

УДК 621.314.87

І.В.ТРОЦИШИН

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ АЦП ПАРАЛЕЛЬНОГО ТИПУ ТА АЦП ПОСЛІДОВНОГО НАБЛИЖЕННЯ НА ПРИНЦИПАХ МЕТОДУ КОІНЦИДЕНЦІЇ

Фундаментальне дослідження направлене на вирішення принципового обмеження вимірювальних перетворень, таких важливих і основних параметрів радіосигналів якими є амплітуда і частота та фазовий зсув, суть якого в рамках класичних визначень та постулатів говорить, «що одночасно підвищувати і точність (роздільну здатність) і швидкодю покращувати неможливо».

Таким чином настав час шляхом об'єднання теорій Фазочастотних вимірювань і перетворень радіосигналів (ФЧВ і ПР) та Квантової теорії вимірювального перетворення (КТВП) розробити принципи та методологію проектування вимірювальних перетворювачів із програмованими та адаптованими параметрами для ЦАП і АЦП амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів, які є основним видом інформаційних сигналів сучасної інформаційно-вимірювальної техніки та систем, для яких параметр точність швидкодю є визначальним. Проект направлено на розроблення фундаментальних принципів та методології проектування мікросхем вимірювальних перетворювачів (ЦАП, АЦП, DDS, тощо) принципово нової генерації із можливостями програмування та адаптування їх характеристик вимірювального перетворення (Квантової шкали вимірювального перетворення) під конкретні умови використання – створення програмованих аналогово-цифрових і цифро-аналогових мікросхем.

Метою є розробка та освоєння виробництва нових вимірювальних АЦП для амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів, які мають кращі (в рази) тактико-технічні характеристики, у порівнянні із найкращими АЦП із відомих на сьогодні.

Розв'язання принципової проблеми вимірювального АЦП амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів, за комплексним параметром: роздільна здатність, швидкодю, технологічність, який в рамках класичних уявлень і стандартів є величиною постійною, і сучасні погляди та принципи не дозволяють їх одночасно покращувати, хоча це елементарно робиться в рамках Квантової теорії вимірювального перетворення із використання повної дробово-раціональної шкали та методів коінцидентності.

Ключові слова: Паралельний АЦП, послідовного наближення АЦП, Квантова терія вимірювального перетворення, покращення роздільної здатності.

UDC 621.314.87

I.V. TROTSYSHYN

Odessa National Academy of Telecommunications O.S. Popov

STUDYING THE MODEL OF ADAPTER OF PARALLEL TYPE AND ADC OF THE SUCCESSFUL APPROACH ON THE PRINCIPLES OF THE COINCIDENCE METHOD

The fundamental research is aimed at solving the principle limitation of measuring transformations, such important and basic parameters of radio signals as amplitude and frequency and phase shift, the essence of which, in the classical definitions and postulates says, "at the same time to increase and accuracy (resolution) and speed can not be improved".

Thus, the time has come to combine Phase Frequency and Radio Frequency Transformation Theories and the Quantum Theory of Measuring Transformation (KTVP) to develop principles and methodology for designing measuring converters with programmable and adapted parameters for DAC and ADC amplitude and phase-frequency parameters of radio signals is the main kind of information signals of modern information measuring equipment and systems, for which the parameter of accuracy of speed is decisive. The project is aimed at developing the fundamental principles and methodology of designing microcontrollers of measuring transducers (DAC, ADC, DDS, etc.) of a fundamentally new generation with programming capabilities and adaptation of their characteristics of measuring transformation (quantum scale of measurement conversion) under specific conditions of use - creation of programmable analog-digital and digital-to-analog microcircuits.

The aim is to develop and master the production of new measuring ADCs for amplitude and phase-frequency parameters of radio signals that have the best (at times) tactical and technical characteristics, compared with the best ADCs known today.

The solution of the fundamental problem of the measuring ADC of the amplitude and phase-frequency parameters of the radio signals, according to the complex parameter: resolution, speed, technology, which in the framework of classical representations and standards is a constant value, and modern views and principles do not allow them to simultaneously improve, although this is elementary. in the framework of the Quantum Theory of Measuring Transformation using a complete fractional-rational scale and methods of coincidence.

Keywords: parallel ADC, sequential ADC approximation, quantum theory of measurement transformation, resolution improvement.

Проблематика дослідження:

об'єкт дослідження; – процеси та процедури здійснення аналого-цифрового та цифро-аналогового вимірювальних перетворень аналогових та фазочастотних параметрів радіосигналів;

предмет дослідження; - методи та засоби ЦАП і АЦП амплітудних та фазочастотних вимірювальних перетворень радіосигналів;

фундаментальна проблема, на вирішення якої спрямовано проект; - це одночасне підвищення і точності (роздільної здатності) і швидкодії вимірювальних ЦАП і АЦП, і розробка принципів та методології побудови програмованих мікросхем, параметри яких буде можливим програмувати та адаптувати під конкретні завдання вимірювальних перетворень.

актуальність та значимість проекту для отримання нових знань, підтвердження гіпотез, теорій, подальшого використання на практиці. На сьогодні не існує жодних мікросхем ЦАП і АЦП із програмованими та адаптованими параметрами, що викликало появу величезної номенклатури випуску (тисячі), які потрібно підбирати кожен раз, і встановивши їх, поміняти та адаптувати їх характеристики перетворення неможливо. В той же час адаптивні методи оброблення сигналів, та програмовані ІВС є нагальною потребою сьогодення і відсутність виробів, еквівалентних ПЛІС для цифрової схемотехніки, стримує розвиток вимірювальної техніки та впровадженні принципово нових цифрових технологій.

Фундаментальним тут стало використання принципів вимірювання які базуються на методі коінциденції. Аналогічні результати покращення роздільної здатності ЦАП і АЦП в 10- 100 разів отримано в рамках Квантової теорії вимірювального перетворення шляхом використання Атенюатора – подільника Троцишина та його модифікацій, замість класичного подільника Кельвіна [1-5]. Основним принциповим елементом виступає використання квантової вимірювальної шкали яка містить всі можливі (квантові точки шкали), тоді як класичні підходи та моделі використовують лише незначну їх частину, наприклад для 8-ми резисторного подільника Кельвіна кількість точок = 8, а для перетворювачів на основі атенюатора-подільника Троцишина їх кількість для 8 –ми резисторного ланцюжка може скласти (в залежності від типу перетворювача): 22 - (коінциденції), 166 - (подвійної коінциденції), 169 - (сумарно-різницевої), 247 - (комбінований).

Метою є розробка та освоєння виробництва нових вимірювальних АЦП для амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів, які мають кращі (в рази) тактико-технічні характеристики, у порівнянні із найкращими АЦП із відомих на сьогодні.

Розв'язання принципової проблеми вимірювального АЦП амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів, за комплексним параметром: роздільна здатність, швидкодія, технологічність, який в рамках класичних уявлень і стандартів є величиною постійною, і сучасні погляди та принципи не дозволяють їх одночасно покращувати, хоча це елементарно робиться в рамках Квантової теорії вимірювального перетворення із використання повної дробово-раціональної шкали та методів коінциденції.

- **завдання, на вирішення яких спрямовано проект.**

Розробити методики проектування програмованих ЦАП та АЦП амплітудних параметрів.;

Розробити методики проектування вимірювальних перетворювачів фазочастотних параметрів радіосигналів;

Розробити реальний продукт універсального програмного забезпечення для програмування та адаптації КШВП нового типу програмованих аналого-цифрових та цифро-аналогових мікросхем.

- **Аналіз результатів, отриманих вітчизняними та іноземними вченими із цієї проблеми.**

Проблема одночасного вимірювання та швидкої у світі базується на класичному постулаті, який стверджує що одночасно такі дії здійснити неможливо, тому для їх покращення (кожен окремо) використовують технологічні можливості мікроелектроніки, такі як підвищення робочих частот елементної бази, зменшення топологічного розміру елементів, тощо, так званий екстенсивний шлях, який вже дійшов до межі засобів мікроелектроніки субмікронного діапазону.

Тому питання подальшого збільшення вказаних параметрів потребує величезних фінансових затрат і впровадження новітніх технологій наноелектроніки, які ще знаходяться у зародковому стані, і в кращому разі дадуть покращення ще на порядок, так як перехід у субатомні розміри є недосяжним.

- **напрацювання авторів проекту в даному напрямі.**

Нами теоретично встановлено і практично доведено, на натурних зразках макетів приладів, що шляхом використання принципів коінциденції вдалося досягти одночасного покращення і точності та швидкодії вимірювання частоти (в 100-1000разів), амплітудних параметрів (в 10-100 разів), без істотного ускладнення та навіть спрощення вимірювальних схем (технологічність).

Методи, підходи, ідеї, робочі гіпотези, які пропонуються для вирішення завдань проекту

Питання точності та швидкодії вимірювань є основним питання теорії вимірювань та теорії інформації, а з технічної чи технологічної точок означає: той, хто в повній мірі досяг вказаного покращення, є лідером у науково-технічному прогресі та економічній (військовій) могутності країни. Адже очевидним є той факт, що у класичних методах вимірювань однозначно відзначено: що добуток вказаних параметрів є величиною постійною, звідки на практиці маємо: або збільшення точності вимірювань при збільшенні часу вимірювань (зменшення швидкодії); або ж, навпаки: швидкі вимірювання виконуються із значними похибками. Основним рушійним елементом тут може виступати фундаментальне твердження про те, що у ПРИРОДІ жодних парадоксів не існує, а все це є, “м'яко кажучи”, невдалі спроби пояснити цілком очевидні речі з позицій існуючих “класичних” методів вимірювань.

Доказом, що це саме так, служить створення Квантової теорії вимірювань на прикладі вимірювання фазочастотних параметрів радіосигналів (теорія ФЧВ і ПР), а також КТВП на прикладі ЦАП і АЦП, а

спільним для них обох є використання принципу коінциденції, яка реалізує найпотужнішу із вимірювальних шкал: - шкалу відношень.

В основі методології побудови Квантової теорії вимірювань (КТВ) лежить принцип що значення цифрової шкали вимірювального перетворення визначаються набором всіх можливих (квантованих) значень, які можуть бути реалізовано за даного порівняння багатозначної міри і багатоступінчастого подільника вхідної величини – так званий метод коінциденції.

Квантовий підхід до вимірювання амплітудних параметрів реалізується шляхом побудови Атенюатора-подільника Троцишина (АПТ), який полягає у використанні кодокерованої комутації точок проміжних з'єднань лінійки N послідовно з'єднаних резисторів однакового номіналу, в якій на верхній (крайній вивід лінійки резисторів) подається вхідна напруга, а нижній (крайній вивід лінійки резисторів) підключено до спільного виводу атенюатора-подільника (подільника Кельвіна).

КТВП передбачає наявність значно більшої кількості квантова них точок шкали перетворення (при одному і тому ж динамічному діапазоні) ніж класична. Зміст та основні наукові і практичні результати макетів монографії, неодноразово доповідались на міжнародних конференціях, отримано ряд як позитивних так критичних зауважень, які стосуються питань методології самого підходу. Так що лише повний перехід на визначення і принципи Квантового підходу до утворення шкали вимірювального перетворення, а ні в якому разі, не спиранні на двійкову систему класичних методів перетворення, дозволяє зрозуміти, яким чином і звідки з'являються додаткові квантовані значення в межах точок двійкових шкал (коінциденції), причому, для більш високого порядку, це є обов'язковою умовою. Питання відображення результатів у двійкових кодах може стояти лише після отримання всіх (або запрограмованих) значень Повної шкали вимірювального перетворення.

Дослідження моделі АЦП паралельного типу

Для підтвердження отриманих теоретичних результатів в розділах 2-3, було проведено моделювання АЦП паралельної дії для випадку 8 розрядної матриці резисторів та використання методу коінциденції в системі PROTEUS.

На рис. 1- 30 наведено результати моделювання та короткй

ОПИС

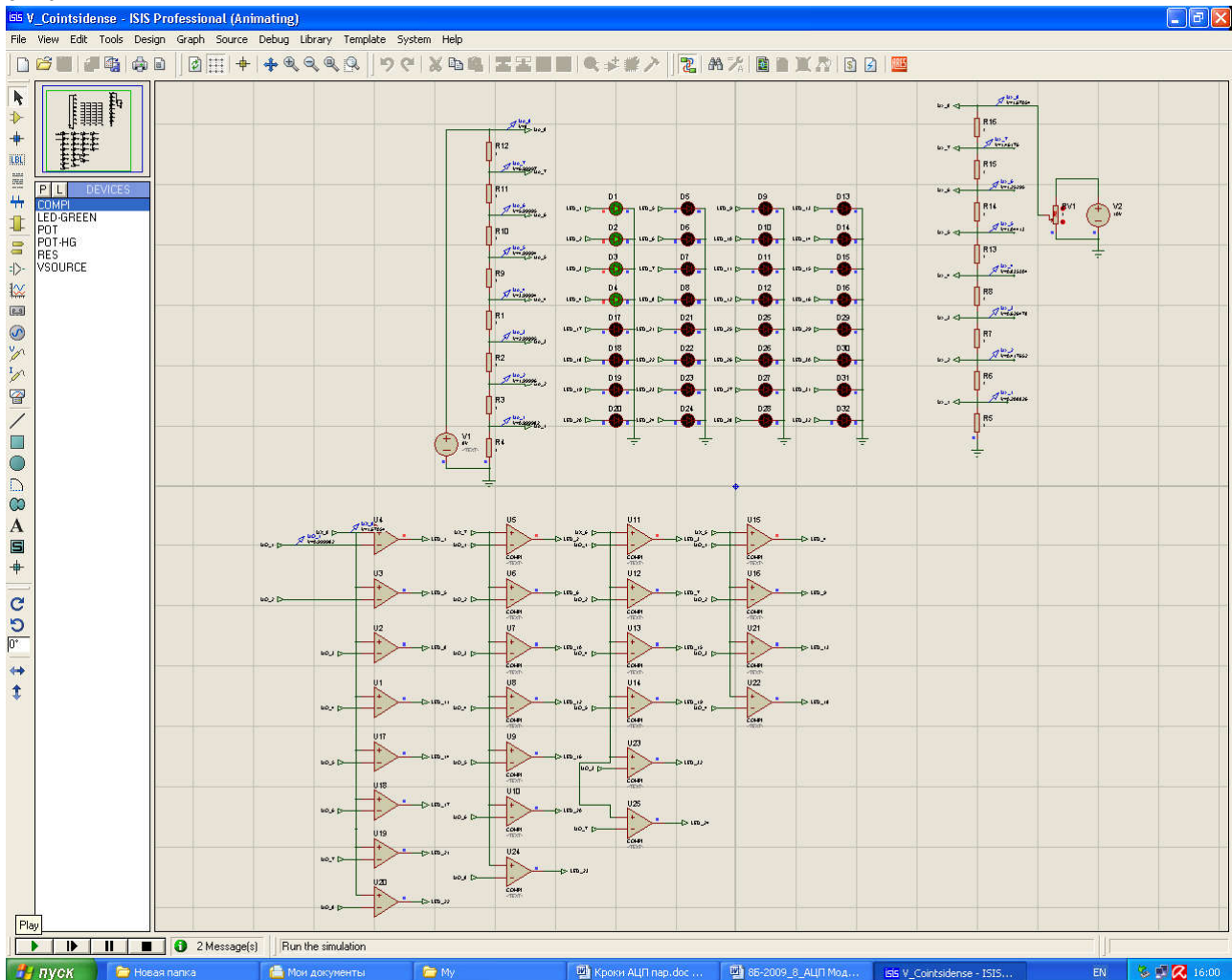
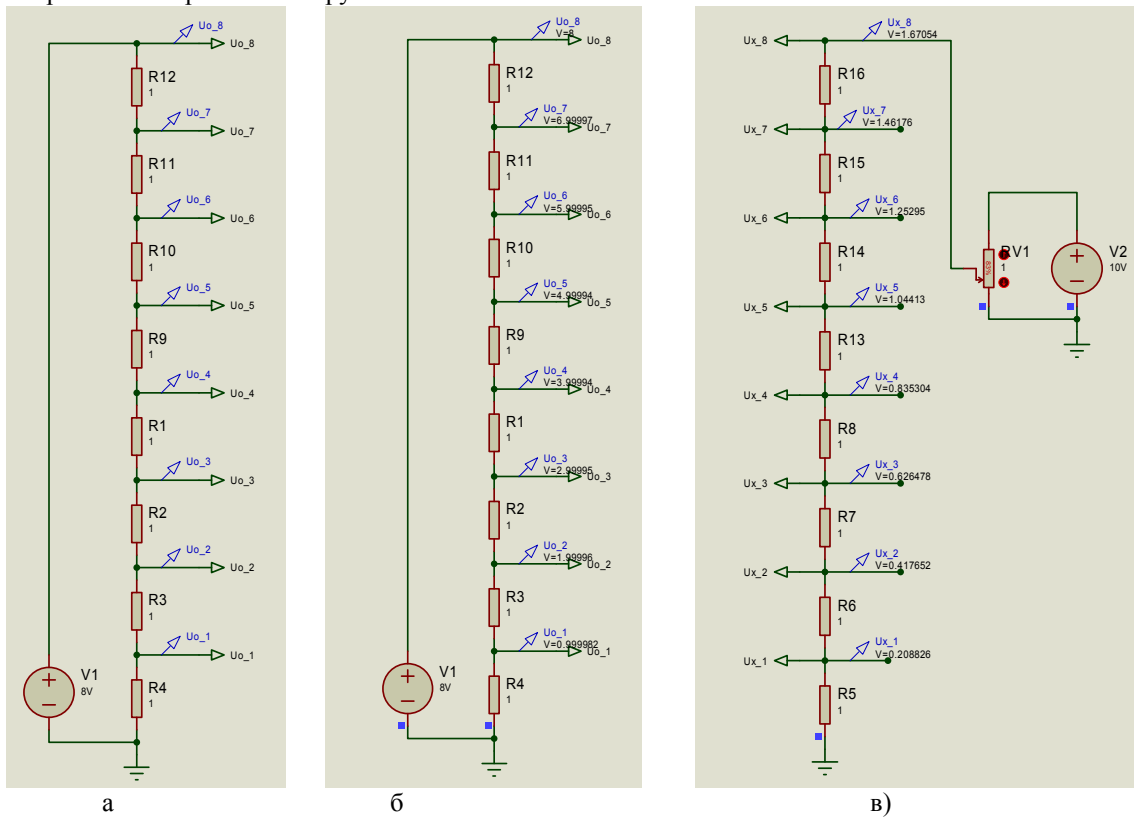


Рис. 1 – Схема електронного моделювання АЦП_8R для дослідження особливостей роботи паралельного порівняння за методом коінциденції

Для пояснення принципу організації окремих вузлів покажемо більш детально кожен із вузлових елементів системи моделювання АЦП паралельної дії для випадку 8 розрядних резисторних подільників опорної на вимірюваної напруг.



а – загальний вигляд; б – в режимі симуляції рівнів напруг, в - аркуш 2

Рис.2 – Принципова схема подільника опорного каналу АЦП_8R

Джерела опорних напруг для зняття характеристики перетворення були вибрано відповідно 10 В – опорне (для забезпечення зручності відліку), та вхідної напруги 12 В – для забезпечення надійного спрацювання у діапазоні близькому та більше за 1,000.

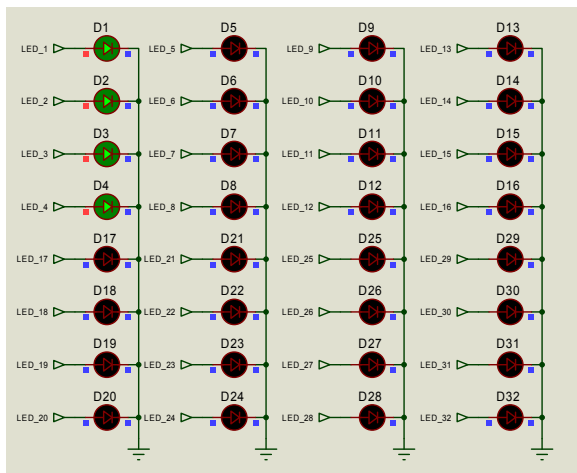


Рис. 3 – Схема матриці світлодіодів шкали АЦП_8R

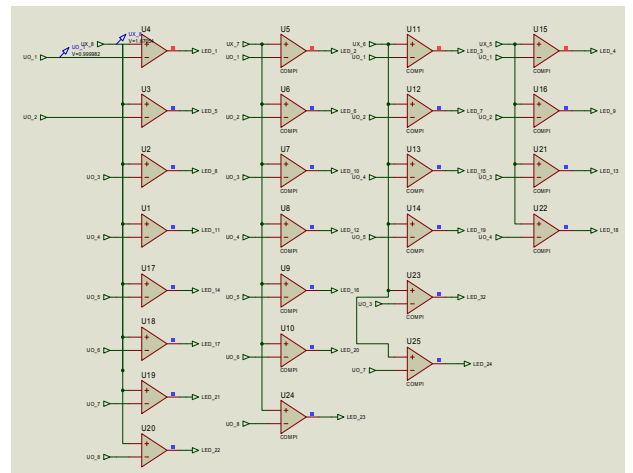


Рис. 4 – Принципова схема поля компараторів АЦП_8R

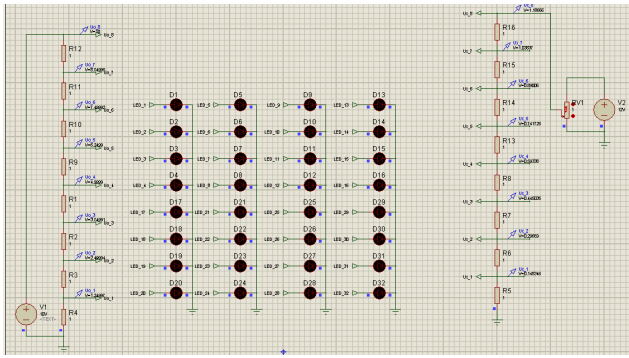


Рис. 5 - АЦП 8R у нульовій точці перетворення

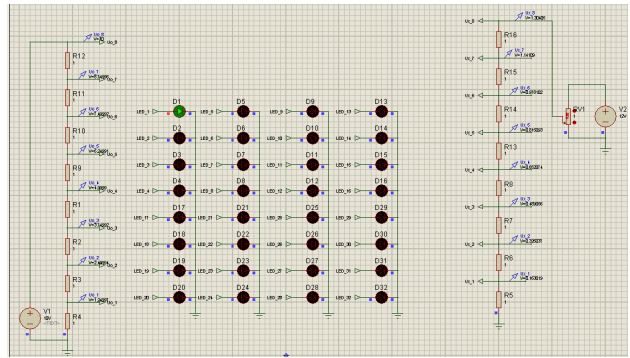


Рис. 6 - АЦП 8R у першій точці перетворення

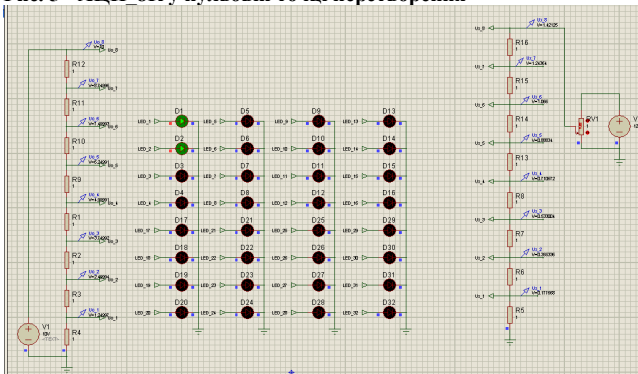


Рис.7 - АЦП 8R у другій точці перетворення

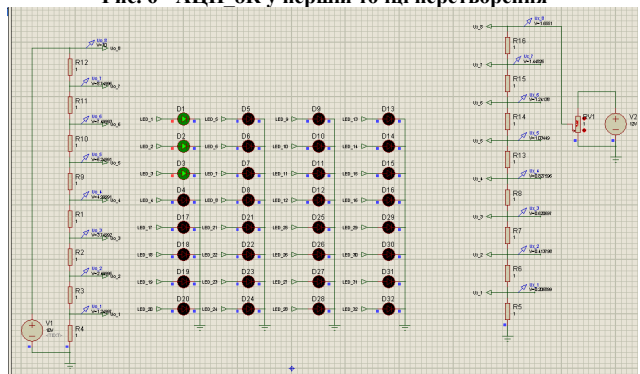


Рис. 8 - АЦП 8R у третій точці перетворення

В подальшому наведемо лише покази шкали та рвні вхідної напруги, та прослідкуємо динаміку роботи АЦП в діапазоні до 1,000 ібільше.

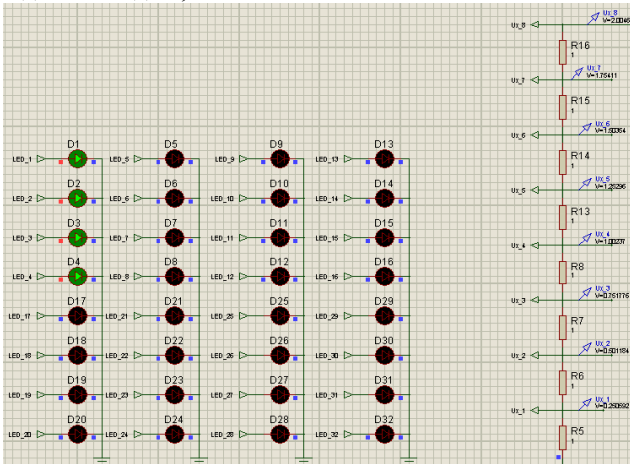


Рис. 9 - АЦП 8R в четвертій точці перетворення

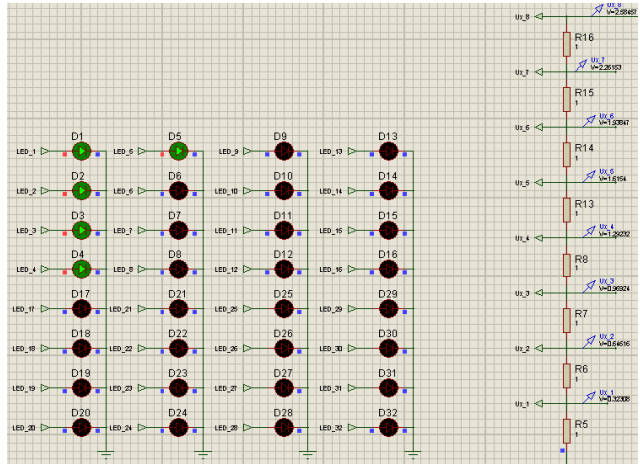


Рис. 10 - АЦП 8R в п'ятій точці перетворення

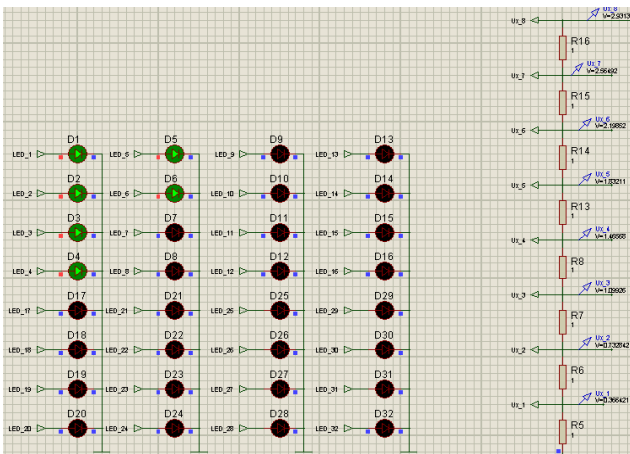


Рис. 11 - АЦП 8R в шостій точці перетворення

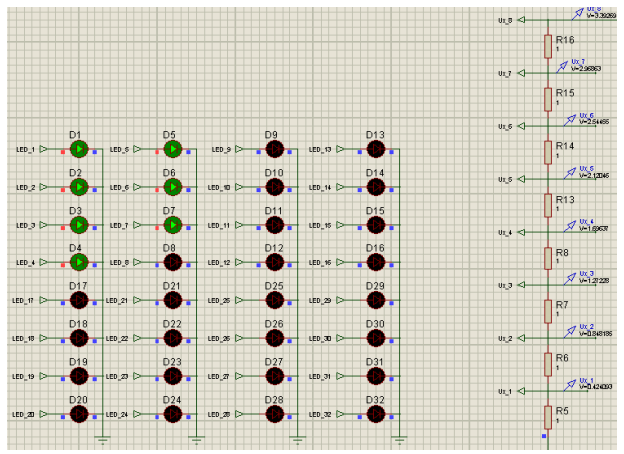


Рис. 12 - АЦП 8R в сьомій точці перетворення

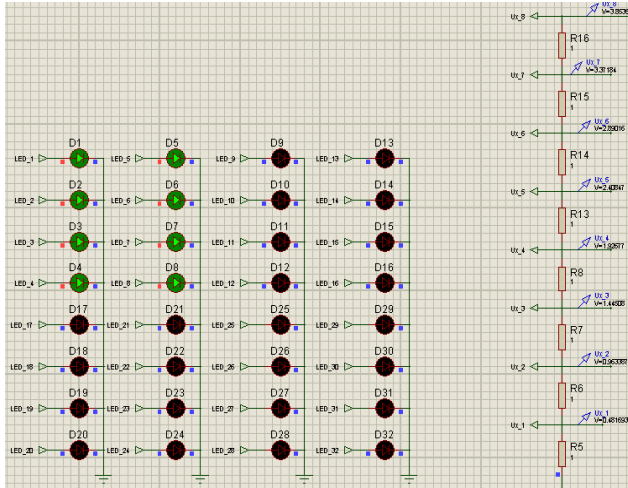


Рис. 13 - АЦП_8R у восьмій точці перетворення

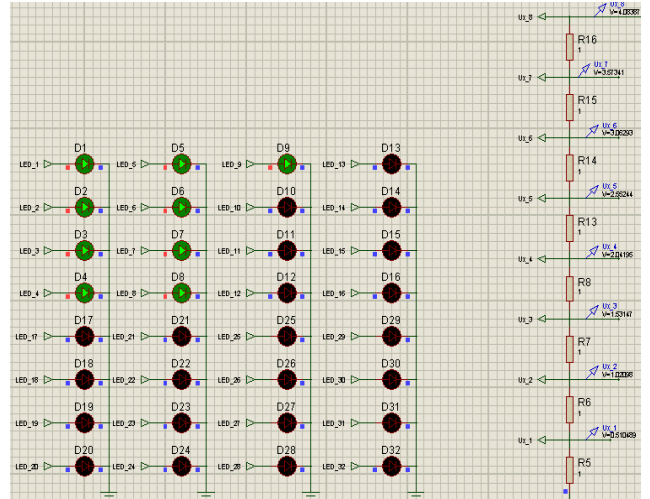


Рис. 14 - АЦП_8R в дев'ятій точці перетворення

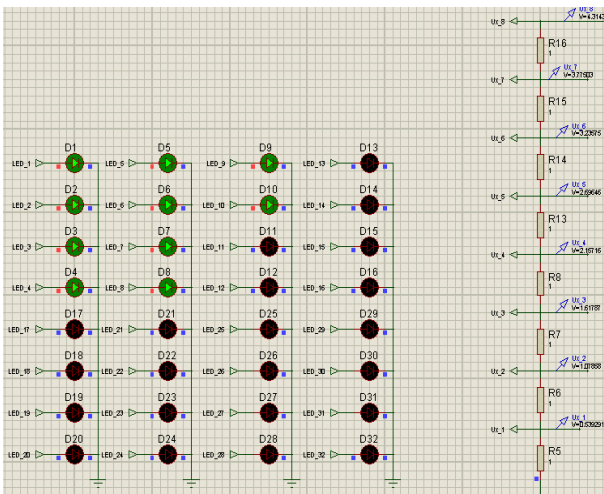


Рис. 15 - АЦП_8R в десятій точці перетворення

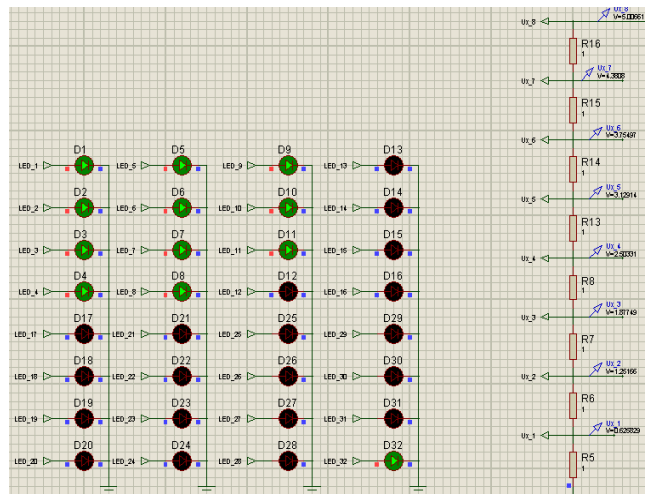


Рис. 16 - АЦП_8R в одинадцятій точці перетворення

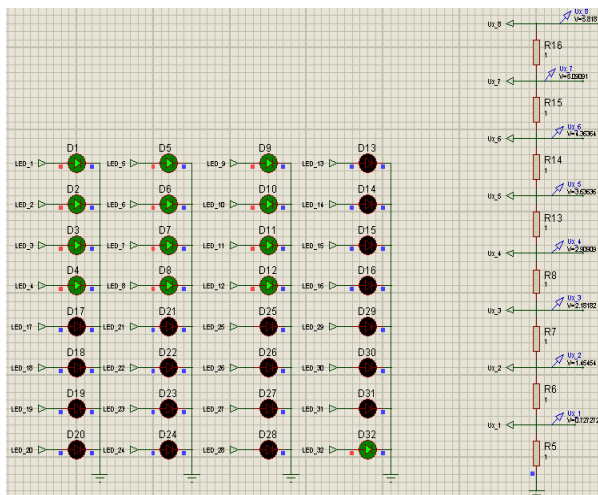


Рис.17 - АЦП_8R в дванадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

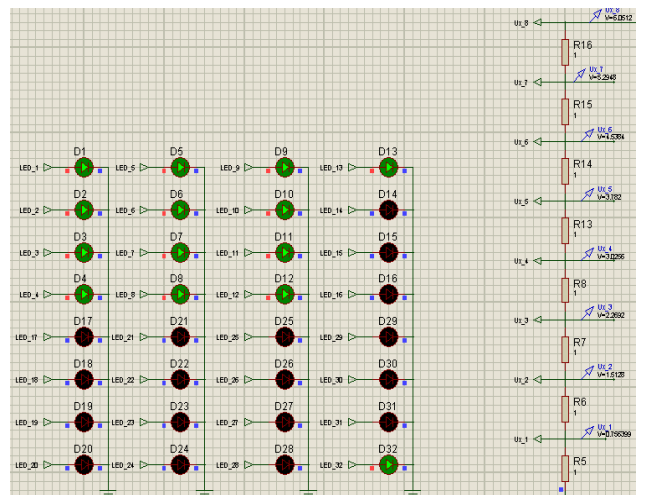


Рис. 18 - АЦП_8R в тринадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

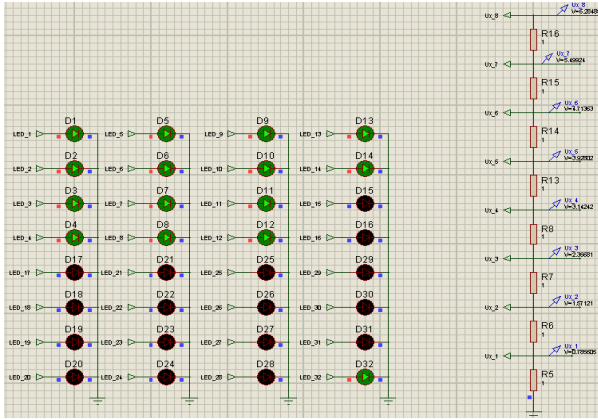


Рис. 19 - АЦП_8R в 14-ій точці перетворення (32 надлишковість)

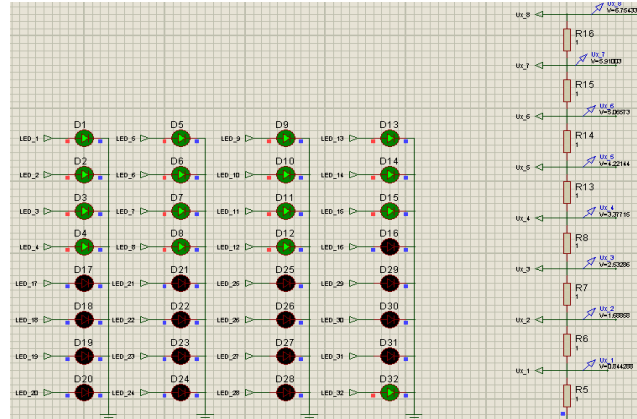


Рис. 20 - АЦП_8R в п'ятнадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

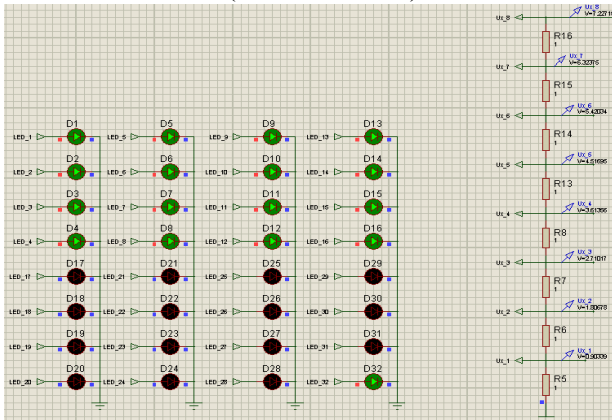


Рис.21 - АЦП_8R в шістнадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

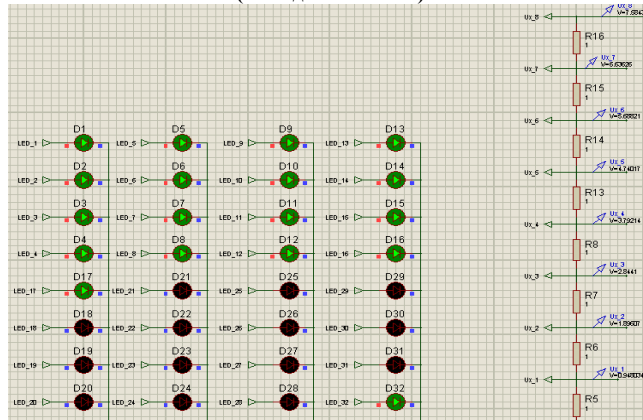


Рис. 22 - АЦП_8R в сімнадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

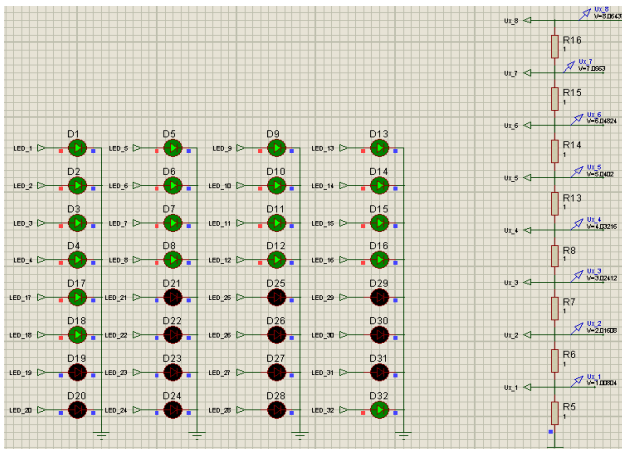


Рис. 23 - АЦП_8R в вісімнадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

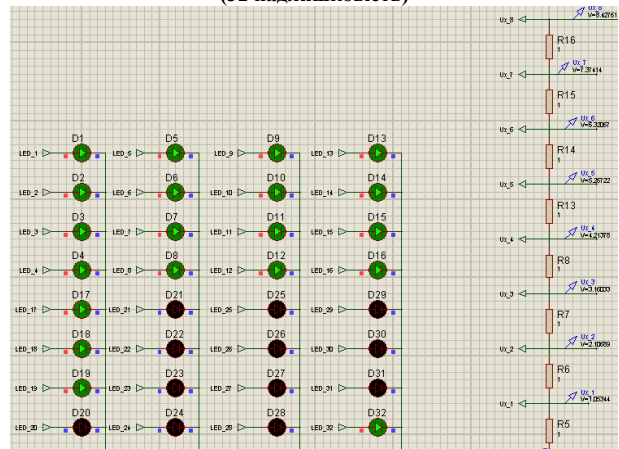


Рис. 24 - АЦП_8R в 19-тій точці перетворення (32 надлишковість)

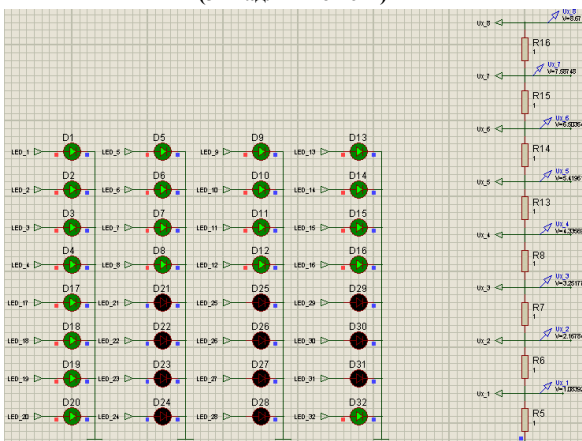


Рис. 25 - АЦП_8R в двадцятій точці перетворення (32 надлишковість)

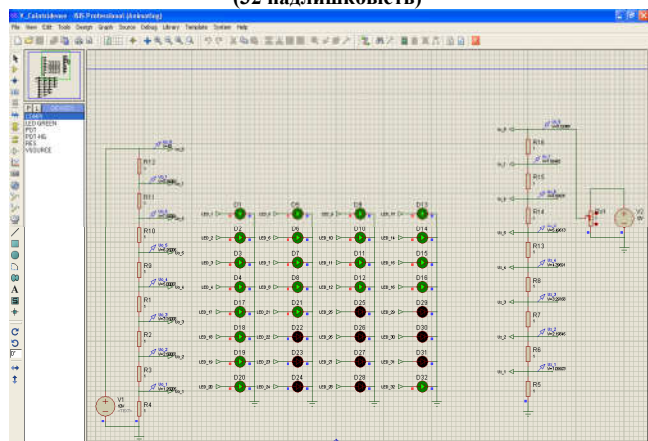


Рис.26 - АЦП_8R в двадцять першій точці перетворення (32 надлишковість)

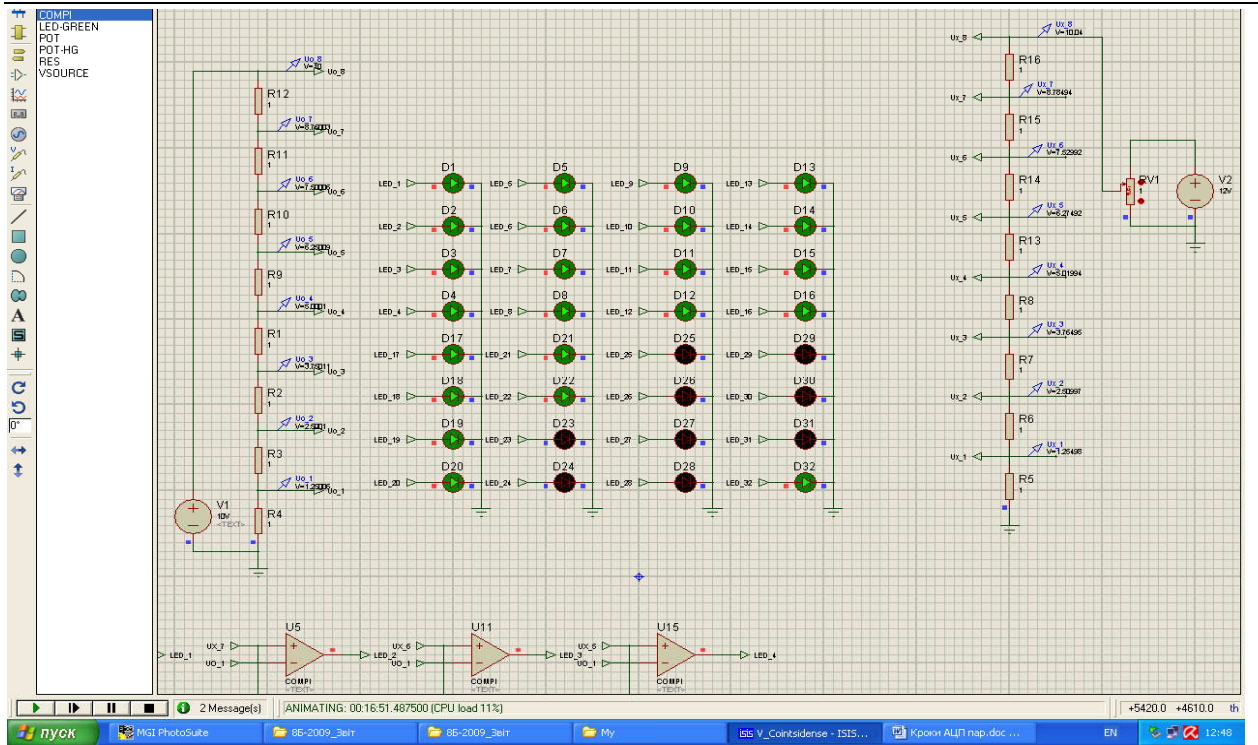


Рис. 27 - АЦП_8R в двадцять другій точці перетворення (32 надлишковість)

Таким чином можна відзначити, що змінюючи вхідний рівень сигналу відносно встановленої опорної напруги компаратори спрацьовують і встановленій послідовності і відтворюють вимірювальну шкалу перетворення яка є шкалою 8-коінциденція, і містить не 8, а 22 квантованих точки вимірювального перетворення. Необхідно відзначити, що потенціометр RV1 здійснює формування вихідної напруги у відсотках (%) від вхідної, тобто формує лінійну шкалу із кроком у 1%, що для нашого випадку рівно 0,12 В, тому цей наявний крок дискретності буде впливати на оцінку роздільної здатності АЦП, але цілком достатній для демонстрації працездатності та забезпечення квантованої вимірювальної шкали перетворення.

Для аналізу практично відзнятої на моделі АЦП згідно отриманих значень (таблиця.1) побудуємо характеристику реального вимірювального перетворення та дослідимо її характеристики.

Таблиця 1 - Квантовані значення характеристики АЦП

№ точки перетворення	Значення вхідної напруги	Шкала 8-коінциденція	Нормовані значення вхідної напруги	Відхилення Шкали АЦП від ідеальної
0	1.186	0.0000000000000000	0,11813	- 0,11813
1	1.304	0.1250000000000000	0,12988	-0,004
2	1.421	0.1428571428571428	0,14153	-0,00488
3	1.655	0.1666666666666667	0,16484	-,00182
4	2.001	0.2000000000000000	0,1993	-0.0007
5	2.584	0.2500000000000000	0,25737	-0,0073
6	2.93	0.2857142857142857	0,29183	-0,0061
7	3.39	0.3333333333333333	0,33765	-0,0043
8	3.85	0.3750000000000000	0,38347	-0,0084
9	9.08	0.4000000000000000	0,40637	-0,0063
10	9.31	0.4285714285714285	0,42928	-0,00063
11	5.00	0.5000000000000000	0,49801	-0,00199
12	5.81	0.5714285714285714	0,57869	-0,0072
13	6.05	0.6000000000000000	0,60259	-0,0025
14	6.28	0.6250000000000000	0,6255	-0,0005
15	6.75	0.6666666666666666	0,67231	-0,00564
16	9.22	0.7142857142857143	0,71912	-0,0049
17	9.58	0.7500000000000000	0,75498	-0,0049
18	8.06	0.8000000000000000	0,80279	-0,0027
19	8.42	0.8333333333333334	0,83865	-0,0032
20	8.67	0.8571428571428571	0,86355	-0,00645
21	8.79	0.8750000000000000	0,8755	-0,0005
22	10.04	1.0000000000000000	1	0,0000

Згідно даних таблиці побудуємо характерні графіки на рис. 28-33.

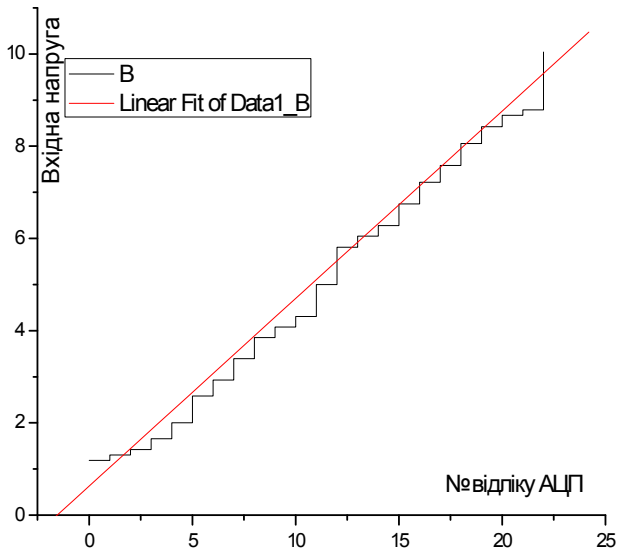


Рис. 28 - Характеристика вимірювального перетворення АЦП_8R

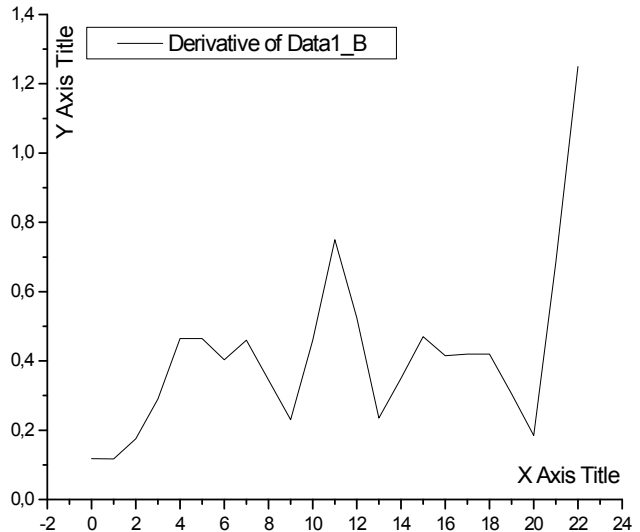


Рис. 29 - Відхилення характеристики вимірювального перетворення АЦП_8R

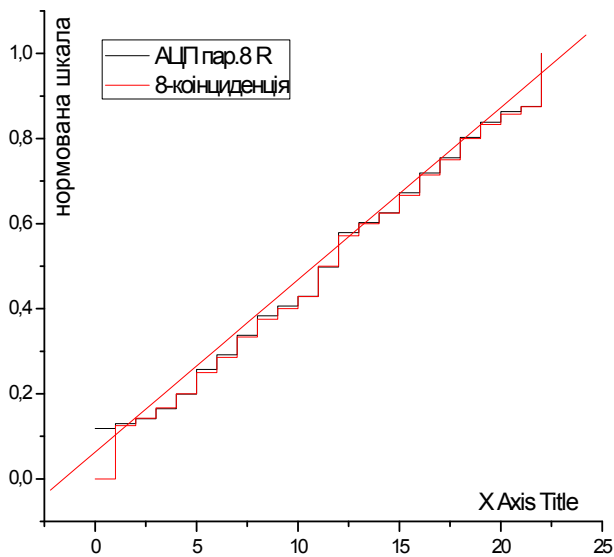


Рис. 30 - Порівняльні характеристики вимірювального перетворення АЦП_8R і шкали 8-коінциденція

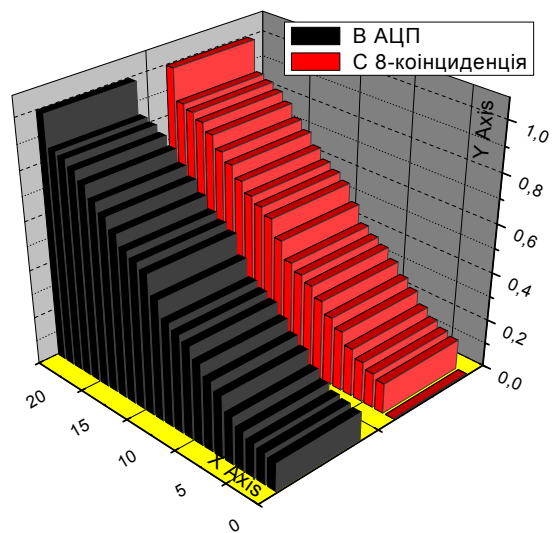


Рис. 31 - Порівняльні характеристики вимірювального перетворення АЦП_8R і шкали 8-коінциденція у тривимірній графіці

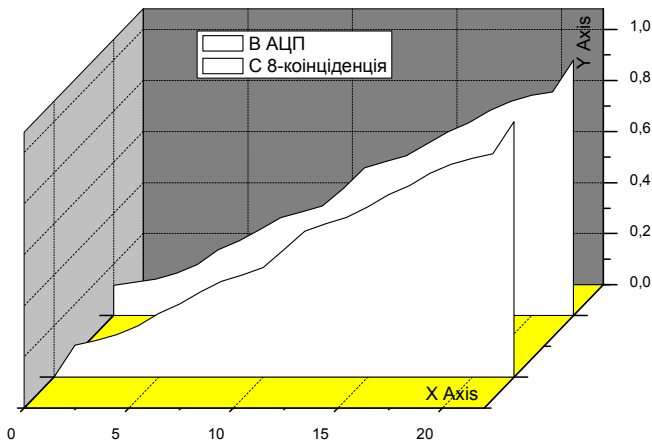


Рис. 32 - Порівняльні характеристики вимірювального перетворення АЦП_8R і шкали 8-коінциденція

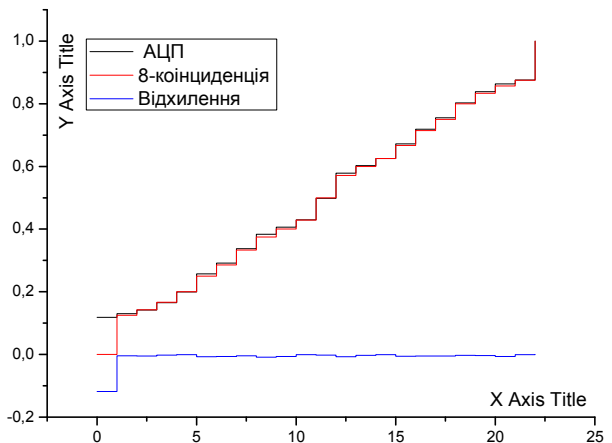


Рис.33 - Нормовані порівняльні характеристики вимірювального перетворення АЦП_8R і шкали 8-коінциденція, та відхилення шкал

Дослідження АЦП послідовного наближення за методом коінциденції

Проведемо аналогічним чином моделювання для випадку АЦП послідовного наближення, яке є типовим представником АЦП різночасового порівняння.

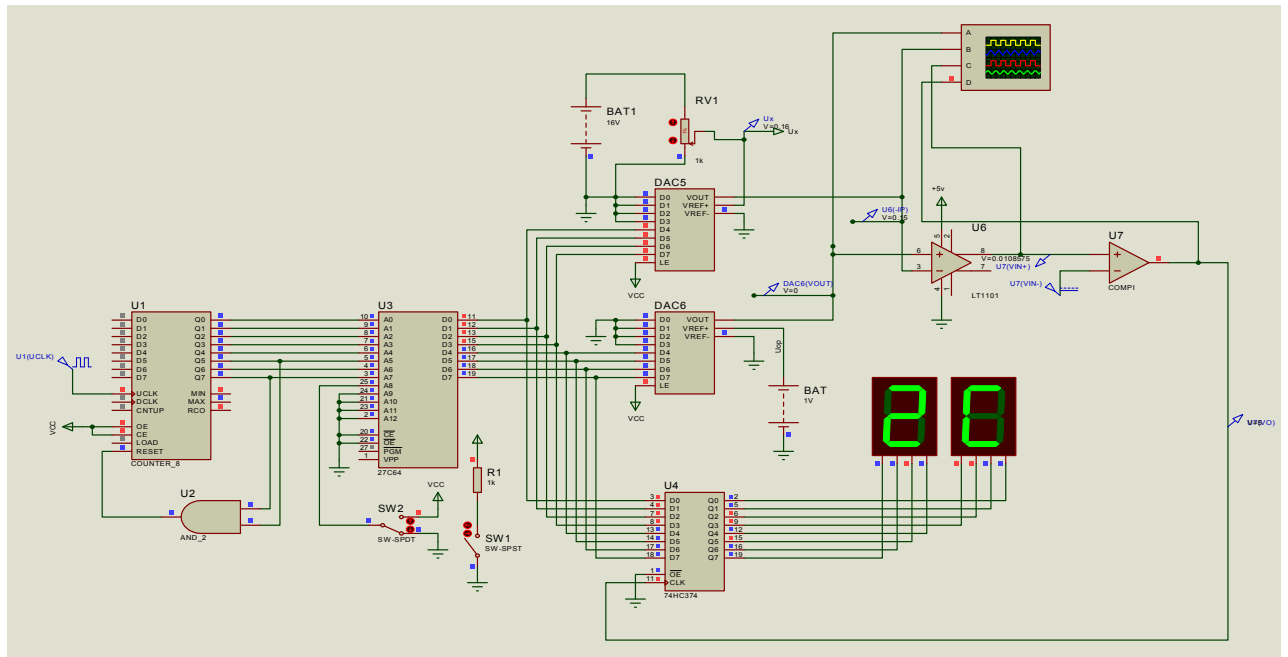


Рис. 34 - Схема моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція

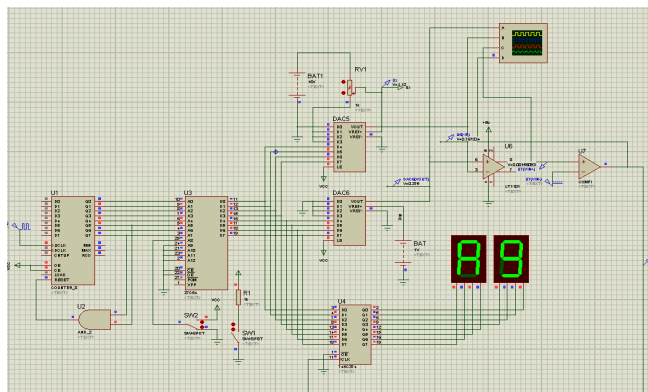


Рис. 35 - Схема моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

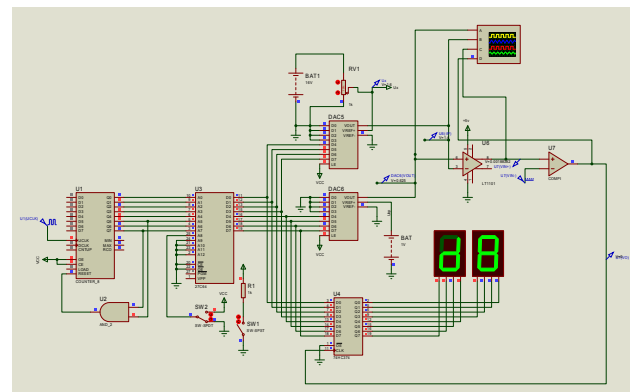


Рис. 36 - Схема моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

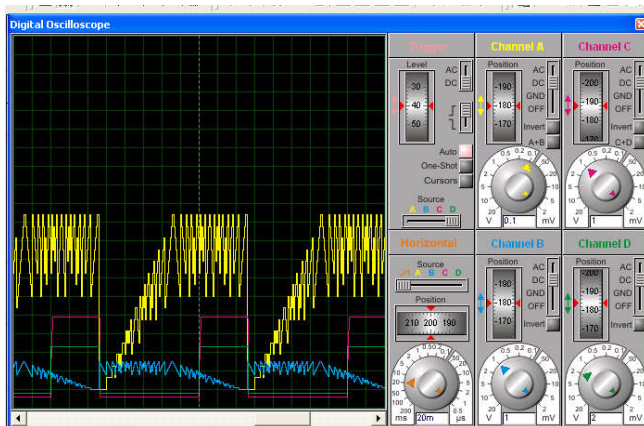


Рис. 37 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

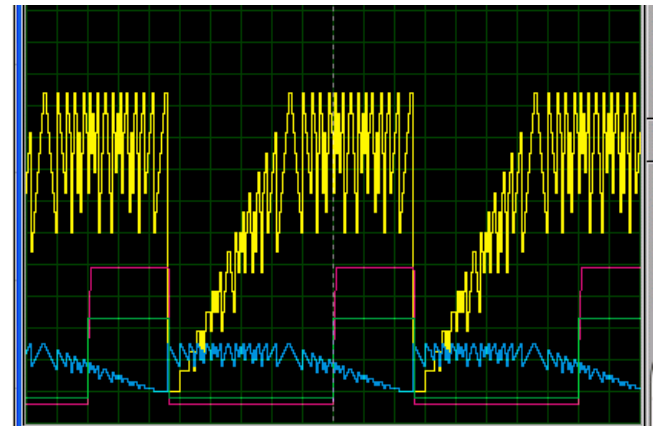


Рис. 38 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

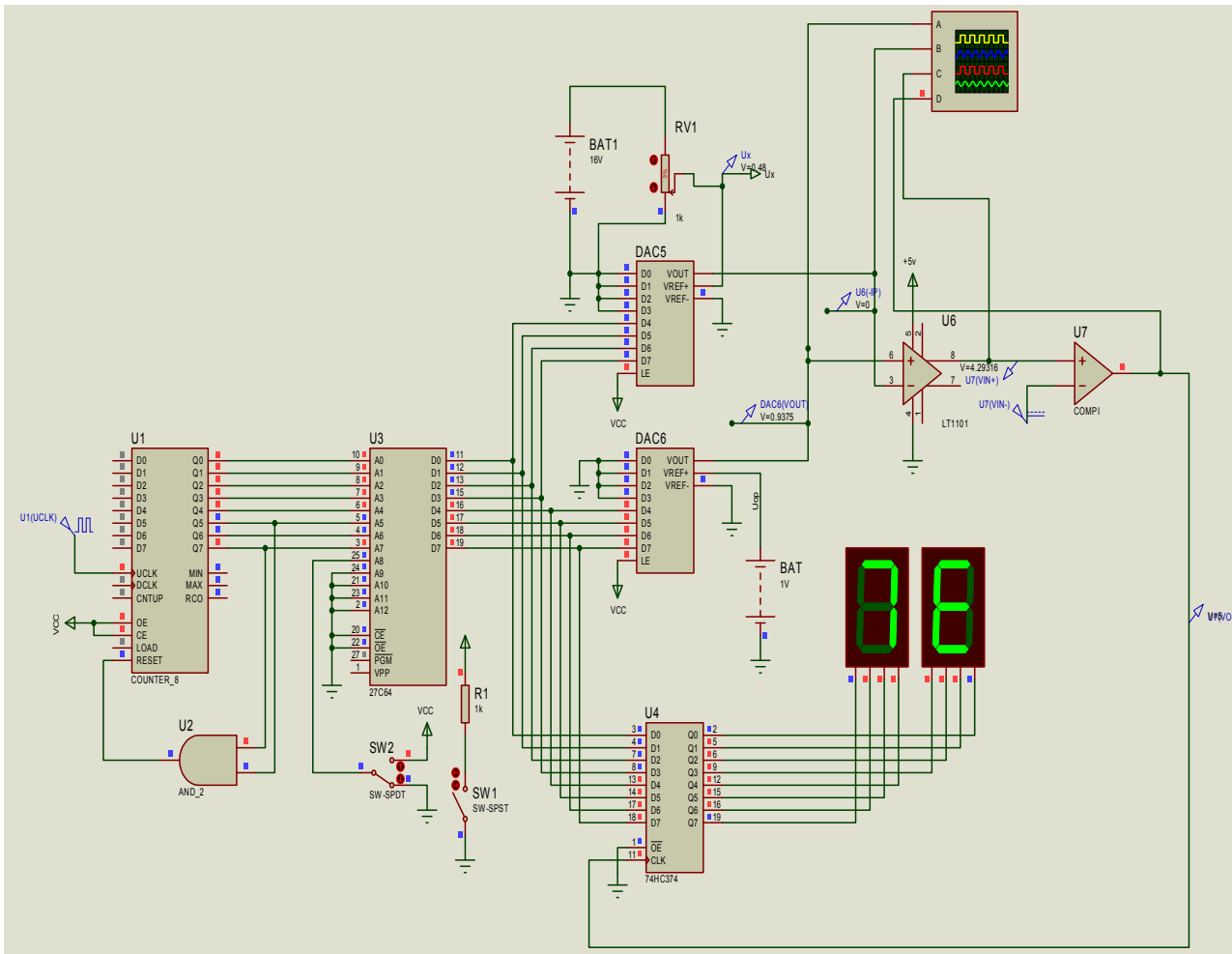


Рис. 39 - Робота моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

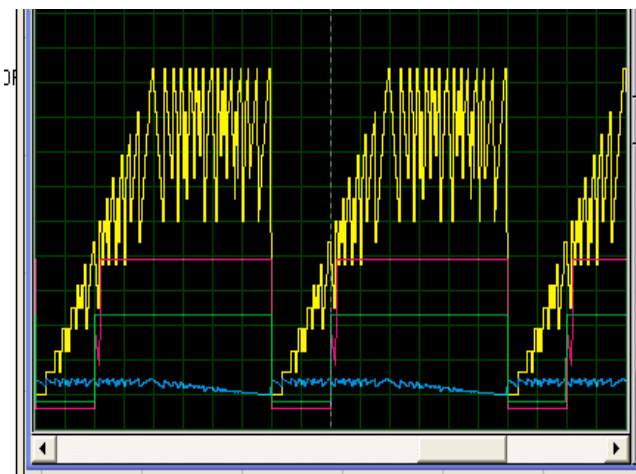


Рис. 40 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

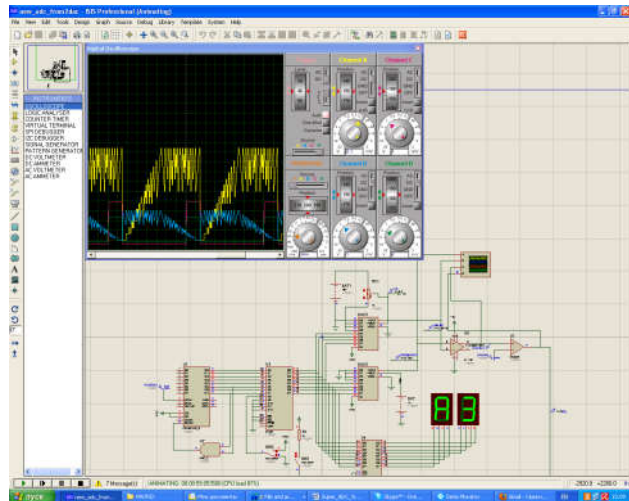


Рис. 41 - Загальний вигляд робочої панелі

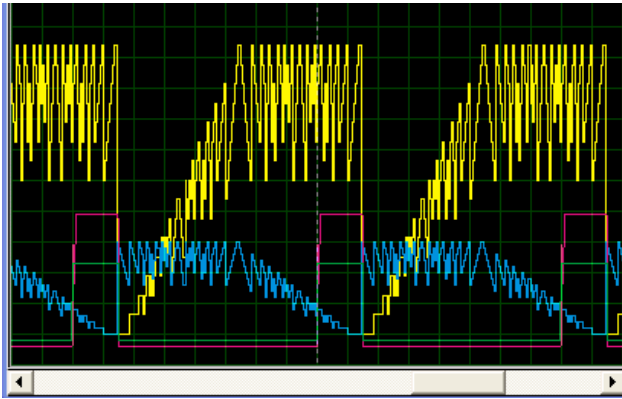


Рис. 42 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

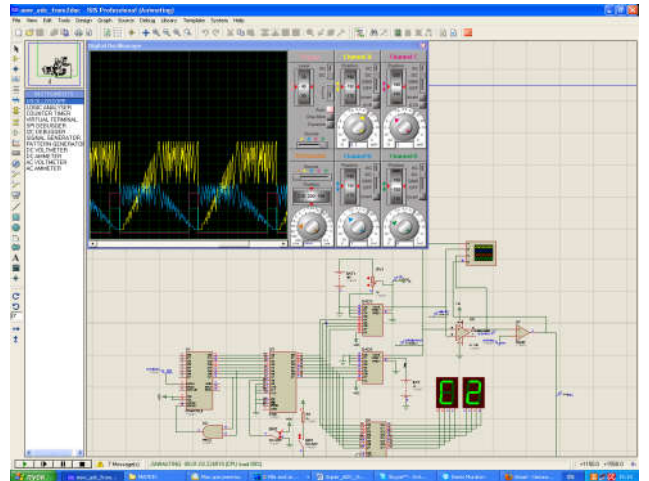


Рис. 43 - Загальний вигляд робочої панелі (зміна кодів)

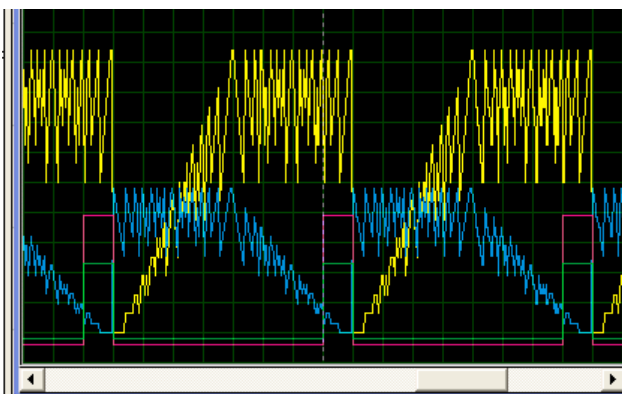


Рис. 44 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

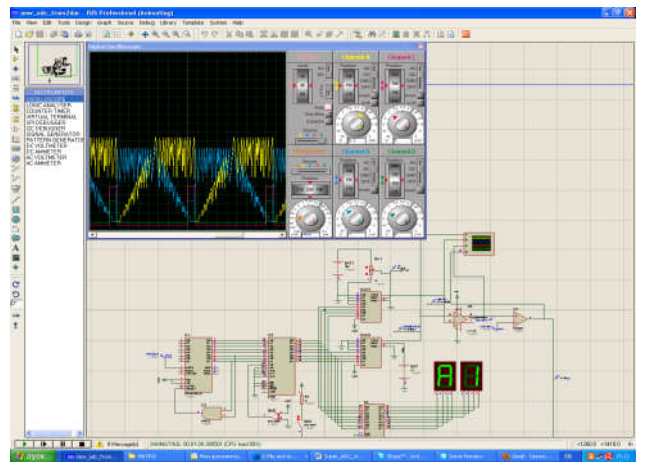


Рис. 45 - Загальний вигляд робочої панелі (зміна кодів)

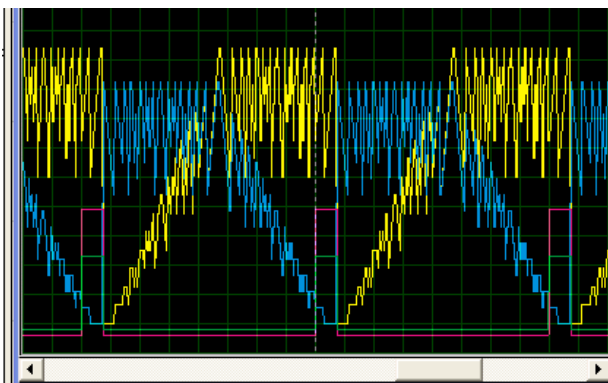


Рис.46 - Осцилограми моделі АЦП послідовного наближення за методом коінциденції із шкалою 16-коінциденція (зміна вихідних кодів)

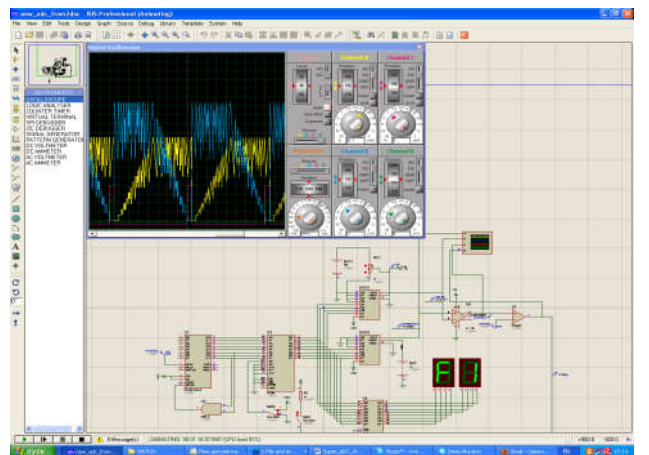


Рис. 47 - Загальний вигляд робочої панелі (зміна кодів)

Таким чином, як АЦП паралельної дії так і послідовного наближення не чітко працюють, реалізуючи метод коінциденції, а і забезпечують всі ті переваги Квантової теорії вимірювань (шкали відношень), і дозволяють на практиці одночасно покращувати і точність і швидкість вимірювального перетворення амплітудних параметрів.

Очевидним також є той факт, що відхилення квантованої шкали моделі від ідеальної шкали коінциденції незначне, навіть без використання прецизійних методів задавання зразкових напруг на вході.

Осцилограми роботи АЦП послідовного наближення показують динаміку роботи АЦП коінциденції, та вказують на можливості оптимізації їх роботи, шляхом використання програмованих значень шкали вимірювального перетворення. Як видно АЦП можуть бути реалізовано як на дискретних компонентах, так і програмових елементах, або у вигляді спеціалізованої мікросхеми.

Очікувані результати виконання проекту та їх наукова новизна

- створення та розробка математичних моделей вимірвальних процедур амплітудної та фазочастотних величин, адекватних до реальних, а не ідеалізованих параметрів;
- перегляд та встановлення ієрархічної залежності існуючих, та розроблених нових методів вимірювань із врахуванням причинно-наслідкових та метрологічних аспектів процедури вимірвальних АЦП;
- розробка універсально програмно продукту для програмування та адаптації характеристик перетворення ЦАП і АЦП;
- Розроблення топологічних структур квантових вимірвальних перетворювачів;
- **Порівняння очікуваних результатів із результатами інших авторів в даній області досліджень.**
- В результаті моніторингу останніх досягнень в галузі вимірвальної техніки та тенденцій побудови мікросхем ЦАП і АЦП та DDS визначальними і єдиними є і залишаються «класичні підходи» які використовують неадекватні моделі (наприклад частота величина обернена до періоду), абож використовують лише мізерну частину значень (зручних двійкових) КВШП.

Тому всі існуючі методи є найнижчим рівнем ієрархії методів КВП, над яким є прості вимірювачі за методом коінциденції, та принципово нові методи які забезпечують ще більш значне покращення, яке наглядно показує приклад використання 8 –ми резисторних подільника Кельвіна, і Атенюатора-подільника Троцишина, де класичний нижній рівень дає лише кількість точок = 8, а для перетворювачів на основі атенюатора-подільника Троцишина їх кількість для 8 – ми резисторного ланцюжка може складати (в залежності від типу перетворювача): 22 - (коінциденції), 166 - (подвійної коінциденції), 169 - (сумарно-різницевої), 247 - (комбінований).

Пріоритет створення програмованих мікросхем АЦП і ЦАП належить авторам проекту, так як в класичних двійкових структурах такі підходи є неможливими, із за відсутності всіх квантованих точок та їх надлишковості.

Література

1. І.В. Троцишин. Квантова теорія випромінювань: принципи та методи вимірвального перетворення параметрів радіосигналів. І.В. Троцишин, О.П. Войтюк, Н.І. Троцишина // Матеріали Одинадцятій міжнародної науково-технічної конференції "Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", (ВОТТП_11_2012), 5 - 8 червня 2012р. в м. Хмельницький, С.25-28
2. Троцишин І.В. Спосіб побудови атенюатора-подільника Троцишина. Патент України 100581. МПК (2013.01) G01R 15/00 G06G 7/16 (2006.01) G11C 8/00 H02M 3/06 (200), Опубліковано 10.01.2013, Бюл. № 1.
3. І.В. Троцишин . ЦАП і АЦП на основі атенюатора-подільника троцишина (апт) і його модифікації. І.В. Троцишин, О.П. Войтюк, М.І. Троцишин // Матеріали Одинадцятій міжнародної науково-технічної конференції "Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", (ВОТТП_11_2012), 5 - 8 червня 2012р. в м. Хмельницький, С.100-103.
4. И.В.Троцишин. Новое поколение ЦАП-АЦП с программируемыми параметрами характеристики преобразования на основе атенюатора-делителя Троцишина / И.В.Троцишин // Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments-2012; Сборник трудов XI международной научно-практической конференции, Москва 6-7 декабря 2012г, С. 420-422.
5. И.В.Троцишин. ЦАП-АЦП на основе атенюатора-делителя троцишина с программируемыми параметрами характеристики преобразования / И.В.Троцишин // Матеріали конференції, 67- ма науково-технічна конференція професорсько викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів, Одес, 5-7 грудня 2012р. С. 70-75.

References

1. I.V Trotsyshyn. Quantova teoriya vyimirun: Principy ta Methody vymirvalnogo peretvorennya parametriv radiosignaliv. I.V. Trotsyshyn, O.P. Voytyuk, N.I. Trotsyshyna // Materialy 11-y misznarodnoi naukovo-tehnithoi konferencii "Vymiruvalna ta obthysluvalna tekhnika v tekhnologithnykh procesakh" (VOTTP_11_2012), 5 - 8 June 2012. in. Khmelnytsky, S.25-28
2. Trotsyshyn I.V. Sposib pobudovy attenuatora-podilnyka Trotsyshyna. Patent Ukrainy 100581. IPC (2013.01) G01R 15/00 G06G 7/16 (2006.01) G11C 8/00 H02M 3/06 (200) Posted 10/01/2013, Bull. Number 1.
3. I.V. Trotsyshyn. CAP I ACP na osnovi atenuatora-podilnyka Trotsyshyna (APT) I yogo modyfikazii. /I.V Trotsyshyn, O.P. Voytyuk, M.I. Trotsyshyn // Materialy 11-y misznarodnoi naukovo-tehnithoi konferencii "Vymiruvalna ta obthysluvalna tekhnika v tekhnologithnykh procesakh" (VOTTP_11_2012), 5 - 8 June 2012. in. Khmelnytsky, S.100-103.
4. I.V.Trotsyshyn. Novoe pokolenie CAP- ACP s prohrammyruemyimi parameterami charakteristiki preobrazovania na osnove based on attenuatora-dtlitelia Trotsyshyna / I.V.Trotsyshyn // Inzhenernyi i nauthnye prilozhenia na baze tehnolohy National Instruments-2012; Sbornyk trudov XI- y mezhhdunarodnoy nauthnopraktitheskooy konferencii, 6-7 December 2012. Moscow, S. 420-422.
5. I.V.Trotsyshyn. CAP- ACP na osnove attenuatora-dtlitelia Trotsyshyna s programmiuemymi parametrami charakteristiki preobrazovania / I.V.Trotsyshyn // Materialy konferencii , 67-a - naukovo-tehnithna konferencia profesorskogo vykladazkogo skladu, naukovziv ta studentiv, Odessa, 5-7 December 2012. S. 70-75.

Рецензія/Peer review : 8.4.2018 р. Надрукована/Printed :9.4.2018 р.
Рецензент :