

Scanner tridimensionale

(cod. SCANNER3D)



Il set contiene tutte le parti elettroniche necessarie per realizzare uno scanner 3D, ovvero una scheda Raspberry Pi 2 tipo B, due LASER linea, una telecamera a colori con obiettivo regolabile, un motore stepper e uno shield driver, un modulo convertitore DC/DC, un alimentatore da 12 Vdc 2A, una micro SD card da 8 GB, Flat-cable 18 poli e una presa di alimentazione DC-morsetto. Lo scanner 3D, nasce da un'elaborazione del progetto open *PiClop* ed è composto da una parte meccanica e da una elettronica.

La gestione di tutte le funzioni, così come le impostazioni dei parametri, avviene mediante rete LAN, quindi è effettuabile

anche da remoto, tramite un qualsiasi computer.

Il kit comprende una SD-Card con l'immagine del sistema operativo dotato del software di gestione e controllo (FreeLSS) in grado di generare file 3D nei seguenti formati: PLY - Colored Point Cloud, XYZ - Comma Delimited 3D Point Cloud, STL - 3D Triangle Mesh.

La confezione non comprende le parti meccaniche e le parti plastiche. Le parti plastiche si possono stampare con una stampante 3D. Al link www.thingiverse.com/thing:1466385 sono disponibili i file dei disegni in formato STL delle parti plastiche e l'elenco delle parti meccaniche.

Meccanica e ottica

La struttura meccanica dello scanner, che è l'insieme di parti stampate in plastica assemblate mediante barre filettate in ferro e bulloni; i blocchi principali sono la base, che contiene al centro l'elettronica e la telecamera e ai lati i due laser lineari, e il piatto che sorregge l'oggetto, girevole su una bocca vincolata a un sostegno in plastica collegato mediante le barre filettate alla base. Il piatto può essere ottenuto da un disco di plexiglass o forex spesso 4 mm, ma anche di PLA e quindi stampato; dopo avergli applicato un foglio nero di copertura, individuare il centro e riportarlo sotto forma di punto con un

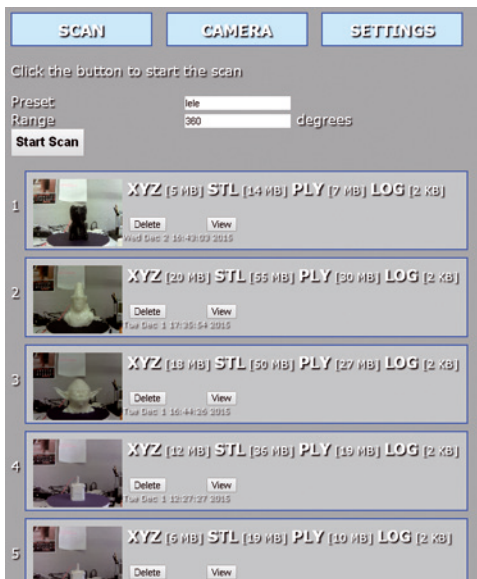


Fig. 1
Schermata
SCAN.

la luce in un unico punto, che poi viene trasformato in linea grazie a una lente cilindrica acrilica posta all'uscita del raggio laser, in modo da creare un fascio di luce a sezione triangolare con un'apertura di circa 45°.

Il software

Il programma che gira in Raspberry Pi 2 sotto il sistema operativo Raspbian e che si chiama FreeLSS è già presente sulla SD-Card. Quando lo si apre, appare la schermata principale, di cui descriviamo le varie sezioni.

SCAN

In questa si esegue la scansione. Facendo clic su "Start Scan" dal menu SCAN si avvia la scansione 3D dell'oggetto (Fig. 1). A monitor apparirà l'anteprima della scansione, che viene effettuata con risoluzione minore di quella che poi verrà impostata per la scansione effettiva e il salvataggio sul file nel formato desiderato. Se l'anteprima ci va bene, possiamo avviare il download.

CAMERA

Qui (Fig. 2) si impostano i parametri della telecamera e si calibrano i laser. Facendo clic sul pulsante "Test" si effettua un'acquisizione campione che consente di verificare se i le due linee laser collimano (solo su superficie piana e ortogonale al piano) e se il valore impostato per il campo "Laser Threshold" è corretto. La linea deve risultare la più uniforme possibile (non seghettata e/o frastagliata). Nella Fig. 3 viene mostrato cosa accade quando il valore impostato per

pennarello indelebile.

I laser lineari sono a semi-conduttore a luce rossa (lunghezza d'onda di 650 nm) di Classe 3A, del tipo 2510-LASER5MWLINEA; ciascuno

sviluppa una potenza ottica di 3 mW e richiede un'alimentazione a tensione continua di 4+6 V (assorbe 280 mA). Il laser integra una lente collimatrice asferica per convogliare

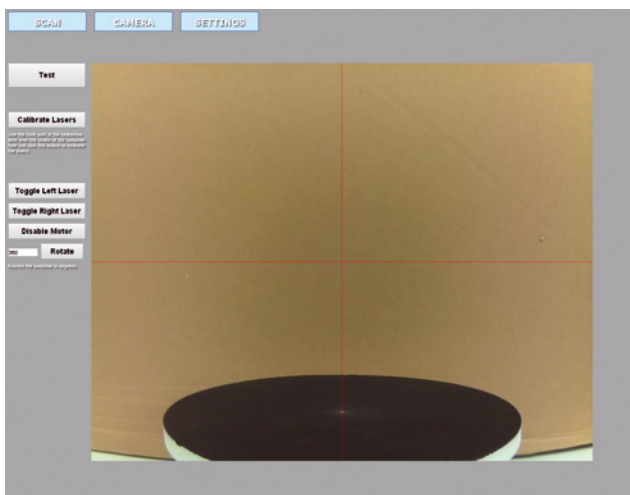


Fig. 2 Schermata CAMERA.

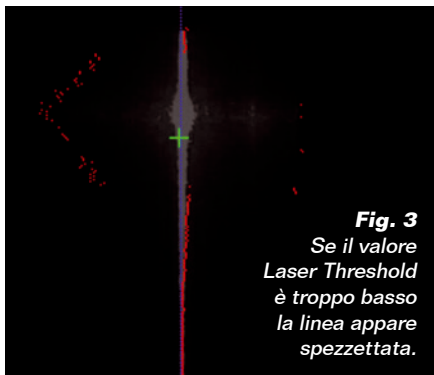


Fig. 3
Se il valore
Laser Threshold
è troppo basso
la linea appare
spezzettata.

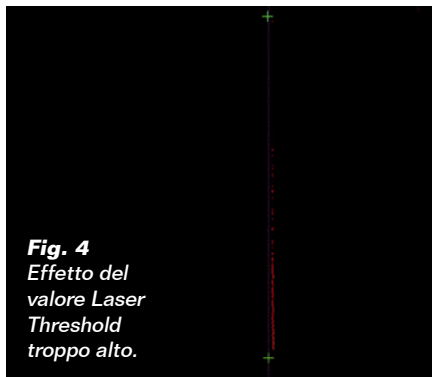


Fig. 4
Effetto del
valore Laser
Threshold
troppo alto.

Laser Threshold è troppo basso; la **Fig. 4** mostra cosa accade se impostiamo un valore eccessivo. Infine nella **Fig. 5** vedete come deve presentarsi l'immagine se il valore di Laser Threshold è corretto. Nella stessa sezione, facendo clic sul pulsante "Calibrate Laser" si accede alla calibrazione dei laser, che può essere effettuata solamente nelle modalità 5MP still o 5MP video. Quando i laser sono calibrati, le crocette gialle e verdi (visibili nel test) si sovrappongono. Se i laser non sono calibrati, le crocette non risultano sovrapposte (**Fig. 6**) o lo sono parzialmente.

Quanto ai comandi disponibili nella sezione di calibrazione:

- facendo clic sul pulsante "Toggle Left Laser" si attiva/disattiva il laser sinistro;
- facendo clic sul pulsante "Toggle Right Laser" si attiva/disattiva il laser destro;
- il pulsante "Disable Motor" disattiva il motore che fa ruotare la tavola e quindi ferma la rotazione, se è in corso;
- il pulsante "Rotate" avvia la rotazione del piatto girevole di un angolo (in gradi sessagesimali) pari al valore che impostiamo nel campo adiacente.

SETTINGS

In questa sezione (**Fig. 7**) è

possibile impostare dei Preset (valori personalizzati) e salvarli a piacimento, ovvero eseguire le impostazioni di tutti i parametri operativi descritti di seguito.

Laser Selection definisce il laser che verrà utilizzato durante la scansione: il sinistro (SX), il destro (DX) o entrambi.

Camera Mode imposta la modalità di ripresa della telecamera (la modalità *Video* è più veloce mentre la *Still* consente una scansione di qualità più elevata). I valori sono predefiniti nell'apposito menu a tendina cui si accede facendovi clic e corrispondono ad altrettante

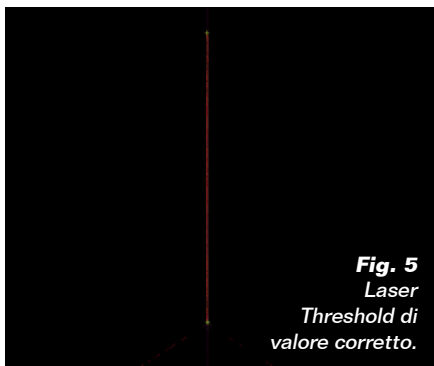


Fig. 5
Laser
Threshold di
valore corretto.

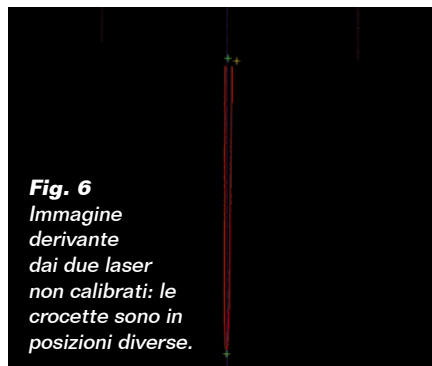


Fig. 6
Immagine
derivante
dai due laser
non calibrati: le
crocette sono in
posizioni diverse.



Fig. 7 Schermata principale della sezione **SETTINGS**

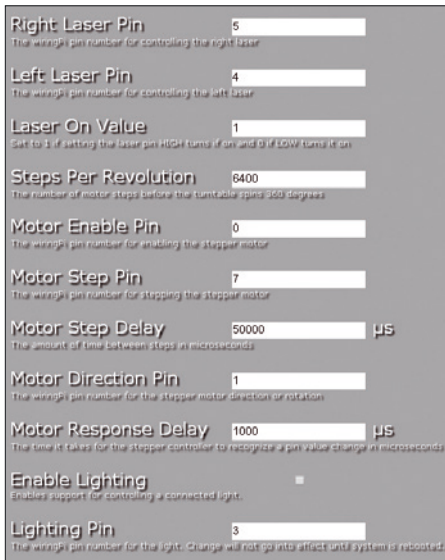


Fig. 7a Schermata menu Setup della sezione **SETTINGS**

modalità: 0,3 MP (video mode 640x480); 1,2 MP (video mode 1.280x960); 1,9 MP (video mode 1.600x1.200); 5 MP (video mode 2.592x1.944); 5 MP (still mode 2.592x1.944).

Frames Per Revolution indica il numero di fotogrammi scattati durante la scansione (800 è il valore predefinito). Un maggior numero di “scatti” per giro determina una scansione più accurata ma anche un incremento dei tempi di scansione e della dimensione del file generato.

Laser Threshold definisce il valore di luminosità che il pixel deve avere (quando viene colpito dalla luce riflessa del laser) per essere rilevato; se l’oggetto ha una superficie con differenti coefficienti di riflessione, la telecamera, avendo impostato un unico valore di soglia, rimarrà

abbagliata nei punti in cui il laser viene maggiormente riflesso mentre risulteranno scuri o perderà i punti in cui il fascio laser viene assorbito (per il colore o la porosità del materiale). Nel primo caso la riflessione genererà una nube di punti sparsi nello spazio di fronte alla zona colpita dal fascio laser e nel secondo nel modello ottenuto rimarrà un “buco”. Se il valore è troppo basso la telecamera sarà più sensibile, ma il rischio è che attorno al punto colpito dal laser si crei la nube di punti che “sporca” l’oggetto (il modello andrà quindi sottoposto a una “rimozione mirata” dei punti superflui mediante un software per manipolazione 3D come, ad esempio, MeshLab) mentre se è troppo alto la telecamera rischierà di non “vedere” o di vedere in parte

il fascio laser sulla superficie dell’oggetto. Per verificare se il valore impostato è corretto o meno si utilizza la funzione “Test”: dopo aver posto l’oggetto sul piatto fate clic sul pulsante “Test”; dopo alcuni secondi verrà restituita un’immagine (.png) che mostra come la telecamera vede il o i fasci laser sulla superficie dell’oggetto (Fig. 6). Se la/le linee risultano discontinue (tratteggiate) occorre abbassare il valore, mentre se risultano frastagliate e molto confuse (presentano un’aura) occorre aumentarlo.

Ground Plane Height definisce l’altezza dal piano di scansione sotto la quale lo scanner non può effettuare la scansione.

Stability Delay definisce il tempo (in microsecondi) che la telecamera deve attendere,

dopo la rotazione del piano, prima di scattare un'altra foto. **Max Laser Width** definisce la larghezza massima della linea del laser (in pixel).

Min Laser Width definisce la larghezza minima della linea del laser (in pixel).

Generate PLY File converte la scansione in una nuvola di punti PLY.

PLY Data Format definisce il formato del file PLY (Binary o ASCII).

Generate STL File fornisce la scansione su un file .stl.

Generate XYZ File converte la scansione in una nuvola di punti XYZ.

Separate the Lasers Calibration è un'opzione di debug per separare le immagini ottenute dai due laser distinguendole con diversi colori (richiede PLY).

Enable Burst Mode abilita la modalità burst della telecamera durante l'acquisizione in still mode.

Create Base for Object aggiunge una base piatta all'oggetto per facilitare la stampa 3D.

Avvio e regolazioni

Una premessa: la funzione di calibrazione richiede la realizzazione di un "oggetto di calibrazione" che dovete ottenere per stampa 3D (il file è `calibration_item.stl` e lo potete scaricare dal sito www.elettronica.in.it, nella sezione arretrati, numero 204). Una volta realizzato lo scanner collegate alla Raspberry Pi 2 un monitor mediante un cavo HDMI e la LAN con un apposito cavo. Per fornire l'alimentazione seguite lo schema di connessione dello shield (cod. FT1255K). Noi

abbiamo optato per un'unica alimentazione a 12Vcc e abbiamo utilizzato un modulo DC/DC per ottenere i 5Vcc necessari a Raspberry Pi. Una volta avviato Raspbian, da LXterminal digitate `cd freelss/src` e premete Invio. Di seguito digitate `sudo ./freelss` e poi premete Invio: a video comparirà la scritta "Running on port 80...".

Adesso scrivete, nella barra degli indirizzi del browser del PC, l'indirizzo IP assegnato alla Raspberry Pi 2. Impostare i valori dell'hardware richiesti (coordinate telecamera/laser, Steps Per Revolution, pin scheda, ecc.) nel menu `SETTING/setup`; in particolare, prima di ogni operazione

dovete definire i pin GPIO della Raspberry Pi assegnati ai laser sinistro (Left Laser Pin) e destro (Right Laser Pin) nonché quelli corrispondenti alle linee EN (Motor Enable Pin), STEP (Motor Step Pin) e DIR (Motor Direction Pin) del driver U2 dello shield. In Raspberry Pi 2, il cui connettore GPIO è di tipo esteso e supporta più I/O di quelli della prima Raspberry Pi, alcuni GPIO sono fissati a livello hardware e quelli estesi sono mappati tramite un'apposita libreria. Il software FreeLSS utilizza la libreria `wiringpi2`, quindi i GPIO correlati ai numeri da scrivere nelle caselle dell'interfaccia web sono quelli corrispondenti nella `WiringPi`.

WiringPi	Name	PIN Raspberry		Name	WiringPi
	3.3V	1	2	5V	
8	GPIO2	3	4	5V	
9	GPIO3	5	6	GND	
7	GPIO4	7	8	GPIO14	15
	GND	9	10	GPIO15	16
0	GPIO17	11	12	GPIO18	1
2	GPIO27	13	14	GND	
3	GPIO22	15	16	GPIO23	4
	3.3V	17	18	GPIO24	5
12	GPIO10	19	20	GND	
13	GPIO9	21	22	GPIO25	6
14	GPIO11	23	24	GPIO8	10
	GND	25	26	GPIO7	11
30	DNC	27	28	DNC	31
21	GPIO5	29	30	GND	
22	GPIO6	31	32	GPIO12	26
23	GPIO13	33	34	GND	
24	GPIO19	35	36	GPIO16	27
25	GPIO26	37	38	GPIO20	28
	GND	39	40	GPIO21	29

Fig. 8 Impostazione dei pin della Raspberry e mappatura degli I/O della libreria `wiringpi2`.

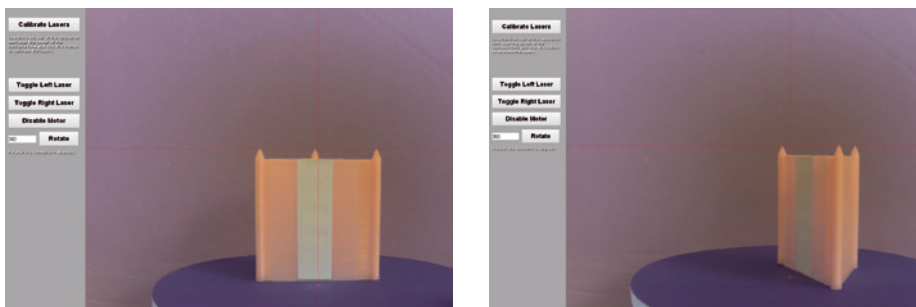


Fig. 9 - Allineamento con le creste dell'oggetto di calibrazione.

Le linee vanno scelte nell'intervallo previsto dallo shield, nel senso che se per EN può essere collegato, tramite il jumper JPEN, a IO17, IO22 o IO27, nella casella Motor Enable Pin potete scrivere solo 17, 22 oppure 27. Per quanto riguarda le uscite dell'ULN2003, i laser vanno collegati a quelle corrispondenti agli IO che desiderate specificare nella schermata. Riferitevi alla tabella in Fig. 8. Se volete collegare una lampada per illuminare la scena, dovete spuntare la casella Enable Lighting e scrivere nella casella sottostante il pin GPIO con cui controllerete l'illuminazione (vale il

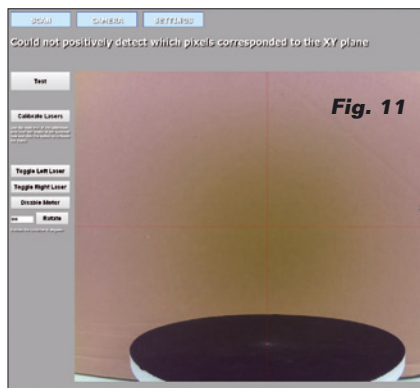
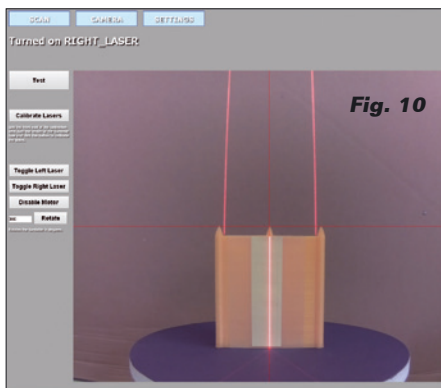
discorso appena fatto) attraverso una delle uscite libere dell'ULN2003.

Fatte le impostazioni, nell'interfaccia web fate clic sul tasto CAMERA per vedere a monitor l'anteprima di ciò che riprende la telecamera. Regolate l'ottica della telecamera in modo che l'oggetto sul piatto sia a fuoco e inclinate sul piano orizzontale la telecamera in modo che il trattino inferiore presente sulla croce di centratura rossa combaci col centro di rotazione del piatto (Fig. 2). Quindi dovete appoggiare sul piatto (verso il centro) l'oggetto di calibrazione con le punte rivolte verso l'alto: la linea orizzontale deve appog-

giare in egual modo su tutte e tre le punte anche durante la rotazione (se è troppo alta o troppo bassa modificate il valore Camera Y in Setup); se ciò non avviene, significa che la telecamera non è perfettamente orizzontale. Le due immagini nella Fig. 9 chiariscono il concetto.

Per attivare o disattivare i laser, dovete fare clic sui tasti "Toggle Left Laser e Toggle Right Laser".

Le due linee del laser devono convergere verso il centro del piano girevole ed essere perfettamente normali ad esso (Fig. 10); allo scopo vi conviene posizionare l'oggetto di calibrazione sul piano in modo



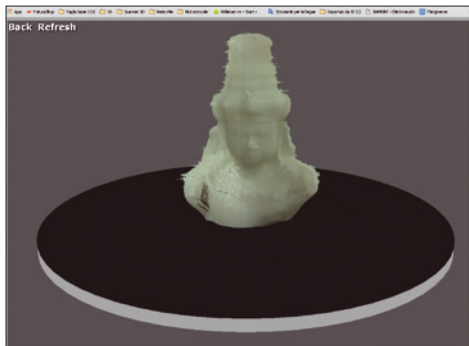


Fig. 12 - Anteprima della scansione.

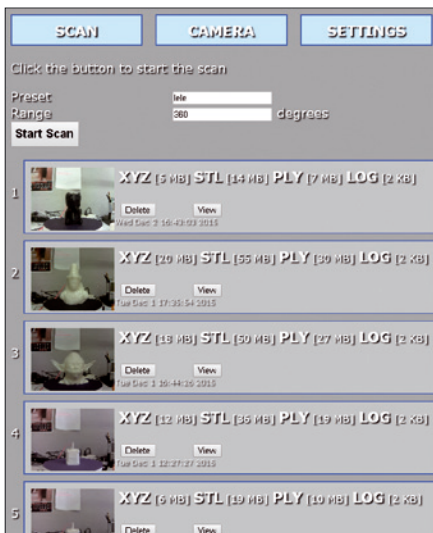
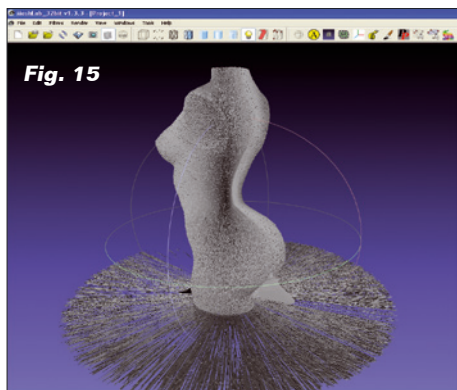
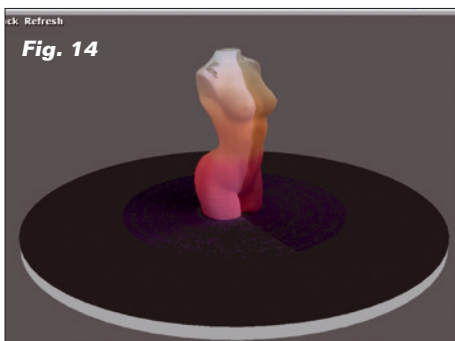


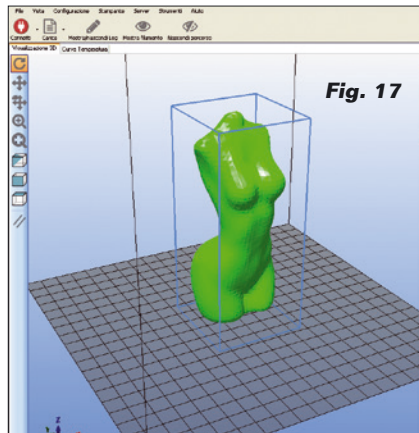
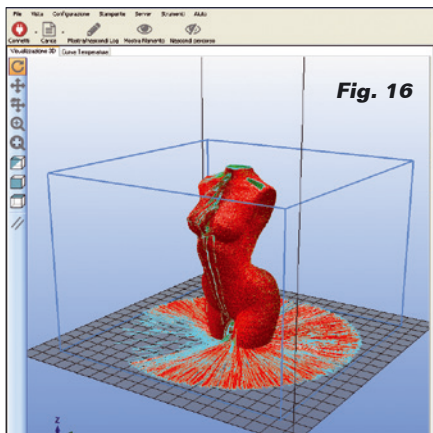
Fig. 13 La vista ottenibile facendo clic su View.



che una faccia sia esattamente allineata col centro di rotazione del piano. Assicuratevi che i fasci laser si sovrappongano perfettamente. In SETTINGS impostate la modalità di ripresa della telecamera 5 MP (still mode 2592x1944) e abilitate entrambi i laser (Both Laser) mediante "Laser Selection". Salvate le impostazioni e tornate su CAMERA, dove dovete fare clic su Calibrate Laser; qualche secondo dopo, il sistema comunicherà l'avvenuta calibrazione (può essere effettuata solamente nelle modalità 5MP still o 5MP video, altrimenti il sistema darà un errore). Se non mettete alcun oggetto sul piatto girevole, il sistema fornisce il messaggio d'errore mostrato in Fig. 11 sopra l'immagine. Adesso appoggiate sul piano girevole l'oggetto da scannerizzare. Fate clic sul pulsante Test per verificare se il valore di Threshold è corretto. Effettuate le impostazioni desiderate in SETTINGS, andate in SCAN e fate clic su Start

Fig. 14 Vista ottenibile facendo clic su View.

Fig. 15 - In Meshlab potete ripulire il modello rimuovendo i punti relativi al piatto e alle eventuali zone artefatte dovute a un basso valore di Threshold.



Scan per avviare la scansione dell'oggetto: a monitor apparirà l'anteprima della scansione in real-time (Fig. 12). Al termine dell'operazione apparirà un riquadro, con la miniatura dell'oggetto scannerizzato, da dove è possibile scaricare i file di scansione nei vari formati (Fig. 13). L'oggetto può essere rivisto in 3D facendo clic sul pulsante View (Fig. 14) o cancellato cliccando sul pulsante Delete.

Se la scansione va bene si

può esportarla per poi aprirla su un PC con il software di riparazione. La Fig. 15 illustra il file XYZ relativo ad una scansione importata in MeshLab. L'oggetto deve essere "pulito" e riparato perché, ricordatelo, i modelli 3D per essere stampati e quindi per generarne il file STL, devono essere ermetici (privi di buchi). I file scaricati non possono comunque essere immediatamente utilizzati per la stampa poiché contengono degli errori: la

Fig. 16 mostra l'importazione in Repetier Host e l'evidenziazione degli errori; la Fig. 17 mostra il modello riparato e reso ermetico.

L'articolo completo del progetto è pubblicato su: *Elettronica In* n. 204

A tutti i residenti nell'Unione Europea. Importanti informazioni ambientali relative a questo prodotto



Questo simbolo riportato sul prodotto o sull'imballaggio, indica che è vietato smaltire il prodotto nell'ambiente al termine del suo ciclo vitale in quanto può essere nocivo per l'ambiente stesso. Non smaltire il prodotto (o le pile, se utilizzate) come rifiuto urbano indifferenziato; dovrebbe essere smaltito da un'impresa specializzata nel riciclaggio. Per informazioni più dettagliate circa il riciclaggio di questo prodotto, contattare l'ufficio comunale, il servizio locale di smaltimento rifiuti oppure il negozio presso il quale è stato effettuato l'acquisto.

Prodotto e distribuito da:

FUTURA GROUP SRL

Via Adige, 11 - 21013 - Gallarate (VA)

Tel. 0331-799775

Fax. 0331-792287

Web site: www.futurashop.it

Info tecniche: www.futurashop.it/Assistenza-Tecnica