

PHƯƠNG PHÁP DÒN PHA TRONG OXILO PC PHASE FLUSH METHOD IN OSCILLOSCOPE PC

Phạm Văn Bình

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Nguyễn Trường Thọ

Công ty Active-semi

TÓM TẮT

Bài báo trình bày về phương pháp dòn pha được dùng trong một Oxilo PC để nâng cao khả năng khôi phục dạng tín hiệu cũng như đo đạc các tham số. Với phương pháp này không chỉ khôi phục được những tín hiệu có tần số thỏa mãn điều kiện Nyquist mà ngay cả những tín hiệu có tần số lớn hơn thậm chí lớn hơn nhiều lần tần số Nyquist. Bài gồm có 3 phần chính:

- 1. Đưa ra công thức toán học dùng để tính toán số lượng mẫu và số chu kỳ dùng để dòn, phụ thuộc vào sai số của tần số, mối tương quan giữa tần số tín hiệu và tần số lấy mẫu*
- 2. Trình bày năm bước cơ bản của thuật toán dòn pha*
- 3. Kết quả của phương pháp dòn pha trong ứng dụng một oxilo PC thực tế khi khôi phục tín hiệu có tần số lớn hơn tần số Nyquist, và các kết luận về thực hiện phương pháp dòn pha trong thực tế.*

ABSTRACT

This article presents the phase flush method used in an oscilloscope PC for increasing ability of restoring signal, also of measuring parameters.

With this method, we can restore signals whose frequencies satisfy the Nyquist conditions, including signals with frequency greater or much greater than the Nyquist frequency. The article consists of three main parts:

- 1. A mathematical formula to calculate quantity of samples and cycles to collect, depending on the errors of frequency and the correlation between signal frequency and sampling frequency.*
- 2. 5 fundamental steps of the phase flush algorithm.*
- 3. Results of the phase flush method in the application of a real oscilloscope PC to restore signal with frequency greater than the Nyquist frequency, and conclusions about implementing the method in practice.*

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bài báo [1] đã trình bày, phương pháp dòn pha thực chất là việc đưa các mẫu ở các chu kỳ khác nhau về cùng một chu kỳ với mục đích là lấy thêm thông tin của tín hiệu, đặc biệt là trong vùng biến thiên nhanh. Trong trường hợp lý tưởng (tần số lấy mẫu và tần số tín hiệu không có sai số), với phương pháp này, việc đo và hiển thị tín hiệu sẽ không bị hạn chế bởi mối tương quan giữa tần số tín hiệu và tần số lấy mẫu, và số chu kỳ tín hiệu dùng để dòn không hạn chế. Điều này có nghĩa là với tần số lấy mẫu thấp ta cũng có thể đo và hiển thị được những tín hiệu có tần số rất lớn, mức độ giới hạn tần số đo được khi đó chỉ phụ thuộc mạch đầu vào của bộ lấy mẫu. Tuy nhiên trong trường hợp thực tế phương pháp dòn pha gặp một vấn

đề khi tần số của tín hiệu không ổn định cũng như tần số lấy mẫu gặp phải sai số. Khi số mẫu dòn của nhiều chu kỳ tín hiệu, việc dòn pha lúc này có ảnh hưởng giống như việc điều chế góc có độ di pha lớn, vì vậy độ sai lệch của tín hiệu sẽ lớn (theo tài liệu [3]). Nên khi thực hiện thiết kế oxilo PC (thiết bị hiển thị dạng và các thông số của tín hiệu có ghép nối với máy tính), việc thực hiện dòn pha, sẽ chỉ dòn những mẫu trong một số khung phù hợp nhất định, mỗi khung tương ứng với một chu kỳ thời gian của tín hiệu. Để xác định số khung, số mẫu dòn ứng với một lượng sai số về tần số tín hiệu, trong phần II dưới đây sẽ đưa ra một công thức toán học về mối tương quan giữa số lượng mẫu dùng để dòn với mức sai số về tần số và mối tương quan giữa tần số tín hiệu và tần số lấy mẫu.

Tiếp đó sẽ đưa ra các bước cần thực hiện trong thuật toán dồn pha. Phần III sẽ đưa ra kết quả sử dụng của phương pháp trong một oxilo PC thực tế, và các kết luận khi sử dụng phương pháp dồn pha trong thực tế. (Một số cơ sở toán học và lý thuyết có thể tham khảo [2], [4])

II. THUẬT TOÁN DỒN PHA TRONG TRƯỜNG HỢP THỰC TẾ

2.1. Sự phụ thuộc số mẫu dồn với sai số tần số và mối tương quan giữa tần số lấy mẫu và tần số tín hiệu

Để xác định số khung và số mẫu dồn khi có sai số tần số, gọi sai số của tần số tín hiệu là $a\%$, tần số tín hiệu F_{th} (khi không có sai số, lý tưởng), F'_{th} là tần số tín hiệu thực tế (khi có sai số), T là chu kỳ của tín hiệu khi không có sai số (lý tưởng), T' là chu kỳ của tín hiệu khi có sai số (thực tế), ta có:

$$F'_{th} = F_{th} \left(1 \pm \frac{a}{100} \right)$$

$$T' = \frac{1}{F'_{th}} = \frac{1}{F_{th} \left(1 \pm \frac{a}{100} \right)} = T \frac{100}{100 \pm a}$$

S là sai số lớn nhất giữa hai chu kỳ cạnh nhau :

$$S = \max \left(\left| T \left(\frac{100}{100-a} - 1 \right) \right|, \left| T \left(\frac{100}{100+a} - 1 \right) \right| \right)$$

$$= \max \left(T \left(\frac{a}{100-a} \right), T \left(\frac{a}{100+a} \right) \right)$$

$$= T \frac{200a}{(100+a)(100-a)} = T \frac{200a}{100^2 - a^2}$$

Do $a \ll 100$ nên $S \approx T \frac{200a}{100^2} = T \frac{a}{50}$

Gọi số mẫu dùng để dồn là N_m (đây cũng là số mẫu có được cho 1 chu kỳ của tín hiệu sau khi dồn)

N_f là số chu kỳ chứa N_m mẫu:

$$N_f = N_m \frac{T_{lm}}{T}$$

Khoảng thời gian giữa 2 mẫu sau khi dồn: $\frac{T}{N_m}$.

Để khôi phục chính xác tín hiệu sau khi dồn các mẫu, thì sai số vị trí gặp phải sau khi dồn phải thỏa mãn điều kiện:

$$SN_f < \frac{T}{2N_m}$$

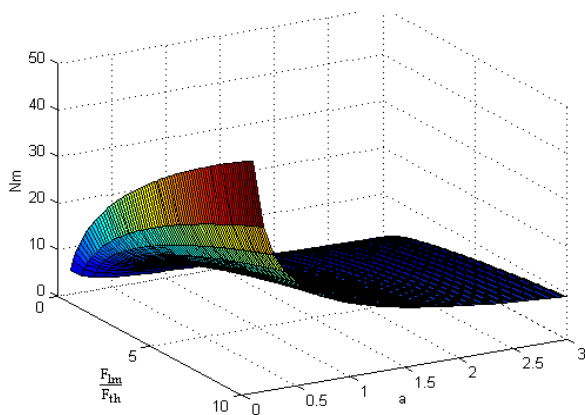
$$\Rightarrow \frac{a}{50} TN_m \frac{T_{lm}}{T} < \frac{T}{2N_m} \quad (1)$$

$$\Rightarrow N_m \leq \sqrt{\frac{25 F_{lm}}{a F_{th}}}$$

Từ biểu thức (1) ta có nhận xét: thấy rằng số mẫu dùng để dồn sẽ tỷ lệ nghịch với sai số và tỷ lệ thuận với tỷ số $\frac{F_{lm}}{F_{th}}$. Điều đó

có nghĩa là, khi sai số của tần số tín hiệu càng lớn thì số mẫu dùng để dồn càng nhỏ và số mẫu dùng để dồn sẽ càng lớn khi tần số lấy mẫu càng lớn hơn so với tần số tín hiệu. Khi số mẫu có được sau khi dồn càng lớn thì tín hiệu khôi phục càng chính xác. Trên hình 1 thể hiện sự phụ thuộc của số mẫu dùng để dồn, tỷ số giữa tần số lấy mẫu và tần số tín hiệu, và sai số tần số tín hiệu

$$a(\%) = \frac{F'_{th}}{F_{th}} (\%)$$



Hình 1. Đồ thị mối tương quan giữa N_m và tỷ số $\frac{F_{lm}}{F_{th}}$, với sai số tính theo $a(\%)$

2.2. Các bước trong thuật toán dồn pha thực tế

Xét một tín hiệu là một hàm tuần hoàn theo thời gian với chu kỳ là T , có dạng biểu diễn toán học như sau:

$$y = f(t) = f(t + nT)$$

Giả sử thời điểm lấy mẫu ban đầu là t_0 và chu kỳ lấy mẫu là T_m khi đó các mẫu lấy được có biên độ là: $y_i = f(t_0 + i \times T_m)$ với $i = 0, 1, \dots, N-1$; N là độ dài bộ đệm. Khi đó $x_i = f(t_0 + i \times T_m)$ là pha của mẫu thứ i . Khi đó cặp (x_i, y_i) (với $i = 1 \div N$) đại diện cho mẫu thứ i trong bộ đệm, tham số x_i đại diện cho pha của mẫu và tham số y_i đại diện cho biên độ của mẫu. Thuật toán bao gồm 5 bước:

1. Tính toán số mẫu dồn

Sử dụng công thức (1) mục đích là xác định số mẫu dùng để dồn một cách hợp lý, vừa có đủ thông tin để khôi phục nhưng không làm sai dạng tín hiệu

2. Xác định pha của mẫu

Xác định pha của mẫu, mục đích là đưa tất cả các mẫu về cùng một chu kỳ.

3. Sắp xếp

Mục đích là sắp xếp lại vị trí của các mẫu theo thứ tự pha tăng dần, đây thực chất là bài toán sắp xếp các mẫu (x_i, y_i) theo thứ tự tăng dần của pha (x_i)

4. Chia nhóm

Chia tập mẫu dồn được thành số lượng nhỏ nhất các nhóm đồng pha. Nhóm đồng pha là một nhóm trong đó các mẫu có pha đôi bằng nhau.

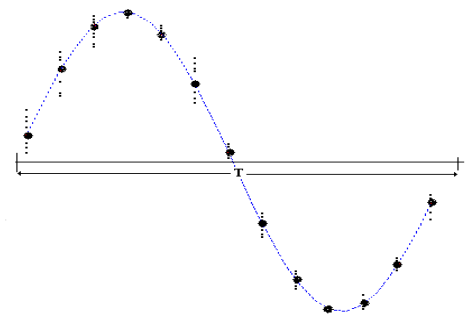
5. Đưa ra một tập các mẫu đại diện

Mỗi nhóm đồng pha đưa ra một mẫu đại diện theo quy tắc:

- Pha của mẫu đại diện bằng pha của các mẫu trong nhóm

- Biên độ của mẫu đại diện bằng trung bình bình phương biên độ của các mẫu trong nhóm.

Tập của các mẫu đại diện này sau đó sẽ được sử dụng để khôi phục lại dạng tín hiệu. Trên hình 2 mô tả quá trình xác định tập các mẫu đại diện (các mẫu đã được dồn, các điểm màu đen to-là các điểm được lấy trung bình từ các điểm dồn tạ mỗi pha) và khôi phục dạng tín hiệu từ tập này.



Hình 2. Tập các mẫu đại diện và được lấy trung bình (những điểm đen), dạng tín hiệu khôi phục

III. KẾT QUẢ CỦA PHƯƠNG PHÁP

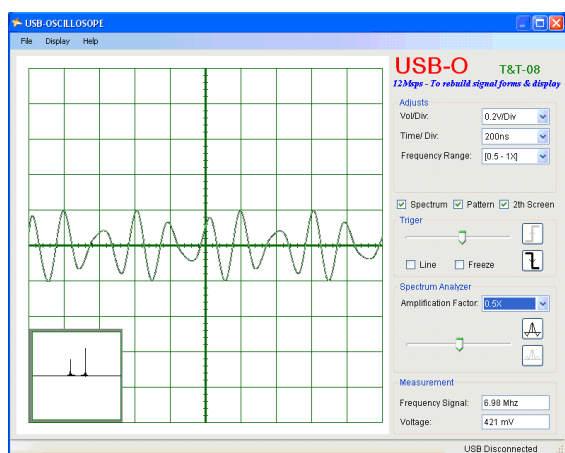
Thuật toán dồn pha đã được sử dụng trong một Oxilo-PC thực tế với kết quả tốt. Như hình 3 và 4 dưới đây là kết quả của việc đo và hiển thị sóng của thiết bị oxilo này với một tín hiệu hình sin có tần số 6.98Mhz lớn hơn tần số Nyquist (tần số lấy mẫu $F_m = 12Mhz$). Trong hình 3, khi không sử dụng thuật toán dồn pha, dạng sóng hiển thị sai hoàn toàn với dạng sóng của tín hiệu. Trong hình 4, khi sử dụng thuật toán dồn pha, dạng sóng và các tham số của tín hiệu được hiển thị một cách tương đối chính xác. Trong thực tế khi thiết kế oxilo, với những tín hiệu có tần số lớn hơn tần số lấy mẫu vài lần, khi sử dụng thuật toán dồn pha, oxilo vẫn khôi phục được dạng sóng của tín hiệu.

Kết luận: với thuật toán dồn pha về lý thuyết (trong điều kiện lý tưởng, không có sai số về tần số tín hiệu và tần số lấy mẫu) ta có thể tái tạo lại tín hiệu (theo tài liệu [1], [5]) ngay cả khi tần số lấy mẫu nhiều

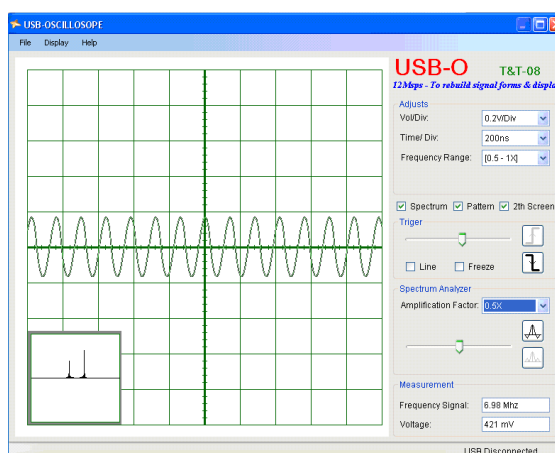
lần. Nhưng trên thực tế do tần số tín hiệu, cũng như tần số lấy mẫu có các sai số nhất định, điều này có ảnh hưởng đến việc khôi phục dạng tín hiệu. Khi tỷ số $\frac{F_{lm}}{F_{th}}$ càng lớn, sai số của tần số tín hiệu a càng nhỏ thì số mẫu dồn được càng lớn, càng khôi phục chính xác dạng tín hiệu. Biểu thức (1) đã chỉ ra giới hạn trên của số mẫu dồn được phụ thuộc vào tần số lấy mẫu, tần số tín

hiệu và sai số của nó. Để khôi phục lại tín hiệu hình sin ta cần tối thiểu 4 mẫu, xung vuông ta cần khoảng 20 mẫu cho 1 chu kỳ, nên để khôi phục tín hiệu thực tế, ta chỉ nên dồn số khung đảm bảo số mẫu cần thiết, và thỏa mãn mãn biểu thức (1).

Trong bài này cũng đưa ra 5 bước của thuật toán dồn pha, được thực hiện trong oxilo PC.



Hình 3. Không sử dụng thuật toán dồn pha
 $F_{th} = 6.98\text{Mhz}$, $F_{lm} = 12\text{Mhz}$



Hình 4. Sử dụng thuật toán dồn pha
 $F_{th} = 6.98\text{Mhz}$, $F_{lm} = 12\text{Mhz}$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Văn Bình, Nguyễn Trường Thọ; Tạp chí khoa học & công nghệ, số 67, trang 59 (2008).
2. Michelle Schatzman; A Mathematical Introduction; Clarendon Press (2002).
3. J.Szabatin; Podstawy teorii sygnałów; WkiL Warszawa 2000
4. A.Wojtkiewicz; Elementy syntezy filtrów cyfrowych; WNK Warszawa(1996)
5. Vũ Quý Điềm; Cơ sở kỹ thuật đo lường điện tử; Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật (2004)

Địa chỉ liên hệ: Phạm Văn Bình - Tel: 0912.629.062, email: pvbinh@go2.pl
Khoa Điện Tử-Viễn Thông, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
Số 1, Đại Cồ Việt, Hà Nội