

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЗВУКОВОЇ КАРТИ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА У ВИМІРЮВАННІ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ТА ДОСЛІДЖЕННІ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

На кафедрі радіоконструювання та виробництва радіоапаратури ([КіВРА](#)) активно ведуться роботи з впровадження інтелектуальних інформаційних технологій в рамках спеціалізації «[Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки](#)». Вивчаються комп'ютерні технології автоматизованого проведення фізичних експериментів, в тому числі збору та обробки вимірюваних даних та керування технічними системами. Підготовка студентів передбачає практичне використання комп'ютерних засобів у автоматизації проведення фізичних експериментів шляхом взаємодії віртуальних приладів (ВП) з відповідними апаратними засобами. Слухачами отримуються уміння створювати додатки, налагоджувати роботу драйверів зовнішніх приладів, збирати, обробляти та записувати на цифрові носії вимірні дані, створювати інтелектуальні системи автоматизованого керування технічними системами. Основний наголос робиться на типові практичні задачі, що дозволяє використовувати отримані компетенції у дипломному проектуванні та наукових дослідженнях.

За тематикою цих робіт передбачається створити наочні матеріали у науково-популярній формі для зацікавлення молоді перспективними інтелектуальними інформаційними технологіями. Оскільки особливу (у нашому випадку домінуючу) роль у пізнанні нового відіграє практика, то доцільним є врахування доступності широким масам читачів відповідних апаратно-програмних засобів. Таким чином, зацікавленим пропонується оволодіти спеціалізованими можливостями персонального комп'ютера (ПК) за рахунок спеціальних плат, що містять аналого-цифровий (АЦП) і цифро-аналоговий (ЦАП) перетворювачі. Завдяки цим перетворювачам сигналів ПК отримує функції ряду традиційних приладів: осцилографа, частотоміра, аналізатора спектра, генератора сигналів, самописних реєстраторів, і т. п.; і спеціалізованих засобів вимірювання (вимагаючи додаткових схемотехнічних рішень в перетворенні фізичних величин): характерографи, наприклад, для знімання ВАХ багатополосників, вимірювачі різних неелектричних величин з відповідними датчиками і так далі.

Будь-який ПК вже має апаратно-програмні засоби, які з деякими обмеженнями дозволяють йому бути в ролі вимірювального приладу. Звичайна звукова карта ПК здатна сприймати і перетворювати сигнал складної форми в межах звукової частоти з амплітудою до 0,5 В (див., наприклад, можливості чіпу Yamaha 724 чи більш професійних зразків) в цифрову форму з входу LINE-IN або з мікрофону. Як правило, нижня межа вимірюваної напруги обмежена

рівнями шуму і фону та складає приблизно 1 мВ. Верхня межа обмежується лише параметрами дільника і може досягати сотень вольт. Частотний діапазон обмежений можливостями звукової карти і для бюджетних зразків складає 0,1 Гц...20 кГц (для синусоїдального сигналу).

Використання звукової карти у вимірювальних цілях вимагає лише установки спеціальних програм, доступних для завантаження в Інтернеті. Користувачеві потрібно лише запустити програму (переважно ВП не потребують інсталяції програмного забезпечення). На екрані монітора з'явиться зображення ВП, наприклад, осцилографа чи генератора сигналів (рис. 1), з характерною для цих приладів лицьовою панеллю, що містить координатну сітку, індикатори і органи управління (кнопки і регулятори).

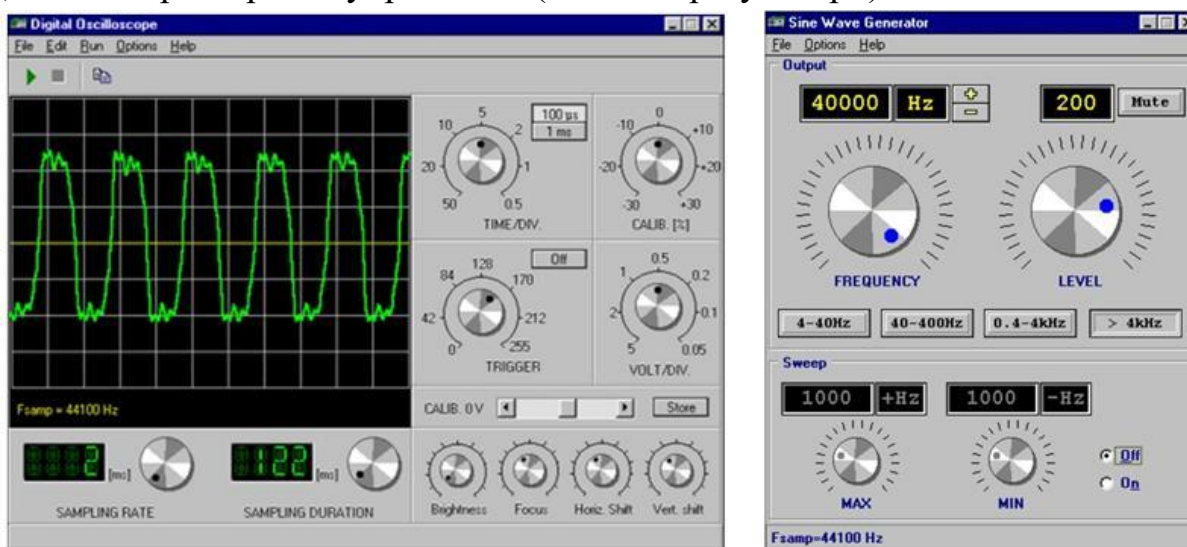


Рис. 1

Крім того, у віртуальних приладах можуть бути присутніми додаткові можливості, як, наприклад, можливість збереження вимірюваних сигналів, їх параметрів, співвідношень фізичних величин, спектрів і т. п. в пам'яті; плавне і автоматичне масштабування зображення сигналу і так далі. Комп'ютер додає віртуальним приладам інтелектуальні властивості, дозволяє реалізувати додаткові функції обробки для традиційних приладів (записувати і зберігати результати, повертатися до них і обробляти поза реальним часом, пов'язувати прилади з іншими додатками операційної системи). Присутні і свої недоліки. Звукова карта має закриті конденсаторами входи, тому віртуальний прилад працює виключно із змінним сигналом в обмеженому діапазоні частот. Також вона немає повноцінного АЦП, тому на апаратному рівні не в змозі вимірювати амплітуду вхідного сигналу. Досліджуваний сигнал повинен проходити через дільник напруги на резисторах. Внутрішній опір звукової карти достатньо низький для повноцінного виміру напруги.

При допустимому рівні вхідного сигналу (до 0,5 В), калібрування ВП відбувається у зв'язі з калібруванням зовнішнього дільника напруги за допомогою обмежувачого резистора. Для цього необхідно знати амплітуду

подаваного сигналу на вхід, діапазон регулювання за допомогою засобів операційної системи, внутрішні налаштування віртуального приладу і налаштування дільника напруги. Сподіватися на високу точність не варто.

Двоканальні АЦП і ЦАП сучасної звукової карти володіють достатньою швидкістю, здатні функціонувати у фоновому режимі одночасно в обох напрямках. На ПК можна одночасно задавати сигнал за допомогою програми генератора і контролювати його віртуальним осцилографом або аналізатором спектру (рис. 1).

Для роботи з віртуальними приладами – осцилографом і генератором (рис. 1) необхідно зібрати пристрій за схемою на рис. 2.

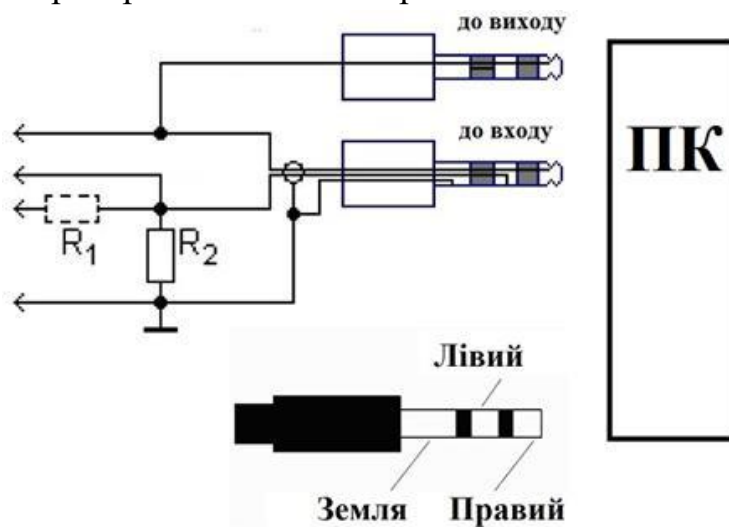


Рис. 2

Знадобиться два аудіоштекера (стерео), два резистори, монтажний екранований дрiт і затиски для підключення випробовуваного пристрою. Дільник напруги виконаний на резисторах  $R_1$ ,  $R_2$ . В якості досліджуваного пристрою, наприклад, може виступати операційний підсилювач (рис. 3). За схемою на рис. 3 можна досліджувати спектральний склад вихідного сигналу підсилювача на предмет нелінійних спотворень і тому подібне.

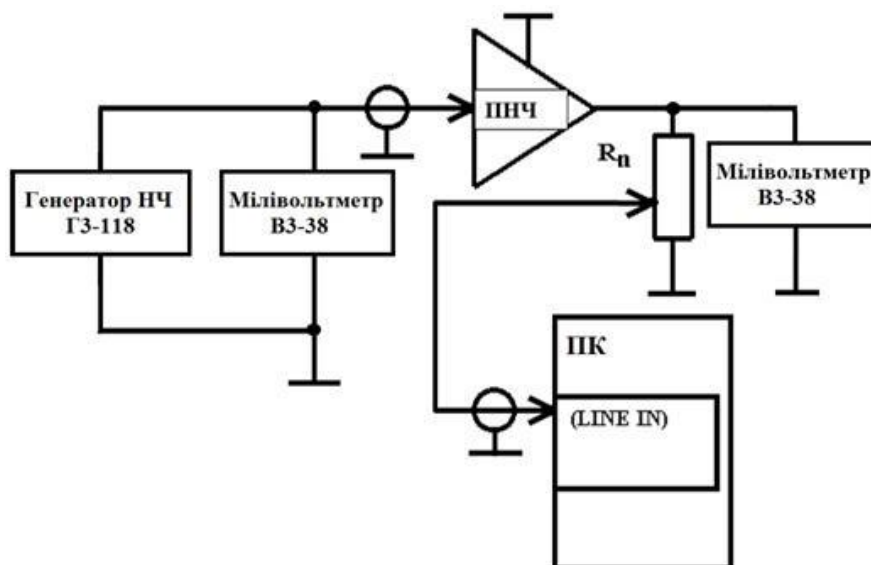


Рис. 3

При дослідженні схем з високою напругою для захисту лінійного входу звукової карти від попадання високої напруги необхідно зібрати модифікований дільник напруги (рис. 4). У дільнику напруги паралельно входу встановлені стабілітрони VD1 та VD2, резистор R1 повинен обмежувати струм стабілітронів до 1мА.

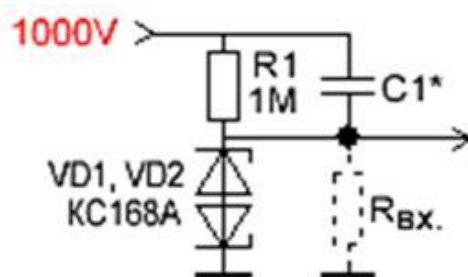


Рис. 4

При використанні ВП для роботи з високою напругою (до 1000 В), в якості опору R1 потрібно встановити двоватний або одноватний резистор. Конденсатор С1 повинен мати максимальну допустиму напругу 1000 В.

Перед вимірами за допомогою віртуальних приладів, потрібно виконати процедуру калібрування.

Вихідний опір (вихідний імпеданс) лінійного виходу необхідно виміряти в разі калібрування ВП, наприклад, осцилографа, віртуальним низькочастотним сигналом-генератором. Це потрібно для узгодження імпедансу лінійного входу з виходом звукової карти. Упевнившись в малому значенні вихідного імпедансу можна розраховувати на відсутність грубих помилок при вимірі вхідного імпедансу (помилка не повинна перевищувати 3...5%). Особливо це актуально, коли звукова карта має декілька лінійних виходів (вихідний опір гнізд може істотно відрізнятись із-за функціонального призначення), тоді все зводиться до виявлення самого низькоомного. На практиці найнижчий імпеданс має гніздо салатого кольору. У більшості ноутбуків всього одне вихідне аудіогніздо, імпеданс якого, як правило, малий, і його можна не вимірювати. Спосіб виміру вихідного імпедансу показаний на рис. 5.

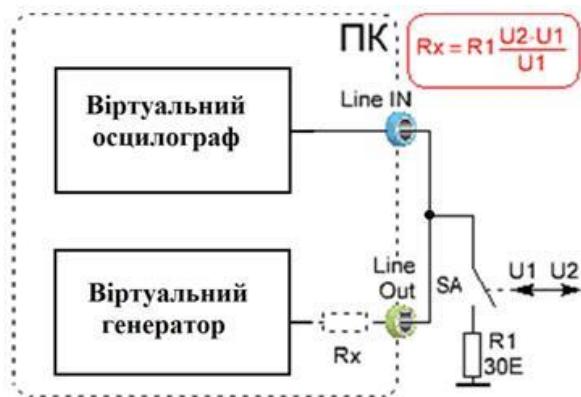


Рис. 5

Для цього необхідно додатково задіяти низькоомний резистор, при підключенні якого зміняться показання віртуального приладу, наприклад,

амплітуда змінної напруги з  $U_1$  до  $U_2$ . Зауважимо, що абсолютні значення вимірної напруги ролі не грають, тому ці виміри можна робити перед калібруванням ВП.

Вхідний опір (вхідний імпеданс) лінійного входу необхідно виміряти в разі використання калібрувального атенюатора (ділника напруги). Із-за наявності розділових конденсаторів у вхідних колах звукових карт виміряти вхідний опір за допомогою звичайного мультиметра не можна. Це необхідна процедура, оскільки вхідні опори звукових карт мають істотні відмінності. Спосіб виміру вхідного імпедансу показаний на рис. 6.

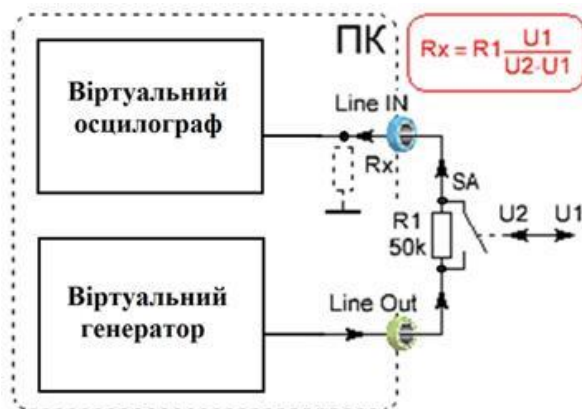


Рис. 6

Для цього необхідно задіяти баластний резистор, при підключенні якого зміняться показання віртуального приладу, наприклад, амплітуда змінної напруги з  $U_1$  до  $U_2$ . Відмітимо, що абсолютні значення вимірної напруги також ролі не грають, тому ці виміри робляться перед калібруванням ВП. Калібрувальний атенюатор (ділник напруги) дозволяє розширити діапазон вимірюваної напруги ВП. Атенюатор залежно від коефіцієнта ділення і необхідного вхідного опору виконується за двома схемами на рис. 7.

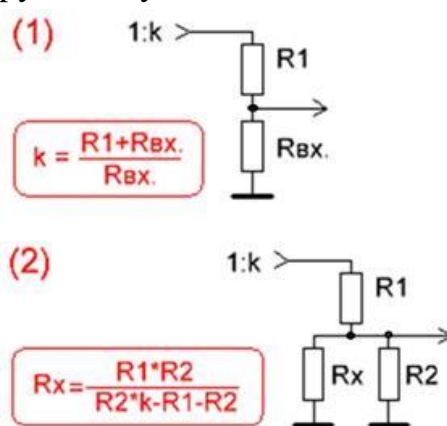


Рис. 7

При цьому слід керуватися чутливістю ВП, яка в представлених схемах по-різному залежить від вхідного опору звукової карти. Резистор верхнього плеча ділника потрібно підбирати з міркування, що він є основною ланкою захисту приладу від високої напруги.

Безпосередньо процес калібрування ВП, наприклад, осцилографа, вимагає використання універсального вольтметра. Калібрування виконується згідно рис. 8 при максимально можливій амплітуді напруги.

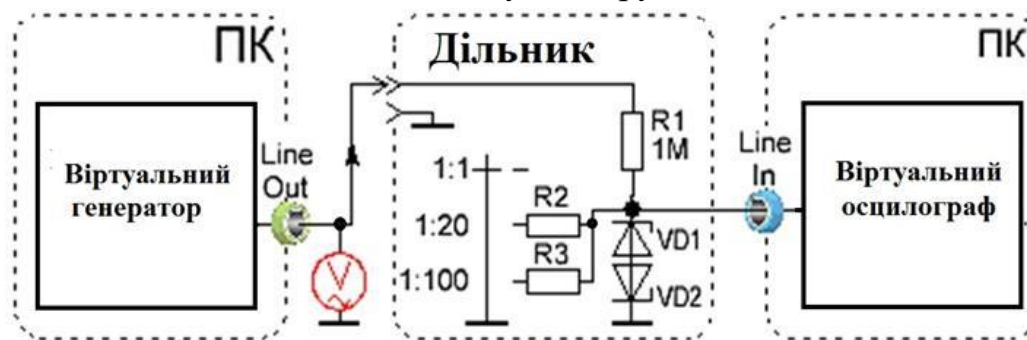


Рис. 8

Для забезпечення повторюваності результатів вимірів ВП, перед калібруванням рекомендується відключити еквалайзер звукової карти, а "Рівень лінійного виходу", "Рівень WAVE", "Рівень лінійного входу" і "Рівень запису" встановити в положення максимального підсилення. У віртуальному генераторі бажано вибрати частоту 50 Гц для коректного використання універсального вольтметра.

Виставивши дільник 1:1, на екрані ВП (осцилографа) потрібно отримати максимальний рівень сигналу шляхом регулювання вихідного сигналу віртуального генератора. Сигнал може обмежуватися, як на вході так і на виході звукової карти, що сильно погіршить точність калібрування. Діюча напруга на виході генератора фіксується універсальним вольтметром, після чого розраховується відповідне амплітудне значення (шляхом множення на корінь з двох).

Лінійний вхід звукової карти володіє вхідною ємністю, реактивний опір якої змінює коефіцієнт ділення дільника на високих частотах. Щоб вирівняти частотну характеристику адаптера в діапазоні 1:1, потрібно підібрати ємність конденсатора С1 так, щоб амплітуда сигналу на частоті 50 Гц дорівнювала амплітуді сигналу з частотою 18...20 кГц. Резистори R2 і R3 знижують вплив вхідної ємності і створюють підйом частотної характеристики в області високих частот. Компенсувати цей підйом можна шляхом підбору конденсаторів С2 і С3 у відповідних діапазонах 1:20 та 1:100 (рис. 9).

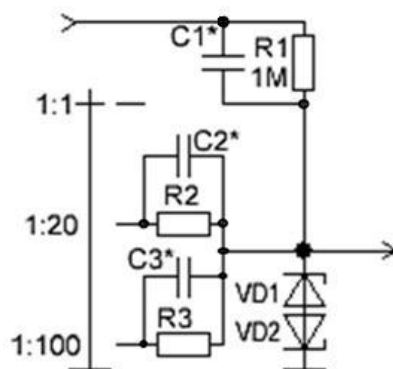


Рис. 9

НЕ РЕКОМЕНДУЄТЬСЯ З МІРКУВАНЬ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ВИКОРИСТОВУВАТИ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖУ!!!

За допомогою ВП можна проводити також виміри опору (R), ємкості (C) і індуктивності (L) (рис. 10).

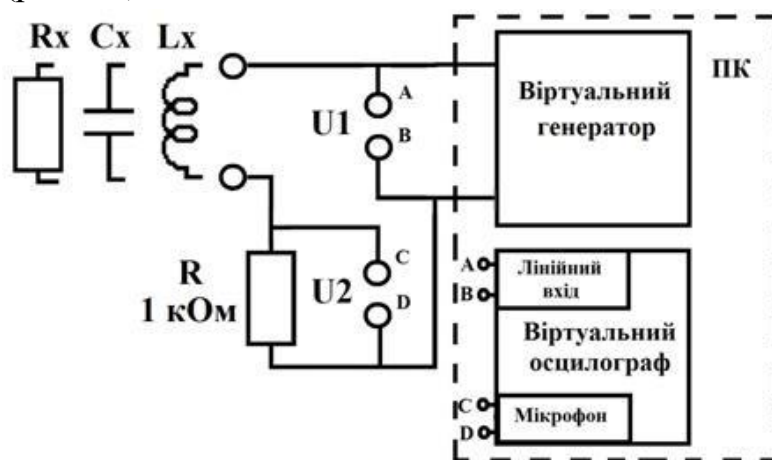


Рис. 10

Орієнтовні межі виміру R - до 5,1 МОм; C - до 5 мкФ; L - до 5 Гн. У основі цих вимірів лежить метод вольтметра-амперметра, коли напруга на випробовуваному елементі визначається як  $U_1 - U_2$ , а струм через нього як  $U_2/r$ , де  $r$  - активна складова комплексного опору. Вимір  $R_x$  і  $C_x$  виконується на частоті 50 Гц. Їх значення обчислюються за формулами на рис. 11.

Вимір  $L_x$  потрібно проводити в два етапи. Спочатку на низькій частоті вимірюється активний опір котушки в режимі  $R_x$ , потім на вищій частоті (близько 3000 Гц) вимірюється активна складова комплексного опору  $r$ . Значення  $L_x$  обчислюється за формулою на рис. 11.

$$R_x = R(U_1/U_2 - 1)$$

$$C_x = \frac{1}{2\pi f R \sqrt{(U_1/U_2)^2 - 1}}$$

$$L_x = \frac{\sqrt{R^2((U_1/U_2)^2 - 1) - 2rR - r^2}}{2\pi f}$$

Рис. 11

ЯКЩО ВИМІРЮВАНИЙ КОМПОНЕНТ - КОНДЕНСАТОР, ТО ВІН МОЖЕ ВИЯВИТИСЯ ЗАРЯДЖЕНИМ! НАВІТЬ РОЗРЯДЖЕНИЙ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНИЙ КОНДЕНСАТОР З ЧАСОМ МОЖЕ «ЗІБРАТИ» ЗАРЯД! СХЕМА НЕ МАЄ ЗАХИСТУ, ТОМУ Є РИЗИК ВИВЕСТИ З ЛАДУ ЗВУКОВУ КАРТУ, А У ГІРШОМУ ВИПАДКУ – САМ КОМП'ЮТЕР!!!

Автор: [к.т.н., доц. Зінченко М. В.](#)