



УКРАЇНА

(19) UA (11) 71189 (13) A

(51) 7 G10L19/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ СТИСНЕННЯ МОВНИХ СИГНАЛІВ

1

2

(21) 2003119840

(22) 03.11.2003

(24) 15.11.2004

(46) 15.11.2004, Бюл. № 11, 2004 р.

(72) Биков Микола Максимович, Ковтун В'ячеслав Васильович, Раїмі Абдурахман

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для стиснення мовних сигналів, який складається з аналого-цифрового перетворювача (АЦП), що має один вхід та два виходи - готовності та інформаційний, компаратора, першого та другого реєстрів та першого, другого та третього елементів АБО, який відрізняється тим, що додатково введено четвертий елемент АБО, перший, другий, третій, четвертий та п'ятий елементи І, третій реєстр, лічильний тригер по модулю два, лічильний тригер по модулю три, диференціювальний RC-ланцюг, суматор, накопичувальний суматор, схема віднімання та взяття модуля та оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), причому вихід АЦП з'єднаний з дозволяючими входами трьох реєстрів, з другим входом першого елемента І, вихід якого з'єднано з ОЗП, з першим входом другого елемента І, вихід якого з'єднано з входом лічильного тригера по модулю два та з першим входом третього елемента І, вихід якого з'єднано з входом лічильника по модулю три; інформаційний вихід АЦП з'єднано з першим входом першого елемента І та з інформаційним входом першого реєстра, вихід якого з'єднано з першим входом четвертого елемента І та з входом другого реєстра, вихід якого

з'єднано з другим входом схеми віднімання та взяття модуля та з входом третього реєстра, вихід якого з'єднано з першим входом п'ятого елемента І; виходи четвертого та п'ятого елементів І з'єднано з суматором, вихід якого з'єднано з першим входом схеми віднімання та взяття модуля; вихід схеми віднімання та взяття модуля з'єднано з накопичувальним суматором, вихід якого з'єднано з першим входом компаратора, вихід якого сполучено з другим входом третього елемента АБО, першим входом другого елемента АБО, першим входом першого елемента АБО та з другим входом четвертого елемента АБО, вихід якого з'єднано з третім входом першого елемента І; перший вхід четвертого елемента АБО з'єднано з першим (інвертованим) виходом лічильного тригера по модулю два, другий вихід якого з'єднано з другим інвертованим входом другого елемента І; перший (інвертований) вихід лічильного тригера по модулю три з'єднано з другими входами третього, четвертого та п'ятого елементів І, а другий вихід з'єднано з третім входом другого елемента АБО; диференціювальний RC-ланцюг з'єднано з другим входом першого елемента АБО, другим входом другого елемента АБО та з першим входом третього елемента АБО, вихід якого з'єднано з керуючим входом накопичувального суматора, та керуючими входами трьох реєстрів; вихід першого елемента АБО з'єднано з керуючим входом лічильного тригера по модулю два; вихід другого елемента АБО з'єднано з керуючим входом лічильного тригера по модулю три.

Винахід відноситься до галузі автоматики і обчислювальної техніки і може бути використаний для автоматичного стиснення мовних сигналів.

Відомий пристрій для аналого-цифрового перетворення (далі АЦП) (Учебник по основам цифровой обработки сигналов. - пер. с англ.: Солоница А.И., Улахович Д.А., под ред. Ланнэ А.А., Санкт-Петербург, 1999, -с.2-15), який в складаються з блоку обмеження частоти пропускання, до складу якого входять послідовно з'єднані блоки дискрети-

зації та формування цифрового виходу.

До недоліків даного пристрою слід віднести фіксоване значення частоти дискретизації вхідного сигналу, в наслідок чого при здійсненні аналого-цифрового перетворення надлишковість, притаманна мовному сигналу, доповнюється надлишковістю аналого-цифрового перетворення.

Найбільш близьким до пристрою, що заявляється, є пристрій для стиснення мовного сигналу (Jayant S. Digital Coding of Speech Waveforms:

(13) A

(11) 71189

(19) UA

PCM, DPCM and DM Quantizers // IEEE. -1974. - Vol.62. -№3. -р.97). він містить АЦП, вихід якого з'єднано з першим полосовим фільтром, вихід якого з'єднано з першим входом компаратора, вихід якого з'єднано з ключем, який має два положення, вихід якого з'єднано з інформаційним входом першого регістра, а керуючий (інверсний) вхід якого з'єднано з генератором тактових імпульсів, який також з'єднано зі схемою часової затримки та керуючим (інверсним) входом другого регістра. Вихід першого регістра з'єднано з цифровим виходом, схемою "ВИКЛЮЧЕНЕ НЕ-АБО" та інформаційним входом другого регістра, інверсний вихід першого регістра та обидва виходи другого регістра з'єднано зі схемою "ВИКЛЮЧЕНЕ НЕ-АБО", вихід якої з'єднано із другим входом блоку реверсивного лічильника на три розряди, перший вхід якого з'єднано із виходом схеми часової затримки. Вихід блоку реверсивного лічильника на три розряди через декодери з'єднано з входами блоку ключів з трьома станами, виходи якого з'єднані з другим входом компаратора та з другим полосовим фільтром.

До недоліків даного пристрою слід віднести нестійкість роботи пристрою при швидкій зміні значення вхідної напруги, яка відповідає мовному сигналу.

В основу винаходу поставлена задача створення пристрою стиснення мовних сигналів, в якому завдяки введенню блока попереднього стиснення мовної інформації, робота якого базується на модифікованому методі лінійного прогнозу, вдається виконувати процедуру стиснення мовного сигналу на апаратному рівні одразу після здійснення аналогово-цифрового перетворення, тобто підвищується ефективність роботи пристрою.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для стиснення мовних сигналів, який складається з АЦП, що має один вхід та два виходи - готовності та інформаційний, компаратора, першого та другого регістрів та першого, другого та третього елементів АБО додатково введені четвертий елемент АБО, перший, другий, третій, четвертий та п'ятий елементи І, третій регістр, лічильний тригер по модулю два, лічильний тригер по модулю три, диференціувальний RC-ланцюг, суматор, накопичувальний суматор, схема віднімання та взяття модуля та оперативний запам'ятовуючий пристрій (далі ОЗП), причому вихід АЦП з'єднаний з дозволяючими входами трьох регістрів, з другим входом першого елемента І, вихід якого з'єднано з ОЗП, з першим входом другого елемента І, вихід якого з'єднано з входом лічильного тригера по модулю два та з першим входом третього елемента І, вихід якого з'єднано з входом лічильника по модулю три. Інформаційний вихід АЦП з'єднано з першим входом першого елемента І та з інформаційним входом першого регістра, вихід якого з'єднано з першим входом четвертого елемента І та з входом другого регістра, вихід якого з'єднано з другим входом схеми віднімання та взяття модуля та з входом третього регістра, вихід якого з'єднано з першим входом п'ятого елемента І; виходи четвертого та п'ятого елементів І з'єднано з суматором, вихід якого з'єднано з першим

входом схеми віднімання та взяття модуля. Вихід схеми віднімання та взяття модуля з'єднано з накопичувальним суматором, вихід якого з'єднано з першим входом компаратора, вихід якого сполучено з другим входом третього елемента АБО, першим входом другого елемента АБО, першим входом першого елемента АБО та з другим входом четвертого елемента АБО, вихід якого з'єднано з третім входом першого елемента І; перший вхід четвертого елемента АБО з'єднано з першим (інвертованим) виходом лічильного тригера по модулю два, другий вихід якого з'єднано з другим інвертованим входом другого елемента І; перший (інвертований) вихід лічильного тригера по модулю три з'єднано з другими входами третього, четвертого та п'ятого елементів І, а другий вихід з'єднано з третім входом другого елемента АБО; диференціувальний RC-ланцюг з'єднано з другим входом першого елемента АБО, другим входом другого елемента АБО та з першим входом третього елемента АБО, вихід якого з'єднано з керуючим входом накопичувального суматора, та керуючими входами трьох регістрів; вихід першого елемента АБО з'єднано з керуючим входом лічильного тригера по модулю два; вихід другого елемента АБО з'єднано з керуючим входом лічильного тригера по модулю три.

На кресленні представлено структурну схему пристрою для стиснення мовних сигналів, до складу якої входять: АЦП 1, диференціувальний RC-ланцюг 2, блок прогнозу 3 у вигляді трьох регістрів 7, 10, 13, двох елементів І 16, 17, суматора 18, схеми віднімання та взяття модуля 21, одного елемента АБО 23, накопичувального суматора 24 та компаратора 25; блок видачі інформації 4 у складі елемента АБО 8, елемента І 11 та ОЗП 14; блок лічильника по модулю два 5, який містить елемент АБО 9, елемент І 12 та лічильний тригер по модулю два 15; блока лічильника по модулю три 6, який містить елемент 119, елемент АБО 20 та лічильний тригер по модулю три 23, причому вихід АЦП 1 з'єднаний з керуючими входами трьох регістрів 7, 10, 13, з другим входом елемента І 11, вихід якого з'єднано з ОЗП 14, з першим входом елемента І 12, вихід якого з'єднано з входом лічильного тригера по модулю два 15 та з першим входом елемента І 19, вихід якого з'єднано з входом лічильного тригера по модулю три 23. Інформаційний вихід АЦП 1 з'єднано з першим входом елемента І 11 та з інформаційним входом регістра 7, вихід якого з'єднано з першим входом елемента І 16 та з входом регістра 10, вихід якого з'єднано з другим входом схеми віднімання та взяття модуля 21 та з входом регістра 13, вихід регістра 13 з'єднано з першим входом елемента І 17. Виходи елементів І 16, 17 з'єднано з суматором 18, вихід якого з'єднано з першим входом схеми віднімання та взяття модуля 21. Вихід схеми віднімання та взяття модуля 21 з'єднано з накопичувальним суматором 24, вихід якого з'єднано з першим входом компаратора 25, вихід якого з'єднано з другим входом елемента АБО 23, першим входом елемента АБО 9 та з другим входом елемента АБО 8, вихід якого з'єднано з третім входом елемента І 11. Перший вхід елемента АБО 23 з'єднано з диференціувальним RC-ланцюгом 2,

вихід якого також з'єднано з другим входом елемента АБО 9, другим входом елемента АБО 20 та з першим входом елемента АБО 23, вихід якого з'єднано з керуючим входом накопичувального суматора 24 та керуючими входами регістрів 7, 10, 13. Вихід першого елемента АБО з'єднано з керуючим входом лічильного тригера по модулю два. Вихід другого елемента АБО з'єднано з керуючим входом лічильного тригера по модулю 3. Перший вхід елемента АБО 8 з'єднано з першим (інвертованим) виходом лічильного тригера по модулю два 15, другий вихід якого з'єднано з другим входом елемента І 12. Перший (інвертований) вихід лічильного тригера по модулю три 23 сполучається з другими входами елементів І 16, 17, 19, а другий вихід з'єднано з третім входом елемента АБО 20, а вихід елемента АБО 20 з'єднано з керуючим входом лічильного тригера по модулю три 23.

Пристрій для стиснення мовного сигналу працює наступним чином.

1. Для мовного сигналу, що надходить на вхід пристрою, обчислюється частота дискретизації ΔS за допомогою методу скорочення надмірності кодування мовного сигналу за рахунок використання АЦП 1 амплітудно-часового коду і критерію оцінки похибки сигналу при його відновленні, яка полягає в наступному:

Критерій оцінки похибки сигналу полягає в знаходженні ряду фіксованих значень аргументу $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$, що забезпечує наближення ламаної з вершинами $S_0, S_1, S_2, \dots, S_n$ до заданої кривої $S(t)$, яка відповідає мовному сигналу, таким чином, щоб на всьому інтервалі зміни аргументу абсолютна похибка не перевищувала допустимих значень.

В загальному апроксимуюча ламана має наступний вид:

$$S(t) = S_0 + \sum_{j=0}^n k_{j+1}(t - t_j) \cdot \psi(t, t_j),$$

$$\text{де } \psi(t, t_j) = \begin{cases} t(t - t_j) > 0, \\ 0; (t - t_j) < 0, \end{cases}$$

$k_{j+1} = \frac{S_{j+1} - S_j}{t_{j+1} - t_j}$ - нахил відповідної ділянки апроксимуючої ламаної.

Похибка апроксимації визначається залишковим членом інтерполяційної формули. У цьому випадку відрізок прямий на ділянці t_j, t_{j+1} описується виразом

$$S(t) = \frac{S(t_j) + (t - t_j) \cdot [S(t_{j+1}) - S(t_j)]}{t_{j+1} - t_j},$$

а залишковий член на цій же ділянці:

$$R(t) = \frac{S''(t)}{2!} (t - t_j)(t - t_{j+1}),$$

де $S''(t)$ - друга похідна заданої функції всередині ділянки.

Якщо $R(t)$ і $S''(t)$ прямують до максимальних значень, тоді

$$|R(t)|_{\max} = \frac{|S''(t)|_{\max}}{2!} \left[\frac{t_{j+1} - t_j}{2} \right]^2.$$

Поклавши $\Delta S_{\max} = |R(t)|_{\max}$ одержуємо формулу для інтервалу розбивки

$$\Delta t^* = t_{j+1} - t_j = \sqrt{\frac{8 \cdot \Delta S_{\max}}{|S''(t)|_{\max}}} \quad (1)$$

За формулою (1) обчислюється частота дискретизації $\frac{\Delta S}{4}$ і відповідний рівень напруги подається на другий вхід компаратора 25.

2. Після виконання обчислень, наведених в п. 1 робота пристрою стиснення мовних сигналів відбувається наступним чином: при вмиканні живлення на схему пристрою стиснення мовних сигналів через диференціювальний RC-ланцюг 2 подається керуючий імпульс u_0 , який відповідно до креслення надходить на входи скиду лічильних тригерів 15, 23, накопичувального суматора 25 та регістрів 7, 10, 13, переводячи їх в нульовий стан, при цьому інверсні виходи лічильних тригерів 16, 24 набувають високого потенціалу.

Сигнал "Пуск", який надходить від зовнішнього генератора синхроімпульсів, перетворює вибраний дискрет мовного сигналу в чергове двійкове слово u_1 , про що оповіщає сигнал "Готов" на виході АЦП 1, який надходить на дозволяючі входи зсувних регістрів 7, 10, 13, схеми І 11, і через схеми І 12 та 19 на лічильні входи лічильників 15 та 23.

Перший імпульс сигналу "Готов" надходить на дозволяючий вхід регістра 7 і схеми І 11 і дозволяє передачу першого слова u_1 в ОЗП 14 і регістр 7. При передачі слова u_1 в регістр 7 ланцюг зсуву зсуває його вхід на два розряди вправо, тобто здійснює його ділення на число 4, і в регістр 7 записується число $\frac{Y_1}{4}$. Другий імпульс "Готов" дозволяє читання другого двійкового слова u_2 з виходу АЦП 1 в ОЗП 14 та регістр 7, при цьому двійкове слово u_1 з регістра 7 переписується в регістр 10. При передачі слова u_1 з регістра 7 в регістр 10 воно зсувається на один розряд вліво, тобто в регістрі 10 тепер зберігається слово $\frac{Y_1}{2}$, а

в регістрі 7 - $\frac{Y_2}{4}$. Після надходження другого імпульсу "Готов" спрацьовує лічильний тригер по модулю два 15, міняючи потенціали на своїх виходах на протилежні, що закриває доступ до ОЗП 14 наступним імпульсам від АЦП 1. При надходженні третього імпульсу "Готов" слово u_3 передається до регістру 7, в якому воно займає місце u_2 , зсувається на 2 розряди вправо ($\frac{Y_3}{4}$). Відповідно

перше слово u_1 передається до регістру 13, зсуваючись ланцюгами зсуву на один розряд вправо ($\frac{Y_1}{4}$), друге слово u_2 передається до регістру 10, зсуваючись ланцюгами зсуву на один розряд вліво

($\frac{y_2}{2}$). При надходженні третього імпульсу спрацьовує лічильник по модулю три 23, який змінює потенціали на своїх виходах на протилежні і надає доступ імпульсам y_3 та y_1 через елементи 16, 17 до суматора 18. На виході суматора одержуємо сигнал

$$\frac{y_1}{4} + \frac{y_3}{4} \quad (2)$$

Якщо лінійний прогноз визначити через різницю між першим і другим війковими словами:

$$\Delta = y_i - y_{i-1},$$

то відхилення від визначеного прогнозу можна визначити з формули (2): $y_{i-1} = y_i - \Delta$,

$y_{i+1} = y_i + \Delta + \delta$, тоді

$$\frac{y_{i-1}}{4} + \frac{y_{i+1}}{4} = \frac{(y_i - \Delta) + (y_i + \Delta + \delta)}{4} = \frac{y_i}{2} + \frac{\delta}{4} \quad (3)$$

де δ - відхилення значення y_{i+1} від прогнозованого.

Після суматора 18 сигнал (3) та сигнал, який одержано на виході регістра 10, поступають на схему віднімання та взяття модуля 21, на виході якої в одержуємо:

$$\left| \left(\frac{y}{2} + \frac{\delta}{4} \right) - \left(\frac{y}{2} \right) \right| = \frac{\delta}{4} \quad (4)$$

Одержане значення (4) зберігається в накопичувальному суматорі 24 та подається на перший вхід компаратора 25, на другий вхід якого по-

дається $\frac{\Delta S}{4}$. Якщо $\frac{\delta}{4} \geq \frac{\Delta S}{4}$, то накопичувальний суматор 24, лічильний тригер по модулю два 15 та лічильний тригер по модулю три 23 скидаються і далі робота пристрою відбувається аналогічно описаному. Якщо $\frac{\delta}{4} < \frac{\Delta S}{4}$, наступний імпульс y_4

від АЦП 1 передається до регістру 7, зміщуючи y_3 в регістр 10, а y_2 в регістр 13, з відповідними зсувами і далі робота пристрою відбувається аналогічно вищенаведеному. Таким чином кожен n-ну ділянку мовного сигналу для кількості відліків m якої виконувалася нерівність $\frac{\delta_n}{4} < \frac{\Delta S}{4}$ представлено в ОЗП 10 лише першими двома двійковими словами y_{ni}, y_{ni+1} - цієї інформації достатньо для того, щоб відтворити відповідні ділянки використовуючи розроблений математичний апарат та знаючи значення допустимої похибки прогнозу ΔS .

Таким чином, використання пристрою стиснення мовних сигналів, як свідчать результати експериментів, дозволяє стиснути мовний сигнал в 3-4 рази, в залежності від його характеру та зробити це на 30-40% швидше, ніж використовуючи метод лінійного прогнозу. Найбільш ефективно стискаються мовні сигнали, що відповідають голосним та дзвінким фонемам російської та української мов та міжскладові паузи.

