

## **Studio, disegno e realizzazione di una famiglia modulare di prese e accessori per impianti TV-SAT**

Silvano Taglietti<sup>(1)</sup>, Stefano Uberti<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> ET Taglietti srl , Coccaglio, Brescia.

<sup>(2)</sup> Università di Brescia, stefano.uberti@unibs.it

### **Abstract**

Il presente lavoro riguarda un caso di studio che tratta l'analisi preliminare, il progetto e l'industrializzazione di una famiglia innovativa di prese e derivatori per impianti domestici TV-SAT, progettati secondo criteri di modularità.

Il mercato dei prodotti succitati è molto ampio e dominato da poche grandi aziende, le quali tuttavia si affidano a piccole aziende subfornitrici che realizzano il prodotto finito, pronto per la distribuzione ai canali di vendita. Il caso in questione riguarda appunto una di queste aziende. Le prese e i derivatori per impianti domestici TV-SAT sono generalmente composti da piccole parti realizzate per fusione in pressocolata di lega leggera, contengono dei circuiti elettrici ed elettronici aventi lo scopo di modulare l'attenuazione del segnale necessaria per consentire il collegamento delle varie prese presenti nell'unità abitativa. Il disegno innovativo dell'elemento base della serie (presa singola terminale) ha permesso, attraverso la messa a punto della morfologia del prodotto, di ottimizzare la risposta in frequenza (0-2400 Mhz), secondo il diagramma di Smith. Lo studio estetico del prodotto ha inoltre permesso il disegno di una linea di prodotti gradevoli per l'utente, funzionali per l'installatore, con dimensioni più compatte di quanto offerto dalla concorrenza.

This paper deals with a case study concerning preliminary analysis, design, development and engineering of an innovative set of sockets and derivators for tv-sat home systems. These object were all developed following modularity criteria.

There are few big companies that dominate tv-sat components market, but they rely on smaller companies to have delivered those components already built and packed to be sold. This is because of the wide variety of versions that doesn't permit investments in big plants. Tv-sat plant components (except cables) are made of small light alloy die-castings and they contain also small electronic circuits aiming to set the right signal attenuation to allow various sockets in the home plant.

The "terminal singular socket" lays at the base of the series, whose innovative design allows the optimization of frequency response (0-2400Mhz) due to a morphological study of all internal and external components. The result of our work, through a wide aesthetic study, was to obtain a nice product line with a higher level

of functionality for the installers, and moreover with much smaller dimensions compared to concurrence.

### 1. Particolarità dei componenti di impianti domestici TV-SAT

La presente memoria tratta il progetto e la realizzazione di una famiglia modulare di prese, da inserire in una comune scatola portafrutti da impianto elettrico domestico, per connessione di un cavo di segnale del tipo a schermatura reticolare coassiale, in particolare per utilizzo in impianti di distribuzione in alta frequenza (TV-sat).

I cavi elettrici coassiali, particolarmente quelli per segnali ad alta frequenza, richiedono una corretta schermatura dalle onde elettromagnetiche che sono causa di disturbi e alterazioni, sia per il segnale sia in uscita verso l'esterno. La protezione elettromagnetica è normalmente costituita da una calza o maglia formata da sottili fili di rame, che avvolge completamente il conduttore elettrico di segnale, mantenuta isolata dal conduttore stesso da una guaina in materiale isolante, disposta coassialmente. La necessità di una corretta connessione con altri organi risulta evidente nel caso di prese, predisposte per connessione di più cavi, poiché più connessioni ci sono e più disturbi si sommano. Il mantenimento del concetto di coassialità tra la rete di schermatura e il conduttore di segnale deve essere presente anche all'interno dei particolari tecnici che gestiscono e distribuiscono il segnale. Si utilizza una struttura di contenimento metallica esterna che svolga la funzione della calza di rame in continuità con essa, nei confronti del segnale in frequenza che viene elaborato o trasmesso all'interno della struttura. Ogni elemento impiegato in questo impianti deve garantire sia la continuità e il trattamento del segnale che il perfetto isolamento, garantito da un contenitore esterno che lavora in continuità con la calza di rame del cavo. Ciò cresce esponenzialmente d'importanza al crescere della frequenza (la frequenza è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda).

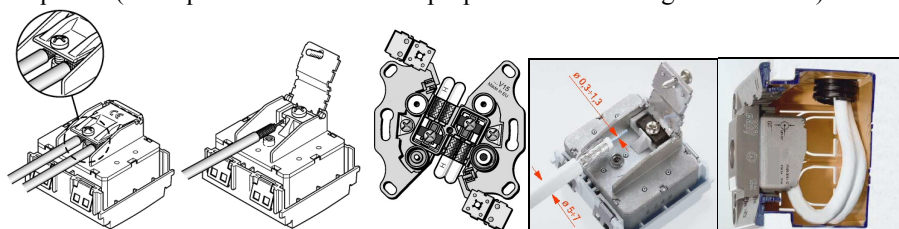


Figura 1

Sono già noti diversi tipi di connessioni multiple schermate per prese a più cavi coassiali. In alcuni casi dette connessioni operano con serraggio separato del cavo centrale e della calza schermante (dopo averli scoperti), mediante morsetti semplici (piatti) che però deformano la geometria cilindrica del cavo per schiacciamento, oppure mediante strutture complesse (senza viti), che però non sono in grado di garantire la necessaria stabilità nel tempo. (fig 1)

### 2. Scopo del lavoro di Disegno e progettazione

Nostro scopo è stato realizzare una struttura base di connessione per prese, (eventualmente utilizzabile anche in spine o altre apparecchiature similari) dove è necessaria una connessione di un cavo coassiale

Inoltre, osservando il mercato degli impianti TV-sat è possibile considerare quanto segue: il segnale ricevuto dall'antenna centralizzata (o parabola) deve raggiungere le varie postazioni degli apparecchi TV nell'abitazione (o negli appartamenti nel caso di un palazzo). Il segnale deve percorrere distanze molto diverse tra la sorgente (antenna, impianto di ricezione principale) e i punti di utilizzo finale, ovvero le prese a muro in corrispondenza di un televisore/decoder. Il segnale viene amplificato a valle dell'antenna e quindi ogni struttura di trattamento del segnale deve avere un proprio livello di attenuazione in base alla posizione nell'impianto (0 dB, 10 dB etc..). Le prese finali (non passanti, che costituiscono il terminale di un cavo di trasporto segnale) hanno livelli di attenuazione del segnale di 0dB (zero decibel).

Attualmente una tecnica molto diffusa per la costruzione economicamente vantaggiosa di tali prese consiste nel realizzare la presa con un corpo a guscio (tipo scatola) pressofuso, all'interno del quale può essere alloggiato un piccolo circuito elettronico, su cui vengono preassemblati i contatti verso il cavo coassiale di monte e verso la spina di valle (pin d'uscita); il tutto viene inserito nella presa.

Altro scopo è stato progettare una presa terminale avente sia un'attenuazione di 0dB che una linea di trasmissione perfettamente adattata (secondo il diagramma di Smith), semplicemente tramite la conformazione generale (coassiale continua).

Tale presa terminale deve inserirsi in scatole portafrutti (fig 1 destra) e risultare strutturalmente semplice, di facile montaggio e di costo competitivo. Da questa deve ricavarsi una famiglia modulare con varie attenuazioni e connessioni all'utenza.

## **2. Il Problema del circuito**

Ciò che crea più problemi alle aziende produttrici di componentistica, specialmente per ciò che riguarda le prese terminali, nasce in conseguenza della presenza del circuito elettronico: esso è costoso, specialmente per la presenza di cosiddetti "accoppiatori direzionali" (fig 2 sinistra), piccolissimi oggetti simili a trasformatori che devono essere avvolti a mano da parte di personale istruito (difficoltoso, date le dimensioni minime), con relativo costo; in essi è presente del materiale magnetico che deve essere garantito alle prestazioni in alta frequenza.

L'implementazione di un circuito elettronico in una presa genera discontinuità nella coassialità teorica della linea, con relative conseguenze. Oggi per la produzione dei circuiti e il montaggio delle prese ci si rivolge per lo più a paesi con basso costo della manodopera (Cina, est Europa) con notevoli problemi di qualità del prodotto.

Quello che offre il mercato nel settore delle prese terminali non è sicuramente ottimizzato dal punto di vista della risposta in frequenza, dato che il disegno complessivo risulta fortemente vincolato dalla presenza del circuito e dal target assoluto di contenimento dei costi.

Ad eccezione della presa singola terminale (quella cioè dove termina il cavo), le prese passanti (quelle dove il cavo di segnale entra ed esce, con una derivazione per il prelievo del segnale da parte di un decoder TV), i derivatori (un ingresso di segnale con più uscite verso le varie prese) e i multiswitch (per impianti condominiali) hanno necessità di avere circuiti elettronici per il trattamento del segnale. Pertanto è stato svolto un lavoro complessivo di progettazione per ottimizzare il disegno degli accoppiatori e per integrare il circuito nel migliore dei modi all'interno della meccanica della presa.

### 3. Impostazione della famiglia - elemento base

Si può capire come il punto nodale sia il disegno razionale dell'elemento base degli impianti (presa terminale). Nel nostro caso si è partiti da un'analisi accurata di tutti i prodotti della concorrenza, allestendo un avanzato laboratorio dotato di analizzatori di rete (programmati in azienda) in grado di rilevare la risposta in frequenza (secondo Smith) di ciò che si andava ad analizzare (0-2400Mhz).

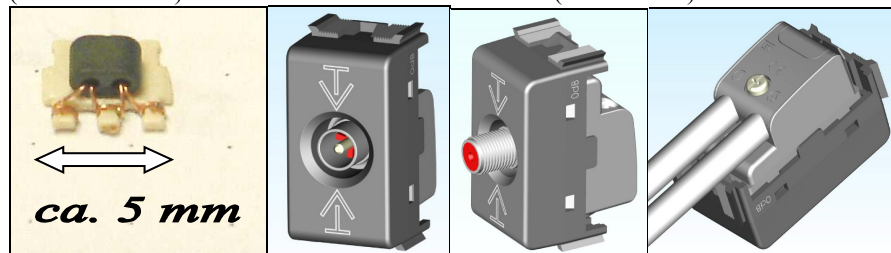


Figura 2

Attraverso di esso sono stati testati i prodotti in commercio andando a rilevare la risposta in frequenza, scoprendo come, nella maggior parte dei casi, essa sia ben lontana dall'ideale, attestandosi spesso sul limite inferiore prescritto dalla normativa. Inoltre, con un notevole sforzo di tempo e risorse è stata eseguita una operazione che, per quanto sappiamo è unica nel suo genere: dopo aver disegnato e costruito un'apposita fixture calibrata in frequenza dove inserire gli accoppiatori direzionali è stata eseguita una scansione di tutti quelli reperibili commercialmente, nonché una scansione di migliaia di campioni costruiti a mano in azienda, al fine di testare sul reale l'effettiva risposta al variare dei materiali e dell'avvolgimento (confrontando con simulazioni informatiche 2D e 3D); ciò costituisce un database unico nel suo genere, che solo in futuro potrà mostrare le sue potenzialità.

In contemporanea è partita la fase di studio della conformazione della famiglia di prese e derivatori. Solo affrontando globalmente il problema si poteva giungere ad una soluzione che presentasse un sistema modulare, in cui i prodotti finali fossero ottimizzati, pur condividendo buona parte della componentistica.

E' possibile valutare in diverse centinaia le varianti di disegno esplicitate per giungere a quella finale (studiate al Cad 3D o prototipate su macchine CNC).

Il frutto di questa ottimizzazione delle morfologie è che la linea di trasmissione nella presa è un sistema perfettamente coassiale costituito da due semigusci nervati, in plastica, con profilo ad "S" innestantisi uno nell'altro e da un conduttore pressofuso in Zama, realizzando una struttura che, assieme ai due semigusci esterni (presso fusi), riproduce appunto la coassialità del cavo (fig 3-esploso).

Il presente sistema può essere realizzato in variante anche come sistema coassiale a sezione quadrata o esagonale o altro (è stato depositato un brevetto); dai disegni è possibile vedere che il presente trovato si caratterizza con una sezione interna circolare; il pin centrale viene ottenuto per pressofusione, ma risulta possibile realizzarlo direttamente per tranciatura di una lamiera conduttrice o con altre tecniche, seguendo il profilo di sviluppo ad "esse", oppure una conformazione alternativa (rettilineo etc..). Per brevità non ci si sofferma sui dettagli costruttivi dei

particolari, anche se andrebbero menzionati tutti gli accorgimenti progettuali (di morfologia), atti ad evitare la dispersione del segnale o l'ingresso di disturbi.

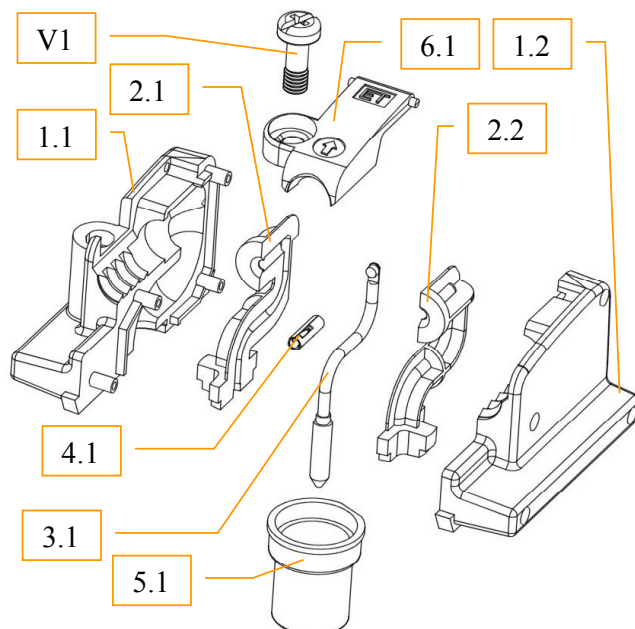


Figura 3

#### 4.Modularità

Per poter procedere correttamente al disegno della presa si è proceduto allo studio accurato delle richieste del mercato e degli operatori (elettricisti-installatori).

Le funzionalità della presa sono state separate in 4 zone distinte: ingresso del cavo, linea di trasmissione, elementi di connessione a valle, involucro. Partendo da questa suddivisione, di ogni gruppo-funzione sono stati realizzati studi di funzionamento, concependo una serie di prototipi Cad e fisici. Quindi ogni componente è stato accuratamente studiato in simultaneo con gli altri, al fine di definire le specifiche di intercambiabilità, come si può arguire dalle figure 2 e 3 che mostrano l'evoluzione finale. L'elemento base della serie (presa terminale) mostra come, (dato che il mercato richiede tre differenti codoli, definiti in gergo "maschio", "femmina", "attacco F"), sia stato studiato un sistema a sottomoduli intercambiabili, minimizzando i costi di produzione e magazzino, a differenza della concorrenza che esegue numerose varianti integrate, con aggravio notevole di costi.

Dalla figura 4 si possono apprezzare i sottomoduli per le tre varianti, definiti dai numeri 3.1-5.1 / 3.2 - 7.2.1-5.2 / 3.3-4.1-3.3.1-5.3; quindi, all'atto dell'assemblaggio è necessario semplicemente sostituire un modulo con l'altro per ottenere le diverse configurazioni. Questi moduli, a loro volta, sono composti di singoli elementi (stampati in plastica o pressofusi, individuati dai singoli numeri) che possono essere utilizzati anche nella realizzazione di ulteriori tipi di presa.

Si sottolinea che la misura utilizzata come modulo base è l'interasse tra i due cavi (ingresso e uscita) di una presa passante (fig 2 destra, fig 6 sinistra), cioè la distanza tra gli assi delle zone cilindriche con le griffe per l'afferraggio dei cavi (10,4 mm). Tutte le misure significative degli elementi modulari, dove non pilotate dalle normative, derivano da questa misura base, che può essere considerata il modulo.

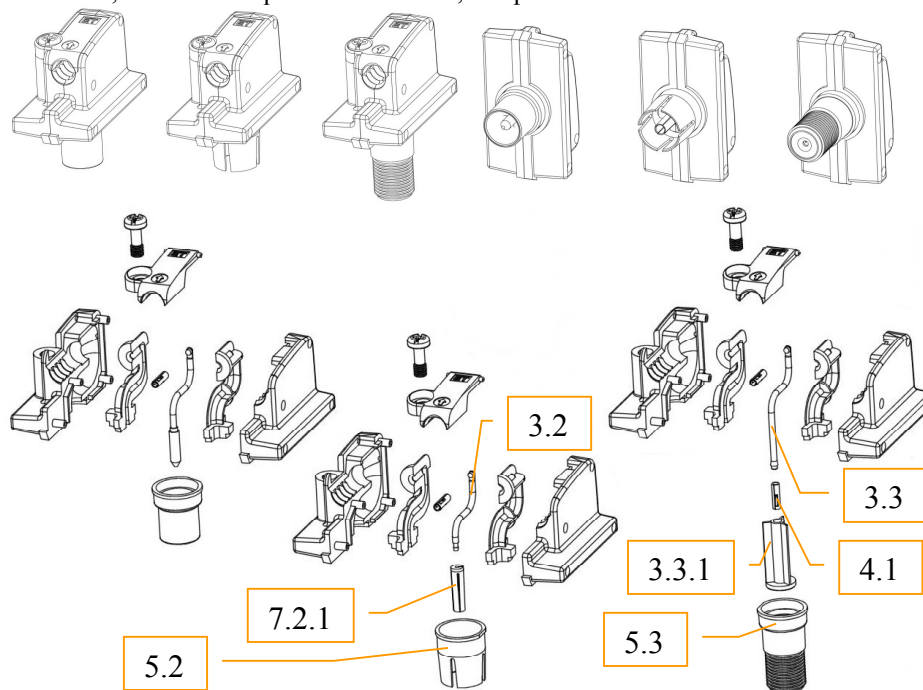


Figura 4

Nell'afferraggio dei cavi, si può apprezzare, osservando le immagini, come sia stato realizzato un sistema che, mentre conserva la forma cilindrica del cavo, costituisce un prolungamento della coassialità dello stesso. In ogni tipo di presa è presente un componente denominato "tettuccio" (fig 3 n° 6.1, fig 5 n° 6.2) che, mentre serra il cavo afferrandolo con le griffe, tramite queste realizza il contatto elettrico tra la calza e il corpo in zama della presa, prolungando appunto la "coassialità" del cavo. La geometria interna del tettuccio e della parte di presa coniugata viene ripetuta identica anche in altri corpi presa e nel "tettuccio doppio", componente utilizzato in tutta la restante famiglia modulare (fig 5 n°6.2), compresi partitori e derivatori (qui non raffigurati per assenza di spazio). Osservando la morfologia della presa doppia e tripla si può apprezzare come la parte di interfaccia dei cavi sia identica, questo comporta il vantaggio del riutilizzo di tutti i componenti coinvolti, ad eccezione del guscio superiore, in tutte le prese passanti (in-out) qualunque sia l'interfaccia verso l'abitazione. Nel semiguscio superiore è conservata parte della morfologia, variando la forma in funzione di circuito e uscite: essa si ripete per le prese a 2,3,4 uscite. Altro elemento intercambiabile è il semiguscio inferiore, che si può presentare nelle varianti a una, due o tre interfacce verso l'abitazione (fig 5,7 numeri 9.1, 9.2 ,9.3).

È interessante osservare come l'interasse delle uscite presenti sempre un valore di 20,8 mm, cioè due volte la misura definita come modulo.

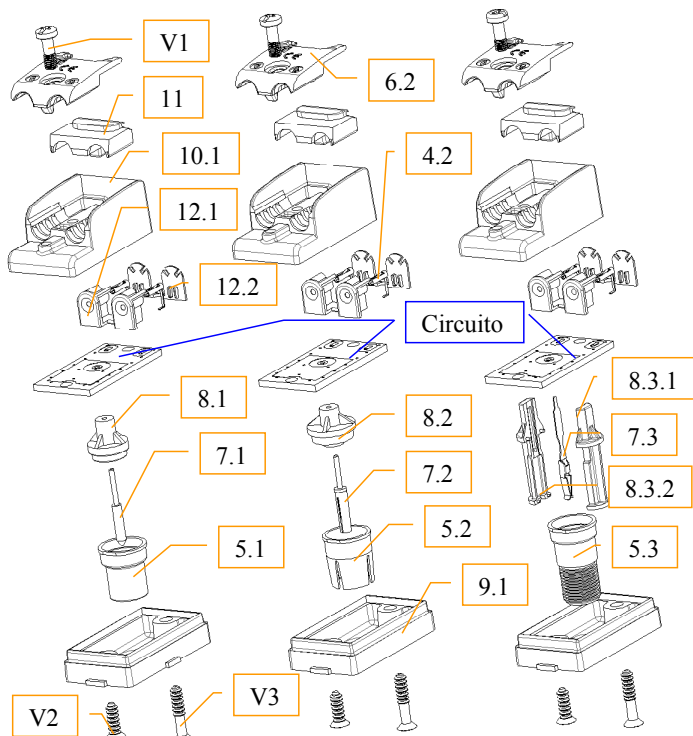


Figura 5

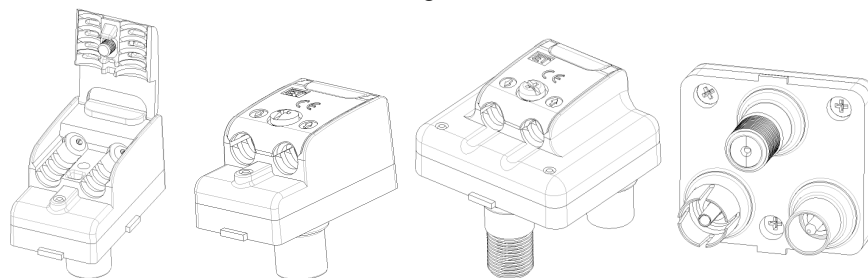


Figura 6

Sia nella presa a singola uscita che in quelle doppia e tripla si ripresenta l'utilizzo di sottomoduli composti per la realizzazione delle varianti di contatto all'utenza: sono presenti 3 moduli di contatto ("maschio", "femmina" e "F"), che vengono pre-assemblati e montati sui semigusci secondo la necessità. Numerosi componenti utilizzati per questi moduli (e per derivatori e multiswitch) sono i medesimi utilizzati per la presa singola, che è il prodotto che realizza i grandi volumi produttivi, con una notevole economia (fig. 6,7).

All'atto dell'inserimento del cavo nella presa, l'afferraggio della parte centrale (segnale) viene effettuato da una struttura tubolare con funzionamento a molla (fig 3 n° 4.1), che realizza il contatto. Il tubolare, realizzato con operazione di tranciatura-piegatura multistadio, è tenuto in posizione dal contenimento esercitato dagli altri componenti della presa, in qualunque montaggio. L'attacco tubolare è utilizzato in variante (fig 5 n°4.2) anche nelle prese doppia e tripla, con di un codolo che viene saldato al circuito elettronico. Tutte le varianti (in totale 3, la terza qui non presentata), sono realizzate con un unico stampo-trancia progressivo, in cui le ultime stazioni sono intercambiabili per le tre varianti di forma del codolo. Tale stampo, date le minime dimensioni del tubolare è stato di difficile messa a punto.

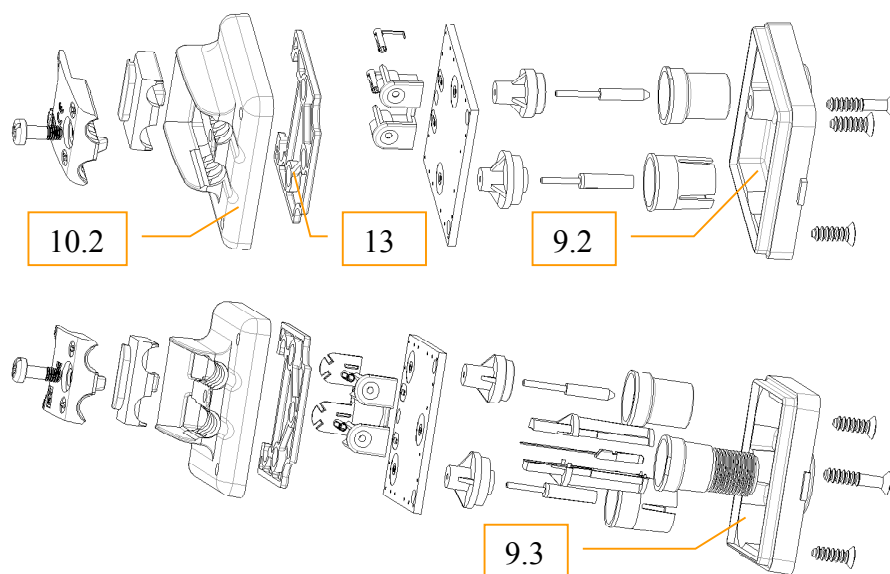


Figura 7

### Conclusioni

Il lavoro in oggetto, ha permesso di creare una famiglia di oggetti, attualmente in produzione in centinaia di migliaia di pezzi l'anno, ottimizzati come risposta in frequenza utilizzando come strumento principale lo studio morfologico.

La modularità ha permesso un'ottimizzazione soprattutto in termini di attrezzature e magazzino. Attualmente sono in fase di avanzato sviluppo gli elementi più complessi della famiglia (derivatori e multiswitch).

### References

- [1] Charles Nelson, *High Frequency and Microwave Circuit Design*, CRC press LLC, 2000.
- [2] Devendra K. Misra, *Radio-Frequency and Microwave Communications Circuits: Analysis and Design*, Wiley Interscience, New York, 2001.
- [3] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, John Wiley & Sons, New York 2005