

Indice

1 Etichettatrice RMC17002	5
1.1 Struttura Meccanica	5
1.2 Dispositivi Elettrici ed Elettronici	7
1.3 Funzionamento del Macchinario	12
1.3.1 Ingresso Flaconi	12
1.3.2 Controllo Presenza	14
1.3.3 Etichettatura	15
1.3.4 Massaggio	16
1.3.5 Uscita Flacone	17
2 Processo di Sviluppo software PLC	20
2.1 Fase Iniziale	21
2.1.1 Configurazione Iniziale con TiaPortal v13	21
2.2 Best Practices	22
2.3 Comunicazione Con Dispositivi Macchina	23
2.4 Camme Digitali e Sistemi di Controllo	23
2.5 Controllo Mediante Shift Register	25
3 Protocolli di comunicazione	26
3.1 Profinet	26
3.1.1 Caratteristiche	27
3.2 TCP	28
3.2.1 Server e client	30
3.2.2 Incapsulamento dei dati	30
3.2.3 Descizione livelli	31
3.3 Open Platform Communications (OPC)	33

<i>INDICE</i>	1
3.3.1 Architettura client/server	34
3.3.2 Unified Architecture	35
4 Schema generale di comunicazione	38
4.1 Profinet Mitsubishi	38
4.2 Profinet Datalogic	38
4.3 TCP Stampante VideoJet	38
5 HMI/SCADA	39
5.1 HMI dell'Etichettatrice	39
5.2 Tool Sviluppo	40
5.3 Industria 4.0	40
5.3.1 OPC	40
5.3.2 RealTime Sql DataBinding	40
5.3.3 Reporting Server	40
5.3.4 SCADA Web Interfaces	40
5.4 Code of Federal Regulations Title 21	40
5.4.1 Specifiche 21CFR	40
5.4.2 Realizzazione	40

Elenco delle figure

1.1	Vista dall'alto della struttura della macchina	6
1.2	Vista sotto scocca della struttura della macchina	7
1.3	HERMA 400	8
1.4	HERMA 400 Sensore Autoapprendimento	9
1.5	Nastro in Ingresso	13
1.6	Doppio Sensore Carico Minimo ed anti rovesciamento flacone	14
1.7	Sensore presenza flacone stella ingresso	15
1.8	Zona di applicazione etichetta	16
1.9	Massaggiatore Etichette	17
1.10	Stella di Scarto	18
1.11	Raccoglitore di Scarto	19
2.1	Foto di un albero a camme.	23
3.1	Relazione fra i livelli OSI e TCP/IP.	29
3.2	Relazione fra i livelli e protocolli dell'architettura TCP/IP. .	33
3.3	Campi di utilizzo OPC.	35
3.4	Estensione modello.	37

abstract

Questa tesi si occupa di presentare le metodologie e strumenti applicati nella realizzazione di una etichettatrice di flaconi ad alta velocità, progettata e sviluppata per l'area farmaceutica. Verranno presentati i processi necessari allo sviluppo software, sia per quanto riguarda la parte PLC sia la parte SCADA/HMI, nonché quella relativa allo sviluppo del sistema di visione e controllo. Si analizzeranno i vari dispositivi che compongono il macchinario, il loro funzionamento ed in particolar modo i protocolli di comunicazione che ci permettono di dialogare con essi. Verrà affrontata inoltre la tematica dell'Industria 4.0 spiegando come poter sviluppare un sistema software che rispetti i criteri del nuovo standard nell'automazione Industriale.

Introduzione al progetto

Spiegare la necessita di costruzione di una macchina dalle dimensioni ridotte veloce e affidabile.

Capitolo 1

Etichettatrice RMC17002

In questo capitolo spiegheremo il funzionamento dell’Etichettatrice. A tal scopo è necessario presentare una breve descrizione sulla struttura meccanica, per poi passare ad una dettagliata analisi dei dispositivi Elettrici ed Elettronici che la compongono.

1.1 Struttura Meccanica

In questa sezione descriviamo la struttura meccanica analizzando i vari elementi che la compongono. La meccanica base dell’Etichettatrice è relativamente semplice. Come si può ben vedere nella figura 1.1 essa è composta da tre stelle trasportatrici: la prima è quella di ingresso (1) che si occupa di agganciare i flaconi dal nastro di ingresso. La seconda, ovvero quella centrale (2) più grande, è la stella principale che trasporta i flaconi sull’unità di etichettaggio. L’ultima è la stella di uscita (3) che si occupa di trasportare i flaconi verso l’uscita e di scartare eventuali flaconi che non hanno superato i controlli di qualità. Quest’ultima, per gestire lo scarto, ha in ogni incavo una ventosa che serve a catturare il flacone scartato per evitare che venga rilasciato sul nastro di uscita. Il meccanismo di scarto verrà descritto in dettaglio nell’apposito capitolo.

Un altro elemento della struttura meccanica base è il massaggiatore (4) che si occupa di assicurare l’adesione dell’etichetta nella fase appena successiva all’applicazione sul flacone. Esso è costituito da una cinghia gommata messa in moto da un sistema di rulli dentati, alimentati da un motore brushless.

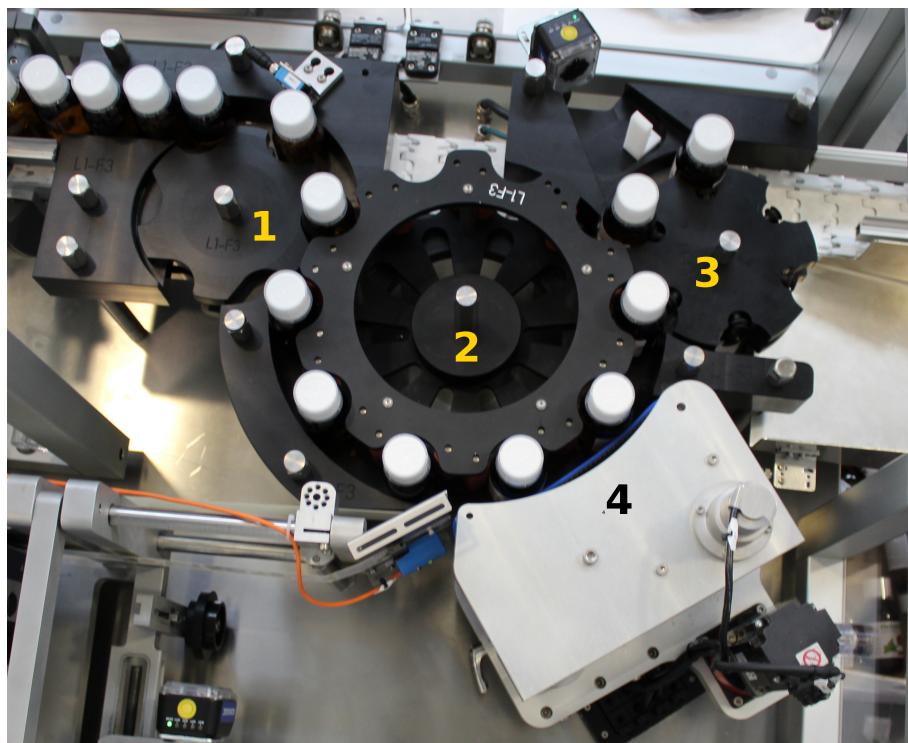


Figura 1.1: Vista dall'alto della struttura della macchina

Nella figura 1.1 si possono osservare chiaramente i tre ingranaggi delle tre stelle, il motore con il riduttore collegato alla stella principale, la stella di uscita ed il sistema pneumatico necessari a gestire lo scarto dei flaconi.

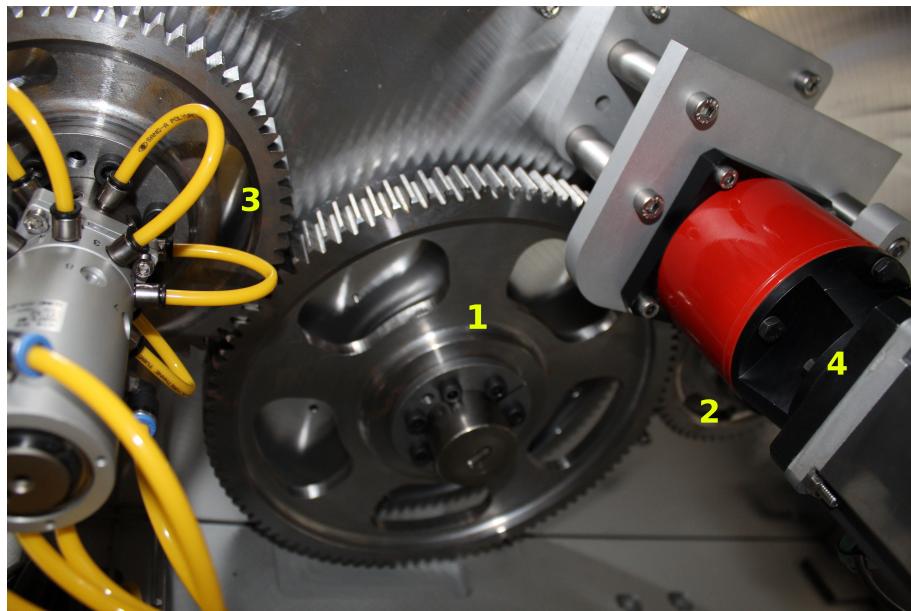


Figura 1.2: Vista sotto scocca della struttura della macchina

Dettagli meccanici - Dimensione -Elementi(Natsro in e out) - stella ingresso,centrale,scarto - raccoglitrice Scarto - guide regolabili per dispositivi - struttura di acciaio con porte di plexiglass

1.2 Dispositivi Elettrici ed Elettronici

I dispositivi elettrici ed elettronici che compongono l'etichettatrice sono molteplici. Essi rappresentano l'anima della macchina stessa in quanto permettono a tutto il processo di prendere vita. Di seguito sono elencati i vari dispositivi dell'etichettatrice.

- *HERMA 400 Labeling Machine* L'elemento più importante di tutta la macchina è proprio il gruppo di etichettatura che, sebbene risulti essere un ibrido tra meccanica ed elettronica, è presentato in questa sezione perchè è completamente gestito da una scheda interna, presentando vari sensori e dispositivi necessari al proprio funzionamento.

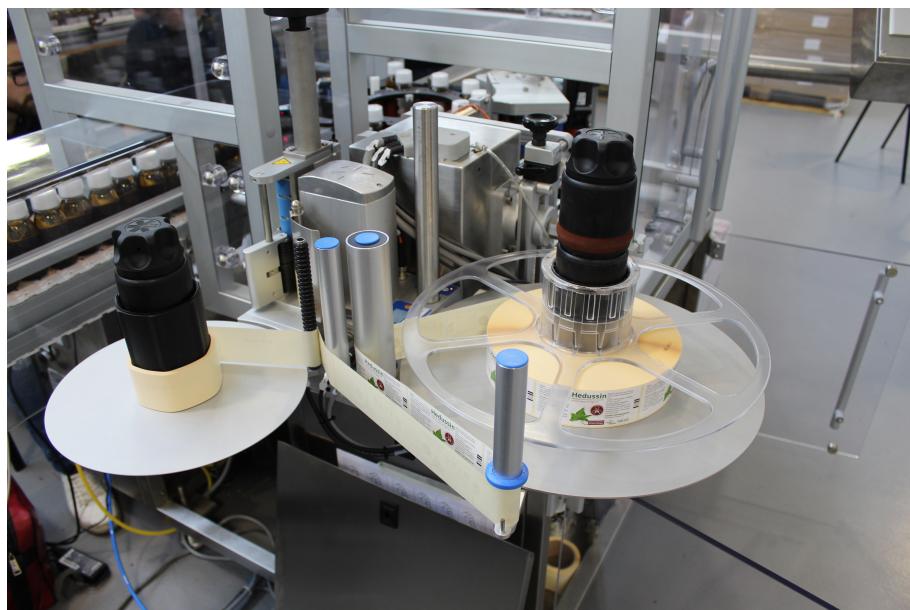


Figura 1.3: HERMA 400

Il gruppo di etichettatura della Herma è un dispositivo molto efficiente e complesso. Ha una velocità di etichettatura che può andare ben oltre i 400 pz/min ed è facilmente integrabile in qualsiasi sistema, poichè richiede pochissimi accorgimenti esterni. Non è inoltre necessario riconfigurare i vari formati di etichetta poichè essa dispone di un sensore di autoapprendimento che determina la lunghezza dell'etichetta 1.2.



Figura 1.4: HERMA 400 Sensore Autoapprendimento

Per ottimizzare l’etichettatura la Herma mette a disposizione un particolare encoder da collegare al massaggiatore della macchina. Grazie ad esso essa regola automaticamente la velocità con la quale espellere l’etichetta. L’unico comando necessario all’etichettatrice per poter funzionare è un trigger digitale che comanda l’espulsione di una etichetta. Naturalmente è difficile determinare se e quando dare il comando. Ma questo è un problema che analizzeremo nei capitoli relativi alla programmazione del software plc ed al controllo mediante sistema di visione.

- *Mitsubishi HG-Series Motors* Sono i motori utilizzati sia dal motore principale che dal massaggiatore. Sono dei motori brushless ad elevatissime prestazioni ed estremamente compatti. Posso essere utilizzati standalone oppure, come nel nostro caso, mediante degli specifici azionamenti che ne consentono un pieno controllo.
- *Mitsubishi MR-J4-TM Servo* Si riferisce agli azionamenti utilizzati per la gestione e controllo dei servo motori Mitsubishi. Esistono in vari modelli in base alla comunicazione necessaria. Nel nostro caso abbiamo optato per la versione con il Profinet poichè lavoriamo

con un PLC Siemens. Questo consente di inviare comandi dal PLC all’azionamento e pertanto comandare il motore. Le specifiche metodologie di comunicazione verranno descritte nel capitolo relativo alla Comunicazione

- *Mitsubishi FR-D700SC* E’ un particolare inverter Mitsubishi che permette di comandare la velocità di un qualsiasi motore agendo sulla frequenza. Essa permette il controllo della velocità mediante un segnale analogico in tensione che va dai 0 ai 10V. Questo segnale può essere inviato da qualunque sorgente, nel nostro caso il PLC (in particolare dal modulo di uscita Analogica). Essa dispone inoltre di un comando digitale a contatto pulito che ne consente lo start and stop. Questo Inverter è stato utilizzato per poter gestire la velocità del nastro trasportatore principale di ingresso e uscita.
- *Datalogic P-Series* Sono le telecamere di Visione che si occupano di tutto il controllo qualità della macchina. Esse sono delle telecamere estremamente performanti con risoluzione di 1.3MP a Colori, compatibile con vari sistemi di comunicazione tra cui TCP-EtherCat-Profinet. Sono programmabili con oltre 30 tool di ispezione mediante il software proprietario Impact. Nell’etichettatrice ne sono stati applicati due: una prima telecamera per il controllo validità delle stampe dell’etichette (prima che esse vengano applicate sul flacone) e una seconda per verificare l’eventuale presenza ed allineamento dell’etichetta (successivamente all’applicazione).
- *VideoJet DataFlex 6530* E’ una stampante termica per utilizzo in applicazioni industriali ad alta velocità. Essa riesce a stampare con una frequenza oltre le 300 stampe per minuto. Dispone di un server web integrato per la configurazione oppure di un pannello LCD esterno. La comunicazione avviene tramite uno standard I/O e tramite TCP. Questa stampante viene utilizzata per stampare sull’etichetta i dati relativi al lotto attivo (quali nome e scadenza) ed anche a stampare il pharmacode (un particolare datamatrix utilizzato nel campo farmaceutico)

- *Sick Encoder AFM60 PROFINET* Si tratta di un encoder assoluto a 30 bit di alta risoluzione Possiede un'interfaccia profinet il che lo rende estremamente compatibile e semplice da gestire con il PLC siemens. Ha un tempo di aggiornamento dati inferiore a 5 ms e tramite profinet è capace di comunicare allarmi, avvertenze e funzioni di diagnosi per velocità, posizione, temperatura, durata del funzionamento ecc. Questo encoder è stato montato sul meccanismo della stella in ingresso in modo da tener traccia della posizione della macchina in tempo reale e pertanto gestire le varie camme della macchina.
- *Siemens Simatic ET200S e Moduli I/O* PLC controller con CPU-1510SP-SIMATIC-DP(1) è una unità centrale con 100kb di memoria lavoro e 750KB per i dati. Dispone di un'interfaccia Profinet ed ha una performance di bit di 72NS. Necessita di una memory card Simatic Siemens per il programma. La sua programmazione avviene tramite la suite Siemens WinCC conosciuta ora come tiaPortal. Si ricorda che questa unità centrale non dispone di ingressi ed uscite pertanto necessita di moduli aggiuntivi. Nello specifico caso sono stati aggiunti ben 6 moduli di cui:
 - 3 Moduli di 16 Ingressi Digitali(2)
 - 2 Moduli di 16 Uscite Digitali(3)
 - 1 Modulo di 4 Uscite Analogiche(4)
- *ASEM HMI Panel HT2150* Panel PC da 12 pollici basata con processore Celeron J1900 quad core 2GHz a 64 bit. La motherboard include due porte Ethernet 10/100/1000Mbps con supporto alle funzionalità "Jumbo Frame" e "Wake on Lan", una porta USB 2.0, una porta USB 3.0 ed uno slot per CFast SATA II ad accesso esterno posteriore, un connettore mSATA per l'installazione di una SSD SATA II, RAM fino a 8 GB con un modulo SODIMM DDR3 e un connettore interno per l'installazione di interfacce seriali e USB aggiuntive. Sistema Operativo Microsoft Windows Embedded 7.0

1.3 Funzionamento del Macchinario

Prima di spiegare il funzionamento dettagliato del macchinario, conviene introdurre brevemente il suo funzionamento base. Per maggiore chiarezza il processo di etichettaggio verrà descritto a fasi.

Il funzionamento base del macchinario è abbastanza semplice.

- *Ingresso Flaconi:* all ingresso all' etichettatrice abbiamo un nastro trasportatore che arriva dalla macchina precedente, che nel caso di questa linea è una macchina riempitrice.
- *Controllo Presenza:* i flaconi uscenti dalla riempitrice scorrono sul nastro fino al raggiungimento della prima stella. Durante il trasporto nella prima stella, ogni flacone viene rilevato dal sensore di presenza prodotto.
- *Etichettatura:* successivamente il flacone viene agganciato dalla seconda stella che lo trasporta sull'unità di etichettaggio. Quando il flacone si trova in prossimità della "pinna", viene attivata la testa di etichettatura che effettuerà l'applicazione.
- *Massaggio:* quasi istantaneamente all'applicazione, il flacone rotola su un nastro detto massaggiatore che assicura una corretta applicazione dell'etichetta.
- *Uscita Flacone:* a questo punto il flacone viene agganciato dalla terza ed ultima stella che lo trasporta sul nastro di uscita verso la macchina a valle.

Avendo sommariamente illustrato il funzionamento base della nostra etichettatrice tralasciando controlli, sistemi di visione, meccanismi di scarto ed altro, andiamo ora a spiegare un po più nel dettaglio cosa avviene realmente in ogni fase.

1.3.1 Ingresso Flaconi

Nella fase di ingresso flaconi, come si può ben immaginare, non vi è solo un semplice nastro che trasporta i flaconi da un punto ad un altro, bensì vi sono

alcuni controlli necessari per un corretto funzionamento del macchinario, nonchè di protezione del sistema stesso. Il nastro in ingresso è regolabile in velocità mediante un inverter per assicurare che i flaconi arrivino con una giusta frequenza.



Figura 1.5: Nastro in Ingresso

Non manca sul nastro in ingresso il sensore di minimo carico che segnala il plc qualora non ci sia prodotto. Alla ricezione di tale segnale il plc provvederà a fermare la macchina che altrimenti girerebbe inutilmente (vi sono inoltre anche segnali di abilitazione che arrivano dalla macchina a monte, necessari a segnalare un'interruzione della linea). Un problema da non sottovalutare nella nostra applicazione è la possibilità che un flacone si rovesci su nastro o arrivi già rovesciato dalla macchina a monte. Un flacone rovesciato potrebbe essere estremamente pericoloso: se la stella alla fine del nastro dovesse agganciare un flacone di vetro mal posizionato lo farebbe in mille pezzi e rischierebbe di danneggiare la macchina. Per evitare ciò, abbiamo munito il minimo carico di doppio sensore (uno alto ed uno basso).



Figura 1.6: Doppio Sensore Carico Minimo ed anti rovesciamento flacone

Questi due sensori lavorano in contemporanea uno sopra l'altro, in modo che se un flacone dovesse passare rovesciato, solo il sensore basso ne rileverebbe la presenza. Questa situazione manda un allarme che blocca immediatamente la macchina avvisando l'operatore con una segnalazione sul pannello operatore e mediante il torrino luminoso.

1.3.2 Controllo Presenza

In questa fase, che sembra la più banale, inizia il vero fulcro del controllo che si porterà avanti per tutto il processo. Il flacone viene agganciato dalla prima stella e durante il trasporto il sensore di presenza ne verifica la presenza.



Figura 1.7: Sensore presenza flacone stella ingresso

Questo momento è cruciale perché è qui che si attiva lo "Shift Register" del controllo che vedremo in dettaglio nei capitoli successivi. Per ora anticipiamo lo "Shift Register" come l'elemento che ci permette di determinare la posizione e lo stato di ogni flacone all'interno della macchina.

1.3.3 Etichettatura

Sicuramente una delle fasi più importanti di tutto il processo, l'etichettatura è anche la più complessa a livello di controlli e settaggio. Il flacone, una volta rilevato dal sensore di presenza, viene agganciato dalla seconda stella che lo trasporta sulla pinna di etichettatura. Una volta che esso si trova in prossimità della pinna, viene inviato un comando di trigger digitale alla testa di etichettatura che espellerà l'etichetta.

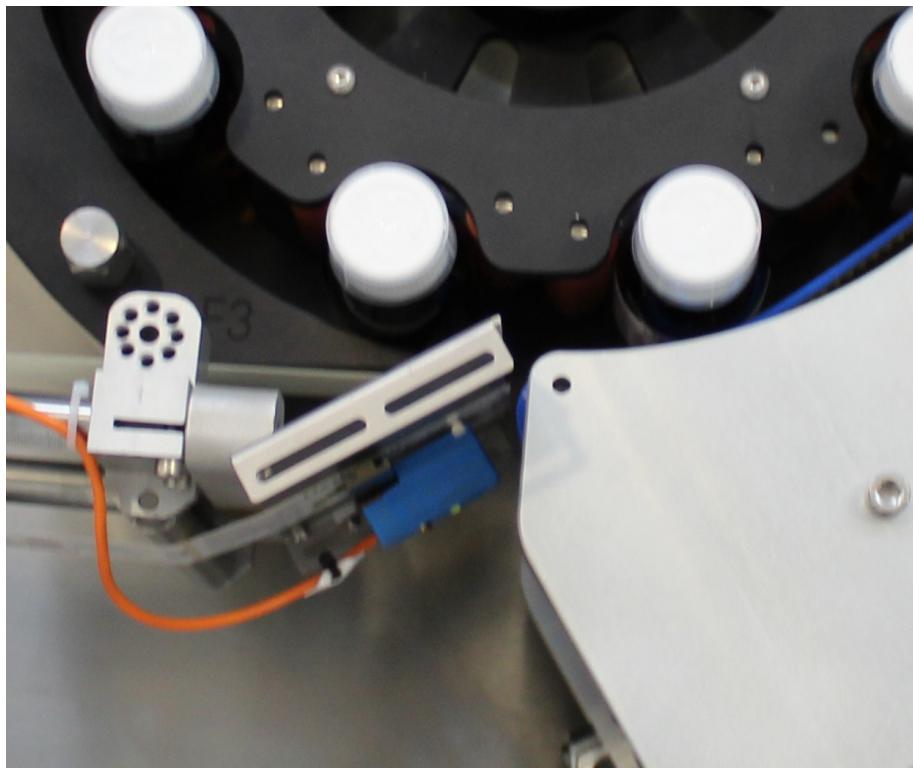


Figura 1.8: Zona di applicazione etichetta

1.3.4 Massaggio

Come precedentemente anticipato, il massaggio avviene nella fase immediatamente successiva all'applicazione etichette. Il massaggiatore, come si evince dalla figura 1.3.4, massaggia l'etichetta sul flacone per assicurarne l'adesione. Per ottimizzarne l'adesione, ci si deve assicurare che la velocità con la quale viene applicata l'etichetta sia pressocchè simile a quella di rotolamento del flacone. Per questo motivo abbiamo munito il massaggiatore di un encoder (1) che comunica all'unità di etichettatura l'attuale velocità lineare del nastro affinchè regoli automaticamente la velocità di espulsione delle singole etichette.

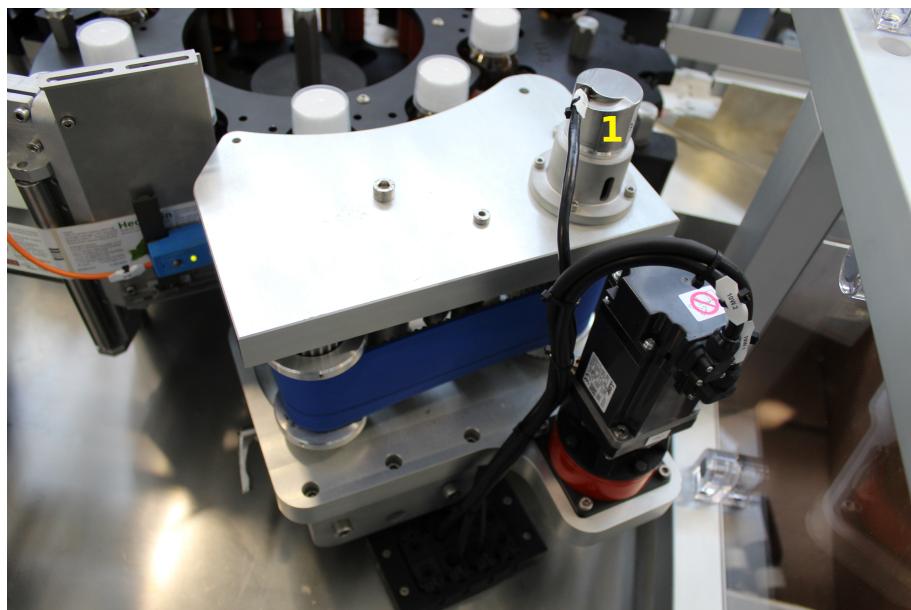


Figura 1.9: Massaggiatore Etichette

1.3.5 Uscita Flacone

L'ultima fase del processo di etichettatura è quella di Uscita e Scarto. Dopo aver applicato l'etichetta e verificato la qualità del prodotto, spetta all'ultima stella decidere se rilasciare o meno il flacone sul nastro di uscita. Come accennato precedentemente, la stella di uscita possiede delle ventose refmec8 per catturare il flacone e dirigerlo verso il nastro oppure verso lo scarto, in base al risultato dei vari controlli effettuati durante il processo.

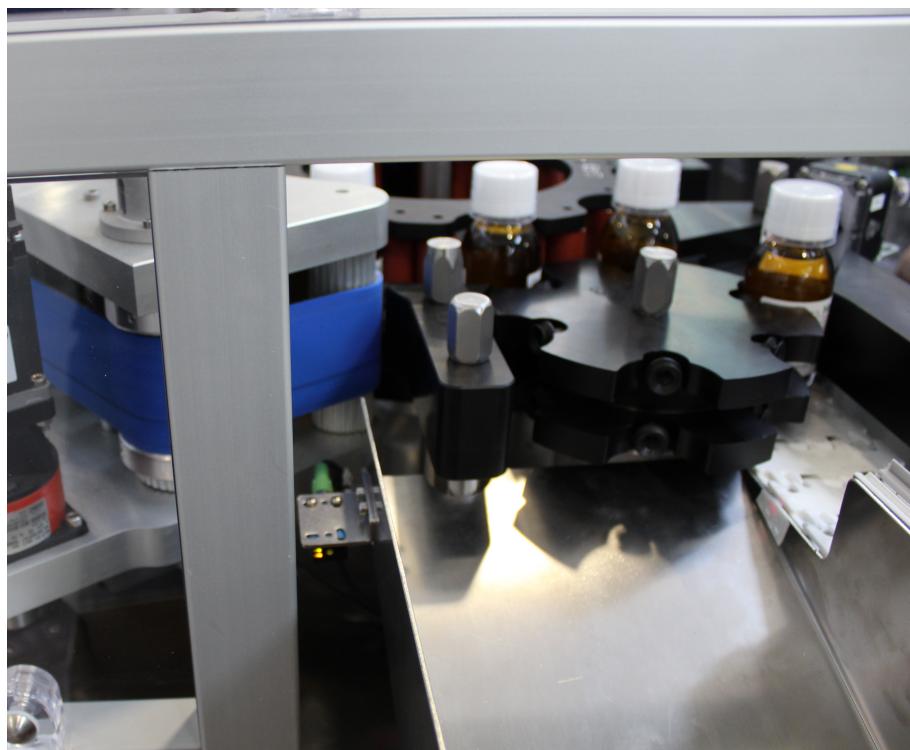


Figura 1.10: Stella di Scarto

Nella figura possiamo notare come ciò avviene: nel caso di flacone non conforme rilevato dai sistemi di controllo, la stella di uscita che avrà agganciato precedentemente il flacone con il vuoto della specifica ventosa, invece di rilasciare il vuoto in prossimità del nastro, manterrà il flacone agganciato fino al raggiungimento della zona di scarto. Raggiunta questa zona le ventose rilasciano automaticamente il vuoto lasciando cadere il flacone non conforme nel raccoglitore di scarto 1.3.5.



Figura 1.11: Raccoglitore di Scarto

Racconto dettagliato del processo dall'ingresso dei flaconi all'uscita passando tra i vari controlli.

Capitolo 2

Processo di Sviluppo software PLC

Un *PLC* è, in pratica, un controllore programmabile, dotato di ingressi e uscite analogiche e digitali, con una o più connessioni di reti e specializzato nella gestione dei processi industriali. Il PLC esegue un programma ed elabora i segnali digitali ed analogici provenienti dai sensori ricevuti attraverso gli ingressi, generando sulle proprie uscite i corrispondenti comandi per gli attuatori presenti in un impianto industriale, i quali riescono a gestire una moltitudine di funzioni dalla più elementare (rilevare la temperatura, accendere una lampadina, etc) alle più sofisticate e complesse (muovere un braccio meccanico, programmare l'accensione/avviamento di macchine, automi, ecc). I PLC sono di solito installati in armadi nelle vicinanze dell'impianto o direttamente a bordo della macchina. Gli I/O possono essere remoti: in questo caso sono collegati a morsettiera che vengono messe in comunicazione con il PLC mediante "bus di campo" o anche direttamente su Ethernet. Sono necessarie postazioni utilizzate dagli operatori per "vedere" e capire cosa succede negli impianti, dato che i PLC sono dei dispositivi "ciechi" non dotati di interfaccia di visualizzazione.

La prima azione che il PLC compie è la lettura degli ingressi del portale e si intende tutti gli ingressi sia digitali sia analogici, on board o su bus di campo (schede remote collegate al PLC o con una rete di comunicazione). Dopo aver letto tutti gli ingressi, il loro stato viene memorizzato in una memoria che è definita "*Registro immagine degli ingressi*". A questo punto

le istruzioni di comando vengono elaborate in sequenza dalla CPU e il risultato viene memorizzato nel "*Registro immagine delle uscite*". Infine, il contenuto dell'immagine delle uscite viene scritto sulle uscite fisiche, ovvero le uscite vengono attivate. Poiché l'elaborazione delle istruzioni si ripete continuamente, si parla di elaborazione ciclica; il tempo che il controllore impiega per una singola elaborazione viene detto tempo di ciclo (solitamente da 10 a 100 millisecondi).

2.1 Fase Iniziale

Nella Fase iniziale dello sviluppo di un software PLC bisogna innanzitutto conoscere molto bene l'intero processo della macchina. In questa fase si studia la macchina a partire dai requisiti richiesti dal cliente. Vi è un lungo confronto tra i vari team di sviluppo Meccanico, Elettrico e Informatico per cercare di minimizzare l'errore. Il programmatore PLC solitamente entra in gioco quando il processo macchina è già ben definito pertanto si conoscono già quasi tutti i sensori della macchina, i comandi in uscita ecc. Tutte queste informazioni sono riportate sullo Schema Elettrico della macchina.

immagine di schema elettrico

Con lo schema elettrico il programmatore può già incominciare a configurare il PLC definendo le variabili di Input Output sui vari moduli I/O.

2.1.1 Configurazione Iniziale con TiaPortal v13

Avendo PLC Siemens naturalmente il software utilizzato è TiaPortal nello specifico la versione 13. TiaPortal consente molto agevolmente di creare l'architettura della macchina selezionando i componenti da un catalogo interno. I vari componenti Hardware possono essere ricercati tramite codice identificativo riportato sul componente stesso oppure tramite metodo di autoapprendimento via Profinet. Al termine della configurazione PLC con i vari Moduli I/O la vista di rete di TiaPortal risulta la seguente.

configurazione plc tiaportl

Una volta importati vari componenti del rack PLC si possono definire ed impostare le variabili I/O in modo da risultare coerente con lo schema elettrico della macchina.

Finita la procedura di configurazione del rack PLC si può passare all'aggiunta dei vari componenti Profinet della macchina. Ricordiamo che i componenti compatibili Profinet della nostra etichettatrice sono:

- Azionamento Mitsubishi Motore Principale
- Azionamento Mitsubishi Motore Massaggiatore
- Telecamera Datalogic Controllo Etichetta
- Telecamera Datalogic Controllo Allineamento
- Encoder Sick Assoluto

Per poter importare un componente Profinet-Compatible su TiaPortal necessitiamo di un GSD (General Station Description) I file GSD rappresentano un file formattato in XML, fornito dal produttore, che descrive il componente in termini di caratteristiche di comunicazione, struttura dei dati di ingresso ed uscita, diagnostica, parametri di impostazione. Tramite il GSD TiaPortal potrà sapere come comunicare con il Registro del dispositivo e pertanto ricevere ed inviare informazioni ad esso. Il GSD tuttavia non da un'interfaccia sui comandi inviabili o dati ricevibili dal dispositivo, questo task spetta al programmatore che deve studiare la comunicazione Profinet di ogni singolo dispositivo e scoprire su quali registri scrivere (per inviare comandi) o leggere (per ricevere informazioni). I dettagli sulle comunicazioni Profinet dei vari dispositivi verranno visti nel capitolo [1] Una volta importati i GSD dei vari dispositivi TiaPortal mappa i loro registri in variabili di Memoria Locale al PLC in modo da semplificare il loro accesso.

IMMAGINE TIA PORTAL MAPPA GSD PROFINET

Tutti i dispositivi profinet inoltre devono avere un indirizzo di rete univoco ed essere nella stessa SubNet. Gli indirizzi di rete sono configurabili in TiaPortal tramite un tool che rileva tutti i dispositivi direttamente connessi all Switch tramite un broadcast a Livello 2 che permette la visualizzazione di tutti gli indirizzi MAC dei dispositivi profinet connessi. A questo punto risulta molto semplice assegnare l'indirizzo IP a ciascun dispositivo.

IMMAGINE TIA PORTAL RETE COMPLETA

Con questo si può dare per conclusa la fase di inizializzazione del progetto software PLC

2.2 Best Practices

spiegazione delle best practice sul come strutturare un software PLC REMAPPING I/O, utilizzo di FB per dispositivi esterni (MOTORI MITSUBISHI - TELECAMERE DATALOGIC - ENCODER MACCHINA - STAMPANTE - NORMALIZZAZIONI) GSD

2.3 Comunicazione Con Dispositivi Macchina

2.4 Camme Digitali e Sistemi di Controllo

Per spiegare cos'è una Camma digitale conviene descrivere prima la classica camma meccanica. Sebbene le due hanno utilizzi diversi, alcuni principi rimangono gli stessi.

La camma meccanica è un elemento di forma eccentrica calettato su un asse, che viene impiegato in innumerevoli cinematismi, tra cui l'impiego più conosciuto è nei motori a scoppio, dove prende il nome di albero a camme o asse a camme.

Le camme possono avere azionamento diretto o indiretto ma per il nostro discorso facciamo riferimento alla sola attivazione diretta. Con azionamento diretto si ha il contatto fisico tra la camma e la "Punteria" posto sopra la valvola. Durante la sua rotazione la camma ha per sua natura una variazione del diametro rispetto all'asse. Questa variazione fa sì che il bicchierino, e quindi la valvola, venga spinto verso il basso, causandone lo spostamento dalla sede. La valvola viene poi riportata nella posizione di chiusura generalmente da due molle elicoidali, ma esistono anche altri sistemi.



Figura 2.1: Foto di un albero a camme.

Più semplicemente la forma della camma rende possibile l'azionamento di una o più valvole in una determinata fase della rotazione dell'albero.

Nel nostro caso non abbiamo camme meccaniche né valvole ma ciò che ci interessa è il concetto che una camma ad una determinata fase della nostra macchina possa abilitare non una valvola bensì un sensore, un controllo, un comando dispositivo.

Per Camma digitale si intende dunque l'istante di attivazione di una qualunque logica programmabile. Le camme digitali vengono impostate, come anche per una camma meccanica, su un giro del motore principale. Nel caso dell'etichettatrice, ogni giro completo del motore principale corrisponde alla rotazione della stella di un unico passo (ad ogni passo di stella viene agganciato un flacone nuovo) Possiamo perciò rappresentare un giro completo del motore principale come una "finestra" di passaggio prodotto.

IMMAGINI PER FORZA

Per poter impostare le varie camme necessarie alla macchina necessitiamo dei gradi macchina istantanei. I gradi macchina si possono leggere mediante l'utilizzo di appositi encoder analogici, digitali oppure integrati nel motore stesso. Una volta disponibile la lettura istantanea dei gradi macchina si possono impostare le camme digitali definendo i gradi macchina di attivazione e disattivazione.

Un esempio semplice è quello di definire la camma di controllo presenza prodotto. Vogliamo infatti che questo controllo avvenga precisamente quando il flacone è difronte al sensore in modo da minimizzare errori di rilevamento. Ipotizziamo ora che la posizione ottimale del flacone corrisponde a 30 gradi macchina istantanei. **IMMAGINI FLACONE SENSORE INGRESSO**

Possiamo creare una camma che si attiva a 20 gradi e di disattiva a 40 gradi all'interno della quale rimanere "in ascolto" del segnale del sensore per definire se il prodotto è presente o meno.

Dettagli approfonditi sull'applicazione ed implementazione delle camme digitali verranno descritti nel prossimo capitolo insieme al metodo di controllo mediante Shift Register.

DESCRIZIONE DI TUTTE LE CAMME DELLA MACCHINA

2.5 Controllo Mediante Shift Register

Capitolo 3

Protocolli di comunicazione

Fino a qualche anno fa, i diversi fornitori di PLC mantenevano "segreti" i protocolli di comunicazione e spesso anche i Bus erano "proprietari". Anche se sugli impianti continuano a circolare decine o anche centinaia di protocolli diversi, da qualche tempo si avverte la necessità di andare verso protocolli standard. Infatti la maggior parte dei vendor ora utilizzano protocolli conosciuti che in qualche caso sono divenuti standard "di mercato" o "di fatto" (come ad esempio ModBus, Profinet, DNP3, DeviceNet, etc) Il PLC durante il suo funzionamento può comunicare con computer, con altri PLC oppure con altri dispositivi come le macchine CNC (i torni e/o le frese a controllo numerico delle aziende). La comunicazione con computer e altri dispositivi avviene tramite tipi di connessione standard: per lo svolgimento della tesi sono stati utilizzati il protocollo Profinet e TCP.

3.1 Profinet

Profinet [1] è uno standard di automazione aperto che garantisce flessibilità, affidabilità e performance. Insieme a Profibus è un leader di mercato nel campo di azionamenti con interfacce digitali. Profinet si basa su IT-Standards, supporta TCP/IP senza limitazioni e consente l'accesso diretto dal livello di gestione aziendale fino al livello di campo. Anche l'integrazione di sistemi e di reti già esistenti non presenta alcun problema con Profinet. Profinet supporta ad esempio l'integrazione di reti Profibus e di altri sistemi di bus di campo, come AS-Interface.

3.1.1 Caratteristiche

- *Safety Integrated*: Safety Integrated soddisfa tutti i requisiti necessari per quanto concerne la sicurezza richiesta per l'uomo, la macchina e l'ambiente. Inoltre, l'utilizzo di Profinet con PROFIsafe consente di creare una rete per la comunicazione standard e orientata alla sicurezza su un solo cavo oppure anche senza fili con Industrial Wireless LAN (IWLAN);
- *IT-Standards and Security*: Profinet offre tutte le funzioni per una configurazione e una diagnostica ottimali. Tramite Internet si può accedere a tutti i dati rilevanti da ogni luogo, in tutto il mondo. In questo Profinet soddisfa anche le crescenti esigenze per la sicurezza dei dati e della rete;
- *Installazione della rete*: Profinet è basato con coerenza sulla tecnologia Switching a 100 Mbit/s e supporta oltre al cablaggio a stella usuale per Ethernet anche strutture di rete lineari e ad anello. Ciò riduce al minimo l'onere di cablaggio e comporta un elevato grado di flessibilità. La comunicazione senza fili mediante IWLAN offre nuove possibilità di applicazioni nell'industria, persino la funzionalità di servizio e supervisione è possibile senza fili;
- *Comunicazione real-time*: Profinet copre l'intera gamma delle applicazioni di automazione offrendo per questo tre tipi di comunicazione di base:
 1. Non-Real-Time come la comunicazione TCP/IP e UDP/IP
 2. Real-Time (RT) e
 3. Isochronous Real-Time (IRT).Profinet è quindi adatto anche per applicazioni particolarmente complesse, ad es. nel settore del Motion Control.
- *Apparecchiature da campo decentrate*: per il collegamento diretto a Industrial Ethernet di apparecchiature da campo decentrate, *Profibus and Profinet International* ha definito lo standard 'Profinet IO'. Attraverso questo standard le apparecchiature da campo trasmettono ciclicamente i dati all'immagine di processo del relativo controllore.

Per l’interazione tra controllori e periferia decentrata, Profinet supporta un modello Provider/Consumer. Il Provider invia al Consumer i propri dati senza richiesta da parte del partner di comunicazione. Quest’ultimo elabora i dati. La correlazione tra Provider e Consumer è definita in fase di progettazione.

- *Azionamenti e motion control*: Profinet riduce al minimo l’onere di cablaggio. Che si tratti di comando, operatività, accesso remoto per diagnostica e service, di parametrizzazione e messa in servizio oppure di applicazioni orientate alla sicurezza: tutti i compiti vengono eseguiti tramite un cavo che consente di integrare i valori di processo anche in sistemi MES ed ERP. I vantaggi risultanti sono enormi, ad esempio riguardo alla gestione dell’energia e alla manutenzione preventiva. Rende possibile, inoltre, la comunicazione wireless sulla base dei correnti standard WLAN.
- *Intelligenza distribuita*: Profinet offre nuove possibilità nella realizzazione di strutture di automazione distribuite: modularizzazione conseguente e comunicazione macchina-macchina semplificata con engineering esteso a tutto l’impianto tramite Component Based Automation.

3.2 TCP

Il *Transmission Control Protocol* (TCP) [2] è un protocollo di rete a pacchetto di livello di trasporto, appartenente alla suite di protocolli Internet, che si occupa di controllo di trasmissione ovvero rendere affidabile la comunicazione dati in rete tra mittente e destinatario. Il TCP può essere classificato al livello trasporto (OSI level 4) del modello di riferimento OSI, e di solito è usato in combinazione con il protocollo di livello rete (OSI level 3) IP. La corrispondenza con il modello OSI non è perfetta, in quanto il TCP e l’IP nascono prima del suddetto modello. I livelli TCP/IP hanno questa relazione con quelli OSI:

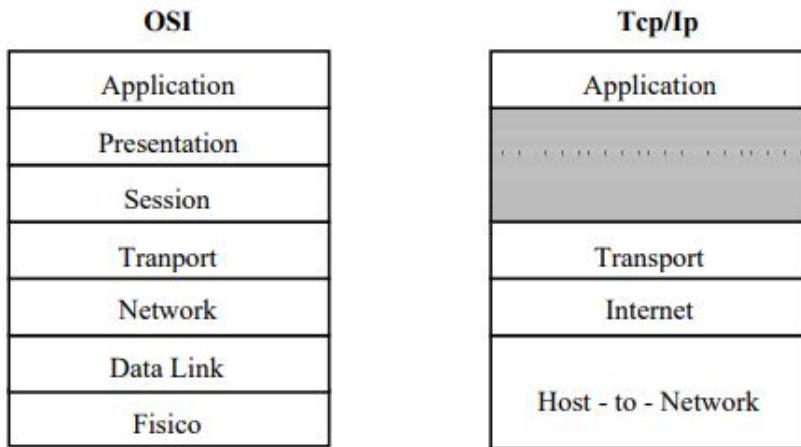


Figura 3.1: Relazione fra i livelli OSI e TCP/IP.

TCP è un protocollo orientato alla connessione e offre funzionalità di controllo di errore sui pacchetti pervenuti grazie al campo checksum contenuto nella sua PDU. Possiede inoltre funzionalità di controllo di flusso tra terminali in comunicazione e controllo della congestione sulla connessione, attraverso il meccanismo della finestra scorrevole. Questo permette di ottimizzare l'utilizzo dei buffer di ricezione/invio sui due end devices (controllo di flusso) e di diminuire il numero di segmenti inviati in caso di congestione della rete.

Per poter applicare il modello TCP/IP a tutti i terminali, cioè indipendentemente dal sistema operativo, il sistema di protocollo TCP/IP è stato scomposto in più moduli ciascuno con un compito preciso. Questi moduli svolgono inoltre i compiti gli uni dopo gli altri in un ordine preciso, con un sistema stratificato, ragione per cui si parla di modello a livelli. Il termine livello è usato per evocare il fatto che i dati che transitano sulla rete attraversano più livelli di protocolli. Così, i dati (pacchetti di informazioni) che circolano sulla rete sono trattati successivamente per ogni livello, che aggiunge un elemento d'informazione (detto intestazione) e poi li trasmette al livello successivo. Il modello TCP/IP è molto simile al modello OSI (con 7 livelli) che è stato elaborato dall'organizzazione internazionale degli standard (ISO, organizzazione internazionale di standardizzazione) per standardizzare le comunicazioni tra computer.

3.2.1 Server e client

I due processi che comunicano attraverso una connessione TCP hanno ruoli diversi:

Il processo che avvia una nuova connessione TCP è detto client, ed invia una richiesta di connessione verso una determinata porta. Affinché la connessione venga stabilita, su quella porta deve esserci un processo server "in ascolto", che accetta di stabilire una connessione TCP. Le porte conosciute e registrate sono quindi utilizzate dai processi server, e sono convenzionalmente associate a particolari servizi, in modo che un client sappia a quale porta connettersi per raggiungere un determinato server.

Il processo server, che è in ascolto su una certa porta, rimane bloccato in attesa che un client si colleghi. Il processo client richiede di stabilire una connessione verso un determinato server su una determinata porta. Normalmente la porta sorgente usata dal client viene allocata dinamicamente dal sistema operativo del client. Quando il TCP stabilisce la connessione, a entrambi i processi viene assegnato un socket tramite cui essi possono comunicare tra loro. Tipicamente il processo server effettua una fork, affida al figlio il compito di comunicare con il nuovo client e si rimette in ascolto. Da questo punto in poi, client e server hanno ruoli simmetrici, e utilizzano gli stessi strumenti per comunicare attraverso il socket.

3.2.2 Incapsulamento dei dati

Durante una trasmissione, i dati attraversano alcuni degli strati al livello del terminale emittente. Ad ogni livello, un'informazione viene aggiunta al pacchetto di dati, si tratta di un'intestazione, un insieme di informazioni che garantisce la trasmissione. A livello del terminale ricettore, al momento del passaggio in ogni livello, l'intestazione viene letta, poi cancellata, così, alla ricezione, il messaggio è nel suo stato originale. Ad ogni livello, il pacchetto cambia aspetto, dato che gli si aggiunge un'intestazione, e quindi le denominazioni cambiano seguendo i livelli: 1) Il pacchetto di dati è detto messaggio al livello *Applicazione*; 2) Il messaggio in seguito è incapsulato sotto forma di segmento nel livello *Trasporto*; 3) Il segmento, una volta

incapsulato, nel livello *Internet* prende il nome di datagramma; 4) Infine, si parla di frame sul livello *Accesso di rete*.

3.2.3 Descrizione livelli

Livello Accesso di rete (host to network)

Il livello Accesso di rete è il primo livello della pila TCP/IP capace di accedere ad una qualsiasi rete fisica, cioè rappresenta i mezzi per realizzare una trasmissione di dati attraverso una rete. Così, il livello Accesso di rete contiene tutte le specifiche riguardo la trasmissione di dati su una rete fisica, che si tratti di rete locale (Token ring, Ethernet, FDDI), di connessione ad una linea telefonica o a qualsiasi tipo di collegamento di rete. Si incarica delle nozioni seguenti:

- invio dei dati sul collegamento;
- coordinamento della trasmissione dei dati (sincronizzazione);
- formato dei dati;
- conversione dei segnali (analogico/digitale);
- controllo degli errori all'arrivo.

Fortunatamente tutte queste specifiche sono trasparenti per l'utente, dato che l'insieme di questi compiti è in effetti realizzato dal sistema operativo, come per altro i driver dell'hardware che permettono la connessione alla rete (ad esempio driver della scheda di rete).

Il livello Internet

Il livello internet è il livello "più importante" (sono tutti importanti) dato che è quello che definisce i datagrammi, e che gestisce le nozioni d'indirizzamento IP. Esso permette l'invio dei datagrammi (pacchetti di dati) verso dei terminali remoti nonché la gestione della loro frammentazione e riasssemblaggio alla ricezione.

Il livello di trasporto

I protocolli dei livelli precedenti permettevano di inviare delle informazioni da un terminale all’altro. Il livello Trasporto permette a delle applicazioni che girano su terminali remoti di comunicare. Il problema consiste dell’identificare queste applicazioni. In effetti, a seconda del terminale e del suo sistema operativo, l’applicazione potrà essere un programma, un compito, un processo, ecc. Inoltre, la denominazione dell’applicazione può variare da un sistema all’altro, ed è la ragione per cui un sistema di numero è stato realizzato per poter associare un tipo di applicazione ad un tipo di dati; questi identificativi sono detti porte. Il livello Trasporto contiene due protocolli che permettono alle due applicazioni di scambiare dei dati indipendentemente dal tipo di rete scelta (cioè indipendentemente dai livelli inferiori, ecc.). Si tratta dei seguenti protocolli: TCP, un protocollo orientato connessione che assicura il controllo degli errori; UDP, un protocollo senza connessione il cui controllo d’errore è obsoleto.

Il livello applicazione

Il livello Applicazione è quello situato alla sommità dei livelli dei protocolli TCP/IP. Esso contiene le applicazioni di rete che permettono di comunicare grazie ai livelli inferiori. I software di questo livello comunicano quindi grazie ad uno dei due protocolli del livello inferiore (il livello trasporto) cioè TCP o UDP.

Le applicazioni di questo livello sono di differenti tipi, ma la maggior parte sono dei servizi di rete, cioè delle applicazioni fornite all’utente per assistere l’interfaccia con il sistema operativo. Possiamo classificarli secondo i servizi che offrono: servizi di gestione (trasferimento) di file e di stampa, servizi di connessione alla rete, servizi di connessione remota, le diverse utility di Internet (figura 3.3.1).

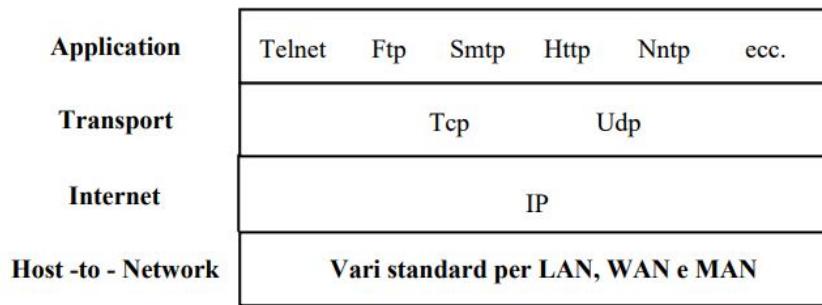


Figura 3.2: Relazione fra i livelli e protocollli dell'architettura TCP/IP.

3.3 Open Platform Communications (OPC)

OPC [3] è lo standard di interoperabilità per lo scambio sicuro e affidabile di dati nello spazio di automazione industriale e in altri settori. È indipendente dalla piattaforma e garantisce il flusso continuo di informazioni tra i dispositivi di più fornitori. La Fondazione OPC è responsabile dello sviluppo e della manutenzione di questo standard. Lo standard OPC è una serie di specifiche sviluppate da vendori del settore, utenti finali e sviluppatori di software. Queste specifiche definiscono l'interfaccia tra client e server, nonché server e server, compreso l'accesso ai dati in tempo reale, il monitoraggio di allarmi ed eventi, l'accesso ai dati storici e altre applicazioni.

Quando lo standard fu rilasciato per la prima volta nel 1996, il suo scopo era quello di astrarre protocolli specifici del PLC (come Modbus, Profibus, ecc.) In un'interfaccia standardizzata che permettesse ai sistemi HMI / SCADA di interfacciarsi con un "uomo medio" che convertisse generico- OPC leggere / scrivere richieste in richieste specifiche del dispositivo e viceversa. Di conseguenza, è emersa un'intera industria di prodotti artigianali che consente agli utenti finali di implementare sistemi che utilizzano i migliori prodotti interagendo perfettamente tramite OPC.

Inizialmente, lo standard OPC era limitato al sistema operativo Windows. Come tale, l'acronimo OPC è stato generato da OLE (object linking and embedding) per Process Control. Queste specifiche, che ora sono conosciute come OPC Classic, hanno goduto di un'adozione diffusa in diversi settori, tra cui produzione, automazione degli edifici, petrolio e gas, energie rinnova-

vabili e servizi pubblici, tra gli altri.

Con l'introduzione di architetture orientate ai servizi nei sistemi di produzione sono arrivate nuove sfide nella sicurezza e nella modellazione dei dati. La OPC Foundation ha sviluppato le specifiche OPC UA per soddisfare queste esigenze e, allo stesso tempo, ha fornito un'architettura a piattaforma aperta ricca di funzionalità che era a prova di futuro, scalabile ed estensibile.

Oggi l'acronimo OPC sta per Open Platform Communications.

Questi sono solo alcuni dei motivi per cui così tanti membri e altre organizzazioni tecnologiche (collaborazioni) si stanno rivolgendo a OPC UA per la loro piattaforma di interoperabilità.

3.3.1 Architettura client/server

OPC si presenta come un'architettura client/server che permette ad un qualsiasi processo (Client) basato su OPC di accedere a qualsiasi sorgente di dati (Server) dotata di interfacce OPC. I fornitori hardware offrono un Server OPC, che permette a qualsiasi applicazione Client di accedere ai dati da esso pubblicati. I server OPC forniscono un metodo per molti pacchetti software diversi (purché si tratti di un client OPC) per accedere ai dati da un dispositivo di controllo del processo, come un PLC o un DCS. Tradizionalmente, ogni volta che un pacchetto richiedeva l'accesso ai dati da un dispositivo, un'interfaccia personalizzata o un driver, doveva essere scritto. Lo scopo di OPC è definire un'interfaccia comune che venga scritta una sola volta e quindi riutilizzata da qualsiasi business, SCADA, HMI o pacchetti software personalizzati.

Una volta che un server OPC è stato scritto per un particolare dispositivo, può essere riutilizzato da qualsiasi applicazione in grado di agire come client OPC. I server OPC utilizzano la tecnologia OLE di Microsoft (nota anche come Component Object Model o COM) per comunicare con i client. La tecnologia COM consente di definire uno standard per lo scambio di informazioni in tempo reale tra applicazioni software e hardware di processo.

È importante notare che alcune specifiche OPC sono pubblicate, altre sono disponibili solo per i membri della OPC Foundation. Quindi, mentre nessuna azienda "possiede" OPC e chiunque può sviluppare un server OPC, indi-

pendentemente dal fatto che siano o meno membri della OPC Foundation, i non membri non utilizzeranno necessariamente le specifiche più recenti. Chiunque può integrare i prodotti OPC e non esiste alcun pre-requisito per l'integratore di sistemi di appartenere a qualsiasi organizzazione. Spetta quindi a ciascuna società che richiede prodotti OPC di garantire che i propri prodotti siano certificati e che i loro integratori di sistemi dispongano della formazione necessaria. In figura ?? è possibile osservare le percentuali dei campi di utilizzo di OPC.

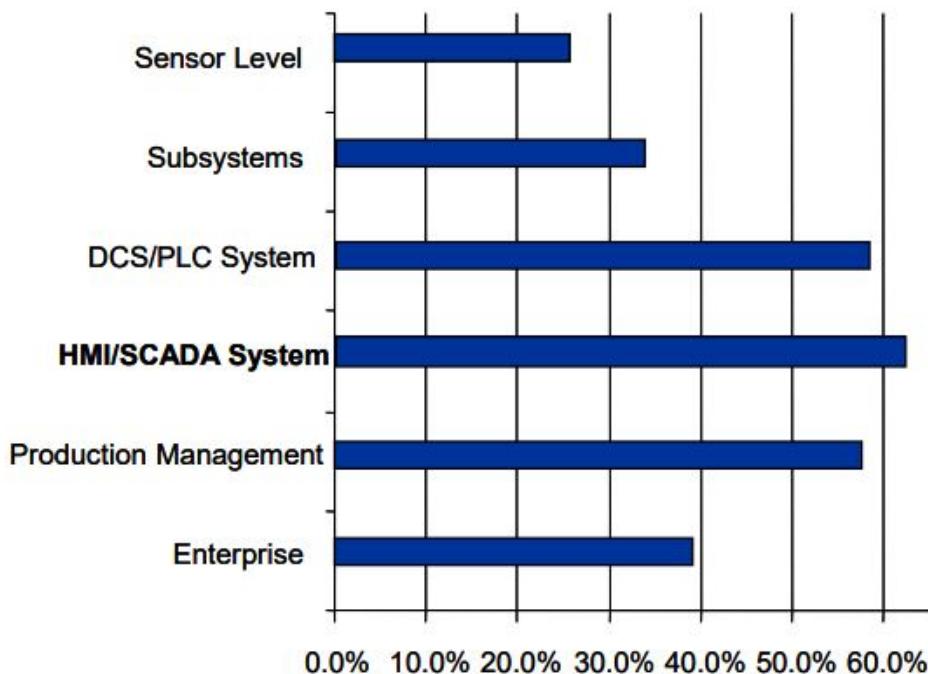


Figura 3.3: Campi di utilizzo OPC.

3.3.2 Unified Architecture

Nella tesi è stata usata la versione Unified Architecture: OPC Unified Architecture (UA), pubblicato nel 2008, è un'architettura orientata ai servizi indipendente dalla piattaforma che integra tutte le funzionalità delle singole specifiche OPC Classic in un unico framework estendibile. Questo approccio a più livelli raggiunge gli obiettivi di specifiche di progettazione originali di:

- *Equivalenza funzionale*: basandosi sul successo di OPC Classic, OPC UA è stato progettato per migliorare e superare le capacità delle specifiche OPC Classic. OPC UA è funzionalmente equivalente a OPC Classic, ma capace di molto di più (ad esempio trova la disponibilità di OPC Server su PC e / o reti locali, o ancora permette di leggere e scrivere dati/informazioni in base alle autorizzazioni di accesso).
- *Indipendenza dalla piattaforma*: da un microcontroller incorporato a un'infrastruttura basata su cloud; OPC UA fornisce l'infrastruttura necessaria per l'interoperabilità in tutta l'azienda, da macchina a macchina, da macchina a impresa e tutto ciò che è intermedio.
- *Sicuro*: una delle considerazioni più importanti nella scelta di una tecnologia è infatti proprio la sicurezza. OPC UA è adatto al firewall e risolve i problemi di sicurezza fornendo una suite di controlli mediante crittografia, autenticazione e auditing.
- *Estendibile*: possibilità di aggiungere nuove funzionalità senza influire sulle applicazioni esistenti; l'architettura multistrato di OPC UA offre una struttura "a prova di futuro". Tecnologie e metodologie innovative come nuovi protocolli di trasporto, algoritmi di sicurezza, standard di codifica o servizi applicativi possono essere incorporati in OPC UA mantenendo la retrocompatibilità per i prodotti esistenti.
- *Modellazione completa delle informazioni*: la struttura di modellazione delle informazioni di OPC UA trasforma i dati in informazioni. Con capacità complete orientate agli oggetti, anche le strutture multi-livello più complesse possono essere modellate ed estese. I tipi di dati e le strutture sono definiti nei profili. Ad esempio, le specifiche OPC Classic esistenti sono state modellate in profili UA che possono essere estesi anche da altre organizzazioni (fig 3.3.2).

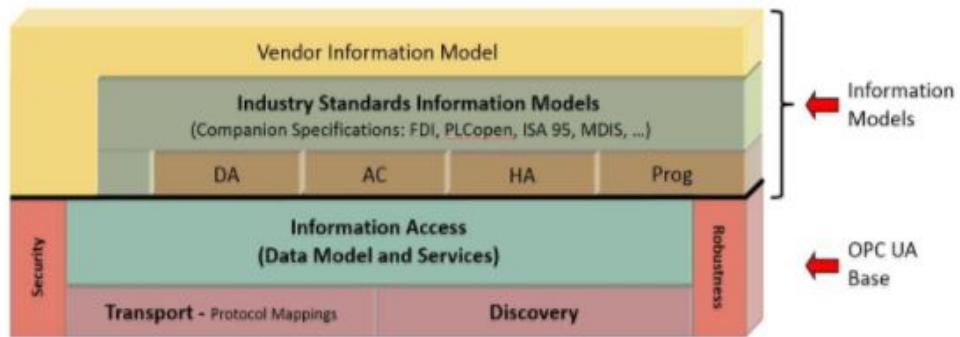


Figura 3.4: Estensione modello.

Capitolo 4

Schema generale di comunicazione

Disegno che mostra lo schema di comunicazione tra i vari dispositivi (MAGARI DA TIA PORTAL)

4.1 Profinet Mitsubishi

Registro di comunicazione e FB di controllo

4.2 Profinet Datalogic

Registro di comunicazione e FC di controllo

4.3 TCP Stampante VideoJet

Capitolo 5

HMI/SCADA

Un HMI, o interfaccia uomo-macchina, è un dispositivo o un software che permette al suo utilizzatore di comunicare con un macchinario o un impianto di produzione. Come? Traducendo una quantità immensa di dati complessi in informazioni accessibili all'uomo. In questo modo l'operatore ha a sua disposizione tutti gli strumenti necessari per controllare il processo di produzione. Contestualizzando questa definizione nel mondo dell'Automazione Industriale, risulta dunque evidente che più intuitivo e user-friendly è l'HMI, più efficiente e redditizio risulta il lavoro.

Sostanzialmente un dispositivo HMI rende possibile la visualizzazione e il controllo delle applicazioni. Sfruttando risorse come I/O, SoftPlc CoDeSys o Ethercat e sistemi operativi (ancora meglio se embedded), permette di comunicare con qualsiasi sistema aziendale.

5.1 HMI dell'Etichettatrice

Asem da 11 pollici con windows 7 embedded ecc ecc

5.2 Tool Sviluppo

5.3 Industria 4.0

5.3.1 OPC

5.3.2 RealTime Sql DataBinding

5.3.3 Reporting Server

5.3.4 SCADA Web Interfaces

5.4 Code of Federal Regulations Title 21

5.4.1 Specifiche 21CFR

5.4.2 Realizzazione

Bibliografia

- [1] 'Automatizzare e trarre immediato profitto con lo standard leader Industrial Ethernet.'http://w5.siemens.com/italy/web/AD/Prodotti/Soluzioni/Sistemi/automazione/new/homepageProfinet/Documents/Brochure_PROFNET.pdf
- [2] L. Parziale et al: 'TCP/IP Tutorial and Technical Overview' IBM RedBooks, December 2006
- [3] <https://opcfoundation.org/>