



LABORATORIO DI ELETTRONICA DI POTENZA DL PEL



Laboratorio Integrato di Elettronica di Potenza e Azionamenti Elettrici con FPGA **INTRODUZIONE ALL'ELETTRONICA DI POTENZA**

Power Electronics è la branca dell'elettronica che studia i dispositivi, i circuiti, i sistemi e le procedure per il trattamento, il controllo e la conversione dell'energia elettrica.

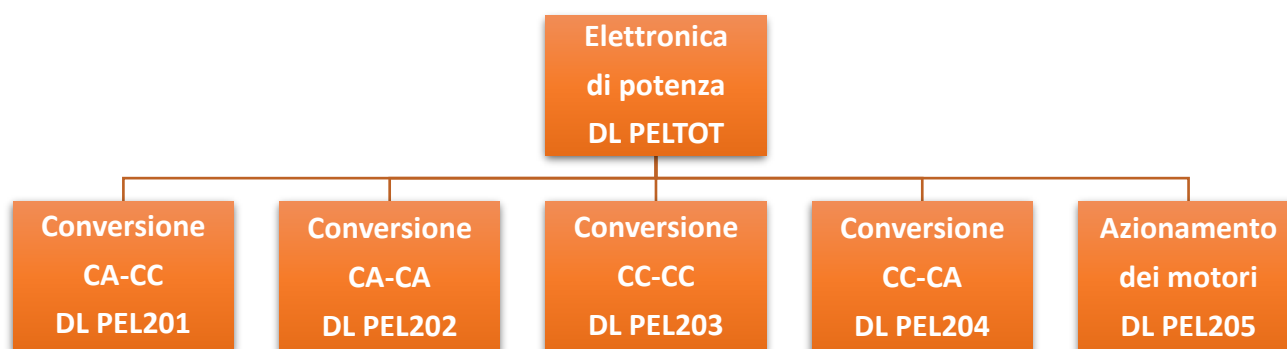
Lo sviluppo tecnologico nei settori dell'elettronica a stato solido e dei semiconduttori ha trasformato l'elettronica di potenza, fornendo dispositivi attivi con velocità di commutazione più elevate e gestione della potenza a costi inferiori. I dispositivi elettronici di potenza comunemente utilizzati nell'industria sono diodi, SCR, TRIAC, MOSFET e IGBT. I loro diversi attributi determinano il modo in cui vengono utilizzati in diverse applicazioni, in base al tipo di alimentazione in ingresso e in uscita: da CA a CC, da CA a CA, da CC a CC o da CC a CA. Questa tecnologia può essere ritrovata in un'ampia gamma di contesti che hanno un impatto sulla vita di tutti i giorni, dall'elettronica di consumo alle applicazioni industriali, ai trasporti, alle telecomunicazioni, ai sistemi di potenza, alla tecnologia spaziale.



LA SOLUZIONE DE LORENZO

L'elettronica di potenza può essere definita come l'applicazione dell'elettronica a stato solido per il controllo e la conversione dell'energia elettrica. Lo sviluppo tecnologico Nell'elettronica a stato solido e la sua integrazione con la tecnologia dei microcontrollori ha trasformato l'elettronica di potenza da una tecnologia di conversione statica a un elemento essenziale incorporato nella maggior parte dei nostri sistemi elettrici ed elettronici che alimentano la maggior parte delle nostre applicazioni di tutti i giorni.

Il laboratorio PEL è stato sviluppato come una soluzione di formazione pratica completa per studiare tutti i principali dispositivi e le tecniche di conversione di potenza comunemente utilizzate nell'industria. È suddiviso in 5 sezioni principali: conversione da CA a CC (raddrizzatori), conversione da CA a CA (regolatori di tensione CA), conversione da CC a CC (chopper), conversione da CC a CA (inverter) e applicazioni di azionamento elettrico per motori CC e CA .



I segnali di controllo digitali vengono generati utilizzando la più recente tecnologia FPGA. Grazie alle sue elevate prestazioni, un unico modulo di acquisizione e controllo dati riprogrammabile offre grande flessibilità e affidabilità per riconfigurare il laboratorio in base al tipo di convertitore allo studio. Fornisce tutta la segnalazione mentre acquisisce contemporaneamente i dati sperimentali e le forme d'onda.

Il laboratorio è monitorato e controllato attraverso un'intuitiva interfaccia utente che dà accesso ai parametri principali del sistema. Il software guida lo studente attraverso i diversi esperimenti proposti con chiari diagrammi, schemi elettrici e istruzioni fornendo feedback in ogni fase. L'interfaccia di morphing si adatterà al tipo di convertitore allo studio mostrando solo i parametri disponibili per quel tipo di circuito. I diversi segnali acquisiti possono essere visualizzati utilizzando un oscilloscopio virtuale multicanale dedicato, elaborati utilizzando le funzioni matematiche integrate o esportati e archiviati per ulteriori analisi.

Ogni configurazione è ideale perché 4 studenti lavorino contemporaneamente.



PRINCIPALI CARATTERISTICHE

Modularità

- Laboratorio riconfigurabile composto da elementi discreti.
- Dispositivi di livello industriale.

Acquisizione dati e controllo con FPGA

- L'intero sistema è controllato da un modulo FPGA di acquisizione dati e controllo.
- Il processore NI Linux Real-Time combinato con I/O isolati fornisce grande flessibilità e affidabilità per l'implementazione di convertitori di potenza controllati digitalmente.
- Un'interfaccia utente per PC genera i segnali di controllo per il convertitore allo studio, controlla i suoi principali parametri e acquisisce ed elabora le forme d'onda caratteristiche utilizzando i potenti strumenti matematici integrati.

Approccio didattico

- Soluzione integrata che fornisce allo studente una visuale completa dell'elettronica di potenza.
- Corso graduale che inizia dallo studio dei semiconduttori di potenza e dalle principali strategie di conversione per arrivare allo studio delle loro applicazioni, quali alimentatori e azionamenti.
- Piattaforma di formazione pratica e basata sugli esperimenti.

Sviluppo di competenze

- Gli studenti interagiscono con apparecchiature industriali reali.
- Studio e implementazione delle diverse tecniche di conversione di potenza utilizzate nell'industria.
- Studio delle principali applicazioni dell'elettronica di potenza e degli azionamenti elettrici.
- Software principale di controllo programmato con LabVIEW, un linguaggio ampiamente utilizzato nell'industria e nelle università.
- Sviluppo di capacità analitiche e di risoluzione dei problemi attraverso una formazione pratica.

Qualità e Sicurezza

- Prodotto e progettato in Italia utilizzando tutti gli standard di qualità e sicurezza secondo le direttive CE per i dispositivi di potenza:
 - CEI - EN 61010-1
 - CEI - EN 61439-1
 - CEI - EN 60335-1

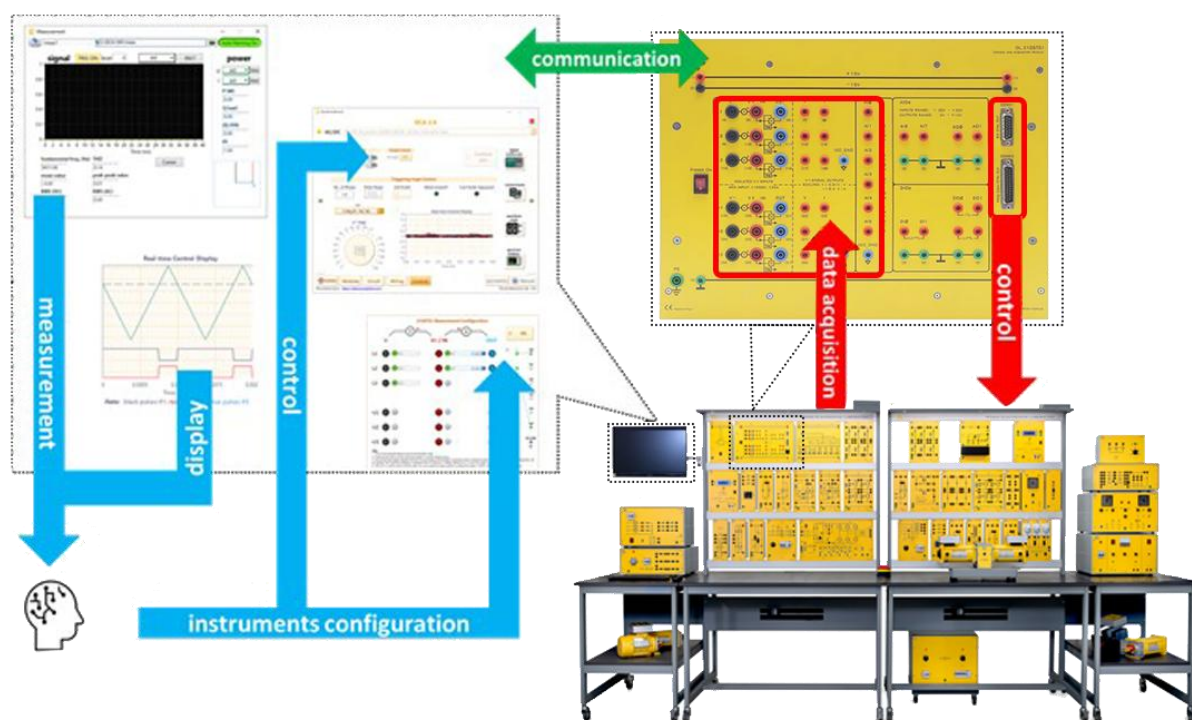


ARCHITETTURA DEL LABORATORIO DL PEL

Il laboratorio è composto da un insieme di moduli che forniscono una piattaforma di apprendimento flessibile e riconfigurabile per studiare l'elettronica di potenza e le sue applicazioni. I dispositivi di livello industriale sono stati integrati con driver dedicati, circuiti di isolamento e protezioni per la massima sicurezza e affidabilità, fornendo un ambiente sicuro di apprendimento e sperimentazione. Il laboratorio è stato progettato seguendo le direttive CE per i dispositivi di potenza, **CEI - EN 61010-1**, **CEI - EN 61439-1** e **CEI - EN 60335-1**.

L'intero sistema è controllato da un modulo di controllo e acquisizione dati basato su FPGA riconfigurabile dall'utente che integra un processore operante nel sistema operativo NI Linux Real-Time, offrendo grande flessibilità per l'implementazione di convertitori di potenza a controllo digitale.

Il modulo di controllo e acquisizione si collega ai dispositivi di commutazione tramite un connettore D-sub, riducendo l'ingombro dei cavi e offrendo una configurazione più rapida e una connessione più affidabile, evitando errori di cablaggio che potrebbero danneggiare le apparecchiature.



L'interfaccia software è programmata utilizzando LabVIEW, un linguaggio ampiamente utilizzato nell'industria e nelle università. L'interfaccia utente all-in-one fornisce una visione chiara dei segnali creati per controllare i dispositivi a semiconduttore e potenti strumenti matematici e di visualizzazione per osservare le forme d'onda risultanti e per studiare e simulare diversi controllori e strategie di conversione di potenza utilizzati nell'industria.



SISTEMA DI CONTROLLO E ACQUISIZIONE

Il modulo di controllo e acquisizione e l'interfaccia software costituiscono insieme il centro di controllo del laboratorio. Essi svolgono il controllo dei diversi convertitori, acquisiscono grandezze fisiche, mostrano avvisi e proteggono il sistema.

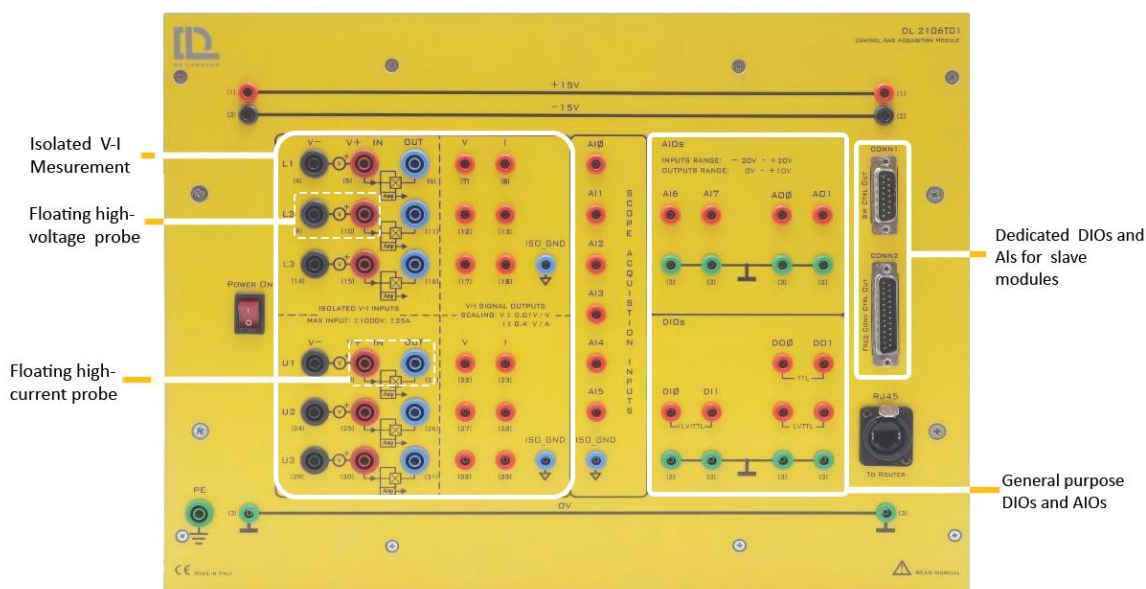
Modulo di controllo e acquisizione

Controlla e monitora i moduli slave, quali i dispositivi di commutazione e il convertitore di frequenza, tramite i connettori D-sub. Fornisce inoltre IO generici per migliorare la flessibilità del sistema: 2 AI, 2 AO, 2 DI e 2 DO.

Oltre alla funzione di controllo, questo modulo funge da dispositivo di acquisizione dati. Integra 6 coppie di ingressi isolati di misurazione tensione-corrente, in modo che gli utenti possano osservare le forme d'onda in tempo reale ed eseguire una rapida elaborazione del segnale di tensioni e correnti. I risultati vengono visualizzati tramite l'interfaccia del software. La misurazione di tensione-corrente offre ampi range di ingresso, buona larghezza di banda e isolamento.

Rispetto al modo convenzionale di utilizzo dell'oscilloscopio, la soluzione proposta presenta evidenti vantaggi:

- Nessuna necessità di resistori shunt o sonde di corrente
- Nessuna necessità di sonde differenziali ad alta tensione
- Nessuna necessità di alimentazione isolata richiesta dall'oscilloscopio
- Nessuna restrizione di massa condivisa dai canali



È possibile misurare contemporaneamente un massimo di 9 segnali di tensioni e correnti. I segnali collegati al pannello frontale sono ben isolati dal controllore ai fini dell'affidabilità e dell'anti-interferenza. Comunica con il software di controllo via ethernet.

Interfaccia software

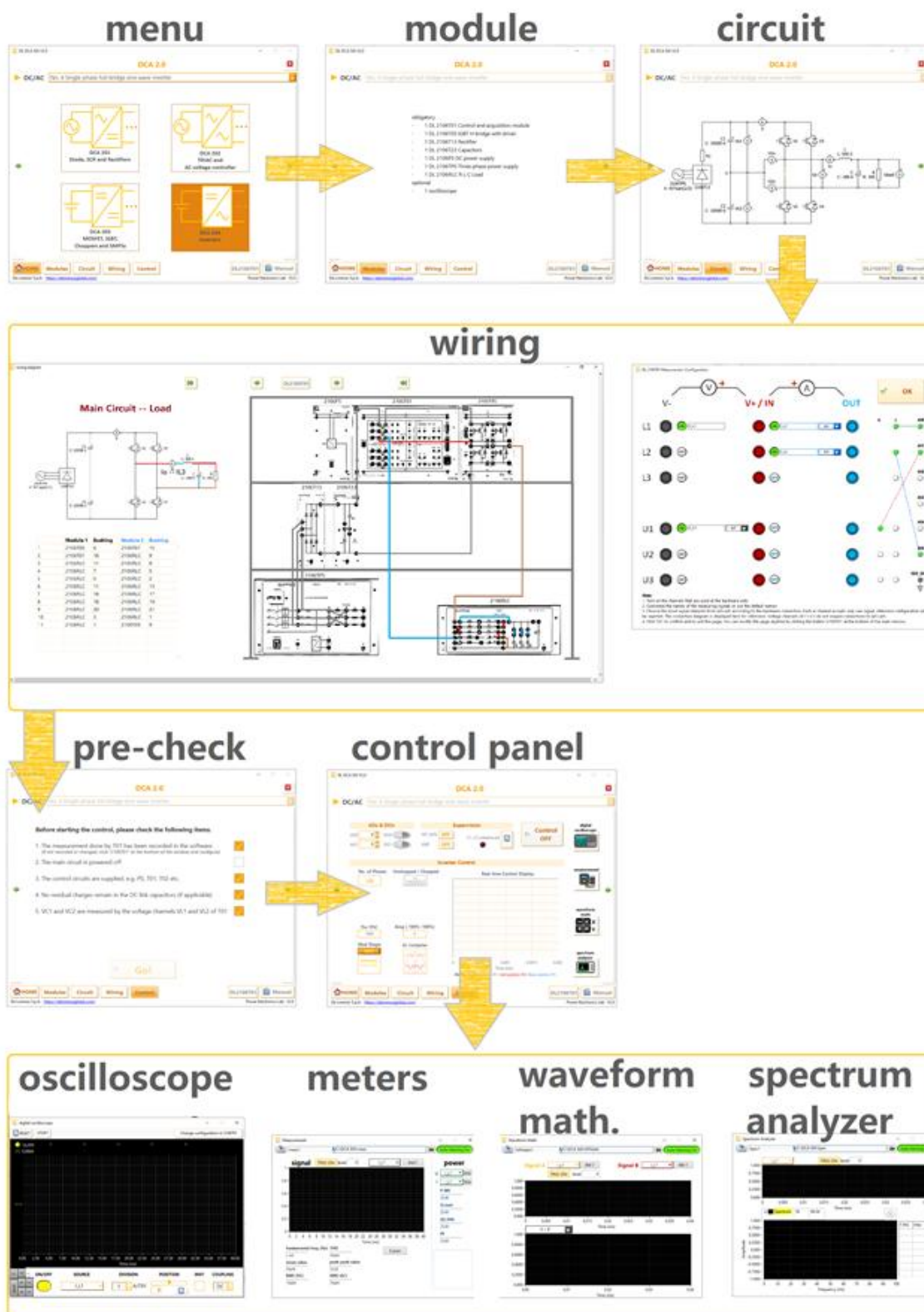
L'interfaccia del software crea una connessione continua tra gli utenti e il laboratorio, consentendo una transizione graduale dalla preparazione al completamento degli esperimenti. Realizzata in LabVIEW, fornisce



ELETTRONICA DI POTENZA



un'intuitiva interfaccia operativa, trasmette informazioni e suggerimenti, traduce i comandi di controllo dell'utente per il sistema di controllo basato su FPGA, visualizza le misure delle grandezze fisiche e supervisiona lo stato operativo. Questa interfaccia software aiuta gli utenti a concentrarsi sull'esperimento.





OBIETTIVI FORMATIVI

Il sistema didattico per lo studio dell'Elettronica di Potenza è rivolto ai corsi di diploma e laurea specialistica negli istituti di ingegneria elettrica per lo studio dei convertitori di potenza e degli azionamenti elettrici. L'attrezzatura di laboratorio può essere configurata per creare diverse esercitazioni, che rafforzano i concetti di base e avanzati dell'elettronica di potenza.

Lo scopo principale è studiare i principi dei semiconduttori di potenza, dei convertitori di potenza e dei loro metodi di controllo, delle macchine in CC e CA e degli azionamenti elettrici.

L'intero sistema è completamente configurabile e può essere testato in molte condizioni operative. È possibile eseguire diversi esperimenti riorganizzando il cablaggio e il posizionamento dei moduli, offrendo molta flessibilità per simulare varie topologie di convertitori. Il sistema di controllo fornisce le classiche strategie di controllo per i convertitori e l'azionamento elettrico. Gli esercizi proposti in diversi argomenti collegano concetti teorici e pratici attraverso l'esperienza pratica.

SVILUPPO DI COMPETENZE



Base

- Conoscenza dei semiconduttori di potenza
- Principi di funzionamento dei classici convertitori di potenza in diverse condizioni operative
- Strategie classiche di controllo per l'azionamento
- Misurazioni in sicurezza di segnali ad alta tensione e alta corrente



Intermedia

- Metodi di modulazione e strategie di controllo per convertitori di potenza
- Principi di funzionamento di un sistema completo di conversione di potenza: convertitore di frequenza
- Conoscenza delle macchine in CC e delle macchine a induzione
- Strategie avanzate di controllo per azionamenti
- Regolazione PID



Avanzate

- Convertitori di potenza avanzati con il loro controllo e principi di funzionamento
- Studio dei driver dei dispositivi di commutazione
- Analisi dei segnali nel dominio sia del tempo che della frequenza
- Espansione di applicazioni nel proprio ambiente



DL PEL201: CONVERSIONE CA-CC



Il **DL PEL201** è un banco multiuso per lo studio della conversione da corrente alternata a corrente continua, utilizzando diverse configurazioni di raddrizzatori non controllati e controllati, per applicare successivamente questi concetti all'azionamento di motori CA e CC. Il corso è diviso in due parti: lo studio dei raddrizzatori non controllati, utilizzando diodi al silicio, e lo studio dei raddrizzatori controllati, utilizzando i raddrizzatori controllati al silicio (SCR). La sua struttura modulare consente di riconfigurare facilmente il sistema per eseguire diversi esperimenti in vari argomenti, quali: circuiti a diodi non controllati e convertitore statico, tiristori, convertitori di punto medio a impulso singolo/a due impulsi, solo per citarne alcuni.

Esperimenti:

DIODI E RADDRIZZATORI NON CONTROLLATI

- *Diodo al silicio*
- *Raddrizzatore non controllato monofase a semionda*
- *Raddrizzatore non controllato monofase a onda intera con presa centrale*
- *Raddrizzatore non controllato monofase a ponte*
- *Raddrizzatore non controllato trifase a semionda*
- *Raddrizzatore non controllato trifase a onda intera con presa centrale*
- *Raddrizzatore non controllato trifase a ponte*



SCR E RADDRIZZATORI CONTROLLATI

- SCR
- Raddrizzatore controllato monofase a semionda
- Raddrizzatore controllato monofase a onda intera con presa centrale
- Raddrizzatore semi-controllato monofase a ponte
- Raddrizzatore totalcontrollato monofase a ponte
- Raddrizzatore controllato trifase a semionda
- Raddrizzatore controllato trifase a onda intera con presa centrale
- Raddrizzatore duale trifase a semionda con presa centrale
- Raddrizzatore semi-controllato trifase a ponte
- Raddrizzatore totalcontrollato trifase a ponte

Lista dei Moduli del DL PEL201:

Codice	Descrizione	Q.tà
DL 2106T01	Modulo di controllo	1
DL 2106T02	Driver SCR e TRIAC	1
DL 2106T11	Diodo al silicio	1
DL 2106T12	Gruppo di diodi	1
DL 2106T14	SCR	1
DL 2106T15	Gruppo di SCR	1
DL 2106T21	Scatola di fusibili	2
DL 2106T25	Shunt da 1Ω	1
DL 2106PS	Alimentatore CC	1
DL 2106TPS	Alimentatore trifase	1
DL 2106RLC	Carico RLC	1
DL 12B12	Batteria	1
DL 2109D33	Strumento digitale a vero valore efficace	1
DL 2600TTI	Trasformatore di isolamento	1
DL T12090_SK	Banco di lavoro 120x90	1
DL T06090	Banco di lavoro 60x90	1
DL A120-3M	Frame a tre livelli, versione base	1
DL SP-120-LED	Base superiore con striscia a LED, per DL A120-3M	1
DL PCGRID	Personal Computer All-In-One	1
DL 2600TTI	Trasformatore trifase	1
TLPEL201	Kit cavi di collegamento	1
DL 1196	Supporto per cavetti	1



DL PEL202: CONVERSIONE CA-CA



Il **DL PEL202** è un banco multiuso per lo studio della conversione da corrente alternata a corrente alternata. I suoi principali campi di applicazione sono nel controllo di temperatura, di illuminazione e dei motori asincroni (con controllo di fase, controllo on-off e controllo proporzionale temporizzato). Il corso è suddiviso in due sezioni: la prima parte studia i tiristori e i convertitori controllati CA/CA utilizzando componenti di potenza quali diodi, SCR e Triac con unità di controllo a due e sei impulsi e la seconda parte mostra un'applicazione standard con lo studio di un circuito di dimmerizzazione della luce a doppia costante di tempo composto da Triac e Diac con simulazione guasti. La sua struttura modulare consente di riconfigurare facilmente il sistema per eseguire diversi esperimenti in vari argomenti, quali: Triac e controllori monofase e trifase, solo per citarne alcuni.

Esperimenti:

TIRISTORI E CONTROLLORI DI TENSIONE CA

- TRIAC
- Controllori di tensione monofase CA totalcontrollati
- Controllori di tensione monofase CA totalcontrollati con TRIAC
- Controllori di tensione monofase CA semi-controllati



- *Controllori di tensione trifase CA totalcontrollati*
- *Controllori di tensione trifase CA semi-controllati*
- *Controllori di tensione trifase CA con controllo bifase*

SIMULATORE GUASTI PER CIRCUITO DI DIMMERIZZAZIONE LUCE

- *Controllo di fase per la regolazione dell'illuminazione con simulazione guasti.*
- *Circuito di dimmerizzazione della luce a doppia costante di tempo composto da Triac, Diac, due potenziometri di controllo, resistori e condensatori.*
- *Si possono attivare 20 guasti utilizzando degli interruttori posti dietro un coperchio. Difetti tipici: interruzioni, cortocircuito, componenti difettosi e progetto difettoso.*

Lista dei Moduli del DL PEL202:

Codice	Descrizione	Q.tà
DL 2106T01	Modulo di controllo	1
DL 2106T02	Driver SCR e TRIAC	1
DL 2106T12	Gruppo di diodi	1
DL 2106T15	Gruppo di SCR	1
DL 2106T17	TRIAC	1
DL 2106T18	Regolatore di luminosità con simulatore di guasto	1
DL 2106T21	Scatola di fusibili	1
DL 2106T25	Shunt da 1W	1
DL 2106PS	Alimentatore CC	1
DL 2106TPS	Alimentatore trifase	1
DL 2106RLC	Carico RLC	1
DL 4236	Gestore di carichi	1
DL 2109D33	Strumento digitale a vero valore efficace	2
DL 2600TTI	Trasformatore di isolamento	1
DL T12090_SK	Banco di lavoro 120x90	1
DL T06090	Banco di lavoro 60x90	1
DL A120-3M	Frame a tre livelli, versione base	1
DL SP-120-LED	Base superiore con striscia a LED, per DL A120-3M	1
DL PCGRID	Personal Computer All-In-One	1
TLPEL202	Kit cavi di collegamento	1
DL 1196	Supporto per cavetti	1



DL PEL203: CONVERSIONE CC-CC



Il **DL PEL203** è un banco multiuso per lo studio della conversione da corrente continua a corrente continua e dei suoi principali campi di applicazione quali gli alimentatori CC e gli azionamenti per motori CC. Il corso è diviso in due sezioni. La prima parte riguarda i chopper e studia la conversione da un ingresso CC fisso a un'uscita CC variabile direttamente con l'uso di SCR, MOSFET e IGBT. La seconda sezione studia gli alimentatori switching e analizza le proprietà del controllo PWM con l'uso di circuiti quali i convertitori flyback e forward. La sua struttura modulare consente di riconfigurare facilmente il sistema per eseguire diversi esperimenti in vari argomenti quali: convertitori step-up/step-down, controllo della velocità di un motore a corrente continua e convertitore forward a semiponte asimmetrico, solo per citarne alcuni.

Esperimenti:

CHOPPER

- *Dispositivi di commutazione (SCR con circuito di spegnimento, MOSFET, IGBT)*
- *Convertitore buck con SCR con circuito di spegnimento, PWM*
- *Convertitore buck con IGBT, PWM*
- *Convertitore buck con MOSFET, PWM*



- Convertitore buck con MOSFET, PFM
- Convertitore buck con MOSFET, TPC
- Convertitore boost con IGBT, PWM
- Convertitore boost con IGBT, TPC
- Convertitore invertente con IGBT, PWM

ALIMENTATORE ISOLATO SWITCHING

- Convertitore flyback con IGBT, PWM
- Convertitore forward con IGBT, PWM
- Convertitore forward asimmetrico a mezzo ponte con IGBT, PWM

Lista dei Moduli del DL PEL203:

CODE	DESCRIPTION	QTY
DL 2106T01	Modulo di controllo	1
DL 2106T02	Driver SCR e TRIAC	1
DL 2106T03	MOSFET	1
DL 2106T04	IGBT	1
DL 2106T05	Gruppo di IGBT	1
DL 2106T11	Diodo al silicio	4
DL 2106T13	Raddrizzatore	1
DL 2106T16	SCR a spegnimento forzato	1
DL 2106T21	Scatola di fusibili	1
DL 2106T22	Filtro EMI	1
DL 2106T23	Condensatori	1
DL 2106T24	Trasformatore switching	1
DL 2106T25	Shunt da 1W	1
DL 2106PS	Alimentatore CC	1
DL 2106TPS	Alimentatore trifase	1
DL 2106RLC	Carico RLC	1
DL 2109D33	Strumento digitale a vero valore efficace	2
DL 2600TTI	Trasformatore di isolamento	1
DL T12090_SK	Banco di lavoro 120x90	1
DL T06090	Banco di lavoro 60x90	1
DL A120-3M	Frame a tre livelli, versione base	1
DL SP-120-LED	Base superiore con striscia a LED, per DL A120-3M	1
DL PCGRID	Personal Computer All-In-One	1
TLDCA2.0	Kit cavi di collegamento	1
DL 1196	Supporto per cavetti	1



DL PEL204: CONVERSIONE CC-CA



Il **DL PEL204** è un banco multiuso per lo studio della conversione da corrente continua a corrente alternata e dei suoi principali campi di applicazione quali gli azionamenti per motori CA e i gruppi di continuità CA. Il sistema didattico è progettato per studiare le proprietà dell'inverter con controllo PWM. La sua struttura modulare consente di riconfigurare facilmente il sistema per eseguire diversi esperimenti in vari argomenti, quali: azionamento a quattro quadranti con cicloconvertitore, controllo della tensione dello statore con controller di tensione CA trifase, azionamento a frequenza variabile con PWM vettoriale spaziale (SVPWM), per citarne alcuni.

Esperimenti:

INVERTER

Fondamenti dell'inverter

- Inverter monofase a mezzo ponte
- Chopper CC monofase a ponte, PWM

Inverter monofase

- Inverter monofase a ponte, conduzione a 180°
- Inverter monofase a ponte, PWM sinusoidale
- Inverter monofase a ponte, PWM a onda quadra

Inverter trifase

- Inverter trifase a ponte, conduzione a 180°
- Inverter trifase a ponte, PWM sinusoidale

Inverter multi-livello

- Inverter monofase a 5 livelli con punto neutro bloccato (NPC), non tagliato
- Inverter monofase a 5 livelli con punto neutro bloccato (NPC), PWM



Lista dei Moduli del DL PEL204:

CODE	DESCRIPTION	QTY
DL 2106T01	Modulo di controllo	1
DL 2106T05	Gruppo di IGBT	2
DL 2106T12	Gruppo di diodi	1
DL 2106T13	Raddrizzatore	1
DL 2106T21	Scatola di fusibili	1
DL 2106T22	Filtro EMI	1
DL 2106T23	Condensatori	1
DL 2106PS	Alimentatore CC	1
DL 2106TPS	Alimentatore trifase	1
DL 2106RLC	Carico RLC	1
DL 2109D33	Strumento digitale a vero valore efficace	2
DL 12B12	Batteria	1
DL 2600TTI	Trasformatore di isolamento	1
DL T12090_SK	Banco di lavoro 120x90	1
DL T06090	Banco di lavoro 60x90	1
DL A120-3M	Frame a tre livelli, versione base	1
DL SP-120-LED	Base superiore con striscia a LED, per DL A120-3M	1
DL PCGRID	Personal Computer All-In-One	1
TLDCA2.0	Kit cavi di collegamento	1
DL 1196	Supporto per cavetti	1



DL PEL205: AZIONAMENTO DEI MOTORI



Il **DL PEL205** è un banco multiuso per azionamenti di motori CA e CC, in cui i convertitori di elettronica di potenza sono studiati come interfacce tra potenza in ingresso e motori, per il controllo di velocità e posizione. Il sistema didattico è dedicato allo studio di diversi tipi di azionamenti di macchine: gli azionamenti per motori CC con circuito di corrente interno, gli azionamenti per motori CA asincroni trifase ad anelli con regolazione della resistenza del rotore e gli azionamenti per motori CA asincroni trifase a gabbia di scoiattolo con frequenza variabile, tutti con controllo di velocità.

Per simulare varie condizioni di carico sia per i motori in CC che in CA, abbiamo introdotto un sistema di servoazionamento del motore brushless che funziona sia in modalità di controllo della velocità che della coppia, supportando la rotazione bidirezionale dei motori brushless per facilitare il funzionamento a quattro quadranti per i motori in CC. Inoltre, presenta funzionalità di visualizzazione, meccanismi di protezione e supporta il feedback di velocità e coppia, migliorandone la facilità d'uso e la fattibilità a circuito chiuso.

La sua struttura modulare consente di riconfigurare facilmente il sistema per eseguire diversi esperimenti in vari argomenti, quali: chopper/inverter CC monofase a ponte intero (onda quadra o sinusoidale con controllo PWM) e convertitore di frequenza, solo per citarne alcuni.



Esperimenti:

AZIONAMENTI MOTORI CC

Azionamento motore CC con raddrizzatore monofase

- Azionamento a singolo quadrante con raddrizzatore monofase controllato
- Azionamento a singolo quadrante con raddrizzatore monofase controllato per il controllo ad anello chiuso della tensione di armatura
- Azionamento a singolo quadrante con raddrizzatore monofase controllato per il controllo ad anello chiuso della tensione di armatura con regolazione feedforward
- Azionamento a singolo quadrante con raddrizzatore monofase controllato per il controllo ad anello chiuso della velocità
- Azionamento a singolo quadrante con raddrizzatore monofase controllato per il controllo duale ad anello chiuso della velocità
- Azionamento a due quadranti (I-IV) con raddrizzatore monofase controllato
- Azionamento a due quadranti (I-III) con raddrizzatore monofase controllato
- Azionamento a due quadranti (I-III) con raddrizzatore monofase controllato per il controllo duale ad anello chiuso della velocità
- Azionamento a quattro quadranti con raddrizzatore monofase controllato
- Azionamento a quattro quadranti con raddrizzatore monofase controllato per il controllo duale ad anello chiuso della velocità

Azionamento motore CC con raddrizzatore trifase

- Azionamento a singolo quadrante con raddrizzatore trifase controllato
- Azionamento a singolo quadrante con raddrizzatore trifase controllato per il controllo duale ad anello chiuso della velocità

AZIONAMENTO A FREQUENZA COSTANTE – MOTORE ASINCRONO TRIFASE AD ANELLI

Controllo della tensione di statore

- Controllo della tensione di statore con variac
- Controllo della tensione di statore con controllore di tensione CA
- Controllo di velocità con controllo della tensione di statore con controllore di tensione CA

Controllo della resistenza di rotore

- Controllo della resistenza di rotore con reostato
- Controllo della resistenza di rotore con resistore a impulsi
- Controllo di velocità con controllo della resistenza di rotore con resistore a impulsi
- Controllo della resistenza di rotore con azionamento statico Scherbius
- Controllo di velocità con controllo della resistenza di rotore con azionamento statico Scherbius

AZIONAMENTO A FREQUENZA VARIABILE – MOTORE ASINCRONO TRIFASE A GABBIA DI SCOIATTOLO

Convertitore di frequenza

- Funzionamento del convertitore di frequenza
- Raddrizzatore controllato dell'ingresso
- Inverter di uscita
- Chopper di frenatura circuito intermedio

Motore asincrono trifase a gabbia di scoiattolo

- Analisi preliminare del motore asincrono trifase a gabbia di scoiattolo

Metodi di modulazione del convertitore di frequenza

- Modulazione a onda quadra (six-step)



ELETTRONICA DI POTENZA



- PWM a onda quadra
- PWM a onda trapezoidale
- PWM a onda sinusoidale (SPWM)
- PWM a vettore spaziale (SVPWM)
- Iniezione di 3^a armonica

Controllo del motore a induzione seguendo le caratteristiche U/f

- Magnetizzazione del motore per caratteristiche U/f lineari
- Magnetizzazione extra start
- Compensazione IxR
- Funzionamento in impostazioni standard del convertitore
- Operazione ridotta in collegamento a stella

Controllo di velocità

- Compensazione dello scorrimento
- Controllo di velocità ad anello chiuso



Lista dei Moduli del DL PEL205:

CODE	DESCRIPTION	QTY
DL 2106T01	Modulo di controllo	1
DL 2106T02	Driver SCR e TRIAC	1
DL 2106T04	IGBT	1
DL 2106T06	Convertitore di frequenza	1
DL 2106T12	Gruppo di diodi	1
DL 2106T15	Gruppo di SCR	2
DL 2106T21	Scatola di fusibili	2
DL 2106PS	Alimentatore CC	1
DL 2106SPS	Alimentatore monofase	1
DL 2106TPS	Alimentatore trifase	1
DL 2106RLC	Carico RLC	1
DL 2109D33	Strumento digitale a vero valore efficace	2
DL 4236	Gestore di carichi	1
DL 2655	Trasformatore variabile trifase	1
DL 2025DT	Tachimetro	1
DL 10200A1	Motore in CC con eccitazione derivata	1
DL 10250A1	Generatore in CC con eccitazione derivata	1
DL 10120A1	Motore asincrono trifase ad anelli	1
DL 10120RA	Reostato rotorico	1
DL 2108T26-LP	Controllore brushless	1
DL 2108T26BR	Resistenza di frenatura	1
MOTBRA1.3NM	Motore senza spazzole da 1.3 Nm	1
DL 10400	Base per motori	1
DL 10115A1	Motore asincrono trifase a gabbia di scoiattolo	1
DL 2600TTI	Trasformatore di isolamento	1
DL T12090_SK	Banco di lavoro 120x90	2
DL T06090	Banco di lavoro 60x90	2
DL A120-3M	Frame a tre livelli, versione base	2
DL SP-120-LED	Base superiore con striscia a LED, per DL A120-3M	2
DL PCGRID	Personal Computer All-In-One	1
TLPEL205	Kit cavi di collegamento	1
DL 1196	Supporto per cavetti	1



DL PELTOT: LABORATORIO DI ELETTRONICA DI POTENZA



Il laboratorio DEL PELTOT è stato progettato per fornire agli studenti una conoscenza completa dei sistemi di elettronica di potenza, in una soluzione compatta e flessibile.

È suddiviso in 5 principali aree di studio:

- Conversione CA-CC
- Conversione CA-CA
- Conversione CC-CC
- Conversione CC-CA
- Azionamento dei motori



Lista dei Moduli del DL PELTOT:

CODE	DESCRIPTION	QTY
DL 2106T01	Modulo di controllo	1
DL 2106T02	Driver SCR e TRIAC	1
DL 2106T03	MOSFET con driver	1
DL 2106T04	IGBT con driver	1
DL 2106T05	IGBT H-bridge con driver	2
DL 2106T06	Convertitore di frequenza	1
DL 2106T11	Diodo al silicio	4
DL 2106T12	Gruppo di diodi	1
DL 2106T13	Ponte di diodi trifase	1
DL 2106T14	SCR	1
DL 2106T15	Gruppo di SCR	2
DL 2106T16	SCR a spegnimento forzato	1
DL 2106T17	TRIAC	1
DL 2106T18	Regolatore di luminosità con simulatore di guasto	1
DL 2106T21	Scatola di fusibili	2
DL 2106T22	Filtro EMI	1
DL 2106T23	Condensatori	1
DL 2106T24	Trasformatore switching	1
DL 2106T25	Shunt da 1 Ω	1
DL 2106PS	Alimentatore CC	1
DL 2106SPS	Alimentatore monofase	1
DL 2106TPS	Alimentatore trifase	1
DL 2106RLC	Carico RLC	1
DL 2109D33	Strumento digitale a vero valore efficace	2
DL 4236	Gestore di carichi	1
DL 2655	Trasformatore variabile trifase	1
DL 12B12	Batteria	1
DL 2025DT	Tachimetro	1
DL 10200A1	Motore in CC con eccitazione derivata	1
DL 10250A1	Generatore in CC con eccitazione derivata	1
DL 10120A1	Motore asincrono trifase ad anelli	1
DL 10120RA	Reostato rotorico	1
DL 2108T26-LP	Controllore brushless	1
DL 2108T26BR	Resistenza di frenatura	1
MOTBRA1.3NM	Motore senza spazzole da 1.3 Nm	1
DL 10400	Base per motori	1
DL 10115A1	Motore asincrono trifase a gabbia di scoiattolo	1
DL 2600TTI	Trasformatore di isolamento	1
DL T12090_SK	Banco di lavoro 120x90	2
DL T06090	Banco di lavoro 60x90	2
DL A120-3M	Frame a tre livelli, versione base	2
DL SP-120-LED	Base superiore con striscia a LED, per DL A120-3M	2
DL PCGRID	Personal Computer All-In-One	1
TLPEL-TOT	Kit cavi di collegamento	1
DL 1196	Supporto per cavetti	1