

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний економічний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

Усік Іван Васильович

**Вимірювальний генератор на базі
мікроконтролера / Measuring generator
based on microcontroller**

напрямок підготовки: 6.050102 - Комп'ютерна інженерія
фахове спрямування - Комп'ютерні системи та мережі

Бакалаврська робота

Виконав студент групи КСМ-
41/1
Усік Іван Васильович

Науковий керівник: к.т.н.,
Масляк Б.О.

Тернопіль - 2018

РЕЗЮМЕ

Дипломний проект містить 60 сторінок пояснюючої записки, 3 рисунки, 7 таблиць, 2 додатки. Обсяг графічного матеріалу 2 аркуші формату А3.

Метою виконання даного дипломного проекту є проектування, розрахунок технологічності вимірювального генератора на базі мікроконтролера.

Розглянуто вимірювальний генератор на базі мікроконтролера, в яких необхідне значення частоти встановлюють за допомогою клавіатури, виконані на мікроконтролері, діапазон частот, що генеруються обмежений кількома мегагерцами, і отримання точного значення частоти неможливо. Застосування синтезатора частоти дозволило розширити діапазон частот, що генеруються від 1 Герца до 60 МГц, в межах якого можна отримати будь-яке значення частоти з точністю 1 Гц.

В ході розгляду характеристик приладу і його сучасних аналогів були виявлені переваги приладу і раціональність його використання. Проведений розрахунок надійності і технологічності, а також економічний розрахунок ліквідності виробництва. За підсумками розрахунків стала очевидна корисність використання мікроконтролера в вимірювальній техніці - це значно знижує вартість приладу, спрощує його обслуговування і ремонт.

Ключові слова: ГЕНЕРАТОР, МІКРОКОНТРОЛЕР, ЧАСТОТА.

RESUME

The diploma project contains 60 pages of explanatory note, 3 figures, 7 tables, 2 appendices. Volume of graphic material 2 sheets of A3 format.

The purpose of this diploma project is the design, calculation of the manufacturability of the measuring generator based on the microcontroller.

A measuring generator based on a microcontroller is considered, in which the required frequency value is set using a keyboard made on a microcontroller, the frequency range generated is limited to a few megahertz, and obtaining the exact frequency value is impossible. The use of a frequency synthesizer has allowed to expand the range of frequencies generated from 1 Hertz to 60 MHz, within which you can get any frequency value with an accuracy of 1 Hz.

During consideration of characteristics of the device and its modern analogs advantages of the device and rationality of its use were revealed. The calculation of reliability and manufacturability, as well as economic calculation of liquidity of production. According to the results of calculations, the usefulness of using a microcontroller in measuring equipment became obvious - it significantly reduces the cost of the device, simplifies its maintenance and repair.

Key words: GENERATOR, MICROCONTROLLER, FREQUENCY.

ЗМІСТ

Вступ.....	10
1 Особливості розробки та застосування вимірювальних генераторів.....	12
1.1 Структура та застосування вимірювальних генераторів.....	12
1.2 Використання мікроконтролерів в сфері застосування функцій.....	19
1.3 Можливі рішення та постановка задачі.....	26
2 Проектування компонентів вимірювального генератора.....	32
2.1 Розробка структурної схеми.....	32
2.2 Вибір і обґрунтування елементної бази.....	34
2.3 Мікроконтролер з RISC архітектурою.....	39
3 Апаратна та програмна реалізація вимірювального генератора.....	43
3.1 Розробка схеми електричної принципової.....	43
3.2 Програмне забезпечення синтезатора.....	44
3.3 Вибір і обґрунтування конструкції приладу.....	51
Висновки.....	62
Список використаних джерел.....	10

					ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ГЕНЕРАТОР НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Усік І.В.								8	77
Перевір.		Масляк Б.О									
Консультант		Паздрій І.Р.									
Н. Контр.		Гураль І.В.									
Затверд.		Березький			ТНЕУ. ФКІТ. КСМ – 41/1						

ВСТУП

Вимірювальні генератори, в яких необхідне значення частоти встановлюють за допомогою клавіатури, як правило виконані на мікроконтролері, діапазон частот, що генеруються обмежений кількома мегагерцами, а отримання точного значення частоти неможливо.

Розроблюваний в даному дипломному проекті генератор теж містить мікроконтролер PIC16F84A, але використаний він тільки для управління спеціальною мікросхемою - синтезатором частоти AD9850. Використання цієї мікросхеми дозволить розширити діапазон частот, що генеруються від частки герца, до 60 МГц, в межах якого можна отримати будь-яке значення частоти з точністю 1 Гц.

Метою виконання даного дипломного проекту є проектування, розрахунок технологічності і економічній ліквідності виробництва вимірювального генератора на базі мікроконтролера.

Процес проектування включає в себе наступні стадії:

1) науково-дослідні роботи (проводиться всебічний аналіз завдань для реалізації яких призначені об'єкти проектування, аналіз патентних аналогів, розробляється технічне завдання, яке конкретизує призначення об'єкта, визначення основних принципів функціонування об'єкта проектування);

2) дослідно-конструкторські роботи (розробляється ескіз проекту, детально перевіряються і конкретизуються принципи і положення);

3) робоче проектування (конструкторське проектування: конструкція об'єкта проектування і конструкторська документація; технологічне проектування: розробляється технологія і складається технологічна документація);

4) виготовлення, налагодження та регулювання дослідного зразка, коректування проекту на основі отриманих даних.

					ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

Розрахунок технологічності проектованого пристрою необхідний для прогнозу терміну служби, безвідмовної роботи, а також раціональності використання приладу. Він є основною частиною конструкторсько-технологічного розділу, який включає в себе обґрунтування конструкції приладу і матеріалів виготовлення друкованої плати, вибір способу установки і кріплення ЕРЕ (електро-радіоелемента), безпосередньо розрахунок технологічності, розрахунок надійності, а також вказівки по технічній експлуатації.

Економічний розрахунок виробництва пристрою дозволяє прогнозувати раціональність випуску пристрою на ринок. Розрахунок включає в себе всі економічні аспекти виробництва: витрати на початкові сировину і матеріали, розрахунок трудомісткості робіт, і відповідно заробітної плати фахівців і іншого персоналу, розрахунок собівартості одиниці продукції, план випуску, та інші супутні витрати. Відповідно до плану виробництва розраховується відпускна ціна одиниці продукції, і відповідно передбачуваний прибуток. Залежно від проведених витрат і передбачуваного прибутку і розраховується загальна доцільність (або ж ліквідність) виробництва пристрою.

					ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

1 ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ГЕНЕРАТОРІВ

1.1 Структура та застосування вимірювальних генераторів

Вимірювальні генератори сигналів (автогенератори) - джерела сигналів різних форм і частот, призначені для роботи з радіоелектронними схемами. Вони мають ряд принципових відмінностей від звичайних генераторів: володіють можливістю точного встановлення і регулювання вихідних параметрів коливань (частоти, форми і рівня напруги або потужності) в широких діапазонах; мають високу стабільність параметрів і вбудовані вимірювальні прилади, що дозволяють контролювати установки сигналів; можуть працювати спільно з іншими засобами вимірювання і програмного управління.

Залежно від форми вихідних сигналів розрізняють вимірювальні генератори гармонійних і релаксаційних (імпульсних) коливань. В спектрі вихідного сигналу генератора гармонійних коливань є одна або кілька гармонік. Вихідні коливання релаксационного генератора містять широкий спектр гармонік, що мають сумірні амплітуди.

За частотного діапазону генератори діляться на:

- інфранізкочастотні (0,01 ... 20 Гц),
- низькочастотні або звукового діапазону (20 ... 300000 Гц),
- генератори високих частот (0,3 ... 300 МГц),
- надвисокочастотні (НВЧ, понад 300 МГц).

Особливу групу представляють генератори випадкових коливань (сигналів) - вимірювальні генератори шумових сигналів. Відзначимо також генератори псевдовипадкових і лінійно-змінюються напруг (ГЛИН або свіп-генератори (від англ. Sweep)). Такі генератори використовують як вимірювальні, так і в якості генераторів розгортки[1].

					ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

Незалежно від призначення, принципу дії та схмотехнічного виконання генератор будь-яких перерахованих коливань (крім параметричних схем генерації) складається з нелінійного підсилувача, ланцюзі позитивного зворотного зв'язку і джерела живлення постійного струму. Форма і частота вихідних коливань визначаються тільки параметрами самого генератора.

Генератор гармонійних коливань мусить мати в своєму складі вузькополосну коливальну систему. Принцип дії релаксаційних генераторів ґрунтується на зарядно-розрядних або накопичувально-поглинаючих явищах, що протікають в широкосмугових енергоємних ланцюгах позитивного зворотного зв'язку.

Розглянемо умови самозбудження генератора гармонійних коливань. Для збудження і генерації коливань частина їх потужності з виходу підсилувача (точніше, з коливальної системи) подається на його вхід по спеціально введеної ланцюга позитивного зворотного зв'язку (ОС). Інакше кажучи, подібний пристрій "збуджує саме себе" і тому називається генератором з самозбудженням.

Механізм виникнення коливань в генераторі можна спрощено трактувати наступним чином. У момент запуску в коливальній системі мимовільно виникають слабкі вільні коливання, обумовлені включенням джерел живлення, замиканням ланцюгів, стрибками струмів і напруг в усилительном приладі і т. Д. Завдяки введенню ланцюзі позитивного ОС частина енергії коливань з виходу підсилувача надходить на його вхід. Через наявність узкополосной коливальні системи всі описані процеси відбуваються на одній частоті ω і різко згасають на інших частотах.

Спочатку, після включення живлення генератора, посилення виник в коливальній системі сигналу відбувається в лінійному режимі, а потім, у міру зростання амплітуди коливань, істотну роль починають грати нелінійні властивості підсилувального елемента. В результаті амплітуда

вихідних коливань генератора досягає деякого усталеного рівня і потім стає практично незмінною. Енергія, що відбирається від джерела постійного струму підсилувачем схеми за один період коливань, виявляється рівною енергії, що витрачається за той же час в навантаженні. У цьому випадку говорять про стаціонарному режимі роботи генератора.

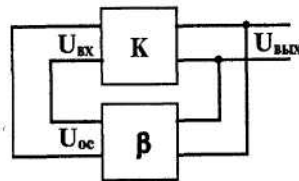


Рисунок 1.1 Робота генератора в стаціонарному режимі

Генератор гармонійних коливань (як і коливань будь-якої форми і частоти) можна уявити узагальненої структурної схемою, що складається з нелінійного резонансного підсилувача з комплексним коефіцієнтом посилення $K = K(j\omega)$ і ланцюзі позитивного ОС з комплексним коефіцієнтом передачі по напрузі. У представленій схемі генератора відзначені комплексні амплітуди наступних напруг: вхідного – $U_{вх} = U_{вх}(j\omega)$; вихідного - $U_{ввих} = U_{ввих}(j\omega)$; і зворотного зв'язку- $U_{ос} = U_{ос}(j\omega)$;

Вираз для напруги зворотного зв'язку на будь-якій частоті генерації ю запишемо у вигляді: $U_{ос} = U_{вх} = \beta U_{ввих}$

Тоді вихідна напруга визначається як $U_{ввих} = KU_{вх}$, або з урахуванням формули, $U_{ввих} = K\beta U_{ввих}$. Звідси випливає, що автогенератор буде працювати в стаціонарному режимі за умови, коли $K\beta=1$.

Якщо $K\beta > 1$, то амплітуда вихідних коливань наростає, що визначає необхідну умову самозбудження генератора. Уявімо формулу таким чином:

$$K(\omega)e^{j\varphi_K(\omega)}\beta(\omega)e^{j\varphi_\beta(\omega)} = K\beta e^{j(\varphi_K+\varphi_\beta)} = 1$$

Тут показники K ($\omega = K i \beta$ ($\omega = \beta$ - дійсні значення коефіцієнта посилення власне підсилювача (без ланцюга ОС і коефіцієнта передачі ланцюга позитивною ОС; i - фазові зрушення, що вносяться відповідно підсилювачем і ланцюгом позитивного ОС на поточній частоті ω).

В генераторах гармонійних коливань коливальними системами служать резонансні LC-контури (в НВЧ-генераторах для цих цілей використовуються резонаторні системи і частотно-залежні (фазує RC-ланцюга. Генератори гармонійних коливань з LC-контурами називаються LC-генераторами, а з фазує RC-ланцюгами - RC-генераторами. LC-генератори виробляють коливання досить високої частоти (більше 100 кГц, а RC-генератори застосовують для створення низькочастотних гармонійних коливань (від часткою герц до десятків кілогерц[2].

У діапазоні радіочастот в засобах вимірювань використовуються як генератори сигналів, так і генератори стандартних сигналів. Генератори сигналів мають велику середню вихідну потужність (до 3 Вт) і використовуються для живлення вимірювальних передавальних антен і інших потужних пристроїв. Генератори стандартних сигналів - малопотужні джерела з низьким рівнем вихідної напруги (до 1 В) - застосовують при випробуваннях та налаштування вузлів радіоапаратури. Основні вимоги, що пред'являються до ГСС: високі стабільність частоти і амплітуди вихідного сигналу, малий коефіцієнт нелінійних спотворень.

В генераторах стандартних сигналів передбачається можливість отримання амплітудної модуляції за рахунок використання як зовнішнього, так і внутрішнього джерел напруги. Внутрішня модуляція зазвичай діє на частотах 400 і 1000 Гц.

Генератори сигналів високих частот є джерелами незатухаючих або модульованих по амплітуді синусоїдальних вимірювальних сигналів, параметри яких відомі з нормованою похибкою. Ці генератори працюють в діапазоні 100 (50) кГц - 30 (50) МГц і застосовуються в основному для

настройки радіомовних приймачів, для вимірювань характеристик чотириполіусників, для харчування різних радіопристроїв. Сучасні високочастотні генератори вимірювальних сигналів відносяться до єдиної конструктивної серії генераторів на діапазон частот від 100 кГц до 1 ГГц, призначеної для заміни існуючого парку генераторів зазначеного діапазону. Вони виконуються на транзисторах і мікросхемах з використанням широкосмугового посилення і автоматичних регулювань.

Основним вузлом генератора є задає LC-генератор. (Генератор Г4-102) Діапазон частот, що генеруються розбивається на ряд піддіапазонів, що встановлюються залученням відповідних котушок індуктивності. Зміна частоти в межах піддіапазону здійснюється за допомогою конденсатора змінної ємності. Резонансна частота піддіапазонах не перевищує 2-3, а генератора $f = 1 /$ змінюється обернено пропорційно, тому перекриття в піддіапазонів досягає 8. Мале перекриття дозволяє підвищити точність градування шкали частот і зменшити похибку її установки. Амплітудна модуляція здійснюється в модуляторі M , що представляє собою широкосмуговий підсилювач з нелінійним коефіцієнтом передачі, змінним модулюючим сигналом.

На виході модулятора включений фільтр верхніх частот. Вхідний сигнал UBХ є сумою сигналу високої (несучої) частоти uf , амплітуда якого мала, і сигналу низької (модулюючої) частоти uF з великою амплітудою. Напряга модулюючого сигналу uF переміщує робочу точку підсилювача за влучним висловом 1 на ділянці з різною крутизною, і на виході модулятора утворюється високочастотний сигнал, амплітуда якого змінюється згідно із законом зміни модульованого сигналу. Фільтр верхніх частот не пропускає модулююча напруга, і на його виході виходить високочастотний амплітудно-модульований сигнал $U_{вих}$

При такому способі модуляції її коефіцієнт не залежить від рівня сигналу високої частоти, а визначається тільки рівнем низькочастотного

модуючого сигналу. Останній надходить або від внутрішнього генератора Γ , який виробляє напругу з частотою 1 кГц, або від зовнішнього джерела з частотами від 50 Гц до 15 кГц. Максимальний рівень сигналу, що модулює, відповідний модуляції 90%, встановлюється при виведеному низькочастотному аттенуатор A_m і контролюється вольтметром через детектор (випрямний перетворювач ВПр1), коли перемикач П знаходиться в положенні 2. Зміна коефіцієнта модуляції і відлік його значення виконується за допомогою того ж аттенуатора дискретно, через 10 %.

Після модулятора високочастотний сигнал надходить на вхід широкосмугового підсилювача У2, охопленого ланцюгом автоматичного регулювання рівня АРУ. У ланцюг АРУ входять випрямний перетворювач ВПр2, диференційний підсилювач постійного струму ДУ і регулятор опорної напруги РОН. На вхід 1 ДУ надходить постійна напруга, пропорційне середньому значенню вихідного сигналу, а на вхід 2 - опорна напруга. Різниця цих напруг є керуючим сигналом, що впливає на модулятор так, що його коефіцієнт передачі змінюється і різниця напруги прагне до нуля[3].

Генератори ультрависоких частот (наприклад, генератор Г4-107) працюють на частотах до 400 (1000) МГц. Вони застосовуються для настройки і випробувань апаратури мовлення з частотною модуляцією (УКВ ЧМ), телебачення, радіонавігації, телеметрії, рухомий радіозв'язку і т. П. У них застосовуються кілька видів модуляції і маніпуляції. Для формування діапазону частот застосовуються задають генератори з перебудовується LC-контурами в діапазоні вихідних частот або з гетеродинним способом перенесення частоти. Набули поширення генератори ультрависоких частот з розподілом частот генератора, що задає. Цей спосіб краще, оскільки в заданому генераторі не потрібні комутуючі механізми, конструкція спрощується, стабільність частоти

підвищується.

Генератор, що задає ЗГ виробляє частоти верхнього піддіапазону, наприклад 200-400 МГц, легко перекриваються за допомогою конденсатора змінної ємності. Перехід до наступного поддіапазону здійснюється включенням відповідного числа дільників частоти, кожен з яких ділить частоту на два. Вихідні сигнали подільників несинусоїдальний, тому після кожного з них включені смугові фільтри Ф. Вибір потрібного піддіапазону проводиться за допомогою перемикача П. Частотна модуляція здійснюється в заданому генераторі, до коливального контуру якого приєднаний паралельно варікап. Амплітудна модуляція відбувається в широкосмуговому модуляторі М. Імпульсна модуляція передбачена в широкосмуговому вихідному підсилювачі Ух. Незалежне здійснення різних видів модуляції в різних вузлах генератора дозволяє отримувати комбіновану модуляцію в будь-якому поєднанні. Є допоміжний вихід модельованій сигналу через широкосмуговий підсилювач з-відносна похибка установки частоти 1% .; нестабільність частоти $(1-7- 1,5) * 10 \sim 4$; похибка установки модуляції 5- 10%; діапазон модулюючих частот 50 Гц - 200 кГц).

Генератори надвисоких частот використовують для налаштування радіоприймальних пристроїв радіолокаційних і радіонавігаційних станцій, систем космічного зв'язку і супутникового мовлення, вимірювання параметрів антен і т. д. Особливостями вимірювальних генераторів цього виду є відносна простота електронної частини схеми і складність механічних вузлів приладів. Схема генератора надвисоких частот (НВЧ) включає власне НВЧ-генератор, імпульсний модулятор, вимірювач малої потужності, частотомір і калібрований аттенюатор. Все високочастотні вузли генератора з'єднуються хвилеводами. Задають НВЧ-генератори вимірювальних приладів виконують на відбивних клістродах із зовнішнім або внутрішнім резонатором, на діодах Ганна, магнетронах, лавинно-

пролітних діодах (ЛПД) або на лампах зворотної хвилі (ЛОВ). У вимірювальних НВЧ-генераторах необхідна ретельна екранування, так як витік потужності зі зростанням частоти зростає. Провід живлення виконуються у вигляді коаксіальних кабелів із спеціальним наповненням, добре поглинає енергію НВЧ-коливань. Підвищені вимоги висувають і до джерел живлення, так як активні елементи НВЧ-діапазону чутливі до нестабільності живлячої напруги[4].

Цифрові генератори низьких частот у порівнянні з аналоговими характеризуються більш ефективними метрологічними характеристиками: високими точністю установки і стабільністю частоти, малим коефіцієнтом нелінійних спотворень (строго синусоїдальної формою), постійністю рівня вихідного сигналу. Цифрові генератори, які отримують все більш широке поширення, зручніше аналогових в експлуатації: вище швидкодія, істотно простіше установка необхідної частоти, більш наочна індикація. Крім того, цифрові генератори мають можливість автоматичної перебудови частоти за заздалегідь заданою програмою і застосування в поєднанні з цифровими засобами обробки інформації. Дія цифрових генераторів засноване на принципі формування числового коду з подальшим перетворенням його в аналоговий гармонійний сигнал. Останній апроксимується функцією, моделюється за допомогою цифро-аналогового перетворювача (ЦАП).

1.2 Використання мікроконтролерів в сфері застосування функцій

Мікроконтролер (MCU) - мікросхема, призначена для управління електронними пристроями. Типовий мікроконтролер поєднує в собі функції процесора і периферійних пристроїв, може містити оперативний запам'ятовуючий пристрій і постійний запам'ятовуючий пристрій. По суті,

					ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

це однокристальний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання. Використання однієї мікросхеми, замість цілого набору, як у випадку звичайних процесорів, що застосовуються в персональних комп'ютерах, значно знижує розміри, енергоспоживання і вартість пристроїв, побудованих на базі мікроконтролерів. Мікроконтролери є основою для побудови вбудованих систем, їх можна зустріти в багатьох сучасних приладах, таких, як телефони, пральні машини і т. П. Термін «мікроконтролер» (МК) витіснив з ужитку раніше використовувався термін «однокристальна мікро-ЕОМ». Перший же патент на однокристальну мікро-ЕОМ був виданий в 1971 році інженерам М. Кочрену і Г. Буну, співробітникам Texas Instruments. Саме вони запропонували на одному кристалі розмістити не тільки мікропроцесор, а й пам'ять, пристрої введення-виведення. З появою однокристальних мікро-ЕОМ пов'язують початок ери комп'ютерної автоматизації в галузі управління. Мабуть, ця обставина і визначило термін «мікроконтролер» (control - управління). У 1979 році НДІ ТТ розробили однокристальних 16-розрядну ЕОМ К1801ВЕ1, архітектура якої називалася «Електроніка НЦ». У 1980 році фірма Intel випускає мікроконтролер і8048. Трохи пізніше в цьому ж році Intel випускає наступний мікроконтролер: і8051. Вдалий набір периферійних пристроїв, можливість гнучкого вибору зовнішньої або внутрішньої програмної пам'яті і прийнятна ціна забезпечили цьому мікроконтролеру успіх на ринку. З точки зору технології мікроконтролер і8051 був для свого часу дуже складним виробом - в кристалі було використано 128 тис. Транзисторів, що в 4 рази перевищувало кількість транзисторів в 16-розрядному мікропроцесорі і8086[5].

На сьогоднішній день існує більше 200 модифікацій мікроконтролерів, сумісних з І8051, що випускаються двома десятками компаній, і велика кількість мікроконтролерів інших типів. Популярністю у розробників користуються 8-бітові мікроконтролери РІС фірми Microchip

Technology і AVR фірми Atmel, шістнадцятибітну MSP430 фірми TI, а також ARM, архітектуру яких розробляє фірма ARM і продає ліцензії іншим фірмам для їх виробництва, процесорів - мікроконтролери.

При проектуванні мікроконтролерів доводиться дотримувати баланс між розмірами і вартістю з одного боку і гнучкістю і продуктивністю з іншого. Для різних додатків оптимальне співвідношення цих та інших параметрів може відрізнятись дуже сильно. Тому існує величезна кількість типів мікроконтролерів, що відрізняються архітектурою процесорного модуля, розміром і типом вбудованої пам'яті, набором периферійних пристроїв, типом корпусу і т. Д[6].

В даний час випускається цілий ряд типів МК. Всі ці прилади можна умовно розділити на три основні класи:

- 8-розрядні МК для вбудованих додатків;
- 16- і 32-розрядні МК;
- цифрові сигнальні процесори (DSP).

Найбільш поширеним представником сімейства МК є 8-розрядні прилади, широко використовувані в промисловості, побутової та комп'ютерної техніки. Вони пройшли в своєму розвитку шлях від найпростіших приладів з відносно слаборозвиненою периферією до сучасних багатфункціональних контролерів, що забезпечують реалізацію складних алгоритмів керування в реальному масштабі часу. Причиною життєздатності 8-розрядних МК є використання їх для управління реальними об'єктами, де застосовуються, в основному, алгоритми з переважанням логічних операцій, швидкість обробки яких практично не залежить від розрядності процесора.

Зростанню популярності 8-розрядних МК сприяє постійне розширення номенклатури виробів, що випускаються такими відомими фірмами, як Motorola, Microchip, Intel, Zilog, Atmel і багатьма іншими. Сучасні 8-розрядні МК мають, як правило, поруч характерних ознак.

Перелічимо основні з них:

– модульна організація, при якій на базі одного процесорного ядра (центрального процесора) проектується ряд (лінійка) МК, що розрізняються обсягом і типом пам'яті програм, обсягом пам'яті даних, набором периферійних модулів, частотою синхронізації;

– використання закритої архітектури МК, яка характеризується відсутністю ліній магістралей адреси і даних на виводах корпусу МК. Таким чином, МК являє собою закінчену систему обробки даних, нарощування можливостей якої з використанням паралельних магістралей адреси і даних не передбачається;

– використання типових функціональних периферійних модулів (таймери, процесори подій, контролери послідовних інтерфейсів, аналого-цифрові перетворювачі та ін.), Що мають незначні відмінності в алгоритмах роботи в МК різних виробників;

– розширення числа режимів роботи периферійних модулів, які задаються в процесі ініціалізації регістрів спеціальних функцій МК[7].

При модульному принципі побудови всі МК одного сімейства містять процесорний ядро, однакове для всіх МК даного сімейства, і змінюваний функціональний блок, який відрізняє МК різних моделей. Процесорний ядро включає в себе:

- центральний процесор;
- внутрішню контролерну магістраль (ВКМ) у складі шин адреси, даних і управління;
- схему синхронізації МК;
- схему управління режимами роботи МК, включаючи підтримку режимів зниженого енергоспоживання, початкового запуску (скидання) і т.д.

Змінний функціональний блок включає в себе модулі пам'яті різного типу і обсягу, порти введення / виводу, модулі тактових генераторів (Г),

таймери. У відносно простих МК модуль обробки переривань входить до складу процесорного ядра. У більш складних МК він являє собою окремий модуль з розвиненими можливостями. До складу змінюваного функціонального блоку можуть входити і такі додаткові модулі як компаратори напруги, аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) та інші. Кожен модуль проектується для роботи в складі МК з урахуванням протоколу ВКМ. Даний підхід дозволяє створювати різноманітні за структурою МК в межах одного сімейства.

РІС16С71 відноситься до сімейства КМОП мікроконтролерів. Відрізняється тим, що має внутрішнє 1К x 14 біт EPROM для програм, 8-бітові дані і 64 байтовий вбудований аналого-цифровий перетворювач. Відрізняються низькою вартістю і високою продуктивністю.

Користувачі, які знайомі з сімейством РІС16С5Х можуть подивитися детальний список відмінностей нового від вироблених раніше контролерів.

Всі команди складаються з одного слова (14 біт шириною) і виконуються за один цикл (200 нс при 20 МГц), крім команд переходу, які виконуються за два цикли (400 нс).

РІС16С71 має переривання, що спрацьовує від чотирьох джерел, і восьмирівневий апаратний стек[8].

Периферія включає в себе 8-бітний таймер / лічильник з 8-бітовим програмованим попередніми дільником (фактично 16 - бітний таймер), 13 ліній двонаправленого вводу / виводу і восьми бітний аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Висока здатність навантаження (25 мА макс. Втікає струм, 20 мА макс. Що впливає струм) ліній вводу / виводу спрощують зовнішні драйвери і, тим самим, зменшується загальна вартість системи.

АЦП має чотири канали, схему вибірки і зберігання, роздільну здатність 8 біт з похибкою не більше одного молодшого розряду. Середній час перетворення 30 мкс, включаючи час вибірки.

Серія РІС16С71 підходить для широкого спектру додатків від схем

мікроконтролерів, сумісних з i8051, що випускаються двома десятками компаній, і велика кількість мікроконтролерів інших типів. Популярністю у розробників користуються 8-бітові мікроконтролери PIC фірми Microchip Technology і AVR фірми Atmel, шістнадцятибітну MSP430 фірми TI, а також ARM, архітектуру яких розробляє фірма ARM і продає ліцензії іншим фірмам для їх виробництва, процесорів – мікроконтролери[10].

При проектуванні мікроконтролерів доводиться дотримувати баланс між розмірами і вартістю з одного боку і гнучкістю і продуктивністю з іншого. Для різних додатків оптимальне співвідношення цих та інших параметрів може відрізнятися дуже сильно. Тому існує величезна кількість типів мікроконтролерів, що відрізняються архітектурою процесорного модуля, розміром і типом вбудованої пам'яті, набором периферійних пристроїв, типом корпусу.

1.3 Можливі рішення та постановка задачі

Вимірювальні генератори, в яких необхідне значення частоти встановлюють за допомогою клавіатури вкрай затребувані в якості частотомірів при неточних вимірах частоти. Як правило, ці прилади виконані на мікроконтролері, а діапазон частот, що генеруються обмежений кількома мегагерцами. При цьому отримання точного значення частоти неможливо, тому дані частотоміри використовуються тільки при вимірюванні високих частот, де цілком достатньо приблизного значення вимірювання.

Використання мікроконтролера в генераторі дозволяє істотно спростити управління генератором, а також істотно знижує його вартість. Описуваний в проекті генератор також містить мікроконтролер серії PIC.

Він використовується тільки для управління спеціалізованої мікросхемою - синтезатором частоти. Застосування цієї мікросхеми дозволило розширити діапазон частот, що генеруються від часткою Герца до 60 МГц, в межах якого можна отримати будь-яке значення частоти з точністю 1 Гц.

Серед розробок з даного напрямку можна виділити деякі частотоміри, в яких також використовується мікроконтролер.

Частотомір - цифрова шкала з LCD (PIC16F84 або PIC16F628 або PIC16CE625).

Пропонований прилад призначений для використання в якості частотоміра або цифрової шкали зв'язковою і радіоприймальної апаратури всіх типів. Незважаючи на дуже просту схему прилад має досить високі параметри. Він розроблений на основі і виходячи з досвіду експлуатації моєї попередньої конструкції Частотомер - цифрова шкала на PIC контролері (LED). Застосування рідкокристалічного (LCD) індикатора на контролері NT1613, NT1611 дозволило знизити споживаний струм, зменшити рівень випромінюваних перешкод, зменшити габарити, а також спростити схему і конструкцію приладу.

Діапазон вимірюваних частот 10Гц ... 40МГц, чутливість 100 ... 200 мВ, час вимірювання - 0,1; 1 або 10 сек. Швидкодію PIC контролера не дозволяє безпосередньо вимірювати частоти понад 40 мегагерц, але їх можна вимірювати, використовуючи зовнішній НВЧ дільник. В незалежну пам'ять можна записати до 15 значень проміжних частот в діапазоні від 0 до 800 мГц. Процедура калібрування гранично спрощена, частота опорного кварцу може бути в межах 1 мГц ... 20 мГц. Всі параметри можуть змінюватися користувачем за допомогою 3-х кнопок на передній панелі приладу.

Розроблено два варіанти програми електронного частотоміра, перший дозволяє використовувати один зовнішній НВЧ дільник з будь-яким коефіцієнтом ділення в діапазоні 2 ... 255. Другий варіант припускає

застосування трьох зовнішніх дільників з різними коефіцієнтами розподілу, а діапазон допустимих значень Кд розширено до 256. Номер підключеного в даний момент подільника визначається автоматично.

У ньому використаний один з найдешевших і розповсюджених LCD (РК) індикаторів від телефонів з АВН - НТ1613 (НТ1611). На жаль, він не має власної назви і різні виробники називають його по своєму, наприклад, зустрічається позначення КО-4В. Незмінним залишається лише його вбудований контроллер НТ1611 або НТ1613.

При застосуванні зазначених на схемі деталей вхідний формувач частотоміра має смугу пропускання 10 Гц ... 100 МГц, вхідний опір 500 кому і чутливість близько 100 мВ, але швидкодія вбудованого в РІС контролер дільника обмежує верхню межу вимірюваних частот значенням 40 ... 50 МГц. Нижня межа для синусоїдального сигналу визначається ємністю С1 і С5. Діоди VD1, VD2 захищають польовий транзистор від виходу з ладу при попаданні на вхід високої напруги. Високі параметри вхідного формувача при порівняно простою схемою і харчуванні тільки від одного джерела 5 В вдалося отримати завдяки застосуванню КМОП тригера Шмітта типу 74АС14. Використовувати тут TTL аналог неприпустимо, тому що це знизить верхню межу вимірюваних частот до 10 ... 15 МГц. Керуючий контролер може бути типу PIC16F84, PIC16F628, PIC16CE625[11].

SA4 і SA5 використовуються для вибору номера зовнішнього НВЧ дільника. Їх розімкнутий стан відповідає роботі приладу без НВЧ дільника. Замикаючи SA4, SA5 можна вибрати один з 3-х дільників. Це може виявитися корисним при проведенні вимірювань в широкому діапазоні частот. Наприклад, перший дільник працює в діапазоні 500 МГц ... 2 ГГц, а другий - 30 МГц ... 500 МГц і вони мають різний коефіцієнт ділення. При зміні дільника прилад автоматично буде враховувати зміну його коефіцієнта ділення при розрахунку показань. При необхідності на плату

можна встановити DIP перемикачі для вибору проміжної частоти (ПЧ) і дільника.

У схемі частотоміра на мікроконтролері можна використовувати практично будь-який кварцовий резонатор, проте оптимальною є тактова частота контролера близько 4 МГц. На меншій частоті знижується швидкодія PIC, а підвищення частоти збільшує споживаний струм, не даючи особливих переваг.

Прилад вийшов дуже простий, і в той же час зручний в роботі. Його повторили багато радіоаматори, доповнивши опис своїми варіантами друкованої плати.

Частотомір - цифрова шкала на LED (PIC16F84 або PIC16CE625)

Пропонована конструкція призначена для використання в якості частотоміра або цифрової шкали в зв'язковою і радіоприймальною апаратури всіх типів. Незважаючи на дуже просту схему, прилад має досить високі параметри. Діапазон робочих частот від 10 Гц до 40 мГц, чутливість 100 ... 200 мВ, час вимірювання - 0,1; 1 або 10 сек. Можливе підключення зовнішнього НВЧ дільника з коефіцієнтом ділення від 2 до 255. При цьому верхня межа вимірюваних частот буде визначатися швидкодією мікросхеми НВЧ дільника і може досягати 4 ГГц.

При використанні цього саморобного частотоміра в якості цифрової шкали в його енергонезалежну пам'ять можна записати до 13 значень проміжних частот в діапазоні від 0 до 100 мГц. Їх значення і знак, а також коефіцієнт ділення зовнішнього НВЧ дільника зберігаються в незалежній пам'яті PIC і можуть змінюватися користувачем. У частотомірі передбачена можливість програмної калібрування, що дозволяє використовувати будь-які кварцові резонатори в діапазоні 3,9 ... 4,1 мГц. Значення всіх проміжних частот, коефіцієнт ділення використовуваного зовнішнього дільника, а також калібрувальні константи можуть змінюватися користувачем без застосування будь-яких додаткових

пристроїв. Принцип дії частотоміра - класичний: вимір кількості імпульсів вхідного сигналу за певний інтервал часу.

Вхідний опір формувача досить низький, тому для розширення можливостей приладу і усунення впливу ємності кабелю до нього підключається виносний пробник. Завдяки застосуванню польового транзистора, вхідний опір пробника близько 500 кОм, вихідна - 50 ... 100 Ом. Коефіцієнт посилення - близько 2, а смуга пропускання - до 100 ... 150 МГц. Схема вхідного формувача наведена в докладному описі (посилання нижче).

Без будь-яких змін схеми в приладі можна використовувати одноразово програмований PIC16CE625. Програма для цього контролера, зрозуміло, буде інша. У варіанті програми для PIC16CE625 можливе збереження в незалежній пам'яті до 15 значень проміжних частот.

Електронний цифровий частотомір на PIC мікроконтролері

Цифровий частотомір на PIC мікроконтролері (Рисунок 1.2), дозволяє вимірювати частоту в діапазоні від 10 Гц до 40 МГц, з точністю до 0.01 кГц.



Рисунок 1.2 - Електронний цифровий частотомір

Цифровий частотомір дозволяє здійснювати вимірювання частоти вхідних імпульсів в діапазоні від 10 Гц до 40000000 Гц, без застосування

попередніх подільників частоти. Частотний діапазон даного пристрою можна значно розширити за допомогою нескладної приставки-подільника частоти, зібраної на К193ІЕЗ. Для цього, не потрібно проводити будь-які зміни в програмі мікроконтролера, тому що при використанні вище згаданої мікросхеми, частота вхідного сигналу буде ділитися на 10. Тобто для правильного перерахунку частоти потрібно буде помножити показання ще на 10. Наприклад, якщо без дільника цифра на індикаторі «00`000`005» - це відповідає частоті 50Гц, а якщо з приставкою-дільником ми бачимо свідчення «00`000`005» - це відповідає частоті в 500Гц[12].

Схема пристрою максимально спрощена, і в ній не використовується підсилювач вхідного сигналу. Достатній рівень вхідного сигналу - логічний, 3 5В (лог. «1»), що забезпечує сполучення з цифровими пристроями. Пристрій може працювати так само в режимі «Цифрова шкала» з проміжною частотою, властивій більшості радіоапаратури - 465кГц. Для включення даного режиму передбачений перемикач режимів роботи «Частотомір / Цифрова шкала», який розташовується на бічній панелі пристрою.

Низький рівень споживання енергії частотоміра досягається за рахунок використання рідкокристалічного цифрового індикатора. Тому в пристрої передбачено автономне живлення від елемента 9В типу "Крона".

Час рахунку частоти в приладі вибрано - оптимальне, між точністю вимірювання і швидкістю, і становить близько 8-ми вимірів за 1 секунду. Також на задній стінці пристрою розташований роз'єм підключення зовнішнього джерела живлення, напругою 7-15В.

Існує ще безліч подібних за призначенням і принципом роботи приладів, зібраних на базі мікроконтролера PIC. В цей же час, розробки в даному напрямку до сих пір не припиняються і множаться, розрізняючи в діапазоні вимірюваних частот, точністю підстроювання, і в кінці кінців якості дисплея і вартості збірки[13].

2 ПРОЕКТУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

2.1 Розробка структурної схеми

Пропонований генератор виконаний на базі мікросхеми AD9850 фірми Analog Devices, що представляє собою повний DDS (Direct Digital Synthesis) синтезатор частоти з вбудованим компаратором. Такі синтезатори унікальні своєю точністю, практично не схильні до температурного дрейфу і старіння (єдиним елементом, який володіє властивою аналоговим пристроям нестабільністю, є цифроаналоговий перетворювач).

Завдяки високим технічним характеристикам DDS синтезатори останнім часом витісняють звичайні аналогові синтезатори частоти. Їх основна перевага - дуже високий дозвіл по частоті і фазі, управління якими здійснюється в цифровому вигляді. Цифровий інтерфейс дозволяє легко реалізувати Мікроконтролерні управління. Структурна схема синтезатора частоти вимірювального генератора зображена на рисунку 3.1.

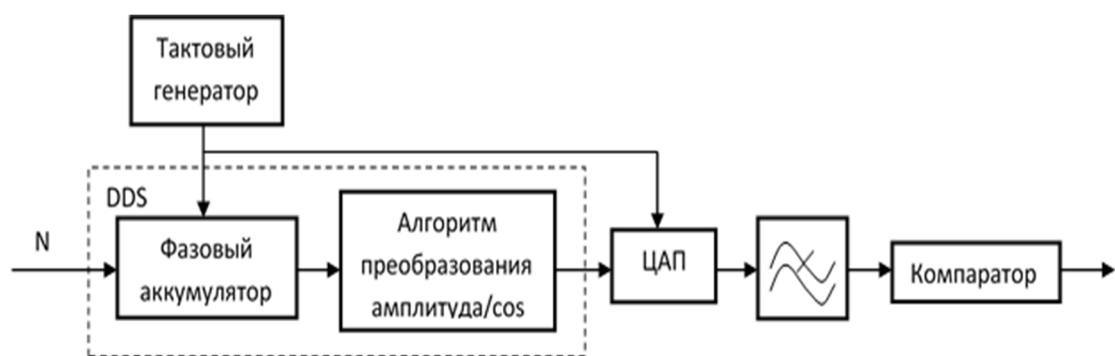


Рисунок 2.1 - Структурна схема синтезатора частоти AD9850

Його основа - акумулятор фази, яка формує код миттєвої фази вихідного сигналу. Цей код перетвориться в цифрове значення

синусоїдального сигналу, який за допомогою цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) перетворюється в аналоговий і піддається фільтрації. Компаратор дозволяє отримати вихідний сигнал прямокутної форми. Його частота f_{out} (в герцах) визначається формулою $f_{out} = \Delta f_{in} / 232$, де f_{in} - тактова частота, Гц; Δ - 32-бітове значення коду частоти. Максимальне значення f_{out} не може перевищувати половини тактової частоти.

Структурна схема генератора зображена на ДП92.293027.201Е1. Як видно зі схеми, мікроконтролер PIC16F84A управляє DDS-синтезатором частоти AD9850.

Мікроконтролер опитує клавіатуру, виводить інформацію на ЖК індикатор, обчислює значення коду частоти і передає його по послідовному інтерфейсу в синтезатор DDS. Звуковипромінювач служить для підтвердження натискання кнопок клавіатури. Мікросхема AD9850 використана в стандартному включенні. На виході її ЦАПа включений фільтр. Після фільтра сигнал синусоїдальної форми подається на гніздо XW2 і на вхід компаратора мікросхеми DD2. З виходу останнього сигнал прямокутної форми надходить на гніздо XW1. Як тактового генератора для DDS застосований кварцовий генератор[14].

Необхідну частоту встановлюють з клавіатури. Для цього, натискаючи на кнопки з відповідними цифрами, вводять потрібне значення (в герцах) і натискають кнопку "*". Якщо частота не перевищує номінальний струм, на індикаторі на короткий час з'являється повідомлення "OK" і генератор переходить в робочий режим, а якщо перевищує, - повідомлення "Error". В цьому випадку потрібно натиснути кнопку "C" ("Скидання") і заново набрати правильне значення. Точно так само роблять і при помилку в процесі введення частоти. Дворазове натискання цієї кнопки переводить прилад в робочий режим з встановленим раніше значенням частоти.

У робочому режимі в крайньому правому знакомісць індикатора блимає символ зірочки. Якщо поточне значення частоти введено з зовнішнього блоку управління (наприклад, з комп'ютера), то щоб повернутися до частоти, яка відображається на індикаторі, досить натиснути кнопку "*".

Кнопки "U" (Up - вгору) і "D" (Down - вниз) дозволяють поступово змінювати вихідну частоту генератора, відповідно збільшуючи або зменшуючи значення десяткового розряду на одиницю. Необхідний десятковий розряд вибирають, переміщаючи курсор кнопками "L" (Left - вліво) і "R" (Right - вправо).

При натисканні кнопки "*" значення частоти і позиція курсора зберігаються в незалежній пам'яті мікроконтролера, завдяки чому при наступному включенні харчування перерваний режим роботи автоматично відновлюється.

2.2 Вибір і обґрунтування елементної бази

Вибирати елементну базу слід з урахуванням:

- сумісності по електричним, конструктивним, електромагнітним, тепловим і іншим параметрам, а також за умовами експлуатації і надійності;
- відповідності умов експлуатації, зберігання, транспортування, зазначеним у технічному завданні.

Основними параметрами ERI є наступні:

- технічні параметри (номінальне значення параметрів відповідно до схеми електричної принципової, допустимі робочі напруги, допустимі

розсіюється потужності, діапазон робочих частот, коефіцієнт електричного навантаження та ін.);

– експлуатаційні параметри (діапазон робочих температур, відносна вологість повітря, атмосферний тиск, вплив ударів і вібрацій та ін.);

– параметри надійності (мінімальне напрацювання на відмову, термін зберігання та ін.);

– конструктивні параметри (габарити і маса).

Для проєктованого пристрою вибираємо такі елементи:

1 Резистори:

1.1 R1 ... R6, R8 ... R15 - резистори метало плівкові С2-23-0,25-Хом ± 5%. Призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного та імпульсного струму.

Мають відповідно. опір: R1 - 10кОм, R2 - 7,5 кОм, R3 ... R6 - 10кОм, R8, R9 - 100кОм, R10, R12 - 100Ом, R11 - 3,9 кОм, R13-27 Ом, R14-180 Ом, R15 - 20 Ом. Основні характеристики:

- висока надійність і стабільність;
- широкий температурний діапазон;
- низький рівень шумів;
- вогнетривке покриття (для потужностей 0,25 Вт);
- кольорове кодування номіналу;
- луджені виводи.

1.2 R7 - резистор АСР СА14V-100К 1/1. Призначений для тонкої настройки радіоелектронного пристрою в процесі його монтажу чи ремонту.

- висока надійність і стабільність;
- широкий температурний діапазон;
- низький рівень шумів;
- вогнетривке покриття (для потужностей вище 0.5 Вт);
- кольорове кодування номіналу;

						ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			35

– луджені висновки.

2 Конденсатори:

2.1 C1 - конденсатор алюмінієвий КМ-6-М75-36мкФ $\pm 10\%$
ОЖО.460.061ТУ, 105 ° С. Конденсатор загального призначення.

– мініатюрні розміри;

– термін служби до 2000 год при 105 ° С;

– радіальні висновки;

– полярний із захистом від заряду-розряду.

2.2 C2 - конденсатор електролітичний алюмінієвий К50-6-16В-
36мкФ ОЖО.464.031ТУ двухполюсник з певним значенням ємності і малої
омічний провідність; пристрій для накопичення заряду і енергії
електричного поля[15].

– висока питома ємність, що дозволяє виготовляти конденсатори
ємністю понад 1Ф;

– високий максимально допустимий струм пульсації;

– висока надійність.

2.3 C3 ... C5 - конденсатор алюмінієвий КМ-6-М75-0,1мкФ $\pm 10\%$
ОЖО.460.061ТУ

– мініатюрні розміри;

– термін служби до 2000 год при 105 ° С;

– радіальні висновки;

– полярний із захистом від заряду-розряду

3 Мікросхеми:

3.1 DD1 - мікроконтролер PIC16F84A (Рисунок 2.2).

– розрядність - 8 біт;

– тактова частота - 10 МГц;

– 68 байт EEPROM;

– робочі регістри загального призначення 32 x 8;

					ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

- харчування: від 2.0 В до 6.0 В;
- зовнішні і внутрішні джерела переривання;
- вбудований аналоговий компаратор;
- економічні режими очікування і зниженого енергоспоживання.

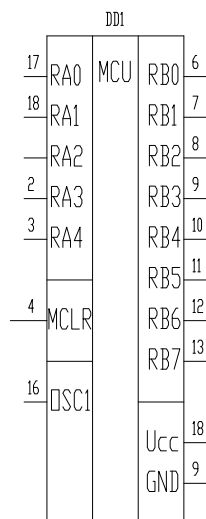


Рисунок 2.2 – УГО мікроконтролера PIC16F84A

3.2 DD2 - AD9850 (Рисунок 2.3) пристрій з високим ступенем інтеграції, в якому використовується комбінація вдосконаленої технології прямого цифрового синтезу[16].

- частота тактового сигналу - 125МГц;
- інтегрований високочастотний ЦАП;
- 32-розрядне слово настройки частоти
- функція зниженого енергоспоживання

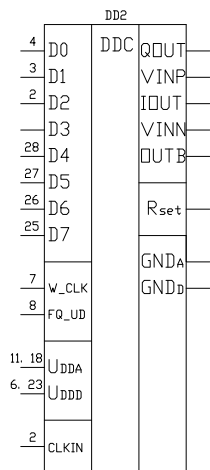


Рисунок 2.3 – УГО синтезатора частоти AD9850

4 Індикатори:

4.1 HG1 - ITM1601, LCD індикатор з вбудованим контроллером (Рисунок 2.4).

- 16-символьний
- однорядковий з вбудованим контроллером.

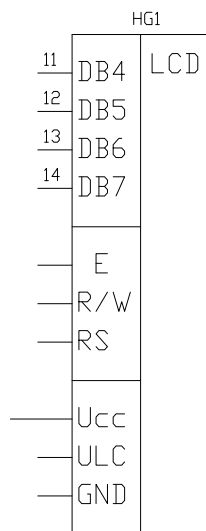


Рисунок 2.4 – УГО lcd-індикатора ITM1601

5 Генератори:

5.1 G1 - кварцовий генератор, автогенератор електромагнітних коливань з коливальною системою, до складу якої входить кварцовий резонатор.

6 Кнопки:

6.1 SB1 ... SB16 - Кнопка Пкн-188а АУБК.642.130.014 ТУ.
Клавіатурна кнопка для введення необхідної інформації.

- малий розмір;
- нанесення потрібного номіналу на поверхню.

2.3 Мікроконтролер з RISC архітектурою

PIC16F84A відноситься до сімейства КМОП мікроконтролерів. Відрізняється тим, що має внутрішнє 1К x 14 біт EPROM для програм, 8-бітові дані і 64 байтовий вбудований аналого-цифровий перетворювач. Відрізняються низькою вартістю і високою продуктивністю.[17].

Серія PIC16F84A підходить для широкого спектру додатків від схем високошвидкісного керування автомобільними і електричними двигунами до економічних віддалених приймачів, що показують приладів та зв'язкових процесорів. Наявність ПЗП дозволяє підлаштовувати параметри в прикладних програмах (коди передавача, швидкості двигуна, частоти приймача і т.д.).

Малі розміри корпусів, як для звичайного, так і для поверхневого монтажу, робить цю серію мікроконтролерів придатною для портативних додатків.

Низька ціна, економічність, швидкодія, простота використання гнучкість вводу / виводу робить PIC16F84A привабливим навіть у тих областях, де раніше не застосовувалися мікроконтролери. Наприклад, таймери, заміна жорсткої логіки у великих системах, співпроцесори.

					ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

Мікроконтролер має:

- тільки 35 простих команд;
- всі команди виконуються за один цикл (200ns), крім команд переходу- 2 циклу;
- робоча частота 0 Гц ... 20 МГц (min 200ns цикл команди)
- 14- бітові команди;
- 8- бітові дані;
- 36 x 8 регістрів загального використання;
- 15 спеціальних апаратних регістрів SFR;
- восьмирівневий апаратний стек;
- пряма, непряма і відносна адресація даних і команд;
- чотири джерела переривання:

зовнішній вхід INT

- переповнення таймера RTCC
- переривання при завершенні аналого-цифрового перетворення
- переривання при зміні сигналів на лініях порту В.

Периферія, введення і виведення мікроконтролера має:

- 13 ліній введення-виведення з індивідуальним налаштуванням;
- впадає / витікаючий струм для управління світлодіодами
- макс впадає струм - 25 мА
- макс витікаючий струм - 20 мА
- 8 - бітний таймер / лічильник RTCC з 8-бітовим програмованим попередніми дільником;
- модуль АЦП:
- 4 мультиплексорних аналогових входів, приєднаних до АЦП
- схема вибірки \ зберігання
- час перетворення - 20 мкс на канал
- перетворювач - 8 біт, з похибкою ± 1 LSB

RB0 / INT - Двонаправлена лінія порту виведення чи зовнішній вхід переривання.

RB1 - RB5 - Двонаправлені лінії введення / виводу.

RB6 - Двонаправлені лінії введення / виводу.

RB7 - Двонаправлені лінії введення / виводу.

MCLR / Vpp -Низький рівень на цьому вході генерує сигнал скидання для контролера. Активний низький.

Вхід через тригер Шмідта.

OSC1 - Для підключення кварцу, RC або увійти зовнішньої тактової.

					ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3 АПАРАТНА ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

3.1 Розробка схеми електричної принципової

Мікроконтролер PIC16F84A (рисунок 3.1) опитує клавіатуру, за допомогою якої ми вводимо необхідну нам частоту. Інформація виводиться на РК індикатор HG1. Мікроконтролер обчислює значення коду частоти і передає його по послідовному інтерфейсу в синтезатор AD9850. У схемі може бути використаний звуковипромінювач, для підтвердження натискання кнопок клавіатури.

Мікросхема AD9850 використана в стандартному включенні. На виході її ЦАП включений фільтр Z. Після фільтра сигнал синусоїдальної форми подається на гніздо роз'ємного з'єднувача XW2 і на вхід компаратора мікросхеми DD2. З виходу останнього сигнал прямокутної форми надходить на роз'ємний з'єднувач XW1. Як тактового генератора застосований кварцовий генератор G1. Підлаштування резистором R7 регулюють контрастність зображення на індикаторі HG1.

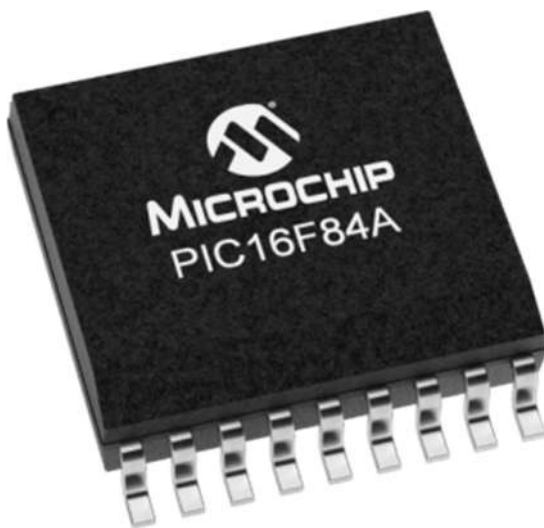


Рисунок 3.1 - Мікроконтролер PIC16F84A

Після скидання мікроконтролера відбувається налаштування ЖК індикатора на режим обміну по шині 4 біта, що необхідно для зменшення числа ліній входу / виходу, необхідних для запису інформації.

Керують генератором за допомогою клавіатури, що складається з кнопок SB1-SB16. Оскільки всі лінії порту В, які є вихідними, підключені до джерела живлення через резистори, необхідності в зовнішніх резисторах, «підтягують» порти до лінії живлення, немає. Резистори R3-R6 захищають виходи мікроконтролера від перевантаження при випадковому натисканні кнопок одночасно.

3.2 Програмне забезпечення синтезатора

Для завантаження даних в мікросхемі AD9850 передбачені паралельний і послідовний інтерфейси. В останньому випадку дані (слово довжиною 40 біт) вводять через її вхід D7. Синтезатор програмується через мікроконтролер PIC16F84A

; складання багаторозрядних чисел `_arga = _arga = _argb` при переповненні буде встановлена в молодшому розряді `_m`

```
add movf _arg.w
    addwf _arga.f
    btfss STATUS.C
    goto add01
    movlw 1
    addwf _arga+1.f
    btfss STATUS.C
    goto add01
    addwf _arga+2.f
```

```
btfss STATUS.C
goto add01
addwf _arga+3.f
btfsc STATUS.C
bsf _m.0
```

add01

```
movf _argb+1.w
addwf _arga+2.f
goto add02
movlw 1
addwf _arga+2.f
btfss STATUS.C
goto add02
addwf _arga+3.f
btfsc STATUS.C
bsf _m.0
```

add02

```
movf _argb+2.w
addwf _arga+2.f
goto add03
movlw 1
addwf _arga+3.f
btfsc STATUS.C
bsf _m.0
```

add03

```
movf _argb+3.w
addwf _arga+3.f
btfsc STATUS.C
```


return

; загрузка в argb очередного коэффициента з таблиці

k2b movf _j.w

call ktab

movwf _argb

incf _j.f

movf _j.w

call ktab

movwf _argb+1

incf _j.f

mov _j.w

call ktab

movwf _argb+2

incf _j.f

movf _j.w

call ktab

movwf _argb+3

incf _j.f

return

; множення десяткової цифри _1 на коефіцієнт

mult

movwf _i

movf _i.f

mult01

btfsc STATUS.Z

return

call add

decf _i.f

```

goto mult01
; таблиця коефіцієнтів
include "ktab.inc"
; обчислення коду частоти (перетворення десяткового числа в
двійкове з множенням на коефіцієнт)
_BCDbin
; скидаємо ознаку переповнення
bcf _m.0
; чистимо регістри результату і покажчика таблиці
clrf _arga
clrf _arga+1
clrf _arga+2
clrf _arga+3
clrf _j
; перетворення
call k2b
movf _BCD+7.w
call mult
call k2b
movf _BCD+6.w
call mult
call k2b
movf _BCD+5.w
call mult
call k2b
movf _BCD+4.w
call mult
call k2b
movf _BCD+3.w

```

						ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			47

```
call mult
call k2b
movf _BCD+2.w
call mult
call k2b
movf _BCD+1.w
call mult
call k2b
movf _BCD.w
call mult
return
```

; порожня підпрограма замість вилученої

```
_mulk
return
```

; перевірка допустимості заданої частоти

```
_valivalue
```

; було переповнення?

```
btfs c _m.0
retlw 0
```

; читаємо допустиме значення

```
call fmax
```

; частота більша допустимої?

```
subwf _arga+3.w
btfs STATUS.C
retlw 0
```

; все в порядку

```
retlw 1
```

Оперуючи з дробовими числами, потрібно не забувати нормувати операнди (поєднувати їх виконавчі коми) перед складанням і

відніманням, а після множення і ділення правильно визначати положення коми в результаті. В даному випадку задане в герцах і представлене 32-розрядних двійковим числом значення частоти потрібно помножити на коефіцієнт K , представлений Восьмирозрядних цілою і 24-розрядної дробової частинами. У 64-розрядному результаті перемноження двох 32-розрядних чисел ціла частина займе 40 старших розрядів. Код для завантаження в мікросхему DDS - 32 молодших розряду цілої частини. По суті - це двійковий дріб, що дорівнює відношенню заданої частоти до частоти кварцового генератора[18].

Кожен біт даних супроводжують імпульсом позитивної полярності на вході синхронізації W_CLK . Після завантаження керуючого слова по імпульсу позитивної полярності на вході FQ_UD відбувається заміна параметрів генерації новими. Призначення бітів слова наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 Призначення біта керуючого слова синтезатора

№ біта	Призначення
0	Біт 0 коду частоти
1	Біт 1 коду частоти
...	...
31	Біт 31 коду частоти
32	Біт управління (повинен 0)
33	Біт управління (повинен 0)
34	Біт управління живленням (включено при 0, виключено при 1)
35	Біт 0 коду фази
36	Біт 1 коду фази
...	...
39	Біт 4 коду фази

Оскільки обчислювальні здатності мікроконтролера обмежені, значення вихідної частоти виставляється з точністю близько 1 Гц, що досить для більшості випадків. Щоб повною мірою реалізувати можливості синтезатора, їм можна управляти за допомогою ПК. Для цього генератор необхідно доопрацювати, доповнивши його вузлом, схема якого показана на малюнку 1.5. ПК (або інше керуючий пристрій) підключають до розетки XS1. При низькому логічному рівні на адресних входах А мультиплексори мікросхеми DD3 підключають входи управління синтезатором до мікроконтролеру DD1, а при високому - до зовнішнього пристрою. Сигнали управління надходять через контакт "ENABLE" розетки XS1. Резистор R19 забезпечує низький логічний рівень на адресних входах DD3 при непідключеному пристрої управління[19].

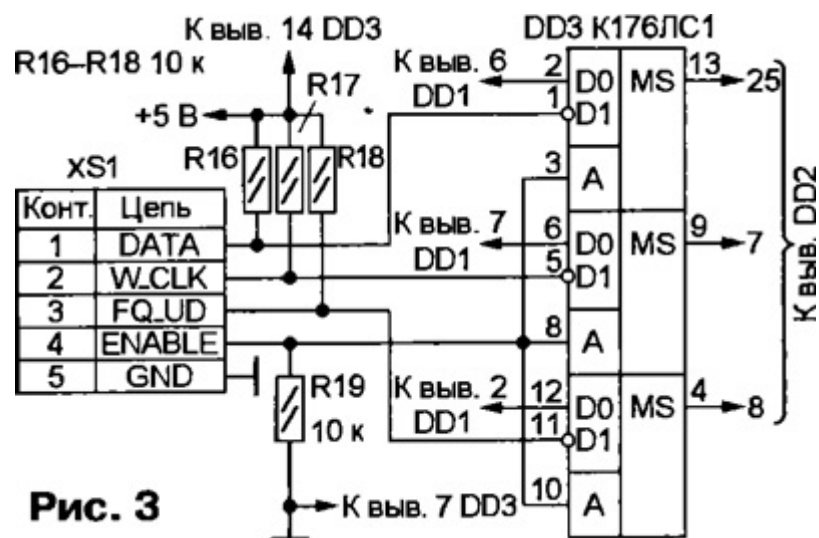


Рис. 3

Рисунок 3.2 – Вузол управління ПК

При підключенні до ПК, керуюча програма мікроконтролера (Рисунок 3.2) залежить від частоти тактового генератора. Коди програми для генераторів різної частоти наведені в різних джерелах і легко добиваєми.

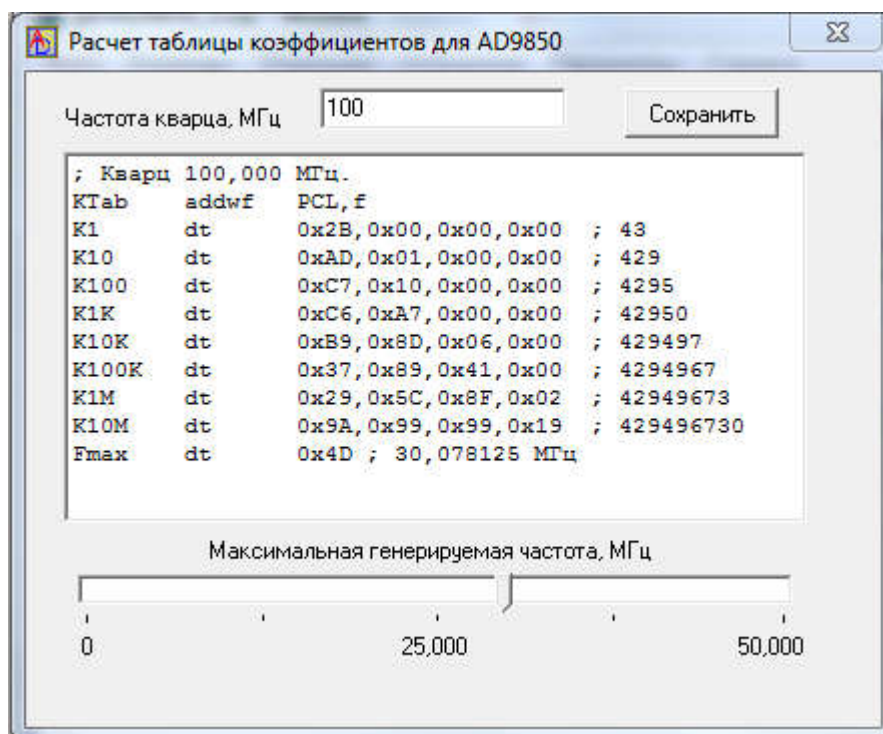


Рисунок 3.3 - Програма розрахунку таблиці коефіцієнтів для AD9850

При використанні генератора з нестандартною частотою потрібно змінити відповідні константи в програмі для мікроконтролера. При програмуванні мікроконтролера в конфігураційному слові встановлюють такі значення бітів: тип генератора (OSC) - RC, сторожовий таймер (WDT) - вимкнений, затримка після включення живлення (PWRT) - дозволена.

3.3 Вибір і обґрунтування конструкції приладу

В даний час застосовуються односторонні, двосторонні і багатошарові друковані плати, які можуть виконуватися на жорсткому

або гнучкому підставі (гнучкі друковані плати, гнучкі друковані кабелі, гнучко-жорсткі плати).

Одностороння ДП - це друкована плата, на одній стороні підстави якої розташовується проводить малюнок, з металізованими або неметалізованим монтажними отворами. Такі плати застосовуються в побутовій техніці, техніці зв'язку і в блоках харчування. Вони мають низьку вартість, високу надійність, низьку щільність компонування.

Двостороння ДП - це друкована плата, що має проводить малюнок на обох сторонах підстави, необхідні з'єднання шарів в якій виконуються найчастіше за допомогою металізованих отворів. ДП застосовуються у вимірвальній, обчислювальній техніці, техніці управління і автоматичного регулювання, техніці зв'язку, високочастотної техніки.

Багатошарова ДП - це друкована плата, що представляє собою сукупність шарів ізоляційного матеріалу і проводить рисунок з'єднаних клейовими прокладками в монолітну структуру шляхом пресування. МПП застосовуються в техніці з високими вимогами по швидкодії, щільності монтажу, хвильовому опорі, часу затримки сигналу і т.д.

Друковані плати на гнучкому підставі застосовуються в електронній апаратурі для реалізації унікальних і складних технічних рішень, конструкція яких виключає застосування жорстких друкованих плат.

Проектована пристрій буде реалізовуватися на двошаровій друкованій платі.

Залежно від застосовуваної елементної бази можливі наступні варіанти розташування Ері на друкованій платі:

- традиційний монтаж (ЕРЕ і корпусні ІМС монтуються з одного боку друкованої плати);
- поверхневий монтаж (поверхнево-монтовані компоненти встановлюються з одного або двох сторін друкованої плати);

- змішаний монтаж (Ері, монтовані в отвори, встановлюються з одного боку, поверхнево-монтовані елементи - з одного або двох сторін друкованої плати).

Проектована пристрій буде виконано за допомогою традиційного монтажу.

Друкована плата може мати різні варіанти кріплення в модулі більш високого конструктивного рівня. Закріплення може здійснюватися:

- в чотирьох точках по кутах;
- по периметру плати (жорстке закріплення всіх сторін або закріплення двох сторін, на яких знаходиться електричний з'єднувач, і двох вільно опертих сторін).

Закріплення буде проводитися в чотирьох точках по кутах.

Відповідно до ДСТУ 23751-86 встановлюється 7 класів точності друкованих плат, кожен з яких характеризується певними параметрами.

Друковані плати 1 і 2 класу точності найбільш прості у виконанні, надійні в експлуатації і мають мінімальну вартість. Для друкованих плат 3 класу точності необхідно використовувати високоякісні матеріали, більш точний інструмент і обладнання. Для 4 і 5 класів - спеціальні матеріали, Точні, спеціальне обладнання при виготовленні. Для 6 та 7 класів - це високощільні ДП, для яких потрібні спеціальні конструкції, матеріали та технологічне оснащення.

Проектована друкарська плата належить до 4 класу точності.

При виборі матеріалу деталей необхідно враховувати наступні фактори:

- 1) матеріал є основою конструкції і визначається здатністю деталі виконувати робочі функції і протистояти дії кліматичних і механічних чинників;
- 2) матеріал визначає технологічні характеристики деталі;
- 3) від властивостей матеріалу залежить точність виготовлення

деталей і елементів конструкції;

4) матеріал визначає габарити і масу приладу;

5) матеріал впливає на експлуатаційні характеристики деталі, на її надійність і довговічність.

Застосування уніфікованих матеріалів в конструкції, обмеження номенклатури застосовуваних деталей дозволяє зменшити собівартість розроблювального виробу, поліпшити виробничу і експлуатаційну технологічність.

Виготовлення деталей конструкції типовими технологічними операціями також дозволяє знизити витрати при серійному випуску виробу в промисловості.

При виготовленні радіоелектронної апаратури найбільш широке застосування знайшли такі технологічні операції: штампування, лиття, точкова електрозварювання та інші.

Для виготовлення деталей з листових матеріалів застосовують різноманітні матеріали, як металеві, так і неметалеві. З металевих сплавів широке застосування отримали алюмінієві сплави. Як неметалічних матеріалів використовують складні пластики, листові термопластики.

В якості конструкційних матеріалів для виготовлення друкованих плат використовують фольговані і нефольгровані діелектрики. Фольгу роблять з міді, яка володіє хорошою електропровідністю.

Діелектриками можуть бути гетінакс і склотекстоліт.

Гетінакс є спресований шар електроізоляційного паперу, просоченої фенольної смолою. Він легко піддається механічній обробці, володіє хімічною стійкістю до травільних розчинів, низьку теплопровідність, великим температурним коефіцієнтом лінійного розширення підстави, але поступається іншим матеріалам за фізико-механічними і ізоляційними властивостями.

Склотекстоліт - матеріал, що представляє собою спресовані шари

склотканини, просочені епоксифенольними смолою; відрізняється широким діапазоном робочих температур, малим вологи поглинанням, високими значеннями поверхневого і об'ємного опору.

Для виготовлення друкованих плат проектного пристрою відповідно до ДСТУ 10316-78 ми вибираємо СФ-2-50-1,5 - фольгований склотекстоліт з двосторонньої металізацією. Товщина вибраного матеріалу - 1,5 мм, товщина фольги - 50 мкм.

Збереження фізико-хімічних властивостей матеріалів в процесі їх експлуатації досягається вибором для них необхідних покриттів.

Залежно від матеріалу, що наноситься на поверхню деталі, виділяють дві основні групи покриттів:

- покриття металеві та неметалеві неорганічні, що наносяться на металеві поверхні;

- покриття лакофарбові, що наносяться на будь-які поверхні.

Металеві і неметалеві неорганічні покриття в основному використовуються в радіоелектронній апаратурі для захисту друкованих провідників і поверхні підстави друкованої плати від впливів припою, для захисту елементів провідного малюнка від замикання навісними електрорадіоелементами, для поліпшення пайки і провідності, а також як захисно-декоративні.

Призначення і загальні вимоги до металевих і неметалевих неорганічних покриттів встановлюються ДСТУ 9.301-86 «Єдина система захисту від корозії і старіння. Покриття металеві та неметалеві неорганічні. Загальні вимоги».

Контактні майданчики, друковані провідники і металізовані отвори друкованої плати проектного пристрою покриваємо металевим покриттям - сплавом «Розі» ТУ 6-09-4065-75 (олово-свинець).

Вибір припою залежить від з'єднуються металів або сплавів, від способу пайки, температурних обмежень, розмірів деталей, необхідної

						ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			55

механічної міцності, корозійної стійкості. Припої розрізняються температурою плавлення.

Найбільш широко застосовуються легкоплавкі припої.

Стандарт ДСТУ 29137-91 поширюється на формування виводів і установку виробів електронної техніки (ВЕТ) на друковані плати.

Стандарт встановлює загальні вимоги і норми конструювання по формуванню виводів та встановлення ВЕТ на друковані плати при конструюванні і виробництві радіоелектронних засобів (РЕЗ).

Вимоги, встановлені цим стандартом, є рекомендованими.

Загальні вимоги:

1.1. ВЕТ, призначені для автоматизованого складання апаратури, повинні відповідати вимогам нормативно-технічної документації.

1.2. Друковані плати, призначені для установки ВЕТ, повинні відповідати вимогам конструкторської документації (КД) на них і ДСТУ 23752.

1.3. Для кожного виведення ВЕТ, що встановлюється на плату, має бути передбачено окреме монтажний отвір або контактна площадка.

Допускається встановлювати в отвір, армоване арматурою типу ПТ по ДСТУ 22318, не більше двох виводів ВЕТ.

1.4. При формуванні виводів ВЕТ розміром від корпусу ВЕТ до місця вигину виведення L_0 вважають розмір від корпусу ВЕТ до центру кола вигину виведення, як зазначено на рис. 1.

1.5 При установці ВЕТ на друковані плати розміром від корпусу до місця пайки виведення вважають розмір від корпусу ВЕТ уздовж осі виведення до місця докладання паяльника або дзеркала припою.

1.6. Мінімальний розмір від корпусу ВЕТ до місця вигину при формуванні виводів h , мм ,:

- для резисторів, конденсаторів 0,5
- для мікросхем і інших ВЕТ в корпусах типу 4 ДСТУ 17467 1,0

- для напівпровідникових приладів 2,0
- для дроселів 3,5

1.7. Мінімальний внутрішній радіус вигину висновків R, мм ,:

для виводів діаметром або товщиною до 0,5 мм включно 0,5

для виводів діаметром або товщиною понад 0,5 до 1,00 мм включно 1,0

для виводів діаметром або товщиною понад 1,0 мм до 1,5.

У технічно обгрунтованих випадках допускається зменшувати внутрішній радіус вигину висновків до 0,3 мм.

1.8 Мінімальний розмір від корпусу до місця пайки - 2,5 мм.

Допускається зменшення зазначеного розміру за умови забезпечення відводу тепла в процесі пайки.

1.9 Граничні відхилення розмірів між осями двох будь-яких виводів, що встановлюються в монтажні отвори, - $\pm 0,2$ мм, а на контактні площадки - $\pm 0,1$ мм. Решта розміри формування виводів, наведені в цьому стандарті без вказівки граничних відхилень, що не контролюються і повинні бути забезпечені інструментом.

1.10 Установчі розміри для ВЕТ, що встановлюються отвори друкованих плат, слід вибирати кратними кроку координатної сітки 2,5 мм або 1,25 мм відповідно до ДСТУ 10317.

Основний крок координатної сітки - 2,5 мм.

1.11 При механізованій і автоматизованій формуванні висновків відхилення від симетричності розташування корпусу ВЕТ щодо установчого розміру має забезпечуватися оснащенням і бути не більше суми допусків на корпус ВЕТ і на установчий розмір.

1.12 Формовку виводів ВЕТ і установку їх на друковані плати варто робити так, щоб маркування ВЕТ проглядалось в процесі контролю.

При механізованому і автоматизованому формуванні виводів і установці ВЕТ допускається довільне розташування маркування.

1.13 При розташуванні друкованих провідників і металізованих отворів під корпусами ВЕТ, що встановлюються впритул, а також під шинами необхідно передбачити їх електроізоляційну захист емаллю. Допускається для електроізоляційного захисту застосування електроізоляційних прокладок з приклеююю їх до друкованих плат.

1.14 Вимоги до формування висновків та встановлення ВЕТ на друковані плати вказують в КД з посиланням на цей Стандарт.

Варіанти формування висновків і установки виробів електронної техніки на друковані плати:

2.1 Формовку виводів і установку ВЕТ на друковані плати варто робити відповідно до варіантів.

Резистори, конденсатори, діоди, дроселі в циліндричних і прямокутних корпусах з двома осьовими висновками встановлювати відповідно до варіанту формування і установки - 140.

Резистори, конденсатори, діоди, дроселі в циліндричних і прямокутних корпусах з двома осьовими висновками встановлювати відповідно до варіанту формування і установки - 220.

Мікросхеми в корпусах типу 3 по ДСТУ 17467 встановлювати варіанту формування і установки - 310.

2.2 Для позначення варіанту формування виводів в установці ВЕТ на друковані плати встановлюють відповідну структуру умовних позначень.

2.2.1 Необхідність використання додаткового кріплення слід позначати третім знаком коду позначення варіанту формування та установки: нулем або одиницею.

2.2.2 Для позначення додаткової формування встановлюються наступні шифри: зіг - 01, зіг-замок - 02, замок - 03.

2.2.3 У разі відсутності будь-якого з показників при -позначення ВЕТ в структурі умовних позначень замість цифр, що визначають ці

показники, записують нулі.

2.3 У технічних вимогах складального креслення друкованого вузла слід вказувати варіанти формування висновків і установці ВЕТ на друковані плати.

2.4 Установку ВЕТ на друковані плати слід проводити відповідно до вимог цього стандарту і технічних умов на конкретні ВЕТ в монтажні отвори або контактні площадки.

2.5 ВЕТ кріпляться до друкованої плати пайкою висновків в монтажні отвори або на контактні площадки, а в разі необхідності шляхом додаткового кріплення за допомогою; хомутів, скоб, власників, заливки компаундом, установки на клей.

Необхідність і способи додаткового кріплення ВЕТ на друкованих платах слід вибирати виходячи з вимог, їх масогабаритних і конструктивних характеристик, а також умов експлуатації апаратури. Спосіб кріплення ВЕТ дол-дружин бути вказано в КД.

2.6 Деталі для кріплення ВЕТ слід вибирати у відповідності з діючими стандартами або конструювати їх (при необхідності) з урахуванням особливостей конструкції ВЕТ і допустимих механічних і кліматичних впливів.

2.7 Підігнуті на звороті плати висновки ВЕТ не повинні виходити за межі контактних майданчиків, а довжина підігнутого кінця виведення повинна бути не менше 2 мм для плат з неметалізованим монтажними отворами.

Підігнуті висновки рекомендується розташовувати уздовж друкованої провідників, а при відсутності провідників - в напрямлені, протилежному найближчого із сусідніх провідників.

Допускається вихід підігнутих виводів ВЕТ за межі контактних майданчиків при забезпеченні відстані між сусіднім друкованим провідником і висновком відповідно до ДСТУ 23751.

2.8 Виводи ВЕТ діаметром понад 0,7 мм, а також виводи багатовивідних і підбірних ВЕТ не підгинають. Допускається для багатовивідних ВЕТ підгинка двох діагонально протилежних виводів при відсутності відповідних обмежень у ТУ.

У технічно обґрунтованих випадках допускається підгинка виводів діаметром понад 0,7 мм.

2.9 Висота виступаючих кінців виводів (підігнутих і непідігнутих) повинна бути в межах від 0,5 до 2 мм. Кут підгину виводів від площини плати повинен бути від 0 до 45 °.

При неможливості підрізування виводів максимально допустиму висоту виступаючих кінців висновків слід вказувати на кресленні друкованого вузла.

При виборі матеріалу деталей необхідно враховувати наступні фактори:

1) матеріал є основою конструкції і визначається здатністю деталі виконувати робочі функції і протистояти дії кліматичних і механічних чинників;

2) матеріал визначає технологічні характеристики деталі;

3) від властивостей матеріалу залежить точність виготовлення деталей і елементів конструкції;

4) матеріал визначає габарити і масу приладу;

5) матеріал впливає на експлуатаційні характеристики деталі, на її надійність і довговічність.

Застосування уніфікованих матеріалів в конструкції, обмеження номенклатури застосовуваних деталей дозволяє зменшити собівартість розроблювального виробу, поліпшити виробничу і експлуатаційну технологічність.

Виготовлення деталей конструкції типовими технологічними операціями також дозволяє знизити витрати при серійному випуску

вироби в промисловості.

При виготовленні радіоелектронної апаратури найбільш широке застосування знайшли такі технологічні операції: штампування, лиття, точкова електрозварювання та інші.

Для виготовлення деталей з листових матеріалів застосовують різноманітні матеріали, як металеві, так і неметалеві. З металевих сплавів широке застосування отримали алюмінієві сплави. Як неметалічних матеріалів використовують складні пластики, листові термопластики.

В якості конструкційних матеріалів для виготовлення друкованих плат використовують фольговані і нефольговані діелектрики. Фольгу роблять з міді, яка володіє хорошою електропровідністю.

Діелектриками можуть бути гетинакс і склотекстоліт.

Гетинакс є спресованим шаром електроізоляційного паперу, просоченого фенольної смолою. Він легко піддається механічній обробці, володіє хімічною стійкістю до отруючих розчинів, низьку теплопровідність, великим температурним коефіцієнтом лінійного розширення підстави, але поступається іншим матеріалам за фізико-механічними і ізоляційним властивостям.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломного проекту було розглянуто вимірювальний генератор на базі мікроконтролера. Такі генератори, в яких необхідне значення частоти встановлюють за допомогою клавіатури, виконані на мікроконтролері, діапазон частот, що генеруються обмежений кількома мегагерцами, і отримання точного значення частоти неможливо. У описуваному пристрої так само використаний мікроконтролер, але він використаний лише для управління спеціалізованої мікросхемою - синтезатором частоти. Застосування цієї мікросхеми дозволило розширити діапазон частот, що генеруються від 1 Герца до 60 МГц, в межах якого можна отримати будь-яке значення частоти з точністю 1 Гц.

В ході розгляду характеристик приладу і його сучасних аналогів були виявлені переваги приладу і раціональність його використання. Був проведений розрахунок надійності і технологічності, а також економічний розрахунок ліквідності виробництва. За підсумками розрахунків стала очевидна корисність використання мікроконтролера в вимірювальній техніці - це значно знижує вартість приладу, спрощує його обслуговування і ремонт.

					ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баженова И.Ю. Язык программирования Delphi// И.Ю. Баженова/- АО "Диалог-МИФИ", 1997. – 366с.
2. Бартлетт Н. Программирование на Delphi Путеводитель // Н. Бартлетт А. Лесли, С. Симкин /.- The Coriolis Group,Inc.,1996, Издательство НИПФ "ДиаСофт Лтд.",1996. – 116с.
3. Вебер Дж. Технология C++в подлиннике // Дж. Вебер /- QUE Corporation, 1996, "ВНУ-Санкт-Петербург",1997. – 256с.
4. Волш А. И. Основы программирования на C++для World Wide Web // А. И. Волш /- IDG Books Worldwide,Inc.,1996, - Издательство "Диалектика",1996. – 458с.
5. Марков А. С. «Базы данных. Введение в теорию и методологию // А. С. Марков, К.Ю. Лисовский / - Финансы и статистика»-2006,-Р. 24-35.
6. Абрамов С. А. Задачи по программированию // С. А. Абрамов, Г. Г. Гнездилова, Е. Н. Капустина, М. И. Селюн/ — М.: Наука, 1988. – 256с.
7. Березин Б.И., Начальный курс Delphi // Б.И.Березин, С.Б.Березин / — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1996. – 331с.
8. Бондарев В.М. Основы программирования // В.М. Бондарев, В.И. Рублинецкий, Е.Г. Качко / — Харьков: Фолио, Ростов н/Д: Феникс, 1997. - 446с.
9. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. // Н. Вирт /— М.: Мир, 1989. - 345с.
- 10.Гладков В. П. Задачи по информатике на вступительном экзамене в вуз и их решения: Учебное пособие // В. П. Гладков / — Пермь: Перм. техн. ун-т, 1994. – 516с.

					ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

11. Грогоно П. Программирование на языке Delphi // П. Грогоно / — М.: Мир, 1982. — 216с.
12. Дагене В.А. 100 задач по программированию // В.А. Дагене, Г.К. Григас, К.Ф. Аугутис / — М.: Просвещение, 1993. — 106с.
13. Джамса К. Библиотека программиста Java // К. Джамса /- Jamsa Press, 1996, ООО "Попурри", 1996. — 656с.
14. Марков А. С. «Базы данных. Введение в теорию и методологию // А. С. Марков, К.Ю. Лисовский / - Финансы и статистика»-2006,-Р. 24-35.
15. Заварыкин В.М. Основы информатики и вычислительной техники // В.М. Заварыкин, В.Г. Житомирский, М.П. Лапчик / — М.: Просвещение, 1989. — 556с.
16. Касаткин В. Н. Информация. Алгоритмы. ЭВМ // В. Н. Касаткин / — М.: Просвещение, 1991. — 219с.
17. Кен А. Язык программирования Delphi // А. Кен, Дж. Гослинг /.- Addison-Wesley Longman, U.S.A., 1996, Издательство "Питер-Пресс", 1997. - 378с.
18. Керниган Б. Язык программирования Delphi // Б. Керниган, Д. Ритчи / Пер. с англ. — М.: Финансы и статистика, 1992. — 391с.
19. Ляхович В.Ф. Руководство к решению задач по основам информатики и вычислительной техники // В.Ф. Ляхович/ — М.: Высшая школа, 1994. — 127с.
20. Мейнджер Дж. Delphi Основы программирования // Дж. Мейнджер /- McGraw-Hill, Inc., 1996, Издательская группа ВНУ, Киев, 1997. — 346с.
21. Миков А. И. Информатика. Введение в компьютерные науки // А. И. Миков / — Пермь: Изд-во ПГУ, 1998. — 442с.

22. Могилев А. В. Информатика: Учеб. пособие для студ. пед. вузов // А. В. Могилев, Е. К. Хеннера. / — М.: Изд. центр «Академия», 1999. — 629с.

23. Нотон П. JAVA:Справ.руководство// П.Нотон, А.Тихонова.- М.:БИНОМ:Восточ.Кн.Компания,1996:Восточ.Кн.Компания. - 447с.

24. Нотон П. Полный справочник по Java // П. Нотон, Г. Шилдт//.- McGraw-Hill,1997, Издательство "Диалектика",1997. — 556с.

25. Ренеган Э.Дж. 1001 адрес WEB для программистов :Новейший путеводитель программиста по ресурсам World Wide Web:Пер.// Э.Дж. Ренеган /с англ..-Минск:Попурри,1997.-512с.ил.

26. Родли Дж. Создание Java-апплетов // Дж. Родли / - The Coriolis Group,Inc.,1996, Издательство НИПФ "ДиаСофт Лтд.",1996. — 466с.

27. Секреты программирования для Internet на Java // М.Томас, П. Прастик, А. Хадсон, Д. Болл/ - Ventana Press, Ventana Communications Group, U.S.A.,1996, Издательство "Питер Пресс", 1997. — 396с.

28. Семакина И. Г. Информатика. Задачник-практикум: В 2 т. // И. Г. Семакина, Е.К.Хеннера/ — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 1999. — 476с.

29. Сокольский М.В. Все об Intranet и Internet // М.В. Сокольский / - М.:Элиот,1998. - 254с.ил.

30. Тассел Д. Стиль, разработка, эффективность, отладка и испытание программ // Д. Тассел / — М.: Мир, 1981. — 56с.

31. Тюрин Ю.Н. Анализ данных на компьютере./ Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров, В.Э.Фигурнова. - М.: ИНФРА-М, Финансы и статистика, 1995. - 384с.

32. Флэнэген Д. Java in a Nutshell / Д. Флэнэген /- O'Reilly & Associates, Inc., 1997, Издательская группа BHV, Киев, 1998. — 473с.

33. Чен М.С. Программирование на C++:1001 совет: Наиболее полное руководство по Java и Visual J++ :Пер.с англ.// М.С.Чен, С.В. Грифис, Э.Ф. Изи./ -Минск:Попурри,1997.- 640с.ил.+ Прил.(1диск.).

34. Эферган М. C++: справочник // М. Эферган /.- QUE Corporation, 1997, Издательство "Питер Ком", 1998. – 256с.

35. Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту з освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” напряму підготовки 6.050102 «Комп’ютерна інженерія» фахового спрямування «Комп’ютерні системи та мережі» / О.М. Березький, Л.О.Дубчак, Р.Б. Трембач, Г.М. Мельник, Ю.М. Батько, С.В. Івасьєв / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2014.–65 с.

36. Методичні вказівки до написання техніко-економічного розділу дипломних проектів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напряму підготовки 6.050102 комп’ютерна інженерія/ І.Р. Паздрій – Тернопіль: ТНЕУ, 2014. – 37 с.

37.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ДП.КСМ. 07118/14.00.00.000 ПЗ					13