



## DC-SPANNUNGSEINGÄNGE BEI INDUSTRIE PC'S: EINE ZUVERLÄSSIGKEITS-BETRACHTUNG

Industrielle Computer und Embedded Systeme müssen in aller Regel besonders zuverlässig und langlebig sein sowie eine hohe Toleranz gegenüber Störungen aufweisen. Bei der Evaluierung solcher missionskritischen Systeme stehen häufig physikalische Eigenschaften wie IP-Schutzklasse, maximaler Betriebstemperaturbereich und Stoßfestigkeit im Fokus.

Oft etwas vernachlässigt - aber ebenso wichtig - ist die Wahl der richtigen Spannungsversorgungslösung.

Industrie PCs und Embedded Systeme verfügen üblicherweise über eine der folgenden DC-Spannungsversorgungsmöglichkeiten:

- Single voltage
- Weitbereich
- Redundant
- Mit USV-Funktion

Im einfachsten Fall verfügt das zu versorgende Gerät über eine USB-C - oder Hohlsteckerbuchse mit einem single-voltage-input. Häufig sind das 12V DC. Das hat vor allem wirtschaftliche Vorteile: Zum einen sind die Steckverbinder günstig, da es sich um Massenware aus dem Bereich consumer-electronics handelt und zum anderen spart man systemseitig Komplexität ein, da eine Spannungswandlerstufe wegfällt. Die 12V werden direkt zur Versorgung von Subsystemen, wie Controllern oder Massenspeicher verwendet. Nachteil: Die Steckverbinder sind oft nicht besonders robust und nicht vor unbeabsichtigtem Lösen gesichert. Eine Ausnahme sind verschraubbare Hohlstecker (siehe Abb.1).

Darüber hinaus muss die Spannung sehr stabil sein, da sie nur um wenige Prozent vom Nominalwert abweichen darf. Wenn sie zu stark schwankt, z.B. als Folge von Lastsprüngen, kann das System instabil werden. Sofern die 12V-Schiene über keine Schutzschaltung verfügt können eingekoppelte Störsignale sogar Zerstörungen zur Folge haben.



Abb. 1: Spannungsversorgungseingang mit verschraubbarem Hohlstecker

Lösen lässt sich das Problem durch einen Eingang mit Weitspannungsbereich. Häufig sind das 9..36V DC. In diesem Fall verfügt der IPC über einen SEPIC – Wandler, der die intern benötigten 12V erzeugt. Der Arbeitspunkt (also der „sweet spot“ der Effizienz) liegt dabei normalerweise bei 24V Eingangsspannung. Neben einem großen Gewinn an Robustheit, durch die hohe Toleranz am Eingang, liegt ein weiterer Vorteil auf der Hand: 24V stehen in der Industrie schlicht viel häufiger zur Verfügung als 12V. Solche Lösungen mit gesicherten Steckkontakten (z.B. Schraubklemm-Anschluss) und in Verbindung mit einem zuverlässigen 24V Netzteil sind sehr weit verbreitet.



Abb. 2: Beispiel für ein internes DC-DC-Wandlermodul mit Weitbereichseingang

Allerdings bleiben wesentliche Ausfallrisiken bestehen:

- Netzteildefekt
- Kabelbruch
- Stromversorgungskabel wird versehentlich getrennt
- Sicherung des Stromkreises löst aus

Alle vier Punkte lassen sich durch Netzteilredundanz eliminieren. Vorausgesetzt beide Netzteile sind an unterschiedliche Stromkreise angebunden. Entweder ist dabei das Netzteil selbst redundant ausgeführt oder der IPC bzw. das Embedded System verfügt über eine interne Redundanz-Beschaltung sowie entsprechend zwei Spannungseingänge. Letzteres hat zwei Vorteile: einerseits werden lediglich zwei

„normale“ (und entsprechend günstige) Netzteile benötigt und andererseits ist auch die Verbindung zwischen den Netzteilen und dem System doppelt – also redundant – vorhanden. Je nach Leistungsbedarf lässt sich so mit moderatem Aufwand eine hot-standby 1+1 Redundanz realisieren. D.h. beide Netzteile sind dauerhaft in Betrieb, fällt eins aus übernimmt das andere die gesamte Last. Intern ist das im einfachsten Fall so realisiert, dass beide Eingänge über Dioden verschaltet werden. Diese sind notwendig, da beide Spannungsversorgung nie exakt gleich hohe Spannungen liefern können, die Dioden verhindern die resultierenden Feedback-Ströme. Sehr viel effizienter ist eine Controller-Schaltung nach dem Prinzip der „idealen Diode“. Dabei fließt der Laststrom über MOSFETs statt über Dioden, was den Spannungsabfall deutlich reduziert.

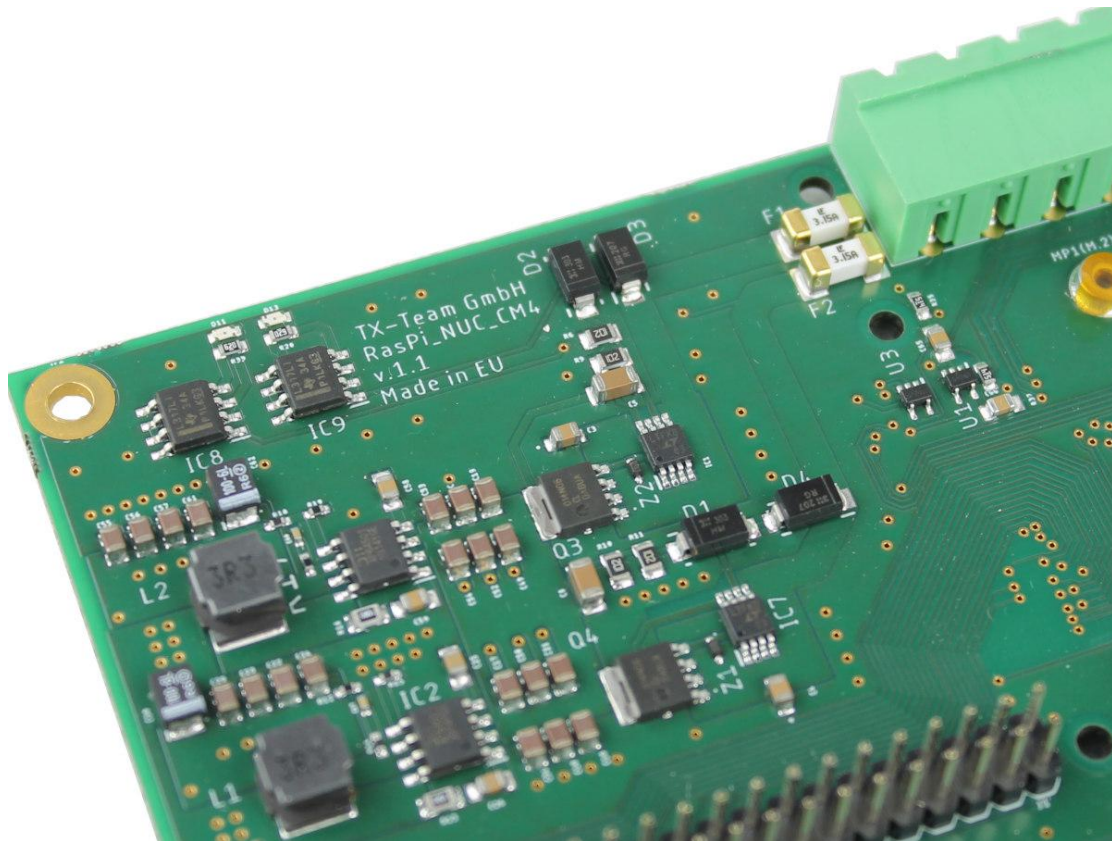


Abb. 3: Implementierung eines redundanten DC-Eingangs mit LTC4359 Controllern

Betrachtet man die Gesamtausfallwahrscheinlichkeit der redundanten Stromversorgung im 1+1 System ergibt sich näherungsweise:

$$F(t) = F_1(t) * F_2(t)$$

Mit

$F_1(t)$ ,  $F_2(t)$ : Ausfallwahrscheinlichkeit der beiden Stromversorgungspfade im betrachteten Zeitraum  $t$ .

Hat man also beispielsweise eine Stromversorgungslösung mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 0,1% pro Jahr, so verbessert sich der Wert im redundanten Fall zu 0,01% pro Jahr.

Vor einem kompletten Stromausfall schützt natürlich auch diese Lösung nicht. Laut Bundesnetzagentur kann man mit einer durchschnittlichen Ausfallzeit des Stromnetzes in Deutschland von rund 13 Minuten pro Jahr rechnen. Schutz davor bieten unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV). Während man längere Unterbrechungen eher mit großen USV auf Ebene der Firmen-Infrastruktur löst, kann man kurze Unterbrechungen und Netzschwankungen dezentral durch USV-Lösungen abfangen, die direkt im IPC integriert sind. Je nach Art und Auslastung des Systems lassen sich damit Überbrückungszeiten von einigen Minuten bis hin zu wenigen Stunden realisieren. Als Energiespeicher kommen Li-Ion oder LiFePo4 Akkus bzw. Super-Caps zum Einsatz, die gegenüber Bleiakkus wartungsfrei sind. Auf Treiberebene funktioniert eine solche USV wie ein Notebook-Akku. Das Betriebssystem erhält mittels eines Coulomb – Counters die Information über den aktuellen Ladestand. Hält die Unterbrechung der Stromversorgung so lange an, dass ein vordefinierter Mindestladezustand erreicht ist, wird das System heruntergefahren. Das BIOS/UEFI sorgt dafür, dass es von selbst bootet sobald die Stromversorgung wieder vorhanden ist (resume after AC loss).

In dieser Situation gibt es zwar eine Down-Time, jedoch wird ein hartes Abschalten verhindert. Insbesondere wenn das System mit einem non-journaling Dateisystem und Massenspeicher ohne Pufferkondensator arbeitet ist das wichtig, um inkonsistente Dateisystemzustände zu verhindern.

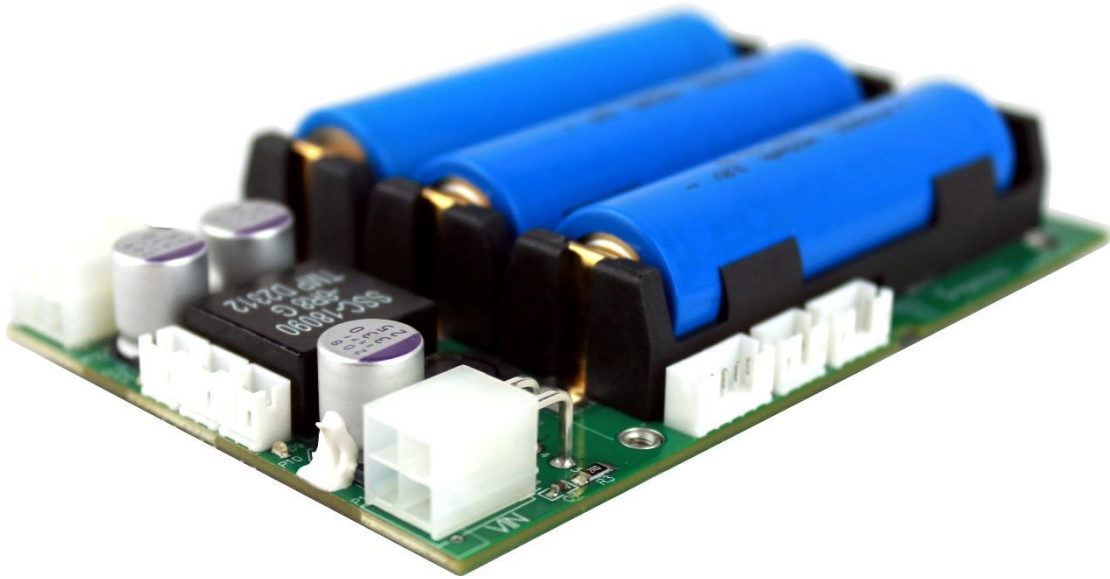


Abb. 4: Beispiel für eine interne USV-Lösung mit 3x LiFePo4 18650 - Akkus

Interessant ist auch die Kombination aus Redundanz und USV. In diesem Fall wird einer der beiden Eingänge von einer internen oder externen USV gespeist, was die Gesamtausfallwahrscheinlichkeit wiederum erhöht.

Gerade im Leistungsbereich von bis zu ca. 60W lassen sich verbesserte Spannungsversorgungskonzepte (Weitbereichseingang, Redundanz, USV-Funktion) relativ einfach umsetzen und damit ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis realisieren: Die Ausfallwahrscheinlichkeit wird reduziert und damit die MTTF des übergeordneten Systems / der Applikation erhöht.

## Über TX-Team

Seit über 12 Jahren werden bei TX-Team Industriecomputer, Embedded Systeme und industrielle Displaylösungen entwickelt und gefertigt.

Bei besonderen Anforderungen wird für und mit dem Kunden die passende Lösung gefunden. Die Bandbreite reicht vom individuellen Branding bis hin zum full-custom-design.

Alle TX-Team Systeme werden in Penzberg / Deutschland nachhaltig hergestellt und geprüft. Das Unternehmen arbeitet mit einem nach ISO9001:2015 zertifizierten Qualitätsmanagementsystem.

Im Mittelpunkt stehen Qualität, schnelle Lieferzeiten und international wettbewerbsfähige Preise.

## Presse - Kontakt

Hannes Altmann  
hannes.altmann@tx-team.de  
+49 8856 80390-10

## Kontakt für Leserfragen

Patricia Gilliam  
patricia.gilliam@tx-team.de  
+49 8856 80390-22

**[www.tx-team.de](http://www.tx-team.de)**

**Link zum Produkt:**

**Link zum Datenblatt:**