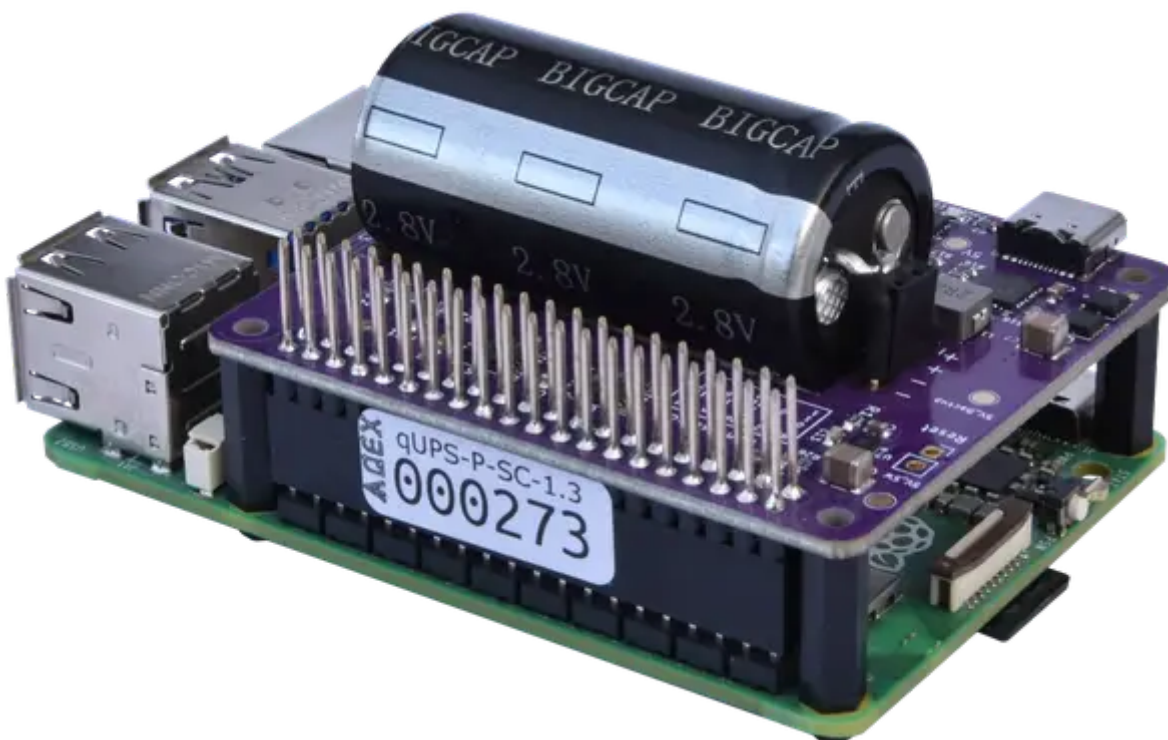


Technisches Datenblatt: qUPS-P-SC v1.3

Industrielle Ultra-Kapazitäts-Superkondensator-USV für Raspberry Pi

Offizielle Produktseite: <https://aqex.eu/qups-p-sc-raspberry-pi-ups-hat-with-supercapacitor.html>



1. Produktkonzept & Strategische Vorteile

Die **qUPS-P-SC** ist eine professionelle, batterielose Stromversorgungslösung (USV), die für anspruchsvolle Raspberry Pi-Anwendungen entwickelt wurde. Herkömmliche Batterie-USVs stellen in industriellen Umgebungen aufgrund von chemischer Alterung und Hitzeempfindlichkeit eine Hauptfehlerquelle dar. Sie sind Risiken, die die qUPS-P-SC vollständig eliminiert.

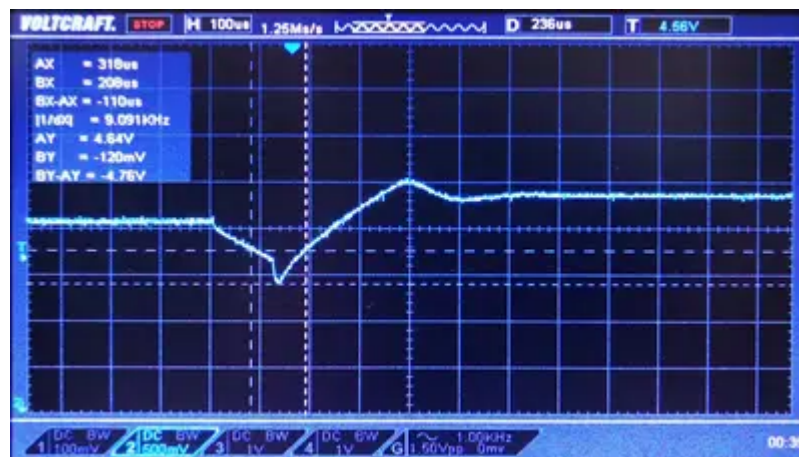
Strategische Hauptvorteile:

- **Wartungsfreie Superkondensator-Leistung:** Ausgestattet mit einem massiven **100F – 120F Superkondensator** mit einer Lebensdauer von >500.000 Ladezyklen und über 10 Jahren zuverlässigem Betrieb.
- **Industrielle Temperaturbeständigkeit:** Betriebstemperaturbereich von **-40°C bis +65°C**, ideal für Schaltschränke im Außenbereich, Edge-Knoten und entfernte IoT-Gateways.
- **Open-Source-Software-Stack:** Angetrieben von unserem leichtgewichtigen C/Python **qups-guard**-Daemon mit vollständigem Quellcode auf GitHub für einfache Integration und benutzerdefinierte Skripte.
- **Home Assistant-Integration:** Out-of-the-Box-Unterstützung über **Auto-MQTT Discovery & Addon** für Echtzeit-Telemetrie (Stromausfall, kritischer Ladestand) und native Automatisierungstrigger.
- **Verlustfreie Offline-Topologie:** Bietet im Normalbetrieb nahezu keine Verlustleistung und Wärmeentwicklung für maximale Effizienz.
- **Dateisystem-Schutz:** Gewährleistet die Datenintegrität durch sofortige Erkennung von Stromausfällen und automatische, sichere Herunterfahrprozeduren (Safe Shutdown).

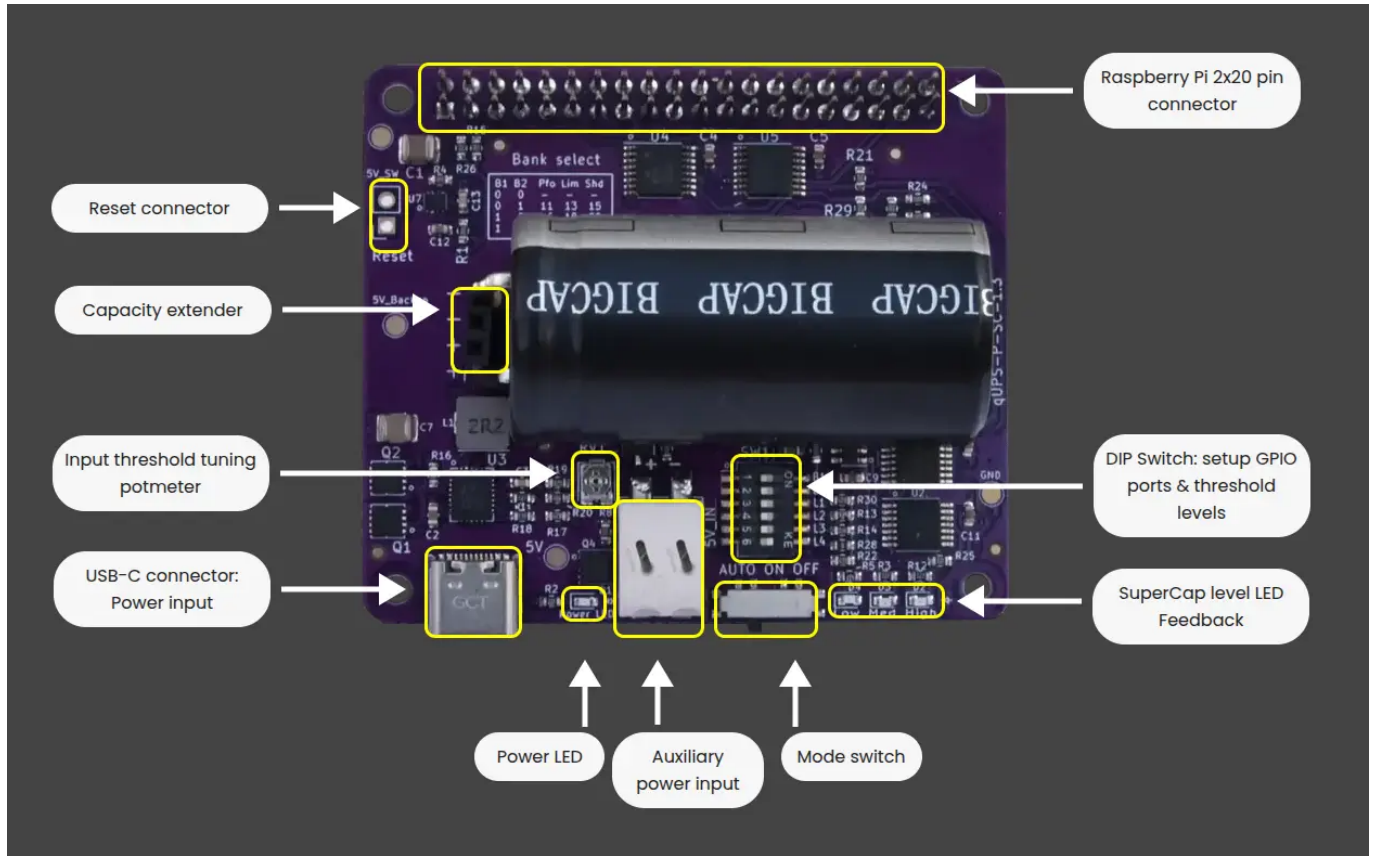
2. Umfassende Technische Spezifikationen

Parameter	Wert	Bedingung / Detaillierte Hinweise
Topologie	Offline (Standby)	Maximale Effizienz im Normalbetrieb
Eingangsspannung	5,0 V – 5,2 V	USB-C oder industrielle Zugfederklemme
Ausgangsspannung	5,2 V DC	Präzisionsgeregelter Step-Up für RPi 4/5
Gesamtkapazität	100 F – 120 F	Hochdichtes EDLC-Superkondensator-Array
Max. Dauerlast	2,5 A	Optimiert für hochleistungsfähige RPi-Modelle
Betriebstemperatur	-40°C bis +65°C	Volle Industrie-Qualität
Umschaltzeit	100 - 300 µs	Nahezu verzögerungsfreie Umschaltung

Design-Hinweis: Die **Offline-Topologie** sorgt für nahezu null Verlustleistung und Wärmeentwicklung im Standardbetrieb. Bei einem Stromausfall tritt ein kurzzeitiger (<1ms) Spannungstransient auf; die interne Regelung des Raspberry Pi filtert diesen jedoch problemlos heraus, sodass keine Systeminstabilität oder Neustarts auftreten.



3. qUPS-P-SC Schnittstellen und Anzeigen



4. GPIO-Kommunikation & DIP-Schalter-Konfiguration

Die qUPS-P-SC verfügt über ein flexibles **GPIO-Bank-Auswahlsystem** über Onboard-**B1-B2 DIP-Schalter (2)**, um Hardware-Konflikte mit anderen HATs oder Peripheriegeräten zu vermeiden.

B1 Schalter	B2 Schalter	Power Good (PFO)	Cap. Low (LIM)	Shutdown (SHD)
OFF	OFF	Deaktiviert	Deaktiviert	Deaktiviert
ON	OFF	GPIO 17 (Pin 11)	GPIO 27 (Pin 13)	GPIO 22 (Pin 15)
OFF	ON	GPIO 23 (Pin 16)	GPIO 24 (Pin 18)	GPIO 25 (Pin 22)
ON	ON	GPIO 5 (Pin 29)	GPIO 6 (Pin 31)	GPIO 26 (Pin 37)

- **PFO (Power Fail Out):** HIGH = Externe Stromversorgung OK / LOW = USV-Pufferbetrieb aktiv.
- **LIM (Limit):** Signalisiert, dass die Kondensatorenergie einen kritisch niedrigen Schwellenwert erreicht hat.
- **SHD (Shutdown):** Befehl vom RPi an die USV. Nach dem Stoppen des Betriebssystems auf LOW ziehen, um die Ausgangsleistung zu trennen.

5. Steuerung & Laufzeitorientierung

Anpassung der Schaltschwelle (Potentiometer):

Stellt den genauen Spannungspunkt ein, an dem die USV den Übergang von externer Stromversorgung auf Superkondensator-Pufferung auslöst. Dies ist entscheidend für:

- **Lange Eingangskabel:** Kompensation von Spannungsabfällen (IR-Drop) in der Industrieverkabelung.
- **Schwache Stromquellen:** Verhindert vorzeitiges Umschalten bei geringen Welligkeiten der Eingangsspannung.

Einstellbare Erkennungsschwellen (DIP)

Ein Präzisionspotentiometer ermöglicht die **manuelle Kalibrierung der Stromausfall-Erkennung und der Umschaltpegel**. Dies ermöglicht Ingenieuren:

- **Maximierung der Überbrückungszeit:** Feinabstimmung der „Leer“-Schwelle, um das letzte Joule gespeicherter Energie zu nutzen.
- **Spannungsabfall kompensieren:** Ausgleich von Widerstandsverlusten in langen oder dünnen Eingangskabeln.
- **Spannungsrauschen filtern:** Verhindert Fehlauslösungen bei den für den Raspberry Pi 5 typischen hohen Stromspitzen.

Visuelle Diagnose (LED-Gruppe)

LED	Farbe	Status
External Power	Grün	Primäre 5V-Stromquelle am Eingang erkannt.
High	Grün	Vollständig geladen. System bereit für Boot- + Herunterfahr-Zyklus.
Med	Gelb	Mittlere Ladung. Ausreichend Energie für ein Not-Herunterfahren des OS.
Low	Rot	Kritische Energie. Abschaltung steht unmittelbar bevor.

6. Intelligentes Energiemanagement (IPM)

- **Safe-Start-Logik:** Verhindert das Hochfahren des Pi, bis der Energiepegel die Schwelle „High“ (grüne LED) erreicht hat.
- **Anti-Reboot-Schleife:** Verhindert aktiv „Zombie“-Neustartzyklen bei Spannungseinbrüchen oder geringen Energiezuständen.
- **Shutdown Guard:** Stellt sicher, dass das Herunterfahren des Betriebssystems vollständig abgeschlossen wird, selbst wenn die externe Stromversorgung während des Prozesses zurückkehrt.

7. Betriebsdynamik & Überbrückungszeit (120F)

Raspberry Pi Modell	Ohne Last [s]	50% Last [s]	100% Last [s]
Raspberry Pi 2	168	148	80
Raspberry Pi 3	171	70	41
Raspberry Pi 4	84	44	29
Raspberry Pi 5	74	20	8

**Hinweis: Die tatsächlichen Laufzeiten können durch benutzerdefinierte Schwellenwerteinstellungen und Softwareoptimierung deutlich verlängert werden.*

8. Skalierbarkeit & Software-Unterstützung

- **Modulare Erweiterung:** Unterstützt **qUPS-P-EX** Erweiterungsmodule (EX450, EX900, EX1700) über die dedizierte Kapazitätsschnittstelle.
 - **Software-Unterstützung:** Nativer C++/Python **qups-guard**-Daemon für Hintergrundüberwachung und automatisches, sicheres Herunterfahren.
 - **Home Assistant-Integration:** Nahtlose Out-of-the-Box-Integration über Auto-MQTT Discovery / Custom Addon für Echtzeit-Ladezustandsdaten (PFO, LIM) und native HA-Automatisierungen.
 - **Repository:** github.com/aqexhu/qups-guard
-

HW Version: 1.3 | **Veröffentlichung:** 2024

Hersteller: AQEX Electronics | aqex.eu