מטעני סוללות מוקשחים מרובי עמדות בהתאמה אישית ב-2026: ממפרט לדגמים הנדסיים ב-16 שבועות

מטען מוקשח מקטלוג מתאים לעיתים רחוקות לסוללה חדשה, ויצרני מטענים בהתאמה אישית כמעט אינם מפרסמים זמני אספקה או מחירים. זוהי פלטפורמה של מטען מרובה עמדות, אטום וללא מאוורר, שעוברת ממפרט לדגמים הנדסיים עובדים ב-16 שבועות: איך היא בנויה, איך משלימים את החסר במפרט, איך הפיתוח מחולק לשלבים, ומה לשלוח אם אתם צריכים מטען כזה.

תאן שואי · i@tanshuai.com · tanshuai.com

23 בנובמבר 2026

תקציר

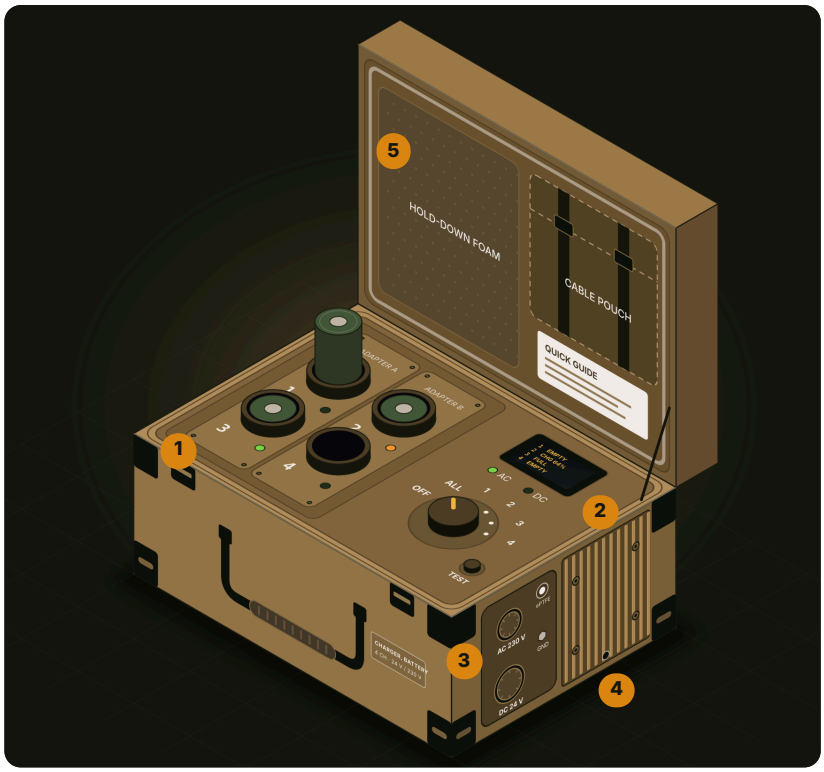
מטען מוקשח מרובה עמדות הוא מוצר בכמויות קטנות שנבנה סביב סוללה של מישהו אחר, ולכן רובם מסתיימים כמוצר בהתאמה אישית. מאמר זה מתאר פלטפורמה לבנייה מהירה שלהם: מארז אלומיניום אטום וללא מאוורר עם לוחות מתאם מתחלפים לסוללות, ערוץ טעינה מבודד אחד לכל עמדה על פס 48 V משותף, כניסות AC ו-24 V מהרכב עם עדיפות ל-AC, וכל פרמטר שתלוי בסוללה שמור בטבלאות קושחה. הדוגמה המעובדת כוללת ארבע עמדות, 120 W, נפח של 14.3 ליטר ומשקל של כ-5 ק"ג; אותו תכנון מכסה בין שתיים לשמונה עמדות. מרגע שהמפרט וסוללות הדוגמה בידינו, שלב ראשון במחיר קבוע מספק תוך 16 שבועות שלושה דגמים הנדסיים, דוח בדיקות ומטריצת תאימות מלאה; שלב שני מקפיא את התכנון ומכין להסמכה, ובסופו נמסרת חבילת נתוני התכנון המלאה. הבנייה בשנג'ן, עיר הבית של שתיים מיצרניות הסוללות הגדולות בסין ובמרחק נסיעה קצר כמעט מכל רכיב, היא שמאפשרת את לוח הזמנים ואת המחיר.

למה כתבתי את זה

אחת לכמה שבועות מישהו צריך מטען לסוללה שאף אחד אחר לא טוען: סוללת מכשיר קשר עם קו נתונים משלה, מארז סוללות לרחפן עם מחבר מיוחד, רכב 24 V שבו המטען חייב לעבור התנעות מנוע. מטעני הקטלוג של ספקי הביטחון הגדולים מתאימים לסוללות שלהם. יצרני המטענים בהתאמה אישית שמצאתי מתארים את יכולותיהם, אבל לא את זמני האספקה ולא את המחירים. תכננתי את הפלטפורמה הזאת כדי שמטען בהתאמה אישית יוגדר בתוך ימים ויגיע לדגמים בתוך שבועות, ואני כותב עליה כדי שמי שמחזיק סוללה כזאת יידע מה לשלוח ולמה לצפות. כל המספרים נכונים לנובמבר 2026, והסכומים בדולר אמריקאי.

התוצאות במבט אחד

איור 1. פלטפורמה אחת, מותאמת לכל תוכנית: גרסת ארבע העמדות, ואותו מארז בשלוש גימורים.



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

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

	טווח הפלטפורמה	דוגמת ארבע עמדות
עמדות	2 עד 8, זהות ומבודדות גלווניות	4
הספק טעינה	כ-60 עד 300 W בסך הכול	120 W, 9 A בסך הכול, כל העמדות בו-זמנית
סוללות	ליתיום-יון, ליתיום-פולימר ו-$LiFePO_4$, 1 עד 14 תאים בטור לכל עמדה	ארבע סוללות של 99 Wh בכ-4 שעות
נתוני סוללה	יציאת SMBus או חד-חוטית מבודדת לכל עמדה: קריאת קיבולת ומספר מחזורים, כתיבה בעזרת מסמך הממשק של הסוללה	קריאה וכתיבה
כניסות	90–264 VAC, 47–63 Hz; 12 או 24 V DC מהרכב עם חולפים לפי MIL-STD-1275; עדיפות ל-AC, ללא קפיצה	230 VAC ו-24 VDC
בקרה	OLED מדורג ל-40 °C-, נורית דו-צבעית לכל עמדה, בורר (OFF, ALL, מצב לכל עמדה) ולחצן TEST אטום; טקסט בכל שפה, כולל כתב מימין לשמאל	שישה מצבים
מארז	אלומיניום 5052 מרותך, תא אלקטרוניקה IP67, ללא מאוורר, פועל עם מכסה סגור בתנועה; ירוק זית, חום מדברי, שחור או צבע לפי הזמנה	340 × 240 × 175 מ"מ, 14.3 ל', כ-5.1 ק"ג
סביבה	עבודה מ-20- עד 55 °C+, אחסון מ-40- עד 71 °C+	זהה
מתוכנן לפי	MIL-STD-810H, 461G, 1275E ו-F, IEC 62368-1:2023; הדוחות יכולים להפנות למספרי השיטות הישנים	זהה
לוח זמנים	16 שבועות לשלושה דגמים הנדסיים, כ-30 שבועות ליחידות טרום-הסמכה	זהה

למה זה מיועד

הפלטפורמה מכוונת לסוללות שנישאות, מותקנות או נפרסות בכמויות, כשהמטען צריך לחיות ברכב, במקלט או בארגז שטח ולא על שולחן:

- **מכשירי קשר צבאיים ובטחוניים.** סוללות למכשירי קשר נישאים וידניים עם קווי נתונים, מסוללות בסגנון BB-2590 ועד סוללות למכשירים ידניים, שבהן המטען קורא את זיכרון הסוללה ושומר את מספר המחזורים.
- **צי רחפנים ומל"טים.** ארגזי טעינה לשטח שטוענים ארבע עד שמונה סוללות בבת אחת מרכב, מגנרטור או מרשת החשמל.
- **צי מכשירי קשר.** ביטחון הציבור, כרייה, תשתיות וחירום, שבהם מטעני ריבוי עמדות נוסעים במשאיות ונופלים.
- **רכבים וכלי שיט.** רכבים צבאיים ואזרחיים של 24 V, שבהם הכניסה חייבת לשרוד התנעות, נחשולים וחוטים הפוכים.
- **ציוד תעשייתי ובדיקה.** סוללות למכשירים ולכלים שצריכות מטען אטום, אחיד ועם יומן.

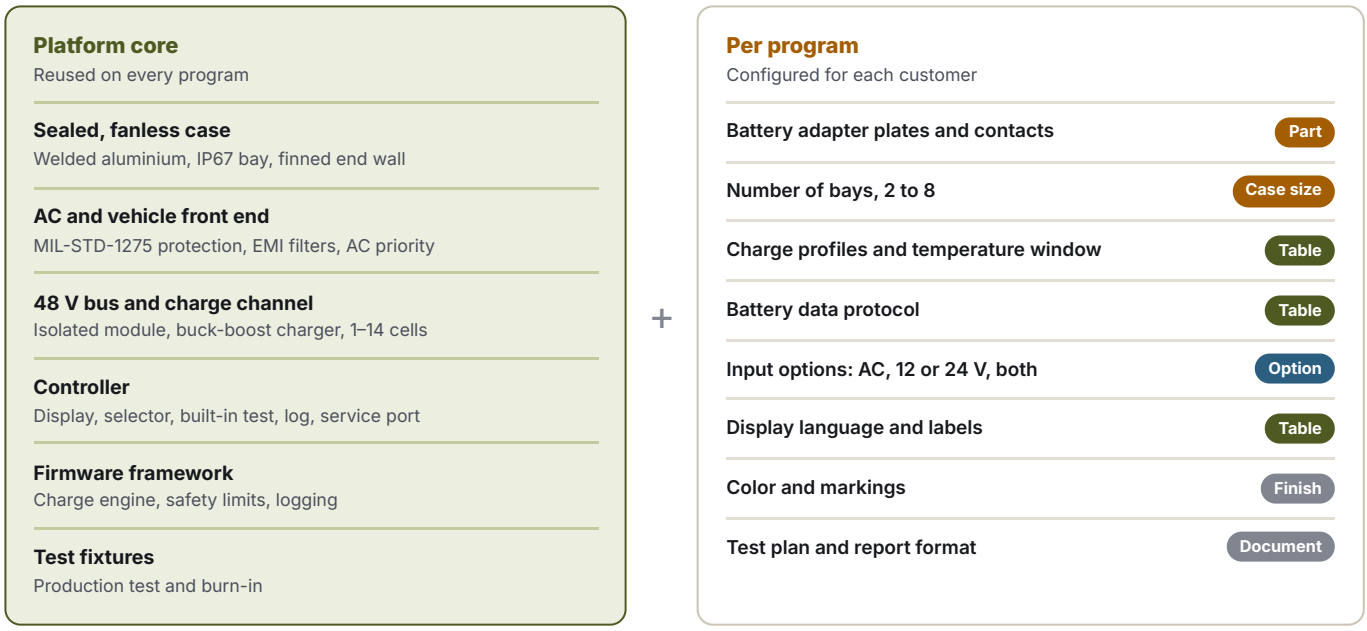
מטעני קטלוג נכשלים כאן בדרכים צפויות: המגעים והתפס של הסוללה ייחודיים לה, פרוטוקול הנתונים שונה, הכניסה לא מתאימה לרכב, המארז גדול מדי, או שהתקנים לא מכוסים. מטען בהתאמה אישית פותר את כל אלה, אבל רק אם אפשר לתכנן אותו בלי להתחיל מדף ריק בכל פעם. זו מטרת הפלטפורמה.

שלב 1: להפוך את המפרט למעטפת תכנון

מפרטים של מטענים מוקשחים כמעט אף פעם אינם מלאים. החוסרים הנפוצים הם דגם הסוללה המדויק, ואיתו המתח, הקיבולת, הכימיה והמגעים; האם "ארבע שעות" פירושו סוללה אחת או ארבע בבת אחת; האם "120 W" הוא כניסה או יציאה; איזו מהדורה של כל תקן חלה; מה פירוש "הגנת EMP"; ואיך קוראים וכותבים את זיכרון הסוללה. המתנה לכל התשובות הייתה עוצרת את הפרויקט לחודשים.

במקום זה אני ממלא כל חוסר בערך הסביר ביותר, ברמת ביטחון ובמרווח שהתכנון צריך אם הניחוש שגוי, ואז מתכנן מעטפת שמכסה כל תשובה סבירה. בדוגמת ארבע העמדות, שלוש סוללות שונות התאימו למפרט; מעטפת תכנון אחת מכסה את שלושתן. כל מה שצפוי להיות מאושר מאוחר נשמר בטבלאות קושחה: פרופילי טעינה, פרוטוקולי סוללה, מצבי הבורר וכל מחרוזת שמוצגת. תשובה מאוחרת משנה אז קובץ תצורה, לא את החומרה.

איור 2. מה חוזר בכל תוכנית, ומה מוגדר לכל אחת.

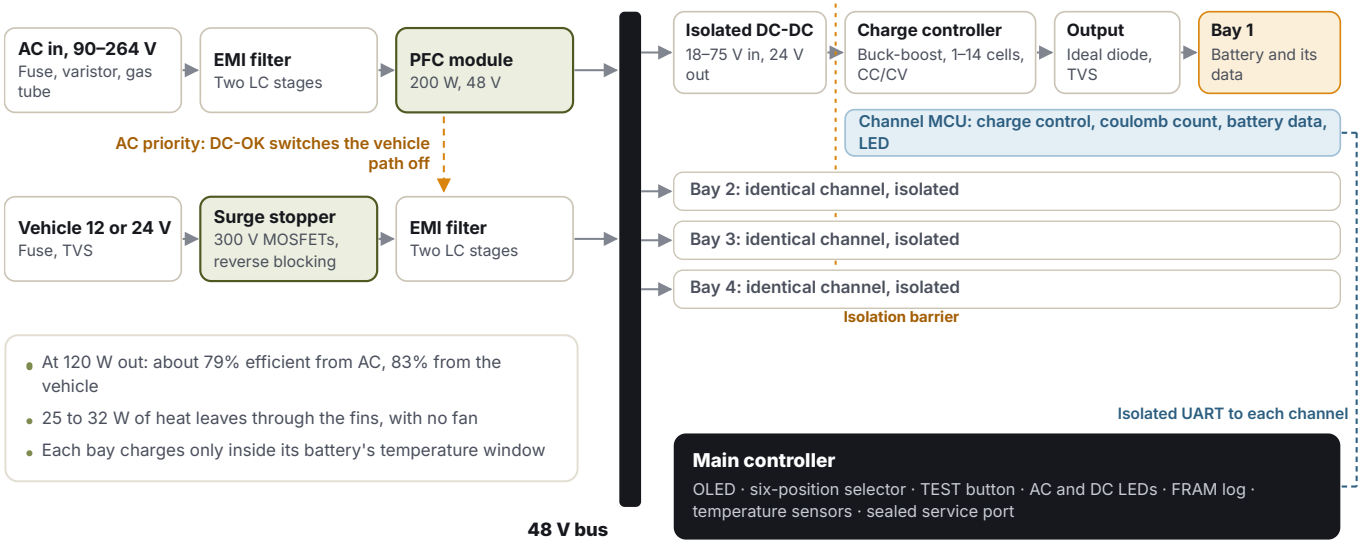


A late answer from the customer changes a table or a plate, not the hardware.

מקור: The author's platform design.

שלב 2: הארכיטקטורה החשמלית

איור 3. שתי כניסות, פס 48 V אחד, ארבעה ערוצים מבודדים ובקר שמדבר עם כל אחד דרך קישור מבודד.



מקור: The author's design.

נתיב ה-AC עובר דרך נתיך, וריסטור ושפופרת פריקת גז, מסנן LC דו-שלבי ומודול 200 W, 48 V עם תיקון מקדם הספק שמותקן על דופן המארז, ואז דרך דיודה אידיאלית אל פס 48 V. נתיב הרכב עובר דרך נתיך, דיודת TVS ומעכב נחשולים עם MOSFET של 300 V וחסימת קוטביות הפוכה גב-אל-גב, ואז דרך מסנן משלו אל אותו פס. כשיש AC, אות ה-DC-OK של מודול ה-AC מנתק את נתיב הרכב, כך שעדיפות ל-AC אינה דורשת ממסר והמעבר חלק.

לכל עמדה יש מודול DC-DC מבודד (כניסה 18–75 V, יציאה 24 V), בקר טעינה buck-boost של TI שמטפל ב-1 עד 14 תאים עם בקרת זרם קבוע ומתח קבוע בחומרה, דיודה אידיאלית ביציאה ו-TVS. מיקרו-בקר קטן בצד המבודד של כל ערוץ מפעיל את בקר הטעינה, סופר מטען, מדבר עם זיכרון הסוללה ומדליק את נורית העמדה; הוא מדווח לבקר הראשי דרך UART מבודד. הבקר הראשי מפעיל את התצוגה, קורא את הבורר ואת לחצן TEST, שומר את היומן ב-FRAM, משגיח על חיישני הטמפרטורה ואחראי על יציאת שירות אטומה.

הבחירות מכוונות:

- **הבידוד בין העמדות כמעט חינם,** כי המודולים המבודדים נמצאים שם בכל מקרה; המבודדים הדיגיטליים עולים הרבה פחות מדולר לערוץ.
- **תקלה נשארת בעמדה שלה.** סוללה מקוצרת או תקלת קושחה בערוץ אחד משאירות את שלושת האחרים בטעינה.
- **רוב סיכוני ה-EMI והבטיחות יושבים במודולים מאושרים** עם היסטוריית שטח ארוכה, כך שמאמץ הפיתוח הולך לאינטגרציה, לקושחה ולמכניקה ולא להמצאה מחדש של ספקי כוח.
- **שלב אחד של הגנת נחשולים מספיק,** כי מודולי הערוצים עומדים ב-100 V למשך שנייה. החשבון המלא של החזית נמצא ברשימת התיוג שלי ל-MIL-STD-1275, 810 ו-461 למטענים.

ב-120 W יציאה, הנצילות היא כ-79% מ-AC ו-83% מהרכב, ולכן המארז צריך לפזר 25 עד 32 W בלי מאוורר. מודול ה-AC מוריד הספק מעל 50 °C, ולכן ב-55 °C+ בשמש מלאה הקושחה מקטינה את הספק הטעינה, או שנכנס מודול גדול יותר כשנדרש הספק מלא בטמפרטורה הזאת. כל ערוץ גם מודד את טמפרטורת הסוללה שלו וטוען רק בתוך החלון של יצרן הסוללה, בדרך כלל 0 עד 45 °C: מחוץ לו העמדה עוצרת, מהבהבת באדום ומסבירה למה, ואז ממשיכה מעצמה. רפידות חימום בבארות הן אפשרות ללקוחות שחייבים לטעון ב-10 °C-.

שלב 3: המארז

איור 4. מבט-על וחתך: הסוללות משמאל, תא האלקטרוניקה האטום מימין, החום יוצא דרך דופן הצלעות.



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

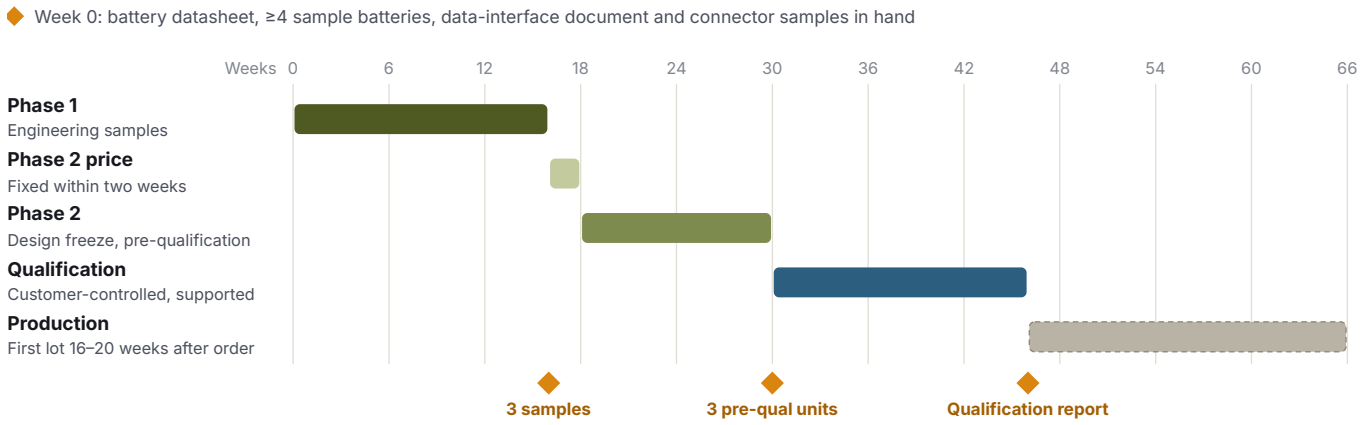
מקור: The author's concept design, revision 2.1.

המארז עשוי אלומיניום 5052 מרותך, עם תא אלקטרוניקה אטום בקצה אחד וסיפון הסוללות בקצה השני. כל רכיב חם מוליך חום אל דופן קצה עם צלעות, שמפזרת אותו בהסעה טבעית; זיזי הרכבה למאוורר חיצוני אטום קיימים לתוכניות שצריכות יותר הספק בטמפרטורה גבוהה. שסתום ePTFE מאפשר לתא "לנשום" בגובה רב בלי להכניס מים, ובארות הסוללות מתנקזות דרך שסתומים משלהן. על הסיפון שני לוחות מתאם מתחלפים עם שתי בארות כל אחד, כך שסוללה חדשה פירושה לוח ומגעים חדשים ולא מארז חדש. אטם סיליקון רציף בחתך D אוטם את המכסה, וספוג במכסה מחזיק את הסוללות בבארות, כך שהמטען יכול לפעול עם מכסה סגור ברכב בתנועה. פינות פולימר עם חריצי רצועה סופגות את הנפילות, והידית מותאמת לכפפות.

הבקרה עוקבת אחרי אותו היגיון כמו האלקטרוניקה. כל ארבע העמדות טוענות כל הזמן: הכנסת סוללה מתחילה את העמדה שלה, הוצאתה עוצרת אותה, ולכל עמדה נורית משלה. בורר שישה המצבים מפעיל את היחידה ובוחר את התצוגה: OFF, ALL לסיכום של כל העמדות, או עמדה אחת בכל פעם עם הקיבולת ב-mAh ומספר המחזורים. בדיקה עצמית רצה בכל הדלקה ולפי דרישה מלחצן TEST אטום, והתוצאות נכנסות ליומן. לקוח שרוצה לעצור עמדה בודדת מקבל זאת בקושחה, בלי להוסיף מתג ואטם לכל עמדה.

שלב 4: פיתוח בשני שלבים במחיר קבוע

איור 5. שישה-עשר שבועות לדגמים הנדסיים, כשלושים ליחידות טרום-הסמכה.



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

מקור: The author's development plan.

הפיתוח מחולק כך שאף צד לא מהמר על כל התקציב לפני שראה חומרה.

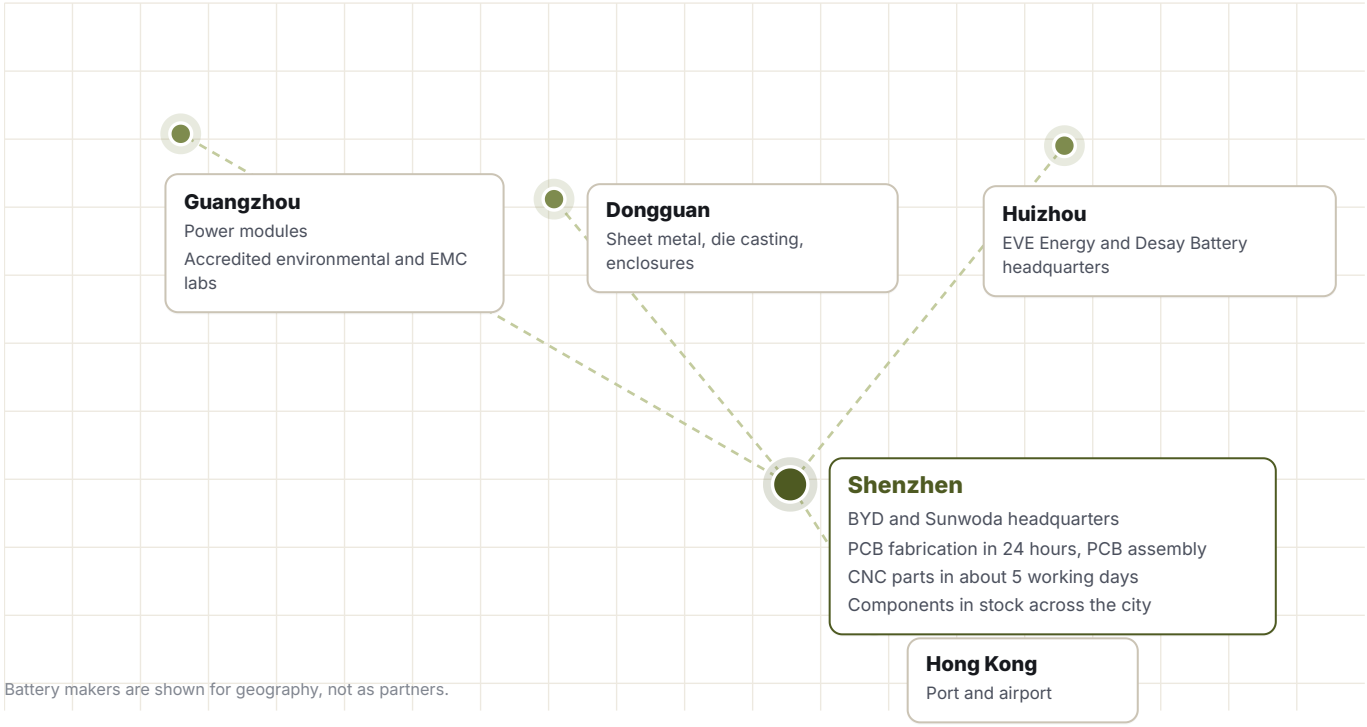
שלב 1, 16 שבועות, מחיר קבוע. השעון מתחיל כשמגיעים גיליון הנתונים של הסוללה, לפחות ארבע סוללות דוגמה, מסמך ממשק הנתונים של הסוללה ודוגמאות מחברים, בדרך כלל תוך שבועיים מההזמנה. שלב 1 מספק שלושה דגמים הנדסיים עובדים, דוח בדיקות שמכסה את הפריטים המסוכנים (השרייה בחום, נחשול MIL-STD-1275, סריקת EMC מקדימה) ומטריצת תאימות שעונה על כל שורה במפרט עם פתרון תכנוני ושיטת אימות.

שלב 2, מחיר קבוע שנקבע תוך שבועיים מסיום שלב 1. הקפאת תכנון, יחידות טרום-הסמכה בסביבות שבוע 30 ותוכנית בדיקות אחת שמכסה את MIL-STD-810, 461 ו-1275. כשמשולם שלב 2, חבילת נתוני התכנון המלאה עוברת ללקוח: סכמות, קובצי PCB, קוד מקור של הקושחה, CAD מכני, נהלי בדיקה ורשימת חומרים עם מקורות. הלקוח יכול אז לייצר את המטען בכל מקום.

הסמכה וייצור. ההסמכה היא של הלקוח, עם תוכנית הבדיקות שלנו, נתוני טרום-תאימות ופעולות מתקנות מאחוריה. מנות ייצור מגיעות 16 עד 20 שבועות אחרי הזמנה, ועלות הפיתוח יכולה להיזקף לזכות יחידות הייצור. כמה נמכרים מטענים צבאיים דומים, והיכן נוחת מטען בהתאמה אישית מולם, נמצא במחירי מטעני סוללות צבאיים מרובי עמדות ב-2026.

למה שנג'ן

איור 6. יצרני סוללות, מעגלים מודפסים, עיבוד שבבי ומעבדות במרחק נסיעה קצר זה מזה.



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

המהירות והעלות נובעות מהגאוגרפיה. בשנג'ן נמצאים המטות של BYD ו-Sunwoda, ו-EVE Energy ו-Desay Battery יושבות בחוייג'ואו השכנה, כך שמהנדסים שמכירים תאי ליתיום, ניהול סוללות ואופני הכשל שלהם אף פעם לא רחוקים. מעגל מודפס לאב-טיפוס חוזר תוך 24 שעות, חלק מעובד תוך כחמישה ימי עבודה, וכמעט כל רכיב נמצא במלאי איפשהו בעיר. מעבדות סביבה ו-EMC עם ההסמכות שדוח בדיקות דורש נמצאות בשנג'ן ובגואנגג'ואו. בפועל זה הופך איטרציית תכנון משבועות לימים, וזו סיבה מרכזית לכך שהפלטפורמה יכולה להיות מתומחרת הרבה מתחת למה שהספקים הוותיקים גובים. יצרני הסוללות מוזכרים לשם הגאוגרפיה בלבד, לא כשותפים.

מה לשלוח לקבלת הצעת מחיר

הודעה ראשונה טובה עונה על רוב הנקודות האלה, והשאר יכול לבוא אחר כך:

- **הסוללה:** דגם וגיליון נתונים; סוללות דוגמה יגיעו מאוחר יותר.
- **עמדות:** כמה, וכמה צריכות לטעון בבת אחת.
- **הספק:** מקורות הכניסה (AC, 12 או 24 V מהרכב, שניהם) וזמן הטעינה הנדרש.
- **נתונים:** מה לקרוא מזיכרון הסוללה או לכתוב אליו.
- **סביבה ותקנים,** עם מהדורות: טמפרטורות, אטימות, MIL-STD-810, 461, 1275, בטיחות.
- **מגבלות:** גודל, משקל, צבע וסימון.
- **כמויות ותאריכים:** אבות-טיפוס, מנה ראשונה, נפח שנתי ומתי נדרשים דגמים.

שלחו אל i@tanshuai.com. אני משיב בשאלות שמכריעות את התכנון, וכשהסוללה ברורה, במחיר קבוע לשלב 1. אם אתם עדיין כותבים את המפרט שלכם, רשימת התיוג שלי ל-MIL-STD-1275, 810 ו-461 מראה אילו סעיפים מכתיבים את העלות.

מקורות

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

על המחבר

תאן שואי הוא טכנולוג ומייסד עם יותר מעשרים שנות עבודה בתחומי שבבים, חומרה ותוכנת מערכת, ו-20 פטנטים רשומים. עבודתו לקחה אותו דרך עמק הסיליקון, ניו יורק, שיקגו, טאיוואן, אזור המפרץ הגדול (שנג'ן והונג קונג), וייטנאם ומלזיה, עם התמקדות ארוכה בייצור מתקדם ושרשראות אספקה. כיום הוא עובד כחוקר ומפתח בינה מלאכותית, ובונה אלקטרוניקה מוקשחת בהתאמה אישית עם שותפי ייצור בשנג'ן.

פרויקטים של מטענים בהתאמה אישית ושיחה טכנית: i@tanshuai.com.