

# Phương pháp phát nhiễu đồng bộ chống thu bức xạ kênh kề phát ra từ màn hình máy tính dựa trên công nghệ FPGA

Nguyễn Ngọc Vinh Hảo, Bùi Đức Chính

**Tóm tắt**— Đã từ lâu, phương pháp phát nhiễu được sử dụng trong việc chống thu bức xạ điện từ trường từ các thiết bị điện tử. Có hai phương pháp chính thường được sử dụng: phát nhiễu dải rộng và phát nhiễu đồng bộ. Phương pháp phát nhiễu đồng bộ có nhiều ưu điểm hơn so với phương pháp phát nhiễu trên dải rộng. Bài báo này trình bày về phương pháp phát nhiễu chống thu bức xạ đồng bộ từ màn hình máy tính. Nội dung tập trung vào đặc điểm bức xạ cơ bản của tín hiệu video trong màn hình máy tính. Từ đó, chứng minh tín hiệu bức xạ có phổ liên quan chặt chẽ với các tín hiệu đồng bộ sử dụng trong màn hình; phân tích đặc điểm của một số loại công video thông dụng; thực hiện việc tìm chế độ và tạo các tín hiệu đồng bộ cho các loại màn hình có cổng video VGA trên một kit FPGA.

**Abstract**— Jamming method have long been used in preventing electromagnetic emanation compromising from electronic devices. Existing two jamming methods, broadband jamming and Synchronization jamming. Synchronization jamming has advantages over broadband jamming. In this article, we present a synchronized technique for preventing eavesdropping on the radiation of computer monitors. This paper presents the basic radiation characteristics of video signals from the computer monitor. Demonstration of spectrum signals is closely related to the synchronized signals used in the screen. Analyzing the characteristics of some common types video port and performs mode search and synchronization for VGA monitor video on an FPGA platform.

**Từ khóa:** tấn công kênh kề; bức xạ màn hình; chống thu bức xạ; phát nhiễu đồng bộ.

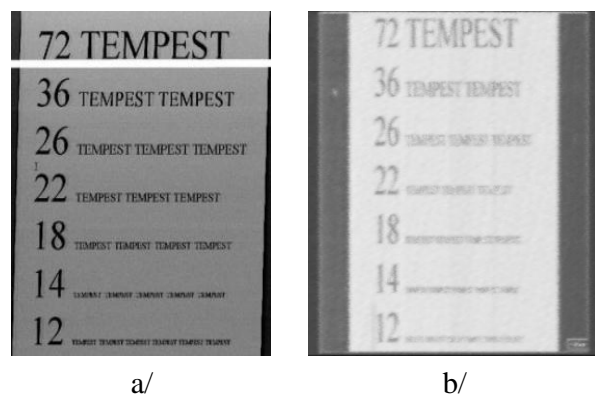
**Keywords:** side channel attack; monitor radiation; countermeasure electromagnetic eavesdropping; synchronizing noise.

## I. GIỚI THIỆU

Máy tính và các thiết bị ngoại vi nói chung đều bức xạ các tín hiệu không mong muốn ra

không gian. Các tín hiệu này có thể có mối tương quan với các thông tin đang được xử lý nội tại của máy tính. Điển hình nhất là tín hiệu video của màn hình có thể bức xạ ra không gian theo nhiều đường khác nhau. Nhiều kết quả thu tín hiệu bức xạ video và khôi phục hình ảnh hiển thị trên màn hình máy tính đã được công bố trong một số tài liệu trên thế giới [1,2]. Cụ thể, Hình 1 mô tả kết quả thu tín hiệu bức xạ và khôi phục hình ảnh dựa trên màn hình máy tính [3].

Viện Khoa học - Công nghệ mật mã, Ban Cơ yếu Chính phủ đã khôi phục thành công hình ảnh hiển thị trên màn hình CRT từ những năm đầu của thập niên 90. Đồng thời, cơ quan này cũng đã có nghiên cứu về các biện pháp chống thu bức xạ từ các thiết bị điện tử và thiết bị mật mã. Một số biện pháp khác nhau có thể áp dụng để ngăn chặn việc thu trộm các tín hiệu rò bức xạ như: sử dụng các máy phát nhiễu, sử dụng các bộ lọc tín hiệu, bọc kim cho thiết bị, sử dụng các phần mềm chống thu bức xạ, xây dựng các vùng cách ly, thực hiện bọc kim cho các kiến trúc (tòa nhà, cabin bọc kim). Các phương pháp trên đều có ưu, nhược điểm riêng (Bảng 1) [4, 9].



Hình 1. Kết quả thu tín hiệu bức xạ và khôi phục hình ảnh hiển thị trên màn hình máy tính [3]

Bài báo được nhận ngày 4/9/2018. Bài báo được nhận xét bởi phản biện thứ nhất vào ngày 28/10/2018 và được chấp nhận đăng vào ngày 8/11/2018. Bài báo được nhận xét bởi phản biện thứ hai vào ngày 10/11/2018 và được chấp nhận đăng vào ngày 21/11/2018.

BẢNG 1. SO SÁNH ƯU NHƯỢC ĐIỂM CỦA CÁC BIỆN PHÁP CHỐNG THU BỨC XẠ

Phương pháp	Hiệu quả bảo vệ	Giá thành	Khả năng di động	Khả năng triển khai
Phát nhiễu	cao	thấp - trung bình	có thể	có thể
Bọc kim thiết bị	cao	cao	có thể (nặng)	khó áp dụng
Bọc kim kiến trúc	cao	rất cao	không thể	khó áp dụng
Bộ lọc tín hiệu	trung bình	thấp	có thể	có thể
Phần mềm	trung bình	thấp - trung bình	có thể	có thể
Vùng cách ly	trung bình	cao	khó áp dụng	có thể

Trong các biện pháp chống thu bức xạ trên có thể thấy rằng biện pháp phát nhiễu có nhiều ưu điểm hơn bởi khả năng bảo vệ hiệu quả và tùy biến đối với các điều kiện làm việc khác nhau. Điều này đặc biệt quan trọng vì nếu thiết bị cần bảo vệ là thiết bị di động, thì khả năng triển khai các biện pháp khác rất khó khăn.

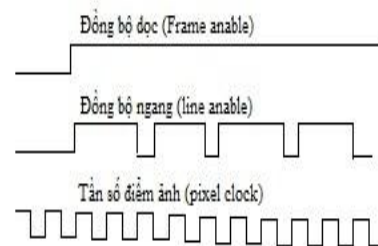
Có nhiều phương án phát nhiễu như phát trên dải rộng hay chỉ phát nhiễu tại các vùng tần số có tín hiệu bức xạ hay còn gọi là phát nhiễu đồng bộ. Phương pháp phát nhiễu trên dải rộng có ưu điểm bảo vệ được trên tất cả các tần số từ khoảng vài chục KHz đến 2 GHz. Phương pháp này không quan tâm đến tần số bức xạ của thiết bị mà chỉ quan tâm đến công suất phát nhiễu. Tuy nhiên, phương pháp phát nhiễu trên toàn dải có thể gây ảnh hưởng đến các thiết bị hoạt động trong khu vực bảo vệ của nó. Mặt khác, công suất bức xạ mạnh trên nhiều dải có thể gây ảnh hưởng đến sức khỏe của người sử dụng nếu tiếp xúc quá lâu. Cần biết rằng, các thiết bị điện tử khi hoạt động sẽ bức xạ ở một số dải tần nhất định và các tín hiệu bức xạ đó có thể mang thông tin hữu ích về hoạt động đang diễn ra bên trong thiết bị. Để khắc phục nhược điểm của phương pháp phát nhiễu trên dải rộng có thể sử dụng các tín hiệu nhiễu phát trên cùng tần số với các tín hiệu bức xạ mà không cần phát nhiễu tại các tần số không có tín hiệu bức xạ. Phương án thiết kế thiết bị phát nhiễu đồng bộ có ưu điểm là nâng cao hiệu quả bảo vệ, loại bỏ tính tương quan giữa các khung hình (frame) chống

thu bằng cách lấy trung bình các khung hình, phù hợp với các tiêu chuẩn tương thích điện từ trường do có công suất phát thấp và tiết kiệm chi phí vận hành hơn nhưng cần hiểu biết về đặc điểm bức xạ của các loại thiết bị sử dụng cùng với thiết bị phát nhiễu.

Trong Mục II, bài báo này sẽ tìm hiểu đặc điểm bức xạ của tín hiệu video từ màn hình và đưa ra một phương án thiết kế của thiết bị phát nhiễu dựa trên đặc điểm bức xạ của tín hiệu video. Mục III sẽ trình bày sơ lược về cấu trúc, nguyên lý hoạt động của cổng video VGA và cách thức tìm chế độ, tạo tần số điểm ảnh cho các loại màn hình. Từ kết quả của Mục II và III, Mục IV đưa ra thiết kế bộ phát nhiễu đồng bộ, triển khai lên một kit FPGA và đánh giá hiệu quả hoạt động của thiết kế đó. Cuối cùng, Mục V đưa ra các nhận xét chung và kết luận về những kết quả đã đạt được trong bài báo.

## II. ĐẶC ĐIỂM CỦA TÍN HIỆU VIDEO VÀ TÍN HIỆU BỨC XẠ CỦA MÀN HÌNH

Tất cả các loại màn hình hiện nay đều sử dụng một trong ba phương pháp quét sau để điều khiển các giá trị điểm ảnh (pixel): quét màn hình (raster scan), quét đan xen (interlaced scan) và quét lũy tiến (progressive scan). Trong đó progressive scan được sử dụng rộng rãi nhất. Tuy nhiên về bản chất các phương pháp quét này đều cần đến các tín hiệu đồng bộ để phân biệt giữa các dòng và các khung hình cũng như giữa các điểm ảnh với nhau (Hình 2) [5].



Hình 2. Ví dụ về các tín hiệu đồng bộ trong tín hiệu video số

Giả sử ta có một tín hiệu video với tần số điểm ảnh (pixel clock) là  $f_p$ . Xét điểm ảnh thứ  $i$  trên màn hình,  $i$  nhận giá trị nguyên nằm trong khoảng từ  $0 \leq i \leq NxM$ , trong đó  $NxM$  là chế độ hiển thị hiện tại của màn hình (theo tiêu chuẩn của VESA). Khi đó giá trị điểm ảnh  $i$  (giá trị này có thể là cường độ sáng hoặc cường độ

dòng tại pixel đó) sẽ là hàm của vị trí và pixel clock  $V_i = V(i / f_p)$ . Theo định lý Nyquist, ta có thể khôi phục hoàn toàn tín hiệu video  $v(t)$  với các giá trị điểm ảnh theo tần số quét các điểm ảnh đó là  $f_p$ . Như vậy tín hiệu video sẽ được tính theo tập hợp giá trị của các điểm ảnh trên màn hình được biểu diễn như sau [6, 7]:

$$v(t) = \sum_{i=0}^{M \times N} V_i \frac{\sin \pi(f_p t - i)}{\pi(f_p t - i)} \quad (1)$$

Mặt khác do tín hiệu  $v(t)$  có băng tần giới hạn nên việc lấy mẫu tín hiệu video tương đương với phép nhân nó với chuỗi xung Dirac cách đều nhau:

$$\hat{V}(t_i) = v(t) \sum_{i=0}^{M \times N} \delta\left(t - \frac{i}{f_p}\right) \quad (2)$$

Trong đó:  $\delta\left(t - \frac{i}{f_p}\right)$  - xung Dirac tại vị trí

thu  $\frac{i}{f_p}$ . Phổ của chuỗi xung Dirac hay biến đổi Fourier của chuỗi xung đó được tính như sau [8].

$$\begin{aligned} \delta(f) &= F\left\{\sum_{i=0}^{M \times N} \delta\left(t - \frac{i}{f_p}\right)\right\} = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{i=0}^{M \times N} \delta\left(t - \frac{i}{f_p}\right) e^{-j2\pi ft} dt = \sum_{i=0}^{M \times N} f_p \delta(f - if_p) \end{aligned} \quad (3)$$

Tương tự, phổ của tín hiệu video cũng được tính theo biến đổi Fourier:

$$V(f) = F[v(t)] \quad (4)$$

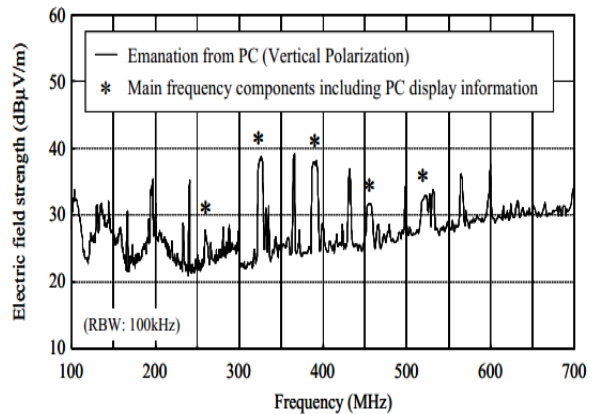
Như đã biết tích của hai tín hiệu trong miền thời gian thì biến đổi Fourier của tích đó sẽ bằng tích chập của biến đổi Fourier từng tín hiệu đó trong miền tần số [8]:

$$\begin{aligned} F[v(t) \cdot \delta(t)] &= F[v(t)] * F[\delta(t)] = \\ &= V(f) * \delta(f) \end{aligned} \quad (5)$$

Áp dụng các biểu thức (3), (4) và (5) vào (2), sẽ nhận được phổ của tín hiệu video trong miền tần số:

$$\begin{aligned} \hat{V}(f) &= V(f) * \sum_{i=0}^{M \times N} f_p \delta(f - if_p) = \\ &= \sum_{i=0}^{M \times N} V(f - if_p) \end{aligned} \quad (6)$$

Nói cách khác tín hiệu video có phổ xuất hiện tại các tần số là hài của tần số điểm ảnh. Nếu tín hiệu video bị bức xạ thông qua các phần tử không tuyến tính trong màn hình thì phổ của tín hiệu bức xạ cũng sẽ xuất hiện các thành phần tại các hài của tần số điểm ảnh. Biểu thức (6) cho thấy sự liên quan chặt chẽ của tần số điểm ảnh và phổ của tín hiệu bức xạ. Phòng thí nghiệm hệ thống năng lượng và môi trường của Nhật (NTTE&ES) đã công bố một kết quả thu phổ tín hiệu bức xạ điện từ trường trực tiếp từ màn hình máy tính có độ phân giải 1024x768 (XGA) với tần số điểm ảnh 65MHz như Hình 3:



Hình 3. Bức xạ điện từ trường từ màn hình máy tính

Trong Hình 3 các điểm bức xạ mạnh (được đánh dấu bằng dấu sao) xuất hiện tại các tần số là số nguyên lần của tần số điểm ảnh như: 260MHz, 325MHz, 390MHz, 455MHz, 520MHz... hoàn toàn phù hợp với dự đoán theo công thức (6).

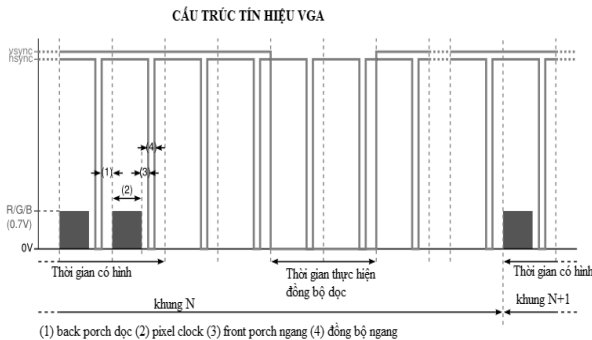
Qua phân tích ở trên cho thấy mối liên hệ chặt chẽ giữa phổ bức xạ từ màn hình và tần số điểm ảnh. Việc chứng minh được sự liên quan giữa tần số điểm ảnh và các số tần bức xạ từ màn hình cho phép đưa ra phương án phát nhiễu dành cho các loại màn hình đó. Như vậy, thay vì phát nhiễu tại các tần số không cần thiết (phát nhiễu trên dải rộng) chỉ cần tập trung tại các tần số có bức xạ màn hình.

Từ kết quả lý thuyết và thực nghiệm có thể khẳng định rằng tín hiệu nhiễu đồng bộ sẽ phải có các đặc điểm sau:

- Phổ tần số của tín hiệu nhiễu sẽ phải có các hài tương tự như tần số điểm ảnh.
- Công suất phát tại các tần số đó phải đủ lớn để bảo vệ các tín hiệu bức xạ.

### III. TÌM CHẾ ĐỘ HOẠT ĐỘNG CỦA MÀN HÌNH VÀ TẠO TẦN SỐ ĐỒNG BỘ TƯƠNG ỨNG

Qua phân tích ở trên cho thấy rằng để có thể tạo nhiều đồng bộ bảo vệ cho màn hình cần xác định được chế độ đang hoạt động của màn hình và tạo các tín hiệu đồng bộ tương ứng với màn hình đó. Đối với các màn hình hiện nay có hai loại cổng video chủ yếu đang được sử dụng gồm: các loại cổng video tương tự (như VGA, DVI-A) và các loại cổng video số (như DVI-I, HDMI). Trong đó, cổng VGA được sử dụng trong hầu hết các thiết bị, còn cổng HDMI đang dần trở nên phổ biến, và cổng DVI là dạng cổng lại giữa hai dòng trên. Nội dung dưới đây trình bày các nhận biết chế độ màn hình cho cổng VGA và tạo tần số điểm ảnh cho nó. Các tín hiệu trên cổng VGA được mô tả như Hình 4:



Hình 4. Cấu trúc tín hiệu trên cổng VGA

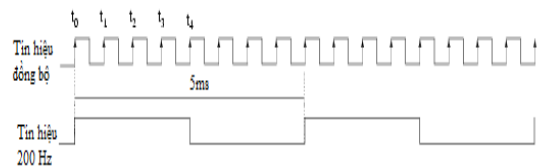
Các thành phần chính trong tín hiệu VGA bao gồm: các tín hiệu mang thông tin video RGB tương ứng với ba màu sắc cơ bản (red, green, blue), các tín hiệu đồng bộ ngang, tín hiệu đồng bộ dọc và tần số điểm ảnh. Trong đó, tín hiệu đồng bộ dọc quyết định tốc độ thay đổi khung hình hay còn gọi là tần số làm mới. Tín hiệu đồng bộ ngang và tần số điểm ảnh cho phép hiển thị ma trận điểm ảnh trong một khung lên trên màn hình.

Dựa trên cấu trúc và đặc điểm của các tín hiệu đồng bộ của cổng VGA có thể xác định được chế độ làm việc của màn hình dựa vào hai tín hiệu đồng bộ dọc và đồng bộ ngang. Hai tín hiệu này có thể đo trực tiếp và dựa vào kết quả đo được so sánh với tiêu chuẩn VESA để xác

định chế độ màn hình đang hoạt động. Quá trình thực thi tìm chế độ màn hình sẽ sử dụng bộ công cụ FPGA ML507 Virtex 5. Kit ML507 Virtex 5 được lựa chọn vì nó có khả năng xử lý tín hiệu mạnh và có sẵn các cổng vào ra mở rộng I/O, ngoài ra trên kit còn có các khối PLL DCM hỗ trợ cấu hình động (Dynamic Reconfiguration Port - DRP) giúp cho việc tạo tín hiệu đồng bộ trở nên chính xác hơn mà không tốn nhiều tài nguyên của Virtex 5. Công nghệ FPGA giúp cho việc thiết kế thiết bị nguyên mẫu dễ dàng hơn, ngoài ra nếu sử dụng FPGA có thể hỗ trợ nâng cấp trong tương lai mà không cần cập nhập thêm phần cứng. Tần số đồng bộ dọc  $f_v$  và tần số đồng bộ  $f_h$  như đã biết (có trong các tín hiệu của cổng VGA) sẽ được đo thông qua các bộ đo đếm trong FPGA như sau:

- Từ tín hiệu clock của hệ thống trên kit 200 MHz sử dụng một bộ chia tần số với counter bằng 500000 và hoạt động với mỗi sườn lên của clock hệ thống để tạo ra một tín hiệu tham chiếu. Khi counter đếm được xung thứ 500000, nó sẽ tự reset về giá trị khởi tạo và tạo tín hiệu tham chiếu ở đầu ra với tốc độ 200 Hz. Việc giảm tốc độ của tín hiệu tham chiếu có thể nâng cao độ chính xác của phép đo tần số của tín hiệu đồng bộ, nhưng yêu cầu nhiều hơn thời gian thực hiện. Qua mô phỏng và thực nghiệm có thể thấy rằng 200 Hz là giá trị tham chiếu có thể chấp nhận được. Công thức tính tần số tham chiếu như sau:

$$f_{out} = \frac{f_{in}}{counter \cdot 2} = \frac{200 \cdot 10^6}{500000 \cdot 2} = 200 \text{ Hz} \quad (7)$$



Hình 5. Sơ đồ thời gian theo hoạt động của bộ đếm tần số của tín hiệu đồng bộ

- Tín hiệu 200 Hz được đưa vào quá trình đo giá trị tần số của tín hiệu đồng bộ. Mỗi sườn lên của tín hiệu 200 Hz (tương ứng với  $5\text{ms}/2 = 2.5 \text{ ms}$ , vì chỉ có một nửa xung clock) sẽ kích hoạt hai bộ đếm xung dành cho hai tín hiệu đồng bộ. Hai bộ đếm này sẽ

tìm và đếm các sườn lên của hai tín hiệu clock trong khoảng thời gian 2.5 ms (Hình 5).

- Khi tín hiệu 200Hz chuyển sang sườn xuống các bộ đếm sẽ dừng đếm, chuyển các giá trị đếm được lên module phía trên để đưa vào vi xử lý powerPC440 thông qua các thanh ghi 32 bit và reset về giá trị khởi tạo. Việc đưa giá trị đếm vào vi xử lý sẽ thuận tiện hơn nhiều cho việc hiển thị kết quả đo tốc độ xung của các tín hiệu đồng bộ. Tần số của tín hiệu đồng bộ sẽ được tính như sau:

$$f_{sync} = 2 \cdot N \cdot f_{ref} \quad (8)$$

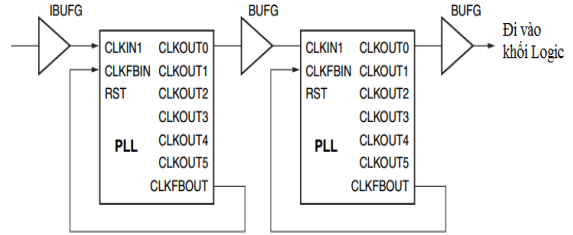
Trong đó:  $f_{sync}$  là giá trị tần số của tín hiệu đồng bộ [Hz]; N là giá trị mà bộ đếm đếm được;  $f_{ref}$  là tần số của tín hiệu tham chiếu (ở đây chính là tín hiệu 200Hz). Kết quả cần nhân cho 2 do N là số xung đếm được trong một nửa chu kỳ (2 lần tần số) của tín hiệu tham chiếu.

Quá trình tìm chế độ và đo tần số đồng bộ của màn hình có cổng VGA được mô phỏng bằng phần mềm ISim của Xilinx. Kết quả mô phỏng được biểu diễn trong Hình 6 dưới đây:



Hình 6. Mô phỏng hoạt động của bộ tìm chế độ màn hình và đo tần số đồng bộ VGA

Có thể thấy, với tần số của tín hiệu tham chiếu bằng 200Hz thì sai số đo tần số đồng bộ sẽ vào khoảng 1%. Tuy giá trị này khá lớn nhưng vẫn đủ để xác định được chế độ hoạt động và giá trị thực của các tần số điểm ảnh theo tiêu chuẩn VESA. Việc tạo tín hiệu điểm ảnh sẽ được tiến hành sau khi xác định được giá trị của nó. Trong bộ công cụ ML507 có thể sử dụng các bộ PLL DCM (Phase Lock Loop Digital Clock Manager) để tạo tín hiệu điểm ảnh với độ chính xác cao. Bởi vì đặc điểm của tín hiệu điểm ảnh và cách thức làm việc của PLL cần ít nhất hai bộ PLL nối tiếp nhau như Hình 7.



Hình 7. Sơ đồ PLL nối tiếp trong kit ML507

Trong quá trình làm việc giá trị của tần số đầu ra của bộ PLL sẽ được xác định bởi tần số đầu vào  $f_{in}$ , giá trị nhân M và giá trị chia D. Khi tần số điểm ảnh thay đổi thì cần thay đổi M và D để tạo tần số ở đầu ra VCO (Voltage Control Oscillator) phù hợp với giá trị mới. Trong Virtex 5 FPGA giá trị tần số của đầu vào và tần số ở đầu ra của một bộ PLL được tính như sau:

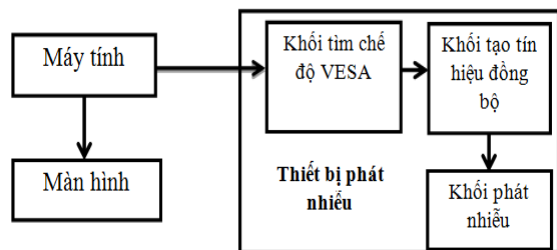
$$f_{outVCO} = f_{in} \frac{M}{D} \quad (9)$$

$$f_{out} = f_{in} \frac{M}{DO}$$

Trong đó:  $f_{in}$  là tần số clock ở đầu vào của PLL;  $f_{outVCO}$ ,  $f_{out}$  là tần số của tín hiệu đầu ra của VCO và PLL; M là giá trị nhân của bộ đếm M; và D,O là giá trị chia của bộ đếm D, O.

Việc sử dụng hai bộ PLL đồng thời thì sẽ cho phép tạo tần số ở phía đầu ra trên chính xác hơn. Tuy nhiên, khi thay đổi tần số cần chú ý đến giới hạn hoạt động của từng bộ PLL nếu giá trị đầu vào vượt quá giới hạn cho phép, thì sẽ làm toàn bộ khối hoạt động không chính xác. Ngoài ra cần chú ý rằng việc thay đổi giá trị của các bộ PLL khi thiết bị đang làm việc sẽ phải thông qua các cổng DRP.

#### IV. ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHÁT NHIỄU CHỐNG THU BỨC XẠ ĐỒNG BỘ CHO MÀN HÌNH DỰA TRÊN FPGA

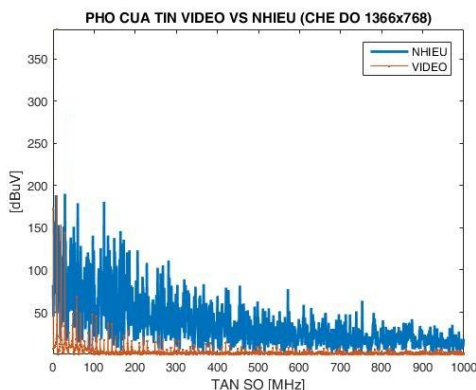


Hình 8. Sơ đồ thiết kế của thiết bị phát nhiễu đồng bộ

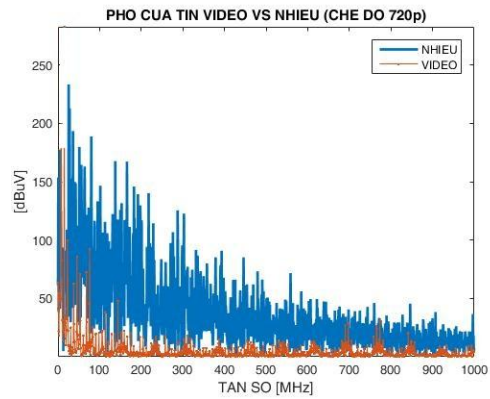
Như đã phân tích ở trên phát nhiễu chống thu bức xạ đồng bộ được thực hiện qua hai bước: Bước 1 phân tích đặc điểm bức xạ của thiết bị cần bảo vệ; Bước 2 thiết kế và chế tạo thiết bị phát nhiễu có phổ nhiễu tương đồng với đặc điểm bức xạ của thiết bị cần bảo vệ và có công suất nhiễu lớn hơn so với tín hiệu bức xạ. Dựa trên đặc điểm của tín hiệu bức xạ màn hình đã phân tích ở trên có thể đưa ra thiết kế của thiết bị phát nhiễu đồng bộ như Hình 8.

Tín hiệu video sẽ được lấy từ các cổng video đầu ra trên máy tính và đưa vào thiết bị phát nhiễu để phân tích. Khi tìm chế độ VESA sẽ tìm chế độ đang được hiển thị trên màn hình và so sánh nó với tiêu chuẩn VESA, nhằm xác định giá trị các tín hiệu đồng bộ. Khi tạo tín hiệu đồng bộ sẽ tạo và đưa tín hiệu đồng bộ vào khối phát nhiễu. Từ đây, khối phát nhiễu sẽ tạo ra nhiễu tại các tần số có tín hiệu bức xạ màn hình như phân tích ở trên. Khi đó, tín hiệu nhiễu sẽ được phát ra không gian với cơ chế giống như các tín hiệu video và tại cùng một tần số.

Kết quả đo phổ tín hiệu nhiễu tạo bởi module phát nhiễu xây dựng trên bộ công cụ ML507 và tín hiệu video với các chế độ phổ biến trong các màn hình hiện nay là 1366x768 và 720p được biểu diễn trên Hình 4. Màn hình được sử dụng trong bài kiểm tra là màn hình máy tính HP Compaq B201LED 19.5 inch với hai cổng video input là VGA và DVI, có pixel pitch 0.3 mm, tốc độ làm mới màn hình 8ms. Các thiết bị được kết nối theo sơ đồ trên Hình 3, trong đó thiết bị phát nhiễu được thay thế bằng bộ công cụ ML507.



a/



b/

Hình 9. Kết quả đo phổ của nhiễu và tín hiệu video đối với các chế độ màn hình khác nhau

Qua Hình 9 có thể thấy rằng phổ của tín hiệu video có dạng như dự đoán trong Mục II, tại các vị trí là hài của tần số pixel xuất hiện phổ lặp lại của màn hình ở tần số thấp. Qua Hình 4 cũng thấy rõ rằng trong dải tần số từ 0 đến 1GHz tín hiệu video (đường nét nhỏ) có phổ hoàn toàn nằm dưới phổ của tín hiệu nhiễu (đường nét đậm), hơn nữa tín hiệu nhiễu có phổ phân bố dựa theo phổ của tín hiệu video. Nói cách khác việc thu và khôi phục của tín hiệu video trong trường hợp có nhiễu này là không khả thi. Qua đó chứng minh tính hiệu quả của thiết kế phát nhiễu đồng bộ trong việc bảo vệ chống lại tấn công lên kênh bức xạ từ màn hình máy tính.

## V. KẾT LUẬN

Phổ bức xạ từ màn hình máy tính có liên quan chặt chẽ đến tần số điểm ảnh sử dụng trong các cổng video. Sự liên quan đó cho phép dự đoán trước được đặc điểm của phổ bức xạ, từ đó đưa ra phương án phát nhiễu phù hợp.

Dựa trên đặc điểm bức xạ của màn hình, bài báo đã đưa ra mô hình thiết kế cho thiết bị phát nhiễu đồng bộ với màn hình. Thiết bị nguyên mẫu được phát triển dựa trên công nghệ FPGA cho phép đẩy nhanh quá trình thiết kế và thử nghiệm. Kết quả đo phổ của tín hiệu nhiễu tạo ra phù hợp với dự đoán về phổ của tín hiệu bức xạ.

Đây chỉ là các kết quả ban đầu trong quá trình áp dụng phương pháp phát nhiễu đồng bộ dùng chống thu bức xạ kênh kề. Hướng nghiên cứu tiếp theo của nhóm tác giả có thể tiến hành tìm cách thu và khôi phục được toàn bộ hoặc một phần thông tin bức xạ phục vụ cho việc

nguyên cứu sâu hơn cho các kỹ thuật chống thu bức xạ.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. W. Van Eck, "Electromagnetic Radiation from Video Display Units: An Eavesdropping Risk?", Computers & Security, No.4, August 1985.
- [2]. Markus G. Kuhn, "Eavesdropping attacks on computer displays", Information Security Summit, Prague, May 2006.
- [3]. Fűrkan Elibol, Uğur Sarac, Işın Erer, "Realistic eavesdropping attacks on computer displays with low-cost and mobile receiver system", 20th European Signal Processing Conference, Bucharest, Romania, August 2012.
- [4]. Yasunao Suzuki, Masao Masugi, Hiroshi Yamane, "Countermeasures to prevent eavesdropping on unintentional emanations from personal computers", NTT Technical Review, NTT Energy and Environment Systems Laboratories, Japan.
- [5]. Yasunao Suzuki, Masao Masugi, Hiroshi Yamane, "Countermeasure technique for preventing information leakage caused by unintentional pc display emanations", IEICE, Kyoto, 2009.
- [6]. Васильев Р.А., Ротков Л.Ю., "Обнаружение побочных электромагнитных излучений и наводок с помощью программно-аппаратного комплекса «легенда»", Нижний Новгород, 2018.
- [7]. Хорев А.А., "Способы и средства защиты информации: учебное пособие", М.: МО РФ, 1998.
- [8]. Tri T. Ha, "Theory and design of digital communication systems", Cambridge University Press, 2011.
- [9]. Ngô Thế Minh, "Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị chống thu bức xạ rõ Video máy vi tính đồng bộ với máy gây ra nguồn bức xạ", Viện Khoa học – Công nghệ mật mã, Ban Cơ yếu Chính phủ, 2010.

#### SƠ LƯỢC VỀ TÁC GIẢ

##### **ThS. Nguyễn Ngọc Vĩnh Hảo**

Đơn vị công tác: Viện khoa học-Công nghệ mật mã, Ban Cơ yếu Chính phủ.

Email: nnvh89@gmail.com

Quá trình đào tạo: Nhận bằng kỹ sư và thạc sĩ chuyên ngành Thiết



bị vô tuyến điện của thiết bị bay tại trường đại học Hàng Không Quốc Gia Kharkov, Ucraina năm 2013 và 2015.

Hướng nghiên cứu hiện nay: an toàn bức xạ điện từ trường của các thiết bị mật mã.

##### **ThS. Bùi Đức Chính**

Đơn vị công tác: Viện khoa học-Công nghệ mật mã, Ban Cơ yếu Chính phủ.

Email: duchinh36@gmail.com

Quá trình đào tạo: Nhận bằng kỹ sư và thạc sĩ chuyên ngành điện tử



viễn thông tại trường đại học Bách Khoa Hà Nội năm 2013 và 2016.

Hướng nghiên cứu hiện nay: an toàn bức xạ điện từ trường của các thiết bị mật mã.