

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: “Лічильник відеоімпульсів на програмованій логічній матриці”

(назва теми)

(назва теми)

(назва теми)

Виконав (ла): студент (ка) IV курсу групи РАс-41

спеціальності: 172 “Телекомунікації та радіотехніка”

(шифр і назва напряму підготовки)

(підпис)

Копитчак А.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник:

(підпис)

Дуда С.П.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль:

(підпис)

Марценюк А.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри:

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент:

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет: прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра: радіотехнічних систем

(повна назва кафедри, циклової комісії)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

“ ” червня 20 21 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня: бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю: 172 “Телекомунікації та радіотехніка”

(назва освітнього ступеня)

студенту: Копитчаку Андрію Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема: “Лічильник відеоімпульсів на програмованій логічній матриці”

Керівник роботи: Дуда Сергій Петрович, асист.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання, посада)

затверджена наказом ректора від “ 31 ” травня 20 21 року № 4/7-435

2 Термін подання студентом завершеної роботи: 24 червня 2021 р.

3 Вихідні дані роботи: Діапазон вимірювання амплітуди вхідного сигналу, В 5 ...20;

Довжина імпульсу не менше, нс 8;

Мінімальний інтервал між імпульсами, мкс 10;

Похибка вимірювання, % 0,01;

Управління пристроєм

Старт/Стоп

Скид

Напруга живлення, В 12;

4 Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Проектування та рахунок схеми електричної структурної

2 Обґрунтування вибору типу та структури ПЛМ

3 Проектування друкованого вузла

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1 Схема електрична структурна (обов'язкове)

2 Схема електрична принципова (обов'язкове)

3 Друкований вузол (деталь) (обов'язкове)

4 Складальне креслення друкованого вузла (обов'язкове)

5 Технічні показники (плакат)

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи: “Лічильник відеоімпульсів на програмованій логічній матриці” // Кваліфікаційна робота бакалавра // Копитчак Андрій Ігорович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, кафедра радіотехнічних систем, група РАС-41 // Тернопіль, 2021 // с. – 57, рис. – 28, табл. – 1, бібліографія – 16, креслення – 5.

Ключові слова: ВІДЕОІМПУЛЬС, ДИСКРЕТИЗАЦІЯ, ДИНАМІЧНИЙ ДІАПАЗОН, ПРОГРАМОВАНА ЛОГІЧНА ІНТЕГРАЛЬНА СХЕМА, ПЕРІОД, ТАЙМЕР, ФОТОЕЛЕКТРОННИЙ ПОМНОЖУВАЧ, ЧУТЛИВІСТЬ.

Проведено аналіз лічильників відеоімпульсів. Обґрунтовано вибір засобів та методів вимірювання кількості відеоімпульсів за одиницю часу. На базі проведеного аналізу розроблено схеми електричної структурної та принципової. Проведено розрахунок компаратора та стабілізатора напруги. Розроблено алгоритм роботи лічильника на програмованій логічній матриці.

Діапазон вимірювання амплітуди вхідного сигналу 5 ...20 В, довжина імпульсу не менше 8 нс, мінімальний інтервал між імпульсами 10 мкс, похибка вимірювання 0,01 %, напруга живлення +12 В. Пристрій управляється двома кнопками “Старт/Стоп” та “Скид”.

Annotation

Work qualification theme: “Counter pulses on the field-programmable gate array” // Bachelor qualification work // Kopytchak Andrii Ihorovych // Ivan Pulyuj Ternopil National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, Radio Engineering Systems Department, group RAs-41 // Ternopil 2021 // p. – 57, fig. – 28, table – 1, bibliography – 16, drawing – 5.

Keywords: VIDEO PULSE, DISCRETIZATION, DYNAMIC RANGE, FIELD-PROGRAMMABLE GATE ARRAY, PERIOD, TIMER, POWER, PHOTO-ELECTRIC MULTIPLIER, SENSITIVITY.

The analysis of video pulse counters is carried out. The choice of means and methods of measuring the number of video pulses per unit time is substantiated. On the basis of the conducted analysis are developed electric schemes of structural and principle. The calculation of the comparator and voltage stabilizer is performed. An algorithm for running a meter on a programmable logic matrix has been developed.

The range of measurement of the amplitude of the input signal 5 ...20 V, pulse length not less than 8 ns, measurement error of 0.01%, supply voltage +12 V. The device is controlled by two buttons "Start / Stop" and "Reset".

Зміст

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	7
Вступ.....	8
1 Основна частина.....	10
1.1 Аналіз технічного завдання	10
1.2 Проектування схеми електричної структурної.....	11
1.3 Обґрунтування вибору типу та структури ПЛМ	12
1.3.1 Компаратор	18
1.3.3 Індикатор.....	27
1.3.3.1 Контролер HD45780.....	27
1.3.4 Пристрій для формування затриманих коротких імпульсів.....	33
1.3.5 Блок підрахунку імпульсів частотою 1 МГц.....	35
1.3.6 Блок аналізу коду на перевищення роздільної здатності вимірювача періоду.....	36
1.3.7 Стабілізатори	39
1.4 Проектування друкованого вузла.....	40
2 Початок роботи з Mathcad.....	43
3 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	47
3.1 Розрахунок коефіцієнту природнього освітлення	47
3.2 Види іонізуючого випромінювання та їх властивості.....	50
3.3 Висновки	54
Перелік посилань.....	55
Додатки.....	57

					KA12.087.001 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Копитчак А.І.</i>			<i>Лічильник відеоімпульсів на програмованій логічній матриці Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Дуда С.П.</i>					6	52
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ імені Івана Пулюя, ФПТ, каф. РТ, гр. РАС-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Марценюк А.С.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Дунець В.Л.</i>						

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;

ФЕП – фотоелектричний помножувач;

ПЛІС – програмована логічна інтегральна схема;

ОБР – область безпечної роботи;

СЛ – сцинтиляційний лічильник;

ЕСПД – єдина система програмної документації;

САПР – система автоматизованого проектування;

БЖД – безпека життєдіяльності.

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Вступ

Перспектива використання енергії атома, з'явилася на початку сорокових років. Практичне використання на теперішній час отримало радіоактивне випромінювання (невідчутне, небезпечне для живих організмів). Тому для виявлення і вимірювання його інтенсивності потрібні спеціальні прилади. Детектор основний елемент пристроїв реєстрації радіоактивного випромінювання. Для цієї цілі застосовують лічильники, які зареєструють частинку, що потрапила на нього, у вигляді короткочасного електричного імпульсу. В минулому масове застосування мали газорозрядні лічильники. Робота газорозрядних лічильників базується на виникненні газового розряду при проходженні через вимірювальний об'єм окремих іонізуючих частинок. Поступово були витіснені сцинтиляційними лічильниками (СЛ). Принцип дії сцинтиляційних детекторів ґрунтується на здатності деяких речовин перетворювати енергію випромінювання в кванти світла, які, в свою чергу, при попаданні на фотокатод виривають з нього електрони. Основні елементи лічильника: радіо-люмінесцентна речовина, фотоелектронний помножувач (ФЕП). Візуальне спостереження світлових спалахів (сцинтиляцій) під дією іонізуючих частинок було основним методом ядерної фізики на початку 20 століття. Пізніше сцинтиляційний лічильник був повністю витіснений. Використання багато каскадних ФЕП з великим коефіцієнтом підсилення, які реєструють малі сцинтиляції дозволило повернути сцинтиляційні лічильники в ядерну фізику наприкінці 50-х років. Пройшовши сцинтилятор заряджена частина разом з іонізацією атомів також збуджує молекули. Повертаючись в незбуджений стан, атоми випускають фотони (люмінесценція). Останні потрапивши на катод ФЕП, вибивають електрони (фотоелектронна емісія), тому на аноді ФЕП виникає підсилений електричний імпульс. Детектування нейтральних частинок відбувається вторинними зарядженими частинками, що утворюються при взаємодії атомів сцинтилятора з нейтронами. ФЕП зареєструє світловий спалах, тоді коли спектр чутливості фотокатода ФЕП співпадає зі

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

спектром випромінювання сцинтилятора, а матеріал сцинтилятора буде прозорим для власного випромінювання. Щоб реєструвати “повільні нейтрони” в реєстратор спалахів додають Li або В. Реєстрацію “швидких нейтронів” проводять водневим сцинтилятором. Спектрометрію електронів “високої енергії” проводять використовуючи Na I (Т I), що володіє ефективним атомним числом та великою щільністю. ФЕП, призначені для СЛ, мають володіти високим коефіцієнтом підсилення, високою ефективністю фотокатода (до 2,5%), малим часом накопичення електронів. Останнє дозволяє досягти роздільної здатності за часом СЛ 10^{-9} с. Високий коефіцієнт підсилення ФЕП та малий рівень власних шумів робить можливою реєстрацію окремих електронів, вибитих з фотокатода. Сигнал на аноді ФЕП може сягати в імпульсі 100 В трапецеподібної форми (відеоімпульс). Не тільки виявити а й виміряти інтенсивність радіоактивного випромінювання, недостатньо детектору випромінювання. Потрібен електронний пристрій, який не тільки підраховує число частинок, що потрапили на детектор, а також пристрій, відображення результату підрахунку [1].

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

Реалізація лічильника відеоімпульсів на дискретних елементах, можливо простіша? Однак запроєктований лічильник на дискретних елементах потребує складного налаштування, що збільшує вартість пристрою та низьку точність вимірювання. Тому реалізація лічильника відеоімпульсів можлива на сучасній високошвидкісній елементній базі. Платформи, реалізації лічильника мікроконтролер та ПЛІС. Зроблено вибір на користь ПЛІС, оскільки вона є функціональнішою (цей пристрій можна використати для інших цілей) і тактова частота обробки сигналу не фіксована як у мікроконтролера. Її можна встановлювати програмно і змінювати при необхідності. Отже ПЛІС. З найбільш відомих виробників ПЛІС (Achronix, Actel, Altera, Atmel, Lattice semiconductor, Xilinx, TSMC) відзначимо Altera. Невелика компанія вдало вирішила завдання, які стояли перед нею на початку (визначити елементарний базис, розробити математичні методи синтезу в обраному базисі, розробити інтегроване середовище проектування), шляхом поступового узгодженого вдосконалення елементної бази і засобів проектування. Всі ці зусилля в другій половині 90-х років дозволили їй стати основним виробником мікросхем ПЛІС. Обираємо ПЛІС MAX 3000 EPM3256B Тип Виходи I/O Тригери Комірки Max частота MHz EPM3032B 4 30 34 36 196 EPM3064B 4 36/64 68 68 196 EPM3128B 4 74/96 128 128 192 EPM3256B 4 112/ 21 312 165.

Технологія EEPROM при відключенні живлення забезпечує збереження конфігурації. Число логічних еквівалентних вентилів ПЛІС знаходиться в діапазоні 600-5000, кількість програмованих користувачем виводів 44-208. Мікросхеми можуть бути запрограмовані за допомогою пристрою програмування, в цьому випадку використовують всі лінії вводу/виводу (I/O). Порт JTAG зарезервовано чотири) дозволяє внутрішньо системно програмувати (in-system pro-

					KA12.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

grammability) ПЛІС використовуючи пристрої: Master, Byte і Bit Blasters. Порти мають режими емуляції високоімпедансного стану і відкритого колектору.

Згідно технічного завдання необхідно розробити лічильник відеоімпульсів з наступними технічними характеристиками:

Діапазон вимірювання амплітуди вхідного сигналу, В	5 ...20;
Довжина імпульсу не менше, нс	8;
Мінімальний інтервал між імпульсами, мкс	10;
Похибка вимірювання, %	0,01
Управління пристроєм	Старт/Стоп
	Скид
Напруга живлення, В	12;

На основі проведеного аналізу пристрій будемо проектувати на базі програмованої логічної матриці.

1.2 Проектування схеми електричної структурної

Сигнал, який поступає на лічильник, це випадкові трапецеподібні різної довжини і амплітуди імпульси. Компаратор здійснює розрізнення імпульсів по амплітуді. З компаратора сигнал поступає на матрицю логічну цифрову TTL рівня.

Лічильник потрібен для підрахунку кількості імпульсів. Лічильник реалізуємо програмно на ПЛІС.

LCD вказівник відобразатимемо кількість імпульсів. Вибираємо LCD вказівник з інтегрованим перетворювачем TTL рівня, для забезпечення сумісності по напрузі.

Критерії вибору тактового генератора:

- мінімальні інтервали між імпульсами визначають мінімальну частоту;
- швидкість роботи ПЛІС визначає частоту максимальну.

Результуючий діапазон тактових частот 10 МГц ... 200 МГц.

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруга живлення лічильника відеоімпульсів + 12 В. Напруга живлення тактового генератора, компаратора і індикатора +5В, матриці +3.3В здійснюємо стабілізаторами інтегральними.

Пристрій управляється двома кнопками, тому, необхідний пристрій для антибрязкоту реалізуємо на ПЛІС.

Пристрій програмування Byte Blaster використовуємо для програмування FPGA.

Схема електрична FPGA MAX3000В рисунок 1.1.

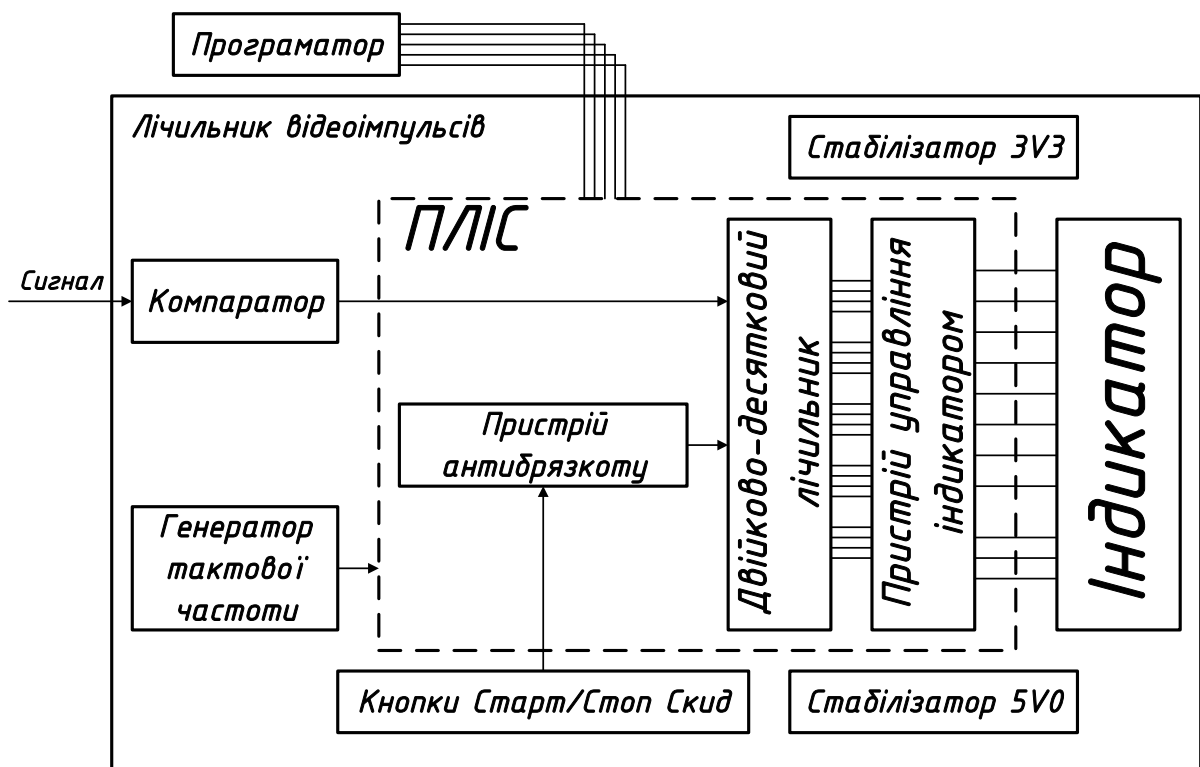


Рисунок 1.1 – Схема електрична MAX3000В

1.3 Обґрунтування вибору типу та структури ПЛІМ

Схема електрична матриці MAX3000В рисунок 1.2.

Основні компоненти матриці групи MAX3000В:

- елементи введення/виведення;
- блоки логічні;
- макрокомірки;

□ розширники: логічний (expanders), розділювальний (shareable) та паралельний (parallel);

□ масив з'єднань програмований (PIA).

□

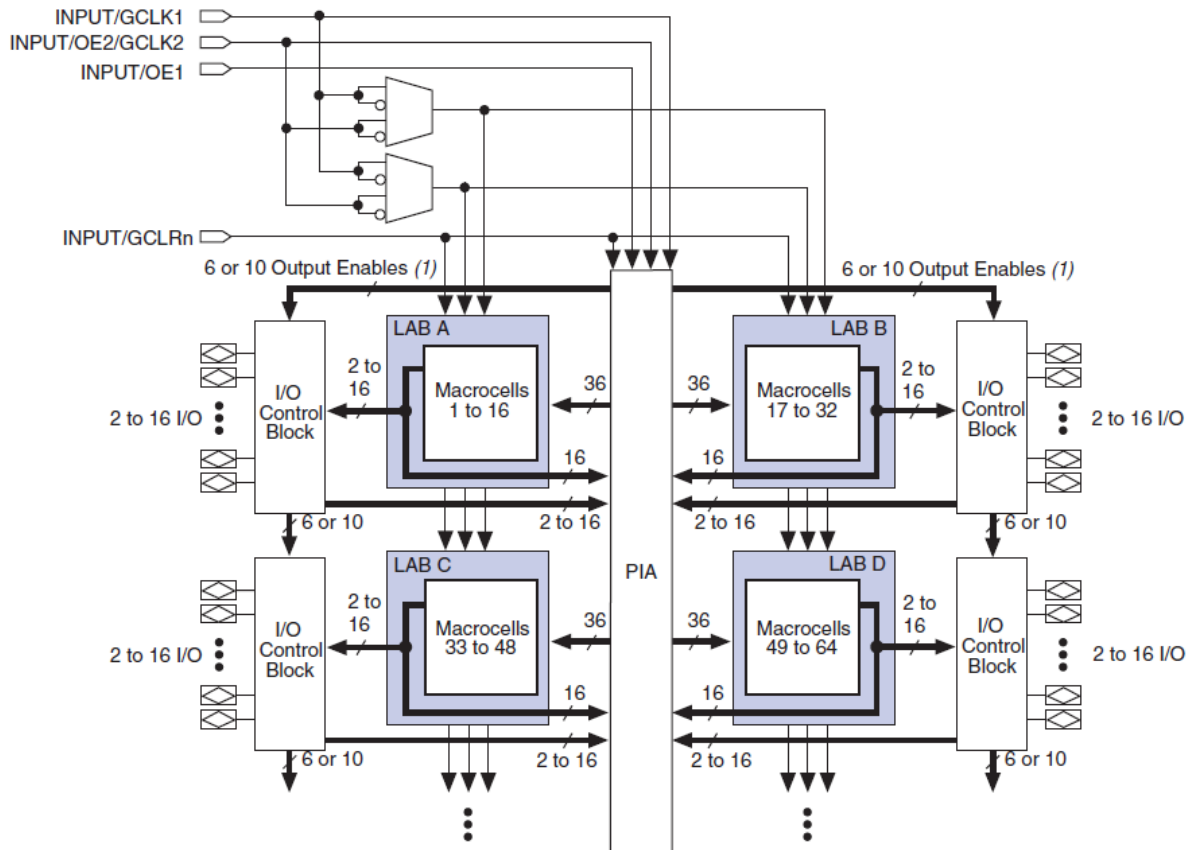


Рисунок 1.2 – Схема електрична

Масив FPGA групи MAX3000B має чотири порти (dedicated inputs). Вони також використовуються, як вхід/вихід обробки сигналів матриці.

Основа архітектури масиву групи MAX3000B (рис. 1.2) блоки логічні, кожний має шістнадцять макрокомірок. Логічні блоки з'єднуються між собою програмованою матрицею з'єднань (ПМЗ). Кожен з блоків логічних має тридцять шість входів.

Схема електрична структурна макрокомірки FPGA MAX3000B рисунок 1.3.

Макрокомірки матриці MAX3000B включають три головних вузли:

□ матриця локальна програмована (local array);

- програмований реєстр (programmable register) ;
- матриця розподілу термінів (term distribution matrix).

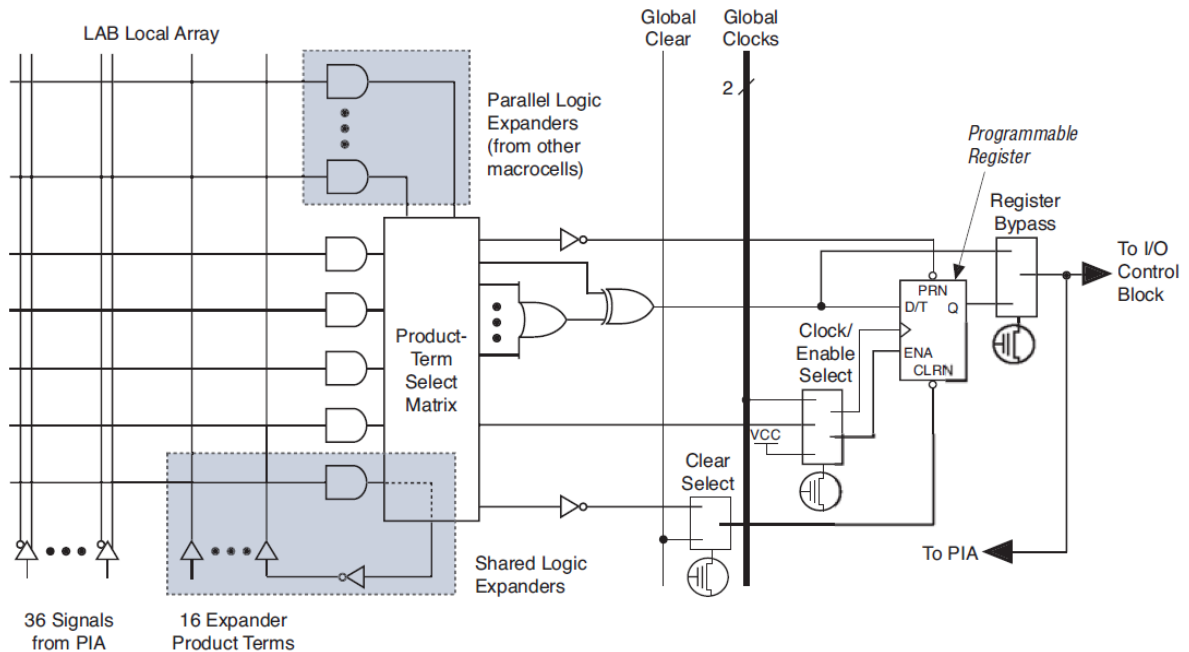


Рисунок 1.3 – Схема електрична структурна макрокомірки матриці

Матриця розподілу термінів дозволяє об'єднувати елементи матриці програмованої локальної, яка реалізує комбінаційні функції OR чи XOR. Також, матриця розподілу термінів комутує кола керування тригера макрокомірки.

Режим тактування і конфігурація тригера вибираються на етапі проектування автоматично під час розробки проекту в середовищі Max + Plus I в залежності від обраної конфігурації.

Матриця MAX3000В має два глобальні тактові сигнали, які дозволяють розробляти схеми двофазної синхронізації.

Логічні функції великої кількості змінних реалізуються логічними розширниками.

Розширник розділюваний (рисунок 1.4) реалізує функції логічні з великою кількістю входів, та об'єднує макрокомірки одного логічного блоку.

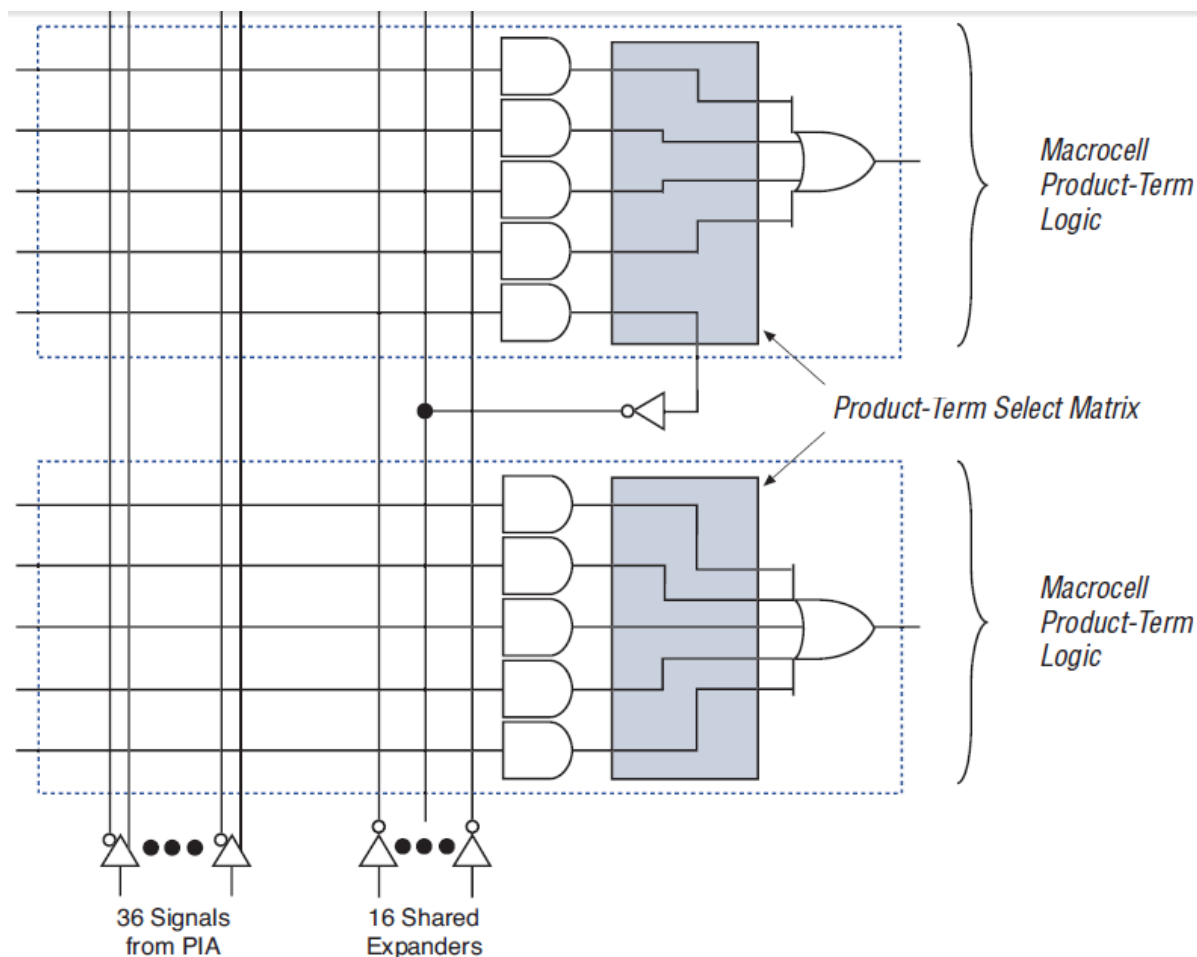


Рисунок 1.4 – Схема електрична розширника розділюваного

Отже, розширник розділюваний формує терміни, їх інверсія передається ПЛ матрицею розподілу термінів і використовується макрокомірками даного логічного блоку. Тридцять шість сигналів локальної ПМЗ та шістнадцять інверсних сигналів з розширників (рисунок 1.4) дозволяють в межах блоку логічного реалізувати функцію до п'ятдесяти двох термінів рангу один.

Розширник паралельний (рисунок 1.5) дозволяє користуватися матрицями локальних суміжних макрокомірок для реалізації функцій, в які входять понад шість термінів. Одна ланка паралельного розширника може включати до 4-ох макрокомірок, реалізуючи режим двадцять чотири терми. Компілятор Max+Plus I підтримує до 3-х наборів не більше п'яти паралельних розширників у кожному.

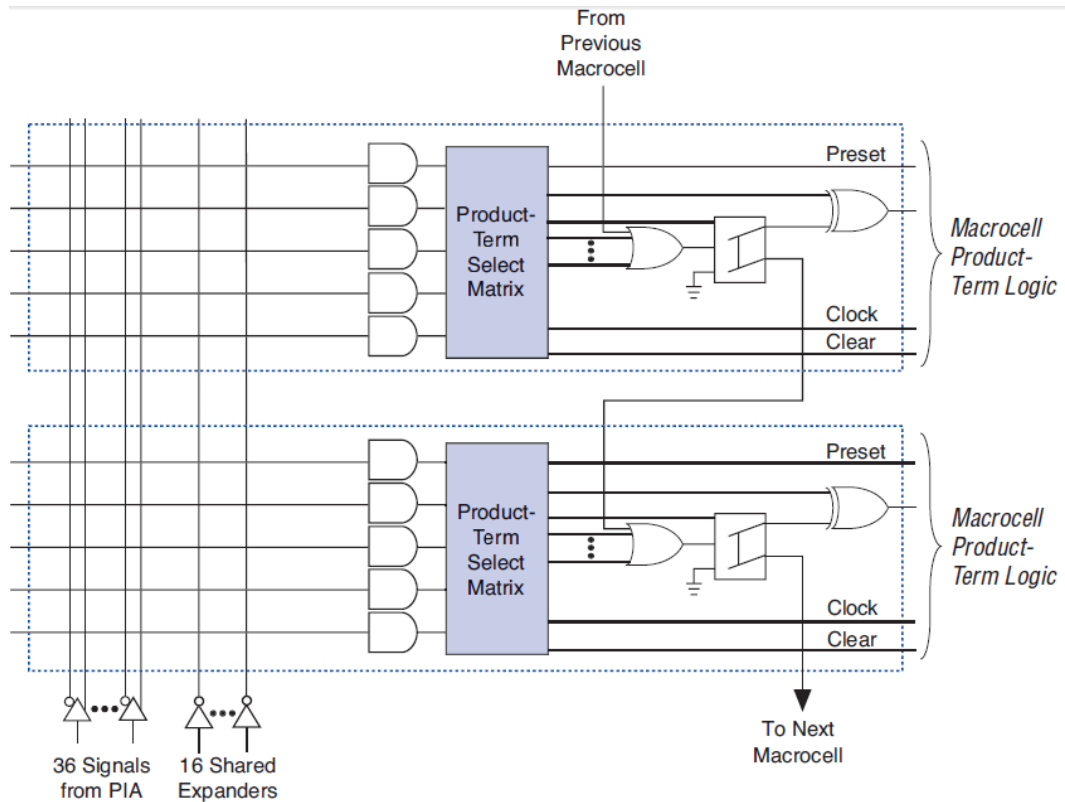


Рисунок 1.5 – Схема електрична структурна розширника паралельного

Структура матриці програмованої з'єднань рис. 1.6.

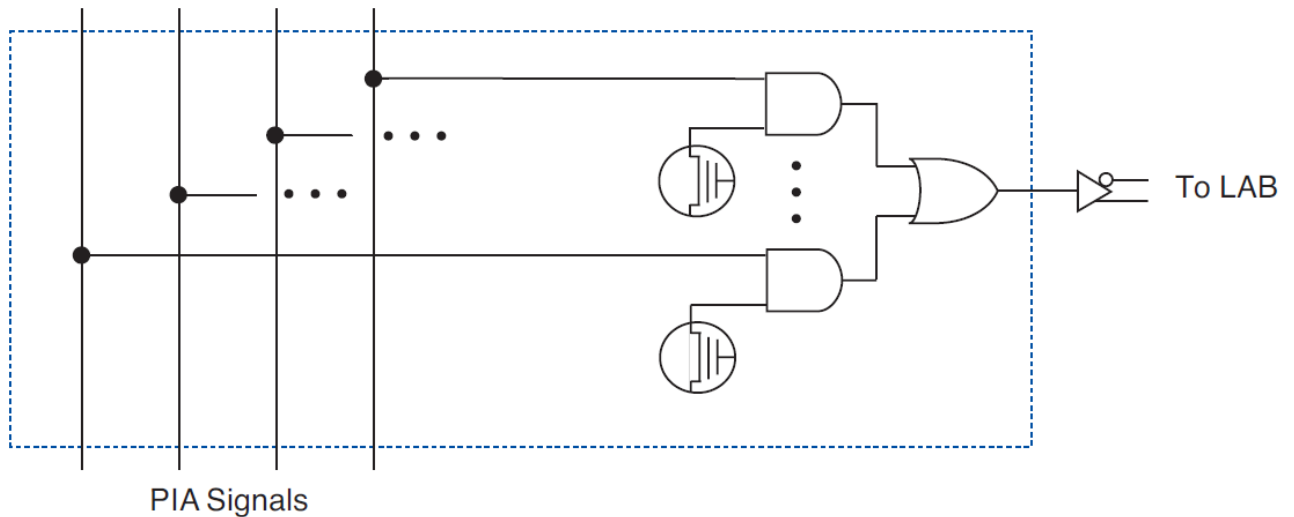


Рисунок 1.6 – Структура матриці програмованої з'єднань

На ПМЗ поступають сигнали усіх джерел: елементів введення-виведення, зворотного зв'язку логічного блоку, спеціалізованих виділених входів. В процесі програмування на логічний блок подаються тільки необхідні сигнали.

Схема елемента вводу-виводу ЕВВ (рисунок 1.7). ЕВВ забезпечує режим роботи портів з відкритим колектором і імпедансним станом.

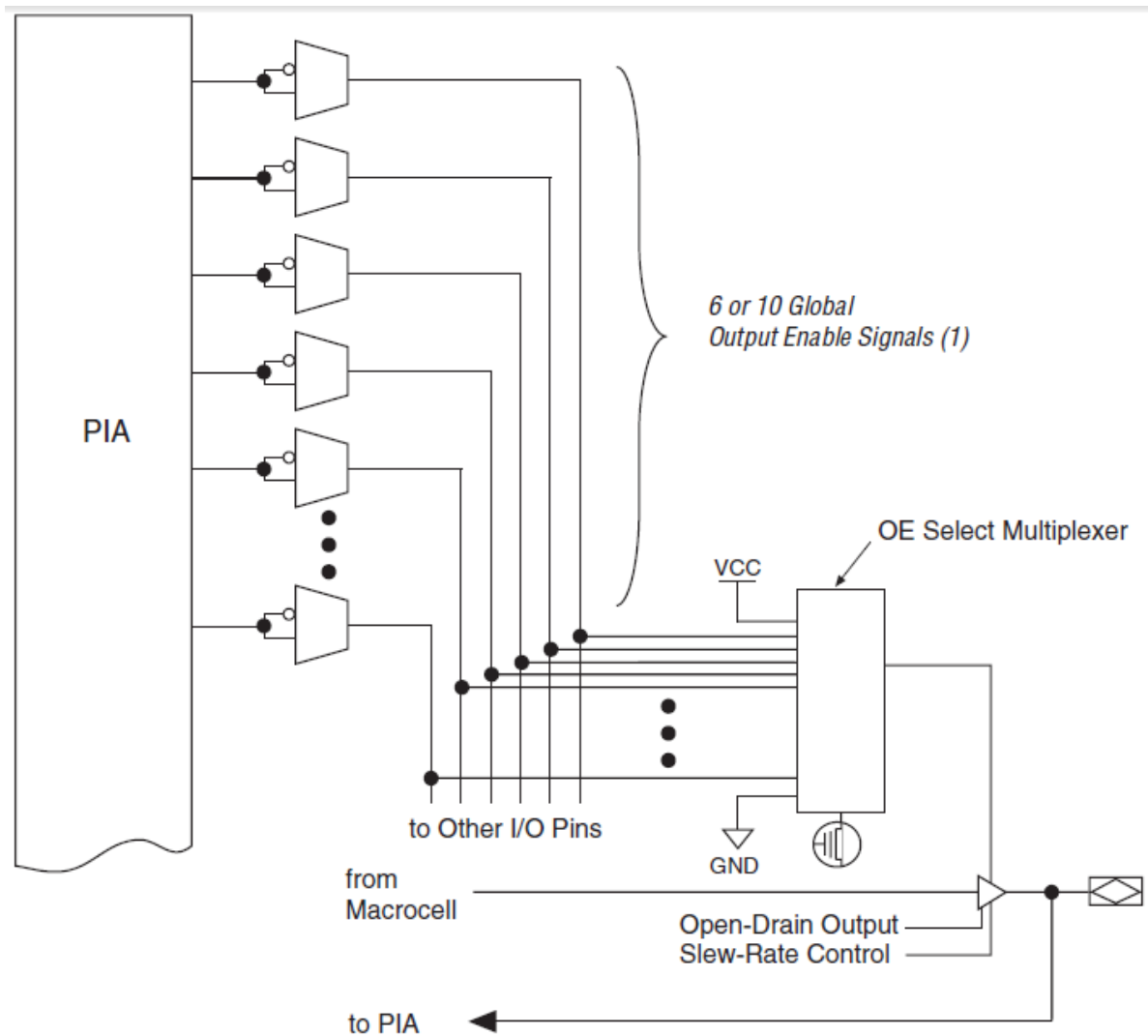


Рисунок 1.7 – Схема елемента вводу/виводу (ЕВВ)

Вибираємо мікросхему FPGA – EPM3265ACT144JL. Дана мікросхема не дорога, має достатню кількість макрокомірок (256), задовольняє параметру швидкодії (156 МГц). Недолік мікросхема велика кількість виходів при невеликій площі, що ускладнює монтаж [3] [4].

1.3.1 Компаратор

Компаратор порівнює імпульси з еталонною напругою і залишає тільки ті імпульси амплітуда, яких більша заданого рівня. Вихідний сигнал компаратора повинен забезпечувати TTL рівень. Заданим характеристикам відповідає компаратор фірми Analog Devices AD9561.

Аналоговий компаратор – це пристрій, призначений для порівняння двох сигналів. Найпростіша схема компаратора може бути побудована на операційному підсилювачі (ОП) без зворотного зв'язку. На один із входів операційного підсилювача подається відома опорна напруга, на інший – аналоговий сигнал, який порівнюється, наприклад сигнал з давача.

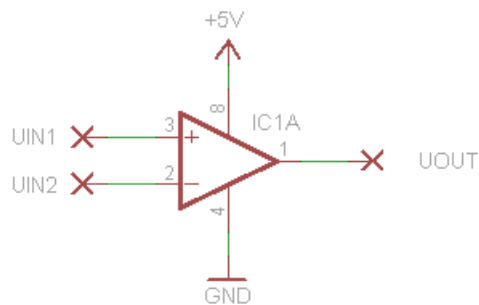


Рисунок 1.8 – Схема компаратора

Поведінка операційного підсилювача без зворотного зв'язку описується рівнянням:

$$U_{out} = [U_{in1} - U_{in2}]G \quad (1.1)$$

де U_{out} – вихідна напруга ОП;

U_{in1} – напруга на неінвертуючому вході;

U_{in2} – напруга на інвертуючому вході;

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

G – коефіцієнт підсилення при розімкненій петлі зворотного зв'язку [1].

В інженерних розрахунках коефіцієнт підсилення ідеального операційного підсилювача (G) зазвичай приймається рівним нескінченності. Ми візьмемо реальний операційний підсилювач – AD8561 Analog Devices. Його коефіцієнт підсилення дорівнює приблизно 100000.

Подаємо на неінвертуючий вхід підсилювача опорну напругу в 1,5 вольт, а на інвертуючий вхід синусоїдальний сигнал амплітудою 1 вольт і постійною складовою 1,5 вольт.

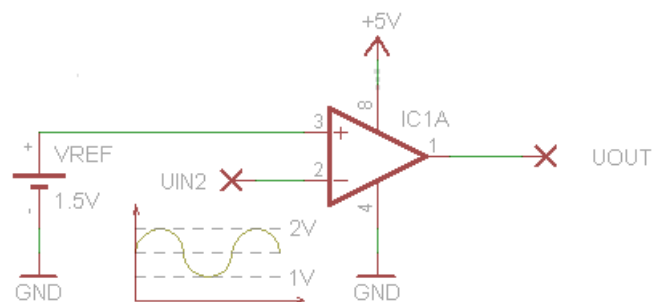


Рисунок 1.9 – Схема компаратора AD8561

За наведеною вище формулою (1.1) розрахуємо вихідну напругу операційного підсилювача для двох випадків.

1) $U_{in1} > U_{in2}$ на 1 мВ;

$$U_{out} = 0,001 \times 100000 = 100 \text{ В} ;$$

2) $U_{in1} < U_{in2}$ на 1 мВ;

$$U_{out} = 0,001 \times 100000 = -100 \text{ В} .$$

Це в теорії, на практиці вихідна напруга ОП менша напруги живлення. Реальна вихідна напруга ОП в цих випадках дорівнюватиме його додатному + U_{sat} або від'ємної напруги насичення – U_{sat} (saturation – насичення).

У більшості операційних підсилювачів, включаючи і AD8561, додатна і від’ємна напруги насичення при однополярному живленні дорівнює $U_{ж} - [1 \dots 2]$ і 0 Вольт відповідно, де $U_{ж}$ – це напруга живлення. Також існують операційні підсилювачі, у яких вихідна напруга насичення практично дорівнює напрузі живлення (rail-to-rail підсилювачі). Також на вихідну напругу підсилювача впливає навантаження. Низькоомне навантаження на виході підсилювача буде зменшувати його вихідну напругу.

З урахуванням вище наведеного:

$$1) U_{out} = U_{ж} - [1 \dots 2] = 5 - 1,5 = 3,5 \text{ В}$$

$$2) U_{out} = 0 \text{ В}$$

Тобто поки вхідний сигнал менше опорної – на виході операційного підсилювача буде додатна напруга насичення. Як тільки вхідний сигнал перевищить опорну – вихідна напруга операційного підсилювача дорівнюватиме нулю.

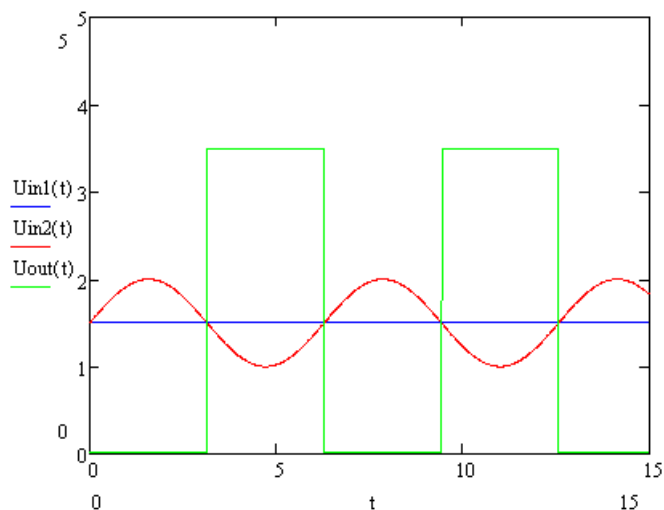


Рисунок 1.10 – Компаратор AD8561 рівні напруг

Описана схема є інвертуючий компаратор. Якщо ми поміняємо джерела напруги місцями, то отримаємо неінвертуючий компаратор.

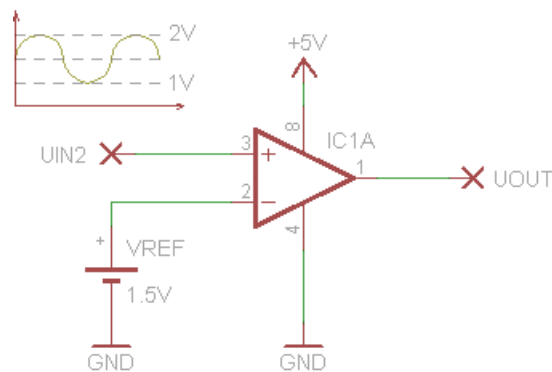


Рисунок 1.11 – Неінвертуючий компаратор AD8561

Компаратор можна використовувати для обробки сигналів датчиків. На компараторі проектуємо простий датчик відеоімпульсів.

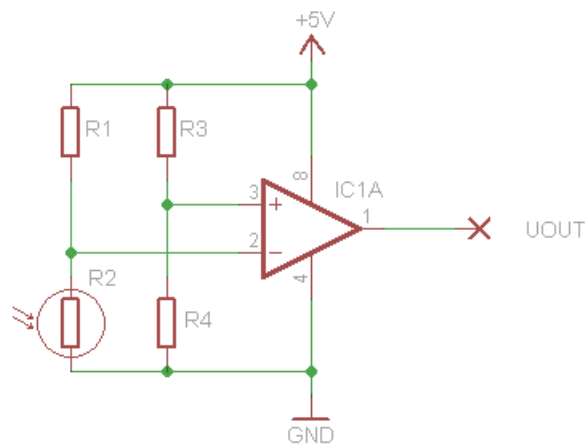


Рисунок 1.12 – Датчик відеоімпульсів на AD8561

Шкода, але така схема компаратора має істотний недолік. При подачі на вхід підсилювача завади, на виході будуть спостерігатися багаторазові перемикання напруги. Якщо вихід операційного підсилювача управляє логічним пристроєм, така поведінка схеми призведе до фальшивого спрацювання.

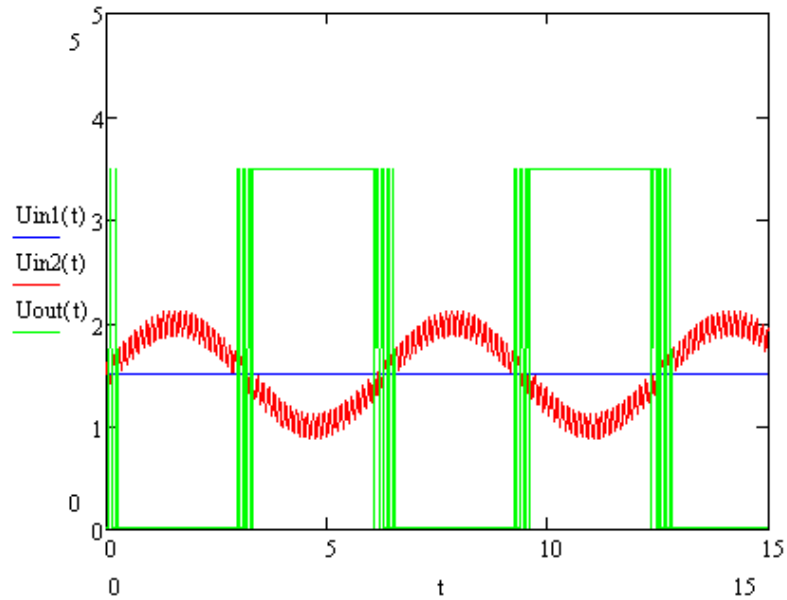


Рисунок 1.13 – Давач відеоімпульсів на AD8561 вплив завади

Для усунення цих коливань в схему додають керований додатній зворотний зв'язок.

Тригер Шмідта – це компаратор з додатним зворотним зв'язком. У цій схемі частина вихідного сигналу операційного підсилювача подається на неінвертуючий вхід і задає пороги перемикання схеми.

Електрична схема тригера Шмідта представлена на рисунку 1.14.

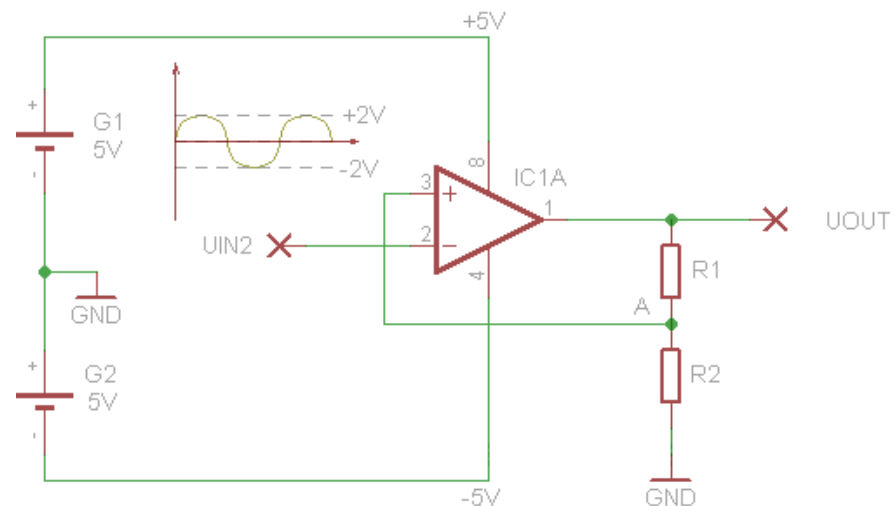


Рисунок 1.14 – Давач відеоімпульсів на AD8561 тригер Шмідта

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Напруга живлення операційного підсилювача двополярна 5 вольт. На інвертуючий вхід $U_{in 2}$ подається синусоїдальний сигнал амплітудою ± 2 В. Резистори R1 і R2 мають номінали 25 кОм і 10 кОм відповідно.

Напруга на неінвертуючому вході знімається з дільника напруги під'єданого на вихід операційного підсилювача. Розраховуємо її значення для додатної і від'ємної напруги насичення.

$$1) U_{in 1} = +U_{sat} \frac{R2}{R1 + R2}$$

$$U_{in 1} = 3,5 \frac{10}{25 + 10} = 1 \text{ В}$$

$$2) U_{in 1} = -U_{sat} \frac{R2}{R1 + R2}$$

$$U_{in 1} = -3,5 \frac{10}{25 + 10} = -1 \text{ В}$$

Коли на виході підсилювача додатна напруга насичення – на неінвертуючому вході напруга 1 В. Вхідний сигнал повільно наростає від нуля. Поки напруга сигналу менше напруги на неінвертуючому вході – нічого не відбувається. Як тільки сигнал перевищить поріг 1 вольт, напруга на виході операційного підсилювача “переключиться” і стане рівною від'ємній напрузі насичення. Це змінить напругу на неінвертуючому вході, вона стане рівною -1 вольт.

Вхідний сигнал буде наростати до свого максимуму, а потім піде на спад. Коли його амплітуда стане менше 1 вольт, на виході підсилювача буде як і раніше від'ємна напруга насичення. І тільки коли вхідний сигнал перетне поріг -1 вольт, вихідна напруга знову “переключиться” і стане рівною додатній напрузі насичення. Природно це спричинить за собою зміну граничної напруги.

На графіку рисунок 1.15 видно, як змінюється вихідний сигнал операційного підсилювача в залежності від вхідного.

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

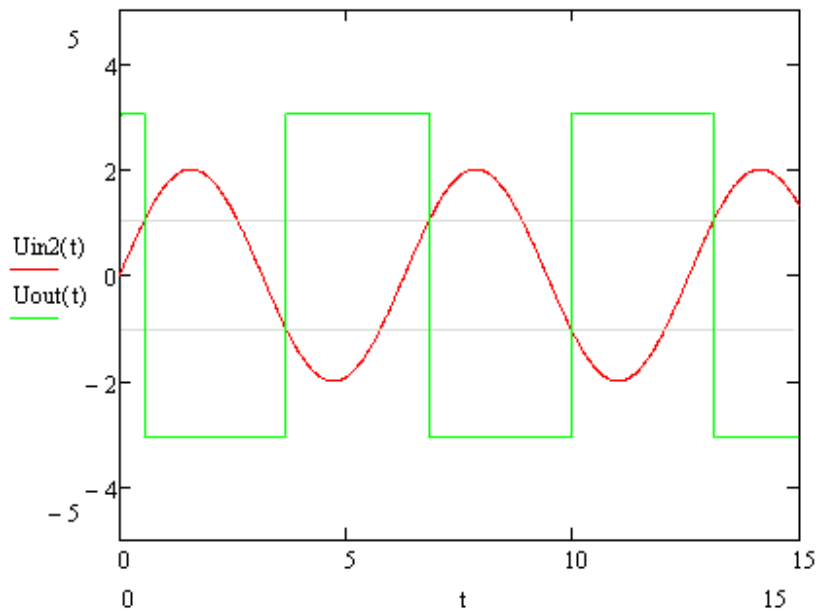


Рисунок 1.15 – Зміна вихідного сигналу операційного підсилювача в залежності від вхідного

Завдяки такій поведінці схеми, зашумлений сигнал не викликати коливаний на виході підсилювача.

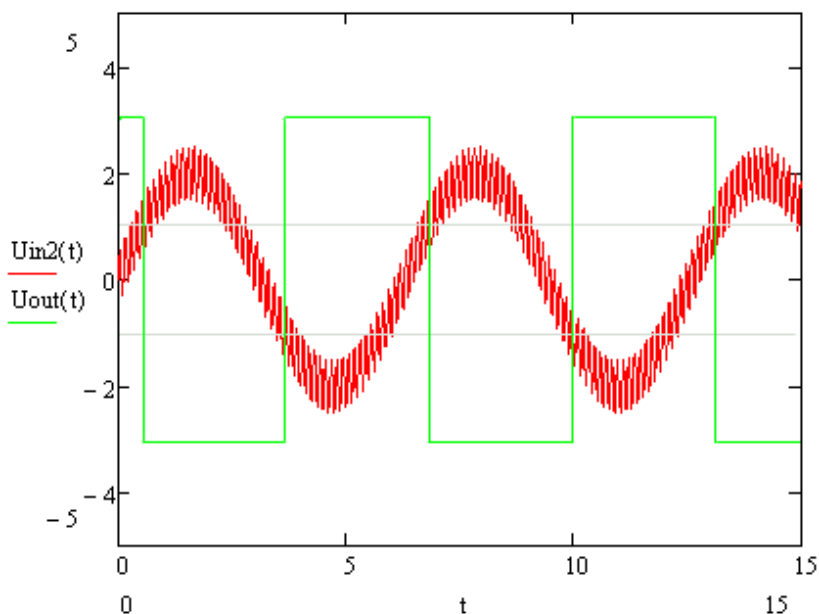


Рисунок 1.16 – Вплив зашумленого сигналу не викликати коливаний на виході підсилювача

Тригер Шмідта демонструє таку властивість систем, як гістерезис. Яка полягає в тому, що реакція системи на поточний вплив залежить від впливу, що діє на неї раніше.

Якщо виразити поведінку схеми у вигляді графіка залежності вихідної напруги від вхідної, то ми отримаємо так звану петлю гістерезису рисунок 1.17.

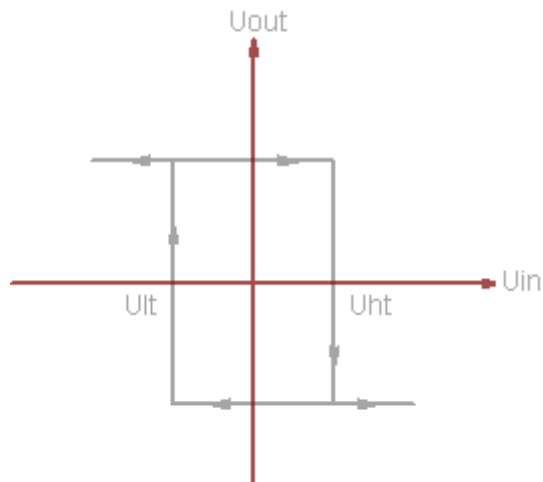


Рисунок 1.17 – Тригер Шмідта петля гістерезису

Де U_{ht} – верхній поріг тригера Шмідта, U_{lt} – нижній поріг

$$1) U_{ht} = +U_{sat} \frac{R2}{R1 + R2}$$

$$2) U_{lt} = -U_{sat} \frac{R2}{R1 + R2}$$

Ще одна властивість тригера Шмідта, що виникає внаслідок додатного зворотного зв'язку – це збільшення швидкості перемикання вихідної напруги, в порівнянні з простим компаратором. Як тільки вихідна напруга операційного підсилювача починає змінюватися, позитивний зворотний зв'язок збільшує різ-

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

ницеву напругу $[U_{in1} - U_{in2}]$ і ще більше змінює вихідну напругу, що в свою чергу ще більше збільшує різницеву.

Як і найпростіша схема компаратора, тригер Шмідта має неінвертуючу версію рисунок 1.18.

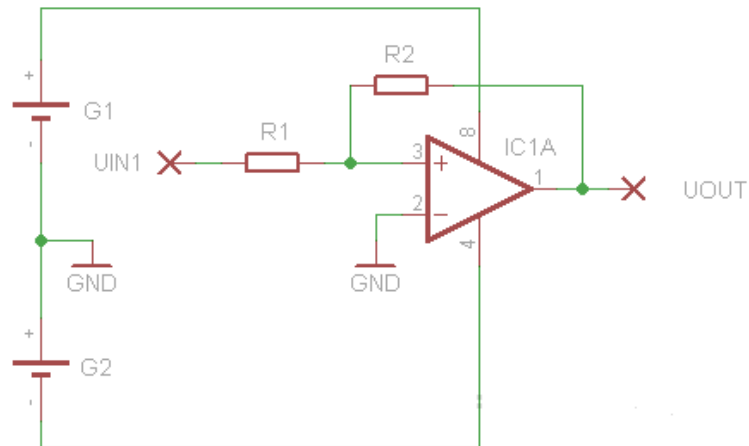


Рисунок 1.18 – Тригер Шмідта неінвертуючий двополярне живлення

Граничні значення тригера Шмідта задаються за допомогою дільника напруги, і вони симетричні відносно “нуля живлення”. Саме тому в схемі використовується двополярне джерело живлення. Схема компаратора на однополярному джерелі рисунок 1.19.

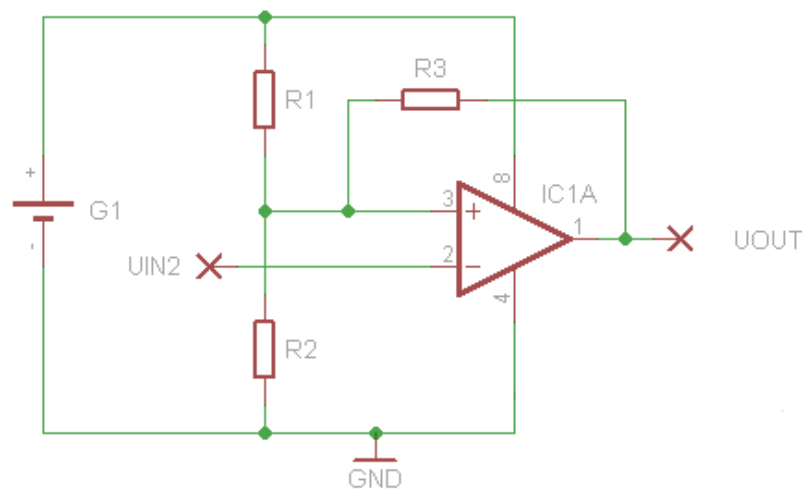


Рисунок 1.18 – Неінвертуючий тригер Шмідта однополярне живлення

Для однополярного живлення поріг спрацювання компаратора встановлюємо резистором R4.

1.3.2 Генератор тактової частоти

Генератор тактової частоти призначений для задання часового масштабу лічильника відеоімпульсів на FPGA. За тактами генератора працюватиме лічильник імпульсів. Обрано генератор для CMOS і TTL логіки фірми Auch JCO series.

1.3.3 Індикатор

Обираємо дворядковий індикатор WH1602B з внутрішньою відео-пам'яттю і контролером HD45780.

1.3.3.1 Контролер HD45780

HD44780U матричний рідкокристалічний дисплей і контролер драйвера LSI відображає букво-цифрові, японські символи та інші символи.

Він може бути налаштований для керування рідкокристалічним дисплеєм із матрицею під контролем 4- або 8-бітного мікропроцесора. Оскільки всі функції, такі як оперативна пам'ять, генератор символів та рідкокристалічний драйвер, необхідні для керування точково-матричним рідкокристалічним дисплеєм, внутрішньо передбачені на одному чіпі, мінімальна система може бути розроблена з цим контролером / драйвером.

Один HD44780U може відображати до один 8-символьний рядок або два 8-символьних рядки.

HD44780U сумісний контактами з D44780S, що дозволяє користувачеві легко замінити LCD-II на HD44780U. ПЗУ генератора символів HD44780U розширено, щоб генерувати 208 шрифтів символів 5×8 крапок та 32 шрифти символів 5×10 крапок для загальної кількості 240 різних символів шрифтів.

					KA12.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Низька напруга живлення (2,7 ... 5,5 В) HD44780U підходить для будь-якого портативного виробу на акумуляторній батареї, що вимагає низького споживання енергії.

Особливості:

- матриця 5×8 та 5×10 точок;
- підтримка роботи з низьким енергоспоживанням:
 - 2,7 ... 5,5 В;
- широкий діапазон потужності рідкокристалічного дисплея;
 - 3,0 ... 11 В;
- перемикання 4-бітного або 8-бітного інтерфейсу МП;
- 80×8 -бітна дисплейна оперативна пам'ять (Макс. 80 символів);
- 9,920-бітна ПЗП генератора символів на 240 символних шрифтів;
 - 208 символних шрифтів (5×8 крапок);
 - 32 символних шрифтів (5×10 крапок);
- 64×8 біт оперативна пам'ять генератора символів:
 - 8 символних шрифтів (5×8 крапок);
 - 4 символні шрифти (5×10 крапок);
- 16-ти загальний \times 40-сегментний рідкокристалічний драйвер дисплея;
- Програмовані робочі цикли:
 - 1/8 для одного рядка 5×8 крапок з курсором;
 - 1/11 для одного рядка розміром 5×10 крапок з курсором;
 - 1/16 для двох рядків розміром 5×8 крапок з курсором.
- Широкий діапазон функцій інструкцій:
 - чіткий дисплей, головний курсор, ввімкнення / вимкнення дисплея, ввімкнення / вимкнення курсора, блимання символів, зміщення курсора.
- Схема автоматичного скидання, яка ініціалізує контролер / драйвер після включення живлення.
- Внутрішній генератор із зовнішніми резисторами.

					KA12.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- Низьке споживання енергії.

Опис функцій

Регістри.

HD44780U має два 8-бітові реєстри: реєстр даних (DR) та реєстр команд (IR).

Регістр команд зберігає коди інструкцій, такі як чітке зображення та зміщення курсора, а також інформацію про адресу для оперативної пам'яті даних (DDRAM) та генератора символів (CGRAM). Регістр команд можна записати лише з MPU.

DR тимчасово зберігає дані для запису в DDRAM або CGRAM або тимчасово зберігає дані для читання з DDRAM або CGRAM. Дані, записані в DR з MPU, автоматично записуються в DDRAM або CGRAM за допомогою внутрішньої операції. DR також використовується для зберігання даних при зчитуванні даних з DDRAM або CGRAM. Коли інформація про адресу записується в IR, дані зчитуються, а потім зберігаються в DR від DDRAM або CGRAM за допомогою внутрішньої операції. Потім передача даних між MPU завершується, коли MPU читає DR. Після зчитування дані в DDRAM або CGRAM за наступним адресом надсилаються в DR для наступного зчитування з MPU. За допомогою сигналу селектора реєстрів (RS) вибираються ці два реєстри.

Прапорець зайнято (BF).

Коли прапорець зайнято дорівнює 1, HD44780U перебуває у режимі внутрішньої роботи, і наступна інструкція не приймається. При $RS = 0$ і $R / W = 1$, прапорець зайнято виводиться на DB7. Наступну інструкцію потрібно написати, переконавшись, що прапор зайнятості дорівнює 0.

Лічильник адрес (AC).

Лічильник адрес (AC) призначає адреси як DDRAM, так і CGRAM. Коли адреса інструкції записана в ІЧ, інформація про адресу надсилається з IR на AC. Вибір DDRAM або CGRAM також визначається одночасно інструкцією.

					KA12.087.001 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після запису в (читання з) DDRAM або CGRAM лічильник адрес автоматично збільшується на 1 (зменшується на 1). Потім зміст лічильника адрес виводиться в DB0 - DB6, коли $RS = 0$ і $R / W = 1$.

Оперативна пам'ять даних зображення (DDRAM).

Оперативна пам'ять даних зображення (DDRAM) зберігає дані зображення, представлені у 8-бітних кодах символів. Його розширена ємність становить 80×8 біт, або 80 символів. Область в оперативній пам'яті даних зображення (DDRAM), яка не використовується для відображення, може використовуватися як загальна пам'ять даних.

Адреса DDRAM (ADD) встановлюється в лічильнику адрес (AC) як шістнадцяткова.

ПЗП генератора символів (CGROM).

ПЗП генератора символів генерує шаблони символів 5×8 точок або 5×10 точок із 8-бітових кодів символів. Він може генерувати 208 шаблонів символів 5×8 точок та 32 шаблони символів 5×10 крапок. Визначені користувачем шаблони символів також доступні за допомогою запрограмованого маскою ПЗУ.

Оперативна пам'ять генератора символів (CGRAM).

У оперативній пам'яті генератора символів користувач може переписувати шаблони символів за програмою. Для 5×8 крапок можна написати вісім шаблонів символів, а для 5×10 крапок – чотири шаблони символів.

Області, які не використовуються для відображення, можна використовувати як загальну пам'ять даних.

Структурна схема лічильника кількості та періоду слідування відеоімпульсів показана на рисунку 1. 19 Вхідний сигнал одночасно поступає як на вимірювач кількості, так і на вимірювач періоду. Результати вимірювань відображаються на екрані РКІ кількості імпульсів верхній рядок та період нижній рядок.

					KA12.087.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

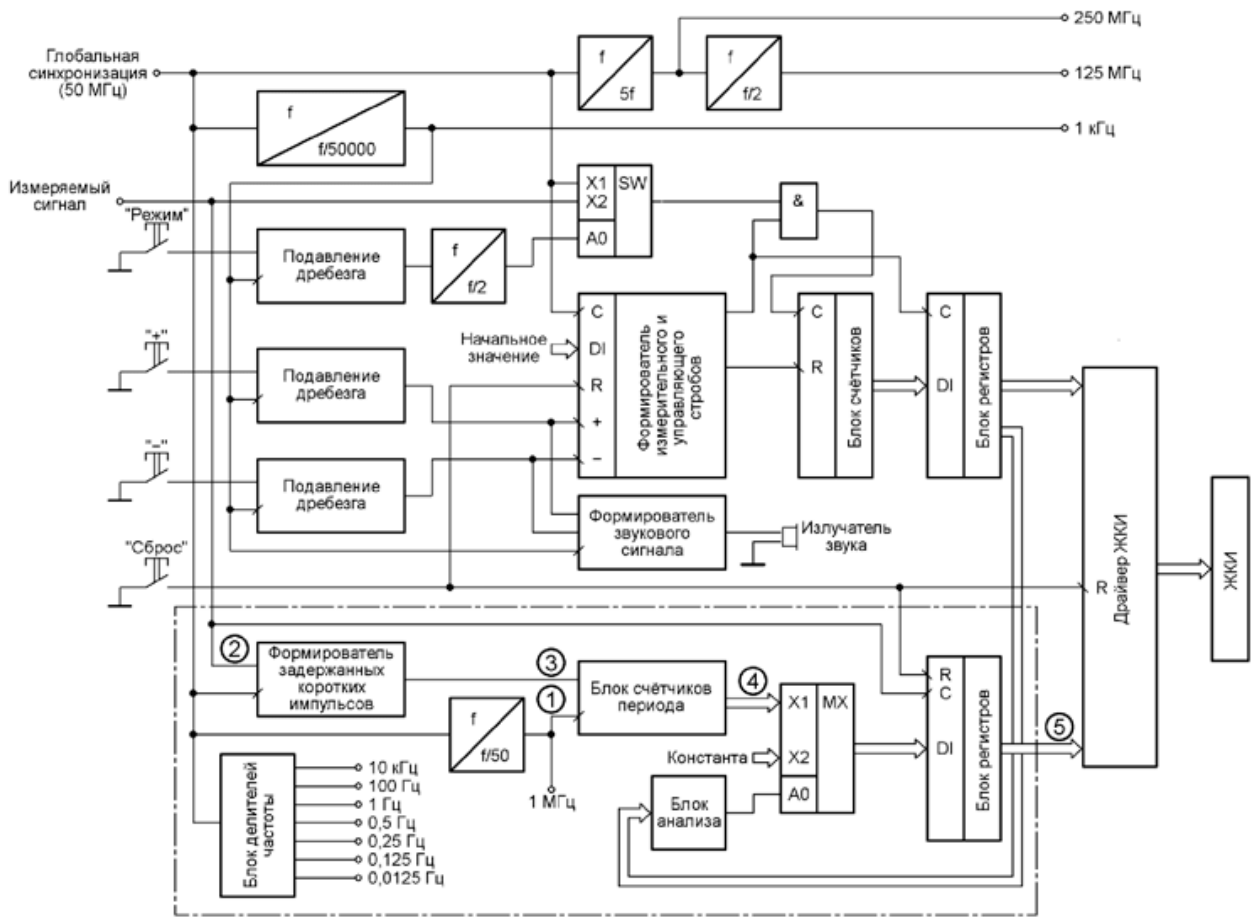


Рисунок 1.19 – Структурна схема

За час між двома послідовними наростаючими перепадами імпульсів вимірюваного сигналу f_{x_in} відбувається підрахунок періодів частоти обчислення clk_1_MHz . Частота підрахунку 1 МГц, отримана діленням частоти глобального сигналу синхронізації clk , що дорівнює 50 МГц. За наростаючим перепадом кожного імпульсу f_{x_in} відбувається запис вмісту лічильників в регістри, з яких він надходить в драйвер РКІ і з певною періодичністю виводиться на екран індикатора. Оскільки частота обчислення дорівнює 1 МГц, результат вимірювання періоду відображається в мікросекундах.

За наростаючим перепадом кожного вхідного імпульсу f_{x_in} в пристрої формується короткий імпульс $clear_fx_in$ тривалістю в один період глобального сигналу синхронізації clk . Пристрій для формування цього імпульсу генерує його з невеликою затримкою щодо наростаючого перепаду сигналу f_{x_in} , яка дорівнює одному періоду глобального сигналу синхронізації clk . Цей короткий

імпульс використовується для обнуління лічильників імпульсів частотою 1 МГц відразу ж після запису їх вмісту в регістри на початку кожного періоду сигналу fx_in , як показано на рис. 1. 20.

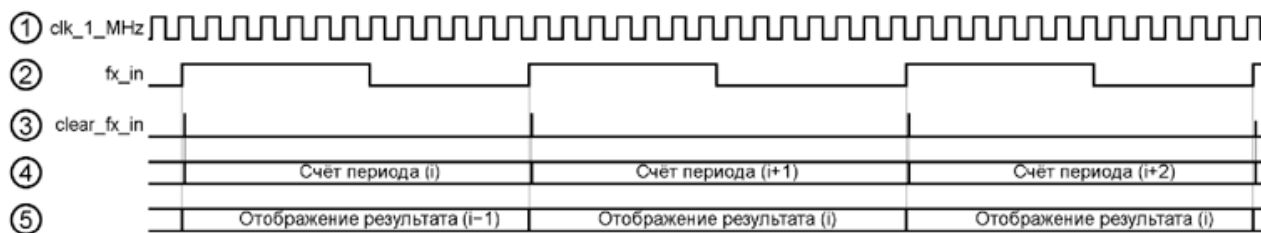


Рисунок 1.20 – Часові діаграми

Зауважимо, що затримка початку рахунку на 20 нс і тривалість короткого імпульсу, теж дорівнює 20 нс, практично не впливають на точність вимірювання періоду, оскільки роздільна здатність його вимірювача 1 мкс.

Вихідні сигнали лічильників вимірювача періоду надходять на його входи регістрів не прямо, а через багаторозрядний мультиплексор. Керуючий сигнал А0 для цього мультиплексора виробляє спеціальний блок аналізу коду, вихідною інформацією для якого служить вміст трьох старших регістрів вимірювача частоти – одиниць, десятків і сотень мегагерц. Якщо сукупний вміст цих регістрів не перевищує заданої в блоці аналізу границі, коди з виходів лічильників вимірювача періоду надходять на входи регістрів вимірювача періоду без будь-яких змін. В іншому випадку мультиплексор замінює ці коди константами, які відображаються на РКІ символами знаку. Поріг пропускання кодів з виходів лічильників в регістри вимірювача періоду дорівнює 2 Гц. Якщо частота вхідного сигналу менше цього значення, в нижньому рядку РКІ буде виведений відповідний їй період в мікросекундах. При більшій або рівній порогу частоті в нижньому рядку буде виведена, послідовність знаків питання. Це говорить про те, що період вимірюваного сигналу менше допустимого для його вимірювання. Частота при цьому вимірюється і коректна.

Режим “Калібрування” призначений тільки для вимірювача частоти. Але на вхід вимірювача в режимі калібрування надходить сигнал, частота якого перевищує допустиму межу для вимірювання періоду. Тому в режимі “Калібрування” замість значення періоду вхідної частоти на екран РКІ буде виведена послідовність знаків питання. Подільники частоти у вимірювачі періоду і в генераторі зразкових частот працюють безпосередньо від сигналу глобальної синхронізації частотою 50 МГц і незалежні від подільників, наявних у вимірювачі частоти.

Результат вимірювання частоти в верхньому рядку РКІ встановлюється практично відразу після подачі відеоімпульсу, оскільки оновлюється кожен секунду. Однак результат вимірювання періоду в нижньому рядку оновлюється лише після закінчення чергового періоду вимірюваного сигналу. Тому затримка його появи на індикаторі може бути дуже великою. При вимірюванні низькочастотних сигналів користувачеві доведеться тривалий час очікувати отримання коректних значень. У зв'язку з цим рекомендується відразу після подачі вимірюваного сигналу на вхід пристрою одноразово натиснути на кнопку “Reset”, щоб блок реєстрів вимірювача періоду очистився від випадкових значень, які потрапляють туди під час комутації сигналів і відображаються на РКІ. Це натискання не обов'язкове, на точність кінцевого результату вимірювання періоду воно ніяк не впливає.

1.3.4 Пристрій для формування затриманих коротких імпульсів

Пристрій для формування затриманих коротких імпульсів обнуління лічильників періоду (треступеневий тригер) реалізований фрагментом коду

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

```

always@(posedge clk)
begin
  Q0 <= fx_in;
  Q1 <= Q0;
  Q2 <= Q1;
end
assign clear_fx_in = Q1 & (~Q2);

```

де clk – глобальний сигнал синхронізації частотою 50 МГц;

fx_in – вхідний вимірюваний сигнал;

clear_fx_in – короткий імпульс тривалістю в один період clk, затриманий щодо переднього фронту сигналу fx_in на один період clk.

Принципова схема реалізованого в ПЛІС цим фрагментом формувача імпульсів clear_fx_in показана на рис. 1.21, а пояснюють її роботу часові діаграми приведені на рис. 1.22.

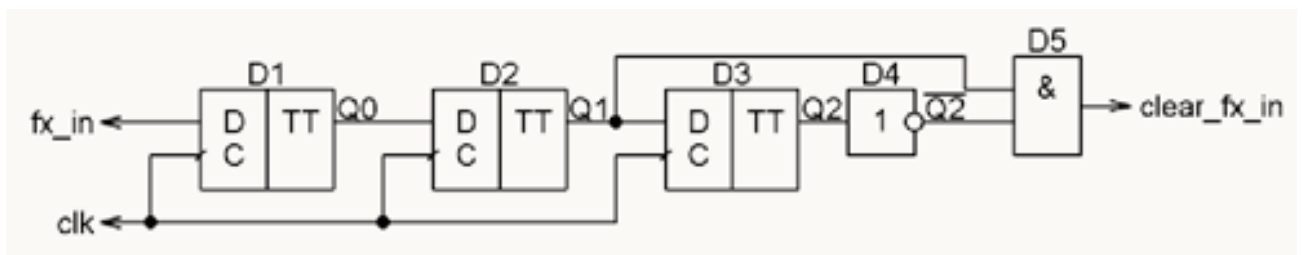


Рисунок 1.21 – Схема електрична принципова формувача імпульсів

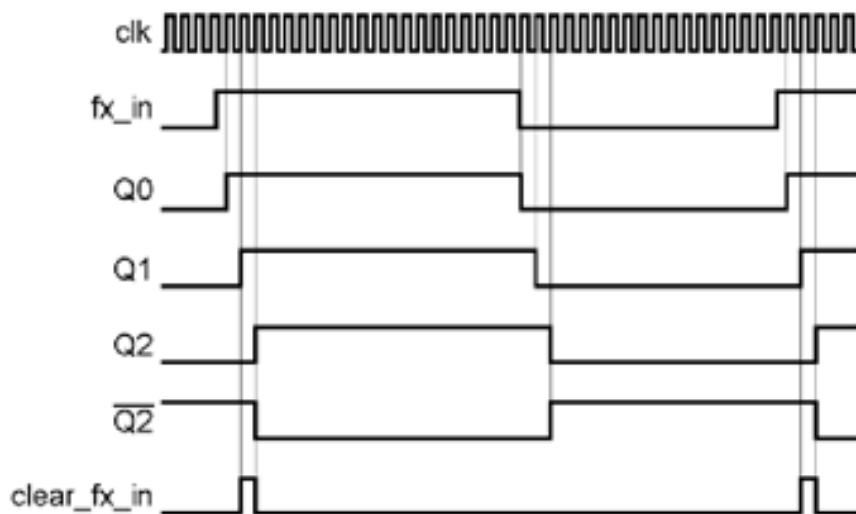


Рисунок 1.22 – Часові діаграми формувача імпульсів

1.3.5 Блок підрахунку імпульсів частотою 1 МГц

Блок підрахунку імпульсів частотою 1 МГц реалізований фрагментом коду

```
always @(posedge clk_1_MHz or posedge clear_fx_in)
begin
  if (clear_fx_in)
  begin
    count_px_in_ed <= 0;
    count_px_in_des <= 0;
    count_px_in_sot <= 0;
    count_px_in_tis <= 0;
    count_px_in_dtis <= 0;
    count_px_in_stis <= 0;
    count_px_in_mill <= 0;
    count_px_in_dmill <= 0;
    count_px_in_smill <= 0;
  end
  else
  begin
    count_px_in_ed <= count_px_in_ed + 1;
    if (count_px_in_ed == MAX_DEC)
    begin
      count_px_in_ed <= 0;
      count_px_in_des <= count_px_in_des + 1;
      if (count_px_in_des == MAX_DEC)
      begin
        count_px_in_des <= 0;
        count_px_in_sot <= count_px_in_sot + 1;
        if (count_px_in_sot == MAX_DEC)
        begin
          count_px_in_sot <= 0;
          count_px_in_tis <= count_px_in_tis + 1;
          if (count_px_in_tis == MAX_DEC)
          begin
            count_px_in_tis <= 0;
            count_px_in_dtis <= count_px_in_dtis + 1;
            if (count_px_in_dtis == MAX_DEC)
            begin
              count_px_in_dtis <= 0;
              count_px_in_stis <= count_px_in_stis + 1;
              if (count_px_in_stis == MAX_DEC)
              begin
                count_px_in_stis <= 0;
                count_px_in_mill <= count_px_in_mill + 1;
                if (count_px_in_mill == MAX_DEC)
                begin
                  count_px_in_mill <= 0;
                  count_px_in_dmill <= count_px_in_dmill + 1;
                  if (count_px_in_dmill == MAX_DEC)
                  begin
                    count_px_in_dmill <= 0;
                    count_px_in_smill <= count_px_in_smill + 1;
                  end
                end
              end
            end
          end
        end
      end
    end
  end
end
end -
```

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

де clk_1_MHz – імпульси частотою 1 МГц;

count_px_in_ed, count_px_in_des, count_px_in_sot, count_px_in_tis,

count_px_in_dtis, count_px_in_stis, count_px_in_mill,

count_px_in_dmill, count_px_in_smill – двійково-десяткові лічильники відповідно одиниць, десятків, сотень, тисяч, десятків тисяч, сотень тисяч, мільйонів, десятків мільйонів, сотень мільйонів мікросекунд;

MAX_DEC – константа межі рахунку, рівна 9.

1.3.6 Блок аналізу коду на перевищення роздільної здатності вимірювача періоду

Блок аналізу коду на перевищення роздільної здатності вимірювача періоду реалізований фрагментом коду

```
always@(posedge clk_1_MHz)
begin
  if (data_fx_in_smill == 0)
  begin
    if (data_fx_in_dmill == 0)
    begin
      if (data_fx_in_mill <= 1)
      begin
        переп <= 0;
      end
    else
    begin
      переп <= 1;
    end
  end
  else
  begin
    переп <= 1;
  end
end
else
begin
  переп <= 1;
end
end
```

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

де `data_fx_in_smill`, `data_fx_in_dmill`, `data_fx_in_mill` – реєстри відповідно сотень, десятків і одиниць мільйонів герц вимірювача частоти;
`perer` – сигнал виходу результату рахунку за межі роздільної здатності вимірювача періоду.

Блок записи вихідних кодів лічильників вимірювання періоду в реєстри реалізований фрагментом коду, показаним в табл. 4,

де `nrst` – поточний стан кнопки “Reset”;

`data_px_in_ed`, `data_px_in_des`, `data_px_in_sot`, `data_px_in_tis`, `data_px_in_dtis`,
`data_px_in_stis`, `data_px_in_mill`, `data_px_in_dmill`, `data_px_in_smill` – реєстри зберігання відповідно одиниць, десятків, сотень, тисяч, десятків тисяч, сотень тисяч, мільйонів, десятків мільйонів, сотень мільйонів мікросекунд; \ `PREV` – константа, що записується в кожен реєстр в разі виходу за межі роздільної здатності вимірювача (відображається на РКІ як знак питання).

Каскад антибрязкоту. При натисканні кнопок, при замиканні контактів виникає брязкіт. Перехід з нуля в одиницю проходить не одним переходом, а виникає сигнал у кілька переходів на рисунку 1. 230.

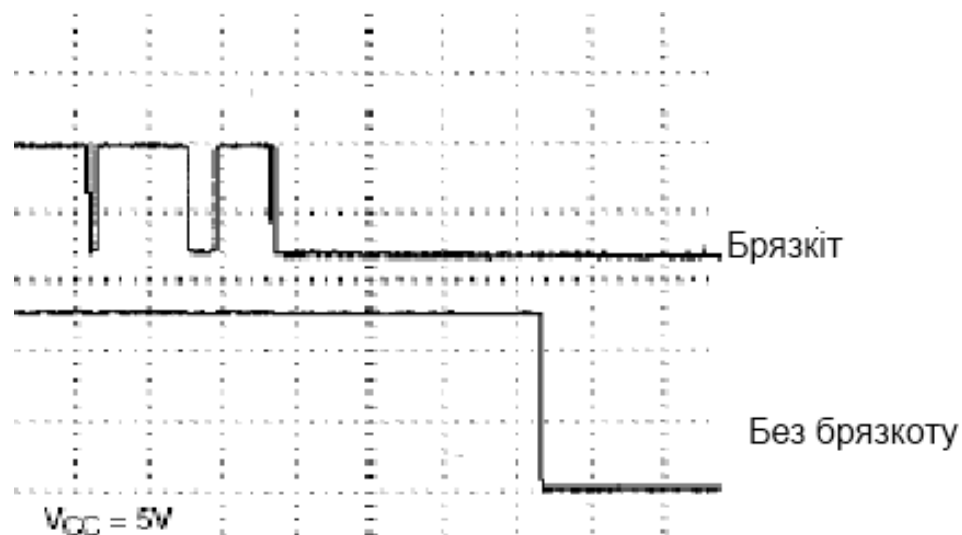


Рисунок 1. 23 – Сигнал замикання розмикання кнопки

Захист від брязкоту реалізовуємо лічильником та тригером модуль `anti-bounce`. При брязкоті лічильник починає лічити до константи (`delay`), яка зада-

ється програмно, якщо після закінчення підрахунку на вході високий рівень тригер спрацює і відбувається перемикання на рисунку 1. 24.

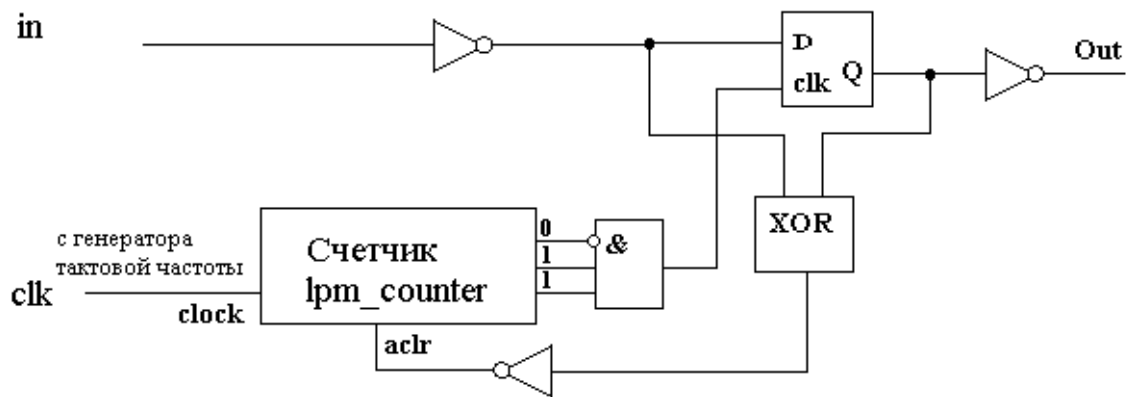


Рисунок 1. 24 – Захист від брязкоту AVHDL

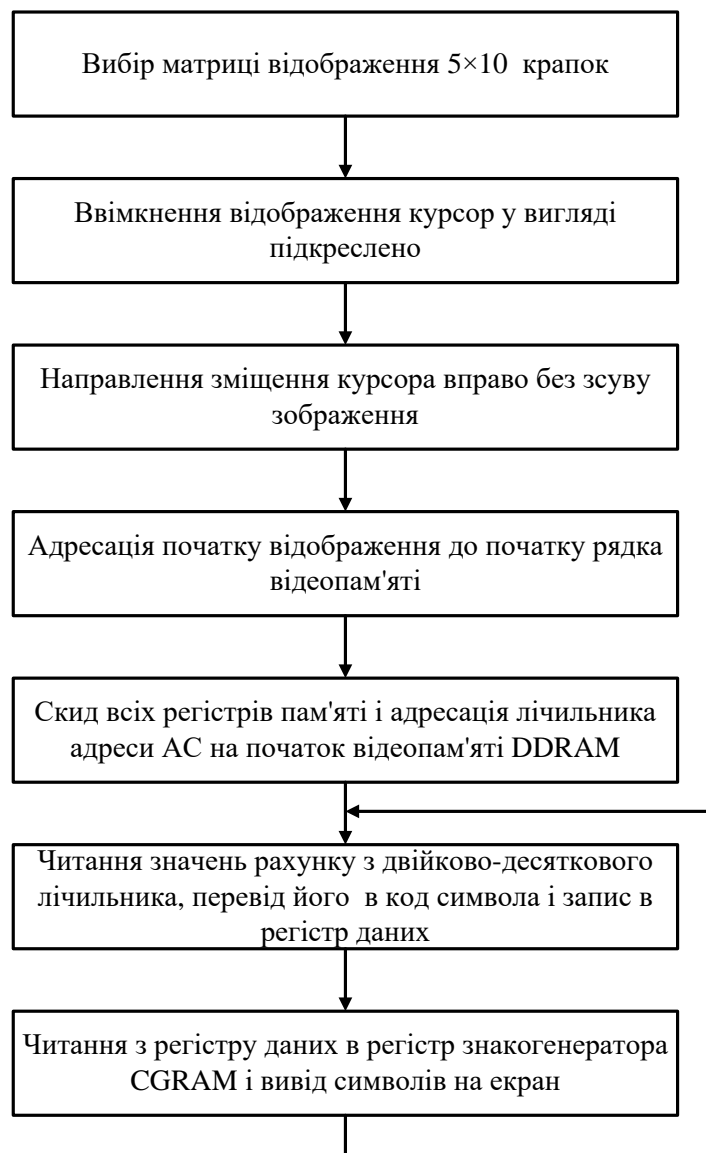


Рисунок 1.25 – Блок схема управління індикатором

1.3.7 Стабілізатори

Завдання конструювання високоякісних стабілізаторів напруги знає суттєвого спрощення, якщо використовувати інтегральні стабілізатори (рисунок 1.26). Ці стабілізатори відрізняються малими розмірами і в той же час дозволяють отримати стабільні параметри вихідного напруги, малочутливі до змін температури, вологості та інших зовнішніх впливів.

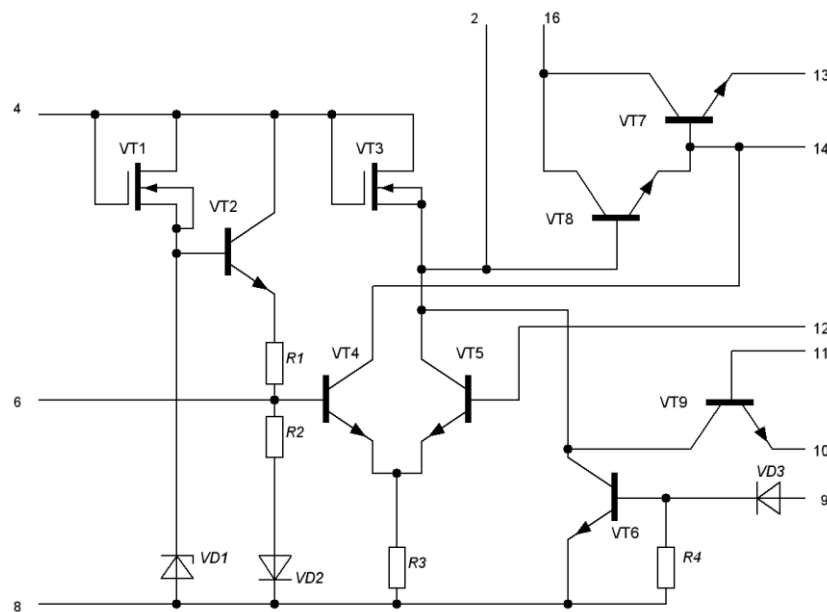


Рисунок 1.26 – Сема електрична принципова інтегрального стабілізатора

Надзвичайно велика кількість фірм виробляють інтегральні стабілізатори напруги, які мають безліч різновидів. ІМС дозволяють отримувати фіксовану вихідну напругу, мають захист від перевантажень по струму, випускаються в металополімерних корпусах, можуть працювати при температурах від -45 до $+100$ °С і важать всього 2,5 гр. Корпус мікросхеми з'єднаний з металеву пластинкою, в якій є отвір для кріплення на радіаторі.

Типова схема включення мікросхеми інтегрального стабілізатора приведена на рис. 1.27.

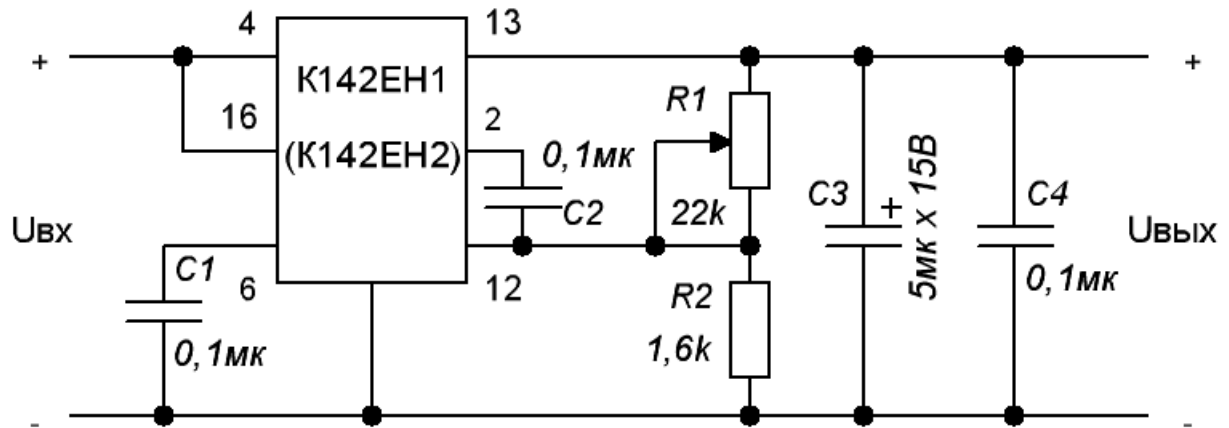


Рисунок 1.27 – Схема включення мікросхеми інтегрального стабілізатора

Конденсатор $C1$, включений між загальною шиною і висновком 6 мікросхеми, підвищує стійкість стабілізатора. Встановлення необхідного значення вихідної напруги здійснюється регульованим дільником $R1$, $R2$, що визначає напругу бази транзистора $VT5$ і в кінцевому підсумку опір регулюючого елемента ($VT7$ і $VT8$).

Коефіцієнти нестабільності по напрузі і по струму таких стабілізаторів не перевищують 0,5 і 1% відповідно при струмі навантаження від 50 до 150 мА.

Для живлення ПЛІС використовуємо напругу живлення +3.3 В, компаратора, індикатора і генератора +5 В. Для живлення всього пристрою використовуємо джерело живлення + 12 В. Обираємо інтегральні стабілізатори.

Перший на +5 В фірми Fairchild Semiconductor MC78T05.

Другий на +3.3 В фірми National Semiconductor LMS1585A.

1.4 Проектування друкованого вузла

При проектуванні швидкодіючих пристроїв конструкцію корпусу необхідно враховувати. У пасивних елементів домінуючим фактором є довжина виводів, так як вони вносять додаткову індуктивність і ємність, які впливають на швидкість поширення і час перемикання сигналів. Щоб мінімізувати ці ефекти, необхідно знизити довжину виводів або взагалі виключити їх. Поверхневий мо-

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

нтаж дозволяє використовувати безвиводні корпуси, які можна монтувати безпосередньо на друковану плату.

Активні компоненти, такі як інтегральні схеми, часто випускаються в різних корпусах. У загальному випадку DIP-корпусу або пластмасові, або керамічні мають перевагу. Вони, як правило, найбільш габаритні і через зміну виводів не пристосовані для високочастотних розробок. Кращий тип корпусу – корпус для поверхневого монтажу. Їх випускають в багатьох варіантах корпусів, таких як SOIC, PLCC, PFQP, TSOP, BGA. У цих корпусів, як правило, ємність і індуктивність нижче.

Для забезпечення найбільшої швидкодії безкорпусний напівпровідниковий прилад може бути безпосередньо встановлений на підкладці за схемою “чип на платі” або в перевернутому вигляді за схемою “фліп-чип”, або методом автоматизованої установки з стрічки-носія. Зазначені методи розглядаються як оптимальна технологія, так як вона мінімізує ємність і індуктивність виводів.

Щільність проводового монтажу в межах плати впливатиме на перехресну заваду. Трасування провідників по діагоналі в шарах, де провідники прокладені ортогонально (тобто за напрямками X і Y), дозволяє підвищувати щільність з'єднань і відповідно забезпечувати більш щільне розміщення компонентів, і знижувати рівень перехресних завад.

Тісний зв'язок між розробкою і швидкодією існує в разі з'єднувальних ліній, призначених для передачі високочастотних цифрових сигналів. Ця взаємозалежність не спостерігалася раніше або могла бути проігнорована стосовно до сигналів з малою швидкодією, однак, для високих частот накладаються нові правила проектування і контролю виготовлення.

Щоб відповідати вимогам високочастотної цифрової обробки, сучасна багатопшарова друкована плата:

- скорочує затримку поширення;
- знижує перехресні завади і інші шкідливі прояви;
- скорочує втрати при поширенні сигналу;

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

□ забезпечує високу щільність з'єднання.

Для високошвидкісних компонентів комутуюча активність супроводжується відповідними високошвидкісними вимогами на зміни параметрів електричного струму від електромережі. Система живлення повинна забезпечувати стабільність напруги при пікових навантаженнях, що виникають при перемиканні компонентів. Ця вимога поширюється на різні рівні напруги системи і забезпечується низькою індуктивністю і високою ємністю.

У швидкодіючих системах з неоднорідністю вздовж шляху сигналу виникають відбиття.

Відбиття не тільки знижують напругу сигналу, що досягає приймача, але можуть генерувати уздовж лінії завади (шум). Ці відхилення можуть викликати збій системи через відсутність сигналу (зниження напруги) або помилкові сигнали (завади).

Оскільки час вимірювання дуже малий, режим перемикання не відповідає хвильовому опору. Також опір провідника, як правило мідного, не має значного впливу на хвильовий опір. Обидва цих ефекти відбуваються через те, що ставлення керуючого напруги до струму (хвильовий опір) визначається до того, як сигнал досягне кінця кола.

Враховавши вимоги, які пред'являються до друкованого вузла проектування та оптимізація компоновки виконувалась з використання програмного середовища Altium.

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

2 Початок роботи з Mathcad

Запустивши Mathcad, ви побачите вікно, як показано на рис. 2.1. За замовчуванням область робочого листа біла. Щоб вибрати інший колір, виберіть Color Background у меню Format.

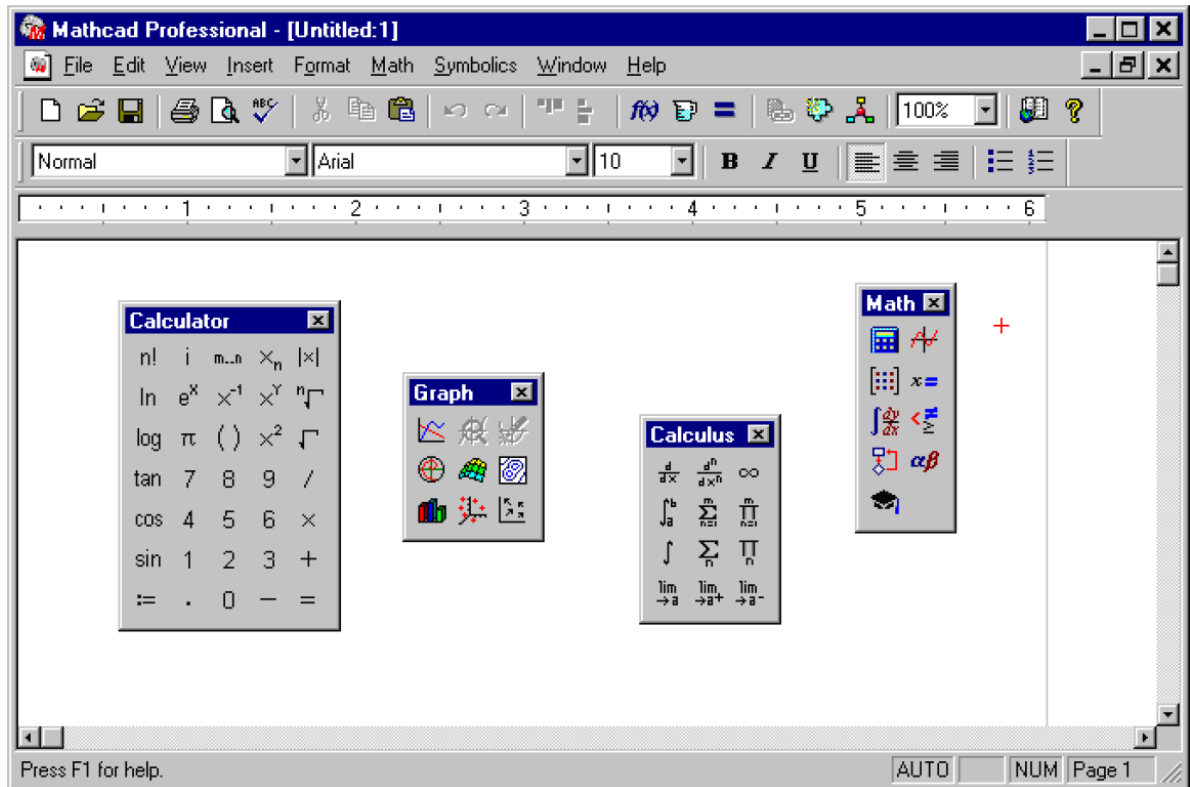




Рисунок 2.1 – Mathcad вікно

Кожна кнопка на панелі інструментів Math, показана на рис. 2.1, відкриває іншу панель інструментів операторів або символів. Ви можете вставити багато операторів, грецькі літери та графіки, натиснувши кнопки, розташовані на цих панелях інструментів:


Відкриває панель інструментів математики


 Calculator – Поширені арифметичні оператори.


 Graph – Різні дво- та тривимірні типи графіків та інструменти графіків.


 Matrix – Матричні та векторні оператори.

 Evaluation – Знаки рівності для оцінки та визначення.

 Calculus – Похідні, інтеграли, ліміти та повторювані суми та добутки.

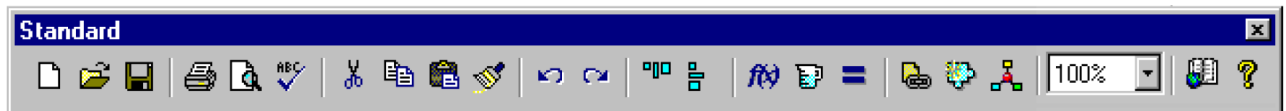
 Boolean – Порівняльний та логічний оператори для булевого виразу.

 Programming – Конструкції програмування (лише Mathcad Professional).

 Greek – Грецькі літери.

 Symbolic – Символічні ключові слова.

Стандартна панель інструментів – це смужка кнопок, показана відразу під основними меню на рисунку 2.1:



на стандартній панелі інструментів.

До багатьох команд меню можна отримати швидший доступ, натиснувши кнопку.

Панель інструментів форматування показана відразу під стандартною панеллю інструментів на рисунку 2.1. Він містить прокручувані списки та кнопки, що використовуються для вказівки характеристик шрифтів у рівняннях та текстах.



Щоб дізнатись, що робить кнопка на будь-якій панелі інструментів, дайте вказівник миші миттєво впертися в кнопку. Ви побачите підказку біля вказівника із коротким описом.

Щоб заощадити місце на екрані, ви можете показати або приховати кожен панель інструментів окремо, вибравши відповідну команду в меню **View**. Ви також можете від'єднати та перетягнути панель інструментів навколо свого вікна. Для цього помістіть вказівник миші де завгодно, крім кнопки або текстово-

го поля. Потім натисніть і утримуйте кнопку миші та перетягніть. Ви побачите, що панелі інструментів переставляються належним чином залежно від того, куди ви їх перетягуєте. Mathcad пам'ятає, де ви залишили панелі інструментів під час наступного відкриття програми.

Панелі інструментів Стандарт, Форматування та Математика можна налаштувати. Щоб додати та видалити кнопки з однієї з цих панелей інструментів, клацаємо правою кнопкою миші на панелі інструментів і вибираємо **Customize** у розкритому меню, щоб відкрити діалогове вікно “Налаштування панелі інструментів”.

Лінійка робочого листа показана у верхній частині екрана на рисунку 2.1. Щоб приховати або показати лінійку, виберіть **Ruler** в меню **View**. Щоб змінити систему вимірювань, що використовується в лінійці, клацаємо лінійку правою кнопкою миші та вибираємо у розкритому меню дюйми, сантиметри, точки або пікселі.

Робота з Windows. Коли ви запускаєте Mathcad, ви відкриваєте вікно на листі Mathcad. Ви можете відкрити стільки робочих листів, скільки дозволяють ваші доступні системні ресурси. Це дозволяє працювати одразу на декількох робочих листах, просто клацнувши мишею в будь-якому вікні документа, в якому ви хочете працювати.

Бувають випадки, коли лист Mathcad не може відобразитися повністю, оскільки вікно занадто мале. Щоб побачити невидимі частини робочого листа, ви можете:

Збільште вікно, як у інших програмах Windows.

Виберіть **Zoom** в меню **View** або клацніть на Стандартній панелі інструментів і виберіть число менше 100%.

Також можна використовувати смуги прокрутки, мишу та натискання клавіш для переміщення по вікні Mathcad, як це можливо в інших програмах Windows. Наприклад, коли ви пересуваєте вказівник миші та натискаєте кнопку миші, курсор перескакує звідти, куди він був, туди, де ви клацнули.

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Mathcad підтримує Microsoft IntelliMouse та сумісні вказівні пристрої. Поворот колеса прокручує вікно на один рядок вертикально для кожного клацання колеса. Коли ви натискаєте [Shift] і повертаєте колесо, вікно прокручується горизонтально.

При роботі з довшим листом, виберіть “Перейти до сторінки” в меню **Edit** та введіть номер сторінки, на яку ви хочете перейти, у діалоговому вікні. Коли ви натискаєте “ОК”, Mathcad розміщує верхню частину вказаної вами сторінки у верхній частині вікна.

Mathcad підтримує стандартні натискання клавіш Windows для таких операцій, як відкриття файлів, [Ctrl] O], збереження, [Ctrl] S], друк, [Ctrl] P, копіювання, [Ctrl] C] та вставка, [Ctrl] V]. Виберіть **Preferences** в меню **Preferences** і встановіть прапорець біля “Стандартних клавіш швидкого доступу до Windows” у розділі “Параметри клавіатури” на вкладці “Загальне”, щоб увімкнути всі ярлики Windows. Зніміть прапорець, щоб використовувати комбінаційні клавіші, що підтримуються в попередніх версіях Mathcad.

Mathcad дозволяє вводити рівняння та текст де завгодно на листі. Кожне рівняння, фрагмент тексту чи інший елемент є областю. Mathcad створює невидимий прямокутник для утримання кожної області. Робочий лист Mathcad – це сукупність таких регіонів. Щоб розпочати новий регіон у Mathcad:

1. Клацніть у будь-якому місці порожньої області листа. Ви бачите великий приціл. Все, що ви вводите, з’являється на перехресті. +
2. Якщо регіон, який ви хочете створити, є математичним, просто почніть друкувати в будь-якому місці, де ви ставите приціл. За замовчуванням Mathcad розуміє, що ви вводите, як математику.
3. Щоб створити область тексту, спочатку оберіть область тексту в меню Вставка, а потім починайте друкувати.

На додаток до рівнянь та тексту, Mathcad підтримує різні ділянки сюжету.

					KA12.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

3 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

3.1 Розрахунок коефіцієнту природнього освітлення

Приміщення з постійним перебуванням людей повинно мати, як правило, природне освітлення. Без природного освітлення допускається проектування приміщень, які визначені державними будівельними нормами на проектування будинків і споруд, нормативними документами з будівельного проектування будинків і споруд окремих галузей промисловості, затвердженими в установленому порядку, а також приміщення, розміщення яких дозволено в підвальних поверхах будинків.

Оскільки природне освітлення непостійне впродовж дня, кількісна оцінка цього виду освітлення проводиться за відносним показником – коефіцієнтом природнього освітлення (КПО)

$$e = \frac{E_{BH}}{E_{30BH}} 100\% , \quad (3.1)$$

де E_{BH} – освітленість в даній точці всередині приміщення, що створюється світлом неба (безпосереднім чи відбитим);

E_{30BH} – освітленість горизонтальної поверхні, що створюється в той самий час ззовні світлом повністю відкритого небосхилу.

Нормовані значення КПО визначаються ДБН В.2.5-28-2006.

Нормоване значення КПО, e_N , для будинків, розташованих в різних районах, необхідно визначати за формулою

$$e_N = e_H \cdot m_N \quad (3.2)$$

де e_H – значення КПО за таблицями 1 і 2;

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

m_N – коефіцієнт світлового клімату за таблицею 4;

$=N$ – номер групи забезпеченості природним світлом за таблицею 4.

Отримані за формулою (3.2) значення необхідно округлити до десятих долей.

2.4. При двосторонньому боковому освітленні приміщень різного призначення нормоване значення КПО повинно бути забезпечено в розрахунковій точці в центрі приміщення на перетині вертикальної площини характерного розрізу і робочої поверхні.

В житлових і громадських будинках при боковому освітленні з однієї сторони нормоване значення КПО повинно бути забезпечено:

а) житлових приміщень у житлових будинках – в розрахунковій точці, розташованій на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і площини підлоги на відстані 1 м від стіни, найбільше віддаленої від світлових прорізів;

б) житлових приміщень гуртожитків, віталень і номерів готелів – в розрахунковій точці, розташованій на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і площини підлоги на відстані 1 м від стіни, найбільше віддаленої від світлових прорізів;

в) групових і гральних приміщеннях дитячих дошкільних установ, ізоляторів і кімнатах для хворих дітей – в розрахунковій точці, розташованій на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і площини підлоги на відстані 1 м від стіни, найбільше віддаленої від світлового прорізу;

г) у навчальних і навчально-виробничих приміщеннях шкіл, шкіл-інтернатів, професійно-технічних і середніх спеціальних навчальних закладів – в розрахунковій точці, розташованій на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і умовної робочої поверхні на відстані 1 м від стіни, найбільше віддаленої від світлового прорізу;

д) в палатах лікарень, госпіталів, у палатах і спальних кімнатах санаторіїв і будинків відпочинку і пансіонатів – в розрахунковій точці, розташованій

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і площини підлоги на відстані 1 м від стіни, найбільше віддаленої від світлового прорізу;

е) в кабінетах лікарів, що ведуть прийом хворих, в оглядових, в приймально-оглядових боксах, перев'язочних – в розрахунковій точці, розташованій на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і умовної робочої поверхні на відстані 1 м від стіни, найбільше віддаленої від світлових прорізів.

У виробничих приміщеннях глибиною до 6 м при односторонньому боковому освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці, розташованій на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і умовної робочої поверхні на відстані 1 м від стіни або лінії максимального заглиблення зони, найбільше віддаленої від світлових прорізів.

У великогабаритних виробничих приміщеннях глибиною більше ніж 6 м при боковому освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці на умовній робочій поверхні, віддаленій від світлових прорізів:

на 1,5 м висоти від підлоги до верху світлових прорізів для зорової роботи I - IV розрядів;

на 2 м висоти від підлоги до верху світлових прорізів для зорової роботи V - VII розрядів;

на 3 м висоти від підлоги до верху світлових прорізів для зорової роботи VIII розряду.

При верхньому або комбінованому природному освітленні приміщень різного призначення нормується середнє значення КПО в точках, розташованих на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і умовної робочої поверхні (або підлоги). Перша і остання точки приймаються на відстані 1 м від поверхні стін (перегородок) або осі колон.

Допускається розподілення приміщень на зони з боковим освітленням (зони, які примикають до зовнішніх стін з вікнами) і зони з верхнім освітленням. Норму-

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

вання та розрахунок природного освітлення в кожній зоні проводиться незалежно одне від одного.

Розрахунок КПО проводиться з урахуванням середньозважених коефіцієнтів відбивання внутрішніх поверхонь приміщень без урахування меблів, устаткування, озеленення та інших затінюючих предметів, а також при 100 % використанні світлопрозорих заповнень у світлових прорізах. Розрахункові значення КПО слід округляти до десятих часток.

Розрахункові значення середньозваженого коефіцієнта відбивання внутрішніх поверхонь приміщення слід приймати 0,50 в громадських, 0,40 в житлових і 0,30 у виробничих приміщеннях.

3.2 Види іонізуючого випромінювання та їх властивості

Іонізуюче випромінювання – це таке випромінювання, взаємодія якого із середовищем призводить до утворення електричних зарядів різних знаків. Розрізняють корпускулярне і фотонне іонізуюче випромінювання.

Корпускулярне – це потік елементарних частинок із масою спокою, відмінною від нуля, що утворюються при радіоактивному розпаді та ядерних перетвореннях або генеруються на прискорювачах. Це α -і β -частинки, нейтрони, протони та ін.

Фотонне – це потік електромагнітних коливань, що поширюється у вакуумі з постійною швидкістю 300 000 км/с, це γ -випромінювання і рентгенівське випромінювання.

Доза випромінювання (опромінення) – це кількість енергії радіоактивних випромінювань поглинутих одиницею об'єму середовища, яке опромінюється.

Доза випромінювання є мірою вражаючої дії радіоактивних випромінювань на організм людини, тварин і рослини. Вона накопичується за різний час, а ураження від опромінення залежить від величини дози та від часу її накопичення. Розрізняють експозиційну, поглинуту і еквівалентну дози.

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Експозиційною називають дозу випромінювання, що характеризує іонізаційний ефект рентгенівського і γ -випромінювань у повітрі. Це доза, яка характеризує джерело і радіоактивне поле створене нею. Експозиційну дозу випромінювання гамма-променів вимірюють несистемною одиницею – рентгеном (R, R).

Один рентген – це доза рентгенівського або γ -випромінювання, яка в 1 см сухого повітря при температурі 0 °C і тиску 760 мм рт. ст. створює 2 млрд пар іонів (а точніше $2,08 \cdot 10^9$). На практиці застосовують менші часткові одиниці: мілірентген і мікрорентген.

Рентген визначає кількість енергії (дозу), яку отримує об'єкт, але не характеризує час, за який вона отримана. Для оцінки дії опромінення за одиницю часу застосовується поняття “потужність дози”.

Потужність експозиційної дози (рівень радіації) – це інтенсивність випромінювання, що утворюється за одиницю часу і характеризує швидкість накопичення дози. Одиницею потужності експозиційної дози в системі СІ є ампер на кілограм (A/kg, A/kg), а несистемною одиницею для вимірювання випромінювань у повітрі є рентген за годину (R/год, R/h), рентген за секунду (R/c, R/s) або мілірентген за годину (mR/год), мікрорентген за годину (mR/год).

Рентген є кількісною характеристикою γ - чи рентгенівського випромінювання і нічого не говорить про кількість енергії, поглинутої об'ємом, що опромінюється.

Для оцінки впливу випромінювання на організм є поняття “поглинута доза” – це кількість енергії різних видів іонізуючих випромінювань, поглинутих одиницею маси речовини. Одиниця випромінювання поглинутої дози тканинами організму в системі СІ – джоуль на кілограм (J/kg, J/kg) – це кількість енергії будь-якого виду іонізуючої речовини в 1 кг. Крім цього, одиницею вимірювання поглинутої дози є грей (Gr, Gy).

Для визначення дози опромінення біологічних об'єктів вимірюють дозу в повітрі в R, а потім розрахунковим шляхом знаходять поглинуту дозу в радах.

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Якщо доза випромінювання в повітрі дорівнює 1 Р, то поглинута доза буде 0,88 рад.

Поглинута доза більш точно визначає вплив іонізуючих випромінювань на біологічні тканини організму, в яких різні атомний склад і щільність. Є залежність між поглинутою дозою і радіаційним ефектом: чим більша поглинута доза, тим більший радіаційний ефект. Поглинута доза характеризує радіаційний ефект для всіх видів органічних і хімічних тіл, крім живих організмів.

Одиницею потужності поглинутої дози в системі СІ є грей за секунду (Гр/с, Gy/s) і джоуль на кілограм за секунду (Дж/кг/с, J/kg/s), а несистемною – рад за секунду (рад/с, rad/s).

Але поглинута доза не враховує неоднаковий вплив на організм різних випромінювань. Адже α -випромінювання у 20 разів, а β -випромінювання у 10 разів небезпечніше від γ -випромінювання. Тому введена еквівалентна доза.

Еквівалентна доза характеризує те, що різні види іонізуючого випромінювання під час опромінювання організму однаковими дозами приводять до різного ефекту. Це пов'язано з неоднаковою щільністю іонізації різних видів випромінювань. Так, кількість іонів, які утворюються під дією опромінення α -частинками, у сотні разів вища від γ -променів. Тому введено поняття “відносна біологічна активність”, яка показує співвідношення поглинутих доз різних видів випромінювання, що викликають однаковий біологічний ефект. Якщо умовно прийняти біологічну ефективність γ - і β -променів за одиницю, то для α -частинок вона буде дорівнювати десяти, а для повільних і швидких нейтронів відповідно п'яти і двадцяти. Еквівалентна доза опромінення використовується для оцінювання дії випромінювання на людей і тварин.

Одиницею еквівалентної дози в системі СІ є зіверт (Зв, Sv). Один зіверт дорівнює поглинутій дозі в 1 Дж/кг (для рентгенівського, γ - та β -випромінювань).

Для обліку біологічної ефективності випромінювань введена несистемна одиниця поглинутої дози – біологічний еквівалент рентгена (бер).

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Один бер – це доза будь-якого виду випромінювання, яка створює в організмі такий же біологічний ефект, як і рентгенівського або γ -випромінювання.

Доза в берах виражається тоді, коли необхідно оцінити загальний біологічний ефект незалежно від типу діючих випромінювань.

Щоб урахувати нерівномірність ураження від різних видів випромінювань введено “коефіцієнт якості”, на який необхідно перемножити величину поглинутої дози від певного виду випромінювання, щоб одержати еквівалентну дозу. Всі міжнародні й національні норми встановлені в еквівалентній дозі опромінення. Одиницею потужності еквівалентної дози в системі СІ є зіверт за секунду (Зв/с, Sv/s), а несистемною одиницею є бер за секунду (бер/с).

При повторному опроміненні людей необхідно враховувати залишкову дозу опромінення. Тобто частину дози опромінення отриману раніше, але не відновлену організмом до даного терміну. Організм людини здатен відновлювати до 90 % радіаційного ураження. Відновлення починається через 4 доби після початку першого опромінення. Значення залишкової дози опромінення залежить від часу, що пройшов після опромінення:

Час після опромінення, тижні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14													
Залишкова доза опромінення, %	90	75	60	50	42	35	30	25	20	17	15	11	10

3.3 Висновки

Результатом дипломного проектування є з проєктована схема електрична структурна, а на її основі розроблена та розрахована схема електрична принципова. Розроблено алгоритм та програму для роботи ПЛІС. Виріб з проєктовано на сучасній елементній базі, що дозволило підвищити надійність виробу.

Розроблено конструкцію друкованого вузла та деталь друкованої плати з врахуванням вимог ЕСКД.

Проведено аналіз впливу як виробу так і технології його виготовлення на навколишнє середовище та людину.

Проектування виробу схемотехнічне проводилось з використанням САПР AutoCAD та PCAD.

					KA12.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Перелік посилань

- 1 Корсунский М.И., “Атомное ядро” - М.: Гостехиздат, 1957.
- 2 Бродин В.Б., Калинин А.В., “Системы на микроконтролерах и БИС программируемой логики” – М.: Эконом, 2002.
- 3 Вицын Н. “Современные тенденции развития систем автоматизированного проектирования в области электроники” // Chip News, № 1, 1997. С. 12–15.
- 4 Губанов Д. А., Стешенко В. Б., Храпов В. Ю., Шипулин С. Н. “Перспективы реализации алгоритмов цифровой фильтрации на основе ПЛИС фирмы ALTERA” // Chip News, № 9–10, 1997, с. 26–33.
- 5 Тех. Док. “One Technology Way, P.O. Box9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.”, <http://www.analog.com>
- 6 LCD Controller/Driver LSI. Data Book. © 1994 Hitachi America Ltd.
- 7 “Алфавитно-цифровые индицирующие ЖК-модули фирмы Powertip”. Каталог, 1-е издание, © 1998 КТЦ-МК.
- 8 Микросхема: CE110. Техническое описание, 1-е издание, © 1997 КТЦ-МК,
- 9 Микросхема: DB-CE110. Техническое описание, 1-е издание, © 1997 КТЦ-МК.
- 10 Тех. Док.”MC78TXX”, Fairchild Semiconductor Corporation, 2002, <http://www.fairchildsemi.com>
- 11 Тех. Док. «LMS1585A», National Semiconductor Corporation, April, 2000, <http://www.national.com>, Email: europ.support@nsc.com
- 12 Тех. Док. «ByteBlasterMV Parallel Port Download Cable» Altera Corporation, July, 2002, Version 3.3
- 13 Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основы охорони праці. - Львів: Афіша, 2000 – 350с.
- 14 Винокурова Л.Е., Васильчук М.В., Гаман М.В. Основы охорони праці. – К.: Факт, 2005. – 344 с.

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

15 Дорогунцов С.І. Екологія. – К.: КНЕУ. – 1999 – 152с.

16 Гайченко В. А., Коваль Г. М. Основи безпеки життєдіяльності людини.
– К.: В-во МАУП. – 2004.

					КАІ2.087.001 ПЗ	Арк.
						56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТКИ

Міністерство освіти та науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Завідувач кафедри

_____ Дунець В.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)
“ _____ ” червня 20 21 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему: _____ “Підсилювач низької частоти”
(назва теми)

Узгоджено

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ Дуда С.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
“ _____ ” _____ 20 21 р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

_____ Копитчак А.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)
“ _____ ” _____ 20 21 р.

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ТА ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Лічильник відеоімпульсів на програмованій логічній матриці”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи “ 31 ” травня 20 21 року № 4/7-435

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1 Студент Копитчак Андрій Ігорович групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

3 Метою кваліфікаційної роботи є:

- проектування схеми електричної структурної;
- проектування схеми електричної принципової;
- розрахунок параметрів каскадів проектованого виробу;
- проектування друкованого вузла;
- розрахунок собівартості проектованого виробу;

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ:

4.1 Діапазон вимірювання амплітуди вхідного сигналу, В 5 ...20;

4.2 Довжина імпульсу не менше, нс 8;

4.3 Мінімальний інтервал між імпульсами, мкс 10;

Похибка вимірювання, % 0,01;

4.4 Управління пристроєм

Старт/Стоп

Скид

4.5 Напруга живлення, В 12;

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ:

5.1 Конструкторська документація має відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2 Комплект конструкторської документації:

- пояснювальна записка;
- схема електрична структурна;
- схема електрична принципова;
- друкована плата (деталь);
- друкований вузол (складальне креслення).

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ:

Таблиця 6.1 – Етапи виконання кваліфікаційної роботи

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1.	Розробка та затвердження технічного завдання	
2.	Проектування схеми електричної структурної	
3.	Розрахунок каскадів схеми електричної принципової	
4.	Обґрунтування вибору компонентної бази	
5.	Компоновка друкованого вузла	
6.	Спеціальна частина	
7.	Розділ охорона праці та безпека життєдіяльності	
8.	Нормоконтроль	
9.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	
10.	Захист кваліфікаційної роботи	

Термін виконання кваліфікаційної роботи узгоджується з керівником і з графіком виконання.

7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

7.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Перш. викорис.		Поз. познач.	Найменування			Кіл.	Примітка		
		C1,...,C3	Samsung CL21B106KBNE 0,1			3			
		C4	Samsung CL21B103KBNE 1000			1			
		C5, C6	Samsung CL21B106KBNE 0,1			2			
		C7	Samsung CL21B103KBNE 1000			1			
		C8,C9	Samsung CL21B106KBNE 0,1			2			
Добід. №		<u>Мікросхеми:</u>							
		DA1	AD8561 Analog Devices			1			
		DA2	MC78T05 Fairchild Semiconductor			1			
		DA3	LMS1585A National Semiconductor			1			
		DA4	MAX660 Texas Instruments			1			
		DD1	CSBLA 10M00 E58-B0 Murata			1			
		DD2	MAX 3000 EPM3256A Altera			1			
Підпис і дата									
		HL1,...,HL4	HLMP-CM15-W0000 Agilent Technologies			4			
		HG1	WH1602A Winstar			1			
Інв. № дубл.									
Зам. інв. №									
Підпис і дата									
Інв. № ориг.						KA12.087.001 ПЕ			
		Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
		Розроб.	Копитчак А.І.				Літ.	Арк.	Акрушів
		Перевір.	Дуда С.П.					1	2
		Реценз.					ТНТУ імені Івана Пулюя, ФПТ гр. РАС-41 м. Тернопіль		
Н. Контр.	Марценюк А.С.								
Затверд.	Дунець В.Л.								
Лічильник відеоімпульсів на програмованій логічній матриці									

Перш. викорис.	Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка	
	Добір. №	<u>Резистори:</u>			
R1		MF-12 - 1,2 кОм ±5%	1		
R2		MF-12 - 47 кОм ±5%	1		
R3		MF-12 - 5,6 кОм ±5%	1		
R4		PV36 1 кОм+-10%	1		
R5		MF-12 - 5,6 кОм ±5%	1		
R6		MF-12 - 100 Ом ±5%	1		
R7,R8		MF-12 - 12 кОм ±5%	2		
R9		PV36 1 кОм+-10%	1		
R10, R11		MF-12 - 1 кОм ±5%	2		
R12, R13		MF-12 - 27 кОм ±5%	2		
R14		MF-12 - 100 Ом ±5%	1		
R15		MF-12 - 5,0 - 0,2 Ом ±5%	1		
R16		MF-12 - 1 кОм ±5%	1		
R17		MF-12 - 2,0 - 4,7 Ом ±5%	1		
R18		MF-12 - 10 кОм ±5%	1		
R19		MF-12 - 1 кОм ±5%	1		
R20		PV36 1 кОм+-10%	1		
Підпис і дата		<u>Роз'їми:</u>			
		XS1	USBB-1J	1	
	XS2	Роз'їм MJ-2-348B0	1		
	XS3	Роз'їм MJ-2-348B0	1		
	XS4	Роз'їм MJ-2-348B0	1		
	XW1, XW2	Роз'їм PF-50	2		
Зам. інв. №					
Підпис і дата					
Інв. № ориг.					
				Арк.	
KA12.087.001 ПЕ				2	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Перш. викорис.	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
Добіт. №	A1			КА16.1087.001СК	Складальне креслення		
	A1			КА12.161.010.000ЕЗ	Схема електрична		
					принципова	1	
	A4			КА12.161.010.000ПЕ	Перелік елементів	1	
	A4			КА12.161.010.000ПЗ	Пояснювальна записка	1	
Підпис і дата	A1	1		КА17.081.001	Плата друкована	1	
Інв. № дубл.							
Зам. інв. №							
		9			Діод КД522Б дРЗ.362.029ТУ	8	VD1...VD8
Підпис і дата							
Інв. № ориг.					КА16.087.001СК		
	Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
	Розроб.		Копитчак А.І.			Літ.	Арк.
	Перевір.		Дуда С.П.			1	3
	Реценз.					ТНТУ імені Івана Пулюя	
Н. Контр.		Марценюк А.С.			ФПТ, гр. РАС-41, м. Тернопіль		
Затверд.		Дунець В.Л.					
					Лічильник відеоімпульсів на програмованій логічній матриці		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	Перш. викорис.		
		36		MF-12 - 10 кОм ±5%	1	R18	Добід. №		
				MF-12 - 12 кОм ±5%	2	R7, R8			
		37		MF-12 - 27 кОм ±5%	2	R12, R13			
		38		MF-12 - 47 кОм ±5%	1	R2			
		39		MF-12 - 2,0 - 4,7 Ом ±5%	1	R17			
		40		MF-12 - 5,0 - 0,2 Ом ±5%	1	R15			
		41		PV36 1 кОм ±10%	3	R4, R9, R20			
		43							
		44		<u>Роз'їму:</u>					
				USB-B-1J	1				
		46		Роз'їм MJ-2-348B0	1				
				Роз'їм MJ-2-348B0	1				
				Роз'їм MJ-2-348B0	1				
				Роз'їм PF-50	2				
				<u>Світлодіоди:</u>					
				HLMP-CM15-W0000 Agilent Technologies	4	HL1,...,HL4			
				WH1602A Winstar	1	HG1			
		54		<u>Матеріали</u>					
				Лак УР-231 ТУ-10 863 76					
				Припію ПОС-61 ГОСТ21931-73					
				Каніфоль ГОСТ 19113-73					
				Фарба МКЗ-6, біла					
				ТУ29-02-659-78					
Інв. № ориг.							Арк.	3	КАІ6.087.001СК
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					