NOTA TECNICA

Caricabatterie multi-alloggiamento rinforzati su misura nel 2026: dalla scheda tecnica ai campioni di ingegneria in 16 settimane

Un caricabatterie rinforzato da catalogo si adatta di rado a una batteria nuova, e chi costruisce caricabatterie su misura pubblica raramente tempi di consegna o prezzi. Questa è una piattaforma di caricabatterie multi-alloggiamento, stagna e senza ventola, che passa da una specifica a campioni di ingegneria funzionanti in 16 settimane: com'è costruita, come si colmano le lacune di una specifica, come è suddiviso lo sviluppo e cosa inviare se ne serve uno.

Tan Shuai · tanshuai.com · i@tanshuai.com 23 novembre 2026

Sintesi

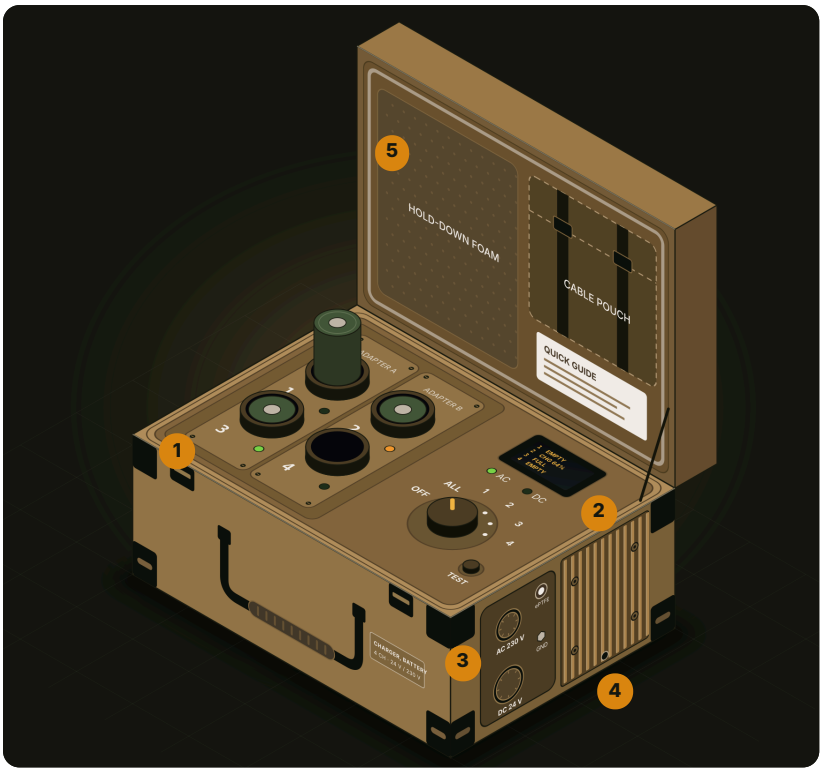
Un caricabatterie multi-alloggiamento rinforzato è un prodotto a bassi volumi costruito attorno alla batteria di qualcun altro, ed è per questo che la maggior parte finisce su misura. Questa nota descrive una piattaforma per costruirli rapidamente. È un involucro in alluminio stagno e senza ventola, con piastre adattatrici per batteria intercambiabili, un canale di carica isolato per alloggiamento su un bus comune a 48 V, ingressi in alternata e da veicolo a 24 V con priorità all'alternata, e ogni parametro specifico della batteria conservato in tabelle del firmware. L'esempio sviluppato ha quattro alloggiamenti, 120 W, 14,3 litri e circa 5 kg; lo stesso progetto copre da due a otto alloggiamenti. Una volta disponibili la specifica e le batterie campione, una prima fase a prezzo fisso consegna in 16 settimane tre campioni di ingegneria, un rapporto di prova e una matrice di conformità completa; una seconda fase congela il progetto e prepara la qualifica, dopodiché viene consegnato il pacchetto completo dei dati di progetto. Costruire a Shenzhen, città che ospita due dei maggiori produttori di batterie della Cina e a breve distanza in auto da quasi ogni componente, è ciò che rende possibili questi tempi e questo prezzo.

Perché l'ho scritto

Ogni poche settimane qualcuno ha bisogno di un caricabatterie per una batteria che nessun altro carica: una batteria radio con una propria linea dati, un pacco per drone con un connettore dedicato, un veicolo a 24 V in cui il caricabatterie deve superare gli avviamenti del motore. I caricabatterie da catalogo dei grandi fornitori della difesa vanno bene per le loro batterie. I costruttori di caricabatterie su misura che ho trovato descrivono le loro capacità, ma non i tempi di consegna né i prezzi. Ho progettato questa piattaforma perché un caricabatterie su misura si possa definire in giorni e campionare in settimane, e la descrivo perché chiunque abbia una batteria del genere sappia cosa inviare e cosa aspettarsi. Tutti i numeri sono aggiornati a novembre 2026, e gli importi sono in dollari statunitensi.

Risultati in sintesi

Figura 1. Una piattaforma, configurata per programma: la versione a quattro alloggiamenti, con lo stesso involucro in tre finiture.



1. **Swappable adapter plates**
   Two wells each; a new battery means a new plate, not a new case
2. **Display, selector, TEST**
   All bays at a glance or one bay in detail; built-in test on demand
3. **AC and vehicle inputs**
   AC takes priority; vehicle input built for MIL-STD-1275
4. **Finned end wall**
   The sealed, fanless electronics bay sheds heat through it
5. **Lid pad and cable pouch**
   Holds the batteries in place with the lid closed

FINISHES



Desert tan | Olive drab | Black

Fonte: The author's concept design, revision 2.1, November 2026.

	Gamma della piattaforma	Esempio a quattro alloggiamenti
Alloggiamenti	Da 2 a 8, identici e isolati galvanicamente	4
Potenza di carica	Circa 60–300 W in totale	120 W, 9 A in totale, tutti gli alloggiamenti insieme
Batterie	Li-ion, Li-polimero e $LiFePO_4$, da 1 a 14 celle in serie per alloggiamento	Quattro pacchi da 99 Wh in circa 4 ore
Dati batteria	Porta SMBus o one-wire isolata per alloggiamento: lettura di capacità e numero di cicli, scrittura con il documento d'interfaccia della batteria	Lettura e scrittura
Ingressi	90–264 VAC, 47–63 Hz; DC da veicolo a 12 o 24 V con transitori MIL-STD-1275; l'alternata ha priorità, senza interruzioni	230 VAC e 24 VDC
Comandi	OLED fino a −40 °C, un LED bicolore per alloggiamento, un selettore (OFF, ALL, una posizione per alloggiamento) e un pulsante TEST stagno; testo in qualsiasi lingua, comprese quelle da destra a sinistra	Sei posizioni
Involucro	Alluminio 5052 saldato, vano elettronica IP67, nessuna ventola, coperchio chiuso in movimento; verde oliva, sabbia deserto, nero o colore su richiesta	340 × 240 × 175 mm, 14,3 L, circa 5,1 kg
Ambiente	Funzionamento da −20 a +55 °C, stoccaggio da −40 a +71 °C	Uguale
Progettato secondo	MIL-STD-810H, 461G, 1275E e F, IEC 62368-1:2023; i rapporti possono citare numeri di metodo più vecchi	Uguale
Tempi	16 settimane a tre campioni di ingegneria, circa 30 settimane alle unità di pre-qualifica	Uguale

A cosa serve

La piattaforma è pensata per batterie trasportate, montate o impiegate in grandi numeri, dove un caricabatterie deve vivere in un veicolo, in uno shelter o in una valigia da campo anziché su una scrivania:

- **Radio militari e di sicurezza.** Batterie per apparati spalleggiabili e portatili con linee dati, dai pacchi di classe BB-2590 alle batterie delle radio portatili, dove il caricabatterie legge la memoria della batteria e ne tiene il conteggio dei cicli.
- **Flotte di droni.** Valigie di ricarica da campo che caricano da quattro a otto pacchi alla volta da un veicolo, un generatore o la rete.
- **Flotte di radio professionali.** Sicurezza pubblica, miniere, servizi di pubblica utilità e protezione civile, dove i caricabatterie multipli viaggiano sui camion e cadono.
- **Veicoli e imbarcazioni.** Veicoli militari e commerciali a 24 V, dove l'ingresso deve resistere ad avviamenti del motore, sovratensioni e inversioni di polarità.
- **Apparecchiature industriali e di prova.** Batterie per strumenti e utensili che richiedono un caricabatterie stagno e ripetibile con registro.

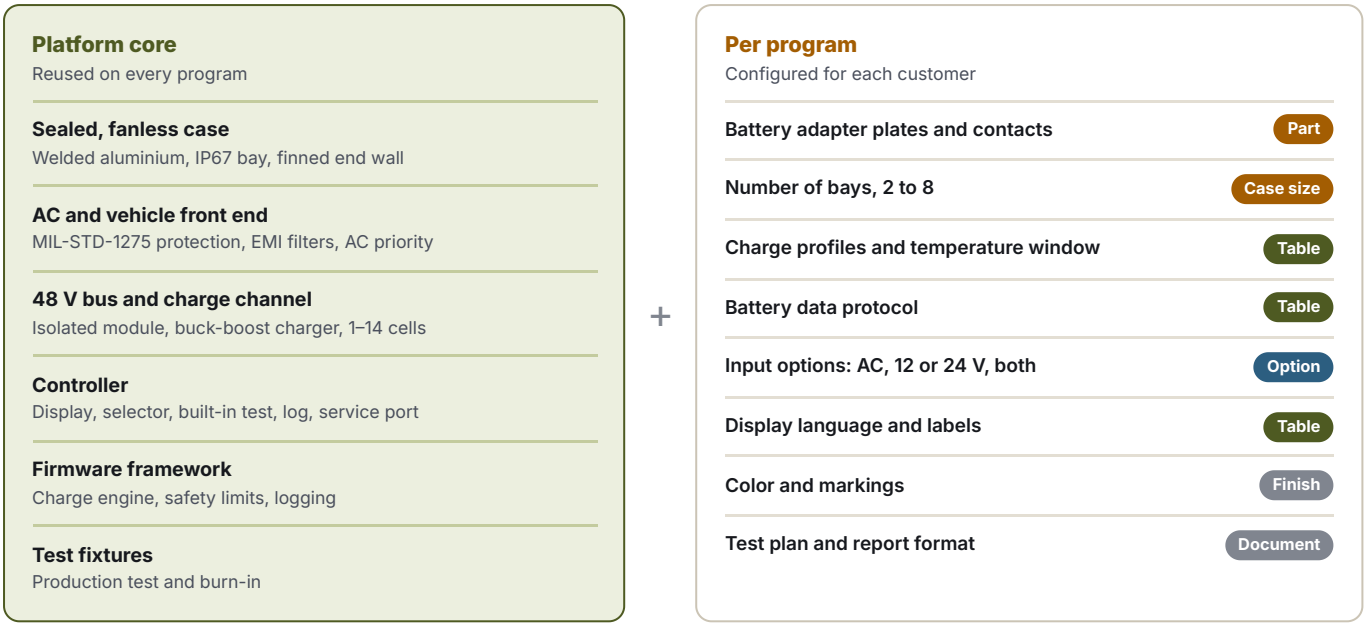
I caricabatterie da catalogo falliscono in questi casi in modi prevedibili: i contatti e il fermo della batteria sono specifici, il protocollo dati è diverso, l'ingresso non corrisponde al veicolo, l'involucro è troppo grande o le norme non sono coperte. Un caricabatterie su misura risolve tutto questo, ma solo se si può progettare senza ripartire ogni volta da un foglio bianco. È questo lo scopo della piattaforma.

Passo 1: trasformare la scheda tecnica in un inviluppo di progetto

Le specifiche dei caricabatterie rinforzati sono raramente complete. Le lacune tipiche sono il modello esatto di batteria, e con esso tensione, capacità, chimica e contatti; se "quattro ore" significa una batteria o quattro insieme; se "120 W" è in ingresso o in uscita; quale revisione di ciascuna norma si applica; cosa significa "protezione EMP"; e come si legge e si scrive la memoria della batteria. Aspettare ogni risposta bloccherebbe il progetto per mesi.

Invece colmo ogni lacuna con il suo valore più probabile, un livello di confidenza e il margine che il progetto richiede se l'ipotesi è sbagliata, e poi progetto un inviluppo che copre ogni risposta plausibile. Nell'esempio a quattro alloggiamenti, tre batterie diverse soddisfacevano la specifica; un solo inviluppo di progetto le copre tutte e tre. Tutto ciò che verrà probabilmente confermato tardi vive in tabelle del firmware: profili di carica, protocolli di batteria, posizioni del selettore e ogni testo visualizzato. Una risposta tardiva cambia allora un file di configurazione, non l'hardware.

Figura 2. Cosa si riutilizza in ogni programma e cosa si configura per ciascuno.

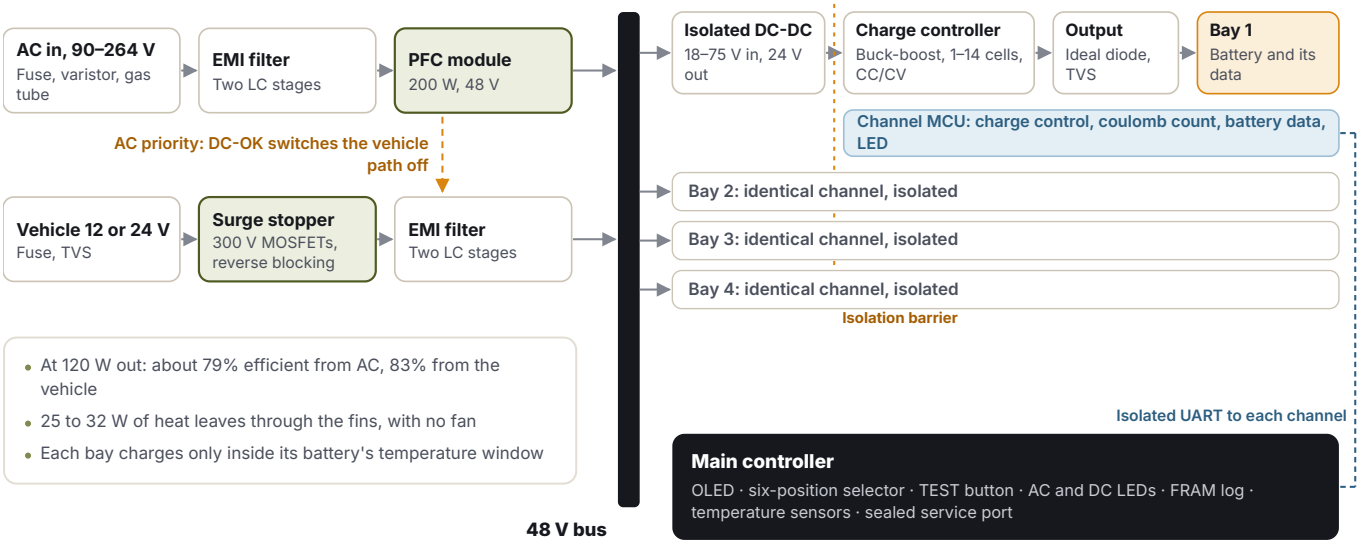


A late answer from the customer changes a table or a plate, not the hardware.

Fonte: The author's platform design.

Passo 2: l'architettura elettrica

Figura 3. Due ingressi, un bus a 48 V, quattro canali isolati e un controllore che dialoga con ciascuno tramite un collegamento isolato.



Fonte: The author's design.

Il percorso in alternata attraversa un fusibile, un varistore e uno scaricatore a gas, un filtro LC a due stadi e un modulo da 200 W a 48 V con correzione del fattore di potenza montato sulla parete dell'involucro, poi un diodo ideale verso un bus a 48 V. Il percorso da veicolo attraversa un fusibile, un diodo TVS e un limitatore di sovratensione con MOSFET da 300 V e blocco dell'inversione di polarità con MOSFET contrapposti, poi il proprio filtro verso lo stesso bus. Quando è presente l'alternata, il segnale DC-OK del suo modulo disattiva il percorso da veicolo, così la priorità all'alternata non richiede relè e la commutazione avviene senza interruzioni.

Ogni alloggiamento ha un modulo DC-DC isolato (18–75 V in ingresso, 24 V in uscita), un controllore di carica buck-boost di TI che gestisce da 1 a 14 celle con regolazione hardware a corrente e tensione costanti, un diodo ideale d'uscita e un diodo TVS. Un piccolo microcontrollore sul lato isolato di ogni canale gestisce il controllore di carica,

conta i coulomb, dialoga con la memoria della batteria e pilota il LED dell'alloggiamento; riferisce al controllore principale tramite una UART isolata. Il controllore principale gestisce il display, legge il selettore e il pulsante TEST, tiene il registro in FRAM, sorveglia i sensori di temperatura e dispone di una porta di servizio stagna.

Le scelte sono deliberate:

- **L'isolamento tra alloggiamenti è quasi gratuito,** perché i moduli isolati ci sono comunque; gli isolatori digitali costano ben meno di un dollaro per canale.
- **Un guasto resta nel suo alloggiamento.** Una batteria in cortocircuito o un errore del firmware in un canale lascia gli altri tre in carica.
- **Gran parte del rischio EMI e di sicurezza è affidata a moduli certificati** con una lunga storia sul campo, così lo sforzo di sviluppo va nell'integrazione, nel firmware e nella meccanica anziché nel reinventare gli alimentatori.
- **Basta un solo stadio di protezione dalle sovratensioni,** perché i moduli di canale tollerano 100 V per un secondo. Il calcolo completo dello stadio d'ingresso è nella mia checklist MIL-STD-1275, 810 e 461 per caricabatterie.

A 120 W in uscita, il rendimento è di circa il 79 % dall'alternata e l'83 % dal veicolo, quindi l'involucro deve smaltire da 25 a 32 W senza ventola. Il modulo in alternata riduce la potenza sopra i 50 °C, perciò a +55 °C in pieno sole il firmware riduce la potenza di carica, oppure si monta un modulo più grande dove è richiesta la piena potenza a quella temperatura. Ogni canale misura anche la temperatura della sua batteria e carica solo all'interno della finestra del produttore, tipicamente da 0 a 45 °C: al di fuori, l'alloggiamento si mette in pausa, lampeggia in rosso e ne indica il motivo, poi riprende da solo. Tappetini riscaldanti nei vani sono un'opzione per i clienti che devono caricare a −10 °C.

Passo 3: l'involucro

Figura 4. Pianta e sezione: le batterie a sinistra, il vano elettronica stagno a destra, il calore esce dalla parete di testa alettata.



1. **Two swappable adapter plates** — 2 × 2 battery wells at 70 mm pitch
2. **Two-color LED per bay** — Green full, amber charging, red fault
3. **2.42-inch OLED, −40 °C grade** — Capacity, cycle count, status, any language
4. **AC and DC indicators** — AC priority; DC takes over seamlessly
5. **Six-position selector, TEST button** — OFF, ALL or one bay; all bays always charge
6. **Gasket land** — The lid seals the full perimeter
7. **Lid foam pad** — Holds the batteries in their wells
8. **D-section silicone gasket** — Continuous; dust-tight and rain-tight
9. **Vertical fins** — Natural convection; fan-ready bosses
10. **Sealed electronics bay** — ePTFE vent; heat out through the fins
11. **Battery wells sized per battery** — Contact block at the base, drain valve

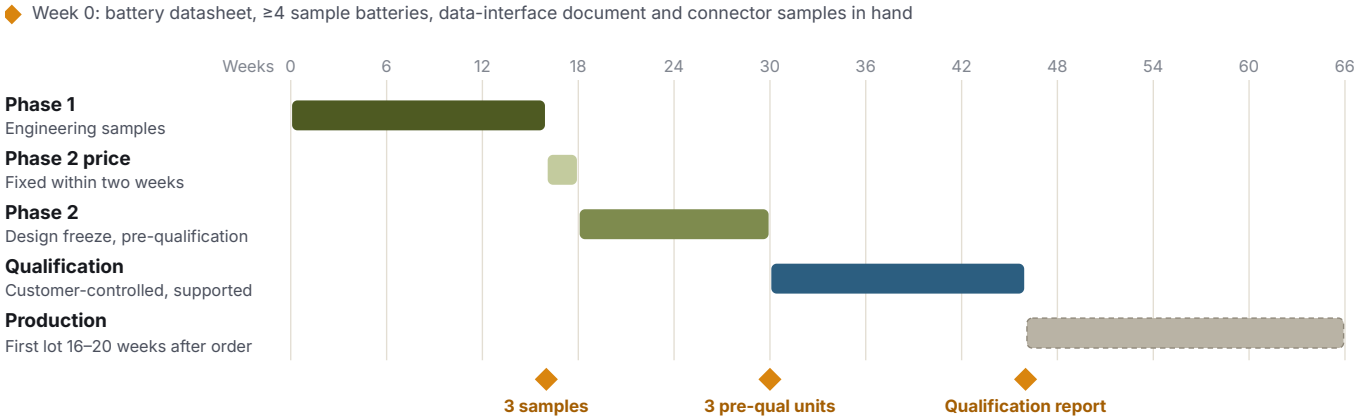
Fonte: The author's concept design, revision 2.1.

L'involucro è in alluminio 5052 saldato, con un vano elettronica stagno a un'estremità e il piano delle batterie all'altra. Ogni parte calda conduce il calore verso una parete di testa alettata, che lo smaltisce per convezione naturale; sono previste borchie di fissaggio per una ventola esterna stagna per i programmi che richiedono più potenza ad alta temperatura. Uno sfiato in ePTFE lascia respirare il vano in quota senza far entrare l'acqua, e i vani batteria drenano attraverso valvole proprie. Il piano porta due piastre adattatrici intercambiabili con due vani ciascuna, quindi una batteria nuova significa una piastra nuova e contatti nuovi, non un involucro nuovo. Una guarnizione continua in silicone a sezione D sigilla il coperchio, e un cuscinetto in schiuma nel coperchio trattiene le batterie nei loro vani, così il caricabatterie può funzionare a coperchio chiuso in un veicolo in movimento. Paraspigoli in polimero con asole per cinghie assorbono le cadute, e la maniglia è dimensionata per i guanti.

I comandi seguono la stessa logica dell'elettronica. Tutti e quattro gli alloggiamenti caricano sempre: inserire una batteria avvia il suo alloggiamento, toglierla lo ferma, e ogni alloggiamento ha il suo LED. Il selettore a sei posizioni accende l'unità e sceglie la vista: OFF, ALL per un riepilogo di tutti gli alloggiamenti, oppure un alloggiamento alla volta con la capacità in mAh e il numero di cicli. L'autotest viene eseguito a ogni accensione e su richiesta da un pulsante TEST stagno, e i suoi risultati finiscono nel registro. Il cliente che vuole fermare un singolo alloggiamento lo ottiene via firmware, senza aggiungere un interruttore e una guarnizione per alloggiamento.

Passo 4: lo sviluppo in due fasi a prezzo fisso

Figura 5. Sedici settimane ai campioni di ingegneria, circa trenta alle unità di pre-qualifica.



Phase 1 delivers

- Three working engineering samples
- Test report: heat soak, 1275 surge, EMC pre-scan
- Compliance matrix: every requirement, design response and test

Phase 2 delivers

- Design freeze and three pre-qualification units
- One test plan for MIL-STD-810, 461 and 1275
- On payment: the complete design data package

Then

- Qualification run by the customer, with supplier support
- Production lots 16–20 weeks after an order
- Development cost credited against production units

Fonte: The author's development plan.

Lo sviluppo è diviso in modo che nessuna delle due parti scommetta l'intero budget prima di vedere l'hardware.

Fase 1, 16 settimane, prezzo fisso. Il conteggio parte quando arrivano la scheda tecnica della batteria, almeno quattro batterie campione, il documento d'interfaccia dati della batteria e i campioni dei connettori, normalmente entro due settimane dall'ordine. La fase 1 consegna tre campioni di ingegneria funzionanti, un rapporto di prova sui punti a rischio (permanenza termica, sovratensione MIL-STD-1275, pre-scansione EMC) e una matrice di conformità che risponde a ogni riga della specifica con una soluzione progettuale e un metodo di verifica.

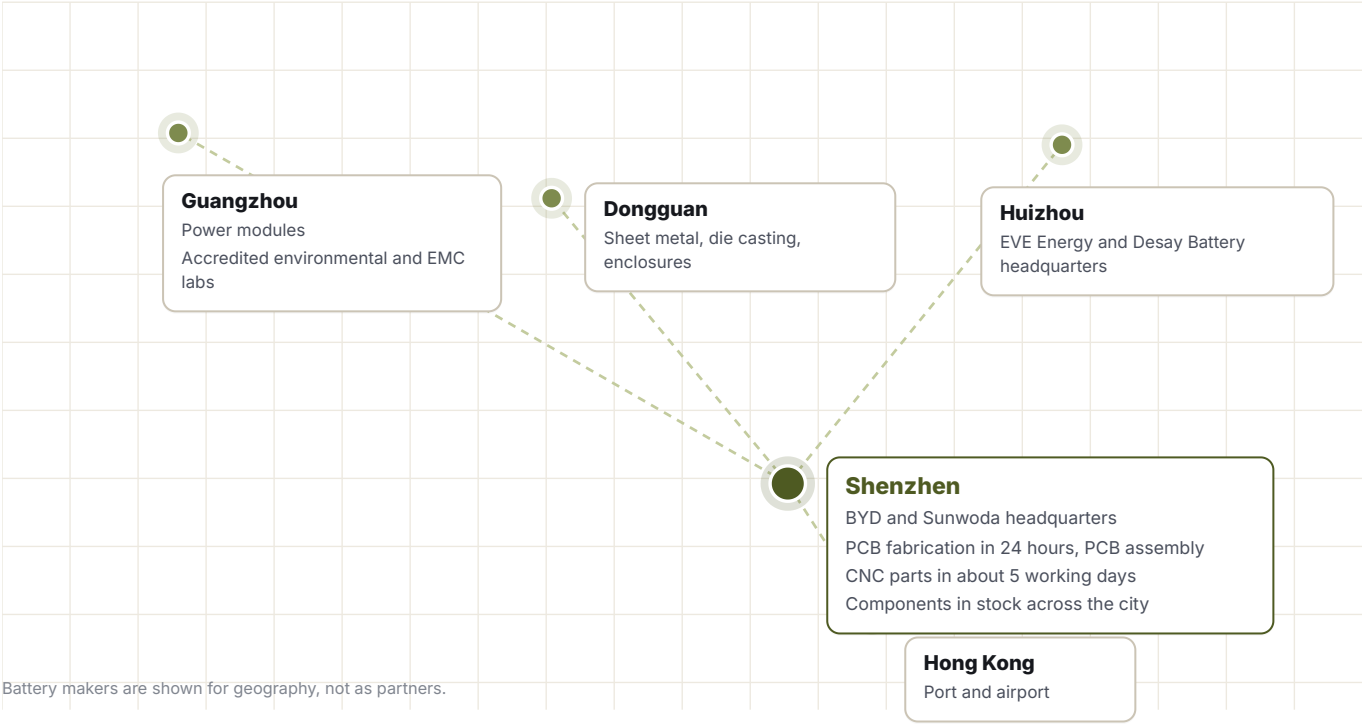
Fase 2, prezzo fisso stabilito entro due settimane dalla fase 1. Congelamento del progetto, unità di pre-qualifica intorno alla settimana 30 e un piano di prova che copre MIL-STD-810, 461 e 1275 in un unico documento. Al pagamento della fase 2, il pacchetto completo dei dati di progetto passa di mano: schemi, file dei circuiti stampati,

codice sorgente del firmware, CAD meccanico, procedure di prova e distinta base con le fonti. Il cliente può quindi far costruire il caricabatterie ovunque.

Qualifica e produzione. La qualifica spetta al cliente, con il nostro piano di prova, i dati di pre-conformità e le azioni correttive a supporto. I lotti di produzione seguono 16–20 settimane dopo l'ordine, e il costo di sviluppo può essere scalato dalle unità di produzione. Quanto costano i caricabatterie militari comparabili, e dove si colloca una realizzazione su misura rispetto a loro, è in Prezzi dei caricabatterie militari multi-alloggiamento nel 2026.

Perché Shenzhen

Figura 6. Produttori di batterie, schede, lavorazioni meccaniche e laboratori di prova a breve distanza in auto l'uno dall'altro.



Fonte: Company headquarters from public company information; supply-chain lead times are typical Shenzhen figures, November 2026.

Velocità e costo vengono dalla geografia. Shenzhen ospita le sedi di BYD e Sunwoda, ed EVE Energy e Desay Battery hanno sede nella vicina Huizhou, quindi gli ingegneri che conoscono le celle al litio, la gestione delle batterie e i loro modi di guasto non sono mai lontani. Una scheda prototipo torna in 24 ore, un pezzo lavorato in circa cinque giorni lavorativi, e quasi ogni componente è disponibile a magazzino da qualche parte in città. Laboratori di prove ambientali ed EMC con gli accreditamenti richiesti da un rapporto di prova si trovano a Shenzhen e Guangzhou. In pratica questo trasforma un'iterazione di progetto da settimane a giorni, ed è buona parte del motivo per cui la piattaforma può avere un prezzo ben inferiore a quello dei fornitori affermati. I produttori di batterie sono indicati per la geografia, non come partner.

Cosa inviare per un preventivo

Una prima e-mail utile risponde alla maggior parte di questi punti; il resto può seguire:

- **La batteria:** modello e scheda tecnica; le batterie campione arrivano dopo.
- **Alloggiamenti:** quanti, e quanti devono caricare contemporaneamente.
- **Alimentazione:** fonti d'ingresso (alternata, veicolo a 12 o 24 V, entrambe) e il tempo di carica necessario.
- **Dati:** cosa leggere dalla memoria della batteria o scriverci.
- **Ambiente e norme,** con le revisioni: temperature, tenuta, MIL-STD-810, 461, 1275, sicurezza.

- **Vincoli:** dimensioni, peso, colore e marcatura.
- **Quantità e date:** prototipi, primo lotto, volume annuo e quando servono i campioni.

Inviatela a i@tanshuai.com. Rispondo con le domande che decidono il progetto e, una volta chiarita la batteria, con un prezzo fisso per la fase 1. Se state ancora scrivendo la vostra specifica, la mia checklist di progetto MIL-STD-1275, 810 e 461 mostra quali clausole determinano i costi.

Fonti

1. Tan Shuai, MIL-STD-1275, 810 and 461 for Battery Chargers: A Design Checklist (companion note). https://tanshuai.com/blog/mil-std-1275-810-461-battery-charger-design-checklist
2. Texas Instruments, BQ25756 bidirectional buck-boost charge controller. https://www.ti.com/product/BQ25756
3. Mornsun, LMF200 series AC-DC module datasheet (thermal derating). https://www.mornsun-power.com/public/uploads/pdf/LMF200-23BxxUH.pdf
4. Mean Well UHP-200-48 (Octopart listing). https://octopart.com/part/mean-well/UHP-200-48
5. MIL-STD-1275E (2013). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1100-1299/MIL-STD-1275E_45886/
6. MIL-STD-461G (2015). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-461G_53571/
7. MIL-STD-810E (1989) and 810H (2019) method equivalents. https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0800-0899/MIL-STD-810E_13775/
8. Battery University, BU-410: Charging at high and low temperatures. https://batteryuniversity.com/article/bu-410-charging-at-high-and-low-temperatures
9. BYD Company (headquarters: Shenzhen). https://en.wikipedia.org/wiki/BYD_Company
10. Sunwoda Electronic (headquarters: Shenzhen). https://en.wikipedia.org/wiki/Sunwoda
11. EVE Energy (headquarters: Huizhou). https://en.wikipedia.org/wiki/EVE_Energy
12. Huizhou Desay Battery Co., Ltd. (Huizhou). https://ees-europe.com/exhibitorlist/huizhou-desay-battery-coltd
13. JLCPCB, PCB prototype service (24-hour builds). https://jlcpcb.com/

Sull'autore

Tan Shuai è un tecnologo e fondatore con oltre vent'anni di lavoro tra chip, hardware e software di sistema, e 20 brevetti concessi. Il suo lavoro lo ha portato attraverso la Silicon Valley, New York, Chicago, Taiwan, la Greater Bay Area (Shenzhen e Hong Kong), il Vietnam e la Malesia, con una lunga attenzione alla manifattura avanzata e alle catene di fornitura. Oggi lavora come ricercatore e sviluppatore di IA, e costruisce elettronica rinforzata su misura con partner di produzione a Shenzhen.

Progetti di caricabatterie su misura e confronto tecnico: i@tanshuai.com.