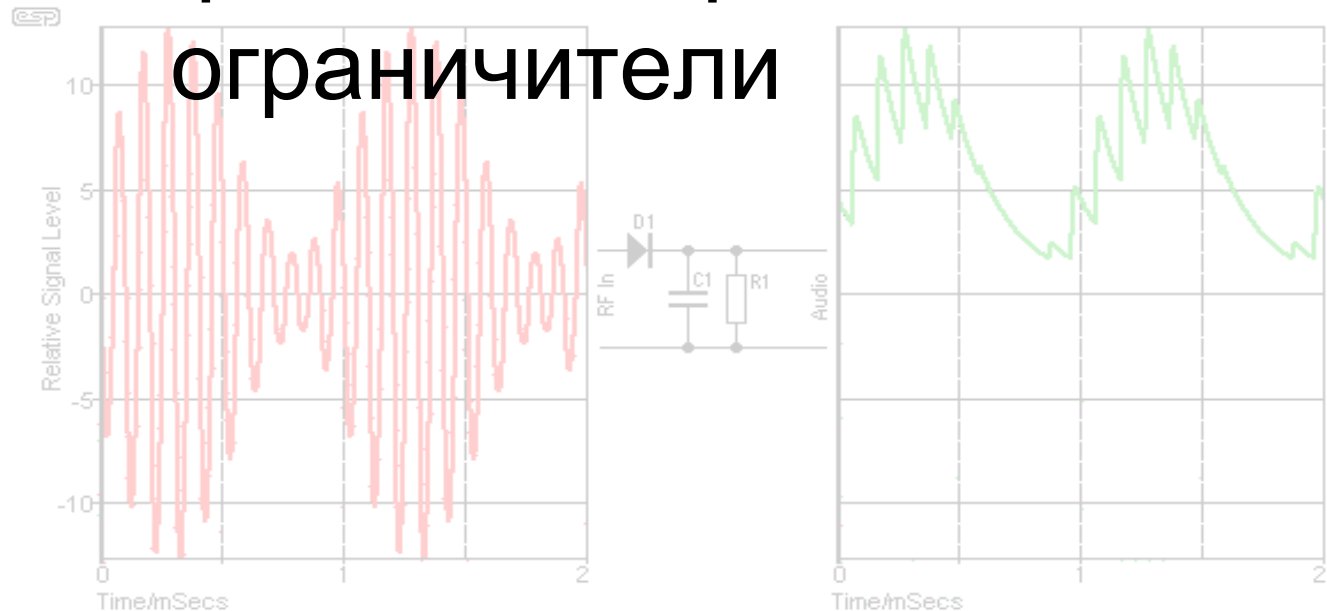
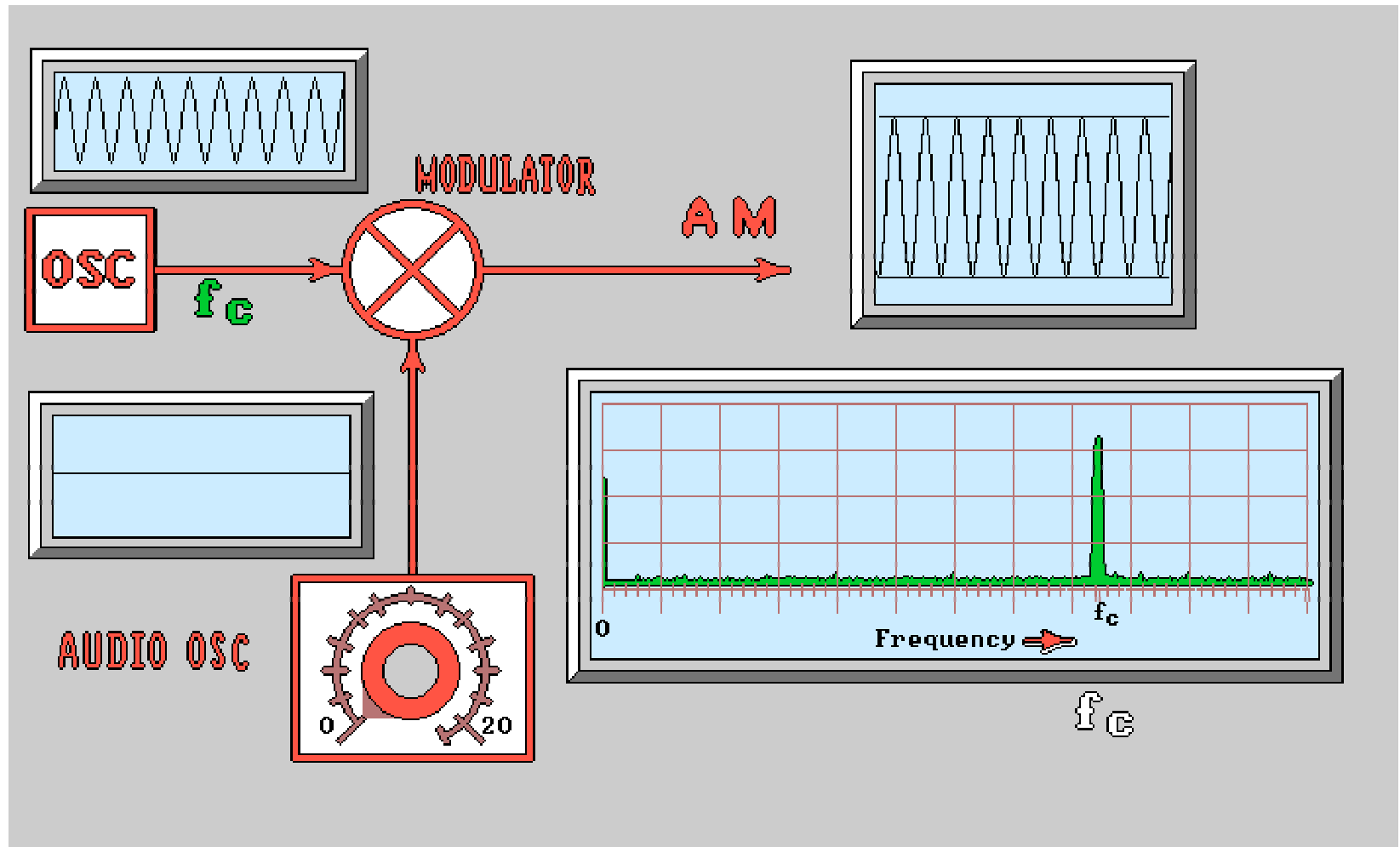


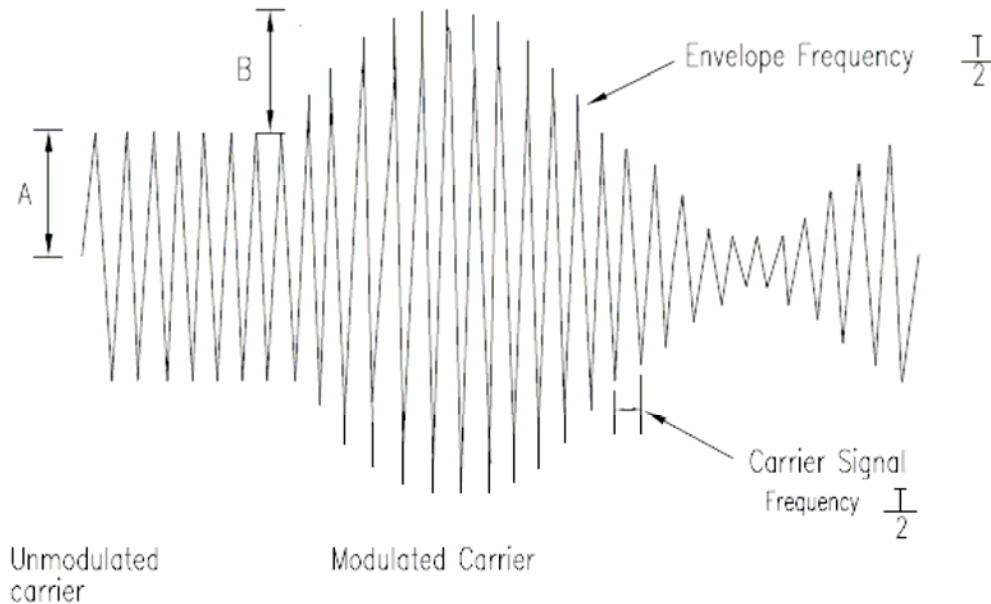
4. Схеми с диоди: смесители и модулатори; детектори; диодни ограничители



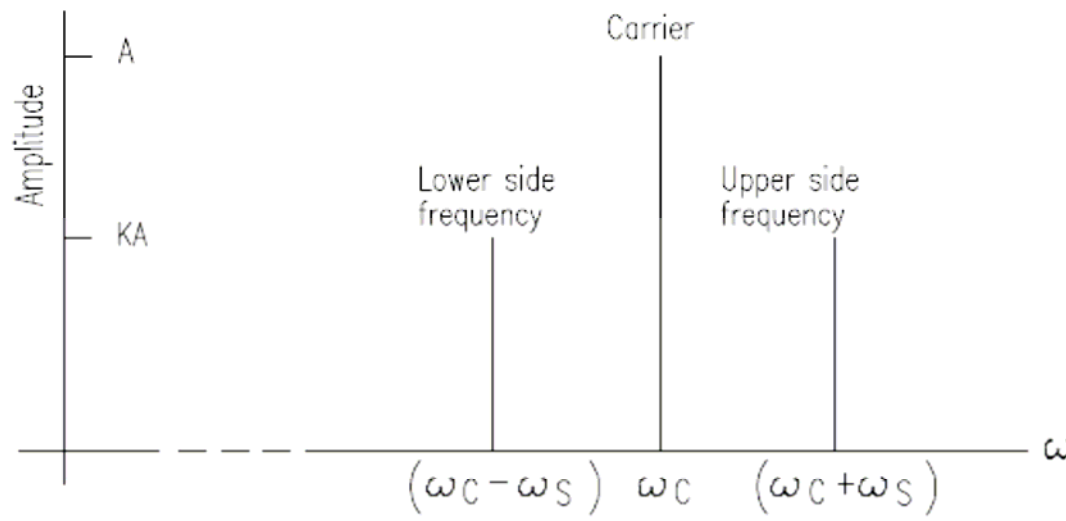
Принцип на модулацията



Принцип на модулацията (продължение)



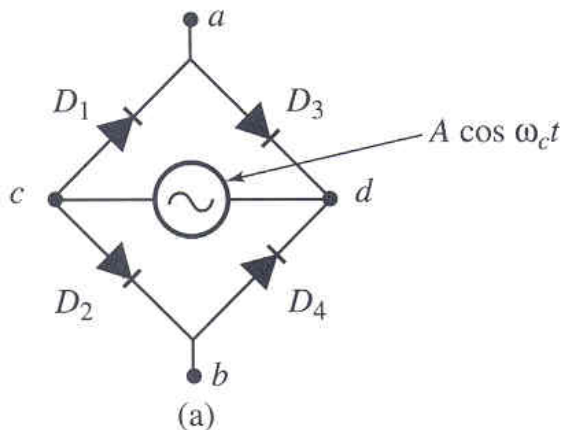
Дълбочината на модулацията се дава с коефициента **$K = B/A$**



Честотен спектър на модулирания сигнал – виждат се носещата честота и двете странични честотни ленти

Диоден комутирац модулатор от мостов тип

Носещата честота периодично отпушва (терминал **c** положителен от терминал **d**) или запушва (терминал **d** положителен от терминал **c**) диодите в моста, като по този начин периодично свързва другите две рамена на моста **a** и **b**. Възможна е паралелна и серийна конфигурация.



След преминаване през лентово-пропускащия филтър сигнала има вида:

$$\left(\frac{2}{\pi}\right)m(t)\cos\omega_c t$$

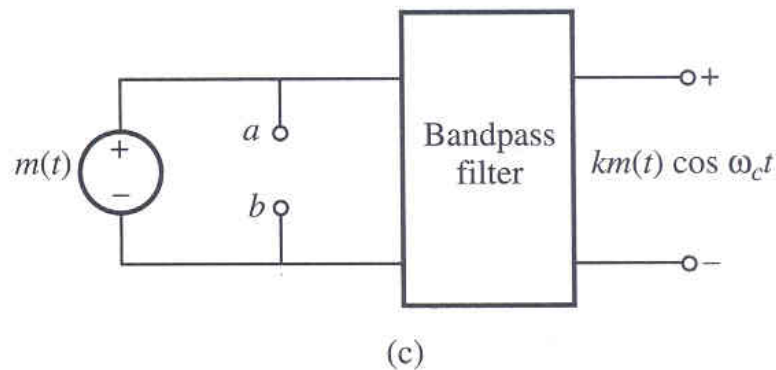
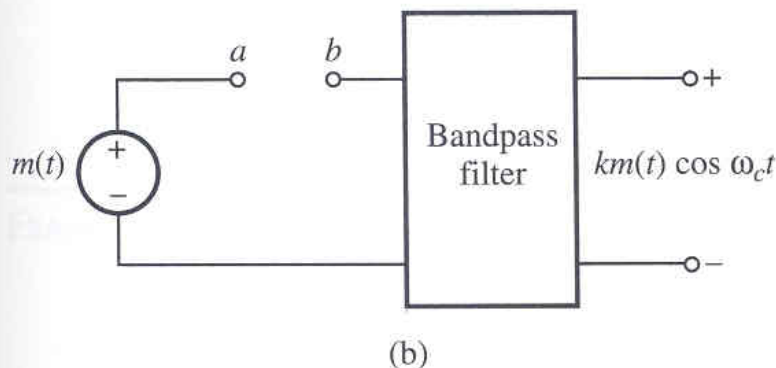
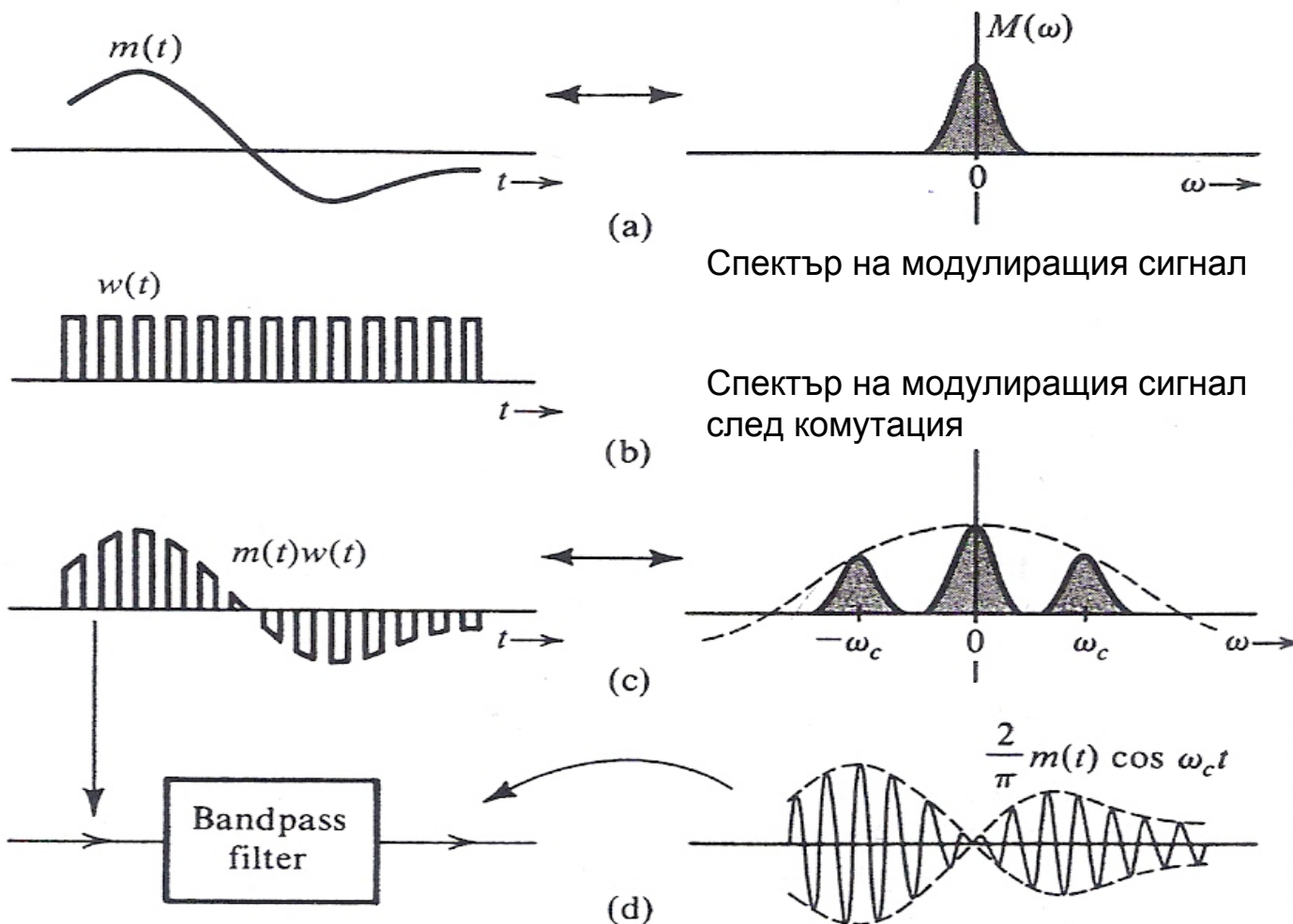


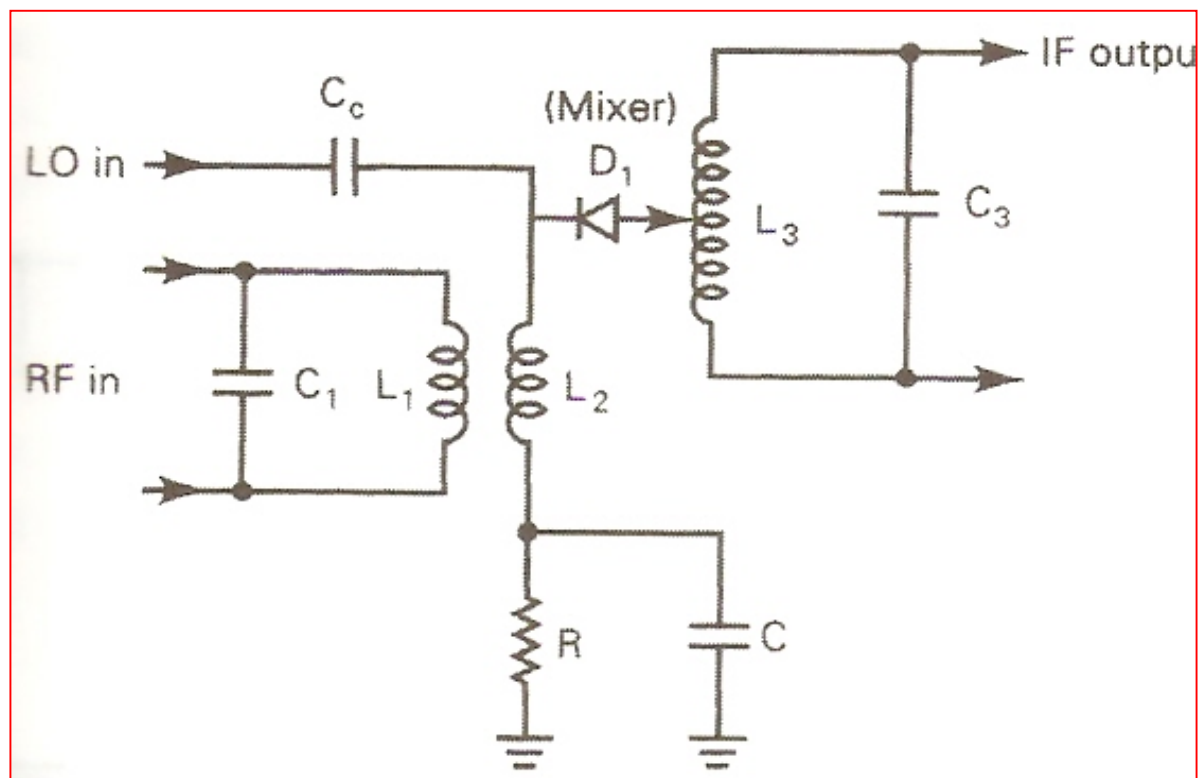
Figure 4.5 (a) Diode-bridge electronic switch. (b) Series-bridge diode modulator. (c) Shunt-bridge diode modulator.

Принцип на модулацията чрез комутация



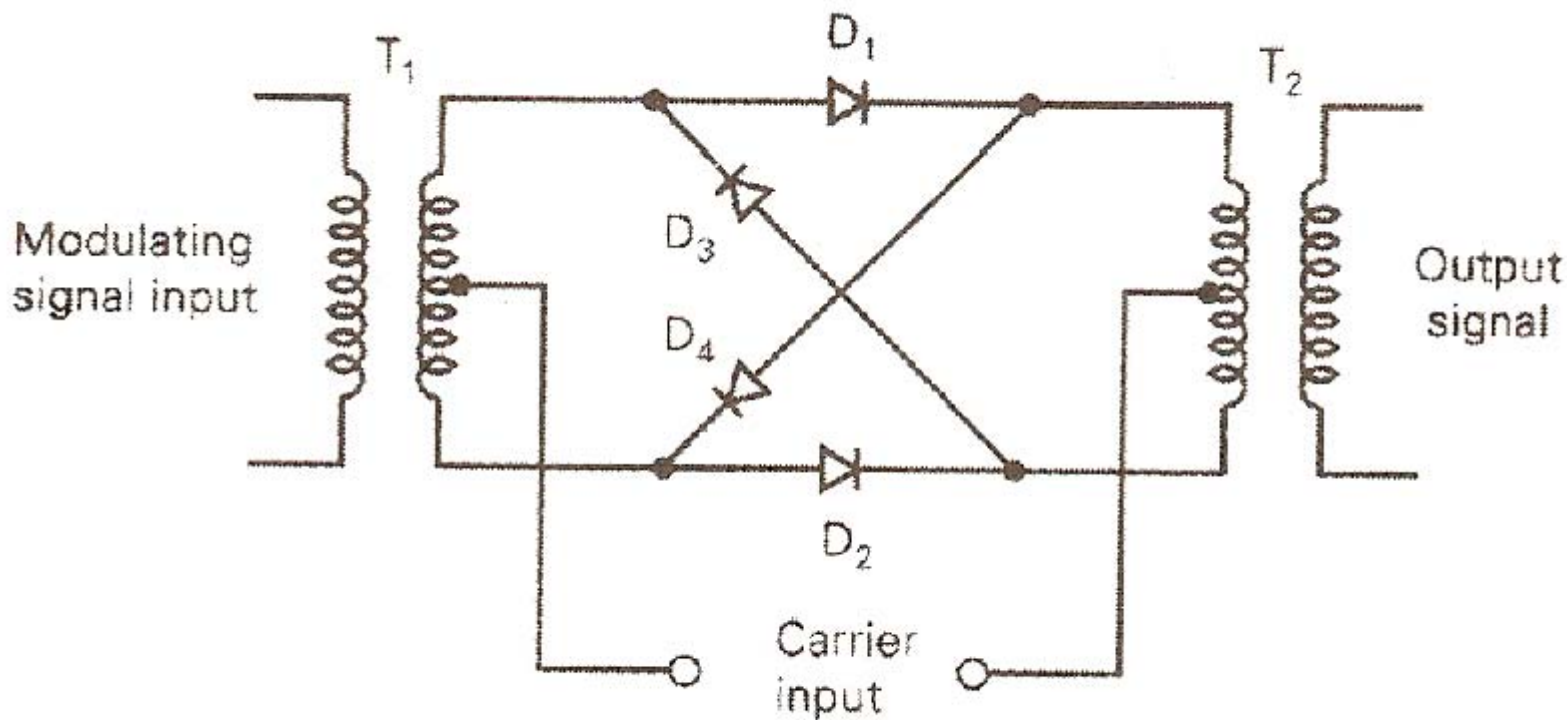
Лентово-пропускащия филтър отстранява всички компоненти на сигнала с изключение на страничните ленти – получения сигнал е DSB-SC (Double Side Band – Supressed Carrier) с подтисната носеща.

Балансен диоден модулатор



Изхода на балансия модулатор са само двете странични честотни ленти на модулирания сигнал. Свойство на балансия модулатор е да подтиска носещата, като не я пропуска на изхода.

Балансен диоден Ring модулатор



Балансния Ring модулатор осигурява на изхода двете странични честотни ленти на модулирания сигнал (Double Side Band – DSB), но подтиска носещата (carrier).

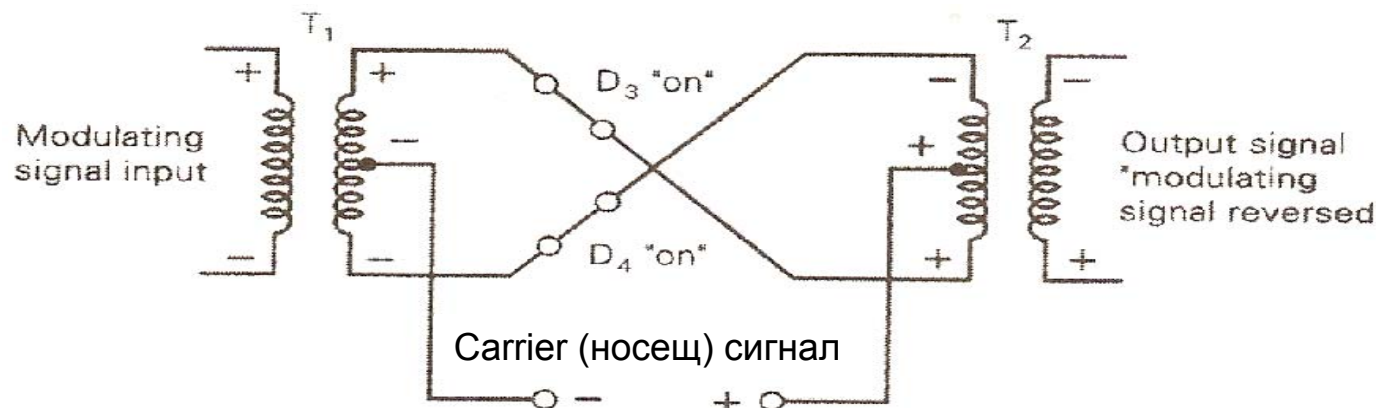
Принцип на действие на балансен диоден Ring модулатор



Носещият сигнал е свързан към средните точки на трансформаторите и не излиза на изхода.

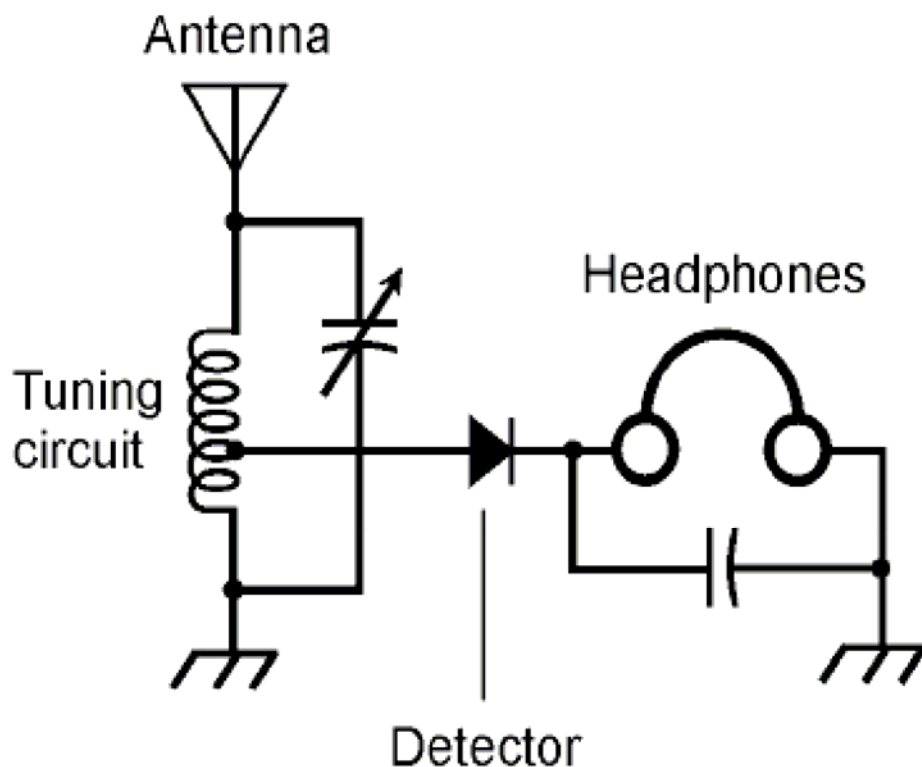


По време на едната полувъртла на носещата честота провеждат диодите D_1 и D_2 , като другите два диода са запушени. Модулиращия сигнал преминава през трансформаторите T_1 и T_2 без изменена полярност.



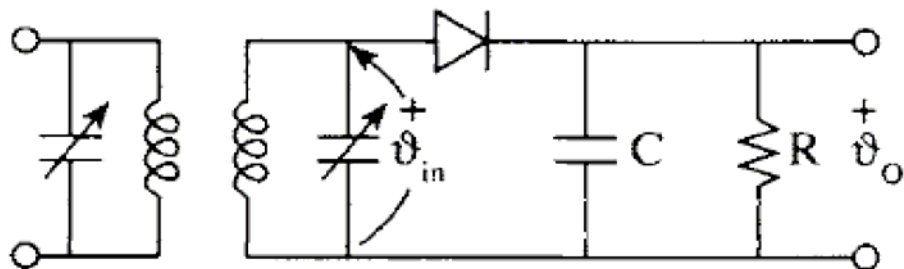
По време на другата полувъртла на носещата честота провеждат диодите D_3 и D_4 , като другите два диода са запушени. Модулиращия сигнал преминава през трансформаторите T_1 и T_2 с обърната полярност.

Опростена схема на детектор



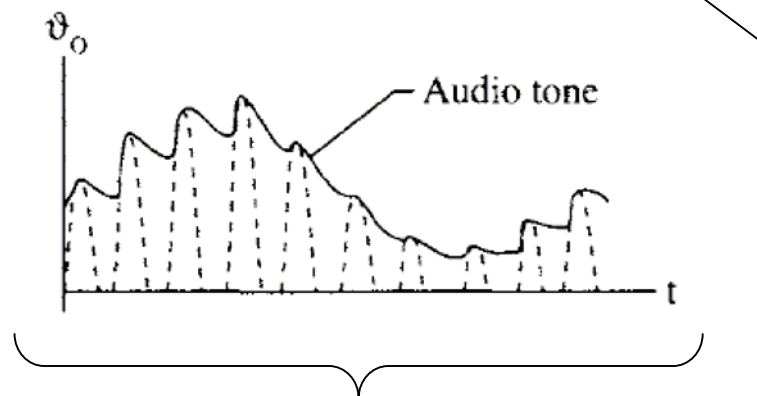
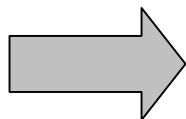
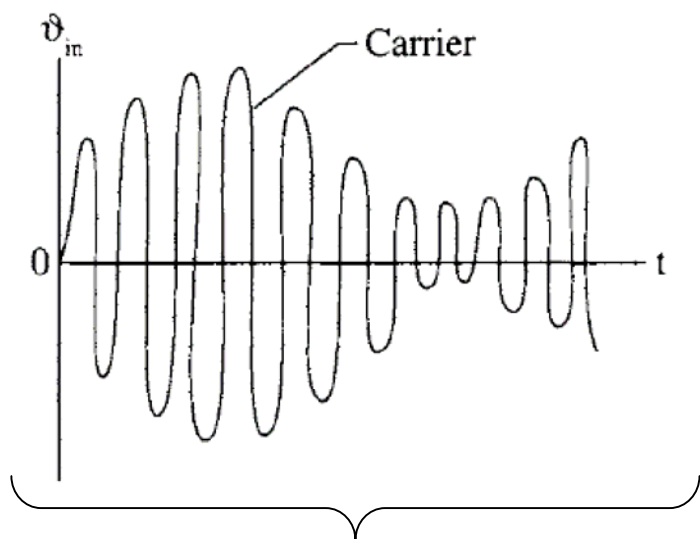
Първите детектори за изключително слаби радиочестотни сигнали (RF) са били от този тип. Известни са още с наименованието си “котешки мустак”, тъй като представлявали конструкция от изключително фина жичка, контактуваща с минерала galena, действаща като изправител. Минералът “galena” понякога бил наричан и “кристал”, което дало названието на описания детектор: **кристален детектор**. Понякога детектора се нарича и **демодулятор**. Съвременните детектори използват полупроводникови диоди, които разбира се са специални – с малък преходен капацитет.

Диоден АМ демодулятор (детектор)



Нелинейност, въвеждана от диода – разлагане в ред

$$e^v = 1 + v + \frac{v^2}{2} + \dots$$



Демодулиран сигнал

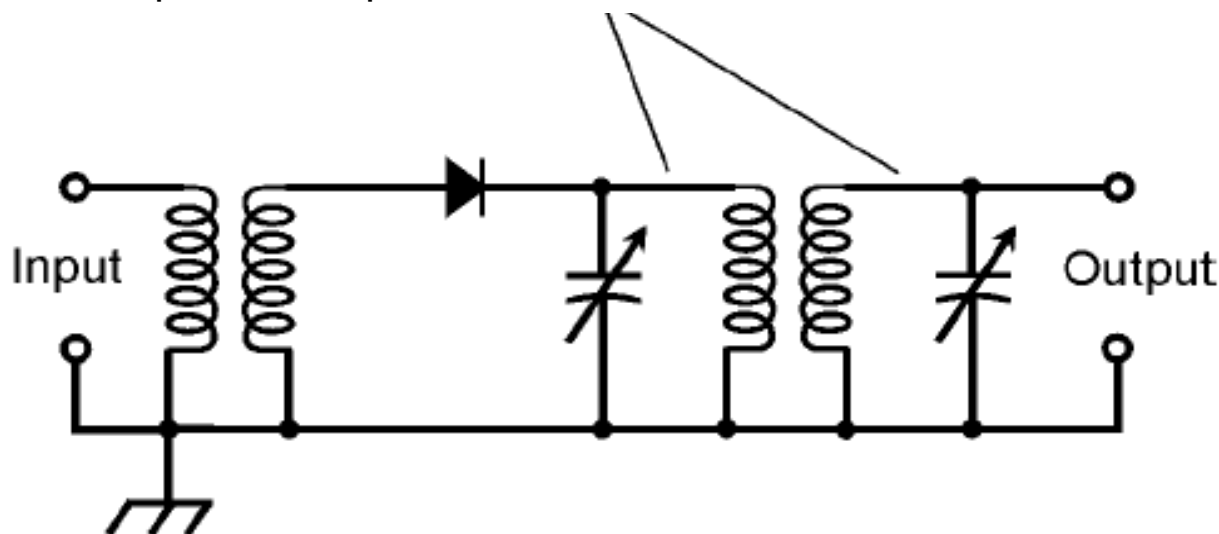
Амплитудно модулиран входен сигнал

$$\begin{aligned} \cos \omega_c t \cos(\omega_c - \omega_a)t &= \frac{1}{2} \{ \cos(\omega_c + (\omega_c - \omega_a))t + \cos(\omega_c - (\omega_c - \omega_a))t \} \\ &= \frac{1}{2} \{ \cos(2\omega_c - \omega_a)t + \cos \omega_a t \} \end{aligned}$$

$$(\cos \omega_c t + \cos(\omega_c - \omega_a)t)^2$$

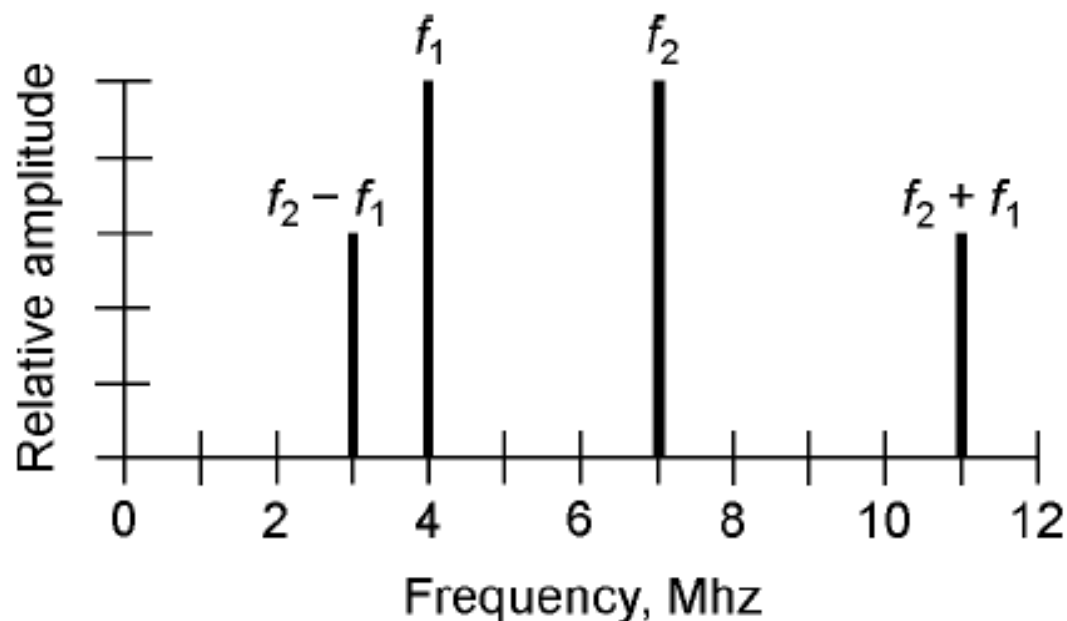
Умножители на честота

Настроен на хармонична честота



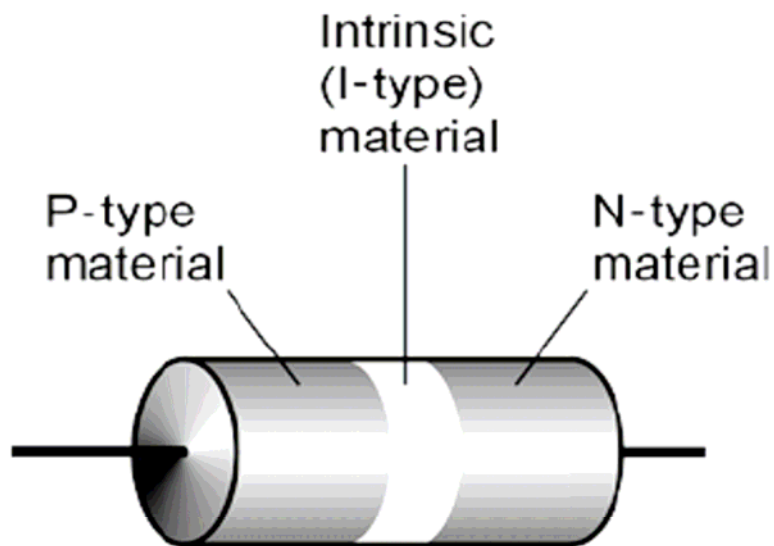
Поради нелинейността на диода изходния сигнал на една диодна верига съществено се различава от входния сигнал. Често наличието на нелинейност (тоест на хармоници) в изходния сигнал е нежелателно. Понякога обаче наличието на хармоници е желателно и това се използва за умножение на честоти. Изходната LC-верига е настроена на n -тата хармонична на фундаменталната честота на входния сигнал $f_0 - nf_0$. За умножители се избират диоди, които биха работили добре и като детектори, тоест такива с малък капацитет на прехода.

Смесване на честоти



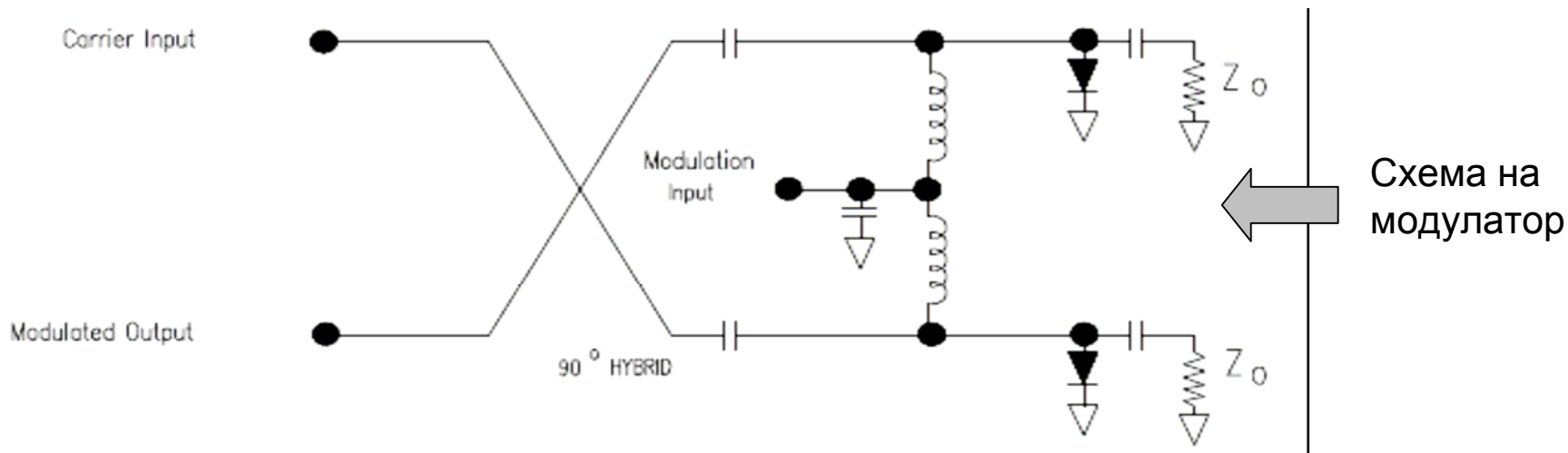
Подаването на два сигнала с честоти f_1 и f_2 на нелинеен елемент води до появата на нови честоти в изходния сигнал $f_2 - f_1$ и $f_2 + f_1$, които често се наричат **честоти на биене**.

Комутация – PIN диод

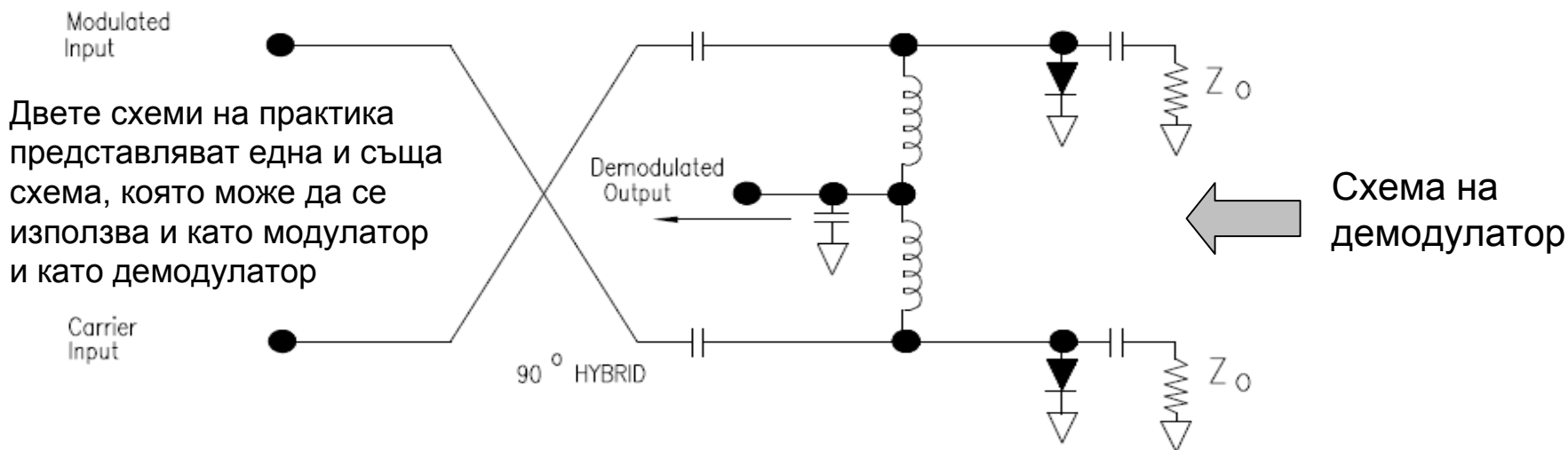


Необходимостта от бърза комутация в радиочестотните вериги налага не просто използването на обикновен диод, а на диод с намален капацитет на прехода. Такъв диод представлява **PIN диода**. Структурата му е сандвич от полупроводници с р- и n-проводимост със слой от полупроводник със собствена (**intrinsic**) проводимост.

Приложения на PIN диод в схеми на модулатори и демодулатори

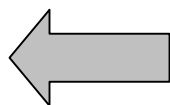
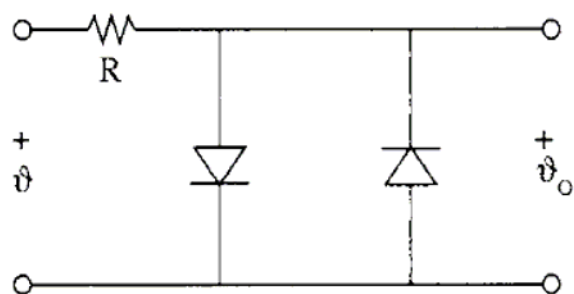


Принципа на модулацията при PIN диодите се основава на “бавно” изменение на съпротивлението на I-областта от информационния модулиращ сигнал, като променливото съпротивление променя характеристиките на схема по отношение на носител RF сигнал.

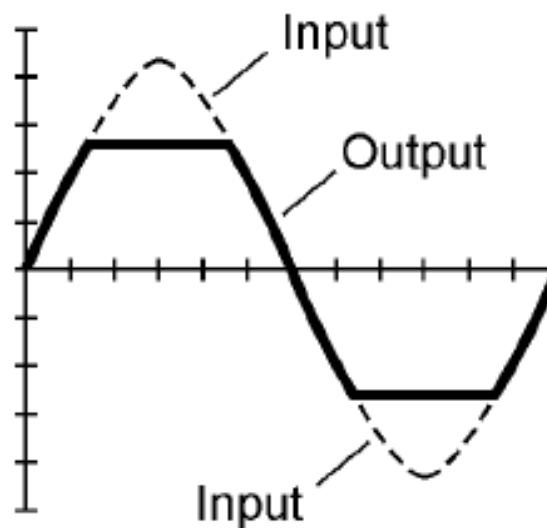
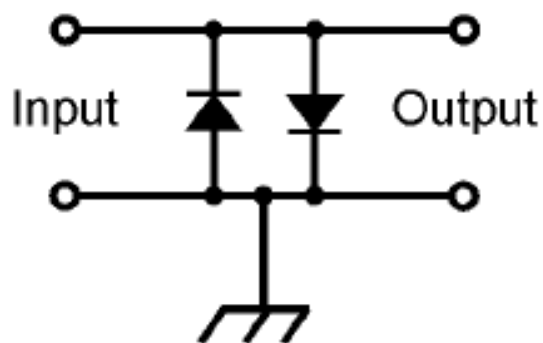


Двете схеми на практика представляват една и съща схема, която може да се използва и като модулатор и като демодулатор

Диодни ограничители

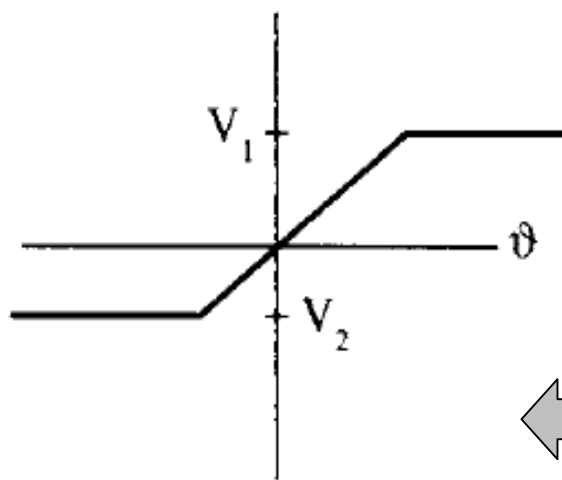
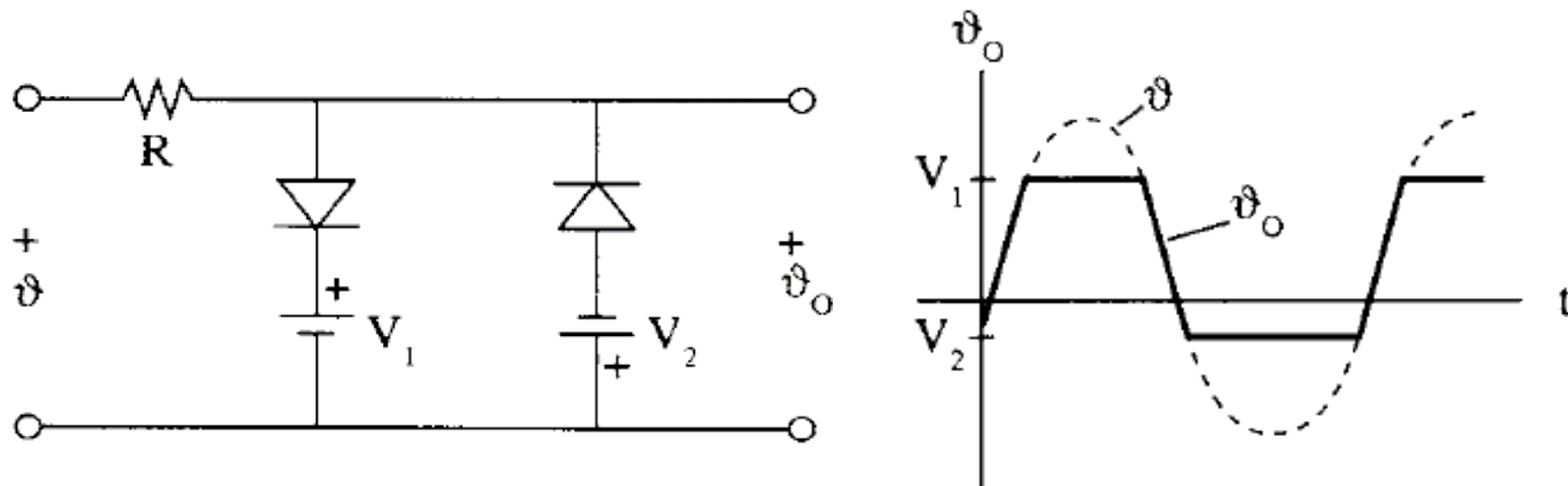


Реална схема на ограничител с лимитиращо тока съпротивление.

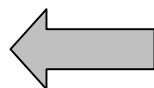


Диода започва да провежда в права посока при 0.6V (за силициевите диоди, за германиевите диоди – 0.3V, за селеновите диоди – 1V). Всеки сигнал, надхвърлящ тази амплитуда в една от двете посоки, ще бъде ограничен. Диодните ограничители се използват в приемници за предотвратяване на претоварване по вход в случая на много силен сигнал. При наличие на амплитудна модулация (AM) диодните ограничители могат да създадат проблеми.

Диодни ограничители – продължение

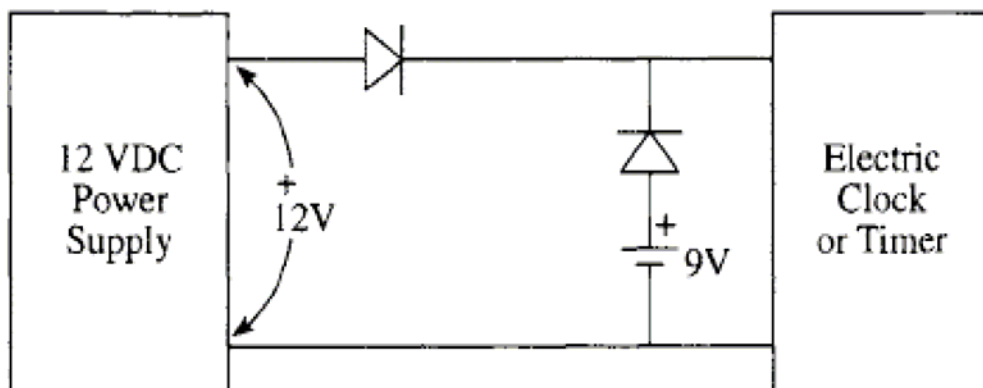


Когато стойността на входното напрежение надвиши V_1 или $-V_2$, съответните диоди започват да провеждат и свързват изхода на системата към еталонните източници V_1 и V_2 , като тяхното напрежение се извежда на изхода. Разликите $V_{in} - V_1$ и $V_{in} - (-V_2)$ падат върху съпротивлението R .



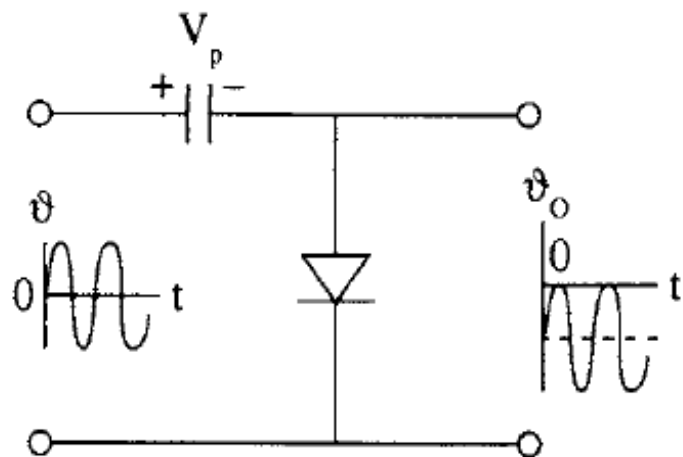
Предавателна функция на диоден ограничител

Приложение на диоди в баскуп-системи с батерийно захранване

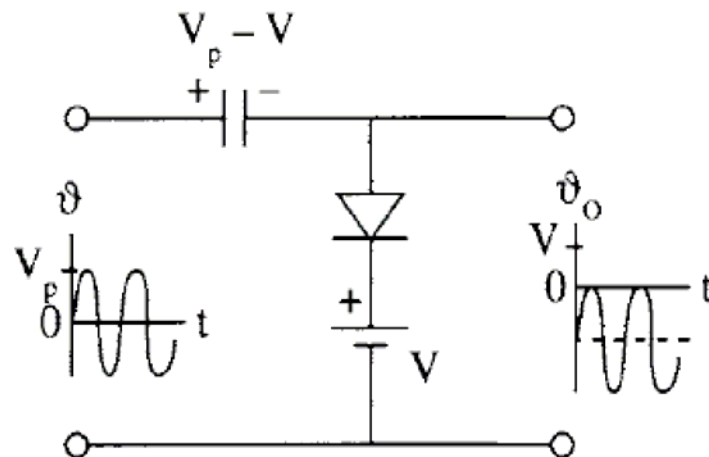


При наличие на входно захранващо напрежение 12V диода на батерията е свързан обратно и не провежда. Пропадането на входното захранване води до свързване на диода в права посока и захранване на системата от батерията.

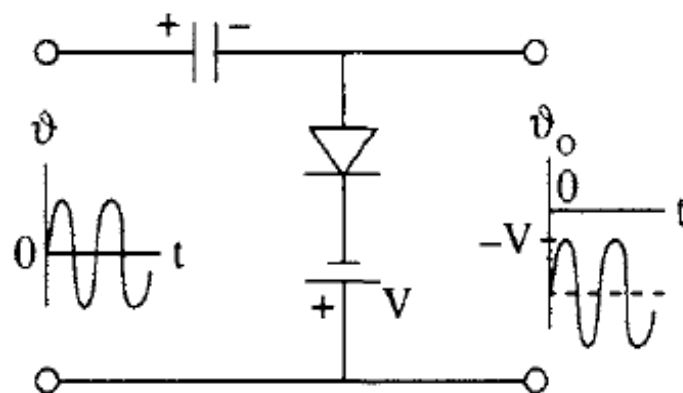
Clamping вериги – отместващи нивото на сигнала вериги



$$v_o = -V_p + V_p \sin \omega t = V_p(\sin \omega t - 1)$$



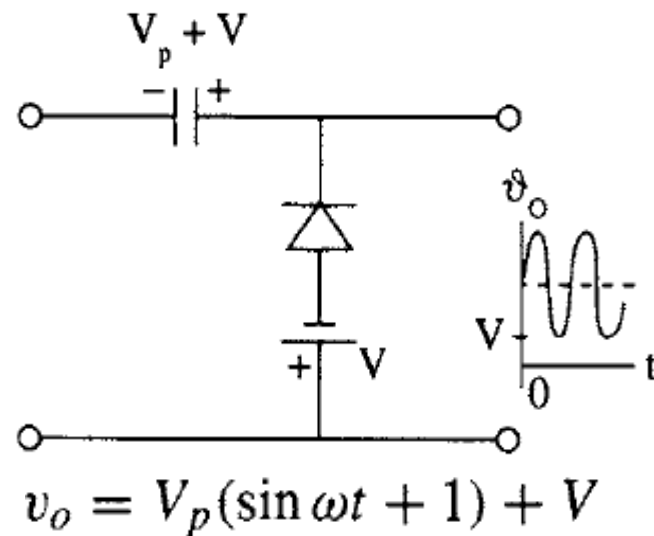
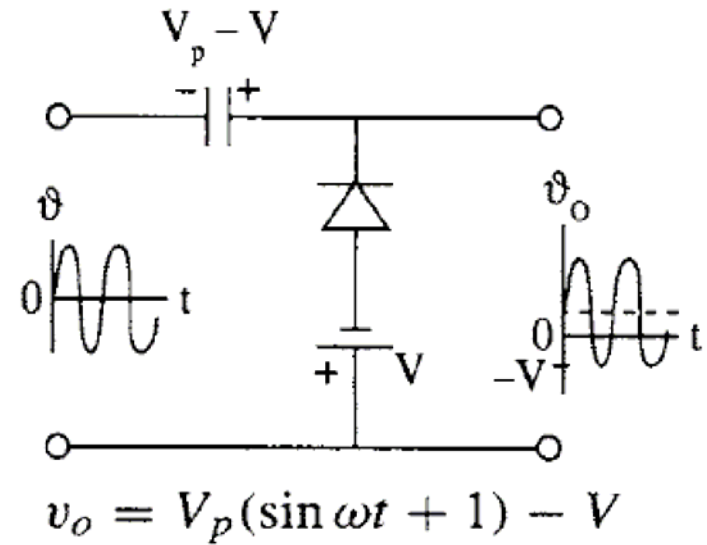
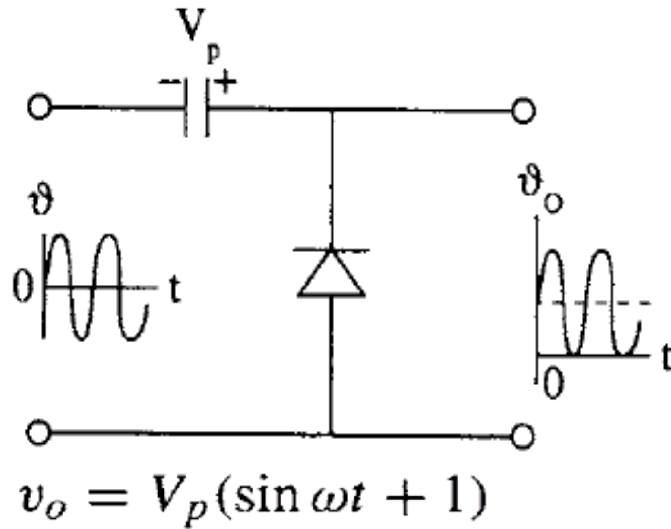
$$v_o = -V_p + V + V_p \sin \omega t = V_p(\sin \omega t - 1) + V$$



$$v_o = -V_p - V + V_p \sin \omega t = V_p(\sin \omega t - 1) - V$$

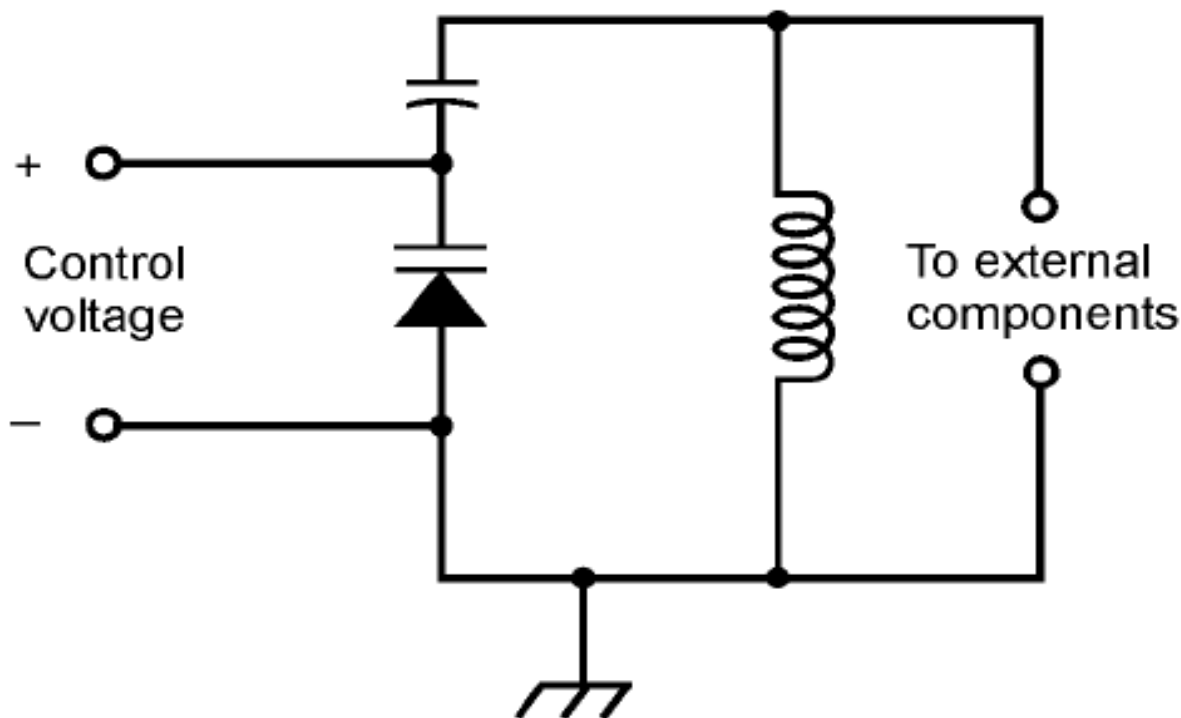
По време на положителната полувървна кондензатора се зарежда до ниво V_p . За остатъка от сигнала диода се оказва запушен, а кондензатора – серийно свързан с източника. По такъв начин максимума на сигнала се отмества на ниво 0. Възможни са варианти на схемата с отмествания на сигнала, определяни от източници на напрежение $+V$ и $-V$ съответно.

Clamping вериги – отместващи нивото на сигнала вериги – продължение



Кламлинг вериги за отместване на сигнала спрямо минималната му стойност

Управление на честотата – варакторни диоди (варикапи)



При обратно свързване на p-n прехода се наблюдава обеднена зона. Обратното напрежение влияе върху ширината на обеднената зона, а оттам и на капацитета на прехода, който обикновено е малък (от порядъка на pF). Капацитета зависи обратно пропорционално на корен квадратен от обратното напрежение. Например при намаляване на обратното напрежение 9 пъти, капацитета на варикапа се увеличава 3 пъти. Варакторите (или варикапите) се използват основно в генератори, управлявани с напрежение (VCO = Voltage Controlled Oscillator).

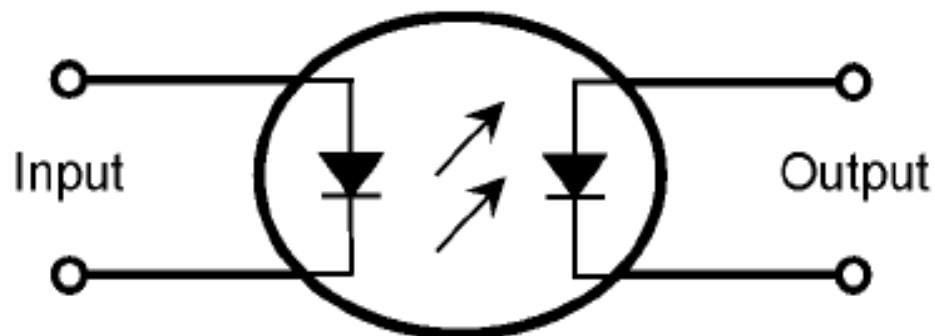
Специални диоди, използвани за генерация и усилване

Gunn диоди: служат за генериране на радиочестотна мощност до 1W. Работата им се основава на Gunn-ефекта, наблюдаван през 1960 от J. Gunn от IBM. Причина за осцилацията е феномена “отрицателно съпротивление”, наблюдаван при тези диоди. Материала, от който са изработени е GaAs. Обикновено Gunn-осцилаторите се настройват посредством варакторни диоди. Когато осцилатор с Gunn диод е свързан директно към микровълнова рупорна антена, устройството се нарича Gunnplexer.

IMPATT диоди: Наименованието произлиза от съкращението “impact avalanche transit time”, феномена причина за осцилацията им. Изработени са от силиций и обикновено се използват като усилватели в микровълнови предаватели с осцилатор Gunn диод.

Тунелни диоди: Известни още като *Esaki* диоди. Генерират достатъчно мощност за използването им като локални осцилатори в радиочестотни приемници. Генерират извънредно малко шум, поради което са много подходящи за усилватели в приемници.

Оптоизолатори (оптрони)



Представява комбинация от светодиод и фотодиод в общ корпус. Терминът “оптоизолатор” идва от факта, че свързването между двете вериги, еднада на светодиода, а другата на фотодиода, се осъществява оптично, а не електрически. Устройството е особено подходящо при трудно съгласуване на импеданси.