

## ДОСЛІДЖЕННЯ НОВІТНЬОЇ МЕТОДОЛОГІЇ ПОБУДОВИ ЦАП І АЦП ІЗ ПРОГРАМОВАНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ОБРОБКИ РАДІОСИГНАЛІВ

*У статті представлено результати практичних досліджень можливостей використання Атенюатора-подільника Троцишина як базового елемента нового типу - ЦАП і АЦП із програмованими параметрами характеристики перетворення.*

*На практичних макетах шляхом розрахунків та натурним експериментом багатократно доведено наявність в АПТ значно більшого числа квантових рівнів перетворення їх у такої ж розрядності подільника Кельвіна.*

*Запропоновано новітня методологія і прості та досить ефективні засоби для створення нового класу ЦАП і АЦП із можливістю програмування характеристики перетворення в виготовлених зразках мікросхем які окрім АПТ мають поле програмування.*

*Ключові слова: ЦАП і АЦП із програмованою характеристикою перетворення, атенюатор-подільник Троцишина (АПТ), подільник Кельвіна, програмування в процесі експлуатації.*

N.I. TROTSYSHYNA, I.V. TROTSYSHYN

Odessa National Academy of Telecommunications

O.M.GORDIENKO

NVK№49

### MODERN BUILDING RESEARCH METHODOLOGY DAC AND ADC WITH PROGRAMMABLE PARAMETERS FOR RADIO SIGNALS TREATMENT

*The article presents the results of empirical research the possibilities of using the attenuator-divider Trotsyshyna as a basic element of a new type - DAC and ADC with programmable parameters conversion characteristics.*

*In practical layouts by calculation and based experiments repeatedly proved the presence of APP much larger number of quantum levels with conversion in the same bit Kelvin divider.*

*A novel methodology and simple and very effective means of creating a new class of ADCs and DACs with programmable characteristics conversion to samples produced chips that are right except APP programming.*

*Keywords: DAC and ADC with programmable characteristic transformation attenuator-divider Trotsyshyna (APP) Kelvin divider, programming during operation.*

#### **Вступ. Актуальність роботи**

Класичні ЦАП і АЦП є невід'ємною частиною сучасно радіотехнічної апаратури і майже 90% всіх оброблень радіосигналів безпосередньо використовують вказані види перетворень. Відповідно до задач величезною є сучасна номенклатура ЦАП і АЦП які випускаються багатьма компаніями, типовим прикладом можна вважати Analog Devices, LTC, Samsung, та десятки інших [1-5].

Принциповим обмеженням всіх існуючих ЦАП і АЦП є ФІКСОВАНА кількість рівнів перетворення (не враховуючи зменшення кількості розрядів), в той же час не має ЖОДНОГО приладу який би мав ЗБІЛЬШЕННЯ розрядності, тим більш мав можливість ПРОГРАМУВАТИ характеристику перетворення.

З появою Квантової торії вимірювального перетворення [1], і його прототипом у вигляді атенюатора-подільника Троцишина (АПТ) [2], де вказані параметри збільшення кількості квантових рівнів і програмування характеристики перетворення стали можливими.

#### **Постановка завдання дослідження**

Враховуючи на багаторазові теоретичні та комп'ютерні дослідження, питання елементарних досліджень ЦАП на основі ланцюжка однакових резисторів включених у вимірювальну схему із комутації батареї живлення і вольтметра, можливо однозначно показати як отримати «квантові точки шкали» які виходять за значення шкали Кельвіна.

**Актуальність розробки:** Доведення на практичних дослідах із ланцюжком резисторів однакового номіналу увімкнених по схемі АПТ, однозначно не лише покаже наявності збільшення квантових точок шкали, а наявності можливості її програмувати, що неможливо у існуючих ЦАП і АЦП.

**Задачі, що будуть вирішуватися:** підтвердження на практиці можливості збільшення точок шкали перетворення подільника Кельвіна при його ввімкненні по схемі АПТ, а також можливість програмування характеристики перетворення у ЦАП і АЦП побудованих на основі атенюаторів-подільників Троцишина.

**Об'єкт дослідження** характеристика вимірювального перетворення ЦАП і АЦП побудованих на основі атенюаторів-подільників Троцишина

**Предмет дослідження** ЦАП і АЦП побудованих на основі атенюаторів-подільників Троцишина.

**Методологія та принципи реалізації.**

В якості наглядних прикладів досягнення мети шляхом незалежних практичних досліджень

приведемо результати отримані в рамках підготовки конкурсної роботи для МАН, яка безпосередньо стосуються дослідження АПТ.

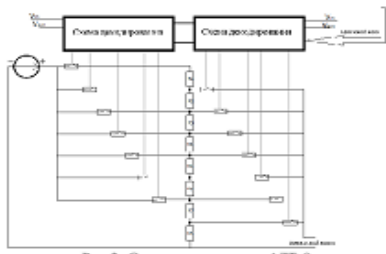
10-12 лютого 2015 року в м. Києві відбувся Всеукраїнський конкурс винахідницьких і раціоналізаторських проектів еколого-натуралістичного напрямку.

Конкурс проводиться за підтримки Міністерства освіти і науки України з метою всебічної підтримки обдарованої молоді, сприяння модернізації змісту науково-дослідницької, експериментальної та практичної діяльності учнівської молоді, впровадження інноваційно-освітніх методів і технологій у навчальних закладах України. У цьому конкурсі у номінації «Фізика, інженерні та комп'ютерні науки» перемогу здобули одразу два учні профільних «Т-класів» ОНВК № 49.

І місце на конкурсі здобув – *Гордієнко Олексій* учень 10-Б класу інформаційно-технологічного профілю навчання, тема роботи «Аналогово-цифрові перетворювачі нового покоління». (рис.1).

**Таблиця 3**  
Таблиця паденьї напруги на резисторах ЦАП при зміні числа  $N_{\text{вкл}}$  от 16 до 1

$N_{\text{вкл}}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1,90	2,12	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
1,14	2,20	2,40	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
1,28	2,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
1,3	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
1,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
1,5	3,2	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
1,7	3,5	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
2	4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
2,20	4,5	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
2,7	5,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
3,2	6,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
4	8	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
5,3	11,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
1	14	2														
14	1															

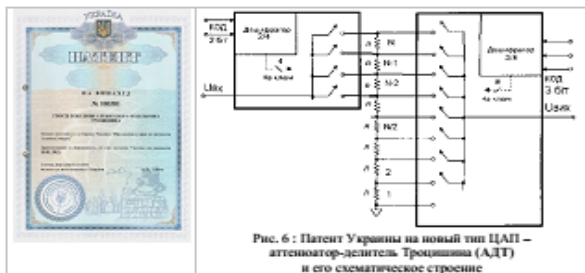
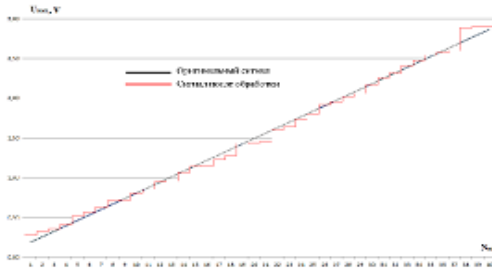


**2. Натурний експеримент**

Проведем натурний експеримент на макетних образцях ЦАП, змєрив падєнє напруги на резисторах преобразоватєлєй. Для этого понадобитє последовательно соединєннєе резисторы ( $N_{\text{вкл}} = 10$  штук), гальванический элемент ( $U_0 = 2,9$  В) и цифровой вольтметр. Ниже приведєннєе получєннєе значєннєе  $U_n$ , а фотографии процесса змєрєннєй наглядно демонстрируют ряд падєнєя напруги в цєпєи (см. серию иллюстраций на Рис. 4).

Отбросив повторы (одинаковєе значєннєе напруги), получим график выходного сигнала для 40 точек (змеров  $U_n$ ) для аттенюатора-делитєлєя Троицкина (АДТ) (см. Рис. 5).

Итак, работоспособность этого преобразоватєлєя подтверждєннєа как теорєтически, так и практически. Это схемное рєшєннєе уже запатєнтовано (см. Рис. 6), такой аттенюатор-делитєлєя (АДТ Троицкина) прошел необходимєе испытєннєе и, следовательно, готов к промышленному использованию.



Таким образом, получєннєа матрица значєннєй  $U_n$  (В) для всєей схємы :

0,28	0,28	0,30	0,41	0,52	0,57	0,57	0,63	0,71	0,72
0,72	0,81	0,88	0,95	0,98	0,98	1,07	1,14	1,15	1,23
1,28	1,43	1,43	1,44	1,44	1,48	1,48	1,60	1,64	1,73
1,73	1,80	1,82	1,82	1,88	2,02	2,08	2,17	2,17	2,17
2,28	2,32	2,41	2,48	2,54	2,58	2,60	2,80	2,80	2,80
2,80	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,91

**3. Числєнный експеримент**

Чтобы визуализировать выходные данные нового ЦАП, автором была создєннєа соответствующая программа для моделирования работы цифрового преобразоватєлєя. Эта программа названа «VisCom» (сокр. от «Visualization of Conversion» – визуализация преобразования), и написєннєа на языке программирования MS Visual Basic (v.6).

```

Пример кода «VisCom» для ЦАП Кельвина
Private Sub Option1_Click()
    Txt2.Text = ""
    Dim A, B As String
    Dim q As Long
    q = FreeFile
    Open App.Path & "ADC_Kelvin.txt" For Input As q
    Line Input #q, A
    Txt1.Text = A
    Do While Not EOF(q)
        Input #q, B
        Txt2.Text = Txt2.Text & B & vbCrLf
    Loop
    Close #q
    Img1.Picture = LoadPicture(App.Path & "Kelvin.jpg")
End Sub
    
```

На Рис. 7 представлєннєе скрин-шот интерфейса программы «VisCom» и результат ее работы – визуализация выходного сигнала преобразоватєлєя при некоторых заданных параметрах.

На момент написєннєя этой работы программа «VisCom» еще находится в финальной стадии разработки, но уже способна построит график кривой выходного сигнала в ЦАП типа Кельвина и Троицкина. Конечно, в ближайшее время программа будет завершена и она заработает в полной мере.

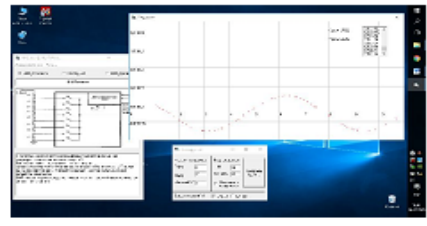


Рис. 1. Фрагмент работєи Гордєенко Олексєя в рамках мєждународного конкурсу МАН

Саме завдяки науковому керівництву Троцишина І.В. учень 10-Б класу інформаційно-технологічного профілю навчання *Гордієнко Олексій* посів 1 місце у Всеукраїнському конкурсі винахідницьких і раціоналізаторських проєктів еколого-натуралістичного напрямку з роботою «Аналогово-цифрові перетворювачі нового покоління».



Рис.2 - Всеукраїнський конкурс винахідницьких і раціоналізаторських проєктів 1 місце на конкурсі здобув – Гордієнко Олексій під керівництвом професора. Троцишина І.В.

Другим шляхом використання новітніх розробок у навчальному процесі було виконання індивідуальних завдань студентами-магістрами ОНАЗ ім. О.С.Попова.

Приклад фрагментів однієї із робіт цілком підтверджує всі отримані раніше теоретичні результати в рамках Квантової теорії вимірювального перетворення.

В основу покладено АПТ на основі патента №100581.(рис.3).



Рис.3 Патент України №100581 [2]



УКРАЇНА

(19) UA (11) 100581 (13) C2  
 (51) МПК (2013.01)  
 G01R 15/00  
 G06G 7/16 (2006.01)  
 G11C 8/00  
 H02M 3/06 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
 ВЛАСНОСТІ  
 УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2011 02672	(72) Винахідник(и): Троцишин Іван Васильович (UA)
(22) Дата подання заявки: 09.03.2011	(73) Власник(и): Троцишин Іван Васильович, вул. Хотовицького, 8, кв. 131, м. Хмельницький, 29016 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.01.2013	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 4511881; 16.04.1985; GB 839998; 29.06.60; SU 1121624; 30.10.1984; US 5416438; 16.05.1995; US 6455952 B1; 24.09.2002; RU 50043 U1; 10.12.2005; Кестер У. Аналого-цифрове преобразование / У. Кестер, М: Техносфера, 2007. - С.182-189; Азаров О.Д. Основи теорії аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення / О.Д. Азаров. - Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2004. - С. 33-37
(41) Публікація відомостей про заявку: 10.09.2012, Бюл.№ 17	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.01.2013, Бюл.№ 1	

(54) СПОСІБ ПОБУДОВИ АТЕНУАТОРА-ПОДІЛЬНИКА ТРОЦИШИНА

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі електронної та виміральної техніки, і може використовуватися як зразковий атенуатор-подільник для електричних та електронних схем, а також у складі цифро-аналогових (ЦАП) та аналого-цифрових перетворювачів (АЦП). Спосіб побудови атенуатора-подільника, полягає у забезпеченні лінійки N послідовно з'єднаних резисторів однакового номіналу, в якій нижній крайній вивід лінійки резисторів підключають до спільного виводу атенуатора-подільника, а усі виводи лінійки, окрім нижнього крайнього, через кодокеровані першим дешифратором ключі приєднують до виходу пристрою. Вхід пристрою через лише N/2 кодокерованих другим дешифратором ключів приєднують до крайнього верхнього виводу і наступних донизу виводів лінійки. Технічним результатом винаходу є збільшення роздільної здатності подільника.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
 ОДЕССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СВЯЗИ ИМ. А.С.ПОПОВА

Индивидуальное задание

по дисциплине СИЕ в Н и О

Выполнил: студент гр. ИК-5.103м

Бабин Д. В.

Проверил: Троцишин И.В.

Одесса 2015

Рис. 4 Індивідуальне завдання «Дослідження АПТ»

1. Принципиальная электрическая схема преобразователя АПТ-10

Теперь, когда эффективность КТВ доказано, и реальное устройство который ее реализует, для преобразования двумерной шкалы в одномерную, есть аттенуатор-делитель Троцишина (АДТ), продолжим исследование именно для использования в качестве базового элемента АДТ. Изложение материала начнем с определения обозначений и записи математических моделей в формализованном виде (таблица 1).

Теперь более подробно рассмотрим особенности образования уже известной шкалы коинцидентности и ее особенности по сравнению с классической.

Устройство реализующее характеристику преобразования называется преопсАiBj, аттенуатором-

делителем Троцишина (АДТ) (рис.1.1) и позволяет наилучшим образом практически реализовать шкалу табл. 1.

Табл.1 – Математические модели ЦАП и АЦП

Классический двоичный ЦАП (АЦП) N classic	$n_{class} = \frac{A_i}{2^N}, \text{де } A_i \in 1 \dots 2^N, N - \text{разрядность двоичного кода}$
Шкала коинцидентности N coincidence	$n_{coinc} = \frac{A_i}{B_j}, \text{де } A_i, B_j \in 1 \dots 2^N, N - \text{количество значений делителя}$
Шкала двойной коинцидентности N super	$n_{super} = \frac{A_i}{B_j \cdot D_k}, \text{де } A_i, B_j, C_k, D_l \in 1 \dots 2^N, N - \text{количество значений делителя}$
Шкала суммарно-разностная N D S	$n_{D,S} = \frac{A_i}{B_j \cdot D_k}, \text{де } A_i, B_j, C_k, D_l \in 1 \dots 2^N, N - \text{количество значений делителя}$
Шкала комбинированного преобразования N comby	$n_{comby} = \frac{A_i}{B_j \cdot D_k}, \text{де } A_i, B_j, C_k, D_l \in 1 \dots 2^N, N - \text{количество значений делителя}$

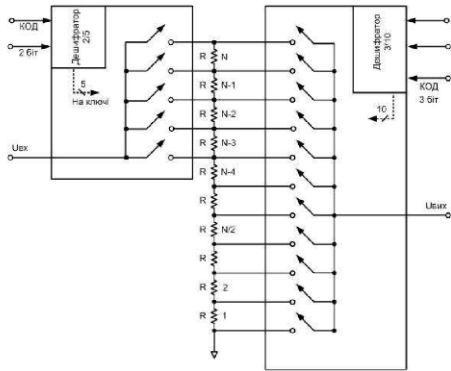


Рис. 1.1. Схема аттенуатора-делителя Троищина для 10R

2. Составить таблицу значений квантовых точек преобразования АПТ – 10

Таблица 2.1 – Значения квантовых точек преобразования АПТ – 10

	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
10	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
9		1	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
8			1	0,875	0,75	0,625	0,5	0,375	0,25	0,125
7				1	0,857	0,714	0,571	0,429	0,286	0,143
6					1	0,833	0,667	0,5	0,333	0,167
5						1	0,8	0,6	0,4	0,2
4							1,25	1	0,75	0,5
3								1,667	1,333	1
2									2,5	2
1										5

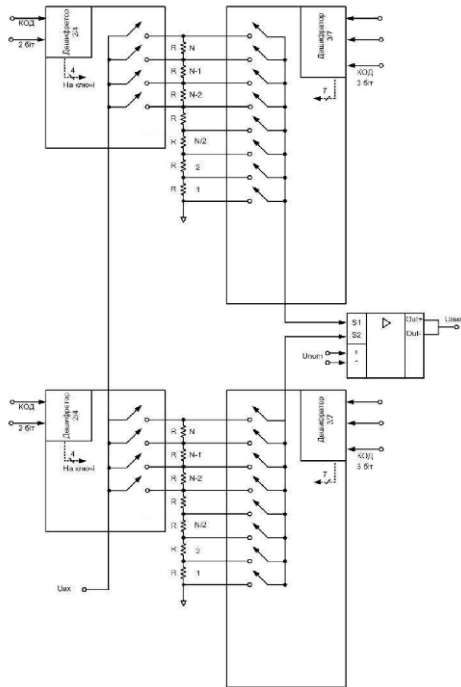


Рис. 4.1 – Схема преобразователя на двух АПТ\_7 в режиме D\_S\_7

8. Характеристики АПТ-10, Кельвина-12, АПТ-7 и АПТ6

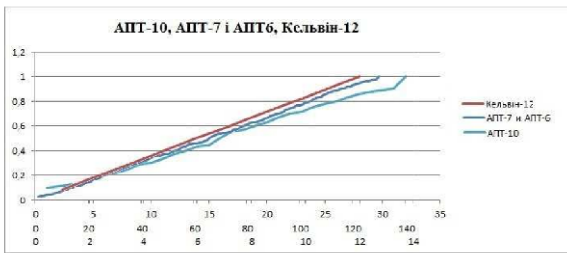


Рис. 8.1 – Характеристики АПТ-10, Кельвина-12, АПТ-7 и АПТ6

Рис. 5. Характеристики перетворення ЦАП на основі АПТ

Практичний макет для дослідження на безпачній макетній платі представлений на виставках, приведено на рис.6

Таблица 2.2 – Значения АПТ – 10 которые не повторяются

0,1	0,111	0,125	0,143	0,167	0,2	0,222	0,25	0,286	0,3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,333	0,347	0,4	0,429	0,444	0,5	0,556	0,571	0,6	0,625
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,667	0,7	0,714	0,75	0,778	0,8	0,833	0,857	0,875	0,889
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0,9	1								
31	32								

3. Характеристика преобразования АПТ – 10

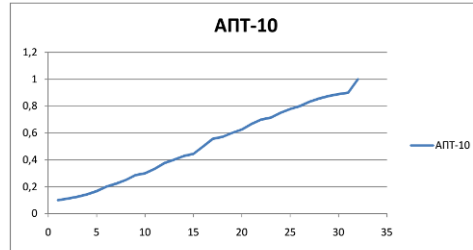


Рис. 3.1 – Характеристика преобразования АПТ – 10

4. Принципиальная схема преобразователя DS-7

Без внимания осталось принципиальный вопрос получения линейной шкалы преобразования с равномерным шагом и разрешением, которые были исследования путем симуляционного моделирования преобразователя D\_S\_7, схема реализации приведена на рис.4.1.

5. Таблица значений квантовых точек преобразования при использовании делителя Кельвина 12

$$N_{\text{кельв}} = D/12$$

Таблица 5.1 – Значения Кельвина 12

X	Y
1	0,083333
2	0,166667
3	0,25
4	0,333333
5	0,416667
6	0,5
7	0,583333
8	0,666667
9	0,75
10	0,833333
11	0,916667
12	1

6. Таблица значения квантовых точек преобразования при использовании делителя АПТ 12

Таблица 6.1- Значения квантовых точек преобразования

	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
12	1	0,917	0,833	0,75	0,667	0,583	0,5	0,417	0,333	0,25	0,167	0,083
11		1	0,909	0,818	0,727	0,636	0,545	0,455	0,364	0,273	0,182	0,091
10			1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
9				1	0,889	0,778	0,667	0,556	0,444	0,333	0,222	0,111
8					1	0,875	0,75	0,625	0,5	0,375	0,25	0,125
7						1	0,857	0,714	0,571	0,429	0,286	0,143
6							1	0,833	0,667	0,5	0,333	0,167
5								1,2	1	0,8	0,6	0,4
4									1,5	1,25	1	0,75
3										2	1,667	1,333
2											3	2,5
1												6

9. Выводы

Исходя из результатов выполнения задания, можно сделать вывод, что при использовании АПТ мы получаем больше значений квантовых точек. Это в свою очередь говорит о том, что повышается точность измерений.

При использовании резисторов, по Кельвину мы получаем 12 точек.

При использовании двух АПТ-10 в режиме D\_S получим 32 точки, что позволяет используя минимальное количество элементов получить значительный выигрыш.

При составлении таблицы для случая использования АПТ 7 и АПТ 6, мы получили 130 квантовых точек.



Рис. 6. Макети які реалізують КТВП (частотомір і АПТ)

Результати були також представлені на Республіканському конкурсі робід дослідницького характеру в Мінську, де було отримано відзнаку. (рис.7).

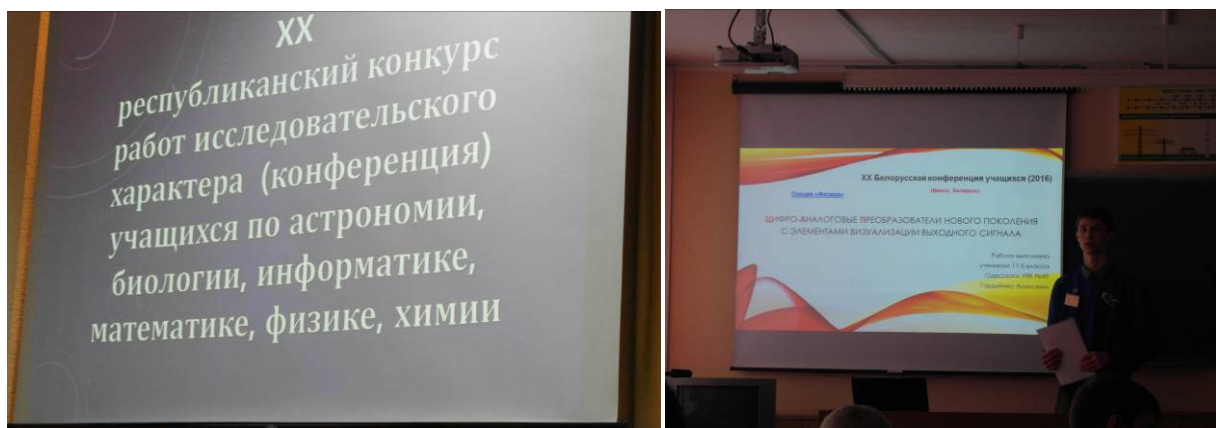


Рис. 7. Представления роботи на міжнародній конференції та її відзначення

### Висновки

Таким чином, в результаті проведених багатократних та всебічних досліджень АПТ в режимі ЦАП

(АЦП) були отримані результати які підтверджують що кількість квантових точок шкали вимірювального перетворення може бути в 10-100 разів більше ніж кількість резисторів АПТ, при цьому вперше з'явилась можливість програмувати характеристику перетворення.

Використання ЦАП і АЦП для перетворень радіосигналів дозволить одночасно покращити критичний параметр таких перетворень, точність і швидкодія перетворень. Таким чином мета дослідження досягнута.

### Література

1. І.В. Троцишин. Квантова теорія випромінювань: принципи та методи вимірювального перетворення параметрів радіосигналів. І.В. Троцишин, О.П. Войтюк, Н.І. Троцишина // Матеріали Одинадцятій міжнародної науково-технічної конференції "Вимірювальна 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 "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", (ВОТТП\_11\_2012), 5 - 8 червня 2012р. в м. Хмельницький, С.100-103.

4. Троцишин И.В. 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. Троцишин И.В. 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, Одеса, 5-7 грудня 2012 р. с. 70-75.

### References

1. I.V Trotsyshyn. Quantova teoriya vymirunan: Principy ta Methody vymiruvalnogo peretvorennia 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. Khmel'nitsky, 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. Khmel'nitsky, S.100-103.

4. I.V.Trotsyshyn. Novoe pokolenie CAP- ACP s prohrammyruemymi 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 mezhdunarodnoy nauthnopraktitheskoy konferencii, 6-7 December 2012. Moscow, S. 420-422.

5. I.V.Trotsyshyn. CAP- ACP na osnove attenuatora-dtlitelia Trotsyshyna s programmiруемыми параметрами характеристiki preobrazovania / I.V.Trotsyshyn // Materialy konferencii , 67-a - naukovno-tehnithna konferencia profesorskogo vykladazkogo skladu, naukovziv ta studentiv, Odessa, 5-7 December 2012. S. 70-75.

Рецензія/Peer review : 8.11.2015 р.

Надрукована/Printed :4.4.2016 р.