

УДК [371.26:51]:376.54

Ю.Є. Зеляновський, Б.Д. Будз, В.Б. Дудикевич

Національний університет "Львівська політехніка", Львів

## БЛОК СИНХРОНІЗАЦІЇ В ПРИСТРОЇ ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ ОТРИМАНОВОГО З ПЕМВ ВІДЕОТРАКТУ ПК

У статті розглянуто принцип побудови блоку генерації синхроімпульсів для відтворення зображення отриманого через канал ПЕМВ. Описано підходи до побудови вузла формування сигналів синхронізації для демонстрації перехоплення сигналу VGA монітора.

**Ключові слова:** ПЕМВ, VGA монітор, синхронізація,

### Вступ

Як відомо через ПЕМВ відеотракту ПК можна відновити зображення з монітору жертви. Існують різні варіанти установок, які здійснюють аналіз ПЕМВ. Для демонстрації можливості витоку через канал ПЕМВ сучасних VGA моніторів, здійснена спроба побудувати простий-перехоплювач, який зможе працювати з різними відеостандартами. Для коректного відтворення відеокадру, необхідно побудувати блок синхронізації, що дозволить уникнути пливності кадру. Основні підходи до побудови блоку синхронізації розглянуті в даній статті.

### Особливості сучасних відеосистем

Сучасні відео-монітори комп'ютерів формують зображення у вигляді растру, що складається з певної кількості рядків (від 350 до 1440). Кількість елементів (пікселів) у рядку, в залежності від встановленого режиму монітору, становить від 640 до 1920).

Часові та частотні характеристики відеосигналу у цифровій системі відображення повністю характеризуються:

- тактовою частотою  $f_p$ , яка для дисплею на електронно-променевої трубі визначається як величина, обернена до часу переміщення електронного променя від центру одного елемента зображення до сусіднього;

- частотою відхилення променя у горизонтальній площині  $f_h$ , яка залежить від тактової частоти та загальної кількості елементів рядка  $x_t$  (з врахуванням необхідного часу на зворотній хід променя):  $f_h = f_p / x_t$ ;

- частотою відхилення променя по вертикалі  $f_v$ , яка також залежить від частоти розгортки по горизонталі та загальної кількості рядків растру з врахуванням необхідного часу на зворотній хід променя по вертикалі:  $f_v = f_h / y_t$ .

Кількість елементів зображення у рядку  $x_d$  та кількість видимих рядків  $y_d$  є меншою, що обумов-

лено необхідністю виділення певного часу на зворотній хід променю електронно-променевої трубки.

Для точної заводської настройки геометрії зображення на дисплеї у широкому діапазоні часових параметрів відеосигналу, що застосовані у персональних комп'ютерах, VESA (Vide Electronics Standards Association) стандартизував набір часових параметрів, які сьогодні вживається у більшості ПК.

Відеосигнал побічного випромінювання можна зручно відтворити у реальному часі звичайним VGA - монітором, що має багато стандартів синхронізації, за умовою, що відношення сигнал/шум є достатньо високим. Ми можемо просто підключити його вхід зеленого сигналу 0.7В/75Ом через атенуатор з відповідним імпедансом до виходу демодулятора (3В/50Ом) приймача відеосигналу.

Монітором перехоплювача потрібно управляти з дуже близькою апроксимацією горизонтальної та вертикальної частоти синхронізації  $f_h$  та  $f_v$ . Якщо, наприклад, ці частоти відрізняються лише на одну мільйонну частину (1ppm означає, що  $\tilde{f}_h = f_h \times 1.000001$ ) та число пікселів при оновленні кадру  $x_t y_t$  є близько  $1,85 \cdot 10^6$ , тоді після одного оновлення положення електронних променів на двох моніторах вже будуть зміщені одне відносно другого на один елемент. Внаслідок цього видиме зображення на моніторі буде рухатись горизонтально зі швидкістю:

$$V_h = \frac{\tilde{f}_h - f_h}{f_h} \cdot x_t \cdot y_t \cdot f_v \cdot r,$$

де  $r$  є ширина пікселя. При частоті оновлення  $f_v = 85$ Гц,  $x_t = 1728$ ,  $x_d = 1280$ ,  $y_t = 1072$ , довжині рядка на моніторі  $l = 340$ мм ширина пікселя  $r = l/x_d = 0,266$  мм швидкість переміщення видимого зображення на моніторі перехоплювача становитиме 41,9 мм/сек.

Для досягнення прийнятної стабільності зображення, осцилятор, що застосовується для генерування імпульсів горизонтальної синхронізації монітора перехоплення повинен налаштуватись з роздільною здатністю щонайменше від семи до восьми

знаків. Тоді горизонтальний дрейф зображення може бути меншим, ніж один елемент за секунду. Фазова настройка (ФАПЧ) тактової частоти генератора, що знаходиться у типових графічних картах, не забезпечує необхідної стабільності частоти, що тим самим робить її невідповідною для застосування в якості сигналу синхронізації генератора. (Нагадаємо, що стандарт VESA допускає точність частоти до  $0.5\% = 5000\text{ppm}$ ).

Навіть при достатній точності та стабільності настройки частоти  $\tilde{f}_h$ , зображення на моніторі перехоплення не буде залишатись на місці довше, ніж кілька секунд або хвилин. Часові параметри кварцевих осциляторів на обох відео адаптерах, як цільової системи, так і перехоплювача, є залежними від температури та їхні відносні частоти можуть на практиці дрейфувати до кількох ppm протягом просто кількох хвилин. Це робить необхідним постійно наструювати частоту  $\tilde{f}_h$ .

Чутливість положення відновленого зображення до найменших відхилень частоти сигналу синхронізації може здаватись неприємною для перехоплювача, однак це є насправді перевагою, яка допомагає виявити один з сигналів окремого цільового пристрою. Кожна відео карта ПК має свій власний незалежний кварцевий осцилятор для генерування сигналу тактової частоти. Навіть якщо є ряд відео дисплеїв в межах зони прийому, що працюють у тому ж відео режимі, їхні власні тактові частоти відрізняється принаймні на кілька частин на мільйон. Тому перехоплювач може настроїти  $\tilde{f}_h$  так, щоб на моніторі в даний момент з'явився стабільний сигнал тільки однієї цільової системи, бо сигнали від інших систем будуть дрейфувати зі значною швидкістю.

Око людини в реальному часі може цілком легко відділяти на моніторі перехоплення стабільний сигнал цільової системи від сигналів, що переміщуються, інших моніторів. Періодичне усереднення множини кадрів є необхідним для зменшення накладених шумів при записі сигналу цифровим способом. Це робить небажані сигнали від інших моніторів, які є поблизу, нечіткими, навіть при незначних відхиленнях частоти.

### Генератор сигналів синхронізації на базі ПЛІС

Для формування сигналів горизонтальної та вертикальної синхронізації використовувалась ПЛІС фірми XILINX серії SPARTAN2. Структурна схема установки зображено на рис. 1.

З метою спрощення інтерфейсу та зручності в роботі доцільно використати перемикачі SW0 ÷ SW7 для вибору одного з режимів стандарту VGA відповідно до табл. 1. На першому етапі, обмежимося режимами стандарту VGA згідно табл. 2.

Таблиця 1  
Характеристики перемикачів

SW	$x_d$	$y_d$	$f_v, \Gamma\text{Ц}$	$f_h, \kappa\Gamma\text{Ц}$	$f_p, \text{M}\Gamma\text{Ц}$	$x_t$	$y_t$
SW0	800	600	60.317	37.879	40.000	1056	628
SW1	800	600	72.188	48.077	50.000	1040	666
SW2	800	600	75.000	46.875	49.500	1056	625
SW3	800	600	85.061	53.674	56.250	1048	631
SW4	1024	768	60.004	48.363	65.000	1344	806
SW5	1024	768	75.029	60.023	78.750	1312	800
SW6	1024	768	84.997	68.677	94.500	1376	808

*Примітка.* Перемикач SW7 резервується для перемикання джерела опорної тактової частоти, або від внутрішнього кварцового осцилятора, або від зовнішнього генератора, для побудови петлі ФАПЧ.

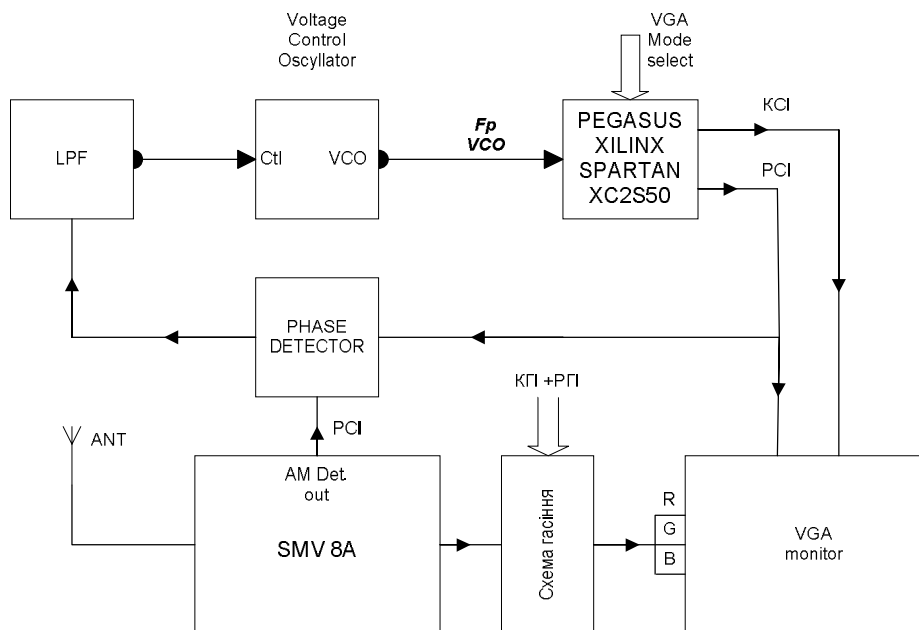


Рис. 1. Структурна схема установки для формування сигналів синхронізації.

Для розрахунку часових діаграм сигналів синхронізації та гасіння використовуємо наступні параметри імпульсів:

- тривалість передньої площадки імпульсу гасіння зворотного ходу рядкової розгортки –  $FP_h$  (у пікселях);
- тривалість імпульсу синхронізації рядкової розгортки  $SP_h$ ;
- тривалість задньої площадки імпульсу гасіння зворотного ходу рядкової розгортки –  $BP_h$  (у пікселях);

- тривалість передньої площадки імпульсу гасіння зворотного ходу кадрової розгортки –  $FP_v$  (у рядках);

- тривалість кадрового синхроімпульсу –  $SP_v$  (у рядках);

тривалість задньої площадки імпульсу гасіння зворотного ходу кадрової розгортки –  $BP_v$  (у рядках).

Ці параметри беремо зі стандарту VESA. Для прикладу, в табл. 2, 3 приведені такі параметри для більш уживаних режимів VGA моніторів.

Таблиця 2

Параметри імпульсів (стандарт VESA)

Режим	Тактова частота	Горизонтальна розгортка, пікселів					
	МГц	$x_d$	$x_t$	$f_h$ , кГц	$FP_h$	$SP_h$	$BP_h$
640x480;60Гц	25,175	640	800	31,469	16	96	48
640x480;72Гц	31,5	640	832	37,861	24	40	128
640x480;75Гц	31,5	640	840	37,5	16	96	48
640x480;85Гц	36	640	832	43,269	32	48	112
800x600;60Гц	40	800	1056	37,879	40	128	88
800x600;72Гц	50	800	1040	48,077	56	120	64
800x600;75Гц	49,5	800	1056	46,875	16	80	160
800x600;85Гц	56,25	800	1048	53,674	32	64	152
1024x768;60Гц	65	1024	1344	48,363	24	136	160
1024x768;70Гц	75	1024	1328	56,476	24	136	144
1024x768;75Гц	78,75	1024	1312	60,023	16	96	176
1024x768;85Гц	94,5	1024	1376	68,677	48	96	208

Таблиця 3

Параметри імпульсів (стандарт VESA)

Режим	Тактова частота	Горизонтальна розгортка, пікселів					
	МГц	$x_d$	$x_t$	$f_h$ , кГц	$FP_h$	$SP_h$	$BP_h$
640x480;60Гц	25,175	480	525	59,94	11	2	32
640x480;72Гц	31,5	480	520	72,809	9	3	28
640x480;75Гц	31,5	480	500	75	1	2	17
640x480;85Гц	36	480	509	85,008	1	3	25
800x600;60Гц	40	600	628	60,317	1	4	23
800x600;72Гц	50	600	666	72,188	37	6	23
800x600;75Гц	49,5	600	625	75	1	2	21
800x600;85Гц	56,25	600	631	85,061	1	3	27
1024x768;60Гц	65	768	806	60,004	3	6	29
1024x768;70Гц	75	768	806	70,069	3	6	29
1024x768;75Гц	78,75	768	800	75,029	1	3	28
1024x768;85Гц	94,5	768	808	84,997	1	3	36

Приймаємо, що лічильник тактових імпульсів встановлюється в нульовий стан в момент подачі тактового імпульсу та встановлення РГІ та КГІ в низький рівень (рис. 2). Тоді після поступлення  $x_d$  тактових імпульсів сформується передній фронт імпульсу РГІ гасіння зворотного ходу розгортки першого рядка. Після поступлення  $x_t = x_d + (FP_h + SP_h + BP_h)$  тактових імпульсів сформується задній фронт імпульсу гасіння зворотного ходу рядкової розгортки. Після поступлення  $x_t \cdot y_t = (x_d + (FP_h + SP_h + BP_h)) \cdot y_t$  такто-

вих імпульсів, що відповідає формуванню цілого кадру, цикли повторюються.

Передній фронт імпульсу РГІ (рядковий синхроімпульс) сформується через  $(x_d + FP_h)$  тактів, а задній фронт – через  $(x_d + FP_h + SP_h)$  тактів. Передній фронт імпульсу гасіння КГІ зворотного ходу кадрової розгортки потрібно сформувати після  $y_d$  рядків, тобто через  $x_t \cdot y_d$  тактових імпульсів CLK, а задній фронт, яким завершиться формування кадру через  $x_t \cdot y_t = (x_d + (FP_h + SP_h + BP_h)) \cdot y_t$  тактів.

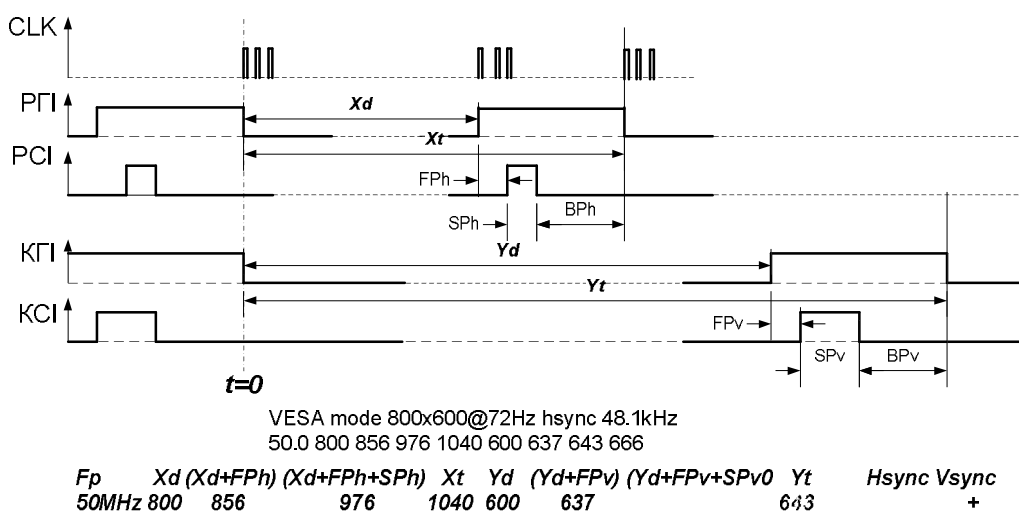


Рис. 2. Тактові імпульси

Передній фронт імпульсу кадрової синхронізації КСІ сформується через  $x_t \cdot (y_d + FP_v)$ , а задній фронт – через  $x_t \cdot (y_d + FP_v + SP_v)$  тактової частоти.

Для прикладу, розрахуємо часові параметри для режиму VGA 800 x 600 x 72Гц. Тактова частота  $f_p = 50\text{МГц}$ :

- тривалість активної частини рядка  $x_d = 800$  тактів :  $800/50 = 16\text{мкс}$ ;
- тривалість рядка  $x_t = x_d + (FP_h + SP_h + BP_h) = 800 + (56 + 120 + 64) = 1040$  тактів;
- тривалість СГІ:  $(FP_h + SP_h + BP_h) = (56 + 120 + 64) = 240$  тактів (4,8мкс);
- інтервал часу  $(x_d + FP_h)$  до переднього фронту РСІ =  $800 + 56 = 856$  тактів (17,12 мкс), до заднього фронту -  $800 + 56 + 120 = 976$  тактів (19,52 мкс), тривалість РСІ = 120 тактів (2,4 мкс);
- через інтервал часу  $x_t \cdot y_d = 1040 \cdot 600 = 624000$  тактів (12,48мс) сформується передній фронт КГІ, а через  $x_t \cdot y_t = 1040 \cdot 666 = 6926400$  тактів (13,853мс) – задній фронт, чим завершить весь кадр;
- передній фронт КСІ сформується через  $x_t \cdot (y_d + FP_v) = 1040 \cdot (600 + 37) = 662480$  тактів

(12,821мс), а задній – через  $x_t \cdot (y_d + FP_v + SP_v) = 1040 \cdot (600 + 37 + 6) = 668720$  тактів; тривалість КСІ становитиме  $SP_v \cdot x_t = 6 \cdot 1040 = 6240$  тактів (124,8мкс)

- тривалість імпульсу кадрового гасіння  $x_t \cdot (FP_v + SP_v + BP_v) = 1040 \cdot (37 + 6 + 23) = 68640$  тактів (1,378мс).

### Висновок

Запропоновано підхід до побудови вузла формування сигналів синхронізації для демонстрації перехоплення сигналу VGA монітора. Реалізація блоку синхронізації дозволить автоматизувати процес налаштування на відповідний режим роботи відеотракту.

### Список літератури

1. Markus G. Kuhn: *Compromising emanations: eavesdropping risks of computer displays. Technical Report UCAM-CL-TR-577, University of Cambridge.*

Надійшла до редколегії 19.03.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.П. Авраменко, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

### БЛОК СИНХРОНИЗАЦИИ В УСТРОЙСТВЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОТ ПЕМИН ВИДЕОТРАКТА ПК

Ю.Є. Зеляновський, Б.Д. Будз, В.Б. Дудикевич

В статье рассмотрено принцип построения блока генерации синхроимпульсов для возобновления изображения полученного по каналам ПЕМИН. Описано подходы к построению узла формирователя сигналов синхронизации для демонстрации перехвата сигнала VGA монитора.

Ключевые слова: ПЕМИН, VGA монитор, синхронизация.

### SYNCHRONIZATION BLOCK IN DEVICES AIMED AT THE IMAGES REPRODUCTION FROM TEMPEST VIDEO SYSTEM OF A PC

Y.Y. Zelyanovsky, B.D. Budz, V.B. Dudykevych

The study was conducted on the principle of the impulse synchronization generation aimed at the images reproduction from TEMPEST channel. Different approaches of the synchronization nodes construction demonstrating the interception of VGA monitor signal were described in the study.

Keywords: TEMPEST, VGA monitor, synchronization.