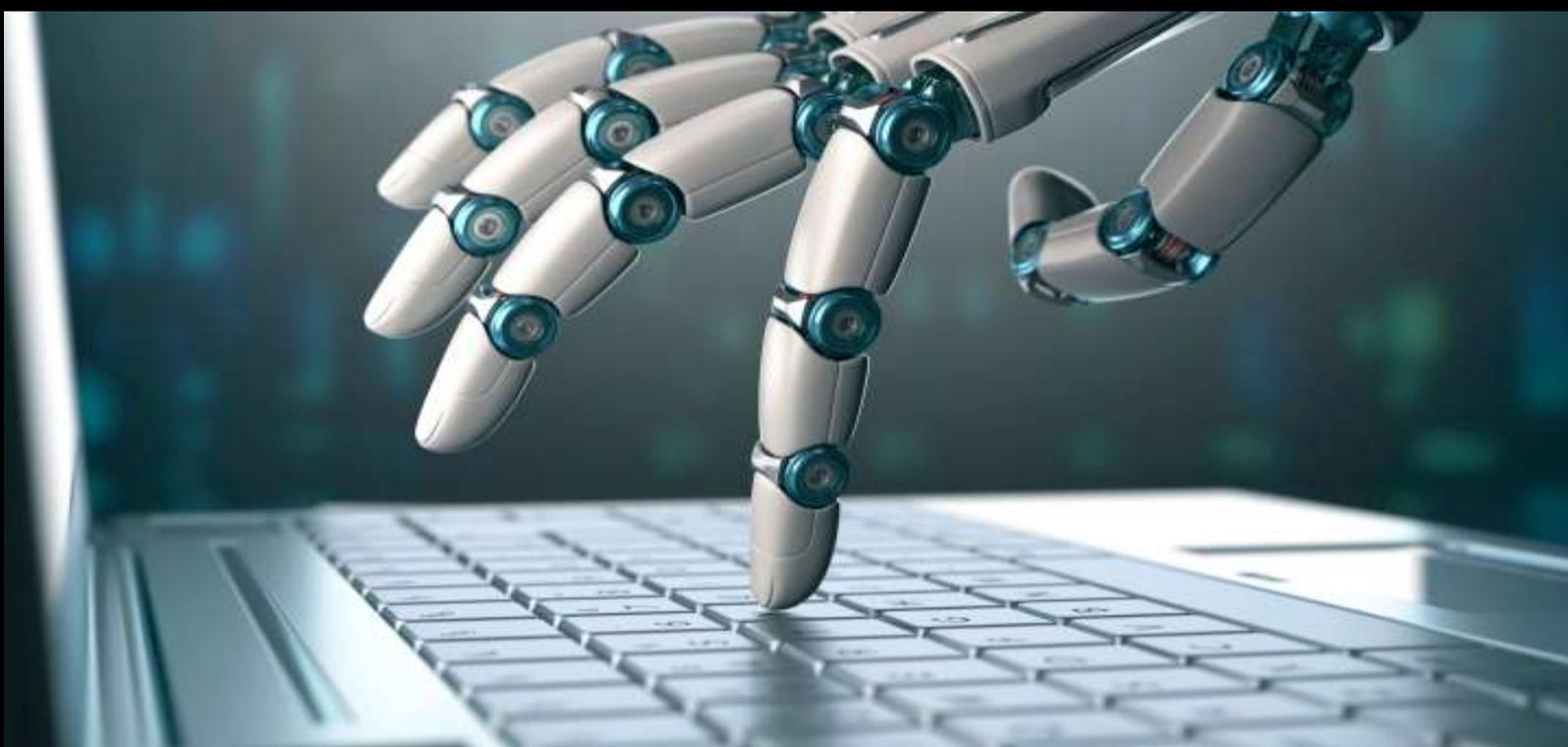


LE TASTIERE IN SILICONE

Informazioni tecniche per la progettazione delle
tastiere siliconiche per uso industriale

a cura di
Gian Luca Giachino



G.P. Tecno Srl

via Albenga, 20
10134 Torino

www.gptecno.it

Sommario

Sommario.....	1
Introduzione	2
La tecnologia del silicone per le tastiere	3
Caratteri generali	5
Il silicone	9
Tecniche di formatura della tastiera	11
Lo stampaggio:	12
Il co-stampaggio:.....	13
Additional Bonding Layer:	14
Tolleranze dimensionali:	15
Il contatto elettrico sul silicone	16
Il contatto elettrico sul circuito stampato	21
Caratteristiche meccaniche.....	23
Altezza del tasto.....	25
Forza di attuazione e corsa.....	26
Snap Ratio	29
Durata di vita.....	30
Regole generali per la progettazione	31
Raccomandazioni per il disegno	32
Quote in pianta:.....	32
Quote in sezione:	33
Realizzazione delle legende	34
Tecniche di realizzazione:.....	34
Colori delle legende dei tasti:.....	35
Dimensioni delle legende:	36
Colori dello sfondo dei tasti:	37
Legende trasparenti:	38
Retroilluminazione dei tasti e delle legende:.....	38
Realizzazione di spie luminose:	40
Finitura superficiale.....	41
Evoluzione della tecnologia del silicone.....	43
Conclusioni	46

Introduzione

La **G.P. Tecno** Vi ringrazia per il Vostro interesse per questo semplice e breve trattato.

L'azienda, nata a Torino nel 1988, produce da oltre un ventennio tastiere siliconiche per applicazioni industriali.

Questa lunga esperienza le ha permesso di redigere il presente documento tecnico, che – senza alcuna pretesa – vuole essere un semplice aiuto per chi deve per la prima volta progettare una tastiera al silicone o integrarla in un proprio sistema.

Gli ingegneri di **G.P. Tecno** sono a vostra disposizione per soddisfare qualsiasi esigenza, dalla ricerca della soluzione ottimale sotto il profilo tecnico ed estetico fino allo studio e progettazione degli stampi, per proseguire poi con le forniture del prodotto finale.

G.P. Tecno propone anche alcune soluzioni standard di tastiere al silicone, per soddisfare le esigenze dei clienti che preferiscono orientarsi verso prodotti già esistenti, per avere alta qualità ed affidabilità, ma con risparmio di costi di progetto e di tooling.

Per contatti:

G.P. Tecno srl

via Albenga, 20 – 10134 Torino

tel. 011-3171901 – 3177115 – 3173202

fax. 011-3143147

www.gptecno.it

info@gptecno.it

Product Manager:

ing. Gian Luca Giachino

g.giachino@gptecno.it

La tecnologia del silicone per le tastiere

La tecnologia del silicone nasce verso la fine degli anni '70 da un'esigenza dell'industria dell'epoca di poter disporre di soluzioni economiche ed alternative agli allora esistenti tasti elettromeccanici.

I tasti al silicone si diffondono rapidamente, grazie alla loro economicità, ma anche ad altri vantaggi, come l'affidabilità, la protezione alla penetrazione di liquidi e polvere e l'eccellente effetto tattile.

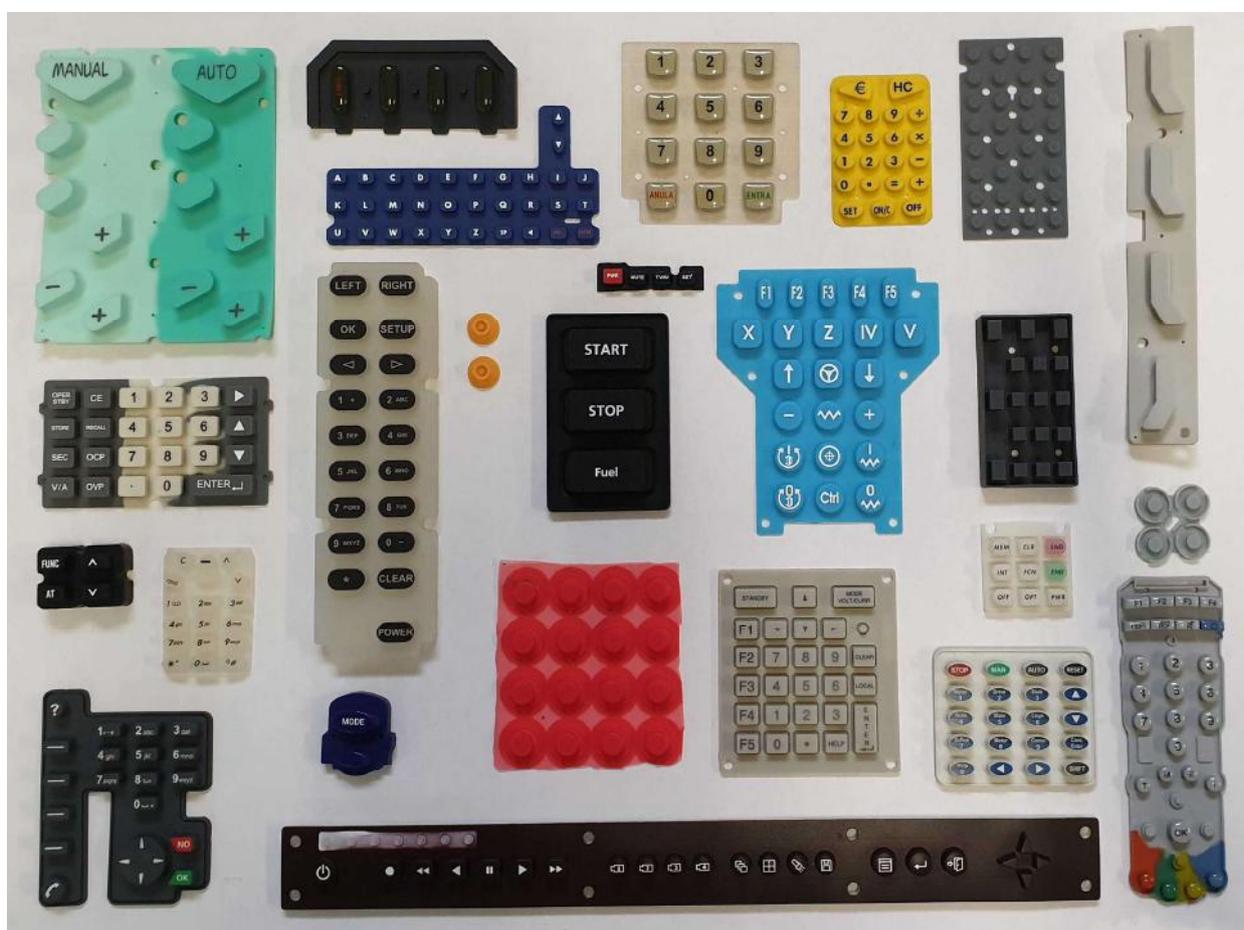


Figura 1 - esempi di tastiere in silicone

La tecnologia si evolve negli anni successivi, con la realizzazione della tastiera completa in silicone, eliminando gli interruttori elettromeccanici, con il vantaggio di un ulteriore risparmio economico, di una maggiore compattezza ed offrendo ampio spazio al design e alla estetica.

Tra i principali campi di applicazione in cui la tastiera al silicone ha preso il sopravvento sulle altre tecnologie, si ricordano la telefonia cellulare, l'automazione industriale, l'elettronica consumer e gli apparecchi medicali.

Attualmente la tecnologia al silicone è perfettamente consolidata, con un grado di affidabilità e di qualità elevatissimo, per cui si presta ad essere utilizzata in moltissimi settori, sia industriali sia consumer.

Grazie all'ottimizzazione dei processi costruttivi, i costi di produzione e delle attrezzature si sono ulteriormente abbassati, diventando la tecnologia del silicone la più economica in assoluto.



Figura 2 – tastiera industriale in silicone standard K105B di G.P. Tecno

Caratteri generali

Le tastiere al silicone per impieghi industriali sono essenzialmente costituite da un tappeto siliconico che, opportunamente sagomato, realizza in un corpo unico la base di fissaggio, i tasti e gli elementi elastici che generano le forze di reazione alla pressione dei tasti stessi e di ritorno al loro rilascio.

Il tappeto siliconico è normalmente fissato sopra ad un circuito stampato.

Sotto ad ogni tasto è presente una pastiglia di carbone per realizzare il contatto elettrico, denominata *pill*.



Figura 3 – vista interno/esterno di una tastiera industriale al silicone



Figura 4 – vista in sezione

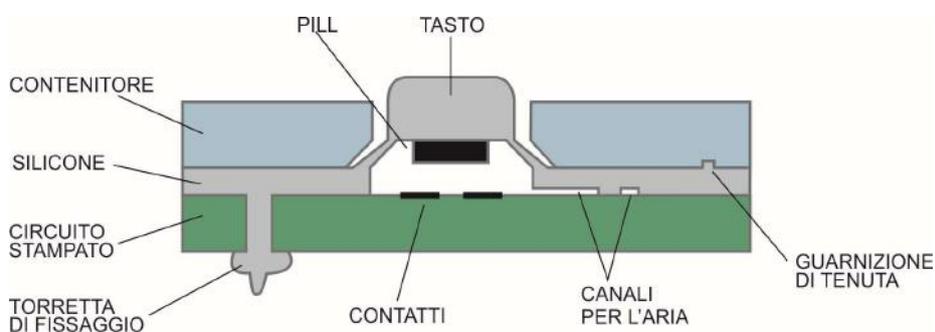


Figura 5 – sezione schematica di tastiera siliconica

Alla pressione del tasto, la pastiglia in carbone conduttivo scende fino a toccare il sottostante circuito stampato, creando un cortocircuito tra 2 contatti. L'elettronica di gestione rileva il cortocircuito e genera il codice corrispondente a quel tasto.

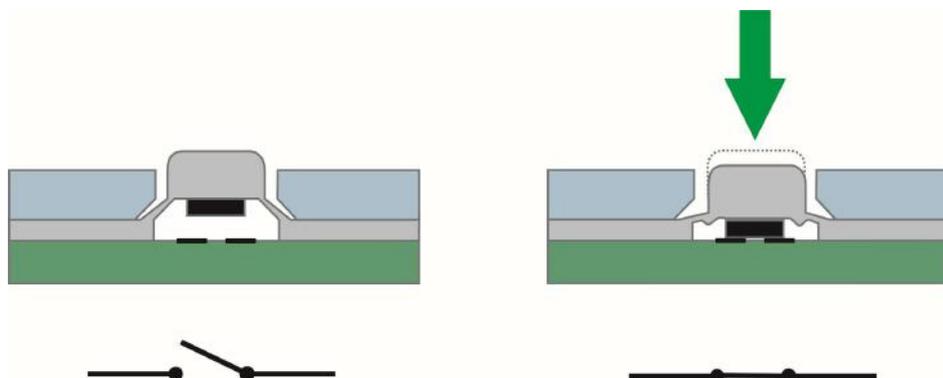


Figura 6 – funzionamento del tasto

Normalmente in fase di montaggio della tastiera, il tappeto siliconico viene accoppiato al circuito stampato mediante piccole torrette sporgenti inferiormente (chiamate in gergo "poppette"), che vanno inserite e poi tirate in fuori corrispondenti nel CS. Rigonfiandosi nel foro, rimangono bloccate. In altri casi si realizzano delle semplici torrette cilindriche che entrano nei corrispondenti fori del CS per garantire il centraggio del tappeto siliconico.

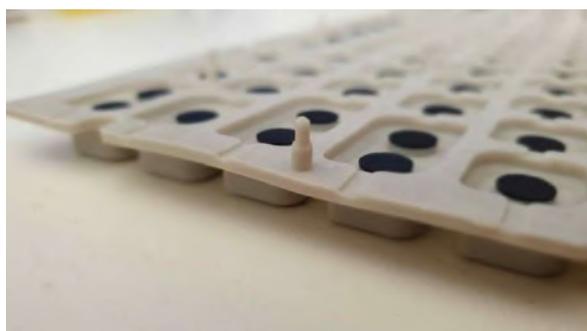


Figura 7 – torretta di fissaggio



Figura 8 – torretta di centraggio

E' possibile realizzare una guarnizione di tenuta tra la membrana di base e il contenitore direttamente nel tappeto siliconico, per rendere ermetico il frontale. La tastiera al silicone realizzata in questo modo offre un grado di protezione alla penetrazione dei liquidi pari a IP65 o superiore.

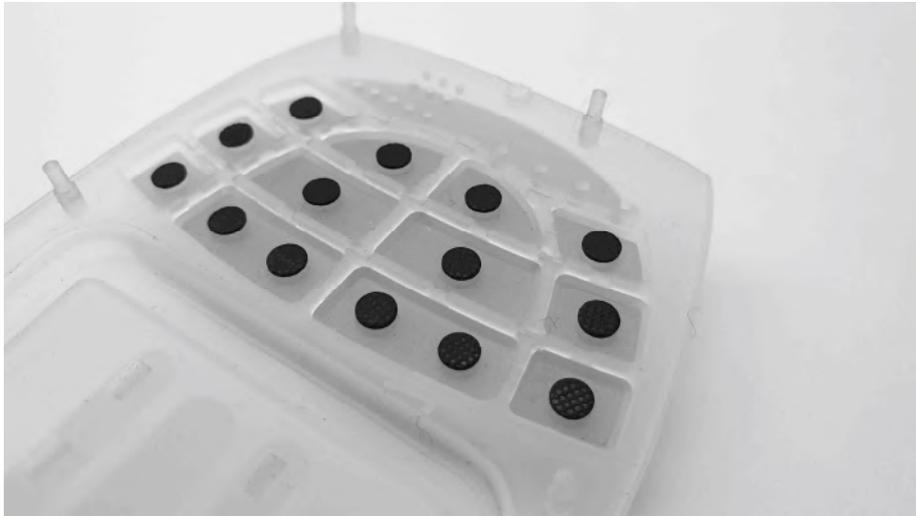


Figura 9 – guarnizione di tenuta realizzata attorno ai tasti per tenuta IP65

Sotto alla membrana è necessario realizzare dei canali che consentono lo spostamento dell'aria presente sotto al tasto che viene premuto. In questo modo il tasto può scendere agevolmente, senza avere l'effetto sgradevole detto "cuscino d'aria" dovuto alla compressione dell'aria sottostante.

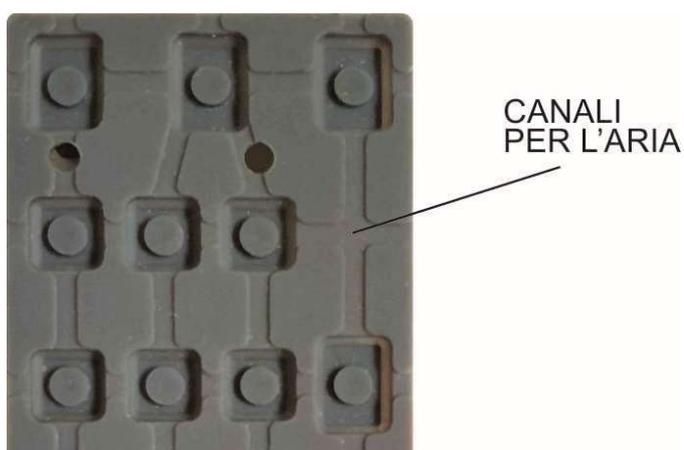


Figura 10 – canali per l'aria sotto al tappeto siliconico

In alcune applicazioni la tastiera siliconica è fissata al contenitore mediante incollaggio con film adesivi spellicolabili.

L'incollaggio richiede necessariamente la stesura preventiva di un film di primer, per permettere all'adesivo di fare presa sul silicone.

Si ricorre a questa tecnica normalmente quando i contatti sono realizzati con micro-switch, anziché con pill su circuito stampato; con questa soluzione viene a mancare il sandwich CS-contenitore che pressa il silicone, per cui è necessario il suo fissaggio alla superficie inferiore del contenitore mediante incollaggio.

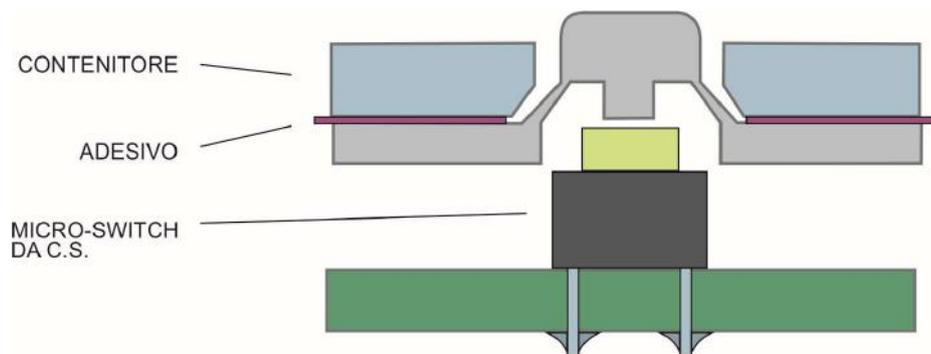
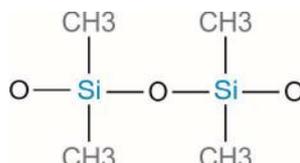


Figura 11 – sezione schematica di tastiera incollata al contenitore

Il silicone

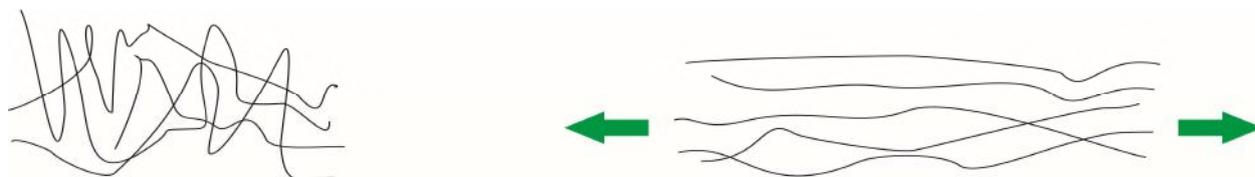
Il materiale di base è una gomma siliconica non tossica, che viene conformata nella forma voluta mediante la tecnica dello stampaggio.

Dal punto di vista chimico il silicone è una catena di atomi di silicio e di ossigeno, con collegamenti alchilici. La formula chimica è la seguente (*Polidimetilsilossano*):



Grazie alle lunghe catene polimeriche e al legame fra le stesse, il silicone offre ottime proprietà elastiche e di impermeabilità.

Quando non riceve sollecitazioni, un elastomero è amorfo ed è composto da catene molecolari fortemente annodate ed attorcigliate; applicando un carico le catene si districano e si allungano ed allineano nella direzione della sollecitazione. Al cessare della sollecitazione le molecole si riportano nella loro forma originaria e pertanto, macroscopicamente, il campione non subisce alcuna variazione.



La forma della tastiera, dei tasti e le caratteristiche di tattilità possono essere definite a piacere dal cliente (entro i limiti della tecnologia, come descritto nei paragrafi seguenti), ed è determinata dalla forma che viene conferita allo stampo.

La seguente tabella fornisce alcune delle principali caratteristiche del materiale utilizzato per le tastiere al silicone:

Grado UL di infiammabilità	94HB
Peso specifico a 25°C (Kg/dm ³)	1.1 ÷ 1.4
Durezza (Shore A)	30 ÷ 80 ± 5%
Resistenza alla tensione (Kg/cm ²)	55 ÷ 75
Elongazione prima dello strappo	350 % tipico
Compressione (*)	11 ÷ 22 %
Isolamento (KV/mm)	25 ÷ 30
Resistività (Ωm)	3x10 ¹⁴ ÷ 1x10 ¹⁶
Temperatura di esercizio	-40 °C ÷ +150 °C

(*) Dopo 22 ore a 175 °C

La durezza di un materiale si misura in Shore; per il silicone si utilizza la scala Shore A, usata in generale per caratterizzare gomme, plastiche ed elastomeri mediamente morbidi e va da 0 a 100.

La misurazione del grado Shore A viene effettuata con uno strumento detto durometro, che misura la profondità di penetrazione nel campione di silicone di una punta di acciaio di dimensioni normalizzate, spinta da una molla precaricata a 821 grammi-forza:

- se la punta non riesce a penetrare, significa materiale duro (Shore A = 100)
- se la punta penetra fino alla profondità massima di 2,5 mm significa materiale estremamente morbido (Shore A = 0).

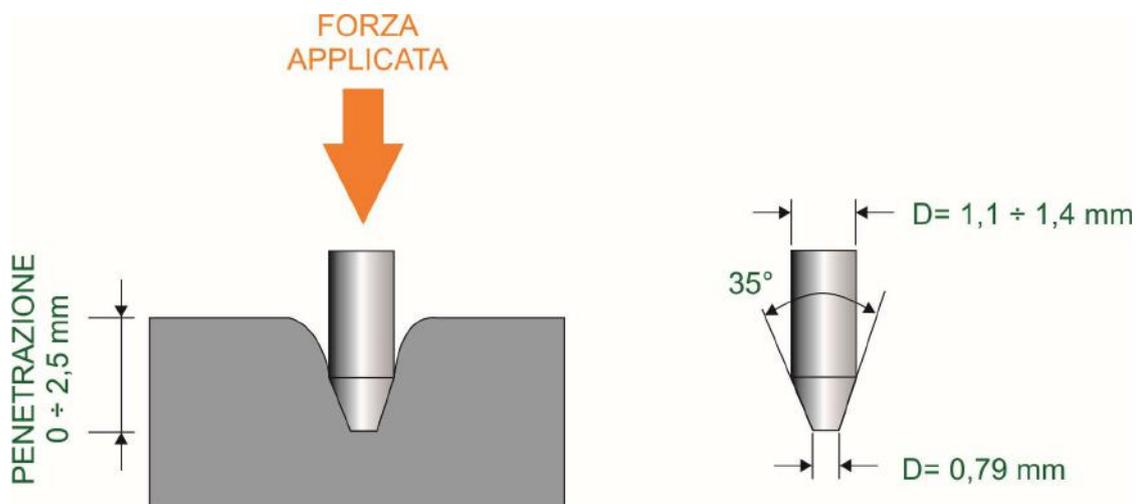


Figura 12 – principio di funzionamento di durometro per scala Shore A

Normalmente materiali oltre Shore A 90 vengono classificati con altra metodologia (Shore D), in quanto quella in uso per lo Shore A non è più attendibile.

La seguente tabella mostra alcuni esempi di materiali gommosi ed il corrispondente valore Shore A:

Scala	Valore	Materiale
Shore A	30	Gomma per cancellare
Shore A	35	Elastici
Shore A	40	Tamponi in gomma
Shore A	50	Timbri in gomma
Shore A	55	Gomma matita
Shore A	60	Gomma tergitristallo
Shore A	65	Pneumatici
Shore A	70	Tacchi scarpe
Shore A	75	Guarnizioni in gomma
Shore A	80	Suole scarpe
Shore A	85	Guarnizioni
Shore A	90	Rulli rivestiti
Shore A	95	Ruote carrelli in gomma

Il silicone ha ottime caratteristiche chimiche di resistenza a moltissime sostanze aggressive come acidi e solventi.

Inoltre è atossico e bio-compatibile e quindi idoneo per applicazioni in campo alimentare e medicale.

Esempi di ottima resistenza:

- acido acetico
- acido borico
- acido citrico
- acido tartarico
- cloruro di sodio
- etilene
- glicol
- oli vegetali
- alcool metilico
- sali in generale
- vino e aceto

Tecniche di formatura della tastiera

Lo stampaggio:

La forma che dovrà assumere la tastiera e le sue caratteristiche meccaniche sono determinate dalla forma che viene data allo stampo, che è realizzato in acciaio o in alluminio mediante incisione con elettroerosione o fresatura meccanica.

Lo stampaggio può avvenire:

- **per iniezione a caldo** in stampi di acciaio, se il materiale di partenza è liquido o a bassa viscosità (LRS), normalmente costituito da due componenti che si mescolano al momento della trasformazione;
- **per rammollimento a caldo** in stampi generalmente in alluminio, se il materiale di partenza è solido o pastoso (HTV). Al termine del processo segue un ciclo di vulcanizzazione.

Le tastiere al silicone normalmente sono realizzate con la seconda tecnica, inserendo manualmente nello stampo il silicone di base tagliato a strisce, che poi rammollendosi occupano tutta l'area di stampaggio.

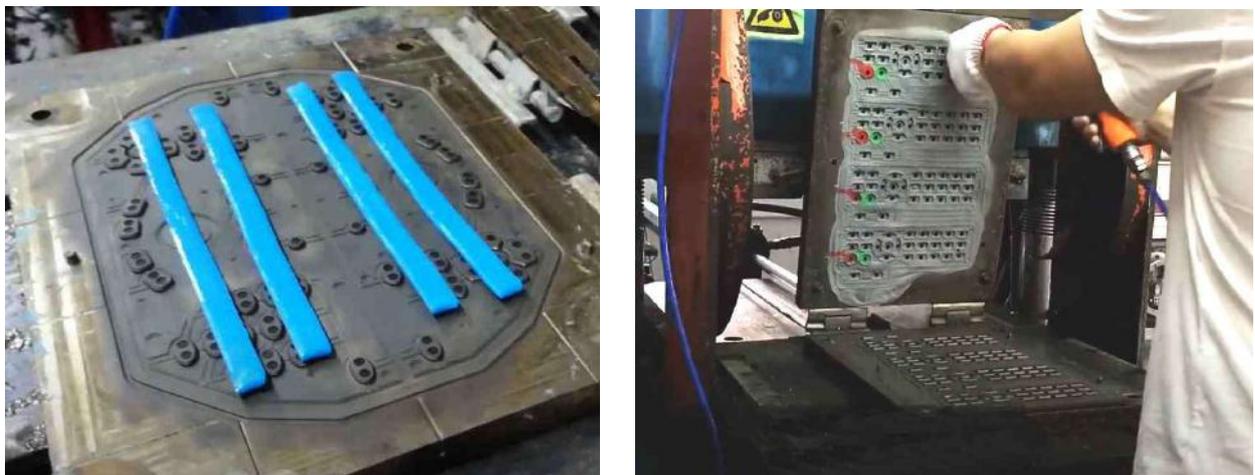


Figura 13 – stampi per la produzione di tastiere siliconiche

Dopo lo stampaggio, si effettua un ciclo di vulcanizzazione in forno alla temperatura di 200°C, che elimina i residui di impurità penetrati durante lo stampaggio e stabilizza le proprietà fisiche del silicone.

Con la vulcanizzazione le proprietà *plastiche* del silicone diventano *elastiche*.

La tecnica del co-stampaggio è utile per rendere trasparenti alcune aree della tastiera, per esempio per illuminare dei tasti o per realizzare delle spie luminose:



Figura 16 – co-stampaggio grigio/trasparente

Additional Bonding Layer:

Tasti con colori differenti sono realizzabili con la tecnica del *Additional Bonding Layer*, che consiste nello stampare a parte, in altri stampi, dei "blocchetti" di silicone che costituiscono il corpo superiore dei tasti nei vari colori.

Successivamente i "blocchetti" così ottenuti vengono inseriti manualmente nello stampo della tastiera; con il calore si saldano resto del silicone, senza sciogliersi, in quanto il silicone una volta polimerizzato resta stabile anche ad alte temperature.



Figura 17 – esempi di stampaggio con inserti di silicone colorati

Questa tecnica offre altri vantaggi, oltre alla possibilità delle colorazioni diverse:

- consente di abbinare siliconi con grado di durezza Shore A differenti (tipicamente Shore A 70), per esempio per applicazioni che usurano i tasti, senza compromettere i parametri di forza e di corsa.
- consente di realizzare tasti con spessore elevato, difficilmente ottenibile con un tappeto siliconico unico
- consente di realizzare tasti con forza di attuazione molto bassa (tasto morbido) con silicone molto duro.

E' anche possibile inserire nello stampo elementi come boccole o elementi metallici di irrigidimento, che poi rimangono affogati nel silicone.

Tolleranze dimensionali:

Poiché il silicone è un materiale molto elastico, le tolleranze dimensionali dei pezzi che escono dallo stampo sono maggiori rispetto a quelle di altri materiali stampabili più rigidi (come la plastica).

La maggiore tolleranza è dovuta a fattori non costanti nella tecnologia e principalmente alle condizioni e ai parametri con cui si stampa, al materiale, agli additivi, alla velocità del ciclo di stampaggio e di raffreddamento, ecc.

Dimensione massima tastiera	Tolleranza (±)
0 ÷ 10 mm	0.10 mm
10 ÷ 20 mm	0.15 mm
20 ÷ 30 mm	0.20 mm
30 ÷ 40 mm	0.25 mm
40 ÷ 50 mm	0.30 mm
50 ÷ 100 mm	0.35 mm
> 100 mm	0.5%

Il contatto elettrico sul silicone

Il contatto elettrico che ogni tasto attua quando viene premuto, è realizzato grazie ad un dischetto di carbone sinterizzato, (*pill*) che è incollato sotto al tasto direttamente durante l'iniezione del silicone.

In seguito alla pressione, il tasto in silicone scende lungo la sua corsa fino a quando il pill viene a contatto con il sottostante circuito stampato, cortocircuitando 2 contatti adiacenti (*pad*), normalmente in oro o in carbone serigrafato. L'elettronica di gestione della tastiera riconosce il cortocircuito e genera il segnale corrispondente a quel tasto. In altri termini il comportamento elettrico è simile a quello di un interruttore che si chiude.



Figura 18 – pill in carbone sinterizzato

I pill sono realizzati in *carbone sinterizzato*, fabbricato in tappetini di spessore costante, che vengono poi fustellati nella forma voluta, tipicamente circolare. Offrono una bassa resistenza di contatto e una durata di vita elevata.

Il pill generalmente ha forma circolare, con diametro di qualche mm (da 3 a 8 mm circa) e spessore 0,4 ÷ 0,5 mm (misura di cui tenere conto quando si calcola la corsa del tasto).

I pill vengono inseriti nello stampo aperto (nel semi-stampo inferiore), prima dell'introduzione del silicone, in cavità di alloggiamento che hanno la stessa forma.

Le tecniche utilizzate sono generalmente manuali: nello stampo in corrispondenza degli alloggiamenti dei pill è presente un piccolo foro al centro, attraverso al quale viene aspirata aria. Quindi si rovescia nello stampo una grande quantità di pill e si vibra lo stampo in modo che alcuni cadranno negli alloggiamenti, rimanendo bloccati grazie alla aspirazione.

L'eccesso di pill viene rimosso rovesciando lo stampo e facendo cadere tutti i pill, eccetto quelli negli alloggiamenti che rimangono bloccati dall'aria in aspirazione.

Manualmente si farà un controllo del corretto posizionamento di tutti i pill o di quelli eventualmente mancanti.

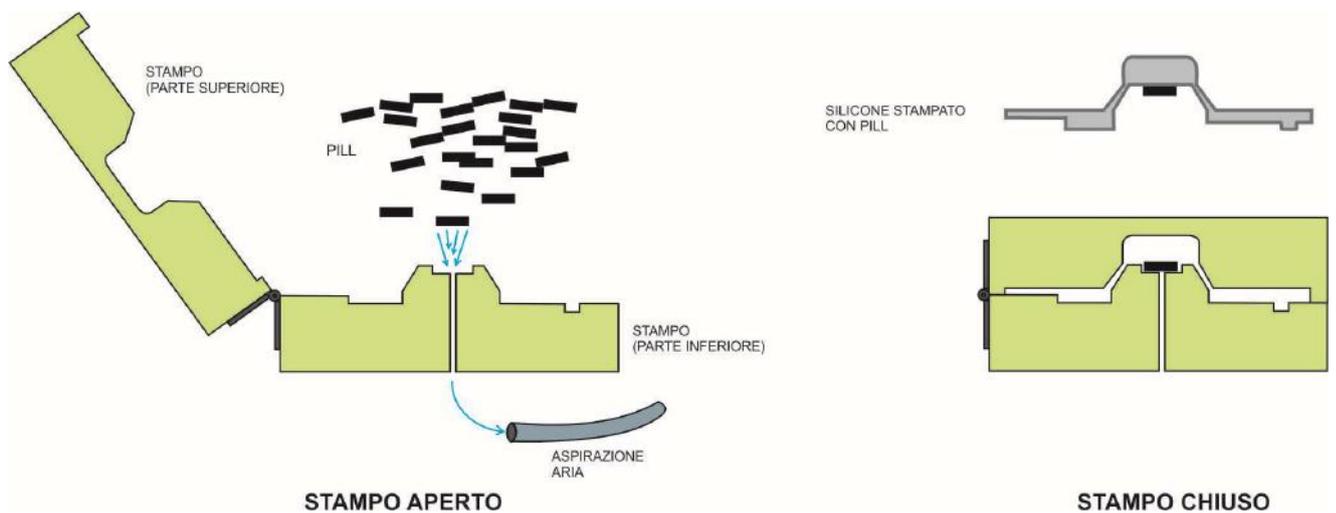


Figura 19 – tecnica di posizionamento dei pill nello stampo

Si possono realizzare pill con forme diverse, circolari e quadrate, rettangolari per i tasti di forma allungata, oppure a corona circolare per i tasti che sono illuminati da un led centrale. La più comune resta quella circolare.

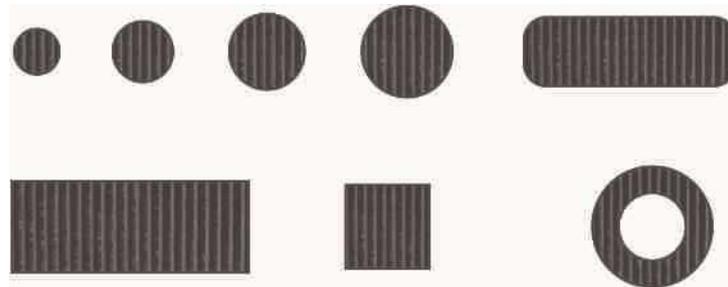


Figura 20 – esempi di forme di pill in carbone



Figura 21 – viste inferiori di tastiere al silicone con varie forme e disposizione dei pill

Esistono anche altri 2 metodi per creare il contatto, meno performanti, che hanno il vantaggio di poter realizzare facilmente qualsiasi forma di contatto. Si utilizzano per tastiere di bassa qualità, per esempio per applicazioni consumer:

- **pill serigrafato**: si realizza il contatto con inchiostro conduttivo serigrafato sul silicone sotto al tasto. Poiché è sottilissimo (10-20 micron), ha vita più breve e resistenza di contatto più alta.
- **RSP**: è una tecnologia intermedia alle due precedenti, perché utilizza un particolare inchiostro conduttivo spesso (15 ÷ 30 micron), deposto con tecniche non convenzionali. La resistenza è circa 200 Ohm e la vita è circa 5 milioni di cicli.

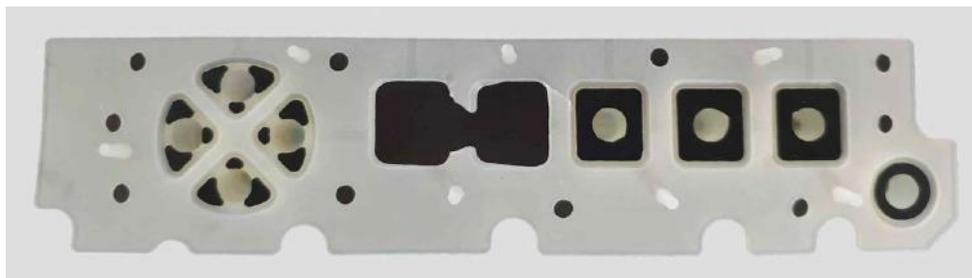


Figura 22 – tastiera con pill serigrafati in forme particolari

Il pill in carbone sinterizzato ha una resistenza di contatto bassa, normalmente molto inferiore ai 100 Ohm (con circuito stampato con contatto d'oro), dipendente anche dalla forza con cui si preme il tasto.

Con l'invecchiamento e l'uso insorgono progressivamente problemi di natura elettrica, dovuti al degrado del contatto pill-pad, per cui la resistenza di contatto aumenta nel tempo, fino a quando supera la soglia che l'elettronica di pilotaggio della tastiera ha come riferimento fra contatto aperto e contatto chiuso.

La durata del contatto dipende principalmente dal materiale e dalla tecnologia con cui è realizzato.

Il grafico seguente confronta la variazione di resistenza di contatto in funzione dei cicli di attuazione del tasto: si nota come la tecnologia con il pill in carbone sia la migliore in assoluto e quindi idonea per tastiere di qualità industriale:

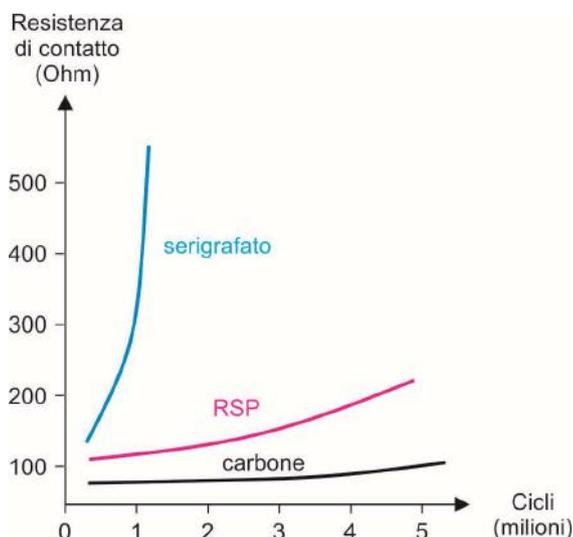


Figura 23 – variazione della resistenza con il numero di cicli per le 3 tecnologie

La tabella seguente mostra il comportamento del contatto in carbone al variare di alcune condizioni ambientali, come temperature alte e basse e in presenza di ozono (che è un agente fortemente ossidante):

Condizione ambientale	Resistenza di contatto
Bassa temperatura (-35 °C x 10 giorni)	50 Ω
Alta temperatura (100 °C x 10 giorni)	106 Ω
Presenza di ozono (60 ppm) (60 °C x 10 giorni)	82 Ω

Il contatto elettrico sul circuito stampato

Per ottenere la migliore affidabilità della tastiera è necessario curare il contatto sul circuito stampato. Questo normalmente è realizzato con 3 tecniche:

- **in carbone:** serigrafato sulle piste in rame sottostante; è di qualità inferiore, ma più economico, ha una resistenza di contatto compresa fra $500 \div 1000$ Ohm.
- **oro chimico**, con spessore normalmente di $0,03 \div 0,1$ μm deposto su un substrato di nichel, più costoso del carbone serigrafato ma con una resistenza molto bassa e buona durata nel tempo; la resistenza di contatto è generalmente inferiore ai 200 Ohm.
- **oro galvanico**, con spessore normalmente di $0,1 \div 2$ μm , estremamente più costoso del precedente ma di elevatissima qualità e durata nel tempo. La resistenza di contatto è generalmente inferiore ai 200 Ohm.

Totalmente sconsigliati sono i contatti in rame stagnato, anche con processo di *Hot Air Levelling* (HAL), perché presentano una superficie poco planare ma soprattutto perché si ossidano rapidamente.

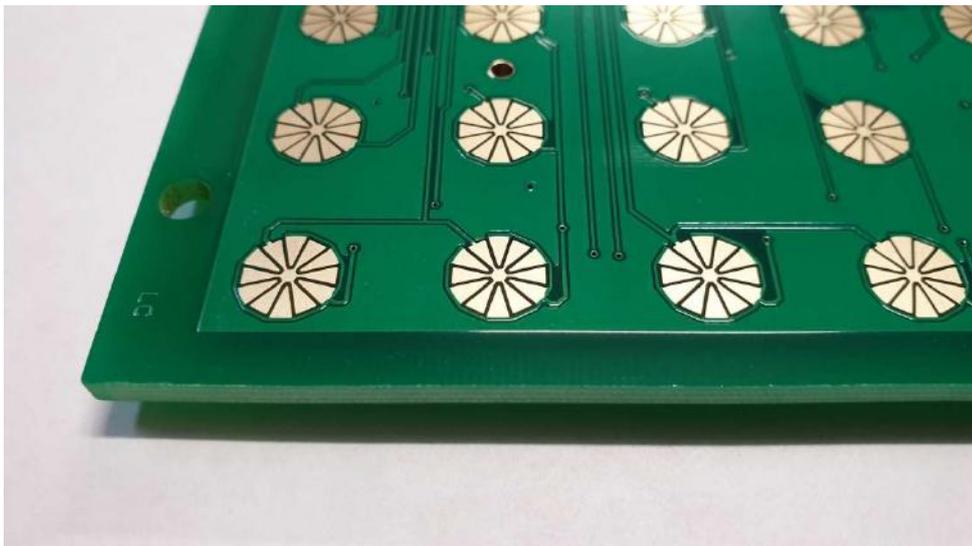
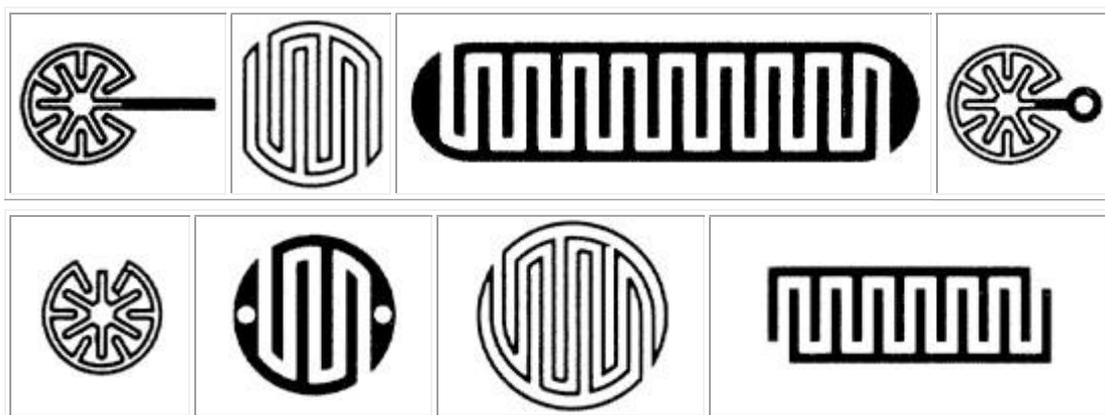


Figura 24 – contatti a forma di petali in oro chimico

Non esiste una regola precisa per realizzare il *pattern* di contatto, in generale sono da preferirsi le soluzioni che determinano il maggior numero di cortocircuiti fra i 2 elettrodi al contatto con il pill premendo il tasto in qualsiasi punto della sua superficie.

I disegni seguenti mostrano alcune fra le tante possibili soluzioni:



Si consiglia in generale di:

- realizzare il pattern di dimensione 1,25 volte il diametro del pill e comunque almeno 1 mm più largo.
- realizzare il pattern con piste di almeno 0,5 mm e distanziate tra loro di circa $0,5 \div 1$ mm

La tabella seguente elenca i valori tipici standard dei parametri meccanici principali del contatto sul circuito stampato:

Caratteristiche elettriche contatto	
Resistenza di contatto	<200 Ohm (*)
Resistenza di isolamento @ 500 V _{DC}	>100 MOhm
Tempo di rimbalzo del contatto	<10 ms
Corrente tipica di contatto	30 mA @ 12V _{DC}
Resistenza a tensione elevata	>1 min @ 500V _{RMS}

(*) con contatto d'oro su nickel sul circuito stampato

Caratteristiche meccaniche

Con l'utilizzo la tastiera a membrana subisce un processo naturale di invecchiamento dovuto alla rottura delle catene polimeriche, che principalmente si manifesta con la diminuzione della elasticità ed una tendenza ad ingiallire.

Questo problema determina a lungo andare lo strappo del collare di silicone che ritiene il tasto alla base, ovvero la parte più delicata in quanto sottile e soggetta alla continua deformazione ad ogni pressione.

Pertanto un parametro importante per le tastiere siliconiche è la "*vita dei tasti*", ovvero il numero di cicli di discesa e risalita che può compiere un tasto prima che si verifichino fenomeni di alterazione che ne compromettono il buon funzionamento.



Figura 25 – tastiera invecchiata, con il collare di alcuni tasti lacerato

Le scelte progettuali sono vincolanti per la vita della tastiera. Nella figura seguente si mostrano alcune tipologie di tasti, con differenti collari: ognuna caratterizza la forza di attuazione e la corsa e di conseguenza il numero di cicli prima della rottura (*vita del tasto*).

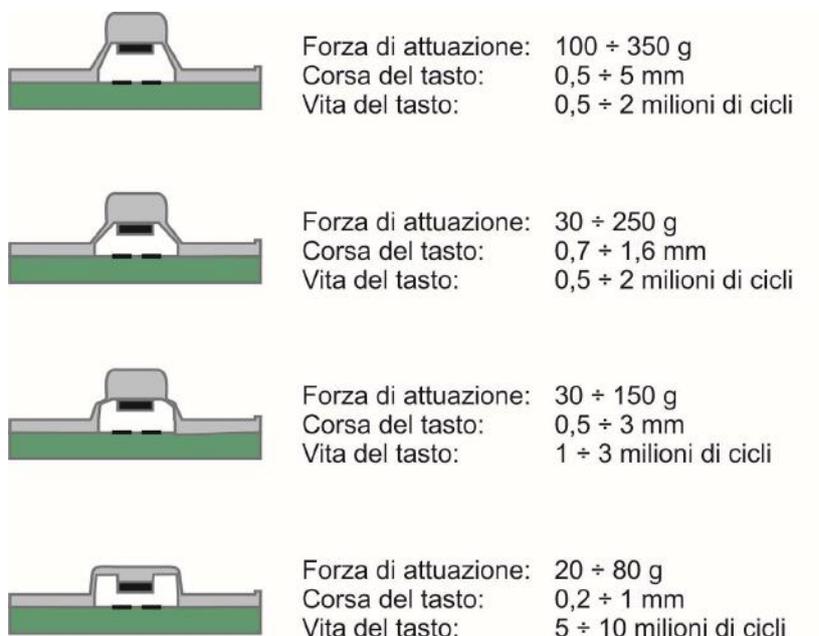


Figura 26 – esempi di tipologie di collari dei tasti e relativi parametri

La tabella mostra le principali caratteristiche meccaniche:

Caratteristiche meccaniche	
Corsa dei tasti	0.2 ÷ 5.0 mm
Forza di attuazione	20 ÷ 500 g
Vita dei tasti medio	1 x10 ⁶ cicli (tipico)
Temperatura operativa	-40 ÷ +180 °C
Temperatura di stoccaggio	-50 ÷ +250 °C
Durezza (Shore A)	50-60 tipico
Resistenza alla tensione (Kg/cm ²)	55 ÷ 75
Elongazione prima dello strappo	350 %
Compressione (*)	11 ÷ 22 %

Altezza del tasto

L'altezza di un tasto è determinata dalla somma dei seguenti valori (in mm):

- spessore del silicone di base (A)
- spessore del pannello frontale (B)
- corsa (C)
- spessore del contatto (pill) (0,5 mm)

a cui andrà sommata l'eventuale sporgenza dal pannello frontale (D) per ottenere l'altezza totale.

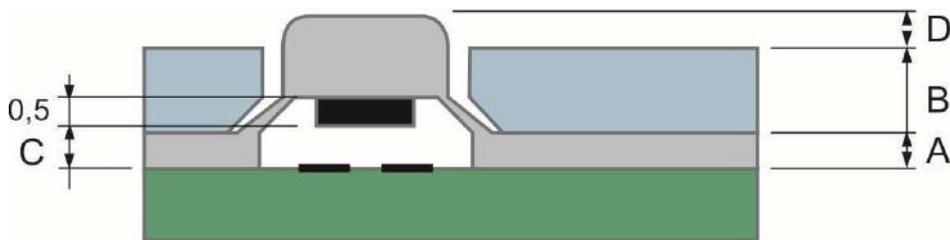


Figura 27 – componenti dimensionali dell'altezza del tasto

Forza di attuazione e corsa

La forza di attuazione e la corsa di ogni tasto dipendono essenzialmente da come viene progettato il collare che unisce il tasto alla base della tastiera (tappeto).

Indicativamente si possono ottenere forze di attuazione da un minimo di 20 grammi fino ad un massimo di 500 grammi.

A titolo di confronto, le normali tastiere per PC hanno forze dell'ordine dei 40÷60 grammi, mentre le tastiere industriali a membrana con contatti a cupoletta in acciaio hanno forze di 250÷350 grammi.

In generale per garantire una lunga vita alla tastiera e contemporaneamente un buon effetto tattile, si raccomanda una forza di attuazione attorno a 120 ÷ 150 grammi.

Sulla forza di attuazione si devono considerare le seguenti tolleranze massime:

Forza di attuazione	Tolleranza
50 g	± 15 g
75 g	± 20 g
100 g	± 25 g
125 g	± 30 g
150 g	± 35 g
175 g	± 40 g
200 g	± 45 g
250 g	± 50 g
> 250 g	± 30 %

Normalmente si assume il valore ± 25% come tolleranza tipica.

Le tolleranze sulla forza dei tasti sono dovute alla tecnologia di stampaggio che non permette di ottenere collari di spessore preciso e costante.

Quando si preme un tasto di una tastiera al silicone, la forza che si esercita determina uno spostamento (corsa) del tasto in direzione del circuito stampato.

Il grafico seguente mostra come al crescere della forza di pressione il tasto si sposta lungo la sua corsa:

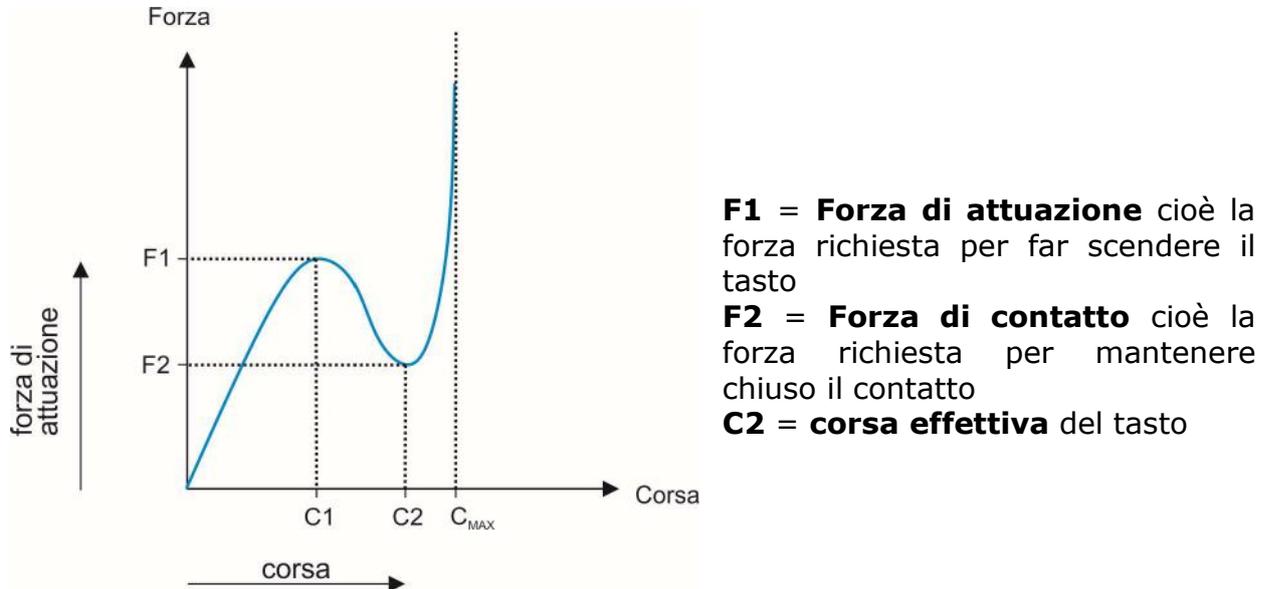


Figura 28 – grafico Forza/Corsa in fase di pressione del tasto

Quando si rilascia il tasto, la curva Forza/Corsa ha un andamento simile al precedente, ma più schiacciato verso il basso: il collare del tasto rilascia l'energia elastica che aveva accumulato in fase di pressione, spingendo il tasto verso l'alto, ma con forza minore per via degli attriti interni alla materia:

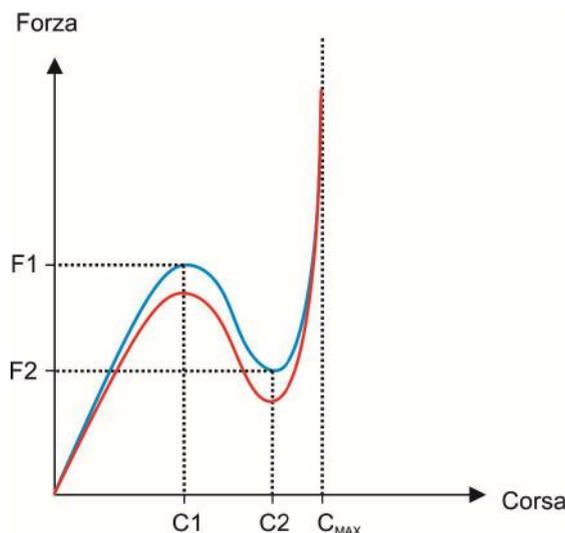
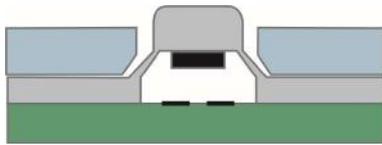
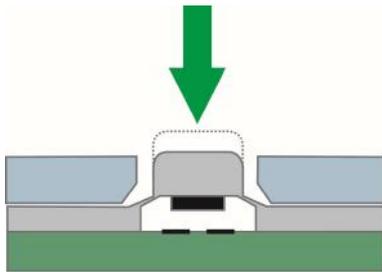
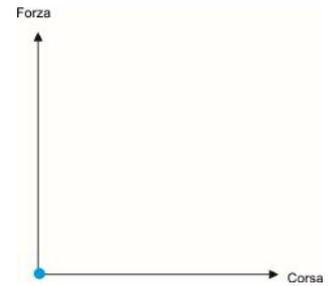


Figura 29 – grafico Forza/Corsa in fase di rilascio del tasto

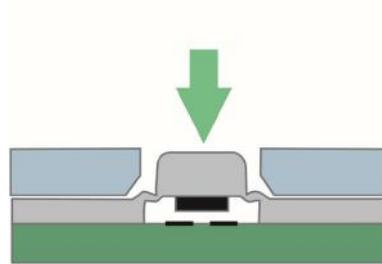
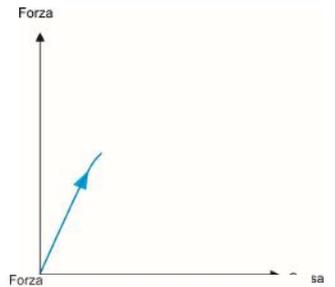
Interpretazione del grafico:



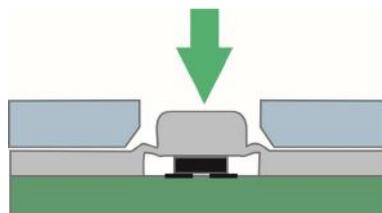
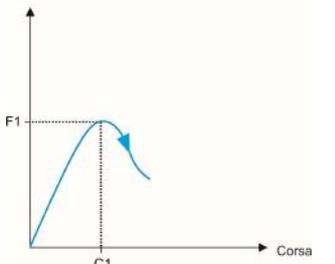
L'origine del grafico è il punto di partenza, ove nessuna forza è applicata e il tasto è completamente alzato (corsa zero).



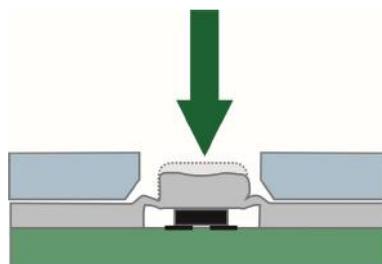
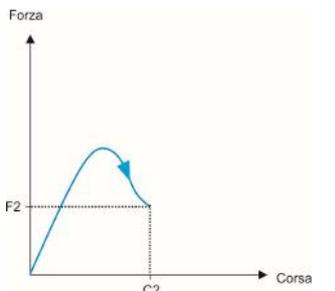
Premendo il tasto, si deve vincere la forza che oppone il collare che regge il tasto. Al crescere della forza con cui si preme il tasto, cresce circa linearmente la corsa verso il basso del tasto stesso.



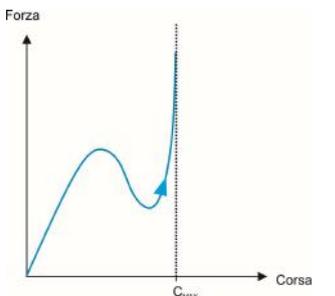
Ad un certo punto ($C1; F1$) il collare che regge il tasto subisce un risvolto ed agisce come una molla che attrae il tasto anziché contrastarlo: la curva termina di salire e inizia a scendere, in quanto occorre meno forza per continuare ad abbassare il tasto. In questo punto si raggiunge la forza massima ($F1$), detta *forza di attuazione*.



Raggiunto un punto minimo ($C2; F2$) il tasto ha quasi raggiunto il fondo della corsa e il pill si appoggia al circuito stampato. $C2$ è la *corsa effettiva* del tasto. $F2$ è la *forza di contatto*.



Da questo punto in avanti la corsa non può più aumentare, se non leggermente per effetto della compressione del silicone, fino ad un massimo C_{max} oltre il quale si è raggiunta la compressione massima (l'andamento diventa asintotico in direzione verticale).



Snap Ratio

Il parametro **Snap Ratio** o **Click Ratio** delle tastiere al silicone misura l'effetto tattile del tasto, cioè la sensazione che si avverte quando si preme il tasto. E' determinato dalla seguente formula:

$$\frac{F1 - F2}{F1}$$

ove: **F1 = Forza di attuazione**
F2 = Forza di contatto

In generale si può enunciare che:

- tastiere siliconiche con valori di Snap-Ratio con valori tra **0,4 ÷ 0,6** hanno un eccellente effetto tattile e una discreta durata di vita;
- tastiere siliconiche con valori di Snap-Ratio con valori **< 0,4** hanno uno scarso effetto tattile ma una durata di vita maggiore.

I grafici seguenti mostrano due esempi di tastiere al silicone con un buon effetto tattile (figura a destra) e con uno scarso effetto tattile (figura a sinistra):

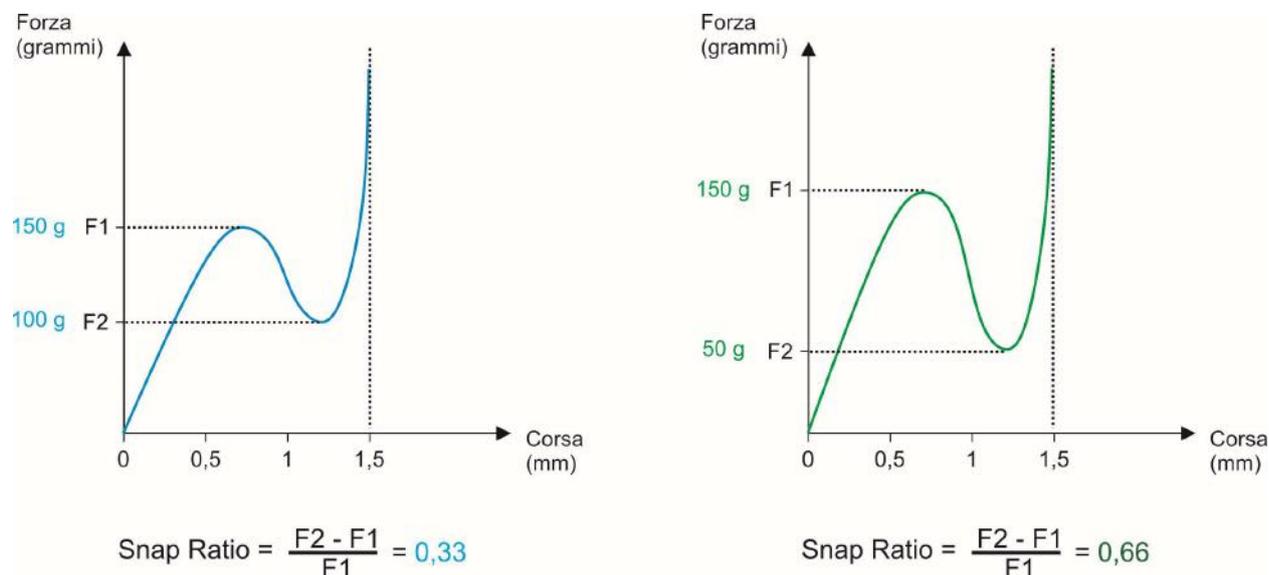


Figura 30 – esempi di valori di SnapRatio

Durata di vita

Il numero di cicli di funzionamento di un tasto dipende innanzitutto dalla durezza del materiale siliconico utilizzato e dalla sua qualità. In secondo luogo influiscono altri parametri costruttivi, quali la forza di attuazione e la lunghezza della corsa. Concorrono a ridurre la vita del tasto:

- corsa dei tasti lunga
- forza di attuazione elevata
- silicone con Shore A elevato

I grafici seguenti mostrano come varia la vita in funzione dei parametri sopraccitati:

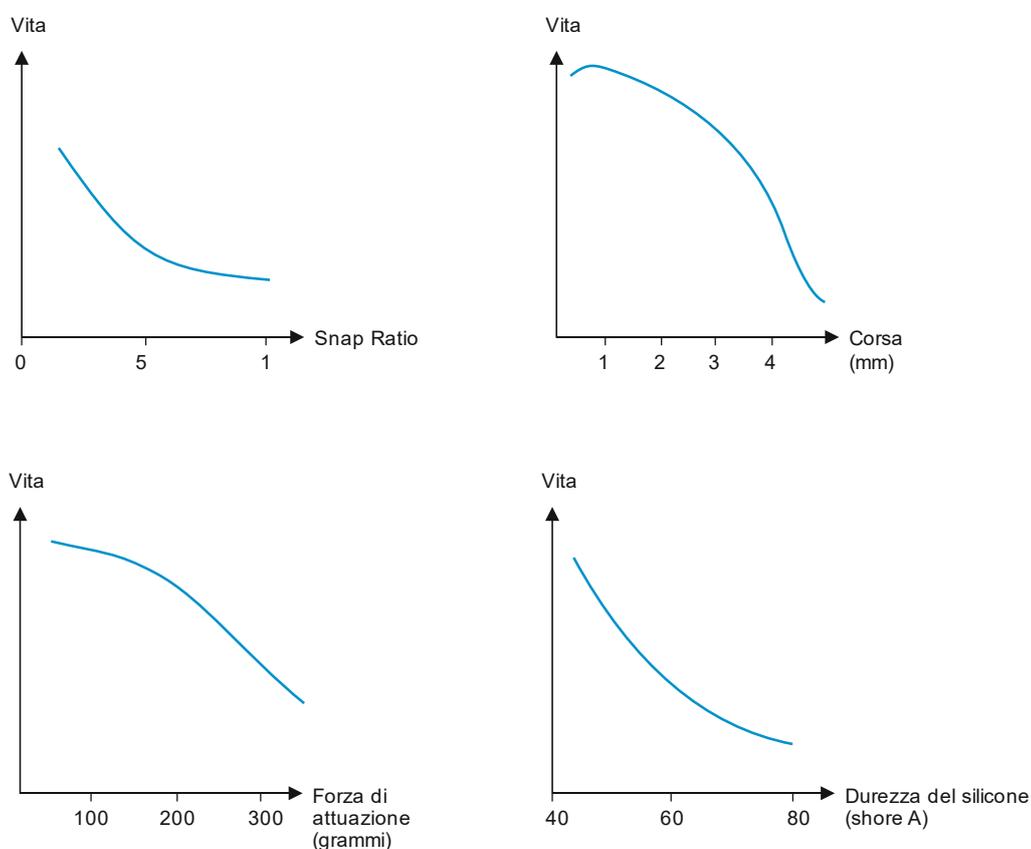


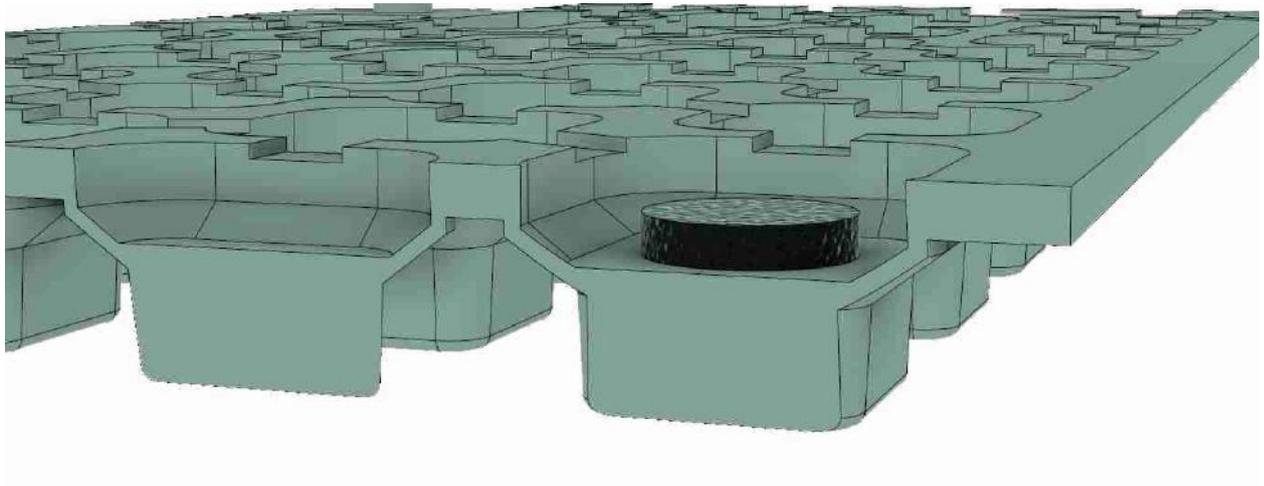
Figura 31 – dipendenza della vita del tasto dai parametri progettuali

Regole generali per la progettazione

E' difficile creare delle regole generali per ottenere il migliore effetto tattile e contemporaneamente la migliore durata di vita, tuttavia se per una certa applicazione si conoscono a priori la forza di attuazione e la corsa, è facile per il costruttore realizzare la tastiera con i parametri richiesti.

Si elencano alcune regole di massima:

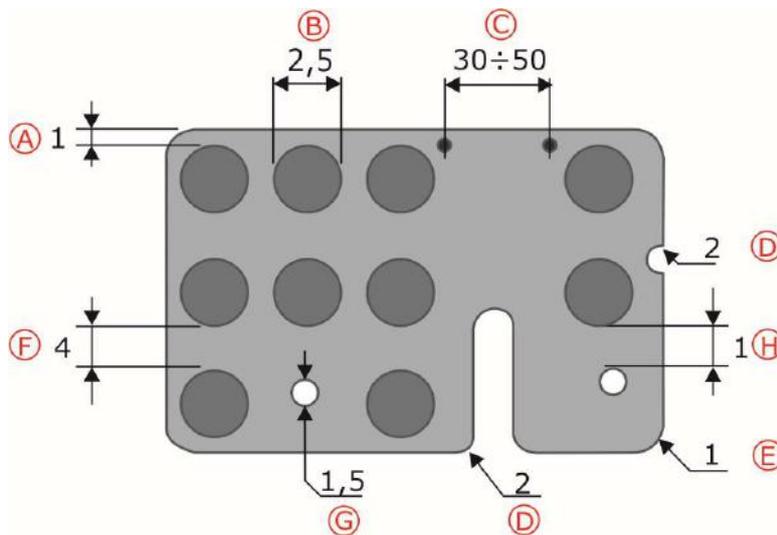
- spessore minimo del silicone 0,4 mm
- corsa attorno a 0,8 mm
- forza di attuazione $80 \div 100$ grammi per tasti con altezza di $10 \div 15$ mm
- forza di attuazione $150 \div 175$ grammi per tasti con altezza di $15 \div 25$ mm
- forza di ritorno non inferiore a 30-35 grammi (per evitare il grippaggio del tasto contro i bordi del contenitore)
- Snap Ratio minore o uguale a 0,4



Raccomandazioni per il disegno

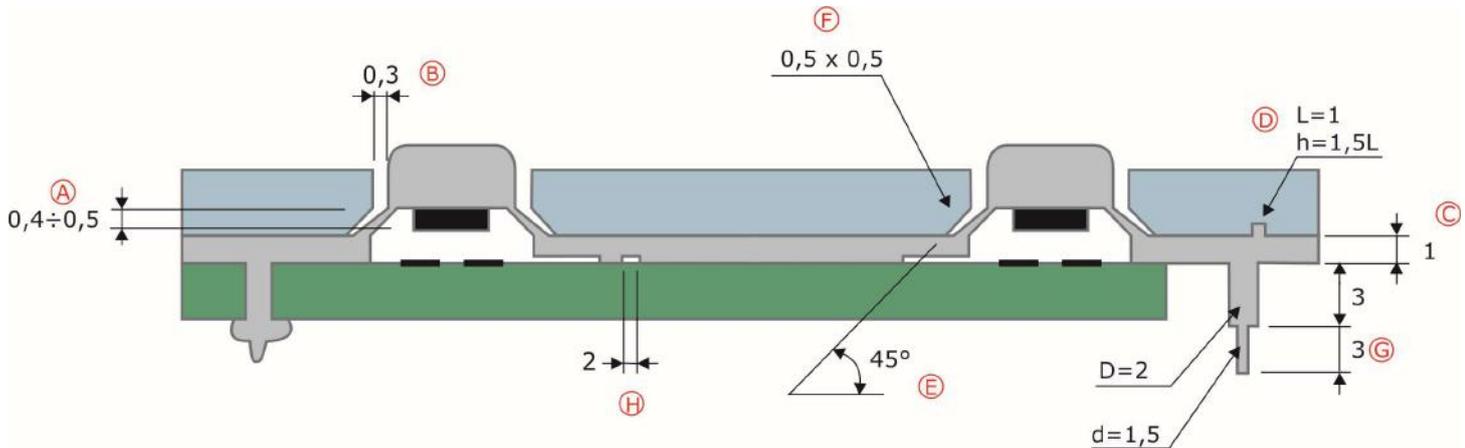
Si forniscono alcune indicazioni sulle dimensioni da rispettare in fase progettuale. I valori sotto riportati sono puramente indicativi e non necessariamente vincolanti, tuttavia sono consigliati per un risultato ottimale.

Quote in pianta:



A	Distanza minima tasto-bordo membrana:	1 mm
B	Dimensione minima del tasto:	2,5 mm
C	Distanza tipica tra le torrette di ritenuta:	30 ÷ 50 mm
D	Raggio minimo sulla membrana:	2 mm
E	Raggiatura tipica degli spigoli:	1 mm
F	Distanza minima tra i tasti:	4 mm
G	Dimensione minima foro di fissaggio:	1,5 mm
H	Distanza minima foro-tasto:	1 mm

Quote in sezione:



A	Spessore tipico del pill:	0,4 ÷ 0,5 mm
B	Distanza minima tra il pannello e il tasto:	0,3 mm
C	Spessore tipico silicone di base:	1 mm
D	Larghezza minima della guarnizione di tenuta	1 mm
D	Altezza della guarnizione di tenuta:	1,5 volte la larghezza
E	Angolo smussatura pannello:	45°
F	Smusso minimo pannello:	0,5 x 0,5 mm
G	Altezze tipiche delle torrette di ritenuta:	3 + 3 mm
H	Diametri minimi delle torrette di ritenuta:	2 e 1,5 mm
I	Larghezza minima dei canali dell'aria:	2 mm

Realizzazione delle legende

Le *legende* sono i simboli, le lettere, i numeri o qualsiasi altra rappresentazione grafica presente su ogni tasto per identificarlo.

Vengono realizzate sulla superficie del tasto utilizzando particolari inchiostri siliconici, che si saldano al silicone della tastiera indelebilmente, con tecnica serigrafica.

Normalmente si utilizza il riferimento Pantone® per definire il colore.

Bisogna distinguere tra la legenda e lo sfondo della legenda.

Tecniche di realizzazione:

La tecnica utilizzata più comunemente è quella **serigrafica**, consistente nel sovrapporre al silicone un *telaio serigrafico* con una tela tesa a maglie molto fini; con tecniche fotografiche un gel deposto sul telaio occlude le maglie dove non deve passare l'inchiostro e lascia libere quelle corrispondenti alla legenda.

Con una spatola chiamata *racla* si stende l'inchiostro, che scende sul silicone attraverso le sole maglie lasciate libere dal gel.

È importante ricordare che ogni colore che deve essere serigrafato richiede un'attrezzatura specifica (*telaio serigrafico*) ed una operazione di stesura dell'inchiostro (*passata serigrafica*), per cui al crescere del numero dei colori, crescono sia i costi di attrezzatura, sia quello della singola tastiera.

In alternativa alla serigrafia in positivo si utilizza la tecnica del **laser etching**, che offre risultati molto spinti, con tratti molto sottili (fino a 0,1 mm).

La parte superiore della tastiera siliconica viene spruzzata con un inchiostro siliconico del colore delle legende. Successivamente viene spruzzato un secondo strato del colore finito della tastiera, solitamente un colore scuro, spesso nero. È importante che questo strato scuro abbia uno spessore costante perché il laser lo inciderà in modo preciso per esporre il colore sottostante.

Le legende vengono incise dal laser, che rimuovendo con precisione il secondo strato di vernice, scopre lo strato colorato sottostante.



Figura 32 – incisione con laser (laser etching)

La tecnica può essere usata anche più semplicemente per incidere un solo strato di vernice, per cui la legenda avrà il colore del silicone sottostante.

Colori delle legende dei tasti:

La legenda di ogni tasto della tastiera siliconica può essere realizzata essenzialmente in 3 modi:

- **in positivo:** la legenda è serigrafata, lo sfondo è il colore del silicone della tastiera (**A**)
- **in negativo:** la legenda ha il colore del silicone del tasto, lo sfondo è serigrafato e "scavato" in corrispondenza della legenda (**B**)
- **su sfondo:** la legenda è serigrafata su uno sfondo che è stato precedentemente serigrafato di un altro colore (**C**)

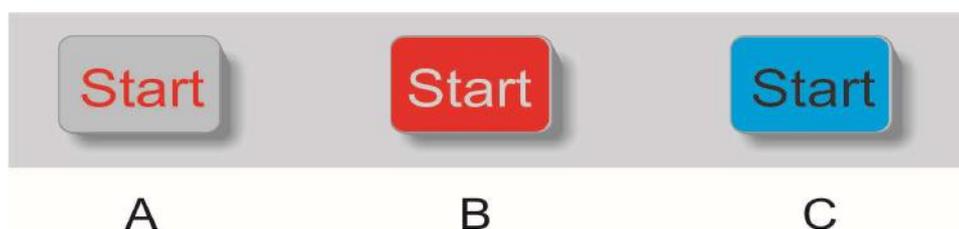


Figura 33 – legenda in positivo (A), in negativo (B), su sfondo serigrafato (C)

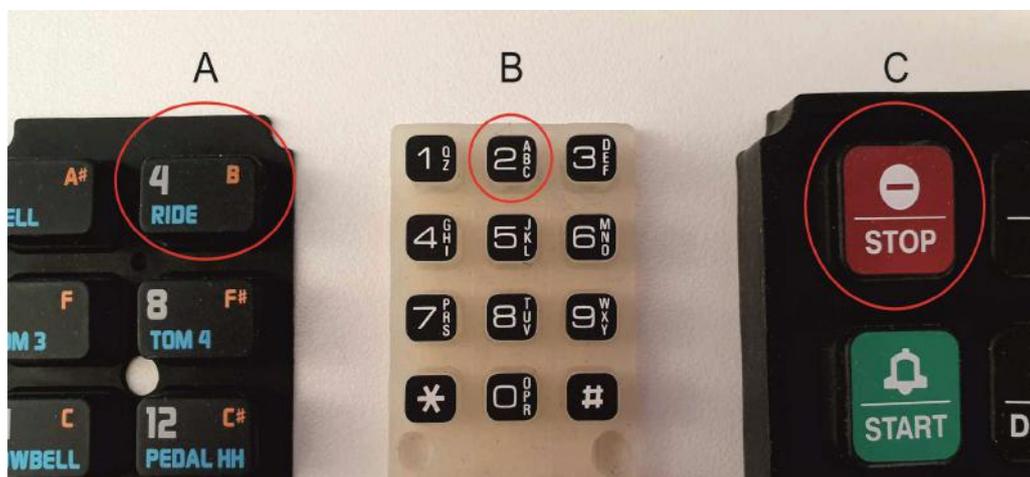


Figura 34 – esempi di legende in positivo (A), in negativo (B), su sfondo serigrafato (C)

Le legende del tipo B sono normalmente realizzate quando si vuole la loro retroilluminazione (con led), serigrafando un inchiostro opaco alla luce su silicone trasparente. Il colore della legenda illuminata dipende dal colore del led sottostante.

Ovviamente le legende o gli sfondi dei tasti possono essere realizzati con più colori, come l'esempio A mostrato nella precedente figura 34, dove i colori sui tasti sono 3.

Dimensioni delle legende:

Anche la serigrafia delle legende ha delle limitazioni dimensionali, legate alla tecnica serigrafica stessa:



Figura 35: limiti dimensionali delle legende serigrafate

Le indicazioni di massima per ottenere risultati ottimali sono:

- Dimensione minima della legenda: 1 mm
- Spessore minimo del tratto: 0,2 mm
- Spazio minimo tra i tratti: 0,2 mm

Il centraggio non è mai garantito, specialmente per tastiere di dimensioni grandi, in quanto il silicone ha tolleranze dimensionali nettamente superiori a quelle dei telai serigrafici.

Il centraggio sul tasto mediamente ha tolleranza $\pm 0,4$ mm, sia in X sia in Y.

Colori dello sfondo dei tasti:

Il colore della superficie di ogni tasto (= sfondo del tasto) può essere ottenuto con diverse tecniche, illustrate nella figura seguente:

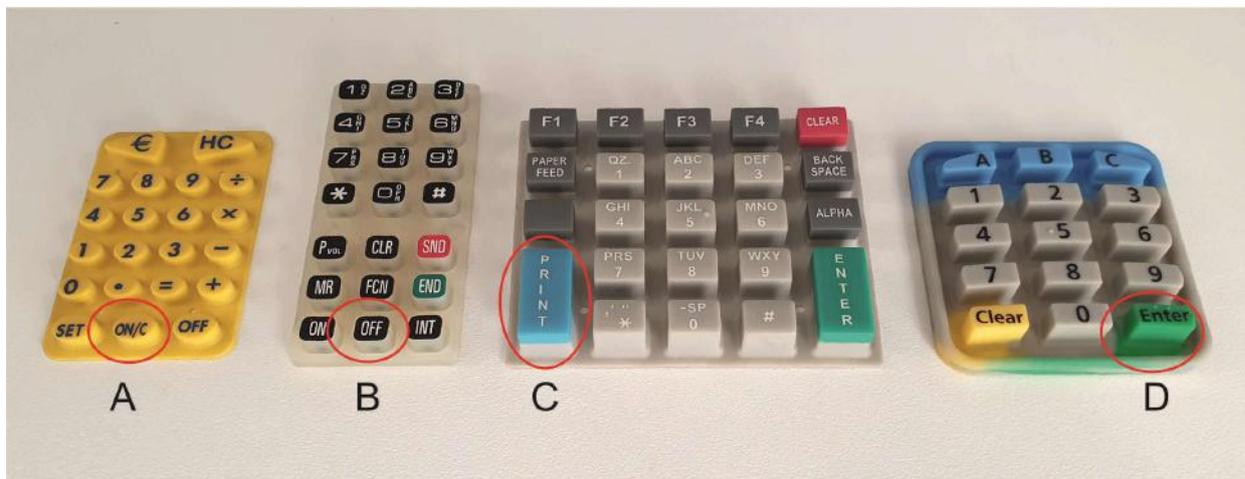
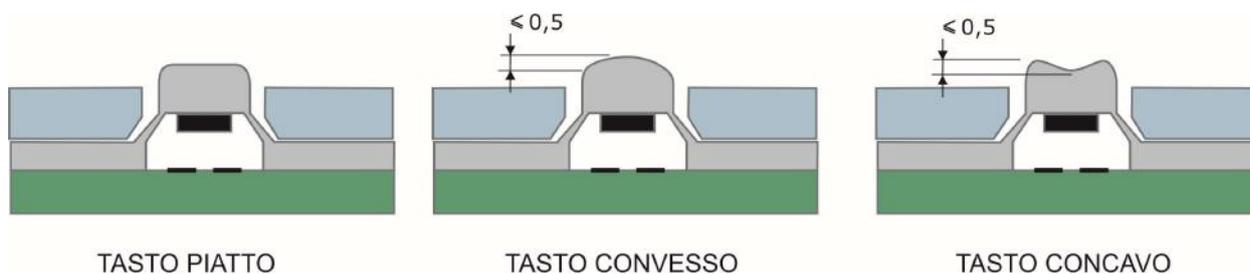


Figura 36 – metodi di colorazione dello sfondo dei tasti

- A il tasto ha il colore del silicone di base di tutta la tastiera (giallo)
- B il tasto ha lo sfondo realizzato con un colore serigrafato (nero)
- C il tasto ha lo sfondo del colore del tassello di silicone costampato (azzurro)
- D il tasto ha lo sfondo del colore del silicone costampato (verde)

Possono essere realizzate legende e sfondi anche su tasti con superfici concave, convesse o con il puntino in rilievo per l'identificazione del tasto, con alcune limitazioni, specialmente per le legende in negativo:



- **Tasti convessi:** massima curvatura permessa inferiore o uguale a 0,5 mm
- **Tasti concavi:** massima curvatura permessa inferiore o uguale a 0,5 mm
- **Tasti con punto d'identificazione:** non si possono serigrafare legende negative, solo positive.

Legende trasparenti:

E' possibile realizzare legende e tasti trasparenti, per permettere il passaggio della luce generata da led collocati sotto al tappeto siliconico, generalmente di tipo "reverse" saldati sul dietro del circuito stampato in SMD.

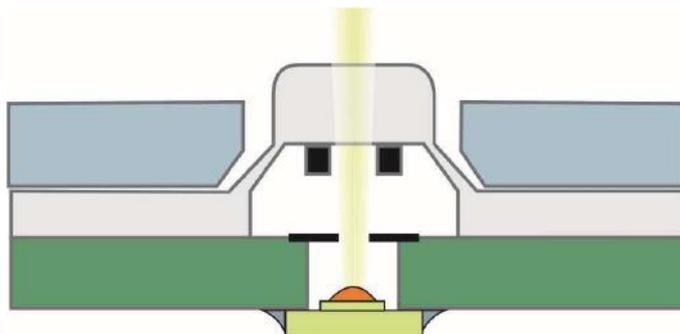


Figura 37 – sezione schematica di tasto illuminato con led

Con la serigrafia, le tecniche sono essenzialmente 2:

in positivo: si utilizza silicone trasparente e si serigrafava tutta la superficie del tasto di un colore coprente e opaco alla luce (es. nero), lasciando scoperta dal colore la legenda. La luce generata dal led trapassa il silicone trasparente e fuoriesce solo dove non è serigrafato lo sfondo.

Questa soluzione presenta lo svantaggio di far fuori uscire la luce dai lati del tasto, creando un possibile alone luminoso lungo i lati dei fori dei tasti nel contenitore. In qualche caso questo effetto può essere voluto per creare un design luminoso attraente.

in negativo: si utilizza silicone trasparente e si serigrafava solo la legenda con inchiostro opaco alla luce: il led illumina l'intera tasto, eccetto la legenda. Questa soluzione non è particolarmente usata perché l'illuminazione dello sfondo tende ad "accecare" la legenda.

Retroilluminazione dei tasti e delle legende:

La legenda illuminata richiede una forma del pill sottostante diversa da quella usata dai tasti normali.

Il pill, normalmente collocato al centro del tasto, ostacolerebbe il passaggio della luce generata dal led sottostante.

Pertanto le soluzioni sono:

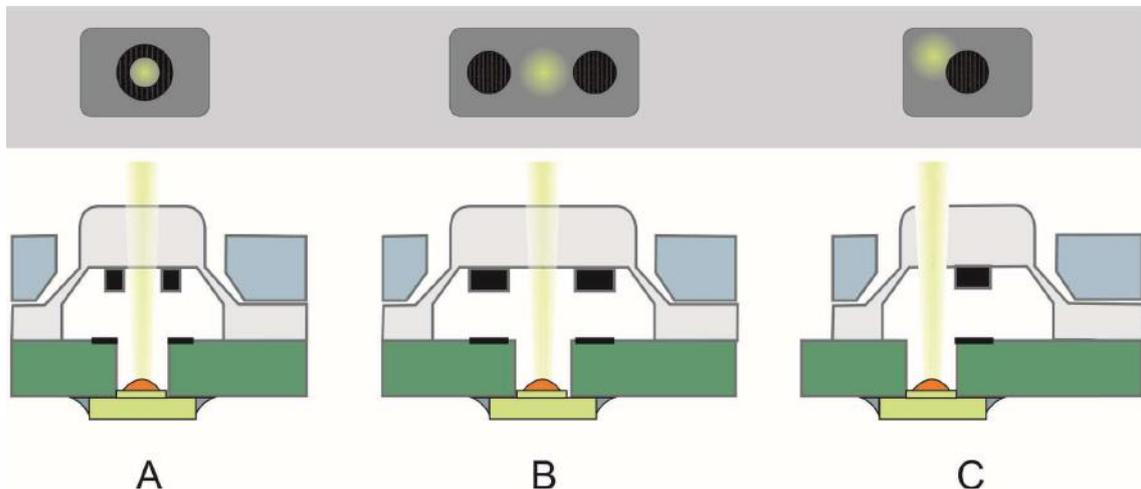


Figura 38 – soluzioni di contatto dei tasti con illuminazione

- pill a forma di "corona circolare", realizzato normalmente in carbone sinterizzato o talvolta serigrafato (A)
- pill doppi e disassati rispetto al led, soluzione possibile con tasti di dimensioni grosse, dove vi è spazio sufficiente per almeno 2 pill (B)
- legenda disassata rispetto al centro del tasto (C)



Figura 39 – tastiera retro-illuminata con legende realizzate con la tecnica del laser etching

Realizzazione di spie luminose:

Nelle tastiere al silicone può essere richiesto realizzare delle zone illuminate o delle spie luminose; si pensi ad esempio ad una tastiera standard per PC dove ci sono i led del Bloc Num, Bloc Scorr e Caps Lock.

In generale quanto esposto sulla retroilluminazione dei tasti vale anche in questi casi.

Tuttavia non va trascurato lo spessore del silicone in corrispondenza delle parti da illuminare: la massa siliconica attraversata dalla luce dei led, non essendo perfettamente trasparente ma, anzi, semi-opaca, determina una diffusione della luce che è tanto maggiore quanto è il suo spessore. Nei tasti il problema non sussiste in quanto per loro costruzione sono sempre sufficientemente spessi.

Per evitare di intravedere il led illuminato (sorgente di luce quasi puntiforme), occorre garantire uno spessore di almeno 3 mm di silicone.

Se la tastiera viene realizzata con silicone di base colorato, è possibile co-stampare la zona delle spie con silicone trasparente.



Figura 40 – spie sporgenti di una tastiera in silicone co-stampato con inserto trasparente

In rari casi si inseriscono nello stampo prima di stampare il silicone delle guide ottiche per la luce, che trasportano la luce del led verso l'esterno. Questa tecnica, costosa, viene attuata quando non si può utilizzare silicone trasparente, ma colorato e quindi opaco alla luce.

Finitura superficiale

La superficie dei tasti o più in generale di tutta la tastiera, dopo la serigrafia delle legende, viene normalmente trattata con una vernice trasparente, che la rende opaca oppure lucida, a seconda della richiesta.

Oltre a migliorare l'effetto estetico, con questa applicazione si incrementa notevolmente la durata della legenda e si crea una barriera protettiva a liquidi e polvere che potrebbero penetrare e rimanere trattenuti negli anfratti micrometrici del silicone.

Questi trattamenti richiedono una attrezzatura specifica (telaio serigrafico) e una passata serigrafica ulteriore, per cui accresce il costo una tantum del tooling e della tastiera.

Il trattamento più diffuso è il **PU Spray coating**, consistente nello stendere con pistole a spruzzo uno strato liquido di vernice poliuretana ad alta resistenza e ad alta adesività. Dopo l'essiccazione la superficie risulta opaca (*matt*) ed offre un effetto tattile più gradevole.

Effetto diverso è offerto dal **Silicon coating**, che dà come risultato una sensazione tattile più liscia, più scivolosa. L'effetto superficiale è lucido (*glossy* o *shining*).

In alternativa si utilizzano il **Clear Matte Oil coating**, realizzato con particolari oli stesi sempre con pistole spray, con superficie opaca e il **Parylene coating**, utilizzando polimeri del gruppo para-xilyleni, che offrono anche una elevata resistenza dielettrica ed isolamento elettrico superficiale.



Figura 41 – esempi di PU coating lucido (a sinistra) e mattato (a destra)



Figura 42 – trattamento PU coating con pistola a spruzzo su più tastierini

Un trattamento superficiale differente è l' **Epoxi Bonding Layer**, che consiste nel depositare sulla superficie di ogni tasto, mediante appositi dispenser, delle gocce di resina epossidica trasparente, che manualmente con l'ausilio di una punta o di un pennellino, viene allargato su tutta la superficie del tasto, creando una superficie bombata trasparente. Segue un essiccamento in forno per qualche secondo.

Questa tecnica aumenta praticamente all'infinito la durata della legenda e crea un effetto estetico molto piacevole.

La resina può essere opaca o, come nella maggior parte dei casi, lucida; può essere anche morbida oppure dura.

Il costo è elevato perché tutto il processo è eseguito manualmente.



Figura 43 – tastiere trattate con resina epossidica lucida

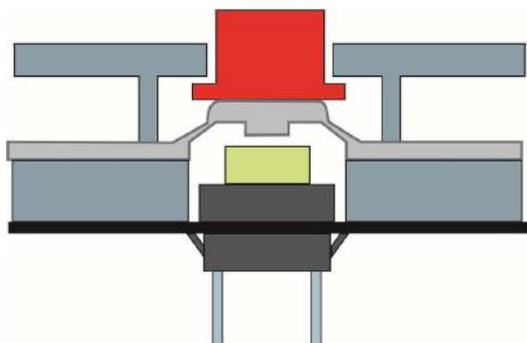
Evoluzione della tecnologia del silicone

La tecnologia del silicone nel settore delle tastiere industriali e consumer ha seguito una evoluzione che si può riassumere in 6 fasi successive:

1.^a FASE:

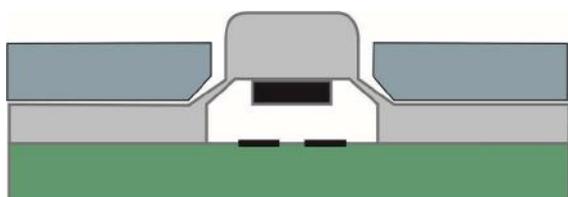
Le prime tastiere al silicone nascono come alternativa agli interruttori meccanici in uso nel secolo scorso dal dopoguerra. Un attuatore plastico preme su un tappeto siliconico sagomato, che deformandosi realizza il cortocircuito sul sottostante circuito stampato.

Questa tecnologia è ancora utilizzata, in forma più evoluta, nelle tastiere dei PC o in tastierini come quelli dei telecomandi dei TV.



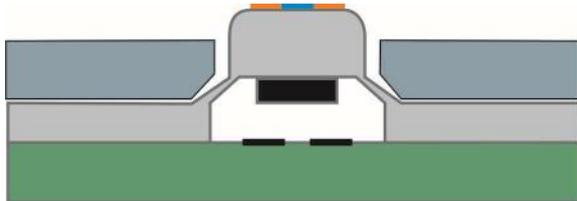
2.^a FASE:

Funzionano sul principio delle precedenti, ma il silicone realizza anche l'attuatore, evitando così il cappuccio plastico. Le legende non sono presenti e sono serigrafate sul pannello frontale.



3.^a FASE:

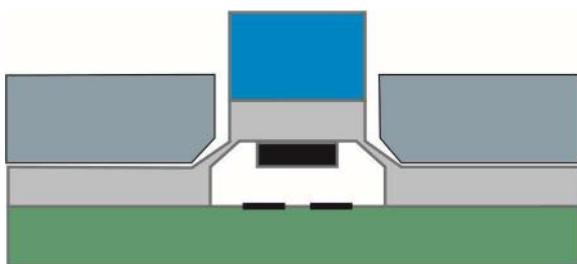
Sono essenzialmente le tastiere precedenti a cui si aggiunge la possibilità di serigrafare le legende sui tasti, grazie alla nascita di inchiostri silicomici in grado di aderire tenacemente sul silicone e di resistere all'usura e alle aggressioni chimiche.



4.^a FASE:

I tasti sono realizzati con 2 strati di silicone di durezza differente: quello inferiore più morbido, per realizzare la forza di attuazione e di rilascio, quello superiore, più consistente, per realizzare l'attuatore.

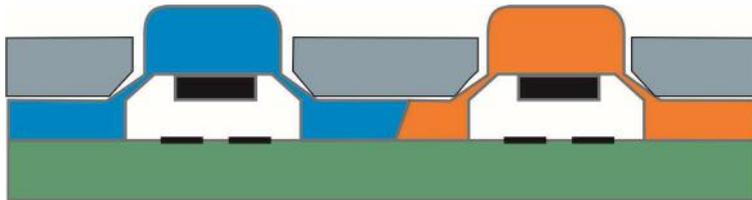
Con questa tecnica si possono costruire tasti molto alti e di grande superficie, con maggiore resistenza all'uso e di colori differenti dal silicone di base.



5.^a FASE:

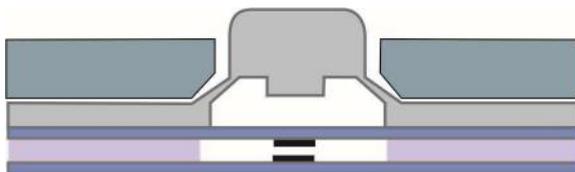
Nasce la tecnica del co-stampaggio di siliconi con diverso colore, contemporaneamente nello stesso stampo.

In questo modo si può realizzare una tastiera con un unico tappeto silicomico, ma in colorazioni differenti, compreso il trasparente per realizzare tasti retroilluminati.



6.^a FASE:

I tasti non hanno più il pill per realizzare il contatto, perché sotto al tradizionale tappeto silicomico che realizza i tasti è presente una tastiera a membrana in poliestere con contatti in argento. I costi sono estremamente contenuti e la tecnologia si presta per grandi produzioni.



Conclusioni

La Tecnologia al silicone ha raggiunto ampi livelli di diffusione in svariati campi di applicazione, industriale, medicale, elettronico, ma soprattutto nel “consumer” dove le produzioni sono elevatissime e contemporaneamente il costo deve essere estremamente contenuto.

Le motivazioni di tale successo sono evidenti:

- grado di protezione frontale IP65
- vita molto lunga
- buona durata delle legende
- costo molto contenuto
- ampie possibilità di design e di geometrie
- buon effetto tattile
- elevata velocità di dattilografia

A svantaggio di questa tecnologia si rimarca solo il costo delle attrezzature più elevato rispetto a soluzioni alternative quali ad esempio le tastiere a membrana con contatti in acciaio o meccanici.

Fondamentalmente influisce sulla spesa del tooling la realizzazione degli stampi, tuttavia le attuali tecnologie di progettazione con cad 3D e di fresatura con centri di lavoro automatici ne ha sensibilmente ridotto i costi.

Con totale certezza possiamo affermare che la tecnologia del silicone per le tastiere industriali avrà ancora un lungo futuro, con possibili evoluzioni tecnologiche che ne aumenteranno ancora le prestazioni, già ora ad un livello assolutamente di eccellenza.

NOTA:

Il presente trattato è di libera consultazione e disponibile sul sito di G.P. Tecno www.gptecno.it nell'area download

Copyright © ottobre 2020 - È vietata qualsiasi riproduzione senza il consenso dell'autore.

Le tastiere in silicone mostrate nelle fotografie contenute nel presente trattato sono realizzazioni di G.P. Tecno per i propri clienti.