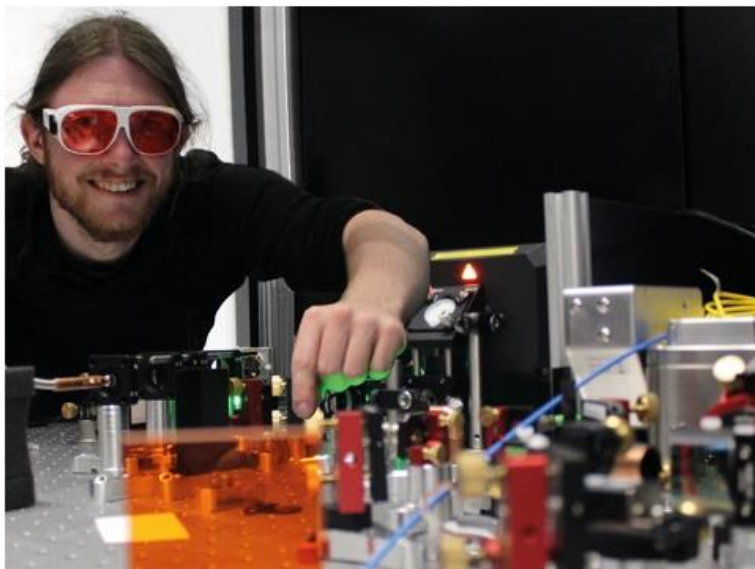


DDS ファームウェアオプションで量子コンピュータの開発を加速

Spectrum Instrumentation の AWG カードは、光ピンセットアレイ内の量子ビットとして原子を配置するために使用されます

量子コンピュータを構築するにはさまざまな方法がありますが、カイザースラウテルン大学の Rymax One プロジェクトとのコラボレーションにおけるアプローチは、量子ビットとして機能する単一原子の配列を作成することです。課題は、各原子を正確な位置に移動して保持することです。これは、各原子にレーザーを照射して原子をレーザービームの中心にトラップし、実質的に光ピンセットとして機能することで行われます。ただし、ビームの各移動をポイントごとにプログラミングするには、現在、多くのプログラミングと膨大な量のデータが必要です。これは、Spectrum Instrumentation 社の新しい Direct Digital Synthesis(DDS)ファームウェアオプションの使用により大幅に削減され、時間のかかる大規模なデータ配列計算を行う代わりに、開始パラメータと停止パラメータを定義するいくつかの簡単なコマンドでレーザーの位置を制御できるようになりました。

物理学博士のヨナス・ウィッツェンラート氏は、「これは私たちの研究の進歩に大きな変化をもたらしています。新しい DDS オプションを使用することで、私たちは急速に進歩しシステムの複雑さを軽減して研究に集中できるようになりました。次のステップは、DDS ファームウェアの動的機能を使用して、静的な 2 次元配列内の原子の並べ替えを行うことです。」と述べています。さらに、次の段階では、AWG を使用して理想的な UV レーザーパルスを形成し、量子ビット間の相互作用を正確に制御します。

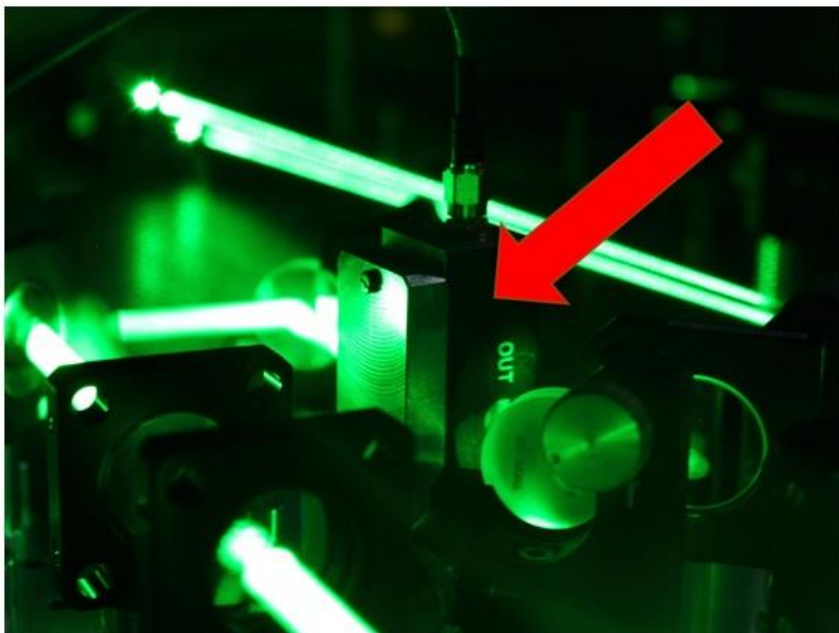


カイザースラウテルン大学の量子実験装置と物理学者ヨナス・ウィッツェンラート

「DDS は私たちのプロジェクトに欠かせない

ツールになりました。非常に柔軟性が高く、他の機能にも使用できるため、専用の機器を購入する必要がなく、ラボ内の他の用途にも使用できることがわかりました。たとえば、パルスレーザー、チャープ生成などです。私たちは Spectrum 社と緊密に連携してこの DDS 機能を開発し、現在は研究での使用の可能性を拡大して他のラボにも役立つように取り組んでいます。」

彼は、Spectrum 製 AWG カードが選ばれたのは、優れたアナログ性能と大容量メモリ、カードへの高速転送速度を併せ持つことから、量子研究に最適なソリューションになりつつあるためだと付け加えました。波形の並べ替えを計算しカードにアップロードされるまで実験を一時停止する必要があるため、転送速度は非常に重要です。Spectrum 製 AWG カードの転送速度は他社の製品と一線を画すものであり、それが AMO/QC コミュニティで広く使用されている主



音響光学偏向器（AOD、赤い矢印）は、1本のレーザービームを多数の制御可能な単一ビームに分割し、原子を捕らえて保持します。

な理由です。カードの動作速度も非常に重要でした。高速 AWG には、数十ミリ秒の遅延や大きなジッターという本質的な問題があり、システムが修正および再修正する際に不正確さや処理時間の延長につながります。DDS ファームウェアにより、Spectrum の AWG は 20 マイクロ秒以内にコマンドを生成でき、固有のタイミングによりコマンドは実質的にジッター無しです。

実験の一例では、Spectrum Instrumentation 製 AWG カード M4i.6631-x8 を使用して、原子を捕捉するピンセットを生成する AOD(音響光学偏向器)を駆動しま

す。AOD は、約 82MHz の周波数の RF 信号で駆動されます。現在の設定では、1MHz の変化で原子を含んだピンセットが 100 μ s 以内に約 8 μ m 移動します。S 字型の周波数ランプを使用して加熱を最小限に抑えます。この間、信号の振幅は直線的に変化し光強度の変化を補正します。

DDS ファームウェアオプション

DDS は、単一の固定周波数リファレンスクロックから任意の周期正弦波を生成する方法です。これは、さまざまな信号生成アプリケーションで広く使用されている手法です。Spectrum Instrumentation の新しいオプションを使用すると、ユーザーは AWG カードごとに 23 個の DDS コアを定義し、ハードウェア出力チャンネルにルーティングできます。各 DDS コア(正弦波)は、周波数、振幅、位相、周波数スロープ、振幅スロープに対してプログラム可能です。DDS 出力は、外部トリガーイベントまたは 6.4ns の分解能を持つプログラム可能なタイマーによって同期できます。

DDS モードでは、AWG はマルチトーン DDS 信号のジェネレータとして機能します。ユニットに内蔵された 4GByte のメモリと高速 DMA 転送モードにより、1 秒あたり最大 1,000 万コマンドの速度で DDS コマンドをストリーミングできます。この独自の機能により、シンプルで使



世界中の量子研究者に広く使用されている：1.25GS/sのサンプリング速度、16ビットの分解能、2chの M4i.6631-x8 任意波形ジェネレータ

しやすい DDS コマンドを使用して、ユーザー定義のスロープ(S 字型など)やさまざまな変調タイプ(FM や AM など)を柔軟に実行できます。

Rymax One の量子コンピュータ設計

2021 年より、Spectrum Instrumentation とカイザースラウテルン大学は、Rymax One コンソーシアムの一環として、BMBF(ドイツ連邦教育研究省)の資金提供プログラム「量子技術 - 基礎研究から市場へ」に参加しています。このコンソーシアムの目的は、量子オプティマイザーを構築することです。この目的のために、個々のイッテルビウム原子は、光ピンセットを使用して真空中にリユードベリ状態で浮遊します。Rymax のコラボレーションは、最大独立集合問題などの量子最適化問題と、QAOA や量子アニーリングなどのアルゴリズムを使用してソリューションを見つけることに特に焦点を当てています。これにより、「アナログ」量子コンピューティング用に最適化されたハードウェアを構築できます。設計の重要な側面の 1 つは、(UV)レーザー光の動的制御です。これには、さまざまな RF 信号を完全に制御する必要があります。ここで、Spectrum Instrumentation の長年の専門知識が役立ちます。



Spectrum Instrumentation 社について

Spectrum 社は、Spectrum Systementwicklung Microelectronic GmbH として 1989 年に設立され、2017 年に Spectrum Instrumentation GmbH に改名されました。最も一般的な業界標準 (PCIe、LXI、PXIe) で 500 を超えるデジタイザおよびジェネレータ製品を作成するモジュール設計のパイオニアです。これら高性能の PC ベースのテスト & メジャーメントデザインは、電子信号の取得・生成および解析に使用されます。同社はドイツの Grosshansdorf に本社を置き、幅広い販売ネットワークを通じて世界中に製品を販売し、設計エンジニアによる優れたサポートを提供しています。Spectrum 社の詳細については、www.spectrum-instrumentation.com を参照してください。