

## KỸ THUẬT ĐO THỜI GIAN - TẦN SỐ

Thời gian cùng với đại lượng nghịch đảo của nó: tần số, nằm trong số những đại lượng vật lý cơ bản, bao gồm: độ dài (Mét-ký hiệu: m), khối lượng (Kilôgam-ký hiệu: kg), nhiệt độ (Kelvin-ký hiệu: K), lượng chất (Mole-ký hiệu: mol), dòng điện (Ampe-ký hiệu: A) và thời gian (Giây- ký hiệu: s), cường độ sáng (Candela-ký hiệu: Cd).

Từ xa xưa, con người đã luôn cố gắng tìm cách đo thời gian một cách chính xác dựa trên những hiện tượng vật lý quan sát được trong tự nhiên. Ngày nay cùng với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học và công nghệ, tin học và viễn thông, khoa học đo lường thời gian cũng phát triển vượt bậc và luôn là ngành mũi nhọn với độ chính xác, độ không đảm bảo đo tốt hơn các đại lượng đo khác.

Các ứng dụng cần thời gian chính xác ngày càng tăng cả về số lượng và chủng loại. Trong thời đại công nghệ thông tin độ chính xác thời gian là trọng tâm của việc quản lý luồng thông tin đảm bảo tính tin cậy, mạnh mẽ và không tốn kém.

Trong thực tế, thời gian chính xác đến cùng với việc phát minh ra bộ dao động tinh thể thạch anh, là những linh kiện thiết yếu cho ngành phát thanh, radar và truyền hình là những ngành có tác động to lớn, sâu rộng đối với đời sống xã hội. Thông tin theo nghĩa đen đang chảy với tốc độ ánh sáng trong máy tính và hệ thống truyền thông và ngày càng yêu cầu tính chính xác về thời gian tại các cổng và nút mạng. Sự xuất hiện của đồng hồ nguyên tử với độ chính xác cực cao đã mở ra những viễn cảnh mới. Việc dẫn đường giờ đã trở lên đơn giản với máy thu GPS cầm tay, với trái tim của máy thu GPS là một hệ thống đồng bộ với đồng hồ nguyên tử.

Kể từ khi được phát minh ra, độ chính xác của đồng hồ nguyên tử ngày càng được cải thiện, trung bình cứ hai năm một lần. Điều thú vị là tốc độ cải thiện này cùng tốc độ với bộ nhớ máy tính. Đi từ phòng thí nghiệm đến thực tế, giá thành và kích thước của đồng hồ ngày càng giảm đáng kể. Giờ đây, một chiếc máy tính có bộ nhớ, mạch điều chỉnh thời gian chính được tích hợp trong một con chip duy nhất có thể gắn vào dưới da động vật để theo dõi và điều khiển chúng.

Phép đo chính xác nhất được biết đến hiện nay là phép đo khoảng thời gian của giây. Đỉnh của hình kim tự tháp trong sơ đồ liên kết chuẩn thời gian là chuẩn quốc tế, được biết đến như là UTC. Sai số của việc xác định giây tốt nhất hiện nay là  $\pm 0,3$  ns/ ngày (tương đương với  $\pm 1$  giây trong 10 triệu năm).

Bởi vì thời gian và tần số có thể được đo rất chính xác, thiết bị thời gian và tần số thường được sử dụng để đo các đại lượng cơ bản khác, chẳng hạn như vôn, ampe, ôm và mét. Ví dụ như, tại hội nghị toàn thể về cân và đo (CGPM, Conférence Générale des Poids et Mesures) đã định nghĩa mét là “chiều dài của đường truyền của ánh sáng trong chân không trong một khoảng thời gian là  $1/299\,792\,458$  giây (CGPM thứ 17, 1983, Nghị quyết 1)”. Người ta cũng mong đợi, tất cả các đơn vị cơ bản trong đo lường sẽ được dẫn xuất từ đơn vị giây. Thậm chí hiện tại, khoa học và công nghệ đang ngày càng tận dụng lợi thế của sự dễ dàng và chính xác mà thời gian và tần số có thể được tạo ra, phổ biến và áp dụng.

Hệ thống Định vị Toàn cầu (GPS) là một ví dụ kinh điển về việc sử dụng thời gian chính xác để định vị chính xác. Nhiều hệ thống định vị GPS trước đây cũng đã sử dụng đồng hồ nguyên tử, nhưng chúng được đặt tại trạm mặt đất. GPS gồm một tập hợp 24 vệ tinh quay quanh quỹ đạo, mỗi vệ tinh có một đồng hồ nguyên tử được đặt trên đó. Tại bất kỳ thời điểm nào và tại bất kỳ nơi nào trên Trái đất, có thể nhìn thấy ít nhất bốn vệ tinh trong số này. Đồng hồ thời gian trong máy thu GPS được sử dụng để tính toán thời gian truyền tín hiệu từ mỗi vệ tinh mà nó có thể quan sát được. Vì các tín hiệu truyền đi với vận tốc ánh sáng và thời gian truyền có thể biết được chính xác, do đó có thể ước tính chính xác khoảng cách đến mỗi vệ tinh. Thông tin nhận được từ bốn vệ tinh tạo thành bốn phương trình với bốn ẩn số: vĩ độ, kinh độ, độ cao và thời gian của hệ thống GPS. Trong quá trình này, độ chính xác của đồng hồ GPS được truyền sang đồng hồ tinh thể thạch anh bên trong máy thu. Do đó, luôn biết được chính xác vị trí và thời gian (từ đó có thể suy ra được vận tốc) và vô số các ứng dụng đang sử dụng điều này. GPS giống như một tiện ích miễn phí với các ứng dụng chỉ bị giới hạn bởi trí tưởng tượng của con người. Do đó, số lượng người dùng và sự đa dạng của việc ứng dụng GPS đã và đang bùng nổ theo đúng nghĩa đen.

Nhóm ngành cần sử dụng thời gian chính xác được cho là nằm trong các lĩnh vực dẫn đường và hệ thống thông tin liên lạc (bao gồm radio, TV, video, đa phương tiện, điện thoại, mạng di động, internet, v.v.). Mặc dù điều này có lẽ là đúng, nhưng các ứng dụng cần độ chính xác thời gian trong các ngành khác cũng phát triển nhanh chóng và thú vị. Các hệ thống viễn thông và định vị đòi hỏi mức độ đồng bộ mạng chính xác rất cao. Hệ thống điện lưới cần thời gian chính xác để tạo luồng công suất hiệu quả và phát hiện lỗi với độ chính xác cỡ ms,  $\mu$ s, hay ns tùy theo yêu cầu cụ thể. Trong y tế, chụp cộng hưởng từ (MRI) là phương pháp sử dụng kỹ thuật quang phổ tần số chính xác. Các kỹ thuật MRI mới cho các hình ảnh chụp não bộ không xâm lấn một cách chi tiết. Các vấn đề về hệ thống giao thông đang được giải quyết bằng cách chuyển sang kỹ thuật thời gian chính xác với khả năng xác định vị trí của một chiếc xe chính xác đến từng cm. Mạng máy

tính cũng yêu cầu sự chính xác về thời gian. Các ngành ngân hàng và tài chính cần sử dụng thời gian chính xác để gắn dấu thời gian cho các giao dịch. Ghi lại từng giao dịch với dấu thời gian chính xác là một phần thiết yếu để vận hành một thị trường tài chính công bằng và bình đẳng. Với các hệ thống phân tán, điều này chỉ có thể được thực hiện nếu mọi hệ thống máy tính tham gia vào giao dịch duy trì một đồng hồ chính xác. Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển của cách mạng khoa học công nghệ, các ứng dụng của máy tính và trí tuệ nhân tạo (AI) đã tạo ra một dòng xoáy các giao dịch công cụ tài chính thay đổi chóng mặt, trong đó giao dịch tần suất cao (High Frequency Trading -HFT) được thể hiện thông qua robot, các giao dịch tự động hoá trở thành xu hướng của thời đại với khả năng phân tích và xử lý dữ liệu ở tốc độ rất cao (mili giây/ nano giây, do đó cần phải biết chính xác thứ tự mà các giao dịch được đặt, để tránh gian lận. Do đó tất cả các sàn giao dịch và nền tảng giao dịch là phải có dấu thời gian chính xác, độ phân giải cao bắt nguồn từ một đồng hồ chung.

Nền công nghiệp toàn cầu đang ở một trong bốn cột mốc quan trọng của lịch sử phát triển công nghiệp. Kỷ nguyên 4.0 hay cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4 tập trung vào công nghệ kỹ thuật số với sự trợ giúp của kết nối vạn vật thông qua internet, Internet of Things (IoT), quyền truy cập vào dữ liệu trong thời gian thực và các hệ thống mạng thực. Thế giới kết nối toàn cầu qua internet đã tạo ra sự bùng nổ cho nền kinh tế kỹ thuật số. Với hầu hết các giao dịch diễn ra trực tuyến, đặc biệt trong lĩnh vực có nhiều biến động như thị trường tài chính, dấu thời gian sẽ được sử dụng để giám sát, ghi nhật ký và phân tích hoạt động giao dịch, loại bỏ các giao dịch gian lận. Dấu thời gian cung cấp bằng chứng về thời điểm giao dịch xảy ra hoặc không xảy ra, bảo vệ thông tin người dùng không bị sửa đổi, trong đó mọi truy cập thông tin nhạy cảm đều được ghi lại để kiểm tra với các chi tiết về ngày và giờ theo thời gian thực. Trong khi đó nguồn thời gian của các tổ chức này hầu hết là từ đồng hồ trên máy tính, đây là một dạng nguồn thời gian trôi diễn hình. Đồng hồ trong hầu hết các máy tính dựa trên mạch dao động hoặc tinh thể thạch anh dùng pin có thể dễ dàng trôi hàng giây hoặc thậm chí hàng phút mỗi ngày tùy thuộc vào chất lượng bộ dao động. Để khắc phục điều này, đồng bộ với nguồn thời gian chính xác, tin cậy là một phương pháp hữu hiệu. Việc đồng bộ có thể được thực hiện bằng các giao thức khác nhau như đồng bộ thời gian NTP (Giao thức thời gian mạng) hoặc PTP (Giao thức thời gian chính xác), hoặc qua tín hiệu vệ tinh GPS. Trong đó NTP là phương thức phổ biến thời gian lâu đời và hiệu quả nhất qua mạng internet. Giao thức thời gian mạng NTP được thiết kế để đồng bộ thời gian cho máy tính theo gói tin. Bởi vì giải pháp NTP khá rẻ tiền và dễ duy trì, do đó các Viện đo lường thường sử dụng NTP như là phương pháp chủ yếu hoặc duy nhất để phổ biến thời gian. Ở một số quốc gia

trước đây sử dụng sóng vô tuyến hoặc điện thoại để phổ biến thời gian thì ngày nay hầu như đều thay thế bằng NTP. Theo giao thức này người sử dụng gần như không phải trang bị gì thêm để nhận được thời gian chính xác cỡ ms, việc này làm giảm chi phí về trang thiết bị phần cứng rất nhiều cho doanh nghiệp.

Rất khó để có thể liệt kê hết tất cả những đóng góp mà thời gian và tần số chính xác mang lại lợi ích cho nhân loại. Tuy nhiên những công cụ và kỹ thuật lĩnh vực này luôn ẩn phía sau âm thầm phục vụ cho các nhu cầu phát triển của khoa học và xã hội.

Để phục vụ công tác đào tạo chuyên môn cho những người làm công tác đo lường, hiệu chuẩn, đo - thử nghiệm, Viện Đo lường Việt Nam thuộc Tổng cục Tiêu chuẩn - Đo lường - Chất lượng đã được giao nhiệm vụ “Nghiên cứu xây dựng các bộ tài liệu kỹ thuật đo cho các lĩnh vực đo lường giai đoạn 2021-2023”, trong đó có lĩnh vực đo lường Thời gian – Tần số.

Tài liệu gồm bốn chương:

**CHƯƠNG I: “Tổng quan về lĩnh vực đo Thời gian – Tần số”;** trình bày quá trình hình thành và phát triển lĩnh vực, sự cần thiết của lĩnh vực đối với mọi mặt đời sống, kinh tế - xã hội, phần này cũng trình bày khái quát về đại lượng và đơn vị đo, nguyên lý đo và chuẩn đo lường Thời gian – Tần số để người đọc có cái nhìn tổng quan về đơn vị đo thời gian theo hệ SI.

**CHƯƠNG II: “Phương tiện đo Thời gian – Tần số và các đại lượng liên quan phổ biến”;** trình bày về nguyên lý cấu tạo, hoạt động và các đặc trưng đo lường cơ bản của các phương tiện đo Thời gian – Tần số phổ biến nhất và một thiết bị liên quan đó thiết bị đo tốc độ vòng quay.

**CHƯƠNG III: “Chuẩn và liên kết chuẩn đo lường Thời gian – Tần số”;** trình bày định nghĩa đơn vị giây SI và cách thể hiện đơn vị giây trong thực tế, cách kết hợp tối ưu tất cả các kết quả so sánh giữa các đồng hồ được duy trì trong các phòng thí nghiệm thời gian quốc gia tạo ra thang thời gian quy chiếu thế giới UTC dựa trên thang thời gian nguyên tử quốc tế TAI bởi BIPM; và các phương pháp sao truyền chuẩn từ chuẩn Quốc gia đến các phương tiện đo thấp hơn.

**CHƯƠNG IV: “Hiệu chuẩn phương tiện đo Thời gian – Tần số”;** trình bày phương pháp hiệu chuẩn các phương tiện đo nêu trong chương II và những vấn đề cần chú ý để thực hiện các phép hiệu chuẩn phù hợp các tiêu chuẩn và khuyến nghị của BIPM.

Phụ lục:

Phụ lục A “Hướng dẫn về các yêu cầu để tham gia tính toán UTC và so sánh chủ chốt về thời gian CCTF-K001.UTC”;

Phụ lục B "giới thiệu về hệ thống chuẩn Thời gian – Tần số ở Việt Nam".

Tài liệu kỹ thuật đo Thời gian – Tần số do các cán bộ phòng Đo lường Thời gian – Tần số, viện Đo lường Việt Nam biên soạn dựa trên quá trình nghiên cứu xây dựng, duy trì hệ thống chuẩn Quốc gia về Thời gian – Tần số và các tài liệu tham khảo liên quan khác của các cá nhân có nhiều kinh nghiệm hoạt động trong lĩnh vực Thời gian – Tần số, các tổ chức Quốc tế, các Viện giữ chuẩn Thời gian – Tần số của các nước trên thế giới, ...

Các đơn vị, tổ chức, doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực đo thời gian và tần số, các cơ sở đào tạo chuyên môn, các trường đại học, cao đẳng, trung cấp chuyên nghiệp có thể sử dụng tài liệu Kỹ thuật đo Thời gian và Tần số làm tài liệu tham khảo, hướng dẫn, tra cứu về phương pháp đo, kỹ thuật đo thời gian, tần số; để biên soạn giáo trình, tài liệu đào tạo, định hướng nghề nghiệp cho học viên.

Ban soạn thảo rất mong nhận được các ý kiến góp ý từ các chuyên gia hoạt động trong lĩnh vực đo lường Thời gian - Tần số, từ các bạn đọc tâm huyết ... để lần tái bản sau được bổ sung đầy đủ, hoàn thiện hơn.

*Hà Nội, tháng 3/2024*

Phòng đo lường Thời gian – Tần số, Viện Đo lường Việt Nam

**Nguyễn Thị Hằng và cộng sự**

*(Lưu ý: Nếu Quý độc giả quan tâm bản đầy đủ tài liệu kỹ thuật đo xin liên hệ theo số điện thoại 0902152532)*