



Istituto Tecnico Industriale Statale "Q. Sella"

13900 BIELLA



Anno Scolastico 2025/2026

CLASSE V sez. A Indirizzo MECCANICA E

MECCATRONICA

DISCIPLINA	SISTEMI E AUTOMAZIONE
DOCENTE	Alessandro SENO Alberto BOCCATO
TESTO ADOTTATO	SISTEMI E AUTOMAZIONE LIBRO MISTO CON LIBRO DIGITALE <i>VOLUME 3 PER L'INDIRIZZO MECCANICA, MECCATRONICA ED ENERGIA</i> di Graziano NATALI e Nadia AGUZZI.

Biella, 6 maggio 2026

Gli insegnanti:

Alessandro SENO

Alberto BOCCATO

Non è richiesta la firma dei Rappresentanti di classe degli allievi



PROGRAMMAZIONE DI DIPARTIMENTO

Modulo 1 – TRASDUTTORI.

Tempi: 18 ore

Peso: 20%

Numero di verifiche: 3

Generalità sui trasduttori.

Definizioni e classificazioni. Parametri caratteristici: caratteristica di trasferimento, affidabilità e criteri di scelta.

Funzionamento dei trasduttori.

Trasduttori di posizione.

Potenziometri lineari e angolari. Riga ottica. Trasformatore differenziale. Inductosyn. Resolver. Synchro resolver. Encoder.

Trasduttori di velocità.

Dinamo tachimetrica. Alternatore tachimetrico.

Trasduttori di forza.

Estensimetri a resistenza. Estensimetri piezoelettrici. Celle di carico.

Trasduttori di pressione.

Trasduttori estensimetrici. Trasduttori potenziometrici.

Trasduttori di livello.

Trasduttori conduttivi. Trasduttori capacitivi. Trasduttori a tasteggio elettromeccanico. Trasduttori a ultrasuoni. Trasduttori a microonde. Trasduttori a lamelle vibranti. Trasduttori a pressione idrostatica.

Trasduttori di flusso.

Trasduttori di flusso magneto-induttivi. Flussostati a vortice. Trasduttori di flusso a ultrasuoni. Flussostati a microonde. Flussostati a scambio calorimetrico.

Trasduttori di temperatura.

Termoresistenze. Termistori. Termocoppie. Trasduttori di temperatura integrati.

Trasduttori di prossimità.

Interruttori induttivi. Interruttori capacitivi. Trasduttori a ultrasuoni. Sensori a effetto Hall. Fotocellule.

Laboratorio.

Verifica delle caratteristiche di impiego e di funzionamento di alcuni tipi di sensori e di trasduttori.

Modulo 2 – TEORIA DEI SISTEMI DINAMICI CONTINUI.

Tempi: 18 ore

Peso: 15%

Numero di verifiche: 2

Architettura dei sistemi di controllo automatico.

Comando, regolazione e controllo. Principio di funzionamento e struttura: sistema di misurazione, sistema di elaborazione e sistema di attuazione. Classificazione fondamentale: concetto di retroazione o feedback, sistemi di controllo ad anello aperto e sistemi di controllo ad anello chiuso. Tipi di segnale. Parametri caratteristici.



Metodo della trasformata di Laplace.

Le fasi dell'analisi: considerazioni di base sulla relazione ingresso-uscita. Metodo della trasformata di Laplace: proprietà delle trasformate di Laplace e tabelle delle trasformate notevoli. Funzione di trasferimento: analisi di alcuni semplici sistemi meccanici e di alcuni semplici circuiti elettrici. Calcolo della funzione di trasferimento: impiego delle tabelle delle trasformate notevoli. Considerazioni finali.

Schemi a blocchi funzionali.

Elementi caratteristici degli schemi a blocchi: blocchi, nodi e diramazioni. Algebra degli schemi a blocchi: operazioni di semplificazione, operazioni di spostamento, operazioni di unificazione e di scomposizione. Sintesi di uno schema a blocchi.

Schemi equivalenti.

Stesura dello schema equivalente: analogia termica, analogia idraulica e analogia meccanica.

Modulo 3 – REGOLATORI INDUSTRIALI E SERVOMECCANISMI.

Tempi: 12 ore

Peso: 15%

Numero di verifiche: 1

Regolatori industriali.

I termini del problema della regolazione. Tipi di regolazione: regolazione on-off, regolazione proporzionale P, regolazione integrale I e regolazione derivativa D. Tipi di sollecitazione. Regolazione mista PI. Regolazione mista PD. Regolazione mista PID. Regolatori elettronici (PID).

Servomeccanismi.

Classificazione. Servomeccanismi di posizione e di velocità elettromeccanici.

Laboratorio.

Azionamento motore brushless e/o motore passo-passo.

Modulo 4 – CONTROLLORI LOGICI PROGRAMMABILI (PLC).

Tempi: 34 ore

Peso: 30%

Numero di verifiche: 3

Il sistema PLC.

Definizione secondo norma IEC EN 61131-1. Logica cablata e programmabile. Criteri di classificazione dei PLC. Architettura del PLC. Unità di alimentazione. Unità centrale: CPU, memoria, system bus, altri componenti dell'unità centrale. Unità di comunicazione: rete di stabilimento. Unità ingressi/uscite (I/O): moduli d'ingresso e di uscita digitali e analogici, moduli I/O remoti e moduli specializzati. Terminale di programmazione: classificazione dei terminali di programmazione e programmazione con PC. Strumenti di supervisione: Tecnologia SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) e dispositivi HMI (Human-Machine Interface). Sicurezza dei sistemi di controllo con PLC.

Funzionamento del PLC.

Elementi funzionali: elementi funzionali logici e matematico/logici. Indirizzamento degli elementi funzionali e degli I/O.



Criteri di scelta del PLC.

Criteri funzionali, tecnologici, operativi ed economici. Strumenti per la scelta. L'evoluzione del PLC: il controllore d'automazione programmabile (PAC), confronto tra PAC e PLC.

I linguaggi di programmazione.

Linee guida della norma IEC EN 61131-3. Linguaggi grafici. Linguaggi letterali. Le fasi della programmazione del PLC: definizione dello schema funzionale, indirizzamento degli elementi funzionali, codifica e implementazione del programma.

Il linguaggio LD (Ladder Diagram) e la sua traduzione in IL (Instruction List).

Conversione del diagramma a relè in linguaggio grafico a contatti (LD). Lista di istruzioni (IL). Istruzioni fondamentali di logica a relè: inizio linea logica o blocco contatti con un contatto NA oppure NC, collegamento di contatti in serie e in parallelo, abilitazione di uscite non ritentive e ritentive. Programmazione di blocchi di contatti: blocchi di contatti in serie, in parallelo e in collegamento misto, linee logiche equivalenti. Simulazione di un sequenziatore logico. Esempi di cicli automatici con cilindri elettropneumatici. Istruzioni di temporizzazione. Istruzioni di conteggio. Istruzioni di movimento dati: istruzioni di scorrimento e di spostamento. Istruzioni di controllo: definizione di un blocco logico, salto condizionato ed esecuzione di un sottoprogramma. Studio di alcuni casi di automazione.

Laboratorio.

Realizzazione, analisi e simulazione di azionamenti automatici con l'impiego del software open source *LogicLab6*.

Modulo 5 – ELEMENTI DI ROBOTICA INDUSTRIALE.

Tempi: 18 ore

Peso: 20%

Numero di verifiche: 2

Caratteristiche costruttive dei robot industriali.

Definizione di robot industriale secondo norma ISO/TR 8373. Architettura del robot industriale: componenti principali. Struttura meccanica: gradi di libertà (GDL), tipi di giunti e parametri prestazionali caratteristici. Classificazione cinematica dei robot industriali: robot cartesiani, robot cilindrici, robot polari, robot articolati, robot SCARA e robot paralleli. Sistema di azionamento dei giunti: attuatori pneumatici, idraulici ed elettrici, organi di trasmissione. Sistema sensoriale: sensori, misura della distanza, misura della prossimità, misura del tatto. Unità di governo: controllo on-off, controllo punto-punto, controllo continuo e controllo adattativo. Attuatore finale: organi di presa.

La programmazione dei robot industriali.

Sistemi di programmazione: metodi di programmazione. Programmazione on-line. Programmazione off-line. L'evoluzione della programmazione. Linguaggi di programmazione: classificazione, evoluzione degli RL.

Applicazioni dei robot industriali.

Classificazione funzionale.

Robot di manipolazione. Robot di saldatura. Robot di montaggio. Robot di finitura. Robot di movimentazione. Robot di misura.



Cobot (Collaborative Robot).

Definizione. Vantaggi. Criteri di scelta e applicazioni. Programmazione e possibili sviluppi futuri.

Robot di servizio.

Ambiti di applicazione della robotica di servizio: interazione uomo-robot. Robotica logistica. Robotica medica. Robotica esplorativa. Robotica umanoide: Asimo, iCub, Robot R1 e Pepper.

La robotica collaborativa.

Robot collaborativi: i nuovi paradigmi produttivi. La salute e la sicurezza nelle nuove forme di collaborazione uomo-macchina.

Laboratorio.

Programmazione elementare del robot *e.Do* di *Comau* mediante linguaggio di programmazione *PDL2*.

Competenze disciplinari

Modulo 1 - TRASDUTTORI.

1. Distinguere i principali tipi di trasduttori in funzione dell'applicazione.
 - 1.1 Individuare la classificazione e i parametri caratteristici dei vari tipi di trasduttori.
 - 1.2 Descrivere le caratteristiche di impiego e il principio di funzionamento dei vari tipi di trasduttori.
 - 1.3 Descrivere l'impiego delle principali tecniche di conversione dei segnali.
2. Calcolare le grandezze caratteristiche utili alla scelta e all'impiego dei trasduttori.
 - 2.1 Calcolare i principali parametri di funzionamento dei vari tipi di trasduttori.
 - 2.2 Eseguire semplici calcoli relativi al condizionamento dei segnali.

Modulo 2 - TEORIA DEI SISTEMI DINAMICI CONTINUI.

1. Applicare i concetti di base relativi ai controlli automatici.
 - 1.1 Conoscere la classificazione fondamentale dei controlli automatici.
 - 1.2 Conoscere i parametri caratteristici dei controlli automatici.
2. Realizzare e analizzare il modello matematico di un semplice sistema meccanico o elettrico.
 - 2.1 Costruire e semplificare lo schema a blocchi funzionali di un sistema.
 - 2.2 Ricavare la funzione di trasferimento di un semplice sistema meccanico o elettrico.
3. Utilizzare i concetti di derivata e di integrale di una funzione nello studio di un processo automatico.
 - 3.1 Scrivere l'equazione differenziale che descrivere il funzionamento di un semplice sistema meccanico o elettrico.
 - 3.2 Utilizzare le tabelle delle trasformate di Laplace.

Modulo 3 - REGOLATORI INDUSTRIALI E SERVOMECCANISMI.

1. Classificare i vari tipi di regolatori industriali e descrivere il principio di funzionamento.
 - 1.1 Analizzare il principio di funzionamento dei diversi tipi di regolatori.
 - 1.2 Descrivere i criteri di scelta e le applicazioni dei vari tipi di regolatori.



2. Descrivere le principali applicazioni dei sistemi di controllo in ambito industriale.
 - 2.1 Rappresentare lo schema a blocchi funzionali dei principali servomeccanismi.
 - 2.2 Analizzare la funzione di trasferimento dei principali servomeccanismi.

Modulo 4 - CONTROLLORI LOGICI PROGRAMMABILI.

1. Analizzare e descrivere il principio di funzionamento dei controllori logici programmabili.
 - 1.1 Conoscere la classificazione e i criteri di scelta dei controllori logici programmabili.
 - 1.2 Analizzare il principio di funzionamento di un controllore logico programmabile.
 - 1.3 Descrivere la struttura e i componenti di un controllore logico programmabile.
2. Programmare un controllore logico programmabile.
 - 2.1 Conoscere la classificazione e le caratteristiche dei principali linguaggi di programmazione.
 - 2.2 Utilizzare un linguaggio di programmazione per risolvere semplici problemi di attuazione automatica.

Modulo 5 - ELEMENTI DI ROBOTICA INDUSTRIALE.

1. Descrivere le caratteristiche costruttive e di impiego dei principali robot industriali.
 - 1.1 Conoscere la definizione e le classificazioni dei robot industriali.
 - 1.2 Conoscere i componenti principali e la nomenclatura della struttura meccanica.
 - 1.3 Individuare i gradi di libertà di un robot industriale.
 - 1.4 Conoscere le caratteristiche delle diverse tipologie di robot industriali.
2. Descrivere il principio di funzionamento dei principali robot industriali.
 - 2.1 Analizzare il modello funzionale di un robot industriale.
 - 2.2 Descrivere il sistema di attuazione e di controllo dei robot industriali.
 - 2.3 Conoscere le principali tecniche di programmazione di un robot industriale.
 - 2.4 Programmare istruzioni elementari di movimento.



PROGRAMMA SVOLTO

Modulo 1 – TRASDUTTORI.

Generalità sui trasduttori.

Definizione e struttura dei trasduttori: sensore, convertitore e condizionatore. Criteri di classificazione. Parametri caratteristici: caratteristica di trasferimento, errore di linearità, campo di misura, risoluzione, sensibilità, precisione e tempo di risposta. Affidabilità: vita utile, condizioni di impiego e sovraccarico. Criteri di scelta.

Funzionamento dei trasduttori.

Trasduttori di posizione: potenziometri lineari e angolari; riga ottica; trasformatore differenziale; inductosyn; resolver; encoder ottico incrementale e assoluto.

Trasduttori di velocità: dinamo tachimetrica; alternatore tachimetrico; encoder ottico incrementale.

Trasduttori di forza: estensimetri a resistenza, caratteristiche costruttive e di impiego, ponte di Wheatstone e compensazione della temperatura; estensimetri piezoelettrici; celle di carico.

Trasduttori di pressione: trasduttori estensimetrici e trasduttori potenziometrici.

Trasduttori di livello: trasduttori conduttivi; trasduttori capacitivi; trasduttori a tasteggio elettromeccanico; trasduttori a ultrasuoni; trasduttori a microonde; trasduttori a lamelle vibranti; trasduttori a pressione idrostatica.

Trasduttori di flusso: trasduttori di flusso magneto-induttivi; flussostati a vortice; trasduttori di flusso a ultrasuoni; flussostati a microonde; flussostati a scambio calorimetrico.

Trasduttori di temperatura: termoresistenze a filo e a semiconduttori; termistori PTC e NTC; termocoppie; trasduttori di temperatura integrati.

Trasduttori di prossimità: interruttori induttivi e capacitivi; trasduttori a ultrasuoni; sensori a effetto Hall; sistemi di rilevamento con fotocellule.

Laboratorio.

Analisi della caratteristica di trasferimento e verifica dell'isteresi degli interruttori induttivi e capacitivi. Trasduttori di prossimità ottici nelle diverse configurazioni.

Modulo 2 – TEORIA DEI SISTEMI DINAMICI CONTINUI.

Architettura dei sistemi di controllo automatico.

Comando, regolazione e controllo. Principio di funzionamento e struttura: sistema di misurazione, sistema di elaborazione e sistema di attuazione. Classificazione fondamentale: concetto di retroazione o feedback; sistemi di controllo ad anello aperto e sistemi di controllo ad anello chiuso.

Tipi di segnale: segnali analogici e digitali. Parametri caratteristici dei sistemi di controllo: precisione, velocità di risposta, stabilità e sensibilità.

Metodo della trasformata di Laplace.

Le fasi dell'analisi: considerazioni di base sulla relazione ingresso-uscita. Metodo della trasformata di Laplace: definizione, proprietà delle trasformate di Laplace e tabelle delle trasformate notevoli. Funzione di trasferimento: analisi di alcuni semplici sistemi meccanici ed elettrici. Calcolo della funzione di trasferimento: scomposizione in fratti semplici e impiego delle tabelle trasformate notevoli.



Schemi a blocchi funzionali.

Elementi caratteristici degli schemi a blocchi: blocchi, nodi e diramazioni. Algebra degli schemi a blocchi: operazioni di semplificazione, operazioni di spostamento, operazioni di unificazione e di scomposizione. Sintesi di uno schema a blocchi.

Modulo 3 – REGOLATORI INDUSTRIALI E SERVOMECCANISMI.

Regolatori industriali.

I termini del problema della regolazione. Definizione di regolatore industriale. Grandezza regolata e grandezza manipolata. Sistema regolato e sistema regolante. Tipi di regolazione: regolazione on-off, regolazione proporzionale P, regolazione integrale I e regolazione derivativa D. Tipi di sollecitazione. Regolazione mista PI. Regolazione mista PD. Regolazione mista PID. Regolatori elettronici (PID).

Servomeccanismi.

Definizione e classificazione dei servomeccanismi: risposta a regime dei servomeccanismi di tipo 0, 1 e 2. Servomeccanismi di posizione e di velocità: schemi simbolici e schemi a blocchi funzionali.

Modulo 4 – CONTROLLORI LOGICI PROGRAMMABILI.

Il sistema PLC.

Definizione secondo norma IEC EN 61131-1. Logica cablata e logica programmabile. Classificazione dei PLC: PLC compatti e modulari, sequenziali e multifunzione. Architettura del PLC. Unità di alimentazione. Unità centrale: CPU e tipi di scansione, memoria, system bus, altri componenti dell'unità centrale. Unità di comunicazione: rete di stabilimento. Unità ingressi/uscite (I/O): moduli d'ingresso e di uscita digitali e analogici, moduli I/O remoti e moduli specializzati. Terminale di programmazione: classificazione dei terminali di programmazione e programmazione con PC. Strumenti di supervisione: tecnologia SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) e dispositivi HMI (Human-Machine Interface). Sicurezza dei sistemi di controllo con PLC.

Funzionamento del PLC.

Elementi funzionali: elementi funzionali logici e matematico/logici. Indirizzamento degli elementi funzionali e degli I/O.

Criteri di scelta del PLC.

Criteri funzionali, tecnologici, operativi ed economici. Strumenti per la scelta. L'evoluzione del PLC: il controllore d'automazione programmabile (PAC), confronto tra PAC e PLC.

I linguaggi di programmazione.

Linee guida della norma IEC EN 61131-3. Linguaggi grafici. Linguaggi letterali. Le fasi della programmazione del PLC: definizione dello schema funzionale, indirizzamento degli elementi funzionali, codifica e implementazione del programma.

Il linguaggio LD (Ladder Diagram).

Conversione del diagramma a relè in linguaggio grafico a contatti: segni grafici, flusso logico e flusso di potenza. Istruzioni fondamentali di logica a relè: contatti NA e NC, bobine, collegamento di contatti in serie e in parallelo, abilitazione di uscite non ritentive e ritentive. Istruzioni di



temporizzazione. Istruzioni di conteggio. Indirizzamento dei segnali di ingresso e di uscita. Studio di alcuni casi di automazione.

Laboratorio.

Programmazione, analisi e simulazione di azionamenti automatici con l'impiego del software gratuito *LogicLab6*.

Modulo 5 – ELEMENTI DI ROBOTICA INDUSTRIALE.

Caratteristiche costruttive dei robot industriali.

Definizione di robot industriale secondo norma ISO/TR 8373. Architettura del robot industriale: componenti principali. Struttura meccanica: catena cinematica aperta e chiusa, nomenclatura, gradi di libertà (GDL) e tipi di giunti. Principali parametri prestazionali caratteristici: volume di lavoro, carico pagante e utile, percorso, distanza e angolo operativo, sbraccio, velocità e accelerazione massime, precisione di posizionamento (ripetibilità e accuratezza), precisione della traiettoria e risoluzione. Classificazione cinematica dei robot industriali: robot cartesiani, robot cilindrici, robot polari, robot articolati, robot SCARA e robot paralleli. Sistema di azionamento dei giunti: attuatori pneumatici, idraulici ed elettrici, organi di trasmissione. Sistema sensoriale: sensori, misura della distanza, misura della prossimità, misura del tatto. Unità di governo: controllo on-off, controllo punto-punto, controllo continuo e controllo adattativo. Attuatore finale: organi di presa e utensili.

La programmazione dei robot industriali.

Sistemi di programmazione: metodi di programmazione. Programmazione on-line. Programmazione off-line. L'evoluzione della programmazione. Linguaggi di programmazione: classificazione ed evoluzione dei linguaggi robotici.

Applicazioni dei robot industriali.

Classificazione funzionale. Robot di manipolazione. Robot di saldatura. Robot di montaggio. Robot di finitura. Robot di movimentazione. Robot di misura. Cobot (Collaborative Robot): definizione, vantaggi, criteri di scelta, applicazioni e programmazione.

La robotica collaborativa.

Robot collaborativi: i nuovi paradigmi produttivi. La salute e la sicurezza nelle nuove forme di collaborazione uomo-robot.

Laboratorio.

Procedura di calibrazione dei giunti. Programmazione online punto per punto del robot *e.Do* di *COMAU* mediante apprendimento con dispositivi di insegnamento.

METODI UTILIZZATI

Lezioni frontali tradizionali e con l'ausilio della LIM, lezioni teoriche e di laboratorio, discussione interattiva con esercizi applicativi ed esempi di attuazione industriale. Durante le attività di laboratorio, oltre alle attrezzature e ai software presenti nel laboratorio della disciplina, è stato utilizzato il software di simulazione gratuito *LogicLab6*, fornito agli allievi anche per l'utilizzo a casa sul proprio personal computer, relativamente alla programmazione dei controllori logici programmabili con il linguaggio grafico a contatti *Ladder Diagram*.



MEZZI E STRUMENTI

Libro di testo cartaceo e digitale, appunti raccolti durante le lezioni individualmente da ciascun allievo, fotocopie, documenti digitali, schemi e tabelle preparati e forniti dal docente. Software gratuito *LogicLab6* (ambiente di sviluppo integrato di programmazione e simulazione dei linguaggi previsti dalla norma IEC EN 61131-3). Video presenti in rete relativi alla robotica industriale e collaborativa. Le comunicazioni con gli allievi e l'invio di materiale didattico sono stati integrati con l'impiego del registro elettronico, della casella di posta elettronica istituzionale, della chat del canale della disciplina e della chat privata della piattaforma *Microsoft Teams*.

VERIFICHE

Tipologia di verifica utilizzata e numero di verifiche

Verifiche strutturate (quesiti a risposta multipla), verifiche semistrutturate (quesiti a risposta singola e multipla), verifiche scritte con trattazione sintetica di argomenti significativi, problemi a soluzione rapida, analisi di problemi e verifiche orali per un totale di n. 11 verifiche.

Nel dettaglio:

- Modulo 1: n. 3 verifiche, due prove semistrutturate e una relazione di laboratorio.
- Modulo 2: n. 2 verifiche, una prova semistrutturata e una prova scritta.
- Modulo 3: n. 1 verifica semistrutturata.
- Modulo 4: n. 3 verifiche, una prova semistrutturata, una prova scritta di programmazione del PLC con linguaggio grafico a contatti (Ladder diagram) e una relazione di laboratorio
- Modulo 5: n. 2 verifiche, una prova semistrutturata e una prova orale.



GRIGLIE DI VALUTAZIONE PROVE SCRITTE

Per ogni prova scritta, le griglie di valutazione sono state redatte in base alle competenze e alle abilità specifiche da verificare e alla tipologia dei quesiti formulati e degli esercizi proposti, facendo riferimento alla seguente griglia di valutazione.

Indicatori/Descrittori	Giudizio sintetico	Esito della prova	Punteggio
Svolgimento non congruente con le tematiche assegnate. Nessuna conoscenza di regole e principi.	Prova nulla.	Negativo	1 - 2
Svolgimento parzialmente congruente con le tematiche assegnate. Scarsa conoscenza di regole e principi.	Prova incompleta con numerosi errori gravi.	Gravemente insufficiente	3 - 4
Svolgimento parzialmente congruente con le tematiche assegnate. Limitata conoscenza di regole e principi.	Prova incompleta con errori non particolarmente gravi.	Insufficiente	5
Accettabile congruenza con le tematiche assegnate. Superficiale conoscenza di regole e principi. Terminologia e simbologia adeguata.	Prova essenziale con qualche errore.	Sufficiente	6
Svolgimento delle tematiche assegnate pienamente congruente. Sufficiente conoscenza di regole e principi. Uso adeguato della terminologia e simbologia.	Prova incompleta ma corretta o prova completa con lievi errori.	Discreto	7
Tematica assegnata svolta integralmente. Buona conoscenza di regole e principi. Uso adeguato della terminologia e simbologia.	Prova completa e corretta.	Buono	8
Tematica assegnata completamente svolta e approfondita. Completa conoscenza di regole e principi. Uso adeguato della terminologia e simbologia.	Prova esauriente, approfondita e con spunti personali.	Eccellente	9 - 10