



**Scuola di Ingegneria**

---

***DESIGN FOR MANUFACTURING AND  
ASSEMBLY (DFMA)***

**Carlo Noè**

LIUC – Università Cattaneo

e-mail: [cnoe@liuc.it](mailto:cnoe@liuc.it)

## ❖ **DESIGN FOR X**

Nel DFX si raggruppano tutti gli strumenti utilizzati in progettazione che abbiano come scopo il miglioramento della prestazione di un processo inerente la fabbricazione ovvero l'esercizio di un prodotto.

Alla X si associa pertanto un processo (*manufacturability, inspectability, assembly, etc.*) del quale sia possibile misurare l'efficienza e/o l'efficacia in modo da poter stabilire obiettivi da conseguire con l'applicazione della tecnica.

Il capostipite dei *tool* DFX è il *Design for Manufacturing and Assembly* - DFMA

## ❖ ***DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)***

(Boothroyd & Dewhurst, 1977)

Si parte con la valutazione dei problemi di montaggio si passa poi a quelli di fabbricazione avendo come obiettivo primario la semplificazione dei processi.

Il primo principio da applicare è la riduzione delle parti componenti il prodotto. Per comprendere se una parte può essere eliminata si deve innanzitutto partire da un'ipotesi di progetto e del conseguente processo di montaggio.

## ❖ **DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)**

Quindi ogni parte deve essere esaminata secondo tre criteri ciascuno dei quali può essere sintetizzato da una domanda.

- 1) Durante l'uso del prodotto la parte si **muoverà** rispetto alle altre già montate ?
- 2) La parte deve essere costruita in un **materiale differente** rispetto alle altre già montate, ovvero ne deve essere isolata ?
- 3) La parte deve essere distinta dalle altre già montate perché altrimenti sarebbe impossibile il **montaggio o lo smontaggio** di altre parti ?

Se la risposta ad almeno **una delle tre domande** fosse **positiva** allora la parte è **critica** e deve essere **distinta** dalle altre.

Il numero minimo di parti costituenti il prodotto è dato dal **numero delle parti critiche**.

## ❖ **DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)**

Il passo successivo consiste nello stimare il tempo complessivo di montaggio nonché il grado di difficoltà delle varie operazioni.

Ogni parte deve essere esaminata accuratamente per capire:

1. come deve essere afferrata, orientata e preparata per il suo montaggio;
2. come deve essere montata e/o fissata.

Quindi, per calcolare i tempi di montaggio si ricorre a metodi previsionali (MTM o simili).

## ❖ **DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)**

Si procede quindi l'analisi della fabbricazione (DFM).

Si valutano i costi di diversi processi per consentire al progettista di valutare alternative differenti e prendere le decisioni più opportune di *trade-off*.

Questo modo di procedere consente anche di anticipare eventuali trattative con i fornitori per l'acquisto di componenti o servizi.

# ❖ DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

## Esempio di applicazione

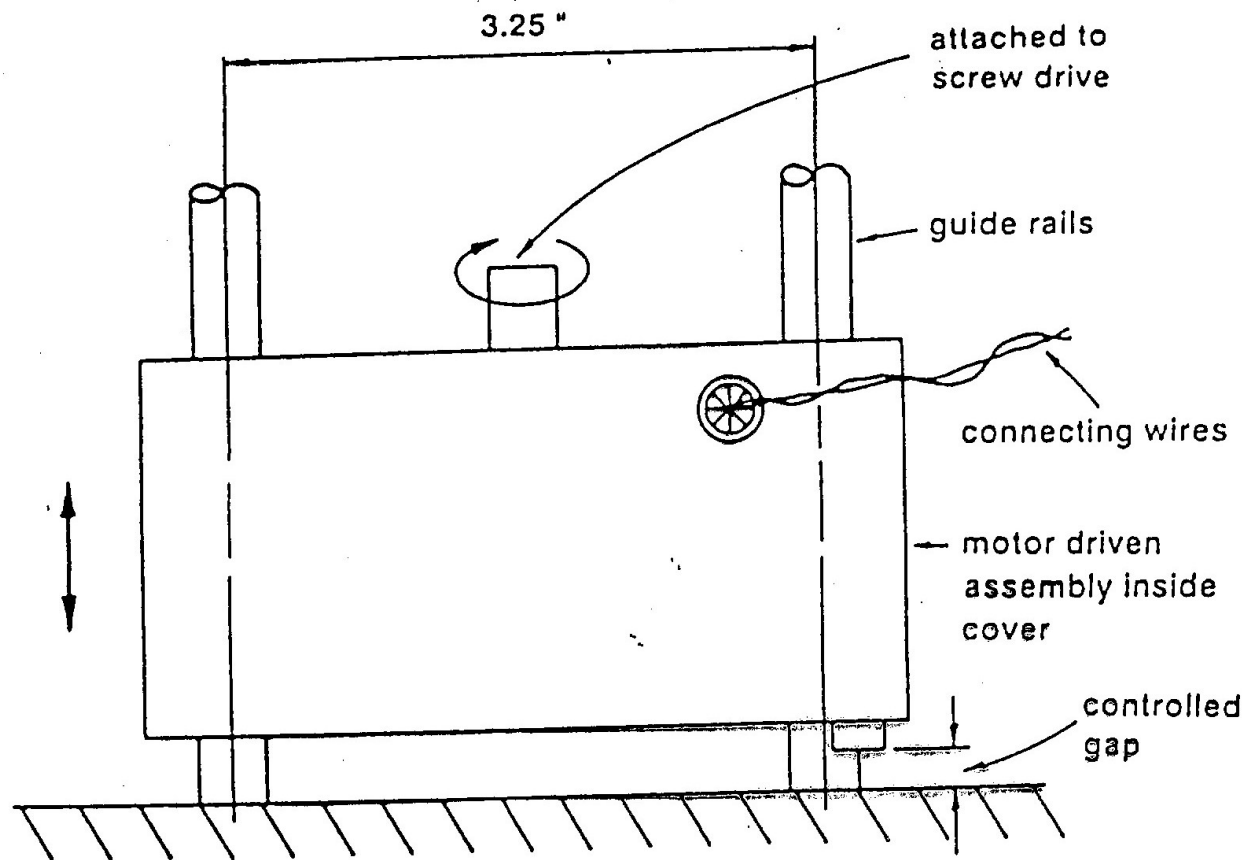


Figure 1.2 Configuration of required motor-drive assembly.

# ❖ DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)

## Esploso di partenza

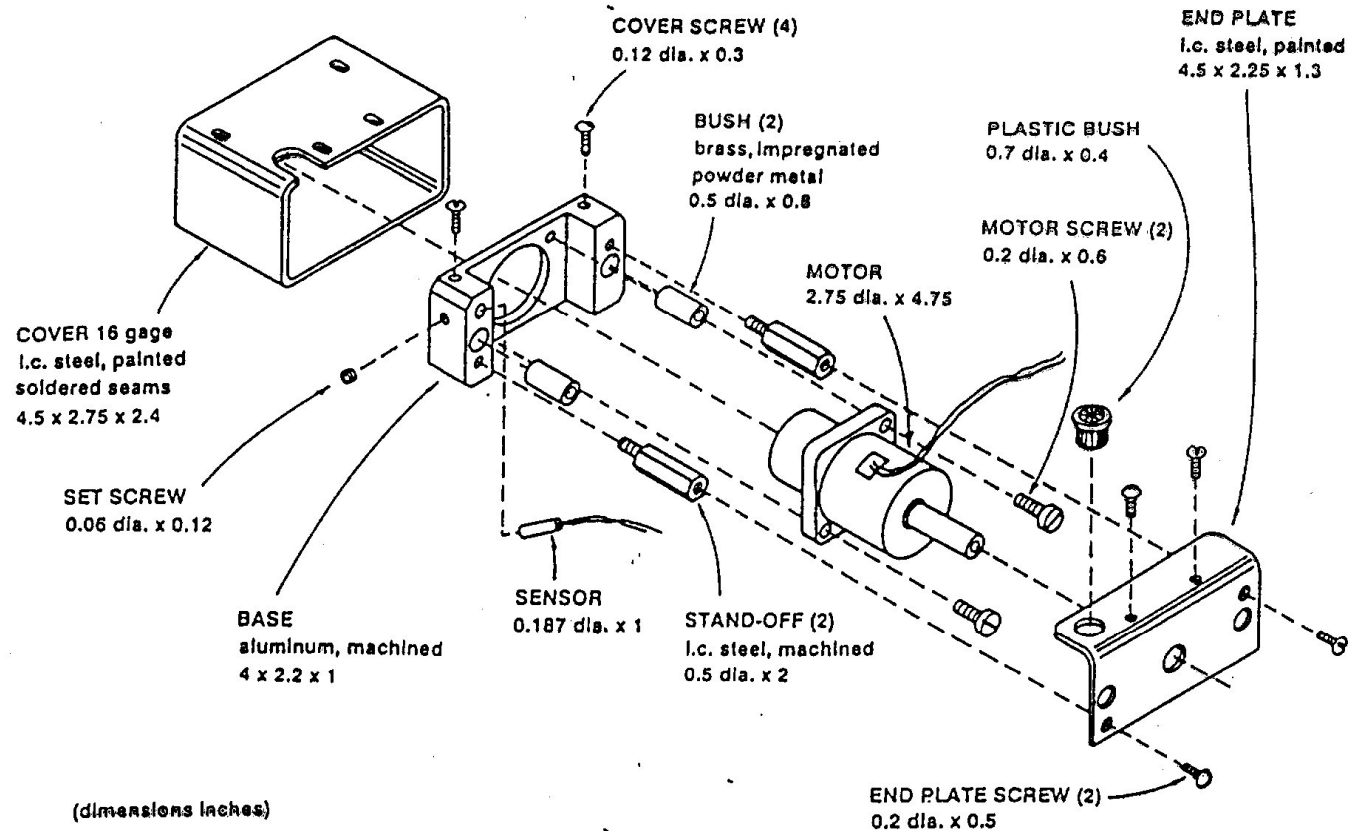


Figure 1.3 Initial design of motor-drive assembly.



## ❖ **DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)**

Per determinare il numero minimo di parti si considerano separatamente i singoli componenti. Quindi:

- La base (*base*) deve essere sistemata in un alloggiamento col quale non può essere integrata. **Parte critica.**
- Le due boccole in ottone (*bush*) possono essere sostituite modificando il disegno della base.
- Il motore (*motor*) è un componente standard acquistato. **Parte critica.**
- Le due viti per il fissaggio del motore (*motor screw*) potrebbero non essere necessarie.
- Il sensore (*sensor*) è un altro componente d'acquisto. **Parte critica**
- La vite per trattenere il sensore (*set screw*) potrebbe non essere necessaria.
- I due distanziali (*stand off*) potrebbero essere incorporati nella base o nel coperchio.
- La piastra di chiusura (*end plate*) deve essere a sé stante per problemi di montaggio. **Parte critica.**
- Le viti per il fissaggio della piastra di chiusura (*end plate screw*) potrebbero non essere necessarie.
- La bussola in plastica (*plastic bush*) per la fuoriuscita del cavo potrebbe essere dello stesso materiale della piastra di chiusura e quindi incorporata in essa.
- Il coperchio (*cover*) potrebbe essere combinato con la piastra di chiusura.
- Le quattro viti per la chiusura del coperchio (*cover screw*) potrebbero non essere quindi necessarie.

## ❖ **DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)**

Considerando i tre criteri citati in precedenza, al termine di questa analisi si potrebbe immaginare un prodotto composto da sole 4 parti (numero teorico minimo) anziché da 19.

Occorre però giustificare economicamente e tecnologicamente l'eliminazione delle parti.

Si potrebbe quindi arrivare alla conclusione che per fissare motore e sensore con una soluzione alternativa alle viti non è giustificata dai volumi di produzione.

D'altra parte nulla vieterebbe di realizzare la base in un materiale antifrizione così da eliminare le bussole in ottone, come pure di disegnare in un unico pezzo la chiusura del motore sfruttando la sua deformazione plastica per fissarlo.

## ❖ **DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)**

Esploso dopo nuova progettazione

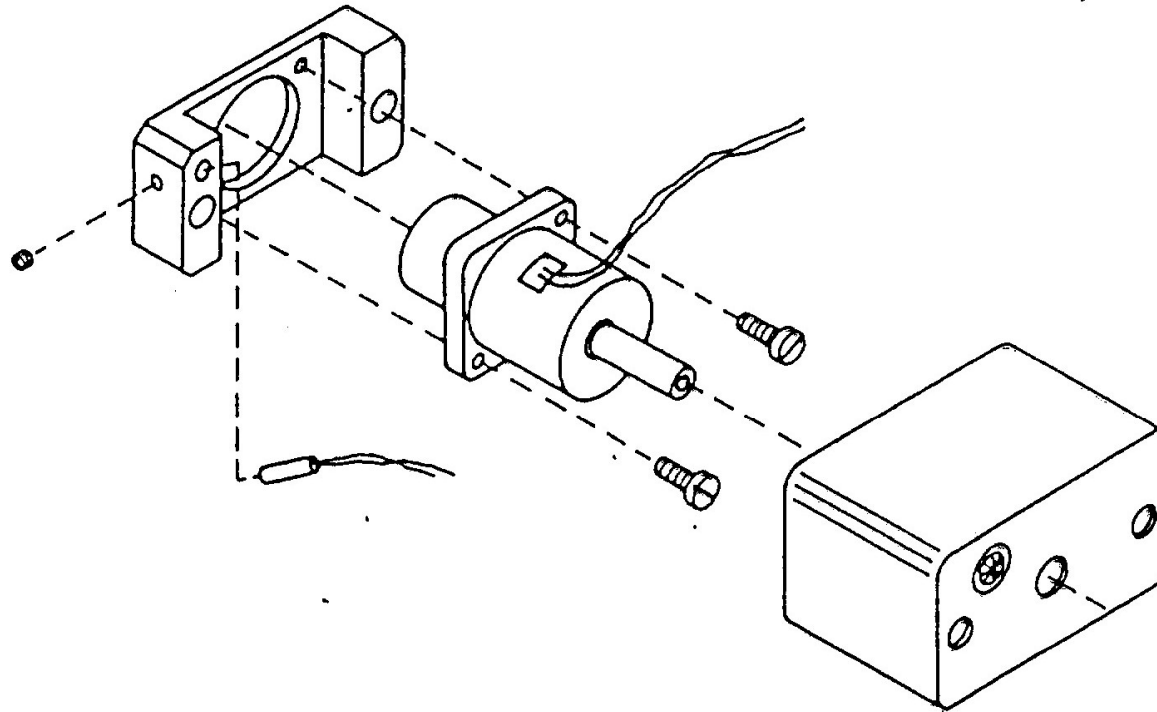


Figure 1.4 Redesign of motor-drive assembly following DFA analysis.

Il nuovo progetto consente risparmi sia per i tempi di montaggio sia per il costo dei materiali

## **Sintesi delle linee guida per il DFA**

- Ridurre il numero e il tipo delle parti
- Modularizzare i disegni
- Evitare aggiustamenti (specialmente se ciechi)
- Facilitare l'alimentazione, la manipolazione, l'autoallineamento e il posizionamento riducendo le operazioni da compiere
- Evitare di disegnare parti che possano essere montate in modo sbagliato sfruttando simmetrie a asimmetrie
- Assicurare un accesso adeguato e una facile visibilità
- Usare tecniche efficaci per il serraggio o il fissaggio
- Dettagliare bene i disegni per il montaggio
- Usare la gravità

## **Principi del DFM**

Che cosa considerare nella scelta dei materiali ?

- Facilità di approvvigionamento
- Materiali già utilizzati e codificati in azienda
- Facilità di trasformazione e lavorazione

## **Principi del DFM**

Come trasformare e lavorare i materiali ?

- Semplificare il più possibile
- Minimizzare il numero di tecnologie impiegate
- Minimizzare il numero di operazioni nell'impiego della tecnologia
- Evitare quanto più possibile tolleranze e accuratezze di lavorazione molto elevate
- Evitare quanto più possibile l'uso di materiali speciali
- Evitare quanto più possibile l'uso di apparecchiature per la movimentazione
- Verificare la compatibilità con i limiti fisici del sistema di produzione

## **Principi del DFM**

Obiettivi a scalare per le lavorazioni alle macchine utensili

- utilizzare una sola macchina utensile, completando le lavorazioni in un solo piazzamento usando un solo utensile
- utilizzare una sola macchina utensile, completando le lavorazioni in un solo piazzamento usando il minor numero possibile di utensili
- impiegare il minor numero di piazzamenti sulla stessa macchina utensile
- impiegare il minor numero di passaggi tra macchine utensili

## ❖ **DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFMA)**

### **DFM per le lavorazioni di foratura**

- I fori devono essere eseguiti su superfici piatte perpendicolari al moto di avanzamento dell'utensile.
- Meglio evitare fori interrotti per una migliore precisione dimensionale.
- Evitare che il fondo di un foro cieco non abbia la stessa forma della punta.
- Evitare alesature di fori ciechi.
- Minimizzare la profondità dei fori per problemi di precisione.
- Preforare fori, possibilmente durante la produzione del semilavorato, di grande diametro.
- Cercare di eseguire tutte le forature sul pezzo in un solo piazzamento minimizzando l'ingombro delle attrezzature per il fissaggio
- Considerare il pericolo di rottura dell'utensile nella lisciatura di fori ciechi o intersecantisi



## **Che cosa cambia ?**

- Minimizzare il numero delle parti.
- Disegnare facilitando la manipolazione delle parti.
- Valutare differenti tecnologie di montaggio e di alimentazione e disposizione delle parti.
- Selezionare i *fastener* più adatti.
- Preferire i montaggi in senso verticale.
- Disegnare prodotti modulari.
- Eliminare o semplificare le regolazioni.
- Minimizzare le varianti sul prodotto.
- Eliminare cavi elettrici (parti flessibili)

## **Linee guida**

- Considerare per ogni passo del ciclo di vita di un prodotto il rapporto con l'ambiente.
- Incrementare l'efficienza nell'uso delle potenzialità dei materiali e di ogni altra risorsa.
- Usare materiali riciclabili, rinnovabili e biodegradabili.
- Scegliere materiali che, in ogni caso, minimizzino il danno ambientale e la polluzione.
- Curare che il prodotto possa essere usato per un tempo appropriato cercando di allungare la sua vita quanto più possibile.
- Considerare gli impatti ambientali a lungo termine dell'uso di un prodotto.
- Progettare in modo da riciclare, riusare e rilavorare facilmente.

## **Affinamento del progetto. *Checklist.***

		Obiettivo raggiunto?	Metodo	Livello
Materiali	Minim. contenuto di energia	Si/no		
	Minim. polluzione	Si/no		
	Massim. uso riciclati	Si/no		
	Minim. uso materiale	Si/no		
Lavorazioni	Minim. scarto	Si/no		
	Minim. uso energia	Si/no		
Smaltimento	Massim. materiali riciclabili	Si/no		
	Massim. materiali biodegradabili	Si/no		
	Possibilità recupero di energia	Si/no		
Normative	Rispetto	Si/no		