ملاحظة هندسية

شواحن بطاريات مقوّاة متعددة المنافذ حسب الطلب في 2026: من ورقة المواصفات إلى العينات الهندسية في 16 أسبوعًا

نادرًا ما يناسب شاحنٌ مقوّى من الكتالوج بطاريةً جديدة، ونادرًا ما ينشر صانعو الشواحن حسب الطلب مدد التسليم أو الأسعار. هذه منصة شواحن متعددة المنافذ، محكمة الإغلاق وبلا مروحة، تنتقل من المواصفات إلى عينات هندسية عاملة في 16 أسبوعًا: كيف بُنيت، وكيف تُسدّ الفجوات في المواصفات، وكيف يُقسَّم التطوير إلى مراحل، وما الذي ترسله إن كنت تحتاج إلى واحد.

تان شواي · i@tanshuai.com · tanshuai.com

23 نوفمبر 2026

الملخص

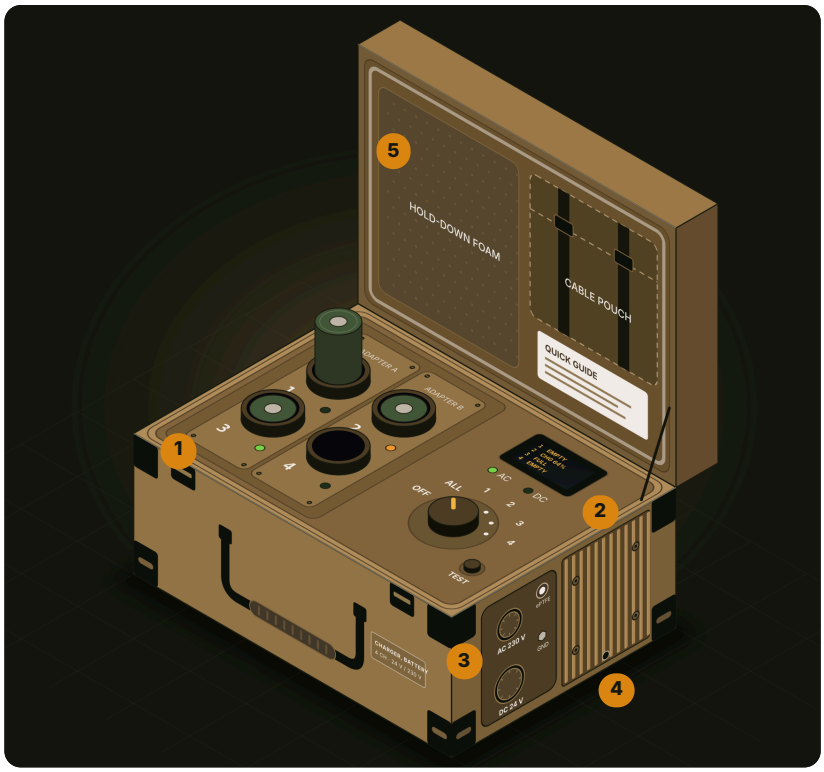
الشاحن المقوّى متعدد المنافذ منتج بكميات صغيرة يُبنى حول بطارية صنعها غيرك، ولهذا ينتهي معظمها حسب الطلب. تصف هذه الورقة منصة لبنائها بسرعة. وهي علبة من الألومنيوم محكمة الإغلاق وبلا مروحة، بألواح مهايئ للبطاريات قابلة للتبديل، وقناة شحن معزولة لكل منفذ على ناقل مشترك بجهد 48 فولت، ومدخلَي تيار متردد ومركبة 24 فولت مع أولوية للتيار المتردد، وكل معامل خاص بالبطارية محفوظ في جداول البرنامج الثابت. المثال المعروض بأربعة منافذ و120 واط و14.3 لترًا ونحو 5 كغ؛ والتصميم نفسه يغطي من منفذين إلى ثمانية. بمجرد توفر المواصفات وبطاريات العينة، تسلّم مرحلة أولى بسعر ثابت ثلاث عينات هندسية وتقرير اختبار ومصفوفة امتثال كاملة خلال 16 أسبوعًا؛ وتجمّد مرحلة ثانية التصميم وتُعدّ للتأهيل، وبعدها تُسلَّم حزمة بيانات التصميم كاملة. البناء في شنجن، المدينة التي تضم مقرّي اثنتين من أكبر شركات البطاريات في الصين وعلى مسافة قصيرة بالسيارة من كل قطعة تقريبًا، هو ما يجعل هذا الجدول الزمني وهذا السعر ممكنين.

لماذا كتبت هذا

كل بضعة أسابيع يحتاج أحدهم إلى شاحن لبطارية لا يشحنها أحد غيره: بطارية لاسلكي بخط بيانات خاص بها، أو حزمة طائرة مسيّرة بموصل مخصص، أو مركبة 24 فولت يجب أن يصمد فيها الشاحن أمام تشغيل المحرك. شواحن الكتالوج لدى كبار موردي الدفاع تناسب بطارياتهم. أما صانعو الشواحن حسب الطلب الذين وجدتهم فيصفون قدراتهم دون مدد التسليم أو الأسعار. صمّمت هذه المنصة كي يمكن تحديد نطاق شاحن حسب الطلب في أيام وصنع عيناته في أسابيع، وأكتب عنها كي يعرف كل من لديه بطارية كهذه ماذا يرسل وماذا يتوقع. كل الأرقام أدناه صحيحة حتى نوفمبر 2026، والمبالغ بالدولار الأمريكي.

النتائج في لمحة

الشكل 1. منصة واحدة تُهيّأ لكل برنامج: النسخة ذات المنافذ الأربعة، والعلبة نفسها بثلاثة تشطيبات.



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

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

	نطاق المنصة	مثال المنافذ الأربعة
المنافذ	من 2 إلى 8، متطابقة ومعزولة غلفانيًا	4
قدرة الشحن	نحو 60 إلى 300 واط إجمالًا	120 واط، 9 أمبير إجمالًا، كل المنافذ معًا
البطاريات	ليثيوم أيون وليثيوم بوليمر و$LiFePO_4$، من خلية إلى 14 خلية على التوالي لكل منفذ	أربع حزم 99 واط ساعة في نحو 4 ساعات
بيانات البطارية	منفذ SMBus أو سلك واحد معزول لكل منفذ: قراءة السعة وعدد الدورات، والكتابة وفق وثيقة واجهة البطارية	قراءة وكتابة
المداخل	90–264 فولت متردد، 47–63 هرتز؛ تيار مستمر من مركبة 12 أو 24 فولت مع عوابر MIL-STD-1275؛ أولوية سلسة للتيار المتردد	230 فولت متردد و24 فولت مستمر
أدوات التحكم	شاشة OLED مصنفة حتى -40 °م، ومؤشر LED ثنائي اللون لكل منفذ، ومحدد (OFF وALL وموضع لكل منفذ) وزر TEST محكم؛ نص بأي لغة، بما فيها اللغات من اليمين إلى اليسار	ستة مواضع
العلبة	ألومنيوم 5052 ملحوم، حجرة إلكترونيات IP67، بلا مروحة، الغطاء مغلق أثناء الحركة؛ أخضر زيتوني أو رمل صحراوي أو أسود أو لون حسب الطلب	340 × 240 × 175 مم، 14.3 لترًا، نحو 5.1 كغ
البيئة	تشغيل من -20 إلى +55 °م، تخزين من -40 إلى +71 °م	نفسها
مصمم وفق	MIL-STD-810H وMIL-STD-461G وMIL-STD-1275E وIEC 62368-1:2023 وF؛ يمكن للتقارير ذكر أرقام طرق أقدم	نفسها
الجدول الزمني	16 أسبوعًا حتى ثلاث عينات هندسية، ونحو 30 أسبوعًا حتى وحدات ما قبل التأهيل	نفسه

لِمَ صُمّمت

تستهدف المنصة البطاريات التي تُحمل أو تُركّب أو تُنشر بأعداد كبيرة، حيث يعيش الشاحن في مركبة أو ملجأ أو حقيبة ميدانية لا على مكتب:

- **أجهزة اللاسلكي العسكرية والأمنية.** بطاريات الأجهزة المحمولة على الظهر وباليد ذات خطوط البيانات، من حزم فئة BB-2590 إلى بطاريات الأجهزة اليدوية، حيث يقرأ الشاحن ذاكرة البطارية ويحفظ عدد دوراتها.

- **أساطيل الطائرات المسيّرة.** حقائب شحن ميدانية تشحن من أربع إلى ثماني حزم في آن واحد من مركبة أو مولّد أو الشبكة.
- **أساطيل أجهزة الاتصال ثنائية الاتجاه.** السلامة العامة والتعدين والمرافق والاستجابة للطوارئ، حيث تركب الشواحن الجماعية في الشاحنات وتسقط.
- **المركبات والقوارب.** مركبات عسكرية وتجارية بجهد 24 فولت، حيث يجب أن يصمد المدخل أمام تشغيل المحرك والارتفاعات المفاجئة وعكس الأقطاب.
- **المعدات الصناعية ومعدات الاختبار.** بطاريات الأدوات والأجهزة التي تحتاج إلى شاحن محكم وقابل للتكرار مع سجل.

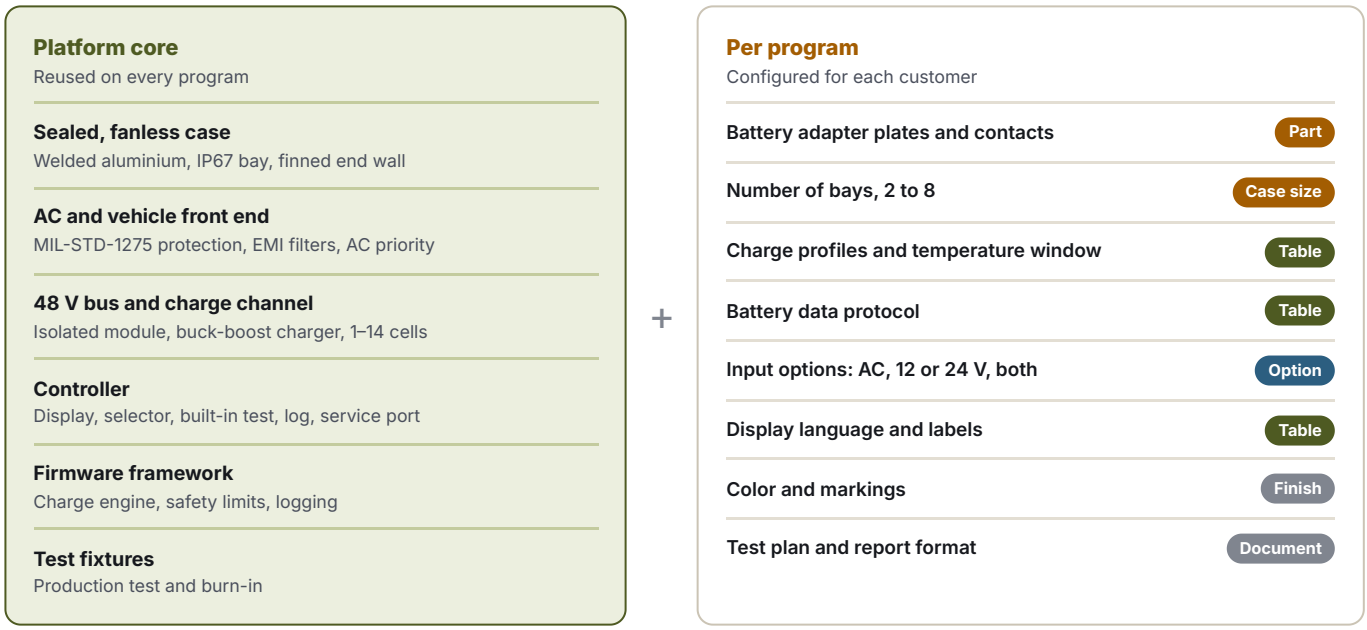
تفشل شواحن الكتالوج في هذه الحالات بطرق متوقعة: تلامسات البطارية ومزلاجها خاصة بها، وبروتوكول البيانات مختلف، والمدخل لا يطابق المركبة، والعلبة كبيرة جدًا، أو المعايير غير مغطاة. الشاحن حسب الطلب يصلح كل ذلك، لكن فقط إذا أمكن تصميمه دون البدء من صفحة بيضاء في كل مرة. وهذا هو الغرض من المنصة.

الخطوة 1: تحويل ورقة المواصفات إلى غلاف تصميم

نادرًا ما تكون مواصفات الشواحن المقوّاة كاملة. الفجوات المعتادة هي طراز البطارية الدقيق، ومعه الجهد والسعة والكيمياء والتلامسات؛ وهل "أربع ساعات" تعني بطارية واحدة أم أربعًا معًا؛ وهل "120 واط" للمدخل أم للمخرج؛ وأي إصدار من كل معيار ينطبق؛ وما المقصود بـ"الحماية من EMP"؛ وكيف تُقرأ ذاكرة البطارية وتُكتب. انتظار كل الإجابات قد يعطّل المشروع لأشهر.

بدلًا من ذلك، أملأ كل فجوة بأرجح قيمة لها، مع مستوى ثقة والهامش الذي يحتاجه التصميم إن كان التخمين خاطئًا، ثم أصمم غلافًا يغطي كل إجابة معقولة. في مثال المنافذ الأربعة، كانت ثلاث بطاريات مختلفة تناسب المواصفات؛ وغلاف تصميم واحد يغطيها جميعًا. وكل ما يُرجّح تأكيده متأخرًا يعيش في جداول البرنامج الثابت: ملفات الشحن، وبروتوكولات البطارية، ومواضع المحدد، وكل نص معروض. وعندها تغيّر الإجابة المتأخرة ملف تهيئة، لا العتاد.

الشكل 2. ما يُعاد استخدامه في كل برنامج، وما يُهيّأ لكل واحد منها.

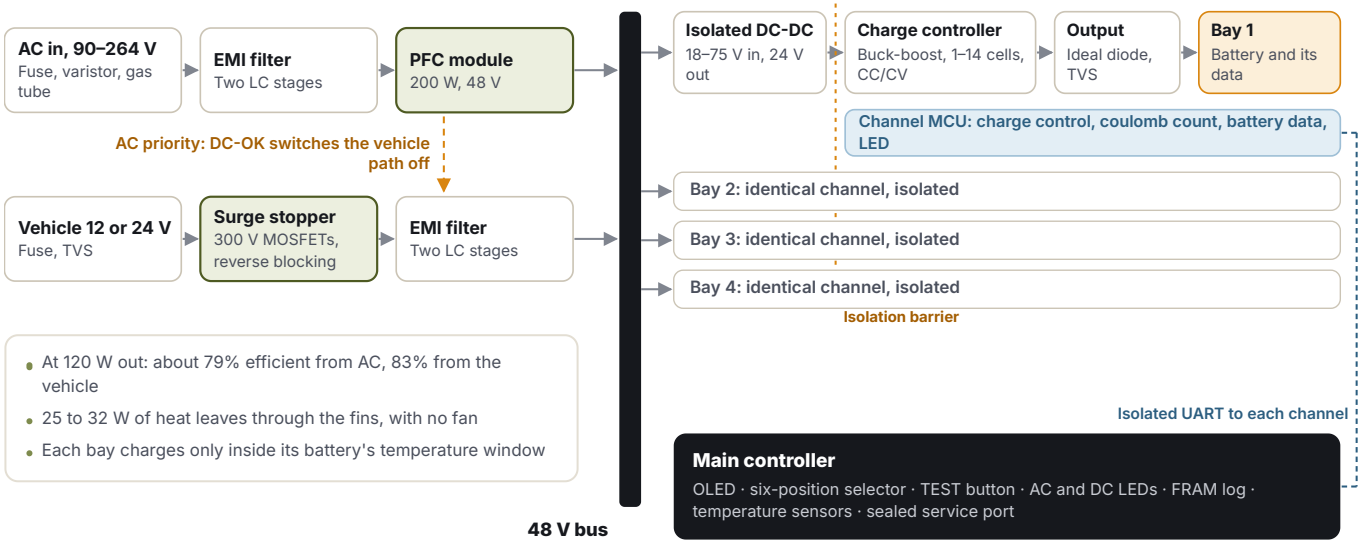


A late answer from the customer changes a table or a plate, not the hardware.

المصدر: The author's platform design.

الخطوة 2: البنية الكهربائية

الشكل 3. مدخلان، وناقل 48 فولت واحد، وأربع قنوات معزولة، ومتحكم يتحدث إلى كل منها عبر رابط معزول.



المصدر: The author's design.

يمر مسار التيار المتردد عبر منصهر ومقاوم متغير وأنبوب تفريغ غازي، ومرشح LC ثنائي المرحلة، ووحدة 200 واط بجهد 48 فولت مصححة لمعامل القدرة ومثبتة على جدار العلبة، ثم صمام ثنائي مثالي إلى ناقل 48 فولت. ويمر مسار المركبة عبر منصهر وصمام TVS ومانع ارتفاعات بترانزستور MOSFET بجهد 300 فولت وحجب متقابل لعكس الأقطاب، ثم مرشحه الخاص إلى الناقل نفسه. عند توفر التيار المتردد، تفصل إشارة DC-OK من وحدته مسار المركبة، فلا تحتاج أولوية التيار المتردد إلى مرحّل ويكون التحويل سلسًا.

لكل منفذ وحدة DC-DC معزولة (مدخل 18–75 فولت، مخرج 24 فولت)، ومتحكم شحن رافع وخافض من TI يتعامل مع خلية إلى 14 خلية بتحكم عتادي في التيار الثابت والجهد الثابت، وصمام ثنائي مثالي للمخرج وصمام TVS. ويشغّل متحكم دقيق صغير على الجانب المعزول لكل قناة متحكم الشحن، ويعدّ الكولومات، ويتحدث إلى ذاكرة البطارية، ويقود مؤشر المنفذ؛ ويرفع تقاريره إلى المتحكم الرئيسي عبر UART معزول. ويشغّل المتحكم الرئيسي الشاشة، ويقرأ المحدد وزر TEST، ويحفظ السجل في ذاكرة FRAM، ويراقب حساسات الحرارة، ويملك منفذ صيانة محكمًا.

الخيارات مقصودة:

- **العزل بين المنافذ يأتي شبه مجاني،** لأن الوحدات المعزولة موجودة على أي حال؛ وتكلفة العوازل الرقمية أقل بكثير من دولار لكل قناة.
- **العطل يبقى في منفذه.** بطارية مقصورة أو خلل في البرنامج الثابت في قناة واحدة يترك القنوات الثلاث الأخرى تشحن.
- **معظم مخاطر EMI والسلامة تقع في وحدات معتمدة** بسجل ميداني طويل، فيذهب جهد التطوير إلى التكامل والبرنامج الثابت والميكانيكا بدل إعادة اختراع مزودات الطاقة.
- **مرحلة واحدة من الحماية من الارتفاعات تكفي،** لأن وحدات القنوات تتحمل 100 فولت لمدة ثانية. والحساب الكامل للواجهة الأمامية موجود في قائمة التحقق الخاصة بي لمعايير MIL-STD-1275 و810 و461 لشواحن البطاريات.

عند 120 واط من الخرج، تبلغ الكفاءة نحو 79% من التيار المتردد و83% من المركبة، لذا يجب أن تتخلص العلبة من 25 إلى 32 واط دون مروحة. تخفّض وحدة التيار المتردد قدرتها فوق 50 °م، لذا عند +55 °م تحت الشمس المباشرة يقلّص البرنامج الثابت قدرة الشحن، أو تُركّب وحدة أكبر حيث تُطلب القدرة الكاملة عند تلك الحرارة. وتقيس كل قناة أيضًا حرارة بطاريتها ولا تشحن إلا داخل نافذة صانع البطارية، عادةً من 0 إلى 45 °م: خارجها يتوقف المنفذ مؤقتًا ويومض بالأحمر ويذكر السبب، ثم يستأنف من تلقاء نفسه. وتتوفر وسائد تسخين في التجاويف خيارًا للعملاء الذين يجب أن يشحنوا عند -10 °م.

الخطوة 3: العلبة

الشكل 4. مسقط ومقطع: البطاريات على اليسار، وحجرة الإلكترونيات المحكمة على اليمين، والحرارة تخرج عبر الجدار الطرفي المزعنف.



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

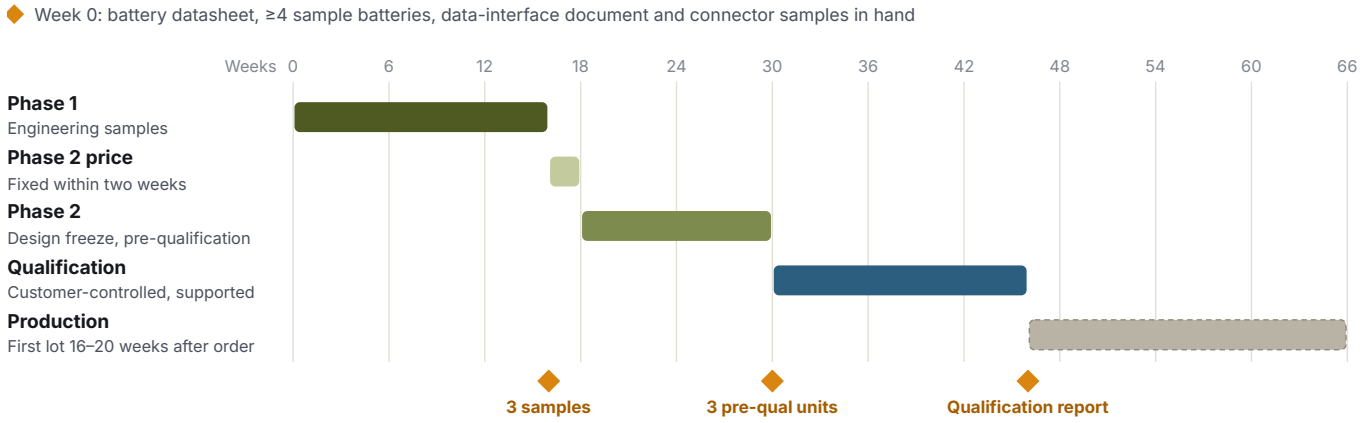
المصدر: The author's concept design, revision 2.1.

العلبة من ألومنيوم 5052 الملحوم، بحجرة إلكترونيات محكمة في أحد الطرفين وسطح البطاريات في الطرف الآخر. كل جزء ساخن يوصل حرارته إلى جدار طرفي مزعنف يتخلص منها بالحمل الحراري الطبيعي؛ وهناك نتوءات تثبيت لمروحة خارجية محكمة للبرامج التي تحتاج إلى قدرة أكبر عند الحرارة العالية. وتسمح فتحة تهوية ePTFE للحجرة بالتنفس على الارتفاعات العالية دون دخول الماء، وتُصرّف تجاويف البطاريات عبر صماماتها الخاصة. يحمل السطح لوحَي مهايئ قابلين للتبديل بتجويفين لكل منهما، فالبطارية الجديدة تعني لوحًا جديدًا وتلامسات جديدة لا علبة جديدة. وتُحكم حشية سيليكون متصلة ذات مقطع D إغلاق الغطاء، وتثبت وسادة إسفنج في الغطاء البطاريات في تجاويفها، فيمكن للشاحن العمل والغطاء مغلق في مركبة متحركة. وتمتص مصدات زوايا من البوليمر مع فتحات للأحزمة السقطات، والمقبض بحجم يناسب القفازات.

تتبع أدوات التحكم منطق الإلكترونيات نفسه. كل المنافذ الأربعة تشحن طوال الوقت: إدخال البطارية يبدأ شحن منفذها، وإزالتها توقفه، ولكل منفذ مؤشره. يشغّل المحدد ذو المواضع الستة الوحدة ويختار العرض: OFF، أو ALL لملخص كل المنافذ، أو منفذ واحد في كل مرة لعرض سعته بالمللي أمبير ساعة وعدد دوراته. يعمل الاختبار الذاتي عند كل تشغيل وعند الطلب من زر TEST محكم، وتُسجّل نتائجه. والعميل الذي يريد إيقاف منفذ واحد يحصل على ذلك في البرنامج الثابت، دون إضافة مفتاح وحشية لكل منفذ.

الخطوة 4: التطوير في مرحلتين بسعر ثابت

الشكل 5. ستة عشر أسبوعًا حتى العينات الهندسية، ونحو ثلاثين حتى وحدات ما قبل التأهيل.



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

المصدر: The author's development plan.

يُقسَّم التطوير بحيث لا يراهن أي طرف بالميزانية كلها قبل رؤية العتاد.

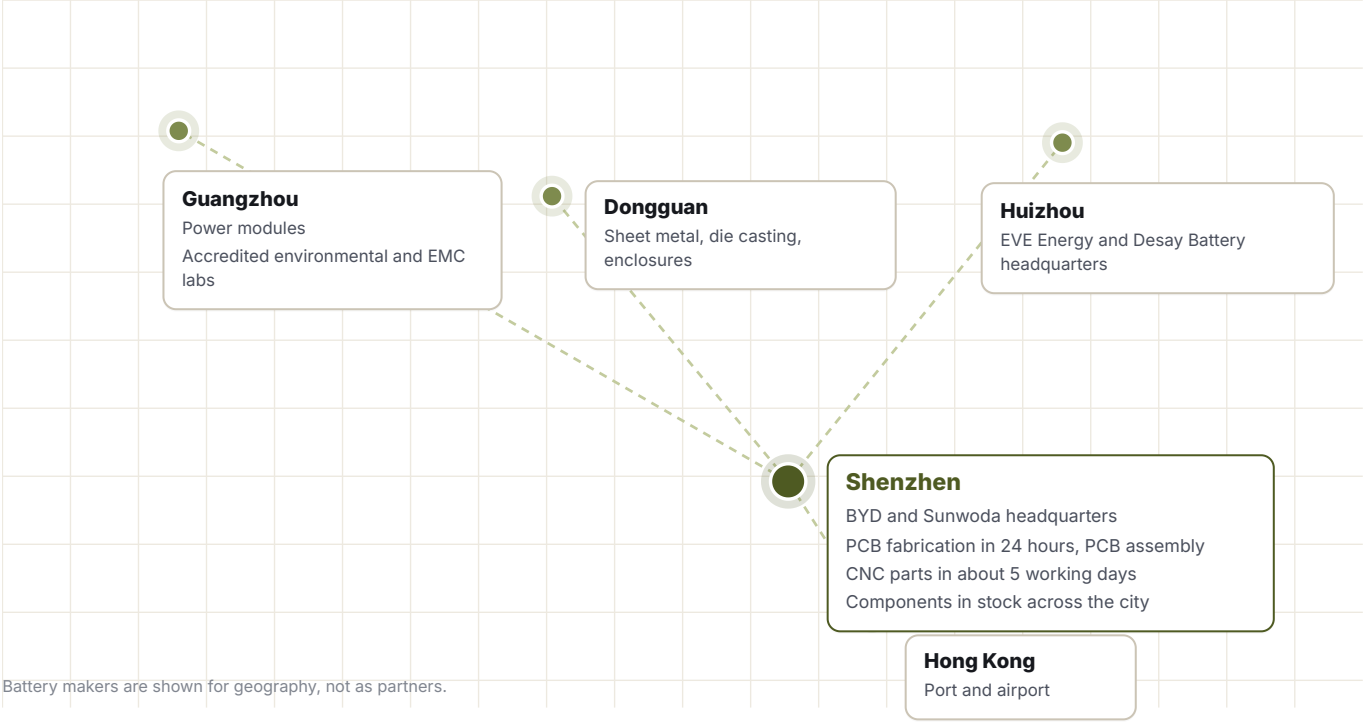
المرحلة 1، 16 أسبوعًا، بسعر ثابت. تبدأ الساعة حين تصل ورقة بيانات البطارية، وأربع بطاريات عينة على الأقل، ووثيقة واجهة بيانات البطارية، وعينات الموصلات، وعادةً خلال أسبوعين من الطلب. تسلّم المرحلة 1 ثلاث عينات هندسية عاملة، وتقرير اختبار يغطي البنود الخطرة (التشبّع الحراري، وارتفاع MIL-STD-1275، ومسح EMC أولي)، ومصفوفة امتثال تجيب عن كل سطر في المواصفات باستجابة تصميمية وطريقة تحقق.

المرحلة 2، بسعر ثابت يُحدد خلال أسبوعين من المرحلة 1. تجميد التصميم، ووحدات ما قبل التأهيل في نحو الأسبوع 30، وخطة اختبار تغطي MIL-STD-810 و461 و1275 في وثيقة واحدة. عند دفع ثمن المرحلة 2، تنتقل حزمة بيانات التصميم كاملة: المخططات، وملفات اللوحات المطبوعة، والشيفرة المصدرية للبرنامج الثابت، والتصميم الميكانيكي، وإجراءات الاختبار، وقائمة مواد مع مصادرها. ويمكن للعميل بعدها بناء الشاحن في أي مكان.

التأهيل والإنتاج. التأهيل مسؤولية العميل، ومن خلفه خطة اختبارنا وبيانات ما قبل الامتثال والإجراءات التصحيحية. تأتي دفعات الإنتاج بعد 16 إلى 20 أسبوعًا من الطلب، ويمكن احتساب تكلفة التطوير لصالح وحدات الإنتاج. أما أسعار الشواحن العسكرية المماثلة، وأين يقع الشاحن حسب الطلب مقارنة بها، فموجودة في أسعار شواحن البطاريات العسكرية متعددة المنافذ في 2026.

لماذا شنجن

الشكل 6. صانعو البطاريات واللوحات والتشغيل الآلي ومختبرات الاختبار على مسافة قصيرة بالسيارة من بعضها.



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

السرعة والتكلفة تأتيان من الجغرافيا. تضم شنجن مقرّي BYD وSunwoda، ومقرّا EVE Energy وDesay Battery في هويتشو المجاورة، فالمهندسون الذين يعرفون خلايا الليثيوم وإدارة البطاريات وأنماط أعطالها ليسوا بعيدين أبدًا. تعود لوحة النموذج الأولي خلال 24 ساعة، والقطعة المشغولة آليًا في نحو خمسة أيام عمل، وكل مكون تقريبًا متوفر في مخزون ما في المدينة. ومختبرات الاختبار البيئي وEMC ذات الاعتمادات التي يحتاجها تقرير الاختبار موجودة في شنجن وقوانغتشو. عمليًا، يحوّل ذلك دورة التصميم من أسابيع إلى أيام، وهو جزء كبير من سبب إمكان تسعير المنصة بأقل بكثير مما يتقاضاه الموردون القائمون. وشركات البطاريات مذكورة للجغرافيا، لا بصفتها شركاء.

ما الذي ترسله للحصول على عرض سعر

البريد الأول المفيد يجيب عن معظم ما يلي، ويمكن أن يتبع الباقي:

- **البطارية:** الطراز وورقة البيانات؛ وتأتي بطاريات العينة لاحقًا.
- **المنافذ:** كم عددها، وكم منها يجب أن يشحن في آن واحد.
- **القدرة:** مصادر المدخل (تيار متردد، مركبة 12 أو 24 فولت، أو كلاهما) ووقت الشحن المطلوب.
- **البيانات:** ما الذي يُقرأ من ذاكرة البطارية أو يُكتب إليها.
- **البيئة والمعايير،** مع الإصدارات: درجات الحرارة، والإحكام، وMIL-STD-810 و461 و1275، والسلامة.
- **القيود:** الحجم والوزن واللون والوسم.
- **الكميات والمواعيد:** النماذج الأولية، والدفعة الأولى، والحجم السنوي، وموعد حاجتك إلى العينات.

أرسله إلى i@tanshuai.com. أرد بالأسئلة التي تحسم التصميم، وبمجرد وضوح البطارية، بسعر ثابت للمرحلة 1. وإن كنت لا تزال تكتب مواصفاتك بنفسك، فإن قائمة التحقق التصميمية الخاصة بي لمعايير MIL-STD-1275 و810 و461 تبيّن أي البنود تحدد التكلفة.

المصادر

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_137 /75
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

عن المؤلف

تان شواي تقني ومؤسس لديه أكثر من عشرين عامًا من العمل عبر الرقائق والعتاد وبرمجيات الأنظمة، و20 براءة اختراع ممنوحة. أخذته أعماله عبر وادي السيليكون ونيويورك وشيكاغو وتايوان ومنطقة الخليج الكبرى (شنجن وهونغ كونغ) وفيتنام وماليزيا، مع تركيز طويل على التصنيع المتقدم وسلاسل التوريد. يعمل اليوم باحثًا ومطورًا في الذكاء الاصطناعي، ويبني إلكترونيات مقوّاة حسب الطلب مع شركاء تصنيع في شنجن.

لمشاريع الشواحن حسب الطلب والنقاش التقني: i@tanshuai.com.