



# POT-POURRI DI PROPOSTE DI RICERCA

Luca Paolini

luca.paolini@unito.it

Dipartimento di Informatica

Università di Torino

2021



- Programming the Interaction with Quantum Coprocessors. Damiani, Paolini, Roversi. Ercim News 2022
- A class of Recursive Permutations which is Primitive Recursive complete. Paolini, Piccolo, Roversi. Theoretical Computer Science, 2020
- QPCF: Higher-Order Languages and Quantum Circuits. Paolini, Piccolo, Zorzi. Journal of Automated Reasoning, 2019
- Quantum programming made easy. Paolini, Roversi, Zorzi. EPTCS, 2019
- On a Class of Reversible Primitive Recursive Functions and Its Turing-Complete Extensions. Paolini, Piccolo, Roversi. New Generation Computing, 2018
- ...



# Reversible Computing



Referenze

Reversible C

▷ Recursion Theory

Semantica

$\lambda$ -calcolo

Prog.Reversibile

Quantum C

Reversible Logic

Semantica

- Pairing-Operator (anche solo iniettivi): identificazione delle loro qualità, classificazione, studio della loro complessità e del comportamento in termini di entropia
- Teoremi di Kleene nella computazione reversibile, ...
- Semplificazione e ripulitura del linguaggio (Turing)-completo presentata in NJC
- Esplorare il limiti della compilazione di computazioni classica in reversibili: minimo numero di ancille, slowdown della complessità, ...



Referenze

Reversible C

Recursion Theory

▷ Semantica

$\lambda$ -calcolo

Prog.Reversibile

Quantum C

Reversible Logic

Semantica

- Identificazione delle asserzioni utili a caratterizzare la semantica assiomatica dei programmi reversibili
- Identificazione delle asserzioni utili a verificare che P1 e P2 sono rispettivi inversi (sia all'interno della computazione classica che strettamente reversibile). Esplorazione di soluzioni sia intensionali che estensionali
- Analisi denotazionale delle funzioni invertibili: quali sono invertibili tra quelle continue? E tra quelle stabili?
- Sviluppo di modelli denotazionali per lo studio di funzioni reversibili confrontandosi con le proposte operazionali presenti in letteratura



Referenze

Reversible C

Recursion Theory

Semantica

▷  $\lambda$ -calcolo

Prog.Reversibile

Quantum C

Reversible Logic

Semantica

- Esplorare il semigruppato invertibile che estende il lambda calcolo dotato di composizione
- Aggiungere al linguaggio distillato i tipi semplici
- Esplorare le connessioni del linguaggio distillato con gli isomorfismi di tipo ed i modelli del lambda calcolo



Referenze

Reversible C

Recursion Theory

Semantica

$\lambda$ -calcolo

▶ Prog.Reversibile

Quantum C

Reversible Logic

Semantica

- Questo progetto è in fase di sviluppo nel lavoro di [Samuele Gervasi](#) ... ulteriori estensioni
- Identificazione di problemi e soluzioni nella attuale proposta
- Identificazione di casi di studio e valutazione delle performance
- Porting delle estensioni in altri linguaggi: analisi delle difficoltà dell'operazione



# Quantum Computing





Referenze

Reversible C

Quantum C

▶ qAlgol

TransCompilazione

QTM

Quantum DevKit

Reversible Logic

Semantica

Proposto in [Quantum programming made easy](#).

- Procedere nella definizione della sintassi con l'aggiunta di tipi (ground) dipendenti (ground with/without kinds)
- Esplorare la decidibilità del typing
- Avanzare nella semantica denotazionale partendo dalle proposte esistenti
- Esplorare le relazioni tra Idealized Algol e Microsoft Q#



Referenze

Reversible C

Quantum C

qAlgol

▶ TransCompilazione

QTM

Quantum DevKit

Reversible Logic

Semantica

- Compilare programmi reversibili in circuiti reversibili: efficienza, tecniche, ...
- Compilare programmi classici in programmi reversibili: efficienza, tecniche, ...
- Considerare le estensioni probabilistiche dei programmi classici e reversibili e l'impatto sul "deferred measurement"
- Esplorare la compilazione in programmi quantum-controlled
- Esplorare la semantica dei programmi quantum-controlled: le caratterizzazioni categoriale sono appropriate? alternative?



Referenze

Reversible C

Quantum C

qAlgol

TransCompilazione

▷ QTM

Quantum DevKit

Reversible Logic

Semantica

- Confrontare le definizioni di QTM proposte in letteratura
- Programmare le QTM
- Considerare le varianti possibili della funzione di transizione nell'ottica di facilitare il quantum-control
- Confrontare le QTM con le GPAC



Referenze

Reversible C

Quantum C

qAlgol

TransCompilazione

QTM

▷ Quantum DevKit

Reversible Logic

Semantica

- IBM Qiskit
- Quantum Development Kit - Microsoft Azure
- Confronto ed altre possibilita



# Reversible Logic



Referenze

Reversible C

Quantum C

Reversible Logic

▶ Heyting

Heyting

Semantica

- In teoria della ricorsione se  $M : \alpha \rightarrow \beta$  allora c'è  $N : \beta \rightarrow \alpha$  (t.c.  $M \circ N = I$ ); ma in logica intuizionista questo è falso! come mai?
- Quali sono le dimostrazioni che corrispondono ai programmi reversibili?
- Come si rappresentano le dimostrazioni che corrispondono ai programmi quantum? collegamento con le logiche quantistiche in letteratura



Referenze

Reversible C

Quantum C

Reversible Logic

Heyting

▷ Heyting

Semantica

- Individuare regole di deduzione che preservino l'entropia basate su una base completa (CC-NOT)
- ... considerare anche la logica conservativa di Fredkin ...
- Estendere il sistema al primo ordine



# Semantica





Referenze

Reversible C

Quantum C

Reversible Logic

Semantica

▷ CBV

Bi-Domains

- Estensione dell'esistente teorema di Separabilità su un CBV raffinato
- Estensione del CBV per facilitare la definizione di varie nozioni di semi-separabilità
- Caratterizzazione delle nozioni di semi-separabilità



Referenze

Reversible C

Quantum C

Reversible Logic

Semantica

CBV

▶ Bi-Domains

- Estendere PCF per ottenere la full abstraction per i biDomains
- Confrontare la higher-order espressivita con gli altri linguaggi analoghi
- Studiare la massimalità del linguaggio