

Презентация
Модул № 5

Електронни волтметри за променливо напрежение

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

- **Класификация и организация на електронните волтметри за променливо напрежение**
- **Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение**
- **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!



Класификация и организация на електронните волтметри за променливо напрежение

*Структурната организация на
електронните волтметри за променливо
напрежение зависи от честотата на
измерваното напрежение [1] и може да ги
разделим на:*

- нискочестотни

- високочестотни



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

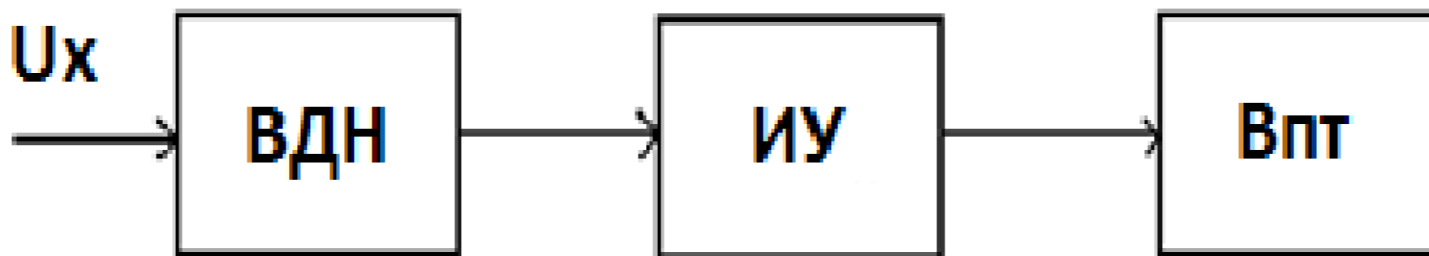
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Класификация и организация на електронните волтметри за променливо напрежение

Нискочестотните волтметри за променливо напрежение се изграждат предимно по схемата с пряко усилване.



ВДН – входен делител на напрежение

ИУ – измервателен усилвател

Впт – електромеханичен волтметър



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

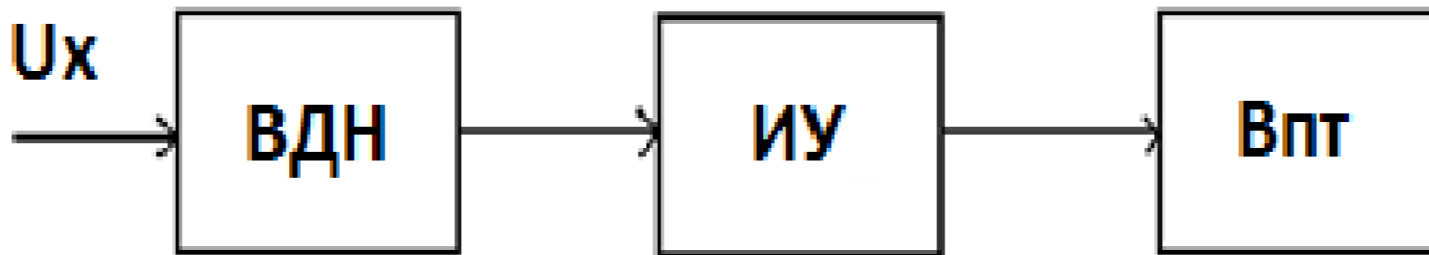
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Класификация и организация на електронните волтметри за променливо напрежение

Разликата от постояннотоковите волтметри с пряко усилване е, че тук ИУ и Впт са за променливо напрежение.



ВДН – входен делител на напрежение

ИУ – измервателен усилвател **за променливо напрежение**

Впт – електромеханичен волтметър **за променливо напрежение**



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

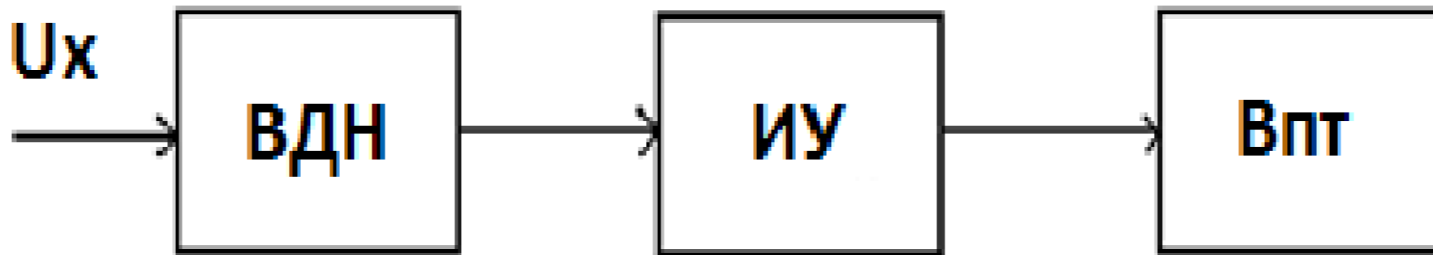
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Класификация и организация на електронните волтметри за променливо напрежение

*Метрологичните свойства се определят от
Впт, но ИУ осигурява по-висока
чувствителност и по-голям входен импеданс.*



ВДН – входен делител на напрежение

ИУ – измервателен усилвател **за променливо напрежение**

Впт – електромеханичен волтметър **за променливо
напрежение**



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

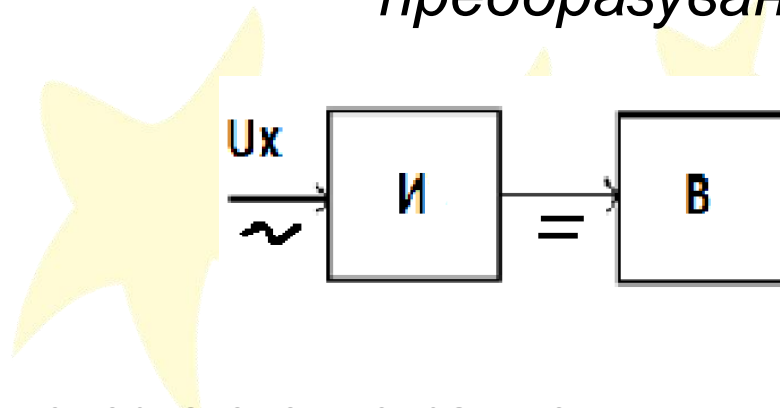
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Класификация и организация на електронните волтметри за променливо напрежение

*Високочестотните волтметри се изграждат
по структурна схема с предварително
преобразуване.*



И – измервателен изправител

В – електронен волтметър за постоянно напрежение



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

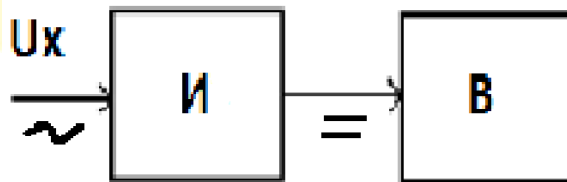
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Класификация и организация на електронните волтметри за променливо напрежение

Измерваното променливо напрежение U_x се преобразува в постоянно с измервателния изправител И, след което се измерва с електронния волтметър за постоянно напрежение В.



И – измервателен изправител

В – електронен волтметър за постоянно напрежение



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

Класификация и организация на електронните волтметри за променливо напрежение

Постояннотоковият сигнал се описва от един параметър – неговата стойност.

Променливотоковият сигнал се описва от множество параметри, от които по-съществени за електричните измервания са:

- *максимална стойност* - X_m
- *средна стойност* – X_{AV}
- *ефективна стойност* – X_{rms}

X може да бъде например U или I.



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

Класификация и организация на електронните волтметри за променливо напрежение

Променливотоковият сигнал на напрежението се описва чрез:

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

където $u(t)$ е моментната стойност на напрежението.

За основните параметри на напрежението се получава:

- *средна стойност* – $U_{AV} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} |u(t)| dt$

- *ефективна стойност* – $U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u^2(t) dt} \frac{1}{T}$



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

1

Класификация и организация на електронните волтметри за променливо напрежение

За синусоидални сигнали лесно се изчислява, че

$$U_{AV} = 0,637U_m$$

$$U_{rms} = 0,707U_m$$



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

Класификация и организация на електронните волтметри за променливо напрежение

*Електронните волтметри за променливо
напрежение в зависимост от измервания
параметър се делят на*

електронни волтметри за:

- **средна стойност;**
- **ефективна стойност;**
- **максимална стойност.**



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!



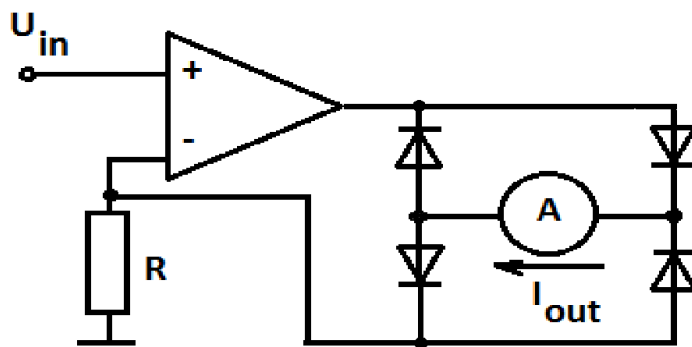
Европейски социален фонд

Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за средна стойност

Преобразуването от променливотоков в постояннотоков сигнал се осъществява от диоден токоизправител. На фигурата типичен токоизправител с операционен усилвател.

$$i_{out} = \frac{|u_{in}|}{R}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

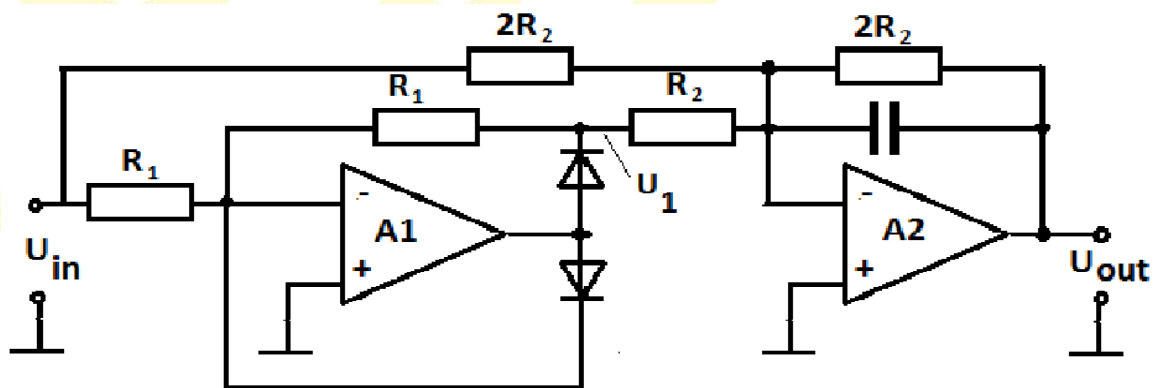
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за средна стойност

На схемата е показан друг преобразувател на средна стойност в постоянно напрежение (Tran Tien Lang 1978). [4]
Усилвателят A1 работи като полупериоден токоизправител, а A2 – като суматор $U_{out} = -(u_{in} + 2U_1)$.



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!



Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за ефективна стойност

Преобразуването на ефективната стойност на електричния сигнал в постоянен ток е по-трудна задача и произтича от

$$U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u^2(t) dt} \frac{1}{T}$$

Трябва да се осъществят операциите повдигане на квадрат, интегриране и коренуване



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!

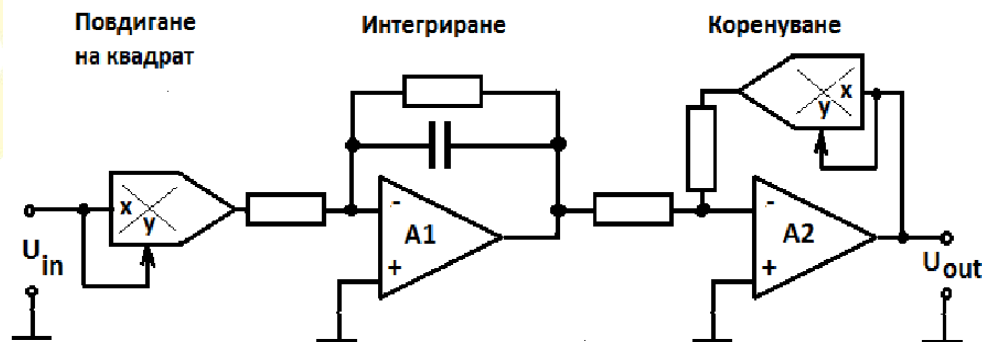


Европейски социален фонд

Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за ефективна стойност

На схемата първият умножител повдига на квадрат входното напрежение, след което сигналът се подава на операционния интегратор, където се интегрира, а накрая се коренува чрез умножителя в обратната връзка на втория операционен усилвател A2.



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!



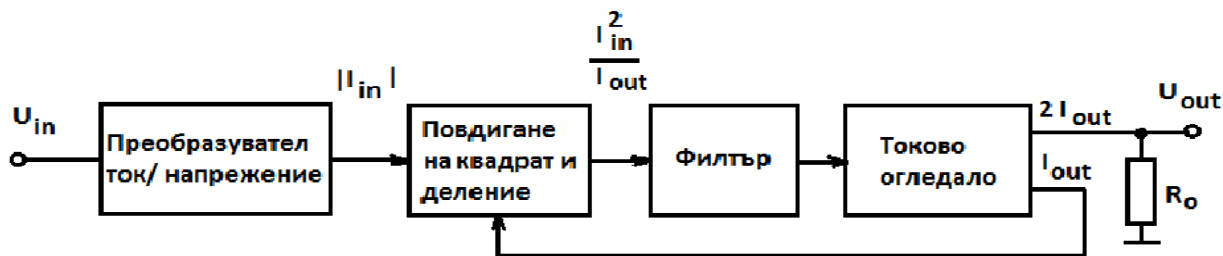
Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за ефективна стойност

Предлагат се монолитни преобразуватели на ефективна стойност.

На принципната схема е пример с AD636 на Analog Devices (Kitchin 1986). [4]

Принципът на действие и свързването на AD636 като волтметър са дадени отделно в демонстрационен пример към презентацията.



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!



Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за максимална или за амплитудна стойност

Изграждат се по две основни структурни схеми:

- с предварително преобразуване;
- с предварително усилване.

Електронните волтметри за максимална стойност използват преобразуватели (изправители) на максимална стойност (peak-value converter), а тези за амплитудна стойност - преобразуватели (изправители) на амплитудна стойност (peak to peak - value converter).



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!



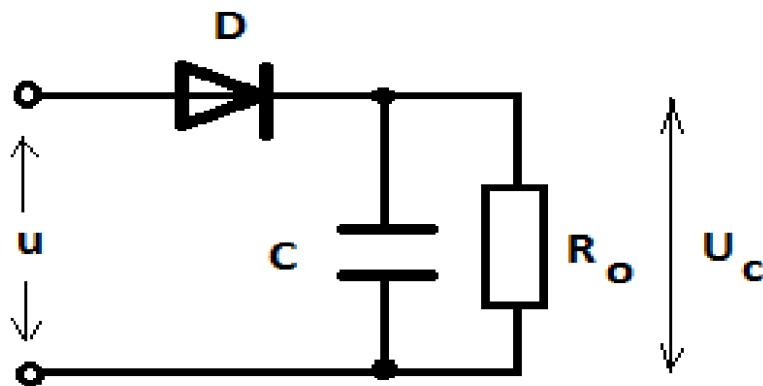
Европейски социален фонд

2

Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за максимална или за амплитудна стойност

Принципна схема на преобразувател (изправител) на максимална стойност (peak-value converter) с отворена структура без предварително усилване



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

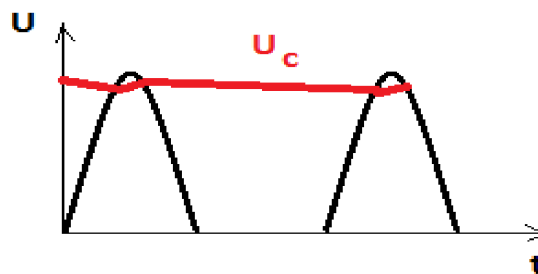
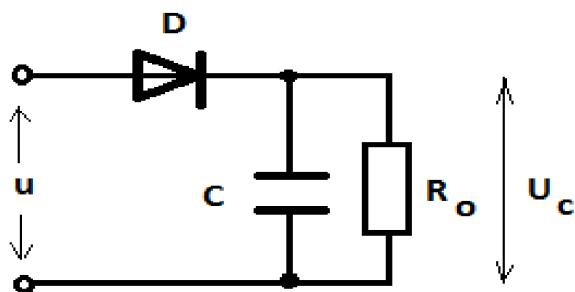
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за максимална или за амплитудна стойност

Ако времеконстантата RC е така подбрана, че времето за зареждане да е малко, а времето за разреждане да е дълго, напрежението върху кондензатора U_c ще е напрежението на максималната стойност при u синусоидно променливо напрежение на входа.



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!



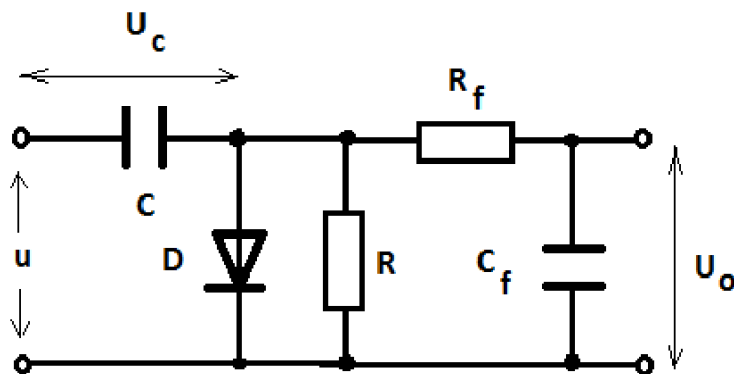
Европейски социален фонд

2

Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за максимална или за амплитудна стойност

Принципна схема на преобразувател (изправител) на максимална стойност (peak-value converter) със затворена структура без предварително усилване



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!

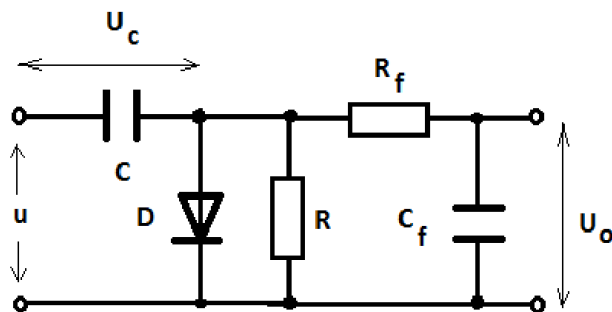


Европейски социален фонд

Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за максимална или за амплитудна стойност

Входното напрежение u може да съдържа постоянна съставка. Кондензаторът C се зарежда през диода D , напрежението u_R върху резистора R се определя от разликата $u_R = u - u_C$ и не зависи от постоянната съставка. След филтриране на променливата съставка с филтъра $R_f - C_f$, на изхода се получава $U_o = U_m$.



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!



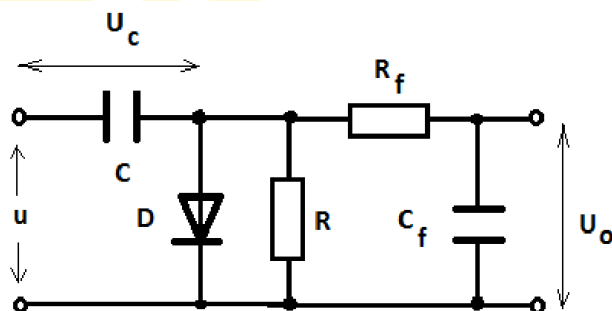
Европейски социален фонд

Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за максимална или за амплитудна стойност

След филтриране на променливата съставка с филтъра R_f - C_f , на изхода се получава

$$U_o = U_m.$$



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

Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за максимална или за амплитудна стойност

Чрез структурните схеми с предварително усилване се постигат по-добри метрологични характеристики на схемата за преобразуване.

Предварителното усилване и изправянето на входния сигнал се осъществява с помощта на автокомпенсационни схеми с отрицателна обратна връзка на базата на операционни усилватели.



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!

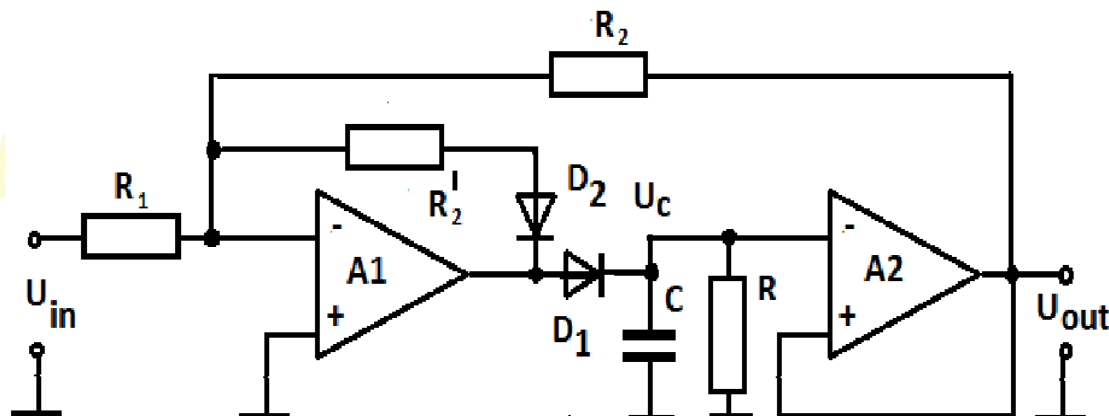


Европейски социален фонд

Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за максимална или за амплитудна стойност

Примерна схема на инвертиращ автокомпенсационен преобразувател за максимална стойност



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!

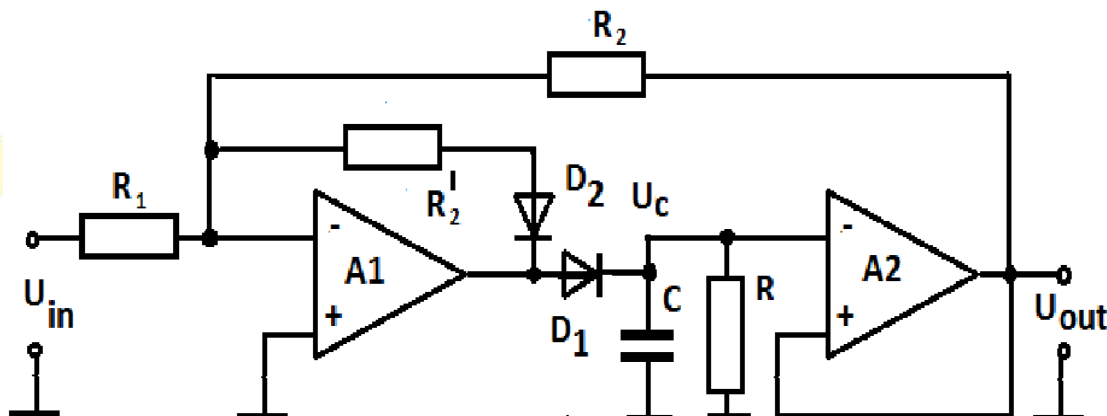


Европейски социален фонд

Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за максимална или за амплитудна стойност

През отрицателния полупериод на U_{in} кондензаторът C се зарежда през диода D_1 до напрежение U_C .



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!



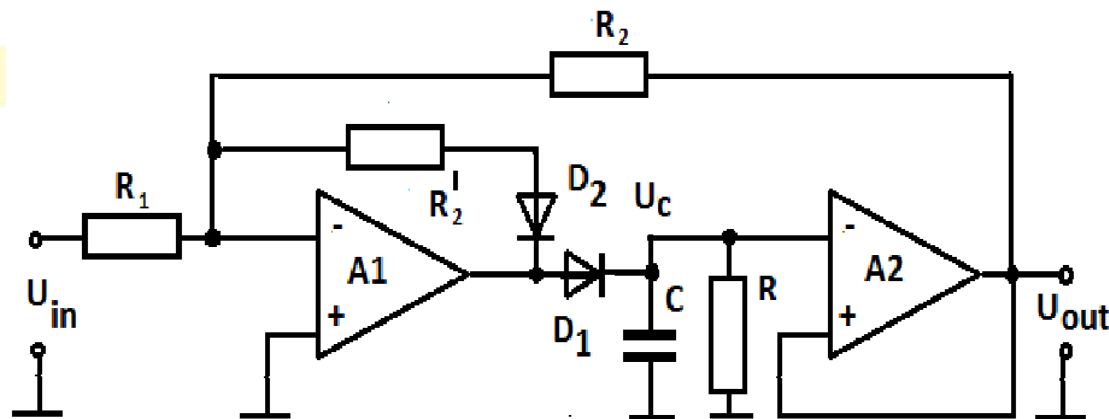
Европейски социален фонд

Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за максимална или за амплитудна стойност

През отрицателната обратна връзка на операционния усилвател A_2 U_c се връща към входа на A_1 и за U_{out} се получава:

$$u_{out} = -U_{inm} \frac{R_2}{R_1}$$



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!

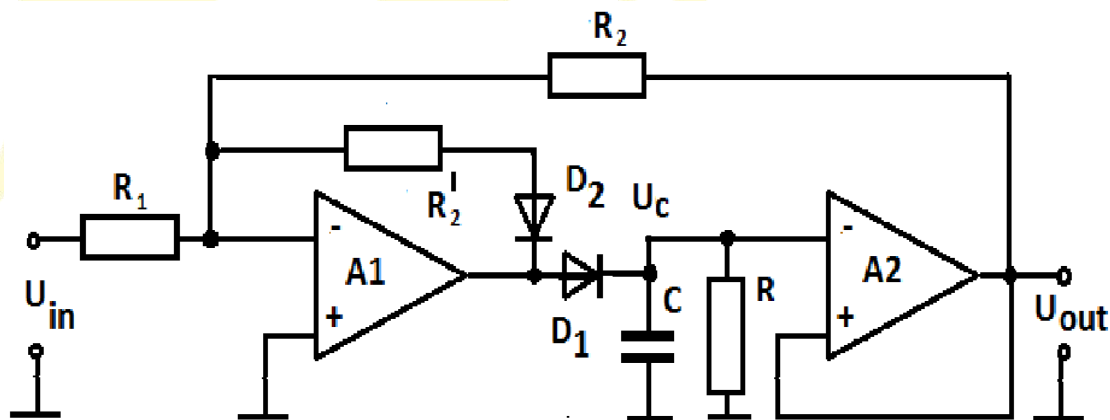


Европейски социален фонд

Схеми на електронни волтметри за променливо напрежение

Електронни волтметри за максимална или за амплитудна стойност

Чрез веригата на диода D_2 се избягва дълбокото насищане на A_1 , както и претоварването на входа му.



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

Заклучение

Аналоговите волтметри за променливо напрежение намират приложение в измервателната техника, а използваните в тях преобразуватели, разгледани в лекцията се използват и в много други електронни схеми и устройства.



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

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