

KHOA ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG
BỘ MÔN ĐIỆN TỬ

ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ

Biên soạn: Dư Quang Bình

ĐÀ NẴNG – 2000

CHƯƠNG 1: PHÉP ĐO VÀ KỸ THUẬT ĐO ĐIỆN TỬ

Đo lường điện tử là phương pháp xác định trị số của một thông số nào đó ở một cấu kiện điện tử hay hệ thống điện tử. Thiết bị dùng để xác định giá trị được gọi là "thiết bị đo", chẳng hạn, đồng hồ đo nhiều chức năng [multimeter] dùng để đo trị số của điện trở, điện áp, và dòng điện trong mạch điện.

Kết quả đo tùy thuộc vào hạn chế của thiết bị đo. Các hạn chế đó sẽ làm cho giá trị đo được (hay giá trị biểu kiến) hơi khác nhẹ với giá trị đúng (tức là giá trị tính toán theo thiết kế). Do vậy, để quy định hiệu suất của các thiết bị đo, cần phải có các định nghĩa về độ chính xác [accuracy], độ rõ [precision], độ phân giải [resolution], độ nhạy [sensitivity] và sai số [error].

1.1 ĐỘ CHÍNH XÁC [accuracy].

Độ chính xác sẽ chỉ mức độ gần đúng mà giá trị đo được sẽ đạt so với giá trị đúng của đại lượng cần đo. Ví dụ, khi một trị số nào đó đọc được trên đồng hồ đo điện áp [voltmeter] trong khoảng từ 96V đến 104V của giá trị đúng là 100V, thì ta có thể nói rằng giá trị đo được gần bằng với giá trị đúng trong khoảng $\pm 4\%$. Vậy độ chính xác của thiết bị đo sẽ là $\pm 4\%$. Trong thực tế, giá trị 4% của ví dụ trên là 'độ không chính xác ở phép đo' đúng hơn là độ chính xác, nhưng dạng biểu diễn trên của độ chính xác đã trở thành chuẩn thông dụng, và cũng được các nhà sản xuất thiết bị đo dùng để quy định khả năng chính xác của thiết bị đo lường. Trong các thiết bị đo điện tử số, độ chính xác bằng ± 1 số đếm cộng thêm độ chính xác của khối phát xung nhịp hay của bộ gốc thời gian.

a) Độ chính xác của độ lệch đầy thang.

Thông thường, thiết bị đo điện tử tương tự thường có độ chính xác cho dưới dạng phần trăm của độ lệch toàn thang đo [fsd - full scale deflection]. Nếu đo điện áp bằng đồng hồ đo điện áp [voltmeter], đặt ở thang đo 100V (fsd), với độ chính xác là $\pm 4\%$, chỉ thị số đo điện áp là 25V, số đo sẽ có độ chính xác trong khoảng $25V \pm 4\%$ của fsd, hay $(25 - 4)V$ đến $(25 + 4)V$, tức là trong khoảng 21V đến 29V. Đây là độ chính xác $\pm 16\%$ của 25V. Điều này được gọi là *sai số giới hạn*.

Ví dụ trên cho thấy rằng, điều quan trọng trong khi đo là nên thực hiện các phép đo gần với giá trị toàn thang đo nếu có thể được, bằng cách thay đổi chuyển mạch thang đo. Nếu kết quả đo cần phải tính toán theo nhiều thành phần, thì sai số giới hạn của mỗi thành phần sẽ được cộng với nhau để xác định sai số thực tế trong kết quả đo. Ví dụ, với điện trở R có sai số $\pm 10\%$ và dòng điện I có sai số $\pm 5\%$, thì công suất I^2R sẽ có sai số bằng $5 + 5 + 10 = 20\%$. Trong các đồng hồ số, độ chính xác được quy định là sai số ở giá trị đo được ± 1 chữ số. Ví dụ, nếu một đồng hồ có khả năng đo theo 3 chữ số hoặc $3\frac{1}{2}$ chữ số, thì sai số sẽ là $1/10^3 = 0,001 = \pm (0,1\% + 1 \text{ chữ số})$.

b) Độ chính xác động và thời gian đáp ứng.

Một số thiết bị đo, nhất là trong công nghiệp dùng để đo các đại lượng biến thiên theo thời gian. Hoạt động của thiết bị đo ở các điều kiện như vậy được gọi là điều kiện làm việc động. Do vậy, *độ chính xác động* là độ gần đúng mà giá trị đo được sẽ bằng giá trị đúng mà nó sẽ dao động theo thời gian, khi không tính sai số tĩnh.

Khi thiết bị đo dùng để đo đại lượng thay đổi, một thuật ngữ khác gọi là *đáp ứng thời gian* được dùng để chỉ khoảng thời gian mà thiết bị đo đáp ứng các thay đổi của đại lượng đo. Độ trì hoãn đáp ứng của thiết bị đo được gọi là *độ trễ* [lag].

1.2 ĐỘ RÕ [precision].

Độ rõ của thiết bị đo là phép đo mức độ giống nhau trong phạm vi một nhóm các số liệu đo. Ví dụ, nếu 5 phép đo thực hiện bằng một voltmeter là 97V, 95V, 96V, 94V, 93V, thì giá trị trung bình tính được là 95V. Thiết bị đo có độ rõ trong khoảng $\pm 2V$, mà độ chính xác là $100V - 93V = 7V$ hay 7%.

Độ rõ được tính bằng giá trị căn trung bình bình phương của các độ lệch. Ở ví dụ trên,

các độ lệch là:

+ 2, 0, + 1, - 1, - 2. Nên giá trị độ lệch hiệu dụng là:

$$\sqrt{\frac{4+0+1+1+4}{5}} = 2$$

Do đó mức trung bình sai lệch là 2. Như vậy, độ rõ sẽ phản ánh tính không đổi (hay khả năng lặp lại - repeatability) của một số kết quả đo, trong khi độ chính xác cho biết độ lệch của giá trị đo được so với giá trị đúng. Độ rõ phụ thuộc vào độ chính xác. Độ chính xác cao hơn sẽ có độ rõ tốt hơn. Nhưng ngược lại sẽ không đúng. Độ chính xác không phụ thuộc vào độ rõ. Độ rõ có thể rất cao nhưng độ chính xác có thể không nhất thiết là cao. Khi độ chính xác gắn liền với độ lệch thực tế của đồng hồ đo (hoặc số hiển thị thực tế ở đồng hồ số), thì độ rõ gắn liền với sai số ở số đọc của giá trị đo. Sai số như vậy có thể tăng lên do thị sai ở các đồng hồ đo tương tự hoặc không ổn định ở các bộ chỉ thị số.

1.3 ĐỘ PHÂN GIẢI [resolution].

Độ phân giải là sự thay đổi nhỏ nhất ở các giá trị đo được (không phải là giá trị 0) mà một thiết bị đo có thể đáp ứng để cho một số đo xác định. Độ phân giải thường là giá trị vạch chia nhỏ nhất trên thang đo độ lệch. Nếu một ammeter có 100 vạch chia, thì đối với thang đo từ 0 đến 1mA, độ phân giải sẽ là $1\text{mA}/100 = 10\mu\text{A}$. Ở các đồng hồ đo số, độ phân giải là 1 chữ số. Độ phân giải cần phải được cộng thêm với sai số do số đo nằm trong khoảng giữa hai vạch chia lân cận không thể đọc một cách chính xác. Độ phân giải cũng được phản ánh theo sai số của độ rõ ngoài các yếu tố khác như thị sai.

1.4 ĐỘ NHẠY [sensitivity].

Độ nhạy là tỷ số của độ thay đổi nhỏ nhất ở đáp ứng ra của thiết bị đo theo độ thay đổi nhỏ nhất ở đại lượng đầu vào. Ví dụ, nếu độ lệch đầy thang của một ammeter A cho bằng $50\mu\text{A}$, và bằng $100\mu\text{A}$ ở ammeter B, thì ammeter A nhạy hơn so với ammeter B. Độ nhạy được thể hiện cho voltmeter dưới dạng ohm / volt. Một đồng hồ đo có độ lệch đầy thang (fsd) là $50\mu\text{A}$ sẽ có điện trở là $20\,000\Omega$ mắc nối tiếp để cho fsd ở mức 1V, trong khi một đồng hồ có fsd là $100\mu\text{A}$ sẽ có điện trở là $10\,000\Omega$ để cho fsd ở mức 1V. Vậy voltmeter $20\,000\Omega/\text{V}$ có độ nhạy cao hơn so với voltmeter $10\,000\Omega/\text{V}$.

a) Ngưỡng độ nhạy.

Ngưỡng độ nhạy là mức tín hiệu nhỏ nhất có thể được phát hiện dưới dạng có nhiễu và tạp âm. Các tín hiệu rất nhỏ có thể lẫn trong tạp âm, do vậy không thể tăng độ nhạy của một hệ thống đo vô cùng. Thông thường sử dụng phép đo đối với ngưỡng độ nhạy là biên độ của tín hiệu vào mà tỷ số tín hiệu trên nhiễu bằng đơn vị hoặc 0dB.

b) Yêu cầu độ rộng băng tần.

Độ rộng băng tần chọn lọc được dùng để cải thiện mức ngưỡng. Khi tần số nhiễu cao hơn phổ tần của tín hiệu cần đo, thì phải sử dụng mạch lọc thông thấp để tín hiệu truyền qua với mức nhiễu không đáng kể. Nếu nhiễu có tần số thấp hơn phổ tần của tín hiệu đo, thì sử dụng bộ lọc thông cao. Tổ hợp bộ lọc thông thấp và bộ lọc thông cao sẽ suy ra độ rộng băng tần để chặn nhiễu. Nếu nhiễu chiếm độ rộng trong phạm vi phổ tần của tín hiệu cần đo, thì bộ lọc chặn có thể nén nhiễu cùng với một phần nhỏ tín hiệu đo.

1.5 CÁC LOẠI SAI SỐ [errors].

Mỗi thiết bị đo có thể cho độ chính xác cao, nhưng có thể có các sai số do các hạn chế của thiết bị đo, do các ảnh hưởng của môi trường, và các sai số do người đo khi thu nhận các số liệu đo. Các loại sai số có ba dạng: Sai số thô, sai số hệ thống, sai số ngẫu nhiên.

a) Sai số thô.

Các sai số thô có thể quy cho giới hạn của các thiết bị đo hoặc là các sai số do người đo.

Giới hạn của thiết bị đo. Ví dụ như ảnh hưởng quá tải gây ra bởi một voltmeter có độ nhạy kém. Voltmeter như vậy sẽ rẽ dòng đáng kể từ mạch cần đo và vì vậy sẽ tự làm giảm mức điện áp chính xác. Ảnh hưởng do quá tải sẽ được giải thích chi tiết ở mục 1.7.

Sai số do đọc. Là các sai lệch do quan sát khi đọc giá trị đo. Các nhầm lẫn như vậy có

thể do thị sai, hay do đánh giá sai khi kim nằm giữa hai vạch chia. Các thiết bị đo số không có các sai số do đọc.

b) Sai số hệ thống.

Sai lệch có cùng dạng, không thay đổi được gọi là sai số hệ thống. Các sai số hệ thống có hai loại: Sai số do thiết bị đo và sai số do môi trường đo.

Sai số của thiết bị đo.

Các sai số do thiết bị đo là do ma sát ở các bộ phận chuyển động của hệ thống đo hay do ứng suất của lò xo gắn trong cơ cấu đo là không đồng đều. Ví dụ, kim chỉ thị có thể không dừng ở mức 0 khi không có dòng chảy qua đồng hồ. Các sai số khác là do chuẩn sai, hoặc do dao động của nguồn cung cấp, do nối đất không đúng, và ngoài ra còn do sự già hoá của linh kiện.

Sai số do môi trường đo là sai số do các điều kiện bên ngoài ảnh hưởng đến thiết bị đo trong khi thực hiện phép đo. Sự biến thiên về nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, từ trường, có thể gây ra các thay đổi về độ dẫn điện, độ rò, độ cách điện, điện cảm và điện dung. Biến thiên về từ tính có thể do thay đổi mô men quay (tức độ lệch). Các thiết bị đo tốt sẽ cho các phép đo chính xác khi việc che chắn các dụng cụ đến mức tối đa, sử dụng các màn chắn từ trường, v. v. . . Các ảnh hưởng của môi trường đo cũng có thể gây ra độ dịch chuyển nhỏ ở kết quả, do thay đổi nhỏ về dòng điện.

c) Sai số ngẫu nhiên.

Các sai số ngẫu nhiên do các nguyên nhân chưa biết, xuất hiện mỗi khi tất cả các sai số thô và sai số hệ thống đã được tính đến. Khi một voltmeter, đã được hiệu chuẩn chính xác và thực hiện phép đo điện áp ở các điều kiện môi trường lý tưởng, mà người đo thấy rằng các số đo có thay đổi nhỏ trong khoảng thời gian đo. Độ biến thiên này không thể hiệu chỉnh được bằng cách định chuẩn, hay hiệu chỉnh thiết bị đo, mà chỉ bằng phương pháp suy luận các sai số ngẫu nhiên bằng cách tăng số lượng các phép đo, và sau đó xác định giá trị gần đúng nhất của đại lượng cần đo.

1.6 GIỚI HẠN CỦA THIẾT BỊ ĐO

Một thiết bị đo có thể có các giới hạn về thang đo, công suất (hay khả năng tải dòng), tần số, trở kháng và độ nhạy (ảnh hưởng quá tải). Các vấn đề đó được giải thích như sau.

- ***Giới hạn về thang đo.*** Mỗi thiết bị đo có khoảng đo lớn nhất về một thông số cần đo. Khoảng đo sẽ được chia thành các thang đo nhỏ thích hợp. Ví dụ, một voltmeter có thể đo cao nhất là 300V chia thành 5 thang đo phụ: 3V, 10V, 30V, 100V và 300V.

Chuyển mạch thang đo sẽ thiết lập tại các vị trí chính xác tùy thuộc vào giá trị đo yêu cầu. Giả sử phép đo điện áp là 9V thì chúng ta sẽ sử dụng thang đo 10V. Các thang đo cần phải có cho tất cả các thông số cần đo. Cần phải chọn thang đo đúng cho mỗi thông số đo thích hợp. Nếu đo điện áp trên thang đo dòng điện, thì đồng hồ đo sẽ hư hỏng.

- ***Độ mở rộng thang đo.*** Là thuật ngữ được sử dụng chỉ sự chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của một thang đo. Đối với giá trị đo của đồng hồ ở mức nhỏ nhất là 10mA và 100mA ở mức cao nhất, thì độ mở rộng của thang đo là $100\text{mA} - 10\text{mA} = 90\text{mA}$. Một đồng hồ đo điện áp có mức 0V ở giữa, với + 10V một bên và - 10V ở phía khác, sẽ có độ mở rộng thang đo là 20V.

- ***Giới hạn về công suất.*** Mỗi thiết bị đo đều có khả năng xử lý công suất lớn nhất, nên công suất của tín hiệu vào không được vượt quá giới hạn công suất đo. Công suất vượt quá có thể làm hỏng đồng hồ đo hay mạch khuếch đại bên trong đồng hồ đo.

- ***Giới hạn về tần số.*** Phần lớn cơ cấu động ở đồng hồ đo tương tự có vai trò như một điện cảm mắc nối tiếp và do vậy sẽ suy giảm ở dải tần số cao. Trong các thiết bị đo sử dụng các mạch chỉnh lưu và các mạch khuếch đại, các điện dung của tiếp giáp được cho là một hạn chế đối với tín hiệu đo ở dải tần số cao.

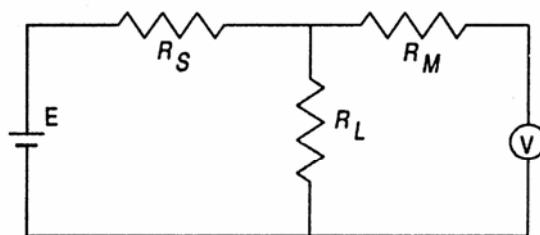
Cơ cấu đo điện động có thể chỉ được sử dụng để đo tín hiệu có tần số lên đến 1000Hz (do điện cảm nối tiếp), các cơ cấu đo từ điện (có bộ chỉnh lưu) có thể sử dụng để đo tín hiệu

có tần số lên đến 10 000Hz, millivoltmeter xoay chiều có thể đo các tín hiệu có tần số lên đến một vài MHz. Các hạn chế tần số khác có thể gây ra do các điện dung song song. Máy hiện sóng có thể sử dụng để đo các tín hiệu có tần số ở dải megahertz, nhưng giá thành sẽ tăng khi cần độ rộng băng tần cao hơn. Máy hiện sóng không sử dụng cuộn dây và hệ thống chỉ thị kim, do vậy ảnh hưởng bất lợi ở phần lớn các cơ cấu đo sẽ được hạn chế và loại bỏ.

- **Giới hạn về trở kháng.** Các thiết bị đo được dùng để đo các tín hiệu *ac*, có trở kháng ra phụ thuộc vào mạch ra của transistor được sử dụng. Một máy phát tín hiệu tần số cao có thể có trở kháng là 75Ω hay 50Ω để phù hợp với trở kháng vào của hệ thống cần đo. Các thiết bị đo điện áp như voltmeter và máy hiện sóng có trở kháng vào cao. Một voltmeter tốt vừa phải có thể có trở kháng vào khoảng 20000Ω / V, trong khi một máy hiện sóng và đồng hồ đo số hay đồng hồ đo điện tử có thể có trở kháng vài megohm. Thiết bị đo điện áp có trở kháng cao hơn sẽ cho độ chính xác của phép đo cao hơn, hay có ảnh hưởng quá tải ít hơn. Trở kháng của các cơ cấu đo cuộn dây động tùy thuộc vào độ nhạy của đồng hồ, còn trở kháng của máy hiện sóng kiểu ống tia phụ thuộc vào trở kháng vào của bộ khuếch đại đọc sử dụng trong máy hiện sóng.

1.7 ẢNH HƯỞNG DO QUÁ TẢI

Ảnh hưởng do quá tải có nghĩa là *sự suy giảm về trị số của thông số ở mạch cần đo khi mắc thiết bị đo vào mạch*. Thiết bị đo sẽ tiêu thụ công suất từ mạch cần đo và sẽ làm tải của mạch cần đo. Điện trở của đồng hồ đo dòng sẽ làm giảm dòng điện trong mạch cần đo. Tương tự, một voltmeter khi mắc song song với mạch có điện trở cao, thực hiện vai trò như một điện trở song song [shunt], nên sẽ làm giảm điện trở của mạch. Điều này tạo ra mức điện áp thấp trên tải đọc được trên đồng hồ đo. Do đó, đồng hồ sẽ chỉ thị mức điện áp thấp hơn so với điện áp thực, nghĩa là cần phải lấy mức điện áp cao hơn để có độ lệch đúng. Như vậy, ảnh hưởng do quá tải sẽ hạn chế độ nhạy và do đó cũng được gọi là *giới hạn độ nhạy*. Ảnh hưởng quá tải sẽ được biểu hiện ở đồng hồ đo điện áp [voltmeter] như sau.



Hình 1.1: Mạch dùng để tính ảnh hưởng do quá tải

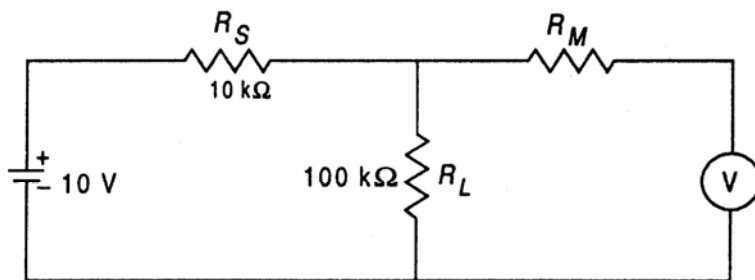
Cho điện trở tải là R_L và nội trở của đồng hồ là R_M . Cùng với một điện trở mắc nối tiếp với tải R_L là R_S (hình 1.1). Điện áp thực tế trên R_L là V_L khi không mắc đồng hồ đo vào mạch, và V_M là điện áp trên tải khi có đồng hồ đo được tính theo phương trình (1.1) và (1.2) tương ứng.

$$V_L = \frac{E \times R_L}{R_S + R_L} \quad (1.1)$$

$$V_M = \frac{E \times (R_L // R_M)}{R_S + (R_L // R_M)} \quad (1.2)$$

Ảnh hưởng quá tải tính theo phần trăm có thể tính bằng $(V_L - V_M) \times 100 / V_L$, như ở ví dụ 1.1 và 1.2.

Ví dụ 1.1: Với hai đồng hồ đo điện áp, một đồng hồ có độ nhạy là 20 000Ω/V, và đồng hồ còn lại có độ nhạy là 1000Ω/V, đo điện áp trên R_L trong mạch ở hình 1.2, trên thang đo 10V của đồng hồ. Tính sai số do quá tải cho cả hai đồng hồ.



Hình 1.2: Mạch dùng để tính ảnh hưởng do quá tải ở ví dụ 1.1.

Trường hợp thứ nhất: $R_L // R_M = \frac{100 \times 200}{300} = \frac{200}{3} \text{ k}\Omega$

Điện áp thực tế khi chưa có đồng hồ = $\frac{10 \times 100}{110} = \frac{100}{11} = 9,1 \text{ V}$

Điện áp đo được = $\frac{10 \times \frac{200}{3}}{10 + \frac{200}{3}} = \frac{200}{23} = 8,7 \text{ V}$, Vậy, sai số theo phần trăm là 4,4%

Trường hợp thứ 2: Điện áp thực tế là 9,1V (như đã tính ở trên)

$$R_L // R_M = \frac{100 \times 10}{110} = \frac{100}{11} \text{ k}\Omega$$

Điện áp đo được = $\frac{10 \times \frac{100}{11}}{10 + \frac{100}{11}} = \frac{100}{21} = 4,8 \text{ V}$, Vậy, sai số theo phần trăm là 47,3%

Ví dụ 1.1, là đối với nguồn điện áp hằng. Ví dụ 1.2, cho thấy ảnh hưởng khi nguồn cung cấp cho tải là được cung cấp từ một nguồn dòng hằng.

Ví dụ 1.2: Một nguồn dòng điện không đổi sẽ cung cấp dòng điện là 1,5mA cho tải điện trở là 100kΩ. Tính điện áp đúng và điện áp gần đúng trên tải khi sử dụng đồng hồ đo có điện trở là 1000Ω / V để đo điện áp trên thang đo 100V. Tính sai số do quá tải theo phần trăm.

| | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Điện áp đúng | = 1,5mA x 100kΩ = 150V |
| Điện trở của đồng hồ đo | = 100V x 1000Ω/V = 100kΩ |
| Điện trở tương đương | = 100kΩ // 100kΩ = 50kΩ |
| Điện áp trên điện trở 50kΩ | = 1,5mA x 50kΩ = 75V |
| Vậy điện áp đo được | = 75V |
| Sai số % do quá tải | = (150V - 75V) x 100 / 150V = 50% |

1.8 CAN NHIỀU Ở PHÉP ĐO.

So với tạp nhiễu bên trong được tạo ra bởi các gợn sóng của nguồn cung cấp, hay bằng sự di chuyển lớn một cách ngẫu nhiên về cả số lượng và vận tốc của các điện tử trong các cấu kiện chủ động và thụ động (gọi là nhiễu Johnson hay nhiễu trắng, nhiễu vạch), hoặc do các quá trình quá độ gây ra bởi sự giảm đột ngột thông lượng qua một điện cảm, các thiết bị đo có thể bị can nhiễu từ bên ngoài được giải thích như sau.

1. *Can nhiễu tần số thấp.* Khi các dây dẫn điện nguồn cung cấp chính ac chạy song song gần với các đầu dây tín hiệu đo, thì nhiễu mạnh ac (tần số 50Hz) sẽ can nhiễu vào đầu tín hiệu đo do hiệu ứng điện dung giữa các dây dẫn.

2. *Can nhiễu tần số cao.* Các tín hiệu tần số cao được tạo ra bất cứ khi nào có sự phát ra tia lửa điện ở vùng xung quanh thiết bị đo. Tia lửa điện có thể tạo ra khi chuyển mạch nguồn cung cấp, do các hệ thống đánh lửa, do các động cơ điện một chiều, do các máy hàn, do sự phóng điện hào quang (tức sự ion hoá không khí gần các mạch điện áp cao),

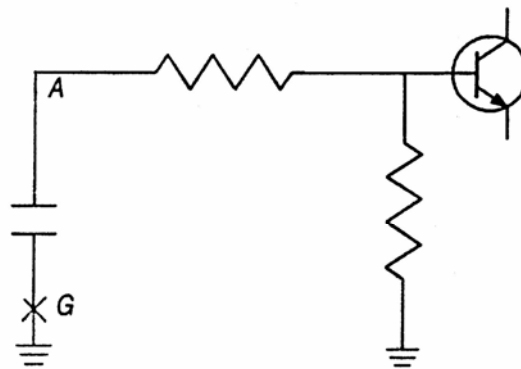
và do hồ quang điện trong các đèn huỳnh quang. Tia chớp là các nguồn tần số cao trong tự nhiên. Phát thanh quảng bá từ các đài thu phát vô tuyến và các đài phát thanh di động công suất cao, được lắp đặt gần các thiết bị đo cũng tạo ra các tín hiệu tần số cao. Các tín hiệu cao tần đó đều có thể can nhiễu vào thiết bị đo, các tín hiệu cao tần có thể được chỉnh lưu bằng các cấu kiện bán dẫn có trong các thiết bị đo, và như vậy sẽ tác động đến các kết quả đo do điện áp không mong muốn thể hiện dưới các dạng khác nhau trong phép đo, làm cho kết quả đo sai hoàn toàn. Một số phép đo *dc* tiến hành ở các điểm đo trong mạch có cả điện áp *dc* và điện áp của các tín hiệu tần số cao. Các phép đo điện áp *dc* sẽ không chính xác nếu không lọc bỏ điện áp cao tần trước khi tín hiệu đo được chỉnh lưu trong thiết bị đo.

Các cách phòng ngừa và khắc phục ở các phép đo để loại bỏ can nhiễu cao tần.

1. Trước tiên là bao bọc có hiệu quả thiết bị đo để không bị can nhiễu ngoài trực tiếp vào thiết bị đo.

2. Thiết bị đo phải được nối đất.

3. Cần phải lọc các tín hiệu không mong muốn tại mạch vào, dây đo và dây nguồn cung cấp để các tín hiệu cao tần sẽ được lọc bỏ trước khi chỉnh lưu, phải có mạch chọn băng tần tín hiệu đo để loại bỏ nhiễu và can nhiễu tần số cao. Mạch nối với bộ máy cần phải đảm bảo. Mỗi hàn bị nứt hay thiếu kết nối, sẽ tạo ra một điện trở giữa đầu vào và đất đối với các tín hiệu tần số cao, nên điện áp cao tần sẽ xâm nhập tại đầu vào như minh họa ở hình 1.3. Tụ điện trong hình 1.3, dùng



Hình 1.3: Trích dẫn tần số cao khi lọc.

để lọc bỏ các tín hiệu cao tần, có vai trò như một ngắn mạch đối với tần số cao. Nếu tụ hở mạch, hay điểm G không kết nối với đất (do áp lực nào đó hay mối hàn bị nứt), thì tín hiệu tần số cao sẽ có tại điểm A sẽ được đưa đến đầu vào của mạch khuếch đại bằng transistor, nên sẽ được khuếch đại và chỉnh lưu (phần phi tuyến của đặc tuyến) và sẽ có tại đầu ra dưới dạng điện áp *dc*. Các đài phát thanh quảng bá địa phương thỉnh thoảng nghe được trong ống nghe điện thoại do can nhiễu đó.

4. Khi thực hiện phép đo *dc* tại điểm có cả điện áp *dc* cũng như điện áp cao tần, điện áp cao tần có thể gây ra mức dòng điện lớn chảy qua đầu que đo bởi vì đầu que đo gần như được ngắn mạch với bộ máy đối với tín hiệu cao tần thông qua ảnh hưởng điện dung, có thể làm nóng đầu que đo (thực tế này xảy ra khi đo các điện áp *dc* trong máy phát). Mắc nối tiếp cuộn cảm RF với đầu que đo để loại bỏ tình trạng trên.

5. Sử dụng mạch khuếch đại thuật toán ở chế độ vi sai sẽ làm giảm các tín hiệu nhiễu đồng kênh rất cơ bản, có thể loại bỏ nhiễu đồng kênh lên đến mức 100dB. (Nếu mặc dù đã có các dự phòng nhiễu cao tần trên, hư hỏng hệ thống có thể từ tầng này đến tầng khác, thì nguyên nhân có thể là vỏ bảo vệ, nối đất, mạch lọc và cuộn cảm cao tần, cần phải kiểm tra kỹ các vấn đề đó).

1.9 VỎ BẢO VỆ.

Vỏ bảo vệ là lớp chặn bằng vật liệu dẫn điện được lắp ở phần có tín hiệu nhiễu. Hiệu quả của lớp bảo vệ tùy thuộc vào: (i) kiểu lớp bảo vệ, (ii) các đặc tính của vật liệu làm lớp bảo vệ và (iii) độ hở của lớp bảo vệ.

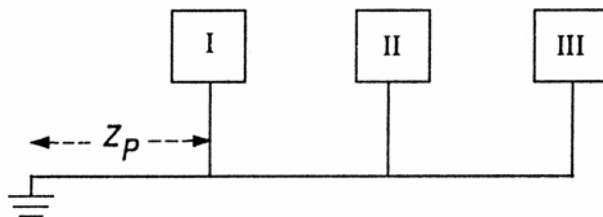
Trường nhiều có thể là điện trường hoặc từ trường. Các lớp bảo vệ bằng từ tính sử dụng vật liệu sắt từ như sắt. Các lớp bảo vệ tĩnh điện sử dụng vật liệu dẫn điện không nhiễm từ như nhôm. Các vật liệu dẫn điện có đặc tính điện môi kém nên sẽ hấp thụ các nhiễu do điện trường tĩnh. Ngoài việc hấp thụ, nhiễu cũng sẽ giảm do sự phản xạ của điện trường khỏi lớp bảo vệ. Độ hấp thụ nhiễu tỷ lệ với độ dày của vật liệu. Sự phản xạ sẽ xảy ra khi

có gián đoạn trở kháng đặc trưng giữa lớp bảo vệ và môi trường xung quanh lớp bảo vệ.

1.10 NỐI ĐẤT

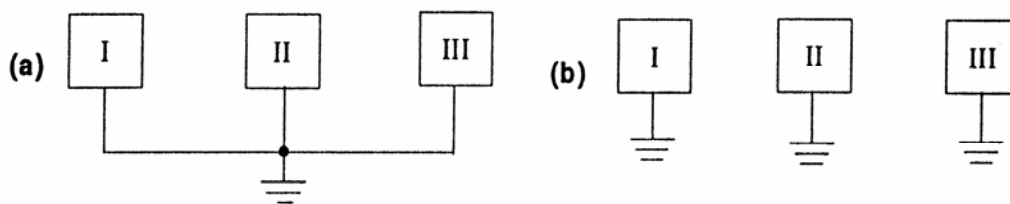
Có đường dẫn trở lại mức đất trên bảng mạch in, thường là đường mạch rộng và có điện trở rất thấp. Dây tín hiệu cần phải được đặt gần với đường nối đất để giảm ảnh hưởng điện cảm. Đường mức đất trên mạch bảng mạch sẽ được nối với đường đất hiệu dụng.

Mức đất, như mạch ở hình 1.4, là không đúng, bởi vì điện áp được bọc lộ trên chiều dài Z_p do phần tử II sẽ được nối trở lại phần tử I. Ảnh hưởng sẽ xấu nếu phần tử I có độ nhạy cao, hoặc nếu phần tử II là thiết bị công suất lớn.



Hình 1.4: Nối đất sai.

Các cách nối đất như mạch ở hình 1.5a, và 1.5b, là thích hợp, nhất là đối với tín hiệu có tần số trên 10MHz, nếu chú ý chọn để tránh việc hình thành các vòng đất.



Hình 1.5: Nối đất đúng.

1.11 SO SÁNH THIẾT BỊ ĐO TƯƠNG TỰ VÀ THIẾT BỊ ĐO SỐ.

Các thiết bị đo tương tự sử dụng độ lệch của kim chỉ thị do tương tác giữa dòng điện và từ trường, hoặc giữa hai từ trường. Đa số các bộ phận cơ cấu động đều có ma sát, nên có nhiều hạn chế (như giới hạn tần số cao, độ nhạy, sai số do quá tải) và các sai số. Trong các đồng hồ đo số, không liên quan đến sự làm lệch, số chỉ thị được đọc ở bộ hiển thị (hiển thị bằng tinh thể lỏng hay bằng LED), nên các đồng hồ đo số không có các sai số như của các đồng hồ đo tương tự.

Các ưu điểm của thiết bị đo số so với các loại đồng hồ đo tương tự như sau.

a) Ưu điểm của đồng hồ đo số so với đồng hồ đo tương tự.

1. Độ chính xác cao (thông dụng là 0,0005% hay 5ppm)
2. Độ rõ cao (khi số lượng đo được thể hiện bằng chữ số, nên sẽ không thay đổi giá trị của nó) (điển hình là 1ppm).
3. Độ phân giải tốt hơn (tình trạng không rõ ràng chỉ bị giới hạn nhiều nhất là một chữ số).
4. Không có sai số do thị sai.
5. Không có sai số do đọc. Không có sai số trong việc chuyển đổi số liệu đo.
6. Trở kháng vào rất cao (điển hình là 10MΩ và điện dung vào thấp là 40pF) và vì vậy sai số do quá tải không đáng kể.
7. Trở kháng vào hầu như không thay đổi trên tất cả các thang đo.
8. Sự định chuẩn từ các nguồn mẫu bên trong đồng hồ là hoàn toàn ổn định.
9. Không có sai số do dạng sóng tín hiệu.
10. Hiển thị cực tính tự động, có khả năng tự động chỉnh 0 và tự động chuyển thang đo. Các thang đo thay đổi theo các nấc thập phân thay vì thang đo $\sqrt{10}$, nên có số lượng thang đo ít hơn, khả năng mở rộng thang đo lớn hơn.

11. Có khả năng xử lý số đo bằng máy tính. Các số liệu đo có thể được lưu trữ và truy xuất bất kỳ lúc nào.
12. Có khả năng xử lý các tín hiệu đo ở dải tần số rộng hơn.
13. Thao tác đo đơn giản, chỉ cần ấn nút để thiết lập lại tự động chính xác thiết bị đo cho các số liệu đo mới.
14. Có khả năng kết hợp nhiều thiết bị đo vào một thiết bị bằng kỹ thuật số. Có thể lập trình phép đo dễ dàng.
15. Thiết bị đo gọn và kết cấu chắc chắn hơn.

b) Các nhược điểm của đồng hồ đo số.

1. Cần phải có nguồn cung cấp do sử dụng các vi mạch (IC).
2. Các đại lượng thay đổi chậm, như khi nạp tụ không thể quan sát được. Các đồng hồ tương tự có thể quan sát các biến thiên như khi đo thử tụ điện phân.
3. Khi đo thử diode không thể thực hiện như cách thông thường, nên có bổ sung mạch chuyên dụng dành riêng cho mục đích đo thử diode ở một số đồng hồ đo số (tức chức năng đo mức sụt áp trên tiếp giáp pn).
4. Giá thành cao, nhưng giá thành sẽ giảm xuống theo sự phát triển của công nghệ chế tạo các IC mới.

Vẫn còn nhiều tranh luận giữa các lợi thế của thiết bị đo tương tự so với các hiển thị số. Tuy nhiên, các ưu điểm của thiết bị đo số có phần được chú trọng hơn các loại thiết bị đo tương tự, nên thiết bị đo số ngày càng trở nên thông dụng hơn, nhất là khi giá thành của thiết bị đo số giảm xuống. Trong các hệ thống đo rất phức tạp, cơ cấu đo tương tự chỉ thị kim có thể thể hiện bằng hình vẽ trên máy tính ngoài hiển thị số.

1.12 CHỌN KHOẢNG ĐO TỰ ĐỘNG VÀ ĐO TỰ ĐỘNG

Khoảng đo tự động sẽ định vị dấu chấm thập phân một cách tự động để nhận được độ phân giải tối ưu. Nếu số chỉ thị dưới 200, thiết bị đo số 3 ½ - chữ số sẽ tự động được chuyển mạch đến thang đo có độ nhạy cao hơn, còn nếu giá trị hiển thị cao hơn 1999, thì thang đo có độ nhạy ít hơn tiếp theo sẽ được chọn. Bộ đếm và bộ giải mã sẽ thay đổi vị trí dấu chấm thập phân khi yêu cầu khoảng đo tự động.

Một đồng hồ đo tự động hoàn toàn chỉ cần tín hiệu cần đo có tại hai đầu vào của đồng hồ đo và điều chỉnh để đo thông số nào, còn sau đó toàn bộ các tiến trình đo (chính 0, chỉ thị cực tính, thang đo, hiển thị) sẽ được tiến hành tự động.

Đối với các thiết bị đo tính vi, khuynh hướng là kết hợp nhiều thiết bị đo vào một thiết bị. Ví dụ, bộ giám sát thông tin có các thiết bị đo như sau:

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| 1. Máy tạo tín hiệu RF | 2. Máy tạo tín hiệu AF |
| 3. Đồng hồ đo công suất RF | 4. Voltmeter số |
| 5. Đồng hồ đo công suất AF | 6. Đồng hồ đo độ nhạy |
| 7. Đồng hồ đo hệ số méo dạng | 8. Bộ đếm tần số |
| 9. Máy phân tích phổ | 10. Máy hiện sóng nhớ số |

Bất kỳ thiết bị đo nào trong số các thiết bị đo trên có thể hình thành hoạt động theo lập trình. Chế độ làm việc đã được chọn, thiết bị đo sẽ được chọn, loại phép đo yêu cầu đã được lập trình theo lệnh, nên tín hiệu ra sẽ được hiển thị hay được in, toàn bộ được điều khiển bằng bàn phím. Phép đo theo chương trình trên máy tính cũng gọi là đo tự động.

1.13 ĐO TRONG MẠCH (ICT)

Việc đo thử trong mạch có thể đo thử IC mức độ nhỏ hay trung bình mà không cần tháo IC ra khỏi mạch. Điểm mấu chốt của ICT là giao diện BON. Các đầu kẹp là các đầu que đo ở bộ giao tiếp sẽ được bật để gắn được tải, nối chắc chắn đến điểm cần đo thử. Chương trình đo thử tự động sẽ cung cấp dữ liệu vào để đo thử linh kiện. Ví dụ, để đo thử một IC, bộ đo thử trong mạch sẽ truy xuất bảng trạng thái cho IC từ RAM của thiết

bị đo thử tự động (ATE), và sẽ so sánh với dữ liệu ra của IC cần đo thử với bảng trạng thái chính xác.

1.14 KỸ THUẬT ĐO ĐIỆN TỬ

Phép đo cần phải được thực hiện một cách cẩn thận và sự thể hiện các số liệu đo phải phù hợp sau khi đã có tính toán đến các giới hạn về độ nhạy, độ chính xác và khả năng của thiết bị đo. Đôi khi số đo có thể đúng nhưng nếu thể hiện kết quả sai, người ta có thể hiểu mạch đang tốt là có sai hỏng và ngược lại. Hơn nữa, việc sử dụng thiết bị đo sai có thể tạo ra các nguy hiểm cho sự an toàn của người đo và thiết bị đo. Các kỹ thuật đo sau đây cần phải tuân theo khi đo thử hay thực hiện các phép đo trong việc chẩn đoán hư hỏng, sửa chữa và bảo dưỡng các thiết bị điện tử.

1. Nối thiết bị đến nguồn điện lưới, tốt hơn hết là thông qua đầu nối ba chân, và thực hiện bật nguồn cho hệ thống theo trình tự sau:

Các điểm quan trọng được chuyển mạch ON đầu tiên, tiếp theo là đóng [ON] nguồn cung cấp, sau đó đóng [ON] thiết bị đo, và cuối cùng đóng nguồn cung cấp cho mạch cần đo thử. Khi tắt (chuyển mạch sang OFF), thì trình tự là ngược lại, thì trình tự phải được thực hiện ngược lại: trước tiên tắt nguồn cung cấp cho mạch cần đo, tiếp theo là tắt thiết bị đo, sau đó tắt nguồn cung cấp và cuối cùng là ngắt điện lưới. Điều này sẽ bảo vệ thiết bị đo và thiết bị cần đo khỏi các xung quá độ. Không hàn hay tháo mỗi hàn linh kiện khi nguồn cung cấp đang bật.

2. Bất kỳ lúc nào cũng phải tắt thiết bị đo còn nếu thiết bị đo được chuyển mạch sang đóng [on] ngay sau đó thì cần phải có khoảng thời gian đáng kể để cho phép các tụ trong thiết bị xả.

3. Các thiết bị đo thử cần phải được nối đất một cách hiệu quả để giảm thiểu các biến thiên của nhiễu.

4. Chọn thang đo phù hợp theo tham số cần đo, tùy theo giá trị đo yêu cầu. Nếu không biết giá trị đo yêu cầu, thì hãy chọn thang đo cao nhất và sau đó giảm dần thang đo cho phù hợp, để tránh cho thiết bị đo bị quá tải và bị hư hỏng. Thang đo được chọn cuối cùng sẽ cho kết quả đo gần với độ lệch lớn nhất có thể có đối với phép đo điện áp và dòng điện, và gần mức trung bình đối với phép đo điện trở, để có độ chính xác tối ưu đối với hệ thống đo.

5. Khi giá trị đo bằng 0, thì đồng hồ đo cần phải chỉ thị bằng 0, nếu không thì cần phải được chỉnh 0 phù hợp.

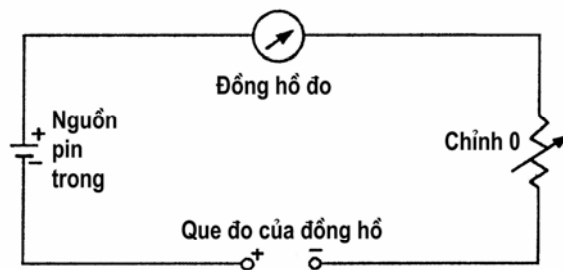
6. Không sử dụng các đầu que đo nhọn có kích thước lớn vì chúng có thể gây ngắn mạch. Các đầu que đo cần phải nhọn nhất nếu có thể được.

7. Điều quan trọng của việc nối các điểm đo thử: các hãng chế tạo thiết bị thường quy định các điểm đo thử tại các vị trí thuận tiện trên bảng mạch in. Điện trở, mức điện áp dc , mức điện áp tín hiệu và các dạng sóng của tín hiệu sẽ được quy định cho mỗi điểm đo thử. (điểm đo thử thường là cọc lắp đứng trên bảng mạch in). Các điểm đo thử sẽ được đặt tốt nhất để tránh nguy hiểm quá tải cho mạch cần đo. Các điểm đo thử được thiết kế bởi các nhà chuyên môn có kinh nghiệm, khi cần khảo sát thiết bị, không được bỏ qua các điểm đo thử như vậy trong quá trình sửa chữa.

8. Thông thường các đầu que đo mang dấu dương và âm đối với các phép đo điện áp và dòng điện trong mạch. Nguồn pin bên trong đồng hồ đo sẽ có cực tính ngược lại, tức là đầu que đo âm của nguồn pin trong đồng hồ đo sẽ được nối đầu que được đánh dấu dương (que đo màu đen) và ngược lại, như thể hiện ở hình 1.6. Thực tế này cần phải nhớ khi đo thử các diode, các tụ điện phân, các transistor và các vi mạch.

9. Nếu các điểm đo thử là không cho trước, hoặc nếu các phép đo là được thực hiện tại các điểm khác nhau, thì cần phải chú ý các điểm như sau:

a) Khi đo các điện áp dc , phép đo cần phải được thực hiện ngay tại các linh kiện thực tế, và đối với vi mạch đo trực tiếp trên các chân.



Hình 1.6: Thể hiện cực tính ghi trên các que đo của đồng hồ và cực tính của nguồn pin trong

- b) Sử dụng đầu kẹp đo thử IC để thực hiện các phép đo trên các chân của IC.
- c) Khi cần đo tín hiệu trên mạch in trong bảng mạch, nên kẹp đầu đo trên chân của cấu kiện điện tử được nối với đường mạch in.
- d) Khi thực hiện các phép đo trên bảng mạch, cần phải đảm bảo rằng các IC không bị điện tích tĩnh do thiết bị đo.
- e) Khi kiểm tra hở mạch, hãy tháo một đầu của cấu kiện điện tử rồi thực hiện phép đo. Nếu cấu kiện không được tháo một đầu, thì các cấu kiện khác mắc song song với cấu kiện nghi ngờ sẽ chỉ thị không đáng tin cậy. Có thể kiểm tra cấu kiện nghi ngờ bằng cầu đo. Khi tháo mỗi hàn ra khỏi bảng mạch in là khó khăn thì có thể cắt đường mạch in liên quan, do dễ dàng hàn lại vết cắt hơn so với việc tháo mỗi hàn cấu kiện để đo rồi hàn lại, nhưng khi hàn lại vết cắt, cần đề phòng mỗi hàn bị nứt không xảy ra.
- f) Việc tháo và hàn IC là một quá trình khá phức tạp cần phải hết sức cẩn thận. Cần phải tháo mỗi hàn cho IC để đo thử chỉ khi xác minh chắc chắn các phép đo trên bảng mạch cho thấy IC đã thực sự hỏng.
10. Cần phải tuân theo các lưu ý về an toàn để đảm bảo an toàn cho người đo, thiết bị đo.
11. Cần phải tuân theo các chỉ dẫn từ hướng dẫn sử dụng thiết bị đo thử, cũng như trình tự đo thử.
12. Cần phải nghiên cứu kỹ cách vận hành thiết bị đo để thực hiện phép đo và cần phải tuân theo tất cả các điểm lưu ý đã được đề cập.

TÓM TẮT NỘI DUNG CHƯƠNG 1.

Các thiết bị đo dùng để xác định giá trị thông số của một thiết bị hay hệ thống điện tử. Các thuật ngữ độ chính xác, độ rõ, độ phân giải và độ nhạy dùng để quy định một thiết bị đo.

Có thể có các kiểu sai số khác nhau kèm theo trong các kết quả đo là các sai số thô, các sai số hệ thống và các sai số ngẫu nhiên.

Thiết bị đo có thể có giới hạn về thang đo, độ nhạy, tần số, trở kháng, ảnh hưởng do quá tải và già hoá.

Thiết bị đo có thể bị can nhiễu từ bên ngoài do không nối đất thiết bị đo, hay do không lọc tín hiệu tần số cao.

Ở các đồng hồ đo kiểu tương tự, do trọng lượng, sự cân bằng và ma sát của cơ cấu đo kiểu độ lệch nên có hạn chế về tần số, hạn chế về độ nhạy và các sai số khác. Đối với các thiết bị đo kiểu số, do không sử dụng cơ cấu đo kiểu độ lệch, nên sẽ có độ chính xác cao, độ rõ cao, độ phân giải tốt hơn, không có sai số do đọc, không có sai số do dạng sóng và ảnh hưởng do quá tải không đáng kể. Ngoài ra còn có các ưu điểm khác về thang đo và xử lý tính toán kết quả đo tự động ở đồng hồ đo số.

Để đo các thông số một cách chính xác, cần phải tuân theo các lưu ý như trình tự đóng - mở đúng, hiệu chỉnh 0, nối đất thiết bị đo, chọn thang đo và cực tính đúng, và các lưu ý về an toàn điện thông thường.

CHƯƠNG 2: THIẾT BỊ ĐO VÀ QUAN SÁT DẠNG TÍN HIỆU

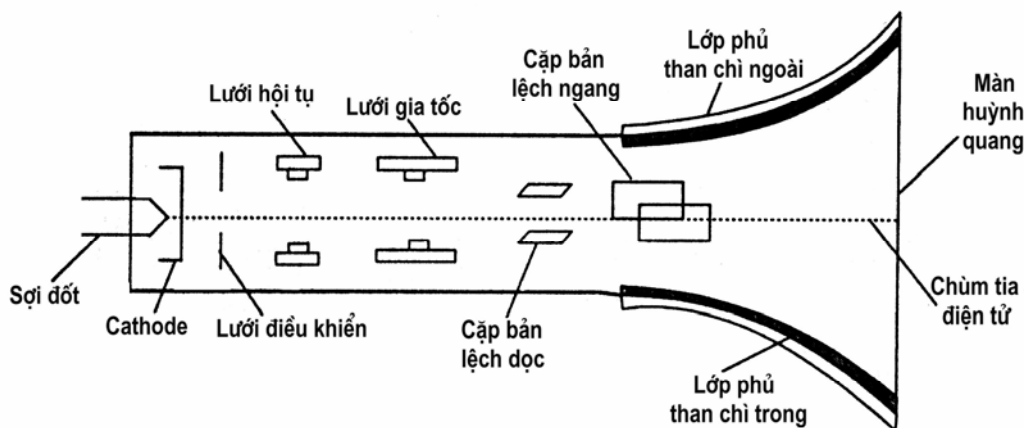
Thiết bị đo và quan sát dạng tín hiệu hay máy hiện sóng, gọi tắt là CRO [Cathode - Ray Oscilloscope], là thiết bị đo điện tử rất đa năng, dùng để đo thử trong các hệ thống điện tử. Máy hiện sóng sẽ hiển thị các dạng sóng của tín hiệu trên màn hình, nên có thể đo biên độ cũng như tần số của tín hiệu. Về cơ bản, máy hiện sóng dùng để đo điện áp, nhưng cũng có thể đo dòng điện, nếu dòng điện được biến đổi thành điện áp khi cho dòng điện chảy qua một điện trở cố định. Tương tự, máy hiện sóng có thể đo điện trở nếu dòng điện từ một nguồn dòng hằng được chảy qua điện trở cần đo như đối với DMM (chương 3). Máy hiện sóng hai vết có thể dùng để so sánh hai dạng sóng khác nhau, còn máy hiện sóng hai chùm tia có thể dùng để so sánh các thay đổi về pha liên quan ở hai dạng sóng. Máy hiện sóng có thể được sử dụng hiệu quả để quan sát dạng sóng thực tế trên màn hình và để định lượng dạng sóng. Máy hiện sóng có thể dùng để hiển thị đại lượng bất kỳ nếu có thể biến đổi được thành điện áp. Do máy hiện sóng là thiết bị đo đa dụng nên cũng được sử dụng trong các lĩnh vực đo và quan sát khí tượng, sinh học, y tế và công nghiệp.

2.1 NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY HIỆN SÓNG TƯƠNG TỰ

Máy hiện sóng bao gồm ống tia cathode (CRT), và các mạch làm lệch để hiển thị dạng sóng. Nguyên lý hoạt động của ống tia cathode và các mạch làm lệch được giải thích như sau:

a) Ống tia cathode.

Bộ phận chính của máy hiện sóng là ống tia cathode, đó là một đèn phát xạ điện tử do nhiệt độ cao bao gồm một súng điện tử, các bản làm lệch và màn hình huỳnh quang. Tất cả được bọc trong vỏ bằng thủy tinh, rút chân không như ở hình 2.1.



Hình 2.1: Cấu tạo của ống tia cathode (CRT) của máy hiện sóng thông dụng.

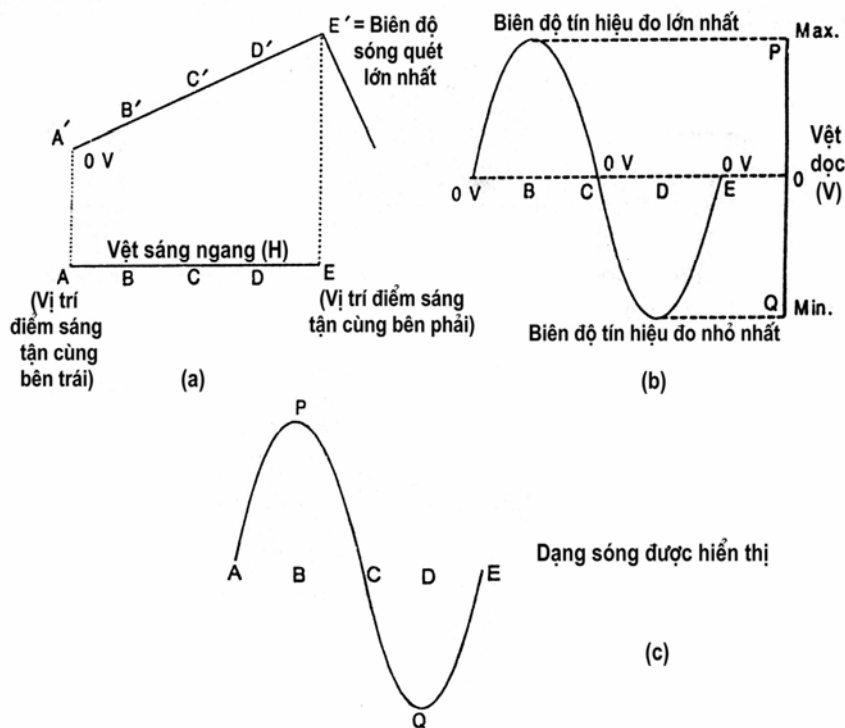
Súng điện tử gồm cathode được làm bằng Vonfram sẽ được đốt nóng để phát xạ các điện tử. Sự di chuyển của các điện tử được điều khiển bởi lưới điều khiển có điện áp âm hơn so với cathode. Các điện tử di chuyển qua các điện trường tạo ra bởi các lưới hội tụ và lưới gia tốc, để tạo thành tia hội tụ sắc nét. Chùm tia điện tử năng lượng cao sẽ đập vào màn hình huỳnh quang, nên sẽ làm cho các phân tử phosphor loé sáng. Ở phần loe của ống thủy tinh, có phủ lớp than chì cả hai bên lớp vỏ thủy tinh. Lớp than chì bên trong sẽ ngăn các điện tử khỏi phát xạ thứ cấp, còn lớp than phủ bên ngoài làm nhiệm vụ bảo vệ, để tránh sự bức xạ nhiễu tín hiệu quét. Một lớp nhôm mỏng cũng được đặt gần sát màn hình để chặn các ion dịch chuyển khỏi sự va chạm màn huỳnh quang và cũng dùng để phản xạ ánh sáng trở lại phía màn hình nhằm cải thiện độ phát sáng của tia sáng. Ống tia cần phải có điện áp vài kV (gọi là đại cao áp hay điện thế EHT) đặt vào lớp phủ than chì

bên trong. Các lưới khác sẽ lấy các mức điện áp dc thích hợp từ điện áp cao thông qua mạch phân áp.

Sự làm lệch tia theo chiều ngang có được bằng cách sử dụng tín hiệu răng cưa. Sự làm lệch tia theo chiều dọc nhờ tín hiệu cần quan sát. Các mạch điều khiển độ lệch tia ở máy hiện sóng (ngoài ống tia), sử dụng các transistor nên yêu cầu các mức điện áp dc thấp để hoạt động.

b) Làm lệch chùm tia.

Nguyên lý hoạt động của bộ gốc thời gian (làm lệch ngang). Chùm tia sẽ được làm lệch theo chiều ngang bằng cách áp đặt một điện áp răng cưa (như ở hình 2.2a), lên cặp bản lệch (gọi là cặp bản lệch ngang) theo kiểu làm lệch tĩnh điện. Khi không có điện áp tín hiệu lên hai bản lệch (điểm A' của tín hiệu răng cưa ở hình vẽ), điểm sáng do tia tạo ra tại điểm bắt đầu A trên màn hình. Khi mức điện áp của bản lệch bên phải tăng dần so với bản lệch bên trái, thì điểm sáng sẽ di chuyển về bên phải nên lần lượt qua đến các điểm B, C, D và E trên màn hình, tương ứng với mức điện áp răng cưa B', C', D' và E'. Sau đó điện áp răng cưa sẽ trở về lại mức 0 nên điểm sáng sẽ trở lại điểm A ban đầu.



Hình 2.2: Hiển thị dạng sóng do sự làm lệch theo chiều ngang và dọc.

Sự làm lệch dọc. Cặp bản lệch thứ hai gọi là cặp bản làm lệch dọc. Tín hiệu vào cần đo sẽ được đặt vào cặp bản lệch dọc sau khi đã được khuếch đại. Do ảnh hưởng của mức điện áp lệch dọc mà chùm tia điện tử sẽ bị lệch theo chiều dọc trong khoảng P và Q, như ở hình 2.2b.

Như vậy, chùm tia sẽ chịu hai sự làm lệch ngang và dọc đồng thời, nên ảnh hưởng hợp thành là tái tạo lại tín hiệu có biên độ thay đổi theo thời gian, như thể hiện ở hình 2.2c. Khi sự làm lệch theo chiều ngang điều khiển điểm sáng từ A đến B, thì làm lệch dọc sẽ kéo điểm sáng đến P, nên sau khoảng thời gian AB, điểm sáng không phải tại B mà là tại P. Tương tự, sau khoảng thời gian AC điểm sáng là tại C; sau khoảng thời gian AD, điểm sáng là tại Q, và sau khoảng thời gian AE, điểm phát sáng là tại E, v. v. . . . Do vậy, các phân tử phát quang APCQE sẽ lần lượt phát sáng và hiển thị dạng sóng vào. Ô lưới khắc độ trên mặt máy hiện sóng sẽ cho phép đo khoảng thời gian trên trục ngang (X), và biên độ trên trục dọc (Y).

Xoá tia quét ngược hay tia quay về.

Tín hiệu răng cưa giảm rất nhanh từ giá trị lớn nhất về 0, gọi là tia quay về, hay tia quét ngược. Tín hiệu quét ngược sẽ không được nhìn thấy trên màn hình, nếu không thì dạng sóng được hiển thị sẽ trở nên méo dạng lớn. Do đó trong suốt khoảng thời gian quét ngược, ống tia sẽ được giữ ở trạng thái ngưng phát sáng, gọi là xoá tia, bằng cách cung cấp mức điện áp âm cho lưới điều khiển so với cathode.

c) Đồng bộ.

Đồng bộ được sử dụng để thể hiện quá trình làm cho dạng sóng ổn định. Dạng sóng sẽ ổn định nếu tín hiệu quét bắt đầu tại giá trị 0 của tín hiệu vào. Giả sử thời gian quét thể hiện 5 chu kỳ của tín hiệu vào, tiếp theo sau khi quét ngược, vết sáng sẽ phải bắt đầu với điểm đầu là chu kỳ thứ 6 của tín hiệu vào. Điều này có thể thực hiện hoặc bằng sự kích khởi bộ tạo dao động quét một trạng thái bền liên tục với một xung từ tín hiệu vào, hoặc bằng một tín hiệu ngoài bất kỳ, hay nếu tín hiệu quét tuần hoàn thì bằng cách điều chỉnh mạch quét dựa trên việc tinh chỉnh định thời. Tinh chỉnh độ biến thiên thời gian, có thể thực hiện bằng cách cung cấp một phần nhỏ tín hiệu vào cho mạch dao động tạo tín hiệu quét tuần hoàn.

Số lượng chu kỳ dạng sóng được hiển thị trên màn hình sẽ tùy thuộc vào khoảng thời gian cần thiết để điểm sáng di chuyển từ điểm bắt đầu (điểm tận cùng bên trái của màn hình) đến điểm tận cùng bên phải, và chu kỳ (hay tần số) của tín hiệu vào. Nếu khoảng thời gian của tín hiệu răng cưa bằng một nửa chu kỳ ($T/2$) của dạng sóng vào, thì một nửa chu kỳ dạng sóng vào sẽ được hiển thị. Nếu thời gian quét của tín hiệu răng cưa bằng một chu kỳ của tín hiệu vào thì toàn bộ chu kỳ sẽ được hiển thị. Nếu thời gian quét của tín hiệu răng cưa bằng 2 chu kỳ tín hiệu vào thì hai chu kỳ sẽ được hiển thị, v. v. . . Do vậy, khi biết khoảng thời gian tạo vết theo chiều ngang và số lượng chu kỳ được hiển thị trên màn hình, thì có thể xác định chu kỳ hay tần số của tín hiệu vào. Khoảng thời gian tạo vết ngang sẽ được chỉ thị trên chức năng điều khiển *thời gian / vạch chia* [Time/Div], tính theo đơn vị ms/div hay μ s/div.

d) Độ nhạy của sự làm lệch.

Biên độ của dạng sóng vào sẽ được xác định bằng cách đếm số vạch chia theo chiều dọc trên màn hình từ đỉnh đến đỉnh của dạng sóng. Suy ra một nửa số vạch chia sẽ là biên độ đỉnh của dạng sóng cần đo. Giá trị của mỗi vạch chia theo chiều dọc sẽ được chỉ thị trên chuyển mạch điều khiển hệ số khuếch đại dọc theo mV/div hay V/div. Chuyển mạch điều khiển dọc được gọi là độ nhạy của sự làm lệch. Độ nhạy lệch tùy thuộc vào các điện trở phân áp và hệ số khuếch đại điện áp của mạch khuếch đại dọc.

Ví dụ 2.1: Với tín hiệu vào dc là 100mV (đỉnh - đỉnh) đặt vào đầu vào. Mạch phân áp sẽ làm giảm tín hiệu vào ở mức một phần 10 tại đầu vào của mạch khuếch đại dọc có hệ số khuếch đại là 40dB. Tính mức điện áp thực tế theo vạch chia trên màn hình và vị trí độ nhạy dọc nếu tín hiệu đo chiếm 5 vạch chia trên màn hình.

Tín hiệu tại đầu vào của mạch khuếch đại dọc = $100 \times 1/10 = 10\text{mV}$

Hệ số khuếch đại 40dB có nghĩa là sự khuếch đại điện áp lên 100 lần.

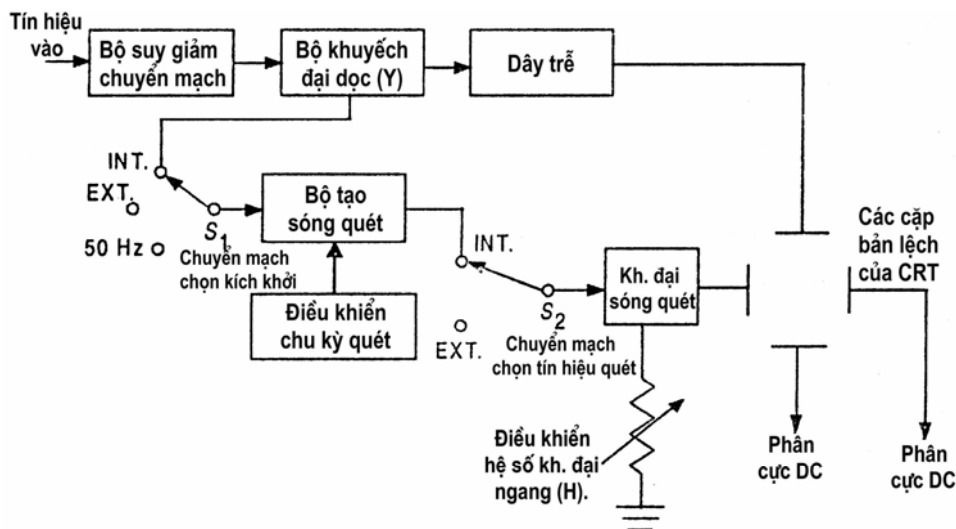
Do vậy, tín hiệu tại đầu ra của mạch khuếch đại dọc = $10\text{mV} \times 100 = 1000\text{mV}$.

Mức tín hiệu này chiếm 5 vạch chia, nên mức điện áp thực tế trên một vạch chia là 200mV, nhưng thang độ nhạy sẽ được đặt ở mức 20mV / div, để có giá trị chỉ thị đúng là 100mV (đỉnh - đỉnh).

e) Máy hiện sóng vết đơn.

Sơ đồ khối của máy hiện sóng vết đơn (theo kiểu quét kích khởi) như ở hình 2.3. Tín hiệu vào thông qua mạch suy giảm (như trong voltmeter điện tử) theo các thang đo khác nhau đối với phép đo biên độ. Tín hiệu sau đó sẽ được khuếch đại bởi mạch khuếch đại dọc (khuếch đại - Y), và sẽ được cung cấp đến cặp bản lệch dọc để làm lệch theo chiều dọc. Mạch dao động quét sẽ tạo ra tín hiệu răng cưa và được khuếch đại để cung cấp đến cặp bản lệch ngang. Khoảng thời gian của tín hiệu quét được điều khiển bởi

mạch điều khiển gốc thời gian nên giá trị của khoảng thời gian theo vạch chia sẽ được chỉ trên chuyển mạch điều khiển định thời trên mặt máy hiện sóng. Đối với một số ứng dụng đo (chẳng hạn như các mẫu hình Lissajous hay các phép đo độ điều chế), cần phải đặt theo vị trí quét ngoài và do vậy chuyển mạch S_2 sẽ cung cấp tín hiệu quét trong hay quét ngoài đến mạch khuếch đại tín hiệu quét theo yêu cầu.



Hình 2.3: Sơ đồ khối của máy hiện sóng vật đơn cơ bản.

Để giữ ổn định dạng sóng hiển thị, cần phải có các thời điểm khởi đầu quét tại cùng một vị trí của chu kỳ tín hiệu vào, tức là đảm bảo sự đồng bộ, tín hiệu vệt ngang được tạo ra bởi xung kích khởi lấy từ mạch khuếch đại dọc (khuếch đại - Y) sẽ kích khởi mạch dao động quét bằng bộ đa hài đơn ổn. Khi cần kích khởi ngoài, hay kích khởi bằng tín hiệu điện ac 50Hz (gắn bên trong máy hiện sóng) cũng có thể sử dụng bằng chuyển mạch S_1 .

Dây trễ dùng để bù độ trễ gây ra do sự khởi động mạch quét sau khi kích khởi. Vì vậy, dây trễ sẽ làm cho tín hiệu đo và tín hiệu quét đến các cặp bản lệch trong ống tia một cách đồng thời.

f) Quét lặp lại.

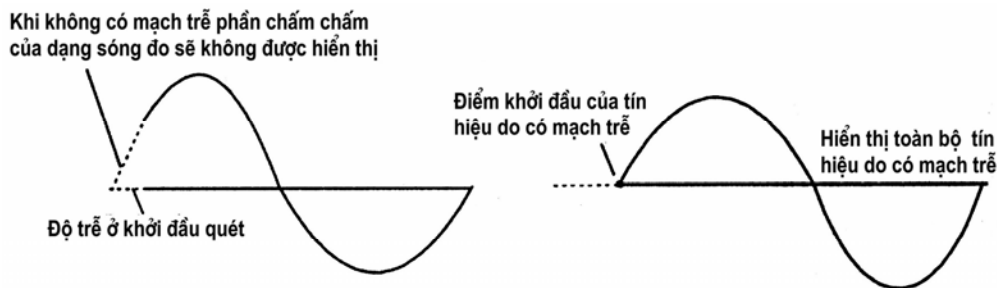
Máy hiện sóng sử dụng mạch đa hài chạy tự do nên không cần tín hiệu kích khởi. Mạch quét sẽ nhận được tín hiệu lặp lại theo mỗi chu kỳ của mạch dao động đa hài. Để dạng sóng ổn định, cần phải có sự đồng bộ giữa tần số quét và tần số của tín hiệu cần đo. Điều này có thể thực hiện bằng cách thay đổi tần số quét nhờ việc điều khiển định thời.

Sự khác nhau giữa quét lặp lại và quét kích khởi. Tần số và pha của tín hiệu quét lặp lại cần phải được đồng bộ với tín hiệu vào để tạo ra dạng sóng hiển thị ổn định. Nếu tần số sai lệch, thì sự hiển thị dạng sóng sẽ không ổn định.

Quét kích khởi sẽ hiển thị vệt theo chu kỳ thời gian quy định và vì vậy sẽ ổn định mà không liên quan đến tần số tín hiệu vào.

g) Máy hiện sóng quét trễ.

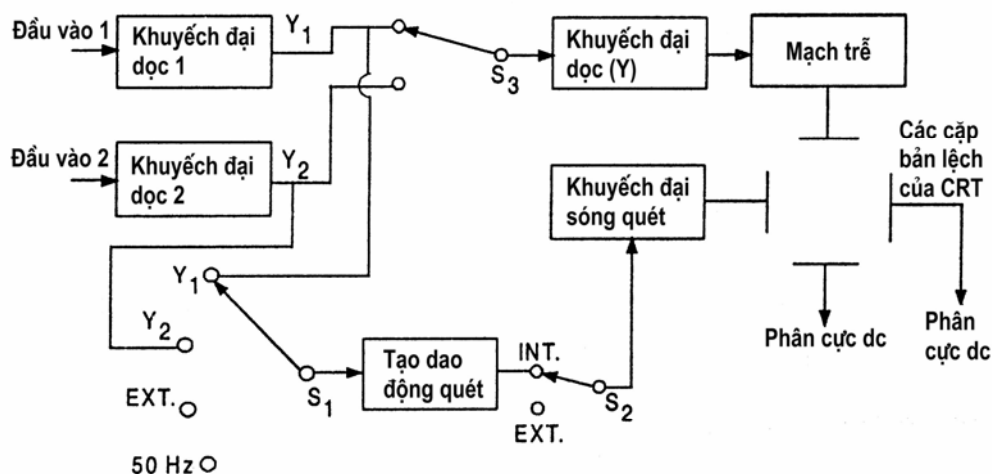
Do xung kích khởi, sự khởi đầu quét sẽ bị trễ, nên sẽ không thể quan sát vệt sáng trên màn hình trong một khoảng thời gian nào đó. Tín hiệu ở bản lệch dọc là liên tục, nên một phần của tín hiệu cần đo sẽ bị mất. Do vậy, cũng cần phải làm trễ tín hiệu. Vì tín hiệu không được đặt trực tiếp vào cặp bản lệch dọc mà phải truyền qua mạch dây trễ, để tạo ra khoảng thời gian cần thiết cho mạch quét khởi đầu tại cặp bản lệch ngang trước khi tín hiệu cần đo đến cặp bản lệch dọc. Nếu độ trễ tín hiệu là 200ns, và sóng quét bị trễ khoảng 80ns, thì tín hiệu cần quan sát sẽ được hiển thị theo tín hiệu quét đúng khi bắt đầu quét, như thể hiện ở hình vẽ 2.4.



Hình 2.4: Tác dụng của mạch làm trễ tín hiệu.

h) Máy hiện sóng vệt kép.

Ở máy hiện sóng vệt kép hay hai vệt, một mạch quét đơn sẽ được hiển thị tại hai vị trí dọc khác nhau trên màn hình theo từng chu kỳ răng cưa luân phiên. Sơ đồ khối máy hiện sóng hai vệt như ở hình 2.5.



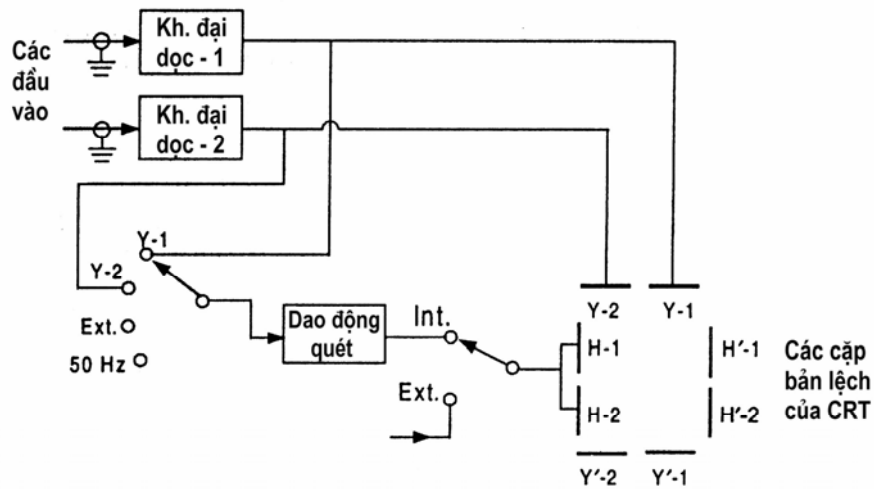
Hình 2.5: Sơ đồ khối của máy hiện sóng hai vệt.

Chuyển mạch điện tử S_3 sẽ chọn tín hiệu vào dọc (Y_1), được đưa đến mạch khuếch đại dọc (Y) trong một khoảng thời gian nào đó, còn tín hiệu Y_2 sẽ được cung cấp đến mạch khuếch đại dọc trong khoảng thời gian tiếp theo. Chuyển mạch S_1 sẽ cho phép kích khởi hoặc bằng tín hiệu Y_1 hoặc bằng tín hiệu Y_2 , hay bằng tín hiệu ngoài, hay kích khởi bằng tín hiệu mạng điện 50Hz. Cấu trúc mạch như đối với máy hiện sóng vệt đơn. Chuyển mạch tự động có tốc độ đủ nhanh để cả hai tín hiệu có thể quan sát một cách rõ ràng trên màn hình (do độ lưu sáng của chất huỳnh quang và độ lưu sáng ở võng mạc mắt).

Ở máy hiện sóng hai vệt, chỉ có một mạch quét, nên đối với một chu kỳ tín hiệu quét sẽ điều khiển sự làm lệch dọc của một dạng sóng vào, và đối với chu kỳ quét tiếp theo của cùng một mạch quét, tín hiệu quét sẽ điều khiển sự làm lệch dọc của tín hiệu vào thứ hai. Vậy hai dạng sóng của hai tín hiệu vào riêng sẽ được hiển thị, nhưng không được hiển thị đồng thời. Do đó không thể so sánh độ lệch pha giữa hai dạng sóng. Để so sánh quan hệ về pha, cần phải có hai dạng sóng được hiển thị đồng thời tại cùng thời điểm, tức là có thể thực hiện bằng máy hiện sóng hai chùm tia.

i) Máy hiện sóng hai tia.

Ở máy hiện sóng tia kép hay hai tia có hai súng điện tử, hai cặp bản lệch dọc và hai cặp bản lệch ngang. Hai cặp bản lệch ngang được đặt song song và được điều khiển bởi cùng một một quét ngang (mạch gốc thời gian), tức là cùng một tín hiệu quét sẽ xuất hiện đồng thời tại hai cặp bản lệch ngang. Sơ đồ khối của máy hiện sóng hai tia như ở hình 2.6, trong đó có một mạch dao động quét có trong hình vẽ, nhưng ở các máy hiện sóng đắt tiền có hai mạch tạo sóng quét.

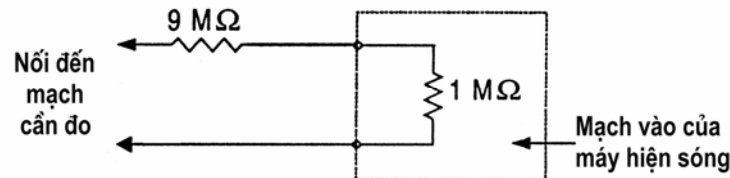


Hình 2.6: Sơ đồ khối đơn giản hóa của máy hiện sóng hai tia.

k) Dây que đo của máy hiện sóng.

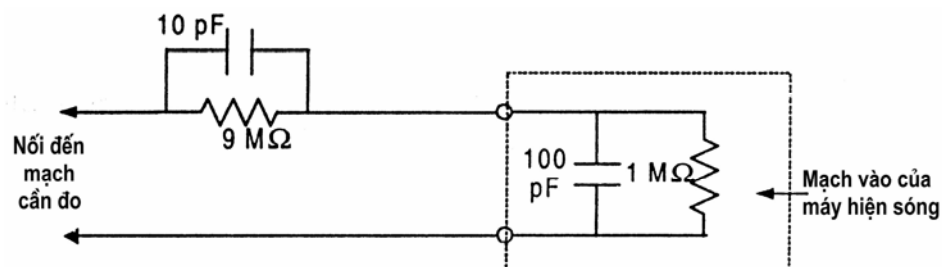
Dây que đo là các đầu nối máy hiện sóng đến thiết bị hay mạch điện tử cần đo thử. Ngoài chức năng dây que đo đơn giản bằng cáp đồng trục thông thường, cần phải có các dây que đo dùng riêng cho máy hiện sóng để đảm bảo tín hiệu đo trung thực nhất.

Dây que đo DC 10:1. Mạch khuếch đại đọc (Y) có trở kháng vào khoảng $1\text{M}\Omega$ mắc song song với một tụ khoảng 50pF . Cáp đồng trục có thể có điện dung ký sinh khoảng 50pF . Điều này sẽ gây ra quá tải rất lớn đối với mạch điện tử cần đo có trở kháng cao. Giải pháp để hạn chế sự quá tải là mắc một điện trở $9\text{M}\Omega$ nối tiếp như ở hình 2.7. Mạch cần đo sẽ xem điện trở vào của máy hiện sóng là $10\text{M}\Omega$ thay cho $1\text{M}\Omega$, nhưng tín hiệu tại các đầu vào của máy hiện sóng bằng một phần mười tín hiệu đặt vào. Độ suy giảm có thể được bù bằng mạch khuếch đại đọc.



Hình 2.7: Dây que đo dc của máy hiện sóng.

Dây que đo 10:1 tần số cao. Vấn đề về dung kháng thấp của tụ 100pF đối với tín hiệu đo ở dải tần số cao được giải quyết bằng cách sử dụng một tụ điện nhỏ có trị số $C = 1/10$ so với tụ điện song song như mạch hình 2.8. Trimmer (tụ xoay) 10pF mắc nối tiếp với điện dung 100pF để có điện dung thực tế vào khoảng 9pF là tương đối thấp nên sẽ không gây quá tải cho mạch của hệ thống có tần số cao, nhưng sẽ làm giảm mức tín hiệu ac vào khoảng một phần mười. Các ảnh hưởng của que đo sẽ được kiểm tra bằng cách cung cấp xung vuông vào que đo để quan sát dạng xung vuông trên máy hiện sóng, sẽ cho tín hiệu tần số thấp (phần bằng phẳng) cũng như tín hiệu tần số cao (các cạnh).

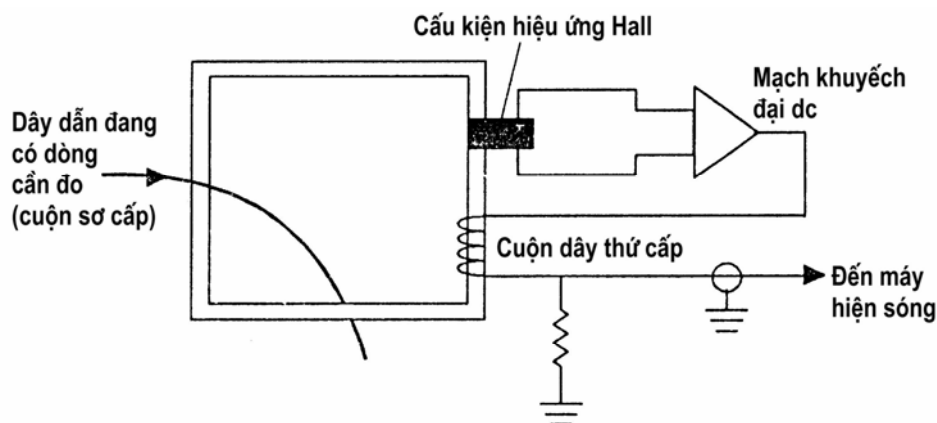


Hình 2.8: Dây que đo 10:1 dùng đo tín hiệu tần số cao

Dây que đo tích cực Đầu đo tích cực gồm một mạch FET lặp lại cực nguồn theo kiểu mạch lặp lại emitter ở BJT, để có điện trở vào cao và điện trở ra thấp nên sẽ loại bỏ sự quá tải cho mạch cần đo khi nối que đo của máy hiện sóng vào mạch. Đầu đo cũng cho mức điện dung rất nhỏ, do vậy sẽ cải thiện đáp ứng tần số cao (khi cần đo các xung tăng nhanh). Ngoài ra, đầu đo tích cực có độ suy giảm thấp hơn nhiều so với đầu đo 10:1. Do đó đầu đo tích cực sử dụng hiệu quả để đo các tín hiệu nhỏ. Tuy nhiên, đầu đo tích cực có giá thành cao nên ít được sử dụng. Đầu đo 10:1 được sử dụng phổ biến hơn.

Dây que đo kiểu tách sóng Đầu đo sử dụng mạch tách sóng bằng diode để tách tín hiệu điều chế ra khỏi tín hiệu cao tần (RF) đã được điều chế, và cũng sẽ chỉnh lưu tín hiệu sóng mang cao tần (RF) thành một chiều (dc). Biên độ đỉnh của sóng mang sẽ được hiển thị theo dạng sóng được chồng chập trên tín hiệu dc. Như vậy, đầu đo sẽ làm việc như mạch phát hiện tín hiệu ở các máy thu thanh và máy thu thông tin, trong đó tín hiệu có thể trong dải vài megahertz. Khi dùng đầu đo kiểu tách sóng biến đổi các tín hiệu tần số cao thành dải âm tần, nên có thể sử dụng máy hiện sóng có độ rộng băng tần thấp.

Dây que đo cảm ứng dòng. Đầu đo cảm ứng dòng gồm một vòng lõi từ có thể kẹp được dây dẫn để đo được dòng điện như ở mạch hình 2.9.



Hình 2.9: Dây que đo dòng điện cảm ứng dùng cho máy hiện sóng.

Dây dẫn có dòng điện chảy qua cần đo đóng vai trò như một cuộn dây sơ cấp của tín hiệu xoay chiều. Cuộn dây quấn trên lõi từ làm cuộn thứ cấp. Khi có dòng dc chảy qua, dòng điện từ trong cấu kiện hiệu ứng Hall giảm xuống, tức là làm tăng mức chênh lệch điện thế sẽ được khuếch đại để cung cấp đến máy hiện sóng.

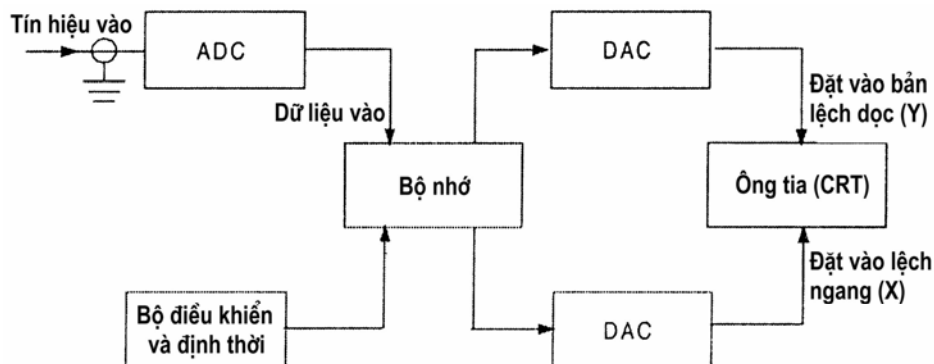
2.2 MÁY HIỆN SÓNG SỐ - NHỚ.

Máy hiện sóng số có chức năng nhớ - DSO [Digital Storage Oscilloscope], là thiết bị đo có giá thành cao và phức tạp, nhất là máy hiện sóng có chức năng xử lý tín hiệu, cho khả năng tính toán các giá trị trung bình, hiệu dụng [r.m.s], biến đổi Fourier và phân tích phổ. Kiểu máy hiện sóng sử dụng vi xử lý không cần thiết trong các dịch vụ sửa chữa, mà thông dụng hơn là kiểu máy hiện sóng không có vi xử lý, để xác định các hư hỏng và các xung chập chờn.

Máy hiện sóng nhớ - số sử dụng ống tia cathode thông thường (không phải kiểu ống tia có chức năng nhớ). Các mẫu dạng sóng sẽ được lưu trữ trong bộ nhớ, và có thể hiển thị trên màn hình của máy hiện sóng thông thường. Sơ đồ khối của máy hiện sóng nhớ - số kiểu không xử lý tín hiệu cho ở hình 2.10.

Tín hiệu cần đo đặt vào máy hiện sóng sẽ được lấy mẫu theo từng khoảng thời gian đều đặn. Mỗi mức mẫu sẽ được chuyển đến bộ biến đổi tương tự sang số (ADC) để tạo ra các tín hiệu logic nhị phân tương ứng với mức biên độ của tín hiệu đã được lấy mẫu. Tín hiệu nhị phân sẽ được lưu trữ trong bộ nhớ nên có thể sử dụng khi cần thiết. Khi cần quan sát, tín hiệu nhị phân sẽ được đưa đến bộ biến đổi số - tương tự, để biến đổi tín hiệu nhị phân thành dạng tín hiệu tương tự ban đầu cung cấp cho ống tia cathode. Các tín hiệu

điều khiển và định thời sẽ kích hoạt bộ nhớ bất cứ lúc nào khi yêu cầu ghi và đọc dữ liệu. Ngoài ra, mạch điều khiển và định thời sẽ cung cấp tín hiệu nhị phân cho bộ gốc thời gian để biến đổi thành tín hiệu gốc thời gian tương tự đưa đến cấp bản làm lệch ngang (H), để tạo ra vết sáng trên màn hình.



Hình 2.10: Sơ đồ khối của máy hiện sóng số có chức năng nhớ

2.3 ỨNG DỤNG ĐO BẰNG MÁY HIỆN SÓNG

a) Sử dụng máy hiện sóng để phát hiện sai hỏng

Máy hiện sóng là thiết bị đo có độ nhạy rất cao, chính xác và không gây quá tải cho hệ thống cần đo, do không có cơ cấu đo kiểu quay. Máy hiện sóng sẽ hiển thị dạng sóng thực tế của tín hiệu vào, nên có thể biết mạch có khuếch đại và méo dạng hay không một cách dễ dàng. Máy hiện sóng có thể dùng để đo mức điện áp *dc*, khảo sát các tín hiệu xung, các tín hiệu răng cưa, tam giác, sóng sin và các tín hiệu có dạng phức tạp khác. Máy hiện sóng có thể đo tần số của các bộ dao động và các bộ tạo xung nhịp. Máy hiện sóng vết kép có thể kiểm tra hai tín hiệu vào (trong trường hợp ở các mạch op - amp và các công), cũng như kiểm tra tín hiệu đầu vào và đầu ra trong mạch điện tử. Do vậy, máy hiện sóng được sử dụng phổ biến trong việc đo thử, sửa chữa các mạch khuếch đại, các mạch dao động, các máy phát, máy thu và trong các hệ thống mạch số.

b) Các chức năng điều khiển trên mặt máy hiện sóng.

Các chức năng điều khiển trên mặt máy hiện sóng thông thường gồm:

- *Điều khiển cường độ tia* [Intensity control] dùng để điều chỉnh độ sáng của vết.
- *Điều khiển độ hội tụ* [Focus control] dùng để điều khiển độ sắc nét của vết sáng.
- Astigmatism
- *Điều khiển định thời*. Điều chỉnh khoảng thời gian / vạch chia của mạch dao động quét (gốc thời gian).
- *Điều khiển hệ số khuếch đại dọc* (Y) dùng để điều chỉnh biên độ của dạng sóng hiển thị theo chiều dọc, trong khoảng từ 5mV/div đến 20V/div.
- *Điều khiển hệ số khuếch đại ngang* (H) dùng để điều chỉnh độ dài của vết theo chiều ngang.
- *Điều khiển quét* dùng để chọn mạch quét trong hay quét ngoài.
- *Điều khiển kích khởi* [Trigger control] dùng để chọn xung kích khởi từ bộ khuếch đại dọc (Y), hoặc từ tín hiệu điện lưới hay tín hiệu ngoài (đối với các loại máy hiện sóng hiện nay có thêm chức năng điều khiển đồng bộ).
- *Điều khiển mức kích khởi*, dùng để điều chỉnh mức của xung kích khởi.
- *Điều khiển vị trí ngang*, dùng để điều chỉnh vị trí của dạng sóng hiển thị theo chiều ngang.
- *Điều khiển vị trí dọc* dùng để điều chỉnh vị trí của dạng sóng hiển thị theo chiều dọc.

- *Định chuẩn trong* sẽ cung cấp tín hiệu tần số 1kHz, biên độ không đổi (thường là $2V_{pp}$), để kiểm tra việc định chuẩn que đo.

c) Sử dụng máy hiện sóng.

1. Khi chưa bật chuyển mạch nguồn cung cấp, đặt các núm chức năng điều khiển độ hội tụ [focus], cường độ chùm tia [intensity] và điều khiển hệ số khuếch đại [V/div] ở vị trí thấp nhất (tận cùng bên trái), và các chức năng điều khiển vị trí dọc và ngang ở vị trí gần điểm giữa.
2. Tiếp theo là bật chuyển mạch nguồn cung cấp chính của máy hiện sóng.
3. Sau khoảng thời gian khởi động của máy hiện sóng để cho cathode cần phải được đốt nóng hoàn toàn, tạo ra cường độ chùm tia yêu cầu.
4. Điều chỉnh chức năng điều khiển cường độ chùm tia để có vệt sáng rõ ràng xuất hiện trên màn hình. Điều chỉnh chức năng điều khiển vị trí dọc và ngang nếu cần. (Đôi khi hệ số khuếch đại ngang có thể biểu hiện thành vệt sáng nếu điểm sáng bắt đầu ngoài khung màn hình). Khi điểm sáng có thể nhìn thấy, di chuyển điểm sáng vào trung tâm và điều chỉnh độ hội tụ, độ nhòe để làm cho điểm sáng gọn. Chức năng điều khiển cường độ tia cần phải được điều chỉnh để điểm sáng không quá chói, hoặc không quá mờ.
5. Đặt chế độ quét theo vị trí quét trong [Int.], và điều chỉnh hệ số khuếch đại ngang để mở rộng điểm sáng thành đường sáng đầy đủ ngang trên màn hình.
6. Kiểm tra sự di chuyển theo chiều dọc của đường sáng ngang. Mạch khuếch đại dọc định chuẩn có sẵn trong thiết bị đo.
7. Đặt đầu que đo vào hệ thống cần đo. Chuyển mạch nguồn của hệ thống cần đo bật [ON].
8. Điều chỉnh chức năng điều khiển hệ số khuếch đại dọc để có độ cao của dạng sóng yêu cầu trên màn hình.
9. Điều chỉnh dao động quét (gốc thời gian) để có số chu kỳ cần thiết trên màn hình. Đối với máy hiện sóng đã được kích khởi, chu kỳ cần phải ổn định.
10. Khảo sát dạng sóng, đo biên độ và kiểm tra đặc tính của tín hiệu.
11. Để có các mẫu hình Lissajous, đưa tín hiệu ngoài được cung cấp từ máy tạo sóng đến đầu vào quét ngoài, dùng cho phép đo tần số và pha.

d) Các phép đo với máy hiện sóng.

Đo điện áp của tín hiệu vào Giá trị đỉnh - đỉnh của điện áp được đo bằng cách đếm số vạch chia theo chiều dọc giữa hai đỉnh. Chẳng hạn, nếu biên độ đỉnh - đỉnh của dạng sóng chiếm 4 vạch chia trên thang độ nhạy 500mV/div, thì trị số đỉnh - đỉnh là $500\text{mV/div} \times 4\text{div} = 2\text{V}$, vậy biên độ đỉnh là 1V.

Đo khoảng thời gian của chu kỳ Chu kỳ của tín hiệu đo được bằng cách tính số chu kỳ trên bộ gốc thời gian. Giá trị gốc thời gian có trong một chu kỳ sẽ là chu kỳ của tín hiệu. Ví dụ, trên thang đo $50\mu\text{s/div}$, có 2 chu kỳ tín hiệu chiếm 4 vạch chia, thì số vạch chia chiếm bởi một chu kỳ là 2 vạch chia, nên chu kỳ tín hiệu là $100\mu\text{s}$. Tính nghịch đảo của chu kỳ sẽ cho tần số của tín hiệu, trong ví dụ sẽ tính được là $1/100\mu\text{s} = 10\text{kHz}$.

Đo tần số theo mẫu hình Lissajous Đo tần số tín hiệu theo mẫu hình Lissajous thực hiện bằng cách đưa tín hiệu có tần số cần đo vào đầu vào dọc, và nối tín hiệu có tần số đã biết vào đầu vào quét ngoài, sẽ thu được các mẫu hình khác nhau trên màn hình tùy thuộc vào tỷ số của hai tần số và độ lệch pha của hai tín hiệu. Các mẫu hình Lissajous như ở hình 2.11.

Khi hai tần số bằng nhau, độ lệch pha bằng 0° sẽ tạo ra một đường thẳng nghiêng 45° so với đường ngang; với độ lệch pha 180° , đường thẳng sẽ tạo một góc bằng 135° so với đường ngang. Khi độ lệch pha là 90° , sẽ tạo ra một đường tròn. Đối với các độ lệch pha bất kỳ khác sẽ tạo ra các hình ellipse.

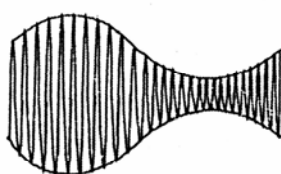
Khi hai tần số tín hiệu không bằng nhau, thì tỷ số của tần số chưa biết (f_v) đối với tần số

| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° |
|---------------------------------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|
| $\frac{f_x}{f_y} = \frac{1}{1}$ | | | | | |
| $\frac{f_x}{f_y} = \frac{1}{2}$ | | | | | |
| $\frac{f_x}{f_y} = \frac{1}{3}$ | | | | | |
| $\frac{f_x}{f_y} = \frac{2}{3}$ | | | | | |

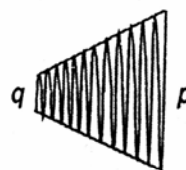
Hình 2.11: Các mẫu hình Lissajous

đã biết (đọc tần số trên máy tạo sóng) (f_h) sẽ được xác định bằng tỷ số của số lượng các vòng theo đường ngang đối với số lượng các vòng theo đường dọc.

Đo chỉ số điều chế của tín hiệu AM Khi tín hiệu điều chế được áp đặt làm tín hiệu quét ngoài, và tín hiệu đã được điều chế làm tín hiệu dọc (Y) như thể hiện ở hình 2.12a. Mẫu hình sẽ được hiển thị như ở hình 2.12b. Chỉ số điều chế sẽ được tính bằng $(p - q)/(p + q)$.



(a) Tín hiệu vào



(b) Tín hiệu hiển thị

Hình 2.12: (a) Tín hiệu đã được điều chế (b) Hiển thị mẫu của chỉ số điều chế.

Đo độ méo của xung Xung vào và xung ra có thể được hiển thị trên máy hiện sóng hai vết. Độ vồng hoặc độ vượt quá của phân nằm ngang, và độ tăng hay độ giảm của các cạnh xung có thể quan sát trên màn hình. Thời gian tăng (ứng với mức thay đổi từ 10% đến 90% biên độ xung) và khoảng thời gian giảm (ứng với mức thay đổi từ 90% đến 10% biên độ xung) có thể đo được trên mẫu xung. Độ rộng của xung sẽ được đo trong khoảng từ từ mức 50% của cạnh tăng đến mức 50% của cạnh giảm.

e) Các điểm lưu ý khi sử dụng máy hiện sóng.

1. Nối vỏ máy hiện sóng với đất.
2. Cường độ chùm tia điện tử cần phải giữ ở mức thấp có thể quan sát thuận lợi. Điểm sáng không được để lâu tại một vị trí trên màn hình. Trong trường hợp cần phải giữ do một lý do nào đó, thì hãy để ở mức cường độ thấp.
3. Nên bắt đầu phép đo với mức độ nhạy nhỏ nhất ở mạch khuếch đại dọc và tăng dần cho đến khi đạt được mức thiết lập thích hợp.
4. Định chuẩn độ lệch dọc trước khi thực hiện các phép đo. Có sẵn nguồn điện áp trong máy hiện sóng cho việc định chuẩn.
5. Sử dụng que đo phù hợp khi thực hiện phép đo trên các tín hiệu tần số cao, hay khi tín hiệu vào quá lớn.
6. Khi tháo máy hiện sóng để sửa chữa, hãy cẩn thận có điện áp rất cao khoảng vài kilovolt. Ngay cả trong trạng thái ngắt chuyển mạch nguồn điện lưới, các tụ lọc có điện áp cao có thể gây nguy hiểm cho người sử dụng, do vậy tụ cần phải được xả khi tiến hành công việc trên máy hiện sóng ở trạng thái cắt nguồn.

7. Phải cẩn thận khi sử dụng ống tia, hư hỏng ngẫu nhiên bất kỳ sẽ dẫn đến hỏng màn hình.
8. Màn hình phát quang có thể phát xạ tia - x nhẹ, khi cần thay thế nên mua CRT tiêu chuẩn từ nhà sản xuất có uy tín.

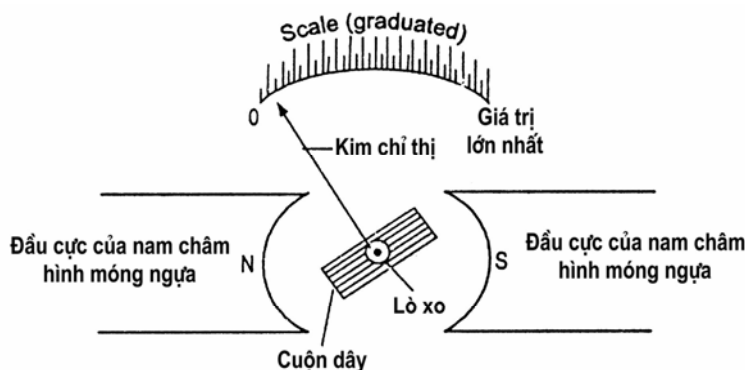
CHƯƠNG 3: THIẾT BỊ ĐO ĐIỆN TỬ ĐA NĂNG VÀ CHUYÊN DỤNG

Thiết bị đo điện tử được giới thiệu trong chương này là thiết bị cơ bản, rất cần thiết trong việc chế tạo, sửa chữa, đo thử các cấu kiện, mạch điện tử và hệ thống điện tử. Sẽ rất bất lợi nếu không có các thiết bị đo để đo thử mạch, đo giá trị của các thông số. Các mục sau mô tả nguyên lý cơ bản và ứng dụng của một số thiết bị đo thông dụng. Các thiết bị đo thử BJT và thiết bị vẽ đặc tuyến BJT sẽ được giải thích ở mục 4.2, thiết bị đo thử IC tuyến tính và IC số sẽ được mô tả ở chương 4.3 và 4.4 tương ứng. Các chỉ tiêu kỹ thuật của một số thiết bị đo giới thiệu ở phần phụ lục I.

3.1 ĐỒNG HỒ ĐO KIỂU TỪ - ĐIỆN

a) Nguyên lý hoạt động của cơ cấu đo kiểu từ - điện

Đồng hồ đo tương tự thường dùng trong đo lường điện – điện tử trước đây, sử dụng cơ cấu cuộn dây di chuyển trong từ trường của nam châm vĩnh cửu (PMMC), còn gọi là cơ cấu D'Arsonval, tức là cơ cấu đo kiểu từ - điện. Về cơ bản, đồng hồ đo kiểu từ - điện là đồng hồ đo dòng một chiều (*dc*), tạo nên bởi các thành phần khác nhau như ở hình 3.1, với ba bộ phận chính là: (i) bộ phận tạo ra lực làm lệch, (ii) bộ phận điều khiển, và (iii) bộ phận làm nhụt.



Hình 3.1: Cơ cấu đo từ - điện.

Bộ phận tạo lực làm lệch trong các đồng hồ từ - điện là tương tác giữa từ trường và dòng điện như trong động cơ điện một chiều. Khi cuộn dây mang dòng được đặt trong từ trường, sẽ tạo ra mô men xoắn bằng $B \times A \times N \times I$ (Newton-mét), trong đó B là mật độ từ thông tính theo Wb/m^2 , A là tiết diện của cuộn dây tính theo m^2 , N là số vòng dây trong cuộn dây, và I là dòng điện tính theo ampere. Mô men sẽ làm cho cuộn dây xoay. Dòng điện cao hơn, sẽ cho mô men quay lớn hơn. Kim được gắn trên cuộn dây, sẽ di chuyển trên thang đo. Cuộn dây quấn trên một khung nhôm nhẹ và được lắp trên trục thẳng, để khung dây có thể xoay tự do trong từ trường đều do mô men quay.

Từ trường đều và mạnh sẽ được tạo ra bởi nam châm hình móng ngựa làm bằng vật liệu từ tính.

Bộ phận điều khiển bao gồm lò xo được gắn vào cuộn dây động, cản lại lực làm lệch, nên sẽ bằng $k \times q$, trong đó k là hệ số lò xo (tùy thuộc vào các kích thước và độ mềm dẻo của lò xo), còn q là góc làm lệch tính theo độ. Khi lực điều khiển bằng với mô men xoắn, kim chỉ thị sẽ dừng tại giá trị cần đo. Khi dòng điện dừng chảy trong cuộn dây, lực xoắn bằng 0, lò xo sẽ bắt đầu phục hồi lại và sẽ đưa kim chỉ thị về vị trí mức dòng bằng 0.

Bộ phận làm nhụt gồm các bộ tạo dòng xoáy không khí, có vai trò ổn định kim chỉ thị tại vị trí chỉ thị.

b) Đồng hồ đo dòng điện bằng cơ cấu từ - điện

Đồng hồ đo kiểu từ - điện về cơ bản là đồng hồ đo dòng một chiều (*dc*), được chế tạo để cho độ lệch toàn thang tại các giá trị dòng thấp, 1mA hoặc thấp hơn ($50\mu\text{A}$). Tuy nhiên, cơ cấu đo có thể dùng để đo các mức dòng cao bằng cách sử dụng các điện trở có trị số

thấp mắc song song với cuộn dây động gọi là các điện trở shunt. Giả sử ta muốn đo dòng 100mA bằng đồng hồ đo có độ lệch toàn thang là 1mA, thì điện trở shunt phải có trị số sao cho mức dòng 99mA chảy qua shunt và chỉ 1mA chảy qua cuộn dây động, như thể hiện ở mạch hình 3.2.

Trị số điện trở của shunt có thể tính từ phương trình (3.1).

$$I_M = \frac{I_T \times R_{Sh}}{R_M + R_{Sh}} \text{ hay } R_{Sh} = \frac{I_M \times R_M}{I_T - I_M} \quad (3.1)$$

Trong đó, I_T là dòng toàn bộ, I_M là dòng được phép chảy qua cơ cấu đo, R_M là điện trở của cơ cấu đo, và R_{Sh} là giá trị điện trở của shunt. Ví dụ 3.1, cho cách tính điện trở shunt.

Ví dụ 3.1: Điện trở của cơ cấu đo là 1000Ω và dòng có thể chảy qua cơ cấu đo lớn nhất là 1mA. Giá trị của R_{Sh} là bao nhiêu để cho phép đồng hồ đo chỉ thị 100mA? Nếu sử dụng cùng cơ cấu đo để đo dòng 1A, thì shunt của đồng hồ cần phải có là bao nhiêu?

$$R_{Sh} = \frac{I_M \times R_M}{I_T - I_M} = \frac{1 \times 1000}{100 - 1} = \frac{1000}{99} = 10,1\Omega$$

Cơ cấu đo có thể định chuẩn để chỉ thị mức dòng 100mA thay cho 1mA khi mắc shunt $10,1\Omega$ vào mạch đo.

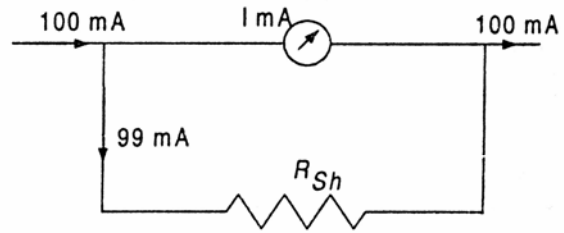
Tương tự, để đo mức dòng 1A, cần phải có shunt vào khoảng 1Ω bằng cách tính như sau:

$$R_{Sh} = \frac{I_M \times R_M}{I_T - I_M} = \frac{1 \times 1000}{1000 - 1} = \frac{1000}{999} = 1\Omega$$

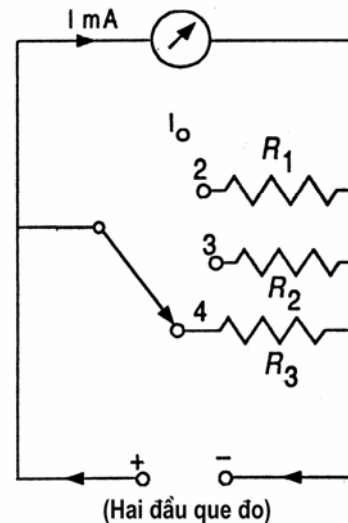
Đồng hồ đo có thể có các thang đo dòng khác bằng chuyển mạch đến các điện trở shunt khác nhau như ở hình 3.3.

Vị trí để trống bên trái của chuyển mạch là thang đo nhỏ nhất (từ 0 đến 1mA) khi không mắc shunt vào phép đo. Các vị trí chuyển mạch 2, 3, và 4 sẽ đặt điện trở R_1 , R_2 , và R_3 mắc song song với cơ cấu đo để cho các thang cao hơn tương ứng.

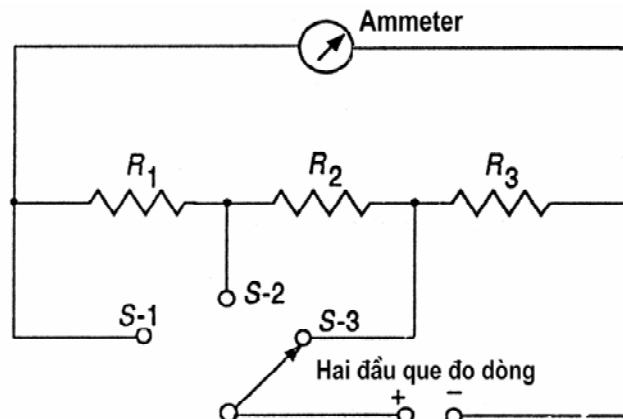
Theo phương pháp trên, cơ cấu đo vẫn giữ nguyên không có shunt ở vị trí thang đo thấp nhất. Phương pháp đo dòng khác là phương pháp shunt vạn năng hay shunt Aryton.



Hình 3.2: Đồng hồ đo dòng điện.



Hình 3.3: Ammeter nhiều thang đo



Hình 3.4: Shunt đa năng hay shunt Aryton.

Shunt vạn năng [shunt Aryton]

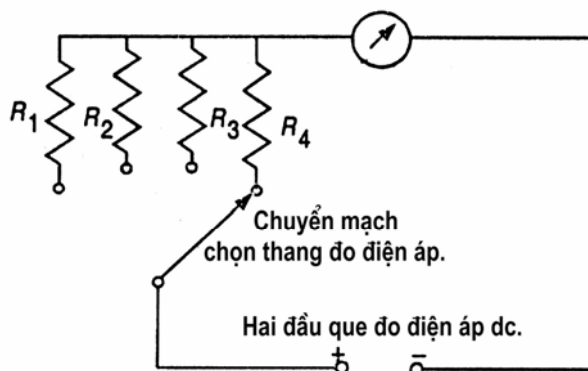
Shunt vạn năng gồm hàng loạt điện trở được mắc song song với cơ cấu đo thông qua các vị trí của chuyển mạch thang đo, như ở hình 3.4. Ở vị trí S-1 của chuyển mạch, shunt của đồng hồ là $R_1 + R_2 + R_3$. Ở vị trí S-2, shunt $R_2 + R_3$ và R_1 sẽ trở thành mắc nối tiếp với cơ cấu đo. Ở vị trí S-3, R_3 sẽ song song còn $R_1 + R_2$ trở nên mắc nối tiếp với cơ cấu đo. Vậy shunt Aryton sẽ hoạt động theo hai cách. Thứ nhất, dùng để rẽ mạch dòng; thứ hai sẽ làm giảm độ nhạy của cơ cấu đo bằng điện trở mắc nối tiếp với cơ cấu đo.

c) Đồng hồ đo điện áp bằng cơ cấu đo từ - điện

Đồng hồ đo dòng bằng cơ cấu đo từ - điện cũng có thể sử dụng làm đồng hồ đo áp [Voltmeter] bằng cách mắc nối tiếp một điện trở lớn cộng với điện trở của cơ cấu đo. Giá trị của điện trở nối tiếp có giá trị lớn để đảm bảo chỉ mức dòng chấp nhận được chảy qua cơ cấu đo. Nếu mức dòng của cơ cấu đo là I_M và điện áp cần đo là V_{me} Volt, giá trị của điện trở toàn bộ R (bằng điện trở mắc nối tiếp + điện trở của cơ cấu đo) sẽ được tính bằng phương trình (3.2).

$$\frac{V_{me}}{R} = I_M \quad (3.2)$$

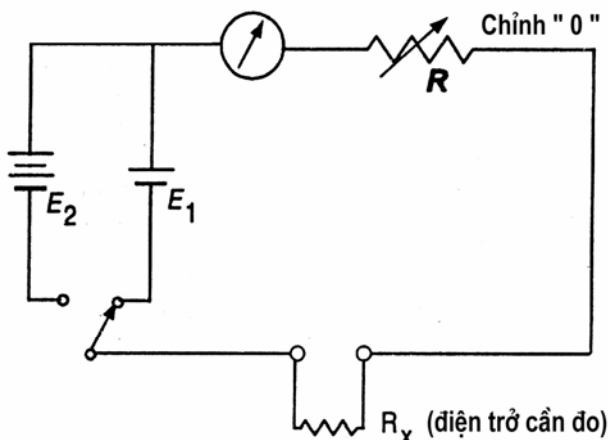
Ví dụ 3.2: Cơ cấu đo từ - điện dùng để đo 100V trên một mạch điện, nếu mức dòng chảy qua cơ cấu đo là 1mA, xác định trị số điện trở mắc nối tiếp. Điện trở của cơ cấu đo là 1000Ω .



Hình 3.5: Voltmeter tương tự nhiều thang đo.

$$\frac{V_{me}}{R} = I_M = \frac{100V}{R} = 1mA, \text{ vậy } R = 100k\Omega, \text{ nên điện trở nối tiếp} = 100k\Omega - 1k\Omega = 99k\Omega.$$

Khi nhiều điện trở mắc nối tiếp, có thể chọn bằng một chuyển mạch được kết nối để thiết bị đo trở thành một voltmeter nhiều thang đo, như ở hình 3.5.

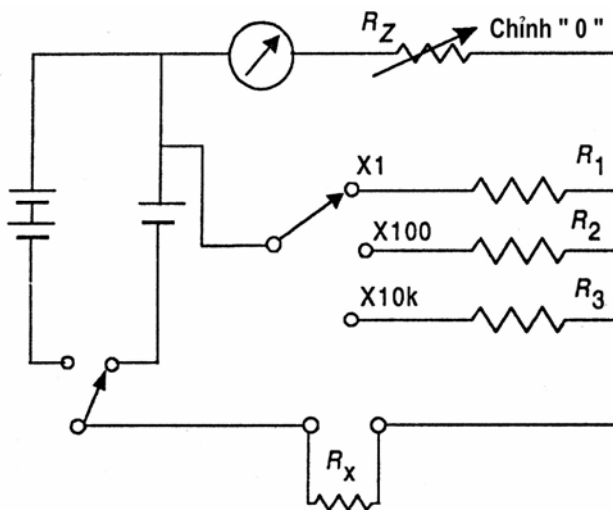
d) Đồng hồ đo điện trở bằng cơ cấu đo từ - điện

Hình 3.6: Mạch Ohmmeter cơ bản.

Sử dụng nguồn pin trong (pin khô), cơ cấu đo từ - điện có thể dùng làm đồng hồ đo điện trở [ohmmeter] để đo các điện trở chưa biết trị số như mạch ở hình 3.6.

Dòng chảy qua cơ cấu đo sẽ chảy qua điện trở cần đo (R_X). Giá trị của dòng điện là độ lệch của kim chỉ thị của cơ cấu đo sẽ tùy thuộc vào trị số của điện trở chưa biết. Thang đo của ohmmeter có thể định chuẩn và khắc độ theo ohm (Ω). Nếu điện trở quá lớn, nguồn pin có thể không cung cấp đủ do dòng sẽ quá nhỏ, nên cần phải có nguồn dự phòng bằng pin lớn hơn ($E_2 > E_1$) thực hiện thông qua chuyển mạch. Biến trở R phải được hiệu chỉnh để đảm bảo rằng khi điện trở chưa biết bằng 0 (tức là hai đầu que đo được ngắn mạch với nhau), cơ cấu đo phải chỉ thị mức điện trở bằng 0 (độ lệch toàn bộ). Thang điện trở sẽ thể hiện điện trở bằng 0 tại độ lệch đầy thang do điện trở bằng 0 nghĩa là mức dòng lớn nhất chảy qua cơ cấu đo. Điện trở vô cùng nghĩa là không có dòng điện, và đó là tận cùng bên trái của thang đo (vạch mức dòng bằng 0) phải được đánh dấu bằng ∞ trên thang đo điện trở. Các thang đo điện trở khác như thang 100Ω , thang $10k\Omega$, thang $10M\Omega$ sẽ có được bằng cách sử dụng các điện trở khác nhau nhờ chuyển mạch nhiều thang đo như ở hình 3.7.

Để đo ở thang đo điện trở thấp nhất, điện trở shunt phải là điện trở thấp nhất. Đối với các thang cao hơn, phải tăng trị số của các điện trở shunt. Theo hình 3.7, R_1 nhỏ hơn so với R_2 , và R_2 nhỏ hơn so với R_3 , v. v. . . R_Z là biến trở chỉnh 0. Nếu cơ cấu đo có độ lệch đầy thang là $1mA$, R_Z cần phải được điều chỉnh để mạch có dòng $1mA$ khi ngắn mạch hai đầu que đo với nhau (tức là khi $R_X = 0$).



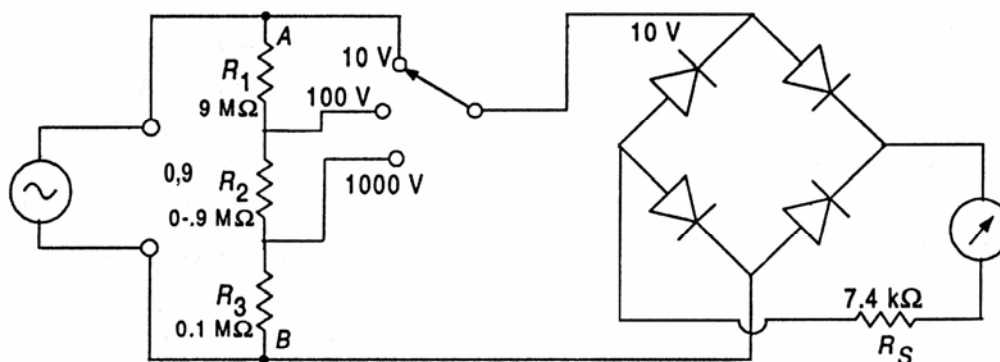
Hình 3.7: Ohmmeter nhiều thang đo.

e) Voltmet xoay chiều bằng cơ cấu đo từ - điện

Cơ cấu đo từ - điện về cơ bản là đồng hồ đo dc . Nếu đưa tín hiệu xoay chiều (ac) đến đồng hồ thì kim chỉ thị sẽ dao động xung quanh điểm 0 do quán tính. Nên để đo điện áp ac phải sử dụng mạch chỉnh lưu bằng diode. Diode sẽ chỉnh lưu điện áp ac , biến đổi điện áp ac thành xung đập mạch dc . Đồng hồ đo sẽ chỉ thị giá trị trung bình như điện áp dc . Đối với bộ chỉnh lưu bán kỳ, mức điện áp dc trung bình sẽ bằng với V_m/π (trong đó V_m là mức điện áp đỉnh của xung đập mạch), còn đối với bộ chỉnh lưu toàn kỳ, mức điện áp dc trung bình là $2V_m/\pi$. Mặc dù kim chỉ thị của đồng hồ đo sẽ lệch tùy theo trị số trung bình, nhưng thang đo sẽ được định chuẩn để chỉ thị giá trị hiệu dụng (rms) của tín hiệu ac . (việc định chuẩn theo các mức tín hiệu vào sóng sin và do đó số chỉ thị sẽ không đúng giá trị hiệu dụng đối với các dạng sóng khác). Thường sử dụng mạch chỉnh lưu cầu để cho giá trị trung bình cao hơn, độ gọn thấp hơn, và không cần biến áp điểm giữa đắt tiền, như mạch ở hình 3.8.

Các điện trở R_1 , R_2 , và R_3 có vai trò như mạch phân áp. Các diode của mạch chỉnh lưu

cầu sẽ chỉnh lưu điện áp ac thành dc . Mức điện áp dc trung bình được tạo ra bằng 90% của trị số hiệu dụng (đối với bộ chỉnh lưu bán kỳ mức điện áp dc trung bình bằng 45% của giá trị hiệu dụng). Ở mạch chỉnh lưu cầu sử dụng các diode silicon, sụt áp trên hai diode là 1,4V. Mức điện áp thực sẽ được đặt ngang qua cơ cấu đo và điện trở nhân (R_S). Chẳng hạn, nếu R_1 , R_2 và R_3 ở mạch hình 3.8, là $9M\Omega$; $0,9M\Omega$; và $0,1M\Omega$ tương ứng, điện áp đưa đến mạch chỉnh lưu sẽ là $10V_{rms}$, nếu điện áp đặt vào (như được ghi tại các vị trí đầu cực của chuyển mạch) là 10V; 100V; hay 1000V ngang qua mạch phân áp AB, thì trị số trung bình dc của điện áp chỉnh lưu sẽ là $2 \times 10V \times 1,4/\pi$ bằng 9V. Sau khi trừ sụt áp 1,4V trên các diode, điện áp dc thực ngang qua mạch cơ cấu đo sẽ là 7,6V nên cần phải có điện trở $7,6k\Omega$ kể cả điện trở của cơ cấu đo (đối với cơ cấu đo 1mA). Vậy độ nhạy của voltmeter ac khi dùng mạch cầu là chỉ bằng 76% của độ nhạy của cơ cấu đo dc . (đối với mạch chỉnh lưu bán kỳ, độ nhạy sẽ giảm xuống hơn nữa đến mức 38%)



Hình 3.8: Mạch dùng cơ cấu đo kiểu từ - điện để đo điện áp xoay chiều.

f) Đồng hồ đo dòng xoay chiều

Chức năng đo dòng ac chỉ có ở một số đồng hồ đo. Dòng điện cần đo chảy qua một điện trở cố định và đo sụt áp trên điện trở bằng voltmeter ac . Điện áp ac sẽ tỷ lệ với dòng khi điện trở có trị số không đổi. Để đo dòng ac , thường sử dụng mạch biến đổi dòng thành áp bằng IC op - amp. Trong một số đồng hồ đo giá thành cao sử dụng các bộ nhiệt ngẫu. Sụt áp dc ngang qua tiếp giáp của nhiệt ngẫu sẽ tỷ lệ với hiệu ứng nhiệt tùy thuộc vào cường độ hiệu dụng của dòng điện. Do vậy, sẽ đo được giá trị rms của dòng điện bất kể dạng sóng của tín hiệu.

g) Đồng hồ đo đa năng

Khi cơ cấu đo từ - điện hợp thành các mạch thành ammeter nhiều thang đo, voltmeter nhiều thang đo, và ohmmeter nhiều thang đo, toàn bộ trong một thiết bị đo, thì thiết bị đo được gọi là đồng hồ đo đa năng. Đồng hồ đo đa năng cũng được gọi là đồng hồ đo AVO (Ampere Volt Ohm). Khi sử dụng đồng hồ đo đa năng để thực hiện các phép đo cần phải tuân theo các lưu ý sau:

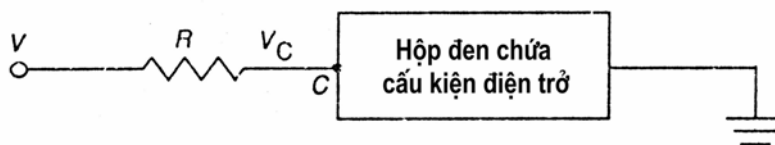
1. Chọn chuyển mạch thông số đo đúng. Nếu muốn đo điện áp, đừng bao giờ để đồng hồ đo ở thang đo dòng điện.
2. Chọn đúng thang đo của một thông số đo. Nếu muốn đo giá trị được cho là 80V, không để đồng hồ ở thang đo 0 – 10V, mà để đồng hồ đo ở thang đo 0 – 100V.
3. Nếu không biết giá trị cần đo, thì hãy để đồng hồ đo ở thang đo cao nhất theo thông số đo, và sau đó giảm dần thang đo theo các nấc giảm dần cho đến khi xác định được thang đo thích hợp.
4. Thang đo được chọn cần phải có số chỉ thị gần với độ lệch đầy thang (fsd) ở mức có thể được đối với phép đo điện áp và dòng điện, và gần một nửa thang đo đối với phép đo điện trở, bởi vì đồng hồ đo sẽ cho sai số phép đo nhỏ nhất.
5. Nếu kim chỉ thị của đồng hồ đo không ở tại vị trí 0 ngay khi không có tín hiệu vào, thì phải hiệu chỉnh bằng bộ phận cơ khí (độ căng của lò xo cân bằng gắn trên

khung dây), để có điều chỉnh 0 chính xác.

6. Khi đo điện trở, điều chỉnh biến trở chỉnh 0 để có độ lệch đầy thang (fsd) khi ngắn mạch hai đầu que đo với nhau.

h) Sử dụng đồng hồ đo đa năng để dò tìm hư hỏng.

Đồng hồ đo đa năng thường được sử dụng để đo điện trở, điện áp và dòng điện dc . Dĩ nhiên, đôi khi đồng hồ đo đa năng cũng có thể đo điện áp ac . Phần lớn các mạch hư hỏng có thể xác định được bằng phép đo điện áp dc . Chẳng hạn, trong mạch hình 3.9, nếu điện trở R hở mạch, thì điện áp V_C tại C sẽ bằng 0. Nếu cầu kiện (transistor) hở mạch, điện áp tại C sẽ bằng điện áp nguồn cung cấp. Nếu cầu kiện bị ngắn mạch, thì điện áp tại C sẽ bằng 0. Khi đo điện áp sẽ thể hiện một giá trị điện trở hở mạch nào đó, điện trở có thể được kiểm tra bằng chức năng đo điện trở của đồng hồ đo đa năng bằng cách ngắt kết nối một đầu điện trở ra khỏi mạch.



Hình 3.9: ảnh hưởng điện áp tại C khi có các cấu kiện hỏng.

Chức năng đo điện trở có thể xác định tụ điện bị rò hay bị ngắn mạch, hoặc cuộn dây có bị hở mạch hay không. Cầu kiện bán dẫn có thể đo thử bằng cách đo điện trở ở các trạng thái phân cực ngược hay phân cực thuận của tiếp giáp bán dẫn. Sự thông mạch khi thực hiện dò mạch có thể kiểm tra bằng đồng hồ đo điện trở ở thang đo thấp nhất của ohmmeter.

Đồng hồ đo đa năng là dụng cụ đo thông thường, dùng trong các dịch vụ đo thử, sửa chữa do cách sử dụng đơn giản, cấu trúc chắc chắn, tương đối chính xác và không yêu cầu nguồn cung cấp ngoài, cũng như không ảnh hưởng bởi từ trường ký sinh.

3.2 VOLTMETER SỐ (DVM)

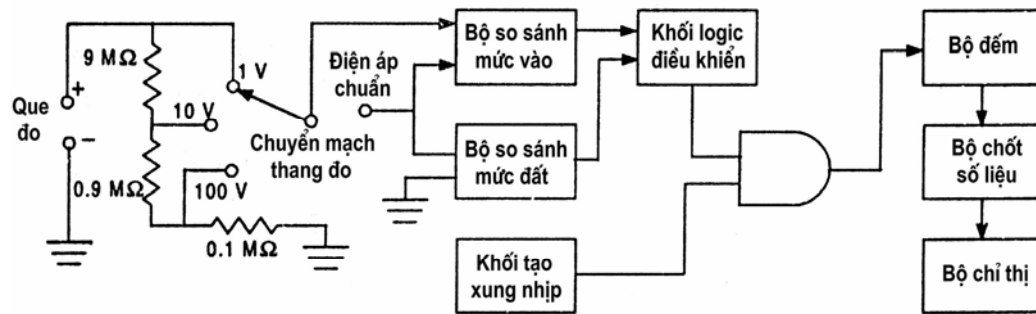
Voltmeter số sử dụng nguyên lý của mạch số để đo điện áp tương tự. Voltmeter số có tất cả các ưu điểm của mạch điện tử số khi so với mạch điện tử tương tự.

a) Nguyên lý

Sau khi mạch suy giảm cho việc chọn thang đo; tín hiệu vào sẽ được chuyển đổi thành tín hiệu số bởi

bộ biến đổi tương tự - số (ADC). Khối ADC có thể sử dụng kỹ thuật tích phân đơn sườn hay hai sườn dốc. Ở dạng cơ bản nhất, ADC sẽ so sánh tín hiệu vào với điện áp mẫu (các phương pháp nhận điện áp mẫu có thể khác nhau). Chỉ cần điện áp vào lớn hơn so với điện áp mẫu, thì tín hiệu ra của bộ so sánh sẽ cho mức logic 1, sẽ giữ cho cổng AND mở và các xung nhịp sẽ truyền qua cổng AND. Bộ đếm sẽ đếm các xung nhịp đó. Ngay khi điện áp vào trở nên bằng với điện áp mẫu, thì tín hiệu ra của bộ so sánh sẽ bằng 0. Cổng AND sẽ đóng và dừng việc đếm. Mức ra của bộ đếm sẽ được chốt và các LED hay tinh thể lỏng sẽ hiển thị giá trị đo. Hình 3.10, là mạch nguyên lý cơ bản cùng với chuyển mạch thang đo.

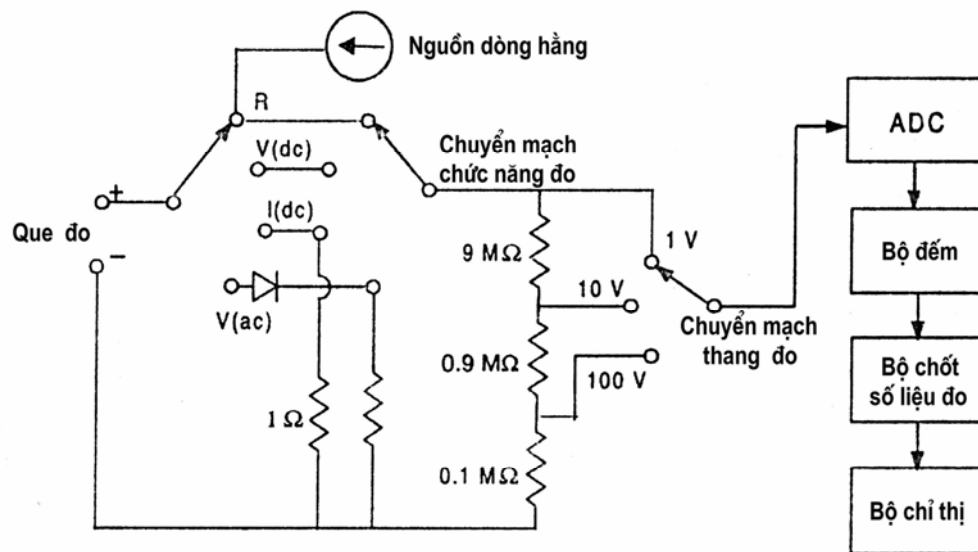
Chuyển mạch thang đo ở hình 3.10, sẽ chọn tín hiệu ra từ mạch phân áp. Các trị số của các điện trở phân áp có thể là $9M\Omega$, $0,9M\Omega$ và $0,1M\Omega$ để chọn ra 1V tại đầu vào của ADC cho các đầu vào 1, 10 và 100V của tín hiệu cần đo. Nếu tín hiệu cần đo là 100V, thì tín hiệu vào đưa đến bộ so sánh sẽ là $(100/10) \times (1/10)$ sẽ là 1V do mạch phân áp. Nếu tín hiệu cần đo là 10V, thì tín hiệu vào đưa đến bộ so sánh sẽ vẫn là 1V. Như vậy, bộ so sánh sẽ lấy V_{in} trong khoảng từ 0 đến 1V bất kể điện áp thực tế cần đo. Mức điện áp vào (từ 0 đến 1V) sẽ được biến đổi thành tín hiệu số mà sẽ được đếm và hiển thị.



Hình 3.10: Sơ đồ khối của Voltmeter số.

b) Đồng hồ đo số đa năng (DMM).

Về cơ bản, DMM là một voltmeter số. Tất cả các thông số khác điện áp, như điện trở, dòng điện, điện áp *ac* đều được biến đổi thành điện áp *dc* nhờ chuyển mạch chọn chức năng đo như ở hình 3.11. Sau đó phép đo điện áp *dc* sẽ cho giá trị của thông số cần đo.



Hình 3.11: Các bộ phận của đồng hồ số đa năng - DMM.

Để đo điện trở, thì điện trở phải được chuyển đổi thành điện áp *dc* bằng mức dòng chảy qua điện trở cần đo từ một nguồn dòng hằng. Nếu mức dòng hằng là 1mA, thì suy ra mức điện áp *dc* được tạo ra trên điện trở chưa biết sẽ tỷ lệ trực tiếp theo mV. Nếu điện trở chọn là 1kΩ, thì mức điện áp được tạo ra sẽ là 1V. Đối với phép đo dòng điện, dòng điện sẽ được biến đổi thành điện áp *dc* bằng cách cho dòng điện chảy qua một điện trở không đổi, chọn là 1Ω. Do vậy mức điện áp *dc* sụt trên điện trở sẽ bằng mức dòng điện (điện áp = dòng điện x 1Ω). Đối với phép đo điện áp *ac*, điện áp *ac* trước hết phải được chỉnh lưu và sau đó sẽ được xem như điện áp *dc* để có thể đo được.

Việc định chuẩn DMM sẽ được kiểm tra bằng phép đo điện trở 0Ω bằng cách ngắn mạch hai đầu que đo, khi đặt chức năng của đồng hồ đo ở vị trí chuyển mạch đo điện trở, hoặc có thể đo điện áp khi biết mức điện áp *dc* trên thang đo điện áp.

c) Ý nghĩa của chữ số bán phần và ba phần tư.

Bộ chỉ thị 3 - chữ số ở DVM cho thang đo từ 0 đến 1V sẽ chỉ các giá trị từ 0 đến 999mV. Bước mức tăng nhỏ nhất là 1mV. Việc bổ sung thêm một chữ số (0 đến 9 thành nhóm 4 bit) về thực chất sẽ làm tăng giá thành, nên biện pháp tiết kiệm nhất là có thể sử dụng chỉ một bit (0 hoặc 1). Bit bổ sung sẽ cho phép DVM chỉ thị các trị số lên đến 1999 thay cho 999, tức mở rộng thang đo lên gấp đôi. Khi chữ số thứ 4 có thể chỉ có giá trị 0 hoặc 1, thì thang đo được gọi là chữ số bán phần (1/2), nên gọi là đồng hồ đo 3 ½ chữ số. Đồng hồ đo có 4 ½ chữ số sẽ chỉ thị giá trị đo lên đến 19999mV.

Tương tự, bằng cách bổ sung hai bit 11, thì chữ số tận cùng bên trái có thể tạo ra là 3. Đồng hồ đo 3 - chữ số sẽ cho phép đọc 999 tiếp theo là 1999 hoặc 2999 hoặc 3999 (bằng cách sử dụng 01, 10, và 11 tương ứng), tức là tăng thang đo lớn nhất vào khoảng 4 lần. Việc bổ sung thang đo như vậy được gọi là đồng hồ đo $3\frac{3}{4}$ - chữ số. Đồng hồ đo $4\frac{3}{4}$ - chữ số sẽ cho số chỉ thị lên đến 39999. Với việc bổ sung $\frac{1}{2}$ - chữ số hoặc $\frac{3}{4}$ - chữ số sẽ làm cho độ chính xác tăng lên như được minh họa ở ví dụ 6.3.

Ví dụ 3.3: Các số chỉ thị 12,375V và 32,375V sẽ được hiển thị như thế nào ở các đồng hồ đo (a) có 3 - chữ số, (b) có $3\frac{1}{2}$ - chữ số, (c) có $4\frac{1}{2}$ - chữ số, và (d) có $4\frac{3}{4}$ - chữ số?

(a) Đồng hồ đo có 3 - chữ số sẽ chỉ thị trên thang đo 99,9V, do đó kết quả đo là 12,375V và 32,375V sẽ đọc được là 12,37V và 32,3V tương ứng.

(b) Đồng hồ đo $3\frac{1}{2}$ - chữ số sẽ chỉ thị số 12,375V là 12,37V trên thang đo 19,99V và số đo 32,375V là 32,3V trên thang đo 99,9V.

(c) Đồng hồ đo $4\frac{1}{2}$ - chữ số sẽ chỉ thị số 12,375V là 12,375V trên thang đo 19,999V, nhưng đối với số đo 32,375V, thì đồng hồ đo $4\frac{1}{2}$ - chữ số sẽ chỉ thị là 32,37V trên thang đo 99,99V.

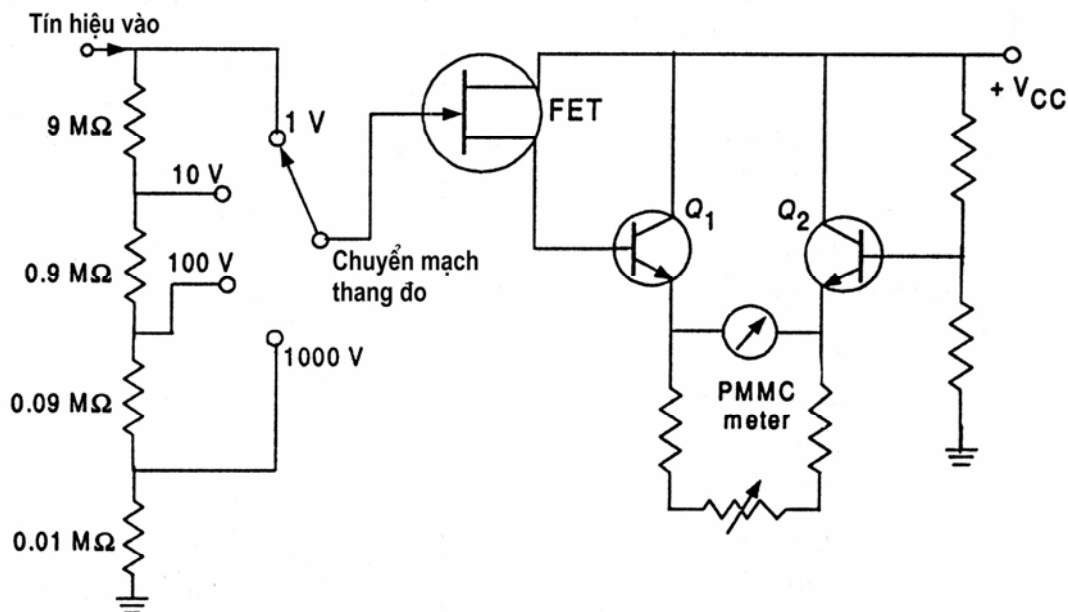
(d) Đồng hồ đo $4\frac{3}{4}$ - chữ số sẽ chỉ thị số 12,375V là 12,375V trên thang đo 19,999V, và đối với số đo 32,375V sẽ chỉ thị là 32,375V trên thang đo 39,999V.

3.3 VOLTMETER ĐIỆN TỬ

Voltmeter điện tử sử dụng mạch khuếch đại một chiều, hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại sẽ cho phép sử dụng thiết bị đo để đo các điện áp ở dải millivolt và microvolt. Trước đây, các voltmeter điện tử được gọi là VTVM (vacuum tube voltmeter). Hiện nay thuật ngữ VTVM vẫn được sử dụng mặc dù đèn chân không đã được thay thế bằng các transistor. Tên gọi mới của thiết bị đo là voltmeter điện tử (EVM) hay voltmeter bằng transistor (TVM).

Voltmeter điện tử có thể lắp theo các kiểu mạch khuếch đại khác nhau, chẳng hạn như mạch khuếch đại bằng transistor đơn hay mạch khuếch đại cân bằng, hoặc bằng op - amp. Mục đích cơ bản của việc sử dụng mạch khuếch đại *dc* là để có hệ số khuếch đại và điện trở vào cao (tức là có thể đo được các tín hiệu yếu), và để cách ly đồng hồ đo với mạch vào của thiết bị đo (tức là có thể sử dụng đồng hồ chắc chắn hơn và độ nhạy kém hơn). Voltmeter điện tử điển hình như mạch ở hình 3.12.

EVM sử dụng mạch khuếch đại bằng FET làm tầng đầu. Cấu kiện bằng FET có trở kháng vào rất cao, nên sẽ không gây ra quá tải cho mạch cần đo, cho độ chính xác cao.

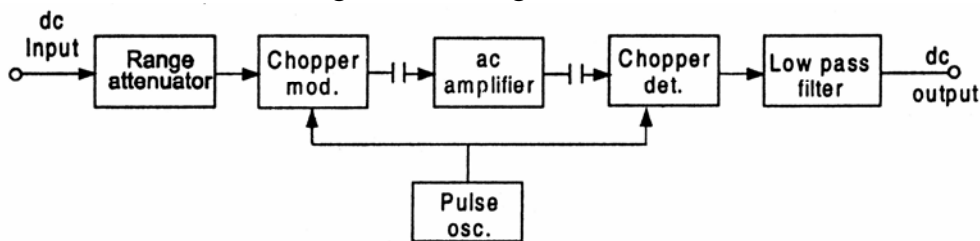


Hình 3.12: Mạch voltmeter điện tử.

Mạch phân áp được mắc để làm chuyển mạch thang đo, cho phép điều khiển các thang đo điện áp khác nhau. Các điện trở ở mạch hình 3.12, sẽ biến đổi mức vào là 1V, 10V, 100V và 1000V thành 1V tại cổng của FET. Các transistor Q_1 và Q_2 tạo thành mạch cầu. Cầu sẽ được cân bằng sao cho mặt chỉ thị của đồng hồ sẽ chỉ thị số đo bằng 0 khi tín hiệu vào bằng 0.

Khi sử dụng mạch khuếch đại thuật toán, nguồn điện áp hằng, khoảng 1V, sẽ cung cấp tín hiệu đưa đến đầu vào không đảo thông qua một biến trở được định chuẩn. Mức vào dc sẽ được giảm xuống đến 0 đối với 1V nhờ các mạch suy giảm thang đo, sẽ cung cấp tín hiệu đến đầu vào đảo. Đồng hồ đo mắc ở đầu ra để quan sát mức 0. Điện thế kế của điện áp mẫu sẽ được hiệu chỉnh để có mức 0 trên đồng hồ. Sau đó điện áp vào là cân bằng với điện áp chuẩn đã được chia thang, chỉ thị trên mặt số của điện thế kế. Mặc dù, phương pháp cân bằng mức 0 có độ chính xác cao hơn, nhưng ở các thiết bị đo giá thấp, điện áp vào dc phải được chuyển đổi thành millivolt, khoảng 10mV, hệ số khuếch đại của op - amp được điều chỉnh đến mức 100 và sau đó mắc đồng hồ đo vào đầu ra để định chuẩn, cho phép chỉ thị trực tiếp mức điện áp vào.

Mạch khuếch đại dc hay bị trôi dòng ra (do nhiệt độ của tiếp giáp), do đó một số thiết bị đo sử dụng mạch ngắt quãng để ngắt điện áp dc thành các xung, để có thể sử dụng mạch khuếch đại ac như mạch ở hình 3.13. Sau khi khuếch đại các xung sẽ được biến đổi thành một chiều và được đo bằng cách sử dụng mạch vi sai.



Hình 3.13: Sơ đồ khối của voltmeter điện tử sử dụng mạch ngắt quãng (chopper).

a) Các ưu điểm của EVM

1. Trở kháng vào của EVM rất cao, nên ảnh hưởng do quá tải không đáng kể trên mạch cần đo thử. Do vậy, độ chính xác của phép đo cao.
2. Có thể đo điện áp ngay ở các mức microvolt nhờ sự khuếch đại tín hiệu đo. Ở kiểu cơ cấu đo từ - điện, đo mức điện áp dưới 100mV rất khó khăn.
3. Điện dung vào của voltmeter điện tử là rất nhỏ, vào khoảng vài picofarad. Do đó có thể đo được các mức điện áp tín hiệu tần số cao sau khi chỉnh lưu.
4. Đồng hồ có độ nhạy thấp, 1000Ω/V, và vì vậy rẻ tiền, thô, có thể sử dụng cho các phép đo.
5. Nguồn cung cấp cho mạch khuếch đại không lấy từ mạch cần đo, mà lấy từ V_{CC} .
6. Ở kiểu mạch cầu cân bằng (như thể hiện ở hình 3.12), ảnh hưởng của các thay đổi ở các thông số của FET và BJT là thấp nhất.
7. Độ dịch mức 0 trong quá trình hoạt động không xảy ra.

b) Nhược điểm của EVM

1. Nhược điểm chính là cần phải có khối nguồn cung cấp cho mạch khuếch đại, nên EVM có giá thành cao và kích thước lớn.
2. Mạch khuếch đại dc bị trôi mức tín hiệu ra.

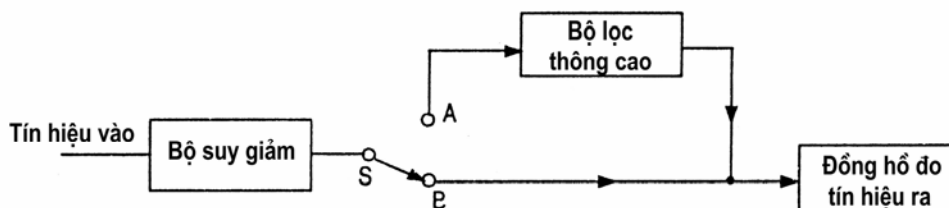
c) Đồng hồ đo điện tử đa năng

Đồng hồ đo điện tử đa năng (EMM) về cơ bản là voltmeter một chiều, nhưng sẽ làm việc như nhiều đồng hồ đo như chuyển mạch chức năng kết nối các thiết bị đo để biến đổi các thông số đo khác thành điện áp dc , như đã giải thích ở DMM.

3.4 ĐỒNG HỒ ĐO HỆ SỐ MÉO DẠNG TÍN HIỆU

a) Nguyên lý

Đồng hồ đo hệ số méo dạng dùng để đo độ méo hài tổng có trong tín hiệu ra. Tần số cơ bản sẽ được triệt nhờ mạch lọc thông cao, mà tần số cắt của mạch lọc hơi cao hơn so với tần số cơ bản. Tín hiệu tần số cơ bản sẽ thoát xuống đất và các tần số cao hơn so với tần số cơ bản (hài bậc 2, hài bậc 3, v. v. . .) sẽ đưa đến voltmeter tạo ra mức điện áp đo toàn bộ các hài có trong tín hiệu. Đồng hồ đo độ méo có thể là kiểu nhiệt ngẫu hoặc voltmeter điện tử. Sơ đồ khối của đồng hồ đo độ méo điển hình cho ở hình 3.14.



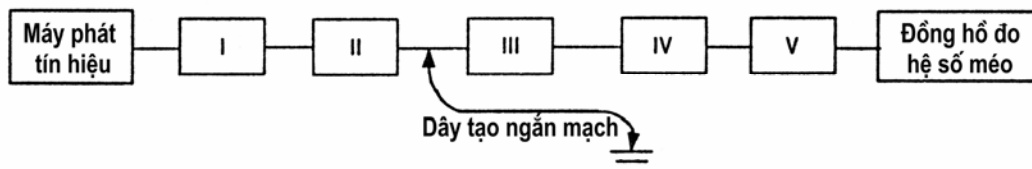
Hình 3.14: Sơ đồ khối của đồng hồ đo hệ số méo tín hiệu.

b) Thực hiện phép đo độ méo

Tín hiệu vào sẽ được cung cấp từ máy tạo sóng đưa đến bộ khuếch đại cần đo thử độ méo. Tín hiệu ra của bộ khuếch đại là tín hiệu vào của thiết bị đo. Khi chuyển mạch S đặt tại vị trí B, sẽ thu được toàn bộ tín hiệu ở đồng hồ đo đầu ra. Tín hiệu toàn bộ hoặc sẽ được điều chỉnh đến mức lệch đầy thang (fsd), hoặc mức cố định nào đó được ghi dấu trên mặt chỉ thị của đồng hồ nhờ mạch suy giảm. Tiếp theo, chuyển mạch đặt tại vị trí A, nên bộ lọc thông cao sẽ loại bỏ tín hiệu tần số cơ bản cho đến khi nhận được mức biên độ giảm ở mặt chỉ thị của đồng hồ. Mức chỉ thị đó là mức tổng trừ đi tần số cơ bản, tức là lượng các sóng hài. Đồng hồ đo sẽ được định chuẩn theo phần trăm của độ méo dạng mà có thể đọc trực tiếp trên vạch chia thấp nhất.

c) Sử dụng đồng hồ đo độ méo trong việc dò tìm hư hỏng

Có thể đo được độ méo xuất hiện trong thiết bị cần đo thử. Nguyên nhân gây méo dạng có thể được xác định bằng ngắn mạch lần lượt các tầng của thiết bị, như ở hình 3.15.



Hình 3.15: Sử dụng đồng hồ đo hệ số méo để xác định tầng hỏng.

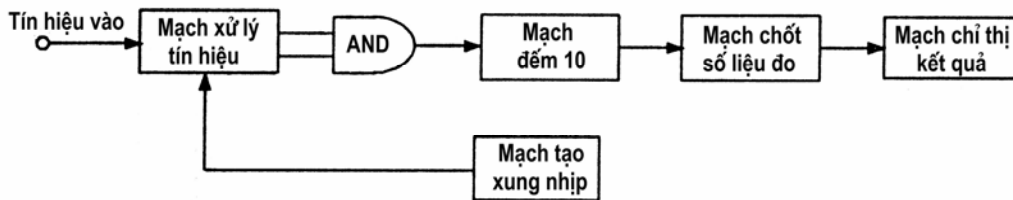
Chẳng hạn, nếu tầng III được làm ngắn mạch theo hình vẽ, và độ méo vẫn còn, tầng nào đó trong số các tầng III, hay IV, hoặc V là tầng gây méo dạng. Nếu méo dạng được loại bỏ, thì tầng I hoặc tầng II có thể bị hỏng. Toàn bộ các tầng có thể được đo thử theo phương pháp này để nhận diện tầng hỏng. Khi xác định được tầng hỏng theo phương pháp trên, ta có thể đo thử thêm để biết nguyên nhân gây méo dạng và sửa chữa hư hỏng.

3.5 BỘ ĐẾM TẦN SỐ

Bộ đếm tần là một thiết bị đo số có thể dùng để đo tần số, khoảng thời gian giữa hai tín hiệu, chu kỳ xung, tỷ số của hai tần số và có thể đếm số xung.

a) Nguyên lý hoạt động.

Ở kiểu đo cơ bản nhất đó là tín hiệu cần đo được đặt vào cổng AND, cổng chỉ mở trong khoảng thời gian cố định bằng một xung mở cổng. Xung ra của cổng AND sẽ được đưa đến bộ đếm 10 và chốt số liệu để sau đó đưa đến khối hiển thị như thể hiện theo sơ đồ khối ở hình 3.16.



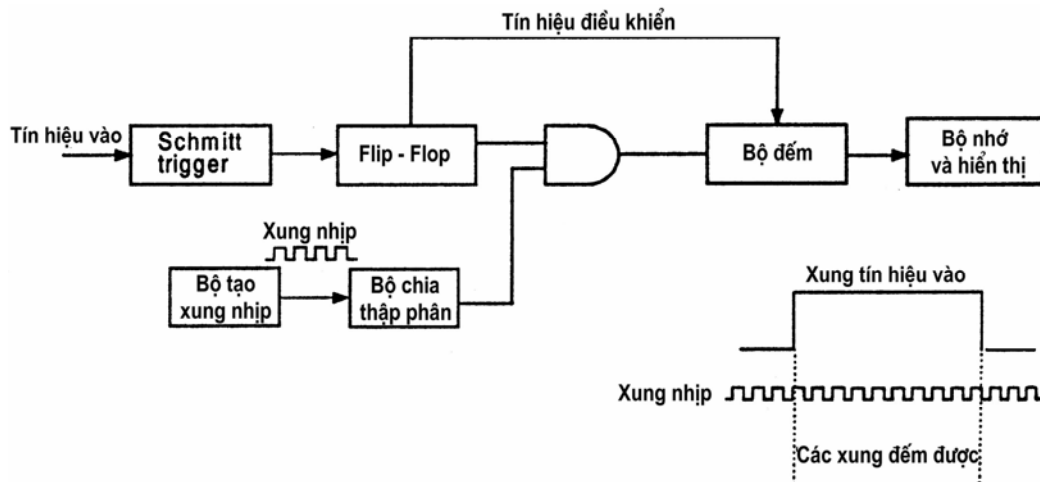
Hình 3.16: Sơ đồ khối của bộ đếm tần.

Mạch xử lý tín hiệu gồm một khối khuếch đại và khối trigger Schmitt. Tín hiệu dạng sóng sin vào được khuếch đại và chuyển đổi thành các xung vuông để được đưa đến một đầu vào của cổng AND, đầu vào còn lại lấy xung định thời từ mạch tạo xung nhịp (khối gốc thời gian).

b) Các phép đo bằng bộ đếm tần.

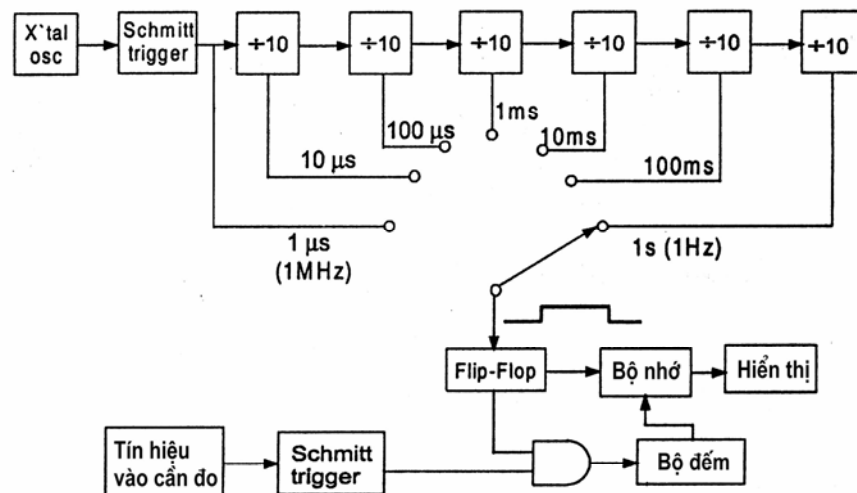
Phép đo tần số: Cổng AND sẽ duy trì việc mở cổng theo chu kỳ của xung định thời, nên sẽ cho các xung tín hiệu cần đo tần số tại đầu ra của cổng AND trong khoảng thời gian mở cổng. Bộ đếm sẽ đếm các xung và số đếm sẽ được lưu trữ vào bộ nhớ cũng như được hiển thị. Xung định thời kích khởi bộ đếm tại thời điểm xuất hiện cạnh trước và dừng bộ đếm tại thời điểm xuất hiện cạnh sau của xung nhờ flip – flop. Tương tự, xung định thời cũng sẽ điều khiển bộ nhớ.

Nếu khoảng thời gian của xung định thời là 1 giây, bộ đếm mở cổng trong khoảng thời gian là 1 giây, bộ đếm cho số chu kỳ tín hiệu truyền qua cổng trong một giây, tức là đo



Hình 3.18: (a) Sơ đồ khối của mạch đo chu kỳ

(b) Hoạt động của cổng AND.



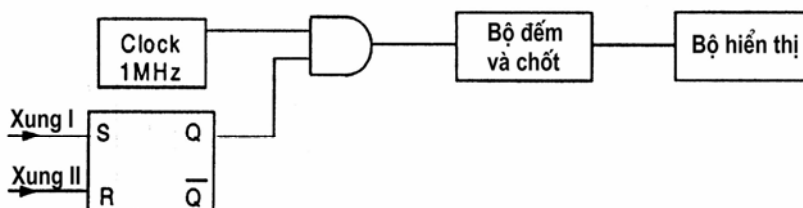
Hình 3.17: Sơ đồ khối của bộ đếm tần nhiều thang đo.

trực tiếp tần số của tín hiệu.

Đối với các tần số cao, sử dụng mạch chia 10 để tạo ra các xung định thời từ 1s đến 1ms tùy theo các vị trí đặt của chuyển mạch nhiều vị trí. Nếu có 1000 xung của tín hiệu cần đo truyền qua cổng AND trong khoảng thời gian 1ms, thì tần số của tín hiệu là 1000MHz. Các bộ đếm không thể đếm các tần số quá cao (ở dải gigahertz), nên các tần số cao sẽ được đo bằng kỹ thuật ‘chia thang trước’, tức là tần số tín hiệu sẽ được chia 2, 4, 8, v. v. . . sao cho tần số sau khi chia thang trước phù hợp với thang đo của bộ đếm tần. Sơ đồ khối bộ đếm tần có mạch chia tần số xung nhịp (mạch chia gốc thời gian) như ở hình 3.17.

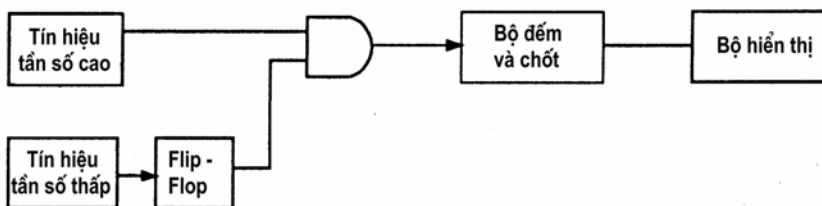
Đo chu kỳ: Để đo chu kỳ, xung tín hiệu vào có tác dụng như một xung định thời dùng để mở cổng truyền các xung nhịp qua cổng AND. Tín hiệu vào sẽ mở và đóng cổng AND, nên số đếm là số lượng xung nhịp đã được truyền qua cổng sẽ cho biết chu kỳ thời gian của xung tín hiệu cần đo. Sơ đồ khối của mạch đo chu kỳ như ở hình 3.18a và b.

Đo khoảng thời gian giữa hai xung: Có thể đo khoảng thời gian giữa hai xung bằng cách sử dụng một tín hiệu để mở cổng và tín hiệu còn lại để đóng cổng AND. Tín hiệu xung nhịp dùng để đo khoảng thời gian khi mở và đóng cổng. Phép đo được thể hiện ở hình 3.19. Xung 1 làm cho đầu vào $S = 1$ và $R = 0$, nên $Q = 1$, khi xung 2 xuất hiện làm cho $S = 0$ và $R = 1$, nên $Q = 0$.



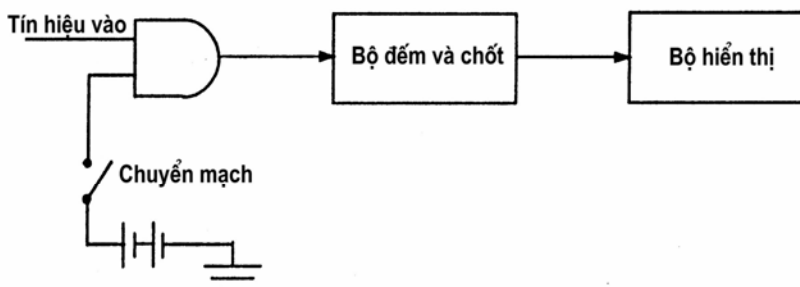
Hình 3.19: Phương pháp đo khoảng thời gian giữa hai xung.

Đo tỷ số tần số của hai tín hiệu: Nếu có hai tín hiệu, thì tín hiệu tần số thấp được sử dụng làm xung định thời, còn tín hiệu tần số cao sẽ được đếm trong khoảng thời gian của xung định thời. Phép đo cho biết tỷ số của hai tần số trên khối hiển thị như ở sơ đồ khối hình 3.20.



Hình 3.20: Phương pháp đo tỷ số của hai tần số.

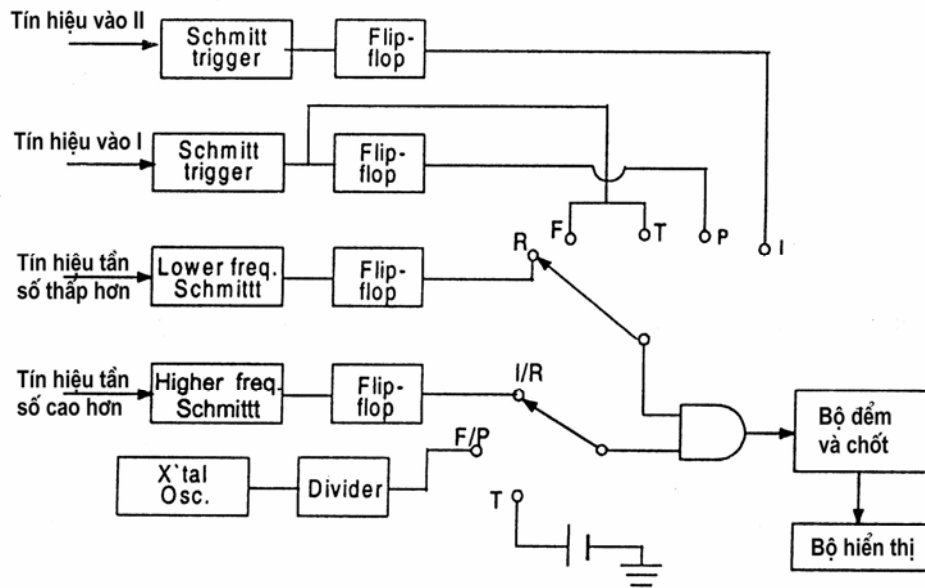
Đếm xung: Mạch đơn giản như ở hình 3.21, sẽ cho biết là bộ đếm sẽ đếm tổng số xung truyền qua cổng trong suốt khoảng thời gian chuyển mạch giữ ở trạng thái kín mạch.



Hình 3.21: Phương pháp đếm tổng số xung.

c) Bộ đếm tần số đa năng.

Bộ đếm tần số đa năng kết hợp tất cả các phép đo trong thiết bị đo đơn nhờ các vị trí đặt của mạch chuyển mạch. Mạch đo cơ bản theo các vị trí chuyển mạch như ở hình 3.22.



Hình 3.22: Sơ đồ khối của bộ đếm đa năng.

d) Các ưu điểm của bộ đếm tần số kiểu số.

Các ưu điểm của bộ đếm tần số kiểu số gồm:

1. Độ rõ cao (6 đến 8 digit)
2. Độ chính xác cao (do sự ổn định của mạch dao động bằng tinh thể)
3. Tốc độ đo cao.
4. Đồng hồ đo sẽ không đáp ứng đối với nhiễu và tạp âm mức thấp khi đặt mức kích khởi cao.
5. Dễ đọc số chỉ thị.

e) Sử dụng máy đếm tần số dò tìm trạng thái hỏng của thiết bị.

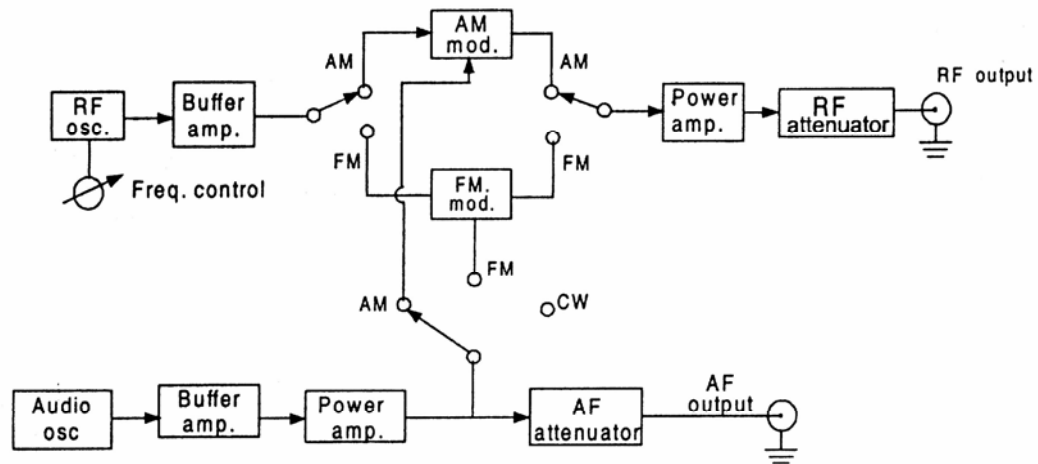
Tần số của các bộ tạo xung nhịp (trong máy tính), các bộ dao động nội (trong các máy thu) và các bộ dao động cao tần (RF) (trong các máy phát tín hiệu và trong các máy thu - phát), có thể được đo để kiểm tra nếu các tầng có hư hỏng. Máy tạo xung và máy tạo hàm có thể được kiểm tra để tìm sai hỏng bằng cách đo tần số, độ rộng xung và khoảng thời gian của các xung đã được tạo ra. Các điểm đo thử thường có sẵn trên bảng mạch của thiết bị điện tử để có thể lấy tín hiệu cần đo bằng đồng hồ đo tần số.

3.6 MÁY PHÁT TÍN HIỆU CAO TẦN (RF)

Máy phát tín hiệu cao tần sẽ tạo ra tín hiệu tần số radio dùng để điều chế tín hiệu cao tần với tín hiệu âm tần theo kiểu điều biên hay điều tần. Việc điều chế tín hiệu âm tần sẽ được tạo ra bởi thiết bị đo. Cũng có thể cung cấp tín hiệu điều chế ngoài. Sơ đồ khối của máy tạo tín hiệu RF như ở hình 3.23.

Bộ suy giảm sẽ được định chuẩn để cho mức suy giảm mỗi nấc là 20dB tương ứng với 1V. Tín hiệu âm tần cũng có thể lấy ra thông qua mạch suy giảm khác để kiểm tra các tầng âm tần.

a) Sử dụng máy phát tín hiệu RF



Hình 3.23: Sơ đồ khối của máy tạo tín hiệu RF.

Máy phát tín hiệu RF phải được nối với máy thu cần đo thông qua cáp có bảo vệ chống nhiễu. Chọn băng tần và tần số dao động. Chọn kiểu điều chế và độ sâu điều chế. Bộ suy giảm đặt tại vị trí mức ra của phép đo yêu cầu. Đầu ra của máy tạo sóng phải được nối với đầu vào của thiết bị cần đo thử. Nối nguồn cung cấp và tiếp theo bật công tắc nguồn của máy phát tín hiệu [ON]. Máy thu được điều chỉnh để thu tín hiệu. Có thể mắc voltmeter điện tử (EVM), hay đồng hồ đo mức công suất âm tần tại đầu ra của máy thu. Nếu không có tín hiệu ra ở máy thu, thì mức ra của máy phát tín hiệu cần phải được tăng thêm, sao cho máy thu có thể nhận được tín hiệu ra không méo. Tất cả các phép đo thực hiện với mức ra ở mức không đổi và mức ra thay đổi của máy phát tín hiệu.

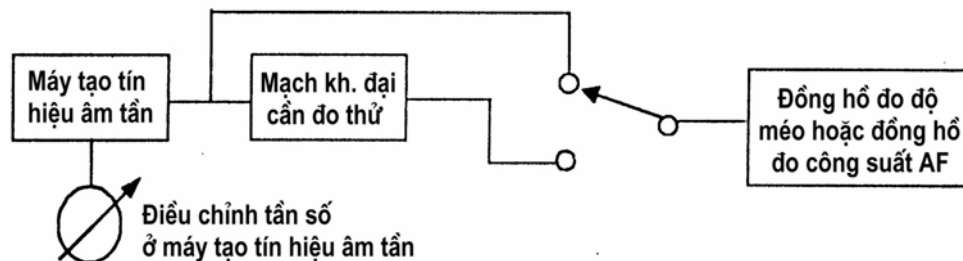
b) Sử dụng máy tạo tín hiệu trong việc chẩn đoán hỏng.

Máy tạo tín hiệu cao tần được sử dụng phổ biến để chẩn đoán tình trạng hỏng trong các máy thu. Tín hiệu phải được cung cấp đến máy thu và sử dụng máy hiện sóng để quan sát dạng sóng tín hiệu có ở đầu vào và đầu ra của các tầng khác nhau. Nếu một tầng thể hiện tín hiệu ra bình thường, thì tất cả các tầng trước tầng đó là bình thường và sai hỏng có thể ở tầng sau đó kế tiếp. Theo cách này có thể xác định tầng hỏng.

Máy tạo tín hiệu cũng cần cho việc cân chỉnh máy thu để tần số dao động nội và tần số tín hiệu RF là bằng nhau (cùng tần số) tại tất cả mức thiết lập trên núm tinh chỉnh trong băng tần. Thủ tục và trình tự cân chỉnh để đo các thông số của máy thu sẽ được giải thích ở mục 5.4, chương 5.

3.7 MÁY TẠO TÍN HIỆU ÂM TẦN.

Máy tạo tín hiệu âm tần bao gồm bộ dao động âm tần (thường sử dụng bộ dao động kiểu cầu Wien), bộ khuếch đại đệm và bộ khuếch đại công suất kết nối với bộ suy giảm định chuẩn như ở sơ đồ khối hình 3.24.



Hình 3.24: Thiết lập phép đo các thông số của mạch khuếch đại âm tần (AF).

Sử dụng máy tạo sóng âm tần để chẩn đoán tình trạng hỏng trong các mạch khuếch đại.

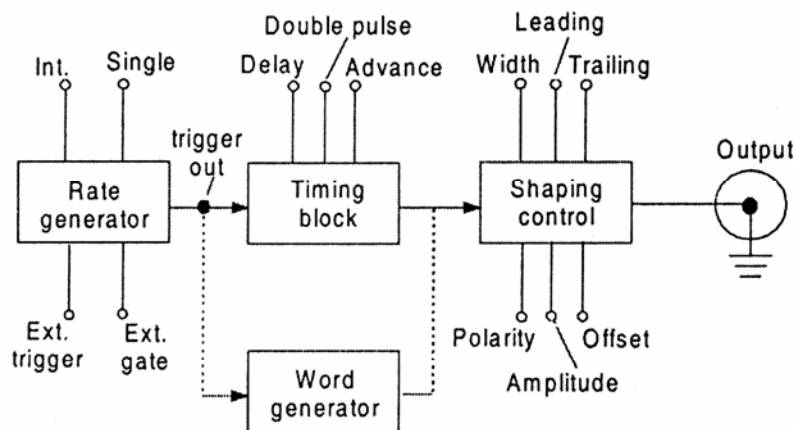
Máy tạo tín hiệu âm tần dùng để cung cấp tín hiệu chuẩn, không nhiễu để đo thử hiệu

suất và đo các thông số của mạch khuếch đại âm tần (như hệ số khuếch đại, độ rộng băng tần cũng như độ méo dạng). Cách thiết lập phép đo như ở hình 3.24. Trình tự các bước thực hiện phép đo như sau:

1. Nối máy tạo tín hiệu âm tần với bộ khuếch đại. Mặc đồng hồ đo mức công suất âm tần tại đầu ra của bộ khuếch đại.
2. Điều chỉnh tần số của máy tạo tín hiệu ở mức 1000Hz, và điều chỉnh độ suy giảm của tín hiệu ra của máy tạo sóng ở mức mà bộ khuếch đại có thể cho tín hiệu ra không méo. Ghi nhận mức chỉ thị độ suy giảm là x_1 , và mức chỉ thị của đồng hồ đo công suất phát ra là w_1 .
3. Tiếp theo, mắc máy phát tín hiệu trực tiếp với đồng hồ đo công suất song song với bộ khuếch đại cần đo thử. Mức chỉ thị trên đồng hồ có thể giảm. Tăng dần mức công suất phát ra của máy tạo tín hiệu cho đến khi số chỉ thị của đồng hồ đo bằng trở lại trị số w_1 . Ghi nhận số chỉ thị mới của máy phát tín hiệu là x_2 . Tính tỷ số của hai số chỉ thị của máy phát tín hiệu x_2/x_1 , biểu diễn theo dB, sẽ cho hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại.
4. Để đo độ rộng băng tần, hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại phải được đo tại các tần số khác nhau, từ 20Hz đến 20kHz, và vẽ đặc tuyến giữa tần số (trên trục - x theo thang logarithmic) theo hệ số khuếch đại theo dB (trên trục - y tuyến tính), từ đặc tuyến ta có thể xác định độ rộng băng tần ở mức 3dB.
5. Để đo độ méo, cần phải sử dụng đồng hồ đo độ méo dạng, như đã được giải thích ở mục 3.4. Đồng hồ đo độ méo dạng sẽ đo độ méo hài tổng tạo ra do mạch khuếch đại đối với tín hiệu cung cấp từ máy tạo tín hiệu. (phải đảm bảo rằng tín hiệu phát ra của máy tạo tín hiệu không bị méo). Phép đo này cũng sẽ cho biết mức tín hiệu ra âm tần lớn nhất có thể nhận được từ mạch khuếch đại trong giới hạn độ méo cho phép.

3.8 MÁY PHÁT XUNG.

Máy phát xung phức tạp hơn so với máy tạo sóng sin. Một sóng sin chỉ có hai thông số là biên độ và tần số, trong khi sóng xung có hàng loạt các thông số như biên độ xung, độ rộng xung, tần số lặp lại của xung, chu kỳ, công suất xung, chu kỳ chuyển trạng thái (quá độ) v. v. . . Sơ đồ khối của máy phát xung như ở hình 3.25.



Hình 3.25: Sơ đồ khối của máy phát xung.

Bộ tạo xung Bộ tạo xung gồm mạch dao động cầu Wien được ghép với mạch kích khởi Schmitt. Tần số xung tạo ra của mạch kích khởi Schmitt có thể được điều khiển hoặc bên trong (điều khiển trong - Int. control), hoặc điều khiển bên ngoài (điều khiển ngoài - Ext. control). Xung đơn [Single] sẽ điều khiển các thông số của xung bằng tay. Cổng ngoài [Ext. gate] sẽ tạo ra các cụm xung.

Khởi định thời Khởi định thời thực hiện các chức năng như sau:

1. Làm trễ hay làm sớm pha của xung so với xung kích khởi.

- Mỗi xung sẽ được tạo ra hai xung. Xung thứ nhất sẽ trùng với xung kích khởi, xung thứ hai sẽ thay đổi theo thời gian.

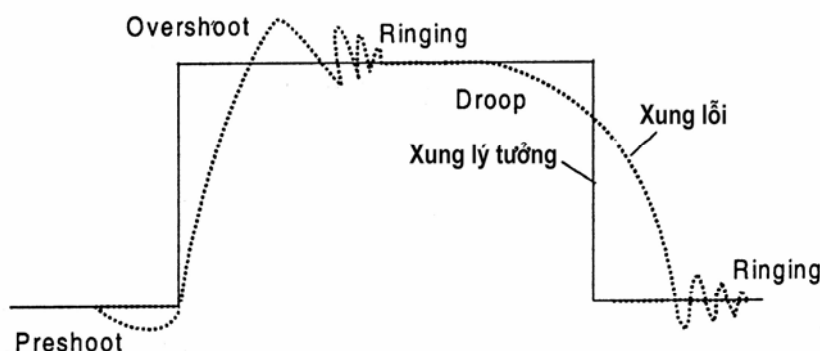
Bộ phát từ số Máy phát xung được sử dụng phổ biến trong các phép đo thử và chẩn đoán hỏng trong các mạch số. Máy phát từ sẽ thay thế khối định thời để tạo ra dữ liệu.

Bộ điều khiển dạng xung Bộ điều khiển dạng xung sẽ điều khiển độ rộng xung, chu kỳ chuyển trạng thái (thời gian tăng và thời gian giảm của các cạnh xung), cực tính của xung, biên độ xung và độ dịch xung (từ 0Vdc).

Máy phát xung có trở kháng ra đặc trưng là 50Ω . Máy phát xung sẽ ngăn chặn sự hình thành sóng dừng trên đường truyền.

Máy phát xung loại tốt sẽ tạo ra xung mịn với đỉnh xung ngang và các cạnh đứng. Tuy nhiên, nếu khảo sát hư hỏng, các xung có thể bị suy biến thể hiện preshoot, độ quá mức trên [overshoot], dao động tắt dần [ringing], độ không tuyến tính [non – linearity] và độ suy giảm [droop] hay độ nghiêng [sag].

Các dấu hiệu trên thể hiện ở hình 3.26. Các sai hỏng ở xung có thể quan sát bằng máy hiện sóng.



Hình 3.26: Các dạng sai hỏng ở một xung.

Các công dụng của máy tạo xung.

- Đo thử các mạch số bằng cách cung cấp các xung để thử nghiệm các cổng logic.
- Đo độ nhảy và tỷ lệ bit lỗi trong hệ thống thông tin số liệu.
- Máy tạo xung dùng để phát hiện lỗi trên các đường dây điện thoại. Xung sẽ truyền qua đường dây điện thoại ở tốc độ ánh sáng ($3 \times 10^5 \text{ km/s}$). Khi gặp đường dây hở mạch, xung sẽ được phản xạ về máy phát. Đo khoảng thời gian trông như trong radar, thì có thể tính được chiều dài của cáp khi bị đứt.
- Các xung từ máy tạo xung có thể được sử dụng để đo thử hệ số khuếch đại và đáp ứng tần số của các bộ khuếch đại. Các xung vuông ngắn sẽ làm giảm sự tiêu tán công suất cho mạch.
- Máy tạo xung cũng có thể được dùng làm tín hiệu điều chế đến các bộ dao động vi ba, radar.
- Thông số thời gian hồi phục ngược của các diode có thể xác định bằng cách sử dụng các xung từ máy tạo xung.

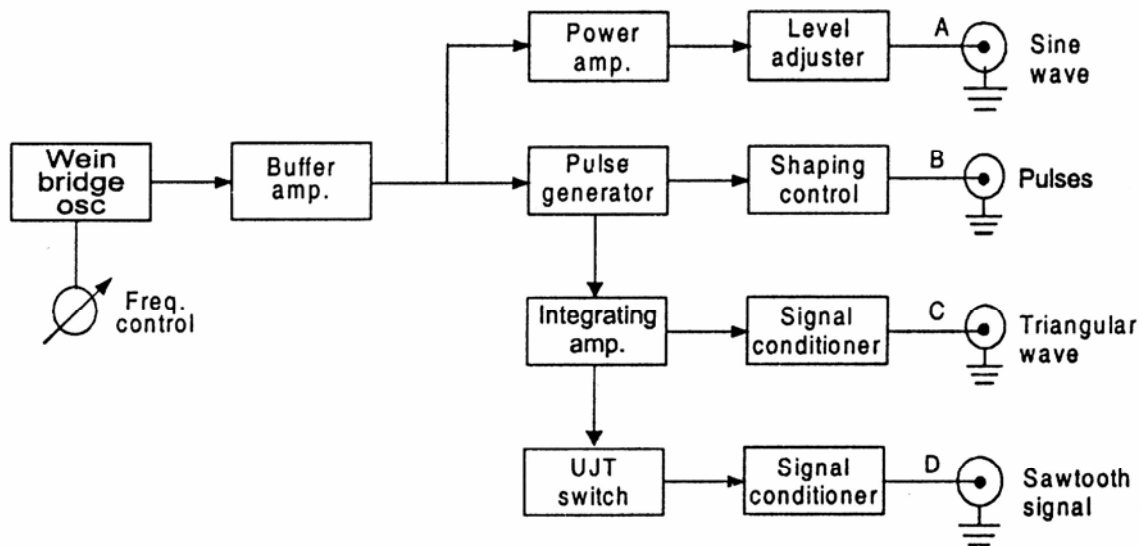
3.9 MÁY TẠO HÀM – FUNCTION GENERATOR.

Trong khi các máy tạo tín hiệu chỉ tạo ra các sóng sin, và các máy tạo xung tạo ra các xung vuông hoặc chữ nhật, thì máy tạo hàm sẽ tạo ra các loại dạng sóng khác nhau. Các dạng sóng mà máy tạo hàm có thể tạo ra là sóng sin, các xung vuông hoặc chữ nhật, các sóng tam giác và các tín hiệu răng cưa.

Các dạng sóng khác nhau được tạo ra bằng máy tạo hàm có thể được lấy ra đồng thời. Máy tạo hàm cũng có thể được khóa pha với tín hiệu ngoài.

Mạch dao động cơ bản của thiết bị có thể là mạch dao động đa hài hay mạch dao động

tạo sóng sin như kiểu cầu Wien. Các dạng dao động, nếu không phải là sóng sin có thể được biến đổi từ sóng sin bằng mạch sửa dạng kiểu điện trở - diode. Các dao động có dạng bất kỳ có thể biến đổi thành các xung bằng mạch kích khởi Schmitt. Hình 3.27, là sơ đồ khối của máy tạo hàm cơ bản.



Hình 3.27: Sơ đồ khối của máy tạo hàm cơ bản.

Mạch dao động cầu Wien có thể tạo ra tín hiệu sóng sin có băng tần rộng, từ vài hertz đến dải megahertz. Bộ khuếch đại đệm sẽ đảm bảo tín hiệu dao động không bị suy giảm. Mạch khuếch đại công suất và mạch suy giảm mức tín hiệu (các hộp suy giảm dB) sẽ tạo ra sóng sin tại đầu ra A. (một số máy tạo hàm sử dụng các mạch đa hài, tín hiệu ra sẽ được sửa dạng bằng mạch sửa dạng diode và điện trở để có sóng sin).

Bộ tạo xung sử dụng mạch kích khởi Schmitt để biến đổi sóng sin thành xung. Bộ điều chỉnh dạng xung tạo ra các xung có độ rộng, p.r.f, và công suất xung theo yêu cầu tại đầu ra B.

Tín hiệu ra của mạch kích khởi Schmitt sẽ được cung cấp đến mạch tích phân bằng op – amp và tiếp theo đến mạch điều hòa tín hiệu để có sóng tam giác tại đầu ra C.

Chuyển mạch bằng UJT có thể biến đổi sóng tam giác thành tín hiệu răng cưa, sau khi điều hòa tín hiệu sẽ có tại đầu ra D.

Các công dụng của máy tạo hàm.

1. Tín hiệu sóng sin có thể dùng để đo thử hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại.
2. Sóng vuông có thể đo thử đáp ứng tần số thấp và tần số cao của mạch khuếch đại nhờ máy hiện sóng. Độ nghiêng nào đó của phần đỉnh ngang của xung sẽ cho biết đáp ứng tần số thấp của mạch khuếch đại kém. Sự thay đổi ở thời gian tăng và thời gian giảm (tức sườn xung) của các cạnh xung sẽ cho biết đáp ứng tần số cao của mạch khuếch đại kém. Các xung cũng có thể sử dụng để đo thử các cổng số.
3. Các sóng tam giác có thể dùng để đo thử độ tuyến tính của các mạch mà sóng tam giác truyền qua. Bất kỳ sự méo dạng của các cạnh tam giác, khi quan sát trên màn hình của máy hiện sóng, sẽ cho biết độ không tuyến tính được tạo ra bởi mạch khuếch đại.
4. Tín hiệu răng cưa có thể được dùng để đo thử các bộ tạo sóng quét và các mạch khuếch đại quét trong các máy thu hình, các máy hiện sóng và các monitor.