



Soluzioni di test avanzate **per le** **applicazioni dei** **satelliti piccoli**

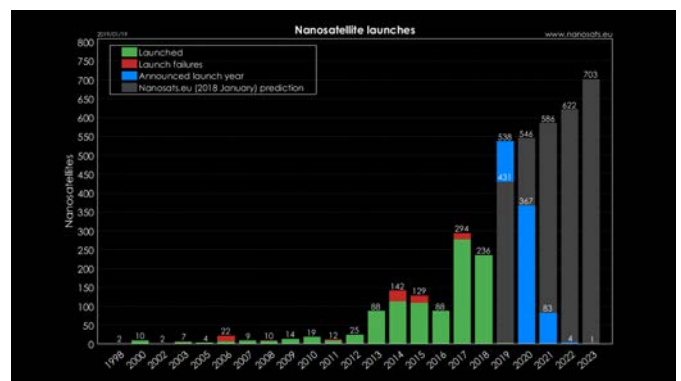
Nuove Opportunità di Offerta dei Satelliti Piccoli

Il lancio dei satelliti nello spazio è sempre stata una sfida ingegneristica estrema. Storicamente è stato prerogativa di governi nazionali e grandi organizzazioni. I tradizionali fabbricanti di satelliti, con le dimensioni e le risorse per raccogliere tali sfide, dominano tuttora il mercato, ma una nuova stirpe di sistemi satellitari sta aprendo nuove possibilità per le applicazioni non essenziali. Si tratta di possibilità aperte a tutti, che possono includere il potenziamento delle applicazioni commerciali più grandi, la facilitazione delle attività di istruzione e la realizzazione di progetti di ricerca a basso costo.


Per esempio i CubeSat, concepiti inizialmente nel 1999, sono ormai usciti dall'ambito della ricerca universitaria per scendere nell'arena commerciale. Il progetto base di CubeSat, un cubo da 10 cm, è stato facilitato dalla continua miniaturizzazione dell'elettronica di bordo. La massa ridotta di CubeSat (meno di 1,33 kg) abbassa significativamente i costi di lancio e gli permette di condividere un veicolo di lancio con i satelliti più grandi.

CubeSat rientra nella classificazione dei nanosatelliti (da 1 kg a 10 kg): un sottoinsieme dei satelliti piccoli, che comprendono quelli con una massa inferiore a 500 kg. Questa classificazione include sette suddivisioni in termini di massa, che vanno dai minisatelliti (da 100 kg a 500 kg) agli zeptosatelliti (da 0,1 g a 1 g). Secondo il database online dei nanosatelliti, nanosats.eu, dal primo impiego di questa tecnologia sono stati lanciati oltre 1800 fra CubeSat e nanosatelliti, come illustrato dalla Figura 1.

Anche se si sta cominciando a impiegarli nell'esplorazione dello spazio profondo, principalmente in aggiunta ai tradizionali satelliti grandi, i satelliti piccoli vengono normalmente usati nell'orbita terrestre bassa (LEO) per applicazioni quali esperimenti scientifici, applicazioni di rilevamento remoto e telecomunicazioni. L'esplosione dell'IoT è forse il fattore



di stimolo più importante della tendenza verso l'utilizzo dei satelliti piccoli: la fame di connettività e banda larga del mondo attrae i soldi degli investitori nell'industria spaziale. In particolare sono due le organizzazioni alla guida di questa trasformazione: SpaceX che sta abbassando i costi di lancio con lo sviluppo di razzi riutilizzabili, Figura 2, e OneWeb che sta cambiando l'economia della produzione e dell'impiego dei satelliti. Con il suo posizionamento aggressivo, SpaceX si è posta all'avanguardia del settore, svecchiando un mercato altrimenti maturo e generando un'agguerrita competizione con gli attori esistenti, come l'europea Arianespace e il fornitore statunitense di servizi di lancio United Launch Alliance.

A photograph of a SpaceX Falcon Heavy rocket launching from the Kennedy Space Center. The rocket is ascending vertically, leaving a massive plume of white smoke and a bright orange and white fire trail. The launch pad and surrounding infrastructure are visible at the base. In the foreground, there is a body of water reflecting the light from the launch, and a line of green trees.

Vari sviluppi stanno trasformando l'economia della produzione e del lancio di satelliti piccoli, riducendo il costo dell'accesso allo spazio e rendendo l'uso dei satelliti fattibile per un'ampia gamma di nuove applicazioni.

Nuove Opportunità di Offerta dei Satelliti Piccoli

La crescente popolarità dei satelliti piccoli, in particolare dei nanosatelliti (massa complessiva compresa fra 1 e 10 kg) e dei picosatelliti (massa complessiva compresa fra 0,1 e 1 kg), sta aprendo ...

...molte opportunità agli sviluppatori per l'implementazione rapida ed economica di progetti satellitari in svariate applicazioni, come rilevamenti e misurazioni in remoto ed esperimenti scientifici.

Le caratteristiche delle missioni dei satelliti piccoli permettono il rilassamento di molti dei principi di progettazione e test dei satelliti tradizionali, tuttavia i test di pre-lancio e di integrazione restano essenziali, particolarmente per la funzionalità delle trasmissioni. I test alle frequenze satellitari sono comunque complessi e richiedono apparecchiature costose. Per molti sviluppatori non ha senso acquistarle, data la bassa frequenza di utilizzo rispetto al prezzo di acquisto e all'impatto sul budget complessivo del progetto.



Opzioni di acquisizione flessibili come quelle offerte da Electro Rent, leader globale del mercato nelle apparecchiature per prove elettroniche, sono un modo conveniente di procurarsi apparecchiature di prova e misurazione all'avanguardia senza la necessità di investimenti in conto capitale.

Questo documento esamina le dinamiche in cambiamento del mercato dei satelliti e le implicazioni e opportunità per gli sviluppatori delle applicazioni per i satelliti piccoli.

Progettazione per gli ambienti ostili

Lo spazio è un ambiente estremamente ostile, che pone numerose minacce ai componenti dei satelliti. Durante il lancio le forze generate dall'accelerazione, oltre agli scossoni e alle vibrazioni dovuti alla separazione degli stadi del razzo, possono staccare componenti e connettori. Una volta in orbita, il satellite è esposto a temperature estremamente basse e alte, a interferenze elettromagnetiche e radiazioni energetiche e deve operare nel vuoto. Per mitigare i rischi di tali condizioni, nella progettazione dei satelliti tradizionali si utilizzano componenti rinforzati di grado militare, ridondanza integrata e lunghi ed esaustivi processi di test.

Molte di queste tecniche tuttavia non sono praticabili per i progetti dei satelliti piccoli, a causa delle limitazioni di spazio fisico, potenza e budget. Inoltre i cicli a basso costo e breve implementazione richiesti da molte applicazioni dei satelliti piccoli non permettono lo stesso livello di test prolungati.

La Tabella 1 mostra il modo in cui le missioni satellitari possono essere caratterizzate per tolleranza al rischio; tale analisi evidenzia svariati fattori che influenzano le specifiche di progetto per i satelliti piccoli, fra cui:

- la maggior parte delle missioni satellitari è nell'orbita terrestre bassa, che non è ostile quanto lo spazio profondo;
- il ciclo di vita della maggior parte delle missioni è breve, spesso misurato in giorni o settimane, il che riduce l'effetto cumulativo dell'esposizione alle condizioni nello spazio;
- molte applicazioni impiegano costellazioni di numerosi satelliti piccoli, in cui il guasto di uno o più singoli satelliti non compromette il successo complessivo della missione;
- i costi relativamente bassi della produzione e del lancio dei satelliti facilitano la sostituzione di un satellite guasto.

Tolleranza al rischio		Molto bassa	Bassa	Alta	Molto alta
Caratteristiche della missione	Criticità della missione	Sicurezza nazionale	Scienza primaria operativa	Demo tecniche sperimentali	Demo tecnologiche Sistemi di insegnamento
	Durata missione - LEO	5+ anni	3 - 5 anni	Mesi	Giorni - settimane
	Durata missione – Spazio profondo	10+ anni	5+ anni	Mesi	Giorni
	Satellite singolo	Missione operativa	Raccolta dati	Esperimenti	Demo tecnologiche
	Costellazione di satelliti (>10)	Guasti di modo comune esclusi	Alto costo dell'unità	Multipli veicoli di ricambio	Nuovo lancio subito pronto
	Tempo di sviluppo del volo	>5 anni			<12 mesi

Tabella 1: analisi del profilo di rischio delle missioni satellitari

Progettazione per gli ambienti ostili

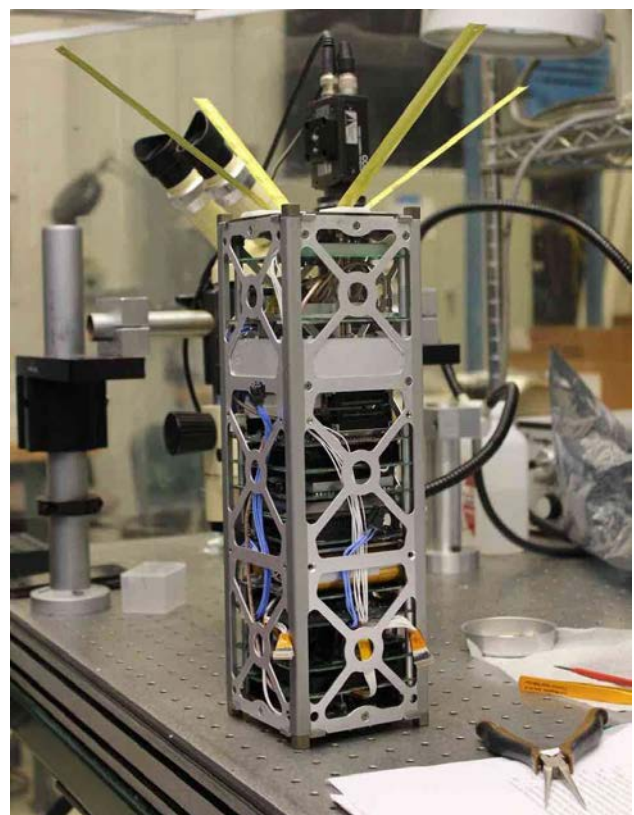
Questi fattori rendono possibile il rilassamento delle specifiche di progettazione per le missioni dei satelliti piccoli, consentendo l'utilizzo di componenti già presenti in commercio, non specifici per lo spazio. Questa è una delle principali ragioni per cui i progetti dei satelliti piccoli possono essere realizzati rapidamente e a costi convenienti ed è stato possibile lo sviluppo di molti moduli funzionali standardizzati, come impianti di alimentazione, sistemi di comunicazione ecc.

L'originale istanziazione della classe di nanosatelliti è il CubeSat, un'architettura open source basata su un cubo di formato 1U (10 cm × 10 cm × 10 cm) ma disponibile in dimensioni che vanno da 1U a 3U (Figura 3). I materiali ammissibili per una struttura CubeSat sono le leghe di alluminio: 7075, 6061, 5005 e 5052, che devono essere anodizzate per prevenire la saldatura a freddo. I componenti di CubeSat sono classificabili in sei principali sottosistemi: struttura, comunicazioni, alimentazione, determinazione e controllo dell'attitudine, comandi e manipolazione dei dati, carico utile.

Il CubeSat è una specifica in sé, al contrario dell'hardware disponibile in commercio, pertanto gli sviluppatori dei satelliti piccoli hanno l'opzione di costruire tutto da soli, seguendo le specifiche open source di CubeSat oppure acquistando un kit pre-costruito da organizzazioni come Pumpkin o Interorbital Systems (IOS). Un kit pre-costruito fornisce tutti i componenti principali del CubeSat, compresi un'antenna, un radiocetrasmittitore per l'up-link dei comandi o lo scaricamento dei dati, un computer su chip come Arduino o un Basic-X24, un impianto di alimentazione solitamente costituito da celle solari insieme a una batteria e a un power bus, oltre a svariati sensori. I kit consentono inoltre di includere

l'applicazione o esperimento dello sviluppatore e sono progettati per offrire una piattaforma per gli esperimenti in orbita.

IOS offre inoltre il kit TubeSat PicoSat (Figura 4), un'alternativa al CubeSat con il 75% della sua massa ma un volume simile. Il prezzo di un kit CubeSat 1U di Pumpkin Inc parte da 7500 dollari, mentre il prezzo di un kit TubeSat di IOS per le applicazioni accademiche è di 8000 dollari, costi di lancio compresi.



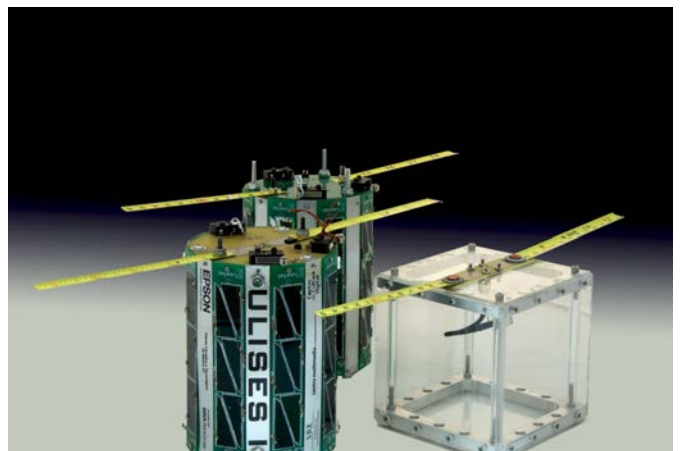
I test per lo spazio

Sebbene i satelliti piccoli non siano cari rispetto a quelli tradizionali, test appropriati sono comunque essenziali per assicurare che le attività e l'investimento nello sviluppo pre-lancio non vadano sprecati e che il satellite svolga i compiti per i quali è stato progettato. Acquistando un kit come quelli sopra menzionati, gli sviluppatori hanno accesso a un sistema satellitare le cui funzioni principali sono state pre-testate. In questo modo le attività di progettazione, sviluppo e prova possono concentrarsi sulle funzionalità dell'applicazione, oltre a testare l'integrazione del satellite finale assemblato. Elementi chiave del satellite da testare:

- pannelli solari;
- antenne;
- batterie;
- verifiche elettriche;
- misurazioni di baricentro e massa;
- celle a combustibile;
- sistemi di trasmissione dati.

Con la previsione del lancio di un gran numero di satelliti LEO, ci sarà un significativo aumento nel numero di stazioni di uplink e downlink satellitare, il che creerà l'esigenza di tecniche di trasmissione avanzate, con frequenze sempre più alte e complesse tecniche di modulazione e di spettro espanso. I sistemi di trasmissione satellitare devono essere capaci di elevati flussi di dati alle frequenze d'onda millimetrica, con un'alta fedeltà del segnale e la capacità di respingere le interferenze RF provenienti dagli altri sistemi satellitari.

Oggi è disponibile sul mercato un'ampia gamma di apparecchiature di test e misura ad alte prestazioni, fra cui generatori di segnali analogici e vettoriali, analizzatori dello



spettro, oscilloscopi, analizzatori della rete e altri, a supporto dei test dell'intero canale RF da una stazione di terra all'altra, oltre che delle comunicazioni intermodulari nel satellite stesso. La prossima sezione esamina i vantaggi offerti dall'esaustivo portafoglio Electro Rent di apparecchiature e soluzioni per i test.

Gli sviluppatori dei satelliti piccoli devono raggiungere l'equilibrio fra test esaustivi dei sistemi di comunicazione RF e la necessità di gestire attentamente tempi e costi delle prove.

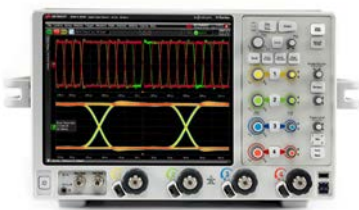
Soluzioni per la Strumentazione di Test

Per caratterizzare e convalidare completamente le prestazioni dei sistemi RF satellitari, sono necessarie svariate prove di integrazione e operative, come riepilogato nella tabella 2.

Prova	Descrizione	Strumentazione
Linearità dell'amplificatore e trasferimento del guadagno	I trasponditori satellitari o i componenti quali gli amplificatori di potenza e i convertitori di frequenza vengono caratterizzati da misurazioni quali compressione del guadagno, AM/AM, AM/PM e distorsione NPR/ACLR	Generatore di segnali con analizzatore del segnale
Ritardo di gruppo	La qualità di un percorso di trasmissione nelle comunicazioni satellitari è caratterizzata dalle distorsioni della fase, determinate con le misurazioni del ritardo di gruppo	Generatore di segnali con analizzatore del segnale
Rapporto rumore/potenza	Importante test RF standard del carico utile. Il test NPR (Noise Power Ratio) implica la simulazione di una distribuzione gaussiana simile al rumore di un carico utile per comunicazioni multicanale. Le misurazioni NPR vengono eseguite per testare la linearità del trasponditore.	Generatore di segnali con analizzatore di segnale/spettro
Qualità del segnale	La qualità dei collegamenti satellitari durante l'integrazione, oltre che durante il funzionamento in orbita, viene verificata misurando l'accuratezza della modulazione e il tasso di errore di bit (bit error rate, BER)	Analizzatore di segnale/spettro
Emissioni spurie	La ricerca delle emissioni spurie con gli analizzatori dello spettro è una misurazione essenziale durante la progettazione, verifica e fabbricazione dei dispositivi RF e a microonde	Analizzatore di spettro
Prova dell'interfaccia digitale	Le comunicazioni di dati fra i differenti sistemi e componenti di un satellite sono cruciali per una missione e devono essere garantite in tutte le condizioni	Oscilloscopio
Prova dell'alimentazione	Fornitura di sufficiente energia al sottoimpianto elettrico, riduzione al minimo dell'assorbimento di energia dalle batterie e loro efficiente caricamento	Alimentatori speciali

Tabella 2: requisiti di test per i satelliti piccoli

Soluzioni per la Strumentazione di Test



Oscilloscopi Keysight DSAV204A Infiniium Serie S

Che si debba eseguire il debug del nuovo progetto o verificarne la conformità, è essenziale che l'oscilloscopio dia una fedele rappresentazione del segnale. Ciò richiede un'eccezionale integrità del segnale. Gli oscilloscopi Infiniium Serie S sono progettati tenendo presenti queste esigenze. La Serie S fornisce base di tempi, front end e convertitore ADC di qualità tecnologica superiore. Offre una piattaforma con risoluzione fino a 16 bit, basso rumore, basso jitter ed elevato numero di bit effettivi per dare visibilità sulle reali prestazioni del dispositivo.



Analizzatore del segnale Keysight N9020B

Il N9020B MXA è un analizzatore di segnali flessibile con intervallo di frequenza da 10 Hz a 50 GHz e fino a 160 MHz di larghezza di banda per l'analisi. Offre misurazioni della potenza accelerate dall'hardware, rapidi aggiornamenti del display, ricerche dei picchi di un marker e scansioni veloci. Aiuta inoltre ad acquisire i segnali elusivi o transienti con l'analisi in tempo reale dello spettro su tutta la banda. In tal modo puoi adattarti rapidamente all'evoluzione dei requisiti di test per i dispositivi wireless, abbreviare le tempistiche dei test e velocizzare i cicli di sviluppo.



Rohde & Schwarz FSW

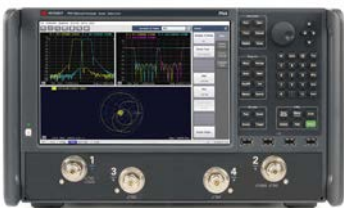
I R&S FSW sono una suite di applicazioni di misurazione dedicate per le misurazioni più importanti, come il rapporto rumore/potenza e il ritardo di gruppo. Sono inoltre capaci di demodulare i segnali RF satellitari di numerosi standard, come DVB-S2X e OneWeb. L'unità è scalabile, con un'ampia larghezza di banda interna fino a 2 GHz, perciò può soddisfare le nuove esigenze di più ampie larghezze di banda del segnale.



Anritsu MS2090A

Questo analizzatore di spettro offre i più alti livelli di prestazioni RF disponibili in un formato portatile, con un'eccellente visualizzazione del livello di rumore medio (DANL) pari a -164 dBm, oltre a una larghezza di banda per l'analisi di 100 MHz. Ciò consente la ricerca delle interferenze in profondità, consentendo di eliminare accuratamente i segnali indesiderati e di ripulire lo spettro prima delle nuove implementazioni.

Soluzioni per la Strumentazione di Test



Analizzatore di rete Keysight N5225B

Nella R&S, la famiglia Keysight PNA offre un alto livello di integrità delle misurazioni, consentendo di tradurre una comprensione più profonda in progettazioni migliori. Con l'aumento della produzione di satelliti, l'esigenza di abbassare i costi e aumentare l'affidabilità dei componenti diventa importantissima. L'utilizzo di strumenti più accurati nel processo di progettazione abbassa i costi a valle nel ciclo di produzione.



Generatore di segnali Rohde & Schwarz SMBV100B

L'apparecchiatura all'avanguardia SMBV100B Rohde & Schwarz fissa nuovi standard di prestazioni nella sua classe. Lo strumento può essere dotato di molte opzioni GNSS che ne fanno un simulatore GNSS affidabile e ricco di funzioni. Gli utilizzatori possono simulare complessi e realistici scenari GNSS, facilmente ripetibili ed eseguibili in condizioni controllate.



Software per test di sicurezza Spirent Testcentre

Con le minacce degli attacchi informatici sempre più pericolose nelle odierne infrastrutture connesse, eseguire correttamente gli stress test delle reti e assicurare la sicurezza dei dati è più importante che mai. I pacchetti software Spirent Testcentre e Avalanche permettono di eseguire prove esaustive per la sicurezza delle comunicazioni di rete, la valutazione delle vulnerabilità, la generazione degli attacchi e l'autenticazione degli utenti: IPSec, HTTPS/TLS (compreso TLSv1.3), 802.1x, controllo dell'accesso alla rete (Network Access Control, NAC), RADIUS e il traffico personalizzato importato dagli utenti su TLS.



Alimentatori Keysight E4360A

Questi alimentatori modulari sono progettati per simulare accuratamente la curva I-V dei pannelli solari utilizzati sui satelliti in varie condizioni ambientali, fra cui eclissi, rotazione, invecchiamento e temperatura. Questi dispositivi, piccoli ma di potenza elevata, sono ideali per lo spazio limitato dei moderni laboratori satellitari.

Conclusioni

Gli strumenti di test e misura capaci di operare alle frequenze impiegate dai sistemi di comunicazione satellitare e aventi la sensibilità necessaria sono sistemi complessi, che rappresentano un investimento significativo per gli sviluppatori dei satelliti piccoli.

Con un inventario costantemente rinnovato, Electro Rent ha investito oltre 1 miliardo di dollari nel portafogli di strumentazione di test, gestito da 350 specialisti in più di 150 paesi. Questo eccezionale livello di assistenza è supportato da una gamma di opzioni di acquisizione flessibili.

Le soluzioni di noleggio Electro Rent offrono flessibilità senza gli elevati costi di possesso e manutenzione delle apparecchiature. Il noleggio dà accesso immediato a svariati strumenti dei principali costruttori fra i quali Anritsu, EXFO, Fluke, Keysight Technologies, Rohde & Schwarz, Tektronix, Viavi e più di 300 altri. Le apparecchiature sono noleggiabili per periodi che vanno da una settimana a tutto il tempo necessario. Questa flessibilità ha lo scopo di ridurre i rischi inerenti ai progetti, come i ritardi nella fase di progettazione o gli imprevedibili problemi sul campo. Con il supporto a vita per l'intero portafogli, costruttori e progettisti hanno accesso alla strumentazione anche molto tempo dopo la fine della loro commercializzazione.

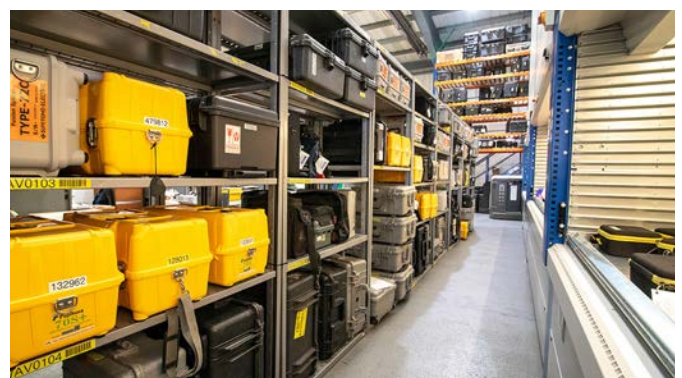
Per i casi in cui l'acquisto di un'apparecchiatura è essenziale, le varie opzioni di leasing e rent-to-buy permettono di distribuire i costi nel tempo e di evitare le ingenti spese in conto capitale.

Gli sviluppi dell'industria spaziale, come i ridotti costi dei lanci e la disponibilità di nano e picosatelliti che utilizzano componenti disponibili in commercio stanno rendendo lo spazio più economicamente accessibile per un'ampia gamma di applicazioni: esperimenti scientifici, monitoraggio e rilevamento in remoto, telecomunicazioni e molte altre. Ciò

potenzierà, anziché sostituire, il ruolo dei tradizionali satelliti grandi rendendo lo spazio più accessibile ai costruttori esistenti ma aprendolo al contempo ai nuovi arrivati, cui sarebbe altrimenti precluso a causa di costi, complessità e tempi di sviluppo.

I kit prefabbricati come la gamma CubeSat di Pumpkin e il TubeSat IOS semplificano l'implementazione dei satelliti piccoli, consentendo agli sviluppatori di concentrarsi sulla specificità delle applicazioni, di abbreviare le tempistiche e di ridurre i costi. I satelliti piccoli e integrati richiedono comunque test esaustivi prima del lancio e per questo sono necessarie apparecchiature di test avanzate e costose. Laddove il costo di acquisto di tali apparecchiature di test è proibitivo in relazione a costo e durata di un progetto, soprattutto per quelli brevi o in rapida evoluzione, il noleggio della strumentazione è la soluzione ideale.

L'ampio portafogli di soluzioni leader del settore, la capacità di offrire consulenza esperta e indipendente e la gamma di flessibili soluzioni di acquisizione offerti da Electro Rent permettono agli sviluppatori dei satelliti piccoli di ridurre al minimo le spese in conto capitale e i rischi.





Noleggjo



Accesso semplificato al nostro vasto inventario mondiale senza gli elevati costi di proprietà



Soluzioni Finanziarie



Soluzioni convenienti e su misura per tutte le tue esigenze



Acquista il Nuovo



Oltre 200 marchi di alta qualità dei principali costruttori di strumentazione di test



Ottimizzazione Delle Risorse



Ottieni il massimo dal tuo inventario con i nostri servizi di gestione delle risorse



Acquista L'usato



Strumentazione usata e Certified Pre Owned su cui puoi contare

 **Electro Rent**

+39 02 9239 2801
infoitaly@electrorent.com
electrorent.com