

 **Технически университет – София**

Факултет по автоматика

Катедра „Електроизмервателна техника“

Презентация

Модул № 6

**Електронни амперметри, омметри, ватметри.
Електроннолъчев осцилоскоп.**

доц. д-р Андрей Еленков

дисциплина „Електрически измервания“

***ОКС „Бакалавър“ от Учебен план за студентите от
специалностите на ФЕТТ и ФКСУ***

Професионално направление

5.2. Електротехника, електроника и автоматика



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции“

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Съдържание

- Електронни амперметри
 - Електронни омметри
 - Електронни ватметри
 - Електроннолъчев осцилоскоп
 - Заключение
-
- Литература



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Електронни амперметри

Електронните амперметри не се разглеждат като самостоятелни измервателни уреди, а функциите им се изпълняват от т.н. универсални волтметри.

Измерването на неизвестния ток се свежда до измерване на създадения от него пад на напрежение при протичането му през образцов резистор.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

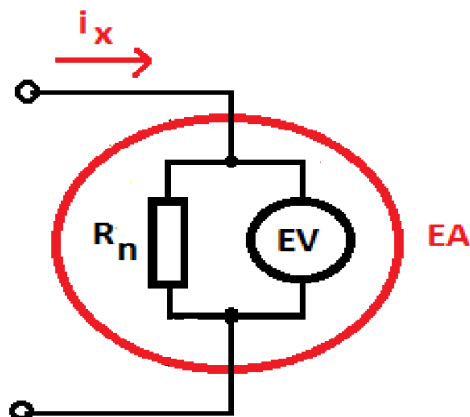
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Електронни амперметри

Измерването на неизвестния ток, поради спецификата му (променлива, характеризираща поток), изисква отваряне на веригата и включване на измервателния уред, наречен амперметър (ЕА), както е показано на фигурата.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

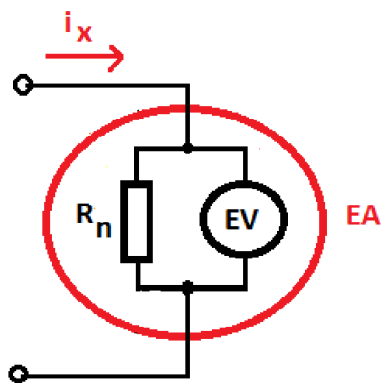
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Електронни амперметри

На фигурата **електронният амперметър (EA)** е съставен от образцово съпротивление R_n и електронен волтметър (EV), който измерва пада на напрежение u_{EV} , създаден от протичащия през R_n ток i_x . EV се градуира за ток, т.е. в ампери или производните на ампера, като се използва закона на Ом $i_x = u_{EV} / R_n$. Приема се, че EV е с безкрайно голямо съпротивление и протичащия през него ток може да бъде пренебрегнат.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

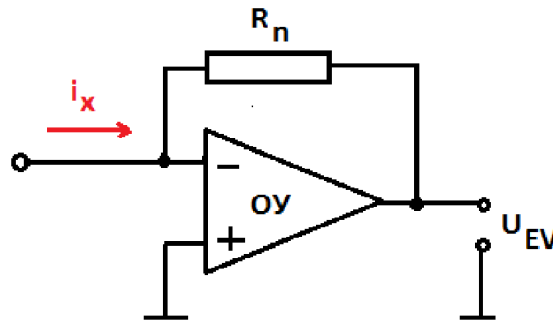


Електронни амперметри

Може да се увеличи чувствителността на електронния амперметър чрез увеличение на съпротивлението на R_n , но това води до проблем, т.к. нараства съпротивлението на уред, който се включва последователно във веригата.

Този проблем се решава с поставянето на операционен усилвател (ОУ), свързан в схема на преобразувател ток-напрежение.

Ако се приеме, че ОУ е идеален, то $i_x = u_{EV} / R_n$.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Електронните омметри не се разглеждат като автономни измервателни уреди, а функциите им се изпълняват от т.н. универсални волтметри.

Измерването на съпротивление се свежда до измерване на пад на напрежение, който е функция на съпротивлението.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

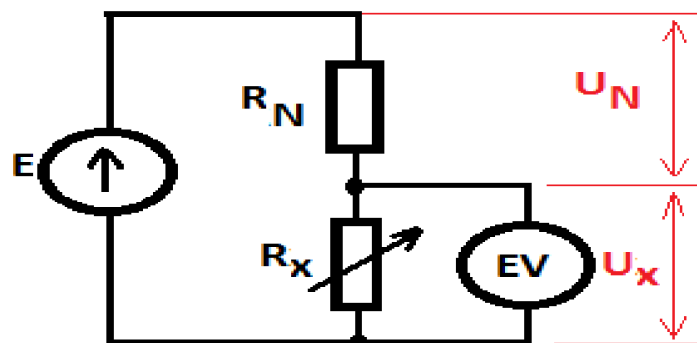


Електронни омметри

Основната схема за измерване на съпротивление съдържа стабилизирани източник на напрежение E и електронен волтметър EV , показани по-долу на фигурата.

Напрежителният пад върху неизвестното съпротивление се определя от изказа:

$$U_x = E \frac{R_x}{R_x + R_N}$$



Скалата на уреда е **права** и неравномерна.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

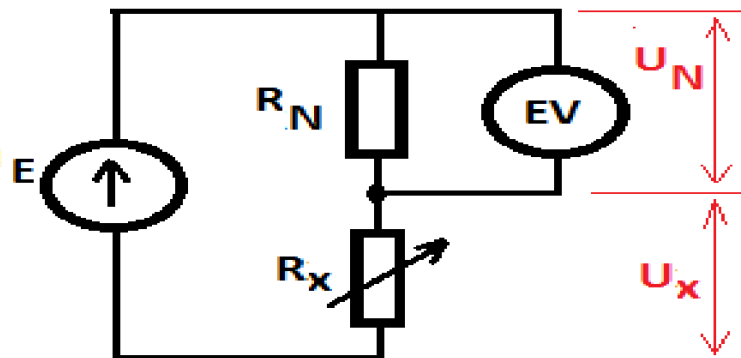
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Електронни омметри

Същата основна схема за измерване на съпротивление е показана на фигурата, но *EV* измерва пада на напрежение U_N . Напрежителният пад върху неизвестното съпротивление се определя от израза:

$$U_N = E \frac{R_N}{R_N + R_x}$$



Скалата на уреда е **обратна** и неравномерна.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

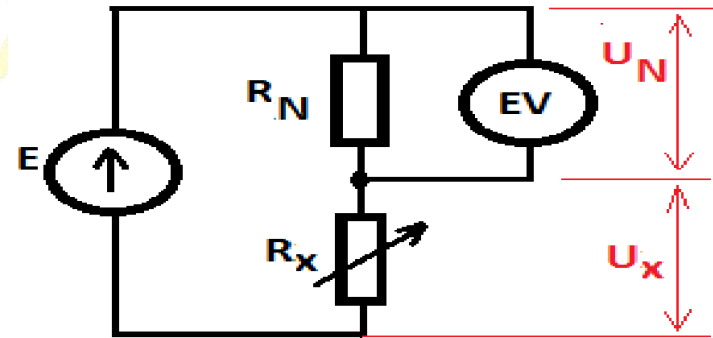
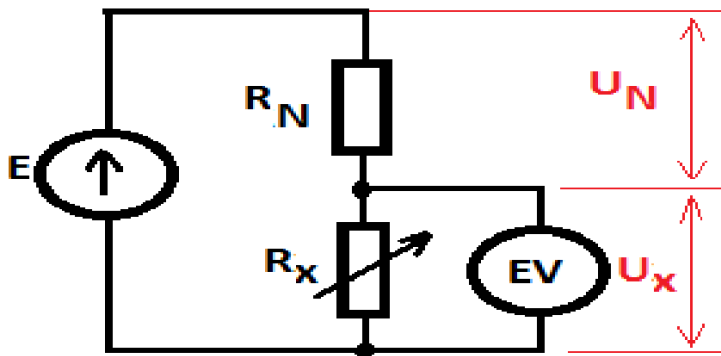
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Електронни омметри

Схемата в ляво се използва за измерване на съпротивления в обхвата от 1 до $10^9\Omega$.

Схемата в дясно се използва за измерване на много големи съпротивления $R_x > R_N$.



Електронните волтметри EV са с много високо входно съпротивление!



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

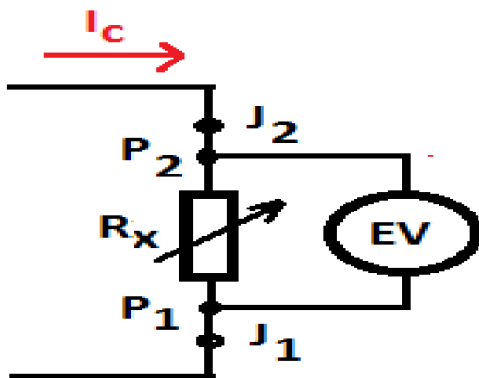
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Електронни омметри

За измерване на малки съпротивления в обхвата от 10^{-5} до $10^2\Omega$ се използва схемата от фигурата по-долу, при която през измерваното съпротивление R_x се пропуска ток I_c със стойност (най-често $I_c = 100\text{mA}$), зададена от генератор на ток



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

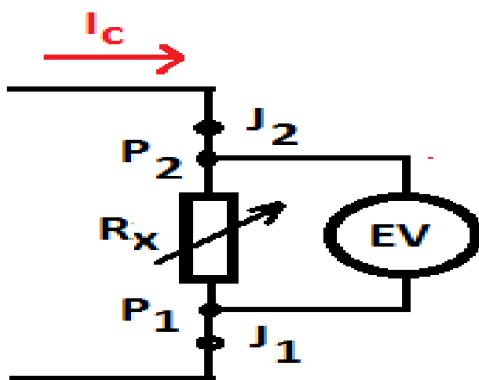
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Електронни омметри

**Свързването на R_x е четирисклемно – J_1, P_1 и J_2, P_2 .
Напрежителният пад върху измерваното съпротивление е малък, което налага използването на електронни волтметри с МДМ-преобразуване.**



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



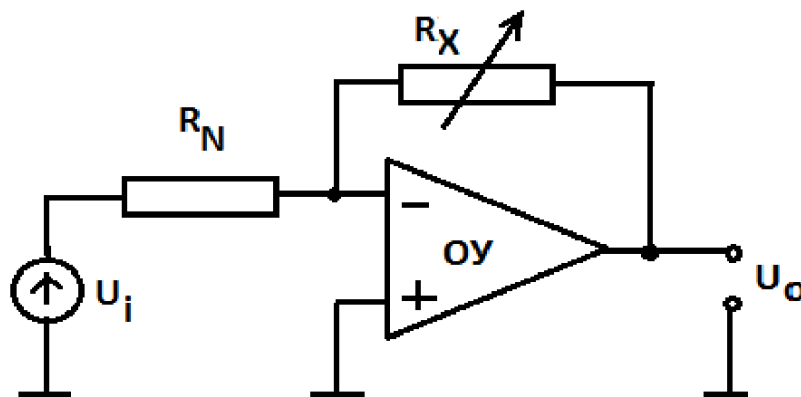
Европейски социален фонд

Електронни омметри

В универсалните волтметри днес като преобразуватели съпротивление – напрежение се използват обхванати с отрицателна обратна връзка операционни усилватели (ОУ).

На фигурата е показан такъв преобразувател, който е за измерване на съпротивления в обхвата от 10 до $10^9 \Omega$.

$$U_o = U_i \frac{R_x}{R_N}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

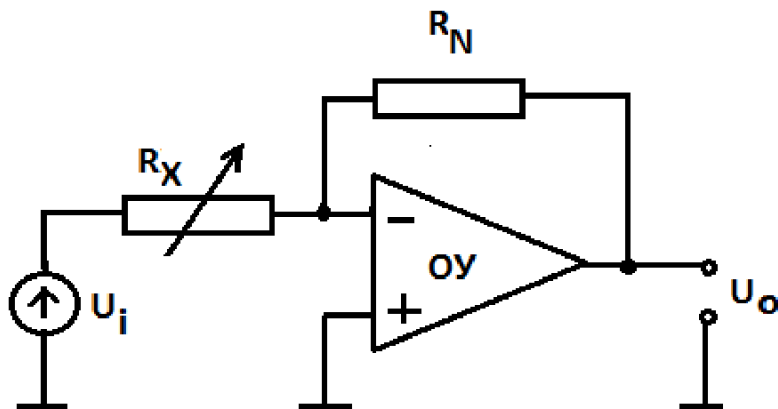
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Електронни омметри

За измерване на съпротивления в обхвата над $10^9 \Omega$ раз местваме двете съпротивления, както е показано на фигурата.

$$U_o = U_i \frac{R_N}{R_x}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

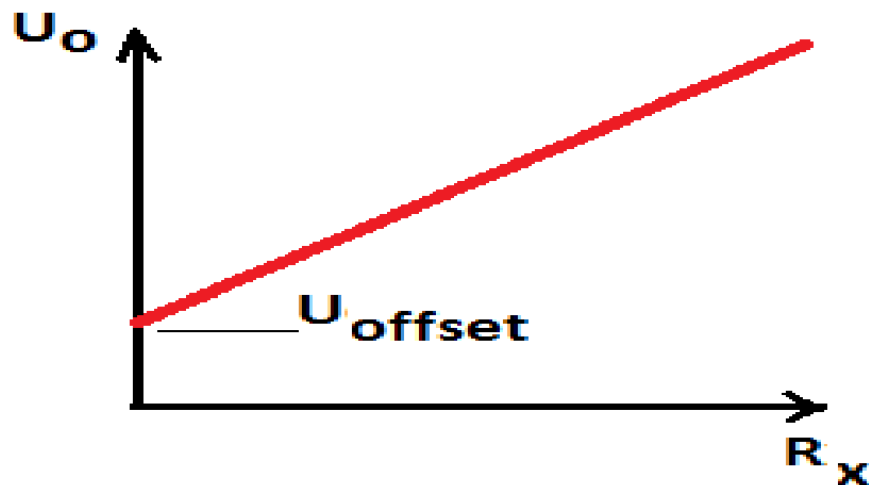


Европейски социален фонд

Електронни омметри

Основен недостатък при типичните преобразуватели на съпротивление в напрежение е, че съществува компонента на изместване U_{offset} , показана на фигурата.

Решение на този проблем е дадено в демонстрационния пример към лекцията



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Електронни ватметри

За измерване на мощност като електронни ватметри се използват предимно цифрови ватметри, които са предмет на разглеждане на други лекции – цифрови измервателни уреди и измерване на мощност.

В зависимост от вида на сигнала, както и при високи честоти мощността се измерва чрез осцилоскопи или други косвени методи.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Електроннолъчев осцилоскоп

Електроннолъчевият осцилоскоп е представител на т.н. класически уреди за измерване на електрични величини. Първият осцилоскоп е въведен в експлоатация в края на 19-и век от Ferdinand Braun, лауреат на Нобелова награда заради безжичната телеграфия и в момента този уред продължава да бъде един от основните уреди, използвани в инженерните и в научните изследвания.

Все още в употреба са CRT (Cathode Ray Tube)-осцилоскопи, предмет на разглеждане тук, но в близко бъдеще се очаква напълно да бъдат заменени от цифровите.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

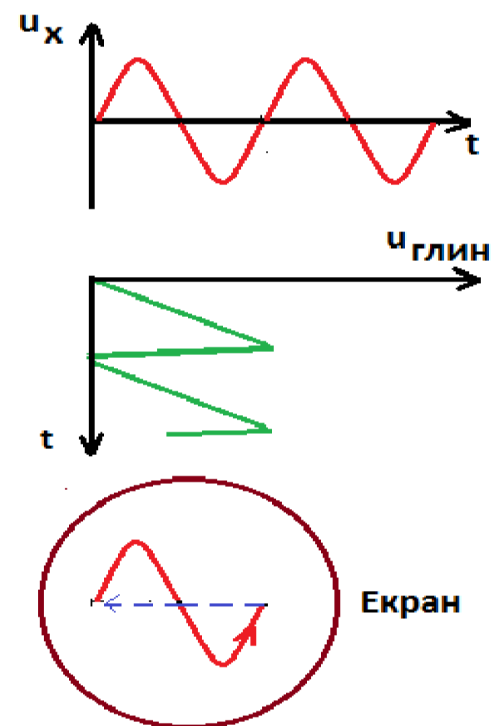
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Принципът на действие на електроннолъчевия осцилоскоп е показан на фигурата.

По вертикала на екрана сигнала е пропорционален на входното напрежение u_x , а по хоризонтала разгъването се получава чрез напрежението от генератор на линейно изменящо се напрежение (ГЛИН) – $u_{\text{ГЛИН}}$.



Европейски съюз

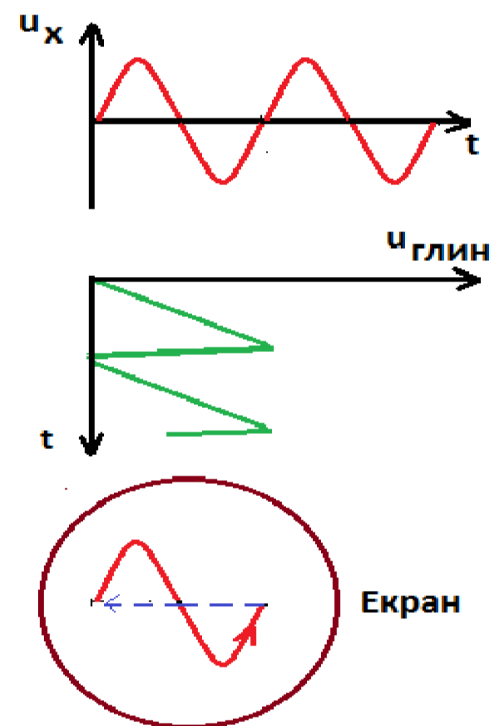
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Основната функция на електроннолъчевия осцилоскоп е да застопори фигурата, описваща сигнала, върху екрана. Това се получава, когато честотата на $u_{\text{глин}}$ е равна или кратна на честотата на u_x . В този случай сигналът е синхронизиран.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

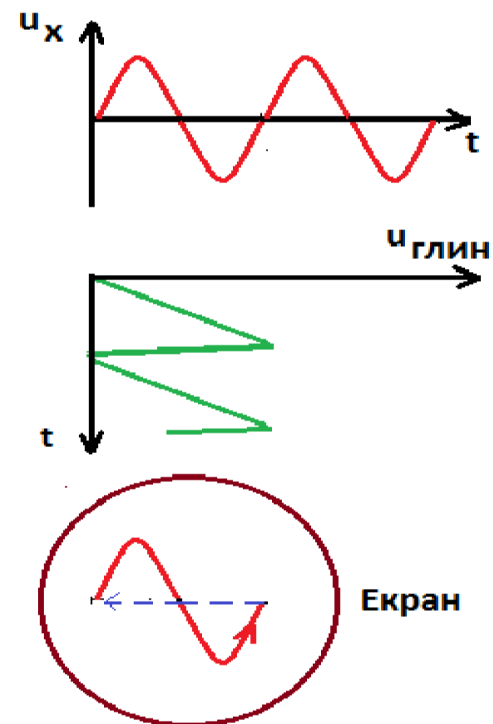
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Електроннолъчев осцилоскоп

Създава се илюзията, че сигналът е спрян, като лъча описва непрекъснатата линия върху екрана.

С червено е показан правия ход на лъча, когато е засветен, а със синя накъсана линия-обратния ход, когато е загасен и не се вижда на екрана.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

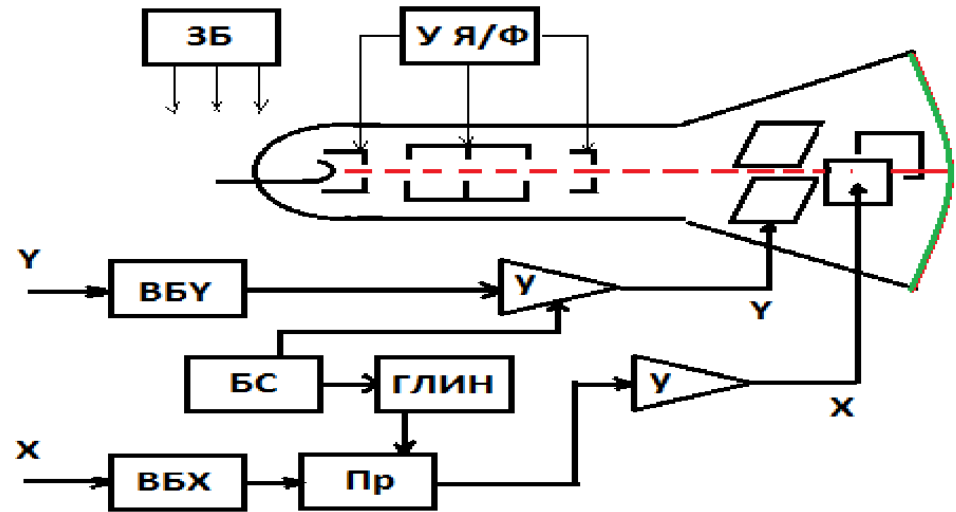


Европейски социален фонд

Електроннолъчев осцилоскоп

На фигурата е показана блоковата диаграма на класически електроннолъчев осцилоскоп.

ВБУ – входен блок Y
 ВБХ – входен блок X
 БС – блок синхронизация
 ГЛИН – генератор на линейно напрежение
 Пр – превключвател
 У – усилвател
 ЗБ – захранващ блок
 У Я/Ф – управление на яркостта и фокуса



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

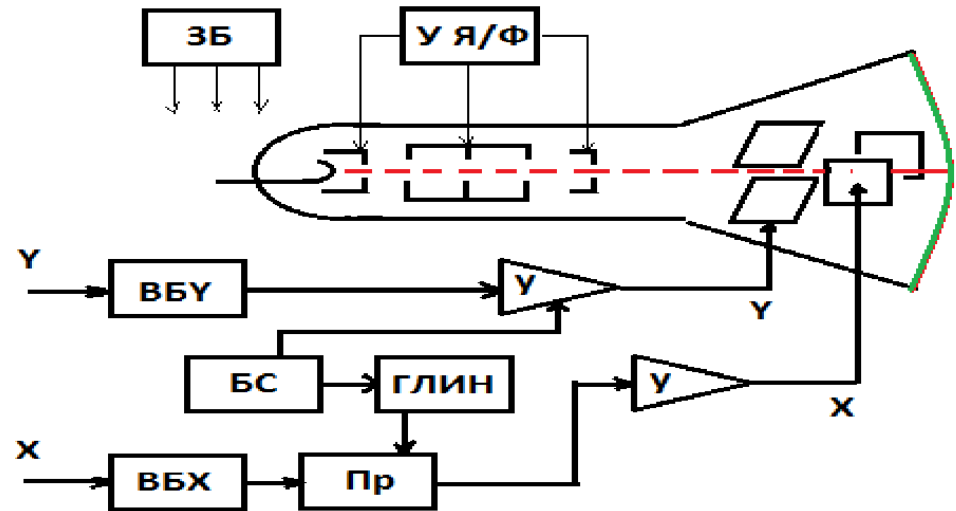


Европейски социален фонд

Електроннолъчев осцилоскоп

На фигурата е показана блоковата диаграма на класически електроннолъчев осцилоскоп.

Електронният поток, създаден чрез нагряване от катода, **е показан с прекъснатата червена линия.** Управлява се в електроннолъчевата тръба от система електроди чрез блока за управление на яркостта и фокуса (У Я/Ф).



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

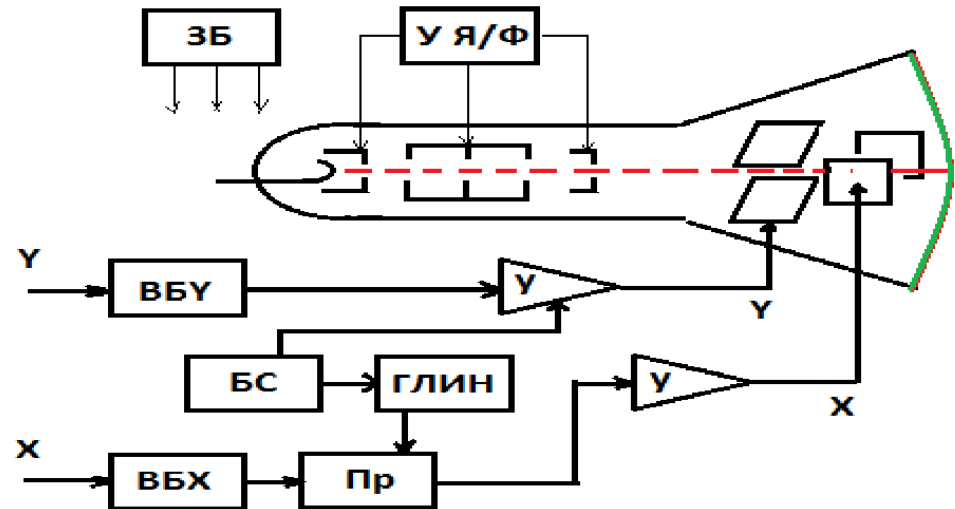


Европейски социален фонд

Електроннолъчев осцилоскоп

На фигурата е показана блоковата диаграма на класически електроннолъчев осцилоскоп.

Електронният лъч преминава между пластините за вертикално и хоризонтално отклонение, за да опише сигнала върху екрана.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

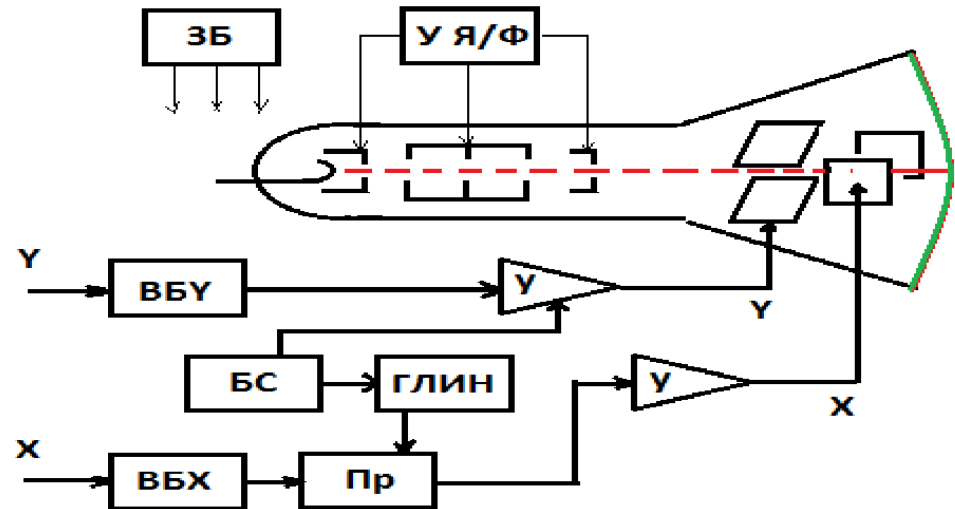


Европейски социален фонд

Електроннолъчев осцилоскоп

На фигурата е показана блоковата диаграма на класически електроннолъчев осцилоскоп.

Във веригите Y и X са включени усилватели (Y), които усилват сигналите до необходимото за управление на пластините ниво.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

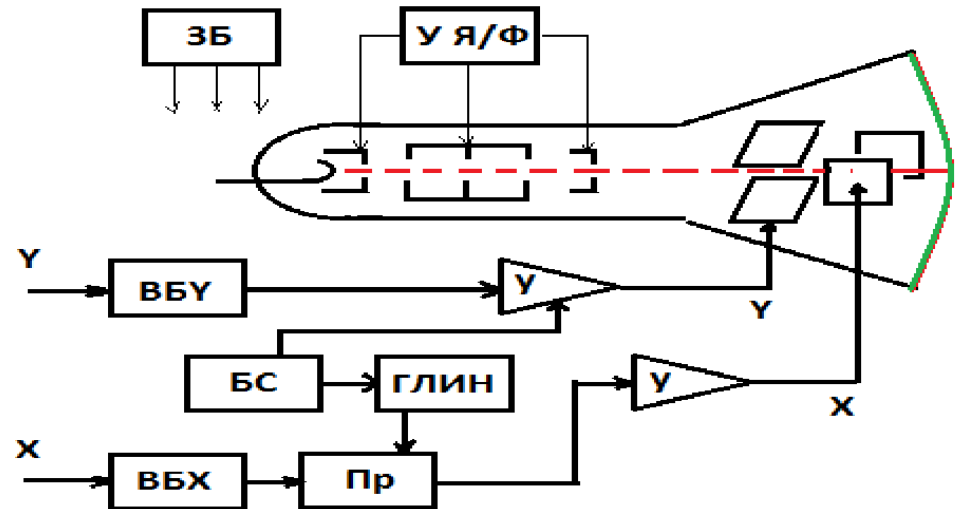
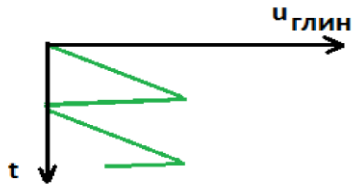


Европейски социален фонд

Електроннолъчев осцилоскоп

На фигурата е показана блоковата диаграма на класически електроннолъчев осцилоскоп.

Генераторът на линейно изменящо се напрежение (ГЛИН) генерира сигнал с трионообразно напрежение, който се подава чрез превключвателя (Пр) на канала X за отклоняване по хоризонтала.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

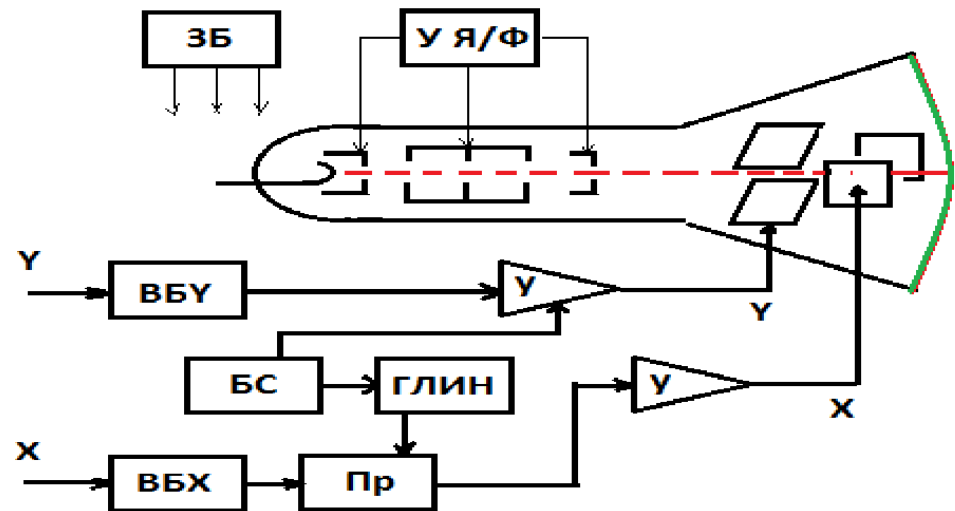
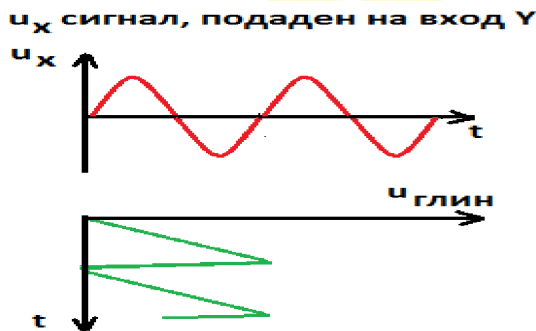


Европейски социален фонд

Електроннолъчев осцилоскоп

На фигурата е показана блоковата диаграма на класически електроннолъчев осцилоскоп.

Блокът за синхронизация (БС) синхронизира сигнала от ГЛИН с този, постъпващ на входа Y , преобразуван от атенюатора ВБУ.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

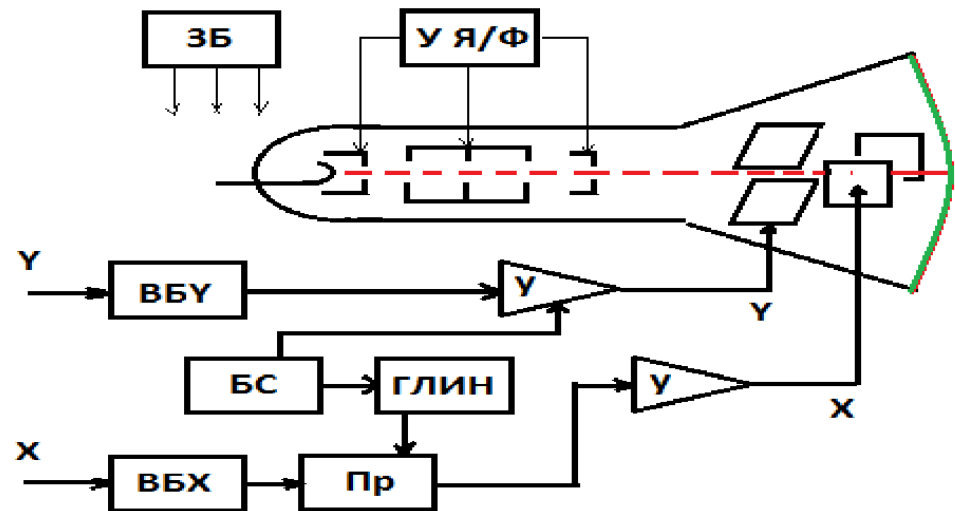
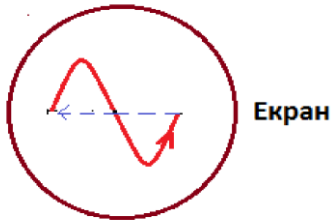


Европейски социален фонд

Електроннолъчев осцилоскоп

На фигурата е показана блоковата диаграма на класически електроннолъчев осцилоскоп.

На екрана, ако честотата на сигнала от ГЛИН е равна на честотата по Y, ще се получи показаната по-долу фигура. Ако е по-голяма и кратна на честотата по Y, ще се получат кратен брой фигури, като долната.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

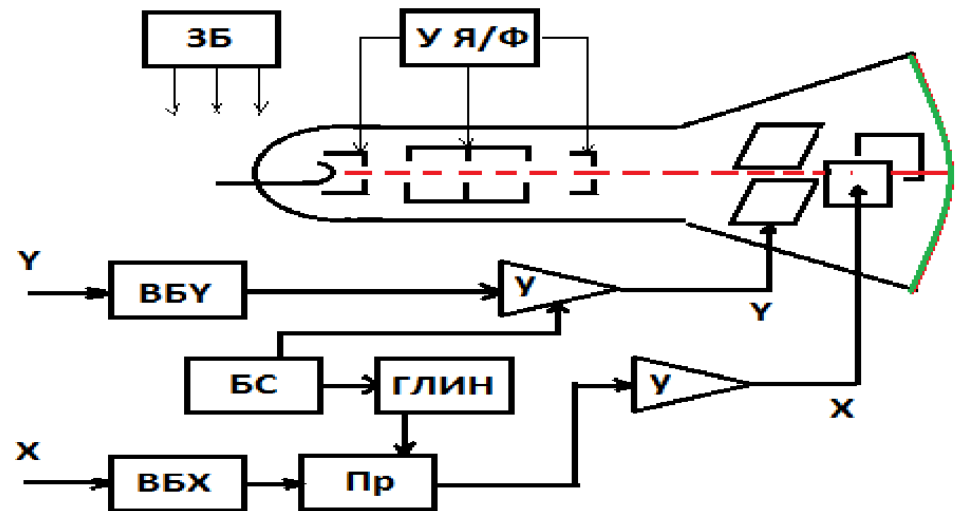


Европейски социален фонд

Електроннолъчев осцилоскоп

На фигурата е показана блоковата диаграма на класически електроннолъчев осцилоскоп.

Чрез Пр вместо от ГЛИН сигнал за отклонение по хоризонтала може да се подаде отвън чрез вход X. На екрана се получават т.н. фигури на Лисажу. Например, ако сигналите по Y и X са с еднакви честота и форма на екрана се получава следната фигура



Електронните амперметри и омметри не се разглеждат като самостоятелни измервателни уреди, а функциите им се изпълняват от т.н. универсални волтметри.

Измерването на неизвестния ток се свежда до измерване на създадения от него пад на напрежение при протичането му през образцов резистор.

Измерването на съпротивление се свежда до измерване на пад на напрежение, който е функция на съпротивлението.

Електроннолъчевият осцилоскоп е представител на т.н. класически уреди за измерване на електрични величини.

Основната функция на електроннолъчевия осцилоскоп е да застопори фигурата, описваща сигнала, върху екрана.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Основна:

1. Колев Н., Лазаров А., Манов Е, Матраков Б, Туренков В., Електрически измервания - учебник под общата редакция на Б. Матраков, ИПК Ту-София, ISBN: 054-438-064-7, 1999г.
2. Метрология и измервателна техника – книга справочник в три тома под общата редакция на проф. Радев, ISBN 978-954-334-093-4, Софиятрейд, София, 2010г.

Допълнителна:

3. Regtien, Heijden, Korsten, Olthius, Measurement Science for Engineers, University of Twente, The Netherlands, Foreword by Prof. Filkelstein, Publisher: Elsevier Science & Technology Books, ISBN: 1903996589, 2004
4. Tumanski S, Principals of Electrical Measurement, Published in 2006 by CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742, International Standard Book Number-10: 0-7503-1038-3 (Hardcover), International Standard Book Number-13: 978-0-7503-1038-3 (Hardcover), Library of Congress Card Number 2005054928, 2006
5. Webster J.G., Electrical Measurement, Signal Processing and Displays, International Standard Book Number 0-8493-1733-9, Library of Congress Card Number 2003048530, Printed in the United States of America, 2004



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд