

## **Лекція 34**

### **Пристрої вибірки та зберігання**

**Мета лекції:** вивчення принципів побудови пристроїв вибірки та зберігання їх технічних характеристик

#### **План лекції**

- 34.1 Вступ.
- 34.2 Принципи побудови.
- 34.3 Параметри пристроїв вибірки та зберігання (ПВЗ).
- 34.4 ПВЗ з ключами на польових транзисторах.
- 34.5 Підвищення точності ПВЗ.
- 34.6 Контрольно-навчальний тест до лекції 34.

## 34.1 Вступ

Пристрої вибірки та зберігання ПВЗ необхідні для зменшення динамічних похибок, виникаючих при дискретизації безперервних сигналів, що змінюються в часі. Їхня робота основана на принципі фіксації миттєвого значення сигналу на час, необхідний до наступного перетворення в аналого-цифрових перетворювачах (АЦП). У більшості випадків для цього використовують різні сполучення накопичувального конденсатора, аналогових ключів і підсилювальних каскадів. За таким принципом побудована велика кількість пристроїв у модульному й гібридному виконанні. Безумовним досягненням останніх років є розробка повністю інтегральних мікросхем вибірки й зберігання.

З розробкою й масовим виробництвом швидкодіючих інтегральних компараторів напруги, логічних й інших схем намітилася тенденція переходу в ряді випадків до методу "стробування в польоті".

Це дозволяє розділити існуючі ПВЗ на два класи: аналогові й цифрові. В аналогових пристроях здійснюється перехід від безперервної функції  $U(t)$  до безперервної послідовності  $\{U(t_n)\}$  ( $n = 1, 2, \dots$ ), квантування вибірових значень відбувається в АЦП. У цифрових пристроях спочатку відбувається квантування вхідного сигналу, а вже потім його дискретизація і зберігання вибірових значень у цифровій формі.

## 34.2 Принцип побудови.

З математичної точки зору в основі роботи ПВЗ лежить операція стробування, що в ідеальному випадку можна виконати, використовуючи фільтруючі

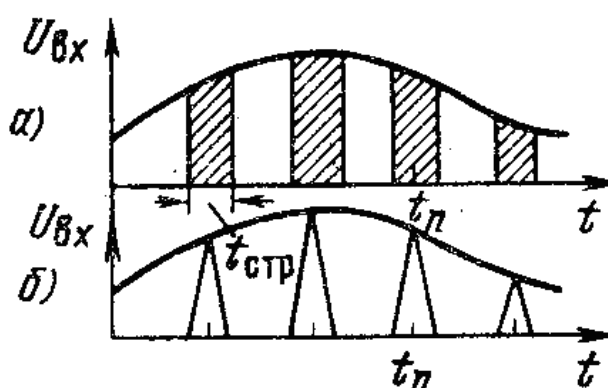


Рисунок 34.1-Стробування за допомогою прямокутних імпульсів (а) і амплітудно-імпульсної модуляції (б).

властивості  $\delta$ -функцій:

$$U(t_n) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} U(t) \cdot \delta(t - t_n) dt. \quad (34.1)$$

Реальне стробування здійснюється за допомогою послідовності детермінованих стробуючих функцій  $g(t)$ , які мають кінцеву в порівнянні з довжиною вхідних сигналів тривалість, і може бути описано виразом

$$U^*(t_n) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F[U(t) \cdot g(t - t_n)], \quad (34.2)$$

де  $F$  - символ функціонального перетворення сигналу в межах стробуючого імпульсу.

В залежності від виду функцій  $g(t - t_n)$  необхідно розрізнити два принципових способи стробування (рис. 34.1).

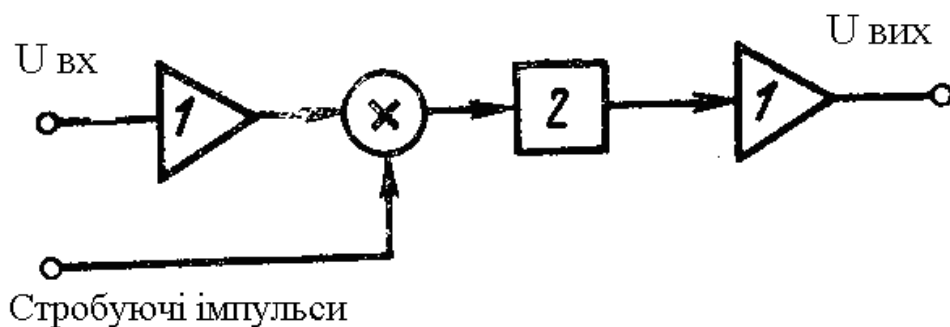


Рисунок 34.2-Структурна схема ПВЗ, реалізуюча два способи стробування:  
1-підсилювач, 2-накопичувальний елемент.

В першому має місце переривання вихідного сигналу послідовністю прямокутних стробуючих імпульсів тривалістю  $t_{cmp}$ , в іншому-модуляція вихідним сигналом послідовності стробуючих імпульсів досить довільної форми. Загальним для обох випадків є мультиплікативний характер операції стробування, що дозволяє провести аналогію між стробуванням й одержанням різних видів амплітудно-імпульсної модуляції (рис. 34.2).

Однак принциповою різницею в роботі ПВЗ є наявність механізму утворення відліків. Зокрема, випадок дискретизації за допомогою самого АЦП можна розглядати як різновид методу, показаного на (рис. 34.1,а) де  $t_{cmp}$  являється часом перетворення АЦП.

Розглянемо принципи побудови ПВЗ, що відрізняються механізмами утворення відліків.

### 34.2.1. Стробування прямокутними імпульсами при малій сталій часу $RC_H$

Найбільше поширення одержали аналогові пристрої, що використовують прямокутні стробуючі імпульси постійної тривалості, що еквівалентно застосуванню досить швидкодіючих аналогових ключів, час включення й виключення яких не залежать від вхідного сигналу. Механізм утворення відліків у таких пристроях пов'язаний, як правило, з використанням малої сталої часу еквівалентного  $RC_H$ - кола в порівнянні із тривалістю стробуючого імпульсу  $t_{стр}$  ( $\eta = \frac{t_{стр}}{R \cdot C_H} \gg 1$ ) і віднесенням відліку (у вигляді напруги на накопичувальному конденсаторі) до моменту закінчення цього імпульсу (рис. 34.3).

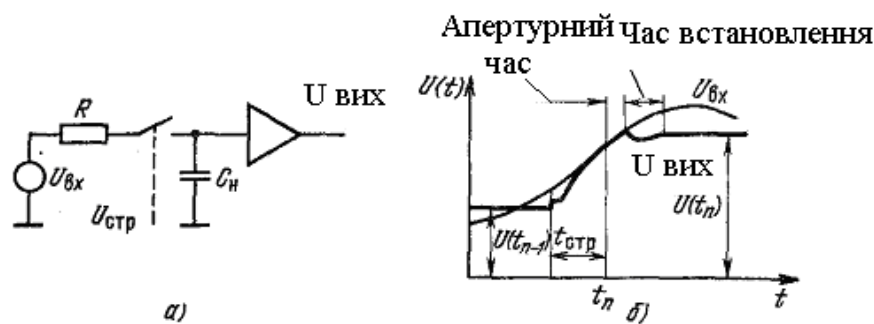


Рисунок 34.3-Еквівалентна схема ПВЗ, використовуюча прямокутні стробуючі імпульси (а) і епюри, пояснюючі її роботу (б).

Коефіцієнт передачі розглянутого пристрою в режимі вибірки має вигляд

$$\frac{U_{Вих}}{U_{Вх}} = \frac{1}{1 + j \cdot f / f_0}, \quad (34.3)$$

$$\text{де } f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C_H}.$$

Залежність від частоти приводить до виникнення похибки коефіцієнта передачі, яка складає

$$1 - \frac{U_{вих}}{U_{вх}} = \frac{-j \cdot f / f_0}{1 + j \cdot f / f_0}. \quad (34.4)$$

Як видно з рис. 34.4, уже на частоті  $f = 10$  кГц похибка у передачі амплітуди синусоїдного сигналу, дорівнює 1%. При зміні частоти до 100 кГц ця похибка збільшується до 10%. Дана похибка є однією із складових динамічної похибки коефіцієнта передачі, або похибка недозаряду (спостереження). Легко показати, що для розглянутої еквівалентної схеми між відносною похибкою коефіцієнта передачі  $\delta$  і частотою синусного сигналу  $f$  існує залежність  $\delta = \frac{f}{f_0}$ . Для інших вхідних сигналів похибка недозаряду буде мати іншу функціональну залежність, наприклад, для лінійнонаростаючої напруги вона дорівнює

$$\delta = \frac{1}{\eta \cdot (1 - e^{-\eta})}. \quad (34.5)$$

Для ідеальних аналогових ключів ця складова динамічної похибки буде єдиною. Однак реальні аналогові ключі вносять у процес утворення вибіркового значень сигналу додаткові похибки. Це в першу чергу апертурна похибка, що має принципове значення для процесу дискретизації як перетворення безперервної функції в неперервну послідовність. Виникнення апертурної похибки в розглянутому пристрої пов'язане з тим, що опір реального ключа при переході із замкнутого стану в розімкнутий змінюється не стрибком, а для більшості аналогових ключів має вигляд, наведені на рис. 34.5., а.

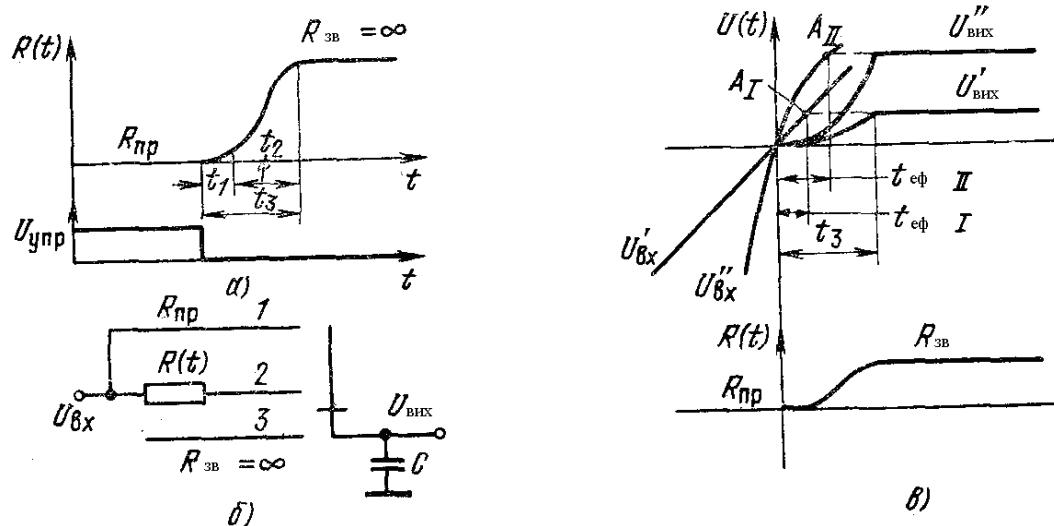


Рисунок 34.5-Перехідна характеристика реального аналогового ключа (а); його еквівалентна схема при переході із режиму вибірки в режим зберігання (б) і епюри вихідної напруги для двох законів зміни вхідного сигналу (в).

Еквівалентна схема, що враховує це явище (рис. 34.5., б), дозволяє якісно оцінити перехід пристрою з режиму вибірки в режим збереження. Положення 1 перемикача відповідає замкнутому стану ключа, коли конденсатор  $C_n$  заряджається через його опір  $R_{пр}$ . Положення 2 відповідає переходу ключа із замкнутого стану у розімкнутий після приходу відповідного сигналу управління (стробуючого імпульсу). Нарешті, положення 3 відповідає розмиканню ключа (режим збереження). Якщо подавати на такий пристрій вхідні сигнали, що змінюються за різними законами, то дійсний час запам'ятовування  $t_{эфл}$  та  $t_{эфп}$  настане раніше, ніж зворотній опір ключа  $R_{зв}$  стане рівним  $\infty$  (рис. 34.5, в). При цьому в залежності від закону зміни вхідного сигналу положення точок  $A_1$  та  $A_2$  може змінюватися усередині інтервалу  $t_2 = t_3 - t_1$  який визначається як апертурний час даного ключа. Іноді цим часом називають весь час  $t_3$ . Із рис.34.5,в можна побачити, що апертурний час містить постійну складову  $t_a$ . Апертурне зрушення приводить, як правило, до частотних спотворень, аналогічним тим, які виникають в еквівалентному  $RC$ -колі, що характеризує схему в режимі вибірки. Іноді, наприклад у цифрових спектроаналізаторах, шкідливий вплив апертурного зсуву можна частково або повністю компенсувати. Неідеальність аналогових ключів приводить до виникнення похибки перемикачів, викликані проходженням частки управляючих перепадів

(стробуючих імпульсів) через між електродні ємності на накопичувальний конденсатор, а неідеальність останнього - до появи похибки, пов'язаної з діелектричною поляризацією. Ці похибки виникають при переході від режиму вибірки до режиму зберігання.

### 34.2.2 Стробування множенням.

Одним із можливих методів побудови ПВЗ є одержання послідовності імпульсів, модульованих за амплітудою вихідним сигналом .

Механізм утворення відліків при цьому полягає в запам'ятовуванні амплітудних, або усереднених значень. У першому випадку для цього використовують схеми типу пікового детектора, в другому - типу інтегратора .В обох випадках перед кожним новим стробуючим імпульсом, необхідно повернути накопичувальний елемент у вихідний стан. Для одержання зазначеної модуляції можна використовувати, наприклад, діодні схеми.

Розглянемо особливості утворення відліків на прикладі використанні в даному методі лінійно-наростаючої стробуючої функції (рис.34.6,а).

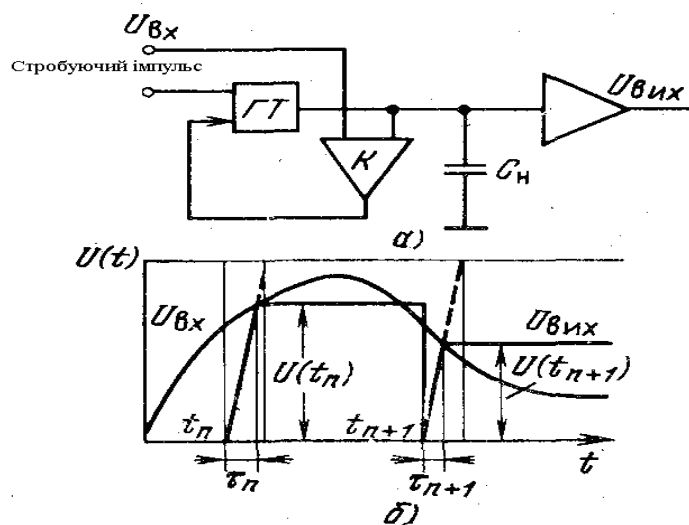


Рисунок 34.6-Структурна схема ПВЗ, яка працює на основі перемножування початкового сигналу із пилоподібною стробуючою напругою (а), і епюри пояснючі її роботу (б).

Генератор стабільного струму запускається імпульсами, що впливають із частотою дискретизації, і заряджає накопичувальний конденсатор  $C_n$ . Пилоподібна напруга з останнього подається на один вхід компаратора напруги, на другий його вхід надходить вхідна напруга. Якщо компаратор ідеальний, то в момент рівності

обох напруг він спрацьовує й вимикає генератор струму. На конденсаторі залишиться напруга, що відповідає миттєвому значенню сигналу в точці рівності вхідної й пилоподібної стробуючої напруг, що використовується як вибіркоче значення сигналу (рис.34.6,б).

Особливістю такого механізму утворення відліків є те, що в ідеальному випадку вони в точності відповідають миттєвим значенням вхідного сигналу в точках рівності вхідної й стробуючої напруг, але самі ці точки розташовані на осі часу випадковим чином і не відповідають принципу рівномірної дискретизації. Якщо використовувати їх як рівновіддалені відліки, наприклад, до початкових моментів стробуючих функцій, то виникнуть апертурні похибки, у першому наближенні

$$\Delta U_n \approx U'(t_n) \cdot \tau_n, \quad (34.8)$$

Де  $\tau_n$  - інтервал стробування, що є в загальному випадку є змінним і залежним від вхідної напруги. Це призводить до того, що апертурні похибки стають нелінійними.

### **34.3 Параметри пристроїв вибірки та зберігання.**

Повний цикл роботи будь-якого ПВЗ складається з наступних процесів:

- вибірка;
- перехід від вибірки до збереження;
- збереження;
- перехід від збереження до вибірки. Кожний з таких процесів характеризується своїми параметрами.

#### **34.3.1. Параметри в режимі вибірки**

Час вибірки це час, протягом якого утворюється вибіркоче значення напруги на накопичувальному елементі і який дорівнює тривалості використовуваних стробуючих імпульсів. При роботі пристрою в режимі стеження час вибірки є часом стеження. В обох випадках воно визначає похибку утворення вибіркового значення, яка в кінцевому значенні визначається як похибка коефіцієнта передачі.

Похибка коефіцієнта передачі характеризує його відхилення від розрахункового значення. Завичай розрізняють похибку коефіцієнта передачі при роботі з постійною вхідною напругою і синусоїдною напругою різної частоти.



Нелінійність амплітудної характеристики обумовлена відхиленням коефіцієнта передачі від постійного значення при зміні вхідного сигналу у всьому динамічному діапазоні.

*Дрейф коефіцієнта передачі* характеризує зміна коефіцієнта передачі залежно від температури, живлення, старіння елементів тощо.

*Напруга зсуву* – вихідна напруга схеми при стробуванні нульового вхідного сигналу.

*Дрейф напруги зсуву* визначається зміною напруги зсуву в наслідок зміни температури навколишнього середовища та інших факторів.

### **34.3.2. Параметри при переході від вибірки до збереження**

*Апертурний час* – це повний час, протягом якого має місце невизначеність між утвореними вибірковими значеннями сигналу й моментами часу, до яких вони в дійсності відносяться. *Похибка перемикання* при утворенні вибіркового значення зумовлена проходженням частини керуючих стробуючих імпульсів через міжелектродні ємності використовуваних аналогових ключів.

*Похибка, пов'язана з діелектричною поляризацією*, при утворенні вибіркового значення виникає за рахунок процесів, що відбуваються в діелектрику накопичувального конденсатора.

### **34.3.3. Параметри в режимі зберігання.**

Спад вихідної напруги характеризує основну складову похибку пристрою в режимі збереження. Він визначається швидкістю розряду накопичувального конденсатора

$$dU_c/dt = I/C_H \text{ де } I \text{ - сума струмів витоку ключа, струму зсуву підсилювача й}$$

струмів витоку. Як правило, основною складовою струму  $I$  є сумарний струм витоку ключа. Спад вихідної напруги визначає час збереження з допустимою похибкою.

Наскрізне проходження обумовлене тією частиною вхідного сигналу, що попадає на вихід пристрою через ємнісний дільник, утворений прохідною ємністю розімкнутого ключа й накопичувальним конденсатором. Часто цей параметр виражають у децибелах як відношення напруги наскрізного проходження для

вхідного синусоїдного сигналу певної амплітуди й частоти до амплітуди цього сигналу на вході пристрою.

#### 34.3.4. Параметри при переході від зберігання до вибірки.

Цей режим пов'язаний з утворенням наступного вибіркового значення, що характеризується таким параметром, як час вибірки. У пристроях вибірки й збереження, що використовують інтегрування, цей перехід повинен супроводжуватися розрядом накопичувального конденсатора до умовного нуля з достатньо малою залишковою похибкою, що є частиною загальної похибки.

#### 34.3.5. Зовнішні параметри.

Ця група параметрів характеризує зовнішні умови роботи пристроїв вибірки й збереження, можливості їхнього стикування з боку входу, виходу й керування. До них відносяться діапазони вхідних і вихідних напруг; вхідні й вихідні опори; вхідні і вихідні струми; необхідні стробуючі імпульси(керуючі перепади); зовнішні кліматичні умови роботи; техніко-економічні параметри.

### 34.4 ПВЗ з ключами на польових транзисторах

Застосування аналогових ключів на польових транзисторах при побудові пристроїв вибірки й збереження пов'язане з такими перевагами, як відсутність напруг зсуву, досить малий прямий і великий зворотній опори, малі струми витоку.

У розповсюдженому варіанті ПВЗ такого типу використано послідовний ключ на польовому транзисторі, включений між двома буферними каскадами на операційних підсилювачах ОП1 і ОП2 (рис.34.7).

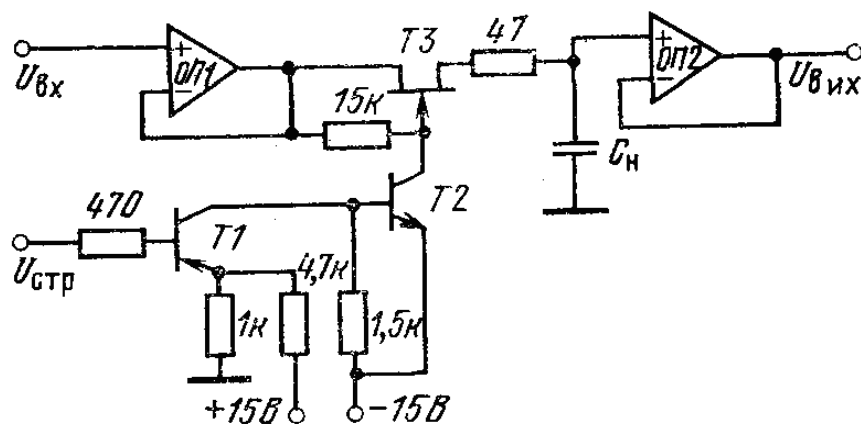


Рисунок 34.7-Схема ПВЗ з послідовним ключем на польовому транзисторі.

Особливістю схеми є те, що для нормальної роботи аналогового ключа напруги необхідні стробуючі імпульси  $U_{стр} > U_{вхmax} + U$ , де  $U$  - напруга відсічки польового

транзистора. Наприклад, при  $U_{ex\max} = 10\text{В}$  значення  $U_{стр}$  може бути порядку 20 В. Для того щоб пристрій вибірки працював від керуючих перепадів ТТЛ-схем, використовують формувач стробуючих імпульсів на транзисторах Т1 і Т2.

Одним із ефективних методів зменшення похибки перемикавання в схемах є використання аналогових ключів на КМОН-транзисторах. Такі ключі являють собою комбінацію на одній підкладинці n і p- канального МОН-транзисторів, які відкриваються однаковими за амплітудою, але протилежними за знаком стробуючими імпульсами (рис. 34.8), що створює гарні умови для компенсації їхніх проходжень безпосередньо на накопичувальному конденсаторі.

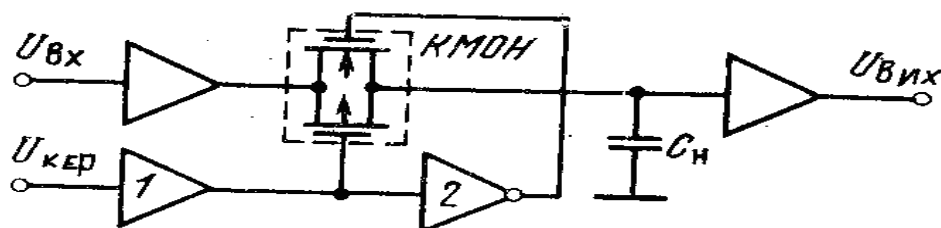


Рисунок 34.8-Схема ПВЗ з послідовним ключем напруги на КМОН-транзисторі:  
1- схема керування p-каналом МОН транзистором; 2- схема керування n-каналом МОН транзистором.

Некомпенсована похибка перемикавання таких схем при ємності  $C_n = 470$  пф порядку 10 мВ.

Розглянуті схеми своєю структурою є розімкнутими. Зокрема, вони мають певну похибку стеження, що залежить від параметра  $\eta$ . Це, як правило, обмежує їхню сумарну похибку на рівні кроку квантування 8... 10-розрядних АЦП, хоча й робить пристрій такого типу найбільш швидкодіючим.

Розглянемо пристрій вибірки. Схема розроблена в інтегральному виконанні завдяки тому, що вдалося сполучити стандартні процеси виготовлення біполярних і МОН-транзисторів із кремнієвим затвором на одному кристалі (рис. 34.9).

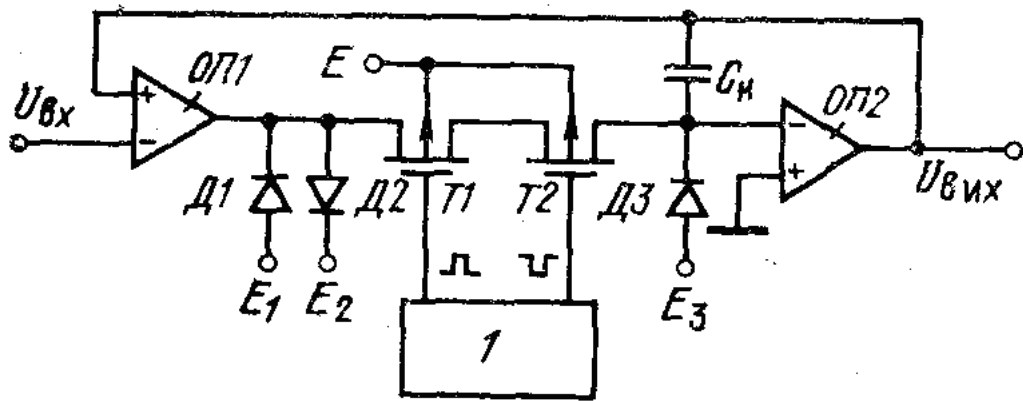


Рисунок 34.9- Інтегральна схема ПВЗ з ключем струму на МОН-транзисторі і додатковим компенсуючим транзистором.

Для зниження похибки перемикання використаний МОП-транзистор, ввімкнений послідовно з основним ключем і керований стробуючим імпульсом протилежної полярності.

### 34.5 Підвищення точності ПВЗ.

Розглянуті ПВЗ відрізняються такими основними параметрами, як точність і швидкодія, і їхнім зв'язком з параметрами використовуваних ключів, операційних підсилювачів, формувачів стробуючих імпульсів, буферних каскадів й інших елементів; Один з напрямків підвищення точності цих пристроїв при заданій швидкодії пов'язаний з підвищенням точних характеристик їх елементів.

Структурні методи підвищення точності ПВЗ засновані на введенні операції корекції окремих складових їхньої похибки, у першу чергу статичної. Основою для побудови таких пристроїв може бути ітеративний цикл, що включає запам'ятовування аналогового сигналу, формування його аналогового еквівалента й заміщення вхідного аналогового сигналу його еквівалентом. При цьому в якості коректуючої ознаки використовується сумарне відхилення параметрів реальних елементів від ідеальних.

Розглянемо спрощену структурну схему, що лежить в основі даного методу (рис.34.10, а).

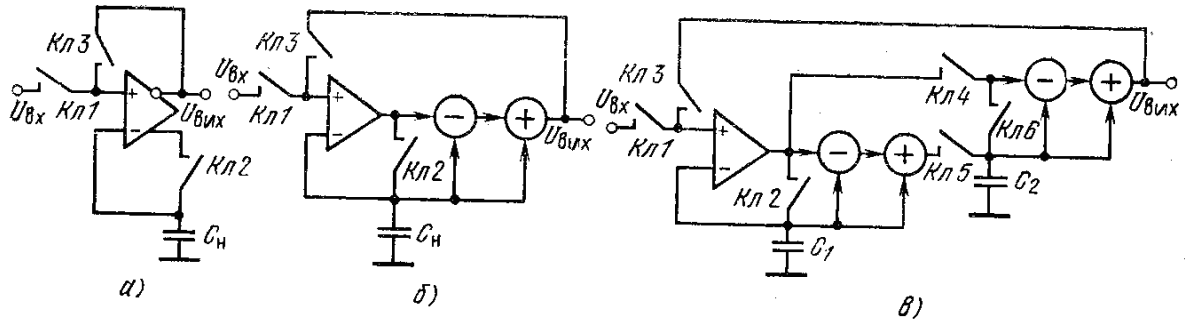


Рисунок 34.10.- Структурна схема ПВЗ з корекцією статичної похибки:

а) спрощена, яка лежить в основі метода; б) із одноразовою корекцією;

в) із багаторазовою корекцією

У режимі вибірки ключі КЛ1 і КЛ2 замкнуті, а ключ КЛ3 розімкнутий.

Наприкінці інтервалу вибірки на накопичувальному конденсаторі  $C_n$

встановиться напруга

$$U_c = (U_{Bxk} + \varepsilon_0) \cdot \frac{A_1}{(1 + A_1)}, \quad (34.9)$$

де  $U_{Bxk}$  - напруга вхідного сингала наприкінці інтервалу, стробування;  $\varepsilon_0$  - сумарна похибка, зумовлена напругою зсуву ОП, його дрейфами, а також синфазної складової сигналу;  $A_1$  - коефіцієнт підсилення ОП. При переході в режим запам'ятовування ключ КЛ3 замикається, а ключі КЛ1 і КЛ2

розмикаються. У цьому режимі вихідна напруга схеми дорівнює

$$U_{BUX} = (U_c - \varepsilon_0) \cdot \frac{A_1}{A_1 + 1}. \quad (34.10)$$

або з урахуванням (34.9)

$$U_{BUX} = U_{Bxk} \cdot \frac{A_1}{(A_1 + 1)^2} - \varepsilon_0 \cdot \frac{A_1}{(A_1 + 1)^2} \quad (34.11)$$

Останній вираз можна представити у вигляді

$$U_{BUX} = U_{Bxk} + \Delta A + \Delta \varepsilon_0, \quad (34.12)$$

де

$$\Delta A \approx 2 \cdot \frac{U_{Bxk}}{A_1}; \quad (34.13)$$

$$\Delta \varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_0}{A_1}. \quad (34.14)$$

Складова  $\Delta A$  характеризує похибку недозаряду за рахунок обмеженого значення коефіцієнта підсилення ОП, а  $\Delta \varepsilon_0$  - залишкову похибку за рахунок сумарної напруги зсуву й синфазній складовій сигналу. В розглянутій схемі

складова похибки  $\Delta \varepsilon_0$  істотно послаблюється, а складова  $\Delta A$  на границях динамічного діапазону може бути значною. Цей недолік властивий всім схемам вибірки замкнутого типу.

У режимі зберігання, при якому стан всіх ключів змінюються на протилежний, джерелом сигналу стає напруга на накопичувальному конденсаторі  $C_H$ . У даній схемі вона надходить на інвертуючий вхід ОП й через пристрої віднімання і додавання формується як вихідна аналогова напруга. Якщо вважати, що коефіцієнти передачі пристроїв віднімання й додавання дорівнюють 1, а залишковою напругою зсуву на виході пристрою можна знехтувати, то легко отримати, для вихідної напруги

$$U_{BUX} = U_C \cdot (2 + A_1) / (1 + A_1), \quad (34.15)$$

або

$$U_{BUX} = U_{BХк} \cdot A_1 \cdot (2 + A_1) / (1 + A_1)^2. \quad (34.16)$$

Звідси похибка недозаряду  $\Delta A$  в першому наближенні

$$\Delta A \approx \frac{U_{BХ1к}}{(1 + A_1)^2} \approx \frac{U_{BХк}}{A_1^2}. \quad (34.17)$$

З виразу (34.17) видно, що досить проста корекція дозволяє істотно зменшити похибку недозаряду в порівнянні з похибкою пристрою, у якому використовується зворотній зв'язок без такої корекції. Це дає можливість істотно підвищити точність роботи пристрою вибірки.

Подальшим розвитком пристроїв вибірки даного типу є дворазове застосування процесу корекції.

У практичному варіанті ПВЗ (рис. 34.11, а)

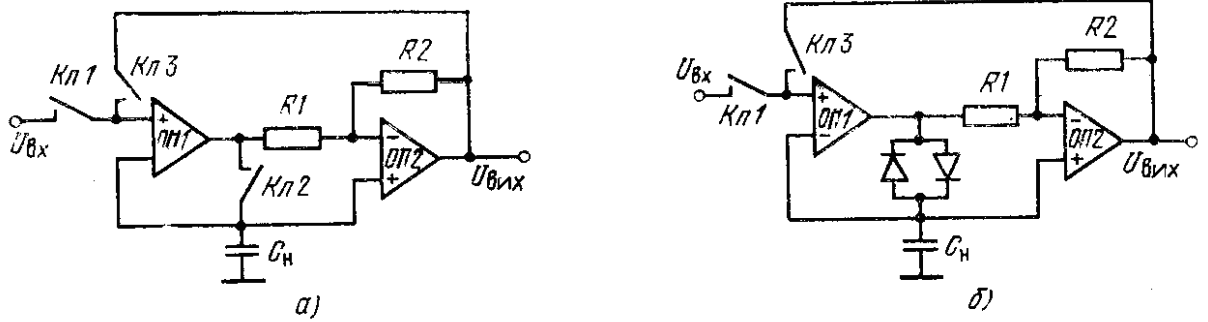


Рисунок 34.11.- Схема ПВЗ виконана по структурній схемі, наведеній на рис. 34.10 (а), і з діодними обмежувачами в якості ключа Кл2 (б).

операції віднімання і додавання виконуються за допомогою ОП2, що має коефіцієнт підсилення  $A_2$ . Схема має наступні складові статичної похибки (при  $R_1 = R_2$ )

$$\Delta A = \frac{U_{ВХ} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{A_1}{A_2}\right)}{(1 + A_1)^2}, \quad (34.18)$$

$$\Delta \varepsilon_{01} = \frac{\varepsilon_{01}}{A_1}, \quad (34.19)$$

$$\Delta \varepsilon_{02} = 2 \cdot \varepsilon_{02} \cdot A_1 \quad (34.20)$$

де  $\varepsilon_{01}$  і  $\varepsilon_{02}$  - сумарні напруги зсуву ОП1 й ОП2 відповідно.

Перевагою розглянутої схеми є те, що основний аналоговий ключ Кл2, зв'язаний безпосередньо з накопичувальним конденсатором  $C_n$  працює в режимі перемикання струму, що сприяє зменшенню похибки перемикання. При використанні МОН-транзисторів це дозволяє подати мінімальну напругу відносно накопичувального конденсатора без побоювання відкриття транзистора по підкладці. При цьому усувається струм витoku через підкладку й підтримується незмінним режим роботи ключа. У результаті цього ж явища в ряді випадків можна істотно спростити сам ключ Кл2, використовуючи, наприклад, діодний обмежувач (рис. 34.12, б).

У режимі вибірки один з діодів відкритий, а при переході в режим запам'ятовування цей елемент перебуває під напругою, близькою до нуля, у результаті обидва діоди закриваються й ключ розмикається.

Деякі складові статичної похибки ПВЗ можуть бути компенсовані іншими способами. Наприклад, для зменшення напруги зсуву готового модуля вибірки й

збереження можна використати другий такий же модуль, на якому запам'ятовують цю напругу зсуву й подають її відповідним чином на вхід основного модуля.

Принципово можлива компенсація й окремих складових динамічної похибки пристроїв вибірки й зберігання.

На завершення наведемо технічні характеристики ПВЗ фірми ANALOG DEVICES типу AD781: похибка перетворення 0,01%; максимальний час вибірки 0,7мкс; апертурне тремтіння 0,05нс; апертурний час 25нс; максимальна швидкість спаду напруги 1 мв/мс.

### 34.6 Контрольно-навчальний тест до лекції 34.

#### Питання 34.1

На які два класи поділяються пристрої вибірки та зберігання (ПВЗ)?

Вибір правильної відповіді:

- 1- конденсаторні і індуктивні
- 2- аналогові і цифрові
- 3- діодні і транзисторні

#### Питання 34.2

Яка з математичної точки зору лежить операція в основі роботи ПВЗ?

Вибір правильної відповіді:

- 1- стробування
- 2- множення
- 3- інтегрування

#### Питання 34.3

Яка операція на інтервалі стробування приводить до зменшення динамічної похибки

Вибір правильної відповіді:

- 1- інтегрування
- 2- стробування
- 3- диференціювання



Питання 34.4

Час вибірки це час...

Питання 34.5

Напруга зсуву це...

Питання 34.6

Апертурний час це...

Питання 34.7

Застосування МОН-транзисторів при побудові ПВЗ має такі переваги...

Питання 34.8

Структурні методи підвищення точності ПВЗ групуються на

Вибір правильної відповіді:

- 1- протягом якого утворюються вибіркові значення напруги на вхідному конденсаторі
- 2- закінчення перехідних процесів у ПВЗ

Вибір правильної відповіді:

- 1- вихідна напруга схеми при стробуванні нульового вхідного сигналу.
- 2- вихідна напруга схеми при стробуванні не нульового вхідного сигналу.

Вибір правильної відповіді:

- 1- повний час, протягом якого має місце невизначеність між утвореними вибірковими значеннями сигналу й моментами часу, до яких вони в дійсності відносяться.
- 2- час установлення вихідної напруги

Вибір правильної відповіді:

- 1- відсутність напруг зсуву
- 2- відсутність напруги живлення
- 3- малий опір замкнутого ключа

Вибір правильної відповіді:

- 1- застосування більш стабільних елементів
- 2- корекції окремих складових їхньої похибки, у першу чергу

Питання 34.9

Для зменшення напруги зсуву  
готового модуля ПВЗ можна  
використати

статичних.

Вибір правильної відповіді:

- 1- другий такий же модуль, на  
якому запам'ятовують цю напругу  
зсуву й подають його відповідним  
чином на вхід основного модуля.
- 2- з меншим коефіцієнтом  
підсилення.