

Introduction

SDT의 QCU는 정밀한 큐비트 제어와 신뢰성 높은 측정을 통해 안정적인 양자컴퓨팅을 구현하는 핵심 솔루션입니다. Basic 모델은 최대 8.5 GHz, High Density(HD) 모델은 최대 20 GHz의 광대역 신호를 기반으로, 장치 하나당 각각 6개와 16개의 RF 채널을 활용해 다수의 큐비트를 유연하게 제어·측정할 수 있어 복잡한 양자 알고리즘과 오류 보정 프로토콜을 효과적으로 지원합니다.

SDT의 독자적인 특허 기술이 적용된 QCU는 다양한 양자컴퓨팅 애플리케이션에 맞춤형 최적의 솔루션을 제공합니다.

Basic



- 최대 8.5 GHz의 신호 대역폭으로 정밀한 큐비트 제어 및 측정
- 출력 채널 최대 6개, 입력 채널 최대 2개 지원
- 3채널 단위 RF 카드 조합으로 간편한 채널 확장
- 장치당 최대 6개의 직접 디지털 합성(DDS) DAC 채널 지원
- 초전도, 중성원자, 다이아몬드 NV 센터 큐비트에 적용 가능
- 게이트 연산용 고속 AWG를 이용한 펄스 설계 및 펄스 시퀀서 기능 지원

High Density (HD)



- 최대 20 GHz 신호 대역폭으로 정밀한 큐비트 제어 및 측정
- 출력 채널 최대 16개, 입력 채널 최대 8개 지원
- 4채널 단위 RF 카드 조합으로 간편한 채널 확장
- Multi-tone 출력(최대 7 tones, 2채널)
- 장치당 최대 16개의 직접 디지털 합성(DDS) DAC 채널 지원
- 초전도, 중성원자, 다이아몬드 NV 센터, 이온트랩, 실리콘 스핀 큐비트에 적용 가능
- 게이트 연산용 고속 AWG를 이용한 펄스 설계 및 펄스 시퀀서 기능 지원
- 채널 내 펄스 간 위상 연속성 보장
- Mid-circuit measurement 기반 실시간 분기 처리
- QCU 간 하드웨어 동기화
- 펄스 이벤트 마커 신호 출력 지원 예정
- Web-UI · Python SDK 및 SDT 큐비트 제어 소프트웨어 QubeCore(옵션) 지원

Extension Boards

사용 환경에 맞는 카드를 3채널(Basic) 또는 4채널(HD) 단위로 골라 구성합니다.

Basic	HD	Extension Board	출력 범위	적용 예시
✓	✓	LF Low Frequency	DC - 500 MHz	• 중성원자 및 이온트랩 큐비트 냉각 • 중성원자 큐비트 재배치 및 게이트 연산
✓	✓	HF High Frequency	10 MHz - 8.5 GHz	• 초전도 큐비트 제어 및 측정 • 실리콘 스핀 큐비트 제어 및 측정
-	✓	MW Microwave	20 GHz	• 실리콘 스핀 큐비트 제어 및 측정 • 이온트랩 큐비트 냉각 및 제어
-	✓	DC Direct Current	± 12 V	• 초전도 큐비트 제어 및 주파수 조절 • 실리콘 스핀 큐비트 양자점 제어 및 측정

Specifications

	Basic	High Density (HD)
Core Engine	XCZU49DR-FFVF1760	
I/O Channels	3+3 / 2	4+4+4+4 / 4+4
Frequency Range	Extension Board Combinations	
	LF, HF	LF, HF, MW, DC
RF Output	6 (3+3)	16 (4+4+4+4)
Frequency Range	LF (500 MHz), HF (8.5 GHz)	LF (500 MHz), HF (8.5 GHz), MW (20 GHz), DC
Power Range	-40 dBm to +4.5 dBm	
D/A Conversion	14-bit, 9.85 GSa/s	
Phase Noise	-105 dBc/Hz @ 100 Hz -113 dBc/Hz @ 1kHz -115 dBc/Hz @ 10kHz	
Signal to Noise Ratio	> 80 dBc @ 30 dBm	
Impedance	50 Ω	
RF Input	2	8 (4+4)
Frequency Range	8.5 GHz	
Power Range	-40 dBm to +4.5 dBm	
A/D Conversion	14-bit, 2.5GSa/s	
Impedance	50 Ω	
AWG	Timing Resolution 2.0 ns	
User-defined pulse shape synthesis	Supported	
Pre-defined pulse shapes	Square, Gaussian, DRAG, Triangle, Ramp Up, Ramp Down	
Software	Web-UI	
	Python, C++ SDK	
	QubeCore (full-stack qubit control software developed by SDT), optional	
General	Connectors SMA female	
	Communication LAN/Gigabit Ethernet	
	Power supply AC 100-240 V, 50-60 Hz	

Certifications



KC 인증(필증)
R-R-2Dt-SDT-Q-QCU-100

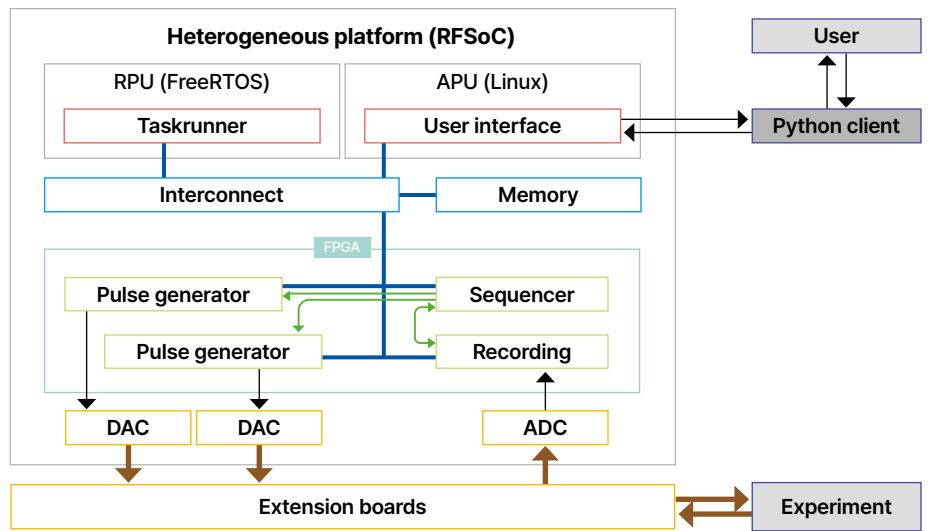
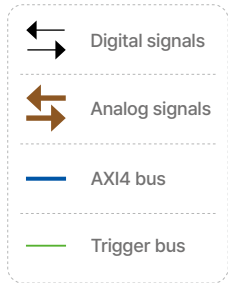


KC 인증 (시험성적서)
DST-25E-2395



TTA 시험성적서
TTA-26-02590

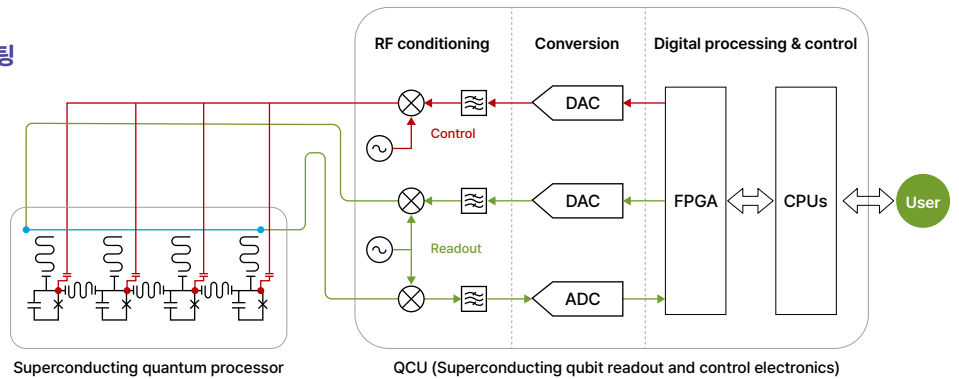
Functional Description



Applications

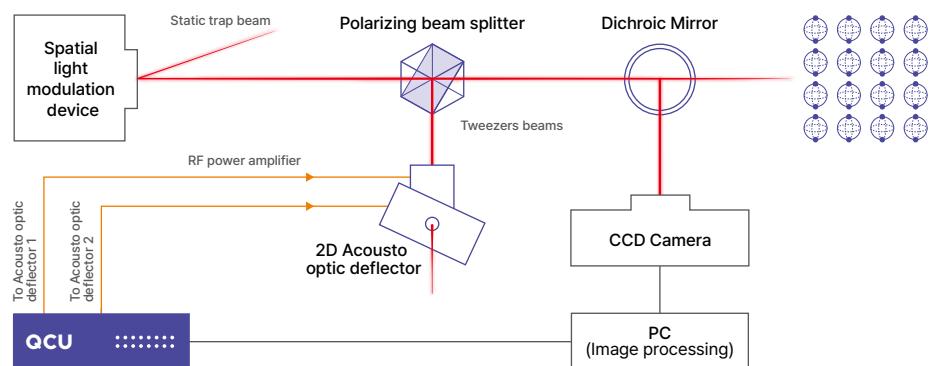
· 극저온 마이크로파 기반 양자컴퓨팅

초전도 및 스핀 양자컴퓨팅에
필요한 수 GHz I/Q 신호 생성 및
측정 지원



· 원자 및 이온 기반 양자컴퓨팅

중성원자 및 이온트랩 양자컴퓨터
구현에 필요한 고성능 AOM/AOD
드라이버로 활용



Compatibility

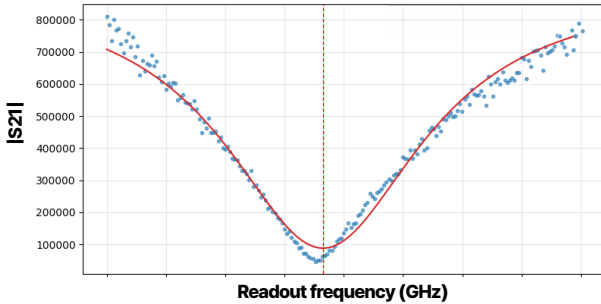
- 당사 희석 냉각기(CryoRack), 시간 태깅 측정 장치(TTMU), 동시 계수 장치(CCU), 펄스 생성 장치(PGU)
- 타사 초전도 큐비트 시스템 및 상용 양자 프로세서, 다양한 양자 실험 장비와의 호환 가능
- C, C++, Python 언어 지원

Use Case - Superconducting Qubits

SDT가 개발한 큐비트 제어 소프트웨어인 QubeCore는 양자 실험 장비 제어 및 실험 자동화, 양자 알고리즘 개발과 하드웨어 실행, 신규 QPU 플랫폼 통합·캘리브레이션, 하드웨어 인프라 및 양자 품질 관제를 담당합니다. 아래 결과는 QubeCore Python API를 이용해 QCU를 제어하여 도출되었습니다.

Readout Resonator Spectroscopy

실험 목적 측정(Readout) 신호 주파수 최적화
측정/교정 대상 측정 펄스 주파수 교정

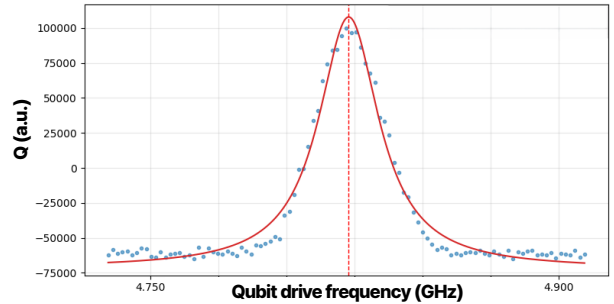


● |S21| — Lorentzian fit (7.379825 ± 0.000006 GHz)

QCU의 정밀한 하드웨어 신호 제어 기술을 통해 다양한 주파수를 인가하여 큐비트 측정에 필수적인 투과 신호의 미세한 변화를 완벽하게 포착해 냅니다. 이를 바탕으로 QubeCore는 딥이 발생하는 최적의 판독 주파수를 판단하여 자동으로 해당 큐비트의 판독 주파수를 갱신합니다.

Qubit Spectroscopy

실험 목적 큐비트 동작 주파수 탐색
측정/교정 대상 큐비트 구동 펄스 주파수 교정

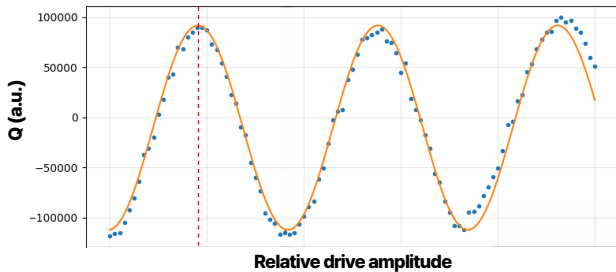


● Q Data — Lorentzian fit (4.822860 ± 0.000228 GHz)

큐비트 게이트 연산에 필수적인 큐비트 주파수(qubit frequency)를 찾기 위해, 구동 라인으로 주파수를 변화시켜가며 펄스를 인가하고 측정 라인의 투과 신호의 Q값 변화를 측정합니다. QubeCore는 Q값에서 피크나 딥이 발생하는 특징 지점을 정밀하게 파악하여 최적의 큐비트 주파수로 자동으로 갱신합니다.

Amplitude Rabi

실험 목적 단일 큐비트 게이트 진폭 탐색
측정/교정 대상 큐비트 구동 펄스 진폭 교정

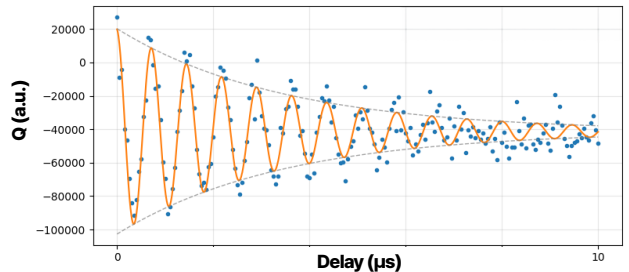


● Q Data — cos fit ($R^2=0.9818$) - - - pi amp = 0.18356

단일 큐비트 게이트 연산을 구현하기 위해 펄스 길이를 고정한 상태에서 진폭을 점진적으로 높여가며 라비 진동(Rabi oscillation) 데이터를 측정합니다. QubeCore는 이 데이터의 진동 주기를 정밀하게 분석하여 게이트 진폭값을 자동으로 도출하고 갱신합니다.

Ramsey Experiment

실험 목적 큐비트 구동 주파수 오차 보정, 큐비트 결맞음(T_2^*) 시간 측정
측정/교정 대상 큐비트 구동 주파수 정밀 교정, T_2^* 측정



● Q Data — exp-cos fit $T_2^* = 3.4385 \mu$ s, 1.372 MHz

두 게이트 사이의 대기 시간을 순차적으로 늘려가며 감쇠 진동 신호를 측정하여 큐비트의 결맞음 시간(T_2^*)을 평가합니다. QubeCore는 이 데이터의 감쇠 속도와 진동 주기를 분석하여 큐비트 주파수의 미세 오차(detuning)와 T_2^* 값을 정확히 도출해냅니다.

