

# Risikoanalyse eines Überstrom- oder Überspannungsereignisses auf der Vier-Gewinnt-Platine

Mathis Lehmann  
PSP20  
mathis.lehmann@siemens.com  
Revision V1.0

2. März 2021

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>3</b>
1.1	Abstrakt . . . . .	3
1.2	Vorgehen . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Rundsteckerhohlbuchse</b>	<b>4</b>
2.1	Verpolung . . . . .	4
2.2	Überspannung . . . . .	4
2.3	Überstrom . . . . .	5
2.4	Spannungszusammenbruch . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Terminal-block</b>	<b>6</b>
3.1	Verpolung . . . . .	6
3.2	Überspannung . . . . .	6
3.3	Überstrom . . . . .	7
3.4	Spannungszusammenbruch . . . . .	7
<b>4</b>	<b>USB Typ B Buchse</b>	<b>8</b>
4.1	Verpolung . . . . .	8
4.2	Überspannung . . . . .	8
4.3	Überstrom . . . . .	8
4.4	Spannungszusammenbruch . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Revisionsverzeichnis</b>	<b>9</b>

# 1 Einführung

## 1.1 Abstrakt

Dieses Dokument befasst sich mit der Analyse eines Überstrom- oder Überspannungsereignisses und den Konsequenzen eines solchen Ereignisses. Es analysiert die Platine und deren Komponenten, welche die Form eines digitalen Vier-Gewinnt einnimmt und im Rahmen des Praxissemesterprojektes bei der Siemens Mobility GmbH von den Dualen Studenten des Jahrgangs 2019 erarbeitet wurden. Das hardwareseitige Produkt dieses Praxissemesters wird im Folgenden nur noch Platine genannt. Hierbei werden Konsequenzen einer eventuell auftretenden Überlast auf die Platine, die verbauten Komponenten und eventuelle Stromquellen betrachtet. Dies soll eine Entscheidung begründen, ob zusätzliche Sicherungsmaßnahmen auf Seiten der Platine zu empfehlen oder gar nötig sind.

## 1.2 Vorgehen

Im weiteren Verlauf dieses Dokuments werden folgende Szenarien analysiert:

1. Verpolung der angelegten Spannung
2. Zu hohe angelegte Spannung seitens der Spannungsquelle
3. Zu hoher Strom aufgrund eines Fehlers auf der Platine
4. Spannungszusammenbruch auf Seite der Stromquelle

Diese werden jeweils unter einem der 3 Einspeisungspunkte der Platine analysiert:

1. Rundsteckerhohlbuchse
2. Terminal-block
3. USB Typ B Buchse

## 2 Rundsteckerhohlbuchse

### 2.1 Verpolung

Eine Verpolung der Rundsteckerhohlbuchse ist sehr unwahrscheinlich, da die Platine die standardisierte Hohlbuchsenbelegung benutzt. Diese benutzt den äußeren Mantel als negativen Pol und den geschützten Innenpin als positiven Pol. Jedoch gibt es Netzteile die dieser Belegung nicht folgen, da sich daraus früher diesen Herstellern gewisse Vorteile boten. Diese Netzteile sind selten, aber dennoch verfügbar und stellen damit ein Risiko für die Platine dar.

Im Falle einer Verpolung greift eine Schutzeinrichtung der Platine, eine Verpolungsdiode. Diese schließt die verkehrt gepolte Spannungsquelle kurz. Diese Diode ist in der Lage 3 Ampere dauerhaft kurzzuschließen. Hieraus ergeben sich folgende Szenarien:

1. Überlastabschaltung des Netzteils löst aus. In diesem Fall schaltet sich das Netzteil zum Selbstschutz aus. Eine Beschädigung der Platine ist höchst unwahrscheinlich, da die Diode eine maximale Belastung von 80 Ampere für 8,3 ms aushält, was ausreichend ist, um selbst überdimensionierte Netzteile in den Überlastzustand zu bringen. Die Diode bleibt davon ungeschädigt und die Platine kann nach beheben der Verpolung weitergenutzt werden.
2. Überlastabschaltung des Netzteils löst **nicht** aus. In diesem Fall gibt es 2 Unterszenarien:
  - (a) Netzteil liefert maximal 3 Ampere. In diesem Fall wird das Netzteil dauerhaft kurzgeschlossen, bis der Endbenutzer den Fehler bemerkt oder eine andere Sicherungseinrichtung greift. Die Platine bleibt unbeschädigt.
  - (b) Netzteil liefert mehr als 3 Ampere. In diesem Fall wird das Netzteil dauerhaft kurzgeschlossen, bis der Endbenutzer den Fehler bemerkt oder eine andere Sicherungseinrichtung greift. Jedoch wurde die Diode dauerhaft überlastet und stellt einen dauerhaften niederohmigen Kurzschluss dar.

### 2.2 Überspannung

Eine Überspannung tritt ab einer Eingangsspannung von 28 Volt auf. Je nach Höhe der Eingangsspannung gibt es hier 2 Fälle:

1. Eingangsspannung von unter 40 Volt. In diesem Fall wird durch die Spannung der Eingangskondensator beschädigt. Dieser wird nach kurzer Zeit das Elektrolyt entlüften und somit zu einem niederohmigen Widerstand, der nun die Spannungsquelle kurzschließt. Bis dies passiert, liegt am Step-Down Regler die Überspannung an. Dieser geht ab 29 Volt in die Abschaltung. Jedoch wird er ab 35 Volt beschädigt, welches sich bei diesem Bauteil als hochohmiger Fehler äußert.

2. Eingangsspannung von über 40 Volt. In diesem Fall wird die Diode leitend. Und begrenzt die Spannung auf 40 Volt. Die Beschädigungen aus Punkt 1 gelten weiterhin.

Ab diesem Punkt gelten die Unterszenarien aus 2.1 Unterpunkt 2a und 2b, jedoch weiterhin mit den Beschädigungen des jeweiligen Unterpunktes.

## **2.3 Überstrom**

Ein Überstromereignis kann nur bei bei vorheriger Beschädigung der Platine oder bei einer Überspannung auftreten. In diesem Fall greifen nur die Unterszenarien aus 2.2.

## **2.4 Spannungszusammenbruch**

Sollte die Versorgungsspannung unter 7 Volt zusammenbrechen, schaltet sich der Step-Down Regler ab und aktiviert sich erst nach Erreichen von 7 Volt Eingangsspannung. Die Platine bleibt unbeschädigt.

## 3 Terminal-block

### 3.1 Verpolung

Im Falle einer Verpolung greift eine Schutzeinrichtung der Platine, eine Verpolungsdiode. Diese schließt die verkehrt gepolte Spannungsquelle kurz. Diese Diode ist in der Lage 3 Ampere dauerhaft kurzzuschließen. Hieraus ergeben sich folgende Szenarien:

1. Überlastabschaltung des Netzteils löst aus. In diesem Fall schaltet sich das Netzteil zum Selbstschutz aus. Eine Beschädigung der Platine ist höchst unwahrscheinlich, da die Diode eine maximale Belastung von 80 Ampere für 8,3 ms aushält, was ausreichend ist, um selbst überdimensionierte Netzteile in den Überlastzustand zu bringen. Die Diode bleibt davon ungeschädigt und die Platine kann nach beheben der Verpolung weitergenutzt werden.
2. Überlastabschaltung des Netzteils löst **nicht** aus. In diesem Fall gibt es 2 Unterszenarien:
  - (a) Netzteil liefert maximal 3 Ampere. In diesem Fall wird das Netzteil dauerhaft kurzgeschlossen, bis der Endbenutzer den Fehler bemerkt oder eine andere Sicherungseinrichtung greift. Die Platine bleibt unbeschädigt.
  - (b) Netzteil liefert mehr als 3 Ampere. In diesem Fall wird das Netzteil dauerhaft kurzgeschlossen, bis der Endbenutzer den Fehler bemerkt oder eine andere Sicherungseinrichtung greift. Jedoch wurde die Diode dauerhaft überlastet und stellt einen dauerhaften niederohmigen Kurzschluss dar.

### 3.2 Überspannung

Eine Überspannung tritt ab einer Eingangsspannung von 28 Volt auf. Je nach Höhe der Eingangsspannung gibt es hier 2 Fälle:

1. Eingangsspannung von unter 40 Volt. In diesem Fall wird durch die Spannung der Eingangskondensator beschädigt. Dieser wird nach kurzer Zeit das Elektrolyt entlüften und somit zu einem niederohmigen Widerstand, der nun die Spannungsquelle kurzschließt. Bis dies passiert, liegt am Step-Down Regler die Spannung an. Dieser geht ab 29 Volt in die Abschaltung. Jedoch wird er ab 35 Volt beschädigt, welches sich bei diesem Bauteil als hochohmiger Fehler äußert.
2. Eingangsspannung von über 40 Volt. In diesem Fall wird die Diode leitend. Und begrenzt die Spannung auf 40 Volt. Die Beschädigungen aus Punkt 1 gelten weiterhin.

Ab diesem Punkt gelten die Unterszenarien aus 3.1 Unterpunkt 2a und 2b, jedoch weiterhin mit den Beschädigungen des jeweiligen Unterpunktes.

### **3.3 Überstrom**

Ein Überstromereignis kann nur bei bei vorheriger Beschädigung der Platine oder bei einer Überspannung auftreten. In diesem Fall greifen nur die Unterszenarien aus 3.2.

### **3.4 Spannungszusammenbruch**

Sollte die Versorgungsspannung unter 7 Volt zusammenbrechen schaltet, sich der Step-Down Regler ab und aktiviert sich erst nach Erreichen von 7 Volt Eingangsspannung. Die Platine bleibt unbeschädigt.

## 4 USB Typ B Buchse

### 4.1 Verpolung

Bei einer Verpolung des USB Anschlusses wird der P-Channel MOSFET von Drain zu Source betrieben. Daher ist dieser nicht leitend und es liegt keine Spannung an anderen Bauteilen an, die diese beschädigen könnte.

Wenn jedoch das Vier Gewinnt im Programmiermodus verpolt wird, kann der USB Seriell Wandler beschädigt werden.

### 4.2 Überspannung

Bei Überspannung sind zuerst die LEDs zu betrachten. Da die Versorgung über USB ohne Regulierung direkt auf die 5 Volt Versorgungsschiene der Platine geht, liegt jede Überspannung direkt an den LEDs an. Diese sind spezifiziert auf einer Versorgungsspannung von 5,3 Volt. Über diese Spannung hinaus können diese beschädigt werden. Jedoch ist nicht abzusehen, ob diese LEDs niederohmig oder hochohmig werden.

Bis 18 Volt bleibt der Microcontroller jedoch geschützt, da dieser hinter einer Regulierungsstufe hängt.

Über 18 Volt hinaus ist die Platine mit hoher Wahrscheinlichkeit komplett zerstört.

### 4.3 Überstrom

Ein Überstromereignis kann nur bei vorheriger Beschädigung der Platine oder bei einer Überspannung auftreten. In diesem Fall würde die Platine den Strom nicht regulieren, da sich auf die Sicherungsmaßnahmen des Netzteiles verlassen wird. Die Platine verwendet den USB Battery Charging 1.2 Standard. Daher sollte kein Netzteil der Platine mehr als 5 Volt bei 2 Ampere zur Verfügung stellen und beim Überschreiten dieser Lesitungsdaten in die Sicherheitsabschaltung gehen.

### 4.4 Spannungszusammenbruch

Bei Unterschreitung der Betriebsspannung bis zu  $U \geq 4$  Volt ist die Funktion der Platine nicht eingeschränkt. Ab Unterschreitung von 4 Volt wird der Mikrocontroller nicht mehr mit einer ausreichenden Spannung versorgt und geht in Brown-Out-Reset. Daher erkennt er selbstständig die zu niedrige Spannung und schaltet sich deswegen sicherhaltshalber ab.



## 5 Revisionsverzeichnis

- 01.03.2021 Erstveröffentlichung
- 02.03.2021 Kontrolliert von Linda Heinrich