

Study design and manufacture of XR2206CP multi-functional generator for training and research at university

Bui Quang Binh^{1,*}, Dao Minh Hung²

¹Department of Physics, Quy Nhon University

²Department of Engineering and Technology, Quy Nhon University

Received: 31/10/2018; Accepted: 10/12/2018

ABSTRACT

Standard signals such as sines, triangles, squares, etc. play an important role in learning and studying electronic circuits. However, the provision of standardized signal generators for the Electronic Laboratory at the university is limited due to its high cost. This article studies the features of the XR2206CP IC for the design and manufacture of multimode signal generators. Experimental results show that the generated signals ensure standard waveform, stable frequency, low nonlinear distortion and good load carrying capacity. Manufactured products ensure quality, low cost and meet the purpose of generating standard signal sources for study and research in the field of electronic circuits.

Keywords: *Function generator, signal generator, XR2206.*

**Corresponding author.*

Email: buiquangbinh@qnu.edu.vn

Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy phát hàm đa năng dùng vi mạch XR2206CP phục vụ công tác đào tạo và nghiên cứu ở trường đại học

Bùi Quang Bình^{1,*}, Đào Minh Hưng²

¹Khoa Vật lý, Trường Đại học Quy Nhơn

²Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Quy Nhơn

Ngày nhận bài: 31/10/2018; Ngày nhận đăng: 10/12/2018

TÓM TẮT

Các tín hiệu tiêu chuẩn như sin, hình tam giác, hình vuông... đóng một vai trò quan trọng trong việc học tập và nghiên cứu các mạch điện tử. Tuy nhiên, việc trang bị máy phát tín hiệu chuẩn cho các phòng thí nghiệm Điện tử ở trường đại học còn hạn chế do chi phí cao. Bài viết này nghiên cứu các tính năng của vi mạch XR2206CP để thiết kế và chế tạo máy phát tín hiệu đa năng. Các kết quả thực nghiệm cho thấy các tín hiệu tạo ra đảm bảo dạng sóng chuẩn, tần số ổn định, méo phi tuyến thấp và khả năng chịu tải tốt. Sản phẩm chế tạo đảm bảo chất lượng, giá thành thấp và đáp ứng được mục đích tạo nguồn phát tín hiệu chuẩn phục vụ cho học tập và nghiên cứu trong lĩnh vực mạch điện tử.

Từ khóa: Máy phát tín hiệu, máy phát hàm, XR2206.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong lĩnh vực Điện tử học, việc nghiên cứu, thử nghiệm và đánh giá các mạch điện tử luôn đòi hỏi các tín hiệu chuẩn như: sin, tam giác, vuông... Các tín hiệu chuẩn được đưa đến ngõ vào của mạch - hệ thống điện tử, ở ngõ ra người ta thu tín hiệu sau xử lý, đem đối chiếu với các tín hiệu chuẩn, từ đó đưa ra những đánh giá chính xác về đặc tính của mạch - hệ thống điện tử đó. Hiện nay, các máy phát tín hiệu chuẩn được các hãng điện tử danh tiếng nghiên cứu thiết kế và chế tạo có chất lượng tốt, độ ổn định và tin cậy cao. Tuy nhiên, các sản phẩm như vậy thường có giá thành rất cao,⁷ các trường đại học, cao đẳng ở Việt Nam khó chấp nhận được. Trước tình hình đó, chúng tôi đã nghiên cứu và chế tạo thành công máy phát hàm đa năng trên nền tảng

vi mạch XR2206CP. Máy phát hàm đa năng có thể tạo ra các tín hiệu chuẩn như: Sin, Tam giác, Vuông, AM, FM, FSK, đáp ứng mục đích và yêu cầu sử dụng trong các phòng thí nghiệm ở trường đại học.

2. GIỚI THIỆU VỀ VI MẠCH XR2206CP

2.1. Sơ đồ khối chức năng và các thông số kỹ thuật cơ bản

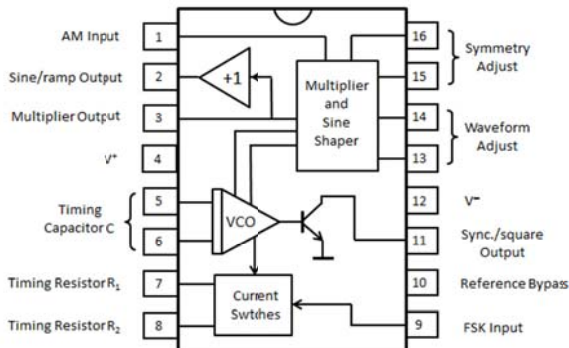
- XR2206CP là vi mạch chuyên dụng, có khả năng tạo ra các dao động hình sin, tam giác, vuông... có độ chính xác và độ ổn định cao. Tần số các tín hiệu ở ngõ ra được đồng bộ và có thể được điều chỉnh dễ dàng trên phạm vi rất rộng, trong khi vẫn duy trì độ méo phi tuyến thấp.⁶

Vi mạch XR2206CP gồm 4 mạch điện cơ bản: Mạch VCO, mạch nhân và sửa dạng sóng

* Tác giả liên hệ chính.

Email: buiquangbinh@qnu.edu.vn

sin (*Multiplier and Sine shaper*), chuyển mạch dòng điện (*Current switches*) và mạch khuếch đại đệm. Sơ đồ khối chức năng của XR2206CP được cho như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ khối chức năng và ký hiệu chân của XR 2206CP

- Các thông số kỹ thuật cơ bản ($f = 1 \text{ kHz}$, $V_{CC} = 12 \text{ V}$):⁶

+ Dải điện áp nguồn cung cấp: $(10 \div 26) \text{ V}$ hoặc $(\pm 5 \div \pm 13) \text{ V}$.

+ Công suất tiêu tán cực đại: 750 mW

+ Trở kháng ra: 600Ω .

+ Dải tần số: $0,01 \text{ Hz} \div 1 \text{ MHz}$.

+ Độ chính xác tần số: $\pm 2\%$.

+ Độ méo phi tuyến sóng sin: $(0,5 \div 1,5)\%$.

2.2. Nguyên lý phát dao động

- Mạch dao động điều khiển bằng điện áp VCO: đây là một mạch tích phân cho ra điện áp dạng xung tam giác,² có tần số được điều khiển bằng điện áp vào VCO. Khi VCO hoạt động, tụ điện định thời C giữa chân 5 và 6 sẽ liên tục nạp và phóng điện qua điện trở định thời R nối với chân 7 hoặc chân 8. Việc thay đổi trị số tụ điện C và điện trở R làm thay đổi dòng điện định thời vào VCO, từ đó làm thay đổi tần số xung tam giác ở đầu ra^{2,3} theo công thức:

$$f = \frac{1}{R \cdot C} \quad (1)$$

- Mạch nhân và sửa dạng sóng sin: Mạch nhân nhận tín hiệu vào từ ngõ ra của VCO có dạng xung tam giác, sau khi xử lý, tín hiệu được đưa ra chân 3 và chân 2. Khi chân 13 và 14 hở,

các xung tam giác được đưa đến ngõ ra. Khi giữa các chân 13 và 14 có điện trở vài trăm ohm, mạch nhân sẽ giới hạn đỉnh của xung tam giác và biến đổi chúng thành các xung hình sin.³

Hệ số khuếch đại của các mạch khuếch đại vi sai trong mạch nhân tỉ lệ thuận với điện áp ở chân 1.² Do vậy, biên độ điện áp ra ở chân 2 thay đổi tỉ lệ với điện áp ở chân 1. Điều này giúp cho XR2206CP có khả năng điều chế biên độ.

- Chuyển mạch dòng điện: dùng để lựa chọn điện trở định thời trên chân 7 hay chân 8 làm điện trở trong mạch nạp, phóng của tụ điện C. Các chuyển mạch dòng điện được điều khiển bằng tín hiệu vào chân 9. Ở chế độ phát FSK, tín hiệu dạng xung vuông đưa vào chân 9 sẽ luân phiên lựa chọn điện trở định thời ở chân 7 và 8 đưa vào VCO. Ở ngõ ra trên chân 2, ta nhận được tín hiệu có 2 tần số f_1 và f_2 khác nhau⁶, theo các công thức:

$$f_1 = \frac{1}{R_1 C}, \quad f_2 = \frac{1}{R_2 C} \quad (2)$$

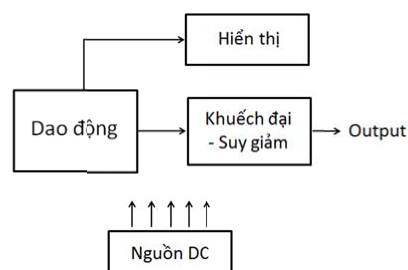
- Mạch khuếch đại đệm: nhận tín hiệu ra trở kháng cao ở chân 3, biến đổi thành chính nó, nhưng có trở kháng thấp 600Ω đưa đến chân 2.

3. THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG MÁY PHÁT HÀM ĐA NĂNG

3.1. Thiết kế hệ thống

Yêu cầu: Máy phát hàm đa năng tạo ra các tín hiệu dạng: Sin, Tam giác, Vuông, AM, FM, FSK. Dải tần số tín hiệu ra điều chỉnh được từ $300 \text{ Hz} \div 300 \text{ kHz}$, hiển thị trên màn hình LCD. Biên độ điện áp các dạng sóng cơ bản điều chỉnh được đến 5 V , dòng điện ra đến 50 mA . Độ méo hài sóng sin toàn dải dưới 5% .

Từ yêu cầu đặt ra, chúng tôi đã xây dựng sơ đồ khối của hệ thống như sau:



Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống máy phát hàm

- Khối dao động: dùng XR2206CP tạo ra các dạng sóng cơ bản và sóng điều chế có tần số điều chỉnh được theo yêu cầu.

- Khối khuếch đại - suy giảm: dùng các vi mạch thuật toán khuếch đại điện áp tín hiệu lên mức yêu cầu, sau đó phân áp để suy giảm theo nhu cầu sử dụng.

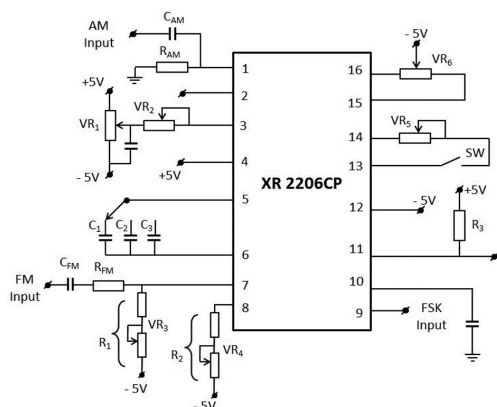
- Khối hiển thị: dùng vi điều khiển đếm số xung trong một đơn vị thời gian, hiển thị thành tần số trên màn hình LCD 16x2.

- Khối nguồn DC: tạo ra các điện áp lưỡng cực đối xứng $\pm 5V$ và $\pm 15V$.

3.2. Thiết kế và thử nghiệm các khối chính

3.2.1. Khối dao động

Sơ đồ mạch điện chi tiết của khối phát dao động cho như hình 3.



Hình 3. Sơ đồ chi tiết mạch phát dao động dùng XR2206CP

- Chân 1: nối với điện trở $R_{AM} = 22 \text{ k}\Omega$ với mass (0V). Tụ điện $C_{AM} = 1 \mu\text{F}$ để nhận tín hiệu điều chế ở chế độ phát AM. Các giá trị R_{AM} và C_{AM} được chọn để đảm bảo phân lượng tín hiệu điều chế đi vào chân 1 ở chế độ phát AM, đồng thời vẫn giữ ổn định ở chế độ phát sóng sin, tam giác.

- Chân 2: đưa tín hiệu ra có dạng: sin, tam giác, AM, FM, FSK

- Chân 3: đưa tín hiệu ra tương tự như chân 2 nhưng có trở kháng ra cao. Điều này, cho phép tạo mạch khử điện áp lệch không ngõ ra và điều chỉnh biên độ điện áp. Chiết áp $VR_1 = 1 \text{ M}\Omega$ dùng để điều chỉnh mức điện áp bù lệch không

(Offset DC Voltage) ngõ vào. Chiết áp $VR_2 = 50 \text{ k}\Omega$ dùng rẽ mạch tín hiệu xuống 0V, giúp điều chỉnh biên độ điện áp ra ở chân 2.

- Chân 4: nối với nguồn $V_{CC} = +5 \text{ V}$. Qua thử nghiệm, chúng tôi chọn nguồn cung cấp một chiều lưỡng cực đối xứng $V_{CC} = \pm 5 \text{ V}$ để vừa đảm bảo tín hiệu ra đối xứng qua mức 0V, vừa đảm bảo tín hiệu có độ ổn định cao và méo hài thấp.

- Chân 5 và 6: nối thông bởi tụ điện định thời C.

- Chân 7: nối với điện trở định thời R_1 xuống nguồn $V_{CC} = -5 \text{ V}$.

Theo nguyên lý vi mạch XR2206CP, tần số của dao động tam giác ở VCO phụ thuộc vào trị số của tụ điện C và điện trở R_1 theo công thức (1). Với yêu cầu về tần số ra, để thuận tiện cho sử dụng, chúng tôi chia thành 3 dải tần số hẹp: dải 1 (300 Hz ÷ 3 kHz), dải 2 (3 kHz ÷ 30 kHz), dải 3 (30 kHz ÷ 300 kHz).

Ở dải 1, chọn $C = C_1 = 0,1 \mu\text{F}$:

+ Khi $f_{\min} = 300 \text{ Hz}$,

$$R_{1\max} = \frac{1}{f_{\min} \cdot C_1} = \frac{1}{300 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} = 33,33 \text{ k}\Omega$$

+ Khi $f_{\max} = 3 \text{ kHz}$,

$$R_{1\min} = \frac{1}{f_{\max} \cdot C_1} = \frac{1}{3000 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} = 3,33 \text{ k}\Omega$$

$\Rightarrow R_1$ thay đổi trong khoảng 3,3 k Ω ÷ 33,33 k Ω .

+ Do tần số ở các dải 2 và 3 lần lượt gấp 10 và 100 lần tần số ở dải 1 nên với cùng khoảng biến đổi của R_1 , các tụ điện C_2 và C_3 lần lượt là 0,01 μF và 0,001 μF .

+ Điện trở $R_{FM} = 1 \text{ k}\Omega$ và $C_{FM} = 1 \mu\text{F}$ dùng để tiếp nhận tín hiệu điều chế ở chế độ phát tín hiệu FM.

- Chân 9: tiếp nhận tín hiệu điều chế ở chế độ điều chế FSK.

- Chân 8: nối với biến trở $VR_4 = 50 \text{ k}\Omega$ và nối với nguồn $V_{CC} = -5 \text{ V}$. Biến trở VR_4 dùng để

thay đổi điện trở định thời R_2 , điều chỉnh tần số khóa dịch tần f_2 ở chế độ FSK.

- Chân 11: đây là collector hở của transistor ở tầng ra (hình 1). Việc nối chân 11 với điện trở kéo lên (pull-up resistor) $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ lên nguồn +5 V, tạo cho ngõ ra chân 11 có dạng xung vuông khi transistor đóng, ngắt.

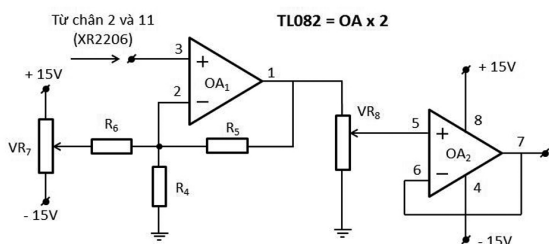
- Chân 12: nối nguồn $V_{CC} = -5 \text{ V}$.

- Chân 13 và 14: nối qua biến trở $VR_5 = 500 \Omega$ nối tiếp với chuyển mạch SW. Khi SW đóng, tín hiệu ra chân 2 là sóng sin. Khi SW ngắt, tín hiệu ra là sóng tam giác. Biến trở VR_5 dùng để điều chỉnh dạng sóng sin để ít méo nhất.

- Chân 15 và 16: Chiết áp $VR_6 = 20 \text{ k}\Omega$ dùng để điều chỉnh tính đối xứng hình học của sóng hình sin, tam giác.

3.2.2. Khối khuếch đại - suy giảm

Khối khuếch đại - suy giảm có nhiệm vụ khuếch đại tín hiệu lên đạt mức yêu cầu. Để thực hiện nhiệm vụ đó, chúng tôi chọn vi mạch TL082⁵, có 2 bộ khuếch đại thuật toán (OA). Sơ đồ chi tiết mạch khuếch đại - suy giảm được cho như hình 4.



Hình 4. Sơ đồ mạch khuếch đại - suy giảm

- Để khuếch đại tín hiệu đạt mức yêu cầu, chúng tôi dùng khuếch đại thuật toán OA_1 mắc kiểu khuếch đại thuận, có hệ số khuếch đại điện áp $K = 11$. Hệ số khuếch đại mạch khuếch đại thuận tính theo:¹

$$K = 1 + \frac{R_5}{R_4} \quad (3)$$

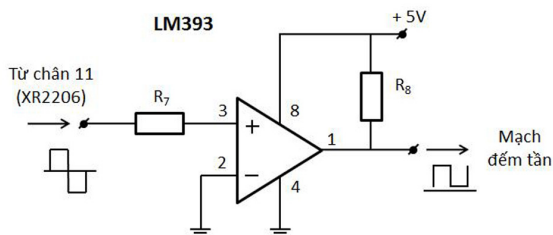
Chọn $R_4 = 10 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_5 = 100 \text{ k}\Omega$. Chiết áp $VR_7 = 10 \text{ k}\Omega$ dùng để điều chỉnh bù điện áp lệch không ở ngõ ra cho máy phát, còn $R_6 = 1 \text{ M}\Omega$ giúp giảm ảnh hưởng của mạch bù lệch không đến mạch khuếch đại OA_1 .

- Để điều chỉnh biên độ tín hiệu ra theo nhu cầu sử dụng, chúng tôi dùng OA_2 mắc kiểu khuếch đại lặp, điều chỉnh điện áp bằng chiết áp $VR_8 = 10 \text{ k}\Omega$. Mạch thuật toán OA_2 vừa lặp lại điện áp ngõ vào, vừa tạo trở kháng ra thấp cho hệ thống.

3.2.3. Khối hiển thị

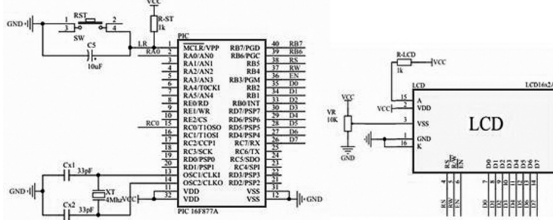
Khối hiển thị gồm: mạch tạo xung vuông đơn cực và mạch đếm tần - hiển thị LCD.

- Mạch tạo xung vuông đơn cực: dùng vi mạch LM393, gồm 2 mạch so sánh tương tự, biến đổi xung vuông lưỡng cực đối xứng từ chân 11 của XR2206CP đưa đến thành xung vuông đơn cực, cung cấp cho mạch đếm tần số (Hình 5).



Hình 5. Sơ đồ mạch tạo xung vuông đơn cực

- Mạch đếm tần số và hiển thị: Mạch đếm tần sử dụng vi xử lý PIC 16F877A, lập trình bằng ngôn ngữ C với thạch anh tạo xung nhịp tần số 4 MHz. Kết quả xử lý được hiển thị thành số đo tần số tín hiệu ra trên màn hình LCD 16x2 có tích hợp sẵn bộ vi điều khiển HD44780.



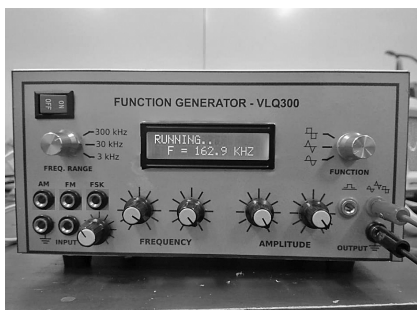
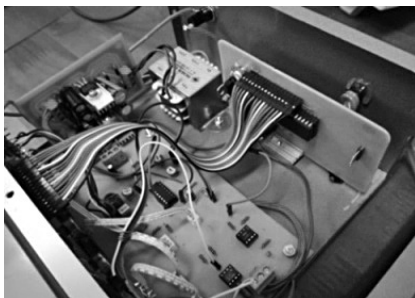
Hình 6. Sơ đồ mạch đếm tần và hiển thị

3.3. Thi công, lắp ráp mạch điện và đóng vỏ

Trình tự các công đoạn thi công máy phát hàm VLQ300 (Hình 7) như sau:

- Thiết kế mạch in bằng phần mềm OrCAD Layout Plus (mạch dao động, mạch khuếch đại - suy giảm, mạch tạo xung vuông đơn cực và mạch nguồn DC) và phần mềm Altium Designer (mạch đếm tần và hiển thị).

- In sơ đồ mạch in lên phíp đồng.
- Rửa mạch in.
- Hàn linh kiện lên mạch in.
- Lắp ráp bảng điều khiển gồm:
 - + Màn hình LCD.
 - + 2 chuyển mạch xoay: chuyển mạch chọn dải tần (Frequency Range) và chuyển mạch chọn chức năng (Function).
 - + 2 nút điều khiển tần số f_1 (1 nút điều khiển thô, 1 nút điều khiển tinh).
 - + 2 nút điều khiển biên độ sóng (1 nút khuếch đại, 1 nút suy giảm).
 - + Các ngõ vào AM, FM, FSK cùng với 1 nút điều khiển tần số f_2 .
- Đóng vỏ: Vỏ kim loại có kích thước: 210 mm (W) x 100 mm (H) x 180 mm (D).



Hình 7. Máy phát hàm đa năng VLQ300

4. KIỂM NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

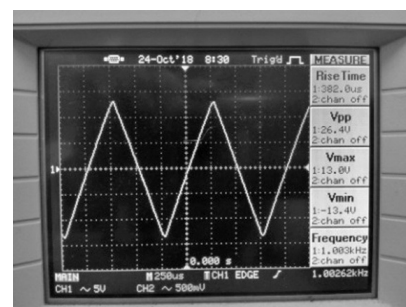
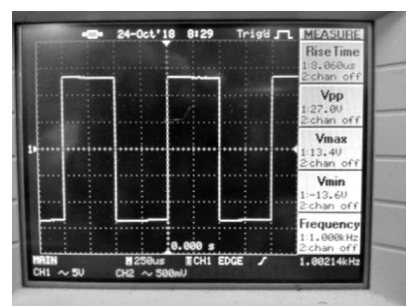
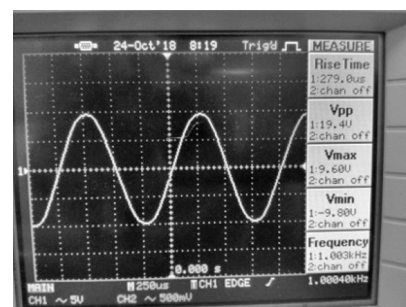
4.1. Kết quả kiểm nghiệm

4.1.1. Chế độ không tải

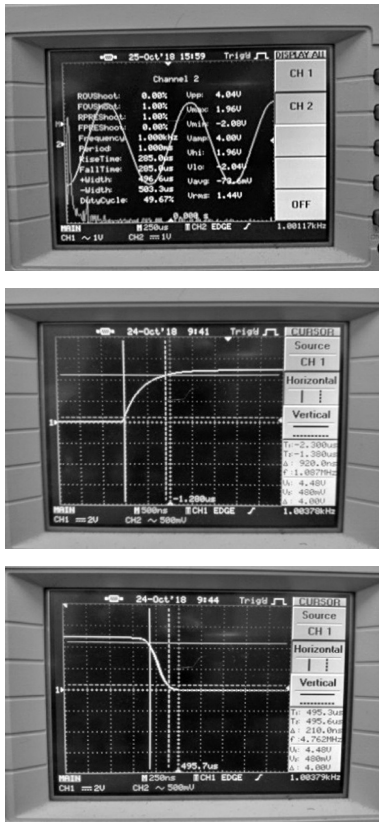
Các thông số sóng phát ra:

- Tần số: 283 Hz ÷ 295,2 kHz
- Biên độ sóng ($f = 1$ kHz):
 - + Sóng hình sin: $50 \text{ mV}_{pp} \div 19,4 \text{ V}_{pp}$

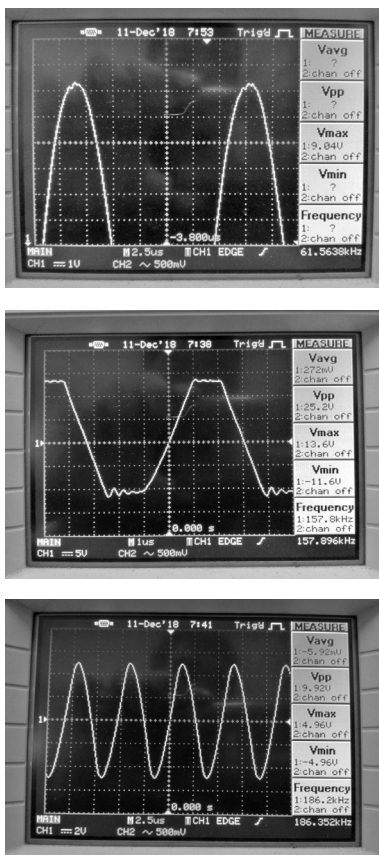
- + Sóng tam giác: $70 \text{ mV}_{pp} \div 26,4 \text{ V}_{pp}$
- + Sóng vuông lưỡng cực đối xứng: $55,2 \text{ mV}_{pp} \div 27,0 \text{ V}_{pp}$
- + Sóng vuông đơn cực: $4,96 \text{ V}_{pp}$
- Độ chính xác tần số của mạch hiển thị: $\pm 0,05\%$.
- Độ méo hài tổng cộng (THD):
 - THD < 2,72% (theo cách đo của Gary David và Ralph Jones.^{4, 8, 9}).
- Độ dốc sườn xung vuông ($f = 1$ kHz):
 - Rise time: 920 ns, Fall time: 210 ns
- Trở kháng ra: $\sim 100 \Omega$
- Dòng điện ra cực đại: 60 mA (theo datasheet của TL082)⁵.



Hình 8. Đo biên độ sóng: sin, vuông, tam giác



Hình 9. Đo độ méo dạng sin và độ dốc xung vuông

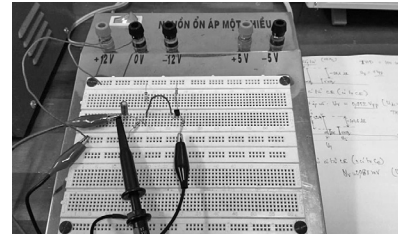


Hình 10. Méo các dạng sóng: sin, vuông, tam giác

4.1.2. Chế độ có tải

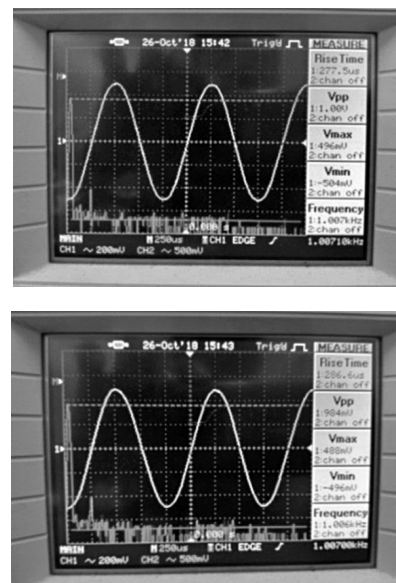
Tải thử là mạch khuếch đại dùng transistor C1815 mắc CE (Hình 11). Tín hiệu vào hình sin.

- Tần số $f = 1 \text{ kHz}$,
- + Khi không tải: Biên độ: $U_v = 1,00 \text{ V}_{pp}$
Độ méo hài tổng cộng: $\text{THD} = 1,05\%$
- + Khi có tải: Biên độ: $U_v = 0,984 \text{ V}_{pp}$
Độ méo hài tổng cộng: $\text{THD} = 1,46\%$



Hình 11. Mạch điện thử tải cho máy phát hàm VLQ300

- Tần số $f = 10 \text{ kHz}$
- + Khi không tải: Biên độ: $U_v = 1,00 \text{ V}_{pp}$
Độ méo hài tổng cộng: $\text{THD} = 1,53\%$
- + Khi có tải: Biên độ: $U_v = 1,00 \text{ V}_{pp}$
Độ méo hài tổng cộng: $\text{THD} = 1,78\%$
- Tần số $f = 100 \text{ kHz}$
- + Khi không tải: Biên độ: $U_v = 1,00 \text{ V}_{pp}$
Độ méo hài tổng cộng: $\text{THD} = 2,48\%$
- + Khi có tải: Biên độ: $U_v = 1,00 \text{ V}_{pp}$
Độ méo hài tổng cộng: $\text{THD} = 2,48\%$



Hình 12. Đo ở chế độ có tải với tín hiệu dạng sin tại tần số 1 kHz

(Đo bằng máy hiện sóng kỹ thuật số Gwinstek GDS 2062, có độ chính xác $\pm 2\%$,¹⁰ tại phòng thí nghiệm Khoa Vật lý, Trường Đại học Quy Nhơn).

4.2. Thảo luận

- Tần số cực đại chỉ đạt xấp xỉ 295 kHz là do ở tần số này, điện dung ký sinh làm tăng trị số điện dung định thời C, dẫn đến làm giảm tần số dao động ra.

- Ở khoảng tần số 180 kHz ÷ 295 kHz, sóng tam giác bị “tròn đỉnh” và giảm độ tuyến tính, sóng hình sin xuất hiện “mẫu nhọn” tại đỉnh làm méo dạng sóng. Nguyên nhân là do phần tử chuyển mạch dòng điện trong XR2206CP có thời gian chuyển mạch lớn, tốc độ đáp ứng không đủ nhanh so với chu kỳ sóng ra.

- Từ tần số 150 kHz trở lên, sóng vuông bắt đầu bị biến dạng ở đỉnh dưới. Các đỉnh xung kém bằng phẳng. Kết quả này được coi là do giới hạn về dải tần của các vi mạch XR2206CP và TL082.

- Biên độ sóng sin giảm nhẹ từ tần số 10 kHz và bắt đầu giảm mạnh từ tần số 150 kHz. Đến tần số 295,2 kHz, biên độ sóng chỉ còn 9,44 V_{pp}. Điều này là do ảnh hưởng của các điện dung ký sinh ở ngõ ra của các vi mạch ở tần số cao.

- Ở chế độ mang tải (trở kháng vào khoảng 8,8 kΩ), tín hiệu sin ở tần số 1 kHz có biên độ giảm nhẹ (giảm 1,6%), độ méo hài tăng nhẹ (lên mức 1,46%) so với khi không tải. Trong khi đó, ở các tần số 10 kHz và 100 kHz, không thấy có sự giảm mức biên độ và độ méo hài có tăng lên nhưng không vượt quá mức yêu cầu độ méo toàn dải so với khi không tải. Sự khác biệt ở đây là không đáng kể, cho thấy khả năng chịu tải của máy khá tốt.

- Mặc dù còn một số hạn chế về các thông số kỹ thuật như đã nêu, máy phát hàm đa năng thiết kế và thi công trên cơ sở vi mạch XR2206CP, về cơ bản, đã đạt được các yêu cầu kỹ thuật đề ra. Nhờ sử dụng các linh kiện sẵn có trên thị trường Việt Nam nên sản phẩm có giá thành thấp, chỉ bằng 1/4 so với sản phẩm cùng loại trên thị trường. Đây được coi là một trong những ưu điểm của máy phát.

5. KẾT LUẬN

Vi mạch XR2206CP là vi mạch chức năng, chuyên dùng để tạo ra các dao động cơ bản với độ chính xác và ổn định tần số rất cao, độ méo hài thấp. Dạng sóng ở ngõ ra có thể được điều tần, điều biên và điều chế số theo phương thức khóa dịch tần. Tần số dao động cơ bản có thể được điều khiển trên một dải rộng. Biên độ dao động ngõ ra có thể được điều chỉnh khá lớn. Trên cơ sở nghiên cứu các tính năng của XR2206CP, chúng tôi đã thiết kế và chế tạo thành công máy phát hàm tạo ra các dạng sóng như: sin, tam giác, vuông (đối xứng hoặc không đối xứng), AM, FM, FSK có tần số điều chỉnh được từ 300 Hz ÷ 300 kHz, biên độ điều chỉnh từ 30 mV ÷ 10 V, độ méo hài sóng sin dưới 2,72%. Từ thành công này, chúng tôi sẽ tiếp tục nghiên cứu, hoàn thiện và nâng cấp hệ thống để mở rộng dải tần số và nâng cao công suất của tín hiệu ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Xuân Thụ. *Kỹ thuật điện tử*, Nxb Giáo dục, 2001.
2. Nguyễn Trinh Đường, Lê Hải Sâm, Lương Ngọc Hải, Nguyễn Quốc Cường. *Điện tử Tương tự*, Nxb Giáo dục, 2006.
3. Ray M. Marston. *Newnes Electronic Circuits Pocket Book*, volume 1: Linear IC, Newnes, Great Britain, 1991.
4. D. Gary, J. Ralph. *Sound Reinforcement Handbook*, Yamaha Corporation, 1988.
5. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/173078/UTC/TL082.html>
6. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/80496/EXAR/XR2206.html>
7. <https://emin.vn/may-phat-xung-tin-hieu-may-phat-xung-phat-ham-333/pc.html>
8. Noise - Distortion and Total Harmonic Distortion (THD). http://www.audiosonica.com/en/course/post/204/Noise_Distortion_and_Total_Harmonic_Distortion_THD
9. <http://audiojudgement.com/total-harmonic-distortion-tutorial-thd/>.
10. <https://emin.vn/gw-instekgds-2062-may-hien-song-so-gwinstek-gds-2062-60mhz-2ch-1gsa-s-2857/pr.html>