

Come un motore lineare può aiutare la tua applicazione

Introduzione

Un **motore lineare** è un motore elettrico “svolto”: invece di produrre una coppia attorno ad un albero, genera una **forza lineare direttamente lungo la direzione del moto**. Niente riduttore, niente vite a ricircolo di sfere, niente cinghia, niente biella — la parte mobile è spinta o trainata dalla sola forza magnetica. Il risultato è un sistema di azionamento con **zero gioco meccanico**, dinamica estremamente elevata e praticamente nessuna usura meccanica — ed è per questo che i motori lineari sono diventati la soluzione standard in macchine utensili, semiconduttori, elettronica e robotica industriale ad alta velocità.

Questa pagina spiega come funziona un motore lineare, presenta le due sottofamiglie usate nell'automazione industriale — **ironcore** e **ironless** — e aiuta a capire dove un motore lineare porta un vantaggio reale alla tua applicazione, e dove no.

Per il background tecnico dettagliato, prosegui con le due pagine dedicate: [Come funziona un motore lineare tubolare](#) e [Come funziona un motore lineare piano Ironcore](#).

Cos'è un motore lineare

Dalla rotazione alla traslazione

Prendi un servomotore rotativo convenzionale e taglialo lungo l'albero: lo statore diventa una **parte primaria** piatta (o tubolare) con l'avvolgimento trifase, e il rotore diventa una **parte secondaria** — una pista magnetica — lungo la quale il primario si muove. Il campo magnetico non ruota più: **viaggia** lungo l'asse. Dove il motore rotativo ha bisogno di riduttore e vite per convertire la coppia in moto lineare, il motore lineare produce la forza lineare direttamente nel punto d'uso.

La forza di Lorentz

La generazione della forza segue la **legge di Lorentz**:

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{I} \cdot \mathbf{L} \cdot \mathbf{N}$$

dove **B** è l'induzione magnetica [T], **I** la corrente di fase [A], **L** la lunghezza effettiva del conduttore [m] e **N** il numero di spire. Poiché la forza è proporzionale alla corrente, il servo drive può comandare la **forza con la stessa immediatezza con cui comanda la posizione** — una proprietà senza equivalente nelle trasmissioni meccaniche.

Funzionamento sincrono a magneti permanenti

Praticamente ogni motore lineare usato nell'automazione industriale è un **motore lineare sincrono a magneti permanenti**: la parte secondaria porta magneti **NdFeB** ad alta energia disposti con polarità alternata al passo polare τ , e la parte primaria porta un avvolgimento trifase (U, V, W) alimentato con correnti sinusoidali sfasate di 120° . Un **encoder lineare** riporta la posizione al **servo drive**, che calcola l'angolo di commutazione (controllo orientato di campo, FOC) in modo che il vettore di corrente resti a 90° rispetto al flusso magnetico — la condizione che massimizza la forza per ampere.

I motori lineari *a induzione* — con secondario passivo in alluminio e correnti parassite — esistono e dominano nel trasporto su rotaia (metropolitane, maglev), ma nell'automazione industriale lo standard è il design sincrono a magneti permanenti. **Tutti i motori lineari NiLAB sono di questo tipo.**

Le due sottofamiglie: Ironcore e Ironless

Tutti i motori lineari sincroni industriali condividono la stessa fisica, ma il circuito magnetico cambia — e con esso il carattere del motore. Due sottofamiglie coprono praticamente ogni applicazione di automazione.

Motori lineari flat Ironcore

In un **motore ironcore** la parte primaria porta un **pacchetto laminato in acciaio al silicio con cave**. I denti concentrano il flusso magnetico attraverso l'intercapedine, regalando la **densità di forza più alta di tutti i tipi di motore lineare** — la massima forza per ingombro e per materiale magnetico.

Punti di forza	Contropartite
Massima densità di forza; sezione compatta	Forza di attrazione normale tra primario e pista magnetica (diverse volte la spinta nominale, presente anche da spento)
Costo più basso per newton	Cogging (forza detentiva) — minimizzato dalla geometria cave/poli e dalla compensazione elettronica, ma intrinsecamente presente
Robusto, protetto in resina epossidica, ideale per tavole e gantry	Richiede un progetto meccanico rigido e guide lineari dimensionate per la forza di attrazione



La serie ironcore NiLAB [L/LK/L1S](#) eroga forze continue da **150 N a 7500 N** e forze di picco da **440 N a 15750 N** in sette taglie di primario. Principio di funzionamento completo: [Come funziona un motore lineare piano Ironcore](#).

Motori lineari Ironless (tubolari e slotless)

In un **motore ironless** la bobina attiva **non contiene ferro**: l'avvolgimento trifase è incapsulato in resina, sia come **forcer cilindrico attorno a un'asta magnetica** (design tubolare), sia come **bobina piatta intercalata tra due piste magnetiche** (design a canale a U). Senza circuito in ferro non c'è **cogging**, non c'è **forza di attrazione normale** e la **massa mobile è la più bassa** — la ricetta per la massima dinamica e il moto più fluido.

Punti di forza	Contropartite
Zero cogging, zero ripple di forza	Densità di forza più bassa — più pista magnetica a parità di forza
Zero forza di attrazione — nessun carico aggiuntivo sulle guide	Costo magnetico più alto a parità di forza
Massa mobile minima: accelerazioni massime	Tubolare: forza limitata dal diametro dell'asta
Moto più fluido per ottica, metrologia, dosaggio	Canale a U: ingombro maggiore a parità di corsa



La serie tubolare NiLAB [NLI](#) integra l'elettronica di comando completa nel forcer, la [Green Drive ISO \(GDI\)](#) porta lo stesso concetto integrato nell'innesto cilindrico ISO 15552, e la serie [NLNS](#) offre motori flat ironless con bobina mobile per i requisiti dinamici più spinti. Principio di funzionamento completo: [Come funziona un motore lineare tubolare](#).

A confronto

Parametro	Ironcore flat	Ironless (tubolare/slotless)
Forza continua	Massima (fino a 7,5 kN per taglia NiLAB)	Media
Densità di forza / compattezza	Massima	Più bassa
Cogging / ripple di forza	Piccolo, compensato elettronicamente	Zero
Forza di attrazione normale	Alta — da progettare nella macchina	Nessuna
Massa mobile e accelerazione	Massa maggiore	Massa minima, accelerazione massima
Costo per newton	Il più basso	Più alto (più materiale magnetico)
Applicazioni tipiche	Tavole macchina, gantry, presse, pick-and-place pesante	Semiconduttori, ottica, metrologia, dosaggio, pick-and-place veloce

Dove un motore lineare aiuta la tua applicazione

Velocità e dinamica

Senza trasmissione meccanica, un motore lineare è limitato solo dalla forza magnetica e dalla massa mobile. Velocità oltre i **5 m/s** e accelerazioni di **diverse g** sono di routine — una vite a sfere raggiunge la sua velocità critica molto prima, e una cinghia la sua risonanza. Se il tempo di ciclo è dominato da “accelera-muovi-decelera-posizionati”, un motore lineare accorcia ogni fase di quel ciclo.

Precisione senza gioco meccanico

Non c'è dado, né riduttore né cinghia che si usura o si allunga: la posizione meccanica è la posizione magnetica, misurata dall'encoder lineare a risoluzioni fino al **range sub-micron**. I tempi di assestamento si riducono perché non c'è elasticità nella trasmissione — un vantaggio che si vede direttamente nella finitura superficiale e nella produttività delle macchine utensili.

Forza programmabile

Poiché la spinta è proporzionale alla corrente ($F = B \cdot I \cdot L \cdot N$), il drive può regolare la **forza in anello chiuso**: pressatura, dosaggio, formatura e collaudo ricevono un profilo di forza liberamente programmabile invece di un fincorsa meccanico.

Durata e manutenzione

Un motore lineare **non ha organi di trasmissione che si consumano**: nessuna vite da lubrificare, nessuna cinghia da sostituire, nessun riduttore da revisionare. In una macchina progettata per milioni di cicli questo elimina sia il costo di manutenzione sia il rischio di disponibilità della trasmissione.

Efficienza energetica

Il motore assorbe corrente solo quando serve forza; non esiste una catena di trasmissione a perdita costante. Rispetto a un cilindro pneumatico — che spreca gran parte dell'energia in compressione e scarico — un attuatore elettrico diretto riduce tipicamente l'energia per ciclo di un fattore elevato. La [guida Pneumatico-Elettrico](#) lo quantifica con numeri reali.

Corsa senza limiti — e assi multi-forcer

La pista magnetica è costruita a segmenti bullonati, quindi la corsa si estende a **più metri**. E poiché la pista è passiva, **più forcer indipendenti possono condividere la stessa pista** — due, tre o più assi sincronizzati o indipendenti su un'unica rotaia meccanica, cosa che un asse a vite non offre a nessun prezzo.

Dove il motore lineare non è la scelta migliore

Una guida onesta deve dire anche quando **non** usarlo:

- **Forze molto alte a bassa velocità**, corsa corta: una vite a sfere o un cilindro idraulico è di solito più economica. - **Assi verticali**: il carico va garantito in mancanza di alimentazione — un motore da solo non trattiene la posizione, esattamente come un asse rotativo verticale (serve un freno a sicurezza). - **Corse molto lunghe a bassa intensità di lavoro**: pignone-cremagliera o cinghia sono spesso più economiche quando i requisiti di precisione sono modesti. - **Contaminazione estrema** (trucioli, refrigeranti, polvere): i design NiLAB protetti in resina epossidica tollerano ambienti difficili, ma guide, encoder e catena portacavi vanno protetti adeguatamente — da valutare caso per caso. - **Moto semplice a punti fissi senza requisiti di processo**: il cilindro pneumatico resta la soluzione più economica. La [guida P2E](#) aiuta a decidere quando il passaggio all'elettrico ripaga.

Applicazioni tipiche nell'automazione industriale

Settore	Applicazioni tipiche con motore lineare
Macchine utensili	Assi veloci; fresatura e rettifica con finitura critica
Semiconduttori & elettronica	Manipolazione wafer, SMT pick-and-place, sistemi di ispezione
Packaging & food	Pick-and-place ad alto ciclo, riempimento, dosaggio
Automotive	Dosaggio, stazioni di avvitamento, banchi prova, presse di assemblaggio
Farmaceutico & laboratorio	Liquid handling, screening ad alta produttività
Pressa & formatura	Presse servo, giunzione a forza controllata
Laser, waterjet & taglio	Tavole di taglio XY a contornatura dinamica
Metrologia & ottica	Tavole ad aria, sistemi di scansione, posizionamento senza cogging

Checklist: quale tecnologia è adatta alla tua applicazione?

```
# **Forza continua sopra ~1-2 kN?** Parti dalla serie ironcore; sotto quella soglia competono entrambe le famiglie.
# **Zero cogging o ripple di forza minimo richiesto** (ottica, metrologia, dosaggio fluido)? → ironless.
# **Massima dinamica con il carico più leggero?** → tubolare ironless.
# **La forza di attrazione normale è accettabile sulle tue guide?** Se no → ironless. Vedi la [[it:ironcore_motors:attraction_force|pagina sulla forza di attrazione]] per cosa significa in pratica.
# **Asse verticale?** Una delle due famiglie, più un freno a sicurezza.
# **Sostituzione di un cilindro pneumatico?** Segui la [[it:engineersguide:p2e|guida P2E]] e il tool di dimensionamento.
# **Sostituzione del motore di un concorrente?** Usa il [[it:engineersguide:cross_reference|Cross-Reference Tool]].
```

Come può aiutarti NiLAB

NiLAB fornisce entrambe le sottofamiglie da un'unica fonte — i motori **tubolari e ironless** per dinamica e precisione, e la serie **ironcore L/LK/L1S** per le massime densità di forza — insieme alle versioni a drive integrato che uniscono motore e servo drive in un solo corpo. L'Engineer's Guide offre

il [cross-reference dei concorrenti](#), la [guida alla migrazione da pneumatico a elettrico](#) e le due pagine approfondite sui principi di funzionamento. Per il dimensionamento, le domande termiche o corse personalizzate, contatta il supporto tecnico NILAB: ti accompagniamo dal primo schizzo all'asse in funzione.

Riepilogo

Un motore lineare è la **risposta direct-drive al moto lineare**: un campo magnetico in viaggio spinge la parte mobile senza vite, cinghia o biella in mezzo. Nell'automazione industriale domina il design sincrono a magneti permanenti, in due sottofamiglie — il motore flat **ironcore** con la massima densità di forza (pagata con la forza di attrazione normale), e il motore **ironless** con zero cogging e massa mobile minima. Scegliere tra loro significa soprattutto scegliere tra **forza ed economia** da un lato e **dinamica e fluidità** dall'altro — e NiLAB copre entrambe da un'unica fonte.

From:

<https://www.nilab.at/dokuwiki/> - NiLAB GmbH
Knowledgebase

Permanent link:

https://www.nilab.at/dokuwiki/doku.php?id=it:engineersguide:how_linear_motor_helps

Last update: 2026/10/22 12:49

