

**ЗАМКНУТІ ТАКТОВІ СИНХРОНІЗАТОРИ**

Усатий Д.О.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Коляденко Ю.Ю.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
каф. ІКІ ім В.В. Поповського,  
м. Харків, Україна  
тел. +38(066) 475-90-29

Analysis of the shortcoming of open symbol synchronizers, indication of the solution to the shortcoming. Analysis of the scheme and operation of a closed clock (symbol) synchronizer. Analysis of clock (symbol) synchronization.

Основним недоліком розімкнутих символічних синхронізаторів є наявність помилки супроводу з ненульовим середнім. Замкнуті символічні синхронізатори порівнюють вхідний сигнал з локально генеруючими тактовими імпульсами з наступною синхронізацією локального сигналу з переходами у вхідному сигналі [1]. Серед найпоширеніших замкнутих символічних синхронізаторів можна виділити синхронізатор з випереджальним і запізненим стробуванням (рис. 1) [1].



Рис. 1. Схема замкнутого тактового (символьного) синхронізатора

Робота синхронізатора полягає у виконанні двох окремих інтегрувань енергії вхідного сигналу по двох різних проміжках символічного інтервалу тривалістю  $(T-d)$  секунд.

Різниця абсолютних значень виходів інтеграторів  $y_1$  і  $y_2$  є мірою помилки синхронізації символів приймача й може подаватися назад для корекції прийому.

Робота синхронізатора з випереджальним і запізнювальним стробуванням пояснюється епюрами, наведеними на рис. 2 [2].

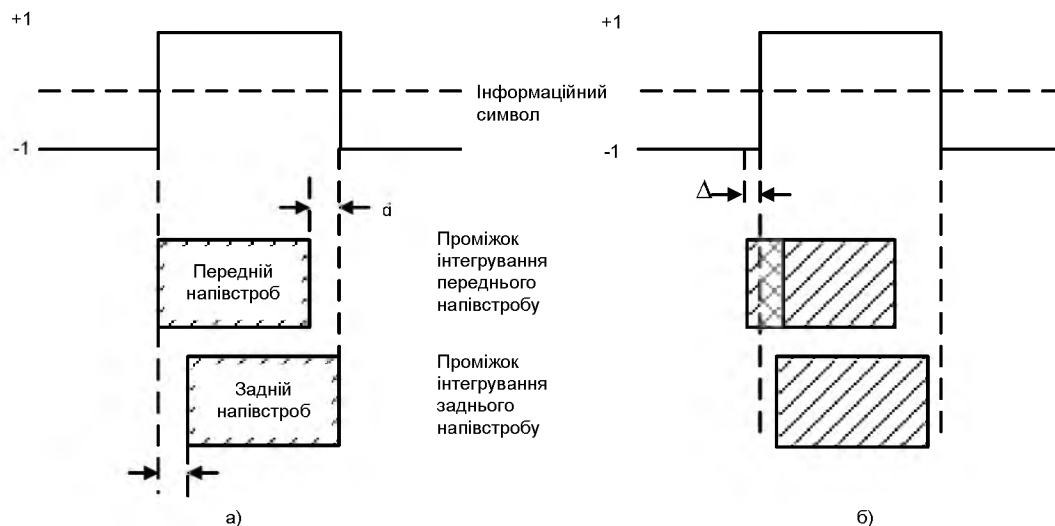


Рис. 2. Тактова (символьна) синхронізація: *a* — тонка синхронізація приймача; *б* — синхронізація з випередженням

При ідеальній синхронізації (рис. 2, *a*) показано, що обидва періоди стробування потрапляють в інтервал передачі символу. У цьому випадку обидва інтегратори одержать однаковий обсяг енергії сигналу й різниця відповідних сигналів дорівнюватиме нулю. На рис. 2, *б* показаний приклад для приймача, генератор тактових імпульсів якого функціонує з випередженням. У цьому випадку початок інтервалу випереджального інтегрування попадає на попередній інтервал передачі біта, що тоді як запізнювальне інтегрування, як і раніше, виконується в межах поточного символу [2].

При запізнювальному інтегруванні енергія накопичується за інтервал часу  $(T-d)$ , як і у випадку, зображеному на рис. 2, *a*, але випереджальне інтегрування накопичує енергію тільки за час  $[(T-d) - 2\Delta]$ , де  $\Delta$  — частина інтервалу випереджального інтегрування, що припадає на попередній інтервал передачі біта. Отже, для цього випадку сигнал неузгодженості дорівнюватиме  $e = -2\Delta$ , що призведе до зниження вхідної напруги ГУН (рис. 1). Це, у свою чергу, призведе до зниження вихідної частоти ГУН і сповільнить відлік часу приймача для узгодження із вхідними сигналами.

Список використаних джерел:

1. Бойко В.І. Цифрова схемотехніка./ В.І. Бойко, В.В. Багрій. – К: ІЗМН, 2001.- 228 с
2. Коляденко Ю.Ю. Анализ характеристик систем цикловой синхронизации с использованием протокола RTP (IEEE1588v2)/ Ю.Ю. Коляденко, И.С. Шостко, Д.В. Агеев / Радиоелектроніка, інформатика, управління. ISSN 1607-3274. 2019. № 3 (50) с. 99-107. DOI 10.15588/1607-3274-2019-3-11