

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДЕЛИТЕЛЯ ТРОЦИШИНА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦАП И АЦП

Приведены результаты исследования построения измерительной шкалы преобразования ЦАП и АЦП нового поколения с программируемыми параметрами на основании использования аттенюатора-делителя Троцишина. Указанные результаты не имеют аналогов в мире и могут служить теоретическим и практическим основанием к построению принципиально нового класса ЦАП и АЦП с программируемыми параметрами, что позволит заменить огромное количество жестко запрограммированных двоичных ЦАП и АЦП.

Ключевые слова: преобразования ЦАП и АЦП, программируемые параметры, аттенюатор-делитель Троцишина

N.I. TROTSYSHYNA, I.V. TROTSYSHYN

Odessa national academy of telecommunications. a. A. S. Popov

STUDY OF CHARACTERISTICS CONVERTERS BASED ON TROTSISHINA DIVIDER FOR CONSTRUCTING THE DAC AND ADC

The results of the study for constructing a measuring scale conversion DAC and ADC new generation of software-defined on the basis of the use of the attenuator-divider Trotsishina. These results have no analogues in the world and can serve as a theoretical and practical foundation to build a fundamentally new class of ADCs and DACs with programmable parameters, which will replace the huge amount of hard-coded binary DAC and ADC.

Keywords: conversion the DAC and ADC, programmable parameters, attenuator-divider Trotsishina

В настоящее время тотального информационного общества, когда все потоки информации образуют цифровые сигналы, основанные на принципах двоичной арифметики, и все входящие АЦП и выходные ЦАП любой информационной системы является именно устройствами такого двоичного аналогово-цифрового (АЦП), или цифро-аналогового (ЦАП) преобразований, никто не задумывается, а действительно ли мы используем все возможности таких преобразований? Ярким подтверждением, что не все возможные (квантовые) значения измерительных шкал используются, является использование шкалы отношений (метода коинциденции), который показывает, что классическая шкала является лишь частным случаем шкалы коинциденции [1, 2].

В то же время, Квантовая теория измерений (КТИ) [3-5] не ограничивается достигнутым, и указывает, что возможными являются все точки которые являются квантовыми значение соответствующей измерительной шкалы преобразования. В следующем разделе в популярной и наглядной форме будут приведены результаты, которые не имеют аналогов в мире, и указывают, что действительно, КТВ и применение ее принципов и методологии позволяет открыть принципиально новые возможности для образования измерительных шкал преобразования ЦАП и АЦП с многократным увеличением разрешения.

Целью проведенных исследований является показать практические возможности достижения увеличения количества делений измерительных шкал, которые при том же количестве образцовых элементов позволяют от 10 до 100 раз увеличить разрешение, по сравнению с использованием современных классических двоичных шкал. Полученные ранее результаты и моделирование и практические испытания показали, что в рамках КТВ достаточно просто удалось получить шкалу коинциденции (coincidence), хотя там также это было неочевидно, и давало увеличение измерительной шкалы в разы. Но вопрос отклонения от линейного закона характеристики преобразования на детальное рассмотрение не выносилось.

Исследование принципов построения преобразователей на основе аттенюатора-делителя Троцишина

Теперь, когда эффективность КТВ доказано, и реальное устройство который ее реализует, для преобразования двумерной шкалы в одномерную, есть аттенюатор-делитель Троцишина (АДТ), продолжим исследования 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 [1, 2] шкалы коинциденции и ее особенности по сравнению с классической [3].

Устройство реализующее характеристику преобразования называется $n_{\text{coinc}} = A_i/B_j$, аттенюатором-делителем Троцишина (АДТ) (рис.1) [4, 5], и позволяет наилучшим образом практически реализовать шкалу табл. 1.

Математические модели ЦАП и АЦП

Классический двоичный ЦАП (АЦП) $N_{classik}$	$n_{classik} = \frac{A_i}{2^N}$, де $A_i \in 1 \div 2^N - 1$, N – разрядность двоичного кода
Шкала коинцидентности $N_{coincidence}$	$n_{coenc} = \frac{A_i}{B_j}$, де $A_i, B_j \in 1 \div 2^N$, N – количество значений делителя
Шкала двойной коинцидентности N_{super}	$n_{super} = \frac{A_i / C_k}{B_j / D_l}$, де $A_i, B_j, C_k, D_l \in 1 \div 2^N$, N – количество значений делителя
Шкала суммарно-разностная N_{D_S}	$n_{D_S} = \frac{A_i \pm C_k}{B_j / D_l}$, де $A_i, B_j, C_k, D_l \in 1 \div 2^N$, N – количество значений делителя
Шкала комбинированного преобразования N_{comby}	$n_{comby} = \frac{A_i / C_k \cup A_i \pm C_k}{B_j / D_l}$, де $A_i, B_j, C_k, D_l \in 1 \div 2^N$, N – количество значений делителя

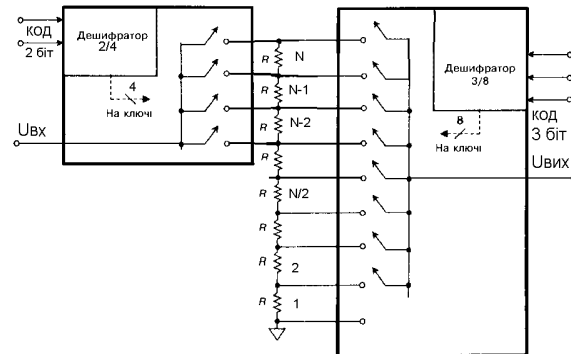
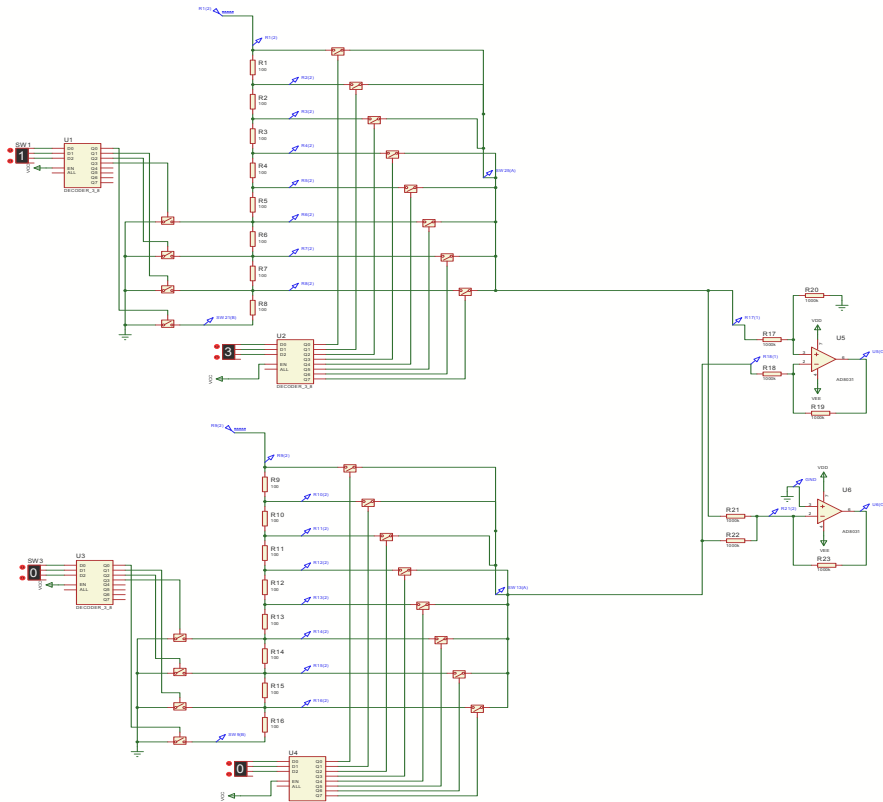


Рис. 1. Схема аттенюатора-делителя Троцишина для 8R [5]

Симуляция преобразователя с линейной шкалой на основе АДТ_8

В отличие от [2-4, 6,7], без внимания осталось принципиальный вопрос получения линейной шкалы преобразования с равномерным шагом и разрешением, которые были исследованы путем симуляционного моделирования преобразователя D_S_8 , схема реализации приведена на рис.2.

Рис. 2. Схема преобразователя на двух АДТ_8 в режиме D_S_8

Суть метода заключається в використанні лінійної комбінації двох вимірних перетворювачів об'єднаних АДТ. Значення точок шкали утворюються як «інтерференція» між всіма виводами і кодовими комбінаціями АДТ, які вибираються згідно з висновками КТВ, що передбачає використання повного набору всіх можливих значень, а не тільки «зручних» двоцифрових, що і використовують в класических ЦАП і АЦП.

Виходячи з висновків КТВ і враховуючи дію принципу суперпозиції можливо використання комбінованої шкали вимірних перетворень: $n_{comby} = \frac{A_i}{B_j} / \frac{C_k}{D_l} \cup \frac{A_i}{B_j} \pm \frac{C_k}{D_l}$, і в

підтвердження на рис.3 приведені її порівняння (в діапазоні половини шкали) зі шкалою коінцидентності.

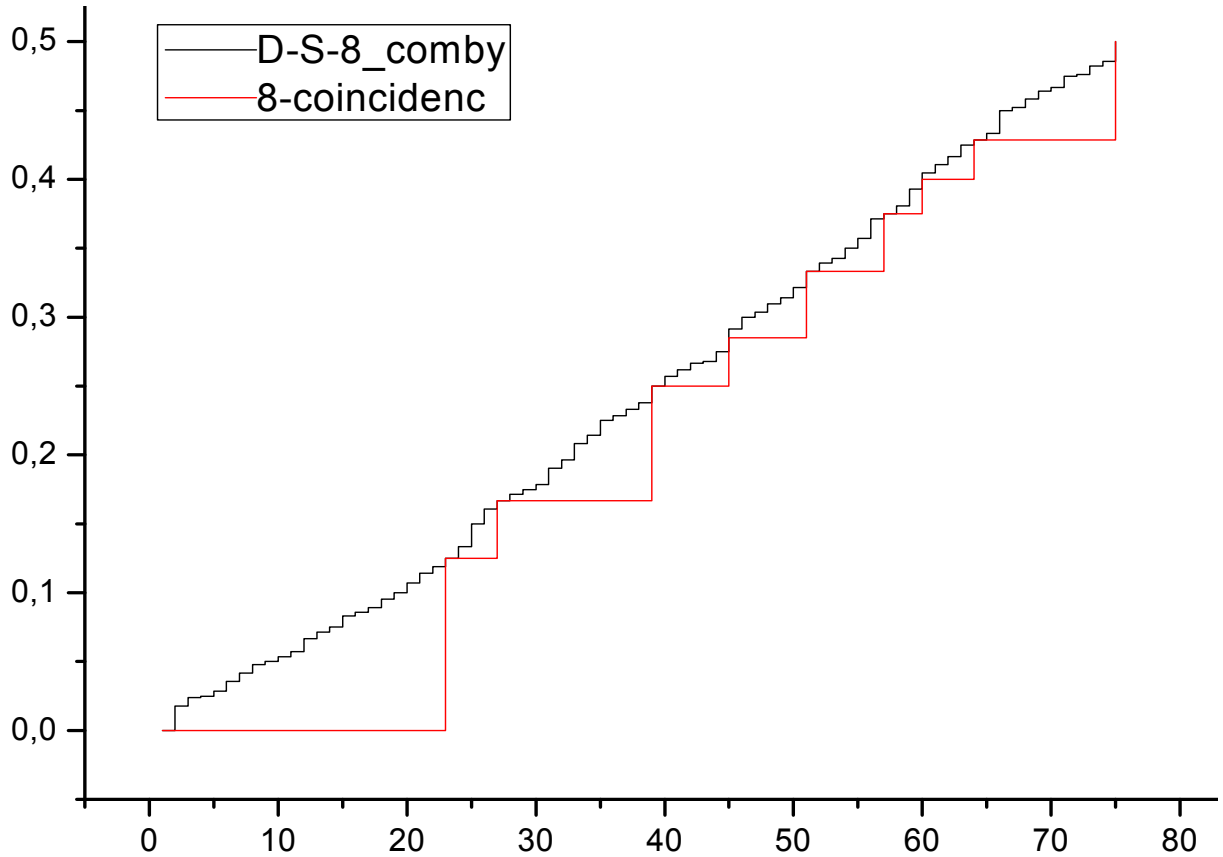


Рис.3. Порівняння комбінованої шкали зі шкалою коінцидентності

При цьому необхідно зауважити, що вказана комбінована шкала не є простою суммою всіх значень, а є об'єднанням множин обох утворюючих шкал:

$n_{comby} = \left[\frac{A_i}{B_j} / \frac{C_k}{D_l} \right] \cup \left[\frac{A_i}{B_j} \pm \frac{C_k}{D_l} \right]$. Необхідно зауважити, загальні значення для обох шкал є

величиною змінної, і їх кількість з ростом N зростає, і дозволяє оптимізувати вибір точок

шкали або з $\frac{A_i}{B_j} / \frac{C_k}{D_l}$, або з $\frac{A_i}{B_j} \pm \frac{C_k}{D_l}$.

Порівняння виконано для половини шкали, оскільки друга частина є симетричним відображенням, першої половини. Основне увагу потрібно звернути на те, що на першій ступені коінцидентності, де спостерігається найбільший стрибок кроку квантування, додатково з'явилися 22 додаткових «ступеньки», які в відповідності з 20 раз зменшують вказану похибку, і відповідно збільшують розрешення шкали. Необхідно зауважити, що додаткові «ступеньки» з'явилися і в межах точок шкали коінцидентності, друга і наступні, хоча і в меншій кількості. В той же час, результуюча шкала стала значно більш лінійною (рис. 4), що буде показано на наступних варіантах вимірних шкал N_{comby} , а також для шкал N_{D_S} , або ж N_{super} .

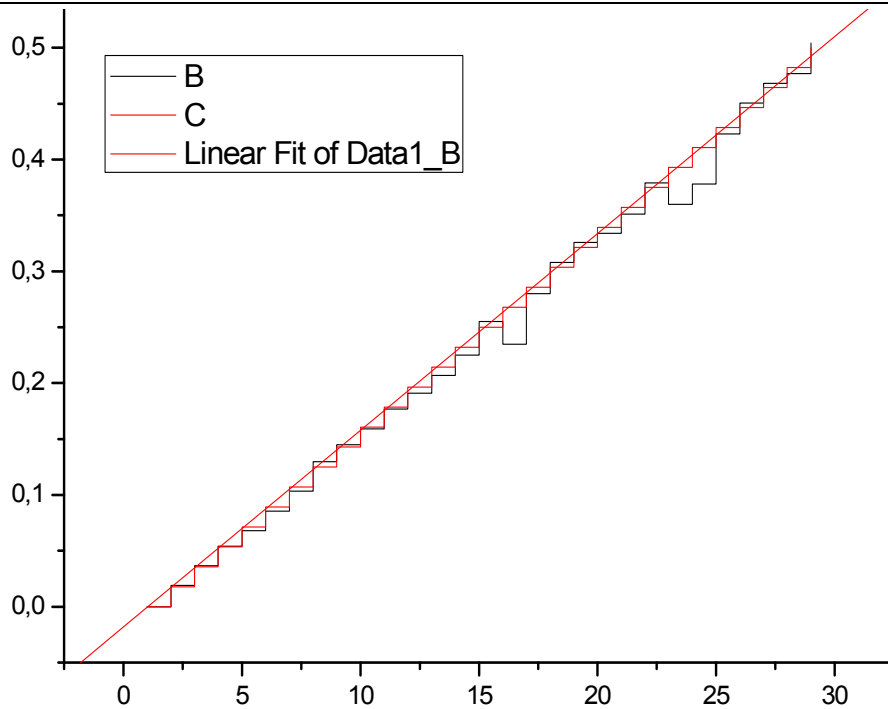


Рис. 4а) Сравнение расчетной и реальной характеристик преобразования

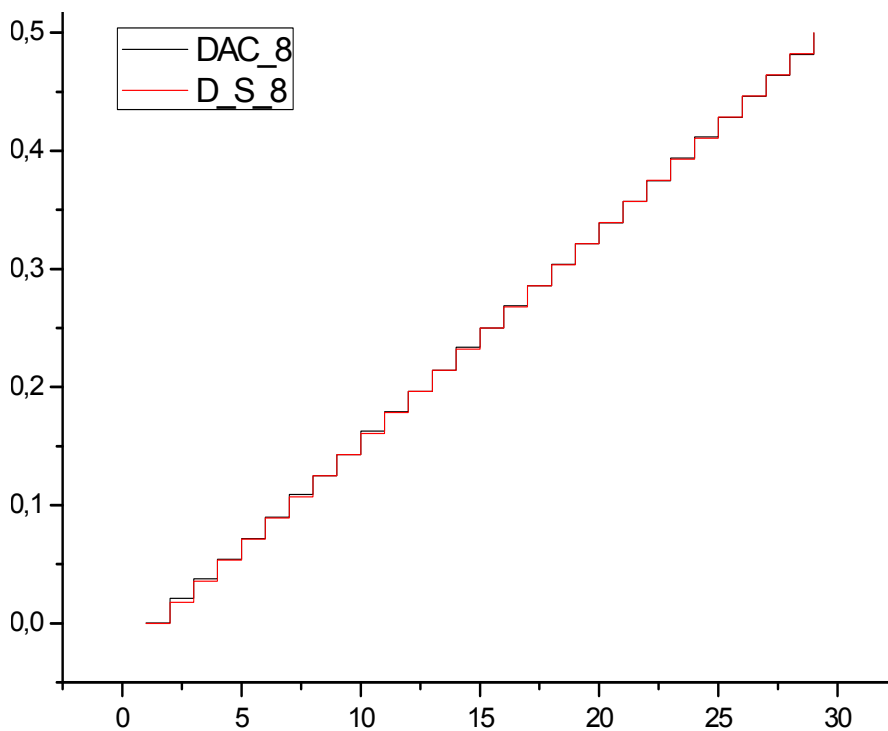


Рис. 4б) Сравнение идеальной (расчетной) и реальной (скорректированной) характеристик преобразования

Указанные результаты симуляции работы на реальных компонентах суммарно-разностного преобразователя в режиме только двух кодовых последовательностей (7-8), вполне подтверждают высокие характеристики преобразования, и возможность программирования и корректировки сквозной характеристики преобразования, открывает новые возможности построения ЦАП-АЦП нового вида.

Выводы

Квантовые свойства принципа коинциденции наиболее наглядно проявляются в построении ЦАП и АЦП использующих всю возможную (квантованную), а не удобную «двоичную», шкалу измерительного преобразования.

В основе методологии построения квантовой теории измерений (КТИ) лежит принцип, что значение цифровой шкалы измерительного преобразования определяются набором всех возможных (квантованных) значений, которые могут быть реализованы при данном сравнения многозначной меры и многоступенчатого делителя входной величины - так называемый метод коинциденции, а не на основании других путей,

например, выбора двоичной шкалы, равномерности шага квантования, линейности шкалы, и тому подобное.

Квантовый подход к измерению амплитудных параметров реализуется путем построения аттенюатора- делителя Троцишина (АПТ), который заключается в использовании кодоуправляемых коммутаций точек промежуточных соединений линейки N последовательно соединенных резисторов одинакового номинала, в которой на верхней (крайний вывод линейки резисторов) подается входная напряжение, а нижний (крайний вывод линейки резисторов) подключены к общему выводу аттенюатора- делителя (делителя Кельвина).

Установлено, и практически доказано, что при использовании метода коинциденции количество квантованных значений шкалы измерительного преобразования ЦАП-АЦП значительно больше, чем принято использовать в классических двоичных преобразователях, и позволяет одновременно увеличивать и точность и быстродействие измерения как фазочастотных так и амплитудных параметров радиосигналов.

Проведено моделирование и эмуляция ЦАП и АЦП различных типов на основе аттенюатора- делителя Троцишина, получено значительное увеличение количества квантованных точек шкалы измерительного преобразования, например: для АПТ_8R, вместо 8 точек для классической двоичной шкалы, шкала коинциденции дает -22 точки; шкала супер (двойной коинциденции) -166, шкала суммарно-разностная - 169, и шкала комби - 247, и все это в одноковом диапазоне измерительного преобразования (0,000-1,000), при одинаковом количестве (8R) резисторов одинакового номинала.

Наиболее эффективными будут инвестиции в создание и освоение серийного выпуска универсальных микросхем ПРОГРАММИРОВАННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЦАП-АЦП на одном кристалле, которые смогут вытеснить с рынка многотысячную номенклатуру классических ЦАП и АЦП, которые необходимо каждый раз подбирать для конкретной разработки, и принципиально не допускают не только перепрограммирование, а и одновременного увеличения и точности (разрешения) и времени измерительного преобразования.

Литература

1. Троцишин І.В.. Квантова теорія випромінювань: принципи та методи вимірювального перетворення параметрів радіосигналів / І.В. Троцишин, О.П. Войтюк, Н.І. Троцишина // Матеріали Одинадцятої 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.. ЦАП і АЦП на основі аттенюатора-подільника Троцишина (АПТ) і його модифікації / І.В. Троцишин, О.П. Войтюк, М.І. Троцишин // Матеріали Одинадцятої міжнародної науково-технічної конференції "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", (ВОТТП_11_2012), 5 - 8 червня 2012р. в м. Хмельницький, С.100-103.

3. Троцишин І.В.. Новое поколение ЦАП-АЦП с программируемыми параметрами характеристики преобразования на основе аттенюатора-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.

4. Троцишин І.В.. ЦАП-АЦП на основі аттенюатора-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 2012р. С. 70-75.

5. Троцишин І.В. Спосіб побудови аттенюатора-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.

References

1. Trotsyshyn I.V., Voytyuk O.P., Trotsyshyna N.I. Quantova teoriya vymirunan: Principy ta Methody vymiruvalnogo peretvorennia parametriv radiosignaliv. 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., Voytyuk O.P., Trotsyshyn M.I. CAP I ACP na osnovi atenuatora-podilnyka Trotsyshyna (APT) I yogo modyfikazii. 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.

3. Trotsyshyn I.V.. Novoe pokolenie CAP- ACP s prohrannyruemyimi parameterami charakteristiki preobrazovania na osnove based on attenuatora-dtlitelia Trotsyshyna. Inzhenernyi i nauthnye prilopenia na baze tehnolohy National Instruments-2012; Sbornyk trudov XI- y mezhdunarodnoy nauthnopraktitheskoj konferencii, 6-7 December 2012. Moscow, S. 420-422.

4. Trotsyshyn I.V.. CAP- ACP na osnove attenuatora-dtlitelia Trotsyshyna s programmruemyimi parametrami charakteristiki preobrazovania. Materialy konferencii , 67-a - naukovo-tehnithna konferencia profsorskogo vykladazkogo skladu, naukovziv ta studentiv, Odessa, 5-7 December 2012. S. 70-75.

5. 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.