

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інформаційних електронних систем

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

РАДІОТЕХНІЧНИЙ ПРИСТРІЙ КОДУВАННЯ СИГНАЛІВ ОБ'ЄМНОГО ЗВУКУ СТАНДАРТУ DOLBY-STEREO

Виконав: студент 4-го курсу, групи ТКР-216
спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка
ОП- Радіотехніка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Тригуб О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., проф. каф. ІРТС

Семенов А.О.

(прізвище та ініціали)

«10» 06 2025 р.

Рецензент: д.т.н., доц., проф., каф. ІКСТ

Михалевський Д.В.

(прізвище та ініціали)

«11» 06 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н., проф. Осалчук О.В.

(прізвище та ініціали)

«12» 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Інформаційних електронних систем
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 17 Електроніка та телекомунікації
Спеціальність – 172 – Телекомунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н., проф. Осадчук О.В.

 22.03. 2025 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Тригубу Олександр Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **«Радіотехнічний пристрій кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo»**

керівник роботи д.т.н., проф. професор каф. ІРТС Семенов А.О.

затверджені наказом вищого навчального закладу від "20" 03. 2025 року № 97

2. Строк подання студентом роботи 10 06 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: кількість звукових каналів 6, керування - цифрове по шині I2C; регулювання гучності від 0 до -79 дБ; крок регулювання гучності 1 дБ; трисмугове регулювання тембра ± 14 дБ; крок регулювання тембра 2 дБ; забезпечити функцію тримірного ефекту; забезпечити функцію мовчання; напруга живлення 12 В.

4. Зміст текстової частини: Вступ. Звукові системи DOLBY та їх модифікації. Аналіз обладнання високоякісних систем відтворення об'ємного звуку. Розробка функціональної схеми пристрою. Електричні розрахунки каскадів пристрою. Розрахунок друкованої плати та надійності пристрою. Моделювання каскадів пристрою на ЕОМ. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Принципова схема роботи кодера Dolby Surround. Схема роботи декодера Dolby Surround. Схема роботи Pro Logic II. Блок-схема ІМС PT2322. Блок-схема мікроконтролера PIC16F887. Електрична схема блоку керування на основі мікроконтролера PIC16F887. Електрична схема кодера стандарту Dolby-Stereo. Топологія друкованої плати кодера на основі аудіопроцесора PT2322 та аудіокомутатора PT2323. Схема блоку керування на МК PIC16F887 в моделюючій програмі Proteus.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	д.т.н., проф., професор каф. ІРТС. Семенов А.О.		
Охорона праці	професор кафедри БЖДПБ, доцент, д.п.н., Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 25.03.2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БКР	14.02.2025-28.02.2025	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2025-19.03.2025	
3.	Затвердження теми. Розробка завдання на БКР.	20.03.2025-25.03.2025	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	26.03.2025-06.05.2025	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки. Експериментальне дослідження.	07.05.2025-18.05.2025	
6.	Розробка графічної частини БКР	19.05.2025-22.05.2025	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2025-25.05.2025	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	26.05.2025-05.06.2025	
9.	Нормоконтроль	07.06.2025-10.06.2025	
10.	Попередній захист БКР, доопрацювання, рецензування БКР	11.06.2025-12.06.2025	
11.	Захист БКР ЕК	13.06.2025-17.06.2025	

Студент


(підпис)

Тригуб О.С.

Керівник роботи


(підпис)

Семенов А.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.397

Тригуб О. С. Радіотехнічний пристрій кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo. Бакалаврська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2025. – 115 с. Українською мовою. Бібліогр.: 28 . назв; Рис.: 17, Табл. 35.

В бакалаврській кваліфікаційній роботі здійснено розроблення та дослідження радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo. Пристрій був розрахований з використанням сучасних ІМС іноземного виробництва. Їх використання дозволило значно спростити будову кодера об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo та зменшити кількість пасивних компонентів в електричній схемі, що призвело до зменшення габаритних розмірів та підвищення надійності пристрою. Реалізований варіант кодера об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo задовольняє вимогам технічного завдання. Для перевірки вірності розрахунків проведено моделювання блоку керування пристрою. Результати моделювання підтвердили правильність електричних розрахунків. Розроблений пристрій є функціонально-закінченим.

Ключові слова: радіотехнічний пристрій, блок кодування, звуковий сигнал, об'ємний звук, спотворення, Dolby-Stereo.

ABSTRACT

Tryhub O. S. Radio engineering device for encoding Dolby-Stereo surround sound signals. Bachelor's qualification work: VNTU, 2025. 115 p. In Ukrainian. Bibliography: 28. titles; Figures: 17, Table 5.

In his bachelor's thesis, he developed and studied a radio engineering device for encoding Dolby-Stereo surround sound signals. The device was designed using modern foreign-made ICs. Their use made it possible to significantly simplify the structure of the Dolby-Stereo surround sound encoder and reduce the number of passive components in the electrical circuit, which led to a reduction in overall dimensions and increased reliability of the device. The implemented version of the Dolby-Stereo surround sound encoder meets the requirements of the technical specifications. To verify the accuracy of the calculations, the device control unit was modelled. The modelling results confirmed the correctness of the electrical calculations. The developed device is functionally complete.

Keywords: radio-frequency device, encoding unit, audio signal, surround sound, distortion, Dolby-Stereo.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ЗВУКОВІ СИСТЕМИ DOLBY ТА ЇХ МОДИФІКАЦІЇ	11
1.1 Звукова система Dolby Surround	11
1.2 Звукова система DTS	12
1.3 Різновиди звукових систем DTS	13
1.4 Звукова система Dolby Digital	17
1.5 Кодер системи Dolby AC-3	17
1.6 Декодер системи Dolby AC-3	24
1.7 Технології Dolby Digital	26
2 АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ВИСОКОЯКІСНИХ СИСТЕМ ВІДТВОРЕННЯ ОБ'ЄМНОГО ЗВУКУ	30
2.1 Аналіз сучасних стандартів звуку	30
2.2 Обладнання стандарту Dolby	32
2.3 Обладнання стандарту THX	40
2.4 Обладнання стандарту MPEG Multichannel	43
2.5 Обладнання стандарту Digital Theater System (DTS).....	43
2.6 Розвиток обладнання стандартів Dolby, DTS і THX	46
2.7 Шумоподавлювачі.....	52
3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ	59
3.1 Обґрунтування та вибір аудіопроцесора	59
3.2 Обґрунтування та вибір аудіокомутатора	61
3.3 Обґрунтування та вибір мікроконтролера	62
3.4 Розробка принципової схеми пристрою	67
4 ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ КАСКАДІВ ПРИСТРОЮ.....	69
4.1 Електричний розрахунок кварцового генератора	69
4.2 Електричний розрахунок стабілізатора напруги	70
4.3 Розрахунок Г-подібного згладжувального RC – фільтра.....	72

5	РОЗРАХУНОК ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ ТА НАДІЙНОСТІ	74
	ПРИСТРОЮ.....	74
5.1	Конструктивний розрахунок друкованої плати.....	78
5.2	Розрахунок надійності.....	78
5.3	Комп'ютерне проектування друкованих плат.....	82
6	МОДЕЛЮВАННЯ КАСКАДІВ ПРИСТРОЮ НА ЕОМ.....	84
7	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	86
7.1	Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	87
7.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	90
7.3	Пожежна безпека.....	96
	ВИСНОВКИ.....	99
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	100
	Додаток А (обов'язковий) Ілюстративний матеріал.....	104
	Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки навчальної (бакалаврської) кваліфікаційної роботи.....	114

ВСТУП

Актуальність теми.

Розробка системи відтворення об'ємного звуку в даний час є доволі актуальною темою [1]. Вимоги до якості відтворення музичних творів та звукових ефектів, які використовуються у фільмах та комп'ютерних іграх, зростають. Мало кого задовольняють підсилювачі звуку минулого покоління. Підсилення звуку в таких приладах, в основному, виконувалась на кількох транзисторних каскадах. Велика маса елементів, через яку приходить звуковий сигнал, за своєю природою вносить певний рівень шумів та своєрідна амплітудно-частотні спотворення. І це вже, не кажучи про неможливість відтворення дуже низьких та дуже високих частот, які просто втрачаються при проходженні через підсилювальний тракт [2].

Вирішення даної задачі полягає в наступному. Звуковий сигнал необхідна розділити між каналами і здійснювати підсилення та регулювання АЧХ незалежно меж каналами. Для якісного відтворення низьких частот доцільно застосувати сабвуфер, так званий підсилювач низьких частот.

Аналіз способів вирішення поставленої задачі.

Зазвичай для відтворення звуку використовують від двох до п'яти основних колонок і один сабвуфер. Використання лише одного сабвуфера пояснюється тим, що людське вухо практично не здатне визначати напрям джерела низькочастотних звуків. Це пов'язано з тим, що довжина таких хвиль значно перевищує відстань між вухами, а фазова різниця сигналів, які сприймаються правим і лівим вухом, є настільки незначною, що її можна проігнорувати. Саме тому низькочастотні сигнали з усіх каналів об'єднуються в один і передаються на сабвуфер [3].

Наприклад, у так званих цифрових кінотеатрах, завдяки точному розташуванню кількох гучномовців і чіткій послідовності їх активації, досягається повне й реалістичне відтворення звукової картини. Якщо на екрані видно, як автомобіль наближається справа, то і на слух можна відчутти

його рух саме з того боку. Крім того, жодна система об'ємного звуку не обходиться без сабвуфера, адже звичайні колонки неспроможні якісно передати такі низькочастотні звуки, як ревіння моторів, гул літаків чи інші технічні шуми. Усе це створює так званий ефект «присутності» [2].

На сьогоднішній день аудіопрогравачі, що використовують магнітну стрічку або вінілові пластинки, втратили актуальність. Їх витіснили персональні комп'ютери, які забезпечують значно вищу якість звуку та підтримують більшу кількість незалежних звукових каналів. Однією з головних переваг комп'ютерних систем є можливість зберігання великої бібліотеки музичних творів у цифровій пам'яті. Висока якість звуку також є важливою для сучасних комп'ютерних ігор і фільмів, які часто відтворюються з компакт-дисків.

Із розвитком технологій об'ємного звучання зростають і вимоги до таких систем. Сьогодні стереозвук вже не задовольняє очікувань користувачів. У продажу з'явилися системи з квадрофонічним звуком, оснащені електронними регуляторами гучності, тембру та балансу. Хоча ці потужні аудіосистеми мають чимало переваг, вони залишаються доволі дорогими. Одним із перспективних напрямів у розробці акустичних систем є їх створення на базі цифрових мікросхем, що дозволяє досягти високої якості відтворення звукової інформації [2].

Метою роботи є розроблення та дослідження радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo.

Об'єктом дослідження є процес перетворення енергії електричних сигналів в енергію акустичних сигналів в каскадах радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo.

Предмет дослідження – частотні та часові характеристики електричних і звукових сигналів радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo.

Для досягнення поставленої мети в бакалаврській кваліфікаційній роботі будуть розв'язані такі задачі:

- здійснити аналіз сучасних досягнень у техніці високоякісного звуковідтворення;
- обрати компоненту базу та розробити структурну схему пристрою;
- зробити розрахунки структурної схеми пристрою;
- здійснити електричні розрахунки каскадів пристрою;
- здійснити комп'ютерне схемотехнічне моделювання каскадів пристрою;
- виконати розділ безпеки життєдіяльності.

Методи дослідження ґрунтуються на використанні: елементів теорії електричних кіл і сигналів, теорії аналогових електронних пристроїв і аналогової схемотехніки, теорії комп'ютерного моделювання радіотехнічних пристроїв.

Новизна одержаних результатів:

- 1) Отримав подальший розвиток метод високоякісного звуковідтворення за стандартом Dolby-Stereo.
- 2) Запропоновані нові схемотехнічні рішення каскадів пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo.

Структура і обсяг роботи. Бакалаврська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

1 ЗВУКОВІ СИСТЕМИ DOLBY ТА ЇХ МОДИФІКАЦІЇ

На сьогоднішній день розрізняють такі звукові системи стандартів Dolby:

Системи шумопониження: Dolby A/B/C/SR/S. Dolby NR (Dolby Noise Reduction);

Системи динамічного підмагнічування: Dolby HX, Dolby HX Pro;

Системи просторового звуку: Dolby Stereo, Dolby Surround, Dolby Digital.

Розглянемо стандарти Dolby систем просторового звуку.

1.1 Звукова система Dolby Surround

Dolby Surround — найбільш рання загальнодоступна версія формату Dolby Stereo, призначеного для кодування багатоканального аналогового звуку. Розроблений компанією Dolby. На ринку з'явився в 1982 році разом з появою стерео- і HiFi- систем для домашнього використання.

Поняття Dolby Surround використовується, щоб відрізнити чотириканальні стереосистеми кінотеатрів від домашніх двоканальних. Також термін застосовується для позначення формату, у якому зроблена запис.

При виробництві саундтрека у форматі Dolby Stereo/Dolby Surround, чотириканальний звук: лівий, центральний, правий і моно-сураунд — піддаються матричному перекодуванню на дві аудіодоріжки. Після цього запис здійснюється на носій (відеокасету, лазерний диск) або передається через телевізійну мережу. Сигнал декодується кінцевим пристроєм назад у чотириканальний звук. Без декодера сигнал відтворюється як стандартний стереофонічний або монофонічний.

Оскільки технологія Dolby Surround відносно декодування монофонічного сурраунд-треку аналогічна Dolby Stereo, саундтрек у форматі

Dolby Stereo майже без змін перетвориться в стереофонічний, що знижує вартість перезапису фільму у відеоформаті. Багато декодерів L/R/S Dolby Surround мають у своєму складі модифікований декодер Dolby B. У середині 1980-х років формат Dolby Surround був перероблений і в 1987 році перейменований в Dolby Pro Logic.

Поняття Dolby Stereo, Dolby Surround і LtRt використовуються для позначення звуку, записаного за допомогою матричного кодування (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Параметри звуку стандарту LtRt

Матриця Dolby Surround	Лівий	Правий	Центр	Сурраунд
Повний лівий (Lt)	1	0	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$j\frac{\sqrt{2}}{2}$
Повний правий (Rt)	0	1	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-j\frac{\sqrt{2}}{2}$

Примітка — j представляє зсув фази на 90° ($\pi/2$ радіан).

1.2 Звукова система DTS

DTS (Digital Theatre System – Цифрова театральна система) — сімейство систем цифрового багатоканального звукозапису, створених компанією Digital Theater System для демонстрації цифрових фонограм у кінотеатрах синхронно із прокатними фільмокопіями. DTS конкурує з аналогічним Dolby Digital, що друкується безпосередньо на міжперфораційних перемичках фільмокопій. Крім супроводу плівкових фільмокопій, обидві системи (DTS і Dolby Digital) у спрощеному вигляді використовуються на оптичних відеодисках для домашнього перегляду. DTS використовує менший рівень ущільнення, ніж Dolby, але абсолютної переваги немає ні в одній із систем. Суперечки про переваги DTS або Dolby Digital не припиняються донині. Формат DTS Stereo практично ідентичний Dolby Surround. DTS підтримує як 5.1-канальний, так і 7.1-канальний варіанти звуку.

DTS у домашніх театрах допускає повний бітрейт (1509,75 кбіт/с).

Робота над форматом почалася в 1991 році, на 4 роки пізніше початку робіт над своїм новим кодеком Dolby Digital компанії Dolby Labs. Основна й найпоширеніша версія формату - 5.1-канальна - схожа на Dolby Digital, кодує звук в 5 первинних каналів (повний діапазон) плюс спеціальний LFE канал (низькочастотні ефекти) для сабвуфера.

Кодер і декодер підтримують численні комбінації каналів: стерео, чотири канали, чотири канали й LFE - такі саундтреки випускаються на комерційній основі на DVD, CD і Laserdisc. При використанні DTS у кінотеатрах звук, записаний на CD-диску, синхронізується із зображенням за допомогою часових міток, видрукованих на фільмокопії в просторі між аналоговою оптичною фонограмою й зображенням. Кодування в різновидах DTS, призначених для кінотеатрів і для побутових пристроїв, сильно відрізняється й по алгоритмах, і по ступені ущільнення.

Є й інші варіанти DTS, що підтримують до 7 первинних каналів плюс LFE канал (DTS-ES). Головними конкурентами DTS у багатоканальному аудіо залишаються Dolby Digital і SDDS, хоча на DVD і в домашніх кінотеатрах використовуються лише DTS і Dolby Digital.

1.3 Різновиди звукових систем DTS

На додаток до стандартного 5.1-канального кодеку DTS Surround, компанія має ряд інших технологій, здатних конкурувати з аналогічними системами від Dolby Labs. Основними новими технологіями є такі (див. табл. 1.2).

DTS-ES

DTS ES - формат з додатковим центральним тиловим каналом, що завдяки потенційним можливостям DTS може бути як матричним - DTS ES Matrix 6.1 (центральний тилловий канал кодується матричним методом у два тиллових канали й відновлюється при відтворенні), так і незалежним

інформаційно носійним каналом - DTS ES Discrete 6.1 (використовує свій великий діапазон частот для створення повністю незалежного центрального тилового каналу).

Таблиця 1.2 – Різновиди звукових систем DTS

Зведена таблиця форматів DTS, використовуваних в Blu-ray і HD DVD										
			Blu-ray Disc				HD DVD			
Формат	Тип компресії	Дозвіл / частота дискретизації	Статус	Канали (макс.)	Виходи	Швидкість потоку (bitrate), макс.	Статус	Канали (макс.)	Виходи	Швидкість потоку (bitrate), макс.
DTS-HD Master Audio	Без втрат	24 біт/96 кГц	Доп.	7,1	7,1	24,5 Мбіт/с	Доп.	7,1	7,1	18 Мбіт/с
DTS-HD High Resolution Audio	Із втратами	24 біт/96 кГц	Доп.	7,1	7,1	6,0 Мбіт/с	Доп.	7,1	7,1	3,0 Мбіт/с
DTS Digital Surround	Із втратами	16 біт/48 кГц	Доп.	5,1	5,1	1,5 Мбіт/с	Доп.	5,1	5,1	1,5 Мбіт/с
DTS Digital Surround ES	Із втратами	16 біт/48 кГц	Доп.	6,1	6,1	1,5 Мбіт/с	Доп.	6,1	6,1	1,5 Мбіт/с
DTS Digital Surround 96/24	Із втратами	24 біт/96 кГц	Доп.	5,1	5,1	1,5 Мбіт/с	Доп.	5,1	5,1	1,5 Мбіт/с
DTS Digital Surround	Із втратами	16 біт/48 кГц	Об'язат.	5,1	2,0	1,5 Мбіт/с	Об'язат.	5,1	2,0	1,5 Мбіт/с
DTS Express	Із втратами	16 біт/48 кГц	Об'язат.	5,1	5,1	256 кбіт/с	Об'язат.	2,0	2,0	256 кбіт/с

DTS Neo:6

DTS Neo:6, як і Dolby's Pro Logic II system, може приймати стереомісткий й перетворювати його в 5.1- або 6.1-канальний звук.

DTS 96/24

DTS 96/24 дозволяє доставляти 5.1 каналів глибиною 24 біт, частотою дискретизації 96 кГц і й високоякісне відео у форматі DVD Video. До винаходу DTS 96/24 було можливо доставляти тільки 2 канали 24 біт, 96 кГц на DVD Video. DTS 96/24 також може бути розміщений у відеозоні на DVD Audio дисках, роблячи ці диски програються на всіх DTS-сумісних DVD плеєрах.

DTS-HD High Resolution Audio

DTS-HD High Resolution Audio разом з DTS-HD Master Audio є HD-розширенням оригінального DTS-формату. Воно забезпечує до 7.1 каналів звуку із частотою дискретизації 96 кГц і глибиною 24 біт. DTS-HD High Resolution Audio обрано в якості опціонального формату для Blu-ray Disc і HD DVD з постійними бітрейтами до 6,0 Мбіт/с і 3,0 Мбіт/с, відповідно. Формат може бути альтернативою DTS-HD Master Audio, коли недостатньо місця на диску.

DTS-HD Master Audio

DTS-HD Master Audio, раніше відомий як DTS++, забезпечує побітну ідентичність звуку оригіналу. Формат може доставляти аудіо з дуже високим бітрейтом - значно більшим, ніж на стандартних DVD.

Технічні характеристики формату DTS-HD Master Audio:

Максимальний бітрейт аудіо з ущільненням без втрат обмежений 24,5 Мбіт/с для дисків Blu-ray і 18,0 Мбіт/с для HD DVD.

Підтримка до 7.1 аудіоканалів із частотою дискретизації 96 кГц і розрядністю 24 біта.

Для п'яти каналів у яких частота дискретизації може досягати 192 кГц при розрядності 24 біта.

Можливість перерозподілу каналів для конфігурації гучномовців для 7.1 системи.

Потік DTS-HD Master Audio так само містить ядро DTS 5.1 для сумісності зі старим обладнанням з підтримкою DTS і може доставляти 6 каналів звуку з подвоєним, у порівнянні зі звичайними DVD дозволом.

За станом на квітень 2008 року японська версія (Pioneer BDP-LX80 і Samsung BD-P1400, після оновлення прошивання) підтримує цифровий вивід формату, а також PlayStation 3 підтримує декодування формату й вивід його в PCM. Всі Blu-ray і HD DVD плеєри можуть декодувати «ядро» DTS з дозволом 1,5 Мбіт/с. DTS-HD Master Audio і Dolby TrueHD - єдині технології стиску звуку без втрат для Blu-ray і HD DVD.

DTS Connect

DTS Connect - система кодування звуку із всіх додатків, запущених на комп'ютері, в один багатоканальний потік формату DTS Digital Surround і вивід його через S/PDIF.

DTS NEO:PC є компонентом DTS Connect і призначається для створення віртуального об'ємного 6-канального звуку зі стерео-джерел. Використовується лише в персональних комп'ютерах.

DTS Interactive - компонент DTS Connect, що кодує аудіопотоки в реальному часі. Використовується в апаратних програвачах і кодерах.

DTS Surround Sensation

DTS Surround Sensation є відносно новою розробкою, раніше відомою як DTS Virtual. Дозволяє чути віртуальний об'ємний 5.1-звук через стандартні навушники.

1.4 Звукова система Dolby Digital

Dolby Digital (AC-3, ATSC A/52) — система цифрового багатоканального звуку для кінематографа, розроблена фірмою «Dolby Laboratories, Inc.» в 1991 році.

Формат стандартизований Advanced Television Systems Committee, йому привласнений код A/52, Dolby Digital (DD) є торговельною маркою.

Сучасні системи Dolby Digital надають шість каналів об'ємного цифрового звуку. Ліві, центральні й правий фронтальні канали дозволяють визначити позицію джерела звуку на екрані. Окремі «розділені» ліві й правий задні бічні канали підсилюють відчуття присутності, створюючи об'єм. А додатковий низькочастотний канал додає розжарення дії на екрані.

Звукова доріжка Dolby Digital кодується оптично прямо на кінострічку в проміжках між перфораційними отворами. Розміщення цифрової звукової доріжки на тій же носії, що й фільм, дозволяє їй співіснувати разом з аналоговою доріжкою без залучення додаткових носіїв даних, а також забезпечує синхронність зображення й звуку. У кінотеатрах системи IMAX звук записується на окремому жорсткому диску й синхронізується з кіноплівкою за допомогою часового коду SMPTE.

1.5 Кодер системи Dolby AC-3

Цифровий потік на виході кодера являє собою послідовність аудіофреймів (Pack AC-3 Frame). Інформація, яка міститься в ньому, умовно може бути розділена на дві частини: основну (Main Information) і додаткову (Side Information).

Аудіофрейм кодера включає шість аудіоблоків. Кожний аудіоблок містить інформацію про 512 відліків для кожного з кодованих сигналів (Audio 1, Audio 2, ..., Audio n)... Внаслідок 50 % часового перекриття в аудіоблок для кожного із сигналів включаються 256 відліків попереднього блоку й 256 нових відліків. У шести аудіоблоках аудіофрейма загальна

кількість оброблюваних відліків для кожного із вхідних сигналів буде дорівнює

$$512 \times 6 = 3072.$$

Відзначимо, що якщо кількість кодованих звукових сигналів дорівнює 5 (формат 3/2), тоді загальна кількість відліків, інформація про які міститься в одному аудіофреймі, складе

$$(512 \times 5) \times 6 = 15360,$$

однак з урахуванням 50 % часового перекриття тут буде лише

$$15360 \div 2 = 7680$$

нових відліків.

Після сегментації за часом вибірки відліків звуковий сигнал кожного каналу перетвориться в нову сукупність цифрових даних за допомогою модифікованого дискретного косинусного перетворення (МДКП). Сегментація звукових сигналів за часом з 50%-м перекриттям вибірок та їхнє перетворення з тимчасової в частотну область виконуються в блоці час-частотного перетворення (Frequency Domain Transform). Перед ортогональним перетворенням вибірки відліків звукових сигналів зважуються віконною функцією. Остання представлена в стандарті A/52 таблицею.

Перетворення вибірки звукового сигналу з часової області може бути виконане за допомогою одного довгого (512-крапкового) або двох коротких (256-точкових) перетворень. У першому випадку буде отримано 256, а в другому — відповідно 128 + 128 коефіцієнтів МДКП. При короткій вибірці коефіцієнти МДКП обох сегментів, що містять по 128 значень, поєднуються в один загальний блок шляхом їхнього чергування. У цьому загальному блоці будуть також 256 коефіцієнтів МДКП.

Довге перетворення найбільше переважно для сигналів, що повільно змінюються по амплітуді із часом. Воно має кращий дозвіл по частоті. Коротке перетворення забезпечує кращий дозвіл за часом і застосовується для сигналів, амплітуди яких швидко міняються в часі, наприклад в області

атаки звуку. Прапор Block Switch Flags(blksw flags) указує, яке перетворення (довге або коротке) застосовано при розрахунку коефіцієнтів МДКП. Параметр Block Switch Flags включається у вихідний потік цифрових даних як додаткова інформація й використовується декодером при виконанні зворотного ортогонального перетворення.

При малих швидкостях передачі цифрових даних у кодері Dolby AC-3 передбачене використання спеціальної процедури об'єднання каналних сигналів (Coupling), що дозволяє при їхньому кодуванні обійтися меншою кількістю бітів.

У системі Dolby AC-3 кожний коефіцієнт МДКП представляється у форматі плаваючої коми двома значеннями: експонентою (або порядком) і мантисою:

$$X_d[k] = A[k] \times 2^{-B[k]},$$

де $A[k]$ і $B[k]$ — відповідно мантиса й порядок k -го коефіцієнта перетворення. Порядок дорівнює кількості нулів перед першою одиницею двійкового подання коефіцієнта МДКП. Він є по суті справи його масштабним коефіцієнтом (або множником, що нормує). Наприклад, якщо коефіцієнт МДКП

$$X_d[k] = 0,158$$

і його двійкове подання записується як

$$0,001010000110,$$

тоді порядок (масштабного коефіцієнта)

$$B[k] = 2,$$

а мантиса дорівнює

$$0,1010000110$$

у двійковій або

$$A[k] = 0,6308$$

у десятковій системі числення. Знак коефіцієнта МДКП ураховується при кодуванні мантиси. Перед кодуванням мантиси нормуються (Normalize Mantissas). Експоненти й мантиси коефіцієнтів МДКП кодуються окремо в блоках Encode Exponent і Quantisse, Encode Mantissas.

У блоці розподілу бітів (Bit Allocation) ураховується ефект маскування. В основі процедури виділення бітів лежить модель слуху, що дозволяє оцінити максимально допустиме (граничне) значення рівня шуму, що ще маскується корисним сигналом у смузі кодування, і відповідно до даних цих розрахунків виділити при кодуванні мантис коефіцієнтів МДКП відповідне число розрядів. Всі зазначені обчислення виконуються в блоці, який називається психоакустичною моделлю. Кожна нормована мантиса квантується із числом шаблів квантування, що відповідає кількості бітів у певному модулі Bit Allocation.

Порядок кодування коефіцієнта МДКП у кодері Dolby AC-3 являє собою число, що змінюється в межах від 0 до 24. Тому кодове слово порядку повинне мати принаймні $m = 5$ розрядів ($2^5 = 32$). Максимальний порядок у кодері обмежується значенням 24.

Відомо, що якщо спектр вибірки звукового сигналу аналізується за допомогою набору фільтрів, кожний з яких має досить вузьку смугу частот, тоді різниця в рівнях енергії сигналу між сусідніми фільтрами рідко перевищує значення 12 дБ. Ця обставина врахована при кодуванні порядків. При кодуванні порядків у кодері системи Dolby AC-3 застосований метод диференціальної імпульсно-кодової модуляції, коли кодується не сам порядок, а різниця між значеннями порядків сусідніх коефіцієнтів МДКП. Перше значення порядку для сигналу кожного каналу в найпершій найбільш низькій по частоті смузі аналізу — це завжди чотирьохбітне кодове слово, що відповідає діапазону зміни чисел від 0 до 15. Порядок у наступній нагору по частоті смузі аналізу визначається як різниця між поточним і попереднім значеннями порядків відповідних коефіцієнтів МДКП. У кодері Dolby AC-3 розділова здатність диференціальної імпульсно-кодової модуляції

(дискретність зміни порядків) при кодуванні обмежене значеннями $-2, -1, 0, +1, +2$. Максимальна зміна порядків сусідніх коефіцієнтів МДКП становить ± 2 , що відповідає ± 12 дБ.

Диференціальне значення порядків коефіцієнтів МДКП поєднуються в групи. Для процедури групування використовуються три можливих стратегії, позначені в стандарті як D15, D25 і D45. У стратегії D15 кожна пара, а в стратегії D45 уже кожна четвірка диференціальних значень порядків представлені одним значенням числа M у потоці цифрових даних.

Диференціальні значення порядків, отримані безпосередньо з вихідних коефіцієнтів МДКП, на практиці не завжди дають максимальну різницю сусідніх коефіцієнтів, не перевищуючий діапазон ± 2 , що вимагають відповідні таблиці стандарту Dolby AC-3. Тому перед кодуванням необхідна додаткова обробка масиву порядків. З її допомогою зменшуються деякі значення порядків, але при цьому змінюються й відповідні їм значення мантис так, що в їхньому двійковому поданні спереду з'являються нулі. Після виконання цієї операції максимальний диференціальний порядок уже не буде перевищувати необхідне значення, рівне ± 2 .

Вибір стратегії (D15, D25 або D45) кодування порядків коефіцієнтів МДКП — це компроміс між гарним частотним дозволом, дозволом за часом і числом бітів, необхідним для кодування експонент. Стратегії D15 і D25 можуть бути використані для кодування сигналів, що мають нерівномірний спектр, коли значення експоненти змінюється досить швидко від однієї смуги аналізу до іншої. Якщо ж спектр сигналу досить гладкий (плоский), тоді використовуються стратегії кодування D45.

Після вибору стратегії кодування порядків кодер Dolby AC-3 поєднує кодові слова, що відповідають диференціальним значенням експонент, у групи. Для всіх режимів роботи кодеру набори чисел M для трьох сусідніх ($k, k + 1, k + 2$) коефіцієнтів МДКП $M[k], M[k + 1], M[k + 2]$ групуються й кодуються як одне семибітне слово за правилом

$$M[k, k + 1, k + 2] = 25M[k] + 5M[k + 1] + M[k + 2].$$

Діапазон зміни мантис коефіцієнтів МДКП лежить у межах від -1 до +1. Знак коефіцієнта МДКП ураховується при кодуванні мантиси. Процес квантування мантис коефіцієнтів МДКП у стандарті Dolby AC-3 має наступні особливості:

кількість можливих шаблів квантування відповідає наступному ряду чисел: 0, 3, 5, 7, 11, 15, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 16384, 65536; використовується рівномірне квантування мантис;

при числі шаблів квантування, рівному 3, 5, 7, 11 і 15, використовується так зване симетричне квантування, у всіх інших випадках — асиметричне;

при числі шаблів квантування, рівному 3, 5 і 11, кодові слова мантис поєднуються в групи. При трьох шаблях квантування три кодових слова, що відповідають трьом значенням мантис, кодуються одним п'ятибітовим кодовим словом. При п'яти ступнях квантування три кодових слова мантис групуються й кодуються одним семибітовим кодовим словом. При 11 шаблях квантування два кодових слова мантис групуються й кодуються одним семибітовим кодовим словом; в інших випадках процедури групування немає.

При симетричному квантуванні замість квантованих значень мантис у цифровий потік включені їхні індекси, задані відповідною таблицею. Наприклад, якщо число шаблів квантування дорівнює 3, а значення мантиси лежить у межах від -1 до -1/3, то передаватися до декодера буде значення, рівне -2/3, і йому буде відповідати індекс $m_s = 0$. Якщо значення мантиси лежить в інтервалі від -1/3 до +1/3, то декодера передається значення, рівне нулю, і кодується індекс $m_s = 1$. І нарешті, якщо значення мантиси перебуває в інтервалі від +1/3 до +1, то декодера передається значення, рівне +2/3, і кодується відповідний йому табличний індекс $m_s = 2$. Аналогічним образом у формі таблиць задаються інтервали значень мантис і відповідні їм індекси

для числа шаблів квантування рівних відповідно 5, 7, 11 і 15. Такий спосіб квантування дозволяє зменшити число необхідних бітів. Для всіх інших шаблів квантування (32, 64, ..., 65536) кодуються не індекси, а самі мантиси коефіцієнтів МДКП.

Наступним етапом є кодування й упакування в цифровий потік табличних індексів квантованих значень мантис. При симетричному квантуванні для зменшення необхідного для кодування індексів числа бітів використовується додатково процедура групування. Наприклад, при числі шаблів квантування, рівному 7, індекс мантиси змінюється в межах від 0 до 6. Для кодування цього ряду чисел потрібно 3 бітка. При 11 шаблях квантування табличний індекс мантис лежить в інтервалі від 0 до 10, а при 15 шаблях квантування він перебуває вже в інтервалі від 0 до 14. При цьому необхідне для кодування кожного з них число бітів відповідно дорівнює 4 або 5. Групування табличних індексів дозволяє зменшити необхідне для їхнього кодування число бітів при 3, 5 і 11 шаблях квантування. При 3 і 5 шаблях квантування три табличних індекси мантис, а при 11 шаблях квантування два табличних індекси мантис кодуються одним кодовим словом за наступними правилами

$$\text{Group_code}[3] = 9\text{mc}[a] + 3\text{mc}[b] + \text{mc}[c];$$

$$\text{Group_code}[5] = 25\text{mc}[a] + 5\text{mc}[b] + \text{mc}[c];$$

$$\text{Group_code}[11] = 11\text{mc}[a] + \text{mc}[b],$$

де $\text{Group_code}[3]$, $\text{Group_code}[5]$ і $\text{Group_code}[11]$ — кодові слова груп табличних індексів мантис відповідно при 3, 5, 11 шаблях квантування; $\text{mc}[a]$, $\text{mc}[b]$, $\text{mc}[c]$ — табличні індекси мантис коефіцієнтів МДКП із номерами a , b і c . Отже при трьох шаблях квантування мантис ($n = 3$) кодове слово групи, що складає із трьох індексів, буде містити 5 бітів, тому на кодування кожної мантиси в цьому випадку буде витрачено $5 \div 3 = 1,67$ біти. При $n = 5$ кодове слово групи мантис буде представлено вже семибітовим

числом, і на кодування кожної мантиси буде потрібно вже $7 \div 3 = 2,33$ біти. І нарешті, при $n = 11$ на кодування кожної мантиси буде потрібно вже $7 \div 2 = 3,5$ біти, а при $n = 15$ — 4 біти й т.д.

У кодері визначається довжина кодового слова кожної мантиси або відповідного їй табличного індексу, після чого мантиси розпаковуються по спеціальній процедурі.

При роботі в режимі об'єднання звукових сигналів кодер поєднує високочастотні частини вихідних сигналів у певній смузі частот в один загальний сигнал і генерує додатково так звані координати об'єднання. Останні будуть використані декодера для відновлення енергетичних співвідношень високочастотних частин спектра кожного вихідного сигналу, підданого процедурі об'єднання. Після декодування об'єднані частини в кожному з відновлених сигналів будуть мати однаковий спектральний состав і відрізнятися тільки рівнем.

Кодер формує загальний сигнал шляхом простого додавання коефіцієнтів МДКП поєднуваних сигналів. При цьому коефіцієнти МДКП із 37-го по 252-й групуються в 18 субсмуг (так званих смуг об'єднання) по 12 коефіцієнтів у кожній такій субсмузі. Нижні й верхня частотні границі смуг об'єднання задаються користувачем. Координати об'єднання розраховуються для кожного об'єднання субсмугового сигналу. Вони являють собою відносини максимальних коефіцієнтів МДКП кожного поєднуваного сигналу й сумарного сигналу в субсмузі об'єднання. Далі координати об'єднання перетворюються у формат чисел із плаваючою комою й включаються у вихідний потік даних як додаткова інформація. Сумарний (об'єднаний) сигнал кодується так само, як і сигнал незалежних каналів.

1.6 Декодер системи Dolby AC-3

Декодер Dolby AC-3 одержує порядки коефіцієнтів МДКП у кодованому й упакованому вигляді. Щоб їх розпакувати й декодувати,

необхідно мати додаткову інформацію про число переданих експонент у сигналі кожного каналу й про стратегію їхнього кодування (D15,D25,D45), що використовувалася в кодері. Процес декодування порядків здійснюється в блоці декодування експонент (Decode Exponent). Після декодування порядків виконується процедура розпакування, деквантування й денормування мантис коефіцієнтів МДКП (Dequantize, Denormalize Mantissas). Для її виконання використовуються параметри психоакустичної моделі, параметри, що визначають розподіл бітів у кодері, а також відновлення значення порядків коефіцієнтів МДКП. Операція денормування мантис здійснюється за допомогою зсувів розрядів кодового слова мантиси вправо. При цьому кількість зсувів визначається порядком відповідного коефіцієнта МДКП. Якщо в кодері була використана процедура об'єднання сигналів ряду каналів, те, мабуть, декодера повинен виконати зворотну операцію (De-Coupling), використовуючи передані декодера в полі даних додаткової інформації значення координат об'єднання. У блоці зворотного ортогонального МДКП (Inverse Transform) здійснюється зворотне перетворення реконструйованого в декодера сигналу в часову область.

SI	BSI	Audio Block 0	Audio Block 1	Audio Block 2	Audio Block 3	Audio Block 4	Audio Block 5	AUX Data	CRC
----	-----	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	----------	-----

Рисунок 1.1 – Структура даних аудіофрейма системи Dolby AC-3

Block Switch Flags	Dither Flags	Dynamic Range Control	Coupling Strategy	Coupling coordinates	Exponent strategy	Exponent	Bit Allocation Parameters	Mantissas
--------------------	--------------	-----------------------	-------------------	----------------------	-------------------	----------	---------------------------	-----------

Рисунок 1.2 – Структура даних аудіоблока системи Dolby AC-3

Структура аудіоданих у стандарті Dolby AC-3 показана на рис. 1.1. Поле даних заголовка (Header) аудіофрейма містить інформацію про

синхронізацію SI (Synchronizator Information) і інформацію про конфігурацію потоку даних BSI (Bit Stream Information).

Поле даних SI включає синхрослово (0000 1011 0111 0111, або 0B77h), біти завадостійкого кодування (CRC — код), частоту дискретизації й розмір аудіофрейма. Аудіофрейм системи Dolby AC-3 включає два 16-бітових слова CRC-Коду, перше з них треба на початку кожного фрейму після слова синхронізації, а друге — у його кінці. Поле даних BSI містить інформацію про конфігурацію потоку цифрових даних, наприклад, таку, як тип сервісу, режим роботи кодера (тобто кількість кодованих сигналів або тип звукового формату), абсолютний акустичний рівень сигналу кожного каналу, інформацію про мову, про час та інше.

Структура даних аудіоблока показана на рис. 2. Він містить у собі такі поля бітів: Block Switch Flags — параметр довжини ортогонального перетворення; Dither Flags — ознака наявності додаткового шуму; Dynamic Range Control — даного керування динамічним діапазоном переданих сигналів; Coupling Strategy — інформація про об'єднання сигналів (сигнали яких каналів об'єднані й починаючи з якої частоти); Coupling Coordinats — координати об'єднання для сигналу кожного каналу; Exponent Strategy — обрана стратегія кодування порядків; Exponents — кодові слова порядків коефіцієнтів МДКП; Bit Allocation Parametr — параметри психоакустичної моделі; Mantissas — кодові слова мантис коефіцієнтів МДКП.

1.7 Технології Dolby Digital

Dolby Digital EX

EX — це приставка, що використовується для позначення систем звуку Dolby Digital с 6.1 каналами: двох фронтальних, центрального, низькочастотного, тилового об'ємного звучання й двох бічних об'ємного звучання.

Dolby Digital Surround-EX

Dolby Digital Surround-EX додає звуковій доріжці третій канал об'ємного звуку. Ідея належить ізонефам студії Skywalker Sound. Технологія розроблена разом з Dolby Laboratories і Lucasfilm THX.

Dolby Digital Live

Dolby Digital Live (DDL) — технологія кодування багатоканального 5.1 аудіосигналу у формат AC3 у реальному часі, запропонований компанією Dolby Technologies. Призначена для передачі багатоканального звуку з ігор та інших додатків на ресивер по інтерфейсі S/PDIF(оптичному або коаксіальному).

Її використання дозволяє позбутися від обмежень, через які по цифрових інтерфейсах могли передаватися тільки вже готові (тобто що зберігаються закодованими у формат AC3 або DTS) багатоканальні доріжки, що звичайно є звуковим супроводом фільмів), а в іграх можливості цифрового виходу обмежувалися звичайним стереозвуком. (Для повноцінного 5.1 в іграх у таких випадках потрібно трипроводове аналогове підключення, якщо воно, звичайно, можливо.)

Принциповим і непереборним недоліком технології DDL є якась втрата якості звуку від стиску його в AC3 формат(порівнянна з переходом від CD-Audio до mp3 з високим бітрейтом) що, однак зовсім не критично для основного передбачуваного її застосування.

У цей час ця технологія зустрічається переважно в материнських платах, оснащених кодеками Realtek ALC882D, ALC888DD і ALC888H, а також з деякими кодеками C-Media. Такі плати можна знайти по фразах «AC3 Encode» або властиво «Dolby Digital Live» в описах товару.

Також ця технологія починає впроваджуватися в ноутбуки, де в умовах дефіциту місця для «зайвих» аналогових рознімів обіцяє найбільші переваги — одне рознімання дозволить одержати повноцінний 5.1 звук у всіх додатках за умови підключення ноутбука до ресивера або набору активних колонок з убудованим декодера.

З окремих звукових карт із підтримкою цієї технології варто відзначити Terratec Aureon 7.1, а в популярних звукових картах сімейства Creative X-Fi підтримка DDL відсутній, але (за неофіційною інформацією) у майбутньому не виключене її введення заднім числом при виході нової версії драйверів.

На 2012 рік із сімейства Creative X-Fi можна виділити наступні моделі з підтримкою цієї технології: CREATIVE X-Fi Titanium 7.1, CREATIVE X-Fi Titanium Fatal1ty Pro 7.1, CREATIVE X-Fi Titanium Fatal1ty Champion 7.1.

Dolby Digital Plus

Дітище компаній MIPS Technologies і Dolby Laboratories.

Особливості:

Багатоканальний звук з незалежними каналами.

Підтримується до 7.1 каналів* і можливість наявності декількох аудіопрограм в одному потоці.

Вивід потоку Dolby Digital для сумісності зі старими пристроями.

Максимальна швидкість потоку до 6 Mbps.

Битрейт від 3 Mbps на HD DVD і до 1.7 Mbps на Blu-ray Disc.

Підтримується HDMI.

В одному потоці може утримуються матеріал на різних мовах.

Нові можливості при кодуванні для аудіо професіоналів.

Збереження високої якості на більше ефективні для радіомовлення. швидкостях передачі даних (200 Kbps для 5.1 каналів).

Dolby Digital Plus підтримує понад 8 аудіо каналів. Стандарти HD DVD і Blu-ray Disc зараз обмежують це число до 8.

Dolby TrueHD

Dolby TrueHD є форматом звуку стислого без втрат по алгоритму Meridian Lossless Packing (MLP). Характеристики звуку, стислого по стандарті:

2 АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ВИСОКОЯКІСНИХ СИСТЕМ ВІДТВОРЕННЯ ОБ'ЄМНОГО ЗВУКУ

2.1 Аналіз сучасних стандартів звуку

При моно запису звуки записуються за допомогою одного мікрофону і відтворюються з одного джерела. При цьому інформація про просторове розташування джерел звуку втрачається. Слухач сприймає всю відтворну звукову картину, яка виходить із однієї точки.

У системі стерео, звук записується за допомогою двох мікрофонів, причому сигнали записуються окремо один від одного, і в сукупності несуть інформацію про просторове розташування і переміщення записуваних джерел звуку. При записі в студії, частіше за все, кожне джерело звуку записується окремо. Потім всі записані канали зводяться звукооператором у два канали. При цьому задається необхідне їх просторове розташування. При відтворенні стереосигнал подається на дві рознесені в просторі звукові колонки, причому кожна відтворює свій канал. Слухач, перебуваючи в певній зоні перед колонками, сприймає загальну звукову картину, в якій різні її складові розподілені в просторі між колонками.

Одним з недоліків стереозвучання є те, що слухач ніби сприймає звукову картину ззовні, перебуваючи перед нею, а не всередині неї, так як звуки, що приходять з тильної сторони відсутні. Так само було відмічено, що стереоефект виявляється повною мірою лише в обмеженій зоні прослуховування. Ці недоліки спробували подолати у популярних в 70-і роки чотирьохканальних системах запису і відтворення звуку, що одержали назву квадрофонічного.

Розташувавшись посередині між двома фронтальними і двома тиловими колонками, слухач знаходився в центрі звукової картини і отримував звукову інформацію з усіх сторін. На жаль, через свою громіздкість і порівняно високої ціни, ці системи не отримали широкого

розповсюдження, хоча досвід їх створення був використаний при розробці багатоканальних систем домашнього кінотеатру.

Стереозвучання давно стало звичною приналежністю високоякісної побутової апаратури для запису і відтворення звуку. До недавнього часу телевізор залишався прикритим винятком. Розроблені в 50-60-ті роки телевізійні стандарти не припускали наявності стереозвуку. Лише наприкінці 70-х років стерео почало завойовувати телебачення. З початку 80-х років в Японії і Німеччині починають вести регулярне телемовлення зі стереозвуком. У німецькій системі для передачі сигналу другого каналу використовується додатковий радіопередавач, що працює на відмінній від першого частоті. У системі, прийнятої в Японії, через один передавач транслюється комплексний, що містить інформацію обох каналів, сигнал. В обох системах звук передається в аналоговій формі. В даний час найбільш поширеною є німецька система стереосигналу, що отримала назву A2 (також German stereo - «німецьке стерео» або Zvei stereo).

У 1986 році фахівцями англійської телерадіокорпорації BBC була розроблена цифрова система телевізійного стереосигналу NICAM, істотно більш якісна, ніж аналогові системи. Спочатку NICAM передбачалося використовувати головним чином у супутниковій системі ТБ поліпшеної якості D2-MAC. Але потім, у 90-ті роки, NICAM почали широко використовувати і в наземних системах ефірного телебачення.

Поряд з «справжнім» стерео існують системи «псевдостерео», перетворюють одноканальний монозвук у два канали, зі звучанням, що імітує просторовий стереозвук.

Останнім часом з'явилися телевізори, оснащені так званим «стерео по AV-входу» або «стерео по НЧ» (низькій частоті). Їхні схеми не містять стереодекодера, але мають два роздільних звукових каналу, що дозволяють відтворювати стереозвук з зовнішніх джерел, наприклад Hi-Fi відеомагнітофона або відеопрогравача.

Подальший розвиток системи звуку в телебаченні отримують при реалізації ідеї «домашнього кінотеатру». У результаті розвитку удосконалених систем телебачення та телебачення високої чіткості було досягнуто значне поліпшення якості телевізійного зображення. Картинка на екрані телевізора за якістю впритул наблизилася до зображення на кіноекрані. Лише звук, навіть стерео, не створював атмосфери кінотеатру. Справа в тому, що в кінотеатрах розвинених країн вже давно стандартом став багатоканальний звук. Перші багатоканальні звукові системи для кіно були розроблені на початку 50-х років. Вже в ті часи «кіношне стерео» використовувало як мінімум чотири канали: лівий, середній і правий, розташовані за кіноекраном, а також канал ефектів, що звучить за спинами кіноглядачів. Канал ефектів служив для створення фонових звуків, наприклад віддалених шумів, гуркоту грому і так далі. В даний час існують різні системи запису звуку для кінофільмів, кількість каналів в яких варіюється від чотирьох і більше. Саме широке поширення набула система Dolby Stereo.

2.2 Обладнання стандарту Dolby

Dolby Stereo. У середині сімдесятих років фірма Dolby Laboratories (США), відома своїми винаходами в області звуку, розробила систему запису звуку на кіноплівку, що отримала назву Dolby Stereo. Ця система дозволяє закодувати необхідні чотири канали в двох звукових оптичних доріжках, розташованих на кіноплівці. У кінотеатрі трековий сигнал зчитується з плівки та за допомогою декодера перетворюється у чотири канали. Без декодера звук відтворюється як при звичайному стерео. В даний час за цією технологією озвучується більшість художніх кінофільмів. Апаратурою Dolby Stereo обладнано понад 17500 кінотеатрів світу.

Dolby Surround. Виникла ідея застосувати розробки багатоканальних звукових систем для кінотеатрів і для перегляду відеопрограм в будинку, з телевізора. Фірмою Dolby Laboratories на початку 80-х років була

представлена система Dolby Surround Sound (DSS) для домашнього відео, яка за допомогою декодера Dolby Surround дозволяє з закодованого двоканального сигналу виділяти три звукові канали: лівий, правий і тилловий. При відсутності декодера відтворюється звичайний двоканальний стереозвук.

Кодер Dolby Surround - це пристрій, що дозволяє перетворити чотири канали (L-лівий, C-центральный, R-правий і S-просторовий) у два кодованих Lt і Rt. Lt і Rt - це аббревіатура від L-, R-total, що в перекладі означає загальний. У документаціях до Dolby Surround таке найменування позначає закодовані канали для систем Dolby старого покоління. Такі Lt і Rt можуть бути записані на звичайну магнітну плівку і відтворюватися на стрічкових магнітофонах. При наявності декодера, Lt і Rt розшифровуються на багатоканальну систему Surround [14].

Давайте розглянемо роботу кодера Dolby Surround на представленій схемі. На рис. 2.1 відображено як чотирьохканальна система перетвориться у двоканальну. Позначення та назви для каналів є стандартними для всіх систем Dolby Surround:

L - фронтальний лівий канал.

C - центральный канал.

R - фронтальний правий канал.

S - surround-канал.

Lt - загальний лівий.

Rt - загальний правий.

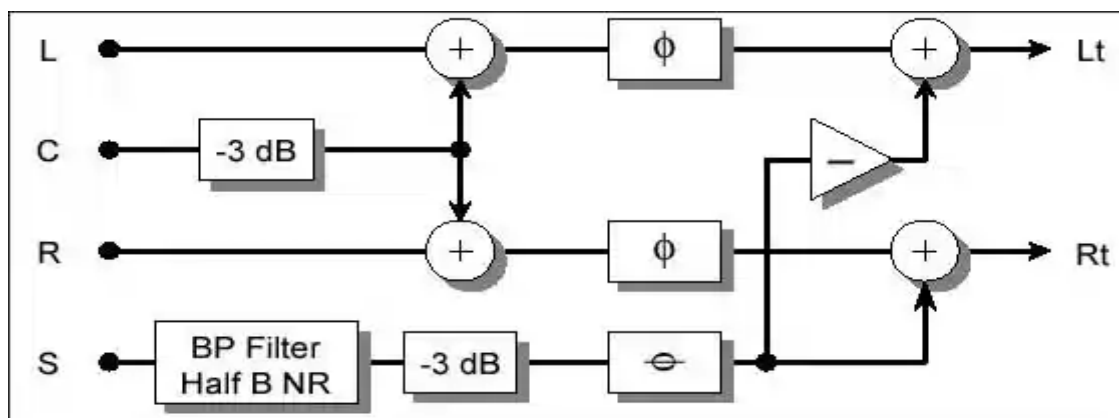


Рисунок 2.1 - Принципова схема роботи кодера Dolby Surround

Як ми бачимо в процесі перетворення, сигнал центрального каналу ділиться порівну і мікшується з лівим і правим, при цьому його рівень знижується на 3 дБ. Сигнал S проходить обробку через окремий тракт, до складу якого входять:

- bandpass-фільтр - обмеження частотної смуги в діапазоні 100 Гц - 7 кГц (surround-канал має частотний діапазон 100 Гц - 7 кГц),
- шумозаглушення Dolby B-type Noise Reduction,
- коректування фази - складові сигналу S зсуваються по фазі таким чином, щоб при додаванні з лівим і правим каналом опинитися в протифазі.

У варіанті пасивного декодера сигнал S-каналу можна отримати простим відніманням $L_t - R_t$. На рис. 2.2 представлена схема роботи найпростішого декодера Dolby Surround, на виході якого ми маємо L, R та S.

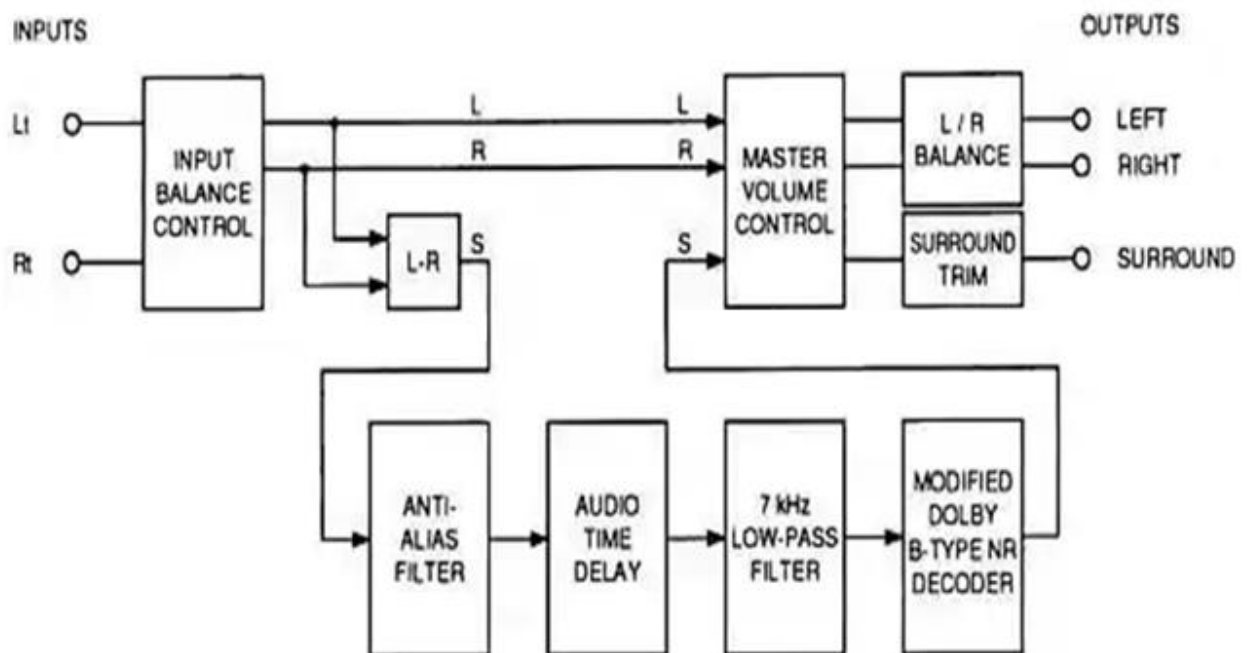


Рисунок 2.2 - Схема роботи декодера Dolby Surround

При декодуванні виникає кілька проблем, головна з яких - взаємопроникнення фронтальних каналів і S. Наприклад, при зміні рівноваги рівнів L_t і R_t в сигнал S-каналу проникають складові і L, і R. Це питання

вирішується двома шляхами - затримкою встановлюється на сигнал S, і обмеженням його частотного діапазону. При затримці, що дорівнює 10 мс, усувається ефект Хааса - сигнал з фронтальних каналів йде з випередженням і локалізація джерела асоціюється з ними. Обмеження звуку до 7 кГц також дозволяє акцентувати увагу на фронтальних каналах, оскільки їх звучання яскравіше, ніж у S-каналів.

У такому варіанті пасивного декодування центральний канал є віртуальним і відповідає панорамному центру стереосистеми L і R. Дана система ідеалізована, оскільки гучномовці правого і лівого каналів повинні бути рівновіддалені від слухача, що на практиці практично недосяжно (у кінотеатрі багато слухачів).

Наступним кроком у розвитку багатоканального звуку для систем «домашнього кінотеатру» стала поява більш досконалого декодера Dolby Surround Pro-Logic (DPL), що виділяє вже чотири канали: лівий, центральний, правий і тилловий. Декодери DSS і DPL продаються як окремо, так і вбудованими в підсилювачі, телевізори, супутникові ресивери.

Dolby Digital AC-3. Системи DSS і DPL є аналоговими, і при бурхливому розвитку систем цифрового звукозапису цілком логічним стало поява цифрової системи Dolby Digital AC-3 (Audio Coding - 3). Вперше вона була застосована в 1992 році, в кінотеатрах з багатоканальним звуком, а з 1994 року її почали використовувати для звукового супроводу безпосереднього теле-і радіомовлення, зі супутників. Система AC-3 дозволяє отримувати на виході шість каналів звуку. З них п'ять повнодіапазонних (30-20000 Гц): три фронтальних - лівий, центральний, правий і два на задній, а так само низькочастотний (20-120 Гц) канал сабвуфера. Система AC-3, на думку експертів, вважається на сьогоднішній день однією з найбільш перспективних систем об'ємного звучання.

Головна особливість Dolby Digital AC-3 - це його масштабованість
рис. 2.3.

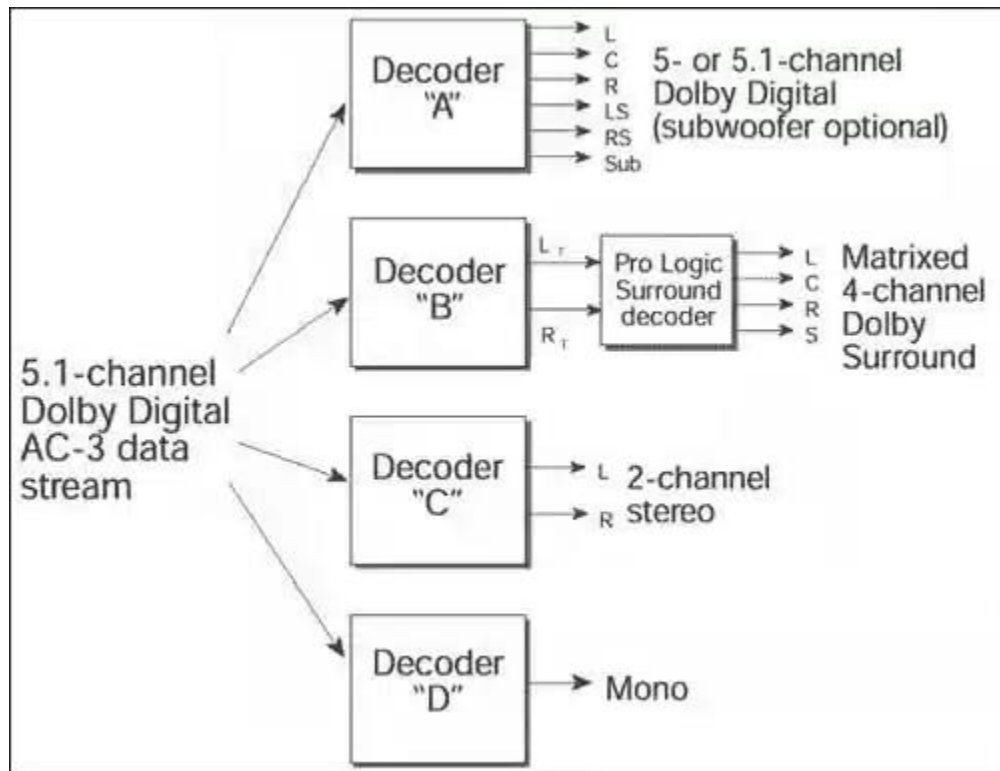


Рисунок 2.3 - Масштабування Dolby Surround 5.1

Наприклад, ми написали музику в стандарті 5.1. При цьому користувач може її прослухати без втрат в якості в 5.1 (5.0), Чотирьохканальні варіанти Pro Logic, в звичайному стерео і навіть в моно. І тепер уявіть як це вигідно і користувачам і виробникам. Комп'ютерні та відео-ігри нового покоління само собою мають на увазі наявність звуку 5.1. При цьому, користувачі, які не мають розширених варіантів акустичних систем не будуть відчувати себе дискомфортно - система буде масштабуватися під параметри системи, що є в наявності. Багато супутникових телеканалів ведуть мовлення в 5.1, але це ніяк не відбивається на більшості глядачів, які мають телевізори з моно-звуком [2,14].

Dolby Digital є цифровим форматом, тобто запис звукової інформації здійснюється у вигляді послідовності нулів та одиниць. Тому Dolby Digital застосовується лише при використанні коштів, що забезпечують запис або передачу цифрової інформації, наприклад, DVD, лазерних дисків або систем цифрового супутникового телебачення. Фонограму Dolby Digital не можна записати на звичайну магнітну стрічку VHS (проте в порядку експерименту

вона була записана на S-VHS). Тим не менш Dolby Digital був обраний як формату об'ємного звуку для північно-американських випусків DVD, а також в якості стандарту для телебачення високої чіткості. Dolby Digital може передаватися і за допомогою системи цифрового супутникового телебачення, хоча в цьому випадку для прийому звукового сигналу вам необхідний спеціальний цифровий ресівер системи Dolby Digital.

Крім цифрового способу кодування інформації, Dolby Digital відрізняється тим, що в цьому форматі передбачено шість дискретних (роздільних) звукових каналів. Їх дискретність дозволяє виключити можливість небажаного просочування звуку з одного каналу на інший. Слід нагадати, що більш стара система Dolby Surround була матричною: у ній використовувалося згортання інформації з фронтальних і тилових каналів у два канали - правий і лівий - і наступний поділ їх при відтворенні звуку. Оскільки в системі Dolby Digital сигнали різних каналів не змішуються, вона може забезпечувати їх практично ідеальний поділ. У результаті Dolby Digital має небачені раніше можливості точно локалізувати звук у будь-якій точці вашої кімнати.

Крім того, в Dolby Digital використовується не монофонічний, а "розщеплений" канал оточення. Це означає, що ліва і права акустичні системи можуть відтворювати абсолютно незалежні сигнали. Dolby Digital найкращим чином передає задум творців фільму.

При використанні Dolby Digital всі п'ять каналів передають повний частотний спектр звукових сигналів, що сприймаються людським слухом - від найнижчих (20 Гц) до найвищих (20 кГц). Іншою перевагою Dolby Digital є наявність абсолютно незалежного каналу передачі додаткової низькочастотної інформації, що дозволяє забезпечити найкращу передачу звуків, що виникають при вибухах і ударах.

Оскільки використовуються п'ять дискретних широкосмугових каналів плюс окремий канал НЧ, Dolby Digital визначається як 5.1-канальний

формат. При цьому 1 після крапки (.1) позначає канал НЧ, що має обмежену смугу частот.

Dolby Digital формує єдиний потік даних, в якому сигнали кожного каналу розташовуються один за іншим, подібно шести вагонів залізничного складу. Швидкість цифрового потоку всіх шести каналів складає 384'000 біт в секунду (384 кбіт / с). Для порівняння зазначимо, що два канали цифрового звуку на компакт-диску утворюють потік даних зі швидкістю 1'411'200 біт / с. Іншими словами, в Dolby Digital кожен канал кодується з використанням в десять разів меншої кількості бітів, ніж під час запису на звичайний CD. У результаті втрати такої значної кількості інформації якість звучання Dolby Digital виявляється гірше, ніж в CD.

До недоліків формату можна віднести високу ступінь стиснення інформації (11:1) [14].

На прикладі з Dolby Digital 5.1 ми можемо розглянути основні питання з інсталяції акустичних систем і апаратного забезпечення для багатоканальних систем. Як можна побачити з рис. 2.4, система Dolby Digital 5.1 розрахована на базі ідеальних умов, де всі канали рівновіддалені від слухача. Але такі умови досить важко реалізувати фізично, особливо в умовах малих та великих приміщень з не ідеальною геометрією рис. 2.5. Дану проблему можна успішно вирішити електричним шляхом. У рідній документації по зведенню в Dolby Surround наведено цікавий варіант розрахунків часів затримок - шляхом простого перекладу футів в мілісекунди.

Якщо DimL - це відстань від слухача до лівого фронтального каналу в футах (30,48 см), а DimS - відстань від слухача до найближчого surround-каналу в футах, то затримка в цьому каналі повинна бути рівною різниці DimL і DimS. Іншими словами:

$$\text{затримка (мілісекунди)} = \text{DimL (фут)} - \text{DimS (фут)}.$$

якщо лівий канал перебуває від нас у 10 футах, а surround - у п'яти, то параметр затримки дорівнює 5 мс (10-5 = 5).

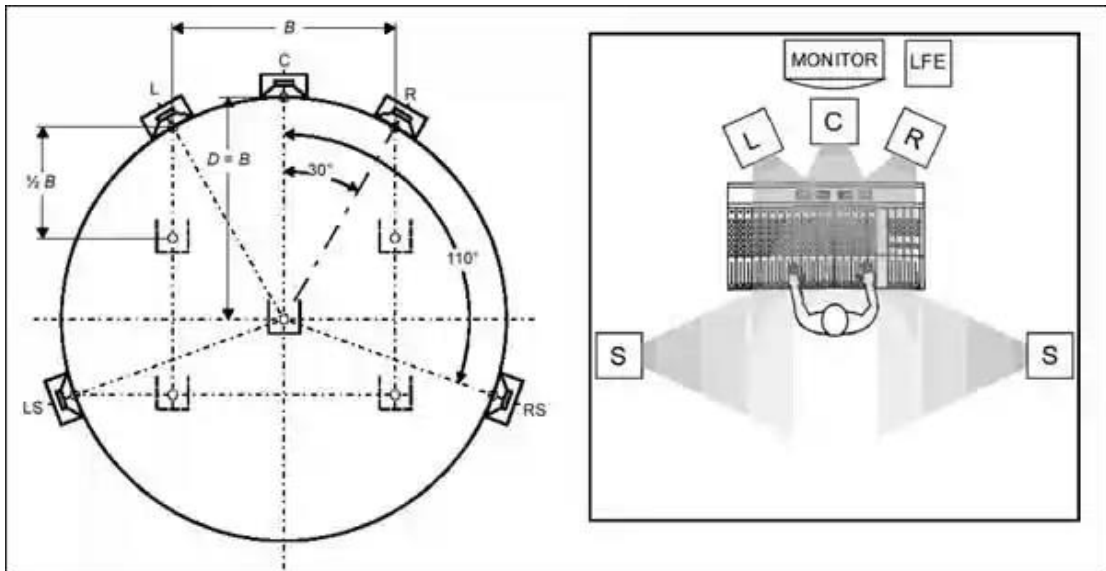


Рисунок 2.4 - Правильна розстановка акустичних систем для Dolby 5.1

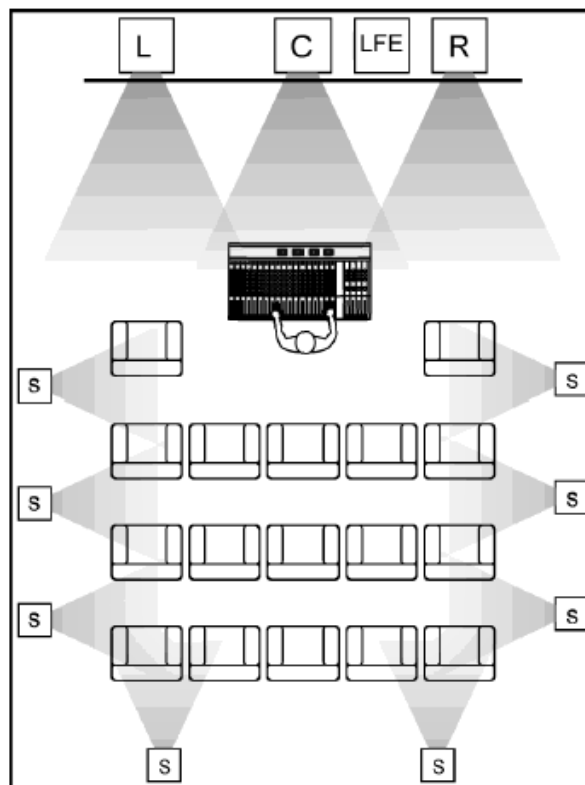


Рисунок 2.5 - Dolby Surround 5.1 в розгорнутому вигляді
для кінотеатрів і великих приміщень

Це справедливо не тільки для розрахунку взаємодій фронтальних і surround-каналів, але може застосовуватися і в інших випадках для вирівнювання картини. Наприклад, якщо центральний канал розташований ближче до слухача, ніж правий і лівий. Формула подібна:

$$\text{затримка (мілісекунди)} = \text{DimL (фути)} - \text{DimC (фути)}.$$

Відповідно, якщо ми оперуємо великою кількістю surround-каналів у великих приміщеннях, то параметри затримок для кожної їхньої пари відбудовуються окремо.

2.3 Обладнання стандарту THX

Однією з причин створення стандарту THX стало різко негативне ставлення продюсера і режисера, творця відомих «Зоряних воєн», Джорджа Лукаса до відтворення звуку його фільмів у кінотеатрах, обладнаних системами багатоканального звуку фірми Dolby. В результаті тривалих досліджень співробітниками Lucasfilm Ltd був створений новий стандарт звуковідтворення. Роботи проводилися під керівництвом головного інженера фірми Тома Холмана, тому новий стандарт отримав назву Tom Holman's eXperiment (експеримент Тома Холмана) або, скорочено, THX. Цей формат визначив нову концепцію просторового звучання, найбільш природну і максимально пристосованої до умов домашнього відеоперегляду. Використовуючи результати декодування процесора Dolby Pro-Logic, який утворює всього чотири канали, THX додатково поділяє монофонічний канал ефектів на два псевдостереофонічних - лівий і правий і створює додатковий наднизькочастотних канал (канал сабвуфера - гучномовця спеціально призначеного для відтворення потужних низькочастотних звуків). Одночасно досягається поліпшення відтворення низьких частот (20-80 Гц), корекція звуку фронтальних каналів, що адаптує звуковий супровід до умов прослуховування з близької відстані (у звичайній кімнаті). Також використовується коригуюча схема для збереження спектрального балансу при русі уявного джерела звуку від фронтальних до тилкових гучномовців. Подальшим розвитком THX стала поява більш досконалого стандарту - THX Ultra. Слід зазначити, що існують й інші, більш прості, ніж THX, системи розвиваючі ідею Dolby Pro-Logic. Наприклад, така як 5CH Cinema обробляє тільки тиллові канали, перетворюючи їх у псевдостерео [2].

Основні вимоги THX для кінотеатрів виглядали таким чином:

- відмінна розбірливість екранного діалогу;
- передача всього динамічного діапазону фонограми, від легкого шепоту до найгучнішого вибуху без спотворень;
- однорідне озвучування всіх глядацьких місць;
- рівною і широкою частотною характеристикою (бас з 30 Гц з однаковим рівнем гучності в усьому залі).

THX Ultra поширюється на акустичні системи в приміщеннях з обсягом понад 86 кубічних метрів (3000 кубічних футів). Стандарт включає в себе:

- Cinema Re-EQ. Система рееквалізації, усуває зайву яскравість звуку, що з'являється при відтворенні в домашніх умовах звукових доріжок, розрахованих на кінозали.
- Timbre Matching. Тональне перепогодження фронтальних і просторових каналів.
- Adaptive Decorrelation. Забезпечення стерео-відчуттів при наявності моно звуку в просторових каналах.
- Bass Management Electronic Crossover. Забезпечення якісного прослуховування низьких звуків через сабвуфер стосовно домашнім системам.
- Bass Peak Level Mangement. Захист сабвуфера від перевантаження.
- Loudspeaker Position Time Synchronization. Налаштування акустичного простору під місце розташування глядача / слухача.

THX Select поширюється на акустичні системи в приміщеннях з об'ємом близько 57 кубічних метрів (2000 кубічних футів). Рівень в 85 дБ дозволяє виконати основну умову стандарту - прослуховування самих тихих і самих гучних звуків. Цей рівень часто називають референсним. У контролерах і ресіверах встановлені спеціальні цифрові індикатори, що відображають різницю між поточним і референсним значеннями рівнів.

THX Multimedia

Ось тут самий цікавий момент, тому що його вважають одним із найбільш заангажованих. THX Multimedia був розроблений в 1999 році для сертифікації мультимедійних комп'ютерних систем. Дивимося невеликий список щасливчиків.

Сертифіковані колонки THX Multimedia:

Altec Lansing ADA 885 4.1 System

Cambridge SoundWorks ® THX ® 5.1 550 speaker systems

Creative MegaWorks ® THX ® 5.1 550 speaker systems

Klipsch ProMedia 2.1 System

Klipsch ProMedia 4.1 System

Klipsch ProMedia 5.1 System

Logitech Z-560 4.1 System

Сертифіковані системи THX Multimedia:

Dell Dimension 4400 System

Dell Dimension 8200 System

Сертифіковані апаратні звукові інтерфейси THX Multimedia:

Creative Labs 'Sound Blaster Audigy 2

Таким чином, стандартизація за якістю THX - дійсно чудова ідея, оскільки поки що ніхто не мав можливості оцінювати багатоканальні системи для якісного перегляду кіно. Дивно, що "знак якості" отримала Audigy 2, хоча, якщо ви хочете створити на базі PC домашній кінотеатр, ця плата буде кращою з представників користувальницького класу. А THX - безпрограшний варіант на сьогодні.

2.4 Обладнання стандарту MPEG Multichannel

MPEG Multichannel або MPEG-2 Audio так само як і попередній стандарт застосовується для запису звуку на DVD відеодиски. Створений він був у рамках розробки цифрового стандарту мовлення телебачення MPEG-2.

АС-3 і MPEG-2 Audio забезпечують приблизно однакову якість шестиканального звуку. Хоча деякі фахівці відзначають велику гнучкість останнього, внаслідок можливості змінної швидкості запису звукових даних. Також MPEG-2 Audio більш сумісний з простими аудіосистемами, що працюють в стереорежимі.

2.5 Обладнання стандарту Digital Theater System (DTS)

Американські мега кіностудія Universal City Studios, Inc не поспішала ділитися патентними відрахуваннями компанії Dolby Laboratories і вирішила розробити свій стандарт багатоканального звуку.

DTS (Digital Theater System) - шестиканальна цифрова система запису звукового супроводу кінофільмів, широко поширена в США. У цьому стандарті, наприклад, записана звукова доріжка фільму «Парк юрського періоду». Вважається, що ця система забезпечує кращу якість звуку, ніж АС-3 через менший стиснення вихідної звукової інформації.

Формат DTS (від однойменної компанії Digital Theatre Systems) був вперше представлений публіці в 1993 році разом з фільмом Jurassic Park (Парк Юрського періоду) Стівена Спілберга. У розробці та тестуванні нового формату активно брали участь як сам Спілберг, так і компанія Universal, які є співвласниками DTS. DTS-кодування для показу в кінотеатрах і для запису звуку на побутові носії (CD, LD і DVD) сильно між собою відрізняються. Сама компанія DTS цей факт не надто афішує, називаються обидва різновиди абсолютно однаково, хоча способи кодування, ступеня стиснення і якість звуку у них досить відчутно відрізняються.

DTS в кіно. Розробники формату порахували, що викроювати на кіноплівці (де вже розмістилися аналогова доріжка і Dolby Digital) додаткове місце для запису багатоканального цифрового звуку не має сенсу, тому було прийнято рішення записати звук на CD-ROM, і з нього відтворювати фонограму в кінотеатрах. Для точної синхронізації із зображенням на кіноплівку друкується код часу (він розташований поруч з аналоговою звуковою доріжкою). Таймкод містить не лише стандартні синхронізаційну інформацію (години, хвилини, секунди, кадри), але і кодовий номер фільму і рулону кіноплівки. Кінопроцесор звіряє цю інформацію коду на кіноплівці з інформацією, яка міститься на диску, і допускає відтворення тільки в тому випадку, якщо диск відповідає демонстрованому фільму. Для зчитування часового коду з кіноплівки потрібно відносно проста (і недорога) насадка на проектор, яка підключається до DTS-кінопроцесору з вбудованими дисководами CD-ROM. Сам таймкод з-за великих розмірів сигнальних точок дуже стійкий до зносу і може бути відновлений навіть при пошкодженнях плівки. Якщо ж код часу в силу якихось причин перестає надходити на процесор, він відтворює звук з CD-ROM ще чотири секунди, після чого (якщо не відновився часовий код) перемикається на резервну аналогову доріжку з Dolby Stereo. Цікаво, що своїм успіхом формат DTS багато в чому зобов'язаний розробленому контейнеру для дисків (caddy). Цей контейнер містить два диски і зручно поміщається в коробку для кіноплівки. Таке рішення заспокоїло прокатні компанії, які побоювалися, що диски можуть бути втрачені під час перевезення чи доставлені в кінотеатр не вчасно.

В DTS використовується деструктивне стиснення даних. У DTS для кінопоказу застосовується схема компресії apt-X100, розроблена компанією Advanced Processing Technology. Ця компанія, в даний час належить відомій Solid State Logic, займається передачею високоякісного звуку по телефонних мережах ISDN. Власне, apt-X100 спочатку був розроблений саме для цієї мети, DTS лише адаптувала кодек для передачі багатоканального звуку. У стандартному варіанті DTS кодуються п'ять незалежних каналів цифрового

звуку з розрядністю 16 біт і частотою дискретизації 44,1 кГц. Шостий (субвуферний) канал просто підміщується в лівий і правий surround-канали, частота розділу - 80 Гц. Таким чином, в "кіношному" DTS субвуферний канал не є повністю незалежним, проте ця обставина не сильно позначається на результаті - в більшості кінотеатрів surround-гучномовці і не розраховані на передачу частот нижче 80 Гц.

Apt-X100 є досить простою схемою стиснення звуку. В її основі лежить спосіб кодування ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation). Цей спосіб не передбачає використання будь-яких психоакустичних моделей, заснованих на особливостях людського слуху, і є досить простим як при кодуванні, так і декодуванні, що дозволяє використовувати недорогі кодери-декодери, а також знижує затримку між надходженням сигналу і його кодуванням / декодуванням (ця обставина й зумовила успіх алгоритмів ADPCM при передачі звуку по ISDN-мережах).

Принцип кодування такий: вхідний сигнал кросовером розбивається на чотири рівні частотні смуги. Потім з передбаченого значення семплу віднімається його реальне (те що надійшло) значення, після чого ця різниця передається по ISDN або, як у випадку з DTS, записується на диск. Природно, для запису різниці між передбаченим і реальним значенням семплу витрачається набагато менше біт, ніж на запис вихідного значення семплу, що і дозволяє зменшувати потік переданих даних. Єдина "психоакустичність" в кодеку apt-X100 - це те, що для високих і низьких частот застосовуються дещо різні механізми передбачення, і цим частотним смугам виділяється менша кількість біт в порівнянні із середніми частотами (у відповідності з відомим фактом, що людський слух менш чутливий до високих і низьких частотах).

Основним недоліком apt-X100 є те, що алгоритм кодування неможливо покращувати без зміни всього парку декодерів - якщо застосувати більш досконалий метод передбачення, то його необхідно використовувати одночасно і в кодері, і в декодері. Не передбачено використання метаданих,

що ускладнює використання цього кодека у мовленні та побутових носіях. Ефективність і якість звучання даного алгоритму сильно залежать від вихідного сигналу - майже ідеальний результат досягається при кодуванні чистих синусоїдальних сигналів (де легко з прийнятною точністю передбачити, яке значення матиме наступний семпл), а при кодуванні випадкового шуму ефективність падає майже до нуля. У реальних фонограмах співвідношення цих двох типів сигналів може сильно відрізнятись в залежності від ситуації на екрані (наприклад, якщо кодується шум дощу, сильно зростає випадкова компонента), відповідно і змінюється якість звуку. Однак у ситуаціях, коли випадкового шуму в сигналі багато, точність передачі (як у тому ж шумі дощу) не грає великої ролі.

За допомогою apt-X100 при кодуванні в DTS вдається домогтися ступеня стиснення даних 4:1 і потоку даних 882 Кбіт/с без помітної втрати якості звучання. Таким чином, на один CD-ROM (а використовується саме CD-ROM, а не аудіо-CD, через більшу надмірність і, отже, надійності першого) поміщається до 100 хвилин багатоканального звуку. Якщо фільм триває довше 100 хвилин, то звуковий супровід розміщується на двох або більше дисках (сучасні кінопроцесори DTS мають два або три вбудованих дисководи CD-ROM) [14].

2.6 Розвиток обладнання стандартів Dolby, DTS і THX

Dolby Digital EX, DTS-ES Matrix 6.1 і THX Surround EX - це розвиток стандартів Dolby Digital, DTS і THX. Різниця полягає в можливості додати до домашній кінотеатр додатково однієї (конфігурація 6.1) або двох (конфігурація 7.1) тилових акустичних систем для більш плавних переходів звуку в тилових каналах.

Матеріал для організації додаткових каналів береться з спеціально зашифрованих сигналів у правому та лівому тилових каналах звичайної конфігурації 5.1. Зазвичай не прийнято голосно говорити про це, але по суті

Dolby Digital EX, DTS-ES Matrix 6.1 і THX Surround EX користуються все тієї ж старою схемою з п'ятьма повноцінними каналами, додаткові акустичні системи додають обсягу звукову сцену, але, на жаль, не додають чіткої локалізації подій.

Dolby Surround EX формат кінозвука був розроблений Dolby у співпраці з THX і Skywalker Sound Studios. Він був представлений публіці в 1999 році з фільмом "Star Wars: Episode I - The Phantom Menace" Джорджа Лукаса. У *Dolby Surround EX* звук записаний за схемою 6.1, додаткова шоста доріжка використовується як центральний канал ефектів (він розташовується позаду, між лівим і правим surround-гучномовцями). Однак закодований шостий канал не дискретно, а старим добрим матричним способом - він записується в протифазі в лівий і правий surround-канали. З одного боку, додаткова звукова доріжка додає до палітри звукоінженера новий інструмент, але повернення до матричного кодування (і властивим йому обмеженнями) сподобався не всім. Для Dolby такий спосіб добавки звукового каналу, безсумнівно, вигідний - не потрібно повного переобладнання кінотеатру, а тільки покупка невеликого "доповнення" до декодера; відповідно, поширився новий формат досить швидко. До того ж повністю збереглася сумісність з кінотеатрами, обладнаними Dolby Digital 5.1. В даний час вже доступні і побутові декодери *Dolby Surround EX*, тому новий формат все частіше знаходить собі місце і на DVD.

Для побутових пристроїв Dolby випустила також нову систему *Pro Logic II*, яка (за твердженням виробника) дозволяє отримати з аналогового *Dolby Stereo* або навіть звичайного стерео повноцінну програму 5.1. Звичайно, якість виходить не таким, як при прослуховуванні *Dolby Digital*, але багато хто воліє *Pro Logic II* старому матричному декодеру *Dolby Pro Logic*.

Щоб зрозуміти простоту роботи *Pro Logic II* розглянемо дві схеми. Перша - реалізація формування сигналу S-каналу рис. 2.6.

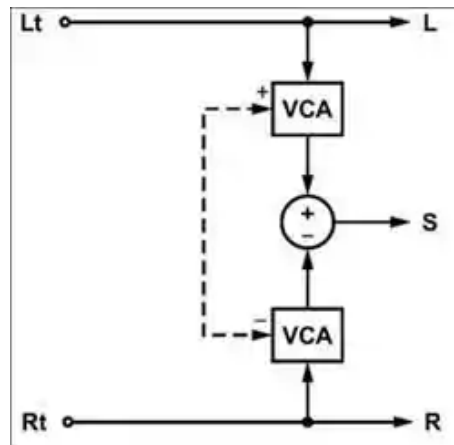


Рисунок 2.6 - Формування сигналу S-каналу

Як ми вже говорили в описі до Pro Logic, дуже велике значення має відсутність проникнення сигналів L і R каналів в S-канал. Але, наприклад, якщо баланс між каналами змінений і домінуючий образ розташований в напрямку, наприклад, "центр-право", то таке проникнення буде обов'язково. На рис. 5 показано варіант простого рішення даної проблеми. У ланцюзі між входами Lt і Rt і входом суматора ставляться два керованих підсилювача VCA (Voltage Controlled Amplifier). Управління обома VCA взаємозв'язано в різної полярності. Якщо сигнал Lt могутніше Rt, то посилення сигналу Lt перед суматором зменшується, а Rt, навпаки, збільшується. Таким чином, сигнали вирівнюються - проникнення мінімально.

Схема роботи Pro Logic II також проста в розумінні рис. 2.7.

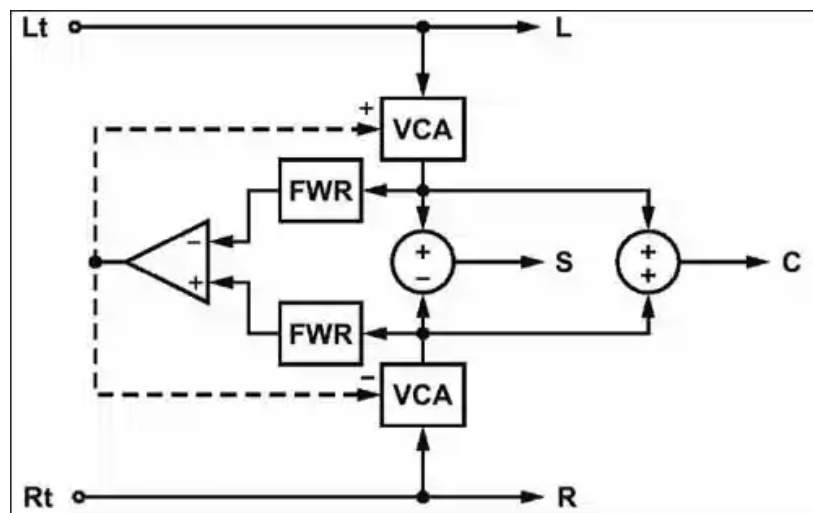


Рисунок 2.7 - Схема роботи Pro Logic II

Сигнали з обох VCA надходять на модулі амплітудних детекторів FWR (Full-Wave Rectifier). Диференціальний підсилювач порівнює сигнали постійного струму, які пропорційні амплітудам сигналів Lt і Rt. Його сигнал є керуючим для VCA. Сигнал центрального каналу C виходить шляхом додавання вирівняних Lt і Rt.

DTS-ES Discrete 6.1. Цей стандарт був представлений порівняно нещодавно, у Зоряних Війнах, Епізод 1. У ньому використовується більше 5-ти повноцінних каналів: виходячи з назви їх там 6. Додатковим каналом є центральний тилловий, що дає відчутну локалізацію.

Dolby TrueHD і DTS-HD High Resolution Audio. Світ рухається до відео високої чіткості, що вимагає більш ємного носія, ніж звичний DVD диск. З 2006 року почався відлік останніх днів DVD. Його замінюють нові диски Blu Ray і HD-DVD. Вони майже в 8 разів більш ємкі при тих же розмірах.

Основні гравці по звукових форматів і за сумісництвом конкуренти Dolby і DTS вже представили прогресивній громадськості свою відповідь на вихід носіїв Blu Ray і HD-DVD замість звичайного DVD. Нові стандарти багатоканального звуку названі Dolby TrueHD і DTS-HD High Resolution Audio. Розроблені для гідного звукового супроводу фільмів у якості High Definition, тобто 1920x1080 пікселів. Формати мають до 14 незалежних аудіо каналів з кодуванням без втрат, але в силу обмежень специфікацій носіїв Blu Ray і HD-DVD число незалежних аудіо каналів "тільки" 8. (7.1). Принципових відмінностей між форматами від Dolby і DTS немає.

Крім розробки стандартів, заснованих на потоках з стиснення із втратами, Dolby і DTS запропонували можливість повністю зберегти оригінальну звукову доріжку. Dolby TrueHD використовує стиснення без втрат MLP (Meridian Lossless Packing), яке вже застосовується у Audio DVD. У порівнянні з останнім, потік подвоївся (максимум, 18 Мбіт / с), як і кількість каналів (13.1). Дана особливість дозволяє виводити два, шість або вісім каналів з якістю відтворення, відповідним задумом творця. Роздільна запис потоків для стерео і 5.1 дозволяє уникнути так званого ефекту

downmix. Наприклад, звукова доріжка з вісьмома каналами 24 біта/48 кГц зажадає середній потік 4,7 Мбіт / с при максимальному 6,6 Мбіт / с. Оригінальна доріжка (без стиснення MLP) вимагає потоку 9,2 Мбіт / с. Поки переходити за стандарти вище 7.1 по числу каналів сенсу не має.

DTS-HD Master Audio. Це самий "свіжий" формат, точніше тюнінгована версія DTS-HD High Resolution Audio. У цьому форматі повністю відсутня компресія сигналу, тобто звукова доріжка повністю повторює запис у студії. DTS-HD Master Audio має потім 24,5 Мбіт/с для Blu-ray і 18 Мбіт/с для HD-DVD. DTS за основу бере принцип того, щоб потік був побітово ідентичний оригіналу з максимумом у вісім каналів (7.1) 24 біта/96 кГц. На даний момент гнучкість такого підходу не така хороша, як у формату Dolby. Зокрема, число можливих каналів менше, а поява додаткових каналів залишається поки долею чуток. Деяку плутанину вносить і те, що DTS, на відміну від Dolby, не дала різні назви своїх технологій HD: добавки High Audio Resolution і Master Audio не інтуїтивно, та й часто їх будуть просто опускати із-за довжини.

Повне задоволення від нових форматів можна отримати тільки при використанні HDMI протоколу передачі даних від програвача до ресівера с версією 1.3 і вище. Існує і можливість аналогового підключення, якщо у плеєра і у ресівера аудіо / відео є необхідні інтерфейси. Хоча в цьому випадку зв'язків кабелів не уникнути.

Для розгортання звукової системи HD необхідно дотримуватися ряду умов. Ви не зможете обійти (принаймні, сьогодні) обов'язкове використання з'єднання HDMI між джерелом (плеєром HD) і багатоканальним ресівером / підсилювачем (наприклад, Onkyo TX-SR605). Звичайно, якщо в плеєрі є декодер і перетворювачі, то з'єднання можна провести через аналогові виходи за умови наявності прямих входів на підсилювачі. Якщо ж ви використовуєте цифровий інтерфейс S/P DIF (оптичний або коаксіальний), як в традиційних конфігураціях, то ви не зможете виграти від HD. Ви будете

обмежені, у кращому випадку, форматом Dolby Digital або традиційним DTS. На жаль, але максимальний потік S/P DIF становить 1,5 Мбіт / с.

В інтерфейсі HDMI можливі два способи передачі між плеєром і аудіо / відео-ресівером. Перший - пряма цифрова передача кодованого потоку (raw flow, bit stream), але даний режим вимагає наявності інтерфейсу HDMI 1.3, який є не у всього сучасного обладнання. Другий варіант підтримується всіма версіями інтерфейсу HDMI і передбачає декодування на плеєрі і подальшу передачу звуку у форматі PCM (традиційний цифровий формат звуку) по кабелю HDMI на аудіо / відео-ресівер, який буде займатися цифро-аналоговим перетворенням. Подібне розділення завдань забезпечує хорошу сумісність між старим (нехай навіть йому виповнилося кілька місяців) устаткуванням і самими сучасними звуковими форматами Dolby TrueHD і DTS-HD Audio Master.

Слід зазначити, що кабель HDMI може передавати "чистий" кодований потік (bit stream) і при читанні традиційних DVD з доріжками Dolby Digital або DTS. З усього сказаного можна зробити, як мінімум, два висновки, цікаві своїми практичними наслідками. Можна використовувати аудіо / відео-підсилювач, в якому немає системи декодування цифрового звуку HD, якщо він підтримує прийом потоків PCM через вхід HDMI, причому версія HDMI може бути і не остання. І, на даний момент, саме характеристики плеєра часто визначають можливості встановленої системи домашнього кінотеатру [14].

Майбутній формат передачі - прямий закодований потік (bit stream) подається на аудіо / відео-ресівер, в якому присутній декодер звуку HD. Але потрібна наявність інтерфейсу HDMI 1.3.

Псевдобагатоканальні формати. Аналогічно системам «псевдостерео», що імітує стереозвучання моносигналу, в області багатоканального звуку застосовуються процесори тривимірного (3D) звуку, призначені для створення ефекту псевдомногоканального звуку при відтворенні через два динаміки стереотелевізора. Такі, наприклад, як Virtual

Dolby Surround, Virtual Surround Sound (VSS), Virtual 3D Surround, 3D-Phonic, Spatializer та інші [2,14].

2.7 Шумоподавлювачі

Основною метою боротьби з шумами (шумоподавлення) є підвищення суб'єктивної якості сигналів в даній системі запису. Пряме призначення систем шумоподавлення – зниження проникаючих в канал звукопередачі завад, наприклад, власного шуму системи, фону і т. д. Ефект подавлення завад може бути досягнє ний тільки тоді, коли заважаючий сигнал лежить за межами зміни параметрів корисного сигналу – рівнів, частоти. Значно гірше піддаються послабленню завади, корреліруючі з корисними сигналами. Сюди відносяться модуляційний шум, детонація і т. д.

2.7.1 Порогові шумоподавлювачі

Принцип роботи порогової системи шумоподавлення оснований на тому, що в паузах корисного сигналу, коли шум стрічки і елементів схеми стають особливо помітними, коефіцієнт підсилення ПВ автоматично зменшується.. Розпізнавання паузи відбувається по різниці рівнів корисного сигналу і шуму, з деякою затримкою в часі.

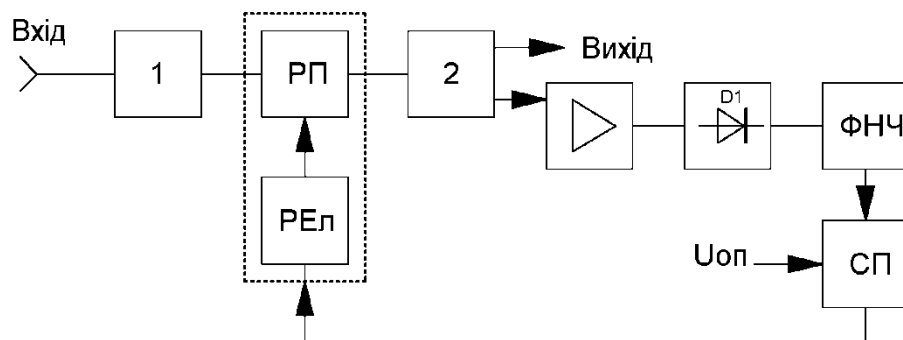


Рисунок 2.8 – Пороговий шумоподавлювач

Між двома каскадами ПВ 1 і 2 ввімкнено автоматичний регулятор підсилення (РП) з регулюючим елементом (РЕл), який керується із схеми

порівняння (СП). При зниженні сигналу нижче порогового рівня СП виробляє керуючий сигнал і РП шунтує вхід другого каскаду підсилення, тим самим зменшується коефіцієнт передачі ПВ. Недоліки: 1. Не обробляється сама фонограма, яка містить шуми. 2. Час спрацювання не може бути нескінченно малим, що призводить до помітності спрацювання.

2.7.2 Динамічні шумоподавлювачі

Динамічні Шумоподавлювачі працюють як фільтри ввімкнені в канал відтворення. Сигнали низького рівня (високочастотні складові) відфільтровуються фільтром НЧ, гранична частота якого змінюється в залежності від рівня. Одночасно проведене демпфірування високочастотних складових тут можливе тому, що сигнали низького рівня (тихі звуки) містять дуже мало обертонів.

2.7.3 Динамічний обмежувач шуму (DNL)

Принцип роботи динамічного обмежувача шуму оснований на керованій фільтрації НЧ сигналу з використанням виділеного керуючого сигналу. Крім фільтра НЧ з керованою в широкому діапазоні характеристикою пропускання в каналі управління є також фазовий фільтр для корекції фазової характеристики основного каналу передачі і покращення характеристики фільтра НЧ. Частота зрізу фільтра ВЧ фіксована, а коефіцієнт передачі регулюється в залежності від рівня сигналу. Керуючий сигнал виділяється з відфільтрованого сигналу і залежить від його рівня.

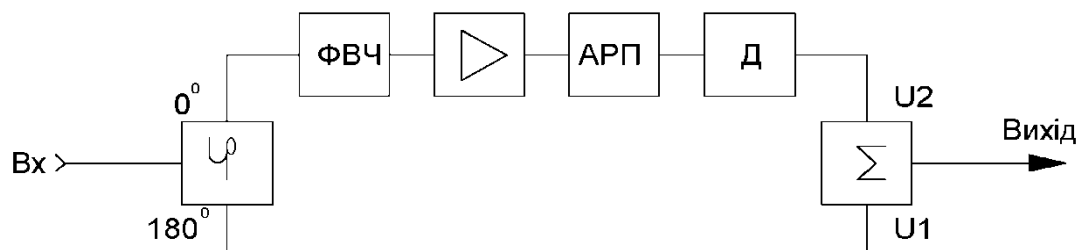


Рисунок 2.9 – Шумоподавлювач DNL

Сигнал з виходу підсилювача відтворення потрапляє на вхід фазообертача ϕ (рис. 2.9), який формує два сигнали, зсунутих по фазі один відносно одного на 180° . Сигнал, зсунутий по фазі на 180° , потрапляє безпосередньо на суматор Σ , а сигнал, рівний по фазі початковому, потрапляє в канал додаткової обробки. Цей канал складається з фільтра верхніх частот ВЧ з частотою зрізу $4,5 - 5$ кГц, додаткового підсилювача, блока АРП і дільника напруги Д. При невисокому рівні ВЧ складових коефіцієнт передачі каналу додаткової обробки максимальний. Завдяки чому досягається максимальне подавлення шумів у паузі при складанні сигналу цього каналу з протифазною напругою повного сигналу на суматорі. Коли рівень ВЧ складових підвищується коефіцієнт передачі зменшується за допомогою системи АРП. В результаті обмеження ВЧ сигналу на виході зменшується. При підвищенні сигналу на виході ФВЧ до рівня $-33...-38$ дБ по відношенню до номінального рівня канал додаткової обробки виявляється закритим і обмеження ВЧ складових не відбувається. Відношення сигнал/шум на 6 кГц -5 дБ ; на 10 кГц -20 дБ.

2.7.4 Динамічний подавлювач шуму (DNR)

Динамічний подавлювач шуму також працює по принципу фільтра, що керується (рис. 2.10).

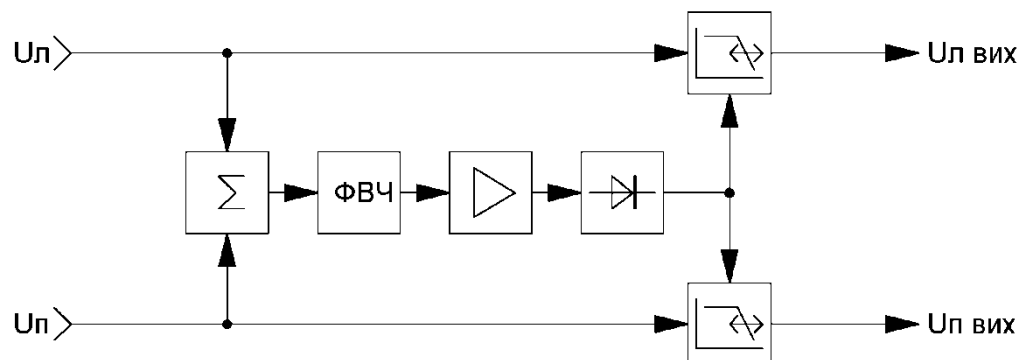


Рисунок 2.10 – Шумоподавлювач DNR

В канал передачі сигналу включається фільтр НЧ з керованою частотою зрізу в смузі від 800 Гц до 30 кГц. Сигнал управління виділяється з сумарного (стереофонічного) сигналу в смузі частот вище 6 кГц і залежить від його рівня. Випрямляч рівня сигналу управління працює як піковий детектор. Максимальне подавлення шуму біля 14 дБ.

Перевагою динамічних систем є те, що вони практично повністю сумісні з будь – яким звуковідтворюючим апаратом і не потребують зміни його схеми. До недоліків можна віднести те, що компроміс між ступінню зниження шуму і мінімальним спотворенням спектра сигналу не завжди виявляється вдалим. В результаті в тихих місцях фонограми може не достатньо знижуватись рівень шуму і спотворюватись тембр звучання.

2.7.5 Компандерні системи шумоподавлення

Компандерною (від слів компресор – зжимач і експандер – розширювач) називають систему шумоподавлення, запропоновану Реєм Долбі (США). Вона основана на широко відомому способі командирювання сигналу, коли встановлений на вході ПЗ компресор перетворює поступаючий сигнал таким чином, що сигнали малого рівня підсилюються більше, ніж решта, і начебто “відкриваються” від рівня шумів ПЗ. На виході ПВ розміщено експандер, який відновлює сигнал до початкового рівня. В результаті відношення сигнал – шум помітно покращується.

Особливість таких систем полягає в тому, що експандер повинен мати характеристику, зворотню характеристиці компресора не тільки при плавних змінах рівня сигналу, але і при стрибках гучності, щоб запобігти виникненню нелінійних спотворень.

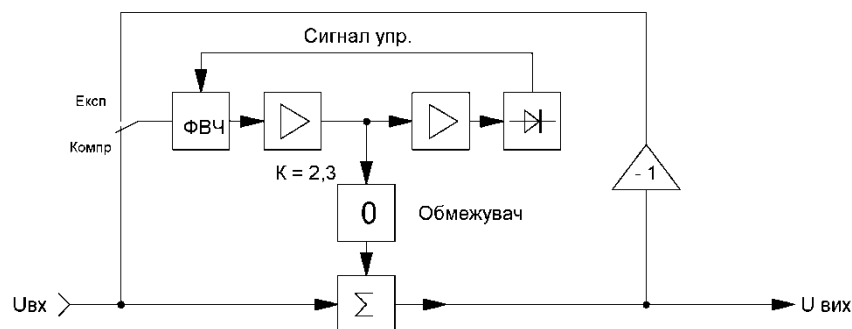
Представниками шумоподавлювачі цього класу є Dolby – B і Dolby – C, які використовуються в побутовій апаратурі та Dolby – A і Dolby – SR для студійної апаратури.

Шумоподавлювачі Dolby – B має сходинкову ЧХ з підйомом ВЧ при низьких рівнях вхідного сигналу (рис. 2.11). Ефект шумоподавлення

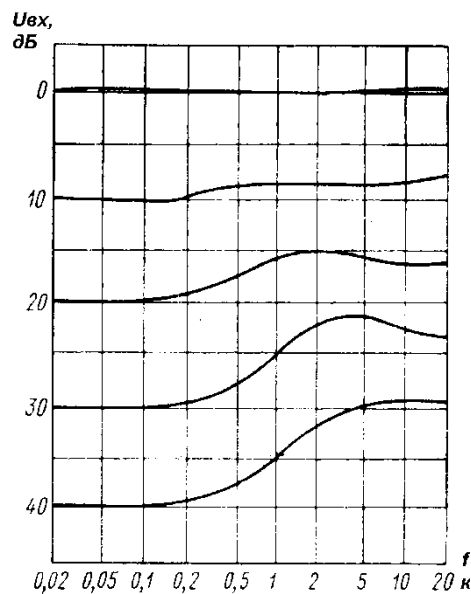
досягається з використанням фільтра ВЧ з нижньою граничною частотою $f \geq 500$ Гц.

Сигнал управління виділяється із відфільтрованого сигналу, при великих змінах рівня час спрацювання цього сигналу складає $T_E = 1$ мс. Час відновлення T_A також залежить від рівня сигналу і змінюється в межах 25 – 100 мс.

Вихідний сигнал утворюється із необробленого основного сигналу і обробленою в залежності від рівня і частоти сигналу допоміжного каналу.



а)



б)

а – структурна схема Dolby – В

б – степінь підсилення і відповідно затухання, залежна від рівня сигналу.

Рисунок 2.11 – Система Dolby – В

Система Dolby – В знижує рівень шумів на 10 дБ.

В шумоподавлювачі Dolby –С використовується двокаскадний компандер, що дозволило отримати на частотах вище 1 кГц шумоподавлення до 20 дБ. Основу шумоподавлювача Dolby – С утворюють два послідовно ввімкнених компандера, які окремо обробляють сигнали високого і низького рівнів. Завдяки такому розділенню зжимання вдалось зменшити викиди рівнів.

У сигнальній гілці є ланка частотної корекції з фіксованими параметрами (spectral – skewing). Вона призначена для зниження рівня складових вище 10 кГц, наприклад, пілот - тона 19 кГц, стереофонічного сигналу FM –радіомовлення. Це дозволяє покращити модуляційну здатність на ВЧ каналу запис – відтворення, і зменшити помилки внаслідок коливань рівня. В колі процесора малих сигналів додатково ввімкнена система анти насичення, яка захищає від пере навантаження. Процесор сигналів високого рівня може бути використаний і в варіанті Dolby – В. Варіант в процесорі високих рівнів використовує фільтр ВЧ з фіксованою частотою зрізу 375 Гц (в варіанті В частота зрізу 1,5 кГц) і керований фільтр з такою ж частотою зрізу.

Поріг спрацювання обмежувача викидів змінено на 3 дБ, постійна часу відновлення ланки ФНЧ зменшена вдвічі. Малосигнальний процесор працює з керованим фільтром ВЧ з частотою зрізу 375 Гц. Завдяки розділенню загального зжимання на дві рівні частини викиди вдалося зменшити.

Шумоподавлювач Dolby – А .

В шумоподавлювачі Dolby – А потрапляючий на вхід сигнал розділений на 4 вузькосмугових сигнали, кожний з них командується окремо. Шумоподавлювач цього типу використовується в основному в апаратурі професійного призначення.

Шумоподавлювач Dolby – SR.

Його основна різниця полягає в тому, що він містить три каскади компресування, при чому в кожному з них вхідний сигнал розділяється на

один чи два смугових сигнали. У всіх каскадах зжимання проводиться на визначених рівнях сигналу (пороги рівнів спрацювання -30 , -48 , -62 дБ). В перших двох каскадах гранична частота розділу сигналу лежить біля 800 Гц, каскад з порогом -62 дБ обробляє сигнали лише на частотах вище 800 Гц. В кожному каскаді є фільтр з фіксованою частотою зрізу і фільтр з змінною частотою зрізу. Крім того, в шумоподавлювачі є система захисту від перевантажень (антинасичення) і частотний коректор, як і в варіанті Dolby – C.

3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

3.1 Обґрунтування та вибір аудіопроецесора

Із усього спектру аудіопроецесорів візьмемо для розгляду PT2322 виробництва Тайванської фірми Princeton Technology Corp, яка є професійним виробником інтегральних мікросхем. Серед напрямків розробки окреме місце займають багатоканальні аудіопроецесори для мультимедійних пристроїв. Аудіопроецесори РТС завоюють популярність завдяки високим характеристикам якості звуку, низької вартості й легкого керування в кінцевому продукті.

Блок-схему ІМС PT2322 наведено на рис. 3.1.

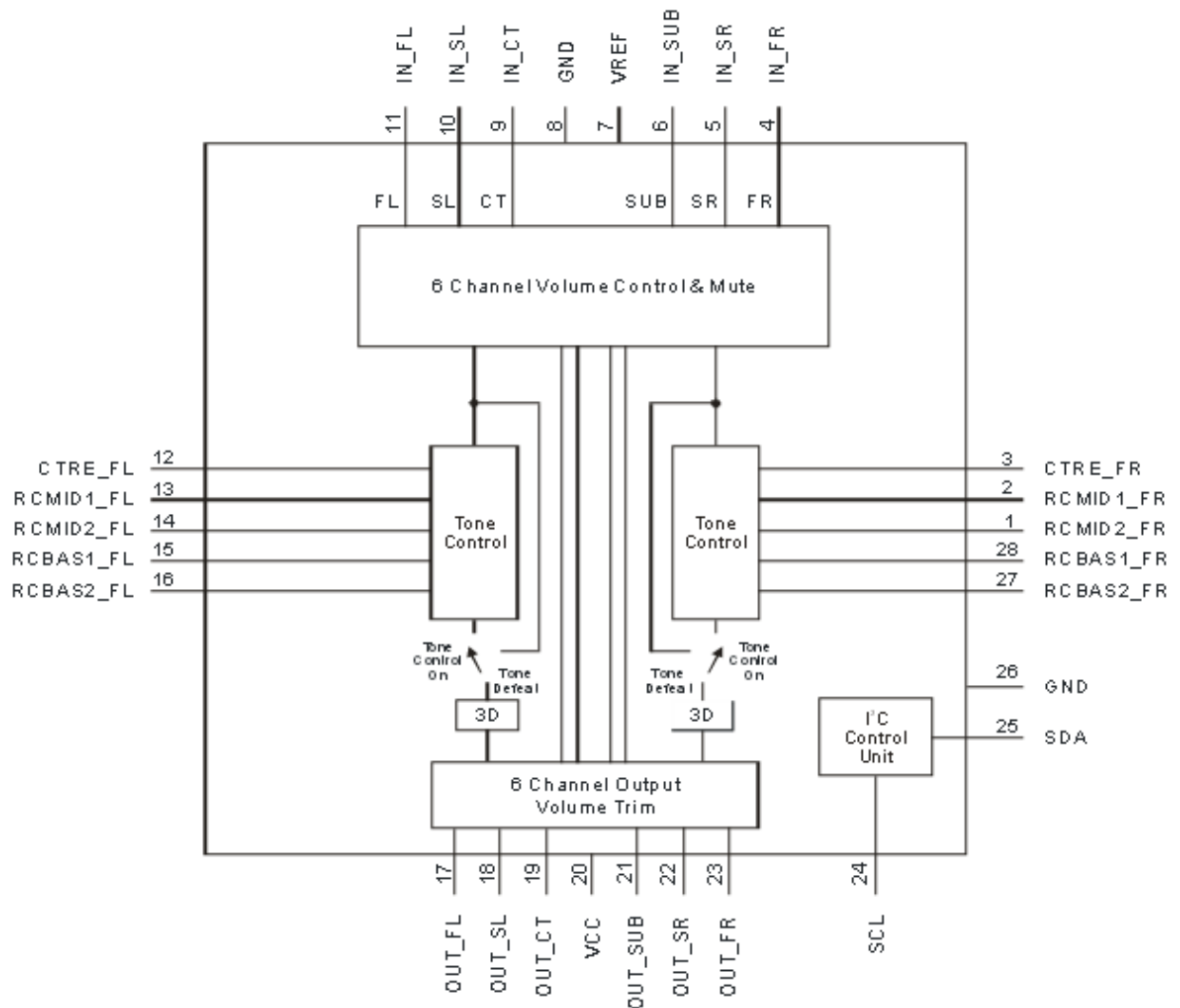


Рисунок 3.1 – Блок-схема ІМС PT2322

PT2322 являє собою 6-канальний звуковий процесор, ІМС якого побудована за технологією CMOS. Її основні технічні та сервісні параметри:

- споживання дуже малої потужності (напруга живлення 9 В);
- керування по шині I²C;
- індивідуальний вхід з 6-ма каналами;
- регулювання основної гучності по 6 каналам: від 0 до -79 дБ з кроком 1 дБ;
- 3 смугове регулювання тембра (високі, середні та низькі): ± 14 дБ з кроком 2 дБ;
- функція відключення звуку;
- функція тримірного ефекту;
- функція «плоскої АЧХ»;
- низькі спотворення;
- високе розділення каналу;
- низький гармонічний розклад;
- мала кількість зовнішніх компонентів.

Цоколювку ІМС PT2322 із позначенням виводів наведено на рис. 3.2, а типову схему включення – на рис. 3.3.

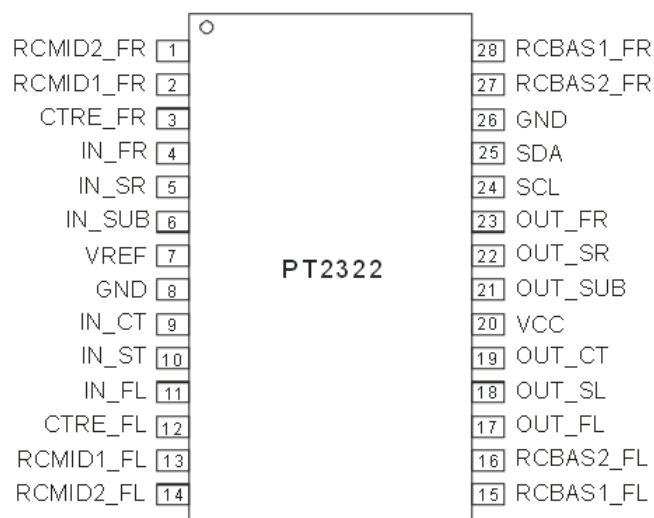


Рисунок 3.2 – Цоколювка ІМС PT2322 із позначенням виводів

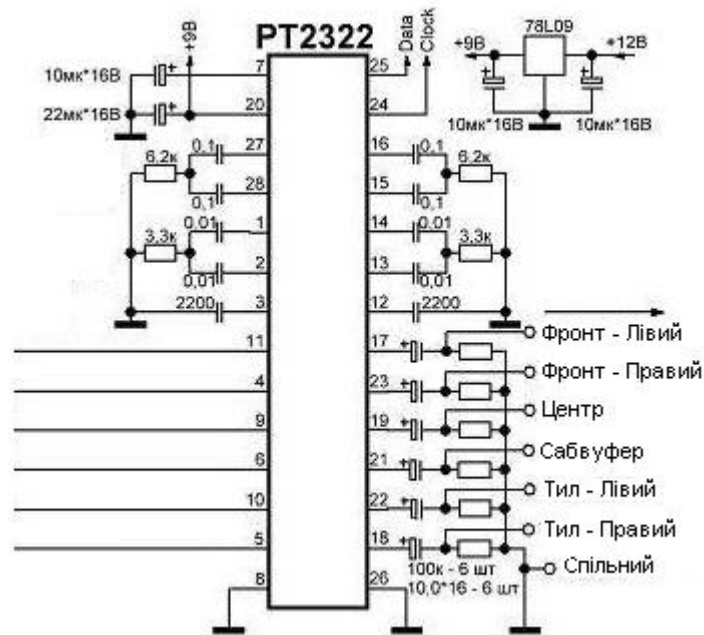


Рисунок 3.3 – Типова схема включення ІМС PT2322

3.2 Обґрунтування та вибір аудіокомутатора

Для сумісності з обрани аудіо процесором оберемо ІМС аудіокомутатора тієї ж фірми-виробника. ІМС PT2323 являє собою 6-канальний аудіоселектор і виготовлена по CMOS технології.

Цоколювка ІМС PT2323 із позначенням виводів подана на рис. 3.4, а її типова схема включення – на рис. 3.5.

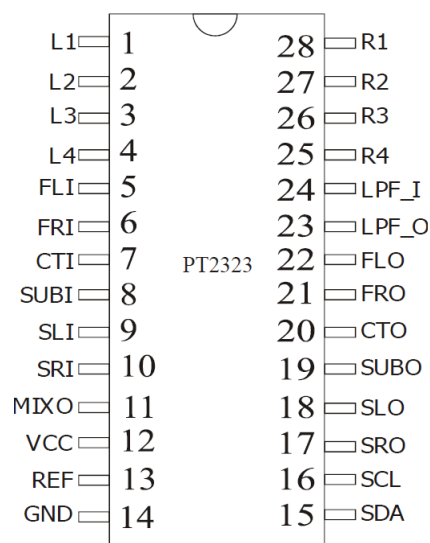


Рисунок 3.4 – Цоколювка ІМС PT2323 із позначенням виводів

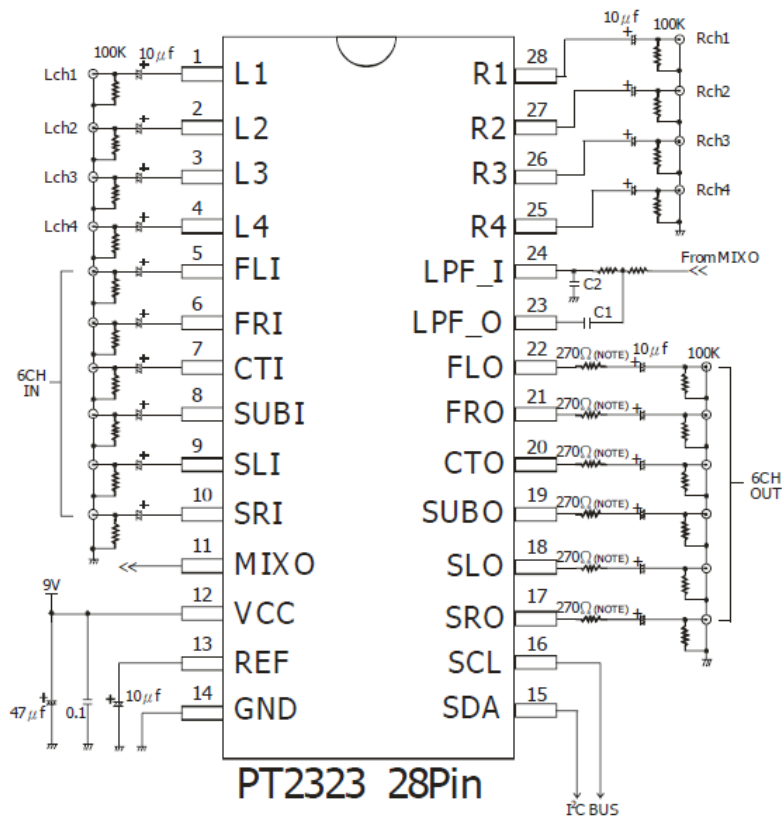


Рисунок 3.5 – Типова схема включення ІМС PT2323

Основні параметри ІМС PT2323:

- напруга живлення 9 В;
- 4 вхідних стереоканали;
- Один 6-канальний вхід;
- Максимальна вхідна наруга 3,75 В;
- Малий коефіцієнт нелінійних спотворень (не більше 0,005%);
- Малий рівень власних шумів;
- Керування по шині I²C.

3.3 Обґрунтування та вибір мікроконтролера

Для керування кодером стандарту Dolby-Stereo по шині I²C найкраще підходять мікроконтролери PIC фірми Microchip.

Продовжуючи традицію сумісності по виводах 8- і 14-вивідних мікроконтролерів, компанія Microchip розробила нове покоління 20-вивідних контролерів PIC16F685/687/689/690. До цього сімейства, за короткий строк

ставшому популярним, додані нові контролери: **PIC16F631** - по суті це 20-вивідна версія контролера PIC16F630; і **PIC16F677** - 20-вивідна версія PIC16F676 зі збільшеним обсягом пам'яті програм. Як і для всіх нових мікроконтролерів, стає стандартною підтримка технології NanoWatt (гнучка система тактування й вбудований генератор, що перемикається програмно) і 10 біт АЦП. Нові мікроконтролери позиціонуються як альтернатива 18-вивідним мікроконтролерам не тільки по функціональності, але й за ціною. PIC16F690 має 12 каналів 10-розрядного АЦП, 2 компаратори, програмувальний джерело опорної напруги й розширений модуль Захвата/Порівняння/ШІМ (ECCP+) із програмованою затримкою перемикання (dead time), автовимиканням і рестартом, послідовний інтерфейс EUSART, SPI/I²C.

Всі мікроконтролери в корпусах із числом виводів від 8 до 14 сумісні між собою як програмно, так і по виводах, тому при необхідності розширення функцій приладу розробнику буде потрібно мінімум змін (рис. 3.6).

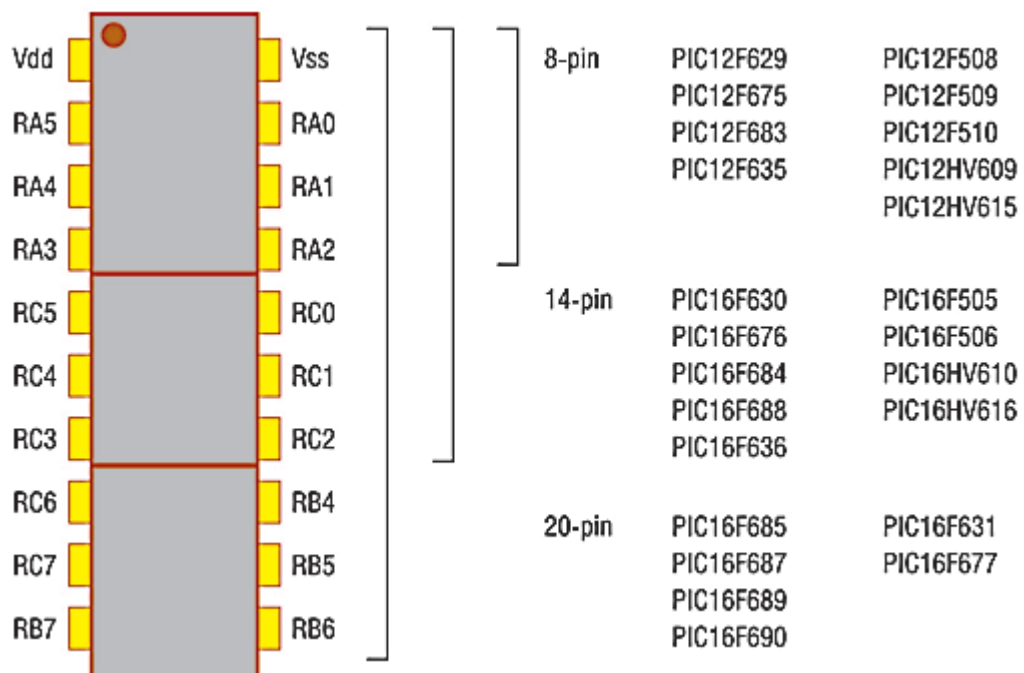


Рисунок 3.6 – Сумісність по виводах 8- 14- і 20-вивідних PIC мікроконтролерів

Сімейство контролерів PIC16F87xA піддалося глибокій модернізації (табл. 3.1). По суті, розроблене нове сімейство контролерів з характеристиками, на порядок переважаючої можливості широко поширеного сімейства PIC16F87xA, але при цьому - з істотно зниженою ціною. Нове сімейство PIC16F88x має такі відмінні риси:

- внутрішній генератор із програмним перемиканням частоти й детектором відмови зовнішнього кварцу;
- технологія NanoWatt для збереження енергії батарей;
- пам'ять програм з можливістю самопрограмування;
- енергонезалежна пам'ять даних EEPROM;
- 2 компаратори з RS-Тригером;
- удосконалений модуль порівняння/захвата/ШІМ (ECCP) із затримкою на перемикання (dead time delay), можливість формування затримки на вимикання й рестарту;
- підтримка SPI і I²C з маскою за адресою.

Таблиця 3.1 – Нові контролери сімейства PIC16F 88X

Тип	FLASH па- м'ять прог- рам, слів	ОЗП дан- их, байт	EEP- ROM, байт	Пор- ти I/O	Ка- на- лів АЦП	Ана- лого- вий ком- па- ратор	Вбу- дова- ний гене- ратор МГц	Тай- ме- ри 8/16	CCP/ ECCP	Типи кор- пу- сів	Особл и- вості
PIC16F882	3.5K	128	128	25	11x10bit	2	0.031- 8	1/2	1/1	28- DIP, SO, SS, ML	nW, EUSA RT, I ² C/SPI
PIC16F883	7K	256	256	25	11x10bit	2	0.031- 8	1/2	1/1	28- DIP, SO, SS, ML	nW, EUSA RT, I ² C/SPI

Продовження таблиці 3.1 – Нові контролери сімейства PIC16F 88X											
PIC16F884	7K	256	256	36	14x10bit	2	0.031-8	1/2	1/1	40-DIP, 44-TQFP, ML	nW, EUSA RT, I ² C/SPI
PIC16F886	14K	368	256	25	11x10bit	2	0.031-8	1/2	1/1	28-DIP, SO, SS, ML	nW, EUSA RT, I ² C/SPI
PIC16F887	14K	368	256	36	14x10bit	2	0.031-8	1/2	1/1	40-DIP, 44-TQFP, ML	nW, EUSA RT, I ² C/SP

Провівши аналіз мікроконтролерів сімейства PIC16F88X оберемо з табл. 3.1 мікроконтролер типу PIC16F887, блок-схему якого подано на рис. 3.7.

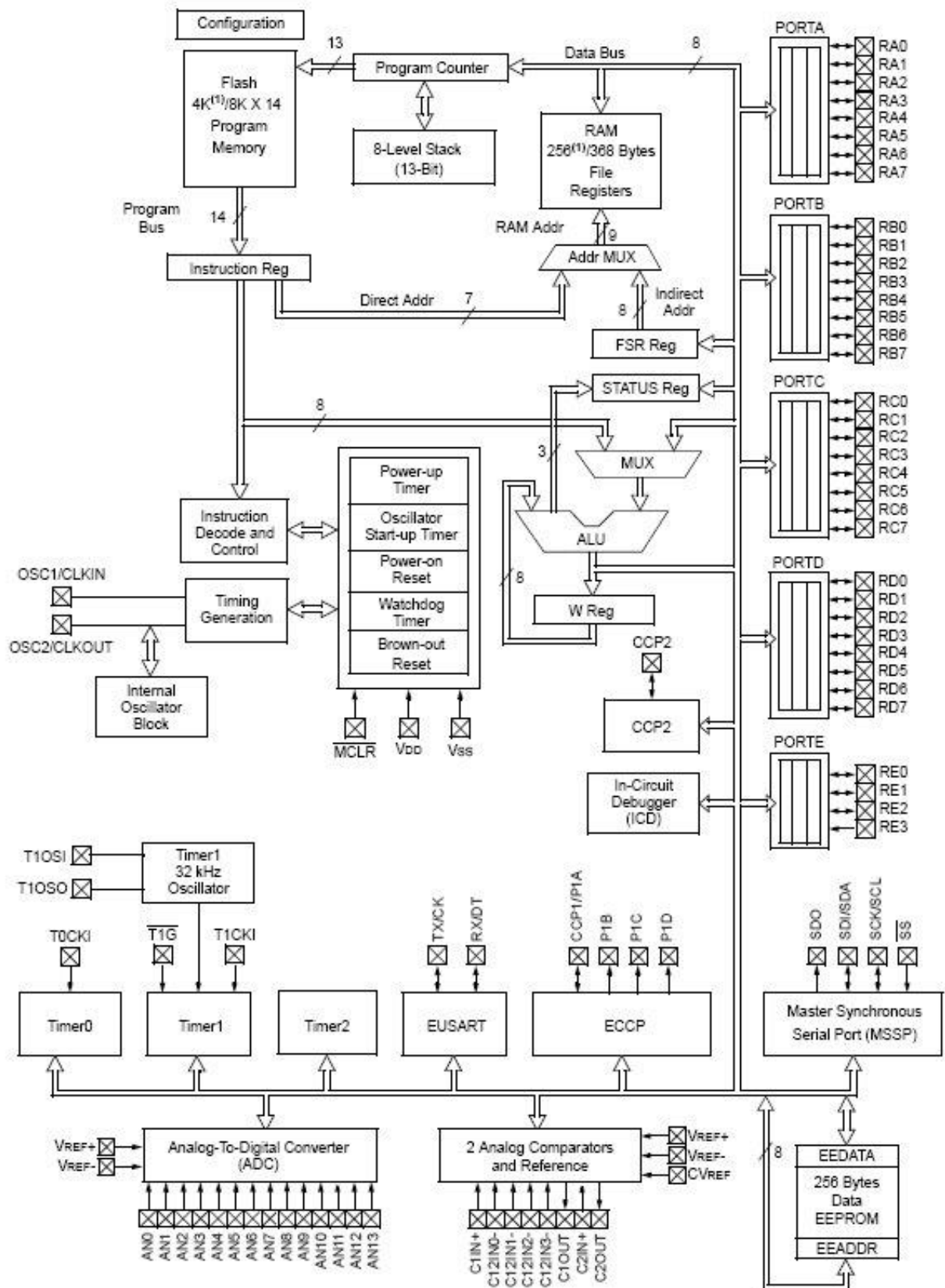


Рисунок 3.7 – Блок-схема мікроконтролера PIC16F887

Цоколювку ІМС мікроконтролера PIC16F887 із зазначенням виводів подано на рис. 3.8.

3.4 Розробка принципової схеми пристрою

1) гучність; 2) високі; 3) середні; 4) низькі; 5) mute;
 6) тембр вкл/викл; 7) 3D вкл/викл; 8) surround вкл/викл;
 9) вхід "1"; 10) вхід "2"; 11) вхід "3"; 12) вхід "4"; 13) вхід "5.1"

Рисунок 3.9 – Електрична схема блоку керування на основі мікроконтролера PIC16F887

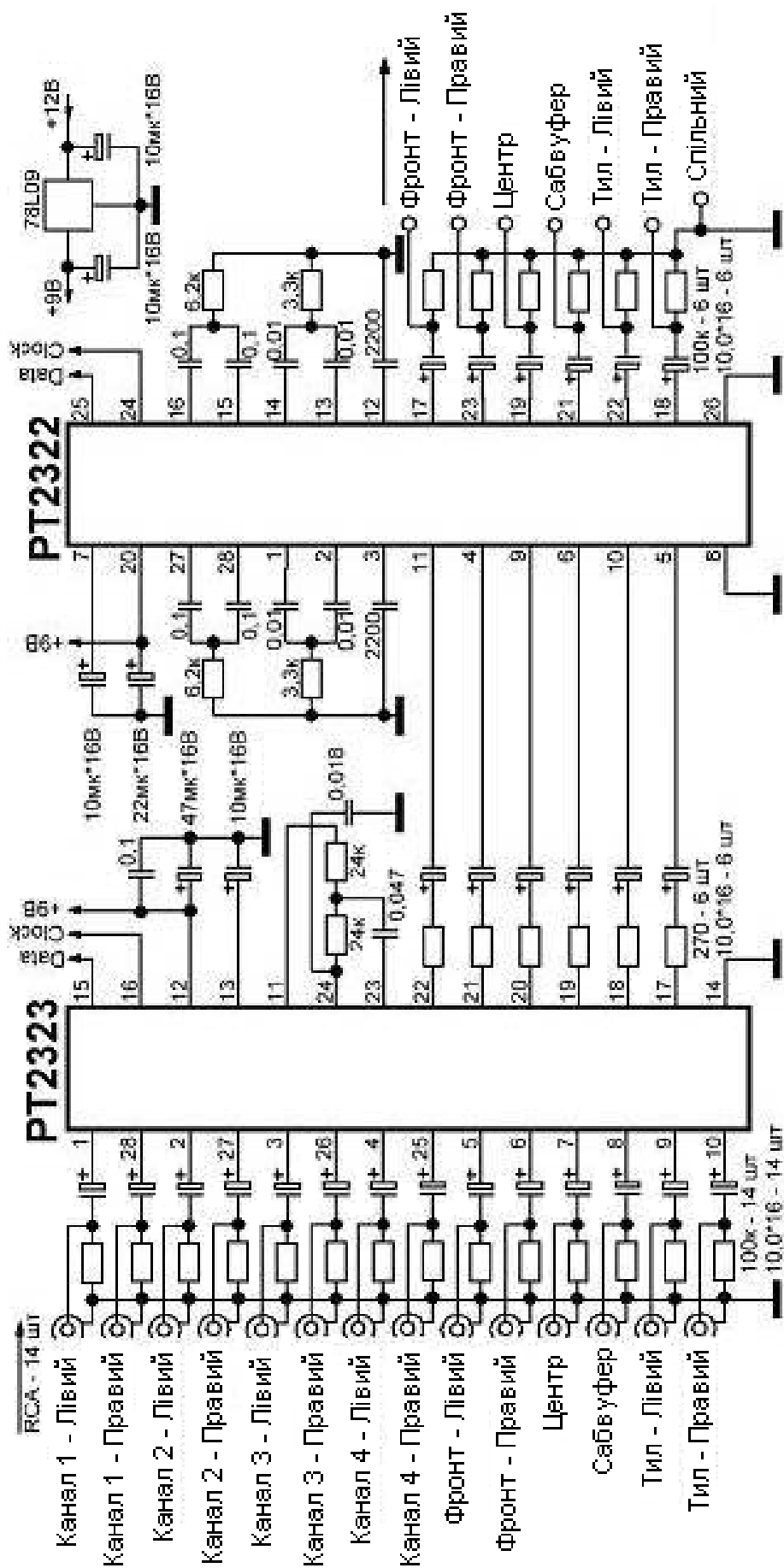


Рисунок 3.10 – Електрична схема кодера стандарту Dolby-Stereo

4 ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ КАСКАДІВ ПРИСТРОЮ

4.1 Електричний розрахунок кварцового генератора

Задавальний генератор мікроконтролера керування виконаний на ІМС PIC16F887. Вона має в своєму складі генератор, розрахований на роботу з зовнішнім кварцовим резонатором. Схема задавального генератора зображена на рисунку 4.1.

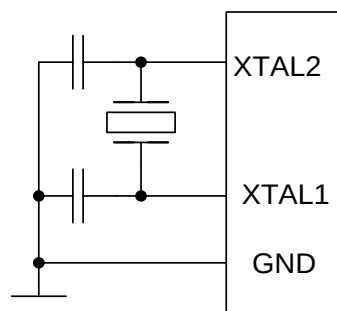


Рисунок 4.1 – Принципова електрична схема задавального генератора

В схемі використовується кварц типу РК-101 з частотою генерації 4 МГц. Параметри інших часозадавальних елементів розраховуються за такою формулою

$$F = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{L_{KB} C1 C2}{C1 + C2}}} \text{ [МГц]}.$$

За допомогою довідника [1] визначаємо індуктивність кварцового резонатора, яка складає 0,15 мГн.

Відношення ємностей конденсаторів C1:C3 для стійкості генерації має знаходитись в межах 2...4.

Тоді, якщо C3 дорівнюватиме 18 пФ, то C1 дорівнює

$$C1 = \frac{C3}{4\pi^2 F^2 L_{KB} C3 - 1} [n\Phi],$$

$$C1 = \frac{18 \cdot 10^{-12}}{4 \cdot 3,14^2 \cdot (4 \cdot 10^6)^2 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-12} - 1} = 25 (n\Phi).$$

Конденсатор $C1$ приймемо рівним $C3$, а для точного встановлення частоти паралельно $C1$ підключимо підстроювальний конденсатор $C2$. З довідника [16] вибираємо такі конденсатори [15]:

$C1, C3$ типу К10-196-М33-18 пФ;

$C2$ типу КТ4-25 (6...25) пФ.

На екрані осцилографа видно, що період коливань дорівнює $T=220$ нс, тобто частота коливань складає

$$f_{ГЕН.} = 1/T = 1/220 \cdot 10^{-9} = 4.55 \text{ МГц},$$

що приблизно дорівнює 4 МГц. Амплітуда вихідних коливань складає 5,6 В, чого цілком достатньо для нормальної роботи частотоміра.

4.2 Електричний розрахунок стабілізатора напруги

Вхідні дані для розрахунку:

- тип мікросхеми компенсаційного стабілізатора 7508;
- споживана потужність $P_{\text{спож}} = 9$ Вт;
- мінімальний рівень вхідної напруги $U_{\text{ВХmin}} = 11,5$ В;
- максимальний рівень вхідної напруги $U_{\text{ВХmax}} = 12,5$ В;
- вихідна напруга після стабілізатора $U_{\text{ВИХ}} = 9$ В;
- коефіцієнт пульсацій стабілізованої напруги – 0,5%.

Для розрахунку інтегрального стабілізатора напруги на ІМС 7508 застосуємо програму «Regulator design v1.2», яка дозволяє розрахувати резистори, що використовуються у типовій схемі включення, та вибрати

конденсатори. Результати розрахунку наведені на рис. 4.2.

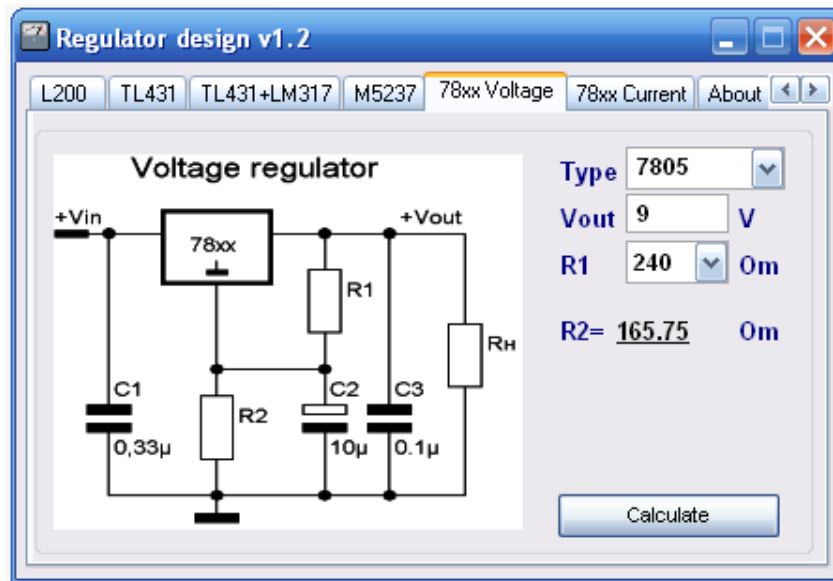


Рисунок 4.2 – Вікно розрахунку програми «Regulator design v1.2»

Вибираємо C1, C3 типу K73-9-M750, C2 типу K50-36. Резистори приймаємо типу C2-23-0,25.

На рис. 4.3 подано електричну схему стабілізатора напруги, спроектовану за допомогою EWB 5.0.

Вибираємо для розрахунку мінімальні значення параметрів елементів схеми при напрузі $U_{BX} = 20$ В.

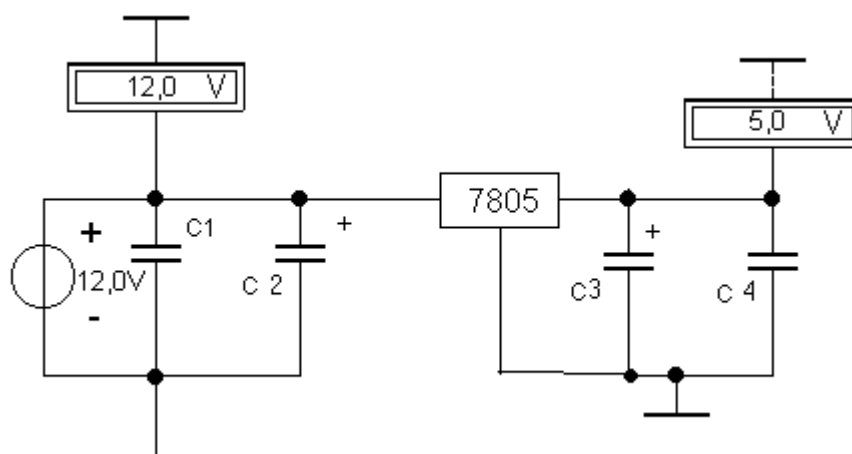


Рисунок 4.3 – Схема стабілізатора напруги на 7805, модельована в EWB 5.0

Визначаємо ємність конденсаторів C1 та C2

$$C1 = C2 = \frac{1}{2\pi f_B} [\text{мкФ}],$$

де $f_B = 100$ Гц – частота биттів для діодного моста.

$$C1 = C2 = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 100} = 1592 (\text{мкФ}),$$

Приймаємо $C_1 = C_2 = 2000$ мкФ. Вибираємо конденсатори C_1, C_2 типу К50 – 6 – 2000 мкФ – 25В $\pm 10\%$ [12].

За допомогою конденсатора забезпечується стійка робота мікросхеми. При $U_{\text{вих}} > 5$ В ємності C_3 та C_4 можуть мати значення

$$C_3 \geq 100 \text{ пФ}; \quad C_4 \geq 1 \text{ мкФ}.$$

При струмі навантаження більше 100 мА мікросхему 7508 необхідно встановити на радіатор [6].

Вибираємо типи елементів схеми [10]

C_1, C_2 – К50 – 6 – 2000 мкФ – 25В $\pm 10\%$;

C_3 – К50 – 6 – 1 мкФ – 25 В $\pm 10\%$;

C_4 – К10 – 0,01 мкФ – 50 В $\pm 5\%$;

DA1 – 7508;

VD1 – КД 105А.

Як видно з показів радіовимірюючих приладів на рис. 4.3 при обраних номіналах елементів, схема працює вірно.

4.3 Розрахунок Г-подібного згладжувального RC – фільтра

Вихідні дані для розрахунку:

- випрямляч зібраний за мостовою схемою ($m = 2$),
- частота струму мережі живлення $f_M = 50$ Гц,
- опір навантаження $R_H = 39$ кОм,
- випрямлена напруга $U_0 = 12$ В,

- випрямлений струм $I_0 = 1,0 \text{ A}$,
- коефіцієнт пульсації на вході фільтра $K_{\text{П.ВХ}} = 0.67$,
- коефіцієнт пульсації на виході фільтра $K_{\text{П.ВИХ}} = 0.03$.

Електрична схема Г-подібного згладжувального RC -фільтра подана на рисунку 4.4.

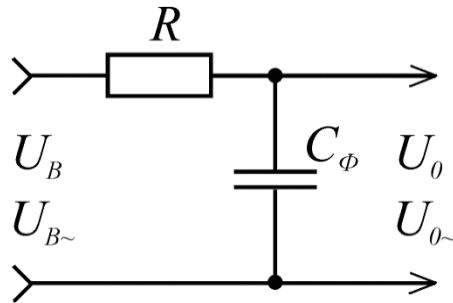


Рисунок 4.4 – Електрична схема Г-подібного RC згладжувального фільтра

Визначаємо величину коефіцієнта згладжування пульсації

$$q = \frac{0.67}{0.03} = 22.3,$$

$$q = \frac{0.67}{0.03} = 22.3.$$

Розраховуємо опір резистора R_ϕ

$$R_\phi = 0.25 R_H [\text{кОм}],$$

$$R_\phi = 0.25 \cdot 39000 = 9.75 (\text{кОм}).$$

Приймаємо $R_\phi = 10 \text{ кОм}$.

Далі визначаємо ємність конденсатора C_ϕ

$$C_\phi = \frac{0.016 I_0 q}{m U_0} [\text{мкФ}],$$

$$C_\phi = \frac{0.016 \cdot 0.019 \cdot 22.3}{2 \cdot 735} = 4.61 (\text{мкФ}).$$

Тип конденсатора вибирають аналогічно попереднім розрахункам.

5 РОЗРАХУНОК ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ ТА НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЮ

5.1 Конструктивний розрахунок друкованої плати

Вихідні дані:

- метод виготовлення плати: комбінований;
- метод отримання рисунку: фотохімічний;
- мінімальна відстань між монтажними отворами: 2,5 мм;
- крок координатної сітки: 2,5 мм;
- форма контактної площадки: кругла;
- щільність друкованого монтажу: перший клас;
- фторезист: сухий, плівковий;
- максимальний струм через провідник: 2,05 А.

Тип плати – двостороння, оскільки двосторонні друковані плати характеризуються: високими комутаційними властивостями; підвищеною міцністю з'єднання виводу навісного елемента з провідним рисунком плати

Відповідно до ГОСТ 10317–79 співвідношення сторін не можуть перевищувати 3:1, розмір кожної сторони друкованої плати повинен бути кратним 2,5 мм при довжині до 100 мм, відхилення від прямокутності не більше 0,2 мм на 100 мм довжини. Крок координатної сітки відповідно до ГОСТ 10317–79 обираємо 2,5 мм.

Товщина друкованої плати визначається товщиною вихідного матеріалу та обирається в залежності від елементної бази та дійсного механічного навантаження. В якості вихідного матеріалу обрано склотекстоліт СФ2–50, товщиною 1,5мм.

5.1.1 Розрахунок параметрів електричних з'єднань

Виходячи із технологічних можливостей виробництва друкованої плати обрано комбінований позитивний метод виготовлення і перший клас точності.

Знаходимо мінімальну ширину друкованого провідника за формулою

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{дон}} \cdot t} \text{ [мм]},$$

де $I_{\max}$ – максимальний постійний струм, який протікає в провідниках, А;

$j_{\text{дон}}$ – допустима густина струму, А/мм²;

t – товщина провідника, мм;

При $t = 35 \text{ мкм}$, $j_{\text{дон}} = 48 \text{ А/мм}^2$.

Врахувавши, що $I_{\max} = 2,05 \text{ А}$, розраховуємо мінімальну ширину провідника

$$b_{\min 1} = \frac{0,1}{48 \cdot 0,035} = 1,68 \text{ (мм)}.$$

Знаходимо мінімальну ширину провідника, виходячи з мінімального падіння напруги на ньому

$$b_{\min 2} = \rho \cdot \frac{l \cdot I_{\max}}{U_{\text{дін}}} \text{ [мм]},$$

де ρ – питомий об'ємний опір матеріалу провідників Ом·мм²/м;

l – довжина провідника, м;

$U_{\text{дон}}$ – допустиме падіння напруги. В.

Тоді, при $\rho = 0,0175 \text{ (Ом} \cdot \text{мм}^2) / \text{м}$, $l = 0,5 \text{ м}$, $U_{\text{дон}} = 0,3 \text{ В}$ знаходимо мінімальну ширину провідника

$$b_{\min 2} = \frac{0,0175 \cdot 0,5 \cdot 2,05}{0,3} = 0,06 \text{ (мм)}.$$

Знайдемо мінімальну ширину провідників для двосторонніх друкованих плат, що виготовлені комбінованим позитивним методом при фотохімічному способі отримання рисунку за формулою

$$b_{\min} = b_{\min 1} + 1,5 \cdot t + 0,03 \text{ [мм]},$$

$$b_{\min} = 1,68 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,763 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо ширину провідників $b = 1,8 \text{ мм}$.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d за формулою (5.4)

$$d = d_{\text{г}} + d_{\text{н.в.}} + r \text{ [мм]},$$

де $d_{\text{г}}$ – максимальний діаметр виводу встановлюваних елементів, мм;

$d_{\text{н.в.}}$ – нижнє відхилення від номінального діаметру монтажного отвору, мм;

r – різниця між мінімальним діаметром отвору та максимальним діаметром виводу елемента, мм;

Приймаємо $d_{\text{н.в.}} = 0,05 \text{ мм}$, $r = 0,2 \text{ мм}$.

Максимальний діаметр виводів елементів, які використовуються при виготовленні трансивера становить $d_{\text{г}} = 1,1 \text{ мм}$.

Номінальне значення діаметрів отворів буде становити

$$d = 1,1 + 0,05 + 0,2 = 1,35 \text{ (мм)}.$$

Розраховане значення діаметру зводимо до стандартного значення, прийmemo $d = 1,4 \text{ мм}$.

Знаходимо за формулою мінімальний діаметр контактних площадок для двосторонніх друкованих плат, які виготовляються комбінованим позитивним методом при фотохімічному способі отримання рисунка

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5 \cdot t_{\phi} + 0,03 \text{ [мм]},$$

де t_ϕ – товщина фольги, мм;

$D_{1\min}$ – мінімальний ефективний діаметр площадки, який визначається із виразу (5.6)

$$D_{1\min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta_d + \delta_p \right) [\text{мм}],$$

де b_m – відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки, мм,

δ_d та δ_p – допуски на розташування отворів та контактних площадок, мм;

$d_{\max}$ – максимальний діаметр просвердленого отвору, який визначається із формули (5.7)

$$d_{\max} = d + d_{н.в.} + (0,1 \dots 0,15) [\text{мм}],$$

де d – діаметр отвору, мм;

$$d_{\max} = 1,4 + 0,05 + 0,15 = 1,6 (\text{мм}).$$

Оскільки $t_\phi = 0,035 \text{ мм}$, та $b_m = 0,035 \text{ м}$, $\delta_d = 0,08 \text{ мм}$, $\delta_p = 0,02 \text{ мм}$, то можемо знайти мінімальний ефективний діаметр площадки

$$D_{1\min} = 2 \left(0,035 + \frac{1,6}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 1,93 (\text{мм}).$$

Знаходимо діаметр контактних площадок

$$D_{\min} = 1,93 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 2 (\text{мм}).$$

Знаходимо максимальний діаметр контактних площадок за формулою

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02 \dots 0,06) [\text{мм}],$$

$$D_{\max} = 2, +0,04 = 2,04 \text{ (мм)}.$$

Знаходимо мінімальну відстань між двома контактними площадками визначається за формулою (5.9)

$$S_{\min} = L_0 - (D_{\max} + 2 \cdot \delta_p) \text{ [мм]},$$

де L_0 – мінімальна відстань між центрами контактних площадок, мм;

$$S_{\min} = 2,5 - (2,04 + 2 \cdot 0,2) = 0,06 \text{ (мм)}.$$

Таким чином, параметри друкованого монтажу відповідають вимогам, що ставляться до плат 1 класу точності.

5.2 Розрахунок надійності

Надійність - це властивість пристрою виконувати задані функції, яка визначається безвідмовною в роботі і ремонтпридатністю. Під безвідмовною в роботі розуміють властивість пристрою безперервно зберігати працездатність в заданих умовах експлуатації на протязі заданого інтервалу часу.

Відмови поділяються на раптові та поступові. Перші виникають у результаті миттєвої зміни параметрів пристроїв. Поступові відмови характеризуються поступовими змінами параметрів.

Під імовірністю безвідмовної роботи елемента $P(t)$ або системи $P_c(t)$ розуміють імовірність того, що в межах заданого часу напрацювання T при певних умовах експлуатації не відбудеться ні однієї відмови.

Імовірність відмови пристрою $q(t)$ – це імовірність того, що відмова при певних умовах експлуатації відбудеться через час, який не перевищує заданого напрацювання.

Якщо функція $q(t)$ диференційована, то щільність розподілення напрацювання пристрою до відмови визначається формулою

$$\omega(t) = \frac{dq(t)}{d_q(t)} = \frac{dP(t)}{d_q(t)}.$$

Інтенсивність відмови $\lambda(t)$ – умовна щільність імовірності виникнення відмови. Середній час напрацювання на відмову визначається виразом

$$T_{\bar{n}\delta} = t \int_0^t \omega(t) dt.$$

Отже, імовірність безвідмовної роботи $P(t)$ визначається виразом

$$P(t) = e^{-\lambda(t)t}.$$

При експоненціальному законі розподілу час напрацювання на відмову визначається за формулою (5.13)

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda(t)}.$$

При визначенні надійності системи через відомі показники надійності її елементів вводять два припущення: відмова елементів статично незалежна; відмова будь-якого елемента приводить до відмови системи. Таку систему в теорії надійності називають послідовною. При цьому можна використати теорему перемноження імовірностей (5.14)

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^n P_i(t),$$

де $P_i(t)$ – імовірність безвідмовної роботи i -го елемента;

n – кількість комплектуючих елементів.

При експоненціальному законі розподілу імовірність безвідмовної роботи $P_{cp}(t)$ визначається виразом

$$P_{cp} = \sum_{j=1}^m e^{-\lambda_j(t)m_j \cdot t},$$

де $\lambda_j(t)$ – інтенсивність відмови j групи;

m – кількість груп рівнонадійних елементів.

По отриманій формулі виконується наближений розрахунок надійності. При уточнюючому розрахунку звичайно враховують вплив умов експлуатації, температури, електричного режиму. Розрахунок проводять при врахуванні коефіцієнта a_j , при цьому інтенсивність відмов групи елементів визначається виразом

$$\lambda_j = \lambda_{0j} \cdot j.$$

Значення поправочного коефіцієнта a_j в залежності від температури і коефіцієнта навантаження приведені в таблиці 5.1.

Коефіцієнт навантаження приймаємо рівним:

для резисторів $K_H = 0,6$;

для конденсаторів $K_H = 0,7$;

для мікросхем $K_H = 0,5$;

для діодів $K_H = 0,7$.

Значення інтенсивності відмов вибираємо із таблиць.

Поправочні коефіцієнти, які враховують умови експлуатації, запишемо до таблиці 5.1.

При визначенні інтенсивності відмов елементів пристрою, що знаходяться в нормальному робочому режимі λ_j , із врахуванням зовнішніх дестабілізуючих факторів, інтенсивність відмов груп елементів λ_0 , що

знаходяться в номінальному режимі, помножують на поправочні коефіцієнти. Інтенсивність відмов j групи елементів знаходять з добутку λ_j на N_j , де N_j – кількість елементів j групи, шт. Величини поправочних коефіцієнтів та N_j , λ_0 , та λ_j заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Інтенсивність відмов груп елементів

№ п/п	Групи елементів	Кількість елементів, шт.	λ_B в номіна- льному режимі, 10^{-6}	Попра - вочни й коефі- цієнт K_1	Попра - вочни й коефі- цієнт K_2	λ_B в робочому режимі з врахуван- ням ЗФ, 10^{-6}	λ_B j групи елементів
1	Мікросхеми	31	0,5	1	0,1	0,05	1,2
2	Діоди	22	0,3	0,9	2,5	0,675	14,85
3	Резистори	87	0,1	0,4	0,18	0,0072	0,583
4	Конденсатори	121	1,1	0,1	0,22	0,0242	2,807
5	Плата	1	0,1	1	1	0,1	0,1
6	Пайка	820	0,01	1	1	0,01	8,2
	Всього						27,91

Отже, інтенсивність відмов пристрою дорівнює $\lambda_{cp} = 27,91 \cdot 10^{-6}$ (1/год).

Знаходимо середній час напрацювання на відмову за формулою

$$T_{cp} = \frac{1}{27,91 \cdot 10^{-6}} = 35829 \text{ (год)}.$$

Графік залежності імовірності безвідмовної роботи від часу зображений на рисунку 5.1.

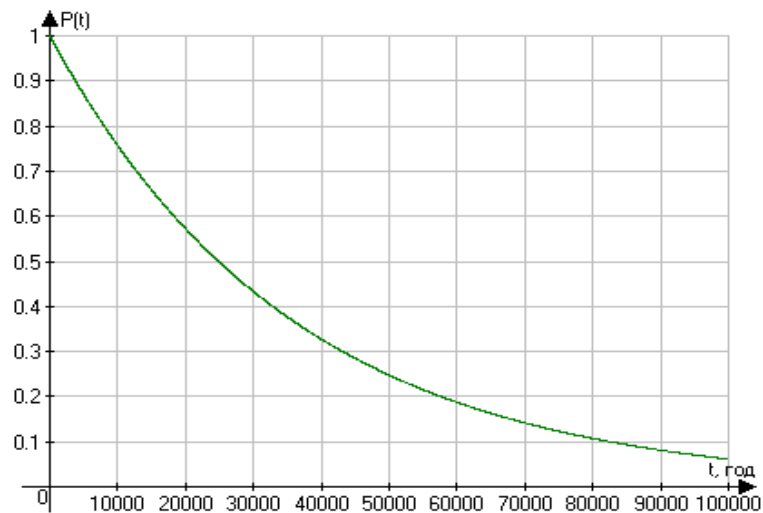


Рисунок 5.1 – Залежність імовірності безвідмовної роботи від часу

Умови завдання виконані, оскільки розрахований середній час напрацювання на відмову $T_{cp} = 35829$ год. більше заданого $T_{T3} = 10000$ год.

5.3 Комп'ютерне проектування друкованих плат

Проведемо комп'ютерне проектування друкованих плат за допомогою програми Sprint Layout 6.0. Топологія розроблених друкованих плат подана на рис. 5.2 – рис. 5.4.

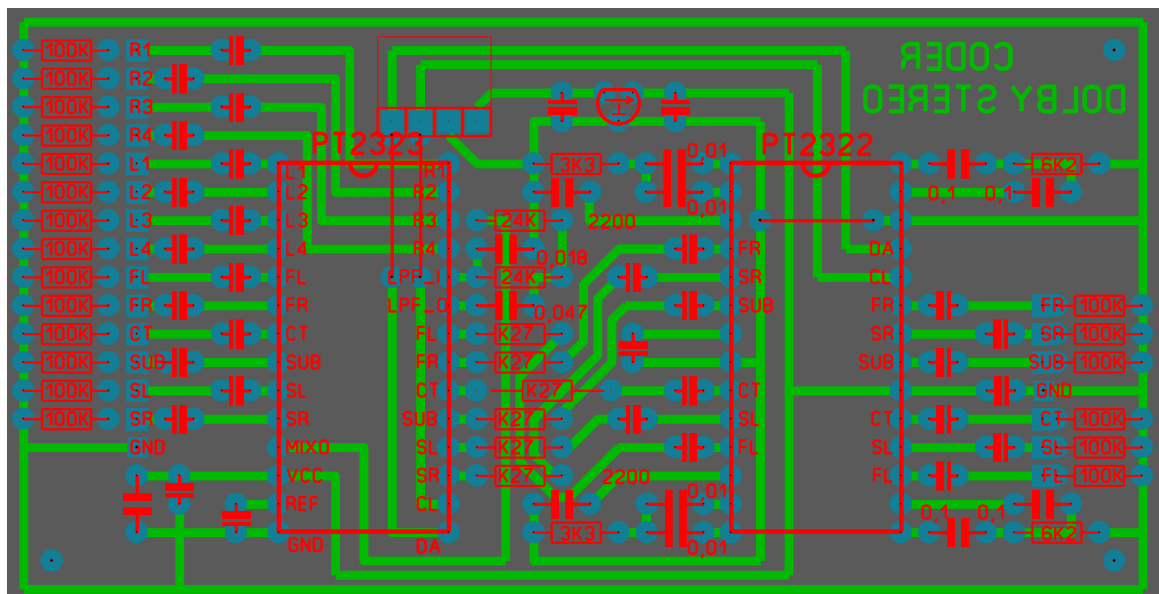


Рисунок 5.2 – Топологія друкованої плати кодера на основі аудіопроцесора PT2322 та аудіокомутатора PT2323



Рисунок 6.2 – Результати комп’ютерного моделювання мікроконтролерного блоку кодера Dolby-Stereo

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Створення безпечних і здорових умов праці є не лише ключовою передумовою для підвищення продуктивності, запобігання травматизму, професійним захворюванням та зниження рівня виробничої захворюваності, але й важливим фактором мінімізації економічних втрат, пов'язаних з цими аспектами. Ефективне розв'язання цих проблем можливе лише за умови реалізації комплексної та узгодженої політики на державному та регіональному рівнях. Забезпечення безпеки праці на кожному підприємстві вимагає від керівництва та власників не лише неухильного дотримання базових норм безпеки для працівників, але й глибокого розуміння та врахування специфічних особливостей конкретного виробничого процесу, потенційних ризиків та впровадження відповідних запобіжних заходів. Крім того, важливим є створення культури безпеки на підприємстві, де кожен працівник усвідомлює свою відповідальність за власну безпеку та безпеку оточуючих, а також залучення працівників до процесів виявлення та усунення небезпечних факторів.

Розробка радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На розробника, відповідно до Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу можуть мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони [17].

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи.

7.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

7.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

У сучасному економічному просторі майже кожне підприємство застосовує комп'ютерні технології для забезпечення своєї діяльності. З огляду на повсюдне використання комп'ютерів у роботі, законодавство України детально регламентує стандарти та вимоги до їх експлуатації на підприємствах, особливо у сфері охорони праці. До цієї нормативно-правової бази належать такі документи, як ДСанПіН 3.3.2.007-98, НПАОП 0.00-7.15-18, ДСТУ 8604:2015 та інші. Ці нормативи охоплюють широкий спектр питань, починаючи від ергономічної організації робочого місця та параметрів мікроклімату до вимог щодо електромагнітної безпеки та гігієни праці при роботі з візуальними дисплейними терміналами. Дотримання цих законодавчих вимог є обов'язковим для всіх підприємств, що використовують комп'ютерну техніку, і спрямоване на збереження здоров'я та працездатності працівників.

Приміщення, де відбувалася розробка радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo, його розміри (площа, об'єм) повинні в першу чергу відповідати кількості робітників і наявному комплекту технічних засобів. Площа на одного співробітника, який працює за ПК, повинна складати не менше $6,0 \text{ м}^2$, об'єм – не менше 20 м^3 . Площа приміщень з ПК повинна розраховуватися не більш як на 12 чоловік.

Робота, що виконується відноситься до розумової праці, що супроводжується напруженою зоровою функцією, одноманітною позою, низькою руховою активністю, що веде до захворювань зору, спини (острохондроз) та інші.

Щодо вимог до режимів праці і відпочинку при роботі з ВДТ то під час роботи з ВДТ для збереження здоров'я працівників, запобігання профзахворюванням і підтримки працездатності встановлюються внутрішньо змінні регламентовані перерви для відпочинку. Тривалість регламентованих перерв під час роботи з ПК за 8-годинної денної робочої зміни залежно від характеру праці: 15 хвилин через кожну годину роботи - для розробників програм зі застосуванням ЕОМ; 15 хвилин через кожні дві години - операторів із застосуванням ЕОМ; 10 хвилин після кожної години роботи за ВДТ для операторів комп'ютерного набору. У випадках, коли виробничі обставини не дозволяють застосовувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 годин.

Для зниження нервово-емоційного напруження, втомленості зорового аналізатора, для поліпшення мозкового кровообігу і запобігання втомі доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, які передбачені ДСанПіН 3.3.2.007-98, в тому числі і для сеансів психологічного розвантаження у кімнаті з відповідним інтер'єром та кольоровим оформленням.

7.1.2 Електробезпека приміщення

Усю будівлю, в тому числі і досліджуване приміщення, електрифіковано згідно з усіма відповідними нормами. Згідно з ПУЕ, приміщення, де експлуатуються ЕОМ і ПЕОМ, належать до приміщень без підвищеної небезпеки ураження людини електричним струмом. Вимоги електробезпеки і пожежної безпеки у приміщеннях, де встановлені ВДТ ЕОМ і ПЕОМ, відображені у НПАОП 0.00-7.15-18 [18]: ЕОМ і все устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження роботи їх, електропроводи і кабелі мають відповідати електробезпеці зони за ПВЕ та мати апаратуру захисту від струму короткого замикання.

Необхідно забезпечити неможливість виникнення джерела загорання внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів шляхом переходу на негорючу ізоляцію.

Лінії електромережі ПК, у приміщенні, де відбувалася розробка радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo виконані як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників (заземлення або занулення), причому площі перерізу нульового робочого і нульового захисного провідника повинні не менші за площу перерізу фазового провідника.

Оскільки в приміщенні використовується понад п'ять ЕОМ, тому на помітному місці встановлено аварійний резервний вимикач, який в разі небезпеки повністю знеструмлює електричну мережу (крім освітлення). В такому випадку при використанні трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу дозволено прокладати їх без металевих труб та гнучких металевих рукавів, що ми і спостерігаємо у приміщенні.

Електромережі для під'єднання ПК оснащені штепсельними з'єднаннями та електророзетками, які, крім контактів фазового і нульового робочого провідників, мають спеціальні контакти для під'єднання нульового захисного провідника, що під'єднаний раніше ніж вони. Порядок роз'єднання при відімкненні мережі має бути зворотним. Заборонено під'єднувати обладнання до звичайної двопровідної електричної мережі, зокрема з використанням перехідних пристроїв. Електромережі штепсельних з'єднань та електричних розеток виконані за магістральною схемою, по 3-6 в одному колі. Оскільки вони розташовані уздовж стін, то провідники прокладені по підлозі в металевих трубах і гнучких металевих рукавах. Металеві трубки і гнучкі металеві рукави заземлені.

7.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

7.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату в приміщенні, такі як температура, швидкість руху повітря та вологість, відіграють важливу роль у підтримці працездатності людини. Для належного функціонування організму необхідно забезпечити ефективне відведення тепла, що утворюється в процесі робочої діяльності, у навколишнє середовище. Зниження температури в офісному просторі спричиняє збільшення тепловіддачі, що може призвести до переохолодження. За високих температур основним механізмом охолодження є випаровування вологи з поверхні тіла. Для нормального перебігу фізіологічних процесів відносна вологість повітря не повинна перевищувати 60%.

Робота розробника радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo згідно Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу за енерговитратами відноситься до категорії 1а. Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в табл.7.1 [19].

Таблиця 7.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для підтримки комфортного мікроклімату в приміщенні застосовується система кондиціонування температури, централізоване опалення та регулярне вологе прибирання. Ці заходи спрямовані на створення сприятливого теплового балансу організму працівників та підтримання необхідного рівня вологості повітря. Регулярний контроль параметрів

мікроклімату забезпечує їх відповідність санітарним нормам і запобігає негативному впливу на здоров'я та працездатність.

7.2.2 Склад повітря робочої зони

Для належного функціонування виробничого процесу, окрім комфортних метеорологічних умов, важливим є забезпечення належної якості повітря. Під час виробничої діяльності в повітря робочих приміщень можуть потрапляти різноманітні небезпечні речовини, що використовуються в технологічних процесах. Шкідливими вважаються речовини, які при порушенні правил безпеки здатні викликати виробничий травматизм, професійні захворювання або негативно впливати на здоров'я працівників як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі, з наслідками для нинішнього та майбутніх поколінь.

В приміщенні, де здійснюється розробка радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo, можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил, озон та вуглекислий газ. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, згідно ДСН 3.3.6.042-99 [20], які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	25	10	4
Озон	0,1	0,03	1
Вуглекислий газ	3	1	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.7.3).

Таблиця 7.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	п+	п-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для підтримання належної якості повітря в робочій зоні застосовується комплекс заходів, що включає: використання системи кондиціонування для контролю температури, вологості та очищення повітря в робочому просторі; систематичне провітрювання приміщення з метою видалення шкідливих домішок, таких як пил, гази та пари; регулярне вологе прибирання для усунення пилу, бруду та мікроорганізмів з робочих поверхонь. Ефективність цих заходів контролюється шляхом періодичного моніторингу складу повітря робочої зони. У разі виявлення перевищень гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин вживаються додаткові заходи для їхнього усунення.

7.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення виробничих приміщень характеризується як кількісними, так і якісними параметрами. Основними кількісними характеристиками є світловий потік, сила світла, яскравість та освітленість. До ключових якісних показників зорового сприйняття в робочому середовищі належать фон, контраст між об'єктом і фоном, а також видимість. Недостатній або надмірний рівень освітлення, нерівномірний розподіл світла в межах поля зору, мерехтіння світла, а також спотворення кольорів освітлюваних предметів можуть призводити до зорової та загальної втоми. Занадто висока яскравість джерел світла здатна викликати головний біль, появу "зайчиків" перед очима та погіршення гостроти зору. Відблиски можуть спричиняти тимчасове засліплення. Забруднені вікна та освітлювальні прилади погіршують якість освітлення. Сліпуче світло або різкі тіні можуть призвести

до втрати орієнтації працівником. Усі ці фактори становлять потенційну небезпеку травматизму та можуть сприяти розвитку професійних захворювань.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні (згідно ДБН В.2.5-28:2018) [21] зазначені у таблиці 7.4:

Таблиця 7.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	0,3 -0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Робоче місце організовано з урахуванням запобігання прямому потраплянню світла в очі працівника. Для мінімізації світлових відблисків використовується обладнання з неглянцевою поверхнею. З метою захисту від яскравого сонячного чи штучного світла на вікнах встановлено сонцезахисні козирки та жалюзі. Впроваджена система регулювання інтенсивності штучного освітлення, що дозволяє адаптувати його до рівня природного світла та освітлювати лише ті зони приміщення, які необхідні для виконання робочих завдань. Крім того, для забезпечення оптимального освітлення регулярно проводиться контроль рівня освітленості на робочому місці з використанням відповідних вимірювальних приладів. Також здійснюється періодичне технічне обслуговування освітлювальної системи, включаючи

перевірку справності світильників та їх своєчасну заміну, а також очищення плафонів від пилу та забруднень.

7.2.4 Виробничий шум

Шум є поширеним шкідливим виробничим фактором, який негативно впливає на організм людини комплексно. Його шкідливість проявляється не лише у погіршенні слуху, але й у впливі на інші системи організму. Шум може спричиняти підвищення артеріального тиску, частіше серцебиття, порушення серцевого ритму, а в довгостроковій перспективі підвищувати ризик розвитку гіпертонічної хвороби та ішемічної хвороби серця. Він погіршує концентрацію уваги, ускладнює спілкування, сповільнює реакцію, що призводить до зниження продуктивності праці та підвищує ризик травматизму. Шкідливість шуму є накопичувальною, тобто його негативний вплив на організм зростає з часом.

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99 [22]. Норми шумового навантаження на працівника в процесі розробки радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo наведені в табл.7.5.

Таблиця 7.5 - Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допуст-мий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Основними заходами боротьби з шумом є усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі у процесі роботи, використання звукопоглинаючих матеріалів, раціональне планування виробничих приміщень.

7.2.5 Виробничі випромінювання

Враховуючи використання персонального комп'ютера в процесі розробки радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo, на робочому місці розробника потенційно може спостерігатися підвищений рівень електромагнітного випромінювання. Це обумовлено роботою основних компонентів ПК, таких як системний блок та монітор, які генерують електромагнітні поля різної частоти та інтенсивності. Для оцінки фактичного рівня випромінювання необхідно провести відповідні вимірювання та порівняти отримані дані з діючими гігієнічними нормативами [23-24]. Гранично допустимі рівні електромагнітного поля для працівника становлять наведені в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/м	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320...400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0.. 70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 В/м

Для обмеження впливу ЕМП на розробника слід використовувати лише якісну техніку із сертифікатом якості і дотримуватися встановленого часу роботи за ПК.

7.3 Пожежна безпека

В приміщенні, де здійснювалася розробка радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo використовуються тільки негорючі речовини та матеріали у холодному стані, за ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення відноситься до категорії «Д». Пожежну небезпеку несуть у собі лише кабельні електропроводки до обладнання, що є припустимим для даної категорії приміщень.

За вогнестійкістю будинок відноситься до другої категорії згідно з ДБН В.2.5-56:2014, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [25]. Робоча зона розробника віднесена до класу вибухонебезпечності В-Іа та пожежонебезпечності П-Іа, оскільки вибухонебезпечна концентрація пилу і волокон може утворюватися лише внаслідок аварії або несправності.

7.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Головні можливі причини виникнення пожежі у приміщенні, де відбувається розробка радіотехнічного пристрою кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo такі як:

- несправна електропроводка (іскріння, перегрів провідників, пересихання електроізоляційних матеріалів);
- використання електробудових пристроїв (електрочайники); попадання вологи на працюючі електроагрегати;
- залишення без нагляду увімкнутих комп'ютерів, обчислювальної техніки та інших електроприладів.

Для запобігання виникнення пожежі доцільні такі заходи:

- призначення осіб, що відповідальні за пожежну безпеку приміщення;

- щорічне проведення повторних протипожежних інструктажів та занять за програмою пожежно-технічного мінімуму з особами, що відповідальні за пожежну безпеку;
- утримання в справному стані засобів протипожежного захисту;
- своєчасне інформування про несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання тощо.

7.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Правила пожежної безпеки в визначають заходи пожежної безпеки, зокрема [26]:

- для всіх споруд і приміщень з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ повинні визначатися категорії вибухо- і пожежонебезпеки та класу зон за Правилами влаштування електричних установок, значення яких вказують на дверях;
- звукопоглинальне облицювання стін та стелі необхідно виготовляти з негорючих або важкогорючих матеріалів;
- для промивання деталей використовують мийні препарати, промивання горючими матеріалами дозволяється у спеціальних приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією;
- приміщення мають бути обладнані системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними сповіщувачами та вогнегасниками з розрахунку 2 шт. на 20 м² площі, з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної речовини.

У всіх приміщеннях будинку на видному місці виведені плани евакуації із зазначенням напрямків руху та шляхів евакуації, а також правила поведінки на випадок пожежі. Евакуація працівників на випадок пожежі відбувається через два виходи на сходові марші, розташовані по різні боки коридорів. Ширина шляхів евакуації не менше 1м, найбільше віддалення робочого місця від евакуаційного входу - 25м. Для гасіння пожежі всередині будівлі в ньому обладнаний внутрішній пожежний водопровід з пожежними кранами і підключеними до них пожежними рукавами. У кожному приміщенні та на

поверхах встановлені вогнегасники ВВК-5. Біля корпусу є пожежний щит, обладнаний вогнегасником, багром, лопатою, ломом і відром. Під щитом стоїть ящик з піском місткістю 5м³.

У таблиці 7.1 подані первинні засоби пожежогасіння, що знаходяться у робочому приміщенні дослідника [28].

Таблиця 7.1 – Первинні засоби пожежогасіння

Приміщення	Площа, м2	Первичні засоби пожежогасіння	Кількість
Приміщення розробника категорії Д	17	Вогнегасник вуглекислотний ВВПА-400	1

Проведений аналіз свідчить про те, що в приміщенні вжито низку важливих заходів для забезпечення пожежної безпеки. Наявність сертифікованого переносного вогнегасника, вільні підходи до засобів первинного пожежогасіння та відключення електроживлення, а також дотримання протипожежного розриву між будівлями є важливими елементами пасивного та активного протипожежного захисту. Підтвердження проведення інструктажів з пожежної безпеки серед персоналу та наявність плану евакуації свідчать про усвідомлення потенційних ризиків та готовність до дій у випадку надзвичайної ситуації.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі було розроблено кодер об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo. Проведено літературний огляд сучасних стандартів високоякісного відтворення об'ємного звуку.

Пристрій був розрахований з використанням сучасних ІМС іноземного виробництва. Їх використання дозволило значно спростити будову кодеру об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo та зменшити кількість пасивних компонентів в електричній схемі, що призвело до зменшення габаритних розмірів та підвищення надійності пристрою.

Для перевірки вірності проведених розрахунків проводилося моделювання блоку управління пристрою на основі мікроконтролера PIC16F887. Результати моделювання підтвердили правильність розробленого програмного забезпечення МК.

Реалізований варіант кодеру об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo задовольняє всім вимогам ТЗ. При реалізації кодеру об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo на практиці за рахунок розкиду параметрів активних та пасивних компонентів можна очікувати відхилення деяких параметрів від отриманих при розрахунках.

При порівнянні кодеру об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo, який був розроблений в процесі виконання даної роботи, з найкращими зразками сучасної техніки, одразу видно, що він має деякі параметри, гірші за аналогічні у найкращих зразків. Але всі ці найкращі зразки мають й набагато більшу ціну. В нашій країні існують багато споживачів, які не мають великих коштів, тому їм необхідна більш проста і дешева апаратура відтворення об'ємного звуку. На такого споживача і розраховано розроблюваний пристрій.

Розроблений пристрій відповідає вимогам індивідуального завдання та є функціонально-завершеним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи цифрового оброблення сигналів в системах цифрового радіозв'язку : навч. посіб. / О. М. Гуменюк, А. Ю. Лесковець. – Київ : ДУІКТ, 2021. – 117 с. – Режим доступу: <https://duikt.edu.ua/ua/lib/53/category/96/view/1435>
2. Основи теорії телекомунікацій і радіотехніки : навч. посіб. / В. І. Сичов, О. М. Марченко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 145 с. – Режим доступу: https://itt-its.kpi.ua/wp-content/uploads/2024/08/ZO-19_-Osnovy-teorii-telecom.pdf
3. Бездротові телекомунікаційні системи : навч. посіб. / В. В. Морозов, Є. І. Крамаренко. – Харків : ХНТУСГ, 2022. – 124 с. – Режим доступу: <https://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/10947/3/навч.%20посібник.pdf>
4. Основи інфокомунікаційних технологій : навч. посіб. / С. І. Безкровний. – Суми : СумДУ, 2023. – 97 с. – Режим доступу: <https://ekt.elit.sumdu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/01/Navchalnyj-posibnyk-lektsii-dopomizhnyj.pdf>
5. Програмування мікроконтролерів AVR : навч. посіб. / М. П. Мельничук. – Київ : НТУУ "КПІ", 2021. – 96 с. – Режим доступу: <https://cions.kpi.ua/Study/mpkp.pdf>
6. Системи радіозв'язку : навч. посіб. / Г. Ф. Конахович, П. І. Білецький. – Київ : НАУ, 2016. – 132 с. – Режим доступу: <https://tks.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2016/10/Konahovych-Georgij-Fylymonovych-Systemy-zvyazku.pdf>
7. Основи радіозв'язку з рухомими об'єктами : навч. посіб. / О. Ю. Щур, В. І. Білик, І. В. Ємець. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 172 с. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/53493/3/ORRO_navch_posib.pdf

8. Телекомунікаційні та інформаційні мережі : навч. посіб. / Л. М. Кудін, І. Ю. Соколов, І. М. Баранов та ін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 140 с. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45409/1/TIM_navch_posib.pdf
9. Безпроводові технології : навч. посіб. / уклад. С. В. Петухов, Т. І. Корець, І. С. Чулій та ін. – Луцьк : ЛНТУ, 2023. – 95 с. – Режим доступу: https://tk.lntu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/03/Безпроводові_технології.pdf
10. Мікроконтролери : метод. вказівки до викон. лаборат. робіт / Я. М. Крайник. – Миколаїв : ЧНУ ім. Петра Могили, 2019. – 58 с. – Режим доступу: <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2499/1/Крайник%20Я.%20М.%20Мікроконтролери.pdf>
11. Програмування AVR RISC мікроконтролерів : навч. посіб. / В. І. Дементев. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 77 с. – Режим доступу: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2024/LANZ/Dementev_2006_77.pdf
12. Мікроконтролери: архітектура, програмування та застосування в електронних пристроях : навч. посіб. / В. І. Цирульник. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с. – Режим доступу: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/2021/Tsirulnik_2018_111.pdf
13. Телекомунікаційні системи та мережі : навч. посіб. / А. Г. Микитишин, М. М. Митник, П. Д. Стухляк. – Тернопіль : ТНТУ, 2018. – 223 с. – Режим доступу: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/22393>
14. Високошвидкісні засоби оптичного та бездротового зв'язку : навч. посіб. / О. О. Манько, В. В. Бондар, Т. Г. Бондаренко. – Київ : ДУТ, 2015. – 107 с. – Режим доступу: https://dut.edu.ua/uploads/l_917_67437088.pdf
15. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології : навч. посіб. / О. В. Григор'єва, О. В. Григор'єв. – Дніпро : НМетАУ, 2018. – 120 с. – Режим доступу: https://nmetau.edu.ua/file/ikt_tutor.pdf

16. Основи інформаційних технологій : навч. посіб. / Т. М. Басюк, Н. О. Думанський, О. В. Пасічник. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 389 с. – Режим доступу: <https://catalog.lounb.org.ua/bib/391181>
17. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги - [Електронний ресурс] - http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028
18. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», затверджених [наказом](#) Міністерства охорони здоров'я України від 08 квітня 2014 року № 248.
19. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ЕОМ - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/derzhavni-sanitarni-pravila-i-normi-roboti-z-vizualnimi-disp-nor4881.html>
20. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
22. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://dnop.com.ua/dnaop/act3167.htm>
23. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php
24. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

25. НАПБ Б.01.008-2018 Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників - [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82176

26. НАПБ А.01.001-14 Правила пожежної безпеки в Україні [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z1410-04>

27. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759

28. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: - [Електронний ресурс] - https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59526

Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ

РАДІОТЕХНІЧНИЙ ПРИСТРІЙ КОДУВАННЯ СИГНАЛІВ ОБ'ЄМНОГО ЗВУКУ СТАНДАРТУ DOLBY-STEREO

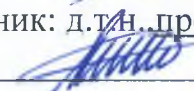
Виконав: студент 4-го курсу, групи ТКР-216
спеціальності 172 – Телекомунікації та
радіотехніка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

 Тригуб О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н. проф. проф.. каф. ІРТС

 Семенов А.О.

(прізвище та ініціали)

« 10 »



2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

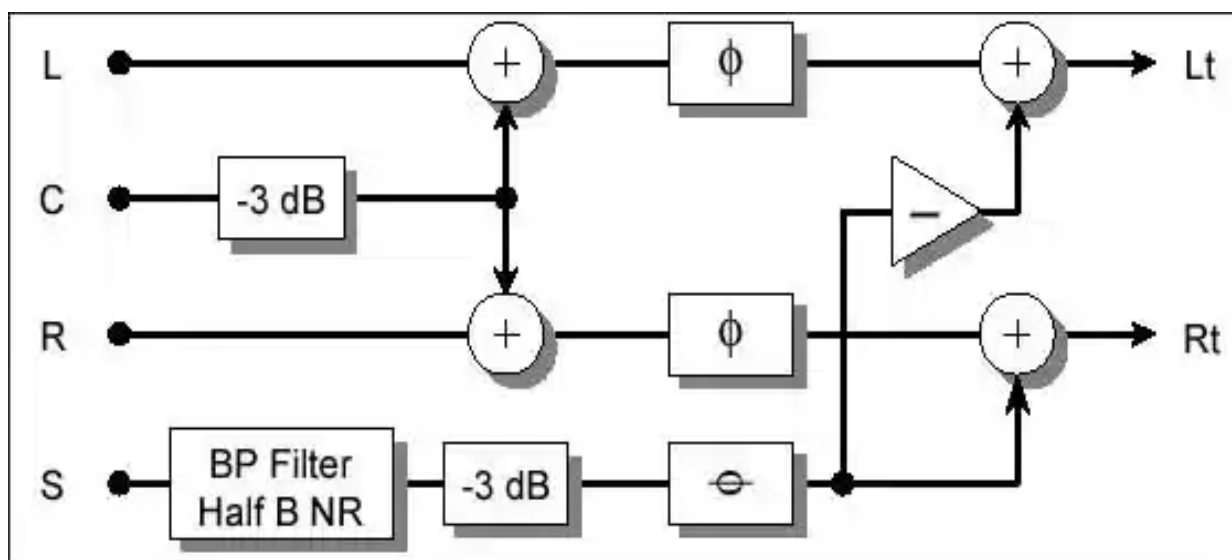


Рисунок 1 - Принципова схема роботи кодера Dolby Surround

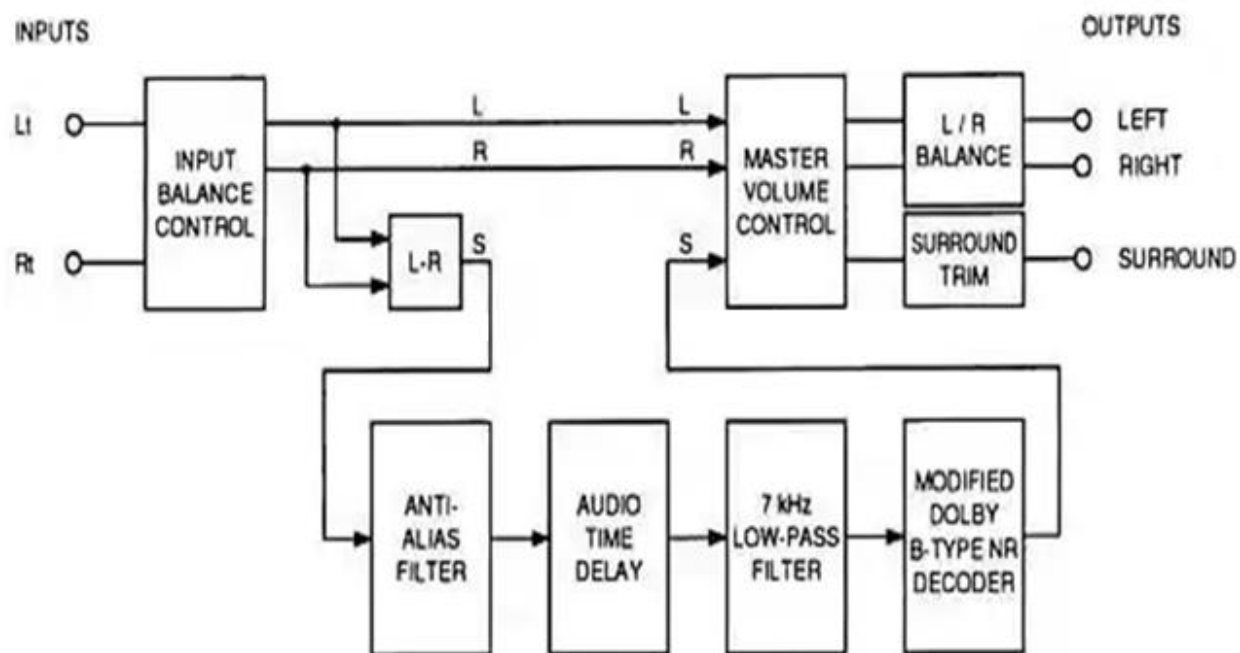


Рисунок 2 - Схема роботи декодера Dolby Surround.

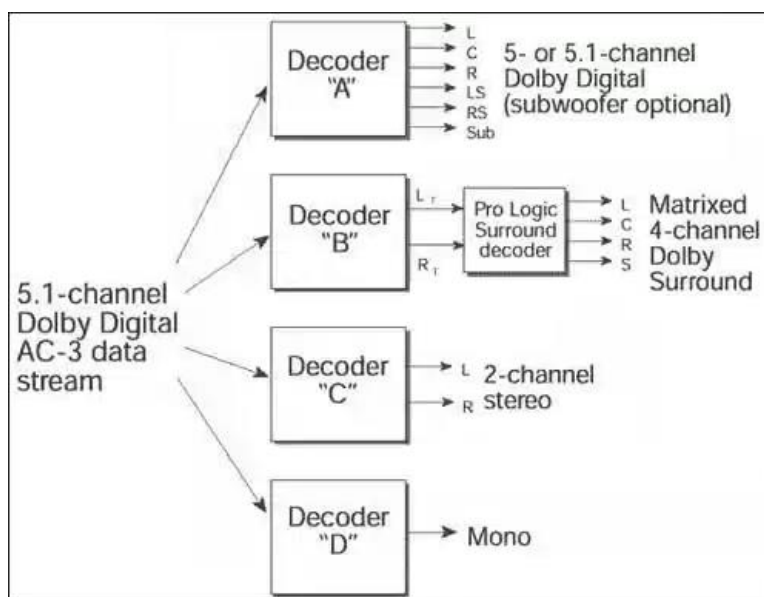


Рисунок 3 - Масштабування Dolby Surround 5.1

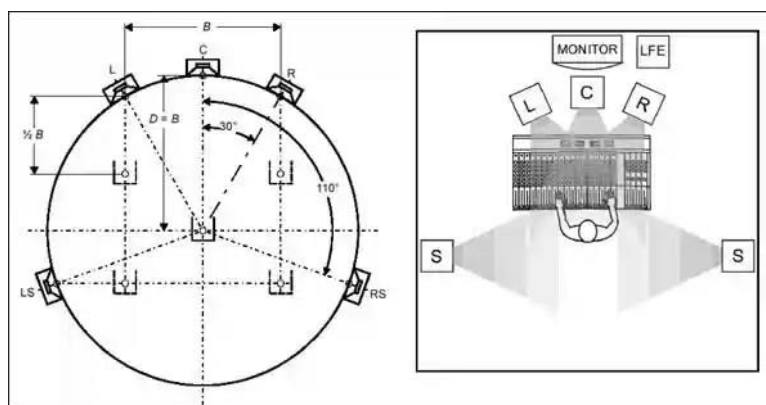
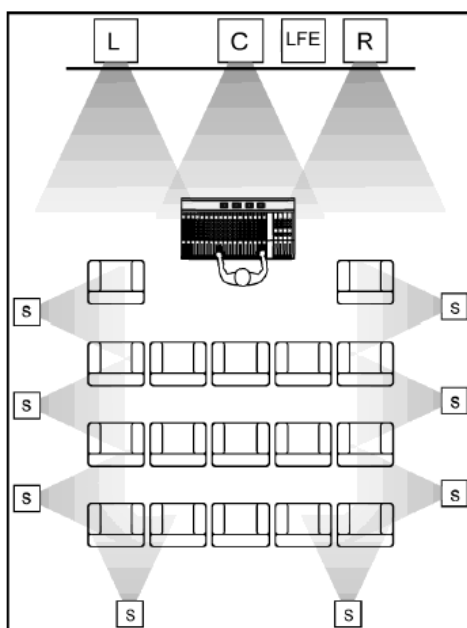


Рисунок 4 - Правильна розстановка акустичних систем для Dolby 5.1

Рисунок 5 - Dolby Surround 5.1 в розгорнутому вигляді
для кінотеатрів і великих приміщень

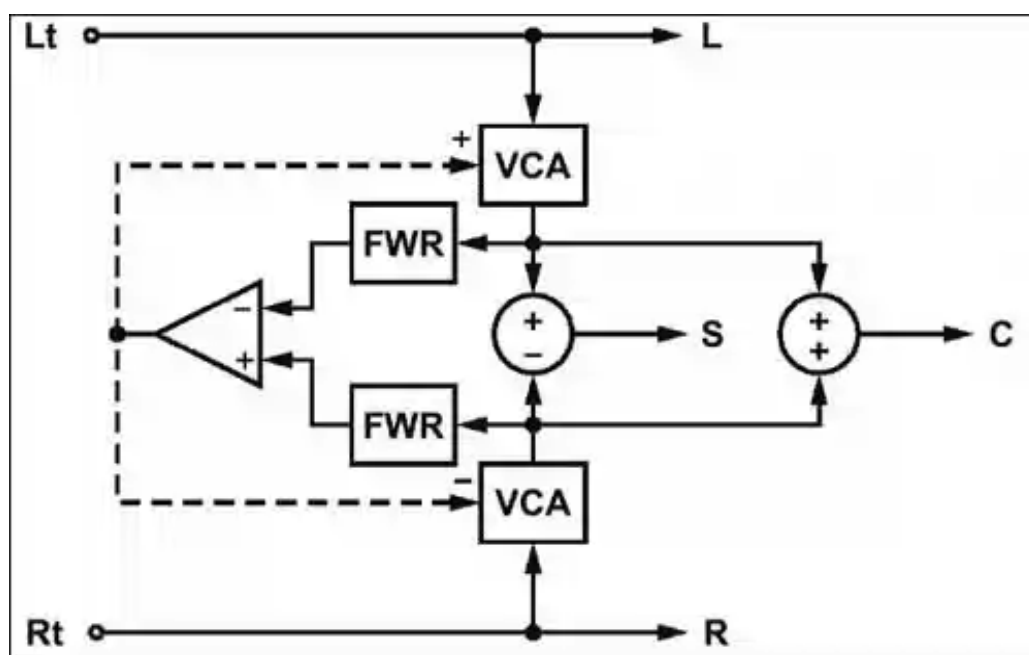


Рисунок 6 - Схема роботи Pro Logic II

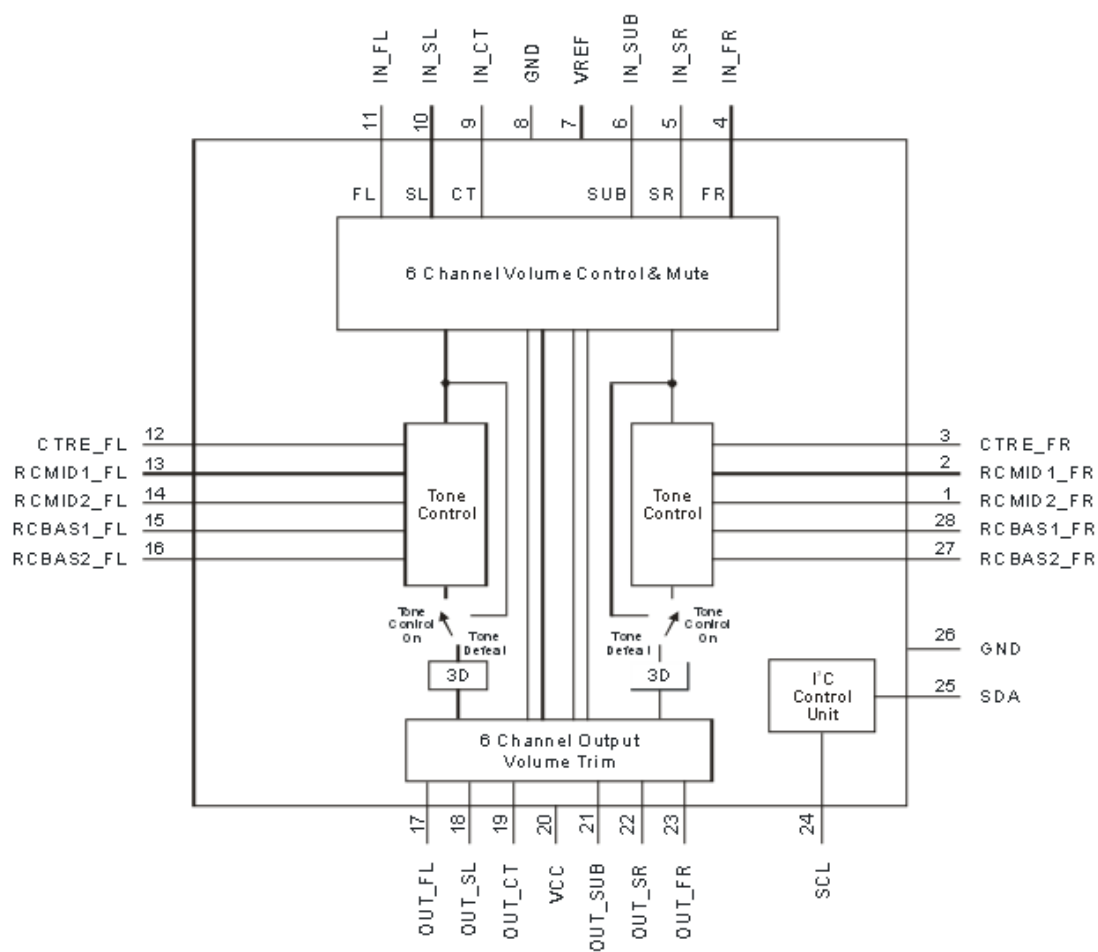


Рисунок 7 – Блок-схема ІМС PT2322

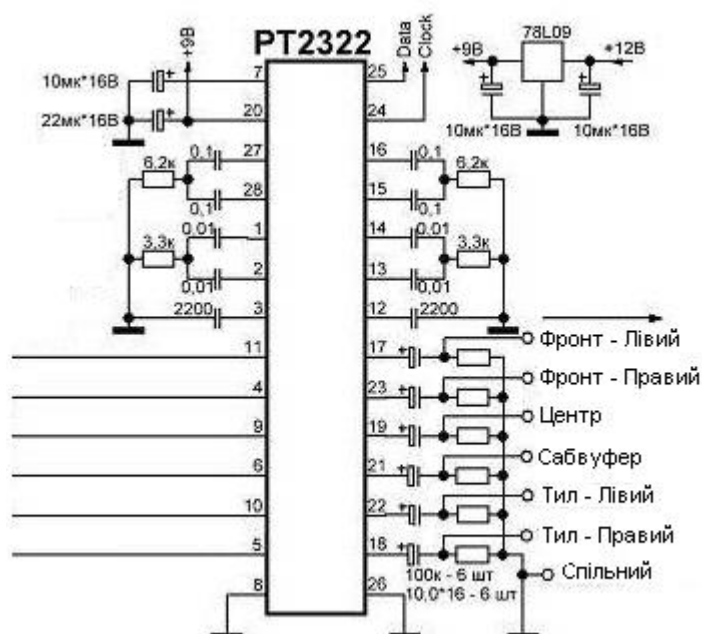


Рисунок 8 – Типова схема включення ІМС PT2322

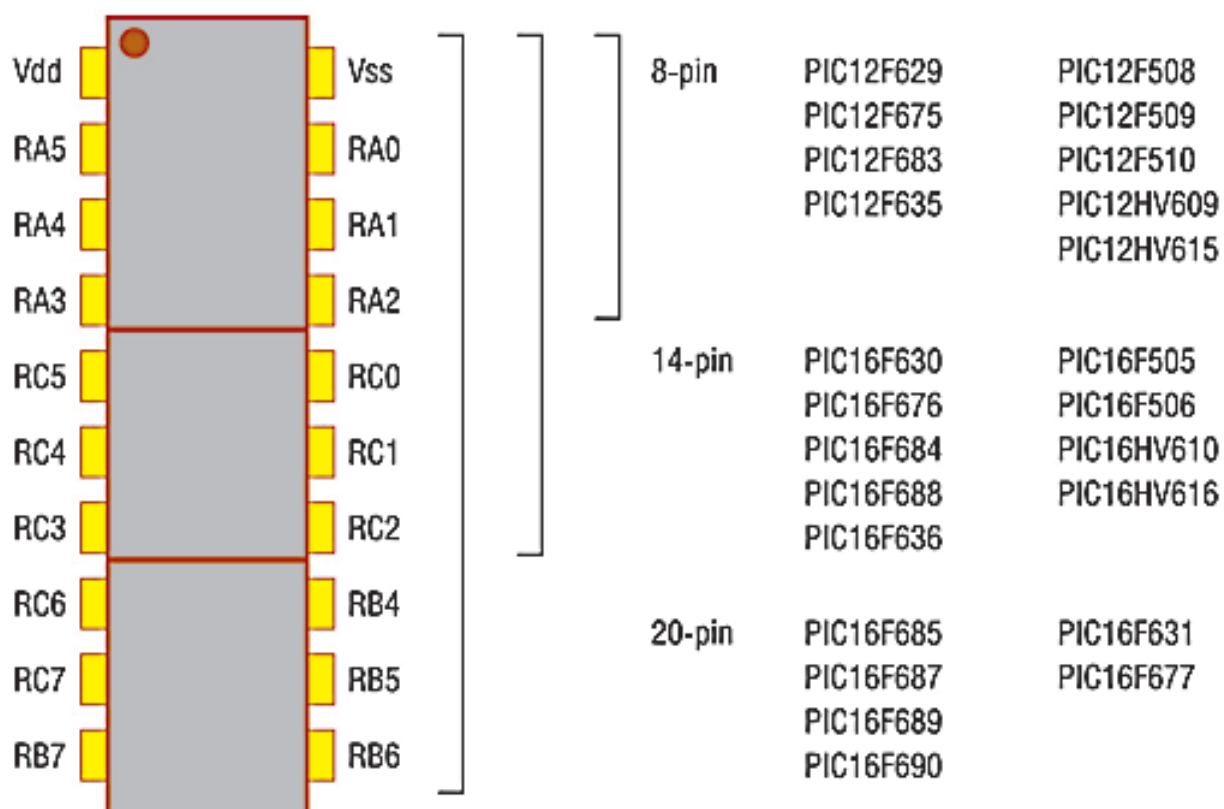


Рисунок 9 – Сумісність по виводах 8- 14- і 20-вивідних PIC мікроконтролерів

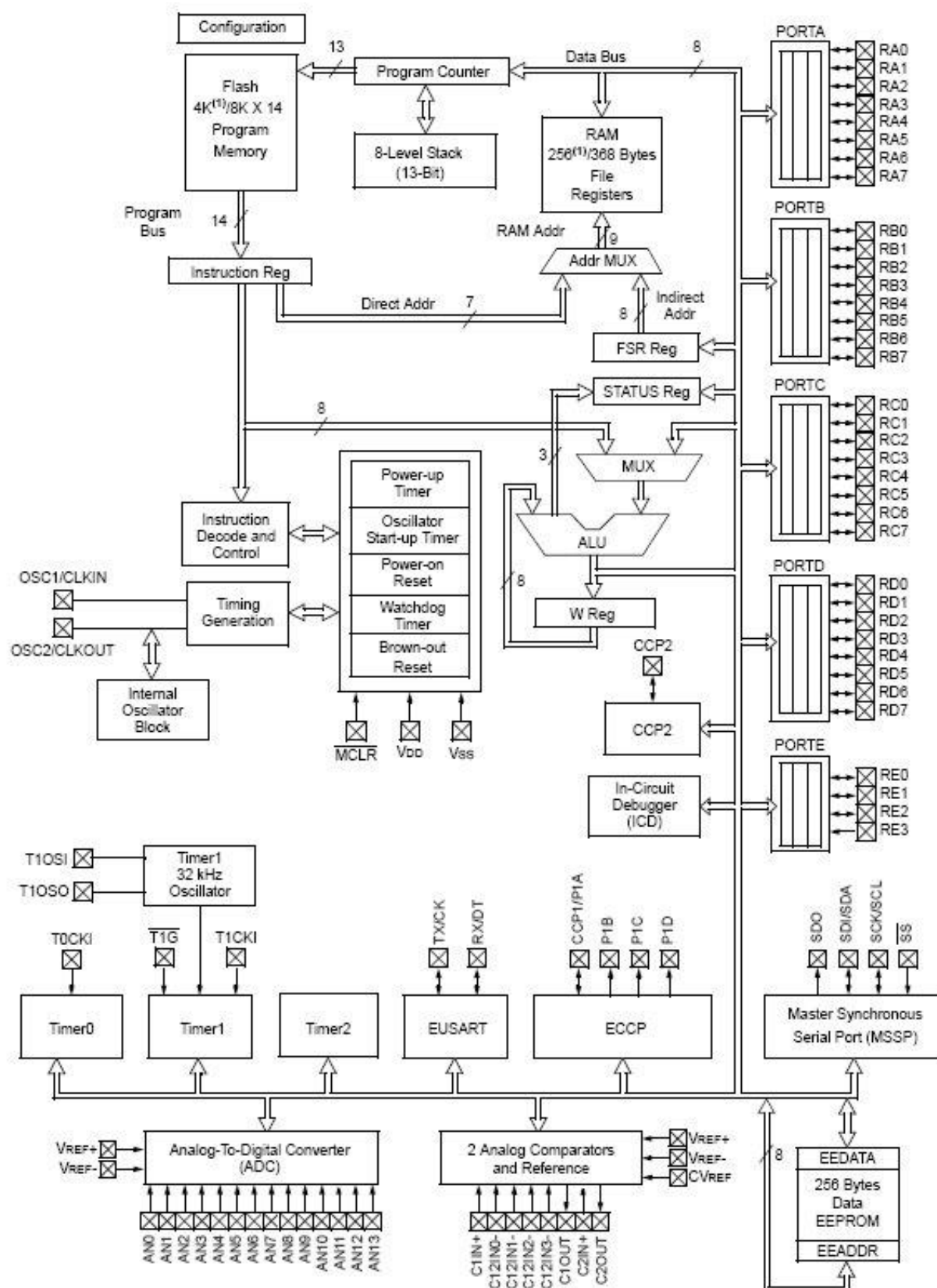


Рисунок 10 – Блок-схема мікроконтролера PIC16F887

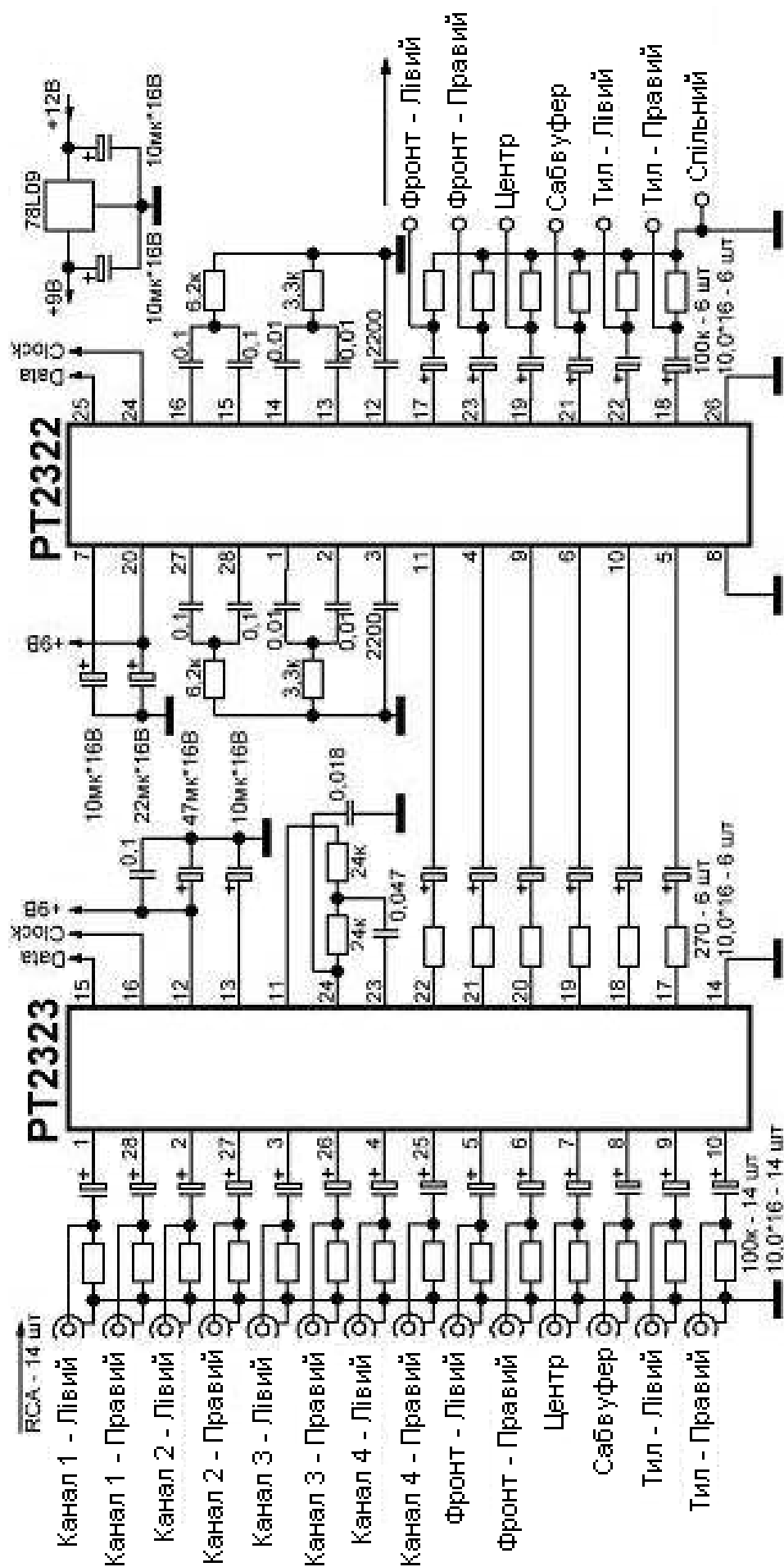


Рисунок 11 – Електрична схема кодера стандарту Dolby-Stereo

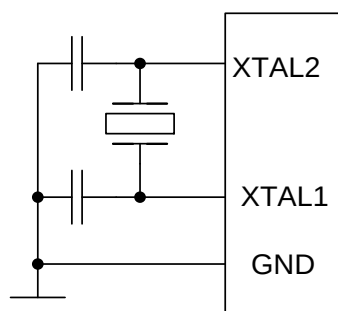


Рисунок 12 – Принципова електрична схема задавального генератора

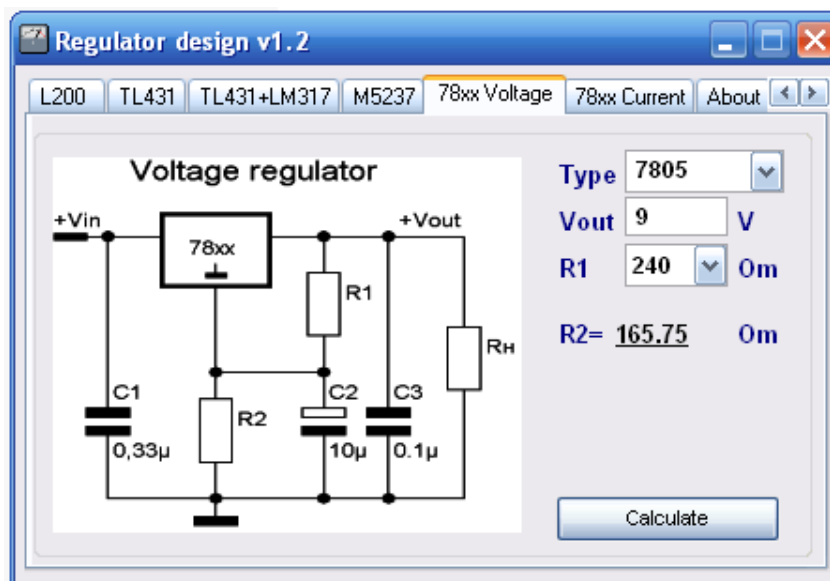


Рисунок 13 – Вікно розрахунку програми «Regulator design v1.2»

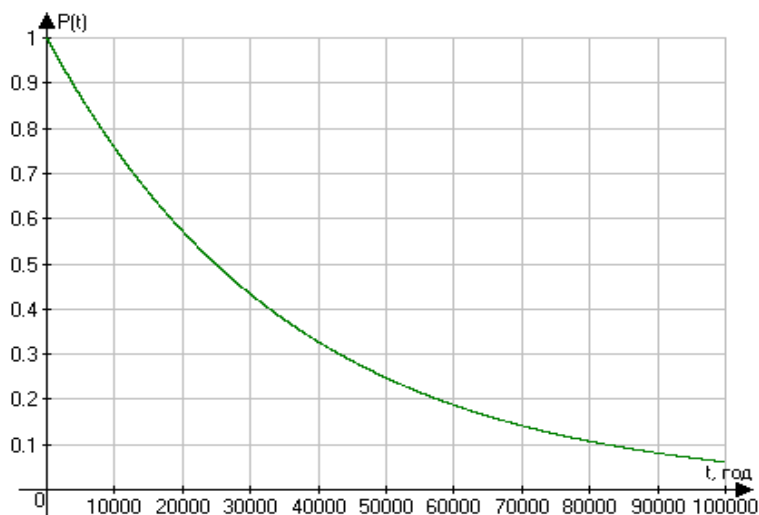


Рисунок 14 – Залежність імовірності безвідмовної роботи від часу

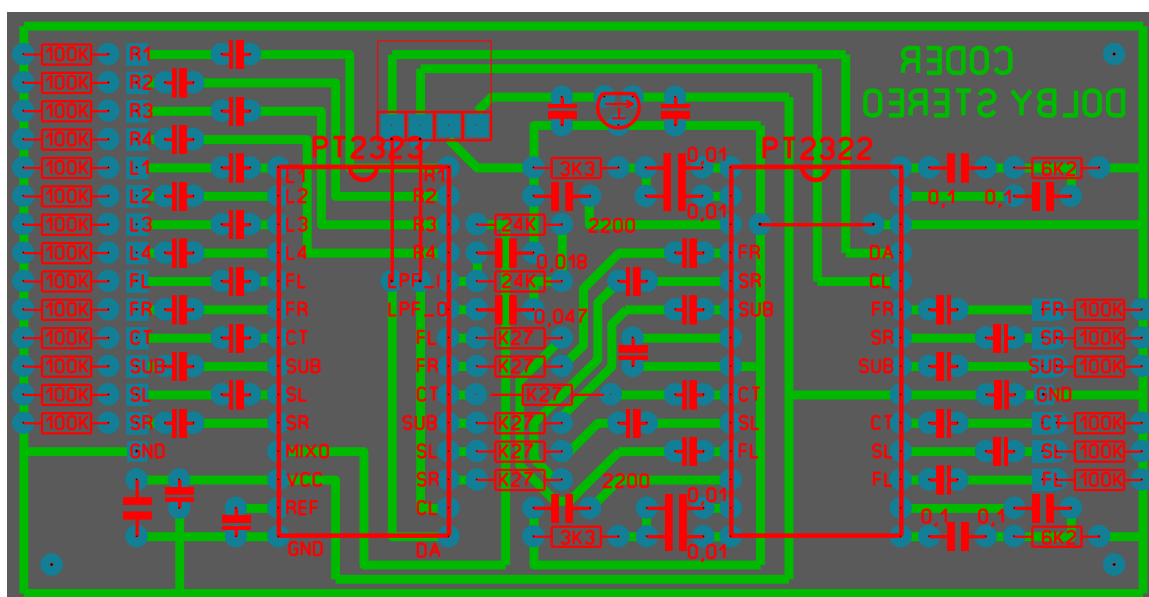


Рисунок 15 – Топологія друкованої плати кодера на основі аудіопроцесора PT2322 та аудіокомутатора PT2323

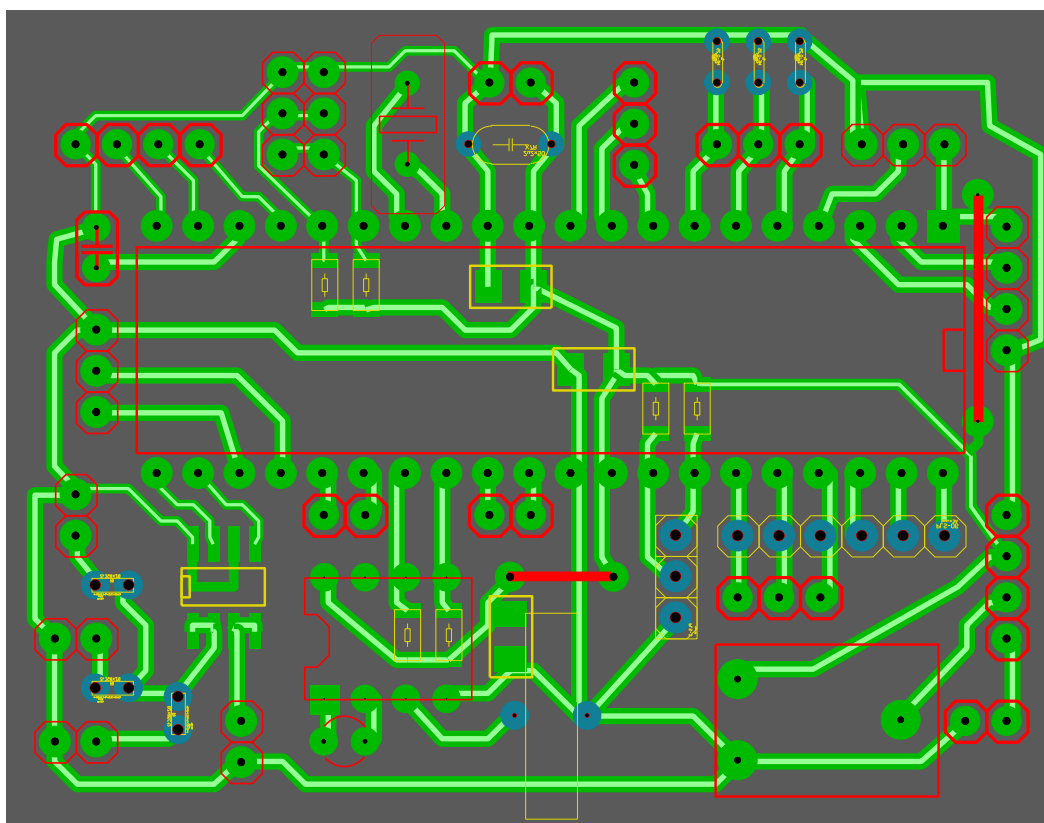


Рисунок 16 – Топологія друкованої плати схеми керування

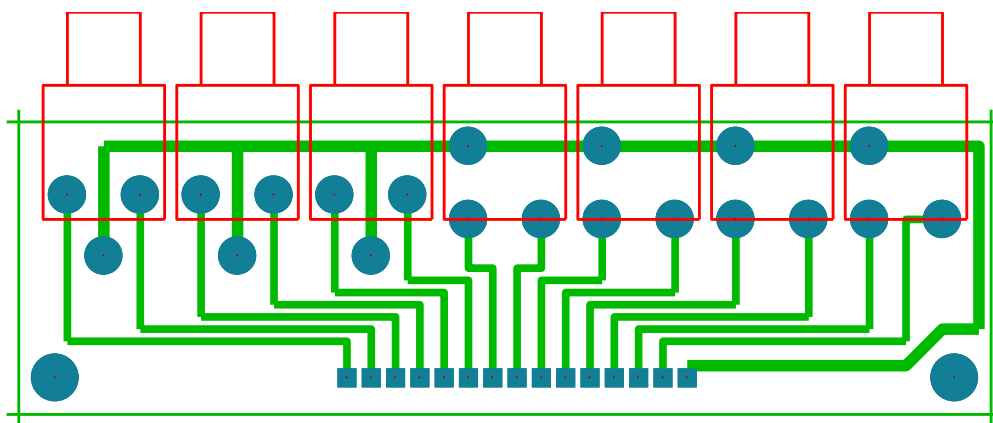


Рисунок 17 – Топологія друкованої плати аудіорознімачів

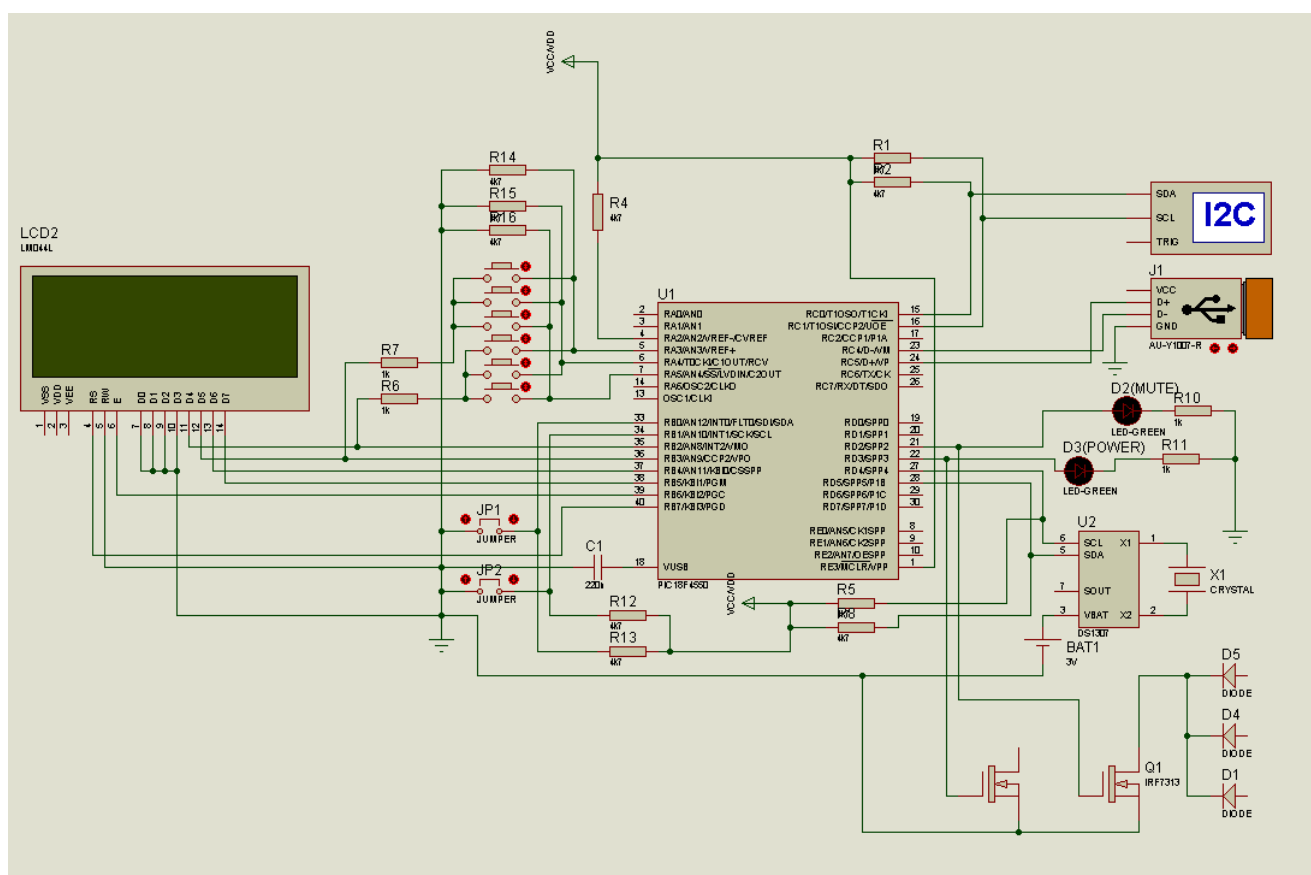


Рисунок 18 – Схема блоку керування на МК PIC16F887 в моделюючій програмі Proteus

Додаток Б
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (БАКАЛАВРСЬКОЇ)
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**РАДІОТЕХНІЧНИЙ ПРИСТРІЙ КОДУВАННЯ СИГНАЛІВ
ОБ'ЄМНОГО ЗВУКУ СТАНДАРТУ DOLBY-STEREO**

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: «Радіотехнічний пристрій кодування сигналів об'ємного звуку стандарту Dolby-Stereo»

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)
Підрозділ Кафедра ІРТС
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 23.96%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Воловик А.Ю. – д.т.н., доцент каф. ІРТС
(прізвище, ініціали, посада)

Осадчук О.В. – д.т.н., професор, зав. каф. ІРТС
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)


(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Семенов А.О.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 
(підпис)

Семенов А.О. – д.т.н., професор, каф. ІРТС
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач 
(підпис)

Тригуб О.С.
(прізвище, ініціали)