

PHÂN TÍCH PHỔ TÍN HIỆU DÙNG PHẦN MỀM LABVIEW 7.1 VÀ DAO ĐỘNG KÝ SỐ TDS1012

Lê Đức Hùng, Nguyễn Thị Ngọc Lan, Đinh Sỹ Hiền, Lê Hữu Phúc

Khoa Vật lý, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 17 tháng 8 năm 2005, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 05 tháng 10 năm 2005)

TÓM TẮT: Hiện nay các máy phân tích phổ tín hiệu bằng phương pháp số được nhiều hãng thiết bị trên thế giới nghiên cứu chế tạo song giá thành khá cao. Chúng tôi tiến hành nghiên cứu và phát triển một chương trình phân tích phổ tín hiệu số trên cơ sở kết hợp dao động ký số TDS1012 và phần mềm LabVIEW 7.1, giá thành thấp. Chương trình kết nối TDS1012 với máy tính qua RS-232, cho phép phân tích phổ tín hiệu thời gian thực và tín hiệu mô phỏng, cũng như các quá trình xử lý tín hiệu số mà các thiết bị thông thường khác không thực hiện được.

1. GIỚI THIỆU

Các máy phân tích phổ dùng kỹ thuật số hiện nay rất đắt tiền, chỉ có các phòng thí nghiệm lớn mới đủ khả năng trang bị. Mục đích của nghiên cứu là nhằm tìm hiểu dao động ký số TDS1012 của hãng Tektronix mà bộ môn Điện tử Viễn thông vừa mới được trang bị và nâng cao các chức năng của dao động ký số bằng cách thiết kế một chương trình phân tích phổ đa năng, giá thành thấp, kết nối với dao động ký số TDS1012 của hãng Tektronix.

2. NGUYÊN TẮC PHÂN TÍCH PHỔ [1]

Phân tích phổ: là sự phân tích một đại lượng biến thiên theo thời gian ra các thành phần biến thiên theo tần số. Các đôi biến đổi Fourier đóng vai trò chính, bao gồm khai triển Fourier áp dụng cho tín hiệu tuần hoàn và biến đổi Fourier áp dụng cho tín hiệu không tuần hoàn (chuyển tiếp).

2.1. Khai triển Fourier

Xem hàm số thời gian $v(t)$ tuần hoàn ở chu kỳ T , tần số góc $\omega = 2\pi/T_0$ và tần số $f_0 = 1/T_0$. Khai triển Fourier dạng lượng giác là:

$$v(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega_0 t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega_0 t$$

trong đó các hệ số được cho bởi:

$$a_0 = \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} v(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} v(t) \cos n\omega_0 t dt$$

$$b_n = \frac{2}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} v(t) \sin n\omega_0 t dt$$

Điều này cho thấy tín hiệu $v(t)$ là sự chồng chập của một thành phần một chiều và vô số các họa tần là các sóng sin và cos có tần số là bội số của tần số chính với:

a_0 : thành phần trung bình (một chiều).

$a_1 \cos \omega_0 + b_1 \sin \omega_0$: thành phần tần số cơ bản (hài thứ nhất).

$a_2 \cos 2\omega_0 + b_2 \sin 2\omega_0$: hài thứ hai, v.v...

Dạng biên độ và pha của khai triển Fourier:

Đặt $c_0 = a_0$

$$c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$\phi_n = \arctg \frac{-b_n}{a_n} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$\Rightarrow v(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos(n\omega_0 t + \Phi_n)$$

Phổ biên độ là biến thiên của các hệ số c_0, c_n , theo tần số và phổ pha là biến thiên của pha ban đầu Φ_n theo tần số

2.2. Biến đổi Fourier

Khai triển Fourier một tín hiệu cho ta thấy cấu trúc tần số của một tín hiệu. Nhưng khai triển Fourier chỉ áp dụng cho tín hiệu tuần hoàn, trong lúc trên thực tế nhiều tín hiệu không có tính chất này. Chúng là các tín hiệu không tuần hoàn. Biến đổi Fourier của $v(t)$, $V(f)$ là:

$$V(f) = F[v(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} v(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

2.2.1. Biến đổi Fourier rời rạc

Phép biểu diễn tín hiệu trong miền thời gian cho ta biết biên độ của tín hiệu ở khoảng thời gian mà nó được lấy mẫu. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp ta muốn biết về nội dung tần số của tín hiệu hơn là biên độ của từng mẫu riêng biệt. Biểu diễn tín hiệu trong miền tần số thường cho ta cái nhìn rộng hơn về tín hiệu và hệ thống mà nó được tạo ra.

Thuật toán sử dụng để chuyển đổi các mẫu tín hiệu từ miền thời gian sang miền tần số là biến đổi Fourier rời rạc (DFT). DFT cho ta thấy mối liên hệ giữa các mẫu của tín hiệu trong miền thời gian và sự biểu diễn của nó trong miền tần số. DFT được sử dụng rộng rãi trong phân tích phổ, cơ học ứng dụng, âm thanh, ảnh y học, phân tích số, thiết bị và viễn thông.

Giả sử ta có tín hiệu có N mẫu. Nếu ta sử dụng DFT cho N mẫu của dạng sóng tín hiệu miền thời gian thì kết quả thu được cũng là dạng sóng N mẫu nhưng thông tin mà nó chứa đựng được biểu diễn ở miền tần số.

Nếu tín hiệu được lấy mẫu ở tốc độ lấy mẫu f_s (Hz) thì khoảng thời gian giữa hai mẫu, khoảng lấy mẫu, Δt là:

$$\Delta t = 1/f_s$$

Tín hiệu lấy mẫu được biểu diễn bởi $x[i]$, $0 \leq i \leq N-1$. Biến đổi Fourier rời rạc thời gian

$$X[k] = \sum_{n=1}^{N-1} x[i] e^{-j2\pi k i / N} \quad (k = 0, 1, 2, \dots, N-1)$$

được cho bởi công thức:

Thông tin về biên độ và pha:

Ta cũng thấy mặc dù $x[i]$ là thực hay phức thì $X[k]$ luôn là số phức (mặc dù phần ảo có thể bằng 0). Bởi vì DFT là phức nên bản thân nó chứa đựng hai thông tin: biên độ và pha. DFT đối xứng quanh chỉ số $N/2$ (chỉ số Nyquist) với những đặc điểm sau đây:

$$|X[k]| = |X[N - k]| \text{ và } \text{pha}(X[k]) = \text{pha}(X[N - k])$$

Những khoảng được sử dụng để miêu tả sự đối xứng này là đối xứng chẵn cho biên độ của $X[k]$ và đối xứng lẻ cho $\text{pha}(X[k])$. Một tín hiệu đối xứng chẵn là một tín hiệu đối xứng qua trục tọa độ y trong khi một tín hiệu đối xứng lẻ là một tín hiệu đối xứng qua gốc tọa độ.

Ảnh hưởng của sự đối xứng trong biến đổi Fourier rời rạc của một tín hiệu thực là có sự lặp lại về thông tin chứa đựng trong N mẫu phức của biến đổi Fourier. Vì có sự lặp lại này nên chỉ có một nửa số mẫu của biến đổi Fourier của một tín hiệu thực thật sự cần thiết trong tính toán hay hiển thị, và một nửa còn lại được lấy đối xứng với nó. Nếu tín hiệu $x[i]$ là phức thì biến đổi Fourier rời rạc của nó sẽ không đối xứng nên ta không thể sử dụng cách trên.

2.2.2. Biến đổi Fourier nhanh FFT

Cách thực hiện trực tiếp DFT trên dữ liệu có N mẫu đòi hỏi N^2 phép tính phức tạp và tốn thời gian. Tuy nhiên khi $N = 2^m$ với $m = 1, 2, 3, \dots$ thì sự tính toán DFT có thể giảm đi khoảng $N \log_2(N)$ phép tính. Điều này giúp cho sự tính toán DFT nhanh hơn và thường được gọi là biến đổi Fourier nhanh (FFT).

Ưu điểm của biến đổi Fourier nhanh là tốc độ tính nhanh hơn và tiết kiệm bộ nhớ. Kích thước của ngõ vào tuần hoàn phải là lũy thừa của 2.

2.3. Cửa sổ

Việc sử dụng một cửa sổ tương đương với việc nhân tín hiệu với một hàm cửa sổ. Vì việc nhân trong miền thời gian thì tương ứng với việc nhân chập trong miền tần số nên phổ của tín hiệu cửa sổ là sự nhân chập của phổ tín hiệu nguyên thủy và phổ của cửa sổ. Vì vậy hình dạng của cửa sổ ảnh hưởng lên phổ mà ta thu được. Có nhiều loại cửa sổ và tùy theo ứng dụng mà ta sử dụng các loại cửa sổ khác nhau như: cửa sổ chữ nhật, cửa sổ mũ, cửa sổ Hanning, cửa sổ Hamming, Cửa sổ Kaiser – Bessel, ... Các cửa sổ này đều được đưa vào chương trình phân tích phổ trong nghiên cứu này.

2.4. Công thức tính phân tích phổ

Dựa vào khai triển Fourier đối với sóng sin, vuông và tam giác, ta có:

- Sóng vuông:

$$v(t) = \frac{4A}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n\omega t}{n} = \frac{4A}{\pi} \left(\sin \omega t + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \frac{\sin 5\omega t}{5} + \dots \right)$$

- Sóng tam giác:

$$v(t) = -\frac{8A}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos(n\omega t)}{n^2} = -\frac{8A}{\pi^2} \left(\cos \omega t + \frac{\cos 3\omega t}{3^2} + \frac{\cos 5\omega t}{5^2} + \dots \right)$$

- Sóng sin:

$$v(t) = 2A \cos \omega t = A(e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}) \quad (2A \text{ là trị đỉnh-đỉnh})$$

Áp dụng định lý Fourier và dùng định lý dịch chuyển tần số

$$V(f) = A\delta(f-f_0) + A\delta(f+f_0)$$

3. ĐẶC TÍNH CỦA DAO ĐỘNG KÝ SỐ TDS1012 [4]

- Dải thông rộng 100MHz.
- Tốc độ lấy mẫu 1 GS/s (1 tỉ mẫu/s) và lấy mẫu 2500 điểm trên một khoảng cho mỗi kênh.

- Màn hình LCD có độ tương phản và phân giải cao.
- Con trỏ với khả năng hiển thị.
- Thiết lập và lưu trữ dạng sóng.
- Lấy trung bình dạng sóng và tách sóng đỉnh.
- Máy hiện sóng số thời gian thực (ít nhất 10 lần cho một lần lấy mẫu)
- Khả năng đáp ứng tín hiệu video.
- Cổng giao tiếp RS-232, GPIB, Centronics dễ dàng thêm vào với các bộ phận tháo rời mở rộng tùy chọn.

4. PHẦN MỀM LABVIEW [2]

4.1. Tổng quan và đặc điểm của LABVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) là ngôn ngữ lập trình bằng hình ảnh sử dụng các biểu tượng thay vì các mã lệnh để xây dựng các ứng dụng. Khác với các ngôn ngữ lập trình bằng văn bản thông thường như C, Assembler, ... là sử dụng các lệnh để quyết định việc thực hiện chương trình, LabVIEW sử dụng phương pháp lập trình bằng đường đi của dữ liệu trong đó dữ liệu quyết định việc thực hiện.

Trong LabVIEW, ta tạo ra một giao diện với người sử dụng bằng cách sử dụng các công cụ và đối tượng riêng biệt. Giao diện này được gọi là Front panel. Sau đó ta thêm các mã bằng cách sử dụng các hàm biểu diễn bằng hình ảnh để điều khiển các đối tượng ở Front panel. Block diagram chứa đựng các mã điều khiển.

4.2. Giao diện của LABVIEW

LabVIEW bao gồm các thư viện hàm và các công cụ được thiết kế đặc biệt cho việc điều khiển thiết bị. Chương trình của LabVIEW được gọi là các thiết bị ảo (các VI – Virtual Instruments) bởi vì hình dáng và cách thức hoạt động của nó giống với các thiết bị thật. Hơn nữa, chúng cũng tương tự với các hàm của các ngôn ngữ lập trình khác.

Bài báo sử dụng phần mềm Labview 7.1, phiên bản mới nhất của Labview vào thời điểm này với những đặc điểm cải tiến và cập nhật công nghệ hiện đại, độc giả có thể tham khảo thêm ở website sau: <http://www.ni.com/labview/>

4.3. Cách nối kết RS232 và GPIB

4.3.1. RS232

Việc truyền dữ liệu qua cổng RS 232 được tiến hành theo một cách nối tiếp. Điều này có nghĩa là các bit dữ liệu được gửi đi một cách nối tiếp nhau trên một đường dẫn.

Hiện nay chuẩn giao tiếp nối tiếp dùng cổng nối tiếp RS-232 là một trong những kỹ thuật được sử dụng rộng rãi nhất để ghép nối các thiết bị ngoại vi xử lý với máy tính. Tuy nhiên tốc độ truyền dữ liệu bị hạn chế.

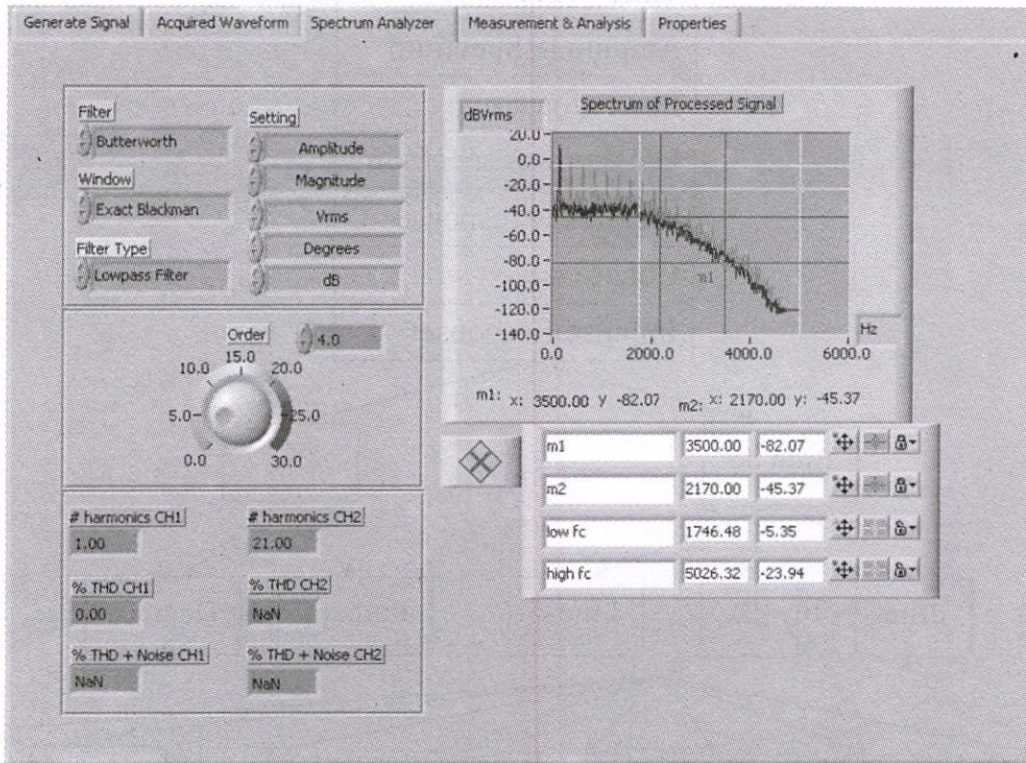
4.3.2. GPIB

Một loại Bus được sử dụng nhiều trong các hệ thống đo lường với chất lượng cao là bus ghép nối đa năng, hay còn gọi là GPIB (General Purpose Interface Bus).

GPIB cũng là chuẩn cho phép các thiết bị đo của nhiều hãng khác nhau cùng ghép nối để hình thành một hệ đo lường, kiểm tra và điều khiển.

Bus GPIB cho phép tiến hành ghép nối đến 15 thiết bị thành một hệ thống. Các thiết bị này có thể thực hiện những chức năng của:

- Khối điều khiển hệ thống (controller).
- Thành viên nói (talker) .
- Thành viên nghe (listener).

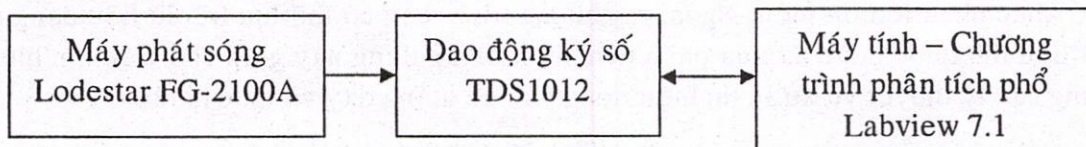


Hình 1. Giao diện chương trình Phân tích phổ tín hiệu

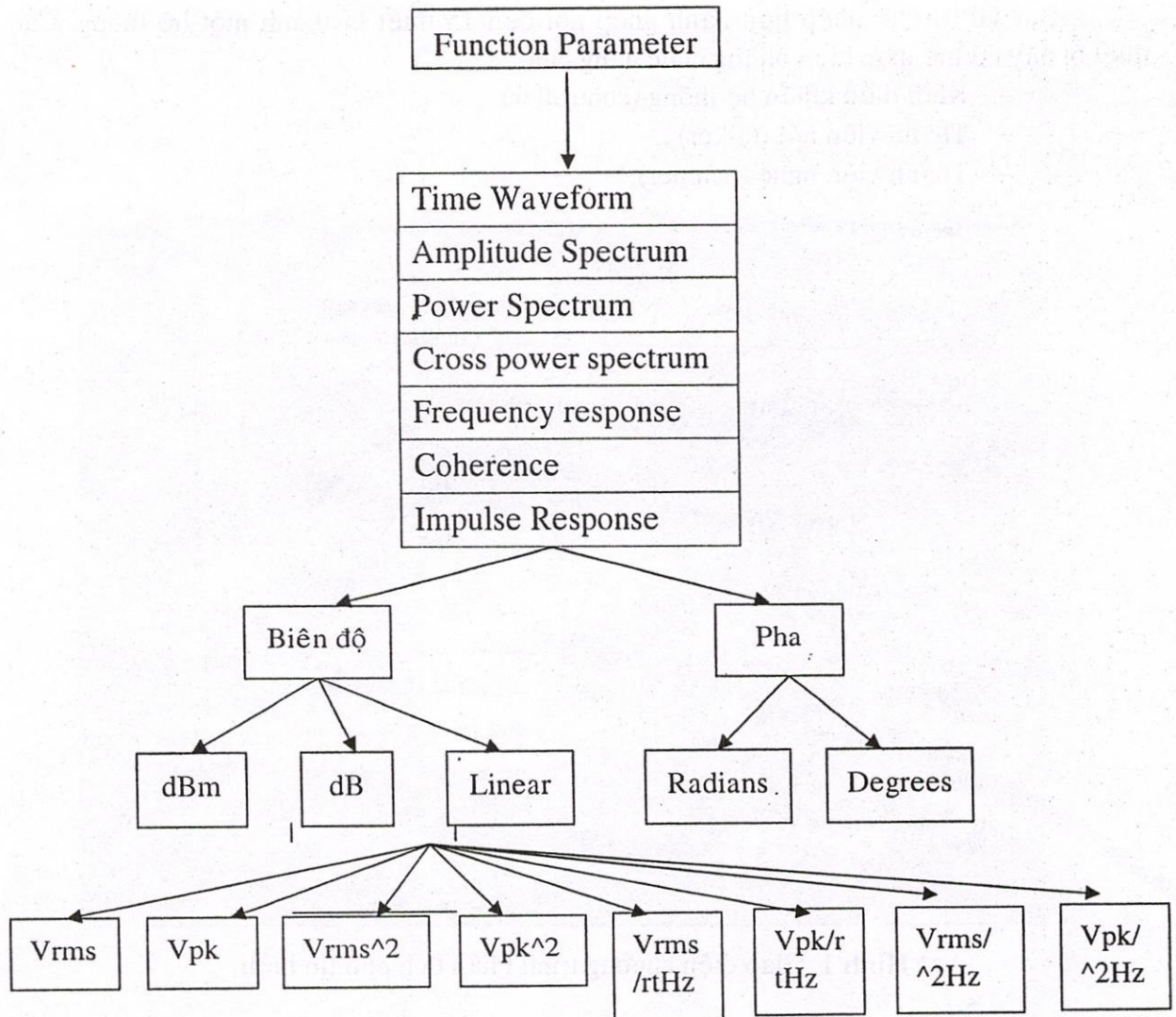
5. CHƯƠNG TRÌNH PHÂN TÍCH PHỔ [5]

Máy phân tích phổ dùng phần mềm Labview phiên bản 7.1 của hãng National Instruments. Chương trình thực hiện các chức năng sau:

- Tạo tín hiệu/dạng sóng mô phỏng và phân tích phổ tín hiệu mô phỏng.
- Thu tín hiệu/dạng sóng thời gian thực từ Oscilloscope TDS1012 qua cổng COM và GPIB dùng VISA Session và phân tích phổ tín hiệu này.
- Thu tín hiệu từ một file lưu bằng phần mềm Wavestar và phân tích phổ của tín hiệu này.
- Đo và hiển thị phổ của các tín hiệu.
- Lưu trữ dạng sóng tạo ra hoặc thu được và dạng sóng đã được phân tích.
- Đưa kết quả phân tích lên WEB.
- Nhân cập, tương quan tín hiệu
- Đo DC, RMS, Đỉnh-đỉnh, trị trung bình, V_{max} , V_{min} , tần số, chu kỳ, vọt mức, duty cycle, slew rate,



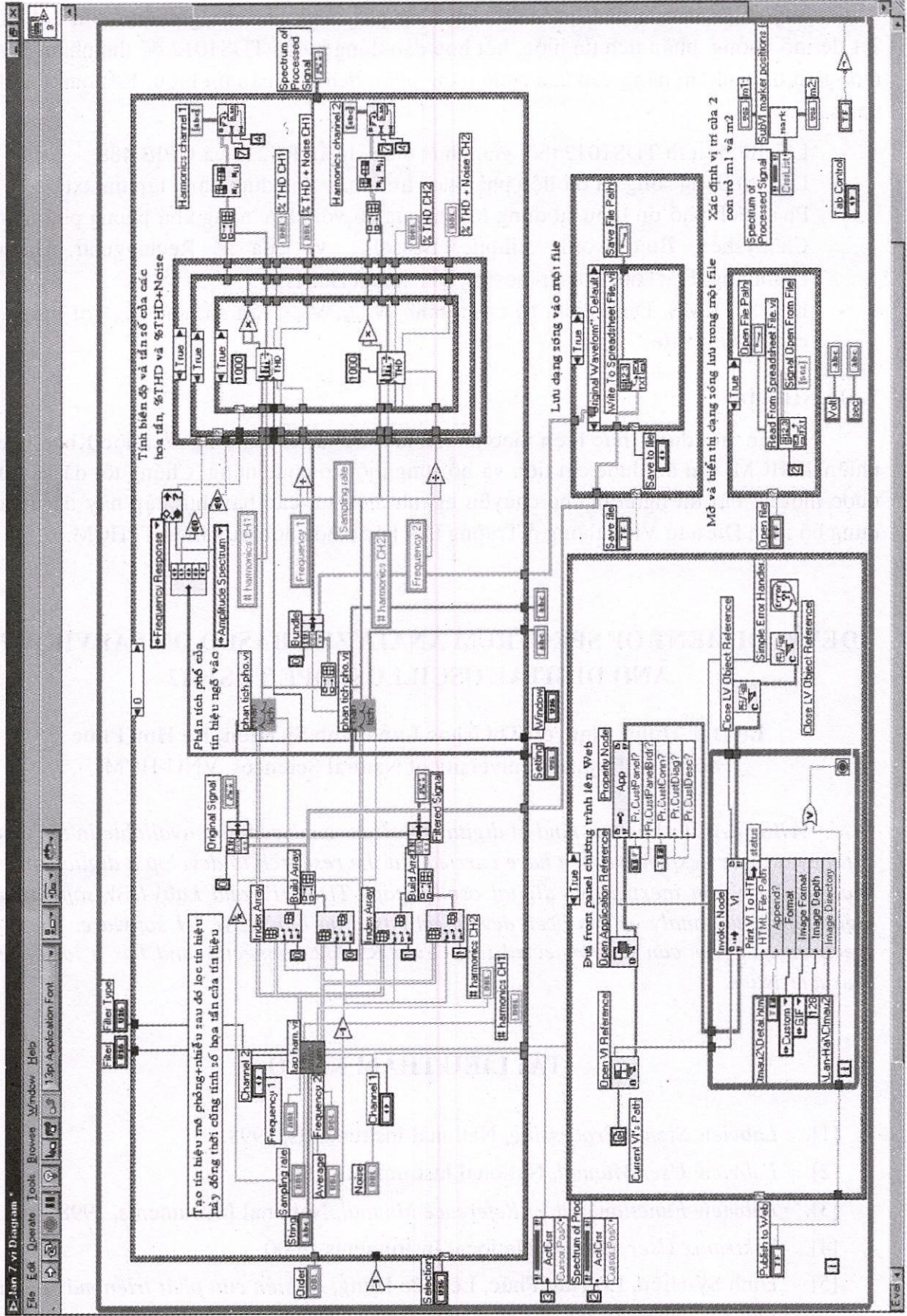
Hình 2. Sơ đồ kết nối hệ thống



Hình 3. Sơ đồ khối phân phân tích phổ tín hiệu trong chương trình

Trong Block diagram của chương trình chính, ta sử dụng những hàm con có chức năng sau: **Tạo Hàm.vi**, **TDSxxxx.vi**, **Export Waveform.vi**, **Lọc Tín Hiệu.vi**, **Phân Tích Phổ.vi**, **Marker Positions.vi**.

Trong quá trình khảo sát, chúng tôi nhận thấy thiết bị TDS1012 có những giới hạn như: không thể lưu trữ dạng sóng dữ liệu và kết quả phân tích phổ, đồng thời các công cụ phân tích phổ của máy còn hạn chế do chỉ sử dụng một vài các cửa sổ cơ bản như: Rectangular, Flattop, Hanning. Do đó chúng tôi thực hiện một số chương trình bổ sung bằng các hàm Lọc Tín Hiệu và Phân Tích Phổ để tăng khả năng phân tích phổ tín hiệu với những tính năng phong phú như: các loại lọc Butterworth, Bessel, Chebyshev, ... và các cửa sổ: Rectangular, Flattop, Hanning, Hamming, Kaiser-Bessel, Blackman Harris. Kết quả máy phân tích phổ tín hiệu dùng dao động ký số TDS1012 và phần mềm Labview có các chức năng phân tích phổ khá đa dạng bằng cách khảo sát sự tác động của các loại lọc và cửa sổ khác nhau lên tín hiệu. Ngoài ra chương trình còn có thể lưu trữ dữ liệu dạng sóng và dữ liệu thu được hoặc đã qua phân tích phổ. Các áp dụng này giúp cho việc tìm hiểu và áp dụng các lý thuyết về xử lý tín hiệu trong vấn đề giảng dạy và thực hành.



6. KẾT QUẢ

Việc nghiên cứu phát triển chương trình phân tích phổ dùng phần mềm LabVIEW 7.1 để mô phỏng, phân tích tín hiệu, kết hợp dao động ký số TDS1012 để thu nhận tín hiệu thời gian thực nhằm nâng cao các chức năng phân tích phổ các tín hiệu. Kết quả thu được như sau:

- Lấy dữ liệu từ TDS1012 thời gian thực theo chuẩn RS232 và GPIB 488
- Lưu trữ dạng sóng và dữ liệu phân tích trên máy tính dưới dạng tập tin .txt
- Phân tích phổ tín hiệu sử dụng lọc và cửa sổ với chức năng khá phong phú như lọc Chebyshev, Butterworth, Elliptic, Bessel,... và cửa sổ Rectangular, Hanning, Hamming, FlatTop, Kaiser-Bessel, Blackman Harris...
- Đo DC, RMS, Đỉnh-đỉnh, trị trung bình, V_{max} , V_{min} , tần số, chu kỳ, vọt mức, duty cycle, slew rate,...

7. ĐÁNH GIÁ

Nghiên cứu được thực hiện theo khuôn khổ đề tài cấp trường Đại học Khoa học Tự nhiên TPHCM, sau đó được cải tiến và bổ sung một số chức năng. Chúng tôi đã xây dựng được một số bài thí nghiệm cho chuyên ngành điện tử, các bài thực tập này đã được áp dụng bộ môn Điện tử Viễn thông ở Trường Đại học Khoa học Tự nhiên TPHCM.

DEVELOPMENT OF SPECTRUM ANALYZER BASED ON LABVIEW 7.1 AND DIGITAL OSCILLOSCOPE TDS1012

Le Duc Hung, Nguyen Thi Ngoc Lan, Dinh Sy Hien, Le Huu Phuc
Faculty of Physics, University of Natural Sciences, VNU-HCM

ABSTRACT: Various kind of digital spectrum analyzers are available in the market, but they are very expensive. We have carried out the research to develop a digital spectrum analyzer based on inexpensive digital oscilloscope TDS1012 and LabVIEW software. The digital spectrum analyzer has been developed based on LabVIEW 7.1 software. The digital spectrum analyzer can be connected to PC via RS-232 connector and has a lot of useful characteristics.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. *Labview Signal Processing*, National Instruments, 1998.
- [2]. *Labview User Manual*, National Instruments, 1998.
- [3]. *Labview Function and VI Reference Manual*, National Instruments, 1998.
- [4]. *Tektronix User Manual*, National Instruments, 2000.
- [5]. Đinh Sỹ Hiền, Lê Hữu Phúc, Lê Đức Hùng, *Nghiên cứu phát triển máy phân tích phổ tín hiệu trên cơ sở dao động ký số TDS220 và phần mềm Labview*, Kỷ yếu báo cáo hội nghị Khoa học Trường Đại học Khoa học Tự nhiên TPHCM, Tiểu ban Vật lý, trang 78, 2002.