

# РАДІОТЕХНІЧНИЙ ПРИЛАД ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ L І C РАДІОКОМПОНЕНТІВ І ПРОСТИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*У роботі розроблено схему та конструкцію радіотехнічного приладу вимірювання параметрів L і C радіокомпонентів і простих електричних кіл. Прилад виконаний у вигляді USB - приставки до комп'ютера.*

**Ключові слова:** радіотехнічний прилад, вимірювач, R і C параметри, мікроконтролер.

## *Abstract*

*The scheme and design of radio engineering instrument for measuring parameters L and C of radio components and simple electric circuits are developed in the work. The device is made in the form of a USB console to the computer.*

**Keywords:** radio technical device, meter, R and C parameters, microcontroller.

## Вступ

Цифровий вимірювач LC є дуже потрібним приладом для будь-якого радіоаматора. Адже з його допомогою можна провести діагностику пристрою, визначити несправний вузол, при проведенні профілактичних оглядів попередити поломку пристрою, зробити перевірку нових радіоелементів перед установкою або при заміні в радіоапаратурі та відремонтувати побутову техніку та інші електронні пристрої. Використання цифрового способу відображення інформації є значною перевагою цифрового вимірювача LC над стрілочними вимірювальними приладами, так як він володіє високою точністю, великою швидкістю вимірювання, що призводить до підвищення швидкодії роботи.

Раніше розроблені аналогічні цифрові вимірювачі LC мали ряд недоліків при використанні їх на практиці. Наприклад, вимірювачі розроблені на радянських елементах та мікросхемах мали великі габарити, що зменшували сферу використання їх в різних ситуаціях, а також призводили до незручності роботи. Також такі аналоги мають схему перемикачів діапазонів, що зменшують швидкість роботи.

Широко відомий спосіб час-імпульсного вимірювання RLC-параметрів радіокомпонентів і простих електричних кіл. Відповідно до цього способу, вимірюваний параметр спочатку перетворюють в пропорційний інтервал часу, який потім вимірюють за допомогою імпульсів каліброваної частоти [1]. Перетворення параметра в інтервал часу заснований на використанні перехідних процесів в RC-або RL-колах, в яких один елемент зразковий, а інший вимірюваний. Вимірювання здійснюється при подачі на вхід вимірювального кола одиничної функції напруги. Недоліком відомого способу є низька точність вимірювання, обумовлена наявністю похибки формування інтервалу часу внаслідок нестабільності тимчасових затримок проходження сигналів через блок порівняння напруг [1].

Найбільш близьким за технічною сутністю є спосіб вимірювання RLC-параметрів, заснований на вимірюванні тривалостей перехідних процесів в резистивно-ємнісному або резистивно-індуктивному вимірювальному колі. Спосіб характеризується тим, що відбувається циклічний перезаряд реактивного елемента вимірювального кола шляхом подачі на вимірювального кола каліброваної напруги, що порівнюють з напругою перехідного процесу. У момент рівності змінюють полярності зазначених напруг, вимірюють інтервал часу відомого числа циклів перезарядження реактивного елемента ланцюга. Недоліком такого способу є наявність некомпенсованої похибки, зумовленої нестабільністю часових затримок проходження сигналів у процесі порівняння напруг – каліброваної та вимірюваної.

Метою роботи є розроблення радіотехнічного приладу для вимірювання параметрів L і C радіокомпонентів і простих електричних кіл.

## Результати дослідження

Технічний результат полягає в підвищенні точності вимірювання RLC-параметрів за рахунок зменшення похибки, зумовленої нестабільністю часових затримок проходження сигналів в процесі вимірювання тривалостей перехідних процесів. Технічний результат досягається тим, що на вимірювальне коло подають напругу, що перетворюється у функцію часу, яка має щонайменше одну пару ділянок з однаковими характеристиками. Кожна з таких часових ділянок містить дві лінійні вимірювальні ділянки з нульовою крутизною і дві ділянки, розташовані відповідно перед початками лінійних вимірювальних ділянок та забезпечують ненульові несталі напруги на елементі вимірювального кола до моментів початків лінійних вимірювальних ділянок. Вони одночасно формують відповідну опорну напругу, що змінюється за функцією часу, та має лінійні опорні ділянки з нульовою крутизною, кожна з яких визначена протягом часу відповідної лінійної вимірювальної ділянки пари і має відповідну для кожної ділянки характеристику, що забезпечує в усьому розрахунковому діапазоні вимірювань різні знаки різниць напруг напруги на елементі вимірювального кола та опорної напруги в моменти часу початку і кінця відповідного лінійного вимірювального ділянки. Напругу на елементі вимірювального кола в рамках інтервалів часу першого і другого лінійних вимірювальних ділянок пари порівнюють з опорною напругою, при цьому між моментами рівності напруг формують інтервал часу. Потім напруги порівнюють в рамках інтервалів часу третього і четвертого лінійних вимірювальних ділянок пари, при цьому формують другий інтервал часу, визначений між моментами рівності порівнюваних напруг. Для сформованих інтервалів часу або їх еквівалентів, виражених у формі іншої фізичної величини та отриманих шляхом лінійного одноманітного перетворення інтервалів, знаходять різницю, яку використовують для визначення величини вимірюваного параметра.

Структурна схема радіотехнічного приладу для вимірювання параметрів L і C наведена на рис. 1 [1, 2].

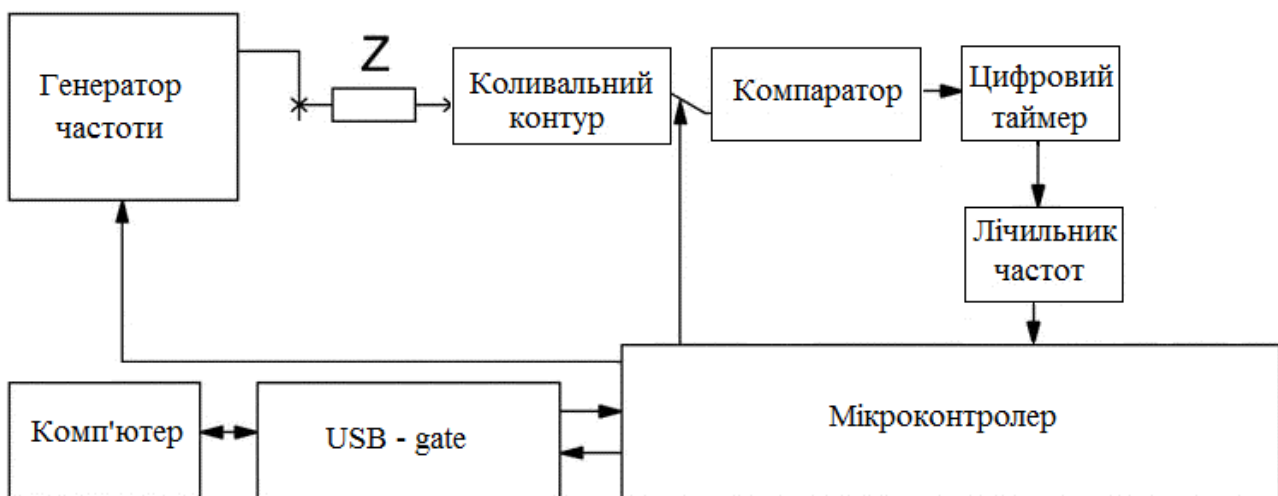


Рис. 1. Структурна схема радіотехнічного приладу для вимірювання параметрів L і C

На рис. 2 представлені формули для розрахунку відповідних частоті і вимірюваних параметрів L і C [2].

На рис. 3 наведена функціональна схема радіотехнічного приладу для вимірювання параметрів L і C. Прилад виконаний на основі мікроконтролера PIC18F2550, що є 28-піновим мікроконтролером з USB Full Speed і 10-бітним АЦП [3].

Вбудований у мікроконтролер PIC18F2550 компаратор (COMP1) та еталонні котушка (L1) та конденсатор (C1) представляють собою генератор частоти. Підрахунок частоти виконується з використанням 2-х таймерів мікроконтролера. 8-бітний таймер (Timer0) працює в режимі підрахунку імпульсів на вході C1OUT/T0CKI та генерує переривання через кожні 256 імпульсів, у обробнику переривань значення змінної-лічильника(COUNT) інкрементується. 16-бітний таймер (Timer1) працює у режимі лічби за спаданням та генерує переривання 1 раз в 0.36 секунд [4, 5]. Розрахунком частоти займається програма керування. Маючи два параметра (COUNT та TCNT0) частота генератора ( $f$ ) розраховується так [4]:

$$f = \frac{COUNT \cdot 256}{0,36} + TOCKI. \quad (1)$$

Cx	Lx
$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C_{CAL})}}$	$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C_{CAL})}}$
$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C_X)}}$	$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C(L+L_X)}}$
$C_X = \frac{\left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2 - 1}{\left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 - 1} \times C_{CAL}$	$L_X = \left[\left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2 - 1\right] \times \left[\left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 - 1\right] \times \frac{1}{C_{CAL}} \times \left(\frac{1}{2\pi F_1}\right)^2$

Рис. 2. Формули розрахунку частот та Cx, Lx

За відомою частотою генератора та значеннями встановлених зразкових C1 та L1 можна визначити величину C або L, що підключені для вимірювання [4]:

$$C_x = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L_1} - C_1, \quad (2)$$

$$L_x = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C_1} - L_1. \quad (3)$$

Мікроконтролер вимірює нові значення частоти та вираховує внесені значення ємності або індуктивності. Калібровка вимірювача виконується на початку вимірювання. Для цього через ключ на польовому транзисторі 2N7002 підключається ємність C<sub>CAL</sub>.

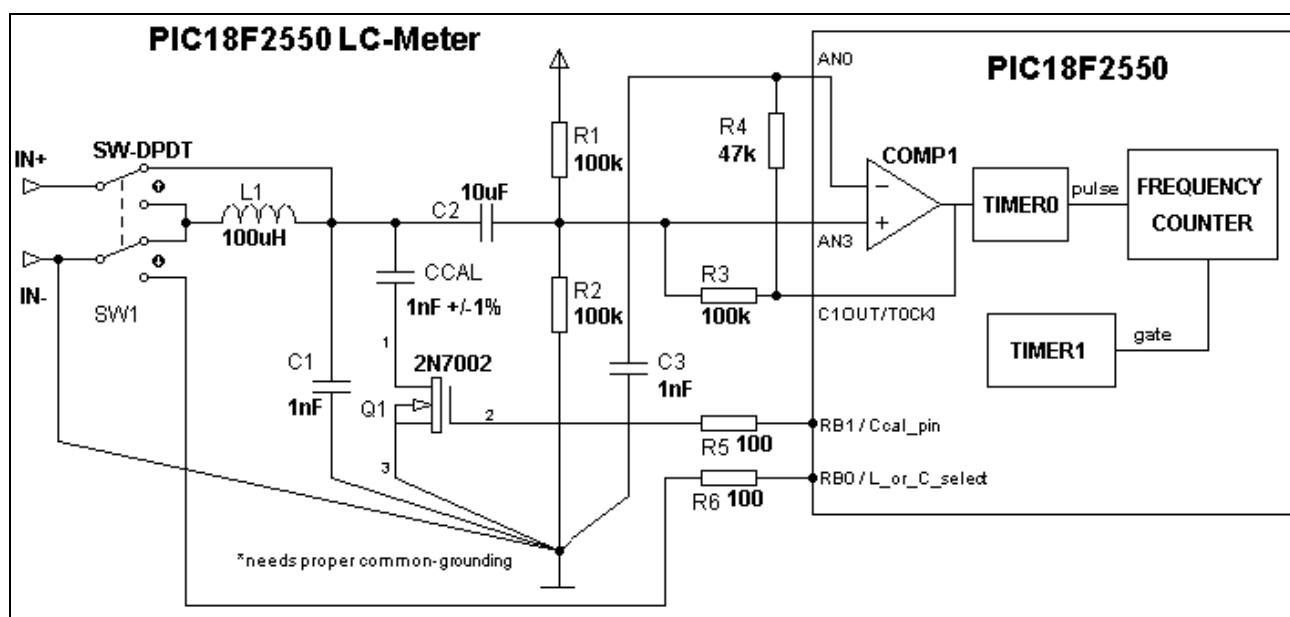


Рис. 3. Функціональна схема радіотехнічного приладу для вимірювання параметрів L і C

Вимірювач виконаний у вигляді USB - приставки до комп'ютера, індикація показань відбувається в спеціальній програмі на екрані монітора. Перевагами пристрою є: не потрібний драйвер при підключенні до комп'ютера, програмне забезпечення не потребує установки, не вимагає налаштування (за винятком процедури калібрування), не потрібно підбирати точні номінали ємності та індуктивності для калібрування. Органів управління на схемі немає, все управління (перемикання режимів вимірювання L або C, а так само калібрування приладу) походить з програми керування. Користувачеві доступні лише дві клемми, для установки в них вимірюваної деталі, USB з'єднувач, світлодіод [5]. Виміряні дані з виходу мікроконтролера поступають на вхід інтерфейсу USB, із подальшим відображенням на екрані комп'ютера у спеціальній програмі.

### Висновки

У роботі запропоновано радіотехнічний прилад для вимірювання параметрів L і C радіокомпонентів і простих електричних кіл. Вимірювач виконаний у вигляді USB-приставки до комп'ютера на основі мікроконтролера PIC18F2550 з вбудованим інтерфейсом USB. Індикація вимірних значень виконується у спеціальній програмі на екрані монітора. Даний вимірювач не потребує установки драйвера пристрою, не потребує установки спеціальної програми для комп'ютера, не потребує настройки (за винятком калібрування), не потребує точних номіналів зразкової індуктивності та ємності. Органи керування відсутні. Режим роботи та калібрування задаються програмою керування.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левшина Т. С., Новицкий П. В. Электрические измерения физических величин: Измерительные преобразователи. — Л.: Энергоатомиздат, 1983. — 320 с.
2. Афонский А. А., Дьяконов В. П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. — М: СОЛОН-ПРЕСС, 2007. — 544 с.
3. Предко М. PIC-микроконтроллеры: архитектура и программирование. — М.: ДМК Пресс, 2010. — 512 с.
4. Офіційна веб сторінка Meandr. USB LC метр. URL: <http://meandr.org/archives/3409>. (дата звернення: 07.05.2018)
5. Контроллеры для организации USB-связи. Рынок Микроэлектроники URL: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/usb/start.htm>. (дата звернення: 06.05.2018)

**Семенов Андрій Олександрович** — д-р техн. наук, доцент, професор кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [semenov.a.o@vntu.edu.ua](mailto:semenov.a.o@vntu.edu.ua)

**Овчарук Артем Олександрович** — студент групи ТКР-18мс, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [artyom.ovcharuk@gmail.com](mailto:artyom.ovcharuk@gmail.com)

**Бабій Ярослав Андрійович** — студент групи ТКР-18мс, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [andrexvich@icloud.com](mailto:andrexvich@icloud.com)

**Semenov Andriy Oleksandrovysh** — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [semenov.a.o@vntu.edu.ua](mailto:semenov.a.o@vntu.edu.ua)

**Ovcharuk Artem Oleksandrovysh** — student of group TCRT-18ms, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [artyom.ovcharuk@gmail.com](mailto:artyom.ovcharuk@gmail.com)

**Babii Yaroslav Andriiovych** — student of group TCRT-18ms, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [andrexvich@icloud.com](mailto:andrexvich@icloud.com)