



Luca Cabibbo  
Architettura  
dei Sistemi  
Software

# Architettura esagonale

**dispensa asw360**  
ottobre 2024

*There must be a cause why snowflakes  
have the shape of six-cornered starlets.  
It cannot be chance. Why always six?*

*Johannes Kepler*

1

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



## - Riferimenti

- ❑ Luca Cabibbo. **Architettura del Software: Strutture e Qualità**. Edizioni Efestò, 2021.
  - Capitolo 20, **Architettura esagonale**
- ❑ Cockburn, A. **Hexagonal Architecture**. 2005.
  - <https://alistair.cockburn.us/hexagonal-architecture/>
- ❑ Cockburn, A. and Garrido de Paz, J.M. **Hexagonal Architecture Explained: How the Ports & Adapters architecture simplifies your life, and how to implement it**. Humans and Technology Press, v0.9b. 2024.
- ❑ Vernon, V. **Implementing Domain-Driven Design**. Addison-Wesley, 2013.
- ❑ Richardson, C. **Microservices Patterns: With examples in Java**. Manning, 2019.

2

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



## - Obiettivi e argomenti

- Obiettivi
  - presentare l'architettura esagonale
- Argomenti
  - introduzione
  - architettura a strati e inversione delle dipendenze
  - architettura esagonale
  - discussione



## \* Introduzione

- L'architettura esagonale è un pattern architetturale comune
  - è diffuso soprattutto nel contesto di DDD e dell'architettura a microservizi
  - in un sistema distribuito, consente di definire l'architettura di un singolo componente o servizio software, nonché di gestire le interazioni di questi componenti o servizi



# Responsabilità di business e infrastrutturali

- Responsabilità degli elementi software
  - *responsabilità di business* – o *logica di business*
    - una o più funzionalità applicative
  - *responsabilità infrastrutturali*
    - sono relative all'accesso ai servizi infrastrutturali
      - un *servizio infrastrutturale* è un servizio tecnico (non applicativo) – ad es., un database o un servizio di comunicazione distribuita
    - dipendono da tecnologie specifiche e richiedono l'utilizzo di framework tecnici opportuni



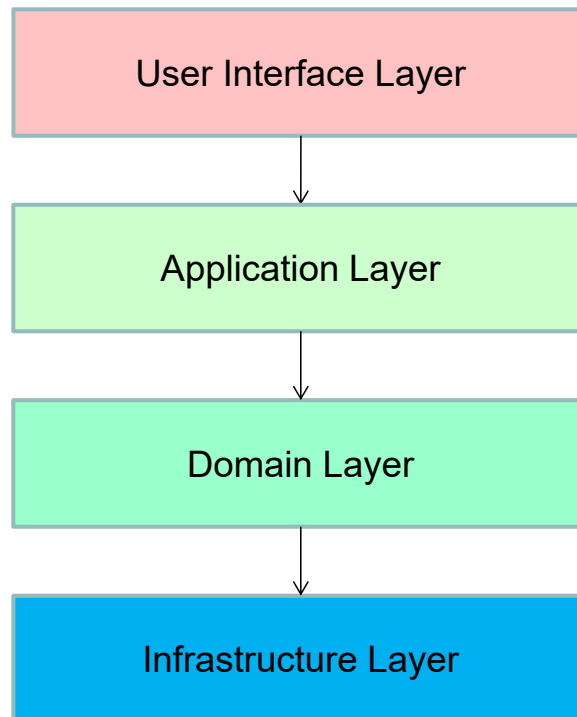
# Responsabilità di business e infrastrutturali

- Come allocare le responsabilità di business e infrastrutturali agli elementi software? Intuitivamente
  - le responsabilità di business competono ai “componenti”
  - le responsabilità infrastrutturali competono ai “connettori”
  - le responsabilità di business dovrebbero essere disaccoppiate (non dovrebbero dipendere) da quelle infrastrutturali



## \* Architettura a strati e inversione delle dipendenze

- Consideriamo di nuovo l'architettura a strati "tradizionale" – ad es., la *Layered Architecture* di DDD



7

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



## DIP e architettura a strati

- Consideriamo di nuovo anche il *principio di inversione delle dipendenze (DIP)*
  - i moduli di alto livello (più importanti) non dovrebbero dipendere dai moduli di basso livello (meno importanti) – piuttosto, entrambi dovrebbero dipendere da opportune astrazioni
  - le astrazioni non dovrebbero dipendere dai dettagli – piuttosto, i dettagli dovrebbero dipendere dalle astrazioni
  - l'architettura a strati tradizionale soddisfa il DIP?

8

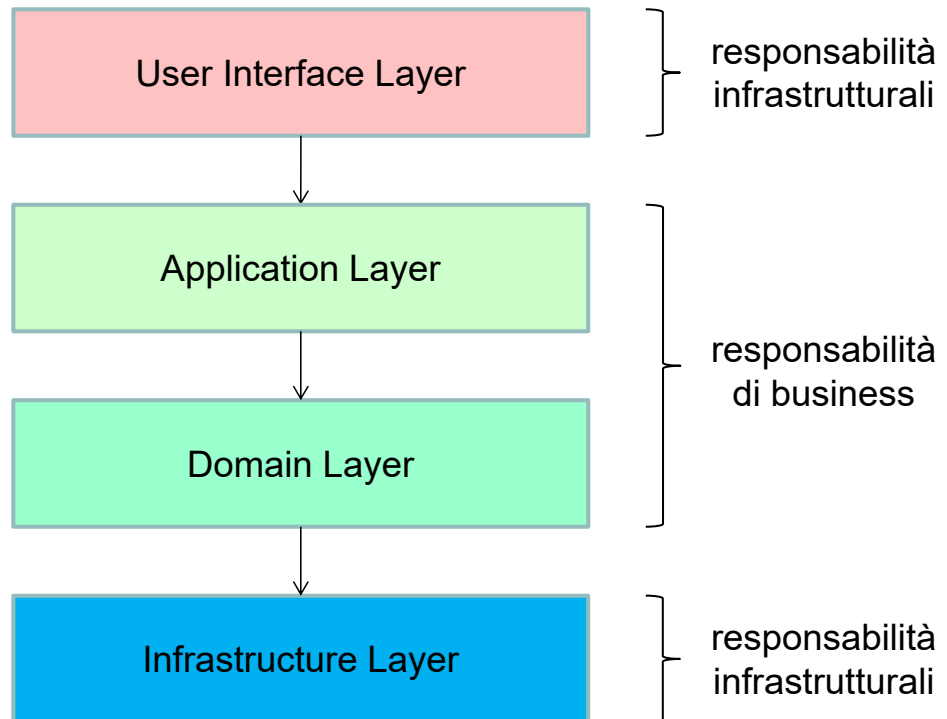
Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



# Architettura a strati e DIP

- L'architettura a strati tradizionale soddisfa il DIP?



9

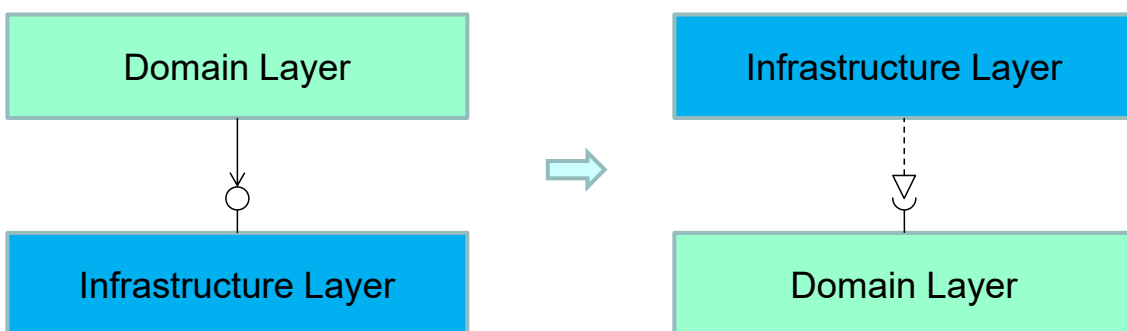
Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



# Architettura a strati e DIP

- L'architettura a strati tradizionale non soddisfa il DIP
  - è però possibile applicare il DIP, introducendo delle “opportune astrazioni”



- l'idea è definire delle interfacce per le responsabilità infrastrutturali negli strati di business in cui queste responsabilità sono richieste e utilizzate – e implementarle nello strato dell'infrastruttura
  - ad es., per l'accesso ai dati persistenti, oppure per l'invio di messaggi su un canale per messaggi

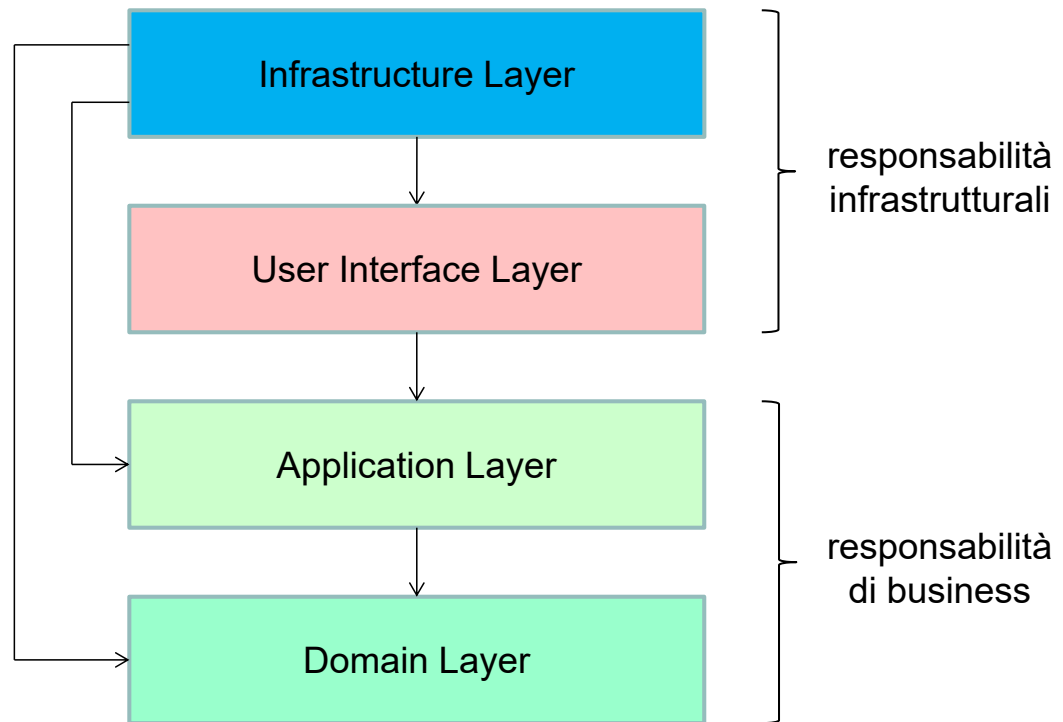
10

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



## Architettura a strati e DIP



11

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



## Verso l'architettura esagonale

- L'architettura esagonale, intuitivamente
  - ha origine nell'architettura a strati
  - a cui però viene prima applicato il DIP
  - e poi viene rimossa l'asimmetria sopra-sotto dell'architettura a strati

12

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



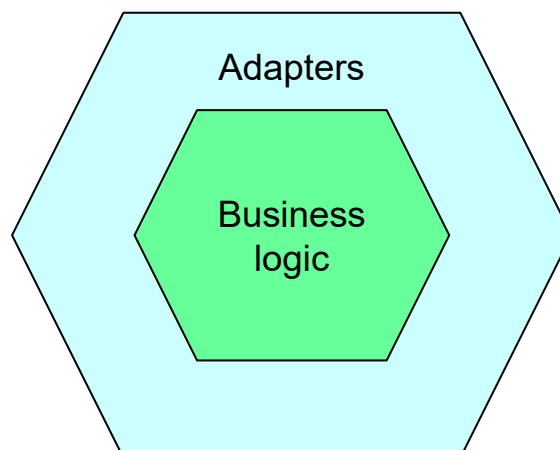
## \* Architettura esagonale

- Il pattern architetturale **Hexagonal Architecture** (*architettura esagonale*) – chiamato anche, in modo più descrittivo, **Ports and Adapters**
  - nel contesto di un sistema software distribuito, aiuta a organizzare un singolo componente distribuito – che chiamiamo un *servizio (servizio applicativo) o componente esteso*
  - in pratica, ogni servizio ha sia responsabilità di business che responsabilità di presentazione e infrastrutturali
  - questo pattern sostiene
    - un accoppiamento debole tra le responsabilità di business e le altre responsabilità
    - un'interazione flessibile tra i servizi – tra di loro e con altre entità esterne



## Architettura esagonale

- Ogni servizio è rappresentato da un “esagono”
  - ogni servizio/componente esteso/esagono è inoltre suddiviso in due parti
    - *interno (inside)* – responsabilità di business
    - *esterno (outside)* – responsabilità di presentazione e infrastrutturali





## Architettura esagonale

- L'*interno* di un servizio (*logica di business*) – chiamato anche *application*, *app* o *core* – implementa un insieme di funzionalità e responsabilità di business
  - implementa gli strati Domain e Application del servizio applicativo
  - non implementa responsabilità di presentazione o infrastrutturali
    - tuttavia le supporta, definendo delle interfacce utili per la presentazione e per l'accesso ai servizi infrastrutturali
  - in pratica, l'interno è la parte del servizio attorno a cui vogliamo mettere dei confini
    - dentro c'è tutta e sola la logica di business
    - fuori c'è tutta e sola la tecnologia legata all'uso dei servizi infrastrutturali



## Architettura esagonale

- Il servizio (la sua logica di business) ha la necessità di interagire con diversi tipi di *entità esterne* – chiamati anche *attori*
  - ad es., gli utenti, i test automatizzati e la base di dati, oppure anche altri servizi o servizi di altre organizzazioni
  - si vuole che la logica di business possa interagire con altre entità esterne
    - con un accoppiamento basso – evitando l'intreccio tra la logica di business e le interazioni con le entità esterne
    - in modo flessibile





## Porte e adattatori

- La logica di business interagisce con le entità esterne tramite porte e adattatori
  - ciascuna *porta* (definita nella logica di business) definisce un'interfaccia (fornita o richiesta) che rappresenta una modalità di interazione con la logica di business, con uno scopo specifico
  - due tipi di porte
    - *inbound port* – un'interfaccia fornita
      - è chiamata anche una *primary port* – perché consente ad un attore primario esterno di usare le funzionalità della logica di business
    - *outbound port* – un'interfaccia richiesta
      - è chiamata anche una *secondary port* – perché consente alla logica di business di usare le funzionalità di attore di supporto (secondario) esterno



## Porte e adattatori

- La logica di business interagisce con le entità esterne tramite porte e adattatori
  - esempi di porte per un servizio S
    - porte per interagire con i suoi utenti (sul web) e per ricevere chiamate remote da altri servizi
    - porte per accedere alla base di dati e per effettuare chiamate remote ad altri servizi
    - porte per lo scambio asincrono di messaggi



## Porte e adattatori

- La logica di business interagisce con le entità esterne tramite porte e adattatori
  - intuitivamente, gli adattatori implementano lo strato Presentation e lo strato Infrastructure del servizio
  - ciascun *adattatore* (definito nell'esterno del servizio) è relativo a una specifica porta, ed ha lo scopo di adattare le interazioni tra quella porta e un'entità esterna, utilizzando una tecnologia specifica
  - due tipi di adattatori – a seconda del tipo di porta a cui si riferiscono
    - *inbound adapter* – chiamato anche *primary adapter*
    - *outbound adapter* – chiamato anche *secondary adapter*

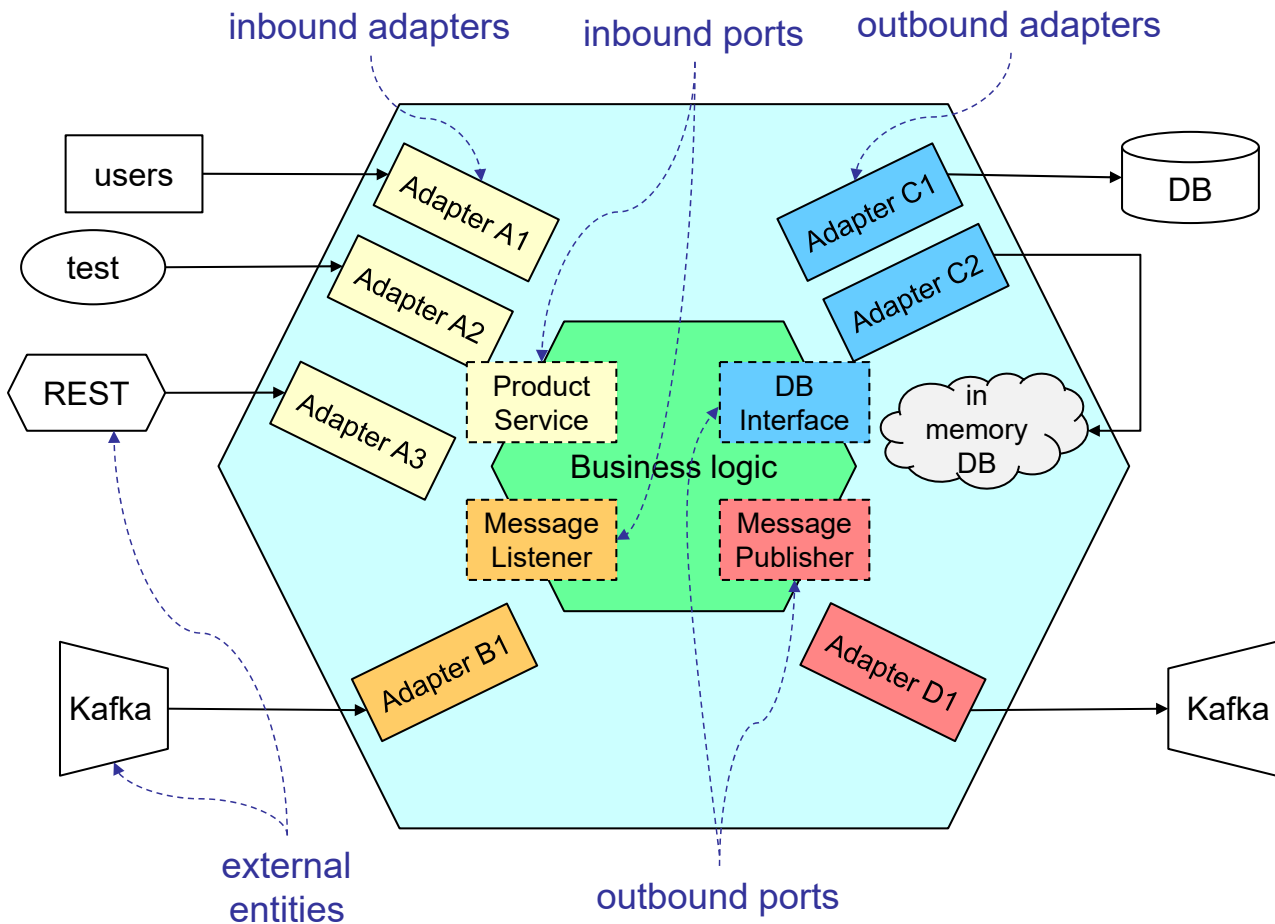


## Porte e adattatori

- La logica di business interagisce con le entità esterne tramite porte e adattatori
  - esempi di adattatori per un servizio S
    - un controller Spring Web MVC
    - un adattatore per l'accesso a una base di dati MySQL – un altro per l'accesso a una base di dati inmemory
    - adattatori per ricevere ed effettuare chiamate REST – e altri per chiamate gRPC
    - adattatori per inviare e ricevere messaggi con Kafka



# Architettura esagonale



21

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



# Porte

- Una **porta** rappresenta una modalità di interazione con il servizio (con la sua logica di business), con uno scopo specifico
  - una nozione volutamente generica e flessibile
  - le porte sono rappresentate graficamente dai lati dell'esagono
    - ma non vuol dire che ogni servizio debba avere sei porte
  - ogni porta è in corrispondenza con un'interfaccia interna (un'API) della logica di business
    - ad es., in DDD potrebbero essere dei service, repository e application service

22

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



## Adattatori

- Ciascun *adattatore* è relativo all'interazione con una specifica tipologia di entità esterna – adatta il tipo di interazione richiesto dall'entità esterna all'API interna dell'applicazione, e viceversa, utilizzando una tecnologia specifica
  - ad esempio
    - un controller web MVC, l'implementazione di un repository JPA, un controller REST, un endpoint per messaggi Kafka
  - per ciascuna porta ci possono essere più adattatori
  - ciascun adattatore può essere utilizzato anche da più entità esterne differenti



## Scenari

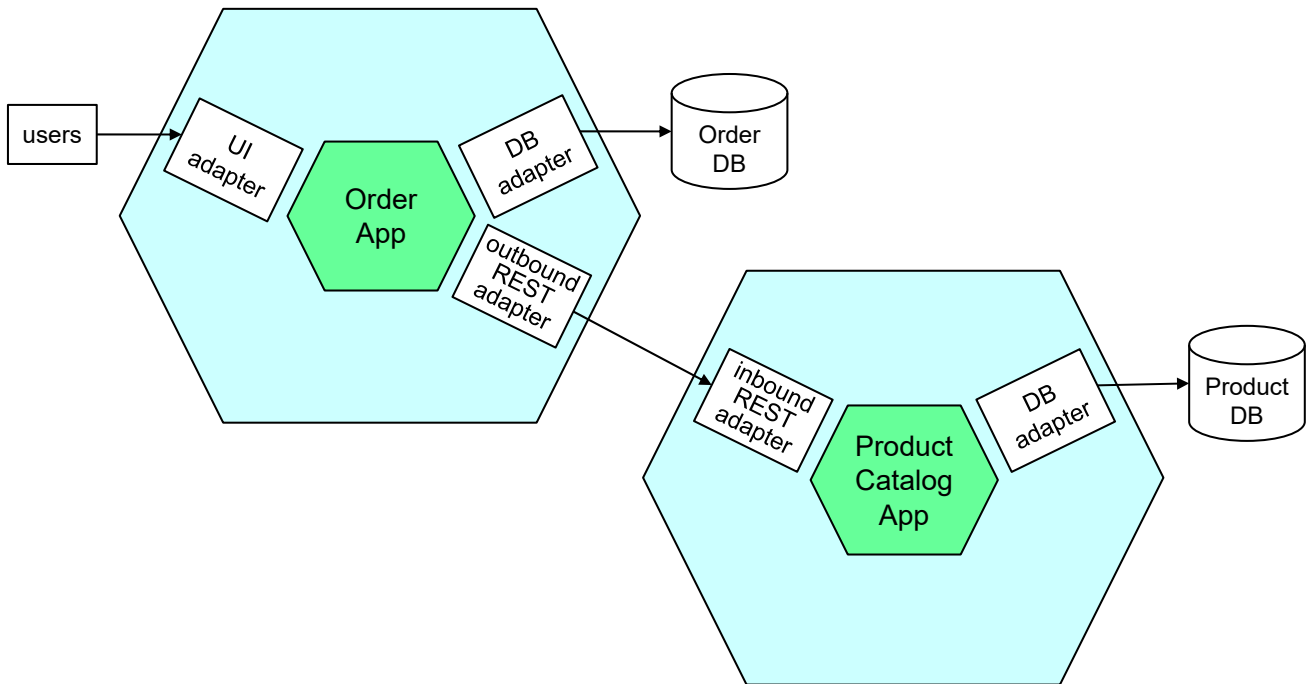
- Alcuni scenari principali
  - un'entità esterna interagisce con un servizio attraverso un adattatore specifico, relativo a una porta specifica
    - l'adattatore converte questo evento esterno in un'invocazione di un'operazione o in un messaggio, e lo passa alla logica di business tramite l'interfaccia di quella porta (inbound)
  - la logica di business di un servizio deve interagire con l'esterno
    - la logica di business interagisce con l'interfaccia di una porta (outbound) – l'adattatore associato a quella porta converte la richiesta o il messaggio in un formato appropriato per l'entità esterna
  - in entrambi i casi, la logica di business è indipendente sia dalla natura dell'entità esterna che dagli specifici adattatori utilizzati e dalle tecnologie sottostanti



# Scenari

## Alcuni scenari principali

- un sistema software distribuito composto da più servizi, che interagiscono tra di loro mediante porte e adattatori



25

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



# Conseguenze

## L'architettura esagonale ha impatto positivo su diverse qualità

### modificabilità e flessibilità

- 😊 l'accoppiamento debole tra l'interno e l'esterno di un servizio sostiene la possibilità di implementare e di far evolvere la logica di business in modo indipendente dagli adattatori
- 😊 l'indirezione fornita dagli adattatori consente un'interazione flessibile di un servizio con altre entità esterne e con altri servizi
- 😊 l'architettura esagonale è compatibile con team cross-funzionali

26

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



## Conseguenze

- L'architettura esagonale ha impatto positivo su diverse qualità
  - verificabilità
    - 😊 l'ampio uso di interfacce sostiene l'utilizzo di test double
    - 😊 è possibile verificare separatamente la logica di business e gli adattatori
    - 😊 è possibile usare adattatori specifici per i test (ad es., per un inmemory database)
  - interoperabilità
    - 😊 grazie alle indirezioni fornite dagli adattatori
  - prestazioni
    - 😞 possono essere penalizzate dall'uso degli adattatori



## Architettura esagonale e Layers

- Abbiamo detto che l'architettura esagonale ha origine nell'architettura a strati
  - ogni servizio è internamente basato su due "strati"
    - sostiene un isolamento delle responsabilità di business dalle responsabilità di presentazione e infrastrutturali
  - c'è però un'importante differenza con l'architettura a strati
    - nell'architettura a strati, gli strati possono essere allocati a team di sviluppo separati (team mono-funzionali)
    - nell'architettura esagonale, sono i servizi applicativi che vengono allocati a team di sviluppo separati (team cross-funzionali, che si occupano di interi servizi)



# Architettura esagonale, servizi, componenti e connettori

- Nell'architettura esagonale, in un servizio
  - la logica di business (interno) ha responsabilità funzionali – da “componente”
  - gli adattatori (esterno) hanno responsabilità infrastrutturali – da “connettori”
  - viene dunque ancora effettuata una decomposizione tra componenti e connettori
    - si tratta però di una decomposizione di secondo livello – perché la decomposizione di primo livello è quella relativa ai servizi
  - un intero servizio viene anche chiamato “componente esteso” – perché comprende la sua logica di business (“componente”) insieme agli adattatori, che “estendono” il “componente” per renderlo un elemento software distribuito autonomo



## Un ulteriore elemento – il configuratore

- Nell'architettura esagonale, c'è anche bisogno di un *configuratore* per connettere tutti gli elementi di un servizio – per connettere la logica di business con gli adattatori, tramite le porte
  - questo configuratore deve in genere
    - istanziare la logica di business
    - istanziare gli adattatori utilizzati
    - collegare ogni adattatore inbound con la corrispondente porta inbound
    - collegare ogni porta outbound con il corrispondente adattatore outbound
  - ad esempio, come configuratore è possibile usare un framework per l'iniezione delle dipendenze come Spring



## - Architettura esagonale nelle esercitazioni

- Ciascun servizio applicativo (ad es., **restaurant-service**) viene strutturato con l'architettura esagonale, usando i seguenti package
  - un package di base del servizio – ad es., **asw.efood.restaurant-service**
  - un package che definisce l'interno (logica di business) del servizio, comprese tutte le sue porte – ad es., **asw.efood.restaurant-service.domain**
    - contiene le entità, i service e i repository (le interfacce) – service e repository sono porte
  - un package separato per ciascun adattatore – ad es.,
    - **asw.efood.restaurant-service.rest** definisce l'adattatore REST per ricevere invocazioni remote da altri servizi
    - **asw.efood.restaurant-service.accountingclient.rest** definisce l'adattatore REST per effettuare invocazioni remote al servizio **accounting-service** tramite REST

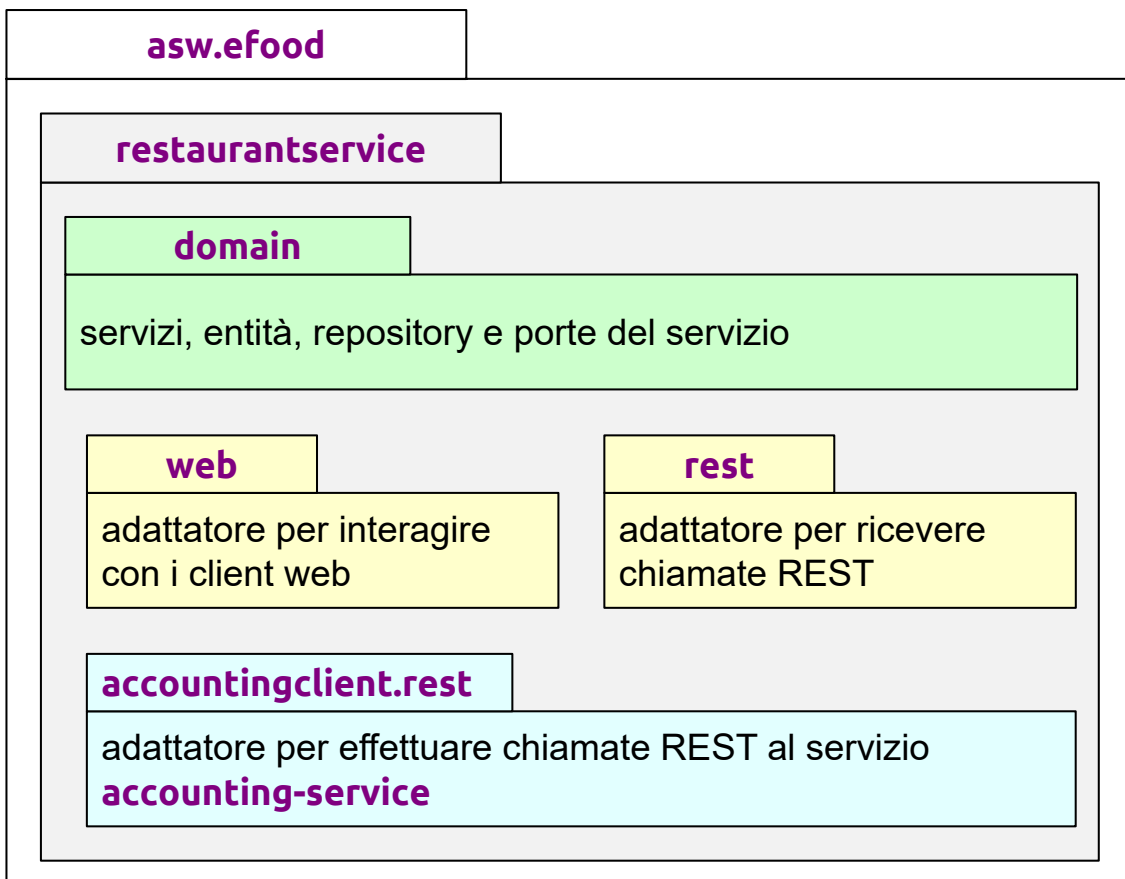
31

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW



## Architettura esagonale nelle esercitazioni



32

Architettura esagonale

Luca Cabibbo ASW





## \* Discussione

### ▣ L'architettura esagonale

- nell'ambito di un servizio, sostiene un isolamento delle responsabilità di business da quelle di presentazione e infrastrutturali
- può essere applicata nella realizzazione di sistemi distribuiti – ad es., nei microservizi
- è compatibile con DDD – ogni esagono può essere utilizzato per implementare un Bounded Context
- è un'architettura flessibile, compatibile con altri pattern – come l'architettura a servizi, i microservizi, gli eventi di dominio e CQRS