

# Tracciabilità automatica

Davide Quaglia

## Sommario

- Introduzione
  - Definizioni
  - Problematiche
- I codici a barre
  - Principio di funzionamento
  - Standard esistenti
- Tag passivi o RFID
  - Principio di funzionamento
  - Tipologie
  - Limiti
- Tag attivi
  - Standard esistenti
- Lo standard EPCGlobal

## Definizioni

- norma ISO 8402 e ISO 9000 dove per tracciabilità si intende:
  - “la capacità di risalire alla storia, all’uso e alla localizzazione di una entità mediante identificazioni registrate”

## Definizioni

- Determinazione dell'evoluzione dello stato di un oggetto nel tempo
  - Identificazione automatica di un oggetto
  - Raccolta di dati dell'oggetto → stato
    - posizione
    - altre informazioni dipendenti dall'applicazione (es. lotto di produzione, temperatura, ecc...)
  - Tracciamento del cambiamento di stato
    - importante la rilevazione dell'istante di tempo
  - Immissione automatica in un sistema di elaborazione
  - Eventuale validazione dell'evoluzione rispetto ad un modello

## Definizioni (2)

- Terminologia internazionale
  - Automatic Identification & Data Capture (AIDC)
  - Real Time Location Systems (RTLS)
  - Traceability

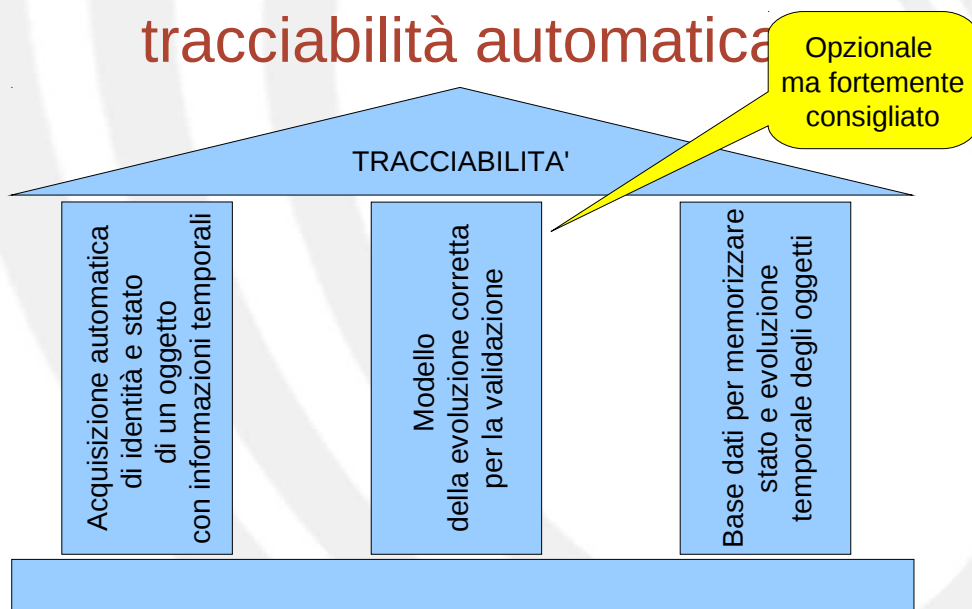
## Vantaggi di AIDC

- Affidabilità
  - Si evitano errori di inserimento manuale di dati
- Efficienza
  - Acquisizione dati con velocità maggiore rispetto all'immissione manuale --> maggiore throughput
- Pervasività
  - Il tracciamento non interferisce con le attività principali (guida, manipolazione, ecc...)
  - Limitazione della manipolazione, ad es., per evitare contaminazione (in entrambe le direzioni)

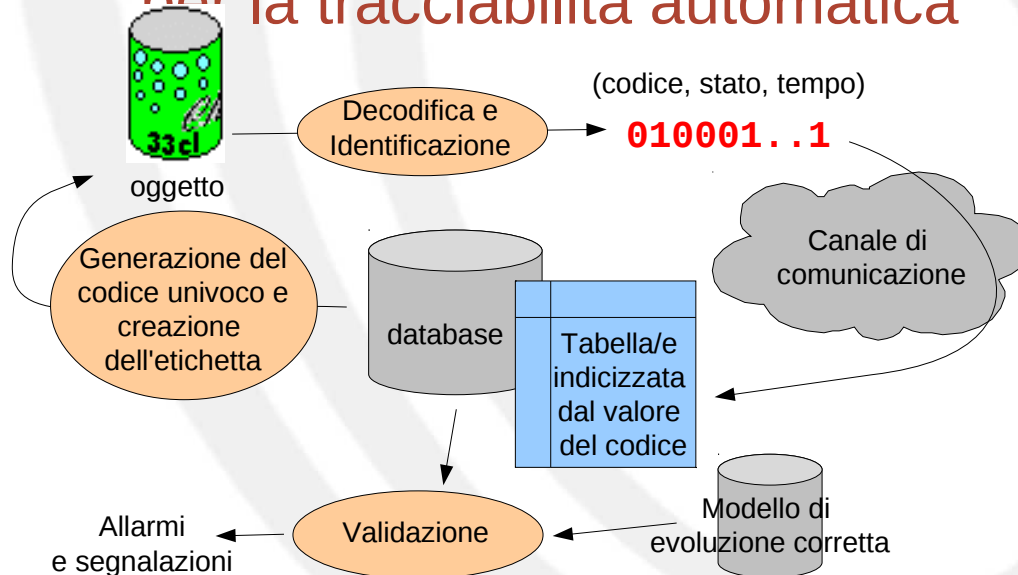
## Tracciabilità in laboratorio

- Identificazione
  - reagenti (per non confondersi)
  - campioni da esaminare (l'errore di associazione è il più grave)
  - persone che accedono al laboratorio
- Localizzazione
  - Furti di materiale o apparecchiature
  - Incompatibilità tra sostanze nello stoccaggio
- Inventario reagenti e campioni
- Limitazione della manipolazione

## Elementi di un sistema di tracciabilità automatica



## Architettura di un sistema per la tracciabilità automatica



9

## Memorizzazione in base dati

- Modellazione delle entità e relazioni coinvolte nell'applicazione
  - posizione
  - tempo
  - stato (dipendente dall'applicazione)
- Collegamento con il sistema informatico pre-esistente
- Utilizzo di codici numerici univoci identificativi
  - Formati diversi non possono finire nello stesso archivio (si immagini codici fiscali di formato diverso)

10

## Modello della evoluzione per validazione

- L'evoluzione reale dello stato di un oggetto dovrebbe essere confrontata con quella desiderata al fine di rilevare incongruenze
  - Furti
  - Errori di lavorazione
  - Oggetti non più validi
- Evoluzione del semplice controllo di un parametro (ad es. Temperatura) senza nozione del tempo
  - Notare la differenza tra queste due proprietà da verificare:
    - L'oggetto X deve stare ad una temperatura  $< 4\text{ C}^\circ$
    - L'oggetto X non deve stare ad una temperatura  $> 4\text{ C}^\circ$  per più di 5 minuti
- Il modello potrebbe essere formalizzato mediante sistema di workflow

Acquisizione automatica  
di identità e stato  
di un oggetto  
con informazioni temporali

## Metodi per acquisizione automatica di identità

- Scansione ottica e visione artificiale
  - Difficile in generale
  - Molto facile ed economica per caratteri speciali (codici a barre)
- Radio frequenza
  - Tecnologia emergente
- Tessere magnetiche
- Chip card
  - Costose
  - Sistema molto flessibile e potente (es. Cifratura)
- Metodi biometrici

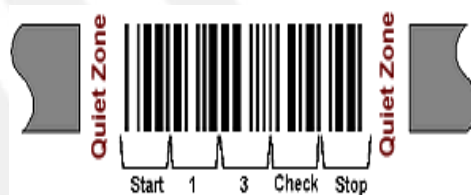
## Codici a barre

## Principio di funzionamento

- Segni di colore contrastante su uno sfondo
  - Generabili mediante stampante o visualizzabili
  - Leggibili mediante scansione ottica
- Corrispondenza tra gruppi di segni e caratteri alfanumerici
- Scansione ottica
  - Un diodo o un laser emette un raggio di luce
  - Un fotorilevatore misura l'intensità della luce riflessa e la trasforma in segnale elettrico

## Codici a barre lineari

- Serie di barre di vario spessore separate da spazi e delimitate da spazi più ampi all'inizio e alla fine
- Corrispondenza tra gruppi di linee spesse/brevi e caratteri alfanumerici



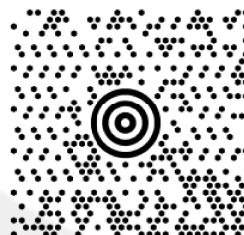


## Standard esistenti

- UPC-A: 12 numeri: 11 liberi e 1 di controllo
- UPC-E: 7 numeri: 6 liberi e 1 di controllo
- EAN-8: 8 numeri: 7 liberi e 1 controllo
- EAN-13: 13 numeri: 12 liberi e 1 di controllo
- Code 39/Code 93/Code 128/EAN-UCC 128
  - dati alfanumerici di lunghezza variabile;
  - il limite dipende dallo scanner e va da 20 a 40 car
  - Code 128 è più efficiente di Code 39 o Code 93 ed è generalmente la migliore scelta per molte applicazioni
  - Code 39 e Code 128 sono molto più usati di Code 93

## Codici 2D

- Permettono di codificare più informazioni
- Necessitano di lettori più complicati di quelli per codici lineari
- Esempi:



## Letture



- Lettori manuali collegati tramite RS-232, USB, Bluetooth
- Lettori fissi su nastri trasportatori collegati con bus di campo (CAN, fieldbus, ecc...)

## Stampa di codici a barre



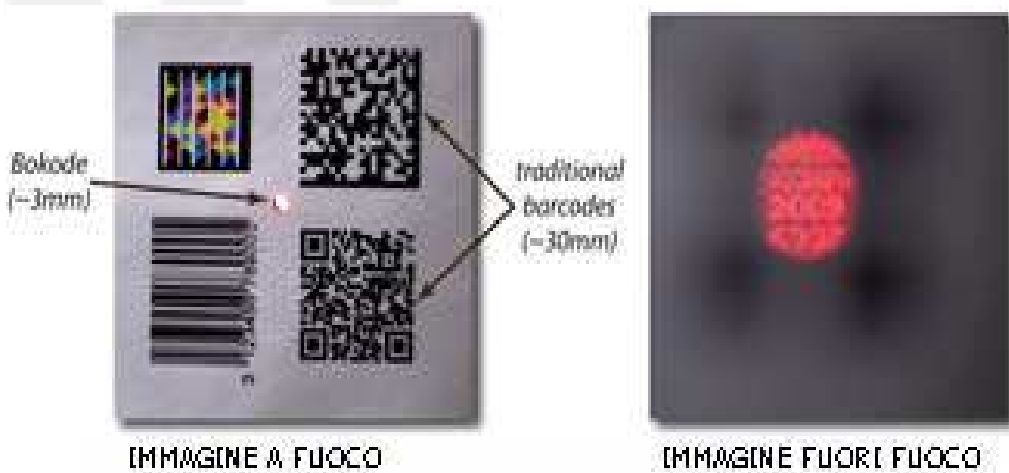
- Stampa su carta
- Stampa su carte di plastica
- Stampa su etichette autoadesive

# Codici a barre senza carta

PASS ON YOUR MOBILE PHONE



# Bokode

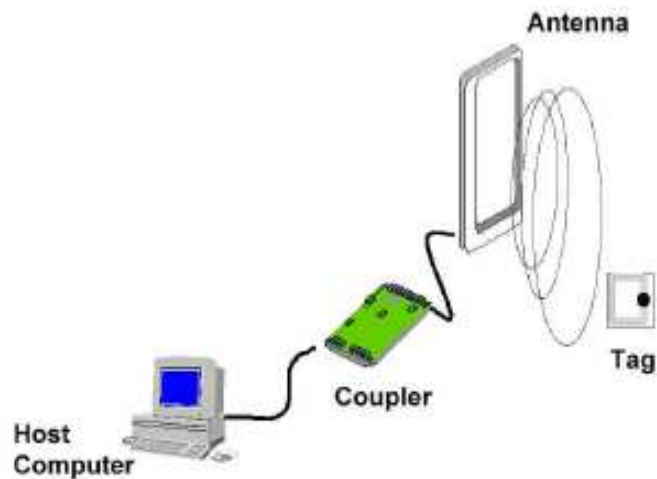


# Radio Frequency Identification (RFID)

## Tag RFID

- Col termine *tag RFID* nel contesto della tracciabilità si intendono di solito etichette che trasmettono via radio una informazione ad un lettore senza contatto fisico
- Dà risultati simili ai codici a barre ma
  - Maggiore distanza di lettura
  - Maggiore velocità di acquisizione
  - Non è necessario che il codice sia visibile
  - Si possono leggere più tag contemporaneamente
  - Possibilità di lettura/scrittura

## Elementi coinvolti nella lettura/scrittura di un tag RFID



25

## Struttura di un tag RFID

- Processore
- Memoria
- Antenna
  - La geometria dipende dalla frequenza usata
  - Possono esserci due antenne: una per ricevere e una per trasmettere
- Package esterno
  - Flessibile
  - Robusto per resistere in ambienti ostili
- Eventuale batteria o altra sorgente di energia

26

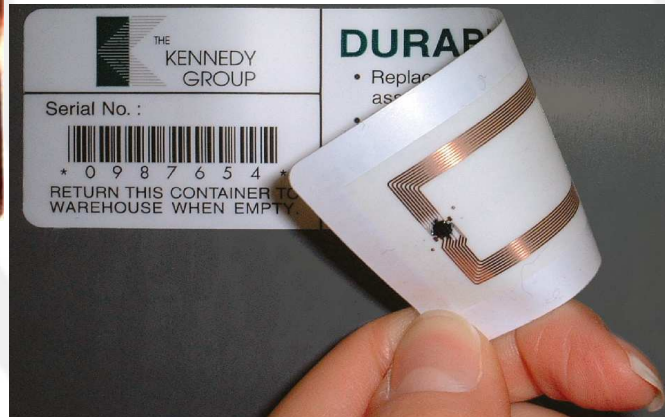
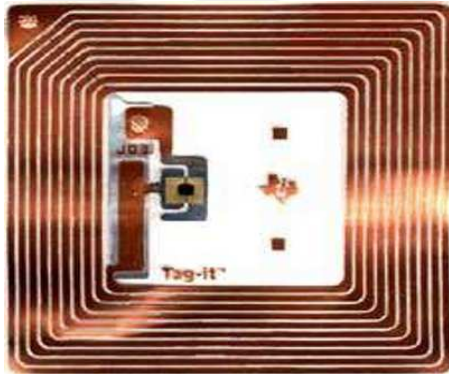
## Tag RFID passivi e attivi

- I tag RFID si dividono in attivi e passivi
- I *tag RFID passivi* non hanno alimentazione propria
- I *tag RFID attivi* hanno alimentazione propria di solito attraverso una batteria
  - Es. *trasponder del Telepass*
- I tag attivi costano di più dei tag passivi

## RFID passivi

- Con il termine tag RFID si intendono di solito tag passivi ma (occorre stare attenti)
- Il tag RFID passivo è costituito da un chip con processore e memoria collegato ad una antenna a spirale di dimensioni molto grandi rispetto al chip
- Non c'è batteria !

## Esempio di RFID passivo



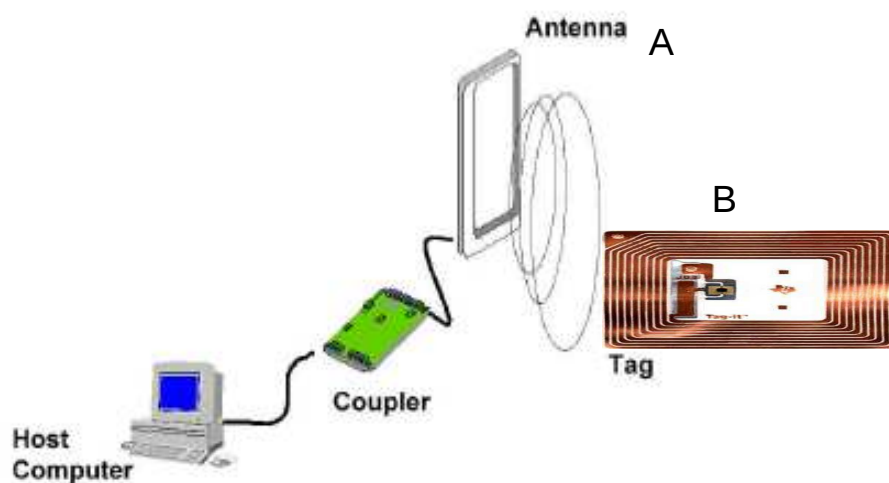
## Esempio di antenna per lettore di tag RFID passivo



## Funzionamento di un RFID passivo

- Il lettore, attraverso l'antenna A, genera un campo elettromagnetico che induce una corrente elettrica nell'antenna B del tag
- La corrente, seppur debole, è sufficiente ad alimentare il processore che legge il dato dalla sua memoria interna e lo trasmette attraverso la stessa antenna B
- L'antenna A, e quindi il lettore, riceve il dato

## Funzionamento di un tag RFID passivo





## Lettori RFID passivi

- Manuale



- Fisso
  - su oggetti come le oblitteratrici (Mover Trasporti Veronesi)
  - su catena di montaggio (vedi video)
- Gate o portale (vedi video)

## Standard esistenti per RFID passivi

- Esistono diversi tipi di tag RFID passivi, alcuni dei quali normati da standard ISO
- Essi si suddividono in base alle frequenze usate
  - 125/134 kHz (Tag Low Frequency - LF)
  - 13.56 MHz (Tag HF)
  - 868/915 MHz (Tag Ultra HF - UHF)

## 125/134 kHz (LF)

- Tracciabilità animali domestici e di allevamento,
- Apertura serrature (settore alberghiero e controllo accessi)

## 13.56 MHz (HF)

- Costo per etichetta: da 0.5 a 1 euro
- Distanza di lettura: decine di cm
- Biblioteche
- Lavanderie
- Standard ISO 15693 per la tracciabilità (alimentare, prodotti, etc), borsellini elettronici non bancari (villaggi vacanze, discoteche, etc);
- Standard ISO 14443 (ad alta sicurezza) per carte bancarie, tessere documenti di identità elettronici, titoli di viaggio elettronici (es. mover)

## 868/915 MHz (UHF)

- Distanza di lettura: metri
- Si possono leggere più tag contemporaneamente
- Logistica aziendale sia all'esterno che interna
- Standard ISO 18000

## Limiti del tag RFID passivo

- Maggiore è la frequenza e maggiore è la perdita di segnale dovuta a liquidi polari (es. Acqua) e metalli
  - Es. il sistema UHF, usato per la logistica, non può leggere pallet di scatolame se i tag sono messi sulle lattine
- Una bassa frequenza (i tag LF) però implica corto raggio di lettura e quindi, a volte, la necessità di usare lettori manuali
- Problema della autorizzazione alla lettura/scrittura

## Tag RFID attivi: introduzione

- Stessa tecnologia delle reti wireless
- Chip più complessi con maggiori possibilità di calcolo
- Maggiori distanze di lettura
  - Potenza maggiore grazie alla batteria
  - Trasmissione multi-salto



39

## Tag RFID attivi: protocolli

IEEE 802.15.4 (parente del WLAN e Bluetooth)

- IEEE 802.15.4 + ZigBee
- IEEE 802.15.4 + 6lowpan (protocollo IP in vers. leggera)
- Z-Wave

40

## Applicazioni dei tag RFID

- Laboratorio analisi (video)
- Industria farmaceutica
- Logistica
- Identificazione in allevamento (ISO 11784/11785)
- Pervasive (or Ubiquitous) computing (video)

## Contenitore con RFID (DuPont)



## Confronto tra metodi automatici di tracciabilità

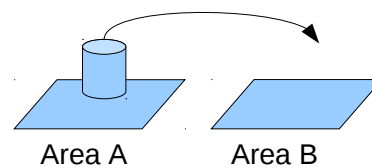
	<b>Costo</b>	<b>Manutenzione</b>	<b>Limiti fisici</b>
<b>Codice a barre</b>	Bassissimo	Bassa	Visibilità diretta
<b>Tessera magnetica</b>	Basso	Bassa	Contatto
<b>Chip card</b>	Medio	Bassa	Contatto
<b>RFID passivo LF</b>	Medio	Bassa	Non funziona sui metalli, cortissimo raggio
<b>RFID passivo HF</b>	Medio	Bassa	Non funziona sui metalli, cortissimo raggio
<b>RFID passivo UHF</b>	Medio	Bassa	Non funziona sui metalli
<b>RFID attivo</b>	Alto	Alta (batteria)	Nessun limite particolare

## Rilevazione della posizione

## Rilevazione della posizione

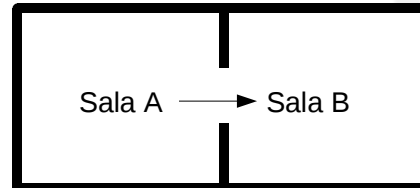
- Assegnazione di un valore da un alfabeto pre-definito e dipendente dall'applicazione
  - Coordinate (X,Y,Z) universali
  - Zona all'interno dell'impianto
    - Es. stanza, armadio, scaffale, ecc.
  - Distanza rispetto a punti di riferimento
- Metodi
  - GPS
  - Creazione di zone sensibili e varchi tra zone dell'impianto
  - Triangolazione di segnali radio

## Localizzazione mediante zone sensibili RFID



- Al tempo  $T_0$  l'oggetto X con l'etichetta RFID si trova nella Area A
- Al tempo  $T_1$  c'è un evento di lettura sull'Area B
- Al tempo  $T_2$  l'oggetto X si trova nell'Area B

## Localizzazione mediante varchi RFID



- Al tempo  $T_0$  l'oggetto X con l'etichetta RFID si trova nella Sala A
- Al tempo  $T_1$  c'è un evento di lettura al varco A → B
- Al tempo  $T_2$  l'oggetto X si trova in Sala B

## Considerazioni generali su acquisizione automatica di identità e stato

- Metodo di lettura/scrittura compatibile col trattamento automatico
  - Quanto mi costa ?
  - Quante volte si guasta o devo gestirlo (manutenibilità) ?
  - Quali sono i suoi limiti fisici di lettura/scrittura ?
- Metodo di generazione di un riferimento temporale affidabile



# EPCGlobal

## Descrizione

- EPC = Electronic Product Code
- EPCGlobal = Ente di standardizzazione EPC
- EPCIS = EPCGlobal Information Service
  - Identificazione univoca tramite codici elettronici (codici a barre, tag, ecc...)
  - Standardizzazione di
    - Eventi applicabili all'oggetto tracciato
    - API di lettura e interrogazione
    - Meccanismi di sicurezza
  - Versione 1.0 Aprile 2007

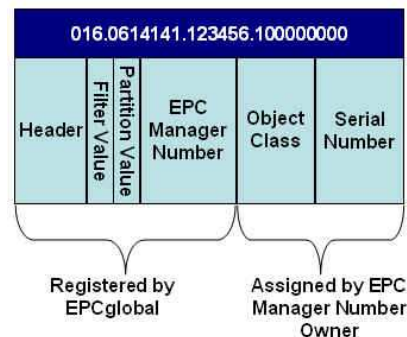
## Caratteristiche

- Indipendente dal produttore dei tag e dell'HW/SW per usarli
- Indipendente dall'ente utilizzatore
  - Es: diverse industrie produttrici di sostanze chimiche usano lo stesso formato di codici
- Presenza di profili specifici per specifiche tipologie di utenti
  - Es. Healthcare & Life Sciences (HLS)
- Estendibile per nuove esigenze

51

## Identificatore EPC

- Lunghezza: 96 bit →  $2^{96} \sim 10^{32}$  possibilità
  - Solo tag RFID e certi tipi di codici a barre possono contenerlo
- Identificazione della singola istanza di prodotto e non soltanto del tipo come coi codici a barre
- Formato gerarchico
  - Assegnamento univoco mediante singola authority



52

## Supporti possibili per l'identificatore di prodotto

- RFID passivo - UHF Gen 2, HF
- Codici a barre Lineari e 2D
- Tag attivi
- Numeri direttamente leggibili

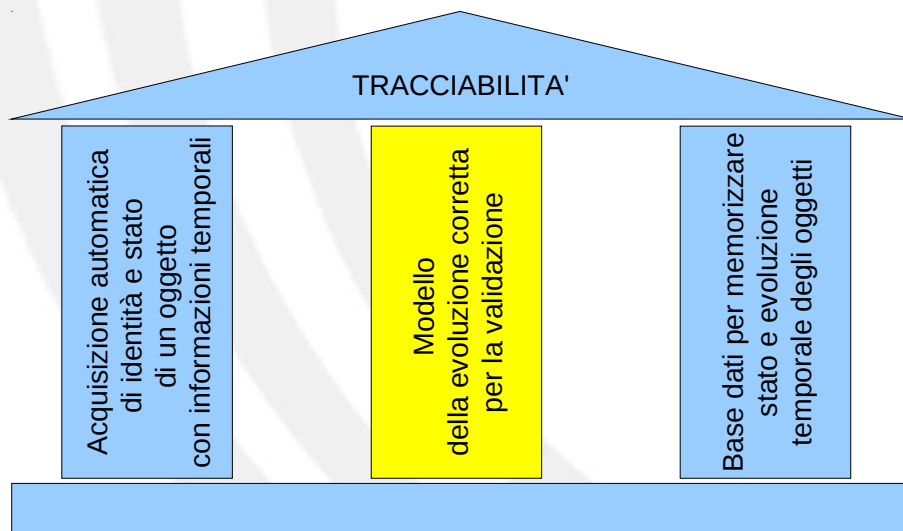
## Eventi EPCIS: risposta a 4 domande

- Che cosa ?
  - EPC number
  - Dati di produzione (lotto, scadenza)
  - Dati di transazione (Spedizione, fattura, ecc...)
- Dove ?
  - posizione
- Quando ?
  - Istante dell'evento
  - Istante di registrazione
- Perché ?
  - Fase della filiera - es. spedizione
  - Stato del prodotto - es. disponibile
  - Condizione del prodotto - es. temperatura

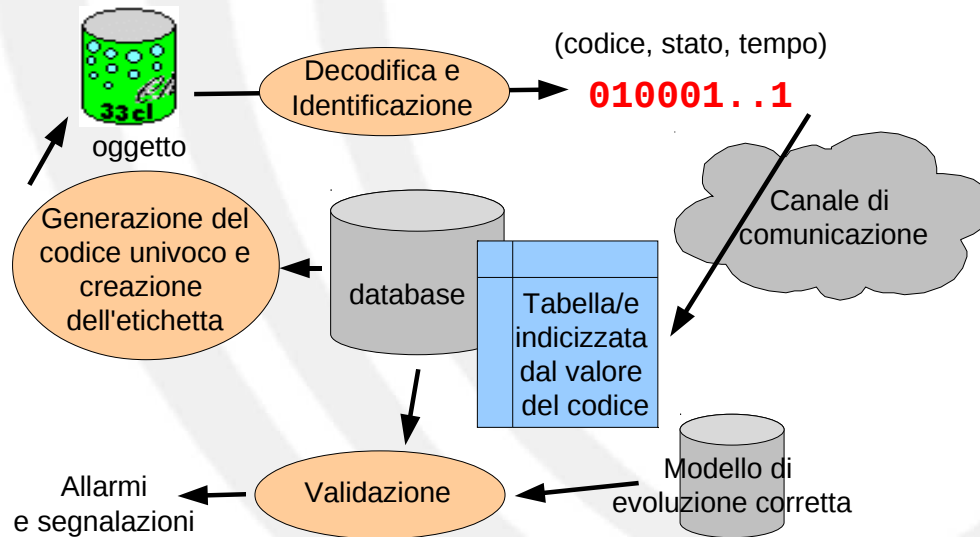
## Interfaccia dei lettori

- EPCIS definisce
  - una interfaccia applicativa standard (API) per
    - Leggere codici
    - Scrivere codici
    - Eliminare codici
  - canali di comunicazione: es. Seriale, TCP/IP
- I produttori di *reader* dovrebbero uniformarsi a tale standard per garantire interoperabilità

## Elementi di un sistema di tracciabilità automatica



## Architettura di un sistema per la tracciabilità automatica

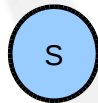


## Modello dell'evoluzione corretta per la validazione

## Automati a stati finiti (Finite State Machines - FSM)

- Metodo formale di specifica di un processo
- Grafo orientato

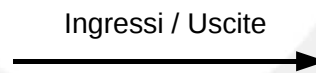
– Stati



– Transizioni

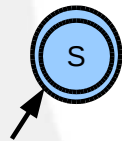


– Ingressi/uscite sulle transizioni



## Automati a stati finiti (2)

- Stato iniziale



- Stato finale (non sempre presente)



- Ingresso = espressione booleana
  - Se vera allora la transizione può avvenire
- Uscita = insieme di azioni
  - Si compiono allo scattare della transizione

## FSM per la modellazione dei processi

- Ingressi = espressione booleana di
  - Condizioni su campi del database
  - Eventi esterni
    - Lettura di tag (evento asincrono)
    - Time out di un timer (evento sincrono)
    - Evento ambientale (es. superamento soglia di temperatura) (evento asincrono)
  - Ingresso nullo: “-”
- Uscite
  - Scritture su tabelle e campi del database
  - Creazione di timer
  - Segnalazioni di anomalie
  - Azione nulla: “-”

61

## Esempio

- Processo di preparazione di lievito in polvere
  - Coltura del lievito in termostato incubatore a temperatura costante per 2 giorni
  - Centrifuga per 30 min per separare la parte solida dal brodo di coltura

62

## Esempio: eventi

- Antenne RFID nello sportello dell'incubatore e della centrifuga
- Etichette RFID sulle provette
- Eventi generati dal passaggio della provetta attraverso gli sportelli
  - PI = passaggio dallo sportello dell'incubatore
  - PC = passaggio dallo sportello della centrifuga
- NOTA: il passaggio non dice se la provetta entra o esce !

## Esempio: database

**Tabella POSIZIONE**

ID provetta	Tempo	Evento
CN73	t0	PI
CN73	t1	PI
CN73	t2	PC
CN73	t3	PC
...	...	...



## Esempio: azioni

- ScriviDB : aggiunge una riga nella tabella POSIZIONE con l'istante di tempo e il tipo di varco attraversato dalla provetta avente etichetta ID
- Segnala : segnalazione di una anomalia

## Esempio: FSM

