

PXle formatındaki AWG kartlarıyla atom saatleri geliştiriliyor

Dünya genelinde yüzlerce atom saati, Uluslararası Atomik Zamanı (TAI) oluşturmak amacıyla sürekli olarak karşılaştırılıyor. Almanya'da Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), dünyanın önde gelen iki sezyum çeşme saatiyle bu çalışmaya katkıda bulunuyor. Ancak bu saatlerin çalışır durumda tutulması, atom bulutlarını lazerlerle birkaç mikrok Kelvin seviyesine kadar soğutmayı ve Ramsey spektroskopisi gerçekleştirmeyi sağlayan gelişmiş bir teknolojiye bağlı. Spectrum Instrumentation tarafından sunulan AWG kartları, atom saatlerinin en yeni kurulumunda kilit bir rol oynuyor. CSF1 ve CSF2 sezyum çeşme saatleri, ulusal referans zaman ölçeği UTC'yi (PTB) yönlendiriyor ve PTB'nin zaman hizmetlerinin ve tüm Almanya için yasal saatin temelini oluşturuyor; saatlerden ve trenlerden hava trafiğine, iletişim sistemlerine, yayıncılığa, bilgisayar sistemlerine ve çok daha fazlasına kadar her şeyi senkronize ediyor.

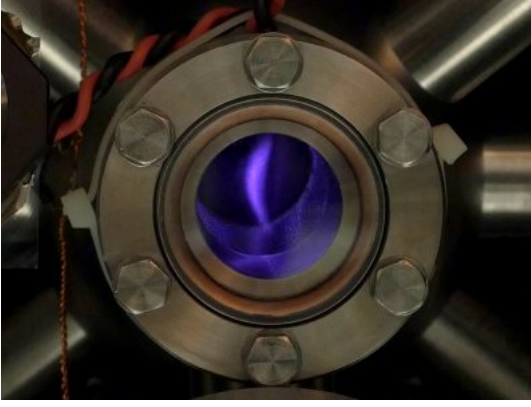


PTB'deki iki sezyum çeşme saati, Federal Almanya Cumhuriyeti'nin tamamı için yasal zamanı sağlıyor.

PTB'de işletilenler gibi sezyum çeşme saatleri, sezyum atomlarının kuantum davranışına dayanır. Bir saniye, sezyum-133 atomunun temel durumundaki iki enerji seviyesi arasındaki geçişe karşılık gelen radyasyonun tam olarak 9.192.631.770 periyodunun süresi olarak tanımlanır. Bir vakum haznesinde, bu atomların ultra soğuk bulutu, son durumları lazer kaynaklı floresans spektroskopisiyle ölçülmeden önce bir Ramsey mikrodalga boşluğundan iki kez geçer.

Sezyum atomları nasıl soğutulur

PTB'nin Zaman ve Frekans departmanında görev yapan Dr. Johannes Rahm şöyle açıklıyor: "Ölçüm gerçekleştirilebilmeden önce bir ultra soğuk atom bulutunun yüklenmesi gerekir. Bu işlem, manyeto-optik tuzak (CSF1) veya optik molas (CSF2) kullanılarak gerçekleştirilir. Her iki durumda da belirli bir geometrik düzende hizalanmış lazerler, sezyum-133'ün optik geçiş frekansının biraz altına ayarlanır. Artık termal hareket nedeniyle bu lazer ışığı Doppler kaymasıyla geçiş frekansına doğru kayar ve lazerden gelen fotonların soğurulması ve momentumun korunması sayesinde buluttaki atomlar yavaşlatılır ve böylece soğutulur."



Floresans gösteren sezyum atomları bulutunu gösteren vakum haznesinin kızılötesi fotoğrafı. (Fotoğraf: Mareike Bernien)

Sezyum çeşme saatinin çalışma döngüsü

Lazerler arasındaki küçük bir frekans farkı daha sonra bulutu, havaya bir top atmaya benzer şekilde yukarı doğru iter. Bu, “çeşme” etkisini oluşturur: atomlar yukarı çıkarken Ramsey boşluğundan bir kez, yerçekiminin etkisiyle aşağı inerken bir kez daha geçer. Ramsey boşluğundan ikinci kez geçtikten sonra geçiş olasılığı floresans spektroskopisiyle belirlenir. Ramsey boşluğundan her geçiş sırasında bir mikrodalga darbesi uygulanır. Bu darbenin frekansı, ortaya çıkan geçiş olasılığının yaklaşık %50 olması için ayarlanır. Yükleme aşaması, fırlatma aşaması, Ramsey sorgulaması, algılama ve aşamalar arasındaki balistik uçuşlardan oluşan her çeşme döngüsünde, mikrodalga frekans sapmasının işareti ters çevrilir; böylece simetrik geçiş olasılığı yapısının sol ve sağ tarafı örneklenir. Gerçek geçiş frekansı daha sonra %50 geçiş olasılığı için ayarlanan iki yönlendirilmiş frekansın ortalaması olarak belirlenir. Ölçüm tamamlandığında, yaklaşık 1,2 saniye sonra döngü yeniden başlar ve günde 24 saat devam eder.

Saatlerin gelişimi

Sezyum çeşme saati, lazerlerin dikkatli bir şekilde kontrol edilmesini gerektirir. Bu kontrol başlangıçta PTB'nin önceki nesil mühendisleri ve bilim insanları tarafından geliştirilen özel analog devreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Böylesine karmaşık bir sistemi uzun vadede çalışır durumda tutmak giderek zorlaşmaktadır. Bu nedenle, deneyin kendisi gibi destekleyici elektronik sistemin de gelişmesi gerekir. Bu durum Dr. Rahm'ı analog sistemin dijital bir alternatifle nasıl değiştirilebileceğini araştırmaya yöneltti. Araştırmaları, Spectrum Instrumentation'ın PXIe formatındaki AWG (Arbitrary Waveform Generator) kartlarını sisteme entegre etmesini sağladı. Bu kartlar, akusto-optik modülatörler kullanılarak atomların soğutulması, fırlatılması ve algılanması sırasında lazer frekanslarını değiştirmek için gerekli RF frekanslarını üretir.



24 saat boyunca kesintisiz çalışan sezyum çeşme saatlerini inceleyen Dr. Johannes Rahm. (Fotoğraf: PTB)

Spectrum desteğinin hızlı tepkisi

Ancak uygulama sırasında bir zorluk ortaya çıktı. M4x.6622-x4 AWG kartları doğruluk gereksinimlerini son derece iyi karşılamasına rağmen, mevcut sinyal üretim modlarının hiçbiri PTB'de ihtiyaç duyulan özel gereksinimlere uymuyordu. Sezyum çeşme saati döngüsünün verimli bir şekilde tasarlanabilmesi için her lazerin, döngünün belirli bir anında belirli bir dalga biçimi setine ihtiyacı vardır. Dr. Rahm, doğrudan tasarım

mühendisleri tarafından yürütülen Spectrum Instrumentation desteğiyle iletişime geçti. Yazılım mühendisleri yalnızca iki gün içinde “Sequence Restart Mode” adı verilen yeni bir özellik geliştirdi. Dr. Rahm’ın testleri başarılı oldu ve yeni mod tam olarak öngörüldüğü şekilde çalışıyor.



PXI formatında Spectrum M4x.6622 Arbitrary Waveform Generator kartı. (Fotoğraf: Spectrum)

Bu arada Spectrum Instrumentation, Sequence Restart Mode’u 65xx ve 66xx serilerindeki tüm AWG’ler için ücretsiz bir yükseltme olarak kullanıma sundu. Yeni mod, en güncel sürücülerin yüklenmesiyle kolayca etkinleştirilebilir.

Spectrum Instrumentation Hakkında

1989 yılında kurulmuş olan Spectrum Instrumentation, PC kartları (PCIe ve PXIe) ve bağımsız Ethernet üniteleri (LXI) olmak üzere 200’den fazla çeşitli sayısallaştırıcı ve üreteç ürünü tasarlamak ve üretmek için benzersiz bir modüler konsept kullanmaktadır. 35 yılı aşkın süredir Spectrum, birçok A sınıfı endüstri lideri ve neredeyse tüm prestijli üniversiteler dahil olmak üzere dünyanın dört bir yanından müşteriler edinmiştir. Merkezi Almanya’nın Hamburg şehri olan şirket, 5 yıllık garanti süresi ve doğrudan tasarım mühendislerinin sağladığı üstün desteği ile bilinir. Spectrum ile ilgili daha fazla bilgiye şu adresten ulaşabilirsiniz: www.spectrum-instrumentation.com

Spectrum Instrumentation GmbH

Ahrensfelder Weg 13-17
22927 Grosshansdorf
Germany
Sven Harnisch
Telefon: +49-4102-6956-0
sven.harnisch@spec.de
<https://spectrum-instrumentation.com/>