

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Запорізький національний технічний університет

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійних робіт з дисципліни

**«Бездротові технології»**

для бакалаврів спеціальності 123 "Комп'ютерна інженерія",  
усіх форм навчання

**Модуляція сигналів. Частина 1**

Методичні вказівки до виконання самостійних робіт з дисципліни "Бездротові технології" для бакалаврів спеціальності 123 "Комп'ютерна інженерія", усіх форм навчання. Модуляція сигналів. Частина 1 / Укл. Г.Г.Киричек, О.Г.Бедняк. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 30 с.

Укладачі:

Г.Г. Киричек, доцент, к.т.н.  
О.Г. Бедняк, ст.викладач

Рецензент:

М.Ю. Тягунова, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

Г.Г. Киричек, доцент, к.т.н.

Затверджено  
на засіданні кафедри КСМ  
Протокол № 7 від 21.01.2019

Рекомендовано до видання  
НМК КНТ  
Протокол № 6 від 28.01.2019

## ЗМІСТ

1 Лабораторна робота №1 .....	4
1.1 Технічні засоби .....	4
1.2 Теоретичні відомості.....	4
1.3 Загальне завдання .....	6
1.4 Зміст звіту.....	9
1.5 Контрольні питання.....	9
2 Лабораторна робота №2 .....	10
2.1 Технічні засоби .....	10
2.2 Теоретичні відомості.....	10
2.3 Частина 1. Модуль - Master Signals.....	11
2.4 Частина 2. Модуль - Speech .....	16
2.5 Частина 3. Модуль - Buffer .....	17
2.6 Зміст звіту.....	20
2.7 Контрольні питання.....	20
3 Лабораторна робота №3 .....	21
3.1 Частина 1. Модуль - Суматор.....	21
3.2 Частина 2. Модуль - Фазообертач.....	24
3.3 Зміст звіту.....	25
3.4 Контрольні питання.....	25
4 Лабораторна робота №4 .....	26
4.1 Робота генератора регульованої амплітуди .....	26
4.2 Зміст звіту.....	29
4.3 Контрольні питання.....	29
Список рекомендованої літератури .....	30

## 1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 Цифровий осцилограф

**Мета роботи** - вивчення процедури налаштування цифрового осцилографа. Навчитися підключати осцилограф до досліджуваного об'єкта, вимірювати амплітуду та період сигналу.

### 1.1 Технічні засоби

Осцилограф є одним з найбільш універсальних засобів тестового обладнання в електронній промисловості. Він призначений для візуального спостереження і дослідження форми сигналів (рис.1.1).

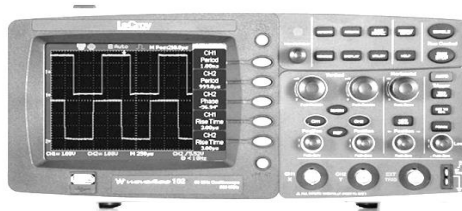


Рисунок 1.1 - Осцилограф

Дане обладнання дозволяє досить точно і оперативно вимірювати основні параметри сигналів: амплітуду, частоту, часові інтервали, фазовий зсув і ін. З цього випливає, що осцилограф особливо корисний при налаштуванні і тестуванні систем зв'язку і телекомунікаційного устаткування. Він буде використовуватися вами у лабораторних роботах (даного циклу) і технічно є цифровим двоканальним осцилографом LeCroy з пропускнуою здатністю 100 МГц.

### 1.2 Теоретичні відомості

Розглянемо визначення деяких електротехнічних термінів, які використовуються в даній роботі.

Якщо ви вже зустрічалися з ними - все одно варто прочитати визначення і перевірити себе:

– **амплітуда** сигналу - максимальне значення зміщення хвилі від точки рівноваги, фізична величина, яка вимірюється в вольтах (В). Зазвичай вимірюється від середнього значення сигналу до його верхньої точки (називається піковою напругою) або від нижньої точки до верхньої точки (подвійна пікова напруга - peak-to-peak voltage);

– **період** сигналу - час, протягом якого відбувається одне повне коливання (тривалість одного циклу, вимірюваного в секундах (с)). Період - величина обернено пропорційна частоті сигналу. Якщо період малий, він виражається в мілісекундах (мс) і мікросекундах (мкс);

– **частота** сигналу - кількість періодів за секунду, вимірюється в герцах (Гц). Якщо за секунду проходить багато циклів, частота виражається в кілогерцах (кГц) і навіть в мегагерцах (МГц);

– **синусоїда** - це періодичний сигнал, форма якого показана на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 - Синусоїда

– **прямокутний** сигнал - це періодичний сигнал, який має форму, показану на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 - Прямоугольный сигнал

### 1.3 Загальне завдання

Далі зробіть наступне:

- а) увімкніть осцилограф і дайте йому нагрітися. Через деякий час сигнал повинен з'явитися на екрані;
- б) встановіть перемикачем Intensity (інтенсивність сигналу) значення 75%;
- в) увімкніть тільки перший канал (кнопка CH1 включена, CH2 вимкнена);
- г) управління вертикальною розгорткою (блок Vertical):
  - встановіть регулятором Vertical значення  $2V / \text{div}$  для першого каналу;
  - натисніть на регулятор Position для установки вертикальної позиції сигналу на екрані в середнє значення.
- д) управління горизонтальною розгорткою:
  - встановіть регулятором Horizontal значення горизонтальної розгортки  $100\mu\text{s} / \text{div}$ ;
  - натисніть на регулятор Position для установки горизонтальної позиції сигналу на екрані в середнє значення.
- е) натисніть кнопку TrigMenu (меню Тригер) і в меню, яке з'явиться на екрані виконайте наступні налаштування:
  - тип: фронт;
  - джерело: CH1;
  - полярність: по фронту;
  - режим запуску: Авто;
  - в підміню Запуск зв'язок входу, вибрати тип сигналу змінний;
  - регулятором Level налаштуйте рівень сигналу синхронізації 2V.
- ж) тестування. Використовуйте кабель осцилографа, щоб з'єднати вхід CH1 осцилографа з виходом модуля Master Signals (2kHz Digital) стенду Emona Telecoms-Trainer 101.

**Примітка.** Якщо налаштування осцилографа виконані вірно, то ви повинні побачити стійкий прямокутний сигнал на дисплеї.

Виконуючи вимірювання амплітуди сигналу змінного струму за допомогою осцилографа, зазвичай вимірюють пікову (peak-to-peak)

напругу. Під цим розуміється різниця між найнижчою і найвищою точками сигналу, як показано на рисунку 1.4.

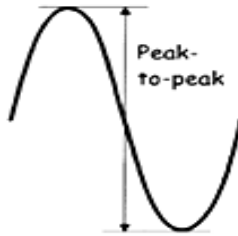


Рисунок 1.4 - Пікова напруга

При вимірюванні амплітуди прямокутного сигналу знаходиться різниця між максимальним і мінімальним значенням сигналу.

Проведіть вимірювання амплітуди сигналу змінного струму, виконавши такі дії:

- використовуйте регулятор Vertical каналу CH1 для збільшення зображення сигналу на екрані;
- використовуйте регулятор Position налаштування вертикальної розгортки каналу CH1 щоб помістити нижню лінію сигналу на будь-яку з горизонтальних ліній на екрані;
- використовуйте регулятор Position горизонтальної розгортки, щоб співвіднести середину імпульсу з віссю X на екрані.

Зображення на екрані має бути таким як на рисунку 1.5.

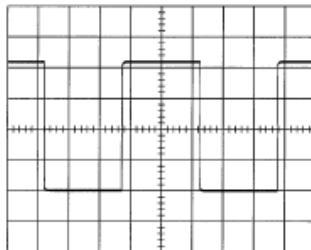


Рисунок 1.5 - Амплітуда сигналу змінного струму

- підрахуйте число поділів від початку сигналу до його вершини. (поділ має вагу 0,2);
- помножьте отримане число на значення вертикальної розгортки, вказане в нижньому лівому куті екрану. І запишіть отримане значення амплітуди.

Іншою важливою вимірювальною характеристикою сигналу змінного струму є період.

Період - це час одного циклу сигналу, він показаний на рисунку 1.6. Знаючи період можна обчислити частоту сигналу.

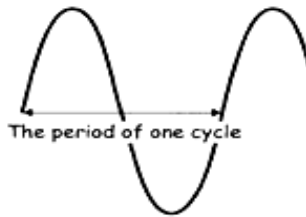


Рисунок 1.6 - Період

Проведіть вимірювання періоду сигналу змінного струму і обчисліть його частоту, виконавши такі дії:

- використовуйте регулятор Horizontal для розширення сигналу на екрані, щоб було видно один повний цикл;
- використовуйте регулятор Position настройки вертикальної розгортки каналу CH1 для вирівнювання сигналу по горизонтальній лінії посередині екрану;
- використовуйте регулятор Horizontal, щоб співвіднести початок сигналу з першої вертикальною лінією на екрані.

Зображення, отримане на екрані має бути як на рисунку 1.7:

- підрахуйте кількість поділів для одного повного циклу сигналу. (поділ має вагу 0.2);
- помножьте отримане число на значення горизонтальної розгортки, вказане в низу в центрі екрану (позначено M);
- використовуйте отримане значення періоду, щоб обчислити частоту сигналу.



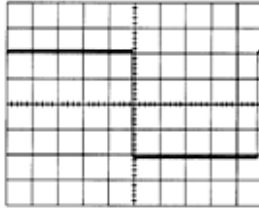


Рисунок 1.7 – Період сигналу змінного струму

Виконання обчислення частоти по періоду.

Період сигналу - час одного повного циклу. Вимірюється в секундах.

За визначенням частота - кількість циклів сигналу, які відбуваються за одну секунду.

Таким чином, щоб обчислити частоту сигналу необхідно розділити одну секунду на період  $f = 1s/p$ .

#### 1.4 Зміст звіту

- хід роботи;
- графічне зображення всіх етапів роботи;
- основні схеми з'єднань;
- заповнені таблиці;
- результати проведених обчислень, отримані в ході виконання роботи;
- відповіді на контрольні питання.

#### 1.5 Контрольні питання

1. Що розуміємо під терміном аналогова модуляція?
2. Дайте визначення амплітуди сигналу.
3. Дайте визначення частоти сигналу.
4. Дайте визначення періоду сигналу.
5. Наведіть приклад обчислення частоти сигналу за відомим значенням періоду.

## 2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 «Введення у Telecoms-Trainer 101. Модули Master Signals, Speech и Buffer»

**Мета роботи** - вивчити роботу стенду Emona Telecoms-Trainer та його модулів.

### 2.1 Технічні засоби

В ході роботи використовується наступне обладнання:

- стенд Emona Telecoms-Trainer 101;
- двоканальний 100 МГц осцилограф;
- два з'єднувальних дроти для осцилографа;
- комплект з'єднувальних проводів Emona Telecoms-Trainer.

Emona Telecoms-Trainer 101 використовується для вивчення принципів зв'язку і телекомунікації. Стенд дозволяє фізично збирати блок-схеми, які містяться в підручниках по телекомунікації. Блок-схема - спрощене представлення більш складної схеми.

Блок-схеми використовуються для того, щоб представити принцип роботи електронних систем (наприклад, таких як радіопередавач) не вдаючись у принципи роботи самої схеми. Кожен блок є частиною схеми, яка виконує окреме завдання і називається відповідно їй.

Приклади загальних блоків в комунікаційному устаткуванні:

- суматор;
- фільтр;
- фазообертач і ін.

### 2.2 Теоретичні відомості

Два сигнали, які **збігаються по фазі** один з одним є синхронізованими. Таким чином, вони змінюються одночасно.

Два сигнали, які **не збігаються по фазі** не є синхронізованими. Таким чином, вони не збігаються один з одним. Приклад двох сигналів, які не збігаються по фазі наведено на рисунку 2.1.

**Здвиг фаз** показує, наскільки два сигнали не збігаються по фазі, і вимірюється в градусах. У синфазних сигналів здвиг фаз дорівнює  $0^\circ$ . У сигналів, які не збігаються по фазі, зрушення фаз може бути від  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

**Синусоїдальна хвиля** - періодично повторюється сигнал з формою показаної на рисунку 2.2.

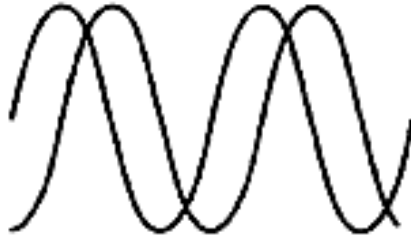


Рисунок 2.1 – Синусоїда і косинусоїда

**Косинусоїда** - проста синусоїдальна хвиля, яка не збігається за фазою з іншою синусоїдальною хвилею на  $90^\circ$ . Синусоїда і косинусоїда показані на рисунку 2.1.



Рисунок 2.2 – Синусоїдальна хвиля

### 2.3 Частина 1. Модуль - Master Signals

Модуль Master Signals – це генератор АС сигналу або осцилятор. Він має шість виходів.

Аналогові:

синусоїда на 2 кГц  
 синусоїда на 100 кГц  
 косинусоїда на 100 кГц

Цифрові:

прямокутний сигнал на 2.083 кГц  
 прямокутний сигнал на 8.33 кГц  
 прямокутний сигнал на 100 кГц

Кожен сигнал доступний на роз'ємі лицьовій панелі модуля.

З'єднайте осцилограф і модуль Master Signals (вихід 2 кГц SINE), як показано на рисунку 2.3.

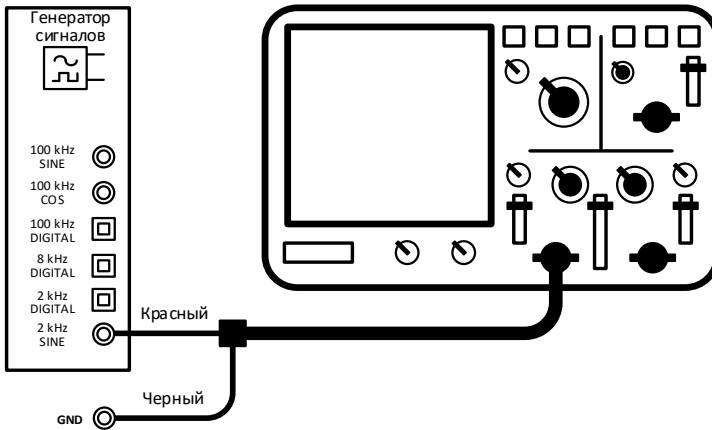


Рисунок 2.3 - З'єднання осцилографа і модуля Master Signals

Це з'єднання може бути представлено блок-схемою, зображеною на рисунку 2.4.

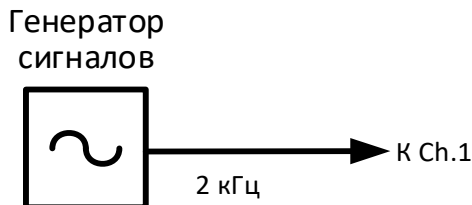


Рисунок 2.4 – Блок-схема з'єднання

Далі зробіть наступне:

а) увімкніть осцилограф, дайте йому прогрітися. Переконайтесь, що:

- включений канал CH1;
- стенд Емона підключений до входу осцилографа CH1;

б) виконайте авто налаштування:

- натисніть кнопку AUTO на лицьовій панелі;

– приберіть з екрану меню авто настройки кнопкою MENU ON / OFF;

в) виконайте настройку регулятором Horizontal так, щоб побачити на екрані два або більше циклів сигналу;

г) виміряйте амплітуду сигналу;

д) виміряйте період сигналу;

е) обчисліть частоту сигналу, використовуючи отримане значення періоду. Запишіть отримані дані в таблицю 2.1.

**Примітка.** Процедура вимірювання амплітуди і періоду, а також обчислення частоти сигналу описані в лабораторній роботі №1.

Повторіть кроки б) – е) для двох інших аналогових виходів модуля Master Signals.

Таблиця 2.1 - Обчислення частоти сигналу

	<i>Вихідна напруга</i>	<i>Період</i>	<i>Частота</i>
<i>2kHz SINE</i>			
<i>100kHz COS</i>			
<i>100kHz SINE</i>			

**Попросіть викладача перевірити результати вашої роботи, перш ніж продовжити.**

Для роботи деяких телекомунікаційних систем потрібно два (або більше) синусоїдальних сигнали, які збігаються за частотою, але не збігаються по фазі. Приклади пар таких синусоїдальних хвиль, наведені на рисунку 2.5.

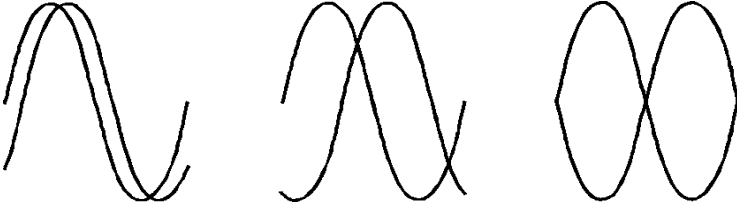


Рисунок 2.5 - Приклади пар синусоїдальних хвиль

Проведіть вимірювання зсуву фаз між виходами 100кГц SINE і COSINE модуля Master Signals, виконавши наступні кроки.

З'єднайте пристрої як наведено на рисунку 2.6.

**Примітка.** Підключіть чорні штекера кабелів осцилографа в гніздо заземлення (*GND*).

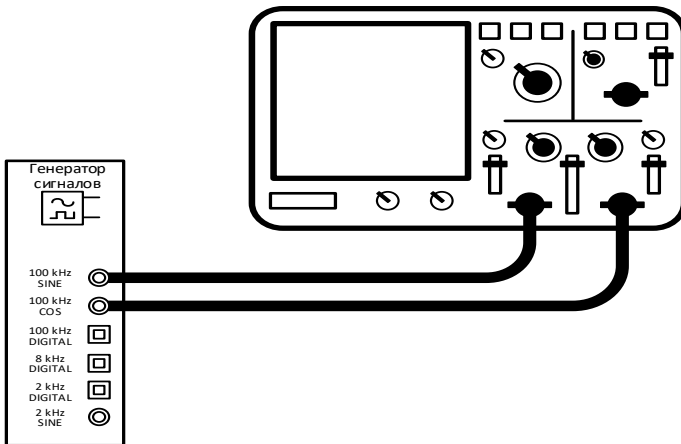


Рисунок 2.6 – З'єднання пристроїв

Увімкніть другий вхід осцилографа кнопкою CH2, щоб побачити на екрані обидва сигнали модуля Master Signals на виходах 100кГц.

Далі зробіть наступне:

а) виконайте авто налаштування:

– натисніть кнопку AUTO на лицьовій панелі;

– приберіть з екрану меню авто настройки кнопкою MENU ON / OFF;

б) виконайте настройку регулятором Horizontal так, щоб побачити на екрані два або більше циклів сигналу;

в) використовуйте регулятор Position вертикальної настройки обох каналів, щоб вирівняти обидва сигнали по осі X дисплея осцилографа;

г) порахуйте кількість поділів для одного циклу сигналу першого каналу. Запишіть отримане значення періоду (P);

д) за тим порахуйте кількість поділів між двома сигналами, як показано на рисунку 2.7. Запишіть отриману різницю (dP);

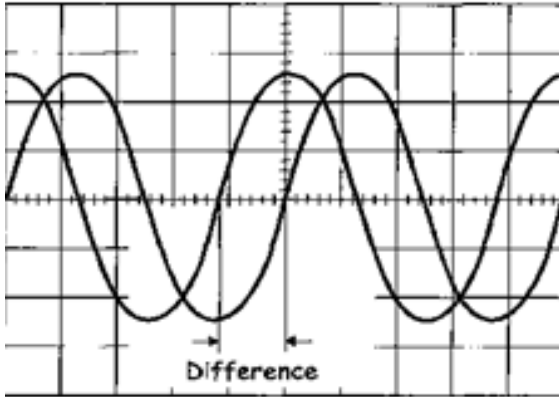


Рисунок 2.7 – Підрахунок кількості ділень між двома сигналами

е) використовуйте формулу 2.1, наведену нижче, щоб обчислити зсув фаз між двома сигналами. Запишіть результат вашого розрахунку.

$$\Phi = (dP/P) * 360^{\circ} \quad (2.1)$$

**Попросіть викладача перевірити результати вашої роботи, перш ніж продовжити.**

## 2.4 Частина 2. Модуль - Speech

Мовний модуль (Speech). Синусоїдальні хвилі широко використовуються для в ролі несучої частоти в багатьох комунікаційних системах. Основне завдання обладнання зв'язку - передача мови, а значить корисно перевіряти роботу обладнання, використовуючи мовні сигнали, замість синусоїдальних хвиль. Емопа Telecoms-Trainer 101 надає цю можливість, для цього використовується Мовний модуль.

Переконайтеся, що включений канал CH1 осцилографа.

Встановіть регулятором Horizontal значення горизонтальної розгортки  $2\text{ms} / \text{div}$ .

З'єднайте пристрій як показано на рисунку 2.8.

**Примітка.** Підключіть чорний штекер кабелю осцилографа в гніздо заземлення (*GND*).

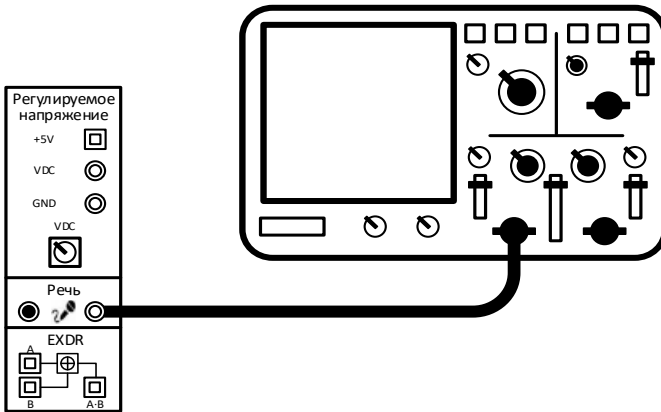


Рисунок 2.8 – Налаштування роботи Мовного модулю

Поговоріть в мікрофон і спостерігайте як відображається сигнал на екрані осцилографа.

**Попросіть викладача перевірити результати вашої роботи, перш ніж продовжити.**



## 2.5 Частина 3. Модуль - Buffer

Буферний модуль (Buffer). Підсилювачі широко використовуються в телекомунікаційному обладнанні для збільшення потужності сигналів. Вони також використовуються в якості інтерфейсу між пристроями і схемами, які не узгоджені за рівнем сигналу. Буферний модуль Emona Telecoms-Trainer 101 це підсилювач, який може бути використаний в обох випадках.

Встановіть регулятор Gain модуля Buffer приблизно на середину його обороту.

З'єднайте пристрої як показано на рисунку 2.9.

**Примітка.** Підключіть чорні штекера кабелів осцилографа в гніздо заземлення (*GND*).

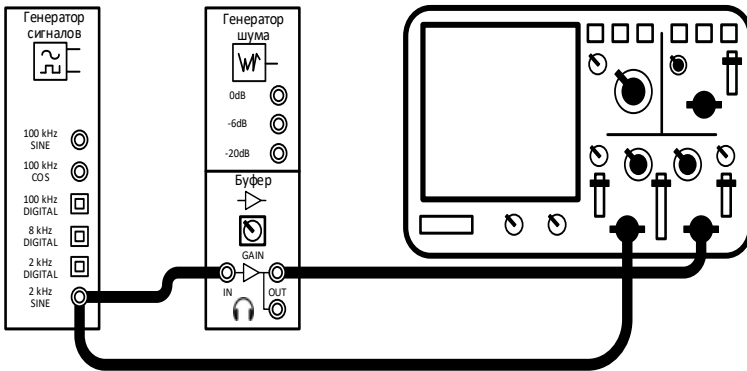


Рисунок 2.9 – Робота підсилювача

Це з'єднання може бути представлено блок-схемою, яка наведена на рисунку 2.10.

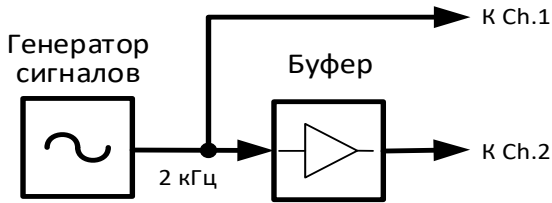


Рисунок 2.10 – Блок-схема з'єднання

Далі зробіть наступне:

- а) переконайтеся, що включені канали осцилографа CH1 і CH2;
- б) виконайте авто налаштування:

– натисніть кнопку AUTO на лицьовій панелі;

– приберіть з екрану меню авто настройки кнопкою MENU ON / OFF;

в) виконайте настройку регулятором Horizontal так, щоб побачити на екрані два або більше циклів сигналу;

- г) виміряйте амплітуду (пікова) входу  $V_{in}$  модуля Buffer (CH1).

Запишіть отримане значення в таблицю 2.2.

**Примітка.** Процедура вимірювання амплітуди сигналу описана в лабораторній роботі №1.

Виміряйте і запишіть амплітуду виходу  $V_{out}$  модуля Buffer (CH2).

Таблиця 2.2 - Амплітуда

<i>Вхідна напруга</i>	<i>Вихідна напруга</i>

Відношення величини вихідного сигналу до вхідного називається коефіцієнтом посилення. Коефіцієнт посилення може бути виражений як відношення і розраховується за формулою:

$$A_v = V_{out} / V_{in}$$

Важливо: якщо сигнал на виході підсилювача інвертований по відношенню до його входу, то перед коефіцієнтом посилення поміщається знак, щоб підкреслити цей факт.

Розрахуйте коефіцієнт посилення (з поточною установкою посилення).

Коефіцієнт посилення буферного модуля є змінним. Його можна встановити так, що вихідна напруга буде менше ніж вхідна. Це взагалі не посилення, це ослаблення або загасання.

Поверніть регулятор Gain модуля Buffer повністю проти годинникової стрілки, потім поверніть його трохи за годинниковою стрілкою, поки не побачите синусоїдальну хвилю на екрані осцилографа.

Виміряйте амплітуду вхідного сигналу. Запишіть її значення в таблиці 2.3.

Виміряйте і запишіть амплітуду сигналу на виході модуля.

Таблиця 2.3 - Амплітуда

<i>Вхідна напруга</i>	<i>Вихідна напруга</i>

Обчисліть нове посилення буферного модуля.

**Попросіть викладача перевірити результати вашої роботи, перш ніж продовжити.**

Підсилювачі використовують напругу живлення постійного струму, щоб зробити копію посиленого вхідного сигналу.

Очевидно, що напруга живлення обмежує максимальний рівень посилення. Якщо підсилювач змусити спробувати вивести сигнал, який перевищує напругу живлення, то верхні і нижні межі сигналу зачищаються. Цей тип спотворення сигналу обрізання.

Обрізання сигналу зазвичай виникає, коли на вхід подається занадто потужний сигнал. Отже, підсилювач перевантажується. Це також зустрічається, коли коефіцієнт посилення підсилювача занадто великий по відношенню до вхідного сигналу. Для демонстрації виконаємо наступні кроки:

- поверніть повністю регулятор Gain буферного модуля за годинниковою стрілкою;
- поверніть повністю регулятор Gain буферного модуля проти годинникової стрілки.

## 2.6 Зміст звіту

- хід роботи;
- графічне зображення всіх етапів роботи;
- основні схеми з'єднань;
- заповнені таблиці;
- результати проведених обчислень, отримані в ході виконання роботи;
- відповіді на контрольні питання.

## 2.7 Контрольні питання

1. Теоретичний фазовий зсув між синусоїдальної хвилею і косинусоїдою дорівнює  $90^\circ$ . Якщо у вашому вимірі він не дорівнює точно  $90^\circ$ , що є причиною?
2. Як буде виглядати вихідний сигнал, якщо коефіцієнт посилення буфера досить великий?
3. Чому вихід 100kHz SINE Модуля Master Signals беззвучний?

### 3 ЛАБОРАТОРНАЯ РОБОТА №3 «Введения в Telecoms-Trainer 101. Модулі Суматор и Фазообертач»

**Мета роботи:** познайомитися з модулями суматора і фазообертача, а також вивчити їх характеристики.

В ході роботи використовується наступне обладнання:

- стенд Emona Telecoms-Trainer 101;
- двоканальний 100 МГц осцилограф;
- два з'єднувальних дроти для осцилографа;
- комплект з'єднувальних проводів Emona Telecoms-Trainer.

#### 3.1 Частина 1. Модуль - Суматор

Модуль Суматор (ADDER) – призначений для того, щоб скласти два сигнали разом.

З'єднайте пристрої як наведено на рисунку 3.1.

**Підключіть** чорні штекера кабелів осцилографа в гніздо заземлення (*GND*).

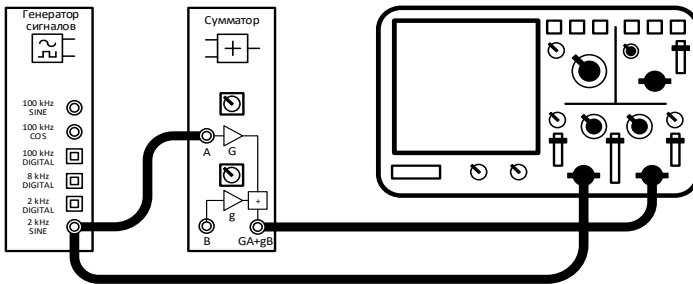


Рисунок 3.1 – З'єднання пристроїв

Дане з'єднання може бути представлено блок-схемою, що наведена на рисунку 3.2.

Далі зробіть наступне:

а) поверніть регулятор *g* (для Input B) модуля ADDER повністю проти годинникової стрілки;

б) встановіть регулятор G (для Input A) приблизно на середину його обертання;

в) увімкніть осцилограф, дайте йому прогрітися. Переконайтеся, що включені обидва канали;

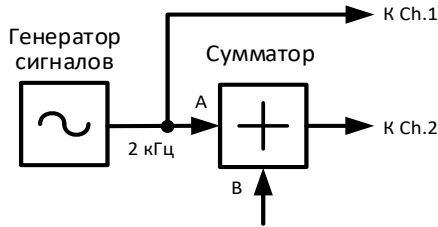


Рисунок 3.2 – Блок-схема з'єднань

г) виконайте авто налаштування:

– натисніть кнопку AUTO на лицьовій панелі;

– приберіть з екрану меню авто настройки кнопкою MENU ON / OFF;

д) виконайте настройку регулятором Horizontal так, щоб побачити на екрані два або більше циклів сигналу;

е) повертайте регулятор G до упору вліво, а потім вправо і поспостерігайте ефект;

ж) виміряйте напругу на Input A. Запишіть отримане значення в таблицю 3.1;

з) поверніть регулятор G до упору за годинниковою стрілкою;

и) виміряйте і запишіть вихідну напругу;

к) обчисліть і запишіть коефіцієнт посилення на виході

A;

л) поверніть регулятор G до упору проти годинникової стрілки;

м) повторіть кроки и) і к).

Таблиця 3.1 – Вимірювання напруги виходу A

		<i>Вхідна напруга</i>	<i>Вихідна напруга</i>	<i>Коефіцієнт посилення</i>
<i>Input A</i>	<i>Максимум</i>			
	<i>Мінімум</i>			

**Попросіть викладача перевірити результати вашої роботи, перш ніж продовжити.**

Далі зробіть наступне:

- а) поверніть регулятор G до упору проти годинникової стрілки;
- б) від'єднайте вихід 2kHz SINE модуля Master Signals від Input A і підключення його Input B суматора;
- в) поверніть регулятор G модуля Adder до упору за годинниковою стрілкою;
- г) виконайте авто налаштування:
  - натисніть кнопку AUTO на лицьовій панелі;
  - приберіть з екрану меню авто настройки кнопкою MENU ON / OFF;
- д) виміряйте вихідну напругу модуля суматора. Запишіть вая вимір в таблицю 3.2;
- е) обчисліть і запишіть коефіцієнт посилення напруги Input B модуля суматора;
- ж) поверніть регулятор G до упору проти годинникової стрілки;
- з) повторіть кроки д) і е).

Таблиця 3.2 – Вимірювання напруги виходу B

		<i>Вхідна напруга</i>	<i>Вихідна напруга</i>	<i>Коефіцієнт посилення</i>
<i>Input A</i>	<i>Максимум</i>			
	<i>Мінімум</i>			

Поверніть обидва регулятора коефіцієнта посилення модуля суматора повністю за годинниковою стрілкою.

З'єднайте вихід 2kHz SINE модуля Master Signals з обома входами модуля Adder.

Виміряйте і запишіть нову вихідну напругу.

**Попросіть викладача перевірити результати вашої роботи, перш ніж продовжити.**

### 3.2 Частина 2. Модуль - Фазообертач

Модуль фазообертача (Phase Shifter) - дає можливість фазового зсуву будь-якого сигналу майже на будь-яке значення.

- встановить перемикач Phase на позицію  $0^\circ$  модуля фазообертача;
- встановить регулятор Phase приблизно на середину його обороту;
- з'єднайте пристрої як показано на рисунку 3.3.

**Примітка.** Підключить чорні штекера кабелів осцилографа в гніздо заземлення (GND). Світлодіод на модулі фазообертача загориться, не зважайте на нього увагу. Він вказує лише на те, що була проведена автоматична настройка модуля на даний сигнал.

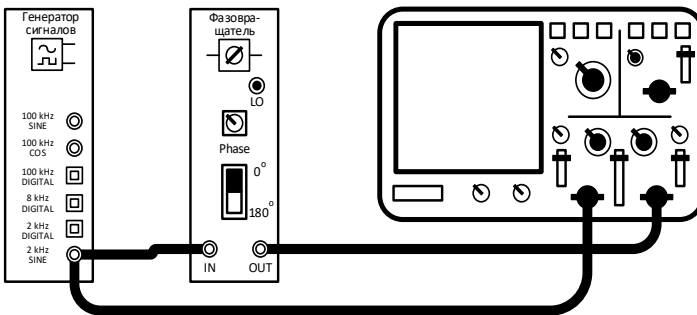


Рисунок 3.3 – З'єднання пристроїв

Дане з'єднання представлено блок-схемою на рисунку 3.4.

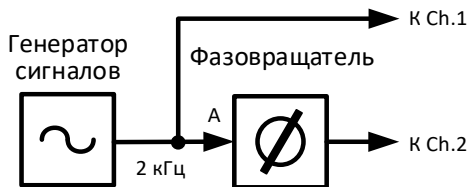


Рисунок 3.4 – Блок-схема з'єднання



Далі зробіть наступне:

а) виконайте авто налаштування:

- натисніть кнопку AUTO на лицьовій панелі;
- приберіть з екрану меню авто настройки кнопкою MENU ON / OFF;

б) встановіть перемикач Phase на позицію 180°;

в) поверніть регулятор Phase вліво, а потім вправо і поспостерігайте зміни сигналу з виходу модуля, по відношенню до вхідного.

**Попросіть викладача перевірити результати вашої роботи, перш ніж закінчити.**

### **3.3 Зміст звіту**

- хід роботи;
- графічне зображення всіх етапів роботи;
- основні схеми з'єднань;
- заповнені таблиці;
- результати проведених обчислень, отримані в ході виконання роботи;
- відповіді на контрольні питання.

### **3.4 Контрольні питання**

1. Яким налаштуванням суматора управляє регулятор G?
2. Який діапазон посилення для виходу A модуля Adder?
3. Порівняйте результати в Таблицях 1 і 2. Що можна сказати про їх коефіцієнтах посилення?
4. Яка залежність між амплітудою сигналів на входах і виходах модуля суматора?
5. Чи дійсно модуль фазообертувача здатний до зсуву сигналу на 360 °?

## 4 ЛАБОРАТОРНАЯ РОБОТА №4 «Введення в Telecoms-Trainer 101. Модуль Voltage Controlled Oscillator (VCO)»

**Мета роботи:** вивчити роботу модуля генератора регульованої амплітуди і частоти і вивчити його характеристики.

В ході роботи використовується наступне обладнання:

- стенд Emona Telecoms-Trainer 101;
- двоканальний 100 МГц осцилограф;
- два з'єднувальних дроти для осцилографа;
- комплект з'єднувальних проводів Emona Telecoms-Trainer.

Генератор регульованою амплітуди і частоти (VCO) це осцилятор, як і Master Signals, але відрізняється характеристиками:

- модуль VCO має два виходи (1 аналоговий і 1 цифровий), тоді як модуль Master Signals має шість (3 аналогових і 3 цифрових);
- вихідна частота модуля є регульованою, тоді як вихідна частота Master Signals фіксована (2 кГц, 8 кГц і 100 кГц).

### 4.1 Робота генератора регульованої амплітуди

Проведіть настройку модуля VCO, встановіть:

- регулятор Gain приблизно на середину його обороту.
- регулятор Frequency Adjust приблизно на середину обороту.
- перемикач Range модуля на позицію LO.

З'єднайте пристрої як показано на рисунку 4.1.

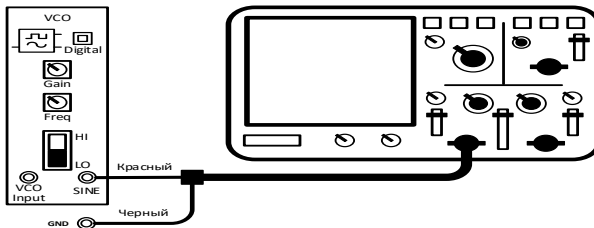


Рисунок 4.1 – З'єднання пристроїв

Дане з'єднання представлено блок-схемою на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Блок-схема

Далі зробіть наступне:

- а) увімкніть осцилограф, дайте прогрітися. Переконайтесь, що:
  - включений канал CH1;
  - стенд ЕТТ підключений до входу осцилографа CH1;

б) виконайте авто налаштування:

- натисніть кнопку AUTO на лицьовій панелі;
- приберіть з екрану меню авто настройки MENU ON / OFF;

в) виміряйте амплітуду (пікова) виходу SINE модуля VCO.

Запишіть отримане значення в таблицю 4.1.

**Примітка.** Вказівки по вимірі амплітуди сигналу наведені в лабораторній роботі №1.

Таблиця 4.1 – Амплітуда

	<i>Вихідна напруга</i>
<i>Вихід SINE</i>	

**Попросіть викладача перевірити результати вашої роботи, перш ніж продовжити.**

Далі зробіть наступне:

а) поверніть регулятор Frequency Adjust модуля VCO повністю проти годинникової стрілки;

б) виконайте настройку регулятором Horizontal так, щоб побачити на екрані два або більше циклів сигналу;

в) виміряйте період сигналу і використавши його обчисліть частоту. Запишіть частоту в таблицю 4.2;

г) поверніть регулятор Frequency Adjust модуля VCO повністю за годинниковою стрілкою;

д) виконайте настройку регулятором Horizontal так, щоб побачити на екрані два або більше циклів сигналу;

е) виміряйте період сигналу і обчисліть його частоту. Запишіть результат в таблицю 4.2;

- ж) встановить регулятор Range модуля VCO на позицію HI;  
 з) повторить шаги 6 - 11.

**Примітка.** Вказівки по виміру періоду сигналу і / або його частоти наведені в лабораторній роботі №1.

Таблиця 4.2 – Частота сигналу

	<i>Мінімальна частота</i>	<i>Максимальна частота</i>
<i>RANGE на LO</i>		
<i>RANGE на HI</i>		

**Попросить** викладача перевірити результати вашої роботи, перш ніж продовжити.

Як видно, вихідна частота модуля VCO може бути змінена вручну, використовуючи регулятор Frequency Adjust. Частота також може бути змінена електронним способом, зміною величини напруги, що подається на вхід INPUT. Далі показано, як це зробити, використовуючи модуль Variable DCV.

Встановить регулятор VCO модуля Variable DCV приблизно на середину обороту. З'єднайте пристрої як показано на малюнку 4.3.

**Примітка.** Вставте чорні штекера кабелів осцилографа в гніздо заземлення (GND).

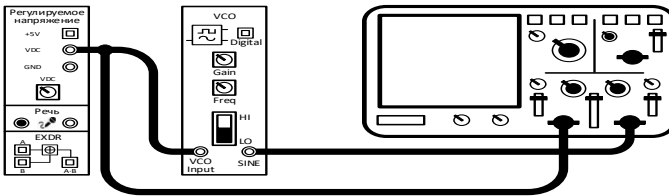


Рисунок 4.3 – З'єднання пристроїв

Дане з'єднання представлено блок-схемою на рисунку 4.4.

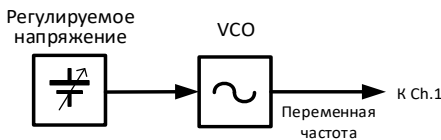


Рисунок 4.4 – Блок-схема

Далі зробіть наступне:

а) виконайте авто налаштування:

- натисніть кнопку AUTO на лицьовій панелі;
- приберіть з екрану меню авто настройки MENU ON / OFF;

б) встановіть регулятором Vertical Каналу 2 осцилографа значення  $CH2 = 2V$ ;

в) поверніть регулятор VDC модуля Variable DCV за годинниковою стрілкою і поспостерігайте зміни на екрані осцилографа;

г) поверніть регулятор VDC модуля Variable DCV приблизно на середину його обороту, потім поверніть його проти годинникової стрілки і знову поспостерігайте зміни.

**Попросіть викладача перевірити результати вашої роботи, перш ніж продовжити.**

#### **4.2 Зміст звіту**

- хід роботи та графічне зображення всіх етапів роботи;
- основні схеми з'єднань та заповнені таблиці;
- результати проведених обчислень, отримані в ході роботи;
- відповіді на контрольні питання.

#### **4.3 Контрольні питання**

1. Що відбувається з виходом VDC модуля Variable DCV коли ви повертаєте регулятор VDC за годинниковою стрілкою?

2. Що відбувається з частотою виходу модуля VCO, коли ви повертаєте регулятор VDC за годинниковою стрілкою?

3. Що відбувається з виходом VDC модуля Variable DCV, коли ви повертаєте регулятор VDC проти годинникової стрілки?

4. Що відбувається з частотою виходу модуля VCO, коли ви повертаєте регулятор VDC проти годинникової стрілки?

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Акулиничев Ю.П. Теория электрической связи: Учеб. пособие [Текст] / Ю.П.Акулиничев. - СПб.: Изд-во «Лань», 2010. - 240с.
2. Росс Дж. Беспроводная компьютерная сеть Wi-Fi своими руками. Установка, настройка, использование. Самоучитель [Текст] / Дж. Росс. – СПб.: Наука и Техника, 2009. – 384 с.
3. Ватаманюк, А.И. Создание и обслуживание сетей в Windows7 [Текст] / А.И. Ватаманюк. – СПб.: Питер, 2010. – 224 с.
4. Беделл П. Сети. Беспроводные технологии [Текст] / П.Беделл. – М.: НТ Пресс, 2008. – 448 с.
5. Гельгор А.Л. Технология LTE мобильной передачи данных [Текст] / А.Л.Гельгор, Е.А.Попов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 204 с.
6. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст] / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. // Учебник для вузов. – 5-е изд. – СПб.: Питер, 2016. – 992 с.
7. Таненбаум, Э. Компьютерные сети [Текст] / Э. Таненбаум, Д.Уэзеролл. – 5-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – 960 с.
8. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. Учеб. пособие [Текст] / А.Б.Сергиенко. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
9. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи: Учеб. пособие [Текст] / В.И. Нефедов, А.С. Сигов // Под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высш. шк., 2009. – 735 с.
10. Биккенин Р. Р. Теория электрической связи : учеб. пособие для студ. высших учебных заведений [Текст] / Р.Р.Биккенин, М.Н.Чесноков. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 336 с.