

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 124689

ДВОСПРЯМОВАНИЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ  
ПЕРЕТВОРЮВАЧ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі України винаходів **27.10.2021**.

Т.в.о. Генерального директора  
Державного підприємства  
«Український інститут  
інтелектуальної власності»

П.І. Іваненко



---

(21) Номер заявки:	а 2020 00115	(72) Винахідники:
(22) Дата подання заявки:	08.01.2020	Возняк Олександр Миколайович, UA, Гунько Ірина Василівна, UA, Ярошенко Леонід Вікторович, UA
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	28.10.2021	
(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер Бюлетеня:	12.05.2020, Бюл.№ 9	(73) Володілець:
(46) Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня:	27.10.2021, Бюл. № 43	ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, UA

---

(54) Назва винаходу:

**ДВОСПРЯМОВАНИЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ**

---

(57) Формула винаходу:

Двоспрямований аналого-цифровий перетворювач, який складається з джерела опорної напруги і  $m$  ідентичних блоків, до складу яких входить компаратор і керований ключ, які мають аналоговий вхід, аналоговий розрядний вихід, що приєднані до аналогового входу наступного розряду і розрядний вхід опорної напруги, який **відрізняється** тим, що до розрядних входів опорної напруги аналого-цифрового перетворювача приєднано виходи подільника опорної напруги, а старший вихід подільника приєднано до входу додаткового керованого ключа й інвертуючого входу додаткового компаратора, прямий вхід якого з'єднано із входом пристрою, а вихід компаратора через додатковий діод з'єднано з цифровим входом/виходом  $(m+1)$  розряду і входом управління додаткового керованого ключа, вихід якого приєднано до розрядного аналогового входу  $m$ -го блока, крім того, до складу кожного із  $m$  блоків введено перший і другий суматори та другий діод, при цьому входи першого суматора приєднано до розрядного аналогового входу і до розрядного входу опорної напруги, а вихід першого суматора приєднано до інвертуючого входу компаратора, прямий вхід якого з'єднується із входом пристрою, а вихід через другий діод підключено до керованого ключа, вихід якого приєднано до входу другого суматора, інший вхід якого підключено до розрядного входу опорної напруги, а вихід другого суматора приєднано до розрядного аналогового входу блока.



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **124689** (13) **C2**  
(51) МПК (2021.01)  
**Н03М 1/00**  
**Н03М 1/12** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2020 00115</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>08.01.2020</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>28.10.2021</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>12.05.2020, Бюл.№ 9</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>27.10.2021, Бюл.№ 43</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Возняк Олександр Миколайович (UA), Гунько Ірина Василівна (UA), Ярошенко Леонід Вікторович (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы: учебник для вузов /П.П. Орнатский. - 4-е изд. - Киев: Вища школа. 1980. - 560 с., С. 484. JP 2019193251 A, 31.10.2019 JP 2002043946 A, 08.02.2002 SU 1654970 A1, 07.06.1991 US 2010231429 A1, 16.09.2010 RU 2195767 C1, 27.12.2002</p>
---	--

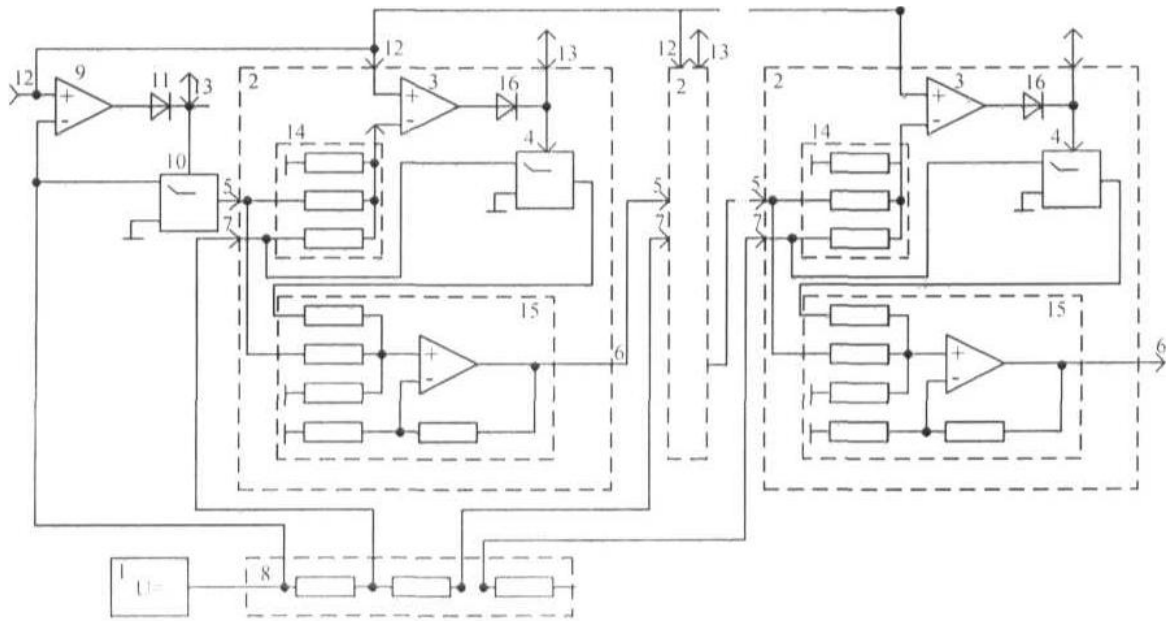
**(54) ДВОСПРЯМОВАНИЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ**

**(57) Реферат:**

Двоспрямований аналого-цифровий перетворювач належить до вимірювальної техніки, а також може використовуватись для перетворення аналогових величин у код і навпаки. Двоспрямований аналого-цифровий перетворювач складається з джерела опорної напруги і  $m$  ідентичних блоків до складу яких входить компаратор і керований ключ, які мають аналоговий вхід, аналоговий розрядний вихід, що приєднані до аналогового входу наступного розряду і розрядний вхід опорної напруги. До розрядних входів опорної напруги аналого-цифрового перетворювача приєднано виходи подільника опорної напруги, а старший вихід подільника приєднано до входу додаткового керованого ключа і інвертуючого входу додаткового компаратора, прямий вхід якого з'єднано із входом пристрою. А вихід компаратора через додатковий діод з'єднано з цифровим входом/виходом  $(m+1)$  розряду і входом управління додаткового керованого ключа, вихід якого приєднано до розрядного аналогового входу  $m$ -го блока. До складу кожного із  $m$  блоків введено перший і другий суматори та другий діод. При цьому входи першого суматора приєднано до розрядного аналогового входу і до розрядного входу опорної напруги, а вихід першого суматора приєднано до інвертуючого входу компаратора, прямий вхід якого з'єднано із входом пристрою, а вихід через другий діод підключено до керованого ключа, вихід якого приєднано до входу другого суматора, інший вхід якого підключено до розрядного входу опорної напруги, а вихід другого суматора приєднано до розрядного аналогового входу блока. Технічний результат: підвищення точності перетворення величин, зменшення апаратних витрат та розширення функціональних можливостей.

UA 124689 C2

UA 124689 C2



Двоспрямований аналого-цифровий перетворювач належить до вимірювальної техніки і може використовуватись для перетворення аналогових величин у код і навпаки.

Відомий аналого-цифровий перетворювач паралельного перетворення [Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. 2-е издание, переработанное и дополненное. - Ленинград: Энергоатомиздат, 1988, стор. 249, рис. 9.9], який складається з подільника опорної напруги  $U_R$ , який складається з резисторів  $R_i$ ,  $m$  компараторів  $A_1 - A_{n-1}$ , і перетворювача DC одиничного позиційного коду, який отримано з виходу компараторів, у двійковий вихідний код  $N$ .

До недоліків такого пристрою потрібно віднести високу швидкодію, велику кількість однотипного обладнання. Крім того, для реалізації зворотного перетворення необхідно до пристрою додати додатковий блок керування ключів.

Найбільш близьким за технічною суттю є конвеєрний аналого-цифровий перетворювач [Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы: учебник для вузов - 4-е изд. - Киев: Вища школа, 1980. - 560 с, стор. 484], який містить  $m$  однотипних блоків, що включають компаратор, керований ключ, диференційний підсилювач і джерело опорної напруги, яке є спільним для всіх блоків, причому один із входів компаратора з'єднується із входом блока, другий - із джерелом опорної напруги, вихід компаратора приєднується до входу управління керованого ключа, на вхід якого подається опорна напруга, а вихід приєднується до одного із входів суматора на диференційному підсилювачі, другий вхід якого з'єднується із входом блока.

До недоліків такого пристрою варто віднести зниження точності перетворення за рахунок додаткових шумів підсилювачів, які додаються до сигналу, залежність точності від стабільності коефіцієнту підсилення диференційних підсилювачів. Крім того, для зворотного перетворення до виходів підсилювачів необхідно додати додатковий подільник з ваговими резисторами.

В основу винаходу поставлена задача у двоспрямованому аналого-цифровому перетворювачі шляхом введення подільника опорної напруги, додаткового компаратора, керованого ключа і діода та зв'язків забезпечити підвищення точності перетворення, зменшення апаратних витрат і розширення функціональних можливостей пристрою.

Поставлена задача досягається тим, що у двоспрямованому аналого-цифровому перетворювачі, який складається з джерела опорної напруги і  $m$  ідентичних блоків, до складу яких входить компаратор і керований ключ, які мають аналоговий вхід, аналоговий розрядний вихід, що приєднаний до аналогового входу наступного розряду, і розрядний вхід опорної напруги, крім того до складу  $m$  ідентичних блоків входить компаратор і керований ключ, які мають аналоговий вхід, аналоговий розрядний вихід, що приєднаний до аналогового входу наступного розряду і розрядний вхід опорної напруги, відповідно до винаходу, до розрядних входів опорної напруги аналого-цифрового перетворювача приєднано виходи подільника опорної напруги, а старший вихід подільника приєднано до входу додаткового керованого ключа і інвертуючого входу додаткового компаратора, прямий вхід якого з'єднано із входом пристрою, а вихід компаратора через діод з'єднано з цифровим входом/виходом  $(m+1)$  розряду і входом управління додаткового керованого ключа, вихід якого приєднується до розрядного аналогового входу  $m$ -го блока. Крім того, до складу кожного із  $m$  блоків введено перший і другий суматори та діод, при цьому входи першого суматора приєднано до розрядного аналогового входу і до розрядного входу опорної напруги, а вихід першого суматора приєднано до інвертуючого входу компаратора, прямий вхід якого з'єднується із входом пристрою, а вихід через діод підключено до цифрового ключа, вихід якого приєднано до входу другого суматора, інший вхід якого підключено до розрядного входу опорної напруги, а вихід суматора приєднано до розрядного аналогового входу блока.

На кресленні зображена схема двоспрямованого аналого-цифрового перетворювача, який складається з джерела опорної напруги 1,  $m$  ідентичних блоків 2, до складу яких входять компаратор 3 і керований ключ 4 і які мають аналоговий розрядний вхід 5, аналоговий розрядний вихід 6 і розрядний вхід опорної напруги 7, подільник опорної напруги 8, додатковий компаратор 9, додатковий керований ключ 10, додатковий діод 11, вхід пристрою 12, цифрові входи-виходи 13 і перший 14 та другий 15 суматори, другий діод 16.

Пристрій працює таким чином.

Двоспрямований аналого-цифровий перетворювач може працювати у двох режимах: режим аналого-цифрового та цифро-аналогового перетворення.

У першому режимі на вхід пристрою 12 подається аналогова напруга  $V_x$ . Одночасно ця напруга подається на прямі входи додаткового компаратора 9 і  $m$  компараторів 3 кожного із ідентичних блоків 2.

У цих компараторах 9 і 3 здійснюється порівняння вхідної напруги  $V_x$  з ваговою напругою розряду  $V_{0i}$ . У додатковому компараторі 9 вагова напруга:

$$V_{0(m+1)} = V_0/2$$

де  $V_0$  - вихідна напруга джерела опорної напруги 1,  $V_0/2$  - опорна напруга "старшого" виходу подільника 8 опорної напруги.

Якщо  $V_x$  більше вагової  $V_{0(m+1)}$ , то на виході компаратора 9 формується сигнал логічної "1", який через додатковий діод 11 надходить на цифровий вхід/вихід "старшого" (m+1)-го розряду. Відповідно відкривається додатковий 10 керований ключ і на аналоговий вхід 5 наступного m-го розряду подається напруга

$$V_m = V_0/2 \text{ при } V_x > V_0/2, \\ V_m = 0, \quad V_0/2 = 0 \text{ при } V_x < V_0/2.$$

На вхід 7 розрядної опорної напруги m-го блока подається з виходу подільника 8 опорної напруги напруга  $V_0/4$ , і тому за рахунок складання у першому суматорі 14 (наприклад, резистивному) вагова напруга m-го блока

$$V_{0m} = V_m + V_0/4.$$

Відповідно на виході компаратора 3 формується або логічна "1", якщо  $V_x > V_{0m}$ , або логічний "0", якщо  $V_x < V_{0m}$ .

Цей сигнал подається через діод другий 16 на розрядний вхід/вихід 13 блока і на вхід керування керованого ключа 4, що комутує проходження розрядної опорної напруги на вхід другого 15 суматора, другий вхід якого з'єднується з аналоговим входом 5 m-го блока 2. На аналоговому розрядному вході 5 формується напруга  $V_{m\text{вв}u}$ :

$$V_{m\text{вв}u} = V_m + a_m V_0/4 = a_{m+1} + V_0/2 + a_m V_0/4,$$

де  $a_{m+1}$ ,  $a_m$  - вагові розрядні коефіцієнти, що визначаються результатом порівняння вхідної  $V_x$  і вагових напруг  $V_{0(m+1)}$  і  $V_{0m}$ . Можуть приймати значення 0 або 1. Ці значення відповідають і значенням бітів відповідного розряду.

Таким чином, у m-1 розрядному блоці 2 здійснюється порівняння з ваговою напругою

$$V_{0(m-1)} = V_{m\text{вв}u} + V_0/4,$$

а вихідна напруга

$$V_{(m-1)\text{вих}} = V_{m\text{вв}u} = V_m + a_{m-1} V_0/8 = a_{m+1} V_0/2 + a_m V_0/4 + a_{(m-1)} V_0/8.$$

За рахунок того, що така напруга передається на аналоговий вхід 5 наступного розрядного блока 2, а процеси здійснюються ідентично і послідовно в кожному блоці, вихідна напруга першого "опорного" входу

$$= V_0 \left( a_{m+1} 2^{-1} + a_m 2^{-2} + \dots + a_1 2^{-m} \right) \quad (1)$$

Значення коефіцієнтів  $a_i$  визначають двійковий код значення вхідної напруги  $V_x$ , що відповідає перетворенню аналогової величини  $V_x$  у цифрову форму

$$N(V_x) = a_{m+1}; a_m; a_{m-1} \dots a_1. \quad (2)$$

У режимі цифро-аналогового перетворення сигнали, що відповідають значенням бітів кожного із розрядів двійкового коду, подаються на цифровий вхід/вихід 13 кожного із m блоків 2 і вхід керування додаткового керованого ключа 10. При додатковій логіці ("1" - позитивна і максимальна напруга) додатковий діод 11 і другі діоди 16 розрядних блоків блокують проходження сигналів з виходу компараторів 9 і 3 і стан керованих ключів 10 і 4 всіх розрядів визначається значенням відповідного біту: "1" - дозволяє проходження вхідної розрядної опорної напруги з подільника опорної напруги 8 із входу на другий суматор 15, сигнал "0" блокує це проходження. З урахуванням того, що на вхід другого суматора 15 подається аналогова вхідна напруга із входу 5, яка є результатом перетворення попередніх розрядів, напруга на виході 6 першого розрядного 2 блока  $V$  відповідно до рівняння (1), однозначно відповідає цифровому відображенню (2). Таким чином, включення других діодів 16 і додаткового 11 дозволяють розширити функціональні можливості пристрою, забезпечивши зворотне перетворення "цифра-аналог" і створити спільну цифрову нішу для цифрових даних.

Необхідно відзначити, що відсутність впливу на джерело опорної напруги і наявність подільника 8 опорної напруги забезпечує постійний вихідний опір джерел розрядних опорних

напруг (виходи подільника опорних напруг 8) і зменшує похибку не лінійності як у режимі ЦАП, так і в режимі АЦП.

Збільшення точності в режимі АЦП пов'язане також із тим, що вхідна напруга не перетворюється і до неї не додаються шуми підсилювачів і компараторів. Вагова розрядна напруга формується джерелом опорної напруги, тому її значення має високу точність.

До інших властивостей варто додати можливість спостереження за вхідною напругою, що зумовлено відсутністю тактів і можливістю функціонального (нелінійного) та масштабного перетворення.

Масштабне перетворення здійснюється регулюванням вихідної напруги джерела опорної напруги 1, а нелінійне (функціональне) перетворення - зміною коефіцієнтів передачі подільника напруги 8.

### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Двоспрямований аналого-цифровий перетворювач, який складається з джерела опорної напруги і  $m$  ідентичних блоків, до складу яких входить компаратор і керований ключ, які мають аналоговий вхід, аналоговий розрядний вихід, що приєднані до аналогового входу наступного розряду і розрядний вхід опорної напруги, який **відрізняється** тим, що до розрядних входів опорної напруги аналого-цифрового перетворювача приєднано виходи подільника опорної напруги, а старший вихід подільника приєднано до входу додаткового керованого ключа й інвертуючого входу додаткового компаратора, прями вхід якого з'єднано із входом пристрою, а вихід компаратора через додатковий діод з'єднано з цифровим входом/виходом  $(m+1)$  розряду і входом управління додаткового керованого ключа, вихід якого приєднано до розрядного аналогового входу  $m$ -го блока, крім того, до складу кожного із  $m$  блоків введено перший і другий суматори та другий діод, при цьому входи першого суматора приєднано до розрядного аналогового входу і до розрядного входу опорної напруги, а вихід першого суматора приєднано до інвертуючого входу компаратора, прями вхід якого з'єднується із входом пристрою, а вихід через другий діод підключено до керованого ключа, вихід якого приєднано до входу другого суматора, інший вхід якого підключено до розрядного входу опорної напруги, а вихід другого суматора приєднано до розрядного аналогового входу блока.

