MÜHENDİSLİK NOTU

2026'da Özel Üretim Dayanıklı Çok Yuvalı Pil Şarj Cihazları: Teknik Föyden 16 Haftada Mühendislik Numunelerine

Katalogdaki dayanıklı bir şarj cihazı yeni bir pile nadiren uyar ve özel şarj cihazı üreticileri teslim sürelerini ya da fiyatlarını pek yayımlamaz. Bu, bir spesifikasyondan 16 haftada çalışan mühendislik numunelerine ulaşan sızdırmaz, fansız bir çok yuvalı şarj cihazı platformudur: nasıl kurulduğu, bir spesifikasyondaki boşlukların nasıl doldurulduğu, geliştirmenin nasıl aşamalandırıldığı ve bir taneye ihtiyacınız varsa ne göndermeniz gerektiği.

Tan Shuai · tanshuai.com · i@tanshuai.com

23 Kasım 2026

Özet

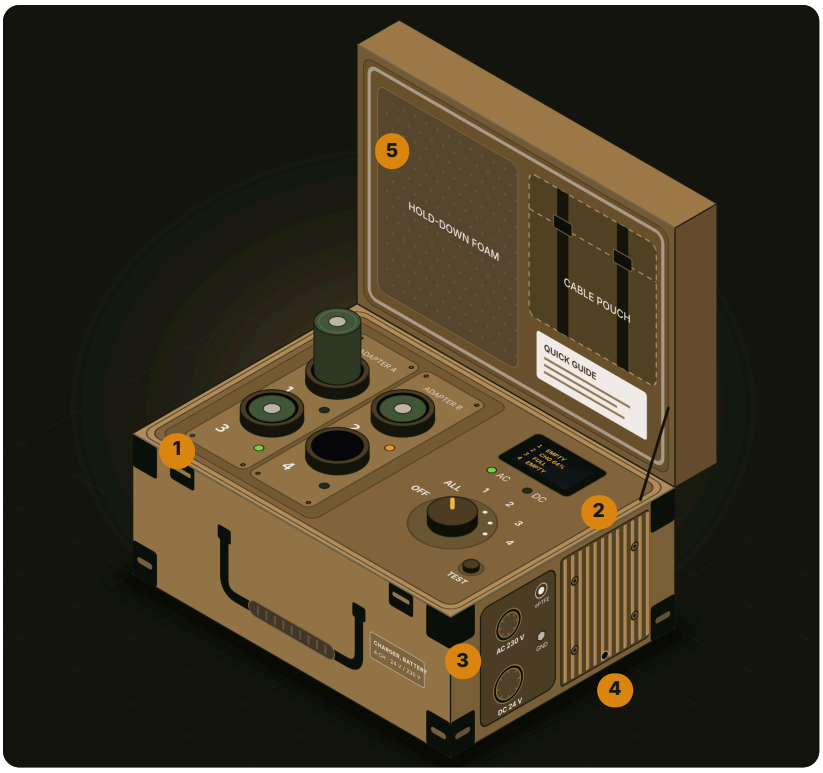
Dayanıklı çok yuvalı bir şarj cihazı, başkasının pili etrafında kurulan düşük adetli bir üründür; çoğunun özel üretim olmasının nedeni budur. Bu not, bunları hızla üretmek için bir platformu anlatıyor. Platform; değiştirilebilir pil adaptör plakalarına sahip sızdırmaz, fansız bir alüminyum kasa, ortak bir 48 V bara üzerinde yuva başına bir yalıtılmış şarj kanalı, AC önceliğine sahip AC ve 24 V araç girişleri ve pile özgü her parametrenin yazılım tablolarında tutulmasından oluşur. Örnek tasarımda dört yuva, 120 W, 14,3 litre ve yaklaşık 5 kg var; aynı tasarım iki ila sekiz yuvayı kapsar. Spesifikasyon ve numune piller elde edildiğinde, sabit fiyatlı ilk aşama 16 haftada üç mühendislik numunesi, bir test raporu ve eksiksiz bir uygunluk matrisi teslim eder; ikinci aşama tasarımı dondurur ve yeterliliğe hazırlar, ardından tasarım veri paketinin tamamı devredilir. Bu takvimi ve bu fiyatı mümkün kılan, Çin'in en büyük iki pil üreticisinin merkezine ev sahipliği yapan ve neredeyse her parçaya kısa bir araç mesafesinde olan Shenzhen'de üretmektir.

Bunu neden yazdım

Birkaç haftada bir, birileri başka kimsenin şarj etmediği bir pil için şarj cihazına ihtiyaç duyar: kendi veri hattı olan bir telsiz pili, özel konnektörlü bir dron paketi, şarj cihazının motor çalıştırmalarını atlatması gereken 24 V bir araç. Büyük savunma tedarikçilerinin katalog şarj cihazları kendi pillerine uyar. Bulduğum özel şarj cihazı üreticileri yeteneklerini anlatıyor, ama teslim sürelerini ya da fiyatlarını vermiyor. Bu platformu, özel bir şarj cihazının kapsamı günler içinde belirlenip numunesi haftalar içinde çıkarılabilsin diye tasarladım ve böyle bir pili olan herkes ne göndereceğini ve ne bekleyeceğini bilsin diye yazıya döküyorum. Aşağıdaki tüm rakamlar Kasım 2026 itibarıyladır ve tutarlar ABD dolarıdır.

Bir bakışta sonuçlar

Şekil 1. Her programa göre yapılandırılan tek bir platform: dört yuvalı sürüm ve üç farklı yüzeyde aynı kasa.



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

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

	Platform aralığı	Dört yuvalı örnek
Yuvalar	2 ila 8, özdeş ve galvanik olarak yalıtılmış	4
Şarj gücü	Toplamda yaklaşık 60 ila 300 W	120 W, toplam 9 A, tüm yuvalar aynı anda
Piller	Li-ion, Li-polimer ve $LiFePO_4$, yuva başına seri 1 ila 14 hücre	Dört adet 99 Wh paket yaklaşık 4 saatte
Pil verisi	Yuva başına yalıtılmış SMBus veya tek telli port: kapasite ve döngü sayısını okuma, pilin arayüz belgesiyle yazma	Okuma ve yazma
Girişler	90–264 VAC, 47–63 Hz; MIL-STD-1275 geçici rejimleriyle 12 veya 24 V araç DC'si; AC kesintisiz öncelikli	230 VAC ve 24 VDC
Kontroller	−40 °C'ye dayanıklı OLED, yuva başına iki renkli LED, bir seçici (OFF, ALL, her yuva için bir konum) ve sızdırmaz bir TEST düğmesi; sağdan sola yazılanlar dahil her dilde metin	Altı konum
Kasa	Kaynaklı 5052 alüminyum, IP67 elektronik bölmesi, fan yok, hareket hâlinde kapak kapalı; zeytin yeşili, çöl kumu, siyah veya siparişe göre renk	340 × 240 × 175 mm, 14,3 L, yaklaşık 5,1 kg
Ortam	Çalışma −20 ila +55 °C, depolama −40 ila +71 °C	Aynı
Tasarım standartları	MIL-STD-810H, 461G, 1275E ve F, IEC 62368-1:2023; raporlar eski yöntem numaralarına atıf yapabilir	Aynı
Takvim	Üç mühendislik numunesine 16 hafta, ön yeterlilik ünitelerine yaklaşık 30 hafta	Aynı

Ne için

Platform, taşınan, monte edilen ya da çok sayıda sahaya sürülen pilleri hedefler; burada şarj cihazı bir masa yerine bir araçta, bir barınakta ya da bir saha çantasında yaşamak zorundadır:

- **Askerî ve güvenlik telsizleri.** Veri hatlı sırt ve el telsizi pilleri, BB-2590 sınıfı paketlerden el telsizi pillerine kadar; şarj cihazı pilin belleğini okur ve döngü sayısını tutar.
- **Dron ve İHA filoları.** Bir araçtan, jeneratörden veya şebekeden aynı anda dört ila sekiz paketi şarj eden saha şarj çantaları.
- **Telsiz filoları.** Kamu güvenliği, madencilik, altyapı hizmetleri ve acil müdahale; toplu şarj cihazları kamyonlarda taşınır ve düşürülür.
- **Araçlar ve tekneler.** 24 V askerî ve ticari araçlar; girişin motor çalıştırmalarına, aşırı gerilimlere ve ters bağlanan kablolara dayanması gerekir.
- **Endüstriyel ve test ekipmanları.** Kayıt tutan, sızdırmaz ve tekrarlanabilir bir şarj cihazı gerektiren cihaz ve alet pilleri.

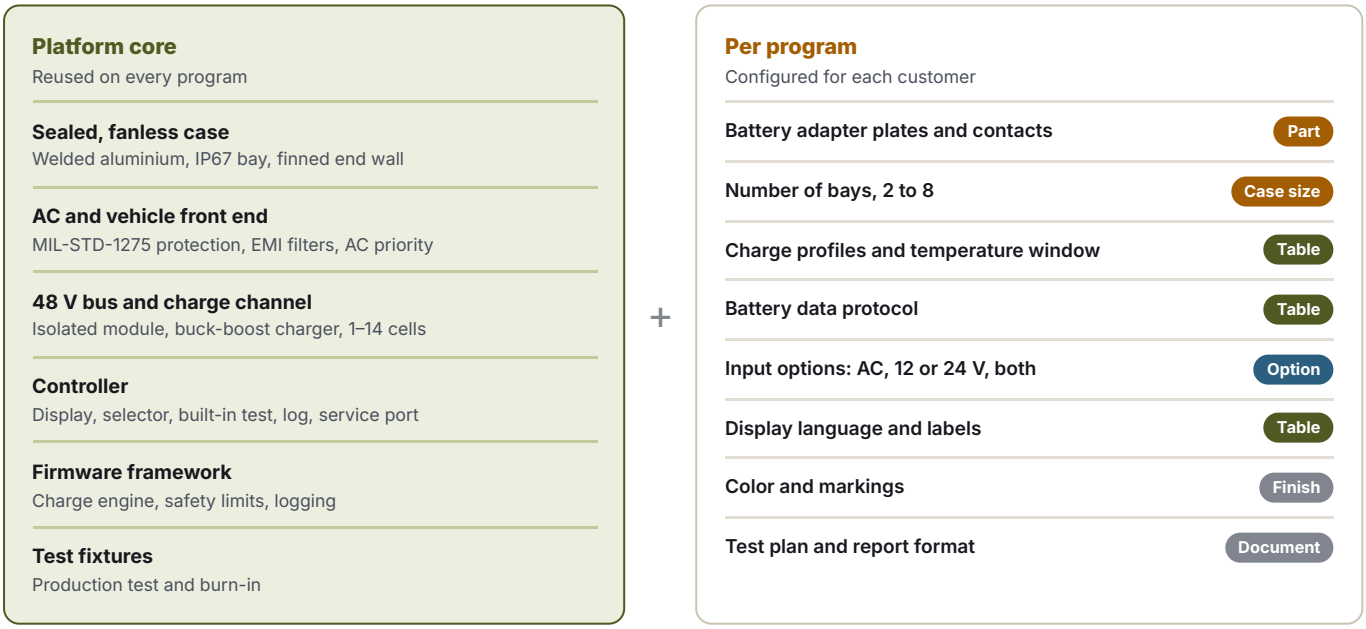
Katalog şarj cihazları bu durumlarda öngörülebilir biçimde yetersiz kalır: pilin kontakları ve mandalı ona özgüdür, veri protokolü farklıdır, giriş araca uymaz, kasa fazla büyüktür ya da standartlar karşılanmaz. Özel bir şarj cihazı bunların hepsini çözer, ama yalnızca her seferinde boş bir sayfadan başlamadan tasarlanabiliyorsa. Platformun amacı budur.

Adım 1: teknik föyü bir tasarım zarfına dönüştürmek

Dayanıklı şarj cihazı spesifikasyonları nadiren eksiksizdir. Olağan boşluklar şunlardır: pilin tam modeli ve onunla birlikte gerilim, kapasite, kimya ve kontaklar; "dört saat"in bir pil mi yoksa dördünün birden mi olduğu; "120 W"ın giriş mi çıkış mı olduğu; her standardın hangi revizyonunun geçerli olduğu; "EMP koruması"nın ne anlama geldiği; ve pilin belleğinin nasıl okunup yazıldığı. Her yanıtı beklemek projeyi aylarca durdurur.

Bunun yerine her boşluğu en olası değeriyle, bir güven düzeyiyle ve tahmin yanlışsa tasarımın ihtiyaç duyacağı payla dolduruyor, ardından her makul yanıtı kapsayan bir zarf tasarlıyorum. Dört yuvalı örnekte üç farklı pil spesifikasyona uyuyordu; tek bir tasarım zarfı üçünü de kapsar. Geç teyit edilmesi muhtemel her şey yazılım tablolarında durur: şarj profilleri, pil protokolleri, seçicinin konumları ve ekrandaki her metin. Böylece geç gelen bir yanıt donanımı değil, bir yapılandırma dosyasını değiştirir.

Şekil 2. Her programda yeniden kullanılanlar ve her biri için yapılandırılanlar.

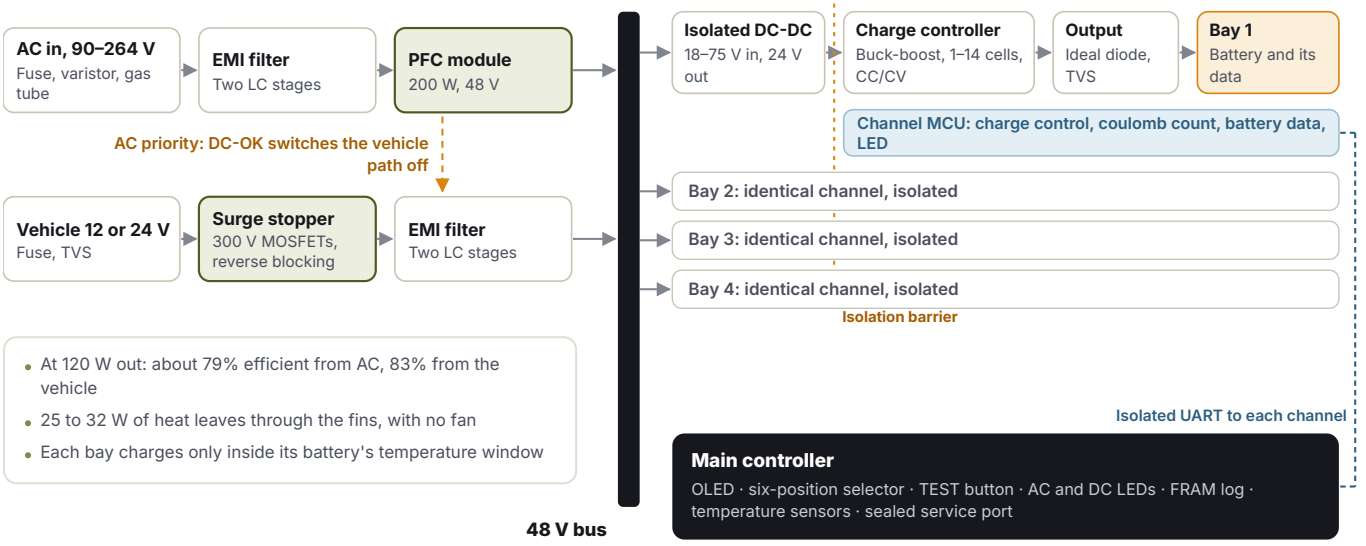


A late answer from the customer changes a table or a plate, not the hardware.

Kaynak: The author's platform design.

Adım 2: elektrik mimarisi

Şekil 3. İki giriş, bir 48 V bara, dört yalıtılmış kanal ve her biriyle yalıtılmış bir bağlantı üzerinden konuşan bir denetleyici.



Kaynak: The author's design.

AC yolu bir sigorta, bir varistör ve bir gaz deşarj tüpünden, iki kademeli bir LC filtreden ve kasa duvarına monte edilmiş 200 W, 48 V güç faktörü düzeltmeli bir modülden geçer, ardından ideal bir diyotla 48 V baraya bağlanır. Araç yolu bir sigorta, bir TVS diyot ve 300 V MOSFET'li, sırt sırta ters kutup engellemeli bir aşırı gerilim sınırlayıcıdan geçer, ardından kendi filtresiyle aynı baraya bağlanır. AC varken AC modülünün DC-OK sinyali araç yolunu kapatır; böylece AC önceliği röle gerektirmez ve geçiş kesintisizdir.

Her yuvada yalıtılmış bir DC-DC modülü (18–75 V giriş, 24 V çıkış), sabit akım ve sabit gerilim kontrolünü donanımla yapan ve 1 ila 14 hücreyi yöneten bir TI alçaltıcı-yükseltici şarj denetleyicisi, bir çıkış ideal diyotu ve bir TVS bulunur. Her kanalın yalıtılmış tarafındaki küçük bir mikrodenetleyici şarj denetleyicisini çalıştırır, kulon sayar, pilin belleğiyle konuşur ve yuvanın LED'ini sürer; ana denetleyiciye yalıtılmış bir UART üzerinden rapor verir. Ana denetleyici ekranı çalıştırır, seçiciyi ve TEST düğmesini okur, kaydı FRAM'de tutar, sıcaklık sensörlerini izler ve sızdırmaz bir servis portuna sahiptir.

Seçimler bilinçlidir:

- **Yuvalar arası yalıtım neredeyse bedavaya gelir,** çünkü yalıtılmış modüller zaten oradadır; dijital yalıtıcılar kanal başına bir doların çok altındadır.
- **Bir arıza kendi yuvasında kalır.** Bir kanaldaki kısa devre yapmış pil ya da yazılım hatası, diğer üçünün şarjını sürdürmesine engel olmaz.
- **EMI ve güvenlik riskinin büyük kısmı, uzun saha geçmişine sahip sertifikalı modüllerdedir;** böylece geliştirme emeği güç kaynaklarını yeniden icat etmek yerine entegrasyona, yazılıma ve mekaniğe gider.
- **Tek kademe aşırı gerilim koruması yeterlidir,** çünkü kanal modülleri bir saniye boyunca 100 V'a dayanır. Giriş katının tam hesabı, pil şarj cihazları için MIL-STD-1275, 810 ve 461 kontrol listemde.

120 W çıkışta verim AC'den yaklaşık %79, araçtan %83'tür; bu yüzden kasanın fan olmadan 25 ila 32 W atması gerekir. AC modülü 50 °C'nin üzerinde gücünü düşürür; bu nedenle tam güneş altında +55 °C'de yazılım şarj gücünü azaltır ya da o sıcaklıkta tam güç istenen yerde daha büyük bir modül kullanılır. Her kanal ayrıca pilinin sıcaklığını ölçer ve yalnızca pil üreticisinin izin verdiği aralıkta, tipik olarak 0 ila 45 °C'de şarj eder: aralığın dışında yuva duraklar, kırmızı yanıp söner ve nedenini gösterir, sonra kendiliğinden devam eder. −10 °C'de şarj etmesi gereken müşteriler için yuvalara ısıtıcı pedler seçenek olarak sunulur.

Adım 3: kasa

Şekil 4. Plan ve kesit: piller solda, sızdırmaz elektronik bölmesi sağda, ısı kanatçıklı uç duvardan dışarı.

PLAN

SECTION



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

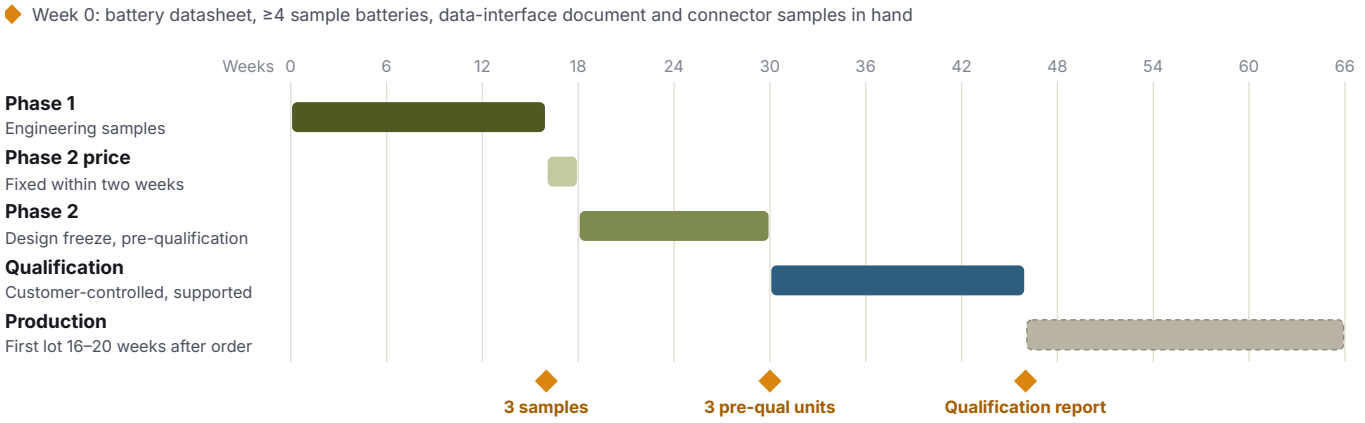
Kaynak: The author's concept design, revision 2.1.

Kasa kaynaklı 5052 alüminyumdandır; bir ucunda sızdırmaz elektronik bölmesi, diğer ucunda pil güvertesi vardır. Her sıcak parça ısısını, doğal taşınımla dağıtan kanatçıklı bir uç duvara iletir; yüksek sıcaklıkta daha fazla güç isteyen programlar için sızdırmaz harici bir fanın bağlantı noktaları hazırdır. Bir ePTFE havalandırma, bölmenin yüksek irtifada su almadan nefes almasını sağlar ve pil yuvaları kendi valfleriyle tahliye olur. Güverte, her biri iki yuvalı iki değiştirilebilir adaptör plakası taşır; yani yeni bir pil yeni bir kasa değil, yeni bir plaka ve yeni kontaklar demektir. Kesintisiz, D kesitli bir silikon conta kapağı sızdırmaz kılar ve kapaktaki bir köpük ped pilleri yuvalarında tutar; böylece şarj cihazı hareket hâlindeki bir araçta kapağı kapalıyken çalışabilir. Kayış yuvalı polimer köşe tamponları düşmeleri karşılar ve sap eldivenle tutulacak boyuttadır.

Kontroller elektronikle aynı mantığı izler. Dört yuvanın tamamı sürekli şarj eder: bir pil takmak yuvasını başlatır, çıkarmak durdurur ve her yuvanın kendi LED'i vardır. Altı konumlu seçici üniteyi açar ve görünümü seçer: OFF, tüm yuvaların özeti için ALL ya da kapasitesini mAh cinsinden ve döngü sayısını göstermek için tek bir yuva. Yerleşik test her açılışta ve sızdırmaz TEST düğmesiyle istendiğinde çalışır, sonuçları kayda geçer. Tek bir yuvayı durdurmak isteyen müşteri bunu, her yuvaya bir anahtar ve bir conta eklemeden, yazılımla alır.

Adım 4: iki sabit fiyatlı aşamada geliştirme

Şekil 5. Mühendislik numunelerine on altı hafta, ön yeterlilik ünitelerine yaklaşık otuz hafta.



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

Kaynak: The author's development plan.

Geliştirme, iki taraftan hiçbiri donanımı görmeden tüm bütçeyi ortaya koymasın diye bölünmüştür.

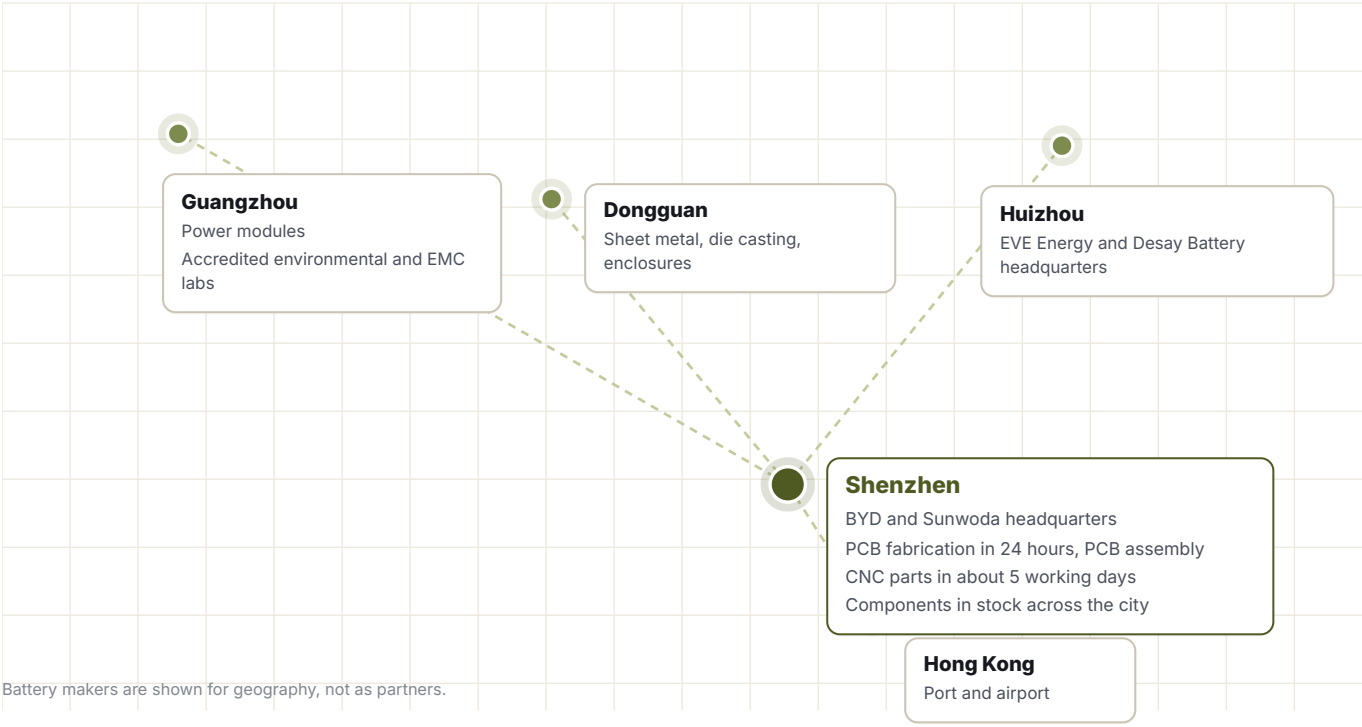
Aşama 1, 16 hafta, sabit fiyat. Saat; pilin teknik föyü, en az dört numune pil, pilin veri arayüzü belgesi ve konnektör numuneleri geldiğinde, normalde siparişten sonraki iki hafta içinde, işlemeye başlar. Aşama 1; üç çalışan mühendislik numunesi, riskli kalemleri (ısıl bekletme, MIL-STD-1275 aşırı gerilimi, bir EMC ön taraması) kapsayan bir test raporu ve spesifikasyonun her satırını bir tasarım yanıtı ve bir doğrulama yöntemiyle yanıtlayan bir uygunluk matrisi teslim eder.

Aşama 2, aşama 1'den sonraki iki hafta içinde belirlenen sabit fiyat. Tasarım dondurma, yaklaşık 30. haftada ön yeterlilik üniteleri ve MIL-STD-810, 461 ve 1275'i tek bir belgede kapsayan bir test planı. Aşama 2 ödendiğinde tasarım veri paketinin tamamı el değiştirir: şemalar, PCB dosyaları, yazılım kaynak kodu, mekanik CAD, test prosedürleri ve kaynaklarıyla birlikte malzeme listesi. Müşteri bundan sonra şarj cihazını her yerde ürettirebilir.

Yeterlilik ve üretim. Yeterlilik müşterinindir; arkasında test planımız, ön uygunluk verilerimiz ve düzeltici faaliyetlerimiz vardır. Üretim partileri siparişten 16 ila 20 hafta sonra gelir ve geliştirme maliyeti üretim ünitelerinden düşülebilir. Benzer askerî şarj cihazlarının fiyatları ve özel üretimin bunlara göre nereye düştüğü 2026'da Çok Yuvalı Askerî Pil Şarj Cihazı Fiyatları yazısında.

Neden Shenzhen

Şekil 6. Pil üreticileri, devre kartları, talaşlı imalat ve test laboratuvarları birbirine kısa bir araç mesafesinde.



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

Hız ve maliyet coğrafyadan gelir. Shenzhen, BYD ve Sunwoda'nın merkezlerine ev sahipliği yapar; EVE Energy ve Desay Battery'nin merkezleri ise komşu Huizhou'dadır; dolayısıyla lityum hücreleri, pil yönetimini ve bunların arıza biçimlerini bilen mühendisler hiçbir zaman uzakta değildir. Bir prototip kart 24 saatte, işlenmiş bir parça yaklaşık beş iş gününde gelir ve neredeyse her bileşen şehrin bir yerinde stoktadır. Bir test raporunun gerektirdiği akreditasyonlara sahip çevresel ve EMC laboratuvarları Shenzhen ve Guangzhou'dadır. Pratikte bu, bir tasarım yinelemesini haftalardan günlere indirir ve platformun yerleşik tedarikçilerin fiyatlarının çok altında fiyatlandırılabilmesinin büyük bir nedenidir. Pil üreticileri ortak olarak değil, coğrafya için anılmıştır.

Teklif için ne göndermeli

Faydalı bir ilk e-posta bunların çoğunu yanıtlar, gerisi sonra gelebilir:

- **Pil:** model ve teknik föy; numune piller daha sonra.
- **Yuvalar:** kaç tane ve kaçının aynı anda şarj olması gerektiği.
- **Güç:** giriş kaynakları (AC, 12 veya 24 V araç, her ikisi) ve ihtiyaç duyduğunuz şarj süresi.
- **Veri:** pilin belleğinden ne okunacağı ya da belleğe ne yazılacağı.
- **Ortam ve standartlar,** revizyonlarıyla: sıcaklıklar, sızdırmazlık, MIL-STD-810, 461, 1275, güvenlik.
- **Sınırlar:** boyut, ağırlık, renk ve işaretleme.
- **Adetler ve tarihler:** prototipler, ilk parti, yıllık hacim ve numunelere ne zaman ihtiyacınız olduğu.

Bunu i@tanshuai.com adresine gönderin. Tasarımı belirleyen sorularla ve pil netleştiğinde aşama 1 için sabit bir fiyatla yanıt veririm. Spesifikasyonunuzu hâlâ yazıyorsanız, MIL-STD-1275, 810 ve 461 tasarım kontrol listem hangi maddelerin maliyeti belirlediğini gösterir.

Kaynaklar

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/

Yazar hakkında

Tan Shuai, çipler, donanım ve sistem yazılımı alanında yirmi yılı aşkın deneyime ve 20 tescilli patente sahip bir teknoloji uzmanı ve kurucudur. Çalışmaları onu Silikon Vadisi, New York, Chicago, Tayvan, Büyük Körfez Bölgesi (Shenzhen ve Hong Kong), Vietnam ve Malezya'dan geçirdi; ileri üretim ve tedarik zincirlerine uzun bir odakla. Bugün bir yapay zekâ araştırmacısı ve geliştiricisi olarak çalışıyor ve Shenzhen'deki üretim ortaklarıyla özel dayanıklı elektronik üretiyor.

Özel şarj cihazı projeleri ve teknik görüşme: i@tanshuai.com.