

**ALLEGATO B**

**SCHEDA PROGETTO**

I.I.S. "A.CESARIS"  
VIA CADORNA, 1  
26841 CASALPUSTERLENGO (LO)

CATEGORIA PRINCIPALE	<input checked="" type="checkbox"/> X ROBOTICA  <input type="checkbox"/> AUTOMAZIONE  <input type="checkbox"/> INTERNET OF THINGS
----------------------	---

<p><b>Titolo del progetto</b></p>	<p><b><i>SPERO - Sistema di PESatura RObotizzata</i></b></p>
<p><b>Abstract</b> <i>Fornire una breve descrizione che faciliti la comprensione degli obiettivi, delle attività, dei risultati e dei prodotti del progetto.</i> <i>Max 4000 caratteri</i></p>	<p>Il Sistema realizzato ha l'obiettivo di automatizzare una delle operazioni generalmente effettuate per il Controllo di Qualità di un prodotto: il controllo del peso di flaconi pieni di detersivi presi da scatole già pronte per l'imballaggio e la vendita, attraverso sistematiche pesature. L'operazione avviene off-line. Il sistema è stato sviluppato e realizzato per conto dell'azienda multinazionale UNILEVER, presente nel nostro comune di Casalpusterlengo fin dagli anni '70, con cui la nostra scuola ha iniziato da poco una collaborazione con il team di Automazione dell'azienda.</p> <p>Le attività svolte sono state:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lo studio del problema</li> <li>- la progettazione di una possibile soluzione utilizzando un Robot ABB IRB 12,</li> <li>- la realizzazione del prototipo</li> <li>- lo sviluppo della parte SW e le relative prove specifiche di funzionamento.</li> </ul> <p>Tali attività sono iniziate grazie a un preventivo contatto dell'azienda con il nostro Istituto, durante il quale si sono delineate le principali funzionalità</p>

	<p>richieste al sistema; successivamente è stata effettuata una visita, da parte di tutto il gruppo di studenti coinvolti, per vedere l'ambiente reale produttivo in cui il sistema verrà integrato e utilizzato e per verificare che quanto progettato e realizzato corrisponda alle reali esigenze.</p> <p>Il risultato è un sistema funzionante di pesatura di flaconi che vengono presi da un braccio robotico da un piano di supporto ed appoggiati su una pesa, per rilevarne il peso, fornire un risultato di correttezza e fare statistiche.</p>
<p><b>Soluzione ad un fabbisogno industriale e manifatturiero</b></p> <p><i>Descrivere il bisogno specifico a cui il progetto risponde e le modalità adottate evidenziando gli elementi di innovazione.</i></p> <p><i>Impatto potenziale del progetto rispetto ai mercati di riferimento.</i></p> <p><i>Max 4000 caratteri</i></p>	<p>La normativa vigente della CEE sui prodotti imballati preconfezionati richiede controlli rigorosi e sistematici del loro peso o del volume del loro contenuto, per poterli contrassegnare il prodotto con etichetta CEE. Pertanto le ditte di produzione devono effettuare controlli periodici sui loro prodotti per garantire il loro effettivo peso.</p> <p>Attualmente la ditta Unilever effettua già questi controlli, che vengono però svolti manualmente tramite operatore, ma si vuole rendere anche questa operazione automatizzata, come avviene per tutte le altre fasi di lavoro della linea. Tale operazione è semplice e ripetitiva e proprio queste sue peculiarità possono indurre l'operatore ad effettuare misure errate dovute al fatto che non si rispettano i tempi corretti di pesatura o per la troppa fretta oppure, al contrario, per eccessiva lentezza; si possono commettere alcune inesattezze anche a causa di distrazione o stanchezza.</p> <p>Quindi il bisogno della ditta è quella di riuscire a pesare automaticamente off line dei flaconi contenenti detersivo, dal peso massimo di 1 Kg, inseriti in opportune scatole contenenti 14 pezzi, con un sistema sincronizzato con la linea di produzione.</p> <p>La multinazionale ha richiesto pertanto al nostro gruppo di implementare questo sistema per rendere automatica tale operazione, con il vantaggio di ottenere pesature di maggior precisione garantite nel tempo e una maggior sicurezza verso gli operatori. La loro presenza è comunque richiesta per una</p>

	<p>supervisione delle operazioni ed eventuali interventi. Tale problematica è comunque diffusa nel mercato tanto è vero che anche in fiere nel campo produttivo in ambito alimentare, ad esempio alla “CIBUSTEC” a cui abbiamo partecipato, nel settore imballaggio e pesature, erano proposti sistemi per Controllo Qualità con analoghe caratteristiche, cioè con utilizzo di braccio robotico e pesatura off line.</p>
<p><b>Specifiche tecniche della soluzione</b>  <i>In questa sezione deve essere riportata una descrizione del sistema accennando alle sue componenti principali ed al loro funzionamento.</i>  <i>Max 8000 caratteri</i></p>	<p>Il Sistema progettato ha come elementi principali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un braccio robotico dedicato alla movimentazione dei flaconi (ABB IRB120),</li> <li>- Una pinza elettrica EGP-25 della ditta Schunk</li> <li>- un sistema di acquisizione dati digitale ( ARDUINO MEGA)</li> <li>- Una pesa digitale con tecnologia a cella di carico</li> <li>- Un sistema di visualizzazione.</li> </ul> <p>Queste unità dialogano tra loro e con la linea di produzione, in modo da avere una sincronizzazione tra le varie fasi delle attività.</p> <p>L’elemento Master del sistema è il Robot, con la sua logica programmabile, che funge da controllore, coordinando e temporizzando tutte le azioni delle altre unità ad esso collegate. Quindi all’unità di controllo del braccio sono interconnesse: la scheda di acquisizione dati digitale, a sua volta collegata alla pesa, il sistema di segnalazione ottica ed acustica, una interfaccia con la linea di produzione.</p> <p>Sono previste le seguenti fasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L’operazione di pesatura inizia con l’invio alla linea di produzione di un segnale di “sistema pronto per la pesatura”;</li> <li>- Dopo una segnalazione di rimando dalla linea, il braccio preleva il flacone dallo scatolone e lo posiziona sulla pesa;</li> <li>- Durante la pesatura il sistema memorizza i dati e li invia ad una banca dati via web;</li> <li>- Al termine della singola pesata, la scheda di acquisizione dati invia la segnalazione al robot di avvenuta pesatura e un corrispondente report della misura;</li> <li>- Dopo aver ricevuto il report, che può indicare una delle tre possibilità: peso corretto, peso inferiore, peso superiore, il braccio riposiziona il contenitore</li> </ul>

	<p>nella sua posizione iniziale.</p> <p>Il sistema permette pesature sistematiche prelevando 14 flaconi da scatoloni che arrivano dalla linea di produzione, e vengono indirizzati in una posizione fissa. Perciò le operazioni sopra indicate, vengono effettuata per un numero di volte pari al numero di bottiglie contenute nello scatolone. Alla fine della pesata la scatola rimane nella propria posizione con la segnalazione di “prelievo scatola” e il sistema riprenderà il ciclo solo a segnalazione di “rimozione scatola finita”.</p> <p>Ulteriori caratteristiche</p> <p>Il sistema verrà dotato di un pulsante di accensione ed è alimentato con una presa di rete 220V. Prima di iniziare la movimentazione si attivano gli avvisatori acustici, per la sicurezza del personale che si può trovare adiacente all’area di lavoro, per un tempo prestabilito (circa tre secondi) e successivamente l’attività del robot viene segnalata tramite una lampada lampeggiante.</p>
<p><b>Valutazione comparativa delle diverse tecnologie che permettono di risolvere il medesimo problema individuato</b></p> <p><i>Descrivere quali altre tecnologie sono state prese in considerazione per realizzare il prototipo, comparando e motivando la bontà della soluzione scelta.</i></p>	<p><i>Max 8000 caratteri</i></p> <p>La soluzione individuata è stato l’esito del confronto con la committenza, l’analisi tecnica, la verifica delle attrezzature disponibili in Istituto e il contenimento del budget complessivo per la soluzione.</p> <p><b>MOVIMENTAZIONE FLACONI</b></p> <p>Per la movimentazione dei singoli flaconi si è ritenuto di non poter prescindere dall’utilizzo del braccio robotico. La bontà di tale scelta ci è stata confermata durante la visita alla fiera di Parma Cibustec, dove veniva pubblicizzata e presentata la movimentazione per il controllo di qualità di bottiglie di acqua minerale mediante braccio robotico. L’alternativa in questo caso sarebbe stato l’utilizzo di un robot collaborativo che più facilmente consente la vicinanza e l’interazione con l’uomo.</p> <p><b>PRESA FLACONI</b></p> <p>La presa dei flaconi avviene con pinza elettrica e tool realizzato con stampante 3D. Le parti plastiche (stampate in ABS) sono state disegnate in ambiente Sketchup, di ampia diffusione e gratuito nella</p>

	<p>versione base. La stampante 3D utilizzata è una 3Drag in dotazione nei Laboratori dell’Istituto. La scelta alternativa sarebbe stata utilizzare una pinza elettropneumatica con sistema di presa industriale. Si è preferito non coinvolgere nel controllo aria compressa, che garantisce una maggior potenza di presa, ma che tuttavia non è necessaria per questa applicazione, dato il ridotto peso dei flaconi.</p> <p><b>SISTEMA DI PESATURA E SENSORISTICA</b></p> <p>L’interfacciamento tra Robot e sistema di pesatura avviene tramite relè. E’ stata scelta tale soluzione per mantenere galvanicamente isolate le due parti.</p> <p>Per il sistema programmabile la scelta di una scheda del mondo Arduino garantisce flessibilità, facilità di programmazione e di reperibilità di device al contorno rispetto ad una scelta, certamente più “industriale” come un PLC.</p> <p>Come sensore di peso la scelta è ricaduta su una cella di carico che costituisce lo standard in tipologie di problemi simili a quello esaminato.</p>
<p><b>Competenze utilizzate e sviluppate</b></p> <p><i>Descrivere quali competenze sono state usate e quali acquisite nel corso di questa iniziativa (sia tecniche che relative a soft skill).</i></p> <p><i>Indicare se sono state attivate collaborazioni con imprese.</i></p> <p><i>Max 4000 caratteri</i></p>	<p>Durante lo sviluppo e realizzazione del progetto tutto il gruppo ha dovuto mettere in atto e rafforzare alcune competenze di base tramite le quali è stato possibile lavorare a gruppi per un periodo relativamente lungo, che ha richiesto l’utilizzo delle ore scolastiche mattutine e pomeridiane.</p> <p>Si sono potute applicare molte competenze tecniche relative alla conoscenza e utilizzo di componenti elettronici, scheda di programmazione e alla scrittura di procedure SW. Inoltre si sono sicuramente approfondite le tecniche di sviluppo di prototipi e circuiti con caratteristiche specifiche, le tecniche di cablaggio, nonché le problematiche di ingegnerizzazione del prodotto. Tali conoscenze e competenze tecniche sono affrontate e sviluppate nei programmi curricolari ma difficilmente raggiungono il livello di complessità e operatività richiesto da un progetto con finalità realmente produttive.</p> <p>Un buon gruppo di alunni ha anche potuto applicare le conoscenze acquisite durante il corso di introduzione allo sviluppo di applicazioni con</p>

	<p>RobotStudio, intrapreso lo scorso anno scolastico e approfondito grazie al supporto di un esperto esterno ABB, che ha fornito le conoscenze necessarie per sviluppare la soluzione e la simulazione virtuale dell'ambiente di lavoro.</p> <p>Accanto a queste competenze più prettamente tecniche gli studenti hanno applicato le competenze di coordinamento e collaborazione attiva, per la realizzazione di un prodotto finale comune e le competenze di comunicazione tra i vari gruppi, per il passaggio delle informazioni comuni necessarie.</p> <p>I gruppi hanno interagito tra di loro per poter raggiungere l'obiettivo e alcuni componenti hanno partecipato anche alle attività degli altri interscambiandosi, per poter sviluppare più facilmente le varie fasi di lavoro o per risolvere i vari problemi sfruttando al meglio le reali conoscenze e capacità di ognuno.</p> <p>Tramite la realizzazione di questo progetto si è reso evidente l'importanza delle soft skills che si deve possedere in ambiente lavorativo; in particolare il teamworking per il lavoro in gruppo, il problem solving per l'affronto dei problemi durante il lavoro e la cooperatività per interconnettere e far comunicare al meglio i gruppi del progetto.</p>
<p><b>Team di progettazione</b> <i>Presentazione dei componenti del gruppo di progetto e delle rispettive attività, evidenziando esperienze acquisite nel processo di realizzazione dell'iniziativa.</i> <i>Max 4000 caratteri</i></p>	<p>Il team di lavoro è costituito da 16 componenti, tra cui 13 alunni di classi quinte dell'indirizzo di Automazione e da 3 alunni di classe 4 dell'indirizzo di Informatica. Il progetto è stato coordinato da docenti di materie di indirizzo della classe 5E.</p> <p>Si sono costituiti quattro sottogruppi di lavoro che si sono occupati dello sviluppo di altrettanti ambiti specifici: Programmazione della movimentazione, Simulazione virtuale, Sistema di pesatura e Gestione e montaggio delle parti meccaniche</p> <p><u>Programmazione della movimentazione</u> Principalmente il gruppo si è occupato della scrittura del SW per il Robot.</p> <p>Il programma deve comandare i movimenti del braccio robotico per prelevare il flacone dallo</p>

scatolone e depositarlo sulla pesa e viceversa, e per l'apertura e la chiusura della pinza nei momenti di presa del flacone e del suo rilascio. Il SW deve anche riconoscere tramite opportuno algoritmo la posizione dei flaconi nello scatolone. Il SW gestisce anche il blocco di segnalazione e deve governare il colloquio con il sistema di pesatura, che avviene tramite una scheda a Relè.

Nella stesura del SW sono state applicate le conoscenze di base della programmazione procedurale e la capacità di suddividere l'algoritmo in più sottoprogrammi.

Il gruppo invece ha dovuto imparare l'ambiente Robotstudio e l'uso della "Flexpendant", l'interfaccia grafica per lo sviluppo del SW e il governo della movimentazione del braccio.

Inizialmente il gruppo era in grado di programmare solo singoli movimenti del Robot concatenati fra di loro e governati tramite semplici segnali mentre, a conclusione del lavoro, la complessità dei sistemi realizzati è aumentata decisamente. Anche i componenti di questo gruppo hanno seguito la lezione di modellazioni in ambiente Robotstudio, approfondendo quindi le loro conoscenze.

Il gruppo ha anche seguito le prove di integrazione, ottimizzando tutte le funzionalità del S/W.

E' stata essenziale l'interazione del gruppo con tutti gli altri team per il passaggio di informazioni sulle interfacce H/W-S/W.

#### Simulazione virtuale

Il sottogruppo si è dedicato all'utilizzo del SW RobotStudio per realizzare una simulazione della realtà da governare. Tale simulazione ha reso necessaria la creazione degli oggetti fisici da movimentare: i flaconi, il braccio robotico, le linee di produzione e la pinza, cioè l'utensile di lavoro. Gli oggetti creati servono per creare il SW di simulazione.

Le competenze in possesso al gruppo durante lo sviluppo del progetto del sistema di pesatura robotizzato "SPeRo" riguardano l'utilizzo del Software Robotstudio che ha permesso di simulare e

programmare in ambiente virtuale la realtà di utilizzo. Attraverso le conoscenze possedute si è riusciti a simulare l'intera linea di produzione con abbinato il sistema di pesatura robotizzato completo di: manipolatore, unità di controllo, interfaccia utente, appoggio, nastro trasportatore, rulliera, pistone espulsione scatola, pinza e flaconi. Poi a seguito di una lezione con un esperto di ABB si è riusciti a dare la "fisica" agli oggetti di lavoro così da poter rendere reale il funzionamento del nastro trasportatore e della rulliera, che ha il compito di trasportare le scatole verso l'area di lavoro del robot; tale simulazione dinamica ha previsto la creazione di "smart components", descrittivi del movimento dei vari oggetti e delle loro interazioni, e che ha permesso la riproduzione visiva della linea durante il ciclo di lavoro. Inoltre è stata possibile la creazione dell'utensile di lavoro, la pinza, e la creazione dei flaconi utilizzando le misure reali. Alla fine delle attività si sono acquisite nuove competenze a livello grafico e di modellazione, all'interno dell'ambiente grafico di lavoro, oltre a rendere più familiari quella già in possesso.

#### Sistema di pesatura

Il gruppo si è interessato di tutta la parte relativa alla pesatura del flacone. In particolare le problematiche principali affrontate sono state:

- la scelta della tipologia di pesa da utilizzare,
- la scrittura del SW su Arduino per permettere l'acquisizione dei dati dalla pesa, l'interfacciamento del display seriale e il colloquio con Robot,
- lo studio dell'interfaccia di comunicazione da e per il robot.

La scelta della pesa è caduta su una cella di carico che fornisce una tensione proporzionale al peso dell'oggetto. Tale tensione viene inviata ad Arduino.

Il SW scritto per la scheda di Arduino MEGA svolge le seguenti funzioni: acquisisce il valore analogico dalla pesa, lo converte, lo memorizza, lo visualizza sul display e lo invia al Robot con un report di esecuzione



della pesata. Il colloquio con il Robot avviene tramite opportune routine di interfaccia che abilitano l'array di Relè e ne leggono lo stato.

Tramite opportuno algoritmo e peso campione avviene la taratura automatica della pesa.

Si è scelto di utilizzare la scheda di programmazione Arduino per i seguenti motivi:

- Precedente conoscenze base sull'utilizzo di Arduino e delle shield compatibili per quanto riguarda la programmazione, l'ambiente di sviluppo e l'interfacciamento con il mondo esterno dei sensori e degli attuatori.
- Semplicità e universalità della scheda.

Grazie a questo progetto è risultata evidente l'importanza di mantenere un SW chiaro e non ambiguo, attraverso l'utilizzo di sottoprocedure e scrivendo commenti per aumentarne la leggibilità; affinché questo si verifichi è necessario acquisire come utilizzare i diversi cicli di programmazione (while, for, if) e implementato le conoscenze per quanto riguarda le schede compatibili con Arduino (scheda relé, HX711, key&led, LCD 20x4 e I2c, DCDC converter). In particolare, per quanto riguarda l'HX711, abbiamo applicato le nostre conoscenze teoriche, della materia Sistemi, sui trasduttori ed il loro utilizzo.

#### Gestione e montaggio meccanico delle parti

Il gruppo si è occupato di effettuare i collegamenti meccanici ed elettrici con l'interfaccia Input/Output, posta sulla parte inferiore del robot, di montare la pinza sulla flangia.

In seguito, il gruppo provvederà all'installazione del braccio robotico e il relativo sistema di pesatura in azienda.

Ad ogni stadio di sviluppo del SW di movimentazione, sono state effettuare prove di funzionamento intermedie per verificare la corretta funzionalità del braccio, regolando le posizioni del braccio, dello scatolone e dei flaconi, per facilitare la presa e la movimentazione generale degli oggetti.

	<p>Un secondo aspetto affrontato è stato quello di determinare il tipo di pinza migliore per afferrare i flaconi, e una volta realizzata con la stampante 3D, è stata posizionata sul braccio, e testata con prove di funzionamento.</p> <p>In caso di problemi di tipo meccanico, di corto raggio o malfunzionamento sono state studiate soluzioni per trovare l'assetto ottimale.</p> <p>Tutti i componenti hanno contribuito alla stesura della documentazione del progetto, partendo dalle definizioni delle specifiche funzionali, elettriche e meccaniche, facendo poi la descrizione dell'architettura scelta corredata da tutti gli schemi a blocchi e disegnando gli schemi elettrici e definendo le varie mappe di I/O e i relativi schemi di cablaggio. La documentazione è avvenuta anche tramite realizzazione di fotografie e video dimostrativi.</p>
<p><b>Strumentazione utilizzata per la progettazione e realizzazione del prototipo</b></p> <p><i>Elencare la strumentazione utilizzata che ha reso possibile la realizzazione del progetto.</i></p> <p><i>Max 8000 caratteri</i></p>	<p>Il prototipo realizzato è completamente funzionante. La fase di collaudo finale in Istituto è stata documentata nel video. Manca solo il collaudo in linea di produzione che andrà concordato con l'azienda partner.</p> <p>Riferendosi in particolare alle nuove dotazioni ottenute nell'ambito del progetto SI, che sono state il cuore del progetto, si sono utilizzate:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Robot ABB</li> <li>• Pinza Schunk</li> <li>• Ambiente Robotstudio ABB</li> <li>• Ambiente di simulazione circuitale National</li> </ul> <p>Sono inoltre state ampiamente utilizzate anche altre Strumentazioni e dotazioni dell'Istituto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stampante 3D</li> <li>• Ambiente di sviluppo Arduino, scheda programmabile e device collegati</li> <li>• Laboratori di Sistemi ed Elettronica</li> </ul>