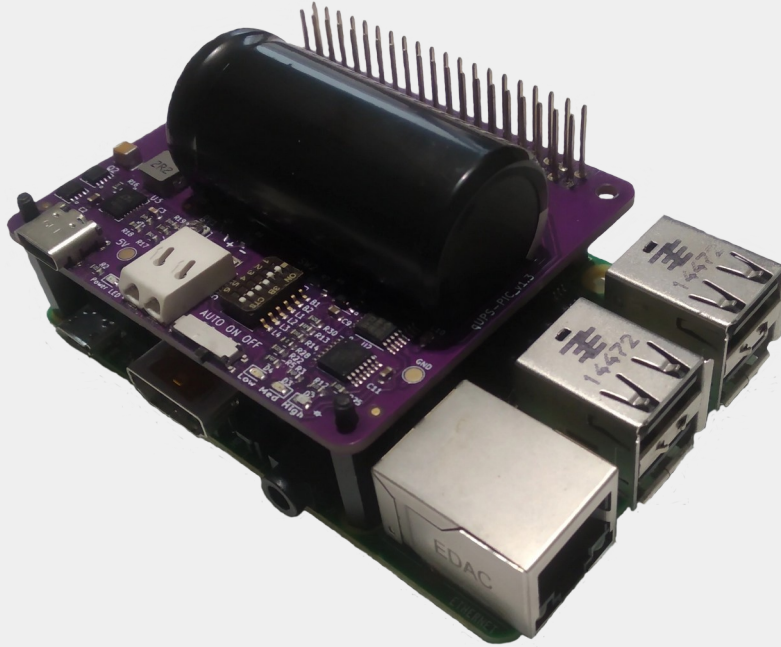
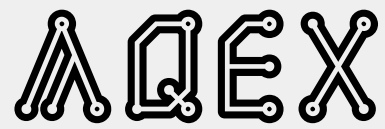




qUPS-P-SC-v1.3

User Manual v1.5

2026-July-24

Board Layout

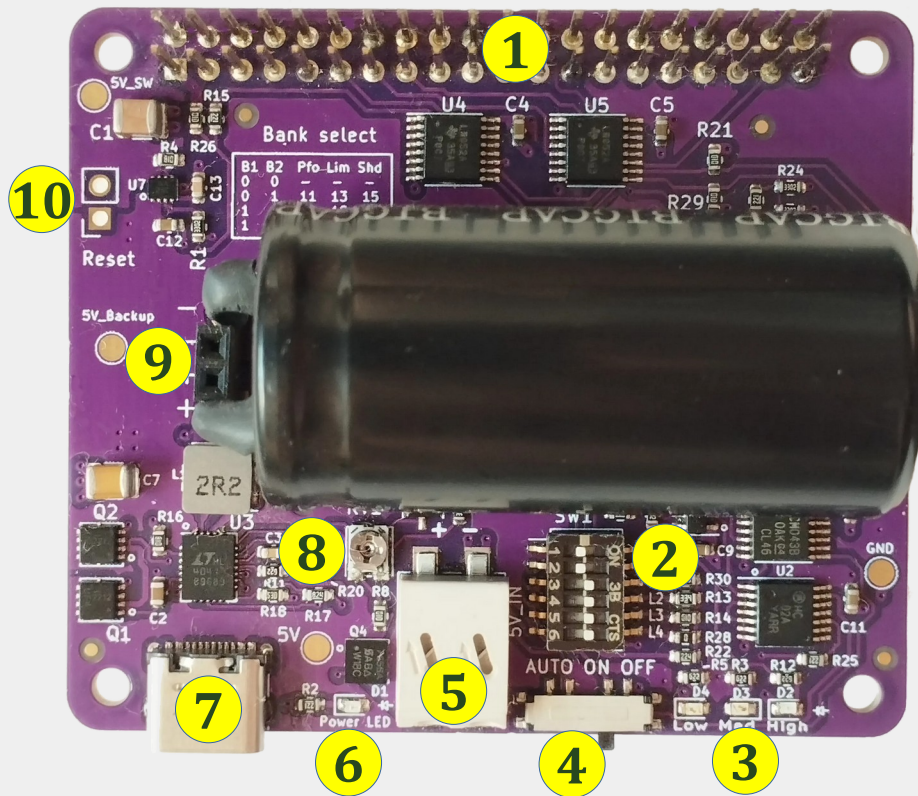


Figure 1.

①	Raspberry Pi Connector	Raspberry Pi GPIO-Leiste	Raspberry Pi csatlakozó
②	Setup switches	DIP-Schalter	Beállítás kapcsolósor
③	Level indicator LEDs	Status-LEDs	Szintjelző LED-ek
④	Mode selector	Modus-Schalter	Üzem mód választó
⑤	External 5V power supply	Externe 5V-Einspeisung	Külső 5V tápellátás
⑥	Power supply indicator LED	Power-LED	Külső tápellátást jelző LED
⑦	USB-C power supply	USB-C-Netzteil	USB-C tápellátás
⑧	Power supply level adjuster	Spannungs-potenzimeter	Tápfeszültség szintállító poti
⑨	Capacity extender connector	Erweiterungs-anschluss	Kapacitás bővítő csatlakozó
⑩	Reset connector	Reset-Steck-verbinder	Reset csatlakozó

Raspberry Pi / qUPS-P-SC connector pinout overview (top)



	+5V power
	GND
	Bank 1 (--dip 10)
	Bank 2 (--dip 01)
	Bank 3 (--dip 11)

Table of contents

Product Overview

Technical Specs

Safety Guidelines

Installation & Connectors

HW Setup & Config

System Operation

SW Integration

Appendix

Inhaltsverzeichnis

Produktübersicht

Technische Spezifikation

Sicherheitsrichtlinien

Installation & Anschlüsse

HW-Einrichtung & Konfig

Systembetrieb & Verhalten

Software-Integration

Anhang

Tartalomjegyzék

Termékáttekintés

Műszaki specifikációk

Biztonsági útmutató

Telepítés és csatlakozók

HW beállítás és konfiguráció

A rendszer működése

Szoftveres integráció

Függelék

Before configuring or powering your qUPS-P-SC board, please review this manual to ensure a safe, optimized setup tailored to your specific application.

1

Product Overview & Introduction

Thank you for choosing the **AQEX qUPS-P-SC** to safeguard your hardware! Engineered for uncompromising reliability, the qUPS family ensures seamless, uninterrupted operation under diverse conditions to meet the demands of both professional industrial deployments and maker projects.

What is the qUPS-P-SC?

The **qUPS-P-SC** is a professional, **battery-free Uninterruptible Power Supply (UPS) HAT** designed for single-board computers and 5V electronics. Built on advanced **Electric Double-Layer Capacitor (EDLC)** technology (100–120F energy storage), it replaces traditional, short-lived chemical batteries with an ultra-durable, maintenance-free power backup solution.

It provides immediate, sub-millisecond power bridging (100–300µs) during power fluctuations, dips, and sudden blackouts, allowing the host device to perform a safe, graceful shutdown or bridge short outages without data corruption or system crashes.

- **Broad Compatibility:** While optimized for Raspberry Pi and compatible single-board computers via the 40-pin GPIO header, the system can protect **any 5V DC device with a maximum continuous current draw of 2.5 A** (hereafter referred to as the "*Protected Device*").

The Modular qUPS Product Family

The **qUPS-P-SC** is the supercapacitor-powered member of the comprehensive, versatile **qUPS product family** designed to cover any backup duration, environmental condition, or power demand. Across the entire family, all models share a unified core architecture and software ecosystem:

Core Family-Wide Architecture & Features

- **Offline Topology for Maximum Efficiency: Near-zero** inline energy loss during normal operation. By utilizing an **ultra-low $R_{DS(ON)}$ switch** instead of active power conversion in the primary path, inline losses are minimized while ensuring rapid, sub-millisecond fallback to backup power upon grid loss.
- **Zero-Firmware Hardware Logic:** Autonomous hardware control guarantees maximum reliability without firmware crashes or update requirements.
- **Flexible Stackable Design:** 40-pin GPIO passthrough header with customizable 3-pin DIP-switch signaling (can be fully disabled if all GPIOs are required for custom hardware).
- **Smart Power & Reboot Management:**
 - **Safe Boot:** Ensures the system delays boot-up until enough energy is stored for a complete boot-and-safe-shutdown cycle.
 - **Reboot Loop Prevention:** Disconnects power cleanly when energy drops below operational limits, avoiding repeated brownout boot loops.
 - **Graceful Shutdown Recovery:** Handles power restoration seamlessly even if power returns mid-shutdown.

Energy Storage Chemistries & Technologies:

- **Supercapacitor Solutions (like qUPS-P-SC):** Optimized for extreme cycle life (500,000+ cycles), wide temperature range (-40°C to +65°C), rapid recharging, and maintenance-free short-term bridging.
- **Hybrid Supercapacitor Solutions:** Combining high power density with extended backup time for balanced performance.
- **Battery-Based Solutions:** Tailored for multi-hour extended backup requirements, available in three specialized chemistries:
 - **LiFePO4 (Lithium Iron Phosphate):** High thermal stability, long cycle life, and enhanced safety.
 - **Sodium-Ion (Na-Ion):** Eco-friendly, cost-effective, and excellent low-temperature discharge capabilities.
 - **Multi-Chemistry:** Intelligent charging system supporting Li-ion, LiFePO4, and Sodium-ion batteries within the same hardware architecture.

Form Factors:

- **Standard Raspberry Pi HAT:** Full-size form factor compatible with standard 40-pin Raspberry Pi models (Pi 3, Pi 4, Pi 5, etc.).
- **Raspberry Pi Zero Layout:** Compact form factor tailored specifically for space-constrained Raspberry Pi Zero and Zero 2 W deployments.

Open-Source Software Ecosystem & Integration

Across the entire qUPS lineup, software integration is designed to be seamless, lightweight, and fully open:

- **qups-guard C Daemon:** An **open-source**, lightweight, native background service ensuring zero-overhead power monitoring and graceful system shutdowns.
- **Zero-Configuration Setup:** Features built-in **Home Assistant Auto-MQTT Discovery** for effortless out-of-the-box smart home and industrial IoT integration.
- **Expanding Application Support:** Native integrations and drivers for additional industrial, edge-computing, and home automation platforms are actively under development.

Key Advantages & Design Choices of qUPS-P-SC

- **Ultra-Long Lifespan & 500,000+ Charge Cycles:** Sustains over half a million charge-discharge cycles without performance degradation.
- **Extreme Temperature Resilience (-40°C to +65°C):** Ideal for harsh industrial environments, unconditioned enclosures, or cold storage.
- **Modular Capacity Scaling:** Energy storage can be scaled up to 15× (or higher) using optional qUPS-P-CX expansion modules.

Applications & Use Cases

Ideal Use Cases

Harnessing the sub-millisecond response time and long-term durability of supercapacitors, the **qUPS-P-SC** provides fast, dependable protection against grid instability. Its microsecond-range transfer speed (100–300 μ s) maintains system continuity for single-board computers, microcontrollers, and standard 5V DC devices by providing:

- **Power Outage Protection:** Keeps your system running seamlessly through short-term power drops.
- **Pre-Shutdown Task & Communication Management:** Ensures the system has enough time to complete ongoing processes and send out critical status alerts or data packages before power loss.
- **Safe Disconnection & Shutdown:** Enables the Protected Device to achieve a clean, controlled, and safe hardware disconnection without risk of data corruption.
- **Overvoltage & Surge Protection:** Shields sensitive electronics from damaging voltage spikes.
- **Automated Recovery:** Ensures a clean, safe system restart once main power is fully restored.

Operational Limitations (Not Suited For)

- **High-Power Devices:** This system is specifically engineered for low-power and single-board applications. With a maximum current draw of **2.5 A (12.5W)**, it is not suitable for high-power computers or heavy industrial loads requiring higher amperage.
- **Optimized for Rapid Bridging:** Unlike high-capacity chemical batteries, supercapacitors are designed for fast recharge cycles, long-term endurance, and short-to-medium backup durations. If your application demands multi-hour off-grid runtime, consider the battery-based variants within the **qUPS family**.

Target Applications

- **Industrial Automation & Edge Controllers:** Protecting critical filesystems (SD/eMMC/SSD) from sudden power cuts.
- **Remote IoT Gateways & Outdoor Nodes:** Reliable backup in freezing or high-heat environments.
- **Digital Signage & Kiosks:** Preventing OS corruption during main breaker cut-offs or frequent power cycles.
- **Telemetry & Mission-Critical Systems:** Ensuring clean file flushing and graceful shutdown during sags and brownouts.

2

Technical Specifications

Technical data

The following table summarizes the electrical, mechanical, and operational specifications of the **qUPS-P-SC** board:

Category	Parameter	Specification / Value
Energy Storage Device	Energy storage	Supercapacitor
	Charge cycle	500.000
	Operation temperature	-40 .. +65°C
	RPi4 idle backup time	84 seconds
	RPi4 full load backup time	29 seconds
	RPi5 idle backup time	74 seconds
	RPi5 full load backup time	8 seconds
Physical parameters	Form factor	Raspberry Pi HAT
	Dimensions	65x56x23mm + 11 mm (connector ①)
	Stackable	✓
	Replaceable supercapacity	✗
Electric parameters	Charging current	2A
	Maximum discharge current	7.5A
	Maximum load current	2.5A
	Output voltage	5V

Category	Parameter	Specification / Value
Connectors	Main power input	USB-C
	Auxillary power input	✓
	Reset	✓
Power Supply	Main Input (USB-C)	5V
	Auxiliary Input	5V
	USB PD (RPI5) compatibility	✗
Communication	Method	3 GPIO port
	GPIO port allocation	3 option
	Disabling option	✓
Setup	Mode options	AUTO-ON-OFF
	Adjustable level threshold	✓
	Adjustable input voltage threshold	✓
Control	External control of the power of Raspberry Pi	✓
Indication	Input Power	✓
	Supercapacitor voltage level	3 LED
Software	Control software	C++ & Python
	Open source	✓

Performance & Runtime Capabilities of qUPS-P-SC

Estimated Backup Runtimes: The table below outlines expected runtimes based on Raspberry Pi model and load level. Actual performance may vary depending on CPU usage and connected peripherals:

Raspberry model	No load	50% load	100% load
2	168 s	148 s	80 s
3	171 s	70 s	41 s
4	84 s	44 s	29 s
5	74 s	20 s	8 s

Table 1: Expected operating time in seconds

Scalable Runtime Options: For extended autonomy, optional capacity expansion modules allow you to significantly boost backup time. Adding a **qUPS-P-CX** series expander increases runtime by **4×** (CX450), **8×** (CX900), or **15×** (CX1700). Custom capacity expansion is also available upon request for higher backup requirements.

3

Safety Guidelines

To prevent personal injury or permanent damage to the equipment, please read and strictly adhere to the following safety regulations before handling the device.

Personal safety

- **No User-Serviceable Components:** The **qUPS-P-SC** contains no user-replaceable parts. Repairs, modifications, or maintenance tasks must only be performed by the manufacturer or an authorized service center.
- **Thermal Hazards:** Although the system operates at a maximum voltage of 5V DC —which is classified as safe low voltage regarding electric shock — high current loops are present. In the event of a short circuit caused by foreign objects, conductive debris, or incorrect wiring, contacts and traces can heat up rapidly, posing a severe risk of burns or fire.

Product & Environmental Safety

- **Environmental Limits:** Protect all **qUPS** products from extreme temperatures, high humidity, and prolonged exposure to direct sunlight.
- **Acclimatization:** If the board has been exposed to temperature fluctuations or cold environments, keep it in a dry, room-temperature room for at least 24 hours before installation to prevent condensation damage.
- **Contamination Risk:** Conductive liquids, moisture, or airborne metallic particles can cause catastrophic short circuits and permanent hardware failure. Avoid operating or installing the board in environments exposed to these elements.



CRITICAL POWER WARNINGS – READ BEFORE USE

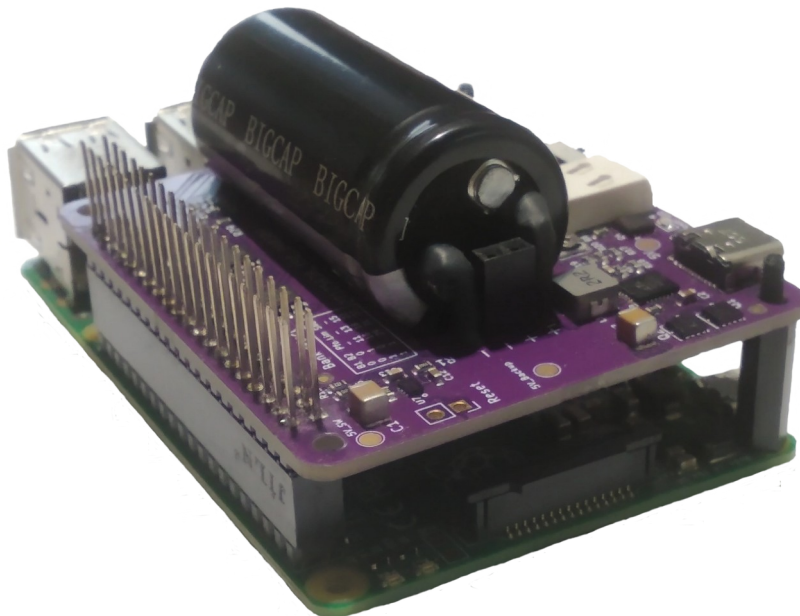
- **Exclusive Power Source:** The system must be powered **only and exclusively** through the designated power connector ⑤ or ⑦.
- **No Dual Powering:** **Never** power the Raspberry Pi (the protected device) from any other external power source while connected. Doing so will cause permanent hardware damage.
- **No Daisy-Chaining or Parallel UPS:** Do not operate multiple **qUPS** products together, or combine them with any other uninterruptible power supply (UPS) via the 40-pin terminal connector ①.

4 Installation & Connectors

Initial Commissioning

The **qUPS-P-SC** is ready for use immediately after unpacking. It offers universal compatibility with 5V DC devices through two primary connection methods:

- **Plug-and-Play (SBCs):** Optimized as a HAT for single-board computers equipped with a Raspberry Pi-compatible 40-pin header. Simply align and plug the product's socket ① onto the computer's pin header.



- **Universal 2-Pin Connection:** For non-HAT or generic 5V DC devices, power can be drawn using the appropriate +/- contacts on the 40-pin header ① (see [Pinout Overview](#))

Power Supply Requirements

To ensure stable operation and optimal charging, the input power supply must meet the following specifications:

- **Voltage:** Standard 5V – 5.2V DC
- **Current:** Minimum 2.0 A (**3.0 A recommended**)
- **Power Input Interfaces:**
 - **USB-C Port ⑦** : Standard 5.0–5.2 V DC power supply input.
 - **Spring Terminal Block ⑤** : 5.0–5.2 V DC input featuring built-in reverse-polarity protection for secure, direct wire connection.
- **Status Indicator:** The presence of input power is indicated by **LED ⑥**.



WARNING: The two power input connectors (USB-C and the spring terminal block) **MUST NOT** be powered from two separate sources simultaneously. Always use only one input at a time.



Power Supply Compatibility Note: Smart power supplies that automatically disable 5V output when no device is detected (such as the official Raspberry Pi 5 PSU) are **NOT SUPPORTED** by the qUPS-P-SC.



CRITICAL POWER DELIVERY NOTE

- **Combined Load Handling (Smart DC-DC Charging):** The input power supply must simultaneously power the Protected Device and charge the supercapacitors. Thanks to high-efficiency DC-DC charging, the actual current drawn from your 5V supply is significantly lower than the internal 2.0 A peak and dynamically increases as the supercapacitors charge.
- **The "Passthrough" Trap:** Even with efficient conversion, your power supply must handle this combined load. A low-quality supply might run a Raspberry Pi fine on its own, but fail when connected through the **qUPS-P-SC** during active charging.
- **Voltage Stability:** Avoid poor-quality power supplies and high-resistance cables. If the supply cannot maintain stable voltage under load, input voltage drops can cause brownouts or unexpected shutdowns. If instability occurs, upgrade to a higher-quality power supply immediately.

For a list of verified power supplies and troubleshooting steps, please refer to the Appendix.

Reset Connector ⑩ Functions & Operation

The primary function of the Reset connector ⑩ is to provide a momentary power interruption to the Protected Device.

Installation Options

The connector features a standard 2.54 mm pitch layout, allowing you to easily solder or connect:

- A push button or toggle switch
- A standard 2.54 mm pin header
- External wiring/cables

How It Works

- **Power Interruption (Reset):** Closing the circuit (bridging the two contacts) immediately cuts power to the Protected Device, stopping its operation for the exact duration the contacts remain connected. Releasing the connection restores power (performing a hard reset).
- **Permanent Shutdown:** Keeping the contacts permanently closed allows you to switch off the power supply to the Protected Device indefinitely from an external control source.



CRITICAL ELECTRICAL RULES

- **Dry Contact Only:** The Reset connector is designed **exclusively for dry contacts** (open/closed circuit). **Applying external voltage to these pins is strictly prohibited** and will cause permanent damage.
- **Polarity Independent:** The two contacts are non-polarized; the connection is polarity-independent.

Host Communication & GPIO Header

The **qUPS-P-SC** features a full passthrough design, keeping the complete 40-pin GPIO header ① accessible on the top side of the board for easy stacking.

To enable automated shutdowns and power status tracking, the system utilizes three GPIO pins for data exchange. To prevent hardware conflicts with other expansion boards, the active pins are freely configurable using the on-board DIP switches (see the [Pin Allocation Section](#) for configuration options). All remaining 37 pins stay entirely free for your custom applications.

Capacity Expansion

Energy storage capacity can be easily extended using the dedicated expansion connector ⑨. Connecting a **qUPS-P-CX** series module increases system runtime by approximately **4x**, **8x**, or **15x**, with custom larger options available upon request. These expansion modules can be ordered alongside the main unit or acquired separately as needed.

5

Hardware setup & Configuration

6-Position DIP Switch ② Configuration

The **qUPS-P-SC** features a 6-position DIP switch ② used to configure two key system parameters:

- **Communication Pin Assignment (B1 & B2):** Selects which GPIO pins are used for hardware signaling.
- **Voltage Level Thresholds (L1, L2, L3 & L4):** Configures system operating and trigger voltage levels.

Communication Pin Allocation

The **qUPS** system utilizes three GPIO pins for flexible, configurable hardware signaling with the host device. If communication is not required, all three signals can be completely disabled via the DIP switches (OFF-OFF position). In this mode, the system releases the GPIO lines, leaving them fully transparent and available for general use.

The state of switches **B1** and **B2** determines the active GPIO pin assignment as detailed below:

GPIO Pin Assignment Matrix

DIP Switch (B1–B2)	SW setup	pfo	lim	shd
OFF – OFF	-	Disabled	Disabled	Disabled
ON – OFF	--dip 10	GPIO17 / Pin 11	GPIO27 / Pin 13	GPIO22 / Pin 15
OFF – ON	--dip 01	GPIO23 / Pin 16	GPIO24 / Pin 18	GPIO25 / Pin 22
ON – ON	--dip 11	GPIO5 / Pin 29	GPIO6 / Pin 31	GPIO26 / Pin 37

Signal Logic & Operation

- **pfo (Power Fail / Power Good)**
 - **HIGH (Logic 1 / TRUE):** Main power is connected and stable. The Protected Device is running on external utility power.
 - **LOW (Logic 0 / FALSE):** Main power is lost. The **qUPS-P-SC** has instantly switched to the energy stored in the supercapacitors to keep your system online.
- **lim (Energy Storage Limit)**
 - **HIGH (Logic 1 / TRUE):** The supercapacitor charge level is safe and above the critical threshold.
 - **LOW (Logic 0 / FALSE):** The stored energy has dropped to a critical level. A safe, automated system shutdown sequence should be initiated immediately.
- **shd (Shutdown Status & Boot Control)**
 - **HIGH (Logic 1 / TRUE):** Indicates to the **qUPS-P-SC** that the Protected Device is running and operational.
 - **LOW (Logic 0 / FALSE):** Signals that the Protected Device has successfully completed software shutdown and is safe to power off.

Voltage Level Threshold Fine-Tuning (L1-L4)

Switches L1, L2, L3, and L4 adjust the system's voltage detection thresholds to match the total supercapacitor capacity (including any attached qUPS-P-CX expansion modules) and the power consumption of the host device.

- **Threshold set too high:** Extends the initial charge delay before the protected device is allowed to boot up, and prevents fully utilizing the available storage capacity.
- **Threshold set too low:** Risk of insufficient runtime to complete a safe system shutdown before the power drops completely.

Note: For optimal system stability, select a threshold level that provides sufficient backup duration for a graceful shutdown without unnecessarily delaying the cold-start boot process

Voltage Threshold Levels (Low to High)

The table below outlines the DIP switch combinations ordered from the **lowest to the highest** operating voltage threshold (X indicates any position, *DON'T CARE*):

Voltage Level	L1	L2	L3	L4
Level 1 (Lowest)	X	X	X	ON
Level 2	ON	ON	ON	OFF
Level 3	OFF	ON	ON	OFF
Level 4	ON	OFF	ON	OFF
Level 5	OFF	OFF	ON	OFF
Level 6	ON	ON	OFF	OFF
Level 7	OFF	ON	OFF	OFF
Level 8	ON	OFF	OFF	OFF
Level 9 (Highest)	OFF	OFF	OFF	OFF

Recommended DIP Switch Settings

Raspberry type	Load	Level	L1	L2	L3	L4
Pi2	50%	1	X	X	X	ON
Pi2	100%	6	ON	ON	OFF	OFF
Pi3	50%	6	ON	ON	OFF	OFF
Pi3	100%	8	ON	OFF	OFF	OFF
Pi4	50%	8	ON	OFF	OFF	OFF
Pi4	100%	9	OFF	OFF	OFF	OFF

Table 3: Suggested setup

Potentiometer ⑧ for adjusting the threshold of the input voltage

The reason for this adjustability is to enable the device to operate optimally with different power supply type and any protected device pair.

The threshold voltage of the external power supply can be adjusted by the potentiometer ⑧. Below this voltage level, the qUPS product switches to uninterruptible mode and above it to external power supply.



If the level is set too high, the device will switch between modes unnecessarily, and in extreme cases it may switch permanently.



If the level is set too low, the device will not switch to uninterruptible mode in a timely manner and the Raspberry may shut down. The Raspberry model 5 is particularly sensitive to power supply voltage.

Mode selector ④

The mode switch has three positions, which are indicated on the panel.

- **OFF mode:** The qUPS product will remove power from the protected device (regardless of the presence of an external power source and the power level of the energy storage device).
- **ON mode:** The qUPS product shall provide power to the protected device if an external power source is available or if there is sufficient power in the energy storage device.



If the charge level of the energy storage device is low and the external power supply is cut off, the protected device will not be able to perform a guaranteed regular load/unload cycle.

- **AUTO (automatic) mode:** The system shall guarantee the execution of a regular boot/shutdown cycle regardless of the loss of external power supply.

6

System Operation & Behavior

Operation

If properly installed, the **qUPS-P-SC** operates fully automatically under normal conditions using its default settings. The device instantly initiates charging as soon as an external power supply is connected.

Operating Modes

AUTO Mode: Intelligent Startup Protection

In **AUTO** mode, the primary objective of the **qUPS-P-SC** is to maintain absolute system integrity. Power is delivered to the Raspberry Pi only after the supercapacitors have reached a verified safe charge level. This ensures there is always enough stored energy to execute a guaranteed software shutdown if external power fails immediately after boot.

- **Startup Delay (What to Expect):** After connecting the power supply, the system will not boot the Pi instantly. Depending on how deeply discharged the supercapacitors are and the capability of your power supply, this pre-charging phase can take up to several minutes.
- **The Process:** The controller isolates the Pi, focuses all available power on charging the supercapacitors past the critical threshold, and only then releases power to boot the Raspberry Pi.
- **The Advantage:** This strict gating completely prevents **boot loops** (where the Pi's heavy startup current drops an uncharged power source below the critical threshold, causing the system to repeatedly crash and reboot).

ON Mode: : Manual Override & Risks

In **ON** mode, the **qUPS-P-SC** bypasses safety checks, instantly powering up the connected Raspberry Pi regardless of the supercapacitor charge level or external power stability.

- **⚠ SAFETY WARNING:** Software-driven power protection is severely limited in this mode. If external power fails while the supercapacitor charge is insufficient, the Raspberry Pi will suffer an immediate, ungraceful hardware power-off.
- **Consequences:** Sudden power loss can corrupt the operating system, damage the SD card file system, or cause critical data loss.
- **Recommendation:** Use **ON** mode exclusively for bench testing or when operating from an absolutely stable, uninterruptible upstream power source. **AUTO** mode is highly recommended for all production environments.

Live Mode Switching on Raspberry Pi 5

Switching the mode switch ④ on the fly (between **ON** and **AUTO** mode) while the system is powered may cause the Raspberry Pi 5 to perform an immediate, safe power-off, indicated by its power LED turning red.

- **The Cause:** Toggling the mode switch creates a brief microsecond power disruption as the internal routing changes. Due to the significantly more sensitive power management system of the Raspberry Pi 5 (PMIC), it instantly registers this momentary drop and cuts its own power to protect the board.
- **Legacy Models:** Older Raspberry Pi models (RPi 4 and earlier) are less sensitive to this transient drop and will typically operate without interruption.
- **Recommendation:** To prevent unexpected shutdowns on Raspberry Pi 5, avoid switching operating modes while the system is powered on, or power down the Pi before changing the switch position.

Advanced Hardware & Voltage Dynamics

Voltage Rebound & The Shutdown Loop

Due to internal resistance (ESR) and minor losses across traces and connectors, the voltage measured at the supercapacitor terminals drops slightly below the actual cell voltage under heavy load.

This physics-based delta is critical during the shutdown sequence:

- **Low Voltage Trigger:** When the energy storage drops, the software detects the low-voltage threshold and initiates a safe Pi shutdown.
- **Voltage Rebound:** At the very end of the shutdown process, the Pi's current consumption drops dramatically to near-zero. This sudden removal of the load causes the measured supercapacitor voltage to rebound (jump upward).
- **The Lockup Phenomenon:** If this rebounded voltage rises back above the hardware's cut-off threshold, the controller assumes the storage has not actually been depleted. Consequently, it keeps the power rail active. The Raspberry Pi then remains stuck in a permanent "halted/shutdown" state (powered, but not running) and cannot auto-reboot when power returns.
- **The Solution:** The qups-guard software allows you to configure a **shutdown delay**. This keeps a controlled load on the system for a calculated duration after the shutdown command, ensuring the voltage remains safely below the critical hardware threshold until the power is fully cut.

Startup Inrush Instability

When attempting to recharge a completely depleted system, the red "**Low**" LED may occasionally flash, indicating temporary startup instability.

- **The Cause:** This occurs if the input power supply struggles to handle the sudden, massive inrush current demanded by the empty supercapacitors. The heavy initial load causes the supply voltage to sag, prompting the input sensor to temporarily disable charging for safety. Once disabled, the supply voltage recovers, the system attempts to charge again, and the cycle repeats.
- **Behavior:** This cycling typically stabilizes itself automatically within **5–10 seconds** as the internal buffering components and supercapacitors reach their base operational levels.

Power Supply Switchover Dynamics

The **qUPS-P-SC** continuously monitors the external input. If the main power fails or drops below the limit configured by the **potentiometer** ⑧, the system instantly engages backup power.

- **Switchover Speed:** The transition from external utility power to supercapacitor backup is extremely fast, taking a mere **100–300 μ s**.
- **Raspberry Pi Warning:** Due to this microsecond transition, the Raspberry Pi may occasionally log a brief **Under-voltage detected!** system warning. This is a normal cosmetic artifact of the Pi's hyper-sensitive power monitoring and does **not** cause hardware instability, software malfunctions, or unexpected reboots.
- **Mains Restoration:** When external power returns, the system seamlessly switches back to utility power and automatically tops off the supercapacitors. No alerts or warnings are triggered during the return to mains power.



Figure 1: Raspberry Pi at 50% load

Smart Boot & Protection Logic

0.1

The **qUPS-P-SC** features an advanced interlock system to handle automatic recovery and prevent system freeze states:

- **Clean Hardware Power-Off:** When the energy storage drops below the critical limit (Lim goes LOW), the Pi is expected to initiate a software shutdown. As soon as the Pi shuts down and the shd pin drops to **LOW**, the **qUPS-P-SC** completely cuts the power to the Pi, ensuring a clean, total reset.
- **Freeze & Runaway Protection:** If the Pi fails to shut down properly (the shd pin stays HIGH) and external power suddenly returns, the system **intentionally disables input charging**. This prevents a crashed or hung Pi from indefinitely draining the system. The power will remain blocked until the supercapacitors fully deplete and the system naturally powers down.
- **Safe Recharge & Auto-Boot:** Once the system has fully powered down (either via a clean shutdown or complete depletion), and external input power is available, the **qUPS-P-SC** will unblock and enable charging. It will first safely recharge the supercapacitors to a secure level before restoring power to the Protected Device, ensuring it boots up with a fully armed power shield.

Raspberry Pi 5 Shutdown During Uninterruptible Transition

If the Raspberry Pi 5 shuts down immediately upon main power loss instead of seamlessly switching to backup power, fine-tuning is required.

- **The Cause:** The highly sensitive PMIC of the Raspberry Pi 5 may trigger a hardware reset before the backup threshold is reached if the voltage drop is detected too late.
- **Solution:** Slightly adjust the input level sensor potentiometer (turn clockwise) to increase sensitivity. This allows the system to detect input power loss earlier and switch seamlessly to the supercapacitors.

LED Charge Level Indicators

The real-time energy level of the supercapacitors is displayed via the onboard LED group ③.

Rather than showing raw percentages, these LEDs serve as **functional status indicators**. Because supercapacitor discharge curves and system power demands vary, these levels do not reflect charge linearly. Instead, they represent specific operational capabilities:

LED	Color	Level Name	Operational Meaning & System Behavior
1	 Red	Low	Critical low level. The system can lose power at any moment. In AUTO mode (with the corresponding SHD pin low), reaching this level triggers an immediate physical power cut to the Protected Device.
2	 Yellow	Safe	Sufficient energy is stored to guarantee a safe, graceful software shutdown sequence.
3	 Green	Min	Sufficient energy for exactly one clean boot and one full shutdown cycle. In AUTO mode, the Protected Device is released to start up once this level is reached.

7

Software integration

Intelligent Functions & Event Handling

The **qUPS-P-SC** provides real-time power telemetry and status updates to the Protected Device. This ensures that during extended outages, your system receives a timely warning to initiate a safe, graceful shutdown before the supercapacitors are fully depleted.

Once the **qUPS-P-SC** detects that the Protected Device has completed its shutdown sequence, it cuts the main power rail. This completely prevents the system from getting stuck in a halted, unresponsive state, guaranteeing a clean and successful hardware reboot as soon as external power returns.

Hardware Telemetry Signals

The operating system or background daemon on the Protected Device can monitor the hardware status of the **qUPS-P-SC** in real time. The board continuously outputs two hardware signals via the designated GPIO pins:

- **PFO (Power Fail Output):** Indicates the presence or loss of the external power supply.
- **LIM (Limit / Low Energy):** Indicates when the supercapacitor charge level has dropped below the safe operational threshold.

The feedback pins in (see [Pin Allocation Section](#)) are intended to provide information to the device and to perform adjustments on the **qUPS-P-SC** product. By monitoring state changes on these GPIO pins, your system service can instantly trigger custom scripts or safety mechanisms (such as flushing database caches or unmounting drives).

Installing the Control Daemon

 **Developer Resources:** To make integration as seamless as possible, we provide open-source helper utilities and libraries written in both **C** and **Python**.

The official open-source control software can be downloaded and inspected directly from the AQEX GitHub repository:

 <https://github.com/aqexhu/qups-guard>

Basic Configuration

To configure the software for the **qUPS-P-SC**, you must specify the correct GPIO communication profile. Run the daemon with the following mandatory parameter:

```
qups-guard --dip 01
```

Note: Please refer to **Pin Allocation Section** for the appropriate `--dip` settings.

Advanced Tuning: Voltage Drop & Shutdown Delay

Under heavy system load, internal resistance and voltage losses can cause the system to read a lower supercapacitor voltage than the actual baseline. If an immediate software shutdown were triggered, the sudden drop in power consumption would cause the measured voltage to jump back up, potentially reaching the threshold where the hardware tries to turn the device back on (causing an unstable power loop).

To eliminate this phenomenon, you can use the optional tuning parameters to safely lower the cut-off voltage threshold or introduce a delay:

```
qups-guard --dip 01 --shutdown-delay 20
```

(This parameter filters out temporary voltage dips and ensures the Protected Device only initiates a shutdown when the power loss is permanent and stable, preventing accidental power-cycling.)

Ecosystem & Smart Home Integrations

Home Assistant Integration

For users running Home Assistant on their Protected Device (e.g., Raspberry Pi), the **qUPS-P-SC** can be seamlessly integrated into your smart home ecosystem. Through our custom integration / addon, you can:

- **Monitor Power Status in Real Time:** Track power supply state (PFO) and energy reserves (LIM) directly from your HA dashboard.
- **Automate Critical Actions:** Trigger native Home Assistant automations during power failure (e.g., send push notifications, safely turn off non-essential zigbee/z-wave nodes, or prepare the system for shutdown).
- **Safe System Power-Down:** Automatically initiate a clean Home Assistant OS shutdown when power loss is sustained.

Future Integrations & Platform Support

We are actively expanding our software ecosystem. Planned future integrations and support packages include:

- **NUT (Network UPS Tools) Compatibility:** Allowing the qUPS-P-SC to act as a standard UPS server to notify other network devices during power outages.
- **MQTT Bridge & Daemon:** Lightweight background service to publish telemetry data directly to any MQTT broker.
- **Prometheus / Grafana Monitoring:** Native exporter for system administrators to track power events and voltage levels over time.

8

Appendix

List of supported power adapters

- Raspberry Pi official power adapter 5V@2.4A
- Goobay 43651 5V@2.1A

Troubleshooting

Symptom	Cause of error	Solution
If an external power supply is present, the "External power LED" ⑥ is not lit	External power supply problem	Replace the power supply
Raspberry Pi will not start if the "Min" LED is on	Mode switch ④ is on OFF state	Mode switch ④ must be set to ON or AUTO
If an external power supply is present, the "External power LED" ⑥ is not lit	External power supply is PD compatible	PD compatible PSU not supported, replace PSU
Raspberry Pi 5 shuts down immediately (red LED) when toggling the Mode switch	The Pi 5 PMIC detects a microsecond power drop during live switch transitions	Do not change the operating mode while the Raspberry Pi 5 is powered on.
Raspberry Pi 5 shuts down upon main power loss instead of seamlessly switching to backup power	The input voltage drop is detected too late for the highly sensitive Pi 5 PMIC	Slightly turn the input level sensor potentiometer clockwise to increase detection sensitivity.

Bitte lesen Sie dieses Handbuch sorgfältig durch, bevor Sie Ihr qUPS-P-SC-Board konfigurieren oder mit Strom versorgen, um eine sichere und optimierte Einrichtung für Ihre spezifische Anwendung zu gewährleisten.

1

Produktübersicht & Einführung

Vielen Dank, dass Sie sich für die **AQEX qUPS-P-SC** entschieden haben, um Ihre Hardware zu schützen! Die **qUPS-Familie** wurde für kompromisslose Zuverlässigkeit entwickelt und gewährleistet einen nahtlosen, unterbrechungsfreien Betrieb unter verschiedensten Bedingungen – ideal für professionelle Industrieanwendungen sowie anspruchsvolle Maker-Projekte.

Was ist die qUPS-P-SC?

Die **qUPS-P-SC** ist eine professionelle, batteriefreie unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) im HAT-Format, entwickelt für Einplatinencomputer und 5V-Elektronik. Basierend auf **fortschrittlicher EDLC-Technologie** (Electric Double-Layer Capacitor mit **100–120 F** Energiespeicher) ersetzt sie herkömmliche, kurzlebige chemische Batterien durch eine extrem langlebige und wartungsfreie Pufferspeicherlösung.

Sie bietet eine sofortige Pufferung im Sub-Millisekunden-Bereich (100–300 μ s) bei Spannungsschwankungen, Einbrüchen und plötzlichen Stromausfällen. Dadurch kann das Host-Gerät ein sicheres, geordnetes Herunterfahren (Graceful Shutdown) durchführen oder kurze Ausfälle ohne Datenverlust oder Systemabstürze überbrücken.

- **Breite Kompatibilität:** Obwohl die USV über den 40-Pin-GPIO-Header für den Raspberry Pi und kompatible Einplatinencomputer optimiert ist, kann das System jedes **5V-DC-Gerät mit einer maximalen kontinuierlichen Stromaufnahme von bis zu 2,5 A** schützen (nachfolgend als „geschütztes Gerät“ bezeichnet).

Die modulare qUPS-Produktfamilie

Die **qUPS-P-SC** ist das superkondensatorbasierte Mitglied der umfassenden, vielseitigen **qUPS-Produktfamilie**, die für jede Überbrückungsdauer, Umgebungsbedingung und Leistungsanforderung entwickelt wurde. Alle Modelle der gesamten Produktfamilie teilen sich eine einheitliche Kernarchitektur und ein gemeinsames Software-Ökosystem:

Architektur & Funktionen der Produktfamilie:

- **Offline-Topologie für maximale Effizienz:** Nahezu keine Energieverluste im Normalbetrieb. Durch den Einsatz eines **Mosfet mit extrem niedrigem $R_{DS(ON)}$** anstelle einer aktiven Wandlung im Primärpfad werden Durchgangsverluste minimiert und gleichzeitig eine extrem schnelle Pufferung im Sub-Millisekunden-Bereich bei Netzausfall garantiert.
- **Firmware-freie Hardware-Logik:** Die autonome Hardware-Steuerung garantiert maximale Zuverlässigkeit – ohne Risiko von Firmware-Abstürzen oder Aktualisierungsbedarf.
- **Flexibles, stapelbares Design:** 40-Pin-GPIO-Durchsteckleiste mit konfigurierbarer 3-Pin-DIP-Schalter-Signalisierung (kann vollständig deaktiviert werden, wenn alle GPIOs für benutzerdefinierte Hardware benötigt werden).
- **Intelligentes Power- & Reboot-Management:**
 - **Safe Boot:** Stellt sicher, dass das System den Hochfahrvorgang verzögert, bis genügend Energie für einen vollständigen Boot- und sicheren Herunterfahr-Zyklus gespeichert ist.
 - **Reboot-Loop-Schutz:** Trennt die Stromversorgung sauber, wenn die Energie unter die Betriebsgrenzen fällt, um wiederholte Neustart-Schleifen (Brownout Boot Loops) zu vermeiden.
 - **Graceful Shutdown Recovery:** Handhabt die Wiederherstellung der Stromversorgung nahtlos, selbst wenn der Netzstrom während des Herunterfahrvorgangs zurückkehrt.

Energiespeicher-Technologien:

- **Superkondensator-Lösungen (wie qUPS-P-SC):** Optimiert für extreme Zyklendauer (>500.000 Zyklen), weiten Temperaturbereich (-40 °C bis +65 °C), schnelles Wiederaufladen und wartungsfreie Kurzzeitpufferung.
- **Hybrid-Superkondensator-Lösungen:** Kombination aus hoher Leistungsdichte und erweiterter Überbrückungszeit für ausgewogene Performance.
- **Batteriebasierte Lösungen:** Maßgeschneidert für mehrstündige Überbrückungsanforderungen, erhältlich in drei spezialisierten Technologien:
 - **LiFePO4 (Lithium-Eisenphosphat):** Hohe thermische Stabilität, lange Lebensdauer und erhöhte Sicherheit.
 - **Natrium-Ionen (Na-Ion):** Umweltfreundlich, kosteneffizient und mit hervorragender Entladeleistung bei tiefen Temperaturen.
 - **Multi-Chemistry:** Intelligentes Ladesystem, das Li-Ion-, LiFePO4- und Natrium-Ionen-Akkus innerhalb derselben Hardware-Architektur unterstützt.

Formfaktoren:

- **Standard Raspberry Pi HAT:** Formfaktor in voller Größe, kompatibel mit Standard-40-Pin-Raspberry-Pi-Modellen (Pi 3, Pi 4, Pi 5 etc.).
- **Raspberry Pi Zero Layout:** Kompakter Formfaktor, speziell zugeschnitten auf platzkritische Anwendungen mit dem Raspberry Pi Zero und Zero 2 W.

Open-Source-Software-Ökosystem & Integration**1.1**

Über die gesamte qUPS-Produktlinie hinweg ist die Software-Integration nahtlos, leichtgewichtig und vollständig offen gestaltet:

- **qups-guard C-Daemon:** Ein **offener**, leichtgewichtiger, nativer Hintergrunddienst für eine ressourcenschonende Stromüberwachung und ein sicheres Herunterfahren des Systems.
- **Zero-Configuration-Einrichtung:** Bietet integrierte **Home Assistant Auto-MQTT Discovery** für eine mühelose Out-of-the-Box-Integration in Smart-Home- und Industrial-IoT-Systeme.
- **Erweiterte Anwendungsunterstützung:** Native Integrationen und Treiber für weitere Industrie-, Edge-Computing- und Home-Automation-Plattformen befinden sich in aktiver Entwicklung.

Hauptvorteile & Designmerkmale der qUPS-P-SC

- **Extrem lange Lebensdauer & 500.000+ Ladezyklen:** Übersteht mehr als eine halbe Million Lade-/Entladezyklen ohne Leistungsverlust.
- **Extreme Temperaturbeständigkeit (-40 °C bis +65 °C):** Ideal für raue Industrieumgebungen, ungekühlte/ungeheizte Schaltschränke oder Kühlhäuser.
- **Modulare Kapazitätserweiterung:** Der Energiespeicher kann mit optionalen qUPS-P-CX-Erweiterungsmodulen um das 15-fache (oder mehr) skaliert werden.

Anwendungen & Einsatzbereiche

Ideale Einsatzbereiche:

Durch die Nutzung der Reaktionszeit im Sub-Millisekunden-Bereich und der Langzeitbeständigkeit von Superkondensatoren bietet die **qUPS-P-SC** einen schnellen, zuverlässigen Schutz gegen Netzininstabilitäten. Die Umschaltdauer im Mikrosekundenbereich (100–300 µs) aufrechterhält die Systemkontinuität für Einplatinencomputer, Mikrocontroller und Standard-5V-DC-Geräte durch:

- **Schutz vor Stromausfällen:** Hält Ihr System bei kurzzeitigen Spannungseinbrüchen nahtlos in Betrieb.
- **Pre-Shutdown Task- & Kommunikations-Management:** Stellt sicher, dass das System genügend Zeit hat, um laufende Prozesse abzuschließen und kritische Statusmeldungen oder Datenpakete vor dem Stromverlust zu senden.
- **Sichere Trennung & Herunterfahren:** Ermöglicht dem geschützten Gerät eine saubere, kontrollierte und sichere Hardware-Trennung ohne Risiko von Dateisystems Schäden.
- **Überspannungs- & Transientenschutz:** Schützt empfindliche Elektronik vor schädlichen Spannungsspitzen.
- **Automatisierte Wiederherstellung:** Garantiert einen sauberen, sicheren Systemneustart, sobald die Hauptstromversorgung vollständig wiederhergestellt ist.

Betriebseinschränkungen (Nicht geeignet für)

- **Hochleistungsgeräte:** Dieses System ist speziell für stromsparende Anwendungen und Einplatinencomputer konzipiert. Mit einer maximalen Stromaufnahme von **2,5A (12,5 W)** ist es nicht für Hochleistungsrechner oder schwere industrielle Lasten geeignet, die höhere Stromstärken benötigen.
- **Optimiert für schnelle Überbrückung:** Im Gegensatz zu chemischen Akkus mit hoher Kapazität sind Superkondensatoren für schnelle Ladezyklen, extrem hohe Lebensdauer und kurze bis mittlere Überbrückungszeiten ausgelegt. Wenn Ihre Anwendung mehrstündige Off-Grid-Laufzeiten erfordert, ziehen Sie die batteriebasierten Varianten der **qUPS-Familie** in Betracht.

Zielanwendungen

- **Industriearomatisierung & Edge-Controller:** Schutz kritischer Dateisysteme (SD/eMMC/SSD) vor plötzlichen Stromausfällen.
- **Entfernte IoT-Gateways & Außenknoten:** Zuverlässige Überbrückung in Umgebungen mit Frost oder hoher Hitze.
- **Digital Signage & Kiosksysteme:** Verhindert BS-Beschädigungen bei Trennung der Hauptstromversorgung oder häufigen Schaltzyklen.
- **Telemetrie & missionskritische Systeme:** Gewährleistet sauberes Schreiben von Datenpuffern und sicheres Herunterfahren bei Spannungseinbrüchen und Brownouts.

2

Technische Spezifikationen

Technische Daten

Die folgende Tabelle fasst die elektrischen, mechanischen und betrieblichen Spezifikationen des **qUPS-P-SC-Boards** zusammen:

Kategorie	Parameter	Spezifikation / Wert
Energiespeicher	Energiespeichertyp	Superkondensator
	Ladezyklen	500.000
	Betriebstemperatur	-40 .. +65°C
	RPi4 Pufferzeit (Leerlauf)	84 Sekunden
	RPi4 Pufferzeit (Volllast)	29 Sekunden
	RPi5 Pufferzeit (Leerlauf)	74 Sekunden
	RPi5 Pufferzeit (Volllast)	8 Sekunden
Mechanische Parameter	Formfaktor	Raspberry Pi HAT
	Abmessungen	65 x 56 x 23 mm + 11 mm (Steckverbinder ①)
	Stapelbar	✓
	Austauschbare Superkondensatoren	✗
Elektrische Parameter	Ladestrom	2A
	Maximaler Entladestrom	7.5A
	Maximaler Laststrom	2.5A
	Ausgangsspannung	5V

Category	Parameter	Specification / Value
Anschlüsse	Haupt-Stromeingang	USB-C
	Zusatz-Stromeingang	✓
	Reset	✓
Stromversorgung	Hauptspannung (USB-C)	5V
	Zusatzspannung	5V
	USB PD (RPI5) Kompatibilität	✗
Kommunikation	Methode	3 GPIO-Ports
	GPIO-Port-Zuordnung	3 Optionen (DIP-Bank)
	Deaktivierungsoption	✓
Einstellung	Betriebsmodi	AUTO-ON-OFF
	Einstellbare Erkennungsschwelle	✓
	Einstellbare Eingangsspannungsschwelle	✓
Steuerung	Externe RPi-Stromsteuerung	✓
Anzeige	Eingangsspannung / Hauptstrom	✓
	Superkondensator-Spannungspegel	3 LEDs (Rot, Gelb, Grün)
Software	Steuerungssoftware	C++ & Python
	Open source	✓

Leistungsfähigkeit & Überbrückungszeiten der qUPS-P-SC

Geschätzte Überbrückungszeiten: Die folgende Tabelle zeigt die erwarteten Laufzeiten in Abhängigkeit vom Raspberry Pi-Modell und dem Lastniveau. Die tatsächliche Leistung kann je nach CPU-Auslastung und angeschlossener Peripherie abweichen:

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

Tabelle 1: Erwartete Betriebszeit in Sekunden

Skalierbare Laufzeitoptionen: Für eine erweiterte Autonomiezeit ermöglichen optionale Kapazitätserweiterungsmodule eine erhebliche Steigerung der Überbrückungszeit. Durch das Hinzufügen eines Erweiterungsmoduls der **qUPS-P-CX-Serie** erhöht sich die Laufzeit um das **4-fache** (CX450), **8-fache** (CX900) oder **15-fache** (CX1700). Für höhere Überbrückungsanforderungen sind auf Anfrage auch kundenspezifische Kapazitätserweiterungen erhältlich.

3

Sicherheitsrichtlinien

Um Personenschäden oder dauerhafte Schäden an den Geräten zu vermeiden, lesen Sie bitte die folgenden Sicherheitsvorschriften sorgfältig durch und halten Sie diese vor der Handhabung des Geräts strikt ein.

Personensicherheit

- **Keine vom Benutzer wartbaren Komponenten:** Die **qUPS-P-SC** enthält keine vom Benutzer austauschbaren Teile. Reparaturen, Modifikationen oder Wartungsarbeiten dürfen nur vom Hersteller oder einem autorisierten Servicecenter durchgeführt werden.
- **Thermische Gefahren:** Trotz Schutzkleinspannung (5 V DC) können bei Kurzschlüssen durch Fremdkörper oder Falschverdrahtung hohe Ströme fließen. Extreme Erhitzung von Kontakten und Leiterbahnen birgt Verbrennungs- und Brandgefahr.

Produkt- & Umweltsicherheit

- **Umgebungsbedingungen:** Schützen Sie alle **qUPS-Produkte** vor extremen Temperaturen, hoher Luftfeuchtigkeit und längerer direkter Sonneneinstrahlung.
- **Akklimatisierung:** Wenn das Board Temperaturschwankungen oder kalten Umgebungen ausgesetzt war, bewahren Sie es vor der Installation mindestens 24 Stunden lang in einem trockenen Raum bei Raumtemperatur auf, um Schäden durch Kondenswasser zu vermeiden.
- **Kontaminationsrisiko:** Leitfähige Flüssigkeiten, Feuchtigkeit oder metallische Partikel in der Luft können katastrophale Kurzschlüsse und dauerhafte Hardwareausfälle verursachen. Vermeiden Sie den Betrieb oder die Installation des Boards in Umgebungen, die diesen Einflüssen ausgesetzt sind.



KRITISCHE STROMWARNHINWEISE – VOR DER VERWENDUNG LESEN

- **Exklusive Stromquelle:** Das System darf **ausschließlich** über den vorgesehenen Stromanschluss ⑤ oder ⑦ mit Strom versorgt werden.
- **Keine doppelte Stromversorgung:** Versorgen Sie den Raspberry Pi (das geschützte Gerät) niemals über eine andere externe Stromquelle mit Strom, während er angeschlossen ist. Dies führt zu dauerhaften Hardwareschäden.
- **Keine Reihenschaltung oder parallele USV:** Betreiben Sie nicht mehrere **qUPS-Produkte** zusammen und kombinieren Sie diese nicht mit einer anderen unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) über die 40-polige Steckerleiste ①.

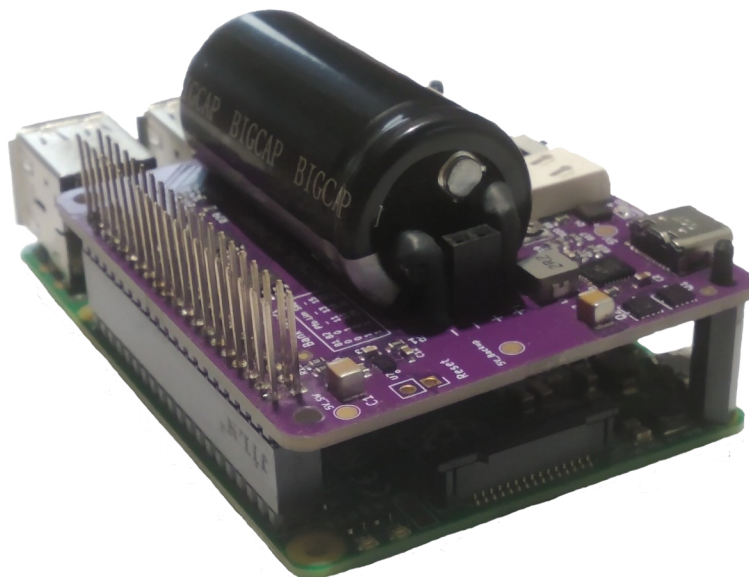
4

Installation & Anschlüsse

Erste Inbetriebnahme

Die **qUPS-P-SC** ist sofort nach dem Auspacken einsatzbereit. Sie bietet universelle Kompatibilität mit 5V-DC-Geräten über zwei primäre Anschlussmethoden:

- **Plug-and-Play (SBCs):** Optimiert als HAT für Einplatinencomputer mit Raspberry Pi-kompatibler 40-Pin-Leiste. Steckbuchse ① einfach ansetzen und auf die Stiftleiste des Computers stecken.



- **Universeller 2-Pin-Anschluss:** Für Geräte ohne HAT-Schnittstelle oder generische 5V-DC-Geräte kann die Stromversorgung über die entsprechenden +/- Kontakte der 40-poligen Stiftleiste ① abgegriffen werden (siehe [Pinout-Übersicht](#)).

Anforderungen an die Stromversorgung

Um einen stabilen Betrieb und ein optimales Laden zu gewährleisten, muss das Eingangsnetzteil folgende Spezifikationen erfüllen:

- **Spannung:** Standard 5,0 V – 5,2 V DC
- **Stromstärke:** Mindestens 2,0 A (**3,0 A empfohlen**)
- **Stromeingangsschnittstellen:**
 - **USB-C-Anschluss ⑦:** Standardmäßiger 5,0–5,2 V DC Stromversorgungs-eingang.
 - **Federzugklemme ⑤:** 5,0–5,2 V DC Eingang mit integriertem Verpolungs-schutz für eine sichere, direkte Kabelverbindung
- **Statusanzeige:** Das Anliegen der Eingangsspannung wird durch die LED ⑥ angezeigt.



WARNUNG: Die beiden Stromeingänge (USB-C und Federzugklemme) DÜRFEN NICHT gleichzeitig von zwei separaten Quellen versorgt werden. Verwenden Sie immer nur einen Eingang gleichzeitig.



Hinweis zur Netzteil-Kompatibilität: Smarte Netzteile, die den 5V-Ausgang automatisch deaktivieren, wenn kein Gerät erkannt wird (wie das offizielle Raspberry Pi 5 Netzteil), werden von der **qUPS-P-SC NICHT UNTERSTÜTZT**.



KRITISCHER HINWEIS ZUR STROMVERSORGUNG

- **Kombinierte Last (Intelligentes DC-DC-Laden):** Das Netzteil versorgt das Endgerät und lädt gleichzeitig die Superkondensatoren. Durch hocheffizientes DC-DC-Laden liegt der tatsächliche Strombedarf unter der internen Spitze von 2,0 A und steigt dynamisch mit dem Ladezustand an.
- **Die „Durchreich-Falle“ (Passthrough-Trap):** Trotz effizienter Wandlung muss das Netzteil die kombinierte Last tragen. Ein schwaches Netzteil reicht oft für den Raspberry Pi alleine, versagt aber beim gleichzeitigen Laden über die **qUPS-P-SC**.
- **Spannungsstabilität:** Vermeiden Sie minderwertige Netzteile und Kabel mit hohem Widerstand. Bricht die Spannung unter Last ein, drohen Brownouts oder ungewollte Abschaltungen. Wechseln Sie bei Instabilitäten sofort auf ein hochwertiges Netzteil.

Eine Liste verifizierter Netzteile und Schritte zur Fehlerbehebung finden Sie im Anhang.

Reset-Anschluss ⑩ Funktionen & Betrieb

Die Hauptfunktion des Reset-Anschlusses ⑩ besteht darin, die Stromversorgung des geschützten Geräts kurzzeitig zu unterbrechen.

Installationsoptionen

Der Anschluss verfügt über ein Standard-Rastermaß von 2,54 mm zum einfachen Löten oder Anschließen von:

- Tastern oder Schaltern
- Standard 2,54 mm Stiftheuten
- Externe Verkabelungen/Kabeln

Funktionsweise

- **Stromunterbrechung (Reset):** Das Schließen des Stromkreises (Überbrücken der beiden Kontakte) unterbricht sofort die Stromversorgung des geschützten Geräts für die genaue Dauer der Verbindung. Das Öffnen der Verbindung stellt die Stromversorgung wieder her (Hard-Reset).
- **Dauerhafte Abschaltung:** Halten Sie die Kontakte dauerhaft geschlossen, um die Stromversorgung des geschützten Geräts über eine externe Steuerquelle unbegrenzt auszuschalten.



KRITISCHE ELEKTRISCHE REGELN

- **Nur potenzialfreie Kontakte (Dry Contact):** Der Reset-Anschluss ist ausschließlich für potenzialfreie Kontakte (Schließer/Öffner) ausgelegt. Das Anlegen externer Spannung an diese Pins ist strengstens untersagt und führt zu dauerhaften Schäden.
- **Polaritätsunabhängig:** Die beiden Kontakte sind nicht polarisiert; der Anschluss ist polaritätsunabhängig.

Host-Kommunikation & GPIO-Header

Die **qUPS-P-SC** verfügt über ein vollständiges Durchsteck-Design (Passthrough), sodass der gesamte 40-polige GPIO-Header ① an der Oberseite der Platine für einfaches Stapeln zugänglich bleibt.

Um automatische Abschaltungen und die Statusüberwachung zu ermöglichen, nutzt das System drei GPIO-Pins für den Datenaustausch. Um Hardware-Konflikte mit anderen Erweiterungsplatinen zu vermeiden, können die aktiven Pins über die integrierten DIP-Schalter frei konfiguriert werden (siehe **Kommunikations-Pin Kapitel** für Konfigurationsoptionen). Alle restlichen 37 Pins bleiben vollständig frei für Ihre eigenen Anwendungen.

Kapazitätserweiterung

Die Energiespeicherkapazität kann über den dedizierten Erweiterungsanschluss ⑨ einfach erweitert werden. Der Anschluss eines Moduls der **qUPS-P-CX-Serie** erhöht die Systemlaufzeit um etwa das **4-fache**, **8-fache** oder **15-fache**; kundenbezogene, größere Optionen sind auf Anfrage erhältlich. Diese Erweiterungsmodule können zusammen mit dem Hauptgerät bestellt oder bei Bedarf separat erworben werden.

5

Hardware-Einrichtung & Konfiguration

6-Positionen DIP-Schalter-Konfiguration ②

Die **qUPS-P-SC** verfügt über einen 6-poligen DIP-Schalter ②, mit dem zwei zentrale Systemparameter konfiguriert werden:

- **Kommunikations-Pin-Belegung (B1 & B2):** Wählt die GPIO-Pins für die Hardware-Signalisierung aus.
- **Spannungsschwellenwerte (L1, L2, L3 & L4):** Konfiguriert die Betriebs- und Auslösespannungswerte des Systems.

Zuweisung der Kommunikations-Pins

Das **qUPS-System** nutzt drei GPIO-Pins für eine flexible, konfigurierbare Hardware-Signalisierung mit dem Host-Gerät. Wenn keine Kommunikation erforderlich ist, können alle drei Signale über die DIP-Schalter vollständig deaktiviert werden (OFF-OFF-Stellung). In diesem Modus gibt das System die GPIO-Leitungen frei, sodass sie vollständig transparent und für die allgemeine Nutzung verfügbar bleiben.

Die Stellung der Schalter **B1** und **B2** bestimmt die aktive GPIO-Pin-Belegung gemäß der folgenden Tabelle:

GPIO-Pin-Belegungsmatrix

DIP-Schalter (B1–B2)	SW-Parameter	pfo	lim	shd
OFF – OFF	-	Deaktiviert	Deaktiviert	Deaktiviert
ON – OFF	--dip 10	GPIO17 / Pin 11	GPIO27 / Pin 13	GPIO22 / Pin 15
OFF – ON	--dip 01	GPIO23 / Pin 16	GPIO24 / Pin 18	GPIO25 / Pin 22
ON – ON	--dip 11	GPIO5 / Pin 29	GPIO6 / Pin 31	GPIO26 / Pin 37

Signallogik & Funktion

- **pfo (Power Fail / Power Good)**
 - **HIGH (Logisch 1 / TRUE):** Die Hauptstromversorgung ist angeschlossen und stabil. Das geschützte Gerät wird über das externe Stromnetz versorgt.
 - **LOW (Logisch 0 / FALSE):** Die Hauptstromversorgung ist ausgefallen. Die qUPS-P-SC hat sofort auf die in den Superkondensatoren gespeicherte Energie umgeschaltet, um Ihr System online zu halten.
- **lim (Energiespeicher-Ladezustand / Energy Storage Limit)**
 - **HIGH (Logisch 1 / TRUE):** Der Ladezustand der Superkondensatoren ist sicher und liegt über dem kritischen Schwellenwert.
 - **LOW (Logisch 0 / FALSE):** Die gespeicherte Energie ist auf einen kritischen Wert gesunken. Ein sicherer, automatischer System-Shutdown sollte umgehend eingeleitet werden.
- **shd (Shutdown-Status & Boot-Steuerung)**
 - **HIGH (Logisch 1 / TRUE):** Signalisiert der qUPS-P-SC, dass das geschützte Gerät läuft und betriebsbereit ist.
 - **LOW (Logisch 0 / FALSE):** Signalisiert, dass das geschützte Gerät den Software-Shutdown erfolgreich abgeschlossen hat und gefahrlos ausgeschaltet werden kann.

Feinabstimmung der Spannungsschwellenwerte (L1–L4)

Die Schalter L1, L2, L3 und L4 passen die Spannungserkennungsschwellen des Systems an die Gesamtkapazität der Superkondensatoren (einschließlich angeschlossener **qUPS-P-CX**-Erweiterungsmodule) sowie an den Stromverbrauch des Host-Geräts an.

- **Schwellenwert zu hoch eingestellt:** Verlängert die anfängliche Ladeverzögerung, bevor das geschützte Gerät hochfahren darf, und verhindert die vollständige Nutzung der verfügbaren Speicherkapazität.
- **Schwellenwert zu niedrig eingestellt:** Es besteht das Risiko einer unzureichenden Laufzeit für einen sicheren System-Shutdown, bevor die Stromversorgung vollständig einbricht.

Hinweis: Für eine optimale Systemstabilität wählen Sie einen Schwellenwert, der ausreichend Pufferzeit für einen ordnungsgemäßen Shutdown bietet, ohne den Kaltstart-Bootvorgang unnötig zu verzögern.

Spannungsschwellenwerte (Niedrig bis Hoch)

Die folgende Tabelle zeigt die DIP-Schalter-Kombinationen, sortiert vom niedrigsten bis zum höchsten Betriebsspannungsschwellenwert (X = ohne Bedeutung):

Spannungsebene	L1	L2	L3	L4
Stufe 1 (Niedrigste)	X	X	X	ON
Stufe 2	ON	ON	ON	OFF
Stufe 3	OFF	ON	ON	OFF
Stufe 4	ON	OFF	ON	OFF
Stufe 5	OFF	OFF	ON	OFF
Stufe 6	ON	ON	OFF	OFF
Stufe 7	OFF	ON	OFF	OFF
Stufe 8	ON	OFF	OFF	OFF
Stufe 9 (Höchste)	OFF	OFF	OFF	OFF

Empfohlene DIP-Schalter-Einstellungen

Raspberry-Typ	Last	Stufe	L1	L2	L3	L4
Pi2	50%	1	X	X	X	ON
Pi2	100%	6	ON	ON	OFF	OFF
Pi3	50%	6	ON	ON	OFF	OFF
Pi3	100%	8	ON	OFF	OFF	OFF
Pi4	50%	8	ON	OFF	OFF	OFF
Pi4	100%	9	OFF	OFF	OFF	OFF

Tabelle 3: Empfohlene Konfiguration

Potentiometer ⑧ zur Einstellung der Eingangsspannungsschwelle

Diese Einstellmöglichkeit sorgt für den optimalen Betrieb des Geräts in Kombination mit verschiedenen Netzteiltypen und geschützten Endgeräten.

Über das Potentiometer ⑧ lässt sich der Schwellenwert der externen Eingangsspannung anpassen. Unterhalb dieser Spannung schaltet die qUPS in den unterbrechungsfreien Modus (Akkubetrieb/Supercap), oberhalb läuft die Versorgung über das externe Netzteil.



Schwellenwert zu hoch eingestellt: Das Gerät schaltet unnötig zwischen den Modi um; im Extremfall bleibt es dauerhaft im Pufferbetrieb.



Schwellenwert zu niedrig eingestellt: Das Gerät schaltet nicht rechtzeitig in den unterbrechungsfreien Modus, was zum Absturz des Raspberry Pi führen kann. *(Das Modell Raspberry Pi 5 reagiert besonders empfindlich auf die Versorgungsspannung).*

Betriebsmodus-Wahlschalter ④

Der Modusschalter besitzt drei Positionen, die direkt auf der Platine gekennzeichnet sind:

- **OFF-Modus:** Die qUPS trennt die Stromversorgung zum geschützten Gerät vollständig (unabhängig vom Anliegen einer externen Quelle oder dem Ladezustand des Energiespeichers).
- **ON-Modus:** Die qUPS versorgt das geschützte Gerät, sobald eine externe Stromquelle anliegt oder der Energiespeicher ausreichend geladen ist.



Hinweis: Ist der Ladezustand des Energiespeichers niedrig und die externe Versorgung bricht ab, kann kein garantierter, ordnungsgemäßer Hochfahr-/Herunterfahr-Zyklus durchgeführt werden.

- **AUTO-Modus (Automatik):** Das System garantiert die Ausführung eines ordnungsgemäßen Boot-/Shutdown-Zyklus, unabhängig von einem externen Stromausfall.

6

Systembetrieb & Verhalten

Betrieb

Bei ordnungsgemäßer Installation arbeitet die **qUPS-P-SC** unter normalen Bedingungen mit ihren Standardeinstellungen vollautomatisch. Das Gerät startet den Ladevorgang sofort, sobald eine externe Stromversorgung angeschlossen wird.

Betriebsmodi

AUTO Modus: Intelligenter Anlaufschutz

Im **AUTO**-Modus besteht das Hauptziel der **qUPS-P-SC** darin, die absolute Systemintegrität zu wahren. Der Raspberry Pi wird erst dann mit Strom versorgt, wenn die Superkondensatoren einen verifizierten, sicheren Ladezustand erreicht haben. Dies stellt sicher, dass immer genügend gespeicherte Energie vorhanden ist, um einen garantierten Software-Shutdown durchzuführen, falls die externe Stromversorgung direkt nach dem Booten ausfällt.

- **Startverzögerung (Was zu erwarten ist):** Nach dem Anschließen des Netzteils fährt das System den Pi nicht sofort hoch. Je nachdem, wie tief die Superkondensatoren entladen sind und welche Leistung Ihr Netzteil bietet, kann diese Vorladephase bis zu mehreren Minuten dauern.
- **Der Ablauf:** Der Controller isoliert den Pi, konzentriert die gesamte verfügbare Leistung auf das Laden der Superkondensatoren über den kritischen Schwellenwert hinaus und gibt erst dann die Stromversorgung zum Booten des Raspberry Pi frei.
- **Der Vorteil:** Diese strikte Freigabe verhindert Boot-Schleifen (Bootloops) vollständig, bei denen der hohe Anlaufstrom des Pi eine ungeladene Stromquelle unter den kritischen Schwellenwert drückt und so zu wiederholten Abstürzen und Neustarts führt.

ON Modus: Manuelle Übersteuerung & Risiken

Im **ON**-Modus umgeht die **qUPS-P-SC** die Sicherheitsprüfungen und schaltet den angeschlossenen Raspberry Pi sofort ein – unabhängig vom Ladezustand der Superkondensatoren oder der Stabilität der externen Stromversorgung.

- **⚠ SICHERHEITSHINWEIS:** Der softwaregestützte Stromschutz ist in diesem Modus stark eingeschränkt. Fällt die externe Stromversorgung bei unzureichender Superkondensator-Ladung aus, erleidet der Raspberry Pi ein sofortiges, unkontrolliertes Hardware-Ausschalten.
- **Folgen:** Plötzlicher Stromausfall kann das Betriebssystem beschädigen, das Dateisystem der SD-Karte zerstören oder zu kritischem Datenverlust führen.
- **Empfehlung:** Verwenden Sie den **ON**-Modus ausschließlich für Prüfstandtests oder beim Betrieb an einer absolut stabilen, unterbrechungsfreien vorgeschalteten Stromquelle. Der **AUTO**-Modus wird für alle Produktionsumgebungen dringend empfohlen.

Umschalten des Betriebsmodus im laufenden Betrieb (Raspberry Pi 5)

Das Umschalten des Modusschalters ④ im laufenden Betrieb (zwischen **ON** und **AUTO**) kann beim Raspberry Pi 5 zu einem sofortigen Sicherheits-Ausschalten führen (die Power-LED des Pi leuchtet rot).

- **Die Ursache:** Beim Betätigen des Schalters entsteht durch das interne Umstellen der Versorgungspfade eine mikrosekundenkurze Unterbrechung. Das deutlich empfindlichere Pfad- und Strommanagement des Raspberry Pi 5 (PMIC) erkennt diesen minimalen Einbruch sofort und schaltet sich zum Schutz der Hardware ab.
- **Ältere Modelle:** Ältere Raspberry Pi-Modelle (RPi 4 und älter) reagieren unempfindlicher auf diesen kurzen Einbruch und laufen in der Regel unterbrechungsfrei weiter.
- **Empfehlung:** Um unerwartete Abschaltungen beim Raspberry Pi 5 zu vermeiden, sollte der Betriebsmodus nicht im laufenden Betrieb umgeschaltet werden.

Erweiterte Hardware- & Spannungsdynamik

Spannungsrückprall & die Shutdown-Schleife (Voltage Rebound)

Aufgrund des Innenwiderstands (ESR) und geringer Verluste an Leiterbahnen und Steckverbindern fällt die an den Superkondensator-Klemmen gemessene Spannung unter hoher Last leicht unter die tatsächliche Zellenspannung ab.

Diese physikalisch bedingte Differenz ist während des Shutdown-Ablaufs kritisch:

- **Niedrigspannungsauslöser:** Wenn der Energiespeicher sinkt, erkennt die Software den Niedrigspannungsschwellenwert und leitet einen sicheren Pi-Shutdown ein.
- **Spannungsrückprall (Voltage Rebound):** Fährt der Pi herunter, bricht seine Stromaufnahme schlagartig ein. Durch den Wegfall der Last springt die gemessene Kondensatorspannung wieder nach oben.
- **Blockade-Phänomen:** Übersteigt die Spannung wieder den Abschaltschwellenwert, bleibt die Versorgung aktiv. Der Pi bleibt im „Halted“-Zustand stecken und kann bei Wiederkehr der Stromversorgung nicht automatisch neu starten.
- **Die Lösung:** Die Software *qups-guard* ermöglicht die Konfiguration einer Shutdown-Verzögerung. Dadurch wird das System nach dem Shutdown-Befehl für eine berechnete Dauer unter einer kontrollierten Last gehalten, um sicherzustellen, dass die Spannung sicher unter dem kritischen Hardware-Schwellenwert bleibt, bis der Strom vollständig abgeschaltet ist.

Anlauf-Einschaltstrom-Instabilität (Inrush Current)

Beim Versuch, ein vollständig entladenes System wieder aufzuladen, kann die rote „**Low**“-LED gelegentlich blinken, was auf eine vorübergehende Anlaufinstabilität hinweist.

- **Ursache:** Der hohe Einschaltstrom der leeren Kondensatoren lässt die Netzteilspannung einbrechen. Der Sensor bricht das Laden kurz ab, die Spannung erholt sich und der Ladezyklus startet von vorn.
- **Verhalten:** Dieses Wiederholen stabilisiert sich in der Regel innerhalb von 5–10 Sekunden automatisch, sobald die internen Pufferkomponenten und Superkondensatoren ihren Basis-Betriebspegel erreichen.

Umschaltdynamik der Stromversorgung

Die **qUPS-P-SC** überwacht kontinuierlich den externen Eingang. Fällt die Hauptstromversorgung aus oder sinkt unter den am Potentiometer ⑧ konfigurierten Grenzwert, schaltet das System sofort auf Pufferbetrieb um.

- **Umschaltgeschwindigkeit:** Der Übergang von externer Netzversorgung auf Superkondensator-Pufferung erfolgt extrem schnell und dauert nur **100–300 µs**.
- **Raspberry Pi Warnung:** Aufgrund dieses Mikroskunden-Übergangs kann der Raspberry Pi gelegentlich eine kurze Systemwarnung (*Under-voltage detected!*) protokollieren. Dies ist ein normales, rein kosmetisches Artefakt der hochempfindlichen Spannungsüberwachung des Pi und führt weder zu Hardware-Instabilität noch zu Software-Fehlfunktionen oder unerwarteten Neustarts.
- **Netzwiederkehr:** Wenn die externe Stromversorgung wiederkehrt, schaltet das System nahtlos auf Netzbetrieb zurück und lädt die Superkondensatoren automatisch wieder auf. Bei der Rückkehr zur Netzversorgung werden keine Warnungen ausgelöst.



Figure 1: Raspberry Pi at 50% load

Intelligente Boot- & Schutzlogik

1.2

Die **qUPS-P-SC** verfügt über ein fortschrittliches Verriegelungssystem (Interlock), das die automatische Wiederherstellung steuert und Systemblockaden verhindert:

- **Sauberes Hardware-Ausschalten:** Wenn der Energiespeicher unter den kritischen Grenzwert fällt (Signal *lim* geht auf LOW), leitet der Pi einen Software-Shutdown ein. Sobald der Pi herunterfährt und der *shd*-Pin auf **LOW** fällt, trennt die **qUPS-P-SC** die Stromversorgung zum Pi vollständig – dies garantiert einen sauberen Gesamtresetzustand.
- **Freeze- & Runaway-Schutz:** Reagiert der Pi nicht ordnungsgemäß (der *shd*-Pin bleibt HIGH) und die externe Stromversorgung kehrt plötzlich zurück, **deaktiviert das System gezielt** das Laden. Dies verhindert, dass ein abgestürzter Pi den Speicher unendlich tief entlädt. Die Stromzufuhr bleibt gesperrt, bis die Superkondensatoren vollständig entladen sind und das System geordnet herunterfährt.
- **Sicheres Wiederaufladen & Auto-Boot:** Sobald das System vollständig ausgeschaltet ist (entweder durch sauberen Shutdown oder vollständige Entladung) und externe Eingangsspannung anliegt, hebt die **qUPS-P-SC** die Sperre auf und aktiviert den Ladevorgang. Das System lädt die Superkondensatoren zunächst auf ein sicheres Niveau auf, bevor das geschützte Gerät wieder mit Strom versorgt wird. So ist ein Systemstart mit voll einsatzbarem Stromschutz gewährleistet.

Raspberry Pi 5 schaltet bei Netzausfall ab (USV-Übergang)

Wenn der Raspberry Pi 5 bei einem Stromausfall sofort abschaltet, anstatt nahtlos in den USV-Pufferbetrieb zu wechseln, ist eine Feinabstimmung erforderlich.

- **Die Ursache:** Das hochsensible PMIC des Raspberry Pi 5 reagiert extrem empfindlich auf den Spannungseinbruch beim Ausfall der Hauptversorgung.
- **Lösung:** Drehen Sie das Potentiometer des Eingangs-Pegelsensors (Input Level Sensor) etwas höher (im Uhrzeigersinn). Dadurch erkennt das System den Netzausfall früher und schaltet unterbrechungsfrei auf die Superkondensatoren um.

LED-Ladezustandsanzeigen

Der aktuelle Energiepegel der Superkondensatoren wird über die integrierte LED-Gruppe ③ in Echtzeit angezeigt.

Anstatt roher Prozentwerte dienen diese LEDs als **funktionale Statusindikatoren**. Da Entladekurven von Superkondensatoren und der Strombedarf des Systems variieren, spiegeln diese Stufen die Ladung nicht linear wider. Stattdessen repräsentieren sie konkrete Betriebszustände:

LED	Farbe	Level Name	Betriebsbedeutung & Systemverhalten
1	 Rot	Low (Kritisch)	Kritisch niedriger Pegel. Die Stromversorgung kann jeden Moment ausfallen. Im AUTO -Modus (bei entsprechendem LOW-Signal am SHD-Pin) löst das Erreichen dieser Stufe das sofortige physische Trennen der Stromversorgung zum geschützten Gerät aus.
2	 Gelb	Safe (Sicher)	Es ist ausreichend Energie gespeichert, um einen garantierten, ordnungsgemäßen Software-Shutdown durchzuführen.
3	 Grün	Min (Minimum)	Ausreichend Energie für genau einen sauberen Boot-Vorgang und einen vollständigen Shutdown-Zyklus. Im AUTO -Modus wird das geschützte Gerät erst beim Erreichen dieser Stufe zum Hochfahren freigegeben.

7

Software-Integration

Intelligente Funktionen & Ereignisbehandlung

Die **qUPS-P-SC** bietet Echtzeit-Leistungstelemetrie und Statusaktualisierungen für das geschützte Gerät. Dies stellt sicher, dass Ihr System bei längeren Stromausfällen rechtzeitig gewarnt wird, um einen sicheren, geordneten Shutdown einzuleiten, bevor die Superkondensatoren vollständig entladen sind.

Sobald die **qUPS-P-SC** erkennt, dass das geschützte Gerät seinen Shutdown-Prozess abgeschlossen hat, trennt sie die Hauptstromversorgung. Dies verhindert vollständig, dass das System in einem unansprechbaren Shutdown-Zustand („Halted“) hängen bleibt, und garantiert einen sauberen, erfolgreichen Hardware-Neustart, sobald die externe Stromversorgung wiederkehrt.

Hardware-Telemetriesignale

Das Betriebssystem oder ein Hintergrund-Daemon auf dem geschützten Gerät kann den Hardware-Status der **qUPS-P-SC** in Echtzeit überwachen. Die Platine gibt kontinuierlich zwei Hardware-Signale über die zugewiesenen GPIO-Pins aus:

- **PFO (Power Fail Output):** Zeigt das Vorhandensein oder den Ausfall der externen Stromversorgung an.
- **LIM (Limit / Low Energy):** Zeigt an, wenn der Ladezustand der Superkondensatoren unter den sicheren Betriebsschwellenwert gefallen ist.

Die Feedback-Pins in **Kommunikations-Pins Kapitel** dienen dazu, das Gerät mit Informationen zu versorgen und Anpassungen an der **qUPS-P-SC** vorzunehmen. Durch die Überwachung von Zustandsänderungen an diesen GPIO-Pins kann Ihr Systemdienst sofort benutzerdefinierte Skripte oder Sicherheitsmechanismen auslösen (z. B. das Leeren von Datenbank-Caches oder das Aushängen von Laufwerken).

Installation des Steuerungs-Daemons

2

 **Entwickler-Ressourcen:** Um die Integration so nahtlos wie möglich zu gestalten, stellen wir Open-Source-Hilfsprogramme und Bibliotheken bereit, die sowohl in **C** als auch in **Python** geschrieben sind.

Die offizielle Open-Source-Steuerungssoftware kann direkt aus dem **AQEX** GitHub-Repository heruntergeladen und eingesehen werden:

 <https://github.com/aqexhu/qups-guard>

Grundkonfiguration

Um die Software für die **qUPS-P-SC** zu konfigurieren, müssen Sie das korrekte GPIO-Kommunikationsprofil angeben. Starten Sie den Daemon mit dem folgenden obligatorischen Parameter:

```
qups-guard --dip 01
```

Hinweis: Bitte beachten Sie das [Kommunikations-Pins Kapitel](#) für die passenden `--dip`-Einstellungen.

Erweiterte Abstimmung: Spannungseinbruch & Shutdown-Verzögerung (Optional)

Unter hoher Systemlast können Innenwiderstände und Spannungsverluste dazu führen, dass das System eine niedrigere Superkondensatorspannung misst, als den tatsächlichen Basiswert. Würde ein sofortiger Software-Shutdown ausgelöst, würde der plötzliche Abfall des Stromverbrauchs die gemessene Spannung wieder nach oben springen lassen – potenziell bis zu dem Schwellenwert, bei dem die Hardware versucht, das Gerät wieder einzuschalten (was zu einer instabilen Ein-/Ausschalt-Schleife führt).

Um dieses Phänomen zu eliminieren, können Sie die optionalen Abstimmungsparameter nutzen, um den Abschalt-Schwellenwert sicher zu absenken oder eine Verzögerung einzuführen:

```
qups-guard --dip 01 --shutdown-delay 20
```

Dieser Parameter filtert vorübergehende Spannungseinbrüche heraus und stellt sicher, dass das geschützte Gerät den Shutdown erst dann einleitet, wenn der Stromausfall dauerhaft und stabil ist, was ungewolltes Rebuilding/Power-Cycling verhindert.)

Ökosystem & Smart-Home-Integrationen

Home Assistant Integration

Für Benutzer, die Home Assistant auf ihrem geschützten Gerät ausführen (z. B. Raspberry Pi), kann die **qUPS-P-SC** nahtlos in Ihr Smart-Home-Ökosystem integriert werden. Über unsere benutzerdefinierte Integration / unseren Add-on können Sie:

- **Stromstatus in Echtzeit überwachen:** Verfolgen Sie den Netzteilstatus (PFO) und die Energiereserven (LIM) direkt über Ihr Home Assistant Dashboard.
- **Kritische Aktionen automatisieren:** Lösen Sie bei Stromausfall native Home Assistant-Automatisierungen aus (z. B. Push-Benachrichtigungen senden, nicht essenzielle Zigbee-/Z-Wave-Knoten sicher ausschalten oder das System auf den Shutdown vorbereiten).
- **Sicheres Herunterfahren des Systems:** Leiten Sie automatisch einen sauberen Home Assistant OS-Shutdown ein, wenn der Stromausfall anhält.

Zukünftige Integrationen & Plattformunterstützung

Wir bauen unser Software-Ökosystem aktiv aus. Geplante zukünftige Integrationen und Unterstützungspakete umfassen:

- **NUT (Network UPS Tools) Kompatibilität:** Ermöglicht der qUPS-P-SC, als Standard-USV-Server zu agieren, um andere Netzwerkgeräte bei Stromausfällen zu benachrichtigen.
- **MQTT Bridge & Daemon:** Leichtgewichtiger Hintergrunddienst zur Veröffentlichung von Telemetriedaten direkt an einen beliebigen MQTT-Broker.
- **Prometheus / Grafana Überwachung:** Nativer Exporter für Systemadministratoren zur Nachverfolgung von Stromereignissen und Spannungspegeln im Zeitverlauf.

8

Anhang

Liste unterstützter Netzteile

- Offizielles Raspberry Pi Netzteil (5 V / 2,4 A)
- Goobay 43651 (5 V / 2,1 A)

Fehlerbehebung

Symptom	Ursache	Lösung
Bei anliegender externer Stromversorgung leuchtet die „External power“-LED ⑥ nicht.	Problem mit der externen Stromversorgung	Netzteil austauschen
Der Raspberry Pi startet nicht, obwohl die „Min“-LED leuchtet.	Modusschalter ④ steht auf OFF.	Modusschalter ④ auf ON oder AUTO stellen.
Bei anliegender externer Stromversorgung leuchtet die „External power“-LED ⑥ nicht.	Das externe Netzteil ist PD-kompatibel (Power Delivery).	PD-kompatible Netzteile werden nicht unterstützt; Netzteil austauschen.
Raspberry Pi 5 schaltet sich beim Umschalten des Modusschalters sofort ab (rote LED)	Das PMIC des Pi 5 erkennt eine mikrosekundenkurze Unterbrechung beim Umschalten	Betriebsmodus nicht im laufenden Betrieb des Raspberry Pi 5 umschalten.
Raspberry Pi 5 schaltet bei Stromausfall sofort ab, anstatt in den USV-Modus zu wechseln	Die Erkennung des Stromausfalls erfolgt für das empfindliche Pi 5 PMIC zu spät	Das Potentiometer des Eingangs-Pegelsensors leicht im Uhrzeigersinn aufdrehen.

A qUPS-P-SC kártya konfigurálása vagy tápellátás alá helyezése előtt kérjük, figyelmesen olvassa el ezt az útmutatót a biztonságos, az Ön konkrét alkalmazásához optimalizált beállítás érdekében.

1

Termékáttekintés és Bevezetés

Köszönjük, hogy az **AQEX qUPS-P-SC** modult választotta hardvere védelmére! A kompromisszummentes megbízhatóságra tervezett **qUPS** termékcsalád zökkenőmentes, megszakítás nélküli működést biztosít változatos körülmények között is, megfelelően mind az ipari felhasználás, mind a fejlesztői (maker) projektek támasztotta követelményeknek.

Mi az a qUPS-P-SC?

A **qUPS-P-SC** egy professzionális, **akkumulátormentes szünetmentes tápegység (UPS) HAT**, amelyet egykártyás számítógépekhez (SBC) és 5V-os elektronikai eszközökhöz terveztek. A fejlett elektromos **kettős rétegű kondenzátor (EDLC)** technológiára épülő (100–120 F energiatároló) modul a hagyományos, rövid élettartamú kémiai akkumulátorokat egy rendkívül tartós, karbantartásmentes áthidaló tápmegoldással váltja ki.

Sub-milliszekundumos (100–300 μ s) reakcióidejével azonnali áthidalást biztosít az áramingadozások, feszültségesések és hirtelen áramkimaradások során. Ez lehetővé teszi a fogadó eszköz számára a biztonságos, kontrollált leállást (graceful shutdown) vagy a rövid áramkimaradások áthidalását – megelőzve az adatvesztést és a rendszerösszeomlást.

Széles körű kompatibilitás: Bár a modult a 40-pines GPIO csatlakozón keresztül a Raspberry Pi-re és kompatibilis egykártyás számítógépekre optimalizálták, a rendszer bármilyen 5V DC eszközt képes védeni legfeljebb **2,5 A** folyamatos áramfelvételig (a továbbiakban: „Védett eszköz”).

A moduláris qUPS termékcsalád

A **qUPS-P-SC** a sokoldalú **qUPS termékcsalád** szuperkondenzátoros tagja. A termékcsalád minden áthidalási időre, környezetre és teljesítményigényre megoldást nyújt, közös alaparchitektúrára és szoftveres ökoszisztémára épülve:

A termékcsalád közös architektúrája és főbb jellemzői

- **Offline topológia a maximális hatékonyságért:** Normál működés közben szinte nulla csökkenített soros energiavesztés. A főkörben aktív teljesítménykonverzió helyett alkalmazott **ultraalacsony $R_{DS(ON)}$** ellenállású kapcsolónak köszönhetően a veszteségek minimálisak, miközben hálózati kimaradás esetén garantált a sub-milliszekundumos átváltás a tartalék tápellátásra.
- **Firmware-mentes hardveres logika:** Az autonóm hardveres vezérlés maximális megbízhatóságot garantál – firmware-összeomlások és frissítési kényszer nélkül.
- **Rugalmas, egymásra építhető (Stackable) kialakítás:** 40-pines átmenő GPIO csatlakozó testreszabható 3-állású DIP-kapcsolós jelzéssel (teljesen ki is kapcsolható, ha az összes GPIO-ra szükség van az egyedi hardverhez).
- **Okos táp- és újraindítás-kezelés:**
 - **Safe Boot (Biztonságos indítás):** Késlelteti a rendszer indítását mindaddig, amíg elegendő energia nem halmozódik fel a teljes csomóponti indítási és biztonságos leállítási ciklushoz.
 - **Reboot Loop Prevention (Újraindítási ciklus elleni védelem):** Tiszta táplekapcsolást hajt végre, ha az energia a működési limit alá esik, így elkerülhetők az ismétlődő feszültségeséses (brownout) újraindítási hurokállapotok.
 - **Graceful Shutdown Recovery:** Zökkenőmentesen kezeli a tápellátás visszatérését még akkor is, ha a hálózati áram a leállítási folyamat közben tér vissza.

Energiatárolási technológiák:

- **Szuperkondenzátoros megoldások (mint a qUPS-P-SC):** Rendkívül magas ciklusszámra (500 000+ ciklus), széles hőmérsékleti tartományra (-40°C-tól +65°C-ig), gyors feltöltésre és karbantartásmentes, rövid távú áthidalásra optimalizálva.
- **Hibrid szuperkondenzátoros megoldások:** A magas teljesítménysűrűség és a megnövelt áthidalási idő ötvözése a kiegyensúlyozott teljesítményért.

- **Akkumulátoros megoldások:** Többórás áthidalási igényekhez szabva, három speciális kémiai összetétellel:
 - **LiFePO4 (Lítium-vasfoszfát):** Magas termikus stabilitás, hosszú ciklusélettartam és fokozott biztonság.
 - **Nátrium-ion (Na-Ion):** Környezetbarát, költséghatékony és kiváló alacsony hőmérsékletű kisütési képességek.
 - **Multi-Chemistry:** Intelligens töltőrendszer, amely ugyanazon a hardveres architektúrán belül támogatja a Li-ion, LiFePO4 és nátrium-ion akkumulátorokat is.

Formatényezők (Form Factors):

2.1

- **Standard Raspberry Pi HAT:** Teljes méretű formatényező, amely kompatibilis a standard 40-pines Raspberry Pi modellekkel (Pi 3, Pi 4, Pi 5 stb.).
- **Raspberry Pi Zero elrendezés:** Kompakt formatényező, kifejezetten a helyszűkében lévő Raspberry Pi Zero és Zero 2 W rendszerekhez tervezve.

Nyílt forráskódú szoftveres ökoszisztéma és integráció

A teljes **qUPS** termékcsaládban a szoftveres integráció zökkenőmentes, pehelysúlyú és teljesen nyílt:

- **qups-guard C Daemon:** Nyílt forráskódú, gépközeli (native) háttér szolgáltatás, amely erőforrás-pazarlás nélkül biztosítja a tápellátás monitorozását és a rendszer biztonságos leállítását.
- **Konfigurációmentes (Zero-Configuration) beállítás:** Beépített Home Assistant Auto-MQTT Discovery támogatás a rendkívül egyszerű okosotthonos és ipari IoT integrációért.
- **Bővülő alkalmazástámogatás:** Folyamatosan fejlesztés alatt állnak a natív integrációk és illesztőprogramok további ipari, edge-computing és otthonautomatizálási platformokhoz.

A qUPS-P-SC főbb előnyei és tervezési szempontjai

- **Ultra-hosszú élettartam és 500 000+ töltési ciklus:** Több mint félmillió feltöltési-kisütési ciklust bír ki teljesítménycsökkenés nélkül.
- **Rendkívüli hőmérsékleti ellenállás (-40°C-tól +65°C-ig):** Ideális zord ipari környezetekbe, hűtés/fűtés nélküli kapcsolószekrényekbe vagy hűtőházakba.
- **Moduláris kapacitásbővítés:** Az energiatároló kapacitás akár a 15-szörösére (vagy még nagyobbra) növelhető az opcionális qUPS-P-CX bővítőmodulokkal.

Alkalmazási területek és használati esetek

Ideális használati esetek

A szuperkondenzátorok sub-milliszekundumos reakcióidejét és hosszú távú tartósságát kihasználva a **qUPS-P-SC** gyors és megbízható védelmet nyújt a hálózati instabilitással szemben. Mikroszekundumos átváltási sebessége (100–300 μ s) biztosítja az egykártyás számítógépek, mikrokontrollerek és standard 5V-os DC eszközök folyamatos működését a következők révén:

- **Áramkimaradás elleni védelem:** Zökkenőmentesen tartja működésben a rendszert a rövid idejű feszültségekmaradások alatt.
- **Leállítás előtti feladat- és kommunikációkezelés:** Biztosítja a szükséges időt a folyamatban lévő műveletek befejezéséhez, valamint a kritikus állapotjelzések vagy adatcsomagok elküldéséhez a tápellátás teljes elvesztése előtt.
- **Biztonságos leválasztás és leállítás:** Lehetővé teszi a védett eszköz számára a tiszta, ellenőrzött és biztonságos hardveres leállást az adatsérülés kockázata nélkül.
- **Túlfeszültség- és tüskekisülés-védelem:** Megvédi az érzékeny elektronikát a káros feszültségcsúcsoktól.
- **Automatizált helyreállítás:** Tiszta és biztonságos újraindítást biztosít, amint a fő tápellátás teljesen helyreáll.

Működési korlátok (Amire nem alkalmas)

- **Nagy teljesítményű eszközök:** Ezt a rendszert kifejezetten kis fogyasztású és egykártyás alkalmazásokhoz tervezték. A maximum 2,5 A (12,5 W) áramfelvétel miatt nem alkalmas nagy teljesítményű számítógépekhez vagy nagyobb áramerősséget igénylő ipari terhelésekhez.
- **Gyors áthidalásra optimalizálva:** A nagy kapacitású kémiai akkumulátorokkal ellentétben a szuperkondenzátorokat gyors töltési ciklusokra, hosszú élettartamra és rövid-közepes áthidalási időkre tervezték. Ha az Ön alkalmazása többórás hálózatifüggetlen működést igényel, válassza a qUPS család akkumulátoros változatait.

Célalkalmazások

- **Ipari automatizálás és Edge vezérlők:** A kritikus fájlrendszerek (SD/eMMC/SSD) védelme a hirtelen áramkimaradásoktól.
- **Távoli IoT átjárók és kültéri csomópontok:** Megbízható tartalék táp fagyos vagy extrém meleg környezetben.
- **Digital Signage és Kioszkok:** Az operációs rendszer sérülésének megelőzése a kismegszakítók lekapcsolásakor vagy a gyakori áramtalanítások során.
- **Telemetria és missziókritikus rendszerek:** A fájlpufferek tiszta kiürítésének és a biztonságos leállásnak a garantálása feszültségesések és áramkimaradások idején.

2

Műszaki specifikációk

Technikai adatok

A következő táblázat összefoglalja a **qUPS-P-SC** kártya elektromos, mechanikai és működési specifikációit:

Kategória	Paraméter	Specifikáció / Érték
Energia tároló	Energia tároló típus	Szuperkondenzátor
	Töltési ciklus	500.000
	Üzemi hőmérséklet	-40 .. +65°C
	RPi4 üzemidő üresjárásban	84 mp
	RPi4 üzemidő max. terhelés	29 mp
	RPi5 üzemidő üresjárásban	74 mp
	RPi5 üzemidő max. terhelés	8 mp
Fizikai paraméterek	Forma faktor	Raspberry Pi HAT
	Méretek	65x56x23mm + 11 mm (konnektor ①)
	Sorolhatóság	✓
	Cserélhető szuperkondi	✗
Elektromos paraméterek	Töltési áram	2A
	Max merítési áram	7.5A
	Maximum terhelés	2.5A
	Kimeneti feszültség	5V

Kategória	Paraméter	Specifikáció / Érték
Csatlakozók	Fő tápcsatlakozó	USB-C
	Másodlagos tápcsatlakozó	✓
	Reset	✓
Tápegység	Fő bemenet (USB-C)	5V
	Másodlagos bemenet	5V
	USB PD (RPI5) kompatibilitás	✗
Kommunikáció	Metódus	3 GPIO port
	GPIO port hozzárendelés	3 féle
	Kikapcsolási opció	✓
Beállítások	Mód opciók	AUTO-BE-KI
	Állítható töltöttség érzékelési szintek	✓
	Állítható bemeneti küszöbszint	✓
Vezérlés	Raspberry Pi tápjának vezérlése külső egységről	✓
Visszajelzés	Külső táp	✓
	Szuperkondi energiaszint	3 LED
Szoftver	Vezérlő szoftver	C++ & Python
	Open source	✓

A qUPS-P-SC teljesítménye és áthidalási képességei

Becsült áthidalási idők: Az alábbi táblázat a várható áthidalási időket vázolja fel a Raspberry Pi modellje és a terhelési szint alapján. A tényleges teljesítmény a CPU-kihasználtságtól és a csatlakoztatott perifériáktól függően eltérhet:

Raspberry modell	Üresjárat	50% terh	100% terh
2	168 mp	148 mp	80 mp
3	171 mp	70 mp	41 mp
4	84 mp	44 mp	29 mp
5	74 mp	20 mp	8 mp

Table 1: Várható üzemidők másodpercben

Skálázható áthidalási opciók: A hosszabb autonóm működés érdekében az opcionális kapacitásbővítő modulok lehetővé teszik az áthidalási idő jelentős növelését. A qUPS-P-CX sorozatú bővítők hozzáadásával az üzemidő 4-szeresére (CX450), 8-szorosára (CX900) vagy 15-szörösére (CX1700) növelhető. Egyedi kapacitásbővítés is elérhető kérésre, a nagyobb áthidalási igények kiszolgálásához.

3

Biztonsági útmutató

A személyi sérülések és a berendezés maradandó károsodásának elkerülése érdekében kérjük, hogy az eszköz használata előtt figyelmesen olvassa el és szigorúan tartsa be az alábbi biztonsági előírásokat

Személyi biztonság

- **Nem javítható alkatrészek:** A **qUPS-P-SC** nem tartalmaz a felhasználó által cserélhető alkatrészeket. A javítási, módosítási vagy karbantartási munkálatokat kizárólag a gyártó vagy az általa felhatalmazott szervizközpont végezheti el.
- **Hőhatásból eredő veszélyek:** Bár a rendszer legfeljebb 5V DC feszültségen működik – ami áramütés szempontjából biztonságos törpefeszültségnek minősül –, nagy áramerősségű körök vannak jelen. Idegen tárgyak, vezetőképes törmelék vagy hibás bekötés okozta rövidzárlat esetén az érintkezők és a vezetőpályák gyorsan felforrósodhatnak, ami súlyos égési sérüléseket vagy tüzet okozhat.

Termék- és környezetbiztonság

- **Környezeti határértékek:** Óvja a **qUPS** termékeket a szélsőséges hőmérséklettől, a magas páratartalomtól és a tartós, közvetlen napsugárzástól.
- **Akklimatizáció:** Ha a kártya ingadozó hőmérsékletnek vagy hideg környezetnek volt kitéve, a kondenzációból eredő károk elkerülése érdekében a beszerelés előtt legalább 24 órán át tartsa száraz, szobahőmérsékletű helyiségben.
- **Szennyeződésveszély:** A vezetőképes folyadékok, a nedvesség vagy a levegőben szálló fémrészecskék végzetes rövidzárlatot és a hardver maradandó meghibásodását okozhatják. Kerülje a kártya üzemeltetését vagy beszerelését olyan környezetben, amely kitett ezen tényezőknek.



KRITIKUS TÁPELLÁTÁSI FIGYELMEZTETÉSEK – HASZNÁLAT ELŐTT ELOLVASANDÓ

- **Kizárólagos tápforrás:** A rendszert kizárólag a kijelölt ⑤ vagy ⑦ tápcsatlakozón keresztül szabad táplálni.
- **Tilos a kettős táplálás:** Soha ne táplálja a Raspberry Pi-t (a védett eszközt) semmilyen más külső tápforrásról, amíg az a qUPS-hez van csatlakoztatva. Ennek figyelmen kívül hagyása maradandó hardverkárosodást okoz.
- **Tilos a sorba kötés és a párhuzamos UPS használat:** Ne üzemeltessen együtt több **qUPS** terméket, és ne kombinálja őket más szünetmentes tápegységgel (UPS) a 40-pines csatlakozón ① keresztül.

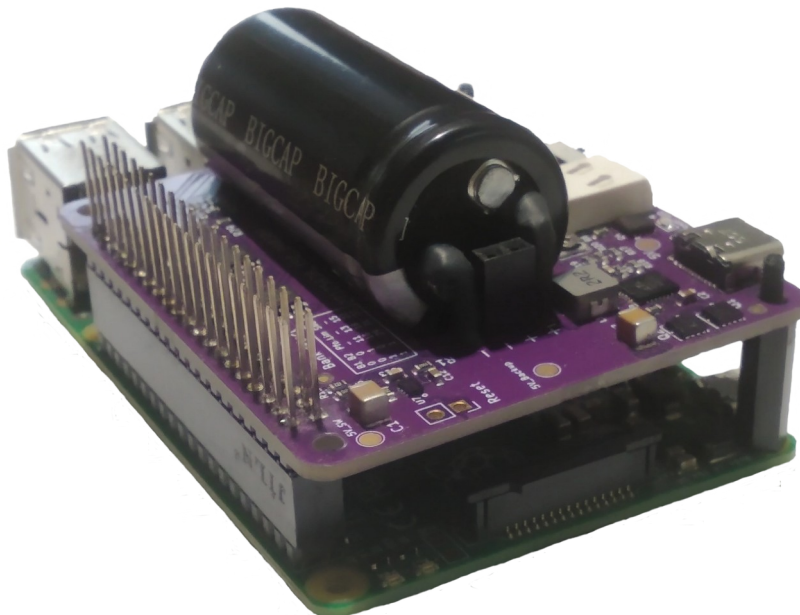
4

Telepítés és csatlakozók

Első üzembe helyezés

A **qUPS-P-SC** a kicsomagolás után azonnal használatra kész. Univerzális kompatibilitást kínál az 5V DC eszközökkel két fő csatlakoztatási módon keresztül:

- **Plug-and-Play (SBC-k esetén):** HAT modulként optimalizálva a Raspberry Pi-kompatibilis, 40-pines csatlakozósorral ellátott egykártyás számítógépekhez. Egyszerűen illessze és dugja rá a termék aljzatát ① a számítógép túsorosára.



- **Univerzális 2-pines csatlakozás:** Nem HAT jellegű vagy általános 5V DC eszközök esetén a tápellátás a 40-pines csatlakozó ① megfelelő +/- érintkezőiről vehető le. (Lásd a [Lábkiosztást](#))

Tápegység-követelmények

A stabil működés és az optimális töltés biztosítása érdekében a bemeneti tápegységnek meg kell felelnie az alábbi specifikációknak:

- **Feszültség:** Standard 5,0 V – 5,2 V DC
- **Áramerősség:** Minimum 2,0 A (3,0 A ajánlott)
- **Bemeneti tápinterfészek:**
 - **USB-C port ⑦** : Standard 5,0–5,2 V DC tápbemenet.
 - **Rugós sorkapocs ⑤** : 5,0–5,2 V DC bemenet beépített fordított polaritás elleni védelemmel a biztonságos, közvetlen vezetékes csatlakozáshoz.
- **Állapotjelző:** A bemeneti tápellátás meglétét a LED ⑥ jelzi.



FIGYELMEZTETÉS: A két bemeneti tápcsatlakozót (USB-C és rugós sorkapocs) **TILOS** egyidejűleg két különálló forrásról táplálni. Mindig csak az egyik bemenetet használja!



Tápegység-kompatibilitási megjegyzés: Az okos tápegységek, amelyek automatikusan lekapcsolják az 5V-os kimenetet, ha nem érzékelnek eszközt (pl. a hivatalos Raspberry Pi 5 táp), **NEM TÁMOGATOTTAK** a qUPS-P-SC által.



KRITIKUS TÁPELLÁTÁSI TUDNIVALÓK

- **Kombinált terheléskezelés (Smart DC-DC töltés):** A bemeneti tápegységnek egyidejűleg kell táplálnia a védett eszközt és töltenie a szuperkondenzátorokat. A nagy hatásfokú DC-DC töltésnek köszönhetően a hálózathoz felvett tényleges áram lényegesen alacsonyabb a belső 2,0 A-es csúcserőtnél, és a szuperkondenzátorok töltődésével párhuzamosan dinamikusan növekszik.
- **A „átmenő táplálás” (Passthrough) csapdája:** A hatékony átalakítás ellenére a tápegységnek bírnia kell ezt a kombinált terhelést. Egy gyengébb minőségű tápegység önmagában még elhúzhat egy Raspberry Pi-t, de a **qUPS-P-SC**-n keresztül csatlakoztatva, aktív töltés közben már felmondhatja a szolgálatot.
- **Feszültségstabilitás:** Kerülje a rossz minőségű tápegységeket és a nagy ellenállású kábeleket. Ha a tápegység terhelés alatt nem tudja fenntartani a stabil feszültséget, a bemeneti feszültségcsökkenés feszültségkimaradáshoz (brownout) vagy váratlan leállásokhoz vezethet. Ha instabilitást tapasztal, azonnal váltson jobb minőségű tápegységre.

A tesztelt és igazoltan kompatibilis tápegységek listájáért, valamint a hibaelhárítási lépésekért kérjük, lapozzon a **Függelékhez**.

A Reset csatlakozó ⑩ funkciói és működése

A Reset csatlakozó ⑩ elsődleges funkciója, hogy pillanatnyi tápkimaradást (árammegszakítást) idézzon elő a védett eszköznél.

Beszerezési opciók

A csatlakozó standard 2,54 mm-es lábtávolságú (pitch) elrendezéssel rendelkezik, ami lehetővé teszi az alábbiak könnyű forrasztását vagy csatlakoztatását:

- Nyomógomb vagy billenőkapcsoló
- Standard 2,54 mm-es tűskesor
- Külső kábelezés / vezetékek

Működési elv

2.2

- **Tápáram-megszakítás (Reset):** Az áramkör zárása (a két érintkező összekötése) azonnal megszakítja a védett eszköz tápellátását, leállítva annak működését pontosan addig az ideig, amíg az érintkezők zárva maradnak. A kapcsolat bontásával a tápellátás helyreáll (kemény újraindítást / hard resetet hajtva végre).
- **Azonnali / Állandó leállítás:** Az érintkezők tartós zárva tartásával a védett eszköz tápellátása határozatlan időre kikapcsolható egy külső vezérlőforrásból.



KRITIKUS ELEKTROMOS ELŐÍRÁSOK

- **Kizárólag feszültségmentes (száraz) kontaktus:** A Reset csatlakozót kifejezetten feszültségmentes kontaktusokhoz (nyitott/zárt áramkör) tervezték. **Külső feszültség rákötése ezekre a tűskékre szigorúan tilos, és maradandó károsodást okoz!**
- **Polaritásfüggetlen:** A két érintkező nem polarizált; a csatlakoztatás polaritásfüggetlen.

Kommunikáció a fogadó eszközzel és a GPIO csatlakozó

A **qUPS-P-SC** teljes átmenő (passthrough) kialakítással rendelkezik, így a teljes 40-pines GPIO csatlakozósor ① hozzáférhető marad a kártya felső oldalán az egyszerű egymásra építhetőség (stacking) érdekében.

Az automatizált leállítások és a tápellátási állapotok nyomon követése érdekében a rendszer három GPIO lábat használ az adatcseréhez. A más bővítőkártyákkal való hardveres ütközések megelőzése érdekében az aktív lábak szabadon konfigurálhatók a kártyán található DIP-kapcsolók segítségével (*a konfigurációs opciókat lásd a [Kommunikációs lábkiosztás fejezetben](#)*). A fennmaradó 37 láb teljesen szabadon használható az Ön egyedi alkalmazásaihoz.

Kapacitásbővítés

Az energiatároló kapacitás könnyen növelhető a dedikált bővítőcsatlakozó ⑨ segítségével. A **qUPS-P-CX** sorozatú modulok csatlakoztatása körülbelül **4-szeresére**, **8-szorosára** vagy **15-szörösére** növeli a rendszer áthidalási idejét, emellett egyedi, nagyobb kapacitású opciók is elérhetők kérésre. Ezek a bővítőmodulok megrendelhetők az alapeységgel együtt, vagy igény szerint külön is beszerezhetők.

5

Hardveres beállítás és konfiguráció

6-állású DIP-kapcsoló ② konfigurációja

A **qUPS-P-SC** egy 6-állású DIP-kapcsolóval ② rendelkezik, amellyel a rendszer két fő paramétere konfigurálható:

- **Kommunikációs lábkiosztás (B1 és B2):** Kiválasztja, hogy mely GPIO lábak szolgáljanak hardveres jelzésre.
- **Feszültség szint-küszöbértékek (L1, L2, L3 és L4):** Beállítja a rendszer működési és kioldási feszültség szintjeit.

Kommunikációs lábkiosztás

A **qUPS** rendszer három GPIO lábat használ a fogadó eszközzel való rugalmas, konfigurálható hardveres kommunikációhoz. Ha a kommunikációra nincs szükség, mindhárom jelzés teljesen kikapcsolható a DIP-kapcsolókkal (OFF-OFF állás). Ebben az üzemmódban a rendszer elengedi a GPIO vonalakat, így azok teljesen átláthatóvá és szabadon felhasználhatóvá válnak az általános célú alkalmazások számára.

A **B1** és **B2** kapcsolók állása határozza meg az aktív GPIO lábkiosztást, az alábbiak szerint:

GPIO lábkiosztási mátrix

DIP kapcsoló (B1–B2)	SW beállítás	pfo	lim	shd
OFF – OFF	-	Kikapcsolva	Kikapcsolva	Kikapcsolva
ON – OFF	-dip 10	GPIO17 / Pin 11	GPIO27 / Pin 13	GPIO22 / Pin 15
OFF – ON	-dip 01	GPIO23 / Pin 16	GPIO24 / Pin 18	GPIO25 / Pin 22
ON – ON	-dip 11	GPIO5 / Pin 29	GPIO6 / Pin 31	GPIO26 / Pin 37

Jelek logikája és működése

- **pfo (Power Fail / Power Good – Tápfeszültség állapota)**
 - **MAGAS (HIGH / Logikai 1 / TRUE):** A fő tápellátás csatlakoztatva van és stabil. A védett eszköz külső hálózati tápról működik.
 - **ALACSONY (LOW / Logikai 0 / FALSE):** A fő tápellátás megszűnt. A **qUPS-P-SC** azonnal átváltott a szuperkondenzátorokban tárolt energiára a rendszer folyamatos működésének biztosításához.
- **lim (Energy Storage Limit – Energiatárolási limit)**
 - **MAGAS (HIGH / Logikai 1 / TRUE):** A szuperkondenzátorok töltöttségi szintje biztonságos, a kritikus küszöbérték felett van.
 - **ALACSONY (LOW / Logikai 0 / FALSE):** A tárolt energia kritikus szintre csökkent. Az automatizált, biztonságos leállítási folyamatot azonnal el kell indítani.
- **shd (Shutdown Status – Leállítási állapot és indításvezérlés)**
 - **MAGAS (HIGH / Logikai 1 / TRUE):** Jelzi a **qUPS-P-SC** felé, hogy a védett eszköz fut és működőképes.
 - **ALACSONY (LOW / Logikai 0 / FALSE):** Jelzi, hogy a védett eszköz sikeresen befejezte a szoftveres leállást, és a tápellátás biztonságosan megszakítható.

Feszültség-szint-küszöb finomhangolása (L1-L4)

Az L1, L2, L3 és L4 kapcsolók a rendszer feszültségérzékelési küszöbértékeit igazítják a teljes szuperkondenzátor-kapacitáshoz (beleértve a csatlakoztatott **qUPS-P-CX** bővítőmodulokat is) és a fogadó eszköz áramfelvételéhez.

- **Túl magasra állított küszöbérték:** Meghosszabbítja a kezdeti töltési késleltetést, mielőtt a védett eszköz elindulhatna, és megakadályozza a rendelkezésre álló tárolókapacitás teljes kihasználását.
- **Túl alacsonyra állított küszöbérték:** Fennáll a veszélye, hogy az áthidalási idő nem lesz elegendő a rendszer biztonságos leállításához a tápfeszültség teljes megszűnése előtt.

Megjegyzés: A rendszer optimális stabilitása érdekében olyan küszöbszintet válasszon, amely elegendő áthidalási időt biztosít a kontrollált leálláshoz anélkül, hogy feleslegesen késleltetné a hidegindítási (cold-start) folyamatot.

Feszültségküszöb-szintek (Alacsonytól a Magasig)

Az alábbi táblázat a DIP-kapcsolók kombinációit mutatja be a legalacsonyabbtól a legmagasabb működési feszültségküszöbig ordered (*X jelentése: tetszőleges állás / DON'T CARE*):

Feszültség szint	L1	L2	L3	L4
1. szint (legalacsonyabb)	X	X	X	ON
2. szint	ON	ON	ON	OFF
3. szint	OFF	ON	ON	OFF
4. szint	ON	OFF	ON	OFF
5. szint	OFF	OFF	ON	OFF
6. szint	ON	ON	OFF	OFF
7. szint	OFF	ON	OFF	OFF
8. szint	ON	OFF	OFF	OFF
9. szint (legmagasabb)	OFF	OFF	OFF	OFF

Ajánlott DIP-kapcsoló beállítások

Raspberry type	Terhelés	Szint	L1	L2	L3	L4
Pi2	50%	1	X	X	X	ON
Pi2	100%	6	ON	ON	OFF	OFF
Pi3	50%	6	ON	ON	OFF	OFF
Pi3	100%	8	ON	OFF	OFF	OFF
Pi4	50%	8	ON	OFF	OFF	OFF
Pi4	100%	9	OFF	OFF	OFF	OFF

Potenciométer ⑧ a bemeneti feszültség küszöbértékének beállítására

Ennek az állíthatóságnak az a célja, hogy az eszköz optimálisan tudjon működni a különböző típusú tápegységekkel és védett eszközökkel.

A külső tápegység küszöbfeszültsége a potenciométerrel ⑧ állítható be. E feszültség alatt a **qUPS** termék szünetmentes (áthidaló) üzemmódba, felette pedig külső tápellátási üzemmódba kapcsol.



Ha a szintet **túl magasra** állítja, az eszköz indokolatlanul kapcsolgat az üzemmódok között, és szélsőséges esetben tartósan áthidaló üzemmódban maradhat.



Ha a szintet **túl alacsonyra** állítja, az eszköz nem kapcsol időben szünetmentes üzemmódba, és a Raspberry leállhat. A **Raspberry Pi 5** modell különösen érzékeny a tápfeszültségre.

Üzem mód-választó kapcsoló ④

Az üzemmód-választó kapcsoló három állással rendelkezik, amelyek a nyomtatott áramköri lapon is fel vannak tüntetve:

- **OFF (Kikapcsolt) mód:** A qUPS termék megvonja a tápellátást a védett eszköztől (függetlenül a külső tápforrás meglététől és az energiatároló töltöttségi szintjétől).
- **ON (Bekapcsolt) mód:** A qUPS termék tápellátást biztosít a védett eszköz számára, ha van külső tápforrás, vagy ha az energiatárolóban elegendő energia áll rendelkezésre.



Figyelem: Ha az energiatároló töltöttségi szintje alacsony és a külső tápellátás megszakad, a védett eszköz nem lesz képes garantált és szabályos indítási/leállítási ciklust végrehajtani.

- **AUTO (Automatikus) mód:** A rendszer garantálja a szabályos indítási/leállítási ciklus végrehajtását, függetlenül a külső tápellátás kimaradásától.

6

A rendszer működése és viselkedése

Működés

Megfelelő beszerelés esetén a **qUPS-P-SC** teljesen automatikusan működik normál körülmények között, az alapértelmezett beállításaiival. Az eszköz azonnal elindítja a töltést, amint külső tápegységet csatlakoztatnak hozzá.

Működési módok

AUTO mód: Intelligens indításvédelem

AUTO módban a **qUPS-P-SC** primary célja a rendszer teljes integritásának fenntartása. A Raspberry Pi csak azután kap tápellátást, miután a szuperkondenzátorok elérték az igazoltan biztonságos töltöttségi szintet. Ez biztosítja, hogy mindig álljon rendelkezésre elegendő tárolt energia a szabályos szoftveres leállítás végrehajtásához, ha a külső tápellátás közvetlenül az indítás után megszűnne.

- **Indítási késleltetés (Mire számíthat):** A tápegység csatlakoztatása után a rendszer nem indítja el azonnal a Pi-t. A szuperkondenzátorok lemerültségétől és a tápegység teljesítményétől függően ez az előtöltési fázis akár néhány percig is eltarthat.
- **A folyamat:** A vezérlő leválasztja a Pi-t, a rendelkezésre álló összes teljesítményt a szuperkondenzátorok kritikus küszöbérték fölé történő töltésére fordítja, és csak ezt követően kapcsolja rá a tápot a Raspberry Pi elindításához.
- **Az előny:** Ez a szigorú kapuzás teljesen megakadályozza az újraindítási hurkokat (boot loop) – ahol a Pi nagy indítási áramfelvétele a feltöltetlen tápforrást a kritikus küszöb alá ejti, ami a rendszer ismételt összeomlását és újraindulását okozná.

ON mód: Kézi felülbírálás és kockázatok

ON módban a **qUPS-P-SC** megkerüli a biztonsági ellenőrzéseket, és a szuperkondenzátorok töltöttségi szintjétől vagy a külső táp stabilitásától függetlenül azonnal feszültség alá helyezi a csatlakoztatott Raspberry Pi-t.

- **⚠ BIZTONSÁGI FIGYELMEZTETÉS:** A szoftveres tápvédelem ebben az üzemmódban erősen korlátozott. Ha a külső tápellátás megszűnik, miközben a szuperkondenzátorok töltése nem elegendő, a Raspberry Pi azonnali, szabálytalan hardveres kikapcsolást szenved el.
- **Következmények:** A hirtelen tápvesztés az operációs rendszer sérüléséhez, az SD-kártya fájlrendszerének károsodásához vagy kritikus adatvesztéshez vezethet.
- **Ajánlás:** Az **ON** módot kizárólag tesztelési mérésekhez használja, vagy ha teljesen stabil, megszakítás nélküli tápforrásról üzemel. Minden termelési (production) környezetben az **AUTO** mód használata kifejezetten ajánlott.

Üzem módváltás működés közben (Raspberry Pi 5)

A módválasztó kapcsoló ④ működés közbeni átváltása (**ON** és **AUTO** módok között) a Raspberry Pi 5 azonnali leállítását okozhatja (a Pi táp-LED-je pirosra vált).

- **Ennek oka:** A kapcsoló átbillentésekor a belső tápvonalak átkapcsolása miatt egy mikroszekundumos tápkimaradás keletkezik. A Raspberry Pi 5 lényegesen érzékenyebb tápmenedzsmentje (PMIC) ezt az apró feszültségesést azonnal érzékeli, és a kártya védelme érdekében lekapcsolja a tápot.
- **Korábbi modellek:** A régebbi Raspberry Pi modellek (RPi 4 és korábbiak) nem érzékenyek erre a rövid kiesésre, így azok megszakítás nélkül működnek tovább.
- **Javaslat:** A nem várt leállások elkerülése érdekében Raspberry Pi 5 használata esetén ne váltson üzemmódot a rendszer működése közben (vagy váltás előtt kapcsolja ki a Pi-t).

Fejlett hardveres és feszültségdinamika

Feszültségvisszaugrás (Voltage Rebound) és a leállítási hurok

A belső ellenállás (ESR), valamint a vezetópályák és csatlakozók apróbb veszteségei miatt a szuperkondenzátorok kivezetésein mért feszültség nagy terhelés alatt kismértékben a tényleges cellafeszültség alá esik.

Ez a fizikai különbség kritikus fontosságú a leállítási folyamat során:

- **Alacsony feszültségű kioldás:** Amikor az energiatároló töltöttsége lecsökken, a szoftver érzékeli az alacsony feszültségi küszöböt, és elindítja a Pi biztonságos leállítását.
- **Feszültségvisszaugrás:** A leállítási folyamat legvégén a Pi áramfelvétele drasztikusan, közel nullára esik vissza. A terhelés hirtelen megszűnése miatt a szuperkondenzátoron mért feszültség visszaugrik (megemelkedik).
- **A lefagyási jelenség:** Ha ez a visszaugrott feszültség a hardver lekapcsolási küszöbértéke fölé emelkedik, a vezérlő úgy érzékeli, hogy a tároló valójában még nem merült le. Ennek eredményeként aktívan tartja a tápvonalat. A Raspberry Pi ekkor egy állandó „leállított/halatált” állapotban ragad (áram alatt van, de nem fut), és nem tud automatikusan újraindulni, amikor a tápellátás visszatér.
- **A megoldás:** A qups-guard szoftver lehetővé teszi egy leállítási késleltetés (shutdown delay) beállítását. Ez a leállítási parancs kiadása után még egy kiszámított ideig kontrollált terhelést tart a rendszeren, biztosítva, hogy a feszültség biztonságosan a kritikus hardveres küszöbérték alatt maradjon a tápellátás teljes megszakadásáig.

Indítási áramcsúcs-instabilitás (Inrush Instability)

Egy teljesen lemerült rendszer újratöltési kísérletekor a piros „Low” LED alkalmanként felvillanhat, ami átmeneti indítási instabilitást jelez.

- **Az ok:** Ez akkor fordul elő, ha a bemeneti tápegység nehezen tudja kezelni a teljesen üres szuperkondenzátorok által igényelt hirtelen, hatalmas indítási áramfelvételt (inrush current). A nagy kezdeti terhelés miatt a tápegység feszültsége beesik, ami a bemeneti érzékelőt a töltés biztonsági okokból történő átmeneti letiltására készíti. A letiltást követően a tápfeszültség helyreáll, a rendszer ismét megpróbál tölteni, és a ciklus megismétlődik.
- **Viselkedés:** Ez a ciklus általában **5–10 másodpercen** belül automatikusan stabilizálódik, amint a belső pufferező alkatrészek és a szuperkondenzátorok elérik az alapvető működési szintjüket.

Tápegység-átváltási dinamika

A qUPS-P-SC folyamatosan figyeli a bemenetet. Ha a fő tápellátás megszűnik vagy a **potenciométerrel** ⑧ beállított limit alá esik, a rendszer azonnal átvált a tartalék tápellátásra.

- **Átváltási sebesség:** A külső hálózati tápról a szuperkondenzátoros tartalékra való átváltás rendkívül gyors, mindössze **100–300 µs**-ot vesz igénybe.
- **Raspberry Pi figyelmeztetés:** Ezen mikroszekundumos átváltás miatt a Raspberry Pi alkalmanként egy rövid „Under-voltage detected!” (Alacsony feszültség érzékelve!) rendszerfigyelmeztetést naplózhat. Ez a Pi szuperérzékeny tápmonitorozásának egy normális, csak esztétikai jellegű velejárója, amely nem okoz hardveres instabilitást, szoftveres működési hibát vagy váratlan újraindítást.
- **Hálózati táp visszatérése:** Amikor a külső tápellátás helyreáll, a rendszer zökkenőmentesen visszakapcsol a hálózati tápra, és automatikusan utántölti a szuperkondenzátorokat. A hálózatra való visszatérés során semmilyen riasztás vagy figyelmeztetés nem váltódik ki.



1. ábra: Raspberry Pi 50%-os terhelés mellett

Intelligens indítási és védelmi logika

A **qUPS-P-SC** egy fejlett reteszelő (interlock) rendszerrel rendelkezik az automatikus helyreállítás kezelésére és a rendszerlefagyási állapotok megelőzésére:

- **Tiszta hardveres kikapcsolás:** Amikor az energiatároló a kritikus limit alá esik (lim ALACSONY-ra vált), a Pi várhatóan elindítja a szoftveres leállást. Amint a Pi leáll és a shd láb ALACSONY-ra esik, a **qUPS-P-SC** teljesen megszakítja a Pi tápellátását, biztosítva a tiszta, teljes alaphelyzetbe állítást (reset).
- **Fagyás- és túlfutás-védelem:** Ha a Pi nem áll le megfelelően (a shd láb MAGAS marad), és a külső tápellátás hirtelen visszatér, a rendszer **szándékosan letiltja a bemeneti töltést**. Ez megakadályozza, hogy egy összeomlott vagy lefagyott Pi határozatlan ideig merítse a rendszert. A tápellátás mindaddig zárolva marad, amíg a szuperkondenzátorok teljesen le nem merülnek és a rendszer magától ki nem kapcsol.
- **Biztonságos újratöltés és auto-indítás:** Miután a rendszer teljesen kikapcsolt (akár tiszta leállítás, akár teljes lemerülés révén), és a külső bemeneti táp rendelkezésre áll, a **qUPS-P-SC** feloldja a zárolást és engedélyezi a töltést. Először biztonságosan feltölti a szuperkondenzátorokat egy garantált szintre, mielőtt visszakapcsolná a tápellátást a védett eszközre – biztosítva, hogy az egy teljesen felfegyverzett tápvédelemmel induljon el.

Raspberry Pi 5 leállása hálózati kimaradásakor (Szünetmentes átállás)

Ha a tápellátás megszakadásakor a Raspberry Pi 5 szünetmentes üzemmódba kapcsolás helyett azonnal leáll, finomhangolás szükséges.

- **Ennek oka:** A Raspberry Pi 5 rendkívül érzékeny tápmenedzsmentje (PMIC) miatt a hálózati táp feszültségcsökkenését a rendszer hamarabb érzékelheti kritikusnak, mint ahogy a szünetmentes átváltási küszöb beavatkozna.
- **Megoldás:** Tekerje a bemeneti szintérzékelő potenciómétert (Input Level Sensor) kissé feljebb (az óramutató járásával megegyező irányba), hogy a rendszer korábban reagáljon a tápkimaradásra és zökkenőmentesen átálljon a szuperkondenzátorokra.

LED-es töltöttségi szintjelzők

A szuperkondenzátorok valós idejű energiaszintjét a kártyán található LED-csoport ③ jeleníti meg.

Nyers százalékos értékek helyett ezek a LED-ek **funkcionális állapotjelzőként** szolgálnak. Mivel a szuperkondenzátorok kisütési görbéi és a rendszer teljesítményigénye változó, ezek a szintek nem lineárisan tükrözik a töltöttséget. Ehelyett specifikus működési képességeket és állapotokat képviselnek:

LED	Szín	Szint neve	Működési jelentés és rendszer-viselkedés
1	 Piros	Low	Kritikus alacsony szint. A rendszer bármelyik pillanatban elveszítheti a tápellátást. AUTO üzemmódban (amikor a megfelelő SHD láb ALACSONY állásban van) ezen szint elérése azonnali fizikai táplekapcsolást vált ki a védett eszköznél.
2	 Sárga	Safe	Elegendő tárolt energia áll rendelkezésre a biztonságos, szabályos szoftveres leállítási folyamat garantálásához.
3	 Zöld	Min	Elegendő energia áll rendelkezésre pontosan egy tiszta rendszerindítási és egy teljes leállítási ciklushoz. AUTO üzemmódban ezen szint elérésekor engedélyezi a rendszer a védett eszköz elindulását.

7

Szoftveres integráció

Intelligens funkciók és eseménykezelés

A **qUPS-P-SC** valós idejű táp-telemetriát és állapotfrissítéseket biztosít a védett eszköz számára. Ez garantálja, hogy a hosszabb kimaradások során a rendszer időben figyelmeztetést kapjon a biztonságos, szabályos leállítás (graceful shutdown) elindításához, mielőtt a szuperkondenzátorok teljesen lemerülnének.

Amint a **qUPS-P-SC** érzékeli, hogy a védett eszköz befejezte a leállítási folyamatot, lekapcsolja a fő tápvonalat. Ez teljesen megakadályozza, hogy a rendszer egy lefagyott, nem reagáló (halted) állapotban ragadjon, és garantálja a tiszta, sikeres hardveres újraindítást, amint a külső tápellátás visszatér.

Hardveres telemetriai jelek

A védett eszközön futó operációs rendszer vagy háttérszolgáltatás (daemon) valós időben tudja figyelni a **qUPS-P-SC** hardveres állapotát. A kártya folyamatosan két hardveres jelet ad ki a kijelölt GPIO lábakon keresztül:

- **PFO (Power Fail Output – Áramkimaradás jelzés):** A külső tápellátás meglétét vagy megszűnését jelzi.
- **LIM (Limit / Low Energy – Alacsony energiaszint):** Azt jelzi, ha a szuperkondenzátorok töltöttségi szintje a biztonságos működési küszöbérték alá esett.

Az **Kommunikációs lábkiosztás [fejezetben](#)** található visszacsatoló lábak célja az információküldés az eszköz felé, valamint a beállítások elvégzése a qUPS-P-SC terméken. Ezen GPIO lábak állapotváltozásainak figyelésével a rendszer azonnal egyedi szkripteket vagy biztonsági mechanizmusokat aktiválhat (például adatbázis-pufferek kiürítése vagy meghajtók leválasztása).

A vezérlő daemon telepítése

 **Fejlesztői erőforrások:** A minél zökkenőmentesebb integráció érdekében nyílt forráskódú segédprogramokat és könyvtárakat biztosítunk **C** és **Python** nyelven egyaránt.

A hivatalos nyílt forráskódú vezérlőszoftver közvetlenül letölthető és megtekinthető az AQEX GitHub tárhelyéről:

 <https://github.com/aqexhu/qups-guard>

Alapkonfiguráció

A szoftver **qUPS-P-SC**-hez történő konfigurálásához meg kell adnia a megfelelő GPIO kommunikációs profilt. Indítsa el a daemont a következő kötelező paraméterrel:

```
qups-guard --dip 01
```

Megjegyzés: A megfelelő `--dip` beállításokért kérjük, lapozzon a **Kommunikációs lábkiosztás fejezethez.**

Haladó finomhangolás: Feszültségesés és leállítási késleltetés (Opcionális)

Nagy rendszerterhelés esetén a belső ellenállás és a feszültségveszteségek miatt a rendszer alacsonyabb szuperkondenzátor-feszültséget mérhet a tényleges alapértéknél. Ha azonnali szoftveres leállítás váltódna ki, az áramfelvétel hirtelen leesése miatt a mért feszültség visszaugrana, és esetleg elérné azt a külső küszöböt, ahol a hardver megpróbálja visszakapcsolni az eszközt (instabil táphurok-ciklust okozva).

Ezen jelenség kiküszöbölésére az opcionális finomhangolási paraméterekkel biztonságosan csökkentheti a lekapcsolási feszültségküszöböt, vagy késleltetést vihet be:

```
qups-guard --dip 01 --shutdown-delay 20
```

(Ez a paraméter kiszűri az átmeneti feszültségeséseket, és biztosítja, hogy a védett eszköz csak akkor indítsa el a leállítást, ha a tápvesztés tartós és stabil, megelőzve ezzel a véletlenszerű újraindulási ciklusokat.)

Ökoszisztéma és okosotthon integrációk

Home Assistant integráció

A védett eszközön (pl. Raspberry Pi) Home Assistant rendszert futtató felhasználók számára a **qUPS-P-SC** zökkenőmentesen integrálható az okosotthon ökoszisztémába. Egyedi integrációnkon / bővítményünkön keresztül az alábbiakra van lehetőség:

- **Tápszint valós idejű figyelése:** A tápellátás állapotának (PFO) és az energiatartalékoknak (LIM) a nyomon követése közvetlenül a HA műszerfalról.
- **Kritikus automatizmusok indítása:** Natív Home Assistant automatizmusok kioldása áramkimaradás esetén (pl. push értesítések küldése, nem kritikus Zigbee/Z-Wave csomópontok biztonságos kikapcsolása, vagy a rendszer előkészítése a leállításra).
- **Biztonságos rendszer-leállítás:** A Home Assistant OS tiszta, automatikus leállításának elindítása tartós áramkimaradás esetén.

Jövőbeli integrációk és platformtámogatás

Folyamatosan bővítjük szoftveres ökoszisztémánkat. A tervezett jövőbeli integrációk és támogatási csomagok a következők:

- **NUT (Network UPS Tools) kompatibilitás:** Lehetővé teszi, hogy a qUPS-P-SC standard UPS szerverként működjön, és értesítse a hálózat többi eszközét áramkimaradás esetén.
- **MQTT Bridge & Daemon:** Pehelysúlyú háttér szolgáltatás a telemetriai adatok közvetlen publikálására tetszőleges MQTT broker felé.
- **Prometheus / Grafana monitorozás:** Natív exporter rendszerváltozók és feszültség szintek idősoros nyomon követésére rendszeradminisztrátorok számára.

8

Függelék

Támogatott adapterek listája

- Raspberry Pi hivatalos tápegység 5V@2.4A
- Goobay 43651 5V@2.1A

Hibakeresés

Tünet	Hiba oka	Megoldás
Külső tápegység megléte esetén nem világít a „Külső tápellátást jelző LED” ⑥	Külső tápegység probléma	Cserélje ki a tápegységet
Nem indul el a Raspberry Pi a „Min” LED bekapcsolt állapota esetén	Üzem mód kapcsoló ④ OFF állapotban van	Üzem mód kapcsolót ④ ON vagy AUTO állásba kell kapcsolni
Külső tápegység megléte esetén nem világít a „Külső tápellátást jelző LED” ⑥	Külső tápegység PD kompatibilis	PD kompatibilis tápegység nem támogatott, cserélje ki a tápegységet NEM PD típusúra
A Raspberry Pi 5 a módváltó kapcsoló átváltásakor azonnal leáll (piros LED).	A Pi 5 tápmenedzsmentje (PMIC) érzékeli az átkapcsoláskori mikroszekundumos tápkimaradást.	Ne váltson üzemmódot a Raspberry Pi 5 bekapcsolt állapotában.
A Raspberry Pi 5 tápkimaradáskor azonnal leáll a szünetmentes átállás helyett.	A tápkimaradás érzékelése túl későn történik az érzékeny Pi 5 PMIC számára.	Tekerje a bemeneti szintérzékelő (Input Level) potit kissé feljebb (óramutató járásával megegyezően).