

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ФАКУЛЬТЕТ РАДІОФІЗИКИ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

**Кафедра радіотехніки та радіоелектронних систем**

До захисту допущено:

«На правах рукопису»

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Ігор АНІСІМОВ

19 грудня 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

на тему:

**«Проектування пристрою зміни голосу»**

**Виконав:**

студент 2-го курсу магістратури  
денної форми навчання  
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка  
ОПП «Захист інформації в телекомунікаціях»  
Кравченко Михайло Олексійович

\_\_\_\_\_

**Науковий керівник:**

к.ф.-м. н., доц. Кельник Олександр Ігорович

\_\_\_\_\_

**Рецензент:**

к.т.н., доц. Литвинова Тетяна Василівна

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській роботі  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань

Студент \_\_\_\_\_

Робота допущена до захисту в ЕК рішенням кафедри радіотехніки та радіоелектронних систем від 19 грудня 2022 р., протокол № 9.

Завідувач кафедри радіотехніки та радіоелектронних систем,  
доктор фіз.-мат. наук, професор  
Анісімов Ігор Олексійович

\_\_\_\_\_

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	<b>3</b>
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	4
РОЗДІЛ 2. ВИБІР МІКРОСХЕМ .....	6
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ.....	12
ВИСНОВОК.....	17

## ВСТУП

Голос кожного змінюється протягом життя. Фізіологічні та вікові зміни в організмі також впливають на голос, але, незважаючи на цю мінливість, багато людей часто замислюються над тим, як змінити голос, яким їх наділила природа.

Одні хочуть виглядати міцніше, інші - молодше, але природний тембр не дозволяє цього зробити. Звичайно, вирішення цієї проблеми є, адже змінити свій голос можна за допомогою спеціальних тренувань. Ну а ті, хто не хоче витратити час на виконання складних вправ, користуються досягненнями сучасної електронної техніки.

Або ж можливо виникає потреба замаскувати свій голос, щоб тебе не впізнала людина яка з тобою розмовляє.

Якщо ми говоримо про розваги, то чому б не згадати дитячі розіграші та телефонні розіграші дорослих. Творці сучасної іграшки-шпигуна точно знають, як змінити звук телефону, не прикладаючи до динаміка носову хустинку чи папірець. Існують кращі способи обробки електронного звуку під час розмови по стаціонарному або мобільному телефону.

У особливу категорію пустотливих товарів входить шифратор голосу – це крихітний електронний пристрій, який дуже популярний. Телефон з такою приставкою легко вирішує проблему - як змінити голос до невпізнання

Шифратор оснащений перемикачем, що дозволяє регулювати висоту мови, а додатковий підсилювач забезпечує ідеальну чутність. Пристрій дуже простий у використанні - все, що вам потрібно зробити, це вибрати потрібний параметр, перш ніж змінити голос на телефоні. Телефон передає лише емоційне забарвлення мови, тембр звуку повністю змінюється.

Метою дипломного проекту є розробка приладу зміни голосу.

## РОЗДІЛ 1

## ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

**Голос**

Як можна впізнати людину за голосом? Можна відповісти, що Голос кожного має унікальну якість, яку ми чуємо. Але якщо кількісно оцінити ці якості, щоб об'єктивно виміряти їх? І на це питання приходить на думку одна відповідь, яка підсумовується словом «спектр».

Мікрофон перетворює мову в сигнал змінного струму, який можна спостерігати за допомогою осцилографа. Наприклад, чотири вимовлені слова можуть нагадувати малюнок 1.

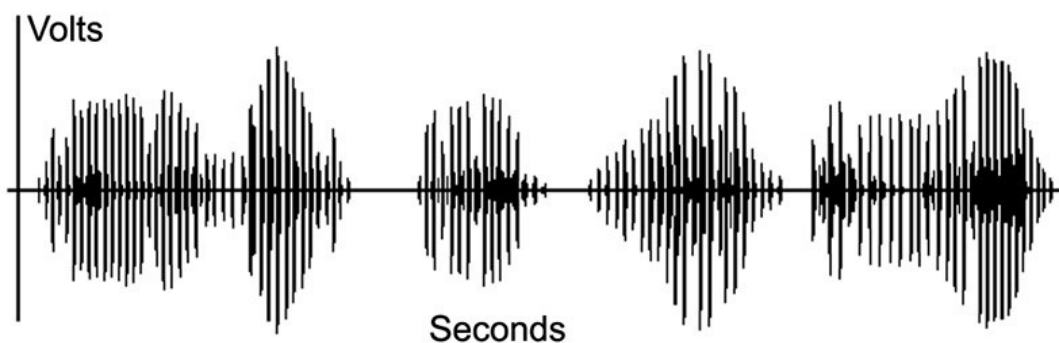


Рис. 1

На малюнку 1 видно сигнал, але як його зрозуміти? Зрештою, щоб зробити голосовий перетворювач, потрібно змінити цей сигнал так, щоб звучало, ніби хтось інший говорить ці слова. Повертаючись до спектру.

**Спектр**

Очевидно, що сигнал на малюнку 1 є деякою складною функцією часу. Але ще в 1807 році чоловік на ім'я Джо Фур'є написав статтю, в якій показав, що з математичної точки зору такий складний сигнал можна записати як суму простих синусоїд. Кожен компонент синусоїди матиме певну амплітуду та частоту. Подібно до веселки в білому світлі, сукупність синусоїдальних хвиль є спектром сигналу. Через наші дещо інші системи вимови, коли я говорю слово «помідор», воно має дещо інший спектр, ніж коли ви кажете «помідор». Наш мозок може розрізняти ці відмінності.

## Змінення голосу

Отже, щоб зробити голосовий перетворювач, нам потрібно лише взяти сигнал з мікрофона, змінити його спектр і вивести на динамік. Є декілька методів як можна це зробити.

Нижче наведені деякі з цих методів.

## Стиснення

Одним із аспектів звуку, який впливає на його спектр, є динамічний діапазон: коли ми говоримо, наші голоси стають голоснішими та тихішими. Якщо б ми ніколи не змінювали гучність голосу, він звучав би механічно. Таким чином, одним з методів зміни мови є використання компресії. За допомогою схем автоматичного регулювання посилення (АРП) можна підсилити сигнал, коли він слабкий, і послабити його, якщо він великий. Схеми АРП зазвичай використовуються в комерційних системах двостороннього радіозв'язку, які використовуються аварійним персоналом

На малюнку 2 показаний спосіб виготовлення компресора. Він заснований на діодах. Підсилювач налаштований на фіксоване посилення. Вхід надходить через дільник напруги, утворений резисторами R1 і  $r_d$  (динамічний опір діода). Струм ( $I_d$ ) через діод контролюється вихідною амплітудою,  $r_d = k / I_d$ .

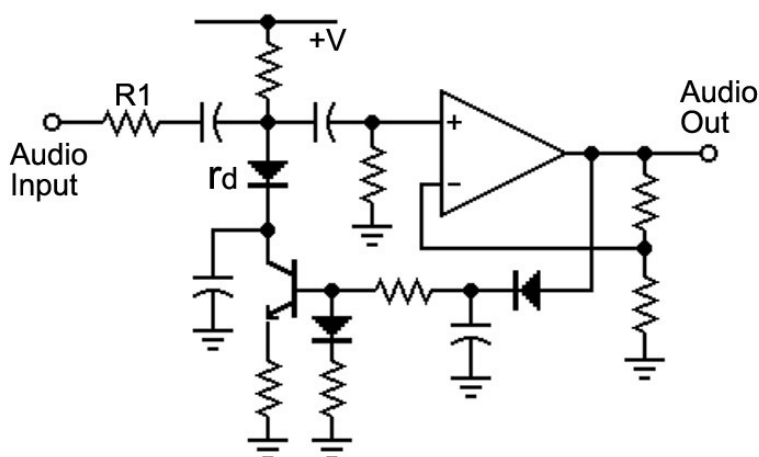


Рис. 2

## Спотворення

У двосторонньому радіо хочуть зберегти якість аудіо, щоб зробити його легким для розуміння. Але в системі зміни голосу невелике спотворення може бути корисним. Таким чином, на додаток до АРП, також можна додати невелике «розмиття» до звуку, відсікаючи піки синусоїди за допомогою обмежувача. Відсікання робить синусоїду більш схожою на прямокутну, додаючи до мовного сигналу високочастотні гармоніки. На малюнку 3 показана схема простого обмежувача. Використання трьох діодних струн на шляху зворотного зв'язку робить його м'яким обмежувачем, що означає, що кути вершини хвилі округлені. Жорсткий обмежувач створює фактичну прямокутну хвилю.

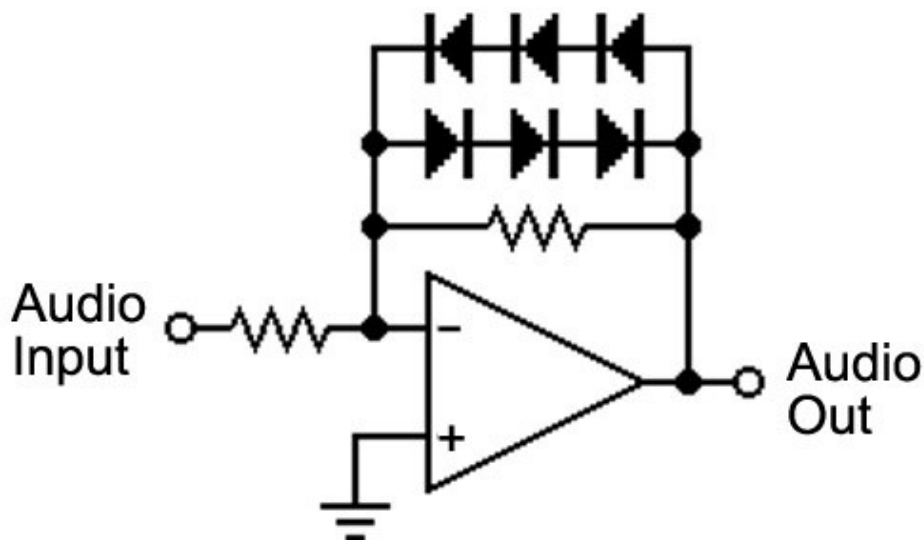


Рис. 3

## Резонанс

Вставляючи форманти в середину звукового спектру, можна отримати деякі цікаві ефекти. Це можна зробити за допомогою схеми мосту, як показано на малюнку 4. Негативний зворотний зв'язок встановлено достатньо високо, щоб запобігти коливанию. Ефект стає більшим, оскільки зменшується негативний зворотній зв'язок.

Використовуючи відповідні значення резистора на шляху негативного зворотного зв'язку, можна уникнути дзвону в діапазоні потенціометра.

Відрегулювавши значення  $Q$  схеми налаштування зворотного зв'язку, можна встановити смугу пропускання.

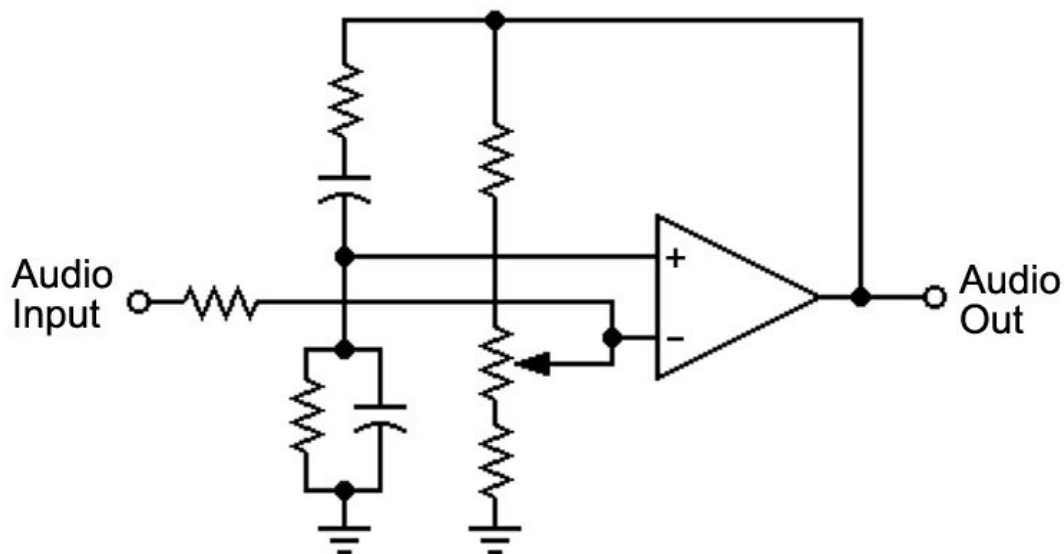


Рис. 4

### Змішування

Використовуючи смуговий фільтр, звуковий спектр можна розділити на кілька піддіапазонів. Амплітуду сигналу в кожній смузі частот можна налаштувати, щоб змінити звучання звуку (див. Малюнок 5). Це робиться на мікшерному пультах в студії звукозапису, де слово «мікшування» відноситься до лінійного адитивного процесу. Змішування, виконане модулятором, є нелінійним процесом множення. Нелінійне змішування створює нові частоти, а лінійне – ні.

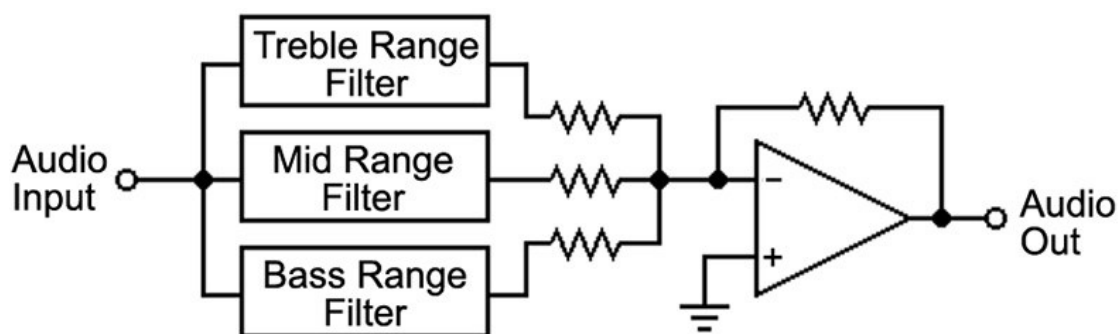


Рис. 5

### Holtek NT8950 IC

NT8950 "Голосовий модулятор" призначений для використання в голосових перетворювачах. Це дозволяє переміщати весь спектр мовлення

вгору або вниз за частотою. Він може забезпечити вібрато на частоті 8 Гц. Він також може створити те, що вони називають «голосом робота». Схема на малюнку 6 адаптована з таблиці даних HT8590. Цю мікросхему можна знайти в кількох комплектах конвертерів голосу, які зараз продаються

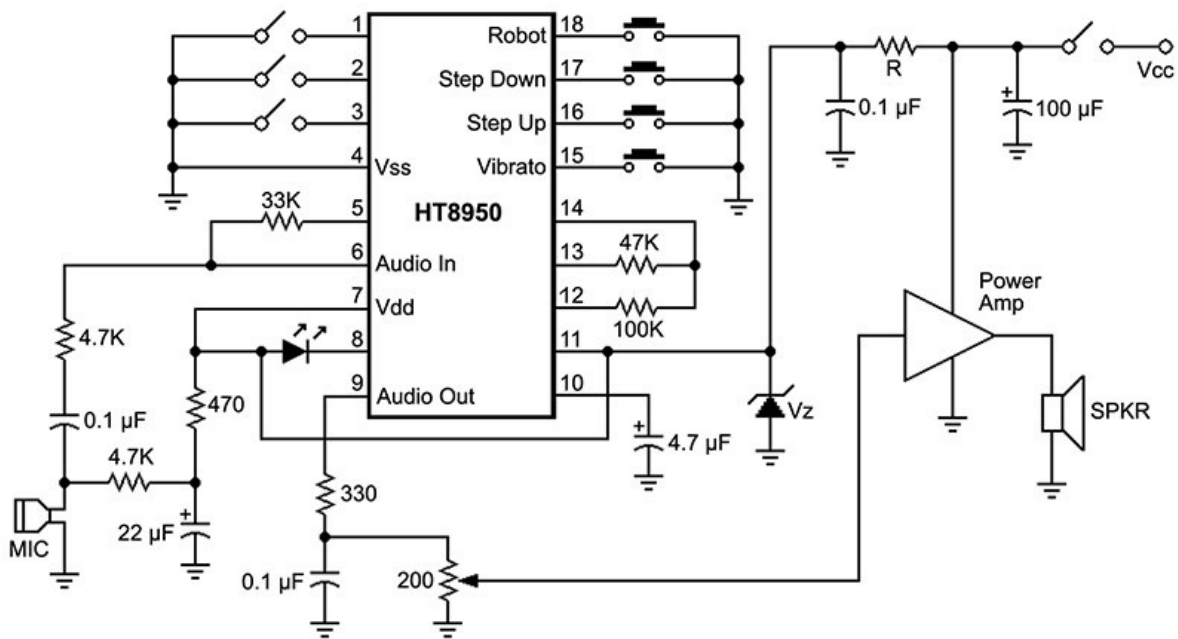


Рис. 6

## РОЗДІЛ 2. ВИБІР МІКРОСХЕМ

Завдяки деяким дослідженням я виявив, що видозмінений голос створюється шляхом змішування голосу людини з синусоїдальною хвилею фіксованої частоти в кільцевому модуляторі (також відомому як збалансований модулятор). Я виявив, що частота синусоїдальної хвилі змінюється від джерела до джерела; діапазон становить від 30 Гц до 100 Гц. Мовний сигнал має типову форму хвилі двосмугової передачі з придушеною несучою, створювану збалансованим модулятором. На малюнку 7 показаний спрощений варіант. Зовнішньою огибаючою буде низькочастотна синусоїда, а внутрішнім сигналом буде мова.

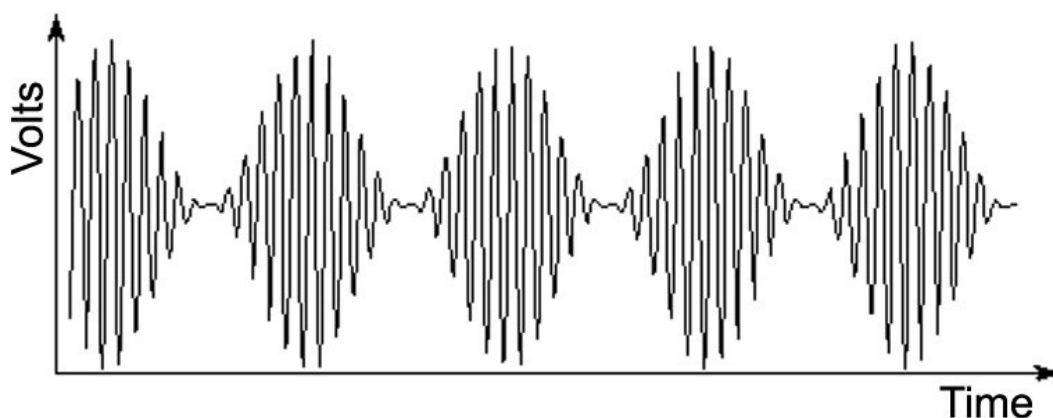


Рис. 7

Збалансовані модулятори використовуються в радіочастотному процесі для генерації та виявлення сигналів. (Коли використовується в детекторі, він називається змішувачем.) Двосмугова передача з придушеною несучою в основному є сигналом АМ, але без несучої. Його вихід містить лише суму та різницю частот, що досягається множенням звуку на несучу фіксовану частоту.

Збалансовані модулятори можна створити декількома способами. Можна було б використати мікросхему, призначену для цієї мети, наприклад М1496 або таку як AD633. 1496 вимагає +12 В, -8 В, багато резисторів і

конденсаторів, і дуже точно налаштовані підлаштовні резистори. 633 відносно дорогий, але є і інші способи це реалізувати.

На малюнку 8 показаний класичний чотирьох-діодний кільцевий модулятор.

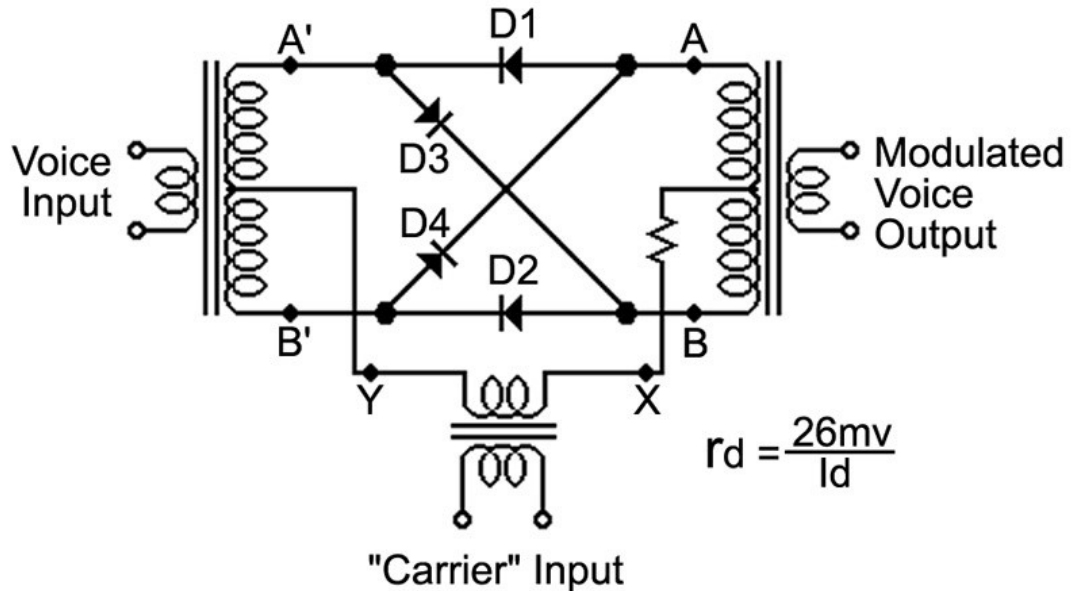


Рис. 8

Якщо на перший погляд це схоже на мостовий випрямляч, то при найближчому розгляді видно, що діоди не пристосовані для випрямлення. Натомість діоди діють як перемикачі. Динамічний опір ( $r_d$ ) діода становить приблизно  $r_d = 26 \text{ мВ}/I_d$ .

Немає струму ( $I_d = 0$ ),  $r_d$  дуже високий і діодний перемикач увімкнено. Якщо  $I_d$  стає 10 мА, тоді  $r_d$  стає 2,6 Ом і діодний перемикач замикається. Вхід носія забезпечує струм діода.

Посилаючись на малюнок 8, якщо точка X додатна відносно точки Y, діоди D1 і D2 проводять і з'єднують точку A з A' і точку B з B', дозволяючи входу перетікати на вихід. Однак, якщо точка Y позитивна відносно точки X, діоди D3 і D4 проводять і з'єднують точку A з B' і точку B з A'. Тепер вхід надходить на вихід, але зі зрушенням фази на 180°. По суті, вхідні дані множаться на -1 і змінюються. Звук помножується на вхід несучої. Несучий струм – це біполярна прямокутна хвиля (перемикання між +I та -I). Необхідно, щоб ці діоди вмикалися та вимикалися швидко та чітко.

Якщо припустити, що всі діоди точно підігнані, і центральне відведення трансформатора знаходиться точно посередині, струм від входу несучої буде проходити двонаправлено від середини трансформатора. Це означає, що в трансформаторі немає сумарного потоку від несучої, тому він не з'єднаний з виходом (несуча придушена).

Так як мені потрібно схему не лише з трьома аудіотрансформаторами. То ще є схема з діодною комутацією — збалансований мостовий модулятор, як показано на малюнку 9.

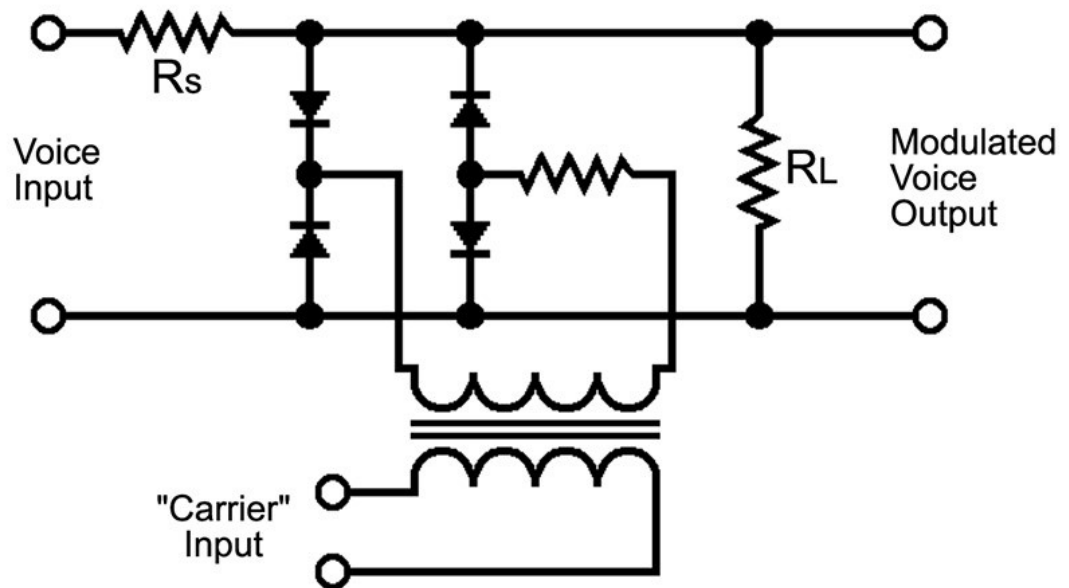


Рис. 9

Резистори  $R_S$  і  $R_L$  утворюють дільник напруги з  $R_L \gg R_S$ . Коли діодний перемикач увімкнено, вихід  $V_{out} = [ R_L / (R_L + R_S) ] \times V_{in} \approx V_{in}$ . Коли перемикач діода закритий, дуже низький опір ( $R_D$ ) паралельно  $R_L$ . Оскільки  $R_D \ll R_L$ , ми маємо  $V_{out} \approx (R_D / R_S) \times V_{in} \approx$  нуль. Ця схема ефективно помножує мовний сигнал на однополярну прямокутну хвилю (перемикаючись між  $+1$  та  $0$ ): половина часу  $V_{out} \approx V_{in}$ ; половина часу  $V_{out} \approx 0$ .

З використанням цих схем можна зробити схему перетворювача голосу з аналоговим перемикачем ІС.



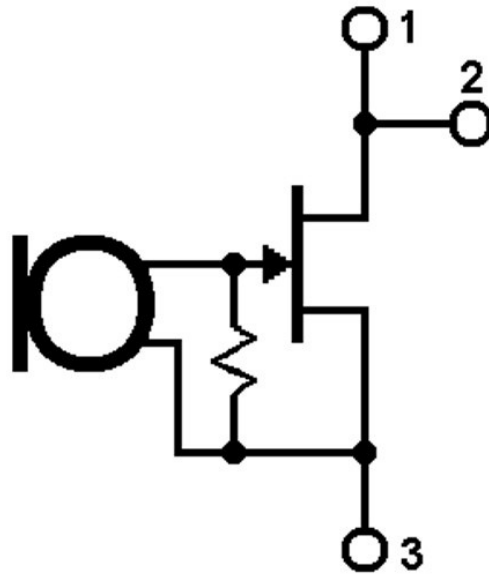


Рис. 11

Для IC4 потрібні позитивні та негативні шини живлення. Оскільки я обрав однофазову напругу для живлення плати, мені необхідно створити окреме аудіозаземлення на половину напруги живлення. Це реалізовано за допомогою 1% резисторів R4 і R5. Щодо заземлення аудіосистеми, фактичне заземлення виглядає як негативна напруга. Конденсатор C6 роз'єднує аудіозаземлення, створюючи низький опір змінного струму до фактичного заземлення.

При збиранні схеми джерело живлення необхідно дуже чітко налаштувати. Бо будь-який шум постійного струму від джерела змінного струму буде посилений. C11 призначений для видалення аудіо.

Мовний сигнал із мікрофона у поєднанні з C5 подається на буферизований операційний підсилювач IC4. Оскільки електричний мікрофон створює відносно великий сигнал, IC4 налаштований на одиничне посилення. Щоб використовувати кристалічний мікрофон, IC4 потрібно переконфігурувати, щоб забезпечити певне посилення. R6 відноситься до входу IC4 до заземлення звуку. C5 дозволяє мікрофону використовувати справжнє заземлення, тоді як IC4 використовує аудіо заземлення. Вихід IC4

надходить на IC5, аналоговий перемикач CD4066. Я обрав 741 для IC4, тому що вони дешеві, їх легко отримати, і при необхідності замінити.

IC1 — це мікросхема таймера CMOS 555, яка працює в нестабільному стані. IC2 — це подвійний тригер CD4027 JK, який ділить вихід 555 на 4 для того, щоб отримати прямокутну хвилю. С1 я використав, щоб встановити найбільш підходящу частоту. Я використав 0,022 мкФ, щоб отримати несучу частоту приблизно 50 Гц.

Вихід мікросхеми IC2 є керуючим сигналом для аналогового перемикача, тому це «носій», який модулює аудіо, відкриваючи та закриваючи перемикач. Модульоване аудіо з IC5 надходить до підсилювача потужності IC6 через потенціометр R7, регулювання гучності. R7 також відноситься до аудіозаземлення. С7 потрібен, оскільки вхідний сигнал IC6 LM380 пов'язаний із фактичним заземленням. Модульований аудіовихід через конденсатор підключається до динаміка, у розподільній коробці ТВ2 та легко керує динаміком потужністю 8 Вт.

S1 — перемикач на друкованій платі, який дозволяє подавати напругу живлення безпосередньо до керуючого входу IC5 (контакт 12). Це має затухаючий ефект модуляції від IC2 і змушує аналоговий перемикач залишатися закритим. Резистор R9 потрібен для ізоляції виходу IC2, коли перемикач зімкнутий. З розімкнутим перемикачем R9 не працює, оскільки IC2 і IC5 є мікросхемами CMOS. Якщо перемикач зімкнутий, ефект зміни голосу вимикається, а плата працює як звичайний підсилювач звуку.

### Компонування

Друкована плата є двосторонньою і має розміри 5 x 7,5 сантиметри. Компонування з боку компонентів показано на малюнку 12. Чотири кутові отвори діаметром 6 мм забезпечують спосіб кріплення плати. Живлення подається окремо до секцій входу та підсилювача потужності, щоб уникнути

зворотного зв'язку через шини живлення. Кожна секція має окреме заземлення.

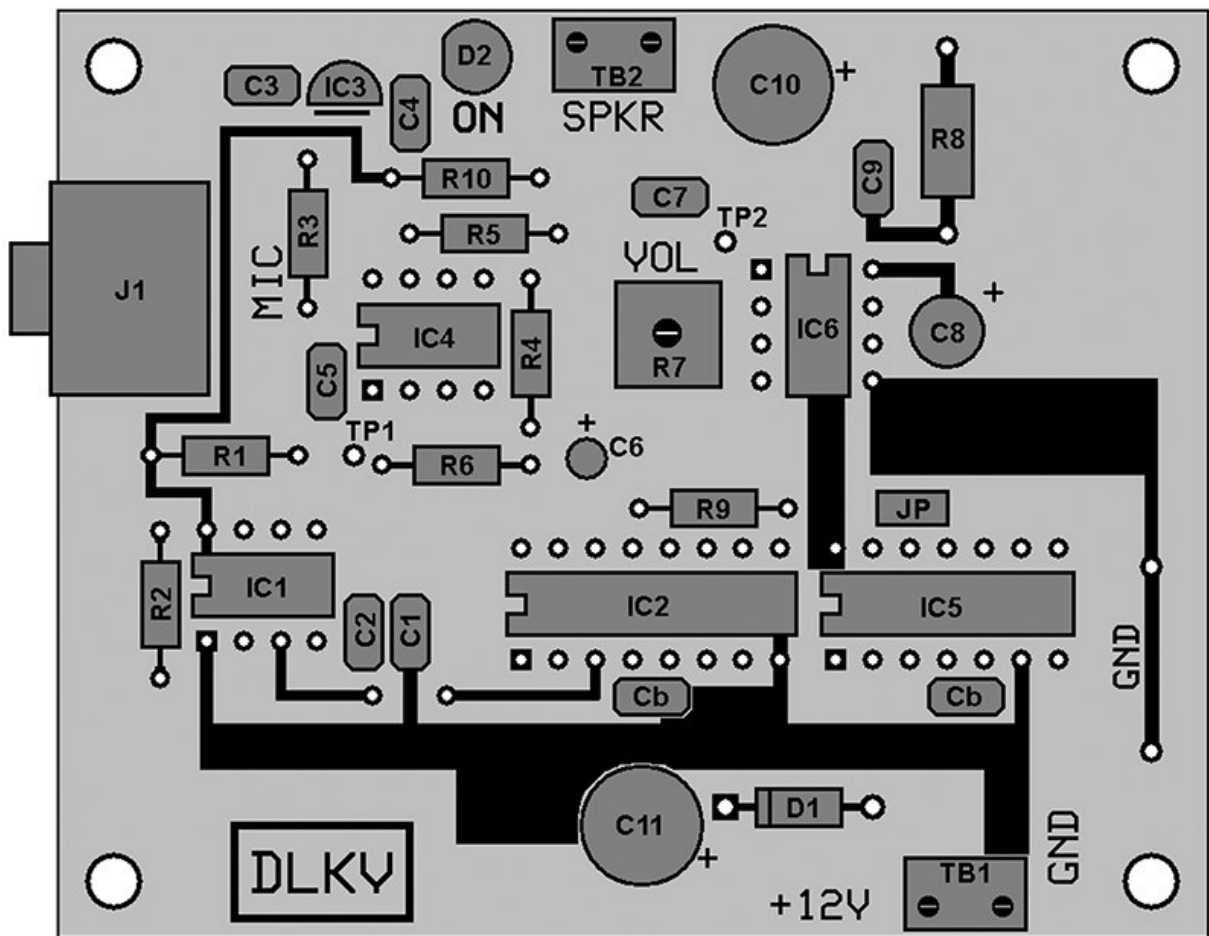


Рис. 12

### Тестові точки

На друкованій платі є дві контрольні точки. TP1 дозволяє підключити осцилограф і переглядати сигнал з мікрофона. TP2 дозволяє переглядати сигнал, що надходить на підсилювач потужності. Біля краю плати є мідна смужка, яка підключена до заземлення.

### Тест

За допомогою перемикача встановив гучність на мінімум, підключив електронний мікрофон до Mini-jack, підключив динамік та підключив 12 вольт до TB1.

Говорячи у мікрофон, та поступово збільшуючи гучність до комфортного рівня. Я переконався, що схема підсилює. Потім розімкнувши перемикач, в процесі того як говорив, я переконався, що голос змінюється.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання даної дипломної роботи був проведений порівняльний аналіз, розрахунок та проектування пристрою зміни голосу користувача.

Було спроектовано пристрій за допомогою засобів автоматизованого проектування. Спираючись на розроблену принципову схему, друковану плату та проведений аналіз можна побудувати пристрій і використовувати його на практиці, змінюючи голос при розмові.

В перспективі цей пристрій можна використовувати в ситуаціях коли потрібно залишитись анонімним, чи дізнатися якусь важливу інформацію, підлаштовуючи звучання голосу під необхідне.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Голос людини та вокальна робота з ним : монографія / [Г. Є. Стасько, О. Д. Шуляр, М. Ю. Сливоцький та ін.]; Прикарпат. нац. ун-т ім. В. Стефаника, Ін-т мистецтв. — Івано-Франківськ : Прикарпат. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2010. — 335 с.
2. Mills, Mara (2012). "MediaandProsthesis: theVocoder, theArtificialLarynx, andtheHistoryofSignalProcessing". QuiParle. 21 (1): 107–149.
3. BRUCE HAACK – FARAD: THE ELECTRIC VOICE (Medianotes). BruceHaack. StonesThrowRecords LLC. 2010.
4. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Донбас, 2007. — Т. 2 : Л — Р. — 670 с.
5. P Stoica& R Moses (2005). "SpectralAnalysisofSignals".
6. ScottMillers&DonaldChilders (2012). Probabilityandrandomprocesses. AcademicPress. pp. 370–5..
7. [Ahmed, I.; Sadiq, A.; Atif, M.; Naseer, M.; Adnan, M. \(February 2018\). "Voicemorphing: Anillusionorreality".](#)
8. Voiceconversion (VC) refersto a techniquethatconverts a certainaspectofspeechfrom a sourcetothatof a targetwithoutchangingthelinguisticcontent" Huang, etal. (2021). S3PRL-VC: Open-sourceVoiceConversionFrameworkwithSelf-supervisedSpeechRepresentations. p.1..
9. Кулаков О. В., Росоха В. О. Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках : підручник. — Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2012.
10. Ряди Фур'є // Вища математика в прикладах і задачах / Клепко В.Ю., Голець В.Л.. — 2-ге видання. — К. : Центр учбової літератури, 2009.
11. Wolfram, Eric W. "FourierSeries (eq.30)". MathWorld--AWolframWebResource. Retrieved 3 November 2021.
12. Матеріали і компоненти електроніки : Навчальна програма та методичні вказівки : Для студентів бакалаврату з напрямів підготовки 6.090800 «Електроніка», 6.050801 «Мікроелектроніка і наноелектроніка»,

6.050802 «Електронні пристрої і системи» / уклад.: С. П. Надкерничний. – К. : Нац. техн. ун-т України «Київ. політех. ін-т», 2010. — 54 с.

13. Теоретичні основи комп'ютерних напівпровідникових електронних компонентів : навчальний посібник / [Азаров О. Д., Гарнага В. А., Сапсай Т. Г., Тарасенко В. П.] — Вінниця : ВНТУ, 2015. — 135 с.