

Quantumcomputers: van 0 tot 1 en daartussen

Bachelorstudenten natuurkunde aan de Universiteit van Amsterdam doen in hun laatste jaar een onderzoeksproject dat wordt afgesloten met een scriptie. The Quantum Universe schreef een wedstrijd uit: schrijf een korte populariserende samenvatting van je scriptie waarin je voor een breed publiek uitlegt welk onderzoek je gedaan hebt.



Afbeelding 1. Marieke Kral. Marieke won de eerste eervolle vermelding met de samenvatting van haar scriptie over quantumcomputers.

Enkele weken terug publiceerden we de winnende samenvatting, geschreven door Rico Visser. Vandaag is het de beurt aan de eerste van de twee eervolle vermeldingen. Deze eervolle vermelding gaat naar Marieke Kral, voor de samenvatting van haar onderzoek naar quantumcomputers.

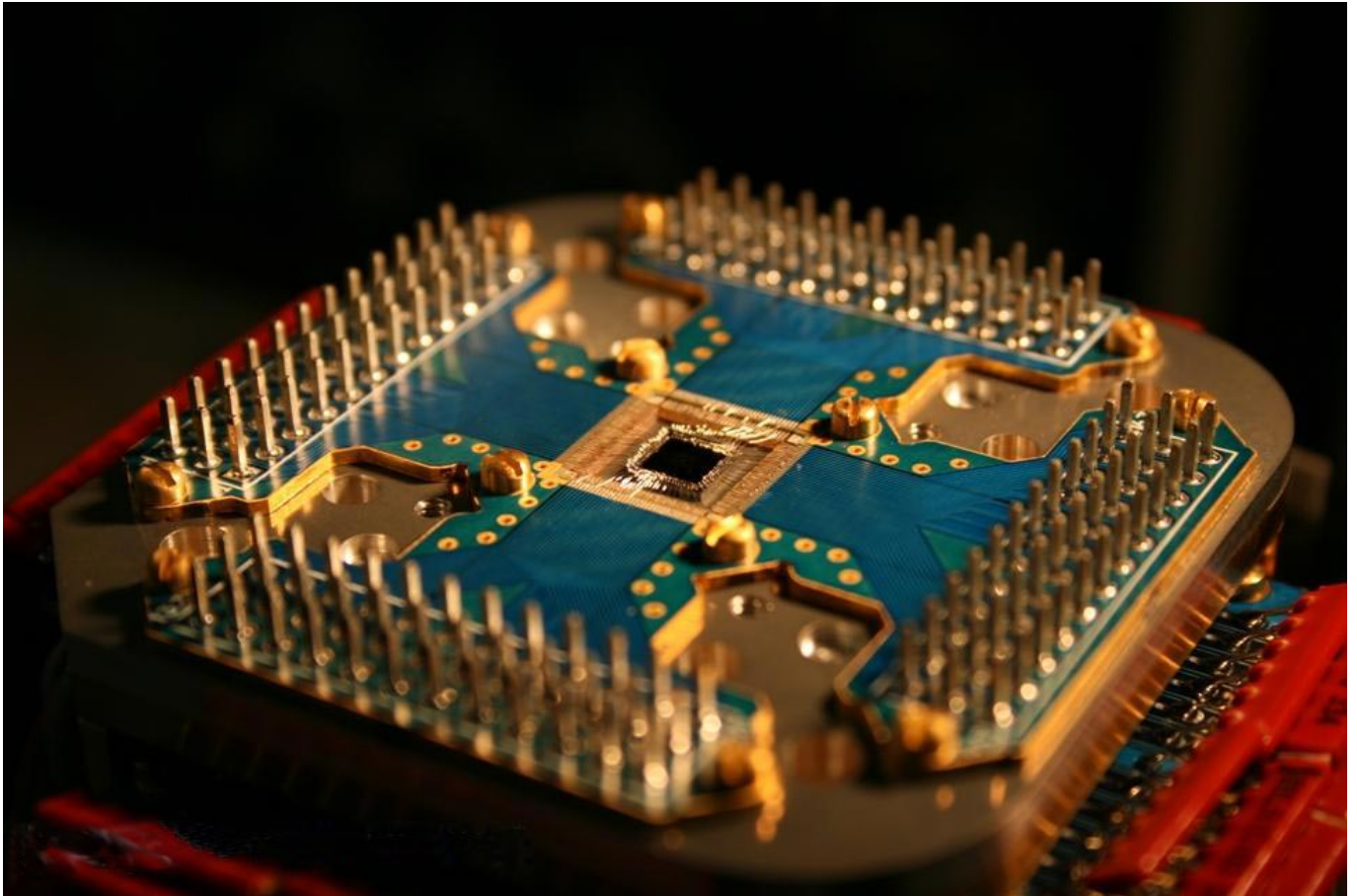
Quantumcomputers: van 0 tot 1 en daartussen

Het lijkt een eeuwigheid geleden, maar misschien herinnert iemand zich het nog wel: de tijd dat computers zo traag waren, dat je tijdens het opstarten makkelijk even iets anders kon gaan doen. Tegenwoordig zijn onze computers een stuk sneller, maar soms is dit toch niet goed genoeg. Zo moeten sommige wetenschappers met de huidige computers langer dan

een maand wachten voordat zij het antwoord op een berekening krijgen. Daarom zijn onderzoekers al lange tijd op zoek naar een manier om computers sneller te maken. Mogelijk kan dat door gebruik te maken van de eigenschappen van deeltjes op kleine schaal: de schaal waarop de regels van de quantummechanica gelden.

Huidige computers werken met nullen en enen. Ieder signaal dat verstuurd wordt, wordt verpakt in een code van 0 en 1. Na bewerking wordt die code vervolgens door de computer weer 'vertaald' in een voor ons begrijpbaar signaal. Het verzenden van een 0 of 1 noemen we een *bit*. Je kunt je misschien wel voorstellen dat het sneller zou zijn als we ook een combinatie van de twee zouden kunnen verzenden. Dit kan met quantummechanica. Dan heb je dus een quantummechanische bit: een *qubit*.

De vraag is natuurlijk wat die nullen en enen precies moeten zijn, als dit alles zich op de kleine schaal van de quantummechanica moet afspelen. Het blijkt dat de nullen en enen gevormd kunnen worden door atomen. Zoals je waarschijnlijk weet, bevinden zich rondom atoomkernen elektronen. Deze elektronen hebben niet altijd dezelfde energie. Als het bijvoorbeeld heel koud is, heeft zo'n elektron niet veel energie, maar je kunt ook energie toevoegen: niet zoveel energie dat het elektron het atoom verlaat, maar genoeg om ervoor te zorgen dat het elektron anders gaat bewegen. Zo kun je twee toestanden creëren: één met een lage energie (de 0) en één met een hogere energie (de 1). Omdat de regels van de quantummechanica gelden, kan dus door energie aan een atoom toe te voegen een 0 of 1, maar ook een combinatie van de twee (een zogeheten [superpositie](#)) gemaakt worden. Die energie komt van een antenne, die deze energie uitstraalt. Zo kun je dus, door aan een groep atomen energie toe te voegen, een qubit maken.



Afbeelding 2. Een eenvoudige quantumchip. Deze quantumchip bevat 16 qubits. Foto: D-Wave Systems.

Het probleem is dat de omstandigheden voor deze atomen *nét* allemaal verschillend zijn. De atomen zullen daarom ieder anders op de toevoeging van de energie reageren. Dit hoeft geen probleem te zijn, als het verschil tussen de atomen maar klein is, maar hoe langer je wacht, hoe meer de verschillende atomen zich anders gaan gedragen. Op dat moment heb je geen controle meer over deze atomen, want als je dan weer energie toevoegt, zullen ze allemaal anders reageren. We zeggen dat de atomen niet meer coherent zijn, dus *decoherent*, en we drukken de mate van decoherentie uit in de decoherentietijd: de tijd die het kost voordat het grootste deel van de atomen zich niet meer hetzelfde gedraagt.

Als je de qubits, dus de atomen, wilt gebruiken om signalen te communiceren in een computer, moet dit dus gebeuren voordat de decoherentietijd voorbij is. Vanaf dat moment verlies je immers de controle over de atomen. Daarom wil je dat de atomen zo snel mogelijk reageren wanneer je energie toevoegt.

In het onderzoek voor mijn bachelorscriptie heb ik zowel de decoherentietijd gemeten als

gekeken hoe je de atomen sneller kunt laten reageren. Het blijkt dat de atomen sneller reageren als de energie door een antenne in de vorm van een helix, in plaats van de eerder gebruikte vierkante vorm, wordt toegevoegd. Deze atomen moeten wel snel reageren, want de vastgestelde decoherentietijd is ongeveer 55 miliseconde. Voordat wij werken op quantumcomputers en onze 'trage' computers een eeuwigheid geleden lijken, valt er dus nog veel te onderzoeken!