

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
НА ТЕМУ:

**ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК
ПЕРІОДИЧНОГО СИГНАЛУ**

Завідувач кафедрою електроніки
і комп'ютерної техніки

_____ А.С. Опанасюк

Керівник роботи

_____ О.Є. Горячев

Виконав студент гр. ЕС-71

_____ П.В. Михальченко

РЕФЕРАТ

В данном квалификационной работе бакалавра разработано универсальное устройство измерения характеристик периодических сигналов, в составе которого содержится микроконтроллер фирмы Intel, внешние оперативное и постоянное запоминающие устройства, цифровой коммутатор, четырехразрядный семисегментный полупроводниковый индикатор. Архитектурные и структурные особенности применяемого микроконтроллера направлены на реализацию различных производственных приложений.

Областью применения устройства измерения могут быть различные метрологические и тестовые информационно-измерительные системы, системы генерирования импульсных последовательностей с контролем точности характеристик импульсов.

Устройство измерения характеристик периодических сигналов реализовано на базе микроконтроллера, что обеспечивает следующие достоинства устройства: универсальность в применении различных методов измерений, расширение функциональных возможностей устройства, быстрый циклический опрос измерительных каналов и небольшие аппаратно-программные затраты за счет использования специализированных средств микропроцессорной техники.

Квалификационная работа бакалавра содержит ____ страниц текста, ____ рисунков, ____ таблиц, графический материал в виде структурной схемы, блок-схемы алгоритма и принципиальной схемы устройства.

Ключові слова: періодичний сигнал, вимірювальний прилад, таймер, мікроконтролер

ЗМІСТ

Список умовних скорочень	
Введення	
1 Огляд літератури і постановка завдання проектування	
1.1 Типи періодичних імпульсів та їх основні характеристики	
1.2 Метрологічні характеристики цифрових вимірювальних приладів	
1.3 Особливості будови мікроконтролерів	
1.4 Постановка завдання проектування	
2 Розробка структурної схеми і алгоритму роботи пристрою вимірювання	
2.1 Структурна схема пристрою вимірювання	
2.2 Алгоритм роботи пристрою вимірювання	
3 Розробка функціональної схеми пристрою вимірювання	
4 Розробка принципів схем блоків пристрою вимірювання	
4.1 Блок процесору	
4.2 Блоки зовнішньої пам'яті програм і даних	
4.3 Блок комутації	
4.4 Блок відображення вимірювань	
5 Розробка програмного забезпечення пристрою вимірювання	
Висновок	
Список літератури	
Додаток	

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЦП – аналого-цифрової перетворювач

БВІ – блок відображення вимірювань

БЗПД – блок зовнішньої пам'яті даних

БЗПП – блок зовнішньої пам'яті програм

БК – блок комутації

БП – блок процесору

БПВ – блок послідовного виведення

ДДК – двійково-десятковий код

ДІБ – другий інтерфейсний блок

ІМС – інтегральна мікросхема

МК – мікроконтроллер

МЦ – машинний цикл

ПІБ – перший інтерфейсний блок

ТТЛ – транзисторно-транзисторна логіка

ТТЛШ – ТТЛ с діодами Шотки

ША – шина адреси

ШД – шина даних

ШУ – шина управління

ВВЕДЕНИЯ

Цифровые приборы – один из самых революционных способов измерения различных физических величин за всю историю человечества. Можно сказать, что в целом с момента появления цифровых технологий важность этого типа устройств во многом определила будущее всего нашего существования.

Цифровые измерительные приборы обладают высоким быстродействием и высоким классом точности. Они применяются для измерения широкого класса электрических и неэлектрических величин.

Цифровых хранят измеренные данные и совместимы с цифровыми микропроцессорными устройствами. По этой причине необходимо записывать каждое проведенное с его помощью измерение, что может быть утомительным и требующим большого количества времени. Главный недостаток цифровых измерительных приборов заключается в том, что они нуждаются во внешнем источнике питания или подзарядке аккумулятора после определенного времени использования. Также точность, скорость и эффективность цифровых приборов в делают их дороже аналоговых.

Цифровые измерительные приборы – приборы, в которых измеряемая входная аналоговая величина автоматически опытным путем сравнивается с дискретными значениями известной (образцовой) величины и результаты измерения выдаются в цифровом виде [1, 2, 3].

Особую перспективу имеет построение цифровых измерительных приборов на основе современных микроконтроллеров, которые придают им свойства универсальности в используемых методах измерениях и контроля качества полученных характеристик, гибкости в настройках и широте функциональных возможностей.

Микроконтроллер – это сложная цифровая система, которая размещается на кристалле, в состав которого входит 8-, 16- или 32-разрядный процессор, внутренняя память программы (десятки килобайт), широкий набор интерфейсных и периферийных устройств, в частности портов ввода/вывода, таймеров, аналого-цифровых преобразователей [4, 5, 6].

В данной работе необходимо разработать микропроцессорное устройство измерения характеристик периодического сигнала (в данном случае частоты следования импульсов) на основе специализированного микроконтроллера.

В общем случае микропроцессорное устройство – это совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих прием информации с различных датчиков и внешних устройств, ввод ее после преобразования в систему обработки данных. Микропроцессорное устройство должно обеспечивать максимальную эффективную производительность системы обработки информации при ограничениях на стоимость устройств и узлов системы, ее массогабаритные показатели [5, 6].

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Типи періодичних імпульсів та їх основні характеристики

Електричний імпульс – короткочасний сплеск електричної напруги або сили струму в певному, кінцевому часовому проміжку. Розрізняють відеоімпульси – поодинокі коливання будь-якої форми і радіоімпульси – сплески високочастотних коливань. Відеоімпульси бувають однополярні (відхилення тільки в одну сторону від нульового потенціалу) і двохполярні [1, 3].

Імпульсною послідовністю називається досить тривала послідовність імпульсів, що служить для передачі інформації, що безперервно змінюється, для синхронізації або для інших цілей, а також генерованих ненавмисно, наприклад, в процесі іскроутворення в колекторно-щіткових вузлах [1, 3].

Послідовності поділяються на періодичні і неперіодичні. Періодичні послідовності є рядом однакових імпульсів, що повторюються через строго однакові інтервали часу (рисунок 1.1). Тривалість інтервалу називається періодом повторення (позначається T), величина, зворотна періоду – частотою повторення імпульсів (позначається F). Для послідовностей прямокутних імпульсів додатково застосовуються ще два однозначно взаємопов'язаних між собою параметрів: шпаруватість (позначається q) – відношення періоду до тривалості імпульсу і коефіцієнт заповнення – зворотна шпаруватості величина; іноді коефіцієнт заповнення використовують і для характеристики квазіперіодичної і випадкової послідовностей, в цьому випадку він дорівнює середньому відношенню суми тривалостей імпульсів за досить великий проміжок часу до тривалості цього проміжку [1, 3].

Спектр періодичної послідовності є дискретним і нескінченним для кінцевої послідовності, кінцевим для нескінченної (рисунок 1.1). Серед неперіодичних послідовностей з технічної точки зору, найбільший інтерес представляють квазіперіодичні і випадкові послідовності (на практиці використовуються псевдовипадкові). Квазіперіодичні послідовності є послідовності імпульсів, період яких або інші характеристики варіюються навколо середніх значень. На відміну від спектра періодичної послідовності,

спектр квазіперіодичної послідовності є, строго кажучи, не дискретним, а гребінчастим, з незначним заповненням між гребенями, однак, на практиці цим іноді можна знехтувати, так, наприклад, в телевізійній техніці для створення повного відеосигналу до сигналу чорно-білого зображення додають сигнал кольоровості таким чином, що гребені його спектра виявляються між гребенями чорно-білого відеосигналу.

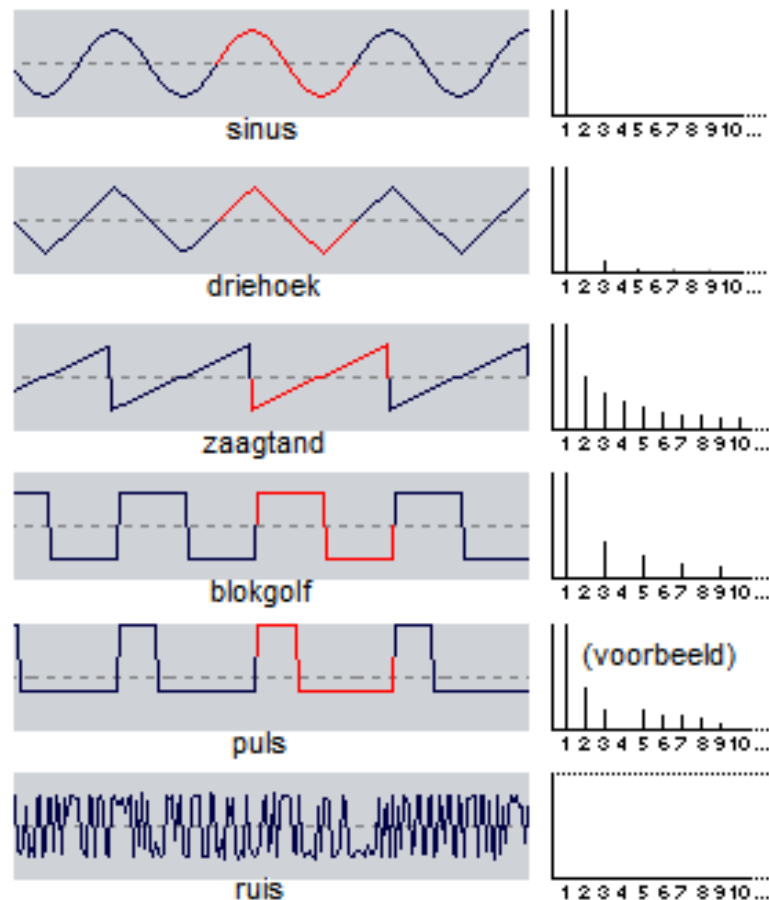


Рисунок 1.1 – Імпульсні послідовності [1]

За характером інформації імпульсні сигнали можуть використовуватися одноразово (разове повідомлення про подію) або для безперервної передачі інформації. Послідовності імпульсів можуть передавати дискретизовану за часом аналогову інформацію або цифрову, можливі також випадки, коли в єдиний, в фізичному сенсі, сигнал вкладено два види інформації, наприклад, телевізійний сигнал телетексту. Для представлення інформації використовуються різні характеристики як власне імпульсів, так і їх сукупностей, як окремо, так і в поєднаннях [1, 2, 3]:

- 1) форма імпульсів;
- 2) тривалість імпульсів;
- 3) амплітуда імпульсів;
- 4) частота проходження імпульсів;
- 5) фазові співвідношення в послідовності імпульсів;
- 6) часові інтервали між імпульсами в послідовності;
- 7) позиційне комбінування імпульсів в послідовності.

Таким чином, можна виділити кілька узагальнених типів імпульсних сигналів, несучих безперервну інформацію [1, 3]:

- цифровий сигнал, інформація в якому, як правило (але не обов'язково), міститься у вигляді кодових комбінацій;
- аналоговий дискретизований сигнал у вигляді квазіперіодичної послідовності;
- аналоговий дискретизований сигнал у вигляді імпульсних посилок з аналоговим кодуванням інформації;
- окремо від попередніх типів треба виділити відеосигнал (і відповідний йому модульований радіосигнал), в якому, на відміну від інших сигналів, безперервна інформація міститься всередині самого імпульсу, завдяки його складній формі.

Типи періодичних послідовностей та їх характеристика їх призначення наступні [2, 3]:

- тактові імпульси – для синхронізації подій в системі;
- стробуючі імпульси – для періодичного дозволу/заборони процесів;
- пилкоподібні імпульси розгортки (в телевізорах, моніторах, радіолокаторах, осцилографах і т.д.);
- телевізійний синхросигнал – складова аналогового відеосигналу, призначена для синхронізації розгортки передавального і приймального пристроїв;
- імпульси із зразковими параметрами (амплітуда, тривалість, частота і т.д.) на виході калібраторів засобів вимірювань;
- стимулюючі імпульсні сигнали для перевірки працездатності апаратури або її вузлів;
- стимулюючі сигнали, що виробляються медичними приладами.

1.2 Метрологічні характеристики цифрових вимірювальних приладів

Цифрові вимірювальні прилади, як правило, електронні, виконують вимірювання в дискретні моменти часу по сигналу запуску, який може періодично вироблятися в самому приладі, подаватися тим чи іншим способом вручну або від зовнішніх пристроїв, наприклад, від комп'ютера [2, 3].

Індикація результату виконується в цифровому вигляді. Зазвичай цифрові прилади мають можливість обміну інформацією з комп'ютером і тоді результат вимірювання передається в пам'ять комп'ютера також в цифровому вигляді. У зв'язку з цим неминуче округлення результатів.

Абсолютна похибка, що виникає від округлення, є адитивною і не перевищує ціни одиниці молодшого розряду вихідного коду або цифрового індикатору приладу. У більшості випадків при нормуванні характеристик похибки цифрових приладів враховуються обидві складові похибки: мультиплікативна і адитивна.

Тому для цифрових приладів основна відносна похибка нормується лінійною функцією від вимірюваної величини. Метрологічні характеристики, нормовані для цифрових приладів [2, 3]:

- діапазон вимірів;
- межі допустимої основної відносної похибки;
- вхідний опір (імпеданс), нормується тільки для приладів;
- кількість розрядів, які подаються на індикацію; ціна одиниці молодшого розряду індикації результатів вимірів;
- вид, кількість розрядів і ціна одиниці молодшого розряду вихідного коду, регламентується у випадках наявності зв'язку з комп'ютером або друкуючим пристроєм;
- межі допустимої додаткової похибки; максимальна частота вимірювань (подається в 1/сек) або тривалість циклу одного перетворення (подається в сек);
- похибка датування відліків;

- максимальна швидкість обміну інформацією з зовнішніми пристроями, регламентується у випадках, коли такий зв'язок передбачений.

Якщо цифровий прилад призначений для виконання вимірювань в динамічному режимі із записом результатів в пристрій пам'яті або комп'ютер, а на його вході включений аналоговий інерційний перетворювач (наприклад, фільтр), то нормуються динамічні характеристики цього перетворювача.

Точно так же нормуються метрологічні характеристики вимірювальних каналів вимірювальних систем, які містять аналогові інерційні перетворювачі і закінчуються аналого-цифровим перетворенням. Для них нормування динамічних характеристик аналогової частини є обов'язковим. Для цифрових приладів і вимірювальних каналів інформаційно-вимірювальних систем зазвичай достатньо нормувати приватні динамічні характеристики, такі, як час реакції або межі частотної смуги. Норми на максимальну частоту вимірювань, тривалість циклу перетворення і на похибку датування відліків в вимірювальному каналі вимірювальної системи повинні встановлюватися з урахуванням швидкодії системи обміну інформацією в системі і порядку цього обміну. Виробник цифрових приладів і вимірювальних систем має право нормувати похибки випускаючих засобів вимірювань межею допустимої основної зведеної похибки [2, 3].

Для лінійних аналогових вимірювальних перетворювачів нормуються наступні метрологічні характеристики [2, 3]:

- діапазон зміни вхідного сигналу вимірювальної інформації;
- коефіцієнт перетворення, представляється своїм номінальним значенням; вхідний опір або імпеданс із зазначенням номінального значення і меж допустимих відхилень від нього;
- вихідний опір або імпеданс із зазначенням номінального значення і меж допустимих відхилень від нього;
- межі основної відносної похибки; при наявності істотної випадкової складової похибки, виконується роздільне нормування характеристик систематичної і випадкової складових;
- межі допустимої додаткової похибки (по кожній з величин окремо);

- одна з повних динамічних характеристик, відповідних призначенню перетворювача, в обґрунтованих випадках допускається нормування приватних динамічних характеристик із зазначенням номінальних значень і меж допустимих відхилень від них.

Відповідно до стандарту, випадкова складова вважається суттєвою, якщо її середньоквадратичне значення становить не менше 10% від загальної похибки. Для перетворювачів з незначною нелінійністю, яка розглядається, як причина похибки від нелінійності, мультиплікативна похибка виділена бути не може. Тому для таких перетворювачів основна похибка нормується межею допустимої основної зведеної похибки, як для аналогових приладів. Всі інші метрологічні характеристики ті ж, що і у лінійних аналогових перетворювачів [2, 3].

Зауважимо тільки, що в цьому випадку, через нелінійність перетворювачів, нормуються приватні динамічні характеристики, найчастіше час реакції. Для перетворювачів з істотною нелінійністю нормуються ті ж характеристики, що і в попередньому випадку, за винятком коефіцієнта перетворення і повних динамічних характеристик, які не застосовні до нелінійних перетворювачів [2, 3].

Замість коефіцієнта перетворення вказується номінальна функція перетворення у вигляді функціональної залежності, графіка або таблиці. Відхилення реальних функцій, перетворення від номінальної, враховуються в складі основної похибки, яка нормується, як в попередньому випадку, в формі зведеної похибки. Як динамічна характеристика нормується, як правило, приватна динамічна характеристика – час реакції.

Для аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) нормуються наступні метрологічні характеристики [1]:

- діапазон зміни вхідного сигналу вимірювальної інформації;
- для лінійних АЦП – межі допустимої основної відносної похибки;
- при наявності істотної випадкової складової похибки виконується роздільне нормування характеристик систематичної і випадкової складових;

- для АЦП із заданою нелінійною функціональною залежністю вихідного коду від вхідної напруги (струму) – межа допустимої основної зведеної похибки;
- вхідний опір (імпеданс);
- вид вихідного коду і кількість розрядів; ціна одиниці молодшого розряду вихідного коду;
- межі допустимої додаткової похибки;
- максимальна частота вимірювань (подається в 1/сек) або тривалість циклу одного перетворення (подається в сек), вказуються з урахуванням швидкодії пристроїв зв'язку з комп'ютером і порядку організації зв'язку з ним;
- похибка датування відліків, вказується з урахуванням швидкодії пристроїв зв'язку з комп'ютером і порядку організації зв'язку з ним.

Для АЦП із заданою нелінійною функціональною залежністю вихідного коду від вхідної напруги (струму), вказується номінальна функція перетворення. Клас точності АЦП із заданою нелінійною функціональною залежністю вихідного коду від вхідної напруги (струму) позначається однією цифрою, яка дорівнює межі допустимої зведеної похибки. Виробник АЦП має право нормувати основну наведену похибка одним числом [1].

Якщо на вході АЦП включений аналоговий інерційний перетворювач (наприклад, фільтр), то нормуються динамічні характеристики цього перетворювача, найчастіше, час реакції [1].

Для цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП) нормуються наступні метрологічні характеристики [1]:

- вид вхідного коду, діапазон його можливих значень, номінальна ціна одиниці молодшого розряду вхідного коду;
- діапазон зміни величини на виході ЦАП, що відповідає діапазону значень вхідного коду;
- вихідний опір або вихідний імпеданс, вказується номінальне значення і допустимі межі відхилення від нього;
- межі допустимої основної відносної похибки; при наявності істотної випадкової складової похибки виконується роздільне нормування характеристик систематичної і випадкової складових;

- межі допустимих додаткових похибок – для кожної впливає величини нормуються окремо;
- час реакції вихідного сигналу на зміна вхідного коду на величину, рівну 80% від діапазону значень цього коду.

У випадках, коли ЦАП проектується, як нелінійний, вказується номінальна функція перетворення. Основна похибка в цьому випадку нормується межею допустимої зведеної похибки. Вона включає в себе можливі відхилення реальних функцій перетворення конкретних екземплярів ЦАП.

1.3 Особливості будови мікроконтролерів

Микроконтроллеры (МК) в целом можно разделить на группы 8-, 16- и 32-разрядных по размеру их арифметических и индексных регистров, хотя некоторые разработчики считают, что 8/16/32разрядную архитектуру определяет разрядность шины [4, 5, 6].

За счет достижения более высокого уровня интеграции и надежности при сохранении низкой цены, все микроконтроллеры оснащены встроенными дополнительными устройствами. Эти устройства под управлением микропроцессорного ядра микроконтроллера выполняют определенные функции. Встроенные устройства обладают повышенной надежностью, поскольку они не требуют никаких внешних электрических цепей. К наиболее известным встроенным устройствам относятся устройства памяти и порты ввода-вывода (I/O), таймеры, системные часы/генератор. Устройства памяти включают оперативную память (RAM), постоянные запоминающие устройства (ROM), перепрограммируемую ROM (EPROM), электрически перепрограммируемую ROM (EEPROM). Таймеры включают и часы реального времени, и таймеры прерываний. Следует принимать во внимание диапазон и разрешение таймера, так же как и другие подфункции, такие как функции сравнение и/или захвата входных линий при измерении длительности сигнала. Средства I/O включают последовательные порты связи, параллельные порты (I/O линии), аналого-цифровые преобразователи (A/D), цифроаналоговые преобразователи (D/A), драйверы жидкокристаллического дисплея (LCD) или драйверы вакуумного флуоресцентного дисплея (VFD).

Другими, реже используемыми, встроенными ресурсами являются внутренняя/внешняя шина, таймер слежения за нормальным функционированием системы, система обнаружения отказов тактового генератора, возможность выбора конфигурации памяти и системный интеграционный модуль (SIM). SIM обычно заменяет внешнюю "склеивающую" логику, необходимую для организации взаимодействия микроконтроллера с внешними устройствами через заданные контакты микросхемы.

В большинство микроконтроллеров с внутрисхемными ресурсами включается блок конфигурационных регистров для управления этими ресурсами. Иногда сам этот блок может быть отражен в различные места карты памяти. Иногда имеется пользовательский и/или фабричный тестовый регистр, указывающий на то, какое значение производитель придает качеству. Наличие конфигурационных регистров приводит к проблеме случайного изменения желаемой конфигурации "блуждающим" кодом. Для предотвращения такой случайной возможности используется механизм "блокировки", т.е. до того, как регистр конфигурации может быть изменен, биты в другом регистре должны быть изменены в определенной последовательности. Хотя регистры конфигурации могут сначала испугать своей сложностью, они крайне ценны, поскольку обеспечивают высокую гибкость конфигурации при низкой стоимости, так что одному микроконтроллеру можно найти самые различные применения.

На сегодняшний день существуют множество типов МК, применяемых при проектировании систем сбора информации. К их числу, например, относятся МК фирмы Atmel, Microchip, Signal, а также российские МК КР1816, КР1813 [4, 5, 6].

Основными элементами базовой архитектуры Intel (MCS-51) являются [4, 5]:

- 8-разрядное АЛУ на основе аккумуляторной архитектуры;
- 4 банка регистров, по 8 в каждом;
- встроенная память программ 4Кбайт;
- внутреннее оперативное запоминающее устройство 128 байт;
- булевый процессор;
- 2 шестнадцатиразрядных таймера;

- контроллер последовательного канала (UART);
- контроллер обработки прерываний с двумя уровнями приоритетов;
- четыре 8-разрядных порта ввода-вывода, два из которых используются в качестве шины адреса/данных для доступа к внешней памяти программ и данных;
- встроенный тактовый генератор.

Основные характеристики архитектуры MSC-251 [4, 5]:

- 24-разрядное линейное адресное пространство, обеспечивающее адресацию до 16М памяти (выпускаемые микроконтроллеры семейства MCS-251 имеют адресное пространство памяти объемом 256К);
- система команд микроконтроллеров семейства MCS-251 содержит все 111 команд, входящих в систему команд микроконтроллеров семейства MCS-51 ("старые" команды), и, кроме того, в нее входят 157 "новых" команд. Коды некоторых новых команд имеют формат 4 байт.
- регистровая архитектура, допускающая обращение к регистрам как к байтам, словам и двойным словам;
- страничный режим адресации для ускорения выборки инструкций из внешней программной памяти;
- очередь инструкций;
- расширенный набор команд, включающий 16-битовые арифметические и логические инструкции;
- расширенное адресное пространство стека до 64К;
- выполнение самой быстрой инструкции за 2 такта;
- совместимость на уровне двоичного кода с программами для MCS-51.

Перед использованием микроконтроллера его необходимо сконфигурировать, т.е. "прожечь" конфигурационные байты с помощью программатора. Данные байты определяют, какой из наборов инструкций станет активным после включения питания. Если установить набор инструкций MCS-51, то в этом случае MSC-251 будет совместим с MCS-51 на уровне

двоичного кода. Такой режим называется Binary Mode. Однако расширенные инструкции в этом режиме также доступны через "форточку" – зарезервированный код инструкции 0A5h. Естественно, длина каждой расширенной инструкции увеличивается в таком случае на 1 байт. Если же изначально установить набор расширенных инструкций, то в этом случае программы, написанные для MCS-51 потребуют перекомпиляции на кросс-средствах для MCS-51, т.к. теперь уже стандартные инструкции будут доступны через ту же "форточку" 0A5h и длина их также увеличится на 1 байт. Такой режим называется Source Mode. Он позволяет с максимальной эффективностью использовать расширенные инструкции и достигнуть наибольшего быстродействия, но требует переработки программного обеспечения [4, 5].

1.4 Постановка задания проектирования

В результате литературного обзора и анализа имеющихся тенденций в построении электронных цифровых средств измерительной техники можно сделать следующие выводы:

- в виду увеличения числа контролируемых параметров (следовательно, каналов ввода сигналов), необходимости предварительной обработки полученных данных, обеспечения упрощенной модификации систем сбора и измерения параметров, необходимости их связи с компьютерной техникой, проектируемое устройство измерения должно быть реализовано с помощью программно-управляемой логики;
- в промышленных условиях в измерительных устройствах и информационно-измерительных системах все большее распространение находят микроконтроллеры в связи с реализацией внутри кристалла памяти программ и памяти команд, множества различных периферийных узлов: портов ввода-вывода, таймеров/счетчиков, генератора импульсов и т.д., что приводит к экономии аппаратурных затрат, сокращению числа связей между МК и периферийными устройствами, увеличением надежности устройства измерения.

С учетом вышеприведенных особенностей построения устройств измерения характеристик периодического сигнала и условий его применения формулируются следующие технические требования:

- использование микроконтроллера;
- сбор периодических сигналов с 8 внешних измерительных каналов;
- диапазон измерения частоты импульсов $0 \div 9999$ Гц;
- минимальный шаг приращения частоты 1 Гц;
- время цикла измерения измерительного канала $T \leq 1$ сек;
- хранение результатов измерений во внешней памяти;
- глубина архива записей не менее 100 по восьми каналам;
- отображение значений измерений на дискретном индикаторе.

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ І АЛГОРИТМУ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ

2.1 Структурна схема пристрою вимірювання

Разработка структурной схемы устройства измерения характеристик периодического сигнала предполагает:

- 1) определение функционального состава входящих блоков;
- 2) установление необходимых электрических связей между блоками;
- 3) расчет и обоснование технических требований к указанным блокам.

Микропроцессорное устройство измерения следует строить по модульно-блочному принципу с шинной организацией связей между блоками (рисунок 2.1) [4, 6]. Структура проектируемого устройства имеет трехшинную организацию и состоит из следующих функционально законченных блоков: блок 1 коммутатора, первый интерфейсный блок 2 (ПИБ), блок 3 процессора (БП), блок 4 последовательного вывода (БПВ), блок 5 внешней памяти программ (БВПП), блок 6 внешней памяти данных (БВПД), второй интерфейсный блок 7 (ВИБ) и блок 8 отображения измерений (БОИ).

Блок коммутатора служит для коммутации выходов внешних устройств, генерирующих периодические последовательности сигналов, согласно адресу, который формируется блоком процессора и поступает через первый интерфейсный блок.

Число входных каналов блока коммутатора – $P = 8$. С точки зрения уменьшения аппаратных затрат примем схему построения блока коммутации на основе мультиплексирования выходов внешних устройств на один вход блока процессора. В этом случае разрядность адреса внешнего устройства (внешнего канала)

$$n_a = \lceil \log_2 P \rceil = \lceil \log_2 8 \rceil = 3.$$

Первый интерфейсный блок служит для сопряжения блока коммутации с блоком процессора путем обеспечения:

- 1) одинакового состава и назначения используемых сигналов;
- 2) соответствия одинаковых уровней сигналов по напряжению и току.

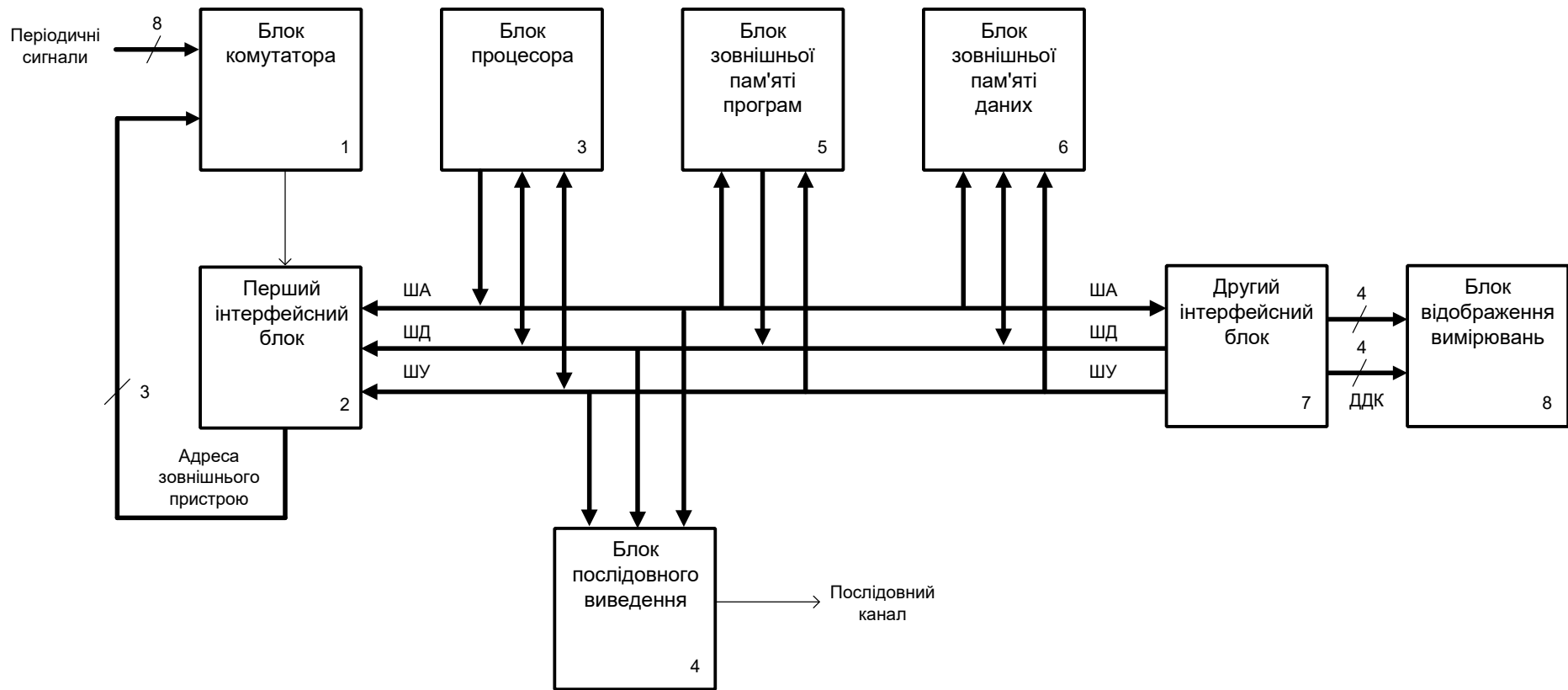


Рисунок 2.1 – Структурна схема пристрою вимірювання характеристик періодичного сигналу

Блок процессора предназначен для управления процессом измерения характеристик сигналов, выполнения собственно вычисления параметров периодических сигналов и преобразования информации с целью отображения в блоке отображения измерений. Задачи, которые должен реализовывать проектируемое устройство, целесообразно решать с помощью микроконтроллера ввиду промышленного характера их исполнения, достаточно высокого быстродействия и небольших массогабаритных показателей. Микроконтроллер объединяет на одном кристалле все необходимые узлы для построения разрабатываемого устройства: оперативную и постоянную память, параллельные порты ввода-вывода, последовательный ввод-вывод, таймеры-счетчики.

Блок последовательного вывода служит для выдачи измерительной информации в последовательный канал по мере заполнения объема блока внешней памяти данных измерений.

Блок внешней памяти программ предназначен для расширения внутренней памяти программ МК с целью хранения и использования основной программы функционирования устройства измерения, а также дополнительных подпрограмм измерения различных характеристик сигналов (ширины и скважности импульсов, времени нарастания фронта и спада импульсов, точности частоты измеряемых сигнальных последовательностей и т.д.).

Блок внешней памяти данных служит для хранения промежуточных результатов измерений и архивирования измерительной информации о принимаемых периодических сигналов. Емкость блока внешней памяти данных проектируемого устройства определяется исходя из необходимой глубины архивирования, требуемых для хранения цифровых кодов значений частоты 8 внешних источников сигналов в течение двух часов с темпом записи данных не чаще, чем один раз в минуту.

Второй интерфейсный блок служит для сопряжения блока процессора с блоком отображения измерений путем:

- 1) одинаковых состава и назначения используемых сигналов;
- 2) соответствия одинаковых уровней сигналов по напряжению и току;
- 3) использования соответствующих друг другу конструктивных элементов: типов разъемных соединителей, количества и номеров контактов.

Блок отображения измерений выводит данные в четырехразрядном ДДК – значение измеренной частоты – на дискретный индикатор. Число разрядов индикатора (знакомест) определяется диапазоном измерений $[0 \div 9999]$ Гц или максимальным значением частоты $F_{\max} = 9999$ Гц периодических сигналов, а также минимальным шагом приращения частоты $\Delta = 1$ Гц. Так как значение частоты является четырехзначным числом, то число разрядов дискретного индикатора должно быть равно четырем. При таком числе знакомест индикатора применяется статический принцип индикации со скважностью импульсов индикации равной $q = 1$. Выбранный принцип упрощает схему управления индикаторами [6]. На каждый разряд блока отображения измерений отводится сигнал загрузки четырехразрядного ДДК десятичной цифры значения частоты (рисунок 2.1).

2.2 Алгоритм роботи пристрою вимірювання

Алгоритм работы устройства измерения характеристик периодического сигнала в общем виде представляет собой последовательность операций, направленных на выполнение задач коммутации выходов внешних источников, проведения измерения частоты, загрузку полученных данных измерений во внешнюю память, контроль заполненности памяти архива измерений, выдача значений измеренной частоты в последовательный канал связи и отображение измеренного или вычисленного (например, среднего) значения частоты на индикаторе. Действия алгоритма должны циклически повторяться.

Вид алгоритма функционирования проектируемого устройства измерения приведен на рисунке 2.2.

В начале работы шагом 1 все блоки (таймеры-счетчики, параллельные и последовательный порт, счетчики адресации) проектируемого устройства измерения устанавливаются в исходное состояние. Далее, следующим шагом 2 задается необходимый режим работы таймеров-счетчиков для проведения измерений частоты. После этого шагом 3 формируется адрес опроса внешнего канала измерений для подачи в блок коммутации, который шагом 4 мультиплексирует выбранный канал, по которому поступают периодические

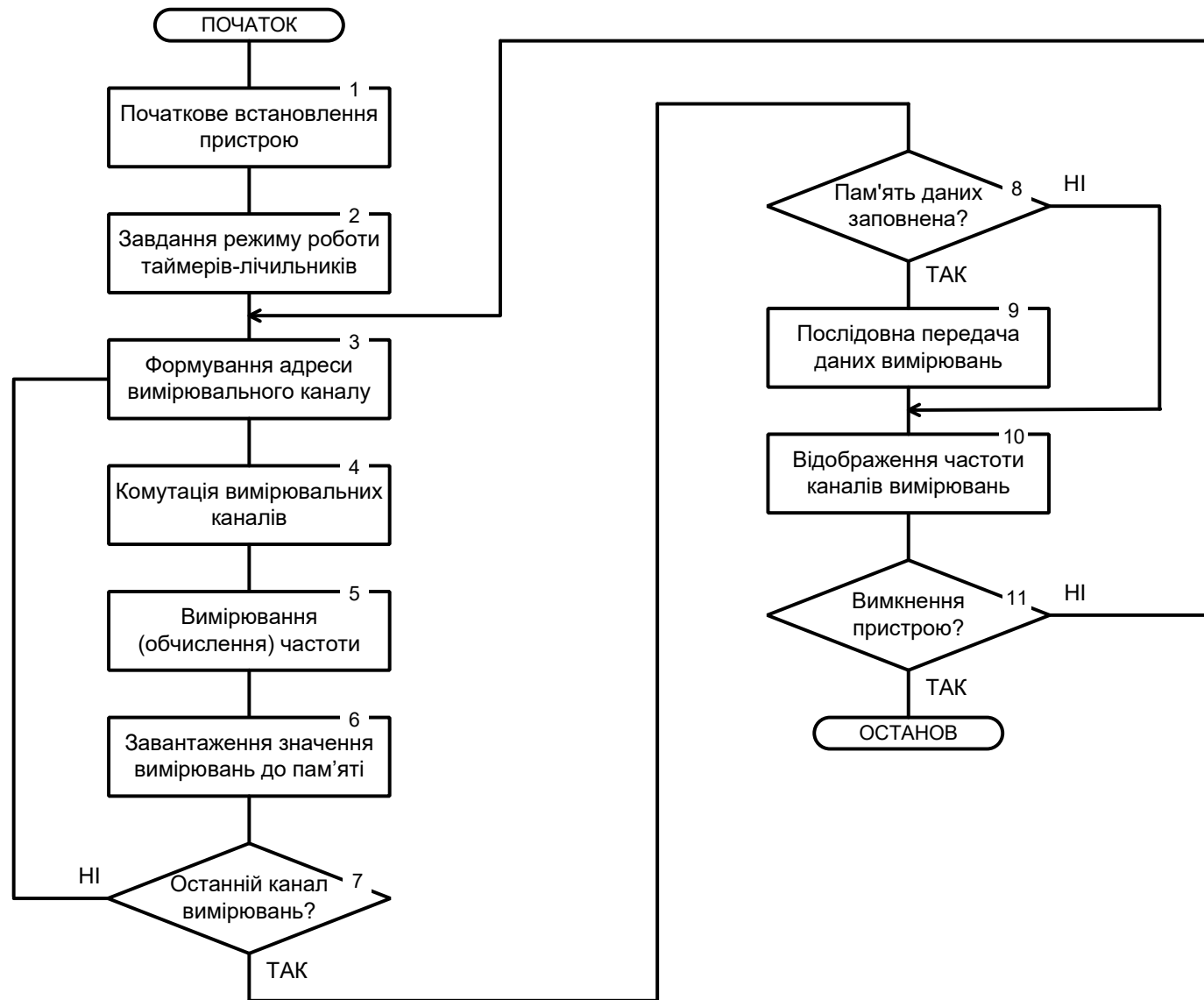


Рисунок 2.2 – Алгоритм роботи пристрою вимірювання характеристик періодичного сигналу

сигналы. Исполнением шага 5 блоком процессора проводится измерение частоты периодической последовательности сигналов, а при необходимости вычисление других, дополнительных параметров сигналов. Измеренное или вычисленное значение записывается в блок внешней памяти данных для хранения с помощью шага 6. После опроса очередного внешнего канала на основе шага 7 проводится проверка устройством окончания цикла коммутации выходов всех внешних устройств (измерительных каналов). В случае мультиплексирования не всех измерительных каналов блоком коммутации цикл опроса внешних источников сигналов продолжается (шаги 3-6), в противном же случае шагом 8 устройство измерения переходит к проверке заполненности блока внешней памяти данными измерений. Если память, содержащая результаты измерений, не заполнена, то осуществляется переход к отображению с помощью шага 10 измерительной информации в блоке отображения измерений. Если блок внешней памяти данных заполнена, то перед отображением данных измерений выполняется шагом 9 последовательный вывод измеренных значений частоты в последовательный канал связи. После этого с помощью 11 осуществляется контроль на предмет завершения работы устройства измерения характеристик периодического сигнала. В случае, если функционирование устройства должно продолжаться, то выполняется переход к шагу 3 формирования адреса опрашиваемого измерительного канала, т.е к началу нового цикла опроса внешних устройств. В противном случае, проектируемое устройство прекращает свою работу.

3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ

Блок процессора устройства измерения характеристик периодического сигнала предлагается выполнить на основе однокристалльного встроенного МК. Обоснованием такого функционального решения является то, что

- МК по своим функциональным возможностям и техническим характеристикам ориентированы на реализацию сбора данных и управления различными внешними устройствами, где существенное внимание уделяется скорости обработки данных и эффективному сопряжению с различными датчиками;
- МК реализуют на одном кристалле блоки памяти и интерфейсные блоки структурной схемы устройства измерения (рисунок 2.1).

В результате применение МК в составе устройства измерения позволит гибко подстраиваться под типы и параметры внешних источников сигналов, уменьшить аппаратные затраты, упростить схемотехническую реализацию устройства за счет реализуемых внутри МК блока памяти программ, блока памяти данных, интерфейсных блоков и блока последовательного вывода данных измерений.

Используемый МК должен обладать минимум четырьмя портами ввода-вывода с возможностью отдельной настройки каждой линии порта на ввод или вывод. Два порта следует выделить для расширения памяти программ, где будут находиться дополнительные коды подпрограмм для вычисления остальных характеристик сигналов (длительности сигналов, скважности импульсов, времени нарастания и спада сигналов и т.д.), и расширения памяти данных для двухчасового архивирования результатов измерения. Третий порт выделяется для управления блоком коммутации, и четвертый порт необходим для формирования управляющих сигналов по работе с внешней памятью и приема выбранного сигнала. Кроме того, следует применить МК со встроенным генератором тактовых сигналов, чтобы дополнительно уменьшить число навесных дискретных элементов и обслуживающих МК интегральных микросхем (ИМС).

Блок коммутации должен мультиплексировать восемь направлений, по которым поступают периодические последовательности сигналов, циклически опрашивая каждый из восьми внешних источников. Выбор внешнего источника сигналов осуществляется самим МК по программе.

Общее количество разрядов индикатора блока отображения измерений равно четырем. При таком числе знакомест индикатора можно применить статический принцип индикации, который предполагает простую схему управления индикацией. При этом скважность импульсов индикации с целью упрощения аппаратной части управления отображением значений измерений в блоке отображения предлагается взять равной 1. На каждый разряд знакоместа блока отображения измерений отводится свой сигнал загрузки четырехразрядного ДДК значения измеренной частоты.

4 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ БЛОКІВ ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ

4.1 Блок процесору

Стандартом 8-разрядних МК на сьогоднішній є мікроконтролерне семейство MCS-51. Распространенным представителем данного семейства является МК 8051НА фирмы Intel [4, 5, 6]. 8051НА – однокристалъная 40-выводная микроЭВМ, изготавливаемая по nМОП-технологии. МК 8051НА содержит 8-разрядный процессор; постоянное запоминающее устройство, используемое как память программ; оперативное запоминающее устройство, используемое как память данных; программируемые таймеры/счетчики; программируемые параллельные порты ввода-вывода; схему для организации векторного прерывания; встроенный генератор тактовых сигналов и схему управления и синхронизации.

Основные характеристики МК 8051НА [4, 5, 6]:

- максимальная частота синхронизации 12 МГц;
- число портов/линий ввода-вывода 4/32;
- память данных объемом 128 байт;
- репрограммируемая память программ объемом 4 Кбайт;
- возможность расширения внешней постоянной памяти до 64 Кбайт;
- возможность расширения внешней памяти данных до 64 Кбайт;
- 20 регистров специального назначения;
- число внешних уровней прерывания 2;
- число таймеров/счетчиков 2;
- наличие последовательного дуплексного порта;
- наличие команд побитной обработки данных;
- рассеиваемая мощность около 1,5 Вт;
- один источник питания +5 В ± 10%;
- по входам и выходам совместимость с ИМС серии ТТЛ.

МК 8051НА выполняет арифметические и логические операции на двоичными и двоично-десятичными числами, а также операции с отдельными битами. Система команд МК состоит 44% однобайтовых, 41% двухбайтовых и

15% трехбайтовых команд. При частоте тактового генератора 12 МГц 58% команд выполняется за 1 мкс и 40% – за 2 мкс.

Включение МК 8051НА DD3 в устройство измерения характеристик периодического сигнала осуществляется следующим образом (рисунок 4.1). Порт P0 (8 линий P0.0-P0.7) выдает/принимает байт данных D0-D7 в/из внешней памяти данных или программ, или по разрешающему сигналу ALE выдает младший байт адреса A0-A7 для адресации как внешней памяти данных, так и внешней памяти программ. Порт P2 (6 линий P2.0-P2.5) выдает старшие адресные разряды A8-A10 (линии P2.0-P2.2) для адресации внешней памяти данных и внешней памяти программ, а также сигналы адреса AK0-AK2 (линии P2.3-P2.5) для блоку коммутации с целью коммутации восьми измерительных каналов. Порт P1 (8 линий P1.0-P1.2) настраивается на работу с разрядами дискретного индикатора БОД. При этом линии P1.0-P1.3 выдают ДДК значения вычисленных периода или частоты периодического сигнала. Линии P1.4-P1.7 формируют сигналы загрузки ДДК в соответствующие регистры разрядов дискретного индикатора БОД. Порт P3 (линии P3.1, P3.4, P3.6, P3.7) используется для выдачи результатов измерений в последовательном коде (линия P3.1, выход TxD), приема периодических импульсов с выхода БК (линия P3.4, вход T0), а также формирования управляющих сигналов записи (линия P3.6, сигнал WR) и чтения (линия P3.7, сигнал RD) для внешней памяти.

Нагрузочная способность портов двунаправленного порта P0 – два входа ИМС ТТЛ, квазидвунаправленных портов P1-P3 – один вход ИМС ТТЛ.

К внешним выводам X1 и X2 МК подключается кварцевый резонатор ZQ-14318 для стабилизации частоты сигналов синхронизации $f_c = 12$ МГц, которые вырабатываются внутренним генератором (рисунок 4.2). На основе сигналов синхронизации формируется машинный цикл фиксированной длительности $t_{мц}$, равный 12 периодам тактовой частоты:

$$t_{мц} = 12/f_c = 12/12 \text{ МГц} = 1 \text{ мкс.}$$

Конденсаторы C10 и C11 емкости 30 пФ служат для подстройки частоты синхронизации до 12 МГц.

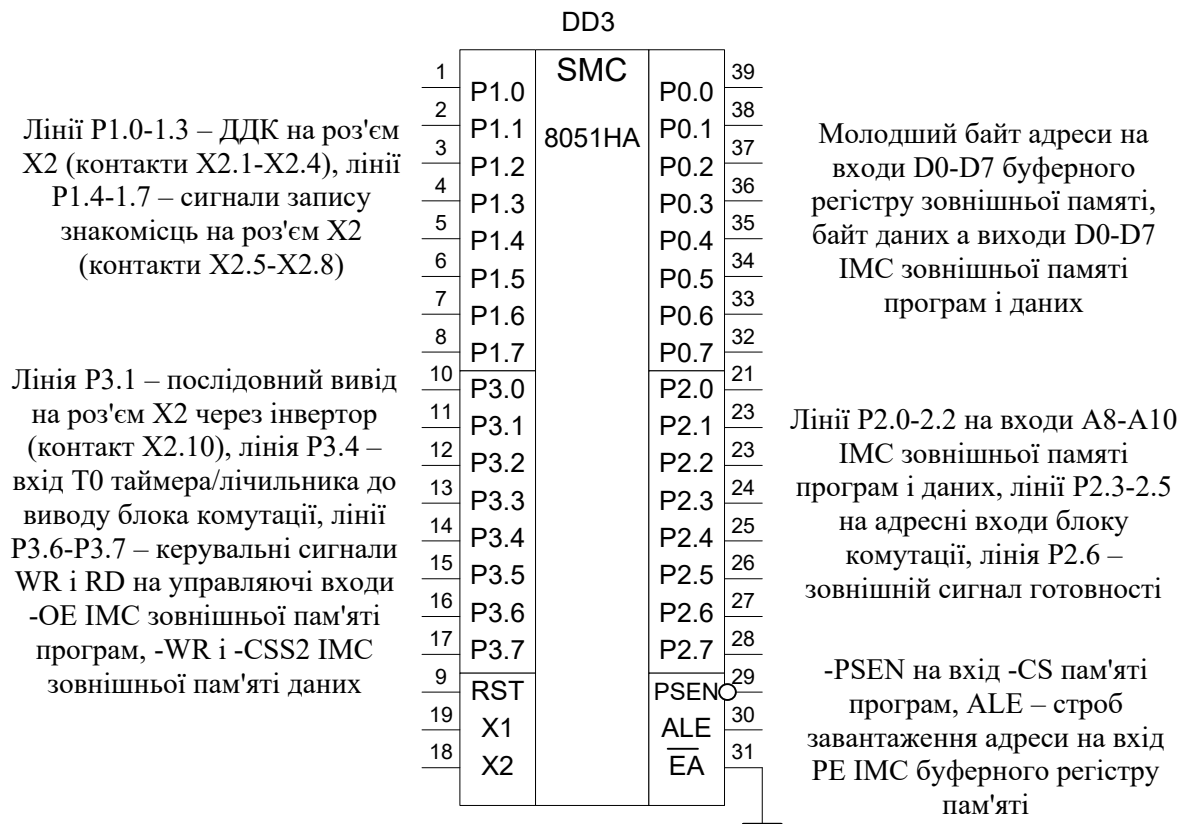


Рисунок 4.1 – Схема включення МК 8051HA в пристрій вимірювання

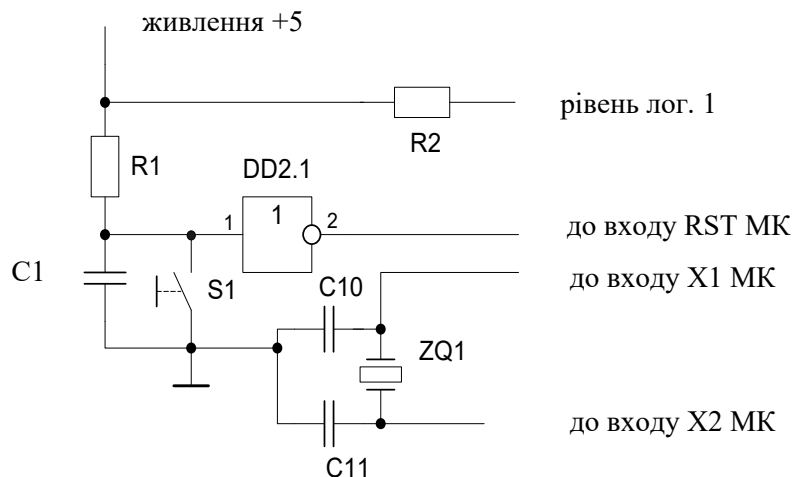


Рисунок 4.2 – Схема вузла синхронізації і встановлення в початковий стан МК

Перевод МК 8051НА в начальное состояние осуществляется единичным сигналом на входе RST, который формируется элементом НЕ DD2.1 при включении питания контроллера или при нажатии кнопки сброса S1. В качестве DD2.1 применяется ИМС SN74ALS04 [7, 8, 9]. Длительность сигнала сброса должна быть не менее двух машинных циклов, т.е. больше или равно 2 мкс. Номинальное значение резистора R1 времязадающей цепочки рассчитаем исходя из необходимости обеспечения тока двоичной единицы на входе DD2.1:

$$R1 \geq \frac{U_{\text{п}} - U_{\text{вх1}}}{I_{\text{вх1}}} = \frac{5 - 2,6}{0,4 \cdot 10^{-3}} = 6 \cdot 10^3 \text{ Ом},$$

где $U_{\text{п}} = 5 \text{ В}$ – напряжение питания;

$U_{\text{вх1}} \approx 2,6 \text{ В}$ – входное напряжение двоичной единицы для ИМС SN74ALS04;

$I_{\text{вх1}} \leq 0,4 \text{ мА}$ – входной ток двоичной единицы для ИМС SN74ALS04.

Выбираем $R1 = 6,2 \text{ кОм}$. Учитывая, что время заряда конденсатора C1 $\tau_{\text{C1}} \approx 2 \text{ мкс}$, выбор значения C1 выполним на основе условия

$$C1 \approx \tau_{\text{C1}} / R = 2 \cdot 10^{-3} / 6,2 \cdot 10^3 = 0,32 \cdot 10^{-6}.$$

Выбираем $C1 = 0,33 \text{ мкФ}$.

Поскольку используется внешняя память данных и внешняя память программ, то вход -EA подсоединяется к общей шине (рисунок 4.1).

4.2 Блоки зовнішньої пам'яті програм і даних

В блоке внешней памяти программ могут храниться как коды основной программы, так и коды подпрограмм по метрологической проверке и оценке измерительных характеристик устройства измерения, коды подпрограмм самодиагностики и контроля рабочего состояния внешних источников периодических последовательностей сигналов.

Емкость внешней памяти выбирается равной $C_{\text{ВПП}} = 2 \text{ Кбайт}$, а сама постоянная память будут иметь организацию $2\text{К} \times 8$, т.е. выходная разрядность блока внешней памяти программ составляет 8 бит. В качестве микросхемы постоянной памяти выбирается электрически программируемое постоянное запоминающее устройство (ПЗП) со стиранием ультрафиолетом Intel 2716 [7, 8]. Основные электрические и временные параметры ПЗУ Intel 2716

приведены в таблице 4.1. Адресное пространство постоянной памяти программ представляет собой область адресов 0000h-07FFh. Подключение блока внешней памяти программ DD5 к МК показано на рисунке 4.3.

Таблица 4.1 – Основні параметри ПЗП i2716 [7, 8]

Тип параметра	Значення параметра
Інформаційна ємність	2 Кбайт
Організація пам'яті	2К \times 8
Струм споживання I_{cc} , мА	≤ 105
Вихідна напруга низького рівня (при $I_{OL} = 1,6$ мА), В	$\leq 0,45$
Вихідна напруга високого рівня (при $I_{OL} = 200$ мкА), В	$\geq 2,4$
Вхідна напруга низького рівня сигналів по входах адреси, -OE, -WE і CS	(-0,1)...40,8
Вхідна напруга високого рівня сигналів по входах адреси, -OE, -WE і CS	2,0-5,25
Час вибірки адреси, I_{AA} , нс	≤ 450

В блоке внешней памяти данных хранятся результаты измерений частот периодических последовательностей сигналов, а также промежуточные данные работы подпрограмм (временные переменные, адреса, установки).

Емкость блока внешней памяти данных устройства измерения зависит глубины архивирования результатов. Примем емкость оперативной памяти блока внешней памяти данных равной $C_{ВПД} = 2$ Кбайта, а сама оперативная память будет иметь организацию также $2К \times 8$, т.е. выходная разрядность блока внешней памяти данных составляет 8 бит. Для реализации такой емкости оперативной памяти можно применить ИМС MSM5128 производства ОКІ SEMI, основные электрические и временные параметры которой приведены в таблице 4.2 [7, 8].

Таблица 4.2 – Основні параметри ОКІ SEMI MSM5128 [7, 8]

Тип параметра	Значення параметра
Інформаційна ємність	2 Кбайт
Організація пам'яті	2К \times 8
Струм споживання, I_{cc} , мА	≤ 30
Вихідна напруга низького рівня, В	$\leq 0,4$
Вихідна напруга високого рівня, В	$\geq 2,4$
Час циклу зчитування (запису), $t_{CR}, (t_{WR})$, нс	≥ 350
Час вибірки дозволу, t_{AC} , нс	≥ 220

Адресное пространство оперативной памяти данных представляет собой область адресов 0000h-07FFh. Подключение блока внешней памяти данных DD6 к МК показано на рисунке 4.3.

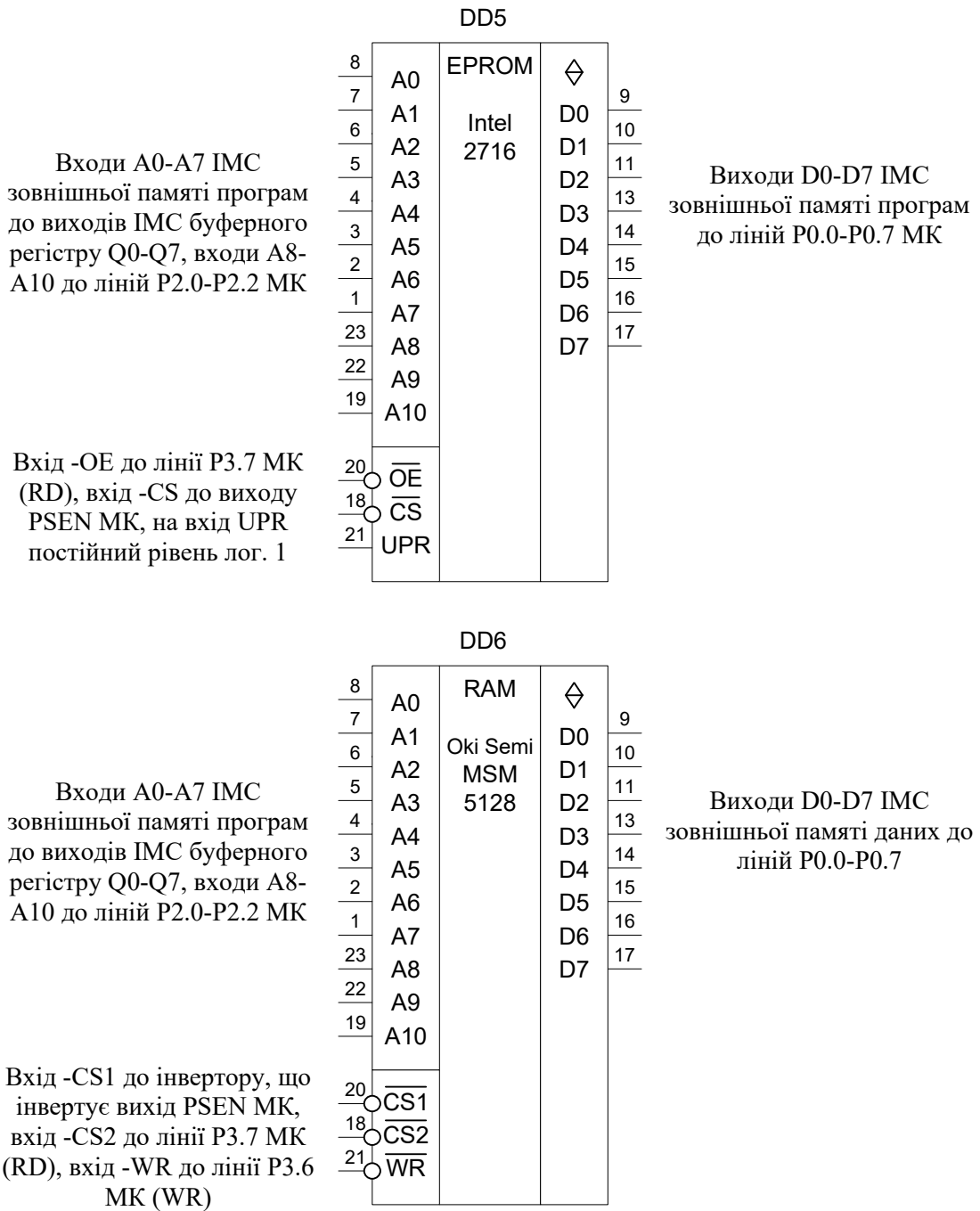


Рисунок 4.3 – Схема підключення блоку зовнішньої пам'яті даних і програм

При использовании упакованной записи полученных данных о частоте периодической последовательности сигналов для каждого из восьми внешних источников понадобится две восьмиразрядные ячейки (четыре тетрады ДДК) внешней памяти данных. Оперативная память данных емкостью $C_{ВПД} = 2$ Кбайта ($N_{ВПД} = 2048$ ячеек памяти) будет содержать в этом случае количество записей $M_{зап}$, характеризующих $P = 8$ внешних источников сигналов равно:

$$M_{зап} = N_{ВПД} / (2 \times P) = 2048 / (2 \times 8) = 128.$$

Временной период фиксации результатов измерений в памяти составляет $t_{ц} = 1$ минут, соответственно, время цикла чтения измерений из оперативной памяти при ее заполнении составляет 128 минут. Таким образом, каждые 120 минут будут сниматься данные измерений с проектируемого устройства по последовательному каналу, используя выход МК TxD (линия P3.1).

4.3 Блок комутації

Блок коммутации предназначен для мультиплексирования $P = 8$ внешних источников периодических сигналов. Соответственно, для коммутации такого количества выходов от внешних устройств необходимо количество адресных разрядов равно:

$$n_{ак} = \lceil \log_2 P \rceil = \lceil \log_2 8 \rceil = 3.$$

Для реализации блока коммутации предлагается использовать микросхему мультиплексора $8 \rightarrow 1$ SN74ALS151 [7, 8], коммутирующий восемь входов на один комплементарный выход, имеющий вход разрешения -E (рисунок 4.4). Выход Y мультиплексора SN74ALS151 подсоединяется к линии P3.4 (вход T0) порта P3, а к его адресным входам S2-S0 подсоединяются линии P2.3-2.5 порта P2 МК Intel 8051НА. На вход разрешения микросхемы -E постоянно подается логический "0".

Основные электрические характеристики SN74ALS151: время задержки сигнала составляет 4 нс, максимальный ток и мощность – 10 мА и 50 мВт соответственно [7, 8].

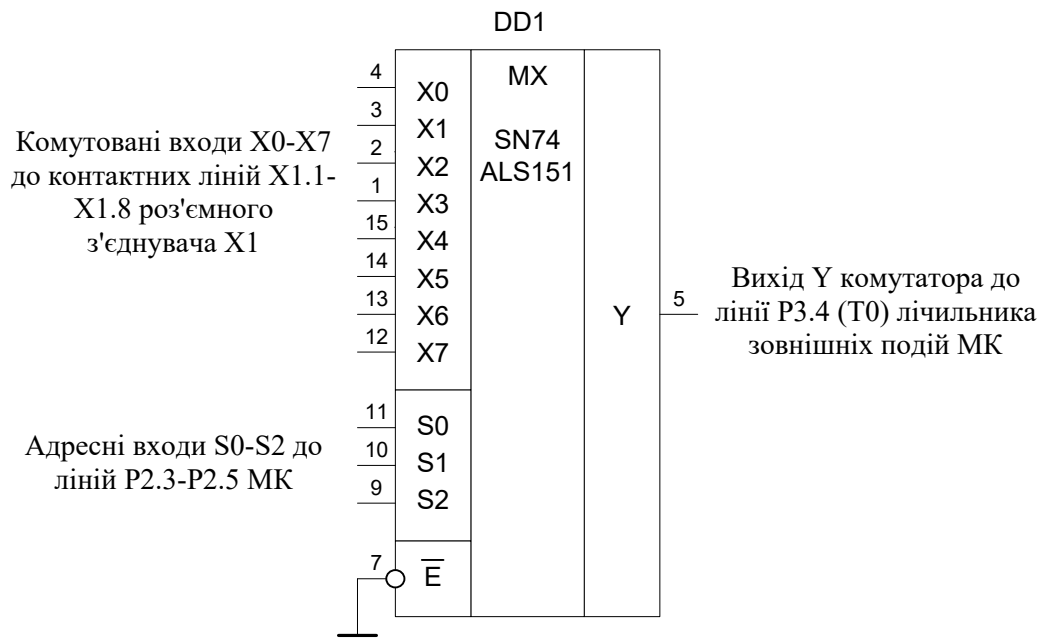


Рисунок 4.4 – Схема блоку комутації

4.4 Блока відображення вимірювань

БОИ выводит данные измерений в четырехразрядном ДДК (линии P1.0-P1.3) на дискретный индикатор. Общее количество разрядов индикатора БОД равно четырем. При таком числе знакомест индикатора можно применить статический принцип индикации, который предполагает простую схему управления индикацией [8, 9]. При этом скважность импульсов индикации с целью упрощения аппаратной части управления отображения измеренных значений частот предлагается взять равной $q = 1$. На каждый разряд БОИ отводится свой сигнал загрузки (линии P1.4-P1.7) четырехразрядного ДДК десятичной цифры значения полученной частоты (рисунок 4.5). Кроме того, схемотехнические решения по построению БОД зависят от минимальных силы I света и высоты h элемента отображения индикатора. Для проектируемого устройства измерения характеристик периодического сигнала принимается, что $I \approx 0,15$ мкд и $h \approx 7$ мм. При таких значениях I и h предлагается использовать полупроводниковые 7-сегментные индикаторы HD-1106 [9].

Схема БОИ включает в себя регистры DD2-DD5, предназначенные для промежуточного хранения отображаемых данных (рисунок 4.4). В качестве

регистров для БОИ применяются регистры-защелки К514ПР1, которые одновременно выполняют функцию преобразования ДДК в 7-разрядный код 7-сегментного полупроводникового индикатора HD-1106 [8, 9]. ИМС К514ПР1 инвертируют выходной код, а их выходные каскады для обеспечения требуемых прямых токов через светодиодные элементы построены по схеме с открытым коллектором. Выбор индикатора HD-1106 связан с тем, что

- сила света элемента отображения индикатора составляет не менее 0,15 мкд;
- полупроводниковый индикатор требует источник питания +5 В и имеет малые массогабаритные показатели;
- общим электродом у светодиодных элементов данного индикатора является анод, что хорошо согласуется с выходными кодами регистров К514ПР1 [8, 9].

Для ограничения прямого тока $I_{пр}$ через светодиоды индикатора необходимо последовательно с ними включить ограничительные резисторы $R_{огр}$ ($R_1 = R_2 = \dots = R_{28} = R_{огр}$), значения сопротивления которых рассчитываются по следующей формуле (с учетом значений сопротивлений стандартного ряда):

$$R_{огр} \approx \frac{U_n - U_{пр}}{I_{пр}} = \frac{5 - 2,5}{20 \cdot 10^{-3}} \approx 120 \text{ Ом},$$

где $U_n = 5 \text{ В}$ – напряжение источника питания;

$U_{пр} = 2,5 \text{ В}$ – падение напряжения на открытом р-п переходе светодиода индикатора;

$I_{пр} = 20 \text{ мА}$ – требуемый ток через светодиод индикатора при силе света 0,15 мкд.

ДДК вычисленного значения частоты поступает от МК 8051НА через линии P1.0-P1.3. Так как нагрузочная способность порта P1 обеспечивает только один ТТЛ-вход, то для упрочнения сигналов с линий P1.0-P1.3 необходимо использовать буферные элементы – инверторы DD1 SN74ALS04. Выходы DD1 подключены к информационным входам D0-D3 регистров DD2-DD5. На входы загрузки L регистров-защелок DD2-DD5 подается сигналы с линий P1.4-P1.7 МК 8051НА. Так как режим бланкирования незначущих разрядов индикатора не используется, то на входы В1 регистров К514ПР1 подается постоянная логическая "1". Выходы регистров DD2-DD5

непосредственно работают на соответствующие входы индикаторов HL1-HL4 HD-1106.

В связи с использованием инверторов DD1 на выходе линий МК P1.0-P1.3 перед выводом в БОИ двоично-десятичных кодов значения частоты периодических сигналов необходимо программным образом кодовые комбинации цифр предварительно проинвертировать.

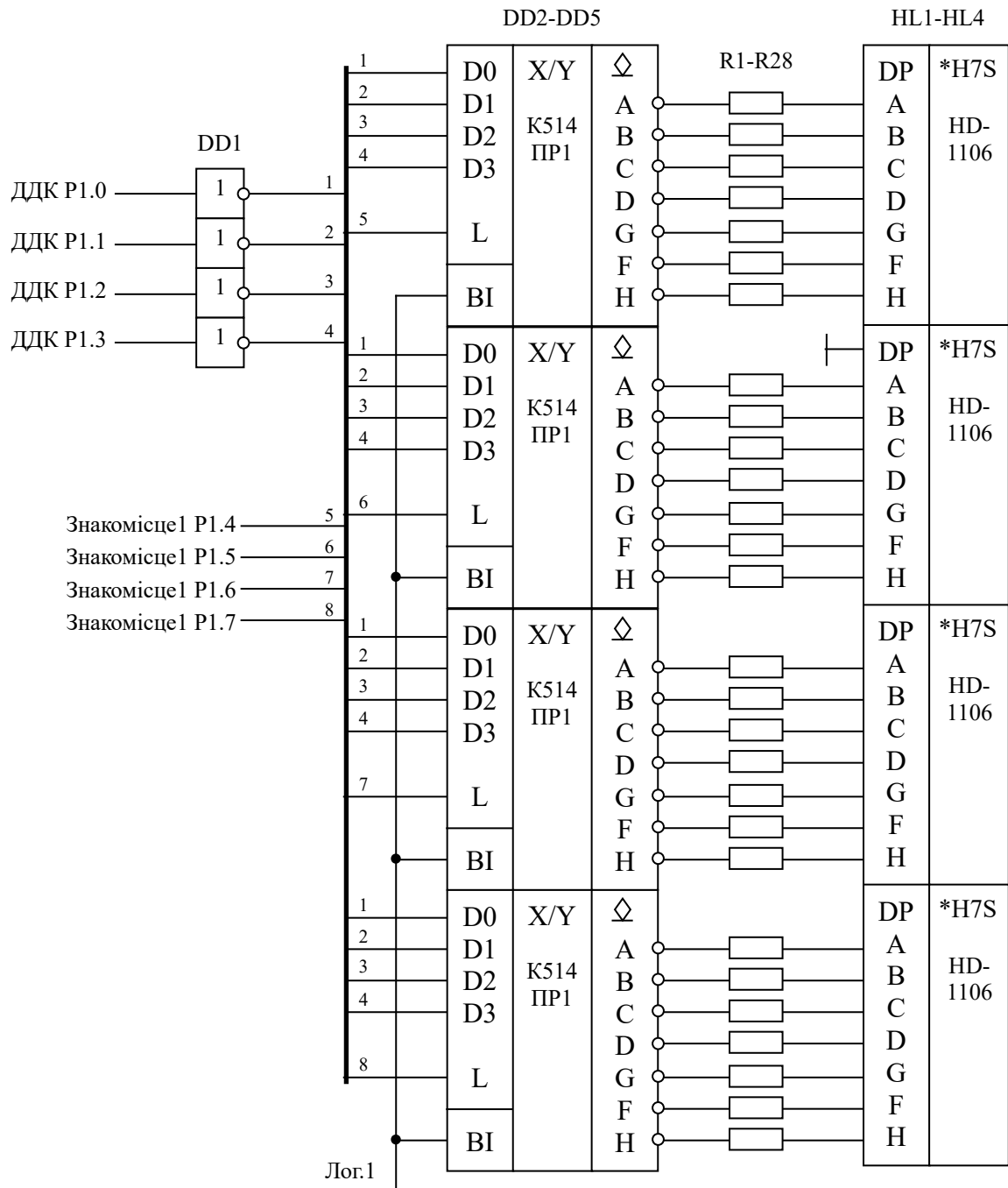


Рисунок 4.5 – Схема блоку відображення вимірювань

5 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ

Система команд МК состоит из 111 базовых команд [5, 6]. Их машинные коды могут быть записаны с помощью одного, двух или трех байтов. Все команды подразделяются на четыре группы: команды передачи данных, команды обработки данных, команды управления, команды для выполнения операций с отдельными битами.

Особенности разработки программного обеспечения для МК 8051НА следующие [5, 6].

Начиная с нулевого адреса, 32 ячейки памяти данных функционально могут быть использованы как регистры общего назначения, которые разбиваются на четыре группы (банка) по 8 регистров. Поэтому необходимо заранее установить номер банка регистров общего назначения, которые участвуют в операциях текущей программы. Указание номера банка производится программно путем установки или сброса разрядов D4 и D3 регистра признаков PSW.

При выполнении операций умножения и деления в МК в сочетании с аккумулятором А используется специальный 8-разрядный регистр В. В нем после умножения содержится младший байт результата, а после выполнения деления – частное. Во всех других операциях регистр В может быть использован как обычная ячейка памяти данных.

МК имеет 20 регистров специального назначения с фиксированными адресами, что обеспечивает обращение к ним как ячейкам памяти данных. Для регистров специального назначения, адреса которых кратны восьми, обеспечивается прямая адресация к каждому биту данного регистра.

Некоторые ячейки памяти данных также допускают адресацию к каждому биту.

Программы пользователя записываются в память, обычно начиная с адреса 002Bh, так как начальные адреса резервируются для обработки сигнала сброса (RST) и обслуживания запросов на прерывание.

У базових моделей сімейства (ядро MCS-51) є два програмованих 16-бітних таймера/лічильника (T0/C0 і T1/C1), які можуть бути використані і як

таймери, і як лічильники зовнішніх подій. Кожен з них складається з двох 8-бітних регістрів TH0 (старший байт) і TL0 (молодший байт) для таймера 0 або TH1 (старший байт) і TL1 (молодший байт) для таймера 1. При переповненні таймерів проводиться запис логічної "1" в додатковий тригер (прапор) TF0 для таймера 0 або TF1 для таймера 1 [5, 6].

У режимі таймера вміст відповідного таймера/лічильника інкрементується в кожному МЦ, тобто через кожні 12 періодів коливань кварцового резонатора [5, 6].

У режимі лічильника вміст відповідного таймера/лічильника інкрементується (збільшується на 1) під впливом переходу з логічного "1" в логічний "0" зовнішнього вхідного сигналу, що подається на вивід МК T0 або T1. Так як на розпізнавання періоду потрібні два МЦ, то максимальна частота підрахунку вхідних сигналів дорівнює $1/24$ частоти резонатора. На максимальну тривалість періоду вхідних сигналів обмежень немає. Для гарантованого виявлення переходу рівень вхідного сигналу не повинен змінюватися як мінімум протягом одного МЦ [5, 6].

Для управління режимами роботи таймерів використовується регістр TMOD. Кожна тетрада регістра TMOD управляє своїм таймером.

Вимірювання частоти можна зробити, підрахувавши кількість періодів невідомої частоти за одиницю часу. Принцип вимірювання частоти ілюструється часовою діаграмою (рисунок 5.1). Наприклад, якщо за 1 мс на вхід лічильника/таймера надійдуть 15 імпульсів, то виміряна частота дорівнює 15 кГц [1, 2].

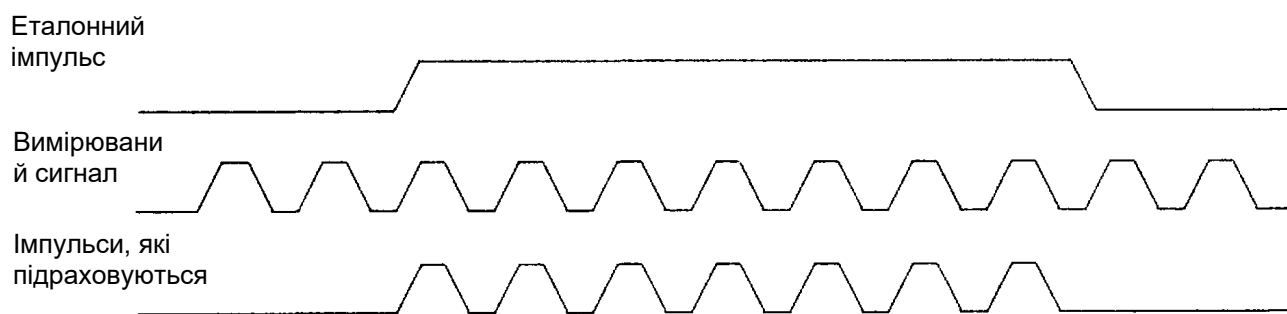


Рисунок 5.1 – Часова діаграма вимірювання частоти

Вимірюваний сигнал подається на вивід МК Т0 (лінія Р3.4). Таймер/лічильник Т0 налаштовується в режим лічильника записом в біт С/Тх логічної 1. Вміст таймера обнуляється. Таймер включається на строго певний інтервал часу. Цей інтервал задається іншим таймером.

Подпрограма, которая отвечает за вычисление частоты периодической последовательности сигналов выглядит следующим образом (@ обозначает косвенную адресацию, ad – прямую адресацию):

```

MOV TMOD,#00010101b
;|||||
;|||||++--- Перевести таймер Т0 в 16-розрядний режим
;|||||+--- Працювати від сигналу на виводі Т0
;|||||+--- Заборонити управління таймером від виводу
INT0
;||++--- Перевести таймер Т1 в 16-розрядний режим
;|+--- Працювати від внутрішнього генератора
;+--- Заборонити управління таймером від
виводу INT1
MOV TH0, #0 ; Обнулити старший байт лічильника
MOV TL0, #0 ; Обнулити молодший байт
лічильника
; замір вести протягом 1 мс
MOV TH1, # HIGH(-1000) ;Завантажити старший байт константи в
; старший байт таймера
MOV TL1, # LOW(-1000) ;Завантажити старший байт константи в
; молодший байт таймера
MOV TCON,#01010000b ;Включити частотомір
;|||||
;|||||+--- Переривання від виводу INT1 виникає по фронту
;|||||+--- Скинути запит переривання від виводу INT1
;|||||+--- Переривання від виводу INT1 виникає по фронту
;|||||+--- Скинути запит переривання від виводу INT1
;|||+--- Включити таймер Т0
;||+--- Обнулити прапор таймера Т0

```



```

;| + ————— Включити таймер T1
;+ ————— Обнулити прапор таймера T1
Принципи роботи мікроконтролерів 185 TstTimeOut:
JNB TF1, TstTimeOut ;Если 1 мс пройшла,
MOV TCON, #0000000b ;то вимкнути частотомір
;|||||
;|||||+ ————— Переривання від виводу INT1 виникає по фронту
;|||||+ ————— Скинути запит переривання від виводу INT1
;||||+ ————— Переривання від виводу INT1 виникає по фронту
;||||+ ————— Скинути запит переривання від виводу INT1
;|||+ ————— Включити таймер TO
;||+ ————— Обнулити прапор таймера TO
;|+ ————— Включити таймер T1
;+ ————— Обнулити прапор таймера T1

```

ВИСНОВОК

В результате выполнения квалификационной работы бакалавра было получено универсальное микроконтроллерное устройство измерения частоты периодических импульсных последовательностей, назначением которого является в целом проведение измерений параметров частоты импульсов (а также других параметров сигналов), сохранение значений измерений в памяти, вычисление при необходимости характеристик сигналов (среднего значения частоты, скважности и коэффициента заполнения импульсов, фазовых характеристик и т.д.) и отображение измеренных или вычисленных значений на дискретном индикаторе.

Областью применения данного устройства измерения может быть различные метрологические и тестовые информационно-измерительные системы, системы генерирования импульсных последовательностей с контролем точности характеристик импульсов.

В своем составе устройство измерения характеристик периодического сигнала содержит микроконтроллер фирмы Intel, архитектурные особенности которого направлены на реализацию различных сложных производственных приложений.

Спроектированное устройство измерения характеристик периодического сигнала обладает следующими техническими параметрами:

- прием периодических сигналов с 8 измерительных каналов;
- диапазон измеряемых частот $0 \dots 9999$ Гц;
- минимальный шаг приращения измеряемой частоты 1 Гц;
- период коммутации измерительных каналов $T \leq 1$ сек;
- хранение цифровых кодов измеренных значений 8 измерительных каналов во внешней памяти объемом 2 Кбайта;
- количество хранимых записей значений измерений более 120;
- цикл передачи по последовательному каналу 2 часа;
- отображение значений измеренной частоты на четырехразрядном дискретном полупроводниковом семисегментном индикаторе.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ратхор Т. Цифровые измерения. АЦП/ЦАП: учебник-монография / Т. Ратхор. – Техносфера, 2016. – 392 с.
2. Раннев Г.Г. Методы и средства измерений: учебник для вузов / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. – М.: Академия, 2014. – 336 с.
3. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые) / П.П. Орнатский. – К.: Вища школа, 1986. – 504 с.
4. Новацький А.О. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи. Ч.1. Мікропроцесорні системи: підручник / А.О. Новацький; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 361 с.
5. Новацький А.О. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи. Ч.1. Мікропроцесорні системи: підручник / А.О. Новацький; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 361 с.
6. Мікропроцесорна техніка: навчальний посібник з дисципліни для всіх форм навчання та студентів іноземців напряму підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології"/ Уклад. В.В.Кирик. – К.: ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2015. – 183 с.
7. The TTL Data Book. Texas Instruments, 2010.
8. <http://www.texnic.ru/data/ims-sprav.htm>. Справочник микросхем. Подборка справочной документации на отечественные и зарубежные, цифровые и аналоговые микросхемам (сторінка оновлена 2021 р.).
9. Платт Чарльз. Энциклопедия электронных компонентов. Том 2. Тиристоры. Аналоговые и цифровые микросхемы. Светодиоды. ЖК-дисплеи. Источники звука / Чарльз Платт, Фредерик Янссон. – СПб: ВНУ, 2016. – 368 с.