

GUIDA PER IL LABORATORIO

Acquisizione della posizione rotorica di un BLDCM

*tramite Encoder e Sensori Hall su microcontrollore SAM E70 con
MATLAB/Simulink*

ENCODER INCREMENTALE

SENSORI HALL

SAME70 (ATSAME70Q21B) · dsPICDEM™ MCLV-2 · MATLAB / Simulink

Università degli Studi di Padova — Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Meccatronica
Relatore: Prof. Fabio Tinazzi
Laureando : Kavishka Kolbe Ponnampervumage Fernando

1222 • 2022
800
ANNI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Obiettivo e struttura della procedura

Abbiamo due catene di misura indipendenti per la stessa posizione rotorica:

ENCODER



SENSORI HALL



Prima l'acquisizione tramite encoder, poi quella tramite sensori Hall. Abbiamo due procedure indipendenti che condividono lo stesso banco fisico.

Il banco di prova

1

Motore

Due Hurst DMA0204024B101: uno azionato direttamente, uno a simulare un carico

3

Microcontrollore

ATSAME70Q21B — PIM MA320203 (ARM Cortex-M7)

5

Software

Matlab 2026a, Simulink con MPLAB Device Blocks for Simulink

2

Scheda di sviluppo

dsPICDEM™ MCLV-2

4

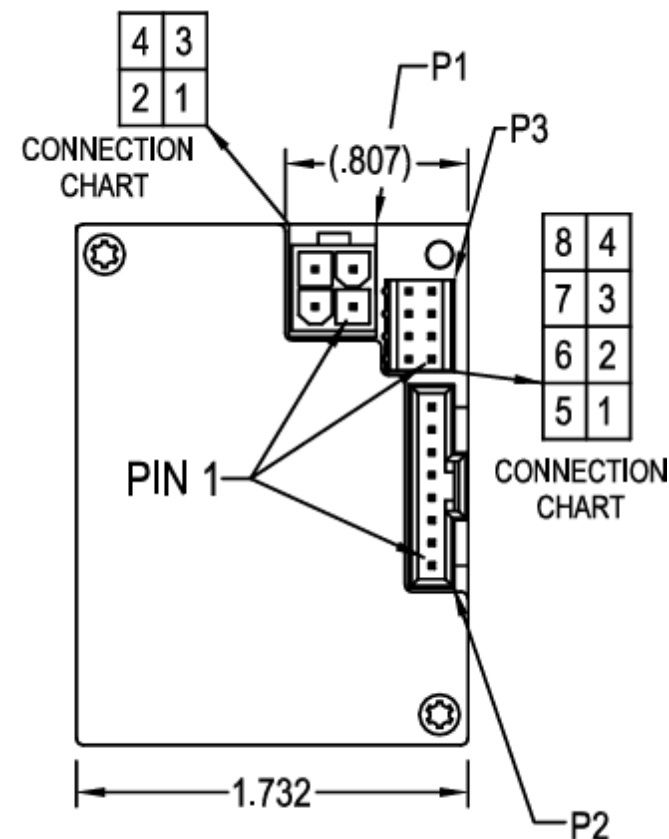
Matrix Board

External Op-Amp Configuration

6

Debugger

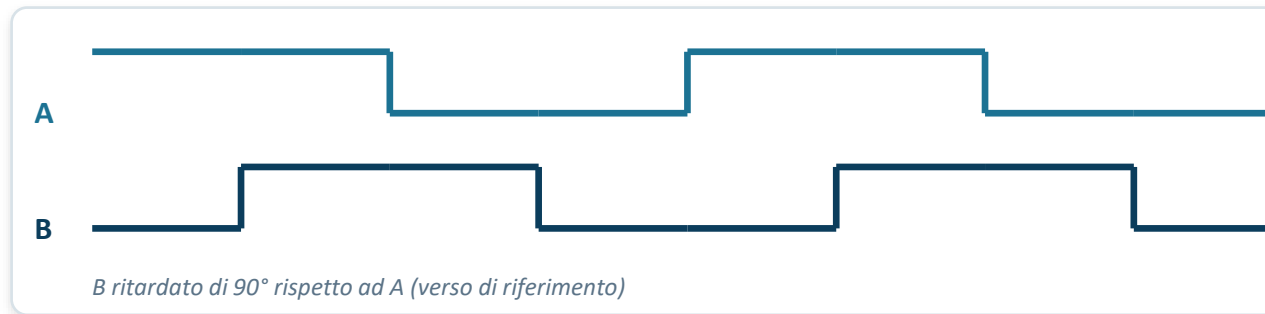
MPLAB ICD4



POWER CONNECTION P1: (Molex # 39-29-3046 Mini-Fit Jr. 4 pin)
HALL CONNECTIONS P2: (Molex # 70543-0007 C-Grid SL Connector 8 pin)
ENCODER CONNECTIONS P3: (FCI Connect #69168-108 Vertical Latching System 8 Pin 4X2)

Encoder incrementale

- Due canali, A e B, sfasati di 90° elettrici
- Confrontando i fronti si ricavano conteggio e verso di rotazione
- **Il motore di questo banco non ha canale indice (Z)**



250

PPR

× 4

Modalità di conteggio

1000

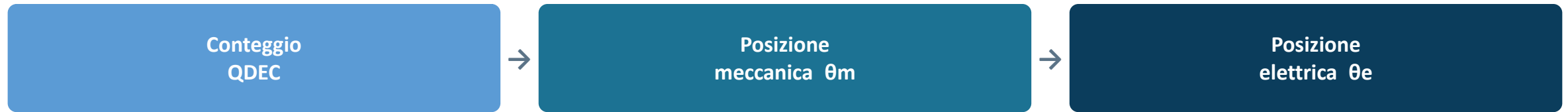
CPR

$$CPR = PPR \times 4 = 250 \times 4 = 1000$$

DA VERIFICARE SUL BANCO

Il fattore ×4 dipende dalla modalità di decodifica configurata (sia i fronti di salita che i fronti di discesa di entrambi i canali).

Dall'encoder alla posizione



$$\theta_m = \text{MaxPosition} \times (\text{Position count} / \text{CPR})$$

$$\theta_e = p \cdot \theta_m + \text{Offset}$$

p (coppie polari)

5

CPR

1000

Offset elettrico

da determinare sperimentalmente

DA VERIFICARE SUL BANCO

0.1712 PU → valore del modello di riferimento Microchip (motore Hurst AC300022).

Dove PU = 360° elettrici → offset = 61.632° elettrici

NON va usato per il motore del banco: l'offset va determinato sperimentalmente.

Sensori Hall

- 3 sensori digitali: HA, HB, HC
- 3 bit → 8 combinazioni possibili
- 000 e 111 non sono validi
- 6 stati validi, ciascuno = un settore di 60° elettrici

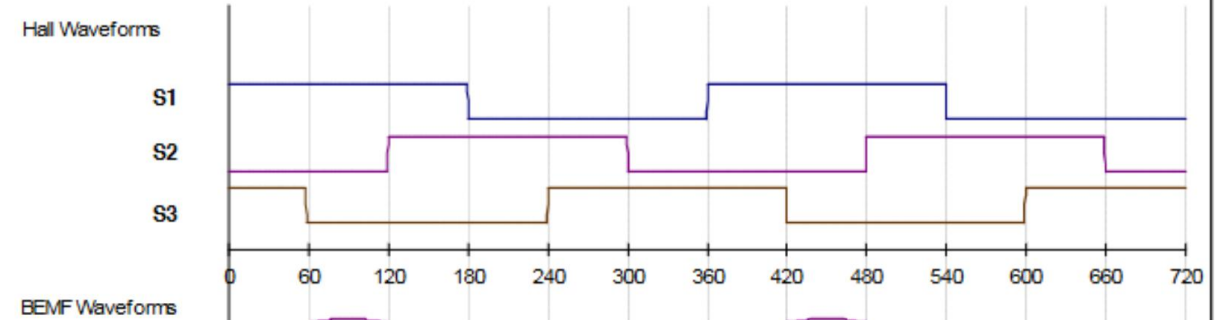
SEQUENZA TEORICA

5 → 4 → 6 → 2 → 3 → 1

DA VERIFICARE SUL BANCO

Sequenza teorica dal datasheet Hurst (convenzione CCW, lead end). Verso di rotazione, bit order nel firmware e assegnazione fisica dei fili Hall restano da verificare sperimentalmente.

Commutation Waveforms
CCW Rotation Viewing Lead End



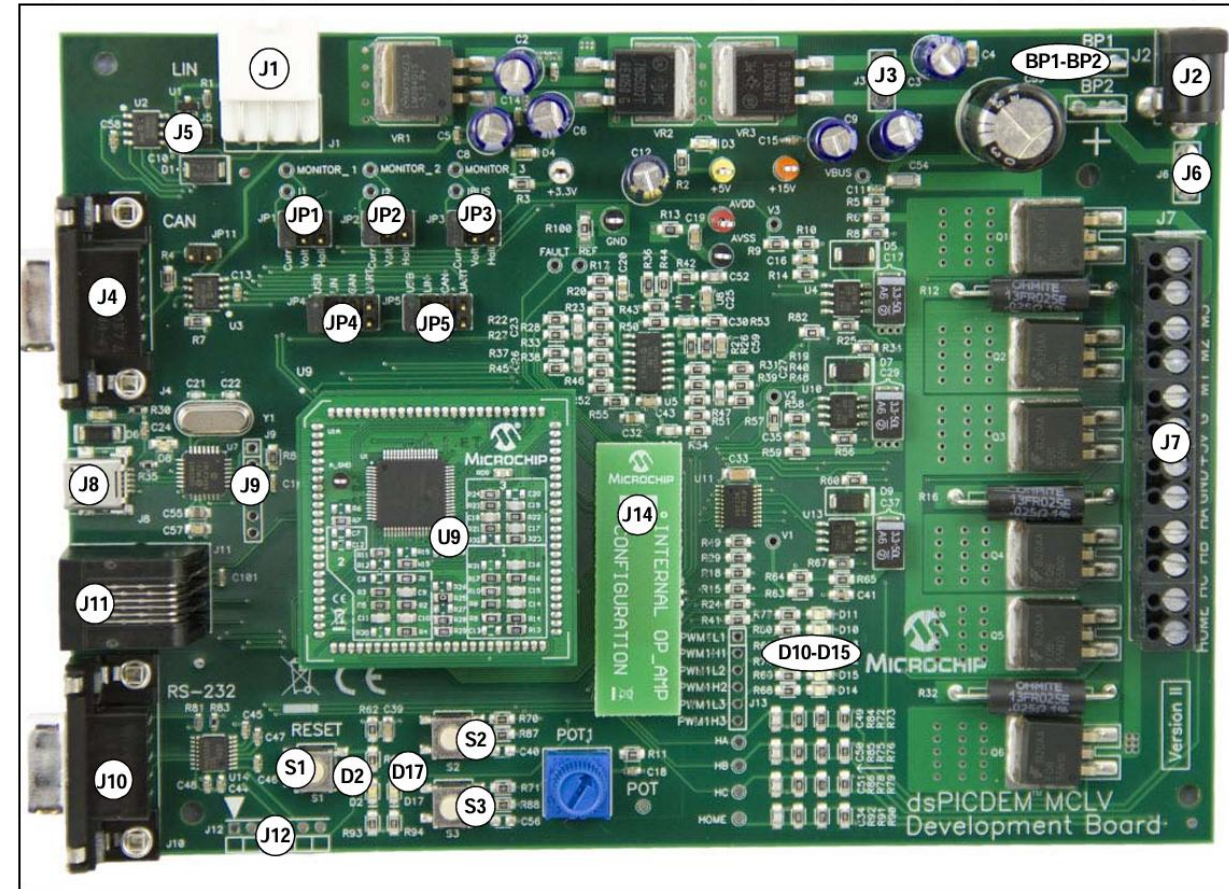
Fonte: Datasheet Hurst

Settore	S1	S2	S3	Stato
0–60°	1	0	1	5
60–120°	1	0	0	4
120–180°	1	1	0	6
180–240°	0	1	0	2
240–300°	0	1	1	3
300–360°	0	0	1	1

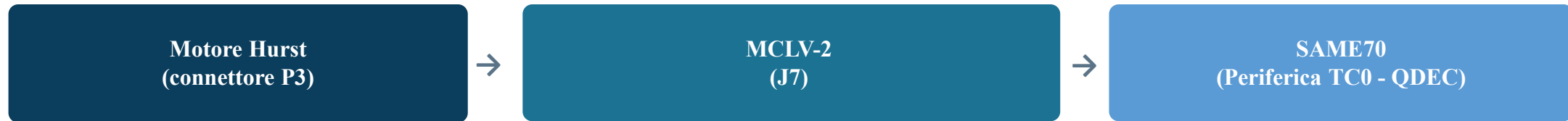
Connettore J7 — MCLV-2

Segnale	Pin J7	Funzione
+5V	7	Alimentazione Hall / Encoder
GND	8	Massa
HALLA / QEA	9	Encoder A oppure Hall A
HALLB / QEB	10	Encoder B oppure Hall B
HALLC / INDEX	11	Hall C oppure possibile indice
M1, M2, M3	1–6	Fasi del motore

FIGURE 2-1: dsPICDEM™ MCLV-2 DEVELOPMENT BOARD CONNECTORS AND JUMPERS



Collegamento Encoder



PINOUT DA DATASHEET (P3)

Pin 1 = +5V $\pm 5\%$ (o 10%)
Pin 2 = A
Pin 3 = B

PINOUT MCLV-2 (J7)

Pin 7 = +5V
Pin 8 = GND
Pin 9 = HALLA
Pin 10 = HALLB
Pin 11 = Index (se presente)

L'encoder presenta anche le linee complementari /A e /B. La configurazione di riferimento Microchip utilizza solo A e B.

DA VERIFICARE SUL BANCO

Cablaggio effettivamente utilizzato sul banco di prova.

Collegamento Sensori Hall



PINOUT DA DATASHEET (P2)

Pin 1 = +5V
Pin 2 = GND
Pin 3 = Hall B
Pin 4 = Hall A
Pin 5 = Hall C

PINOUT MCLV-2 (J7)

Pin 9 = HALLA
Pin 10 = HALLB
Pin 11 = HALLC

DA VERIFICARE SUL BANCO

Cablaggio effettivamente realizzato sul banco.

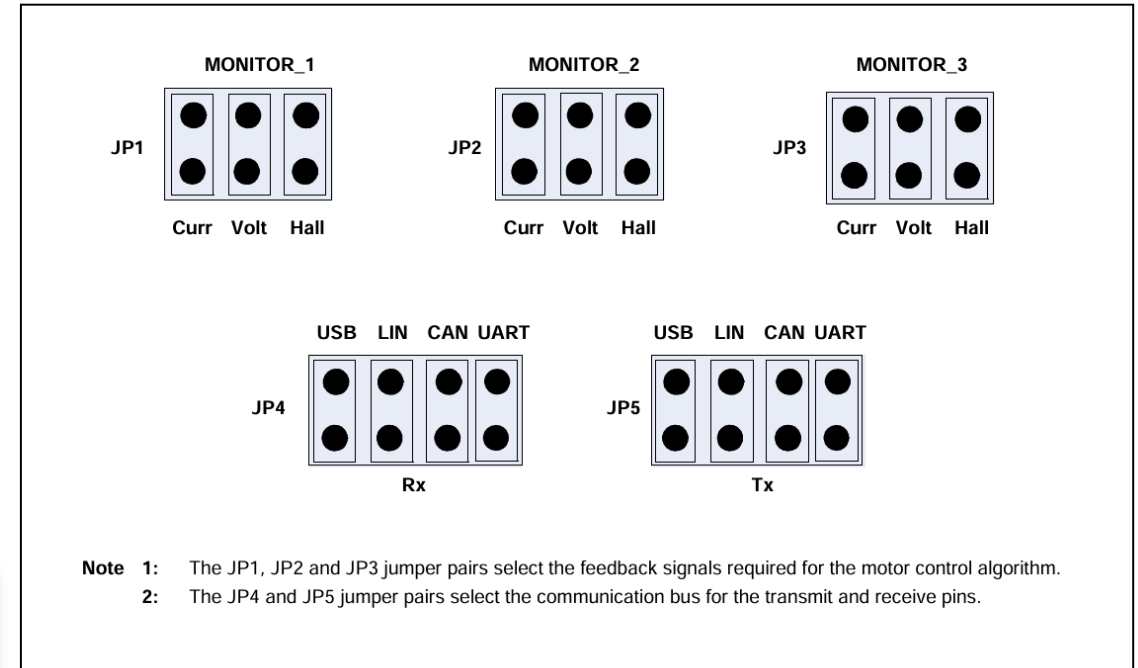
Matrix Board e jumper

- La Matrix Board gestisce il routing dei segnali verso il PIM
- I jumper **JP1 / JP2 / JP3** possono instradare i segnali Hall verso i pin MONITOR_1/2/3. (Selezione del segnale di feedback associato ai MONITOR_1/2/3)
- I jumper **JP4/JP5**: selezione dell'interfaccia di comunicazione.

Nota

La configurazione di riferimento Microchip (su repository GitHub) per il modello SAME70 utilizza JP1–JP3 in posizione Curr e JP4–JP5 in posizione UART.

FIGURE 2-3: JUMPER SETTINGS



DA VERIFICARE SUL BANCO

Routing effettivo dei segnali Hall / encoder. Posizione da verificare in funzione della configurazione effettivamente utilizzata.

Modello Simulink — Encoder



QDEC (da libreria MPLAB Device Blocks)

Interfaccia hardware con TC0 — restituisce il conteggio grezzo.

Quadrature Decoder (dalla libreria Motor Control Blockset)

Converte il conteggio in posizione normalizzata.

Mechanical to Electrical Position

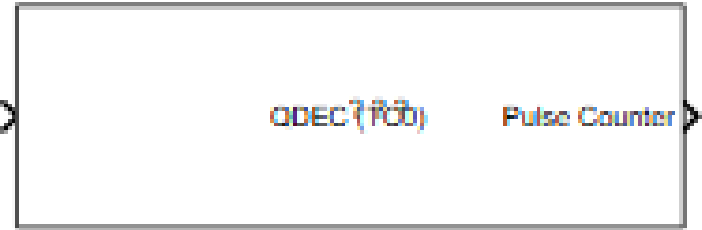
Applica le coppie polari e ricava la posizione elettrica.

Configurazione QDEC

Parametro	Valore
QDEC_REF	TC0
PHA	PA0 / Pin 102
PHB	PA1 / Pin 99
IDX	PA16 / Pin 45
Mode	Position
Position output	16 bit unsigned
Filtro digitale (MAX_PERIOD_FILTER_TXT)	420 ns

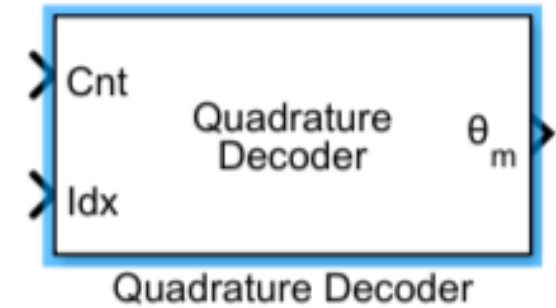
DA VERIFICARE SUL BANCO

Verificare la corrispondenza dei pin con l'hardware effettivamente utilizzato sul banco.



Configurazione Quadrature Decoder

CONFIGURAZIONE DI RIFERIMENTO MICROCHIP



Parametro	Valore
EncoderSlitsPerRevolution	250
EncoderCountsPerSlit	4
ExternalIndexCount	OFF

$$250 \times 4 = 1000 \text{ counts / revolution}$$

QDEC
→ conteggio grezzo

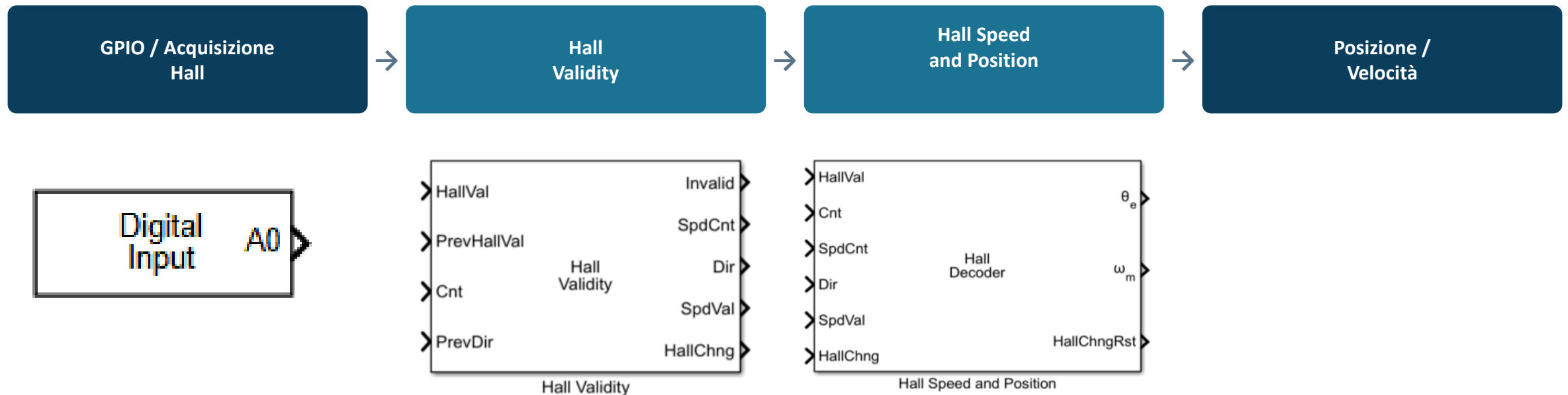


Quadrature Decoder
→ posizione normalizzata



Mechanical to Electrical
→ posizione elettrica

Modello Simulink — Sensori Hall



Osservazione : Il SAME70 non ha una periferica dedicata alla decodifica Hall: i tre segnali devono essere letti via GPIO/PIO.

DA VERIFICARE SUL BANCO

Nome e configurazione esatta del blocco hardware GPIO/interrupt (verificare nella Library Browser di MPLAB Device Blocks for Simulink) sul PC del banco.

Una possibilità potrebbe essere il blocco Digital Input in figura

Procedura Encoder — checklist operativa

- 1 Spegnere il banco
- 2 Verificare cablaggio e alimentazione
- 3 Configurare QDEC
- 4 Configurare Quadrature Decoder
- 5 Compilare e programmare SAME70
- 6 Acquisire A / B
- 7 Ruotare lentamente il motore
- 8 Verificare il conteggio
- 9 Verificare il verso
- 10 Verificare 1000 counts/rev
- 11 Convertire in posizione
- 12 Verificare la posizione elettrica

Configurazione pin connettore Hall

Parametro	Valore
HALLA	PD13_HALLA
HALLB	PD10_HALLB
HALLC	PD11_HALLC

DA VERIFICARE SUL BANCO

Verificare la corrispondenza dei pin con l'hardware effettivamente utilizzato sul banco. Se il progetto Simulink effettivamente usato sul banco abbia questi pin correttamente impostati nel blocco di lettura e quale blocco usare.

Procedura Hall — checklist operativa

- 1 Verificare cablaggio Hall (a banco spento)
- 2 Configurare HA/HB/HC come ingressi
- 3 Acquisire i tre segnali
- 4 Formare lo stato a 3 bit
- 5 Verificare che non compaiano 000 / 111
- 6 Ruotare lentamente il motore
- 7 Registrare la sequenza
- 8 Confrontare con 5-4-6-2-3-1
- 9 Associare gli stati ai settori
- 10 Verificare il verso
- 11 Confrontare con l'encoder
- 12 Determinare / verificare l'offset

Test e risultati attesi

Test	Cosa verificare
Motore fermo	Conteggio stabile
Rotazione manuale	Impulsi A/B presenti
Rotazione (verso di riferimento)	Conteggio coerente con il verso
Rotazione opposta	Segno del conteggio opposto
1 giro completo	1000 counts
Hall — validità	6 stati validi, mai 000 / 111
Hall — sequenza	Coerente con 5-4-6-2-3-1
Encoder vs Hall	Coerenza di posizione (simultaneità da chiarire, §8 Word)

Cosa conviene recuperare dai gruppi precedenti

UTILE DA RECUPERARE

- Modello Simulink già funzionante ufficiale della Microchip
- Configurazione PWM
- Comunicazione seriale
- Modello host
- Rate Transition
- Procedura di compilazione e programmazione
- Screenshot di configurazioni funzionanti
- Problemi incontrati e relative soluzioni

Nota: usare i lavori precedenti come riferimento architetturale, e in caso verificare sul banco.