

FONDAMENTI DELLA STAMPA 3D

con Josef Prusa

Terza edizione



INTRODUZIONE

Potresti aver sentito parlare della stampa 3D in TV o averne letto su Internet. Come tutte le nuove tecnologie, la stampa 3D attira l'attenzione dei media, ma l'argomento è spesso trattato in modo superficiale o sensazionalistico. Esistono molti miti sulla stampa 3D, incluso il malinteso comune sul fatto che si tratti di una nuova tecnologia. In effetti, questo tipo di metodo produttivo è noto dagli anni 80 e ora è abbastanza comunemente usato in tutti i tipi di settori, e persino da hobbisti a casa.

Scoprirai che la stampa 3D non è una tecnologia futuristica, complicata e costosissima, riservata a pochi eletti. Anzi! I principi sono piuttosto chiari e semplici. Ci sono diverse parole e abbreviazioni specifiche del settore che potrebbero forse spaventarti all'inizio – non ti preoccupare! In realtà, non ce ne sono troppi e presto ne sarai padrone.

Questo libro ti aiuterà a capire quali tipi di tecnologie di stampa 3D sono attualmente disponibili e come funzionano. Ti guideremo attraverso l'intero processo di stampa 3D, iniziando con l'ottenimento di un modello 3D stampabile, attraverso i preparativi di alla stampa, fino alla rifinitura di un oggetto stampato. Imparerai cos'è un estrusore, oltre allo slicing, i perimetri o il riempimento. Spiegheremo le differenze tra i materiali comunemente usati e come utilizzare la stampa 3D per un'applicazione pratica.

Questo libro ti fornirà un'ottima conoscenza della stampa 3D e ti fornirà anche tutte le conoscenze di base necessarie per iniziare. L'unica cosa rimasta sarà acquistare una stampante 3D e iniziare a stampare!

◆ Josef Průša

Josef Prusa

Josef Prusa (23. 2. 1990) si è interessato alla stampa 3D prima di iscriversi all'Università di Economia di Praga nel 2009. Presto, Josef è diventato uno dei principali sviluppatori del progetto internazionale open-source RepRap di Adrian Bowyer. Oggi puoi vedere il design Prusa in diverse varianti in tutto il mondo.

È una delle stampanti 3D più popolari ed è uno dei motivi per cui la conoscenza della stampa 3D è aumentata tra il pubblico. Nel 2012, Josef ha fondato Prusa Research, azienda produttrice delle stampanti 3D Original Prusa con più di 10 000 consegne ogni anno ai clienti di tutto il mondo. Con oltre 400 000 unità vendute, la Original Prusa i3 è la stampante 3D più diffusa al mondo.



DIVENTA UN ESPERTO DI STAMPA 3D CON PRUSA ACADEMY!

Prusa Academy offre corsi online su vari argomenti relativi alla stampa 3D e aiuta a padroneggiare la stampante 3D con guide di facile lettura, video, quiz e molto altro ancora! Visita la sezione Academy su prusa3d.com per saperne di più!

SOMMARIO

Che cos'è la stampa 3D?	5
Storia della stampa 3D	6
Scoperta della stereolitografia	6
Il progetto RepRap	6
L'uso della stampa 3D	7
Tecnologie di stampa 3D	11
FDM/FFF	12
Componenti per stampanti 3D FFF	14
SLA (stereolitografia)	17
Componenti della stampante MSLA	19
SLS / DMLS	21
La scelta di una stampante 3D	22
3D printing 101	24
Trovare un modello 3D	26
Librerie online e Hub 3D	26
Software di modellazione 3D	27
Tinkercad	27
Autodesk Fusion	28
Blender	29
OpenSCAD	30
Cose da tenere a mente durante il disegno di un modello	31
Scansione 3D e fotogrammetria	35
Scegliere il materiale di stampa corretto	36
Slicing	36
PrusaSlicer	37
Simplify3D	38
Cura	38
Slicer: impostazioni di base	39
Preparazione della superficie di stampa	42
Avvio della stampa	43
Post produzione	43
Incollaggio dei modelli e levigatura con acetone	44
Filamenti	45
PLA	47
PETG, ASA e PC (Policarbonato)	48
Flessibili (TPU/TPE/TPEE)	49
Materiali compositi	49
PVA e BVOH per supporti solubili	50
Altri materiali	50
Stampa 3d multicolore	51
Stampa 3d multimateriale	53
Fotopolimeri / resine	55
Glossario	57
FAQ	61



CHE COS'È LA STAMPA 3D?

La stampa 3D è un processo di produzione additiva automatizzato, in cui una stampante 3D crea un modello fisico basato su dati digitali (un oggetto 3D). Esistono diverse tecnologie di stampa 3D, ma la più comunemente usata, detta FFF (Fused Filament Fabrication), è semplice: un oggetto viene creato strato dopo strato fondendo un filamento di plastica. Immagina di prendere un oggetto 3D e di tagliarlo a fette sottili, come una patata in patatine. Quindi, prendi una pistola per colla e “disegna” ogni strato con la colla a caldo. Questo è il modo in cui gli oggetti vengono stampati: è un metodo additivo, perché stiamo aggiungendo materiale. È diametralmente opposto al metodo sottrattivo, che consiste nella lavorazione di materiale esistente.



La stampa 3D si sta evolvendo e sta crescendo rapidamente. Nuove stampanti 3D e nuovi materiali sono in continuo sviluppo. Le stampanti 3D sono passate rapidamente dall'ambito professionale al mondo degli hobbisti. E ora, la popolarità degli hobbisti le ha aiutate a espandersi in diversi nuovi settori.

Storia della stampa 3D

Inizialmente, la stampa 3D era chiamata prototipazione rapida – e questo termine è ancora usato oggi, anche se raramente. Prima che le stampanti 3D fossero disponibili a prezzi accessibili, questa tecnologia veniva utilizzata principalmente per la prototipazione.

Un caso d'uso tipico per la prototipazione rapida sarebbe lo sviluppo e la produzione di un telecomando della TV. I lavori di preparazione per la produzione possono costare anche decine di migliaia di dollari (produzione degli stampi, processo di fabbricazione stesso, test ...), quindi il produttore deve essere assolutamente certo che il telecomando del televisore si adatti bene alle mani degli utenti e tutti i pulsanti possano essere raggiunti comodamente. È qui che entra in gioco la prototipazione. Anche se i prezzi delle stampanti 3D erano davvero elevati, il costo per la produzione di un singolo prototipo utilizzando i vecchi metodi era di circa mille dollari, il che consentiva comunque di risparmiare molti soldi. A causa dei costi elevati, queste macchine erano fuori dalla portata degli utenti comuni, ma fortunatamente la situazione è cambiata.

Scoperta della stereolitografia

La stampa 3D, come la conosciamo oggi, è stata scoperta nel 1984, quando il fondatore di 3D Systems, Charles W. Hull, fece domanda per un brevetto per la sua invenzione: la stereolitografia. Hull è stato il primo a stampare in 3D a partire da dati digitali. Questa tecnologia, comunemente abbreviata in SLA, è utilizzata ancora oggi. Puoi saperne di più nel capitolo che descrive vari metodi di stampa 3D.



La prima stampante 3D commerciale

Nel 1992, 3D Systems cominciò a produrre e vendere la prima stampante 3D commercialmente disponibile, basata sulla tecnologia SLA.

Il progetto RepRap

Il 2005 è stato probabilmente l'anno più importante nella storia della moderna stampa 3D: il progetto RepRap è stato creato dal Dr. Adrian Bowyer dell'Università di Bath. L'idea era sviluppare una stampante 3D in grado di stampare il maggior numero possibile di componenti dello stesso dispositivo.

Il progetto è stato concepito come open-source sin dall'inizio, il che significa che tutti i codici sorgente sono disponibili pubblicamente gratuitamente e sono aperti a ulteriori modifiche e miglioramenti. Questa decisione ha permesso agli appassionati di tutto il mondo di partecipare al progetto, rendendo le macchine RepRap tra le stampanti 3D più diffuse al mondo. Grazie a RepRap, ora possiamo acquistare stampanti 3D per il fai-da-te e per usi semi-professionali: in genere si tratta di macchine da meno di 4.000 USD.

La comunità attorno alle stampanti RepRap è enorme. Se vuoi capire come funzionano le stampanti 3D o sperimentare con aggiornamenti e modifiche, RepRap è la soluzione perfetta per te. Queste stampanti 3D possono essere acquistate come macchine calibrate e completamente assemblate o come kit di assemblaggio fai-da-te, che sono piuttosto divertenti da costruire e in realtà meno complicati di quanto si pensi.

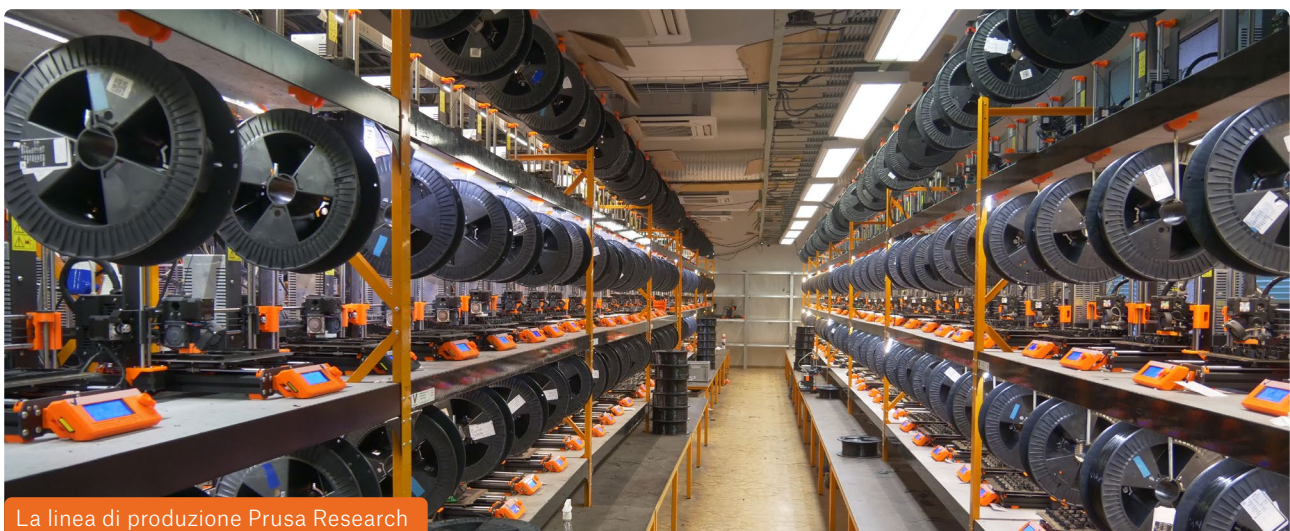


Adrian Bowyer (a sinistra) con la sua stampante 3D RepRap

L'uso della stampa 3D

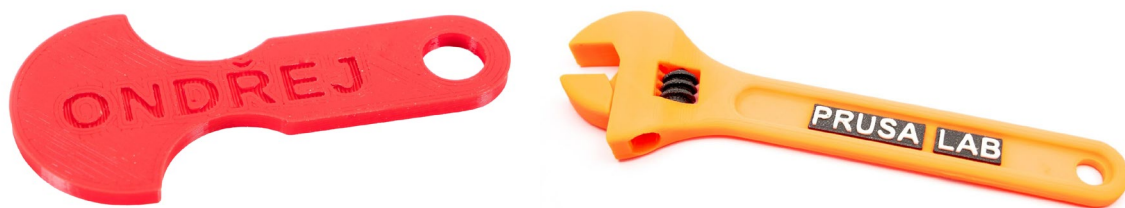
Inizialmente, la stampa 3D veniva utilizzata per creare prototipi in modo rapido ed economico. Con la riduzione dei costi, il suo impiego si è esteso a molti altri settori.

Un esempio è la produzione in piccole serie: per alcune aziende, i costi elevati della produzione su larga scala non sarebbero giustificati. Pertanto, la stampa 3D si presenta come una soluzione più adatta. Un altro vantaggio è che, se hai un'idea per un design migliorato, puoi produrlo subito, il che significa che puoi introdurre prodotti nuovi e migliorati a un ritmo molto più veloce del solito.

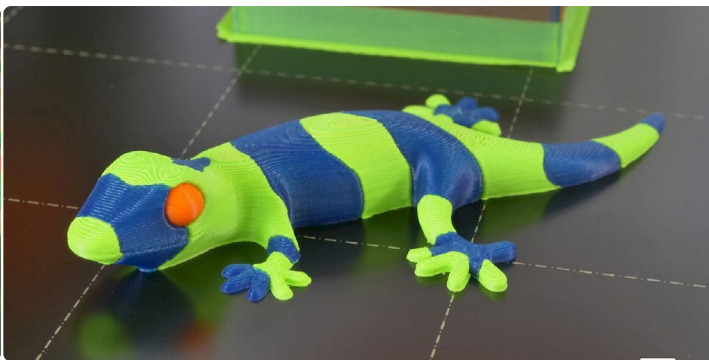


La linea di produzione Prusa Research

Abbiamo adottato questo approccio con la produzione delle nostre stampanti Original 3D Prusa i3. La linea di produzione interna basata sulla stampa 3D ha ora oltre 700 stampanti. Quando una parte viene riprogettata o migliorata, tutto ciò che dobbiamo fare è testarla e quindi caricarla nel sistema delle nostre stampanti: la produzione può iniziare praticamente subito. Inoltre, possiamo anche inviare i dati ai nostri clienti, in modo che possano stampare subito le parti. La possibilità di iterazioni rapide è uno dei maggiori punti di forza della stampa 3D.



Questo tipo di produzione consente di produrre **articoli personalizzati** in base alle richieste dei clienti. Ad esempio, si può creare una custodia per smartphone con un design personalizzato, un portachiavi personalizzabile o vari articoli di marketing adattati alle esigenze del cliente.



Una stampante 3D è ottima anche per la produzione di **giocattoli e figure**. Puoi trovare migliaia di modelli gratuiti o a pagamento su Internet, che vanno dai semplici giocattoli ai giochi da tavolo meticolosamente realizzati.

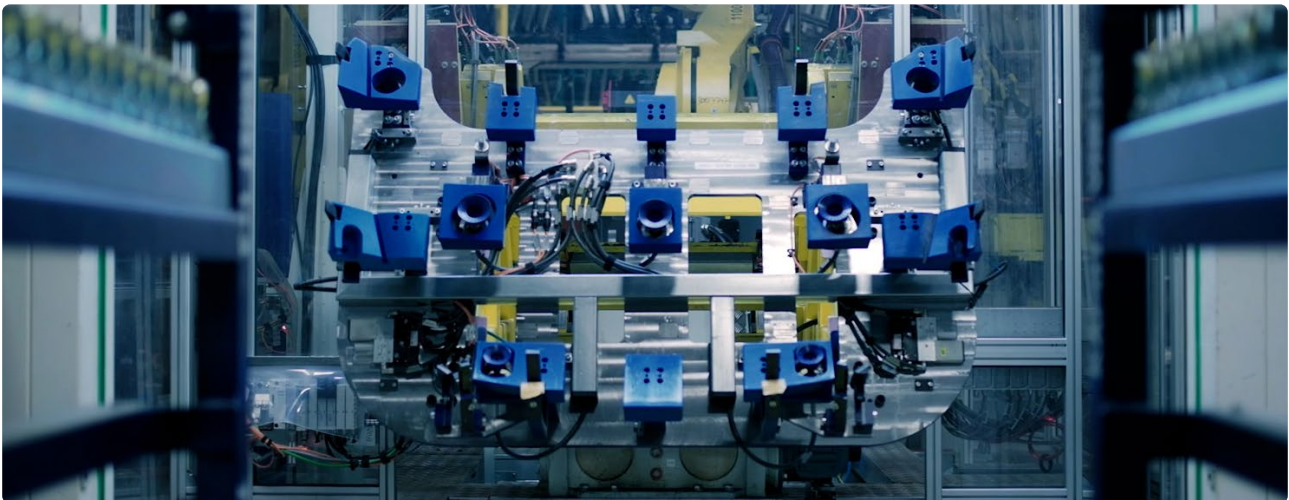


I fan del **Cosplay** * troveranno le stampanti 3D particolarmente utili, perché possono essere utilizzate per produrre maschere, attrezzature, accessori e altri oggetti che possono essere facilmente rifiniti (levigati e verniciati) per dare loro un aspetto autentico.

* Cosplay – contrazione delle parole 'costume play'. È un'arte in cui i partecipanti (cosplayers) indossano costumi rappresentati specifici personaggi di libri, film o videogame



Un'altra area in cui le stampanti 3D sono davvero eccezionali è nella produzione di pezzi di ricambio, sia quelli che non sono più disponibili attraverso i canali ufficiali, sia quelli forniti direttamente dai produttori. Il numero di parti stampabili ufficialmente disponibili per gli elettrodomestici è in aumento, poiché i produttori supportano questa tendenza. Puoi trovare molti esempi utili di vari marchi su printables.com/brands! In ambito professionale, invece, troviamo interessanti casi di utilizzo della stampa 3D in diversi settori. Le aziende del settore automobilistico utilizzano le stampanti 3D per realizzare vari strumenti su misura per le linee di produzione, in modo da risparmiare sui costi e sui tempi. Alcune parti stampate durano addirittura più a lungo di quelle in metallo!



Il più veloce aereo ultraleggero, lo **Shark**, ha oltre cento parti stampate in 3D sotto il cofano!



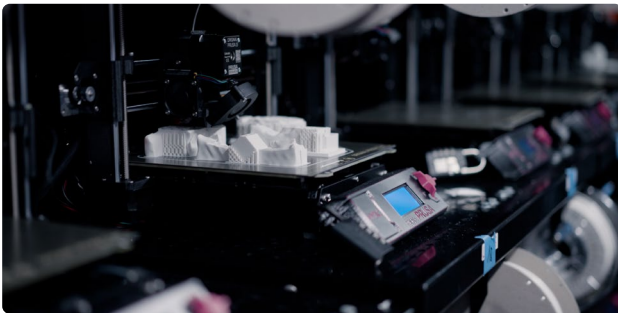
I designer utilizzano le stampanti 3D per la prototipazione e la messa a punto delle loro idee prima di inviarle in produzione.



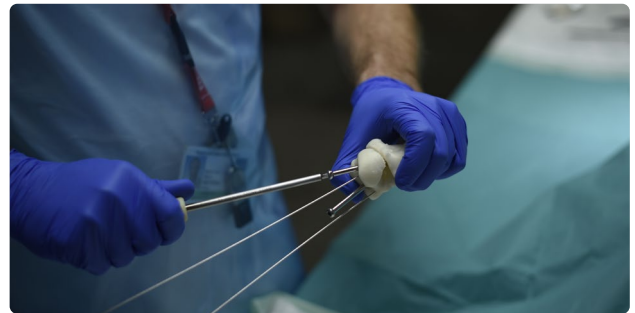
Alcune delle più grandi menti scientifiche lavorano ai misteri dell'universo al **CERN**. Le stampanti 3D li aiutano a realizzare apparecchiature specifiche e strumenti vari.



Le stampanti 3D sono molto apprezzate dagli artisti degli effetti speciali nell'industria cinematografica. Diversi oggetti di scena, costumi e modelli sono stati creati grazie alla stampa 3D.



Le stampanti 3D sono una novità assoluta nel campo dell'architettura e dell'edilizia. Uno degli aspetti più importanti dei progetti architettonici è la valorizzazione dei modelli. Inoltre, la stampa 3D semplifica notevolmente la creazione di modelli concettuali dettagliati e le presentazioni ai clienti. Le università più rinomate del mondo insegnano addirittura la stampa 3D agli architetti.



La stampa 3D si sta rapidamente diffondendo nel settore sanitario, trovando diversi casi d'uso per insegnare ai futuri medici le basi dell'anatomia o per aiutare i chirurghi a prepararsi per le operazioni – il tutto grazie a modelli stampati in 3D 1:1 basati su scansioni tomografiche del paziente. Grazie a una migliore preparazione, il trattamento richiede meno tempo e porta a risultati migliori, salvando persino delle vite!

La stampa 3D nell'istruzione

Con la crescente popolarità e accessibilità della stampa 3D, questa tecnologia si sta facendo strada nelle aule scolastiche di tutto il mondo. La tecnologia permette agli insegnanti di creare strumenti didattici personalizzati e agli studenti di sviluppare creatività e pensiero pratico. Con un piccolo sforzo, l'istruzione può andare ben oltre i libri e gli appunti.

Gli studenti creano vari esperimenti e progetti, imparano a collaborare e a ricercare attivamente le informazioni.



Partecipa al Prusa Education!

Per tutte le scuole, le università e gli altri istituti di formazione, offriamo il Prusa Education Program per aiutarti ad avvicinarti alla stampa 3D. Visita education.prusa3d.com per scoprire cosa offre il programma a te e alla tua scuola.



TECNOLOGIE DI STAMPA 3D

Tutti i tipi di stampa 3D si basano sullo stesso principio: creare oggetti aggiungendo nuovi strati sopra quelli esistenti. Al momento, non esiste una tecnologia di stampa 3D universale adatta a tutti gli scopi. Questo è il motivo per cui è importante decidere come e per quale scopo si intende utilizzare la stampante. Per semplificare le cose, dividiamo i tipi di stampante 3D in tre categorie principali:

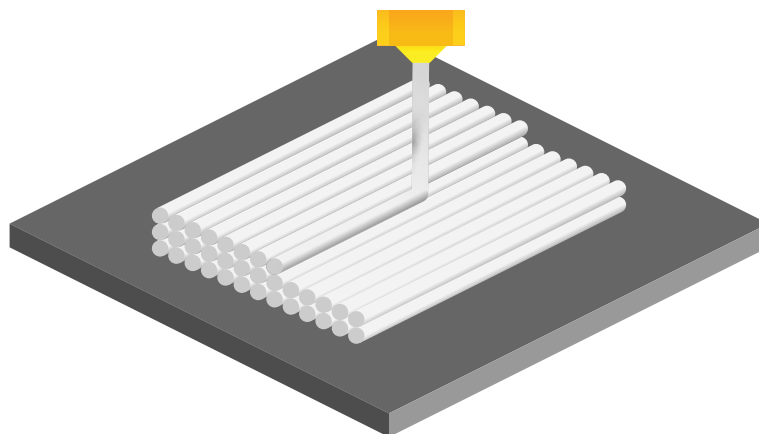
1. Un filamento di plastica viene fuso da un elemento riscaldante ed estruso da una testina di stampa (estrusore) attraverso un ugello. Questa è una descrizione tipica delle tecnologie FFF (Fused Filament Fabrication) / FDM (Fused Deposition Modeling). Questi termini possono essere considerati sinonimi. FDM è un marchio commerciale di Stratasys.
2. Un materiale liquido viene solidificato in strati in aree predefinite. Questo è ciò che di solito chiamiamo SLA – Apparato per stereolitografia. Il materiale liquido (resina) è polimerizzato da un raggio di luce (laser UV o pannello LED, proiettore DLP).
3. Una polvere fine viene sinterizzata (compattata e formata, non fusa) da un laser. La tecnologia si chiama SLS (Selective Laser Sintering) e rispetto alle due precedenti è molto più costosa.

FDM / FFF

La tecnologia di stampa 3D più diffusa e conveniente, adatta per la stampa di parti e prototipi funzionali / meccanici. La stampante utilizza fili di plastica come risorsa principale. La bobina di plastica si chiama filamento ed è generalmente disponibile con un diametro di 1,75 mm. Ci sono ancora alcuni filamenti da 3 mm sul mercato, tuttavia, la loro precisione di stampa è piuttosto bassa e non è consigliabile utilizzarli. Rispetto alle resine liquide o ai materiali in polvere, i filamenti sono sicuri e facili da lavorare. Il rovescio della medaglia è che gli strati sugli oggetti stampati sono visibili ad occhio nudo. L'altezza dello strato normale (quando si utilizza un ugello da 0,4 mm) è compresa tra 0,05 e 0,3 mm.



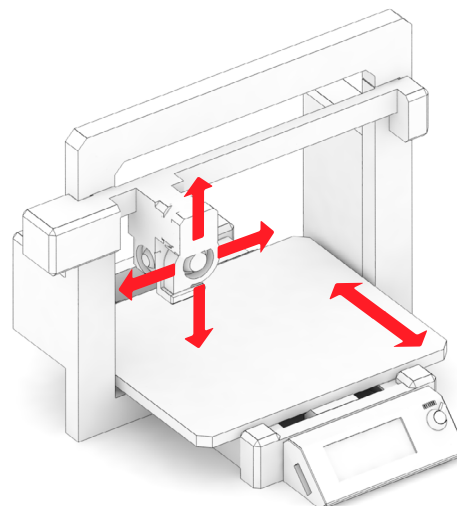
La gamma di prezzi delle stampanti FFF va da circa 150 USD per le stampanti 3D economiche dalla Cina e può andare ben oltre 100.000 USD per le macchine professionali. La stampante 3D Original Prusa MK4S parte da 799 USD / 889 EUR e rappresenta il rapporto qualità/prezzo ottimale.



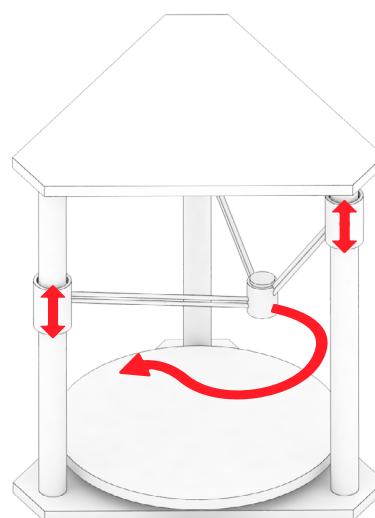
Possiamo dividere le stampanti 3D FDM / FFF in sottocategorie in base al movimento dei loro assi nello spazio tridimensionale.

1. La stampante 3D cartesiana prende il nome dal sistema di coordinate dimensionali XYZ.

L'estrusore si sposta in due direzioni (X e Z), mentre il piano di stampa si sposta lungo l'asse Y. Ciò significa che il piano di stampa è generalmente di forma quadrata o rettangolare. La Original Prusa MK4S è una stampante cartesiana.



2. Le stampanti 3D Delta hanno i movimenti degli estrusori controllati da tre bracci mobili, che si incontrano nell'estrusore. Due dei principali vantaggi sono la maggiore velocità di stampa e i grandi volumi di stampa. Tuttavia, la stampante richiede un assemblaggio e una calibrazione estremamente precisi. La geometria della stampante richiede calcoli complessi per i movimenti dei motori passo-passo in ciascuno dei bracci.



Le stampanti 3D Delta sono particolarmente apprezzate nelle applicazioni industriali per una serie di motivi. Sono in grado di produrre oggetti molto alti con una qualità costante perché il piano di riscaldamento è bloccato in posizione. L'estrusore è leggero, il che comporta una minore inerzia e quindi una maggiore precisione. Le stampanti 3D Delta di Prusa Research sono inoltre dotate di una camera di stampa con riscaldamento attivo che facilita la lavorazione di materiali avanzati.

3. Le stampanti 3D CoreXY stanno diventando sempre più diffuse. Utilizzano un design a forma di cubo e incorporano un sistema di cinghie e pulegge con due motori della puleggia che spostano l'estrusore sugli assi X e Y. Il piano di stampa è montato sull'asse Z e si muove verso l'alto e verso il basso. Questo comporta una serie di vantaggi, come una maggiore velocità di stampa e una buona qualità di stampa perché il piano non si muove avanti e indietro. Prusa CORE One e Original Prusa XL sono stampanti 3D di tipo CoreXY.



Componenti per stampanti 3D FFF

Tutte le stampanti 3D FFF sono abbastanza simili dal punto di vista costruttivo. Di solito sono costituite dalle seguenti parti:

Estrusore

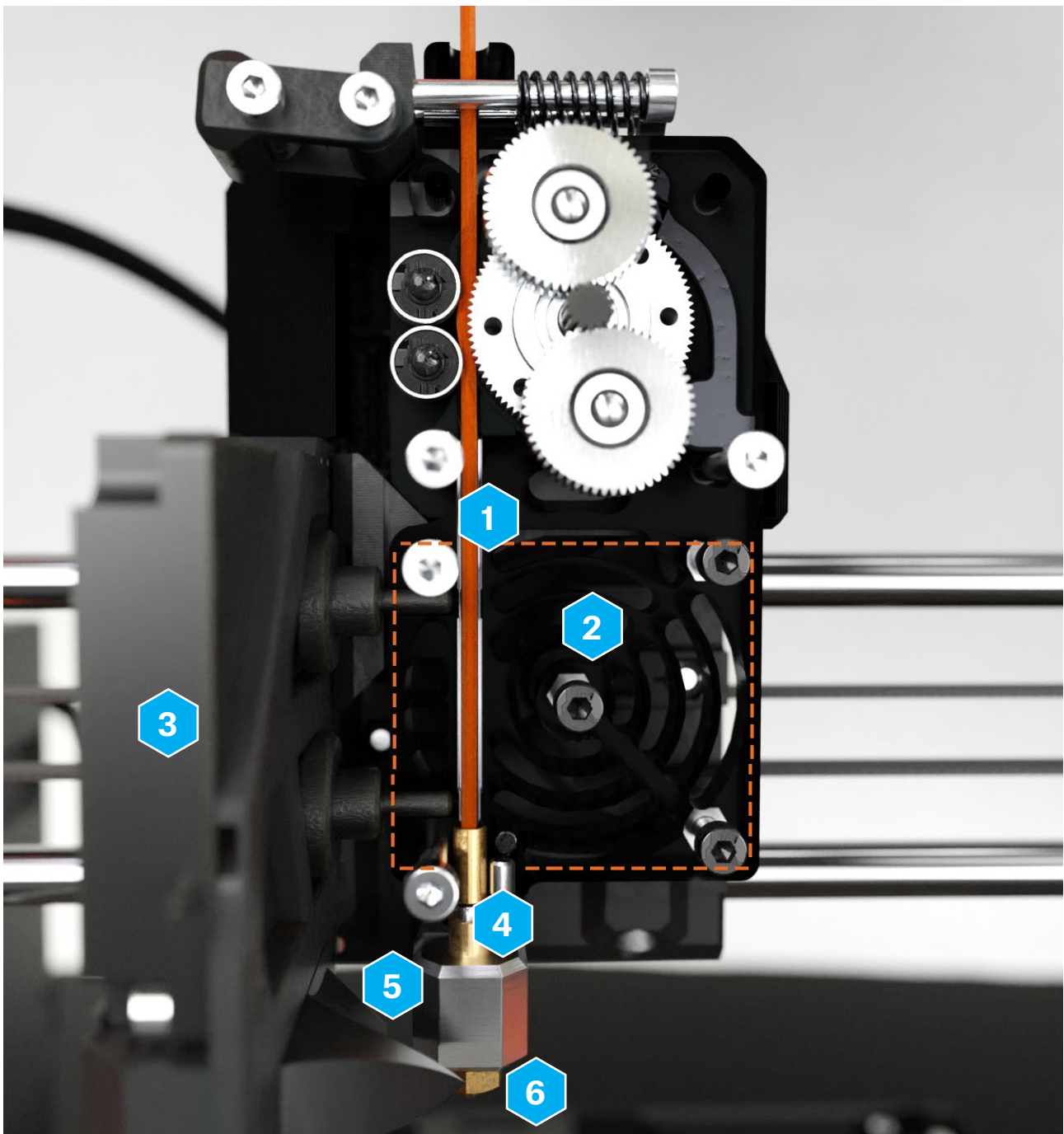
L'estrusore (testina di stampa) deposita strati di plastica fusa.

Innanzitutto, la stringa di filamento entra nell'estrusore attraverso un tubo in PTFE. A questo punto, il filamento è un solido filo di plastica ed è a temperatura ambiente. Passa attraverso un dissipatore di calore, che è una parte progettata per dissipare il calore proveniente dall'interruttore della diffusione del calore e ridurre al minimo l'area di transizione tra il filamento solido e fuso. Il dissipatore di calore di solito ha una ventola montata sul lato per aumentare l'efficienza di raffreddamento. L'interruttore di calore è essenzialmente un tubo con una filettatura esterna, che è più stretta su un'estremità per minimizzare il diametro il più possibile, e dunque minimizzare la quantità di calore che sale verso l'area dove il filamento dovrebbe rimanere solido.

Il blocco riscaldante è realizzato in alluminio o altri materiali termoconduttivi e contiene un elemento riscaldante elettrico con un termistore per misurare la temperatura. Il materiale viene fuso nel blocco riscaldante e spinto fuori attraverso l'ugello. L'ugello può avere diametri diversi e molte stampanti consentono agli utenti di sostituire l'ugello con uno nuovo, di diametro diverso. I moderni estrusori sono inoltre dotati di sensori e hardware aggiuntivi con funzioni avanzate per migliorare la facilità d'uso. Ad esempio, le stampanti 3D Original Prusa dotate di Nextruder utilizzano la tecnologia con Cella di Carico per eseguire una calibrazione completamente automatica e ottenere un primo layer sempre perfetto. Per saperne di più sugli ugelli di vari diametri e sui loro vantaggi, puoi leggere l'articolo su prusa.io/nozzles.

Estrusore

- 1 Tubo in PTFE
- 2 Dissipatore
- 3 Ventola di stampa
- 4 Interruttore diffusione di calore
- 5 Blocco riscaldante
- 6 Ugello



Piano riscaldato

Il Piano riscaldato o Heatbed è una parte importante di ogni moderna stampante 3D che garantisce la compatibilità con il maggior numero possibile di materiali. Il piano riscaldato impedisce agli oggetti stampati di piegarsi, deformarsi o staccarsi dalla superficie.

Telaio

Il telaio è la struttura portante della stampante. I telai rigidi e fabbricati con precisione hanno un impatto positivo sulla qualità di stampa. Una struttura robusta e solida minimizza le vibrazioni e consente una stampa più veloce senza evidenti problemi di qualità sulle stampe prodotte.

Motori passo-passo

I motori passo-passo gestiscono i movimenti su tutti gli assi – questo include l'estrusore e il piano riscaldato, mentre un altro motore controlla il movimento del filamento. Il vantaggio dei motori passo-passo è il controllo preciso degli spostamenti.

Scheda madre

La scheda madre è un componente elettronico con circuiti integrati che controlla l'intera stampante. La sua funzione principale consiste nella lettura dei file di istruzioni (G-codes) e nel controllo dei motori, del piano riscaldato e del riscaldatore in base alle istruzioni contenute nel G-code.



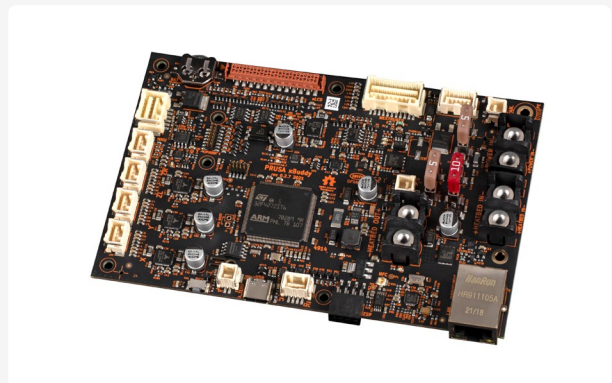
Piano riscaldato



Telaio



Motori passo-passo

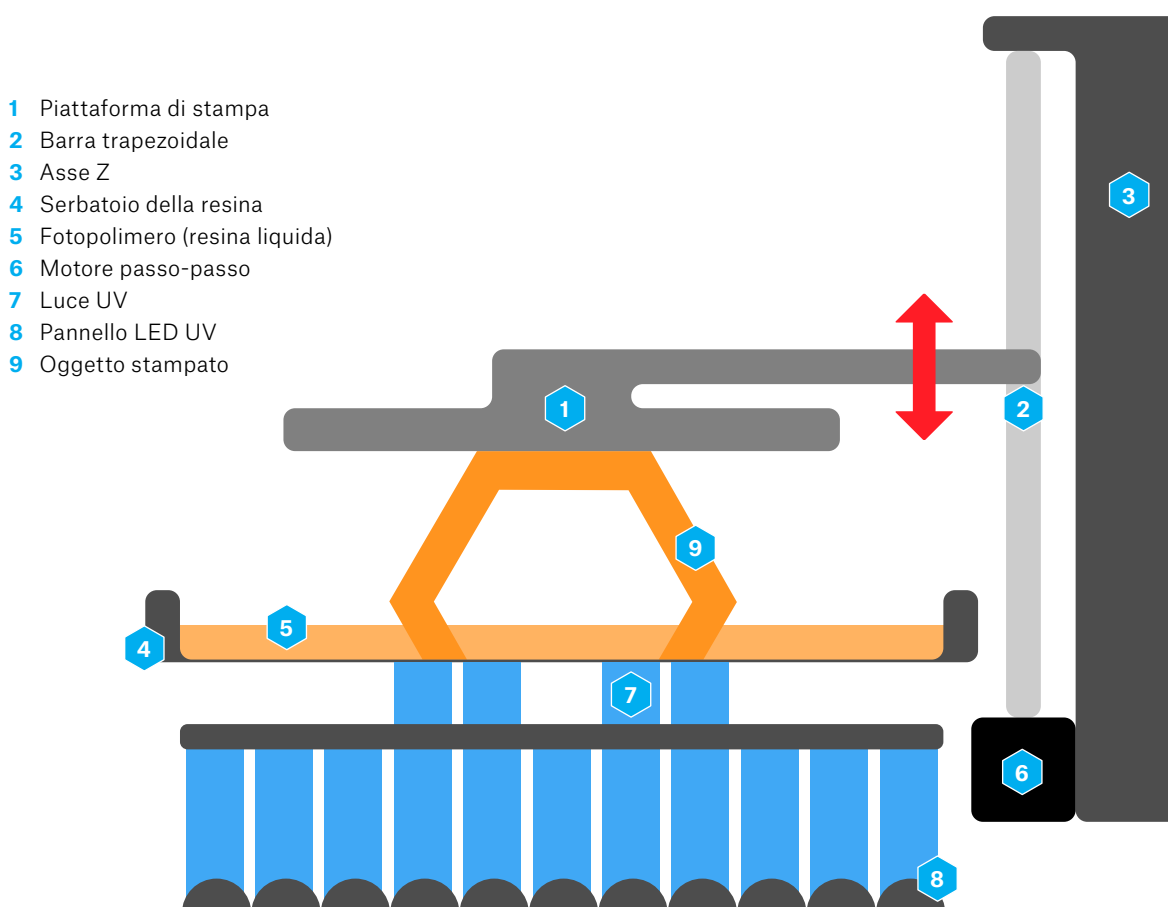


Scheda madre

SLA (stereolitografia)

La tecnologia SLA si basa sull'indurimento (solidificazione) di resine liquide fotosensibili esponendole alla luce UV. Le stampanti 3D SLA sono dotate di una piattaforma che si sposta una volta che un singolo strato si è solidificato per creare spazio per un nuovo strato che aderisce al precedente.

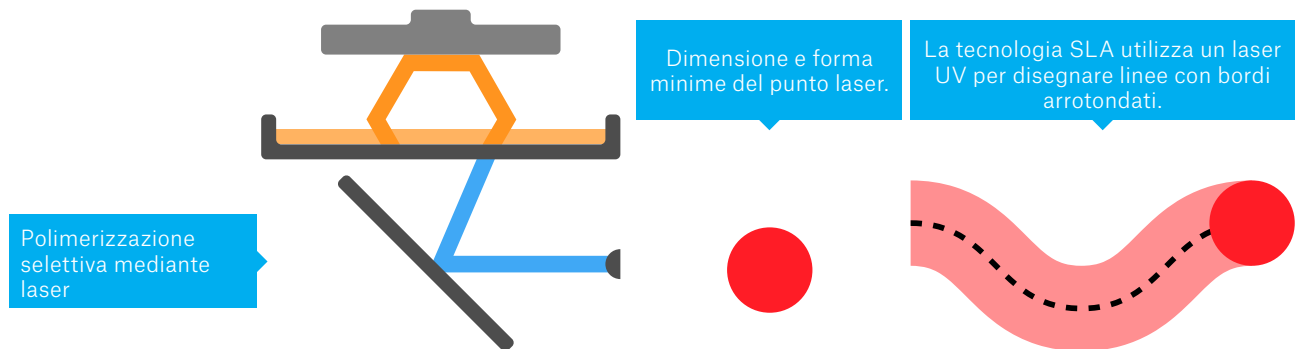
Il serbatoio della resina ha un fondo trasparente con un pannello LCD montato direttamente sotto di esso. Il display LCD visualizza una maschera di un singolo layer mentre una fonte di luce UV illumina la maschera, esponendo (e solidificando) la resina in una forma precisa. In questo modo si ottengono stampe 3D incredibilmente dettagliate e lisce, con layer quasi invisibili ad occhio nudo. Le stampanti 3D SLA sono perfette per le miniature e i prototipi, ma sono anche molto apprezzate in vari settori industriali e, soprattutto, in odontoiatria.



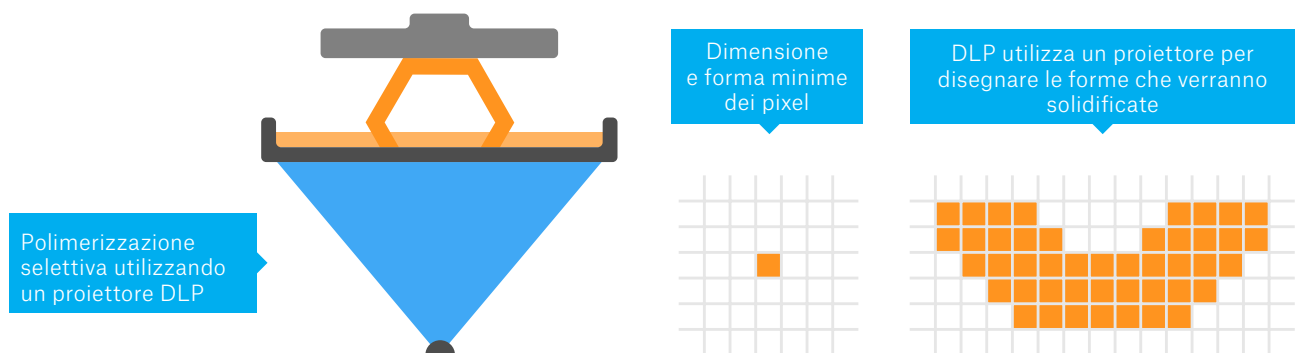
Tuttavia, le macchine SLA sono leggermente più impegnative da usare rispetto alle loro controparti FFF/FDM. Le resine sono liquide e si rovesciano facilmente; inoltre, è importante che non entrino in contatto con la pelle o con gli occhi. Gli oggetti stampati con la tecnologia SLA tendono a essere umidi e appiccicosi perché vengono estratti da un serbatoio con resina liquida. Di solito è necessario lavare gli oggetti con alcool isopropilico e polimerizzarli con la luce UV. Questo processo un po' laborioso può essere reso molto più semplice dall'utilizzo di un'attrezzatura specializzata: abbiamo sviluppato la Curing and Washing Machine (CW1S) come accessorio all-in-one della Original Prusa SL1S SPEED. La CW1S è in grado di preriscaldare la resina alle temperature di lavoro, nonché di lavare, asciugare e polimerizzare le stampe 3D a base di resina in un paio di minuti e con il minimo sforzo.

Esistono tre tipi principali di stampanti SLA. Differiscono in base ai metodi di esposizione. Anche se possono sembrare simili, la qualità di stampa può differire notevolmente.

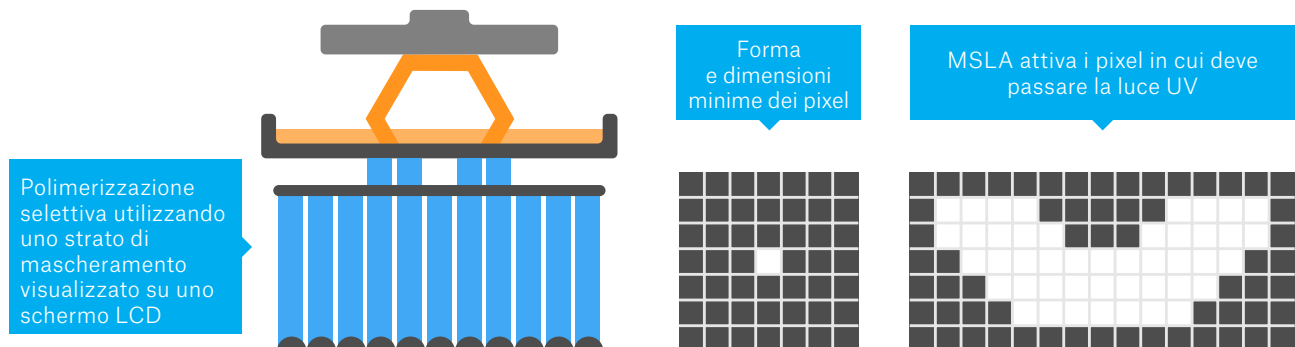
1. **SLA - Laser:** l'esposizione viene eseguita con un raggio di laser UV. Il raggio è controllato da due specchi e "disegna" gradualmente ogni strato. Il tempo necessario per solidificare un singolo strato dipende dalla dimensione dell'area che deve essere solidificata. In poche parole: più oggetti ci sono sulla piattaforma di stampa, più tempo impiega la stampa.



2. **SLA - DLP (Digital Light Processing)** - l'intero strato si solidifica immediatamente grazie a un proiettore digitale. Le aree che ricevono l'esposizione dal proiettore vengono solidificate. Il vantaggio di questo metodo è evidente: ogni livello viene solidificato nello stesso lasso di tempo, indipendentemente dal numero di oggetti presenti sulla piattaforma di stampa.



3. **MSLA (stereolitografia mascherata):** l'esposizione viene eseguita utilizzando un LED UV ad alte prestazioni, mentre la forma del livello viene visualizzata come una maschera semitrasparente su uno schermo LCD. La luce UV può passare solo attraverso i pixel bianchi sul display. Dal momento che gli LCD hanno una risoluzione fissa, significa anche che gli oggetti stampati hanno una risoluzione XY fissa e l'unico aspetto che influisce sul loro aspetto è l'altezza del layer. Inoltre, le stampanti MSLA polimerizzano un intero layer in una sola volta, il che significa che non importa quanti oggetti ci siano sulla piattaforma di stampa. La stampante 3D Original Prusa SL1S SPEED aggiunge uno speciale meccanismo di inclinazione per una maggiore affidabilità e velocità.



Le immagini sopra sono una rappresentazione semplificata di ciascuna delle tecnologie. Le rappresentazioni delle tecnologie DLP e MSLA non tengono conto di funzionalità come l'antialiasing. Senza AA, i bordi della maschera sarebbero notevolmente pixelati. In parole povere, l'antialiasing può appianare i bordi nitidi facendo la media del colore dai pixel vicini. Quindi, nel nostro caso, in realtà non esiste solo un bordo bianco e nero, ma il metodo anti-aliasing crea effettivamente una transizione graduale, creando una linea più liscia.

Componenti della stampante MSLA

La situazione con le stampanti 3D SLA è simile ai modelli FFF / FDM: esistono diversi design, diverse configurazioni, a seconda di come la stampante 3D SLA solidifica le resine. Vorremmo concentrarci sulle macchine MSLA, poiché la nostra Original Prusa SL1 utilizza la stereolitografia mascherata.

Pannello LED UV

Il pannello LED UV ad alte prestazioni viene utilizzato per solidificare la resina liquida nel serbatoio della resina. La SL1S SPEED utilizza un pannello di grandi dimensioni invece di un singolo LED, in modo che la distribuzione della luce UV sia più uniforme. Questo, insieme a un gruppo di lenti di alta qualità, consente di ottenere tempi di esposizione estremamente ridotti e una stampa più veloce.

Coperchio acrilico

La SL1S ha un coperchio arancione semitrasparente che blocca la luce UV esterna, evitando l'indurimento della resina. Inoltre, impedisce la dispersione della luce UV interna e trattiene i fumi della resina, migliorando sicurezza e qualità di stampa.

Serbatoio (Vat) e Inclinazione

Il serbatoio, talvolta chiamato vat, è il contenitore per la resina liquida. Ha un fondo trasparente, che consente il passaggio della luce UV.

La stampante 3D Original Prusa SL1S SPEED ha anche uno speciale meccanismo di inclinazione del serbatoio per una stampa più veloce e una maggiore qualità di stampa. Come funziona?

Dopo la polimerizzazione (solidificazione), ogni layer deve aderire al resto dell'oggetto stampato, ma ha anche la tendenza ad attaccarsi al fondo del serbatoio. La maggior parte delle stampanti 3D utilizza un semplice movimento verso l'alto e cerca di staccare lo strato dal fondo con un movimento verticale. Il meccanismo di inclinazione consente un movimento di "distacco" molto più delicato, in modo che lo strato si separi gradualmente. Inoltre, è molto più veloce rispetto al normale movimento verticale.

Pannello LCD

Attualmente, il tipo di LCD più richiesto per la stampa SLA è un display monocromatico. Viene utilizzato per la "mascheratura". In pratica, il pannello LED UV emette luce attraverso il display nella vasca con la resina. Senza una maschera, l'oggetto risultante sarebbe un blocco solido. Per questo motivo il pannello LCD visualizza una maschera (un'immagine di un singolo strato) attivando o disattivando i singoli pixel. I pixel disattivati lasciano passare la luce UV, mentre quelli attivati (neri) la bloccano. La risoluzione del display influisce sulla qualità della stampa.

Touch screen

Questo è il secondo schermo LCD della stampante, tuttavia, questo non viene utilizzato per la stampa stessa. Al contrario, l'utente può facilmente configurare e controllare la stampante utilizzando un'interfaccia facile da usare.

Torre dell'asse Z

L'unico movimento meccanico della piattaforma di stampa è nell'asse Z (su e giù). Grazie allo schermo LCD mascherante con risoluzione X-Y fissa, non sono necessari altri movimenti.

Filtrazione dell'aria

La maggior parte delle resine disponibili in commercio producono forti odori. Questo è il motivo per cui la SL1S ha un filtro integrato.

Telaio in alluminio massiccio

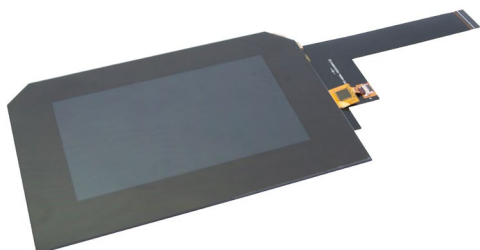
Il telaio assicura che la macchina sia solida e stabile. I telai più morbidi sono inclini a deformazioni o oscillazioni, con conseguente scarsa qualità di stampa.



Pannello LED UV



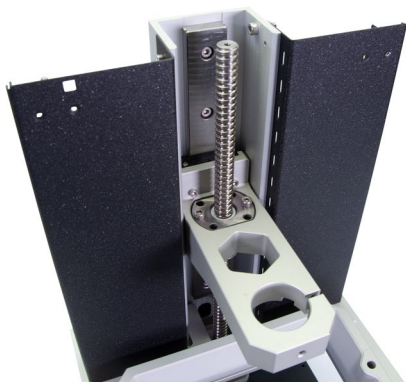
Schermo a cristalli liquidi



Touch screen



Serbatoio



Torre dell'asse Z.



Coperchio acrilico



Filtro dell'aria



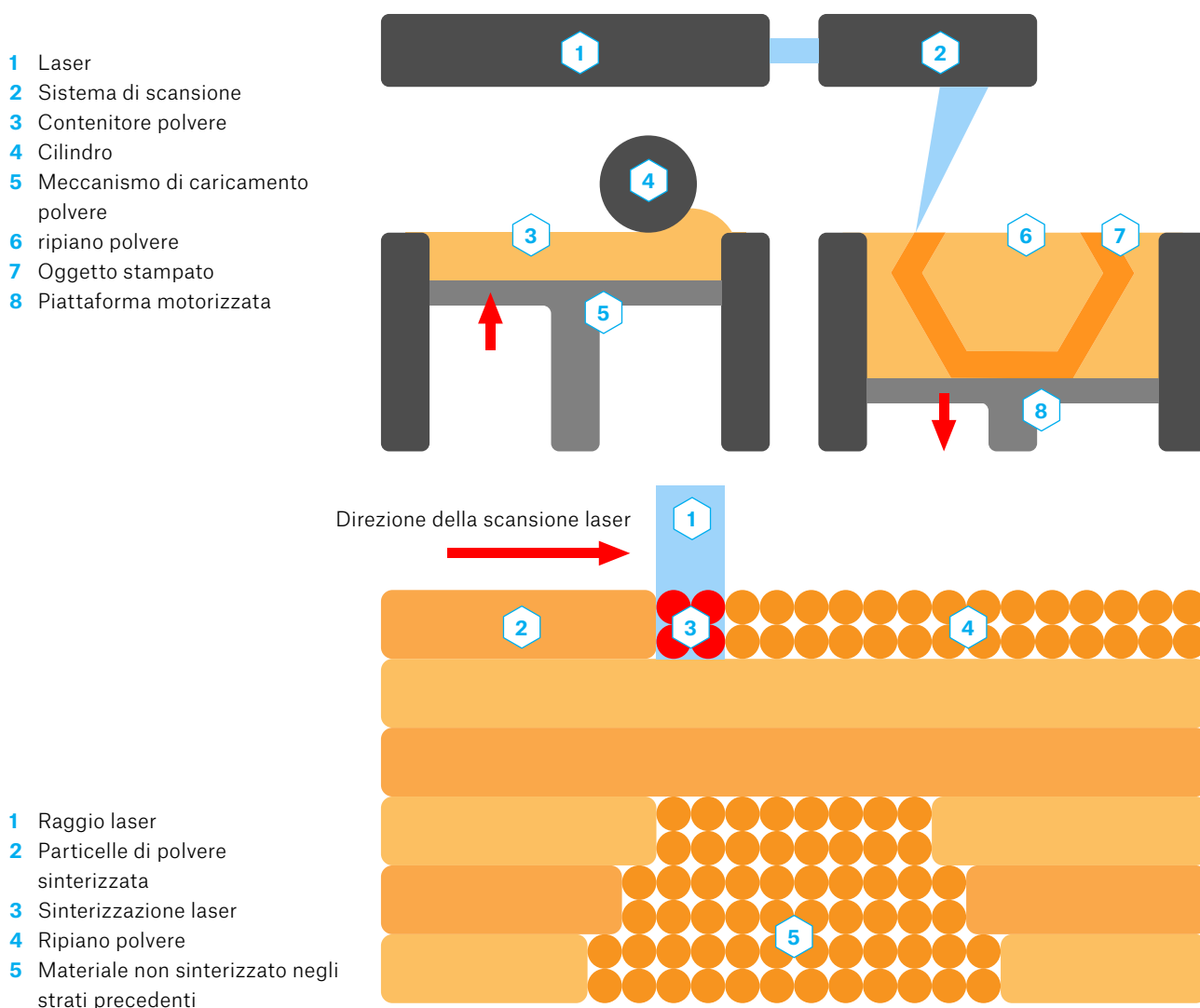
Telaio in alluminio massiccio

Le stampanti 3D SLA sono generalmente più costose delle macchine FFF. Le stampanti 3D SLA più economiche e utilizzabili partono da circa 250 dollari, mentre le macchine professionali superano i centomila dollari. La Original Prusa SL1S SPEED parte da 1.979 EUR / 1.999 USD. Inoltre, quando si sceglie una stampante 3D SLA, è consigliabile scegliere un modello compatibile con resine di terze parti, in modo da non essere vincolati a un unico produttore.

SLS / DMLS

Altri tipi di tecnologie di stampa 3D sono SLS e DMLS, che utilizzano un processo chiamato sinterizzazione. In sostanza, ogni volta che viene stampato un nuovo strato, un cilindro diffonde un sottile strato di polvere fine sulla piattaforma, che viene quindi sinterizzato con un laser nella forma richiesta. Al termine della stampa, l'intero oggetto è coperto con la polvere di stampa. Questo processo richiede che gli oggetti stampati abbiano fori per la rimozione della polvere in eccesso. Il materiale non sinterizzato può essere riutilizzato per le stampe successive, il che significa che viene sprecato pochissimo materiale. Un altro vantaggio è il fatto che gli strati sono quasi invisibili.

Queste stampanti non sono molto diffuse tra il pubblico, i prezzi sono notevolmente più alti: le macchine più economiche partono da circa 6.000 USD.





LA SCELTA DI UNA STAMPANTE 3D

Prima di scegliere una stampante 3D, è essenziale definirne lo scopo d'uso. Forse ti aspettavi un lungo elenco di stampanti ordinate dalla migliore alla peggiore, ma è praticamente impossibile farlo senza semplificare eccessivamente le cose. Invece, vorremmo presentarti una serie di domande che dovresti porti prima di acquistare una stampante 3D. Rispondere a questi quesiti ti aiuterà a selezionare la macchina giusta per i tuoi scopi.

A quale fascia di prezzo stai puntando? Stampanti professionali costose o prodotti cinesi economici?

Il prezzo riflette la qualità della fabbricazione e la durata di vita della stampante, oltre ad altre funzionalità che non possono mancare. Alcune stampanti più economiche sono spesso accompagnate da una lunga lista di modifiche che l'utente deve apportare prima di iniziare a utilizzare la macchina. Se sei alla ricerca di qualcosa che funzioni subito, potresti dover modificare le tue preferenze.

Qual è l'assistenza clienti per la stampante? Esiste una comunità attiva, che potrebbe potenzialmente aiutarti in caso di problemi? La stampante è open source? Che dire riguardo ai pezzi di ricambio e aggiornamenti?

Il supporto della community è un fattore chiave nella scelta di una stampante 3D. Come per gli smartphone, dove le community attive prolungano la vita del dispositivo grazie agli aggiornamenti, le stampanti 3D open-source beneficiano di utenti impegnati che sviluppano aggiornamenti e parti di ricambio, aumentando la longevità.

La velocità è importante?

Quando si sceglie una stampante 3D, è facile perdersi tra numeri su velocità e altre informazioni. Anche se sembrano importanti, spesso sono teorici. La testina deve fermarsi e muoversi più volte senza mai raggiungere le velocità dichiarate. Anche materiale e modello influenzano la velocità. Se è troppo alta, i layer potrebbero non attaccarsi e la stampa fallire. Quindi, invece di fissarti sui numeri dichiarati, concentrati su qualità e community.

Quali sono i costi di gestione?

Alcuni produttori limitano l'uso ai propri materiali e ricambi originali. Ciò aumenta i costi di gestione e limita anche la gamma di materiali supportati.

Di quali dimensioni hai bisogno per la superficie di stampa?

Può sembrare una buona idea avere una superficie di stampa ampia, ma di solito finisce per costarti di più. Il PLA è un tipo di plastica che di solito non può essere stampata più grande di 20 cm per ogni direzione, perché quando si scalda si espande e la stampa può staccarsi. Puoi sempre tagliare il modello in più pezzi e incollarli insieme.

Che livello di dettagli ti serve?

La qualità e il livello di dettaglio degli oggetti stampati su una stampante FFF possono essere influenzati utilizzando un ugello di diametro diverso e selezionando i materiali, la velocità e le temperature giuste. Tuttavia, è vero che il livello di dettaglio delle stampanti FFF è inferiore rispetto alle stampanti SLA.

Una stampante a singolo materiale è sufficiente o hai bisogno di una stampante 3D multi-materiale (o anche a colori)?

Scoprirai di più sulla stampa a più colori nel prossimo capitolo.



Abbiamo trattato ampiamente l'argomento della scelta della stampante 3D su prusa3d.com. Vai su [Come scegliere una stampante 3D](#) e scopri il mondo della stampa 3D.

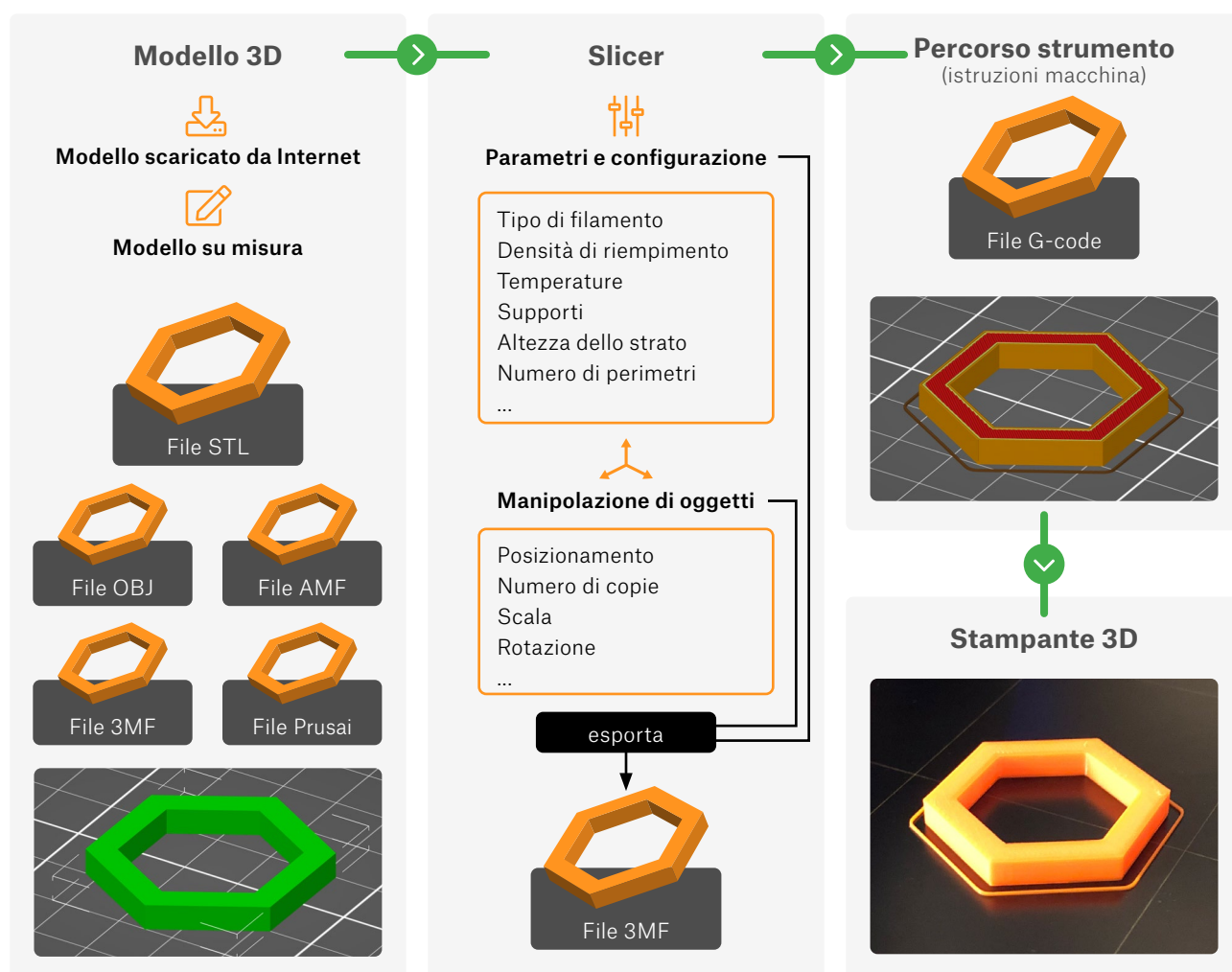
DAI UN'OCCHIATA AL CORSO DI PRUSA ACADEMY!

Questa parte è solo un breve riassunto dell'argomento. Per approfondire il tema della creazione dei tuoi modelli, ti consigliamo di dare un'occhiata al corso Principi di progettazione di parti stampate in 3D nella sezione Academy di prusa3d.com.

Il processo di stampa 3D consiste in tre fasi principali. Innanzitutto, è necessario ottenere un modello 3D stampabile. Quindi, è necessario prepararlo per la stampa e l'ultimo passaggio è il lavoro di stampa stesso. Diamo un'occhiata a tutto da una prospettiva generale. In seguito, andremo più nel dettaglio.

Il primo passo è ottenere un oggetto 3D, generalmente un file STL. Tuttavia, questo formato non è riconosciuto dalle stampanti 3D e non è direttamente stampabile. Per modificare un file STL devi usare uno strumento chiamato "slicer". Ci sono diversi programmi di questo tipo, alcuni sono gratuiti (PrusaSlicer), altri sono a pagamento (Simplify3D) e funzionano solo con alcune stampanti, quindi bisogna sceglierne uno giusto per la propria macchina. Puoi importare un file STL nello slicer che preferisci, impostare i parametri di stampa e poi esportare il risultato finale come un "G-code", che è in pratica l'oggetto 3D originale diviso in strati sottili e convertito in una serie di comandi che la stampante 3D capisce. Inoltre, gli slicer aggiungono altre informazioni ai G-code, come le temperature, le impostazioni di raffreddamento e altro. Poiché il G-code è specifico per ogni stampante, i modelli 3D vengono condivisi in formato STL: gli utenti possono così processarli singolarmente per la propria stampante / filamento.

Il diagramma qui sotto mostra i singoli passi che portano ad una stampa riuscita.



Trovare un modello 3D

In linea generale, è possibile ottenere un modello 3D con uno dei metodi seguenti:

1. Scaricando il modello 3D da internet
2. Creando il proprio modello
3. Effettuando una scansione 3D di un oggetto reale

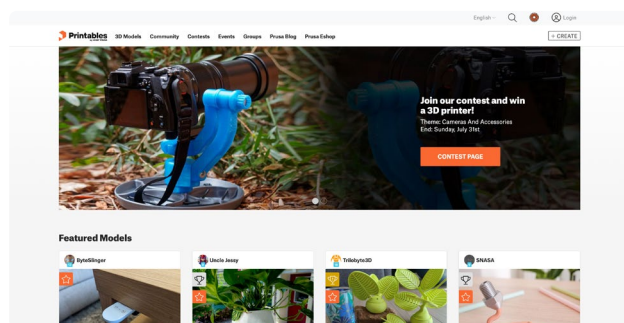
Tramite librerie online e Hub 3D

Il modo più semplice per iniziare con la stampa 3D è trovare oggetti 3D disponibili gratuitamente su Internet. Di solito sono disponibili nei formati di file .stl o .obj. Esistono numerosi siti web che offrono una vasta gamma di modelli scaricabili. I migliori sono elencati di seguito:

Printables

Modelli gratuiti e a pagamento

www.printables.com

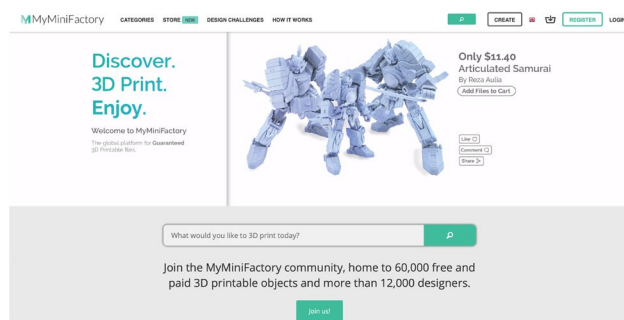


La libreria online di modelli per eccellenza per tutti i possessori di stampanti 3D, in continuo sviluppo. Con funzioni come il Community Feed, l'anteprima degli oggetti 3D, gli obiettivi, le ricompense fisiche e i concorsi della community, Printables è in grado di soddisfare tutte le tue esigenze di stampa 3D.

MyMiniFactory

Modelli gratuiti e a pagamento

www.myminifactory.com

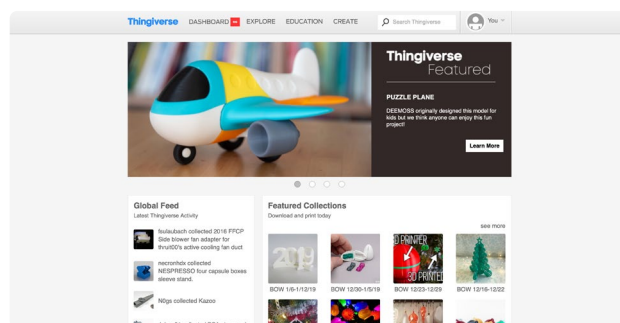


Un repository famoso con oggetti stampabili in 3D curati da designer professionisti. Tutti i modelli vengono testati prima della pubblicazione, quindi puoi essere sicuro di ricevere STL di qualità. Il prezzo dei modelli a pagamento è solitamente compreso tra i 4 e i 40 dollari.

Thingiverse

Modelli gratuiti

www.thingiverse.com

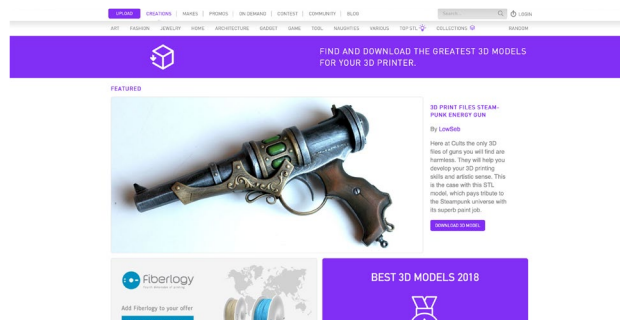


Thingiverse è una famosa libreria online con un'ampia raccolta di modelli stampabili suddivisi in diverse categorie, come Hobby, Apprendimento, Giocattoli e Giochi e altro ancora. Ogni giorno vengono aggiunti nuovi modelli.

Cults

Modelli gratuiti e a pagamento

www.cults3d.com



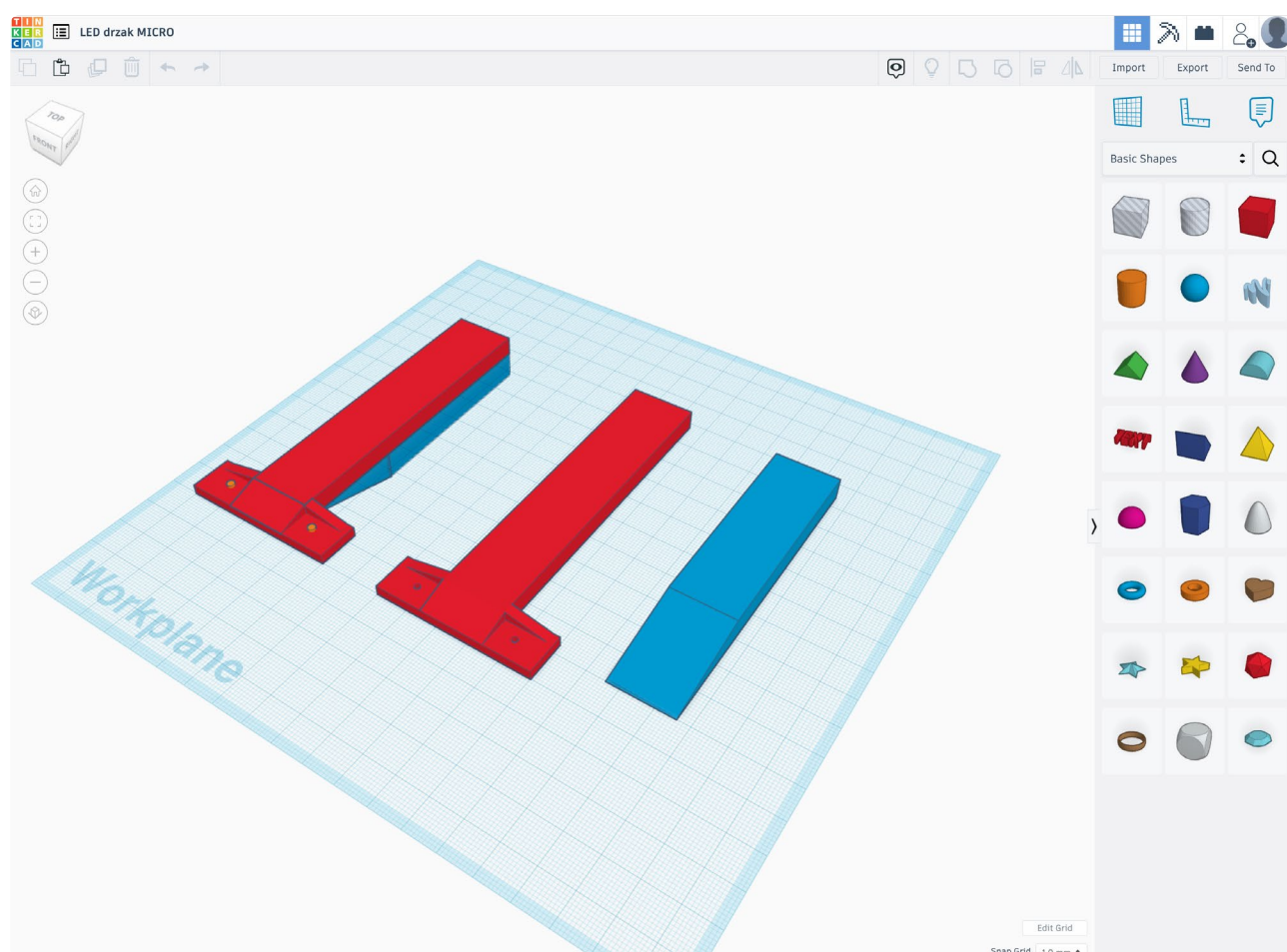
Un marketplace di file di modelli 3D in cui i creatori possono condividere gratuitamente o vendere i loro file STL. Una differenza interessante tra questo sito e gli altri sono le varie raccolte basate su marchi popolari, come Lego, IKEA o GoPro.

Software di modellazione 3D

Al giorno d'oggi, è possibile scegliere tra una vasta gamma di programmi di modellazione 3D. Esistono applicazioni semplici e facili da imparare (e spesso basate sul web) come Tinkercad. Si può provare la modellazione parametrica con OpenSCAD o utilizzare uno strumento completamente professionale come il famoso Autodesk Fusion. Tutte queste applicazioni consentono di creare un modello ed esportarlo come file STL.

Tinkercad

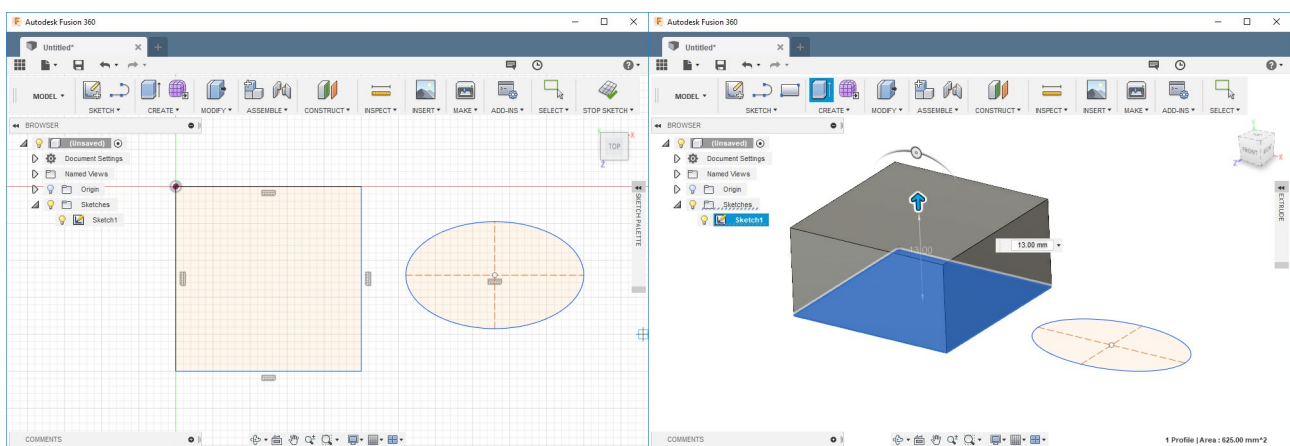
Tinkercad è un eccezionale strumento per i principianti e molto intuitivo. È gratuito, sebbene sia necessaria una registrazione. Online si trovano molti tutorial, guide e suggerimenti. Tinkercad si basa sull'idea di una libreria di base con varie forme che possono essere trascinate nella finestra principale e ulteriormente modificate. L'applicazione non ha funzioni avanzate, tuttavia può importare e modificare un file STL esistente. Tinkercad è disponibile su www.tinkercad.com.



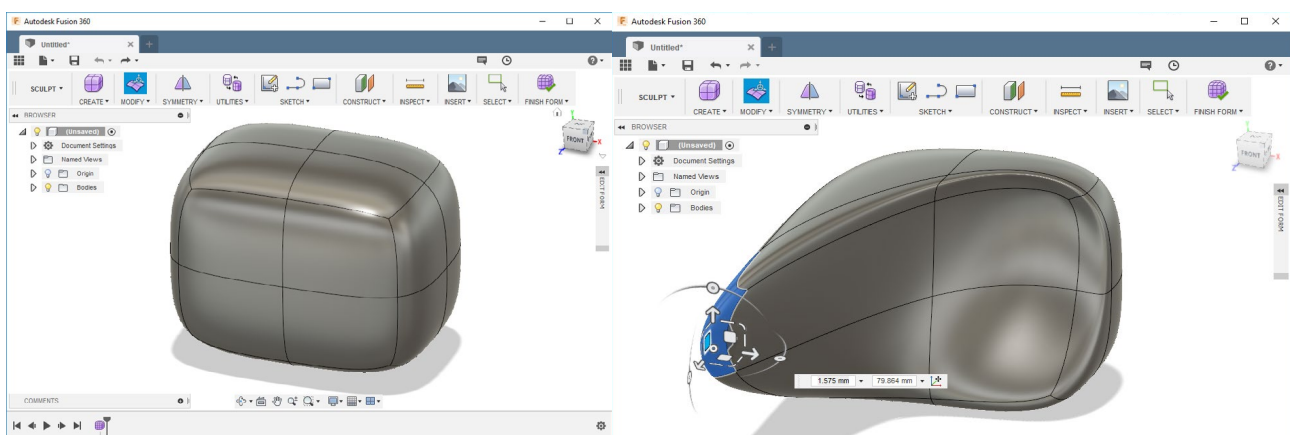
Autodesk Fusion

Se si vuole iniziare a progettare oggetti più complessi, o anche vari componenti che dovrebbero adattarsi insieme, allora bisogna scegliere uno strumento più professionale. Fusion è una scelta abbastanza comune. Gli utenti possono lavorare sia in CAD (Computer-aided Design) che in CAM (Computer-aided Manufacturing), analisi delle forze o visualizzazioni. Fusion offre non solo la modellazione parametrica, ma anche la scultura. Abbiamo un corso approfondito sulla modellazione con Fusion in Prusa Academy, disponibile su prusa3d.com, quindi diamo un'occhiata a questi due metodi solo brevemente.

La modellazione parametrica è un modo comune di creare modelli strutturali o parti meccaniche. L'oggetto parte come una forma 2D usando primitive di base (come una linea, un quadrato, un rettangolo, un punto ...). Successivamente l'oggetto viene estruso, trasformandolo in una forma 3D.



Ora, immaginate di voler creare un modello di un cane. L'uso della modellazione parametrica è inefficiente e troppo complicata, perché vogliamo creare una forma organica. È qui che entra in gioco la scultura. La scultura digitale è in qualche modo simile alla scultura del mondo reale (ad esempio utilizzando uno sculpey o materiale simile), tuttavia presenta molti vantaggi, come la funzione di annullamento. Gli oggetti primitivi in questo caso sono già oggetti 3D: cubo, sfera, cilindro, toroide e altri. Questi oggetti possono essere liberamente estrusi, schiacciati, piegati ... Vedi le immagini qui sotto.



DAI UN'OCCHIATA AL CORSO DI PRUSA ACADEMY!

Se sei interessato a creare i tuoi modelli in modo consapevole utilizzando Autodesk Fusion, ti consigliamo di dare un'occhiata al corso Modellazione 3D in Fusion nella sezione Academy di prusa3d.com.

Fusion sta diventando sempre più popolare anche grazie al fatto che l'utilizzo è gratuito per maker, innovatori, appassionati e piccole aziende con un fatturato fino a 100.000 USD all'anno. Se questo programma ti interessa, provalo: ha una comunità molto attiva. Inoltre, puoi trovare centinaia di tutorial online.

Vai su www.autodesk.com/products/fusion-360 e scarica l'app.

Blender

Blender è ad oggi probabilmente il miglior strumento di modellazione 3D gratuito disponibile.

È sviluppato con una licenza open source ed è disponibile per Windows, Mac e Linux. Potrebbe essere un po' troppo complesso per un principiante, persino caotico. Tuttavia, ha trovato la sua strada nel cuore di molti utenti. Soprattutto gli utenti con ambizioni artistiche, che non necessitano di una modellazione parametrica precisa, hanno trovato in Blender uno strumento straordinario. Scultura, texturing, animazioni ... Blender è come un coltellino svizzero tra le applicazioni di modellazione 3D.

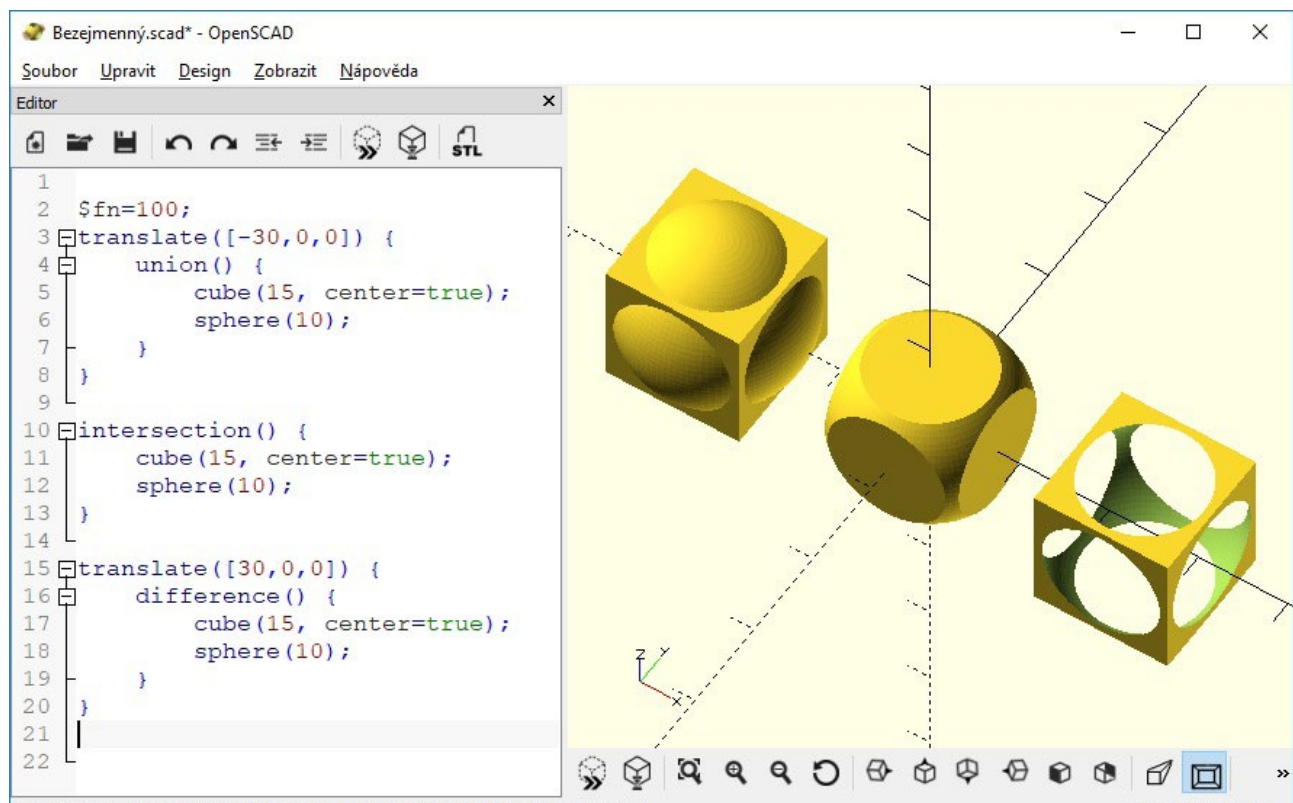


OpenSCAD

OpenSCAD è un progetto open source disponibile gratuitamente su www.openscad.org. Adotta un approccio completamente diverso alla modellazione 3D: tutto viene fatto scrivendo in codice. L'interfaccia utente è divisa in due parti. Nella sezione di sinistra l'utente definisce gli oggetti 3D "programmandoli", mentre nella sezione destra viene visualizzata un'anteprima 3D. L'applicazione funziona principalmente con un paio di primitivi (cubo, cilindro, sfera, ...) e operazioni booleane di base (unione, taglio, intersezione). Tuttavia, il programma consente anche lo scripting avanzato: è possibile utilizzare operatori comunemente noti, come if, while, for, operatori logici e altri. Se ritieni di essere più un programmatore che un artista, puoi provare OpenSCAD.

Come iniziare a creare modelli in OpenSCAD è descritto in dettaglio su:

prusa.io/openscad.



È possibile provare anche altri software come:

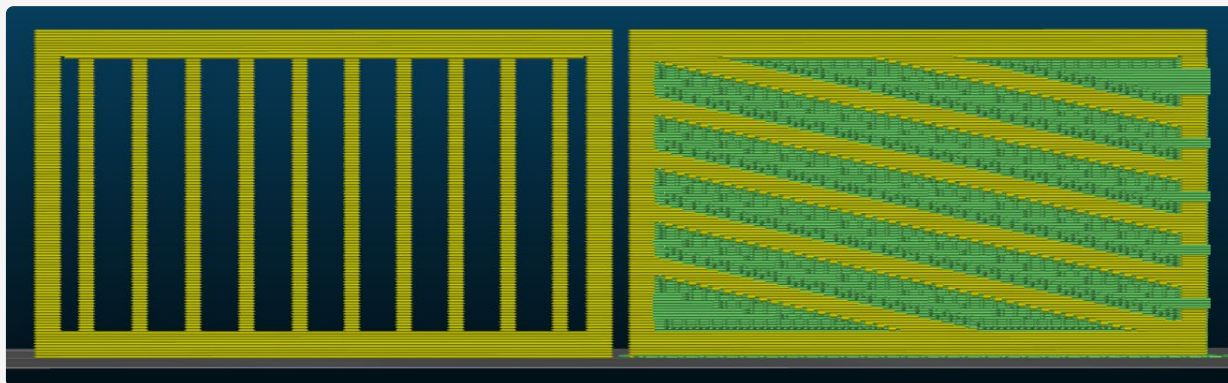
- Microsoft 3D Builder
- Meshmixer
- Rhinoceros 3D
- FreeCAD
- Autodesk Inventor
- SolidWorks
- Autodesk AutoCAD
- SketchUp

Cose da tenere a mente durante il disegno di un modello

1. Prova a minimizzare la necessità di supporti. Le stampanti 3D non possono stampare a mezz'aria, e anche le sporgenze molto grosse richiedono i supporti. Per risparmiare tempo, materiale e migliorare la qualità della superficie dell'oggetto, prova a disegnare l'oggetto in modo da minimizzare la necessità di supporti.

Diamo un'occhiata ad un esempio – devi disegnare una parte di un recinto, e sta a te decidere come devono apparire i paletti. Nell'immagine sotto, puoi vedere i due modi di disegnare la palizzata se vuoi stamparla in posizione verticale. La soluzione migliore qui sarà di stampare la parte orizzontalmente.

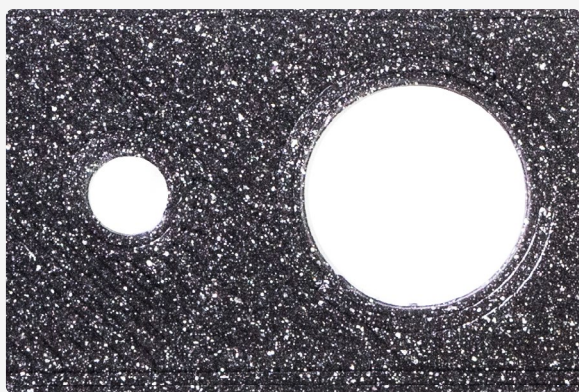
Anteprima del modello in PrusaSlicer: le strutture di supporto sono contrassegnate in verde, mentre l'oggetto stesso è giallo.



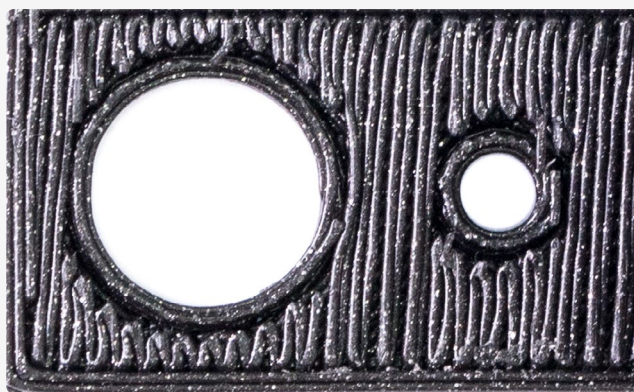
È possibile stampare questo modello senza supporti.

Per stampare correttamente questo modello sono richiesti dei supporti. Tuttavia, rimuoverli sarà difficile e la superficie del modello non sarà perfettamente liscia.

2. Decidi come posizionare il modello sul piano di stampa. Le superfici sopra i supporti non saranno lisce come quelle direttamente sul piano di stampa.



La superficie stampata direttamente sul piano di stampa è perfettamente piatta e liscia



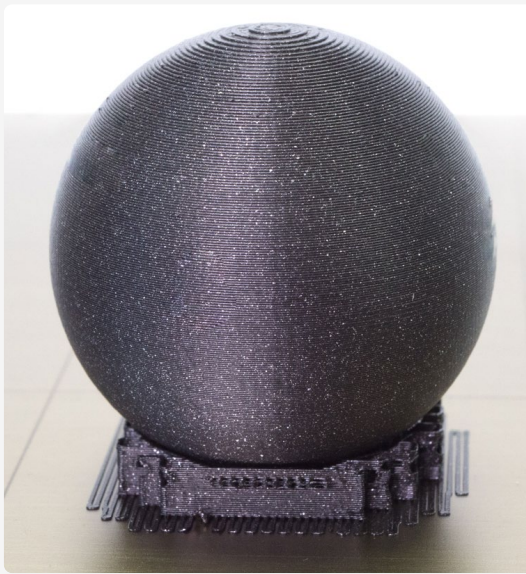
Superficie stampata sopra i supporti. La superficie è imprevedibile e ruvida. Questo è lo scenario peggiore a scopo dimostrativo. Le superfici con un angolo di sporgenza inferiore sembrano molto migliori anche con i supporti.

DAI UN'OCCHIATA AL CORSO DI PRUSA ACADEMY!

C'è molto altro da imparare e scoprire. Per immergerti completamente nella creazione dei tuoi modelli, ti consigliamo di dare un'occhiata al corso Principi di progettazione per parti stampate in 3D nella sezione Academy di prusa3d.com.

- 3.** La stampa ha una resistenza inferiore nella direzione parallela agli strati stampati rispetto alla direzione perpendicolare agli strati stampati. Se si prevede che la parte stampata dovrà resistere a determinate forze, tenere presente questo fatto.
- 4.** Valuta di dividere il modello in più parti, quindi trova le posizioni ottimali per queste parti sul piano di stampa. Prendiamo una semplice sfera come esempio. Stamparlo come una singola parte è piuttosto difficile, perché lo strato iniziale che tocca il piano di stampa è molto piccolo. È possibile aggiungere un bordo e supporti per risolvere questo problema. Tuttavia, la qualità della superficie ne risentirà (vedi sotto). Una possibile soluzione è tagliare la sfera in due parti. Stampale separatamente e poi incollale insieme.

Stampa di una sfera come un singolo oggetto. Sono interessati gli strati nella parte inferiore dell'oggetto.



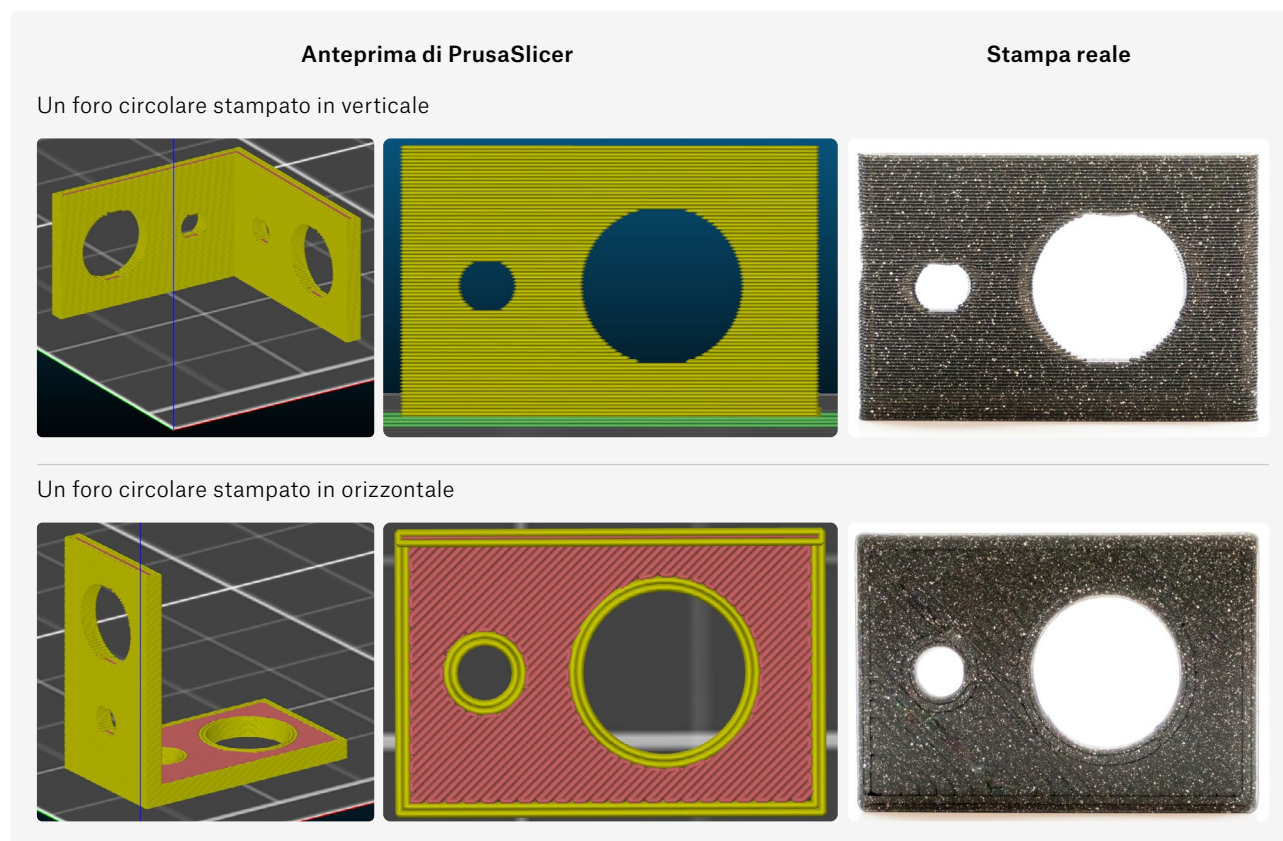
Stampa di una sfera tagliata in due emisferi, che vengono poi incollati insieme.



- 5.** Quando si modellano parti che devono adattarsi tra loro, è necessario includere una certa tolleranza. Non sarà possibile combinare due parti con dimensioni senza tolleranze. Tieni presente che probabilmente dovrai modificare le tolleranze fino a raggiungere un risultato ottimale. Non esiste un singolo valore "universale": tutto dipende dalle dimensioni del modello, dall'orientamento orizzontale o verticale, dalla forma delle parti che devono essere collegate, dalla calibrazione, dalle impostazioni, dai materiali e da altri aspetti. Quindi non preoccuparti di non riuscirci la prima volta, ci vorranno un paio di tentativi per sistemare il tutto – dopotutto, le stampanti 3D sono progettate per essere grandi macchine di prototipazione, quindi continua a reiterare fino a trovare il risultato migliore.

Un rapido esempio: se vogliamo inserire un'asta da 10 mm in un tubo, il diametro del tubo dovrebbe essere maggiore di circa 0,15 mm.

6. Un foro circolare stampato verticalmente non sarà perfettamente circolare. Per ottenere un risultato migliore, stampare i fori circolari in orizzontale come mostrato nelle immagini sottostanti.



7. La larghezza di un singolo perimetro quando viene stampato con un ugello standard da 0,4 mm è di circa 0,45 mm. Ciò influisce sulla larghezza totale delle pareti di un modello.

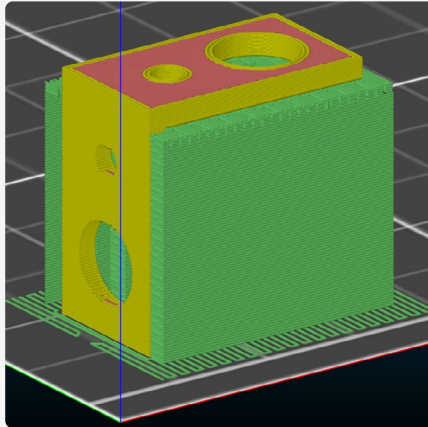
Spessore del muro	È possibile stampare?
Meno della larghezza di un perimetro	✗
Un perimetro	✓
Più della larghezza di un perimetro, ma meno di due perimetri	✗
Più del doppio della larghezza di un perimetro	✓

Esempi di possibili orientamenti degli oggetti e di come influenzano le stampe risultanti

Diamo un'occhiata ad una semplice staffa ad L con due fori su entrambe le estremità e in che modo l'orientamento dell'oggetto influisce sul suo aspetto finale. E non è solo l'aspetto ad essere influenzato, l'orientamento dell'oggetto interessa anche l'integrità strutturale e la resistenza.

- ⊕ Il lato parallelo al piano di stampa avrà fori circolari ben sagomati.
- ⊖ Troppi supporti generano molto materiale sprecato.
- ⊖ Bassa resistenza del materiale nell'angolo di 90°.
- ⊖ La parte stampata verticalmente tenderà a rompersi nella direzione degli strati stampati.
- ⊖ La parte stampata verticalmente non presenta fori perfettamente circolari.
- ⊖ La parte sopra i supporti avrà una superficie leggermente ruvida.

Anteprima di PrusaSlicer

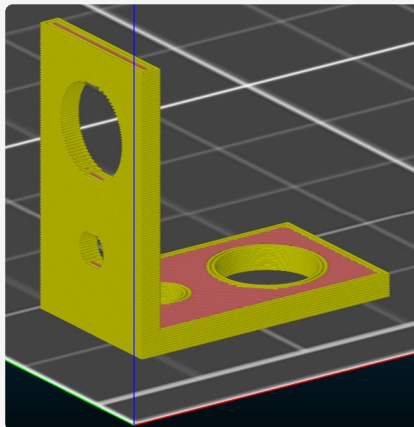


Oggetto stampato



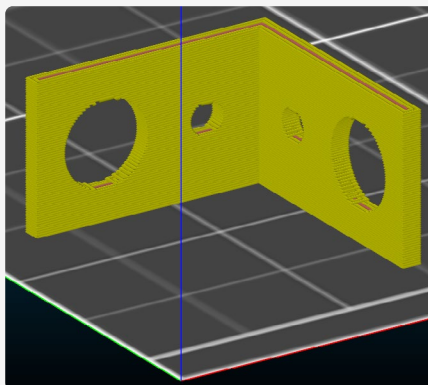
Questo non è un orientamento ottimale per questo modello

- ⊕ Il lato stampato parallelamente al letto di stampa avrà fori circolari di buona forma.
- ⊕ Nessun supporto.
- ⊖ Bassa resistenza del materiale nell'angolo di 90°.
- ⊖ La parte stampata verticalmente tenderà a rompersi nella direzione degli strati stampati.
- ⊖ La parte stampata verticalmente non presenta fori perfettamente circolari.



Questo non è un orientamento ottimale per questo modello

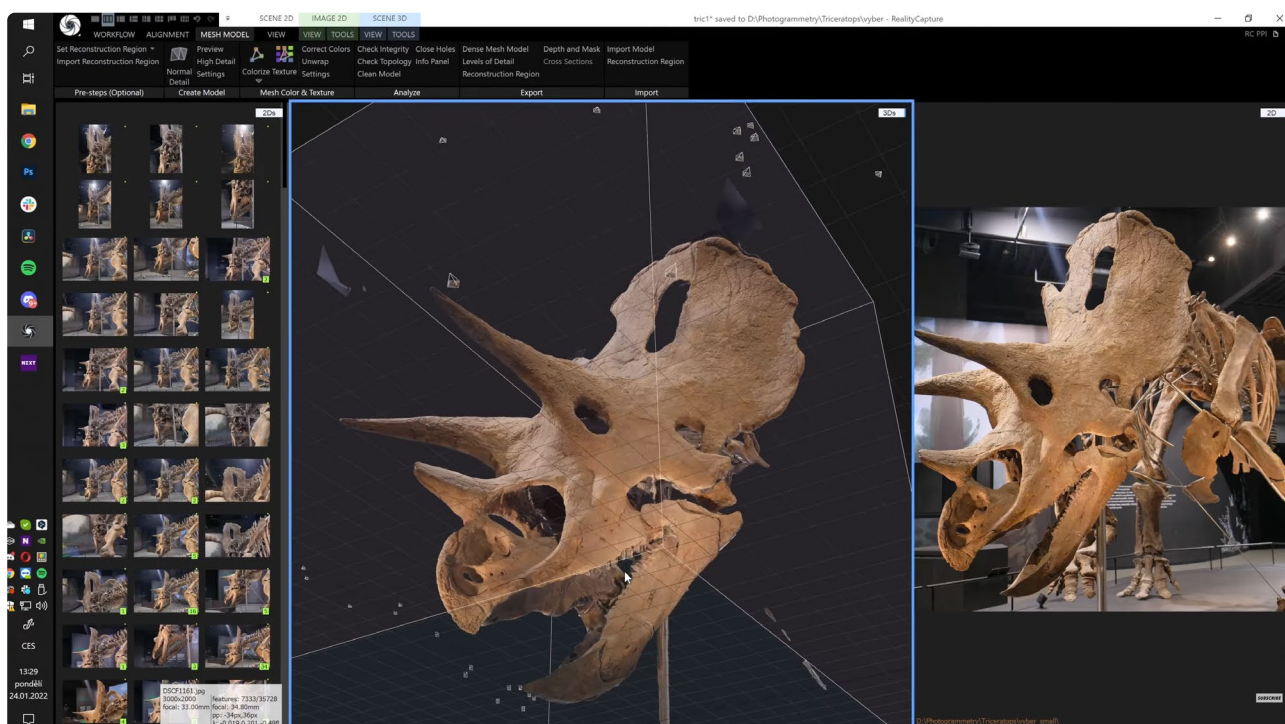
- ⊕ Massima resistenza del materiale possibile nell'angolo di 90°.
- ⊕ Nessun supporto.
- ⊖ I fori non saranno perfettamente circolari.



Questo è l'orientamento ottimale per questo modello

Scansione 3D e fotogrammetria

La scansione 3D e la fotogrammetria sono due popolari alternative per la creazione di un oggetto digitale basato su uno reale. Gli scanner 3D sono sul mercato già da un po' di tempo, ma il loro prezzo elevato li rende poco appetibili per gli utenti comuni. Gli scanner più economici possono essere acquistati anche per meno di 300 USD, mentre quelli più costosi possono andare ben oltre i 10.000 USD. È qui che interviene la fotogrammetria. È una tecnologia molto più economica, sebbene richieda del lavoro extra: l'intero principio si basa sull'elaborazione di decine, o addirittura centinaia, di fotografie di un singolo oggetto tramite un software specializzato. Un lato positivo sta nel fatto che per eseguire il lavoro è sufficiente anche una fotocamera dello smartphone. Puoi saperne di più sulla fotogrammetria su: prusa.io/photogrammetry.



Scanner 3D Sense di 3D Systems

Source: <https://3dprint.com/58221/3d-systems-sense-plus>

Scegliere il materiale di stampa corretto

Un malinteso comune è che i filamenti siano diversi semplicemente riguardo ai colori. La verità è che esistono molti tipi diversi di filamento con proprietà molto diverse. Alcuni materiali sono molto facili da stampare e permettono numerosi dettagli sugli oggetti stampati, ma la loro resistenza al calore è bassa (PLA). Altri materiali possono essere l'esatto opposto (PC Carbon Fiber).

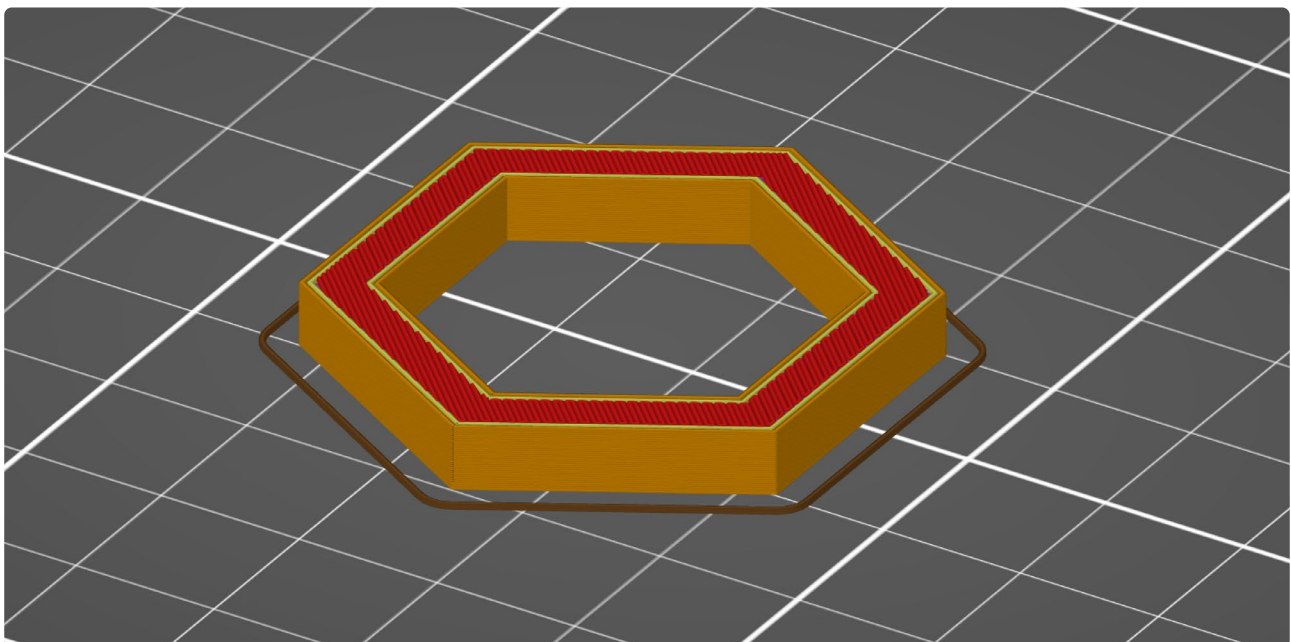


Puoi leggere di più sui materiali di stampa nel capitolo "Filamenti".

Slicing

Lo Slicing è il processo di trasformazione di un oggetto 3D in un codice macchina chiamato G-code utilizzando uno strumento software chiamato slicer. Gli slicer più comuni sono Slic3r PE (e il suo successore PrusaSlicer 2.0), Simplify3D e Cura. L'input per la generazione del G-code non riguarda solo un oggetto 3D, ma entrano in gioco anche le varie impostazioni che possono influire sul G-code e sul processo di stampa in diversi modi, come la robustezza del modello, la quantità di dettagli o la velocità di stampa. È anche possibile modificare gli oggetti: sono disponibili ridimensionamento, rotazione, taglio e altri strumenti. Ultimo, ma non meno importante: è possibile utilizzare gli slicer per posizionare gli oggetti sulla superficie di stampa virtuale. Il software è importante tanto quanto l'hardware, il che significa che le corrette impostazioni di slicing sono cruciali per una buona riuscita della stampa.

Esistono svariati slicer, ognuno con i suoi pro e i suoi contro. La maggior parte sono disponibili gratuitamente. I principianti dovrebbero mantenersi su slicer che presentano profili di slicing preconfezionati e testati per le loro stampanti. Una volta che ci si sente a proprio agio con i programmi più semplici, si possono scaricare altri pacchetti software e provare a sperimentare. Praticamente tutti i principali produttori di stampanti 3D hanno un proprio slicer ottimizzato per la loro gamma di stampanti. Diamo un'occhiata ai tre slicer maggiormente usati dai proprietari di Original Prusa i3.



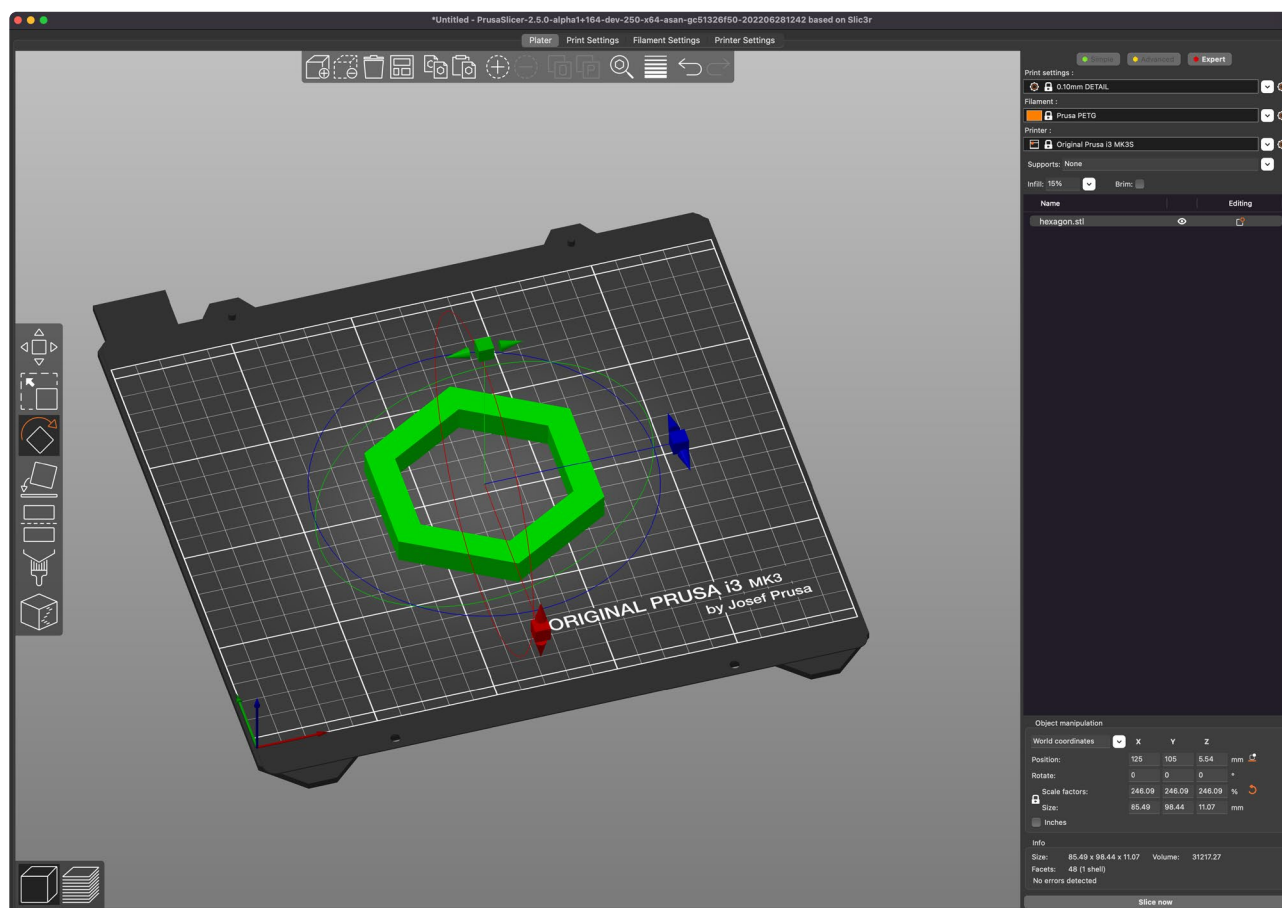
PrusaSlicer

PrusaSlicer si basa, o meglio è un “fork”, del progetto open source Slic3r. PrusaSlicer è il nostro slicer predefinito e puoi scaricare le versioni stabili da prusa3d.com/prusaslicer. L'applicazione è ricca di funzioni utili e viene aggiornata regolarmente. Presenta numerosi miglioramenti e ottimizzazioni per i prodotti Prusa Research, compresi i profili per la stampa multimateriale e per le stampanti 3D di terze parti. Inoltre, è dotata di un'enorme libreria di impostazioni predefinite e testate per tutti i tipi di materiali.

Caratteristiche:

Gratuito e open-source.

- ➞ Dispone di oltre 300 profili testati per vari filamenti, che vanno dai più popolari ai vari materiali esotici (come Woodfil e molti altri). I profili di stampa vengono aggiornati regolarmente.
- ➞ Strumento di flashing del firmware integrato per stampanti Original Prusa.
- ➞ Supporto per la stampa multi-materiale.
- ➞ Integrazione Octoprint.
- ➞ Numerose opzioni per le impostazioni di stampa, compresi gli speciali modificatori basati sull'area.
- ➞ Anteprima del modello processato che mostra l'oggetto strato per strato.
- ➞ Impostazioni di altezza del layer variabile.
- ➞ Supporto per stampanti 3D SLA.
- ➞ Generazione di supporti ad albero.
- ➞ Supporto per i profili delle stampanti 3D di terze parti.

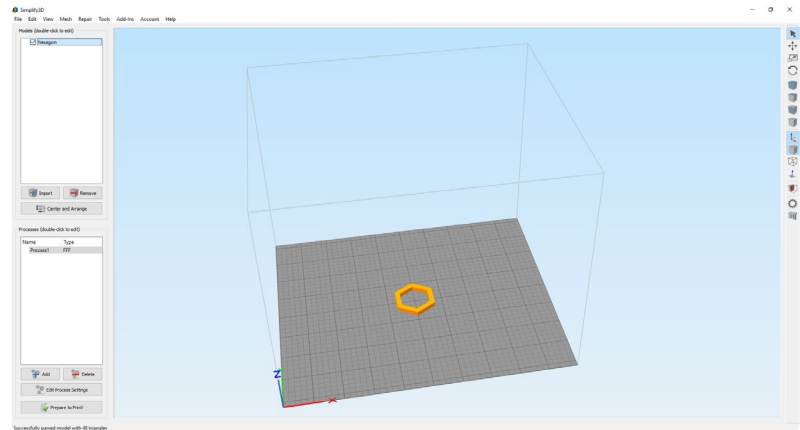


Simplify3D

Simplify3D è un software di slicing sviluppato in modo indipendente, quindi non è legato a nessun produttore di stampanti 3D o ad un modello specifico. È dotato di profili predefiniti per centinaia stampanti. Ciò è particolarmente utile se hai più di una marca di stampante 3D, dal momento che non devi creare tu stesso i profili di stampa.

Caratteristiche:

- 📦 **Software a pagamento.**
- ➡ Simulazione realistica dei movimenti dell'estrusore in modalità anteprima.
- ➡ Anteprima di oggetti 3D processati in formato G-code.
- ➡ Supporti 3D generati automaticamente con modifiche utente opzionali.
- ➡ Molte impostazioni di stampa.
- ➡ Modificatori di impostazioni basati sull'area, impostazioni di stampa specifiche dell'oggetto.

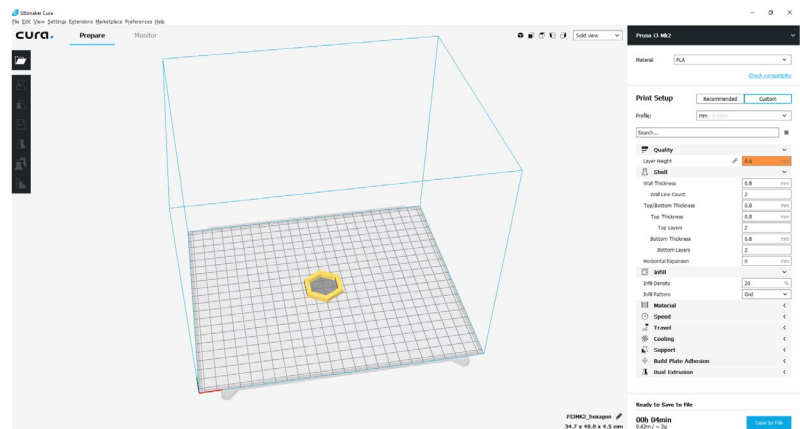


Cura

Cura è un software di slicing sviluppato da Ultimaker, un produttore di stampanti 3D. È la scelta più comune per i proprietari di stampanti Ultimaker. Tuttavia, il programma presenta numerosi profili anche per stampanti 3D di altre marche.

Caratteristiche:

- 📦 **Gratuito e open-source.**
- ➡ L'interfaccia semplice è adatta ai principianti, tuttavia sono disponibili anche impostazioni avanzate.
- ➡ Profili ottimizzati per materiali ufficiali e stampanti Ultimaker.
- ➡ Impostazioni di stampa specifiche dell'oggetto che consentono di posizionare più oggetti sullo stesso piano di stampa, ciascuno con una configurazione diversa.
- ➡ Anteprima del modello 3D processato in formato G-code.
- ➡ Mostra una suddivisione dettagliata del tempo necessario per stampare ogni sezione del modello (perimetri, supporti, riempimento e altri).



Slicer: impostazioni di base

Temperature del filamento e del piano di stampa: ogni produttore di filamenti indica l'intervallo di temperatura ottimale per i loro filamenti. È necessario attenersi ai valori consigliati. La modifica delle temperature di stampa porta a cambiamenti negli elementi visivi della stampa. La temperatura dell'ugello e del piano di stampa varia generalmente da 200 °C a 240 °C (da 392 °F a 464 °F) e da 60 °C a 100 °C (da 140 °F a 212 °F), rispettivamente.

Altezza layer: a volte chiamata anche "risoluzione dell'asse Z", ha un impatto notevole sia sui tempi di stampa che sulla complessiva finitura superficiale dell'oggetto stampato. Valori più alti portano a stampe più veloci e livelli più visibili sulla superficie dell'oggetto. Questo effetto è particolarmente evidente su superfici quasi parallele al piano di stampa. Il più delle volte, sono preferite altezze dello strato di 0,15 mm – 0,20 mm. Una minore altezza dello strato porta a stampe più dettagliate (strati meno evidenti), tuttavia, il tempo di stampa viene esteso. PrusaSlicer dispone di una funzione per configurare l'altezza variabile dei layer: ciò significa che gli utenti possono scegliere quali parti dell'oggetto avranno layer più bassi (parti dettagliate o inclinate) e quali parti potranno avere un'altezza di layer maggiore. A seconda della geometria dell'oggetto, è possibile risparmiare molto tempo di stampa utilizzando l'altezza di layer adattiva e lasciando che PrusaSlicer calcoli l'altezza di layer ottimale per le diverse parti del modello: ad esempio, i lati verticali dritti saranno stampati con un'altezza di layer maggiore, mentre i bordi arrotondati saranno più morbidi utilizzando un'altezza di layer inferiore. Clicca sul pulsante Altezza layer variabile per aprire il menu, quindi regola i cursori e guarda il risultato cliccando sul pulsante "Adattivo".

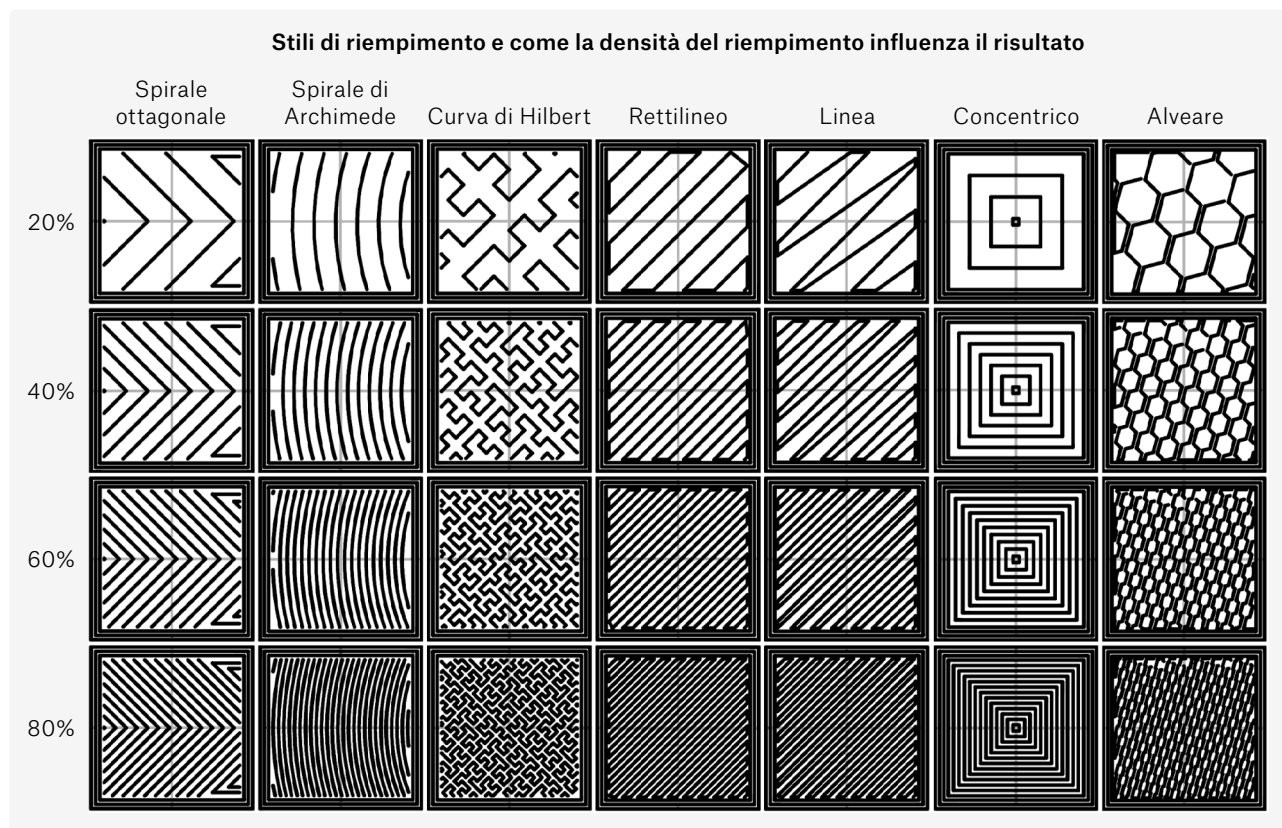
In che modo l'altezza degli strati influisce sulla superficie dell'oggetto



Gusci verticali / perimetri verticali: queste sono le pareti esterne del modello e impostando i Gusci verticali, stiamo regolando la quantità di perimetri. Lo spessore risultante della parete può essere calcolato approssimativamente come: numero di perimetri × diametro dell'ugello. Puoi saperne di più sui perimetri nella nostra guida su prusa.io/perimeters.

Gusci orizzontali / Layer solidi: sono utilizzati per configurare il numero di strati superiore e inferiore del modello, che sarà completamente solido (riempimento al 100%).

Riempimento: influenza il tempo di stampa, la robustezza dell'oggetto stampato e il filamento consumato. Il riempimento è impostato come una percentuale, mentre 0% indica un oggetto completamente vuoto. Di solito, viene utilizzato il 10-20%. È anche possibile scegliere la trama del riempimento (vedi sotto).



Supporti: sono delle strutture simili a ponteggi che supportano sporgenze o parti che iniziano a mezz'aria. I supporti sono progettati per essere facili da rimuovere, ma possono lasciare dei segni sul modello. Il nostro obiettivo è ridurre al minimo il numero di supporti ruotando (o addirittura progettando) l'oggetto in modo da ottenere un orientamento ottimale in cui sono richiesti solo pochi supporti (o nessuno). Meno supporti significa una stampa più rapida e un migliore aspetto generale del modello. In questo caso, l'introduzione dei Supporti Organici, un tipo di supporto notevolmente migliorato che imita la crescita degli alberi, è stata di grande aiuto. I supporti organici consentono di stampare più velocemente e di ridurre gli sprechi di filamento mantenendo il contatto con la sporgenza.

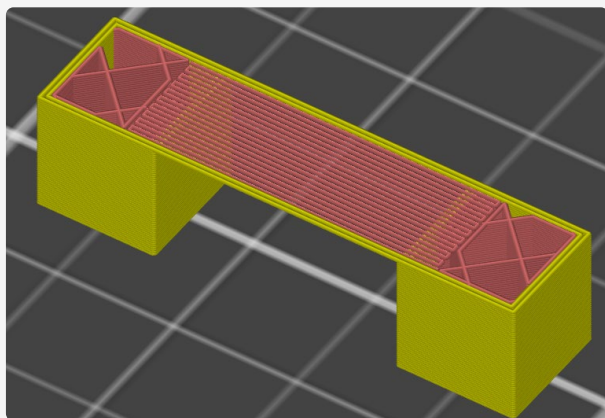


Bridging: questo è l'unico caso in cui la stampante può stampare in aria senza supporti sotto lo strato. Questo però è un caso particolare. L'estrusore può trascinare una stringa di plastica estrusa in una linea retta tra due punti solidi. Ciò significa anche che il ponte deve essere perfettamente parallelo al piano di stampa. La lunghezza massima del percorso a ponte è anche determinata dalle prestazioni di raffreddamento della stampante 3D.

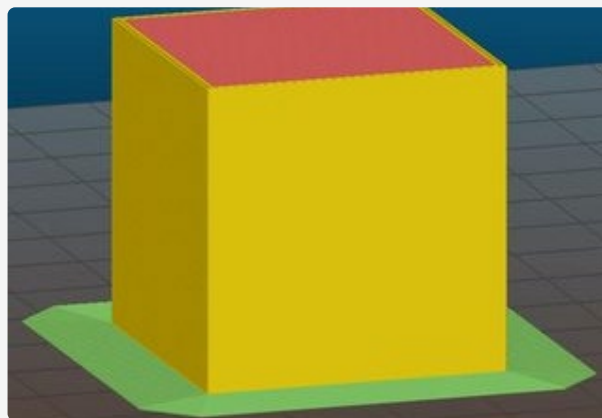
Brim: per migliorare l'adesione dell'oggetto al piano di stampa (ad es. quando si stampano oggetti piccoli / sottili), si consiglia di utilizzare il brim. È una superficie piatta aggiuntiva che impedisce all'oggetto di deformarsi / staccarsi a metà stampa. Può essere facilmente rimosso al termine del processo di stampa.

Skirt: è un contorno stampato in 3D che circonda tutti i modelli sul piano di stampa. Viene stampato all'inizio del lavoro di stampa prima di tutti gli oggetti e il suo scopo è principalmente quello di stabilizzare il flusso del filamento attraverso l'ugello. La skirt è utile anche per verificare l'adesione del primo layer al piano di stampa. Dato che viene stampato prima dei modelli, puoi cambiare rapidamente la regolazione Live Z se noti che il primo layer non aderisce correttamente o viene schiacciato troppo dall'ugello.

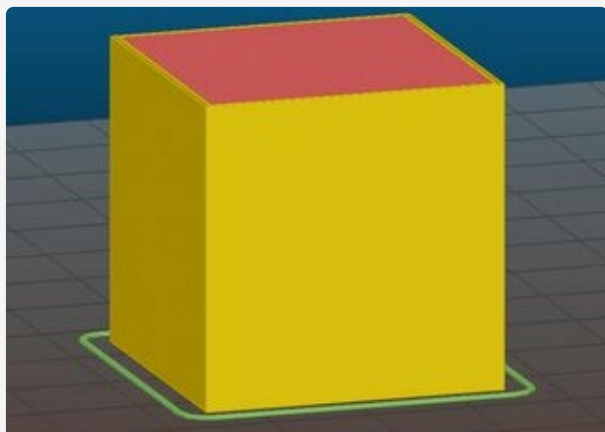
Raft: è una struttura di supporto speciale, che solleva l'intero oggetto stampato sopra la piattaforma di stampa. Viene utilizzato principalmente con materiali come ABS, perché aiuta a prevenire la deformazione / sollevamento dell'oggetto dalla superficie di stampa.



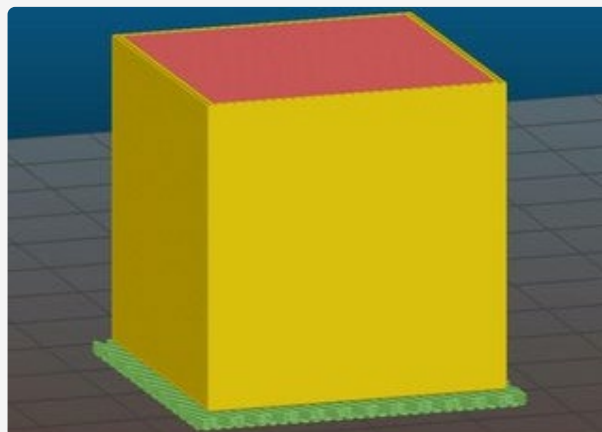
Bridging



Brim



Skirt



Raft

Raffreddamento: è consigliato raffreddare attivamente gli oggetti stampati, in particolare le strutture sottili e alte, che non hanno abbastanza tempo per raffreddarsi da sole, poiché l'estrusore tende a rimanere in un'area per lunghi periodi di tempo.

Impostazioni avanzate

Le app di slicing offrono tutta una serie di altri parametri che puoi modificare e ottimizzare: velocità per i perimetri, ponti, riempimento e molti altri. Queste impostazioni sono generalmente ottimizzate in fabbrica automaticamente, quindi non è necessario regolarle ulteriormente.

Puoi leggere di più sullo slicing nel nostro articolo su prusa.io/prusaslicer.

Preparazione della superficie di stampa



La preparazione della superficie di stampa è la chiave per una stampa ben riuscita. Se la stampante non è calibrata correttamente e la superficie non consente una buona adesione, il processo di stampa non verrà eseguito. Accertarsi sempre che il primo strato aderisca bene alla superficie di stampa.

Lo sviluppo delle stampanti 3D ha riguardato anche diverse versioni della superficie di stampa. Inizialmente, esistevano solo piani standard in vetro o specchio senza riscaldamento aggiuntivo. Per aumentare l'adesione, veniva utilizzato l'ABS Juice (piccoli frammenti di ABS disciolti in acetone). Alternativamente si poteva usare un nastro in kapton o la colla per carta (Kores). Questo comportava che lavorare con la stampante era un po' complicato. In seguito, con la scoperta della pellicola PEI, è cambiato tutto. È possibile trovare la superficie PEI su tutte le stampanti Original Prusa i3 a partire dalla versione MK2. Questo tipo di superficie non necessita di preparazioni lunghe e complicate, basta mantenerla pulita e sgrassata. È compatibile con una vasta gamma di materiali e l'unica volta in cui è necessario utilizzare la colla Kores (colla stick) è quando si desidera stampare con il PET. In questo caso, la colla funge da separatore, perché l'adesione del PET potrebbe essere troppo forte, il che rende difficile rimuoverlo dal piano.

Al giorno d'oggi esistono diverse piastre di stampa per le stampanti 3D Original Prusa che offrono varie proprietà superficiali e sono ideali per diversi tipi di materiali. Alcuni possono anche influire sull'aspetto visivo della stampa: la piastra di stampa con verniciatura a polvere testurizzata trasferisce la sua texture ruvida sul fondo delle stampe.

Avvio della stampa

Avviare la stampa vuol dire inviare il G-code generato ad una stampante 3D. Diamo un'occhiata alle opzioni disponibili.

La stampante 3D ha bisogno di un accesso continuo alle istruzioni G-code sequenziali per tutta la durata del lavoro di stampa.

Per questo motivo si consiglia di utilizzare una scheda SD o una chiavetta USB.

Le moderne stampanti 3D dispongono di Wi-Fi, LAN e funzioni di avvio della stampa da remoto come la maggior parte dei dispositivi. Tuttavia, i metodi tradizionali, come le schede SD e le connessioni USB, sono destinati a rimanere per un po' di tempo, almeno per la loro affidabilità e facilità d'uso, anche in ambienti offline o in reti chiuse o limitate.

Altre opzioni di gestione remota delle stampanti sono Prusa Connect o OctoPrint. Queste piattaforme ampliano le possibilità di controllo e gestione dei processi di stampa 3D attraverso l'interfaccia utente del browser web.

Post-produzione

Gli oggetti stampati in 3D di solito sono pronti per essere utilizzati una volta terminata la stampa, questo vale soprattutto per le parti funzionali. Se hai delle necessità aggiuntive riguardo alla superficie dell'oggetto o sull'aspetto generale, devi sistemare la superficie usando diversi strumenti. Questo si chiama post-produzione.

La post-produzione copre una vasta gamma di tecniche, materiali, strumenti e procedure con l'obiettivo di rendere la superficie dell'oggetto stampato liscia, colorata e di bell'aspetto in generale. I modelli in plastica possono essere levigati (l'uso di levigatrici elettriche di solito danneggia il modello a causa delle alte temperature create dall'eccessivo attrito), riempiti con stucco, spruzzati con un filler, laminati, colorati con acrilici o con uno spray ... Tuttavia, l'applicazione di materiale aggiuntivo sul modello può far scomparire i dettagli più piccoli.



Puoi saperne di più sulla rifinitura nel nostro articolo su: prusa.io/postprocessing.

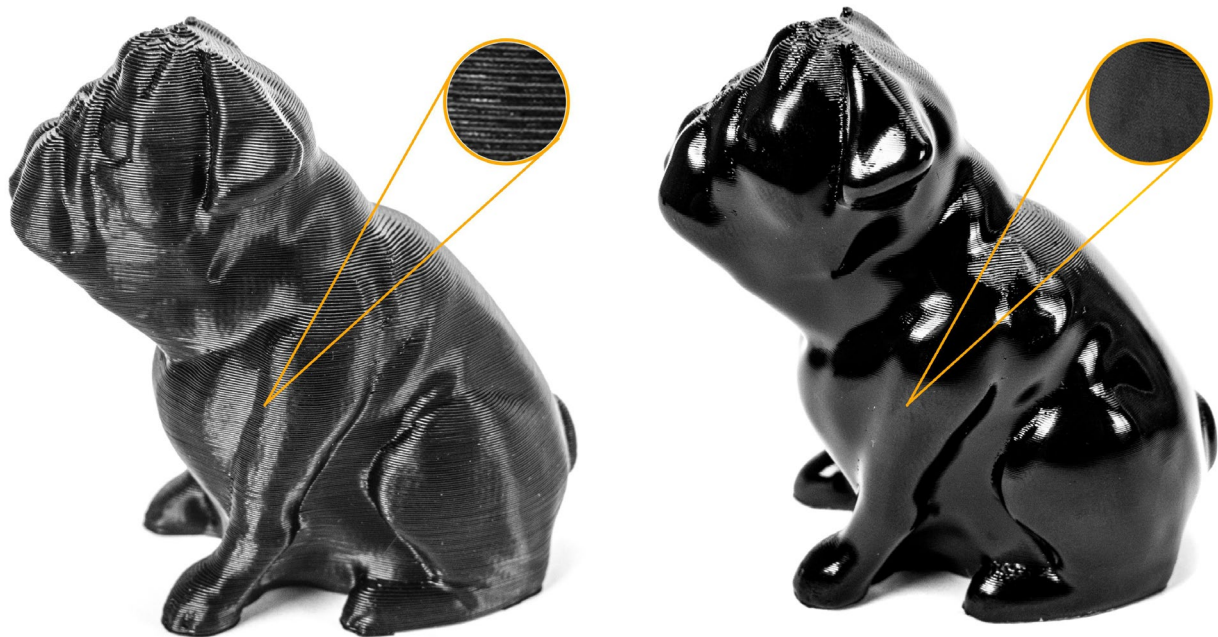


Incollaggio dei modelli e levigatura con acetone

ABS e ASA sono dei materiali solubili in acetone. Questo può anche essere usato per incollare tra loro i modelli stampati: spalmare le superfici che si desidera incollare con un po' di acetone e unirle.

L'acetone può anche essere usato per levigare la superficie dei modelli stampati in 3D. Puoi immergere il modello in acetone per un tempo molto breve (5-10 secondi) oppure puoi posizionare il modello in un contenitore sigillato con acetone sul fondo: l'oggetto non toccherà la superficie, ma i vapori levigheranno la superficie dopo un po'.

Levigare la superficie porta alla perdita di piccoli dettagli.



AVVERTIMENTO!

L'acetone è un liquido infiammabile volatile – assicurarsi che la stanza sia ben ventilata. Usare guanti e occhiali protettivi.

Altri suggerimenti:

- ➞ Le cosiddette "stringhe" (fili sottili sulla superficie) possono essere facilmente rimosse con una pistola termica. Occorre però essere rapidi con l'uso della pistola termica, altrimenti l'oggetto potrebbe deformarsi a causa del calore eccessivo.
- ➞ Materiali come il PLA e PETG possono essere incollati tra loro usando qualsiasi buona colla. È possibile utilizzare un attivatore per accelerare il processo.



Il PLA è un materiale solubile in cloroformio (triclorometano). Tuttavia, il cloroformio non è adatto per levigare gli oggetti stampati (come la combinazione ABS / acetone), poiché consuma la superficie. Il cloroformio può essere usato come colla per unire parti insieme, ma una colla al metacrilato comune è un'opzione molto migliore. Il cloroformio è una sostanza pericolosa e deve essere maneggiato con cautela e in aree ben ventilate.



FILAMENTI

Con l'aumentare della popolarità delle stampanti 3D, i produttori producono anche nuovi filamenti con vari colori o proprietà speciali. Attualmente, la gamma di filamenti disponibili è piuttosto ampia e ci sono molti materiali tra cui scegliere: il PLA, facilmente stampabile e molto popolare, il PETG, universale ed adatto per la stampa di parti meccaniche, il PC Carbon Fiber, molto duro e resistente alla temperatura, materiali compositi che imitano l'aspetto del legno o del bronzo, filamenti luminescenti, materiali morbidi e flessibili e molti altri.

Ogni filamento richiede impostazioni di stampa specifiche, il che significa che lo stesso tipo di materiale di due produttori diversi può avere requisiti di stampa diversi. È anche possibile che il filamento di un singolo produttore abbia requisiti di stampa diversi in base al suo colore (ad esempio PLA rosso vs blu).

Per raggiungere la miglior qualità possibile durante la stampa, fare sempre riferimento alle temperature di stampa consigliate dal produttore. Abbiamo profili per la maggior parte dei filamenti supportati da PrusaSlicer. Solo nel caso in cui le stampe presentino problemi visibili, puoi iniziare a modificare il profilo del materiale in PrusaSlicer – questo include le temperature, la velocità della ventola, la velocità di stampa, il flusso del filamento, le retrazioni e altre impostazioni.

I filamenti utilizzati più frequentemente sono PLA, PETG e ASA. Spiegheremo in che modo questi materiali differiscono e in quali situazioni si comportano meglio. Ma ci sono anche altri materiali interessanti sul mercato – in effetti, ci sono così tanti materiali che il modo migliore per saperne di più al riguardo è visitare la nostra Nozioni Base con la guida ai materiali o i siti web dei produttori.

Se sei un principiante della stampa 3D, la cosa più importante da cui iniziare è familiarizzare con i materiali “di base” e imparare in quali situazioni si comportano meglio. Il materiale più intuitivo è il PLA. Consideriamo i filamenti di PLA la base per la nostra guida e vediamo come si confrontano gli altri materiali popolari.



PLA

Il PLA è probabilmente il filamento più utilizzato in generale.

Ecco perché:

- ➞ È facile da stampare. Cosa significa in realtà? Ha un'ottima finitura superficiale e un'accettabile finitura superficiale sopra i supporti e in sporgenze elevate. Buono per la stampa di modelli piccoli e dettagliati. Non emana alcun odore sgradevole durante la stampa.
- ➞ Bassa dilatazione termica rispetto ad altri materiali. Non si deforma e si attacca bene al piano di stampa. Ecco perché è adatto anche per la stampa di oggetti di grandi dimensioni.
- ➞ Il PLA è disponibile in un'ampia varietà di colori.
- ➞ Uno dei materiali più economici.

Quindi perché abbiamo bisogno di altri materiali?

- ➞ Il PLA è duro e fragile. Ha una tendenza a rompersi e frantumarsi sotto pressione.
- ➞ Il PLA non è resistente alla temperatura, inizia ad ammorbidirsi a circa 60 ° C, il che lo rende una scelta meno ideale per stampare cose come ad esempio un supporto per smartphone per auto (rischierebbe di danneggiarsi se lasciato in macchina in un giorno caldo).
- ➞ Rispetto al resto dei materiali popolari, il PLA presenta la peggiore resistenza agli agenti atmosferici.

In queste tre situazioni, PETG e ASA sono le scelte migliori.



PETG, ASA e PC (Policarbonato)

Questi tre materiali sono più flessibili rispetto al PLA, il che significa che si fletteranno leggermente sotto pressione e non si romperanno immediatamente. Sulla scala dai materiali più semplici a quelli più difficili da stampare, il PETG si colloca tra PLA e ASA / PC. Il problema con ASA e PC è la loro espansione termica. Questi materiali tendono a piegarsi e deformarsi durante la stampa, il che li fa staccare dal piano di stampa – soprattutto gli oggetti più grandi hanno una tendenza maggiore a deformarsi e piegarsi, rendendoli più difficili da stampare. Inoltre, ASA produce un odore molto evidente durante la stampa, molto più forte del PETG o del PLA. Inoltre, rispetto al PLA, il PETG ha una finitura superficiale più brillante, ma anche una tendenza a creare stringhe di filamenti durante il movimento dell'estrusore.

A cosa servono ASA / PC e qual è la differenza tra loro?

L'ABS è stato il primo materiale ampiamente disponibile per la stampa 3D. Con l'evoluzione del settore, sul mercato sono comparsi materiali nuovi e migliorati. L'ASA è considerato il successore dell'ABS. La maggior parte delle loro proprietà sono le stesse, ma l'ASA è migliore in alcuni casi. ASA è un materiale stabile ai raggi UV e ha anche una minore dilatazione termica, che semplifica la stampa (rispetto all'ABS).

L'ASA e il policarbonato sono generalmente considerati materiali tecnici. L'ASA è considerato il successore dell'ABS, il primo materiale ampiamente disponibile per la stampa 3D.

L'ASA è un materiale stabile ai raggi UV, resistente al calore e con un'espansione termica leggermente inferiore, che lo rende più facile da stampare. L'aspetto più apprezzato dell'ASA è che può essere levigato con i vapori di acetone.

Il policarbonato è leggermente più difficile da stampare ma ha una grande resistenza meccanica e chimica. È leggermente più difficile da stampare rispetto all'ASA, ma è molto più adatto a stampare parti meccaniche e resistenti al calore rispetto al PETG e all'ASA.

E questo riguarda PLA, PETG, ASA e PC – questi sono buoni materiali per la stampa 3D in generale. Potresti volere qualcosa in più, però. Diamo un'occhiata ad alcuni materiali che vengono utilizzati meno spesso, ma offrono alcune caratteristiche interessanti, ed il loro prezzo tende ad essere più elevato.



Flessibili (TPU/TPE/TPEE)

I materiali flessibili sono un grande gruppo di filamenti speciali con proprietà flessibili. Questi materiali sono in qualche modo simili alla gomma: quando li pieghi, non si rompono. I materiali flessibili sono prodotti con diversi livelli di durezza. Più il materiale è morbido (più "flessibile"), più è difficile da stampare. I filamenti flessibili possono essere utilizzati per stampare ruote per modelli telecomandati, custodie per telefoni cellulari, etc. Tuttavia, tieni presente che gli oggetti stampati non hanno lo stesso livello di aderenza della gomma. In altre parole, per auto RC ad alte prestazioni, pneumatici acquistati nei negozi avranno prestazioni migliori.



Materiali compositi

I materiali compositi come i filamenti caricati di legno/metallo/carbonio sono costituiti dalla parte principale in plastica e da un materiale secondario mescolato all'interno. Tuttavia, questi filamenti sono solitamente caricati con materiali che ne migliorano le proprietà meccaniche o estetiche. I materiali compositi più comuni sono riempiti con fibre di carbonio, ma si possono trovare anche con fibre di vetro, fibre di Kevlar, ecc. Queste fibre aiutano i filamenti ad ottenere una perfetta stabilità dimensionale senza deformazioni, una maggiore resistenza alla temperatura, all'abrasione e così via (vedi il nostro Prusament PC Blend Carbon Fiber). Tuttavia, questi materiali sono solitamente più costosi ed è indispensabile un ugello in acciaio temprato.



Bronzefill ed altri materiali compositi metallici



Bronzefill lucidato

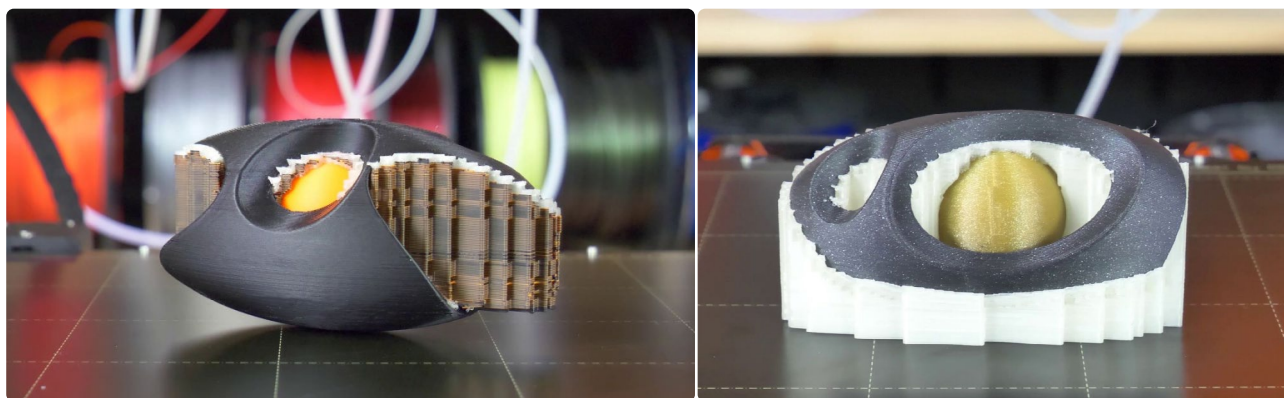
PVA e BVOH per supporti solubili

Di solito, quando si stampa un modello, la migliore pratica è quella di ruotare il modello in modo tale da ridurre al minimo il numero di supporti. Tuttavia, questo non è sempre possibile. Nella maggior parte dei casi, i supporti sono stampati con lo stesso tipo di materiale del resto del modello e alla fine, quando la stampa è finita, possiamo romperli. La superficie sopra i supporti può spesso contenere tracce del materiale rotto, gli strati possono essere più visibili rispetto al resto dell'oggetto etc.

Esistono stampanti 3D in grado di stampare con due o più materiali contemporaneamente (ad esempio la nostra stampante 3D Original Prusa con il Multi Material Upgrade 3 o una Original Prusa XL con testine di stampa multiple), avendo così la possibilità di utilizzare un materiale diverso per stampare i supporti: è qui che entrano in gioco i materiali solubili, come PVA e BVOH. Grazie a questi materiali, il parametro della distanza di supporto (che viene utilizzato per una più facile rimozione dei supporti standard) non è più necessario, poiché semplicemente dissolveremo il materiale in acqua. Tuttavia, questi materiali sono più costosi dei filamenti standard. È possibile ridurre il consumo di filamenti utilizzando solo i materiali solubili sull'interfaccia (un paio di strati tra i supporti di un materiale standard e l'oggetto stesso).

I materiali BVOH e PVA funzionano al meglio in combinazione con PLA, soprattutto a causa delle temperature di stampa simili. Sia BVOH che PVA sono solubili in acqua.

L'HIPS è un materiale di supporto solubile in D-limonene (lemonesol) o acetone e funziona meglio in combinazione con il PETG.



Altri materiali

PP – maggiore resistenza alla temperatura rispetto ad ABS o PLA. Chimicamente resistente, flessibile, ha difficoltà ad aderire alla superficie di stampa.

Nylon – materiale resistente con ottima adesione tra gli strati. Il nylon è resistente all'attrito, quindi è adatto per la stampa di parti meccaniche, ma è anche idroscopico (assorbe l'umidità dell'aria), il che ha un impatto negativo sulla stampa.

PVB – materiale facile da stampare con impostazioni simili al PLA, ottimo per la levigatura della superficie con l'alcol isopropilico. Il PVB ha un bell'aspetto e una buona trasparenza, ma ha scarse proprietà meccaniche e resistenza alle temperature.



STAMPA 3D MULTICOLORE

Finora abbiamo discusso solo della stampa 3D monocromatica. Quindi la domanda ovvia è se è possibile stampare con più colori contemporaneamente. Certo che lo è! C'è anche più di un'opzione. Ci sono vantaggi e svantaggi dei metodi attualmente disponibili, quindi diamogli un'occhiata..



Qual è la differenza tra le stampe multi colore e quelle a colori pieni?

Nel nostro caso, stampa multi colore significa un oggetto stampato con 2-5 colori. Le stampanti a colori pieni consentono di utilizzare qualunque colore, perchè mischiano i colori CMYKW.

Il modo più semplice per ottenere stampe multicolori è scambiare manualmente il filamento durante il processo di stampa. Questa è una buona opzione per creare ad es. loghi, banner o biglietti da visita originali.

- ⊕ Non è necessario modificare la stampante 3D.
- ⊕ Nessun materiale sprecato.
- ⊖ Deve essere fatto manualmente.
- ⊖ Solo un cambio colore per livello, non è possibile avere più colori in un livello.



Se miglioriamo un po' il metodo precedente, otterremo l'Original Prusa Multi Material Upgrade 3S o la Mosaic Palette. In sostanza, questi dispositivi possono scambiare i filamenti automaticamente e anche più volte per singolo strato.

- ⊕ Permette cambi di filamento nello stesso strato.
- ⊕ Utilizza il singolo estrusore originale (o leggermente modificato): non è necessario calibrare più estrusori.
- ⊖ Spreco di materiale: la stampante deve "spurgare" il materiale dall'ugello durante i cambi di filamento.
- ⊖ Supporta solo fino a 5 colori.
- ⊖ Non è possibile mescolare i colori per creare nuove miscele.



La stampa a colori può essere ottenuta miscelando i filamenti direttamente nell'estrusore. Il principio è simile alle normali stampanti a inchiostro, l'unica differenza è che l'inchiostro viene sostituito con filamenti. Tuttavia, una stampante 3D ha bisogno di qualcosa in più dei semplici filamenti CMYK: è richiesto anche il filamento bianco (W).

- ⊕ 4-5 filamenti sono sufficienti per la stampa a colori.
- ⊕ Colori saturi.
- ⊖ Molto materiale sprecato.
- ⊖ Per ottenere buoni colori, sono necessari filamenti CMYKW "calibrati".

È inoltre possibile ottenere una stampa a colori con una combinazione di una stampante 3D e una normale stampante (inchiostro). La stampante a inchiostro combina i colori CMYK per ottenere la tonalità richiesta e il colore viene applicato sul filamento bianco, che assorbe le gocce di colore.

- ⊕ Qualsiasi colore è possibile.
- ⊕ È sufficiente un solo filamento.
- ⊕ Nessun materiale sprecato.
- ⊖ Non è possibile ottenere colori completamente saturi.



STAMPA 3D MULTIMATERIALE

Poter stampare con più colori è una cosa, ma combinare più materiali in un'unica stampa è ancora più interessante. In questo modo si possono creare parti funzionali o stampare modelli con supporti staccabili, idrosolubili o facilmente rimovibili.

Tuttavia, ci sono dei limiti: La miscelazione dei materiali per la stampa 3D dipende dalle loro proprietà meccaniche e termiche. È un lavoro più adatto a progettisti esperti e a stampanti con più testine di stampa, come la Original Prusa XL con tool-changer. Con un massimo di cinque testine di stampa, può gestire fino a cinque materiali diversi contemporaneamente con uno scarto minimo o nullo.

Ad esempio, questa resistente custodia per il trasporto di un microfono è realizzata in PETG, PLA e TPU.

- ⊕ Permette diverse combinazioni di materiali per progetti esclusivi.
- ⊕ Ideale per parti funzionali con diverse proprietà dei materiali.
- ⊕ Puoi realizzare progetti intricati con strutture di supporto diverse.
- ⊕ Modelli visivamente accattivanti e dettagliati.
- ⊕ Scarti di filamento minimi o nulli.
- ⊖ Può essere costosa a causa di stampanti e materiali specializzati.
- ⊖ Il funzionamento e la calibrazione sono più complessi.
- ⊖ Compatibilità limitata dei materiali a causa delle diverse proprietà.
- ⊖ Comporta una curva di apprendimento ed è meno facile da usare per i principianti.
- ⊖ Scarti di filamento.



Se da un lato la stampa multicolore produce modelli colorati ed elimina la verniciatura e altre fasi di post-produzione, dall'altro presenta due svantaggi significativi: tempi di stampa più lunghi e scarti di plastica.

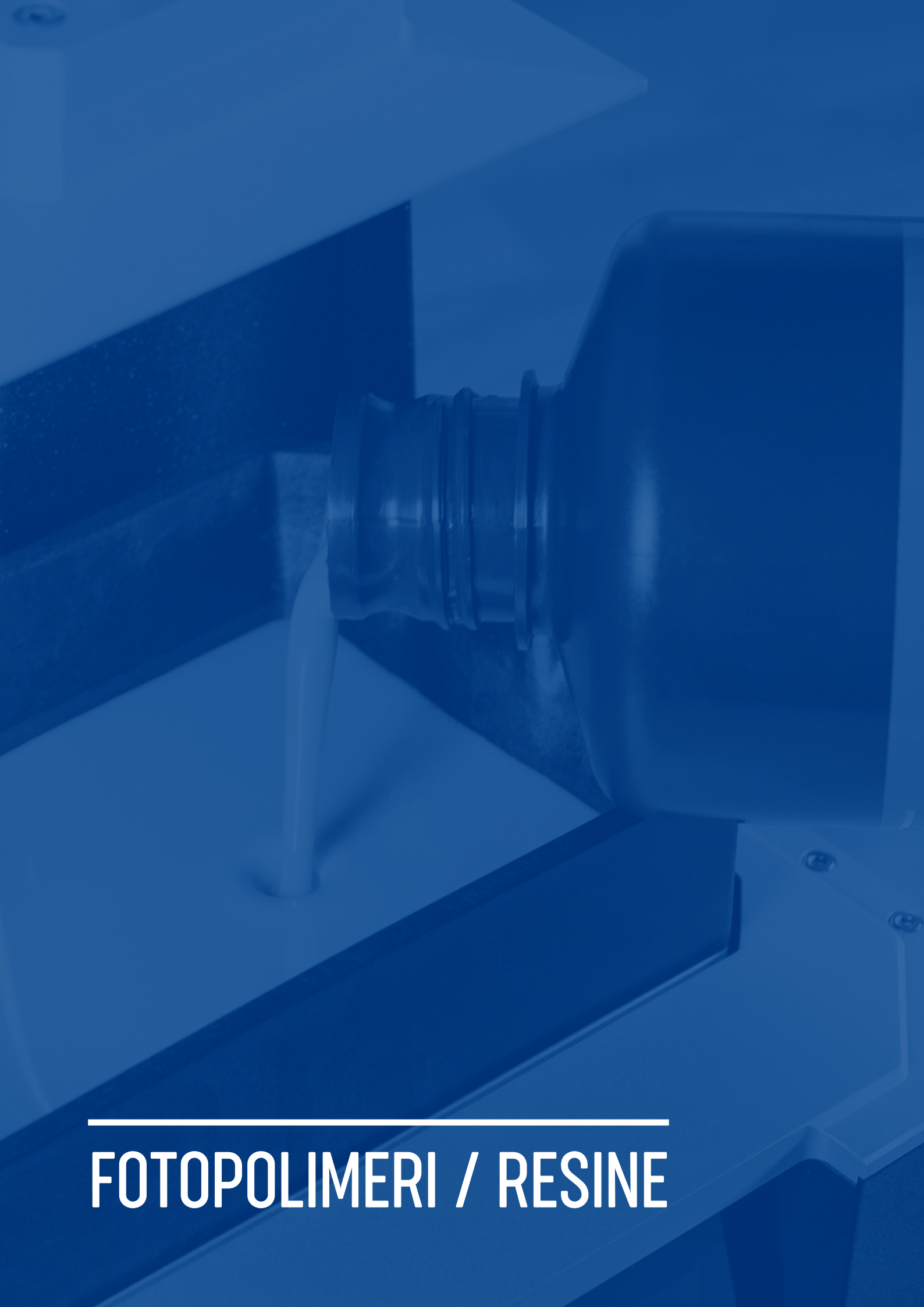
Una stampante 3D con un singolo ugello deve passare da un colore all'altro spurgando il filamento di transizione contenente una miscela di entrambi i colori prima di riprendere la stampa con il nuovo colore. Ecco perché i metodi di stampa 3D multicolore come la Original Prusa MMU3 si affidano a torri di pulitura o a strutture di spurgo per pulire gli estrusori tra un cambio colore e l'altro. Altre stampanti 3D scaricano semplicemente il filamento spurgato direttamente sul tavolo. Entrambe sono una fonte di rifiuti di plastica, anche se la seconda è più considerevole.

Esistono diversi modi per ridurre i rifiuti di plastica: l'utilizzo di una stampante 3D con un tool-changer può limitare i rifiuti a zero. Altri metodi includono le impostazioni avanzate dello slicer: PrusaSlicer ha introdotto l'opzione per pulire il filamento direttamente nel riempimento. Questa integrazione riduce il consumo di materiale limitando la quantità di filamento che altrimenti finirebbe nella torre di pulitura. Altri sforzi per ridurre gli sprechi nella stampa 3D vanno oltre l'ottimizzazione delle stampanti e dei filamenti: ad esempio, anche le modifiche al design, come la riduzione al minimo dei supporti e l'orientamento della stampa, possono giocare un ruolo fondamentale.



Sostenibilità in Prusa Research

Implementiamo continuamente misure per ridurre la nostra impronta ecologica: i lati della bobina di Prusament sono fatti di plastica riciclata, produciamo filamenti riciclati e utilizziamo rifiuti di plastica per creare stampe sperimentali. Inoltre, implementiamo continuamente misure a vantaggio dei nostri clienti e dell'ambiente, come il miglioramento dell'efficienza degli imballaggi e la scelta di partner di spedizione a basse emissioni. Inoltre, le nostre stampanti sono aggiornabili e completamente riparabili. Controlla i nostri progressi sul sito Company-Sustainability su [Prusa3d.com](https://www.prusa3d.com).



FOTOPOLIMERI / RESINE

Le resine (chiamate anche fotopolimeri o resine sensibili ai raggi UV) sono materiali di stampa per stampanti 3D SLA. Le resine sono liquidi che vengono polimerizzati (solidificati) attraverso l'esposizione alla luce UV. Le resine sono in genere notevolmente più costose dei filamenti, ma il loro prezzo può differire in base alle loro proprietà. Le resine più economiche possono essere acquistate per circa 30 USD / L, mentre i materiali più avanzati possono costare fino a 400 USD / L – di solito si tratta di resine dentali o di colata. Le resine Prusament costano circa 60 dollari e offrono un buon rapporto qualità-prezzo. In generale, le stampe SLA sono più fragili delle stampe FFF. D'altra parte, le stampe SLA non si rompono lungo le linee di livello, piuttosto si frantumano come il vetro.

Le resine di solito sono costituite da tre componenti di base:

- ➔ **Il nucleo** della resina (monomeri e oligomeri).
- ➔ **Fotoiniziatori** – molecole che reagiscono alla luce UV, che avviano il processo di solidificazione.
- ➔ **Additivi**: additivi che modificano il colore e le proprietà della resina.



Quando acquisti le resine, controlla sempre a quale lunghezza d'onda avviene il processo di polimerizzazione per garantire una buona compatibilità con la tua stampante 3D. Le nostre SL1 e SL1S SPEED funzionano con resine standard da 405 nm.

Quando acquisti le resine, controlla sempre a quale lunghezza d'onda avviene il processo di polimerizzazione per garantire una buona compatibilità con la tua stampante 3D. Le nostre SL1 e SL1S SPEED funzionano con resine standard da 405 nm.

Tipo di materiale	Proprietà
Resina standard	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Superficie liscia, molto dettagliata ⊖ Fragile ⊖ Non adatta a componenti meccaniche
Resina chiara	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Può essere resa quasi completamente trasparente tramite rifinitura ⊖ Semi trasparente
Resina a colata	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Molti dettagli ⊕ Ottime proprietà per la fabbricazione a stampo ⊕ Pochi residui dopo averla bruciata via
Resine dure e resistenti	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Simili ad ABS o PP ⊕ Leggermente flessibili ⊕ Adatte a parti meccaniche ⊖ Bassa resistenza alla temperatura
Resina resistente al calore	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Altamente resistente al calore ⊕ Usata per gli stampi ⊖ Costosa
Resine biocompatibili	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Non tossiche ⊕ Adatte alla creazione di impianti dentali ⊕ Resistenti all'abrasione ⊖ Costose
Resine flessibili	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Materiale morbido e ricco di dettagli ⊕ Alta affidabilità di stampa e bassa viscosità ⊖ Deformazione limitata ⊖ Materiale non riciclabile

Tieni presente che le resine liquide sono materiali tossici. Usa sempre dispositivi di protezione come guanti e occhiali di sicurezza quando lavori con loro. Devi sapere che in commercio esistono resine che contengono diverse quantità di sostanze chimiche altamente tossiche. Ti consigliamo di consultare la piastra di sicurezza prima di utilizzare la resina. A volte le resine emettono un odore sgradevole e si pensa che possa essere dannoso per la salute. Purtroppo non esiste una correlazione specifica tra il cattivo odore e la tossicità della resina. Ci sono prodotti chimici sicuri con un cattivo odore e prodotti chimici non sicuri con un cattivo odore. Alcuni venditori vendono resine a basso odore ma, anche in questo caso, ogni sostanza nociva deve essere indicata nella scheda di sicurezza.

GLOSSARIO

Puoi trovare i termini più comunemente usati e la loro spiegazione nella tabella qui sotto.

Termine	Descrizione e spiegazione
File AMF / 3MF	Formato file utilizzato dal software slicer per salvare l'intera scena (modelli, posizionamento e impostazioni di stampa).
FDM / FFF	Tecnologia di stampa 3D – processo di produzione additiva. Una stringa di filamento viene caricata in un estrusore, riscaldata, fusa ed estrusa. La stampante ha parti meccaniche che si muovono su tre assi, permettendole di stampare qualsiasi oggetto 3D.
G-code	File che include un elenco di comandi per una stampante 3D.
File OBJ	Uno dei file 3D supportati dagli slicer, simile agli STL.
PEI	Una pellicola sulla superficie del piano di stampa: buona adesione e facile manutenzione.
RepRap	RepRap è il primo progetto di stampante 3D open source. È stato fondato nel 2005 all'Università di Bath da Adrian Bowyer. Ora, il progetto è nelle mani della comunità della stampa 3D – centinaia di sviluppatori e decine di migliaia di utenti.
Resina	Materiale liquido utilizzato per la stampa con stampanti 3D SLA. Chiamato anche fotopolimero, perché il processo di solidificazione è avviato dalla luce UV.
SLA / DLP	Tecnologie di stampa 3D basate sulla polimerizzazione di resina liquida mediante luce UV.
SLS	Tecnologia di stampa 3D basata sulla sinterizzazione di polveri metalliche mediante laser.
File STL	Uno dei formati file supportati dagli slicer. Definisce una serie di punti (vertici) nello spazio 3D, che sono collegati per formare bordi e poligoni. È il tipo più comune di file nell'industria della stampa 3D.
Piano, piano riscaldato	Superficie di stampa, di solito con un'unità di riscaldamento per migliorare l'adesione.
Ponteggio / Bridging	L'unico caso in cui è possibile stampare in aria senza supporti, tuttavia, funziona solo in uno scenario specifico. Il ponte può creare una linea retta tra due punti con la stessa altezza nell'asse Z. Ciò significa che il ponte deve essere parallelo al piano di stampa.
Brim	Materiale extra stampato attorno alla base dell'oggetto per migliorare l'adesione, utile soprattutto per piccoli oggetti.

Estrusore	L'intera testina di stampa. Di solito è costituito da un hotend, un meccanismo di alimentazione e una ventola.
Filamento	Materiale di stampa utilizzato nelle stampanti 3D FDM / FFF.
Firmware	Software di esecuzione e controllo di stampanti 3D.
Heat break	Una parte dell'hotend a forma di tubo, che riduce al minimo il trasferimento di calore tra il blocco riscaldante e il dissipatore di calore.
Heater block / blocco riscaldante	Una parte inferiore dell'hotend realizzata con materiali termoconduttivi. Contiene un ugello, un modulo di riscaldamento e un termistore.
Cartuccia riscaldante	Modulo di riscaldamento, che riscalda il blocco riscaldatore insieme all'ugello.
Hotend	Parte dell'estrusore che scioglie il filamento.
Riempimento	Impostazione di slicing che determina la densità della struttura interna dell'oggetto stampato. 100% indica un oggetto solido. Generalmente si usa una percentuale di riempimento compresa tra il 10 e il 20%. Questo parametro ha un impatto notevole sul tempo di stampa e sulla quantità di materiale utilizzato.
Strato / layer	Uno strato dell'oggetto creato attraverso il processo di slicing. L'altezza dello strato non deve superare $0,75 \times$ diametro dell'ugello. Ha un impatto notevole sulla velocità di stampa. Se viene utilizzata un'altezza dello strato inferiore, sarà maggiore la quantità di dettagli nell'asse Z.
Mesh / griglia	Un modo di rappresentare un modello 3D. Un insieme di vertici, bordi e poligoni (sfaccettature) nel sistema di coordinate cartesiane tridimensionali.
Ugello	Una parte di una stampante 3D utilizzata per estrarre la plastica fusa. Il diametro influisce sulla qualità e sulla velocità della stampa. Puoi saperne di più su: prusa.io/nozzles .
Sovraestrusione	Un errore di stampa 3D: una quantità eccessiva di filamento viene spinta attraverso l'ugello che provoca una superficie irregolare dell'oggetto stampato.
Perimetro	"Muro" esterno di un oggetto stampato in 3D. Gli slicer hanno la possibilità di modificare il numero di perimetri. Lo spessore di un perimetro è definito dal diametro dell'ugello. Quando si utilizza un ugello standard da 0,4 mm, lo spessore perimetrale è di 0,45 mm. Il numero di perimetri ha un impatto notevole sui tempi di stampa.

Raft	Un tipo di supporti presenti sotto l'intero primo strato dell'oggetto stampato.
Retrazione	Un'istruzione che fa ritirare il filamento nell'ugello quando l'estrusore si sta muovendo. In questo modo, la quantità di filamento presente nel l'ugello non si riverserà sul modello. Le retrazioni errate possono spesso manifestarsi come sottili stringhe di plastica che ricoprono il modello (vedi stringing).
Skirt	Una linea disegnata attorno all'oggetto stampato, generalmente alta diversi strati. Crea un microclima per il modello stampato e riduce la possibilità di flessione, deformazione o incrinatura. Può anche essere usata per calibrare l'altezza del primo strato.
Slicer	Software per convertire (affettare) un modello 3D in un codice macchina leggibile da stampanti 3D (G-code). Ce ne sono molti sul mercato, alcuni sono gratuiti, mentre altri sono a pagamento – PrusaSlicer, Cura, Simplify3D ecc. Lo slicer non è uno strumento per creare modelli.
Slicing	Il processo di conversione di un modello 3D in un codice macchina leggibile dalle stampanti 3D. Il processo "affetta" il modello in strati orizzontali di altezza definita e crea le istruzioni di movimento per l'estrusore.
Stringing	Un effetto indesiderato che si manifesta come sottili fili di plastica ("peli") sulla superficie dell'oggetto. La regolazione della retrazione di solito aiuta.
Supporti	Strutture simili a impalcature utilizzate per stampare oggetti complessi con sporgenze pronunciate o parti che iniziano a mezz'aria. I supporti sono stampati con impostazioni speciali, quindi è piuttosto facile separarli dall'oggetto stampato. Tuttavia, i supporti FFF / FDM di solito lasciano segni sulla superficie.
Termistore	Sensore termico. Utilizzato per controllare e regolare la temperatura di hotend e piano riscaldato.
Sotto-estrusione	Un problema di stampa che si verifica quando una quantità insufficiente di filamento viene spinta attraverso l'ugello, si manifesta come strati / parti mancanti del modello stampato. Se le impostazioni della temperatura sono corrette, la causa è di solito un ugello ostruito.



FAQ

Cos'è la stampa 3D?

La stampa 3D è un processo automatizzato che consente la produzione di oggetti fisici reali basati su dati digitali (modello 3D).

Quali sono i costi di gestione di una stampante 3D?

I costi più alti derivano dal materiale (filamenti). Il prezzo per la stampa di un singolo oggetto dipende principalmente dal suo peso. 1 kg di filamento di solito costa circa 20-30 USD. Il consumo di energia è simile ad una lampadina da 100 W. La manutenzione di una normale stampante 3D è piuttosto economica e di solito costa meno di una ventina di euro.

A cosa serve la stampa 3D?

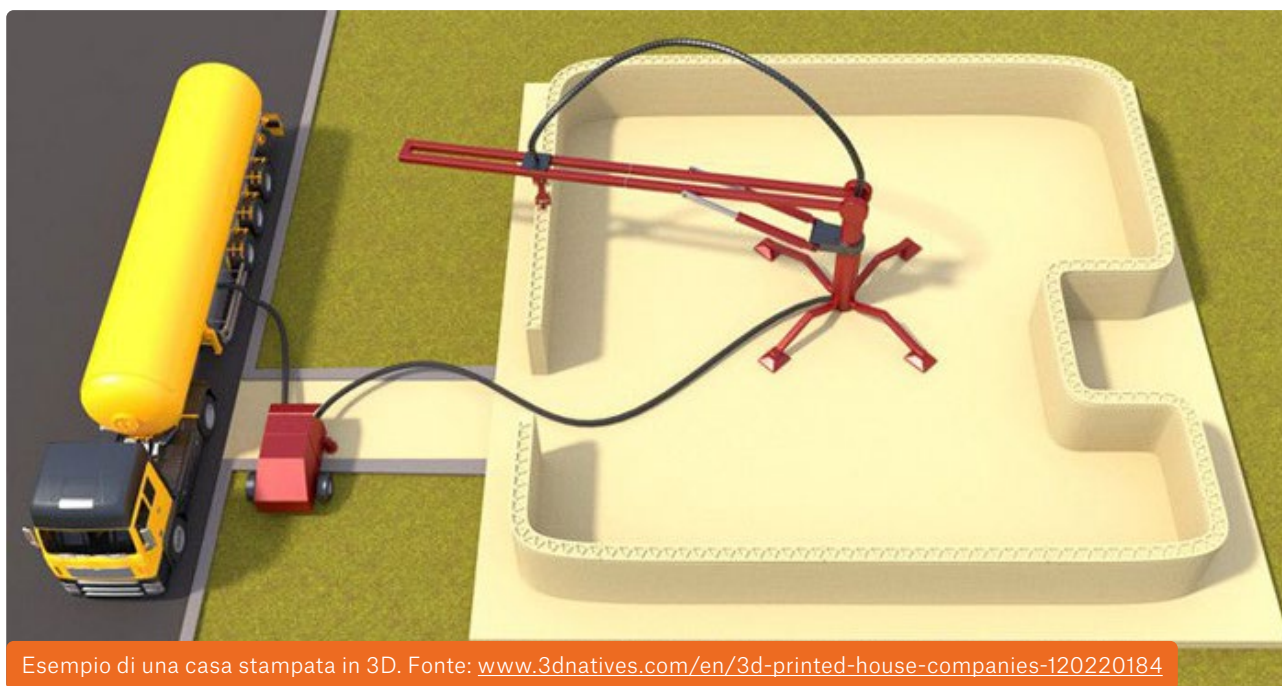
È difficile elencare tutti gli utilizzi: prototipazione rapida, produzione di modelli personalizzati, produzione di piccole serie, odontoiatria, bricolage... sono tantissimi i campi in cui la stampa 3D può essere utilizzata!

La stampa 3D FFF è considerata ecologica?

La stampa 3D è un metodo di fabbricazione additiva, il che significa che il materiale viene aggiunto su una superficie vuota per creare un oggetto. Il suo diretto opposto è la produzione sottrattiva, che si basa sulla rimozione di materiale da un oggetto esistente (ad esempio, la lavorazione del legno). Questo significa che la stampa 3D produce meno rifiuti. Un altro vantaggio è che con la stampa 3D siamo in grado di riparare oggetti che altrimenti verrebbero buttati via. Esistono anche materiali in PLA e PETG riciclati che sono realizzati al 100% con PLA e PETG riciclati.

È possibile stampare una casa?

Sì, ci sono già numerosi tentativi riusciti usando cemento o materiali simili. Funziona allo stesso modo della stampa 3D con materiali a base di plastica.



Esempio di una casa stampata in 3D. Fonte: www.3dnatives.com/en/3d-printed-house-companies-120220184

Le stampanti 3D possono stampare organi umani?

Non ancora. Tuttavia, scienziati di tutto il mondo stanno lavorando sodo per renderlo possibile.

Ci sono notizie pubblicate su questo argomento quasi ogni giorno. Il problema (e la sfida) è il fatto che gli organi umani sono incredibilmente complessi e dipendenti da altri organi. Per ora gli scienziati si stanno concentrando sulla stampa di tessuti per organi meno complessi.

Posso stampare oggetti più grandi della superficie di stampa?

Sì, è possibile tagliare il modello in pezzi e incollarli insieme dopo la stampa.

Qual è la differenza tra le tecnologie SLA e FFF?

La stampa 3D FFF (o FDM) utilizza un filamento come materiale di partenza, un filo di plastica.

Il materiale viene fuso ed estruso attraverso l'ugello, che fa parte dell'estrusore. La stampa SLA, d'altra parte, si basa sulla solidificazione di resine liquide utilizzando la luce UV. Gli oggetti stampati su stampanti 3D FFF hanno strati più visibili rispetto allo SLA. D'altra parte, la stampa SLA presenta diversi svantaggi, come l'uso di resine liquide, che sono sostanze chimiche potenzialmente dannose.

Che tipo di materiale viene utilizzato per la stampa 3D FFF?

Vari tipi di plastica, in alcuni casi con additivi. I filamenti più popolari e utilizzati sono il PLA e il PETG. Tuttavia, è possibile scegliere tra un'ampia gamma di materiali avanzati (più durevoli), come ASA, fibra di carbonio PC e nylon.

Quanto dura un lavoro di stampa?

Una semplice domanda alla quale è difficile rispondere. Dipende da molti fattori diversi: in primo luogo, la dimensione dell'oggetto stampato, ma anche la densità del riempimento, il numero di perimetri, il numero di strati di riempimento superiori ed inferiori, il diametro dell'ugello, l'altezza dello strato, la complessità del modello, il numero di supporti e altri fattori. La stampa di una figura alta 5 cm richiederà circa un'ora. Tuttavia, con oggetti grandi e complessi, puoi facilmente avviare stampe da dozzine di ore.

La maggior parte degli slicer può stimare il tempo di stampa complessivo.

Cosa fare con le bobine di filamento vuote?

Smaltirle nei cassonetti dei rifiuti in plastica. Sfortunatamente, non è possibile (per una serie di motivi) riacquistare i rocchetti vuoti dai clienti. Se non hai voglia di buttarli via, puoi usarli per una varietà di progetti: leggi il nostro articolo su: prusa.io/spools.

È possibile stampare alimenti?

Sorprendentemente sì! Avrai bisogno di una stampante 3D appositamente modificata (ce ne sono alcune nella famiglia RepRap) e puoi stampare con il cioccolato o persino stampare l'impasto dei pancake direttamente su una padella.

Posso stampare una tazza o un piatto e usarlo per bere e mangiare?

Sì, ma ci sono un paio di cose da tenere a mente! PETG e PLA sono materie plastiche innocue che possono entrare in contatto con il cibo. Tuttavia, non è consigliabile utilizzare gli oggetti stampati per mangiare o bere senza prima elaborarli. Piccoli spazi vuoti negli strati sono perfetti per l'accumulo

di batteri ed è quasi impossibile pulire bene queste parti. Prima di iniziare a utilizzare una tazza stampata, utilizzare resina epossidica per alimenti per rivestire l'oggetto.

Come si misura la velocità di una stampante 3D?

Sebbene molte stampanti 3D dichiarino di stampare a velocità incredibili, la realtà è che questi numeri pubblicizzati sono principalmente teorici. Per valutare con precisione la velocità di una stampante 3D, è consigliabile scaricare lo slicer del produttore e controllare il tempo che calcola per le tue impostazioni preferite. Il modo più affidabile per confrontare le stampanti 3D resta quello di valutare la loro affidabilità e il feedback della comunità.

Posso stampare giocattoli erotici?

Sì, ma solo per esposizione. È lo stesso problema delle posate (tazze, piatti): ci sono degli spazi tra gli strati in cui i batteri tendono ad accumularsi. È possibile postelaborare l'oggetto e dargli un rivestimento per creare una superficie innocua.

È possibile stampare in 3D una pistola?

Teoricamente sì. Se ti prendi il tuo tempo con la post-elaborazione, può anche sembrare abbastanza fattibile. Ma metteresti un vero proiettile in una pistola di plastica e premeresti il grilletto, però? No? Nemmeno noi! Molto probabilmente la pistola di plastica si frantumerebbe nella tua mano e ti farebbe del male. Inoltre, sarebbe impossibile portare questa pistola attraverso un metal detector, perché l'involucro del proiettile farebbe scattare comunque un allarme. Quindi forse stai pensando: "E stampando direttamente in polvere di metallo (stampa SLS)?" Sì, sarebbe teoricamente possibile. Tuttavia, questo scenario non è realistico a causa del prezzo elevato della produzione. Se, per qualsiasi motivo, vuoi produrre una pistola a casa, un semplice tornio è più che sufficiente.

Fondamenti della Stampa 3D con Josef Prusa

Ondřej Stráiteský

Pubblicato da:

Prusa Research a.s.
Partyzánská 188/7a
170 00 Praga
Repubblica Ceca

Co-autori:

Josef Průša, Martin Bach, Štěpán Feik

Grafica e composizione tipografica:

Petr Memory Dragoun, Dagmar Karochová

Traduzione curata da:

Jan Olejník
Antonio Giudice