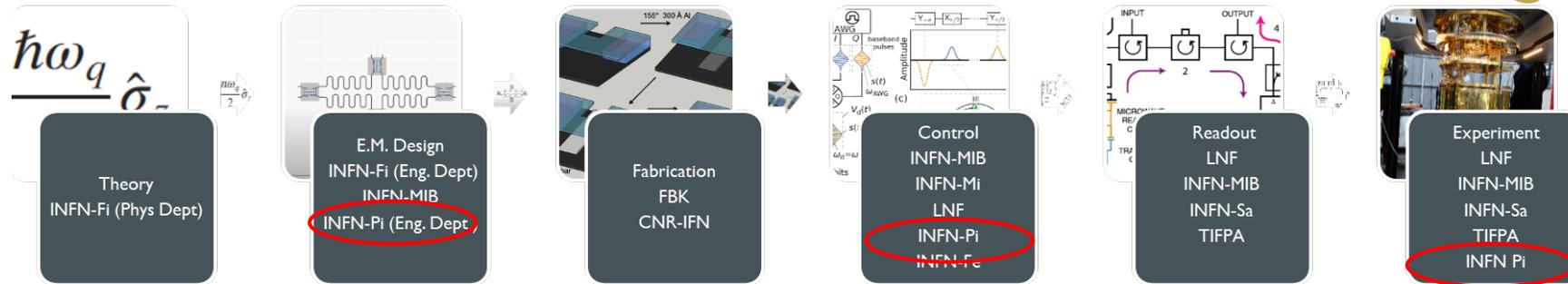


*Presentazione in  
Sezione dei preventivi  
2024 di CSN5*

Quantum sensing with superconducting qubits for present and future INFN  
fundamental-physics experiments

Gianluca Lamanna - 6 luglio 2023

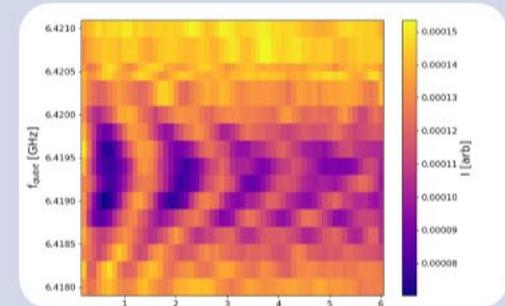
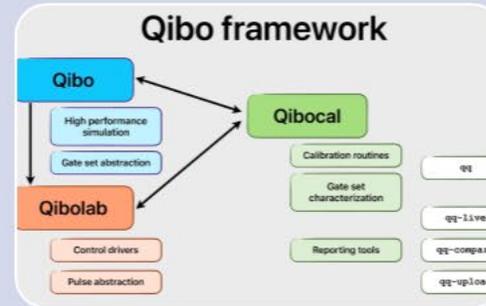
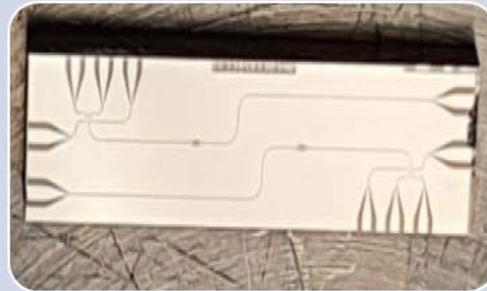
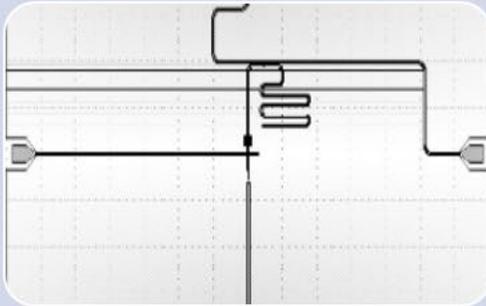
# Qub-it: breve descrizione ed obiettivi



- ✓ La rivelazione di singoli fotoni di bassa energia è essenziale per ridurre il rumore introdotto dagli amplificatori nella ricerca di segnali debolissimi (ad esempio la ricerca di Assioni con haloscopi o in esperimenti LSTW)
- ✓ I qub-it superconduttori (transmoni) accoppiati a risonatori rappresentano un'interessante schema di rivelazione
- ✓ Lo scopo di Qub-It è di studiare, realizzare e testare un rivelatore che funzioni nel range delle microonde (sotto 20 GHz)
- ✓ Proseguo della sigla SIMP

- ✓ Sezioni coinvolte: LNF, FE, FI, MI, MIB, **BO**, PI, SA, TIFPA, (**CNR-INO**, **FBK**)
- ✓ 5 WP:
  - ✓ WP1: Design
  - ✓ WP2: Fabrication
  - ✓ WP3: Control
  - ✓ WP4: Measurements
  - ✓ WP5: Management

# Attività 2021-23



## DESIGN

- Design of JPA
- Design of 2D Qubit
- Design of 3D Qubit
- JPA Simulation code
- EM simulation of circuit components
- Simulation of qubit quantum evolution

## FABRICATION

- Test Junctions
- Test Resonators
- First Flux-JPA 5 and 8 GHz
- 3D-qubit Cavity

## CONTROL

- QIBOLAB and QIBOCAL
- Qick firmware on ZCU208
- Qubit control with ZCU111 at TII in Abu Dhabi

## MEASUREMENTS

- Characterization of JJs and resonators
- Characterization of JPAs
- Characterization in our labs of a 3D Qubit from TII
- Characterization of 2D Qubits in TII and at NIST

# Personale e richieste

INFN-PI	
Consumo	7k
Inventariabile	0
Missioni	2k
Licenze	1k
<b>TOTALE</b>	<b>10k</b>

- ✓ Consumo:
  - ✓ Rame per cavità e per portacampioni
  - ✓ PCB
- ✓ Licenze software
  - ✓ Contributo HFSS

INFN-PI		FTE
Azzurri Paolo	Prim. Ric. INFN	10%
Costa Filippo	RTDb (Unipi)	20%
Di Pascoli Stefano	Prof. Ass. (unipi)	20%
Giazotto Francesco	Dir. Ric. (CNR-Nano)	20%
Lamanna Gianluca	Prof. Ass. (unipi)	20%
Macucci Massimo	Prof. Ord. (unipi)	30%
Manara Giuliano	Prof. Ord. (unipi)	30%
Marconcini Paolo	Prof. Ass. (unipi)	20%
Paoletti Riccardo	Prof. Ord. (unisi)	10%
Paolucci Federico	Tecnol. INFN	50%
Spagnolo Paolo	Dir. Ric. INFN	10%
Toncelli Alessandra	Prof. Ass. (unipi)	20%
<b>TOTALE</b>		<b>2.6</b>

Gianluca Lamanna sostituisce Paolo Spagnolo come RL

# Richieste servizi

## ✓ Simulazioni cavità 3D e portacampioni

- ✓ Utilizzo HFSS
- ✓ Per il momento non abbiamo mai simulato il qubit 3D completo: sufficienti computer locali
- ✓ Difficile al momento quantificare la richiesta visto che non abbiamo un disegno e neppure una stima: giusto come esercizio, assumendo un raw time di 12h di simulazione su single core, 32 cores per 1 ora ci dovrebbero garantire uno speed-up di un fattore 10. Assumendo di voler parametrizzare «qualcosa» si può immaginare un x10 rispetto a questo (in tempo o risorse, nel caso di DSO). Questo per ogni run. Immaginando una decina di run, una stima possibile è **3200 cores/ora**. Ovviamente questo numero dipende moltissimo dal tipo di processore, dalla ram disponibile, dall'HT etc. etc. Un fattore 2x si dovrebbe guadagnare con l'uso delle **GPU (almeno Maxwell)**.

## ✓ Costruzione di prototipi

- ✓ Realizzazione di portacampioni per test di qubit planari e amplificatori JPA
- ✓ Realizzazione di cavità 3D
- ✓ Bonding di piccoli chip superconduttori

## ✓ Supporto per i test

- ✓ Test in DC della corrente critica delle giunzioni (criostato a 300 mK)
- ✓ Test RF dei risonatori di alluminio (criostato a 300 mK)
- ✓ Test RF e caratterizzazione di JPA e QuBit (criostato a diluizione → PNRR)
  - ✓ Collaborazione con attività Dipartimento di eccellenza e PNRR

