



ĐỒNG HỒ NGUYÊN TỬ - KÍCH THƯỚC VI MẠCH - CSAC

ThS. Dương Thị Thanh Tú

Nội dung bài báo giới thiệu về một loại đồng hồ mới: đồng hồ nguyên tử kích thước vi mạch - CSAC (chip Scale Atomic Clock), có độ chính xác và độ ổn định của một đồng hồ nguyên tử nhưng kích thước siêu nhỏ, mang lại một bước đột phá mới cho các ứng dụng đi đồng.

GIỚI THIỆU CHUNG VỀ CSAC

Đồng hồ nguyên tử kích thước vi mạch được phát triển cho các ứng dụng trong các thiết bị đi đồng yêu cầu độ chính xác thời gian gần như tuyệt đối. CSAC chỉ chiếm giữ một dải phổ duy nhất. Nó có công suất nhỏ và thấp hơn gần 100 lần so với một bộ tạo dao động Rubidium (Rb) thông thường; còn so với một bộ tạo dao động tinh thể bù nhiệt độ (TCXO), nó có công suất lớn và cao hơn khoảng 100 lần. CSAC là lựa chọn mới cho các hệ thống truyền thông bảo mật, định vị, mạng cảm biến hay adhoc cũng như các ứng dụng thương mại yêu cầu thời gian chính xác khi môi trường GPS bị từ chối, đặc biệt là được dự định cho dịch vụ đám mây.

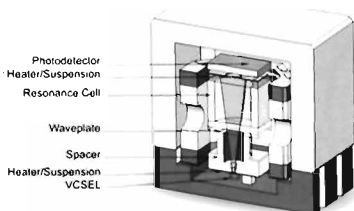
Việc nghiên cứu CSAC được thực hiện bởi sự công tác của nhóm nghiên cứu thuộc trung tâm công nghệ symmetricom cùng với nhóm MEM thuộc Phòng thí nghiệm Charles Stark Draper và Phần khu quang điện tử học thuộc hệ thống phòng thí nghiệm quốc gia Sandia, Mỹ. Chương trình phát triển CSAC đã đạt đến pha 3 và các kết quả đã được đánh giá, công nhận trong PTTI/FCS từ năm 2007. Năm 2011, symmetricom đã bắt đầu đưa ra sản phẩm thương mại CSAC đầu tiên trên thế giới.

CẤU TẠO CSAC

Đồng hồ nguyên tử chip scale thực chất là một bộ phát dao động với một nguồn nuôi 3.3V (115mW), dạng sóng đầu ra là sóng vuông 10MHz, có kích thước 35,3 x 36,8 x 11,4 mm, thể tích khoảng 16 cm³ (Hình 1).

Các phần tử chức năng bao gồm:

- Một hệ thống treo polyimide chịu lực (tensioned polyimide suspension).
- Một tế bào hơi silic có cấu trúc cực nhỏ



Hình 1. Cấu trúc CSAC

(microfabricated silicon-vapor cell).

- Một laser phát ra bề mặt có hốc thẳng đứng công suất thấp (VCSEL) mà đầu ra sẽ đi qua hơi silic.

Toàn bộ sự đóng gói đồng hồ CSAC được chỉ ra trong Hình 2 bao gồm cấu trúc điện tử học, giao diện RS-232, một DSP công suất thấp, tấm bảo vệ từ hai lớp (tần số cộng hưởng nguyên tử bị ảnh hưởng



Hình 2. Gói CSAC

bởi nhưng từ trường này), tất cả sẽ được bit kín và đặt vào trong bo mạch in PCB (printed circuit board).

Trong thực tế, một PCB điển hình được minh họa trong Hình 3:



Hình 3. PCB điển hình

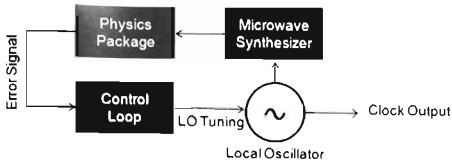
NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CSAC

Nguyên lý hoạt động của CSAC được chỉ ra trong Hình 4. Tần số cộng hưởng sóng cực ngắn nguyên tử "tự nhiên" được tổng hợp từ một bộ tạo dao động nôi RF (LO - Local Oscillator) và một mạch điều khiển sẽ khóa tần số LO tới cộng hưởng nguyên tử.

Bộ tổng hợp sóng cực ngắn (Microwave Synthesizer) bao gồm một bộ phát dao động điều khiển bởi điện áp (VCO) 4.6 GHz được đồng bộ với một bộ dao động tinh thể bù nhiệt độ (TCXO) 10MHz. Bộ tổng hợp này giúp cho CSAC có thể cung cấp đầu ra tần số RF tiêu chuẩn 10MHz với mức điều chỉnh nằm giữa TCXO và VCO, độ phân dải nhỏ hơn 10^{-12} . Việc sử dụng bộ tổng hợp sóng cực ngắn giúp cho CSAC dò tìm sự cộng hưởng nguyên tử, tránh được các tổn hại khi chỉ có một đầu ra TCXO.

ƯU ĐIỂM CỦA CSAC

Với những cải tiến mới trong thiết kế, đồng hồ CSAC đã đạt được những kết quả sau:



Hình 4: Kiến trúc cơ bản của CSAC

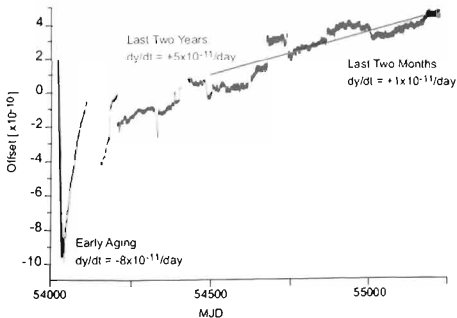
- Thể tích 16 cm³.
- Trọng lượng 35g.
- Độ chính xác khi di chuyển $\pm 5.0 \text{ E-11}$
- Độ ổn định trong khoảng thời gian ngắn $\sigma_y(\tau) \approx 5 \times 10^{-10} \tau^{-1/2}$. Trong trường hợp $\tau = 1$ giờ, $\sigma_y < 5 \times 10^{-12}$.
- Tốc độ lão hóa $< 3\text{E-10}/\text{tháng}$.
- Độ phân giải bước điều chỉnh số $\Delta y \approx \pm 10\text{-}8/\text{bước}$
- Độ nhảy của tần số đầu ra so với sự thay đổi của nhiệt độ $dy/dT \approx 10^{-10}/^\circ\text{C}$
- Độ ổn định trong khoảng thời gian dài khá thấp, phụ thuộc vào tuổi thọ của đồng gói vật lý (physics package).

Tổng công suất tiêu thụ 115mW.

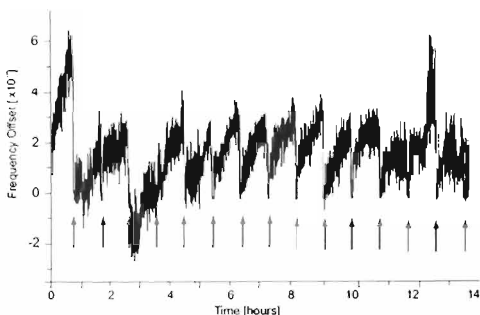
Các đặc tính kỹ thuật ban đầu của CSAC đều đảm bảo tất cả các chỉ tiêu của một đồng hồ nguyên tử về độ chính xác, độ ổn định trong khoảng thời gian ngắn và tuổi thọ trong khi lại mang đến một đột phá mới về kích thước và trọng lượng,

nâng cao khả năng di động và độ ổn định tần số theo thời gian. Hình 5 chỉ ra đặc tính quan trọng nhất của CSAC trong việc đảm bảo tín hiệu đồng bộ khi bị mất tín hiệu đồng bộ từ GPS trong những khoảng thời gian dài.

Các ứng dụng di động luôn luôn phải sử dụng đến nguồn pin vì vậy tổng công suất tiêu thụ cũng là một vấn đề khá quan trọng. Đồng hồ CSAC không chỉ có công suất tiêu thụ siêu thấp (Hình 6) mà còn có sự thay đổi công suất rất ít theo nhiệt độ (Hình 7). Điều này, ngoài việc tạo ra một ưu thế lớn cho thiết kế vật lý, nó còn đem đến sự khác biệt lớn so với các đồng hồ nguyên tử khác.



Hình 5: Sự thay đổi tần số theo thời gian của CSAC



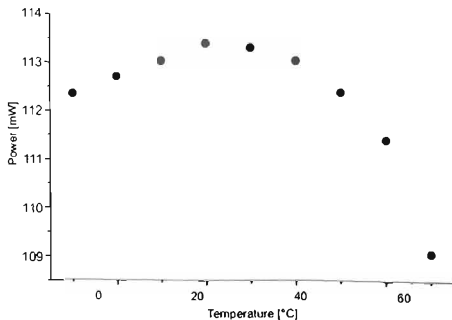
Hình 6: Một ví dụ về công suất tiêu thụ siêu thấp của CSAC. Với offset tần số trong khoảng 14 tiếng, công suất tiêu thụ của CSAC < 30 mW

ỨNG DỤNG CỦA CSAC

Hiện nay, đồng bộ thời gian được sử dụng chủ yếu để cung cấp tín hiệu định thời cho các hệ thống truyền tải. Một thời gian không xa nữa, yêu cầu định thời trên các hệ thống truyền tải này có thể sẽ không còn nữa theo sự biến đổi của công nghệ mạng lõi, tuy nhiên cho dù các nền mạng viễn thông có thay đổi hay phát triển như thế nào đi chăng nữa, đồng

bộ thời gian vẫn luôn chiếm giữ vai trò quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng dịch vụ (QoS) cho các dịch vụ mới cũng như các hệ thống truy nhập thế hệ mới, đặc biệt là các trạm gốc trong hệ thống di động.

Ngoài ra, một xu thế phát triển chung của dịch vụ viễn thông hiện nay là dịch vụ chia sẻ tài nguyên với đại diện tiêu biểu là điện toán đám mây. Không



Hình 7: Sự thay đổi công suất tiêu thụ của CSAC theo nhiệt độ

nằm ngoài xu thế chung đó, đồng bộ trong tương lai sẽ là giải pháp **đồng bộ đám mây** cho các ứng dụng thương mại yêu cầu thời gian chính xác khi môi trường GPS bị từ chối thông qua các giao thức định thời mạng (PTP, NTP, ...) dựa trên đồng hồ nguyên tử CSAC.

Ngoài những ứng dụng trong lĩnh vực cung cấp đồng bộ cho mạng viễn thông kể trên, CSAC còn được dùng để thay thế cho TCXO và OCXO trong trường hợp:

- Tổng công suất quá cao.
- Không đủ độ chính xác.
- Chế độ lưu giữ (holdover) không đảm bảo.
- Kích thước quá lớn.
- Tổng hợp các trường hợp trên.

Bên cạnh đó, đồng hồ CSAC hiện còn là lựa chọn hàng đầu cho các ứng dụng sau:

- Cảm nhận địa chấn dưới đáy biển.
- Nhiều IED giám.
- Sóng radio quân đội giám.

- Thiết kế các bộ thu GPS cầm tay trong quân đội.
- Phương tiện vận hành tự động trên không (UAV) chiến lược.

KẾT LUẬN

Tuy sản phẩm thương mại CSAC đầu tiên đã xuất hiện vào đầu năm 2011 nhưng CSAC vẫn được các nhóm tiếp tục nghiên cứu với mục đích cho ra đời những dòng sản phẩm CSAC với độ chính xác siêu cao và kích thước siêu nhỏ, đáp ứng những yêu cầu mới về đồng bộ trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

- [1]. "New Technology Enables a Chip scale Atomic Clock", white paper, Symmetricom, May 13th 2011
- [2]. "New Generation Network Architecture - Akari Conceptual Design (ver1.1)", Akari Architecture Design Project, Oct 2008.
- [3]. "The chip-scale atomic clock - prototype evaluation", PTTI conference, 2007.
- [4]. "Chip-scale atomic clock approaches performance of modules", BillSchweber - Symmetron, January 18th, 2011.

