

# **Valutazione empirica sull'efficacia del Test-Driven Development per sistemi embedded**

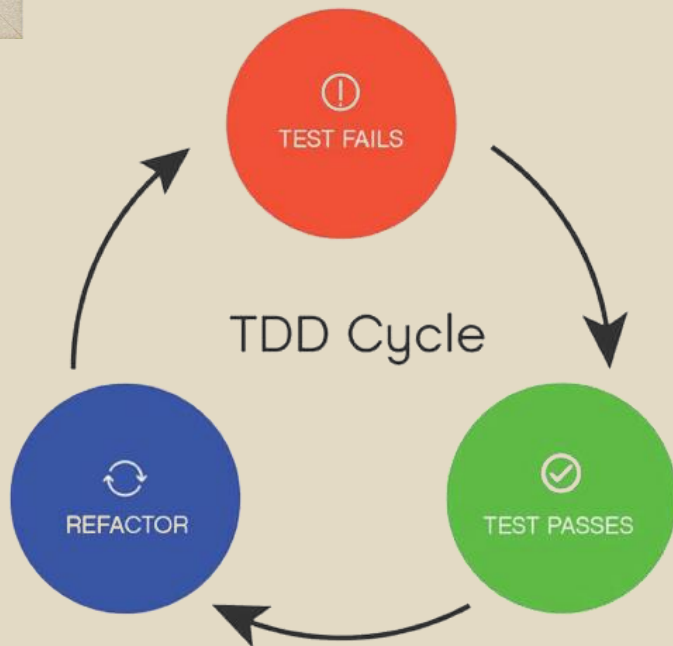
**Relatori: Prof. Giuseppe Scanniello, Prof. Simone Romano**

**Candidato: Michelangelo Esposito - 0522500982**



**Anno accademico 2021/2022**

# TEST-DRIVEN DEVELOPMENT



Opposto al testing tradizionale (NO-TDD)

Partire dalla definizione dei casi di test:

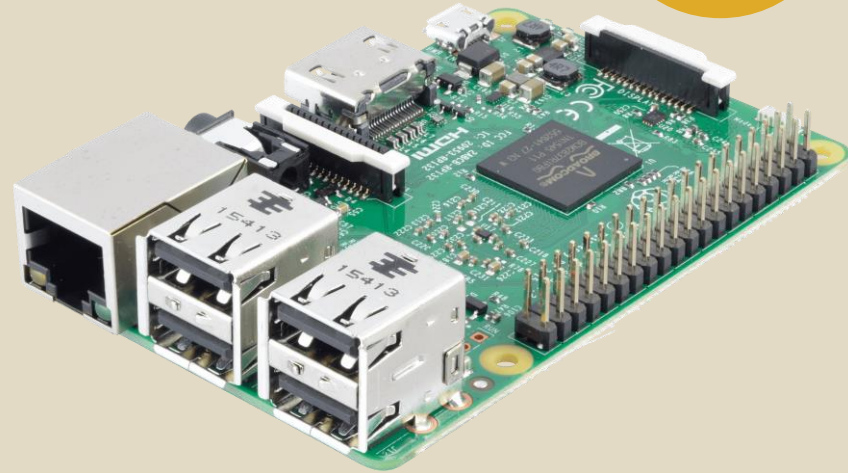
- Fase *Red*
- Fase *Green*
- Fase *Refactor*

# SISTEMI EMBEDDED

Sistemi incorporati in dispositivi per fornire funzionalità specifiche

- Dipendenza hardware
- Risorse limitate
- Assenza di interfaccia utente

Complicazioni per il testing



# FOCUS DELLA RICERCA

**TDD** vs **NO-TDD** per lo sviluppo di sistemi embedded

**01**

**Qualità esterna**

**02**

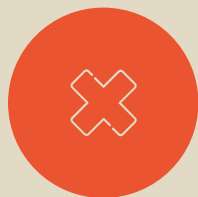
**Produttività**

# LETTERATURA



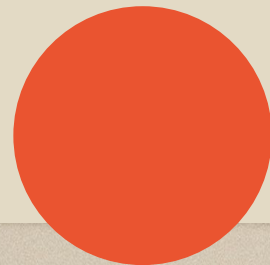
## **Studi empirici su TDD**

Impatto di TDD su sistemi tradizionali



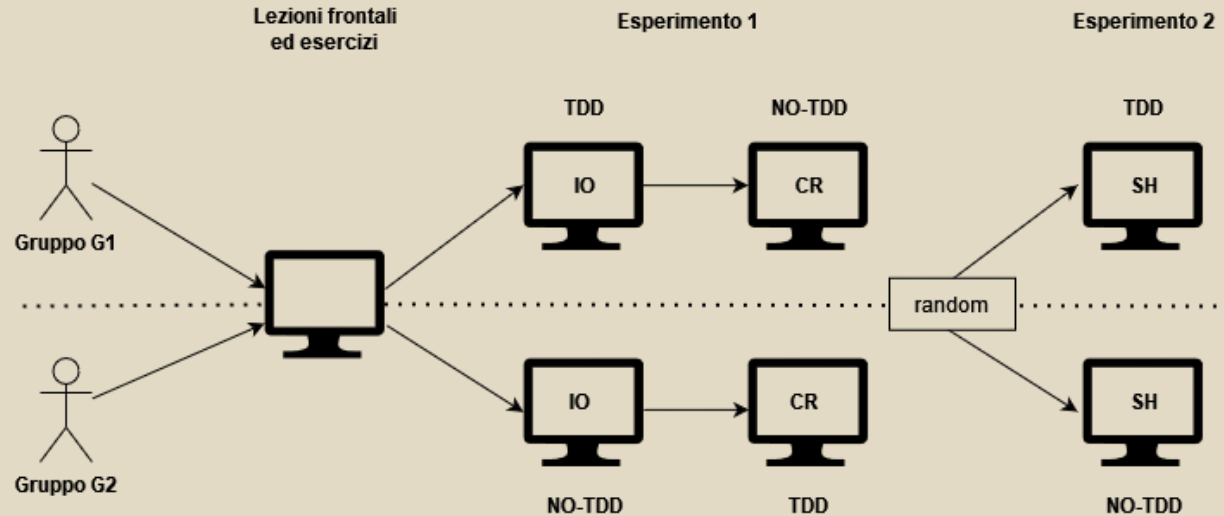
## **Studi su TDD per sistemi embedded**

Impatto di TDD su sistemi embedded



# STUDIO SPERIMENTALE

Partecipazione di **9 studenti** del corso di **Embedded Systems**



- Analisi dei dati (quantitativi e qualitativi)
- Implicazioni pratiche

# STUDIO SPERIMENTALE



Esperimento 1

- Due task sperimentali
- Simulazione hardware
- Raccolta feedback tramite questionari



Esperimento 2

- Un task sperimentale
- Simulazione hardware
- Hardware reale
- Raccolta feedback tramite interviste

# TASK SPERIMENTALI

Tre sistemi implementati dai partecipanti:



**Intelligent  
Office**



**Cleaning  
Robot**



**Smart  
Home**



# ESTRAZIONE DATI

## ARTEFATTI SOFTWARE

QLTY (Qualità)

PROD (Produttività)

Numero di casi di test

Metriche di complessità

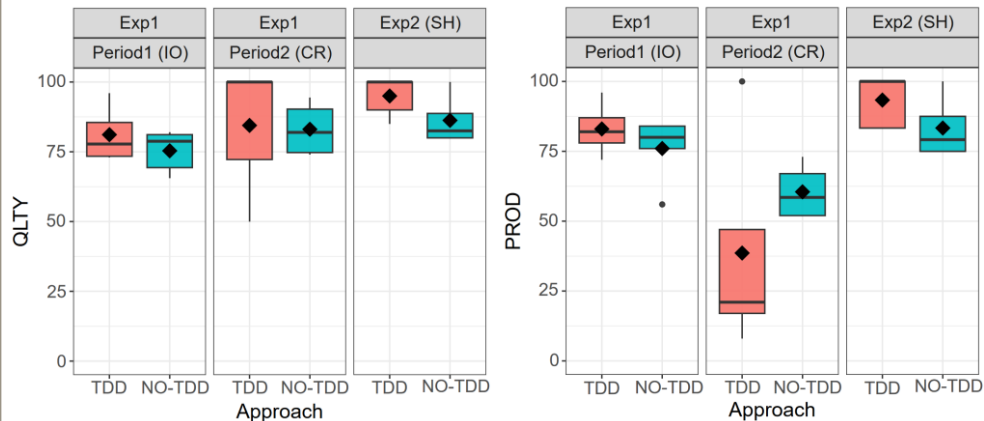
## QUESTIONARI E INTERVISTE

Domande scala Likert

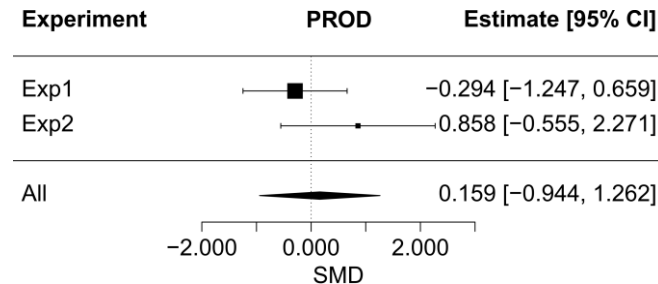
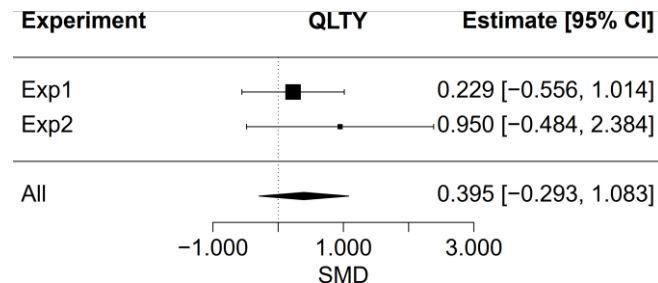
Trascrizione interviste

# RISULTATI

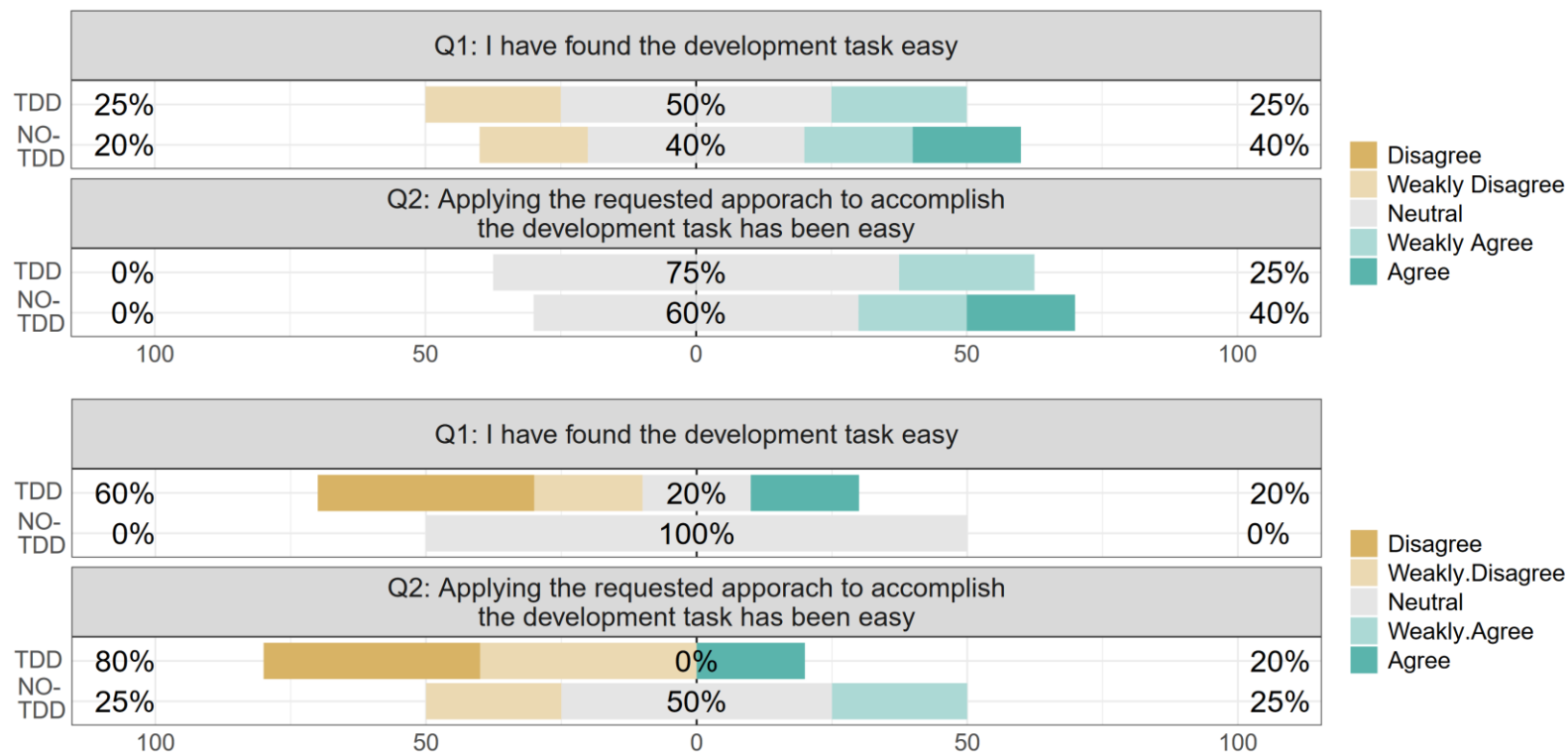
## Box plot



## Forest plot



# RISULTATI - QUESTIONARI



# RISULTATI - INTERVISTE

## Apprendimento TDD

*"It's hard to think the other way around [...] but I think TDD is very useful and if you are used to it, it can really improve your programming"*

## TDD per sistemi embedded

*"TDD gives you immediate feedback which I feel is important for ES development."*

*"(TDD) can be very helpful with more complex systems"*

## Deployment hardware

*"Nice to see it run and test by yourself with hardware and with the sensors"*

*"Really cool to implement because I wanted to see it in action on real hardware."*

# IMPLICAZIONI

1

## RICERCATORI

Replicare lo studio:

- Sviluppatori esperti
- Studi longitudinali

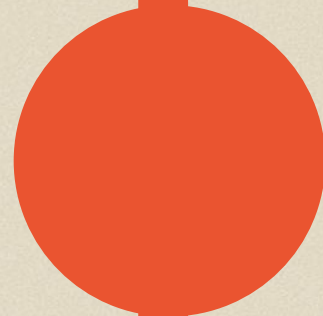
## DOCENTI

2

Corsi universitari:

- Insegnare TDD
- Focus hardware

**Grazie per l'attenzione**



# FASI DELLO STUDIO

## PREPARAZIONE

Lezioni frontali ed esercizi

01

02

## DESIGN

Definizione task sperimentali e interviste

## ESECUZIONE ESPERIMENTI

Implementazione task

03

04

## RACCOLTA E ANALISI DATI

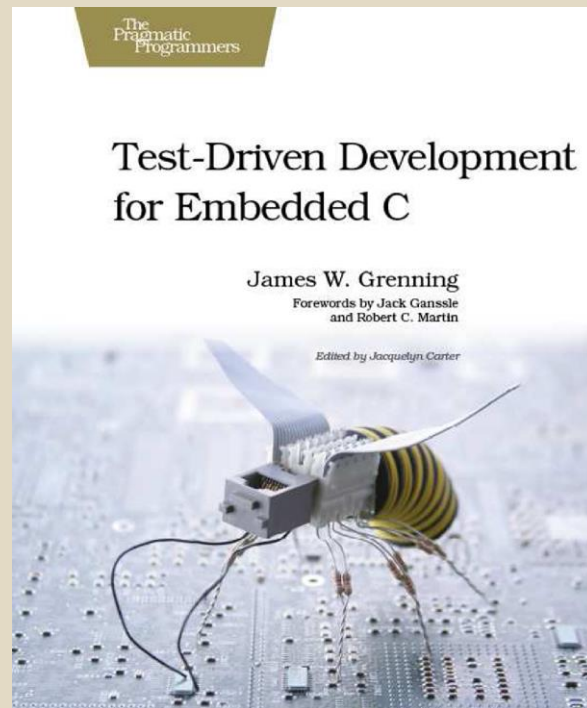
Estrazione metriche e valutazione

# Pipeline TDD

Proposta da **James W. Grenning**

Embedded TDD Cycle:

- Implementazione con TDD
- Test di unità su hardware
- Suite di accettazione su hardware





# ANALISI DATI

01

Statistiche  
descrittive

04

Analisi tematica  
interviste



Rappresentazione  
grafica

Meta-analisi  
esperimenti

02

03

# VARIABILI DIPENDENTI

01

**Qualità esterna**

$$QLTY = \frac{\sum_{i=1}^{\#TUS} QLTY_i}{\#TUS} * 100$$

$$QLTY_i = \frac{\#ASSERT_i(PASS)}{\#ASSERT_i(ALL)}$$

$$\#TUS = \sum_{i=1}^n \begin{cases} 1 & \#ASSERT_i(PASS) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

02

**Produttività**

$$PROD = \frac{\#ASSERT(PASS)}{\#ASSERT(ALL)} * 100$$

03

**Testing effort**

Numero di casi di test