

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà del Design

Corso di Laurea Magistrale in Design & Engineering



Tesi di Laurea

Progettazione di un accordatore automatico per chitarre elettriche

Relatore: Prof. Francesco Trabucco

Laureando:
Mauro Piatti
Matr. n. 207349

Anno Accademico 2009-2010

Indice

Indice.....	1
Indice delle figure.....	4
Indice delle tabelle.....	7
Indice delle tavole.....	7
Abstract.....	9
Introduzione.....	11
1. L'accordatura	13
1.1. La frequenza.....	14
1.2. Alla base di tutto l'Ottava	15
2. Storia dell'accordatura e del temperamento.....	17
2.1. Il temperamento	17
2.1.1. Antica Grecia.....	17
2.1.2. Medioevo	18
2.1.2.1. La scala pitagorica (temperamento pitagorico).....	18
2.1.2.2. Zarlino e la scala naturale (temperamento naturale).....	19
2.1.3. Rinascimento e Barocco.....	20
2.1.3.1. Il temperamento mesotonico	20
2.1.3.2. Il temperamento equabile	21
2.1.4. XVIII° e XIX° secolo	22
2.1.5. Oggi.....	22
2.2. La frequenza base	23
2.2.1. J.S.Bach.....	23
2.2.2. XIX secolo e XX secolo.....	24
2.2.3. Legge 170	24
3. Tecniche di accordatura.....	25
3.1. La chitarra	25
3.2. La paletta.....	27
3.3. Metodo classico - Le 8 fasi per una corretta accordatura	29
3.4. Accordare con un dispositivo elettronico	34
3.4.1. Floyd Rose	36
4. Prodotti per l'accordatura.....	39
4.1. Accordatori tradizionali.....	41
4.1.1. Il diapason	41
4.1.2. Il corista.....	42
4.2. Accordatori elettronici	43

4.2.1. Accordatori economici e semiprofessionali	44
4.2.1.1. L'accordatore elettronico tradizionale.....	46
4.2.1.2. Gli accordatori a pinza	49
4.2.1.3. Gli accordatori tascabili.....	50
4.2.1.4. Gli accordatori a pedale	51
4.2.1.5. Gli accordatori rack	52
4.2.1.6. Gli accordatori motorizzati.....	53
4.2.1.7. L'accordatore da installare sulla chitarra.....	54
4.2.1.8. La chitarra robotizzata	56
4.2.2. Gli accordatori stroboscopici	57
4.2.3. I display e le possibili variazioni di accordatura	59
5. Il sistema wireless nella musica	63
6. Case study	67
7. Brief.....	77
8. Concept	81
8.1. Configurazione prodotto.....	82
8.2. Target	83
8.3. In quali occasioni si utilizza?	83
9. Sviluppo prodotto	85
9.1. Dai primi schizzi al modello virtuale.....	85
9.2. Configurazione finale	91
9.3. Come si usa	94
9.4. Esploso (descrizione singole parti).....	98
9.4.1. Elementi progettati	101
9.4.1.1. Scocca 1.....	101
9.4.1.2. Scocca 2.....	103
9.4.1.3. Scocca 3.....	104
9.4.1.4. Scocca 4.....	104
9.4.1.5. Altri componenti in materiale plastico	105
9.4.1.6. Avvolgitore meccaniche	108
9.4.2. Materiali e tecnologie di produzione	109
9.4.2.1. ABS	110
9.4.2.2. SBR	112
9.4.2.3. Stampaggio ad iniezione	114
9.4.3. Elementi già esistenti sul mercato	116
9.4.3.1. Motorino elettrico.....	116
9.4.3.2. Ingranaggi.....	117

9.4.3.3. Display.....	118
9.4.3.3.1. Layout.....	118
9.4.3.4. Batteria.....	119
9.4.3.5. Circuiti stampati.....	120
9.4.3.6. Connettori.....	120
9.4.3.7. Cuscinetto a sfera.....	121
9.4.3.8. Pulsante bypass.....	122
9.5. Assemblaggio.....	123
Bibliografia.....	131

Indice delle figure

Figura 1 "Accordatura di una chitarra"	13
Figura 2 "Caratteristiche di un onda"	14
Figura 3 "Monocordo artigianale"	15
Figura 4 "Esempio grafico del monocordo"	16
Figura 5 "Esempio grafico del monocordo"	16
Figura 6 "Scala pitagorica"	19
Figura 7 "Scala naturale o zarlinaiana"	19
Figura 8 "Clavicembalo con tasti spezzati per il temperamento mesotonico"	20
Figura 9 "Temperatura equabile su una tastiera moderna"	21
Figura 10 "Elementi che compongono una chitarra elettrica"	26
Figura 11 "Esempio di chitarra senza paletta"	27
Figura 12 "Paletta con 6 meccaniche allineate"	27
Figura 13 "Paletta con 3 meccaniche per lato"	28
Figura 14 "Dimensioni meccaniche"	28
Figura 15 "Accordatura chitarra classica - passaggio 1"	30
Figura 16 "Accordatura chitarra classica - passaggio 2"	30
Figura 17 "Accordatura chitarra classica - passaggio 3"	31
Figura 18 "Accordatura chitarra classica - passaggio 4"	31
Figura 19 "Accordatura chitarra classica - passaggio 5"	32
Figura 20 "Accordatura chitarra classica - passaggio 6"	32
Figura 21 "Accordatura chitarra classica - passaggio 7"	33
Figura 22 "Accordatura chitarra classica - passaggio 8"	33
Figura 23 "Sollecitazione corde: il bending"	34
Figura 24 "Connettore jack da 6,3 mm"	35
Figura 25 "Chitarra con ponte fisso"	35
Figura 26 "Chitarra con ponte mobile"	36
Figura 27 "Floyd Rose"	37
Figura 28 "Fase di accordatura per l'orchestra, il primo violino suona la nota di riferimento"	39
Figura 29 "Concerto dei Metallica, il tecnico aiuta Hetfield a cambiare chitarra dopo averla accordata"	40
Figura 30 "Diversi diapason per diverse frequenze"	42
Figura 31 "Accordatore a fiato singolo"	42
Figura 32 "Accordatore a fiato multiplo"	43
Figura 33 "Accordatori a pinza Korg e Cherubi"	49
Figura 34 "Accordatore tascabile Korg"	50
Figura 35 "Tuners a pedale Fender e Boss"	51
Figura 36 "Rack-tuner dell'azienda Korg"	52
Figura 37 "Tuner Matic"	53
Figura 38 "The Bee-In Tuner"	54
Figura 39 "nTune"	55
Figura 40 "Gibson Robot Guitar e particolari"	56
Figura 41 "Stroboconn negli anni '60"	57
Figura 42 "Moderno tuner stroboscopico"	58
Figura 43 "AutoStrobe 490, Peterson Strobe Tuner"	59
Figura 44 "Accordatore con display LCD con ago digitale"	60
Figura 45 "Radiomicrofono Sennheiser"	63
Figura 46 "Trasmettitore radio per chitarra Shure"	64
Figura 47 "Accordatore Korg Modello CA-20"	67
Figura 48 "Particolare tasto in gomma"	68

Figura 49 "Led verde acceso = Corretta accordatura"	69
Figura 50 "Led rosso a sinistra acceso = nota bemolle"	70
Figura 51 "Led rosso a destra acceso = nota diesis"	70
Figura 52 "Connessione jack posta lateralmente"	71
Figura 53 "Particolare OPEN"	72
Figura 54 "Circuito elettrico"	72
Figura 55 "Particolare sulla disposizione interna degli elementi"	73
Figura 56 "Scocca inferiore"	73
Figura 57 "Scocca superiore - vista frontale"	74
Figura 58 "Scocca superiore - vista interna"	74
Figura 59 "Confronto accordatore-accendino"	75
Figura 60 "Rivista di settore per chitarristi"	77
Figura 61 "Concerto live di Luciano Ligabue allo stadio G.Meazza in San Siro - Milano"	83
Figura 62 "Gli amplificatori e le unità rack vengono spesso utilizzate come piano d'appoggio"	84
Figura 63 "Esempio di prodotti per l'accordatura"	85
Figura 64 "Esempio di telefono cordless e primo schizzo"	86
Figura 65 "Schizzo modulo portatile – soluzione 1"	86
Figura 66 "Schizzo modulo portatile - soluzione 2"	87
Figura 67 "Test sulla mia chitarra con un modellino in polistirolo"	87
Figura 68 "Primo modello virtuale"	88
Figura 69 "Posizionamento tasti - soluzione 1"	89
Figura 70 "Posizionamento tasti - soluzione 2"	89
Figura 71 "Posizionamento connessioni posteriori"	90
Figura 72 "Schizzo finale del prodotto visto dal lato"	91
Figura 73 "Configurazione finale - render 1"	92
Figura 74 "Configurazione finale - render 2"	92
Figura 75 "Configurazione finale - render 3"	93
Figura 76 "Configurazione finale - render 4"	93
Figura 77 "Collegamento jack"	94
Figura 78 "Accensione"	94
Figura 79 "Presa del portatile"	95
Figura 80 "Funzione automatica-manuale"	95
Figura 81 "Posizionamento del portatile"	96
Figura 82 "Selezione nota"	96
Figura 83 "Fase di accordatura"	97
Figura 84 "Tasto bypass"	97
Figura 85 "Esploso della base"	98
Figura 86 "Esploso modulo portatile"	99
Figura 87 "Disposizione componenti interni"	100
Figura 88 "Scocca n.1"	101
Figura 89 "Posizionamento circuito elettronico principale"	101
Figura 90 "Posizionamento prese di connessioni"	102
Figura 91 "Sezione della scocca n.1"	102
Figura 92 "Scocca n.2"	103
Figura 93 "Scocca n.3"	104
Figura 94 "Scocca n.4"	105
Figura 95 "Tasti"	106
Figura 96 "Componente n.5"	106
Figura 97 "Componente n.6"	107
Figura 98 "Piedini in gomma SBR"	107
Figura 99 "Avvolgitore meccaniche"	108

Figura 100 "Avvolgitore. cuscinetto a sfere e ingranaggio conico"	109
Figura 101 "Le scocche dei cellulari sono prodotte per lo più in ABS"	110
Figura 102 "Simbolo che indica il possibile riciclaggio del prodotto"	111
Figura 103" "Ovetto, cestino per la raccolta differenziata - Prodotto con 70 % di ABS riciclato	112
Figura 104 "Esempi di oggetti prodotti in SBR"	113
Figura 105 "Esempio di piedini in gomma presenti negli elettrodomestici"	113
Figura 106 "Stampaggio ad iniezione"	114
Figura 107 "Esempio di stampo per materiali polimerici"	115
Figura 108 "Immagine e dimensioni del motorino elettrico scelto"	116
Figura 109 "Angolo allineamento ingranaggi"	117
Figura 110 "Esempio ingranaggi conici"	117
Figura 111 "Layout display"	119
Figura 112 "Dimensioni batteria"	119
Figura 113 "Presca per connessione jack"	120
Figura 114 "Esempio di connettore per alimentatori"	121
Figura 115 "Cuscinetti a sfera SKF"	121
Figura 116 "Esempio di pulsante con luce"	122
Figura 117 "Assemblaggio - passaggio 1"	123
Figura 118 "Assemblaggio - passaggio 2"	123
Figura 119 "Assemblaggio - passaggio 3"	124
Figura 120 "Assemblaggio - passaggio 4"	124
Figura 121 "Assemblaggio - passaggio 5"	124
Figura 122 "Assemblaggio - passaggio 6"	125
Figura 123 "Assemblaggio - passaggio 7"	125
Figura 124 "Assemblaggio - passaggio 8"	125
Figura 125 "Assemblaggio - passaggio 9"	126
Figura 126 "Assemblaggio - passaggio 10"	126
Figura 127 "Assemblaggio - passaggio 11"	127
Figura 128 "Assemblaggio - passaggio 12"	127
Figura 129 "Assemblaggio - passaggio 13"	127
Figura 130 "Assemblaggio - passaggio 14"	128
Figura 131 "Assemblaggio - passaggio 15"	128
Figura 132 "Assemblaggio - passaggio 16"	128
Figura 133 "Assemblaggio - passaggio 17"	129
Figura 134 "Assemblaggio - passaggio 18"	129
Figura 135 "Assemblaggio - passaggio 19"	129
Figura 136 "Assemblaggio - passaggio 20"	130

Indice delle tabelle

Tabella 1 "Rapporto prodotto-caratteristiche"	44-45-46
Tabella 2 "Rapporto prodotto-caratteristiche"	77

Indice delle tavole

Tavola 1 "Accordatore per chitarra elettrica – Proiezioni del prodotto assemblato"	
Tavola 2 "Accordatore per chitarra elettrica – Esploso e distinta base"	
Tavola 3 "Accordatore per chitarra elettrica – Sezioni dell'insieme"	
Tavola 4 "Accordatore per chitarra elettrica – Proiezioni e sezioni del componente n.01"	
Tavola 5 "Accordatore per chitarra elettrica – Proiezioni e sezioni del componente n.02"	
Tavola 6 "Accordatore per chitarra elettrica – Proiezioni e sezioni del componente n.06"	
Tavola 7 "Accordatore per chitarra elettrica – Proiezioni e sezioni del componente n.08"	
Tavola 8 "Accordatore per chitarra elettrica – Proiezioni e sezioni del componente n.10"	
Tavola 9 "Accordatore per chitarra elettrica – Proiezioni e sezioni del componente n.14"	
Tavola 10 "Accordatore per chitarra elettrica – Proiezioni e sezioni del componente n.18"	
Tavola 11 "Accordatore per chitarra elettrica – Proiezioni e sezioni del componente n.19"	
Tavola 12 "Accordatore per chitarra elettrica – Proiezioni e sezioni del componente n.23"	

Abstract

Lo scopo della presente tesi è stato quello di progettare un accordatore automatico per chitarre elettriche che aiuti e faciliti il compito di sintonizzazione dello strumento da parte dell'utente.

Il percorso che ho seguito è iniziato attraverso lo studio e l'approfondimento delle tecniche teoriche di accordatura che si sono evolute nel tempo, partendo dall'antica Grecia fino ad arrivare ai giorni nostri. Sono poi passato allo studio delle parti che compongono una chitarra, sia classica che elettrica, e come queste si rapportino all'utente durante il processo di accordatura. Di seguito ho affrontato una lunga ricerca sui prodotti presenti sul mercato, destinati alla sintonizzazione degli strumenti musicali, partendo da quelli tradizionali-amatoriali fino ad arrivare a quelli elettronici professionali di alta gamma. In questa fase mi sono soffermato principalmente sullo studio del mio accordatore personale analizzandone le singole componenti.

Il passo successivo è stato quello della stesura del brief in cui ho riassunto in breve la mia ricerca, evidenziando pregi e difetti dei prodotti trovati. Così ho potuto fissare le linee guida del mio progetto nel concept individuando anche il target di riferimento e gli scopi e modalità di utilizzo.

Passando dai primi schizzi manuali al modello virtuale, lo sviluppo è proseguito definendo le dimensioni di massima, la forma del prodotto e la collocazione dei componenti interni. Mentre ricercavo sul mercato prodotti che potessero accontentare le mie richieste, ho proseguito con la creazione del modello virtuale del prodotto.

Il mio percorso si è concluso con la descrizione delle singole parti che compongono il mio progetto: sia quelle da me disegnate e ingegnerizzate, sia i componenti già esistenti presi dalle aziende da me individuate.

Tutto questo mi ha portato alla progettazione di un accordatore elettronico di piccole dimensioni costituito da due elementi: una base e un modulo portatile. La prima ha il compito di ricevere ed elaborare il suono dello strumento e di inviare all'istante i dati necessari all'unità mobile (2° elemento) che grazie ad un motorino elettrico mette in moto le meccaniche delle corde della chitarra così da ottenere una perfetta accordatura dello strumento musicale.

Introduzione

«...pensavo è bello che dove finiscono le mie dita
debba in qualche modo incominciare una chitarra.»

Fabrizio De Andrè, Amico fragile

Fin dall'infanzia la musica ha fatto parte ed ha avuto un ruolo fondamentale nella mia vita. Incominciai a suonare uno strumento e ad imparare la teoria musicale all'età di 6 anni. All'inizio risultava essere solo un gioco, un divertimento. Ma col passare degli anni lo strumento musicale diventava un "amico" con cui condividere le mie sensazioni e i miei stati d'animo. Sedendomi al pianoforte o impugnando una chitarra avevo la possibilità di esaltare la mia gioia e la mia felicità o di sfogare la mia tristezza e le mie sofferenze. Non era rilevante cosa si suonava o come lo si suonava, l'importante era poter esprimere i miei stati d'umore attraverso la musica.

La mia scelta spesso ricadeva sul pianoforte, poiché non aveva bisogno di "preparazione" prima di poterlo suonare. Aperto il cilindro (la parte che copre la tastiera di una pianoforte) e senza attendere alcun istante incominciavo a suonare. La chitarra invece era sempre più "scomoda" da utilizzare poiché la sua armonia è strettamente collegata alla sua accordatura. Dovevo sempre accordare lo strumento prima di utilizzarlo e questo, a volte, richiedeva parecchi minuti. Perché è bene precisare che:

una chitarra scordata non è una chitarra!

Il piacere della chitarra è suonare, mentre l'accordare è solo un noioso antefatto. Ne ho fatto esperienza quando sono passato dalla chitarra classica a quella elettrica creando insieme ad un gruppo di miei amici una band musicale. Suonando ai concerti, il fatto di dover far aspettare i componenti del gruppo per accordare lo strumento era motivo di disagio. Da sempre sono alla ricerca di un prodotto per l'accordatura della mia chitarra che unisca i concetti di precisione e velocità richiesti per avere una accurata intonazione dello strumento e che limiti al massimo il tempo necessario per l'operazione e su questo ho impostato la mia tesi.

1. L'accordatura

L'accordatura è il processo di regolazione di uno strumento musicale affinché sia perfettamente intonato rispetto al sistema di intonazione vigente o proprio allo strumento stesso. Generalmente si parla di accordatura in riferimento agli strumenti a corda, ma può essere genericamente estesa al concetto di intonazione di altri strumenti. Anche gli strumenti a canne (come l'organo) hanno bisogno di essere accordati: anche se non sono presenti le corde, le canne, dilatandosi con la temperatura, variano il loro modo di produrre un suono. Il suono di riferimento per l'accordatura può essere prodotto ad esempio da un diapason o da un accordatore elettronico. Strumenti come il violino, la chitarra o archi ad intonazione libera richiedono di accordare unicamente le corde vuote, mentre gli strumenti a tastiera, come il pianoforte, necessitano l'accordatura di ogni singola nota: si deve quindi decidere che sistema di intonazione usare. Attualmente nella musica di derivazione occidentale (moderna) l'intonazione dominante è quella del temperamento equabile, ma in passato (ed in certi casi anche oggi) venivano usati sistemi basati sull'intonazione naturale.



Figura 1 "Accordatura di una chitarra"

1.1. La frequenza

L'accordatura di uno strumento si basa sulle differenze di altezza dei suoni. Essa si esprime mediante due sistemi:

- La lunghezza d'onda, misurata in metri (esempio: Do1 = 2500 mm)
- La frequenza, misurata in Hertz o cicli/secondo (esempio: La3 = 440 Hz)

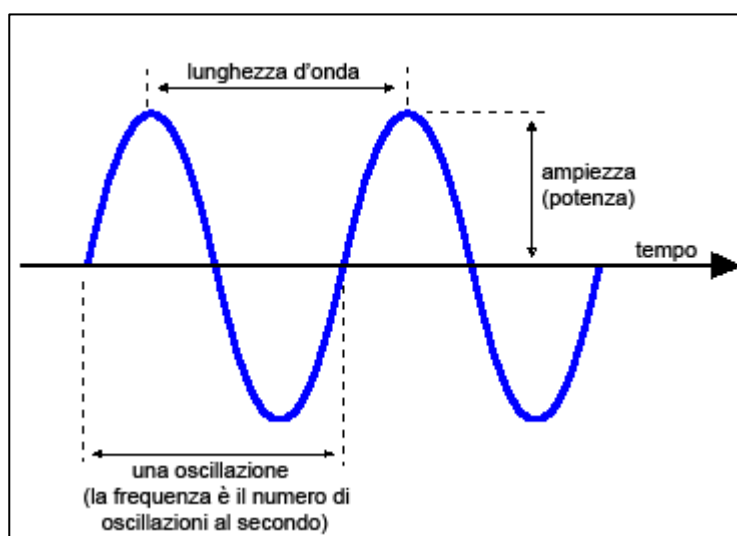


Figura 2 "Caratteristiche di un onda"

La frequenza risulta essere inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda: ciò vuol dire che raddoppiando la lunghezza, la frequenza dimezza¹. Per quanto riguarda invece l'intervallo fra due suoni, esso viene espresso mediante il rapporto delle loro frequenze. L'orecchio umano è sensibile alle frequenze comprese approssimativamente fra 20 e 15000 Hz. Inoltre la capacità di discriminare suoni aventi frequenze diverse è limitata dalla cosiddetta soglia differenziale di frequenza. Per definire con precisione tale soglia si deve considerare non solo l'altezza ma anche l'intensità dei suoni messi a confronto. Bisogna poi distinguere il caso dell'intervallo melodico (i due suoni sono eseguiti in successione ravvicinata) da quello dell'intervallo armonico (i due suoni sono eseguiti contemporaneamente), giacché l'orecchio umano sembra riuscire a distinguere meglio due suoni in successione, purché la velocità con cui si alternano non sia troppo alta. Nel campo più grave delle frequenze udibili (da 20 Hz a 200 Hz) la capacità discriminatoria dell'orecchio è cattiva e l'incertezza è dell'ordine di un semitono². Migliora a mano a mano che ci si avvicina al cosiddetto campo di corretta udibilità (800-3000 Hz)

¹ Ad esempio in un organo una canna che misura 2500 mm produce un suono di un'ottava inferiore rispetto ad una canna di lunghezza pari a 1250 mm.

² Per esempio un suono che corrisponde al Do di 32,7 Hz è mal distinguibile dal Si o dal Do#.

nel quale si mantiene costante. La capacità torna quindi a peggiorare un po' verso l'acuto.

Quando le frequenze di due suoni eseguiti assieme sono sufficientemente lontane, essi sono percepiti come distinti. Se le frequenze sono vicine insorge il fenomeno dei battimenti: si percepisce allora un solo suono di altezza intermedia a quella dei componenti con una lenta fluttuazione dell'intensità, come se il suono pulsasse con regolarità.

1.2. Alla base di tutto l'Ottava

I greci, già 500 anni prima dell'era cristiana, utilizzavano un semplice strumento per produrre i suoni: il monocordo.



Figura 3 "Monocordo artigianale"

Nel monocordo, un ponticello mobile permette di spostare uno degli estremi della corda in un qualsiasi punto, così da variare a piacimento la lunghezza della parte di corda che si intende suonare. Come descritto nel primo capitolo ovviamente l'altezza del suono prodotto è inversamente proporzionale alla lunghezza della parte di corda suonata, il suono prodotto da corde diverse (per spessore e materiale) è diverso ed infine l'altezza del suono prodotto è direttamente proporzionale alla tensione della corda.

In musica l'intervallo è la distanza tra due suoni, cioè un rapporto numerico. Per trovare sul monocordo il rapporto numerico a cui corrisponde un determinato intervallo basterà dividere la lunghezza della corda libera (il primo tra i due suoni prodotti) per la

lunghezza della corda che ha prodotto il secondo suono (la lunghezza minore corrispondente sempre al secondo termine del rapporto numerico).

L'intervallo di ottava è quello che si ottiene suonando dapprima la corda in assenza di ponticello (cioè a corda libera)

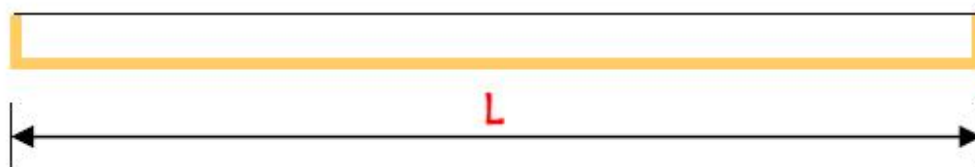


Figura 4 "Esempio grafico del monocordo"

quindi, suonandola mettendo il ponticello a metà della corda.

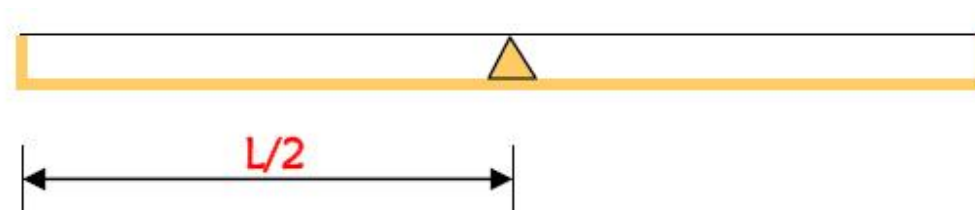


Figura 5 "Esempio grafico del monocordo"

Noi siamo abituati a chiamare "ottava" questo tipo di intervallo, perché nella scala musicale che utilizziamo oggi, due note uguali consecutive distano fra di loro 8 note (considerando anche gli estremi). I greci definivano invece questo intervallo "diapason". L'etimologia del termine deriva infatti dal greco "dià pason" con il significato di "attraverso tutte le note".

Essendo questo l'intervallo di massima armonia, tutte le culture basano le loro scale su di esso anche se viene suddiviso in maniera differente: ad esempio gli indiani lo dividono in 22 parti, gli arabi in 17 e i cinesi in 5.

L'ottava quindi risulta essere l'intervallo tra una nota musicale e la stessa nota avente frequenza doppia (ottava sopra) o pari alla metà (ottava sotto) e così via.

Esempio: LA3 = frequenza di 440 Hz

LA4 = frequenza di 880 Hz

LA2 = frequenza di 220 Hz

2. Storia dell'accordatura e del temperamento

Alla base della produzione musicale ci sono il temperamento e l'accordatura. E' importante fare subito una distinzione fra i due termini che molte volte vengono considerati con lo stesso significato, ma non sono equivalenti. Mentre l'accordatura può essere riferita ad una singola nota e quindi al valore di Hertz corrispondente, il temperamento si riferisce alla completa messa a punto (rapporto fra i suoni) di uno strumento basata su una determinata scala.

2.1. Il temperamento

Nel corso degli ultimi 200 anni, il temperamento è cambiato, da regione a regione, da musicista a musicista, di anno in anno. La storia del temperamento è molto importante perché per comprendere la musica dei giorni nostri è necessario capire che col passare del tempo essa è molto cambiata e quella di oggi non è la stessa di tanti anni fa.

2.1.1. Antica Grecia

La scoperta che gli intervalli musicali più rilevanti sono legati al rapporto di numeri interi basati sulla vibrazione che produce il suono è stata probabilmente portata alla luce da musicisti dell'antico Egitto o della antica Mesopotamia nel II o III millennio a.C. . In entrambe queste antiche culture si pensava che la matematica, la religione e la musica fossero tutte collegate fra di loro.

Si pensa che il primo ad introdurre nella teoria musicale tutti i rapporti di accordatura per le ottave, la quarta perfetta, la quinta perfetta ecc. fosse stato il filosofo greco Pitagora all'incirca nel VI secolo a.C.

Dopo Pitagora molti filosofi greci hanno incominciato i loro studi sulla musica e sul rapporto fra i suoni. Gli "Armonisti" (così furono chiamati successivamente) crearono centinaia se non migliaia di accordature differenti tutte espresse in rapporti di numeri. La maggior parte dei loro lavori fu andata persa ma nel secolo II a.C. Claudio Tolomeo ne sintetizzò i processi nei suoi scritti. In seguito Tolomeo creò nuove e personali accordature tra cui il sistema diatonico. Esso ebbe maggior influenza e risulta essere molto simile alla scala maggiore dei nostri tempi: vengono utilizzate 8 note e similmente i passaggi di toni e semitoni.

Dopo la caduta dell'Impero Romano, gran parte della teoria musicale greca fu persa. Qualcosa fu trascritto dal filosofo romano Boezio che visse prima della caduta dell'Impero Romano e sviluppò i suoi lavori nel Medio Oriente. Tuttavia la teoria musicale del Medio Oriente non ebbe un'influenza di rilievo nella teoria musicale Occidentale.

2.1.2. Medioevo

Nel Medioevo la musica occidentale si basò soprattutto sulle teorie di Pitagora.

2.1.2.1. La scala pitagorica (temperamento pitagorico)

Una scala è una successione di note (in ordine ascendente o discendente) collocate secondo criteri che tengono presenti le consonanze fra gli intervalli.

Pitagora basò l'intera teoria sui rapporti fra numeri:

l'ottava – 2:1 - come visto precedentemente è la proporzione base di tutta la musica occidentale. Risulta essere la più naturale degli intervalli e per questo viene utilizzata da tutti nella composizione di melodie.

la quinta – 3:2 – conosciuta anche come quinta perfetta. Due note della quinta perfetta si ottengono suonando ad esempio sul monocordo prima la corda senza ponticello e poi ponendolo alla distanza di $\frac{2}{3}$ della lunghezza.

la quarta – 4:3 - conosciuta anche come quarta perfetta. Analogamente alla quinta perfetta, le due note si ottengono prima con la corda vuota e poi con il ponticello posto a $\frac{3}{4}$ della sua lunghezza.

il ciclo delle quinte – per trovare gli altri rapporti numerici, compresi fra 1 e 2, che corrispondono alle note si segue la procedura del ciclo delle quinte: partendo dalla nota inferiore dell'ottava si saliva al rapporto di quinta per poi aggiungere un altro rapporto di quinta. Quando si sorpassava l'ottava superiore veniva tolta un'ottava e così Pitagora ottenne tutte le sette note in ciclo³.

³ Esempio: parto dal Re con un rapporto di quinta arrivo al La e se aggiungo ancora un rapporto di quinta arrivo al Mi dell'ottava successiva. A questo punto torno indietro di un'ottava e riparto

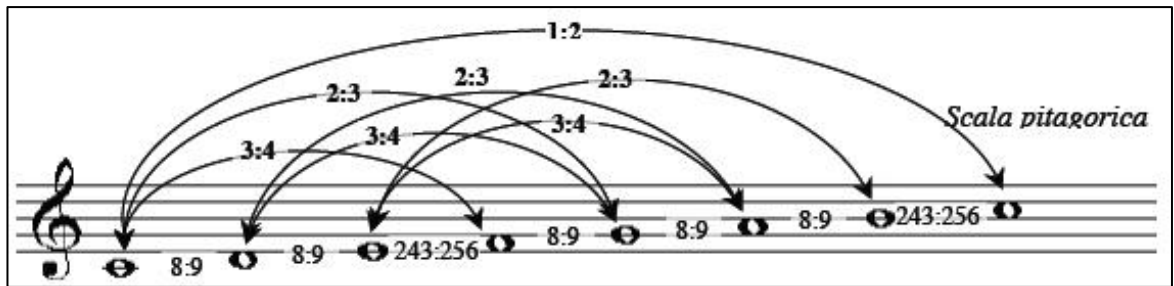


Figura 6 "Scala pitagorica"

Tutta la scala perciò era costruita sui rapporti base di 1:1, 4:3, 3:2, 2:1 con numeri interi inferiori al 4.

2.1.2.2. *Zarlino e la scala naturale (temperamento naturale)*

Nella scala pitagorica però mancavano gli intervalli di terza e di sesta. Questo portò nel tardo Medioevo e all'inizio del Rinascimento i teorici a introdurre anche questi rapporti nella scala poiché non accettavano l'idea che la "terza" e la "sesta" non potessero essere espresse come le precedenti consonanze.

Gioseffo Zarlino, compositore e teorico musicale italiano del XVI secolo, aggiunse ai rapporti pitagorici anche quelli di terza minore e di terza maggiore esprimendoli rispettivamente con il rapporto di 5/4 e 6/5. Da qui nacque la scala zarlinaiana che cambiò il nome successivamente in scala naturale perché rispettava inconsapevolmente la teoria fisica degli armonici naturali scoperta solo più tardi nel 1700 dal matematico e fisico Joseph Sauveur.

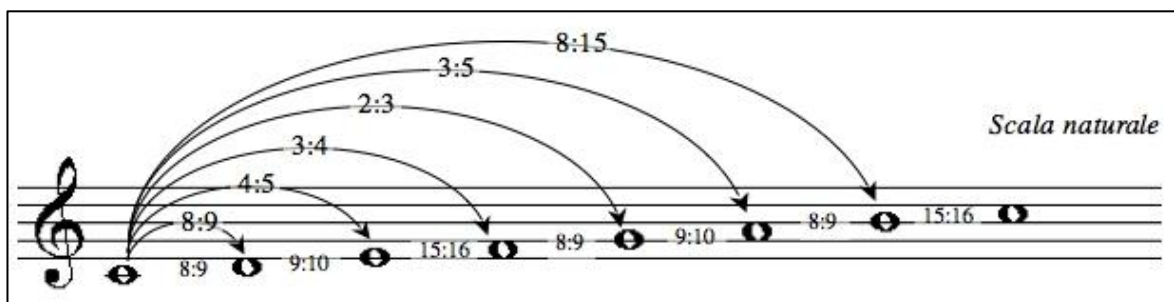


Figura 7 "Scala naturale o zarlinaiana"

Questi nuovi rapporti però non furono accettati subito da altri teorici musicali fino a quando ci fu la scoperta di antichi scritti greci-latini di teoria musicale in cui venivano evidenziati i rapporti di terza e sesta già centinaia di anni prima (Claudio Tolomeo, 83-161 d.C).

2.1.3. Rinascimento e Barocco

Per tutto il periodo rinascimentale e barocco molti tipi diversi di temperamento sono stati proposti, ma per gli strumenti a tastiera il sistema principale era quello del temperamento mesotonico. Mentre per quanto riguarda gli strumenti a fiato e a corde veniva utilizzata l'intonazione naturale (zarliniana).

2.1.3.1. Il temperamento mesotonico

La scoperta del temperamento mesotonico (o del tono medio) fu dovuta al veneziano Pietro Aron nel 1523 d.C. e questo sistema si basò sempre sulla scala pitagorica. Anche essa fu costruita sulla teoria del ciclo delle quinte ma quest'ultime venivano leggermente corrette per ottenere l'intonazione naturale delle terze maggiori e minori (mancanti nel sistema pitagorico).



Figura 8 "Clavicembalo con tasti spezzati per il temperamento mesotonico"

Il rapporto principale era di 5:4 fra le frequenze di note a distanza di terza maggiore e gli intervalli di tono risultavano essere costanti e pari a "radice quadrata di 5 su 2". A causa delle correzioni portate alle quinte questo sistema non è esattamente ottenibile per via geometrica attraverso la suddivisione del monocordo.

Il temperamento mesotonico rimase il metodo standard per un lungo periodo fino a che, a causa dell'evoluzione della musica che diventa sempre più complessa, i compositori ebbero la necessità di una vasta gamma di alterazioni.

Per questo motivo, all'incirca nel 1750 d.C., il temperamento mesotonico venne sostituito dal temperamento equabile. Il passaggio a questo nuovo sistema è dovuto a diversi fattori. Con l'approssimarsi della rivoluzione industriale molti strumenti furono ridisegnati con l'idea di standardizzarli. Gli strumenti come il piano, l'arpa e l'organo erano già progettati secondo una sorta di temperamento equabile poiché in essi era difficile poter cambiare temperamento. Mentre quelli a fiato venivano prodotti in maniera flessibile secondo le necessità che la musica richiedeva. Gli strumenti venivano standardizzati per poter suonare una scala cromatica uguale con le stesse distanze di frequenza tra i toni. Un altro motivo per cui si passa al temperamento equabile è la diffusione delle orchestre che richiedeva una uguaglianza di accordature per gli strumenti. Ciò portò ad essere "standardizzati" anche i giovani musicisti, cioè addestrati secondo un metodo di accordatura per lo più unificato.

2.1.3.2. Il temperamento equabile

In questo sistema tutte le note sono alla stessa distanza fra di loro, ma per questo motivo i suoni non sono in armonia. Tuttavia venne preso in considerazione questo temperamento poiché dava la possibilità di ottenere il maggiore o il minore di una scala suonando lo stesso tasto o la stessa corda (ad esempio: Do# risulta essere uguale al Reb) ed inoltre risultava più semplice accordare gli strumenti. Venne costruito partendo dall'ottava e quindi dividendo l'intero intervallo in 12 parti uguali per ottenere tutte e 12 le note.

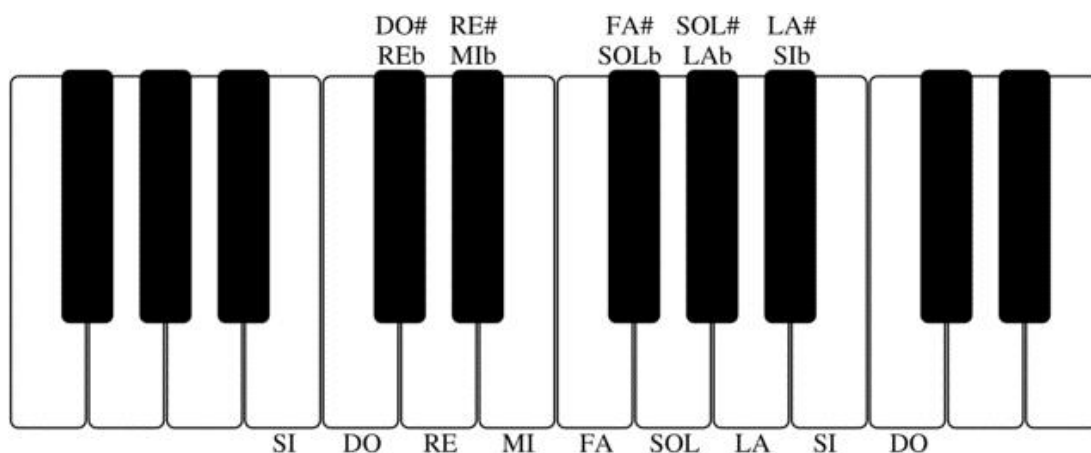


Figura 9 "Temperatura equabile su una tastiera moderna"

L'invenzione del temperamento equabile la si deve al monaco e matematico francese Marin Mersenne che la utilizzò per la sua composizione "Harmonie Universelle" nel 1639. Molto probabilmente gli strumenti a tastiera in Germania furono i primi ad essere prodotti e accordati secondo il temperamento equabile all'inizio del 1700.

2.1.4. XVIII° e XIX° secolo

Nacque in questo periodo, parallelamente al sistema equabile, il buon temperamento o spesso chiamato temperamento inequabile. Venne introdotto nella musica da Andreas Werckmeister; ma la prima opera importante inerente questo sistema fu il "Clavicembalo ben temperato", composta da J.S.Bach nel 1722, in cui il musicista voleva mostrare le potenzialità delle varianti del temperamento inequabile per cui le ampiezze degli intervalli dei suoni non sono costanti.

Gli anni della rivoluzione industriale furono anche gli anni dello sviluppo della matematica e della scienza. Gli studiosi utilizzavano e "familiarizzavano" per le prime volte con i numeri irrazionali e tutto questo portò alla consapevolezza di non avere problemi ad avere una scala con rapporti di numeri non finiti.

Nel corso dei secoli però un numero crescente di teorici e musicisti considerò maggiori i vantaggi del temperamento equabile rispetto agli svantaggi dovuti all'assenza degli intervalli regolari del temperamento inequabile.

2.1.5. Oggi

Ad oggi il temperamento equabile è il metodo più diffuso. Ma in questi ultimi anni c'è un costante risveglio di interesse molto attivo per i vari temperamenti dei secoli scorsi. In termini scientifici il temperamento equabile non è altro che un compromesso affinché ci sia una uniformità di suoni. Ma questo vuol dire che quando ascoltiamo una composizione di Beethoven, ad esempio, in un concerto suonato oggi, non lo stiamo percependo secondo l'accordo originale in cui è stato scritto dall'autore. Per questo c'è un grande interesse per il sistema "intonazione naturale" dove non ci sono "buchi" di suoni come avviene nell'approssimazione del temperamento equabile.

La storia dei temperamenti sicuramente non avrà mai fine poiché molti musicisti continuano a sperimentare e a scoprire nuovi sistemi di intonazione.

Possiamo però affermare che sicuramente il temperamento equabile rimane alla base del 99 per cento della produzione musicale poiché è basato su rapporti matematici precisi come il primo temperamento inventato 2500 anni fa da Pitagora.

Scrive Stuart Isacoff: *“Forse Pitagora aveva ragione, dopo tutto”*⁴

2.2. La frequenza base

Finora abbiamo considerato il problema del rapporto fra i suoni e la composizione delle scale con cui accordare i nostri strumenti. Ma alla base bisogna avere un sistema di riferimento su cui basarci. In termini tecnici bisogna fissare il valore di Hz (vibrazioni al secondo) di una nota per poi avere, secondo il temperamento scelto, tutta la scala di frequenze con cui accordare le singole corde del nostro strumento.

2.2.1. J.S.Bach

Nel periodo in cui visse Johann Sebastian Bach (1685-1750), i musicisti sentirono l'esigenza di standardizzare un punto di riferimento sulle frequenze musicali. La nuova intonazione base che fu proposta allora risultava essere molto più bassa rispetto a quelle utilizzate precedentemente. Alexander John Ellis stabilì che l'altezza del LA poteva variare tra i 374 Hz (utilizzata nel 1700 nelle intonazioni di chiesa) e i 567 Hz (utilizzati nel Nord della Germania).

Questo sistema fu subito accettato all'unanimità, ma lentamente adottato poiché, ad esempio, i proprietari di organi (per lo più di chiesa) erano restii a cambiare lo strumento fino a quando non funzionasse più.

In generale nel XVIII secolo per l'intonazione veniva usato un range che variava da 415 Hz a 430 Hz. Ad esempio il diapason di Georg Friedrich Handel (1685-1759) produceva un suono a 422,5 Hz e il pianoforte di Mozart era sintonizzato sui 421 Hz.

In Italia ad esempio durante la metà del XVIII secolo furono prodotti violini con una intonazione molto inferiore rispetto a quella standardizzata e questo risulta essere un problema molto rilevante per gli attuali possessori e musicisti di questi strumenti.

⁴ “Temperamento. Storia di un enigma musicale” di Stuart Isacoff – ed. EDT 2005

2.2.2. XIX secolo e XX secolo

Nel diciannovesimo secolo ci fu un importante cambiamento. La London Philharmonic Society stabilì che il “La” fosse di intonazione pari a 452.5 Hz e fu un salto enorme rispetto alla precedente intonazione di 423.5 Hz. Si resero conto presto però che era un'intonazione troppo alta e così la abbassarono a 433.2 Hz. Molte organizzazioni e aziende di produzione di strumenti musicali però avevano già effettuato il cambio e tennero l'intonazione a 452.5 Hz che divenne il sistema più diffuso ai tempi.

Il governo francese successivamente stabilì come frequenza principale il “La” a 435 Hz e i governi di altri paesi cercarono di adeguarsi; quello inglese ebbe problemi a causa del tempo meteorologico poiché quest'ultimo influenza molto la vibrazione delle corde e perciò si adeguò ad un valore pari a 439 Hz.

Infine nel 1939 in una conferenza internazionale venne stabilito per tutti che il valore corretto per l'intonazione del LA centrale fosse di 440 Hz.

2.2.3. Legge 170

La frequenza della nota di riferimento per l'accordatura degli strumenti musicali, in Italia, è stabilita dalla legge 3 maggio 1989, n. 170, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 109 del 12/05/1989: "Normalizzazione dell'intonazione di base degli strumenti musicali", che all'art. 1 recita:

"Il suono di riferimento per l'intonazione di base degli strumenti musicali è la nota La₃, la cui altezza deve corrispondere alla frequenza di 440 hertz (hz), misurata alla temperatura ambiente di 20 gradi centigradi".

3. Tecniche di accordatura

Alla base di ogni corso di didattica strumentale c'è la messa a punto dello strumento, qualunque esso sia. Il mio studio è indirizzato esclusivamente allo studio dell'accordatura della chitarra sia classica, sia acustica che elettrica. L'accordatura della chitarra risulta essere un'operazione che il chitarrista esegue sempre prima di impugnare in mano e suonare il proprio strumento e anche nell'intervallo fra un brano ed un altro.

Per quanto riguarda il mondo della chitarra l'accordatura può avvenire attraverso due sistemi:

- l'accordatura standard
- il "fine tuning"

Le chitarre del giorno d'oggi sono tutte prodotte secondo la tecnica del temperamento equabile.

3.1. La chitarra

La chitarra è uno strumento musicale cordofono che viene suonato facendo vibrare le corde con i polpastrelli, le unghie o mediante un plettro. Il suono viene generato dalla vibrazione delle corde che sono tese lungo il piano armonico che a sua volta poggia sulla cassa armonica per quanto riguarda le chitarre acustiche, e sul corpo per quanto concerne le chitarre elettriche. Infatti i due macrogruppi che differenziano le chitarre sono proprio questi:

- le chitarre acustiche con il corpo "vuoto" che costituisce la cassa armonica
- le chitarre elettriche con il corpo "pieno" e quindi senza cassa armonica per cui è necessario l'ausilio di un amplificatore esterno elettrico per riprodurre il suono

Inoltre all'interno delle chitarre acustiche si possono riscontrare altri due macrogruppi:

- le chitarre classiche, che hanno come caratteristica essenziale quella di avere le 3 corde piccole prodotte in nylon mentre le altre 3 prodotte in nylon ma rivestite di metallo
- le chitarre folk, che hanno la cassa armonica più grande e la presenza di un'asta di ferro all'interno del manico per resistere alla tensione prodotta da tutte le 6 corde in metallo

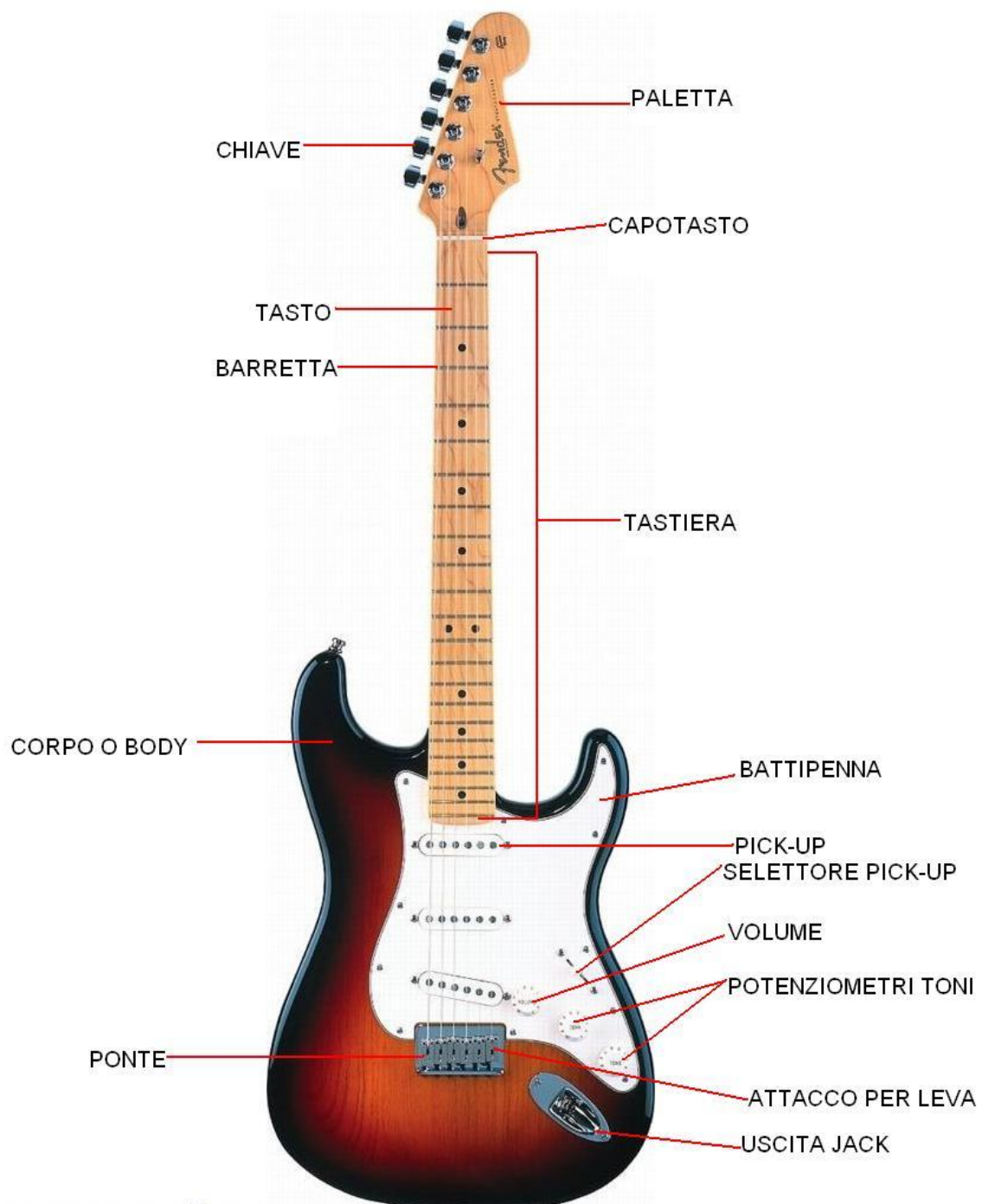


Figura 10 "Elementi che compongono una chitarra elettrica"

Per la maggior parte delle chitarre l'accordatura avviene tramite la rotazione delle meccaniche presenti sulla paletta che tendono la corda all'intonazione desiderata. Per altre chitarre molto rare l'accordatura avviene sempre tramite la rotazione di meccaniche che però sono presenti sul corpo della chitarra e non sulla paletta che risulta essere inesistente in questi modelli.



Figura 11 "Esempio di chitarra senza paletta"

La mia ricerca si è soffermata principalmente sull'accordatura tramite meccaniche presenti sulla paletta.

3.2. La paletta

Con paletta si indica l'elemento estremo della chitarra sui cui sono montate le meccaniche per la tensione di ogni singola corda. Ci sono 2 tipi di paletta:

- quella con le meccaniche allineate sullo stesso lato



Figura 12 "Paletta con 6 meccaniche allineate"

- quella con le meccaniche disposte a 3 per ogni lato



Figura 13 "Paletta con 3 meccaniche per lato"

Per quanto riguarda le chitarre acustiche, la predominanza è quella dell'utilizzo della paletta con le meccaniche divise in 2 gruppi per lato, mentre per quanto concerne il mondo delle chitarre elettriche vi è un utilizzo abbastanza pari delle due tipologie, anche se sembra avere il predominio la paletta con le meccaniche allineate poiché viene riscontrata una maggiore facilità e velocità nell'accordatura dello strumento.

L'analisi di più chitarre mi ha portato a delineare in linea di massima le dimensioni delle palette e delle meccaniche con un riscontro che conferma che, con solo la differenza di alcuni millimetri, esse risultano essere uguali. Nello schema qui proposto possiamo notare la piccole variazioni di millimetri che intercorrono tra le dimensioni delle meccaniche.



Figura 14 "Dimensioni meccaniche"

3.3. Metodo classico - Le 8 fasi per una corretta accordatura

Illustrerò di seguito le principali fasi da seguire per poter accordare una chitarra partendo da quella classica per poi evidenziare le differenze rispetto ad una chitarra elettrica sia con ponte mobile che con ponte fisso. L'accordatura è quella standard poiché la maggior parte di questi strumenti musicali è prodotta secondo le regole del temperamento equabile ma è possibile anche sperimentare diversi tipi di accordatura, anche se risulta molto difficile a livello teorico e pratico individuare le armonie corrette.

Per prima cosa dobbiamo individuare e classificare le note secondo la loro funzione e frequenza. Nella maggior parte dei casi si parte col numerare le corde da quella più fine a quella più grossa (da quella più in basso e salendo verso l'alto).

Ecco allora la classificazione per una accordatura standard:

- *Corda 1 (più fine) – MI CANTINO*
- *Corda 2 – SI*
- *Corda 3 – SOL*
- *Corda 4 – RE*
- *Corda 5 – LA*
- *Corda 6 (più grossa) – MI BASSO*

Le corde suonate a vuoto (senza premere su nessun tasto del manico) dovranno suonare queste rispettive note. Per poterle portare alla giusta frequenza ci dobbiamo procurare uno dei seguenti strumenti:

- un diapason
- un accordatore elettrico
- un accordatore a fiato
- un pc
- un qualsiasi altro strumento in grado di riprodurre quantomeno la nota LA a 440 Hz

Come vedremo poi nel capitolo n.4 riferito alla classificazione degli accordatori il più classico dei dispositivi utilizzati dai musicisti per accordare è da sempre il diapason che ha molti pregi fra i quali quelli di sviluppare l'orecchio umano e quello di essere economico.

A questo punto si può iniziare ad accordare lo strumento mediante 8 passaggi.

1 – Imbracciare la chitarra tenendo nella mano destra (per un musicista destrorso) o sinistra (per un musicista mancino) il diapason.



Figura 15 "Accordatura chitarra classica - passaggio 1"

2 – Battere il diapason contro un qualunque oggetto non metallico.



Figura 16 "Accordatura chitarra classica - passaggio 2"

3 – Appoggiare velocemente la base del diapason sulla cassa armonica della chitarra facendo attenzione a non bloccare la vibrazione del diapason. Quella che sentiremo sarà la nota LA a 440 Hz. Importante però è sapere che il LA che abbiamo sulla chitarra alla quinta corda non è il LA della stessa ottava del diapason ma di 2 ottave inferiore.

Quindi per un musicista esperto basta riconoscere la stessa tonalità anche di 2 ottave diverse per riuscire ad accordare mentre per il principiante o per colui che non ha un "buon orecchio" risulta difficile. Per ottenere lo stesso suono dovremmo suonare un armonico sul quinto tasto della quinta corda. Senza entrare nei particolari tecnici, l'armonico viene prodotto semplicemente appoggiando il dito sulla corda senza premerla sul manico in corrispondenza del quinto tasto dello stesso. Questa operazione richiede una discreta abilità nella pratica musicale.



Figura 17 "Accordatura chitarra classica - passaggio 3"

4 – Staccare il diapason e memorizzare il suono prodotto dal diapason.



Figura 18 "Accordatura chitarra classica - passaggio 4"

5 – Eseguire l'armonico al quinto tasto come descritto precedentemente.



Figura 19 "Accordatura chitarra classica - passaggio 5"

6 – A questo punto se il suono risulta più grave rispetto a quello del diapason dovremmo tendere la corda tramite le meccaniche sulla palette girandole in senso antiorario se invece risulta essere più acuto dovremmo allentare la tensione della corda sempre tramite le meccaniche girandole in senso orario.



Figura 20 "Accordatura chitarra classica - passaggio 6"

7 – Ottenuta l'accordatura della quinta corda procedere con la sintonizzazione della sesta. Per poterlo fare basta conoscere le basi delle scale musicali e saperle individuare

sul manico della chitarra. Infatti il quinto tasto della sesta corda corrisponde esattamente alla nota La della quinta corda suonata a vuoto.



Figura 21 "Accordatura chitarra classica - passaggio 7"

8 – Proseguire con le altre corde seguendo sempre le regole dei tasti:

a- Il quinto tasto della quinta corda corrisponde al RE della quarta corda a vuoto.

b- Il quinto tasto della quarta corda corrisponde al SOL della terza corda a vuoto.

c- Il quarto tasto della terza corda corrisponde al RE della seconda corda a vuoto.

d- Il quinto tasto della seconda corda corrisponde al MI CANTINO della prima corda a vuoto.



Figura 22 "Accordatura chitarra classica - passaggio 8"

Completati tutti i passaggi avremo un accordatura ottimale che però richiede in tutte le sue fasi sicuramente completo silenzio e “buon orecchio” per distinguere bene le singole frequenze.

E' importante precisare che se montiamo corde nuove sul nostro strumento, prima che esse prendano e tengano per lungo tempo la tensione giusta (e di conseguenza suonino la frequenza corretta) passerà parecchio tempo e quindi necessitano di una continua e sistematica accordatura. Mentre per quanto riguarda le corde “vecchie” non si ha la necessità di accordarle spesso se non quando vengono tanto sollecitate durante l'esecuzione di una pezza in cui il musicista utilizza molti “virtuosismi” primo fra i quali il bending.

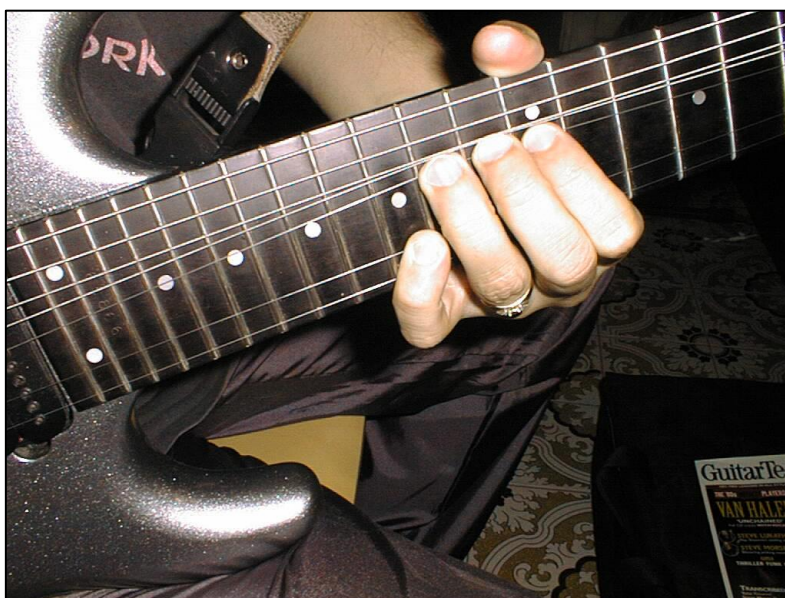


Figura 23 "Sollecitazione corde: il bending"

3.4. Accordare con un dispositivo elettronico

Fino ad ora abbiamo visto i passaggi per poter accordare una chitarra acustica senza l'uso di apparecchiature elettroniche poiché siamo in grado di produrre il suono direttamente con la chitarra grazie alla cassa armonica. Per quanto riguarda invece le chitarre elettriche il discorso cambia poiché esse, come abbiamo già notato, sono sprovviste di cassa armonica e quindi dobbiamo farci aiutare da un amplificatore esterno per riprodurre il suono delle corde. Per ovviare a questo problema, che richiederebbe ancora un grande silenzio, è stato inventato l'accordatore elettronico.

Questo strumento viene collegato direttamente alla chitarra tramite vari meccanismi, ma il più diffuso rimane quello della connessione tramite un jack da 6,3 mm.



Figura 24 "Connettore jack da 6,3 mm"

Questo strumento è in grado di riconoscere la frequenza prodotta dalla corda suonata e, nella maggior parte dei casi tramite un display, farci capire quando la corda risulta vibrare all'intonazione corretta. L'accordatore elettronico non richiede silenzio poiché il suono non viene percepito con l'orecchio o un microfono ma attraverso i pick-up della chitarra.

Gli accordatori elettronici possono essere anche utilizzati per la messa a punto delle chitarre acustiche. Quest'ultime, soprattutto quelle classiche, sono prive di collegamento jack e quindi è necessario l'uso di un microfono che si applica sul corpo della chitarra o si inserisce direttamente nella cassa armonica. Anche in questo caso è necessario silenzio, anche se non completo poiché il microfono riceve prima i suoni direttamente dallo strumento che è più vicino; mentre i suoni "fuori campo" possono ugualmente influire sulla percezione da parte dell'accordatore della frequenza corretta.

C'è però un'importante distinzione fra l'accordatura di due tipi di chitarre elettriche: quelle con il ponte fisso e quelle con il ponte mobile.



Figura 25 "Chitarra con ponte fisso"



Figura 26 "Chitarra con ponte mobile"

Nelle chitarre con ponte fisso ogni corda è fissata al corpo della chitarra singolarmente perciò la sua accordatura non influisce sull'accordatura delle altre. Invece per le chitarre a ponte mobile le corde sono tutte collegate ad una piastra metallica fissata con le viti solo su un lato. Questo permette grazie ad una leva di poter muovere il ponte e produrre il "vibrato". La più famosa chitarra che adotta questo sistema è stata la Fender Stratocaster. I vari chitarristi degli anni 60 -70 si accorsero però che l'utilizzo del ponte mobile influiva sulla scordatura delle corde, perché ogni volta che si andava ad applicare forza sulla leva si andava anche ad aumentare o diminuire la tensione delle corde che in poco tempo perdevano il loro giusto valore di frequenza. Per ovviare a questo problema fu inventato il Floyd Rose.

3.4.1. Floyd Rose

Il Floyd Rose prende il nome dal suo inventore Floyd D. Rose, chitarrista del gruppo americano Q5, che progettò nel 1977 e brevettò l'anno successivo il ponte mobile.

Egli tentò con la sua invenzione di correggere il difetto dei ponti mobili fino ad allora costruiti che, come abbiamo detto, portavano ad un veloce cambiamento di tensione delle corde e quindi alla successiva perdita della giusta frequenza. Perciò Rose pensò di bloccare tutte le corde su una piastra metallica mobile e di collegare quest'ultima al corpo della chitarra solo in due punti di appoggio. Per contrastare la

tensione delle corde introdusse l'utilizzo di 3 molle che venivano collegate alla piastra sul lato opposto ai punti di appoggio e alla chitarra tramite 3 viti di regolazione della tensione sul retro del corpo.

Questo sistema divenne ben presto il più sfruttato nel mondo della musica poiché i due perni di basculamento garantiscono molta meno resistenza e costituiscono un ostacolo minore nel rapporto di equilibrio fra tensione delle corde e tensione delle molle. Minor resistenza porta a minor attriti e quindi ad una maggior precisione di ritorno della piastra al punto zero. L'utilizzo del Floyd Rose diminuiva drasticamente la perdita della giusta intonazione delle corde poiché il cambiamento di tensione delle corde veniva contrastata dalla tensione delle molle. Successivamente Rose inserì nel suo progetto un dettaglio utile a ritoccare finemente il livello di accordatura: i "fine Tuners". Consistono in piccole rotelle poste sul bordo della coda del ponte che agendo sull'inclinazione degli elementi su cui poggia la corda (selletta) alterano in modo molto ristretto la tensione di essa.

C'è da riscontrare però che la tensione delle molle si oppone alla somma della tensioni di tutte le 6 corde della chitarra. Questo comporta il fatto che ogni volta che si cambia la tensione di una corda si altera anche la tensione delle altre 5. Per poter quindi avere un'accordatura corretta e precisa non basterà fermarsi una sola volta sulla meccanica di ogni singola corda ma occorrerà un continuo ciclo di passaggi sulle meccaniche partendo dalla corda più grossa arrivando a quella più fine fino a che il gap fra l'intonazione eseguita e quella corretta sarà pari a zero.



Figura 27 "Floyd Rose"

4. Prodotti per l'accordatura

L'accordatore nel campo della musica è un dispositivo atto a facilitare l'intonazione di uno strumento musicale. Grazie ad esso il musicista e/o il tecnico musicale ha la possibilità di regolare e correggere il segnale prodotto dallo strumento musicale secondo il valore di frequenza desiderato.

Sono molte le tipologie di accordatori presenti sul mercato e si differenziano principalmente per i dispositivi non-elettronici (tradizionali) e quelli elettronici.

Nella musica classica vi è una tradizione di lunga data per l'accordatura "ad orecchio", che regola la frequenza degli strumenti grazie ad un tono di riferimento. In un'orchestra, il suonatore di oboe prima dell'inizio del concerto, ad esempio, suona un LA a 440 Hz e tutti gli altri musicisti accordano il loro strumento in base a quella frequenza. Nella musica da camera succede spesso che la nota base del LA viene riprodotta dal primo violino se si è in assenza di strumenti a fiato. Nonostante questa tradizione persista ancora nelle orchestre più prestigiose, si è passati all'uso degli accordatori elettronici anche nella produzione di musica classica con strumenti musicali non elettronici.



Figura 28 "Fase di accordatura per l'orchestra, il primo violino suona la nota di riferimento"

Infatti capita spesso che il suonatore di oboe o il primo violino sia dotato di un accordatore elettronico per intonare alla giusta frequenza la nota base con cui poi far accordare l'intera orchestra. I musicisti classici utilizzano gli accordatori anche fuori dal

palcoscenico, sia per la messa a punto dello strumento, sia per allenare l'orecchio alla riproduzione delle frequenze base.

I tecnici del suono per accordare strumenti musicali complessi come il pianoforte o l'arpa e i restauratori di strumenti (liutai) utilizzano per la loro messa a punto sintonizzatori di alta fascia. Se hanno "buon orecchio" riescono a intonare tutte le note alla giusta frequenza senza l'uso di un dispositivo di sintonizzazione anche se devono sempre ricevere da un accordatore la prima nota fondamentale da cui partire.

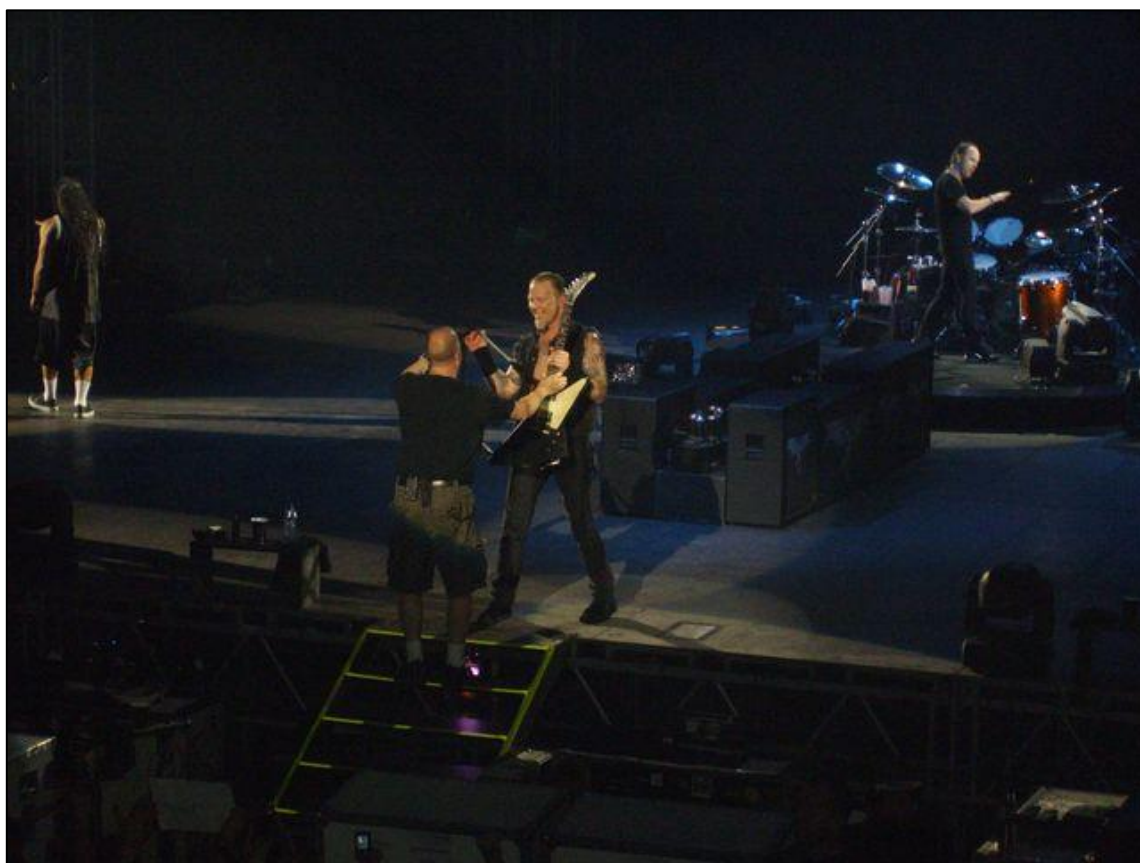


Figura 29 "Concerto dei Metallica, il tecnico aiuta Hetfield a cambiare chitarra dopo averla accordata"

Nella musica popolare e/o nelle band professionali o amatoriali che suonano musica con stili diversi che possono andare dal "country" fino all' "heavy-metal", si utilizzano per lo più gli accordatori elettronici per garantire agli strumenti di essere correttamente intonati. Risulterebbe infatti impossibile accordare "ad orecchio" poiché vi è un forte disturbo di sottofondo durante i concerti live, cosa che non accade durante i concerti d'orchestra. Se però questi ultimi non avvengono in spazi chiusi ma su palcoscenici all'aperto il discorso cambia. Infatti gli strumenti acustici di un orchestra risentono terribilmente del cambio di temperatura e di umidità dovuti ad esempio al calore delle luci del palcoscenico. Per

fronteggiare questo problema i musicisti sono forniti di un accordatore elettronico personale per l'intonazione del loro strumento.

Gli accordatori non vengono utilizzati solo dai musicisti: durante concerti di band rock o pop i sintonizzatori sono utilizzati spesso dai tecnici da palco. Essi devono garantire a tutti i componenti della band di aver sempre "pronto" lo strumento e per questo devono sintonizzare gli strumenti prima, durante e dopo lo spettacolo. Per far questo di solito i tecnici da palco utilizzano accordatori professionali abbastanza costosi. I loro obiettivi sono la precisione e la rapidità anche se quest'ultima a volte non è sempre ottenibile con accordatori professionali.

4.1. Accordatori tradizionali

Gli accordatori non elettronici si differenziano da quelli elettronici principalmente dal fatto che non danno al musicista un riscontro sulla intonazione ma producono un suono di riferimento con cui accordare lo strumento musicale.

I due più diffusi ed utilizzati accordatori tradizionali sono il diapason e il corista.

4.1.1. Il diapason

Il termine diapason in musica ha diversi significati, ma comunemente indica uno strumento metallico a forma di U che, se percosso, emette un suono puro (fondamentale) di frequenza stabile dipendente dalle dimensioni dell'oggetto. Il manico, anch'esso in materiale metallico, consente di tenere in mano lo strumento senza ostacolare l'oscillazione della forcina e di trasmettere le vibrazioni ad un altro corpo come la cassa armonica di una chitarra acustica per potenziare l'intensità del suono emesso.

La frequenza alla quale il diapason oscilla dipende dalle proprietà elastiche del materiale di cui è costituito, dalla lunghezza e dalla distanza fra i rami della forcina.

Attualmente il diapason più comune produce un suono uguale alla nota LA alla frequenza di 440 Hz, ma è possibile reperire in commercio altri accordatori di questo tipo tarati per emettere una frequenza differente. Viene utilizzato per lo più dai direttori di orchestra per sintonizzare sulla stessa frequenza tutti gli strumenti: il LA a 440 Hz infatti corrisponde ad esempio al suono prodotto dalla seconda corda del violino, la prima corda della viola, e un'ottava sotto rispetto alla prima corda del violoncello.

La sua invenzione si deve al musicista John Shore nel 1711 e fino al 1850 ebbe come frequenza base con cui veniva fabbricato pari a 423,5 Hz.



Figura 30 "Diversi diapason per diverse frequenze"

4.1.2. Il corista

Il corista è un dispositivo con il quale si riproduce il suono della nota necessaria. Ne esistono di due tipi:

- Il corista singolo costituito da un tubo contenente un'ancia che, soffiandoci dentro, emette generalmente il suono del LA3 a 440 Hz.



Figura 31 "Accordatore a fiato singolo"

- Il corista multiplo composto da un elemento in materiale plastico che, soffiando nel rispettivo foro, può riprodurre il suono di 6 note differenti. Solitamente queste 6 note riproducono il suono dell'accordatura standard di una chitarra (MI BASSO, LA, RE, SI, SOL, MI CANTINO).



Figura 32 "Accordatore a fiato multiplo"

4.2. Accordatori elettronici

Al giorno d'oggi esistono molte tipologie di accordatori elettronici per l'intonazione di strumenti musicali. Nel caso di strumenti non elettronici, quali chitarre acustiche, esistono accordatori di piccole dimensioni che attraverso un piccolo microfono appoggiato sullo strumento o inserito nella cassa armonica ricevono il suono prodotto ed indicano, attraverso led o frequenzimetri ad ago o digitali, il livello della frequenza. Per la maggior parte invece degli strumenti elettrici come una chitarra elettrica, è necessario collegare direttamente l'ingresso di un accordatore all'uscita dello strumento per far ricevere ed analizzare i suoni emessi dallo stesso. Di solito questo passaggio avviene attraverso i connettori mono TRS (comunemente chiamati connettori jack) da 6,3 mm molto utilizzati nel campo musicale.

Il più semplice ed economico accordatore elettronico utilizza luci led o un ago analogico per indicare approssimativamente se il tono della nota suonata è inferiore, superiore o pari all'intonazione desiderata. Accordatori più complessi e costosi indicano

invece con maggior precisione la differenza di frequenza tra la nota suonata e il livello esatto di accordatura che si vuole ottenere.

Gli accordatori si differenziano anche per le loro dimensioni: si passa dal formato tascabile molto piccolo (questione di pochi centimetri) a quelli più professionali e di grandi dimensioni utilizzati per lo più da tecnici del suono (accordatori di pianoforte, liutai) per accordature complesse.

Il più semplice accordatore è in grado solamente di rilevare e visualizzare la messa a punto di una singola frequenza (spesso LA o MI) o di un numero limitato di note come ad esempio le sei note dell'accordatura standard di una chitarra. Accordatori più complessi invece offrono la possibilità della selezione di tutte le singole 12 frequenze di un determinata scala armonica.

Alcuni accordatori elettronici offrono caratteristiche aggiuntive, come la calibrazione del valore di accordatura, le diverse opzioni di temperamento, la produzione di un suono alla frequenza desiderata attraverso un amplificatore o un altoparlante e la possibile regolazione del "tempo di lettura" da parte dell'accordatore della frequenza prodotta dallo strumento musicale.

Alcuni accordatori di medio-alto livello includono anche un altoparlante e un amplificatore interno in grado di riprodurre le note sia per facilitare l'accordatura "ad orecchio" sia per fungere da nota di intonazione di riferimento mentre vengono suonate scale o arpeggi.

Una più accurata messa a punto degli strumenti musicali viene effettuata con dispositivi più complessi come i sintonizzatori strombo, che funzionano in modo differente rispetto ad un accordatore comune; questi accordatori possono essere utilizzati per sintonizzare un qualsiasi strumento musicale anche non comune come può essere la cornamusa e le campane. Tuttavia le unità stroboscopiche sono generalmente più costose ed essendo un dispositivo meccanico richiede una manutenzione periodica. Anche per questo motivo sono utilizzate principalmente da specialisti o tecnici del suono.

4.2.1. Accordatori economici e semiprofessionali

La maggior parte degli accordatori elettronici hanno al loro interno:

- una microfono e/o una presa di ingresso;
- un circuito elettrico per l'acquisizione e l'elaborazione della frequenza prodotta;

- un display (un ago analogico, una serie di luci LED o un display LCD).

Alcuni accordatori sono dotati anche di una uscita segnale in modo tale che possono essere collegati “in linea” da uno strumento musicale ad un amplificatore o un mixer. Questi dispositivi vengono spesso utilizzati per i concerti “live” dove è necessario ridurre i tempi di messa a punto dello strumento. La maggior parte degli accordatori di piccole dimensioni e portatili sono alimentati attraverso batterie di piccole dimensioni, alcuni accordatori più complessi e di grandi dimensioni hanno il collegamento per l'alimentazione a corrente.

La forma d'onda generata da uno strumento musicale è molto complessa in quanto contiene una serie di parziali armoniche ed è in continuo cambiamento. Per questo motivo l'accordatore deve regolare secondo una media di cicli della vibrazione e utilizzare questa media per far visualizzare sul display il valore corretto di intonazione. Qualsiasi rumore di fondo di altri musicisti, di vibrazioni di altri strumenti (per esempio a percussione come la batteria) possono “confondere” in formato elettronico il tentativo dell'accordatore di percepire la corretta frequenza in uscita prodotta dal solo strumento che stiamo accordando.

Per questo motivo, come possiamo notare bene negli accordatori analogici, l'ago continua a “tremare” e non rimane in una posizione fissa. I piccoli movimenti dell'ago rappresentano in genere un errore di un cent di semitono (riferimento). La precisione tipica degli accordatori semiprofessionali è di circa +/- 3 centesimi per quelli analogici ad ago, mentre di +/- 9 cent per quelli più economici a LED.

Possiamo trovare in commercio una vasta gamma di brand che producono accordatori di questa tipologia e per quanto riguarda quelli più economici possiamo nominare le seguenti aziende:

- Behringer
- Qwik Tune
- Yamaha
- Marshall
- Tascam

Aziende come Boss, Korg, Ibanez e Fender invece producono accordatori che vanno da quelli tascabili più economici a sintonizzatori più professionali come quelli a pedale, montabili a rack di vario livello sia di qualità che di funzionalità.

4.2.1.1. L'accordatore elettronico tradizionale

Tutte le aziende che producono accordatori elettronici sono partite dal dispositivo di sintonizzazione più classico sia per forma che per utilizzo diffuso in tutto il mondo. Si tratta in linea di massima di un parallelepipedo con dimensioni contenute fra i 10/15 centimetri di lunghezza e i 5/10 centimetri di altezza per una profondità che varia tra i 15 e i 30 millimetri. La maggior parte è dotata di un display analogico ad ago o uno schermo LCD per la visualizzazione corretta della frequenza prodotta dallo strumento. Solo alcuni modelli non dispongono di display ma hanno una serie di luci LED per controllare l'accordatura.

Nella tabella successiva si possono notare le differenze tra i più diffusi accordatori di questa tipologia:

	MARCA	MODELLO	PREZZO	DISPLAY	N. TASTI	LED	FUNZIONI SPECIALI
	YAMAHA	YT 140	19€	NO	1	8	MICROFONO
	FENDER	ST-1	35€	LCD	1	NO	NO
	IBANEZ	LU10	25€	LCD	3	11	MICROFONO
	MARSHALL	MT1	15€	LCD (AGO DIGITALE)	4	3	MICROFONO

	MARCA	MODELLO	PREZZO	DISPLAY	N. TASTI	LED	FUNZIONI SPECIALI
	KORG	GA-1	11€	LCD (AGO DIGITALE)	4	3	NO
	KORG	MA-30	16€	LCD (AGO DIGITALE)	6	NO	NO
	BOSS	TU-88	49€	LCD (AGO DIGITALE)	9	NO	METRANO
	KORG	GT 12	77€	LCD + AGO ANALOGICO	6	NO	MICROFONO
	IBANEZ	MU40	25€	LCD (AGO DIGITALE)	6	3	MICROFONO
	NOUSE	NE 2001	21€	LCD (AGO DIGITALE)	4	3	MICROFONO
	IBANEZ	GU1	17€	LCD (STROBO)	4	3	MICROFONO
	PLANET WAVES	---	35€	LCD (AGO DIGITALE)	6	NO	METRANO

	<i>MARCA</i>	<i>MODELLO</i>	<i>PREZZO</i>	<i>DISPLAY</i>	<i>N. TASTI</i>	<i>LED</i>	<i>FUNZIONI SPECIALI</i>
	SEIKO	ST909	59€	AGO ANALOGICO	4	10	MICROFONO
	SEIKO	SAT 101	15€	LCD (AGO DIGITALE)	5	3	MICROFONO
	TASCAM	PT7	125€	LCD	14	NO	MICROFONO REGISTR.
	YAMAHA	YT 150	25€	LCD (AGO DIGITALE)	3	3	MICROFONO
	QUIKTUNE	GP1	12€	LCD (AGO DIGITALE)	4	3	MICROFONO
	QUIKTUNE	QT15	12€	LCD (AGO DIGITALE)	1	NO	MICROFONO

Tabella 1 "Esempi di accordatori elettronici con loro caratteristiche"

VANTAGGI:

- ridotte dimensioni
- economico

SVANTAGGI:

- poca precisione per i modelli più economici
- bisogna molte volte scollegare lo strumento dal suo amplificatore

4.2.1.2. Gli accordatori a pinza

Gli accordatori a pinza o “clip-on” sono dispositivi che si fissano su uno strumento musicale (comunemente alla paletta della chitarra) e raccolgono le vibrazioni prodotte dalle corde e trasmesse di riflesso sulla paletta della chitarra. Il valore della frequenza viene visualizzato attraverso un display LCD o una serie di LED. Questi accordatori hanno meno probabilità di confondere la frequenza prodotta dallo strumento con il rumore di fondo in quanto raccolgono le vibrazioni della corda direttamente dal corpo dello strumento stesso. Risultano essere molto vantaggiosi dal punto di vista delle dimensioni ridotte e dell’aspetto economico.



Figura 33 "Accordatori a pinza Korg e Cherubi"

VANTAGGI:

- piccole dimensioni
- velocità di utilizzo
- economico
- utilizzabile anche in situazioni rumorose

SVANTAGGI:

- poca precisione se utilizzato con strumenti musicali economici e di bassa qualità
- se LCD il display risulta molto piccolo e poco comprensibile perché posto sull'estremità della chitarra

4.2.1.3. Gli accordatori tascabili

Sono accordatori in cui la prerogativa è quella delle ridotte dimensioni. Non sono particolarmente apprezzati a causa della loro scarsa precisione e vengono utilizzati per lo più dai musicisti alle prime armi. Il prodotto come quelli a pinza è compreso in un elemento unico ed il collegamento allo strumento avviene direttamente attraverso il jack da 6,3 mm di cui è fornito.



Figura 34 "Accordatore tascabile Korg"

VANTAGGI:

- piccole dimensioni
- economico

SVANTAGGI:

- bassissima precisione sul riscontro della frequenza prodotta dallo strumento
- difficoltà nel riscontro visivo dei LED
- necessità di scollegare sempre la chitarra dall'amplificatore

4.2.1.4. Gli accordatori a pedale

Questi dispositivi, generalmente chiamati “stomp box”, vengono utilizzati con i piedi. I suonatori di chitarra e di basso elettrico che operano in concerti utilizzano spesso questi accordatori inseriti in un elemento a pedale. Sono prodotti per lo più in materiale metallico o con un pesante involucro di materiale plastico poiché devono “resistere” alla forza d’urto di un piede che non è certamente la pressione che si può applicare con una mano. L’interruttore a pedale ha la funzione di passare dalla modalità accordatura a quella di by-pass così da poter utilizzare velocemente e senza la disconnessione dei cavi l’accordatore.



Figura 35 "Tuners a pedale Fender e Boss"

VANTAGGI:

- velocità di utilizzo (connesso sempre allo strumento)
- buona precisione di intonazione
- ridotte dimensioni

SVANTAGGI:

- difficile regolazione dei settaggi (bisogna inginocchiarsi per arrivare ai tasti manuali)
- riscontro visuale della frequenza con una serie limitata di LED per una precisa accordatura

4.2.1.5. Gli accordatori rack

Questa tipologia di sintonizzatore risulta essere il dispositivo a LED più preciso per quanto riguarda l'acquisizione dell'intonazione in entrata. Grazie al numero elevato di LED è possibile una più accurata e nitida visualizzazione della frequenza prodotta dallo strumento. Sono predisposti per essere montati nei "rack-mount case" utilizzati dai musicisti esperti durante i concerti "live" ma anche negli studi di registrazione professionali.



Figura 36 "Rack-tuner dell'azienda Korg"

VANTAGGI:

- elevata precisione di accordatura
- facile utilizzo
- veloce utilizzo (connesso sempre allo strumento)

SVANTAGGI:

- prodotto indirizzato alla serie "rack mount"
- grandi dimensioni
- elevato costo

4.2.1.6. Gli accordatori motorizzati

Nati negli ultimi anni, questi accordatori sono dotati di un motorino elettrico che ruota le meccaniche delle corde autonomamente in base al livello di intonazione desiderata. La frequenza dello strumento viene acquisita tramite il collegamento con cavi TSR per gli strumenti elettronici e con un microfono per quelli acustici.

Il primo ad essere inventato fu il “TunerMatic” della azienda Tuner String Master che consiste in un accordatore a LED. Il motorino interno è collegato direttamente ad un avvolgitore: l'accordatore viene posizionato sopra la meccanica di tensione della corda e, in base alla frequenza acquisita, tende o rilascia la corda stessa. Vi è la necessità di settare la frequenza da accordare attraverso un tasto meccanico posizionandolo sulla nota desiderata.



Figura 37 "Tuner Matic"

Nel 2008 è uscito sul mercato un modello simile, indirizzato principalmente all'accordatura di violini e violoncelli, ma che può essere anche utilizzato con le chitarre. Il “Bee-In Tuner” è costituito da un elemento con all'estremità un avvolgitore. Analogamente al suo predecessore, il motorino interno fa ruotare le meccaniche delle corde fino a raggiungere l'intonazione desiderata. Ha un display

a cristalli liquidi su cui si può visualizzare la nota di riferimento e il riscontro di quando l'operazione è stata completata.



Figura 38 "The Bee-In Tuner"

VANTAGGI:

- velocità del processo di accordatura (non di utilizzo)
- facile utilizzo anche da parte di neofiti della musica

SVANTAGGI:

- deve essere sempre scollegato e ricollegato lo strumento musicale
- grandi dimensioni per un veloce utilizzo
- riscontro visivo limitato del display o dei LED
- peso del prodotto abbastanza elevato (tutto un corpo unico)

4.2.1.7. L'accordatore da installare sulla chitarra

Il "nTune" è il primo accordatore che prima del suo utilizzo deve essere installato sulla chitarra con una procedura non semplicissima ed eseguibile da esperti di elettronica. Questo dispositivo è costituito da un potenziometro switch, da un "display" formato da una serie di piccoli led sotto ad un elemento di plastica, un circuito elettronico e un porta batterie da 9 volt. L'unità si installa al posto del potenziometro del controllo volume della chitarra elettrica. Funge da normale regolatore di volume, ma quando il musicista tira la manopola verso l'esterno si attiva la modalità accordatore e il controllo volume viene disattivato. Il dispositivo disconnette la linea di uscita dello strumento in modo tale che durante la fase di accordatura il suono prodotto della corda non viene amplificato. Le luci sul disco

di plastica illuminato dai LED posto sotto la nuova manopola del volume, indica al musicista quando la corda è intonata correttamente. Quando questo accade si accende la luce verde e alla fine della messa a punto di tutte le corde si riporta la manopola del volume nella posizione iniziale (verso il basso) così da permettere all'accordatore di essere scollegato. A questo punto rientra in funzione il pick-up di uscita del suono e il regolatore di volume.



Figura 39 "nTune"

VANTAGGI:

- veloce utilizzo
- accordatore e chitarra in un unico elemento
- facile processo di accordatura

SVANTAGGI:

- applicabile a tante chitarre ma non a tutte
- quando si scarica la batteria bisogna smontare tutta la chitarra (processo non semplice)
- non facile installazione del dispositivo
- lo si può utilizzare con una singola chitarra

4.2.1.8. La chitarra robotizzata

La casa produttrice Gibson ha introdotto nel mercato nel 2008 un modello di chitarra chiamato "Robot Guitar". Si tratta di una versione personalizzata dei modelli storici Les Paul e SG. La chitarra è dotata di una sistema speciale con sensori interni che acquisiscono la frequenza prodotta dalle corde. La manopola del volume risulta molto simile a quella del "nTune" visto precedentemente e funziona allo stesso modo. Tirando il regolatore del volume si attiva l'accordatore e quando lo si ripone nella posizione originale si riattiva la linea di uscita del suono. In questo modello il musicista però può e deve decidere manualmente quale nota e quale corda scegliere per l'accordatura. La particolarità di questa chitarra però risiede nella paletta. Su di essa sono montati al posto delle tradizionali meccaniche tendi-corda sei motorini elettrici (uno per ogni corda) di piccole dimensioni che accordano la chitarra automaticamente. Il musicista può monitorare la messa a punto automatica attraverso i led lampeggianti posizionati nel regolatore del volume.



Figura 40 "Gibson Robot Guitar e particolari"

VANTAGGI:

- rapida accordatura

- facile utilizzo
- un unico elemento

SVANTAGGI:

- peso del manico della chitarra
- utilizzo esclusivo per una singola chitarra
- prezzo (da considerare però che si compra un chitarra insieme all'accordatore!)

4.2.2. Gli accordatori stroboscopici

I sintonizzatori Strobe (termine popolare per indicare i sintonizzatori stroboscopici) risultano essere la tipologia di accordatori più accurata. Esistono tre tipi di sintonizzatori stroboscopici:

- con disco rotante meccanico;
- con una serie di LED al posto del disco rotante;
- con un display con "stroboscopio virtuale".

Un sintonizzatore stroboscopico, analogamente ad un accordatore elettronico tradizionale, visualizza la differenza tra una frequenza di riferimento e la nota prodotta dallo strumento musicale. Sono accordatori indirizzati ad un target composto da esperti e tecnici del suono poiché anche la più piccola differenza tra le 2 frequenze viene percepita e percepita attraverso il movimento del disco rotante. I sintonizzatori stroboscopici rilevano il campo di frequenza del suono prodotto dallo strumento musicale attraverso una presa di ingresso (connettore TRS da 6,3 mm) o da un microfono interno o esterno.



Figura 41 "Stroboconn negli anni '60"

Il primo sintonizzatore stroboscopico risale al 1939 e fu originariamente presentato dalla società Conn e battezzato con il nome di "Stroboconn". E' stato prodotto per oltre 40 anni e ad oggi sono gli apparecchi con il più preciso standard di frequenza musicale, raggiunto, ma mai superato, solo pochi decenni fa da accordatori elettronici di alta gamma.

Lo Stroboconn era caratterizzato da ben 12 dischi stroboscopici azionati da una motore. All'interno del sintonizzatore vi era un diapason in metallo azionato elettricamente e accordabile mediante un controllo esterno che permette di far scorrere particolari pesi di regolazione su di esso. Quando questo viene azionato e viene tenuto in oscillazione da un circuito a valvole elettronico fornisce uno stabile standard di frequenza di 55 Hz (di 3 ottave inferiore al LA centrale a 440 Hz). Questa frequenza mette in moto un motore sincrono che fa girare tramite un treno di ingranaggi i 12 dischi stroboscopici. Questi dischi hanno diversi cerchi concentrici composti da un numero di settori neri e trasparenti: risultano esserci perciò un disco per ogni nota della scala e su ogni disco i cerchi che rappresentano l'ottava corrispondente. All'interno dell'apparecchio vi era posizionato un tubo al neon a luce rossa/arancione che viene alimentato da un circuito amplificato direttamente dall'audio in entrata del microfono o connettore di ingresso.

I riparatori di strumenti musicali, quali ad esempi quelli a fiato, apprezzavano e apprezzano tuttora questi sintonizzatori perché non è necessario alcuna regolazione per mostrare le diverse note. Vengono invece apprezzati meno da parte di chi deve spostare fisicamente questi sintonizzatori: son infatti formati da due elementi di grandi dimensioni con un peso che si aggira intorno ai 15-20 kg ciascuno.

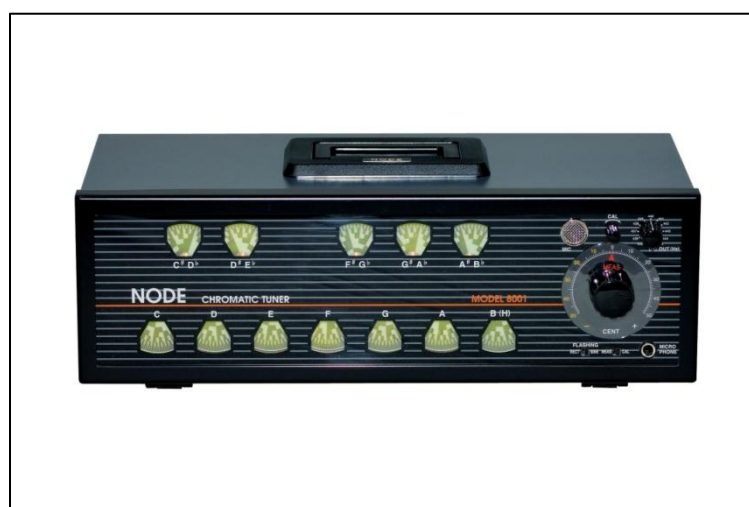


Figura 42 "Moderno tuner stroboscopico"

Il marchio più conosciuto nel campo della tecnologia stroboscopica è quello della “Peterson Strobe Tuners” che nel 1968 produsse il suo primo sintonizzatore: “Model 400”. Altri marchi come “Sonic Resarch” e “Palnet Waves” producono oggi a prezzi “economici” una serie di sintonizzatori affidabili basati sulla tecnologia LED. Altri sintonizzatori invece hanno una modalità stroboscopica a LED che simula l’aspetto di un vero stroboscopio, ma non sono affidabili in fatto di precisione in quanto l’acquisizione e la lettura della frequenza avviene attraverso un microprocessore come nei più classici accordatori elettronici tradizionali.



Figura 43 "AutoStrobe 490, Peterson Strobe Tuner"

4.2.3. I display e le possibili variazioni di accordatura

Un accordatore ad ago ,con schermo a LCD o con i LED, come abbiamo visto precedentemente, utilizza un microprocessore per misurare la lunghezza media dell’onda. Questo processore in seguito serve per movimentare l’ago (sia analogico che digitale) o una serie di LED. Quando il musicista suona una singola nota, l’accordatore avverte l’input del segnale dal microfono o dalla presa di ingresso e visualizza la frequenza in relazione alla nota desiderata per l’intonazione, indicando se il tono risulta inferiore, pari o superiore a quello desiderato. Con il display ad ago, la nota è nella corretta intonazione quando è in posizione verticale, mentre le deviazioni verso destra o verso sinistra indicano che la frequenza è alla giusta altezza. Se l’ago risulta alla sinistra del centro la nota risulterà bemolle mentre se si dirige verso destra risulterà diesis. Gli accordatori ad ago analogici sono spesso forniti di una retroilluminazione, in modo tale che il display possa essere visualizzato anche in un ambiente buio come puo’ essere un palco per un concerto “live”.

Alcuni display LCD imitano i sintonizzatori ad ago con un “ago grafico” che si muove nello stesso identico modo rispetto a quelli analogici. Alcuni modelli sono forniti anche da 3 o più luci LED nel caso in cui il display non fosse retroilluminato e quindi con l'impossibilità di vederlo al buio. Mentre altri modelli hanno una retroilluminazione spesso di colore azzurro o rosso/arancione.

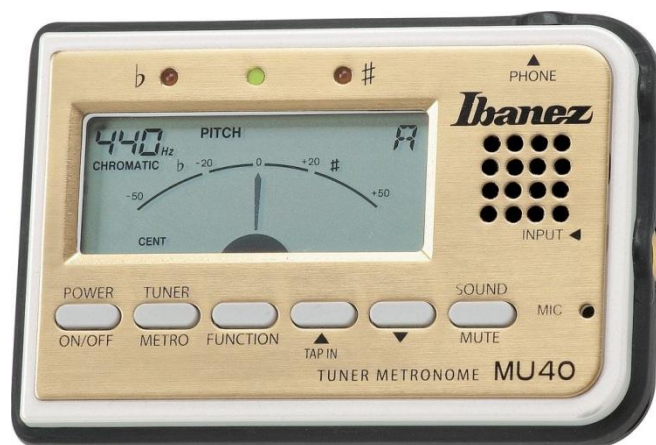


Figura 44 "Accordatore con display LCD con ago digitale"

Per quanto riguarda gli accordatori a LED o alcuni modelli con schermo LCD (senza l'ago grafico), analogamente a quello che succede per quelli ad ago la lettura della giusta frequenza avviene in senso orizzontale. Nella maggior parte dei casi la luce centrale che corrisponde alla corretta intonazione è di colore verde, mentre quelle laterali (a destra e a sinistra del centro) sono di colore rosso/arancione. Se è illuminato un led alla sinistra del centro la nota risulta essere bemolle mentre se è dalla parte destra sarà diesis. Fino a quando non si raggiunge l'intonazione desiderata in alcuni accordatori capita che vi è una sorta di lampeggio della luce centrale verde, mentre quando si raggiunge la corretta accordatura questa rimarrà accesa fissa.

Alcuni schermi a LCD simulano una modalità paragonabile ai sintonizzatori strobo anche se questa risulta solo una riproduzione a display.

I modelli più economici di accordatori possono essere utilizzati esclusivamente per individuare e visualizzare l'intonazione di un numero limitato di note. Nella maggior parte dei casi queste note corrispondono al range che è necessario per sintonizzare una chitarra secondo l'accordatura standard (MI BASSO, LA, RE, SOL, SI, MI CANTINO). Questo tipo di dispositivi è molto utile e usato principalmente dalle band musicali che utilizzano esclusivamente strumenti a corda, come la chitarra o il

basso elettrico; mentre risulta inadatto per la messa a punto di strumenti a fiato in genere come ad esempio l'ottone. Per ovviare a questo problema ci sono sintonizzatori meno economici che offrono la possibilità di un accordatura "cromatica": la possibilità, cioè, della selezione come nota di riferimento di tutte le 12 frequenze della scala cromatica e non solo 7 della scala diatonica (DO, DO#, RE, RE#, MI ecc.).

In molti modelli è presente un circuito elettronico in grado di rilevare automaticamente la frequenza che si sta cercando di accordare per far sì che il processo risulti più veloce. In altri modelli più semplici invece è richiesto al musicista di specificare la nota desiderata tramite un tasto (modelli con display LCD) o un cursore manuale (modelli a LED).

Gli accordatori sono solitamente tarati per avere come nota di riferimento il LA3 a 440 Hz che come abbiamo visto è la nota base della musica moderna. In alcuni casi però è possibile la selezione di una frequenza differente. Ad esempio alcune bande musicali per avere un suono più grave e risonante accordano i loro strumenti in tonalità di MI bemolle o RE e quindi una frequenza inferiore rispetto a quella standard. Questi cambiamenti risultano essere di un semitono mentre, anche se molto raro, sono presenti anche accordatori con la capacità di cambiamenti di un quarto di tono.

Questo consente per lo più agli esperti della musica di accordare uno strumento a passo fisso (un organo o un pianoforte) che non risulta essere sintonizzato sulla frequenza base del LA a 440 Hz. Infatti alcuni musicisti di musica "barocca" che suonano strumenti d'epoca accordano ad altezze di frequenza inferiori come ad esempio il LA3 a 435 Hz.

La maggior parte degli accordatori elettronici di bassa/media fascia consentono solamente l'accordatura basata sul temperamento di una scala equabile, mentre modelli più complessi permettono la messa a punto dello strumento secondo temperamenti differenti (caratteristica di interesse per i suonatori di clavicembalo).

5. Il sistema wireless nella musica

Il sistema wireless, cioè senza fili, sui palchi dei concerti di band si diffuse negli anni 90'. Per primi ad essere utilizzati furono i radiomicrofoni. Questi dispositivi sono nati però parecchi anni prima (già nel 1950 erano stati inventati i primi rudimentali microfoni senza fili) ma hanno sempre dato problemi di disturbi nell'amplificazione del suono fino a quando la tecnologia non ha permesso di mettere a punto tecniche con cui si limitava al minimo il rumore di sottofondo.



Figura 45 "Radiomicrofono Sennheiser"

Dopo questa evoluzione tecnologica, il sistema wireless è stato utilizzato anche per la trasmissione del suono degli strumenti musicali.

Al giorno d'oggi molti musicisti utilizzano i loro strumenti musicali con dispositivi senza fili: questo però comporta vantaggi e svantaggi.

VANTAGGI:

- maggior movimento dell'artista sul palcoscenico
- minor possibilità di inciampare nei cavi di collegamento fra gli strumenti e i loro amplificatori
- assenza di disturbi dovuti all'usura dei cavi

SVANTAGGI:

- i sistemi economici hanno una portata di segnale limitata
- possibili, se non frequenti, interferenze se sono presenti più dispositivi wireless
- tempo di utilizzo limitato alla batteria necessaria per trasmettere il segnale
- disturbo seppur minimo di sottofondo
- numero limitato di dispositivi utilizzabili nello stesso luogo essendo dipendenti da canali radio (radiofrequenze)



Figura 46 "Trasmettitore radio per chitarra Shure"

Il sistema radiomicrofono e il trasmettitore di segnale per uno strumento musicale come la chitarra o il basso elettrico sono praticamente identici: tutte e due sono formate da un modulo base-ricevitore e un modulo portatile-trasmettitore. L'elemento ricevente è costituito da un dispositivo di forma per lo più a parallelepipedo con connessioni per l'alimentazione a corrente e per l'uscita del segnale. Per il radiomicrofono, il trasmettitore nella maggior parte

dei casi si tratta di un unico elemento di forma uguale ad un microfono tradizionale a filo ma con all'interno il modulo per inviare il segnale. Nel trasmettitore per gli strumenti musicali invece, il dispositivo di invio del segnale è costituito da un elemento di piccole dimensioni che generalmente si affranca ai pantaloni del musicista e con un cavo TRS viene collegato lo strumento musicale o un microfono per gli strumenti acustici.

Il trasmettitore ha il compito di modulare il segnale in entrata sotto forma di onda radio e quindi quello di riconvertire il segnale radio nel segnale audio e inviarlo ad un amplificatore o un mixer. La necessità di questa conversione può creare interferenze e quindi successivi disturbi nell'amplificazione del suono. E' da notare il fatto che i radiomicrofoni e i trasmettitori di segnale lavorano su frequenze radio elevate in VHF solitamente tra i 100 e i 300 Mhz.

6. Case study

Per approfondire il mondo degli accordatori elettronici, prenderò in considerazione di seguito il mio accordatore personale per descriverne le singole parti che lo compongono.

Si tratta di un accordatore marcato KORG modello "Chromatic Tuner CA-20" che utilizzo da una decina di anni a casa e durante i concerti live.



Figura 47 "Accordatore Korg Modello CA-20"

Alla vista si presenta come un parallelepipedo di piccole dimensioni pari a 9,7 cm di larghezza per 6 cm di altezza con una profondità di 1,5 cm. Due scocche di materie plastiche costituiscono l'oggetto esternamente con due colori che si basano su una scala di grigi (caratteristica diffusa per questo tipo di strumenti).

Sul lato superiore sono presenti:

- un display
- 4 tasti in gomma
- 3 led luminosi

- un microfono di piccole dimensioni

Il display è di tipo LCD di dimensioni pari a 4,5cm per 2 cm e fa parte della categoria di display che simulano il movimento dell'ago degli accordatori analogici. Quando accendo il display posso notare, oltre a quella dell'ago, la presenza anche di una lettera che mi indica la nota che si sta prendendo in considerazione per l'accordatura dello strumento. Per poter selezionare la nota e altre funzioni vengono in mio aiuto i tasti posti sotto il display.

I tasti sono tutti e 4 uguali e se ne possono distinguere le funzioni grazie alle scritte poste sotto ad ognuno di essi.



Figura 48 "Particolare tasto in gomma"

Il primo tasto partendo da sinistra è il principale e serve per l'accensione e lo spegnimento del prodotto.

Il secondo viene utilizzato per la selezione manuale delle note con cui si vuole accordare lo strumento. In questo tipo di accordatore è possibile selezionare unicamente le 7 note principali della scala temperata che vengono visualizzate tramite le lettere anglosassoni che corrispondono ad esse (E – A – D – G – B – E). Dalla parte opposta del display invece è presente un numero che corrisponde in Hertz alla frequenza della nota musicale visualizzata.

Il terzo tasto serve per selezionare la modalità "AUTO": quando viene attivata, l'accordatore cerca di "capire" da solo la nota che si vuole accordare grazie alla percezione

della frequenza prodotta dalla corda. Questo processo è meglio non utilizzarlo per la prima accordatura dello strumento, ma solamente per la sintonizzazione delle note quando queste differiscono dalla giusta frequenza solo di poche decine di Hertz. Viene utilizzato spesso durante i concerti live poiché velocizza di molto la fase di sintonizzazione e permette di non allontanare mai le mani dalla chitarra se non all'inizio e alla fine del processo per accendere e/o spegnere il prodotto.

Il quarto e ultimo tasto è quello utilizzato meno rispetto agli altri. Premuto, attiva la funzione di calibrazione: serve per modificare la frequenza esatta della nota base (LA = 440 Hz). Negli accordatori di questa categoria, la possibile calibrazione risulta un po' superflua perché serve un'approfondita conoscenza musicale per poter capire e utilizzare questa funzione e solitamente chi è un esperto del campo non utilizza questi strumenti, ma si indirizza su sintonizzatori professionali e di alta gamma.

Nella parte superiore al display sono posizionati in linea tre LED luminosi: di colore rosso i due esterni, verde quello centrale. Quando quest'ultimo si accende, lo strumento ci avverte che è stata sintonizzata correttamente la nota da noi scelta.



Figura 49 "Led verde acceso = Corretta accordatura"

Se si accende la luce rossa a sinistra l'accordatore ci avverte che la nota risulta bemolle rispetto alla frequenza corretta, mentre se si accende quella a destra la nota risulta diesis.



Figura 50 "Led rosso a sinistra acceso = nota bemolle"



Figura 51 "Led rosso a destra acceso = nota diesis"

Questi elementi luminosi offrono una facile comprensione del processo di accordatura, poiché si può utilizzare questo strumento anche in situazioni di scarsa luminosità non potendo vedere il display con l'ago in posizione verticale (il display non è luminoso).

Il collegamento dello strumento avviene attraverso una presa jack da 6,3 mm posizionata nella parte laterale del prodotto facilmente individuabile anche dalla scritta INPUT sulla parte frontale dell'accordatore.



Figura 52 "Connessione jack posta lateralmente"

Se si vuole sintonizzare uno strumento non elettrico, come una chitarra acustica sprovvista di collegamento elettronico, questo accordatore è in grado di percepire la frequenza delle corde grazie ad un microfono di piccole dimensioni interno al prodotto. L'utilizzo di questo dispositivo però è possibile solo in presenza di assoluto silenzio per non far percepire all'accordatore rumori esterni allo strumento che interferirebbero sulla giusta intonazione.

Le due scocche non rimangono unite fra di loro attraverso viti ma grazie ad incastri che sfruttano l'elasticità della materia plastica (ABS – Acrilnitrile Butadiene Stirene). Questo accorgimento serve per l'apertura del prodotto e la conseguente sostituzione delle batterie interne (2 batterie di tipo AAA da 1,5 V). Per far ciò bisogna semplicemente premere in due punti delle scocche ben distinguibili grazie alle scritte OPEN poste su di essi: senza quindi

l'ausilio di strumenti quali cacciaviti o altro è possibile una veloce e facile sostituzione delle batterie.



Figura 53 "Particolare OPEN"

All'interno del prodotto lo spazio viene quasi interamente occupato dal circuito elettronico a cui sono collegati tramite cavi elettrici di 1 mm di spessore il microfono e la presa jack. I tasti agiscono direttamente sul circuito elettrico e il display è incollato ad esso tramite 2 estremità.

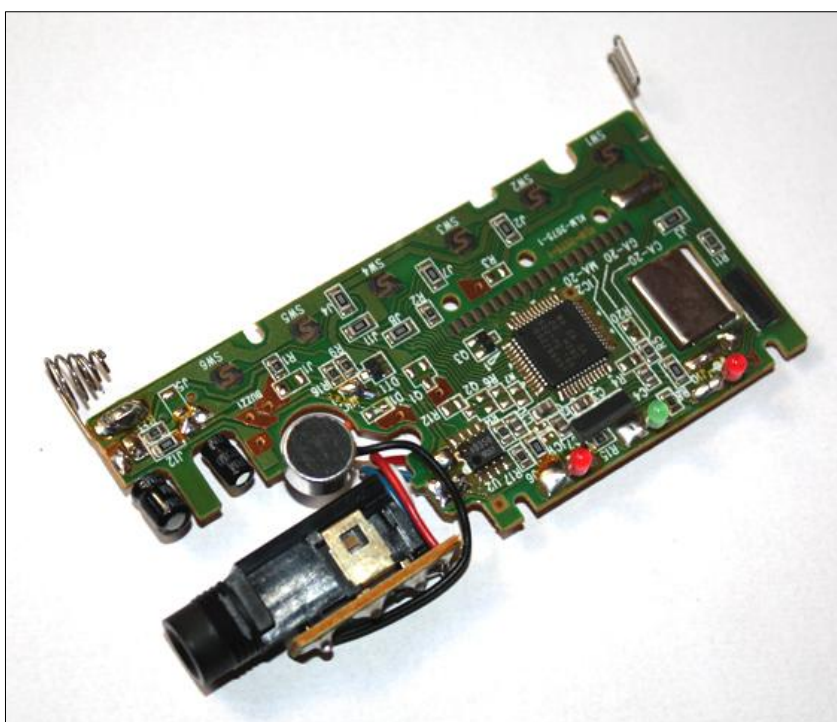


Figura 54 "Circuito elettrico"

Si può notare come lo spazio interno sia occupato e ottimizzato ai massimi livelli così da ottenere le più piccole dimensioni esterne possibili del prodotto.



Figura 55 "Particolare sulla disposizione interna degli elementi"

La scocca inferiore si presenta come un piano per lo più lineare con il bordo di confine alto 5 mm. Nella parte interna si può notare la presenza sia di segni dovuti agli espulsori per l'estrazione dell'oggetto dallo stampo, sia di due impronte lasciate da elementi mobili per ovviare al problema della formazione di sottosquadri (2 cavità che permettono l'aggancio all'altra scocca) durante la fase di produzione tramite stampaggio ad iniezione.



Figura 56 "Scocca inferiore"

La scocca superiore presenta invece diversi particolari: prima di tutto la presenza dei fori per il posizionamento corretto del display, dei tasti, dei led e del microfono. Si può notare inoltre la presenza di elementi verticali che facilitano il corretto allineamento degli elementi interni e i cilindri per il fissaggio tramite viti del circuito elettrico. Anche qui, sempre nella parte interna, sono ben distinguibili i segni dovuti agli espulsori dello stampo.



Figura 57 "Scocca superiore - vista frontale"



Figura 58 "Scocca superiore - vista interna"

In conclusione si possono definire semplici ed economici dal punto di vista della produzione questi due elementi plastici grazie alla presenza di spessore uniforme per tutte e 2 le parti e assenza di elementi quali sottosquadri o altro che complicherebbero la fase di stampaggio.

Questo accordatore si inserisce nella gamma di prodotti che stanno tra le 15 € e le 20 € di costo finale all'utente quindi nella fascia media degli accordatori amatoriali.

Avendo utilizzato per lungo tempo questo apparecchio posso delinearne i pregi e i difetti riscontrati durante l'utilizzo a casa e durante i concerti live.

Nei primi anni di pratica musicale ho cercato di accordare spesso "ad orecchio" la mia chitarra classica grazie all'aiuto anche di tastiere elettroniche che producevano il suono da me desiderato. Ma essendo ben presto passato alla chitarra elettrica che non mi permetteva il processo di accordatura fin lì utilizzato a causa della mancanza della cassa armonica, ho acquistato il mio primo accordatore elettronico.

Sicuramente il basso prezzo e le piccole dimensioni giocano a favore dell'acquisto di questo tipo di apparecchi da parte di un target costituito da giovani alle prime esperienze con la musica e con lo strumento musicale quale ero io 10 anni fa.



Figura 59 "Confronto accordatore-accendino"

Per l'utilizzo mio personale in concerti amatoriali con amici, in questi 10 anni questo accordatore è risultato molto pratico, intuitivo nell'uso e molto resistente agli urti (è ancora funzionante dopo i continui trasporti senza minima cura). La funzione "AUTO" molto ben

studiata per velocizzare la pratica dell'accordatura e i led luminosi mi hanno permesso la sintonizzazione anche al buio.

Gli unici difetti che ho riscontrato sono il fatto di essere un oggetto "volante" e l'assenza della connessione di ritorno del segnale. Poiché è un oggetto portatile e di piccole dimensioni permette all'utente di utilizzarlo solo da seduti appoggiandolo sulla propria gamba; altrimenti se siamo in piedi e lo appoggiamo ad una superficie piana è molto difficile leggere il display se non posizionandosi con la testa perpendicolarmente al prodotto. Bisognerebbe posizionarlo su una superficie obliqua così da facilitare la lettura del display, ma la fattibilità di questa soluzione molte volte è impossibile.

Invece l'assenza della connessione di ritorno del segnale dello strumento, comporta il continuo movimento dell'oggetto per poter collegare e scollegare lo strumento elettrico tutte le volte che lo si vuole sintonizzare. I chitarristi che utilizzano molti virtuosismi e che quindi sollecitano molto le corde durante le loro performance con la chitarra hanno la necessità di accordare alla fine di ogni brano il proprio strumento. Con questo tuner mi è sempre risultato difficile limitare il tempo per la fase di accordatura e quindi molte volte evitavo di eseguirla per non perdere troppo tempo, a discapito della qualità del suono. Nella maggior parte dei casi accordo lo strumento all'inizio del concerto ed eventualmente durante la pausa intermedia della performance ma se avessi la possibilità di avere un accordatore con il passaggio di segnale, e quindi sempre collegato allo strumento, potrei avere sempre una qualità migliore delle note prodotte dalla mia chitarra.

7. Brief

La ricerca finora descritta ha illustrato una panoramica sulla situazione attuale in commercio dei prodotti atti ad accordare gli strumenti musicali evidenziandone pregi e difetti. Di seguito quindi saranno illustrati in breve i punti principali dedotti.

Innanzitutto si può affermare che gli accordatori esistenti si differenziano in due macro-gruppi:

- quelli professionali
- quelli amatoriali/semiprofessionali

I più diffusi e commercializzati sono i secondi ed hanno un rapporto di vendita pari a 1/10. Ciò perché in principio tutti i musicisti acquistano un accordatore amatoriale per poi passare, nel caso si diventi professionista, a quello di alto livello, anche se in molti casi i musicisti si “accontentano” del loro vecchio e fidato accordatore di media fascia. La maggior parte di questi prodotti si inseriscono in una fascia di prezzo che va dai 20 € ai 50 € a seconda della marca e delle funzioni che offrono.

Dalla mia ricerca tramite forum in internet o nelle riviste di settore e domande dirette a musicisti (in particolare a chitarristi), il parere unanime risultante è stato che l'accordatura è un processo che tutti vorrebbero evitare o quanto meno velocizzare il più possibile.



Figura 60 "Rivista di settore per chitarristi"

Sono andato incontro a richieste a volte bizzarre come quelle di chitarre che non si scordano mai o di accordatori “magici” che eseguono il loro compito da soli senza l'intervento dell'uomo. Successivamente, nel portare le persone a conoscenza di prodotti a loro sconosciuti, perché poco commercializzati, come il “TunerMatic” o la chitarra “Gibson Robot Guitar”, mi offrivano molti pareri sui difetti eventualmente riscontrabili.

Nella maggior parte dei casi l'alto costo economico e la bassa versatilità dei nuovi prodotti portati sul mercato hanno incontrato più pareri negativi che positivi: per questo motivo tutti questi accordatori o sistemi di sintonizzazione di nuova generazione non hanno grande successo e risultano essere prodotti indirizzati ad un target limitato.

Nella tabella proposta qui di seguito ho evidenziato il rapporto tra gli accordatori presenti sul mercato e le caratteristiche che ho riscontrato essere le più ricercate dai loro acquirenti.

I punti essenziali su cui ho focalizzato la stesura di questo confronto sono:

- facilità di utilizzo
- velocità di utilizzo (collegamento allo strumento)
- velocità del processo di accordatura (tempo impiegato per accordare tutte le corde)
- versatilità (possibile utilizzo con più strumenti)
- costo non elevato (tra i 20 € e i 50 €)
- precisione di accordatura (livello di sensibilità dell'acquisizione della frequenza da parte dell'accordatore)

LEGENDA

V	Valutazione positiva
X	Valutazione negativa

	Facilità di utilizzo	Velocità di utilizzo	Velocità del processo di accordature	Versatilità	Costo non elevato	Precisione di accordatura
Accordatore tradizionale	V	X	X	V	V	X
Accordatore a pinza	V	V	X	V	V	X
Accordatore tascabile	V	X	X	V	V	X
Accordatore a pedale	V	V	X	V	X	V
Accordatore rack	V	V	X	V	X	V
Accordatore motorizzato	V	X	V	V	X	V
Accordatore tipo "Ntune"	V	V	X	X	V	V
Accordatore robotizzato	V	V	V	X	X	V
Accordatore stroboscopico	X	X	X	V	X	V

Tabella 2 "Rapporto prodotto-caratteristiche"

8. Concept

Dopo la ricerca storica, l'attenta analisi di mercato e grazie anche al confronto con musicisti semiprofessionisti ho delineato quali sono le linee guida da seguire per il mio progetto.

La tesi perciò si è basata sulla progettazione di un accordatore con i seguenti punti cardine:

- *accordatore pensato principalmente per chitarre elettriche*
- *processo di accordatura gestito automaticamente da un motore elettrico*
- *prodotto finalizzato alla sola accordatura per essere il più semplice possibile da utilizzare*
- *prodotto pensato per essere utilizzato principalmente durante i concerti live per velocizzare il processo di sintonizzazione*
- *prodotto non professionale di alta gamma ma comunque con un livello di precisione medio/alto*
- *facilmente trasportabile e di piccole dimensioni*
- *immediato riscontro visivo della corretta accordatura*

8.1. Configurazione prodotto

L'accordatore dovrà essere pensato sulla base della progettazione di due unità distinte: una base principale e una unità mobile. La funzione della base sarà quella di ricevere il segnale in entrata dello strumento musicale, elaborare i dati e trasmetterli al portatile che agirà direttamente sulle meccaniche delle corde della chitarra. Il trasferimento dei dati tra i due elementi avverrà senza fili.

La base dovrà essere studiata affinché abbia sulla parte frontale un display per la visualizzazione del processo di accordatura, i tasti per la selezione delle funzioni e un tasto principale per passare alla funzione di bypass. Nella parte posteriore o laterale dovrà ospitare le prese per le connessioni alla rete elettrica e le connessioni allo strumento musicale. Quest'ultime dovranno essere 2 per poter avere una linea in entrata e una linea in uscita così da poter tenere sempre collegato lo strumento musicale all'accordatore. La forma dovrà essere funzionale agli elementi poichè:

- il display dovrà essere di facile visualizzazione sia quando si accorda lo strumento in posizione eretta sia seduti;
- i tasti dovranno essere velocemente raggiungibili;
- il tasto del bypass dovrà essere ben distinto dagli altri tasti poiché sarà quello più utilizzato
- i tasti di selezione dovranno essere limitati come numero il più possibile per poter ottenere un veloce e intuitivo uso del prodotto

Inoltre la base dovrà avere una sede per ospitare il posizionamento dell'unità mobile quando non si utilizza il prodotto e per poter ricaricare le batterie. Un ulteriore punto fermo nella progettazione della base sarà la presenza di un punto luminoso con la funzione di avvisare l'utente al momento della corretta sintonizzazione di una corda nelle situazioni di scarsa luminosità.

L'unità mobile sarà pensata di ridotte dimensioni e facilmente sganciabile dall'unità base. Dovrà contenere al suo interno un motorino elettrico, il circuito elettronico compresa la/le batteria/e necessaria/e al suo funzionamento. La sua forma dovrà essere funzionale all'utilizzo: quindi tener conto della posizione delle meccaniche delle chitarre ed essere velocemente e correttamente impugnabile. Il motorino elettrico interno agirà tramite ingranaggi al fine di far ruotare un elemento che trasferirà il suo moto alle meccaniche posizionate sulla paletta della chitarra così da accordare lo strumento.

8.2. Target

Il prodotto progettato sarà indirizzato verso un target composto per lo più da musicisti semi-professionisti che hanno la necessità di velocizzare e automatizzare il processo di accordatura principalmente durante i concerti live. Da tener in considerazione il fatto che il prodotto non farà parte a livello economico di una fascia medio/bassa ma di una fascia medio/alta a cui si rivolge solitamente questo tipo di utente.

Il display proporrà informazioni di carattere tecnico-musicale facilmente leggibile e comprensibile dal target proposto.

Un altro target a cui si potrà far riferimento sarà quello degli assistenti da palco: come visto precedentemente questi tecnici del suono sono gli addetti alla corretta sintonizzazione prima, durante e dopo i concerti degli strumenti utilizzati dai musicisti che non hanno “tempo da perdere” con questo noioso processo.

8.3. In quali occasioni si utilizza?



Figura 61 "Concerto live di Luciano Ligabue allo stadio G.Meazza in San Siro - Milano"

L'accordatore sarà pensato principalmente per un suo utilizzo durante i concerti live per velocizzare la procedura di sintonizzazione dello strumento musicale. Esso perciò avrà la possibilità di essere sempre connesso in linea con lo strumento e di bypassare il segnale per non avere interferenze nel suono prodotto. Grazie alle sue piccole dimensioni potrà essere posizionato su un supporto come un amplificatore di segnale per chitarra o su una unità rack.

Sempre durante i concerti live, l'accordatore potrà velocizzare anche il lavoro dei tecnici da palco nel caso in cui i musicisti gli deleghino il compito di sintonia dei propri strumenti (fatto che accade per il 90% dei musicisti professionisti).

Essendo progettato come un accordatore tradizionale potrà essere anche sfruttato in qualsiasi occasione dove fosse necessario accordare uno strumento (a casa , negli studi di registrazione ecc.).



Figura 62 "Gli amplificatori e le unità rack vengono spesso utilizzate come piano d'appoggio"

9. Sviluppo prodotto

9.1. Dai primi schizzi al modello virtuale

La fase iniziale della progettazione e della produzione dei primi schizzi si è focalizzata sulla definizione della forma estetica del prodotto, tenendo in considerazione i punti delineati nel concept.

L'idea iniziale era quella di seguire le forme e le linee di design già esistenti nei prodotti indirizzati al settore musicale. Nella mia ricerca mi sono imbattuto per lo più in prodotti dalla forma molto semplice e funzionale all'utilizzo. Forme molto "squadrate", senza troppe linee morbide e sinuose sono all'ordine del giorno in questa categoria, dove anche i colori principalmente sfruttati sono sulla scala dei grigi. Nell'ambito musicale la maggior parte dei prodotti quali accordatori ma anche amplificatori, moduli rack, aste, microfoni, pedaliera, cavi ecc. hanno come caratteristica comune quella dell'assenza di colori: il nero e le scale di grigi hanno la predominanza. Poiché sul palcoscenico l'attenzione degli spettatori deve essere catturata dal musicista e dal suo strumento, tutti quei prodotti che servono per produrre il suono devono risultare neutri rispetto al suono e alle eventuali luci di coreografia. In alcuni concerti del giorno d'oggi infatti sul palcoscenico sono presenti i musicisti e i loro strumenti, mentre il resto (amplificatori, moduli rack ecc.) vengono gestiti da persone esterne e posizionati a lato o addirittura fuori dal spazio previsto per il palco.



Figura 63 "Esempio di prodotti per l'accordatura"

Il primo bivio che mi si è presentato è stato quello della scelta della posizione dell'unità portatile su quella della base. All'inizio ho provato una soluzione molto simile come layout a quella dei telefoni cordless da casa in cui vi è una piccola base con una sede dove collocare il portatile.

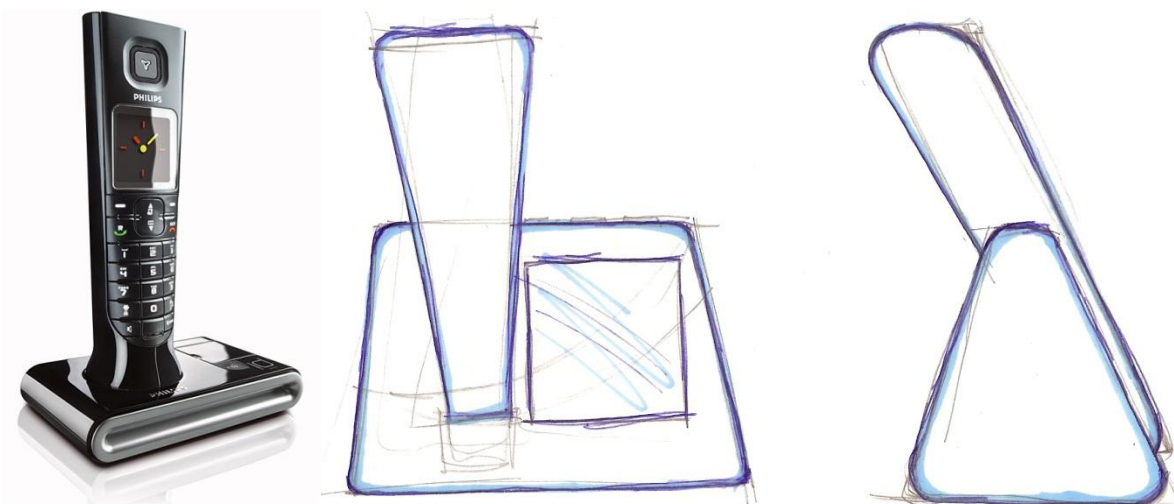


Figura 64 "Esempio di telefono cordless e primo schizzo"

Mi sono accorto da subito però che le basi dei telefoni cordless risultano essere molto piccole, poiché al loro interno hanno pochi elementi mentre nel mio caso, come abbiamo visto nei punti del concept⁵, l'unità base deve contenere il display e i tasti. Come si può notare dall'immagine il design di questo tipo di prodotti è studiato per avere due corpi ben distinti, invece nel mio caso la volontà è stata quella di progettare un prodotto che richiudesse in un'unica forma lineare sia la base che il modulo portatile.

Di seguito ho incominciato a delineare la forma dell'unità mobile soffermandomi principalmente sulla posizione dell'avvolgitore per le meccaniche della chitarra.

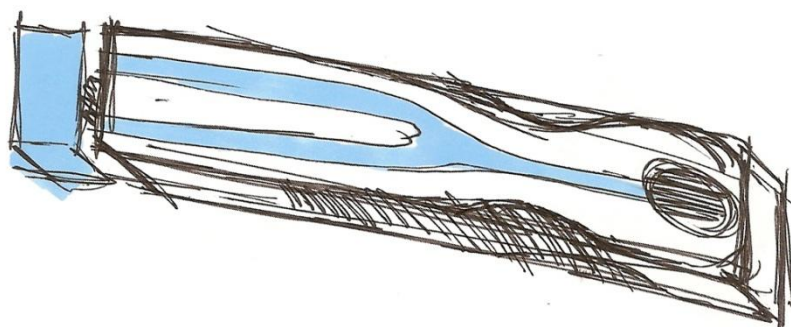


Figura 65 "Schizzo modulo portatile – soluzione 1"

⁵ Capitolo n.8 pag.79

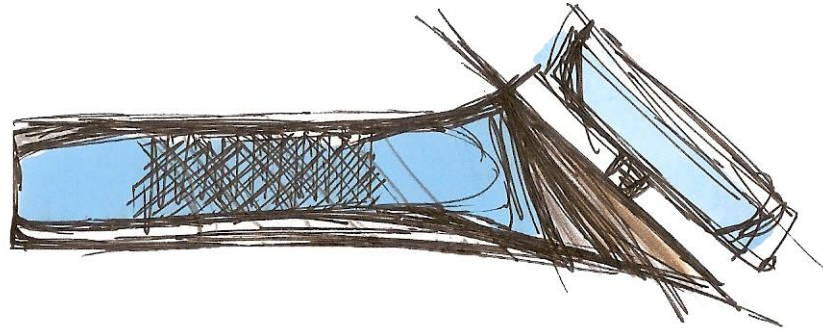


Figura 66 "Schizzo modulo portatile - soluzione 2"

La prima soluzione mi portava ad avere un prodotto molto semplice dal punto di vista della forma riconducibile ad un semplice parallelepipedo con all'estremità l'elemento girevole, mentre nella seconda l'avvolgitore era disposto con un angolo di 45° rispetto al corpo.

Per avere un approccio più diretto e non avere solo la visualizzazione su carta del prodotto, ho realizzato alcuni modelli in polistirolo che mi hanno aiutato a capire i possibili sistemi di utilizzo direttamente confrontandoli con la posizione e la grandezza delle meccaniche poste sulla mia chitarra personale.



Figura 67 "Test sulla mia chitarra con un modellino in polistirolo"

Quindi sono arrivato a definire quale fosse la forma più ergonomica e funzionale della mia unità mobile e di seguito sono passato alla definizione su carta dell'unità base tenendo ben salde le soluzioni trovate per il portatile.

La progettazione poi è passata alla produzione del modello virtuale tenendo come linee guida gli schizzi finali su carta. Il primo modello si presentava sotto forma di parallelepipedo con il lato frontale smussato per far spazio al display e seguire la forma del modulo portatile. La mia attenzione si è poi focalizzata sulla posizione e la dimensione dei tasti. Ho ideato il tasto bypass da subito in posizione e di forma differente rispetto agli altri tasti così da essere facilmente individuabile e selezionabile. Grazie alla ricerca effettuata e alla mia esperienza personale ho deciso che un numero corretto e necessario per gli altri tasti fosse sull'ordine dei 5. La posizione di questi ultimi poteva trovarsi sulla parte frontale o sulla parte laterale del prodotto.



Figura 68 "Primo modello virtuale"

Nella prima ipotesi però la tastiera andava ad aumentare eccessivamente e inutilmente le dimensioni della base, mentre nella seconda è stata riscontrata una difficile raggiungibilità dei tasti e la conseguente difficoltà nella comprensione corretta delle singole funzioni. Inizialmente l'avevo prescelta poiché, come succede per molti apparecchi elettronici del giorno d'oggi con una serie limitata di pulsanti, dopo i primi impieghi la memoria ci viene in aiuto senza dover per forza avere un riscontro visivo del tasto per la localizzazione della giusta funzione. Mi sono deciso a scartarla però successivamente perché questi tasti, per come è stato pensato l'accordatore, non saranno utilizzati frequentemente e quindi sarà probabile anche una lacuna sulla

corretta posizione delle funzioni soprattutto nelle situazioni di mancanza di tempo come quelle riscontrabili durante i concerti live. Ho optato per posizionare i tasti nella parte superiore al display così da essere facilmente e velocemente raggiungibili.



Figura 69 "Posizionamento tasti - soluzione 1"



Figura 70 "Posizionamento tasti - soluzione 2"

Le connessioni sono state localizzate da subito nella parte posteriore del prodotto così da non creare fastidiosi intralci con i molti cavi già presenti per il collegamento di tutte le strumentazioni necessarie alla produzione del suono. In questo caso non è necessaria una veloce localizzazione e comprensione corretta delle singole prese poiché questo procedimento viene effettuato solamente durante la preparazione della strumentazione prima del concerto e quindi si ha il tempo necessario per individuare correttamente la posizione di line-in e line-out. In questa fase della progettazione ho preso in considerazione anche l'eventuale inserimento di una doppia connessione per l'uscita del segnale presente in alcuni accordatori che svolge la funzione di inviare il segnale a due apparecchi musicali ma l'ho successivamente scartata per l'obsolescenza della sua funzione.



Figura 71 "Posizionamento connessioni posteriori"

Per la connessione audio ho usato i connettori più diffusi nel mondo musicale e vale a dire quelli con presa jack da 6,3mm. Per quanto riguarda la corrente elettrica ho pensato di utilizzare un classico connettore per la connessione tramite un trasformatore poiché il prodotto non necessita di una corrente superiore ai 12V.

La fase di progettazione si è poi spostata verso il posizionamento degli elementi interni al modulo portatile così da incominciare a definire le dimensioni di massima del

prodotto. Al suo interno vi è un motorino elettrico, una batteria, un circuito elettrico e tutto il necessario per trasmettere il moto all'avvolgitore finale (ingranaggi e perni). Nella mia ricerca ho trovato prodotti di ultima generazione che vanno incontro alle mie esigenze per lo più di tipo dimensionale, senza però abbandonare il fattore funzionale.

Conseguentemente ho delineato anche le misure di massima della base tenendo in considerazione lo spazio occupato dal modulo portatile e dagli elementi interni che dovranno essere nello specifico il display, i tasti, le prese di connessione e i circuiti elettronici necessari.

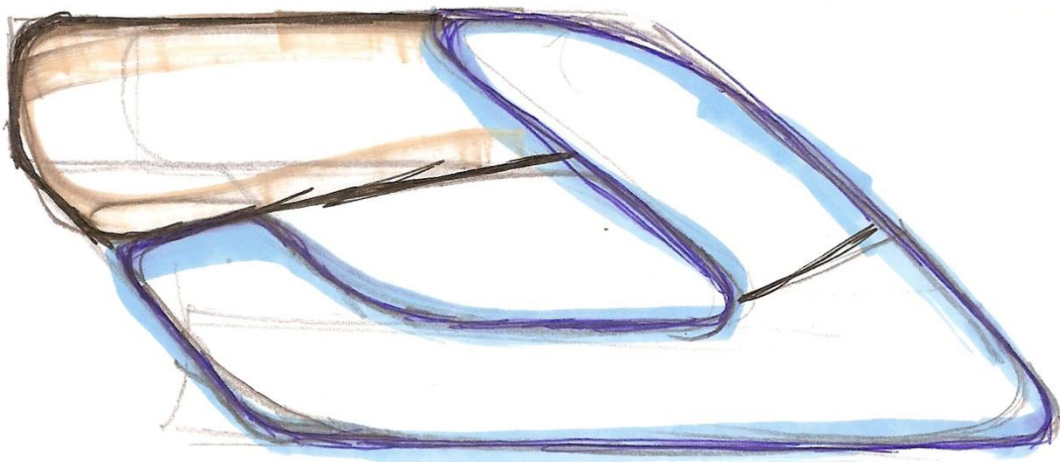


Figura 72 "Schizzo finale del prodotto visto dal lato"

9.2. Configurazione finale

Per la configurazione finale del prodotto ho deciso di “svuotare” completamente l’oggetto e ottenere una forma che sia strettamente collegata allo spazio occupato dagli elementi interni. La parte anteriore dell’oggetto con il display e i tasti è rimasta inalterata se non con semplici accorgimenti di design per render più “gradevole alla vista” il prodotto. Mentre per quanto riguarda la parte posteriore, la forma è cambiata seguendo esclusivamente lo spazio occupato dalle prese di connessione e dai circuiti elettrici. Di conseguenza ho ristudiato la zona posteriore dove è presente l’elemento mobile: le linee di design seguono quella del prodotto generale, mentre la mia attenzione si è soffermata principalmente sulla formazione dell’incastro per un corretto allineamento dell’unità mobile sulla base affinché avvenga la ricarica delle batterie.

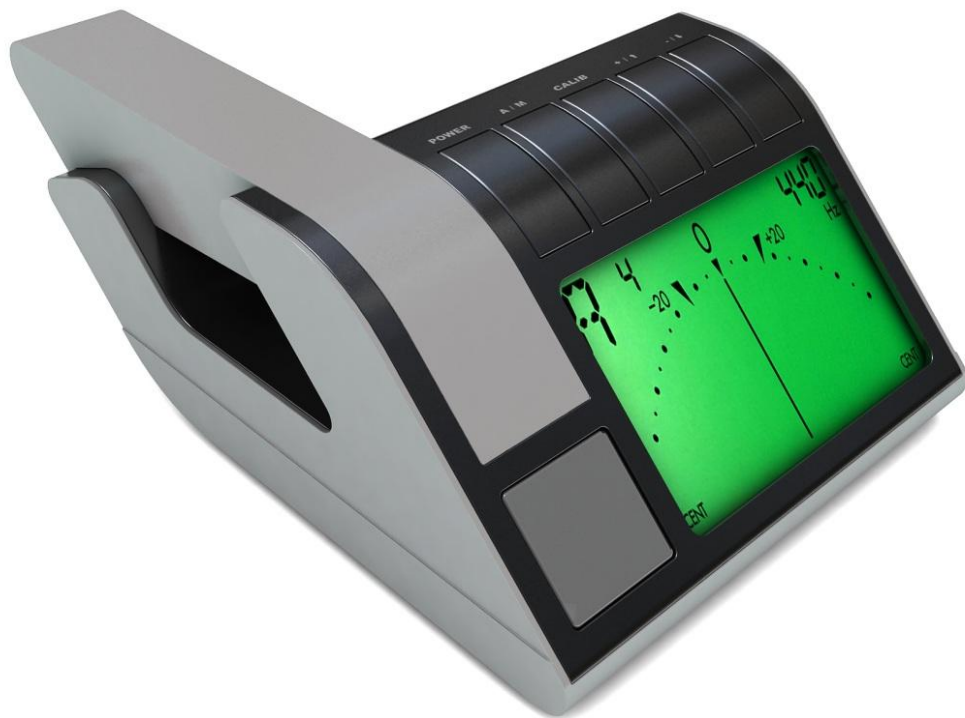


Figura 73 "Configurazione finale - render 1"



Figura 74 "Configurazione finale - render 2"

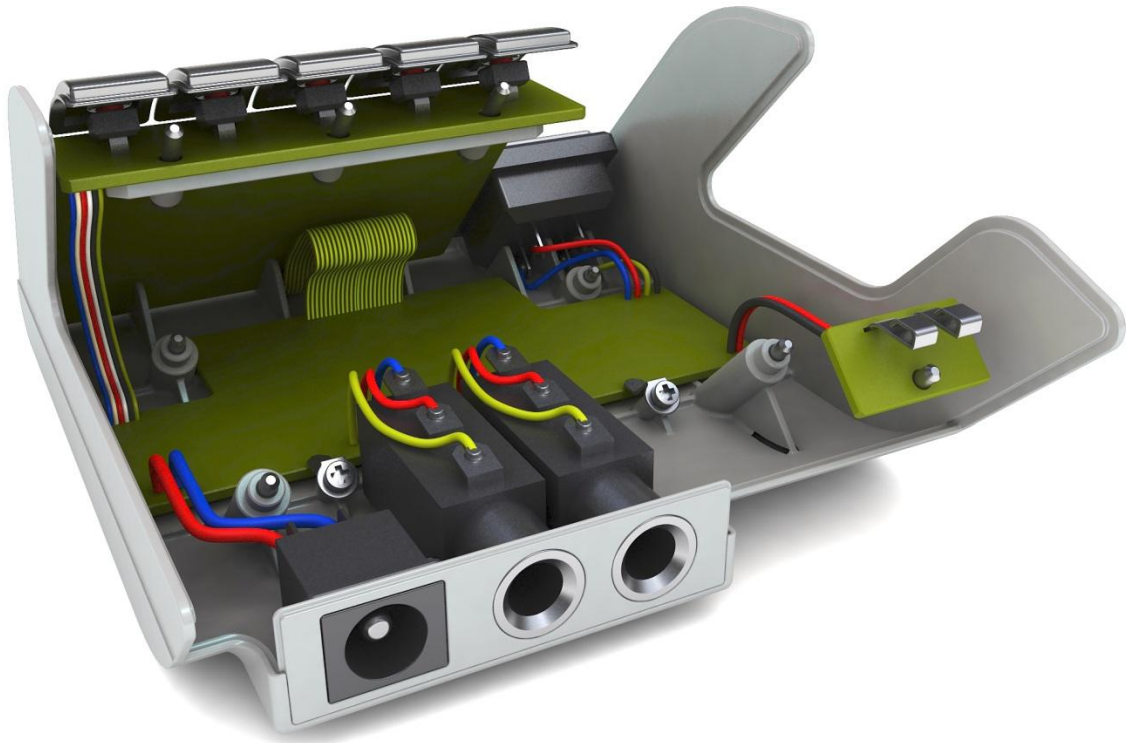


Figura 75 "Configurazione finale - render 3"



Figura 76 "Configurazione finale - render 4"

9.3. Come si usa

L'utilizzo di questo prodotto si articola in 7 passaggi:

1- La prima fase è quella della connessione dei cavi di collegamento per l'audio e per l'alimentazione elettrica.



Figura 77 "Collegamento jack"

2- Dopo aver imbracciato la nostra chitarra andiamo ad accendere il prodotto tramite il primo tasto a sinistra (POWER).

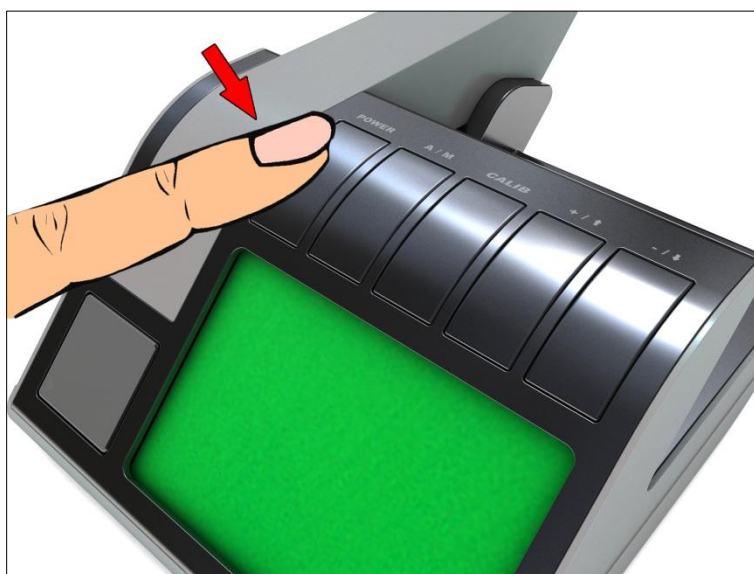


Figura 78 "Accensione"

3- Dopo aver riscontrato l'effettiva accensione tramite il display, è necessario impugnare il portatile sollevandolo dalla base.

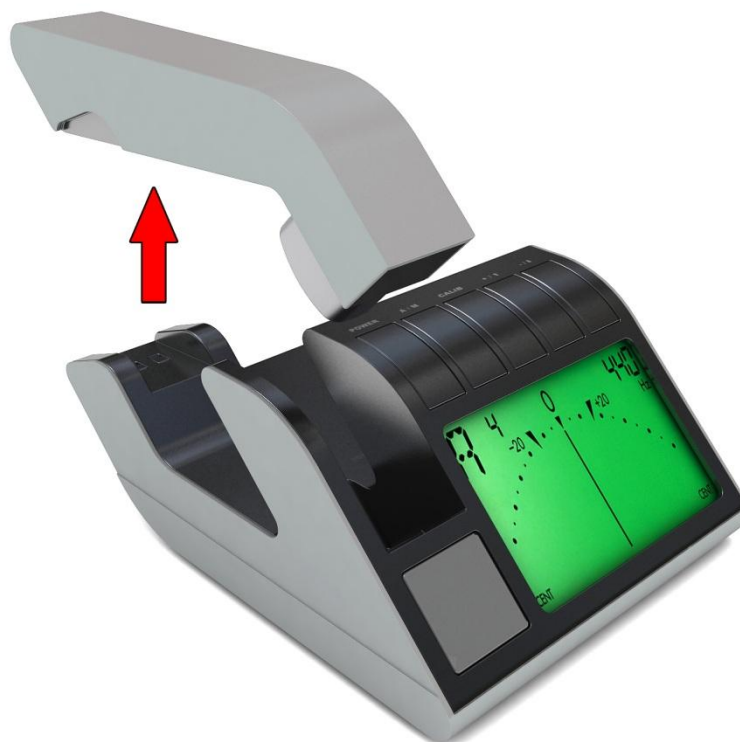


Figura 79 "Preso del portatile"

4- A questo punto le strade sono due: affrontare il processo di accordatura tramite la funzione automatica (Auto) o manuale (Manual). Quella automatica è utile per le piccole variazioni di accordatura, mentre per la prima accordatura dello strumento o quando vengono sostituite le corde è necessario attivare la funzione manuale.



Figura 80 "Funzione automatica-manuale"

5Auto- Quando si attiva la funzione automatica il passo successivo è quello di posizionare l'avvolgitore dell'unità mobile sulle meccaniche della chitarra partendo dalla corda più spessa.



Figura 81 "Posizionamento del portatile"

5Manual- Quando è attiva la funzione manuale è necessario selezionare tramite i tasti "+" e "-" la nota che si desidera per la sintonizzazione della chitarra. Selezionata la nota di riferimento bisogna posizionare il portatile sulla meccanica corrispondente.

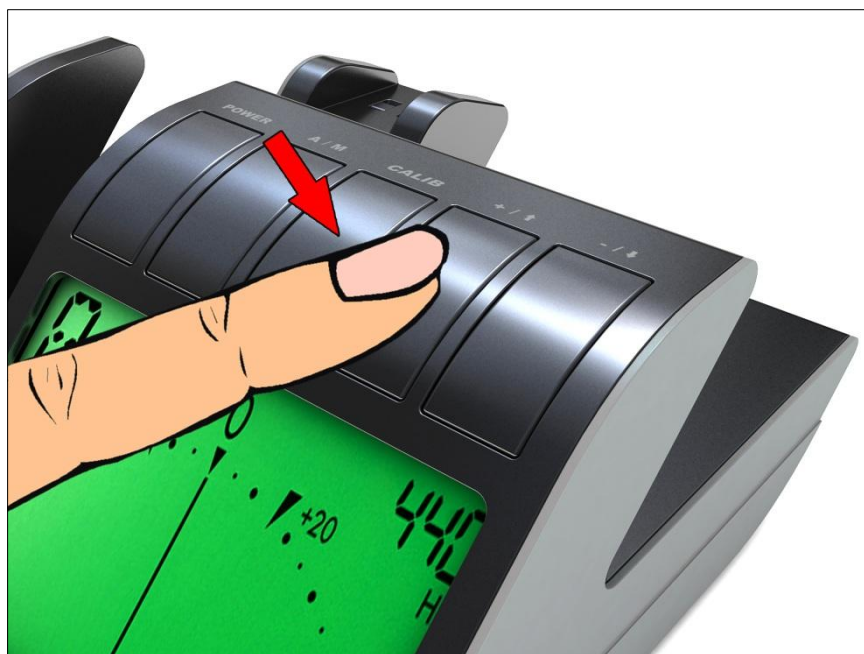


Figura 82 "Selezione nota"

6- Mettendo in vibrazione la corda corrispondente alla meccanica, l'accordatore riceve il segnale e lo elabora. A questo punto la frequenza ottenuta sarà visualizzabile tramite l'ago digitale sul display e la base invierà via wireless al portatile i dati necessari

per mettere in movimento il motorino elettrico e di conseguenza l'avvolgitore che porterà alla corretta sintonizzazione della corda. Sarà possibile capire l'ottenimento della giusta frequenza quando l'ago digitale sarà nella posizione "0" e allo stesso tempo si illuminerà il tasto bypass.



Figura 83 "Fase di accordatura"

7- Per accordare interamente la chitarra bisogna effettuare i passaggi 5 e 6 per ogni singola corda della chitarra elettrica. Nelle chitarre dove è presente il floyd-rose⁶ può essere necessario svolgere questa procedura per tutte le corde almeno un paio di volte per avere un perfetta qualità di sintonizzazione. Finito il processo di sintonizzazione basterà premere il tasto bypass per disattivare la funzione di accordatore e quindi incominciare a suonare lo strumento.



Figura 84 "Tasto bypass"

⁶ Capitolo n. 3.4.1 pag. 34

9.4. Esploso (descrizione singole parti)

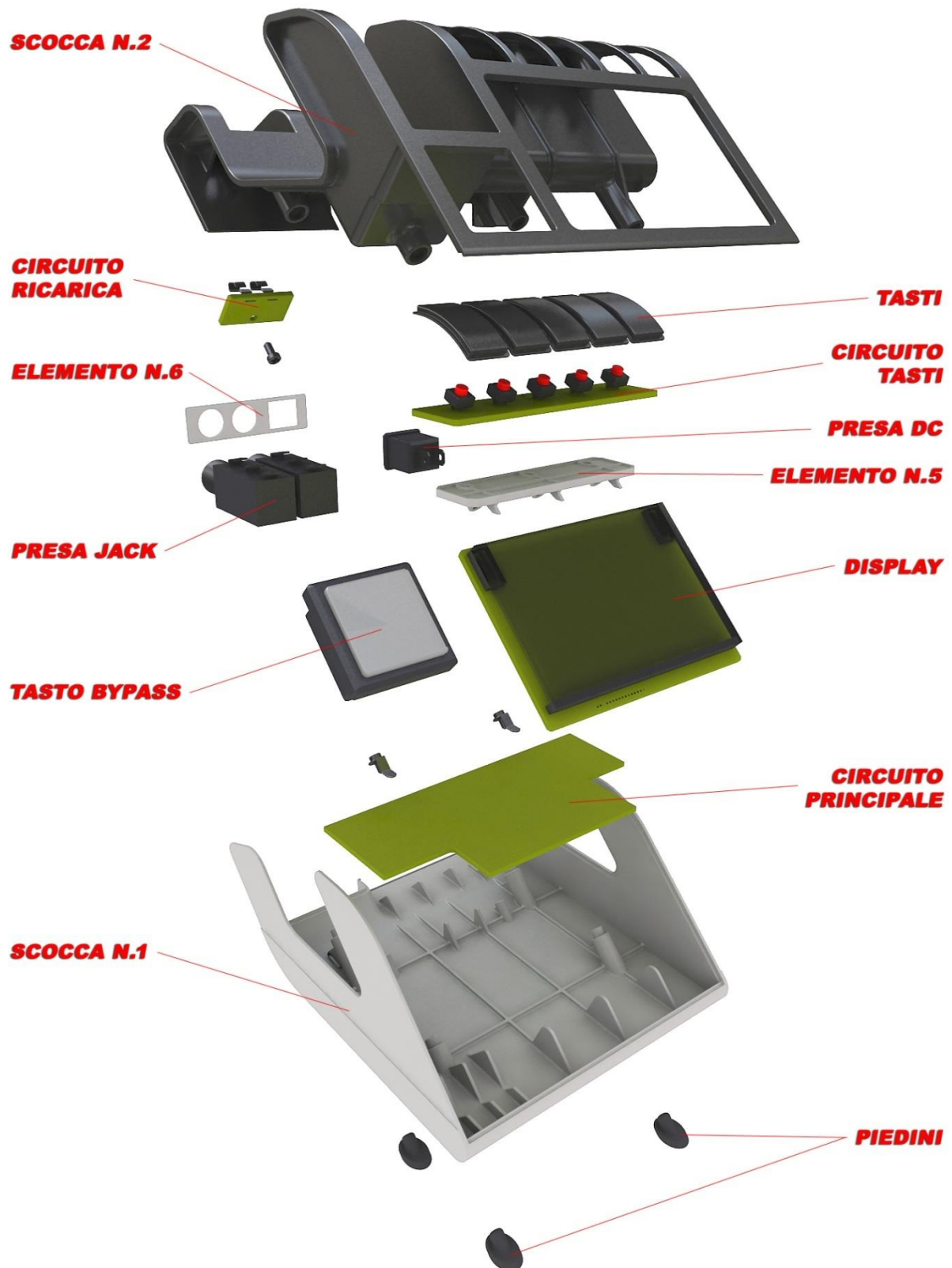


Figura 85 "Esploso della base"

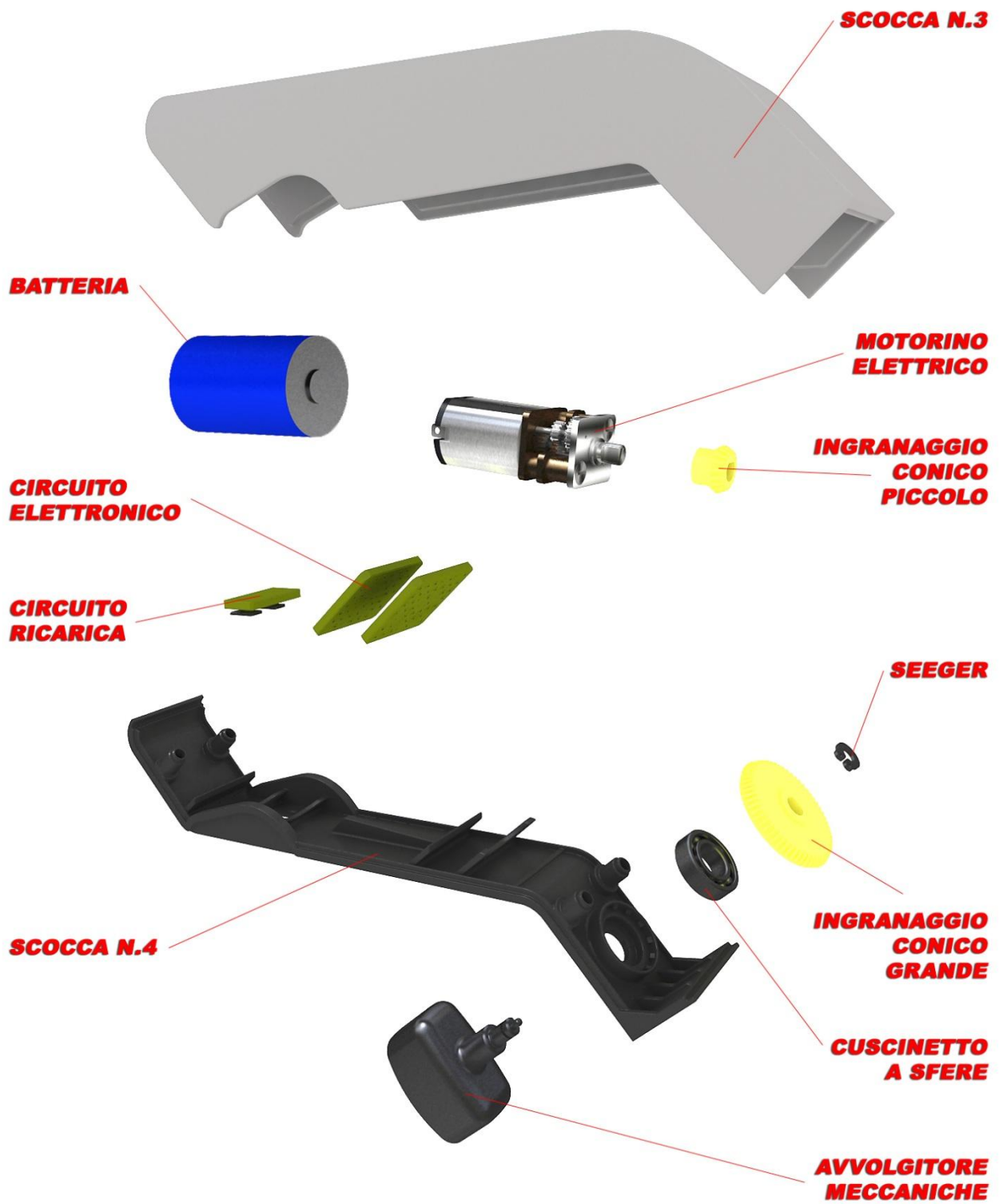


Figura 86 "Esploso modulo portatile"

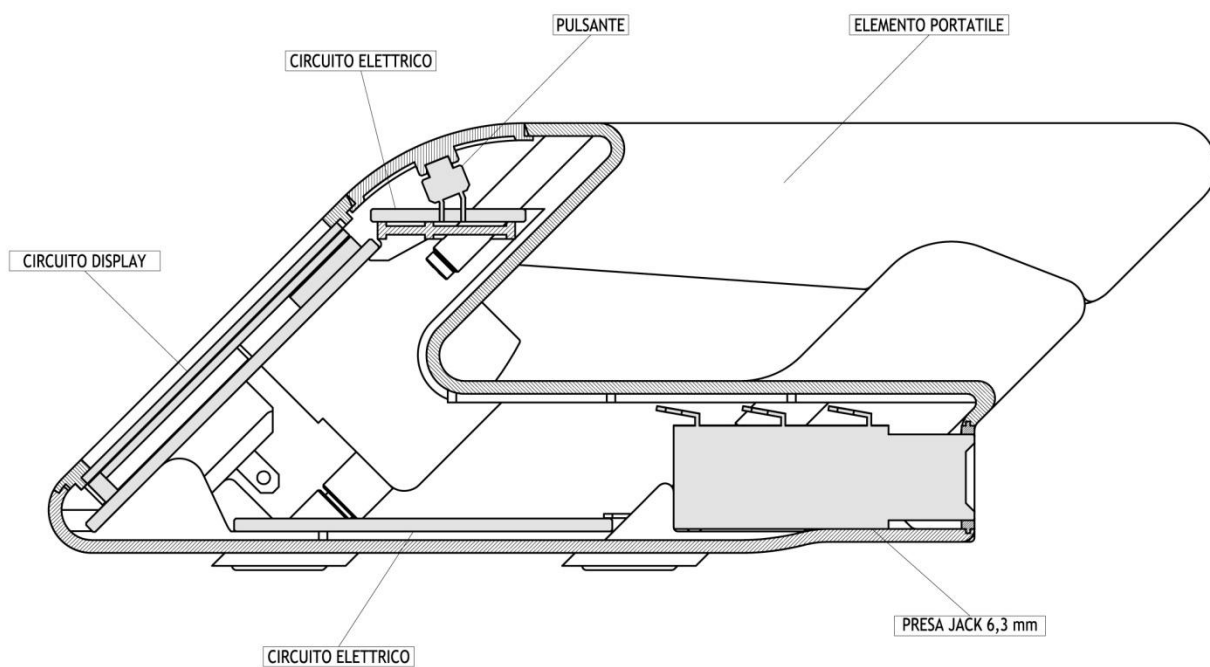
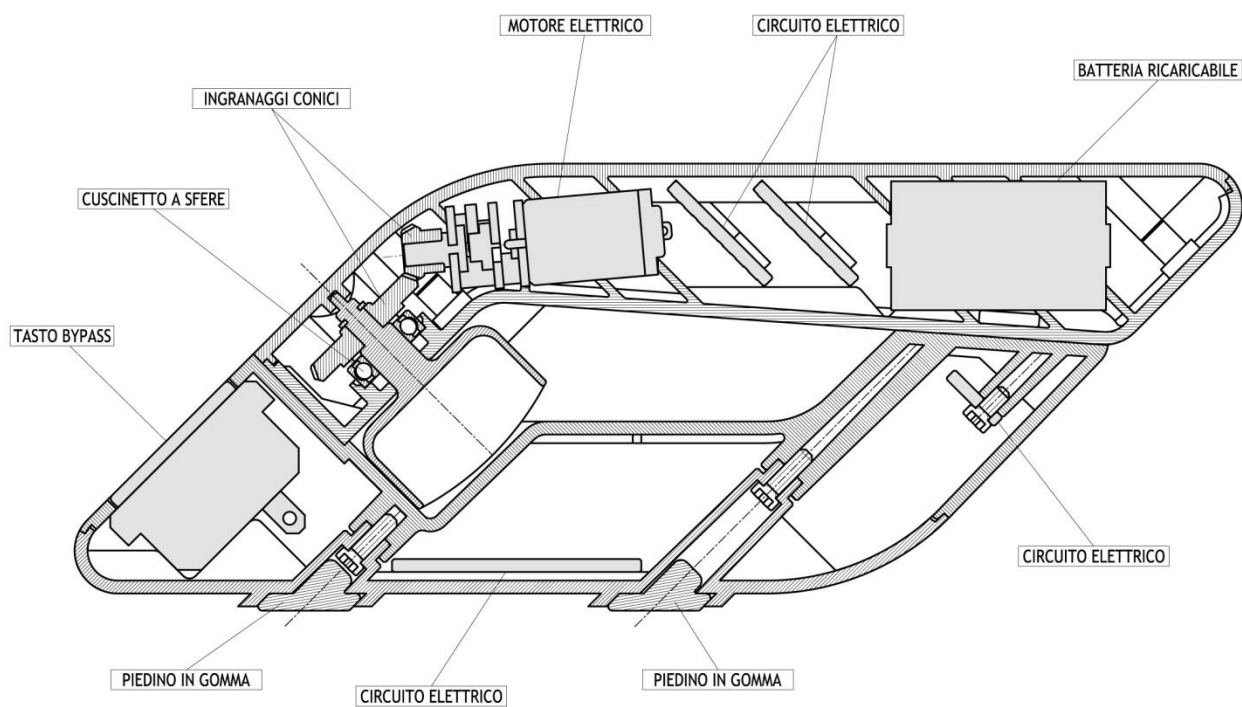


Figura 87 "Disposizione componenti interni"

9.4.1. Elementi progettati

9.4.1.1. Scocca 1

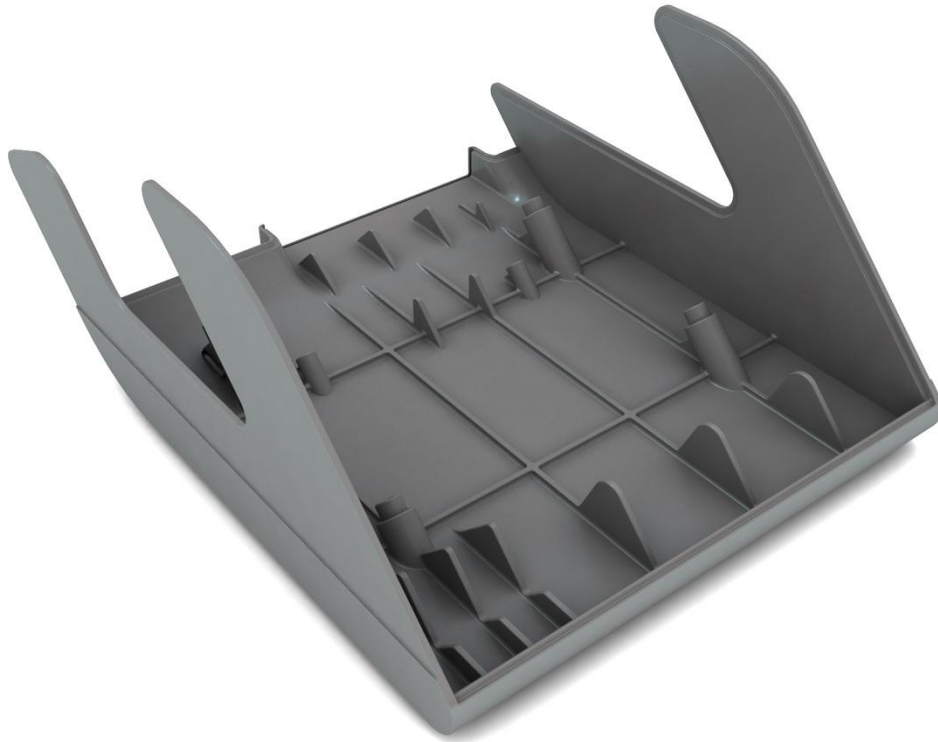


Figura 88 "Scocca n.1"

Questo elemento è formato da una base lineare e due ali laterali. Lo spessore dell'elemento è per lo più uniforme e pari a 1,5 mm con alcuni cambi di dimensioni in corrispondenza delle nervature.

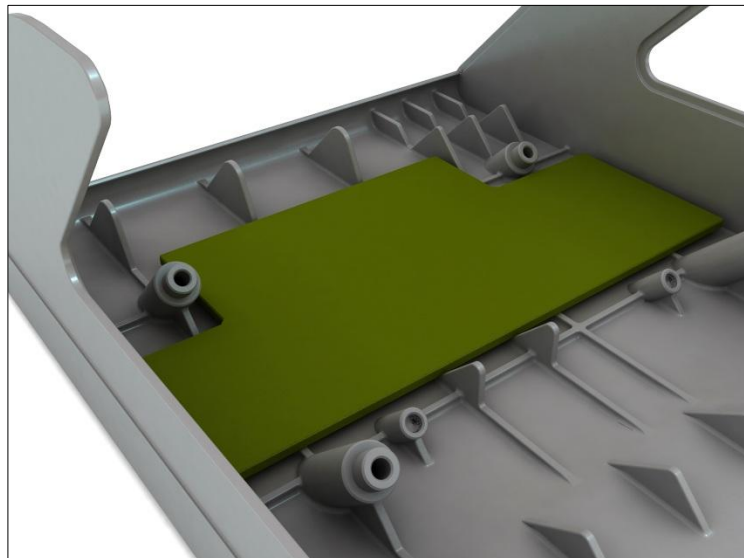


Figura 89 "Posizionamento circuito elettronico principale"

L'inserimento di queste ultime è necessario per irrigidire la parte piana che andrebbe incontro a deformazioni per problemi legati al rilassamento successivo allo stampaggio del materiale plastico. Le nervature inoltre vengono utilizzate anche come piano di appoggio per il circuito elettronico principale.

Nel disegno seguente si possono notare tutti gli accorgimenti adottati per il corretto posizionamento degli elementi interni all'accordatore e in particolare del tasto bypass, del display e delle prese di connessione.

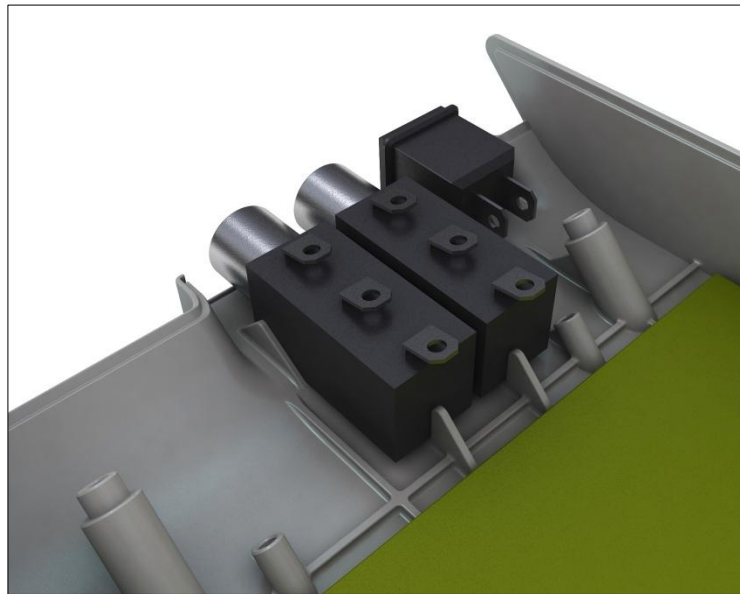


Figura 90 "Posizionamento prese di connessioni"

L'asse principale di produzione per tutte le scocche è posizionato a 45° rispetto all'asse orizzontale del prodotto. Questo accorgimento è stato adottato per abbattere i costi di produzione semplificando lo stampo per la produzione. Studiando il design i sottosquadri comportano la presenza di carrelli mobili nello stampo che aumentano in modo considerevole il costo produttivo del pezzo.

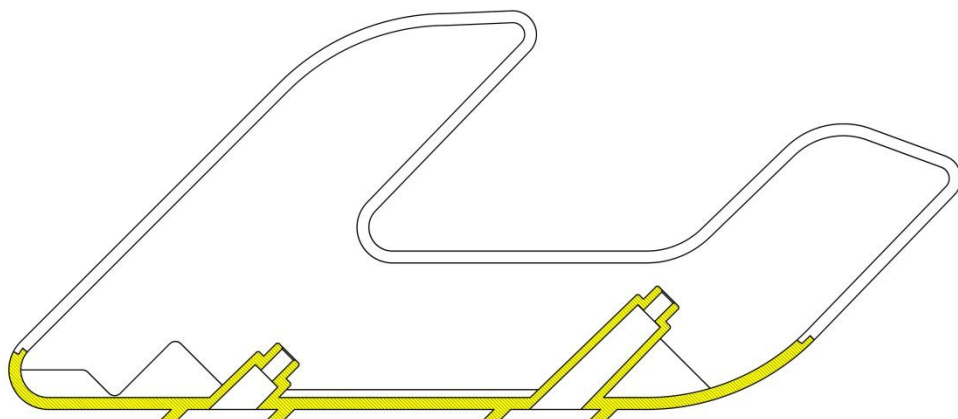


Figura 91 "Sezione della scocca n.1"

9.4.1.2. Scocca 2

La scocca n.2 risulta essere l'elemento più complicato dal punto di vista della progettazione. Sempre basato sull'asse di produzione a 45°, il design è studiato per far allineare in modo semplice e veloce i due componenti della base.

La parte esterna e quindi visibile è progettata per essere di colore nero semi-lucido per donare al prodotto un aspetto elegante e di design.

Per la sua forma lineare è stato necessario introdurre una serie di nervature per rinforzare il pezzo. Per quando riguarda la zona indirizzata al display e al tasto bypass siamo in presenza di un sottosquadra di dimensioni ridotto pari a 1,5 mm cosicchè il pezzo risulterà facilmente estraibile dallo stampo anche senza la presenza di carrelli mobili.



Figura 92 "Scocca n.2"

Nella parte frontale viene fissato tramite 3 viti il circuito elettronico per i tasti mentre nella parte posteriore trova posto il più piccolo circuito elettronico atto alla ricarica del modulo portatile.

9.4.1.3. Scocca 3

La scocca n.3 rappresenta l'involucro che caratterizza il portatile dell'accordatore.

Come si vede nell'immagine, al suo interno presenta molte pareti che servono al giusto posizionamento e allineamento degli elementi interni quali il motorino elettrico e la batteria. Queste pareti fungono anche da nervature per irrigidire la struttura. E' prevista la presenza di 4 sedi per le viti per l'aggancio alla scocca n.4. e la rientranza prevista sul bordo interno è pensata per avere un perfetto assemblaggio tra i due elementi costituenti il modulo portatile.



Figura 93 "Scocca n.3"

9.4.1.4. Scocca 4

La scocca n.4 rappresenta l'elemento di chiusura del modulo portatile. Sono presenti, come nella scocca n.3, pareti interne di piccole dimensioni utilizzate per il bloccaggio degli elementi interni. Nella parte anteriore è presente la sede per il cuscinetto a sfera che tramite interferenza blocca l'avvolgitore inserito nel foro sottostante.

Nella parte anteriore della posizione sottostante a quella della batteria ci sono due fori per il posizionamento delle due barrette metalliche per la ricarica della batteria interna. L'irrigidimento della struttura avviene tramite una nervatura che corre sul bordo di tutto il pezzo che viene anche in aiuto dell'assemblaggio alla scocca n.3.



Figura 94 "Scocca n.4"

9.4.1.5. Altri componenti in materiale plastico

La progettazione dei tasti è stato eseguita in simultanea con la progettazione della scocca n.2 poiché esse sono in stretta relazione. Infatti questi componenti devono inserirsi nelle loro sedi ma devono essere in interferenza per permettere la fase di pressione sui tasti e la conseguente trasmissione del moto ai pulsanti posizionati sul circuito elettronico sottostante. I tasti sono pensati per essere realizzati con colore e finitura superficiale uguale alla scocca n.2. Per abbattere i costi di produzione dei pezzi, essendo questi molto semplici e senza sottosquadri, è prevedibile l'utilizzo di cavità multiple nello stampo per la realizzazione contemporanea di più componenti.

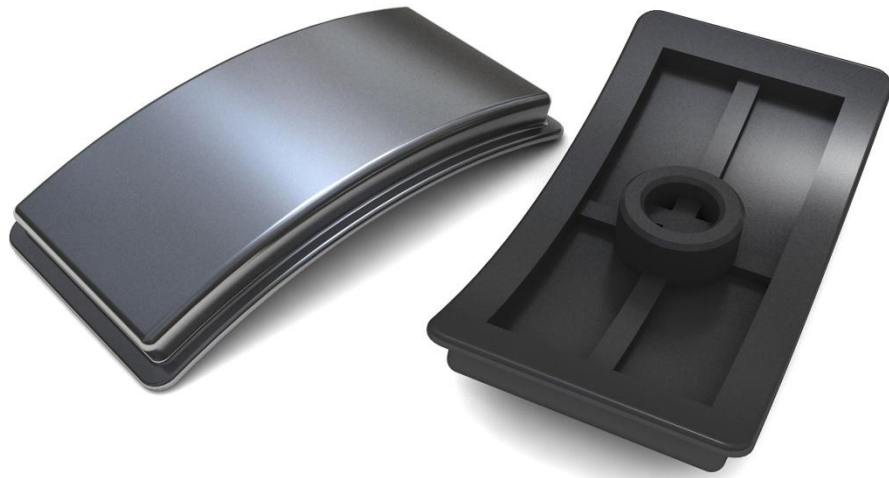


Figura 95 "Tasti"

L'elemento n.5 è stato progettato per sostenere il circuito stampato con i 5 tasti di selezione. Viene fissato tramite 3 viti alla scocca n.2, mentre le nervature interne vengono utilizzate come piano di appoggio del circuito elettronico.

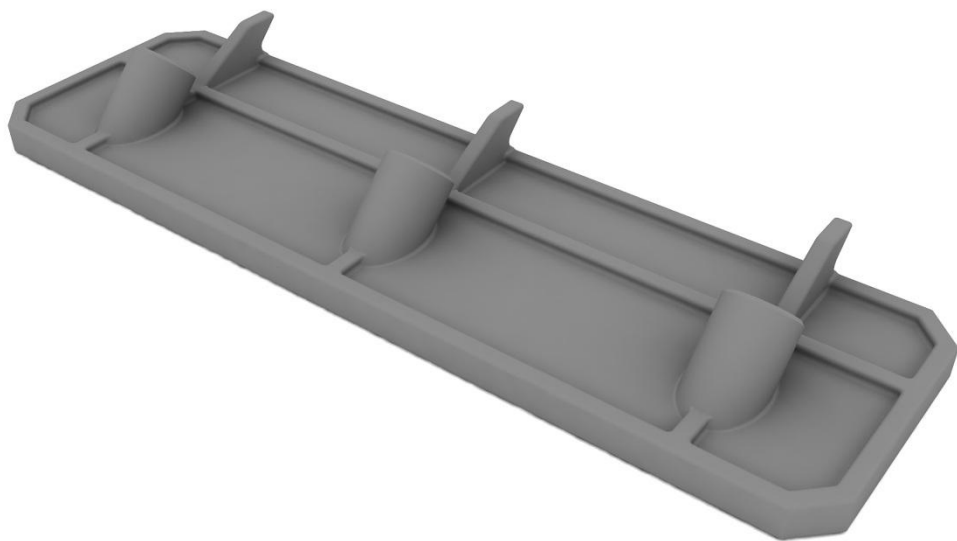


Figura 96 "Componente n.5"

Il componente n.6 invece è stato progettato per chiudere la zona posteriore del prodotto dove ci sono le prese di connessione. Anche questo elemento (come i tasti) non presenta sottosquadri poiché molto semplice quindi si può prevedere anche in questo caso delle cavità multiple nello stampo per la produzione simultanea di più elementi uguali abbattendo i tempi e costi di produzione.



Figura 97 "Componente n.6"

Gli ultimi componenti in materiale plastico progettati sono stati i 4 piedini in gomma che vengono inseriti nella loro sede successivamente all'inserimento delle viti per il fissaggio della scocca n.1 alla scocca n.2. Questi componenti per la loro forma e per il materiale con cui sono prodotti hanno una doppia funzione: la prima è quella di creare 4 punti distinti di appoggio del prodotto, così da avere un posizionamento stabile su una superficie piana, e la seconda è quella di creare un maggior attrito tra l'accordatore e il piano di appoggio svolgendo una funzione di antiscivolo.



Figura 98 "Piedini in gomma SBR"

9.4.1.6. Avvolgitore meccaniche

L'avvolgitore delle meccaniche è l'unico componente progettato per essere realizzato in materiale metallico mediante pressofusione.



Figura 99 "Avvolgitore meccaniche"

Questo elemento durante tutto l'iter di progettazione ha subito varie modifiche. Prima di tutto sono partito considerando le dimensioni necessarie per poter accogliere nella sua cavità la meccaniche della chitarra. Una rigorosa ricerca e misurazione su un numero elevato di chitarre mi ha portato ad una loro classificazione e a stabilire l'intervallo di misure necessarie per poter accogliere il maggior numero di meccaniche per chitarre esistenti sul mercato.

All'inizio avevo stabilito di indirizzare il mio prodotto anche ai suonatori di basso, ma l'eccessiva differenza e grandezza delle meccaniche di un basso elettrico mi ha fatto cambiare strada.

Le numerose modifiche apportate, durante il mio percorso, all'avvolgitore sono dovute ai componenti con cui interagisce. La mia priorità è stata quella di disegnare la parte per l'innesto dell'ingranaggio per il trasferimento del moto dal motore elettrico. All'istante mi si è presentato un problema di interferenze poiché l'avvolgitore doveva in qualche modo essere in contatto con la scocca in materiale plastico per avere almeno un punto di appoggio. L'interferenza con la scocca però

mi portava ad avere una forza in opposizione al moto rotatorio con una probabile e conseguente diminuzione della qualità di accordatura. Per ovviare a questo problema ho pensato all'inserimento di un cuscinetto a sfere di piccole dimensioni che mi portava a non avere nessun tipo di interferenze tra le scocche e l'avvolgitore. A questo punto avevo bisogno di un anello di arresto per tener saldo gli elementi e non farli slittare sul perno: ho introdotto così un seeger che blocca la traslazione dell'ingranaggio conico. Sulla scocca n.3 è presente un cilindro cavo che viene utilizzato solo per facilitare il centraggio durante l'assemblaggio, ma che non ha interferenza diretta con l'avvolgitore durante il suo moto rotatorio.



Figura 100 "Avvolgitore. cuscinetto a sfere e ingranaggio conico"

9.4.2. Materiali e tecnologie di produzione

Per quanto riguarda i materiali ho deciso di realizzare i componenti plastici dell'accordatore con lo stesso identico materiale polimerico, tranne per i piedini per i quali avevo bisogno un materiale con differenti caratteristiche. La scelta è ricaduta per tutte le scocche e gli elementi interni sul materiale polimerico classificato con il nome di ABS, mentre per quanto riguarda i piedini ho individuato nella gomma – SBR le caratteristiche necessarie.

Mentre, per quanto riguarda la tecnologia di produzione, la scelta è quella dello stampaggio a iniezione poiché risulta quella meglio indirizzata alla produzione di componenti come quelli proposti nel mio progetto.

Di seguito illustrerò le caratteristiche principali che hanno indirizzato la mia scelta verso questi materiali polimerici ed alla fine un breve racconto dei passaggi con cui avviene lo stampaggio ad iniezione.

9.4.2.1. ABS

L'ABS è un copolimero derivato dallo stirene polimerizzato insieme all'acrilonitrile in presenza di polibutadiene, e perciò può essere definito come terpolimero. Le proporzioni possono variare dal 15% al 35% di acrilonitrile, dal 5% al 30% di butadiene e dal 40% al 60% di stirene. L'ABS rappresenta una delle più pregiate mescolanze tra una resina e un elastomero e deve il suo successo alle ottime proprietà tecniche che lo caratterizzano. È infatti un materiale rigido e tenace anche a basse temperature, molto duro, resistente alle scalfitture, con elevata resistenza all'urto. Viene principalmente impiegato per la produzione di imballaggi, componenti per l'industria automobilistica, mobili, giocattoli, vernici e gusci o coperture per casalinghi e articoli elettronici di largo consumo (televisori, telefonini ecc.).



Figura 101 "Le scocche dei cellulari sono prodotte per lo più in ABS"

Le principali proprietà meccaniche di ABS sono resistenza all'urto e durezza. Una varietà di modifiche possono essere fatte per migliorare la resistenza all'impatto, la durezza e la resistenza al calore. La resistenza all'urto può essere amplificata aumentando le proporzioni di polibutadiene in relazione a stirene e

acrilonitrile anche se questo provoca cambiamenti in altre proprietà. La resistenza agli urti non diminuisce rapidamente a temperature basse mentre la stabilità sotto carico è eccellente con carichi limitati. Quindi la modifica delle proporzioni dei componenti dell'ABS può essere realizzata in vari gradi. Due modi potrebbero essere ABS per estrusione e ABS per stampaggio ad iniezione. Generalmente l'ABS avrebbe caratteristiche utili in un range di temperatura da 10 a 80 ° C.

Le proprietà del prodotto finale saranno influenzate dalle condizioni con cui viene elaborato il materiale. Per esempio, lo stampaggio ad alta temperatura migliora la lucentezza e la resistenza termica del prodotto, mentre la maggior resistenza all'impatto è ottenuta mediante stampaggio a bassa temperatura. Le fibre (fibre di vetro in genere) e gli additivi possono essere mescolati nel pellet-resina per rendere il prodotto finale forte ed aumentare il raggio di azione per raggiungere gli 80 ° C. Le caratteristiche di invecchiamento dei polimeri sono largamente influenzate dal contenuto di polibutadiene, ed è normale trovare antiossidanti nella composizione. Altri additivi possono aiutare la protezione contro l'esposizione ai raggi ultravioletti.

Il materiale è facilmente riciclabile se non contaminato da altre tipologie di plastiche non compatibili. Molte grandi società produttrici di ABS e di apparecchiature elettriche ed elettroniche sono coinvolte in programmi di riciclo di questo polimero. Sono diverse le sperimentazioni nel campo della telefonia, dove l'ABS riciclato dai telefoni viene nuovamente utilizzato per i medesimi prodotti. La raccolta differenziata di questo materiale è resa possibile dalla specificità delle applicazioni e già oggi una parte dell'ABS utilizzato per computer, telefoni ed altri impieghi viene riciclato.

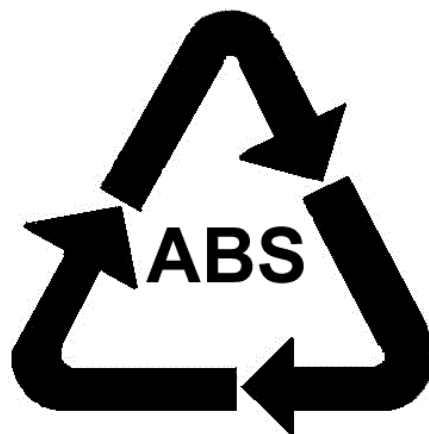


Figura 102 "Simbolo che indica il possibile riciclaggio del prodotto"



Figura 103" "Ovetto, cestino per la raccolta differenziata - Prodotto con 70 % di ABS riciclato

9.4.2.2. SBR

La gomma butadiene-stirolo o SBR è di gran lunga la gomma sintetica più diffusa in tutto il mondo. Oggi l'SBR costituisce un gruppo di composti polimerizzati che viene prodotto in svariati Paesi in un'ampia gamma di qualità e sotto diversi nomi commerciali. La gomma SBR presenta le stesse caratteristiche della gomma naturale ma ha una migliore resistenza all'abrasione, alle alte temperature e all'invecchiamento, anche se una minore elasticità e flessibilità alle basse temperature.

Resiste fino ad un massimo di 100°, ma con l'azione prolungata di temperature elevate si presenta un indurimento ma non un rammollimento come per le gomme naturali. Per quanto riguarda le basse temperature mantiene le sue caratteristiche fino ai -50°.



Figura 104 "Esempi di oggetti prodotti in SBR"

Per le sue caratteristiche quasi i 2/3 dell'intera produzione mondiale di SBR sono destinati al settore dei pneumatici. Il resto viene utilizzato per la produzione di articoli vari come ad esempio le soles per scarpe, i rivestimenti per cavi, le guarnizioni di tubi, rivestimenti per cilindri, cinghie trasportatrici, pavimentazioni, tappetini, articoli per la casa. Per le sue caratteristiche di antiscivolo e di isolamento alla corrente elettrica viene utilizzato spesso anche per la formazione di piedini indirizzati a vari prodotti elettronici di piccole e medie dimensioni.



Figura 105 "Esempio di piedini in gomma presenti negli elettrodomestici"

9.4.2.3. Stampaggio ad iniezione

Lo stampaggio a iniezione dei materiali termoplastici è la tecnologia più diffusa nella trasformazione delle materie plastiche. Si producono prodotti di forma e dimensioni diverse e dal peso variabile da pochi grammi a svariati chili.

Di seguito illustrerò in breve i passaggi fondamentali per la produzione di un prodotto mediante questo sistema di stampaggio.

Il materiale plastico da trasformare è il componente fondamentale che, dopo un eventuale pretrattamento di essiccazione o deumidificazione, viene aspirato attraverso un sistema di alimentazione all'interno del cilindro di plastificazione. All'interno del cilindro è situata una vite che, ruotando e traslando per mezzo di pistoni idraulici, crea un attrito che, combinato al contributo termico generato dalle resistenze elettriche situate sul cilindro di plastificazione, provocano la fusione del materiale.

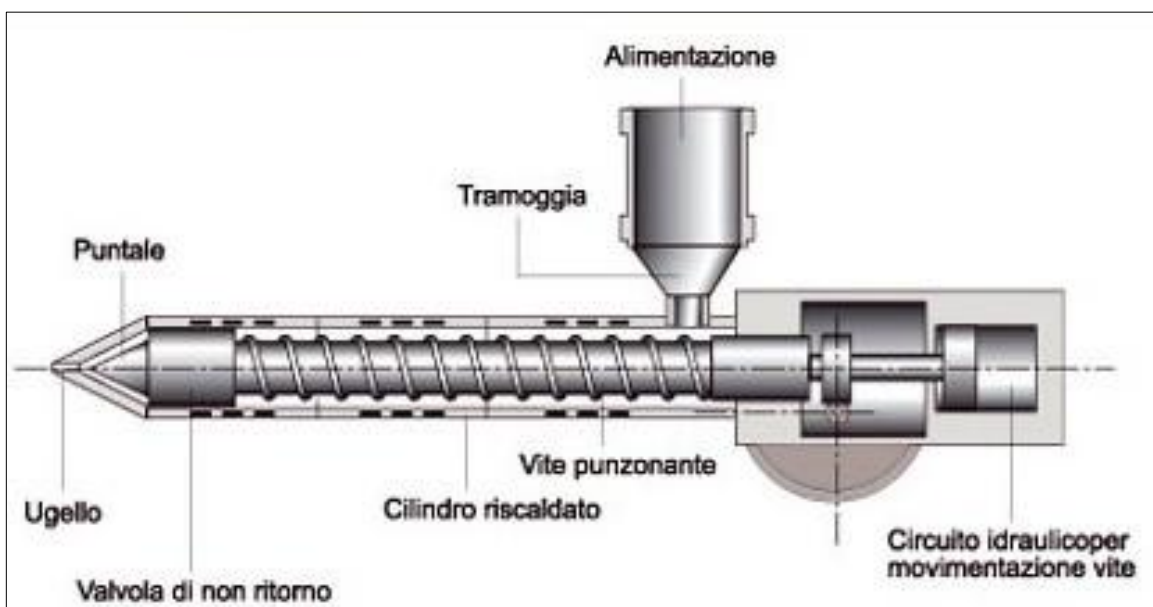


Figura 106 "Stampaggio ad iniezione"

Dopo che il materiale ha raggiunto la viscosità necessaria, viene iniettato ad una certa velocità all'interno dello stampo (fase di iniezione o riempimento), passando attraverso opportuni canali e riempiendo la cavità che rappresenta in negativo il pezzo. Riempita la cavità, inizia la fase di mantenimento durante la quale il polimero viene tenuto sotto pressione allo scopo di compensare con altro materiale l'aumento della densità connesso con la diminuzione di temperatura e la solidificazione che avvengono durante il raffreddamento del pezzo.

Il polimero fuso entra nella cavità attraverso il punto di iniezione o gate; la solidificazione del polimero al gate determina la fine della fase di mantenimento. Una volta che il gate si è solidificato, non può entrare più polimero in cavità qualunque sia la pressione che esercita la vite e inizia la fase di raffreddamento durante la quale il manufatto continua la solidificazione.

Conseguentemente inizia la fase di raffreddamento dove la pressa non esegue nessun movimento. La durata del tempo di raffreddamento è in funzione del tipo di polimero utilizzato e dalla geometria del manufatto e deve permettere al materiale di solidificarsi all'interno dello stampo. Finito questo processo si ha l'apertura dello stampo ed estrazione del prodotto: si apre così la parte mobile dello stampo con il piano mobile della pressa. Arrivato a fine corsa entra in funzione il gruppo di estrazione della pressa che agendo sul sistema di estrazione dello stampo espelle il pezzo stampato.

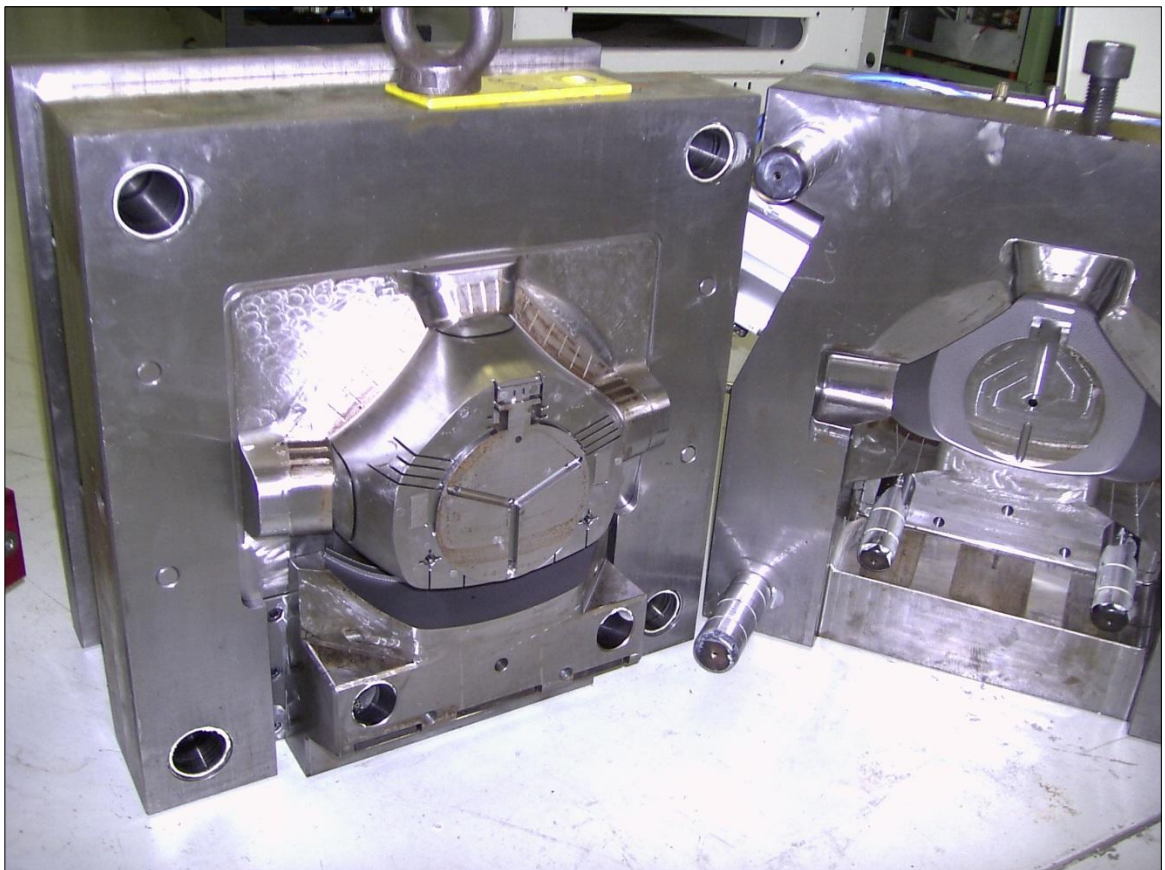


Figura 107 "Esempio di stampo per materiali polimerici"

9.4.3. Elementi già esistenti sul mercato

9.4.3.1. Motorino elettrico

Il primo componente da me ricercato è stato quello del motorino elettrico poiché per funzionare il mio progetto aveva la necessità di trovare un prodotto di piccole dimensioni ma con potenza e velocità adeguate alla funzione. Quindi ho fatto dei test con motorini di varia potenza applicati alle meccaniche della mia chitarra. Delineata la potenza necessaria ho dovuto decidere anche il numero di giri al minuto necessari per una corretta e precisa accordatura. Quindi ho stabilito il numero di gradi di gioco limite per una efficiente sintonizzazione ed essa è risultata essere all'incirca di 5° massimo.

Con questi parametri, ho selezionato una lista molto lunga di motorini elettrici. La mia scelta si è poi soffermata su un prodotto realizzato da più produttori e commercializzato sotto il marchio di diverse aziende.

Il componente scelto è un motorino elettrico con un riduttore di moto così da ottenere già bassi giri senza dover introdurre altri elementi nel mio accordatore portatile. Nello specifico l'azienda "Autom Tech. Industry CO." commercializza un prodotto con potenza torcente di 0,08 Nm alla velocità di 50 giri al minuto a 2,4 V. Anche i consumi elettrici sono risultati importanti per ridurre lo spazio occupato dalla batteria.

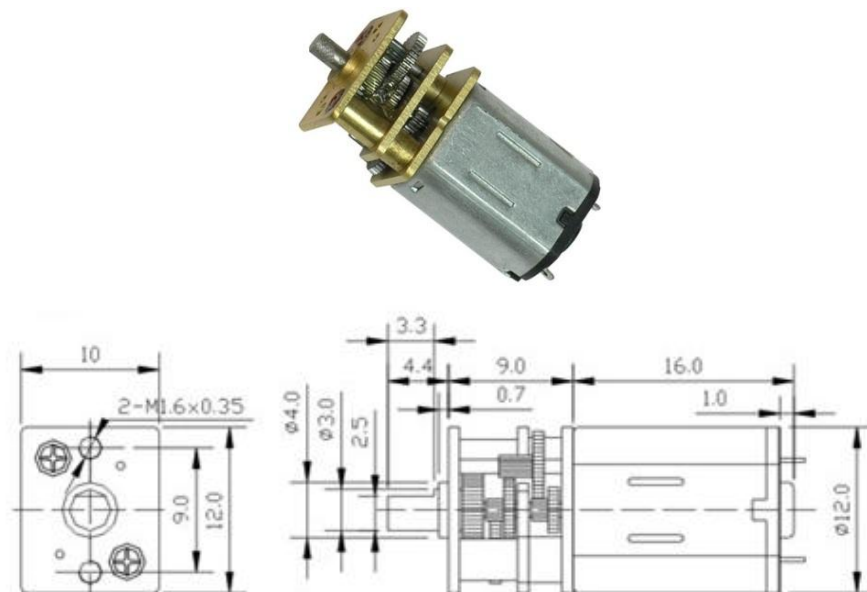


Figura 108 "Immagine e dimensioni del motorino elettrico scelto"

9.4.3.2. Ingranaggi

Collocato l'avvolgitore e il motorino elettrico nel mio modello virtuale, ho avuto la necessità, a causa della forma del prodotto, di introdurre anche 2 ingranaggi che potessero mettere in contatto i due elementi per il trasferimento del moto.

Nella situazione in oggetto avevo bisogno di due ingranaggi conici poiché il perno dell'avvolgitore e il motore erano allineati con asse a 50° l'uno dall'altro. L'azienda italiana "M.T.M. Trasmissioni S.r.l." produce una vasta serie di prodotti di questo tipo. Il materiale con cui sono fatti è il poliammide, commercialmente conosciuto come Nylon.

I due ingranaggi da me scelti hanno diametro nominale di 16 mm per quello grande e 6 mm per quello applicabile sul motorino elettrico.

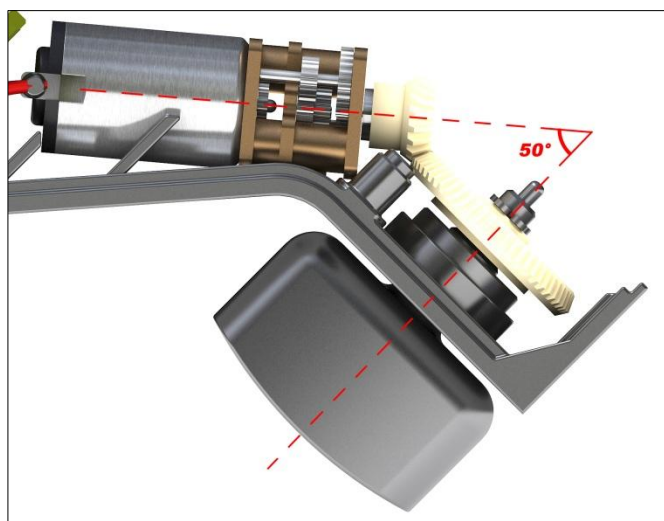


Figura 109 "Angolo allineamento ingranaggi"

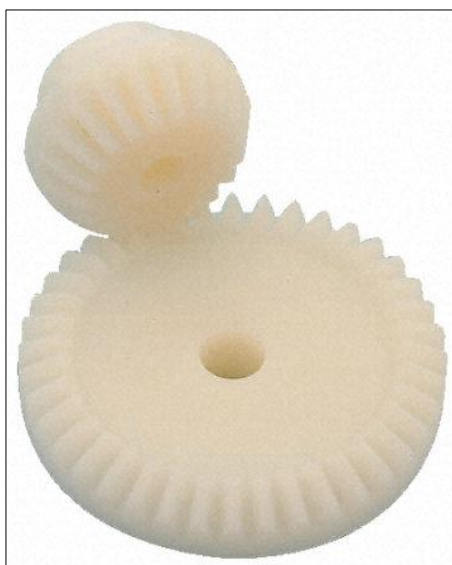


Figura 110 "Esempio ingranaggi conici"

9.4.3.3. Display

Per la scelta del display sono andato incontro a due strade: la scelta di un display trasmissivo luminoso con conseguente aumento dell'energia necessaria al suo funzionamento o di un display riflettivo con scarsa visibilità in situazioni di bassa illuminazione. Considerando la natura "automatica" del prodotto all'inizio mi sono indirizzato sulla seconda tipologia non avendo bisogno di un continuo riscontro visivo sul display anche perché come già accennato l'informazione più importante (quella dell'ottenimento della corretta accordatura) è acquisita tramite l'accensione della luce del tasto di bypass. Successivamente però ho voluto comunque utilizzare un dispositivo retroilluminato per avere una chiara lettura del display in qualunque situazione. Inoltre essendo sempre il mio prodotto collegato alla linea elettrica, il consumo maggior di energia non andava ad influire sulla fattibilità del progetto.

Gli schermi di tipo trasmissivo sono illuminati da un lato e vengono visti dall'altro. In pratica una luce viene posizionata sul retro dello schermo e i cristalli liquidi agiscono da filtro facendo passare solo la componente cromatica desiderata. In questo modo si ottengono schermi molto luminosi, d'altro canto, però la fonte di luce spesso consuma più energia di quella richiesta dallo schermo in sé. Questi schermi hanno una buona leggibilità in condizioni di scarsa luce ambientale, mentre diventano poco visibili in condizioni di forte illuminazione, risultando adatti per l'uso in interni.

9.4.3.3.1. Layout

Il layout dell'accordatore è stato pensato per offrire la comprensione più semplice per l'utente. Infatti sono visualizzabili solo le 3 informazioni necessarie per l'accordatura:

- nella parte alta a sinistra viene visualizzata la lettera corrispondente alla nota destinata all'accordatura
- nella parte opposta invece trova spazio il valore in Hz della nota base cioè il La 3. (per legge questa deve avere valore pari a 440 Hz⁷)

⁷ Capitolo n. 2.2.3. pag.22

- la maggior parte dello schermo è utilizzato per la visualizzazione dell'ago digitale con la posizione centrale "0" che corrisponde al punto di corretta accordatura

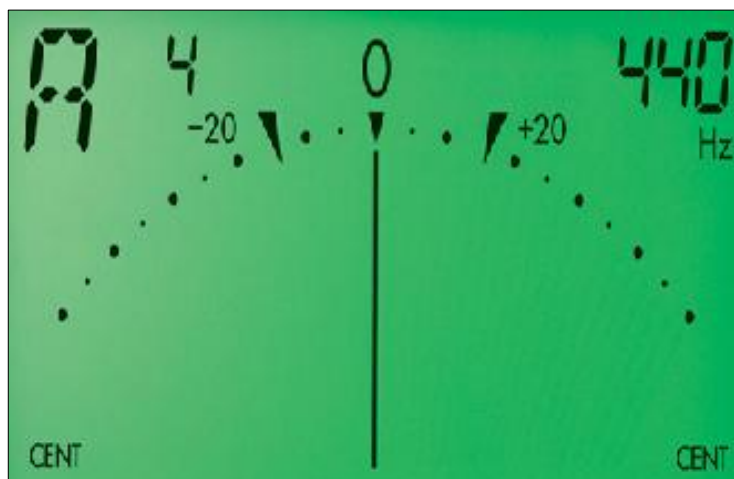


Figura 111 "Layout display"

9.4.3.4. Batteria

Per ricercare la batteria da inserire nel modulo portatile mi sono dovuto basare sui dati relativi all'assorbimento di corrente da parte del motorino elettrico e del circuito di ricezione senza fili dei dati. Per questo motivo la mia scelta si è indirizzata su un prodotto della "IBT Power" che produce una batteria ricaricabile da 3,6 V di dimensioni e caratteristiche adeguate.

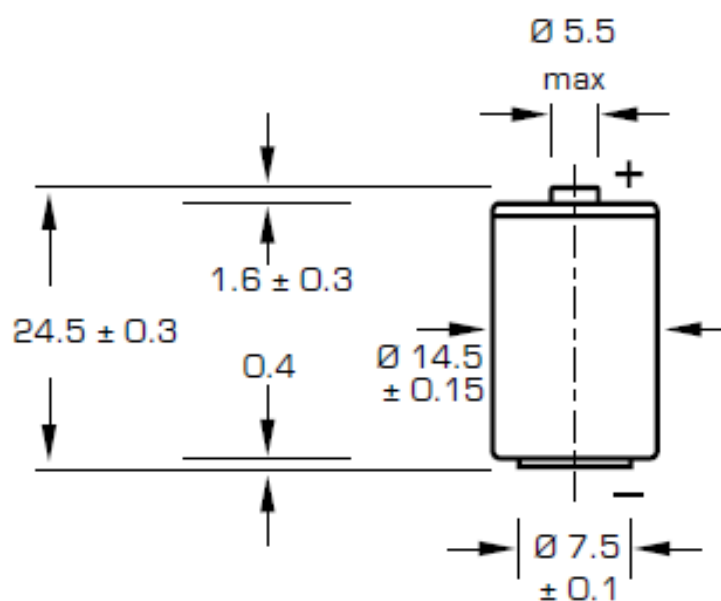


Figura 112 "Dimensioni batteria"

9.4.3.5. Circuiti stampati

Per quanto concerne l'hardware del mio prodotto, non possedendo le conoscenze e competenze necessarie alla sua realizzazione, mi sono limitato a valutare, tramite la mia ricerca, le dimensioni di massima che possono occupare i circuiti necessari al mio prodotto così da poterli collocare e posizionare al suo interno.

Principalmente mi sono soffermato sulla ricerca di trasmettitori e ricevitori wireless che ho scoperto essere anche di piccolissime dimensioni concorde alle mie necessità.

Per il dimensionamento del circuito principale mi sono basato sulla grandezza dei circuiti elettrici di un tradizionale accordatore del tipo a me funzionale, aggiungendo lo spazio necessario per l'elemento caratterizzante del mio prodotto cioè il trasmettitore dei dati al modulo portatile.

9.4.3.6. Connettori

La scelta delle prese audio è ricaduta su i tradizionali connettori mono TSR, o comunemente chiamato jack, da 6,3 mm. Questo particolare connettore è utilizzato ampiamente nel campo musicale soprattutto nella produzione degli strumenti musicali. La maggior parte degli strumenti musicali elettrici adottano questo tipo di connessione anche se in applicazioni professionali di amplificazione audio è largamente diffuso soprattutto il connettore XLR comunemente chiamato canon. L'azienda di riferimento da me scelta è la "Neutrik" che si occupa della realizzazione di connettori audio e video.



Figura 113 "Presa per connessione jack"

Per quanto riguarda invece la connessione alla rete elettrica ho inserito nel mio prodotto un tradizionale connettore per alimentatori avendo necessità di massimo 12 V per far funzionare il prodotto. L'azienda produttrice da me selezionata è la "Switchcraft".

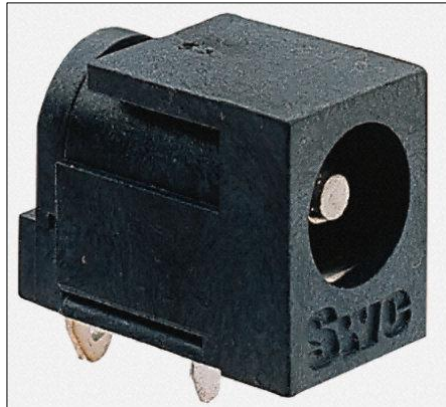


Figura 114 "Esempio di connettore per alimentatori"

9.4.3.7. Cuscinetto a sfera

La scelta di questo prodotto è stata semplice grazie alle innumerevoli soluzioni proposte sul mercato da tante aziende di settore. L'azienda "SKF" leader nel settore è specializzata nella produzione di cuscinetti a sfera anche di piccole dimensioni. Nella loro lunga lista di prodotti ho trovato un componente con le caratteristiche da me richieste e cioè un cuscinetto con diametro interno di 5 mm e diametro esterno di 10 mm con una profondità di 5 mm.



Figura 115 "Cuscinetti a sfera SKF"

9.4.3.8. Pulsante bypass

La prerogativa del tasto indirizzato alla funzione di bypass era quella di aver la luce interna indipendente dal pulsante, in modo che la sua accensione non fosse legata alla funzione del pulsante. All'interno dell'azienda "FILN" ho potuto trovare il pulsante adeguato alla mia soluzione e con dimensioni pari a 2 cm x 2 cm di lato con forma quadrata.



Figura 116 "Esempio di pulsante con luce"

9.5. Assemblaggio

In tutto il prodotto è costituito da 49 componenti e la fase di assemblaggio avviene tramite 20 passaggi.

1 – Posizionare nella base il circuito elettronico principale.

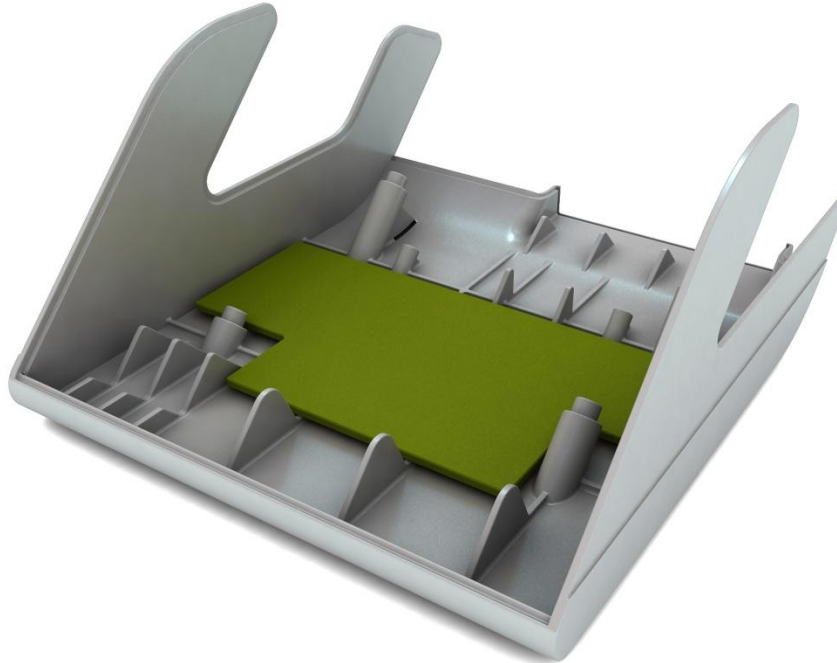


Figura 117 "Assemblaggio - passaggio 1"

2 – Avvitare le 2 viti con i due elementi metallici utilizzati per bloccare il circuito elettrico.

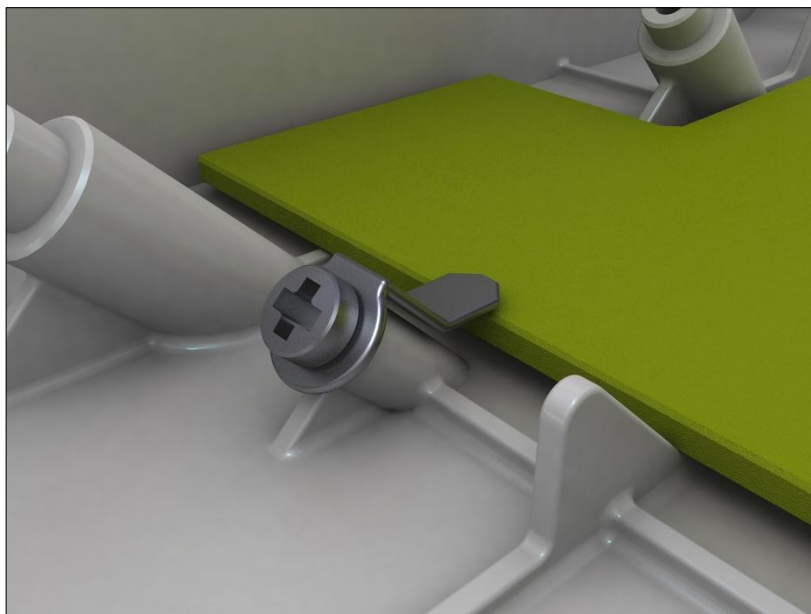


Figura 118 "Assemblaggio - passaggio 2"

3 – Posizionare il tasto bypass, il display e le prese di connessione posteriori.



Figura 119 "Assemblaggio - passaggio 3"

4 – Collegare gli elementi al circuito elettrico.

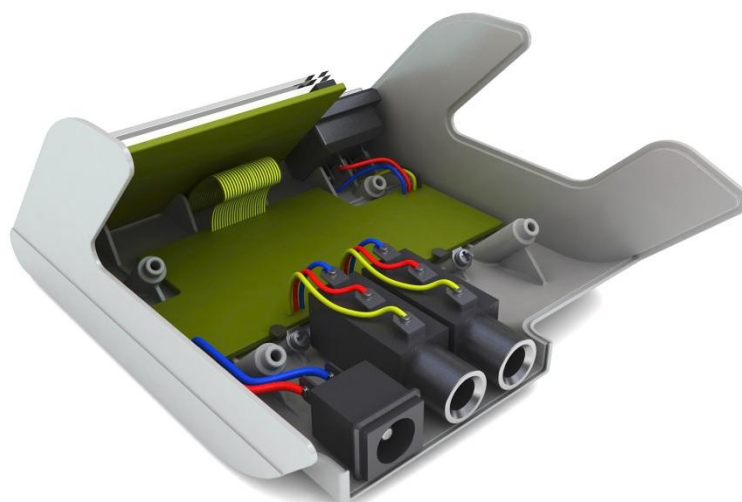


Figura 120 "Assemblaggio - passaggio 4"

5 – Prendere la scocca n.2 e inserire i tasti.



Figura 121 "Assemblaggio - passaggio 5"

6 – Posizionare nella giusta sede il circuito elettrico con i pulsanti.

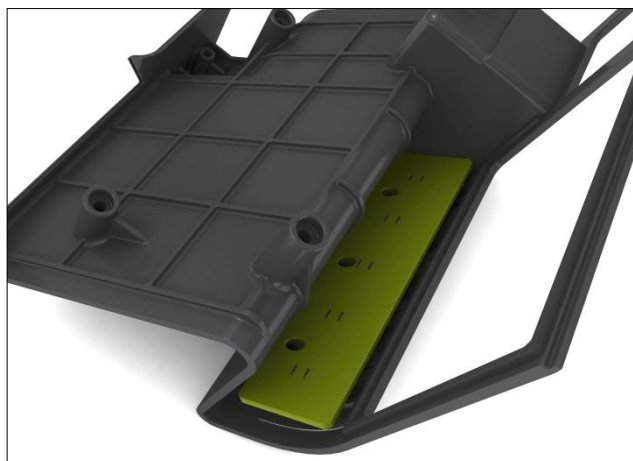


Figura 122 "Assemblaggio - passaggio 6"

7 – Posizionare l'elemento n.5 e bloccare il tutto tramite le tre viti.

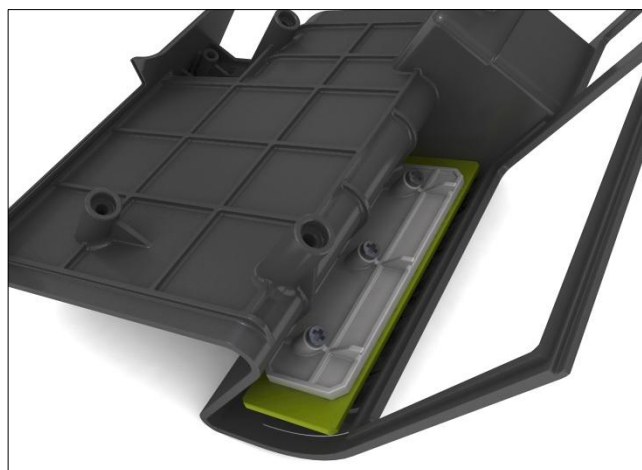


Figura 123 "Assemblaggio - passaggio 7"

8 – Posizionare il circuito per la ricarica nella parte posteriore e bloccarlo con la vite prevista.



Figura 124 "Assemblaggio - passaggio 8"

9 – Avvicinare le due scocche e procedere con il collegamento di tutte le parti elettroniche tramite i connettori.

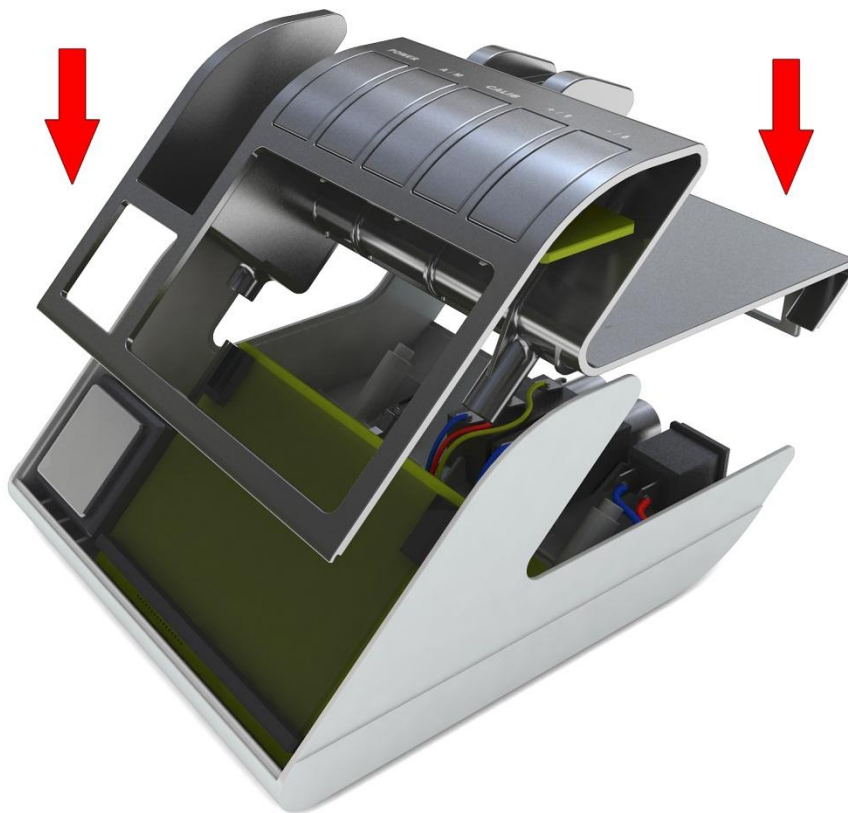


Figura 125 "Assemblaggio - passaggio 9"

10 – Unire le due scocche inserendo il componente n.6 nella zona posteriore (prese di connessioni).



Figura 126 "Assemblaggio - passaggio 10"

11 – Avvitare le 4 viti inserendole dalla parte inferiore del prodotto così da tenere unite le scocche.



Figura 127 "Assemblaggio - passaggio 11"

12 – Inserire nei giusti alloggiamenti i piedini in gomma.



Figura 128 "Assemblaggio - passaggio 12"

13 – Procedere con l'assemblaggio del portatile posizionando nella scocca n.3 la pila e il motorino elettrico.



Figura 129 "Assemblaggio - passaggio 13"

14 – Posizionare i circuiti elettronici e collegare tutte le parti necessarie (compreso il circuito per la ricarica della batteria).

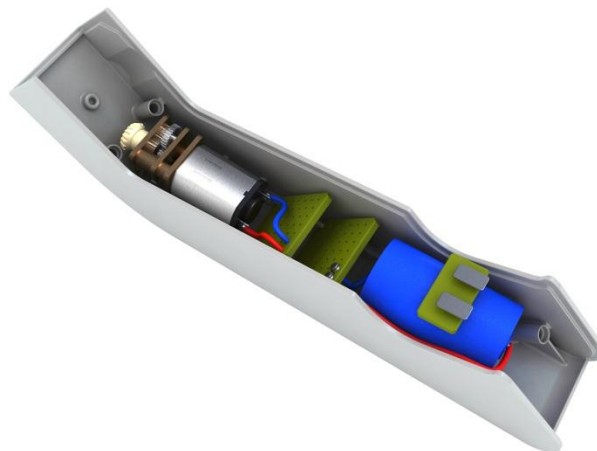


Figura 130 "Assemblaggio - passaggio 14"

15 – Prendere la scocca n.4 e inserire l'avvolgitore nell'apposito foro.



Figura 131 "Assemblaggio - passaggio 15"

16 – Collocare nella giusta posizione il cuscinetto a sfere premendo con forza per ovviare all'interferenza tra esso e l'avvolgitore.



Figura 132 "Assemblaggio - passaggio 16"

17 – Inserire nel perno dell'avvolgitore l'ingranaggio conico grande e bloccarlo con il seeger.

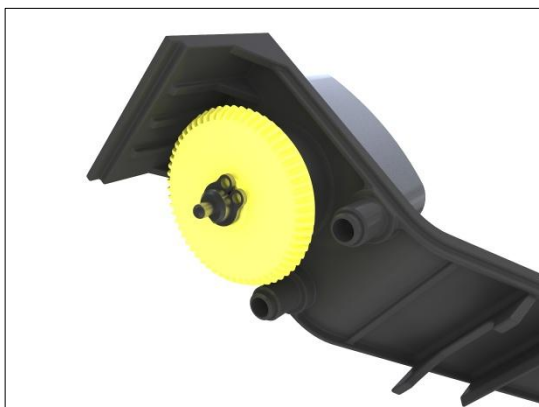


Figura 133 "Assemblaggio - passaggio 17"

18 – Unire le due scocche facendo attenzione al giusto posizionamento degli elementi interni.



Figura 134 "Assemblaggio - passaggio 18"

19 – Avvitare le 4 viti di blocco fra le due scocche.



Figura 135 "Assemblaggio - passaggio 19"

20 – Posizionare il modulo portatile sulla base controllando il contatto tra le piastre di ricarica.

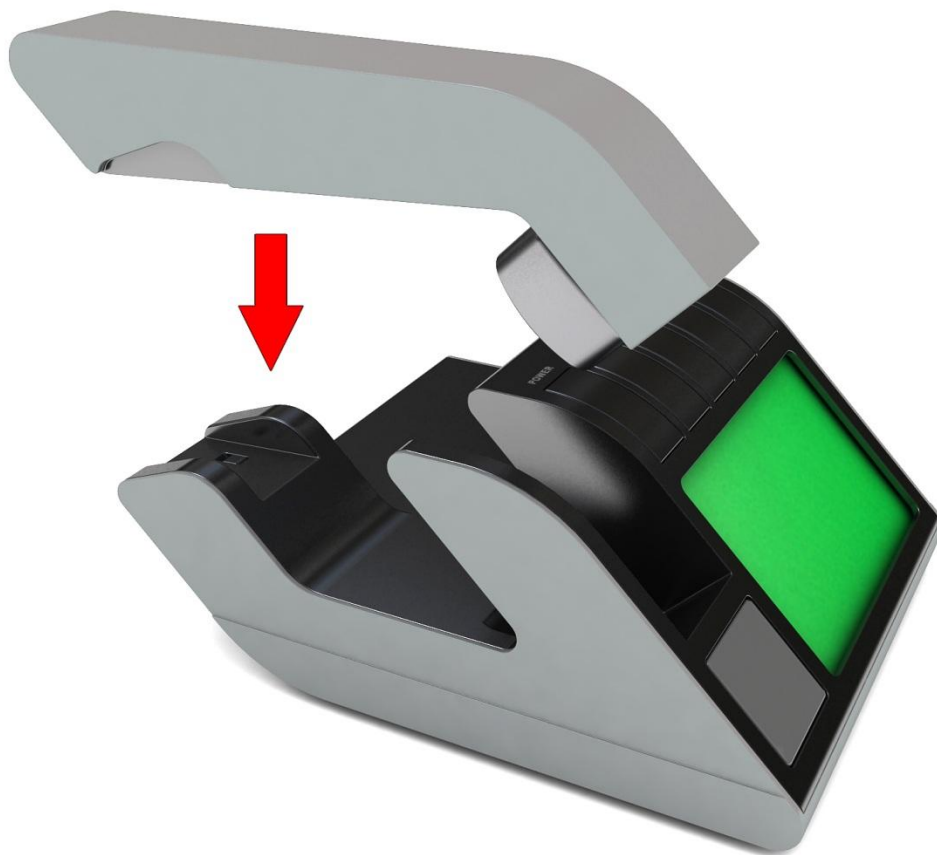


Figura 136 "Assemblaggio - passaggio 20"

Bibliografia

TESTI

“Temperamento. Storia di un enigma musicale”
di Stuart Isacoff ed. EDT 2005

“Musica, chitarra e... Corso di chitarra acustica ed elettrica e di teoria...”
di Marco Passerini ed. LED 2008

“Chitarra: storia e immagini”
Di Carlo Carfagna e Michele Greci ed. Palombi Editori

RIVISTE

“Axe” n. 138 - periodico per chitarristi

SITI INTERNET

Per la ricerca teorica e tecnica di accordatura

www.wikipedia.org

www.nicolaferroni.com

www.accordo.it

www.scuoladimusica.org

<http://chitarre.accordo.it>

www.cittadellamusica.org

www.kylegann.com

<http://axcenttuning.com>

www.ut-musica.com

www.suonolachitarra.it

www.schillerinstitute.org

www.mangore.net

www.wikibooks.com

Per la ricerca degli accordatori esistenti

www.mercatinomusicale.com

www.actiontuners.com

www.beeintuner.com

www.saitenmarkt.com

www.gibson.com

www.ibanez.com

www.korg.com

www.accordiespartiti.it

Per la ricerca della componentistica

www.aurelwireless.com

www.distrelec.com

www.componenti-elettronici.it

www.namiki.net

www.onlybatteries.com

www.topwaydisplay.com

http://www.autom.cn

www.alberici.it

www.covaviti.it

www.filn.cn

www.protomold.it

www.edurete.org

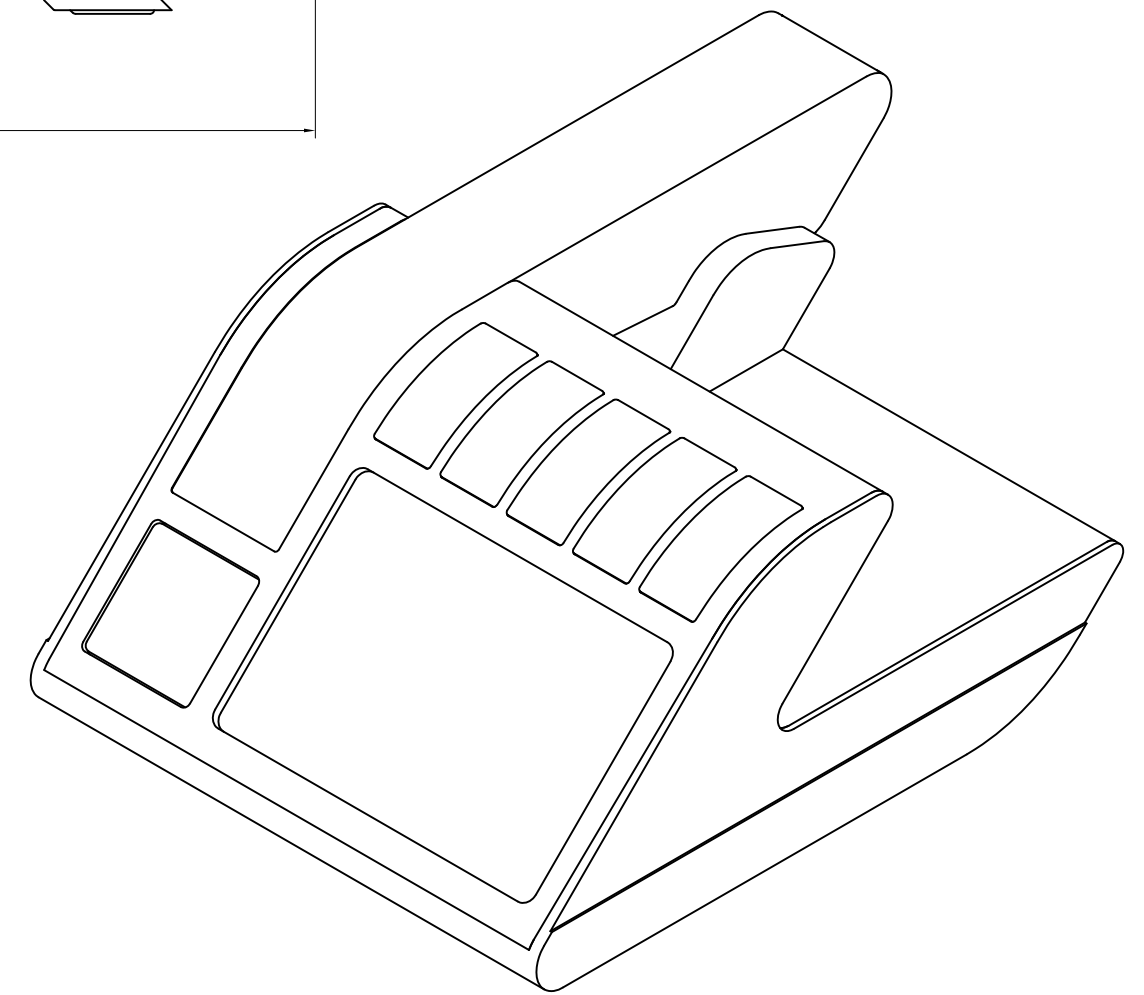
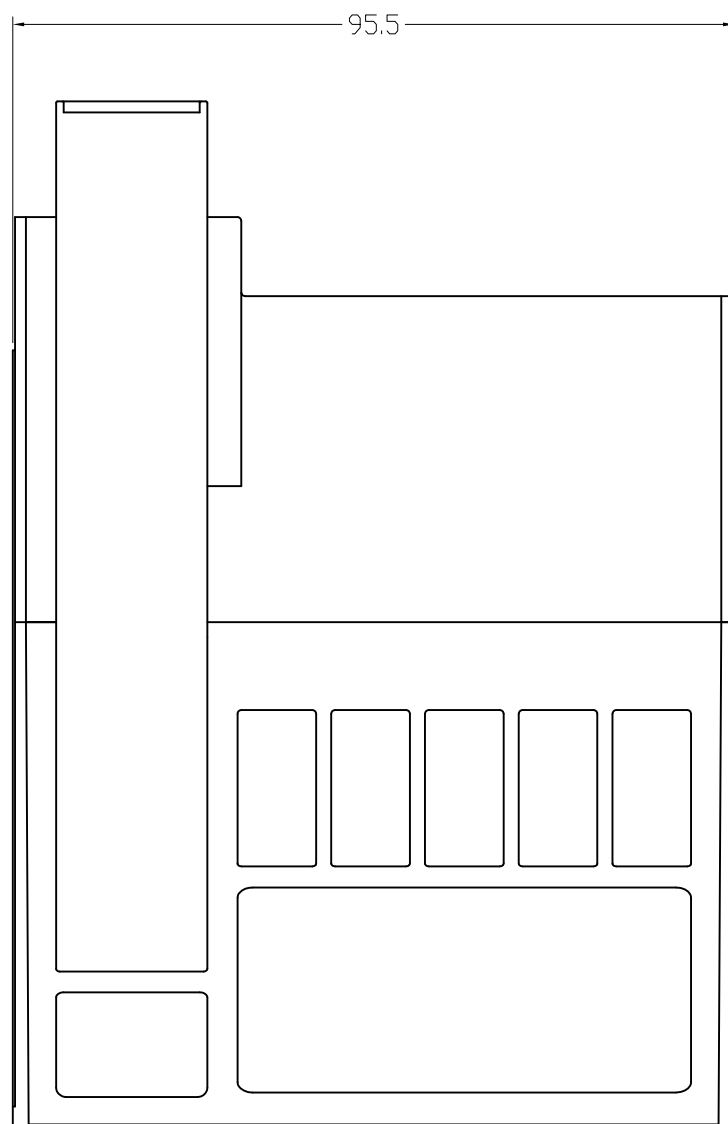
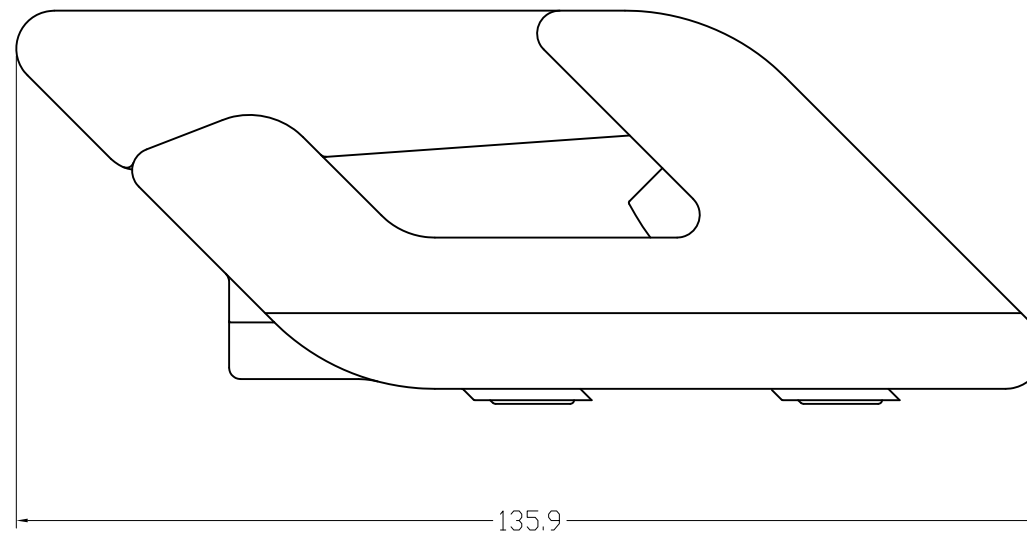
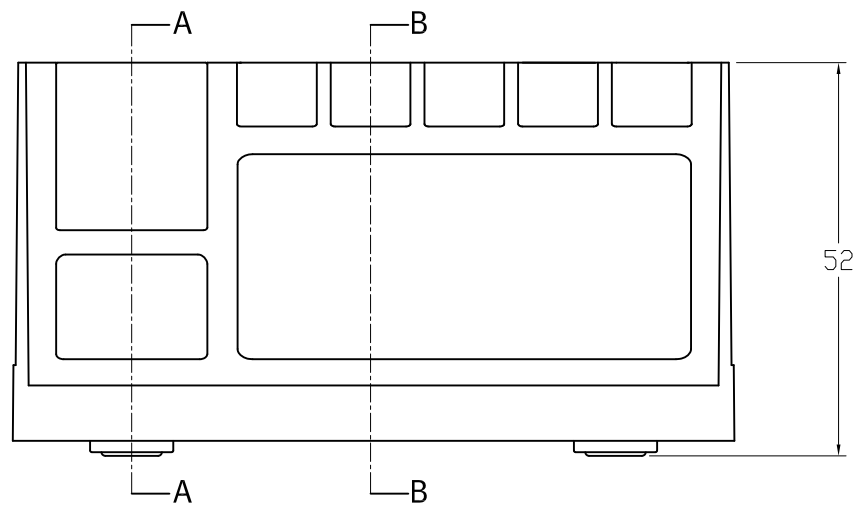
www.saftbatteries.com

www.skf.com

www.switchcraft.com

www.neutrik.com

www.specialingranaggi.com



MAURO PIATTI matr. 207349

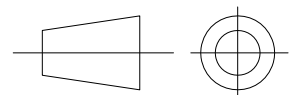


POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
 Corso di Laurea Magistrale in
 Design & Engineering

Progetto:
 TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA

SCALA 1:1 UNITA' DI MISURA: mm

Contenuto:
 Proiezioni del prodotto assemblato

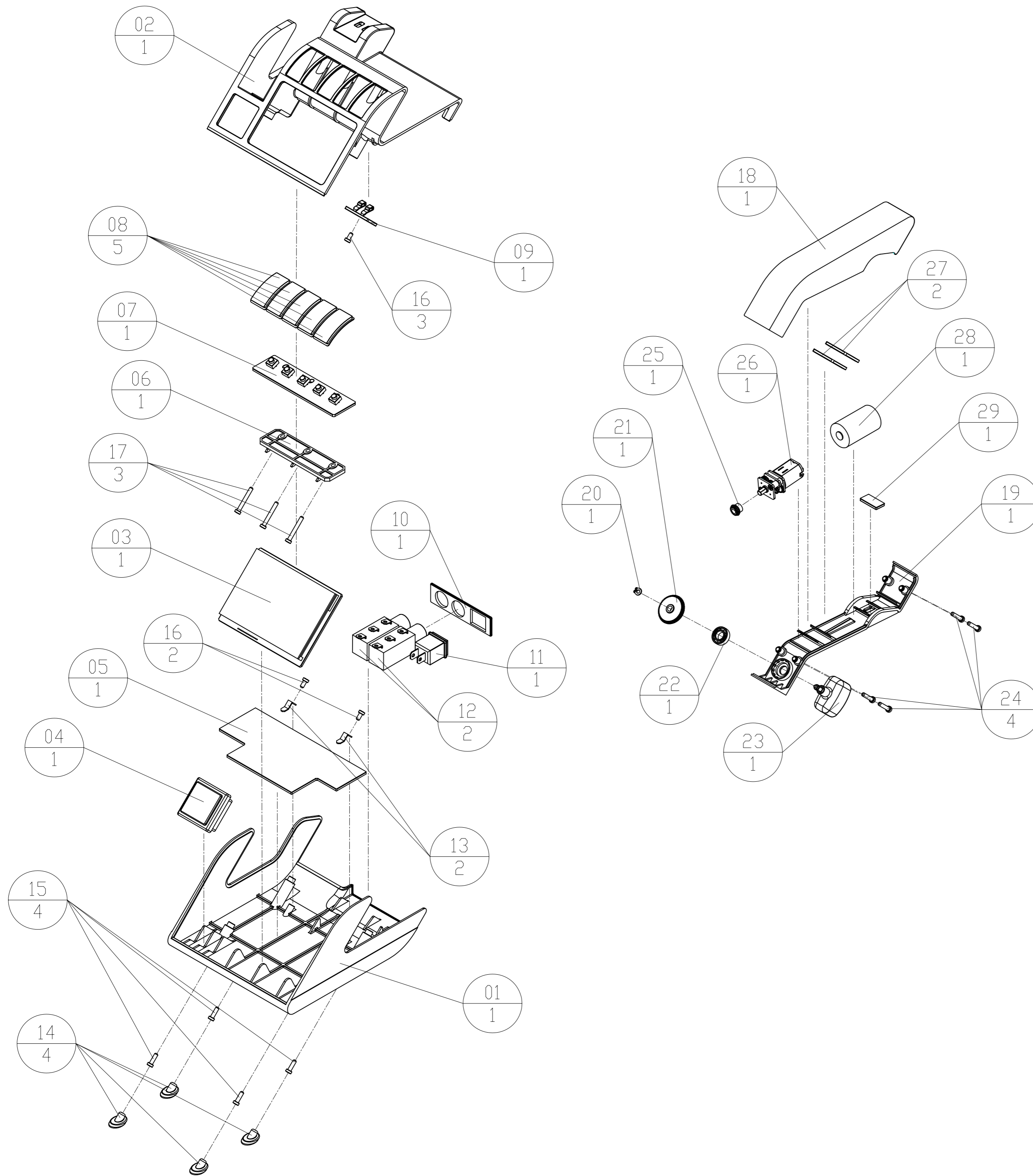


Appunti

N. tavola

1

15/11/2010



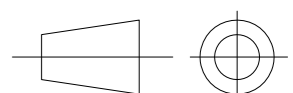
N.	Componente	Q.tà	Materiale	Note
01	Scocca base inferiore	1	ABS	Stampaggio a iniezione
02	Scocca base superiore	1	ABS	Stampaggio a iniezione
03	Display LCD	1	---	Azienda "Robot-Italy" (60 mm x 40 mm)
04	Pulsante BYPASS	1	---	Azienda "FILN"
05	Circuito elettronico principale	1	---	---
06	Sostegno tastiera	1	ABS	Stampaggio a iniezione
07	Circuito elettronico tastiera	1	---	---
08	Tasto	5	ABS	Stampaggio a iniezione
09	Circuito elettronico base per ricarica	1	---	---
10	Blocco connettori	1	ABS	Stampaggio a iniezione
11	Connettore alimentazione elettrica	1	---	Azienda "Switchcraft"
12	Presse jack stereo 6,3 mm	2	---	Azienda "Neutrik"
13	Blocca circuito	2	Acciaio	---
14	Piedini	4	SBR (gomma stirene-butadiene)	Stampaggio a iniezione
15	Vite per base	4	Acciaio	Vite a testa bombata con impronta a croce UNI EN ISO 7049 M2 x 6
16	Vite generica	3	Acciaio	Vite a testa bombata con impronta a croce UNI EN ISO 7049 M2 x 4
17	Vite per blocco tastiera	3	Acciaio	Vite a testa bombata con impronta a croce UNI EN ISO 7049 M2 x 15
18	Scocca portatile superiore	1	ABS	Stampaggio a iniezione
19	Scocca portatile inferiore	1	ABS	Stampaggio a iniezione
20	Anello di arresto	1	Acciaio	UNI DIN 6799 tipo RA per alberi
21	Ingranaggio conico	1	PA -Nylon	Azienda "M.T.M. Trasmissioni S.r.l."
22	Cuscinetto a sfere	1	Acciaio ad alto tenore di carbonio	Azienda "SKF" D = 10 mm , d = 5 mm
23	Avvolgitore	1	Acciaio	Pressofusione
24	Vite per portatile	4	Acciaio	Vite a testa svasata con impronta a croce UNI EN ISO 7050 M2 x 10
25	Ingranaggio conico	1	PA - Nylon	Azienda "M.T.M. Trasmissioni S.r.l."
26	Micromotore elettrico	1	---	Azienda "AUTOM TECH. INDUSTRY CO." 2,4 V - Dimensioni: 12 mm x 10 mm x 29 mm
27	Circuito elettrico portatile	2	---	---
28	Batteria ricaricabile	1	---	Azienda "IBT Power" Ricaricabile 3,6 V
29	Circuito elettronico per ricarica	1	---	---

MAURO PIATTI matr. 207349

Progetto:
TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA

SCALA: --- UNITA' DI MISURA: ---

Contenuto:
Esploso del prodotto con
distinta base



POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
Corso di Laurea Magistrale in
Design & Engineering

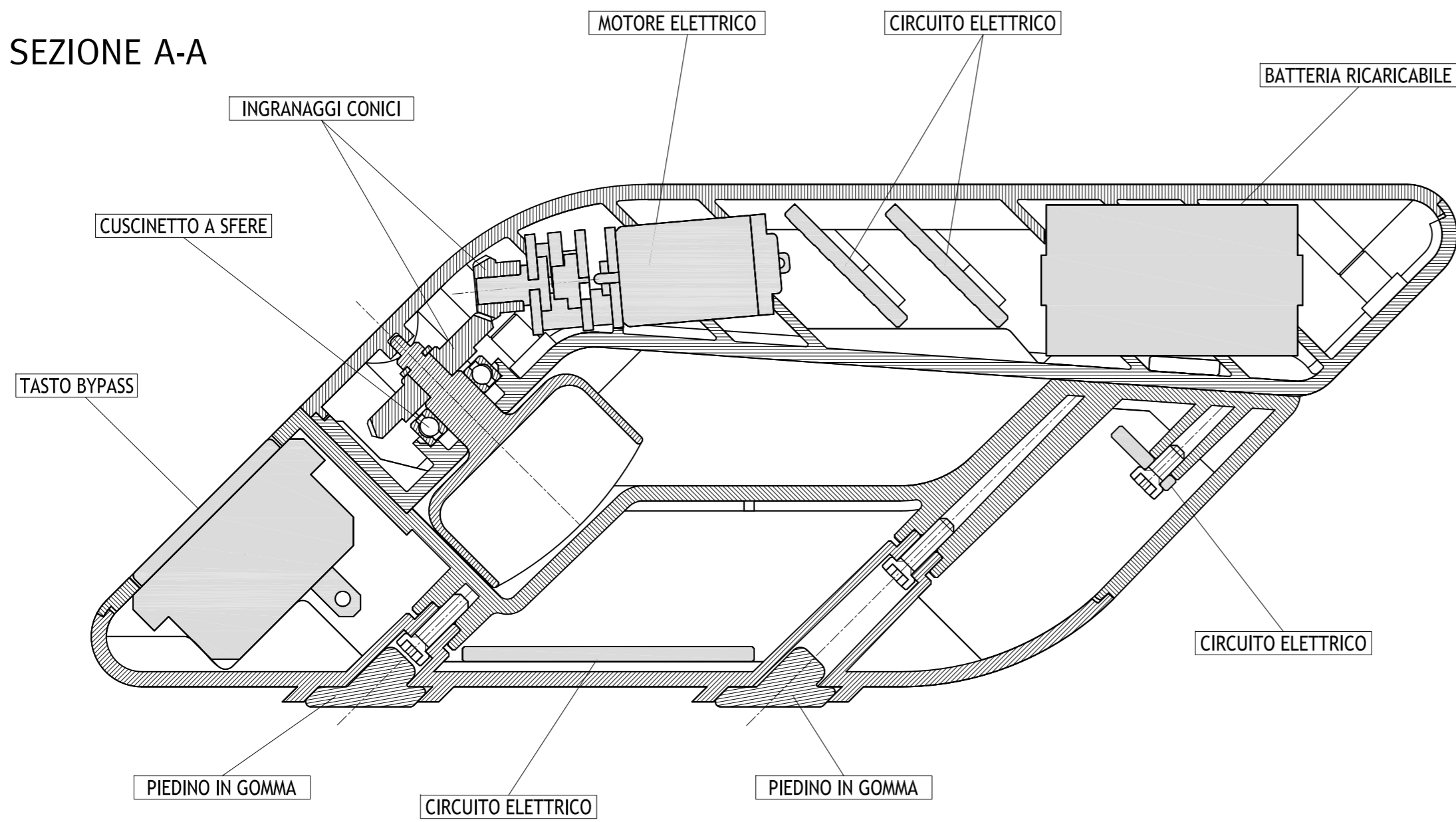
Appunti

N. tavola

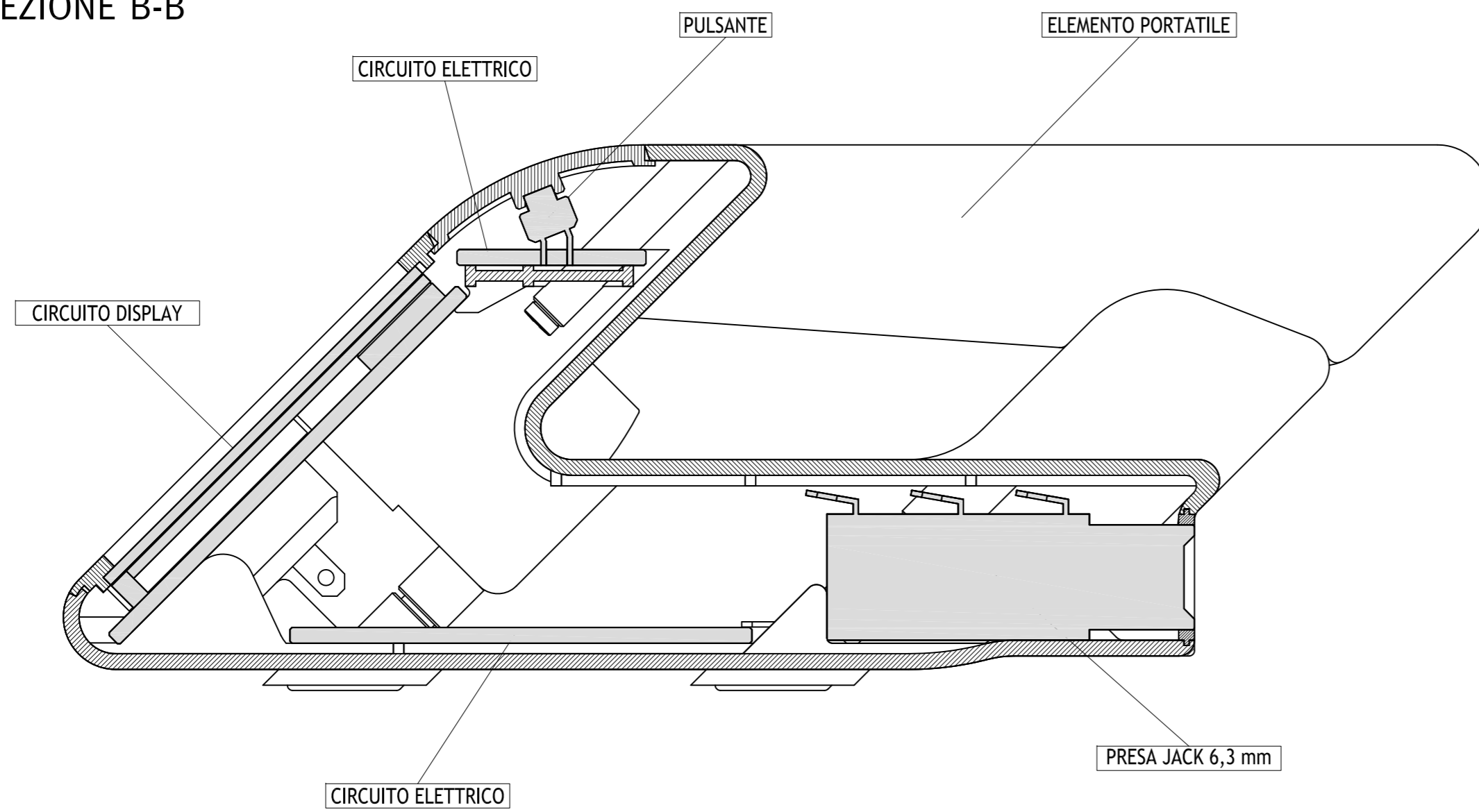
2

15/11/2010

SEZIONE A-A



SEZIONE B-B



MAURO PIATTI matr. 207349

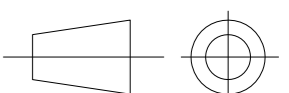


POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
 Corso di Laurea Magistrale in
 Design & Engineering

Progetto:
 TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA

SCALA 2:1 UNITA' DI MISURA: mm

Contenuto:
 Sezioni dell'assieme
 (RIF. Tav 1)

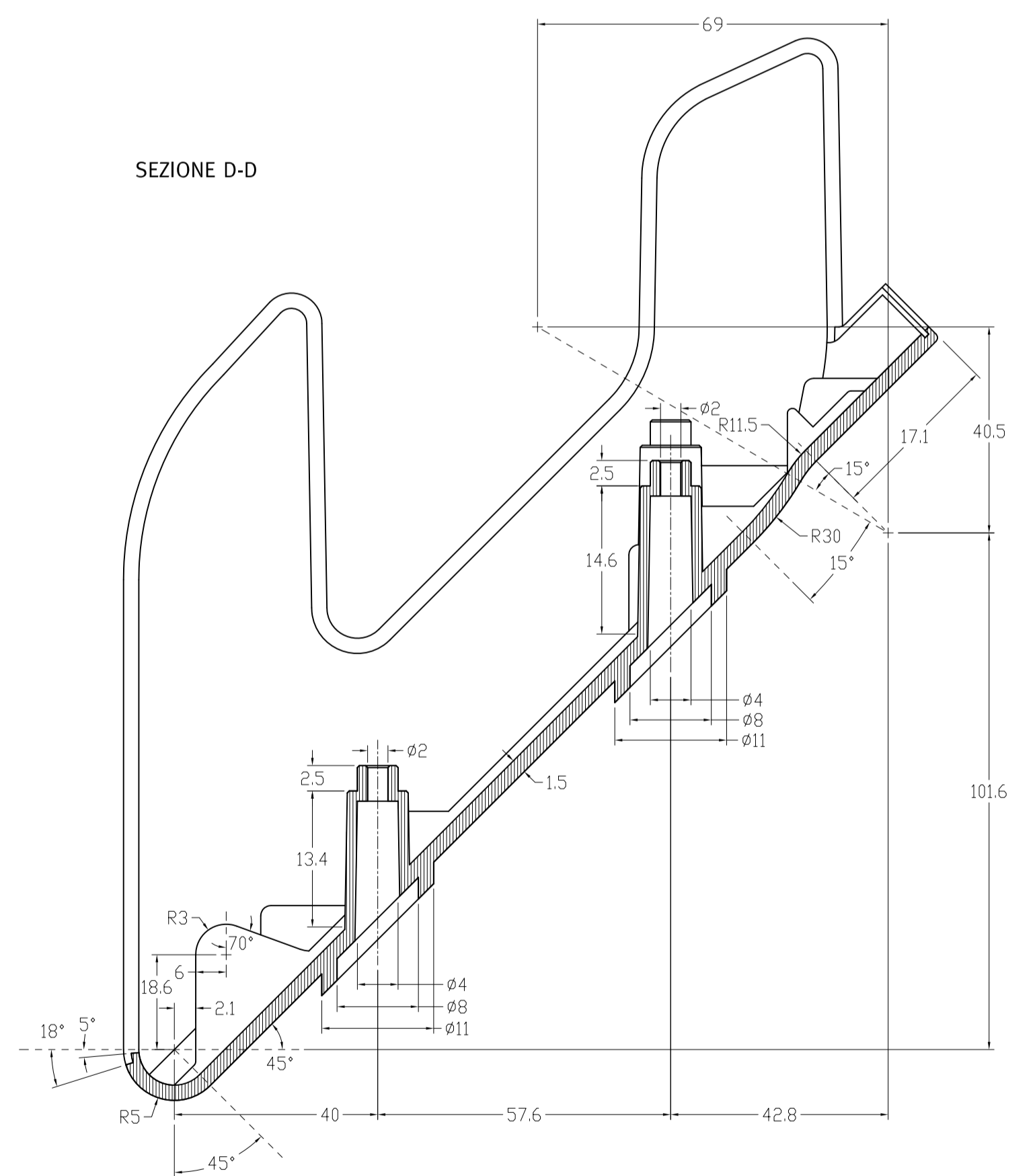
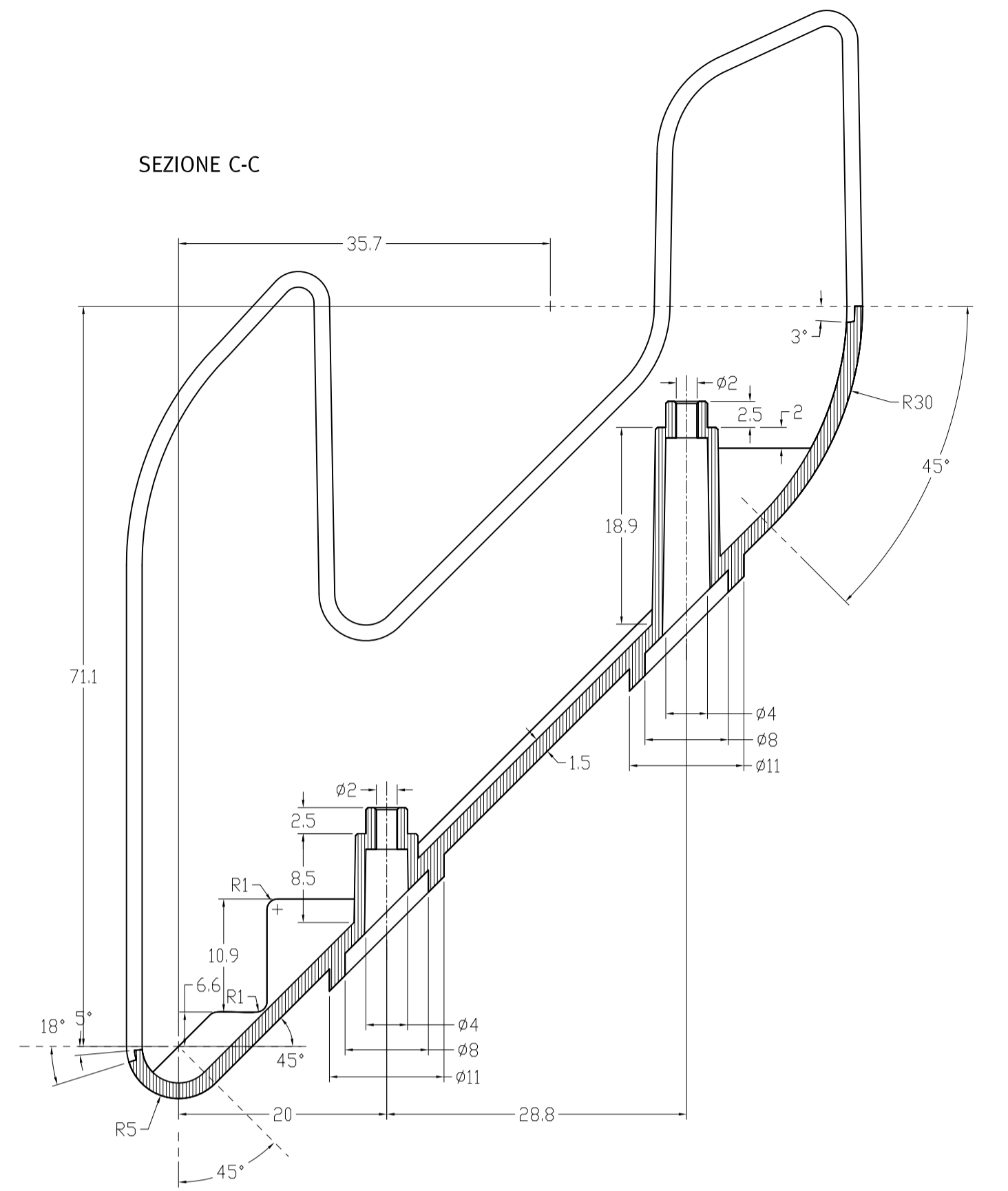
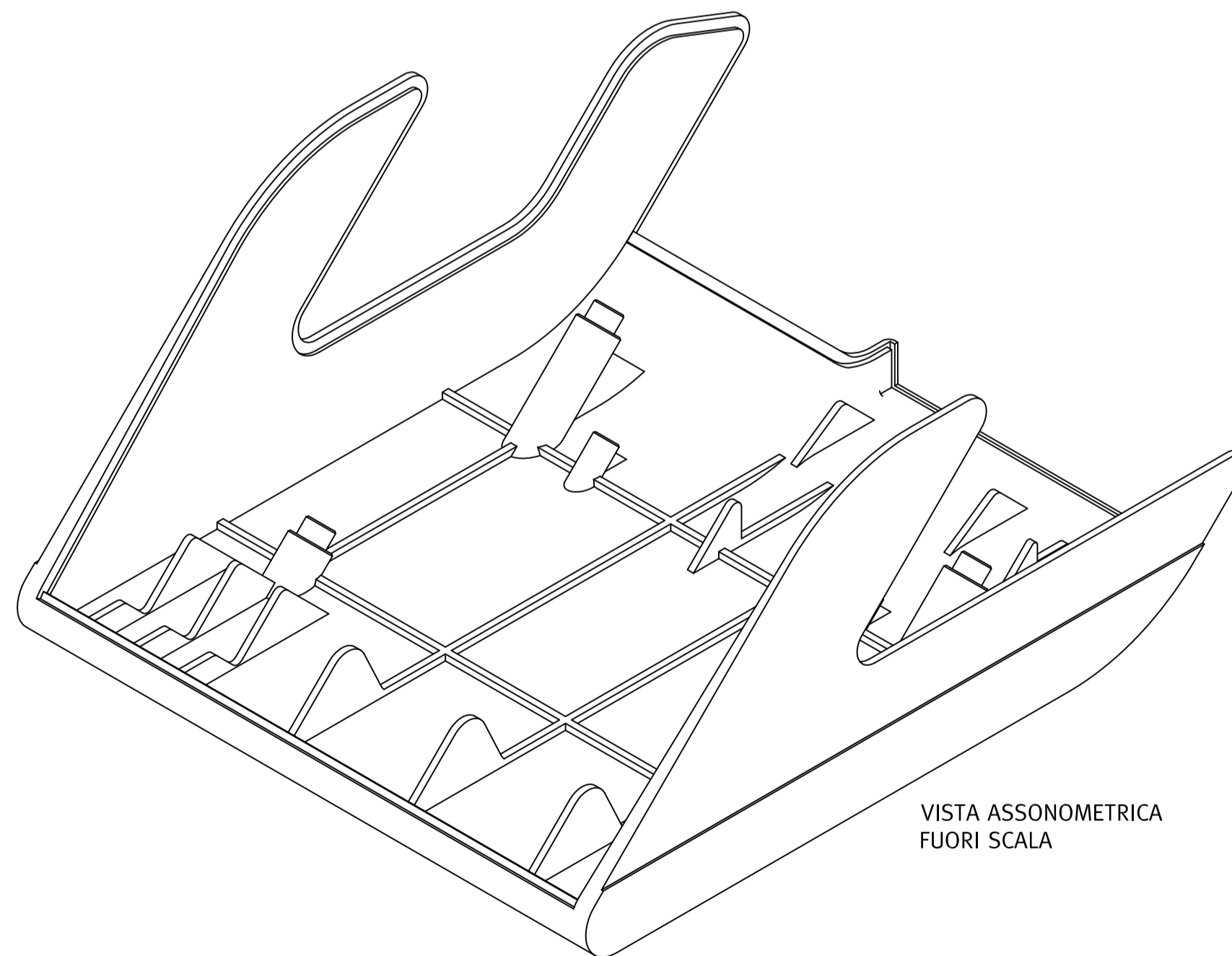
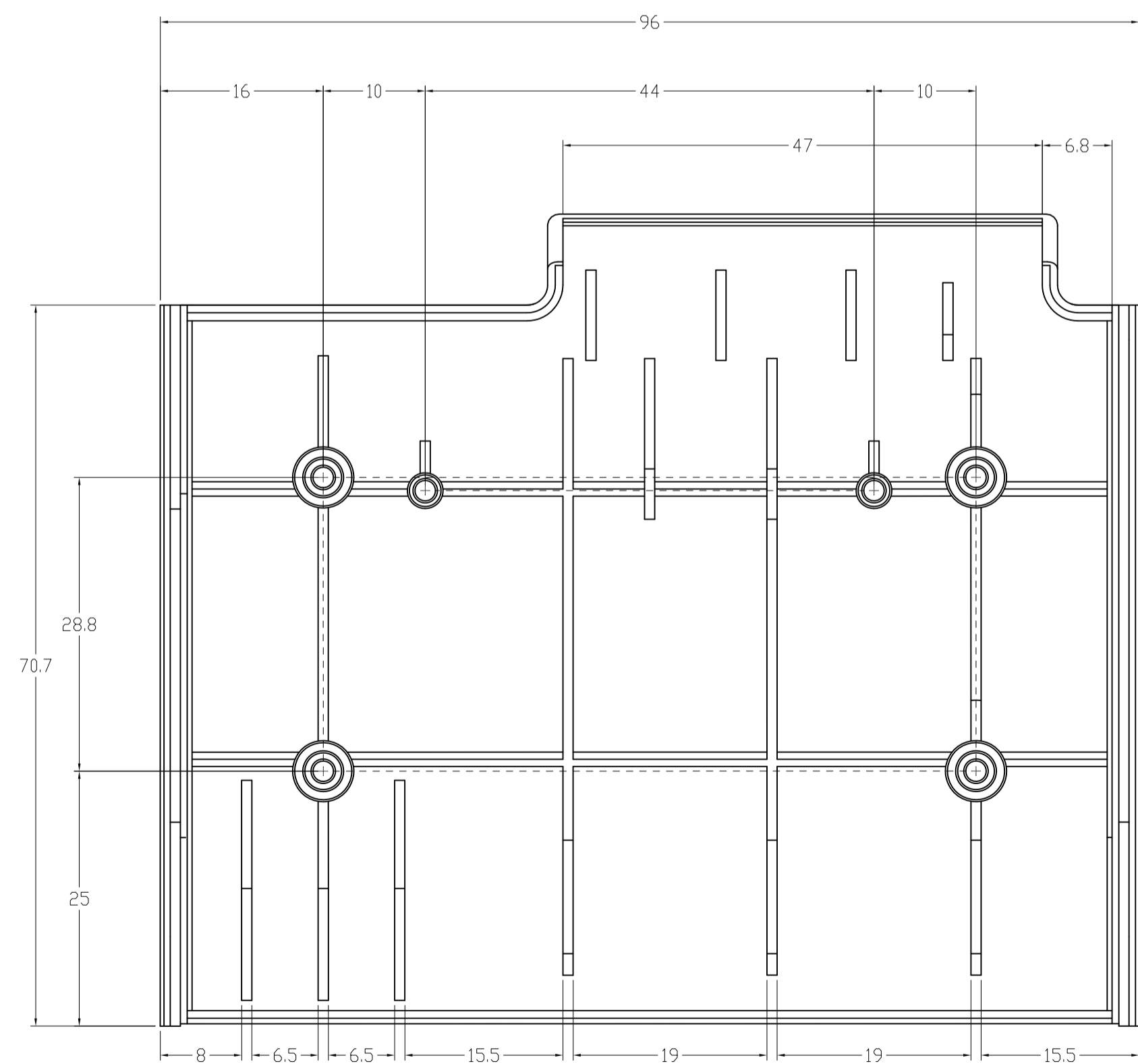
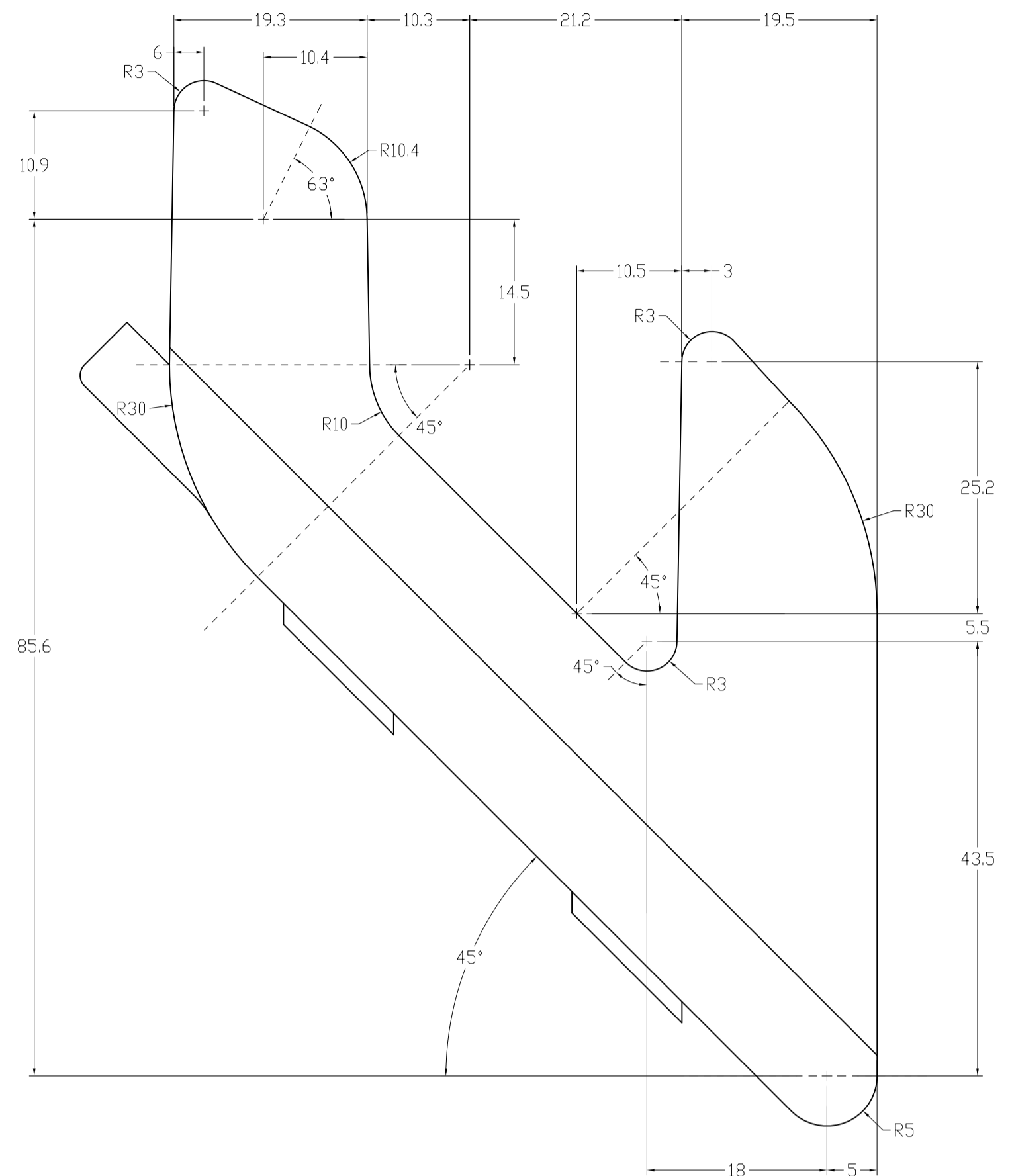
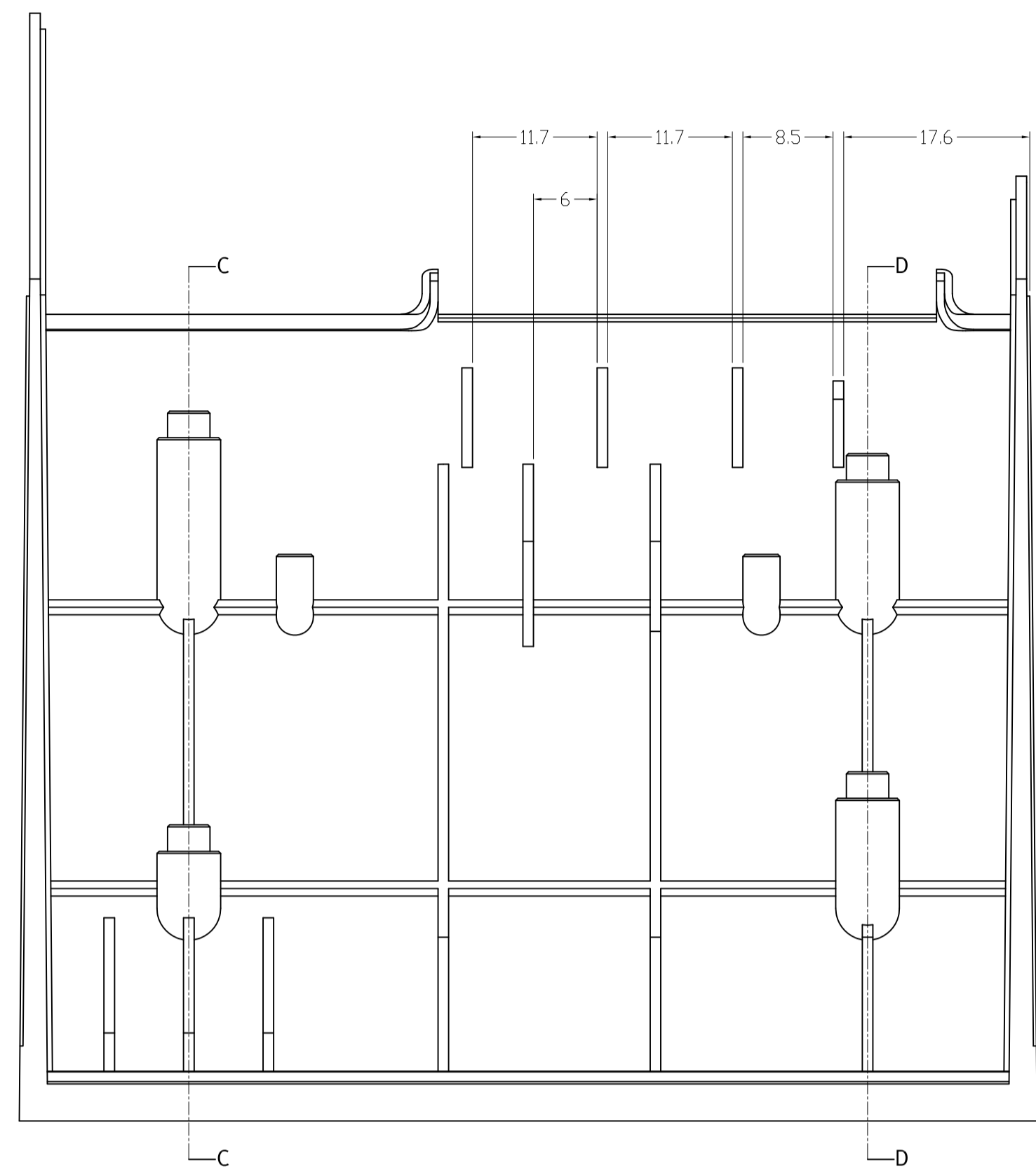


Appunti
 Tavola a scopo illustrativo della disposizione dei
 componenti interni

N. tavola

3

15/11/2010



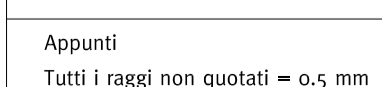
MAURO PIATTI matr. 207349



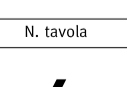
POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
 Corso di Laurea Magistrale in
 Design & Engineering

Progetto:
 TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA
 SCALA 2:1 UNITA' DI MISURA: mm

Contenuto:
 Proiezioni e sezioni del componente
 n.01 (RIF. Tav 2)

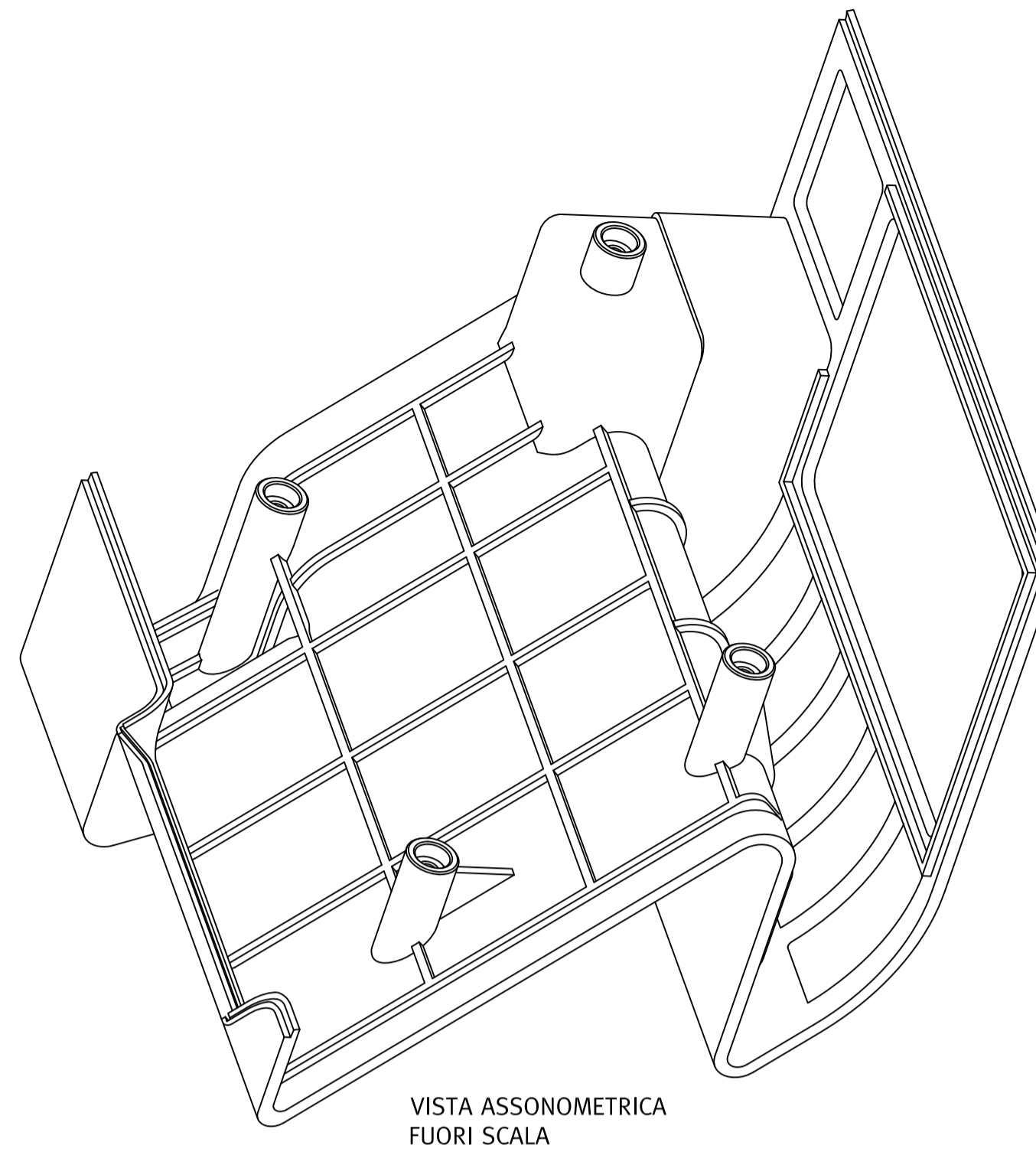
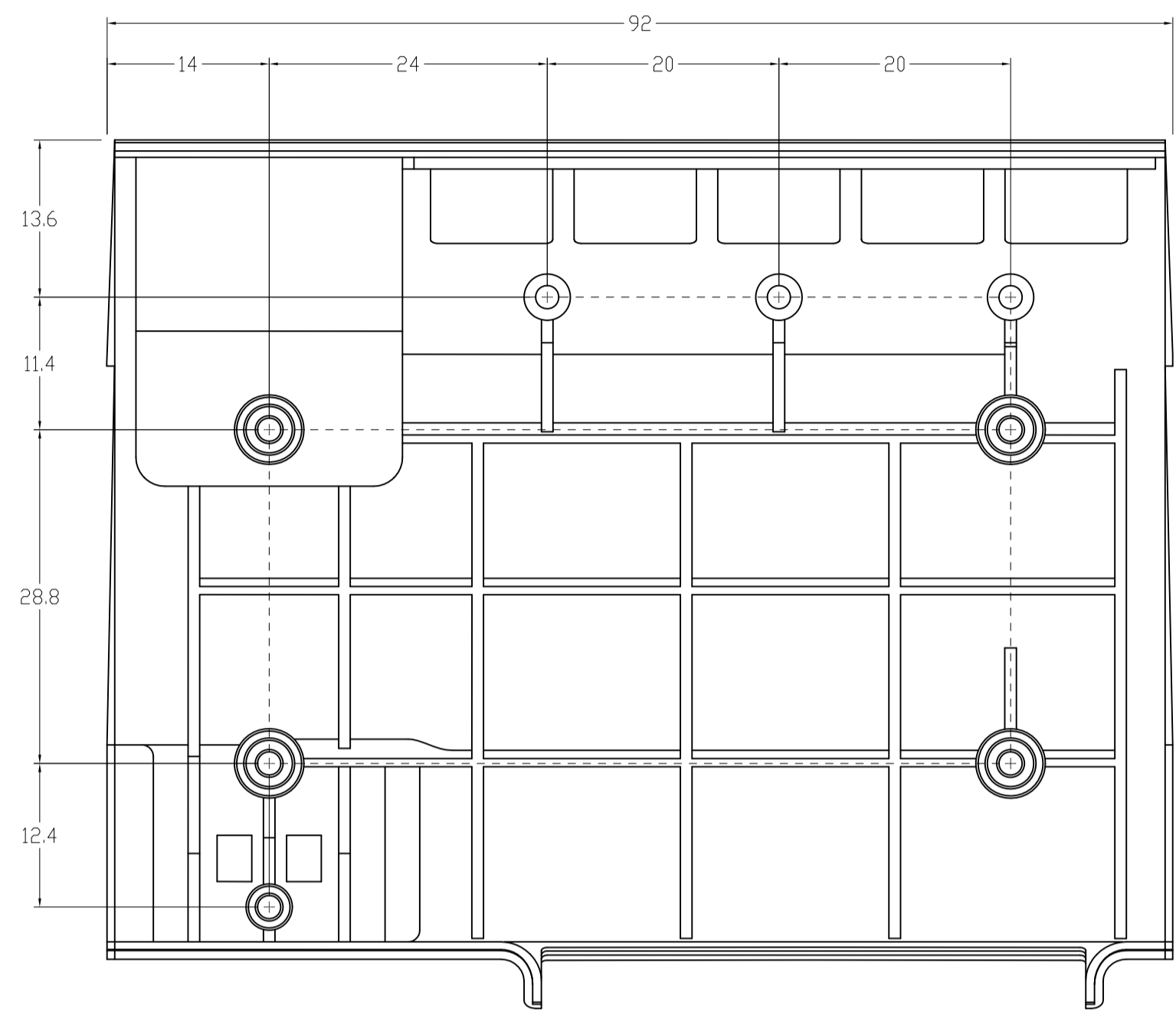


Appunti
 Tutti i raggi non quotati = 0.5 mm

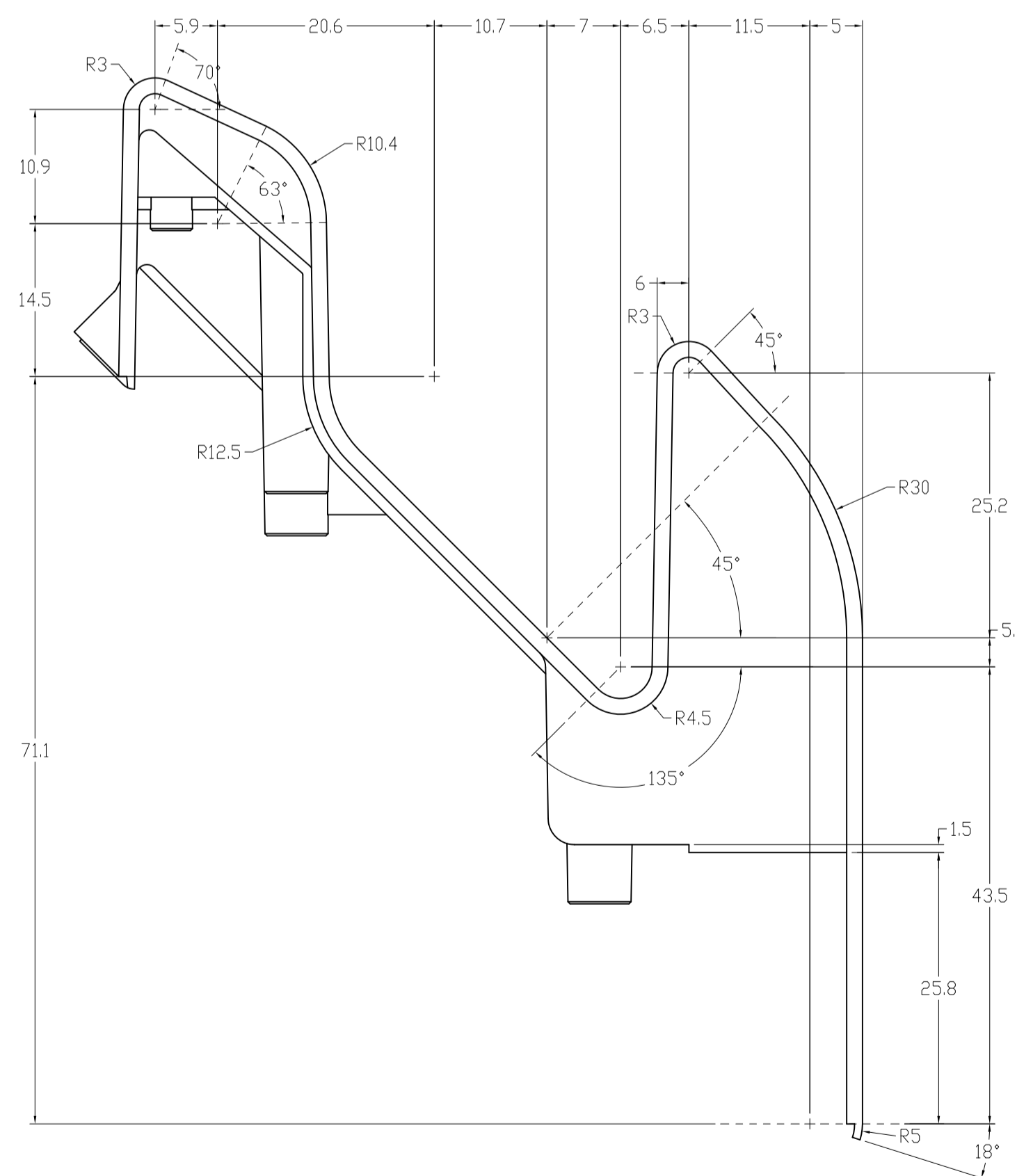
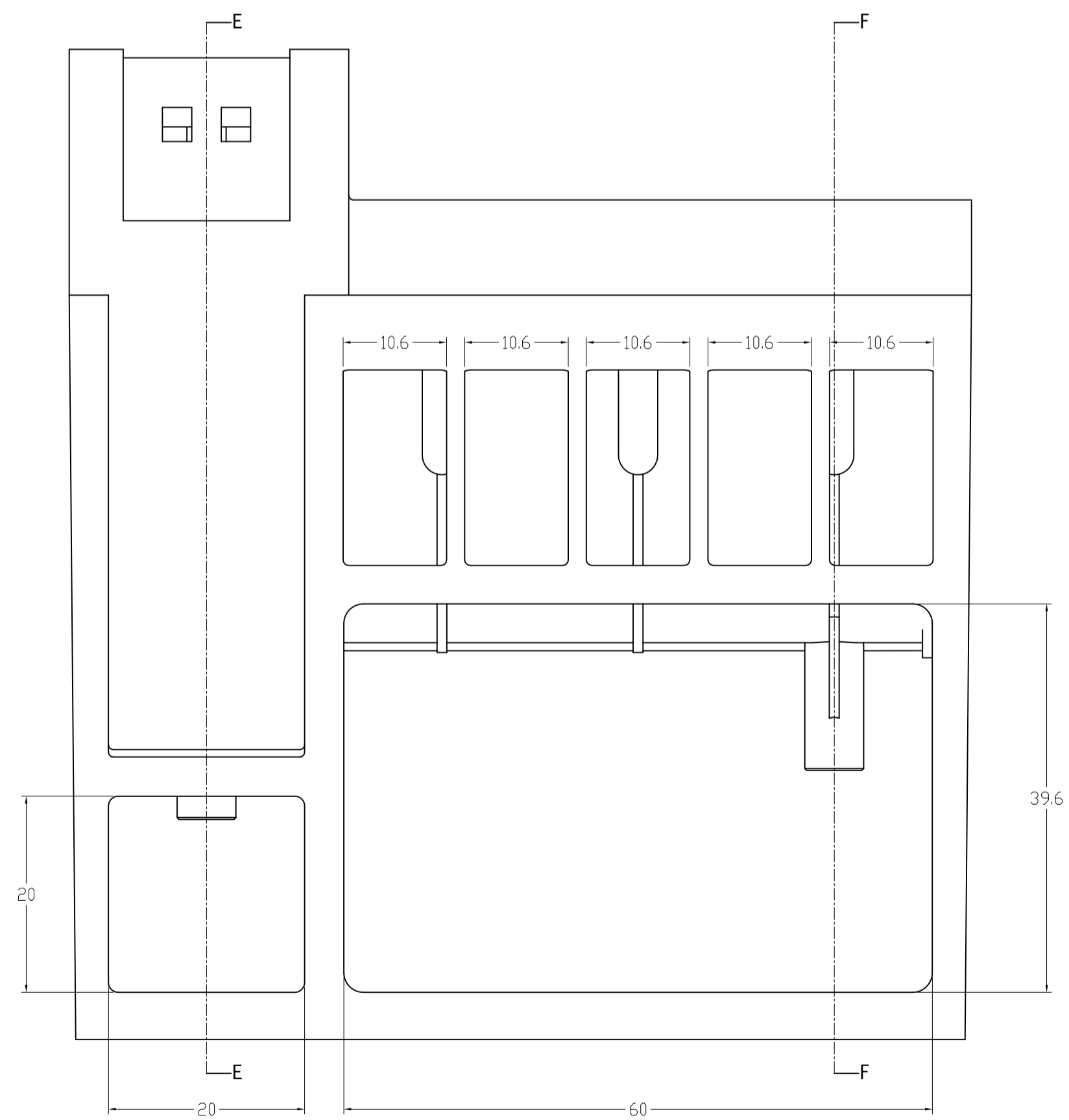
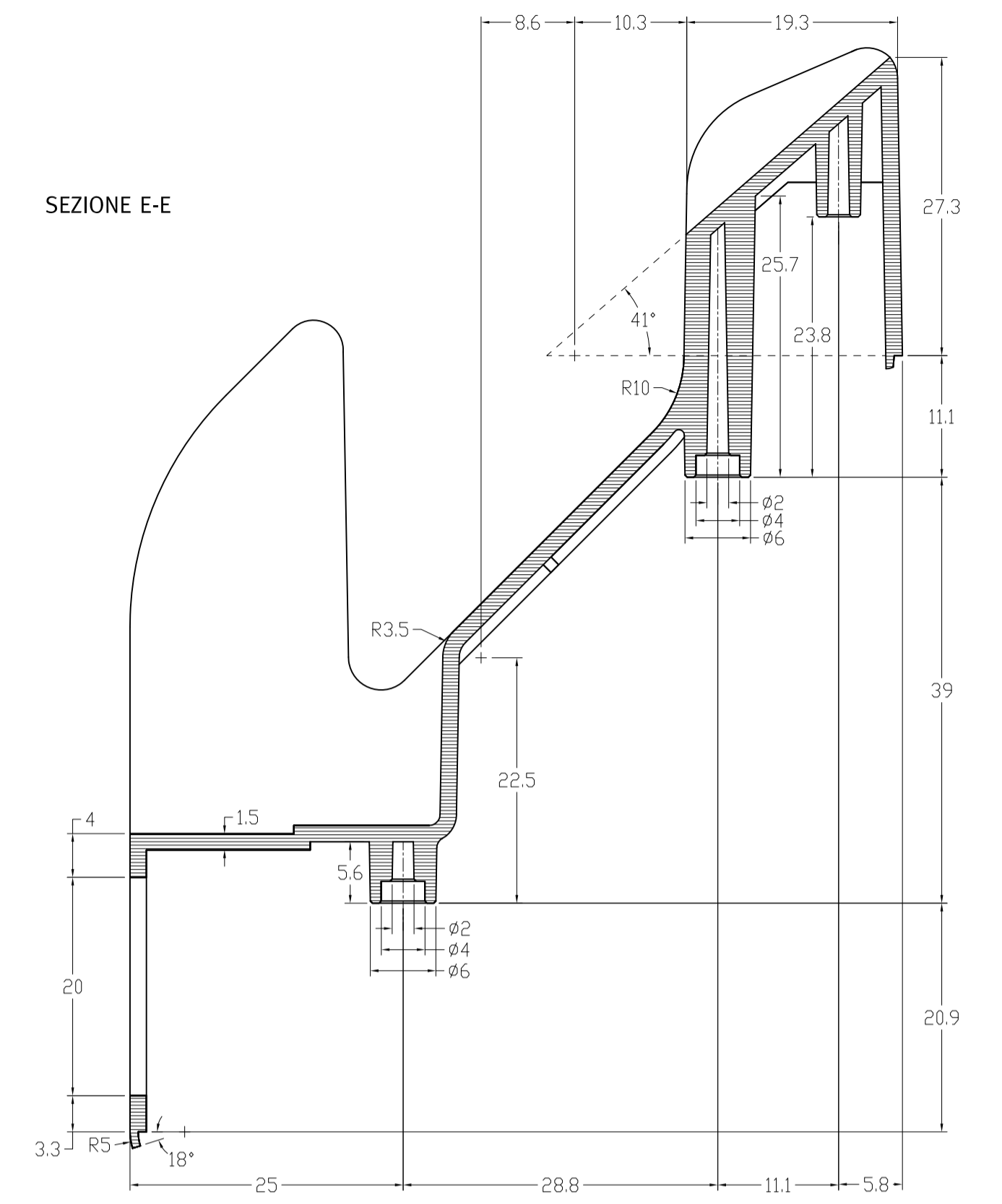


N. tavola

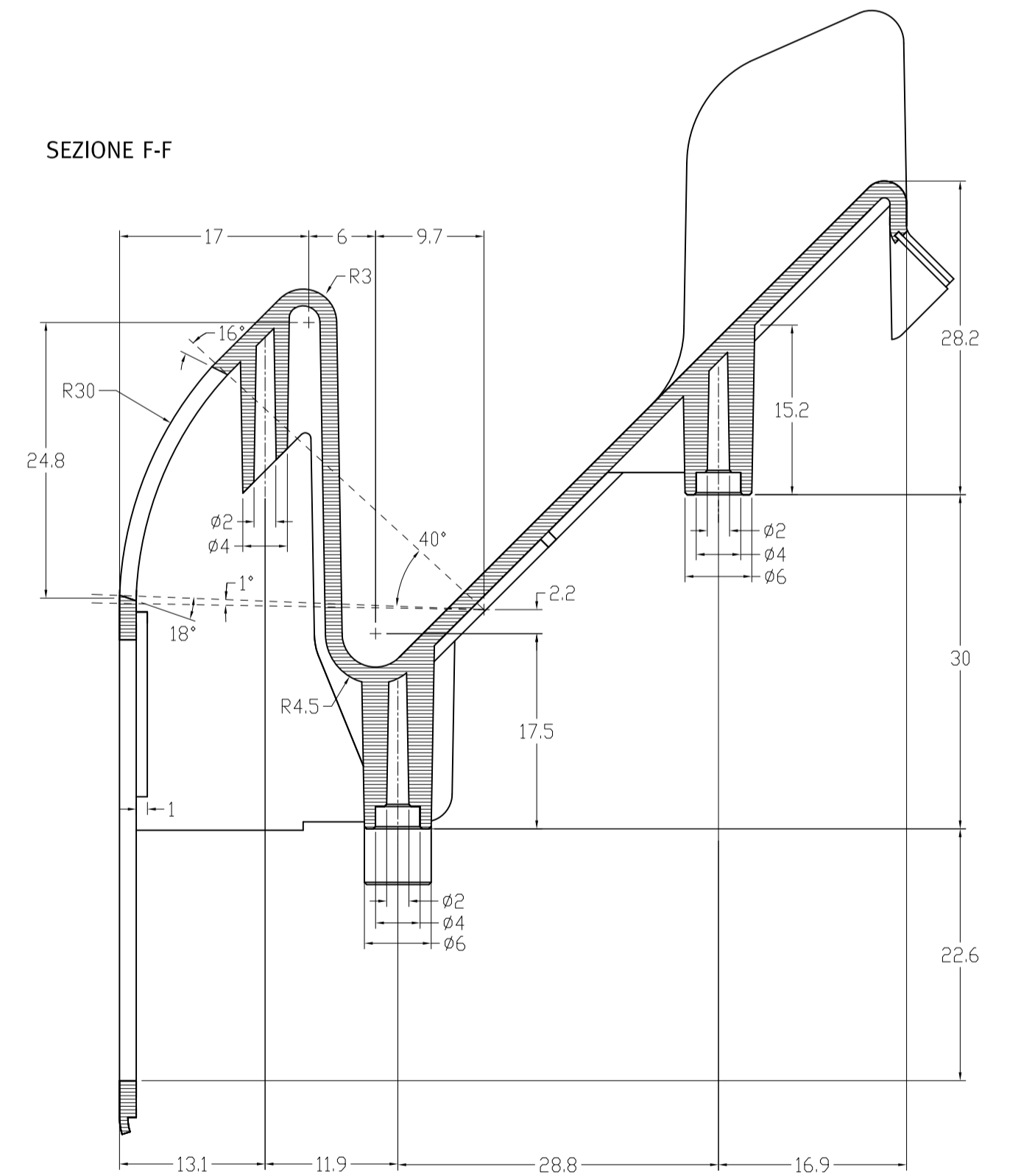
4
 15/11/2010



SEZIONE E-E



SEZIONE F-F



MAURO PIATTI matr. 207349



POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
 Corso di Laurea Magistrale in
 Design & Engineering

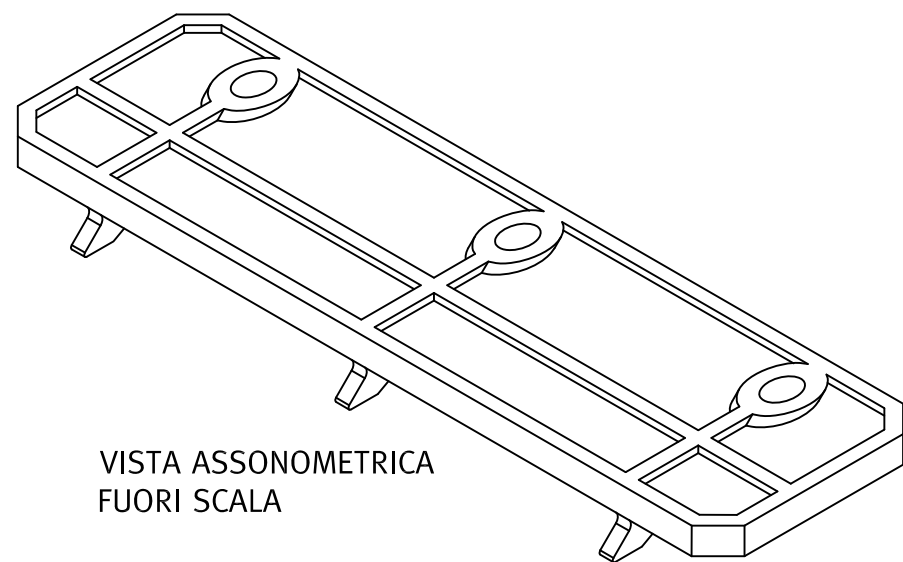
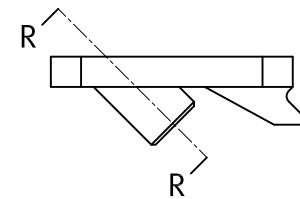
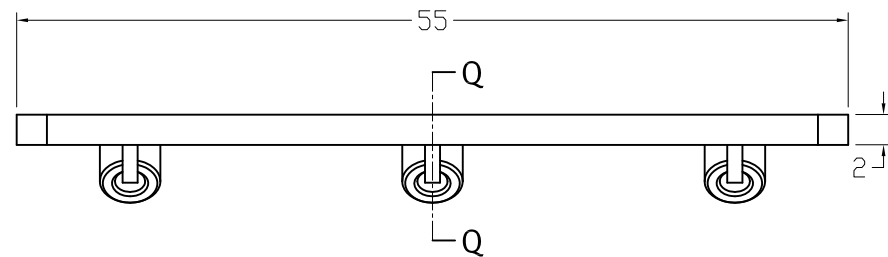
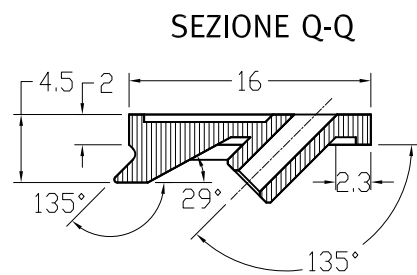
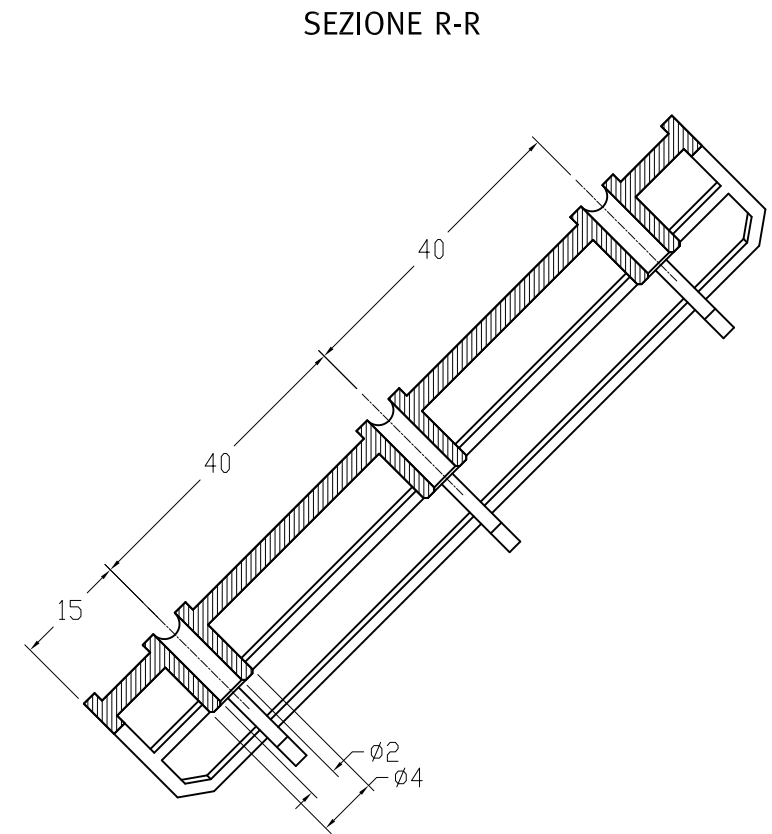
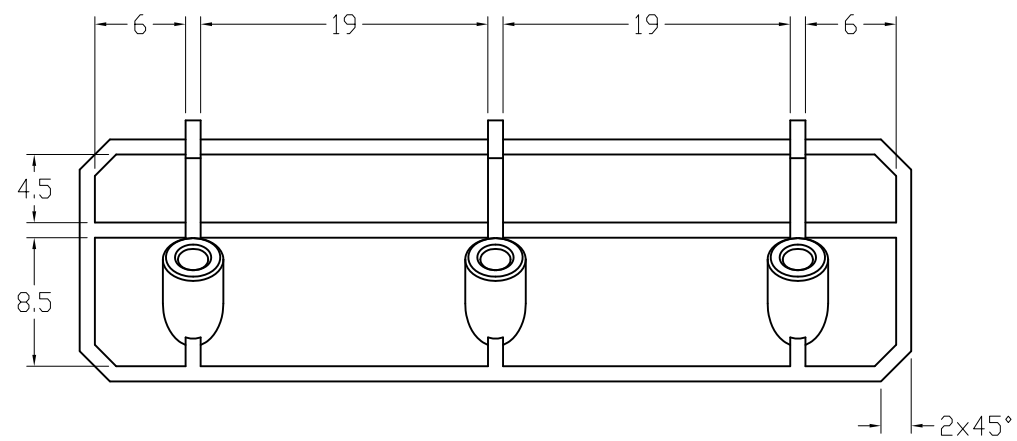
Progetto:
 TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA
 SCALA 2:1 UNITA' DI MISURA: mm
 Contenuto:
 Proiezioni e sezioni del componente
 n.02 (RIF. Tav 2)

Appunti
 Tutti i raggi non quotati = 0.5 mm

N. tavola

5

15/11/2010



VISTA ASSONOMETRICA
FUORI SCALA

MAURO PIATTI matr. 207349



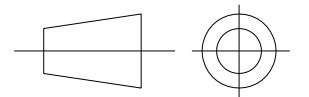
POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
Corso di Laurea Magistrale in
Design & Engineering

Progetto:
TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA

SCALA 2:1

UNITA' DI MISURA: mm

Contenuto:
Proiezioni e sezioni del componente
n.06 (RIF. Tav 2)

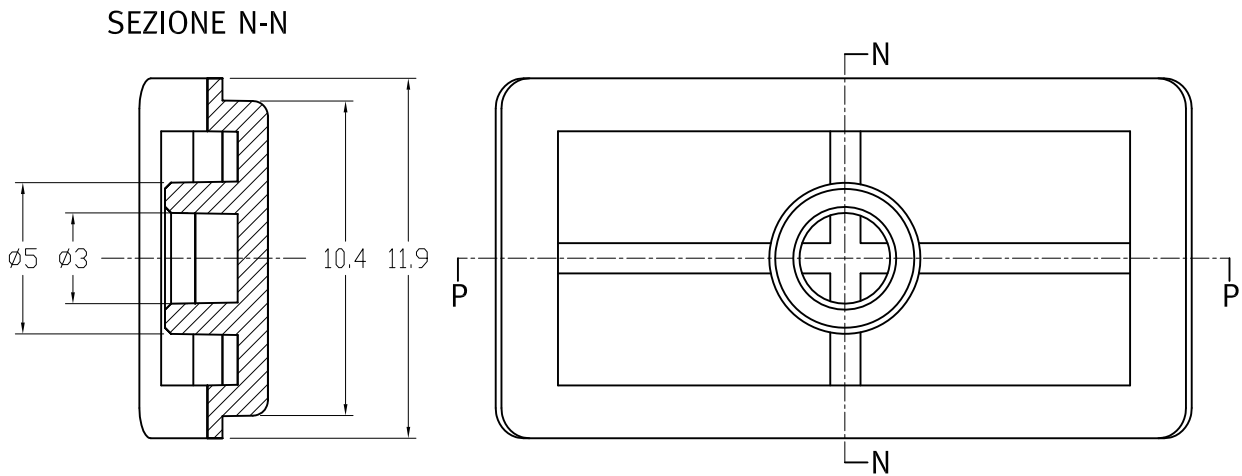
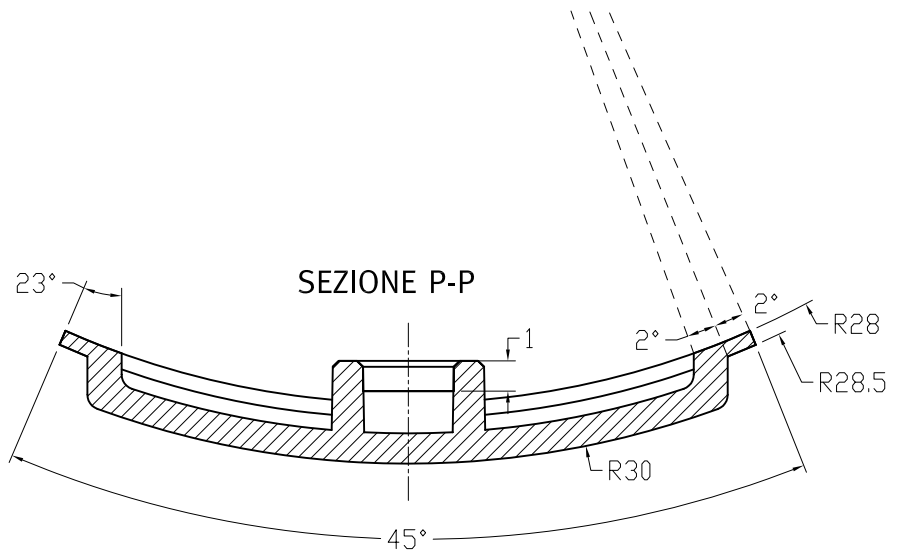


Appunti
Tutti i raggi non quotati = 0.5 mm

N. tavola

6

15/11/2010



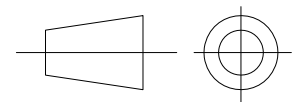
MAURO PIATTI matr. 207349

Progetto:
TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA

SCALA 4:1

UNITA' DI MISURA: mm

Contenuto:
Proiezioni e sezioni del componente
n.08 (RIF. Tav 2)



POLITECNICO DI MILANO

Facoltà del Design

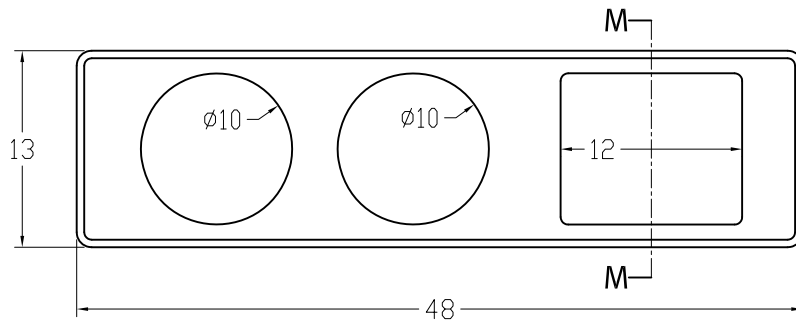
Corso di Laurea Magistrale in
Design & Engineering

Appunti
Tutti i raggi non quotati = 0.5 mm

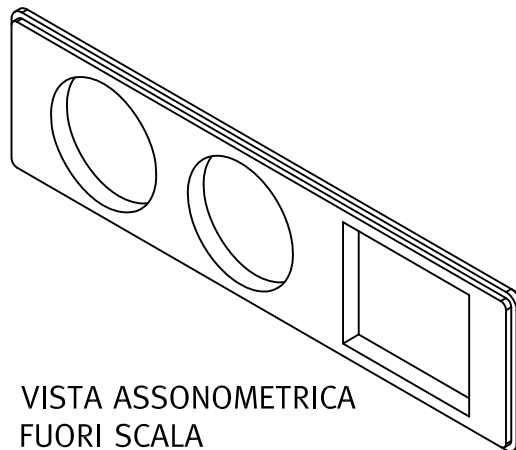
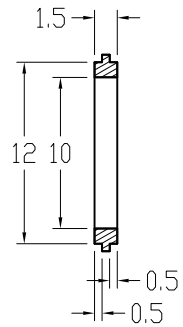
N. tavola

7

15/11/2010



SEZIONE M-M



VISTA ASSONOMETRICA
FUORI SCALA

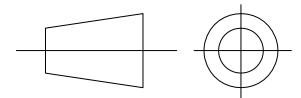
MAURO PIATTI matr. 207349

Progetto:
TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA

SCALA 2:1

UNITA' DI MISURA: mm

Contenuto:
Proiezioni e sezioni del componente
n.10 (RIF. Tav 2)



POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
Corso di Laurea Magistrale in
Design & Engineering

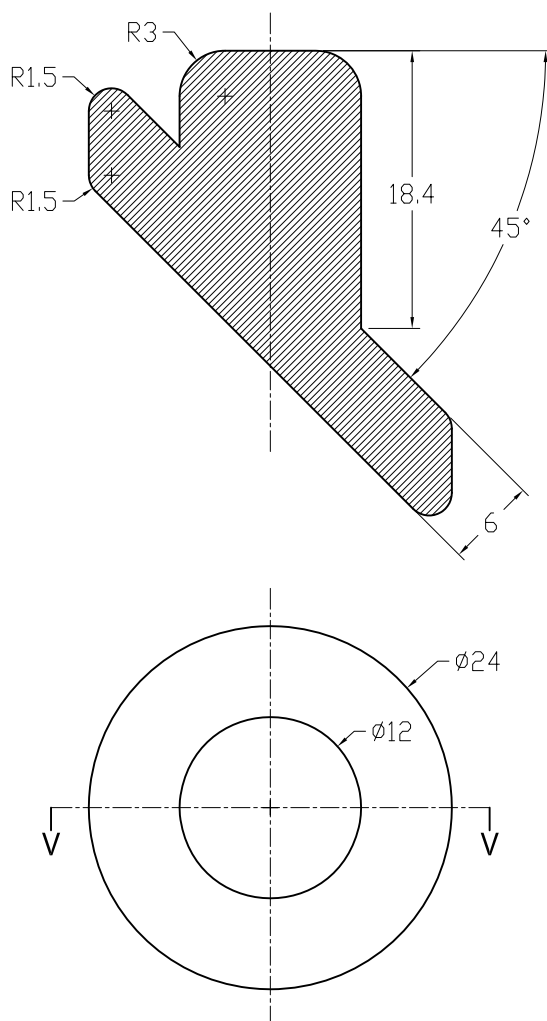
Appunti
Tutti i raggi non quotati = 0.5 mm

N. tavola

8

15/11/2010

SEZIONE V-V



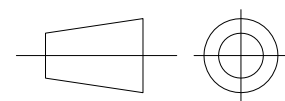
MAURO PIATTI matr. 207349

Progetto:
TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA

SCALA 4:1

UNITA' DI MISURA: mm

Contenuto:
Proiezioni e sezioni del componente
n.14 (RIF. Tav 2)



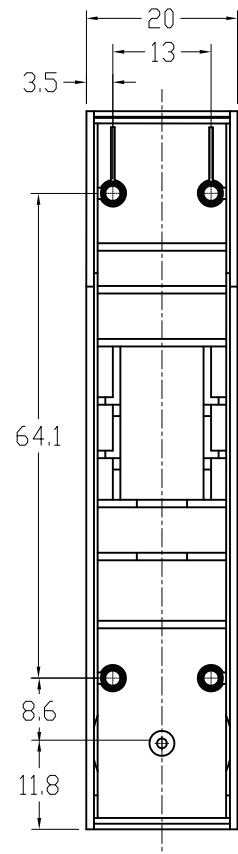
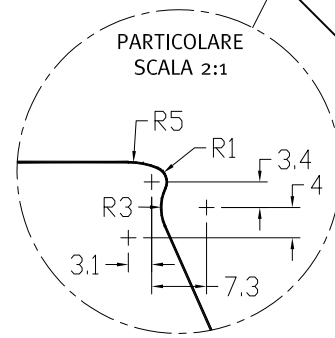
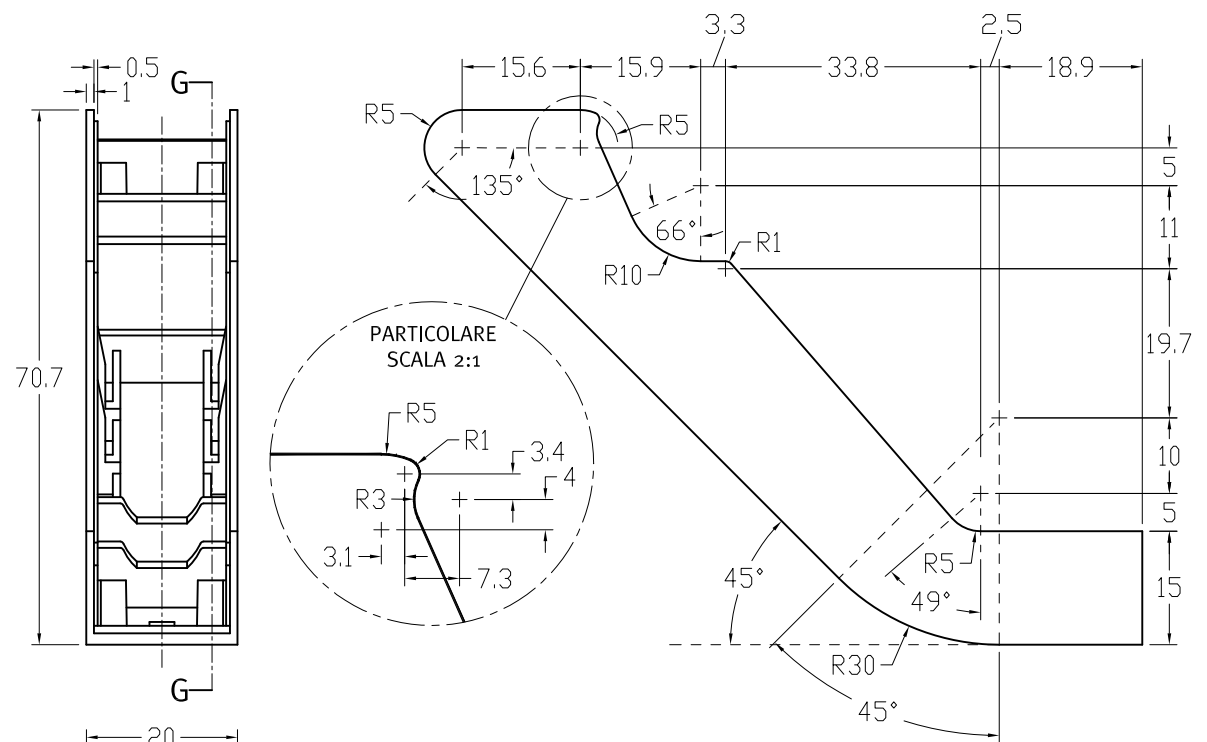
POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
Corso di Laurea Magistrale in
Design & Engineering

Appunti
Tutti i raggi non quotati = 0.5 mm

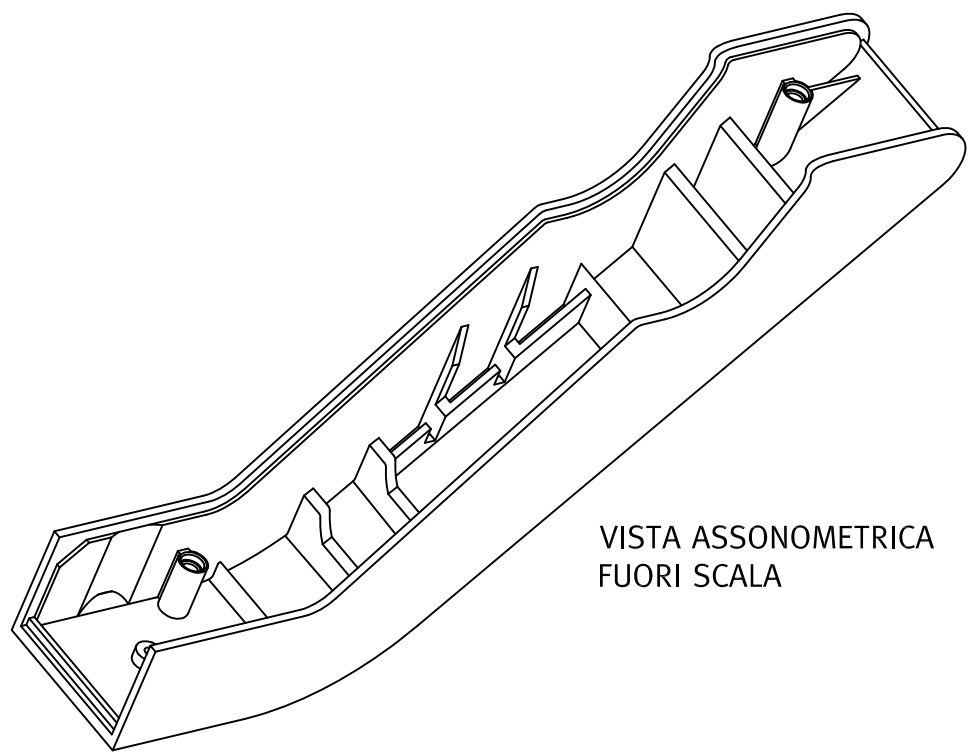
N. tavola

09

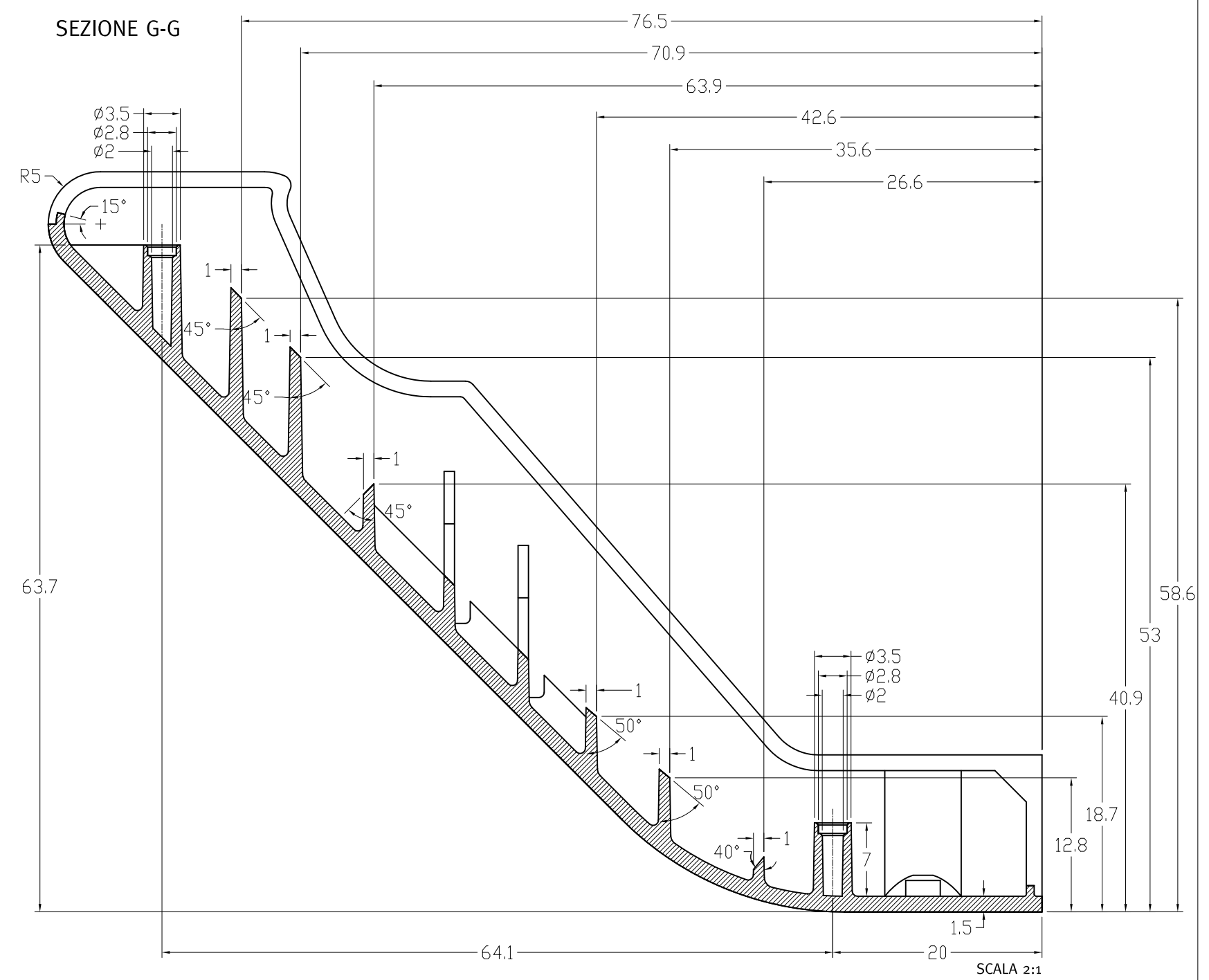
15/11/2010



SCALA 1:1



SEZIONE G-G

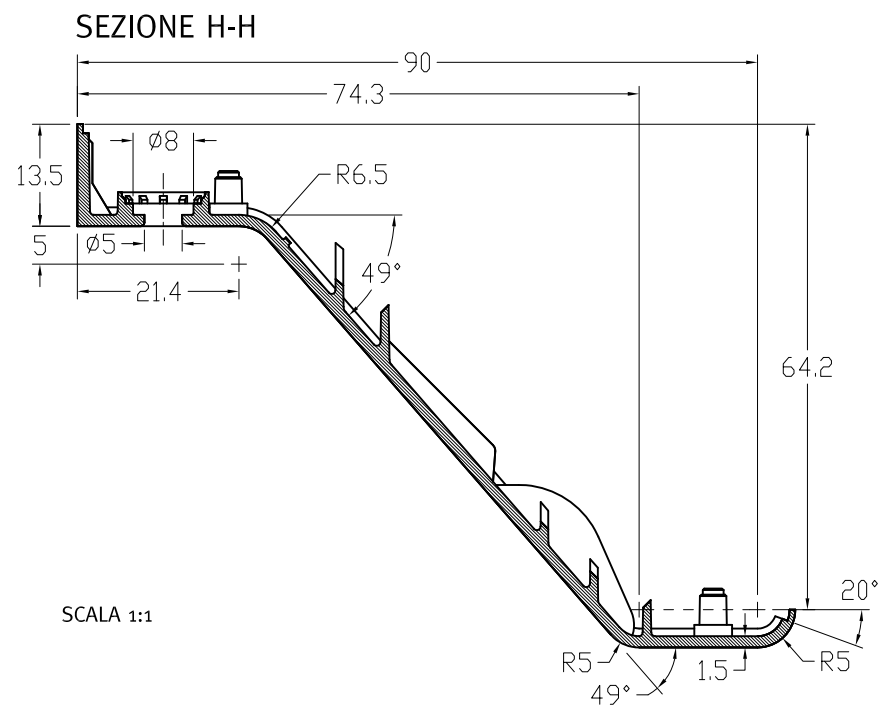
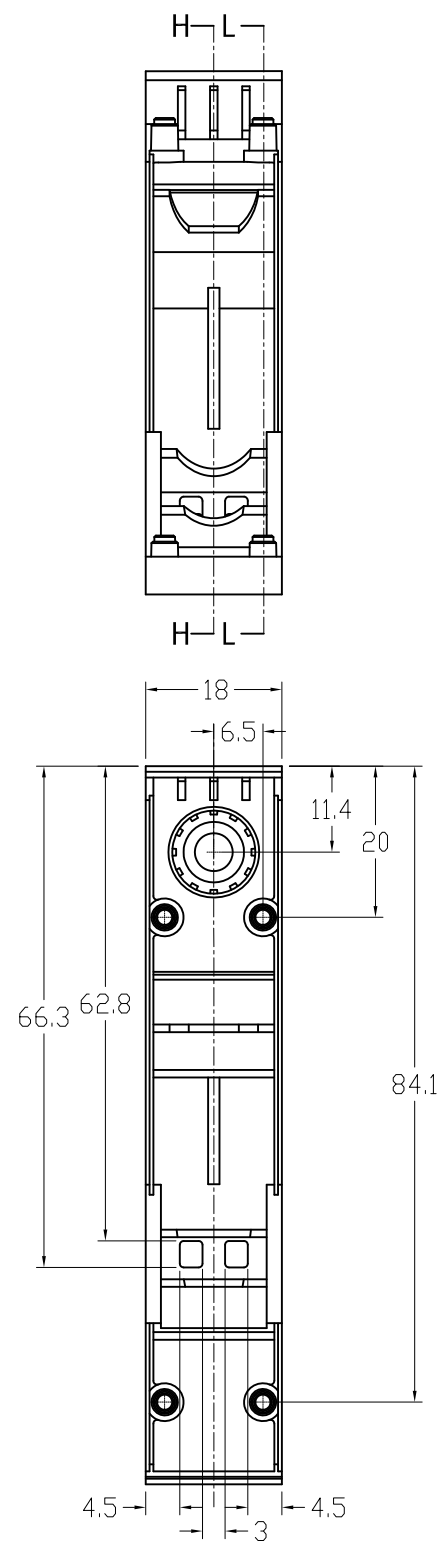


MAURO PIATTI matr. 207349



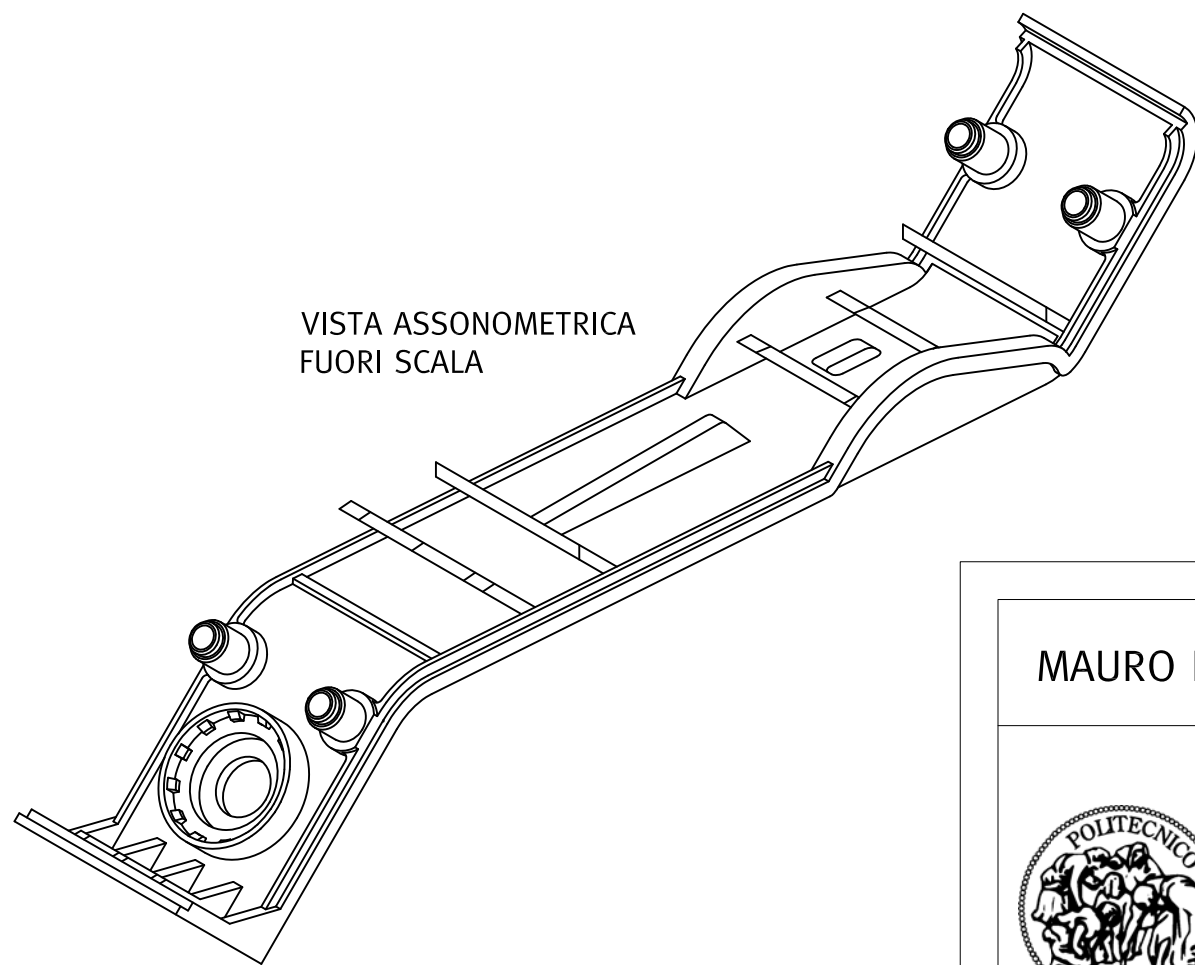
POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
 Corso di Laurea Magistrale in
 Design & Engineering

Progetto: TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA	
SCALA 1:1 - 2:1	UNITA' DI MISURA: mm
Contenuto: Proiezioni e sezioni del componente n.18 (RIF. Tav 2)	
Appunti Tutti i raggi non quotati = 0.5 mm	N. tavola 10 15/11/2010

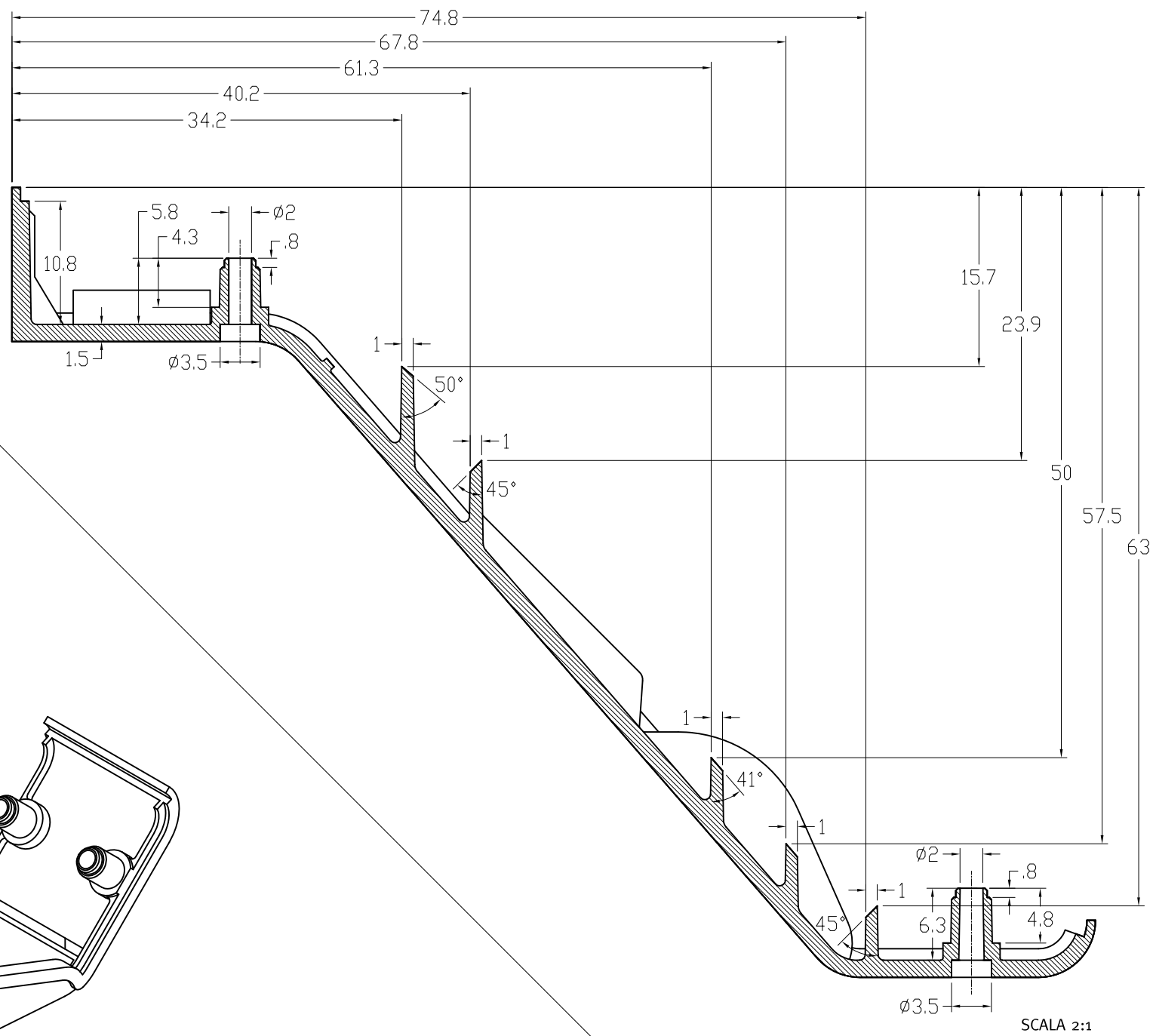


SCALA 1:1

VISTA ASSONOMETRICA FUORI SCALA



SEZIONE L-L



SCALA 2:1

MAURO PIATTI matr. 207349



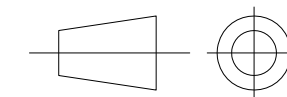
POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
 Corso di Laurea Magistrale in
 Design & Engineering

Progetto:
 TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA

SCALA 1:1 - 2:1

UNITA' DI MISURA: mm

Contenuto:
 Proiezioni e sezioni del componente
 n.19 (RIF. Tav 2)



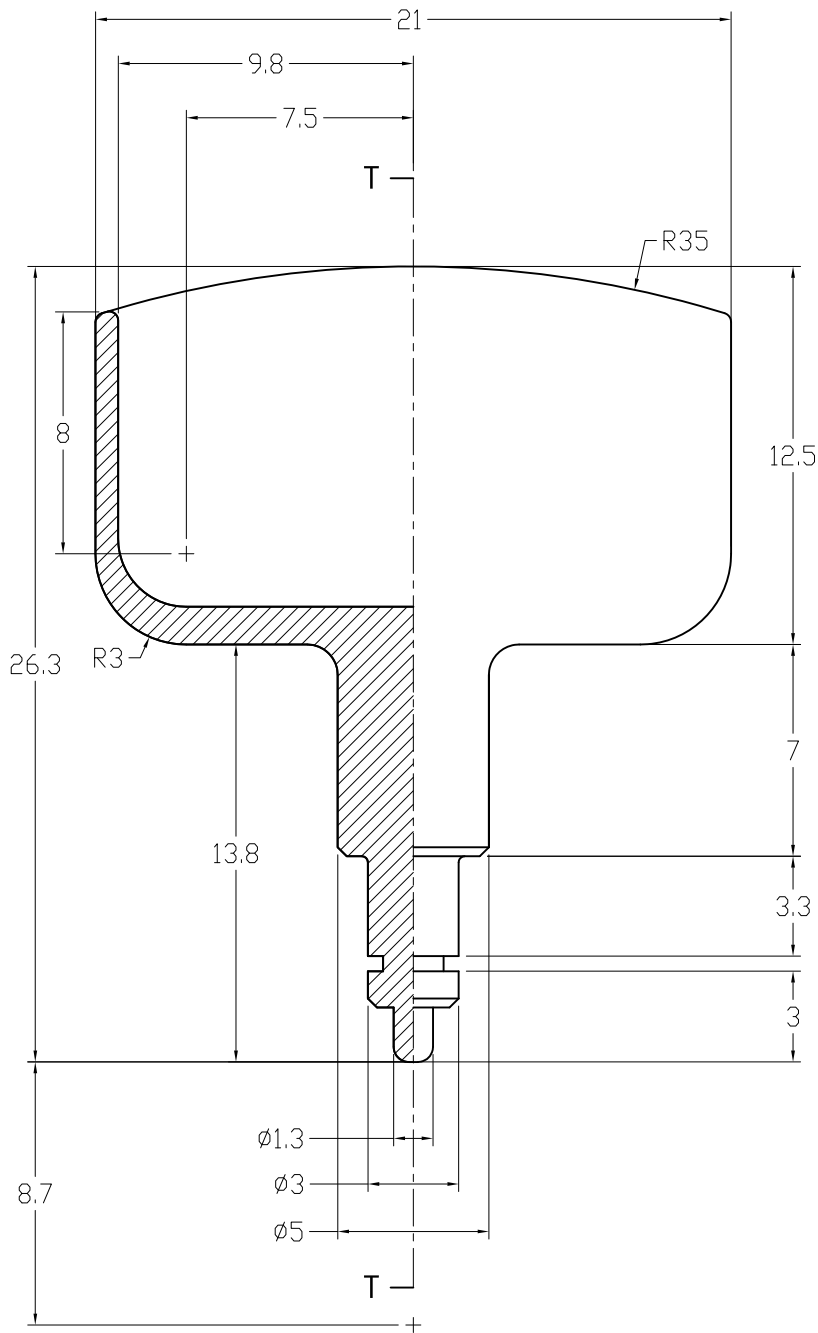
Appunti
 Tutti i raggi non quotati = 0.5 mm

N. tavola

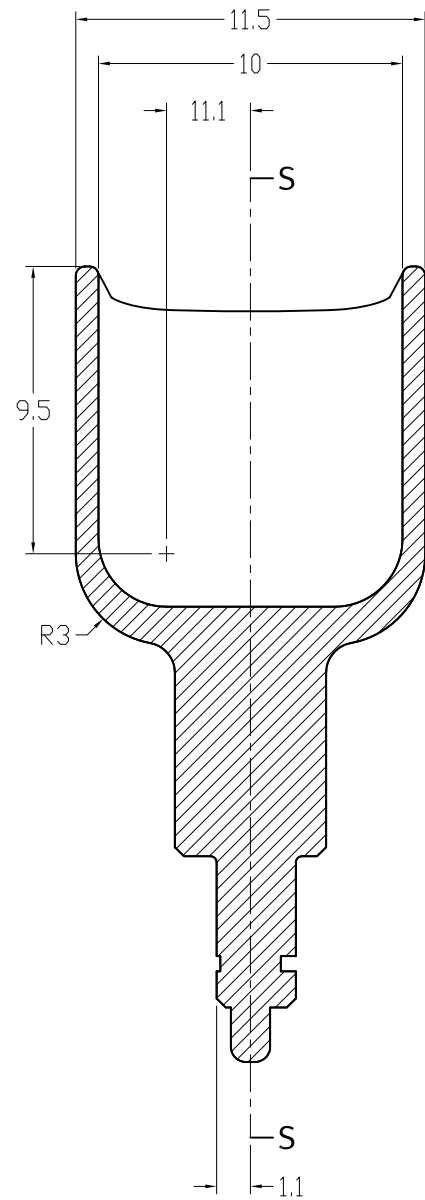
11

15/11/2010

SEZIONE S-S



SEZIONE T-T



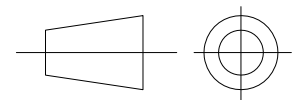
MAURO PIATTI matr. 207349

Progetto:
TESI DI LAUREA - ACCORDATORE PER CHITARRA ELETTRICA

SCALA 4:1

UNITA' DI MISURA: mm

Contenuto:
Proiezioni e sezioni del componente
n.23 (RIF. Tav 2)



Appunti
Tutti i raggi non quotati = 0.5 mm

N. tavola

12

15/11/2010



POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
Corso di Laurea Magistrale in
Design & Engineering